Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΝΙΚΟΛΑΟΥ Κ. ΓΕΡΜΑΝΟΥ

45204

ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ

Διασκευασθέντα ἐκ τοῦ Γαλλικοῦ

ΠΡΟΣ ΧΡΗΣΙΝ

ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΕΙΩΝ

ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΠΑΡΘΕΝΑΓΩΓΕΙΩΝ

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΠΑΡΑ ΤΩΙ ΕΚΔΟΤΗ
ΓΕΩΡΓΙΩΙ Δ. ΦΕΞΗ

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ
176-ΟΔΟΣ ΑΙΟΛΟΥ-176

1892.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πᾶν ἀντίτυπον γνήσιον φέρει τὴν ὑπογραφὴν τοῦ συγγραφέως.

ΕΚ ΤΟΥ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑ ΛΕΩΝΗ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ

ΒΙΒΛΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ
ΠΕΡΙ ΥΛΗΣ, ΚΙΝΗΣΕΩΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ
ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑΙ ΓΝΩΣΕΙΣ

1. **Ὕλη, σῶμα.** Ὕλη καλεῖται πᾶν τὸ χῶρον πληροῦν καὶ ὁπωσδήποτε εἰς τὰς αἰσθήσεις ἡμῶν ὑποπίπτον· περιωρισμένον δὲ μέρος ὕλης, ἀποτελοῦν ἕν τι ὅλον, καλεῖται *σῶμα*· π. χ. τὸ ὑπὸ τοὺς πόδας ἡμῶν ἔδαφος, οἱ λίθοι, τὰ πέριξ ἡμῶν ζῷα καὶ φυτά, εἶνε ὕλη· ἓν δένδρον ὅμως, εἷς λίθος, εἷς ἄνθρωπος, ἐξ ὕλης μὲν συνιστάμενα, ἀλλ' ἀποτελοῦντα ἕκαστον ἕν τι ὅλον καθ' ἑαυτὸ ὑπάρχον, εἶνε σώματα.

2. **Ἁπλᾶ καὶ σύνθετα σώματα.** Ἕκαστον σῶμα χαρακτηρίζεται καὶ διακρίνεται διὰ τοῦ συνόλου τῶν ἰδιοτήτων, ἃς παρουσιάζει· π.χ. ὁ *χρυσὸς* χαρακτηρίζεται διὰ τῶν ἑξῆς ἰδιοτήτων: εἶνε μέταλλον στερεὸν εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, ἔχει χρῶμα κίτρινον, λάμψιν ζωηράν, εἰδικὸν βάρος πολὺ μεγαλήτερον τοῦ ὕδατος, δὲν ὀξειδοῦται (σκωριάζει) ἐν τῷ ἀέρι κ.λ.π. Ὁ *χαλκὸς* εἶνε καὶ οὗτος σῶμα στερεὸν εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν καὶ ἔχει λάμψιν ζωηράν, ὀξειδοῦται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅμως ἐν τῷ ἀέρι, ἔχει εἰδ. βάρος μικρότερον τοῦ χρυσοῦ, καὶ κατ' ἄλλας δ' ἔτι ἰδιότητας διαφέρει τοῦ χρυσοῦ. Ἀφ' ἑτέρου τὸ *ὕδωρ* εἶνε σῶμα ὑγρόν, διαφανὲς καὶ ἐν γένει παρουσιάζει ἰδιότητας πολὺ διαφόρους τόσον τῶν τοῦ χρυσοῦ ὅσον καὶ τῶν τοῦ χαλκοῦ.

Ὁ χρυσὸς λοιπόν, ὁ χαλκὸς καὶ τὸ ὕδωρ, μὴ παρουσιάζοντα τὰς αὐτὰς ἰδιότητας, εἶνε τρία *διάφορα* σώματα. Ἐὰν ἐξετάσωμεν οὕτω πάντα τὰ πέριξ ἡμῶν σώματα, θὰ εὕρωμεν ὅτι ἄλλα μὲν τούτων, ὑπὸ τὰς αὐτὰς περιστάσεις εὑρισκόμενα, παρουσιάζουσι τὰς αὐτὰς ἰδιότητας —λέγομεν τότε ὅτι τὰ σώματα ταῦτα *συνίστανται ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας*—, ἕτερα δ' ὅτι δὲν παρουσιάζουσι τὰς αὐτὰς ἰδιότητας εἴτε καθ' ὁλοκληρίαν εἴτε ἐν μέρει, —*συνίστανται ἐκ διαφόρου οὐσίας*.

Πᾶν σῶμα, οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ οὐσία αὐτοῦ, δύναται νὰ εἶνε **ἁπλοῦν** ἢ **σύνθετον.** Λάβωμεν ὡς παράδειγμα δύο ἐκ τῶν προμνησθέντων σωμάτων, τὸν χρυσὸν καὶ τὸ ὕδωρ.

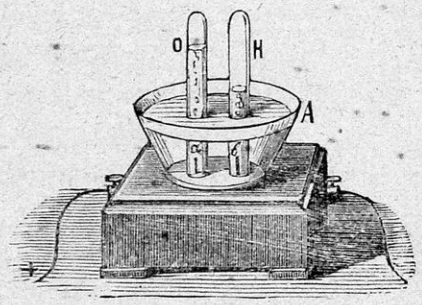
ά.) Τεμάχιον καθαροῦ *χρυσοῦ*, ὁπωσδήποτε καὶ ἂν διαιρεθῇ, εἰς οἱανδήποτε κατεργασίαν καὶ ἂν ὑποβληθῇ, θὰ μείνῃ πάλιν μία καὶ ἡ αὐτὴ ἀρχικὴ οὐσία, οὐδ' εἶνε δυνατὸν νὰ προκύψωσιν ἐξ αὐτοῦ δύο ἢ καὶ πλείονες νέαι οὐσίαι διάφοροι τοῦ ἀρχικοῦ χρυσοῦ.

β'.) Εἰς τὸ *ὕδωρ* ὅμως δὲν συμβαίνει τὸ αὐτό· δυνάμεθα κατὰ διαφόρους τρόπους, ἐξ ὧν εἷς εἶνε καὶ ὁ διὰ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ν' ἀποσυνθέσωμεν αὐτὸ εἰς δύο σώματα ὅλως νέα καὶ διάφορα τοῦ ἀρχικοῦ ὕδατος.

Πρὸς τοῦτο μεταχειριζόμεθα συσκευὴν κατάλληλον, *Βολτάμετρον* καλουμένην (Σχ. 1), καὶ συνισταμένην ἐκ ποτηρίου ἢ λεκάνης ὑαλίνης (Α), ἐπὶ τῆς βάσεως τῆς ὁποίας ἵστανται ἐπικεκολλημένα δύο σύρματα ἐκ λευκοχρύσου α καὶ β. Ἀφοῦ πληρώσωμεν τὸ ποτήριον μέχρι τινὸς ὕδατος καὶ ἐπιθέσωμεν ἐπὶ τῶν συρμάτων ἀνεστραμμένους δύο ὑαλίνους σωλῆνας πλή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρεις ὕδατος, συνδέομεν τὰ κατώτερα ἄκρα τῶν συρμάτων μετὰ τῶν πόλων ἠλεκτρικῆς στήλης, ἐγχέομεν δ' ἐντὸς τοῦ ὕδατος χάριν διευκολύνσεως τοῦ πειράματος καὶ σταγόνας τινὰς θειϊκοῦ ὀξέος. Τότε τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διερχόμενον διὰ τοῦ ὕδατος ἀποσυνθέτει αὐτὸ καὶ βλέπομεν φυσαλίδας ἀερίων καὶ ἐκ τοῦ ἑνὸς καὶ ἐκ τοῦ ἑτέρου σύρματος ἀνερχομένας καὶ συλλεγομένας εἰς τὴν κορυφὴν τῶν ἀνεστραμμένων σωλήνων. Τὸ ἓν τῶν ἀερίων τούτων ἐκλήθη *ὑδρογόνον* (Η), τὸ δ' ἕτερον *ὀξυγόνον* (Ο)· οὔτε τὸ ἓν οὔτε τὸ ἕτερον ἐκ τῶν δύο τούτων συστατικῶν τοῦ ὕδατος ἔχει ὁμοιότητά τινα πρὸς αὐτό, καὶ ἀπ' ἀλλήλων δὲ οὐσιωδῶς διαφέρουσι. Ὅτι δὲ πράγματι τὸ ὕδωρ εἶνε ἕνωσις ὑδρογόνου καὶ ὀξυγόνου ἀποδεικνύεται καὶ ἀντιστρόφως, ἐὰν ἐντὸς καταλλήλου σωλῆνος ἐγκλείσωμεν μίγμα ἐκ τῶν δύο τούτων ἀερίων καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα· θὰ συνενωθῶσι τότε τὰ δύο ἀέρια καὶ θὰ σχηματίσωσιν ἀτμοὺς ὕδατος.



Σχ. 1. — Ἠλεκτρόλυσις τοῦ ὕδατος.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω διδασκόμεθα ὅτι ἄλλα μὲν τῶν σωμάτων εἰσὶν *ἁπλᾶ*, τουτέστι συνίστανται ἐκ μιᾶς καὶ μόνης οὐσίας καὶ δὲν εἶνε δυνατὸν διὰ διαιρέσεως νὰ προκύψῃ ἐξ αὐτῶν νέα οὐσία οὐσιωδῶς διαφέρουσα τοῦ ἀρχικοῦ σώματος. Ἕτερα δὲ τοὐναντίον εἰσὶ *σύνθετα*, τουτέστι σύνίστανται ἐκ δύο ἢ καὶ πλειόνων οὐσιῶν, καὶ πρὸς ἀλλήλας καὶ πρὸς τὸ ἀρχικὸν σῶμα οὐσιωδῶς διαφόρων.

Τὰ ἁπλᾶ σώματα καλοῦνται καὶ **στοιχεῖα**, εἶνε δὲ γνωστὰ μέχρι τοῦδε τοιαῦτα περὶ τὰ 70, δυνατὸν ὅμως ἐν τῷ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέλλοντι νὰ εὑρεθῶσι καὶ ἄλλα στοιχεῖα καὶ τἀνάπαλιν τινὰ τῶν νῦν νομιζομένων στοιχείων ν' ἀποδειχθῶσι σύνθετα σώματα. Ὁ χρυσός, ὁ ἄργυρος, ὁ χαλκὸς καὶ ὅλα ἐν γένει τὰ μέταλλα, ἐπίσης δὲ τὸ θεῖον, ὁ ἄνθραξ, ὁ φωσφόρος, τὸ ὑδρογόνον, τὸ ὀξυγόνον, τὸ ἄζωτον, τὸ χλώριον, τὸ ἰώδιον, εἰσὶ σώματα ἁπλᾶ.

Τὰ 70 ταῦτα ἁπλᾶ σώματά εἰσι τὰ ἀρχικὰ συστατικά, ἐξ ὧν διὰ συνθέσεως σχηματίζονται τὰ σύνθετα σώματα καὶ ἀποτελεῖται τοιουτοτρόπως ἡ ποικιλία καὶ ἡ ἀπειρία ὅλων τῶν ἐπὶ τῆς γῆς ὀργανικῶν καὶ ἀνοργάνων σωμάτων. Οἱ ἀρχαῖοι παρεδέχοντο ὅτι τὰ ἁπλᾶ σώματά εἰσι τέσσαρα, τὸ *ὕδωρ*, *ἡ γῆ*, *ὁ ἀὴρ* καὶ τὸ *πῦρ*· ἐν τούτοις τὰ μὲν πρῶτα τρία ἐκ τούτων εἰσὶ σύνθετα, τὸ δὲ τέταρτον δὲν εἶνε σῶμα.

3. **Φαινόμενα.** Τὰ περὶ ἡμᾶς σώματα εἴτε ἁπλᾶ εἴτε σύνθετα, τιθέμενα ὑπὸ καταλλήλους περιστάσεις, παρουσιάζουσι διαφόρους μεταβολὰς καὶ ἀλλοιώσεις. Π. χ. *λίθος* ἀφιέμενος ἐλεύθερος *πίπτει* πρὸς τὴν γῆν —, *ὁ κώδων* πληττόμενος *παράγει ἦχον* —, *ὁ μαγνήτης ἕλκει τεμάχια σιδήρου* —, τὸ *ὕδωρ* θερμαινόμενον *μεταβάλλεται εἰς ἀτμόν*, ψυχόμενον δὲ μέχρι τοῦ 0^{0} *γίνεται πάγος* —, *ὁ σίδηρος* μένων εἰς τὸν ὑγρὸν ἀέρα ἐπί τινα χρόνον *ὀξειδοῦται* (σκωριάζει) —, τὸ *ὕδωρ* διὰ τῆς διαβάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος *ἀποσυντίθεται εἰς ὑδρογόνον* καὶ *ὀξυγόνον*.

Πᾶν τοιοῦτον ἀποτέλεσμα, πᾶσα τοιαύτη μεταβολὴ καὶ ἀλλοίωσις ἐπὶ τῶν ἰδιοτήτων, ἐπὶ τοῦ καθεστῶτος ἐν γένει τῶν σωμάτων καλεῖται φαινόμενον.

Τὰ φαινόμενά εἰσι δύο εἰδῶν, *φυσικὰ* καὶ *χημικὰ* φαινόμενα.

ἀ. Φυσικὰ φαινόμενα. Καλοῦνται φυσικὰ φαινόμενα, ἐκεῖνα, κατὰ τὰ ὁποῖα, τὰ σώματα οὐδεμίαν οὐσιώδη καὶ ριζικὴν ἀλλοίωσιν πάσχουσιν, ἀλλὰ μεταβάλλονται ἐπουσιωδῶς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μόνον καὶ παροδικῶς. Ἡ *μεταβολὴ τοῦ ὕδατος εἰς ἀτμὸν* εἶνε φαινόμενον *φυσικόν*· κατ' αὐτό, ἡ θερμότης ἐπενεργήσασα ἐπὶ τοῦ *ρευστοῦ ὕδατος* τὸ μετέτρεψεν εἰς *ἀτμόν* — ἐγένετο ἄρα ἀλλοίωσις τοῦ ὕδατος —. Ἡ ἀλλοίωσις ὅμως αὕτη εἶνε οὐσιώδης, εἶνε ριζική; οὐχί, διότι ὁ ἀτμὸς εἶνε μὲν σῶμα ἀέριον καὶ κατὰ τὸ φαινόμενον διάφορον τοῦ ὕδατος, κατ' οὐσίαν ὅμως εἶνε *ὕδωρ*· ἀπόδειξις δὲ τούτου εἶνε ὅτι ὁ αὐτὸς ἀτμὸς ψυχόμενος γίνεται καὶ πάλιν ὕδωρ. Τὰ ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ νέφη, τὰ ὁποῖα παράγουσι τὴν βροχήν, τὴν χιόνα, τὴν χάλαζαν, οὐδὲν ἄλλο εἰσὶν εἰμὴ ἀτμοὶ ὕδατος.

Ἡ *πτῶσις τοῦ λίθου* εἶνε ἐπίσης φαινόμενον *φυσικόν*· κατ' αὐτὸ οὔτε ὁ καταπίπτων λίθος, οὔτε ἡ γῆ ἐφ' ἧς καταπίπτει, ὑφίστανται ριζικήν τινα ἀλλοίωσιν τῆς ὕλης αὐτῶν· τὸ πολὺ πολὺ δυνατὸν νὰ συντριβῇ ὁ λίθος, ἀλλὰ καὶ πάλιν τὰ συντρίμματα εἶνε ἡ αὐτὴ οὐσία τοῦ λίθου.

Ἐπίσης ὁ *μαγνήτης ἕλκων τεμάχιον σιδήρου*, παρουσιάζει φαινόμενον *φυσικόν*.

Πλεῖστα καὶ ποικίλα εἰσὶ τὰ τοιαῦτα *φυσικὰ φαινόμενα*· ἡ σπουδὴ τούτων εἶνε ἀντικείμενον τῆς Φυσικῆς.

Ἡ Φυσικὴ ἐρευνᾷ καὶ σπουδάζει τὰς αἰτίας, αἵτινες παράγουσι τὰ φυσικὰ φαινόμενα, συνάμα δὲ καὶ τοὺς νόμους, καθ' οὓς ταῦτα παράγονται.

β'. Χημικὰ φαινόμενα. Καλοῦνται χημικὰ φαινόμενα, ἐκεῖνα, κατὰ τὰ ὁποῖα τὰ σώματα ἀλλοιοῦνται οὐσιωδῶς καὶ ριζικῶς, εἰς τὴν θέσιν δ' αὐτῶν ἐμφανίζονται ἕτερα σώματα ὅλως νέα καὶ οὐσιωδῶς διαφέροντα τῶν πρώτων. Π. χ. τεμάχιον ἄνθρακος ἐκτιθέμενον εἰς τὸ πῦρ ἀνάπτει, καὶ καίεται —*ἡ καῦσις τοῦ ἄνθρακος εἶνε φαινόμενον χημικόν*—. Διότι μετὰ τὴν καῦσιν ὁ ἄνθραξ δὲν παραμένει πλέον ἄνθραξ, δηλ. σῶμα στερεόν, μέλαν, ἀποβάφον μεταξὺ τῶν δακτύλων, ἀλλὰ μετατρέπεται εἰς *τέφραν*, *ἀνθρακικὸν ὀξὺ*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κλπ. Οὐδεμία ὁμοιότης, οὐδεμία σχέσις τῶν ἰδιοτήτων τοῦ ἄνθρακος πρὸς τὰς τῶν ἐκ τῆς καύσεως παραχθέντων ἑτέρων σωμάτων.

Ἐπίσης *κατὰ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ ὕδατος* διὰ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ λαμβάνει χώραν *φαινόμενον χημικόν*. Διότι κατ' αὐτὴν τὸ ὕδωρ μεταβάλλεται εἰς ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον, σώματα οὐσιωδῶς διαφέροντα τοῦ ὕδατος.

Πλεῖστα καὶ ποικίλα εἰσὶ καὶ τὰ χημικὰ φαινόμενα. Ἡ *καῦσις τῶν ξύλων*, ἡ *ὀξείδωσις (σκωρίασις) τοῦ σιδήρου ἐν τῷ ἀέρι*, ἡ *ἀναπνοὴ τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζώων*, ἡ *λειτουργία τῆς ἀφομοιώσεως ἐν τοῖς φυτοῖς* κλπ. ἔστωσαν παραδείγματα τοιούτων φαινομένων.

Ἡ σπουδὴ τῶν χημικῶν φαινομένων εἶνε ἀντικείμενον τῆς Χημείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

4. **Φυσικαὶ καταστάσεις τῶν σωμάτων.** Ἡ ὕλη ἡ συνιστῶσα τὰ διάφορα σώματα ὑποπίπτει εἰς τὰς αἰσθήσεις ἡμῶν ὑπὸ τρεῖς διαφόρους μορφάς, τὰς ὁποίας ἡ Φυσικὴ καλεῖ φυσικὰς καταστάσεις τῶν σωμάτων· εἰσὶ δὲ αὗται ἡ *στερεά*, ἡ *ρευστὴ* ἢ *ὑγρὰ* καὶ ἡ *ἀερώδης* κατάστασις.

5. **Στερεὰ σώματα.** *Σώματα εὑρισκόμενα εἰς* **στερεὰν κατάστασιν** *ἢ καὶ ἁπλῶς* **στερεὰ σώματα** *καλοῦνται, ὅσα ἔχουσι ὡρισμένον ὄγκον καὶ ὡρισμένον σχῆμα*· τοιαῦτά εἰσιν οἱ λίθοι, τὰ ξύλα, τὰ μέταλλα, ὁ χάρτης κλπ. Τῶν στερεῶν σωμάτων τὰ μόριά εἰσι κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἧττον στενῶς συνδεδεμένα πρὸς ἄλληλα καὶ ἀπαιτεῖται δύναμίς τις διάφορος τὴν ἔντασιν εἰς τὰ διάφορα σώματα, ὅπως ἀποχωρίσῃ αὐτὰ ἀπ' ἀλλήλων· τὸν βάμβακα ἡ ἐλαχίστη δύναμις διαμε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρίζει, εἰς τὸν χάρτην ἀπαιτεῖται ἰσχυροτέρα δύναμις, ἐκ δὲ τοῦ μαρμάρου μόνον δι' ἰσχυρᾶς κρούσεως τῆς σφύρας δύνανται ν' ἀποσπασθῶσι μερίδια.

6. **Ρευστὰ ἢ ὑγρὰ σώματα.** *Σώματα εὑρισκόμενα εἰς* **ρευστὴν κατάστασιν** *ἢ ἁπλῶς* **ρευστὰ ἢ ὑγρά,** *καλοῦνται ὅσα ἔχουσι μὲν ὡρισμένον ὄγκον οὐχὶ δὲ καὶ ὡρισμένον σχῆμα, ἀλλὰ λαμβάνουσι τὸ σχῆμα τῶν ἀγγείων, ἐν οἷς περιέχονται·* τοιαῦτά εἰσι τὸ ὕδωρ, ὁ οἶνος, τὸ οἰνόπνευμα, ὁ ὑδράργυρος. Τῶν ὑγρῶν σωμάτων τὰ μόριά εἰσι λίαν ἀσθενῶς πρὸς ἄλληλα συνδεδεμένα, διὸ καὶ εὐκολώτατα δι' ἐλαχίστης δυνάμεως δύνανται ν' ἀποχωρίζωνται ἀπ' ἀλλήλων καὶ νὰ διολισθαίνωσι τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δὲ καὶ νὰ λαμβάνῃ οὕτω τὸ ὑγρὸν διάφορα σχήματα, διατηροῦν ὅμως πάντοτε τὸν αὐτὸν ὄγκον. Μία λίτρα ὕδατος δύναται νὰ ἐντεθῇ ἐντὸς φιάλης, ἐντὸς σωλῆνος στενοῦ καὶ μακροῦ, ἐντὸς ποικιλοσχήμων πινακίων καὶ νὰ λαμβάνῃ ἑκάστοτε τὸ σχῆμα τοῦ περιέχοντος, διατηρεῖ ὅμως πάντοτε τὸν αὐτὸν ὄγκον τῆς μιᾶς λίτρας.

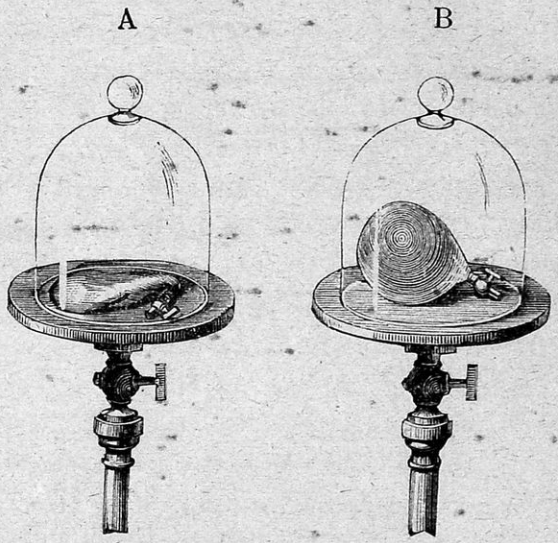
7. **Ἀέρια σώματα.** Ἀέρια σώματα καλοῦνται ὅσα ὄχι μόνον ὡρισμένον σχῆμα ἀλλ' οὔτε καὶ ὡρισμένον ὄγκον ἔχουσιν. Διότι ἐν αὐτοῖς ἐπὶ τοσοῦτον ὑπερέχει ἡ ἀπωστικὴ δύναμις, ὥστε τὰ μόρια αὐτῶν ἀπωθοῦνται διηνεκῶς τείνοντα ν' ἀπομακρυνθῶσιν ἀπ' ἀλλήλων καὶ νὰ καταλάβωσι μείζονα ὄγκον.

Ὅπως ἀποδείξωμεν τοῦτο, λαμβάνομεν κύστιν περιέχουσαν μικρὰν ποσότητα ἀέρος, προσδέομεν ἑρμητικῶς τὸ στόμιον αὐτῆς καὶ θέτομεν αὐτὴν ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας (Σχ. 2). Κατ' ἀρχὰς (Α) ὁ ἐντὸς τῆς κύστεως ἀὴρ μένει ὡς εἶχεν οὔτ' αὐξανόμενος οὔτ' ἐλαττούμενος κατ' ὄγκον, εὐθὺς ὅμως ὡς ἀρχίσωμεν νὰ ἐξάγωμεν τὸν ἀέρα ἐκ τοῦ κώδωνος, ὁ ἐντὸς τῆς κύστεως ἀὴρ ἄρχεται βαθμηδὸν ἐξογκούμενος, τείνων τὴν κύστιν καὶ ἐπὶ τέλους θραύει αὐτὴν μετὰ πατάγου ἵνα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξελθῃ καὶ καταλάβῃ τὸ σχηματιζόμενον κενὸν ἐν τῷ κώδωνι.

Ἡ ἰδιότης αὕτη τῶν ἀερίων, νὰ τείνωσιν ὁλονὲν νὰ κατα-



Σχ. 2. — Ἐλαστικότης τῶν ἀερίων.

λάβωσι μείζονα ὄγκον, καλεῖται **τάσις ἢ ἐλαστικὴ δύναμις τῶν ἀερίων.**

8. **Διάκρισις γενικῶν καὶ μερικῶν ἰδιοτήτων.** Καλοῦνται ἰδιότητες τῶν σωμάτων, οἱ διάφοροι τρόποι, καθ' οὓς ταῦτα ὑποπίπτουσιν εἰς τὰς αἰσθήσεις ἡμῶν. Καί τινες μὲν τῶν ἰδιοτήτων ἀνήκουσιν εἰς ὅλα ἐν γένει τὰ σώματα καὶ καλοῦνται *γενικαὶ ἰδιότητες*, ἕτεραι δ' ἀνήκουσιν εἷς τινα μόνον εἰς ἄλλα δ' οὐχί, ἢ παρουσιάζονται μόνον εἷς τινας περιστάσεις ἄλλοτε δ' οὐχί, *μερικαὶ ἰδιότητες*· τὸ χρῶμα, ἡ σκληρότης, ἡ διαφάνεια, τὸ σχῆμα κλπ. εἰσὶν ἰδιότητες μερικαί.

Γενικαὶ ἰδιότητές εἰσιν αἱ ἑξῆς:

Ἡ *ἔκτασις*, τὸ *ἀδιαχώρητον*, τὸ *διαιρετόν*, τὸ *συμπιεστόν*,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ πορῶδες, ἡ ἐλαστικότης, τὸ κινητὸν καὶ ἡ ἀδράνεια.

9. **Ἔκτασις.** Ἔκτασις καλεῖται ἡ ἰδιότης, ἣν ἔχουσι πάντα τὰ σώματα, νὰ κατέχωσι χῶρόν τινα ἐν τῷ διαστήματι· ὁ χῶρος οὗτος, ὁ τόπος, ὃν κατέχει τὸ σῶμα, καλεῖται ὄγκος τοῦ σώματος.

10. **Ἀδιαχώρητον.** Καλεῖται ἀδιαχώρητον, ἡ ἰδιότης, καθ' ἣν δύο σώματα ἢ δύο οἱαδήποτε μερίδια τῆς ὕλης δὲν δύνανται νὰ κατέχωσι συγχρόνως τὸν αὐτὸν χῶρον. Ὅταν ἐντὸς ποτηρίου πλήρους ὕδατος ῥίπτωμεν λίθον, ἐκχύνεται μέρος τοῦ ὕδατος ἵνα καταλάβῃ τὴν θέσιν αὐτοῦ ὁ λίθος· ὅταν προσκρούωμεν τὸν ἦλον ὅπως ἐνσφηνωθῇ εἰς τὸ ξύλον, τὰ μόρια τοῦ ξύλου συμπιεζόμενα ἀφίνουσιν ἐλεύθερον διάστημα, ὅπερ καταλαμβάνει ὁ ἦλος. Ὥστε λίθος καὶ ὕδωρ, ξύλον καὶ ἦλος δὲν συνυπάρχουσιν ἐν τῷ αὐτῷ χώρῳ, ἀλλ' ἐκφεύγει τὸ ἓν καὶ οὕτως ἔρχεται εἰς τὴν θέσιν αὐτοῦ τὸ ἕτερον.

Εἴς τινας περιστάσεις ὅμως παρουσιάζονται φαινόμενά τινα, ἅπερ ἐκ πρώτης ὄψεως δύναταί τις ἴσως νὰ ἐκλάβῃ ὡς ἀντιστρατευόμενα πρὸς τὴν ἰδιότητα τοῦ ἀδιαχωρήτου. Ὅταν π.χ. ῥίπτωμεν τεμάχια *κρητίδος* (κιμωλίας) ἐντὸς ποτηρίου περιέχοντος ὀλίγον ὕδωρ, βλέπομεν μετὰ μικρὸν τὸ ὕδωρ ἀπορροφώμενον ὑπὸ τῆς κρητίδος χωρὶς νὰ ἐπέλθῃ αὔξησις τοῦ ὄγκου αὐτῆς, ὥστε φαίνεται ὡς νὰ συνυπάρχωσιν ἐν τῷ αὐτῷ χώρῳ καὶ συγχρόνως ἡ οὐσία τοῦ ὕδατος καὶ τῆς κρητίδος· ἀλλ' ὅμως δὲν ἔχει οὕτω τὸ πρᾶγμα· τὸ ὕδωρ δὲν εἰσχωρεῖ εἰς τὴν οὐσίαν τῆς κρητίδος, ἀλλ' εἰς τὰς πολυπληθεῖς μικρὰς ὀπάς, τὰς ὁποίας περιέχει αὕτη. Ἐπίσης, ὅταν μιγνύωνται 54 ὄγκοι οἰνοπνεύματος μετὰ 50 ὄγκων ὕδατος, ἀποτελεῖται μῖγμα ἴσον πρὸς 100 ὄγκους μόνον· ἀλλ' ἡ ἐλάττωσις αὕτη τῶν 4 ὄγκων δὲν προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι μέρος τῆς ὕλης τοῦ ἑνὸς σώματος διαχωρεῖ εἰς τὴν ὕλην τοῦ ἑτέρου, ἀλλὰ διότι τὸ ὕδωρ φέρει ἐν ἑαυτῷ πολυάριθμα κενὰ διαστήματα καὶ ἐντὸς αὐτῶν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰσχωρεῖ μέρος τοῦ οἰνοπνεύματος καὶ ἐπέρχεται ἕνεκα τούτου ἐλάττωσις τοῦ ὅλου ὄγκου τοῦ μίγματος.

Σημ. Ἡ ἔκτασις καὶ τὸ ἀδιαχώρητον πρέπει νὰ χαρακτηρισθῶσιν οὐχὶ μόνον ὡς *γενικαὶ* ἀλλὰ καὶ ὡς *οὐσιώδεις* ἰδιότητες τῶν σωμάτων, διότι εἶνε ἀδύνατον νὰ νοήσωμεν τὴν ὕπαρξιν σώματος ἐστερημένου αὐτῶν. Τούτου δ' ἕνεκα ὁρίζομεν τὰ σώματα, λέγοντες ὅτι : *φυσικὸν σῶμα εἶνε πᾶν τὸ ἔχον ἔκτασιν καὶ ὃν ἀδιαχώρητον.*

11. **Διαιρετόν.** Καλεῖται διαιρετόν, ἡ ἰδιότης ἣν ἔχουσι τὰ σώματα νὰ μερίζωνται εἰς μερίδια σμικρότατα, τόσον σμικρὰ ὥστε νὰ διαφεύγωσι τὴν ἡμετέραν ἀντίληψιν, χωρὶς ἐν τούτοις νὰ χάσωσιν οὐδεμίαν τῶν χαρακτηριστικῶν ἰδιοτήτων τοῦ ἀρχικοῦ σώματος.

Μέχρι τίνος βαθμοῦ δύναται νὰ φθάσῃ ἡ ὑποδιαίρεσις τῆς ὕλης καὶ πόσον καταπληκτικῶς σμικρά εἰσι τὰ μερίδια, εἰς ἃ δύναται νὰ ὑποδιαιρεθῇ αὕτη, ἐννοοῦμεν εὐκόλως ἐκ τῶν ἑξῆς παραδειγμάτων.

Διὰ τῆς τέχνης κατασκευάζονται σύρματα λευκοχρύσου ἔχοντα διάμετρον $^{8}/_{10}$ τοῦ μικροχιλιοστομέτρου (1). Ἐπίσης κατασκευάζονται φύλλα χρυσοῦ ἔχοντα πάχος $^{1}/_{10}$ τοῦ μικροχιλιοστομέτρου καὶ κατὰ συνέπειαν πρέπει νὰ ἐπιστρωθῶσιν ἐπ' ἄλληλα 10000 τοιαῦτα, ὅπως ἀποτελέσωσι στρῶμα πάχους ἑνὸς χιλιοστομέτρου.

Τὰ πτητικὰ ὑγρὰ καὶ τινες οὐσίαι χρωστικαὶ ἢ ὀσμώδεις παρέχουσιν ἐπίσης παραδείγματα τῆς καταπληκτικῆς σμικρότητος τῶν μεριδίων τῆς ὕλης. Οὕτως ὑπελόγισαν ὅτι ἡ διάμετρος τῶν σταγονιδίων τῶν νεφῶν, ἅτινά εἰσιν ἕτοιμα ὅπως ἀναλυθῶσιν εἰς βροχήν, εἶνε τόσον σμικρὰ ὥστε μία σταγὼν

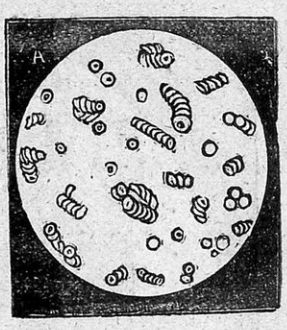
---

(1) Μικροχιλιοστόμετρον (Micron) καλεῖται τὸ χιλιοστὸν τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ μέτρου καὶ σημειοῦται κατὰ συνθήκην διὰ τοῦ γράμματος (μ).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὕδατος ἔχουσα διάμετρον 1 χιλιοστομέτρου ἐνέχει κατὰ μέσον ὅρον 5000—50000 τοιούτων σταγονιδίων. Τεμάχιον μόσχου δύναται ν' ἀναδίδῃ μόρια παρέχοντα ὀσμὴν ἐπὶ πολὺν χρόνον ἔν τινι δωματίῳ, ἐν ᾧ ἀνανεοῦται ὁ ἀήρ, χωρὶς ἐν τούτοις νὰ ἐλαττωθῇ τὸ βάρος αὐτοῦ ἐπαισθητῶς.

Ρανὶς ἀνθρωπίνου αἵματος, ἣν δύναται νὰ ὑψώσῃ διὰ τῆς αἰχμῆς αὐτῆς μικρὰ βελόνη, περιέχει περὶ τὸ ἓν ἑκατομμύριον ἐρυθρῶν αἱμοσφαιρίων (Σχ. 3).



Σχ. 3. — **Αἱμοσφαίρια τοῦ ἀνθρωπίνου αἵματος.**

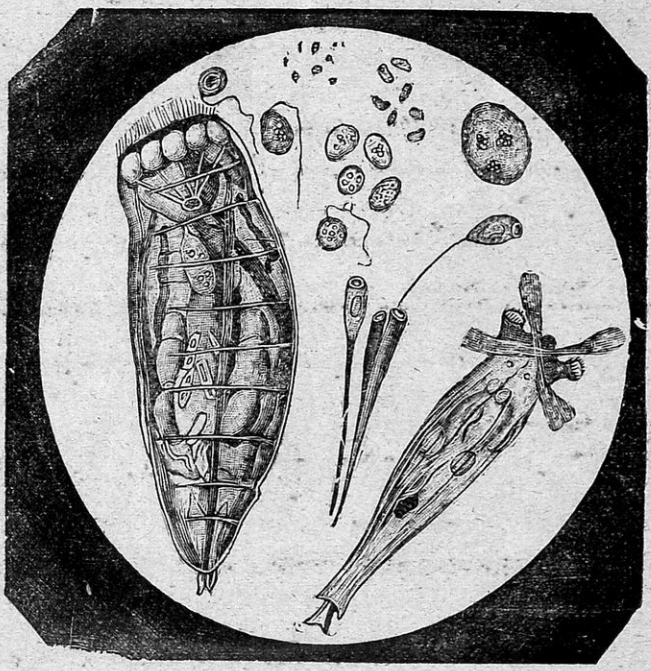
Αἱ ἶνες τῶν κλωστῶν τοῦ λίνου καὶ τῆς μετάξης ἔχουσι διάμετρον $^1/_{20}$ καὶ $^1/_{100}$ τοῦ χιλιοστομέτρου. Αὗται δὲ αἱ τόσον λεπταὶ ἶνες συνίστανται, καθ' ἃ δεικνύει τὸ μικροσκόπιον, ἐκ πολλῶν καὶ διαφόρων μερῶν ὀργανικῶν.

Τὰ *ἐγχυματικὰ* (Σχ. 4) καὶ ἄλλα ζῳῦφιά εἰσι τόσον σμικρά, ὥστε ὁ ἡμέτερος ὀφθαλμὸς ἀδυνατεῖ νὰ τὰ ἴδῃ, καὶ ἐν τούτοις εἰς μίαν καὶ μόνην σταγόνα ὕδατος τὸ μικροσκόπιον ἀνακαλύπτει πλῆθὺν τοιούτων μικροζῳϋφίων. Ἀλλὰ τὰ ζῳῦφια ταῦτα ἔχουσι καὶ ὄργανα. Δυνάμεθα ἤδη νὰ φαντασθῶμεν πόσον σμικρὰ πρέπει νὰ ὦσι τὰ ὄργανα αὐτῶν καὶ κατὰ μείζονα λόγον τὰ ἀνατομικὰ στοιχεῖα, ἐξ ὧν συνίστανται τὰ ὄργανα ταῦτα.

Ἄτομα καὶ μόρια. Πάντα τ' ἀνωτέρω παραδείγματα καταδεικνύουσιν ὅτι ἡ διαιρετότης τῆς ὕλης εἶνε ἀόριστος, καὶ δύναται νὰ προχωρήσῃ μέχρις ἀπιστεύτου βαθμοῦ σμικρότητος τῶν μεριδίων τῆς ὕλης. Ἀλλ' ὅμως διὰ τοῦτο δὲν δύναταί τις νὰ εἴπῃ ὅτι ἡ διαίρεσις τῆς ὕλης εἶνε φυσικῶς δυνατὴ ἐπ' ἄπειρον, ὅτι δηλ. δὲν ὑπάρχουσιν ὅρια, πέραν τῶν ὁποίων τὰ μερίδια αὐτῆς νὰ μὴ δύνανται νὰ ὑποδιαιρεθῶσιν. Προκειμέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νου περὶ διαιρέσεως *δυνατῆς* καὶ *φυσικῆς*, παραδέχονται σήμερον ὅτι αὕτη προχωρεῖ μέχρις ὁρίου τινός, μέχρι μεριδίων τῆς ὕλης ἀπειροελαχίστων, τὰ ὁποῖα δὲν εἶνε δυνατὸν νὰ ὑποδιαιρεθῶσιν ἐπὶ πλέον εἰς μικρότερα. *Τὰ ἀπειροελάχιστα ταῦτα καὶ φυσικῶς ἄτμητα μερίδια* τῆς ὕλης, ἕκαστον τῶν ὁποίων ὑποτίθεται ἔχον ὡρισμένον ὄγκον καὶ σχῆμα, μὴ δυνάμενον οὔτε νὰ



Σχ. 4. — **Ἐγχυματικὰ ζῳῦφια** (ὑπὸ τὸ μικροσκόπ.).

μετασχηματισθῇ, οὔτε νὰ συμπιεσθῇ, οὔτε νὰ διασταλῇ, καλοῦνται ἄτομα.

Ἓν ἄτομον, αὐτὸ καθ' ἑαυτό, δὲν δύναται νὰ ὑπάρξῃ ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει· πρέπει νὰ ὦσι συνηνωμένα δύο τοὐλάχιστον τοιαῦτα εἰς ἓν ὅλον. Τὸ οὕτως ἐκ τῆς συνενώσεως δύο ἀτόμων ἢ καὶ πλειόνων (εἴς τινα σώματα) ἀποτελούμενον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐλάχιστον καὶ αὐθύπαρκτον μερίδιον τῆς ὕλης, καλεῖται μόριον (1).

12. **Πόροι φυσικοί, πορῶδες.** Πολλὰ καὶ διάφορα φαινόμενα ἀναγκάζουσιν ἡμᾶς νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι εἰς ὅλα τὰ σώματα, καὶ εἰς αὐτὰ ἀκόμη τὰ στερεώτερα καὶ συμπαγέστερα, τὰ μόρια τῆς ὕλης δὲν εἶνε συνεχῆ ἤτοι συγκεκολλημένα πρὸς ἄλληλα. Ἐὰν τοῦτο συνέβαινε, πῶς θὰ ἠδύνατο νὰ ἐξηγηθῇ τότε ἡ διαστολὴ καὶ συστολὴ τῶν σωμάτων διὰ τῆς αὐξήσεως καὶ ἐλαττώσεως τῆς θερμοκρασίας αὐτῶν; — Πῶς θὰ ἠδύνατο τὸ σάκχαρον νὰ διαλυθῇ ἐντὸς τοῦ ὕδατος, νὰ εἰσχωρήσῃ δηλ. εἰς αὐτὴν τὴν ὕλην τοῦ ὕδατος, ἀφοῦ ἡ ὕλη εἶνε ἀδιαχώρητος; Πῶς θὰ ἐξηγεῖτο τότε τὸ φαινόμενον, καθ' ὃ 54 ὄγκοι οἰνοπνεύματος μιγνύμενοι μετὰ 50 μερῶν ὕδατος ἀποτελοῦσιν, ὡς εἴδομεν, μίγμα 100 μόνον ὄγκων; Ἀναγκαζόμεθα λοιπὸν νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι τὰ μόρια τὰ συνιστῶντα τὸ σῶμα εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων ἀφίνοντα ἐν τῷ μεταξὺ κενὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ μεγεθυνθῶσιν ἢ νὰ σμικρυνθῶσιν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἐξωτερικῶν αἰτίων.

Τὰ διαστήματα ταῦτα καλοῦνται πόροι φυσικοί, ἡ δὲ ἰδιότης αὕτη τῶν σωμάτων καλεῖται πορῶδες.

Ὥστε κατὰ ταῦτα τὸ πορῶδες δὲν εἶνε ἰδιότης τῆς ὕλης, ὅπως λ. χ. τὸ ἀδιαχώρητον, τὸ διαιρετόν, ἀλλὰ μᾶλλον ἓν εἶδος

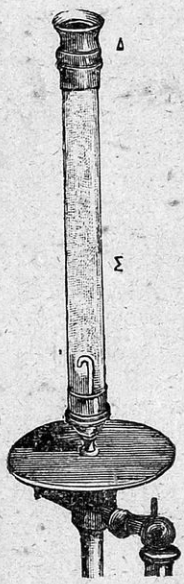
---

(1) Πολλοὶ τῶν φυσικῶν ἐπὶ διαφόρων στηριζόμενοι δεδομένων ἐπεχείρησαν νὰ ὑπολογίσωσι τὴν μέσην διάμετρον τῶν μορίων· εὑρίσκουσι δ' ὅτι τὸ μέγεθος αὐτῶν περιλαμβάνεται μεταξὺ 1 χιλιοστοῦ καὶ 1 δεκάκις χιλιοστοῦ τοῦ μικροχιλιοστομέτρου. Ἐπειδὴ δὲ διὰ τῶν τελειοτέρων μικροσκοπίων τῆς σήμερον δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν τὸ πολὺ μέχρις $^1/_4$ τοῦ μικροχιλιοστομέτρου, ἔπρεπεν ἡ διάμετρος τῶν μορίων νὰ εἶνε 250—2500 φορὰς μείζων, ὅπως καταστῶσιν αὐτὰ ὁρατὰ ὑπὸ τὸ μικροσκόπιον (ἐκτὸς ἐὰν τοῦτο τελειοποιηθῇ ἐν τῷ μέλλοντι εἰς βαθμὸν ὥστε νὰ δίδῃ εἰς τὰ ἀντικείμενα μεγέθυνσιν κατὰ διάμετρον τοὐλάχιστον 250 φορὰς μείζονα ἐκείνης ἣν δίδει σήμερον).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑποθέσεως ἐπὶ τοῦ τρόπου τῆς συγκροτήσεως τῶν σωμάτων.

Οἱ μεταξὺ τῶν μορίων φυσικοὶ πόροι, ὅπως καὶ αὐτὰ ταῦτα τὰ μόρια, εἰσὶν ἀπείρως σμικροὶ καὶ ἀφανεῖς. Ἐκτὸς τούτων ὅμως ὑπάρχουσι καὶ οἱ καλούμενοι αἰσθητοὶ πόροι, οἵτινές εἰσιν ἀληθῆ χάσματα μεταξὺ τῶν μερῶν τῶν σωμάτων καὶ εἶνε ὁρατοὶ εἴτε διὰ τοῦ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ εἴτε διὰ τοῦ μικροσκοπίου· οὕτως εἰς τοὺς σπόγγους, τὰ ξύλα, τὸν ἄρτον, τὸ σάκχαρον κλπ. εἰσὶ καταφανεῖς διὰ γυμοῦ ὀφθαλμοῦ.



Σχ. 5. Βροχὴ ὑδραργύρου ἐν τῷ κενῷ.

Βροχὴ ὑδραργύρου ἐν τῷ κενῷ. Τοῦ δέρματος οἱ πόροι γίνονται καταληπτοὶ διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος, ὅπερ καλεῖται *βροχὴ ὑδραργύρου ἐν τῷ κενῷ* (Σχ. 5).

Λαμβάνομεν σωλῆνα ὑάλινον Σ, ἀπολήγοντα πρὸς μὲν τὰ ἄνω εἰς δοχεῖον Δ, πρὸς δὲ τὰ κάτω εἰς πόδα, δι' οὗ δύναται νὰ κοχλιωθῇ ἐπὶ τοῦ δίσκου τῆς ἀεραντλίας. Ἀφοῦ κλείσωμεν διὰ δέρματος ἱκανῶς παχέος τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου Δ καὶ χύσωμεν ἐν αὐτῷ ὑδράργυρον, ἀρχίζομεν κενοῦντες τὸν ἀέρα ἐκ τοῦ σωλῆνος· παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ ὑδράργυρος πιεζόμενος ἔξωθεν ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας διέρχεται διὰ τῶν πόρων τοῦ δέρματος καὶ καταπίπτει ἐν μορφῇ λεπτοτάτων σταγονιδίων ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, σχηματίζων ἀργυρᾶν βροχήν. Ἀντὶ δέρματος δυνάμεθα νὰ κλείσωμεν τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου καὶ διὰ παχέος δίσκου ἐκ συμπαγοῦς ξύλου, εἰς τὸ ὁποῖον οἱ πόροι δὲν εἶνε ὁρατοὶ διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ· καὶ πάλιν τὸ αὐτὸ φαινόμενον θὰ λάβῃ χώραν καὶ θὰ καταδειχθῇ τοιουτοτρόπως ἡ ὕπαρξις πολυαρίθμων αἰσθητῶν πόρων καὶ ἐν τῷ ξύλῳ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

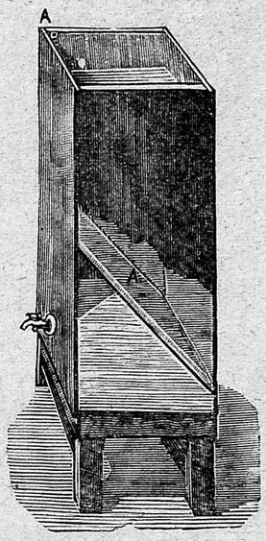
Πείραμα τῶν Ἀκαδημαϊκῶν τῆς Φλωρεντίας. Πάντα τὰ μέταλλα καὶ αὐτὰ τὰ πυκνότερα φέρουσιν αἰσθητοὺς πόρους, ὡς τοῦτο κατεδείχθη ἐπὶ τοῦ χρυσοῦ διὰ τοῦ πειράματος τῶν Ἀκαδημαϊκῶν τῆς Φλωρεντίας τῷ 1861. Οὗτοι, θέλοντες ν' ἀποδείξωσι τὸ συμπιεστὸν τοῦ ὕδατος, κατεσκεύασαν κοίλην σφαῖραν ἐκ χρυσοῦ, ἐπλήρωσαν αὐτὴν ὕδατος καὶ ἔφραξαν καλῶς τὸ στόμιον αὐτῆς· κρούοντες δὲ διὰ σφύρας, ὅπως ἐλαττώσωσι τὸν ὄγκον αὐτῆς καὶ συνεπῶς τοῦ περιεχομένου ὕδατος, παρετήρησαν ὅτι μεθ' ἑκάστην κροῦσιν ἡ σφαῖρα ἐκαλύπτετο διὰ λεπτοτάτων σταγόνων ὕδατος, ἐν εἴδει δρόσου ἐπικαθημένων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὠφείλετο εἰς τὴν ὕπαρξιν τῶν αἰσθητῶν πόρων ἐν τῷ χρυσῷ, διὰ τῶν ὁποίων ἀνεξεθλίβετο τὸ ὕδωρ ὑπὸ μορφὴν λεπτῶν σταγόνων.

Πλεῖστα ὅσα φαινόμενα τοῦ καθ' ἡμέραν βίου ἐξηγοῦνται διὰ τοῦ πορώδους τῶν σωμάτων καὶ πολλὰς ἐφαρμογὰς τούτου ποιεῖ ὁ ἄνθρωπος. Οὕτως ἕνεκα τοῦ πορώδους αὐτῶν τὰ ξύλα, αἱ χορδαί, ὁ χάρτης καὶ πολλοὶ λίθοι διαπερῶνται καὶ διαποτίζονται ὑπὸ τῆς ὑγρασίας τοῦ ἀέρος ἢ τῶν ὑδάτων τῆς βροχῆς. Ἕνεκα τοῦ πορώδους αὐτῶν ὁ ἄνευ κόλλας χάρτης, ὁ ταφφετᾶς καὶ διάφορα ἐν γένει πυκνὰ ὑφάσματα χρησιμοποιοῦνται, ὅπως διηθῶμεν δι' αὐτῶν ὑγρὰ ἀκάθαρτα· διότι διὰ τῶν σμικροτάτων πόρων τῶν σωμάτων τούτων δύναται μὲν νὰ διαπεραᾷ ἐλευθέρως τὸ ὑγρὸν, οὐχὶ ὅμως καὶ αἱ ἐν αὐτῷ αἰωρούμεναι στερεαὶ οὐσίαι (Σχ. 7).

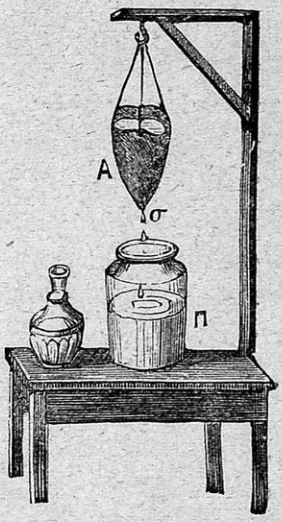
Προκειμένου δὲ περὶ διηθήσεως καὶ ἀποκαθάρσεως τοῦ ποσίμου ὕδατος κατασκευάζονται εἰδικαὶ συσκευαὶ καλούμεναι *διϋλιστήρια τοῦ ὕδατος* (φίλτρα). Ἓν τοιοῦτον διϋλιστήριον παριστᾷ ἡ κατωτέρω εἰκὼν (Σχ. 6)· εἶνε κιβώτιον ἐκ ξύλου χωριζόμενον ἐσωτερικῶς εἰς δύο χωρητικότητας διὰ πλακὸς ἐκ πορώδους λίθου Α. Τὸ ὕδωρ χύνεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὴν ἀνω-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τέραν χωρητικότητα, ὀλίγον κατ' ὀλίγον δὲ διαπερῶν διὰ τῶν πόρων τῆς πλακὸς εἰσχωρεῖ καθαρὸν καὶ ἀπηλλαγμένον ξένων οὐσιῶν εἰς τὴν κατωτέραν χωρητικότητα, ἐξ ἧς ἀντλοῦμεν καὶ πίνομεν.



Σχ. 6. — **Διϋλιστήριον τοῦ ὕδατος.**



Σχ. 7. — **Διϋλιστήριον.**

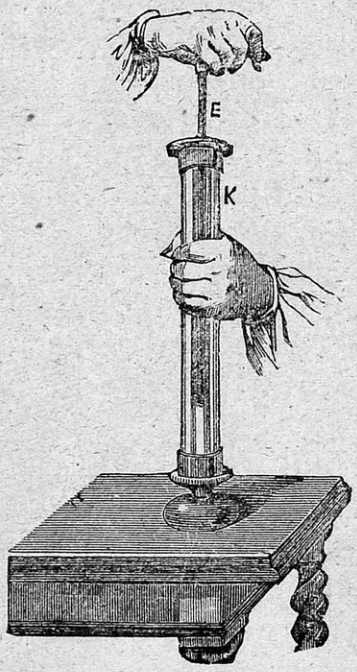
13. **Συμπιεστόν.** Καλεῖται συμπιεστόν, ἡ ἰδιότης, καθ' ἣν τὰ σώματα λαμβάνουσι μικρότερον ὄγκον, ὅταν ἐπ' αὐτῶν ἐνεργήσῃ ἐξωτερικὴ δύναμις.

Τὰ διάφορα σώματα δὲν εἶνε εἰς τὸν αὐτὸν βαθμὸν συμπιεστά. Τὰ μᾶλλον συμπιεστὰ εἶνε τὰ ἀέρια, τὰ ὁποῖα δι' ἀρκούσης πιέσεως δύνανται νὰ λάβωσιν ὄγκον ἀσυγκρίτως μικρότερον ἐκείνου, ὃν εἰς τὰς συνήθεις περιστάσεις ἔχουσιν. Ἀποδεικνύομεν δὲ τοῦτο διὰ τοῦ καλουμένου *ἀεροθλίπτου* (Σχ. 8), ὅστις ἀποτελεῖται ἐκ σωλῆνος ἔχοντος παχείας παρειὰς καὶ κεκλεισμένου κατὰ τὸ ἓν ἄκρον, διὰ τοῦ ἑτέρου δ' ἄκρου εἰ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σέρχεται ἔμβολον κλεῖον ἑρμητικῶς τὴν ὀπὴν τοῦ σωλῆνος. Ὠθοῦντες τὸ ἔμβολον ἰσχυρῶς δυνάμεθα νὰ καταβιβάσωμεν αὐτὸ σχεδὸν μέχρι τῆς βάσεως τοῦ σωλῆνος εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἐν αὐτῷ ἀὴρ συμπιεζόμενος νὰ καταλάβῃ ἐλάχιστον ὄγκον. Τὸ ὄργανον τοῦτο καλεῖται καὶ *πυρεῖον δι' ἀέρος*, διότι κατὰ τὴν συμπύκνωσιν τοῦ ἀέρος ἀναπτύσσεται θερμότης μεγάλη, δυναμένη ν' ἀναφλέξῃ τεμάχιον ἀγαρικοῦ προσκεκολλημένον ἐκ τῶν προτέρων εἰς τὸ κάτω ἄκρον τοῦ ἐμβόλου.

Ἐκ τῶν στερεῶν τὰ μᾶλλον συμπιεστά εἰσιν ὁ σπόγγος, ὁ φελλός, ὁ χάρτης, τὸ ἐλαστικὸν κόμμι, τὰ διάφορα ὑφάσματα καὶ λοιπά. Τὰ δὲ ὑγρά εἰσιν ἐλάχιστα συμπιεστά, διὸ καὶ ἐνόμιζον αὐτὰ μέχρι τινὸς ὅλως ἀσυμπίεστα.



Σχ. 8. — Ἀεροθλίπτης.

Τὸ συμπιεστὸν τῶν σωμάτων εἶνε ἀναπόφευκτος συνέπεια τοῦ πορώδους αὐτῶν· ἀφοῦ τὰ μόρια, ἐξ ὧν συνίστανται ταῦτα, εὑρίσκονται, ὡς εἴδομεν, εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων, ἐπόμενον εἶνε, ὅταν ἐνεργῇ ἐπ' αὐτῶν ἐξωτερικὴ δύναμις, νὰ συμπλησιάζωσι ταῦτα, νὰ ἐλαττῶνται τοιουτοτρόπως τὰ διάμεσα κενὰ καὶ τὸ σῶμα νὰ λαμβάνῃ ἐλάσσονα ὄγκον.

Οὐ μόνον δὲ διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας ἀλλὰ καὶ διὰ τῆς ἐλαττώσεως τῆς θερμοκρασίας τῶν σωμάτων ἐπέρχεται σμίκρυνσις τοῦ ὄγκου αὐτῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

14. **Ἐλαστικότης.** Καλεῖται ἐλαστικότης, ἡ ἰδιότης καθ' ἣν τὰ σώματα συμπιεζόμενα ἢ ὁπωσδήποτε μετασχηματιζόμενα ἀναλαμβάνουσι τὸ ἀρχικὸν αὐτῶν σχῆμα τὸν ὄγκον ἢ τὸ μῆκος, ὅταν παύσῃ ἐνεργοῦσα ἡ τὴν μεταβολὴν ἐπενεγκοῦσα ἐξωτερικὴ δύναμις. Εὐθεῖα ράβδος ἐκ χάλυβος λ. χ. καμπτομένη λαμβάνει ὅλως ἄλλοῖον σχῆμα, εὐθὺς ὅμως ὡς ἀφεθῇ ἐλευθέρα, ἀναλαμβάνει τὸ ἀρχικὸν αὐτῆς σχῆμα καὶ τὴν θέσιν. Σφαῖρα ἐξ ἐλαστικοῦ κόμμεως, συμπιεζομένη μεταξὺ τῶν δύο χειρῶν, πλατύνεται καὶ μετασχηματίζεται, ἀφιεμένη ὅμως ἐλευθέρα ἀναλαμβάνει τὸ πρότερον σχῆμα καὶ τὸν ὄγκον αὐτῆς.

Ἐκ τῶν σωμάτων τὰ μᾶλλον ἐλαστικά εἰσι τὰ ἀέρια. Λάβωμεν τὸν ἀεροθλίπτην καὶ πιέσωμεν τὸ ἔμβολον εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἐν αὐτῷ ἀὴρ νὰ λάβῃ ὄγκον μικρότερον κατὰ τὸ τέταρτον, κατὰ τὸ δέκατον κλπ. καὶ ἀκολούθως ἀφήσωμεν ἐλεύθερον τὸ ἔμβολον. Θὰ ἴδωμεν αὐτὸ πάραυτα καὶ μεθ' ὁρμῆς ἀνερχόμενον ἀκριβῶς μέχρι τοῦ ἄνω ἄκρου τοῦ σωλῆνος ἕνεκα τῆς τελείας ἐλαστικότητος τοῦ ἀερίου.

Καὶ τὰ ὑγρὰ ὡς καὶ τὰ ἀέριά εἰσι τελείως ἐλαστικὰ σώματα.

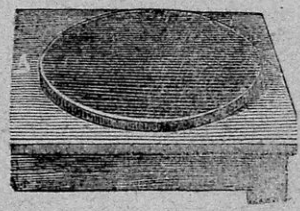
Μεταξὺ τῶν στερεῶν λίαν καταφανῆ ἐλαστικότητα παρουσιάζουσιν ὁ χάλυψ, τὸ ἐλαστικὸν κόμμι, τὸ ἐλεφαντόστεον, ἡ ὕαλος, τὸ μάρμαρον, τὰ ἔρια καὶ λοιπά. Ἐκτελοῦμεν τὸ ἑξῆς πείραμα, ὅπως καταδείξωμεν τὴν ἐλαστικότητα τοῦ ἐλεφαντοστέου π. χ. καὶ συγχρόνως τὴν διὰ προσκρούσεως μετατόπισιν τῶν μορίων αὐτοῦ, ἐξ ἧς προέρχεται ἡ ἐλαστικότης. Ἐπιχρίομεν τὴν ἐπιφάνειαν λείας μαρμαρίνης πλακὸς διὰ λεπτοῦ στρώματος ἐλαίου (Σχ. 9) καὶ ἀφίνομεν νὰ καταπέσῃ ἐπ' αὐτῆς ἐκ τινος ὕψους σφαῖρα ἐξ ἐλεφαντοστέου· θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μεθ' ἑκάστην πρόσκρουσιν ἡ σφαῖρα ἀναπηδᾷ εἰς ὕψος τι πρὸς τὰ ἄνω, ὅτι δὲ συγχρόνως ἀφίνει εἰς τὸ μέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρος ἔνθα κτυπᾷ κυκλικὸν ἴχνος, τοσούτῳ μεῖζον ὅσῳ μεῖζον τὸ ὕψος ἐξ οὗ καταπίπτει. Ἐκ τούτου συμπεραίνομεν ὅτι συμβαίνει εἰς τὸ μέρος τῆς προσκρούσεως συμπίεσις τῶν μορίων καὶ πλάτυνσις τῆς σφαίρας, ἀκολούθως δ' ἕνεκα τῆς ἀντιδράσεως τῶν συμπιεσθέντων μορίων ἐπέρχεται ἡ ἀναπήδησις τῆς σφαίρας.

Θ Σ

Ὅριον ἐλαστικότητος. Ἐν τοῖς στερεοῖς ὑπάρχει ὅριον ἐλαστικότητος, πέραν τοῦ ὁποίου τὸ σῶμα δὲν δύναται ν' ἀναλάβῃ τὸ ἀρχικὸν αὐτοῦ σχῆμα, τὸν ὄγκον ἢ τὸ μῆκος, ἀλλ' ἢ μένει εἰς τὴν νέαν κατάστασιν ἢ καὶ θραύεται. Οὕτω π. χ. εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα, ἐὰν ἡ ἐλεφαντίνη σφαῖρα ριφθῇ ἐκ πολὺ μεγάλου ὕψους, δύναται νὰ θραυσθῇ εἰς τεμάχια· σύρμα μεταλλικὸν τεινόμενον διὰ μεταλλικοῦ βάρους ἐπιμηκύνεται, διατηρεῖ δὲ μέρος τῆς ἐπιμηκύνσεως καὶ μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ βάρους, ἐὰν τοῦτο εἶνε πολὺ μέγα. Ῥάβδος μεταλλικὴ καμπτομένη ὑπὲρ τὸ δέον διατηρεῖ τὴν νέαν ταύτην θέσιν ἢ καὶ θραύεται.



Σχ. 9. — **Πείραμα ἐλαστικότητος.**

Ἐν τοῖς ὑγροῖς ὅμως καὶ τοῖς ἀερίοις δὲν ὑπάρχει ὅριον ἐλαστικότητος, ἀλλ' ἀναλαμβάνουσι ταῦτα πάντοτε καὶ ἀκριβῶς τὸν ἀρχικὸν αὐτῶν ὄγκον· ἐκτὸς ἐὰν ὑποβληθῶσιν εἰς ἀρκοῦσαν πίεσιν ἅμα δὲ καὶ ψῦξιν, ὅτε, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω ἐν τῷ περὶ θερμότητος κεφαλαίῳ, μεταβάλλουσι κατάστασιν μετατρεπόμενα τὰ ἀέρια εἰς ὑγρά, καὶ τὰ ὑγρὰ εἰς στερεά.

15. **Κινητόν.** Τὸ κινητὸν εἶνε ἰδιότης τῶν σωμάτων, καθ' ἣν ταῦτα δύνανται ν' ἀλλάσσωσι θέσιν ἐν τῷ διαστήματι.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Λέγομεν ὅτι σῶμά τι ἠρεμεῖ, ὅταν ἐμμένῃ διαρκῶς ἐν τῇ αὐτῇ θέσει, κινεῖται δέ, ὅταν ἀλλάσσῃ διηνεκῶς θέσιν ἐν τῷ διαστήματι. Πρέπει δὲ νὰ διακρίνωμεν *ἀπόλυτον* καὶ *σχετικὴν ἠρεμίαν*, ὅπως ἐπίσης *ἀπόλυτον* καὶ *σχετικὴν κίνησιν*.

Ἀπόλυτος ἠρεμία εἶνε, ὅταν σῶμά τι ἠρεμῇ ἐπὶ ἑτέρου σώματος ἠρεμοῦντος ἐπίσης, σχετικὴ δὲ ἠρεμία, ὅταν ἠρεμῇ ἐπὶ σώματος κινουμένου. Οὐδὲν σῶμα ἐν τῷ κόσμῳ ὑπάρχει ἐν ἀπολύτῳ ἠρεμίᾳ, διότι καὶ αὐτὰ τὰ ὄρη, οἱ μεγάλοι λίθοι κλπ. διατηροῦσι μὲν τὴν αὐτὴν θέσιν ὡς πρὸς τὰ περικυκλοῦντα σώματα, συγκινοῦνται ὅμως μετὰ τῆς γῆς κινουμένης περὶ ἄξονα καὶ περὶ τὸν Ἥλιον.

Ἀπόλυτος κίνησις εἶ ε, ὅταν σῶμά τι κινῆται ἐπὶ σώματος ἐντελῶς ἠρεμοῦντος, σχετικὴ δὲ κίνησις, ὅταν κινῆται ἐπὶ σώματος κινουμένου. Ἄνθρωπος περιπατῶν, ἐπὶ τῆς γῆς, ἀτμόπλοιον πλέον ἐπὶ τῆς θαλάσσης, σφαῖρα κυλινδουμένη ἐπὶ τοῦ καταστρώματος πλοίου κλπ. εὑρίσκονται ἐν σχετικῇ κινήσει. Ἀπόλυτος κίνησις δὲν ὑπάρχει ἐν τῇ γῇ.

16. **Ἀδράνεια.** Καλεῖται ἀδράνεια, ἡ ἰδιότης τῶν σωμάτων, καθ' ἣν ταῦτα ἐμμένουσιν ἐν ᾗ καταστάσει εὑρίσκονται καὶ δὲν δύνανται *ἀφ' ἑαυτῶν* νὰ μεταβῶσιν οὔτε ἐκ τῆς ἠρεμίας εἰς τὴν κίνησιν, οὔτε ἐν τῆς κινήσεως εἰς τὴν ἠρεμίαν, ἐὰν δὲν ἐπενεργήσῃ ἐξωτερικὴ δύναμις.

Καὶ ὅτι μὲν τὸ ἠρεμοῦν σῶμα δὲν δύναται ἀφ' ἑαυτοῦ νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν, τοῦτο γίνεται ἡμῖν καταφανὲς ἐκ τῆς καθημερινῆς παρατηρήσεως. Ὁ λίθος, τὸ βιβλίον, ἡ τράπεζα καὶ πᾶν σῶμα ἠρεμοῦν μένει αἰωνίως ἐν τῇ αὐτῇ θέσει, ἐὰν ἄλλη τις δύναμις δὲν μετατοπίσῃ αὐτό· καὶ αὐτὰ δὲ τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἀφίνονται ἐλεύθερα καὶ ἄνευ ὑποστηρίγματος εἴς τι ὕψος καὶ πίπτουσι πρὸς τὴν γῆν, κινοῦνται πρὸς τὸ ἔδαφος οὐχὶ ἐξ ἑαυτῶν, ἀλλὰ διότι ἕλκονται ὑπὸ τῆς γῆς.

Ὅσον δ' ἀφορᾷ τὸ δεύτερον μέρος τῆς ἀρχῆς τῆς ἀδρα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νείας, ὅτι δηλονότι «*σῶμά τι κινούμενον δὲν δύναται ἀφ' ἑαυτοῦ νὰ σταματήσῃ, οὔτε νὰ μεταβάλῃ τὴν διεύθυνσιν ἢ τὴν ταχύτητά αὐτοῦ*», τοῦτο δὲν εἶνε ἐκ πρώτης ὄψεως καταφανές. Διότι ἡμεῖς βλέπομεν καθημερινῶς ὅτι μία σφαῖρα π. χ. ριπτομένη ἐπὶ ἐπιπέδου ἐδάφους κυλίει κατ' ἀρχὰς μετὰ ταχύτητος, ὀλίγον κατ' ὀλίγον ὅμως ἐπιβραδύνει τὴν κίνησιν αὐτῆς καὶ ἐπὶ τέλους σταματᾷ.

Ἡ κινουμένη ἀτμάμαξα ἐπιβραδύνει τὴν κίνησιν αὐτῆς καὶ σταματᾷ, ἅμα ὡς παύσῃ ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀτμοῦ. Καὶ ὅμως καὶ ἐνταῦθα ἡ μετάβασις τῶν σωμάτων τούτων ἐκ τῆς κινήσεως εἰς τὴν ἠρεμίαν δὲν προέρχεται ἐξ ἑαυτῶν, ἀλλ' ἐκ τῶν *ἀντιστάσεων, ἃς ἐπιφέρει εἰς τὴν κίνησιν αὐτῶν ὁ ἐκτοπιζόμενος ἀὴρ καὶ ἡ τριβὴ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.*

Αἱ ἐξωτερικαὶ ἀντιστάσεις λοιπὸν καταστρέφουσιν ἢ μεταβάλλουσι τὴν κίνησιν τοῦ σώματος καὶ οὐχὶ τοῦτο ἐξ ἑαυτοῦ. Ὅτι δὲ οὕτως ἔχει τὸ πρᾶγμα, ἀποδεικνύομεν, ἐὰν ρίψωμεν τὴν αὐτὴν σφαῖραν καὶ μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως ἐπὶ λείου μαρμαρίνου ἐδάφους, ἐφ' οὗ ἡ τριβὴ ἐλαττοῦται· θὰ ἴδωμεν αὐτὴν τότε χωροῦσαν μετὰ μείζονος ταχύτητος καὶ ἐξικνουμένην εἰς μείζονα ἀπόστασιν. Ἐὰν δ' ἐκ τρίτου τὴν αὐτὴν σφαῖραν ρίψωμεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας πεπηγότος ποταμοῦ ἢ λίμνης, ἔνθα ἡ τριβὴ ἐλαττοῦται πολὺ περισσότερον, θὰ ἴδωμεν αὐτὴν χωροῦσαν εἰς πολὺ μείζονα ἀπόστασιν. Συνεπῶς, ἐὰν ἠδυνάμεθα νὰ ἐκμηδενίσωμεν πάσας τὰς ἀντιστάσεις, τὸ σῶμα θὰ ἐκινεῖτο διηνεκῶς καὶ μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος. Ἀλλὰ τοῦτο εἶνε ἀπολύτως ἀδύνατον, διότι ὅσον λεῖον καὶ ἂν ᾖ τὸ ἐπίπεδον, ἐφ' οὗ τὸ σῶμα κινεῖται, πάντοτε ὑπάρχει τριβή.

Πολλὰ φαινόμενα ἐξηγοῦνται διὰ τῆς ἀδρανείας τῆς ὕλης. Ὅταν ἀτμάμαξα ταχέως κινουμένη συναντήσῃ εἰς τὸν δρόμον κώλυμα καὶ σταματήσῃ ἀκαριαίως, αἱ ὑπ' αὐτῆς συρό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μεναι ἅμαξαι συγκρουόμεναι θραύονται, διότι ἕνεκα τῆς ἀδρανείας τείνουσι νὰ ἐξακολουθήσωσι τὴν πρὸς τὰ πρόσω κίνησιν. Πλειστάκις λαμβάνουσι χώραν συγκρούσεις καὶ ναυάγια φοβερά, ὅταν δύο ἀτμόπλοια ἀντιθέτως κινούμενα, ἕνεκα ἀπροσεξίας ἢ κακῆς διευθύνσεως προσεγγίσωσι πολὺ τὸ ἓν κατέναντι τοῦ ἄλλου καὶ δὲν προλάβωσι νὰ λοξοδρομήσωσιν· ὁ μηχανικὸς τότε παύει τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἀτμοῦ καὶ ἐν τούτοις ταῦτα ἕνεκα τῆς ἀδρανείας ἐξακολουθοῦσι προχωροῦντα καὶ συγκρούονται. — Ὅταν τις ἐπιχειρῇ νὰ κατέλθῃ ἐξ ἁμάξης ταχέως κινουμένης ἔχων ἐστραμμένον τὸ πρόσωπον πρὸς τὸ μέρος πρὸς ὃ κινεῖται ἡ ἅμαξα, πίπτει πρηνής, διότι ἕνεκα τῆς ἀδρανείας τὸ σῶμα τείνει νὰ διατηρήσῃ τὴν πρὸς τὰ πρόσω κίνησιν· διὰ τοῦτο ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ὀφείλει ὁ κατερχόμενος νὰ κλίνῃ τὸ σῶμα αὐτοῦ ἀρκούντως πρὸς τὰ ὀπίσω. — Ὅταν τις τρέχῃ δρομαίως, δὲν δύναται νὰ σταματήσῃ ἀκαριαίως. — Ὅταν πλησιάζῃ ἡ ἁτμάμαξα εἰς τὸν σταθμὸν ἢ τὸ ἀτμόπλοιον εἰς τὸν λιμένα, ὁ μηχανικὸς παύει τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἀτμοῦ ἀπὸ ἀρκετῆς ἀποστάσεως (ἀπὸ 1 χιλιομέτρου καὶ πλέον ἐν τοῖς σιδηροδρόμοις) καὶ οὕτω μόνον ἐπέρχεται ἕνεκα τῆς τριβῆς βαθμιαία ἐπιβράδυνσις τῆς κινήσεως τοῦ ἀτμοκινήτου καὶ ἐπὶ τέλους σταματᾷ τοῦτο. — Ὅταν θέλωμεν νὰ ὑπερπηδήσωμεν τάφρον, *λαμβάνομεν φοράν*, τουτέστι δίδομεν κίνησιν εἰς τὸ σῶμα ἡμῶν, ἥτις, προστιθεμένη εἰς τὴν προσπάθειαν ἣν καταβάλλομεν ὅταν φθάσωμεν εἰς τὸ χεῖλος τῆς τάφρου, ἐπιβοηθεῖ εἰς τὴν ὑπερπήδησιν αὐτῆς. — Δυνάμει τῆς ἀδρανείας οἱ ἱππευταὶ κατορθοῦσιν, ἐν ᾧ τρέχουσι δρομαίως διὰ τῶν ἵππων, νὰ διαπερῶσι διὰ μέσου στεφάνων παρεντεθειμένων καὶ νὰ ἐπαναπίπτωσι πάλιν ἐπὶ τοῦ τρέχοντος ἵππου. Διὰ τὸν αὐτὸν ἐπίσης λόγον, ἐὰν ὁ ἵππος τοῦ ὀρθίου ἱσταμένου ἱππευτοῦ σταθῇ ἀποτόμως, ἐνῷ τρέχει δρομαίως, ὁ ἱππευτὴς ἀνατινάσσεται πρὸς τὰ ἐμπρὸς καὶ πίπτει μὲ τὴν κεφαλὴν πρὸς τὰ κάτω.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΠΕΡΙ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

17. **Δυνάμεις, ἀντικείμενον τῆς Μηχανικῆς.** Δύναμις καλεῖται πᾶσα αἰτία δυναμένη νὰ παραγάγῃ κίνησιν ἢ νὰ τροποποιήσῃ τὴν ὑπάρχουσαν κίνησιν σώματός τινος. Ἡ ἐνέργεια τῶν μυῶν τοῦ ἵππου σύροντος τὴν ἅμαξαν, ὁ ἄνεμος κινῶν τὸ ἱστιοφόρον πλοῖον, ἡ βαρύτης ἕλκουσα τὰ σώματα πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς, ἡ μαγνητικὴ ἕλξις κλπ. εἶνε *δυνάμεις*. Ἡ σπουδὴ τῆς κινήσεως καὶ τῶν παραγουσῶν αὐτὴν αἰτιῶν, τουτέστι τῶν δυνάμεων, εἶνε ἀντικείμενον τῆς *Μηχανικῆς*. Δύναται ὡς ἐκ τούτου νὰ ὑποδιαιρεθῇ ἡ Μηχανικὴ εἰς δύο μέρη, ὧν τὸ μὲν πρῶτον ἡ *Κινηματική*, σπουδάζει τὴν κίνησιν καθ' ἑαυτήν, χωρὶς νὰ λάβῃ ὑπ' ὄψιν τὰς παραγούσας αὐτὴν δυνάμεις, τὸ δὲ δεύτερον πραγματεύεται *Περὶ τῶν δυνάμεων καὶ τῆς ἐνεργείας αὐτῶν*.

Α'. Κινηματικὴ ἢ περὶ κινήσεως.

18. **Κινητόν, τροχιὰ κινουμένου σώματος, εὐθύγραμμος καὶ καμπυλόγραμμος κίνησις.** Κίνησιν ἐκαλέσαμεν ἀνωτέρω τὴν κατάστασιν σώματος μεταβάλλοντος θέσιν ἐν τῷ διαστήματι. Πᾶν σῶμα εὑρισκόμενον ἐν κινήσει λέγεται κινητόν· ὁ δὲ τόπος τῶν γεωμετρικῶν σημείων, τὰ ὁποῖα τὸ κινητὸν καταλαμβάνει διαδοχικῶς ἐν τῷ διαστήματι, καλεῖται τροχιά. Ἐὰν ἡ τροχιά, ἣν τὸ κινητὸν διαγράφει κινούμενον, εἶνε εὐθεῖα γραμμή, ἡ κίνησις λέγεται *εὐθύγραμμος*, ἐὰν δὲ καμπύλη, λέγεται *καμπυλόγραμμος*.

19. **Ὁμαλὴ ἢ ἰσοταχὴς κίνησις.** Καλεῖται ὁμαλὴ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἡ ἰσοταχὴς κίνησις, ἡ κίνησις, καθ' ἣν τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα διαστήματα· π. χ. ἀτμάμαξα διανύουσα εἰς ἕν δλ. 10 μέτρα, εἰς τὸ δεύτερον ἕτερα 10μ. εἰς τὸ τρίτον ἐπίσης 10μ. καὶ οὕτω καθεξῆς, ἔχει κίνησιν ὁμαλήν.

Ταχύτητα ἐν τῇ ὁμαλῇ κινήσει καλοῦμεν τὸ διάστημα, ὅπερ διανύει τὸ κινητὸν εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Ὡς μονὰς δὲ χρόνου λαμβάνεται συνήθως τὸ *δεύτερον τῆς ὥρας λεπτόν*, δύναται ὅμως νὰ ληφθῇ ὡς τοιαύτη καὶ τὸ *πρῶτον λεπτὸν* ἢ καὶ *ἡ ὥρα*.

Νόμοι τῆς ὁμαλῆς κινήσεως. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω ὁρισμοῦ τῆς ὁμαλῆς κινήσεως ἕπεται ὅτι κατ' αὐτὴν ἡ ταχύτης εἶνε *σταθερά*. Κατὰ συνέπειαν τὸ διανυόμενον διάστημα ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς χρόνον 2″, 3″, 4″ ..... θὰ εἶνε διπλάσιον, τριπλάσιον κλπ. τοῦ διανυομένου ἐν ἑνὶ δλ. Συνάγομεν ἐκ τούτων τοὺς ἑξῆς δύο νόμους τῆς ὁμαλῆς κινήσεως:

1ος. *Νόμος τῶν ταχυτήτων.* Ἡ ταχύτης εἶνε σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως.

2ος. *Νόμος τῶν διαστημάτων.* Τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶνε ἀνάλογα τῶν χρόνων, καθ' οὓς ταῦτα διηνύθησαν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ. Ἐὰν π. χ. τὸ κινητὸν διανύῃ 10 μέτρα εἰς 1″, εἰς 2″ θὰ διανύσῃ δύο φορὰς 10μ.=20μ., εἰς 3″, τρεῖς φορὰς 10μ.=30μ. καὶ οὕτω καθεξῆς.

Καὶ ἐὰν παραστήσωμεν διὰ δ τὸ διάστημα, διὰ τ τὴν ταχύτητα καὶ διὰ χ τὸν χρόνον, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν,

$$\delta = \tau\chi \quad (1).$$

Αὕτη εἶνε ἡ ἐξίσωσις τῶν διαστημάτων, ἐκφράζουσα ὅτι τὸ διάστημα εἶνε ἴσον τῷ γινομένῳ τῆς ταχύτητος ἐπὶ τὸν χρόνον.

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως ταύτης προκύπτουσιν αἱ δύο ἀκόλουθοι:

$$\tau = \frac{\delta}{\chi} \quad (2) \qquad \text{καὶ} \qquad \chi = \frac{\delta}{\tau} \quad (3),$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξ ὧν ἡ πρώτη ἐκφράζει «*ὅτι ἡ ταχύτης εἶνε ἴση τῷ λόγῳ τοῦ διαστήματος πρὸς τὸν χρόνον*», ἡ δὲ δευτέρα ὅτι «*ὁ χρόνος εἶνε ἴσος τῷ λόγῳ τοῦ διαστήματος πρὸς τὴν ταχύτητα.*

20. **Μεταβαλλομένη κίνησις.** Καλεῖται μεταβαλλομένη ἡ ἀνισοταχὴς κίνησις, ἐκείνη, καθ' ἣν τὸ κινητὸν διατρέχει εἰς ἴσους χρόνους ἄνισα διαστήματα. Μία ἀτμάμαξα λ.χ. διατρέχουσα εἰς τὸ πρῶτον δλ. 2μ., εἰς τὸ δεύτερον 4 μ., εἰς τὸ τρίτον 6 μ. κλπ. ἔχει κίνησιν μεταβαλλομένην.

Ἡ μεταβαλλομένη κίνησις δύναται νὰ εἶνε, ὡςκαὶ ἡ ὁμαλή, εὐθύγραμμος ἢ καμπυλόγραμμος, καθ' ὅσον ἡ τροχιὰ τοῦ κινητοῦ εἶνε εὐθεῖα ἢ καμπύλη γραμμή.

Ἐν τῇ κινήσει ταύτῃ τὸ ἐν τῇ μονάδι τοῦ χρόνου διανυόμενον διάστημα, τουτέστιν ἡ *ταχύτης*, δὲν εἶνε διηνεκῶς ἡ αὐτή, καὶ κατὰ συνέπειαν δὲν δύναται νὰ ὁρισθῇ ὡς καὶ ἐν τῇ ὁμαλῇ κινήσει. Διὰ τοῦτο ἐνταῦθα λαμβάνομεν ὑπ' ὄψει ἢ τὴν *μέσην ταχύτητα* ἢ τὴν *ταχύτητα καθ' ὡρισμένην τινὰ στιγμὴν χρόνου.*

Μέση ταχύτης. Καλεῖται μέση ταχύτης ἐν τῇ ἀνισοταχεῖ κινήσει ἡ ταχύτης ἐκείνη, ἣν ἔπρεπε νὰ ἔχῃ τὸ κινητόν, ἵνα ἰσοταχῶς κινούμενον διανύσῃ τὸ αὐτὸ διάστημα εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον. Ἔστω ὅτι κινητόν τι Α ἐκινήθη ἐπὶ 4'' καὶ ὅτι διέτρεξεν εἰς τὸ πρῶτον δλ. διάστημα 5 μέτρων, εἰς τὸ δεύτερον 7 μ. εἰς τὸ τρίτον 10 μ. καὶ εἰς τὸ τέταρτον 14, ἤτοι ἐν ὅλῳ εἰς 4'' διάστημα 36 μέτρων. Ἐὰν τὸ αὐτὸ κινητὸν ἐκινεῖτο ἰσοταχῶς καὶ μὲ ταχύτητα σταθερὰν 9 μέτρων κατὰ δλ. εἰς 4'' θὰ διήνυεν ἐπίσης 36 μ. Λοιπὸν 9 μ. εἶνε ἡ μέση ταχύτης. Εὑρίσκομεν δὲ ταύτην ἀθροίζοντες εἰς ἓν πάντα τὰ διανυθέντα διαστήματα κατὰ τὰ διάφορα δευτερόλεπτα καὶ διαιροῦντες τὸ ἄθροισμα διὰ τοῦ χρόνου, ὡς ἑξῆς:

$$\mu\tau = \frac{5+7+10+14}{4} = 9 \text{ μ.}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ταχύτης καθ' ὡρισμένην τινὰ στιγμὴν χρόνου. Ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ κινητὸν Α τῇ ἐνεργείᾳ σταθερᾶς δυνάμεως κινεῖται ἀνισοταχῶς ἐπὶ 10″ καὶ ἀμέσως παύει ἡ ἐνέργεια τῆς κινούσης δυνάμεως· εἶνε γνωστὸν ὅτι τὸ κινητὸν θὰ ἐξακολουθήσῃ νῦν δυνάμει τῆς ἀδρανείας κινούμενον εὐθυγράμμως καὶ ἰσοταχῶς. Τὸ διάστημα, ὅπερ θὰ διατρέξῃ τότε κατὰ τὸ ἑνδέκατον δευτερόλεπτον μετὰ τὴν παῦσιν τῆς ἐνεργείας τῆς δυνάμεως, (ἔστω 6 μέτρα π. χ.), καλεῖται «*ταχύτης τοῦ κινητοῦ κατὰ τὴν ὡρισμένην ἐκείνην στιγμήν*», τουτέστι κατὰ τὸ τέλος τοῦ δεκάτου δευτερολέπτου.

21. **Ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις.** Ἡ ἁπλουστέρα τῶν μεταβαλλομένων κινήσεων καὶ συνάμα ἡ μᾶλλον ἐνδιαφέρουσα ἐν τῇ πράξει, εἶνε ἡ *ὁμαλῶς μεταβαλλομένη*, τουτέστιν ἐκείνη, καθ' ἣν ἡ ταχύτης αὐξάνει ἢ ἐλαττοῦται εἰς ἴσους χρόνους κατ' ἴσας ποσότητας. Καὶ ὅταν μὲν αὐξάνῃ, ἡ κίνησις καλεῖται *ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη*, ὅταν δ' ἐλαττῶται, *ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη*. Π. χ. ὅταν κινητόν τι Α διατρέχῃ εἰς τὸ πρῶτον δλ. 5 μέτρα, εἰς τὸ δεύτερον 7 μ. εἰς τὸ τρίτον 9 μ. καὶ οὕτω καθεξῆς, ἢ καὶ τἀνάπαλιν εἰς τὸ πρῶτον δλ. 9μ. εἰς τὸ δεύτερον 7μ. εἰς τὸ τρίτον 5μ. κλπ. ἡ ταχύτης αὐτοῦ αὐξάνει ἢ ἐλαττοῦται κατὰ τὴν αὐτὴν σταθερὰν ποσότητα 2 μέτρων εἰς ἕκαστον δλ. Εἶνε λοιπὸν εἰς μὲν τὴν πρώτην περίστασιν ἡ κίνησις αὐτοῦ *ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη*, εἰς δὲ τὴν δευτέραν *ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη*. Ἡ δὲ σταθερὰ ποσότης (ἐνταῦθα 2 μέτρα), καθ' ἣν αὐξάνει ἢ ἐλαττοῦται ἡ ταχύτης, καλεῖται ἐπιτάχυνσις.

Παράδειγμα ἐπιταχυνομένης καὶ ἐπιβραδυνομένης κινήσεως ἐκ τοῦ καθημερινοῦ βίου δυνάμεθα ν' ἀναφέρωμεν τὴν ἀμαξοστοιχίαν, ὅταν ἀναχωρῇ ἐκ τοῦ σταθμοῦ καὶ ὅτὰν προσεγγίζῃ εἰς αὐτόν.

Νόμος τῶν ταχυτήτων ἐν τῇ ὁμαλῶς μεταβαλλομένῃ κινή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σει. Ἂς παραστήσωμεν διὰ γ τὴν ἐπιτάχυνσιν τοῦ κινητοῦ εἰς τὸ 1″, μετὰ 2″ θὰ εἶνε αὖτη 2 γ, μετὰ 3″ 3γ, καὶ οὕτω καθεξῆς. Καὶ ἂν καλέσωμεν τ τὴν μετὰ χρόνον χ ταχύτητα τοῦ κινητοῦ, θὰ ἔχωμεν, ἂν τὸ κινητὸν ἀναχωρῇ ἐκ τῆς ἠρεμίας, τὴν ἐξίσωσιν:

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

Ἐὰν δὲ τὸ κινητὸν δὲν ἀναχωρῇ ἐκ τῆς ἠρεμίας, ἀλλ' ἔχῃ καὶ ἀρχικήν τινα ταχύτητα α τὴν στιγμήν, καθ' ἣν ἡ κίνησις αὐτοῦ γίνεται ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη, τότε ἡ ταχύτης αὐτοῦ τ μετὰ χρόνον χ δίδεται ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως:

$$\tau = \alpha + \gamma\chi \quad (2).$$

Κατὰ δὲ τὴν ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένην, ἐπειδὴ ἡ ἀρχικὴ ταχύτης α ἐλαττοῦται διηνεκῶς κατὰ τὴν ποσότητα γ εἰς ἕκαστον δλ., μετὰ χ δευτερόλεπτα θὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἀρχικὴ ταχύτης αὐτοῦ κατὰ τὴν ποσότητα γχ καὶ θὰ ἔχωμεν τὴν τιμὴν αὐτῆς ἐκ τῆς ἐξισώσεως:

$$\tau = \alpha - \gamma\chi \quad (3).$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω τύπων (2) καὶ (3) συνάγομεν τὸν νόμον, *«ὅτι ἡ ταχύτης ἐν τῇ ὁμαλῶς μεταβαλλομένῃ κινήσει αὐξάνει ἢ ἐλαττοῦται ἀναλόγως τοῦ χρόνου»*.

Ἐξίσωσις τοῦ διαστήματος ἐν τῇ ὁμαλῶς μεταβαλλομένῃ κινήσει. Τὴν ἐξίσωσιν, ἥτις ἐκφράζει τὴν σχέσιν μεταξὺ διαστήματος, χρόνου καὶ ταχύτητος ἐν τῇ ὁμαλῶς μεταβαλλομένῃ κινήσει, εὑρίσκομεν διὰ τοῦ ἑξῆς συλλογισμοῦ. Γνωρίζομεν ὅτι σῶμά τι ἀναχωροῦν ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ κινούμενον μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν ἐπὶ χρόνον χ δλ. θὰ ἔχῃ, κατὰ τὰ προηγούμενα, εἰς τὸ τέλος τῶν χ δευτερολέπτων ταχύτητα γχ· λαμβάνοντες δ' ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν ἀρχικὴν αὐτοῦ ταχύτητα, ἥτις ἦν μηδέν, εὑρίσκομεν ὅτι *ἡ μέση ταχύτης* τοῦ σώ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἡμιάθροισμα τῆς ἀρχικῆς (0) καὶ τῆς τελικῆς (γχ) αὐτοῦ ταχύτητος, τουτέστι:

$$\mu\tau = \frac{0+\gamma\chi}{2}$$

Ἀλλ' ἐὰν τὸ κινητὸν ἐκινεῖτο ἰσοταχῶς ἐπὶ χ δλ. ἔχον σταθερὰν ταχύτητα τὴν ἀνωτέρω μέσην ταχύτητα $\left(\frac{0+\gamma\chi}{2}\right)$ θὰ διήνυε, καθ' ἃ εἴδομεν ἀνωτέρω, τὸ αὐτὸ διάστημα εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον χ. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ ἐφαρμόσωμεν καὶ ἐνταῦθα τὸν τύπον τοῦ διαστήματος τὸν ἐν χρήσει εἰς τὴν ἰσοταχῆ κίνησιν ($\delta = \tau\chi$) καὶ ν' ἀντικαταστήσωμεν τὸ τ διὰ τοῦ $\mu\tau$ ἢ διὰ τῆς τιμῆς αὐτοῦ $\frac{0+\gamma\chi}{2}$, ὅτε θὰ ἔχωμεν:

$$\delta = \tau\chi$$

ἐξ ἧς $\delta = \frac{0+\gamma\chi}{2}\chi,$

ἐκτελοῦντες δὲ τὰς πράξεις, εὑρίσκομεν:

$$\delta = \frac{\gamma\chi^2}{2}, \text{ ἢ } \delta = \frac{1}{2}\gamma\chi^2 \quad (4).$$

Ὁ τύπος οὗτος (4) εἶνε ἡ καλουμένη *ἐξίσωσις τοῦ διαστήματος ἐν τῇ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένῃ κινήσει*, ἐν ᾗ περιπτώσει τὸ κινητὸν ἔχει ἀρχικὴν ταχύτητα 0. Ἐὰν δὲ τὸ κινητὸν ἔχῃ καὶ ἀρχικὴν ταχύτητα (τ), τότε ἡ ἐξίσωσις γίνεται:

$$\delta = \tau\chi + \frac{1}{2}\gamma\chi^2 \quad (5)$$

διὰ τὴν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν,

καὶ $\delta = \tau\chi - \frac{1}{2}\gamma\chi^2 \quad (6)$

διὰ τὴν ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένην κίνησιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τῶν τύπων (1) καὶ (4) ἀπαλείφοντες τὸ χ συνάγομεν καὶ τὸν ἑξῆς τύπον τῆς ταχύτητος ἐν τῇ μεταβαλλομένῃ κινήσει :

$$\tau = \sqrt{2\,\gamma\delta}.$$

Ἀσκήσεις. — 1. Ἡ ἀπόστασις ἀπὸ Παρισίων μέχρι Μασσαλίας εἶνε 852 χιλιομέτρων. Ἁμαξοστοιχία σιδηροδρόμου ἰσοταχῶς κινουμένη διατρέχει τὴν ἀπόστασιν ταύτην εἰς 15 ὥρας χωρὶς νὰ σταματήσῃ. Ζητεῖται ποία εἶνε ἡ ταχύτης τῆς ἁμαξοστοιχίας ;

2. Κινητόν τι ἔχον κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην διατρέχει πέντε μέτρα κατὰ τὸ πρῶτον δλ. τοῦ δρόμου αὐτοῦ. Ζητεῖται εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ σημείου τῆς ἀναχωρήσεως αὐτοῦ θὰ εὑρίσκηται μετὰ 3 δευτερόλεπτα.

3. Κινητόν τι ἔχει κίνησιν ὁμολῶς ἐπιταχυνομένην, ἧς ἡ ἐπιτάχυνσις (γ) εἶνε 10 μέτρ. Ζητεῖται : 1ον πόσον διάστημα θὰ διατρέξῃ τὸ κινητὸν εἰς 8″ ; 2ον ποία θὰ εἶνε ἡ ταχύτης αὐτοῦ μετὰ 8″ δρόμον ;

4. Κινητὸν διέτρεξε 40 μέτρα μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ἧς ἡ ἐπιτάχυνσις εἶνε 5 μέτρ. Ποία θὰ εἶνε τότε ἡ ταχύτης αὐτοῦ ;

5. Κινητὸν κινούμενον μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην ἔχει ἐπιτάχυνσιν 10 μέτρων. Ζητεῖται πόσον διάστημα θὰ διατρέξῃ κατὰ τὸ ἔννατον δευτερόλεπτον, τὸ καὶ τελευταῖον τοῦ δρόμου αὐτοῦ ;

6. Κινητὸν ἔχον κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ἧς ἡ ἐπιτάχυνσις εἶνε 10 μέτρα, διέτρεξε τὸ τρίτον τοῦ ὁλικοῦ αὐτοῦ δρόμου κατὰ τὸ δεύτερον δευτερόλεπτον τῆς κινήσεως αὐτοῦ. Ζητεῖται πόσον διάστημα διέτρεξεν ἐν ὅλῳ καὶ εἰς πόσον χρόνον ἐκινεῖτο ;

7. Κινητὸν κινούμενον μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένην εἶχεν ἀρχικὴν ταχύτητα 50 μέτρων· ἡ ταχύτης αὐτοῦ ἐλαττοῦται 4 μέτρα κατὰ δλ. Ζητεῖται : 1ον εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ σημείου τῆς ἀναχωρήσεως αὐτοῦ θὰ εὑρίσκηται μετὰ 6 δευτερόλεπτα ; 2ον μετὰ πόσα δευτερόλεπτα θὰ σταματήσῃ ;

8. Κινητόν τι ἔχει κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην. Ζητεῖται : ποῖον πρέπει νὰ εἶνε τὸ ὑπ' αὐτοῦ διανυθησόμενον διάστημα, ἵνα ἡ ταχύτης αὐτοῦ ᾖ ἴση πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ διανυθέντος διαστήματος ;

Β'. Περὶ δυνάμεων καὶ τῆς ἐνεργείας αὐτῶν.

22. **Χαρακτῆρες τῶν δυνάμεων.** Εἴπομεν ἤδη ἀνωτέρω ὅτι πᾶσα αἰτία δυναμένη νὰ παραγάγῃ κίνησιν ἢ νὰ τροποποιήσῃ τὴν ὑπάρχουσαν κίνησιν σώματός τινος, καλεῖται **δύναμις.**

Καλοῦμεν δὲ ἰδιαιτέρως *δυνάμεις* μὲν τὰς τεινούσας νὰ πα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ραγάγωσιν ἀποτέλεσμά τι, *ἀντιστάσεις* δὲ τὰς ἀνθισταμένας εἰς τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο. Καὶ ἄλλοτε μὲν αἱ δυνάμεις ἐνεργοῦσιν ἐπ' ἐλάχιστον μόνον χρόνον, ἀκαριαίως, ὡς λ.χ. εἰς τὰ κτυπήματα, ὀνομάζομεν δὲ ταύτας *ἀκαριαίας δυνάμεις*, ἄλλοτε δ' ἐπὶ πολὺν κατὰ συνέχειαν χρόνον, ὅπως εἶνε ὁ κινῶν τὰς ἀτμομηχανὰς ἀτμός, *συνεχεῖς δυνάμεις*.

Τρία τινά εἰσι τὰ χαρακτηριστικὰ πάσης δυνάμεως:

α'. *Τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς*, τουτέστι τὸ σημεῖον τοῦ σώματος, ἐφ' οὗ αὕτη ἐνεργεῖ ἀμέσως.

β'. *Ἡ διεύθυνσις*, καθ' ἣν ἐνεργεῖ ἡ δύναμις, ἤτοι ἡ γραμμή, καθ' ἣν αὕτη τείνει νὰ κινήσῃ τὸ σῶμα.

γ'. *Ἡ ἔντασις*, ἤτοι ἡ δραστικότης, μεθ' ἧς ἐνεργεῖ ἡ δύναμις.

23. **Σύγκρισις τῶν δυνάμεων, μονὰς δυνάμεως, δυναμόμετρα.** Δύο δυνάμεις λέγονται *ἴσαι*, ὅταν ἐνεργοῦσαι ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας παράγωσι τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα ἢ καὶ ἄλλως, ὅταν ἐνεργοῦσαι ἀντιρρόπως ἐπί τινος σώματος οὐδὲν παράγωσιν ἀποτέλεσμα. Δύο ἄνθρωποι π. χ. ὠθοῦντες μίαν θύραν ὁ μὲν ἔξωθεν ὁ δ' ἔσωθεν καὶ μὴ κατορθοῦντες νὰ μετακινήσωσιν αὐτὴν ἐφαρμόζουσιν ἕκαστος ἴσην δύναμιν.

Δύναμίς τις Δ εἶνε διπλασία, τριπλασία μιᾶς ἄλλης δ, ὅταν ὑπὸ τὰς αὐτὰς περιστάσεις ἐνεργοῦσα παράγῃ τὸ ἀποτέλεσμα, ὅπερ παράγουσι δύο ἢ τρεῖς ἄλλαι ἴσαι πρὸς τὴν δ. Ἐὰν ἵππος σύρων ἅμαξαν κάμνῃ αὐτὴν νὰ διατρέχῃ 6 μέτρα εἰς 3″ καὶ ἐὰν ἀκολούθως 4 ἄνθρωποι σύρωσι τὴν αὐτὴν ἅμαξαν εἰς τρόπον ὥστε νὰ διατρέχῃ καὶ πάλιν 6 μέτρα εἰς 3″, προφανῶς ἡ δύναμις τοῦ ἵππου εἶνε τετραπλασία τῆς δυνάμεως τοῦ ἑνὸς ἀνθρώπου, ἴση δὲ πρὸς τὴν δύναμιν τῶν τεσσάρων ἀνθρώπων.

Πρὸς καταμέτρησιν τῶν δυνάμεων συγκρίνομεν αὐτὰς πρὸς τὴν ἐνέργειαν μιᾶς δυνάμεως γνωστῆς, ἣν ὡς *μονάδα* λαμβάνομεν. Ὡς μονὰς δὲ δυνάμεως λαμβάνεται τὸ βάρος μιᾶς λί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τρας ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ θερμοκρασίας 4^0 Κ, ἤτοι τὸ *χιλιόγραμμον* (=312 δράμια περίπου).

Δύναμις παράγουσα τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὅπερ καὶ τὸ βάρος ἑνὸς χιλιογράμμου, καλεῖται *δύναμις ἑνὸς χιλιογράμμου*. Συγκρίνοντες λοιπὸν τὰς διαφόρους δυνάμεις πρὸς τὸ χιλιόγραμμον, π. χ. τὴν δύναμιν ἑνὸς ἵππου ἢ ἑνὸς ἀνθρώπου, τὴν δύναμιν, μεθ' ἧς ἡ ἀτμοσφαῖρα πιέζει τὰ σώματα, τὴν δύναμιν τοῦ κινοῦντος τὸ ἔμβολον ἀτμοῦ κλ. καὶ εὑρίσκοντες μὲ πόσα χιλιόγραμμα ἰσοδυναμεῖ ἑκάστη τούτων, ἐκτελοῦμεν τὴν καταμέτρησιν αὐτῶν. Γίνεται δὲ τοῦτο τῇ βοηθείᾳ εἰδικῶν ὀργάνων, ἅτινα *δυναμόμετρα* ἐκλήθησαν.

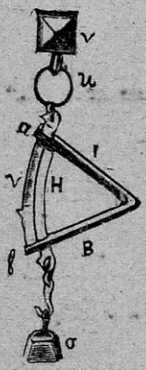
Τὸ ἁπλούστερον καὶ συνηθέστερον τῶν δυναμομέτρων εἶνε *ἡ μὲ ἐλατήριον ζυγὸς* (Σχ. 10). Συνίσταται αὕτη ἐκ χαλυβδίνου ἐλάσματος κεκομμένου εἰς σχῆμα V. Εἰς τὸ ἄκρον β τοῦ βραχίονος Β ὑπάρχει προσκεκολλημένον μεταλλικὸν τοξον βν, ὅπερ ἐπιμηκυνόμενον διέρχεται δι' ὀπῆς ὑπαρχούσης εἰς τὸ ἄκρον ταῦ ἑτέρου βραχίονος Ια· ἕτερον παρόμοιον μεταλλικὸν τόξον Η ὑπάρχει προσκεκολλημένον περὶ τὸ ἄκρον τοῦ βραχίονος Ι καὶ ἐπιμηκυνόμενον διέρχεται δι' ὀπῆς ὑπαρχούσης κατὰ τὸ ἄκρον τοῦ βραχίονος Ββ. Τὸ τόξον Η φέρει προσδεδεμένον κατὰ τὸ πέρας αὐτοῦ ἄγκιστρον, τὸ δὲ βν ἀπολήγει εἰς δακτύλιον κ, φέρει δὲ καὶ κλίμακα βεβαθμολογημένην.

Πρὸς βαθμολόγησιν τοῦ δυναμομέτρου ἐξαρτῶσιν αὐτὸ διὰ τοῦ δακτυλίου ἔκ τινος σταθεροῦ σημείου καὶ ἀκολούθως ἐξαρτῶσιν ἐκ τοῦ ἀντιθέτου μέρους εἰς τὸ ἄγκιστρον διαδοχικῶς βάρη 1, 2, 3, 4 κλ. χιλιογράμμων. Κατὰ τὴν ἐξάρτησιν οἱουδήποτε βάρους ὁ βραχίων Ββ μένει ἀμετακίνητος, ἐνῷ ὁ βραχίων Ια ἑλκόμενος ὑπὸ τοῦ βάρους κάμπτεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ κατέρχεται μέχρις ἰσορροπήσεως τοῦ ἐξηρτημένου βάρους· εἰς τὰ σημεῖα τοῦ τόξου βν, ἔνθα ἵσταται οὗτος ἰσορροπῶν διὰ τῆς ἐλαστικότητος αὐτοῦ τὰ βάρη ἑνός, δύο, τριῶν

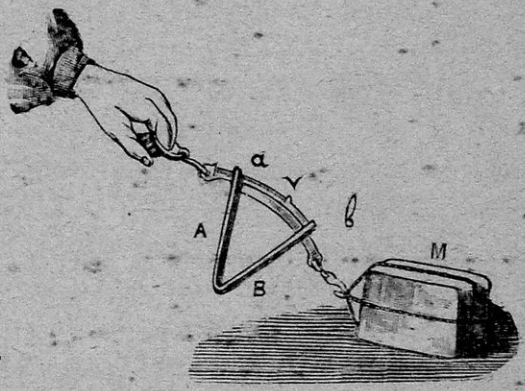
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κλπ. χιλιογράμμων, σημειοῦσι τοὺς ἀριθμοὺς 1, 2, 3 κλπ. Ἐξακολουθοῦσιν οὕτως ἐξαρτῶντες βαθμηδὸν μεγαλείτερα βάρη μέχρι τοῦ ὁρίου τῆς κάμψεως, ἣν δύναται νὰ λάβῃ τὸ ἔλασμα χωρὶς νὰ θραυσθῇ, καὶ σημειοῦσιν ἑκάστοτε ἐπὶ τοῦ τόξου Βν τοὺς ἀριθμοὺς τοὺς ἀντιστοιχοῦντας πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ἐξαρτωμένων βαρῶν.

Προκειμένου ἤδη νὰ καταμετρήσωμεν διὰ τοῦ δυναμομέτρου δύναμίν τινα, νὰ ἐκτιμήσωμεν π. χ. πόσων χιλιογράμμων δύναμις ἀπαιτεῖται ἵνα μετακινήσῃ τὸν λίθον Μ (Σχ. 11), περιδέομεν αὐτὸν διὰ σχοινίων καὶ προσαρμόζοντες τὸ ἄγκιστρον εἰς τὰ σχοινία ἕλκομεν διὰ τῆς χειρὸς ἐκ τοῦ ἑτέρου μέρους, μέχρις οὗ ὁ λίθος ἀρχίσῃ νὰ μετακινῆται· ἡ διαίρεσις τοῦ τόξου Βν, εἰς ἣν θὰ φθάσῃ τότε καμπτόμενος ὁ βραχίων Α, μετρεῖ τὴν δύναμιν, μεθ' ἧς ἕλκεται ὁ λίθος.



Σχ. 10.—Δυναμόμετρον (Ζυγὸς μὲ ἐλατήριον).



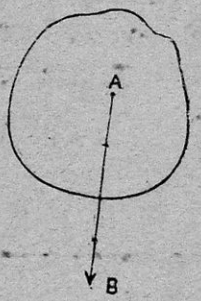
Σχ. 11.—Χρῆσις τοῦ δυναμομέτρου.

Ἐπίσης, ὅταν θέλῃ τις νὰ δοκιμάσῃ τὴν δύναμιν τῆς χειρός αὐτοῦ, ἐξαρτᾷ τὸ δυναμόμετρον ἐκ τινος σταθεροῦ σημείου καὶ ἕλκει δι' ὅλης τῆς δυνάμεως τῆς χειρὸς αὐτοῦ τὸ ἄγκι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στρον· ἡ κάμψις τοῦ βραχίονος Ια θὰ δείξῃ εἰς χιλιόγραμμα τὴν δύναμιν τῆς χειρός.

24. **Παράστασις τῶν δυνάμεων.** Διττῶς δυνάμεθα νὰ παραστήσωμεν τὰς δυνάμεις· εἴτε δι' ἀριθμῶν, οἵτινες, ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, ἐκφράζουσιν εἰς χιλιόγραμμα τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων, εἴτε γεωμετρικῶς δι' εὐθειῶν γραμμῶν, τῶν ὁποίων τὰ μήκη νὰ εἶνε ἀνάλογα πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων. Πρὸς τοῦτο δεχόμεθα κατὰ συνθήκην τὸ μῆκος 1 ἑκατοστομέτρου π.χ. ὡς παραστατικὸν τῆς δυνάμεως 1 χιλιογράμμου, ἐπὶ τῇ βάσει δὲ τῆς γραφικῆς ταύτης μονάδος, δύναμιν 2, 4, 10 κλ. χιλιογράμμων θὰ παραστήσωμεν δι' εὐθειῶν μήκους 2, 4, 10 κλ. ἑκατοστομέτρων. Ὁ τρόπος οὗτος ἐπιτρέπει νὰ παριστῶμεν οὐ μόνον τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως ἀλλὰ καὶ τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς καὶ τὴν διεύθυνσιν αὐτῆς. Π.χ. τὸ ἀπέναντι σχῆμα (Σχ. 12) παριστᾷ ὅτι ἐπὶ τοῦ σώματος ἐνεργεῖ ἡ δύναμις ΑΒ ἐφηρμοσμένη ἐπὶ τοῦ σημείου Α, ἔχουσα ἔντασιν 4 χιλιογράμμων καὶ διεύθυνσιν ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Β, καθ' ἃ δεικνύει τὸ βέλος.



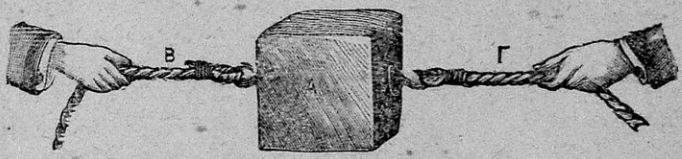
Σχ. 12. — Παράστασις μιᾶς δυνάμεως.

24. **Ἰσορροπία.** Ὅταν ἐπί τινος σώματος ἐνεργῶσι δύο ἢ πλείονες δυνάμεις καὶ ἐξουδετεροῦσαι ἀλλήλας οὐδεμίαν παράγουσι κίνησιν ἐπὶ τοῦ σώματος, τότε λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα *εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ ἢ ὅτι ἰσορροπεῖ*. Π.χ. λίθος ἐλκόμενος ἑκατέρωθεν ἀντιρρόπως μετ' ἴσης δυνάμεως ὑπὸ δύο ἀνθρώπων (Σχ. 13) καὶ μὴ δυνάμενος νὰ μετακινηθῇ οὔτε πρὸς τὸ μέρος Β οὔτε πρὸς τὸ μέρος Γ, *εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ*.

Καὶ τρεῖς δὲ καὶ πλείονες δυνάμεις δυνατὸν νὰ ἐνεργῶσιν ἐπί τινος σώματος κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ ἐξουδετερῶ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σιν ἀλλήλας καὶ τὸ σῶμα νὰ ἐξακολουθῇ μὴ κινούμενον ὅπως καὶ πρὸ τῆς ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων· καὶ ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει πάλιν τὸ σῶμα θὰ *εὑρίσκηται ἐν ἰσορροπίᾳ*.



Σχ. 13.—Ἰσορρόπησις δύο δυνάμεων ἴσων καὶ ἀπ' εὐθείας ἀντιρρόπων.

Τὸ μέρος τῆς Μηχανικῆς, τὸ ἐξετάζον τοὺς νόμους τῆς ἰσορροπίας τῶν δυνάμεων, καλεῖται *Στατική*, τὸ δὲ ἐξετάζον τὰς αἰτίας καὶ τοὺς νόμους τῆς κινήσεως, *Δυναμική*.

Γ'. Στατικὴ ἤτοι περὶ τῶν δυνάμεων ἐν ἰσορροπίᾳ

Σύνθεσις καὶ ἀνάλυσις δυνάμεων.

25. **Συνισταμένη, συνιστῶσαι.** Μία δύναμις, δυναμένη ν' ἀντικαταστήσῃ δύο ἢ πλείονας ἄλλας ἐνεργούσας ἐπί τινος σώματος καὶ νὰ παραγάγῃ μόνη αὐτὴ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὅπερ πᾶσαι αἱ ἄλλαι ὁμοῦ, καλεῖται αὐτὴ μὲν συνισταμένη, ἐκεῖναι δὲ συνιστῶσαι. Ἐὰν λ. χ. τρεῖς ἄνδρες σύρωσιν ἁμάξιον, ἀντικαταστήσωμεν δὲ τούτους δι' ἑνὸς ἵππου δυναμένου μόνου νὰ σύρῃ τὸ αὐτὸ ἁμάξιον μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα, *ἡ δύναμις τοῦ ἵππου εἶνε ἡ συνισταμένη, αἱ δὲ δυνάμεις τῶν τριῶν ἀνδρῶν εἶνε αἱ συνιστῶσαι*.

Ἡ ἀντικατάστασις πολλῶν δυνάμεων διὰ μιᾶς μόνης λέγεται σύνθεσις τῶν δυνάμεων, ἡ δὲ ἀντικατάστασις μιᾶς δυνάμεως διὰ πολλῶν ἄλλων λέγεται ἀνάλυσις τῆς δυνάμεως ἐκείνης.

α'). *Συνισταμένη δυνάμεων ἐνεργουσῶν κατὰ τὴν αὐτὴν δι-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

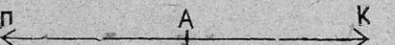
εὐθυνσιν. — 1η Περίπτωσις. — Δύο δυνάμεις Π καὶ Κ (Σχ. 14) ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τοῦ σημείου Α κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν ἔχουσι συνισταμένην ἴσην τῷ ἀθροίσματι αὐτῶν καὶ ἐνεργοῦσαν κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν πρὸς τὰς δυνάμεις.

Σχ. 14.—Δυνάμεις τῆς αὐτῆς διευθύνσεως καὶ φορᾶς.

2α Περίπτωσις. Δύο δυνάμεις Π καὶ Κ (Σχ. 15) ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου Α κατὰ τὴν αὐτὴν μὲν διεύθυνσιν ἀλλὰ κατ' ἀντίθετον φοράν, ἔχουσι συνισταμένην ἴσην τῇ διαφορᾷ τῆς μείζονος Κ πρὸς τὴν ἐλάσσονα Π καὶ ἐνεργοῦσαν κατὰ τὴν φορὰν τῆς μείζονος. Ἔστω ὅτι ἡ Π εἶνε 8 χλγρ. ἡ δὲ Κ 10 χλγρ., ἡ συνισταμένη τούτων θὰ ἰσῶται πρὸς 2 χλγρ. καὶ θὰ ἐνεργῇ πρὸς τὸ μέρος τῆς δυνάμεως Κ.

Σχ. 15.—Δυνάμεις τῆς αὐτῆς διευθύνσεως ἀλλ' ἀντιθέτου φορᾶς.

Ἐὰν δ' ἐν τῇ περιστάσει ταύτῃ αἱ ἀντιρρόπως ἐνεργοῦσαι δυνάμεις Π καὶ Κ (Σχ. 16) εἶνε ἴσαι, τότε οὐδὲν ἀποτέλεσμα θὰ παραγάγωσιν ἐπὶ τοῦ σημείου Α, ἀλλὰ θὰ προκύψῃ ἰσορροπία.



Σχ. 16.—Δυνάμεις ἴσαι καὶ ἀντίρροποι.

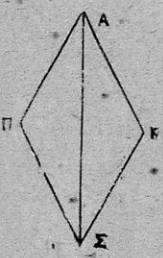
3η Περίπτωσις.—Ὅταν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου Α ἐνεργῶσι πολλαὶ δυνάμεις (Σχ. 17) κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυν-

Σχ. 17.—Πλείονες δυνάμεις τῆς αὐτῆς διευθύνσεως ἀλλ' ἀντιθέτου φορᾶς.

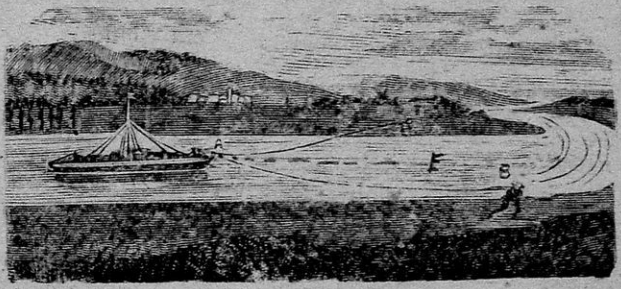
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σιν, ἀλλ' ἄλλαι μὲν (Γ καὶ Β) κατά τινα φοράν, ἄλλαι δὲ (Δ, Ε, Ζ) κατ' ἀντίθετον φοράν, *ἡ συνισταμένη τούτων ἰσοῦται τῇ διαφορᾷ τοῦ ἀθροίσματος τῶν πρώτων πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δευτέρων, ἐνεργεῖ δὲ πρὸς τὸ μέρος τοῦ μεγαλειτέρου ἀθροίσματος.* Ἔστω Γ = 8 χλγρ., Β = 6 χλγρ., Δ = 8 χλγρ. Ε = 5 χλγρ., Ζ = 10 χλγρ., ἡ συνισταμένη Σ θὰ εἶνε (Δ + Ε + Ζ ἤτοι χλγρ. 8 + 5 + 10) − (Β + Γ ἤτοι χλγρ. 6 + 8) = χλγρ. 23 — 14 = 9 χλγρ.

β'). *Παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων.* — 1η Π ε ρ ί π τ ω σ ι ς. — Ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων ἴσων ἐνεργουσῶν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου ἀλλὰ μὴ ἀπ' εὐθείας ἀντιρρόπων *παρίσταται κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν διὰ τῆς διαγωνίου τοῦ παραλληλογράμμου τοῦ κατασκευαζομένου ἐπὶ τῶν δύο τούτων δυνάμεων.* Ἔστωσαν Π καὶ Κ (Σχ. 18) δύο δυνάμεις ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου Α. Πρὸς εὕρεσιν τῆς συνισταμένης αὐτῶν φέρομεν ἐκ τοῦ Κ παράλληλον τῇ ΑΠ καὶ ἐκ τοῦ Π παράλληλον τῇ ΑΚ καὶ σχηματίζεται οὕτω τὸ παραλληλόγραμμον ΑΠΣΚ· ἡ διαγώνιος ΑΣ παριστᾷ τὴν συνισταμένην τῶν δύο δυνάμεων καὶ κατὰ τὸ μέγεθος καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν. Π.χ



Σχ. 18. — Παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων.

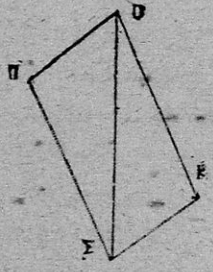


Σχ. 19. — Συνισταμένη δύο συνερχομένων δυνάμεων.

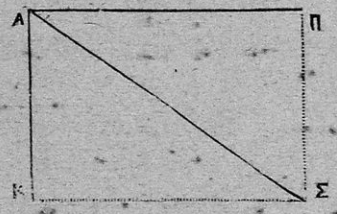
δύο ἄνθρωποι Β καὶ Γ (Σχ. 19) εὑρισκόμενοι ἐπὶ τῶν δύο ὀχθῶν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ποταμοῦ καὶ κρατοῦντες σχοινία προσδεδεμένα εἰς τὴν πρώραν πλοιαρίου ἕλκουσιν ἕκαστος τὸ πλοιάριον πρὸς ἑαυτόν. Τοῦτο εὑρισκόμενον ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῶν δύο μὴ ἀπ' εὐθείας ἀντιρρόπων δυνάμεων δὲν θὰ κινηθῇ οὔτε κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ Β οὔτε κατὰ τὴν τοῦ Γ, ἀλλὰ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΕ, ἥτις εἶνε ἡ συνισταμένη τῶν δύο τούτων δυνάμεων.



Σχ. 20.—Παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων.



Σχ. 21.—Συνισταμένη δυνάμεων συνερχομένων ὑπὸ ὀρθὴν γωνίαν.

2α Περίπτωσις.—Καὶ ἐπὶ ἀνίσων δυνάμεων ὁ αὐτὸς κανὼν καὶ πάλιν ἰσχύει πρὸς εὕρεσιν τῆς συνισταμένης. Ἔστωσαν αἱ δυνάμεις Π καὶ Κ (Σχ. 20) ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τοῦ σημείου Ο· *συνισταμένη τούτων εἶνε ἡ διαγώνιος ΟΣ τοῦ παραλληλογράμμου ΟΠΣΚ.*

Ἔστωσαν αἱ δυνάμεις Π καὶ Κ συνερχόμεναι εἰς τὸ σημεῖον Α (σχ. 21) ὑπὸ ὀρθὴν γωνίαν καὶ ἔστω ἡ ΑΠ ἴση πρὸς 4 χλγρ., ἡ δὲ ΚΑ ἴση πρὸς 3 χλγρ. Ἡ συνισταμένη ΑΣ, ἥτις εἶνε ἡ διαγώνιος τοῦ παραλληλογράμμου, δύναται νὰ θεωρηθῇ ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ καὶ ὡς ὑποτείνουσα ὀρθογωνίου τριγώνου, οὗτινος πλευραὶ εἰσὶν ἡ ΑΠ καὶ ΑΚ. Εὑρίσκομεν δὲ τὸ μέγεθος αὐτῆς κατὰ τὸ Πυθαγόρειον θεώρημα ὡς ἑξῆς:

$$\overline{\text{ΑΣ}}^2 = \overline{\text{ΑΠ}}^2 + \overline{\text{ΑΚ}}^2 \text{ (1), ἐξ ἧς } \text{ΑΣ} = \sqrt{\overline{\text{ΑΠ}}^2 + \overline{\text{ΑΚ}}^2} \text{ (2)·}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

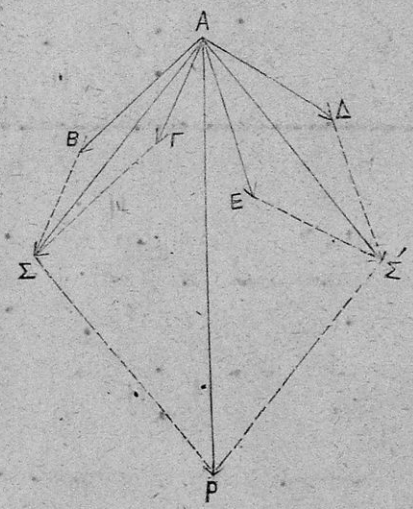
ἀντικαθιστῶντες δὲ εἰς τὴν ἰσότητα (2) ἀντὶ ΑΠ καὶ ΑΚ τὴν τιμὴν αὐτῶν 4 καὶ 3 ἔχομεν :

$$A\Sigma = \sqrt{4^2 + 3^2} = 25$$

$$A\Sigma = \sqrt{25}$$

$$A\Sigma = 5 \text{ χλγρ.}$$

Ὅσῳ αὐξάνει ἡ γωνία, ὑφ' ἣν συνέρχονται αἱ δυνάμεις, τόσῳ μικροτέρα ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον γίνεται ἡ συνισταμένη αὐτῶν· καὶ ὅταν γίνῃ 180^0, τότε αἱ δύο δυνάμεις θὰ εἶνε ἀπ' εὐθείας ἀντίρροποι καὶ ἡ συνισταμένη αὐτῶν θὰ ἔχῃ τὴν μικροτέραν δυνατὴν τιμήν ἤτοι θὰ *ἰσῶται τῇ διαφορᾷ αὐτῶν*. Τἀνάπαλιν δ' ἐλαττουμένης τῆς γωνίας αὐξάνει ἡ συνισταμένη καὶ ὅταν ἡ γωνία μηδενισθῇ, αἱ δυνάμεις καθίστανται ὁμόρροποι καὶ ἡ συνισταμένη τότε *ἰσοῦται τῷ ἀθροίσματι αὐτῶν*.



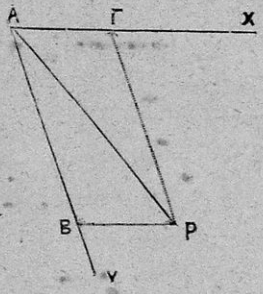
Σχ. 22.—Συνισταμένη πολλῶν συνερχομένων δυνάμεων.

3η Περίπτωσις. — Ὅταν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου ἐνεργῶσι δυνάμεις πλείονες τῶν δύο, τότε ἡ συνισταμένη αὐτῶν εὑρίσκεται καὶ πάλιν ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ἀνωτέρω κανόνος κατὰ τὸν ἑξῆς τρόπον : Ἔστωσαν αἱ δυνάμεις Β, Γ, Δ καὶ Ε (Σχ. 22) ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τοῦ σημείου Α. Εὑρίσκομεν πρῶτον τὴν συνισταμένην τῶν δύο δυνάμεων Β καὶ Γ, ἥτις εἶνε ἡ Α Σ, ἀκολούθως δὲ τὴν συνισταμένην Α Σ' τῶν ἑτέρων

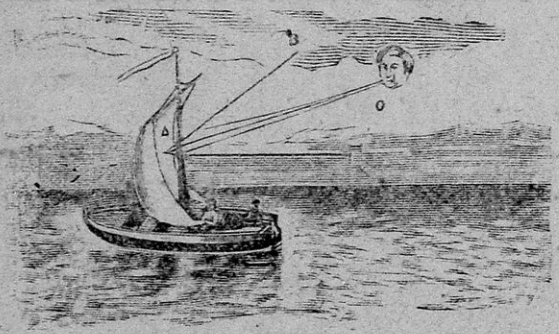
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δύο Δ καὶ Ε καὶ τέλος εὑρίσκομεν τὴν συνισταμένην τῶν δύο τούτων συνισταμένων, τὴν ΑΡ· αὕτη θέλει εἶσθαι ἡ τελικὴ συνισταμένη τῶν δοθεισῶν δυνάμεων Α, Β, Γ, Δ.

γ'). *Ἀνάλυσις δυνάμεως* (κατὰ τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων). Ἀντιστρόφως, δοθείσης δυνάμεώς τινος ΑΡ ἐνεργούσης ἐπὶ τοῦ σημείου Α (Σχ. 23), δυνάμεθα ν' ἀναλύσωμεν αὐτὴν εἰς δύο ἄλλας ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου ἐνεργούσας καὶ ἐχούσας οἱασδήποτε διευθύνσεις καὶ ἂν θέλωμεν. Ἔστωσαν ΑΧ καὶ ΑΥ αἱ διευθύνσεις, καθ' ἃς πρόκειται νὰ ἐνεργήσωσιν αἱ δυνάμεις. Κατασκευάζομεν καὶ πάλιν κατὰ τὰ ἀνωτέρω λεχθέντα τὸ παραλληλόγραμμον ΑΒΡΓ, οὗτινος διαγώνιος νὰ εἶνε ἡ δοθεῖσα δύναμις ΑΡ· αἱ πλευραὶ αὐτοῦ ΑΒ καὶ ΑΓ θέλουσι παριστᾷ κατά τε διεύθυνσιν καὶ μέγεθος τὰς δύο δυνάμεις, εἰς ἃς ἀναλύεται ἡ ΑΡ.



Σχ. 23.—Ἀνάλυσις δυνάμεως.



Σχ. 24 —Ἀνάλυσις δυνάμεως.

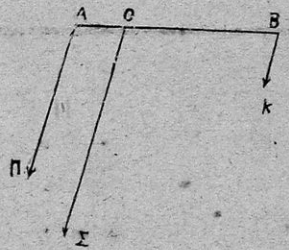
—Παράδειγμα ἀναλύσεως δυνάμεως δυνάμεθα ν' ἀναφέρωμεν ἐκ τοῦ καθημερινοῦ βίου *τὴν κίνησιν πλοίου ὑπὸ τοῦ ἀ-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

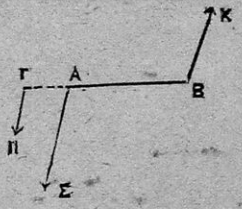
νέμου πνέοντος οὐχὶ ἀκριβῶς ἐκ τῶν ὄπισθεν ἀλλ' ὀλίγον τι ἐκ τῶν πλαγίων (Σχ. 24). Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ ἡ δύναμις τοῦ ἀνέμου ἀναλύεται εἰς δύο ἄλλας, τὴν ΔΓ ἐνεργοῦσαν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ πλοίου καὶ κινοῦσαν αὐτὸ πρὸς τὰ πρόσω, καὶ εἰς τὴν ΔΒ ἐνεργοῦσαν πλευρικῶς καὶ τείνουσαν νὰ μετατοπίσῃ τὸ πλοῖον πρὸς τὰ πλάγια. Μόνον λοιπὸν τὸ μέρος ΔΓ ἐκ τῆς ὅλης δυνάμεως τοῦ ἀνέμου παράγει χρήσιμον ἔργον.

δ'). *Σύνθεσις παραλλήλων δυνάμεων.* —1η Περίπτωσις.—Δύο δυνάμεις Π καὶ Κ παράλληλοι καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς ἐφηρμοσμέναι εἰς τὰ δύο πέρατα εὐθείας ἀκάμπτου ΑΒ (Σχ. 25) *ἔχουσι συνισταμένην Σ ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν, παράλληλον καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς, τὸ δὲ σημεῖον Ο τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς τέμνει τὴν εὐθεῖαν ΑΒ εἰς δύο μέρη ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων* Π καὶ Κ. Ἤτοι θὰ ὑπάρχῃ ἡ ἑξῆς ἀναλογία:

$$ΟΑ : ΟΒ = Κ : Π$$



Σχ. 25—Σύνθεσις δύο παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων.



Σχ. 26.—Σύνθεσις δύο παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων δυνάμεων.

Ἔστω ὅτι Π=10 χλγρ., Κ=4 χλγρ. καὶ τὸ μῆκος τῆς εὐθείας ΑΒ=42 ἑκατοστόμ. Ἡ συνισταμένη τῶν Π καὶ Κ θὰ ἰσῶται πρὸς 14 χλγρ., τὸ δὲ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς θ'

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀπέχῃ 30 ἑκατοστόμ. ἀπὸ τοῦ Β, 12 δὲ ἀπὸ τοῦ Α, κατὰ τὴν ἀναλογίαν:

$$ОА : ОВ = 4 : 10 \ (^1)$$
$$12 : 30 = 4 : 10 \ (^2)$$

2α Περίπτωσις.—Πρὸς εὕρεσιν δὲ τῆς συνισταμένης πολλῶν παραλλήλων καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς δυνάμεων, ζητοῦμεν πρῶτον κατὰ τὸν ἀνωτέρω κανόνα τὴν συνισταμένην δύο ἐξ αὐτῶν, ἀκολούθως τὴν συνισταμένην τῆς πρώτης μερικῆς συνισταμένης καὶ τῆς τρίτης δυνάμεως, ἀκολούθως τὴν συνισταμένην τῆς δευτέρας μερικῆς συνισταμένης καὶ τῆς τετάρτης δυνάμεως καὶ οὕτω καθεξῆς μέχρι τῆς τελευταίας· οὕτω φθάνομεν εἰς τὴν εὕρεσιν τῆς τελικῆς συνισταμένης, ἥτις *εἶνε ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα ὅλων τῶν συνιστωσῶν, παράλληλος καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς πρὸς αὐτὰς καὶ ἐφηρμοσμένη εἰς ἓν σημεῖον*, ὅπερ *καλεῖται* κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων.

Τὸ *κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων*, ἤτοι τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης αὐτῶν, *μένει ἀμετάβλητον* τὴν θέσιν οἱαδήποτε καὶ ἂν ὦσιν ἡ διεύθυνσις καὶ τὰ μεγέθη τῶν δυνάμεων, ἀρκεῖ *τὰ ὦσι παράλληλοι, τὰ διατηρῶσι δὲ τὰ αὐτὰ σημεῖα τῆς ἐφαρμογῆς καὶ τὰ αὐτὰ σχετικὰ μεγέθη.*

3η Περίπτωσις.—Δύο δυνάμεις Σ καὶ Κ παράλληλοι καὶ ἀντιθέτου φορᾶς (Σχ.26), ἐνεργοῦσαι κατὰ τὰ ἄκρα ἀκάμπτου εὐθείας ΑΒ, *ἔχουσι συνισταμένην Π ἴσην τῇ διαφορᾷ αὐτῶν, παράλληλον πρὸς αὐτὰς καὶ διευθυνομένην κατὰ τὴν φορὰν τῆς μείζονος, τὸ δὲ σημεῖον Γ τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς προεκβολῆς τῆς ΒΑ, εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε αἱ ἀποστάσεις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ Α καὶ Β νὰ εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς δυνάμεις Σ καὶ Κ.* Ὥστε κατὰ ταῦτα θὰ ἔχωμεν

$$Π = Σ — Κ, \text{ καὶ } ΓΑ : ΓΒ = Κ : Σ$$

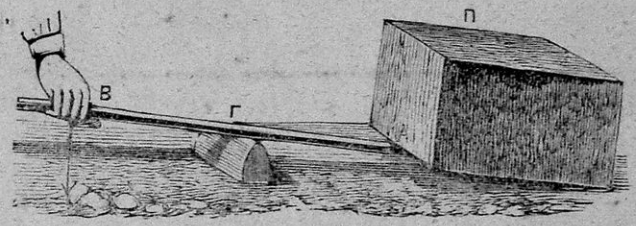
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

—Ὅταν δ' ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ αἱ παράλληλοι καὶ ἀντιθέτου φορᾶς δυνάμεις εἶνε ἴσαι, (Π=Κ), τότε συνισταμένη δὲν ὑπάρχει, τὸ δὲ σύστημα τῶν δυνάμεων τούτων καλεῖται ζεῦγος, τείνει δὲ νὰ περιστρέψῃ τὸ σῶμα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶνε ἐφηρμοσμένον, κατὰ τὸ ἐπίπεδον τοῦ ζεύγους, μέχρις ὅτου ἡ εὐθεῖα ΑΒ λάβῃ τὴν διεύθυνσιν τῶν δυνάμεων.

Μηχαναὶ ἁπλαῖ ἐν ἰσορροπίᾳ.

26. **Μοχλός.** Ἡ ἀπλουστέρα τῶν μηχανῶν εἶνε ὁ μοχλός.

Ὁ *μοχλὸς* εἶνε ράβδος στερεὰ ΒΓΑ (Σχ. 27), εὐθεῖα ἢ κεκαμμένη, δυναμένη νὰ κινηθῇ περὶ ἄξονος ἀκλονήτου ἢ σημείου Γ, ὅπερ καλεῖται ὑπομόχλιον, καὶ ὑποκειμένη εἰς τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων ἐνεργουσῶν κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῆς, τῆς Α καὶ τῆς Β.



Σχ. 27.—Μοχλὸς πρωτογενής.

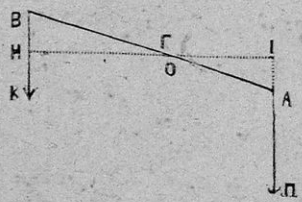
Ἡ δύναμις, ἥτις ἐφαρμόζεται εἰς τὸ Β, ὅπως ἰσορροπήσῃ τὸ βάρος Π, καλεῖται δύναμις, τὸ δὲ βάρος Π ἀντίστασις.

Ἰσορροπία τοῦ μοχλοῦ. Ὑποθέσωμεν ὅτι διὰ τοῦ μοχλοῦ ΑΒ κρατοῦμεν ἐν ἰσορροπίᾳ τὸ βάρος Π ἔν τινι ὡρισμένῃ θέσει. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐνεργοῦσιν ἐνταῦθα κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ μοχλοῦ δύο δυνάμεις παράλληλοι καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς, ἐξ ἑνὸς τὸ βάρος ΑΠ καὶ ἐκ τοῦ ἑτέρου ἄκρου ἡ πρὸς ἰσορρόπησιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τούτου ἐνεργοῦσα δύναμις Β. Ἴδωμεν ποία σχέσις ὑπάρχει μεταξὺ αὐτῶν καὶ τῶν ἀποστάσεων αὐτῶν ἀπὸ τοῦ ὑπομοχλίου Γ.

Ἂς παραστήσωμεν ἐν τῷ σχήματι (Σχ. 28) τὸν μοχλὸν διὰ τῆς εὐθείας ΑΒ, τὴν ἀντίστασιν διὰ τῆς Π καὶ τὴν δύναμιν διὰ τῆς Κ. Ἐπειδὴ ὑπάρχει ἰσορροπία, πρέπει ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων Κ καὶ Π νὰ διέρχηται διὰ τοῦ ἀκλονήτου ὑπομοχλίου Ο, ἄλλως, ἂν διήρχετο δι' ἑτέρου σημείου πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ ἀριστερὰ τοῦ ὑπομοχλίου, ὁ μοχλὸς ἔπρεπεν ἀναγκαίως νὰ περιστραφῇ περὶ τὸ Ο καὶ δὲν θὰ ὑπῆρχεν ἰσορροπία. Ἀλλά, καθ' ἃ εἴδομεν ἀνωτέρω (Σελ. 42 δ'), ἡ συνισταμένη τῶν παραλλήλων δυνάμεων διαιρεῖ τὴν εὐθεῖαν ΑΒ εἰς δύο μέρη ΟΒ καὶ ΟΑ ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς δυνάμεις Κ καὶ Π.



Σχ. 28.—**Θεωρητικὴ παράστασις τῆς ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ.**

Θὰ ἔχωμεν λοιπὸν Κ : Π=ΟΑ : ΟΒ (1).

Ἂν δὲ καταβιβάσωμεν ἐκ τοῦ Ο καθέτους ἐπὶ τὰς δυνάμεις ΒΚ καὶ ΑΠ, θὰ ἔχωμεν τὰς καθέτους ἀποστάσεις ΟΗ καὶ ΟΙ, αἵτινες καλοῦνται βραχίονες τοῦ μοχλοῦ, βραχίων τῆς δυνάμεως ὁ μέν, βραχίων δὲ τῆς ἀντιστάσεως ὁ ἕτερος. Τὰς ἀποστάσεις ταύτας ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν ἀνωτέρω ἰσότητα (1) ἔχομεν

Κ : Π=ΟΙ : ΟΗ (2).

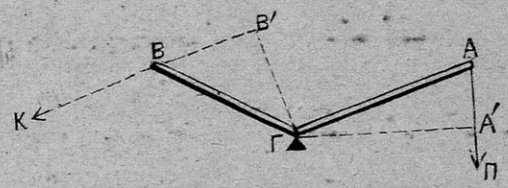
Ἐξ ἧς συνάγομεν ὅτι: *διὰ νὰ ὑπάρξῃ ἰσορροπία τοῦ μοχλοῦ, πρέπει καὶ ἀρκεῖ αἱ ἐντάσεις τῆς δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νὰ εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν μηκῶν τῶν ἀντιστοίχων βραχιόνων τοῦ μοχλοῦ.

Συνεπῶς, ἂν ὁ βραχίων ΟΗ τῆς δυνάμεως εἶνε δίς, τρίς, δεκάκις μειζων τοῦ βραχίονος ΟΙ τῆς ἀντιστάσεως, τότε καὶ ἡ δύναμις Κ ἡ πρὸς ἰσορροπησιν τῆς ἀντιστάσεως ἐφαρμοζομένη θελει εἶσθαι δίς, τρις, . . . δεκάκις, μικροτέρα τῆς ἀντιστάσεως Π. Ὥστε διὰ τῆς χρήσεως τοῦ μοχλοῦ κατορθοῦμεν δι' ἐλάσσονος δυνάμεως νὰ ἰσορροπῶμεν βάρη μεγαλείτερα καὶ τοσούτῳ μεγαλείτερα, ὅσῳ μεγαλείτερος εἶνε ὁ βραχίων τῆς δυνάμεως τοῦ βραχίονος τῆς ἀντιστάσεως. Ἂν ὅμως οἱ μοχλοβραχίονες εἶνε ἴσοι, τότε καὶ ἡ ἐφαρμοστέα δύναμις πρὸς ἰσορροπησιν τῆς ἀντιστάσεως πρέπει νὰ εἶνε ἴση πρὸς ταύτην. Τοιοῦτόν τι συμβαίνει ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ, ἔνθα παρατηροῦμεν ὅτι ἀποκαθίσταται ἰσορροπία, ὅταν τὸ ζυγιζόμενον σῶμα ἔχῃ τὸ αὐτὸ ἀκριβῶς βάρος μὲ τὰ ἐν τῇ ἑτέρα πλάστιγγι εὑρισκόμενα σταθμά.

Σημ. Ἂν ὁ μοχλὸς δὲν εἶνε εὐθεῖα ἀλλὰ κεκαμμένη ῥάβδος, ὡς λ. χ. ὁ μοχλὸς ΑΓΒ (σχ. 29), εὑρίσκομεν καὶ πάλιν τὰ



Σχ. 29.—Εὕρεσις τοῦ μήκους τῶν μοχλοβραχιόνων.

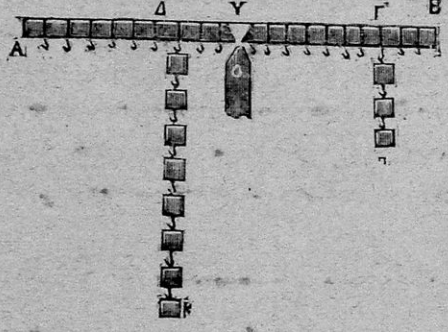
μήκη τῶν μοχλοβραχιόνων καταβιβάζοντες καθέτους ἐκ τοῦ ὑπομοχλίου Γ ἐπὶ τὰς διευθύνσεις τῆς δυνάμεως ΑΠ καὶ τῆς ἀντιστάσεως ΒΚ. Ἡ ΓΑ' παριστᾷ τὸν βραχίονα τῆς δυνάμεως, ἡ δὲ ΓΒ' τὸν βραχίονα τῆς ἀντιστάσεως.

Πειραματικὴ ἐπαλήθευσις διὰ τοῦ ἀριθμητικοῦ μοχλοῦ. Ὁ ἀριθμητικὸς μοχλὸς (Σχ. 30) συνίσταται ἐξ ἀκάμπτου ῥάβδου ὑπο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διηρημένης εἰς ἀριθμόν τινα ἀκριβῶς ἴσων διαιρέσεων. Διὰ τριγωνικοῦ χαλυβδίνου πρίσματος Υ διερχομένου διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος Ο, περὶ ὃν δύναται νὰ κινηθῇ ἐλευθέρως· ὑπὸ ἑκάστην δὲ διαίρεσιν ὑπάρχει ἄγκιστρον πρὸς ἐξάρτησιν ἑνὸς ἢ πλειόνων βαριδίων, ἰσοβαρῶν καὶ πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον κατεσκευασμένων.

Δυνάμεθα οὕτω διὰ τοῦ μοχλοῦ τούτου νὰ ἐξαρτῶμεν βαρίδια ἐκ τοῦ ἑνὸς καὶ ἐκ τοῦ ἑτέρου βραχίονος καὶ νὰ παρατηρῶμεν πόσα βαρίδια καὶ εἰς ποίαν διαίρεσιν ἐξηρτημένα ἐκ τοῦ ἑνὸς βραχίονος ΥΑ, μὲ πόσα βαρίδια καὶ εἰς ποίαν διαίρεσιν ἐξηρτημένα ἐκ τοῦ ἑτέρου βραχίονος ΥΒ δύνανται νὰ ἰσορροπήσωσιν.



Σχ. 30.—Ἀριθμητικὸς μοχλός.

Ὑποθέσωμεν ὅτι θέλομεν νὰ ἐφαρμόσωμεν δύο δυνάμεις Π καὶ Κ εἰς τὰ σημεῖα Γ (8η ὑποδιαίρεσις) καὶ Δ (3η ὑποδιαίρεσις). Γνωρίζομεν ὅτι θὰ ἔχωμεν ἰσορροπίαν, ἐὰν ὑπάρχῃ ἡ σχέσις

$$\Pi : K = \Upsilon\Delta : \Upsilon\Gamma \quad (1).$$

Ἀντικαθιστῶντες ἀντὶ ΥΔ καὶ ΥΓ τὰ ἴσα αὐτῶν 3 καὶ 8, ἔχομεν

$$\Pi : K = 3 : 8 \quad (2).$$

Ὥστε διὰ νὰ ὑπάρξῃ ἰσορροπία, πρέπει αἱ εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα ἐφαρμοστέαι δυνάμεις νὰ εἶνε ὡς 3 : 8. Πράγματι ὁ ἐξαρτῶντες ἐκ μὲν τοῦ Γ 3 βαρίδια, ἐκ δὲ τοῦ Δ 8, βλέπομεν τὸν μοχλὸν ἰσορροποῦντα.

Ἐὰν ὁ ἐξαρτήσωμεν τὰ βαρίδια εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἑκατέρωθεν τοῦ ὑπομοχλίου, τότε θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἰσορροπεῖ ἐξαρτωμένων ἀκριβῶς ἴσων βαριδίων καὶ ἐκ τοῦ ἑνὸς καὶ ἐκ τοῦ ἑτέρου βραχίονος.

Οὕτως ἀποδεικνύεται πειραματικῶς τὸ ἀληθὲς τῆς ἀντιστρόφου ἀναλογίας μεταξὺ τῶν μηκῶν τῶν μοχλοβραχιόνων καὶ τῶν ἐντάσεων δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως.

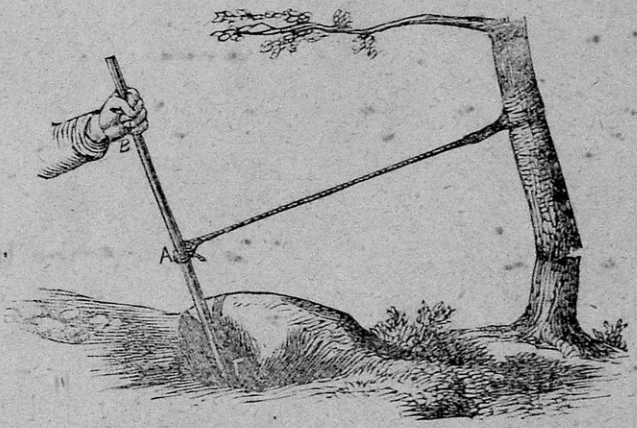
27. **Διάφορα εἴδη μοχλῶν.** Ἔχομεν τρία εἴδη μοχλῶν, *πρωτογενῆ*, *δευτερογενῆ* καὶ *τριτογενῆ μοχλόν*.

Πρωτογενὴς καλεῖται ὁ μοχλός, εἰς ὃν τὸ ὑπομόχλιον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κεῖται μεταξὺ δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως. Τοιοῦτος μοχλὸς εἶνε ὁ ὑπὸ τοῦ ἀνωτέρω σχήματος 27 παριστώμενος. Τοιοῦτοι μοχλοί εἰσιν ἐπίσης ἡ ψαλλίς, ὁ ζυγός, ἡ ἡλάγρα (κοιν. τανάλια), ὁ στατήρ. Τοῦ πρωτογενοῦς μοχλοῦ γίνεται συχνοτάτη ἐφαρμογὴ ἐν τῷ πρακτικῷ βίῳ, διότι διὰ δυνάμεως ἐλάσσονος ἰσορροπεῖται μείζων ἀντίστασις.

Δευτερογενὴς καλεῖται ὁ μοχλός, εἰς ὃν ἡ ἀντίστασις κεῖται μεταξὺ τοῦ ὑπομοχλίου καὶ τῆς δυνάμεως. Τοιοῦτος εἶνε ὁ μοχλὸς τοῦ σχήματος 31, ἔνθα Γ εἶνε τὸ ὑπομόχλιον, Α ἡ ἀντίστασις ἐν τῷ μέσῳ καὶ Β ἡ δύναμις.



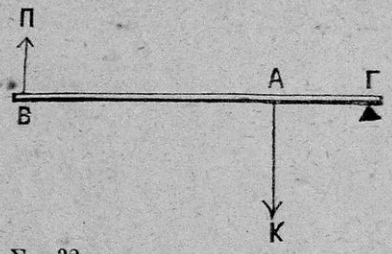
Σχ. 31.—**Μοχλὸς δευτερογενής.**

Πρὸς εὐκολωτέραν κατάληψιν τῆς σχέσεως μεταξὺ δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως ἐν τῷ δευτερογενεῖ μοχλῷ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὸ σχῆμα 32. Αἱ ἐνεργοῦσαι δυνάμεις Π (ὡς δύναμις) καὶ Κ (ὡς ἀντίστασις) εἰσὶ παράλληλοι καὶ ἀντιθέτου φορᾶς. Ἐπειδὴ δὲ ὑπάρχει ἰσορροπία, πρέπει ἡ συνισταμένη αὐτῶν νὰ διέρχηται διὰ τοῦ ἀκινήτου ὑπομοχλίου Γ· ἀλλ' ἵνα συμβῇ τοῦτο, πρέπει κατὰ τὰ προηγούμενα (Σελ. 43 δ', 3) νὰ ὑπάρχῃ ἡ ἀναλογία,

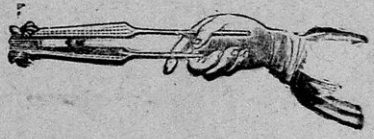
$$\Pi : K = A\Gamma : B\Gamma$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τῆς ἀναλογίας ταύτης βλέπομεν ὅτι καὶ ἐν τῷ δευτερογενεῖ μοχλῷ, ὅταν ὁ βραχίων ΓΒ τῆς δυνάμεως γίνηται δίς, τρίς, τετράκις, δεκάκις μείζων τοῦ βραχίονος ΓΑ τῆς ἀντιστάσεως, τότε ἡ δύναμις Π ἡ ἐφαρμοστέα πρὸς ἰσορρόπησιν τῆς ἀντιστάσεως Κ θέλει εἶσθαι δίς, τρίς, τετράκις, δεκάκις μικροτέρα τῆς ἀντιστάσεως. Συνεπῶς καὶ διὰ τῆς χρήσεως τοῦ δευτερογενοῦς μοχλοῦ κατορθοῦμεν διὰ μικροτέρας δυνάμεως νὰ ἰσορροπῶμεν μείζονα ἀντίστασιν. Παραδείγματα δευτερογενοῦς μοχλοῦ ἀναφέρομεν τὸν καρυοθραύστην (Σχ. 33), τὸν καπνοκόπτην, τὴν κώπην πλοιαρίου, τὸ χειραμάξιον κλπ.



Σχ. 32.—**Θεωρητικὴ παράστασις δευτερογενοῦς μοχλοῦ.**


Σχ. 33.—**Καρυοθραύστης.**

Τριτογενὴς καλεῖται ὁ μοχλός, εἰς ὃν ἡ δύναμις κεῖται μεταξὺ τῆς ἀντιστάσεως καὶ τοῦ ὑπομοχλίου. Ἡ ῥάβδος ΑΓ (Σχ. 34) παριστᾷ μοχλὸν τριτογενῆ, ἔχοντα ἐν τῷ μέσῳ τὴν δύναμιν Β κατὰ δὲ τὰ δύο ἄκρα τὴν ἀντίστασιν Κ καὶ τὸ ὑπομόχλιον Γ.

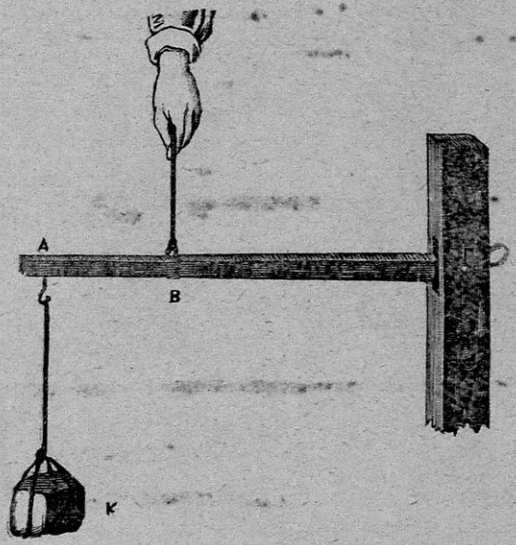
Ἡ χεὶρ τοῦ ἀνθρώπου κρατοῦσα ἐν τῇ παλάμῃ βάρος τι παριστᾷ ἐπίσης μοχλὸν τριτογενῆ.

Ἡ κοινὴ πυράγρα (τσιμπίδα), ὁ ὑπὸ τοῦ ποδὸς κινούμενος καὶ περὶ ὁριζόντιον ἄξονα περιστρεφόμενος ἀκοντιστικὸς τροχὸς εἶνε ἐπίσης ἐφαρμογαὶ τοῦ τριτογενοῦς μοχλοῦ.

Διὰ τοῦ τριτογενοῦς μοχλοῦ μεγαλειτέρα δύναμις ἰσορροπεῖ μικροτέραν ἀντίστασιν· συνεπῶς διὰ τοῦ μοχλοῦ τούτου χά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νομεν δύναμιν. Ἐκεῖνο ὅμως, ὅπερ χάνομεν εἰς δύναμιν, κερδίζομεν εἰς χρόνον. Ἀλλὰ διὰ τῶν δύο ἑτέρων εἰδῶν τοῦ μοχλοῦ κερδίζομεν μὲν δύναμιν, ἀλλὰ χάνομεν χρόνον· διότι διὰ νὰ ὑψώσωμεν λίθον τινὰ π. χ. τῇ βοηθείᾳ πρωτογενοῦς



Σχ. 34.—**Μοχλὸς τριτογενής.**

τινος ἢ δευτερογενοῦς μοχλοῦ εἰς ὕψος ἑνὸς δακτύλου, καταναλίσκομεν χρόνον περισσότερον ἐκείνου, ὃν θὰ καταναλίσκομεν, ἵνα ὑψώσωμεν τὸν αὐτὸν λίθον εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος ἀμέσως διὰ τῆς χειρός μας καὶ ἄνευ τῆς μεσολαβήσεως μοχλοῦ.

Δ'. Δυναμικὴ ἤτοι περὶ τῶν δυνάμεων παραγουσῶν κίνησιν.

Ἀρχαὶ ἐκ τῆς Μηχανικῆς, μάζα σώματος.

28. **Ὁρισμός.** Δυναμικὴ εἶνε τὸ μέρος τῆς Μηχανικῆς τὸ πραγματευόμενον περὶ τῶν δυνάμεων παραγουσῶν κίνησιν. Ἀσχολεῖται ὡς ἐκ τούτου ἡ Δυναμικὴ εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ἑξῆς δύο προβλημάτων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

1ον). Δοθεισῶν τῶν δυνάμεων τῶν ἐνεργουσῶν ἐπί τινος σώματος νὰ προσδιορισθῇ ἡ κίνησις τοῦ σώματος τούτου.

2ον). Δοθείσης τῆς κινήσεως σώματός τινος νὰ προσδιορισθῶσιν αἱ τὴν κίνησιν ταύτην παράγουσαι δυνάμεις.

Βασίζεται δὲ ἡ Δυναμικὴ ἐπὶ τῶν ἑξῆς θεμελιωδῶν ἀρχῶν τῆς Μηχανικῆς:

1ον. Τὸ ἀποτέλεσμα, τὸ ὁποῖον ἐπιφέρει μία δύναμις ἐνεργοῦσα ἐπὶ ὑλικόν τι σημεῖον, εἶνε ὅλως ἀνεξάρτητον τῆς κινήσεως, ἣν προηγουμένως ἐκέκτητο τὸ ὑλικὸν τοῦτο σημεῖον· τουτέστι τὸ ἀποτέλεσμα μένει τὸ αὐτὸ εἴτε τὸ σῶμα ἀναχωρεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας εἴτε εὑρίσκετο ἤδη ἐν κινήσει.

Συνέπεια ταύτης εἶνε ἡ ἑξῆς δευτέρα:

2ον. Μία δύναμις σταθερὰ καὶ συνεχής, ἐνεργοῦσα ἐπί τι σῶμα ἀναχωροῦν ἐκ τῆς ἠρεμίας, παράγει εἰς αὐτὸ κίνησιν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην. Καὶ ἀντιστρόφως,

Ὅταν σῶμά τι εὑρίσκηται εἰς κίνησιν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ὑπόκειται εἰς τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως συνεχοῦς καὶ σταθερᾶς.

✕ 29. **Ἀναλογία τῶν δυνάμεων πρὸς τὰς ἐπιταχύνσεις.** Ἡ αὐτὴ ἀρχὴ τῆς Μηχανικῆς ἄγει ἡμᾶς εἰς τὸ ἑξῆς συμπέρασμα: Ὅταν δύο ἢ πλείονες δυνάμεις σταθεραὶ ἐνεργῶσι διαδοχικῶς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ σημείου, μεταδίδουσιν εἰς αὐτὸ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ἧς ἡ ἐπιτάχυνσις εἶνε ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς ἐνεργούσης δυνάμεως. Εἶνε προφανὲς ὅτι, ἐὰν ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως γίνῃ 2, 3, 4 . . . . φορὰς μεγαλειτέρα ἢ μικροτέρα, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ἀντιστοίχου κινήσεως θὰ εἶνε ὡσαύτως 2, 3, 4 . . . φορὰς μεγαλειτέρα ἢ μικροτέρα.

Ἔστωσαν Δ, Δ′, Δ″ αἱ ἐντάσεις τῶν σταθερῶν δυνάμεων καὶ γ, γ′, γ″ αἱ ἐπιταχύνσεις τῶν ἀντιστοίχων κινήσεων· θὰ ἔχωμεν

$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{\gamma}{\gamma'} \text{ καὶ } \frac{\Delta}{\Delta''} = \frac{\gamma}{\gamma''},$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξ ὧν $\frac{\Delta}{\gamma}=\frac{\Delta'}{\gamma'}=\frac{\Delta''}{\gamma''}$ (1).

§ 30. **Μάζα σώματος.** Ὅταν μία καὶ ἡ αὐτὴ σταθερὰ δύναμις, ἐφαρμοζομένη διαδοχικῶς εἰς διάφορα σώματα, μεταδίδῃ εἰς ἕκαστον τούτων διάφορον ἐπιτάχυνσιν, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ σώματα ταῦτα δὲν παρουσιάζουσι τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν εἰς τὴν κίνησιν, δὲν εἶνε ἀδρανῆ κατὰ τὸν αὐτὸν βαθμόν· τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι τὰ δύο σώματα **δὲν ἔχουσι τὴν αὐτὴν μάζαν.** Ἀπ' ἐναντίας τὰ σώματα **θὰ ἦσαν τῆς αὐτῆς μάζης,** ἐὰν ἀπέκτων τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς αὐτῆς σταθερᾶς δυνάμεως. Ἡ μάζα εἶνε ἰδιότης συμφυὴς εἰς ἕκαστον σῶμα, ἀνεξάρτητος δὲ τῆς ἠρεμίας ἢ τῆς κινήσεως αὐτοῦ. **Ἡ μάζα προκύπτει ἐκ τῆς ποσότητος τῆς ὕλης, ἣν τὸ σῶμα ἐμπεριεκλείει.**

Ὅπως δώσωμεν τὸν ὁρισμὸν τῆς μάζης, λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν διάφοροι δυνάμεις Δ, Δ', Δ'' . . . . ἐνεργοῦσαι διαδοχικῶς ἐπὶ τὸ αὐτὸ ὑλικὸν σημεῖον μεταδίδουσιν εἰς αὐτὸ ἐπιταχύνσεις διαφόρους, γ, γ', γ'' . . . αἵτινες εἰσὶν ἀκριβῶς ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων. Ἔχομεν τότε κατὰ τὰ προηγούμενα (1) τὴν σειρὰν τῶν ἴσων λόγων

$$\frac{\Delta}{\gamma}=\frac{\Delta'}{\gamma'}=\frac{\Delta''}{\gamma''}=\ldots=M,$$ σταθερὰ ποσότης.

Ἡ σταθερὰ αὕτη ποσότης M, εἶνε τὸ **μηχανικὸν χαρακτηριστικὸν** τοῦ σώματος, τουτέστι τὸ χαρακτηριστικὸν τοῦ σώματος ὑπὸ τὴν ἔποψιν τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ εἰς τὴν κίνησιν καὶ τοῦ βαθμοῦ τῆς ἀδρανείας αὐτοῦ· ταύτην καλοῦμεν **μάζαν** τοῦ σώματος.

Μεταξὺ τῶν διαφόρων σταθερῶν δυνάμεων πρέπει νὰ καταλέξωμεν καὶ τὴν βαρύτητα, ἥτις ἐνεργοῦσα ἐπὶ τῶν σωμάτων καταφέρει αὐτὰ πρὸς τὰ κάτω (εὐθὺς ὡς εὑρεθῶσιν ἄνευ ὑποστηρίγματος), μὲ κίνησιν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ὅπως θ' ἀποδείξωμεν κατωτέρω. Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς τοιαύτης κινήσεως εἶνε ἡ αὐτὴ δι' ὅλα τὰ σώματα ἐν τῷ αὐτῷ τόπῳ, σημειοῦται δὲ διὰ τοῦ γράμματος g καὶ ἰσοῦται πρὸς 9μ. 809 ἐν Παρισίοις. Ὥστε ἐφαρμόζοντες τὸν γενικὸν τύπον εὑρίσκομεν ἐν τῇ ἰδιαιτέρᾳ ταύτῃ περιπτώσει, ὅτι μάζα σώματός τινος εἶνε ὁ λόγος τοῦ βάρους αὐτοῦ πρὸς τὴν ἐπιτάχυνσιν, ἣν μεταδίδει εἰς αὐτὸ ἡ βαρύτης. Τοῦτο παρίσταται διὰ τοῦ τύπου

$$M=\frac{B}{g} \quad \text{ἢ} \quad M=\frac{B}{9{,}800}.$$

Ἐκ δὲ τοῦ γενικοῦ τύπου $M=\frac{\Delta}{\gamma}$ συνάγομεν καὶ τοὺς ἑξῆς δύο:

$$\Delta=M\gamma \text{ (2) καὶ } \gamma=\frac{\Delta}{M} \text{ (3).}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

31. **Σχέσις μεταξὺ δυνάμεων καὶ μαζῶν, μεταξὺ μαζῶν καὶ ἐπιταχύνσεων.** Ἐὰν δύο δυνάμεις Δ καὶ Δ′, ἐνεργοῦσαι εἰς δύο διαφόρους μάζας Μ καὶ Μ′, μεταδίδωσι τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν γ, θὰ ἔχωμεν

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

ἐξ ὧν

$$\frac{\Delta}{\mu}=\frac{\Delta'}{\mu'}$$

καὶ κατ' ἐναλλαγὴν τῶν μέσων ὅρων

$$\frac{\Delta}{\Delta'}=\frac{\mu}{\mu'}$$

Ἤτοι δύο σταθεραὶ δυνάμεις ἔχουσι πρὸς ἀλλήλας τὸν αὐτὸν λόγον, ὃν καὶ αἱ μάζαι τῶν κινητῶν, εἰς ἃ μεταδίδουσι τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν.

Ἐὰν δὲ ἡ αὐτὴ δύναμις, ἐνεργοῦσα διαδοχικῶς ἐπὶ δύο διαφόρων μαζῶν μ καὶ μ′, μεταδίδῃ εἰς αὐτὰς ἐπιταχύνσεις γ καὶ γ′, θὰ ἔχωμεν κατὰ τὸν προηγούμενον τύπον (2),

$$\Delta=\mu\gamma \text{ καὶ } \Delta=\mu'\gamma',$$

ἐξ ὧν $\mu\gamma=\mu'\gamma'$

καὶ $\gamma : \gamma'=\mu' : \mu.$

Τουτέστιν αἱ ἐπιταχύνσεις, ἃς μεταδίδει ἡ αὐτὴ σταθερὰ δύναμις εἰς δύο σώματα διαφόρου μάζης, εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν μαζῶν αὐτῶν.

Τὴν ἐφαρμογὴν τῆς ἀρχῆς ταύτης θὰ εὕρωμεν κατωτέρω ἐν τῇ πειραματικῇ ἀποδείξει τῶν νόμων τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων διὰ τῆς μηχανῆς τοῦ Atwood.

32. **Ἰσότης μεταξὺ ἐνεργείας καὶ ἀντιδράσεως.** Ἡ ἀρχὴ αὕτη ἔχει ὡς ἑξῆς: *Ὅταν, ἔν τινι συστήματι ὑλικῶν σημείων, σημεῖόν τι Α ἐξασκῇ ἐπὶ ἑτέρου Β ἐνέργειάν τινα παριστωμένην διὰ τῆς δυνάμεως Δ ἐνεργούσης καθ' ὡρισμένην διεύθυνσιν, τότε καὶ τὸ σημεῖον Β ἐνεργεῖ ἀντιστρόφως ἐπὶ τοῦ Α διὰ δυνάμεως τῆς αὐτῆς μὲν ἐντάσεως ἀλλ' ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν Β.* Ἡ ἀντίστροφος αὕτη ἐνέργεια τοῦ Β ἐπὶ τοῦ Α καλεῖται **ἀντίδρασις**. Ἔχομεν ἐπὶ παραδείγματι ἐξηρτημένον βάρος 10 χλγρ. ἐξ ἐλατηρίου σπειροειδοῦς· ὅταν ἡ ἰσορροπία ἀποκαταστῇ, τὸ βάρος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἐλατηρίου τεῖνον αὐτὸ πρὸς τὰ κάτω διὰ δυνάμεως 10 χλγρ., ἀντιστρόφως δὲ καὶ τὸ ἐλατήριον ἀντιδρᾷ ἐπὶ τοῦ βάρους καὶ ἡ ἀντίδρασις αὐτοῦ ἰσοῦται πρὸς 10 χλγρ.

Περὶ ἔργου τῶν δυνάμεων.

33. **Μηχανικὸν ἔργον, μέτρον αὐτοῦ.** Πᾶσα δύναμις ἐφαρμοζομένη ἐπί τινος σώματος καὶ προξενοῦσα εἰς αὐτὸ μετατόπισίν τινα, τῇ ὑπερνικήσει ἀντιστάσεως, παράγει μηχανικὸν ἔργον. Ὁ ἐργάτης ἀναβιβάζων διὰ τῆς δυνάμεως τῶν μυῶν αὐτοῦ ὕδωρ ἐκ τοῦ φρέατος, ὁ ἵππος ἕλκων φορτηγὸν ἅμαξαν, ὁ ἄνεμος κινῶν τὸ ἱστιοφόρον, παράγουσι μηχανικὸν ἔργον.

Τὸ μέγεθος τοῦ ἔργου δυνάμεώς τινος ἐξαρτᾶται προφανῶς *ἐκ τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως καὶ ἐκ τῆς μετατοπίσεως, ἣν ἐπάγει εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς.* Ὑποθέσωμεν ὅτι εἷς ἐργάτης ἐπιχειρεῖ ν' ἀναβιβάσῃ βάρος τι ἐκ τοῦ ἐδάφους εἰς τὸ πρῶτον πάτωμα οἰκίας· εἶνε φανερὸν ὅτι θὰ ἐκτελέσῃ τοσοῦτῳ μεῖζον ἔργον, ὅσῳ τὸ βάρος εἶνε μεγαλείτερ ον καὶ ὅσῳ τὸ ὕψος τοῦ πατώματος μεγαλείτερον. Ἐὰν ἀνυψώσῃ βάρος 1 χλγρ. εἰς ὕψος 1 μέτρου, ἐκτελεῖ ἔργον τι, ἐὰν δ' ἀνυψώσῃ βάρος 2, 3, 4 χλγρ. εἰς ὕψος ἑνὸς μέτρου, ἐκτελεῖ διπλάσιον τριπλάσιον, τετραπλάσιον ἔργον· καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐὰν τὸ βάρος 1 χλγρ. ἀνυψῶται εἰς ὕψος 2, 3, 4 . . . μέτρων, ἐκτελεῖται καὶ πάλιν ἔργον διπλάσιον τριπλάσιον, τετραπλάσιον τοῦ ἀρχικοῦ. Ὥστε τὸ ἔργον τοῦ ἐργάτου εἶνε ἀνάλογον πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἀνυψουμένου σώματος καὶ πρὸς τὸ ὕψος εἰς ὃ ἀναβιβάζεται τοῦτο· καὶ ἂν παραστήσωμεν διὰ Δ τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως καὶ διὰ Υ τὸ ὕψος, τὸ ἔργον Ε τῆς δυνάμεως ταύτης θέλει εἶσθαι $E = \Delta \times \Upsilon$.

Ἐὰν ἡ δύναμις ἐνεργῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν, καθ' ἣν προ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χωρεῖ τὸ κινητόν, λέγεται *κινοῦσα*, τὸ δὲ ἔργον αὐτῆς εἶνε θετικὸν καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ (+)· ἐὰν δ' ἐνεργῇ κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν ἐκείνης, καθ' ἣν προχωρεῖ τὸ κινητόν, λέγεται *ἀνθισταμένη*, τὸ δ' ἔργον αὐτῆς εἶνε ἀρνητικὸν καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ (—).

Μονὰς *ἔργου εἶνε τὸ ἔργον, καθ' ὃ ἀνυψοῦται βάρος 1 χιλιογράμμου εἰς ὕψος 1 μέτρου*· καλεῖται δὲ τοῦτο χιλιογραμμόμετρον.

Ἔστω ὅτι ἐργάτης τις ἀνυψοῖ 60 χλγρ. λίθων εἰς ὕψος 10 μέτρων, ἕτερος δὲ 20 χλγρ. λίθων εἰς ὕψος 20 μέτρων· ὁ πρῶτος ἐκτελεῖ ἔργον $60 \times 10 = 600$ χιλιογραμμομέτρων, ὁ δὲ δεύτερος $20 \times 20 = 400$ χιλιογραμμομέτρων ἔργον· ὁ δεύτερος λοιπὸν ἐκτελεῖ τὰ $\frac{2}{3}$ τοῦ ἔργου ταῦ πρώτου.

Ἀτμόϊππος δὲ ἡ δύναμις ἑνὸς ἀτμοΐππου καλεῖται ἡ δύναμις, ἥτις ἐν ἑνὶ δευτερολέπτῳ παράγει ἔργον 75 χιλιογραμμομέτρων.

34. **Ῥύμη ἢ δρῶσα δύναμις.** Καλεῖται ῥύμη ἢ δρῶσα δύναμις σώματος κινουμένου τὸ γινόμενον τῆς μάζης αὐτοῦ ἐπὶ τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος. Ἔστω M ἡ μάζα τοῦ σώματος καὶ τ ἡ ταχύτης αὐτοῦ κατά τινα στιγμὴν χρόνου, ἡ ῥύμη αὐτοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην θέλει παρίστασθαι διὰ τοῦ γινομένου $M\tau^2$.

Μεταξὺ *δρώσης δυνάμεως* καὶ *μηχανικοῦ ἔργου* ὑπάρχει φυσικὴ σχέσις ἀμοιβαίας μετατροπῆς· *ἡ ῥύμη μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον καὶ ταναπαλιν*. Ἰσοῦται δὲ ἡ ῥύμη μὲ τὸ διπλάσιον γινόμενον τοῦ μηχανικοῦ ἔργου, διὸ καὶ λαμβάνεται συνήθως τὸ ἥμισυ τοῦ γινομένου $M\tau^2$ καὶ αὐτὸ τίθεται εἰς τοὺς τύπους τῆς Μηχανικῆς.

Ἔστω ὅτι ρίπτεται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω κατακορύφως λίθος τις βάρους B καὶ μάζης M μὲ ταχύτητα τ. Ὁ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λίθος κινούμενος ἐγκλείει ἐν ἑαυτῷ ὁρῶσαν δύναμιν $\left(\frac{1}{2} \text{Μτ}^2\right)$, ἥτις ὅμως μετατρέπεται ἐνταῦθα εἰς μηχανικὸν ἔργον· ἐὰν ὁ λίθος ἀνέλθῃ μέχρις ὕψους δ μέτρων, τὸ ἐκτελεσθὲν ἔργον εἶνε Β×δ χιλιογραμμομέτρων, ἰσοῦται δὲ πρὸς τὴν δαπανηθεῖσαν ὁρῶσαν δύναμιν $\frac{1}{2}$ Μτ². Ὥστε θὰ ἔχωμεν

$$\frac{1}{2} \text{Μτ}^2 = \text{Β} \times \delta.$$

Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ λοιπὸν ἡ ῥύμη τοῦ βαλλομένου σώματος μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον· διότι ἄλλως ὁ λίθος δὲν εἶνε δυνατὸν ν' ἀνυψωθῇ παρὰ ὑπερνικῶν τὴν ἀντίστασιν τῆς βαρύτητος καὶ ἀντιτάσσων εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἔργον αὐτῆς ἔργον θετικόν. Εὐθὺς δὲ ὡς ὁλόκληρος ἡ ῥύμη τοῦ λίθου μετασχηματισθῇ εἰς ἔργον, τότε πλέον ἐξ ἀνάγκης ὁ λίθος θὰ σταματήσῃ· ὁ δρόμος ὅμως τοῦ λίθου εἶνε τόσῳ μείζων ὅσῳ μείζων ἡ ἀρχικὴ αὐτοῦ ταχύτης ἑπομένως καὶ ἡ εἰς ἔργον μετασχηματισθησομένη ῥύμη.

Κατὰ δὲ τὴν κατάπτωσιν τοῦ λίθου συμβαίνει τὸ ἀντίστροφον· δαπανᾶται μηχανικὸν ἔργον καὶ ἀναπτύσσεται ῥύμη, ἥτις δύναται νὰ παραγάγῃ ἔργον, ἐὰν τὸ κινούμενον σῶμα συναντήσῃ κώλυμα κατὰ τὸν δρόμον αὐτοῦ. Ἡ οὕτω κατὰ τὴν κατάπτωσιν ἀποκτωμένη ῥύμη θά εἶνε ἴση πρὸς τὸ δαπανηθὲν ἔργον, ὥστε θὰ ὑπάρξῃ καὶ πάλιν ἡ ἰσότης

$$\text{Β} \times \delta = \frac{1}{2} \text{Μτ}^2.$$

Ἐκ τούτων συνάγομεν τὸν γενικὸν κανόνα ὅτι: *δαπανωμένων χ χιλιογραμμομέτρων τίθεται εἰς κίνησιν ὑλικόν τι σῶμα ἢ σύνολον ἀτόμων καὶ ἀποκτᾷ ἐν συνόλῳ ῥύμην ἴσην πρὸς χ καὶ ταναπαλιν, δαπανωμένου τοῦ συνόλου τούτου τῆς ῥύμης παράγεται ἀντίστοιχον μηχανικὸν ἔργον ἴσον πρὸς χ χιλιογραμμόμετρα.*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐὰν τὸ κινούμενον σῶμα ἔχῃ ἀρχικὴν ταχύτητα τ', μετά τινα δὲ χρονικὴν στιγμὴν τ, τότε ἡ αὔξησις τῆς ὁρώσης δυνάμεως κατὰ τὴν χρονικὴν ταύτην στιγμὴν θὰ εἶνε $M\tau^2 - M\tau'^2$. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, ἐὰν Δ εἶνε ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως καὶ ε τὸ διανυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ διάστημα, τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως κατὰ τὸν ὡρισμένον τοῦτον χρόνον θὰ ἰσῶται πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς αὐξήσεως τῆς ὁρώσης δυνάμεως, ἤτοι θὰ ἔχωμεν

$$\Delta \times \varepsilon = \frac{1}{2}\left(M\tau^2 - M\tau'^2 \right).$$

Ἡ θεμελιώδης αὕτη ἀρχὴ τῆς Μηχανικῆς καλεῖται ἀρχὴ τῶν ρυμῶν, ἐφαρμόζεται δὲ καὶ ὅταν τὸ σῶμα ὑπόκειται εἰς τὴν ἐνέργειαν πλειόνων δυνάμεων.

35. **Ἐνέργεια.** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω βλέπομεν ὅτι τὸ μηχανικὸν ἔργον ἀφ' ἑνὸς $(B \times \delta)$ καὶ ἡ δρῶσα δύναμις ἀφ' ἑτέρου $\left(\frac{1}{2} M\tau^2\right)$ εἶνε δύο ἐκφράσεις ἰσοδύναμοι μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς ἰδιότητος τῶν ἐν κινήσει σωμάτων, τουτέστι *τῆς ἱκανότητος αὐτῶν* ὅπως παράγωσι μηχανικὸν ἔργον. Ἡ ἰδιότης αὕτη τῶν σωμάτων καλεῖται ἐνέργεια.

1ον. Ἔργῳ ἐνέργεια. Καὶ ὅταν μὲν ἡ ἐνέργεια εἶνε ὁρατή, ἤτοι ἐκδηλοῦται ὡς μηχανικὸν ἔργον ἢ ὡς ὁρῶσα δύναμις, καλεῖται **ἔργῳ ἐνέργεια** ἢ **μηχανικὴ ἐνέργεια**, π.χ. λίθος καταπίπτων, σφαῖρα βαλλομένη διὰ τηλεβόλου, τὸ ῥέον ὕδωρ ποταμοῦ, ἐγκλείουσιν ἔργῳ ἐνέργειαν, διότι καὶ ὁ λίθος προσκρούων ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ ἡ σφαῖρα προσκρούουσα ἐπὶ τοίχου ἢ θώρακος πλοίου κλ. παράγουσιν ἔργον.

2ον. Δυνάμει ἐνέργεια. Ἀλλ' ἐκτὸς τῆς ἔργῳ ἐνεργείας ἔχομεν καὶ ἄλλου εἴδους ἐνέργειαν, ἥτις ὑπάρχει λανθάνουσα καὶ ἐναποθηκευμένη οὕτως εἰπεῖν ἐντὸς τοῦ σώματος, καλεῖται δὲ **δυνάμει ἐνέργεια**· ἡ τοιαύτη ἐνέργεια προκύπτουσα εἴτε ἐκ τῆς φύσεως σωμάτων τινῶν εἴτε ἐκ τῆς μορφῆς αὐτῶν εἴτε ἐκ τῆς θέσεως κλ. δύναται ἐν δεδομένῃ στιγμῇ νὰ μεταβληθῇ εἰς ἔργῳ ἐνέργειαν. Σῶμα βαρὺ κρεμάμενον διὰ νήματος ἐξ ὕψους ἐγκλείει δυνάμει ἐνέργειαν, διότι ἀποκοπτομένου τοῦ νήματος ἐπέρχεται ἡ πτῶσις αὐτοῦ, ὅτε δύναται νὰ παραγάγῃ μηχανικὸν ἔργον. Ἐλατήριον τεταμένον ἐγκλείει ἐν τῇ καταστάσει ταύτῃ δυνάμει ἐνέργειαν, διότι ἂν ἀφεθῇ ἐλεύθερον, δύναται νὰ παραγάγῃ μηχανικὸν ἔργον.

Ἐξετάσωμεν ἔν τισι παραδείγμασι τὴν σχέσιν μεταξὺ ἔργῳ καὶ δυνάμει ἐνεργείας. Ἔχομεν λίθον τινὰ βάρους 2 χιλγρ. κατακείμενον ἐπὶ τοῦ ἐδάφους· ὑποθέσωμεν ὅτι ῥίπτομεν αὐτὸν μετὰ δυνάμεως πρὸς τὰ ἄνω καὶ ὅτι οὗτος φθά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νων εἰς τὸ ἄκρον τῆς στέγης οἰκίας εἰς ὕψος 10 μέτρων ἐπικάθηται ἐκεῖ· ἐν τῇ θέσει ταύτῃ ἐγκλείει νῦν ὁ λίθος δυνάμει ἐνέργειαν, διότι καταχοημνιζόμενος ἐκεῖθεν δύναται νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον. Ἀλλὰ πῶς καὶ πόθεν προέκυψε νῦν ἡ δυνάμει ἐνέργεια; Ἐκ τῆς ἀπωλείας τῆς ἔργῳ ἐνεργείας. Ἐφ' ὅσον ὁ λίθος προχωρεῖ πρὸς τὰ ἄνω, ἡ ταχύτης αὐτοῦ ἐλαττοῦται, τὸ σῶμα ἐπομένως χάνει διηνεκῶς ἔργῳ ἐνέργειαν· ἀλλ' ἀντ' αὐτῆς ἀποκτᾷ καὶ ἐναποθηκεύει ἐν ἑαυτῷ δυνάμει ἐνέργειαν καὶ τοσούτῳ μείζονα, ὅσῳ μεῖζον τὸ ὕψος εἰς ὃ ἀνέρχεται. Διὸ κατὰ τὴν κατάπτωσιν αὐτοῦ θὰ παραγάγῃ ἐπὶ τοσούτῳ μεγαλείτερον ἔργον, ὅσῳ κατέπεσεν ἐξ ὕψους μεγαλειτέρου. Κατὰ τὴν ἀνύψωσιν λοιπὸν τοῦ λίθου ἡ μὲν δυνάμει ἐνέργεια διηνεκῶς αὐξάνει, ἡ δ' ἔργῳ ἐνέργεια διηνεκῶς ἐλαττοῦται καὶ ὅταν πλέαν σταματήσῃ εἰς ὡρισμένον ὕψος, αὕτη μὲν γίνεται μηδὲν ἡ δὲ πρώτη ἀποκτᾷ τὴν μεγίστην αὐτῆς τιμὴν διὰ τὴν περίστασιν ἐκείνην.

Ἀντιστρόφως, θεωρήσωμεν νῦν τὸν ἀνυψωθέντα λίθον σταματῶντα εἰς ὕψος 20 μέτρων καὶ μέλλοντα νὰ καταπέσῃ. Ἐν τῇ θέσει ταύτῃ ὁ λίθος ἐγκλείει δυνάμει ἐνέργειαν $2 \times 20 = 40$ χιλιογραμμομέτρων. Ἀρχομένης δὲ τῆς καταπτώσεως ἡ δυνάμει ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς ἔργῳ ἐνέργειαν καὶ ἐφ' ὅσον κατέρχεται ἡ μὲν πρώτη ἐλαττοῦται, ἡ δὲ δευτέρα αὐξάνει, ὅταν δὲ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος, ἡ ἔργῳ ἐνέργεια εἶνε μεγίστη καὶ ἴση πρὸς 40 χιλιογραμμόμετρα, ἡ δὲ δυνάμει ἐνέργεια γίνεται μηδέν.

Τὸ ἄθροισμα τῆς ἔργῳ καὶ δυνάμει ἐνεργείας ἀποτελεῖ τὴν **ὁλικὴν ἐνέργειαν** ἑνὸς σώματος. Εἶνε δὲ τοῦτο σταθερόν, διότι, καθ' ἃ ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων ἐξάγεται, πᾶν ὅ,τι ἡ μία χάνει, κερδίζει ἡ ἑτέρα, οὕτως ὥστε εἰς οἱανδήποτε θέσιν καὶ ἂν θεωρήσωμεν τὸ σῶμα, ἡ ἔργῳ ἐνέργεια σὺν τῇ δυνάμει ἐνεργείᾳ ἀποτελοῦσι τὸ αὐτὸ σταθερὸν ἄθροισμα.

Κατὰ ταῦτα ἡ ἐνέργεια ἐκδηλοῦται ὡς ἔργῳ ἢ ὡς δυνάμει ἐνέργεια καὶ ἡ μία μετασχηματίζεται εἰς τὴν ἑτέραν, ἀλλ' ἐνίοτε κατὰ τοὺς ἀμοιβαίους τούτους μετασχηματισμοὺς ἐλαττοῦται ἡ μία χωρὶς νὰ παρουσιάζηται ἀνάλογος αὔξησις τῆς ἑτέρας. Καὶ ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ὅμως οὔτ' ἐκλείπει οὔτ' ἐλαττοῦται ἡ ἐνέργεια, ἀλλ' εἰς τὴν θέσιν τῆς ἐκλειπούσης ἐνεργείας ἐμφανίζεται θερμότης, φῶς, ἠλεκτρισμὸς κλπ., παρουσιάζονται δηλονότι νέου εἴδους φαινόμενα.

Ὥστε, κατὰ γενικὸν κανόνα, *ἡ ἐνέργεια οὐδέποτε ἀπόλλυ-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ται οὔτ' ἐλαττοῦται, ἀλλὰ μόνον μετασχηματίζεται καὶ ἐκδηλοῦται ἑκάστοτε κατὰ τὰς περιστάσεις ὑπὸ νέαν μορφήν.

Τὸ δημιουργεῖν ἢ καταστρέφειν τὴν ἐνέργειαν εἶνε ὑπέρτερον τῶν δυνάμεων ἡμῶν, εἶνε ἀδύνατον. Αὕτη εἶνε ἡ σπουδαιοτάτη ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, ἥτις ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς καὶ καθ' ἣν δυνάμεθα νὰ δώσωμεν τὸν ἑξῆς ὁρισμὸν τῆς Φυσικῆς: «ὅτι ἡ Φυσικὴ ἔχει ὡς ἀντικείμενον ἐρεύνης τὴν ἐνέργειαν καὶ τὰ διάφορα ἐκ τοῦ μετασχηματισμοῦ αὐτῆς προερχόμενα φαινόμενα», ἀναλόγως ὅπως ἀντικείμενον τῆς χημείας εἶνε ἡ ἔρευνα τῶν ἀλλοιώσεων καὶ μετασχηματισμῶν τῆς ὕλης.

Ἀσκήσεις.—1. Ποία εἶνε ἡ μάζα σώματος ζυγίζοντος 49 χλγρ. 05;

2. Δύναμις 18 χιλιογράμμων ἐνεργεῖ ἐπὶ σώματος μάζης 5, ποία ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ἀντιστοίχου κινήσεως;

3. Δύναμις σταθερὰ ἐνεργοῦσα ἐπὶ σώματος βάρους 16 χιλγρ. μεταδίδει εἰς αὐτὸ ἐπιτάχυνσιν 3 μέτρων. Ἡ αὐτὴ δύναμις ἐνεργεῖ διαδοχικῶς ἐπὶ σωμάτων βάρους 32, 8, 4 χιλγρ. Ποῖαι θὰ ὦσιν αἱ ἀντίστοιχοι ἐπιταχύνσεις;

4. Ἐργάτης πληρώνεται 2 Δρ. ἀνὰ 5000 χιλιογραμμόμετρα ἐργασίας. Ἀναβιβάζει εἰς 5 μέτρων ὕψος λίθους, ὧν ἕκαστος ζυγίζει 5 χιλιόγραμμα· κατόπιν ὀφείλει, κατερχόμενος, νὰ μεταφέρῃ καὶ ἄχρηστα ὑλικὰ βάρους 3 χιλιογράμμων. Ζητεῖται νὰ εὕρωμεν ποῖον θὰ εἶνε τὸ ἡμερομίσθιον τοῦ ἐργάτου, λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν ὅτι ἀνέρχεται 20 φορὰς καθ' ὥραν καὶ ὅτι ἐργάζεται 10 ὥρας τὴν ἡμέραν.

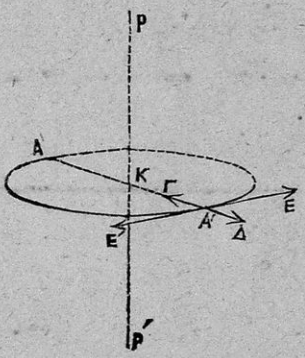
5. Σῶμα ζυγίζον 12 χιλιόγραμμα φέρεται εἰς ὕψος 80 μέτρων ὑπὲρ τὸ ἔδαφος καὶ ἀφίνεται ἐλεύθερον ἐκεῖθεν νὰ καταπέσῃ. Ζητεῖται ποία θὰ εἶνε ἡ ἔργῳ ἐνέργεια καὶ ποία ἡ δυνάμει ἐνέργεια αὐτοῦ, ὅταν θὰ φθάσῃ εἰς ὕψος 3 μέτρων ὑπὲρ τὸ ἔδαφος, ποία δὲ ἡ ὁλικὴ ἐνέργεια αὐτοῦ;

Περὶ κεντρόφυγος δυνάμεως.

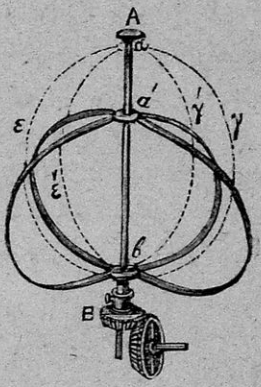
36. **Ὁμαλὴ περιστροφικὴ κίνησις, κεντρόφυξ καὶ κεντρομόλος δύναμις.**—Ὅταν ἔχωμεν προσδεδεμένον σῶμά τι εἰς τὸ ἄκρον νήματος καὶ περιστρέφωμεν αὐτὸ ταχέως περὶ τὴν χεῖρα ἡμῶν, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σῶμα προ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σπαθεῖ τρόπον τινὰ νὰ ἐκφύγῃ ἐκ τῆς χειρὸς ἡμῶν, διὸ καὶ τείνει τὸ νῆμα καὶ μάλιστα διαρρηγνύει αὐτό, ἐὰν ἡ περιστροφικὴ κίνησις εἶνε ἀρκούντως ταχεῖα τὸ δὲ νῆμα οὐχὶ στερεόν.



Σχ. 35. — Κεντρόφυξ καὶ κεντρομόλος δύναμις.



Σχ. 36 — Πειραματικὴ ἐξήγησις τῆς πλατύνσεως τῆς γῆς.

Ἐξετάσωμεν λεπτομερέστερον τί συμβαίνει κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ σώματος. Ἔστω τὸ ὑλικὸν σημεῖον Α περιστρεφόμενον ἰσοταχῶς περὶ τὴν εὐθεῖαν PP' (Σχ. 35) καὶ διαγράφον περὶ τὸν ἄξονα τῆς περιστροφῆς PP', μετὰ σταθερᾶς ταχύτητος, περιφέρειαν ΑΑ', ἧς τὸ ἐπίπεδον εἶνε κάθετον ἐπὶ τῆς PP'· ἡ σταθερὰ ταχύτης, μεθ' ἧς κινεῖται τοῦτο, εἶνε εἷς ἕκαστον σημεῖον τῆς τροχιᾶς, εἰς τὸ Α π.χ., ἐφαπτομένη τοῦ κύκλου καὶ ἔχει διεύθυνσιν κατὰ τὴν Α'Ε ἢ Α'Ε', καθ' ὅσον τὸ κινητὸν στρέφεται πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἢ πρὸς τὰ δεξιά. *Δυνάμει λοιπὸν τῆς ἀδρανείας αὐτοῦ* τὸ ὑλικὸν σημεῖον Α τείνει ὁλονὲν νὰ κινηθῇ εὐθυγράμμως καὶ ἰσοταχῶς κατὰ τὴν ἐφαπτομένην Α'Ε καὶ νὰ ἐγκαταλίπῃ τὴν κυκλικὴν τροχιάν. Ἀλλὰ τὸ νῆμα τῇ ἐνεργείᾳ τῆς χειρὸς ἕλκον τὸ Α ἀναγκάζει αὐτὸ νὰ λάβῃ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀμέσως ἑπομένου στοιχείου τῆς καμπύλης

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ μετὰ τοῦτο τὴν τοῦ ἀμέσως ἑπομένου καὶ οὕτω καθεξῆς ὥστε νὰ διαγράφῃ τὸ κινητὸν καμπύλην γραμμήν.

Ἡ ἐπὶ τοῦ κινουμένου σώματος ἑλκτικὴ αὕτη δύναμις, ἡ διευθυνομένη πρὸς τὸ κέντρον καὶ ἀναγκάζουσα τὸ σῶμα νὰ ἐκτελῇ περιστροφικὴν κίνησιν, καλεῖται δύναμις κεντρομόλος ἢ δύναμις ἐπὶ τὸ κέντρον. Ἀλλὰ τὸ σῶμα, ὡς εἴδομεν, ἀντιδρᾷ εἰς τὴν δύναμιν ταύτην καὶ δυνάμει τῆς ἀδρανείας τείνει εἰς ἕκαστον στοιχεῖον τῆς καμπύλης νὰ ἐκφύγῃ καὶ νὰ κινηθῇ κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τοῦ κύκλου. *Ἐνεργεῖ λοιπὸν τὸ σῶμα, ὡς ἐὰν ὑπέκειτο εἰς τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως τεινούσης ν' ἀπομακρύνῃ αὐτὸ ἀπὸ τοῦ κέντρου· ἡ δύναμις* αὕτη ἡ ἴση καὶ ἀντίθετος τῇ κεντρομόλῳ καὶ τείνουσα διαρκῶς ν' ἀπομακρύνῃ τὸ σῶμα ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς κινήσεως καλεῖται κεντρόφυξ δύναμις.

Παραδεχόμενοι ὅμως τὴν ὀνομασίαν ταύτην τὴν ὑπὸ τῆς συνηθείας καθιερωθεῖσαν ὀφείλομεν νὰ παρατηρήσωμεν:

α'). Ὅτι ἡ κεντρόφυξ δύναμις δὲν εἶνε δύναμις φυσική, ἔχουσα ἰδίαν ὑπόστασιν, ὡς λ. χ. ἡ βαρύτης, ἡ ἕλξις ἐν γένει τῆς ὕλης πρὸς τὴν ὕλην, ἀλλὰ δύναμις *ὑποθετική*, ἣν φανταζόμεθα ὅπως ἐξηγήσωμεν ἐπὶ τὸ εὐχερέστερον καὶ εὐληπτότερον ἓν ἀποτέλεσμα τῆς ἀδρανείας τῶν σωμάτων.

β'). Ὅτι τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο τῆς ἀδρανείας *δὲν συνίσταται εἰς πραγματικὴν ἄπωσιν ἀπὸ τοῦ κέντρου, ἀλλ' εἰς κίνησιν κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τοῦ κύκλου.*

37. **Νόμοι τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως.** Θεωρήσωμεν σῶμά τι ἔχον μάζαν μ, κινούμενον ἰσοταχῶς μὲ ταχύτητα τ καὶ διαγράφον περιφέρειαν κύκλου, ἧς ἡ ἀκτὶς α. Ἡ τιμὴ Κ τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως παρέχεται ὑπὸ τύπου, ὅστις εὑρίσκεται καὶ ἀποδεικνύεται ἐν τῇ Μηχανικῇ καὶ εἶνε ὁ ἑξῆς:

$$K = \mu \frac{\tau^2}{\alpha} \quad (1).$$

Κατὰ τὸν τύπον τοῦτον ἔχομεν τοὺς ἑξῆς τρεῖς νόμους τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως:

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

1ος Νόμος.—Ἡ κεντρόφυξ δύναμις εἶνε ἀνάλογος τῆς μάζης τοῦ κινητοῦ.

2ος Νόμος.—Εἶνε ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος· τουτέστι διπλασιαζομένης, τριπλασιαζομένης κλπ. τῆς ταχύτητος τοῦ κινητοῦ ἡ κεντρόφυξ δύναμις γίνεται τετραπλασία, ἐννεαπλασία κλπ.

3ος Νόμος.—Εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος τοῦ διαγραφομένου κύκλου, ὅταν ἡ ταχύτης εἶνε ἡ αὐτή.

Ἂν δὲ παραστήσωμεν διὰ τοῦ χ τὸν χρόνον, εἰς ὃν τὸ κινητὸν διαγράφει μίαν ὁλόκληρον περιφέρειαν (2πα) μὲ ταχύτητα τ, τότε θὰ ἔχωμεν·

$$2\pi\alpha = \tau.\chi,$$

ἐξ ἧς $$\tau = \frac{2\pi\alpha}{\chi}.$$

Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως τὴν τιμὴν ταύτην τοῦ τ ἔχομεν

$$K = \mu \frac{4\pi^2\alpha}{\chi^2}$$

ἢ $$K = 4\pi^2 \mu \frac{\alpha}{\chi^2} \quad (2).$$

Ὁ τύπος οὗτος δεικνύει ὅτι, ὅταν διάφορα ὑλικὰ σημεῖα διαγράφωσιν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον χ διαφόρους περιφερείας, τότε ἡ κεντρόφυξ δύναμις εἶνε ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος (α) τοῦ κύκλου. Κατὰ ταῦτα, ἐὰν θεωρήσωμεν τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ὑλικὰ σημεῖα, ἕκαστον τῶν ὁποίων διαγράφει εἰς 24 ὥρας ὁλόκληρον περιφέρειαν, εὑρίσκομεν ὅτι εἰς τὰ περὶ τὸν ἰσημερινὸν σημεῖα, ἔνθα ἡ ἀπὸ τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς ἀπόστασις εἶνε μεῖζων, ἡ κεντρόφυξ δύναμις ἔχει πολὺ μεγαλειτέραν ἔντασιν· ὅσῳ δὲ προχωροῦμεν πρὸς τοὺς πόλους ἐλαττοῦται αὕτη, εἰς δὲ τοὺς πόλους ἀκριβῶς γίνεται ἴση τῷ μηδενί.

38. **Ἀποτελέσματα τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως.** Πολλὰ καὶ ποικίλα φαινόμενα ἐξηγοῦνται διὰ τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως. Τὸ νῆμα, ὡς εἴδομεν, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ λίθου περὶ τὴν χεῖρα ἡμῶν τείνεται καὶ διαρρήγνυται μάλιστα ἂν ἡ κίνησις εἶνε ἱκανῶς ταχεῖα.—Ἀγγεῖον ἀνοικτὸν πλῆρες ὕδατος, ἐξηρτημένον διὰ νήματος καὶ περιστρεφόμενον ταχέως, ὅπως ἀνωτέρω ὁ λίθος, ἐξακολουθεῖ νὰ μένῃ πλῆρες, ἐνῷ, ὅταν κατὰ τὴν περιστροφὴν εὑρίσκηται πρὸς τὰ ἄνω κατακορύφως, ἔχει τὸ ἄνοιγμα πρὸς τὰ κάτω καὶ ἔπρεπε νὰ ἐκχυθῇ τὸ ὕδωρ.—Οἱ τροχοὶ τῆς ἐπὶ βορβορώδους ὁδοῦ ταχέως κινουμένης ἁμάξης ἀνατινάσσουσι μεθ' ὁρμῆς τὸν βόρβορον κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τοῦ τροχοῦ.—Ὅταν περιστρέφωμεν περὶ τὸ κέντρον αὐτοῦ δίσκον περιέχοντα ἄμμον, ὅλη ἡ ἄμμος συναθροίζεται κατὰ τὴν περιφέρειαν τοῦ δί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σκου.—Ἐν τοῖς κυκλικοῖς ἱπποδρομίοις οἱ πεζοὶ ὡς καὶ οἱ ἀναβάται τῶν ἵππων κλίνουσι τὸ σῶμα αὐτῶν πρὸς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου, ὅπως μὴ ἀνατραπῶσι πρὸς τὰ ἔξω ὑπὸ τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως· διὰ τὸν αὐτὸν ἐπίσης λόγον ἐν τοῖς σιδηροδρόμοις, εἰς τὰ μέρη ἔνθα ἡ γραμμὴ σχηματίζει καμπήν, ἡ ἐσωτερικὴ ῥάβδος εἶνε ὀλίγον χαμηλοτέρα, ὅπως αἱ ἅμαξαι κλίνωσιν ὀλίγον εἰς τὸ μέρος τοῦτο πρὸς τὰ ἔσω.

Εἰς τὴν ἐνέργειαν τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως ὀφείλεται καὶ ἡ ἐξόγκωσις τῆς γῆς περὶ τὸν ἰσημερινὸν καὶ ἡ πλάτυνσις αὐτῆς περὶ τοὺς πόλους. Δι' ἀπ' εὐθείας καταμετρήσεως εὑρέθη ὅτι εἰς τοὺς πόλους ἡ ἀκτὶς τῆς γῆς εἶνε μικροτέρα κατὰ τὸ $\frac{1}{364}$ τῆς κατὰ τὸν ἰσημερινὸν ἤτοι 20 περίπου χιλιομέτρων. Δύναται δὲ νὰ δοθῇ καὶ πειραματικὴ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου τούτου διὰ καταλλήλου μηχανήματος (Σχ. 36, σελ. 60) συνισταμένου ἐκ κατακορύφου ἄξονος ΑΒ, περὶ ὃν εἰσὶ τέσσαρα κεκαμμένα ἐλάσματα συνενούμενα πρὸς τὰ ἄνω καὶ κάτω εἰς δύο δακτυλίους δυναμένους νὰ διολισθαίνωσι κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος. Ὅταν τὸ μηχάνημα ἠρεμῇ, ὁ δακτύλιος α εὑρίσκεται εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ ἄξονος, εὐθὺς ὅμως ὡς ἀρχίσῃ ὁ ἄξων νὰ περιστρέφηται ταχέως μετὰ τῶν ἐλασμάτων, ὁ δακτύλιος α κατέρχεται βαθμηδὸν πρὸς τὸ ά, τὰ δ' ἐλάσματα κυρτοῦνται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον.

Ἀσκήσεις.—1. Δύο δυνάμεις ἴσαι πρὸς 2 χλγρ. ἑκάστη σχηματίζουσι γωνίαν 60°. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ συνισταμένη αὐτῶν.

2 Δύο δυνάμεις ἴσαι σχηματίζουσι πρὸς ἀλλήλας γωνίαν 90°. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ μέγεθος καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς συνισταμένης αὐτῶν.

3. Εἰς τὴν κορυφὴν Α ἑνὸς κανονικοῦ ἑξαγώνου ΑΒΓΔΕΖ εἶνε ἐφηρμοσμέναι 5 δυνάμεις παριστώμεναι κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν ὑπὸ τῶν εὐθειῶν ΑΒ, ΑΓ, ΑΔ, ΑΕ, ΑΖ. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων τούτων.

4. Ἐν τινι κύκλῳ δίδεται σταθερὰ τις χορδὴ ΑΒ καὶ ἑτέρα μεταβλητὴ ΑΓ. Αἱ εὐθεῖαι ΑΒ καὶ ΑΓ παριστῶσι κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν δύο δυνάμεις. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις τῆς μεταβλητῆς χορδῆς ΑΓ, καθ' ἣν ἡ συνισταμένη τῶν δύο δυνάμεων ἔχει τὴν μεγαλειτέραν τιμήν.

5. Δοθείσης μιᾶς δυνάμεως 6 χιλιογράμμων ἐφηρμοσμένης εἰς τὸ σημεῖον Α καὶ δύο εὐθειῶν ΑΒ καὶ ΑΓ συνερχομένων κατὰ τὸ Α εἰς ὀρθὴν γωνίαν, ν' ἀναλυθῇ ἡ συνισταμένη εἰς δύο συνιστώσας κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΒ καὶ ΑΓ, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ δοθεῖσα συνισταμένη σχηματίζει μετὰ τῆς ΑΒ γωνίαν 60°.

6. Δύο δυνάμεις παράλληλοι καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς ἐφαρμόζονται εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας ΑΒ μήκους 6 μέτρων. Αἱ ἐντάσεις τῶν δυνάμεων εἶνε 8 καὶ 12

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χιλιογράμμων. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης αὐτῶν.

7. Νὰ εὑρεθῇ τὸ κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων τριῶν σημείων σχηματιζόντων τρίγωνον ἰσόπλευρον.

8. Δίδονται ἐπί τινος περιφερείας τρία σταθερὰ σημεῖα καὶ ἕτερον Μ μεταβλητὸν ἐπὶ τῆς περιφερείας. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ θέσις τοῦ κέντρου τῶν παραλλήλων δυνάμεων τῶν τεσσάρων σημείων, ὅταν τὸ Μ μετακινῆται ἐπὶ τῆς περιφερείας.

9. Δύο δυνάμεις παράλληλοι καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς εἶνε ἐφηρμοσμέναι εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας ΑΒ μήκους 6 μέτρων. Ἡ εἰς τὸ Α ἐφηρμοσμένη δύναμις ἰσοῦται πρὸς 4 χιλιόγραμμα, τὸ δὲ σημεῖον Ο τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ἀπέχει ἀπὸ τοῦ Α δύο μέτρα (ΑΟ=2 μ.). Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τῆς εἰς τὸ Β ἐφηρμοσμένης δυνάμεως καὶ ἡ συνισταμένη τῶν δύο δυνάμεων.

10. Δοθέντος κανονικοῦ ἑξαγώνου ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ μέσα ὅλων τῶν πλευρῶν δυνάμεις ἴσας καὶ καθέτους ἐπὶ τῶν πλευρῶν τοῦ ἑξαγώνου. Ν' ἀποδειχθῇ ὅτι τὸ ἑξάγωνον εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ.

11. Εἷς μοχλὸς πρωτογενὴς ἔχει μῆκος 1 μέτρου, τὸ δὲ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται κατὰ τὸ ἓν τρίτον τοῦ μοχλοῦ. Δύναμις 10 χιλιογράμμων ἐφαρμόζεται εἰς τὸν μείζονα μοχλοβραχίονα. Πόσην δύναμιν πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμεν εἰς τὸν μικρότερον μοχλοβραχίονα ὅπως ἀποκαταστῇ ἡ ἰσορροπία;

12. Εἷς τι χειραμάξιον ἡ ἀπόστασις τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ ἀπὸ τῆς χειρὸς τοῦ ἐργάτου ἰσοῦται πρὸς 120 ἑκατοστόμετρα. Λίθος ζυγίζων 30 χιλιόγραμμα τοποθετεῖται ἐν τῷ ἁμαξίῳ οὕτως ὥστε ν' ἀπέχῃ ἀπὸ τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ 40 ἑκατοστόμετρα. Πόσην δύναμιν πρέπει νὰ καταβάλῃ ὁ ἐργάτης ὥστε τὸ χειραμάξιον νὰ εὑρίσκηται ἐν ἰσορροπίᾳ;

13. Πολύσπαστον μὲ ὀκτὼ στελέχη ὀφείλει νὰ κρατήσῃ εἰς ἰσορροπίαν βάρος 240 χιλιογράμμων. Πόση δύναμις ἕλξεως πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ ἐπὶ τῆς χορδῆς;

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΠΕΡΙ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΦΥΣΙΣ ΚΑΙ ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ, ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ, ΚΕΝΤΡΟΝ ΒΑΡΟΥΣ

39. **Παγκόσμιος ἕλξις, βαρύτης.** «*Πάντα τὰ σώματα τοῦ σύμπαντος ἕλκουσιν ἄλληλα*», εἶνε ὁ γενικὸς νόμος τῆς παγκοσμίου ἕλξεως. Ὁ ἥλιος ἕλκει τὴν γῆν καὶ πάντας τοὺς περὶ αὐτὸν στρεφομένους πλανήτας, οὗτοι δ' ἕλκουσι τὸν ἥλιον· ἡ γῆ καὶ οἱ πλανῆται ἕλκουσι τοὺς δορυφόρους αὐτῶν καὶ ἕλκονται ὑπ' αὐτῶν. Καὶ ἐν γένει πάντα τὰ σώματα, οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ οὐσία αὐτῶν, οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασις, ἕλκονται ἀμοιβαίως.

Ὁ Νεύτων (1) πρῶτος ἀνακαλύψας τὴν παγκόσμιον ἕλξιν ἔθηκε τὸν ἑξῆς νόμον: «*τὰ σώματα ἕλκουσιν ἄλληλα κατ' εὐθὺν μὲν λόγον τῶν μαζῶν, κατ' ἀντίστροφον δὲ λόγον τοῦ τετραγώνου τῶν ἀποστάσεων*».

Καὶ ἡ γῆ λοιπὸν συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω νόμον ἐξασκεῖ ἕλξιν ἐπὶ τῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εὑρισκομένων σωμάτων· ἡ ἕλξις αὕτη τῆς γῆς *ἐκλήθη ἰδιαιτέρως* **βαρύτης.** Τούτου ἕνεκα πᾶν σῶμα ὑπερκείμενον τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς, ἀφιέμενον μὲν ἄνευ ὑποστηρίγματος πίπτει πρὸς τὸ ἔδαφος, κεί-

(1) Νεύτων, σοφὸς ἄγγλος φυσικός, μαθηματικὸς καὶ ἀστρονόμος, γεννηθεὶς τῷ 1642 καὶ ἀποθανὼν τῷ 1727.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μενον δ' ἐπὶ ὑποστηρίγματος πιέζει τοῦτο· διό, ὅταν ἡ χεὶρ ἡμῶν κρατῇ λίθον ἢ ἄλλο τι βαρὺ σῶμα, καταβάλλει δύναμιν, ὅπως ἐμποδίσῃ αὐτὸ νὰ πέσῃ· νῆμα, ἐξ οὗ ἐξαρτᾶται σῶμά τι, διαρρήγνυται, ἂν δὲν ἔχῃ ἀρκοῦσαν στερεότητα.

Ἡ καθημερινὴ πεῖρα διδάσκει ἡμᾶς ὅτι πάντα τὰ στερεὰ καὶ ὑγρὰ σώματα ὑπόκεινται εἰς τὴν ἐνέργειαν τῆς βαρύτητος· δι' ἀκριβεστέρας ὅμως παρατηρήσεως καὶ διὰ πειραμάτων καταδεικνύεται ὅτι καὶ τὰ ἀέρια ὑπόκεινται ἐπίσης εἰς τὴν ἐνέργειαν τῆς βαρύτητος. Ἂν δὲ σώματά τινα, οἷον ὁ καπνός, τὰ νέφη, ἀερόστατα, φαίνονται μὴ καταπίπτοντα πρὸς τὸ ἔδαφος, τοῦτο δὲν εἶνε ἐξαίρεσις, ἀλλ' ὀφείλεται εἰς τὴν πίεσιν τῆς ἀτμοσφαίρας, ἐντὸς τῆς ὁποίας εὑρίσκονται τὰ σώματα ταῦτα. Διὰ νὰ ὁρίσωμεν τὴν βαρύτητα, ὅπως καὶ πᾶσαν ἄλλην δύναμιν, πρέπει νὰ προσδιορίσωμεν *τὴν διεύθυνσιν, τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς καὶ τὴν ἔντασιν* αὐτῆς.

40. **Διεύθυνσις τῆς βαρύτητος, κατακόρυφος.** Ἡ *διεύθυνσις* τῆς βαρύτητος δίδεται ὑπὸ τῆς τροχιᾶς, ἣν διαγράφει σῶμά τι βαρὺ καταπῖπτον· εὑρίσκομεν δ' αὐτὴν διὰ τοῦ *νήματος τῆς στάθμης* ἢ *κατευθυντῆρος*, συγκειμένου ἔκ τινος νήματος εὐλυγίστου (Σχ. 37), εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου κρέμαται βαρύ τι σῶμα. Στερεούμενον τὸ νῆμα διὰ τοῦ ἀνωτέρου ἄκρου εἴς τι σταθερὸν σημεῖον καὶ ἀφινόμενον ἐλεύθερον λαμβάνει ἐξ ἑαυτοῦ, εὐθὺς ὡς ἰσορροπήσῃ, ὡρισμένην διεύθυνσιν, *ἐκείνην, καθ' ἣν ἐνεργεῖ ἡ δύναμις τῆς βαρύτητος*. Ἡ διεύθυνσις αὕτη παριστᾷ τὴν διεύθυνσιν τῆς βαρύτητος, εἶνε δὲ κάθετος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠρεμούντων ὑδάτων καὶ καλεῖται *κατακόρυφος*.

Σχ. 37.—Νῆμα τῆς στάθμης.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ κατακόρυφος διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς· διότι, ἀποδεικνύεται ἐν τῇ μηχανικῇ ὅτι, ὅταν σφαῖρά τις ὁμοιομερὴς ἢ ἐξ ὁμοιομερῶν ὁμοκέντρων στρωμάτων συνισταμένη ἔλκῃ ὑλικόν τι σημεῖον ἐκτὸς αὐτῆς κείμενον, ἡ ἕλξις αὐτῆς διευθύνεται κατὰ τὴν εὐθεῖαν γραμμὴν τὴν ἀγομένην ἐκ τοῦ ἑλκομένου σημείου πρὸς τὸ κέντρον τῆς σφαίρας.

Τούτου οὕτως ἔχοντος, αἱ διὰ τῶν διαφόρων σημείων τῆς γῆς διερχόμεναι κατακόρυφοι καὶ εἰς τὸ κέντρον αὐτῆς συναντώμεναι σχηματίζουσι μετ' ἀλλήλων γωνίας τοσούτῳ μείζονας, ὅσῳ μείζων ἡ πρὸς ἄλληλα ἀπόστασις τῶν σημείων· π. χ. ἡ κατακόρυφος τῶν Παρισίων σχηματίζει μετὰ τῆς κατακορύφου τῆς Βαρκελώνης γωνίαν $7^0\ 28'$. Ἀλλ' ὅμως διὰ τὰ σημεῖα, ὧν ἡ ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασις εἶνε μικρά, ὡς λ. χ. διὰ τὰ γειτνιάζοντα σώματα, κατὰ μείζονα δὲ λόγον διὰ τὰ μόρια ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος, δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὰς κατακορύφους ὡς *αἰσθητῶς παραλλήλους*, διότι ἡ ὑπ' αὐτῶν σχηματιζομένη γωνία εἶνε ἐλαχίστη. Οὕτως ἡ γωνία, ἣν σχηματίζουσιν αἱ κατακόρυφοι δύο σημείων ἀπεχόντων 31 μέτρα εἶνε μόλις $1''$, εἶνε δὲ $1'$ ἡ γωνία, ὅταν ἡ ἀπόστασις εἶνε 1860 μέτρων, καὶ 1^0 ὅταν ἡ ἀπόστασις εἶνε 111 χιλιομέτρων.

Κατακόρυφον καὶ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Πᾶν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τῆς κατακορύφου λέγεται *κατακόρυφον ἐπίπεδον*, πᾶν δ' ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν κατακόρυφον εἶνε *ὁριζόντιον*.

41. **Ἔντασις τῆς βαρύτητος**. Προκειμένου περὶ τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος, θὰ ἴδωμεν κατωτέρω ἐν τῷ κεφαλαίῳ περὶ τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων καὶ περὶ ἐκκρεμοῦς πῶς προσδιορίζεται αὕτη καὶ ποία ἡ τιμὴ αὐτῆς. Ἐνταῦθα ὀφείλομεν νὰ σημειώσωμεν ὅτι καὶ ἡ βαρύτης ἀκολουθοῦσα τὸν νόμον τῆς παγκοσμίου ἕλξεως, «ἕλκει τὰ σώματα κατ' εὐθὺν μὲν λόγον τῶν μαζῶν, κατ' ἀντίστροφον δὲ λόγον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς γῆς»· τουτέστι διπλασιαζομένης, τριπλασιαζομένης κλπ. τῆς μάζης τοῦ ἑλκομέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νου σώματος, διπλασία, τριπλασία κλπ. εἶνε καὶ ἡ ἐπ' αὐτοῦ ὁλξις τῆς βαρύτητος, καὶ ἀφ' ἑτέρου διπλασιαζομένης, τριπλασιαζομένης τῆς ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς γῆς ἀποστάσεως τοῦ σώματος, ἡ ἕλξις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται κατὰ τὸ τετράγωνον ἤτοι γίνεται τετράκις, ἐννεάκις μικροτέρα.

42. **Βάρος τῶν σωμάτων.** Ἐὰν λάβωμεν τεμάχιον μαρμάρου ἢ οἱουδήποτε ἄλλου σώματος, καὶ συντρίψωμεν αὐτὸ εἰς σμικρὰ μερίδια, ἀφήσωμεν δ' αὐτὰ ἐλεύθερα ἔκ τινος ὕψους, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι πάντα καταπίπτουσιν εἰς τὴν γῆν· ἐὰν δὲ τὰ συντρίμματα ταῦτα διαμερίσωμεν εἰς ἔτι σμικρότερα, καὶ ταῦτα θὰ καταπέσωσιν εἰς τὴν γῆν ἑλκόμενα ὑπὸ τῆς βαρύτητος. Τοῦτο δεικνύει ὅτι ἡ βαρύτης ἐνεργεῖ καὶ ἐπ' αὐτῶν τῶν σμικροτάτων μορίων τῶν σωμάτων, ἕλκουσα ἓν ἕκαστον τούτων δι' ἰδιαιτέρας δυνάμεως. Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς ἕλξεις τῆς βαρύτητος ἐπὶ ὅλων τῶν μορίων ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος, «*αἱ ἕλξεις αὗται ἀποτελοῦσι σύστημα ἴσων καὶ παραλλήλων δυνάμεων, τῶν ὁποίων ἡ συνισταμένη ἰσοῦται* (*Ἰδ. σελ.* 42, δ') *τῷ ἀθροίσματι αὐτῶν, εἶνε δὲ παράλληλος καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς μὲ τὰς συνιστώσας· ἡ συνισταμένη αὕτη ὅλων τῶν ἕλξεων τῆς βαρύτητο ἐπὶ τῶν μορίων ἑνὸς σώματος καλεῖται* **βάρος τοῦ σώματος.**

Διακρίνομεν *ἀπόλυτον* καὶ *σχετικὸν βάρος* ἐν τοῖς σώμασι.

Ἀπόλυτον βάρος σώματός τινος εἶνε ἡ ρηθεῖσα συνισταμένη τῶν ἕλξεων, ἃς ἐξασκεῖ ἡ βαρύτης ἐπὶ ὅλων τῶν μορίων τοῦ σώματος[1]. Ἐὰν θελήσωμεν, τῇ βοηθείᾳ τοῦ δυναμομέτρου, νὰ προσδιορίσωμεν τὸ ἀπόλυτον βάρος ἑνὸς σώματος

(1) Δέον νὰ σημειώσωμεν ὅτι τοιαύτη συνισταμένη δὲν ὑπάρχει πραγματικῶς εἰς τὰ σώματα. Τὸ βάρος ἑνὸς σώματος ἀποτελεῖται ὑπὸ τοῦ συνόλου τῶν ἐπ' αὐτοῦ ἐνεργουσῶν ἕλξεων τῆς βαρύτητος, ἀλλ' ἡμεῖς πρὸς εὐχερεστέραν ἐξήγησιν καὶ μελέτην τῶν διαφόρων φαινομένων ἐπινοοῦμεν τὴν συνισταμένην αὐτῶν καὶ λαμβάνομεν αὐτὴν ὑπ' ὄψιν ἀντὶ τῶν πολλῶν δυνάμεων, ἀφοῦ εἰς τὸ αὐτὸ ἐξαγόμενον καταλήγομεν εἴτε τὰς συνιστώσας λάβωμεν ὑπ' ὄψιν εἴτε τὴν ἰσοδύναμον αὐταῖς ὑποθετικὴν συνισταμένην.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς διαφόρους τῆς γῆς τόπους, θὰ εὕρωμεν ὅτι τοῦτο παραλάσσει ἀναλόγως τοῦ τόπου τῆς παρατηρήσεως· αὐξάνεται ὅσῳ προχωροῦμεν πρὸς τοὺς πόλους, ἐλαττοῦται δὲ πρὸς τὸν ἰσημερινόν. Δὲν δυνάμεθα λοιπὸν ἐν ταῖς ἐμπορικαῖς σχέσεσι νὰ κάμωμεν χρῆσιν τοῦ ἀπολύτου βάρους.

Τούτου ἕνεκα ἐν τῇ πράξει ποιοῦμεν χρῆσιν τοῦ σχετικοῦ βάρους τῶν σωμάτων, ὅπερ εὑρίσκεται διὰ συγκρίσεως πρὸς τὸ βάρος μιᾶς ὡρισμένης μονάδος· ὡς τοιαύτη δὲ λαμβάνεται τὸ *βάρος μιᾶς λίτρας ὕδατος* ἀπεσταγμένου καὶ 4^0 Κ.

Ἡ σχέσις αὕτη εἶνε ἀνεξάρτητος τοῦ τόπου τῆς παρατηρήσεως, διότι πᾶσα αἰτία, ἐνεργοῦσα πρὸς αὔξησιν ἢ ἐλάττωσιν τοῦ βάρους τοῦ σώματος καὶ κατ' ἐλάχιστον, ἐλαττώνει ἐπίσης καὶ κατὰ τὸν αὐτὸν βαθμὸν καὶ τὸ βάρος τῆς λίτρας τοῦ ὕδατος καὶ συνεπῶς ἡ σχέσις μένει σταθερά.

Πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ σχετικοῦ βάρους τῶν σωμάτων συγκρίνομεν αὐτὸ πρὸς τὴν *μονάδα τοῦ βάρους*, *τὴν λίτραν*, ἢ καὶ πρὸς *τὸ βάρος ἑνὸς κυβικοῦ* ἑκατοστομέτρου ὕδατος ἀπεσταγμένου *καὶ θερμοκρασίας* 4^0 *Κ*, ὅπερ καλεῖται *γραμμάριον*· 1000 γραμμάρια ἀποτελοῦσιν 1 *χιλιόγραμμον* (312 δράμια περίπου), ἤτοι τὸ βάρος μιᾶς λίτρας ὕδατος.

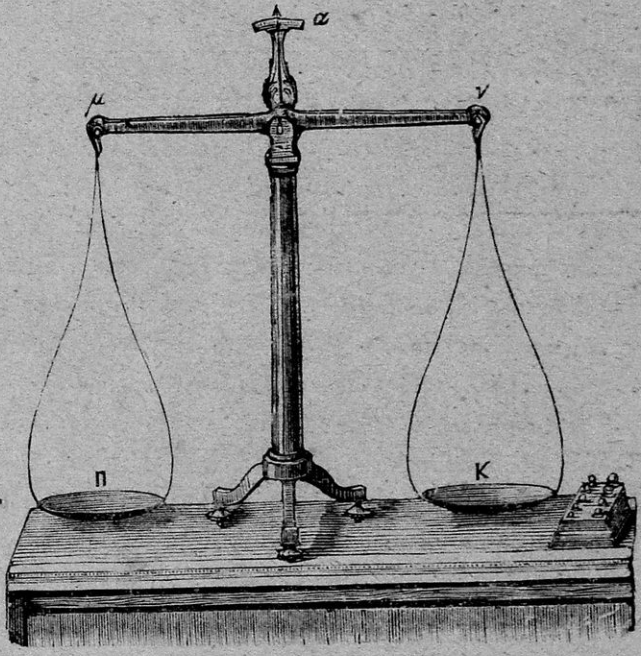
Ὑπάρχουσι κατεσκευασμένα ἐξ ὀρειχάλκου ἠριθμημένα βάρη, *σταθμὰ* καλούμενα, ἴσα πρὸς 1, 2, 5, 10, 100 γραμμάρια, καὶ πρὸς 1, 2, 3, 4, 5 ..... χιλιόγραμμα, καὶ δι' αὐτῶν εὑρίσκομεν τὰ *σχετικὰ βάρη* τῶν διαφόρων σωμάτων συγκρίνοντες αὐτὰ πρὸς τὰ σταθμά.

43. **Ζυγός.** Τὸ ὄργανον, δι' οὗ εὑρίσκομεν τὸ σχετικὸν βάρος τῶν σωμάτων ἰσορροποῦντες τὸ ἄγνωστον βάρος αὐτῶν πρὸς ὡρισμένα σταθμά, καλεῖται ζυγός, ἡ δ' ἐργασία αὕτη καλεῖται στάθμησις.

Ὁ ζυγὸς ἀποτελεῖ μοχλὸν τοῦ πρώτου εἴδους, σύγκειται δ'

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκ τῆς φάλαγγος μν, ῥάβδου ἀκάμπτου (Σχ. 38) καὶ διαπερωμένης κατὰ τὸ μέσον ὑπὸ τριγωνικοῦ χαλυβδίνου πρίσματος ο, τοῦ ὁποίου ἡ κατωτέρα κόψις ἐπακουμβᾷ ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγμα-



Σχ. 38.—Ζυγός.

τος καὶ ἀποτελεῖ ἄξονα ὁριζόντιον, περὶ ὃν στρέφεται ἡ φάλαγξ. Εἰς τὰ ἄκρα τῆς φάλαγγος μ καὶ ν ὑπάρχουσιν ἕτερα δύο τριγωνικὰ πρίσματα, ἔχοντα ὅμως τὰς δύο κόψεις (ἀνὰ μίαν ἕκαστον) ἐστραμμένας πρὸς τὰ ἄνω καὶ εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὑρίσκωνται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου μετὰ τῆς πρὸς τὰ κάτω ἐστραμμένης κόψεως τοῦ κεντρικοῦ πρίσματος. Ἐπὶ τῶν κόψεων τῶν ἄκρων πρισμάτων ἐπακουμβῶσι τὰ δύο ἄγκιστρα, ἐξ ὧν ἐξαρτῶνται αἱ πλάστιγγες Π καὶ Κ. Ἐν τῷ μέσῳ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ ἀκριβῶς ὑπεράνω τοῦ πρίσματος φέρει ἡ φάλαγξ προσηρτημένην ὀρθίαν βελόνην καὶ ὄπισθεν αὐτῆς τόξον α βεβαθμολογημένον. Ὅταν ἡ φάλαγξ ἔχῃ ὁριζοντίαν θέσιν, ἡ βελόνη δεικνύει τὸ μηδὲν τῆς διαιρέσεως τοῦ τόξου.

Ἡ φάλαγξ κατασκευάζεται οὕτως, ὥστε τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτῆς νὰ κεῖται ὑποκάτω τοῦ πρίσματος καὶ ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου, ὅπερ διέρχεται διὰ τῆς κόψεως ταύτης, ὅταν ἡ φάλαγξ εἶνε ὁριζοντία. Τούτου οὕτως ἔχοντος, ἐὰν οἱ δύο βραχίονες τῆς φάλαγγος εἶνε ἰσομήκεις καὶ ἰσοβαρεῖς, προκύπτουσι τὰ ἑξῆς:

1ον. Ὅταν ἡ φάλαγξ εἶνε ὁριζοντία, τὸ βάρος αὐτῆς ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἄξονος τῆς αἰωρήσεως ἐπὶ τοῦ ὑπομοχλίου καὶ συνεπῶς αὕτη, στερουμένη τῶν δύο πλαστίγγων, *ἰσορροπεῖ εὐσταθῶς*.

2ον. Προστιθεμένων τῶν πλαστίγγων, ὅταν αὐταὶ εἶνε ἐντελῶς ἰσοβαρεῖς, τεθῶσι δ' ἐν ἑκατέρᾳ ἴσα βάρη, τότε καὶ πάλιν τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ ἐν τῇ ὁριζοντίᾳ θέσει τῆς φάλαγγος. Διότι ἡ συνισταμένη τῶν δύο εἰς τὰ ἄκρα ἐνεργουσῶν ἴσων καὶ παραλλήλων δυνάμεων (τῶν βαρῶν) θὰ διέρχηται διὰ τῆς κόψεως τοῦ κεντρικοῦ πρίσματος καὶ οὕτω θὰ ἐξουδετερῶται καὶ πάλιν διὰ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὑπομοχλίου.

3ον. Ὅταν ἡ μία τῶν δυνάμεων ὑπερέχῃ τῆς ἄλλης, ἤτοι ὅταν τὰ δύο βάρη δὲν εἶνε ἀκριβῶς ἴσα, τότε ἡ φάλαγξ ῥέπει πρὸς τὸ μεγαλείτερον βάρος καὶ τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ ἐν νέᾳ τινὶ θέσει τῆς φάλαγγος μὴ ὁριζοντίᾳ.

— Ὅπως σταθμήσωμεν σῶμά τι, θέτομεν τοῦτο ἐντὸς τῆς μιᾶς πλάστιγγος, ἐν δὲ τῇ ἑτέρᾳ σταθμά, μέχρις οὗ ἡ βελόνη μετά τινας ταλαντώσεις σταματήσῃ ἐπὶ τοῦ μηδενὸς τῆς διαιρέσεως τοῦ τόξου, ὅτε ἡ φάλαγξ θὰ ἔχῃ ὁριζοντίαν θέσιν καὶ θὰ ἰσορροπῇ. Εἶνε φανερὸν τότε ὅτι τὸ ἄγνωστον βάρος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τῶν ἐν τῇ ἑτέρᾳ πλάστιγγι σταθμῶν.

44. **Ἀκρίβεια καὶ εὐαισθησία ζυγοῦ.** Κατὰ τὴν στάθμησιν τῶν σωμάτων εὑρίσκομεν τὸ βάρος αὐτῶν μετ' ἀκριβείας, ἐὰν ὁ ζυγὸς εἶνε *ἀκριβὴς* καὶ *εὐαίσθητος*.

α). Ἀκριβὴς λέγεται ὁ ζυγός, ἐὰν ἡ φάλαγξ λαμβάνῃ ὁριζοντίαν θέσιν, ὅταν αἱ δύο πλάστιγγες εἶνε κεναὶ ἢ ἐπιπεφορτισμέναι ἑκατέρα διὰ βαρῶν ἀκριβῶς ἴσων.

Ἀπαιτοῦνται δέ, ὅπως ὁ ζυγὸς ᾖ ἀκριβής, αἱ ἑξῆς 2 συνθῆκαι.

1ον. *Ὅταν ἡ φάλαγξ εἶνε ὁριζοντία, τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτῆς νὰ κεῖται ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ ἄξονος τῆς αἰωρήσεως.*

2ον. *Οἱ δύο βραχίονες τῆς φάλαγγος νὰ εἶνε ἀκριβῶς ἴσοι.*

Ἵνα ἐξελέγξωμεν κατὰ πόσον αἱ ἀνωτέρω συνθῆκαι πληροῦνται καὶ εἶνε ἐπομένως ὁ ζυγὸς ἀκριβής, ἀφαιροῦμεν κατὰ πρῶτον τὰς δύο πλάστιγγας καὶ ἀφίνομεν τὴν φάλαγγα νὰ ἰσορροπήσῃ· ἐὰν ἰσορροποῦσα ἔχῃ ὁριζοντίαν θέσιν, πρᾶγμα ὅπερ θὰ καταδείξῃ ἡ βελόνη ἐὰν σταματήσῃ ἐπὶ τοῦ μηδενός, πληροῦται ἡ πρώτη συνθήκη.

Ἐξαρτῶμεν ἤδη τὰς πλάστιγγας καὶ ἀφίνομεν νὰ ἐπέλθῃ ἰσορροπία· πρέπει καὶ πάλιν ἡ βελόνη νὰ δεικνύῃ τὸ μηδέν.

Ἀκολούθως θέτομεν ἐν ἑκάστῃ πλάστιγγι βάρη, μέχρις οὗ ἐπέλθῃ ἰσορροπία καὶ ἡ βελόνη δείξῃ τὸ μηδέν· ἔπειτα δὲ μεταφέρομεν τὰ βάρη τῆς μιᾶς πλάστιγγος εἰς τὴν ἑτέραν. Ἐὰν καὶ πάλιν, τῆς ἰσορροπίας ἐπερχομένης, ἡ βελόνη δεικνύῃ τὸ μηδέν, τοῦτο δηλοῖ ὅτι οἱ βραχίονες τῆς φάλαγγος εἶνε ἴσοι. Πληρουμένης οὕτω καὶ τῆς δευτέρας συνθήκης καταδεικνύεται ὁριστικῶς ἡ ἀκρίβεια τοῦ ζυγοῦ.

β'). Εὐαίσθητος λέγεται ὁ ζυγός, ὅταν καὶ κατὰ τὴν ἐλαχίστην διαφορὰν μεταξὺ τῶν βαρῶν τῶν δύο πλαστίγγων, ἡ φάλαγξ ρέπῃ ἐπαισθητῶς πρὸς τὸ μεῖζον βάρος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ βαθμοῦ τῆς εὐαισθησίας ἑνὸς ζυγοῦ θέτομεν εἰς ἑκάστην πλάστιγγα βάρη ἴσα, οὕτως ὥστε νὰ ὑπάρξῃ ἰσορροπία καὶ ἡ φάλαγξ νὰ λάβῃ τὴν ὁριζοντίαν θέσιν· ἂν τότε βάρος ἑνὸς ἑκατοστογράμμου ἢ χιλιοστογράμμου ἢ δεκάτου τοῦ χιλιοστογράμμου, προστιθέμενον εἰς τὴν μίαν πλάστιγγα, ἐπιφέρῃ τὴν ροπὴν τῆς φάλαγγος πρὸς τὸ πρόσθετον βάρος κατὰ γωνίαν ἐπαισθητήν, τότε ὁ προκείμενος ζυγὸς εἶνε εὐαίσθητος μέχρις ἑκατοστογράμμου, χιλιοστογράμμου, δεκάτου τοῦ χιλιοστογράμμου κτλ.

Αἱ συνθῆκαι τῆς εὐαισθησίας τοῦ ζυγοῦ εἰσιν αἱ ἑξῆς :

1ον. *Οἱ βραχίονες τῆς φάλαγγος δέον νὰ ὦσιν ἐπιμήκεις καὶ τὸ βάρος αὐτῆς ὅσῳ τὸ δυνατὸν μικρότερον.* Τοῦτο κατορθοῦσι δίδοντες εἰς τὴν φάλαγγα σχῆμα λίαν ἐπιμήκους ρόμβου.

2ον. *Τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς φάλαγγος δέον νὰ κεῖται ὑπὸ τὸν ἄξονα τῆς αἰωρήσεως καὶ ὅσῳ τὸ δυνατὸν πλησιέστερον αὐτοῦ.*

Αὗται εἰσιν αἱ κυρίως λεγόμεναι συνθῆκαι τῆς εὐαισθησίας. Ἵνα δὲ δεικνύῃ ὁ ζυγὸς τὸν αὐτὸν βαθμὸν εὐαισθησίας ἀνεξαρτήτως τοῦ ὁλικοῦ βάρους τῆς ἐπιφορτίσεως αὐτοῦ, πρέπει πρὸς τούτοις νὰ πραγματοποιῆται καὶ ἡ ἑξῆς συνθήκη :

3ον. *Τὰ τρία σημεῖα τῆς ἐξαρτήσεως τῆς φάλαγγος καὶ τῶν πλαστίγγων νὰ κεῖνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας γραμμῆς.*

Μεγάλως συντελεῖ εἰς τὴν εὐαισθησίαν τοῦ ζυγοῦ καὶ ἡ εὐκινησία τῆς φάλαγγος καὶ τῶν πλαστίγγων. Πρὸς τὸν σκοπὸν δὲ τοῦτον ἡ μὲν φάλαγξ στηρίζεται, καθ' ἃ εἴδομεν ἀνωτέρω, ἐπὶ τῆς λείας ἐπιφανείας τοῦ ὑπομοχλίου μόνον διὰ τῆς κόψεως τοῦ τριγωνικοῦ χαλυβδίνου πρίσματος (Ἴδε σχ. 38), τὰ δὲ ἄγκιστρα τῶν πλαστίγγων ἐπακουμβῶσιν ἐπίσης μόνον ἐπὶ τῶν πρὸς τὰ ἄνω ἐστραμμένων κόψεων τῶν δύο ἐπακρίων τριγωνικῶν πρισμάτων.

Προσέτι δὲ διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ, ἐφ' ὅσον δὲν γί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νεται χρῆσις τοῦ ζυγοῦ, διατηρεῖται ἡ μὲν φάλαγξ ὀλίγον τι ἀνυψωμένη ἀπὸ τοῦ ὑπομοχλίου, αἱ δὲ πλάστιγγες ἐπηρεισμέναι ἐπὶ ὑποστηριγμάτων· τοιουτοτρόπως ἀποφεύγεται ἡ ἀπάμβλυνσις τῶν κόψεων τῶν πρισμάτων ὡς ἐκ τῆς διαρκοῦς προστριβῆς.

45. **Μέθοδος τῆς διπλῆς σταθμήσεως.** Ὁ Βόρδας ἐπενόησε μέθοδον, δι' ἧς δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν ἀκριβῶς τὸ βάρος σώματός τινος καὶ διὰ ζυγοῦ μὴ ἀκριβοῦς. Πρὸς τοῦτο θέτομεν ἐπὶ τῆς μιᾶς πλάστιγγος τὸ πρὸς στάθμησιν σῶμα, ἐπὶ δὲ τῆς ἑτέρας σφαιρίδια μολύβδινα ἢ ἄμμον, μέχρις οὗ ὁ ζυγὸς ἰσορροπήσῃ καὶ ὁ δείκτης σταματήσῃ εἰς τὸ μηδέν. Ἀκολούθως ἀφαιροῦμεν τὸ σῶμα καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτοῦ θέτομεν σταθμά, μέχρις οὗ καὶ πάλιν ὁ ζυγὸς ἰσορροπήσῃ ὅπως καὶ πρότερον. Εἶνε φανερὸν ἤδη ὅτι τὸ ἄθροισμα τῶν σταθμῶν θὰ παριστᾷ ἀκριβῶς τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἀφοῦ τὸ βάρος τούτου ἐν τῇ πρώτῃ περιπτώσει καὶ ἀκολούθως τὰ σταθμὰ ἰσορροποῦσι πρὸς τὸ αὐτὸ βάρος τῆς ἐν τῇ ἑτέρᾳ πλάστιγγι τεθειμένης ἄμμου.

— Ἐκτὸς τοῦ ἀνωτέρω κοινοῦ ζυγοῦ ὑπάρχουσι καὶ ἄλλα εἴδη ζυγῶν, οἷον ὁ στατήρ, ὁ ζυγὸς τοῦ Roberval καὶ ἄλλοι, ὧν τὴν περιγραφὴν παραλείπομεν ἐνταῦθα.

46. **Κέντρον βάρους.** Καλεῖται κέντρον βάρους ἑνὸς σώματος, τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν παραλλήλων ἕλξεων τῆς βαρύτητος, τῶν ἐνεργουσῶν εἰς τὰ διάφορα μόρια τοῦ σώματος. Εἴπομεν δὲ ἀνωτέρω ὅτι ἡ συνισταμένη αὕτη εἶνε τὸ καλούμενον *βάρος τοῦ σώματος*.

Ἐν τῇ περὶ συνθέσεως τῶν παραλλήλων δυνάμεων παραγράφῳ εἴδομεν ὅτι τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης αὐτῶν, τὸ καλούμενον *κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων*, μένει τὸ αὐτὸ καὶ ὅταν ἀλλάσσῃ ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ ἔντασις τῶν δυνάμεων. Ἑπομένως καὶ ἐνταῦθα τὸ *κέντρον τοῦ βάρους* δὲν μεταβάλλεται, ὁπωσδήποτε καὶ ἂν στρέψωμεν τὸ σῶμα ἢ ὑψώσωμεν αὐτὸ ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν ὥστε αἱ ἕλξεις τῆς βαρύτητος νὰ μεταβάλωσι διεύθυνσιν ἢ ἔντασιν.

Θέσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους. Ἡ θέσις τοῦ κέντρου τοῦ βά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρους ἑνὸς σώματος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος καὶ ἐκ τοῦ τρόπου, καθ' ὃν εἶνε διαμεμερισμένη ἡ ὕλη ἐν αὐτῷ.

Ἂς ἐξετάσωμεν ἐν πρώτοις τὰ *ὁμοιομερῆ* σώματα, τουτέστιν ἐκεῖνα, ἐν οἷς ἡ ὕλη εἶνε ὁμοιομόρφως διαμεμερισμένη καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ σώματος. Ἐν αὐτοῖς ἡ θέσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος, ὁρίζεται δ' εὐκόλως εἰς τὰ ἔχοντα σχῆμα γεωμετρικόν. Οὕτω π. χ.

Τὸ κέντρον τοῦ βάρους μιᾶς *σφαίρας* κεῖται ἐν τῷ κέντρῳ αὐτῆς.

Τὸ κέντρον τοῦ βάρους ὀρθοῦ *κυλίνδρου* κεῖται ἐν τῷ μέσῳ τῆς εὐθείας τῆς ἑνούσης τὰ κέντρα τῶν δύο κυκλικῶν βάσεων.

Τὸ κέντρον τοῦ βάρους *τοῦ κώνου* καὶ *τῆς πυραμίδος* κεῖται ἐπὶ τῆς εὐθείας τῆς ἀγομένης ἐκ τῆς κορυφῆς ἐπὶ τὸ μέσον τῆς βάσεως.

Προκειμένου δὲ περὶ γραμμῶν καὶ ἐπιφανειῶν τὸ κέντρον τοῦ βάρους, τῆς *εὐθείας γραμμῆς*, κεῖται ἐν τῷ μέσῳ αὐτῆς, τῆς *περιφερείας* καὶ τοῦ *κύκλου*, ἐν τῷ κέντρῳ αὐτῶν.

Τοῦ *τριγώνου*, εἶνε τὸ σημεῖον, εἰς ὃ συναντῶνται αἱ διχοτομοῦσαι τὰς τρεῖς αὐτοῦ γωνίας εὐθεῖαι.

Τοῦ παραλληλογράμου, εἶνε τὸ σημεῖον, ἔνθα διχοτομοῦνται αἱ δύο διαγώνιοι αὐτοῦ.

47. **Ἰσορροπία τῶν βαρέων**[1] **σωμάτων.** Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω ὁρισμοῦ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους γίνεται φανερὸν ὅτι δυνάμεθα νὰ θεωρῶμεν τὴν βαρύτητα ὡς ἐνεργοῦσαν διὰ μιᾶς μόνης δυνάμεως ἐπὶ τοῦ σημείου τούτου καὶ ἐξ αὐτοῦ ἕλκουσαν τὸ σῶμα, ὅπως καταφέρῃ αὐτὸ πρὸς τὰ κάτω. Συνεπῶς,

---

[1] Βαρέα σώματα λέγοντες ἐννοοῦμεν τὰ σώματα εὑρισκόμενα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος.

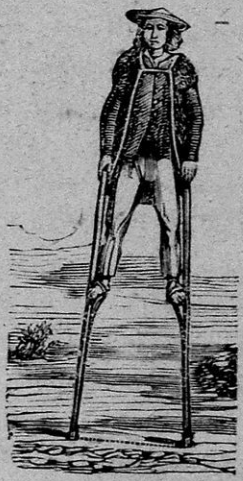
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐὰν τὸ κέντρον τοῦ βάρους κρατῆται ἀκίνητον, ἢ ἐὰν ἡ ἐξ αὐτοῦ καταβιβαζομένη κατακόρυφος (ἥτις, ὡς γνωστόν, παριστᾷ τὴν διεύθυνσιν τῆς βαρύτητος) εὑρίσκῃ κατὰ τὴν πορείαν αὐτῆς ἀντίστασιν εἰς σταθερόν τι σημεῖον, ἡ ἐνέργεια τῆς βαρύτητος ἐξουδετεροῦται καὶ τὸ σῶμα **ἰσορροπεῖ.**

Θεωρήσωμεν ἤδη τοὺς διαφόρους τρόπους, καθ' οὓς σῶμά τι στηρίζεται ἐπί τινος ἐπιπέδου ἢ ἐξαρτᾶται ἔκ τινος σταθεροῦ σημείου καὶ ἴδωμεν ποῖαι συνθῆκαι ἀπαιτοῦνται ὅπως ἰσορροπήσῃ.

1η *Περίπτωσις.*—Ὅταν σῶμά τι εἶνε ἐξηρτημένον διὰ νήματος ἢ στηρίζηται ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου δι' ἑνὸς μόνου σημείου, διὰ νὰ ἰσορροπήσῃ, *πρέπει καὶ ἀρκεῖ τὸ κέντρον τοῦ βάρους νὰ ταὐτίζηται μετὰ τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως ἢ νὰ εὑρίσκωνται τὰ δύο σημεῖα ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου.* Ὡς

Σχ. 39.—Ἰσορροπία διὰ στηρίξεως ἐπὶ ἑνὸς μόνου σημείου.

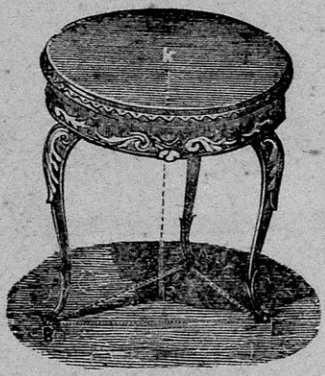


Σχ. 40.—Ἰσορροπία διὰ στηρίξεως ἐπὶ δύο σημείων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παράδειγμα τοιαύτης ἰσορροπίας ἀναφέρομεν τὸ νῆμα τῆς στάθμης, καὶ τὸ πείραμα, καθ' ὃ προσπαθοῦμεν νὰ κρατήσωμεν ἐπὶ τοῦ δακτύλου ὀρθὴν μίαν ράβδον (Σχ. 39).

2α *Περίπτωσις.*—Ὅταν τὸ σῶμα στηρίζηται διὰ δύο σημείων, πρέπει, ἵνα ὑπάρχῃ ἰσορροπία, *ἡ κατακόρυφος ἡ καταβιβαζομένη ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους νὰ διέρχηται διὰ τῆς εὐθείας τῆς ἑνούσης τὰ δύο σημεῖα τῆς στηρίξεως*. Παράδειγμα τοιαύτης ἰσορροπίας παρέχει ὁ ἐπὶ δύο καλοβάθρων στηριζόμενος ἄνθρωπος (Σχ. 40).



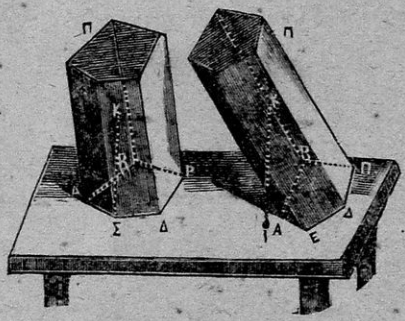
Σχ. 41.—Ἰσορροπία διὰ στηρίξεως ἐπὶ τριῶν σημείων.

3η *Περίπτωσις.*—Ὅταν τὸ σῶμα στηρίζηται διὰ τριῶν ἢ πλειόνων σημείων ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἵνα ὑπάρχῃ ἰσορροπία, πρέπει *ἡ ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους κατακόρυφος νὰ διέρχηται διὰ τοῦ καλουμένου πολυγώνου τῆς ὑποστηρίξεως*. Τὸ πολύγωνον τοῦτο εἶνε τὸ σχηματιζόμενον ὑπὸ τῶν εὐθειῶν τῶν ἑνουσῶν τὰ τρία ἢ πλείονα σημεῖα τῆς ὑποστηρίξεως. Π. χ. εἰς τὴν ἐπὶ τριῶν ποδῶν στηριζομένην τράπεζαν (Σχ. 41) τὸ τρίγωνον ΑΒΓ εἶνε τὸ πολύγωνον τῆς ὑποστηρίξεως ἢ καὶ ἄλλως ἡ ἀκίνητος βάσις τοῦ σώματος, δι' ἧς διέρχεται ἡ ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους Κ κατακόρυφος ΚΕ· διὸ ἡ τράπεζα ἰσορροπεῖ. Τὸ πρίσμα Π (Σχ. 42) ἰσορροπεῖ ἐπίσης, καὶ μάλιστα ἐνῷ εἶνε κεκλιμένον, διότι, μεθ' ὅλην τὴν κλίσιν αὐτοῦ, ἡ κατακόρυφος ΚΣ διέρχεται εἰσέτι διὰ τῆς ἀκινήτου βάσεως ΑΒΡΔΣ. Ἂν ὅμως ἡ κλίσις αὐξήσῃ ἐπὶ τοσοῦτον,

Ψηφιοποίηθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὥστε ἡ κατακόρυφος ΚΙ νὰ μὴ συναντᾷ πλέον κατὰ τὴν πορείαν αὐτῆς τὴν ἀκίνητον βάσιν ΑΒΠΔΕ, ἀλλὰ νὰ διέρχηται ἐκτὸς αὐτῆς, τότε τὸ σῶμα ἀνατρέπεται.

Περίεργον παράδειγμα τοιαύτης ἰσορροπίας παρέχουσιν οἱ πύργοι τῆς Πίσσης καὶ Βολωνίας (Σχ. 43), οἵτινες εἰσὶν ἐπὶ τοσοῦτον κεκλιμένοι, ὥστε ὁ θεατὴς περιμένει νὰ ἴδῃ αὐτοὺς ἀπὸ στιγμῆς εἰς στιγμὴν πίπτοντας· καὶ ὅμως, μεθ' ὅλην τὴν κλίσιν αὐτῶν, ἐξακολουθεῖ ὑπάρχουσα ἡ ἰσορροπία, διότι ἡ ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους κατακόρυφος διέρχεται διὰ τῆς ἀκινήτου βάσεως καὶ δὲν πίπτουσιν.



Σχ. 42.- **Ἰσορροπία διὰ στηρίξεως ἐπὶ πλειόνων σημείων.**

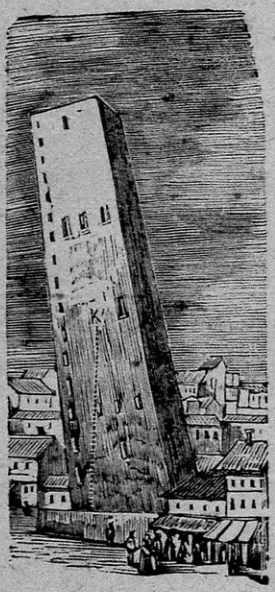
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἐξάγεται ὅτι: *σῶμά τι βαρὺ ἔχει ἐπὶ τοσούτῳ μᾶλλον ἀσφαλεστέραν, σταθερωτέραν ἤ*, ὡς συνήθως λέγεται, εὐσταθεστέραν *ἰσορροπίαν, ὅσῳ εὐρυτέρα εἶνε ἡ βάσις αὐτοῦ, δι' ἧς στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἢ ἡ περιεχομένη μεταξὺ τῶν σκελῶν αὐτοῦ.* Διότι ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, καὶ ὅταν λαμβάνῃ χώραν κλίσις μικρὰ ἢ καὶ μεγάλη μέχρις ὁρίου τινός, ἐξακολουθεῖ τὸ κέντρον τοῦ βάρους νὰ εὑρίσκηται κατακορύφως ὑπεράνω τῆς ἀκινήτου βάσεως καὶ τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ.

48. **Ἐφαρμογαί.** Ἐφαρμογὴν τοῦ κανόνος τούτου ποιοῦμεν εἰς τὰ ἀντικείμενα τῆς καθημερινῆς χρήσεως, εἰς τὰ οἰκοδομήματα καὶ ἄλλα. Τὰ γραφεῖα, αἱ τράπεζαι, αἱ ἕδραι,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰ καθίσματα, τὰ κηροπήγια, αἱ λυχνίαι, αἱ φιάλαι, τὰ ποτήρια κλπ. ὀφείλουσι τὴν εὐστάθειαν αὐτῶν εἰς τὴν μεγάλην ἔκτασιν τῆς βάσεως ἢ εἰς τὴν πολλὴν ὕλην τὴν κατὰ τὴν βάσιν ὑπάρχουσαν.

Τὸ αὐτὸ συμβαίνει οὐ μόνον εἰς τὰ ἄψυχα σώματα, ἐν οἷς τὸ κέντρον τοῦ βάρους μένει ἀμετάθετον, ἀλλὰ καὶ εἰς τὸν ἄνθρωπον καὶ τὰ ζῷα, ἐν οἷς τὸ κέντρον τοῦ βάρους ὁλονὲν μετατοπίζεται, ἀναλόγως τῶν διαφόρων στάσεων, ἃς λαμβάνει ἑκάστοτε τὸ σῶμα αὐτοῦ. Ἄνθρωπος ὄρθιος ἱστάμενος ἐπὶ τοῦ ἑνὸς ποδὸς στηρίζεται λίαν ἀσταθῶς, ἐπὶ τῶν ἄκρων τῶν δακτύλων δ' ἔτι ἀσταθέστερον, ὅτε καὶ ἡ ἐλαχίστη ὤθησις ἀνατρέπει αὐτόν. Τοὐναντίον ὁ ἐπὶ τῶν δύο ποδῶν ἱστάμενος στηρίζεται εὐσταθῶς καὶ τοσούτῳ εὐσταθέστερον, ὅσῳ μείζων γίνεται ἡ μεταξὺ τῶν ποδῶν αὐτοῦ βάσις· τούτου ἕνεκα ὁ παλαιστὴς καὶ ὁ ξιφομάχος ἀνοίγουσι τὰ σκέλη, ἵνα μὴ ἀνατρέπῃ αὐτοὺς εὐκόλως ὁ ἀντίπαλος, οἱ δὲ ναῦται ἐν τρικυμίᾳ βαδίζουσι μὲ ἀνοικτὰ τὰ σκέλη.



Σχ. 43.—Κεκλιμένος πύργος τῆς Βολωνίας.

Τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ ἀνθρώπου ἔχοντος τὴν κανονικὴν στάσιν κεῖται ἐν τῷ μέσῳ τοῦ κατωτέρω μέρους τῆς λεκάνης ἤτοι μεταξὺ τῶν δύο ἰσχίων· ὅταν ὅμως οὗτος φέρῃ βάρός τι εἴτε ἐκ τῶν χειρῶν εἴτε ἐπὶ τῆς ράχεως, τότε τὸ βάρος τοῦτο προστίθεται εἰς τὸ βάρος τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀποτελοῦσι τὰ δύο ἓν ὅλον, ἔχον *ἓν κοινὸν κέντρον βάρους*. Δέον λοιπὸν ὁ ἄνθρωπος ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει νὰ δώσῃ εἰς τὸ ἑαυτοῦ σῶμα ἀνάλογον κλίσιν, ὅπως κατορθωθῇ, ὥστε ἡ ἐκ τοῦ νέου κέντρου τοῦ βάρους καταβιβαζομένη κατακόρυφος νὰ διέρχηται διὰ τῆς μεταξὺ τῶν ποδῶν αὐτοῦ βάσεως. Διὰ τοῦτο βλέπομεν τοὺς ἀχθοφόρους κλίνοντας τὸ σῶμα πρὸς τὰ πρόσω,

Σχ. 44.—Μετάθεσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους.

ἐν ἀνάγκῃ δὲ λαμβάνοντας καὶ βακτηρίαν ὡς τρίτον σημεῖον ὑποστηρίξεως (Σχ. 44), τοὺς δὲ διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς κομίζοντες βάρη, κλίνοντας τὸ σῶμα πρὸς τὴν ἑτέραν πλευράν.

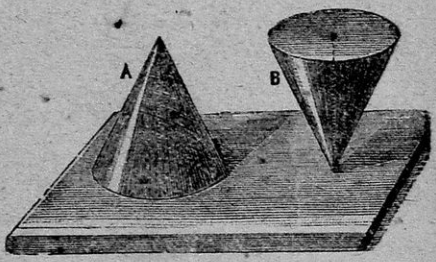
Οἱ ἐπὶ τῶν σχοινίων βαδίζοντες σχοινοβάται, ὡς ἔχοντες λίαν περιωρισμένην βάσιν, κινδυνεύουσιν εἰς ἑκάστην κλίσιν τοῦ σώματος αὐτῶν νὰ χάσωσι τὴν ἰσορροπίαν καὶ ν' ἀνατραπῶσι, διότι κατὰ τὴν κλίσιν τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος ἐκφεύγει ἐκ τῆς κατακορύφου τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως. Ὅπως διατηρῶσι λοιπὸν τὸ κέντρον τοῦ βάρους ἐπὶ τῆς κατακορύφου ταύτης καὶ ἰσορροπῶσι, κρατοῦσιν εἰς χεῖρας ῥάβδον μακρὰν καὶ παχεῖαν· εὐθὺς ὡς τὸ σῶμα αὐτῶν κλίνῃ πρὸς τοῦτο ἢ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκεῖνο τὸ μέρος, μετακινοῦσιν ὀλίγον τὴν ῥάβδον πρὸς τὸ ἀντίθετον μέρος καὶ οὕτω μετατοπίζεται τὸ κοινὸν κέντρον τοῦ βάρους καὶ ἐπανέρχεται τοῦτο εἰς τὴν κατακόρυφον τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως.

49. **Διάφορα εἴδη ἰσορροπίας τῶν σωμάτων.** Λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὴν θέσιν, ἣν ἔχει τὸ κέντρον τοῦ βάρους σώματος ἰσορροποῦντος, ἐν σχέσει πρὸς τὰ σημεῖα τῆς στηρίξεως, δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν τρεῖς καταστάσεις ἰσορροπίας, *εὐσταθῆ*, *ἀσταθῆ* καὶ *ἀδιάφορον ἰσορροπίαν*.

1ον. Λέγομεν ὅτι σῶμά τι ἔχει ἰσορροπίαν εὐσταθῆ, ὅταν, μετακινούμενον ὀλίγον ἀπὸ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, ἐπανέρχεται ἀφ' ἑαυτοῦ πάλιν εἰς αὐτήν, ἐὰν οὐδὲν πρὸς τοῦτο παρεμπίπτῃ κώλυμα. Ὁ κῶνος Α (Σχ. 45) ἔχει ἰσορροπίαν εὐσταθῆ· αἱ τράπεζαι, αἱ ἕδραι, καὶ ἐν γένει τὰ διάφορα σκεύη, ὧν τὸ πρὸς τὴν βάσιν μέρος εἶνε εὐρύτερον ἢ εἶνε συγκεκεντρωμένη πρὸς τὴν βάσιν ἡ περισσοτέρα ὕλη, ἔχουσιν ἰσορροπίαν εὐσταθῆ.



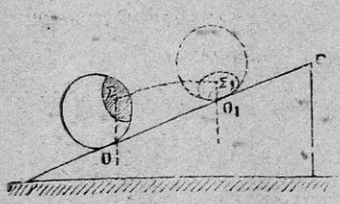
Σχ. 45.—**Εὐσταθὴς καὶ ἀσταθὴς ἰσορροπία.**

Κατὰ γενικὸν δὲ κανόνα, ὅσῳ χαμηλότερον κεῖται τὸ κέντρον τοῦ βάρους, τόσῳ εὐσταθέστερον ἰσορροπεῖ τὸ σῶμα· *τότε δ' ἔχει τὴν μεγαλειτέραν εὐστάθειαν, ὅταν τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ κεῖται χαμηλότερον ἢ εἰς πᾶσαν ἄλλην θέσιν, ἣν δύναται τὸ σῶμα νὰ λάβῃ*. Πράγματι, ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, ἡ μετατόπισις τοῦ σώματος ἐπιφέρει τὴν ἀνύψωσιν τοῦ κέντρου τοῦ βάρους, ἐπειδὴ δὲ ἡ ἕλξις τῆς βαρύτητος τείνει ἀπαύστως νὰ καταβιβάσῃ αὐτὸ ὅσῳ τὸ δυνατὸν χαμηλότερον, ἐπανέρχεται τὸ σῶμα ἀφ' ἑαυτοῦ εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν προτέραν θέσιν καὶ τότε ἀποκαθίσταται ἡ ἰσορροπία.

Ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ κανόνος τούτου δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν διάφορα φαινόμενα, ἅτινα ἐκ πρώτης ὄψεως φαίνονται λίαν παράδοξα. Οὕτως ὁ ξύλινος δίσκος (Σχ. 46), τιθέμενος ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ΑΒ ἐν τῇ θέσει Ο, ἀντὶ νὰ κυλίσῃ πρὸς τὰ κάτω, ἀνέρχεται πρὸς τὰ ἄνω εἰς τὴν θέσιν O_1 κσὶ σταματᾷ. Τοῦτο δέ, διότι τὸ τμῆμα Σ τοῦ δίσκου εἶνε μολύβδινον καὶ ἐπομένως τὸ κέντρον τοῦ βάρους κεῖται εἰς τὸ σημεῖον Σ· ἡ βαρύτης λοιπόν, ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ σώματος, τείνει νὰ καταβιβάσῃ τὸ κέντρον τοῦ βάρους ὅσῳ τὸ δυνατὸν χαμηλότερον, διὸ καὶ λαμβάνει ἀφ' ἑαυτοῦ ὁ δίσκος τοιαύτην θέσιν πάντοτε, ὥστε τὸ μολύβδινον τμῆμα νὰ κεῖται πρὸς τὰ κάτω.



Σχ. 46—Δίσκος ἀνερχόμενος ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου.

Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρουσιάζει καὶ κύλινδρος ἐκ φελλοῦ Κ ἐπικεκολλημένος ἐπὶ ἡμισφαιρίου μολυβδίνου Μ (Σχ. 47). Ὁπωσδήποτε καὶ ἂν τοποθετηθῇ οὗτος, λαμβάνει ἀφ' ἑαυτοῦ τὴν ὀρθίαν στάσιν, διότι ἐν τῇ στάσει ταύτῃ τὸ κέντρον τοῦ βάρους Γ κεῖται χαμηλότερα παρὰ εἰς οἱανδήποτε ἄλλην στάσιν τοῦ σώματος.

— Πείραμα εὐσταθοῦς ἰσορροπίας δυνάμεθα προχείρως νὰ παρασκευάσωμεν, στηρίζοντες διὰ βελόνης Α (Σχ. 48) τὸν φελλὸν Β ἐπὶ τοῦ πώματος φιάλης καὶ ἐμπήγοντες ἔνθεν καὶ ἔνθεν τοῦ φελλοῦ δύο περόνια Δ καὶ Δ'. Τὸ σύστημα τοῦτο εὑρίσκεται ἐν εὐσταθεῖ ἰσορροπίᾳ, διότι τὸ κέντρον τοῦ βάρους κεῖται πολὺ χαμηλά, εἰς τὸ σημεῖον Γ· διὸ μετὰ πᾶσαν μετακίνησιν, μὴ ὑπερβαίνουσαν ἐννοεῖται ὡρισμένον ὅριον, ἐπανέρχεται εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας.

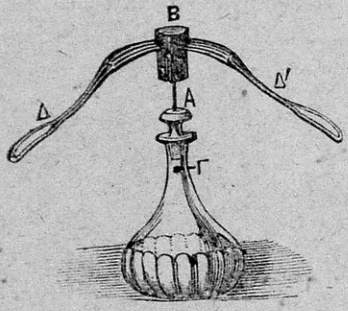
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2ον. Λέγομεν ὅτι σῶμά τι ἔχει ἀσταθῆ ἰσορροπίαν, ὅταν μετατοπιζόμενον ὀλίγον ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, δὲν δύναται πλέον νὰ ἐπανέλθῃ ἀφ' ἑαυτοῦ εἰς αὐτήν, ἀλλ' ἀνατρέπεται. Τὸ τοιοῦτον λαμβάνει χώραν, *ὁσάκις τὸ ἰσορροποῦν σῶμα ἔχῃ τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ ὑψηλότερον ἢ εἰς πᾶσαν ἄλλην θέσιν, ἣν δύναται νὰ λάβῃ τὸ σῶμα.*

Εἰς τὸ προηγούμενον σχῆμα (Σχ. 45 σελ.81) ὁ κῶνος Β ἔχει ἀσταθῆ ἰσορροπίαν. Ἡ ἐπὶ τοῦ ἑνὸς δακτύλου στηριζομένη ὀρθία ραβδος ἐπίσης (Σχ. 39 σελ. 76).

3ον. Ἀδιάφορος δὲ λέγεται ἡ ἰσορροπία, ὅταν, ὁπωσδήποτε καὶ ἂν μετακινήσωμεν καὶ εἰς οἱανδήποτε θέσιν καὶ ἂν ἀφήσωμεν τὸ σῶμα, ἰσορροπῇ ἐκεῖ. Π. χ. σφαῖρα ὁμοιομερής, τιθεμένη ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἰσορροπεῖ, ὁπωσδήποτε καὶ ἂν τεθῇ.

Σχ. 47.—Φελλὸς λαμβάνων ἀφ' ἑαυτοῦ στάσιν ὀρθίαν.



Σχ. 48.—Πείραμα εὐσταθοῦς ἰσορροπίας.

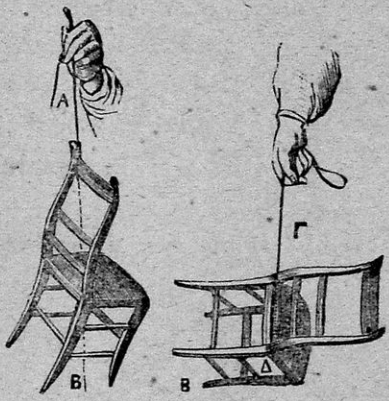
Ἡ ἰσορροπία αὕτη λαμβάνει χώραν, ὅταν τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος ἔχῃ τοιαύτην θέσιν, ὥστε, ὁπωσδήποτε καὶ ἂν μεταστραφῇ τὸ σῶμα, ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους ἀπὸ τοῦ ὑποστηρίγματος νὰ μένῃ πάντοτε ἡ αὐτή.

50. **Πειραματικὴ εὕρεσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους.** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ἁπλῆν καὶ πρακτικὴν

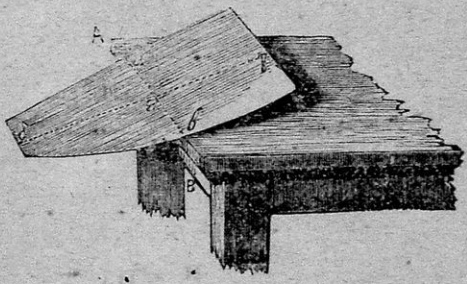
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέθοδον πρὸς προσδιορισμὸν κατὰ προσέγγισιν τοῦ κέντρου τοῦ βάρους σώματος ὁμοιομεροῦς ἢ ἀνομοιομεροῦς.

1η *Μέθοδος*. Ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα διὰ νήματος ἐκ δύο διαφόρων σημείων καὶ ζητοῦμεν τὸ σημεῖον, εἰς ὃ συναντῶνται αἱ δύο κατακόρυφοι ΑΒ καὶ ΓΔ (Σχ. 49)· *τὸ σημεῖον τοῦτο εἶνε τὸ κέντρον τοῦ βάρους*. Πράγματι, ἐπειδὴ κατ' ἀμφοτέρας τὰς ἐξαρτήσεις ὑπάρχει ἰσορροπία, καὶ ἐπειδή, ὡς γνωστόν, τότε ἐπέρχεται ἰσορροπία, ὅταν τὸ κέντρον τοῦ βάρους εὑρίσκηται ἐπὶ τῆς κατακορύφου τῆς ἀγομένης ἐκ τοῦ σημείου τῆς ἐξαρτήσεως, πρέπει τὸ κέντρον τοῦ βάρους νὰ εὑρίσκηται καὶ ἐπὶ τῆς διευθύνσεως ΑΒ καὶ ἐπὶ τῆς ΓΔ καὶ κατὰ συνέπειαν θὰ κεῖται ἐπὶ τῆς κοινῆς τομῆς τῶν δύο τούτων εὐθειῶν.



Σχ. 49.—Πειραματικὴ εὕρεσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους.



Σχ. 50.—Πειραματικὴ εὕρεσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους.

2α *Μέθοδος*. Προκειμένου περὶ πλακῶν λεπτῶν, φύλλων χάρτου κλπ. εὑρίσκομεν τὸ κέντρον τοῦ βάρους ἰσορροποῦντες αὐτὰς εἰς δύο διαφόρους θέσεις ἐπὶ τῆς ὁριζοντίας κόψεως ΑΒ τραπέζης τινὸς (Σχ. 50)· τὸ κέντρον τοῦ βάρους τότε θὰ εἶνε τὸ σημεῖον Κ τῆς κοινῆς τομῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν εὐθειῶν αβ καὶ γδ, αἵτινες παριστῶσι τὰς γραμμὰς τῆς ἐπαφῆς τοῦ σώματος ἐπὶ τῆς κόψεως τῆς τραπέζης.

Ἀσκήσεις. — 1. Τρίγωνον ἰσοσκελὲς ἔχει βάσιν 12 ἑκατοστομέτρων καὶ τὰς ἴσας πλευρὰς 20 ἑκατοστομέτρων. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ.

2. Δύο τρίγωνα ἰσοσκελῆ καὶ τῆς αὐτῆς βάσεως ἔχουσι τὰ ὕψη αὐτῶν ὡς 2 πρὸς 1. Νὰ εὑρεθῇ τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας τοῦ οὕτω σχηματιζομένου τετραπλεύρου.

3. Δύο κῶνοι ἔχουσι τὴν αὐτὴν βάσιν, τὰ δὲ ὕψη αὐτῶν εἶνε ὡς 3 πρὸς 2. Ποῖον εἶνε τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ ὅλου στερεοῦ;

4. Τρίγωνον τέμνεται δι' εὐθείας παραλλήλου τῇ βάσει εἰς τὸ μέσον τοῦ ὕψους. Ποῖον εἶνε τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ ὑπολειπομένου τραπεζίου;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΠΤΩΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ, ΦΥΣΙΣ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΙΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ

Νόμοι τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων.

51. **Πτῶσις τῶν σωμάτων.** Ἡ κίνησις τῶν σωμάτων καταπιπτόντων ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καλεῖται *κίνησις πτώσεως* ἢ ἁπλῶς *πτῶσις τῶν σωμάτων*. Οἱ δὲ νόμοι τῆς πτώσεως ἀνεκαλύφθησαν καὶ κατεδείχθησαν πειραματικῶς ὑπὸ τοῦ Ἰταλοῦ φυσικοῦ Γαλιλαίου περὶ τὰ τέλη τοῦ 16ου αἰῶνος· εἰσὶ δὲ οἱ ἑξῆς τρεῖς:

52. **Α΄ νόμος.** *Πάντα τὰ σώματα* (οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ οὐσία, ἐξ ἧς συνίστανται, ἡ μάζα καὶ τὸ σχῆμα αὐτῶν) *καταπίπτουσιν ἐν τῷ κενῷ μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος*. Κατὰ ταῦτα, τεμάχια χάρτου, πτερά, λιθάρια, βόλοι μεταλλικοί κλ., ἀφιέμενα ἐκ τινος ὕψους, θὰ καταπέσωσι μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος καὶ θὰ φθάσωσι ταὐτοχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος.

Πειραματικῶς ἀποδεικνύομεν τοῦτο ὡς ἑξῆς: Λαμβάνομεν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σωλῆνα ὑέλινον δύο περίπου μέτρων μήκους (Σχ. 51), κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον φέροντα στρόφιγγα, καὶ εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτοῦ διάφορα σώματα, οἷον φελλόν, χάρτην, πτερόν, σφαιρίδιον μολύβδου κλπ. Ἀφοῦ ἀφαιρέσωμεν ἐκ τοῦ σωλῆνος τὸν ἀέρα διὰ τῆς ἀεραντλίας, κλείομεν τὴν στρόφιγγα καὶ ἀναστρέφομεν αὐτόν· θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι πάντα τὰ ἐγκεκλεισμένα σώματα θὰ φθάσωσιν εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ σωλῆνος ταὐτοχρόνως.

Σχ. 51. — Σωλὴν τοῦ Νεύτωνος.

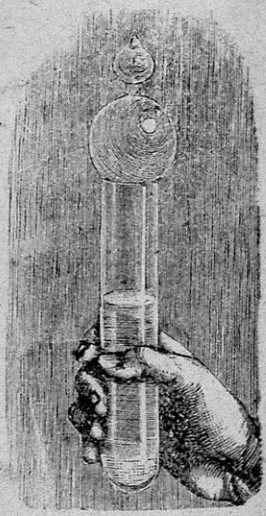
Ἐὰν ὅμως μετὰ τοῦτο ἀνοίξωμεν ὀλίγον τὴν στρόφιγγα, ὥστε νὰ εἰσέλθῃ ἀήρ, καὶ ἀναστρέψωμεν ἐκ νέου, θὰ παρατηρήσωμεν μικρὰν καθυστέρησιν τῶν ἐλαφροτέρων σωμάτων· γίνεται δὲ ἡ καθυστέρησις αὕτη ἔτι μᾶλλον αἰσθητή, ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ πληρωθῇ ἀέρος ἐντελῶς ὁ σωλήν. Ὥστε τὸ αἴτιον, ἕνεκα τοῦ ὁποίου δὲν καταπίπτουσι τὰ σώματα μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ, εἶνε ἡ ἀντίστασις, ἣν παρέχει εἰς αὐτὰ ὁ ἀὴρ κατὰ τὴν πτῶσιν καὶ ἥτις εἶνε διάφορος εἰς τὰ διάφορα σώματα. Τὸ φύλλον χάρτου καταπίπτει βραδύτερον τῆς μολυβδίνης σφαίρας, διότι τὸ πρῶτον ὑφίσταται ἐκ τοῦ ἀέρος μείζονα ἀντίστασιν· ἐὰν ὅμως ἐκλείψῃ ἡ ἀντίστασις αὕτη, θὰ καταπέσωσιν ἀμφότερα ταὐτοχρόνως, ὅπως εἴδομεν εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα τοῦ Νεύτωνος.

— Προχείρως ἀποδεικνύομεν τὸ πρᾶγμα, λαμβάνοντες δεκάλεπτον νόμισμα καὶ φύλλον χάρτου ἀκριβῶς ἰσομέγεθες καὶ τοῦ αὐτοῦ σχήματος. Ἂν ἀφήσωμεν τὰ δύο κεχωρισμένως νὰ καταπέσωσιν ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕψους, τὸ νόμισμα θὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος ταχύτερον· ἂν ὅμως ἐπιθέσωμεν τὸν χάρτην ὥστε νὰ ἐφαρμοσθῇ ἐπὶ τῆς κυκλικῆς ἐπιφανείας τοῦ νομίσματος, καί, κρατήσαντες αὐτὸ ἐπιτηδείως διὰ τῶν δύο δακτύλων ἐκ τῆς περιφερείας εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἔχῃ θέσιν ὁριζοντίαν, ἀφήσωμεν αὐτὸ νὰ πέσῃ μετὰ τοῦ ἐπιτεθειμένου χάρτου, τότε

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νόμισμα καὶ χάρτης θὰ καταπέσωσι ταὐτοχρόνως. Τοῦτο δέ, διότι ὁ δίσκος τοῦ χάρτου, ἐπιτεθειμένος ὢν ἐπὶ τοῦ νομίσματος οὐδεμίαν ὑφίσταται κατὰ τὴν πτῶσιν ἀντίστασιν ἐκ τοῦ ἀέρος.

Ὑδατόσφυρα. Ἡ ἀντίστασις αὕτη τοῦ ἀέρος γίνεται μᾶλλον αἰσθητὴ εἰς τὰ ὑγρά. Ἐν τῷ ἀέρι ταῦτα, ἕνεκα τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ, καταπίπτουσι διαμεριζόμενα εἰς σταγόνας, ἐν τῷ κενῷ ὅμως καταπίπτουσιν ὡς εἷς ὄγκος. Καταδεικνύεται δὲ τοῦτο διὰ τῆς καλουμένης *ὑδατοσφύρας* (Σχ. 52), συνισταμένης ἐξ ὑελίνου σωλῆνος 30 — 40 ἑκατοστομέτρων μήκους, κενοῦ ἀέρος καὶ πεπληρωμένου κατὰ τὸ ἥμισυ ὕδατος· ἀναστρεφομένης τῆς ὑδατοσφύρας ἀποτόμως βλέπομεν τὸ ἐν αὐτῇ ὕδωρ νὰ καταπίπτῃ συγκεκεντρωμένον καὶ προσκρουὸν ἐπὶ τῆς ἀντικειμένης παρειᾶς νὰ παράγῃ ἦχον ξηρόν, ἀνάλογον πρὸς ἐκεῖνον, ὃν παράγει σῶμα στερεὸν προσκρουὸν ἐπὶ ὑελίνης πλακός.



Σχ. 52. — Ὑδατόσφυρα.

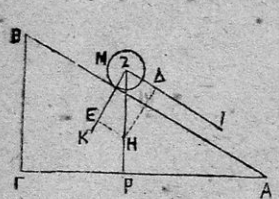
53. **Β΄ νόμος.**—Νόμος τῶν διαστημάτων. *Τὰ διανυόμενα διαστήματα ὑπὸ σώματος ἀναχωροῦντος ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ καταπίπτοντος ἐν τῷ κενῷ εἶνε ἀνάλογα τῶν τετραγώνων τῶν χρόνων, ἐν οἷς ταῦτα διηνύθησαν.* Κατὰ τὸν ἀνωτέρω νόμον, ἐὰν τὸ διανυόμενον διάστημα εἰς τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον εἶνε δ, τὰ διανυθησόμενα διαστήματα εἰς 2″, 3″, 4″... θὰ εἶνε ἴσα πρὸς 4δ, 9δ, 16δ.... Τουτέστιν εἰς 2πλάσιον χρόνον θὰ διανύσῃ τὸ καταπῖπτον σῶμα 4πλάσιον διάστημα, εἰς 3πλάσιον χρόνον 9πλάσιον διάστημα καὶ οὕτω καθεξῆς.

Ἡ πειραματικὴ ἀπόδειξις τοῦ νόμου τούτου παρουσιάζει

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δυσκολίας τινάς, τοῦτο μέν, διότι ἕνεκα τῆς μεγάλης ταχύτητος, μεθ' ἧς καταπίπτουσι τὰ σώματα, δυσκόλως δυνάμεθα νὰ καταμετρήσωμεν τὰ διανυόμενα διαστήματα ἀκριβῶς, τοῦτο δὲ διότι, ἕνεκα τοῦ ἀδυνάτου τῆς πειραματίσεως ἐν τῷ κενῷ, ἐκτελοῦμεν ἐν τῷ ἀέρι καὶ ἡ ἐξ αὐτοῦ ἀντίστασις ἐπιφέρει ἀλλοίωσίν τινα εἰς τὰ ἀποτελέσματα, καὶ τοσούτῳ μείζονα, ὅσῳ ταχυτέρα ἡ πτῶσις. Τούτου ἕνεκα ἐπενοήθησαν εἰδικαὶ συσκευαὶ ἐξομαλύνουσαι τὰς ἀνωτέρω δυσχερείας. Τοιαῦταί εἰσι τὸ *κεκλιμένον ἐπίπεδον τοῦ Γαλιλαίου*, ἡ *μηχανὴ τοῦ* Atwood καὶ ἡ *μηχανὴ τοῦ* Morin· ἐξ αὐτῶν θὰ περιγράψωμεν τὰς δύο πρώτας.

Κεκλιμένον ἐπίπεδον. Πᾶν ἐπίπεδον σχηματίζον μετὰ τοῦ ὁρίζοντος γωνίαν μικροτέραν τῶν 90^0 καλεῖται κεκλιμένον ἐπίπεδον. Πρὸς σχηματισμὸν τοιούτου ὁ Γαλιλαῖος μετεχειρίσθη δοκόν, κατὰ μῆκος τῆς ὁποίας ἐνέσκαψεν αὔλακα ἠριθμημένην, κατέστησε δὲ τὴν κοιλότητα αὐτῆς ὅσον τὸ δυνατὸν λείαν καὶ ἔδωκεν εἰς τὴν δοκὸν κλίσιν τινὰ πρὸς τὸν ὁρίζοντα. Εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκρον τῆς αὔλακος ἔθετε μεταλλικὴν σφαῖραν, ἥτις ἀφινομένη ἐλευθέρα κατέπιπτε κατὰ μῆκος τῆς αὔλακος καὶ οὕτω προσδιώριζε τὸ διανυόμενον διάστημα καὶ τοὺς χρόνους.



Σχ. 53 — **Κεκλιμένον ἐπίπεδον.**

Σκοπὸς τῆς χρήσεως τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου εἶνε νὰ ἐπιβραδύνῃ τὴν κίνησιν τῆς πτώσεως χωρὶς ν' ἀλλοιώσῃ τὴν φύσιν αὐτῆς· καὶ πράγματι τοῦτο συμβαίνει καὶ ἰδοὺ πῶς:

Ἔστω τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον ΑΒ (σχ. 53) σχηματίζον μετὰ τοῦ ὁριζοντος τὴν γωνίαν ΒΑΓ, καὶ ἡ Β Γ κατακόρυφος ἀγομένη ἐκ τοῦ Β ἐπὶ τῆς ὁριζοντίας εὐθείας ΑΓ. ΒΓ εἶνε τὸ ὕψος τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου καὶ ΑΒ τὸ μῆκος αὐτοῦ.

Ὑποτεθείσθω ἤδη ὅτι ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τούτου κεῖται τὸ σφαιρικὸν σῶμα Μ. τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἐνεργοῦν κατὰ τὴν κατακόρυφον ΖΗΡ, τείνει νὰ καταφέρῃ αὐτὸ κατακορύφως πρὸς τὰ κάτω, ἀλλὰ τοῦτο εἶνε ἀδύνατον ἕνεκα τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἐπιπέδου. Δυνάμεθα ν' ἀναλύσωμεν τὴν τὸ βάρος τοῦ σώματος παριστῶσαν δύναμιν ΖΗ εἰς δύο ἄλλας (κατὰ τὸν κανόνα τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δυνάμεων), τὴν ΖΕ κάθετον ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου καὶ τὴν ΖΔ παράλληλον αὐτῷ. Ἐκ τούτων ἡ ΖΕ μηδενίζεται ἕνεκα τῆς ἀντιστάσεως τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπιπέδου, διὸ μόνη ἡ ΖΔ ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς σφαίρας ἀναγκάζουσα αὐτὴν νὰ κατέλθῃ πρὸς τὰ κάτω.

Ὅπως εὕρωμεν τὴν τιμὴν τῆς ΖΔ, λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὰ δύο τρίγωνα ΑΒΓ καὶ ΖΔΗ. Τὰ τρίγωνα ταῦτά εἰσιν ὅμοια ὡς ἰσογώνια, ἑπομένως ἔχομεν τὴν ἀναλογίαν

$$ΖΔ : ΖΗ = ΒΓ : ΒΑ.$$

Κατὰ τὴν ἀναλογίαν ταύτην, ἡ τὴν πτῶσιν τοῦ σώματος διενεργοῦσα δύναμις ΖΔ ἔχει πρὸς τὴν ὅλην δύναμιν ΖΗ (τὴν παριστῶσαν τὸ βάρος τοῦ σώματος), ὡς ἡ ΒΓ (τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου) πρὸς τὴν ΒΑ (τὸ μῆκος τοῦ ἐπιπέδου)· συνεπῶς, ὅσῳ τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου γίνεται μικρότερον τοῦ μήκους αὐτοῦ, τόσῳ καὶ ἡ ΖΔ γίνεται μικροτέρα τῆς ΖΗ, ἤτοι τοῦ ὅλου βάρους τοῦ σώματος. Δυνάμεθα λοιπόν, σμικρύνοντες κατὰ βούλησιν τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος αὐτοῦ, νὰ καταστήσωμεν τὴν δύναμιν ΖΔ πολὺ μικρὰν καὶ συνεπῶς νὰ ἐπιβραδύνωμεν τὴν πτῶσιν τοῦ σώματος Μ καὶ νὰ δυνηθῶμεν οὕτως εὐκόλως νὰ καταμετρήσωμεν τὰ διανυόμενα διαστήματα εἰς 1″, 2″, 3″... Σημειωτέον δ' ὅτι διὰ τῆς ἐπιβραδύνσεως ταύτης ἡ *κίνησις τῆς πτώσεως δὲν μεταβάλλει φύσιν*, διότι τῆς δυνάμεως ΖΗ οὔσης σταθερᾶς καὶ ἡ ΖΔ ἐξακολουθεῖ οὖσα ἐπίσης σταθερά. Ὅσον δ' ἀφορᾷ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, καὶ αὕτη ἐλαττοῦται, ἐφ' ὅσον ἐπιβραδύνεται ἡ πτῶσις.

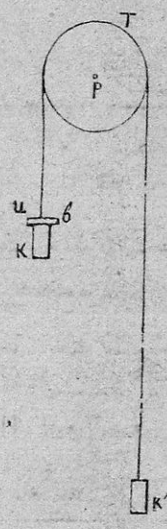
Διὰ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ἀποδεικνύεται μὲν τὸ ἀληθὲς τοῦ νόμου τῶν διαστημάτων, ἀλλὰ τὰ ἀποτελέσματα δὲν παρέχονται ἐν ὅλῃ τῇ ἀκριβείᾳ ἕνεκα τῆς τριβῆς τοῦ σώματος Μ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου. Μείζονα ἀκρίβειαν παρέχει ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood.

Μηχανὴ τοῦ Atwood. Ταύτην ἐπενόησεν ὁ Ἄγγλος Atwood, καθηγητὴς ἐν Κανταβριγίᾳ, τῷ 1874· ἐπιτυγχάνεται δὲ δι' αὐτῆς, ὅπως καὶ διὰ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, 1ον ἡ ἐπιβράδυνσις τῆς ταχύτητος τῆς πτώσεως χωρὶς ν' ἀλλοιωθῇ ἡ φύσις τῆς κινήσεως καὶ 2ον ἡ εἰς μέγαν βαθμὸν ἐλάττωσις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος συνεπείᾳ τῆς ἐπιβραδύνσεως τῆς ταχύτητος.

1ον. *Ἀρχὴ τῆς μηχανῆς τοῦ* Atwood. Ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood, ἀναγομένη εἰς τὴν ἁπλουστάτην αὐτῆς μορφήν, συνίσταται κυρίως ἐκ μιᾶς τροχαλίας Τ(Σχ.54) δυναμένης νὰ περιστρέφηται εὐκόλως περὶ ὁριζόντιον ἄξονα, εἰς τὸν λαιμὸν δὲ τῆς τροχαλίας περιελίσσεται λεπτότατον νῆμα με-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τάξης, σχεδὸν ἀβαρές, φέρον εἰς τὰ ἄκρα ἐξηρτημένας δύο μάζας Κ καὶ Κ' ἐντελῶς ἰσοβαρεῖς. Τὸ ὅλον σύστημα οὕτως ἔχον δύναται νὰ ἰσορροπῇ εἰς οἱανδήποτε θέσιν καὶ ἂν ὦσι τὰ ἰσοβαρῆ σώματα Κ καὶ Κ', διότι τὸ βάρος τοῦ νήματος πρὸς τὸ ἓν ἢ τὸ ἕτερον μέρος δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς μηδέν. Ἐὰν ὅμως ἀνυψώσωμεν μέχρι τοῦ ὕψους τῆς τροχαλίας τὸ ἓν τῶν δύο σωμάτων, τὸ Κ, καὶ ἐπιθέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ σμικρὰν πρόσθετον μάζαν β (ἔχουσαν βάρος 10 γραμμ. π. χ.), τότε ἡ πρόσθετος μάζα β, ὑπείκουσα εἰς τὸ βάρος αὐτῆς, τείνει νὰ καταπέσῃ ἀναγκάζουσα καὶ ὅλον τὸ σύστημα νὰ κινηθῇ, οὕτως ὥστε τὸ μὲν Κ νὰ κατέλθῃ, τὸ δὲ Κ' ν' ἀνέλθῃ. Ἐπειδὴ δὲ οὕτως ἡ β ἀναγκάζεται καταπίπτουσα νὰ συμπαρασύρῃ ὁλόκληρον τὸ σύστημα, διὰ τοῦτο *ἡ ταχύτης τῆς πτώσεως θέλει εἶσθαι κατὰ πολὺ μικροτέρα ἐκείνης, ἣν θὰ εἶχεν ἂν κατέπιπτε καθ' ἑαυτὴν ἐλευθέρως.* Τοιούτῳ τρόπῳ ἐπιτυγχάνεται *ἡ ἐπιβράδυνσις* τῆς καταπτώσεως, εὐκόλως δὲ δυνάμεθα καὶ νὰ ὑπολογίσωμεν αὐτὴν ὡς ἑξῆς:



Σχ. 54.—**Παράστασις τῆς μηχανῆς τοῦ** Atwood.

Γνωρίζομεν ὅτι δύναμίς τις σταθερά, ἐνεργοῦσα εἰς δύο ἀντίσους μάζας, *μεταδίδει εἰς αὐτὰς ἐπιταχύνσεις ἀντιστρόφως ἀναλόγους τῶν μαζῶν.* Ἐνταῦθα ἡ σταθερὰ δύναμις εἶνε τὸ βάρος τῆς μάζης β, αἱ δὲ δύο διάφοροι μάζαι εἶνε ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ β, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ μάζα ὅλου τοῦ συστήματος Κ+Κ'+β· ἡ αὐτὴ λοιπὸν σταθερὰ δύναμις θὰ μεταδώσῃ εἰς τὰς μάζας β καὶ Κ+Κ'+β ἐπιταχύνσεις ἀντιστρόφως ἀναλόγους τῶν μαζῶν τούτων. Ἔστω γ ἡ μετὰ τὸ πρῶτον δλ. ἐπιτάχυνσις τῆς μάζης β καὶ χ ἡ μετὰ τὸν αὐτὸν χρόνον ἐπιτάχυνσις τῆς μάζης Κ+Κ'+β

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς αὐτῆς σταθερᾶς δυνάμεως. Θὰ ἔχωμεν τὴν ἀναλογίαν

$$\gamma : \chi = (K + K' + \beta) : \beta,$$

ἐξ ἧς

$$\chi = \frac{\beta}{K + K' + \beta}\gamma.$$

Τουτέστιν ἡ ἐπιτάχυνσις χ, ἣν θὰ λάβῃ ἡ μάζα $K+K'+\beta$, εἶνε τοσούτῳ μικροτέρα τῆς γ, ὅσῳ μικρότερον εἶνε τὸ βάρος τῆς μάζης β συγκρινόμενον πρὸς τὸ βάρος τῆς ὅλης μάζης $K+K'+\beta$.

Παράδειγμα. Ἔστω ὅτι $K=200$γραμμ., $K'=200$γραμμ. καὶ $\beta=20$γραμμ. Θὰ ἔχωμεν κατὰ τὰ προηγούμενα·

$$\gamma : \chi = (200 + 200 + 20) : 20,$$

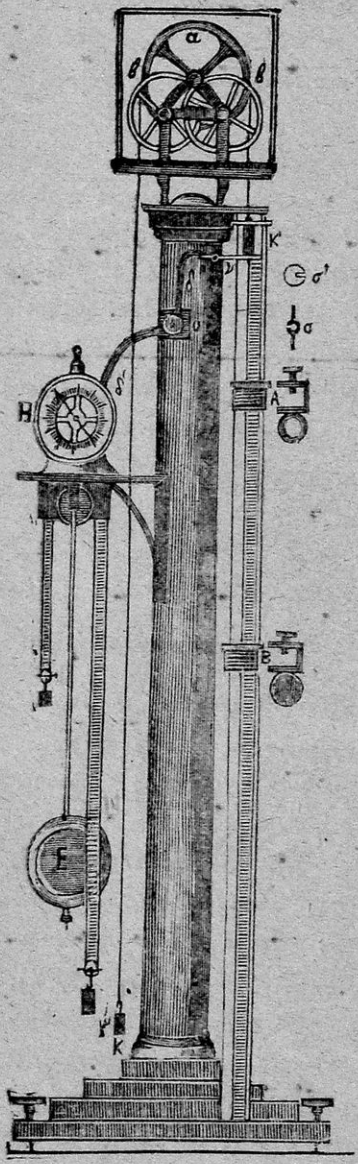
ἐξ ἧς

$$\chi = \frac{20}{420}\gamma$$

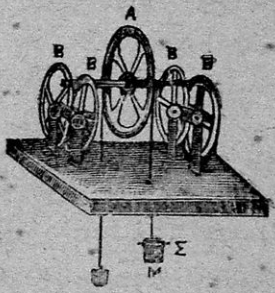
ἤτοι $\chi = \frac{1}{21}\gamma$. Ὥστε ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας ἡ ἐπιτάχυνσις θὰ εἶνε 21 φορὰς μικροτέρα, ἢ ἂν ἡ μάζα β κατέπιπτε μόνη, καὶ θὰ δυνηθῶμεν εὐχερῶς νὰ καταμετρήσωμεν τὰ διανυόμενα διαστήματα καὶ τοὺς δαπανωμένους χρόνους.

2ον. Περιγραφὴ τῆς μηχανῆς. Συνίσταται αὕτη (Σχ.55) ἐκ μιᾶς δοκοῦ κατακορύφου φερούσης ἐπὶ τῆς κορυφῆς τροχαλίαν α ἐκ χαλκοῦ ἢ, διὰ τὸ ἐλαφρότερον, ἐξ ἀργιλίου, ἥτις δύναται νὰ περιστρέφηται περὶ ἄξονα ὁριζόντιον στηριζόμενον ἐπὶ τῶν περιφερειῶν τεσσάρων τροχῶν (Σχ.55) BBBB, ὅπως ἐλαττῶται ἡ τριβὴ καὶ γίνηται ἡ περιστροφὴ εὐκολωτέρα. Περὶ τὴν τροχαλίαν περιελίσσεται τὸ λεπτότατον καὶ σχεδὸν ἀβαρὲς μετάξινον νῆμα, φέρον ἐξηρτημένας τὰς δύο ἐντελῶς ἰσοβαρεῖς μάζας K καὶ K'. Πρὸς τὰ πλάγια δὲ τῆς δοκοῦ ὑπάρχει κανὼν κατακόρυφος διῃρημένος εἰς χιλιοστὰ τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 55.—Μηχανὴ τοῦ Atwood.



μέτρου καὶ φέρων δύο δρομεῖς δυναμένους νὰ κοχλιωθῶσι διὰ πιέστρων εἰς οἱανδήποτε διαίρεσιν τοῦ κανόνος θέλομεν. Ὁ δίσκος τοῦ δρομέως Α φέρει ὀπὴν ἐπιτρέπουσαν εἰς τὸ καταπῖπτον σῶμα Κ ἐλευθέραν τὴν δίοδον, ὁ δὲ δίσκος τοῦ Β εἶνε πλήρης. Ἐπὶ τοῦ μηδενὸς τῆς διαιρέσεως τοῦ κανόνος ὑπάρχει πλάξ ν, ἐφ' ἧς στηρίζεται τὸ σῶμα Κ, καὶ τότε μόνον ἐπιτρέπεται ἡ κατάπτωσις αὐτοῦ, ὅταν ὁ δάκτυλος δ ἀφήσῃ ἐλεύθερον τὸ ὀπίσθιον ἄκρον τῆς πλακός· τοῦτο δὲ γίνεται, ὅταν τὸ παρακείμενον ὡρολόγιον, μεθ' οὗ εἶνε συνδεδεμένος ὁ μοχλὸς δοδ', δεικνύῃ τὴν ἀρχὴν δευτερολέπτου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ σ καὶ σ′ εἶνε τὰ πρόσθετα βάρη, ἅτινα ἐπιτίθενται ἐπὶ τοῦ Κ, ὅπως προκαλέσωσι τὴν πτῶσιν, καὶ τὸ μὲν σ′ ὡς ἐκ τοῦ σχήματος αὐτοῦ δύναται νὰ διέλθῃ ἀκωλύτως διὰ τῆς ὀπῆς τοῦ δρομέως Α, τὸ δὲ σ οὐχί.

3ον. Χρῆσις τῆς μηχανῆς. Τούτων τεθέντων ἰδοὺ πῶς γίνεται χρῆσις τῆς μηχανῆς. Ἀφοῦ τοποθετήσωμεν ἐπὶ τοῦ Κ τὸ πρόσθετον βάρος σ′, ἀφίνομεν αὐτὸ εἰς τὴν ἀρχὴν δευτερολέπτου τινὸς νὰ καταπέσῃ καὶ κοχλιοῦμεν τὸν δρομέα Β εἰς τὴν διαίρεσιν τοῦ κανόνος, εἰς ἣν θὰ φθάσῃ τὸ Κ+σ′ μετὰ 1″· τοῦτο δὲ κατορθοῦμεν εὐκόλως μετά τινας δοκιμάς. Ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ διανυθὲν διάστημα εἰς τὸ πρῶτον δλ. εἶνε 20 ἑκατοστόμ. Φέρομεν ἤδη τὰ πάντα εἰς τὴν πρώτην θέσιν, τὸν δὲ δρομέα Β κοχλιοῦμεν εἰς ἀπόστασιν τετραπλασίαν τῆς πρώτης ἤτοι εἰς τὴν 80ὴν διαίρεσιν· ἐὰν ἀφήσωμεν νῦν τὸ σῶμα νὰ καταπέσῃ, θὰ ἴδωμεν ὅτι θὰ φθάσῃ εἰς τὸν δίσκον Β μετὰ 2″. Ἐξακολουθοῦντες οὕτω τὸ πείραμα, θὰ ἴδωμεν ὅτι εἰς 3″ διανύει τὸ κινητὸν 180μ., εἰς 4″ 320 μ. καὶ οὕτω καθεξῆς, ἤτοι τὰ διανυόμενα διαστήματα,

	20,	80,	180,	320 . . .
εἶνε ἀνάλογα τῶν τετραγώνων τῶν χρόνων	⋮	⋮	⋮	⋮
	1″²,	2″²,	3″²	4″².

Καὶ οὕτως ἀποδεικνύεται ὁ *νόμος τῶν διαστημάτων*.

Πόρισμα. Ἐκ τοῦ νόμου τούτου δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν καὶ τὸ εἰς ἕκαστον δλ. διανυόμενον διάστημα σκεπτόμενοι ὡς ἑξῆς: Ἀφοῦ εἰς τὸ πρῶτον δλ. τὸ κινητὸν διήνυσε διάστημα δ, εἰς δὲ τὰ δύο πρῶτα δλ. 4δ, ἀναλογεῖ εἰς μόνον τὸ δεύτερον δλ. διάστημα (4δ—δ) 3δ. Ἀφοῦ δὲ εἰς τρία δλ. διήνυσεν 9δ εἰς δὲ τὰ δύο προηγούμενα 4δ, ἀναλογεῖ διὰ τὸ τρίτον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μόνον δλ. διάστημα (9δ—4δ) 5δ. Οὕτω σκεπτόμενοι θὰ εὕρωμεν ὅτι εἰς τὸ 4ον, 5ον, 6ον δλ. διήνυσε διάστημα 7δ, 9δ, 11δ .... Ἐξ οὗ ἐξάγεται ὅτι τὰ εἰς ἕκαστον δλ. ἰδίᾳ διανυόμενα διαστήματα ἔχουσι πρὸς ἄλληλα ὡς ἡ φυσικὴ σειρὰ τῶν περιττῶν ἀκεραίων ἀριθμῶν.

54. **Γ΄ νόμος.** *Ἡ ταχύτης, ἣν ἀποκτᾷ σῶμά τι καταπῖπτον ἐλευθέρως ἐν τῷ κενῷ, εἶνε ἀνάλογος τοῦ χρόνου.* Πρὸς ἀπόδειξιν τούτου διὰ τῆς μηχανῆς τοῦ Atwood μεταχειριζόμεθα καὶ τὸν δρομέα Α, ἀντὶ δὲ τοῦ σ΄ θέτομεν ἐπὶ τοῦ Κ τὸ βάρος σ. Κοχλιοῦμεν τὸν δρομέα Α εἰς τὴν 20ὴν διαίρεσιν, ἔνθα εἴδομεν ὅτι φθάνει τὸ καταπῖπτον σῶμα μετὰ 1΄΄, τὸν δὲ Β εἰς τὴν 60ὴν διαίρεσιν καὶ ἀφίνομεν νὰ γίνῃ ἡ πτῶσις. Γνωρίζομεν ὅτι τὴν πτῶσιν διενεργεῖ τὸ βάρος σ, ἀλλὰ τοῦτο ἅμα φθάσῃ μετὰ 1΄΄ εἰς τὸν δρομεα Α, θὰ ἐμποδισθῇ ἐκεῖ καὶ θὰ διέλθῃ μόνον τὸ Κ, ὅπερ οὕτω θὰ κινῆται περαιτέρω ἄνευ τῆς ἐνεργείας οὐδεμιᾶς δυνάμεως, ἀλλὰ μόνον δυνάμει τῆς κτηθείσης ταχύτητος· θὰ φθάσῃ δὲ μέχρι τῆς θέσεως Β, ἤτοι θὰ διανύσῃ 40 ἔτι ἑκατοστόμετρα. Εἶνε φανερὸν ὅτι τὸ μετὰ τὴν 20ὴν διαίρεσιν διάστημα τῶν 40 ἑκατοστομ. ὅπερ διανύει τὸ Κ, εἶνε ἡ κτηθεῖσα ταχύτης αὐτοῦ μετὰ 1΄΄, βλέπομεν δὲ ὅτι τοῦτο εἶνε διπλάσιον τοῦ ἐν τῷ πρώτῳ δλ. διανυθέντος διαστήματος. Ἐὰν ἀκολούθως κοχλιώσωμεν τὸν μὲν δίσκον Α εἰς τὴν 80ὴν διαίρεσιν (διάστημα διανυόμενον ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς 2΄΄), τὸν δὲ πλήρῃ Β εἰς τὴν 160ὴν καὶ διενεργήσωμεν τὴν πτῶσιν, θὰ ἴδωμεν ὅτι τὸ κινητόν, ἀφοῦ φθάσῃ μετὰ 2΄΄ εἰς τὸ Α καὶ ἀφήσῃ τὸ πρόσθετον σῶμα, θὰ ἐξακολουθήσῃ τὴν κίνησιν δυνάμει τῆς κτηθείσης ταχύτητος καὶ θὰ φθάσῃ μετὰ 1΄΄ ἔτι εἰς τὴν 160ὴν διαίρεσιν, ἤτοι θὰ διανύσῃ 80 ἔτι ἑκατοστόμετρα ἐν μιᾷ χρονικῇ μονάδι. Τὸ διάστημα τοῦ ο εἶνε ἡ κτηθεῖσα ταχύτης μετὰ 2΄΄ καὶ εἶνε διπλασία τῆς κτηθείσης εἰς τὸ τέλος τοῦ πρώτου δλ. Παρομοίως ἐξακολουθοῦντες τὸ πείραμα εὑρίσκομεν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅτι ἡ κτηθεῖσα ταχύτης μετὰ 3'', 4'', 5''... πτώσεως θὰ εἶνε τρὶς, 4άκις, 5άκις μείζων καὶ ἀποδεικνύεται οὕτω τὸ ἀληθὲς τοῦ νόμου τῶν ταχυτήτων.

Φύσις καὶ ἔντασις τῆς βαρύτητος.

55. **Ἐξαγόμενα.**— 1ον. *Φύσις τῆς βαρύτητος.* Ἐκ τῶν προηγουμένων προκύπτει ὅτι οἱ νόμοι τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων εἰσὶν ὅμοιοι πρὸς τοὺς νόμους τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως. Ὥστε ἡ βαρύτης ἡ παράγουσα τὴν πτῶσιν τῶν σωμάτων *εἶνε δύναμις σταθερὰ κατὰ μέγεθος καὶ κατὰ διεύθυνσιν.*

2ον. *Ἐξισώσεις τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων.* I.—Τοιαύτης οὔσης τῆς φύσεως τῆς βαρύτητος, ἑπόμενον εἶνε ὅτι αἱ ἐξισώσεις αἱ δοθεῖσαι διὰ τὴν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν ἐφαρμόζονται καὶ εἰς τὴν κίνησιν τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, ἣν παράγει αὕτη. Καλέσωμεν g τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος ἐν τινι τόπῳ, τ τὴν ταχύτητα τοῦ καταπίπτοντος σώματος κατά τινα ὡρισμένην στιγμήν, χ τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως εἰς δευτερόλεπτα, υ τὸ ὕψος, ἐξ οὗ καταπίπτει τὸ σῶμα ἤτοι τὸ διανυόμενον διάστημα. Θὰ ἔχωμεν

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

πρὸς παράστασιν τοῦ νόμου τῶν ταχυτήτων,

καὶ $$\upsilon = \frac{1}{2} g\chi^2 \quad (2)$$

πρὸς παράστασιν τοῦ νόμου τῶν διαστημάτων.

II.— Ἐὰν ἡ διάρκεια τῆς πτώσεως εἶνε 1'' καὶ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χ^2 διὰ τοῦ 1^2 ἐν τῇ ἐξισώσει (2), αὕτη γίνεται

$$\upsilon = \frac{1}{2} g \times 1^2$$

ἤτοι $$\upsilon = \frac{1}{2} g, \text{ ἐξ ἧς } g = 2\upsilon \quad (3),$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τουτέστιν ἡ ἐπιτάχυνσις, ἣν παράγει ἡ δύναμις τῆς βαρύτητος ἐπὶ τοῦ καταπίπτοντος σώματος, ἰσοῦται πρὸς τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυομένου κατὰ τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον.

III. — Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) εὑρίσκομεν τὴν τιμὴν τοῦ τ συναρτήσει τοῦ χ· δυνάμεθα ὅμως νὰ εὕρωμεν ἐπίσης τὴν τιμὴν τοῦ τ συναρτήσει τοῦ διανυομένου διαστήματος, ἀπαλείφοντες ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1) καὶ (2) τὸ χ. Πρὸς τοῦτο λαμβάνομεν ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) τὴν τιμὴν τοῦ, χ ἤτοι

$$\chi = \frac{\tau}{g}, \text{ ἐξ ἧς } \chi^2 = \frac{\tau^2}{g^2}$$

καὶ ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν ἐξίσωσιν (2) ἀντὶ τοῦ χ^2 τὸ ἴσον αὐτοῦ $\frac{\tau^2}{g^2}$, θὰ ἔχωμεν

$$\upsilon = \frac{1}{2} g \times \frac{\tau^2}{g^2},$$

ἢ $$\upsilon = \frac{\tau^2}{2g}, \text{ ἐξ ἧς}$$

$$\tau^2 = 2g\upsilon, \text{ ἐξαγωγῇ δὲ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης}$$

$$\tau = \sqrt{2g\upsilon} \qquad (4).$$

τουτέστι, *σώματός τινος καταπίπτοντος ἐλευθέρως ἐν τῷ κενῷ, ἡ κτηθεῖσα ταχύτης κατά τινα δεδομένην στιγμὴν εἶνε ἴση πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ διπλασίου γινομένου τῆς ἐντάσεως g ἐπὶ τὸ ὕψος τῆς πτώσεως.*

IV. — Ἐὰν δὲ τὸ σῶμα ἔχῃ καὶ ἀρχικήν τινα ταχύτητα τ′, τότε ἡ μὲν ἐξίσωσις τῆς ταχύτητος γίνεται,

$$\tau = \tau' + g\chi$$

ἡ δὲ τοῦ διαστήματος $\upsilon = \tau'\chi + \frac{1}{2} g\chi^2$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

56. **Ἔντασις τῆς βαρύτητος.** Ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος εἶνε ἡ ἐνέργεια, ἣν ἐξασκεῖ αὕτη ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς μάζης, ἤτοι τὸ βάρος τῆς μονάδος τῆς μάζης. Γνωρίζομεν δὲ ὅτι τὸ βάρος Β μάζης τινὸς Μ ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς μάζης ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν g, τουτέστι

$$B = Mg.$$

Λαμβάνοντες δὲ ὡς μάζαν τὴν μονάδα τῆς μάζης, ἤτοι $M = 1$, ἔχομεν

$$B = g$$

τουτέστιν ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος παρίσταται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, δι' οὗ καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις, ἣν παράγει ἡ βαρύτης ἐπὶ τῶν καταπιπτόντων σωμάτων, ἤτοι διὰ τοῦ g· τούτου ἕνεκα συχνάκις τὴν ἐπιτάχυνσιν g καλοῦσι καὶ ἔντασιν τῆς βαρύτητος.

Κατωτέρω θὰ ἴδωμεν πῶς προσδιορίζεται ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς μετὰ πάσης τῆς δυνατῆς ἀκριβείας.

Ἀσκήσεις —1. Σῶμά τι καταπίπτει ἐξ ὕψους 100 μέτρων. Ζητεῖται ποία ἡ διάρκεια τῆς πτώσεως αὐτοῦ ;

2. Σῶμά τι ἀναχωροῦν ἐκ τῆς ἠρεμίας πίπτει ἐξ ὕψους 100 μέτρων. Ζητεῖται πόσον διάστημα θὰ διατρέξῃ κατὰ τὸ τελευταῖον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεως αὐτοῦ ;

3. Σῶμά τι ὀφείλει νὰ διανύσῃ τὴν κατακόρυφον ΑΒ ἴσην πρὸς 100 μέτρα. Ζητεῖται νὰ διαιρεθῇ ἡ ΑΒ εἰς τέσσαρα μέρη τοιαῦτα, ὥστε ἕκαστον τούτων νὰ διατρέχηται εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον.

4. Πόσον χρόνον πρέπει νὰ κινηθῇ σῶμά τι καταπῖπτον, ὅπως διατρέξῃ 500 μέτρα κατὰ τὰ δύο ἐπακόλουθα δευτερόλεπτα ;

5. Σῶμα καταπῖπτον διήνυσε τὸ τρίτον τοῦ ὅλου ὕψους τῆς πτώσεως κατὰ τὸ τελευταῖον δευτερόλεπτον. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ὕψος τῆς πτώσεως καὶ ἡ διάρκεια αὐτῆς.

6. Σῶμά τι πίπτει ἐκ τῆς κορυφῆς πύργου 60 μέτρων ὕψους. Πόσον χρόνον θὰ χρειασθῇ, ἵνα διατρέξῃ μῆκος ἴσον πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ πύργου καὶ τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα νὰ εὑρίσκωνται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπό τε τῆς κορυφῆς καὶ ἀπὸ τῆς βάσεως τοῦ πύργου;

7. Σῶμά τι ἀναχωρεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας ἔκ τινος σημείου Α. Μετὰ δύο δευτερόλεπτα ῥίπτομεν κατακορύφως ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, ἐκ τοῦ σημείου Α, δεύτερον σῶμα μετὰ ταχύτητος 60 μέτρων. Ζητεῖται εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ σημείου Α θὰ γίνῃ ἡ συνάντησις τῶν δύο σωμάτων ;

8. Εὑρεῖν τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπὸ τοῦ καταπίπτοντος σώματος εἰς 10″.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

9. Εἰς πόσον χρόνον σῶμά τι πίπτει ἐξ ὕψους 250 μέτρων καὶ ποία θὰ εἶνε ἡ μετὰ τὴν πτῶσιν ταύτην κτηθεῖσα ταχύτης;

10. Ἐκ τίνος ὕψους πρέπει νὰ καταπέσῃ σῶμα τι, ὅπως ἀποκτήσῃ ταχύτητα 500 μέτρων τὸ δευτερόλεπτον;

11. Σῶμά τι ἀφίνεται εἰς τὴν κορυφὴν κεκλιμένου τινὸς ἐπιπέδου, τοῦ ὁποίου ἡ βάσις εἶνε ἴση πρὸς 16 μέτρα, τὸ δὲ ὕψος ἴσον πρὸς 24 μέτρα. Ζητεῖται εἰς πόσον χρόνον τὸ σῶμα θὰ διατρέξῃ τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον;

12. Ἐν τῇ μηχανῇ τοῦ Atwood αἱ δύο ἰσοβαρεῖς μάζαι ζυγίζουσιν ἑκάστη 100 γραμμάρια, ἡ δὲ πρόσθετος 10 γραμμ. Ζητεῖται, 1ον ποία θὰ εἶνε ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ συστήματος; 2ον ποῖον τὸ διανυθησόμενον διάστημα μετὰ 5″; 3ον ποία θὰ εἶνε τότε ἡ ταχύτης τοῦ συστήματος;

13. Σῶμά τι ῥίπτεται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω μετὰ ταχύτητος 30 μέτρων. Ζητεῖται, 1ον πόσον χρόνον θὰ χρειασθῇ ἵνα φθάσῃ εἰς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τῆς τροχιᾶς αὐτοῦ; 2ον ποῖον εἶνε τὸ μέγιστον ὕψος εἰς ὃ θὰ φθάσῃ;

14. Μετὰ ποίας ταχύτητος πρέπει νὰ ῥιφθῇ λίθος τις ἐκ τῆς κορυφῆς πύργου ὕψους 80 μέτρων, ἵνα φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος μετὰ 3″;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΕΚΚΡΕΜΕΣ, ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ

57. Ἐκκρεμὲς ἁπλοῦν καὶ σύνθετον. Καλεῖται *ἐκκρεμές*, σῶμα βαρὺ κινητὸν περί τι σημεῖον ἢ ὁριζόντιον ἄξονα σταθερόν, ὅστις καλεῖται *ἄξων ἐξαρτήσεως*.

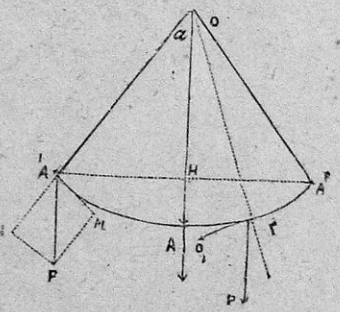
Σχ. 56.— Ἐκκρεμές.

Συνήθως δίδουσιν εἰς τὸ ἐκκρεμὲς (Σχ. 56) σχῆμα σφαιρικῆς ἢ φακοειδοῦς μεταλλικῆς μάζης, προσδεδεμένης εἰς τὸ ἄκρον μεταλλικῆς ῥάβδου ἢ νήματος μὴ ἐκτατοῦ. Τὸ ἐκκρεμὲς εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, ὅταν ἔχῃ θέσιν κατακόρυφον καὶ τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ κεῖται κάτωθεν τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως. Ἐὰν ὅμως ἐκτοπισθῇ ἐκ τῆς ὡρισμένης ταύτης θέσεως, ἐκτελεῖ ἔνθεν καὶ ἔνθεν αἰωρήσεις τινάς, μεθ' ἃς ἐπανέρχεται πάλιν εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πρὸς σπουδὴν τῶν νόμων τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς νοοῦμεν φανταστικόν τι ἐκκρεμές, ἀποτελούμενον *ἐξ ἑνὸς ὑλικοῦ βαρέος σημείου*, ἐξηρτημένου διὰ νήματος *ἀβαροῦς καὶ μὴ ἐκτατοῦ* καὶ κινουμένου περὶ τὸν ἄξονα τῆς ἐξαρτήσεως ἐν τῷ κενῷ καὶ χωρὶς νὰ ὑφίσταται τριβήν τινα ἐπὶ τοῦ σημείου τούτου. Τὸ φανταστικὸν τοῦτο καὶ ἀπραγματοποίητον ἐκκρεμὲς καλεῖται ἁπλοῦν ἐκκρεμές.

58. **Αἰωρήσεις τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς.** Ἔστω ΟΑ τὸ ἁπλοῦν ἐκκρεμὲς (Σχ. 57) ἔχον διεύθυνσιν κατακόρυφον καὶ ἰσορροποῦν. Ἐκτοπίσωμεν αὐτὸ ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας καὶ φέρωμεν τὸ σημεῖον Α εἰς τὸ Α′, καλέσωμεν δὲ α τὴν γωνίαν ΑΟΑ′. Ἐπειδὴ νῦν ἡ τὸ βάρος τοῦ σημείου παριστῶσα δύναμις Α′Ρ δὲν εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς κατακορύφου τοῦ σημείου Ο, δὲν θὰ ὑπάρξῃ ἰσορροπία, ἀλλὰ θὰ παραχθῇ κίνησις καὶ ἰδοὺ πῶς: ἡ δύναμις Α′Ρ δύναται ν' ἀναλυθῇ κατὰ τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων εἰς δύο συνιστώσας, τὴν Α′Ν καὶ τὴν Α′Μ. ἐκ τούτων ἡ μὲν Α′Ν, ἐνεργοῦσα κατὰ τὴν προέκτασιν τοῦ νήματος καταστρέφεται ἐκ τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ, ἡ δὲ Α′Μ *ἔλκει τὸ ὑλικὸν σημεῖον* κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τοῦ τόξου Α′Α, ἵνα ἐπαναφέρῃ αὐτὸ εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας.



Σχ. 57.—Αἰωρήσεις τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς.

Εὑρίσκομεν δὲ τὴν τιμὴν τῆς δυνάμεως Α′Μ εὐκόλως ἐκ τῆς ὁμοιότητος τῶν τριγώνων Α′ΜΡ καὶ Α′ΗΟ, ἐν οἷς ἔχομεν

$$A'M : A'P = A'H : A'O,$$

$$\text{ἐξ ἧς} \quad A'M = A'P \times \frac{A'H}{A'O}.$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τουτέστιν ἡ Α′Μ ἰσοῦται τῷ γινομένῳ τοῦ βάρους τοῦ σημείου ἐπὶ τὸ κλάσμα $\frac{\text{Α′Η}}{\text{Α′Ο}}$· ἀλλὰ τὸ κλάσμα τοῦτο καὶ συνεπῶς καὶ ὁλόκληρον τὸ γινόμενον γίνεται ἐπὶ τοσοῦτον μεγαλείτερον, ὅσῳ αὐξάνεται ἡ Α′Η ἤ, ὅπερ ταὐτό, ἡ γωνία α. Ἐφ' ὅσον δὲ κατέρχεται τὸ ὑλικὸν σημεῖον πρὸς τὸ Α καὶ ἡ γωνία α σμικρύνεται, ἡ δύναμις Α′Μ ἐλαττοῦται καὶ ἐπὶ τέλους γίνεται μηδέν, ὅταν τὸ ὑλικὸν σημεῖον φθάσῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας.

Κατὰ ταῦτα, τὸ ὑλικὸν σημεῖον ὑπόκειται καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως ἀπὸ τοῦ Α′ μέχρι τοῦ Α εἰς τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως Α′Μ, πάντοτε ἐφαπτομένης ἐπὶ τοῦ τόξου καὶ βαθμηδὸν ἐλαττουμένης κατὰ τὴν ἔντασιν. Εἶνε λοιπὸν ἡ κίνησις τοῦ σημείου ἀνωμάλως ἐπιταχυνομένη, ἡ δὲ ταχύτης αὐτοῦ, κατ' ἀρχὰς οὖσα μηδὲν εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀναχωρήσεως Α′, αὐξάνεται βαθμηδὸν μέχρι τοῦ Α, ἔνθα εἶνε μεγίστη.

Φθάσαν τὸ κινητὸν εἰς τὸ Α, ἔπρεπε νὰ ἰσορροπήσῃ, διότι ἡ ἐνέργεια τῆς βαρύτητος καταστρέφεται ἐνταῦθα ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἄξονος· ἀλλ' ἐπειδὴ κατὰ τὴν κίνησιν ἀπὸ Α′ εἰς Α ἀπέκτησε τὸ κινητὸν ποσόν τι *δρώσης δυνάμεως*, δὲν δύναται νὰ σταματήσῃ, ἀλλ' ἡ δρῶσα δύναμις θὰ παραγάγῃ μηχανικὸν ἔργον ἴσον πρὸς ἐκεῖνο, ὅπερ παρήγαγε τὴν δρῶσαν δύναμιν (Ἴδε σελ. 55). Θὰ ἐξακολουθήσῃ λοιπὸν κινούμενον πέραν τοῦ Α πρὸς τὸ Α″ κατὰ τὸ τόξον ΑΑ″, ἀλλὰ μὲ κίνησιν ἐπιβραδυνομένην, διότι νῦν ἡ συνιστῶσα ΓΟ′ ἐνεργεῖ ἀντιρρόπως τῇ διευθύνσει τοῦ ὑλικοῦ σημείου, ἡ δ' ἔντασις αὐτῆς αὐξάνεται, ὅσῳ τοῦτο ἀνέρχεται ἐπὶ τοῦ τόξου πρὸς τὸ Α″. Ἐπιβραδύνεται λοιπὸν βαθμηδὸν ἡ κίνησις τοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ ὅταν φθάσῃ εἰς τὸ Α″, ὁλόκληρος ἡ ῥύμη αὐτοῦ ἔχει μεταβληθῇ εἰς μηχανικὸν ἔργον καὶ σταματᾷ πλέον τὸ σημεῖον εἰς τὸ Α″, ἔνθα Α′Α=ΑΑ″. Τότε ἀρχίζει ἀμέσως νὰ κατέρχηται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πρὸς τὸ Α, καὶ φθάνον ἐκεῖ καὶ ὑπερβαῖνον τοῦτο ν' ἀνέρχηται πάλιν μέχρι τοῦ Α' καὶ πάλιν νὰ κατέρχηται, ἐκτελοῦν οὕτως ἔνθεν καὶ ἔνθεν τῆς κατακορύφου οΑ σειρὰν αἰωρήσεων ἐπ' ἄπειρον, διότι ὑπεθέσαμεν τὸ ἁπλοῦν ἐκκρεμὲς ἀπηλλαγμένον πάσης τριβῆς ἔκ τε τοῦ περιβάλλοντος ἀέρος καὶ ἐκ τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως.

Ἡ μετάβασις τοῦ ὑλικοῦ σημείου ἀπὸ τῆς μιᾶς ἀκροτάτης θέσεως Α' εἰς τὴν ἑτέραν Α'' καλεῖται **αἰώρησις**, *τὸ δὲ τόξον τῆς γωνίας Α'ΟΑ'' καλεῖται* **πλάτος τῆς αἰωρήσεως.**

59. **Νόμοι τῶν αἰωρήσεων τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς.** Εἰς πᾶν ἁπλοῦν ἐκκρεμὲς ἡ διάρκεια μιᾶς αἰωρήσεως εἶνε ἀνάλογος τοῦ πλάτους τῆς αἰωρήσεως, τουτέστι συναυξάνεται μετὰ τοῦ πλάτους καὶ ἐλαττοῦται ἐλαττουμένου τούτου. Ὅταν ὅμως τὸ πλάτος εἶνε λίαν σμικρόν, δυνάμεθα νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἶνε σχεδὸν ἀνεξάρτητος τοῦ πλάτους, δίδεται δὲ τότε ὑπὸ τοῦ ἑξῆς τύπου, ὃν εὑρίσκει καὶ ἀποδεικνύει ἡ Μηχανική:

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

ἔνθα π εἶνε ὁ λόγος τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον, g ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος ἔν τινι τόπῳ καὶ μ τὸ μῆκος τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς· λαμβάνεται δὲ ὡς μῆκος τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς ἡ *ἀπόστασις τοῦ ὑλικοῦ σημείου ἀπὸ τοῦ σημείου τῆς ἐξαρτήσεως.*

Ὁ τύπος οὗτος ἐγκλείει τοὺς τρεῖς νόμους τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς, οἵτινές εἰσιν οἱ ἑξῆς:

1ος Νόμος. *Αἱ μικραὶ αἰωρήσεις τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς εἰσὶν ἰσόχρονοι.*

2ος Νόμος. *Ἡ διάρκεια τῶν μικρῶν αἰωρήσεων εἶνε ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ῥίζης τοῦ μήκους τοῦ ἐκκρεμοῦς.* Τουτέστιν, ὅταν τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς γίνηται 4πλάσιον, 9πλά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σιον, 16πλάσιον, ὁ χρόνος μιᾶς αἰωρήσεως γίνεται 2πλάσιος, 3πλάσιος, 4πλάσιος κλπ.

3ος Νόμος. *Διὰ τὸ αὐτὸ ἐκκρεμὲς ἡ διάρκεια μιᾶς αἰωρήσεως εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος.* Ὑποτιθεμένου ὅτι ἡ ἔντασις g τῆς βαρύτητος γίνεται 4άκις, 9άκις, 16άκις μείζων ἀπὸ ἑνὸς τόπου Α εἰς ἕτερον Β εἰς ἕτερον Γ, ὁ χρόνος χ μιᾶς αἰωρήσεως τοῦ αὐτοῦ ἐκκρεμοῦς θὰ εἶνε μικρότερος κατὰ τὸ $\frac{1}{2}$ ἐν τῷ Β, κατὰ τὸ $\frac{1}{3}$ ἐν τῷ Γ, κατὰ τὸ $\frac{1}{4}$ ἐν τῷ Δ....

Τούτοις προσθετέον καὶ ὅτι ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἶνε ἀνεξάρτητος τῆς οὐσίας, ἐξ ἧς συνίσταται τὸ ὑλικὸν σημεῖον.

60. **Σύνθετον ἐκκρεμές**. Τὸ ἁπλοῦν ἐκκρεμὲς εἶνε, ὡς εἴπομεν, φανταστικόν· τὸ πραγματικὸν καὶ ἐν χρήσει ἐκκρεμὲς εἶνε τὸ σύνθετον, *τουτέστι σῶμα στερεὸν βαρύ, δυνάμενον νὰ αἰωρῆται περὶ σταθερὸν ὁριζόντιον ἄξονα μὴ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτοῦ.*

Ἀποδεικνύεται ἐν τῇ μηχανικῇ ὅτι ἐν τῷ συνθέτῳ ἐκκρεμεῖ δύναται νὰ εὑρεθῇ πάντοτε *σημεῖόν τι ἢ σειρὰ σημείων, τῶν ὁποίων ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως παριστᾷ τὸ μῆκος ἀντιστοίχου ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς ἰσοχρόνου πρὸς τὸ σύνθετον* (ἐκτελοῦντος μίαν αἰώρησιν ἐν ᾧ χρόνῳ καὶ τὸ σύνθετον). Τὰ σημεῖα ταῦτα ἀπέχοντα ἰσάκις ἀπὸ τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως ἀποτελοῦσιν εὐθεῖαν παράλληλον τῷ ἄξονι τούτῳ, ἥτις λέγεται ἄξων αἰωρήσεως, ἡ δὲ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως καλεῖται μῆκος τοῦ συνθέτου ἐκκρεμοῦς.

Εὑρίσκεται τὸ μῆκος τοῦ συνθέτου ἐκκρεμοῦς διὰ μεθόδου, ἥτις στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἑξῆς ἰδιότητος τοῦ ἐκκρεμοῦς: ὅτι ὁ ἄξων τῆς αἰωρήσεως εἶνε ἀντίστροφος τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως. Τουτέστιν,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐὰν ἐξαρτηθῇ τὸ ἐκκρεμὲς ἐκ τοῦ ἄξονος τῆς αἰωρήσεως, ὁ πρὶν ἄξων τῆς ἐξαρτήσεως θὰ γίνῃ νῦν ἄξων αἰωρήσεως καὶ ἑπομένως ἡ διάρκεια μιᾶς αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς μένει ἡ αὐτή. Εἰς τοῦτο στηριζόμενοι ἐξαρτῶμεν τὸ ἐκκρεμὲς ἐκ τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως καὶ μετροῦμεν τὸν χρόνον αἰωρήσεών τινων· ἀκολούθως ζητοῦμεν διὰ δοκιμῶν νὰ εὕρωμεν ἐκ ποίας ἄλλης θέσεως τῆς ῥάβδου δυνάμεθα νὰ ἐξαρτήσωμεν τὸ ἐκκρεμὲς ὥστε νὰ ἐκτελῇ καὶ πάλιν τὰς αὐτὰς αἰωρήσεις εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον. Ἡ θέσις, ἣν οὕτω θὰ εὕρωμεν, θὰ εἶνε ὁ ἄξων τῆς αἰωρήσεως, ἡ δὲ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ πρὶν ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως θὰ εἶνε τὸ ζητούμενον μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Διὰ τοῦ ὑπολογισμοῦ εὑρίσκεται ὅτι ὁ ἄξων τῆς αἰωρήσεως δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ ἐκκρεμοῦς· ἐὰν ὅμως τοῦτο εἶνε κατεσκευασμένον ἐκ μικροῦ πλατινίνου σφαιριδίου ἐξηρτημένου διὰ λεπτοτάτου μεταξίνου νήματος, ἡ διαφορὰ εἶνε τόσον σμικρά, ὥστε δυνάμεθα ἄνευ αἰσθητοῦ λάθους νὰ θεωρήσωμεν τὸ κέντρον τοῦ βάρους ὡς ἓν τῶν σημείων τοῦ ἄξονος τῆς αἰωρήσεως καὶ συνεπῶς *νὰ λαμβάνωμεν ὡς μῆκος τοῦ τοιούτου ἐκκρεμοῦς τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ σφαιριδίου.*

Τούτων τιθεμένων ὁ τύπος τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς

$$\left(\chi = \pi\sqrt{\frac{\mu}{g}}\right)$$

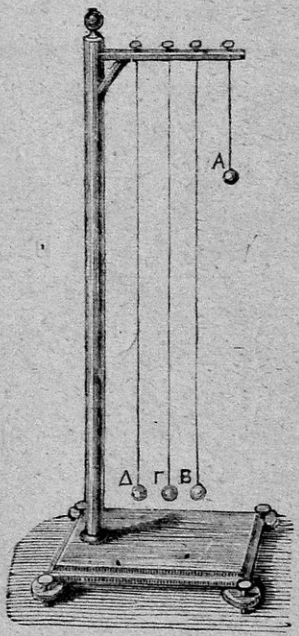
δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ καὶ διὰ τὸ σύνθετον, μὲ τὴν παρατήρησιν ὅτι τὸ μ θέλει παριστᾷ τὸ μῆκος, οἷον ὡρίσαμεν αὐτὸ ἀνωτέρω.

61. **Ἐπαλήθευσις τῶν νόμων τοῦ ἐκκρεμοῦς.** Τοιοῦτον μεταχειριζόμενοι σύνθετον ἐκκρεμὲς ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς ὡς ἑξῆς τοὺς νόμους τοῦ ἐκκρεμοῦς.

I.—*Αἱ μικραὶ αἰωρήσεις εἰσὶν ἰσόχρονοι.* Ἐκτοπίζομεν τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐκτελῇ αἰωρήσεις, ὧν τὸ πλάτος νὰ μὴ ὑπερβαίνῃ τὰς 3^0, καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

προσδιορίζομεν διὰ χρονομέτρου τὸν χρόνον τῶν 100 πρώτων αἰωρήσεων· ἔστω ὅτι κατηναλώθη χρόνος 82″. $\frac{82}{100}$ θὰ παριστᾷ τὸν χρόνον μιᾶς αἰωρήσεως. Μετά τινα δευτερόλεπτα, ὅτε τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων θὰ ἐλαττωθῇ εἰς 2^0 ἢ καὶ ἔτι ὀλιγώτερον, προσδιορίζομεν τὸν χρόνον ἑτέρων 100 αἰωρήσεων· θὰ εὕρωμεν καὶ πάλιν διάρκειαν 82″ διὰ τὰς 100 αἰωρήσεις, συνεπῶς $\frac{82}{100}$ θὰ παριστᾷ τὸν χρόνον μιᾶς αἰωρήσεως. Ἐξακολουθοῦντες τοιουτοτρόπως τὸ πείραμα, εὑρίσκομεν *ὅτι ὁ χρόνος ἑκάστης αἰωρήσεως εἶνε ὁ αὐτὸς καὶ ἀνεξάρτητος τοῦ πλάτους τῆς αἰωρήσεως, ὅταν τοῦτο δὲν ὑπερβαίνῃ τὰς* 3^0.



Σχ. 58.—Ἐπαλήθευσι τῶν νόμων τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ἐὰν ὅμως τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων εἶνε μεῖζον τῶν 3^0, τότε ἀποδεικνύεται πειραματικῶς *ὅτι ὅσῳ μεῖζον τὸ πλάτος, τόσῳ μείζων καὶ ὁ χρόνος ἑκάστης αἰωρήσεως.*

Ὁ Γαλιλαῖος πρῶτος ἐπηλήθευσε πειραματικῶς τὸ ἰσόχρονον τῶν μικρῶν αἰωρήσεων.

II.—*Ἐπαλήθευσις τοῦ νόμου τῶν μικρῶν.* Λαμβάνομεν δύο ἐκκρεμῆ (Σχ. 58) Α καὶ Β ἀποτελούμενα ἐξ ἰσοβαρῶν πλατινίνων σφαιριδίων, ἀλλ' ὧν τὸ μῆκος νὰ εἶνε 1 πρὸς 4 καὶ προσδιορίζομεν τὸν χρόνον μιᾶς αἰωρήσεως τοῦ Α καὶ τοῦ Β· θὰ εὕρωμεν ὅτι, ἐὰν ὁ χρόνος μιᾶς αἰωρήσεως τοῦ Α εἶνε 1″, ὁ χρόνος μιᾶς αἰωρήσεως τοῦ Β θὰ εἶνε 2″. Ὥστε οἱ χρόνοι (1, 2) εἶνε

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὡς αἱ τετραγωνικαὶ ρίζαι τῶν μηκῶν (1, 4). Ἐὰν δὲ δώσωμεν εἰς τὸ Β μῆκος ἐννεαπλάσιον τοῦ Α, ὁ χρόνος ἑκάστης αἰωρήσεως τοῦ Β θὰ εἶνε τριπλάσιος τοῦ χρόνου τῆς αἰωρήσεως τοῦ Α. Καὶ οὕτως ἀποδεικνύεται ὅτι δι' ἐκκρεμῆ, ὧν τὰ μήκη εἶνε πρὸς ἄλληλα ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9 . . ., οἱ χρόνοι τῶν αἰωρήσεων εἶνε ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3 . . . ἤτοι ὡς αἱ τετραγωνικαὶ ρίζαι τῶν μηκῶν.

III.—Διὰ τοῦ αὐτοῦ ὀργάνου ἀποδεικνύεται ἐπίσης ὅτι ἡ βαρύτης ἐνεργεῖ ἐπὶ πάντων τῶν σωμάτων, ἀνεξαρτήτως τῆς οὐσίας αὐτῶν, μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως ἐν τῷ αὐτῷ τόπῳ, διὸ καὶ πίπτουσιν ἐν τῷ κενῷ μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος.

Πρὸς τοῦτο λαμβάνομεν τρία ἰσομήκη καὶ ἀκριβῶς ἰσομεγέθεις σφαίρας ἔχοντα ἐκκρεμῆ Β, Γ, Δ, ἀλλ' ἐκ διαφόρου οὐσίας, καὶ ἐκτοπίζοντες αὐτὰ κατὰ τὴν αὐτὴν γωνίαν ἀφίνομεν αὐτὰ νὰ αἰωρῶνται θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ αἰωρήσεις αὐτῶν εἶνε ἰσόχρονοι.

62. **Προσδιορισμὸς τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος.**—Ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος, ἥτις, ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, ἐκφράζεται διὰ τῆς ἐπιταχύνσεως (g), ἣν παράγει ἡ βαρύτης ἐπὶ τῶν ἐν τῷ κενῷ καταπιπτόντων σωμάτων, προσδιορίζεται μετὰ πάσης τῆς ἀκριβείας διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς. Πρὸς τοῦτο μεταχειριζόμεθα τὸν γνωστὸν τύπον τοῦ ἐκκρεμοῦς

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

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

καὶ λύοντες τὴν ἐξίσωσιν ὡς πρὸς τὸ g ἔχομεν

$$g = \frac{\pi^2 \mu}{\chi^2} \quad (1).$$

Ἐὰν νῦν προσδιορίσωμεν τὸν χρόνον (χ) μιᾶς αἰωρήσεως εἰς δευτερόλεπτα καὶ τὸ μῆκος (μ) τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς τοῦ ἰσοχρόνου πρὸς τὸ δοθὲν σύνθετον εἰς μέτρα, καὶ ἀντικαταστήσωμεν τὴν τιμὴν τοῦ χ καὶ μ ἐν τῇ ἐξισώσει, τὰ πάντα εἰσὶ γνωστὰ (διότι καὶ τὸ π εἶνε γνωστόν) καὶ εὑρίσκομεν οὕτω τὴν τιμὴν τοῦ g εἰς μέτρα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὕτως εὑρέθη διὰ τῶν πειραμάτων ὅτι τὸ g εἶνε ἐν Παρισίοις $9^{μ}$, 8088.

Ἐκ τοῦ αὐτοῦ τύπου $χ=π\sqrt{\frac{μ}{g}}$ εὑρίσκεται καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ἑκάστην αἰώρησιν εἰς 1″. Διότι ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον ἀντὶ τοῦ χ τὴν μονάδα ἔχομεν,

$$1=π\sqrt{\frac{μ}{g}},$$

ἐξ οὗ $1=π^2\frac{μ}{g}$

καὶ λύοντες τὴν ἐξίσωσιν ὡς πρὸς τὸ μ ἔχομεν,

$$μ=\frac{g}{π^2},$$

ἔνθ' ἀντικαθιστῶντες ἀντὶ g καὶ $π^2$ τὰ ἴσα αὐτῶν εὑρίσκομεν $μ=0^{μ}$, 9939.

63. **Μεταβολὴ τοῦ g ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς καὶ ἐν τῷ ἐσωτερικῷ αὐτῆς.** Ὁ ἀριθμὸς $9^{μ}$,8088 δίδει τὴν ἔντασιν τῆς βαρύτητος δι' ὡρισμένον *πλάτος* (τὸ τῶν Παρισίων) καὶ ὡρισμένον ὕψος ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Διὰ τόπους ὅμως, ὧν τὸ πλάτος ἢ τὸ ὕψος εἶνε διάφορα τῶν ἀνωτέρω, τα πειράματα ἀπέδειξαν ὅτι καὶ τὸ g εἶνε διάφορον.

I.—*Ἐπίδρασις τοῦ πλάτους.* Προκειμένου περὶ τοῦ *πλάτους* εὑρέθη ὅτι πρὸς τοὺς πόλους ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος αὐξάνεται. Διότι ἡ Γῆ δὲν ἔχει σχῆμα σφαιρικόν, ἀλλ' εἶνε πεπιεσμένη κατὰ τοὺς πόλους καὶ ἐξωγκωμένη περὶ τὸν Ἰσημερινὸν καὶ ὡς ἐκ τούτου τὰ περὶ τοὺς πόλους σημεῖα κεῖνται πλησιέστερον, τὰ δὲ περὶ τὸν Ἰσημερινὸν ἀπώτερον τοῦ κέντρου τῆς γῆς, καὶ συνεπῶς ἡ ἕλξις ἐπὶ τῶν πρώτων εἶνε μείζων ἢ ἐπὶ τῶν περὶ τὸν Ἰσημερινόν. Διὰ τοῦτο ἐν Παρισίοις μὲν τὸ g ἰσοῦται πρὸς $9^{μ}$.8088, εἰς πλάτος δὲ 80^{0} ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας αὐξάνεται εἰς $9^{μ}$, 83, εἰς δὲ τὸν Ἰσημερινὸν ἐλαττοῦται εἰς $9^{μ}$, 781.

Ἐπίσης μεταβάλλεται ἀναλόγως τοῦ διαφόρου πλάτους καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς τοῦ δεικνύοντος τὰ δευτερόλεπτα καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γίνεται μεγαλείτερον ἀπὸ τοῦ Ἰσημερινοῦ πρὸς τοὺς πόλους. Εὑρίσκεται δὲ τὸ μῆκος τοῦτο ὂν ἐν τῷ κενῷ καὶ εἰς τὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης

ἐν τῷ Ἰσημερινῷ	$0^{\alpha},99103$
ἐν Πειραιεῖ	0,99290
ἐν πλάτει 40^{0}	0,99356
ἐν τῷ πόλῳ	0,99610.

II.— *Ἐπίδρασις τοῦ ὕψους.* Εὑρίσκομεν τὴν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος εἰς διάφορα ὕψη παραδεχόμενοι, κατὰ τὰ ἐν τῇ Μηχανικῇ ἀποδεικνυόμενα, ὅτι ἡ γῆ ἕλκει τὰ ἐκτὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς ὑλικὰ σημεῖα, ὡς ἐὰν ἡ ἕλξις προήρχετο ἐκ τοῦ κέντρου αὐτῆς καὶ εἶλκε τὰ σώματα κατ' εὐθὺν μὲν λόγον τῶν μαζῶν, κατ' ἀντίστροφον δὲ λόγον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν ἀπὸ τοῦ γηίνου κέντρου. Συνεπῶς ὅσῳ ὑψηλότερον τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ἀνερχόμεθα, τόσῳ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται.

Ἐὰν καλέσωμεν g τὴν ἔντασιν τῆς γῆς διά τι σημεῖον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης κείμενον καὶ ἀπέχον ἀπὸ τοῦ κέντρου ἴσον τῇ ἀκτῖνι τῆς γῆς A, g' δὲ τὴν ἔντασιν δι' ἕτερον σημεῖον κείμενον εἰς ὕψος υ ὑπὲρ τὴν θάλασσαν καὶ ἐπομένως ἀπέχον ἀπὸ τοῦ κέντρου $A+\upsilon$, ἔχομεν

$$g' : g = A^2 : (A+\upsilon)^2,$$

ἐξ οὗ
$$g' = g\left(\frac{A}{A+\upsilon}\right)^2 \quad (1).$$

Διὰ τοῦ τύπου (1) δυνάμεθα ν' ἀναγάγωμεν τὴν δι' ὕψος τι εὑρεθεῖσαν ἔντασιν g' εἰς τὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης καὶ τἀνάπαλιν. Ἐννοεῖται ὅμως ὅτι δι' ὕψη μικρὰ ὀλίγων μέτρων ἢ δεκάδων τοιούτων, ἡ διαφορὰ τῆς ἐντάσεως εἶνε ἀσήμαντος καὶ παροράται.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

III. — *Μεταβολὴ τοῦ g ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τῆς γῆς.* Ἡ ἀνωτέρω σχέσις δὲν εἶνε ἡ αὐτή, ὅταν, ἀντὶ ν' ἀνέλθωμεν ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης, εἰσχωρήσωμεν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γῆς. Διοτι, καθ' ἃ ἀποδεικνύεται ἐν τῇ Μηχανικῇ, ἡ ἑλκτικὴ ἐνέργεια τῶν ἐξωτερικῶν στρωμάτων τῆς σφαίρας ἐπὶ σημείου ὑλικοῦ ἐσώτερον αὐτῶν κειμένου ἐξουδετεροῦται· συνεπῶς ἡ ἕλξις πρέπει νὰ ἐλαττῶται, ἐφ' ὅσον προβαίνομεν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γῆς. Καὶ ἐν τούτοις πειράματα γενόμενα ὑπὸ τοῦ Airy διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς κατέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος αὐξάνει ἐφ' ὅσον προχωροῦμεν εἰς τὰ βάθη καὶ ὅτι ἡ αὔξησις αὕτη εἰς βάθος 383 μ. εἶνε τὸ $\frac{1}{1920}$ τῆς τιμῆς, ἣν ἔχει τὸ g ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς. Ὁ λόγος εἶνε ὅτι τὰ ἐνδότερα στρώματα τῆς γῆς εἶνε πυκνότερα καὶ ἑπομένως, ἐνῷ ἀφ' ἑνὸς ἐλαττοῦται ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος εἰς τὰ ἐνδότερα, διότι ἐξουδετεροῦται ἡ ἐνέργεια τῶν ἐξωτερικῶν στρωμάτων ἄτινα διήλθομεν, ἀφ' ἑτέρου ὅμως, ἐπειδὴ πλησιάζομεν εἰς στρώματα πολὺ πυκνότερα, αὐξάνεται ἡ ἔντασις· ἐὰν λοιπὸν ἡ αὔξησις εἶνε μείζων τῆς ἐλαττώσεως, τότε φυσικῷ τῷ λόγῳ θὰ εἶνε ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος μείζων εἰς τὰ ἐνδότερα· τοῦτο δ' ἀκριβῶς προκύπτει ἐκ τῶν πειραμάτων τοῦ Airy. Ἐννοεῖται ὅτι εἰς μέγα βάθος ἡ ἐλάττωσις θὰ ἐξισωθῇ πρὸς τὴν αὔξησιν καὶ τότε τὸ g θὰ ἔχῃ τὴν αὐτὴν τιμήν, ἣν καὶ ἐν τῇ ἐπιφανείᾳ, περαιτέρω δὲ θ' ἀρχίσῃ συνεχῶς ἐλαττούμενον.

64. **Ἀποτελέσματα τῆς περιστροφῆς τῆς γῆς ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος.** Εἶνε γνωστὸν ὅτι ἡ γῆ ἐκτὸς τῆς ἐτησίας αὐτῆς περὶ τὸν ἥλιον περιφορᾶς ἐκτελεῖ καὶ τὴν περὶ ἄξονα περιστροφικὴν κίνησιν εἰς μίαν ἀστρικὴν ἡμέραν ἢ μᾶλλον εἰς 86,104 δλ. μέσου χρόνου. Ἕνεκα τῆς περιστροφῆς ταύτης ἀναπτύσσεται ὡς εἴδομεν (σελ 60) κεντρόφυξ δύναμις ἐπὶ πάντων τῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς σημείων καὶ τοσούτῳ μείζων ὅσῳ μείζων ἡ ἀπόστασις αὐτῶν ἀπὸ τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς, ὥστε αὐξάνει αὕτη ἀπὸ τῶν πόλων πρὸς τὸν Ἰσημερινόν. Πᾶν σῶμα λοιπὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς δυνάμει

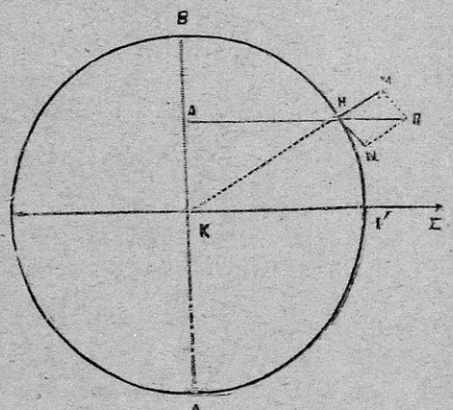
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως τείνει ν' ἀποσπασθῇ καὶ νὰ ἐκφύγῃ ἐκ τῆς γῆς, καὶ τοῦτο πράγματι θὰ συνέβαινεν, ἂν τὰ σώματα δὲν εἵλκοντο ὑπὸ τῆς βαρύτητος πρὸς τὸ κέντρον τῆς γῆς μετὰ μεγαλειτέρας δυνάμεως. Καὶ ὑπερισχύει μὲν οὕτως ἡ βαρύτης, ἀλλ' ἡ ἔντασις αὐτῆς ἐλαττοῦται κατὰ τὸ ποσὸν τῆς ἀντιρρόπως αὐτῇ ἐνεργούσης κεντρόφυγος δυνάμεως. Καὶ εἰς μὲν τὸν Ἰσημερινὸν ἡ κεντρόφυξ δύναμις οὖσα ἀπ' εὐθείας ἀντίρροπος τῇ βαρύτητι ἐνεργεῖ ὁλόκληρος πρὸς ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως αὐτῆς· εὑρίσκεται δὲ δι' ὑπολογισμοῦ ὅτι, ἂν ἡ ταχύτης τῆς περιστροφῆς ἐγίνετο 17άκις μείζων, τότε ἐν τῷ Ἰσημερινῷ ἡ ἔντασις τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως θὰ ἐξισοῦτο τῇ ἐντάσει τῆς βαρύτητος καὶ συνεπῶς τὰ σώματα ἐπ' αὐτοῦ οὐδὲν θὰ εἶχον βάρος. Ἂν δὲ ἐγίνετο κατά τι ὑπερτέρα, τότε θὰ ἐξηκοντίζοντο εἰς τὸ διάστημα. Ἐφ' ὅσον δὲ προβαίνομεν πρὸς τοὺς πόλους, μέρος(1) μόνον τῆς κεντρόφυγος δυνάμεως ἐνεργεῖ κατ' εὐθεῖαν ἀντιθέτως τῇ βαρύτητι, καὶ τὸ μέρος τοῦτο γίνεται τοσούτῳ μικρότερον ὅσῳ πλησιάζομεν πρὸς τοὺς πόλους, ἔνθα γίνεται μηδὲν καὶ συνεπῶς εἰς τοὺς πόλους οὐδεμίαν ὑρίσταται ἐλάττωσιν ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος.

65. **Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς.** Ὁ προσδιορισμὸς τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος εἰς τοὺς διαφόρους τῆς γῆς τόπους εἶνε ἡ πρώτη καὶ σπουδαιοτάτη τῶν ἐφαρμογῶν τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἐκτὸς τούτου ὅμως πολλαὶ καὶ ποικίλαι εἰσὶ καὶ αἱ

---

(1) Ἔστω ΒΙΑΙ' εἷς μεσημβρινὸς τῆς Γῆς καὶ Ι καὶ Ι' τὰ σημεῖα τῆς τομῆς αὐτοῦ μετὰ τοῦ Ἰσημερινοῦ. Εἰς τὸ σημεῖον Ι' τὸ ἐπὶ τοῦ Ἰσημερινοῦ κείμενον ἡ κεντρόφυξ δύναμις Σ ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν Ι'Σ, ἤτοι κατ' εὐθεῖαν ἀντιθέτως τῇ βαρύτητι, ἐν ᾧ ἐπὶ τοῦ σημείου Η ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΗΠ'· δύναται συνεπῶς ν' ἀναλυθῇ εἰς τὴν ΗΜ ἐνεργοῦσαν κατ' εὐθεῖαν ἀντιθέτως τῇ βαρύτητι καὶ εἰς τὴν ἐφαπτομένην ΗΝ. Ὅσον τὸ Η προχωρεῖ πρὸς τὸν πόλον Β τόσῳ ἡ ΗΝ γίνεται μικροτέρα, εἰς δὲ τὸ Β καὶ Α εἶνε μηδέν.



Σχ. 59

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄλλαι ἐφαρμογαὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς, ὧν αἱ μὲν πρακτικώτεραι, αἱ δὲ θεωρητικώτεραι.

Ὁ Huygens πρῶτος τῷ 1657 ἐφήρμοσε τὸ ἐκκρεμὲς πρὸς ρύθμισιν τῆς κινήσεως τῶν ὡρολογίων καὶ σήμερον ἡ τοιαύτη χρῆσις τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶνε πανταχοῦ ἐν ἐφαρμογῇ, ὡς πάντες γνωρίζομεν.

Ὁ Airy, ὡς καὶ ἀνωτέρω ἀνεφέραμεν, ἐφήρμοσε τὸ ἐκκρεμές, ὅπως προσδιορίσῃ δι' αὐτοῦ ἐμμέσως τὴν μέσην τῆς γῆς πυκνότητα.

Σπουδαιότατον εἶνε καὶ τὸ πείραμα τοῦ Foucault, ὅπερ ἐξετέλεσεν οὗτος ἐν τῷ Πανθέῳ τῶν Παρισίων δι' ἐκκρεμοῦς 64 μέτρων μήκους, ἐκτελοῦντος μίαν αἰώρησιν εἰς 8'' περίπου, ὅπως ἀποδείξῃ τὴν περὶ ἄξονα περιστροφὴν τῆς Γῆς.

Διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶνε δυνατὸν νὰ καταμετρηθῇ καὶ ἡ ἔντασις οἱασδήποτε δυνάμεως σταθερᾶς κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν.

Ἀσκήσεις.—1. Ποῖον εἶνε τὸ μῆκος τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς τοῦ δεικνύοντος τὰ δευτερόλεπτα (ἐκτελοῦντος μίαν αἰώρησιν εἰς 1'') ἐν τόπῳ, ἔνθα ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶνε 9μ.827;

2. Ἔν τινι τόπῳ, ἔνθα τὸ δεικνῦον τὰ δευτερόλεπτα ἐκκρεμὲς ἔχει μῆκος 0μ,992, μετὰ πόσον χρόνον ἐκκρεμὲς 4 μέτρων μήκους θὰ ἔχῃ συμπληρώσει 16 αἰωρήσεις;

3. Ἐκκρεμές τι δεικνύει τὰ δευτερόλεπτα. Δεύτερον ἐκκρεμὲς ἔχει διάρκειαν αἰωρήσεως, ἥτις διαφέρει κατὰ $\frac{1}{40}$ τῆς ἀπολύτου ἀξίας τῆς διαρκείας τῆς αἰωρήσεως τοῦ προηγουμένου ἐκκρεμοῦς. Ζητεῖται ὁποία ἡ σχέσις τῶν μηκῶν τῶν δύο ἐκκρεμῶν;

4. Ποῖον τὸ μῆκος τοῦ ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον δεικνύει ἥμισυ δευτερόλεπτον ἐν Παρισίοις;

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΓΕΝΙΚΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

66. **Ἀντικείμενον ὑδροστατικῆς.** Ὑδροστατικὴ εἶνε τὸ μέρος τῆς φυσικῆς τὸ πραγματευόμενον περὶ τῆς ἰσορροπίας τῶν ὑγρῶν καὶ περὶ τῶν πιέσεων, ἃς ταῦτα ἕνεκα τοῦ βάρους αὐτῶν ἐπιφέρουσιν εἴτε εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς ἑαυτῶν μάζης εἴτε εἰς τὰς παρειὰς τῶν περιεχόντων αὐτὰ ἀγγείων.

Περὶ τῶν ὑγρῶν ἐν κινήσει πραγματεύεται ἡ ὑδροδυναμική· ἡ δὲ ἐφαρμογὴ τῶν ἀρχῶν τῆς ὑδροστατικῆς καὶ ὑδροδυναμικῆς πρὸς διοχέτευσιν ἢ ἀνύψωσιν μεγάλων ποσοτήτων ὕδατος καλεῖται εἰδικώτερον ὑδραυλική.

67. **Φυσικὴ σύστασις τῶν ὑγρῶν.** Τὰ ὑγρὰ εἶσι σώματα, ὧν τὰ μόρια, ἕνεκα τῆς ἀσθενεστάτης πρὸς ἄλληλα συνοχῆς, ὑπείκουσι καὶ εἰς τὴν ἐλαχίστην δύναμιν, ἥτις τείνει ν' ἀποσπάσῃ αὐτὰ καὶ νὰ μεταβάλῃ τὴν πρὸς ἄλληλα σχετικὴν θέσιν καὶ ἀπόστασιν. Συνέπεια τούτου εἶνε τὸ *ῥοῶδες* τῶν ὑγρῶν, τουτέστιν ὅτι διολισθαίνουσιν εὐκολώτατα τὰ μόρια αὐτῶν τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δὲ καὶ συνεπῶς δὲν ἔχουσιν ὡρισμένον σχῆμα, ἀλλὰ λαμβάνουσι τὸ σχῆμα τοῦ περιέχοντος αὐτὰ ἀγγείου.

68. **Συμπιεστὸν καὶ ἐλαστικότης τῶν ὑγρῶν.** Ἐπὶ πολὺν χρόνον μετὰ τὸ πείραμα τῶν Ἀκαδημαϊκῶν τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Φλωρεντίας (σελ 17) ἐθεωροῦντο τὰ ὑγρὰ ὡς μὴ συμπιεστά, μεταγενέστερα ὅμως πειράματα ὑπὸ πολλῶν φυσικῶν γενόμενα κατέδειξαν ὅτι καὶ τὰ ὑγρά εἰσι κατὰ τὸ *μᾶλλον καὶ ἧττον συμπιεστά*. Ὑπάρχουσι δὲ καὶ συσκευαὶ εἰδικαί, *πιεζομετρα*, καλούμεναι, δι' ὧν καταμετρεῖται τὸ συμπιεστὸν τῶν διαφόρων ὑγρῶν, καὶ εὑρίσκεται μετ' ἀκριβείας καὶ *ὁ συντελεστὴς τοῦ συμπιεστοῦ* δι' ἕκαστον ὑγρόν, τουτέστι *πόσην ἐλάττωσιν ὑφίσταται* **ἡ μονὰς** *τοῦ ὄγκου τοῦ ὑγροῦ εὑρισκομένη ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας*. Οὕτως εὑρίσκεται ὅτι *ὁ συντελεστὴς τοῦ ἀπολύτου συμπιεστοῦ* εἶνε:

Διὰ τὸν ὑδράργυρον	(θερμοκρ. 0°)	5	ἑκατομμυριοστὰ
Διὰ τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ	» »	49—51	»
Διὰ τὸν αἰθέρα	» »	133	»

Οἱαδήποτε ὅμως καὶ ἂν ᾖ ἡ πίεσις, εἰς ἣν ὑποβάλλεται ὑγρόν τι, τὸ πείραμα καταδεικνύει ὅτι *τοῦτο ἀναλαμβάνει ἀκριβῶς τὸν ἀρχικὸν αὐτοῦ ὄγκον, εὐθὺς ὡς παύσῃ ἐνεργοῦσα ἡ συμπιέζουσα αὐτὸ δύναμις*, τοὐτέστιν ὅτι *τὰ ὑγρά εἰσι τελείως ἐλαστικά*.

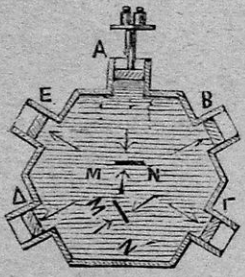
69. **Ἀρχὴ τῆς ἰσότητος τῶν πιέσεων ἢ ἀρχὴ τοῦ Pascal.** Παραδεχόμενοι, συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω λεχθέντα, τὰ ὑγρὰ τελείως ἐλαστικὰ καὶ ρωδέστατα, ὑποθέτοντες δὲ πρὸς στιγμὴν αὐτὰ ἀβαρῆ, ἀγόμεθα εἰς τὴν ἑξῆς ἀρχὴν τῆς ὑδροστατικῆς, τὴν καλουμένην *ἀρχὴν τῆς ἰσότητος τῶν πιέσεων ἢ ἀρχὴν τοῦ Pascal*.

Πᾶσα πίεσις ἐπιφερομένη ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ τινος ἐν ἰσορροπίᾳ μεταδίδεται κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις καὶ ἀναλλοίωτος εἰς ἕκαστον τμῆμα τῆς παρειᾶς τοῦ ἀγγείου ἴσον πρὸς τὴν πιεσθεῖσαν ἐπιφάνειαν.

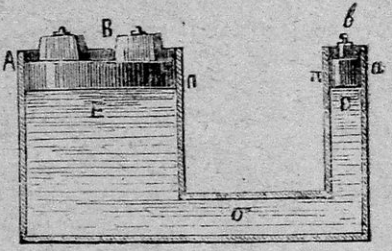
1ον. Ἔστω τὸ κυλινδρικὸν ἀγγεῖον ΑΒΓΔΕ (σχ. 60) πεπληρωμένον ὕδατος ἢ ἄλλου τινὸς ὑγροῦ καὶ φέρον ἐπὶ τῶν παρειῶν αὐτοῦ ἰσομεγέθεις κυκλικὰς ὀπὰς Α, Β, Γ, Δ, Ε, κλειο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μένας δι' ἐμβόλων κινητῶν. Ἐὰν ἐπὶ τοῦ ἀνωτέρου ἐμβόλου Α ἐφαρμοσθῇ ἐκ τῶν ἔξω πρὸς τὰ ἔσω πίεσίς τις 2 χιλιογράμμων, πάραυτα ἡ πίεσις αὕτη μεταδίδεται διὰ τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ καὶ εἰς τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἐμβόλων Β, Γ, Δ καὶ Ε καὶ ὠθεῖ ἕκαστον τούτων ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω μετὰ δυνάμεως 2 χιλιογράμμων, διὸ καὶ θὰ ἴδωμεν αὐτὰ μετακινούμενα πρὸς τὰ ἔξω. Τότε δὲ μόνον παρεμποδίζεται πᾶσα μετακίνησις τῶν ἐμβόλων, ἐὰν ἐφαρμοσθῇ εἰς ἕκαστον τούτων ἀντίρροπος δύναμις ἐκ τῶν ἔξω ἴση πρὸς 2 χιλιόγραμμα. Οὕτως ἀποδεικνύεται οὐ μόνον ὅτι ἡ πίεσις μεταδίδεται διὰ τοῦ ὑγροῦ κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις, ἀλλὰ καὶ ὅτι ἕκαστον τμῆμα



Σχ. 60. Ἀρχὴ τοῦ Pascal.



Σχ. 61.—**Μετάδοσις τῆς πιέσεως ἀναλόγως τῆς ἐπιφανείας.**

τῆς παρειᾶς τοῦ ἀγγείου ἴσον πρὸς τὴν πιεσθεῖσαν ἐπιφάνειαν δέχεται ἴσην πίεσιν.

2ον. Συνέπεια τούτου εἶνε ὅτι τμῆμα τῆς παρειᾶς ἔχον ἐπιφάνειαν δίς, τρίς, μείζονα τοῦ Α, θὰ δεχθῇ ἐκ τοῦ ὑγροῦ πίεσιν διπλασίαν, τριπλασίαν κλπ., ἤτοι *ἀνάλογον τῆς ἐκτάσεως τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ*.

Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται τοῦτο ὡς ἑξῆς: Δύο κύλινδροι (Σχ. 61) κατακόρυφοι Ε καὶ ε ἀνίσου διαμέτρου καὶ συγκοινωνοῦντες δι' ὁριζοντίου σωλῆνος σ πληροῦνται ὕδατος καὶ ἐπὶ ἑκατέρας τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑγροῦ τιθενται ἐμβολα ἐλα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φρὰ ΑΠ καὶ απ, κλείοντα τοὺς κυλίνδρους ἑρμητικῶς μὲν ἀλλ' ἄνευ τριβῆς. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου ἐμβόλου ΑΠ εἶνε 30πλασία τῆς τοῦ απ· ἐὰν ἐπιθέσωμεν ἐπὶ τοῦ α βάρος τι β ἴσον πρὸς 2 χιλιόγραμμα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ὅπως μὴ μετακινηθῇ πρὸς τὰ ἄνω τὸ μέγα ἔμβολον ΑΠ, ἀπαιτεῖται νὰ ἐπιθέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ βάρος Β ἴσον πρὸς 60 χιλιόγραμμα. Τοῦθ' ὅπερ ἀποδεικνύει ὅτι ἡ πίεσις τῶν 2 χιλιογράμ. μεταδοθεῖσα εἰς 30πλασίαν ἐπιφάνειαν ἐγένετο 30πλασία. Ἐὰν δὲ τὸ απ ἐπιφορτισθῇ μὲ βάρος 3, 4 χλγρ., τότε θὰ ἴδωμεν ὅτι, πρὸς ἀποκατάστασιν τῆς ἰσορροπίας, ἀπαιτεῖται νὰ ἐπιτεθῶσιν ἐπὶ τοῦ ΑΠ 3×30, 4×30 χλγρ. καὶ οὕτω καθεξῆς. Καὶ ἐν γένει, ἂν καλέσωμεν Ε καὶ ε τὰς ἐπιφανείας τῶν ἐμβόλων καὶ Β καὶ β τὰ ἐπιτιθέμενα βάρη, θὰ ἔχωμεν

$$\frac{B}{\beta}=\frac{E}{\varepsilon}\ (1),$$

ἢ

$$\frac{B}{E}=\frac{\beta}{\varepsilon}\ (2).$$

3ον. Τὸ πηλίκον $\frac{B}{E}$ ὡς καὶ τὸ $\frac{\beta}{\varepsilon}$ παριστῶσι τὴν *ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας μέσην πίεσιν*· ἐπειδὴ δέ, καθ' ἃ ἡ ἰσότης (2) δεικνύει, $\frac{B}{E}$ εἶνε ἴσον τῷ $\frac{\beta}{\varepsilon}$, ἐξάγεται ὅτι *εἰς πᾶν ὑγρὸν δεχόμενον πίεσίν τινα ἐξωτερικήν, ἡ ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐσωτερικῆς αὐτοῦ ἐπιφανείας μεταδιδομένη μέση πίεσις εἶνε ἡ αὐτὴ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τῶν παρειῶν τοῦ ἀγγείου.*

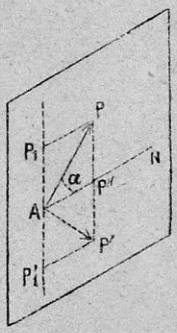
4ον. Ἡ ἀνωτέρω ἀρχὴ τοῦ Pascal ἐφαρμόζεται ὑφ' ὅλας αὐτῆς τὰς μορφὰς οὐ μόνον διὰ τὰς παρειὰς τῶν περιεχόντων ἀγγείων, ἀλλὰ καὶ διὰ πᾶν τμῆμα ἐπιπέδου ἐπιφανείας ΜΝ ἢ Μ'Ν' (Σχ. 60) ἀποτελούμενον ἐξ ὑγρῶν μορίων καὶ λαμβανόμενον εἰς οἱανδήποτε θέσιν ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐπειδὴ δὲ αἱ ἑκατέρωθεν πιέσεις εἶνε ἴσαι, ἰσορροποῦσιν ἀλλήλας καὶ τὰ ΜΝ καὶ Μ'Ν' μένουσιν ἐν ἰσορροπίᾳ.

70. **Διεύθυνσις τῶν πιέσεων.** Πᾶσαι αἱ πιέσεις αἱ ἐπιφερόμεναι εἴς τι σημεῖον ἢ τμῆμα ἐπιφανείας εἴτε ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ εἴτε ἐπὶ τῶν παρειῶν τοῦ περιέχοντος ἀγγείου εἶνε δυνάμεις κάθετοι ἐπὶ τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας.

Τοῦτο δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς συνέπεια τοῦ τελείου ῥοώδους τῶν ὑγρῶν καὶ τῆς ἀπολύτου συμμετρίας πέριξ οἱουδήποτε σημείου αὐτῶν. Πράγματι, ἂν ὑποθέσωμεν ὅτι ἐπὶ τοῦ Α (Σχ. 62) ἐνεργεῖ ἡ πίεσις Ρ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΡ, σχηματίζουσα μετὰ τῆς καθέτου ΑΝ γωνίαν α, πρέπει ἕνεκα τῆς συμμετρίας νὰ ὑπάρχῃ καὶ ἑτέρα πίεσις Ρ' ἐνεργοῦσα ἀντιθέτως καὶ τὴν αὐτὴν μετὰ τῆς καθέτου σχηματίζουσα γωνίαν. Ἀλλ' ἑκατέρα τῶν δυνάμεων τούτων δύναται ν' ἀναλυθῇ εἰς δύο ἄλλας συνιστώσας, ἡ μὲν Ρ εἰς τὴν ΑΡι καὶ ΑΡ'', ἡ δὲ Ρ' εἰς τὴν ΑΡι' καὶ εἰς τὴν ΑΡ''. Ἐκ τῶν τεσσάρων τούτων δυνάμεων αἱ δύο ΑΡι καὶ ΑΡι', ὡς ἴσαι καὶ κατ' εὐθεῖαν ἀντίρροποι, ἐξουδετεροῦνται, αἱ δὲ καθέτως ἐνεργοῦσαι ΑΡ'' καὶ ΑΡ'' εἶνε ἴσαι καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς, καὶ συνεπῶς ἐπιπροστίθενται, ἵνα πιέσωσι τὸ Α μὲ δύναμιν ἴσην τῇ ΑΝ καὶ κάθετον ἐπὶ τοῦ πιεζομένου σημείου Α.



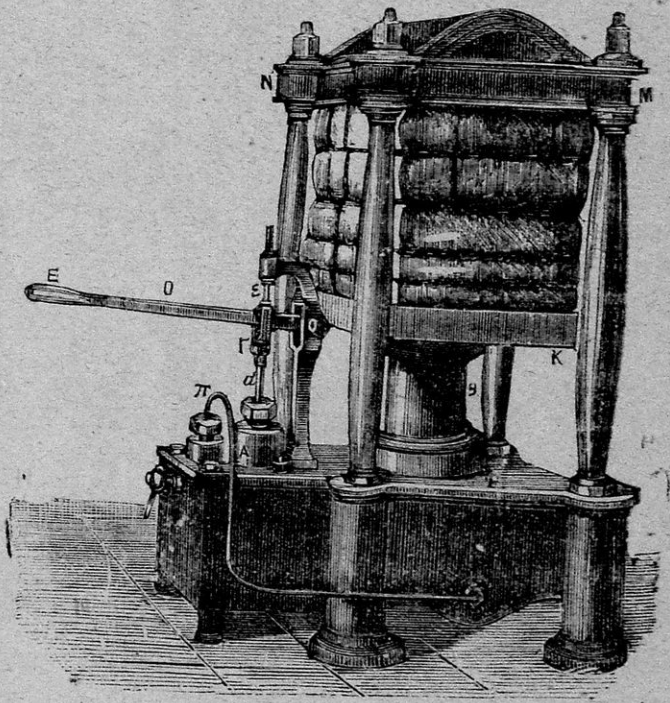
Σχ. 62 — **Διεύθυνσις τῶν πιέσεων.**

71. **Ὑδραυλικὸν πιεστήριον.** Τὸ *ὑδραυλικὸν πιεστήριον* εἶνε συσκευὴ χρησιμεύουσα, ὅπως παράγῃ μεγάλας πιέσεις τῇ βοηθείᾳ δυνάμεως πολὺ σμικροτέρας· στηρίζεται δ' ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῆς ἰσότητος τῶν πιέσεων, ἥτις ἐν αὐτῇ εὑρίσκει οὐ μόνον χρησιμωτάτην ἐφαρμογήν, ἀλλὰ καὶ καταφανεστάτην πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν.

1ον. *Περιγραφή.* Ἡ συσκευὴ εἶνε κατεσκευασμένη ἐκ χυτοσιδήρου, συνίσταται δ' ἐξ ἑνὸς κυλίνδρου Ρ μὲ παχείας καὶ λίαν ἰσχυρὰς παρειάς, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται τὸ κυλινδρικὸν ἔμβολον Β, φέρον ἐπ' αὐτοῦ πλάκα μεγάλην Κ πρὸς ἐπίθεσιν τῶν πιεστέων σωμάτων. Ἡ πλὰξ Κ συνδεδεμένη μετὰ τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐμβόλου δύναται ν' ἀνέρχηται καὶ κατέρχηται μεταξὺ τεσσάρων στηλῶν, εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῶν ὁποίων ὑπάρχει ἑτέρα πλὰξ MN παράλληλος τῇ πρώτῃ, ἀλλὰ στερεώτατα ἐνεσφηνωμένη μεταξὺ τῶν στηλῶν. Παρακειμένως τῷ μεγάλῳ κυλίνδρῳ ὑπάρχει εἶδος ὑδραντλίας, συγκειμένης ἐκ πολὺ μικροτέρου κυλίνδρου A, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται τὸ ἔμβολον α.



Σχ. 63. — Ὑδραυλικὸν πιεστήριον.

Ἡ ὑδραντλία αὕτη ἀπορροφᾷ ἐξ ὑποκειμένης λεκάνης ὕδωρ, ὅπερ πιέζουσα διὰ τοῦ ἐμβόλου α ἐξωθεῖ διὰ τοῦ σωλῆνος π εἰς τὸν μέγαν κύλινδρον P, οὕτω δὲ ἡ διὰ τοῦ ἐμβόλου α ἐπιφερομένη πίεσις ἐπὶ τοῦ ὕδατος μεταδίδεται εἰς τὸ μέγα ἔμβολον B, καὶ τοσούτῳ μεγαλειτέρα ὅσῳ ἡ τομὴ αὐτοῦ εἶνε μεί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ζων τῆς τομῆς τοῦ μικροῦ ἐμβόλου. Ἡ πίεσις, ἣν διὰ τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν, ἐξαρτᾶται κυρίως ἐκ τῆς ἀναλογίας τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τοῦ μεγάλου ἐμβόλου Β πρὸς τὴν τοῦ μικροῦ ἐμβόλου α.

2ον. *Λειτουργία.* Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ τομὴ τοῦ Β εἶνε ἑκατονταπλασία τῆς τοῦ μικροῦ καὶ ὅτι εἷς ἄνθρωπος ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ μικροῦ ἐμβόλου· εἶνε φανερὸν ἐκ τῶν προηγουμένων ὅτι ἡ ἐπὶ τοῦ ὕδατος πίεσις τοῦ ἑνὸς ἀνθρώπου, μεταδιδομένη εἰς τὸ μέγα ἔμβολον, θὰ ἑκατονταπλασιασθῇ καὶ συνεπῶς θ' ἀνωσθῇ τοῦτο, ὡσεὶ ἐπίεζον αὐτὸ ἐκ τῶν κάτω 100 ἄνθρωποι. Ἐκτὸς τούτου ὅμως καὶ ἄλλοθεν κερδίζεται δύναμις· ἡ κίνησις τοῦ μικροῦ ἐμβόλου εα γίνεται τῇ βοηθείᾳ μοχλοῦ τινος ΕΟ δευτερογενοῦς, ἔχοντος τὸν βραχίονα τῆς δυνάμεως Εο μείζονα τοῦ τῆς ἀντιστάσεως εο. Συνεπῶς ἡ ὑπὸ τοῦ ἑνὸς ἀνθρώπου ἐπιφερομένη πίεσις εἰς τὸ ἄκρον Ε, μεταδιδομένη εἰς τὸ ἔμβολον διὰ τοῦ μοχλοῦ γίνεται τοσούτῳ μείζων, ὅσῳ μείζων ἡ ἀπόστασις Εο τῆς εο.

Ὥστε, λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν ἀμφότερα, δυνάμεθα ὡς ἐξῆς νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν πίεσιν, μεθ' ἧς πιέζονται τὰ μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν σώματα. Ὑποθέσωμεν ὅτι εἷς ἄνθρωπος πιέζει τὸ ἄκρον Ε τοῦ μοχλοῦ μὲ δύναμιν 30 χιλιογράμμων, ὅτι ἐν τῷ μοχλῷ ἡ ἀπόστασις Εο εἶνε δεκαπλασία τῆς εο καὶ ὅτι ἡ τομὴ τοῦ μεγάλου ἐμβόλου Β εἶνε 100πλασία τῆς τοῦ α. Ἡ διὰ τοῦ μοχλοῦ μεταδιδομένη πίεσις ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου θέλει εἶσθαι $10 \times 30 = 300$ χιλιογράμμων, αὕτη δὲ μεταδιδομένη εἰς τὸ μέγα ἔμβολον θὰ γίνῃ $300 \times 100 = 30000$ χιλιογράμμων ἐν ὅλῳ. Μεταβάλλοντες καταλλήλως τὰς διαστάσεις τῶν μοχλοβραχιόνων καὶ τῶν τομῶν τῶν ἐμβόλων δυνάμεθα ν' αὐξήσωμεν ἢ νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἐπιφερομένην πίεσιν ὅσον θέλομεν.

Σημειωτέον ὅμως ὅτι ἀναφαίνεται καὶ πάλιν ἐνταῦθα ἡ γενικὴ ἀρχὴ τῆς Μηχανικῆς, καθ' ἣν *ὅ,τι κερδίζεται εἰς δύνα-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μιν ἀπόλλυται εἰς χρόνον ἢ εἰς δρόμον καὶ τἀνάπαλιν, διότι παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δρόμος τοῦ μεγάλου ἐμβόλου γίνεται τοσούτῳ βραδύτερος τοῦ δρόμου τοῦ μικροῦ, ὅσῳ περισσοτέρα δύναμις κερδίζεται.

3ον. **Χρῆσις.** Τοῦ ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου χρῆσις γίνεται εἰς πάσας τὰς ἐργασίας, αἵτινες ἀπαιτοῦσι μεγάλας πιέσεις· δι' αὐτοῦ συμπιέζονται τὰ ἔρια καὶ τὰ ὑφάσματα τὰ προωρισμένα πρὸς μετακόμισιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, συμπιέζεται ὁ χάρτης, γίνεται ἡ ἔκθλιψις τοῦ χυμοῦ τῶν τεύτλων καὶ τῶν ἐλαιοκαρπῶν. Πρὸς τούτοις δι' αὐτοῦ δοκιμάζεται ἡ στερεότης τῶν τηλεβόλων, τῶν ἀτμολεβήτων, τῶν ναυτικῶν ἁλύσεων κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΒΑΡΕΩΝ ΥΓΡΩΝ

Πιέσεις ἐπιφερόμεναι ὑπὸ τῶν ὑγρῶν ἕνεκα τοῦ ἰδίου αὐτῶν βάρους.

72. **Κατάδειξις τῶν ἐπιφερομένων πιέσεων ὑπὸ τῶν ὑγρῶν.** Ἐν τῷ προηγουμένῳ κεφαλαίῳ ἐθεωρήσαμεν πρὸς στιγμὴν τὰ ὑγρὰ ἀβαρῆ καὶ ἐξητάσαμεν διαφόρους αὐτῶν ἰδιότητας· ἀλλὰ τὰ ὑγρά, ὡς καὶ πάντα τὰ σώματα, ὑποκείμενα εἰς τὴν ἐνέργειαν τῆς βαρύτητος, ἔχουσι βάρος, διὸ καὶ καλοῦμεν αὐτὰ ἐν τῷ κεφαλαίῳ τούτῳ *βαρέα ὑγρά*, λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν μόνον τὴν ἐνέργειαν τῆς βαρύτητος ἐπ' αὐτῶν, οὐδεμιᾶς δ' ἄλλης ἐξωτερικῆς δυνάμεως.

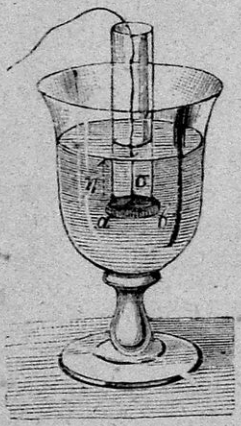
Καὶ μόνον δυνάμει τοῦ ἰδίου αὐτῶν βάρους τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν ἐπιφέρουσι πιέσεις, αἵτινες μεταδίδονται κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις καὶ ἐντὸς τῆς μάζης τῶν ὑγρῶν καὶ εἰς τὰς παρειὰς τῶν περιεχόντων ἀγγείων. Εἶνε δ' εὔκολον νὰ καταδείξωμεν πειραματικῶς τὴν ὕπαρξιν τῶν πιέσεων τούτων.

α΄). *Πίεσις κατακόρυφος ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.* Ἡ πίεσις αὕτη εἶνε ἄμεσον ἀποτέλεσμα τοῦ βάρους τοῦ συνόλου τῶν ὑγρῶν μορίων. Καταδεικνύομεν αὐτήν, λαμβά-

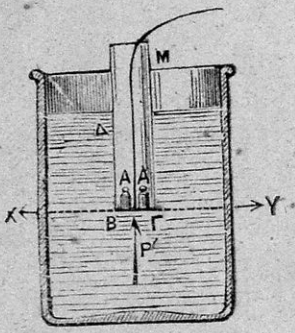
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νοντες ὑέλινον κύλινδρον φέροντα κινητὸν πυθμένα ἐκ δέρματος καὶ ἐγχύνοντες ἐντὸς ὕδωρ· θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ ὁριζόντιος πυθμὴν γίνεται νῦν κυρτὸς πρὸς τὰ κάτω ἕνεκα τῆς ἐκ τῶν ἄνω κατακορύφου πιέσεως, καὶ μάλιστα ὑποχωρεῖ καὶ ἐκφεύγει, ἐὰν ἡ ποσότης τοῦ ὕδατος εἶνε ἀρκοῦσα.

β'). *Πίεσις ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἄνωσις.* Ἡ πίεσις, ἣν τὰ ὑπερκείμενα στρώματα τοῦ ὑγροῦ ἐπιφέρουσιν ἐπὶ τῶν ὑποκειμένων, γίνεται πρόξενος *ἀντιθράσεως κατακορύφου ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω*, ἥτις εἶνε συνέπεια τῆς ἀρχῆς τοῦ



Σχ. 64.—Ἄνωσις.



Σχ. 65.—Καταμέτρησις τῆς ἀνώσεως.

Pascal· ἡ κατακόρυφος αὕτη πίεσις ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καλεῖται *ἄνωσις*. Αἰσθανόμεθα τὴν ἄνωσιν ἀρκούντως, ὅταν ἐμβαπτίζωμεν τὴν χεῖρα ἡμῶν ἐντὸς ὑγροῦ καὶ μάλιστα μεγάλης πυκνότητος· δυνάμεθα δὲ νὰ καταδείξωμεν ταύτην πειραματικῶς καὶ νὰ καταμετρήσωμεν ὡς ἑξῆς:

Λαμβάνομεν σωλῆνα ὑέλινον ἀνοικτὸν ἑκατέρωθεν (Σχ. 64), ἐφαρμόζομεν εἰς τὸ κατώτερον αὐτοῦ ἄκρον λεπτὸν ὑέλινον ἢ ἐκ χαρτονίου δίσκον αβ, προσδεδεμένον ἐκ τοῦ μέσου διὰ λεπτοῦ νήματος καὶ κρατοῦντες αὐτὸν διὰ τοῦ νήματος καλῶς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

προσηρμοσμένον, ἐμβαπτίζομεν τὸν σωλῆνα ἐντὸς τοῦ ὕδατος καὶ ἀφίνομεν ἐλεύθερον τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δίσκος μένει προσκεκολλημένος καὶ ἂν ἀκόμη χύσωμεν καὶ ὀλίγον ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος· ἀπόδειξις ὅτι δέχεται πίεσιν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Δυνάμεθα δὲ καὶ νὰ καταμετρήσωμεν τὴν πίεσιν ταύτην χύνοντες βραδέως καὶ κατ' ὀλίγον ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος μέχρις οὗ ἀποσπασθῇ ὁ δίσκος· τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι τότε ἀκριβῶς ἀποσπᾶται ὁ δίσκος, ὅταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὕδωρ φθάσῃ εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον μὲ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος. Ἀντὶ ὕδατος δυνάμεθα νὰ ἐπιφορτίσωμεν τὸν δίσκον διὰ σταθμῶν ΑΑ, μέχρις οὗ ἀποσπασθῇ. Εἶνε φανερὸν ὅτι τὸ βάρος τῆς ἐπὶ τοῦ δίσκου ὑγρᾶς στήλης ἢ τῶν σταθμῶν θὰ μετρῇ τὴν δύναμιν τῆς ἀνώσεως.

73. **Προσδιορισμὸς τῆς πιέσεως ἔν τινι ὁριζοντίῳ στρώματι ἢ στοιχείῳ.** Δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὸ ἔν τινι ἀγγείῳ περιεχόμενον ὑγρὸν ὡς συνιστάμενον ἐκ πολυαρίθμων ὁριζοντίων στρωμάτων σμικροτάτου πάχους, ἕκαστον τῶν ὁποίων δέχεται τὸ βάρος τῶν ὑπερκειμένων, πιέζει δὲ διὰ τοῦ ἑαυτοῦ βάρους τὰ ὑποκείμενα. Θεωρήσωμεν ἓν ὁριζόντιον στρῶμα ΑΒ κείμενον εἰς βάθος τι· εἶνε φανερὸν ὅτι πάντα τὰ ὑπερκείμενα στρώματα ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ μέχρι τοῦ βάθους τοῦ ΑΒ πιέζουσιν αὐτὸ διὰ τοῦ ἑαυτῶν βάρους. Ὥστε ἡ πίεσις, ἣν τοῦτο δέχεται ἐκ τῶν ἄνω, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος ὁλοκλήρου τῆς ὑπερκειμένης ἐπὶ τοῦ ΑΒ στήλης. Ἐὰν δὲ θεωρήσωμεν οὐχὶ ὁλόκληρον τὸ στρῶμα ΑΒ ἀλλὰ τμῆμα μόνον αὐτοῦ, τοῦτο πιέζεται μόνον ὑπὸ τῆς ὑγρᾶς στήλης τῆς ὑπερκειμένης ἐπὶ τοῦ τμήματος τούτου καὶ ἐξικνουμένης πρὸς τὰ ἄνω μέχρι τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ. Ἐν γένει δέ, *ἡ πίεσις ἡ ἐπιφερομένη ἐπί τινος στοιχείου ὁριζοντίας ἐπιφανείας ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

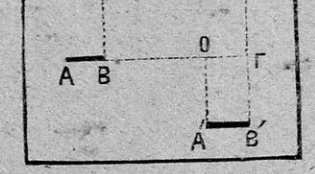
τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ ἐχούσης βάσιν μὲν τὴν πιεζομένην ἐπιφάνειαν, ὕψος δὲ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν αὐτῆς ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ. Ἤτοι, ἂν παραστήσωμεν διὰ Π τὴν πίεσιν, διὰ ε τὴν ἔκτασιν τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας καὶ διὰ υ τὴν ἀπόστασιν αὐτῆς ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας, ἔχομεν

$$\Pi = \varepsilon \times \upsilon \quad (1),$$

ἂν πρόκειται περὶ τοῦ ὕδατος. Ἂν δὲ πρόκειται περὶ ἄλλου ὑγροῦ, πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμεν καὶ ἐπὶ τὸ εἰδικὸν αὐτοῦ βάρος (δ), ὅτε θὰ ἔχωμεν

$$\Pi = \varepsilon \times \upsilon \times \delta \quad (2).$$

74. Διαφορὰ πιέσεων ἐπιφερομένων εἰς στρώματα ἀνίσου βάθους. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω γίνεται φανερόν, ὅτι στρῶμά τι ὁριζόντιον ἢ στοιχεῖον ἐπιφανείας δέχεται ἐπὶ τοσοῦτον μείζονα πίεσιν, ὅσῳ βαθύτερον κεῖται, διότι τότε αὐξάνεται τὸ ὕψος τῆς ὑπερκειμένης εἰς αὐτὸ ὑγρᾶς στήλης. Ὥστε, ἂν θεωρήσωμεν τὴν ἐπιφερομένην πίεσιν εἰς δύο διάφορα στοιχεῖα ἐπιφανείας ΑΒ καὶ Α′Β′, ἔχοντα τὴν αὐτὴν ἀκριβῶς ἔκτασιν ἀλλ' εἰς διάφορον κείμενα βάθος, εὑρίσκομεν αὐτὴν διάφορον· ἐκφράζεται δὲ ἡ διαφορὰ αὕτη ὑπὸ τοῦ ἑξῆς θεωρήματος:



Σχ. 60.—Διαφορὰ πιέσεων εἰς διάφορα βάθη.

Ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο διάφορα ὁριζόντια στοιχεῖα ὑγροῦ τινος ἐν ἰσορροπίᾳ, ἔχοντα τὴν αὐτὴν ἔκτασιν ἀλλὰ κείμενα εἰς διάφορον βάθος, ἰσοῦται τῷ βάρει ὑγρᾶς κυλινδρικῆς στήλης ἐχούσης βάσιν τὴν κοινὴν ἔκτασιν, ὕψος δὲ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν αὐτῶν.

Ἔστωσαν ΑΒ καὶ Α′Β′ τὰ δύο στοιχεῖα, υΒ ἡ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας ἀπόστασις τοῦ πρώτου καὶ υ′Β′ ἡ ἀπό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στασις τοῦ δευτέρου καὶ ΟΑ′ ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις αὐτῶν ἀπ' ἀλλήλων. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ ε τὴν κοινὴν ἔκτασιν καὶ δι' ἀμφότερα καὶ διὰ δ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑγροῦ, ἡ ἐπιφερομένη πίεσις, κατὰ τὰ προηγούμενα (73) θὰ εἶνε ἐπὶ μὲν τοῦ ΑΒ

$$\Pi = \varepsilon \times \delta \times B\upsilon,$$

ἐπὶ δὲ τοῦ Α′Β′ θὰ εἶνε

$$\Pi' = \varepsilon \times \delta \times B'\upsilon'.$$

ἀφαιροῦντες τὰς ἰσότητας κατὰ μέλη ἔχομεν

$$\Pi' - \Pi = \varepsilon \times \delta \ (B'\upsilon' - B\upsilon)$$

ἀλλὰ $B'\upsilon' - B\upsilon = B'\upsilon' - \Gamma\upsilon' = B'\Gamma = A'O$, ὅπερ ἀντικαθιστῶντες ἐν τῇ ἰσότητι ἔχομεν

$$\Pi' - \Pi = \varepsilon \times \delta \times A'O.$$

Ὥστε ἡ ἐπὶ τοῦ Α′Β′ πίεσις ὑπερέχει τῆς ἐπὶ τοῦ ΑΒ κατὰ τὸ βάρος τῆς ὑγρᾶς στήλης $\varepsilon \times A'O$ ἤτοι $A'B \times A'O$ ἢ $A'B'\Gamma O$.

Πίεσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος καὶ τῶν παρειῶν τῶν ἀγγείων.

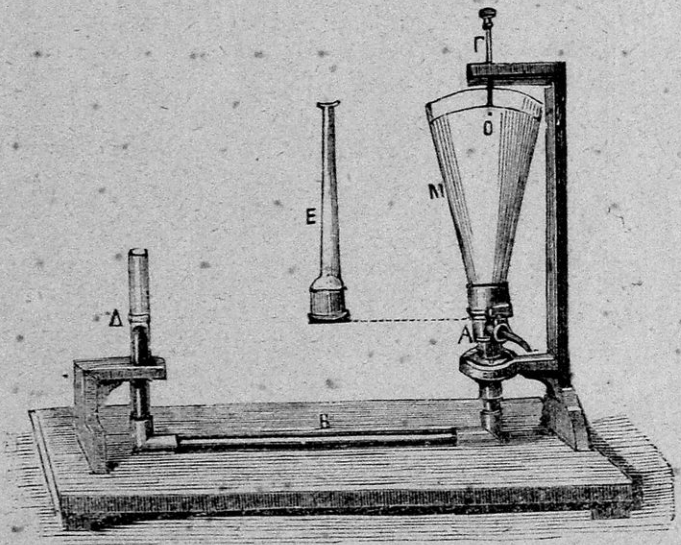
75. α′). **Πίεσις ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου πυθμένος.** *Ἡ πίεσις, ἣν δέχεται ὁ ὁριζόντιος πυθμὴν ἀγγείου τινὸς περιέχοντος ὑγρόν, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ ἐχούσης βάσιν μὲν τὸν πυθμένα, ὕψος δὲ τὴν ἀπόστασιν αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας.* Ἡ ὁλικὴ αὕτη πίεσις εἶνε ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν κατὰ μέρος πιέσεων τῶν ἐπιφερομένων εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τοῦ πυθμένος καὶ ἔχει σημεῖον ἐφαρμογῆς τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας τοῦ πυθμένος.

Πρέπει νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ τοιοῦτος προσδιορισμὸς τῆς ἐπὶ τοῦ πυθμένος πιέσεως δὲν εἶνε ἀκριβὴς εἰμὴ μόνον ἐν τῷ κενῷ· ἐν τῷ ἀέρι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ὑφίσταται ἐξ αὐ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ πίεσιν, ἥτις ἐπιπροστίθεται εἰς τὴν πίεσιν, ἣν ἡ ὑγρὰ μάζα διὰ τοῦ ἑαυτῆς βάρους ἐπιφέρει ἐπὶ τοῦ πυθμένος. Ἀλλὰ περὶ τῆς ἐκ τοῦ ἀέρος πιέσεως ταύτης γενήσεται κατωτέρω λόγος.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Κατὰ τὸ ἀνωτέρω θεώρημα ἡ πίεσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐκτάσεως αὐτοῦ, ἐκ τοῦ ὕψους τῆς ὑπερκειμένης ὑγρᾶς στήλης καὶ ἐκ τῆς πυκνότητος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ, οὐδόλως δ' ἐκ τῆς



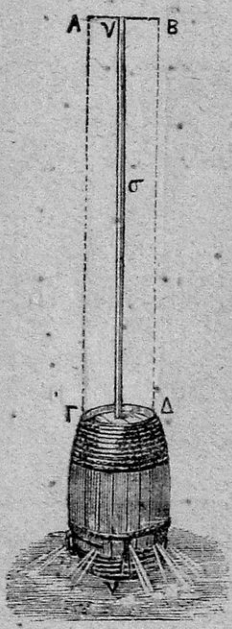
Σχ. 67.— Συσκευὴ Haldat.

ποσότητος αὐτοῦ οὔτε ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ ἀγγείου. Ἀποδεικνύομεν τοῦτο πειραματικῶς διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ Haldat καὶ τῆς τοῦ Masson.

Συσκευὴ Haldat. Συνίσταται αὕτη (σχ. 67) ἐκ σωλῆνος ΑΒΔ κεκαμμένου κατ' ἀμφότερα τὰ ἄκρα κατ' ὀρθὴν γωνίαν καὶ φέροντος εἰς τὸ ἓν ἄκρον Α κοχλίαν, ἐπὶ τοῦ ὁποίου δύνανται νὰ κοχλιωθῶσι διάφορα ἀγγεῖα, ἔχοντα τὸν αὐτὸν πυθμένα καὶ τὸ αὐτὸ ὕψος ἀλλὰ διάφορον σχῆμα καὶ χωρητικότητα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πρὸς ἐκτέλεσιν τοῦ πειράματος χύνομεν κατὰ πρῶτον ὑδράργυρον εἰς τὸν σωλῆνα ΑΒΔ, τόσον ὥστε νὰ πληρώσῃ τὸν σωλῆνα μέχρι τῆς βάσεως τοῦ κοχλίου· κοχλιοῦμεν εἶτα τὸ ἀγγεῖον Μ καὶ πληροῦμεν αὐτὸ ὕδατος μέχρι τοῦ σημείου Ο, σημειοῦμεν δὲ διὰ τοῦ δείκτου Γ τὸ ὕψος, εἰς ὃ φθάνει τὸ ὕδωρ. Τὸ ἐν τῷ ἀγγείῳ ὕδωρ, πιέζον τὸν ἐν τῷ πυθμένι ὑδράργυρον, ἀναγκάζει αὐτὸν ν' ἀνυψωθῇ εἰς τὸ ἕτερον σκέλος μέχρις ὡρισμένης διαιρέσεως, ἣν σημειοῦμεν ἐπίσης διὰ τοῦ δακτυλίου Δ κινητοῦ κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος. Μετὰ ταῦτα κενοῦμεν τὸ ἀγγεῖον διὰ τῆς στρόφιγγος ἐκκοχλιοῦμεν αὐτὸ καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτοῦ κοχλιοῦμεν τὸ ἀγγεῖον Ε καὶ πληροῦμεν καὶ τοῦτο ὕδατος μέχρι τοῦ αὐτοῦ ὕψους Ο· παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται εἰς τὸ ἕτερον σκέλος ἀκριβῶς μέχρι τῆς αὐτῆς διαιρέσεως ὡς καὶ πρότερον. Ἐκ τούτου ἐξάγεται ὅτι κατ' ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις ἡ πίεσις, ἣν δέχεται ὁ ὑδράργυρος ἐκ τοῦ ὑπερκειμένου ὕδατος, εἶνε ἡ αὐτὴ καὶ συνεπῶς *ἀνεξάρτητος τῆς ποσότητος τοῦ περιεχομένου ὕδατος καὶ τοῦ σχήματος τοῦ ἀγγείου.*



Σχ. 68.—Κάδος Pascal.

Κάδος τοῦ Pascal. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι διὰ μικρᾶς ποσότητος ὑγροῦ δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν μεγάλας πιέσεις, ἀρκεῖ νὰ ἐφαρμόσωμεν εἰς τὴν ἄνω βάσιν ἀγγείου τινός, ἑνὸς κάδου ΓΔ π. χ., σωλῆνα σ, μακρὸν καὶ μικρᾶς διαμέτρου. Ὅταν πληρωθῇ ὁ κάδος καὶ κατόπιν ὁ σωλὴν ὕδατος, τότε ἡ πίεσις, ἣν δέχεται ἡ παρειὰ τοῦ κάδου, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ὕδατος ἐχούσης βάσιν μὲν τὴν πα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρειὰν ταύτην ὕψος δὲ τὴν ἀπόστασιν αὐτῆς μέχρι τοῦ ἄνω ἄκρου τοῦ σωλῆνος· εἶνε δηλαδὴ τὸ αὐτὸ ὡς νὰ προσετέθη ἐπὶ τοῦ κάδου ὁλόκληρος ὑδατίνη στήλη ἴση πρὸς τὴν ΑΒΓΔ καὶ συνεπῶς αἱ παρειαὶ θὰ δεχθῶσιν μεγάλην πίεσιν. Τὸ πείραμα τοῦτο ἐκτελέσας ὁ Pascal διὰ σωλῆνος 10 μέτρων ὕψους ἐπέφερε τὴν διάρρηξιν ἰσχυροτάτου κάδου.

Πίεσις εἰς τὸν πυθμένα τῆς θαλάσσης. Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἐπὶ τοῦ πυθμένος τῆς θαλάσσης πίεσιν, γνωρίζοντες τὸ βάθος αὐτῆς· ὡς μονὰς δὲ πιέσεως λαμβάνεται ἡ *ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις*, ἥτις διά τινα δεδομένην ἐπιφάνειαν ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος στήλης ὕδατος ἐχούσης βάσιν τὴν πιεζομένην ἐπιφάνειαν καὶ ὕψος 10μ ,33 (Ἴδε περὶ αὐτοῦ καὶ κατωτέρω ἐν τῷ περὶ ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως κεφαλαίῳ). Κατὰ τὰ πορίσματα τῶν ἐξερευνητῶν τοῦ βάθους τῶν θαλασσῶν εἰς πολλὰ μέρη τοῦτο ὑπερβαίνει τὰς 8000 μέτρων· ὥστε εἰς τὰ βάθη ταῦτα ὁ πυθμὴν δέχεται πίεσιν ὑπὸ τοῦ ὑπερκειμένου ὕδατος μείζονα τῶν 800 ἀτμοσφαιρῶν.

76. ϛ΄). **Πίεσις ἐπὶ ἐπιπέδου πλευρικῆς παρειᾶς.** *Ἔν τινι ὑγρῷ ἐν ἰσορροπίᾳ, αἱ πιέσεις αἱ ἐπιφερόμεναι ἐπὶ ἐπιπέδου τινὸς τμήματος τῶν τοιχωμάτων τοῦ ἀγγείου ἔχουσι συνισταμένην ἴσην πρὸς τὸ βάρος ὀρθῆς στήλης ὑγροῦ ἐχούσης βάσιν μὲν τὸ πιεζόμενον τμῆμα, ὕψος δὲ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.*

Ἐφαρμόζεται δὲ ἡ συνισταμένη αὕτη, ἡ τὴν ὁλικὴν πίεσιν τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τοῦ δεδομένου τμήματος παριστῶσα, οὐχὶ ἐπὶ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ ὑπ' ὄψιν τμήματος ἀλλ' εἰς σημεῖόν τι κατωτέρω αὐτοῦ κείμενον, ὅπερ διὰ τοῦτο *κέντρον πιέσεως* καλεῖται. Τοῦτο δέ, διότι αἱ ἐπὶ ἑνὸς ἑκάστου σημείου τοῦ τμήματος ἐπιφερόμεναι πιέσεις δὲν εἶνε πρὸς ἀλλήλας

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἴσαι, ὅπως αἱ ἕλξεις τῆς βαρύτητος, ἀλλ' αὐξάνονται μετὰ τοῦ βάθους καὶ συνεπῶς τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης τῶν πιέσεων δὲν δύναται νὰ εἶνε τὸ αὐτὸ μὲ τὸ κέντρον τοῦ βάρους, ἀλλὰ θὰ κεῖται κατωτέρω τούτου.

77. **Πίεσις ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν παρειῶν.** *Ἐν τινι ὑγρῷ ἐν ἰσορροπίᾳ αἱ ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν παρειῶν τοῦ ἀγγείου ἐπιφερόμεναι πιέσεις, οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ μορφὴ τοῦ ἀγγείου, ἔχουσι συνισταμένην διευθυνομένην κατακορύφως ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω καὶ ἴσην πρὸς τὸ ὅλον βάρος τοῦ ὑγροῦ.*

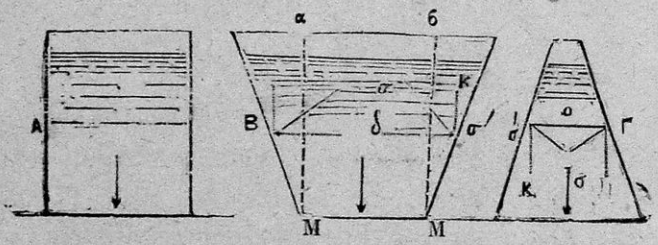
Ἔστω ὑγρόν τι ἐν ἰσορροπίᾳ ἔν τινι ἀγγείῳ· τὸ ὑγρὸν καὶ τὸ σύνολον τῶν παρειῶν τοῦ ἀγγείου ἀποτελοῦσι σύστημα ὑλικὸν εὑρισκόμενον ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν δυνάμεων ἀντιθέτων. Ἀφ' ἑνὸς ἔχομεν τὰ βάρη τῶν ὑγρῶν μορίων, ἅτινα ἔχουσι συνισταμένην ἴσην πρὸς τὸ ὅλον βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ ἐνεργοῦσαν κατακορύφως πρὸς τὰ κάτω, ἀφ' ἑτέρου δὲ τὰς ἀντιδράσεις, ἃς ἀντιτάσσουσι τὰ διάφορα στοιχεῖα τῶν παρειῶν ἀντιθέτως πρὸς τὰ βάρη τῶν μορίων· ἐπειδὴ δὲ ὑπάρχει ἰσορροπία, κατ' ἀνάγκην *καὶ τὸ σύστημα τοῦτο τῶν ἀντιδράσεων ἔχει συνισταμένην ἴσην καὶ ἀντίθετον* τῷ ὅλῳ βάρει τοῦ ὑγροῦ. Ἀλλ' αἱ ἀντιδράσεις αὗται τῶν παρειῶν εἶνε ἴσαι καὶ ἀπ' εὐθείας ἀντίρροποι πρὸς τὰς πιέσεις, ἃς τὸ ὑγρὸν ἐπιφέρει ἐπὶ τῶν παρειῶν, συνεπῶς καὶ τὸ σύνολον τῶν πιέσεων τούτων πρέπει νὰ ἔχῃ συνισταμένην ἴσην καὶ ἀντίθετον τῇ συνισταμένῃ τῶν ἀντιδράσεων· ἀλλὰ τοιαύτη συνισταμένη ἴση καὶ ἀντίθετος τῇ συνισταμένῃ τῶν ἀντιδράσεων εἴδομεν ὅτι εἶνε ἡ τὸ βάρος τοῦ ἐμπεριεχομένου ὑγροῦ παριστῶσα καὶ ἐπομένως αὕτη θέλει παριστᾶ κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν τὴν *συνισταμένην τοῦ συνόλου τῶν πιέσεων τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τῶν παρειῶν τοῦ ἀγγείου.*

78. **Ὑδροστατικὸν παράδοξον.** Ὑπὸ τὸ ὄνομα *ὑδρο-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στατικὸν παράδοξον καλεῖται τὸ ἐκ πρώτης ὄψεως παράδοξον φαινόμενον, ὅτι δύο ἢ πλείονα ἀγγεῖα Α, Β, Γ, διαφόρου χωρητικότητος, ἔχοντα ὅμως τὸν αὐτὸν πυθμένα καὶ πεπληρωμένα μέχρι τοῦ αὐτοῦ ὕψους ὕδατος καὶ *δεχόμενα συνεπῶς τὴν αὐτὴν πίεσιν ἐπὶ τοῦ πυθμένος*, δὲν ζυγίζουσι καὶ τὸ αὐτὸ βάρος ἕκαστον τιθέμενα ἐπὶ τῆς πλάστιγγος (Σχ. 69).

Τὸ ἀνωτέρω θεώρημα (77) ἀποκρούει ἀμέσως τὸ λεγόμενον τοῦτο παράδοξον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἔχῃ ὑπόστασιν, ἐνόσῳ συγχέει τις τὴν μονομερῆ πίεσιν ἐπὶ τοῦ πυθμένος μὲ τὴν πίεσιν ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν παρειῶν. Εἶνε ἀληθὲς ὅτι τὰ τρία ἀγγεῖα Α, Β καὶ Γ δέχονται ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἴσας πιέσεις, ὅταν ὅμως ἐπιτιθενται ἐπὶ τῆς πλάστιγγος πρὸς στάθμησιν,



Σχ. 69.—Ὑδροστατικὸν παράδοξον.

τότε ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ δὲν ἐπιδρᾷ μόνον ἡ πίεσις τοῦ πυθμένος, ἀλλ' *ἡ συνισταμένη τῶν πιέσεων ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν παρειῶν*, ἥτις, ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, ἰσοῦται πρὸς τὸ ὁλικὸν βάρος τοῦ ὑγροῦ. Καὶ εἰς μὲν τὸ ἀγγεῖον Α, ἕνεκα τοῦ σχήματος αὐτοῦ, *ἡ ἐπὶ τοῦ πυθμένος πίεσις ἰσοῦται ἀκριβῶς πρὸς τὸ ὅλον βάρος τοῦ ὑγροῦ*, διότι πάντων τῶν ὑπερκειμένων μορίων αἱ πιέσεις καταφέρονται κατακορύφως ἐπὶ τοῦ πυθμένος. Εἰς δὲ τὸ ἀγγεῖον Β ἡ πίεσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος εἶνε μικροτέρα τοῦ ὁλικοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ, διότι πιέζει αὐτὸν μόνον ἡ ὑγρὰ στήλη ΜΜαβ, ἀλλ' ὅμως ταύτην ἐπαυξάνουσιν αἱ πλευρικαὶ πιέσεις· διότι ἑκάστη τούτων παρέχει συνιστῶσαν κατακόρυφον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

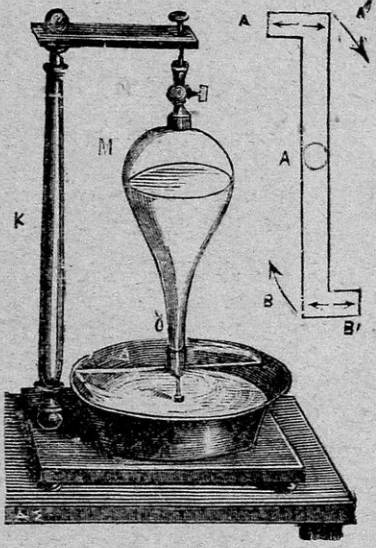
(π. χ. ἡ πλευρικὴ πίεσις σσ' ἀναλύεται εἰς τὴν δσ', ἧς ἡ ἐνέργεια μηδενίζεται ἕνεκα τῆς ἀντιστάσεως τῆς παρειᾶς καὶ εἰς τὴν Κσ' κατακορύφως ἐνεργοῦσαν ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω), ἐνεργοῦσαν ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω καὶ συνεπῶς ἐπιπροστιθεμένην εἰς τὴν πίεσιν τοῦ πυθμένος. Οὕτως ἡ συνισταμένη τοῦ συνόλου τῶν πιέσεων γίνεται μείζων τῆς ἐπὶ τοῦ πυθμένος πιέσεως καὶ ἴση ἀκριβῶς πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ. Τέλος δὲ εἰς τὸ ἀγγεῖον Γ ἡ πίεσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος εἶνε μείζων τοῦ ὁλικοῦ βάρους τοῦ ὑγροῦ, διὸ καὶ ἔπρεπε τοῦτο νὰ ζυγίζῃ πλέον τοῦ βάρους τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ, ἀλλ' ὅμως ἔρχονται νὰ ἐλαττώσωσιν αὐτὴν αἱ πλευρικαὶ πιέσεις, διότι ἑκάστη τούτων παρέχει συνιστῶσαν κατακόρυφον ἐνεργοῦσαν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἤτοι κατ' εὐθεῖαν ἀντιρρόπως τῇ ἐπὶ τοῦ πυθμένος πιέσει καὶ ἐξασθενίζουσαν αὐτήν.

79. **Ὑδραυλικὸς στρόβιλος.** Ἐν τινι ὑγρῷ ἐν ἰσορροπίᾳ αἱ ἐπὶ τῶν παρειῶν ἐπιφερόμεναι ὁριζόντιαι πιέσεις καταργοῦνται ἀμοιβαίως, διὸ καὶ οὐδεμία μετακίνησις τοῦ ἀγγείου δύναται νὰ γίνῃ πρὸς ταύτην ἢ ἐκείνην τὴν διεύθυνσιν. Δυνάμεθα ἀγγεῖόν τι πλῆρες ὕδατος νὰ καταστήσωμεν λίαν εὐκίνητον θέτοντες αὐτὸ ἐπὶ τροχοῦ ἢ ἐπὶ φελλοῦ ἐπιπλέοντος ἐν ὕδατι· δὲν θὰ παρατηρήσωμεν οὐδεμίαν μετακίνησιν. Ἂν ὅμως ἀνοίξωμεν ὀπὴν εἰς τὴν μίαν πλευράν, ὥστε νὰ ἐκρέῃ ἐξ αὐτῆς τὸ ὕδωρ, θὰ μετακινηθῇ τὸ ἀγγεῖον κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν τῆς ἐκροῆς τοῦ ὕδατος· διότι αἱ δυνάμεις αἱ ἐνεργοῦσαι πρὸ ἐπὶ τοῦ ἀποκοπέντος τμήματος καταργοῦνται νῦν, αἱ δὲ τούτων ἀντίθετοι ἐπὶ τῆς ἑτέρας παρειᾶς ἐξακολουθοῦσιν ἐνεργοῦσαι καὶ θέτουσιν εἰς κίνησιν τὸ ἀγγεῖον.

Λίαν καταφανὴς γίνεται ἡ κίνησις αὕτη διὰ τοῦ *ὑδραυλικοῦ στροβίλου* (Σχ. 70), ἀγγείου ὑελίνου Μ, ἀπολήγοντος πρὸς τὰ κάτω εἰς σωλῆνα καὶ στηριζομένου κατακορύφως εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστραφῇ ἐλευθέρως περὶ τὸν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατακόρυφον αὐτοῦ ἄξονα. Εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει προσηρμοσμένος σωλὴν ὁριζόντιος Δ, κάθετος τῷ ἄξονι τῆς περιστροφῆς τοῦ ἀγγείου καὶ κεκαμμένος ἀντιθέτως κατὰ τὰ δύο αὐτοῦ ἄκρα, ὡς δεικνύει τὸ παρακείμενον σχῆμα. Τοῦ ὀργάνου πληρουμένου ὕδατος, ἐὰν τὰ στόμια Α καὶ Β′ εἶνε κλειστά, αἱ ἔσωθεν πιέσεις ἐπὶ τῶν παρειῶν Α καὶ Α′, ἐπίσης δὲ ἐπὶ τῶν Β καὶ Β′, ὡς ἴσαι καὶ ἀπ' εὐθείας ἀντίρροποι ἀνὰ δύο, καταργοῦσιν ἀλλήλας· ὅταν ὅμως τὰ στόμια Α καὶ Β′ εἶνε ἀνοικτά, τότε αἱ πιέσεις τοῦ ὕδατος ἐπιφέρονται μόνον ἐπὶ τῶν ἀντικειμένων αὐτοῖς τοιχωμάτων Α′ καὶ Β καὶ ὁ σωλὴν μετὰ τοῦ ὅλου ἀγγείου ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν αὐτῶν λαμβάνει ταχεῖαν περιστροφικὴν κίνησιν, ἥτις εἶνε ἐπὶ τοσοῦτον ταχυτέρα, ὅσῳ μεῖζον τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ ἐν τῷ ἀγγείῳ Μ.



Σχ. 70.—Ὑδραυλικὸς στρόβιλος.

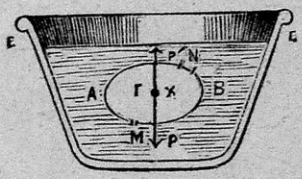
Πιέσεις ἐπὶ τῶν ἐντὸς τῶν ὑγρῶν ἐμβεβαπτισμένων σωμάτων.

80. **Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους**(1). *Πᾶν σῶμα ἐμβεβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ ὑφίσταται ὦσιν κατακόρυφον ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.*

(1) Ἀρχιμήδης, γεννηθεὶς ἐν Συρακούσαις τῷ 287 καὶ ἀποθανὼν τῷ 212 π. Χ., ὑπῆρξεν εἷς τῶν σοφωτέρων ἀνδρῶν τῆς ἀρχαιότητος ὡς μαθηματικὸς καὶ φυσικός.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Θεωρήσωμεν τὸ σῶμα ΑΒ ἐμβεβαπτισμένον ὁλοσχερῶς ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Ἡ πίεσις, ἣν τὸ ὑγρὸν ἐπιφέρει εἴς τι στοιχεῖον Μ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος, δὲν ἐξαρτᾶται παρὰ μόνον ἐκ τῆς ἐκτάσεως τοῦ στοιχείου τούτου καὶ ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ· καὶ ἐν γένει αἱ πιέσεις αἱ ἐπὶ τῶν διαφόρων σημείων τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος ΑΒ εἶνε ὅλως ἀνεξάρτητοι τῆς οὐσίας τοῦ σώματος καὶ θὰ εἶνε αἱ αὐταὶ ἐπὶ παντὸς ἄλλου σώματος ἐξ οἱασδήποτε οὐσίας, ἀρκεῖ τὸ σχῆμα καὶ μέγεθος τούτου νὰ εἶνε τὸ αὐτὸ καὶ νὰ εἶνε ἐμβεβαπτισμένον εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Τούτων οὕτως ἐχόντων, ὑποθέσωμεν πρὸς στιγμὴν ὅτι ἐκφεύγει τὸ σῶμα ΑΒ καὶ τὴν θέσιν αὐτοῦ καταλαμβάνει ἴσος ὄγκος τοῦ περιεχομένου ὑγροῦ, ἀποκεχωρισμένος ἀπὸ τοῦ πέριξ ὑγροῦ διὰ τῆς αὐτῆς χωριστικῆς ἐπιφανείας ΑΜΒΝ. Ἡ ὑγρὰ αὕτη μάζα εὑρίσκεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν, 1ον *τοῦ ἰδίου αὐτῆς βάρους* Ρ ἐφηρμοσμένου εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους Γ καὶ ἐνεργοῦντος ἵνα καταφέρῃ αὐτὴν πρὸς τὰ κάτω, καὶ 2ον *τῶν πιέσεων*, αἵτινες ἐπιφέρονται καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς ἐκ τοῦ πέριξ ὑγροῦ. Ἐπειδὴ δὲ ὑπάρχει ἰσορροπία, σημεῖον ὅτι ἡ ἐνέργεια τοῦ βάρους Ρ ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιρροπούσης ἐνεργείας τοῦ συνόλου τῶν πιέσεων, καὶ συνεπῶς *ὅτι αἱ ἐκ τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τῆς ὑγρᾶς μάζης ΑΜΒΝ ἐπιφερόμεναι πιέσεις ἔχουσι συνισταμένην Ρ′ κατακόρυφον διευθυνομένην ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἴσην πρὸς τὸ βάρος Ρ τῆς μάζης ταύτης.*



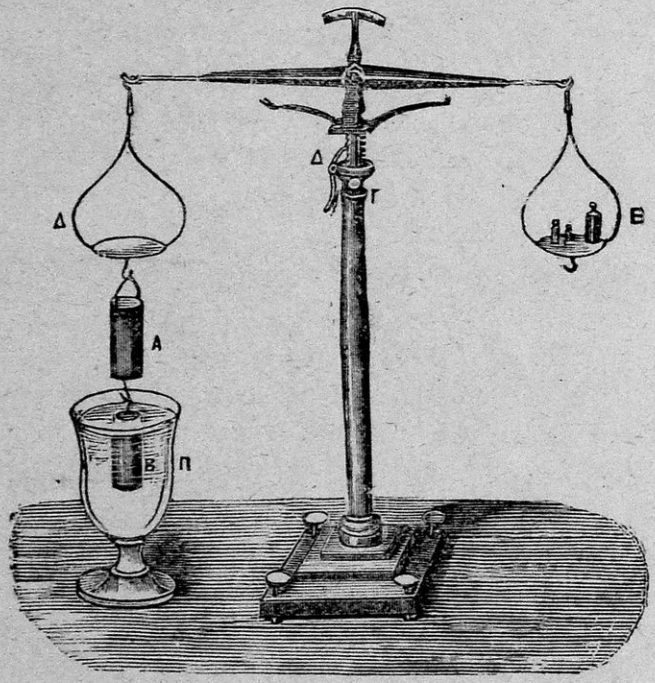
Σχ. 71.—Ἀρχὴ Ἀρχιμήδους.

Ἡ δύναμις αὕτη ἡ πρὸς τὰ ἄνω ὠθοῦσα τὴν ὑγρὰν μάζαν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καλεῖται *ἄνωσις τοῦ ὑγροῦ*, τὸ δὲ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς καλεῖται *κέντρον ἀνώσεως*.

Ἀλλ' ἐὰν εἰς τὴν θέσιν τῆς ὑγρᾶς μάζης ἐντεθῇ οἱονδήποτε σῶμα τῆς αὐτῆς μορφῆς καὶ τῶν αὐτῶν διαστάσεων, τὰς αὐτὰς πιέσεις θὰ δεχθῇ ἐκ τοῦ ὑγροῦ καὶ συνεπῶς ἡ αὐτὴ ἄνωσις θὰ ἐνεργῇ καὶ ἐπὶ τοῦ σώματος ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.



Σχ. 72.— Ἐπαλήθευσις τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους.

Οὕτως ἀποδεικνύεται θεωρητικῶς τὸ ἀληθὲς τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους, ὅτι ἡ ἄνωσις ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἐκτελεῖται εὐκολώτατα διὰ τοῦ *ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ* (Σχ. 72) φέροντος ὑπὸ ἑκάστην πλάστιγγα μικρὸν ἄγκιστρον. Λαμβάνομεν δύο κυλίνδρους Α

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ Β, ὧν ὁ μὲν Α κενὸς ὁ δὲ Β πλήρης, δυνάμενος νὰ εἰσέλθῃ ἀκριβῶς εἰς τὸ κοῖλον τοῦ Α, καὶ ἐξαρτῶμεν τὸν Β ὑπὸ τὸν Α ἐκ τοῦ ἀγκίστρου, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα (χωρὶς ὅμως νὰ ὑπάρχῃ ὑποκάτω τὸ ποτήριον Π)· ἐπὶ τῆς ἑτέρας δὲ πλάστιγγος θέτομεν βάρη, μέχρις οὗ ἰσορροπήσῃ ὁ ζυγὸς καὶ ἡ φάλαγξ λάβῃ τὴν ὁριζοντίαν θέσιν. Ἀκολούθως θέτομεν ὑπὸ τὸν κύλινδρον Β ποτήριον Π πλῆρες ὕδατος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐμβαπτισθῇ οὗτος ὁλοσχερῶς ἐντὸς τοῦ ὕδατος· παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῆς Ε, ὅπερ δεικνύει ὅτι ὁ κύλινδρος Β ὑφίσταται ὦσιν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἐὰν ὅμως πληρώσωμεν ὕδατος τὸ κοῖλον τοῦ κυλίνδρου Α, ἡ ἰσορροπία ἐπανέρχεται καὶ πάλιν ὡς πρότερον· ἐξ οὗ καταφαίνεται ὅτι ἡ ἐπιφερομένη ὦτις εἶνε ἴση καὶ ἀντίρροπος τῷ βάρει ὄγκου ὑγροῦ ἴσου πρὸς τὸ ἐμβαπτιζόμενον σῶμα.

Ἐν τῷ πειράματι τούτῳ βλέπομεν ὅτι διὰ τὴν ἰσορροπίαν τοῦ ζυγοῦ τὸ πρᾶγμα συμβαίνει, ὡσανεὶ *ὁ πλήρης κύλινδρος Β ἔχανε ἀποτόμως μέρος τοῦ βάρους αὐτοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐμβαπτίσεως.* Ὡς ἐκ τούτου ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους ἀπαγγέλλεται καὶ ὑπὸ τὴν ἑξῆς μορφήν: *Πᾶν σῶμα, ἐμβεβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ, χάνει τόσον βάρος, ὅσον εἶνε τὸ βάρος ὄγκου ὑγροῦ ἴσου πρὸς τὸ σῶμα.*

81. **Πρότασις ἀντίστροφος τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους.** Πᾶν σῶμα, ἐμβεβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ, ἐπιφέρει ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ πίεσιν κατακόρυφον ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ. Ἐν ἄλλαις λέξεσι τὸ βάρος, ὅπερ ἀπόλλυσι τὸ ἐμβεβαπτισμένον σῶμα, κερδίζεται ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ, ἐν ᾧ τοῦτο ἐμβαπτίζεται.

Ἀποδεικνύομεν τοῦτο πειραματικῶς θέτοντες νῦν τὸ πλῆρες ὕδατος ποτήριον ἐπὶ τῆς πλάστιγγος καὶ ἰσορροποῦντες αὐτὸ διὰ σταθμῶν ἐπὶ τῆς ἑτέρας πλάστιγγος, τὸ δὲ σύστημα τῶν δύο κυλίνδρων ἐξαρτῶμεν ἐκ παρακειμένου ὑποστηρίγματος μὴ ἐπακουμβῶντος οὐδόλως ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ. Τοῦ ζυγοῦ ἰσορροποῦντος καὶ τῆς φάλαγγος ὁριζοντίας οὔσης στρέφομεν τὸ ὑποστήριγμα εἰς τρό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πον ὥστε ὁ πλήρης κύλινδρος Β νὰ ἐμβαπτισθῇ ἐν τῷ ὑγρῷ τοῦ ποτηρίου· παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ πλάστιγξ Δ κλίνει πρὸς τὰ κάτω, ὅπερ δεικνύει ὅτι ὑπέστη πίεσιν κατακόρυφον ἐκ τῶν ἄνω. Εὑρίσκομεν δὲ καὶ τὸ ποσὸν τῆς πιέσεως ταύτης, διότι, ἐὰν διά τινος οἰνηρήσεως ἀφαιρέσωμεν ἐκ τοῦ ποτηρίου ὕδωρ ἀκριβῶς τόσον ὥστε νὰ πληρώσωμεν τὸν κύλινδρον Α, ἡ ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ ἐπανέρχεται καὶ ἡ φάλαγξ γίνεται πάλιν ὁριζοντία.

82. **Προσδιορισμὸς τοῦ ὄγκου ἑνὸς σώματος.** Σώματος μὴ διαλυτοῦ ἐν τῷ ὕδατι καὶ μὴ ἀπορροφῶντος ὕδωρ δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸν ὄγκον ὡς ἑξῆς: Ζυγίζομεν πρῶτον αὐτὸ ἐν τῷ ἀέρι καὶ ἀκολούθως ἐμβεβαπτισμένον ἐντὸς ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ θερμοκρασίας 4° Κ. Ἡ διαφορὰ τοῦ βάρους τῆς δευτέρας ἀπὸ τῆς πρώτης σταθμήσεως θέλει παριστᾷ τὸ βάρος ὄγκου ὕδατος ἴσου πρὸς τὸ σῶμα. Ἔστω ὅτι ἡ διαφορὰ αὕτη εἶνε 100 γραμμαρίων. Ἡμεῖς γνωρίζομεν ὅτι ἓν κυβικὸν ἑκατοστόμετρον ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ 4° Κ ζυγίζει 1 γραμμάριον· ὥστε τὰ 100 γραμμάρια εἶνε τὸ βάρος 100 κυβ. ἑκατοστομ. ὕδατος. Τόσος λοιπὸν εἶνε ὁ ὄγκος τοῦ προκειμένου σώματος.

Σημ. Ἐπειδὴ εἶνε δύσκολον νὰ ἔχωμεν τὸ ὕδωρ πάντοτε εἰς 4°, διὰ τοῦτο εὑρίσκομεν τὸν ὄγκον τοῦ σώματος εἰς οἱανδήποτε ἄλλην θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος καὶ δι' ὑπολογισμοῦ ἐπιφέρομεν ἀκολούθως τὴν κατάλληλον διορθωσιν.

83. **Ἰσορροπία τῶν ἐμβεβαπτισμένων καὶ τῶν ἐπιπολαζόντων σωμάτων.** Κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδους, πᾶν σῶμα ἐμβεβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ὑπόκειται εἰς τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων κατακορύφων καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, *τοῦ βάρους* Π ἀφ' ἑνὸς ἐφηρμοσμένου εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους Γ, καὶ τῆς *ἀνώσεως* Π' ἀφ' ἑτέρου ἐφηρμοσμένης εἰς τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως Κ (Σχ. 73). Ἐὰν τὸ στερεὸν καὶ τὸ ὑγρὸν εἶνε σώματα ὁμογενῆ, τὰ κέντρα τοῦ βάρους τοῦ κοινοῦ ὄγκου ταὐτίζονται κατ' ἀνάγκην καὶ συνεπῶς τὰ σημεῖα Κ καὶ Γ εἶνε ἓν καὶ τὸ αὐτό, αἱ δὲ δυνάμεις Π καὶ Π' κατ' εὐθεῖαν ἀντίθετοι. Ἐὰν ὅμως, ὅπερ καὶ τὸ συνηθέστερον, τὸ ἓν τῶν δύο σωμάτων εἶνε ἑτερογενές, τότε τὰ σημεῖα τῆς ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων Π καὶ Π' εἶνε διάφορα. Αἱ δὲ δυνάμεις Π καὶ Π', οὖσαι ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει παράλληλοι καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἔχουσι πάντοτε συνισταμένην τινὰ ἴσην τῇ διαφορᾷ αὐτῶν (Π—Π'). Τρεῖς περιστάσεις ἔχομεν νὰ διακρίνωμεν:

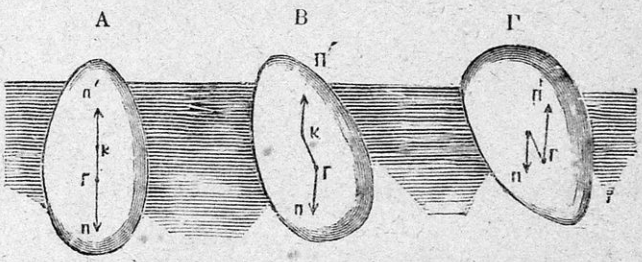
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

1ον. $\Pi - \Pi' > 0$, ἐξ οὗ $\Pi > \Pi'$. Τὸ *βάρος τοῦ σώματος εἶνε μεῖζον τῆς ἀνώσεως ἤτοι τοῦ βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.*

Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει τὸ σῶμα καταπίπτει εἰς τὸν πυθμένα μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ἐλκόμενον ὑπὸ τῆς σταθερᾶς δυνάμεως $\Pi - \Pi'$. Οὕτω καταπίπτει σφαῖρα μολύβδου ἐν ὕδατι, ἢ καὶ νωπὰ ὡς ἐν γλυκεῖ ὕδατι.

2ον. $\Pi - \Pi' = 0$, ἐξ οὗ $\Pi = \Pi'$. *Τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶνε ἴσον πρὸς τὴν ἄνωσιν.*

Τὸ σῶμα τότε ἰσορροπεῖ μένον ἠωρημένον ἐν τῷ ὑγρῷ. Τοῦτο παρατηροῦμεν ἐμβαπτίζοντες νωπὸν ὠὸν ἐντὸς ὕδατος περιέχοντος ὡρισμένην ποσότητα κοινοῦ ἅλατος ἐν διαλύσει.



Σχ. 73.—Ἰσορροπία τῶν ἐπιπολαζόντων σωμάτων.

3ον. $\Pi - \Pi' < 0$, ἐξ οὗ $\Pi < \Pi'$. *Ἡ ἄνωσις εἶνε μεῖζων τοῦ βάρους τοῦ σώματος.*

Τὸ σῶμα τότε ἀνέρχεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ὠθούμενον ὑπὸ τῆς σταθερᾶς δυνάμεως $\Pi' - \Pi$ καὶ ἐπιπολάζει ἐμβεβαπτισμένον ἐπὶ τοσοῦτον μόνον ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, ὥστε τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ νὰ εἶνε ἴσον πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος. Τοῦτο συμβαίνει εἰς τεμάχιον ξύλου καὶ κηροῦ ἐντὸς ὕδατος, εἰς νωπὸν ὠὸν ἐντὸς κεκορεσμένης διαλύσεως ἅλατος.

84. **Συνθῆκαι ἰσορροπίας τῶν ἐπιπολαζόντων σωμάτων.** Ὅπως εὑρεθῇ ἐν ἰσορροπίᾳ σῶμά τι ἐπιπολάζον, ἀπαιτεῖται νὰ πληρῶνται αἱ ἑξῆς δύο συνθῆκαι:

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

1ον. *Τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ νὰ εἶνε ἴσον μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος.*

2ον. *Τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος καὶ τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως τοῦ ὑγροῦ νὰ εὑρίσκωνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου.*

Καὶ ὄντως, ὅταν πληρῶνται αἱ δύο αὗται συνθῆκαι, *τὸ βάρος τοῦ σώματος* (ἐφηρμοσμένον ἐπὶ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους) ἀφ' ἑνὸς καὶ ἡ *ἄνωσις* (ἐφηρμοσμένη ἐπὶ τοῦ κέντρου τῆς ἀνώσεως) ἀφ' ἑτέρου εἶνε δυνάμεις ὄχι μόνον ἴσαι ἀλλὰ καὶ ἀπ' εὐθείας ἀντίρροποι· συνεπῶς ἰσορροποῦσιν ἀλλήλας καὶ τὸ ἐπιπολάζον σῶμα ἰσορροπεῖ (Σχ. 73, Α).

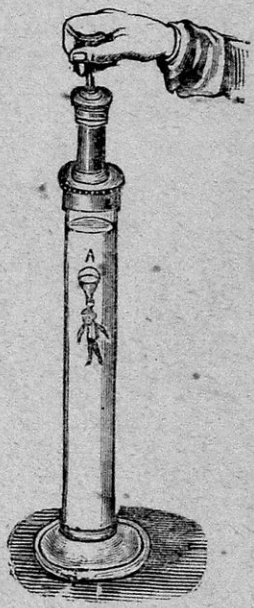
Εἶνε δὲ καὶ ἀναγκαῖαι αἱ δύο αὗται συνθῆκαι. Διότι, ἐὰν ἡ πρώτη δὲν πληρῶται, τότε τὸ σῶμα, κατὰ τὰ ἀνωτέρω λεχθέντα, καταπίπτει ἢ ἀνέρχεται πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν, ἐὰν δὲ τῆς πρώτης ὑφισταμένης ἡ δευτέρα δὲν πληρῶται, ὅπερ ἤθελε συμβῆ ἂν τὸ σῶμα κατεῖχε τὰς θέσεις Β καὶ Γ (Σχ. 73), τότε αἱ ἴσαι δυνάμεις Π καὶ Π' ἤθελον σχηματίσει ζεῦγος, ὅπερ θὰ περιέστρεφε τὸ σῶμα, μέχρις οὗ τὸ κέντρον τοῦ βάρους Γ καὶ τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως Κ εὑρεθῶσιν ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου.

85. **Κολυμβητὴς τοῦ Καρτεσίου.** Αἱ διάφοροι περιπτώσεις τῆς αἰωρήσεως, καταβυθίσεως καὶ ἐπιπολάσεως σώματος ἔν τινι ὑγρῷ ἀναπαράγονται διὰ συσκευῆς, ἣν καλοῦσι κολυμβητὴν (Σχ. 74).

Ἐντὸς ἀγγείου πεπληρωμένου ὕδατος καὶ κεκλεισμένου πρὸς τὰ ἄνω ἑρμητικῶς δι' ἐμβόλου ἐμβαπτίζεται ἀνθρωπάριον ἐξηρτημένον ἐκ μικρᾶς ὑελίνης σφαίρας ἐμπεριεχούσης ἀέρα καὶ φερούσης πρὸς τὰ κάτω ὀπήν. Εἰσάγεται εἰς τὴν σφαῖραν προηγουμένως μικρὰ ποσότης ὕδατος, οὕτως ὥστε ἡ ὅλη συσκευὴ ἐμβαπτιζομένη νὰ εἶνε ἐλαφροτέρα ἴσου ὄγκου ὕδατος καὶ νὰ ἐπιπολάζῃ διὰ μικρᾶς ὅμως ὠθήσεως τοῦ ἐμβόλου πιέζεται τὸ ὕδωρ καὶ ποσότης αὐτοῦ εἰσερχομένη εἰς τὴν σφαῖραν καθιστᾷ τὴν συσκευὴν βαρυτέραν καὶ ἀναγκάζει αὐτὴν νὰ καταβυθισθῇ. Ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἐμβόλου παύσῃ, ὁ ἀὴρ τῆς σφαίρας ἕνεκα τῆς ἐλαστικότητος αὐτοῦ ἐκδιώκει τὸ νεοεισελθὸν ὕδωρ καὶ τότε ἡ συσκευὴ γιγνομένη ἐλαφροτέρα ἀνέρχεται πάλιν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

86. **Κολύμβησις.** Τὸ ἀνθρώπινον σῶμα εἶνε ἐν συνόλῳ ἐλαφρότερον ἴσου ὄγκου ὕδατος γλυκέος καὶ κατὰ συνέπειαν δύναται νὰ ἐπιπολάζῃ ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ τούτου, κατὰ μείζονα δὲ λόγον ἐπὶ τοῦ θαλασσίου ὕδατος. Ἡ δυσκολία τῆς κολυμβήσεως συνίσταται κυρίως εἰς τὸ νὰ κρατῇ τις τὴν κεφαλὴν ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος, διότι εἰς τὸν ἄνθρωπον ἡ κεφαλὴ ἔχει βάρος μεῖζον ἐν σχέσει πρὸς τὰ κάτω ἄκρα καὶ τείνει νὰ καταβυθισθῇ, τούτου δ' ἕνεκα τὸ κολύμβημα εἶνε διὰ τὸν ἄνθρωπον ἐξάσκησις φυσική, ἣν ὀφείλει νὰ ἐκμάθῃ. Παρὰ τοῖς τετράπουσιν ἀπ' ἐναντίας ἡ κεφαλὴ ζυγίζουσα ἀναλόγως ὀλιγώτερον ἢ τὰ κατώτερα μέρη δύναται ἄνευ κόπου ἢ προσπαθείας τινὸς τοῦ ζῴου νὰ μένῃ ἐκτὸς τοῦ ὕδατος καὶ τὸ σῶμα αὐτῶν νὰ ἔχῃ ἐν τῇ θέσει ταύτῃ ἰσορροπίαν εὐσταθῆ ὥστε νὰ κολυμβῶσι φυσικῶς.



Σχ. 74 — **Κολυμβητὴς Καρτεσίου.**

Ἐὰν ὁ μὴ γνωρίζων νὰ κολυμβᾷ, καταπίπτων τυχαίως εἰς

Σχ. 75. — **Κολύμβησις.**

τὸ ὕδωρ, εἶχεν ἀρκοῦσαν ψυχραιμίαν νὰ στρέψῃ ἐπὶ τῆς ράχεως εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἔχῃ ὅλον τὸ σῶμα ἐμβεβαπτισμένον, μόνον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δὲ τὸ πρόσωπον ἐκτὸς τοῦ ὕδατος, θὰ ἠδύνατο ἐν τῇ θέσει ταύτῃ νὰ διαμείνῃ ἐπί τινα ὥραν ἀναπνέων ἐλευθέρως καὶ νὰ περιμένῃ μέχρις οὗ ἔλθῃ εἰς αὐτὸν βοήθεια.

Ἐκ δύο ἀνθρώπων ἐχόντων τὸ αὐτὸ βάρος ὁ παχύτερος ἐπιπλέει εὐκολώτερον ἢ ὁ ἰσχνός. Ἡ προσθήκη κύστεων πεπληρωμένων δι' ἀέρος (Σχ. 75) σκοπεῖ, τῇ προσθήκῃ ἀσημάντου βάρους, νὰ καταστήσῃ τὸ σῶμα ὀγκωδέστερον καὶ συνεπῶς μειζονα τὸν ὄγκον τοῦ ἐκτοπιζομένου ὕδατος. Οὕτως ἐπέρχεται αὔξησις τῆς ἀνώσεως καὶ τὸ σῶμα ἐπιπολάζει ἀκόπως.

Διάφορα πτηνά, οἷον οἱ χῆνες, οἱ κύκνοι, αἱ νῆσσαι, δύνανται ἀκόπως νὰ ἐπιπλέωσιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, διότι ἡ ὑπὸ τὴν κοιλίαν αὐτῶν στιβὰς τῶν πτίλων, οὖσα λιαν πυκνὴ καὶ ἀδιάβροχος, ἐκτοπίζει διὰ μικρᾶς καταβυθίσεως ὄγκον ὕδατος ἔχοντα βάρος ἴσον πρὸς τὸ τοῦ σώματος αὐτῶν.

Συνθῆκαι ἰσορροπίας τῶν βαρέων ὑγρῶν.

87. **Ἰσορροπία ὑγροῦ ἐντὸς ἑνὸς ἀγγείου.** Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω θεμελιώδους θεωρήματος (74) συνάγονται αἱ ἑξῆς δύο συνθῆκαι τῆς ἰσορροπίας ὑγροῦ περιεχομένου ἔντινι ἀγγείῳ.

1ον. *Ἡ πίεσις πρέπει νὰ εἶνε ἡ αὐτὴ εἰς πάντα τὰ σημεῖα ἐντὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου.*

Διότι, ἂν καλέσωμεν π καὶ π′ τὰς πιέσεις δύο διαφόρων σημείων τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου στρώματος, θὰ ἔχωμεν

$$\pi - \pi' = \upsilon\delta.$$

Ἐπειδὴ δὲ τὸ υ διὰ τὰ διάφορα σημεῖα τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου στρώματος εἶνε ἴσον τῷ μηδενί,

ἔχομεν $\pi - \pi' = 0,$

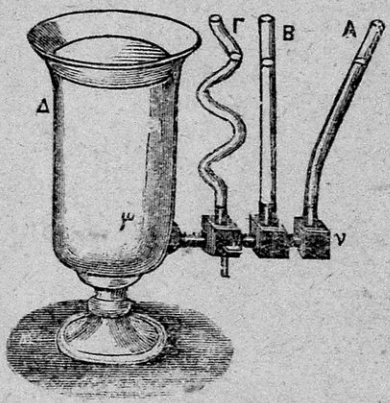
ἐξ ἧς $\pi = \pi'.$

2ον. *Ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ πρέπει νὰ εἶνε ἐπίπεδος καὶ ὁριζοντία.*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διότι πάντα τὰ σημεῖα τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας, ἰσορροποῦντος τοῦ ὑγροῦ, δέχονται τὴν αὐτὴν πίεσιν, συνεπῶς πρέπει νὰ εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, τοῦθ' ὅπερ εἶνε συνέπεια τῆς προηγουμένης πρώτης συνθήκης.

88. **Ἰσορροπία ὑγροῦ ἐντὸς συγκοινωνούντων ἀγγείων.** *Ὅταν δύο ἢ πλείονα ἀγγεῖα οἱασδήποτε μορφῆς, συγκοινωνοῦντα πρὸς ἄλληλα, ἐμπεριέχωσι τὸ αὐτὸ ὑγρὸν ἐν ἰσορροπίᾳ, αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ ἐν πᾶσι τοῖς ἀγγείοις εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον.*



Σχ. 76.—**Συγκοινωνοῦντα ἀγγεῖα.**

Πειραματικῶς ἀποδεικνύομεν τοῦτο διὰ συσκευῆς συνισταμένης ἐξ ἑνὸς εὐρέος ἀγγείου Δ (Σχ. 76) φέροντος πλευρικῶς καὶ πλησίον τοῦ πυθμένος σωλῆνα ὁριζόντιον μν ἐφ' οὗ κοχλιοῦνται οἱ διαφόρου σχήματος καὶ χωρητικότητος σωλῆνες Α, Β καὶ Γ, ἀποτελοῦντες σύστημα ἀγγείων συγκοινωνούντων. Πληροῦντες τὰ ἀγγεῖα ὕδατος βλέπομεν ὅτι αἱ ἐλεύθεραι αὐτοῦ ἐπιφάνειαι φθάνουσιν ἀκριβῶς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου ἐν πᾶσι τοῖς ἀγγείοις.

89. **Ἰσορροπία τῶν ὑπερκειμένων ὑγρῶν.** Ὅταν διάφορα ὑγρά, μὴ ἐπιδεκτικὰ μίξεως ἢ χημικῆς ἑνώσεως, οἷον ὑδράργυρος, ὕδωρ, ἔλαιον, ἐμπεριέχωνται ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ ἀγγείου, πρέπει, διὰ νὰ ὑπάρξῃ ἰσορροπία:

1ον. *Τὰ διάφορα ὑγρὰ νὰ ὑπέρκεινται ἀλλήλων κατὰ τάξιν πυκνότητος, αὐξανούσης ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2ον. *Αἱ ἐπιφάνειαι αἱ διαχωρίζουσαι τὰ ὑγρὰ ἀνὰ δύο νὰ ὦσιν ὁριζόντιαι.*

Ἡ πρώτη συνθήκη εἶνε συνέπεια τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους καὶ τῆς ἰσορροπίας τῶν ἐμβεβαπτισμένων σωμάτων. Εἶνε φανερὸν ὅτι μία σταγὼν ὑγροῦ πυκνοτέρα, τιθεμένη ἐντὸς ἀραιοτέρου ὑγροῦ, π. χ. ὑδράργυρος ἐν ὕδατι, θὰ καταπέσῃ πρὸς τὸν πυθμένα ὡς ἔχουσα βάρος μεῖζον τῆς ἀνώσεως (ἴδε § 83), καὶ ἀντιστρόφως, αἱ σταγόνες ἀραιοτέρου ὑγροῦ θὰ ἐπιπολάσωσιν ἐπὶ τοῦ πυκνοτέρου.

Πειραματικῶς δὲ δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὴν ἀνωτέρω ἀρχὴν λαμβάνοντες ἀγγεῖον ὑέλινον κυλινδρικὸν καὶ μακρὸν καὶ ἐγχύνοντες εἰς αὐτὸ ὑδράργυρον, κεκορεσμένην διάλυσιν ἀνθρακικοῦ καλίου, οἰνόπνευμα κεχρωματισμένον καὶ ναφθέλαιον. Ἀναταράσσοντες τὸ μῖγμα καὶ ἀφίνοντες νὰ ἐπέλθῃ ἰσορροπία, βλέπομεν τὸν ὑδράργυρον καταλαμβάνοντα τὸν πυθμένα, ἐπ' αὐτοῦ δὲ ὑπερκείμενα κατὰ σειρὰν τὸ ὕδωρ, τὸ οἰνόπνευμα καὶ τὸ ναφθέλαιον, καὶ τὰς χωριζούσας αὐτὰ ἐπιφανείας ὁριζοντίας.

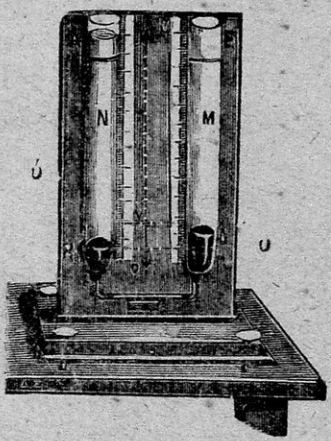
Διὰ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς ἐξηγεῖται ἡ παρὰ τὰς ἐκβολὰς τῶν ποταμῶν ἐπιπόλασις τοῦ γλυκέος ὕδατος αὐτῶν ἐπὶ τοῦ πυκνοτέρου θαλασσίου εἰς ἀρκετὴν ἔκτασιν ἐντὸς τῆς θαλάσσης.

90. **Ἰσορροπία δύο ἀνισοπύκνων ὑγρῶν ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων ἀγγείων.** Ὅταν δύο ὑγρὰ διαφόρου πυκνότητος (ὑδράργυρος καὶ ὕδωρ), μὴ ἐπιδεκτικὰ μίξεως ἢ χημικῆς ἑνώσεως, ἰσορροπῶσιν ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων ἀγγείων Μ καὶ Ν (Σχ. 77), *τὰ κατακόρυφα ὕψη, εἰς ἃ εὑρίσκονται αἱ δύο ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι ὑπεράνω τοῦ κοινοῦ διαχωριστικοῦ ἐπιπέδου ΒΓ, εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν πυκνοτήτων τῶν δύο ὑγρῶν.*

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἐντὸς τῶν δύο συγκοινωνούντων καὶ κατακορύφως ἐστηριγμένων ὑελίνων σωλήνων Μ καὶ Ν χύ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νομεν μικρὰν ποσότητα ὑδραργύρου καὶ κατόπιν ὕδωρ εἰς τὸν βραχίονα ΑΒ. Ἡ στήλη τοῦ ὕδατος ΑΒ πιέζουσα τὸν ὑδράργυρον κατὰ τὸ Β ἀναβιβάζει αὐτὸν ἐκ τοῦ ἑτέρου βραχίονος μέχρις ὕψους τινὸς Δ καὶ ἐπέρχεται ἰσορροπία. Ἐὰν νῦν διὰ τοῦ Β ἀχθῇ τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ΒΓ καὶ κατομετρηθῶσιν αἱ στῆλαι ΑΒ καὶ ΓΔ, βλέπομεν ὅτι ἡ στήλη τοῦ ὕδατος εἶνε 13,6 φορὰς μείζων τῆς τοῦ ὑδραργύρου, ἤτοι ὅσον ὁ ὑδράργυρος εἶνε πυκνότερος τοῦ ὕδατος.



Σχ. 77 — Ὑγρὰ ἀνισόπυκνα ἐντὸς συγκοινωνούντων ἀγγείων.

Θεωρητικὴ ἀπόδειξις. Κατὰ τὰ προηγούμενα (73 καὶ 87) ἡ ἐπίπεδος ὁριζοντία ἐπιφάνεια ΒΓ δέχεται πίεσιν καθ' ὅλα τὰ σημεῖα αὐτῆς, ἐὰν δὲ καλέσωμεν υ καὶ υ′ τὰς κατακορύφους ἀποστάσεις τῶν ἐπιφανειῶν Δ καὶ Α ὑπὲρ τὸ ἐπίπεδον ΒΓ, καὶ π καὶ π′ τὰς πυκνότητας τοῦ ὑδραργύρου καὶ τοῦ ὕδατος, θὰ ἔχωμεν εἰς μὲν τὸ Β πίεσιν

$$\Pi = B \times \upsilon' \times \pi',$$ εἰς δὲ τὸ Γ $\Pi' = \Gamma \times \upsilon \times \pi$,

ἐξ οὗ $B \times \upsilon \times \pi' = \Gamma \times \upsilon \times \pi$,

ἐπειδὴ δὲ Β καὶ Γ εἶνε ἴσα, ἔχομεν,

$$\upsilon' \times \pi' = \upsilon \times \pi,$$ ἐξ ἧς $\upsilon' : \upsilon = \pi : \pi'$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΩΝ ΑΡΧΩΝ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

I Προσδιορισμὸς τοῦ εἰδικοῦ βάρους τῶν σωμάτων.

91. Ἀπόλυτον καὶ σχετικὸν εἰδικὸν βάρος. Εἶνε γνωστὸν ὅτι τὰ διάφορα σώματα ὑπὸ τὸν αὐτὸν ὄγκον λαμ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βανόμενα ἔχουσι διάφορον βάρος ἕκαστον· τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι τὰ διάφορα σώματα ἔχουσι διάφορον εἰδικὸν βάρος. *Τὸ βάρος τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου (ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστομέτρου) σώματός τινος καλεῖται* **ἀπόλυτον εἰδικὸν βάρος.**

Ἔστω Β τὸ ἀπόλυτον εἰδικὸν βάρος σώματός τινος, τοῦ σιδήρου λ. χ., καὶ 6 τὸ ἀπόλυτον εἰδικὸν βάρος ἑτέρου ὡρισμένου σώματος, ὅπερ ἐκλέγεται ὡς ὅρος συγκρίσεως· ὡς τοιοῦτον δὲ σῶμα λαμβάνεται κατὰ συνθήκην διὰ τὰ στερεὰ καὶ ὑγρὰ τὸ ὕδωρ (ἀπεσταγμένον καὶ θερμοκρασίας 4^0 Κ).

Ἐὰν διαιρέσωμεν τὸ Β διὰ τοῦ 6, θὰ ἔχωμεν

$$\frac{B}{6} = E.$$

Ὁ ἀριθμὸς Ε, ἤτοι ὁ λόγος τοῦ βάρους τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου σώματός τινος πρὸς τὸ βάρος τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου τοῦ ὕδατος, καλεῖται **σχετικὸν εἰδικὸν βάρος** *τοῦ σώματος ἢ καὶ ἁπλῶς* **εἰδικὸν βάρος** *αὐτοῦ.*

Ἀλλὰ καὶ ἐὰν διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ καὶ ἐν γένει πολλαπλασιασθῇ ἐπὶ ν ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος, ὅτε τὸ βάρος τοῦ νέου ὄγκου θὰ εἶνε Β′, ἐπίσης δὲ πολλαπλασιασθῇ ἐπὶ ν καὶ ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου τοῦ ὕδατος, ὅτε τὸ βάρος τοῦ νέου ὄγκου τοῦ ὕδατος θὰ εἶνε 6′, πάλιν ὁ λόγος τοῦ Β′ πρὸς τὸ 6′ θὰ εἶνε ὁ αὐτὸς καὶ θὰ ἔχωμεν καὶ πάλιν

$$\frac{B'}{6'} = E.$$

Ἡ ἰσότης αὕτη δεικνύει ὅτι δυνάμεθα νὰ λάβωμεν τὸ βάρος οἱουδήποτε ὄγκου ἑνὸς σώματος καὶ τὸ βαρος ἴσου ὄγκου ὕδατος καὶ διαιροῦντες τὸ πρῶτον διὰ τοῦ δευτέρου νὰ εὕρωμεν καὶ πάλιν τὸ αὐτὸ εἰδικον βάρος Ε. Συναγομεν λοιπὸν ἐντεῦθεν τὸν ἑξῆς νέον ὁρισμὸν τοῦ εἰδικοῦ βάρους:

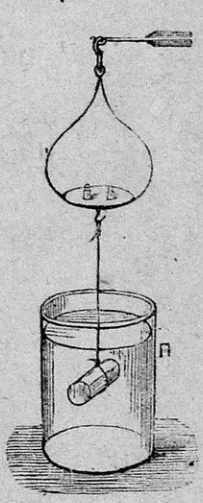
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Καλεῖται εἰδικὸν βάρος (σχετικὸν) σώματός τινος, *ὁ λόγος τοῦ βάρους ὄγκου τινὸς τοῦ σώματος πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος.*

Κατὰ ταῦτα, ὅταν λέγωμεν ὅτι τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ μολύβδου εἶνε 11,32, ἐννοοῦμεν ὅτι, ἂν ὄγκος τις ὕδατος ἔχῃ βάρος 100 γραμμαρίων π. χ., ἴσος ὄγκος μολύβδου θὰ ἔχῃ βάρος 1132 γραμμαρίων.

Διὰ τὰ ἀέρια ὡς σῶμα πρὸς σύγκρισιν λαμβάνεται ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ εἰς θερμοκρασίαν τοῦ 0^0 καὶ ὑπὸ πίεσιν 0μ,760.

92. **Προσδιορισμὸς τοῦ εἰδικοῦ βάρους τῶν στερεῶν.** Συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω ὁρισμὸν ὅπως προσδιορίσωμεν τὸ εἰδικὸν βάρος στερεοῦ ἢ ὑγροῦ σώματος, ἀρκεῖ νὰ εὕρωμεν, 1ον τὸ βάρος ὄγκου τινὸς τοῦ σώματος καὶ 2ον τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος, καὶ νὰ διαιρέσωμεν τὸ πρῶτον διὰ τοῦ δευτέρου· τὸ πηλίκον θέλει παριστᾷ τὸ ζητούμενον εἰδικὸν βάρος.



Σχ. 78.—Εὕρεσις τοῦ εἰδ. βάρου διὰ τοῦ ὑδροστ. ζυγοῦ.

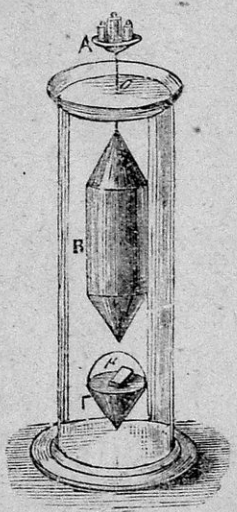
Τρεῖς εἶνε αἱ κυριώτεραι τῶν πρὸς τοῦτο μεθόδων.

Α'. *Μέθοδος διὰ τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ.* Ἡ μέθοδος αὕτη εἶνε ἄμεσος ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. Ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα σ, ὅπερ ὑποτίθεται μὴ διαλυτὸν ἐν τῷ ὕδατι, ἐκ τοῦ ἀγκίστρου τῆς πλάστιγγος τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ καὶ ζυγίζομεν αὐτὸ πρῶτον ἐν τῷ ἀέρι· ἔστω δὲ Β τὸ βάρος αὐτοῦ. Ἀκολούθως, χωρὶς ν' ἀφαιρέσωμεν τὰ σταθμὰ ἐκ τῆς ἑτέρας πλάστιγγος, ἐμβαπτίζομεν αὐτὸ ἐν τῷ ὕδατι. Εἶνε γνωστὸν ὅτι τὸ σῶμα θὰ χάσῃ νῦν ἐλαφρότερον καὶ ἡ ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ θὰ καταστραφῇ· ὅπως ἐπανέλθῃ δὲ αὕτη, ἀνάγκη νὰ προσθέσωμεν εἰς τὴν πλάστιγγα, κάτωθεν τῆς ὁποίας ἐξαρτᾶ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ται τὸ σῶμα, σταθμά τινα 6. Τὰ σταθμὰ ταῦτα θὰ παριστῶσι τὸ βάρος, ὅπερ τὸ σῶμα ἀπώλεσεν ἐμβαπτισθὲν εἰς τὸ ὕδωρ, ἤτοι τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος. Συνεπῶς τὸ εἰδικὸν βάρος Ε τοῦ σώματος θὰ εἶνε $E = \frac{B}{6}$.

Β'. *Μέθοδος διὰ τοῦ ἀραιομέτρου τοῦ Nicholson.* Τὸ ἀραιόμετρον τοῦ Nicholson (Σχ. 79) συνίσταται ἐκ τινος κοίλου κυλίνδρου Β ἐκ λευκοσιδήρου φέροντος πρὸς τὰ κάτω ἐξηρτημένον δοχεῖον κωνικὸν πεπληρωμένον μολύβδου, πρὸς τὰ ἄνω δὲ στέλεχος καὶ ἐπ' αὐτοῦ δίσκον Α πρὸς ἐναπόθεσιν βαρῶν. Ἐπὶ τοῦ στελέχους ὑπάρχει κεχαραγμένον σημεῖόν τι ο, *σημεῖον ἐπιπολάσεως* καλούμενον, μέχρι τοῦ ὁποίου πρέπει νὰ ἐμβαπτίζηται τὸ ὄργανον κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τοῦ πειράματος.



Σχ. 79. — Ἀραιόμετρον Nicholson.

1ον. Ἐπιθέτομεν τὸ σῶμα, οὗτινος προτιθέμεθα νὰ εὕρωμεν τὸ εἰδικὸν βάρος, ἐπὶ τοῦ δίσκου Α καὶ προσθέτομεν καὶ ἄλλα βάρη ἄμμον, σφαιρίδια μολύβδου κλπ.), μέχρις οὗ τὸ ὄργανον ἐμβαπτισθῇ μέχρι τοῦ σημείου ο. Ἀκολούθως ἀφαιροῦμεν τὸ σῶμα καὶ ἀντ' αὐτοῦ θέτομεν σταθμὰ Β, ἵνα καὶ πάλιν τὸ ὄργανον ἐμβαπτισθῇ μέχρι τοῦ σημείου ο· εἶνε φανερὸν ὅτι τὰ σταθμὰ Β θὰ παριστῶσι τὸ βάρος τοῦ σώματος.

2ον. Προκειμένου δὲ νὰ εὕρωμεν καὶ τὸ βάρος τοῦ ἴσου ὄγκου ὕδατος, ἀφαιροῦμεν ἐκ τοῦ δίσκου μόνον τὰ σταθμά, ἐξάγομεν τὸ ἀραιόμετρον ἐκ τοῦ ὕδατος καὶ τοποθετοῦντες τὸ σῶμα ἐπὶ τοῦ κώνου εἰς τὴν θέσιν μ, ἐμβαπτίζομεν τὸ ὄργανον ἐκ νέου εἰς τὸ ὕδωρ. Ἐπειδὴ νῦν τὸ σῶμα ἀποβάλλει βάρος, τὸ ἀραιόμετρον δὲν καταβυθίζεται μέχρι τοῦ σημείου ο, ἀλλὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

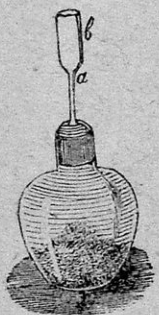
μέχρι κατωτέρου σημείου· ὅπως δὲ καταβυθισθῇ μέχρι τοῦ ο, εἶνε ἀνάγκη νὰ προσθέσωμεν ἐπὶ τοῦ δίσκου σταθμὰ β. Εἶνε φανερὸν ὅτι τὰ σταθμὰ β παριστῶσι τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος. Συνεπῶς τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σώματος εἶνε

$$E = \frac{B}{\beta}.$$

Σημ. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶνε ἐλαφρότερον τοῦ ὕδατος καὶ δὲν εἶνε δυνατὸν νὰ διαμείνῃ ἐπὶ τοῦ κώνου εἰς τὴν θέσιν μ, ἐπιθέτομεν ἐπ' αὐτοῦ μικρὸν μεταλλικὸν πλέγμα καὶ τὸ προσδέομεν εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐμποδισθῇ ἡ ἀνάδυσις αὐτοῦ.

Γ'. *Μέθοδος διὰ τῆς ληκύθου.* Ἡ μέθοδος αὕτη, ἐπινοηθεῖσα ὑπὸ τοῦ Klaproth καὶ τελειοποιηθεῖσα ὑπὸ τοῦ Regnault, εἶνε ἡ ἀκριβεστέρα πασῶν.

Λαμβάνομεν φιάλην πλατύστομον (Σχ. 80), ἣν φράσσει ὑέλινον κοῖλον πῶμα ἐσμυρισμένον καὶ φέρον πρὸς τὰ ἄνω τριχοδιαμετρικὸν σωλῆνα ἀπολήγοντα εἰς ἕτερον πλατύτερον β· ἐπὶ τοῦ λεπτοῦ σωλῆνος ὑπάρχει κεχαραγμένον σημεῖόν τι α, μέχρι τοῦ ὁποίου πρέπει νὰ πληρῶται ὕδατος ἡ φιάλη κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τοῦ πειράματος.



Σχ. 80.—Λήκυθος.

Πληροῦμεν τὴν φιάλην ὕδατος καὶ πωματίζομεν αὐτήν, τότε δὲ τὸ ὕδωρ θ' ἀνέλθῃ εἰς τὸ πῶμα καὶ θὰ ὑπερβῇ τὸ σημεῖον α, ἀλλὰ διὰ ποτιστικοῦ χάρτου ἀφαιροῦμεν τὸ πλεονάζον. Οὕτως ἔχοντες τὴν φιάλην πεπληρωμένην ἀκριβῶς μέχρι τοῦ α, ἐπιθέτομεν αὐτὴν ἐπὶ τῆς πλάστιγγος, παραπλεύρως δὲ καὶ τὸ σῶμα, οὗτινος ζητοῦμεν τὸ εἰδικὸν βάρος, καὶ θέτομεν ἐπὶ τῆς ἑτέρας πλάστιγγος σταθμὰ μέχρις ἀκριβοῦς ἰσορροπίας τοῦ ζυγοῦ. Ἀκολούθως ἀποσύροντες ἐκ τῆς πλάστιγγος τὸ σῶμα εἰσάγομεν τοῦτο ἐντὸς τῆς φιάλης εἴτε εἰς τεμάχια εἴτε εἰς κόνιν. Εἶ ε φανερὸν ὅτι θὰ ἐκχυθῇ ἐξ αὐτῆς ὄγκος ὕδατος ἴσος πρὸς τὸ εἰσαχθὲν σῶμα· διό, ἀφοῦ σπογγίσωμεν ἐπιμε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λῶς ἔξωθεν τὴν φιάλην, ἀφαιρέσωμεν δ' ἐκ τοῦ πώματος καὶ τὸ πλεονάζον ὕδωρ, ζυγίζομεν αὐτὴν ἐκ νέου, τὸ δ' ἐλλεῖπον βάρος β θὰ παριστᾷ τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος. Γνωρίζομεν δέ, ἔχοντες ἐκ τῶν προτέρων προσδιωρισμένον, καὶ τὸ βάρος Β τοῦ σώματος καὶ συνεπῶς εὑρίσκομεν τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ προκειμένου σώματος.

Σημ. Ὅταν τὸ σῶμα εἶνε διαλυτὸν ἐν τῷ ὕδατι, τότε προσδιορίζομεν τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτοῦ ὡς πρὸς ἄλλο ὑγρόν, οἰνόπνευμα, αἰθέρα, ἔλαιον, ἐν τῷ ὁποίῳ τὸ σῶμα νὰ εἶνε ἀδιάλυτον, π. χ. τοῦ σακχάρου ἐν τῷ ἐλαίῳ τῆς ἐλαίας, καὶ κατόπιν πολλαπλασιάζομεν τὸ οὕτως εὑρεθὲν εἰδικὸν βάρος ἐπὶ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑγροῦ, οὗτινος ἐποιησάμεθα χρῆσιν, ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ.

Ἔστω Β τὸ βάρος ὄγκου τινὸς σακχάρου,
β τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ἐλαίου,
β' τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος.

Ἡ πρώτη διὰ τοῦ ἐλαίου ἐργασία θὰ δώσῃ ὡς ἀποτέλεσμα $\frac{B}{\beta}$, ἡ δὲ δευτέρα τοῦ ἐλαίου διὰ τοῦ ὕδατος θὰ δώσῃ $\frac{\beta}{\beta'}$. Πολλαπλασιάζοντες ἔχομεν

$$\frac{B}{\beta} \times \frac{\beta}{\beta'} = E$$

τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ σακχάρου ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ.

Ὅπως ἀποφύγωμεν δὲ κατὰ τὴν μέθοδον τῆς ληκύθου τὴν παρουσίαν φυσαλίδων ἀέρος, ὅπερ συμβαίνει μάλιστα ἂν τὸ σῶμα εἶνε ἐν καταστάσει κόνεως, θέτομεν τὴν ληκυθον ἀνοικτὴν ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας καὶ ποιοῦντες τὸ κενὸν ἀναγκάζομεν τὸν προσκεκολλημένον ἀέρα νὰ ἐκλυθῇ.

Ἐὰν τὸ σῶμα εἶνε λίαν πορῶδες καὶ θέλωμεν νὰ προσδιορίσωμεν τὸ εἰδικὸν αὐτοῦ βάρος ὑπὸ τὸν φαινόμενον ὄγκον, ἐπιχρίομεν τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ διὰ λεπτοτάτου στρώματος κηροῦ ἐμποδίζοντες οὕτω τὴν διαβροχὴν αὐτοῦ.

93. **Προσδιορισμὸς τοῦ εἰδικοῦ βάρους τῶν ὑγρῶν.** *Α'. Μέθοδος διὰ τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ.* Ἐκ τοῦ ἀγκίστρου τῆς πλάστιγγος ἐξαρτῶμεν διὰ νήματος σῶμα, ἐφ' οὗ τὸ ὑγρόν, οὗτινος ζητοῦμεν τὸ εἰδικὸν βάρος, νὰ μὴ ἐπενεργῇ χημικῶς· ὡς τοιοῦτον δὲ λαμβάνεται συνήθως σφαῖρα ὑελίνη ἐμπεριέχουσα ὑδράργυρον ἢ χόνδρους μολύβδου. Ἰσορροποῦμεν τὴν σφαῖραν διὰ βαρῶν τιθεμένων ἐπὶ τῆς ἑτέρας πλάστιγγος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ μετὰ ταῦτα ἐμβαπτίζομεν αὐτὴν πρῶτον ἐντὸς ἀπεσταγμένου ὕδατος καὶ εἶτα ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, οὗτινος ζητοῦμεν τὸ εἰδικὸν βάρος· ἑκάστην φορὰν ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται, διότι ἡ σφαῖρα χάνει βάρος, καὶ εἶνε ἀνάγκη νὰ προσθέσωμεν νέα σταθμὰ πρὸς ἀποκατάστασιν αὐτῆς. Τὰ σταθμὰ β καὶ Β, ἅτινα θὰ χρειασθῶσι πρὸς τοῦτο εἰς τὴν πρώτην καὶ εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν, θὰ παριστῶσι τὸ βάρος τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ ὑγροῦ ὑπὸ τὸν αὐτὸν ὄγκον καὶ συνεπῶς τὸ ζητούμενον εἰδικὸν βάρος Ε τοῦ ὑγροῦ θὰ εἶνε

$$E = \frac{B}{\beta}.$$

Β'. *Μέθοδος διὰ τοῦ ἀραιομέτρου.* Τὸ πρὸς τοῦτο ἀραιόμετρον εἶνε τὸ τοῦ Fahrenheit, συνίσταται δ' ἐξ ὑελίνου σωλῆνος ἀπολήγοντος πρὸς τὰ κάτω εἰς σφαῖραν περιέχουσαν ὑδράργυρον πρὸς δὲ τὰ ἄνω εἰς στέλεχος φέρον δίσκον. Ἐπὶ τοῦ στελέχους ὑπάρχει, ὡς καὶ εἰς τὸ τοῦ Nicholson, κεχαραγμένον σημειόν τι α ὡς *σημεῖον ἐπιπλεύσεως*. Κατὰ πρῶτον προσδιορίζομεν ἅπαξ διὰ παντὸς καὶ μετ' ἀκριβείας τὸ βάρος τοῦ ἀραιομέτρου καὶ ἔστω τοῦτο Β.

Ἐμβαπτίζομεν τὸ ἀραιόμετρον ἐντὸς ὕδατος ἀπεσταγμένου καὶ προσθέτομεν ἐπὶ τοῦ δίσκου βάρη β, ὥστε νὰ καταδύσῃ τὸ ὄργανον μέχρι τοῦ α καὶ ἰσορροπήσῃ. Κατὰ τὰ ἀνωτέρω περὶ ἰσορροπίας τῶν ἐπιπολαζόντων σωμάτων, τὸ βάρος τοῦ ἀραιομέτρου σὺν τοῖς προσθέτοις σταθμοῖς (Β+β) παριστᾷ *τὸ βάρος ὄγκου ὕδατος ἴσου πρὸς τὸ ἐμβεβαπτισμένον μέρος τοῦ ἀραιομέτρου*. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἐμβαπτίζοντες τὸ ἀραιόμετρον καὶ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκομεν τὸ βάρος τοῦ *ἐκτοπιζομένου ἴσου ὄγκου ὑγροῦ*, καὶ ἔστω τοῦτο Β+β'. Ἔχοντες οὕτω τὰ δύο ἀπαιτούμενα στοιχεῖα, εὑρίσκομεν

$$E = \frac{B + \beta'}{B + \beta}.$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

— Τρίτη μέθοδος εἶνε ἡ διὰ τῆς *ληκύθου*, ἣν παραλείπομεν ἐνταῦθα.

94. **Διορθώσεις ἐπὶ τοῦ εἰδικοῦ βάρους.** Ἕνεκα τῆς μεταβολῆς τοῦ ὄγκου τῶν σωμάτων διὰ τῆς θερμότητος, τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτῶν εὑρίσκεται διάφορον εἰς διαφόρους θερμοκρασίας. Τούτου ἕνεκα κατὰ συνθήκην λαμβάνουσι τὰ μὲν σώματα εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0^0, τὸ δὲ ὕδωρ ἀπεσταγμένον καὶ εἰς θερμοκρασίαν 4^0 Κ., ὅτε ἔχει τὴν μεγίστην αὐτοῦ πυκνότητα. Ἀλλ' ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας εἶνε πολὺ δύσκολον νὰ γίνωσιν αἱ ἐργασίαι πρὸς εὕρεσιν τῶν εἰδικῶν βαρῶν, τούτου δ' ἕνεκα εὑρίσκονται τὰ εἰδικὰ βάρη εἰς ἄλλην θερμοκρασίαν καὶ ἀκολούθως ἀνάγονται ταῦτα εἰς τὴν κανονικήν, ὡς ἀνωτέρω, θερμοκρασίαν, ἐπὶ τῇ βάσει τύπων συναγομένων ἐκ τῆς ἐρεύνης τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων.

Πίναξ τῶν εἰδικῶν βαρῶν τῶν κυριωτέρων στερεῶν καὶ ὑγρῶν ὑπὸ θερμοκρασίαν 0^0 ἐν συγκρίσει πρὸς τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ θερμοκρασίας 4^0 Κ.

Στερεά		Ὑγρά	
Πλάτινα	21,16	Ὕελος τῶν ὑελοπαραθύρων	2,527
Πλάτινα ἐσφυρηλατημένη	23,000	Ὕελος τῶν ποτηρίων	2,463
Χρυσός	19,258	Θεῖον ὀκταεδρικόν	2,070
Μόλυβδος	11,352	Ἐλεφαντόστεον	1,930
Ἄργυρος	10,474	Ἔβενος	1,120—1,210
Βισμούθιον	9,822	Ἀνθρώπινον σῶμα(μέσον)	1,070
Χαλκός	8,788	Καουτσούκ	0,990
Ὀρείχαλκος	8,393	Νάτριον	0,972
Χάλυψ μὴ ἐσφυρηλατημ.	7,816	Κηρός	0,960
Σίδηρος εἰς ῥάβδους	7,788	Χοίρειον λίπος	0,940
Χυτοσίδηρος	7,207	Πάγος τηκόμενος	0,930
Κασσίτερος	7,291	Ἡρόβειον λίπος	0,920
Ψευδάργυρος	6,861	Ξύλον δαμασκηνέας	0,870
Ἀντιμόνιον	6,712	Κάλιον	0,865
Ἀδάμας	3,501—3,531	Ξύλον μηλέας	0,730
Μάρμαρον λευκόν	2,837	Ξύλον ἀπιδέας	0,730
Γρανίτης	2,700	Ξύλον καρυᾶς	0,680—0,920
Ἄργιλος	2,500	Ξύλον ἐλαίας	0,680

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ξύλον φηγοῦ....	0,660—0,820	Νιτρικὸν ὀξὺ καπνίζον..	1,520
Ξύλον πλατάνου.....	0,650	Ὑδροχλωρικὸν ὀξύ.....	1,208
Ξύλον δρυός....	0,610—1,210	Ἔνθειος ἄνθραξ.....	1,263
Ξύλον πεύκης...	0,550—0,740	Γάλα ἀγελάδος.....	1,030
Ξύλον ἐλάτης...	0,490—0,660	Θαλάσσιον ὕδωρ.....	1,026
Φελλὸς.....	0,240	Ἀπεσταγμένον ὕδωρ εἰς 4°	1,000
		— — εἰς 0°	0,9998
Ὑγρά.		Οἶνος.....	0,990
Ὑδράργυρος.....	13,596	Ἔλαιον ἐλαίας.....	0,915
Βρώμιον.....	2,966	Οἰνόπνευμα ἄνυδρον....	0,795
Θειϊκὸν ὀξύ.....	1,848	Αἰθὴρ.....	0,730

Β' Ἀραιόμετρα.

95. **Διάφορα εἴδη ἀραιομέτρων.** Ἔχομεν δύο εἴδη ἀραιομέτρων, ἀραιόμετρα *σταθεροῦ ὄγκου καὶ μεταβλητοῦ βάρους* καὶ ἀραιόμετρα *σταθεροῦ βάρους καὶ μεταβλητοῦ ὄγκου*.

Τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα δύο ἀραιόμετρα, τὸ τοῦ Nicholson καὶ τὸ τοῦ Fahrenheit ἀνήκουσιν εἰς τὴν πρώτην κατηγορίαν. Ἔχουσι *σταθερὸν ὄγκον*, διότι πάντοτε ἐμβαπτίζονται μέχρι τοῦ αὐτοῦ σημείου ἐπιπλεύσεως, *μεταβλητὸν δὲ βάρος*, διότι ἡ κατάδυσις αὐτῶν μέχρι τοῦ σημείου ἐπιπλεύσεως ἐπιτυγχάνεται τῇ προσθήκῃ βαρῶν διαφόρων εἰς τὰ διάφορα ὑγρά. Τὰ δὲ τῆς δευτέρας κατηγορίας ἔχουσι *σταθερὸν βάρος*, διότι ἐμβαπτίζονται καθ' ἑαυτὰ ἄνευ προσθέτων βαρῶν, *μεταβλητὸν δὲ ὄγκον*, διότι ἀναλόγως τῆς πυκνότητος τοῦ ὑγροῦ καταβυθίζονται περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον. Τῶν ὀργάνων τούτων, τῶν καὶ κυρίως ἀραιομέτρων, γίνεται καθημερινὴ χρῆσις πρὸς ἐκτίμησιν τοῦ βαθμοῦ τῆς πυκνότητος ἁλατούχων διαλύσεων, ὀξέων διαφόρων, οἰνοπνευματούχων ὑγρῶν κλπ., διὸ καὶ λαμβάνουσι διάφορα ὀνόματα, *ἁλατοζύγια, ὀξυζύγια, οἰνοπνευματοζύγια ἢ οἰνοπνευματόμετρα* κλπ.

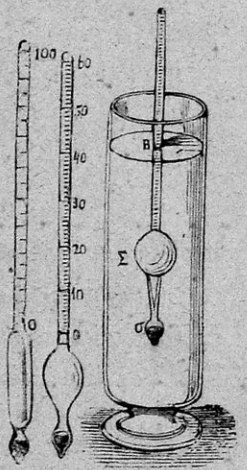
96. **Ἀραιόμετρον Baumé.** Συνίσταται ἐκ κοίλου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑελίνου κυλίνδρου ἡ σφαίρας Σ (Σχ. 81) ἀπολῃγούσης πρὸς τὰ ἄνω εἰς σωλῆνα Β, πρὸς τὰ κάτω δὲ εἰς μικρὰν σφαῖραν σ περιέχουσαν ὑδράργυρον πρὸς ἑρματισμόν.

Ὑπάρχουσι δύο εἴδη ἀραιομέτρων Baumé, τὰ χρησιμεύοντα δι' ὑγρὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος, *ὀξυγύζια*, *ἁλατοζύγια*, καὶ τὰ χρησιμεύοντα δι' ὑγρὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος, *οἰνοπνευματόμετρα* κλπ.

1ον. Εἰς τὰ πρῶτα (Α) ἡ σφαῖρα σ περιέχει τόσον ὑδράργυρον, ὥστε τὸ ὄργανον ἐμβαπτιζόμενον ἐν. τὸς καθαροῦ ὕδατος 12°,5 Κ (ἢ 10° R) νὰ καταδύῃ μέχρι σχεδὸν τῆς κορυφῆς ἔνθα σημειοῦται 0. Εἶτα ἐμβαπτίζεται τὸ ὄργανον εἰς διάλυσιν περιέχουσαν κατὰ βάρος 85 μέρη ὕδατος καὶ 15 μέρη θαλασσίου ἅλατος καὶ εἰς τὸ νέον σημεῖον ἐπιπλεύσεως Β σημειοῦται ὁ ἀριθμὸς 15 καὶ διαιρεῖται τὸ μεταξὺ διάστημα εἰς 15 ἴσα μέρη, ἐξακολουθεῖ δ' οὕτως ἡ βαθμολόγησις τοῦ ἀραιομέτρου μέχρι τῆς βάσεως τοῦ σωλῆνος, ὅστις πρέπει νὰ εἶνε ἀρκούντως μακρὸς ὥστε νὰ περιλαμβάνῃ 70 περίπου διαιρέσεις.



Σχ. 81. — Ἀραιόμετρα Beaumé. Οἰνοπνευματόμετρον Gay-Lussac.

2ον. Τὰ ἀραιόμετρα δι' ὑγρὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος (Β) ἑρματίζονται οὕτως ὥστε ἐμβαπτιζόμενα ἐντὸς διαλύσεως 90 μ. ὕδατος καὶ 10 μ. ἅλατος νὰ καταδύωσι μέχρι τῆς βάσεως τοῦ σωλῆνος ἔνθα σημειοῦται 0. Ἐμβαπτίζεται τὸ τοιοῦτον ἀραιόμετρον ἐντὸς ἀπεσταγμένου ὕδατος 12°,5, ὅπερ εἶνε ἀραιότερον τῆς προηγουμένης διαλύσεως καὶ εἰς τὸ νέον σημεῖον τῆς ἐπιπλεύσεως, ὅπερ θὰ κεῖται ἀνωτέρω τοῦ μηδενός, σημειοῦται ὁ ἀριθμὸς 10 καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διαιρεῖται τὸ μεταξὺ διάστημα εἰς 10 ἴσα μέρη ἢ βαθμούς. Ἐπεκτείνονται ἀκολούθως αἱ διαιρέσεις μέχρι τῆς κορυφῆς τοῦ σωλῆνος, ὅστις πρέπει νὰ περιλαμβάνῃ 58—60 τοιαύτας.

Χρῆσις. Καὶ τὰ δύο ταῦτα ἀραιόμετρα, ὅλως αὐθαιρέτως βεβαθμολογημένα, δὲν δύνανται νὰ δείξωσιν οὔτε τὴν πυκνότητα τῶν ὑγρῶν οὔτε τὸ ποσὸν τῶν διαλελυμένων ἁλάτων· χρησιμοποιοῦνται ἁπλῶς πρὸς ἀναγνώρισιν, ἐὰν διάλυσίς τις ἁλατοῦχος ἢ ὀξυοῦχος ἔφθασε μέχρις ὡρισμένου βαθμοῦ κόρου ἢ συμπυκνώσεως. Γνωρίζομεν λ. χ. ὅτι τὸ ὀξυζύγιον πρέπει νὰ δεικνύῃ:

66 βαθμοὺς ἐν τῷ πυκνῷ θειϊκῷ ὀξεῖ,
36 » ἐν τῷ νιτρικῷ ὀξεῖ τοῦ ἐμπορίου,
22 » ἐν τῷ κοινῷ ὑδροχλωρικῷ ὀξεῖ,
3 » ἐν τῷ θαλασσίῳ ὕδατι (θερμοκρ. 22° K),

τὸ δὲ οἰνοπνευματοζύγιον πρέπει νὰ δεικνύῃ:

56 βαθμοὺς ἐν τῷ κοινῷ αἰθέρι τοῦ ἐμπορίου,
65 » ἐν τῷ ἀποκεκαθαρμένῳ αἰθέρι,
22—25 » ἐν τῇ ἀμμωνίᾳ τοῦ ἐμπορίου.

Παρατηροῦντες δὲ τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἀραιομέτρου καὶ συγκρίνοντες πρὸς τὰ γνωστὰ ταῦτα, ἐννοοῦμεν ἂν τὸ ἐξεταζόμενον ὑγρὸν ἔχῃ ἢ οὔ τὸν παραδεδεγμένον βαθμὸν τῆς πυκνότητος.

97. **Ἑκατοντάβαθμον οἰνοπνευματόμετρον Gay-Lussac.** Τὸ σταθεροῦ βάρους ἀραιόμετρον τοῦτο χρησιμεύει ὅπως καταμετρῶμεν τὸ ποσὸν (κατ' ὄγκον) τοῦ καθαροῦ οἰνοπνεύματος τοῦ περιεχομένου ἔν τινι οἰνοπνευματούχῳ ὑγρῷ (Σχ. 81 Γ).

Τὸ ὄργανον τοῦτο ἑρματίζεται τοιουτοτρόπως, ὥστε ἐμβαπτιζόμενον ἐντὸς ἀπεσταγμένου ὕδατος 15° νὰ καταβυθίζηται μέχρι τῆς βάσεως τοῦ σωλῆνος ἔνθα σημειοῦται τὸ 0, ἐντὸς δὲ τοῦ ἀνύδρου οἰνοπνεύματος νὰ καταβυθίζηται μέχρι τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κορυφῆς ἔνθα σημειοῦται τὸ 100. Ἀκολούθως λαμβάνεται μῖγμα ὕδατος καὶ οἰνοπνεύματος περιέχον 95 ἐπὶ τοῖς 100 ἀνύδρου οἰνοπνεύματος καὶ εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπλεύσεως σημειοῦται 95· κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἐμβαπτίζεται εἰς μῖγμα περιέχον 90, 85, 80 . . . μέρη ἐπὶ τοῖς 100 ἀνύδρου οἰνοπνεύματος καὶ σημειοῦνται οἱ ἀντίστοιχοι ἀριθμοὶ εἰς τὰ σημεῖα τῆς ἐπιπλεύσεως.

Οὕτω βεβαθμολογημένον τὸ οἰνοπνευματόμετρον, ὅταν ἐμβαπτιζόμενον ἐν οἰνοπνευματώδει ὑγρῷ θερμοκρ. 15° δεικνύῃ 80 βαθμοὺς π. χ., σημεῖον ὅτι τὸ ὑγρὸν περιέχει 80 ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν μέρη κατ' ὄγκον ἀνύδρου οἰνοπνεύματος.

Σημ. Διὰ τοῦ οἰνοπνευματομέτρου δυνάμεθα νὰ ἐξετάσωμεν ἀπ' εὐθείας τὸ οἰνοπνευματῶδες ὑγρόν, μόνον ὅταν εἶνε μῖγμα ὕδατος καὶ οἰνοπνεύματος· ὥστε εἰς τὸν οἶνον δὲν δύναται νὰ μᾶς δείξῃ ἀπ' εὐθείας τὴν περιεκτικότητα αὐτοῦ εἰς οἰνόπνευμα ἕνεκα τῶν συμπαρομαρτούντων ξένων ἄλλων οὐσιῶν. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει δι' ἀποστάξεως ἀποχωρίζομεν τὸ περιεχόμενον οἰνόπνευμα τοῦ οἴνου καὶ τότε γίνεται χρῆσις τοῦ οἰνοπνευματομέτρου.

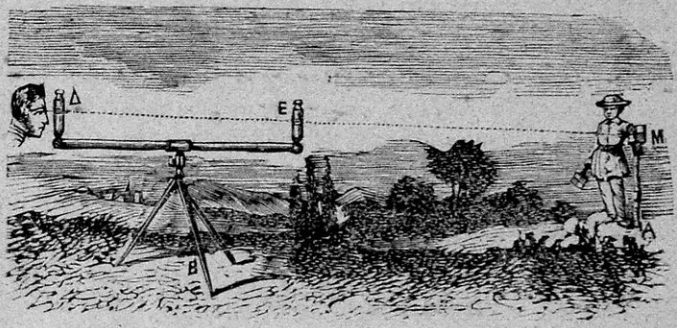
III. Διάφοροι ἐφαρμογαί.

98. **Ὑδροστάτης** (Σχ. 82). Τὸ ὄργανον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ σωλῆνος ἐκ λευκοσιδήρου ἠγκωνισμένου κατὰ τὰ δύο ἄκρα, ἐφ' ὧν εἰσι προσκεκολλημένοι δύο ὑέλινοι σωλῆνες Δ καὶ Ε, σχηματίζοντες δύο συγκοινωνοῦντα ἀγγεῖα· στηρίζεται δὲ τὸ ὅλον ἐπὶ τρίποδος καὶ εἶνε πεπληρωμένον ὕδατος μέχρι τῶν $^3/_4$ περίπου τῶν σωλήνων. Τῆς ἰσορροπίας καθισταμένης, τὸ ὕδωρ, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων ἀγγείων, εὑρίσκεται ἐν ἑκατέροις τοῖς σωλῆσιν εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον.

Χρῆσις τοῦ ὑδροστάτου γίγνεται πρὸς προσδιορισμὸν *τῆς διαφορᾶς τοῦ ὕψους* δύο σημείων τοῦ ἐδάφους. Ὑποθέσωμεν ὅτι ζητοῦμεν νὰ προσδιορίσωμεν κατὰ πόσον τὸ σημεῖον Α κεῖται ὑψηλότερον τοῦ Β. Θέτομεν ἐπὶ μὲν τοῦ Α κατα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κόρυφον *στόχασμα*, τουτέστι ξύλινον κανόνα συγκείμενον ἐκ δύο μερῶν, ὧν τὸ ἓν δύναται νὰ διολισθαίνῃ κατὰ μῆκος τοῦ ἑτέρου καὶ ἀπολήγει πρὸς τὰ ἄνω εἰς πλάκα Μ ἐκ λευκοσιδήρου, φέρουσαν ἐν τῷ κέντρῳ *σημεῖον σκοπεύσεως*· εἰς δὲ τὸ Β τίθεται ὁ ὑδροστάτης, παρατηρητὴς δ' ἐκ τῶν ὄπισθεν διευθύνει μίαν ὀπτικὴν ἀκτῖνα πρὸς τὸ στόχασμα καὶ διὰ νευμάτων ὑποδεικνύει εἰς τὸν παρὰ τὸ στόχασμα ἱστάμενον βοηθὸν ν' ἀναβιβάσῃ ἢ καταβιβάσῃ τὴν πλάκα Μ, μέχρις οὗ τὸ σημεῖον τῆς σκοπεύσεως εὑρεθῇ εἰς τὴν προεκβολὴν τῆς εὐθείας ΔΕ.



Σχ. 82.— Ὑδροστάτης.

Μετρεῖται τότε τὸ ὕψος ΑΜ, ἀφαιρεῖται ἀπὸ τοῦ ἐκ τῶν προτέρων γνωστοῦ κατακορύφου ὕψους τοῦ ὑδροστάτου καὶ ἡ διαφορὰ παριστᾷ κατὰ πόσον τὸ Α κεῖται ὑψηλότερον τοῦ Β.

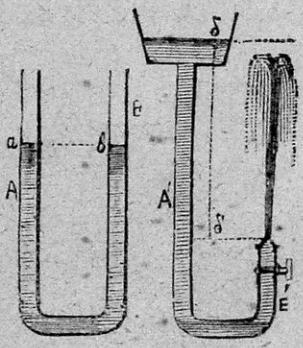
Παρομοίως γίνεται ἡ χωροστάθμησις, καὶ ἂν ὁ ὑδροστάτης τεθῇ εἰς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον, ὁ δὲ κανὼν στηθῇ ἐπὶ τοῦ χαμηλοτέρου, ἀλλὰ τότε ἐκ τοῦ ὕψους τοῦ κανόνος θ' ἀφαιρεθῇ τὸ ὕψος τοῦ ὑδροστάτου, ἵνα εὑρεθῇ ἡ διαφορὰ τῶν ὑψῶν.

Ἐὰν δὲ τὰ σημεῖα Α καὶ Β εἶνε λίαν ἀπομεμακρυσμένα, τότε σημειοῦνται ἐν τῷ μεταξὺ διάμεσα σημεῖα καὶ γίνεται ἡ χωροστάθμησις ἀπὸ τοῦ ἑνὸς εἰς τὸ ἕτερον, ἀπὸ τοῦ δευτέρου εἰς τὸ τρίτον καὶ οὕτω καθεξῆς μέχρι τοῦ τελευταίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

99. **Ρεύματα ὕδατος, πίδακες, ἀρτεσιανὰ φρέατα.** Αἱ θάλασσαι, οἱ ποταμοί, αἱ πηγαὶ κλπ. εἶνε πληθὺς συγκοινωνούντων ἀγγείων, ἐν οἷς τὰ ὕδατα τείνουσιν ἀπαύστως νὰ φθάσωσιν εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον· εἰς τὴν ἀρχὴν δὲ ταύτην στηρίζεται ἡ κατασκευὴ πιδάκων, βρύσεων, καὶ ἀρτεσιανῶν φρεάτων.

Ἐὰν ἐγχύσωμεν ὕδωρ ἐντὸς τοῦ εἰς δύο ἴσα σκέλη κεκαμμένου σωλῆνος Α (Σχ.83), τοῦτο, ὡς γνωστόν, θὰ φθάσῃ εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη μέχρι τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου αβ. Ὑποθέσωμεν ἤδη ὅτι ὁ εἷς βραχίων Α′ εἶνε μακρότερος καὶ ἀπολήγει πρὸς τὰ ἄνω εἰς λεκάνην πλήρη ὕδατος, ὁ δ′ ἕτερος βραχύτερος καὶ φέρει εἰς τὸ ἄκρον στρόφιγγα· τὸ τὸν σωλῆνα πληροῦν ὕδωρ ἐπιφέρει ἐπὶ τῆς στρόφιγγος πίεσιν ἴσην πρὸς τὸ βάρος στήλης ὑγροῦ ἐχούσης βάσιν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς στρόφιγγος καὶ ὕψος τὸ δδ′, διό, ἀνοιγομένης τῆς στρόφιγγος, τὸ ὕδωρ δυνάμει τῆς πιέσεως ταύτης τείνει ν′ ἀναπηδήσῃ πρὸς τὰ ἄνω μέχρι τοῦ ὕψους τὴς στήλης δδ′, καθ′ ἣν ὑπερέχει τὸ ὕδωρ ἐν τῷ ἑτέρῳ τῶν συγκοινωνούντων ἀγγείων. Οὕτως ἐξηγεῖται τὸ φαινόμενον τῆς ἀναπηδήσεως τοῦ ὕδατος ἐν τοῖς πίδαξιν, οὓς παρατηροῦμεν ἐν ταῖς πλατείαις τῶν πόλεων, ἐν τοῖς δημοσίοις κήποις κλπ. Ὁ σωλὴν τοῦ πίδακος συγκοινωνεῖ ὑπογείως μετὰ δεξαμενῆς πολὺ τούτου ὑψηλότερον κειμένης, διὸ τὸ ὕδωρ ἀναπηδῶν τείνει νὰ φθάσῃ μέχρι τοῦ ὕψους τοῦ ὕδατος τῆς δεξαμενῆς. Ἐν τούτοις δὲν δύναται νὰ φθάσῃ εἰς τὸ αὐτὸ ἀκριβῶς ὕψος, 1ον ἕνεκα τῆς ἀντιστάτεως τοῦ ἀέρος καὶ



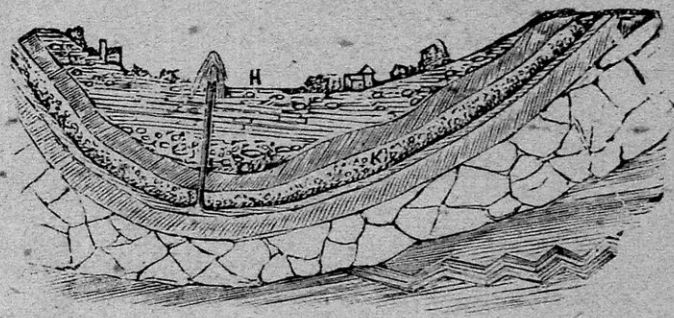
Σχ.83.—**Θεωρία τῶν πιδάκων καὶ ρευμάτων τοῦ ὕδατος.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ζον ἕνεκα τῆς προσκρούσεως, ἣν τὰ καταπίπτοντα μόρια τοῦ ὕδατος ἐπιφέρουσιν ἐπὶ τῆς ἀνερχομένης στήλης.

Διὰ τὸν αὐτὸν ἐπίσης λόγον, τῆς τάσεως τοῦ ὕδατος ὅπως ἀνέλθῃ εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ἐν τοῖς συγκοινωνοῦσιν ἀγγείοις, ἀνέρχεται τοῦτο διοχετευόμενον δι' ὑπογείων σωλήνων καὶ μέχρι τῶν ὑψηλοτέρων πατωμάτων τῶν οἰκιῶν ἡμῶν, ὅταν ταῦτα εἶνε ἔστω καὶ κατά τι χαμηλότερα τῆς δεξαμενῆς, ἐξ ἧς τὸ ὕδωρ ἐκρέει.

Ἀρτεσιανὰ φρέατα. Ταῦτά εἰσι πηγαὶ τεχνηταί, δι' ὧν ἀναπηδᾷ τὸ ὕδωρ ἐκ τοῦ βάθους τῆς γῆς, προερχόμενον ἐκ μεγά-



Σχ. 84.—Ἀρτεσιανὸν φρέαρ.

λων ὑπογείων δεξαμενῶν· ὡμοιάσθησαν δ' οὕτω ἐκ τῆς ἐπαρχίας Artois τῆς Γαλλίας, ἐν ᾗ τὸ πρῶτον κατεσκευάσθησαν τοιαῦτα. Ἰδοὺ δὲ πῶς εἶνε δυνατὸν νὰ σχηματισθῶσι τοιαῦται μεγάλαι ὑπόγειαι δεξαμεναὶ πλήρεις ὕδατος καὶ ἐπ' αὐτῶν ν' ἀνοιχθῶσιν ἀρτεσιανὰ φρέατα. Τὰ ἀποτελοῦντα τὸν στερεὸν τῆς γῆς φλοιὸν στρώματά εἰσιν ἄλλα μὲν διαχωρητὰ ὑπὸ τοῦ ὕδατος, ὡς λ.χ. τὰ ἀμμώδη, ἄλλα δ' οὐχί, ὡς τὰ ἀργιλώδη, τὰ ἐκ μαρμάρου· συμβαίνει δὲ πολλαχοῦ μεταξὺ δύο στρωμάτων ἀδιαβρόχων Δ καὶ Γ νὰ ὑπάρχῃ στρῶμα Κ διαχωρητὸν ὑπὸ τοῦ ὕδατος καὶ συγκοινωνοῦν μὲ τὴν ἐπιφάνειαν. Τότε τὰ ὕδατα τῶν βροχῶν, καταρρέοντα ἐκ τῶν ὀρέων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ εἰσχωροῦντα εἰς τὸ ἔδαφος διαχωροῦσι διὰ μέσου τοῦ στρώματος Κ καὶ πληροῦσιν αὐτό, σχηματίζοντα οὕτως ἐκτεταμένην δεξαμενὴν πλήρη ὕδατος. Ἐὰν δὲ διατρυπηθῶσι τὰ ὑπερκείμενα στρώματα καὶ σχηματισθῇ ὀπὴ μέχρι τῆς ἐπιφανείας Η, ἐξικνουμένη, τὰ ὕδατα ἀνεξέρχονται μεθ' ὁρμῆς, τείνοντα νὰ φθάσωσιν εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, μέχρι τοῦ ὁποίου φθάνει τὸ ὕψος τῆς δεξαμενῆς.

Αἱ ὑπόγειαι αὗται δεξαμεναί, ἐξ ὧν ἔχουσι τὴν ἀρχὴν τὰ ἀρτεσιανὰ φρέατα, ἔχουσι πολλάκις ἑκατὸν εἴκοσι καὶ τριάκοντα λευγῶν, τὸ δὲ βάθος αὐτῶν ποικίλλει ἀναλόγως τοῦ τῶν πέριξ ὀρέων. Λίαν ἀξιοσημείωτα παραδείγματα παρέχουσι τὰ ἀρτεσιανὰ φρέατα ἐν Grenelle καὶ Passy, ὧν τὸ πρῶτον βάθους 548 μέτρων ἐξακοντίζει εἰς πολλῶν μέτρων ὕψος στήλην ὕδατος ἔχοντος θερμοκρασίαν 27°, τὸ δὲ ἐν Passy ἔχει βάθος 570 μετρων, τὸ δὲ ὕδωρ αὐτοῦ θερμοκρασίαν 28°.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΤΡΙΧΟΕΙΔΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, ΔΙΑΠΙΔΥΣΙΣ

100. **Τριχοειδῆ φαινόμενα.** Καλεῖται *σωλὴν τριχοειδὴς ἢ τριχοδιαμετρικός*, ἐκεῖνος, τοῦ ὁποίου ἡ ἐσωτερικὴ διάμετρις εἶνε λίαν σμικρά, ὥστε δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὸ πάχος τριχός.

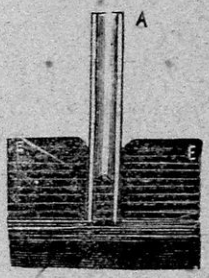
Ἐὰν ἐμβαπτίσωμεν τοιοῦτον σωλῆνα ἀνοικτὸν κατ' ἀμφότερα τὰ ἄκρα (Σχ. 86) ἐντὸς ὑγροῦ διαβρέχοντος αὐτόν, ὕδατος π. χ., παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς τοῦ σωλῆνος συμβαίνει *ἔξαρσις τοῦ ὕδατος*, τουτέστιν ἀνέρχεται τοῦτο εἰς ὕψος μεῖζον τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἐνῷ κατὰ τὸν νόμον τῶν συγκοινωνούντων ἀγγείων ὤφειλε νὰ φθάσῃ εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Καὶ οὐ μόνον δὲ τοῦτο, ἀλλὰ καὶ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντὸς μὲν τοῦ σωλῆνος ἔχει μορφὴν μηνίσκου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

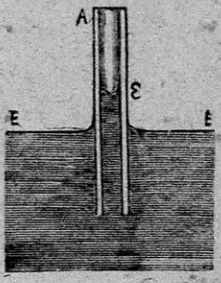
κοίλου, ἔξωθεν δ' αὐτοῦ περὶ τὸν σωλῆνα ἀνυψοῦται ὀλίγον λαμβάνουσα σχῆμα κοίλον ἐπίσης.

Ἐὰν δ' ἐμβαπτίσωμεν τὸν αὐτὸν σωλῆνα ἐντὸς ὑγροῦ μὴ διαβρέχοντος τὴν ὕελον, ὑδραργύρου π.χ. (Σχ. 85), τότε συμβαίνει *κατάδυσις τοῦ ὑδραργύρου*, τουτέστι τὸ ὕψος αὐτοῦ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶνε κατώτερον τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας Ε Ε, καὶ σχηματίζει ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν κυρτήν, ἔξωθεν δὲ περὶ τὸν σωλῆνα ἡ ἐπιφάνεια εἶνε ἐπίσης κυρτή.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα, ἅτινα φαίνονται ἀποτελοῦντα ἐξαίρεσιν τῶν νόμων τῆς ὑδροστατικῆς, ὠνομάσθησαν τριχοειδῆ φαινόμενα. Αἰτία δὲ τούτων εἶνε ἡ ἕλξις ἡ ἀναπτυσσομένη



Σχ. 85. — Ἀνύψωσις ὑγροῦ ἐντὸς τριχοειδοῦς σωλῆνος.



Σχ. 86. — Κατάδυσις ὑγροῦ ἐντὸς τριχοειδοῦς σωλῆνος.

μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ εἴτε μεταξὺ τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ καὶ τῶν παρειῶν τοῦ ἐμβεβαπτισμένου σωλῆνος.

101. Νόμοι ἐξάρσεως καὶ καταδύσεως τῶν ὑγρῶν ἐντὸς τῶν τριχοειδῶν σωλήνων.

1ος νόμος. *Διὰ τὸ αὐτὸ ὑγρὸν καὶ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν τὸ μέσον ὕψος τῆς ἐξάρσεως εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογον τῆς διαμέτρου τοῦ σωλῆνος.*

2ος νόμος. *Διὰ τὸ αὐτὸ ὑγρὸν καὶ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν τὸ μέσον ὕψος τῆς ἐξάρσεως εἶνε ἀνεξάρτητον τοῦ πάχους τοῦ σωλῆνος ἄνωθεν καὶ κάτωθεν τοῦ μηνίσκου, ἀνεξάρτη-*

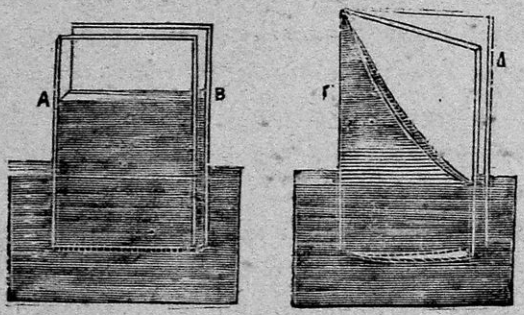
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τον δὲ καὶ τῆς οὐσίας αὐτοῦ (ἀρκεῖ τὸ ὑγρὸν νὰ διαβρέχῃ τὸν σωλῆνα).

3ος νόμος. *Διὰ διάφορα ὑγρὰ τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας τὸ μέσον ὕψος τῆς ἐξάρσεως ἐν τῷ αὐτῷ σωλῆνι ποικίλλει ἀναλόγως τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ.*

Π. Χ. ἐντὸς ὑελίνου σωλῆνος διαμέτρου $1^{χμ.}$, 295 τὸ οἰνόπνευμα ἐξαίρεται εἰς $9^{χμ.}$,18 μέχρις $9^{χμ.}$,99, τὸ τερεβινθέλαιον εἰς $9^{χμ.}$,95, τὸ ὕδωρ εἰς $23^{χμ.}$,16 κλπ.

4ος νόμος. *Δι' ὅλα τὰ ὑγρὰ τὸ μέσον ὕψος τῆς ἐξάρσεως ἐν*



Π Ρ

Σχ. 87. — Ἀνύψωσις τοῦ ὑγροῦ μεταξὺ δύο πλακῶν.

τῇ αὐτῷ τριχοειδεῖ σωλῆνι ἐλαττοῦται, ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ ὑψοῦται.

Οὐ μόνον δ' ἐν τοῖς τριχοειδέσι σωλῆσιν, ἀλλὰ καὶ μεταξὺ δύο ἐλασμάτων παραλλήλων ἢ σχηματιζόντων γωνίαν καὶ ἐμβεβαπτισμένων ἐντὸς ὑγροῦ εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων λαμβάνουσι χώραν τὰ τριχοειδῆ φαινόμενα. Ἐν τοῖς παραλλήλοις ἐλάσμασι (Σχ. 87, Π) *τὸ μέσον ὕψος τῆς ἐξάρσεως* (διὰ τὸ αὐτὸ ὑγρὸν καὶ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν) *εἶνε τὸ ἥμισυ τοῦ ὕψους, εἰς ὃ θ' ἀνήρχετο τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τριχοειδοῦς σωλῆνος ἔχοντος διάμετρον ἴσην πρὸς τὴν ἀπόστασιν τῶν ἐλασμάτων.*

Ἐν δὲ τοῖς γωνίαν ἀποτελοῦσιν ἐλάσμασιν καὶ κατακορύφως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐν τῷ ὑγρῷ ἐμβεβαπτισμένοις (Σχ. 87, Ρ) ἡ ἐπιφάνεια τῆς ἐξάρσεως εἶνε κοίλη σχηματίζουσα ὑπερβολὴν ἰσόπλευρον.

Ἐν ᾗ περιπτώσει δὲ τὸ ὑγρὸν δὲν διαβρέχῃ τὸν σωλῆνα ἢ τὸ ἔλασμα, συμβαίνει, ὡς εἴδομεν, κατάδυσις τοῦ ὑγροῦ· ἀκολουθεῖ δὲ καὶ αὕτη τοὺς αὐτούς, ὡς ἀνωτέρω, νόμους.

102. **Ἐφαρμογαί.** Ἐπὶ τοῦ τριχοειδοῦς στηρίζονται πολλὰ φαινόμενα. Ἐντὸς τῶν αἰσθητῶν πόρων τῶν πορωδῶν σωμάτων (ἀργίλου, κρητίδος, σακχάρου, ξύλου) τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται εἰς μέγα ὕψος, διὸ καὶ διαβρέχει αὐτὰ καθ' ὁλοκληρίαν, ὅταν καὶ μικρὸν μόνον μέρος αὐτῶν ἐμβαπτισθῇ ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Σωρὸς ἄμμου γίνεται ὑγρός, ὅταν ἡ βάσις αὐτοῦ διαβραχῇ, τοῖχος ἔχων ὑγρὰ θεμέλια διϋγραίνεται μέχρις ἀρκετοῦ ὕψους. Τὸ ἔλαιον, τὸ τετηκὸς στέαρ, τὸ οἰνόπνευμα, τὸ πετρέλαιον, ἀνέρχονται διὰ τῆς θρυαλλίδος μέχρι τῆς φλογὸς δυνάμει τοῦ τριχοειδοῦς.

103. **Διαπίδυσις.** Καλεῖται *διαπίδυσις*, τὸ φαινόμενον καθ' ὃ, ὅταν δύο ὑγρὰ διαφόρου πυκνότητος διαχωρίζωνται διά τινος πορώδους διαφράγματος, λαμβάνει χώραν διὰ τῶν πόρων τοῦ διαφράγματος μετάβασις τοῦ ἀραιοτέρου ὑγροῦ πρὸς τὸ πυκνότερον καὶ τἀνάπαλιν· π.χ. ἐὰν πληρώσωμεν κύστιν διὰ διαλύσεως σακχάρου καὶ ἐπὶ τοῦ στομίου αὐτῆς προσδέσωμεν στεγανῶς σωλῆνα ἀνοικτόν, οὕτως ὥστε αἱ ἐπιφάνειαι τῆς τε διαλύσεως καὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὕδατος νὰ εἶνε εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον, θὰ παρατηρήσωμεν μετὰ παρέλευσιν ὡρῶν τινων ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅτι τὸ ὕδωρ διεισδῦον εἰς τὴν κύστιν πληροῖ αὐτὴν ὡς καὶ τὸν σωλῆνα εἰς ἀρκετὸν ὕψος, ἀφ' ἑτέρου δ' ὅτι μικρὰ ποσότης διαλύσεως σακχάρου μεταβαίνει πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν ὕδωρ. Ἡ μετάβασις τοῦ ἀραιοτέρου ὑγροῦ πρὸς τὸ πυκνότερον καλεῖται *διαπίδυσις ἐπὶ τὰ ἐντὸς ἢ καὶ ἐνδόσμωσις*, ἡ δὲ τοῦ πυκνοτέρου πρὸς τὸ ἀραιότερον *διαπίδυσις ἐπὶ τὰ ἐκτὸς ἢ καὶ ἐξόσμωσις*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὅπως λάβῃ χώραν διαπίδυσις, πρέπει πρῶτον τὰ δύο ὑγρὰ νὰ εἶνε δεκτικὰ μίξεως, π. χ. ὕδωρ καὶ οἰνόπνευμα, ὕδωρ καὶ διάλυσις σακχάρου ἢ ἅλατος κοινοῦ, οὐχὶ δὲ ὕδωρ καὶ ἔλαιον, καὶ δεύτερον νὰ μὴ ἐπιδρῶσι χημικῶς ἐπ' ἀλλήλα· πρὸς δὲ πρέπει τὸ ἓν τοὐλάχιστον τῶν ὑγρῶν νὰ διαβρέχῃ τὸ διάφραγμα.

Ἀσκήσεις.—1. Ποία ἡ ἐπὶ τοῦ πυθμένος πίεσις ἣν τινι ἀγγείῳ πληρεῖ ὕδατος, τιθεμένου ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πυθμένος ἰσοῦται πρὸς 12 □ ἑκατ. ἡ δὲ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ ἴση πρὸς 6 δέκ. τοῦ μέτρου;

2. Κῶνός τις στηρίζεται διὰ τῆς βάσεως αὐτοῦ ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Ὁ ὄγκος τοῦ κώνου εἶνε ἴσος πρὸς 640 κυβ. ἑκατοστόμ. Ζητεῖται ποίαν πίεσιν θὰ δεχθῇ ἡ βάσις τοῦ κώνου, ἐὰν οὗτος πληρωθῇ ὕδατος;

3. Δύο συγκοινωνοῦντα κυλινδρικὰ ἀγγεῖα Α καὶ Β περιέχουσιν ὑδράργυρον. Τὸ ἀγγεῖον Α κλείεται ἄνωθεν δι' ἐμβόλου ἀβαροῦς, ἐφ' οὗ ἐπιτίθεται βάρος 1340 γραμμ. Ζητεῖται ποία θὰ εἶνε ἡ διαφορὰ τῶν ὑψῶν ἐν τοῖς δυσὶν ἀγγείοις, τιθεμένου ὅτι: ἡ ἐγκαρσία τομὴ τοῦ Α εἶνε 12 □ ἑκ., ἡ ἐγκαρσία τομὴ τοῦ Β εἶνε 4 □ ἑκ., τὸ δὲ εἰδ. βάρος τοῦ ὑδραργύρου 13, 6;

4. Σῶμά τι ζυγίζει ἐν τῷ κενῷ 40 γραμμ. Τὸ φαινόμενον αὐτοῦ βάρος ἐν τῷ ὕδατι εἶνε 32 γραμμ. Ζητεῖται ποῖος εἶνε ὁ ὄγκος τοῦ σώματος καὶ ποῖον τὸ εἰδικὸν αὐτοῦ βάρος;

5. Ἔχομεν σφαῖραν χαλκίνην, περὶ ἧς ἔχομεν ἀμφιβολίας ἂν εἶνε κοίλη ἢ πλήρης. Τὸ βάρος αὐτῆς ἐν τῷ κενῷ εἶνε 880 γραμμ., τὸ δὲ φαινόμενον αὐτῆς βάρος ἐν τῷ ὕδατι εἶνε 670 γραμμ. Ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ ἂν ἡ σφαῖρα εἶνε κοίλη ἢ πλήρης, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ. βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶνε 8, 8·

6. Σῶμά τι ζυγίζον ἐν τῷ κενῷ 800 γραμμ. ἐμβαπτίζεται ἐντὸς θειϊκοῦ ὀξέος εἰδ. βάρους 1,8, ἔνθα τὸ φαινόμενον βάρος τοῦ σώματος εἶνε 520 γρμ. Ποῖος εἶνε ὁ ὄγκος τοῦ σώματος καὶ ποῖον τὸ εἰδ. αὐτοῦ βάρος.

7. Σφαῖρα σιδηρᾶ ἰσορροπεῖ ἐντὸς ὑγροῦ ἀποτελουμένου ἐξ ὑδραργύρου καὶ ὕδατος κατὰ τάξιν πυκνότητος ἐπικειμένων. Ζητεῖται πόσος ὄγκος τῆς σφαίρας εἶνε ἐμβεβαπτισμένος ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου καὶ πόσος ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ. βάρος τοῦ σιδήρου εἶνε 7,7, τὸ δὲ τοῦ ὑδραργύρου 13,6;

8. Κῶνος σιδηροῦς ἐπιπολάζει ἐπὶ ὑδραργύρου μὲ τὴν κορυφὴν πρὸς τὰ κάτω. Ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ πόσον μέρος τοῦ ὕψους τοῦ κώνου εἶνε ἐμβεβαπτισμένον ἐν τῷ ὑδραργύρῳ;

9. Εἷς κυλινδρικὸς ὄγκος πάγου ἐπιπολάζει ἐπὶ θαλασσίου ὕδατος. Πόσον μέρος τοῦ ὕψους αὐτοῦ εἶνε ἐμβεβαπτισμένον ἐν τῷ ὕδατι, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ. βάρος τοῦ πάγου εἶνε 0.93, τὸ δὲ τοῦ ὕδατος 1,03;

10. Τεμάχιον κηροῦ ζυγίζει 30 γραμμ. τεμάχιον δὲ μολύβδου ἔχει ἐν τῷ ὕδατι φαινόμενον βάρος 20 γραμμ. Συνενοῦνται τὰ δύο καὶ ἐμβαπτίζονται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐντὸς ὕδατος, ἔνθα τὸ φαινόμενον βάρος τῶν δύο ὁμοῦ εἶνε 18 γραμμ. Ζητεῖται ποῖος εἶνε ὁ ὄγκος τοῦ κηρίνου τεμαχίου;

11. Τεμάχιον βισμουθίου εἶνε ἐξηρτημένον κάτωθεν τῆς πλάστιγγος ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ καὶ εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ μετὰ τῶν ἐπὶ τῆς ἑτέρας πλάστιγγος βαρῶν. Ἐμβαπτιζομένου ἀκολούθως τοῦ βισμουθίου ἐντὸς οἰνοπνεύματος, πρέπει νὰ προστεθῶσιν ἐπὶ τῆς πλάστιγγος 12 γραμμ., ὅπως ἐπέλθῃ καὶ πάλιν ἡ ἰσορροπία. Ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ ποῖος εἶνε ὁ ὄγκος τοῦ βισμουθίου, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ. βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος εἶνε 0,815 ;

12. Ἐκ τῆς μιᾶς πλάστιγγος ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ ἐξαρτᾶται σφαῖρα μολυβδίνη ζυγίζουσα 110 γρ. καὶ ἐμβεβαπτισμένη ἐντὸς ὕδατος, ἐκ δὲ τῆς ἑτέρας ἐξαρτᾶται σφαῖρα πλατινίνη ἐμβεβαπτισμένη ἐντὸς ὑδραργύρου καὶ ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ. Ποῖος εἶνε ὁ ὄγκος τῆς πλατινίνης σφαίρας, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ. βάρος τοῦ μολύβδου εἶνε 11, τῆς πλαττίνης 22 καὶ τοῦ ὑδραργύρου 13. 6 ;

13. Κρᾶμα χρυσοῦ καὶ χαλκοῦ ζυγίζει ἐν τῷ κενῷ 1800 γραμμ., τὸ δὲ φαινόμενον βάρος αὐτοῦ ἐν τῷ ὕδατι εἶνε 1640 γραμμ. Κατὰ ποίαν ἀναλογίαν εἶνε κεκραμένα τὰ δύο μέταλλα, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ. βάρος τοῦ χρυσοῦ εἶνε 19. τὸ δὲ τοῦ χαλκοῦ 8 ;

14. Σφαῖρα χαλκίνη κοίλη ζυγίζει 880 γραμ., ἰσορροπεῖ δὲ ἐμβεβαπτισμένη ἐντὸς ὕδατος. Ζητεῖται ποία εἶνε ἡ χωρητικότης τοῦ κοίλου τῆς σφαίρας, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ. βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶνε 8,8 ;

15. Ἀγγεῖον κυλινδρικὸν ἔχον ἔκτασιν πυθμένος 100 □ ἑκατοστόμετρ. περιέχει ὕδωρ. Ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἐμβαπτίζεται σφαῖρα μεταλλικὴ ἔχουσα ὄγκον 60 κυβ. ἑκ. Ζητεῖται εἰς πόσον ὕψος ἐπὶ πλέον θ' ἀνέλθῃ τὸ ὕδωρ ἐντὸς τοῦ ἀγγείου καὶ ποία θὰ εἶνε ἡ αὔξησις τῆς πιέσεως ἐπὶ τοῦ πυθμένος ;

16. Κύλινδρος σιδηροῦς καὶ ἕτερος ἐκ πλατίνης ἔχοντες τὴν αὐτὴν βάσιν εἶνε συγκεκολλημένοι κατὰ τὰ ἄκρα. Ποία πρέπει νὰ εἶνε ἡ ἀναλογία τῶν ὑψῶν αὐτῶν ὥστε τὸ ὅλον νὰ ἰσορροπῇ ἐν τῷ μέσῳ ὑδραργύρου, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ βάρος τοῦ σιδήρου εἶνε 7,7 τῆς πλατίνης 22 καὶ τοῦ ὑδραργύρου 13, 6 ;

17. Τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ψευδαργύρου εἶνε 7, τὸ δὲ τοῦ χαλκοῦ 9. Κατὰ ποίαν ἀναλογίαν πρέπει νὰ συνενωθῶσι κατ' ὄγκον, ὅπως ἀποτελέσωσι κρᾶμα εἰδ. βάρους 8, 2 ;

18. Θερμόμετρον δι' ὑδραργύρου ζυγίζει 20 γραμμ. Τὸ δὲ φαινόμενον αὐτοῦ βάρος ἐν τῷ ὕδατι εἶνε 15 γραμμ. Ποῖον εἶνε τὸ βάρος τοῦ ἐν αὐτῷ περιεχομένου ὑδραργύρου, τιθεμένου ὅτι τὸ εἰδ. βάρος τῆς ὑέλου εἶνε 2, 5, τὸ δὲ τοῦ ὑδραργύρου 13, 6 ;

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΙΣ, ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ

104. **Φυσικοὶ χαρακτῆρες καὶ ἰδιότητες τῶν ἀερίων.** Ἀέρια σώματα εἶνε πᾶσαι αἱ οὐσίαι, αἵτινες ὑπὸ τὰς συνήθεις ἀτμοσφαιρικὰς συνθήκας παρουσιάζονται ὑπὸ ἀερώδη *κατάστασιν* (ἴδ. σελ. 9), τύπος δὲ τῶν ἀερίων σωμάτων εἶνε ὁ *ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ*(1).

Τὰ ἀέρια, ὅπως καὶ τὰ ὑγρά, εἶνε σώματα ροώδη καὶ μάλιστα πολὺ ρωδέστερα τῶν ὑγρῶν· ἕνεκα τῆς κοινῆς δὲ ταύτης ἰδιότητος αὐτῶν ὑγρὰ καὶ ἀέρια ἐκλήθησαν ὑπὸ τὸ αὐτὸ ὄνομα *ρευστά*.

Τὰ ἀέρια εἶνε ἐπίσης, ὡς καὶ τὰ ὑγρά, τελείως ἑλαστικά, ἀντιθέτως δὲ πρὸς τὰ ὑγρὰ εἶνε εἰς μέγιστον βαθμὸν συμπιεστά, τοῦθ' ὅπερ κατεδείξαμεν καὶ πειραματικῶς διὰ τοῦ *ἀεροθλίπτου* (Ἴδ. σελ. 19). Μία ἐκ τῶν μᾶλλον χαρακτηριστικῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀερίων εἶνε ἡ κληθεῖσα *τάσις* ἢ *ἐλαστικὴ αὐτῶν*

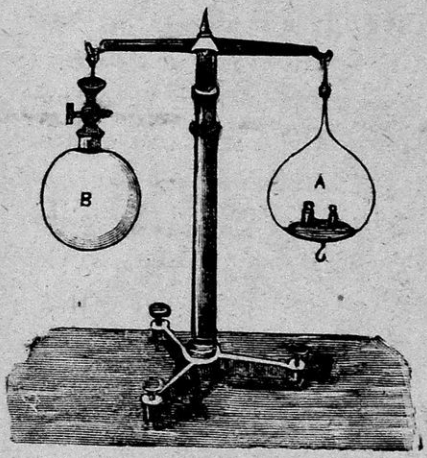
(1) Ὑπὸ φυσικὴν ἔποψιν ἐξεταζόμενος, διότι εἶνε γνωστὸν ἤδη ἀπὸ τῆς ἐποχῆς τοῦ Lavoisier ὅτι ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ δὲν εἶνε σῶμα ἁπλοῦν ἀλλὰ μῖγμα δύο ἀερίων, τοῦ ὀξυγόνου καὶ τοῦ ἀζώτου. 100 μέρη ἀέρος ἀποτελοῦνται κατ' ὄγκον, ἐξ 20,93 μερῶν ὀξυγόνου καὶ 79,07 ἀζώτου, ἤτοι 21 περίπου μερῶν ὀξυγόνου καὶ 79 ἀζώτου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δύναμις, τουτέστιν ἡ ἰδιότης, ἣν ἔχουσι ταῦτα νὰ ἐπεκτείνωνται καὶ νὰ καταλαμβάνωσι διηνεκῶς μείζονα ὄγκον, ἐφ' ὅσον δύναμις ἐξωτερικὴ δὲν ἐμποδίζῃ τὴν τοιαύτην ἐπέκτασιν· τοῦτο ἀπεδείξαμεν ἤδη πειραματικῶς ἐν τοῖς προηγουμένοις (Ἴδε σελ. 10).

Ἀφοῦ οὕτω τὰ ἀέρια ἔχουσι τὰς αὐτὰς θεμελιώδεις ἰδιότητας τῶν ὑγρῶν, ἑπόμενον εἶνε ὅτι αἱ αὐταὶ τῆς ὑδροστατικῆς ἀρχαί, τουτέστιν *ἡ ἀρχὴ τῆς ἴσης μεταδόσεως τῶν πιέσεων*, ἀνευρίσκονται καὶ ἐν τοῖς ἀερίοις. Ὅτι δὲ τοῦτο οὕτως ἔχει, ἀποδεικνύεται εὐκολώτατα θεωρητικῶς τε καὶ πειραματικῶς.

105. **Βάρος τῶν ἀερίων.** Ὅπως πάντα τὰ ἄλλα σώματα, οὕτω καὶ *τὰ ἀέρια ἔχουσι βάρος*. Τοῦτο ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος τοῦ Otto de Guericke, ἐφευρέτου τῆς πνευματικῆς ἀντλίας (Σχ. 88). Λαμβάνομεν σφαῖραν ὑελίνην Β χωρητικότητος 3 μέχρι 4 λιτρῶν καὶ ἀφαιροῦντες ἐξ αὐτῆς τὸν ἀέρα καὶ κλείοντες τὴν στρόφιγγα ἐξαρτῶμεν αὐτὴν ὑπὸ τὴν πλάστιγγα ζυγοῦ εὐαισθήτου καὶ διὰ σταθμῶν τιθεμένων ἐπὶ τῆς ἑτέρας πλάστιγγος ἰσορροποῦμεν αὐτήν· ἀκολούθως ἀνοίγοντες τὴν στρόφιγγα ἀκούομεν τὸν ἀέρα εἰσερχόμενον εἰς τὴν σφαῖραν μετά τινος συριγμοῦ, βλέπομεν δὲ τὴν φάλαγγα ρεπουσαν πρὸς τὸ μέρος τῆς σφαίρας. Ἀπόδειξις ὅτι ὁ εἰσελθὼν ἀὴρ προσέθηκεν εἰς τὴν σφαῖραν βάρος.



Σχ. 88.—Βάρος τοῦ ἀέρος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Μία λίτρα ἀέρος ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας καὶ θερμοκρασίαν 0^0 ζυγίζει 1,3 γρ. περίπου, ἐνῷ μία λίτρα ὕδατος ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας ζυγίζει σχεδὸν 1000 γραμμάρια. Ἐνῷ δὲ τὸ βάρος μιᾶς λίτρας ὑγροῦ δύναται ν' ἀνέλθῃ μέχρι 13596 γραμμ. (ὑδράργυρος), τὸ βάρος τοῦ εἰδικῶς βαρυτέρου ἀερίου (ὑδροϊωδικὸν ὀξύ) δὲν ὑπερβαίνει τὰ 5, 8 γρ. Ὥστε τὰ ἀέρια εἶνε σχετικῶς πολὺ ἐλαφρότερα τῶν ὑγρῶν.

106. **Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις.** Καλοῦμεν ἀτμόσφαιραν τὸ ἀερῶδες στρῶμα (1) τὸ περιβάλλον πανταχόθεν τὴν γηΐνην σφαῖραν.

Προσεπάθησαν διὰ διαφόρων μεθόδων νὰ ἐκτιμήσωσι τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης, ἀλλὰ τὰ ἀποτελέσματα τῶν διαφόρων ἐκτιμήσεων πολὺ διαφέρουσιν ἀπ' ἀλλήλων· κατ' ἄλλους τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας ἀνέρχεται εἰς 70—80 χιλιόμετρα, κατ' ἄλλους δὲ εἰς 320 χιλιόμετρα. Ὁπωσδήποτε τὸ βάθος τοῦ ἀερώδους τούτου ὠκεανοῦ εἶνε πολὺ μεγαλείτερον τοῦ τῶν βαθυτέρων θαλασσῶν. Ὑπελογισαν δὲ καὶ τὸ βάρος τῆς ὅλης ἀτμοσφαίρας καὶ εὗρον ὅτι τοῦτο ἰσοδυναμεῖ κατὰ μέσον ὅρον πρὸς τὸ βάρος 581000 κυβικῶν χιλιομέτρων χαλκοῦ.

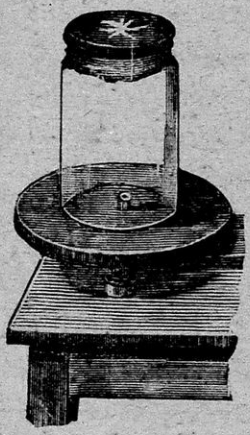
Ἕνεκα τοῦ βάρους αὐτῆς ἐπόμενον εἶνε ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπιφέρει ἐπὶ τῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς σωμάτων *πίεσιν*· διὰ πολλῶν δὲ καὶ διαφόρων πειραμάτων δυνάμεθα ν' ἀποδείξωμεν τὴν ὕπαρξιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

---

(1) Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, τοῦ ὁποίου ἀνωτέρω παρεθέσαμεν τὴν ἀκριβῆ σύστασιν, δὲν ἀποτελεῖ μόνος τὴν ὅλην ἀτμόσφαιραν. Ὑπάρχει ἐν αὐτῇ κανονικῶς ποσότης τις $^2-^4/_{10000}$ (κατ' ὄγκον) ἀνθρακικοῦ ὀξέος καὶ ποσότης ἀτμῶν ὕδατος, ἥτις ποικίλλει ἀναλόγως τοῦ καιροῦ, τοῦ τόπου, τῆς ἐποχῆς τοῦ ἔτους κτλ. Ἐνυπάρχουσι πρὸς τούτοις ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ ἴχνη ἀμμωνίας, ὄζοντος, νιτρικοῦ καὶ νιτρώδους ὀξέος, σπόρια μικροοργανισμῶν, μόρια κόνεως κλπ.

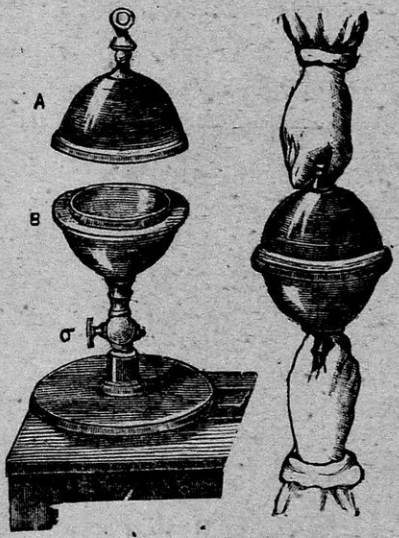
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Κυστορραγία. Ἐπὶ τοῦ δίσκου τῆς ἀεραντλίας (Σχ. 89) θέτομεν ποτήριον ὑέλινον, οὗτινος ἡ ἄνω βάσις κλείεται ἀεροστεγῶς διὰ τεμαχίου κύστεως. Εὐθὺς ὡς ἀρχίσωμεν νὰ ἐξάγωμεν τὸν ἐν τῷ ποτηρίῳ ἀέρα, βλέπομεν τὴν μεμβράνην κοιλουμένην ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἕνεκα τῆς ἄνωθεν ἐπιφερομένης πιέσεως καὶ ἐπὶ τέλους διαρρηγνυομένην μετὰ ἰσχυροῦ πατάγου ὡς ἐκ τῆς αἰφνιδίας εἰσόδου τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.



Σχ. 89.—Κυστορραγία.

Πείραμα τῶν ἡμισφαιρίων τοῦ Μαγδεμβούργου. Ἡ συσκευὴ αὕτη συνίσταται ἐκ δύο κοίλων ὀρειχαλκίνων ἡμισφαιρίων δυναμένων νὰ ἐφαρμοσθῶσι καλῶς ἐπ' ἄλληλα (Σχ. 90)· τὸ ἕτερον τούτων Β φέρει στρόφιγγα σ καὶ δύναται νὰ κοχλιωθῇ ἐπὶ τῆς ἀεραντλίας. Ἐνόσῳ τὰ ἡμισφαίραι εἶνε πλήρη ἀέρος, ἀποχωρίζονται μετὰ τῆς μεγαλειτέρας εὐκολίας, διότι ἡ πίεσις καὶ ἔξωθεν καὶ ἔσωθεν εἶνε ἡ αὐτή· εὐθὺς ὅμως ὡς σχηματισθῇ ἐν αὐτοῖς τὸ κενόν, ἀπαιτεῖται μεγάλη δύναμις ὅπως ἀποχωρισθῶσι, καθ' οἱανδήποτε διεύθυνσιν καὶ ἂν κρατήσωμεν καὶ ἕλξωμεν αὐτά. Διὰ τοῦ πειράματος τούτου οὐ μόνον καταδεικνύεται ἡ ὕπαρξις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς

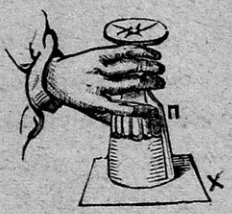


Σχ. 90— Ἡμισφαίρια Μαγδεμβούργου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πιέσεως, ἀλλὰ καὶ ὅτι ἐξασκεῖται αὕτη κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις.

Πρόχειρον πείραμα πρὸς κατάδειξιν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν λαμβάνοντες ποτήριον Π πλῆρες ὕδατος, κεκαλυμμένον διὰ λεπτοῦ φύλλου χάρτου καὶ ἀναστρέφοντες αὐτό (Σχ. 91)· θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐμποδίζεται ἡ κατάπτωσις τοῦ ὕδατος, οὐχὶ βεβαίως ὑπὸ τοῦ λεπτοτάτου χάρτου, ἀλλ' ὑπὸ τῆς κάτωθεν ἐπιφερομένης πιέσεως.



Σχ. 91. — Ἡ ἀτμοσφ. πίεσις παρακωλύουσα τὴν ἐκροὴν τοῦ ὕδατ.

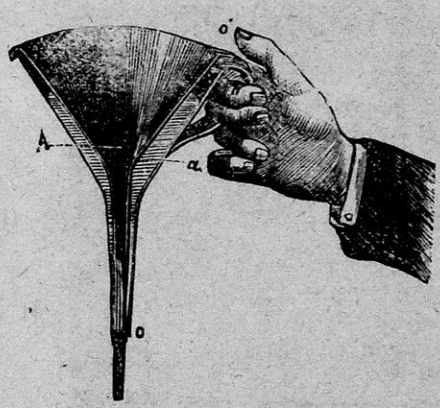
Πρόχειρον καὶ περιεργότατον πείραμα εἶνε καὶ τὸ ἑξῆς (Σχ. 92).

Σχ. 92.—Ὠὸν εἰσαγόμενον εἰς φιάλην διὰ τῆς ἀτμοσφ πιέσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Λαμβάνομεν φιάλην ἔχουσαν περίπου τὸ σχῆμα τῆς ἐν τῇ εἰκόνι 92 καὶ ρίπτοντες ἐντὸς αὐτῆς τεμάχιον βάμβακος ἢ χάρτου ἀνημμένου ἐπιθέτομεν, ἐνῷ ἐξακολουθεῖ εἰσέτι ἡ καῦσις τοῦ χάρτου, ἐπὶ τοῦ στομίου τῆς φιάλης ὠὸν βεβρασμένον, οὗτινος ἔχει ἀφαιρεθῇ ἐκ τῶν προτέρων ὁ φλοιός. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ὠὸν ἐπιμηκύνεται πρὸς τὰ κάτω καὶ εἰσχωροῦν διὰ τοῦ λαιμοῦ καταπίπτει εἰς τὸ βάθος τῆς φιάλης. Ἐνταῦθα διὰ τῆς καύσεως ὁ ἐντὸς τῆς φιάλης ἀὴρ θερμαινόμενος διαστέλλεται καὶ γίνεται ἀραιότερος τοῦ ἐξωτερικοῦ καὶ τούτου ἕνεκα ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις, οὖσα μείζων τῆς ἐσωτερικῆς, ὠθεῖ καὶ καταβυθίζει τὸ ὠὸν πρὸς τὰ κάτω.

Δυνάμεθα καὶ ἄλλως νὰ ἐκτελέσωμεν τὸ πείραμα τοῦτο, εἰσάγοντες τὴν φιάλην ἐπί τινα λεπτὰ ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος, ὥστε νὰ θερμανθῇ καὶ ἀραιωθῇ ὁ ἐντὸς αὐτῆς ἀήρ, καὶ μετὰ τὴν ἐκ τοῦ ὕδατος ἐξαγωγὴν ἐπιθέτοντες ἀμέσως τὸ ὠὸν ἐπὶ τοῦ στομίου αὐτῆς.



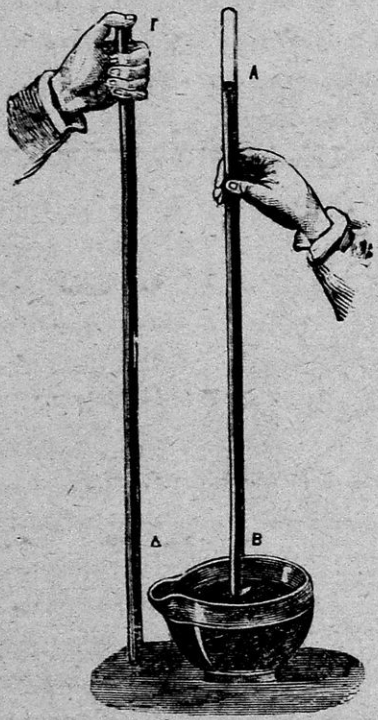
Σχ. 93.—Μαγικὸν χωνίον.

Ἕτερον πείραμα καταδεικτικὸν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἐκτελεῖται καὶ διὰ τοῦ καλουμένου *μαγικοῦ χωνίου* (Σχ. 93). Τὸ χωνίον τοῦτο φέρει καὶ δευτέραν ἀφανῆ χωρητικότητα α, ἔχουσαν πρὸς τὰ κάτω στόμιον ἐκροῆς ο κοινὸν μετὰ τῆς ἑτέρας συνήθους χωρητικότητος Α, πρὸς δὲ τὰ ἄνω φέρουσαν μικρὰν ὀπὴν ὁ πρὸς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἀέρος. Πληρουμένης τῆς Α ὕδατος καὶ κλειομένης διὰ τοῦ δακτύλου τῆς ὀπῆς ὁ, τὸ ὕδωρ δὲν ἐκρέει ἕνεκα τῆς κάτωθεν ἐπιφερομένης ἀτμοσφαι-

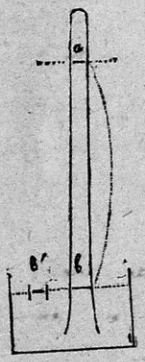
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρικῆς πιέσεως· διὰ μικρᾶς ὅμως μετατοπίσεως τοῦ δακτύλου, ἀκαταλήπτου εἰς τοὺς θεατάς, ὁ ἐκτελῶν τὸ πείραμα ἀνοίγει τὴν ὀπὴν καὶ τότε πιεζόμενον καὶ ἄνωθεν τὸ ὕδωρ ἐκρέει ὑπεῖκον εἰς τὸ ἴδιον αὐτοῦ βάρος.

107. **Πείραμα τοῦ Torricelli, μέτρον τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.** Ὁ Torricelli, μαθητὴς τοῦ Γαλιλαίου, ἐξετέλεσε πρῶτος τὸ ἑξῆς πείραμα, δι' οὗ παρέχεται τὸ μέσον, ὅπως εὕρωμεν καὶ τὸ μέτρον τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (Σχ. 94).



Σχ. 94. — **Πείραμα** Toricelli.



Σχ. 95. — **Μέτρησις ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.**

Ἔλαβε σωλῆνα ὑέλινον, μήκους 80 ἑκατοστομέτρων καὶ διαμέτρου 6 — 7 χιλιοστομέτρων, κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον. Πληρώσας τὸν σωλῆνα ὑδραργύρου καὶ κλείσας διὰ τοῦ δακτύλου ἐνεβάπτισεν αὐτὸν ἀνεστραμμένον ἐντὸς λεκάνης πλή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρου ὑδραργύρου καὶ ἀπέσυρε τὸν δάκτυλον· παρετήρησε τότε ὅτι ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη κατῆλθε μέχρι τινὸς μόνον, μέχρι τοῦ σημείου Α καὶ ἐσταμάτησεν ἐκεῖ εἰς ὕψος 76 περίπου ἑκατοστομέτρων ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐν τῇ λεκάνῃ ὑδραργύρου. Ὁ Torricelli, μεθ' ὅλας τὰς διαμαρτυρίας τῶν τότε, ἐξήγησε τὸ φαινόμενον, καὶ πολὺ ὀρθῶς, ὡς ἐκ τῶν ὑστέρων ἐβεβαιώθη ἀναμφιρρήστως, παραδεχθεὶς *ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἡ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐν τῇ λεκάνῃ ὑδραργύρου ἐπιφερομένη ἦν ἡ κρατοῦσα ἀνυψωμένον τὸν ὑδράργυρον ἐν τῷ σωλῆνι.*

Ἰδοὺ δὲ πῶς δι' αὐτοῦ εὑρίσκεται καὶ τὸ μέτρον τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Ἐπειδὴ ὑπάρχει ἰσορροπία, τὰ δ ἄφορα σημεῖα τῆς αὐτῆς ὁριζοντίας ἐπιφανείας δέχονται ἄνωθεν τὴν αὐτὴν πίεσιν· συνεπῶς τὰ δύο ἰσομεγέθη τμήματα β καὶ β' (Σχ. 95) δέχονται ἄνωθεν τὴν αὐτὴν πίεσιν. Ἀλλὰ τὸ μὲν β' πιέζεται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας, τὸ δὲ β ὑπὸ τῆς ὑπερκειμένης ὑδραργυρικῆς στήλης (διότι ἄνωθεν αὐτῆς ὑπάρχει κενόν)· ἐπειδὴ δ' αἱ πιέσεις εἶνε ἴσαι, ἐξάγεται ὅτι *ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἰσοδυναμεῖ, ἐν ἴσῃ ἐκτάσει ἐπιφανείας, πρὸς τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου ὕψους 76 περίπου ἑκατοστομέτρων.* Ὥστε, ἂν ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ ἐγκαρσία τομὴ τοῦ σωλῆνος εἶνε 1 τετραγ. ἑκατοστομέτρου, *ἡ πίεσις, ἣν ἐξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ ἐπιφανείας 1 τετραγ. ἑκατοστομέτρου, λαμβανομένης εἰς οἱονδήποτε σημεῖον τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος στήλης ὑδραργύρου ἐχούσης βάσιν 1 τετρ. ἑκατοστόμ. καὶ ὕψος 76 ἑκατοστόμ. ἤτοι πρὸς τὸ βάρος στήλης ὑδραργύρου 76 κυβικῶν ἑκατοστομέτρων.* Εὑρίσκομεν δὲ τὸ βάρος τῆς τοιαύτης στήλης λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν ὅτι 1 κυβ. ἑκατοστόμ. ὕδατος ζυγίζει 1 γραμμάριον, συνεπῶς 1 κυβ. ἑκατοστόμ. ὑδραργύρου θὰ ζυγίζῃ 13,6 γρ. καὶ τὰ 76 κυβ. ἑκ. θὰ ζυγίζωσι 1033 γραμμάρια ἤτοι 1 χιλγρ. καὶ 33 γραμμάρια.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Προσδιοριζομένης οὕτω τῆς πιέσεως τῆς ἀτμοσφαίρας ἐπὶ 1 τετραγ. ἑκατοστομ. εὑρίσκεται εὐκόλως ἡ πίεσις ἐπὶ οἱασδήποτε ἐκτάσεως ἐπιφανείας. Ἐν τετραγ. *δεκάμετρον* π. χ., ὅπερ περιλαμβάνει 100 τετραγ. ἑκατοστόμετρα, δέχεται πίεσιν γρ. $1033 \times 100 = 103300$ γρ. $= 103$ χλγρ. καὶ 300 γραμμαρίων, ἓν δὲ τετραγ. μέτρον περιλαμβάνον 10000 τετραγ. ἑκατοστόμ. δέχεται πίεσιν 10330 χιλιογράμμων.

Κατὰ ταῦτα ἡ πίεσις, ἣν δέχεται ὁλόκληρος ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος μέσου ἀναστήματος καὶ πάχους, ὑπολογιζομένης τῆς ἐκτάσεως αὐτοῦ εἰς ἓν καὶ ἥμισυ περίπου τετραγ. μέτρον, ἰσοῦται πρὸς 15500 χιλιόγραμμα περίπου. Καὶ ἐν τούτοις οὐδόλως αἰσθανόμεθα ταύτην, διότι καὶ ἔσωθεν τοῦ σώματος ὑπάρχουσιν ἀέρια τῆς αὐτῆς τάσεως ἐξουδετεροῦντα τὴν ἐξωτερικὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν.

Ἐὰν ἀντὶ ὑδραργύρου εἰς τὸ πείραμα τοῦ Torricelli γένηται χρῆσις οἱουδήποτε ἄλλου ὑγροῦ, ἐλαφροτέρου τοῦ ὑδραργύρου, ἐννοεῖται ὅτι τοῦτο θ' ἀνυψωθῇ ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἰς ὕψος μεῖζον. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἐξήγαγε πρῶτος ὁ Pascal καὶ ἐβεβαίωσε πειραματικῶς ἐκτελέσας τὸ πείραμα τοῦ Torricelli τῷ 1646 διὰ σωλῆνος 15 μέτρων μήκους πεπληρωμένου ἐρυθροῦ οἴνου· τὸ ὑγρὸν ἐσταμάτησεν ἐν τῷ σωλῆνι σχηματίσαν στήλην $10^{\mu},40$ ὕψους ἤτοι 13,6 μείζονα τῆς ὑδραργυρικῆς. Ἐπειδὴ δὲ ὁ ἐρυθρὸς οἶνος εἶνε 13,6 φορὰς ἐλαφρότερος τοῦ ὑδραργύρου, τὸ βάρος τῆς ἐκ $10^{\mu},40$ στήλης αὐτοῦ εἶνε σχεδὸν ἴσον πρὸς τὸ βάρος τῆς ἐξ $0^{\mu},76$ ὑδραργυρικῆς στήλης· ὥστε ἐν ἑκατέρᾳ περιπτώσει αἱ ὑγραὶ στῆλαι ἰσορροποῦσι πρὸς τὴν αὐτὴν πίεσιν, τὴν τῆς ἀτμοσφαίρας.

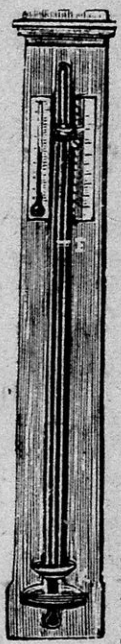
Βαρόμετρα καὶ ἐφαρμογαὶ αὐτῶν.

108. **Ὁρισμός, εἴδη βαρομέτρων.** Τὰ ὄργανα,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δι' ὧν μετρεῖται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις, καλοῦνται βαρόμετρα. Τὰ ὑδραργυρικὰ βαρόμετρα οὐδὲν ἄλλο εἶνε ἢ αὐτὴ ἡ συσκευὴ τοῦ Torricelli, συνιστάμενα ἐξ ἑνὸς ὑελίνου σωλῆνος συναπτομένου πρὸς τὰ κάτω πρὸς λεκάνην πλήρη ὑδραργύρου· κυριώτερα εἴδη τούτων εἶνε τὸ *κοινὸν βαρόμετρον*, *τὸ τοῦ Fortin* καὶ *τὸ σιφωνοειδὲς βαρόμετρον τοῦ Gay-Lussac*. Τὸ ὕψος τῆς ὑδραργικῆς στήλης ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, μετρούμενον ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ἐν τῇ λεκάνῃ ὑδραργύρου, μετρεῖ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, διότι αὐξανομένης ταύτης ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται εἰς μεῖζον ὕψος καὶ τἀνάπαλιν.

Ἐκτὸς τῶν ὑδραργυρικῶν ἔχομεν καὶ τὰ *μεταλλικὰ βαρόμετρα*.



Σχ. 96—Κοινὸν βαρόμετρον.

109. **Κοινὸν βαρόμετρον.** Τὸ κοινὸν βαρόμετρον εἶνε τὸ ἁπλούστατον πάντων, εἶνε αὐτὴ ἡ ἰδία συσκευὴ τοῦ Torricelli· συνίσταται ἐκ σωλῆνος κλειστοῦ κατὰ τὸ ἄνω ἄκρον καὶ ἀνεστραμμένου ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου, μεθ' ἧς καὶ συνάπτεται πρὸς τὰ κάτω, ὥστε ν' ἀποτελῇ ἓν ὅλον (Ἴδε σχῆμα 96). Ὁ σωλὴν πληρούμενος δι' ὑδραργύρου θερμαίνεται πρῶτον μέχρις ἀναβρασμοῦ, ὅπως ἐκδιωχθῶσιν αἱ ἐν αὐτῷ φυσαλίδες τοῦ ἀέρος, καὶ ἀκολούθως ἀναστρέφεται ἐντὸς τῆς λεκάνης. Στηρίζεται δὲ τὸ ὅλον κατακορύφως ἐπὶ σανίδος, ἐφ' ἧς ὑπάρχει κλῖμαξ φέρουσα διαιρέσεις τοῦ γαλλικοῦ μέτρου εἰς ἑκατοστὰ καὶ χιλιοστά· τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ, ἡ δὲ κατακόρυφος ἀπόστασις αὐτῆς ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῷ σωλῆνι παριστᾷ τὸ *καλούμενον βαρομετρικὸν ὕψος*. Ὥστε, ὅταν συμβαίνῃ νὰ εἶνε κεκλιμένος ὁ βαρομετρικὸς σωλήν,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εὑρίσκεται τὸ βαρομετρικὸν ὕψος μετρουμένης τῆς κατακορύφου ταύτης ἀποστάσεως καὶ οὐχὶ τοῦ μήκους τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης.

Τὸ βαρόμετρον τοῦτο εἶνε δυσμετακόμιστον, πρὸς δὲ καὶ οὐχὶ ἀκριβές, διότι ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ δὲν εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ σταθερὸν ὕψος πάντοτε καὶ συνεπῶς δὲν ἀντιστοιχεῖ πάντοτε πρὸς τὸ μηδέν.

110. **Βαρόμετρον Fortin.** Ἡ διαφορὰ τοῦ ὀργάνου

Σχ. 97. — **Λεκάνη βαρομέτρου** Fortin.

Σχ. 98. — **Βαρόμετρον** Fortin.

τούτου πρὸς τὸ προηγούμενον ἔγκειται κυρίως ἐν τῇ κατασκευῇ τῆς λεκάνης. Αὕτη συνίσταται ἐκ κυλίνδρου ὑελίνου Κ, κεκλεισμένου κατὰ τὴν βάσιν διὰ δέρματος δορκάδος ΜΝ, ὅπερ διὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ κοχλίου Π δύναται ν' ἀναβιβάζηται ἢ καταβιβάζηται κατὰ βούλησιν καὶ συνεπῶς ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ ν' ἀνέρχηται ἢ κατέρχηται. Ὑπὸ τὸ ἀνώτερον δὲ τοίχωμα ΟΣ τῆς λεκάνης ὑπάρχει μικρὰ ἐλεφαντίνη αἰχμὴ Α, ἧς τὸ κάτω ἄκρον ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὸ μηδὲν τῆς διαιρέσεως τοῦ σωλῆνος· ὁσάκις δὲ πρόκειται νὰ γίνῃ χρῆσις τοῦ βαρομέτρου, πρέπει προηγουμένως νὰ στρέψωμεν καταλλήλως τὸν κοχλίαν, ὥστε νὰ φέρωμεν τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης εἰς ἐπαφὴν ἀκριβῶς μετὰ τοῦ ἄκρου τῆς αἰχμῆς. Πρὸς τὰ ἄνω φέρει ἡ λεκάνη σωληνοειδῆ προεξοχήν, δι' ἧς διεισδύει ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν ΗΛ προσδεδεμένος μετ' αὐτῆς διὰ δέρματος δορκάδος Ζ· διὰ τῶν πόρων δὲ τοῦ δέρματος ἐνεργεῖ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις.

Τὸ βαρόμετρον τοῦ Fortin, οὗτινος τὸ σύνολον παριστᾷ τὸ σχῆμα 98 (Σχ. 98), τοποθετεῖται κατακορύφως, εἴτε ἐξηρτημένον διὰ τοῦ κρίκου κ ἔκτινος σταθεροῦ σημείου εἴτε ἐστηριγμένον ἐπὶ τριπόδος, οὕτως ὥστε νὰ λαμβάνῃ ἐξ ἑαυτοῦ τὴν κατακόρυφον θεσιν. Ἀφοῦ δ' ἐπιτευχθῇ ἡ ἐπαφὴ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου πρὸς τὸ ἄκρον τῆς αἰχμῆς, ἀναγινώσκεται ἐπὶ τοῦ ἄνω μέρους τοῦ σωλῆνος τὸ ὕψος τῆς στήλης καὶ εὑρίσκεται οὕτω τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἰς χιλιοστόμετρα καὶ εἰς δέκατα τοῦ χιλιοστομέτρου. Θερμόμετρον δὲ προσηρτημένον δεικνύει καὶ τὴν θερμοκρασίαν κατὰ τὴν ὥραν τῆς παρατηρήσεως τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους· διότι διὰ τῆς θερμότητος διαστελλομένου τοῦ ὑδραργύρου ἡ πυκνότης αὐτοῦ εἶνε διάφορος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας καὶ ἑπομένως εἶνε ὡς νὰ ἔχωμεν ἑκάστοτε διάφορον ὑγρόν. Διὰ τοῦτο, πρὸς σύγκρισιν τῶν διαφόρων βαρομετρικῶν ὑψῶν, ἀνάγομεν πάντοτε ταῦτα εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ μηδενὸς τῇ βοηθείᾳ πινάκων συναγομένων ἐκ τῶν τύπων τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων.

Σημ. Πρὸς καταμέτρησιν τῶν δεκάτων τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους ὑπάρχει

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

προσηρτημένον πρὸς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς βαρομετρικῆς στήλης μηχάνημά τι, ὅπερ καλεῖται Βερνιέρος. Ὁ Βερνιέρος φέρει δέκα διαιρέσεις, ἑκάστη δὲ διαίρεσις αὐτοῦ εἶνε κατὰ $\frac{1}{10}$ μικροτέρα τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ μέτρου.

Προκειμένου νὰ μετακομισθῇ τὸ βαρόμετρον τοῦ Fortin ἀπὸ τόπου εἰς τόπον, στρέφεται ὁ κοχλίας μέχρις οὗ ὁ ὑδράργυρος πληρώσῃ ὁλοσχερῶς τὴν λεκάνην καὶ τὸν σωλῆνα καὶ τότε τοποθετεῖται ἐντὸς καταλλήλου θήκης καὶ μετακομίζεται εἰς τὸν πρὸς ὃν ὅρον. Ἐκεῖ δ' ἐξάγεται, στηρίζεται πάλιν κατακορύφως ἐπὶ τοῦ τρίποδος καὶ κανονίζεται, ὡς ἤδη εἴπομεν.

111. **Ἐφαρμογαὶ τοῦ βαρομέτρου.** *Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ διὰ τοῦ βαρομέτρου.* Μία ἐκ τῶν κυρίων ἐφαρμογῶν τοῦ βαρομέτρου ἐν τῷ πρακτικῷ βίῳ εἶνε ἡ πρόγνωσις τοῦ καιροῦ διὰ τῶν μεταβολῶν τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους.

Παρετηρήθη ὅτι εἰς τὰ διάφορα κλίματα ὡρισμένον βαρομετρικὸν ὕψος δηλοῖ καιρὸν καλόν, πᾶσα δὲ μεταβολὴ τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους ἐμφαίνει μεταβολὴν τοῦ καιροῦ εἴτε ἀπὸ καλοῦ εἰς βροχήν, χιόνα, θύελλαν, εἴτε τἀνάπαλιν. Ἐπὶ τῇ βάσει δὲ πολυαρίθμων παρατηρήσεων καταρτίζεται δι' ἕκαστον τόπον πίναξ ἐμφαίνων τὴν κατάστασιν τοῦ καιροῦ κατὰ τὰ διάφορα βαρομετρικὰ ὕψη, ἀναγράφονται δ' αἱ καιρικαὶ αὗται μεταβολαὶ παραπλεύρως ταῖς ἀντιστοίχοις διαιρέσεσιν εἰς τὸν βαρομετρικὸν σωλῆνα.

Δέον ὅμως νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ἐνδείξεις αὗται δὲν φέρουσι τὸν τύπον τῆς βεβαιότητος ἀλλὰ μᾶλλον τοῦ πιθανοῦ. Ἐν γένει δὲ ἡ πεῖρα ἀπέδειξεν ὅτι, «*ὅταν τὸ βαρόμετρον σταθερῶς καὶ βραδέως ἐπὶ δύο τρεῖς ἡμέρας ἀνέρχηται πρὸς τὸν ὡραῖον καιρὸν ἢ κατέρχηται πρὸς τὴν βροχήν, ἡ ἐπέλευσις ἢ διατήρησις τοῦ ὡραίου καιροῦ ἢ τῆς βροχῆς εἶνε* **λίαν πιθανή.** *Ταχεῖαι δὲ καὶ ἀπότομοι ἀνυψώσεις ἢ καταπτώσεις προμηνύουσι θυελλώδη βροχήν, σφοδρὸν ἄνεμον καὶ καταιγίδα.*

Εἰς τὰ ἡμέτερα κλίματα (Γεωγρ. πλ. 38⁰) τὸ βαρόμετρον ἀνυψοῦται ὑπεράνω τοῦ 0ᵐ,761, ὅταν ὁ καιρὸς γίνηται καλ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λίτερος, κατέρχεται δ' ἐπὶ τῇ προσεγγίσει βροχῆς, χιόνος, θυέλλης. Ἰδοὺ δὲ καὶ πίναξ ἐμφαίνων τὰς καιρικὰς μεταβολὰς κατὰ τὰ διάφορα βαρομετρικὰ ὕψη.

Ὕψος βαρομετρικὸν εἰς χιλιοστόμετρα	Κατάστασις τοῦ καιροῦ
787.....	Λίαν ξηρὸς
778.....	Σταθερῶς ὡραῖος
769.....	Ὡραῖος καιρός
761.....	Μεταβλητὸς καιρὸς
752.....	Βροχὴ ἢ ἄνεμος
743.....	Ραγδαία βροχὴ
734.....	Καταιγίς.

112. **Ὑψιμέτρησις διὰ τοῦ βαρομέτρου.** Μεγίστην ἔχει σημασίαν ἡ ἐφαρμογὴ τοῦ βαρομέτρου πρὸς εὕρεσιν τῆς κατακορύφου ἀποστάσεως δύο σημείων κειμένων εἰς διάφορα ὕψη, οἷον τῆς κορυφῆς ὄρους ἀπὸ τῶν προπόδων αὐτοῦ ἢ ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

Γνωρίζοντες ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐλαττοῦται ἐφ' ὅσον ἀνερχόμεθα εἰς μεῖζον ὕψος, καὶ ὅτι πᾶσα ἐλάττωσις τῆς πιέσεως προκαλεῖ ἀνάλογον βαρομετρικὴν κατάπτωσιν, εὐκόλως ἐννοοῦμεν ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ τοῦ ὕψους τόπου τινὸς ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης καὶ τοῦ παρατηρουμένου βαρομετρικοῦ ὕψους ἐν τῷ τόπῳ τούτῳ, καὶ δή, ὅσῳ ὑψηλότερα κεῖται ὁ τόπος, τόσῳ ἔλασσον τὸ βαρομετρικὸν αὐτοῦ ὕψος ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας.

Εὑρίσκεται δὲ δι' ὑπολογισμοῦ ὅτι, ἐὰν ἡ ἀτμόσφαιρα εἶχε τὴν αὐτὴν πυκνότητα καθ' ὅλον αὐτῆς τὸ ὕψος, εἰς ἑκάστην κατάπτωσιν τοῦ βαρομέτρου κατὰ 1 χιλιοστόμετρον, θ' ἀντεστοίχει ἀνύψωσις τοπικὴ $10^{m},5$. Συνεπῶς, ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ἀνωτέρω ὑπολογισμοῦ, ἐὰν τὸ βαρομετρικὸν ὕψος κορυφῆς λόφου ἢ ὄρους ἢ οἱουδήποτε τόπου διαφέρῃ κατὰ 1, 2, 3, 4. . . . χιλιοστόμετρα ἀπὸ τοῦ ἐν τῇ ἐπιφανείᾳ τῆς θαλάσσης, τότε ὁ τόπος οὗτος θὰ κεῖται ὑψηλότερα ἅπαξ, δίς, τρίς, τετράκις . . . . $10^{m},5$. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ πυκνότης τῆς ἀτμοσφαίρας ἐλαττοῦται ἐφ' ὅσον ἀνερχόμεθα ὑψηλότερα, ὁ ὑπολογισμὸς οὗτος δὲν δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ παρὰ μόνον διὰ πολὺ σμικρὰ ὕψη.

Πρὸς ἐκτίμησιν δὲ οἱωνοδήποτε ὑψῶν, μετροῦμεν τὰς πιέσεις εἰς τὸ ὑψηλότερον καὶ εἰς τὸ χαμηλότερον σημεῖον καὶ εὑρίσκομεν τὴν διαφορὰν τοῦ κατακορύφου ὕψους αὐτῶν ἐπὶ τῇ βάσει τύπων, οἵτινες καλοῦνται βαρομετρι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κοὶ τύποι. Εἷς τούτων ὁ ἁπλούστερος εἶνε ὁ τοῦ Babinet, ἀλλὰ δι' ὕψη μικρότερα τῶν 1000 μέτρων:

$$\Upsilon = 1600\,\mu.\left(\frac{H'-H}{H'+H}\right)\left[1+\frac{2\,(\theta+\theta')}{1000}\right]$$

Ἔνθα Υ σημαίνει τὸ προσδιοριστέον κατακόρυφον ὕψος, Η' καὶ Η τὰς βαρομετρικὰς πιέσεις εἰς τὸ ὑψηλότερον καὶ εἰς τὸ χαμηλότερον σημεῖον, διορθωθείσας καὶ ἀναχθείσας εἰς τὴν θερμοκρασίαν 0°, καὶ θ' καὶ θ τὰς θερμοκρασίας εἰς τὰ δύο σημεῖα.

113. **Βαρόμετρα μεταλλικὰ** (anéroides=ἄνευ ὑγροῦ). Τὰ *μεταλλικὰ βαρόμετρα*, ἂν καὶ οὐχὶ τόσον ἀκριβῆ, εἶνε ὅμως λίαν χρήσιμα διὰ τὸ εὐχείριστον καὶ εὐμετακόμιστον αὐτῶν. Ἓν τοιοῦτον εἶνε τὸ τοῦ Bourdon (Σχ. 99, σελ. 177).

Συνίσταται ἐκ κυκλοτεροῦς μεταλλικοῦ σωλῆνος α β γ, κεκλεισμένου κατ' ἀμφότερα τὰ ἄκρα καὶ κενοῦ ἀέρος. Τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος εἶνε ἐλεύθερα καὶ φέρουσι δύο στελέχη ο καὶ ο', τὰ ὁποῖα συναρθροῦνται πρός τινα εὐκίνητον μοχλὸν καὶ δύνανται νὰ περιστρέφωσιν αὐτὸν πρὸς ταύτην ἢ ἐκείνην τὴν διεύθυνσιν πέριξ σταθεροῦ τινος σημείου· ὀδοντωτὸς δὲ τομεὺς συνδεδεμένος μετὰ τοῦ μοχλοῦ καὶ παρακολουθῶν τὰς κινήσεις αὐτοῦ μετακινεῖ βελόνην ἐπὶ δίσκου φέροντος κατὰ τὴν περιφέρειαν αὐτοῦ διαιρέσεις. Ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις αὐξάνεται, ὁ σωλὴν κυρτοῦται καὶ τὰ ἄκρα αὐτοῦ α καὶ β συμπλησιάζοντα στρέφουσι τὸν μοχλὸν καὶ τὸν μετ' αὐτοῦ συνδεδεμένον ὀδοντωτὸν τροχὸν πρὸς τ' ἀριστερά, οὗτος δὲ μετακινεῖ τὴν βελόνην πρὸς τὰ δεξιά, ἤτοι πρὸς τὰς ἀνωτέρας διαιρέσεις, 760, 770, 780, 790 .., τἀνάπαλιν δὲ συμβαίνει, ὅταν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐλαττῶται.

Τὸ βαρόμετρον τοῦτο βαθμολογεῖται συγκριτικῶς πρός τι ὑδραργυρικὸν καὶ φέρει συνήθως διαιρέσεις ἀπὸ τοῦ 730 μέχρι τοῦ 780.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΠΙΕΣΕΙΣ ΕΠΙΦΕΡΟΜΕΝΑΙ ΕΠΙ ΤΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΕΜΒΕΒΑΠΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

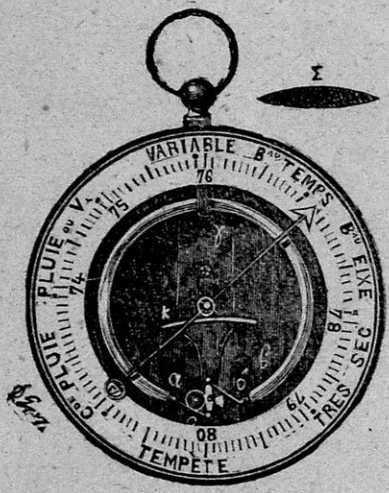
Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους. Ἀερόστατα

114. **Ἐπέκτασις τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους καὶ διὰ τὰ ἀέρια.** Ὅλα ἐν γένει τὰ ἀέρια καὶ ἰδίᾳ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, ἐπιφέρουσιν, ὅπως καὶ τὰ ὑγρά, ἐπὶ τῶν ἐντὸς αὐτῶν ἐμβεβαπτισμένων σωμάτων, πιέσεις, ὧν ἡ συνισταμένη εἶνε δύναμις ἴση καὶ κατ' εὐθεῖαν ἀντίρροπος πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὄγκου τοῦ ἀερίου. Ἐπαληθεύει δηλονότι καὶ περὶ αὐτῶν ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους καὶ συνεπῶς: «*Πᾶν σῶμα ἐμβεβαπτισμένον ἐντὸς οἱουδήποτε ἀερίου ἀποβάλλει τόσον βάρος ὅσον εἶνε τὸ βάρος τοῦ ἀερίου, ὅπερ ἐκτοπίζει*».

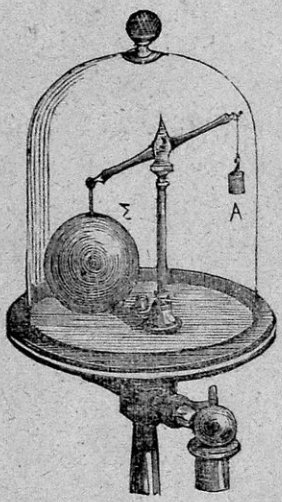
Τοῦτο ἀποδεικνύεται πειραματικῶς διὰ τοῦ καλουμένου *βαροσκοπίου*, συσκευῆς ἐπινοηθείσης ὑπὸ τοῦ Otto de Guericke καὶ συνισταμένης ἐκ ζυγοῦ φέροντος εἰς μὲν τὸ ἓν ἄκρον τῆς φάλαγγος μεγάλην κοίλην χαλκίνην σφαῖραν Α, εἰς δὲ τὸ ἕτερον μικρὰν μολυβδίνην σφαῖραν Β, πλήρη καὶ ἰσοβαρῆ πρὸς τὴν μεγάλην, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐπέρχηται ἰσορροπία καὶ ἡ φάλαγξ νὰ λαμβάνῃ ἐν τῷ ἀέρι τὴν ὁριζοντίαν θέσιν. Θέτοντες τὴν συσκευὴν ταύτην ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας καὶ ἐξάγοντες τὸν ἀέρα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φάλαγξ ῥέπει πρὸς τὴν μεγάλην σφαῖραν, ὅπερ ἀποδεικνύει ὅτι αὕτη εἶνε πραγματικῶς βαρυτέρα τῆς μικρᾶς, ἐν τῷ ἀέρι ὅμως ἰσορροπεῖ πρὸς αὐτήν, διότι ἐξετόπιζε μείζονα ὄγκον ἀέρος καὶ συνεπῶς ἔχανεν ἐκ τοῦ βάρους αὐτῆς περισσότερον ἢ ἡ μικρά. (Σχ. 100, σελ. 177).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

115. Συνέπειαι τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. 1ον. *Πραγματικὸν καὶ φαινόμενον βάρος τῶν σωμάτων ἐν τῷ ἀέρι.* Ἐπειδὴ τὰ σώματα ἐν τῷ ἀέρι ζυγιζόμενα ἀποβάλλουσι βάρος ἴσον πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀερίνου ὄγκου, διὰ τοῦτο τὸ ὑπὸ τοῦ ζυγοῦ ἐνδεικνυόμενον βάρος δὲν εἶνε *τὸ πραγματικόν*, ἀλλὰ *τὸ φαινόμενον*, ἐκτὸς ἐὰν καὶ τὰ σταθμὰ



Σχ. 99.—**Μεταλλικὸν βαρόμετρον.** (Ἴδε περιγραφὴν ἐν σελίδι 175).



Σχ. 100.—**Βαροσκόπιον.** (Ἴδε σελ. 176).

ἔχωσι τὸν αὐτὸν ὄγκον καὶ ἐκτοπίζωσι καὶ ταῦτα τὸν αὐτὸν ὄγκον ἀέρος. Τὸ πραγματικὸν βάρος τῶν σωμάτων εὑρίσκεται ζυγιζομένων τούτων ἐν τῷ κενῷ. Προκειμένου ὅμως περὶ σωμάτων πολὺ βαρέων, οἷον μετάλλων, λίθων κλπ. δυνάμεθα νὰ παραβλέψωμεν τὴν σχετικῶς μικρὰν ταύτην διαφορὰν μεταξὺ πραγματικοῦ καὶ φαινομένου βάρους.

2ον. *Ἰσορροπία τῶν ἐν τῷ ἀτμοσφαιρικῷ ἀέρι ἐμβεβαπτισμένων σωμάτων.* Ἀφοῦ, ὡς ἐν τοῖς προηγουμένοις εἴρηται, καὶ τὰ ἐν τῷ ἀτμοσφαιρικῷ ἀέρι ἐμβεβαπτισμένα σώματα ὑφίστανται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω ὦσιν ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκτοπιζομένου ὄγκου τοῦ ἀέρος, ἰσχύουσι καὶ ἐνταῦθα περὶ τῆς ἰσορροπίας αὐτῶν ὅσα εἴπομεν περὶ τῆς ἰσορροπίας τῶν ἐν τοῖς ὑγροῖς ἐμβεβαπτισμένων σωμάτων. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ Ο τὸν ὄγκον σώματός τινος Σ καὶ διὰ ε τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτοῦ, διὰ τοῦ ε′ δὲ τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ἀέρος ἐν ὡρισμένῃ στιγμῇ, τότε τὸ σῶμα Σ ὑπόκειται εἰς τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων, τοῦ βάρους αὐτοῦ Ο×ε, ὅπερ τείνει νὰ καταφέρῃ τὸ σῶμα πρὸς τὰ κάτω, καὶ τῆς ἀνώσεως Ο×ε′, ἥτις τείνει ν' ἀνυψώσῃ αὐτὸ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ συνισταμένη τῶν δύο τούτων δυνάμεων εἶνε δύναμις κατακόρυφος καὶ ἴση πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν δύο Ο×ε—Ο×ε′ ἤτοι Ο(ε-ε′). Ἀφιεμένου δὲ τοῦ σώματος ἐλευθέρου ἐν τῷ ἀέρι δύνανται νὰ συμβῶσι τὰ ἑξῆς τρία :

α′). Ἐὰν ε>ε′, ἤτοι ἐὰν τὸ σῶμα εἶνε εἰδικῶς βαρύτερον τοῦ ἀέρος, καταπίπτει ἐλκόμενον ὑπὸ τοῦ φαινομένου βάρους αὐτοῦ Ο(ε-ε′).

β′). Ἐὰν ε=ε′, ἤτοι ἐὰν τὸ σῶμα εἶνε ἰσόπυκνον πρὸς τὸν ἀέρα, τότε τὸ βάρος αὐτοῦ καὶ ἡ ἄνωσις ἰσορροποῦσιν ἀλλήλας καὶ τὸ σῶμα αἰωρεῖται ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.

γ′). Ἐὰν ε<ε′, ἤτοι ἐὰν τὸ σῶμα εἶνε εἰδικῶς ἐλαφρότερον τοῦ ἀέρος, ὑπεῖκον εἰς τὴν ἐνέργειαν τῆς μείζονος δυνάμεως, τῆς ἀνώσεως, ἀνυψοῦται πρὸς τὰ ἄνω, μέχρις οὗ εὕρῃ στρώματα ἀέρος ἰσόπυκνα πρὸς αὐτό. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ὁ καπνός, πτίλα ἐλαφρά, τὰ ἀερόστατα κλπ. ἀνυψοῦνται ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.

Ἀεροστατα.

116. **Ἀερόστατα.** Τὰ *ἀερόστατα* εἶνε σφαῖραι ἐξ ὑφάσματος ἐλαφροῦ καὶ ἀδιαχωρήτου ὑπὸ τοῦ ἀέρος, πεπληρωμέναι δι' ἀέρος θερμοῦ, ὑδρογόνου, ἢ οἱουδήποτε ἄλλου ἀερίου ἐλαφροτέρου τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος καὶ ἀνυψοῦνται πρὸς τὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄνω ἢ ἰσορροποῦσιν ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ συμφώνως πρὸς τὰς ἐκτεθείσας συνθήκας τῆς ἰσορροπίας τῶν σωμάτων ἐντὸς τοῦ ἀέρος.

Μογγολφιέριοι σφαῖραι. Τὰ πρῶτα ἀερόστατα, ἅτινα ἐκλήθησαν *Μογγολφιέριοι σφαῖραι* ἐκ τοῦ ὀνόματος τῶν ἐφευρετῶν ἀδελφῶν Μογγολφιέρων, ἐπληροῦντο διὰ θερμοῦ ἀέρος. Ἡ μέθοδος ὅμως αὕτη, καίτοι λίαν ἁπλῆ, ἔχει πρὸς τοῖς ἄλλοις καὶ

Σχ. 101.—Μογγολφιέριος σφαῖρα.

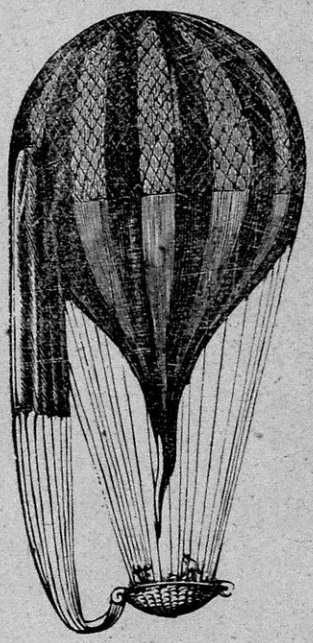
τὸ μέγα μειονέκτημα, ὅτι ἀπαιτεῖ νὰ ὑπάρχῃ κάτωθεν τῆς σφαίρας ἐπὶ τῆς ἀνοικτῆς ὅπῆς διαρκὴς ἑστία πυρός, ὅπως διατηρῇ θερμὸν τὸν ἐντὸς αὐτῆς ἀέρα. Ἀλλὰ τοῦτο εἶνε διαρκὴς κίνδυνος ἐμπρησμοῦ καὶ καταστροφῆς τοῦ ἀεροστάτου.

Ἡ πρώτη ἀεροπόρος σφαῖρα τῶν ἀδελφῶν Μογγολφιέρων εἶχεν ἀκτῖνα 6 περίπου μέτρων, ἀνεπέμφθη δὲ τῷ 1783 ἐκ τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πόλεως Annonay τῆς Γαλλίας καὶ ἀνῆλθεν εἰς ὕψος 2000 μέτρων.

Ἀερόστατα δι' ὑδρογόνου ἢ ἀεριόφωτος. Τὸ ὑδρογόνον, ὡς ἐλαφρότερον πάντων τῶν ἀερίων, εἶνε λίαν κατάλληλον πρὸς πλήρωσιν ἀεροστάτων· τὸ πρῶτον δι' ὑδρογόνου ἀερόστατον κατεσκευάσθη ὑπὸ τοῦ Γάλλου φυσικοῦ Charles ἐκ ταφφετᾶ, ἐπικεχρισμένου διὰ βερνικίου. Πληρουμένη δὲ δι' ὑδρογόνου ἡ ἀεροπόρος σφαῖρα δὲν πληροῦται μέχρι τελείας ἐξογκώσεως, διότι ἄλλως, ὅταν θ' ἀνήρχετο εἰς ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας, ἔνθα ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις ἐλαττοῦται, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀερίου θὰ διερρήγνυε τὸ λεπτὸν περίβλημα καὶ οὕτω θὰ ἐπήρχετο καταστροφή. Ἐκτὸς δὲ τούτου, ἂν τὸ ἀερόστατον ἐπληροῦτο ὁλοσχερῶς, θὰ εἶχε πάντοτε τὸν αὐτὸν ὄγκον καὶ ἑπομένως, ὅταν θ' ἀνήρχετο εἰς ἀραιότερα στρώματα, ἡ ἄνωσις θὰ ἠλαττοῦτο.



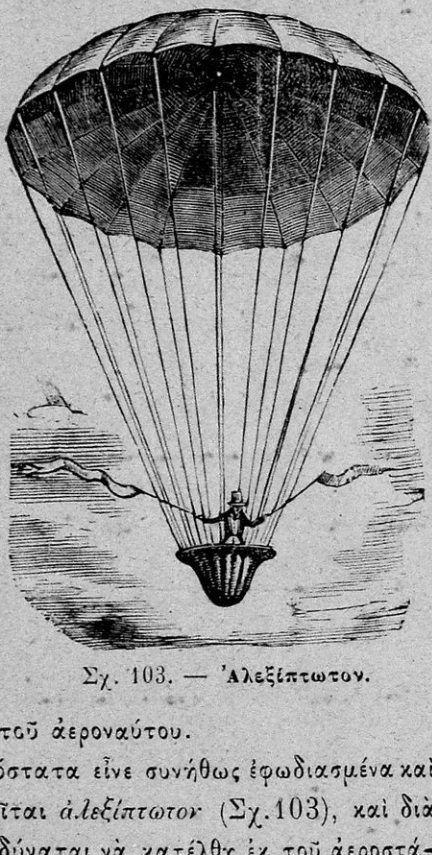
Σχ. 102.—Ἀερόστατον.

Ἐκτὸς δὲ τοῦ ὑδρογόνου γίνεται χρῆσις καὶ ἀεριόφωτος, οὗτινος ἡ πυκνότης εἶνε μικροτέρα τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος καὶ τὸ ὁποῖον ἄλλως τε εὑρίσκεται πρόχειρον καὶ δὲν ἀπαιτεῖ οὐδεμίαν δυσκολίαν οὔτε μεγάλην δαπάνην πρὸς παρασκευήν.

Ἐξαρτήματα τῶν ἀεροστάτων. Τὰ ἀερόστατα τὰ προωρισμένα νὰ μεταφέρωσιν ἀεροναύτας εἰς τὰ ὕψη, εἴτε πρὸς ἐπιστημονικὰς ἐρεύνας εἴτε πρὸς ἄλλους σκοπούς, περιβάλλονται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατὰ τὸ ἀνώτερον ἡμισφαίριον ὑπὸ δικτυωτοῦ πλέγματος ἐκ λεπτοῦ σχοινίου (Σχ. 102), οὗτινος τὰ νήματα προεκτεινόμενα πρὸς τὰ κάτω φέρουσιν ἐξηρτημένον τὸ διὰ τοὺς ἀεροναύτας προωρισμένον σκάφος. Πρὸς τὸ ἀνώτερον δὲ μέρος αὐτῶν ὑπάρχουσι δικλίδες, αἵτινες κλείονται ἀεροστεγῶς καὶ αὐτομάτως πιεζόμεναι ὑπὸ ἰσχυρῶν ἐλατηρίων, ἀνοίγονται δὲ διὰ σχοινίων, ἅτινα κατέρχονται μέχρι τοῦ σκάφους τῶν ἐπιβατῶν. Ὅταν ὁ ἀεροναύτης προτίθεται νὰ κατέλθῃ, ἕλκει τὸ σχοινίον, ἡ δικλὶς ἀνοίγεται καὶ μέρος τοῦ ὑδρογόνου ἐξέρχεται· τότε δὲ τὸ ἀερόστατον σμικρυνόμενον κατ' ὄγκον ἐκτοπίζει ὀλιγώτερον ὄγκον ἀέρος καὶ συνεπῶς γιγνόμενον βαρύτερον κατέρχεται, μέχρις οὗ εὕρῃ στρώματα ἀέρος ἀρκούντως πυκνὰ ὥστε νὰ ἰσορροπήσῃ. Ἐπαναλαμβανομένου οὕτω κανονικῶς τοῦ ἀνοίγματος τῶν δικλίδων τὸ ἀερόστατον κατέρχεται ὁλονὲν πρὸς τὰ κάτω κατὰ βούλησιν τοῦ ἀεροναύτου.



Σχ. 103. — Ἀλεξίπτωτον.

Ἀλεξίπτωτον. Τὰ ἀερόστατα εἶνε συνήθως ἐφωδιασμένα καὶ διὰ συσκευῆς, ἥτις καλεῖται *ἀλεξίπτωτον* (Σχ. 103), καὶ διὰ τῆς ὁποίας ὁ ἀεροναύτης δύναται νὰ κατέλθῃ ἐκ τοῦ ἀεροστάτου ἀκινδύνως ἐν περιπτώσει διαρρήξεως αὐτοῦ.

Συνίσταται δὲ τοῦτο ἐξ εὐρέος κυκλοτεροῦς πανίου ἔχοντος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σχῆμα ἀλεξηλίου καὶ φέροντος ἐν τῷ μέσῳ ὀπήν, ἐκ τῆς περιφερείας δ' αὐτοῦ ἐξαρτῶνται σχοινία φέροντα προσδεδεμένον πρὸς τὰ κάτω μικρὸν σκαφίδιον. Κατὰ τὴν ἀνάβασιν τοῦ ἀεροστάτου τὸ ἀλεξίπτωτον εἶνε συνεπτυγμένον καὶ προσδεδεμένον διὰ σχοινίου ἐπὶ τοῦ ἀεροστάτου (Σχ. 102), ὅταν δὲ παραστῇ ἀνάγκη νὰ κατέλθῃ δι' αὐτοῦ ὁ ἀεροναύτης, εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ σκαφιδίου καὶ ἀποκόπτει τὸ σχοινίον τὸ συγκρατοῦν τὸ ἀλεξίπτωτον μετὰ τοῦ ἀεροστάτου· τότε ἀρχίζει νὰ καταπίπτῃ κατ' ἀρχὰς μετὰ μεγάλης ταχύτητος, μετ' ὀλίγον ὅμως ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος ἀναγκάζει τὸ ἀλεξίπτωτον ν' ἀναπτυχθῇ καὶ τότε εὑρίσκον μεγάλην ἀντίστασιν καταπίπτει βραδέως καὶ κανονικῶς. Πρό τινων ἐτῶν ὁ ἀεροναύτης Sivel κατά τι ταξείδιον αὐτοῦ κατῆλθε τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἀλεξιπτώτου ἐξ ὕψους 1800 μέτρων εἰς χρόνον 43', ἐνῷ, ἂν κατέπιπτεν ἐλευθέρως ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕψους, θὰ ἔφθανεν εἰς τὸ ἔδαφος μετὰ 19'' περίπου, ὥστε κατέπεσε κατὰ 136 φορὰς βραδύτερον.

Ἡ δ' ἐν τῷ μέσῳ ὀπὴ χρησιμεύει, ἵνα ἐξέρχηται ἐξ αὐτῆς ὁ συμπιεζόμενος ἀήρ, οὐχὶ δ' ἐκ τῶν ἄκρων καὶ ἐπιφέρωνται οὕτω ταλαντώσεις εἰς τὸ ἀλεξίπτωτον.

117. **Δύναμις ἀνυψωτικὴ τῶν ἀεροστάτων.** Τὴν πρὸς τὰ ἄνω ὠθοῦσαν τὸ ἀερόστατον δύναμιν εὑρίσκομεν ἀφαιροῦντες τὸ βάρος τοῦ ἀεροστάτου μεθ' ὅλων αὐτοῦ τῶν ἐξαρτημάτων ἀπὸ τοῦ βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος. Παριστῶντες διὰ Β τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος, διὰ Β' τὸ βάρος τοῦ ἀεροστάτου, θὰ ἔχωμεν ἄνωσιν Δ

$$\Delta = B - B'.$$

Ἡ δύναμις αὕτη, ἴση πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν δύο, ἐνεργεῖ κατακορύφως ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω· εἶνε ἡ καλουμένη *δύναμις ἀνυψωτικὴ ἢ ἄνωσις* τῶν ἀεροστάτων. Ἀρκεῖ ἡ ἄνωσις νὰ εἶνε 4—5 χιλιογράμμων τὴν στιγμὴν τῆς ἀναχωρήσεως, ὅπως τὸ ἀερόστατον ἀνέλθῃ· μένει δ' αὐτὴ *αἰσθητῶς σταθερά*,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐφ' ὅσον τὸ ἀερόστατον δὲν εἶνε τελείως ἐξωγκωμένον διὰ τῆς διαστολῆς τοῦ περιεχομένου ἀερίου. Εὐκόλως δὲ δυνάμεθα ἐπὶ τῇ βάσει τῶν θεωρημάτων τῆς Στερεομετρίας νὰ εὕρωμεν τὸν ὄγκον τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος, ἐπίσης δὲ καὶ τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀερίου καὶ πολλαπλασιάζοντες ἐπὶ τὰ εἰδικὰ βάρη νὰ εὕρωμεν τὸ βάρος ἀμφοτέρων· ἀκολούθως δέ, προσθέτοντες εἰς τὸ βάρος τοῦ ἀερίου τὸ βάρος τοῦ περιβλήματος καὶ τῶν ἐξαρτημάτων καὶ ἀφαιροῦντες τὸ ἄθροισμα ἀπὸ τοῦ βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος, ἔχομεν τὴν τιμὴν τῆς *ἀνυψωτικῆς δυνάμεως*.

Τῷ 1878, διαρκούσης τῆς ἐκθέσεως ἐν Παρισίοις, ὁ Γάλλος μηχανικὸς Giffrard κατεσκεύασεν ἀερόστατον, ὅπερ προσδεδεμένον ἐπὶ τοῦ ἐδάφους δι' ἰσχυροῦ κάλω ἐξετέλει πολλὰς κατὰ τὸ διάστημα τῆς ἡμέρας ἀναβάσεις εἰς ὕψος 600 μέτρων, φέρον πεντήκοντα ἀναβάτας εἰς ἑκάστην ἀνύψωσιν. Ὁ ὄγκος τοῦ ἀεροστάτου ἦν 25000 κυβ. μ. Ὥστε ἐξετόπιζεν 25000 κυβ. μ. ἀέρος· ἐπειδὴ δὲ ὁ ἀὴρ κατὰ κυβικὸν μέτρον εἶνε βαρύτερος τοῦ ὑδρογόνου κατὰ 1 καὶ πλέον χιλιόγραμμον, διὰ τοῦτο ἡ ἄνωσις τοῦ ἀεροστάτου τούτου ἦν τοὐλάχιστον 25000 χιλιογράμμων. Πρὸς ταύτην ἀντετάσσετο τὸ βάρος τοῦ περιβλήματος, τῶν ἐξαρτημάτων καὶ τῶν ἐπιβατῶν, ἤτοι :

5000	χιλιόγρ.	βάρος περιβλήματος.
4500	»	» δικτυωτοῦ πλέγματος, σχοινίων.
1600	»	» σκάφους καὶ ἕρματος.
750	»	» προσθέτων σχοινίων.
3000	»	» κάλω 600 μέτρων συγκρατοῦντος τὸ ἀερόστατον μετὰ τῆς γῆς.
4000	»	κατὰ μέσον ὅρον βάρος 50 ἐπιβατῶν.
18850		τὸ ὅλον βάρος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀφαιροῦντες τοῦτο ἐκ τῆς ἀνώσεως (25,000 χιλγρ.) ἔχομεν δύναμιν ἀνυψωτικήν :

Δ=25000—18850=6150 χιλγρ.

Ἐννοεῖται ὅτι τόσον μεγάλη δύναμις ἀνύψου τάχιστα πρὸς τὰ ὕψη τὸ ἀερόστατον. Διὰ δὲ τὴν κατάβασιν εἰργάζοντο δύο ἀτμομηχαναὶ 300 ἵππων δυνάμεως, αἵτινες περιέστρεφον τροχαλίαν, περὶ ἣν περιειλίσσετο ὁ κάλως.

118. **Ταξείδια δι' ἀεροστάτου.** Πλεῖστα ὅσα ταξείδια δι' ἀεροπόρων σφαιρῶν ἐγένοντο μέχρι τοῦδε, εἴτε διὰ μετεωρολογικὰς παρατηρήσεις, εἴτε πρὸς κατόπτευσιν τῶν κινήσεων τοῦ ἐχθροῦ ἐν καιρῷ πολέμου, εἴτε πρὸς τροφοδότησιν πολιορκουμένων πόλεων εἴτε πρὸς ἄλλους σκοπούς. Πολλὰ δὲ τῶν ταξειδίων τούτων εἶνε ἀξιομνημόνευτα, ὄχι τόσον διὰ τὴν σπουδαιότητα τῶν ἐπιστημονικῶν παρατηρήσεων ἢ τῶν ὑπηρεσιῶν, ἃς προσήνεγκον, ὅσον διὰ τὸ φοβερὸν τέλος εἰς ὃ κατέληξαν.

Ὁ ἔξοχος φυσικὸς Gay-Lussac τῷ 1804 ἀνῆλθεν εἰς ὕψος 7016 μέτρων, ὁ δὲ Barral καὶ Bixio εἰς ὕψος 7049. Τὸ θερμόμετρον εἰς τὰ ὕψη ἐκεῖνα ἐδείκνυε σταθερῶς θερμ.—9°, μετ' ὀλίγον δὲ κατῆλθεν ἀποτόμως εἰς τοὺς—39°, ἐνῷ συγχρόνως βελόναι πάγου κατεκάλυψαν τὰ σημειωματάρια, ἐφ' ὧν ἔγραφον τὰς παρατηρήσεις αὐτῶν.

Τῷ 1875 οἱ ἀεροναῦται Sivel καὶ Crocé-Spinelli μετὰ τοῦ Tissandier ἀνῆλθον κατὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς τοῦ Tissandier εἰς 8600 μέτρα· οἱ δύο σύντροφοι αὐτοῦ εὗρον κατὰ τὴν ἀνάβασιν ταύτην οἰκτρὸν τέλος, ἐπέζησε δὲ μόνος ὁ Tissandier.

119. **Διεύθυνσις τῶν ἀεροστάτων.** Ὁ ἀεροναύτης, διὰ τῶν μέσων, ἅτινα ἔχει εἰς τὴν διάθεσιν αὐτοῦ, τοῦ *ἕρματος* καὶ *τῶν δικλίδων*, δύναται ν' ἀνέρχηται ἢ κατέρχηται κατὰ βούλησιν καὶ νὰ ἐπιβραδύνῃ ὁπωσδήποτε εἰς ὡρισμένας θέσεις τὴν κατακόρυφον κίνησιν τοῦ ἀεροστάτου· ἀλλ' ὅμως ἡ κίνησις

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ἀεροστάτου πρὸς ταύτην ἢ ἐκείνην τὴν διεύθυνσιν ὁριζοντίως, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φορᾶς τῶν ἀνέμων. Ἔρχεται λοιπὸν εἰς τὸ μέσον *τὸ πρόβλημα τῆς διευθύνσεως τῶν ἀεροστάτων ὁριζοντίως πρὸς ταύτην ἢ ἐκείνην τὴν διεύθυνσιν κατὰ βούλησιν τοῦ ἀεροναύτου καὶ ἀνεξαρτήτως τῆς φορᾶς τῶν πνεόντων ἀνέμων.* Εἶνε ἆρά γε δυνατὸν νὰ ἐπιτευχθῇ τοῦτο;

Πολλοὶ κατὰ καιροὺς ἀπὸ τῆς ἀρχῆς ἤδη τῆς εὑρέσεως τῶν ἀεροστάτων ἐνησχολήθησαν εἰς τὴν λύσιν τοῦ προβλήματος τούτου. Παραλείποντες τὸ ἱστορικὸν τῶν ἐργασιῶν ἐπὶ τοῦ ζητήματος ἀναφέρομεν τὰ κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη γενόμενα πειράματα ὑπὸ τῶν γάλλων λοχαγῶν Renard καὶ Krebs. Κατεσκεύασαν ἀερόστατον σχήματος ἐπιμήκους κωνικοῦ 1800 κυβ. μ., δυνάμενον ν' ἀνυψώσῃ ὁλικὸν φορτίον 2000 χιλγρ. Ἡ λέμβος ἔχουσα σχῆμα ἀκατίου ἔφερε πρὸς τὰ ἔμπροσθεν ἕλικα πρὸς τὰ ὄπισθεν δὲ εἶδος πηδαλίου. Ἡ δὲ κίνησις αὐτοῦ ὁριζοντίως ἐξετελεῖτο δι' ἠλεκτρικῆς κινητηρίου μηχανῆς δυναμένης νὰ δώσῃ εἰς τὸ ἀερόστατον 5ᵐ,6 ταχύτητα ἱκανὴν νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν ταχύτητα τοῦ ἀνέμου.

Ἡ ἀνύψωσις ἐγένετο τὴν 28ην Ἰουλίου 1884 εἰς τὰς 4 μ.μ., τοῦ καιροῦ ὄντος ἠρέμου, ἐκ τοῦ στρατιωτικοῦ σταθμοῦ τοῦ Ghalais. Ἀφοῦ ἀνυψώθη τὸ ἀερόστατον, ἐτέθη εἰς ἐνέργειαν ἡ κινητήριος μηχανὴ καὶ τὸ ἀερόστατον ὑπεῖκον εἰς τὴν ἐνέργειαν αὐτῆς καὶ ὑπὸ τὴν διεύθυνσιν τοῦ πηδαλίου ἐπροχώρησε μέχρι τοῦ χωρίου Villacoublais (4 χιλιόμετρα μακρὰν τοῦ Ghalais), ἀκολούθως ἤλλαξε διεύθυνσιν καὶ διὰ τῆς καταλλήλου χειρίσεως τοῦ πηδαλίου ἠδυνήθη νὰ ἐπιστρέψῃ εἰς τὸν τόπον τῆς ἀναχωρήσεως καὶ νὰ σταματήσῃ 300 μέτρα ἄνωθεν τοῦ Ghalais, ἔνθα ἐγένετο ἡ κατάβασις.

Τὸ πείραμα τῶν κ. κ. Renard καὶ Krebs εἶνε τὸ σπουδαιότερον, ὅπερ καὶ πειραματικῶς ἐπεσφράγισε τὰς θεωρητικὰς ἐργασίας πρὸς διεύθυνσιν τοῦ ἀεροστάτου, καὶ σήμερον εἶνε πα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ραδεδεγμένον ὅτι ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀεροστάτου εἶνε ἐπιτευκτὴ ἐν καιρῷ ἠρέμῳ ἢ ἐν ἀνέμῳ μέχρι 5 μέτρων ταχύτητος τὸ πολύ. Ἐντούτοις ὑπολείπεται πολὺ ἀκόμη μέχρι τῆς ὁλοσχεροῦς λύσεως τοῦ προβλήματος, διότι οἱ ἄνεμοι οἱ ἔχοντες ταχύτητα μικροτέραν τῶν 7 μέτρων διαρκοῦσι μόλις τὸ $\frac{1}{3}$ τὸ ἔτους, καθ' ὅλον δὲ τὸν ἐπίλοιπον χρόνον οἱ ἄνεμοι εἶνε λίαν ἰσχυροὶ καὶ ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀεροστάτου διὰ τῶν μέχρι τοῦδε μέσων ἀδύνατος.

Γ'

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ MARIOTTE, ΜΑΝΟΜΕΤΡΑ

120. **Νόμος τοῦ Mariotte.** Ὁ Mariotte, Γάλλος φυσικός, ἀνεῦρε πρῶτος καὶ ὥρισε τὴν ὑπάρχουσαν σχέσιν μεταξὺ τοῦ ὄγκου, τὸν ὁποῖον καταλαμβάνει, καὶ τῆς *πιέσεως*, ἣν ὑφίσταται ἀέριόν τι, διὰ τοῦ ἑξῆς νόμου, ὅστις πρὸς τιμὴν αὐτοῦ *νόμος τοῦ Mariotte ἐκλήθη*.

«*Οἱ ὄγκοι, οὓς καταλαμβάνει ὡρισμένη ποσότης ἀερίου ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν, εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν πιέσεων, ἃς τοῦτο ὑφίσταται.*

Ἂν καλέσωμεν Ο τὸν ὄγκον τοῦ ἀερίου ὑπὸ πίεσιν Π καὶ Ο′ ὑπὸ πίεσιν Π′, θὰ ἔχωμεν

$$O : O' = \Pi' : \Pi \ (^1).$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου πορίζόμεθα

$$O \times \Pi = O' \times \Pi' \ (^2),$$

τουτέστιν ὅτι, ὡρισμένης ποσότητος ἀερίου, ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν, τὸ γινόμενον τοῦ ὄγκου ἐπὶ τὴν πίεσιν, ἣν ὑφίσταται, εἶνε σταθερόν. Εἶνε αὕτη ἑτέρα ἐκφώνησις τοῦ νόμου τοῦ Mariotte.

Ὅταν ὁ ὄγκος ὡρισμένης ποσότητος ἀερίου σμικρύνηται, τὸ εἰδικὸν αὐτοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βάρος γίνεται ἀναγκαίως μεῖζον· ἐὰν καλέσωμεν δ τὸ σταθερὸν βάρος τοῦ ἀερίου, Ο τὸν ὄγκον καὶ Ε τὸ εἰδ. βάρος αὐτοῦ ὑπὸ πίεσιν Π, Ο′ δὲ καὶ Ε′ ὑπὸ πίεσιν Π′, θὰ ἔχωμεν

$$\delta = O \times E = O' \times E',$$

ἐξ οὗ $O \times E = O' \times E'$ καὶ $O : O' = E' : E$ (3)

Ἐπειδὴ δέ, καθ' ἃ ὁ τύπος (1) ἐκφράζει, $O : O' = \Pi' : \Pi$, ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον (3) ἔχομεν $E' : E = \Pi' : \Pi$ (4).

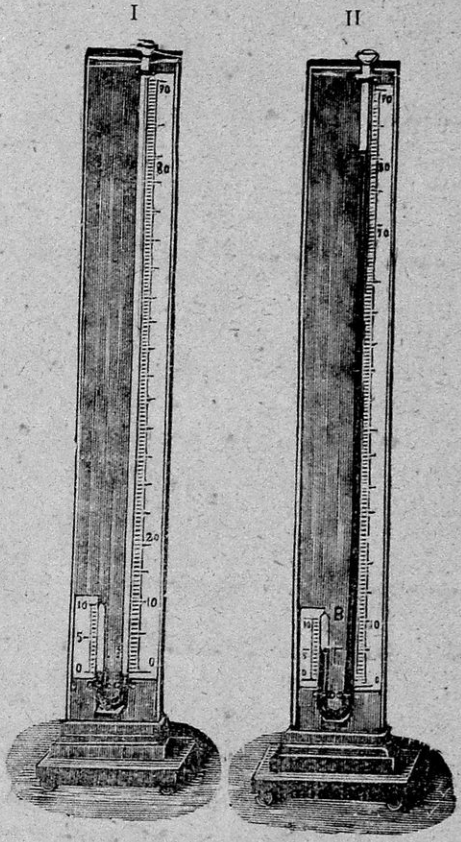
Ἡ ἐξίσωσις αὕτη εἶνε ἄμεσος συνέπεια τοῦνόμου τοῦ Mariotte καὶ ἐκφράζει ὅτι, εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, τὸ εἰδικὸν βάρος ἀερίου τινὸς εἶνε ἀνάλογον τῆς πιέσεως, ἣν ὑφίσταται. Τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ἀέρος π. χ., ὅπερ ὑπὸ τὴν συνήθη ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν εἶνε 773 φορὰς μικρότερον τοῦ ὕδατος, ὑπὸ πίεσιν 773 ἀτμοσφαιρῶν θὰ ἐγίνετο ἴσον πρὸς τὸ τοῦ ὕδατος, ἐάν, ἐννοεῖται, ὑπὸ τὴν πίεσιν ταύτην διετηρεῖτο ὁ ἀὴρ εἰς ἀερώδη κατάστασιν.

121. **Πειραματικὴ ἀπόδειξις τοῦ νόμου τοῦ Mariotte.**—1ον. *Ὅταν αἱ ἐπιφερόμεναι πιέσεις εἶνε μεγαλείτεραι τῆς μιᾶς ἀτμοσφαίρας.*—Ὁ νόμος τοῦ Mariotte ἐπαληθεύεται ἐπὶ τοῦ ἀέρος διὰ μικρᾶς συσκευῆς, ἥτις καλεῖται *σωλὴν τοῦ Mariotte* (Σχ. 104), καὶ ἥτις συνίσταται ἐκ σωλῆνος κεκαμμένου εἰς δύο ὅλως ἄνισα σκέλη καὶ στηριζομένου κατακορύφως ἐπὶ σανίδος. Τὸ βραχύτερον σκέλος εἶνε κλειστὸν καὶ ὑποδιηρημένον εἰς ἴσας χωρητικότητας, τὸ δ' ἐπιμηκέστερον εἶνε ἀνοικτὸν πρὸς τὴν ἀτμοσφαῖραν καὶ φέρει παραπλεύρως κλίμακα διηρημένην εἰς ἑκατοστόμετρα. Τὸ μηδὲν ἀμφοτέρων τῶν κλιμάκων εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου.

Χύνομεν κατὰ πρῶτον ὀλίγον ὑδράργυρον εἰς τὸν σωλῆνα, οὕτως ὥστε αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι αὐτοῦ εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη νὰ εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον καὶ μάλιστα εἰς τὸ μηδὲν τῶν κλιμάκων, ὅπερ κατορθοῦμεν μετά τινας δοκιμὰς (Ι). Τότε ὁ ἐν τῷ βραχυτέρῳ σωλῆνι ἐγκεκλεισμένος ἀὴρ εὑρίσκεται ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας ἤ, ὅπερ ταὐτό, ἔχει ἐλαστικὴν δύναμιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας· ἔστω δ' ὅτι ὁ ὑπ' αὐτοῦ καταλαμβανόμενος ὄγκος ἰσοῦται πρὸς 10 ὑφεκατόμετρα. Χύ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νομεν μετὰ τοῦτο ἐκ νέου ὑδράργυρον εἰς τὸν σωλῆνα, μέχρις οὗ ὁ ὄγκος ΒΓ τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος ἐλαττωθῇ κατὰ τὸ ἥμισυ ἤτοι γίνῃ 5 ὑφεκατομέτρων. Μετροῦντες νῦν τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν ΓΑ τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύου Α καὶ



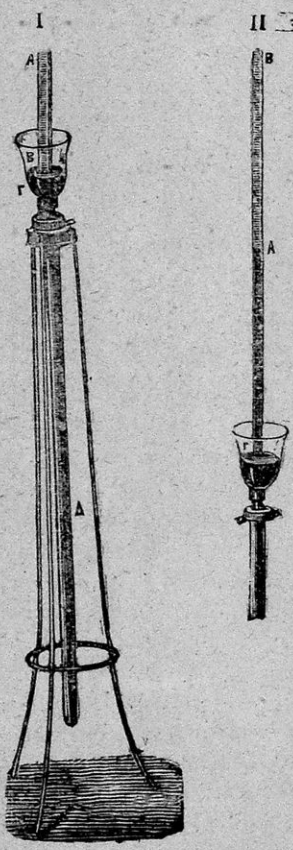
Σχ. 104.—**Σωλὴν τοῦ** Mariotte.

Γεύρίσκομεν αὐτὴν ἀκριβῶς ἴσην πρὸς τὸ βαρομετρικὸν ὕψος καθ' ἣν στιγμὴν ἐκτελοῦμεν τὸ πείραμα· ὥστε ἐπιφέρει ἡ στήλη αὕτη πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας. Προστιθεμένης δ' εἰς ταύτην καὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἥτις ἐπιφέρεται διὰ τοῦ ἀνοι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κτοῦ ἄκρου τοῦ σωλῆνος, εὑρίσκεται ὅτι νῦν, ὅτε ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος ἠλαττώθη εἰς τὸ ἥμισυ, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶνε διπλασία.

Ἐὰν τὸ μέγα σκέλος εἶνε ἀρκετὰ ἐπίμηκες, δυνάμεθα νὰ χύσωμεν καὶ ἄλλον ὑδράργυρον, μέχρις οὗ ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος ἐλλατωθῇ κατὰ τὸ τρίτον, κατὰ τὸ τέταρτον κλπ. Θὰ ἴδωμεν δὲ τότε ὅτι ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη, μετρουμένη ὡς ἀνωτέρω, θὰ ἰσῶται πρὸς δύο, τρεῖς κλπ. φορὰς τῷ βαρομετρικῷ ὕψει, εἰς ὅπερ προστιθεμένης καὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως θὰ ἔχωμεν οὕτω τριπλασίαν, τετραπλασίαν κλπ. πίεσιν, ἐν ᾗ περιπτώσει ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος ἐλαττοῦται εἰς τὸ τρίτον, εἰς τὸ τέταρτον κλπ.



Σχ. 105.—**Ἐπαλήθευσις τοῦ νόμου τοῦ** Mariotte **διὰ πιέσεις μικροτέρας μιᾶς ἀτμοσφαίρας.**

2ον. Ὅταν αἱ πιέσεις εἶνε μικρότεραι μιᾶς ἀτμοσφαίρας.— Ὁ νόμος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς ἐπίσης καὶ ὅταν ἀφίνηται τὸ ἀέριον νὰ ἐπεκταθῇ δι' ἐλαττώσεως τῆς πιέσεως. Πρὸς τοῦτο μεταχειριζόμεθα ἕνα σωλῆνα τοῦ Toricelli Α (Σχ. 105, Ι) καὶ ἀγγεῖον βαθὺ ΓΔ πλῆρες ὑδραργύρου. Πληροῦμεν τὸν σωλῆνα Α κατὰ τὰ δύο τρίτα ὑδραργύρου, τὸ δ' ὑπόλοιπον ἀφίνομεν πλῆρες ἀέρος καὶ ἀναστρέφοντες ἐντὸς τῆς λεκάνης καταδύομεν αὐτόν, μέχρις οὗ ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου καὶ ἐντὸς καὶ ἐκτὸς τοῦ σωλῆνος γίνῃ ἡ αὐτή· ἀναγινώσκομεν δὲ τότε τὸν ὄγκον ΑΒ τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος (Ι), καὶ ἔστω ὅτι εἶνε 10 κ. ἑκ. εὑρισκόμενος προφανῶς ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας ἤ, ὅπερ ταὐτό, ἔχων ἐλαστικὴν δύναμιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας. Μετὰ τοῦτο ἀνασύρομεν τὸν σωλῆνα (Σχ. 105 ΙΙ), μέχρις οὗ ὁ ἀήρ λάβῃ ὄγκον ΑΒ δι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πλάσιον τοῦ προηγουμήνου. Ἐὰν μετρήσωμεν νῦν τὴν ὑδραργυρικὴν στήλην ΑΓ (ΙΙ), εὑρίσκομεν αὐτὴν ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκείνην βαρομετρικοῦ ὕψους ἤτοι πιέζουσαν μὲ δύναμιν ἡμισείας ἀτμοσφαίρας καὶ συνεπῶς ὁ ἐγκεκλεισμένος ἀὴρ ἔχει ἐλαστικὴν δύναμιν ἡμισείας ἀτμοσφαίρας. Τοῦτο δέ, διότι ἡ πίεσις τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου σὺν τῇ πιέσει τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος ἰσορροποῦσι τὴν ὅλην ἐξωτερικὴν πίεσιν.

Ἐὰν ὁ σωλὴν εἶνε ἀρκετὰ μακρός, δυνάμεθα νὰ 3πλασιάσωμεν, 4πλάσιάσωμεν κλπ. τὸν ὄγκον τοῦ ἀέρος καὶ θὰ ἴδωμεν τότε ὅτι ἡ ἐλαστικὴ δύναμις αὐτοῦ γίνεται τὸ $^1/_3$, τὸ $^1/_4$ κλπ. τῆς ἀρχικῆς.

Σημ. Μέχρι τινὸς ὁ νόμος τοῦ Mariotte ἐθεωρεῖτο ὡς ἐντελῶς ἀκριβής, βραδύτερον ὅμως πειράματα γενόμενα κατ' ἀρχὰς ὑπὸ τοῦ Despretz καὶ κατόπιν ὑπὸ τῶν Pouillet, Dulong, Arago καὶ Regnault κατέδειξαν ὅτι ὁ νόμος δὲν δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀπολύτως ἀκριβὴς δι' ὅλα τὰ ἀέρια καὶ δι' οἱανδήποτε πίεσιν, ἀλλ' ὅτι τινὰ μὲν ὑπὸ μεγάλας πιέσεις σμικρύνονται κατ' ὄγκον περισσότερον ἀφ' ὅσον ἀπαιτεῖ ὁ νόμος, ἕτερα δὲ τοὐναντίον.

(Τὰ συμπεράσματα, εἰς ἃ κατέληξεν ὁ Regnault εἶνε τὰ ἑξῆς:

1ον. — Ἐκ τῶν τεσσάρων ἀερίων (ἀζώτου, ὑδρογόνου, ἀνθρακικοῦ ὀξέος καὶ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος) οὐδὲν ἀκολουθεῖ ἀκριβῶς τὸν νόμον τοῦ Mariotte. Ἡ διαφορὰ δὲ μεταξὺ τοῦ νόμου τοῦ Mariotte καὶ τοῦ ἀληθοῦς νόμου τῆς συμπιεστότητος τῶν ἀερίων τούτων δὲν εἶνε μεγάλη καὶ δύναται νὰ παροραθῇ διὰ μικρὰς πιέσεις, γίνεται ὅμως λίαν αἰσθητή, ἐφ' ὅσον ἡ πίεσις βαίνει αὐξανομένη.

2ον. — Ἐκ τούτων τὰ τρία (ἀήρ, ἄζωτον, ἀνθρακικὸν ὀξύ), εἶνε μᾶλλον συμπιεστὰ ἀφ' ὅ, τι ἀπαιτεῖ ὁ νόμος τοῦ Mariotte, ἀπ' ἐναντίας δὲ τὸ ὑδρογόνον εἶνε ἧττον συμπιεστόν.

3ον. — Πάντα τὰ λοιπὰ ἀέρια, ὅσα ἐξήτασεν ὁ Regnault, φέρονται ὅπως ὁ ἀήρ, τουτέστι συμπιέζονται περισσότερον ἀφ' ὅ, τι ἀπαιτεῖ ὁ νόμος τοῦ Mariotte. Ἡ διαφορὰ δὲ εἶνε πολὺ μεγαλειτέρα διὰ τὰ εὐκόλως ρευστοποιούμενα ἀέρια, οἷά εἰσι λ. χ. τὸ ἀνθρακικὸν ὀξύ, τὸ θειῶδες ὀξύ, ἡ ἀμμωνία, κλπ. παρὰ διὰ τὰ δυσκόλως ρευστοποιούμενα τὰ μόνιμα ἀέρια κληθέντα ἄλλοτε.)

Μανόμετρα.

122. **Ὁρισμός, εἴδη μανομέτρων.** Καλοῦνται μανόμετρα, (μανὸς = ἀραιός), ὄργανα χρησιμεύοντα πρὸς μέτρησιν τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τῶν ἀερίων καὶ ἀτμῶν. Ὡς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μονὰς πρὸς καταμέτρησιν τῶν πιέσεων ἢ τάσεων λαμβάνεται ἡ *ἀτμόσφαιρα*, οἵαν ὡρίσαμεν αὐτὴν ἀνωτέρω, τουτέστιν ἡ *ἀτμοσφαιρικὴ* πίεσις ἡ ἀνταποκρινομένη εἰς ὕψος βαρομετρικὸν 0,76 μ., εἴδομεν δὲ (107) ὅτι ἡ πίεσις αὕτη εἶνε ἴση πρὸς 1χλγρ.,033 ἀνὰ πᾶν τετραγ. ἑκατοστόμ. Κατὰ συνέπειαν, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ τάσις ἀερίου τινὸς εἶνε 1, 2, 3, 4 ἀτμοσφαιρῶν, ἐννοοῦμεν ὅτι ἡ ἐλαστικὴ δύναμις αὐτοῦ ἰσορροπεῖ πρὸς στήλην ὑδραργύρου ὕψους ἅπαξ, δὶς, τρίς, τετράκις 0,76 μ. ἢ καὶ ἄλλως, ὅτι ἐξασκεῖ ἐπὶ ἑκάστου τετραγ. ἑκατοστ. τοῦ ὑποδοχέως, ἐν' ᾧ εἶνε ἐγκεκλεισμένον, πίεσιν ἴσην πρὸς 1, 2, 3, 4 φορὰς 1χλγρ.,033.

Σχ. 106. — Ἀνοικτὸν μανόμετρον.

Κατασκευάζονται τρία εἴδη μανομέτρων, *τὸ ἀνοικτόν*, *τὸ κλειστὸν* καὶ *τὸ μεταλλικόν*.

123. **Μανόμετρον ἀνοικτὸν ἢ ἐλευθέρου ἀέρος** (Σχ. 106). Εἶνε τὸ ἁπλούστερον τῶν μανομέτρων· σύγκειται δ' ἐξ ἑνὸς σωλῆνος κρυσταλλίνου ΑΒ, συγκοινωνοῦντος ἐλευθέρως μετὰ τῆς ἀτμοσφαίρας διὰ τοῦ ἀνωτέρου ἄκρου Α, πρὸς δὲ τὰ κάτω καμπτομένου καὶ συνεχομένου μετὰ εὐρέος δοχείου Γ πλήρους ὑδραργύρου. Τὸ δοχεῖον Γ συγκοινωνεῖ διὰ τοῦ στενοῦ σωλῆνος Δ μετὰ τοῦ ἀγγείου τοῦ περικλείοντος τὸ ἀέριον ἢ τὸν ἀτμόν, οὗτινος τὴν τάσιν πρόκειται νὰ καταμετρήσωμεν· τὸ δὲ ὅλον στηρίζεται ἐπὶ σανίδος κατακορύφου φερούσης παραπλεύρως κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος διαιρέσεις τοῦ Γαλλικοῦ μέτρου.

Πρὸς βαθμολόγησιν τοῦ μανομέτρου τούτου τίθεται εἰς συγκοινωνίαν τὸ στόμιον Δ μετὰ τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ εἰς τὸ ση-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μεῖον, ἔνθα ἵσταται ὁ ὑδράργυρος ἐν τῷ σωλῆνι, σημειοῦται 1, ἤτοι πίεσις μιᾶς ἀτμοσφαίρας· ἔπειτα ἀπὸ τοῦ σημείου τούτου πρὸς τὰ ἄνω κατὰ διαστήματα 76 ἑκατοστομέτρων σημειοῦνται οἱ ἀριθμοὶ 2, 3, 4 . . ., οἵτινες δεικνύουσι πίεσιν 2, 3, 4 : . . . . ἀτμοσφαιρῶν, ὑποδιαιρεῖται δ' ἕκαστον τῶν μεταξὺ διαστημάτων εἰς 10 ἴσα μέρη πρὸς μέτρησιν καὶ τῶν δεκάτων τῆς ἀτμοσφαίρας.

Τούτων οὕτως ἐχόντων, ἐὰν συγκοινωνήσωμεν τὸ στόμιον Δ μετ' ἀτμολέβητος καὶ ὁ ὑδράργυρος ἀνέλθῃ εἰς τὸν σωλῆνα ΒΑ εἰς ὕψος 2, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα, ποριζόμεθα ὅτι ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ ἰσοῦται πρὸς 2 ἀτμοσφαίρας.

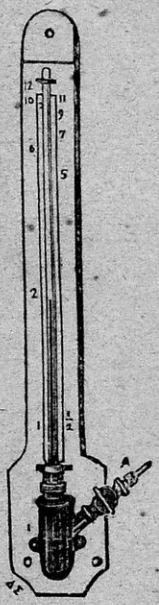
Σημ. Τὸ ἀνοικτὸν μανόμετρον δὲν δύναται νὰ χρησιμεύσῃ παρὰ διὰ πιέσεις 5 μέχρις 6 ἀτμοσφαιρῶν, διότι δι' ἀνωτέρας θὰ εἴχομεν ἀνάγκην σωλῆνος λίαν μακροῦ, τοῦθ' ὅπερ θὰ παρεῖχε πολλὰς δυσκολίας.

124. **Μανόμετρον κλειστὸν ἢ συμπεπιεσμένου ἀέρος** (Σχ. 107). Τὸ μανόμετρον τοῦτο συνίσταται ἐκ κυλινδρικῆς ὀρειχαλκίνης λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐμβαπτίζεται σωλὴν κλειστὸς κατὰ τὸ ἀνώτερον ἄκρον, ἔχων μῆκος 60 ἕως 80 ἑκατοστομέτρων καὶ πλήρης ξηροῦ ἀέρος. Πρὸς τὰ ἄνω τὸ ὀρειχάλκινον δοχεῖον συγκολλᾶται μετὰ τοῦ μανομετρικοῦ σωλῆνος, πρὸς δὲ τὰ πλάγια φέρει μικρὸν σωλῆνα Α μετὰ στρόφιγγος, ὅπως τίθεται δι' αὐτοῦ εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἀγγείου τοῦ περιέχοντος τὸ ἀέριον ἢ τὸν ἀτμόν, οὗ τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν πρόκειται νὰ καταμετρήσωμεν.

Βαθμολογεῖται τοῦτο ἐμπειρικῶς ἐν συγκρίσει πρός τι ἀνοικτὸν ἀρκετοῦ ὕψους. Πρὸς τοῦτο, ἀφοῦ κανονισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἐν τῷ σωλῆνι ἀέρος, ὥστε εἰς πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἔν τε τῷ σωλῆνι καὶ τῇ λεκάνῃ νὰ εὑρίσκηται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον συγκοινωνοῦμεν αὐτὸ διὰ τοῦ στομίου Α μετ' ἀγγείου, εἰς ὃ νὰ δυνάμεθα νὰ συμ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πυκνώσωμεν τὸν ἀέρα δι' ἀεροθλιπτικῆς μηχανῆς· μετὰ τοῦ αὐτοῦ ἀγγείου συγκοινωνοῦμεν καὶ ἀνοικτόν τι μανόμετρον. Συμπυκνοῦμεν τότε τὸν ἀέρα τοῦ ἀγγείου, ὥστε ν' ἀποκτήσῃ διαδοχικῶς τάσιν 1, 2, 3, . . κλπ. ἀτμοσφαιρῶν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον θὰ δεικνύῃ τὸ ἀνοικτὸν μανόμετρον, καὶ εἰς τὰ σημεῖα, ἔνθα θὰ φθάσῃ εἰς τὸν σωλῆνα τοῦ κλειστοῦ μανομέτρου ὁ ὑδράργυρος, σημειοῦμεν ἐπίσης 1, 2, 3, . . . , ἀτμοσφαίρας.



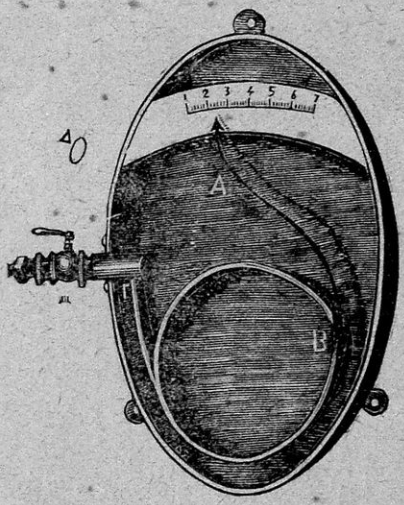
Σχ. 107.—Κλειστὸν μανόμετρον.

125. **Μεταλλικὸν μανόμετρον Bourdon.** Τὸ μεταλλικὸν μανόμετρον στηρίζεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς, ἐφ' ἧς καὶ τὸ μεταλλικὸν βαρόμετρον. Ὅταν σωλήν, ἔχων παρειὰς εὐκάμπτους καὶ ἐλαφρῶς πεπλατυσμένας ἐφ' ἑαυτάς, εἶνε περιειλιγμένος ἐν σχήματι ἕλικος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μικροτέρας διαμέτρου, *πᾶσα πίεσις ἐσωτερικὴ ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων αὐτοῦ ἐπιφέρει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐξέλιξιν τοῦ σωλῆνος· τοὐναντίον δὲ πᾶσα πίεσις ἐξωτερικὴ ἐπιφέρει τὴν συσπείρωσιν τοῦ σωλῆνος.*

Συνίσταται τοῦτο (Σχ. 108) ἐξ ὀρειχαλκίνου σωλῆνος μήκους 0μ.,70, ἔχοντος παρειὰς εὐκάμπτους καὶ κεκαμμένου εἰς ἕλικα ἐπὶ μήκους μιᾶς καὶ ἡμισείας σπείρας. Ἡ τομὴ αὐτοῦ, παριστωμένη ἐν τῷ πρὸς τ' ἀριστερὰ σχήματι Δ, εἶνε ἔλλειψις, ἧς ὁ μέγας ἄξων εἶνε 11 χιλιοστομέτρων ὁ δὲ μικρὸς 4. Τὸ ἄκρον Γ εἶνε ἀνοικτὸν καὶ συνάπτεται μετὰ σωλῆνος φέροντος στρόφιγγα καὶ προωρισμένου, ἵνα θέτῃ εἰς συγκοινωνίαν τὴν συσκευὴν μετὰ τοῦ ἀτμολέβητος· τὸ δ' ἕτερον ἄκρον Α εἶνε ἐλεύθερον καὶ φέρει δείκτην, ὅστις διαγράφει τόξον κύκλου πρὸς τὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δεξιὰ ἢ πρὸς τ' ἀριστερά, καθ' ὅσον ἡ ἐσωτερικὴ πίεσις αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται.



Σχ. 108.—**Μεταλλικὸν μανόμετρον** Bourdon.

Ἡ βαθμολόγησις τοῦ ὀργάνου γίνεται διὰ συγκρίσεως πρὸς τι ἀνοικτὸν μανόμετρον καὶ ἀναγράφεται ἡ πίεσις εἰς ἀτμοσφαίρας, 1, 2, 3, 4 . . . , εἰς τὰ σημεῖα τοῦ τόξου ἔνθα ἵσταται ὁ δείκτης, ὅταν τὸ ἀνοικτὸν μανόμετρον δεικνύῃ πιέσεις 1, 2, 3, 4 . . . ἀτμοσφαιρῶν.

(Σημ. Ὅταν τὸ μανόμετρον τοῦτο πρόκειται νὰ χρησιμεύσῃ διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς μιᾶς ἀτμοσφαίρας, βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει πρὸς ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον καὶ φέρει διαιρέσεις ἀπὸ 0, ὅπερ παριστᾷ τὸ τέλειον κενόν, μέχρι 0μ,76, ὅπερ παριστᾷ τὴν πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας.

Ὑπάρχουσι καὶ μεταλλικὰ μανόμετρα δεικνύοντα πολὺ μεγάλας πιέσεις, ἑκατοντάδων ἀτμοσφαιρῶν, ὧν ἡ χρῆσις ἐγενικεύθη διὰ τῶν πειραμάτων τοῦ Cailletet πρὸς ρευστοποίησιν τῶν ἀερίων.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

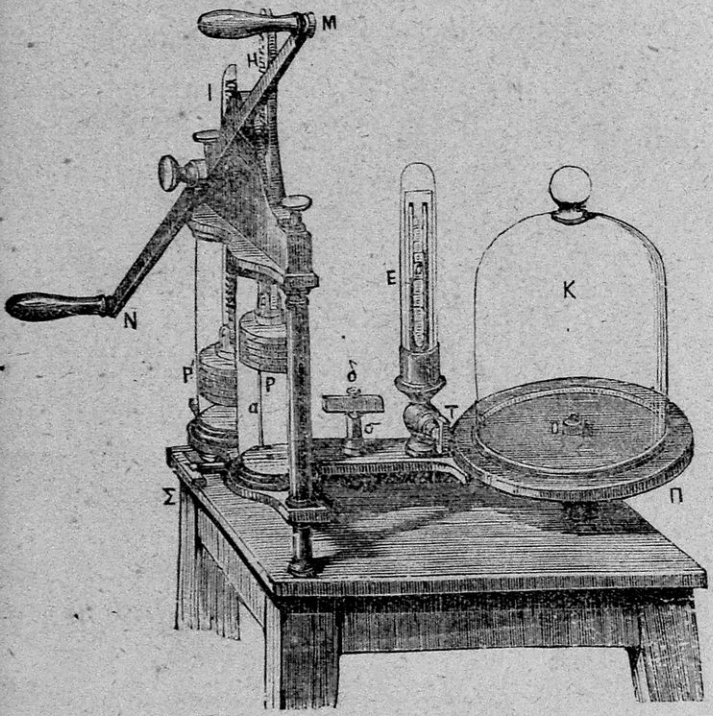
ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΕΚΤΑΤΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΟΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

ΑΕΡΑΝΤΑΙΑΙ

126. **Κοινὴ ἀεραντλία.**— *Ὁρισμός.* — Καλοῦνται ἀεραντλίαι, μηχαναί, δι' ὧν δυνάμεθα ν' ἀραιώσωμεν τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα ἢ οἱονδήποτε ἄλλο ἀέριον περιεχόμενον ἔν τινι χώρῳ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ πρώτη ἰδέα τῆς κατασκευῆς ἀεραντλίας ὀφείλεται εἰς τὸν Otto de Quericke· οὗτος ἐπενόησε καὶ κατεσκεύασε (1650) ἁπλουστάτην συσκευήν, δι' ἧς ἠδύνατο ν' ἀραιώνῃ τὸν ἀέρα καὶ νὰ ἐκτελῇ τὸ περίφημον πείραμα τῶν ἡμισφαιρίων τοῦ Μαγδεμβούργου. Ἡ συνήθης ἀεραντλία, ὅπως ἔχει τὴν σήμε-



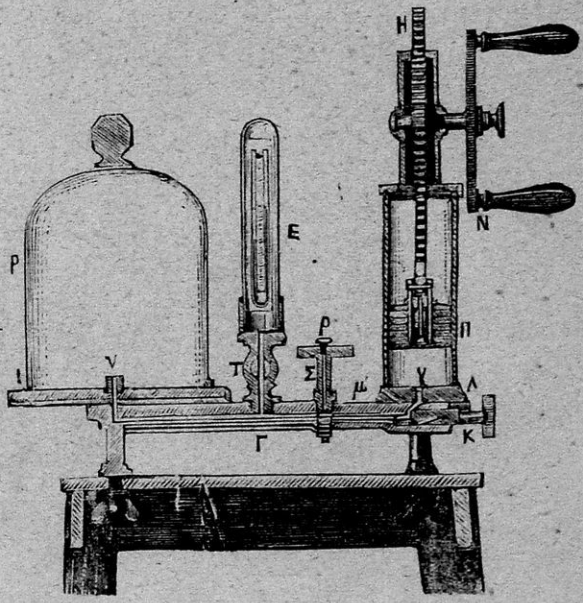
Σχ. 109.—Ἀεραντλία (ἐν συνόλῳ).

ρον, εἶνε τὸ ἀποτέλεσμα πολλῶν τροποποιήσεων καὶ τελειοποιήσεων ἐπενεχθεισῶν κατόπιν εἰς τὴν ἀρχικὴν συσκευὴν τοῦ Otto de Guericke.

1ον *Περιγραφὴ τῆς μηχανῆς* (Σχ. 109 καὶ 110).—Συνίσταται αὕτη ἐκ δύο ὑελίνων κυλίνδρων, ἐντὸς τῶν ὁποίων κινοῦνται ἐλαφρῶς τριβόμενα πρὸς τὰς παρειὰς τῶν κυλίνδρων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ ἑρμητικῶς κλείοντα αὐτοὺς δύο ἔμβολα Ρ καὶ Ρ'. Ἐκ τῆς βάσεως ἑκάστου κυλίνδρου ἄρχεται ὀχετὸς γ (Σχ. 110), ὀλίγον δὲ περαιτέρω οἱ ἐκ τῶν δύο κυλίνδρων ὀχετοὶ συνενοῦνται εἰς ἕνα κοινόν, ὅστις ἐκβάλλει εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον εἰς τὸ μέσον ν λείας ἐπιπέδου ὑελίνης πλακός, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐφαρμόζεται ὁ κώδων Ρ, ἐξ οὗ πρόκειται ν' ἀφαιρεθῇ ὁ ἀήρ. Ὁ ὀχετὸς δύναται νὰ συγκοινωνῇ μετὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος διὰ τοῦ σω-



Σχ. 110.—Ἀεραντλία (τομὴ κατὰ μῆκος).

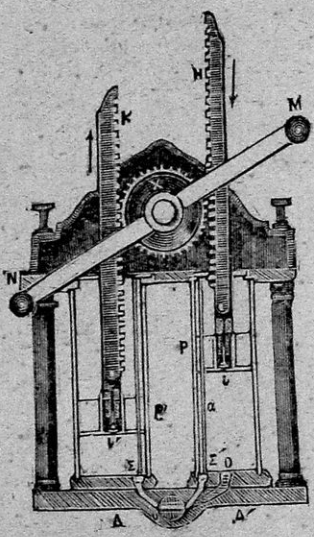
ληνίσκου Σ, ὅταν ἀνοίγηται ἡ στρόφιγξ ρ, ἐπίσης δὲ δι' ἑτέρου σωλῆνος Τ συγκοινωνεῖ μετὰ μικροῦ ὑελίνου κώδωνος Ε περιέχοντος βαρόμετρον κολοβόν, οὗτινος τὴν χρῆσιν θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Κατασκευὴ τῶν ἐμβόλων, δικλίδες.—Ἐλθωμεν ἤδη εἰς τὸ σχῆμα (111), ὅπως ἐξετάσωμεν τὴν κατασκευὴν τῶν ἐμβόλων καὶ τὴν κίνησιν αὐτῶν. Τὰ ἔμβολα φέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρουσι πρὸς τὰ ἄνω ὀδοντωτοὺς κανόνας Κ καὶ Η, οἱ ὀδόντες τῶν ὁποίων συμπλέκονται πρὸς τοὺς ὀδόντας ὀδοντωτοῦ τροχίσκου Χ, ὅστις κινούμενος διὰ τοῦ στροφάλου ΜΝ ἀναβιβάζει καὶ καταβιβάζει τὰ ἔμβολα, οὕτως ὥστε, ὅταν τὸ ἓν ἀνέρχηται, τὸ ἕτερον νὰ κατέρχηται.

Κοιλότης δὲ κυλινδρικὴ ὑπάρχει ἐντὸς ἑκατέρου τῶν ἐμβόλων κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ, κλειομένη πρὸς τὰ κάτω διὰ δικλίδος πιεζομένης ὑπὸ ἐλατηρίου. Ὅταν δὲ ἡ δικλὶς ὠθῆται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἀνοίγεται, καὶ τότε ὁ ὑπὸ τὸ ἔμβολον ἀὴρ διὰ τῆς κοιλότητος καὶ τῆς ὑπεράνω αὐτῆς ὑπαρχούσης ἀνοικτῆς ὁπῆς δύναται νὰ ἐξέρχηται πρός τὸ ἀνώτερον διαχώρισμα τοῦ κυλίνδρου καὶ ἐκεῖθεν πρὸς τὰ ἔξω εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν, διότι ἡ ἄνω βάσις τοῦ κυλίνδρου φέρει ὁπήν.



Σχ. 111.—Τομὴ κάθετος διὰ τῶν ἐμβόλων.

Ἐκτὸς τῶν δικλίδων τῶν ἐμβόλων ὑπάρχουσι δύο ἕτεραι *κωνικαὶ δικλίδες* Σ′ καὶ Σ′ κλείουσαι ἢ ἀνοίγουσαι τὰς κατὰ τὴν βάσιν τῶν κυλίνδρων ὀπάς τῶν ὀχετῶν, δι' ὧν, ὡς εἴδομεν, συγκοινωνοῦσιν οἱ κύλινδροι μετὰ τοῦ κώδωνος. Αἱ δικλίδες αὗται φέρουσι πρὸς τὰ ἄνω στέλεχος σιδηροῦν α διαπερῶν τὸ ἔμβολον καὶ διολισθαῖνον ἐν τῷ σώματι αὐτοῦ δι' ἐλαφρᾶς τριβῆς. Ὡς ἐκ τούτου, ὅταν τὸ ἔμβολον κατέρχηται, συμπαρασύρει πρὸς τὰ κάτω τὸ στέλεχος α τῆς δικλίδος καὶ κλείει αὐτῇ τὴν ὁπὴν τοῦ κυλίνδρου· ὅταν δὲ τὸ ἔμβολον ἀνέρχηται, ἀνασύρει καὶ πάλιν τὸ στέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λεχος καὶ ἡ δικλὶς ἀνοίγει τὴν ὀπήν, ἀλλ' ὀλίγον τι μόνον, διότι μόλις ἀνέλθῃ εἰς μικρὸν ὕψος τὸ στέλεχος α, προσκρούει εἰς τὴν ἄνω βάσιν τοῦ κυλίνδρου καὶ δὲν δύναται πλέον νὰ προχωρήσῃ, ἀλλ' ἀνυψοῦται τὸ ἔμβολον μόνον.

Ἐπειδὴ δὲ τοῦ ἑνὸς ἐμβόλου ἀνερχομένου τὸ ἕτερον κατέρχεται, διὰ τοῦτο, ὅταν ἡ δικλὶς Σ ἀνοίγῃ τὴν ὀπὴν τοῦ ἑνὸς κυλίνδρου, ἡ Σ' κλείει τὴν τοῦ ἑτέρου.

2ον *Λειτουργία*.—Ὅπως ἐννοήσωμεν πῶς ἐνεργεῖ ἡ μηχανή, ἀρκεῖ νὰ ἐξετάσωμεν τὸ συμβαῖνον ἐν τῷ ἑτέρῳ τῶν κυλίνδρων. Ὑποθέσωμεν ἐν πρώτοις ὅτι ἐν τῷ κυλίνδρῳ Δ τὸ ἔμβολον Ρ' εὑρίσκεται κατὰ τὴν βάσιν αὐτοῦ. Ἀναβιβαζομένου τοῦ ἐμβόλου διὰ τοῦ στροφάλου ΜΝ ἀνασύρεται καὶ τὸ στέλεχος α καὶ ἡ δικλὶς Σ ἀνοίγεται, ἐνῷ ἡ δικλὶς ι τοῦ ἐμβόλου μένει κεκλεισμένη ἕνεκα τοῦ ἰδίου αὐτῆς βάρους καὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Συνεπείᾳ δὲ τῆς ἀνυψώσεως τοῦ ἐμβόλου τείνει νὰ σχηματισθῇ ὑπ' αὐτὸ κενόν· ἀλλὰ τότε ἀνοικτῆς οὔσης τῆς δικλίδος Σ εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μέρος τοῦ ἐν τῷ κώδωνι ἀέρος καὶ πληροῖ αὐτόν, ὅταν τὸ ἔμβολον ἔχει φθάσει εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ κυλίνδρου.

Καταβιβαζομένου ἀκολούθως τοῦ ἐμβόλου αἱ δικλίδες ἐνεργοῦσιν ἀντιστρόφως. Ἡ δικλὶς Σ κλείει τὴν ὀπὴν τοῦ κυλίνδρου καὶ δὲν δύναται ὁ ὑπὸ τὸ ἔμβολον ἀὴρ νὰ ἐπιστρέψῃ εἰς τὸν κύλινδρον· ἐπειδὴ δὲ συμπιέζεται οὗτος ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ὑπὸ τοῦ καταβαίνοντος ἐμβόλου, ἀποκτᾷ τάσιν μείζονα τῆς ἐξωτερικῆς ἀτμοσφαίρας καὶ ἀνοίγων τὴν δικλίδα ι' τοῦ ἐμβόλου ἐξέρχεται πρὸς τὰ ἔξω. Εἰς δευτέραν ἀνάβασιν καὶ κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου ἐπαναλαμβάνονται τὰ αὐτὰ φαινόμενα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν σειράν.

Ὥστε εἰς ἑκάστην μὲν ἀνάβασιν τοῦ ἐμβόλου μέρος τοῦ ἐν τῷ κώδωνι Κ ἀέρος εἰσέρχεται καὶ πληροῖ τὸν κύλινδρον, εἰς ἑκάστην δὲ κατάβασιν ὁ οὕτως εἰς τὸν κύλινδρον εἰσελθὼν ἀὴρ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκφεύγει ἔξω εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν. Ἡ αὐτὴ ἀκριβῶς ἐνέργεια γίνεται καὶ διὰ τοῦ ἑτέρου ἐμβόλου ἀλλὰ κατ' ἀντίστροφον τάξιν. Ὅταν δὲ παραγάγωμεν κατὰ τὸ δυνατὸν τὸ κενὸν ἐν τῷ κώδωνι καὶ θέλωμεν νὰ εἰσέλθῃ καὶ πάλιν εἰς αὐτὸν ἀήρ, ἀνοίγομεν τὴν στρόφιγγα ρ (Σχ. 109 καὶ 110) καὶ τότε διὰ τοῦ σωληνίσκου Σ εἰσορμᾷ ὁ ἐξωτερικὸς ἀὴρ εἰς τὸν ὀχετὸν καὶ δι' αὐτοῦ εἰς τὸν κώδωνα.

Ὅριον λειτουργίας. Οὕτως ἐνεργοῦσα ἡ μηχανὴ ἀραιώνει τὸν ἐν τῷ κώδωνι ἀέρα ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἀλλ' ὅμως ἡ ἀραίωσις δὲν δύναται νὰ προχωρήσῃ ἐπ' ἄπειρον, ἀλλὰ φθάνει μέχρις ὁρίου, τοῦ καλουμένου *ὁρίου τοῦ κενοῦ*, πέραν τοῦ ὁποίου ὁ ὑπολειπόμενος ἀήρ, ἕνεκα τῆς ἐλαχίστης αὐτοῦ ἐλαστικῆς δυνάμεως, ἀδυνατεῖ ν' ἀνοίξῃ τὴν δικλίδα τοῦ ἐμβόλου καὶ νὰ ἐξέλθῃ. Τοῦτο δὲ προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι, ὅσον καλῶς καὶ ἂν εἶνε κατεσκευασμένη ἡ μηχανή, ὑπολείπεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ ἐμβόλου καὶ τῆς κάτω βάσεως τοῦ κυλίνδρου, ὅταν τὸ ἔμβολον εὑρίσκηται εἰς τὸ κατώτατον σημεῖον τῆς πορείας αὐτοῦ, χῶρος ἐλάχιστος, ὁ καλούμενος *ἐπιζήμιος χῶρος*, ἐν ᾧ ἐναποθηκεύεται ποσότης τις ἀέρος. Ὅταν δ' ἡ ἀραίωσις προχωρήσῃ πολύ, ἔρχεται στιγμή, καθ' ἣν, καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ ἔμβολον καταβιβάζηται μέχρι τῆς βάσεως, ὁ ἐν τῷ ἐπιζημίῳ χώρῳ ἐγκεκλεισμένος ἀὴρ δὲν ἀποκτᾷ ἀρκοῦσαν τάσιν ὥστε ν' ἀνοίξῃ τὴν δικλίδα τοῦ ἐμβόλου. Κατὰ τὰς ἑπομένας δ' ἀναβάσεις τοῦ ἐμβόλου ὁ ἀὴρ οὗτος διαστελλόμενος πληροῖ τὸν κύλινδρον καὶ διὰ τῆς τάσεως αὐτοῦ ἐμποδίζει τὸν ἐν τῷ κώδωνι ἀέρα ν' ἀνοίξῃ τὴν κωνικὴν δικλίδα καὶ νὰ ἐξέλθῃ πρὸς τὸν κύλινδρον. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης ἡ *μηχανὴ δὲν λειτουργεῖ πλέον*, πᾶσα δὲ κίνησις τοῦ ἐμβόλου, ἀποβαίνει ματαία.

Ἀλλ' ἀνεξαρτήτως τοῦ μηχανικοῦ τούτου αἰτίου, καὶ θεωρητικῶς ἐξεταζομένου τοῦ πράγματος, εἶνε ἀδύνατον μία ἀεραντλία νὰ παραγάγῃ τέλειον κενόν. Ἔστω ὅτι ἡ χωρητικότης

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ κυλίνδρου, ἠλαττωμένη κατὰ τὸν ὄγκον τοῦ περιεχομένου ἐμβόλου, ἰσοῦται πρὸς 1 λίτραν, ἡ δὲ τοῦ κώδωνος (μετὰ τοῦ ὀχετοῦ) πρὸς 10 λίτρας· ὅταν τὸ ἔμβολον ἀναβιβασθῇ ἐκ τῆς βάσεως πρὸς τὴν κορυφὴν τοῦ κυλίνδρου, ὁ ὄγκος τῶν 10 λιτρῶν τοῦ ἀέρος θὰ γίνῃ 10+1 ἤτοι 11 λιτρῶν. Ὥστε καθ' ἑκάστην νέαν κατάβασιν καὶ ἀνάβασιν τοῦ ἐμβόλου θὰ ἐκδιώκηται τὸ 1/11 τῆς μάζης τοῦ ἐν τῷ κώδωνι ἀέρος καὶ συνεπῶς δὲν θὰ εἶνε ποτὲ δυνατὸν ν' ἀφαιρεθῇ ὅλος ὁ ἀήρ.

Λειτουργία τοῦ κολοβοῦ βαρομέτρου[1].—Ὅταν ἡ μηχανὴ λειτουργήσῃ ἐπί τινα χρόνον, δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἐν τῷ κώδωνι ὑπολειπομένου ἀέρος τῇ βοηθείᾳ τοῦ *κολοβοῦ βαρομέτρου* (Ἴδε σχ. 109 καὶ 110, Ε). Εἶνε δὲ τοῦτο σωλὴν ὑέλινος κεκαμμένος εἰς δύο ἴσα σκέλη, ὧν τὸ μὲν κλειστὸν τὸ δ' ἕτερον ἀνοικτὸν καὶ ὑψους μικροτέρου τῶν 76 ἑκατοστομέτρων· τὸ κλειστὸν σκέλος καὶ τὸ καμπύλον μέρος τοῦ σωλῆνος εἶνε πεπληρωμένα ὑδραργύρου. Κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει κλίμαξ διηρημένη εἰς χιλιοστὰ τοῦ Γαλλ. μέτρου. Τὸ ὅλον δὲ εἶνε ἐγκεκλεισμένον ἐντὸς κρυσταλλίνου κώδωνος Ε συγκοινωνοῦντος πρὸς τὰ κάτω διὰ στρόφιγγος μετὰ τοῦ ὀχετοῦ τοῦ ἄγοντος ἀπὸ τῶν κυλίνδρων πρὸς τὸν μέγαν κώδωνα Ρ.

Πρὶν ἢ ἀραιωθῇ ὁ ἐν τῷ κώδωνι ἀήρ, ἡ ἐλαστικὴ αὐτοῦ δύναμις εἶνε πλέον ἢ ἀρκετὴ ὥστε νὰ κρατῇ ἀνυψωμένον τὸν ὑδράργυρον μέχρι τῆς κορυφῆς τοῦ κλειστοῦ σκέλους. Ἐφ' ὅσον ὅμως προβαίνει ἡ ἀραίωσις, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀέρος ἐλαττοῦται καὶ ἔρχεται στιγμή, καθ' ἣν δὲν δύναται νὰ ἰσορροπήσῃ πρὸς τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου, διὸ αὐτὴ ἄρχεται κατερχομένη καὶ τὸ ὄργανον τότε ἐνεργεῖ ὡς μανόμετρον. *Ἡ διαφορὰ τῶν ὑψῶν τῆς στήλης τοῦ ὑδραργύρου ἐν τοῖς*

---

[1] Ἐπενοήθη τοῦτο τῷ 1751 ὑπὸ τοῦ Smeaton.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δύο σκέλεσι τοῦ σωλῆνος μετρεῖ τότε προφανῶς τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ὑπολειπομένου ἀέρος ἐν πάσῃ στιγμῇ. Ἐὰν ἠδυνάμεθα νὰ καταστήσωμεν τέλειον κενόν, ὁ ὑδράργυρος θὰ εὑρίσκετο εἰς τὸ αὐτὸ ἀκριβῶς ὕψος εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη, τοῦτο ὅμως, ὡς εἴδομεν, οὐδέποτε κατορθοῦται· καὶ εἰς τὰς καλλιτέρας δ' ἀεραντλίας μένει πάντοτε ὁ ὑδράργυρος μᾶλλον ἀνυψωμένος κατὰ ἓν ἢ τοὐλάχιστον κατὰ *ἥμισυ χιλιοστόμετρον*, ὅπερ δηλοῖ ὅτι ὑπάρχει εἰσέτι ἀὴρ ἰσορροπῶν διὰ τῆς τάσεως αὐτοῦ στήλην ὑδραργύρου ἑνὸς ἢ ἡμίσεος χιλιοστομέτρου. Λέγομεν τότε *ὅτι κατεστήσαμεν τὸ κενὸν μέχρις ἑνὸς ἢ ἡμίσεος χιλιοστομέτρου.*

Ὑπολογισμὸς τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τοῦ ἀέρος κατὰ τὰς διαδοχικὰς ἀραιώσεις (παρορωμένου τοῦ ἐπιζημίου χώρου). Ἔστω Β ἡ χωρητικότης τοῦ κώδωνος (μετὰ τοῦ ὀχετοῦ) καὶ δ ἡ τοῦ κυλίνδρου, ὅταν τὸ ἔμβολον εἶνε ἀναβιβασμένον εἰς τὴν ἀνωτάτην αὐτοῦ θέσιν, Η δὲ ἡ ἀρχικὴ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀέρος. Τοῦ ἐμβόλου ὄντος εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου ἔχομεν ἐν τῷ κώδωνι ὄγκον ἀέρος Β ὑπὸ πίεσιν Η, ὅταν δὲ τὸ ἔμβολον ἀναβιβασθῇ μέχρι τῆς κορυφῆς τοῦ κυλίνδρου, ὁ ἀὴρ τοῦ κώδωνος καταλαμβάνει ὄγκον Β+δ ὑπὸ πίεσιν Η'. Κατὰ τὸν νόμον τοῦ Mariotte ἔχομεν

$$H' \times (B+\delta) = H \times B, \text{ ἐξ οὗ } H' = H \frac{B}{B+\delta}.$$

Καταβιβαζομένου ἀκολούθως τοῦ ἐμβόλου, ἐπειδὴ ἡ διαλλὶς τῆς βάσεως κλείεται καὶ ἡ πρὸς τὸν κώδωνα συγκοινωνία διακόπτεται, ὁ ἐν αὐτῷ ἀὴρ διατηρεῖ τὴν αὐτὴν πίεσιν Η': ὥστε Η' παριστᾷ τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἐντῷ κώδωνι ἀέρος μετὰ τὴν πρώτην ἀνύψωσιν τοῦ ἐμβόλου, βλέπομεν δὲ ὅτι αὕτη εἶνε κλάσμα τι τῆς ἀρχικῆς. Παρομοίως σκεπτόμενοι εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ἐλαστικὴ δύναμις Η'' τοῦ ἐν τῷ κώδωνι ἀέρος μετὰ τὴν δευτέραν ἀνύψωσιν τοῦ ἐμβόλου θὰ εἶνε

$$H'' = H' \frac{B}{B+\delta} = H\left(\frac{B}{B+\delta}\right)^2,$$

μετὰ τὴν τρίτην ἀνύψωσιν θὰ εἶνε $H''' = H\left(\frac{B}{B+\delta}\right)^3$

καὶ μετὰ ν ἀνυψώσεις θὰ εἶνε $Hν = H\left(\frac{B}{B+\delta}\right)^ν$ (Γ).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τοῦ τύπου τούτου δυνάμεθα, γνωρίζοντες τὴν ἀρχικὴν ἐλαστιτὴν δύναμιν τοῦ ἐν τῷ κώδωνι ἀέρος, νὰ εὕρωμεν τὴν τοῦ ἐν αὐτῷ ὑπολειπομένου μετὰ ν ἀνυψώσεως τοῦ ἐμβόλου.

Στρόφιγξ τοῦ Babinet.—Ἡ στρόφιγξ αὕτη (Σχ. 110 Κ καὶ Σχ. 111, Β), τεθειμένη εἰς τὸ μέρος ἔνθα ὁ ὀχετὸς διχάζεται ἵνα μεταβῇ εἰς τοὺς δύο κυλίνδρους, σκοπὸν ἔχει νὰ καταστήσῃ τελειότερον τὸ κενόν. Πρὸς τοῦτο φέρει ἐντὸς τοῦ σώματος αὐτῆς ὀχετούς, τῶν ὁποίων ὁ σκοπὸς εἶνε ὁ ἑξῆς: Ὅταν ἀρχίζῃ ἡ λειτουργία τῆς μηχανῆς, ἡ στρόφιγξ ἔχει τὴν κανονικὴν αὐτῆς θέσιν, καθ' ἣν καὶ οἱ ἐκ τῶν δύο κυλίνδρων ὀχετοὶ ἐκβάλλουσιν εἰς τὸν κοινὸν ὀχετὸν (Σχ. 111), δι' οὗ γίνεται ἡ συγκοινωνία τῶν κυλίνδρων μετὰ τοῦ κώδωνος. Ἅμα δὲ ὡς ἡ μηχανὴ φθάσῃ εἰς τὸ ὅριον τῆς πρώτης ἀντλήσεως, τότε ἡ στρόφιγξ στρεφομένη κατὰ γωνίαν 90° κλείει τὴν συγκοινωνίαν τοῦ δεξιοῦ κυλίνδρου π. χ. μετὰ τοῦ κώδωνος, διὰ πλαγίου δὲ ὀχετοῦ θέτει εἰς συγκοινωνίαν τὸν κύλινδρον τοῦτον μετὰ τοῦ ἀριστεροῦ, ὅστις ἐξακολουθεῖ ἀντλῶν τὸν ἀέρα ἐκ τοῦ κώδωνος.

Οὕτως ἀρχίζει ἐκ νέου ἡ λειτουργία τῆς μηχανῆς καὶ προκύπτει ἐπὶ τέλους, ὅταν θὰ παύσῃ καὶ πάλιν ἡ ἐνέργεια τῶν ἐμβόλων, *νέον ὅριον κενοῦ*. Τούτου ἕνεκα ἐκφράζουσι τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο λέγοντες ὅτι ἡ στρόφιγξ τοῦ Babinet χρησιμεύει ἵνα παράγῃ τὸ κενὸν τοῦ κενοῦ.

127. **Χρῆσις τῆς ἀεραντλίας, πειράματα διάφορα.** Ἀνεφέραμεν ἤδη ἐν τοῖς προηγουμένοις κεφαλαίοις μέγαν ἀριθμὸν πειραμάτων ἐκτελουμένων διὰ τῆς ἀεραντλίας, οἷά εἰσι τὰ πειράματα *τῆς κύστεως ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας* (7), *τῆς βροχῆς τοῦ ὑδραργύρου* (12), *τοῦ σωλῆνος τοῦ Νεύτωνος* (52), *τῆς ὑδατοσφύρας* (52), *τοῦ βάρους τοῦ ἀέρος* (105), *τῆς κυστορραγίας* (106), *τῶν ἡμισφαιρίων τοῦ Μαγδεμβούργου* (106), *τοῦ βαροσκοπίου* (114) κλπ. Δυνάμεθα νὰ προσθέσωμεν ἐνταῦθα *τὸν πίδακα ἐν τῷ κενῷ* καὶ *τὴν ἀτμοσφαιρικὴν σικύαν*. Ἡ *ἀτμοσφαιρικὴ σικύα* ἐκτελεῖται ἁπλούστατα, ἐὰν ἐπὶ τοῦ ἀνοίγματος τοῦ κώδωνος τῆς κυστορραγίας (Σχ. 89 σελ. 164) ἐπιθέσωμεν ἀντὶ δέρματος τὴν παλάμην τῆς χειρὸς ἡμῶν καὶ καταστήσωμεν τὸ κενόν. Τότε ἡ χεὶρ ἡμῶν θὰ προσκολληθῇ ἐπὶ τοῦ κώδωνος, θὰ ἐξογκωθῇ πρὸς τὰ κάτω καὶ δὲν θὰ δυνάμεθα ν' ἀνυψώσωμεν αὐτήν, παρ' ἐὰν ἀφήσωμεν τὸν ἀέρα διὰ τῆς στρόφιγγος νὰ εἰσέλθῃ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς τὸν κώδωνα. Ὁ δὲ πῖδαξ ἐν τῷ κενῷ γίνεται διὰ σφαίρας λίαν ἐπιμεμηκυσμένης φερούσης πρὸς τὴν βάσιν μεταλλικὸν σωληνοειδὲς περίβλημα μετὰ στρόφιγγος καὶ μετὰ λεπτοῦ σωληνίσκου προεξέχοντος πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς σφαίρας. Ἀφοῦ κοχλιωθῇ τὸ ὄργανον ἐπὶ τοῦ δίσκου τῆς ἀεραντλίας καὶ ἀραιωθῇ ὁ ἀήρ, κλείεται ἡ στρόφιγξ καὶ φέρεται τὸ ὅλον ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὕδατος· ἀνοιγομένης τότε τῆς στρόφιγγος τὸ ὕδωρ εἰσορμᾷ μετὰ δυνάμεως ἐντὸς τῆς σφαίρας ἀνυψούμενον μέχρι τῆς κορυφῆς αὐτῆς καὶ σχηματίζον λαμπρὸν τεχνητὸν πίδακα.

128. **Διάφορα εἴδη ἀεραντλιῶν.** Ἐκτὸς τῆς περιγραφείσης κοινῆς ἀεραντλίας ἔχομεν καὶ ἄλλα εἴδη τοιούτων, ἐπὶ τῆς αὐτῆς στηριζομένων ἀρχῆς, ἀλλὰ διαφερουσῶν κατὰ τὴν κατασκευήν. Τοιαῦται εἶνε καὶ ἡ τοῦ Bianchi καὶ ἡ τοῦ Deleuil.

Ἔχομεν δὲ πρὸς τούτοις καὶ *ἀεραντλίας δι' ὑδραργύρου*. Ἡ λειτουργία τούτων συνίσταται εἰς τὸ νὰ ἐκτελῶσι καταλλήλως καὶ ἐπανειλημμένως τὸ πείραμα τοῦ Toricelli ἐπὶ τοῦ περιέχοντος τὸν ἀέρα κώδωνος καὶ οὕτω ν' ἀφαιρῶσι βαθμηδὸν τὸν ἀέρα ἐξ αὐτοῦ καὶ νὰ καθιστῶσιν αὐτὸν εἶδος βαρομετρικοῦ θαλάμου. Ὡς ἐκ τούτου δύνανται νὰ παράγωσιν αὗται κενὸν πολὺ τελειότερον ἢ αἱ ἄλλαι· διὰ μιᾶς ὑδραργυρικῆς ἀεραντλίας δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν ἐπὶ τοσοῦτον τὸ κενόν, ὥστ' ἐν τῷ κολοβῷ βαρομέτρῳ νὰ μὴ εἶνε σχεδὸν δυνατὴ ἡ ἐκτίμησις τῆς διαφορᾶς τοῦ ὕψους τοῦ ὑδραργύρου ἐν τοῖς δυσὶ σωλῆσιν. (Ἐφεύρεσις Regnault).

ΑΕΡΟΘΛΙΠΤΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ, ΧΡΗΣΙΣ ΤΟΥ ΗΡΑΙΩΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΟΣ

129. **Ἀεροθλιπτικαὶ μηχαναί.** Ὅπως δυνάμεθα ν' ἀραιώσωμεν τὸν ἀέρα καὶ ὅλα τὰ ἀέρια ἔν τινι χώρῳ χά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρις εἰς τὸ ἑκατὸν αὐτῶν, οὕτως ἀφ' ἑτέρου δυνάμεθα νὰ συμπυκνώσωμεν αὐτὰ χάρις εἰς τὸ συμπιεστὸν αὐτῶν. Ἡ συμπίεσις καὶ συμπύκνωσις τῶν ἀερίων ἐκτελεῖται δι' εἰδικῶν μηχανῶν, αἵτινες *ἀεροθλιπτικαὶ μηχαναί, ἢ συμπυκνωτικαὶ ἀεραντλίαι* καλοῦνται.

Ἀεροθλιπτικὴ μηχανὴ μὲ δύο κυλίνδρους.—Αὕτη οὐδὲν ἄλλο εἶνε παρὰ μία κοινὴ ἀεραντλία μὲ ἀντεστραμμένας τὰς δικλίδας· ἐνῷ δηλαδὴ εἰς ἐκείνην αἱ δικλίδες, ὡς εἴδομεν, ἀνοίγονται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, εἰς τὴν ἀεροθλιπτικὴν πρέπει ν' ἀνοίγωνται ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Δυνάμει τῆς διατάξεως ταύτης ἡ μὲν δικλὶς τοῦ ἐμβόλου ἐπιτρέπει εἰς τὸν ἐξωτερικὸν ἀέρα νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὴν ὑπ' αὐτὸ χωρητικότητα τοῦ κυλίνδρου, ἡ δὲ κατὰ τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου δικλὶς ἐπιτρέπει εἰς τὸν οὕτως εἰσελθόντα ἀέρα νὰ εἰσχωρήσῃ διὰ τοῦ ὀχετοῦ εἰς τὸν κώδωνα P (Ἴδε σχ. 109). Ἐν τῇ μηχανῇ ταύτῃ ὁ κώδων περιβάλλεται διὰ στερεοῦ μεταλλικοῦ πλέγματος πρὸς ἀποφυγὴν κινδύνων, ὅταν συμβῇ νὰ θραυσθῇ ἡ ὕελος συνεπείᾳ μεγάλης πιέσεως. Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνυψῶται, ὁ ὑπ' αὐτὸ ἀὴρ ἀραιοῦται καὶ ἡ δικλὶς τῆς βάσεως μένει κεκλεισμένη, ἡ δικλὶς ὅμως τοῦ ἐμβόλου πιεζομένη ἔξωθεν ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας ἀνοίγεται καὶ ποσότης ἀέρος εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον. Ὅταν δ' ἀκολούθως καταβιβάζηται τὸ ἔμβολον, ὁ ὑπ' αὐτὸ ἀὴρ πιεζόμενος καὶ συμπυκνούμενος κλείει τὴν δικλίδα τοῦ ἐμβόλου, ἀνοίγει δὲ τὴν δικλίδα τῆς βάσεως καὶ εἰσχωρεῖ διὰ τοῦ ὀχετοῦ εἰς τὸν κώδωνα.

Ὥστε εἰς ἑκάστην ἀνύψωσιν τοῦ ἐμβόλου ὁ κύλινδρος πληροῦται ἀέρος, εἰς ἑκάστην δὲ κατάβασιν ὁ ἀὴρ οὗτος διοχετεύεται εἰς τὸν κώδωνα καὶ οὕτως ὁ ἐν αὐτῷ ἀὴρ καθίσταται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πυκνότερος.

Ἡ μηχανὴ αὕτη εἶνε δύσχρηστος, ὀγκώδης καὶ οὐχὶ πολὺ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στερεά, διὸ καὶ εἶνε ἤδη σχεδὸν ἐν ἀχρηστίᾳ, ἀντικατασταθεῖσα ὑπὸ ἄλλων φερουσῶν ἕνα μόνον κύλινδρον.

Καὶ διὰ τῶν ἀεροθλιπτικῶν μηχανῶν δὲν δυνάμεθα νὰ συμπυκνώσωμεν τὸν ἀέρα παρὰ μέχρις ὁρίου τινός, ὅπερ ἐξαρτᾶται καὶ ἐνταῦθα ἐκ τῆς ἐπιζημίου χωρητικότητος.

130. **Χρῆσις τοῦ ἠραιωμένου καὶ συμπεπιεσμένου ἀέρος.** Τοῦ διὰ τῆς ἀεραντλίας σχηματιζομένου κενοῦ χρῆσις ἐγένετο κατὰ πρῶτον ἐν Ἀγγλίᾳ πρὸς κίνησιν ἁμαξῶν ἐπὶ σιδηροδρομικῶν γραμμῶν, τοιοῦτος δὲ σιδηρόδρομος κατεσκευάσθη καὶ ἐπὶ τῆς γραμμῆς τῶν Παρισίων μέχρις Ἁγίου Γερμανοῦ.

Τοῦ συμπεπιεσμένου ἀέρος αἱ ἐφαρμογαὶ εἶνε πολλαί· ἀναφέρομεν τὸ ὄπλον δι' ἀέρος, τὸ ἀεροκίνητον ταχυδρομεῖον, τοῦ ὁποίου χρῆσις γίνεται ἐν ταῖς μεγάλαις πόλεσιν, ὅπως ἀποστέλλωνται αἱ ἐπιστολαὶ μετὰ μεγίστης ταχύτητος ἀπό ἑνός εἰς ἄλλο σημεῖον τῆς πόλεως δι' ὑπογείων σωλήνων. Ὑπάρχουσι καὶ ὡρολόγια ἀεροκίνητα τοποθετημένα ἐν ταῖς ὁδοῖς, ἢ ἐν δημοσίοις καὶ ἰδιωτικοῖς καταστήμασιν ἢ καὶ ἐν οἰκίαις, καὶ τιθέμενα εἰς κίνησιν διὰ συμπεπιεσμένου ἀέρος (Παρίσιοι, Βιέννη).

Μία ἐκ τῶν σπουδαιοτέρων ἐφαρμογῶν τοῦ συμπεπιεσμένου ἀέρος εἶνε καὶ ἡ χρῆσις αὐτοῦ κατὰ τὰς διατρήσεις τῶν ὀρέων. Κατὰ τὴν διάτρησιν τοῦ ὄρους Cenis καὶ Saint-Gothard τῶν Ἄλπεων ἐγένετο χρῆσις τοῦ συμπεπιεσμένου ἀέρος, τοῦτο μὲν πρὸς κίνησιν τῶν διατρητικῶν μηχανῶν, τοῦτο δὲ πρὸς διηνεκῆ ἀερισμὸν τῆς σήραγγος.

Ἐπίσης καὶ εἰς τὰς ὑποβρυχίους ἐργασίας ὁ πεπιεσμένος ἀὴρ εὑρίσκει σπουδαίαν ἐφαρμογὴν εἰς τὰς διαφόρους συσκευάς, ὧν χρῆσιν ποιοῦνται οἱ δύται κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΓΝΩΣΕΙΣ ΕΚ ΤΗΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

ΥΔΡΑΝΤΛΙΑΙ

131. **Ὁρισμός, εἴδη ὑδραντλιῶν.** Καλοῦνται **ὑδραντλίαι,** μηχαναὶ χρησιμεύουσαι πρὸς ἀνύψωσιν ὑγρῶν καὶ ἰδίᾳ τοῦ ὕδατος εἴτε δι' ἀναρροφήσεως εἴτε διὰ καταθλίψεως εἴτε καὶ δι' ἀμφοτέρων, Τάσσονται εἰς τρεῖς κατηγορίας:

1ον Ἀναρροφητικαὶ ὑδραντλίαι.

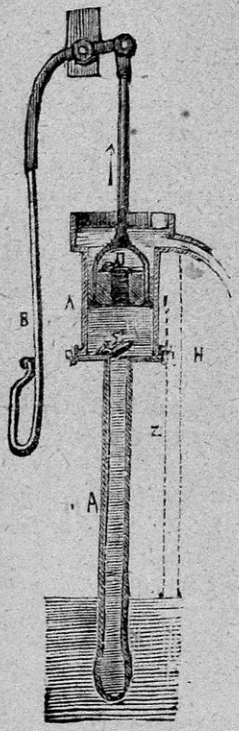
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2ον Καταθλιπτικαὶ ὑδραντλίαι.

3ον Μικταὶ »

Πρὸ τοῦ Γαλιλαίου ἀπέδιδον τὴν ἀνύψωσιν τοῦ ὕδατος διὰ τῶν ὑδραντλιῶν εἰς τὸ ὅτι *ἡ φύσις ἀποστρέφεται τὸ κενὸν*, οὗτος δ' ἀνήρεσε τὴν φαντασιώδη ταύτην ἐξήγησιν καὶ ἀπέδωκεν εἰς τὸ φαινόμενον τὴν ἀληθῆ αἰτίαν, ἥτις εἶνε ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις.

Ἀναρροφητικὴ ὑδραντλία (Σχ. 112). — Συνίσταται αὕτη ἐξ ἑνὸς *κυλίνδρου* Λ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται τὸ *ἔμβολον*, φέρον μίαν ἢ δύο δικλίδας Ο ἀνοιγομένας ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχει ὁ *ἀναρροφητικὸς σωλὴν* Α, ὅστις ἐμβυθίζεται μέχρι τῆς δεξαμενῆς τῆς περιεχούσης τὸ ὕδωρ, φέρει δ' εἰς τὸ μέρος ἔνθα συνάπτεται μετὰ τοῦ κυλίνδρου δικλίδα ἀνοιγομένην ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.



Σχ. 112.—Ἀναρροφητικὴ ὑδραντλία.

Ἡ κίνησις τοῦ ἐμβόλου γίνεται διά τινος μοχλοῦ πρωτογενοῦς Β. Ὅταν τοῦτο ἀνυψῶται ἐκ τῆς βάσεως τοῦ κυλίνδρου πρὸς τὰ ἄνω, ἡ μὲν δικλὶς Ο ὑπείκουσα εἰς τὸ βάρος αὐτῆς καὶ εἰς τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν κλείεται, ἡ δὲ Σ ἀνοίγεται ὑπὸ τοῦ ἐν τῷ σωλῆνι ἀέρος, ὅπως εἰσέλθῃ οὗτος εἰς τὸν κύλινδρον καὶ πληρώσῃ τὸ σχηματιζόμενον κενόν. Ἐπειδὴ δ' οὕτως ὁ ἀὴρ τοῦ σωλῆνος ἀραιοῦται, ἡ τάσις αὐτοῦ γίνεται ἐλάσσων τῆς τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος, καὶ διὰ τοῦτο τὸ ὕδωρ τῆς δεξαμενῆς ἀνέρχεται μέχρις ὕψους τινὸς εἰς τὸν ἀναρροφητικὸν σω-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λῆνα. Ὅταν δὲ καταβιβάζηται τὸ ἔμβολον, ὁ ὑπ' αὐτὸ ἀὴρ πιεζόμενος κλείει τὴν δικλίδα Σ, ἀνοίγει δὲ τὴν Ο καὶ ἐξέρχεται. Εἰς δευτέραν ἀνύψωσιν τοῦ ἐμβόλου νέα ἀραίωσις τοῦ ἀέρος λαμβάνει χώραν καὶ τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται εἰς μεῖζον ὕψος ἐν τῷ σωλῆνι. Οὕτω φθάνει ἐπὶ τέλους τὸ ὕδωρ εἰς τὸν κύλινδρον καὶ τότε κατὰ μὲν τὴν ἀνάβασιν τοῦ ἐμβόλου πληροῦται ὁ κύλινδρος ὕδατος, κατὰ δὲ τὴν κατάβασιν τὸ ὕδωρ τοῦτο πιεζόμενον καὶ κλεῖον τὴν δικλίδα Σ ἀνοῖγον δὲ τὴν δικλίδα Ο τοῦ ἐμβόλου ἐξέρχεται πρὸς τὸ ἀνώτερον διαχώρισμα τοῦ κυλίνδρου καὶ ἐκεῖθεν ἐκρέει ἐκ τοῦ πρὸς τὰ πλάγια σωλῆνος.

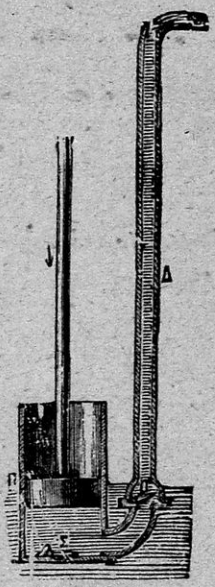
Ἐκ τῶν εἰρημένων καταφαίνεται ὅτι ἡ ἐξωτερικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἶνε ἐκείνη, ἥτις ἀνυψοῖ τὸ ὕδωρ εἰς τὸν ἀναρροφητικὸν σωλῆνα καὶ εἰς τὸν κύλινδρον· διὸ τὸ ὕψος τοῦτο, τουτέστιν ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τοῦ ὕδατος τῆς δεξαμενῆς ἀπὸ τῆς βάσεως τοῦ ἐμβόλου, δὲν πρέπει νὰ εἶνε μεῖζον τῶν $10^{\mu},33$, τουτέστι τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους, εἰς ὃ δύναται ν' ἀνέλθῃ τὸ ὕδωρ (107). Ἐν τῇ ἐφαρμογῇ ὅμως τὸ ὕψος τοῦτο δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ τὰ 6—7 μέτρα, λαμβανομένων ὑπ' ὄψιν τῆς ἐπιζημίου χωρητικότητος, τῶν ἀτελειῶν τῆς κατασκευῆς καὶ τῆς τριβῆς τοῦ ὕδατος πρὸς τὰς παρειὰς τῆς μηχανῆς.

Καταθλιπτικὴ ὑδραντλία (Σχ. 113).— Ὁ κύλινδρος Π τῆς ὑδραντλίας ταύτης βυθιζόμενος ἀπ' εὐθείας εἰς τὴν δεξαμενὴν τοῦ ὕδατος, φέρει ἔμβολον πλῆρες, πρὸς δὲ τὰ πλάγια ἀπαγωγὸν σωλῆνα Δ. Δικλίδας φέρει δύο, τὴν Σ κατὰ τὴν βάσιν, ἀνοιγομένην ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, καὶ τὴν Ο κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ ἀπαγωγοῦ σωλῆνος ἀνοιγομένην καὶ ταύτην ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.

Ἀναβιβαζομένου τοῦ ἐμβόλου ἡ δικλὶς τοῦ σωλῆνος μένει κεκλεισμένη, ἡ δὲ Σ ἀνοίγεται ὑπὸ τοῦ ὕδατος καὶ εἰσερχό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μενον τοῦτο πληροῖ τὸν κύλινδρον. Καταβιβαζομένου δὲ τοῦ ἐμβόλου ἡ δικλὶς Σ κλείεται καὶ ἕνεκα τοῦ ἰδίου αὐτῆς βάρους καὶ ἕνεκα τῆς πιέσεως τοῦ ὕδατος, ἀνοίγεται δὲ ἡ Ο καὶ τὸ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ὕδωρ ἀνωθεῖται εἰς τὸν σωλῆνα καὶ ἐκρέει ἐκ τῆς ὀπῆς αὐτοῦ πρὸς τὰ ἔξω.



Σχ. 113.—Καταθλιπτικὴ ὑδραντλία.

Τὸ ὕψος τοῦ ἀπαγωγοῦ σωλῆνος ἐνταῦθα δύναται νὰ εἶνε οἱονδήποτε, ἀρκεῖ νὰ ἐπιφέρηται διὰ τοῦ ἐμβόλου ἀρκοῦσα πίεσις, ὥστε νὰ ἐξωθῇ τὸ ὕδωρ μέχρι τῆς κορυφῆς καὶ ἐκτὸς τοῦ σωλῆνος.

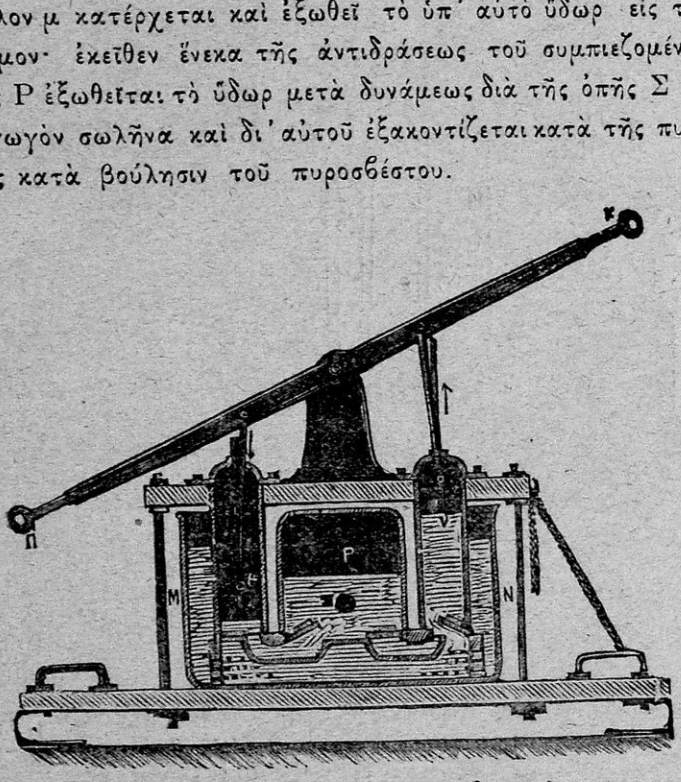
Μικτὴ ὑδραντλία.—Συνίσταται αὕτη ἐκ μιᾶς καταθλιπτικῆς ὑδραντλίας ἐφωδιασμένης κατὰ τὴν βάσιν καὶ δι' ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος. Ἕνεκα τῆς τοιαύτης διατάξεως ἐνεργεῖ αὕτη ἀφ' ἑνὸς μὲν ὡς ἀναρροφητική, ὅπως ἀναβιβάζῃ τὸ ὕδωρ ἐκ τοῦ βάθους εἰς τὸν κύλινδρον, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὡς καταθλιπτική, ὅπως ἐξωθῇ διὰ τοῦ ἀπαγωγοῦ σωλῆνος τὸ οὕτως εἰς τὸν κύλινδρον συναθροιζόμενον ὕδωρ.

Σημ. Εἰς πάσας τὰς ἀνωτέρω ὑδραντλίας ἡ ἐκροὴ τοῦ ὕδατος ἐκ τοῦ σωλῆνος τῆς ἐκροῆς εἶνε διαλείπουσα, διότι μόνον κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου ἐκρέει τὸ ὕδωρ, ἐνῷ κατὰ τὴν ἀνάβασιν εἰσέρχεται τοιοῦτον ἐκ τῆς δεξαμενῆς ὅπως πληρώσῃ τὸν κύλινδρον. Εἰς τὴν κατωτέρω περιγραφησομένην ἡ ἐκροὴ εἶνε συνεχής.

Πυροσβεστικὴ ὑδραντλία (Σχ. 114).—Αὕτη εἶνε διπλῆ καταθλιπτικὴ ὑδραντλία, διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται ἡ κανονικὴ καὶ συνεχὴς ἐκροὴ τοῦ ὕδατος διὰ τοῦ ἀπαγωγοῦ σωλῆνος, 1ον δυνάμει τῆς ἐλαστικότητος μάζης ἀέρος ἐγκεκλεισμένου ἐν ἰδιαιτέρῳ θαλάμῳ Ρ, 2ον) ἕνεκα τῆς διαδοχικῆς καὶ ἀντιστρόφου ἐνεργείας δύο συνεχομένων καταθλιπτικῶν, ὧν τὰ ἔμβολα μ καὶ ν κινοῦνται διὰ τοῦ αὐτοῦ μοχλοῦ ΠΚ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἶνε ἐντεθειμένη ἡ μηχανὴ ἐντὸς κιβωτίου MN πλήρους ὕδατος. Ὅταν τὸ ἔμβολον ν ἀνέρχηται, ὁ ὑπ' αὐτὸ χῶρος τοῦ κυλίνδρου πληροῦται ὕδατος, ἀλλὰ συγχρόνως τὸ ἕτερον ἔμβολον μ κατέρχεται καὶ ἐξωθεῖ τὸ ὑπ' αὐτὸ ὕδωρ εἰς τὸν θάλαμον· ἐκεῖθεν ἕνεκα τῆς ἀντιδράσεως τοῦ συμπιεζομένου ἀέρος P ἐξωθεῖται τὸ ὕδωρ μετὰ δυνάμεως διὰ τῆς ὀπῆς Σ εἰς ἀπαγωγὸν σωλῆνα καὶ δι' αὐτοῦ ἐξακοντίζεται κατὰ τῆς πυρκαϊᾶς κατὰ βούλησιν τοῦ πυροσβέστου.



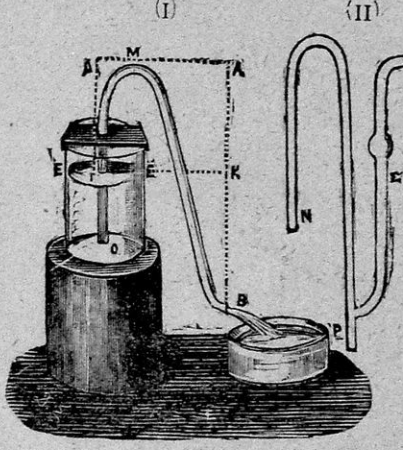
Σχ. 114.— Ὑδραντλία πυροσβεστική.

Ἐπειδὴ ἡ ταχύτης τοῦ ὕδατος κατὰ τὴν εἰσροὴν εἰς τὸν θάλαμον εἶνε μείζων ἢ κατὰ τὴν ἐκροήν, τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος ἐν τῷ θαλάμῳ ὑπερβαίνει τὴν ὀπὴν Σ καὶ συμπιέζει τὸν ἐγκεκλεισμένον ἀέρα. Συνεπῶς καὶ ἐὰν τὰ ἔμβολα παύσωσι πρὸς στιγμὴν ἐνεργοῦντα, ἐξακολουθεῖ ἡ ἐκροὴ τοῦ ὕδατος δυνάμει τῆς ἀντιδράσεως τοῦ ἀέρος, ἕως οὗ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος κατέλθῃ μέχρι τῆς ὀπῆς Σ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΙΦΩΝ, ΟΙΝΗΡΗΣΙΣ, ΚΡΗΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΗ

132. **Σίφων.** Ὁ Σίφων (Σχ. 115) εἶνε σωλὴν κεκαμμένος εἰς δύο ἄνισα σκέλη, χρησιμεύει δὲ πρὸς μετάγγισιν ὑγρῶν ἐξ ἑνὸς ἀγγείου εἰς ἕτερον. Πρὸς τοῦτο πληροῦμεν αὐτὸν ὑγροῦ καὶ κλείοντες διὰ τῶν δακτύλων τὰς ὀπὰς Β καὶ Ο ἐμβαπτίζομεν τὸ βραχύτερον σκέλος ΜΟ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ ἀφίνομεν ἐλευθέρας τὰς ὀπάς. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ ὑγρὸν τοῦ ἀγγείου ἀνερχόμενον διὰ τοῦ σωλῆνος ἐκρέει ἐκ τοῦ ἑτέρου ἄκρου αὐτοῦ Β· ἐξακολουθεῖ δ' ἡ ἐκροή, μέχρις οὗ ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ φθάσῃ εἰς τὸ στόμιον Ο.



Σχ. 115.—Σίφων.

Σημ. Δυνάμεθα νὰ ἐμβαπτίσωμεν κενὸν τὸν σίφωνα ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ ἀκολούθως πρὸς πλήρωσιν αὐτοῦ νὰ εἰσπνεύσωμεν ἐκ τοῦ ἑτέρου ἄκρου Β, ἐὰν τὸ ὑγρὸν δὲν εἶνε ἐπιβλαβές. Ἐὰν δὲ τὸ ὑγρὸν εἶνε ἐπιβλαβές, μεταχειριζόμεθα σίφωνα ἔχοντα τὸ σχῆμα τῆς εἰκόνος (115, ΙΙ). Ἐμβαπτίζομεν τὸ Ν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, κλείομεν διὰ τοῦ δακτύλου τὸ στόμιον Ρ καὶ εἰσπνέομεν ἐκ τοῦ Π· τὸ ὑγρὸν τότε θὰ πληρώσῃ τὸν σίφωνα καὶ θὰ φθάσῃ μέχρι τοῦ Ρ, πρὶν ἢ ἀνέλθῃ πρὸς τὸ μέρος ΣΠ. Ἀμέσως δὲ τότε ἀποσύροντες τὸ στόμα ἔχομεν τὸν σίφωνα πεπληρωμένον χωρὶς διόλου τὸ ὑγρὸν νὰ ἐγγίσῃ τὸ στόμα ἡμῶν. Ὑπάρχουσι καὶ ἄλλαι μορφαὶ τοῦ σίφωνος.

Θεωρία τοῦ σίφωνος. Ὑποθέσωμεν τὸν σίφωνα πεπληρωμένον καὶ ἐμβεβαπτισμένον ἐν τῷ ὑγρῷ (Σχ. 115), τὰ δ' ἄκρα αὐτοῦ Β καὶ Ο κεκλεισμένα διὰ λεπτῶν μεμβρανῶν ἐμποδιζουσῶν μὲν τὴν ἐκροὴν ἀλλὰ δυναμένων νὰ μεταδίδωσι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰς πιέσεις. Ἴδωμεν ποῖαι δυνάμεις ἐνεργοῦσιν ἑκατέρωθεν.

Ἀφ' ἑνὸς ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ΕΕ τοῦ ὑγροῦ (συνεπῶς καὶ κατὰ τὸ στοιχεῖον Γ τὸ εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον εὑρισκόμενον ἔσωθεν τοῦ σωλῆνος) μία δύναμις δ, ἥτις εἶνε ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις Η, ἠλαττωμένη κατὰ τὸ βάρος τῆς ὑγρᾶς στήλης ΔΓ, τεινουσα ν' ἀναβιβάσῃ τὸ ὑγρὸν ἐκ τοῦ Γ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΓΜΒ. Ἐκ τοῦ ἑτέρου δ' ἄκρου ἐνεργεῖ ἀντιθέτως, ὅπως ἀναβιβάσῃ τὸ ὕδωρ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΒΜΓ, ἡ δύναμις δ' ἥτις εἶνε ἡ αὐτὴ ἀτμοσφ. πίεσις Η, ἠλαττωμένη ὅμως κατὰ τὸ βάρος τῆς ὑγρᾶς στήλης ΑΒ. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ὕψος ΑΒ εἶνε μεῖζον τοῦ ΔΓ κατὰ τὸ ποσὸν ΚΒ, ἐννοεῖται ὅτι ἡ κατὰ τὸ Γ ἐνεργοῦσα δύναμις δ εἶνε μείζων τῆς δ' κατὰ τὸ βάρος τῆς ὑγρᾶς στήλης ΚΒ καὶ συνεπῶς ἡ ἐκροὴ θὰ γίνῃ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΓΜΒ τῆς μείζονος δυνάμεως δ. Ἡ διαφορὰ λοιπὸν τοῦ ὕψους τῶν δύο στηλῶν ΔΓ καὶ ΑΒ εἶνε ἡ ἐπιφέρουσα τὴν ἄνισον ἐνέργειαν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως καὶ προκαλοῦσα τὴν ἐκροήν· συνεπῶς ἡ ἐκροὴ τοῦ ὑγροῦ θὰ εἶνε ἐπὶ τοσοῦτον ταχυτέρα, ὅσῳ μείζων ἡ ῥηθεῖσα διαφορὰ τῶν ὑψῶν (ΚΒ). Δὲν πρέπει νὰ λησμονῶμεν ὅμως ὅτι ἡ δύναμις ἡ παράγουσα τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο εἶνε ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις καὶ ἐπομένως ὅτι ἐν τῷ κενῷ δὲν δύναται νὰ γίνῃ μετάγγισις, οὔτε διὰ σίφωνος, οὐτινος τὸ ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ κατακόρυφον ὕψος ΓΔ εἶνε μεῖζον τῶν 10 περίπου μέτρων

133. **Σίφων συνεχοῦς ἐκροῆς.** Κατὰ τὰ προειρημένα, ὅπως ἡ ταχύτης τῆς ἐκροῆς ᾖ σταθερά, πρέπει ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις ΚΒ τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑγροῦ ἐν τοῖς δυσὶ σωλῆσι νὰ εἶνε διαρκῶς ἡ αὐτή. Ὅπως ἐπιτευχθῇ τοῦτο, ἐξαρτῶμεν τὸν σίφωνα διὰ σχοινίου, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα (116), καὶ διαπερῶμεν εἰς τὸ βραχύτερον σκέλος εἰς ὡρισμένην θέσιν α δίσκον ἐκ φελλοῦ, ὅστις νὰ ἐπιπλέῃ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης, ἐφ' ὅσον τὸ ὕδωρ τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὀχετοῦ Ε ὕδωρ ἐκ τῆς ἐπιφανείας καὶ ἐκβάλλουσα διὰ τοῦ σιφωνοειδοῦς ὀχετοῦ ΑΒΓ εἰς ρωγμήν τινα πετρώματος· θὰ ἔχωμεν τότε ἓν φυσικὸν ἀγγεῖον τοῦ Ταντάλου. Τὸ ὕδωρ κατερχόμενον εἰς τὴν κοιλότητα Α πληροῖ αὐτὴν καὶ τοὺς ὀχετούς, ὅταν δ' ἀνυψωθῇ μέχρι τοῦ Β, τότε ἀρχίζει ἡ λειτουργία τοῦ σίφωνος καὶ ἡ κοιλότης κενοῦται. Ὅταν δὲ μετὰ παρέλευσιν ὡρῶν ἢ ἡμερῶν πληρωθῇ καὶ πάλιν ἡ κοιλότης μέχρι τοῦ Β, ἐπέρχεται νέα ἐκροὴ τοῦ ὕδατος καὶ οὕτω καθεξῆς.

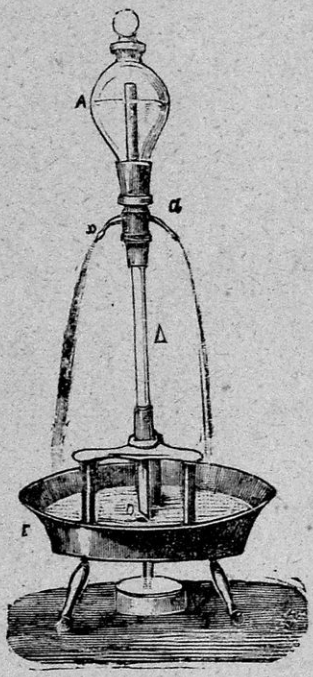
136. **Οἰνήρησις.** Καλεῖται *οἰνήρησις* (Σχ. 119) μικρὸν ὄργανον χρήσιμον ἐν τοῖς οἰνοπνευματοπωλείοις, ἐν τοῖς φαρμακείοις, ἐν τοῖς χημείοις κλπ. πρὸς ἄντλησιν ὑγροῦ ἐξ ἀγγείων μὴ μετατοπιζομένων. Εἶνε σωλὴν ὑέλινος ἢ ἐκ λευκοσιδήρου, εὐθὺς καὶ ἀνοικτὸς ἑκατέρωθεν, ἔχων σχῆμα ἀραιομέτρου. Τὸ κατώτερον αὐτοῦ ἄκρον, τὸ ἐμβαπτιζόμενον εἰς τὸ ὑγρόν, εἶνε ἐστενωμένον, τὸ δ' ἀνώτερον φέρει ὀπὴν κλειομένην εὐκόλως διὰ τοῦ δακτύλου.

Σχ. 119.—**οἰνήρησις.**

Πρόκειται ν' ἀντλήσωμεν οἰνόπνευμα π.χ. ἔκ τινος βαρελίου. Ἐμβυθίζομεν τὴν οἰνήρησιν εἰς τὸ ὑγρόν, ἀφίνοντες ἀνοικτὴν καὶ τὴν ἀνωτέραν ὀπήν, καὶ πληροῦται τὸ ὄργανον οἰνοπνεύματος μέχρι τοῦ σημείου τῆς βυθίσεως. Κλείοντες τότε διὰ τοῦ δακτύλου τὴν ὀπήν, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα, ἀνασύρομεν τὴν οἰνήρησιν καὶ τὸ ὑγρὸν δὲν χύνεται κάτωθεν ἕνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως· ἀνοίγοντες δὲ κατόπιν καὶ κλείοντες κατὰ βούλησιν τὴν ὀπὴν ἐπιτρέπομεν ἢ ἐμποδίζομεν τὴν ἐκροὴν τοῦ ὑγροῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

137. **Κρήνη περιοδική.** Συνίσταται αὕτη ἐκ σφαίρας ὑελίνης Α ἑρμητικῶς πεπωμασμένον ἐχούσης τὸ ἀνώτερον στόμιον καὶ φερούσης περὶ τὸ κατώτερον καὶ ἐστενωμένον μέρος αὐτῆς δύο ἢ τρεῖς ὀπὰς (α) πρὸς ἐκροὴν τοῦ ὕδατος. Σωλὴν κρυστάλλινος Δ, ἀνοικτὸς κατὰ τὰ δύο ἄκρα, διέρχεται διὰ τοῦ κατωτέρου στομίου τῆς σφαίρας καὶ φθάνει σχεδὸν μέχρι τοῦ πυθμένος χαλκίνης λεκάνης Γ, ἐφ' ἧς στηρίζεται ὁλόκληρος ἡ συσκευή. Ἡ λεκάνη φέρει ἐν τῷ μέσῳ ὀπήν, ἐξ ἧς ἐκρέει ὕδωρ, ἀλλ' ὀλιγώτερον ἢ ὅσον εἰσρέει εἰς αὐτὴν διὰ τῶν ὀπῶν α.



Σχ. 120.—Κρήνη περιοδική.

Πληρουμένης τῆς σφαίρας κατὰ τὰ δύο τρίτα ὕδατος, ἐκρέει τοῦτο ἐκ τῶν ὀπῶν α, διότι πιέζεται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας συγκοινωνούσης μὲ τὸ ἐσωτερικὸν τῆς σφαίρας διὰ τοῦ κρυσταλλίνου σωλῆνος Δ. Μετ' ὀλίγον ὅμως τὸ ἐκρέον ὕδωρ λιμνάζον ἐν τῇ λεκάνῃ καλύπτει τὸ ἄκρον ο τοῦ σωλῆνος καὶ παύει τὴν συγκοινωνίαν τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος μετὰ τοῦ ἐν τῇ σφαίρᾳ· ἑπομένως ὁ ἐν τῇ σφαίρᾳ ἀὴρ γίνεται βαθμηδὸν ἀραιότερος καὶ τότε ἡ πίεσις τῆς ἀτμοσφαίρας ἐξωθεν ἐμποδίζει τὴν ἐκροὴν τοῦ ὕδατος ἐκ τῶν ὀπῶν α. Ἀλλὰ τὸ ἐν τῇ λεκάνῃ ὕδωρ ἐκρέον διηνεκῶς ἀποκαλύπτει μετ' οὐ πολὺ τὸ στόμιον ο τοῦ κρυσταλλίνου σωλῆνος καὶ ἀποκαθισταμένης οὕτω τῆς συγκοινωνίας τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος μετὰ τοῦ ἐν τῇ σφαίρᾳ ἄρχεται πάλιν ἡ ἐκροή, ἵνα σταματήσῃ μετ' ὀλίγον καὶ οὕτω καθεξῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ὠνομάσθη ἡ κρήνη αὕτη *περιοδικὴ ἢ διαλείπουσα*.

Ἀσκήσεις.—1. Ποίαν πίεσιν δέχεται ἐκ τῆς ἀτμοσφαίρας ἐν τετραγωνικὸν δέκατον τοῦ μέτρου ἐν Παρισίοις εἰς 0^0, τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους ὄντος 76 ἑκατοστομέτρων;

2. Βαρόμετρον ὑδραργυρικὸν δεικνύει βαρομετρικὸν ὕψος 748 χιλιοστομέτρων. Ποῖον θὰ εἶνε τὸ ἰσοδύναμον βαρομ. ὕψος διά τινος βαρομέτρου διὰ θειϊκοῦ ὀξέος, τοῦ εἰδ. βάρους τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος ὄντος 1,8, τοῦ δὲ τοῦ ὑδραργύρου 13,6;

3. Ὑποδοχεὺς περιέχων ἀέριόν τι κλείεται δι' ἐπιστομίδος ἐχούσης τομὴν 3 ἑκατοστομέτρων καὶ ἄρος 60 γραμ. Ζητεῖται ποῖον βάρος πρέπει νὰ ἐπιθέσωμεν ἐπὶ τῆς ἐπιστομίδος, ὥστε ν' ἀνοίγηται αὕτη, ὅταν ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ περιεχομένου ἀερίου θέλῃ παρίστασθαι διὰ στήλης ὑδραργύρου 3 μέτρων ὕψους; (Τὸ βαρομετρικὸν ὕψος κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ὑποτίθεται ἴσον πρὸς 756 χιλιοστόμετρο).

4. Ποσότης ἀερίου καταλαμβάνει ὄγκον 12 λιτρῶν ὑπὸ πίεσιν 753 χιλιοστομέτρων. Ποῖος θὰ εἶνε ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου, ἐὰν ἡ πίεσις γίνῃ 2259 χιλιοστομέτρων;

5. Ἀέριόν τι καταλαμβάνει ὄγκον 12 λιτρῶν ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας. Εἰς ποῖον ὄγκον πρέπει ν' ἀναχθῇ, ὥστε ἡ ἐλαστικὴ αὐτοῦ δύναμις ν' ἀνταποκρίνηται πρὸς 190 ἑκατοστόμ. ὑδραργύρου;

6. Ἔχομεν ὑελίνην σφαῖραν χωρητικότητος μιᾶς λίτρας, ἀπολήγουσαν εἰς λαιμὸν κυλινδρικὸν μήκους 50 ἑκατοστομέτρων καὶ τομῆς ἐγκαρσίας ἑνὸς ἑκατοστομέτρου. Εἶνε πλήρης ἀέρος ὑπὸ πίεσιν 760 χιλιοστομέτρων. Ἐμβυθίζομεν αὐτὴν ἀνεστραμμένην ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου μέχρι τῆς βάσεως τοῦ λαιμοῦ. Ζητεῖται εἰς ποῖον ὕψος θ' ἀνυψωθῇ ὁ ὑδράργυρος εἰς τὸν λαιμὸν τῆς σφαίρας, τῆς ἐξωτερικῆς πιέσεως οὔσης 760 χιλιοστομέτρων;

7. Ἔχομεν βαρομετρικὸν σιφωνοειδῆ σωλῆνα μὲ δύο βραχίονας κατακορύφους, ἰσομήκεις καὶ τῆς αὐτῆς ἐγκαρσίας τομῆς. Ὁ κλειστὸς βραχίων περιέχει ἀέρα ἀποκεχωρισμένον ἀπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας διὰ στήλης ὑδραργύρου, ἥτις ἀνυψοῦται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος καὶ εἰς τοὺς δύο βραχίονας· τὸ δὲ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ἀέρος ἐν τῷ κλειστῷ βραχίονι ἰσοῦται πρὸς 50 ἑκατοστόμετρα. Χύνομεν ὑδράργυρον εἰς τὸν ἀνοικτὸν βραχίονα μέχρις οὗ πληρώσωμεν αὐτόν. Ζητεῖται ποῖον θὰ εἶνε τότε τὸ μῆκος τῆς στήλης τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος, τῆς ἐξωτερικῆς πιέσεως οὔσης 760 χιλιοστομέτρων;

8. Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις ἀερίου τινὸς παρίσταται διὰ στήλης ὑδραργύρου ὕψους 82 ἑκατοστομέτρων. Ποία θὰ εἶνε ἡ ἀντίστοιχος στήλη τοῦ ὕδατος, ἥτις θὰ παριστᾷ τὴν αὐτὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἀερίου;

9. Ἀγγεῖόν τι περιέχει ἀέριον ὑπὸ πίεσιν 6 ἀτμοσφαιρῶν, φέρει δ' ὀπὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κλειομένην διὰ δικλίδος ἐχούσης ἔκτασιν 3 □ ἑκατοστομέτρων καὶ βάρος 40 γραμμ. Ζητεῖται μὲ πόσον βάρος πρέπει νὰ ἐπιφορτισθῇ ἡ δικλίς, ὅπως μὴ ἀνοίγηται, τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως οὔσης 76 ἑκατοστομέτρων;

10. Ἀγγεῖόν τι περιέχει 1 δεκάλιτρον ἀέρος ὑπὸ πίεσιν 0ᵐ,84. Ἐξάγεται ἐξ αὐτοῦ ποσότης ἀέρος, ἥτις θὰ κατελάμβανεν ὄγκον 3 λιτρῶν ὑπὸ πίεσιν $0_{μ}$,74. Ζητεῖται ποία θὰ εἶνε ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ὑπολειπομένου ἀερίου;

11. Ἐν τινι ἀεραντλίᾳ ἡ χωρητικότης τοῦ κυλίνδρου ἰσοῦται πρὸς τὸ πέμπτον τῆς χωρητικότητος τοῦ κώδωνος. Ζητεῖται ποία θὰ εἶνε ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀέρος ἐν τῷ κώδωνι μετὰ 10 ἀνυψώσεις τοῦ ἐμβόλου, τῆς ἀρχικῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως αὐτοῦ οὔσης 76 ἑκατοστομέτρων ὑδραργύρου;

12. Ἐν τῷ κώδωνι καταθλιπτικῆς μηχανῆς ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος μετὰ τέσσαρας ἀνυψώσεις τοῦ ἐμβόλου αὐξάνει κατὰ 1 ἀτμόσφαιραν. Ζητεῖται ποία ἡ σχέσις τῆς χωρητικότητος τοῦ κυλίνδρου πρὸς τὴν χωρητικότητα τοῦ κώδωνος;

13. Ποῖον πρέπει νὰ εἶνε τὸ μέγιστον ὕψος τοῦ ἀνάρροφητικοῦ σωλῆνος ἀναρροφητικῆς ὑδραντλίας, ὥστε νὰ πληρωθῇ οὗτος μέχρι τῆς βάσεως τοῦ κυλίνδρου μετὰ τὴν πρώτην ἀνύψωσιν τοῦ ἐμβόλου;

14. Ἐν τινι ἀναρροφητικῇ ὑδραντλίᾳ ὁ ἀναρροφητικὸς σωλὴν ἔχει ὕψος 6 μέτρων· ὁ δρόμος τοῦ ἐμβόλου εἶνε 50 ἑκατοστομέτρων, ἡ δ' ἐγκαρσία τομὴ τοῦ κυλίνδρου εἶνε δεκάκις μείζων τῆς τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος. Ζητεῖται εἰς ποῖον ὕψος θ' ἀνυψωθῇ τὸ ὕδωρ ἐν τῷ σωλῆνι μετὰ τὴν πρώτην ἀνάβασιν τοῦ ἐμβόλου;

15. Ἐν τινι σίφωνι ἡ διαφορὰ τοῦ κατακορύφου ὕψους τῶν δύο βραχιόνων εἶνε ἴση πρὸς 80 ἑκατοστόμετρα, μεταγγίζει δ' οὗτος ὑδράργυρον. Ζητεῖται ὑπὸ ποίαν πίεσιν θὰ παράγηται ἡ ἐκροή;

16. Σίφων πλήρης ὕδατος θέτει εἰς συγκοινωνίαν δύο ἀγγεῖα πλήρη ὕδατος· τὸ ἀνώτερον ἀγγεῖον δέχεται ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας αὐτοῦ ἐπιφανείας πίεσιν 3 ἀτμοσφαιρῶν, τὸ δὲ κατώτερον 1 καὶ $\frac{1}{2}$ ἀτμοσφ. Ζητεῖται ποία πρέπει νὰ εἶνε ἡ ἐλαχίστη διαφορὰ τοῦ κατακορύφου ὕψους μεταξὺ τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὕδατος ἐν τοῖς δυσὶν ἀγγείοις ὥστε νὰ παράγηται ἡ ἐκροή;

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΝ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΠΕΡΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΓΕΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ.—ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

138. **Θερμότης, διάφορα ἀποτελέσματα αὐτῆς.** Καλοῦμεν θερμότητα τὸ αἴτιον τὸ παράγον ἐν ἡμῖν τὸ αἴσθημα τοῦ θερμοῦ καὶ ψυχροῦ (τῆς ζέστης καὶ τοῦ ψύχους)· πάντες γνωρίζομεν τὸ αἴσθημα τοῦτο, τὸ ὁποῖον γεννᾶται εἰς ἡμᾶς, ὅταν ἐγγίζωμεν διάφορα σώματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὰ μὲν φαίνονται ἡμῖν θερμά, τὰ δὲ ψυχρά. Ἀλλ' ἐκτὸς τούτου ἡ θερμότης γίνεται πρόξενος πολλῶν ἄλλων ἀποτελεσμάτων· παράγει τὴν τῆξιν τῶν στερεῶν σωμάτων, θέτει εἰς βρασμὸν τὰ ὑγρά, διαστέλλει ὅλα τὰ σώματα, διαπυρώνει τὸν σίδηρον καὶ τὰ λοιπὰ μέταλλα κλπ.

Ὅταν σῶμά τι γίνηται βαθμηδὸν θερμότερον, λαμβάνουσι χώραν τὰ ἑξῆς φαινόμενα: 1ον τὰ μόρια τοῦ σώματος ἀπομακρύνονται ἀπ' ἀλλήλων ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ ὁ ὄγκος αὐτοῦ αὐξάνεται, λέγομεν τότε ὅτι τὰ σώματα διαστέλλονται· 2ον προϊούσης τῆς θερμάνσεως τὸ σῶμα μεταβάλλει κατάστασιν, γιγνόμενον ἀπὸ στερεοῦ ὑγρὸν καὶ ἀπὸ ὑγροῦ ἀέριον· 3ον ὅταν τέλος ἡ θέρμανσις ὑπερβῇ ὁριόν τι, ἡ ἰσορροπία τῶν μορίων καταστρέφεται καὶ ἐπέρχεται ἡ λεγομένη ἀφετεροίωσις, ἤτοι ἡ ἀποσύνθεσις τῶν συνθέτων σωμάτων εἰς τὰ στοιχεῖα αὐτῶν. Τὰ αὐτὰ φαινόμενα ἀλλὰ κατ' ἀντίστροφον σειρὰν λαμβάνουσι χώραν, ὅταν τὸ σῶμα ἀπὸ θερμοτέρου γίνηται βαθμηδὸν ψυχρότερον.

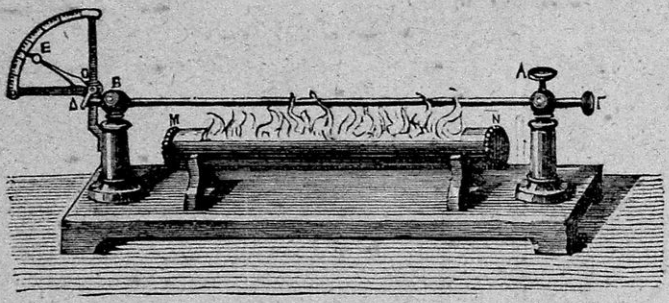
139. **Πειράματα διαστολῆς.** Πάντα τὰ σώματα διὰ τῆς θερμότητος διαστέλλονται· τὰ μᾶλλον διασταλτὰ εἶνε

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰ ἀέρια, ὀλιγώτερον τὰ ὑγρὰ καὶ ἔτι ὀλιγώτερον τὰ στερεά.

1ον *Διαστολὴ τῶν στερεῶν*.— Ἐν τοῖς στερεοῖς διακρίνομεν τὴν *γραμμικὴν διαστολήν*, ἤτοι τὴν διαστολὴν τοῦ σώματος κατὰ μίαν μόνην διάστασιν καὶ τὴν *κυβικὴν* ἤτοι τὴν καθ' ὅλον τὸν ὄγκον τοῦ σώματος διαστολήν. Ὅπως καταδειχθῇ δὲ πειραματικῶς ἥ τε γραμμικὴ καὶ ἡ κατ' ὄγκον διαστολή, ἐκτελοῦνται συνήθως τὰ ἑξῆς δύο πειράματα·

α') Ράβδος μεταλλικὴ ΓΔ (Σχ. 121) διερχομένη διὰ δύο κατακορύφων στυλίσκων Α καὶ Β στηρίζεται ἀμεταθέτως κατὰ τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς διὰ τοῦ πιεστικοῦ κοχλίου Α, ἐνῷ τὸ ἕτερον



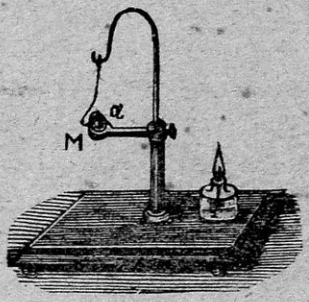
Σχ. 121.—Γραμμικὴ διαστολή.

ἄκρον Δ μένει ἐλεύθερον ἵνα προχωρήσῃ ἢ ὀπισθοχωρήσῃ, ἅπτεται δὲ τοῦ μικροτέρου βραχίονος ΟΔ ἠγκωνισμένου μοχλοῦ ΔΟΕ, κινητοῦ ἐπὶ τόξου διηρημένου. Ὑπὸ τὴν ράβδον ὑπάρχει ἀγγεῖον ΜΝ, ἐν ᾧ ἀναφλέγεται οἰνόπνευμα. Ὁ δείκτης Ε εὑρίσκεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὸ 0 τοῦ τόξου· ἅμα ὅμως ἀναφλεχθῇ τὸ οἰνόπνευμα καὶ θερμανθῇ ἡ ράβδος, βλέπομεν αὐτὸν βαθμηδὸν ἀνυψούμενον, τοῦθ' ὅπερ καθιστᾷ καταφανῆ τὴν ἐπιμήκυνσιν τῆς ράβδου.

β') Ἡ κυβικὴ διαστολὴ καταδεικνύεται διὰ τοῦ καλουμένου *δακτυλίου τοῦ Gravesande* (Σχ. 122). Λαμβάνομεν μικρὸν μεταλλικὸν δακτύλιον Μ, δι' οὗ διέρχεται ἐλευθέρως ἐν τῇ συ-

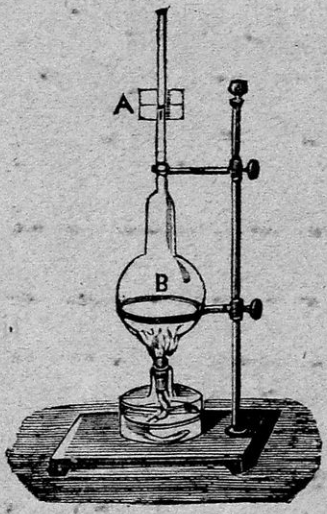
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νήθει θερμοκρασίᾳ ἡ κατά τι μόνον μικροτέραν διάμετρον ἔχουσα χαλκίνη σφαῖρα α. Ὅταν ἡ σφαῖρα θερμανθῇ ἐπὶ λύχνου, δὲν δύναται πλέον νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ δακτυλίου, ὅπερ δηλοῖ αὔξησιν τοῦ ὄγκου αὐτῆς· διέρχεται δὲ πάλιν ὅταν μετ' ὀλίγον ψυχθῇ.



Σχ. 122.—Δακτύλιος τοῦ Gravesande.

2ον *Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν.*— Πρὸς κατάδειξιν τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν λαμβάνομεν σφαῖραν Β (Σχ. 123), πλήρη ὕδατος κεχρωματισμένου καὶ ἀπολήγουσαν πρὸς τὰ ἄνω εἰς στενὸν σωλῆνα καὶ διὰ φύλλου χάρτου σημειοῦμεν τὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τοῦ



Σχ. 123.—Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν.

Σχ. 124.—Διαστολὴ τῶν ἀερίων.

ὕδατος ἐν τῷ σωλῆνι. Ἀκολούθως θερμαίνοντες διὰ λύχνου παρατηροῦμεν μετ' ὀλίγον ὅτι τὸ ὕδωρ ἐν τῷ σωλῆνι ἀνυψοῦται ὑπεράνω πολὺ τοῦ δείκτου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

3ον *Διαστολὴ τῶν ἀερίων.*—Λαμβάνομεν σφαῖραν ὑελίνην Α (Σχ. 124), πλήρη ἀέρος ἀπολήγουσαν εἰς στενὸν καὶ μακρὸν σωλῆνα καὶ εἰσάγομεν εἰς αὐτὸν σταγόνα ὑδραργύρου ν, 1 ἢ 2 ἑκατοστομ. μήκους. Ὅταν θερμανθῇ ἡ σφαῖρα ἔστω καὶ διὰ τῆς παλάμης τῆς χειρὸς ἡμῶν, ἡ σταγὼν ἀπωθεῖται πρὸς τὸ ἄκρον τοῦ σωλῆνος εἰς τὴν θέσιν ν′ καὶ ἐπὶ τέλους ἐξωθεῖται ἐντελῶς. Ὅπερ καταδεικνύει ὅτι καὶ εἰς μικρὰν αὔξησιν θερμότητος τὰ ἀέρια διαστέλλονται πολύ.

Σημ. Εἰς πάντα τ' ἀνωτέρω πειράματα, ὅταν τὰ σώματα ψύχωνται, συστέλλονται, καὶ ὅταν φθάσωσιν εἰς τὴν πρώτην αὐτῶν θερμαντικὴν κατάστασιν (τὴν πρὸ τοῦ πειράματος), ἀναλαμβάνουσι τὸν ἀρχικὸν αὐτῶν ὄγκον (Ἴδε καὶ κατωτέρ. 125).

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ

140. **Θερμοκρασία, θερμόμετρα.** Λάβωμεν τεμάχιον ἐκ μετάλλου Α λίαν θερμόν, ὥστε μόλις νὰ δυνάμεθα νὰ κρατήσωμεν αὐτὸ ἐν τῇ χειρί, καὶ ἕτερον τεμάχιον Β ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου ἀλλὰ πολὺ ὀλιγώτερον θερμὸν καὶ θέσωμεν αὐτὰ πλησίον ἀλλήλων ἢ εἰς ἐπαφήν. Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι τὸ σῶμα Α ψύχεται, ἐνῷ συγχρόνως ὁ ὄγκος αὐτοῦ σμικρύνεται, τοὐναντίον δ' ὅτι τὸ Β θερμαίνεται, ἐνῷ συγχρόνως ὁ ὄγκος αὐτοῦ αὐξάνεται. Μετ' ὀλίγον ὅμως θὰ ἔλθῃ στιγμή, καθ' ἣν ἑκάτερον λαμβάνει ὄγκον ὡρισμένον καὶ *ἀμετάβλητον*, συγχρόνως δὲ καὶ ἡ *θερμαντικὴ κατάστασις ἀμφοτέρων μένει ἀμετάβλητος*· ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, *ὅτε τὰ πλησίον ἀλλήλων κείμενα σώματα οὐδεμίαν ἐπιφέρουσιν ἐπ' ἀλλήλα ἐνέργειαν καταδεικνυομένην διὰ τῆς μεταβολῆς τοῦ ὄγκου αὐτῶν, λέγομεν* ὅτι **ἔχουσι τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν,** *ἤτοι τὴν αὐτὴν θερμαντικὴν κατάστασιν, χαρακτηριζομένην διὰ τῆς σταθερότητος τοῦ ὄγκου αὐτῶν.*

Ἐπίσης δὲ καὶ περὶ ἑνὸς σώματος, ὅταν ὁ ὄγκος αὐτοῦ μένῃ σταθερός, λέγομεν ὅτι ἔχει σταθερὰν *θερμοκρασίαν*, ὅταν δὲ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁ ὄγκος τοῦ *σώματος αὐξάνηται ἢ ἐλαττῶται*, λέγομεν ὅτι ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ *ἀνυψοῦται ἢ καιέρχεται*. Ὥστε δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν σώματός τινος καὶ νὰ εὕρωμεν τὰς μεταβολὰς αὐτῆς διὰ τῆς μεταβολῆς τοῦ ὄγκου αὐτοῦ ἢ ἑτέρου σώματος τιθεμένου εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ πρώτου. Λάβωμεν π. χ. τεμάχιον σιδήρου καὶ μετρήσωμεν τὸν ὄγκον αὐτοῦ α, ὅταν εὑρίσκηται ἔν τινι δωματίῳ, καὶ ἂς φέρωμεν ἀκολούθως τὸ σιδηροῦν τεμάχιον εἰς ἕτερον δωμάτιον· μετ' ὀλίγον δέ, ὅταν θὰ τεθῇ εἰς ἰσορροπίαν θερμοκρασίας μετὰ τοῦ χώρου, ἂς μετρήσωμεν τὸν ὄγκον αὐτοῦ α'· ἐὰν α καὶ α' εἶνε ἴσα, θὰ εἴπωμεν ὅτι ὁ ἀὴρ τοῦ δευτέρου δωματίου ἔχει τὴν αὐτὴν ἦν καὶ ὁ τοῦ πρώτου θερμοκρασίαν. Ἐὰν δὲ α' εἶνε διάφορον τοῦ α, τὸ δεύτερον δωμάτιον θὰ ἔχῃ διάφορον τοῦ πρώτου θερμοκρασίαν καὶ οἱ ὄγκοι α καὶ α' θὰ χαρακτηρίζωσι τὰς θερμαντικὰς καταστάσεις τῶν δύο δωματίων. Τὸ τεμάχιον τοῦ σιδήρου ὀνομάζεται *θερμόμετρον*.

Θερμόμετρον λοιπὸν εἶνε σῶμα, ὅπερ, ἐντιθέμενον ἐντὸς διαφόρων σωμάτων, δεικνύει διὰ τῶν μεταβολῶν τοῦ ὄγκου αὐτοῦ τὴν ἰσότητα ἢ ἀνισότητα καὶ τὰς μεταβολὰς τῆς θερμοκρασίας αὐτῶν.

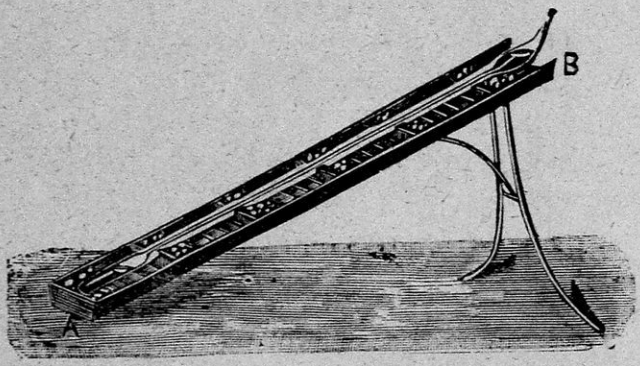
Ἐκλογὴ θερμομετρικῆς οὐσίας. — Πάντα τὰ σώματα τῇ ἐνεργείᾳ τῆς θερμότητος διαστέλλονται καὶ συστέλλονται, ἤτοι ὑπόκεινται εἰς μεταβολὰς τοῦ ὄγκου, ἑπομένως πάντα θὰ ἠδύναντο νὰ χρησιμεύσωσιν ὡς *θερμομετρικαὶ οὐσίαι*. Ἀλλ' ὅμως τὰ στερεὰ διαστέλλονται πολὺ ὀλίγον, διότι εἰσὶν ἀκατάλληλα· τὰ ὑγρὰ ἀπ' ἐναντίας εἶνε ἐξαίρετοι θερμομετρικαὶ οὐσίαι καὶ τούτων γίνεται γενικῶς χρῆσις. Μεταχειρίζονται δὲ οἱ φυσικοὶ καὶ θερμόμετρα *δι' ἀέρος*, τὰ ὁποῖα εἶνε τὰ ἄριστα τῶν θερμομέτρων, διότι τὰ ἀέρια, ὡς εἴδομεν, καὶ δι' ἐλαχίστης ποσότητος θερμότητος ὑφίστανται μεγάλην διαστολήν· ἀπαιτοῦνται ὅμως ὑπολογισμοί τινες κατὰ τὴν χρῆσιν αὐτῶν, διότι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰ ἀέρια ὑπόκεινται εἰς μεταβολὰς τοῦ ὄγκου καὶ συνεπείᾳ τῆς αὐξήσεως ἢ ἐλαττώσεως τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

Ἐκ τῶν ὑγρῶν λαμβάνεται κατὰ προτίμησιν ὁ *ὑδράργυρος*, διότι παρασκευάζεται εὐκόλως χημικῶς καθαρός, διαστέλλεται κανονικῶς, πήγνυται εἰς πολὺ ταπεινὴν (-39^0) καὶ βράζει εἰς πολὺ ὑψηλὴν (350^0) θερμοκρασίαν, εἶνε σῶμα λίαν εὐθερμαγωγὸν καὶ ἑπομένως ταχέως τίθεται εἰς ἰσορροπίαν θερμοκρασίας μετὰ τοῦ μέσου, ἐν ᾧ ἐντίθεται, καὶ τέλος ἀπαιτεῖ μικρὰν ποσότητα θερμότητος, ὅπως ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ ἀνυψωθῇ αἰσθητῶς. Πρὸς τούτοις γίνεται χρῆσις καὶ τοῦ *οἰνοπνεύματος*, ἰδίως διὰ ταπεινὰς θερμοκρασίας, διότι τοῦτο διατηρεῖται ρευστὸν καὶ μέχρι θερμοκρασίας -140^0.

141. **Κατασκευὴ θερμομέτρου ὑδραργυρικοῦ.** Λαμβάνουσι σωλῆνα τριχοδιαμετρικόν, οὗτινος ἡ ἐσωτερικὴ



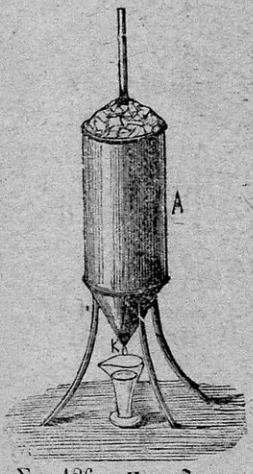
Σχ. 125.—**Πλήρωσις θερμομέτρου.**

διάμετρος εἶνε ἡ αὐτὴ πανταχοῦ καὶ ὅστις ἀπολήγει πρὸς τὸ ἕτερον ἄκρον εἰς δοχεῖον σφαιρικὸν ἢ κυλινδρικόν. Ἐκπλύνουσι καλῶς τὸν σωλῆνα διὰ ζέοντος νιτρικοῦ ὀξέος, ὅπως καταστραφῶσιν αἱ ὀργανικαὶ οὐσίαι καὶ κατόπιν πληροῦσιν ὑδραργύρου ὡς ἑξῆς: Κατασκευάζουσι διὰ τήξεως πρὸς τὸ ἀνώτατον μέρος τοῦ σωλῆνος χωνίον καὶ πληροῦσι τοῦτο ὑδραργύρου καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θέτουσι τὸ ὄργανον κεκλιμένον ἐπὶ ἐσχάρας ἀνθράκων (Σχ. 125). Διὰ τῆς θερμάνσεως ἐκδιώκεται μέρος τοῦ ἐν τῷ σωλῆνι ἀέρος καὶ τὴν θέσιν αὐτοῦ καταλαμβάνει μετὰ τὴν ψύξιν ποσότης ὑδραργύρου καταπίπτοντος στάγδην ἐντὸς τοῦ σωλῆνος· ἐπαναλαμβάνεται δὲ ἡ θέρμανσις μέχρις ἐντελοῦς πληρώσεως τοῦ σωλῆνος καὶ κατόπιν θερμαίνεται ὁ ὑδράργυρος μέχρι βρασμοῦ, ὥστε οἱ ἀναπτυσσόμενοι ἀτμοὶ νὰ συμπαρασύρωσι τὸν ἀέρα καὶ τὴν ὑγρασίαν. Ἀποσπῶσι τότε τὸ χωνίον, φέρουσι τὸ ὄργανον εἰς θερμοκρασίαν ὀλίγον ἀνωτέραν τῆς ὑψηλοτέρας θερμοκρασίας, ἣν πρόκειται νὰ δεικνύῃ, καὶ ἐξερχομένης οὕτω τῆς περισσείας τοῦ ὑδραργύρου κλείουσι διὰ τοῦ λύχνου τὸ ἄκρον τοῦ σωλῆνος.

Βαθμολόγησις τοῦ θερμομέτρου. — Ὅπως βαθμολογήσωμεν τὸ θερμόμετρον, τουτέστιν ὅπως χαράξωμεν ἐπὶ τοῦ σωλῆνος κλίμακα παριστῶσαν τοὺς διαφόρους βαθμοὺς τῆς θερμοκρασίας, πρέπει νὰ σημειώσωμεν ἐπ' αὐτοῦ δύο σημεῖα σταθερά, ἀνταποκρινόμενα εἰς δύο θερμοκρασίας *εὐκόλους νὰ παραχθῶσι κατὰ βούλησιν* καὶ πάντοτε *τὰς αὐτάς*. Ὡς πρῶτον σταθερὸν σημεῖον λαμβάνεται *ἡ θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου* καὶ ἀποτελεῖ τὸ *μηδὲν* τῆς κλίμακος, ὡς δεύτερον δὲ *ἡ θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ βράζοντος ὕδατος ὑπὸ πίεσιν* 760 *χιλιοστομέτρων* καὶ ἀποτελεῖ τὸν βαθμὸν 100 τῆς κλίμακος.



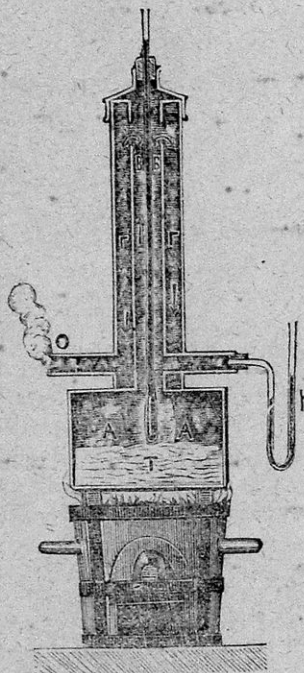
Σχ. 126.—**Προσδιορισμὸς τοῦ 0°.**

Ὅπως εὕρωμεν *τὸ μηδέν*, ἐμβαπτίζομεν τὸ θερμόμετρον ἐντὸς ἀγγείου Α πεπληρωμένου διὰ τετριμμένου πάγου ἢ χιόνος καὶ ἔχοντος διάτρητον τὸν πυθμένα, ἵνα ἐκρέῃ τὸ ἐκ τῆς τήξεως προκύπτον ὕδωρ. Ἡ στήλη τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑδραργύρου ψυχομένη κατέρχεται βαθμηδὸν καὶ μετά τινα χρόνον μένει στάσιμος· σημειοῦμεν τότε ἐπὶ τῆς ὑέλου διὰ γραφίδος τὸ σημεῖον τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου καὶ ἐξάγοντες τὸ θερμόμετρον χαράσσομεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ *μηδὲν τῆς κλίμακος*.

Πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ 100 ποιοῦμεν χρῆσιν εἰδικοῦ θερμαντῆρος, οὗτινος τομὴν κατακόρυφον παριστᾷ τὸ σχῆμα 127. Τὸ θερμόμετρον στηρίζεται ἐπὶ τοῦ καλύμματος διὰ πώματος ἐκφελλοῦ καὶ κατέρχεται ἐντὸς τοῦ θερμαντῆρος μέχρι σχεδὸν τῆς ἐπιφανείας ΑΑ τοῦ ὕδατος. Παρακειμένως φέρει ὁ θερμαντὴρ μανόμετρον μ πρὸς μέτρησιν τῆς ἐλαστικῆς τάσεως, ἣν ἔχει ὁ ἀτμὸς ἐν τῇ συσκευῇ. Τίθεται ἡ συσκευὴ ἐπὶ πυραύνου καὶ τὸ ἐν αὐτῇ ὕδωρ θερμαινόμενον ἀρχίζει νὰ βράζῃ· τότε οἱ ἀναπτυσσόμενοι ἀτμοὶ περιβάλλουσι πανταχόθεν τὸ θερμόμετρον καὶ θερμαίνουσι τὸν ὑδράργυρον, ὅστις διαστελλόμενος ἀνέρχεται μέχρι σημείου τινὸς καὶ ἐπὶ τέλους μένει στάσιμος· εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο σημειοῦμεν τὸ 100, ἐὰν κατ' ἐκείνην τὴν στιγμὴν ἡ ἀτμοσφ. πίεσις εἶνε ἴση πρὸς 760 χιλιοστόμετρα.



Σχ. 127.—Προσδιορισμὸς τοῦ 100[1].

Προσδιορισθέντων οὕτω τῶν δύο σταθερῶν σημείων, διαιρεῖται τὸ μεταξὺ αὐτῶν διάστημα εἰς 100 ἴσα μέρη, ἅτινα *βαθμοὶ* καλοῦνται, καὶ ἐπεκτείνονται αἱ διαιρέσεις ἄνωθεν τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

100 καὶ κάτωθεν τοῦ μηδενός. Τοὺς βαθμοὺς παριστῶμεν γραφικῶς δι' ἀριθμητικῶν ψηφίων φερόντων πρὸς τὰ ἄνω καὶ δεξιὰ ἐν εἴδει ἐκθέτου μικρὸν μηδενικόν (15^0, 20^0), διακρίνομεν δὲ τοὺς μὲν ἄνω τοῦ 0^0 διὰ τοῦ + καὶ καλοῦμεν αὐτοὺς *θετικούς*, τοὺς δὲ κάτωθεν τοῦ 0^0 διὰ τοῦ — καὶ καλοῦμεν αὐτοὺς ἀρνητικούς ($+15^0$, -20^0).

Σημ. Πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ 100 τὸ θερμόμετρον πρέπει νὰ ἐντίθηται ἐντὸς τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος καὶ οὐχὶ ἐντὸς αὐτοῦ τοῦ ὕδατος. Διότι ἡ θερμοκρασία τοῦ ζέοντος ὕδατος, καὶ ἀνεξαρτήτως τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, εἶνε διάφορος ἑκάστοτε ἀναλόγως τῶν περιεχομένων ἁλάτων καὶ τῆς φύσεως τοῦ ἀγγείου, ἐν ᾧ περιέχεται, μόνον δὲ ὑπὸ ὡρισμένας περιστάσεις βράζει τὸ ὕδωρ ἀκριβῶς εἰς 100^0· ἐκτὸς δὲ τούτου ἡ θερμοκρασία τοῦ ζέοντος ὕδατος εἶνε κατωτέρα κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν καὶ ἀνωτέρα πρὸς τὸν πυθμένα. Ἐν τούτοις, κατὰ τὰς ἐρεύνας τοῦ Σουηδοῦ φυσικοῦ Rudberg, οἱονδήποτε καὶ ἂν ᾖ τὸ ὕδωρ καὶ ἡ φύσις τοῦ ἀγγείου, οἱ ἀτμοὶ τοῦ βράζοντος ὕδατος ἔχουσι θερμοκρασίαν 100^0, ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις εἶνε 760 χιλιοστομέτρων.

Προκειμένου δὲ περὶ τῆς πιέσεως, ἐὰν αὕτη διαφέρῃ τῶν 760 χιλιοστομέτρων, τότε καὶ ἡ θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν διαφέρει ἐπίσης καὶ ἑπομένως τὸ σημεῖον ἔνθα σταματᾷ ὁ ὑδράργυρος δὲν παριστᾷ ἀκριβῶς τὸ 100^0. Εὑρίσκομεν δὲ τότε τὴν διαφορὰν τῆς θερμοκρασίας, λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν ὅτι εἰς διαφορὰν 27 περίπου χιλιοστομέτρων βαρομετρ. ὕψους ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ 1 βαθμοῦ θερμοκρασίας. Ἐὰν λ.χ. κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ πειράματος τὸ βαρόμετρον δεικνύει 733 (760—27), τότε ἡ θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν εἶνε 99^0 (100—1) καὶ συνεπῶς εἰς τὸ σημεῖον, ἔνθα θὰ σταματήσῃ ὁ ὑδράργυρος τότε, θὰ σημειωθῇ 99^0.

142. **Διάφοροι θερμομετρικαὶ κλίμακες.** Τὸ ὡς ἀνωτέρω βαθμολογούμενον θερμόμετρον καὶ περιλαμβάνον μεταξὺ τῶν δύο σταθερῶν σημείων 100 βαθμοὺς καλεῖται *ἑκατονταβάθμιον* ἢ τοῦ Κελσίου, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ παραδεχθέντος τὴν τοιαύτην βαθμολογίαν Σουηδοῦ φυσικοῦ Celsius. Ἀλλὰ τὸ 1731 ἐγένετο ὑπὸ τοῦ Γάλλου φυσικοῦ Réaumur καὶ ἑτέρα βαθμολογία, καθ' ἣν τὸ μεταξὺ τῶν αὐτῶν δύο σταθερῶν σημείων διάστημα διαιρεῖται εἰς 80 βαθμούς. Ἐκτὸς δὲ τούτων ἔχομεν καὶ τὴν θερμομετρικὴν κλίμακα τοῦ Fahren-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

heit, ἧς ἡ χρῆσις εἶνε διαδεδομένη ἐν Ἀγγλίᾳ, Ὁλλανδίᾳ καὶ Βορείῳ Ἀμερικῇ· εἰς ταύτην τὸ 0^0 ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ψῦχος τὸ παραγόμενον δι' ἀναμίξεως ἴσων βαρῶν ἀμμωνιακοῦ ἅλατος καὶ τετριμμένου πάγου, τὸ δ' ἀνώτερον σταθερὸν σημεῖον εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ζέοντος ὕδατος, διαιρεῖται δὲ τὸ μεταξὺ διάστημα εἰς 212 βαθμούς. Ἡ θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου ἀντιστοιχεῖ εἰς 32^0 τοῦ θερμομέτρου τούτου.

Κατὰ ταῦτα 100^0 Κ ἰσοδυναμοῦσι πρὸς 180^0 Φ (212—32), ὥστε 1^0 Κ ἰσοδυναμεῖ πρὸς $\frac{180}{100}$ ἢ $\frac{9}{5}$ τοῦ βαθμοῦ τοῦ Φ καὶ ἀντιστρόφως 1^0 Φ ἰσοδυναμεῖ πρὸς $\frac{5}{9}$ ἑνὸς βαθμοῦ Κ. Τρέπομεν λοιπὸν βαθμοὺς Φ εἰς βαθμοὺς Κ, ἐὰν ἀφαιρέσωμεν ἀπ' αὐτῶν 32 καὶ τὸ ὑπόλοιπον πολλαπλασιάσωμεν ἐπὶ $\frac{5}{9}$. Βαθμοὺς δὲ Κ εἰς βαθμοὺς Φ, ἐὰν πολλαπλασιάσωμεν ἐπὶ $\frac{9}{5}$ καὶ εἰς τὸ γινόμενον προσθέσωμεν 32.

Προκειμένου δὲ περὶ μετατροπῆς βαθμῶν Ρ εἰς ἑκατονταδικοὺς καὶ τἀνάπαλιν, εὑρίσκομεν ὅτι 1^0 Κ ἰσοδυναμεῖ πρὸς $\frac{80}{100}$ ἢ $\frac{4}{5}$ τοῦ 1^0 Ρ, καὶ ἀντιστρόφως 1^0 Ρ, ἰσοδυναμεῖ πρὸς $\frac{100}{80}$ ἢ $\frac{5}{4}$ τοῦ 1^0 Κ. Συνεπῶς πρὸς μετατροπὴν τῶν Κελσιακῶν εἰς Ρ πολλαπλασιάζομεν ἐπὶ $\frac{4}{5}$, πρὸς μετατροπὴν δὲ τῶν βαθμῶν Ρ εἰς Κελσιακοὺς πολλαπλασιάζομεν ἐπὶ $\frac{5}{4}$.

143. **Μετάπτωσις τοῦ μηδενικοῦ.** Μεθ' ὅσης ἐπιμελείας καὶ ἂν κατασκευασθῶσι τὰ θερμόμετρα, ὑπόκεινται εἰς αἰτίαν λάθους, ἣν πρέπει νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν. Προϊόντος τοῦ χρόνου τὸ μηδὲν ἀνέρχεται, τουτέστιν, ἐὰν ἐντεθῇ τὸ θερμόμετρον ἐν τηκομένῳ πάγῳ, ὁ ὑδράργυρος δὲν κατέρχεται μέχρι τοῦ 0^0, ἀλλ' ἵσταται εἰς ἀνώτερον σημεῖον· φθάνει δ' ἐνίοτε ἡ μετάπτωσις αὕτη καὶ μέχρι 2 βαθμῶν.

Ἐξηγοῦσι τοῦτο παραδεχόμενοι ὅτι τὸ ὑέλινον δοχεῖον, μετὰ τὴν ἰσχυρὰν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θέρμανσιν κατὰ τὴν πλήρωσιν τοῦ θερμομέτρου, ψύχεται ἀποτόμως καὶ δὲν συστέλλεται ἐπαρκῶς· προϊόντος δὲ τοῦ χρόνου ὑφίσταται βραδεῖαν συστολήν, συνεπείᾳ τῆς ὁποίας ἡ χωρητικότης τοῦ δοχείου ἐλαττοῦται. Δέον ὅθεν, ὁσάκις πρόκειται νὰ προσδιορίσωμεν θερμοκρασίαν τινὰ μετ' ἀκριβείας, νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὴν θέσιν τοῦ 0° θέτοντες αὐτὸ ἐντὸς τηκομένου πάγου.

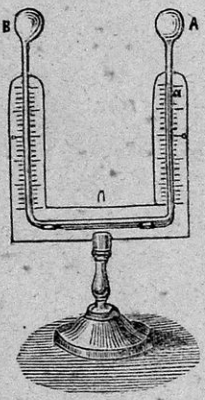
144. **Οἰνοπνευματικὸν θερμόμετρον.** Τὸ θερμόμετρον τοῦτο, πεπληρωμένον δι' οἰνοπνεύματος κεχρωματισμένου, χρησιμεύει πρὸς καταμέτρησιν λίαν ταπεινῶν θερμοκρασιῶν, καθ' ὅσον τὸ οἰνόπνευμα διατηρεῖται ρευστὸν καὶ μέχρι — 140°, ἐνῶ ὁ ὑδράργυρος πήγνυται εἰς —39°. Ἐπειδὴ τὸ οἰνόπνευμα διαστέλλεται ἑπτάκις περίπου περισσότερον ἢ ὁ ὑδράργυρος, δὲν εἶνε ἀνάγκη πρὸς κατασκευὴν αὐτοῦ νὰ γίνηται χρῆσις τριχοδιαμετρικοῦ σωλῆνος. Καὶ ἐν τῷ θερμομέτρῳ τούτῳ τὸ 0° σημαίνει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ τηκομένου πάγου, ἐπειδὴ ὅμως τὸ οἰνόπνευμα βράζει εἰς 79° περίπου, δὲν δυνάμεθα νὰ μεταχειρισθῶμεν δι' αὐτὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ζέοντος ὕδατος ὡς τὸ ἀνώτερον σταθερὸν σημεῖον. Βαθμολογεῖται δὲ μέχρι τοῦ 79° μόνον καὶ παραβολικῶς πρός τι ὑδραργυρικόν, τιθεμένων ἀμφοτέρων ἐν λουτρῷ, οὗτινος ἡ θερμοκρασία βαθμηδὸν αὐξάνεται.

145. **Διαφορικὸν θερμόμετρον Leslie.** Ὁ Leslie κατεσκεύασε πρῶτος θερμόμετρον προωρισμένον νὰ καταδεικνύῃ τὴν διαφορὰν τῶν θερμοκρασιῶν δύο γειτνιαζόντων σημείων. Σύγκειται τοῦτο (Σχ. 128) ἐκ σιφωνοειδοῦς σωλῆνος μὲ ἰσομήκεις βραχίονας ἀπολήγοντας πρὸς τὰ ἄνω εἰς δύο σφαίρας Α καὶ Β ἰσομεγέθεις καὶ πλήρεις ἀέρος. Ὁ σωλὴν περιέχει ποσότητα θειϊκοῦ ὀξέος κεχρωματισμένου, ἐπαρκῆ ὥστε νὰ πληροῖ τὸν ὁριζόντιον βραχίονα καὶ τὸ ἥμισυ σχεδὸν τῶν δύο κατακορύφων βραχιόνων.

Πρὸς βαθμολόγησιν αὐτοῦ κάμνομεν ὥστε νὰ ἐξέλθῃ ἀὴρ ἐκ τῆς Α πρὸς τὴν Β ἢ τἀνάπαλιν, ἵνα, ὅταν αἱ δύο σφαῖραι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

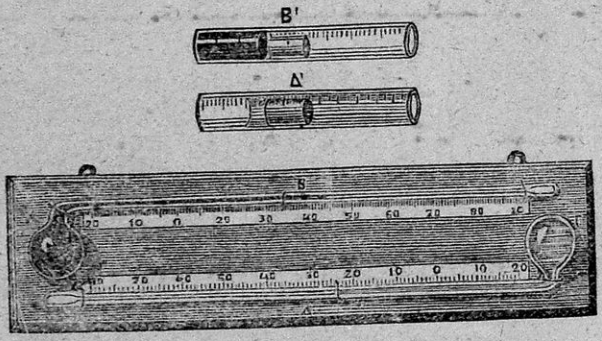
ἔχωσι τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ ἐν ἀμφοτέροις τοῖς βραχίοσιν εὑρίσκηται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον καὶ σημειοῦμεν τὸ μηδὲν εἰς τὰ δύο ἀπέναντι σημεῖα. Ἀκολούθως αὐξάνομεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς σφαίρας Α κατὰ 10 βαθμούς, τότε δ' ὁ ἀὴρ αὐτῆς διαστελλόμενος καταβιβάζει τὴν στήλην ἐκ τοῦ βραχίονος Α, ἀναβιβάζει δ' αὐτὴν ἐκ τοῦ Β εἰς τὰ νέα σημεῖα, ἔνθα ἵσταται τὸ ὑγρόν, σημειοῦμεν 10. Ἐπεκτείνονται δ' εἶτα αἱ διαιρέσεις ὑπεράνω καὶ κάτω τοῦ μηδενὸς καθ' ὅλον τὸ μῆκος τῶν βραχιόνων.



Σχ. 128.—Διαφορικὸν θερμόμετρον Leslie.

Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηριζόμενον καὶ παρόμοιον περίπου κατὰ τὴν κατασκευὴν εἶνε καὶ τὸ καλούμενον *θερμοσκόπιον τοῦ Rumford*.

146. **Θερμόμετρον μεγίστου καὶ ἐλαχίστου.** Χρησιμεύουσι ταῦτα, ἵνα καταδεικνύωσι τὴν μεγίστην καὶ



Σχ. 129.—**Θερμόμετρον μεγίστου καὶ ἐλαχίστου.**

ἐλαχίστην θερμοκρασίαν χώρου τινὸς ἐν ὡρισμένῳ τινὶ χρόνῳ.

Στηρίζονται καὶ τὰ δύο ἐπὶ σανίδος, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

(129). Τὸ ΑΒ εἶνε ὑδραργυρικὸν καὶ ἐμπεριέχει μικρὸν σιδηροῦν δείκτην διολισθαίνοντα κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος (φαίνεται ὑπὸ μεγέθυνσιν εἰς Β'.) Ἐφ' ὅσον ὁ ὑδράργυρος διαστέλλεται, ὠθεῖ τὸν δείκτην πρὸς τὰ πρόσω, ὅταν δ' ἀρχίσῃ νὰ ψύχηται καὶ νὰ συστέλληται, ἀφίνει τὸν κύλινδρον ἐκεῖ ἔνθα ὤθησεν αὐτὸν κατὰ τὴν μεγίστην θερμοκρασίαν, διότι δὲν ὑπάρχει συνάφεια μεταξὺ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ σιδήρου. Τὸ σημεῖον, ἔνθα ἵσταται ὁ δείκτης, φανερώνει τὴν μεγίστην θερμοκρασίαν κατὰ τὸν δεδομένον χρόνον.

Τὸ ἕτερον ΓΔ εἶνε οἰνοπνευματικόν, φέρει δὲ δείκτην ὑέλινον Δ', κεχρωματισμένον. Ὅταν τὸ οἰνόπνευμα διαστέλληται, ὑπερβαίνει τὸν δείκτην χωρὶς νὰ μετατοπίσῃ αὐτόν· ὅταν ὅμως, τῆς θερμοκρασίας ἐλαττουμένης, συστέλληται, συμπαρασύρει πρὸς τὰ ὀπίσω καὶ τὸν δείκτην μέχρι τοῦ κατωτάτου σημείου τῆς συστολῆς, διότι ὑπάρχει συνάφεια μεταξὺ αὐτῶν. Τὸ σημεῖον, εἰς ὃ σταματᾷ ὁ δείκτης, δεικνύει προφανῶς τὴν ἐλαχίστην θερμοκρασίαν κατὰ τὸν δεδομένον χρόνον.

147. **Πυρόμετρα.** Προκειμένου περὶ καταμετρήσεως ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν γίνεται χρῆσις τῶν καλουμένων *πυρομέτρων*. Τὰ μᾶλλον ἐν χρήσει τοιαῦτα, τὸ τοῦ Bedgwood καὶ τὸ τοῦ Brongniard χρησιμεύουσι συνήθως πρὸς διάγνωσιν, ἂν χῶρός τις ἐθερμάνθη μέχρι τῆς ἀπαιτουμένης θερμοκρασίας, ὡς ἐν τῇ κεραμεικῇ καὶ ἐν τῇ ὑελουργίᾳ. Τὰ ὄργανα ταῦτα οὐδεμίαν παρέχουσιν ἀκρίβειαν οὔτε δύνανται νὰ συγκριθῶσι πρὸς ἄλληλα.

Τὸ ἄριστον πυρόμετρον ὡς καὶ θερμόμετρον εἶνε τὸ ἀερικόν. Ταῦτα καὶ λίαν εὐαίσθητά εἰσιν ἕνεκα τῆς μεγάλης διαστολῆς τῶν ἀερίων καὶ διὰ τῆς ἐλαχίστης θερμότητος καὶ μεγίστην παρέχουσιν ἀκρίβειαν. Διὸ χρῆσις τούτων γίνεται ἰδίως δι' ἐπιστημονικὰς παρατηρήσεις.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Ι. ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

148. **Γραμμικὴ καὶ κυβικὴ διαστολή, συντελεστὴς τῆς διαστολῆς.** Διεκρίναμεν ἐν τῷ προηγουμένῳ κεφαλαίῳ δύο εἴδη διαστολῆς τῶν στερεῶν (139), *γραμμικὴν ἢ κατὰ μῆκος καὶ κυβικὴν ἢ κατ' ὄγκον* διαστολήν.

Καλεῖται *συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς* ἡ ἐπιμήκυνσις, ἣν ὑφίσταται ἡ μονὰς τοῦ μήκους σώματός τινος, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ αὐξάνηται ἀπὸ 0^0 εἰς 1^0· *συντελεστὴς δὲ τῆς κυβικῆς διαστολῆς* ἡ κατ' ὄγκον ἐπαύξησις, ἣν ὑφίσταται ὑπὸ τὰς αὐτὰς περιστάσεις ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος. Οἱ συντελεσταὶ οὗτοι εἶνε διάφοροι ἀπὸ ἑνὸς εἰς ἕτερον σῶμα· δι' ἓν δὲ καὶ τὸ αὐτὸ σῶμα *ὁ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς εἶνε τριπλάσιος τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.* Ἐὰν καλέσωμεν δ τὸν συντελεστὴν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς σώματός τινος, ὁ τῆς κυβικῆς θὰ εἶνε 3δ, ὅπερ σημειοῦμεν διὰ τοῦ Δ.

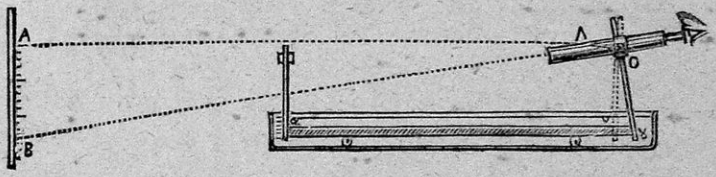
149. **Εὕρεσις τῶν συντελεστῶν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.** Πολλοὶ ἐκ τῶν φυσικῶν κατέγιναν εἰς τὴν εὕρεσιν τῶν συντελεστῶν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τῶν διαφόρων σωμάτων. Θὰ περιγράψωμεν ἐνταῦθα τὴν μέθοδον, ἣν μετεχειρίσθησαν ὁ Laplace καὶ Lavoisier (1782).

Ἡ πρὸς τοῦτο συσκευὴ (Σχ. 130) συνίσταται ἐκ σκάφης ἐπιμήκους, ἐντὸς τῆς ὁποίας τίθεται ράβδος αγ δύο μέτρων μήκους ἐκ τοῦ σώματος, οὗτινος ζητεῖται ὁ συντελεστὴς τῆς γραμ. διαστολῆς. Τὸ ἓν ἄκρον α τῆς ράβδου στηρίζεται ἀκλονήτως πρὸς ὑέλινον στέλεχος, τὸ δ' ἕτερον δύναται νὰ διασταλῇ ἐλευ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ςέρως, ἅπτεται δὲ τοῦ κατακορύφου ὑελίνου στελέχους νο, τὸ ὁποῖον εἶνε συνδεδεμένον μεθ' ὁριζοντίου χαλυβδίνου ἄξονος φέροντος διόπτραν Λ· ἡ διόπτρα μετὰ τοῦ στελέχους ον σχηματίζουσιν ὀρθὴν γωνίαν. Πρὸς τ' ἀριστερὰ τῆς συσκευῆς εἰς ἀπόστασιν 200 μέτρων ὀρθοῦται κατακορύφως κανὼν ΑΒ φέρων κλίμακα.

Τίθενται κατὰ πρῶτον συντρίμματα πάγου ἐν τῇ σκάφῃ, ὥστε νὰ ψυχθῇ ἡ ῥάβδος αγ εἰς 0°· κατόπιν, ἐνῷ τὸ ἐλεύθερον ἄκρον αὐτῆς ἅπτεται τοῦ στελέχους ον, ἡ δὲ διόπτρα Λ ἔχει ὁριζοντίαν διεύθυνσιν, παρατηροῦμεν ποίαν διαίρεσιν τοῦ κανόνος δεικνύει τὸ σταυρόνημα τῆς διοπτρας, καὶ ἔστω αὕτη



Σχ. 130.—Εὕρεσις τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμ. διαστολῆς.

ἡ Α. Μετὰ τοῦτο ἀφαιροῦμεν τὸν πάγον, θέτομεν ἔλαιον καὶ θερμαίνομεν αὐτὸ εἰς θερμοκρασίαν θ· τότε ἡ ῥάβδος ἐπιμηκυνομένη θ' ἀπωθήσῃ τὸ κάτω ἄκρον τοῦ στελέχους μέχρι σημείου τινὸς γ, ἀλλὰ συγχρόνως ἡ διόπτρα θὰ κλίνῃ καὶ τὸ σταυρόνημα θὰ δείξῃ νέαν τινὰ διαίρεσιν τοῦ κανόνος, τὴν Β. Γνωρίζοντες ἤδη τὸ μῆκος τῆς ῥάβδου αγ, τὴν θερμοκρασίαν θ, μετροῦντες δ' ἀκριβῶς καὶ τὸ μῆκος ΑΒ, εὑρίσκομεν τὸν συντελεστὴν τῆς διαστολῆς ὡς ἑξῆς.

Ἐκ τῆς ὁμοιότητος τῶν τριγώνων νογ καὶ ΑΟΒ ἔχομεν

$$\text{νγ} : \text{νο} = \text{ΑΒ} : \text{Αο}, \text{ ἐξ οὗ } \text{νγ} = \frac{\text{ΑΒ} \times \text{νο}}{\text{Αο}} \text{ ἢ } \text{νγ} = \text{ΑΒ}\frac{\text{νο}}{\text{Αο}} \quad (1).$$

Ἔχομεν δ' ἐκ τῶν προτέρων προσδιωρισμένην τὴν σχέσιν $\frac{\text{νο}}{\text{Αο}}$ ἴσην πρὸς $\frac{1}{744}$ καὶ ἑπομένως $\text{νγ} = \frac{\text{ΑΒ}}{744}$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὥστε ἡ ὅλη ἐπιμήκυνσις νγ τῆς ῥάβδου εὑρίσκεται διαιρουμένου τοῦ μήκους ΑΒ διὰ τοῦ 744, ἔστω δ' αὕτη α. Ἡ ἐπιμήκυνσις αὕτη α διαιρουμένη διὰ τοῦ μήκους τῆς ῥάβδου μ ἐπὶ τὴν θερμοκρασίαν θ δίδει τὸν ζητούμενον συντελεστὴν τῆς γραμμ. διαστολῆς $\delta = \frac{\alpha}{\mu \times \theta}$.

Ἐκ τῶν διαφόρων πειραμάτων ἐπὶ τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν ἐξάγεται ὅτι:

1) Ὁ συντελεστὴς τῆς ὕέλου καὶ τῶν μετάλλων εἶνε αἰσθητῶς σταθερός μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0.

2) Ἄνω τῶν 100^0 ὁ συντελεστὴς τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων τούτων αὐξάνεται αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας. Εἰς τὸν χάλυβα φαίνεται ὅτι ὁ συντελεστὴς αὐτοῦ ἐλαττοῦται αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας.

3) Τὰ πλεῖστα τῶν στερεῶν σωμάτων, ἀφοῦ διὰ τῆς θερμάνσεως διασταλῶσι, συστέλλονται ἀκολούθως ψυχόμενα καὶ ἀναλαμβάνουσι τὸν ἀρχικὸν αὐτῶν ὄγκον. Τινὰ ὅμως παρουσιάζουσιν ἐξαίρεσιν τοῦ κανόνος, μεταξὺ δ' ἄλλων ὁ ψευδάργυρος καὶ ἡ ὕελος. Συνέπειαν τοῦ φαινομένου τούτου εἴδομεν ἤδη ἐν τῇ μεταπτώσει τοῦ μηδενὸς τοῦ θερμομέτρου.

Πίναξ συντελεστῶν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0.

Ψευδάργυρος	ἀπὸ 0^{μ}, 0000294	μέχρι	0^{μ}, 0000341
Μόλυβδος	278		288
Κασσίτερος	194	—	228
Ἄργυρος	191	—	208
Ὀρείχαλκος	182	—	191
Ἐρυθρὸς χαλκός	170	—	172
Χρυσός	147	—	155
Σίδηρος	116	—	144
Χάλυψ	117	—	119
Χυτοσίδηρος	098	—	112
Λευκόχρυσος	086	—	088

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πάγος.....	ἀπὸ 0ᵏ,0000513	μέχρι	0ᵏ,0000528
Ὕελος λευκή	077	—	092
Λίθοι τῆς οἰκοδομῆς.....	043	—	090
Μάρμαρον	042	—	057
Ξύλον ἐλάτης.....	035	—	050

Σημ. Ἐκ τούτων εὑρίσκομεν ἀμέσως τὸν συντελεστὴν Δ τῆς κυβικῆς διαστολῆς πολλαπλασιάζοντες ἐπὶ 3.

150. **Τύποι σχετικοὶ πρὸς τὴν διαστολὴν τῶν σωμάτων.** — 1ον Ἔστω Μ τὸ μῆκος ράβδου τινὸς εἰς 0⁰ καὶ Μ′ τὸ μῆκος αὐτῆς εἰς θερμοκρασίαν θ, καὶ δ ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμ. διαστολῆς αὐτῆς. Εὑρίσκομεν τὸ Μ′, γνωστῶν ὄντων τῶν Μ, θ καὶ δ, σκεπτόμενοι ὡς ἑξῆς: Ράβδος 1 μέτρου θερμαινομένη ἀπὸ 0⁰ εἰς 1⁰ αὐξάνεται κατὰ δ, θερμαινομένη δὲ ἀπὸ 0⁰ εἰς θ αὐξάνεται κατὰ ποσότητα δθ· ἐὰν δ' ἡ ράβδος εἶνε Μ μέτρων, ἡ αὔξησις θὰ εἶνε Μδθ· Συνεπῶς τὸ ὅλον μῆκος Μ′ ράβδου, ἥτις εἰς 0⁰ ἦτο Μ μέτρων, θὰ εἶνε εἰς θ βαθμούς

$$M' = M + M\delta\theta \text{ ἢ } M' = M(1+\delta\theta) \quad (1).$$

Ἐὰν δὲ τὸ Μ′ εἶνε γνωστὸν καὶ ζητῆται τὸ Μ ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας, τότε ὁ τύπος γίνεται

$$M = \frac{M'}{(1+\delta\theta)} \quad (2),$$

ἐξ οὗ βλέπομεν ὅτι, διὰ νὰ εὕρωμεν τὸ μῆκος, ὅπερ θὰ ἔχῃ ράβδος τις, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῆς ὑψῶται κατὰ θ βαθμούς, (γνωστοῦ ὄντος τοῦ συντελεστοῦ τῆς διαστολῆς), πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμεν τὸ ἀρχικὸν αὐτῆς μῆκος ἐπὶ 1+δθ· τἀνάπαλιν δ' ἀνάγομεν τὸ μῆκος τῆς θερμοκρασίαν θ βαθμῶν ἐχούσης ράβδου εἰς τὸ μῆκος, ὅπερ θὰ ἔχῃ εἰς 0⁰, διαιροῦντες διὰ 1+δθ. Τὸ διώνυμον τοῦτο 1+δθ καλεῖται διώνυμον τῆς διαστολῆς.

—2ον Ἐπίσης δὲ διὰ τοῦ αὐτοῦ τύπου εὑρίσκεται καὶ ὁ ὄγκος Ο′ εἰς θερμοκρασίαν θ, γνωστοῦ ὄντος τοῦ Ο εἰς 0⁰ καὶ τανάπαλιν. Ἐνταῦθα ὅμως, ἐν τῷ διωνύμῳ τῆς διαστολῆς ἀντικαθίσταται τὸ δ διὰ τοῦ 3δ ἢ Δ· ὥστε ἔχομεν

$$O' = O(1+\Delta\theta) \quad (3),$$

καὶ

$$O = \frac{O'}{1+\Delta\theta} \quad (4).$$

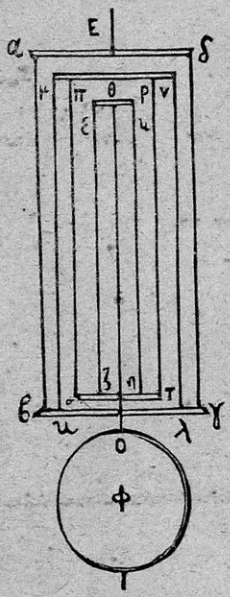
Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου (3) δυνάμεθα νὰ πορισθῶμεν καὶ ἕτερον, ὅστις ἐκφράζει τὴν σχέσιν, ἥτις ὑπάρχει μεταξὺ τοῦ εἰδικοῦ βάρους Ε σώματός τινος εἰς 0⁰ καὶ τοῦ εἰδικοῦ βάρους Ε′ τοῦ αὐτοῦ σώματος εἰς θερμοκρασίαν θ. Ὁ τύπος οὗτος εἶνε

$$E' = \frac{E}{1+\Delta\theta} \quad (5), \text{ ἐξ οὗ } E = E'(1+\Delta\theta) \quad (6).$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

151. **Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν.** Τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν συχνότατα γίνεται ἐφαρμογὴ ἐν τῷ πρακτικῷ βίῳ, ταῖς τέχναις καὶ τῇ βιομηχανίᾳ.

Ἐκκρεμῆ σταθεροῦ μήκους. Εἰς τὰ ὡρολόγια, ὧν ἡ κίνησις κανονίζεται δι' ἐκκρεμοῦς, πρέπει τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς νὰ εἶνε σταθερόν, ἵνα ἡ πορεία τοῦ ὡρολογίου ᾖ κανονική. Ἀλλ' ὅταν ἡ ῥάβδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶνε ἐκ μετάλλου, ἐπιμηκύνεται μὲν τὸ θέρος, ἐπιβραχύνεται δὲ τὸν χειμῶνα καὶ συνεπῶς τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς μεταβάλλεται καὶ τὸ ὡρολόγιον βραδυπορεῖ ἢ ταχυπορεῖ. Πρὸς ἀποφυγὴν τούτου, ἐφαρμόζοντες τὴν διαστολὴν τῶν στερεῶν, κατασκευάζουσιν ἐκκρεμῆ σταθεροῦ μήκους. Τὸ σχῆμα (131) παριστᾷ τὸ ἐκκρεμὲς τοῦ Leroy, ὅπερ εἶνε κατεσκευασμένον ἐκ ῥάβδων χαλκίνων καὶ σιδηρῶν. Εἶνε τοποθετημέναι οὕτως ὥστε αἱ μὲν νὰ διαστέλλωνται πρὸς τὰ ἄνω μόνον, αἱ δὲ πρὸς τὰ κάτω· πρὸς δὲ καὶ τὸ μῆκος τῶν μὲν καὶ τῶν δὲ εἶνε ὑπολογισμένον οὕτως ὥστε ἡ διαστολὴ τῶν χαλκίνων ῥάβδων ἐν συνόλῳ νὰ ἐξουδετεροῖ τὴν διαστολὴν τῶν σιδηρῶν καὶ οὕτω τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς νὰ μένῃ σταθερόν.



Σχ. 131.—Ἐκκρεμὲς Leroy.

— Τὴν διαστολὴν μεταλλικῶν ῥάβδων δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν, ὅπως ἐπιφέρωμεν μεγάλας πιέσεις. Ῥάβδος μεταλικὴ τομῆς 1□ ἑκατοστομέτρου καὶ μήκους $8^{μ},4$ εἰς 0^{0}, θερμαινομένη εἰς 10^{0}, ἐπιμηκύνεται κατὰ 1 χιλιοστόμετρον· ὅπως ἐμποδισθῇ δ' ἡ ἐπιμήκυνσις αὐτῆς, πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ ἀντίῤῥοπος δύναμις 250 χιλιογράμμων περίπου· ὥστε,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐὰν ἐνσφηνωθῇ ἡ τοιαύτη ράβδος μεταξὺ δύο παραλλήλων τοίχων καὶ θερμανθῇ ὡς ἀνωτέρω, θὰ ὠθήσῃ αὐτοὺς μὲ δύναμιν 250 χιλιογρ. περίπου. Ὁ Γάλλος μηχανικὸς Molard μετεχειρίσθη τὴν οὕτως ἀναπτυσσομένην διασταλτικὴν δύναμιν τῶν σιδηρῶν ράβδων καὶ ἀνήγειρε δύο παραλλήλους τοίχους ὑποστηρίζοντας κυλινδρικὸν θόλον, οἵτινες εἶχον ἀποκλίνει τῆς κατακορυφου.

— Μεταξὺ τῶν διαδοχικῶν ράβδων τοῦ σιδηροδρόμου ἀφίνουσι κενὸν διάστημα, ὅπως διαστέλλωνται ἐλευθέρως κατὰ τὸ θέρος.

— Οἱ ἀμαξοποιοί, θέλοντες νὰ προσαρμόσωσιν ἀκριβῶς τὴν σιδηρᾶν στεφάνην περὶ τὸν ξύλινον τροχόν, κατασκευάζουσιν αὐτὴν ὀλίγον τι μικροτέρας διαμέτρου τοῦ τροχοῦ· θερμαινομένη ἡ στεφάνη διαστέλλεται καὶ εἰσχωρεῖ εἰς αὐτὴν ὁ τροχός, μετὰ δὲ τὴν ψύξιν συστελλομένη περισφίγγει αὐτὸν καὶ ἐφαρμόζεται στερεῶς.

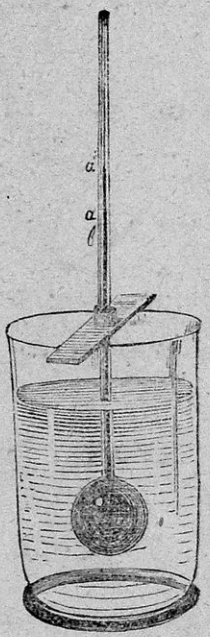
II. ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

152. **Φαινομένη καὶ ἀπόλυτος διαστολὴ τῶν ὑγρῶν.** Ἐν τοῖς ὑγροῖς δὲν ἔχομεν νὰ θεωρήσωμεν παρὰ μόνον τὴν κυβικὴν διαστολήν· ἔχομεν ὅμως νὰ διακρίνωμεν ἐνταῦθα *ἀπόλυτον καὶ φαινομένην* διαστολὴν τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν λάβωμεν ἀγγεῖον ὑέλινον ἀπολῆγον πρὸς τὰ ἄνω εἰς σωλῆνα (Ἴδε σχ. 123) καὶ θερμάνωμεν, θὰ ἴδωμεν μετ' ὀλίγον τὸ ὑγρὸν ἀνερχόμενον εἰς τὸν σωλῆνα συνεπείᾳ τῆς διαστολῆς· ἀλλ' ἡ αὔξησις αὕτη, ἣν παρατηροῦμεν εἰς τὸν σωλῆνα, εἶνε ἡ *φαινομένη* καὶ οὐχὶ ἡ πραγματική, διότι μετὰ τοῦ ὑγροῦ συνθερμαίνεται καὶ τὸ ἀγγεῖον καὶ αὐξάνεται ἡ χωρητικότης αὐτοῦ, ὥστε περιλαμβάνει μέρος τοῦ διαστελλομένου ὑγροῦ. Καλοῦμεν λοιπὸν *φαινομένην διαστολήν*, τὴν φαινομένην ἐπαύξησιν, ἣν ὑφίσταται ὑγρὸν περιεχόμενον ἔν τινι ἀγγείῳ διαστελλομένῳ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὀλιγώτερον τοῦ ὑγροῦ· *ἀπόλυτον δὲ διαστολήν*, ὁλόκληρον τὴν πραγματικὴν διαστολήν, ἣν ὑφίσταται ὁ ὄγκος τοῦ ὑγροῦ ἀνεξαρτήτως τοῦ περιέχοντος αὐτὸ ἀγγείου.

Δυνάμεθα νὰ καταστήσωμεν αἰσθητὴν τὴν ὡς ἀνωτέρω διαστολὴν τοῦ δοχείου λαμβάνοντες σφαῖραν ὑελίνην ἀπολήγουσαν εἰς λεπτότατον σωλῆνα (Σχ. 132). Πληροῦντες ταύτην διὰ κεχρωματισμένου οἰνοπνεύματος μέχρι σημείου τινὸς α καὶ ἐμβυθίζοντες ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος, παρατηροῦμεν ὅτι ἅμα τῇ καταδύσει ἡ στήλη τοῦ οἰνοπνεύματος κατέρχεται ἐν τῷ σωλῆνι μέχρι τοῦ σημείου β· τοῦτο δέ, διότι τὸ δοχεῖον ἐθερμάνθη ἀμέσως καὶ ηὔξησεν ἡ χωρητικότης αὐτοῦ πρὶν ἢ ἡ θερμότης εἰσδύσῃ εἰς τὸ ὑγρόν, ὥστε νὰ διαστείλῃ καὶ τοῦτο. Μετ' ὀλίγον ὅμως θερμαίνεται καὶ τὸ ὑγρὸν καί, ἐπειδὴ τοῦτο διαστέλλεται περισσότερον τῆς ὑέλου, ἀνέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα, ὑπερβαίνει τὸ α καὶ φθάνει εἰς τὸ ἀ κλπ.



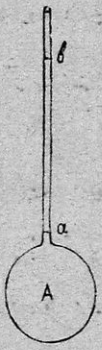
Σχ. 132.—Διαστολὴ ὑγρῶν.

Ἐκ τῶν ρηθέντων γίνεται φανερὸν ὅτι ἡ φαινομένη διαστολὴ τῶν ὑγρῶν εἶνε μικροτέρα τῆς ἀπολύτου καὶ ὅτι *ἡ ἀπόλυτος διαστολὴ ἰσοῦται* μὲ τὴν φαινομένην, αὐξηθεῖσαν κατὰ τὴν κυβικὴν διαστολὴν τοῦ περιέχοντος ἀγγείου.

153. **Συντελεστὴς τῆς φαινομένης καὶ ἀπολύτου διαστολῆς.** Εὑρίσκομεν τὸν συντελεστὴν τῆς φαινομένης διαστολῆς τῶν ὑγρῶν λαμβάνοντες σφαῖραν ὑελίνην Α ἀπολήγουσαν εἰς λεπτότατον σωλῆνα αβ (Σχ. 133). Προσδιορίζομεν κατὰ πρῶτον τὴν χωρητικότητα τῆς σφαίρας μέχρι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

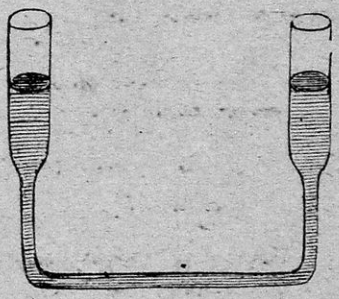
τοῦ σημείου α (ἔστω Μαῦτη) καὶ διαιροῦμεν τὸν σωλῆνα εἰς ἴσας διαιρέσεις, ἑκάστης τῶν ὁποίων προσδιορίζομεν ἐπίσης τὴν χωρητικότητα (ἔστω δὲ ὅτι ἑκάστη ἰσοῦται πρὸς 1 κυβικὸν χιλιοστόμετρον). Τὴν τοιαύτην σφαῖραν πληροῦμεν ὑγροῦ, π.χ. οἰνοπνεύματος, μέχρι τοῦ α εἰς 0^0 καὶ θερμαίνομεν εἰς θερμοκρ. θ. Τότε τὸ ὑγρὸν διαστελλόμενον θ' ἀνέλθῃ ὑπεράνω τοῦ α κατὰ μ διαιρέσεις· μ παριστᾷ τὴν φαινομένην διαστολὴν ὅλου τοῦ ἐν τῇ σφαίρᾳ ὑγροῦ. Διαιροῦντες τὸ μ διὰ Μ × θ ἔχομεν τὸν συντελεστὴν τῆς διαστολῆς τοῦ οἰνοπνεύματος περιεχομένου ἐν ἀγγείῳ ὑελίνῳ. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον εὑρίσκομεν καὶ τὸν συντελεστὴν οἱουδήποτε ἄλλου ὑγροῦ.



Σχ. 133.—Εὕρεσις συντ. διαστ. ὑγρῶν

Εἰς τὸν οὕτως εὑρισκόμενον συντελεστὴν τῆς φαινομένης διαστολῆς προσθέτοντες τὸν συντελεστὴν τῆς διαστολῆς τῆς ὑέλου ἔχομεν τὸν συντελεστὴν τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑγροῦ.

Μέθοδος Dulong καὶ Petit.— Ὁ Dulong καὶ Petit προσδιώρισαν ἀπ' εὐθείας τὸν συντελεστὴν τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου, ἀνεξαρτήτως τῆς διαστολῆς τοῦ περιέχοντος ἀγγείου. Ἡ μέθοδος αὐτῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς γνωστῆς ἀρχῆς τῆς ὑδροστατικῆς (90): *ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων ἀγγείων, τὰ ὕψη, εἰς ἃ φθάνουσι δύο ἀνισόπυκνα ὑγρὰ εὑρισκόμενα ἐν ἰσορροπίᾳ, εἶτε ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν πυκνοτήτων αὐτῶν.*



Σχ. 134.—Εὕρεσις συντελ. ἀπολύτου διαστολ. ὑδραργύρου.

Ἐὰν λάβωμεν ἀγγεῖον συγκείμενον ἐκ δύο ἴσων ὀρθῶν βρα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χιόνων (Σχ. 134) ἐνουμένων διὰ τριχοειδοῦς σωλῆνος καὶ πληρώσωμεν δι' ὑδραργύρου, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ θὰ εὑρίσκηται εἰς τοὺς βραχίονας ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Φέρωμεν ἤδη τὸν βραχίονα Α εἰς 0^0, τὸν δὲ Β εἰς 100^0· θὰ ἔχωμεν τότε δύο ἀνισόπυκνα ὑγρὰ καὶ συνεπῶς τὰ ὕψη αὐτῶν ἐν τοῖς δυσὶ βραχίοσιν δὲν θὰ εἶνε τὰ αὐτά. Ἔστω υ τὸ ὕψος καὶ π ἡ πυκνότης τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῷ Α, ὑ δὲ καὶ π′ ἐν τῷ βραχίονι Β· θὰ ἔχωμεν, κατὰ τὴν ἀνωτέρω ἀρχήν,

$$\upsilon : \acute{\upsilon} = \pi' : \pi, \quad \text{ἐξ ἧς } \upsilon \times \pi = \acute{\upsilon} \times \pi' \quad (1).$$

Γνωρίζοντες δὲ ὅτι $\pi' = \frac{\pi}{1+\Delta\theta}$ (Δ ὄντος τοῦ ἀγνώστου συντελεστοῦ τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου), ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὴν ἰσότητα (1) καὶ ἔχομεν

$$\upsilon \times \pi = \frac{\acute{\upsilon} \times \pi}{1+\Delta\theta} \quad \text{ἢ} \quad \upsilon = \frac{\acute{\upsilon}}{1+\Delta\theta} \quad (2).$$

Λύοντες τὴν ἐξίσωσιν ταύτην (2) ὡς πρὸς τὸ Δ εὑρίσκομεν

$$\Delta = \frac{\acute{\upsilon} - \upsilon}{\upsilon\theta} \quad (3).$$

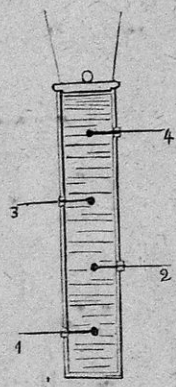
Ἐκ τοῦ τύπου τούτου (3) εὑρίσκεται ὁ συντελεστὴς Δ τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου μετρουμένων τῶν ὑψῶν ὑ καὶ υ καὶ τῆς θερμοκρασίας θ. Εὑρέθη οὕτως ὑπὸ τοῦ Dulong καὶ Petit ὅτι μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0 εἶνε ἴσος πρὸς $\frac{1}{5550}$, αὐξάνεται δὲ αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας.

Ὁ Dulong καὶ Petit εὗρον ἐπίσης διὰ τοῦ θερμομέτρου διὰ σταθμήσεως ὅτι ὁ συντελεστὴς τῆς φαινομένης διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου ἐν ὑελίνῳ δοχείῳ εἶνε $\frac{1}{6480}$.

154. **Διαστολὴ τοῦ ὕδατος.** Ἐν γένει ὅλα τὰ ὑγρὰ θερμαινόμενα αὐξάνονται βαθμηδὸν κατ' ὄγκον, ἐφ' ὅσον ἡ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θερμοκρασία αὐτῶν αὐξάνεται· τὸ ὕδωρ παρουσιάζει τὸ ἐξῆς ἐξαιρετικὸν φαινόμενον. Ἐὰν ληφθῇ ὡρισμένος ὄγκος ὕδατος εἰς 0^0 καὶ θερμανθῇ εἰς 1^0, 2^0, 3^0 μέχρι 4^0, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἀντὶ βαθμιαίας διαστολῆς ἐπέρχεται συστολὴ καὶ συμπύκνωσις αὐτοῦ μέχρι τοῦ βαθμοῦ 4^0· ἡ αὐτὴ μάζα τοῦ ὕδατος εἰς 0^0 ἔχει ὄγκον μείζονα, εἰς 1^0, 2^0, 3^0 συμπυκνοῦται καὶ λαμβάνει βαθμηδὸν μικρότερον ὄγκον καὶ εἰς τοὺς 4^0 ἔχει τὸν μικρότερον δυνατὸν ὄγκον. Ἐκεῖθεν δὲ καὶ ἄνω ἀρχίζει ἡ διαστολὴ καὶ ἐπαύξησις τοῦ ὄγκου τοῦ ὕδατος ἀναλόγως τῆς αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας, ὅπως καὶ εἰς τὰ λοιπὰ ὑγρά. *Ὥστε τὸ ὕδωρ ἔχει τὴν μεγίστην αὐτοῦ πυκνότητα εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν* 4^0.



Σχ. 135.—Μέγιστον πυκνότητος ὕδατος.

Καταδεικνύεται ἡ ἰδιότης αὕτη τοῦ ὕδατος διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος τοῦ Hope. Ἀγγεῖον κυλινδρικὸν φέρον πρὸς τὰ πλάγια 2 ἢ 4 θερμόμετρα (Σχ. 135) πληροῦται ὕδατος θερμοκρ. 10^0 ἢ 12^0 καὶ ἐκτίθεται εἰς ψύξιν. Βλέπομεν τότε ὅτι ἀρχίζει ἐν πρώτοις νὰ καταπίπτῃ ἡ θερμοκρ. τοῦ θερμομέτρου 1 καὶ φθάνει μέχρι τῶν 4^0, μετὰ τοῦτο δέ, ἐν ᾧ ἡ ψύξις ἐξακολουθεῖ, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ μένει στάσιμος εἰς 4^0, ἄρχεται δὲ καταπίπτουσα ἡ τοῦ 4 (παραλείπομεν τὰ δύο ἄλλα ἐν τῷ μεταξὺ) καὶ οὐμόνον φθάνει καὶ ἐνταῦθα μέχρι τῶν 4^0, ἀλλὰ καταβαίνει καὶ μέχρι τοῦ μηδενός. Ἐκ τούτου συμπεραίνομεν ὅτι, ἐφ' ὅσον τὸ ὕδωρ ψύχεται μέχρι 4^0, γίνεται πυκνότερον, διὸ καὶ καταπίπτει πρὸς τὸν πυθμένα τῆς συσκευῆς, ὅταν ὅμως προχωρήσῃ περαιτέρω ἡ ψύξις, διαστέλλεται τὸ ὕδωρ καὶ διὰ τοῦτο βλέπομεν αὐτὸ ἀνερχόμενον εἰς τὰ ἀνώτερα στρώματα καὶ καταβιβάζον τὴν θερμοκρασίαν τοῦ θερμομέτρου 4 μέχρι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

4^0 καὶ κατωτέρω. Λοιπὸν *εἰς* 4^0 *τὸ ὕδωρ κέκτηται τὴν μεγίστην αὐτοῦ πυκνότητα.*

Ὁ Hällström μετεχειρίσθη πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον σφαῖραν ὑελίνην, ἣν ἐζύγιζε διαδοχικῶς ἐντὸς ὕδατος διαφόρου θερμοκρασίας καὶ προσδιώριζε τὸ βάρος, ὅπερ ἔχανεν ἑκάστοτε ἡ σφαῖρα. Κατέληξε δὲ καὶ οὗτος εἰς τὸ αὐτὸ ἐξαγόμενον περὶ τῆς πυκνότητος τοῦ ὕδατος.

Ἡ ἀνώμαλος αὕτη διαστολὴ τοῦ ὕδατος ἐξηγεῖ διατὶ εἰς τὰς λίμνας καὶ τοὺς ποταμοὺς δύναται τὸ ὕδωρ νὰ ἔχῃ διαρκῶς θερμοκρασίαν 4^0 περίπου, ἐνῷ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ὑπάρχουσι πάγοι, ὡς ἐκ τούτου δὲ εἶνε δυνατὴ ἡ ἐν τῇ ζωῇ διατήρησις τῶν ἰχθύων κατὰ τὸν χειμῶνα.

Τὸ θαλάσσιον ὕδωρ παρουσιάζει ἐπίσης ἓν μέγιστον πυκνότητος ὅπως καὶ τὸ γλυκύ, ἀλλ' εἰς θερμοκρασίαν χαμηλοτέραν τῆς πήξεως αὐτοῦ ἐν τῷ ἀέρι.

155. **Ἀναγωγὴ τοῦ βαρομ. ὕψους εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ μηδενός.** Διὰ νὰ παραβληθῶσι πρὸς ἄλληλα τὰ βαρομετρικὰ ὕψη, πρέπει ν' ἀναχθῶσιν εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν (110) καὶ ὡς τοιαύτη λαμβάνεται ἡ τοῦ 0^0. Στηριζόμενοι ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω περὶ τοῦ συντελεστοῦ τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν, εὑρίσκομεν τύπον, ὅστις δεικνύει ποίαν διόρθωσιν πρέπει νὰ ἐπιφέρωμεν εἰς τὸ εὑρεθὲν ὕψος ὑπὸ θερμοκρ. θ, ὅπως ἀναχθῇ τοῦτο εἰς τὴν θερμοκρ 0^0. Ἔστω Υ' τὸ εὑρεθὲν ὕψος εἰς θερμοκρ. θ καὶ Υ τὸ εἰς 0^0, Π' δὲ καὶ Π αἱ πυκνότητες τοῦ ὑδραργύρου καὶ O' καὶ O οἱ ὄγκοι αὐτοῦ εἰς θερμοκρασίαν θ καὶ εἰς θ^0. Γνωρίζομεν ὅτι $\Upsilon : \Upsilon' = \Pi' : \Pi$ καὶ $O : O' = \Pi' : \Pi$.

Ἐκ τούτων ἔχομεν $\Upsilon : \Upsilon' = O : O'$ (1).

Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν ἰσότητα (1) ἀντὶ O' τὸ ἴσον αὐτοῦ $O(1+\Delta\theta)$ ἔχομεν $\Upsilon : \Upsilon' = O : O(1+\Delta\theta)$,

ἐξ ἧς εὑρίσκομεν ὅτι $$\Upsilon = \frac{\Upsilon'}{1+\Delta\theta} \quad (2).$$

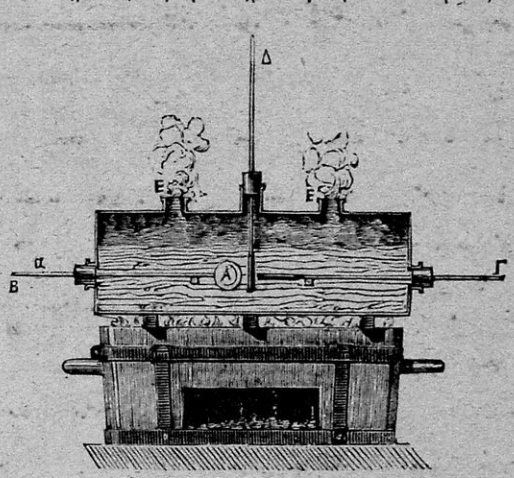
Βλέπομεν ὅθεν ὅτι πρὸς ἀναγωγὴν τοῦ Υ' εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0^0 πρέπει νὰ διαιρέσωμεν αὐτὸ διὰ τοῦ διωνύμου τῆς διαστολῆς, ἐν τῷ ὁποίῳ Δ παριστᾷ τὸν συντελεστὴν τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

III. ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

156. **Διαστολὴ ἀερίων, πειράματα Gay-Lussac καὶ Regnault.** Τὰ ἀέρια εἶνε τὰ μᾶλλον διασταλτὰ μεταξὺ πάντων τῶν σωμάτων, καὶ πρὸς τούτοις ἡ διαστολὴ αὐτῶν παρουσιάζει τὴν μεγαλειτέραν ὁμαλότητα, οἱ δὲ συντελεσταὶ τῆς διαστολῆς αὐτῶν κατ' ἐλάχιστον διαφέρουσιν ἀπ' ἀλλήλων. Μάλιστα δὲ μέχρι τινός, συνεπείᾳ τῶν πειραμάτων τοῦ Gay-Lussac ἐν Γαλλίᾳ καὶ τοῦ Dalton ἐν Ἀγγλίᾳ, παρεδέχοντο ὅτι πάντα τὰ ἀέρια ἔχουσι τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς συντελεστὴν διαστολῆς.

Ὁ Gay—Lussac ἔλαβε κοίλην ὑελίνην σφαῖραν Α ἀπολήγουσαν εἰς στενὸν καὶ μακρὸν σωλῆνα διῃρημένον εἰς ἴσας χωρητικότητας· ἐν τούτῳ μικρὸς δείκτης ἐξ ὑδραργύρου διέκοπτε τὴν συγκοινωνίαν τοῦ ἐν τῇ σφαῖρᾳ ἀερίου ἀπὸ τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος. Ἐπλήρου τὴν σφαῖραν ξηροῦ ἀέροςἢ ἄλλου ἀερίου, οὗτινος ἤθελε



Σχ. 136.—**Διαστολὴ ἀερίων.**

νὰ προσδιορίσῃ τὸν συντελεστὴν τῆς διαστολῆς, καὶ θέτων αὐτὴν ἐντὸς καταλλήλου συσκευῆς, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα (136), ἔθετε κατ' ἀρχὰς πάγον ὥστε ὁ ἀὴρ τῆς σφαίρας νὰ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0° καὶ ἐσημείου τὴν διαίρεσιν τοῦ σωλῆνος, εἰς ἣν εὑρίσκετο ὁ δείκτης. Ἀκολούθως ἔθετεν ἐν τῇ συσκευῇ ὑγρὸν, τὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁποῖον ἐθέρμαινεν εἰς διαφόρους θερμοκρασίας, ἃς ἐδείκνυον μετ' ἀκριβείας τὰ θερμόμετρα Γ καὶ Δ καὶ ἐσημείου τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου τοῦ ἀερίου. Ἔστω Ο ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου εἰς 0^0, Ο′ εἰς θ βαθμούς, α δὲ ὁ ζητούμενος συντελεστὴς τῆς διαστολῆς· θὰ ἔχωμεν

$$\alpha = \frac{O' - O}{O \times \theta}.$$

Ὁ Gay-Lussac διὰ τῶν πειραμάτων τούτων ἤχθη εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα:

1ον Πάντα τὰ ἀέρια διαστέλλονται ὁμαλῶς μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0.

2ον Πάντα τὰ ἀέρια ἔχουσι τὸν αὐτὸν συντελεστὴν διαστολῆς, ὅστις εἶνε ἴσος πρὸς 0,00375 ἢ $\frac{1}{267}$.

3ον Ἡ διαστολὴ τῶν ἀερίων εἶνε ἀνεξάρτητος τῆς ἐξωτερικῆς πιέσεως.

Εἰς τὰ αὐτὰ συμπεράσματα κατέληξε καὶ ὁ Dalton. Μεταγενέστερα ὅμως καὶ ἀκριβέστερα πειράματα, ἰδίως τοῦ Regnault, κατέδειξαν ὅτι πάντα τὰ ἀέρια δὲν ἔχουσι τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς συντελεστὴν διαστολῆς καὶ ὅτι ὁ ὑπὸ τοῦ Gay-Lussac εὑρεθεὶς συντελεστὴς εἶνε μείζων τοῦ ἀληθοῦς. Εὑρίσκεται δὲ οὗτος ἴσος πρὸς 0,003665 ἢ $\frac{1}{273}$, τὸν ὁποῖον παραδέχονται ἐν ταῖς ἐφαρμογαῖς δι' ὅλα τὰ ἀέρια, διότι αἱ διαφοραὶ μεταξὺ τῶν πραγματικῶν συντελεστῶν αὐτῶν εἶνε ἐλάχισται, ὡς δεικνύει ὁ κατωτέρω πίναξ.

Συντελεσταὶ διαστολῆς ἀερίων τινῶν μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0 ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν.

Ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ	0,003670
Ὑδρογόνον	0,003661
Ὀξείδιον τοῦ ἄνθρακος	0,003669
Ἀνθρακικὸν ὀξύ	0,003710

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πρωτοξείδιον Ἀζώτου	0,003719
Θειῶδες ὀξύ	0,003903

Σημ. 1ον Καὶ ἐν τοῖς ἀερίοις ἡ σχέσις μεταξὺ τοῦ ὄγκου ἀερίου O′ εἰς θερμοκρ. θ καὶ O εἰς 0° δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου $O' = O(1+\alpha\theta)$, ἐξ οὗ $O = \frac{O'}{1+\alpha\theta}$.

2ον Ἐπίσης καὶ περὶ τῆς σχέσεως τοῦ εἰδικοῦ βάρους E ἀερίου τινὸς εἰς 0° καὶ τοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ αὐτοῦ ἀερίου εἰς θερμοκρασίαν θ εὑρίσκομεν ὅτι

$$E' : E = 1 : (1+\alpha\theta), \text{ ἐξ οὗ } E' = \frac{E}{1+\alpha\theta}.$$

3ον Ἐὰν ἔχωμεν ὄγκον O′ ἀερίου ὑπὸ πίεσιν H καὶ θερμοκρ. θ, εὑρίσκομεν τὸν ὄγκον αὐτοῦ O εἰς θερμοκρ. 0° καὶ πίεσιν 760 χιλιοστομέτρων, διαιροῦντες ἐν πρώτοις τὸ O′ διὰ τοῦ διωνύμου τῆς διαστολῆς, ὅπως ἀναγάγωμεν τὸν εἰς θερμοκρ. θ ὄγκον O′ εἰς τὴν θερμοκρ. 0°, ἀκολούθως δὲ πολλαπλασιάζοντες ἐπὶ $\frac{H}{760}$, ὅπως ἀναγάγωμεν τὸν ὄγκον καὶ εἰς τὴν κανονικὴν πίεσιν. Ἔχομεν οὕτω τὸν τύπον $O = \frac{O'}{1+\alpha\theta} \times \frac{H}{760}$.

Διὰ τοῦ αὐτοῦ τύπου εὑρίσκομεν καὶ τὸν ὄγκον O′ εἰς θερμοκρ. θ καὶ πίεσιν H, ὅταν μᾶς δίδηται ὁ ὄγκος O εἰς θερμοκρ. 0° καὶ πίεσιν 760 χιλιοστομ.

157. **Εἰδικὸν βάρος τῶν ἀερίων.**—*Γενικὴ μέθοδος προσδιορισμοῦ αὐτοῦ.* Καλεῖται εἰδικὸν βάρος ἀερίου ὁ λόγος τοῦ βάρους ὄγκου τινὸς ἀερίου πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος (ἢ καὶ ὑδρογόνου), λαμβανομένων ἀμφοτέρων ὑπὸ πίεσιν 0ᵐ,76 καὶ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0°.

Πρὸς εὕρεσιν αὐτοῦ λαμβάνομεν σφαῖραν ὑελίνην χωρητικότητος 8—10 λιτρῶν φέρουσαν λαιμὸν μὲ στρόφιγγα. Ζυγίζομεν τὴν σφαῖραν κατ' ἀρχὰς κενὴν (κατὰ τὸ δυνατόν) ἔπειτα πλήρη ξηροῦ ἀέρος καὶ κατόπιν πλήρη ἐκ τοῦ ἀερίου ξηροῦ καὶ τούτου. Ἔχομεν οὕτω τὰ βάρη ἴσων ὄγκων ἀέρος καὶ τοῦ ἀερίου, ἐὰν δὲ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς πειραματίσεως τὸ ἀέριον καὶ ὁ ἀὴρ εὑρίσκωνται ὑπὸ πίεσιν 0ᵐ,76 καὶ εἰς 0°, δὲν ἔχομεν παρὰ νὰ διαιρέσωμεν τὸ βάρος τοῦ ἀερίου διὰ τοῦ βάρους τοῦ ἀέρος καὶ εὕρωμεν οὕτω τὸ ζητούμενον εἰδ. βάρος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐπειδὴ ὅμως αἱ συνθῆκαι αὗται δὲν δύνανται συνήθως ἢ μᾶλλον ἀδύνατον εἶνε νὰ ὑπάρχωσι κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος, διὰ τοῦτο ἐκτελοῦνται αἱ ἀπαιτούμεναι διορθώσεις, ὅπως ἀναχθῶσι τὰ βάρη τῶν δύο ἀερίων εἰς θερμοκρ. τοῦ 0^0 καὶ ὑπὸ πίεσιν $0^m,76$, πρὸς δὲ τούτοις καὶ ὁ ὄγκος τῆς σφαίρας εἰς τὴν θερμοκρ. τοῦ 0^0.

Εἰς τὸν Dumas καὶ Boussingault ὀφείλονται τὰ πρῶτα πειράματα πρὸς εὕρεσιν τῶν εἰδ. βαρῶν τῶν ἀερίων, ὁ δὲ Regnault ἐτελειοποίησε τὴν μέθοδον ἐργαζόμενος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0^0 καὶ ὑπὸ συνθήκας, αἵτινες ἀφήρουν ἐκ τοῦ μέσου τὰς πλείονας αἰτίας λάθους καὶ καθίστων οὕτως ἀνωφελεῖς τὰς διορθώσεις.

Πίναξ εἰδικῶν βαρῶν τῶν κυριωτέρων ἀερίων εἰς θερμοκρ. 0^0 καὶ ὑπὸ πίεσιν $0^m,760$ ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἀέρα.

Ἀήρ	1,0000	Ὑδρόθειον	1,1912
Ὑδρογόνον	0,0693	Ὑδροχλώριον	1,2472
Ἀμμωνία	0,5967	Πρωτοξείδιον τοῦ ἀζώτου	1,5269
Ὀξείδιον τοῦ ἄνθρακος	0,9569	Ἀνθρακικὸν ὀξύ	1,8064
Ἄζωτον	0,9714	Θειῶδες ὀξύ	2,2474
Διοξείδιον τοῦ ἀζώτου	1,0388	Χλώριον	3,4216
Ὀξυγόνον	1,1056	Ὑδροϊώδιον	4,4430

158. **Εἰδικὸν βάρος τῶν ἀερίων ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ.** Γνωρίζομεν ὅτι 1 λίτρα ἀέρος κατὰ τὰ πειράματα τοῦ Regnault ζυγίζει ἐν Παρισίοις $1^{gr},293$ ὑπὸ τὰς κανονικὰς συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, 1 λίτρα δὲ ὕδατος εἰς 4^0 ζυγίζει 1000 γραμμ., ὥστε τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ἀέρος ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ εἶνε $E = \frac{1,293}{1000} = 0,001293$. Πρὸς εὕρεσιν δὲ τοῦ εἰδ. βάρους τῶν λοιπῶν ἀερίων ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμεν ἐπὶ 0,001293 τοὺς ἀριθμοὺς τοῦ ἀνωτέρω πίνακος. Τὰ οὕτως εὑρισκόμενα γινόμενα οὐ μόνον παριστῶσι τὰ εἰδικὰ βάρη τῶν ἀερίων ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ, ἀλλὰ δίδουσι συγχρόνως εἰς χιλιόγραμμα καὶ τὸ βάρος μιᾶς λίτρας ἑκάστου ἀερίου. Π. χ. πολλαπλασιάζοντες ἐπὶ 0,001293 τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ὑδρογόνου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα (0,0693) εὑρίσκομεν 0,0000896, ὅστις ἀριθμὸς παριστᾷ τὸ εἰδ. βάρος οὐτοῦ ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ ἅμα δὲ καὶ τὸ βάρος 1 λίτρας ὑδρογόνου ὑπὸ πίεσιν $0^{\mu},76$ καὶ θερμοκρ. 0^{0} ἤτοι $0^{\chi\lambda\gamma\rho}.,0000896$ ἢ $0^{\tau\rho}.,0896$.

Ἀσκήσεις. — 1. Θερμόμετρον ἑκατοντάβαθμον δεικνύει 35^{0}. Ποία εἶνε ἡ ἀντιστοιχοῦσα θερμοκρασία εἰς βαθμοὺς Ρ. καὶ Φ.;

2. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν τοῦ ἑκατονταβάθμου ἀντιστοιχεῖ τὸ μηδὲν τοῦ Φ, εἰς ποίαν δὲ θερμοκρασίαν τὰ θερμόμετρα Κ καὶ Φ δεικνύουσι τὸν αὐτὸν βαθμόν;

3. Θερμόμετρον αὐθαιρέτου κλίμακος δεικνύει 12^{0} ἐν τῷ τηκομένῳ πάγῳ καὶ 172^{0} ἐν τῷ ἀτμῷ τοῦ βράζοντος ὕδατος. Ποῖον βαθμὸν θὰ δείξῃ τὸ θερμόμετρον τοῦτο, ὅταν τὸ τοῦ Ρ δεικνύῃ 36^{0};

4. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν τὰ δύο ταῦτα θερμόμετρα θὰ δεικνύωσι τὸν αὐτὸν βαθμόν;

5. Ζητεῖται νὰ κατασκευασθῇ θερμόμετρον ὑδραργυρικὸν Κ. λίαν εὐαίσθητον, ἐν τῷ ὁποίῳ ἕκαστος βαθμὸς νὰ καταλαμβάνῃ ἐπὶ τοῦ στελέχους μῆκος 2 ἑκατοστομέτρων. Ζητεῖται ποία πρέπει νὰ εἶνε ἡ χωρητικότης τοῦ δοχείου, διδομένου ὅτι ἡ ἐγκαρσία τομὴ τοῦ στελέχους εἶνε $\frac{1}{20}$ τοῦ □ χιλιοστομέτρου;

6. Ράβδος σιδηρᾶ ἔχει μῆκος $3^{\mu},252$ εἰς 30^{0}. Ποῖον θὰ εἶνε τὸ μῆκος αὐτῆς εἰς 80^{0} (Συντ. διαστ. τοῦ σιδήρου ἴδε πίνακα).

7. Τοῦ εἰδικοῦ βάρους τοῦ σιδήρου ὄντος 7,7 εἰς 0^{0} ποῖος θὰ εἶνε εἰς 125^{0} ὁ ὄγκος σφαίρας 2 μέτρων διαμέτρου;

8. Δύο κανόνες, ὁ εἷς σιδηροῦς ὁ δ' ἕτερος χάλκινος, ἔχουσι τὸ αὐτὸ μῆκος εἰς 100^{0}. Ποῖον θὰ εἶνε εἰς 0^{0} τὸ μῆκος τοῦ σιδηροῦ κανόνος, διδομένου ὅτι εἰς 0^{0} οἱ δύο κανόνες ἐφαρμοζόμενοι διὰ τῶν ἄκρων δίδουσιν ὁλικὸν μῆκος 2 μέτρων; (Ἴδε συντ. κυδ. διαστολῆς εἰς τὸν πίνακα).

9. Κατεμετρήθη εἰς 120^{0} τὸ μῆκος κανόνος σιδηροῦ τῇ βοηθείᾳ κανόνος χαλκίνου βεβαθμολογημένου εἰς χιλιοστόμετρα εἰς 0^{0}, εὑρέθη δ' ἴσον πρὸς 2656. Ποῖον εἶνε εἰς 0^{0} τὸ μῆκος τοῦ σιδηροῦ κανόνος;

10. Ποῖον εἶνε τὸ φαινόμενον βάρος ἐντὸς ὑδραργύρου 60^{0} σφαίρας ἐκ πλατίνης ἐχούσης εἰς 0^{0} ὄγκον 800 κυδ. ἑκατοστομέτρων;

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Συντ. κυδ. διαστ. πλατίνης		0.000026.
Εἰδ. βάρος	» εἰς 0^0	21,5
Εἰδ. βάρος ὑδραργύρου εἰς 0^0		13,597

11. Ἄγγειον ὑέλινον εἶνε πλῆρες ὑδραργύρου εἰς 0^0. Ζητεῖται πόσον βάρος ὑδραργύρου θὰ ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ ἀγγείου θερμαινομένου εἰς 80^0, ἐὰν ἡ χωρητικότης τοῦ ἀγγείου εἰς 0^0 εἶνε 32 κυδ. ἑκατοστόμετρα ;

12. Ν' ἀναχθῇ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0^0 ὕψος βαρομετρικὸν 758 χιλιοστομέτρων εἰς 22^0.

13. Ποῖον ὄγκον καταλαμβάνει μᾶζα ἀέρος εἰς θερμοκρ. 250^0, τοῦ ὄγκου αὐτῆς εἰς 30^0 ὄντος 12 λιτρῶν; (ἡ πίεσις μένει σταθερά).

14. Ἀερόσταστον μὴ ἑκτατόν, χωρητικότητος 10 λιτρῶν, περιέχει ἀνθρακικὸν ὀξὺ εἰς 0^0 ὑπὸ τὴν συνηθῆ ἀτμοσφ. πίεσιν Ἐὰν θερμανθῇ τὸ ἀερόστατον εἰς 100^0, τῆς πιέσεως μενούσης τῆς αὐτῆς, πόση ποσότης ἀερίου θὰ ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ ἀεροστάτου ;

15. Ποῖον ὄγκον θὰ καταλάβῃ ἀέριόν τι εἰς θερμοκρ. $40^0,5$ καὶ ὑπὸ πίεσιν 2 ἀτμοσφ., τοῦ ὄγκου αὐτοῦ εἰς 0^0 καὶ πίεσιν 760 ὄντος 12 λιτρῶν ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

ΤΗΞΙΣ ΚΑΙ ΠΗΞΙΣ

159. **Ὁρισμοί.** Ὅταν ἡ θερμοκρασία στερεοῦ τινος σώματος βαθμηδὸν ὑψῶται, τοῦτο διαστέλλεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἔρχεται δὲ στιγμή, καθ' ἣν τὸ σῶμα παύεται ὂν στερεὸν καὶ μετατρέπεται εἰς ὑγρόν, περαιτέρω δὲ τὸ ὑγρὸν μετατρέπεται εἰς ἀέριον. Ἡ οὕτως ἀπὸ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν μετάβασις σώματός τινος καλεῖται τῆξις, ἡ δ' ἀπὸ τῆς ὑγρᾶς εἰς τὴν ἀερώδη, ἐξαέρωσις. Ἀντιστρόφως δέ, τῆς θερμοκρασίας βαθμηδὸν ἐλαττουμένης, τὸ ἀέριον μετατρέπεται εἰς ὑγρόν, ὅπερ φαινόμενον καλεῖται ρευστοποίησις ἢ ἐκρεύστωσις, τὸ δὲ ὑγρὸν εἰς στερεόν, ὅπερ φαινόμενον καλεῖται πῆξις.

Πολλὰ σώματα, οἷον ὁ χάρτης, τὸ ξύλον, διάφορα ἄλατα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δὲν τήκονται καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς μεγαλειτέρας δυνατῆς θερμοκρασίας ἀλλ' ἀποσυντίθενται. Ἐκ τῶν ἁπλῶν σωμάτων μόνος ὁ ἄνθραξ δὲν ἐτάκη εἰσέτι τελείως, μόλα ταῦτα ὁ Despretz κατώρθωσε νὰ κάμῃ αὐτὸν μαλακὸν καὶ εὔκαμπτον θερμάνας δι' ἰσχυροῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

160. **Νόμοι τῆς τήξεως τῶν σωμάτων.** — *1ον Ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, ἕκαστον σῶμα ἄρχεται τηκόμενον εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, ἥτις εἶνε πάντοτε ἡ αὐτὴ καὶ καλεῖται θερμοκρασία ἢ σημεῖον τήξεως.*

2ον Ἅμα ἀρξαμένης τῆς τήξεως ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος μένει ἡ αὐτή, οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ ἔντασις τῆς θερμαντικῆς πηγῆς, μέχρις οὗ ἡ τῆξις γένῃ τελεία.

Ὁ ἑπόμενος πίναξ δεικνύει τὴν θερμοκρασίαν τῆς τήξεως διαφόρων σωμάτων ἐν τῷ ἐλευθέρῳ ἀέρι:

Ὑδράργυρος	—39°,5	Ψευδάργυρος	360°
Πάγος	0°	Ἄργυρος	1000°
Στέαρ	+40°	Χαλκός	1050°
Φωσφόρος	44°	Χυτοσίδηρος	1200°
Κάλιον	58°	Χρυσός	1250°
Κηρός	68°	Χάλυψ	1350°
Θεῖον	111°9	Λευκόχρυσος	1779°
Κασσίτερος	230°	Ἰρίδιον	1950°
Μόλυβδος	330°	Ὄσμιον ἄνω τῶν	2500°

Σημ. Ἐξετάζοντες τὰ σημεῖα τῆς τήξεως τῶν διαφόρων σωμάτων εὑρίσκομεν ὅτι πολλὰ τούτων, καίτοι πολλὴν τὴν ὁμοιότητα ἔχοντα κατὰ τοὺς χαρακτῆρας, τήκονται εἰς πολὺ διάφορον θερμοκρασίαν, π. χ. τὸ Ἰώδιον εἰς 100°, τὸ Βρώμιον εἰς —7°,5. Σύνθετά τινα σώματα ἔχουσι σημεῖον τήξεως διάμεσον μεταξὺ τῶν σημείων τῆς τήξεως τῶν ἐξ ὧν ἀποτελοῦνται στοιχείων, π. χ. ἰωδιοῦχος ἄργυρος, βρωμιοῦχος ἄργυρος. Κράματα μεταλλικὰ ἔχουσι σημεῖον τήξεως κατώτερον τοῦ σημείου τῆς τήξεως τῶν συνιστώντων αὐτὰ μετάλλων, οἷον τὰ κράματα μολύβδου καὶ κασσιτέρου, μολύβδου, κασσιτέρου καὶ βισμουθίου, κλπ.

Θερμότης τήξεως. Ἀνωτέρω εἴδομεν ὅτι ἅμα ἀρξαμένης τῆς τήξεως ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος μένει ἐφεξῆς σταθερὰ μέχρι τελείας αὐτοῦ τήξεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συνεπῶς ἅπασα ἡ ὑπὸ τῆς θερμαντικῆς πηγῆς παρεχομένη θερμότης καταναλίσκεται εἰς τὸ νὰ χαλαρώνῃ τὸν μεταξὺ τῶν ἀτόμων τοῦ στερεοῦ σώματος δεσμὸν καὶ ἐπιφέρῃ τὴν τῆξιν αὐτοῦ. Καλεῖται τούτου ἕνεκα **θερμότης τήξεως**. Ἄλλοτε ἐκαλεῖτο **λανθάνουσα θερμότης**, διότι δὲν γίνεται αἰσθητὴ εἰς τὸ θερμόμετρον. Ἰδίως δὲ καλεῖται **θερμότης τήξεως** σώματός τινος τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, ὅπερ καταναλίσκεται, ὅπως τήξῃ τὴν μονάδα τοῦ βάρους αὐτοῦ ἄνευ ὑψώσεως τῆς θερμοκρασίας. Ἑκάστη οὐσία ἔχει ἰδίαν θερμότητα τήξεως, ἥτις εὐκόλως προσδιορίζεται διὰ διαφόρων μεθόδων.

161. **Διάλυσις, ψυκτικὰ μίγματα.** Ἀντιστρόφως πρὸς τὴν ἀνωτέρω διὰ τῆς θερμάνσεως τῆξιν τῶν στερεῶν, ἥτις καλεῖται *ξηρὰ ἢ διὰ τοῦ πυρὸς τῆξις*, ἔχομεν καὶ τὴν τῆξιν δι' ὑγροῦ, τὴν εἰδικώτερον διάλυσιν καλουμένην, καθ' ἣν σῶμα στερεὸν ρευστοποιεῖται ἐντιθέμενον ἐντὸς ὑγροῦ, ὡς λ.χ. σάκχαρον ἢ μαγειρικὸν ἅλας ἐντὸς ὕδατος, θεῖον ἐντὸς θειούχου ἄνθρακος κλπ.

Καὶ κατὰ τὴν διάλυσιν, ἐπειδὴ τὸ στερεὸν μεταβαίνει ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ρευστὴν κατάστασιν, ἔχει ἀνάγκην θερμότητος, διὸ παραλαμβάνει τοιαύτην ἐξ αὐτοῦ τούτου τοῦ ὑγροῦ καὶ συνεπῶς *ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ κατέρχεται ἐπαισθητῶς*, ὡς τοῦτο παρατηρεῖται π.χ. κατὰ τὴν διάλυσιν νίτρου ἢ ἀμμωνιακοῦ ἅλατος ἐν ὕδατι. Τοῦ φαινομένου τούτου χρῆσιν ποιοῦμεν πρὸς παραγωγὴν τεχνητοῦ ψύχους λίαν ἐντατικοῦ διὰ μιγμάτων, ἅτινα ψυκτικὰ **μίγματα** καλοῦνται καὶ ἐν οἷς τὸ ἓν τοὐλάχιστον τῶν μιγνυομένων σωμάτων πρέπει νὰ εἶνε στερεόν. Τὸ συνηθέστερον ψυκτικὸν μῖγμα ἀποτελεῖται ἐκ 2 μερῶν (κατὰ βάρος) πάγου τετριμμένου ἢ χιόνος καὶ 1 μέρους θαλασσίου ἅλατος, εἰς ὃ ἡ θερμοκρασία κατέρχεται μέχρι —20° καὶ ἔτι κατωτέρω. Ἕτερα ψυκτικὰ μίγματα γίνονται: διὰ θειϊκῆς σόδας (8 μ.) καὶ ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος (5 μ.), δι' οὗ ἔχομεν ψῦξιν μέχρι —17°· διὰ χλωριούχου ἀσβεστίου (4 μ. εἰς κόνιν) καὶ πάγου τετριμμένου (3 μ.), εἰς ὃ ἡ θερμοκρασία

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δύναται νὰ κατέλθῃ καὶ μέχρι —51°. Ὅταν ὅμως τὸ ἐν τῷ ὑγρῷ διαλυόμενον ἅλας ἑνῶται χημικῶς μετ' αὐτοῦ, τότε ἐκλύεται θερμότης καὶ συνεπῶς ἡ θερμοκρασία τοῦ μίγματος ἀνέρχεται, ὡς λ. χ. κατὰ τὴν ἐν ὕδατι διάλυσιν χλωριούχου ἀσβεστίου.

162. **Πῆξις, νόμοι αὐτῆς.** Τὸ φαινόμενον τῆς πήξεως εἶνε, ὡς εἴδομεν, τὸ ἀντίστροφον τοῦ φαινομένου τῆς τήξεως, ὑπάγεται δ' εἰς τοὺς ἑξῆς δύο νόμους:

1ον *Ἡ πῆξις λαμβάνει χώραν δι' ἕκαστον σῶμα εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, ἥτις εἶνε ἀκριβῶς ἡ αὐτὴ ἰῇ θερμοκρασίᾳ τῆς τήξεως.*

2ον *Καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς πήξεως ἡ θερμοκρασία μένει ἀμετάβλητος.* Τοῦτο δέ, διότι ναὶ μὲν ἀφ' ἑνὸς τὸ ὑγρὸν ὑποβάλλεται εἰς ψύξιν, ὅπως παραχθῇ ἡ πῆξις, ἀφ' ἑτέρου ὅμως τὸ πηγνύμενον μέρος αὐτοῦ *ἀποβάλλει ἤδη τὴν θερμότητα, ἣν εἶχεν ἀπορροφήσει καὶ συνεχράτει ἐν λανθανούσῃ καταστάσει ὅπως διατηρῆται ὑγρόν·* οὕτω δὲ ἡ ἀποδιδομένη θερμότης διατηρεῖ σταθερὰν τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς πήξεως.

163. **Κρυστάλλωσις.** Ἐν γένει τὰ σώματα, ἅτινα βραδέως μεταβαίνουσιν ἐκ τῆς ὑγρᾶς εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν, στερεοποιοῦνται ὑπὸ σχήματα γεωμετρικὰ ὡρισμένα, ἅτινα καλοῦνται κρύσταλλοι.

Καὶ ἐὰν μὲν τὸ σῶμα εἶνε τετηκὸς (θεῖον, βισμούθιον) καὶ διὰ βραδείας ψύξεως κρυσταλλῶται, λέγομεν ὅτι ἡ κρυστάλλωσις γίνεται διὰ τῆς *ξηρᾶς ὁδοῦ*· ἐὰν δὲ τὸ σῶμα εἶνε διαλελυμένον (ἅλας μαγειρικόν, στυπτηρία ἐν ὕδατι) καὶ διὰ βραδείας ἐξατμίσεως τοῦ ὑγροῦ τὰ μόρια τοῦ στερεοῦ συνέρχωνται εἰς κρυστάλλους, λέγομεν ὅτι ἡ κρυστάλλωσις γίνεται διὰ τῆς *ὑγρᾶς ὁδοῦ*.

Ἕκαστον σῶμα ἁπλοῦν ἢ σύνθετον κρυσταλλοῦται κατὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὡρισμένον σύστημα καὶ ὑπὸ ὡρισμένας μορφάς, διὸ καὶ τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα τῶν ὀρυκτῶν ἀποτελεῖ ἓν τῶν οὐσιωδεστάτων γνωρισμάτων πρὸς διάκρισιν αὐτῶν.

164. **Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου κατὰ τὴν τῆξιν καὶ πῆξιν.** — *Ἰδιότητες τοῦ πάγου.* — Ἐν γένει ὁ ὄγκος τῶν σωμάτων αὐξάνεται κατὰ τὴν τῆξιν καὶ ἐλαττοῦται κατὰ τὴν πῆξιν καὶ συνεπῶς τὸ ἀποτελούμενον στερεὸν εἶνε *μᾶλλον πυκνὸν* ἢ τὸ ὑγρόν, ἐξ οὗ προέκυψεν· ὁ κηρός, ὁ φωσφόρος, τὸ θεῖον, ὁ ὑδράργυρος ἔστωσαν παραδείγματα. Ἀλλ' εἴς τινα σώματα συμβαίνει τὸ ἐναντίον· αὐξάνεται ὁ ὄγκος αὐτῶν κατὰ τὴν πῆξιν. Τὸ τοιοῦτον παρατηροῦμεν λ. χ. εἰς τὸν χυτοσίδηρον, τὸ ἀντιμόνιον, τὸ βισμούθιον, τὸν ἄργυρον, τὸ ὕδωρ, ἐν οἷς βλέπομεν ὅτι τὰ στερεοποιούμενα τεμάχια ἐπιπολάζουσιν ἐπὶ τῆς λοιπῆς ὑγρᾶς ἔτι μάζης.

Ὕδωρ 1 λίτρας εἰς 4^0 πηγνύμενον εἰς 0^0 λαμβάνει ὄγκον $1^{\lambda},075$. Ἀναπτύσσει δὲ τὸ ὕδωρ πηγνύμενον τοσαύτην διασταλτικὴν δύναμιν, ὥστε διαρρηγνύει οὐ μόνον ὑέλινα ἀλλὰ καὶ σιδηρᾶ ἀγγεῖα, ἐὰν ὦσιν ἐντελῶς πεπληρωμένα καὶ κεκλεισμένα. Λίθοι στερεώτατοι φέροντες πόρους πεπληρωμένους ὕδατος διαρρηγνύονται εἰς τεμάχια, ὅταν τὸ ἐν αὐτοῖς ὕδωρ πηχθῇ. Ὁ William κατεσκεύασε δύο σφαίρας σιδηρᾶς φερούσας μικρὰν ὀπὴν καὶ πληρώσας ἐντελῶς ὕδατος ἔκλεισε τὰς ὀπὰς ἑρμητικῶς διὰ ξυλίνων πωμάτων καὶ ἐξέθηκεν αὐτὰς εἰς ψῦχος πολλῶν βαθμῶν ὑπὸ τὸ 0^0. Κατὰ τὴν πῆξιν τοῦ ὕδατος, τῆς μὲν μιᾶς τὸ πῶμα ἐξετινάχθη μετὰ δυνάμεως εἰς μεγάλην ἀπόστασιν καὶ ὄγκος πάγου ἐξεχύθη ἐκ τῆς ὀπῆς, τῆς δ' ἑτέρας τὸ πῶμα ἀντέσχεν, ἀλλ' αὕτη διερράγη.

Σημ. Διάφορα αἴτια, καὶ ἰδίως ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις, μεταβάλλουσι τὰ σημεῖα τῆς τήξεως καὶ πήξεως τῶν σωμάτων. Εἰς τὰ σώματα, ὧν ὁ ὄγκος αὐξάνεται κατὰ τὴν τῆξιν (164), — ὅπερ εἶνε καὶ τὸ γενικώτερον, — ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις αὐξάνηται, αὐξάνεται καὶ ἡ θερμοκρασία τῆς τήξεως αὐτῶν, Οὕτως ἡ παραφίνη, ἥτις ὑπὸ πίεσιν 1 ἀτμοσφ. τήκεται εἰς $46^0,3$, ὑπὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πίεσιν 85 ἀτμοσφ. τήκεται εἰς 48°,9 καὶ ὑπὸ πίεσιν 100 ἀτμοσφ. τήκεται εἰς 49°,9. Τοὐναντίον δὲ τὰ σώματα, ὧν ὁ ὄγκος ἐλαττοῦται κατὰ τὴν τῆξιν, οἷον ὁ πάγος, ὁ χυτοσίδηρος, τήκονται εἰς κατωτέρας θερμοκρασίας, ὅταν ὑποβάλλωνται εἰς ἰσχυρὰς πιέσεις. Οὕτως ὁ πάγος, ὅστις ὑπὸ πίεσιν 1 ἀτμοσφαίρας τήκεται εἰς 0°, ὑπὸ πίεσιν 8 ἀτμοσφ. τήκεται εἰς 0°,049.

Εἰς τὰ συμπεράσματα ταῦτα εἶχε φθάσει ἀπὸ πολλοῦ ἤδη διὰ θεωρητικῶν ἐρευνῶν ὁ J. Thomson, ἐπεκύρωσαν δὲ ταῦτα πληρέστατα κατόπιν τὰ πειράματα τοῦ Bunsen, W. Thomson καὶ Mousson.

165. **Ὑπέρτηξις καὶ ὑπέρκορος.** Καλεῖται *ὑπέρτηξις*, τὸ φαινόμενον, καθ' ὃ ὑγρόν τι διατηρεῖται εἰσέτι ἐν ὑγρᾷ καταστάσει, ἐνῷ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ ἔχει κατέλθει κάτωθεν τοῦ ὡρισμένου σημείου τῆς πήξεως τοῦ ὑγροῦ.

Ἐν πρώτοις παρετηρήθη τὸ φαινόμενον τοῦτο εἰς τὸ ὕδωρ. Ἡ κανονικὴ θερμοκρασία τῆς πήξεως τοῦ ὕδατος εἶνε 0° καὶ ὅμως ἐντιθέμενον ἐντὸς τριχοειδῶν σωλήνων δύναται νὰ διαμείνῃ ἐν ὑγρᾷ καταστάσει καὶ μέχρις —20°. Ὁ Gay-Lussac ἐνέθηκε σωλῆνα πλήρη ὕδατος ἀπεσταγμένου ἐντὸς ψυκτικοῦ μίγματος καὶ ἔθεσε τὸ ὅλον ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας, ὅπως ἐκδιωχθῇ ὁ ἐν τῷ ὕδατι διαλελυμένος ἀὴρ καὶ ἄφησεν αὐτὸν τελείως ἀκίνητον· παρετήρησε τότε ὅτι τὸ ὕδωρ δὲν ἐπήχθη, ἐνῷ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ εἶχε κατέλθει εἰς —12°. Ἡ ἐλαχίστη ὅμως διατάραξις ἐπιφέρει εἰς τὴν κατάψυχρον ταύτην ὑγρὰν μάζαν αἰφνιδίαν γενικὴν πῆξιν καὶ συγχρόνως ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας μέχρι τοῦ 0°. Ἐπίσης ὁ φωσφόρος δύναται νὰ διατηρηθῇ τετηκὼς καὶ μέχρις 22°, ἐνῷ συνήθως εἰς τοὺς 44° γίνεται στερεός. Ἐπίσης ὁ κασσίτερος, τὸ θεῖον κλπ.

Ὑπέρκορος δὲ καλεῖται τὸ φαινόμενον, καθ' ὃ μία διάλυσις ἅλατος, ἐνῷ ψύχεται μέχρι βαθμοῦ, εἰς ὃν δὲν δύναται πλέον ὅλον τὸ ἅλας νὰ μένῃ διαλελυμένον, ἀλλὰ πρέπει μέρος αὐτοῦ νὰ κρυσταλλωθῇ, ἐν τούτοις ὑπό τινας περιστάσεις τὸ τοιοῦτον δὲν συμβαίνει. Παρασκευάζομεν κεκορεσμένην διάλυσιν στυπτηρίας ἐντὸς σωλῆνος καὶ ἀφοῦ διὰ βρασμοῦ ἐκδιώξωμεν τὸν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐν τῷ ὑγρῷ ἀέρα, συντήκομεν τὸν σωλῆνα κατὰ τὸ ἄκρον· θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι καὶ εἰς μεγάλην ψύξιν τὸ ἅλας δὲν κρυσταλλοῦται, μένει δὲ τὸ διάλυμα ὑπερκεκορεσμένον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΕΞΑΕΡΩΣΙΣ. ΓΕΝΙΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΤΜΩΝ

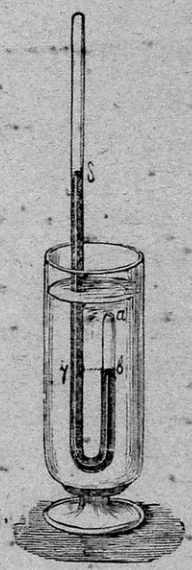
166. **Ἀτμοί.** Καλοῦνται ἀτμοὶ τὰ ἀερώδη ρευστά, εἰς ἃ μετατρέπονται τὰ ὑγρὰ τῇ ἐνεργείᾳ τῆς θερμότητος. Καὶ ὅταν μὲν οἱ ἀτμοὶ σχηματίζωνται βραδέως καὶ μόνον ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, ἔχομεν τὸ φαινόμενον τῆς *ἐξατμίσεως*, ὅταν δὲ σχηματίζωνται ταχέως καὶ καθ' ὅλην τὴν μάζαν τοῦ ὑγροῦ, ἔχομεν τὸ φαινόμενον τοῦ *βρασμοῦ*.

Πτητικὰ καὶ ἔμμονα ὑγρά. Τινὰ τῶν ὑγρῶν παρέχουσιν ἀτμοὺς εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν, ὡς ὁ αἰθήρ, τὸ οἰνόπνευμα καὶ αὐτὸ τὸ ὕδωρ· καλοῦνται *πτητικὰ ἢ ἐξατμιστά*. Ἔμμονα δὲ ὑγρὰ καλοῦνται τὰ μὴ παράγοντα ἀτμοὺς εἰς οὐδεμίαν θερμοκρασίαν, ὡς εἶνε τὰ λιπαρὰ ἔλαια. Ἔχομεν δὲ καὶ *στερεὰ σώματα πτητικὰ* (καφουρά, ἀρσενικόν, ἀρωματικαὶ οὐσίαι ἐν γένει), ἅτινα δίδουσιν ἀμέσως ἐκ τῆς στερεᾶς καταστάσεως ἀτμοὺς χωρὶς νὰ λάβωσιν ἐν τῷ μεταξὺ τὴν ὑγρὰν κατάστασιν.

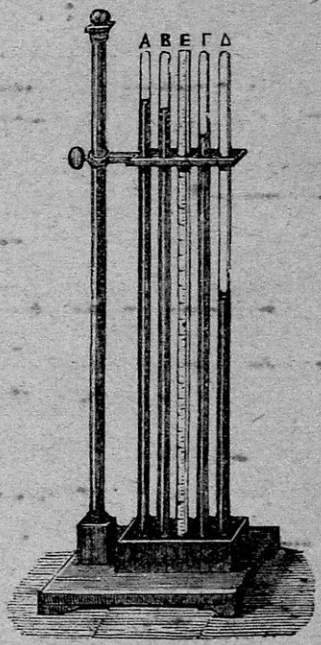
Τάσις ἀτμῶν. Οἱ ἀτμοὶ ἔχουσιν, ὅπως καὶ τὰ ἀέρια, ἐλαστικὴν δύναμιν, δυνάμει τῆς ὁποίας ἐξασκοῦσι πιέσεις ἐπὶ τῶν παρειῶν τῶν περιεχόντων αὐτὰ ἀγγείων. Λαμβάνομεν σιφωνοειδῆ σωλῆνα αβγδ (Σχ. 137) καὶ πληροῦμεν ὑδραργύρου, εἰσάγοντες μικρὰν ποσότητα αἰθέρος εἰς τὸ κλειστὸν ἄκρον α τοῦ μικροτέρου καὶ κλειστοῦ σκέλους. Ἐμβαπτίζοντες εἶτα τὸν σωλῆνα ἐντὸς ὕδατος 45^0 περίπου, βλέπομεν τὸν ὑδράργυρον βραδέως κατερχόμενον ἐκ τοῦ σκέλους α καὶ ἀνερχόμενον εἰς τὸ γδ, τὴν δὲ χωρητικότητα αδ πληρουμένην ἀτμῶν καὶ ὅσῳ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μᾶλλον αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος, τόσῳ μᾶλλον ἀνέρχεται ἡ στήλη γδ. Ἐὰν δ' ἀνασύρωμεν καὶ ψύξῶμεν τὸν σωλῆνα, τὰ πάντα ἐπανέρχονται εἰς τὴν πρώτην κατάστασιν. Διὰ τοῦ πειράματος τούτου καταδείκνυται ὅτι οἱ σχηματιζόμενοι ἀτμοὶ ἔχουσιν *ἐλαστικὴν δύναμιν ἢ τάσιν*, δι' ἧς ἰσορροποῦσι τὴν ὑπερ-



Σχ. 137.—**Κατάδειξις τῆς τάσεως τῶν ἀτμῶν.**



Σχ. 138.—**Παραγωγὴ ἀτμῶν ἐν τῷ κενῷ.**

κειμένην στήλην ὑδραργύρου, καὶ ἥτις αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

167. **Παραγωγὴ ἀτμῶν ἐν τῷ κενῷ.** Τὰ ὑγρὰ ἐν τῷ κενῷ ἐξατμίζονται ἀκαριαίως. Πρὸς ἀπόδειξιν τούτου λαμβάνομεν βαρομετρικούς τινας σωλῆνας Α,Β,Γ,Δ (Σχ. 138), πλήρεις ὑδραργύρου καὶ ἀναστρέφομεν ἐντὸς τῆς αὐτῆς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου. Τὸν ἕνα ἐξ αὐτῶν, τὸν Α π.χ. χρη-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σιμοποιοῦμεν ὡς βαρόμετρον, εἰς δὲ τοὺς ἄλλους Β, Γ, Δ, εἰσάγομεν σταγόνας ὕδατος, οἰνοπνεύματος καὶ αἰθέρος. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εὐθὺς ὡς αἱ σταγόνες φθάσωσιν εἰς τὸν βαρομ. θάλαμον, πάραυτα ἡ στήλη τοῦ ὑδραργύρου ἐν τοῖς Β, Γ καὶ Δ κατέρχεται κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἧττον ἕνεκα τῆς τάσεως τῶν ἀκαριαίως σχηματισθέντων ἀτμῶν.

Τὸ πείραμα δεικνύει πρὸς τούτοις ὅτι ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν τῶν διαφόρων ὑγρῶν ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν δὲν εἶνε ἡ αὐτή· οἱ τοῦ αἰθέρος (σωλὴν Δ) ἔχουσι τὴν μεγαλειτέραν, οἱ τοῦ οἰνοπνεύματος (Γ) μικροτέραν καὶ ἔτι μικροτέραν οἱ τοῦ ὕδατος (Β). Ὥστε ἔχομεν τοὺς ἑξῆς δύο νόμους τῆς παραγωγῆς ἀτμῶν:

1ον Τὰ ὑγρὰ ἐν τῷ κενῷ ἐξατμίζονται ἀκαριαίως.

2ον Εἰς ἴσην θερμοκρασίαν, οἱ ἀτμοὶ τῶν διαφόρων ὑγρῶν δὲν ἔχουσι τὴν αὐτὴν τάσιν. Π. χ. εἰς 20^0 ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος εἶνε σχεδὸν 25άκις μείζων τῆς τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδατος.

168. **Ἀτμοὶ κεκορεσμένοι καὶ μή.** Ὅταν ἡ εἰς τὸν βαρομετρικὸν θάλαμον εἰσαγομένη ποσότης τοῦ ὑγροῦ (ἴδε ἀνωτέρω σχ. 138) εἶνε πολὺ μικρά, ἐξατμίζεται ὁλοσχερῶς· ἐὰν ὅμως εἰσαχθῇ καὶ δευτέρα καὶ τρίτη ποσότης κλπ., ἔρχεται στιγμή, καθ' ἣν τὸ νέον εἰσαγόμενον ὑγρὸν δὲν ἐξατμίζεται πλέον, ἀλλὰ μένει περίσσεια αὐτοῦ ἐν ὑγρᾷ καταστάσει. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ὁ χῶρος τοῦ θαλάμου κορέννυται πλέον ἀτμῶν εἰς τὴν θερμοκρασίαν ταύτην, ὀνομάζεται δὲ τότε ὁ χῶρος οὗτος *κεκορεσμένος*. Πᾶσα ἐξάτμισις παύει πλέον, ἡ δὲ στήλη τοῦ ὑδραργύρου μένει στάσιμος, ὅπερ δηλοῖ ὅτι ἡ τάσις τῶν κεκορεσμένων ἀτμῶν ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν ταύτην ἔφθασε τὸ μέγιστον αὐτῆς ὅριον, διὸ καὶ καλεῖται *μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν τοῦ ὑγροῦ ὑπὸ τὴν ὡρισμένην ταύτην θερμοκρασίαν*, εἶνε δὲ *σταθερὰ καὶ ἀνεξάρτητος τῆς πιέσεως*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐφ' ὅσον ὅμως ἐν τῷ θαλάμῳ, περιέχοντι ποσότητά τινα ἀτμῶν, εἶνε δυνατὸν ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν νὰ λάβῃ χώραν νέα ἐξάτμισις ὑγροῦ, οἱ ἀτμοὶ εὑρίσκονται ἐν τῷ χώρῳ τούτῳ *οὐχὶ ἐν κόρῳ*, ὁ δὲ χῶρος τότε καλεῖται *μὴ κεκορεσμένος*.

169. **Ἰδιότητες τῶν ἀτμῶν ἐν κόρῳ καὶ μή.**— 1ον *Οἱ ἀτμοὶ ἐν καταστάσει κόρου* (χαρακτηριζομένη διὰ τῆς ἐπαφῆς αὐτῶν ἐπὶ περισσείας ὑγροῦ) διαφέρουσιν οὐσιωδῶς τῶν ἀερίων. Ἐὰν ἐν ὡρισμένῳ χώρῳ ἔχωμεν ποσότητα ἀτμῶν ἐν κόρῳ ὑπὸ θερμοκρασίαν θ, δυνάμεθα, τῆς θερμοκρασίας διατηρουμένης τῆς αὐτῆς, *νὰ συμπιέσωμεν ἢ ν' ἀφήσωμεν νὰ διασταλῶσιν οἱ ἀτμοὶ χωρὶς ἡ ἐλαστικὴ αὐτῶν δύναμις νὰ μεταβληθῇ*. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι, κατὰ μὲν τὴν συμπίεσιν μέρος τῶν ἀτμῶν ἐπανέρχεται εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, κατὰ δὲ τὴν διαστολὴν μέρος τοῦ ὑγροῦ (καὶ πρέπει νὰ ὑπάρχῃ τοιοῦτον ὥστε νὰ πλεονάζῃ πάντοτε) ἐξαεροῦται καὶ συνεπῶς, ὁσοσδήποτε καὶ ἂν γίνῃ ὁ ὑπὸ τῶν ἀτμῶν κατεχόμενος χῶρος, οὗτοι ὑπὸ θερμοκρασίαν θ εὑρίσκονται εἰς τὸν αὐτὸν βαθμὸν κόρου καὶ ἔχουσι τὴν αὐτὴν πάντοτε *τάσιν*.

Ἐὰν ὅμως ἡ θερμοκρασία τοῦ χώρου μεταβάλληται, τότε καὶ ἡ τάσις τῶν ἐν κόρῳ ἀτμῶν μεταβάλλεται, γιγνομένη ἐπὶ τοσοῦτον μεγαλειτέρα, ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία εἶνε ὑψηλοτέρα. Ἀντιστοιχεῖ δ' εἰς ἑκάστην θερμοκρασίαν ὡρισμένη καὶ σταθερὰ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν, ἥτις προσδιορίζεται, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Ὥστε οἱ ἐν κόρῳ ἀτμοὶ δὲν ὑπείκουσιν εἰς τὸν νόμον τοῦ Mariotte.

2ον Ἀπ' ἐναντίας δ' οἱ μὴ ἐν κόρῳ ἀτμοὶ κέκτηνται πάσας τὰς ἰδιότητας τῶν ἀερίων. Ἡ τάσις αὐτῶν ἐλαττοῦται αὐξανομένου τοῦ ὄγκου καὶ τἀνάπαλιν, οἱ δὲ ὄγκοι εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν πιέσεων· τουτέστιν ὑπείκουσιν εἰς τὸν νόμον τοῦ Mariotte. Εὑρίσκεται πρὸς τούτοις ὅτι καὶ ἡ δια-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στολὴ αὐτῶν γίνεται ὅπως καὶ ἡ τῶν ἀερίων καὶ ὅτι ὁ αὐτὸς ἀριθμὸς 0,00367 (156) παριστᾷ τὸν συντελεστὴν τῆς διαστολῆς καὶ τῶν ἀτμῶν.

Δυνάμεθα ὡς ἐκ τούτου νὰ ἐφαρμόσωμεν ἐπὶ τῶν μὴ ἐν κόρῳ ἀτμῶν πάντας τοὺς τύπους τῆς διαστολῆς τῶν ἀερίων. Δὲν πρέπει νὰ λησμονῶμεν ὅμως ὅτι ὑπάρχει ὅριον πιέσεως ἢ ψύξεως, ἣν δυνάμεθα νὰ ἐπιφέρωμεν ἐπὶ τῶν τοιούτων ἀτμῶν, πέραν τοῦ ὁποίου μετατρέπονται οὗτοι εἰς ἀτμοὺς ἐν κόρῳ καὶ ἀποκτῶσι τότε τὰς ἰδιότητας τούτων.

170. **Προσδιορισμὸς τῆς μεγίστης τάσεως τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδατος.**—1ον *Εἰς θερμοκρασίαν κατωτέραν τοῦ μηδενός.*—Πρὸς τοῦτο ὁ Gay-Lussac ἔλαβε δύο βαρομετρικοὺς σωλῆνας ἐγγὺς ἀλλήλων, ὧν ὁ μὲν Α ἐχρησίμευεν ὡς βαρόμετρον, ὁ δὲ εἶχε κεκαμμένον τὸ ἀνώτερον ἄκρον Β μὲ μικρὰν ποσότητα ὕδατος ἐντὸς καὶ ἐμβεβαπτισμένον ἐντὸς ψυκτικοῦ μίγματος (Σχ. 139). Ἐσχημάτιζε ψυκτικὰ μίγματα διαφόρων θερμοκρασιῶν ὑπὸ τὸ 0^0 καὶ παρετήρει τὴν κατάπτωσιν τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῷ σωλῆνι, προκαλουμένην βεβαίως ὑπὸ τῆς τάσεως τῶν ἐν τῷ ἄκρῳ Β παραγομένων ἀτμῶν. Εὗρεν οὕτω τὰς ἐξῆς μεγίστας τάσεις εἰς χιλιοστόμετρα.

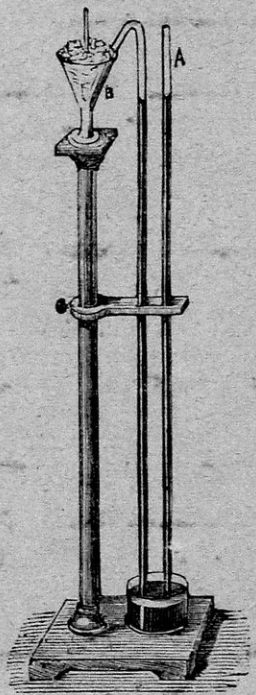
Εἰς θερμοκρ.	0^0	μεγ. τάσις εἰς χ.μ.	4,60
	-10^0		1,96
	-20^0		0,84
	-30^0		0,33

Ὥστε καὶ εἰς λίαν χαμηλὰς θερμοκρασίας παράγονται ἀτμοὶ καὶ ἔχουσιν ὡρισμένην μεγίστην τάσιν εἰς ἑκάστην θερμοκρασίαν.

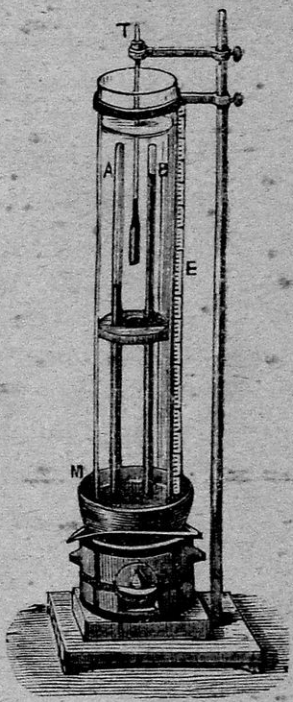
2ον *Εἰς θερμοκρασίαν μεταξὺ* 0^0 *καὶ* 100^0. Ὁ Dalton κατεμέτρησε τὰς μεγίστας τάσεις τοῦ ὑδατώδους ἀτμοῦ μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0. Ἡ συσκευὴ αὐτοῦ (Σχ. 140) ἀποτελεῖται ἐπίσης ἐκ δύο βαρομ. σωλήνων Α καὶ Β, ἐντὸς τῆς αὐτῆς λε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κάνης Μ· ὁ μὲν Β χρησιμεύει ὡς βαρόμετρον, εἰς δὲ τὸν Α εἰσάγεται καὶ ποσότης τις ὕδατος πρὸς ἐξαέρωσιν. Περιβάλλει δὲ τούτους κύλινδρος ὑέλινος Ε πλήρης ὕδατος, ἐν ᾧ ἐμβαπτίζεται τὸ θερμόμετρον Τ, ἔχων ὡς βάσιν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐν τῇ λεκάνῃ ὑδραργύρου. Θερμαινομένου βαθμηδὸν τοῦ ὑδραρ-



Σχ. 139.—**Προσδιορισμὸς τάσεως ἀτμῶν ὑπὸ τὸ 0^0.**



Σχ. 140.—**Προσδιορισμὸς τάσεως ἀτμῶν μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0.**

γύρου τῆς λεκάνης δι' ὑποκειμένου πυραύνου θερμαίνεται καὶ τὸ ἐπ' αὐτοῦ ὕδωρ τοῦ κυλίνδρου, συνεπῶς καὶ τὸ ἐν τῷ σωλῆνι καὶ ἐξατμιζομενον κορέννυσι τὸν θάλαμον ἀτμῶν. Μετροῦντες τότε τὴν ἑκάστοτε κατάπτωσιν τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῷ Α (καὶ ἀνάγοντες εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0^0 (155)) εὑ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρίσκομεν τὴν τάσιν τῶν ὑπερκειμένων ἀτμῶν εἰς τὰς διαφόρους θερμοκρασίας μέχρις 100^0. Ὅταν δ' ἡ θερμοκρασία φθάσῃ εἰς τοὺς 100^0, βλέπομεν ὅτι ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη καταπίπτει μέχρι τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τῆς λεκάνης, ὅπερ δηλοῖ ὅτι οἱ ἀτμοὶ εἰς 100^0 ἔχουσι τάσιν ἴσην τῇ ἀτμοσφαιρικῇ.

Εὑρίσκεται οὕτως ἡ μεγίστη τάσις τῶν ἀτμῶν οὖσα,

εἰς θερμοκρ.	0^0	χιλιοστόμετρα	4,60
»	5^0	»	6,53
»	15^0	»	12,70
»	25^0	»	23,55
»	75^0	»	288,52
»	85^0	»	433,04
»	95^0	»	633,78
»	100^0	»	760,00

— Ὁ Regnault προσδιώρισε διὰ καταλλήλου μεθόδου τὴν μεγ. τάσιν τῶν ἀτμῶν καὶ εἰς θερμοκρασίας ἀνωτέρας τῶν 100^0 καὶ εὗρεν εἰς ποίας θερμοκρασίας ἡ τάσις αὕτη ἰσοῦται πρὸς 2, 3, 4 κλπ. ἀτμοσφαίρας. Εἰς $120^0,6$ π. χ. ἰσοῦται πρὸς 2 ἀτμοσφαίρας, εἰς $180^0,3$ πρὸς 10 ἀτμοσφ., εἰς $224^0,7$ πρὸς 25 ἀτμοσφαίρας κλπ.

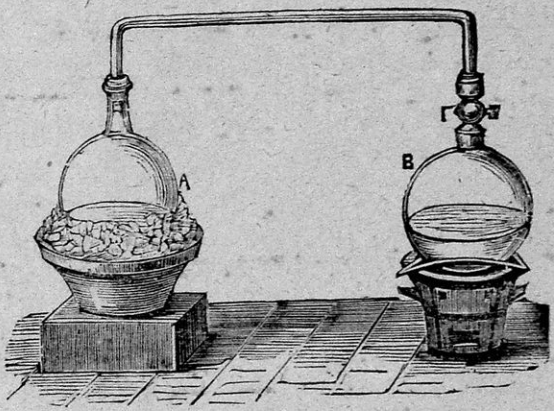
Δι' ὁμοίων πειραμάτων εὗρε τὴν μεγίστην τάσιν καὶ διαφόρων ἄλλων ὑγρῶν εἰς διαφόρους θερμοκρασίας. Εἰς 100^0 π. χ. εὗρε τὴν τάσιν τῶν ἀτμῶν τοῦ ὑδραργύρου ἴσην πρὸς 0,74 χιλιοστόμετρα, τὴν τῶν ἀτμῶν τοῦ οἰνοπνεύματος ἴσην πρὸς 1685 χ.μ., τὴν τῶν ἀτμῶν τοῦ αἰθέρος ἴσην πρὸς 4920 χ.μ. κλτ.

171. **Ἀρχὴ τοῦ Watt ἢ τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς** Ἐὰν ἔχωμεν δύο ἀγγεῖα Α καὶ Β (Σχ. 141) περιέχοντα ὕδωρ, τὸ μὲν Α εἰς 0^0 τὸ δὲ Β εἰς 100^0 καὶ μὴ συγκοινωνοῦντα (κλειομένης τῆς στρόφιγγος Γ), ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν ἐν μὲν τῷ πρώτῳ θὰ ἰσῶται πρὸς 4χμ,6, ἐν δὲ τῷ δευτέρῳ πρὸς 760χμ. Ἐὰν δ' ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα καὶ συγκοινωνήσωσιν οἱ ἀτμοί, ἡ τάσις αὐτῶν δὲν λαμβάνει τὸν μέσον ὅρον, ὡς θὰ ἠδύνατό τις νὰ ὑποθέσῃ ἐκ πρώτης ὄψεως, ἀλλὰ συμβαίνει ὡς ἑξῆς: Οἱ ἐκ τῆς Β ἀτμοὶ ἕνεκα τῆς ὑπερεχούσης αὐτῶν τάσεως εἰσορμῶσι πρὸς τὴν Α· ἀλλ' ἐκεῖ ψύχονται καὶ ὑγροποιοῦνται ἀμέσως, πᾶσα δὲ νέα ποσότης αὐτῶν παραγομένη ἐν τῇ Β διαχέεται εἰς τὴν Α καὶ πάσχει τὸ αὐτὸ καὶ οὕτω συμβαίνει διηνεκὴς ἀπόσταξις τοῦ ὑγροῦ ἐκ τῆς Β πρὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν Α. Συνεπῶς ὁ ἀτμὸς ἐν τῇ Β δὲν δύναται νῦν ν' ἀποκτήσῃ τάσιν μείζονα τῶν 4χμ.,6.

Τοῦτο ἐκφράζει ἡ ἑξῆς ἀρχή, ἣν ἔθεσε πρῶτος ὁ Watt: Ὅταν δύο ἀγγεῖα, περιέχοντα τὸ αὐτὸ ὑγρὸν εἰς διαφόρους θερμο-



Σχ. 141.—Ἀρχὴ τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς.

κρασίας, συγκοινωνήσωσιν, ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν εἶνε εἰς ἀμφότερα ἡ αὐτὴ καὶ ἴση πρὸς τὴν μεγίστην τάσιν, ἥτις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν χαμηλοτέραν θερμοκρασίαν ἐκ τῶν δύο.

172. **Πυκνότης ἀτμῶν.** Καλεῖται *πυκνότης ἑνὸς ἀτμοῦ* ὁ λόγος τοῦ βάρους ὄγκου τινὸς αὐτοῦ πρὸς τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ἀέρος ξηροῦ ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως.

Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι ἡ πυκνότης τοῦ ἀτμοῦ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς πιέσεως· καὶ αὐξάνεται μὲν ἐφ' ὅσον ὁ ἀτμὸς τείνει πρὸς τὸ σημεῖον τοῦ κόρου, ἐλαττοῦται δ' ἐφ' ὅσον ἀπομακρύνεται τοῦ σημείου τούτου. Προσδιορίζεται δὲ διὰ δύο μεθόδων, τῆς τοῦ Gay-Lussac διὰ τὰ ὑγρὰ τὰ βράζοντα εἰς κατωτέραν τῶν 100^0 θερμοκρασίαν καὶ τῆς τοῦ Dumas διὰ θερμοκρασίας καὶ μέχρι 360^0.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πυκνότητες διαφόρων ἀτμῶν.

Ἀήρ.....	1,0000	Ἀτμὸς θειούχου ἄνθρακ.	2,6147
Ἀτμὸς ὕδατος	0,6235	— φωσφόρου	4,4900
— οἰνοπνεύματος ..	1,6138	— ὑδραργύρου	6,9760
— θείου	2,2060	— ἰωδίου	8,7160

173. **Μίγματα ἀτμῶν καὶ ἀερίων.**—*Νόμοι Dalton.*—Τὰ ἀέρια καὶ οἱ ἀτμοί, ἅτινα δὲν ἐπιδρῶσι χημικῶς ἐπ' ἄλληλα, δύνανται ν' ἀποτελέσωσι μίγματα, ὑποκείμενα εἰς τοὺς ἑξῆς νόμους ἀνακαλυφθέντας ὑπὸ τοῦ Dalton.

1ον *Ἀτμὸς παραγόμενος ἔν τινι ἀερώδει ἀτμοσφαίρᾳ ἀποκτᾷ ὑπὸ ἴσην θερμοκρασίαν, τὴν αὐτὴν μεγίστην τάσιν, ἣν θὰ εἶχε καὶ ἂν ὁ χῶρος ἦτο κενός.*

2ον *Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ μίγματος εἶνε ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐλαστικῶν δυνάμεων τοῦ ἀερίου καὶ τοῦ ἀτμοῦ, τοῦ ὄγκου τοῦ μίγματος ἀναχθέντος εἰς τὸν ἀρχικὸν ὄγκον τοῦ ἀερίου.*

Οἱ νόμοι οὗτοι ἐπηληθεύθησαν ὑπὸ τοῦ Gay-Lussac καὶ Regnault.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΒΡΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΞΑΤΜΙΣΙΣ

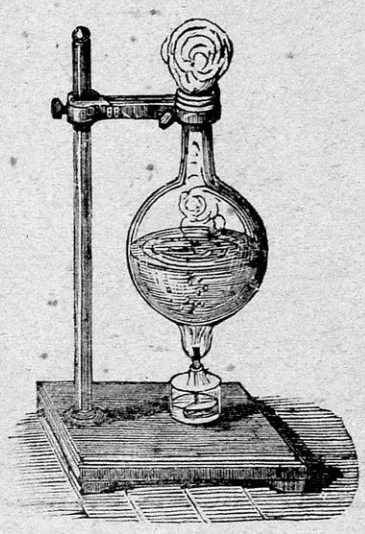
ΒΡΑΣΜΟΣ

174. **Βρασμός, νόμοι αὐτοῦ.** Καλεῖται βρασμὸς ἡ ταχεῖα παραγωγὴ ἀτμῶν ὑπὸ μορφὴν πομφολύγων καθ' ὅλην τὴν μάζαν τοῦ ὑγροῦ.

Ὅταν θερμαίνωμεν ὕδωρ ἐκ τῶν κάτω ἐντὸς ὑελίνου δοχείου (Σχ. 142), αἱ πρῶται ἐκλυόμεναι φυσαλίδες εἶνε ἀὴρ διαλελυμένος ἐν τῷ ὕδατι. Μετ' ὀλίγον μικραὶ πομφόλυγες ἀτμοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀνυψοῦνται ἐξ ὅλων τῶν σημείων τῶν θερμαινομένων παρειῶν, αἵτινες ἀνερχόμεναι πρὸς τὰ ἀνώτερα ψυχρότερα στρώματα συμπυκνοῦνται, πρὶν ἢ φθάσωσιν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν, καὶ παράγουσι τὸν πρὸ τοῦ βρασμοῦ ἀκουόμενον *συριγμόν*. Ἀλλὰ μετ' ὀλίγον αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας σχηματίζονται μεγαλείτεραι πομφόλυγες, αἵτινες ἀνερχόμεναι μέχρι τῆς ἐπιφανείας διαρρήγνυνται· τότε ἄρχεται ὁ κυρίως λεγόμενος *βρασμός*, ὅστις ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς τρεῖς νόμους:



Σχ. 142.—Βρασμός.

1ον Ὁ *βρασμὸς ἄρχεται ἐν ὡρισμένῃ θερμοκρασίᾳ, ἥτις εἶνε διάφορος εἰς τὰ διάφορα ὑγρά, ἀλλ' ἡ αὐτὴ πάντοτε διὰ τὸ αὐτὸ ὑγρόν, ὅταν εὑρίσκηται ὑπὸ τὰς αὐτὰς περιστάσεις πιέσεως κλπ.* Ἡ θερμοκρασία, καθ' ἣν βράζει ὑγρόν τι ὑπὸ τὴν κανονικὴν πίεσιν, καλεῖται *σημεῖον ἢ βαθμὸς ζέσεως*.

2ον *Οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ ἔντασις τῆς θερμαντικῆς πηγῆς, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ μένει καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν σταθερὰ* (ἐὰν καὶ ἡ πίεσις μένῃ σταθερά).

3ον *Καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν αὐτοῦ εἶνε ἴση πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν, ἥτις ἐπιφέρεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ.*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πίναξ τῶν βαθμῶν ζέσεως διαφόρων ὑγρῶν ὑπὸ πίεσιν 760 χ.μ.

Ὑποξείδιον ἀζώτου...	-88^0	Βενζίνη.....	$80^0,8$
Ἀνθρακικὸν ὀξύ.....	-78^0	Ὕδωρ ἀπεσταγμένον....	100^0
Χλώριον ὑγρόν.....	-40^0	Θαλάσσιον ὕδωρ.....	$103^0,7$
Θειῶδες ὀξύ.....	-10^0	Τερεβινθέλαιον	$159^0,8$
Ἄνυδρον θειϊκὸν ὀξύ..	$+32^0$	Θειϊκὸν ὀξὺ μονένυδρον..	326^0
Αἰθὴρ	$35^0,5$	Ὑδράργυρος	350^0
Θειοῦχος ἄνθραξ	48^0	Λινέλαιον	$387^0,5$
Χλωροφόρμιον	$60^0,8$	Θεῖον	440^0
Οἰνόπνευμα ἄνυδρον	$78^0,3$	Ψευδάργυρος.....	1300^0

175. **Αἰτίαι μεταβάλλουσαι τὸν βαθμὸν τῆς ζέσεως.** Διάφοροι περιστάσεις δύνανται νὰ μεταβάλωσι τὸν βαθμὸν τῆς ζέσεως· τοιαῦται εἶνε: αἱ ἐν τῷ ὑγρῷ διαλελυμέναι οὐσίαι, ἡ φύσις τῶν παρειῶν τοῦ ἀγγείου, ἡ ἔλλειψις ἀέρος ἢ ἄλλου ἀερίου διαλελυμένου ἐν τῷ ὑγρῷ καὶ ἰδίᾳ ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις.

1ον *Ἐπίδρασις τῶν ἐν διαλύσει οὐσιῶν.* Πᾶσα ἐν τῷ ὑγρῷ διαλελυμένη οὐσία, ὅταν δὲν εἶνε πτητικὴ ἢ εἶνε ἧττον τοῦ ὑγροῦ, ἐπιβραδύνει τὸν βρασμὸν καὶ τοσούτῳ μᾶλλον, ὅσῳ μείζων ποσότης ἐκ ταύτης περιέχεται. Τὸ ὕδωρ, ἀπεσταγμένον ὂν βράζει εἰς 100^0, κεκορεσμένον ὅμως διὰ κοινοῦ ἅλατος βράζει εἰς $108^0,4$ διὰ χλωριούχου ἀσβεστίου δὲ βράζει εἰς 179^0. Αἱ οὐσίαι ὅμως, αἵτινες αἰωροῦνται ἁπλῶς ἐν τῷ ὑγρῷ, οἷον ρινήματα ξύλου, χώματα κλπ. δὲν ἀνυψοῦσι τὸν βαθμὸν τῆς ζέσεως.

2ον *Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τῶν παρειῶν τοῦ ἀγγείου.* Ὁ Gay-Lyssac παρετήρησεν ὅτι, ἐνῷ τὸ ὕδωρ ἀπεσταγμένον καὶ ὑπὸ πίεσιν 76^0 χ.μ., βράζει ἐν χαλκίνῳ ἀγγείῳ εἰς 100^0, ἐν ἀγγείῳ ὑελίνῳ δὲν ἄρχεται ὁ βρασμὸς παρὰ εἰς 101^0· ἐὰν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δὲ τὸ ὑέλινον ἀγγεῖον εἶνε καθαρισμένον διὰ ποτάσσης, ὁ βαθμὸς τοῦ βρασμοῦ ἀνέρχεται εἰς 105^0 καὶ εἰς 106^0.

Ἀλλ' ὅμως, ὡς ἐκ τῶν πειραμάτων τοῦ Rudberg ἐξάγεται, οἱοσδήποτε καὶ ἂν ᾖ ὁ βαμθὸς τῆς ζέσεως τοῦ ὕδατος συνεπείᾳ τῶν ἀνωτέρω λόγων, ἡ θερμοκρασία τῶν ἐκλυομένων ἀτμῶν εἶνε πάντοτε 100^0, ὡς ἐὰν τὸ ὕδωρ ἦν καθαρὸν καὶ ἐντὸς χαλκίνου ἀγγείου.

3ον *Ἔλλειψις ἀέρος ἢ ἀερίου ἐν διαλύσει.* Ἡ ἀπουσία διαλελυμένου ἀέρος ἐν τῷ ὕδατι ἀναβιβάζει τὴν θερμοκρασίαν τῆς ζέσεως. Ὁ Deluc πρῶτος παρετήρησεν ὅτι ὕδωρ ἐστερημένον ἀέρος συνεπείᾳ προηγουμένου βρασμοῦ δὲν ἔβρασε θερμανθὲν καὶ μέχρις 112^0. Τοῦτο ἐπεβεβαιώθη κατόπιν διὰ πολλῶν πειραμάτων.

4ον *Ἐπίδρασις τῆς ἐξωτερικῆς πιέσεως.* Εἴδομεν ὅτι εἰς 100^0, ἔνθα εἶνε ὁ κανονικὸς βαθμὸς τῆς ζέσεως τοῦ καθαροῦ ὕδατος ὑπὸ πίεσιν 760 χ.μ. οἱ ἐξ αὐτοῦ ἀτμοὶ ἔχουσι τάσιν ἴσην τῇ ἐξωτερικῇ πιέσει. Ἐὰν ἑπομένως ἐλαττώσωμεν τὴν πίεσιν, ὁ βρασμὸς θὰ παραχθῇ εἰς θερμοκρασίαν κατωτέραν τῶν 100^0 καὶ τἀνάπαλιν.

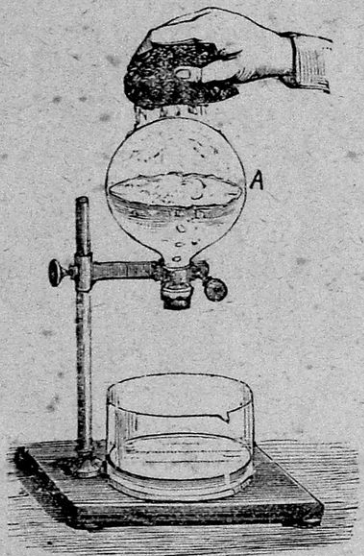
Πρὸς ἀπόδειξιν τούτου θέτομεν ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας ποτήριον περιέχον ὕδωρ 30^0 καὶ παράγοντες ἐν μέρει τὸ κενὸν παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὕδωρ βράζει. Εἰς τὸ ἀπόλυτον δὲ κενὸν τὸ ὕδωρ βράζει εἰς 0^0, διότι καὶ ἐν τῇ θερμοκρασίᾳ ταύτῃ ὁ ἀτμὸς αὐτοῦ ἔχει ἀκόμη τάσιν 4,6 χ.μ. (170). Ἕνεκα τῆς ἐλαττώσεως τῆς πιέσεως εἰς μεγάλα ὕψη, τὸ ὕδωρ βράζει ἐκεῖ εἰς ταπεινοτέραν τῶν 100^0 θερμοκρ., π.χ. εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ Λευκοῦ ὄρους βράζει εἰς 84^0.

Πείραμα τοῦ Φραγκλίνου. Ἐν ἐλλείψει ἀεραντλίας δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν τὸ ἑξῆς πείραμα τοῦ Φραγκλίνου. Ἐντὸς σφαιρικοῦ ὑελίνου ἀγγείου βράζομεν ὕδωρ ἐπί τινας στιγμὰς καὶ κατόπιν πωματίζοντες καλῶς τὸ στόμιον ἀναστρέ-

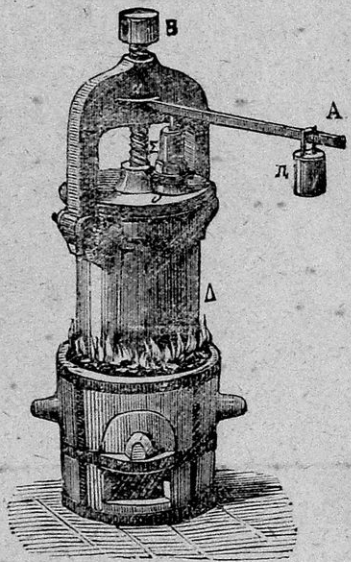
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φομεν καὶ μετ' ὀλίγον ὁ βρασμὸς παύει. Ραντίζοντες τότε ἄνωθεν διὰ ψυχροῦ ὕδατος (Σχ. 143) παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βρασμὸς ἐπαναρχίζει, διότι συμπυκνοῦνται οἱ ὑπερκείμενοι ἀτμοὶ καὶ ἐλαττοῦται ἡ πίεσις.

Βρασμὸς τῶν ὑγρῶν ἐν κλειστοῖς ἀγγείοις. Ἐν τοῖς κλειστοῖς ἀγγείοις, ἐπειδὴ οἱ παραγόμενοι ἀτμοὶ δὲν ἔχουσι διέξοδον, ἡ τάσις αὐτῶν αὐξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ



Σχ. 143.—Πείραμα Φραγκλίνου.



Σχ. 144.—Χύτρα Papin.

μᾶλλον μετὰ τῆς θερμοκρασίας καὶ ἐμποδίζει τὸν βρασμόν, ἐνῷ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ ἔχει ἤδη ὑπερβῆ πολὺ τὸν ὡρισμένον βαθμὸν τῆς ζέσεως. Τοῦτο καταδεικνύεται διὰ τῆς καλουμένης *χύτρας* τοῦ Papin (Σχ. 144), ἥτις σύγκειται ἐκ σιδηροῦ δοχείου Δ πεπληρωμένου κατὰ τὰ δύο τρίτα ὕδατος καὶ ἀεροστεγῶς πεπωμασμένου διὰ πώματος, ὅπερ πιέζεται ἰσχυρῶς διὰ κοχλίου. Εἰς τὸ κάλυμμα ὑπάρχει καὶ ἀσφαλιστικὴ δικλὶς Σ πιεζομένη ὑπὸ τοῦ μοχλοῦ Αα. Ἐν τῇ χύτρᾳ τοῦ Papin δυ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νάμεθα ν' ἀνυψώσωμεν τὴν θερμοκρ. τοῦ ὕδατος εἰς πολλοὺς βαθμοὺς ὑπεράνω τῶν 100⁰ καὶ ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν νὰ φθάσῃ εἰς 5 καὶ 6 ἀτμοσφαίρας χωρὶς νὰ παραχθῇ βρασμός. Ἐὰν δὲ τότε ἀνοιχθῇ ἡ ὀπή, ρεῦμα ἀτμοῦ ἀνεξέρχεται μετὰ συριγμοῦ εἰς μέγα ὕψος, τὸ δὲ ὕδωρ ἄρχεται ἀμέσως βράζον καὶ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ κατέρχεται εἰς τοὺς 100⁰.

176. **Θερμότης ἐξαερώσεως.** Κατὰ τὸν δεύτερον νόμον, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ μένει σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ· συνεπῶς πᾶσα ἡ ὑπὸ τῆς πηγῆς παρεχομένη θερμότης καταναλίσκεται εἰς τὸ νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν συνοχὴν τῶν μορίων καὶ ἐπιφέρῃ τὴν ἐξαέρωσιν αὐτῶν, προσδώσῃ δ' εἰς τὸν ἀτμὸν τὴν τάσιν, ὅπως ὑπερνικήσῃ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Ἡ οὕτω δαπανωμένη θερμότης, ὅπως ἐξαερώσῃ *τὴν μονάδα τοῦ βάρους* ὑγροῦ τινος ἄνευ αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ, καλεῖται θερμότης ἐξαερώσεως.

Ἐκρεύστωσις ἢ συμπύκνωσις τῶν ἀτμῶν.

177. **Ὁρισμός, αἴτια ἐκρευστώσεως.** Καλεῖται ἐκρεύστωσις ἢ συμπύκνωσις τῶν ἀτμῶν ἡ μετατροπὴ αὐτῶν εἰς ὑγρά. Τρία αἴτια δύνανται νὰ προκαλέσωσι τὴν ἐκρεύστωσιν, *ἡ ψύξις, ἡ πίεσις* καὶ *ἡ χημικὴ ἕλξις*.

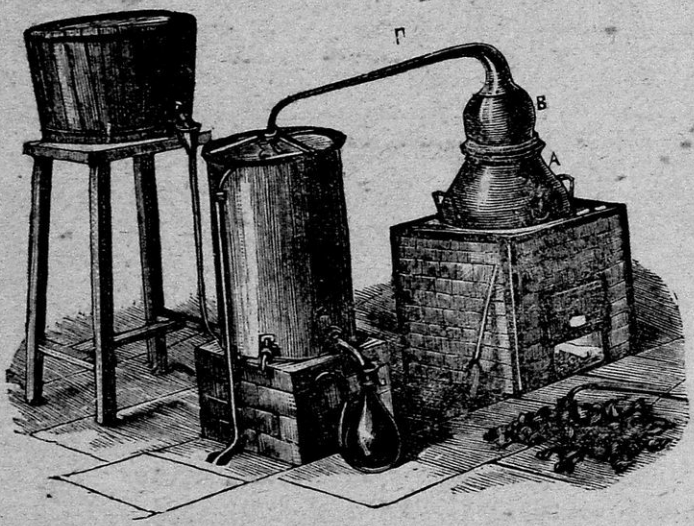
Ὅταν οἱ ἀτμοὶ ἐκρευστῶνται, ἡ θερμότης, ἥτις εἶχεν ἀπορροφηθῇ κατὰ τὴν ἐξαέρωσιν καὶ διέμενεν ἐν λανθανούσῃ καταστάσει ἐν τῷ ἀτμῷ, ἐκλύεται νῦν ἅπασα καὶ γίνεται αἰσθητὴ θερμότης. Τὸ πείραμα δ' ἀποδεικνύει ὅτι *ὡρισμένον βάρος ἀτμῶν ἐκρευστουμένων ἐκλύει ποσότητα θερμότητος ἀκριβῶς τόσην, ὅσην εἶχεν ἀπορροφήσει τὸ αὐτὸ βάρος ὕδατος ὅπως μετατραπῇ εἰς ἀτμόν*. Οὕτως ἓν χιλιόγραμμον ὕδατος 100⁰ ἀπορροφᾷ, μόνον ὅπως ἐξαερωθῇ, 537 μονάδας(1) θερμότητος· ἀντιστρό-

(1) Καλεῖται μονὰς θερμότητος τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, ὅπερ χρειάζεται, ὅπως ἀνυψώσῃ τὴν θερμοκρασίαν 1 χιλιογράμμου ὕδατος ἀπὸ 0⁰ εἰς 1⁰.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φως ἓν χιλιόγραμμον ὑδρατμῶν 100^0 μεταβαλλόμενον εἰς ὕδωρ 100^0 ἐκλύει 537 μονάδας θερμότητος.

178. **Ἐκρεύστωσις διὰ ψύξεως, ἀπόσταξις.** Ὅταν χῶρος, περιέχων ποσότητα ἀτμῶν οὐχὶ ἐν κόρῳ, ψύχηται ἀρκούντως, ὀλίγον κατ' ὀλίγον οἱ ἀτμοὶ κορεννύουσι τὸν χῶρον, περαιτέρω δὲ κατερχομένης τῆς θερμοκρασίας μέρος αὐτῶν μεταβαίνει εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν καὶ ὑπὸ μορφὴν λεπτοτάτων σταγονιδίων αἰωρεῖται ὡς νέφος ἢ ἐπικάθηται



Σχ. 145.—Ἀποστακτικὴ συσκευή.

ὡς δρόσος ἐπὶ τῶν παρειῶν τῶν δοχείων ἢ καταπίπτει πρὸς τὰ κάτω ὡς βροχή. Οὕτως οἱ ἀτμοὶ ζέοντος ὕδατος συμπυκνοῦνται ἐξερχόμενοι εἰς τὴν ψυχρὰν ἀτμοσφαῖραν· οἱ ἐκ τοῦ στόματος ἡμῶν ἀτμοὶ ἐπίσης· αἱ ὕελοι τῶν παραθύρων καλύπτονται ἐσωτερικῶς ὑπὸ στρώματος δρόσου, ψυχομένων τῶν ἐν τῷ δωματίῳ ἀτμῶν ἐπὶ τῆς ψυχρᾶς ὑέλου· ποτήριον πλῆρες πάγου καλύπτεται ἔξωθεν ὑπὸ δρόσου κτλ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς συμπυκνώσεως τῶν ἀτμῶν διὰ ψύξεως στηρίζεται ἡ ἀπόσταξις, τουτέστιν ἡ ἐργασία, δι' ἧς ὑγρόν τι πτητικὸν ἀποχωρίζεται ἀπὸ τῶν οὐσιῶν, ἃς περιέχει ἐν διαλύσει, ἢ ἀποχωρίζονται δύο ὑγρὰ ἀνίσου πτητικότητος.

Ἡ ἀποστακτικὴ συσκευὴ (Σχ. 145) συνίσταται ἐξ ἑνὸς *λέβητος* Α, ἐπιπωματιζομένου διὰ τοῦ *ἄμβικος* Β, ὅστις διὰ τοῦ σωλῆνος Γ συγκοινωνεῖ μετὰ ὀφιοειδοῦς σωλῆνος ἐμβεβαπτισμένου ἐντὸς κάδου περιέχοντος ψυχρὸν ὕδωρ· καλεῖται οὗτος *ψυκτήρ*. Τιθεται τὸ πρὸς ἀπόσταξιν ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ λέβητος καὶ θερμαίνεται μέχρι βρασμοῦ, οἱ δ' ἀναπτυσσόμενοι ἀτμοὶ διερχόμενοι διὰ τοῦ ὀφιοειδοῦς σωλῆνος ψύχονται καὶ συμπυκνοῦνται εἰς ὑγρόν, ὅπερ καταρρέει διὰ τοῦ κατωτέρου ἄκρου τοῦ σωλῆνος εἰς τὸν ὑποδοχέα Δ.

Ἀγγεῖον παρακείμενον χρησιμεύει, ἵνα ἐφοδιάζῃ τὸν ψυκτῆρα διὰ ψυχροῦ ὕδατος, ἐνῷ τὸ θερμαινόμενον ἐκρέει δι' ἑτέρου σωλῆνος ἐκ τῶν ἄνω τοῦ ψυκτῆρος ὡς ἐλαφρότερον.

Οὕτως ἀποστάζονται τὰ οἰνοπνευματοῦχα ποτά, αἱ διάφοροι ἀρωματικαὶ οὐσίαι κλπ. Δ

ΕΞΑΤΜΙΣΙΣ

179. **Ὁρισμός, αἰτίαι ἐπιταχύνουσαι τὸ φαινόμενον.** Καλεῖται ἐξάτμισις ἡ βραδεῖα καὶ κατὰ τὴν ἐλευθέραν μόνον ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ παραγωγὴ ἀτμῶν.

Δι' ἐξατμίσεως ἀποξηραίνονται τὰ βεβρεγμένα ὑφάσματα ἐν τῷ ἀέρι, ἐξαφανίζεται τὸ ἐν τοῖς ἀγγείοις ὕδωρ καὶ ἀποξηραίνεται τὸ βεβρεγμένον ἔδαφος. Δι' ἐξατμίσεως ἐπίσης παράγονται ἀτμοὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν θαλασσῶν, λιμνῶν καὶ ποταμῶν καὶ ἀνερχόμενοι εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν συμπυκνοῦνται εἰς *νέφη*, ἅτινα κατόπιν διαλύονται εἰς βροχήν. Δὲν λαμβάνει δὲ χώραν ἐξάτμισις ἔν τινι χώρῳ, ὅταν οὗτος εἶνε κεκορεσμένος ἀτμῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὴν ἐξάτμισιν ἐπιταχύνουσιν αἱ ἑξῆς αἰτίαι:

1ον *Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ ὑπερκειμένου ἀέρος*· διότι οὕτως ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν αὐξάνεται καὶ ὁ ἀὴρ ἀπαιτεῖ μείζονα ποσότητα ἀτμῶν ὅπως κορεσθῇ.

2ον *Ἡ ἐλαττωσις τῆς ποσότητος τῶν ἀτμῶν τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ, οὓς περιέχει ὁ πέριξ ἀήρ*· διότι ἂν ὁ πέριξ χῶρος εἶνε κεκορεσμένος, ἐξάτμισις δὲν λαμβάνει χώραν, ὅσῳ δ' ὀλιγωτέρους ἀτμοὺς περιέχει καὶ πλησιάζει πρὸς τὴν κατάστασιν τῆς ξηρασίας, τόσῳ ταχυτέρα θὰ εἶνε ἡ ἐξάτμισις.

3ον *Ἡ ταχεῖα ἀνανέωσις τοῦ ὑπερκειμένου ἀέρος*· διότι ἄλλως ἐπέρχεται ταχέως κόρος καὶ ἡ ἐξάτμισις παύει.

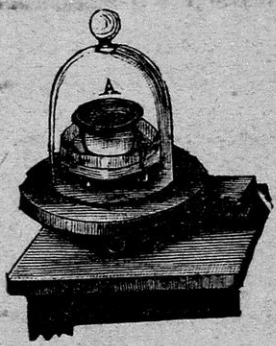
4ον *Ἡ ὅσῳ τὸ δυνατὸν μεγαλειτέρα ἔκτασις τῆς ἐξατμιζομένης ἐπιφανείας*· διότι ἡ ἐξάτμισις λαμβάνει χῶραν μόνον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ ἐπομένως θὰ εἶνε ἐπὶ τοσοῦτον ταχυτέρα, ὅσῳ μείζων ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

180. **Ψῦχος παραγόμενον κατὰ τὴν ἐξάτμισιν.** Γνωρίζομεν ἤδη ὅτι, ἵνα ἐξατμισθῇ ὑγρόν τι, ἀπαιτεῖ θερμότητα. Ὅταν ὅμως δὲν λαμβάνῃ τοιαύτην ἔκ τινος θερμαντικῆς πηγῆς, τότε αὐτὴ ἡ θερμότης τοῦ ὑγροῦ καταναλίσκεται πρὸς τοῦτο καὶ συνεπῶς *ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ κατέρχεται* καὶ τοσούτῳ μᾶλλον, ὅσῳ ταχυτέρα εἶνε ἡ ἐξάτμισις. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον, ὅταν ἡ χεὶρ ἡμῶν εἶνε βεβρεγμένη δι' ὕδατος ἢ δι' αἰθέρος καὶ ἐξατμισθῇ τὸ ὑγρόν, αἰσθανόμεθα ψῦχος εἰς τὴν χεῖρα. Τὰ πορώδη πήλινα ἀγγεῖα (τὰ Αἰγινητικὰ κανάτια παρ' ἡμῖν) ψύχουσι τὸ ὕδωρ κατὰ τὸ θέρος καὶ μάλιστα ἐκτιθέμενα εἰς ρεῦμα ἀέρος, διότι διὰ τῶν πόρων αὐτῶν καὶ ἕνεκα τῆς ἀνανεώσεως τοῦ ἀέρος λαμβάνει χώραν ταχεῖα ἐξάτμισις ἐπιφέρουσα τὴν ψύξιν τοῦ ὑγροῦ.

Πείραμα Leslie. Ὁ Leslie διὰ ταχείας ἐξατμίσεως κατώρθωσε νὰ πήξῃ τὸ ὕδωρ. Τὸ πείραμα τοῦτο γίνεται, ἐὰν θέσωμεν ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας ἀγγεῖον πλῆρες πυκνοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θειϊκοῦ ὀξέος καὶ ἐπ' αὐτοῦ πινάκιον Α ἐκ φελλοῦ ἢ γουταπέρκας περιέχον ὕδωρ (Σχ. 146). Σχηματιζομένου τοῦ κενοῦ τὸ ὕδωρ βράζει, ἐπειδὴ δ' οἱ σχηματιζόμενοι ἀτμοὶ ἀπορροφῶνται ὑπὸ τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος, γίνεται ἐξάτμισις ταχίστη καὶ ἐπιφέρει τοσαύτην ψύξιν, ὥστε τὸ ὕδωρ πήγνυται.



Σχ. 146.—Πῆξις ὕδατος δι' ἐξατμίσεως.

Πῆξις ὑδραργύρου. Δι' ὑγρῶν πτητικωτέρων καὶ ἰδίως διὰ θειώδους ὀξέος, ὅπερ βράζει εἰς—10°, δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν ψῦχος δριμύτατον ὥστε νὰ πήξωμεν καὶ τὸν ὑδράργυρον (—39°) Πρὸς τοῦτο περικαλύπτομεν διὰ βάμβακος μικρὰν ὑελίνην σφαῖραν πλήρη ὑδραργύρου καὶ διαβρέχοντες διὰ τοῦ ὀξέος θέτομεν αὐτὴν ἀμέσως ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας καὶ σχηματίζομεν τὸ κενόν· μετ' ὀλίγον ὁ ὑδράργυρος πήγνυται.

— Δι' ἐξατμίσεως ἔτι πτητικωτέρων ὑγρῶν ἐν τῷ κενῷ ὁ Pictet, Cailletet καὶ ὁ Wroblewski κατώρθωσαν νὰ παραγάγωσι ψῦχος ἑκατὸν βαθμῶν καὶ πλέον ὑπὸ τὸ μηδέν. Ὁ Wroblewski δι' αἰθυλενίου ἐπέτυχε θερμοκρασίαν καὶ μέχρι —136°.

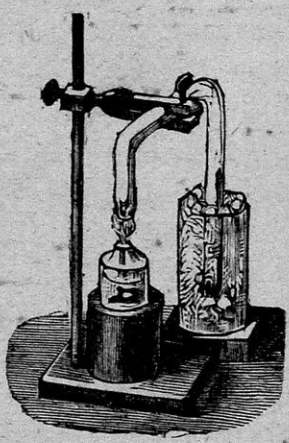
181. **Ἐφαρμογαὶ τοῦ δι' ἐξατμίσεως ψύχους.** Τὸ οὕτω διὰ τῆς ἐξατμίσεως παραγόμενον ψῦχος εὑρίσκει πολλὰς καὶ σπουδαίας ἐφαρμογὰς ἐν τῷ πρακτικῷ βίῳ, ἐν τῇ βιομηχανίᾳ καὶ ἐν τῇ ἐπιστήμῃ. Ὁ Carrè κατεσκεύασε παγοποιητικὴν συσκευὴν πρὸς παραγωγὴν τεχνητοῦ πάγου, ἧς ἡ λειτουργία οὐδὲν ἄλλο εἶνε παρὰ αὐτὴ ἡ τοῦ πειράματος τοῦ Leslie. Ἡ σπουδαιοτέρα τῶν ἐφαρμογῶν ὅμως εἶνε ἀναντιρρήτως ἡ νέα μέθοδος τῆς ρευστοποιήσεως τῶν ἀερίων καὶ δὴ καὶ αὐτῶν τῶν ἄλλοτε ὡς μονίμων θεωρουμένων.

Πρῶτοι οἱ Davy καὶ Faraday κατώρθωσαν νὰ ρευστοποιήσωσι πολλὰ τῶν ἀερίων, τὸ χλώριον, ὑδρόθειον, τὴν ἀμμωνίαν καὶ τὸ ἀνθρακικὸν ὀξύ, διὰ σιφωνοειδοῦς ὑελίνου σωλῆνος, ὅστις ἐκλήθη σωλὴν τοῦ Faraday (Σχ. 147). Εἰς τὸ ἓν ἄκρον ἐγκλείεται ἡ χημικὴ οὐσία, ἥτις διὰ θερμάνσεως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θὰ ἐκλύσῃ τὸ πρὸς ἐκρεύστωσιν ἀέριον, π. χ. χλωριοῦχος ἄργυρος κεκορεσμένος δι' ἀερώδους ἀμμωνίας πρὸς ἔκλυσιν ἀμμωνίας, τὸ δ' ἕτερον σκέλος ἐμβαπτίζεται ἐντὸς ψυκτικοῦ μίγματος. Θερμαινομένης τῆς οὐσίας ἀναπτύσσεται τὸ ἀέριον, ὅπερ διὰ τῆς ἰδίας ἑαυτοῦ πιέσεως καὶ διὰ τῆς ψύξεως ἐν τῷ ἑτέρῳ σκέλει μεθίσταται εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν.

Ὁ Thilorier δι' εἰδικῆς συσκευῆς ἐπέτυχε τὴν ρευστοποίησιν τοῦ ἀνθρακικοῦ ὀξέος μόνον διὰ πιέσεως.



Σχ.147.—**Σωλὴν** Faraday.

Μετὰ τούτους πολλοὶ τῶν φυσικῶν ἐνησχολήθησαν εἰς τὴν ρευστοποίησιν τῶν ἀερίων, ἀλλ' ὅμως ἐξ ἐξ αὐτῶν, τὸ ὀξυγόνον, ὑδρογόνον, ἄζωτον, διοξείδιον τοῦ ἀζώτου, ὀξείδιον τοῦ ἀνθρακος καὶ πρωτανθρακοῦχον ὑδρογόνον, ἀντέστησαν μέχρι τέλους τοῦ 1877 εἰς πάσας τὰς προσπαθείας, διὸ καὶ ἐκλήθησαν μόνιμα ἀέρια. Τὴν ρευστοποίησιν τούτων ἐπέτυχον τότε διὰ συσκευῶν διαφόρων ὁ Pictet καὶ ὁ Cailletet, κατόπιν δὲ εἰς τὰ 1883 ὁ Olszewski καὶ ὁ Wroblewski τελειοποιήσαντες τὴν συσκευὴν τοῦ Cailletet κατέληξαν εἰς ἀποτελέσματα θετικώτερα καὶ τελειότερα. Σήμερον δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι δὲν ὑπάρχει ἀέριον μόνιμον.

182. **Κρίσιμος θερμοκρασία.** Κατ' ἀρχὰς παρεδέχοντο ὅτι ἐπιφέροντες ἀρκοῦσαν πίεσιν δυνάμεθα νὰ ρευστοποιήσωμεν ἀέριόν τι, οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ· κατόπιν ὅμως, καὶ ἰδίως μετὰ τὰ πειράματα τοῦ Pictet, παρετηρήθη ὅτι δι' ἕκαστον ἀέριον ὑπάρχει ὅριόν τι θερμοκρασίας, ἄνωθεν τῆς ὁποίας ἡ ρευστοποίησις τοῦ ἀερίου εἶνε ἀδύνατος, οἱαδήποτε πίεσις καὶ ἂν ἐπενεχθῇ ἐπ' αὐτοῦ. Ἡ θερμοκρασία αὕτη ἐκλήθη κρίσιμος. Οὕτω τὸ ἀνθρακικὸν ὀξύ, ὅταν εὑρίσκηται εἰς θερμοκρασίαν 31° τὸ πολύ, δύναται νὰ ρευστοποιηθῇ ὑποβαλλόμενον εἰς πίεσιν 78 ἀτμοσφαιρῶν· ἀλλ' ὅμως εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῶν 31° ἡ ρευστοποίησις ἀποβαίνει ἀδύνατος, εἰς οἱανδήποτε πίεσιν καὶ ἂν ὑποβληθῇ τὸ ἀέριον. Ὥστε ἡ κρίσιμος θερμοκρασία τοῦ ἀνθρακικοῦ ὀξέος εἶνε 31°. Τοῦ πρωτοξειδίου τοῦ ἀζώτου ἡ κρίσιμος θερμοκρασία εἶνε μεταξὺ 30° καὶ 31°, τοῦ διοξειδίου τοῦ θείου εἶνε 140°.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΚΤΟΝ

ΥΓΡΟΜΕΤΡΙΑ

183. **Ὑδρατμοὶ ἐν τῷ ἀέρι, ὑγρομετρικὴ κατάστασις.** Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ ἐμπεριέχει πάντοτε ὑδρατμούς· διὰ νὰ βεβαιωθῶμεν περὶ τούτου, ἀρκεῖ νὰ ἐκθέσωμεν εἰς τὸν ἀέρα *οὐσίας ὑγροσκοπικάς*, εἶον χλωριοῦχον ἀσβέστιον, ἀνθρακικὸν κάλιον κλπ. καὶ θὰ ἴδωμεν μετ' ὀλίγον ὅτι γίνονται ὑγραί, τὸ δὲ βάρος αὐτῶν αὐξάνεται ἐπαισθητῶς διὰ τῆς ἀπορροφήσεως ἀτμῶν. Ποτήριον περιέχον πάγον ἢ λίαν ψυχρὸν ὕδωρ καλύπτεται κατὰ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν ὑπὸ στρώματος ὑγρασίας, ἥτις προέρχεται ἐκ συμπυκνουμένων ἀτμῶν τῆς ἀτμοσφαίρας.

Ὅταν ὁ ἀὴρ εἶνε σχεδὸν κεκορεσμένος ὑδρατμῶν, ἀρκεῖ μικρὰ κατάπτωσις τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ, ὅπως μέρος τοῦ ἀτμοῦ συμπυκνωθῇ· λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἀὴρ εἶνε *ὑγρός*. Ὅταν δ' ἀπ' ἐναντίας ἀπέχῃ πολὺ τοῦ νὰ εἶνε κεκορεσμένος, τότε ἀπαιτεῖται μεγάλη κατάπτωσις τῆς θερμοκρασίας, ὅπως παραχθῇ συμπύκνωσις ἀτμῶν· λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἀὴρ εἶνε *ξηρός*. Ὁ ἀὴρ λοιπὸν εἶνε μᾶλλον ἢ ἧττον ὑγρός, καθ' ὅσον οἱ ἀτμοί, οὓς περιέχει, πλησιάζουσι περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον πρὸς τὸ σημεῖον τοῦ κόρου.

Ἔχομεν δύο παρακείμενα δωμάτια Α καὶ Β τῆς αὐτῆς χωρητικότητος καὶ περιέχοντα τὴν *αὐτὴν ἀκριβῶς ποσότητα ὑδρατμῶν* ἕκαστον, εὑρισκόμενα δ' ἐν καταστάσει κόρου ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν 15^0· βεβαίως καὶ εἰς τὰ δύο ἐπικρατεῖ τότε ἡ αὐτὴ ὑγρασία. Ἐὰν ὅμως, τῆς θερμοκρασίας τοῦ Α μενούσης σταθερᾶς, ἡ τοῦ Β γίνῃ 30^0, τότε ὁ ἀὴρ ἐν τῷ Α θὰ ἐξακολουθήσῃ ὢν κεκορεσμένος, ἐνῷ ὁ τοῦ Β, καίτοι τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

αὐτὴν ποσότητα ἀτμῶν περιέχων, πολὺ θ' ἀπέχῃ νῦν νὰ εἶνε ἐν κόρῳ, διότι, ὡς γνωρίζομεν, αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας χώρου τινός, αὐξάνεται καὶ ἡ ποσότης τῶν ἀτμῶν ἡ ἀπαιτουμένη πρὸς κόρεσιν αὐτοῦ. Θὰ φαίνηται λοιπὸν ὡς ἐκ τούτου τὸ δωμάτιον Β ξηρότερον τοῦ Α. Αὐξάνοντες οὕτως ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον τὴν θερμοκρασίαν τοῦ Β, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι γίνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ξηρότερον μέχρι βαθμοῦ νὰ μὴ δυνάμεθα νὰ διαμείνωμεν ἐν αὐτῷ, ἐνῷ ἐν τῷ Α ἀπ' ἐναντίας δὲν δυνάμεθα νὰ διαμείνωμεν ἕνεκα τῆς ἀνυποφόρου ὑγρασίας, καίτοι ἡ *αὐτὴ ἀκριβῶς ποσότης ὑδρατμῶν* καὶ ἐν τῷ πρώτῳ καὶ ἐν τῷ δευτέρῳ περιέχεται.

Ὥστε ἡ σχετικὴ ξηρασία ἢ ὑγρασία τοῦ ἀέρος δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἀπολύτου ποσότητος τῶν περιεχομένων ὑδρατμῶν, ἀλλ' *ἐκ τῆς μεγαλειτέρας ἢ μικροτέρας ἀποστάσεως αὐτοῦ ἀπὸ τῆς καταστάσεως τοῦ κόρου*. Δυνατὸν ὁ ἀὴρ τόπου τινὸς νὰ ἐμπεριέχῃ περισσοτέρους ἀτμούς, ἄλλου δὲ τόπου κατὰ πολὺ ὀλιγωτέρους καὶ ὅμως εἰς τὸν δεύτερον ἡ ὑγρασία νὰ εἶνε πολὺ μεγαλειτέρα. Οὕτως, ἐὰν ὁ ἀὴρ τοῦ δωματίου ἡμῶν (χωρητικότητος 100 κυβ. μέτρων) κατά τινα χειμερινὴν ἡμέραν εἰς 5^0 ἐμπεριέχῃ 650 γραμμ. ὑδρατμῶν, κατά τινα δὲ θερινὴν εἰς 30^0 ἐμπεριέχῃ 1500 γραμμ. ὑδρατμῶν, θὰ εἶνε εἰς τὴν πρώτην περίστασιν ἀσυγκρίτῳ τῷ λόγῳ ὑγρότερος ἢ εἰς τὴν δευτέραν. Διότι εἰς 5^0 θερμοκρ. 675 γρ. μόνον ἀτμοῦ κορεννύουσιν ἀέρα 100 κυβ. μέτρων, ἐνῷ εἰς 30^0 ἀπαιτοῦνται πρὸς τοῦτο 3021 γραμμ.

Καλεῖται *ὑγρομετρικὴ κατάστασις* τοῦ ἀέρος, ὁ λόγος τῆς ποσότητος τῶν ἀτμῶν, οὓς περιέχει κατά τινα δεδομένην στιγμὴν ὑπὸ ὡρισμένην θερμοκρασίαν, πρὸς τὴν ποσότητα, ἣν θὰ ἐμπεριεῖχεν, ἂν ἦτο κεκορεσμένος ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν.

Ἀλλ' ἀντὶ τῆς ποσότητος δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὴν τάσιν τῶν ἀτμῶν, διότι οὗτοι ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ εὑρίσκονται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πάντοτε οὐχὶ ἐν κόρῳ καὶ ὑπείκουσιν, ὡς εἴδομεν, εἰς τὸν νόμον τοῦ Mariotte. Θὰ καλέσωμεν λοιπὸν ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ὑγρομετρικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος *τὸν λόγον τῆς τάσεως τῶν ἀτμῶν, οὓς περιέχει, πρὸς τὴν τάσιν τῶν ἀτμῶν, οὓς θὰ περιεῖχεν, ἂν ἦτο κεκορεσμένος ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν.*

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ φ τὴν τάσιν τῶν ἐν τῷ ἀέρι ἀτμῶν καὶ διὰ Φ τὴν τάσιν τῶν ἐν κόρῳ ἀτμῶν ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἡ ὑγρομετρικὴ κατάστασις Ε θὰ εἶνε

$$E = \frac{\varphi}{\Phi} \quad (1), \text{ ἐξ οὗ } \varphi = \Phi \times E \quad (2).$$

184. **Ὑγρόμετρα.** Τὰ ὄργανα, δι' ὧν προσδιορίζομεν τὴν ὑγρομετρικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος, καλοῦνται ὑγρόμετρα Ἐπειδὴ δὲ τὸ Φ δίδεται ὑπὸ τῶν πινάκων, οἵτινες ἀναγράφουσι τὰς μεγίστας τάσεις τῶν ὑδρατμῶν εἰς πάσας τὰς θερμοκρασίας, διὰ τῶν ὑγρομέτρων δὲν ἔχομεν παρὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ φ εἴτε ἀμέσως εἴτε ἐμμέσως καὶ οὕτως ἔχομεν τὰ δύο στοιχεῖα, δι' ὧν προσδιορίζεται ἡ ὑγρομετρικὴ κατάστασις τοῦ ἀέρος.

Ἔχομεν διάφορα εἴδη ὑγρομέτρων, στηριζομένων ἐπὶ διαφόρων ἀρχῶν.

Ὑγρόμετρον χημικόν. Διὰ τοῦ ὑγρομέτρου τούτου κατορθοῦμεν νὰ προσδιορίσωμεν τὸ βάρος τῶν ἔν τινι ὡρισμένῳ ὄγκῳ ἀέρος περιεχομένων ὑδρατμῶν. Πρὸς τοῦτο ὑπάρχει ἀεριοφυλάκιον, τὸ ὁποῖον πληροῦται ἐπανειλημμένως δι' ἀέρος καὶ διαβιβάζεται ὁ ἀὴρ οὗτος διὰ σειρᾶς σωλήνων περιεχόντων ὑγροσκοπικὰς οὐσίας γνωστοῦ βάρους πρὸς ἀπορρόφησιν τῶν ἀτμῶν, οἷον χλωριοῦχον ἀσβέστιον. Ζυγίζοντες καὶ μετὰ τὸ πείραμα τὰς ὑγροσκοπικὰς οὐσίας εὑρίσκομεν διαφορὰν βάρους, ἥτις παριστᾷ τὸν βάρος τῶν ἀτμῶν, οἵτινες περιείχοντο ἐντὸς τοῦ διαβιβασθέντος ἀέρος. Ἀντικαθιστῶντες τὰ διδόμενα ταῦτα, ἤτοι τὸν ὄγκον Ο καὶ τὸ βάρος Β τοῦ ἀτμοῦ εἰς τὸν κατωτέρω

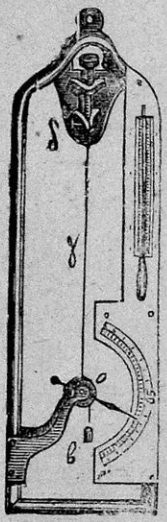
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τύπον, εὑρίσκομεν τὸ ζητούμενον φ. Ὁ τύπος εἶνε·

$$B = O \times 1^{gr.},292 \times 0,622 \times \frac{1}{1+\alpha\theta} \times \frac{\varphi}{760},$$

ἔνθα B τὸ βάρος τῶν ἀτμῶν, O ὁ ὄγκος, α ὁ συντελεστὴς τῆς διαστολῆς τοῦ ἀέρος, θ ἡ θερμοκρασία καὶ φ ἡ τάσις τῶν ἀτμῶν· πάντα τὰ λοιπὰ εἶνε γνωστὰ ἐν τῇ προκειμένῃ περιπτώσει ἐκτὸς τοῦ φ, ὅπερ καὶ εὑρίσκομεν λύοντες τὴν ἐξίσωσιν.

Ὑγρόμετρον Saussure. Τοῦτο ἀνήκει εἰς τὴν τάξιν *τῶν ὑγρομέτρων δι' ἀπορροφήσεως*, ἅτινα στηρίζονται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος, ἣν ἔχουσιν ὀργανικαί τινες οὐσίαι, χορδαὶ ἐντέρων, κλωσταί, τρίχες κλπ. νὰ ἐπιμηκύνωνται ἐν ὑγρασίᾳ, νὰ ἐπιβραχύνωνται δ' ἐν ξηρασίᾳ.



Σχ. 148.— Ὑγρόμετρον Saussure.

Τὸ κύριον μέρος τοῦ ὀργάνου εἶνε μία θρὶξ ἀνθρωπίνη, λεία(1), τεταμένη ἐπὶ ὀρειχαλκίνου πλαισίου, καὶ πρὸς μὲν τὸ ἀνώτερον ἄκρον δ συγκρατουμένη διὰ πιεστικοῦ κοχλίου, πρὸς δὲ τὰ κάτω ἐλισσομένη περὶ τροχαλίαν ο, ἥτις φέρει δύο λαιμούς. Περὶ τὸν δεύτερον λαιμὸν περιελίσσεται ἀντιθέτως τῇ τριχὶ νῆμα μετάξης φέρον ἐξηρτημένον μικρὸν βάρος β· ὁ δὲ ἄξων αὐτῆς φέρει βελόνην κινουμένην ἐπὶ τόξου διηρημένου.

Ὅταν ἡ θρὶξ ἐπιβραχύνηται διὰ τῆς ξηρασίας, ἀνυψοῖ τὸν δείκτην, ὅταν δ' ὑγραινομένη ἐπιμηκύνεται, τὸ βάρος β καταβιβάζει τὸν δείκτην.

Πρὸς βαθμολόγησιν θέτομεν τὸ ὑγρόμετρον ἐντὸς ὑελίνου

(1) Ἡ θρὶξ ἐκλιπαίνεται προηγουμένως πλυνομένη ἐντὸς ὕδατος περιέχοντος $\frac{1}{10}$ ἀνθρακικοῦ νατρίου, διότι ἄλλως δὲν θὰ ἠδύνατο ν' ἀπορροφήσῃ πολλὴν ὑγρασίαν καὶ ἡ ἐπιμήκυνσις αὐτῆς θὰ ἦτο ἀσθενής.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κώδωνος, οὗ ὁ ἀὴρ ἀποξηραίνεται δι' ὑγροσκοπικῶν οὐσιῶν, καὶ ἀφίνομεν ἐπὶ 15—20 ἡμέρας, ὅτε ἡ θρὶξ ἐπιβραχυνομένη βαθμηδὸν ἀνυψοῖ τὸν δείκτην καὶ ἐπὶ τέλους ἀφίνει αὐτὸν στάσιμον εἴς τι σημεῖον· σημειοῦμεν ἐκεῖ τὸ *μηδέν*, ὅπερ σημαίνει τὴν *ἀπόλυτον ξηρασίαν*. Ἀκολούθως ἀφαιροῦμεν τὰς ὑγροσκοπικὰς οὐσίας καὶ διαβρέχομεν ἔσωθεν τὰ τοιχώματα τοῦ κώδωνος δι' ἀπεσταγμένου ὕδατος, ὅπερ ἐξατμιζόμενον κορεννύει τὸν κώδωνα ἀτμῶν· τότε ἡ θρὶξ ὑγραινομένη ἐπιμηκύνεται ταχέως καὶ ἀφίνει τὸν δείκτην νὰ καταβαίνῃ. Ἐντὸς δύο ὡρῶν τὸ πολὺ μένει οὗτος στάσιμος εἴς τι σημεῖον· σημειοῦμεν ἐκεῖ τὸ 100, ὅπερ σημαίνει τὸν *κόρον*. Τὸ μεταξὺ διάστημα διαιρεῖται εἰς 100 ἴσα μέρη, *βαθμοὺς τοῦ ὑγρομέτρου*.

Σημ. Ἡ πεῖρα δεικνύει ὅτι αἱ ἐνδείξεις τοῦ ὑγρομέτρου τούτου δὲν εἶνε ἀνάλογοι πρὸς τὴν ὑγρομετρικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος. Ὅταν π.χ. τοῦτο δεικνύῃ 50 βαθμούς, ὁ ἀὴρ δὲν εἶνε κατὰ τὸ ἥμισυ κεκορεσμένος. Τούτου ἕνεκα ὁ Gay-Lussac ἐργασθεὶς πειραματικῶς κατήρτισε πίνακα, ὅστις δεικνύει ποία εἶνε ἡ ἀντιστοιχοῦσα ὑγρομετρικὴ κατάστασις εἰς ἕκαστον βαθμὸν τοῦ ὑγρομέτρου Saussure.

Βαθμοὶ Saussure	Ὑγρομετρικὴ κατάστασις	Βαθμοὶ Saussure	Ὑγρομετρικὴ κατάστασις
0	0,000	55	0,318
5	0,022	60	0,363
10	0,046	65	0,414
15	0,070	70	0,472
20	0,094	72	0,500
25	0,120	75	0,538
30	0,148	80	0,612
35	0,177	85	0,696
40	0,208	90	0,791
45	0,241	95	0,891
50	0,278	100	1,000

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὡς ἐκ τοῦ πίνατος καταφαίνεται εἰς τοὺς 72 βαθμοὺς τοῦ ὑγρομέτρου τούτου ὁ ἀὴρ εἶνε κατὰ τὸ ἥμισυ κεκορεσμένος. Ἐπειδὴ δὲ τὸν βαθμὸν τοῦτον δεικνύει συνήθως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ἡ βελόνη, συμπεραίνομεν ὅτι συνήθως ὁ ἀὴρ ἐμπεριέχει τὸ ἥμισυ τῶν ἀτμῶν τῶν ἀπαιτουμένων πρὸς κόρεσιν αὐτοῦ. Καὶ μετὰ ἀφθονωτάτας βροχὰς εἰς τὰ ἡμέτερα κλίματα ἡ βελόνη ποτὲ δὲν φθάνει εἰς τοὺς 100 βαθμούς, κατὰ δὲ τὰς μεγάλας ξηρασίας ἀνέρχεται συνήθως μέχρι τῶν 30· Ὅσον δ' ἀνυψούμεθα πρὸς ὑψηλότερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας, τόσον ἡ βελόνη βαδίζει πρὸς τὸ μηδέν.

Κατὰ τὸν Gay-Lussac ὁ πίναξ οὗτος ἐφαρμόζεται δι' ὅλα τὰ διὰ τριχὸς ὑγρόμετρα· ἀλλ' ὁ Regnault παρετήρησεν ὅτι αἱ ἐνδείξεις τῶν τοιούτων ὑγρομέτρων παραλλάσσουσιν ἀναλόγως τῆς προελεύσεως τῆς τριχός, τοῦ χρώματος καὶ τοῦ πάχους αὐτῆς καὶ ὅτι, ὅπως ἐπιτύχωμεν ἐνδείξεις ἀκριβεῖς, πρέπει νὰ καταρτίσωμεν δι' ἓν ἕκαστον ὑγρόμετρον ἰδιαίτερον πίνακα.

—Ἕτερα εἴδη ὑγρομέτρων ἔχομεν τὰ συμπυκνωτικὰ καὶ τὰ ψυχρόμετρα, ὧν τὴν περιγραφὴν παραλείπομεν ἐνταῦθα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

ΘΕΡΜΟΤΗΣ ΤΗΞΕΩΣ ΚΑΙ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ

185. **Μονὰς θερμότητος.** Εἰς πάντα τὰ θερμαντικὰ φαινόμενα, ἅτινα ἐσπουδάσαμεν ἐν τοῖς προηγουμένοις (μεταβολὰς θερμοκρασίας, διαστολάς, μεταβολὰς καταστάσεως τῶν σωμάτων κλπ.), εἴδομεν ὅτι ἐν ἄλλοις μὲν ποσότης αἰσθητῆς θερμότητος ἐκλύεται, ἐν ἄλλοις δὲ τοὐναντίον ποσότης θερμότητος ἀπορροφᾶται καὶ ἐξαφανίζεται. Ἐν τῷ κεφαλαίῳ τούτῳ πρόκειται νὰ ἐξετάσωμεν, *πῶς καὶ διὰ ποίων μεθόδων δυνάμεθα νὰ καταμετρήσωμεν τὰς ποσότητας τῆς θερμότητος, αἵτινες ἐκλύονται ἢ ἐξαφανίζονται κατὰ τὴν παραγωγὴν τῶν θερμαντικῶν φαινομένων.*

Ἂν καὶ ἡ φύσις τῆς θερμότητος εἶνε ἡμῖν ἄγνωστος, δυνάμεθα νὰ καταμετρήσωμεν αὐτὴν λαμβάνοντες μονάδα καλῶς ὡρισμένην.

Ὡς μονὰς δὲ θερμότητος λαμβάνεται τὸ *ποσὸν θερμό-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τητος, ὅπερ χρειάζεται διὰ νὰ ὑψώσῃ τὴν θερμοκρασίαν 1 χιλιογράμμου ὕδατος ἀπὸ 0^0 εἰς 1^0.

Διὰ τῶν πειραμάτων καταδεικνύεται ὅτι, ἐὰν ἀναμίξωμεν ἓν χλγρ. ὕδατος θερμοκρ. 0^0 μεθ' ἑνὸς χλγρ. ὕδατος θερμοκρ. 40^0, λαμβάνομεν *δύο* χλγρ. ὕδατος θερμοκρ. 20^0. Ἐπίσης δ' ἀναμιγνύοντες ἓν χλγρ. ὕδατος θερμοκρ. 0^0 μεθ' ἑνὸς χλγρ. ὕδατος 60^0, λαμβάνομεν *δύο* χλγρ. ὕδατος 30^0. Καὶ ἐν γένει, ἐὰν ἀναμίξωμεν ἓν χλγρ. ὕδατος θ^0 μεθ' ἑνὸς χλγρ. ὕδατος Θ^0, λαμβάνομεν *δύο* χλγρ. ὕδατος θερμοκρασίας $\frac{\theta+\Theta}{2}$. Ποικίλλοντες δὲ τὰ πειράματα ταῦτα καταντῶμεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι: *ἓν χλγρ. ὕδατος* 0^0 *ἢ οἱασδήποτε θερμοκρασίας, ὅπως θερμανθῇ κατὰ* 1^0, *ἀπορροφᾷ πάντοτε τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος*, ἣν ἐκαλέσαμεν ἀνωτέρω 1 μονάδα *θερμότητος*. (Τοῦτο ὅμως ἰσχύει ἀκριβῶς, ἐνόσῳ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος δὲν ὑπερβαίνει τοὺς 60^0). Ἐὰν δὲ πρόκειται νὰ θερμανθῇ κατὰ 2, 3, 4... βαθμοὺς καὶ ἐν γένει ἀπὸ θ^0 εἰς Θ^0, θ' ἀπορροφήσῃ $\Theta-\theta$ μονάδας θερμότητος. Τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος $(\Theta-\theta)$ θὰ χάσῃ, ἂν τοὐναντίον πρόκειται νὰ ψυχθῇ ἀπὸ Θ^0 εἰς θ^0.

Συνεπῶς ἄν, ἀντὶ ἑνός, ἔχωμεν Β χλγρ. ὕδατος, ἅτινα θερμαίνονται ἀπὸ θ^0 εἰς Θ^0 ἢ ψύχονται ἀπὸ Θ^0 εἰς θ^0, ἡ ποσότης Π τῆς θερμότητος, ἣν θ' ἀπορροφήσωσιν ἢ θὰ χάσωσιν, θὰ εἶνε $\Pi = B\,(\Theta-\theta)$ μονάδες θερμότητος.

186. **Εἰδικὴ θερμότης.** Καὶ ἤδη, ἂν ἀναμίξωμεν δύο ἴσα βάρη *σωμάτων διαφόρων*, τὸ ἀποτέλεσμα θὰ εἶνε πολὺ διάφορον. Οὕτως, ἐὰν ἀναμίξωμεν 1 χλγρ. ὑδραργύρου 100^0 μεθ' ἑνὸς χλγρ. ὕδατος 0^0, θὰ ἔχωμεν δύο χλγρ. μίγματος, οὗτινος ἡ θερμοκρασία θὰ εἶνε μόνον 3^0. Ἔνθα βλέπομεν ὅτι, ἐνῷ ἡ θερμοκρασία τοῦ μετάλλου κατῆλθε κατὰ 97^0, ἡ ἐξ αὐτοῦ ἀπολεσθεῖσα ποσότης θερμότητος ἐθέρμανεν ἴσον βάρος ὕδα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τος μόνον κατὰ 3^0, ἐνῷ ἂν ἦτο ὑδράργυρος θὰ ἐθερμαίνετο κατὰ 97^0. Ὥστε τὸ ὕδωρ ὑπὸ ἴσον *βάρος ἀπορροφᾷ 32 φορὰς περίπου περισσοτέραν θερμότητα ἢ ὁ ὑδράργυρος, ὅπως θερμανθῇ κατὰ τὸν αὐτὸν βαθμόν.*

Παρόμοια πειράματα ἐὰν ἐκτελέσωμεν δι' ἀργύρου, σιδήρου, χαλκοῦ κλπ., θὰ εὕρωμεν ὅτι: *ἴσα βάρη διαφόρων σωμάτων ἀπορροφῶσι διάφορον ποσόσητα θερμότητος, ὅπως θερμανθῶσι κατὰ 1^0.* καὶ ἀντιστρόφως *χάνουσιν ἐπίσης διάφορον ποσότητα θερμότητος ὅπως ψυχθῶσι κατὰ 1^0.* Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ ἂν ἀντὶ 1^0 ἔχομεν αὔξησιν ἢ ἐλάττωσιν θερμοκρασίας κατὰ θ βαθμούς.

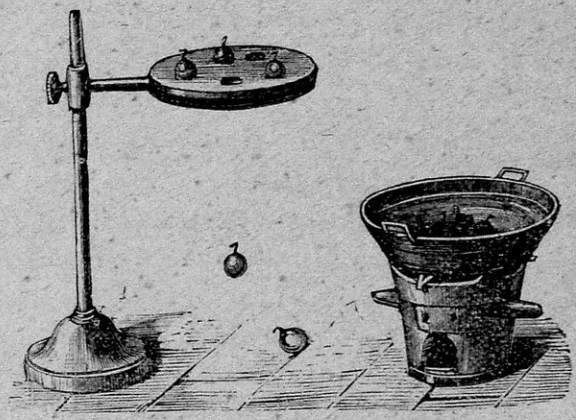
Ὥστε τὰ διάφορα σώματα ὑπὸ ἴσον βάρος καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν λαμβανόμενα ἐμπεριέχουσι διάφορον ποσὸν θερμότητος (ἀφοῦ, ὡς εἴδομεν, διάφορον ποσὸν θερμότητος ἀπορροφῶσιν, ὅπως θερμανθῶσι μέχρι τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας). Τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι τὰ διάφορα σώματα ἔχουσι διάφορον *θερμοχωρητικότητα*. Τὸ θερμοχωρητικώτερον δὲ πάντων τῶν σωμάτων εἶνε τὸ ὕδωρ.

Δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν τὸ ἑξῆς πείραμα τοῦ Tyndall πρὸς κατάδειξιν τῆς διαφόρου θερμοχωρητικότητος τῶν σωμάτων. Λαμβάνομεν πέντε μικρὰς ἰσοβαρεῖς σφαίρας ἐκ *σιδήρου, χαλκοῦ, κασσιτέρου, μολύβδου* καὶ *βισμουθίου* καὶ ἐμβαπτίζομεν ἐντὸς λουτροῦ ἐλαίου 180^0 (Σχ. 149)· μετ' ὀλίγον δέ, ὅταν θὰ ἔχωσι λάβει πᾶσαι τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν τοῦ λουτροῦ, ἐξάγομεν καὶ ἐπιθέτομεν ἐπὶ κηρίνου πλακοῦντος ἔχοντος πάχος ἑνὸς περίπου ἑκατοστομέτρου. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι πρώτη ἡ ἐκ σιδήρου σφαῖρα τήκουσα ταχέως τὸν κηρὸν διαπερᾷ αὐτὸν καὶ καταπίπτει, μετ' αὐτὴν ἡ ἐκ χαλκοῦ, ἡ δ' ἐκ κασσιτέρου διατρυπᾷ τὸν κηρὸν χωρὶς νὰ καταπέσῃ· τέλος δ' ἡ ἐκ μολύβδου καὶ βισμουθίου μόλις ἐμβυθίζονται εἰς τὸ μέσον περίπου τοῦ πάχους τοῦ πλακοῦντος. Ἐξ οὗ καταφαίνεται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅτι ὑπὸ ἴσον βάρος καὶ θερμοκρασίαν ἡ ἐκ σιδήρου σφαῖρα ἐμπεριέχει περισσότερον ποσὸν θερμότητος ἢ ἡ ἐκ χαλκοῦ, καὶ αὕτη περισσότερον τῆς κασσιτερίνης κλπ.

Καλεῖται εἰδικὴ θερμότης σώματός τινος, τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος (μετρούμενον εἰς θερμαντικὰς μονάδας), ὅπερ χρειάζεται, ὅπως ἀνυψώσῃ ἀπὸ 0^0 εἰς 1^0 τὴν θερμοκρασίαν ἑνὸς χιλιογράμμου τοῦ σώματος τούτου.



Σχ. 149.—**Πείραμα θερμοχωρητικότητος τῶν σωμάτων** (Tyndall).

Ἐὰν καλέσωμεν δ τὴν εἰδ. θερμότητα σώματος καὶ Β τὸ βάρος αὐτοῦ εἰς χιλιόγραμμα, ἡ ποσότης Π, ἥτις θὰ χρειασθῇ ὅπως θερμάνῃ κατὰ 1^0 τὰ Β χιλγρ., θὰ εἶνε

$$\Pi = B\delta \quad (1).$$

Καὶ ἐὰν ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας γίνῃ ἀπὸ θ βαθμῶν εἰς θ′ (π. χ. ἀπὸ 0^0 εἰς 5^0 ἢ ἀπὸ 15^0 εἰς 20^0), τότε θὰ ἔχωμεν

$$\Pi = B\delta\,(\theta' - \theta)\,(2).$$

Τἀνάπαλιν δέ, ὅταν ψύχωνται τὰ Β χλγρ. τοῦ αὐτοῦ σώματος ἀπὸ θερμοκρασίας θ′ εἰς θ, τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος, $B\delta\,(\theta' - \theta)$, ἐκλύουσι.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

187. **Προσδιορισμὸς τῆς εἰδικῆς θερμότητος.** Ὑπάρχουσι πολλαὶ μέθοδοι πρὸς προσδιορισμὸν τῆς εἰδικῆς θερμότητος τῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν· θὰ περιγράψωμεν τὴν *μέθοδον τῶν μιγμάτων* καὶ τὴν *τοῦ φρέατος ἐν πάγῳ*.

α') *Μέθοδος τῶν μιγμάτων*. Ὑποθέσωμεν ὅτι ζητοῦμεν τὴν εἰδικὴν θερμότητα ἑνὸς στερεοῦ σώματος. Ζυγίζομεν αὐτὸ ἀκριβῶς καὶ θερμαίνομεν εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, κρατοῦντες αὐτὸ ἐπί τινα χρόνον εἰς ρεῦμα ἀτμῶν 100^0, κατόπιν δ' ἐμβυθίζομεν αὐτὸ ἐντὸς ὕδατος ὡρισμένου βάρους καὶ ὡρισμένης θερμοκρασίας.

Ἔστω Β τὸ βάρος τοῦ σώματος, Θ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ καὶ δ ἡ ζητουμένη εἰδ. θερμότης, β δὲ τὸ βάρος τοῦ ὕδατος καὶ θ ἡ θερμοκρασία· ἔστω πρὸς τούτοις β' τὸ βάρος τοῦ περιέχοντος τὸ ὕδωρ ἀγγείου καὶ δ' ἡ εἰδ. θερμότης αὐτοῦ, ἥτις εἶνε προσδιωρισμένη ἐκ τῶν προτέρων δι' ἄλλου πειράματος. Ἅμα ἐμβυθίσωμεν τὸ σῶμα εἰς τὸ ὕδωρ, ἡ θερμοκρασία τούτου θ' ἀνέλθῃ καὶ μετ' ὀλίγον θὰ μείνῃ στάσιμος, ὥστε σῶμα, ὕδωρ καὶ ἀγγεῖον θὰ ἔχωσι τελικὴν κοινὴν θερμοκρασίαν θ'.

Τὰ Β χλγρ. τοῦ σώματος ψυχόμενα ἀπὸ θερμοκρ. Θ εἰς θ' ἀποβάλλουσι θερμότητα παριστωμένην, ὡς εἴδομεν, ὑπὸ τοῦ τύπου $B(\Theta-\theta')\delta$. Ἀλλ' ἡ θερμότης αὕτη ἰσοῦται ἀκριβῶς μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ὑπὸ τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ ἀγγείου προσληφθείσης, ὅπως ἀνέλθῃ ἡ θερμοκρασία αὐτῶν ἀπὸ θ εἰς θ'. Καὶ τὸ μὲν ὕδωρ προσέλαβε θερμότητα $\beta(\theta'-\theta)$, τὸ δὲ ἀγγεῖον βάρους β' προσέλαβε $\beta'(\theta'-\theta)\delta'$. Ἐξισοῦντες νῦν τὰς δύο ἴσας ποσότητας θερμότητος ἔχομεν

$$B(\Theta-\theta')\delta = \beta(\theta'-\theta) + \beta'(\theta'-\theta)\delta'.$$

Εἰς τὴν ἐξίσωσιν ταύτην τὰ πάντα εἶνε γνωστὰ ἐκτὸς τοῦ δ· λύοντες λοιπὸν αὐτὴν ὡς πρὸς τὸ δ εὑρίσκομεν

$$\delta = \frac{(\beta+\beta'\delta')(\theta'-\theta)}{B(\Theta-\theta')}.$$

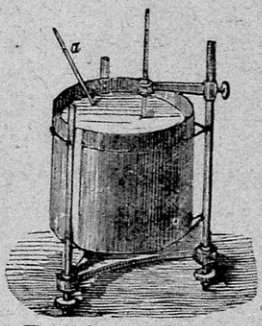
Ἡ συσκευή, ἧς γίνεται χρῆσις κατὰ τὴν ἀνωτέρω μέθοδον εἶνε δοχεῖον χάλκινον (Σχ. 150), πολὺ λεπτὸν καὶ ἐλαφρόν, στηρίζεται δ' ἐπὶ δυσθερμαγωγῶν σωμάτων, ὅπως μὴ ἀποβάλλῃ θερμότητα· θερμόμετρον δ' εὐπαθὲς κατακορύφως ἐστηριγμένον ἐπὶ παρσκειμένου στηρίγματος βυθίζεται ἐν τῷ ὕδατι καὶ δεικνύει τὴν θερμοκρασίαν αὐτοῦ ἀκριβῶς. Ἡ μικρὰ ὑελίνη

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

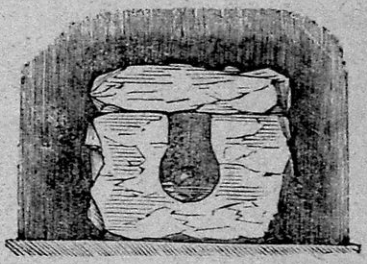
ράβδος α ἀναταράσσει τὸ μῖγμα, ὅπως καταστῇ πανταχοῦ ἴση ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ.

Ἡ ἀνωτέρω μέθοδος ὀφείλεται εἰς τὸν Black· ταύτης δ' ἐποιήσαντο χρῆσιν κατόπιν καὶ ὁ Regnault καὶ ὁ Berthelot ἀλλὰ διὰ συσκευῶν πολὺ τελειοτέρων. Εἰς τὸν Black ὀφείλεται ἐπίσης καὶ ἡ κατωτέρω μέθοδος διὰ τοῦ πάγου.

6') Μέθοδος διὰ τοῦ φρέατος ἐν πάγῳ. Ἡ μέθοδος αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου, ὅτι ὁ πάγος ἀπορροφᾷ θερμότητα ἵνα τακῇ· γνωρίζομεν δ' ὅτι ἓν χλγρ. πάγου 0^0, διὰ νὰ τακῇ μόνον ἤτοι νὰ μεταβληθῇ εἰς ὕδωρ 0^0, χρειάζεται 79,25 μονάδας θερμότητος.



Σχ. 150.—**Συσκευὴ τῆς μεθόδου τῶν μιγμάτων.**



Σχ. 151.—**Μέθοδος τοῦ φρέατος ἐν πάγῳ.**

Λαμβάνομεν ὀγκώδες τεμάχιον πάγου (Σχ. 151), ὀρύσσομεν ἐν αὐτῷ κοίλωμά τι, ὅπερ σπογγίζομεν καλῶς καὶ ἐνθέτοντες τὸ σῶμα, καλύπτομεν διὰ τεμαχίου πάγου· μετ' ὀλίγον δ' ὅταν τὸ σῶμα θὰ ἔχῃ λάβει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0^0, ἐξάγομεν αὐτὸ καὶ συναθροίζοντες διὰ στυπίου καλῶς τὸ ἐκ τῆς τήξεως προελθὸν ὕδωρ ζυγίζομεν αὐτὸ ἀκριβῶς. Ἔστω Β τὸ βάρος τοῦ σώματος, θ ἡ θερμοκρασία καὶ δ ἡ ἄγνωστος εἰδ. θερμότης αὐτοῦ, δ δὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκ τῆς τήξεως ὕδατος. Τὸ σῶμα ψυχθὲν ἀπὸ θ^0 εἰς 0^0 ἀπέδαλε θερμότητα Βδθ, ὁ δὲ τακεὶς πάγος ἀπερρόφησε $6 \times 79,25$ μονάδας· ἀμφότεραι δ αἱ ποσότητες αὗται εἶνε ἴσαι καὶ ἔχομεν

$$\text{Βδθ} = 6.79,25, \quad \text{ἐξ ἧς } \delta = \frac{6.79,25}{\text{Βθ}}.$$

Ὁ Laplace καὶ Lavoisier κατεσκεύασαν ὄργανον στηριζόμενον ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς, δι' οὗ οὐ μόνον εὑρίσκεται ἡ εἰδ. θερμότης σώματός τινος, ἀλλὰ δύναται ἐν γένει νὰ καταμετρηθῇ οἱονδήποτε ποσὸν θερμότητος, διὸ καὶ ἐκλήθη θερμογονόμετρον. Ὁ δὲ Bunsen κατεσκεύασεν ἀκόμη ἀκριβέστερον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ τελειότερον θερμογονόμετρον, δι' οὗ εἶνε δυνατὸν νὰ προσδιορισθῇ ἀκριβέστατα ἡ εἰδικὴ θερμότης σώματός τινος καὶ ὅταν ἐλάχιστον μόνον βάρος ἐξ αὐτοῦ ἔχωμεν.

Εἰδικαὶ θερμότητες σωμάτων τινῶν μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0.

Ὕδωρ = 1,000

Στερεά.		Κρητίς	0,215
Νάτριον	0,293	Μάρμαρον	0,210
Ἀργίλιον	0,218	Ξύλον ἐλάτης	0,650
Θεῖον	0,203	Πάγος	0,504
Φωσφόρος	0,179	Ξυλάνθραξ	0,241
Κάλιον	0,170	Ὕελος	0,198
Χυτοσίδηρος	0,130	Ὑγρά.	
Χάλυψ	0,117	Ὑδροχλωρικὸν ὀξύ	0,600
Ψευδάργυρος	0,096	Οἰνόπνευμα ἄνυδρον	0,579
Χαλκός	0,095	Αἰθήρ	0,533
Ἄργυρος	0,057	Βενζίνη	0,399
Κασσίτερος	0,056	Θειϊκὸν ὀξὺ (εἰς 1,80)	0,335
Χρυσός	0,032	Ἔλαιον ἐλαίας	0,310
Λευκόχρυσος	0,032	Χλωροφόρμιον	0,225
Μόλυβδος	0,031	Βρώμιον	0,111
Ὑδράργυρος στερεός	0,031	Ὑδράργυρος	0,033

1ον Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου καταφαίνεται ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότης εἶνε διάφορος εἰς τὰ διάφορα σώματα, καὶ ὅτι τὴν μεγαλειτέραν εἰδ. θερμότητα ἔχει τὸ ὕδωρ.

2ον Ὅτι ἡ εἰδ. θερμότης μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς οὐσίας ποικίλλει ἀναλόγως τοῦ *τρόπου τῆς διατάξεως τῶν μορίων* (ἀδάμας, γραφίτης, ξυλάνθραξ),—ἀναλόγως *τῆς φυσικῆς καταστάσεως* τοῦ σώματος (πάγος, ὕδωρ) οὖσα ἐν γένει μείζων ὅταν τὸ σῶμα ἔχῃ τὴν ὑγρὰν κατάστασιν ἢ τὴν στερεάν,—ἀναλόγως *τῆς θερμοκρασίας*· καὶ εἰς μὲν τὰ στερεὰ μεταξὺ 0^0 καὶ 100^0 αἱ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παρατηρούμεναι διαφοραὶ εἶνε ἐλάχισται, γίνονται δ' ἄξιαι σημειώσεως εἰς τὰς ἀνωτέρας τῶν 100^0 θερμοκρασίας, εἰς δὲ τὰ ὑγρὰ αἱ παρατηρούμεναι διαφοραὶ κατὰ τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας εἶνε ἔτι καταφανέστεραι.

3ον Ὁ Dulong καὶ Petit συγκρίνοντες τὰς εἰδ. θερμότητας πρὸς τὰ ἀτομικὰ βάρη τῶν ἁπλῶν σωμάτων εὗρον τὸν ἑξῆς νόμον: *Τὸ γινόμενον τῆς εἰδ. θερμότητος οἱουδήποτε στερεοῦ ἢ ὑγροῦ σώματος ἐπὶ τὸ ἀτομικὸν αὐτοῦ βάρος εἶνε ἀριθμὸς σταθερός.* Καλοῦντες δ τὴν εἰδ. θερμότητα καὶ α τὸ ἀτομικὸν βάρος ἔχομεν

$$\delta \times \alpha = \text{σταθερὰ ποσότης.}$$

Καλεῖται δὲ ἡ σταθερὰ αὕτη ποσότης *ἀτομικὴ θερμότης*. Οὕτως, ἐὰν πολλαπλασιάσωμεν τὴν εἰδ. θερμότητα τοῦ μολύβδου (0,031) ἐπὶ τὸ ἀτομικὸν αὐτοῦ βάρος (206,4), εὑρίσκομεν 6,39 ὡς ἀτομικὴν θερμότητα. Τοῦ λευκοχρύσου ἡ εἰδικὴ θερμότης (0,032) ἐπὶ τὸ ἀτομ. βάρος (194,5) δίδει τὸ αὐτὸ περίπου γινόμενον ἤτοι 6, 22.

Σημ. Καὶ τῶν ἀερίων ἡ εἰδ. θερμότης εὑρίσκεται διὰ μεθόδου ἀναλόγου πρὸς τὴν μέθοδον τῶν μιγμάτων. Ἐνταῦθα ὅμως ἔχομεν νὰ διακρίνωμεν εἰδ. θερμότητα ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, ὅτε τὸ ἀέριον ἀφίνεται νὰ διασταλῇ ἐλευθέρως, ἤτις εἶνε ἀνάλογος πρὸς τὴν τῶν στερεῶν καὶ ὑγρῶν καὶ εὑρίσκεται ὡς ἀνωτέρω, καὶ εἰδ. θερμότητα ὑπὸ σταθερὸν ὄγκον, ὅτε τὸ ἀέριον δὲν ἀφίνεται νὰ διασταλῇ.

Ὁ Regnault εὗρε τὰς ἑξῆς εἰδ. θερμότητας τῶν κυριωτέρων ἀερίων μεταξὺ 0^0 καὶ 200^0 καὶ ὑπὸ πίεσιν σταθερὰν μιᾶς περίπου ἀτμοσφαίρας.

Ἀήρ	0,237	Ὀξείδιον τοῦ ἄνθρακος...	0,257
Ὀξυγόνον	0,217	Χλώριον	0,121
Ἄζωτον	0,244	Ἀτμοὶ βρωμίου	0,055
Ὑδρογόνον	3,409	Θειῶδες ὀξύ	0,154
Ἀνθρακικὸν ὀξύ.....	0,217	Ἀμμωνία	0,508

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

188. **Προσδιορισμὸς τῆς θερμότητος τήξεως.** —*Μέθοδος τῶν μιγμάτων.*— Ἐκαλέσαμεν ἀνωτέρω *θερμότητα τήξεως* τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος (μετρούμενον εἰς θερμαντικὰς μονάδας), ὅπερ καταναλίσκεται ὅπως μετατρέψῃ ἐκ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν τὴν μονάδα τοῦ βάρους τοῦ σώματος.

Προσδιορίζομεν ταύτην διὰ τῆς μεθόδου τῶν μιγμάτων στηριζόμενοι ἐπὶ τῆς ἀρχῆς, ὅτι *σῶμά τι τετηκός, ὅταν πήγνυται, ἀποδίδει τόσην ἀκριβῶς θερμότητα, ὅσην ἀπερρόφησε κατὰ τὴν τῆξιν.* Τήκομεν βάρος Β ἐκ τοῦ σώματος, καὶ ἀφοῦ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τῆς τήξεως Θ, χύνομεν αὐτὸ ἐντὸς ψυχροῦ ὕδατος, οὗτινος τὸ βάρος εἶνε β καὶ ἡ θερμοκρασία θ. Καλέσωμεν δ τὴν εἰδ. θερμότητα τοῦ σώματος, χ τὴν ζητουμένην θερμότητα τήξεως καὶ θ′ τὴν τελικὴν θερμότητα τοῦ μίγματος. Τὸ ὕδωρ θερμανθὲν ἀπὸ θ εἰς θ′ προσέλαβε θερμότητα $\beta(\theta'-\theta)$, τὸ δὲ σῶμα ἀφ' ἑνὸς μὲν ψυχθὲν ἀπὸ Θ εἰς θ′ παρεχώρησε ποσὸν θερμότητος $B(\Theta-\theta')\delta$, ἀφ' ἑτέρου δὲ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς στερεοποιήσεως παρεχώρησε θερμότητα Βχ. Θὰ ἔχωμεν λοιπὸν τὴν ἐξίσωσιν

$$B(\Theta-\theta')\,\delta+B\chi=\beta(\theta'-\theta)$$

ἐξ ἧς

$$\chi=\frac{\beta(\theta'-\theta)-B(\Theta-\theta')\delta}{B}.$$

Ἡ θερμότης τῆς τήξεως τοῦ πάγου εἶνε ἡ παρέχουσα τὸ μεγαλείτερον ἐνδιαφέρον ἐξ αἰτίας τῶν πολλῶν ἐφαρμογῶν, ἃς εὑρίσκει. Ὁ Black πρῶτος ἐνησχολήθη εἰς τὴν καταμέτρησιν αὐτῆς, εὗρε δ' ὡς ἀποτέλεσμα 80 θερμαντικὰς μονάδας. Μετὰ τοῦτον ὅμως ἀκριβέστεραι ἔρευναι ἤγαγον εἰς τὸ ἀποτέλεσμα ὅτι ἡ θερμότης τῆς τήξεως τοῦ πάγου εἶνε 79.25 μονάδες θερμότητος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

189. **Θερμότης ἐξαερώσεως.**—Καλοῦμεν θερμότητα ἐξαερώσεως, τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος (εἰς θερμ. μονάδας), ὅπερ χρειάζεται, ὅπως ἐξαερώσῃ τὴν μονάδα τοῦ βάρους ὑγροῦ τινος ἄνευ αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ (π.χ. 1χλγρ. ὕδατος 100^0 νὰ μετατραπῇ εἰς ἀτμὸν 100^0). Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν καὶ ταύτην στηριζόμεθα ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς, ὅτι ὁ ἀτμὸς ρευστοποιούμενος ἀποδίδει τόσην ἀκριβῶς θερμότητα, ὅσην ἀπερρόφησε κατὰ τὴν ἐξαέρωσιν. Ὁ Depretz εὗρεν ὡς θερμότητα ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος εἰς 100^0 θερμ. μονάδας 540, κατόπιν δ' ὁ Regnault διὰ μεθόδου πολὺ τελειοτέρας καὶ ἀκριβεστέρας εὗρε τὸν ἀριθμὸν 537, ἤτοι ὅτι 1 χλγρ. ὕδατος ἀπορροφᾷ 537 θερ. μονάδας, ὅπως ἐξαερωθῇ ἄνευ αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ.

Ἐὰν εἰς τὴν θερμότητα ταύτην τῶν 537 μονάδων προσθέσωμεν καὶ τὴν θερμότητα, ἥτις χρειάζεται ὅπως θερμάνῃ τὸ ὕδωρ ἀπὸ 0^0 εἰς 100^0 ἤτοι 100 ἄλλας θερμαντικὰς μονάδας, ἔχομεν 637 μονάδας, ὁλικὴν θερμότητα ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος εἰς 100^0. Καλοῦμεν ὁλικὴν θερμότητα ἐξαερώσεως ὑγροῦ τινος εἰς θ^0, τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, ὅπερ ἀπορροφᾷ ἓν χιλγρ. τοῦ ὑγροῦ τούτου, ὅπως ἀχθῇ ἀπὸ τοῦ σημείου τῆς τήξεως αὐτοῦ μέχρι καταστάσεως ἀτμοῦ θ^0.

Θερμότητες ἐξαερώσεως ὑγρῶν τινων εἰς θερμ. μονάδας.

Ὕδωρ	537	Ὀξεικὸν ὀξύ	102
Μεθυλικὸν πνεῦμα	264	Αἰθήρ	91
Οἰνόπνευμα	208	Τερεβινθέλαιον	69

Ἀσκήσεις. 1. Τεμάχιον σιδήρου ζυγίζον 200 γραμμ., θερμανθὲν εἰς 200^0 εἰσάγεται εἰς θερμογονόμετρον χαλκοῦν βάρους 60 γραμμ. καὶ περιέχον ὕδωρ 200 γραμμ. εἰς 0^0. Ζητεῖται ποία θὰ εἶνε ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μίγματος; (Ἴδε εἰδ. θερμ. εἰς πίνακα).

2. Οἰνόπνευμα 1 λίτρας (μετρηθὲν εἰς 0^0), θερμανθὲν εἰς 37^0 ἐν ἀγγείῳ ὀρειχαλκίνῳ βάρους 10 γραμμ. καὶ εἰσαχθὲν εἰς 1 χλγρ. ὕδατος 10^0 περιεχόμενον ἐν ἀγγείῳ ὀρειχαλκίνῳ βάρους 200 γραμμ. ἀνύψωσεν ἀπὸ 10^0 εἰς 27^0 τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος τούτου.—Ποία εἶνε ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ οἰνο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πνεύματος, διδομένου ὅτι ἡ πυκνότης αὐτοῦ εἶνε 0,8 καὶ ὅτι ἡ εἰδ. θερμότης τοῦ ὀρειχάλκου εἶνε 0,1;

4. Μάζα ὕδατος βάρους 60 γραμμ. εἰς 70° δέχεται τεμάχιον πάγου τηκομένου ζυγίζοντος 10 γραμμ. Ποία εἶνε ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μίγματος;

5. Εἰσάγονται 500 γραμμ. πάγου θερμοκρ. —20° ἐντὸς μάζης ὕδατος βάρους 100 γραμμ. καὶ θερμ. 6°. Ποῖα φαινόμενα θὰ λάβωσι χώραν; (Εἰδ. θερμότης πάγου 0,5).

6. Τεμάχιον φωσφόρου ὑγροῦ θερμανθὲν εἰς 70° ἐμβυθίζεται ἐντὸς μάζης ὕδατος 10°. Ποία θὰ εἶνε ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μίγματος;

Βάρος φωσφόρου 300 γραμμ.—Βάρος ὕδατος 150 γραμμ.
Εἰδικὴ θερμότης φωσφόρου καὶ ὑπὸ τὰς δύο καταστάσεις 0,2
Θερμότης τήξεως φωσφόρου . . . . . 5,3.

7. Ἐντὸς τεμαχίου πάγου σχηματίζεται κοίλωμα καὶ ἐντίθεται τεμάχιον σιδήρου 200 γραμμαρίων θερμοκρ. 200°. Κατόπιν συλλέγεται τὸ ἐκ τῆς τήξεως προελθὸν ὕδωρ καὶ εὑρίσκεται ἴσον πρὸς 55 γραμμάρια. Ποία εἶνε ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ σιδήρου;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΟΓΔΟΟΝ

ΜΕΤΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Ι. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ

190. **Τρόποι μεταδόσεως τῆς θερμότητος.** Ἡ θερμότης μεταδίδεται ἀπὸ θερμαντικῆς πηγῆς ἢ ἀπο σώματος εἰς σῶμα κατὰ δύο τρόπους, *δι' ἀγωγιμότητος* καὶ *δι' ἀκτινοβολίας*. ἢ διὰ μεταδόσεως ἢ διὰ convection.

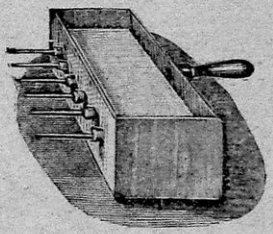
Ἀγωγιμότης εἶνε ἡ ἰδιότης τῶν σωμάτων νὰ μεταδίδωσι τὴν θερμότητα ἀπὸ μορίου εἰς μόριον εἴτε ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ σώματος εἴτε ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα.

Πάντα τὰ σώματα δὲν ἄγουσιν *ἐπίσης* καλῶς τὴν θερμότητα, ἀλλὰ τὰ μὲν μεταφέρουσι ταύτην εἰς μεγάλην ἀπόστασιν καὶ καλοῦνται *εὐθερμαγωγὰ σώματα* ἢ *καλοὶ ἀγωγοί*, ὡς εἶνε τὰ μέταλλα, τὰ δὲ εἰς ἐλαχίστην καὶ καλοῦνται *δυσθερμαγωγὰ* ἢ *κακοὶ ἀγωγοί*, ὡς εἶνε τὰ ξύλα, ἡ ὕελος, αἱ ρητί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ναι, τὰ πτίλα καὶ πρὸ πάντων τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια. Ἐὰν λάβωμεν ράβδον μεταλλικὴν καὶ εἰσαγάγωμεν τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς εἰς πυράν, θὰ αἰσθανθῶμεν μετ' ὀλίγον θερμότητα ἱκανὴν εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον τῆς ράβδου, ὅπερ κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός· ἐὰν ὅμως ἐπαναλάβωμεν τὸ αὐτὸ διὰ ράβδου ξυλίνης ἢ ὑελίνης, οὐδεμίαν ἢ ἐλαχίστην θερμότητα αἰσθανόμεθα καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ μῆκος τῆς ράβδου δὲν εἶνε μέγα.

Πείραμα Ingenhousz. Πρὸς σύγκρισιν τῆς ἀγωγοῦ δυνάμεως τῶν στερεῶν δύναται νὰ ἐκτελεσθῇ τὸ ἑξῆς πείραμα τοῦ Ingenhousz. Λαμβάνομεν κιβώτιον ἐξ ὀρειχάλκου (Σχ. 152), εἰς μίαν τῶν πλευρῶν τοῦ ὁποίου ἐμπήγνυνται ράβδοι ἐκ διαφόρων οὐσιῶν, σιδήρου, χαλκοῦ, ξύλου, ὑέλου, αἵτινες εἰσδύουσι κατά τινα χιλιοστόμετρα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ κιβωτίου· ἔξωθεν δὲ καλύπτομεν τὰς ράβδους διὰ στρώματος κιτρίνου κηροῦ, ὅστις τήκεται εἰς 61^0, καὶ πληροῦμεν τὸ κιβώτιον ζέοντος ὕδατος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι εἰς τὰς μεταλλικὰς ράβδους ὁ κηρὸς τήκεται εἰς ἀπόστασιν κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἧττον μεγάλην, ἐνῷ εἰς τὰς ἄλλας οὐδόλως· βεβαίως δὲ ἡ ἀγωγὸς δύναμις εἶνε τοσούτῳ μείζων, ὅσῳ μακρότερον εἶνε τὸ μέρος τῆς ράβδου, ἐφ' οὗ ὁ κηρὸς ἐτάκη.

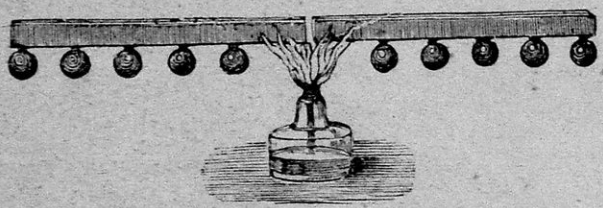


Σχ. 152.—Πείραμα Ingenhousz.

Ἐπίσης δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν καὶ τὸ ἑξῆς πείραμα. Λαμβάνομεν δύο ράβδους, τὴν μὲν ἐκ χαλκοῦ τὴν δ' ἐκ μολύβδου (Σχ. 153) καὶ προσκολλῶμεν διὰ κηροῦ μικρὰς σφαίρας εἰς ἴσας ἀποστάσεις. Θερμαίνοντες ἀκολούθως πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τὰ ἄκρα τῶν ράβδων βλέπομεν ὅτι εἰς τὴν χαλκίνην πίπτουσι πλείονες σφαῖραι, διότι εἰς αὐτήν, ὡς μᾶλλον εὐθερμαγωγόν, μετεδόθη ἡ θερμότης εἰς μείζονα ἀπόστασιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τοιούτων πειραμάτων δὲν εἶνε δυνατὸν παρὰ κατὰ προσέγγισιν μόνον νὰ λάβωμεν ἰδέαν τῆς ἀγωγοῦ δυνάμεως τῶν διαφόρων σωμάτων. Ὁ Fourier θεωρητικῶς ἐξετάσας τὸ ζήτημα ὥρισε τὰς συνθήκας, ὑπὸ τὰς ὁποίας εἶνε δυνατὸν νὰ εὑρεθῶσιν *οἱ συντελεσταὶ τῆς ἀγωγιμότητος*, τουτέστιν ἀριθμητικοὶ συντελεσταὶ χαρακτηρίζοντες τὰς σχετικὰς ἀγωγοὺς δυνάμεις τῶν διαφόρων οὐσιῶν, λαμβανομένης ὡς ὅρου συγκρίσεως τῆς ἀγωγοῦ δυνάμεως ἑνὸς ὡρισμένου σώματος.



Σχ. 153.—**Πείραμα θερμαγωγοῦ.**

Ὁ προσδιορισμὸς τούτων ἐγένετο κατὰ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Despretz, ἀλλὰ διὰ μεθόδου οὐχὶ πολὺ ἀκριβοῦς, Ὁ Wiedemann καὶ Franz τελειοποιήσαντες τὴν μέθοδον τοῦ Despretz εὗρον τὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα, παραστατικὰ τῶν ἀγωγῶν δυνάμεων τῶν διαφόρων μετάλλων, τῆς ἀγωγοῦ δυνάμεως τοῦ ἀργύρου παριστωμένης διὰ τοῦ ἀριθμοῦ 1000.

Ἄργυρος	1000	Χάλυψ	116
Χαλκός	736	Μόλυβδος	85
Χρυσός	532	Λευκόχρυσος	84
Κασσίτερος	145	Κρᾶμα Rose (1)	28
Σίδηρος	119	Βισμούθιον	18

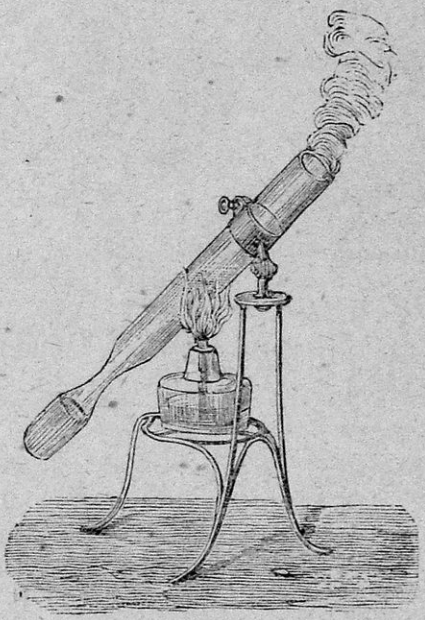
Σημ. Βραδύτερον εὑρέθη ὅτι οἱ ἀριθμοὶ οὗτοι παριστῶσιν ἐπίσης, κατὰ μεγάλην προσέγγισιν, καὶ τὰς ἀγωγοὺς δυνάμεις τῶν αὐτῶν σωμάτων διὰ τὸν ἠλεκτρισμόν.

(1) Τὸ κρᾶμα τοῦ Rose εἶνε ἀνάλογον πρὸς τὸ τοῦ Darcet, ὅπερ συνίσταται ἐξ 8 μερῶν βισμουθίου, 5 μολύβδου καὶ 3 κασσιτέρου, τήκεται δὲ μεταξὺ 94° —95° Κ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁ de la Rive κατέδειξεν ὅτι τῶν ξύλων ἡ ἀγωγιμότης εἶνε πολὺ μεγαλειτέρα κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν ἰνῶν παρὰ ἐγκαρσίως, καὶ ὅτι τὰ πυκνότερα ξύλα εἶνε καλλίτεροι ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος.

191. **Θερμαγωγὸν τῶν ὑγρῶν.** Ἐκ τῶν ὑγρῶν μόνος ὁ ὑδράργυρος, (ὅστις εἶνε μέταλλον), εἶνε σῶμα εὐθερμαγωγόν, τὰ δὲ λοιπὰ εἶνε κάκιστοι ἀγωγοὶ τῆς θερμότητος, μάλιστα δὲ ὁ Rumford παρεδέχετο ὅτι ἡ ἀγωγιμότης αὐτῶν εἶνε *μηδέν*. Ἐν τούτοις ὁ Murray κατέδειξεν ὅτι θερμαινομένου ὑγροῦ τινος κατὰ τὰ ἀνώτερα στρώματα, βαθμηδὸν καὶ κατ' ὀλίγον θερμαίνονται καὶ τὰ κατώτερα καὶ μάλιστα ἐντὸς ἀγγείου, οὗτινος τὰ τοιχώματα νὰ συνίστανται ἐκ λίαν δυσθερμαγωγοῦ οὐσίας.



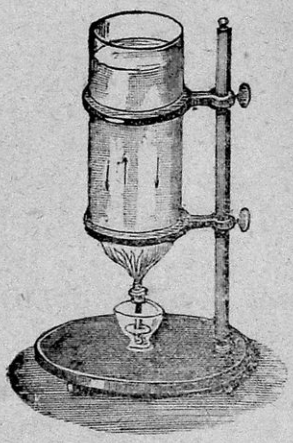
Σχ. 154.—Δυσθερμαγωγὸν τῶν ὑγρῶν.

Τὸ δυσθερμαγωγὸν τῶν ὑγρῶν καταδεικνύομεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος. Εἰς τὸν πυθμένα σωλῆνος πλήρους ὕδατος θέτομεν τεμάχιον πάγου (Σχ. 154) καὶ κλίνοντες ὀλίγον τὸν σωλῆνα θερμαίνομεν διὰ λύχνου τὰ ἀνώτερα στρώματα. Μετ' ὀλίγον τὸ ὕδωρ βράζει κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν, ἐνῷ εἰς τὸν πυθμένα ὁ πάγος μένει ἄτηκτος.

Ἐκτελεῖται δὲ ἡ θέρμανσις τῶν ὑγρῶν εἰς ὁλόκληρον τὴν μάζαν αὐτῶν διὰ ρευμάτων ἀναβατικῶν καὶ καταβατικῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Π. χ. ἐν τῷ ἀγγείῳ (Σχ. 155) θερμαινομένῳ ἐκ τοῦ πυθμένος τὸ παρὰ τὸν πυθμένα στρῶμα θερμαινόμενον καὶ γιγνόμενον ἐλαφρότερον ἀνέρχεται πρὸς τὰ ἄνω, τὴν δὲ θέσιν αὐτοῦ τείνουσι νὰ καταλάβωσι κατερχόμενα τὰ ἀνώτερα στρώματα ὡς ψυχρότερα καὶ συνεπῶς πυκνότερα. Τοῦτο φαίνεται καλῶς, ἐὰν ῥίψωμεν ἐν τῷ ὑγρῷ ρινήματα ξύλου· θὰ ἴδωμεν αὐτὰ ἀνερχόμενα κατὰ τὸν ἄξονα τοῦ δοχείου καὶ κατερχόμενα πρὸς τὸ μέρος τῶν τοιχωμάτων αὐτοῦ



Σχ. 155.—Θέρμανσις ὑγροῦ.

192. **Θερμαγωγὸν τῶν ἀερίων.** Εἶνε δύσκολον νὰ ἐκτιμήσωμεν ἀπ' εὐθείας τὴν θερμαγωγὸν δύναμιν τῶν ἀερίων ἐξ αἰτίας τῆς μεγάλης διαθέρμου δυνάμεως καὶ τῆς μεγάλης εὐκινησίας τῶν μορίων αὐτῶν. Ἀλλ' ὅταν ἡ κίνησις αὐτῶν ἐμποδίζηται, ἡ ἀγωγιμότης αὐτῶν σχεδὸν εἶνε μηδέν. Πράγματι παρατηρεῖται ὅτι ὅλαι αἱ νηματώδεις οὐσίαι, οἷον βάμβαξ, μαλλία, ἄχυρα κλπ., αἵτινες περιέχουσιν ἀέρα ἐν ἀκινησίᾳ, παρουσιάζουσι μεγάλην ἀντίστασιν εἰς τὴν μετάδοσιν τῆς θερμότητος. Γίνεται δὲ καὶ ἐν τοῖς ἀερίοις ἡ μετάδοσις τῆς θερμότητος εἰς ὅλην τὴν μάζαν διὰ ρευμάτων ἀναβατικῶν καὶ καταβατικῶν ὡς καὶ ἐν τοῖς ὑγροῖς.

Τὸ εὐθερμαγωγότερον πάντων τῶν ἀερίων εἶνε τὸ ὑδρογόνον.

193. **Ἐφαρμογαὶ τῆς ἀγωγιμότητος.** Πολλὰ φαινόμενα τοῦ καθ' ἡμέραν βίου δεικνύουσι τὸν διάφορον βαθμὸν τῆς ἀγωγιμότητος τῶν διαφόρων σωμάτων καὶ πολλὰς ἐφαρμογὰς τῆς ἰδιότητος ταύτης ποιούμεν. — Ὅπως προφυλάξωμεν τὰ δωμάτια ἀπὸ τοῦ ψύχους, κατασκευάζομεν τὰ ὑελοπαράθυρα διπλᾶ, ἵνα παρεντίθηται ἐν τῷ μεταξὺ στρῶμα ἀέρος ἐν ἀκινησίᾳ ἀνθιστάμενον εἰς τὴν πρὸς τὰ ἐκτὸς μετάδοσιν τῆς θερμότητος τοῦ δωματίου. — Εἰς τὰ μετάλλινα σκεύη τὰ πρὸς θέρμανσιν ὑγρῶν χρησιμεύοντα προσκολλῶμεν ξυλί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νας λαβάς.—Ὅταν θέλωμεν νὰ διατηρήσωμεν θερμὸν ὑγρόν τι ἐπὶ πολύ, περικλείομεν αὐτὸ ἐντὸς διπλοῦ περικαλύμματος, τὸ μεταξὺ δὲ διάστημα πληροῦμεν δυσθερμαγωγῶν οὐσιῶν.—Τὸ θέρος μεταφέρουσι τὸν πάγον ἀπὸ χώρας εἰς χώραν περιβάλλοντες αὐτὸν διὰ ρινημάτων ξύλου, ἀχύρων κλπ.—Εἰς τὸ εὐθερμαγωγὸν τῶν μεταλλικῶν πλεγμάτων στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τῆς ἀσφαλιστικῆς λυχνίας τοῦ Davy.—Τὸν χειμῶνα, ὅταν ἁπτώμεθα ἀντικειμένων ἐκ μετάλλου, αἰσθανόμεθα αὐτὰ ψυχρά, διότι ὡς εὐθερμαγωγὰ σώματα ἀφαιροῦσι ταχέως τὴν θερμότητα τῆς χειρὸς ἡμῶν· διὰ τὸν αὐτὸν λόγον κρυώνουσιν οἱ πόδες ἡμῶν, ὅταν ἱστάμεθα ἐπὶ ἐδάφους μαρμαρίνου, ἐνῷ ἐπὶ τῶν σανίδων δὲν κρυώνουσιν.—Ἕνεκα τοῦ δυσθερμαγωγοῦ τῆς ὕελου θραύονται τὰ ποτήρια, ὅταν ἐγχύνηται ἐν αὐτοῖς θερμὸν ὑγρόν.—Τὰ χονδρὰ μάλλινα ὑφάσματα προφυλάττουσιν ἡμᾶς ἀπὸ τοῦ ψύχους τοῦ χειμῶνος, διότι ὁ ἐν αὐτοῖς ἀὴρ ἀνθίσταται εἰς τὴν ἐκ τοῦ σώματος ἡμῶν μετάδοσιν τῆς θερμότητος πρὸς τὰ ἔξω.

Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΟΣ ΘΕΡΜΟΤΗΣ

194. **Ἀκτινοβόλος θερμότης, ἀκτὶς θερμαντική.** Ἡ θερμότης μεταδίδεται ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα καὶ *ἐξ ἀποστάσεως* διὰ μέσου τοῦ διαστήματος κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις καὶ εἰς πᾶσαν ἀπόστασιν· ἡ οὕτω μεταδιδομένη θερμότης καλεῖται *ἀκτινοβόλος θερμότης*, τὸ δὲ φαινόμενον *ἀκτινοβολία τῆς θερμότητος*. Δι' ἀκτινοβολίας ὁ ἥλιος ἐκπέμπει πρὸς ἡμᾶς διὰ μέσου τοῦ διαστήματος τὴν ἑαυτοῦ θερμότητα· δι' ἀκτινοβολίας αἱ κάμινοι, αἱ θερμάστραι καὶ ἐν γένει πᾶσα θερμαντικὴ πηγὴ καὶ πᾶν θερμὸν σῶμα ἐκπέμπει πρὸς τὰ πέριξ τὴν θερμότητα. Ἀλλ' ὅμως δὲν εἶνε μόνα τὰ κοινῶς καλούμενα *θερμὰ σώματα*, ἅτινα *ἐκπέμπουσι θερμότητα*, οὔτε τὰ *ψυχρὰ σώματα*, ἅτινα ἀπορροφῶσι τοιαύτην· τά τε θερμὰ καὶ ψυχρὰ καὶ ἐκπέμπουσι καὶ ἀπορροφῶσι θερμότητα, ἀλλὰ κατὰ ποσότητας ἀνίσους, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Καλεῖται ἀκτὶς θερμότητος, ἡ εὐθεῖα γραμμή, ἣν ἀκολουθεῖ μεταδιδομένη ἡ ἀκτινοβόλος θερμότης.

Φωτεινὴ καὶ σκοτεινὴ θερμότης. Διακρίνομεν τὴν θερμότητα εἰς *φωτεινήν*, ἣν ἐκπέμπουσι τὰ διάπυρα σώματα, οἷον ὁ ἥλιος,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰ διάπυρα μέταλλα κλπ. καὶ *σκοτεινήν*, ἣν ἐκπέμπουσι τὰ μὴ φωτοβολοῦντα σώματα, οἷον ἀγγεῖον πλῆρες θερμοῦ ὕδατος.

195. **Φυσικοὶ χαρακτῆρες τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος.** 1ον *Ἡ ἀκτινοβολία τῆς θερμότητος ἐκ σώματος θερμοῦ λαμβάνει χώραν κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις.* — Πράγματι, ἂν θέσωμεν θερμόμετρον εἰς οἱανδήποτε θέσιν πέριξ θερμοῦ σώματος, θὰ παρατηρήσωμεν ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας.

2ον *Ἐν μέσῳ*[1] *ὁμοιομερεῖ ἡ ἀκτινοβόλος θερμότης μεταδίδεται κατ' εὐθεῖαν γραμμήν.* — Πράγματι, ἐὰν θέσωμεν μικρὸν διάφραγμα ἐπὶ τῆς εὐθείας τῆς ἐνούσης τὴν θερμαντικὴν πηγὴν μετὰ τοῦ δοχείου τοῦ θερμομέτρου, οὐδεμίαν ἀλλοίωσιν θερμοκρασίας παρατηροῦμεν εἰς αὐτό. Ἐὰν δ' ἄρωμεν τὸ διάφραγμα, ἢ ἀνοίξωμεν εἰς αὐτὸ ὀπὴν ἐπὶ τῆς εὐθείας γραμμῆς τῆς ἐνούσης τὸ δοχεῖον μετὰ τῆς πηγῆς, θὰ παρατηρήσωμεν ὕψωσιν θερμοκρασίας. Ὅταν ὅμως μεταβαίνῃ ἡ θερμαντικὴ ἀκτὶς ἀπὸ ἑνὸς μέσου εἰς ἕτερον ἀνομοιομερές, οἷον ἀπὸ ἀέρος εἰς ὕδωρ ἢ ὕελον, ἀλλάσσει διεύθυνσιν· λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἀκτὶς *θλᾶται*.

Σχ. 156 — **Μετάδοσις θερμότητος διὰ τοῦ κενοῦ.**

3ον *Ἡ ἀκτινοβόλος θερμότης διαδίδεται καὶ διὰ τοῦ κενοῦ.* — Ὅτι ἡ φωτεινὴ θερμότης διαδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ εἶνε γνωστόν, ἀφοῦ ἡ θερμότης τοῦ ἡλίου ἔρχεται πρὸς ἡμᾶς διὰ μέσου τοῦ κενοῦ ἀχανοῦς διαστήματος. Ὅτι δὲ καὶ εἰς τὴν σκοτεινὴν θερμότητα οὕτως ἔχει τὸ πρᾶγμα, ἀποδεικνύεται διὰ τοῦ ἐξῆς πειράματος τοῦ Rumford. Λαμβάνομεν κοίλην ὑελίνην σφαῖραν φέρουσαν συντετηγμένον θερμόμετρον (Σχ. 156), οὗτινος τὸ δοχεῖον ἐξικνεῖται μέχρι τοῦ κέντρου τῆς σφαίρας καὶ παράγομεν εἰς αὐτὴν τὸ βαρομετρικὸν κενόν. Ἐὰν

(1) Καλεῖται ἐν γένει μ έ σ ο ν ἢ π ε ρ ι έ χ ο ν, τὸ διάστημα πλῆρες ἢ κενόν, ἐν τῷ ὁποίῳ παράγεται φαινόμενόν τι. Ὁ ἀήρ, τὸ ὕδωρ, ἡ ὕελος, εἶνε διάφορα μέσα·

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐμβυθίσωμεν τὴν τοιαύτην σφαῖραν ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος, παρατηροῦμεν ἀμέσως ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ θερμομέτρου, ὅπερ θερμαίνεται βεβαίως οὐχὶ διὰ τῆς δυσθερμαγωγοῦ ὑέλου, ἀλλὰ διὰ διαδόσεως τῆς θερμότητος διὰ τοῦ κενοῦ χώρου αὐτῆς μέχρι τοῦ δοχείου τοῦ θερμομέτρου.

4ον *Ἡ ταχύτης τῆς μεταδόσεως τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος δὲν εἶνε ὡρισμένη*· γνωρίζομεν μόνον ὅτι αὕτη πρέπει ὀλίγον μόνον νὰ διαφέρῃ τῆς τοῦ φωτός, ἐὰν δὲν εἶνε ἀκριβῶς ἡ αὐτή.

5ον *Ὁμοιότης τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος πρὸς τὸ φῶς.* Οὐσιώδης χαρακτὴρ τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος εἶνε ἡ ὁμοιότης αὐτῆς πρὸς τὸ φῶς· τοῦθ' ὅπερ ἀποδεικνύεται οὐ μόνον θεωρητικῶς ἀλλὰ καὶ πειραματικῶς ἐν τῇ σπουδῇ τῶν ἰδιοτήτων καὶ τῶν νόμων, οἵτινες δέπουσι τὸ φῶς καὶ τὴν θερμότητα.

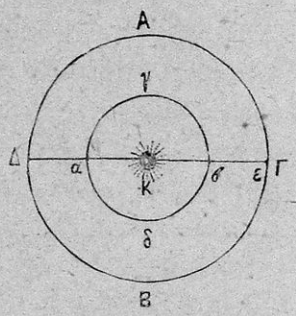
196. **Ἔντασις τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος.** —*Νόμοι.*—Καλοῦμεν ἔντασιν θερμαντικῆς πηγῆς *τὴν ποσότητα θερμότητος, ἣν ἐκπέμπει αὕτη καθέτως πρὸς τὴν μονάδα τῆς ἐπιφανείας εἰς τὴν μονάδα τῆς ἀποστάσεως.* Ἔχομεν δὲ τοὺς ἑξῆς τρεῖς νόμους:

Πρῶτος Νόμος. *Ἡ ποσότης τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος ἡ καθέτως προσπίπτουσα ἐπὶ ὡρισμένης ἐπιφανείας εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως.* Τουτέστιν, ἐὰν ὡρισμένη ἐπιφάνεια, κειμένη εἰς ἀπόστασιν α ἀπό τινος θερμαντικῆς πηγῆς, δέχηται ἐξ αὐτῆς ποσότητα θερμότητος Π, τῆς ἀποστάσεως γιγνομένης 2α, ἡ ἐπιφάνεια θὰ δεχθῇ θερμότητα $\frac{1}{4}$ τοῦ Π.

Ἀπόδειξις θεωρητική. Ἔστω κοίλη σφαῖρα αβγδ ἔχουσα ἐν τῷ κέντρῳ σταθερὰν θερμαντικὴν πηγὴν Κ (Σχ. 157). Ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν αὐτῆς διῃρημένην εἰς μονάδας ἐπιφανείας (εἰς □ ἑκατοστόμετρα π. χ.), ἑκάστη μονὰς δέχεται ὡρισμένην ποσότητα θερμότητος Π. Ὑποθέσωμεν ἤδη

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅτι ἡ ἀκτὶς Κα *διπλασιάζεται*· ἡ ἐπιφάνεια τῆς σφαίρας, κατὰ γεωμετρικὸν θεώρημα, θὰ *τετραπλασιασθῇ*, ἐπειδὴ δὲ ἡ ποσότης τῆς ἐκ τοῦ Κ ἐκπεμπομένης θερμότητος εἶνε σταθερά, διανέμεται δὲ νῦν ἡ αὐτὴ ποσότης εἰς τετραπλασίαν ἐπιφάνειαν, εἶνε φανερὸν ὅτι ἑκάστη μονὰς ἐπιφανείας, εὑρισκομένη νῦν εἰς διπλασίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ Κ, θὰ δεχθῇ τετράκις ὀλιγωτέραν θερμότητα ἤτοι $\frac{1}{4}$.



Σχ. 157.—Ἔντασις ἀκτινοβόλου θερμότητος.

Π. Ἐὰν δ' ἡ ἀκτὶς τριπλασιαθῇ, τετραπλασιασθῇ κλπ., ἀποδεικνύεται καθ' ὅμοιον τρόπον ὅτι ἑκάστη μονὰς ἐπιφανείας θέλει δεθῇ ποσότητα θερμότητος 9άκις, 16άκις κλπ. μικροτέραν.

Σημ. Ὁ ἀνωτέρω νόμος ἰσχύει, ὅταν αἱ ἀπὸ τῆς πηγῆς ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες εἶνε ἀποκλίνουσαι, ἐνῷ διὰ τὰς παραλλήλους ἀκτῖνας ἡ ἔντασις θὰ εἶνε αὐτὴ εἰς οἱανδήποτε ἀπόστασιν, ἐξαιρουμένης τῆς ἀπορροφήσεως, ἣν ὑφίστανται ὑπὸ τῶν μέσων, δι' ὧν διέρχεται.

Πειραματικῶς δ' ἀποδεικνύομεν τὸν νόμον, ἐὰν θέσωμεν ἣν ἑτέραν τῶν σφαιρῶν διαφορικοῦ θερμομέτρου ἀπέναντι σταθερᾶς θερμαντικῆς πηγῆς εἰς ἀποστάσεις διαδοχικῶς 1, 2, , 4. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ θερμοκρασίαι τοῦ θερμομέτρου γίνονται διαδοχικῶς 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, ἤτοι ἐλαττοῦνται κατὰ λόγον ἀντίστροφον τοῦ τετραγώνου τῶν ἀποστάσεων.

Δεύτερος Νόμος. Ἡ ποσότης τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος, ἣν ἐκπέμπει πλαγίως ἐπιφάνειά τις, εἶνε ἀνάλογος τοῦ ἡμιτόνου τῆς γωνίας, ἣν σχηματίζουσιν αἱ ἀκτῖνες μετὰ τῆς ἐπιφανείας.

Τρίτος Νόμος. Ἡ ποσότης τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος, ἣν δέχεται πλαγίως ἐπιφάνειά τις, εἶνε ἀνά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λογος τοῦ ἡμιτόνου τῆς γωνίας, ἣν σχηματίζουσιν αἱ προσπίπτουαι ἀκτῖνες μετὰ τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

197. **Ταχύτης τῆς ψύξεως τῶν σωμάτων.** — *Νόμος τοῦ Νεύτωνος.* — Συνέπεια ἄμεσος τῆς ἀκτινοβολίας τῆς θερμότητος εἶνε ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ ψύξις τῶν θερμοτέρων σωμάτων, ἀφ' ἑτέρου δ' ἡ θέρμανσις τῶν ψυχροτέρων. Καὶ ἐν μὲν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ τὰ θερμὰ σώματα ψύχονται καὶ ἕνεκα τῆς ἀκτινοβολίας καὶ ἕνεκα τῆς ἐπαφῆς αὐτῶν μετὰ τοῦ ἀέρος, ἐν τῷ κενῷ ὅμως ψύχονται διὰ μόνης τῆς ἀκτινοβολίας. Καὶ κατ' ἀμφοτέρας τὰς περιστάσεις καλοῦμεν **μέσην ταχύτητα ψύξεως** *τοῦ θερμοῦ σώματος τὴν κατάπτωσιν τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ ἐν τῇ μονάδι τοῦ χρόνου.*

1ον. *Ψύξις ἐν τῷ κενῷ.* Ὁ Νεύτων ἔθεσε τὸν ἑξῆς νόμον, καθ' ὃν ψύχονται τὰ σώματα ἐν τῷ κενῷ: *Ἡ μέση ταχύτης τῆς ψύξεως σώματος εἶνε ἀνάλογος τῆς διαφορᾶς, ἥτις ὑπάρχει μεταξὺ τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος καὶ τοῦ περιβάλλοντος χώρου.* Ὑποτεθείσθω ὅτι σῶμα θερμοκρ. 25^0, εἰσαγόμενον ἐν χώρῳ 15^0 (ὅτε ἡ διαφορὰ εἶνε 10^0) ψύχεται ἐν τῇ μονάδι τοῦ χρόνου κατὰ $\frac{1}{2}$ βαθμόν· μετά τινα χρόνον, ὅταν τὸ σῶμα θὰ ἔχῃ θερμοκρ. 20 (καὶ ἡ διαφορὰ ἑπομένως θὰ εἶνε 5^0 μόνον, ἤτοι τὸ ἥμισυ τῆς προηγουμένης), θὰ ψυχθῇ ἐν τῇ μονάδι τοῦ χρόνου μόνον κατὰ $\frac{1}{4}$ βαθμοῦ.

Ὁ Dulong καὶ Petit ἀπέδειξαν πειραματικῶς ὅτι ὁ νόμος οὗτος δὲν ἐφαρμόζεται παρὰ μόνον, ὅταν ἡ διαφορὰ θερμοκρασίας δὲν ὑπερβαίνῃ τοὺς 20^0 ἢ 30^0, πέραν δὲ ταύτης ἡ ταχύτης τῆς ψύξεως εἶνε μειζων.

2ον. *Ψύξις ἐν τοῖς ἀερίοις.* Ἡ ψύξις τῶν σωμάτων ἐν τοῖς ἀερίοις γίνεται ταχύτερον ἢ ἐν τῷ κενῷ καὶ ἡ ταχύτης αὐ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς εἶνε τοσούτῳ μείζων, ὅσῳ μείζων ἡ διαφορὰ μεταξὺ θερμοκρασίας τοῦ σώματος καὶ τοῦ περιβάλλοντος ἀερίου. Ἐξαρτᾶται δὲ καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου, οἷον εἶνε μείζων ἐν τῷ ὑδρογόνῳ ἢ ἐν τῷ ἀέρι, καὶ ἐκ τῆς ἀφετικῆς δυνάμεως αὐτοῦ καὶ ἐκ τῆς πιέσεως τῆς περιβαλλούσης ἀτμοσφαίρας.

198. **Κινητὴ ἰσορροπία θερμοκρασίας.** — *Ὑπόθεσις Prevost.* — Ὅταν ἐν τῷ αὐτῷ χώρῳ ἔχωμεν δύο σώματα, διαφόρου θερμοκρασίας ἕκαστον, μετά τινα χρόνον ἐπέρχεται *ἰσορροπία θερμοκρασίας* ἤτοι καὶ τὰ δύο λαμβάνουσι τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου παρεδέχθησαν κατ' ἀρχὰς ὅτι μόνον τὸ θερμότερον ἀκτινοβολεῖ θερμότητα πρὸς τὸ ψυχρότερον, τοῦτο δὲ δέχεται μόνον τοιαύτην, μέχρις οὗ καὶ τῶν δύο ἡ θερμοκρασία γίνῃ ἡ αὐτή, ὅτε παύει πᾶσα ἀκτινοβολία.

Ἡ ὑπόθεσις αὕτη ἀντικατεστάθη διὰ τῆς ἑξῆς τοῦ Prévost: Πάντα τὰ σώματα, οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ θερμοκρασία αὐτῶν, καὶ ἐκπέμπουσι καὶ δέχονται διηνεκῶς θερμότητα ἐκ τῶν πέριξ· ἀλλὰ τὰ μὲν θερμότερα ἐκπέμπουσι περισσοτέραν ἐκείνης, ἣν δέχονται, τὸ ἀντίστροφον δὲ συμβαίνει εἰς τὰ ψυχρότερα. Ὡς ἐκ τούτου τῶν μὲν πρώτων ἡ θερμοκρασία διηνεκῶς καταπίπτει, τῶν δὲ δευτέρων διηνεκῶς ἀνέρχεται, μέχρις οὗ πάντα ἀποκτήσωσι τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Καὶ τότε δὲν παύει ἡ διάμειψις τῆς θερμότητος, ἐπειδὴ ὅμως ἕκαστον ἐξ αὐτῶν δέχεται τόσην, ὅσην καὶ ἐκπέμπει, ἡ θερμοκρασία μένει σταθερὰ εἰς πάντα· τὴν τοιούτῳ τρόπῳ διατηρουμένην σταθερότητα τῆς θερμοκρασίας καλοῦμεν *κινητὴν ἰσορροπίαν θερμοκρασίας.* Δ

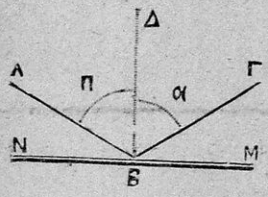
Ἀντανάκλασις τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος.

199. **Ἀντανάκλασις, νόμοι αὐτῆς.** Ὅταν θερμαντικαὶ ἀκτῖνες προσπίπτωσιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σώματος, μέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρος μὲν αὐτῶν εἰσχωρεῖ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ σώματος, μέρος δ' ἀνεκπέμπεται πρὸς τὰ ὀπίσω, ὅμως μία σφαῖρα ἐλαστικὴ προσκρούουσα ἐπὶ μαρμάρου. Τὴν τοιαύτην ἐπιστροφήν, οὕτως εἰπεῖν, τῶν ἀκτίνων πρὸς τὰ ὀπίσω καλοῦμεν *ἀνταράκλασιν τῶν θερμαντικῶν ἀκτίνων*

Αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες ἀκολουθοῦσι τοὺς ἑξῆς δύο νόμους, οὓς ἀκολουθεῖ καὶ τὸ φῶς ἀνακλώμενον.



Σχ. 158.—Ἀνταγάκλασις θερμότητος.

1ον *Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ΑΒ (Σχ. 158) καὶ ἡ ἀνακλωμένη ΒΓ κεῖνται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου, καθέτου ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν.*

2ον *Ἡ γωνία α τῆς ἀνακλάσεως εἶνε ἴση τῇ γωνίᾳ Π τῆς προσπτώσεως.*

Ἡ πειραματικὴ ἐπαλήθευσις τῶν νόμων δύναται νὰ γίνῃ διὰ κοίλου κατόπτρου (Σχ. 159) ἐκ στιλπνοῦ μετάλλου. Γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἀκτῖνες παράλληλοι τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀνταναπλῶνται ἐπὶ κοίλου κατόπτρου σχηματίζουσαι γωνίαν προσ-

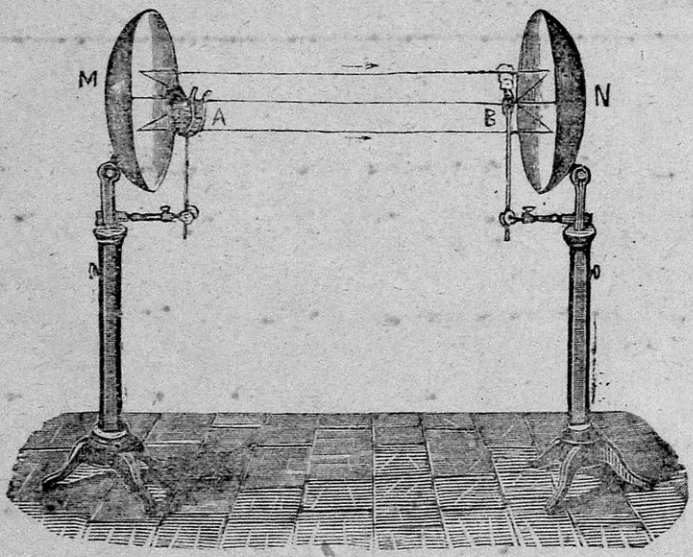
Σχ. 159.—Ἀντανάκλασις τῆς θερμότητος.

πτώσεως Α ἴσην τῇ γωνίᾳ ἀνταναπλάσεως Β, αὐταὶ συγκεντροῦνται εἰς τὸ σημεῖον Ε, ὅπερ καλεῖται *κυρία ἑστία* τοῦ κατόπτρου. Τοῦτο γνωρίζοντες θέτομεν εἰς τὴν ἑστίαν Ε τεμάχιον ὕσκας καὶ στρέφομεν τὸ κάτοπτρον πρὸς τὸν Ἥλιον, ὥστε νὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δεχθῇ ἐξ αὐτοῦ ἀκτῖνας παραλλήλους τῷ κυρίῳ ἄξονι· θὰ ἴδωμεν μετ' ὀλίγον ὅτι ἡ ὕσκα ἀναφλέγεται, ὅπερ δηλοῖ ὅτι *πράγματι* αἱ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπεσοῦσαι ἡλιακαὶ ἀκτῖνες ἀντενακλάσθησαν κανονικῶς, σχηματίσασαι γωνίαν Α ἴσην τῇ Β καὶ συνεκεντρώθησαν εἰς τὸ σημεῖον Ε. Ἐὰν μετατοπίσωμεν τὴν ὕσκαν ἔνθεν ἢ ἔνθεν τοῦ Ε, ἀνάφλεξις δὲν λαμβάνει χώραν.

Καὶ ἄλλως δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν τὸ πείραμα, ἐὰν θέσωμεν ἀπέναντι ἀλλήλων εἰς ἀπόστασιν 4 ἕως 5 μέτρων δύο



Σχ. 160.—Συζυγῆ κάτοπτρα

κοῖλα κάτοπτρα οὕτως, ὥστε οἱ κύριοι ἄξονες αὐτῶν νὰ κεῖνται ἐπ' εὐθείας, καὶ εἰς μὲν τὴν ἑστίαν τοῦ ἑνὸς θέσωμεν σῶμα διάπυρον Α, εἰς δὲ τὴν τοῦ ἑτέρου τεμάχιον ὕσκας Β (Σχ. 160). Θὰ παρατηρήσωμεν καὶ πάλιν ὅτι ἡ ὕσκα ἀναφλέγεται. Διότι αἱ ἐκ τοῦ Α θερμαντικαὶ ἀκτῖνες ἀνταναλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Μ μεταβάλλονται εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων, αἵτινες προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Ν καὶ ἀνταναλώ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μεναι, ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, συγκεντροῦνται εἰς τὴν ἑστίαν αὐτοῦ Β καὶ ἀναφλέγουσι τὴν ὕσκαν.

Τὸ πείραμα τοῦτο ἐγένετο τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Pictet καὶ Saussure.

Σημ. Καὶ ἐν τῷ κενῷ γίνεται ἡ ἀντανάκλασις τῆς θερμότητος ὅπως καὶ ἐν τῷ ἀέρι. Τοῦτο ἀπέδειξε πειραματικῶς ὁ Davy.

200. **Φαινομένη τοῦ ψύχους ἀντανάκλασις.** Ἐὰν τοποθετήσωμεν ὁμοίως δύο κάτοπτρα καὶ εἰς μὲν τὴν ἑστίαν Α θέσωμεν ὄγκον πάγου, εἰς δὲ τὴν Β τὴν σφαῖραν διαφορικοῦ θερμομέτρου, θὰ παρατηρήσωμεν μετ' ὀλίγον ὅτι τὸ θερμόμετρον δεικνύει κατάπτωσιν βαθμῶν τινων. Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου παρεδέχοντο ὅτι ὁ πάγος ἐκπέμπει ψυκτικὰς ἀκτῖνας, αἵτινες ἀνταυκλώμεναι ἐπὶ τῶν κατόπτρων συγκεντροῦνται εἰς τὴν ἑστίαν Β. Τοῦτο δὲν ἀληθεύει, συμβαίνει δὲ κυρίως τὸ ἑξῆς: Τὸ κάτοπτρον Μ εὑρισκόμενον ἀπέναντι τοῦ θερμομέτρου ἐμποδίζει μέρος τῶν θερμαντικῶν ἀκτίνων τοῦ χώρου νὰ προσπέσωσιν ἐπὶ τοῦ θερμομέτρου, ἀντ' αὐτῶν δὲ στέλλει τὰς ὀλιγίστας θερμαντικὰς ἀκτῖνας, ἃς ἐκπέμπει ὁ πάγος, καὶ αἵτινες ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ Μ καὶ κατόπιν ἐπὶ τοῦ Ν συγκεντροῦνται εἰς τὴν σφαῖραν τοῦ θερμομέτρου. Ἀλλ' αἱ ἀκτῖνες αὗται, ὡς προερχόμεναι ἐκ τοῦ πάγου καὶ ἔχουσαι πολὺ ταπεινὴν θερμοκρασίαν, δὲν δύνανται ν' ἀντικαταστήσωσιν ἐκείνας, αἵτινες θὰ ἤρχοντο πρὸς τὸ θερμόμετρον ἐκ τοῦ χώρου, ἂν δὲν περενετίθετο τὸ κάτοπτρον. Τούτου ἕνεκα ἐπέρχεται ἡ ὑπὸ τοῦ θερμομέτρου ἐνδεικνυομένη κατάπτωσις τῆς θερμοκρασίας.

201. **Ἀκανόνιστος ἀντανάκλασις ἢ διάχυσις τῆς θερμότητος.** Ἡ ἀντανάκλασις γιγνομένη κατὰ τοὺς ἀνωτέρω δύο νόμους καλεῖται *κανονικὴ ἢ κατοπτρικὴ ἀνταράκλασις*. Συνήθως ὅμως ἡ ἐπὶ τὰ σώματα προσπίπτουσα θερμότης δὲν ἀνταυακλᾶται κανονικῶς σύμπασα, ἀλλὰ μέρος αὐτῆς *ἀνταυακλᾶται ἀκανονίστως*, τουτέστι διασκορπίζεται κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις πέραν τῶν σημείων τῆς προσπτώσεως, καλεῖται δ' αὕτη *διάχυσις ἢ διασκεδασμὸς* τῆς θερμότητος. Παρετηρήθη ὑπὸ τοῦ Melloni τὸ πρῶτον.

Κανονικὴ ἀντανάκλασις παράγεται ἐπὶ ἐπιφανειῶν ἐντελῶς λείων, ἀκανόνιστος δ' ἐπὶ ἐπιφανειῶν τραχειῶν.

Ἀνταυακλαστικὴ τῶν σωμάτων δύναμις. Αἱ διάφοροι οὐ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σίαι ἔχουσιν εἰς διάφορον βαθμὸν τὴν δύναμιν ν' ἀνακλῶσι κανονικῶς τὴν θερμότητα. Καλεῖται *ἀπόλυτος ἀνακλαστικὴ δύναμις* ἑνὸς σώματος, *ὁ λόγος τῆς ποσότητος τῆς ἀνακλωμένης θερμότητος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς ἐπὶ τοῦ σώματος προσπιπτούσης.*

Ὁ Melloni πρῶτος, μετὰ τοῦτον δ' ὁ Desains εὗρε τὰς ἐξῆς ἀνακλαστικὰς δυνάμεις τῶν σωμάτων.

Λαμβανομένης ὡς 1 τῆς προσπιπτούσης ποσότητος, ἀνακλῶσιν:

Ὁ ἄργυρος	0,97	Ὁ λευκόχρυσος	0,83
Ὁ χρυσός	0,95	Ὁ χάλυψ	0,82
Ὁ χαλκός	0,93	Ὁ ψευδάργυρος	0,81
Ὁ ὀρείχαλκος	0,93	Ὁ σίδηρος	0,77

Ἡ ἀνταναλαστικὴ δύναμις τῶν διαφόρων σωμάτων ἐξαρτᾶται ὄχι μόνον ἐκ τῆς στιλπνότητος τῆς ἐπιφανείας, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς πυκνότητος (πλὰξ ἀργυρᾶ ἐσφυρηλατημένη ἔχει μείζονα ἀνακλ δύναμιν ἢ ἡ μὴ τοιαύτη), ἐκ τῆς γωνίας τῆς προσπτωσεως (αὐξάνεται αὐξανομένης τῆς γωνίας), καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῆς θερμαντικῆς πηγῆς (εἰς τὰ μέταλλα εἶνε μείζων διὰ τὴν σκοτεινὴν ἢ διὰ τὴν φωτεινὴν θερμότητα).

Διασκεδαστικὴ τῶν σωμάτων δύναμις. Ἡ διασκεδαστικὴ δύναμις ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τῆς θερμ. πηγῆς καὶ ἐκ τῆς ἀνακλώσης ἐπιφανείας· εἰς τὴν αἰθάλην, τὰ στιλπνὰ μέταλλα καὶ τὴν ὕελον εἶνε ἐλαχίστη, τοὐναντίον δὲ εἰς τὰ μὴ στιλπνὰ μέταλλα καὶ ὕελον, εἰς τὸν χάρτην, τὸν ἀνθρακικὸν μόλυβδον εἶνε κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἧττον μεγάλη ἀναλόγως τῆς θερμαντικῆς πηγῆς.

Ἀπορρόφησις τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος.

202. **Ἀπορροφητικὴ τῶν σωμάτων δύναμις.** Τὰ σώματα, ὡς καὶ ἀνωτέρω εἴπομεν, ἔχουσι τὴν ἰδιότητα ν' ἀφίνωσι νὰ εἰσχωρῇ ἐντὸς τῆς μάζης αὐτῶν μέρος τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπ' αὐτῶν προσπιπτούσης θερμότητος· τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *ἀπορρόφησις* τῆς θερμότητος. Ἔχουσι δὲ τὰ διάφορα σώματα διάφορον ἀπορροφητικὴν δύναμιν.

Ὁ Leslie πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ἀπορροφητικῆς δυνάμεως τῶν διαφόρων σωμάτων ἔλαβε κύβον πλήρη ζέοντος ὕδατος καὶ ἀπέναντι αὐτοῦ ἔθεσε κάτοπτρον, εἰς δὲ τὴν ἑστίαν τοῦ κατόπτρου τὴν μίαν τῶν σφαιρῶν διαφορικοῦ θερμομέτρου. Περικαλύπτων τὴν σφαῖραν διαδοχικῶς διὰ διαφόρων οὐσιῶν, οἷον αἰθάλης, χάρτου, χρυσοῦ κλπ καὶ παρατηρῶν τὴν ἑκάστοτε ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ θερμομέτρου εὗρισκε τὰς σχετικὰς ἀπορροφητικὰς δυνάμεις αὐτῶν.

Κατέδειξε δὲ διὰ τῶν πειραμάτων αὐτοῦ ὁ Leslie ὅτι ἡ ἀπορροφητικὴ τῶν σωμάτων δύναμις εἶνε τοσούτῳ μείζων, ὅσῳ ἀσθενεστέρα εἶνε ἡ ἀνακλαστικὴ αὐτῶν δύναμις.

Ὁ δὲ Melloni κατήρτισε τὸν ἑξῆς πίνακα παραδεχθεὶς ὡς ὅρον συγκρίσεως τὴν αἰθάλην, ἧς τὴν ἀπορροφητικὴν δύναμιν παρέστησε διὰ τοῦ 100.

Αἰθάλη	100	Μελάνη Κίνας	85
Ἀνθρακικὸς μόλυβδος .. .	100	Λάκκον κόμμι.....	72
Ἰχθυόκολλα.....	91	Μέταλλα	13

— Οὕτω λοιπὸν ἡ ἐπί τι σῶμα μὴ θερμοπερατὸν προσπίπτουσα θερμότης διαχωρίζεται εἰς τρία μέρη: ἓν μέρος α ἀπορροφώμενον ὑπὸ τοῦ σώματος, δεύτερον μέρος β ἀνακλώμενον κανονικῶς, καὶ τρίτον μέρος γ ἀνακλώμενον ἀκανονίστως· τὸ ἄθροισμα $\alpha+\beta+\gamma$ ἀποτελεῖ τὴν ὅλην προσπίπτουσαν θερμότητα, ἣν παριστῶντες διὰ τῆς μονάδος ἔχομεν:

$$1=\alpha+\beta+\gamma \quad (1).$$

Διὰ τὰ στιλπνὰ μέταλλα, ὧν ἡ διασκεδαστικὴ δύναμις εἶνε σχεδὸν μηδὲν ἡ ἰσότης δύναται νὰ γίνῃ:

$$1=\alpha+\beta, \text{ ἐξ ἧς } \alpha=1-\beta \quad (2).$$

Διὰ δὲ τὰ μὴ στιλπνὰ μέταλλα, χάρτην κλπ., ὧν ἡ ἀνακλαστικὴ δύναμις εἶνε ἐλαχίστη, ἡ ἰσότης δύναται νὰ γίνῃ:

$$1=\alpha+\gamma, \text{ ἐξ ἧς } \alpha=1-\gamma \quad (3).$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Καὶ τέλος, ὅταν ἡ τε ἀνακλαστικὴ καὶ ἡ διασκεδαστικὴ δύναμις τοῦ σώματος εἶνε ἀναξία λόγου, ἡ ἰσότης γίνεται:

$$\alpha = 1,$$

τοῦθ' ὅπερ συμβαίνει εἰς τὴν αἰθάλην.

Ἄφεσις τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος ὑπὸ τῶν σωμάτων.

203. **Ἀφετικὴ δύναμις τῶν σωμάτων.** Τὰ σώματα, ἀπορροφῶντα τὴν θερμότητα καὶ θερμαινόμενα, ἔχουσι τὴν ἰδιότητα καὶ *ν' ἀφίκωσιν αὐτὴν* κατόπιν νὰ ἐξέρχηται πρὸς τὰ πέριξ ἤτοι νὰ ἐκπέμπωσι τὴν ἀπορροφηθεῖσαν θερμότητα. Ἡ ἀφετικὴ δύναμις διαφόρων σωμάτων ἐχόντων τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, τὴν αὐτὴν ἐπιφάνειαν καὶ εὑρισκομένων ἐν τῷ αὐτῷ χώρῳ εἶνε διάφορος. Γενικῶς λαμβάνεται ὡς τύπος πρὸς σύγκρισιν τῶν ἀφετικῶν δυνάμεων τῶν σωμάτων ἡ αἰθάλη, ἧς ἡ δύναμις παρίσταται διὰ τοῦ 100.

Ὁ Leslie μεταχειρισθεὶς κύβον πλήρη ζέοντος ὕδατος καὶ ἔχοντα τὰς 4 ἕδρας αὐτοῦ ἐκ διαφόρων οὐσιῶν, θέτων δὲ τὸν κύβον ἀπέναντι κατόπτρου κοίλου καὶ εἰς τὴν ἑστίαν αὐτοῦ τὴν μίαν τῶν σφαιρῶν διαφορικοῦ θερμομέτρου καὶ παρατηρῶν τὴν ἑκάστοτε ὕψωσιν τοῦ θερμομέτρου προσδιώρισεν ὡς ἑξῆς τὰς ἀφετικὰς δυνάμεις τῶν σωμάτων:

Αἰθάλη	100	Μόλυβδος ἀμαυρός	45
Ἀνθρακ. μόλυβδος	100	Ὑδράργυρος	20
Χάρτης	98	Μόλυβδος στιλπνός	19
Ἱσπαν. κηρός	95	Σίδηρος στιλπνός	15
Ὕελος λευκή	90	Κασσίτερος, χαλκός	12
Ἰχθυόκολλα	80	Ἄργυρος, χρυσός	12

Ἐκ τοῦ πίνακος τούτου καταφαίνεται ὅτι ἡ τάξις τῶν σωμάτων εἶνε ἀκριβῶς ἀντίστροφος τῆς τοῦ πίνακος τῶν ἀνακλαστικῶν δυνάμεων, τοῦθ' ὅπερ καὶ ἀνωτέρω εἴπομεν.

Νόμος Leslie. Ἐκ τῶν πειραμάτων αὐτοῦ ἐξήγαγεν ὁ Leslie ὅτι *ἡ ἀφετικὴ δύναμις ἑνὸς σώματος* (ἐν συγκρίσει πρὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν αἰθάλην) *εἶνε πάντοτε ἴση πρὸς τὴν ἀπορροφητικὴν αὐτοῦ δύναμιν*· τουτέστιν, ἐὰν οὐσία τις ἐκπέμπῃ 2, 3 κλπ. φορὰς πλείονα θερμότητα τῆς αἰθάλης, ἀπορροφᾷ ἐπίσης 2, 3 κλπ. φορὰς περισσοτέραν.

Ὁ Kirchhoff ὅμως εὗρε κατόπιν, ὅτι, διὰ νὰ ἰσχύῃ ὁ ἀνωτέρω νόμος, πρέπει τὸ σῶμα εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιστάσεις νὰ ἔχῃ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, νὰ εἶνε δὲ καὶ ἡ θερμότης τῆς αὐτῆς φύσεως (φωτεινὴ ἢ σκοτεινή).

— Τὴν ἀφετικὴν δύναμιν ἑνὸς σώματος μεταβάλλουσι διάφορα αἴτια, οἷον τὸ πάχος τῆς ἀκτινοβολούσης πλακός, ἡ φυσικὴ κατάστασις τῆς οὐσίας, ἡ κλίσις τῶν ἀκτίνων ἐπὶ τῆς ἐκπεμπούσης ἐπιφανείας (ἐκτὸς διὰ τὴν αἰθάλην), καὶ ἡ θερμοκρασία.

Πᾶσαι αὗται αἱ αἰτίαι ἐπηρεάζουσιν ἐπίσης καὶ τὴν ἀπορροφητικὴν δύναμιν. Τῶν ἐν ἀναφλέξει ἀερίων ἡ ἀφετικὴ δύναμις εἶνε ἐλαχίστη.

Θερμοπερατὸν ἢ θερμοδιαβατὸν τῶν σωμάτων.

204. Πολλὰ τῶν σωμάτων ἔχουσι τὴν ἰδιότητα ν' ἀφίνωσι τὴν ἀκτινοβόλον θερμότητα νὰ διέρχηται ἐλευθέρως διὰ τῆς μάζης αὐτῶν, χωρὶς νὰ θερμαίνῃ αὐτά, καὶ νὰ ἐξέρχηται ἐκ τοῦ ἀντιθέτου μέρους, ἀπαράλλακτα ὅπως τὸ φῶς διέρχεται διὰ τῶν διαφανῶν σωμάτων. Τὰ τοιαῦτα σώματα ἐκλήθησαν θερμοσπερατὰ (ἡ ὕελος, τὸ ὀρυκτὸν ἅλας, ὁ ἀὴρ κλπ).

Ὁ Melloni μεταχειρισθεὶς διαφόρου φύσεως θερμαντικὰς πηγὰς καὶ πλάκας ἰσοπαχεῖς ἐκ διαφόρων θερμοπερατῶν σωμάτων καὶ πειρώμενος καταλλήλως εὗρεν ὅτι τὸ θερμοπερατὸν τῶν σωμάτων ἐξαρτᾶται οὐ μόνον ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῆς θερμαντικῆς πηγῆς καὶ ἐκ τοῦ πάχους τῆς θερμοπερατῆς πλακός.

Παραστήσας δὲ διὰ τοῦ 100 τὴν ποσότητα τῆς προσπιπτούσης θερμότητος κατήρτισε τὸν ἑξῆς πίνακα τοῦ θερμοπερατοῦ διαφόρων οὐσιῶν :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὐσίαι	Φλὸξ λύχνου Locatelli	Λευκόχρ. διάπυρος.	Χαλκὸς θερμ εἰς 400°.	Χαλκὸς θερ. εἰς 100°.
Ὀρυκτὸν ἅλας	92	92	92	92
Ἰσλανδικὴ κρύστ.	39	28	6	0
Ὕελος κατόπτρων	39	24	6	0
Ὀρεία κρύσταλλος	37	18	6	0
Γύψος διαφανὴς	14	5	0	0
Στυπτηρία	9	2	0	0
Πάγος καθαρὸς	6	0	0	0

— Διὰ τὰ ἀέρια ὁ Melloni παρεδέχετο ὅτι εἶνε τελείως διάθερμα, ἀλλ' ἐκ τῶν πειραμάτων τοῦ Tyndall εὑρέθη ὅτι, ἐνῷ τὸ ὀξυγόνον, ἄζωτον, ὑδρογόνον εἶνε λίαν θερμοπερατά, ἀπορροφῶσι δ' ἐλαχίστην μόνον ποσότητα τῆς δι' αὐτῶν διερχομένης ἀκτινοβόλου θερμότητος, ἀπ' ἐναντίας τὰ σύνθετα ἀέρια, οἷον ἡ ἀμμωνία, τὸ ἐλαιῶδες ἀέριον, τὸ διοξείδιον θείου, σταματῶσι σχεδὸν ὁλοσχερῶς τὴν θερμότητα, ἀκόμη καὶ ὅταν εὑρίσκωνται ἐν λίαν ἀραιᾷ καταστάσει. Ὁ δὲ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ ξηρὸς εἶνε λίαν θερμοπερατός, οὐχὶ δὲ καὶ ὅταν εἶνε ὑγρός· ὁ ὑγρὸς ἀήρ, κατὰ τὰ πειράματα τοῦ Tyndall, ἀπορροφᾷ 70άκις πλείονα θερμότητα ἢ ὁ ξηρός.

205. **Ἐφαρμογαὶ τῶν ἰδιοτήτων τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος.** Εἰς τὰ ἀγγεῖα τὰ χρησιμεύοντα πρὸς θέρμανσιν ὑγρῶν ἀφίνομεν τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν, καὶ ἰδίως πρὸς τὸν πυθμένα, τραχεῖαν καὶ μέλαιναν, ἵνα ἔχῃ μείζονα ἀπορροφητικὴν δύναμιν. Τοὐναντίον δὲ ὕδωρ θερμανθὲν διατηρεῖται ἐπὶ πλείονα χρόνον θερμόν, ἐὰν τὸ ἀγγεῖον εἶνε ἔξωθεν στιλπνὸν καὶ λεῖον.

Ὁ Φραγκλῖνος ἐπιστρώσας ἐπὶ χιόνος ὑφάσματα διαφόρων χρωμάτων εὗρεν ὅτι τὰ μέλανα κατεισέδυον περισσότερον, ἤτοι ἀπερρόφων περισσοτέραν ἡλιακὴν θερμότητα. — Χῶμα ἐπὶ χιόνος προκαλεῖ ταχυτέραν τὴν τῆξιν αὐτῆς ἕνεκα μείζονος ἀπορροφήσεως τῆς θερμότητος.

Ἕνεκα τῆς μεγάλης διαθέρμου δυνάμεως τοῦ ξηροῦ ἀέρος τὰ ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας εἶνε ψυχρότερα. Εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ ὕδωρ ἀπ' ἐναντίας, ἐπειδὴ τοῦτο εἶνε ὀλίγον θερμοπερατόν, συμβαίνει τὸ ἐναντίον· τὰ ἀνώτερα στρώματα τῶν λιμνῶν καὶ θαλασσῶν μεταβάλλουσι θερμοκρασίαν ἀναλόγως τῆς ἐποχῆς, ἐνῷ εἰς τὸ βάθος ἡ θερμοκρασία εἶνε σταθερά.

Τὸ θερμοπερατὸν τῶν σωμάτων ἐφαρμόζομεν, ὅπως ἀποχωρίσωμεν τὸ φῶς καὶ τὴν θερμότητα, ἅτινα συνυπάρχουσιν ἐν μιᾷ φωτεινῇ ἀκτῖνι. Πρὸς τοῦτο μεταχειριζόμεθα ὀρυκτὸν ἅλας κεκαλυμμένον δι' αἰθάλης καὶ οὕτως ἐπιτρέπον μὲν τὴν δίοδον τῆς θερμότητος οὐχὶ δὲ καὶ τοῦ φωτός· τὸ ἐναντίον ἐπιτυγχάνομεν διὰ πετάλων στυπτηρίας οὔσης τελείως διαφανοῦς, ἐλάχιστα δὲ θερμοπερατῆς. — Ἰώδιον διαλελυμένον ἐν θειούχῳ ἄνθρακι ἀπορροφᾷ τὸ φῶς καὶ ἀφίνει ἐλευθέραν τὴν δίοδον εἰς τὴν σκοτεινὴν θερμότητα.— Εἰς τὰ θερμοκήπια τὰ δι' ὑέλων ἐστεγασμένα ὑψοῦται ἡ θερμοκρασία τὸν χειμῶνα, διότι ἡ ὕελος ἐπιτρέπει τὴν δίοδον τῆς ἡλιακῆς θερμότητος οὔσης φωτεινῆς, ἐμποδίζει ὅμως αὐτήν, σκοτεινὴν καταστᾶσαν, νὰ ἐξέλθῃ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΝΝΑΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

206. **Ὑποθέσεις περὶ θερμότητος.**— *Ὑπόθεσις ἐκπομπῆς.*—Πολλαὶ καὶ διάφοροι ὑποθέσεις κατὰ καιροὺς ἐρρίφθησαν εἰς τὸ μέσον πρὸς ἐξήγησιν τῆς θερμότητος· ἀλλὰ κυρίως δύο εἶνε αἱ ὑποθέσεις, αἵτινες ὑπεστηρίχθησαν ὑπὸ τῶν φυσικῶν, ἡ τῆς ἐκπομπῆς καὶ ἡ τῶν κυμάνσεων.

Κατὰ τὴν ὑπόθεσιν τῆς ἐκπομπῆς παρεδέχοντο ὅτι ἡ θερμότης εἶνε ρευστόν τι ὑλικὸν ἀλλ' ἀβαρές, οὗτινος τὰ μόρια ἐξακοντίζονται κατὰ πάσας τὰς διευθύσεις καὶ εἰς πᾶσαν ἀπόστασιν καὶ εἰσδύοντα ἐντὸς τῆς μάζης τῶν σωμάτων προκαλοῦσι τὴν παραγωγὴν τῶν θερμαντικῶν φαινομένων, αὐξή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

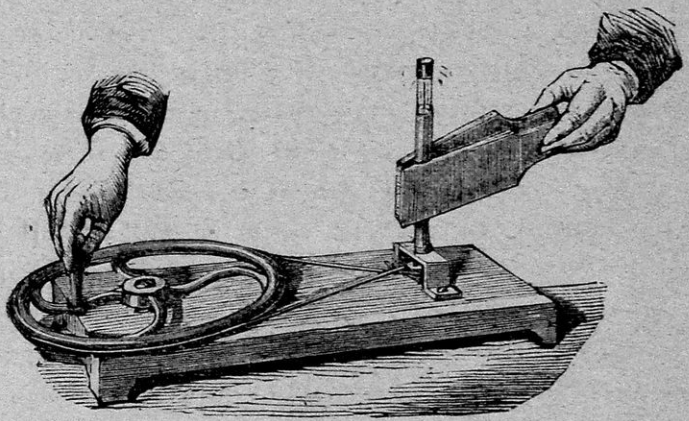
σεως ἢ ἐλαττώσεως τῆς θερμοκρασιας, διαστολῆς, τήξεως, ἐξαερώσεως κλπ. Οἱ ἐξοχώτεροι τῶν φυσικῶν, Newton, Lavoisier, Gay-Lussac κλπ. εἶχον παραδεχθῆ τὴν ὑπόθεσιν ταύτην· ἀλλ' ὅμως καὶ αὕτη, ὡς καὶ ἡ ἀνάλογος ὑπόθεσις περὶ τοῦ φωτός, ἐγκατελείφθησαν τέλεον σήμερον καὶ ἀντικατεστάθησαν *διὰ τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων*.

Θεωρία τῶν κυμάτων. Κατὰ ταύτην τὰ μόρια παντὸς σώματος θερμαινομένου ἐκτελοῦσιν, ἕκαστον κατ' ἰδίαν, ἐλαχίστας ἀλλὰ ταχυτάτας παλμικὰς κινήσεις, **ἀποτέλεσμα τῶν ὁποίων εἶνε ἡ θερμότης.** Ἡ τοιαύτη τῶν μορίων παλμικὴ κίνησις καὶ συνεπῶς ἡ θερμότης μεταδίδεται εἰς ἀπόστασιν διὰ μέσου ρευστοῦ τινος ἐξόχως ἐλαστικοῦ, τὸ ὁποῖον εἶνε διακεχυμένον πανταχοῦ ἐν τῇ φύσει καὶ ἐντὸς τῶν ἀχανῶν διαστημάτων καὶ ἐντὸς τῆς μάζης καὶ αὐτῶν τῶν πυκνοτέρων σωμάτων· τὸ ρευστὸν τοῦτο ἐκλήθη αἰθήρ. Τὰ μόρια τοῦ αἰθέρος τὰ εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ παλλομένου σώματος πάλλονται, ταῦτα δὲ πάλλουσι τὰ ἀμέσως ἑπόμενα καὶ γεννῶνται οὕτω σφαιρικὰ ὁμόκεντρα κύματα, ἅτινα μεταδίδουσι τὴν παλμικὴν κίνησιν καὶ κατὰ συνέπειαν τὴν θερμότητα, ἀπαράλλακτα ὅπως τὰ ἠχητικὰ σώματα μεταδίδουσι τὸν ἦχον. Ὥστε κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην ἡ θερμότης δὲν εἶνέ τι ἴδιον, αὐτὸ καθ' ἑαυτὸ ὑπάρχον, τὸ ὁποῖον εἰσερχόμενον ἢ ἐξερχόμενον ἐκ τῶν σωμάτων νὰ θερμαίνῃ ἢ ψύχῃ, νὰ διαστέλλῃ ἢ συστέλλῃ αὐτὰ κλπ.. ἀλλὰ τὸ ἀποτέλεσμα *τῶν παλμικῶν κινήσεων τῶν μορίων τῶν σωμάτων, μεταδιδομένων διὰ τοῦ αἰθέρος*· ἑπομένως σῶμά τι θερμαίνεται ἢ ψύχεται, καθ' ὅσον τὰ μόρια αὐτοῦ κραδαίνονται ταχύτερον καὶ εἰς μεῖζον πλάτος ἢ τοὐναντίον βραδύτερον καὶ εἰς μικρότερον πλάτος, ἐν ἄλλαις λέξεσι καθ' ὅσον *κερδίζουσι κίνησιν ἢ χάνουσι τοιαύτην*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

207. **Θερμότης παραγομένη διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας.** Συμφώνως πρὸς τὴν ἀνωτέρω θεωρίαν, πᾶσα μηχανικὴ ἐνέργεια θέτουσα εἰς κραδασμὸν τὰ μόρια σώματος πρέπει νὰ ἔχῃ ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐν αὐτῷ. Καὶ ὄντως διὰ πολλῶν καὶ ποικίλων πειραμάτων δυνάμεθα νὰ καταδείξωμεν ὅτι *ἡ τριβή, ἡ πίεσις, ἡ πρόσκρουσις* κλπ. παράγουσι θερμότητα.

1ον *Θερμότης διὰ τριβῆς.* Ἡ καθημερινὴ πεῖρα διδάσκει ὅτι δύο οἱαδήποτε σώματα, δύο τεμάχια ξύλων π. χ. προσ-



Σχ. 161.—**Πείραμα** Tyndall.

τριβόμενα ἰσχυρῶς πρὸς ἄλληλα θερμαίνονται εἰς μέγαν βαθμόν. Οἱ ἄγριοι λαοὶ διὰ τοῦ μέσου τούτου κατορθοῦσι ν' ἀναφλέγωσι τὰ ξύλα καὶ ν' ἀνάπτωσι πυράν.

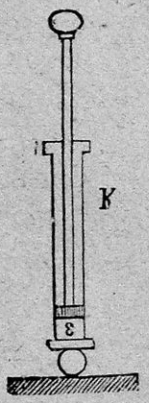
Διὰ προστριβῆς χάλυβος ἐπὶ πυρίτου λίθου ἀναπτύσσεται τοσαύτη θερμότης, ὥστε διαπυρώνει τὰ ἀποσπώμενα μόρια τοῦ χάλυβος.

Ὁ Davy προστρίβων ἰσχυρῶς τὸ ἓν ἐπὶ τοῦ ἑτέρου δύο τεμάχια πάγου ἐντὸς ἀτμοσφαίρας θερμοκρασίας κάτωθεν τοῦ 0^0 κατώρθωσε νὰ τήξῃ αὐτά.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πείραμα Tyndall. Ὁ Tyndall ἐπενόησε μικρὰν συσκευήν, δι' ἧς εἰς ὀλίγα λεπτὰ γίνεται λίαν καταφανὴς ἡ διὰ τριβῆς ἀναπτυσσομένη θερμότης. Συνίσταται ἐκ σωλῆνος μεταλλικοῦ πλήρους ὕδατος δυναμένου δι' ἁπλουστάτου μηχανισμοῦ, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα (Σχ. 161), νὰ περιστρέφηται ταχέως περὶ τὸν ἄξονα αὐτοῦ. Πωματίζομεν καλῶς τὸν σωλῆνα καὶ περιστρέφοντες διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς τὸ σύστημα, διὰ δὲ τῆς ἑτέρας περισφίγγοντες τὴν σωλῆνα μεταξὺ δύο τεμαχίων ξύλου, παρατηροῦμεν ὅτι μετά τινα λεπτὰ ὁ σωλὴν θερμαίνεται τοσοῦτον, ὥστε τὸ ἐν αὐτῷ ὕδωρ ἀρχίζει ν' ἀναβράζῃ, οἱ δ' ἀναπτυσσόμενοι ἀτμοὶ ἀνατινάσσουσι τὸ πῶμα.

Ζον *Θερμότης διὰ συμπιέσεως*. Περιεγράψαμεν ἤδη ἐν τοῖς προηγουμένοις (§ 13, σελ. 18) τὸν *ἀεροθλίπτην ἢ πυρεῖον διὰ ἀέρος* (Σχ. 162). Διὰ τοῦ ὀργάνου τούτου δυνάμεθα νὰ συμπιέσωμεν τὸν ἀέρα εἰς μέγαν βαθμόν, ἀναπτύσσεται ὅμως τότε θερμότης τοσαύτη, ὥστε δύναται ν' ἀναφλέξῃ πυρεῖον ἢ ὕσκαν τεθειμένην εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ ἐμβόλου.



Σχ. 162.—Πυρεῖον δι' ἀέρος.

Ζον *Θερμότης διὰ προσκρούσεως*. Ὅταν πίπτῃ καὶ προσκρούῃ ἐπὶ σώματος σκληροῦ, οἷον ἐπὶ μαρμάρου, σφαῖρα ἐλεφαντίνη, ἀναπηδᾷ πρὸς τὰ ἄνω δυνάμει τῆς ἐλαστικότητος αὐτῆς, ἀλλὰ δὲν θερμαίνεται. Ἂν ὅμως, ἀντὶ ἐλεφαντίνης, ῥίψωμεν σφαῖραν ἐκ μολύβδου, αὕτη ὡς μὴ οὖσα ἐλαστικὴ δὲν ἀναπηδᾷ μέν, ἀλλὰ θερμαίνεται ἐπαισθητῶς. Ἐν Ἀγγλίᾳ τῷ 1863, διὰ νὰ δοκιμάσωσι τὴν ἀντοχὴν τῶν ἐκ χυτοσιδήρου πλακῶν, τῶν προωρισμένων διὰ τὰ θωρακωτὰ πλοῖα, προσέβαλλον αὐτὰς διὰ τηλεβόλων Ἄρμστρογκ ἐκ μικρᾶς ἀποστάσεως· παρετήρησαν δὲ τότε ὅτι αἱ σφαῖραι προσκρούουσαι ἐπὶ τῶν πλακῶν καὶ ἐμποδιζόμεναι νὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

προχωρήσωσιν ἐθερμαίνοντο ἐπὶ τοσοῦτον ὥστ' ἐρυθροπυροῦντο.

208. **Σχέσις μεταξὺ θερμότητος καὶ μηχανικοῦ ἔργου.** Εἰς πάντα τ' ἀνωτέρω παραδείγματα, εἰς ἃ εἴδομεν ὅτι ἡ τριβή, ἡ πίεσις, κλπ. παράγουσι θερμότητα, ἐὰν ἐπιστήσωμεν τὴν προσοχὴν ἡμῶν, θὰ παρατηρήσωμεν λίαν περίεργον σχέσιν μεταξὺ θερμότητος καὶ μηχανικοῦ ἔργου: Ἡ σφαῖρα ἡ ἐξερχομένη ἐκ τοῦ τηλεβόλου τείνει νὰ κινηθῇ πρὸς τὰ ἐμπρὸς εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, τουτέστι νὰ παραγάγῃ μηχανικὸν ἔργον, ἐπειδὴ ὅμως εὑρίσκει ἐμπόδιον τὴν σιδηρᾶν πλάκα, ἐμποδίζεται οὕτως ἡ παραγωγὴ τοῦ μηχανικοῦ ἔργου· τότε εἰς *τὴν θέσιν τοῦ καταστρεφομένου ἔργου ἐμφανίζεται θερμότης*. Εἰς τὸ πείραμα τοῦ Tyndall ἐπίσης ἡ προστριβὴ τοῦ σωλῆνος μεταξὺ τῶν δύο ξύλων ἀπορροφᾷ ποσὸν μηχανικοῦ ἔργου, *ἀντ' αὐτοῦ δὲ παράγεται ποσὸν θερμότητος*. Καὶ ἐν γένει, οἱονδήποτε παράδειγμα καὶ ἂν λάβωμεν, θὰ εὕρωμεν τὸν γενικὸν κανόνα, ὅτι: *εἰς πᾶσαν περίστασιν, καθ' ἣν ποσόν τι μηχανικοῦ ἔργου ἢ δρώσης δυνάμεως φαίνεται καταστρεφόμενον, παράγεται ἀντ' αὐτοῦ ποσόν τι θερμότητος*. Καὶ τὸ ἀντίστροφον δὲ τούτου συμβαίνει ἐπίσης κατὰ γενικὸν κανόνα, τουτέστιν: *εἰς πᾶσαν φαινομένην παραγωγὴν μηχανικοῦ ἔργου λαμβάνει χώραν ἐξαφάνισις ποσοῦ τινος θερμότητος*. Ὡς παράδειγμα τοῦ δευτέρου τούτου κανόνος ἀναφέρομεν τὸ ἑξῆς· Ὁ ἐκ τοῦ λέβητος προερχόμενος ἀτμός, ἀφοῦ εἰσέλθῃ εἰς τὸν κύλινδρον καὶ κινήσῃ τὸ ἔμβολον, τουτέστι παραγάγῃ μηχανικὸν ἔργον, ἐξέρχεται ἐκεῖθεν ἐνέχων πολὺ ὀλιγωτέραν θερμότητα νῦν ἢ ὅτε ἦν ἐν τῷ λέβητι. Λοιπὸν *τῇ δαπάνῃ τῆς θερμότητος παρήχθη τὸ μηχανικὸν ἔργον*. Ἐπίσης ἐν τῷ πειράματι τῆς χύτρας τοῦ Papin, ὅταν ἀνοίγηται ἡ δικλίς, ὁ ἐξερχόμενος ἀτμὸς διαστελλόμενος ἐκτελεῖ μηχανικὸν ἔργον, ἀλλ' ὅμως ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ κατέρχεται ἐπὶ τοσοῦτον, ὥστε ἡ χεὶρ ἡμῶν ἐν αὐτῷ αἰσθάνεται ψῦχος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁ στενὸς οὗτος σύνδεσμος μεταξὺ θερμότητος καὶ μηχανικοῦ ἔργου θὰ ἦν ὅλως ἀνεξήγητος διὰ τῆς ὑποθέσεως τῆς ἐκπομπῆς· ἐνῷ τοὐναντίον διὰ τῆς νεωτέρας ὑποθέσεως, καθ' ἣν ἡ θερμότης εἶνε ἀποτέλεσμα κινήσεως τῶν μορίων τῆς ὕλης, ὁ μυστηριώδης οὗτος σύνδεσμος μεταξὺ μηχανικοῦ ἔργου καὶ θερμότητος ἔρχεται ὡς ἀναγκαία συνέπεια *τῆς γενικῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας* (35).

Διὰ ταῦτα ἡ σήμερον ἐπικρατοῦσα θεωρία περὶ τῆς ἀρχῆς τῆς θερμότητος καλεῖται μηχανικὴ θεωρία τῆς θερμότητος.

209. **Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος.** Καὶ ἤδη τιθεμένου ὅτι τὸ μηχανικὸν ἔργον μετασχηματίζεται εἰς θερμότητα καὶ τἀνάπαλιν, δέον νὰ ἐξετάσωμεν, ἂν ὑπάρχῃ σχέσις τις μεταξὺ *τοῦ ποσοῦ τοῦ καταναλισκομένου ἔργου καὶ τοῦ ποσοῦ τῆς παραγομένης θερμότητος.*

Πράγματι διὰ τῶν πειραμάτων εὑρέθη ὅτι ὑπάρχει τοιαύτη ἀριθμητικὴ σχέσις σταθερὰ καὶ ἀνεξάρτητος τῆς φύσεως τῶν σωμάτων, ἅτινα χρησιμεύουσιν ὡς μέσα μετασχηματισμοῦ. Ἐξήχθη δὲ τὸ συμπέρασμα ὅτι: *εἰς ὡρισμένον ποσὸν ἐξαφανιζομένης θερμότητος ἀντιστοιχεῖ ὡρισμένον ποσὸν παραγομένου ἔργου*, καὶ ἀντιστρόφως *εἰς ὡρισμένον ποσὸν καταστρεφομένου ἔργου ἀντιστοιχεῖ ὡρισμένον ποσὸν ἀναπτυσσομένης θερμότητος.*

Ὅπως καταμετρηθῶσι τὰ ποσὰ ταῦτα, πρέπει νὰ ληφθῇ ὡς βάσις *ἡ μονὰς τοῦ ἔργου* (τὸ χιλιογραμμόμετρον (33)) καὶ *ἡ μονὰς τῆς θερμότητος* (185), καὶ νὰ ἐξευρεθῇ *πόσα χιλιογραμμόμετρα ἰσοδυναμοῦσι* μὲ μίαν *μονάδα θερμότητος*· τὸ ποσὸν τοῦτο τοῦ ἔργου τὸ ἰσοδυναμοῦν μὲ μίαν μονάδα θερμότητος ἐκλήθη μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος.

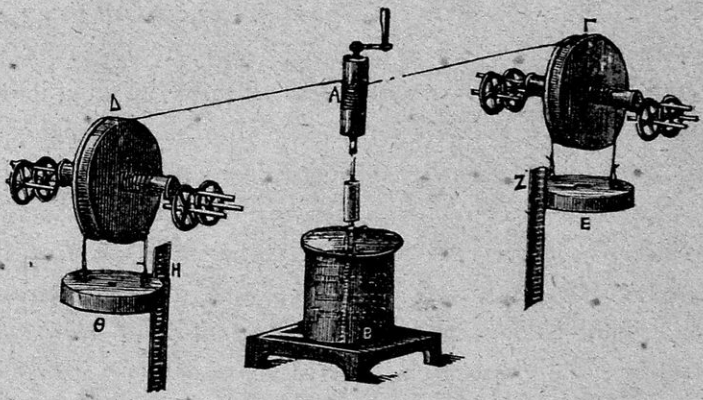
Πρῶτος ὁ Mayer (1842) διὰ θεωρητικῶν ἐρευνῶν, μετὰ τοῦτον δὲ ὁ Joule (1843) διὰ πειραμάτων προσδιώρισαν τὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος, εὗρον δ' ἀμφότεροι ὅτι τοῦτο ἰσοῦται πρὸς 424 χιλιογραμμόμετρα περίπου.

Πείραμα Joule. Ἐντὸς θερμογονομέτρου πλήρους ὕδατος περιστρέφεται τροχὸς πτερωτός περὶ κατακόρυφον ἄξονα ΑΒ. Σχοινίον διπλοῦν περιτετυλιγμένον περὶ τὸ στέλεχος Α τοῦ τροχοῦ καταλήγει διὰ τῶν ἄκρων αὐτοῦ ἐπὶ τῶν τροχαλιῶν Γ καὶ Δ φέρον ἐξηρτημένα τὰ βάρη Ε καὶ Θ, διὰ τῆς ἕλξεως τῶν ὁποίων ἐξελίσσεται τὸ σχοινίον καὶ περιστρέφει τὸν τροχόν. Διὰ δὲ τῶν ἠριθμημένων κανόνων Η καὶ Ζ προσδιορίζεται τὸ ὕψος, ἐξ οὗ καταπίπτουσι τὰ βάρη Θ καὶ Ε.

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ Β τὸ ἄθροισμα τῶν βαρῶν Ε καὶ Θ καὶ διὰ υ τὸ ὕψος τῆς πτώσεως, τὸ παραγόμενον ἔργον κατὰ τὴν πτῶσιν εἶνε Β×υ χιλιογραμ-



Σχ. 163.—**Πείραμα Joule πρὸς εὕρεσιν τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος.**

μομέτρων (33). Ἀλλὰ τὸ ἔργον τοῦτο ἀπορροφᾶται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως, ἣν ἀντιτάσσει τὸ ὕδωρ εἰς τὴν κίνησιν τοῦ τροχοῦ καὶ διὰ τοῦτο μετασχηματίζεται εἰς θερμότητα, ἥτις θερμαίνει τὸ ἐν τῷ θερμογονομέτρῳ ὕδωρ κατὰ ὡρισμένον ἀριθμὸν βαθμῶν, οὓς δεικνύει τὸ ἐν αὐτῷ ἐμβεβαπτισμένον θερμόμετρον.

Δυνάμεθα, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν περὶ εἰδ. θερμότητος λεχθέντων, νὰ μετρήσωμεν πόσαι μονάδες θερμότητος παρήχθησαν. Ἔστω δ τὸ βάρος τοῦ ὕδατος καὶ 0^0 ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία αὐτοῦ, δ' δὲ τὸ βάρος τοῦ ἀγγείου καὶ ὁ ἡ εἰδ. θερμότης αὐτοῦ, καὶ θ ἡ θερμοκρασία αὐτῶν μετὰ τὸ πείραμα. Τὸ ὕδωρ διὰ νὰ θερμανθῇ ἀπὸ 0^0 εἰς θ^0, προσέλαβε δθ μονάδας θερμότητος, τὸ δὲ ἀγγεῖον προσέλαβεν ἐπίσης δ'θὸ· ὥστε ἔχομεν ἐν συνόλῳ παραχθείσας μονάδας θερμότητος (δθ+δ'θὸ).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὥστε Β.υ χιλιογραμμόμετρα ἔργου ἀντιστοιχοῦσιν εἰς (6θ+6΄θδ) μονάδας θερμότητος, ἑπομένως εἰς μίαν μονάδα θερμότητος ἀντιστοιχεῖ ποσὸν ἔργου

$$\frac{\text{Β.υ}}{6\theta+6'\theta\delta'}$$

ὅπερ παριστᾷ τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος. Σημειωτέον ὅμως ὅτι τὸ ἔργον τῶν βαρῶν δὲν ἀπορροφᾶται μόνον ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὕδατος, ἀλλὰ καὶ ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τῆς τριβῆς τῆς παραγομένης εἰς τὰ λοιπὰ μέρη τῆς συσκευῆς. Καὶ τὰς ἀπωλείας ταύτας ἔλαβεν ὑπ' ὄψιν καὶ ὑπελόγισεν ὁ Joule. Λαβὼν δὲ τὸν μέσον ὅρον τῶν ἀποτελεσμάτων, εἰς ἃ κατέληξε διὰ μεγάλου ἀριθμοῦ πειραμάτων, εὗρεν ὅτι τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος ἰσοῦται πρὸς 424 χιλιογραμμόμετρα. Ἐν Γαλλίᾳ ὁ Hirn καὶ Favre προσδιώρισαν τὸ ποσὸν τοῦτο εἰς 425 χιλιογραμμόμετρα.

Ὁ ἀντίστροφος ἀριθμὸς $\frac{1}{425} = 0{,}002353$ παριστᾷ τὸ **θερμαντικὸν ἰσοδύναμον τοῦ ἔργου** ἤτοι ὅτι εἰς 1 χιλιογραμμόμετρον ἔργου ἀντιστοιχοῦσιν $\frac{1}{425}$ μονάδες θερμότητος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΚΑΤΟΝ

ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΑΙ

210. **Γενικὰ περὶ ἀτμομηχανῶν.** Καλοῦμεν ἀτμομηχανάς, τὰς συσκευάς, δι' ὧν χρησιμοποιοῦμεν τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἀτμοῦ ὡς *κινητήριον δύναμιν*. Ἐφαρμοσθεῖσαι αὗται τὸ πρῶτον ἐν τῇ ἀτελεστάτῃ αὐτῶν μορφῇ ἐν τοῖς μεταλλωρυχείοις, ὀλίγον κατ' ὀλίγον εἰσεχώρησαν ἐν τοῖς ἐργοστασίοις καὶ τοῖς ἐργαστηρίοις, ὅπως ἀντικαταστήσωσι τὴν δύναμιν τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζώων καὶ κατόπιν εὗρον σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν ἐν τοῖς ἀτμοπλοίοις καὶ σιδηροδρόμοις.

Ἡ πρώτη ἀρχὴ τῶν ἀτμομηχανῶν ὀφείλεται εἰς τὸν ἰατρὸν Denis Papin, ὅστις περὶ τὰ τέλη τοῦ 16ου αἰῶνος μετεχειρίσθη τὴν δύναμιν τοῦ ἀτμοῦ, ὅπως ἀναβιβάζῃ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω κατακορύφως τὸ ἔμβολον ἐντὸς κυλίνδρου κλειστοῦ κατὰ τὴν βάσιν καὶ ἀνοικτοῦ ἄνωθεν, κατόπιν δὲ συμπυ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ανῶν διὰ ψύξεως τὸν ὑπὸ τὸ ἔμβολον ἀτμὸν ἐπετύγχανε τὴν καταβίβασιν τοῦ ἐμβόλου διὰ τῆς ἄνωθεν ἐπιφερομένης ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Πρῶτος δὲ ὁ Newcomen, 15 ἔτη μετὰ τὴν δημοσίευσιν τοῦ ὑπομνήματος τοῦ Papin, κατεσκεύασε τῷ 1705 εἶδος ἀτμομηχανῆς προωρισμένης διὰ τὰς ἐν τοῖς μεταλλείοις ἐργασίας.

Κατόπιν ὅμως ὁ Watt διὰ συστηματικῶν ἐργασιῶν καὶ πειραμάτων ἐπὶ πεντήκοντα ὅλα ἔτη ἐνασχοληθείς, μετεμόρφωσε, συνεπλήρωσε καὶ ἐτελειοποίησε τὰς ἀτελεστάτας ἕως τότε ἀτμομηχανὰς καὶ ἔφερεν οὕτως εἰς φῶς *τὴν μηχανὴν τοῦ Watt*, τὴν μετὰ *διπλῆς ἐνεργείας τοῦ ἀτμοῦ*, καθ' ἣν ἥ τε ἀνάβασις καὶ κατάβασις τοῦ ἐμβόλου γίνεται διὰ τοῦ ἀτμοῦ, ἐνεργοῦντος διαδοχικῶς ἄνωθεν καὶ κάτωθεν τοῦ ἐμβόλου.

Ἡ τοιαύτη μηχανὴ τοῦ Watt μετά τινων τροποποιήσεων, προσθηκῶν καὶ συμπληρώσεων ἀποτελεῖ τὰς σημερινὰς ἐν χρήσει ἀτμομηχανάς, εἰς ὧν τὴν περιγραφὴν καὶ λειτουργίαν προβαίνομεν ἀμέσως.

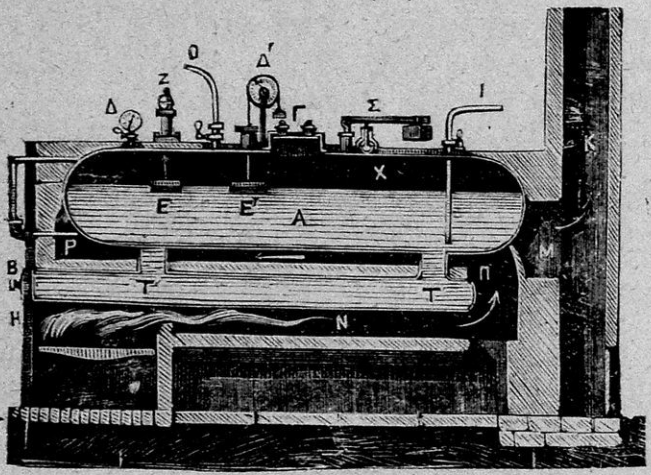
Τρία εἶνε τὰ κύρια μέρη πάσης ἀτμομηχανῆς: 1ον Ὁ *ἀτμογόνος λέβης*, ἐν τῷ ὁποίῳ παράγεται ὁ ἀτμός, 2ον Ὁ *κύλινδρος*, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τῇ ἐνεργείᾳ τοῦ ἀτμοῦ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ παλινδρομικῶς τὸ ἔμβολον, καὶ 3ον ὁ μηχανισμὸς ὁ προωρισμένος νὰ μεταδίδῃ τὴν κίνησιν τοῦ ἐμβόλου μετατρέπων αὐτὴν εἰς περιστροφικήν.

Α'. Ἀτμογόνος λέβης καὶ παραρτήματα αὐτοῦ.

211. **Λέβης μετὰ βραστήρων** (Σχ. 164). Συνίσταται ἐκ μακροῦ καὶ εὐρέος σιδηροῦ κυλίνδρου Α, κλειστοῦ ἑκατέρωθεν καὶ συγκοινωνοῦντος πρὸς τὰ κάτω μετὰ δύο μικροτέρας διαμέτρου κυλίνδρων ΤΤ' καὶ ΓΓ (ὁ ΓΓ δὲν φαίνεται ἐν τῷ σχήματι), οἵτινες κεῖνται ἀμέσως ἐπὶ τῆς πυρᾶς καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἶνε ἐντελῶς πλήρεις ὕδατος, ἐνῷ ὁ μέγας κύλινδρος εἶνε μόνον κατὰ τὸ ἥμισυ πλήρης. Αἱ φλόγες τῆς πυρᾶς καὶ τὰ προϊόντα τῆς καύσεως προσβάλλοντα κατὰ πρῶτον τὰς κατωτέρας πλευρὰς τῶν μικρῶν κυλίνδρων, εἰσχωροῦσι κατόπιν καὶ εἰς τὸ διαμέρισμα ΠΡ προχωροῦντα κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν καὶ ἀκολούθως ἐξέρχονται ἐκ τῆς καπνοδόχης Κ καὶ διαχέονται ἔξω εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν.



Σχ. 164.—Ἀτμογόνος λέβης καὶ παραρτήματα αὐτοῦ.

Τὰ παραρτήματα τοῦ λέβητος εἶνε:

Τὸ μεταλλικὸν μανόμετρον Δ, προωρισμένον ὅπως δεικνύῃ τὴν ἑκάστοτε τάσιν τοῦ ἐν τῷ λέβητι ἀτμοῦ εἰς ἀτμοσφαίρας.

Ἡ ἀσφαλιστικὴ δικλὶς (Σ), ἥτις εἶνε κατεσκευασμένη οὕτως, ὥστε ν' ἀνοίγηται ὑπὸ τοῦ ἀτμοῦ, ὅταν οὗτος ἀποκτᾷ τάσιν κατά τι μόνον μικροτέραν τῆς μεγίστης τάσεως, εἰς ἣν ἀντέχουσι τὰ τοιχώματα τοῦ λέβητος. Τότε ἐξέρχεται μέρος τοῦ ἀτμοῦ καὶ προλαμβάνεται ἡ ἔκκρηξις τοῦ λέβητος.

Ὁ ἐπιπολάζων μηνύτωρ (Δ'Ε'), προωρισμένος νὰ δεικνύῃ τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος ἐν τῷ λέβητι.

Ὁ ἐπιπολάζων κράκτης (ΖΕ), ὅστις, ὅταν τὸ ὕδωρ κα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τέλθη πολὺ ἐν τῷ λέβητι, ἀνοίγει μικρὰν ὀπὴν καὶ ἀτμὸς ἐξερχόμενος πλήττει τὸν κώδωνα Ζ. Ὁ ἦχος τοῦ κώδωνος δηλοῖ ὅτι τὸ ὕδωρ ἐμειώθη ὑπὲρ τὸ δέον ἐν τῷ λέβητι.

Ἡ ἀνθρωποθυρὶς Γ', ἡ ἀσφαλῶς διὰ πιεστικῶν κοχλιῶν κεκλεισμένη, προωρισμένη δ' ἵνα ἀνοίγηται, ὁσάκις πρόκειται νὰ καθαρισθῇ ὁ λέβης.

Ὁ σωλὴν Ι, διὰ τοῦ ὁποίου εἰσέρχεται ὕδωρ εἰς τὸν λέβητα, ἀποστελλόμενον ἐνταῦθα ἐξ ὑδραντλίας, ἣν θέτει εἰς κίνησιν αὐτὴ ἡ ἰδία μηχανή.

Ὁ ἀτμαγωγὸς σωλὴν Ο, διὰ τοῦ ὁποίου, ἀνοιγομένης τῆς στρόφιγγος διοχετεύεται ὁ ἀτμὸς τοῦ λέβητος εἰς τὸν κύλινδρον, ὅπως κινήσῃ τὸ ἔμβολον.

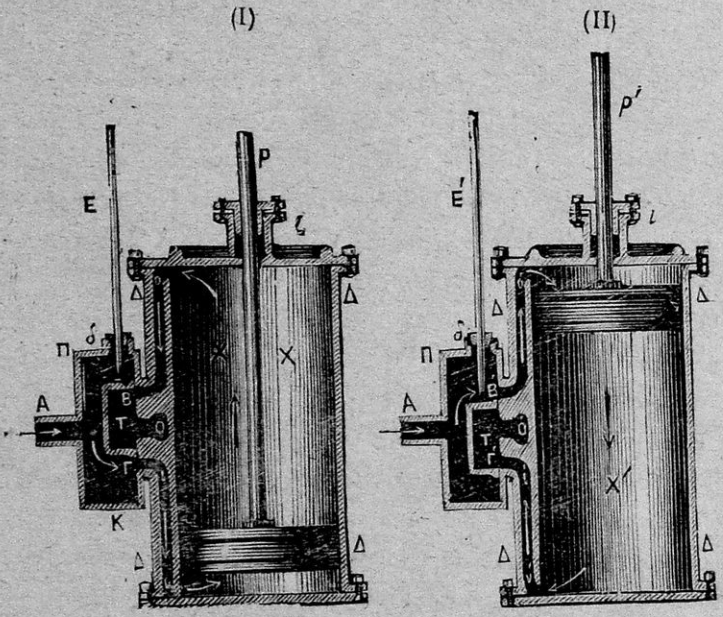
Ὁ διὰ τῆς θερμάνσεως τοῦ ὕδατος παραγόμενος ἀτμὸς συναθροιζόμενος πρὸς τὸ ἀνώτερον μέρος Χ τοῦ λέβητος ἀποκτᾷ ὁλονὲν μεγαλειτέραν τάσιν· ὅταν δὲ τὸ μανόμετρον Δ δείξῃ ὅτι ἡ τάσις αὐτοῦ εἶνε ἤδη ἀρκοῦσα, ὅπως κινήσῃ τὴν μηχανήν, ἀνοίγεται ἡ στρόφιγξ καὶ ὁ ἀτμὸς διὰ τοῦ σωλῆνος Ο διοχετεύεται εἰς τὸν κύλινδρον.

Β'. Ὁ κύλινδρος μετὰ τῶν παραρτημάτων αὐτοῦ.

212. **Μέρη τοῦ κυλίνδρου, κίνησις τοῦ ἐμβόλου** (Σχ. 165). Ὁ ἀτμὸς διὰ τοῦ σωλῆνος Ο τοῦ λέβητος φθάνει εἰς τὸν σωλῆνα Α, καὶ πληροῖ τὸν πρὸ τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχοντα *ἀτμοθάλαμον* ΠΚ. Ὁ κυρίως κύλινδρος εἶνε ὁ ΔΔΔΔ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται τὸ ἔμβολον. Ὅπως ἐπιτευχθῇ ὅμως ἡ παλινδρομικὴ πρὸς τὰ ἄνω καὶ κάτω κίνησις τοῦ ἐμβόλου, πρέπει ὁ ἀτμὸς νὰ εἰσέρχηται διαδοχικῶς ἐκ τῶν κάτω ἵνα ὠθῇ τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ ἄνω καὶ κατόπιν ἐκ τῶν ἄνω ἵνα ὠθῇ τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ κάτω καὶ οὕτω καθεξῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ὑπάρχει ὁ καλούμενος ἀτμονόμος ΕΤ. Ὅταν τὸ ἔμβολον εὑρίσκηται πρὸς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου (Σχ. 165, Ι), τότε ὁ ἀτμονόμος ἔχει τοιαύτην θέσιν, ὥστε ἀφίνει μὲν ἀνοικτὴν τὴν κατωτέραν ὀπὴν Γ τοῦ κυλίνδρου, κλείει δὲ τὴν ἀνωτέραν Β· τοιουτοτρόπως ὁ ἀτμὸς εὑρίσκων μίαν μόνην δίοδον Γιν εἰσέρχεται ἐκ τῶν κάτω τοῦ κυλίν-



Σχ. 165.—**Ὁ κύλινδρος μετὰ τῶν παραρτημάτων αὐτοῦ.**

Ι, ὁ ἀτμὸς εἰσερχόμενος ἐκ τῶν κάτω ὠθεῖ τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ ἄνω.
ΙΙ, ὁ ἀτμὸς εἰσερχόμενος ἐκ τῶν ἄνω ὠθεῖ τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ κάτω.

δρου καὶ διὰ τῆς ἐλαστικῆς αὐτοῦ δυνάμεως ἀνυψοῖ τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ ἄνω. Μόλις δὲ πλησιάσῃ τὸ ἔμβολον πρὸς τὴν ἄνω βάσιν τοῦ κυλίνδρου, ὁ ἀτμονόμος διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ κινούμενος κατέρχεται ὀλίγον (Σχ. 165, ΙΙ) καὶ κλείει μὲν τὴν Γ', ἀφίνει δ' ἀνοικτὴν τὴν Β' καὶ οὕτως ὁ ἀτμὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ἀτμοθαλάμου εἰσερχόμενος νῦν ἐκ τῶν ἄνω τοῦ κυλίνδρου ὠθεῖ τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ κάτω. Καὶ οὐ μόνον δὲ τοῦτο, ἀλλὰ συγχρόνως ἐν τῇ θέσει ταύτῃ τοῦ ἀτμονόμου (Σχ. 165, II) ὁ ὑπὸ τὸ ἔμβολον ὑπάρχων ἀτμός (ὅστις ὡς ἄχρηστος πλέον πρέπει νὰ ἐξέλθῃ διὰ νὰ δυνηθῇ τὸ ἔμβολον νὰ κατέλθῃ), εὑρίσκει δίοδον διὰ τοῦ ὀχετοῦ ν΄ιΓ΄ καὶ διὰ τῆς ὀπῆς Ο΄ ἐξέρχεται πρὸς τὰ ἔξω εἴτε εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν εἴτε εἰς θάλαμον περιέχοντα ὕδωρ ψυχρόν, ἔνθα συμπυκνοῦται εἰς ὕδωρ.

Ὅταν φθάσῃ πάλιν τὸ ἔμβολον εἰς τὴν κάτω βάσιν τοῦ κυλίνδρου, ὁ ἀτμονόμος ἐκ νέου ἀνέρχεται καὶ ἀνοιγομένης ἐκ νέου τῆς ὀπῆς Γ (Σχ. 165, I) εἰσέρχεται ἐκ τῶν κάτω ὁ ἀτμὸς τοῦ ἀτμοθαλάμου καὶ ὠθεῖ τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ ἄνω, ἐνῷ συγχρόνως ὁ ὑπεράνω τοῦ ἐμβόλου ἄχρηστος ἤδη ἀτμὸς ΧΧ διὰ τοῦ ὀχετοῦ οΒΟ ἐξέρχεται πρὸς τὰ ἐκτός.

Οὕτω γίνεται κανονικῶς ἡ διανομὴ τοῦ ἀτμοῦ πρὸς τὴν βάσιν ἢ πρὸς τὴν κορυφὴν τοῦ κυλίνδρου καὶ κατορθοῦται ἡ παλινδρομικὴ εὐθύγραμμος κίνησις τοῦ ἐμβόλου πρὸς τὰ ἄνω καὶ κάτω ἢ καὶ ὁριζοντίως πρὸς τὰ πρόσω καὶ ὀπίσω.

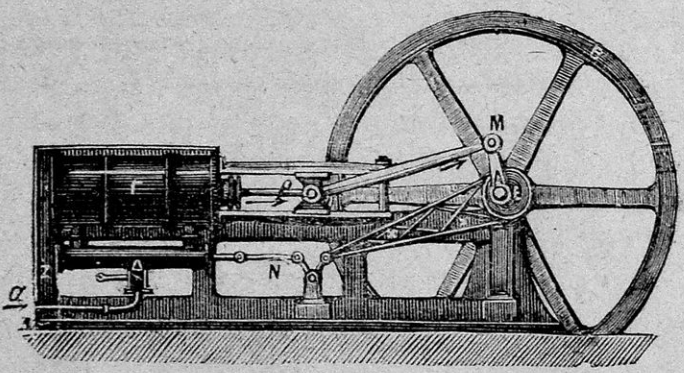
Τὴν κίνησιν τοῦ ἀτμονόμου διενεργεῖ ἰδιαίτερον ὄργανον, *ἔκκεντρον* καλούμενον, τὸ ὁποῖον συναρθροῦται ἀφ' ἑνὸς μὲν πρὸς τὴν ράβδον Ε τοῦ ἀτμονόμου, ἀφ' ἑτέρου δὲ πρὸς τὴν ράβδον Ρ τοῦ ἐμβόλου ἢ πρὸς τὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς, ὃν θὰ ἴδωμεν ἀμέσως κατωτέρω (Ἴδε σχ. 166). Καὶ ὅταν μὲν ἡ ράβδος τοῦ ἐμβόλου *ἀνέρχηται*, ἡ ράβδος Ε τοῦ ἀτμονόμου ὠθεῖται πρὸς τὰ κάτω καὶ κατέρχεται τοῦτο, καὶ ἀντιστρόφως, ἀνέρχεται ὁ ἀτμονόμος, ὅταν τὸ ἔμβολον κατέρχηται.

Γ΄. Μηχανισμὸς μεταδόσεως τῆς κινήσεως.

213. **Στρόφαλος, ἄξων τῆς μηχανῆς, σφόνδυλος.** Ἐξηγήσαμεν μέχρι τοῦδε πῶς διὰ τῆς δυνάμεως τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀτμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἐμβόλου. Ἀλλὰ πρέπει ἡ κίνησις αὕτη νὰ μεταδοθῇ εἰς τὸν καλούμενον *κύριον ἄξονα τῆς μηχανῆς* καὶ νὰ κινηθῇ οὗτος *περιστροφικῶς*, ἤτοι ἡ εὐθύγραμμος κίνησις νὰ μετατραπῇ εἰς κυκλικήν. Πρὸς τοῦτο ὑπάρχει ὁ καλούμενος *στρόφαλος* ΜΑ (Σχ. 166)· ἐνῷ ἡ ράβδος ρ τοῦ ἐμβόλου κινεῖται πρὸς τὰ πρόσω καὶ ὀπίσω, ὁ στρόφαλος θέτει τὸν ἄξονα Ε εἰς συνεχῆ περιστροφικὴν κίνησιν. Ὁ δὲ τροχὸς Β ὁ καλούμενος *σφόνδυλος* χρησιμεύει ἵνα κανονίζῃ τὴν κίνησιν τῆς μηχανῆς διατηρῶν σταθερὰν τὴν



Σχ. 166.—**Μηχανισμὸς μεταδόσεως τῆς κινήσεως τοῦ ἐμβόλου.**

Ἐνταῦθα φαίνεται καὶ τὸ ἔκκεντρον Εχχ, ὅπερ διὰ τῆς ράβδου Ν κινεῖ τὸν ἀτμονόμον ἐντὸς τοῦ ἀτμοθαλάμου ΖΔ. α εἶνε ὁ σωλήν, δι' οὗ ἔρχεται ὁ ἀτμὸς τοῦ λέβητος.

ταχύτητα τῆς περιστροφῆς τοῦ ἄξονος Ε· τούτου ἕνεκα ἐκλήθη καὶ *ρυθμιστής*.

Οὕτως ἐπιτυγχάνεται ἡ συνεχὴς περιστροφικὴ κίνησις τοῦ κυρίου ἄξονος. Ἐξ αὐτοῦ δὲ ἡ κίνησις δι' ἱμάντων πλατέων ἢ ἄλλων ὀργάνων μεταβιβάζεται εἰς τὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα πρόκειται νὰ κινηθῶσι καὶ νὰ παραγάγωσι τὴν ἐργασίαν, δι' ἣν εἶνε προωρισμένα. Καὶ ἄλλοτε μὲν ἡ κίνησις τοῦ ἄξονος μεταβιβάζεται εἰς τὰ ἄλλα ὄργανα καὶ διατηρεῖται ἐπίσης κυκλική,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄλλοτε δὲ μετατρέπεται ἐκ νέου εἰς εὐθύγραμμον, ἀναλόγως τοῦ προορισμοῦ τῆς μηχανῆς.

Σημ. Ἄλλα τινὰ παραρτήματα τῶν ἀτμομηχανῶν παρελείψαμεν ἐν τῇ στοιχειώδει ταύτῃ περιγραφῇ, ἧς σκοπὸς εἶνε νὰ δώσωμεν γενικὴν ἰδέαν τῶν μερῶν καὶ τοῦ τρόπου τῆς λειτουργίας τῶν ἀτμομηχανῶν.

Διαιροῦσι τὰς ἀτμομηχανὰς ἀναλόγως τῆς τάσεως τοῦ ἀτμοῦ εἰς μηχανὰς *ταπεινῆς*, *μέσης* καὶ *ὑψηλῆς πιέσεως*. *Ταπεινῆς πιέσεως* εἶνε ἐκεῖναι, ἐν αἷς ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ δὲν ὑπερβαίνει τὴν 1 ἀτμοσφαῖραν καὶ $\frac{1}{4}$, *μέσης* δ' ἐκεῖναι, ἐν αἷς ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ φθάνει εἰς 2 καὶ 4 ἀτμοσφαίρας καὶ *ὑψηλῆς*, ὅταν ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ ὑπερβαίνῃ τὰς 4 ἀτμοσφαίρας.

Ἐπίσης διακρίνουσι *μηχανὰς μετὰ συμπυκνωτοῦ*, ἐν αἷς ὁ ἀτμός, ἀφ' οὗ ἐνεργήσῃ ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, ἐξέρχεται μεταβαίνων εἰς ψυκτῆρα, ἔνθα ρευστοποιεῖται καὶ οὕτω χρησιμοποιεῖται ἐκ νέου ὡς ὕδωρ, ἵνα διοχετευθῇ εἰς τὸν λέβητα· καὶ *εἰς μηχανὰς ἄνευ συμπυκνωτοῦ*, ἐν αἷς ὁ ἐνεργήσας ἤδη ἀτμὸς ἐξέρχεται καὶ διαχέεται εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν.

Σημειοῦμεν πρὸς τούτοις ὅτι πρὸς ἐκτίμησιν τῆς δυνάμεως τῶν ἀτμομηχανῶν λαμβάνεται ὡς *μονὰς ὁ ἀτμόϊππος* (33). Λέγομεν ὅτι μία ἀτμομηχανὴ ἔχει δύναμιν 1, 2, 3.... ἀτμοϊππων, ὅταν δύναται νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον 1×75, 2×75, 3×75.... χιλιογραμμομέτρων εἰς ἓν δευτερόλεπτον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΝ ΕΚΤΟΝ

ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

214. **Ὁρισμοί.** Καλεῖται φῶς τὸ μέσον, δι' οὗ παράγεται ἐν ἡμῖν τὸ *αἴσθημα τῆς ὁράσεως*· ὀπτικὴ δὲ εἶνε τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς τὸ πραγματευόμενον περὶ τοῦ φωτός.

Φωτεινὰ καὶ σκοτεινὰ σώματα. Φωτεινὰ ἢ φωτογόνα σώματα καλοῦνται ὅσα ἐκπέμπουσιν ἀφ' ἑαυτῶν φῶς, οἷον ὁ ἥλιος, οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, τὰ διάπυρα σώματα κλπ. Σκοτεινὰ δὲ σώματα καλοῦνται ὅσα δὲν ἐκπέμπουσιν ἀφ' ἑαυτῶν φῶς, οἷον ἡ σελήνη, οἱ πλανῆται, ὅλα σχεδὸν τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς σώματα· ταῦτα γίνονται ὁρατά, ἀποστέλλοντα πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν τὸ φῶς, ὅπερ δέχονται ἐκ τῶν φωτεινῶν σωμάτων.

Διαφανῆ, διαφώτιστα καὶ σκιερὰ σώματα. Διαφανῆ σώματα καλοῦντα ὅσα ἀφίνουσι νὰ διέρχηται δι' αὐτῶν τὸ φῶς, καὶ νὰ διαβλέπωμεν ἀκριβῶς τὰ ἀπέναντι αὐτῶν ἀντικείμενα· τοιαῦτα εἶνε ὁ ἀήρ, τὸ ὕδωρ, ἡ ὕελος. Ὑπάρχουσι διαφανῆ σώματα, διὰ μέσου τῶν ὁποίων διέρχεται μὲν τὸ φῶς, ἀλλὰ δὲν δυνάμεθα νὰ διίδωμεν τὰ ἀντικείμενα· ταῦτα καλοῦνται διαφώτιστα. Ὅσα δὲ σώματα δὲν ἀφίνουσι νὰ διέρχηται τὸ φῶς καλοῦνται σκιερά. Ἐν τούτοις δὲν δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι τὰ ἀδιαφανῆ σώματα εἶνε ἀπολύτως σκιερά, διότι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ ταῦτα μετατρεπόμενα εἰς λεπτότατα πέταλα ἀφίνουσι κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἧττον τὸ φῶς νὰ διέρχηται. Ὁ Foucault, ἐπαργυρώσας διὰ λεπτοτάτου στρώματος τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ τοῦ τηλεσκοπίου, ἠδύνατο δι' αὐτοῦ νὰ βλέπῃ καλῶς τὸν ἥλιον.

215. **Ὑποθέσεις περὶ φωτός.** Δύο ὑποθέσεις ἐπενοήθησαν περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός· ἡ τῆς ἐκπομπῆς ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος, καθ' ἣν τὸ ὑπὸ τῶν φωτεινῶν σωμάτων ἐκπεμπόμενον φῶς συνίσταται ἐξ ἀπείρων μορίων, ἐν συνεχεῖ γραμμῇ ἐκπεμπομένων κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις καὶ εἰσδυόντων εἰς τὰ διάφορα σώματα ἢ ἀνακλωμένων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῶν. Τὰ μόρια ταῦτα εἰσδύοντα εἰς τὸν ὀφθαλμὸν προσβάλλουσι τὸ ὀπτικὸν νεῦρον καὶ παράγουσιν ἐν ἡμῖν τὸ αἴσθημα τῆς ὁράσεως.

Ἑτέρα ὑπόθεσις εἶνε ἡ τοῦ Descartes, ἡ κληθεῖσα *θεωρία τῶν κυμάτων*. Κατὰ ταύτην τὸ φῶς, ὅπως καὶ ἡ θερμότης (206), ἀποδίδεται εἰς *τὴν ταχυτάτην παλμικὴν κίνησιν τῶν μορίων τῶν φωτοβόλων σωμάτων*· τὰς παλμικὰς δὲ ταύτας κινήσεις δέχονται τὰ πέριξ μόρια τοῦ αἰθέρος καὶ μεταδίδουσι κατὰ σφαιρικὰ κύματα εἰς πάσας τὰς διευθύνσεις, ἀπαράλλακτα ὅπως ὁ ἀὴρ δέχεται καὶ μεταδίδει τὰς κραδάνσεις τῶν ἠχούντων σωμάτων.

Κατὰ ταῦτα φῶς καὶ θερμότης ἀποδίδονται εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν αἰτίαν, εἰς τοὺς *κραδασμοὺς τῶν μορίων τῶν σωμάτων*, μεταδιδομένους εἰς τὰ πέριξ διὰ τοῦ αἰθέρος, καὶ δὲν ὑπάρχει ἄλλη διαφορὰ μεταξὺ τῶν κραδασμῶν τῶν παραγόντων τὸ φῶς καὶ τῶν παραγόντων τὴν θερμότητα παρὰ μόνον *διαφορὰ ταχύτητος*.

Ἡ θεωρία αὕτη φαίνεται πολλῷ τῆς πρώτης πιθανωτέρα καὶ εἶνε ἡ μόνη τὴν σήμερον παραδεκτή.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

216. **Νόμος διαδόσεως τοῦ φωτός.** *Ἐν παντὶ ὁμοιομερεῖ μέσῳ τὸ φῶς διαδίδεται κατ' εὐθεῖαν γραμμήν.* Πράγματι, ἂν παρενθέσωμεν διάφραγμα σκιερὸν ἐπὶ τῆς εὐθείας γραμμῆς τῆς ἑνούσης φωτεινόν τι σημεῖον μετὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἡμῶν, τοῦτο δὲν εἶνε πλέον ὁρατόν.

Ἀκτὶς φωτός. Ἡ εὐθύγραμμος διεύθυνσις, καθ' ἣν τὸ φῶς διαδίδεται, καλεῖται ἀκτὶς φωτὸς ἢ φωτεινὴ ἀκτίς· σύνολον δὲ πολλῶν ἀκτίνων ἐκ τῆς αὐτῆς πηγῆς ἐκπεμπομένων καλεῖται δέσμη φωτεινή, *συγκλίνουσα* μέν, ὅταν αἱ συνιστῶσαι αὐτὴν ἀκτῖνες βαίνωσι συγκλίνουσαι, *ἀποκλίνουσα δέ*, ὅταν βαίνωσιν ἀποκλίνουσαι. Ὅταν δ' ἡ φωτεινὴ πηγὴ εὑρίσκηται εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν (ἥλιος, ἀστέρες), ἡ ἀπόκλισις τῶν ἀκτίνων μιᾶς δέσμης εἶνε σχεδὸν ἀνεπαίσθητος, ὥστε δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν αὐτὰς ὡς αἰσθητῶς παραλλήλους· ἡ τοιαύτη δέσμη, καλεῖται *παράλληλος*.

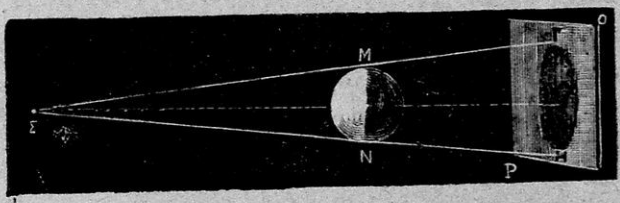
217. **Ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου τοῦ φωτὸς διαδόσεως.** Ἐκ τοῦ νόμου τῆς εὐθυγράμμου τοῦ φωτὸς διαδόσεως προκύπτουσιν ὡς συνέπειαι, *ἡ θεωρία τοῦ σχηματισμοῦ τῶν σκιῶν καὶ ἡ θεωρία τοῦ σχηματισμοῦ τῶν εἰκόνων ἐντὸς σκοτεινῶν θαλάμων.*

Σκιά, ὑποσκίασμα.— Καλεῖται σκιὰ σώματος σκιεροῦ τὸ μέρος τοῦ χώρου ἔνθα τὸ φῶς δὲν εἰσχωρεῖ ἕνεκα τῆς παρουσίας τοῦ σώματος τούτου. Ὅπως προσδιορίσωμεν γεωμετρικῶς τὴν ἔκτασιν καὶ τὴν μορφὴν τῆς σκιᾶς οἱουδήποτε σώματος τεθειμένου ἐνώπιον φωτεινῆς πηγῆς, δέον νὰ διακρίνωμεν δύο περιπτώσεις.

1ον Ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶνε ἓν σημεῖον.— Ἔστω Σ τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ Μ τὸ σκιερὸν σῶμα (Σχ. 167),

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπερ ὑποθέτομεν σφαιρικόν. *Ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν εὐθεῖαν ΣΜΓ κινουμένην περὶ τὴν σφαῖραν, ἀλλὰ πάντοτε ἐφαπτομένην ἐπ' αὐτῆς καὶ διερχομένην σταθερῶς διὰ τοῦ σημείου Σ, ἡ εὐθεῖα αὕτη σχηματίζει ἐπιφάνειαν κωνικὴν ἐκ περιστροφῆς* ΣΜΓΗΝ ἐφαπτομένην ἐπὶ τῆς σφαίρας. Πάντα τὰ σημεῖα τὰ κείμενα ἔμπροσθεν τῆς γραμμῆς τῆς ἐπαφῆς ΜΝ φωτίζονται, πάντα δὲ τὰ ὄπισθεν αὐτῆς καὶ ἐντὸς τοῦ κολούρου κώνου ΜΓΗΝ εὑρίσκονται ἐν τῷ σκότει· καὶ ἐὰν τεθῇ πέραν τοῦ σκιεροῦ σώματος πέτασμα κατακόρυφον, ρίπτεται ἐπ' αὐτοῦ ἡ κυκλικὴ σκιὰ ΗΓ. Τὰ ἔξωθεν τῆς σκιᾶς σημεῖα εὑρίσκονται ἐν πλήρει φωτί, τὰ δ' ἐντὸς αὐτῆς ἐν πλήρει σκότει ἄνευ οὐδεμιᾶς βαθμιαίας μεταβάσεως ἀπὸ τοῦ φωτὸς εἰς τὸ σκότος.



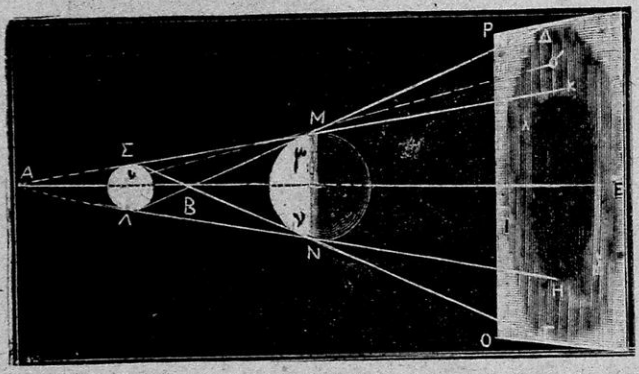
Σχ. 167.—Σκιὰ παραγομένη διὰ φωτεινοῦ σημείου.

2ον Ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶνε σῶμα φωτοβολοῦν.—Ἔστω ΣΛ ἡ φωτοβολοῦσα σφαῖρα καὶ ΜΝ τὸ σκιερὸν σῶμα. *Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν ἐξωτερικὴν ἐφαπτομένην ἐπὶ τῶν δύο σφαιρῶν, τὴν ΑΣΜΚ, περιφερομένην περὶ τὰς σφαίρας, πάντοτε ἐφαπτομένην καὶ τεμνουσαν σταθερῶς τὴν γραμμὴν τῶν κέντρων εἰς τὸ σημεῖον Α, αὕτη σχηματίζει κωνικὴν ἐπιφάνειαν, ἔχουσαν κορυφὴν τὸ σημεῖον Α καὶ περιορίζουσαν ὄπισθεν τῆς σφαίρας ΜΝ τὸν κόλουρον κῶνον ΜΚΗΝ, παράγοντα ἐπὶ τοῦ πετάσματος τελείαν σκιὰν ΚΗ. Ἐὰν δὲ περιστραφῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἐφαπτομένη ΣΝΓ, θὰ σχηματίσῃ τὸν κῶνον ΒΜΔΕΓΝ, ἐξωθεν τοῦ ὁποίου ὅλος ὁ χῶρος εὑρίσκεται ἐν τῷ φωτί.*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀλλ' ὁ χῶρος ὁ περιλαμβανόμενος μεταξὺ τῶν δύο κωνικῶν ἐπιφανειῶν ΜΝΗΚ καὶ ΜΝΓΔ φωτίζεται ἐν μέρει μόνον· ἔχομεν ἐνταῦθα τὸ καλούμενον ὑποσκίασμα.

Λίαν σαφῶς διακρίνομεν τὴν διαφορὰν σκιᾶς, ὑποσκιάσματος καὶ τελείως φωτιζομένου χώρου ἐπὶ τοῦ ὄπισθεν κατακορύφου πετάσματος ΡΟ, ἔνθα ἡ ἐπιφάνεια ΚΗ ἀποτελεῖ τὴν σκιάν, ἡ περὶ αὐτὴν περιφερικὴ ζώνη ΔΕΓΙ τὸ ὑποσκίασμα καὶ τέλος ὅλη ἡ ἐκτὸς τῆς ζώνης ταύτης χώρα εὑρίσκεται ἐν πλήρει φωτί. Καὶ πράγματι, ἂν λάβωμεν οἱονδήποτε σημεῖον τῆς πρώτης ἐπιφανείας ΚΗ, θὰ ἴδωμεν ὅτι οὐδεμίαν φωτεινὴν



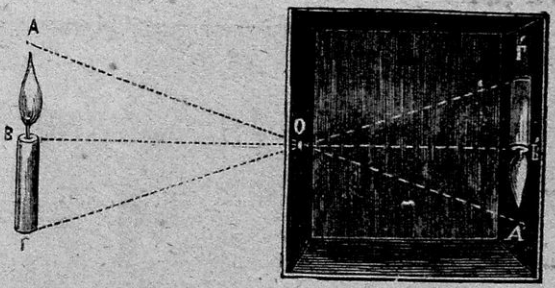
Σχ. 168.—Σκιὰ καὶ ὑποσκίασμα.

ἀκτῖνα δέχεται ἐκ τοῦ φωτοβόλου σώματος· τῆς δὲ δευτέρας ζώνης τὸ σημεῖον ο π. χ. δέχεται φῶς μόνον ἐκ τοῦ μέρους Σι τῆς φωτεινῆς σφαίρας, ἐπίσης δὲ καὶ πᾶν ἄλλο σημεῖον ἐν τῷ ὑποσκιάσματι εὑρισκόμενον βλέπει μέρος μόνον τῆς φωτεινῆς σφαίρας. Τέλος δὲ τὰ ἐκτὸς τοῦ ὑποσκιάσματος σημεῖα τοῦ πετάσματος βλέπουσιν ὅλην τὴν φωτοβόλον σφαῖραν, διὸ καὶ εὑρίσκονται ἐν πλήρει φωτί.

Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὅταν αἱ ἐκ φωτοβόλου ἢ φωτιζομένου σώματος ΑΒΓ ἐκπορευόμεναι ἀκτῖνες εἰσδύωσιν εἰς σκοτεινὸν θάλαμον διά πολὺ μικρᾶς ὀπῆς ο (Σχ. 169), σχηματίζουσιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπὶ τοῦ ἀπέναντι τοιχώματος τὸ εἴδωλον ΓΒ′Α′ τοῦ ἀντικειμένου, κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἧττον *εὐκρινές*, *ἀνεστραμμένον* καὶ ἔχον τὸ *αὐτὸ σχῆμα* καὶ τὸν αὐτὸν μὲ τὸ ἀντικείμενον *χρωματισμὸν* ἀνεξαρτήτως τοῦ σχήματος τῆς ὀπῆς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εὐκόλως ἐξηγεῖται διὰ τῆς εὐθυγράμμου τοῦ φωτὸς διαδόσεως. Διότι ἡ ἐκ τοῦ Α ἀκτὶς εἰσχωροῦσα διὰ τῆς ὀπῆς καὶ ἀκολουθοῦσα εὐθύγραμμον πορείαν ἀναγκαίως προχωρεῖ πρὸς τὸ κάτω μέρος τοῦ ἀπέναντι τοιχώματος καὶ φωτίζει τὸ Α′, ἐνῷ ἡ ἐκ τοῦ Γ′ ἀκτὶς μεταβαίνει πρὸς τὰ ἄνω



Σχ. 169. — Ἀναστροφὴ τῶν εἰδώλων.

καὶ φωτίζει τὸ Γ′, τὸ δὲ Β φωτίζει τὸ Β′. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἀπεικονίζονται καὶ τὰ διάμεσα σημεῖα καὶ σχηματίζεται τὸ εἴδωλον ἀνεστραμμένον.

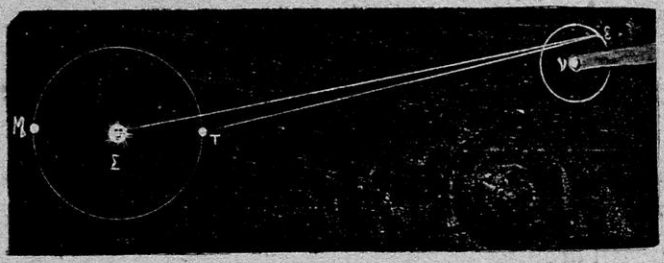
Σημ. Ἐὰν τὸ πέτασμα εἶνε κάθετον ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἑνοῦσαν τὸ κέντρον τῆς ὀπῆς μετὰ τοῦ κέντρου τοῦ φωτεινοῦ σώματος, τὸ εἴδωλον εἶνε ἐντελῶς ὅμοιον πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ἐὰν δὲ τὸ πέτασμα εἶνε κεκλιμένον, τότε τὸ εἴδωλον ἐπιμηκύνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κλίσεως.

Ἐφαρμογὴ τῶν ἀνωτέρω παρατηροῦμεν εἰς τὸν σχηματισμὸν εἰδώλων τοῦ ἡλίου ὑπὸ τὰ φυλλώματα τῶν δένδρων. Αἱ ἀκτῖνες τοῦ ἡλίου εἰσχωροῦσαι διὰ τῶν μεταξὺ τῶν φύλλων μικρῶν διαστημάτων σχηματίζουσιν εἰς τὸ ἔδαφος κυκλικὰς ἢ ἐλλειψοειδεῖς εἰκόνας τοῦ ἡλίου, καθ' ὅσον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους ἔρχεται κάθετος ἢ κεκλιμένη πρὸς τὰς ἡλιακὰς ἀκτῖνας, χωρὶς νὰ ἐπηρεάζῃ καθόλου τὸ σχῆμα τῶν μεταξὺ τῶν φύλλων μικρῶν διαστημάτων, δι' ὧν διέρχονται αἱ ἀκτῖνες.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

218. **Προσδιορισμὸς τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός.** —*Μέθοδος Roemer.* —Τὸ φῶς διαδίδεται μετὰ ταχύτητος τοσαύτης, ὥστε ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ὑπὸ τὰς συνήθεις περιστάσεις εἶνε ἀδύνατον νὰ ἐκτιμήσωμεν χρονικὸν διάστημα παρερχόμενον μεταξὺ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν παράγεται φωτεινόν τι φαινόμενον ὁσονδήποτε μακράν, καὶ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν βλέπει αὐτὸ ὁ ἡμέτερος ὀφθαλμός. Διὸ μέχρι τοῦ 16ου αἰῶνος ἐνόμιζον ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἶνε ἄπειρος. Ὁ Baccon πρῶτος ἔρριψε τὴν ἰδέαν ὅτι τὸ φῶς δα-



Σχ. 170. — Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς κατὰ τὸν Roemer.

πανᾷ χρόνον τινά, ὅπως διαδοθῇ ἀπὸ ἑνὸς εἰς ἕτερον σημεῖον, ὁ δὲ Γαλιλαῖος ἐπεχείρησε νὰ μετρήσῃ τὸν χρόνον τοῦτον, ἀλλὰ τὰ πειράματα αὐτοῦ εἰς οὐδὲν θετικὸν κατέληξαν ἀποτέλεσμα.

Μέθοδος Roemer. Πρῶτος ὁ Δανὸς ἀστρονόμος Roemer προσδιώρισε μετ' ἀρκούσης ἀκριβείας τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς διὰ τῆς παρατηρήσεως τῶν ἐκλείψεων καὶ ἀναλαμπῶν τοῦ πρώτου δορυφόρου τοῦ Διός.

Ὁ δορυφόρος οὗτος ε ὁ πλησιέστατος πρὸς τὸν Δία ἐκτελεῖ μίαν ὁλόκληρον περιφορὰν περὶ τὸν πλανήτην εἰς 42 ὥρας 28′ καὶ 36″. Ἐπειδὴ δὲ καθ' ἑκάστην περιφορὰν εἰσέρχεται εἰς τὴν σκιὰν τοῦ Διός (Σχ. 170), διὰ τοῦτο πάσχει ἐκλείψεις περιοδικὰς κατὰ ἴσα χρονικὰ διαστήματα ἤτοι μίαν ἔκλειψιν ἀνὰ πᾶν χρονικὸν διάστημα 42 ὡρ. 28′ καὶ 36″.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Όταν ἡ Γῆ εὑρίσκηται εἰς τὸ σημεῖον Τ τῆς τροχιᾶς αὐτῆς τὸ πλησιέστατον πρὸς τὸν Δία, ὁ παρατηρητὴς βλέπει πραγματικῶς τὰς ἐκλείψεις παραγομένας κανονικῶς κατὰ χρονικὰς περιόδους 42 ὥρ. 28′ καὶ 36″· ἀλλ᾽ ἐφ᾽ ὅσον ἡ Γῆ στρεφομένη περὶ τὸν Ἥλιον ἀπομακρύνεται τοῦ Διός, παρατηρεῖται ἐπιβράδυνσίς τις μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων. Καὶ ἐὰν μετὰ 6 μῆνας, ὅτε ἡ Γῆ θὰ ἔχῃ φθάσῃ εἰς τὸ ἀντίθετον σημεῖον Μ, μετρηθῇ ἡ ἐπιβράδυνσις αὕτη, εὑρίσκεται ἴση πρὸς 16′ καὶ 26″. Ἐπειδὴ δὲ ἡ Γῆ ἀπεμακρύνθη ἤδη ἀπὸ τοῦ Διὸς κατὰ τὸ ἀπόστημα ΤΜ (ἴσον περίπου πρὸς τὴν διάμετρον τῆς τροχιᾶς τῆς Γῆς), ἡ ἐπιβράδυνσις τῶν 16′ καὶ 26″ παριστᾷ βεβαίως τὸν χρόνον ὃν δαπανᾷ τὸ φῶς, ὅπως διατρέξῃ τὴν αὔξησιν ταύτην τῆς ἀποστάσεως ΤΜ, ἤτοι τὴν διάμετρον τῆς τροχιᾶς τῆς Γῆς. Ἡ ἀπόστασις αὕτη εὑρέθη ἴση πρὸς 76,461,000 λεύγας, διαιρουμένη δὲ διὰ τοῦ χρόνου τῶν 16′ καὶ 26″ ἤτοι 996″ δίδει ταχύτητα τοῦ φωτὸς 77000 λεύγας εἰς ἓν δευτερόλεπτον ἤτοι 308000 χιλιόμετρα περίπου.

Κατόπιν ὁ Ἄγγλος ἀστρονόμος Bradley δι᾽ ἄλλης μεθόδου εὗρεν ὡς ταχύτητα τοῦ φωτὸς δύο τιμάς, 299000 καὶ 310000 χιλιόμετρα.

Τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἀστρονομικῶν τούτων παρατηρήσεων ἐξηκριβώθησαν καὶ συνεπληρώθησαν (1839—1875) δι᾽ εὐστόχων πειραμάτων γενομένων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἐπὶ τῇ βάσει καθαρῶς φυσικῶν μεθόδων ὑπὸ τῶν Fizeau, Foucault καὶ Cornu.

Ἐκ τῶν διαφόρων τούτων καταμετρήσεων ἐξάγεται ὅτι δὲν ἀπέχομεν πολὺ τῆς ἀληθείας, ἐὰν παραδεχθῶμεν ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἶνε 300000 χιλιόμετρα κατὰ 1″.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ταχύτητος ταύτης εὑρίσκεται ὅτι τὸ φῶς διανύει τὴν μεταξὺ Ἡλίου καὶ Γῆς ἀπόστασιν εἰς 8′ καὶ 18″ περίπου, ὅτι δὲ περιέρχεται 7 ἀκις ἢ 8 ἀκις τὴν γηίνην σφαῖραν εἰς 1″.

ΕΝΤΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ, ΦΩΤΟΜΕΤΡΑ

219. **Ἔντασις τοῦ φωτός, μονὰς ἐντάσεως.** Καλεῖται ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς ἡ ποσότης τοῦ φωτός, ἣν ἐκπέμπει *καθέτως πρὸς τὴν μονάδα τῆς ἐπιφανείας* τοῦ φωτιζομένου σώματος, εἰς τὴν *μονάδα τῆς ἀποστάσεως*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Φωτομετρία δὲ εἶνε τὸ μέρος τῆς ὀπτικῆς τὸ ἐξετάζον τοὺς νόμους τῆς ἐντάσεως τοῦ φωτὸς καὶ τὰς μεθόδους, ὧν γίνεται χρῆσις πρὸς μέτρησιν αὐτῆς.

Ὅπως μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν φωτεινῆς πηγῆς, πρέπει νὰ συγκρίνωμεν αὐτὴν πρὸς ὡρισμένην φωτεινὴν πηγήν, ἣν ὡς μονάδα λαμβάνομεν. Αἱ ἐν χρήσει *μονάδες ἐντάσεως* εἶνε ὁ *λύχνος Carcel*, ἤτοι τὸ φῶς, ὅπερ ἐκπέμπει λύχνος τοῦ Carcel καίων καθ' ὥραν 42 γραμμάρια καθαροῦ κραμβελαίου (μὲ θρυαλλίδα 3 ἑκατοστομέτρων διαμέτρου)· τὸ *Candle* ἤτοι τὸ φῶς στεαρικῆς λαμπάδος καταναλισκούσης 10 γραμμάρια καθ' ὥραν. Ἡ μᾶλλον ἐν χρήσει εἶνε ἡ μονὰς Carcel, ἰσοδυναμεῖ δ' αὕτη πρὸς 8 ἕως 9 Candles.

Νόμοι τῆς ἐντάσεως τοῦ φωτός, φωτόμετρα. Ἡ φωτομέτρησις ἤτοι ἡ μέτρησις τῆς ἐντάσεως τῶν φωτεινῶν πηγῶν βασίζεται ἐπὶ τῶν ἑξῆς νόμων:

1ον *Ἡ ποσότης τοῦ φωτός, ὅπερ προσπίπτει καθέτως εἴς τινα ἐπιφάνειαν, εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς ἀπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς.* Τουτέστι 2πλασιαζομένης, 3πλασιαζομένης κλπ. τῆς ἀποστάσεως τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τῆς πηγῆς, ἡ ποσότης τοῦ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτοντος φωτὸς γίνεται τὸ $\frac{1}{4}$, τὸ $\frac{1}{9}$ κλπ.

Ὁ νόμος οὗτος ἀποδεικνύεται θεωρητικῶς ὅπως καὶ ὁ ἀντίστοιχος νόμος τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητος (196).

2ον *Αἱ ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν, αἵτινες ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας φωτίζουσιν ἐπίσης μίαν ἐπιφάνειαν, εἶνε κατ' εὐθεῖαν ἀνάλογοι τῶν τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων αὐτῶν ἀπὸ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας.* Ἐὰν π. χ. αἱ φωτειναὶ πηγαὶ Α καὶ Β φωτίζωσιν ἐπίσης τὴν ἐπιφάνειαν Γ, ἀλλ' ἡ μὲν Α ἀπέχει ἀπ' αὐτῆς 1μ., ἡ δὲ Β 2μ., ἡ ἔντασις τῆς Β εἶνε τετραπλασία τῆς ἐντάσεως τῆς Α.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁ νόμος οὗτος εἶνε ἄμεσος συνέπεια τοῦ πρώτου. Ἔστωσαν ε καὶ Ε αἱ ἐντάσεις δύο πηγῶν α καὶ Α, αἵτινες παράγουσι τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐπί τινος ἐπιφανείας ἐχούσης τὴν αὐτὴν θέσιν καὶ ὡς πρὸς τὰς δύο ἀλλ' ἀπεχούσης δ μὲν ἀπὸ τῆς πρώτης, Δ δ' ἀπὸ τῆς δευτέρας. Ἡ ποσότης τοῦ φωτισμοῦ, ὃν δέχεται ἡ μονὰς τῆς ἐπιφανείας ἐκ μὲν τῆς πηγῆς α εἶνε $\frac{\varepsilon}{\delta^2}$, ἐκ δὲ τῆς πηγῆς Α εἶνε $\frac{E}{\Delta^2}$. Ἀλλ' οἱ φωτισμοὶ ἐξ ἀμφοτέρων τῶν πηγῶν εἶνε ἴσοι· συνεπῶς ἔχομεν

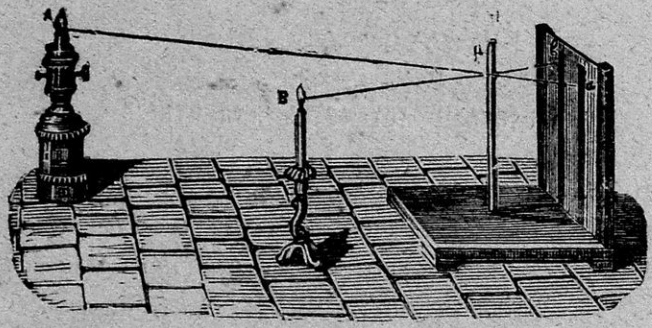
$$\frac{\varepsilon}{\delta^2} = \frac{E}{\Delta^2} \text{ ἐξ ἧς } \varepsilon : E = \delta^2 : \Delta^2 \ (1).$$

Ὁ νόμος οὗτος εὑρίσκει ἐφαρμογὴν ἅμα καὶ ἐπαλήθευσιν ἐν τοῖς φωτομέτροις. Εἶνε δὲ ταῦτα συσκευαί, δι' ὧν κατορθοῦμεν νὰ παράγωμεν ἐπί τινος ἐπιφανείας τὸν αὐτὸν φωτισμὸν διὰ δύο διαφόρων φώτων εἰς διάφορον εὑρισκομένων ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας· ἀκολούθως δ' ἐκ τῆς σχετικῆς αὐτῶν ἀποστάσεως προσδιορίζομεν τὴν σχετικὴν ἔντασιν αὐτῶν. *Ὥστε τὰ φωτόμετρα χρησιμεύουσι πρὸς προσδιορισμὸν τῆς σχετικῆς ἐντάσεως δύο φώτων.*

Φωτόμετρον Rumford. Συνίσταται ἐξ ὀρθῆς ὑελίνης πλακὸς τραχείας, ἔμπροσθεν τῆς ὁποίας ἵσταται στέλεχος σκιερὸν μ (Σχ. 171), περαιτέρω δὲ τίθενται τὰ πρὸς σύγκρισιν φῶτα Α καὶ Β, οἷον λαμπτὴρ πετρελαίου καὶ λαμπάς. Ἡ λαμπὰς Β ῥίπτει ἐπὶ τῆς ὑέλου τὴν σκιὰν β τοῦ στελέχους, ὁ δὲ λαμπτὴρ Α τὴν σκιὰν α. Αἱ δύο σκιαὶ κατ' ἀρχὰς θὰ εἶνε ἀνίσως σκοτειναί, ἀλλ' ἀπομακρύνοντες ἢ πλησιάζοντες βαθμηδὸν τὸν λαμπτῆρα κατορθοῦμεν ὥστε καὶ αἱ δύο σκιαὶ νὰ λάβωσι τὴν αὐτὴν ἔντασιν (νὰ γίνωσιν ἐπίσης σκοτειναί, ἰσοβαθεῖς)· τοῦθ' ὅπερ δηλοῖ ὅτι ἀμφότερα τὰ φῶτα φωτίζουσιν ἐπίσης τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑέλου. Μετροῦντες νῦν τὰς ἀποστάσεις αὐτῶν ἀπὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς πλακὸς εὑρίσκομεν τὴν σχετικὴν αὐτῶν ἔντασιν. Ἔστω ε ἡ ἔντασις τοῦ Β καὶ 1μ. ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τῆς πλακός,



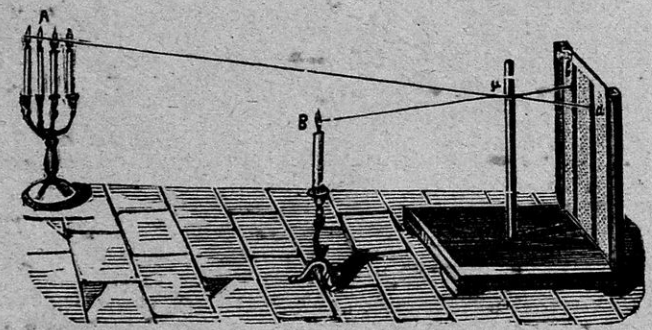
Σχ. 171. Φωτόμετρον Rumford.

Ε δὲ ἡ ἔντασις τοῦ Α καὶ 3 μ. ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ· θὰ ἔχωμεν κατὰ τὸν ἀνωτέρω δεύτερον νόμον

$$\varepsilon : E = 1^2 : 3^2 \text{ ἢ } \varepsilon : E = 1 : 9,$$

ἐξ οὗ βλέπομεν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς εἰς τριπλασίαν ἀπόστασιν εὑρισκομένης πηγῆς Α εἶνε 9πλασία τῆς ἐντάσεως τῆς πηγῆς Β.

Ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῆς πηγῆς Α εἶνε διπλασία, ἡ ἔντασις αὐτῆς εἶνε τετραπλασία. Τοῦτο ὀφθαλμονέστερον δυνάμεθα νὰ



Σχ. 172.—Φωτόμετρον Rumford.

καταδείξωμεν διὰ τοῦ αὐτοῦ φωτομέτρου θέτοντες εἰς ἀπόστασιν μὲν 1 μέτρου μίαν λαμπάδα Β, εἰς ἀπόστασιν δὲ 2 μέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

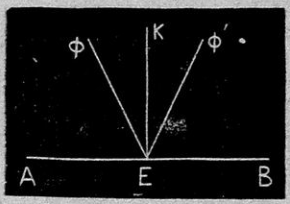
τρων κηροπήγιον μὲ 4 λαμπάδας· θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ἐπὶ τῆς πλακὸς ριπτόμεναι σκιαὶ εἶνε ἰσοβαθεῖς (Σχ. 172).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΚΑΤΟΠΤΡΑ

220. **Κατοπτρικὴ ἀνάκλασις.** Ὅταν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτωσιν ἐπὶ λείας ἐπιφανείας, *ἀνακλῶνται* κατὰ τὸ πλεῖστον, ὡς καὶ αἱ θερμαντικαὶ ἀκτῖνες (199), κατὰ ὡρισμένους νόμους. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀνάκλασις κανονικὴ ἢ κατοπτρική.

Ἔστω ΦΕ ἀκτὶς φωτεινὴ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς λείας ἐπιφανείας ΑΒ (Σχ. 173) καὶ σχηματίζουσα μετὰ τῆς ἐπὶ τοῦ σημείου τῆς προσπτώσεως Ε ἀγομένης καθέτου ΚΕ τὴν γωνίαν ΦΕΚ, ἥτις καλεῖται *γωνία προσπτώσεως*· ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται σχηματίζουσα μετὰ τῆς αὐτῆς καθέτου ΚΕ τὴν γωνίαν ΚΕΦ'. Ἡ ΕΦ' καλεῖται *ἀνακλωμένη ἀκτίς*, ἡ δὲ γωνία ΚΕΦ' *γωνία ἀνακλάσεως*.



Σχ. 173 — Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

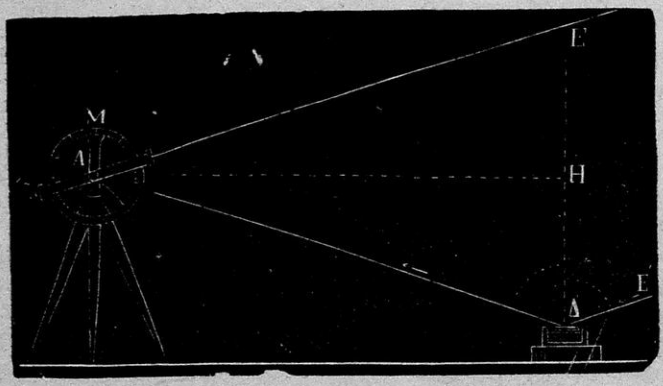
Νόμοι ἀνακλάσεως. — 1ον *Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς καὶ ἡ ἀνακλωμένη κεῖνται ἐπὶ ἑνὸς αὐτοῦ ἐπιπέδου, καθέτου ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν.*

2ον *Ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως εἶνε ἴση τῇ γωνίᾳ τῆς προσπτώσεως.*

Ἡ καλλιτέρα μέθοδος πρὸς ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τούτων εἶνε ἡ ἑξῆς. Τοποθετοῦμεν κατακορύφως κυκλικὸν δίσκον Μ διῃρημένον εἰς μοίρας (Σχ. 174) καὶ φέροντα εἰς τὸ κέντρον διόπτραν κινητὴν ἐπὶ ἐπιπέδου παραλλήλου τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δίσκου· εἰς μικρὰν δ' ἀπόστασιν θέτομεν δοχεῖον πλῆρες ὑδραργύρου, οὗτινος ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ἀποτελεῖ ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν ἐπίπεδον καὶ ὁριζοντίαν. Τούτων τεθέντων παρατηροῦμεν διὰ τῆς διόπτρας ἀπλανῆ τινα ἀστέρα πρώτου ἢ δευτέρου μεγέθους κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΕ καὶ κατόπιν κλίνομεν τὴν διόπτραν, ὥστε νὰ παρατηρήσωμεν τὸν αὐτὸν ἀστέρα ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου· τοῦθ' ὅπερ θὰ συμβῇ, ὅταν θὰ δεχθῶμεν διὰ τῆς διόπτρας τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα ΔΑ τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν ἐκ τοῦ ἀστέρος προσπίπτουσαν Ε'Δ. Μετροῦν-



Σχ 174.—Ἐπαλήθευσις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως.

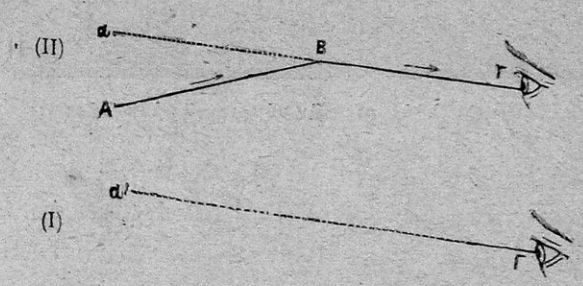
τες ἀκολούθως εὑρίσκομεν ὅτι αἱ δύο διαδοχικαὶ διευθύνσεις τῆς διόπτρας ἤτοι αἱ ἀκτῖνες ΑΕ καὶ ΑΔ σχηματίζουσι μετὰ τῆς ὁριζοντίας διευθύνσεως ΑΗ δύο γωνίας ἴσας, τὴν ΕΑΗ καὶ τὴν ΔΑΗ· ἐκ τῆς ἰσότητος δὲ τούτων δυνάμεθα εὐκόλως νὰ πορισθῶμεν ὅτι ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως Ε'ΔΕ εἶνε ἴση τῇ γωνίᾳ τῆς ἀνακλάσεως ΕΔΑ. Καὶ ὄντως, ἐπειδὴ ἡ ΕΔ εἶνε κάθετος ἐπὶ τὴν ὁριζοντίαν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, εἶνε κάθετος καὶ ἐπὶ τὴν ὁριζοντίαν γραμμὴν ΗΑ, τὸ δὲ τρίγωνον ΕΑΔ εἶνε ἰσοσκελὲς καὶ συνεπῶς αἱ γωνίαι αὐτοῦ ΑΕΔ καὶ ΑΔΕ εἶνε ἴσαι· ἀλλ' ἡ ΑΕΔ εἶνε ἴση πρὸς τὴν ΕΔΕ', ὡς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐντὸς ἐναλλὰξ τῶν παραλλήλων ΑΕ καὶ ΔΕ′, ἑπομένως καὶ ἡ ΑΔΕ εἶνε ἴση πρὸς τὴν ΕΔΕ′. Ὥστε ἔχομεν ΑΔΕ=ΕΔΕ′, τοῦθ' ὅπερ ἐπρόκειτο ν' ἀποδείξωμεν. (Σημ. Αἱ ἀκτῖνες ΑΕ καὶ ΔΕ′ ὡς προερχόμεναι ἐκ τοῦ αὐτοῦ ἀστέρος ἐκ μεγίστης ἀποστάσεως θεωροῦνται ὡς αἰσθητῶς παράλληλοι (216).

221. **Ἀκανόνιστος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις τοῦ φωτός.** Αἱ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες δὲν ἀνακλῶνται πᾶσαι κανονικῶς κατὰ τοὺς ἀνωτέρω νόμους, ἀλλὰ μέρος αὐτῶν, διάφορον ἑκάστοτε ἀναλόγως τοῦ βαθμοῦ τῆς λειότητος κλπ. τῆς ἀνακλώσης ἐπιφανείας, διασκορπίζεται ἀκανονίστως κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλοῦμεν ἀκανόνιστον ἀνάκλασιν ἢ διάχυσιν τοῦ φωτός, τὸ δ' οὕτω διασκορπιζόμενον φῶς καλοῦμεν διάχυτον φῶς.

222. **Διευθύνσεις, καθ' ἃς βλέπομεν τὰ σώματα.** Ὅταν φωτεινή τις ἀκτὶς αΓ ἔρχηται κατ' εὐθεῖαν γραμμὴν ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου α πρὸς τὸν ἡμέτερον ὀφθαλμὸν (Σχ. 175,



Σχ. 175.—Διευθύνσεις, καθ' ἃς βλέπομεν τὰ σώματα.

I), βλέπομεν αὐτὸ εἰς ἣν πράγματι εὑρίσκεται θέσιν. Ὅταν ὅμως συνεπείᾳ ἀνακλάσεως (ἢ καὶ διαθλάσεως, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω), ἡ ἀκτὶς ΑΒ (Σχ. 175, II) παρεκκλίνῃ τῆς εὐθυγράμμου διευθύνσεως καὶ λάβῃ νέαν τινὰ διεύθυνσιν ΒΓ, τότε

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

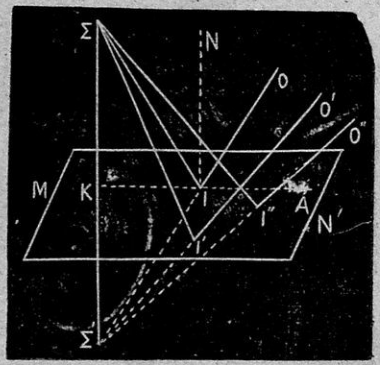
ὁ ὀφθαλμός, δεχόμενος τὴν ἀκτῖνα ΒΓ, βλέπει τὸ φωτεινὸν σημεῖον κατὰ τὴν προεκβολὴν τῆς διευθύνσεως, ἣν ἔχει ἡ ἀκτὶς τὴν στιγμὴν τῆς εἰσόδου εἰς τὸν ὀφθαλμόν, ἤτοι κατὰ τὴν ΓΒα καὶ εἰς τὴν θέσιν α. Ἐφαρμογὴν τοῦ φαινομένου τούτου θὰ ἴδωμεν ἀμέσως κατωτέρω ἐν τοῖς κατόπτροις.

223. **Κάτοπτρα.** Καλοῦμεν κάτοπτρον, πᾶν σῶμα, οὗτινος ἡ ἐπιφάνεια οὖσα κατὰ τὸ δυνατὸν λεία καὶ στιλπνὴ ἀνακλᾷ κανονικῶς σχεδὸν ὁλόκληρον τὸ ποσὸν τοῦ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτοντος φωτός.

Τὰ κάτοπτρα εἶνε κυρίως *ἐπίπεδα ἢ σφαιρικά*, καθ' ὅσον ἡ ἐπιφάνεια αὐτῶν εἶνε ἐπίπεδος ἢ σφαιρική· ἀλλὰ πρὸς τούτοις ἔχομεν καὶ κάτοπτρα *παραβολικά*, *κυλινδρικά*, *κωνικὰ* κλπ.

ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

224. **Σχηματισμὸς εἰδώλων.** — 1ον *Ἔν φωτεινὸν σημεῖον ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου.* — Ἔστω τὸ φωτοβόλον ἢ φωτιζόμενον σημεῖον Σ (Σχ. 176) κείμενον ἔμπροσθεν τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου ΜΝ' καὶ ΣΙ μία ἐκ τῶν πολλῶν ἐξ αὐτοῦ ἐκπορευομένων ἀκτίνων· αὕτη προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΙΟ σχηματίζουσα γωνίαν ἀνακλάσεως ΝΙΟ ἴσην τῇ γωνίᾳ προσπτώσεως ΝΙΣ. Ἐὰν προεκβληθῇ ἡ ΟΙ πρὸς τὰ ὄπισθεν τοῦ κατόπτρου, *θέλει συναντήσει τὴν ἐκτοῦ Σ καταβιβαζομένην κάθετον ΣΚΣ' εἰς τὸ σημεῖον Σ'*, ὅπερ εἶνε τὸ συμμετρικὸν τοῦ Σ, ἤτοι ἡ ἀπόστασις ΣΚ θὰ εἶνε ἴση τῇ ΚΣ'. Δι-

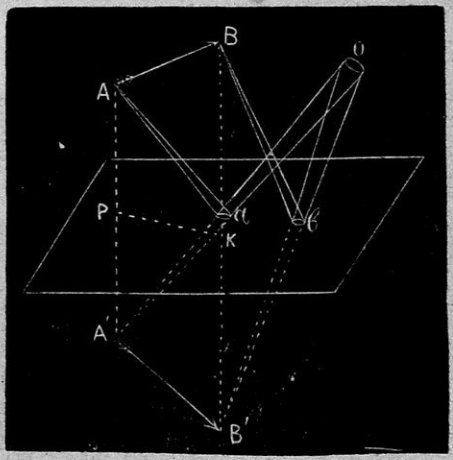


Σχ. 176.—Εἴδωλον φωτεινοῦ σημείου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ότι τὰ σχηματιζόμενα ὀρθογώνα τρίγωνα ΣΚΙ καὶ Σ′ΚΙ εἶνε ἴσα, ὡς ἔχοντα τὴν πλευρὰν ΚΙ κοινὴν καὶ τὰς γωνίας ΚΙΣ καὶ ΚΙΣ′ ἴσας, διότι ἀμφότεραι εἶνε ἴσαι πρὸς τὴν αὐτὴν γωνίαν ΟΙΑ· ἑπομένως ἔχουσι καὶ τὴν ΚΣ ἴσην τῇ ΚΣ′.

Ἐὰν λάβωμεν ἐπίσης τὴν ΣΙ′ ἢ τὴν ΣΙ″ ἢ οἱανδήποτε ἄλλην ἀκτῖνα ἐκ τοῦ Σ′ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσαν, θὰ εὕρωμεν ὅτι καὶ αὐταὶ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν προεκβαλλόμεναι συναντῶσιν ὄπισθεν τοῦ κατόπτρου τὴν κάθετον ΣΚΣ′ εἰς τὸ σημεῖον Σ′, συμμετρικὸν τοῦ Σ ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον ΜΝ′. Ὥστε, *πᾶσαι αἱ ἔκ τινος φωτεινοῦ σημείου Σ ἐκπορευόμεναι καὶ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες, λαμβάνουσι μετὰ*



Σχ. 177.—Εἴδωλον ἀντικειμένου.

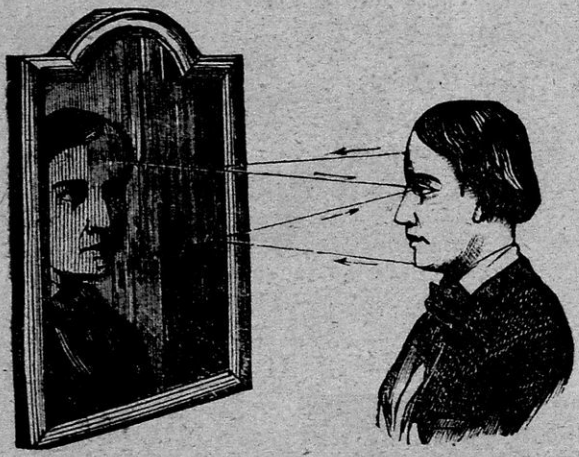
τὴν ἀνάκλασιν τοιαύτας διευθύνσεις, ὡσεὶ ἐξεπέμποντο κατ' εὐθεῖαν ἐκ τοῦ σημείου Σ′ τοῦ συμμετρικοῦ τοῦ Σ· διὸ ὁ ὀφθαλμός, ὁ δεχόμενος ὅλας ἢ μέρος τῶν ἀκτίνων ΙΟ, Ι′Ο′, Ι″Ο″, θὰ ἴδῃ τὸ ἐξ οὗ προέρχονται φωτεινὸν σημεῖον Σ εἰς τὴν θέσιν Σ′, ὡσανεὶ τοῦτο ἦν πράγματι τὸ φωτοβόλον σημεῖον. Τὸ σημεῖον Σ′ καλεῖται εἴδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου Σ, εἶνε δὲ εἴδωλον *κατ' ἔμφασιν ἢ φανταστικόν*, διότι δὲν συνέρχονται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς αὐτὸ αὐταὶ αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ἀλλ' αἱ προεκβολαὶ αὐτῶν.

Κατὰ ταῦτα, ἐν τοῖς ἐπιπέδοις κατόπτροις, *τὸ εἴδωλον φωτεινοῦ σημείου σχηματίζεται κατ' ἔμφασιν, ὄπισθεν τοῦ κατόπτρου ἐπὶ τῆς καθέτου τῆς ἀγομένης ἐκ τοῦ σημείου ἐπὶ τὸ κάτοπτρον καὶ εἰς ἴσην ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν.*

2ον *Ἀντικείμενον φωτεινὸν ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου.* — Ἔστω τὸ φωτεινὸν σῶμα AB (Σχ. 177), κείμενον ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου. Εἶνε φανερὸν ὅτι τὸ εἴδωλον αὐτοῦ θ' ἀποτελῆται ἐκ τοῦ συνόλου τῶν εἰδώλων τῶν καθ' ἕκαστα σημείων τοῦ



Σχ. 178.—Εἴδωλον ἀντικειμένου.

σώματος. Οὕτω τὰ ἄκρα σημεῖα A καὶ B θὰ σχηματίσωσι κατὰ τὸν προηγούμενον κανόνα τὰ εἴδωλα A′ καὶ B′, ἐπίσης δὲ καὶ τὰ ἐν τῷ μεταξὺ σημεῖα θ' ἀπεικονισθῶσιν ἐν τοῖς μεταξὺ τοῦ A′ καὶ B′, ἕκαστον εἰς τὸ συμμετρικὸν αὐτοῦ σημεῖον καὶ οὕτω θὰ προκύψῃ τὸ ὅλον *κατ' ἔμφασιν εἴδωλον A′B′* τοῦ ἀντικειμένου AB.

Ὥστε τὸ εἴδωλον φωτεινοῦ ἀντικειμένου σχηματίζεται ὄπισθεν τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου κατ' ἔμφασιν, ἔχον τὸ αὐτὸ μὲ τὸ ἀντικείμενον μέγεθος καὶ ὂν συμμετρικὸν αὐτοῦ.

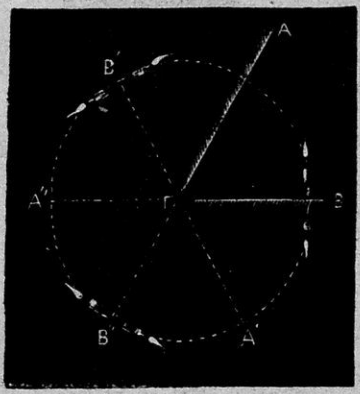
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ σχῆμα 178 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἀνθρώπου ἱσταμένου ἐνώπιον ἐπιπέδου ~~κυρτοῦ~~ κατόπτρου.

Σημ. Πολλάκις ἱστάμενοι παρὰ τὰς ὄχθας λιμνῶν καὶ ποταμῶν βλέπομεν ἀπεικονιζόμενα ὑπὸ τὸ ὕδωρ τὰ παραχείμενα δένδρα, οἰκήματα κλπ. (Σχ. 179).

Σχ. 179. — Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐνεργοῦσα ὡς κάτοπτρον ἐπίπεδον.

Ἐνταῦθα ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος, ὅταν εἶνε ἤρεμος, ἐνεργεῖ ὡς κάτοπτρον παραγουσα εἴδωλα ὅτω; καὶ τα συνήθη κάτοπτρα.



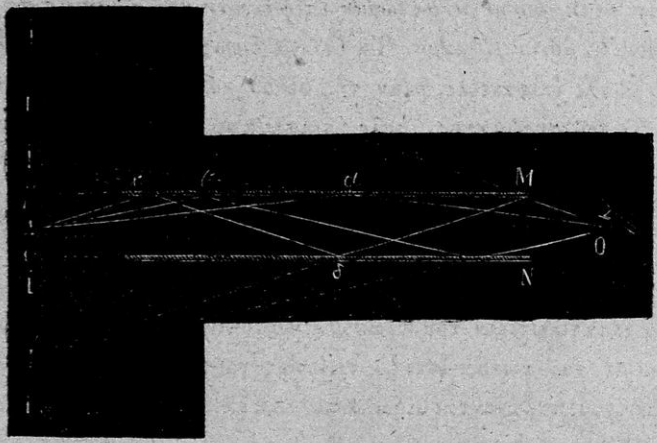
Σχ. 180.—Πολλαπλᾶ εἴδωλα διὰ συγκλινόντων κατόπτρων.

3ον *Ἀντικείμενον μεταξὺ συγκλινόντων κατόπτρων.* — Ὅταν ἀντικείμενον κεῖται μεταξὺ δύο συγκλινόντων κατόπτρων ΑΓ καὶ ΓΒ (Σχ. 180), σχηματίζονται εἴδωλα πολλαπλᾶ, ὧν ὁ ἀριθμὸς αὐξάνεται μετὰ τῆς κλίσεως τῶν κατόπτρων, τουτέστιν ὅσῳ μικροτέρα ἡ γωνία ΑΓΒ, τόσῳ μείζων ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων. Ἐὰν ἡ γωνία τοῦ κατόπτρου εἶνε *ὀρθή*, σχηματίζονται 3

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἴδωλα καὶ ἐν τὸ ἀντικείμενον 4· ἐὰν ἡ γωνία εἶνε 60^0, σχηματίζονται 5 εἴδωλα ἐκτὸς τοῦ ἀντικειμένου (Σχ. 180), καὶ ἐὰν εἶνε 45^0, σχηματίζονται 7 εἴδωλα. Ἐν γένει δέ, διαιροῦντες τὰς 360^0 διὰ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μοιρῶν τῆς γωνίας τῶν κατόπτρων καὶ ἀφαιροῦντες ἀπὸ τοῦ πηλίκου ἓν ἔχομεν τὸν ἀριθμὸν τῶν εἰδώλων.

225. **Εἴδωλα πολλαπλᾶ μεταξὺ παραλλήλων κατόπτρων.** Ὅταν ἡ γωνία τῶν συγκλινόντων κατόπτρων γίνηται μηδέν, τότε τὰ κάτοπτρα εἶνε παράλληλα, ὁ δὲ ἀριθμὸς



Σχ. 181.—Παράλληλα κάτοπτρα.

τῶν εἰδώλων τότε θεωρητικῶς εἶνε ἄπειρος. Ἐν τῇ πραγματικότητι ὅμως ὁ ἀριθμὸς οὗτος εἶνε περιωρισμένος, διότι τὸ προσπίπτον φῶς δὲν ἀνακλᾶται ὁλοσχερῶς καὶ ὡς ἐκ τούτου καθ' ἑκάστην ἀνάκλασιν ἡ λαμπρότης τῶν εἰδώλων βαθμηδὸν ἐλαττοῦται καὶ ἐπὶ τέλους καθίστανται ταῦτα ἀόρατα.

Τὸ σχῆμα 181 δεικνύει τὴν πορείαν τῶν ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σώματος Λ ἐκπορευομένων ἀκτίνων. Ἡ δέσμη Λα ἀνακλωμένη ἅπαξ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Μ δίδει τὸ εἴδωλον Ι τοῦ ἀντικειμένου Λ εἰς ἀπόστασιν μΙ=μΛ. Ἡ δέσμη Λβ ἀνακλωμένη

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἅπαξ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Μ καὶ δευτέραν φορὰν ἐπὶ τοῦ Ν παρέχει τὸ εἴδωλον Ι′ εἰς ἀπόστασιν νΙ=νΙ′. Ἐπίσης ἡ δέσμη Λγ μετὰ δύο ἀνακλάσεις ἐπὶ τοῦ Μ καὶ μίαν ἐπὶ τοῦ Ν παρέχει τρίτον εἴδωλον τὸ Ι″ εἰς ἀπόστασιν μΙ″=μΙ′ καὶ οὕτω καθεξῆς ἐπ' ἄπειρον. Ὅσον δ' ἀφορᾷ τὰ εἴδωλα ι, ί, ι″, ταῦτα σχηματίζονται καθ' ὅμοιον τρόπον ὑπὸ τῶν ἀκτίνων, αἵτινες προσπίπτουσι κατὰ πρῶτον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Ν.

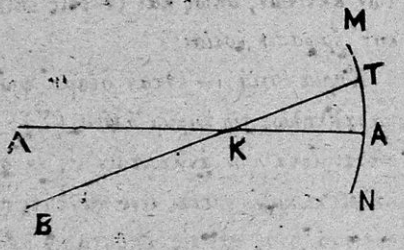
226. **Μετάλλινα καὶ ὑέλινα κάτοπτρα.** Τὰ ἁπλούστερα καὶ καλλίτερα κάτοπτρα εἶνε τὰ μετάλλινα, ἅτινα ἔχουσι *μίαν μόνην ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν* καὶ συνεπῶς παρέχουσιν *ἓν μόνον εἴδωλον*. Τὰ ὑέλινα ὅμως παρουσιάζουσι δύο ἀνακλώσας ἐπιφανείας, μίαν τῆς ὑέλου καὶ δευτέραν τὴν τοῦ μεταλλικοῦ στρώματος, ὅπερ ἐπικαλύπτει ὄπισθεν τὴν ὕελον. Τὸ ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σώματος προσπίπτον φῶς ἀνακλᾶται ἐν μέρει ἐπὶ τῆς πρώτης ἐπιφανείας καὶ σχηματίζει τὸ πρῶτον εἴδωλον, μέρος δ' αὐτοῦ εἰσχωροῦν διὰ τῆς ὑέλου ἀνακλᾶται ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ στρώματος καὶ παρέχει δεύτερον εἴδωλον πολὺ ἐντατικώτερον τοῦ πρώτου. Κατόπιν δὲ διὰ σειρᾶς ἀνακλάσεων τοῦ φωτὸς μεταξὺ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν τοῦ κατόπτρου παράγονται εἴδωλα πολλαπλᾶ, ὅπως εἰς τὰ παράλληλα κάτοπτρα.

ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

227. **Ὁρισμοί.** Καλοῦνται κάτοπτρα σφαιρικὰ τὰ ἔχοντα ἐπιφάνειαν σφαιρικήν· καὶ ὅταν μὲν ὡς ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια λαμβάνηται ἡ ἐντός, τὸ κάτοπτρον καλεῖται *κοῖλον*, ὅταν δ' ἡ ἐκτός, *κυρτόν*.

Ἔστω τὸ κοῖλον κάτοπτρον ΜΝ (Σχ. 182). Τὸ σημεῖον Α τὸ μέσον τοῦ τόξου ΜΝ καλεῖται *κορυφὴ ἢ πόλος* τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ Κ, ὅπερ εἶνε τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, ἧς μέρος ἀποτελεῖ τὸ κάτοπτρον, καλεῖται *κέντρον καμπυλότητος*. Ἡ

εὐθεῖα ΛΚΑ ἡ ἑνοῦσα τὸ κέντρον καμπυλότητος μετὰ τοῦ πόλου τοῦ κατόπτρου καλεῖται *κύριος ἄξων*, πᾶσα δ' ἄλλη εὐθεῖα διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου Κ καὶ δι' ἄλλου τινὸς σημείου τοῦ κατόπτρου καλεῖται *δευτερεύων ἄξων*.



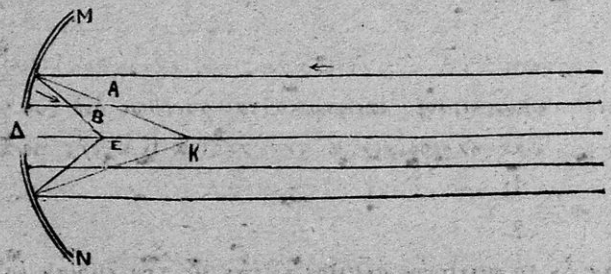
Σχ. 182.—Σφαιρικὸν κάτοπτρον.

Πᾶσα τομὴ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου γινομένη δι' ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος λέγεται *τομὴ κυριώδης*. Ἡ δὲ γωνία ΜΚΝ καλεῖται *πλάτος* τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀνάκλασις ἐπὶ τῶν καμπύλων ἐπιφανειῶν ἀκολουθεῖ τοὺς αὐτοὺς νόμους οὓς καὶ ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων· διότι δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν αὐτὰς ἀποτελουμένας ἐξ ἀπείρων ἐπιπέδων στοιχείων, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἐνεργεῖ ὡς κάτοπτρον ἐπίπεδον. Ἡ κάθετος τότε ἐπί τινος σημείου τῆς καμπύλης ἐπιφανείας θὰ εἶνε ἡ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ ἐφαπτομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο κάθετος. Ἐν τοῖς σφαιρικοῖς δὲ κατόπτροις τοιαύτη εἶνε ἡ γεωμετρικὴ ἀκτὶς τοῦ σημείου.

Κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα.

228. **Ἑστίαι κατόπτρων.** Καλοῦνται ἑστίαι ἐν τοῖς καμπύλοις ἐν γένει κατόπτροις, τὰ σημεῖα, εἰς ἃ συνέρχονται



Σχ. 183.—Θέσις τῆς κυρίας ἑστίας ἐν κοίλῳ κατόπτρῳ.

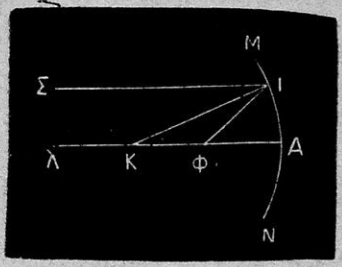
μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ἢ αἱ προεκβολαὶ αὐ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν· καὶ ὅταν μὲν συνέρχωνται αὐταὶ αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἑστίαι λέγονται *πραγματικαὶ ἢ καθ' ὑπόστασιν*, ὅταν δ' αἱ προεκβολαὶ τῶν ἀκτίνων, ὅπως καὶ ἐν τοῖς ἐπιπέδοις κατόπτροις, λέγονται *κατ' ἔμφασιν ἑστίαι*.

Κυρία ἑστία.—Ὅταν δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτῃ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι (Σχ. 183), συνέρχονται αἰσθητῶς πᾶσαι μετὰ τὴν ἀνάκλασιν εἰς ἓν σημεῖον Ε· τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται *κυρία ἑστία*, εἶνε πάντοτε πραγματική, κεῖται δ' ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ εἰς ἀπόστασιν ἴσην περίπου ἀπό τε τῆς κορυφῆς Δ καὶ ἀπὸ τοῦ κέντρου καμπυλότητος Κ, ὅταν τὸ πλάτος τοῦ κατόπτρου δὲν ὑπερβαίνῃ τὰς 8 ἕως 10 μοίρας.

Ἀποδεικνύομεν τοῦτο ὡς ἑξῆς: Ἔστω ἀκτὶς ΣΙ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ΜΝ (Σχ. 184). Αὕτη ἀνακλωμένη κατὰ τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως θὰ σχηματίσῃ γωνίαν ἀνακλάσεως ΚΙΦ ἴσην τῇ γωνίᾳ προσπτώσεως ΣΙΚ· ἀλλ' ἡ γωνία ΣΙΚ εἶνε ἴση τῇ ΙΚΦ ὡς ἐντὸς ἐναλλάξ, ἑπομένως καὶ ἡ ΚΙΦ, ὡς ἴση τῇ ΣΙΚ, θὰ εἶνε ἴση καὶ πρὸς τὴν ΙΚΦ. Τὸ τρίγωνον λοιπὸν ΦΚΙ εἶνε ἰσοσκελὲς καὶ ἔχει τὴν πλευρὰν ΚΦ ἴσην τῇ ΦΙ· ὅταν δὲ τὸ σημεῖον Ι δὲν ἀπέχῃ πολὺ τοῦ κυρίου ἄξονος, τότε ἡ ΦΙ εἶνε σχεδὸν ἴση τῇ ΦΑ καὶ ἑπομένως τὸ Φ εἶνε τὸ μέσον περίπου τῆς ΚΑ.



Σχ. 184. — Εὕρεσις τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως.

Ἡ ἀπόστασις ΦΑ τῆς ἑστίας ἀπὸ τοῦ κατόπτρου καλεῖται *κυρία ἑστιακὴ ἀπόστασις* καὶ σημειοῦται συνήθως διὰ τοῦ γράμματος φ. Ἐὰν καλέσωμεν α τὴν ἀκτῖνα ΚΑ τῆς σφαίρας, ἔχομεν $\varphi = \frac{1}{2}\alpha$.

Ἐὰν δὲ τὸ φωτεινὸν σημεῖον κεῖται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν, τότε αἱ ἐξ αὐτοῦ ἀκτῖνες ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου μεταβάλλονται εἰς δέσμην ἀκτίνων παραλλήλων τῷ κυρίῳ ἄξονι.

Κυρίως εἰπεῖν αἱ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι προσπίπτουσαι ἀκτῖνες δὲν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συνέρχονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν πᾶσαι ἀκριβῶς εἰς τὸ σημεῖον Φ, ὅπερ κυρίαν ἑστίαν ἐκαλέσαμεν. Ἰδίως, ὅταν τὸ πλάτος τοῦ κατόπτρου ὑπερβαίνῃ τὰς 8 ἢ 10 μοίρας, αἱ μὲν περὶ τὸν πόλον τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσαι συνέρχονται κατὰ τὸ Φ, αἱ δὲ προσπίπτουσαι εἰς σημεῖα ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀπέχοντα τοῦ πόλου τέμνουσι τὸν κύριον ἄξονα εἰς σημεῖα βαθμηδὸν πλησιέστερα πρὸς τὸν πόλον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἐκτροπὴ τοῦ φωτὸς ἐκσφαιρικότητος.**

229. **Συζυγεῖς ἑστίαι.** Καλοῦνται *συζυγεῖς ἑστίαι* τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἴδωλον αὐτοῦ. Προσδιορίζεται δὲ ἡ θέσις αὐτῶν κατὰ τοὺς ἑξῆς τρόπους.

1ον *Σημεῖον φωτεινὸν ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος.* — Ἑστίαι καθ' ὑπόστασιν.— Ἔστω τὸ φωτεινὸν σημεῖον Λ (Σχ. 185) κείμενον πέραν τῆς κυρίας ἑστίας, ἀλλ' οὐχὶ εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν· τοῦτο ἐκπέμπει νῦν πρὸς τὸ κάτοπτρον ἀκτῖνας ἀποκλινούσας. Ἡ ἀκτὶς ΛΙ προσπίπτουσα ὑπὸ γωνίαν ΛΙΓ μικροτέραν ἐκείνης, ἣν θὰ ἐσχημάτιζεν ἂν ἦτο παράλληλος, θ' ἀνακλασθῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν Ιλ, οὕτως ὥστε νὰ ἔχωμεν ΛΙΓ=λΙΓ· τὸ σημεῖον λ, εἰς ὃ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα, εἶνε ἡ ζητουμένη συζυγὴς ἑστία τοῦ Λ. Εἶνε δὲ φανερὸν ἐκ τῆς ἀνωτέρω κατασκευῆς ὅτι, ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὴν θέσιν λ, τότε θὰ ἔχῃ ὡς συζυγῆ ἑστίαν τὸ Λ.

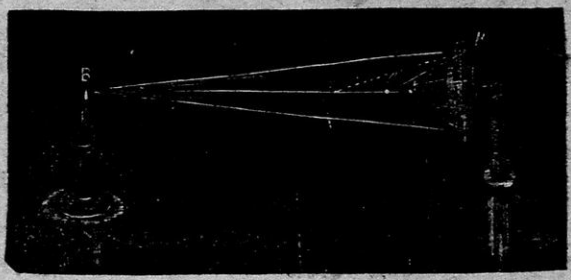
Σχ. 185.—Συζυγεῖς ἑστίαι σημείου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος.

Καὶ ἤδη, ἂν ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον Λ πλησιάζῃ ὁλονὲν πρὸς τὸ κέντρον Κ, τότε καὶ τὸ λ πλησιάζει ἐπίσης πρὸς τὸ Κ καὶ ὅταν εὑρεθῇ ἐπὶ τοῦ Κ, τότε φωτεινὸν σημεῖον καὶ εἴδωλον συμπίπτουσιν. Ὅσῳ δὲ τὸ Λ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ Κ, τόσον καὶ τὸ λ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ καὶ πλησιάζει πρὸς τὸ Φ, καὶ ὅταν τὸ Λ φθάσῃ εἰς τὸ ἄπει-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρον, τότε τὸ εἴδωλον αὐτοῦ θὰ κεῖται ἐπὶ τῆς κυρίας ἑστίας, τοῦθ' ὅπερ ἐν τοῖς προηγουμένοις εἴδομεν.

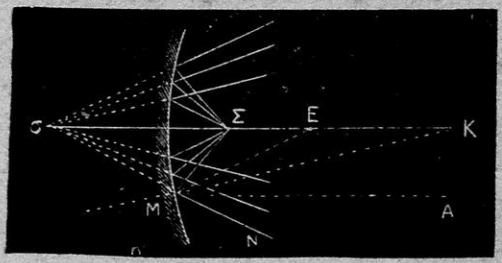
Εἰς πάσας δὲ τὰς ἀνωτέρω περιπτώσεις αἱ συζυγεῖς ἑστίαι εἶνε *πραγματικαί*.



Σχ. 186. Συζυγεῖς ἑστίαι καθ' ὑπόστασιν.

Τὸ σχῆμα 186 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν τῆς συζυγοῦς ἑστίας τοῦ σημείου Β ἐκπέμποντος πρὸς τὸ κάτοπτρον ἀκτῖνας ἀποκλινούσας. Τὸ δ εἶνε ἡ συζυγὴς ἑστία τοῦ Β καὶ ταὐτάπαλιν, ἂν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὸ δ, θὰ ἔχῃ ὡς συζυγῆ ἑστίαν τὸ Β.

Ἑστίαι κατ' ἔμφασιν.— Ἔστω νῦν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Σ (Σχ. 187) κείμενον μεταξὺ τῆς κυρίας ἑστίας καὶ τοῦ κατόπτρου· ἐπειδὴ νῦν αἱ ἐξ αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσαι ἀκτῖνες, οἷον ἡ ΣΜ π.χ. σχηματίζει γωνίαν προσπτώσεως μεγαλειτέραν τῆς ΕΜΚ, καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως αὐτῆς θὰ εἶνε μεγαλειτέρα τῆς ΚΜΑ καὶ συνεπῶς ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΜΝ θὰ ἐξέλθῃ ἀποκλίνουσα ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος. Ὥστε ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ αἱ ἀκτῖνες δὲν συναντῶσι τὸν κύριον ἄξονα, ἐὰν ὅμως προεκβληθῶσιν, αἱ προεκβολαὶ αὐτῶν συνέρ-

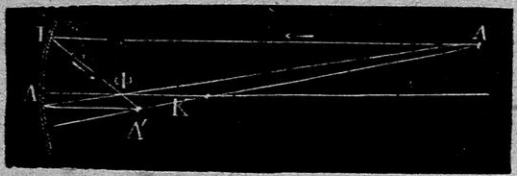


Σχ. 187.— Ἑστίαι κατ' ἔμφασιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χονται πᾶσαι εἰς τὸ σημεῖον σ, κείμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ὄπισθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ σημεῖον σ εἶνε ἡ *κατ' ἔμφασιν συζυγὴς ἑστία* τοῦ φωτεινοῦ σημείου Σ, ὁ δὲ τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας δεχόμενος ὀφθαλμὸς θὰ ἴδῃ εἰς τὸ στὸ κατ' ἔμφασιν εἴδωλον τοῦ Σ.

2ον *Σημεῖον φωτεινὸν ἐκτὸς τοῦ κυρίου ἄξονος κείμενον.* Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον δὲν κεῖται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, θὰ κεῖται ἐπὶ δευτερεύοντός τινος ἄξονος. Ἔστω τὸ σημεῖον Λ κείμενον ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος ΛΚ· ἡ συζυγὴς αὐτοῦ ἑστία θὰ εἶνε καὶ ἐνταῦθα τὸ σημεῖον ἔνθα συναντῶνται ὅλαι αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες, ἀρκεῖ ὅμως πρὸς εὕρεσιν αὐτοῦ νὰ ἐκλέξωμεν δύο μόνον ἐξ αὐτῶν καὶ νὰ ἴδωμεν ποῦ αὗται συ-



Σχ. 188.—Εἴδωλον σημείου ἐκτὸς τοῦ κυρίου ἄξονος κειμένου.

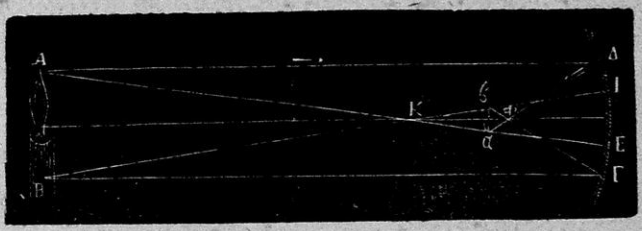
ναντῶνται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν. Ὡς τοιαύτας ἐκλέγομεν: 1ον) τὴν ΛΚ, ἥτις προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ ἀνακλωμένη κατὰ τὴν ἰδίαν ταύτην διεύθυνσιν ἐπέχει θέσιν ἐνταῦθα οἵαν ἐν τῇ προηγουμένῃ περιπτώσει ὁ κύριος ἄξων· 2ον) τὴν παράλληλον ΛΙ, περὶ ἧς γνωρίζομεν ὅτι ἀνακλωμένη θὰ διέλθῃ διὰ τῆς κυρίας ἑστίας Φ. Τὸ σημεῖον Λ′, εἰς ὃ ἡ παράλληλος ἀνακλωμένη συναντᾷ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα εἶνε ἡ συζυγὴς ἑστία τοῦ Λ.

230. **Εἴδωλα τῶν ἀντικειμένων ἐπὶ κοίλων κατόπτρων.** Ἀντικείμενον φωτεινὸν κείμενον ἔμπροσθεν κοίλου κατόπτρου παρέχει εἴδωλον συνιστάμενον ἐκ τοῦ συνόλου τῶν εἰδώλων τῶν ἀποτελούντων αὐτὸ σημείων· ἐπομένως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δὲν ἔχομεν παρὰ νὰ ἐφαρμόσωμεν καὶ ἐνταῦθα τοὺς προηγουμένους κανόνας περὶ τοῦ σχηματισμοῦ τῶν εἰδώλων τῶν φωτεινῶν σημείων.

1ον *Τὸ ἀντικείμενον κεῖται πέραν τῆς κυρίας ἑστίας.* —Εἴδωλον καθ' ὑπόστασιν.—Ἔστω τὸ ἀντικείμενον ΑΒ (Σχ. 189) κείμενον πέραν τῆς κυρίας ἑστίας Φ· πρὸς εὕρεσιν τοῦ εἰδώλου αὐτοῦ δέον νὰ προσδιορίσωμεν τὰς συζυγεῖς ἑστίας ὅλων τῶν καθ' ἕκαστα σημείων αὐτοῦ. Ἐὰν φέρωμεν τὸν δευτερεύοντα ἄξονα ΑΚΕ τοῦ σημείου Α καὶ τὴν ἀκτῖνα ΑΔ παράλληλον τῷ κυρίῳ ἄξονι, τὸ σημεῖον τῆς συναντήσεως α εἶνε ἡ συζυγὴς ἑστία τοῦ Α. τὸ δὲ σημεῖον β, ἔνθα ἡ ἐκ τοῦ Β παράλ-



Σχ. 189—Εἴδωλον καθ' ὑπόστασιν.

ληλος τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀκτὶς ἀνακλωμένη συναντᾷ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα ΒΚΙ, εἶνε ἡ συζυγὴς ἑστία τοῦ Β. Παρομοίως θὰ σχηματισθῶσι μεταξὺ τοῦ α καὶ β καὶ τὰ εἴδωλα τῶν διαμέσων σημείων τοῦ ΑΒ καὶ συνεπῶς τὸ αβ θὰ εἶνε τὸ εἴδωλον τοῦ ΑΒ. Βλέπομεν δ' ὅτι τοῦτο *σχηματίζεται καθ' ὑπόστασιν μεταξὺ τῆς κυρίας ἑστίας καὶ τοῦ κέντρου τῆς καμπυλότητος, εἶνε ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ καὶ τοσούτῳ μικρότερον ὅσῳ μᾶλλον ἀπέχει τὸ ἀντικείμενον τοῦ κέντρου τῆς καμπυλότητος.*

Ἐὰν δὲ τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς τὸ ἄπειρον, τότε σχηματίζεται ἐπὶ τῆς κυρίας ἑστίας Φ εἴδωλον ἐλάχιστον παρόμοιον πρὸς σημεῖον, θερμότατον δὲ καὶ φωτεινότατον, διότι συγκεν-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τροῦνται εἰς αὐτὸ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν πᾶσαι αἱ ἐκ τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσαι ἀκτῖνες.

2ον *Τὸ ἀντικείμενον κεῖται μεταξὺ κυρίας ἑστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος.* — Εἴδωλον καθ' ὑπόστασιν. — Ἐὰν πάλιν ἐν τῇ θέσει αβ (Σχ. 189) μεταξὺ κυρίας ἑστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος τεθῇ τὸ ἀντικείμενον αβ, εἶνε φανερὸν ὅτι τὸ εἴδωλον αὐτοῦ θὰ σχηματισθῇ ἐν τῇ ΑΒ, *καθ' ὑπόστασιν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλείτερον τοῦ πραγματικοῦ.*

Ὅσῳ δὲ τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὴν κυρίαν ἑστίαν, τόσῳ τὸ εἴδωλον ἀπομακρύνεται τοῦ Κ γιγνόμενον ὁλονὲν μεγαλείτερον, καὶ ἐὰν τὸ αβ τεθῇ ἐπὶ τῆς κυρίας ἑστίας οὐδὲν εἴδωλον σχηματίζεται, διότι αἱ ἐξ αὐτοῦ ἀκτῖνες μεταβάλλονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν εἰς δέσμας παραλλήλους πρὸς τοὺς δευτερεύοντας ἄξονας καὶ δὲν συναντῶσι τούτους οὔτε ἔμπροσθεν οὔτε ὄπισθεν τοῦ κατόπτρου.

3ον *Τὸ ἀντικείμενον κεῖται ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως.* — Εἴδωλον κατ' ἔμφασιν. Ἔστω τὸ ἀντικείμενον ΑΒ κείμενον ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως· ἐὰν φέρωμεν τοὺς δευτερεύοντας ἄξονας ΚΑα καὶ ΚΒβ τῶν σημείων Α καὶ Β καὶ τὰς παραλλήλους ΑΔ καὶ ΒΔ', θὰ ἴδωμεν ὅτι αὐταὶ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν δὲν συναντῶσιν οὐδαμοῦ τοὺς δευτερεύοντας ἄξονας ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου. Προεκβαλλόμεναι ὅμως συναντῶσιν αὐτοὺς ὄπισθεν τοῦ κατόπτρου σχηματίζουσαι τὰς κατ' ἔμφασιν συζυγεῖς ἑστίας α καὶ β τῶν σημείων Α καὶ Β. Ὥστε ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ *τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου σχηματίζεται ὄπισθεν τοῦ κατόπτρου κατ' ἔμφασιν, ὀρθὸν καὶ μεγαλείτερον.* Ὅσῳ δὲ τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ

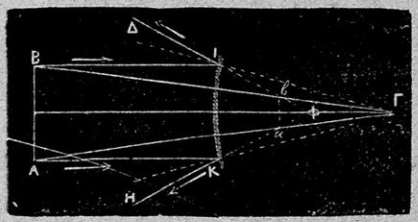
Σχ. 190.—Εἴδωλον κατ' ἔμφασιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ κατοπτροῦ πρὸς τὴν κυρίαν ἑστίαν, τόσῳ καὶ τὸ εἴδωλον ἀπομακρύνεται πέραν τοῦ κατόπτρου καὶ μεγεθύνεται καὶ τἀνάπαλιν.

Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

231. **Ἑστίαι καὶ εἴδωλα κυρτῶν κατόπτρων.** Ἐν τοῖς κυρτοῖς κατόπτροις μόνον κατ' ἔμφασιν ἑστίαι σχηματίζονται. Ἔστω τὸ ἀντικείμενον ΒΑ ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου ΙΚ· ἐὰν φέρωμεν τοὺς δευτερεύοντας ἄξονας ΒΓ καὶ ΑΓ τῶν ἄκρων σημείων Β καὶ Α καὶ τὰς παραλλήλους τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀκτῖνας ΒΙ καὶ ΑΚ, αὗται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν δὲν συναντῶσι τοὺς δευτερεύοντας ἄξονας, ἀλλ' αἱ προεκβολαὶ αὐτῶν συναντῶσιν αὐτοὺς εἰς τὰ σημεῖα β καὶ α ἐκεῖθεν τοῦ κατόπτρου. Τὰ σημεῖα ταῦτα εἶνε αἱ κατ' ἔμφασιν συζυγεῖς ἑστίαι τῶν Β καὶ Α καὶ ἑπομένως τὸ βα εἶνε τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου ΒΑ. Βλέπομεν δ' ὅτι τοῦτο *σχηματίζεται ὄπισθεν τοῦ κατόπτρου κατ' ἔμφασιν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ*· καὶ ὅσῳ τὸ ἀντικείμενον ΒΑ ἀπομακρύνεται, τόσῳ καὶ τὸ εἴδωλον ἀπομακρύνεται καὶ σμικρύνεται καὶ τἀνάπαλιν.



Σχ. 191.—Εἴδωλον κατ' ἔμφασιν ἐν κυρτῷ κατόπτρῳ.

Διὰ τῆς αὐτῆς κατασκευῆς εὑρίσκεται ὅτι αἱ παράλληλοι τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀκτῖνες ΒΙ καὶ ΑΚ ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου δὲν συναντῶσι τὸν κύριον ἄξονα, ἀλλ' αἱ προεκβολαὶ αὐτῶν συνέρχονται εἰς τὸ σημεῖον Φ τοῦ κυρίου ἄξονος, σχηματίζουσαι οὕτω *κυρίαν ἑστίαν κατ' ἔμφασιν*.

232. **Τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.** Ἐὰν παρασταθῇ διὰ π ῃ

ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου διὰ π΄ ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου καὶ διὰ φ ἡ κυρία ἑστιακὴ ἀπόστασις, εὑρίσκεται ὁ τύπος

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}.$$

Καὶ ἐὰν παρασταθῇ διὰ Ο τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ διὰ Ι τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου, εὑρίσκεται ὁ τύπος

$$\frac{I}{O} = \frac{\pi'}{\pi} \quad (2).$$

Διὰ τῶν τύπων τούτων εὑρίσκομεν τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου καὶ τὸ μέγεθος αὐτοῦ, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν θέσιν τοῦ ἀντικειμένου καὶ τἀνάπαλιν. Ἔστω π. χ. κοῖλον κάτοπτρον ἀκτῖνος 40 ἑκατοστομέτρων, ἔμπροσθεν τοῦ ὁποίου κεῖται φωτεινὸν σημεῖον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ εἰς ἀπόπτασιν 60 ἑκατοστομ. ἀπὸ τοῦ κατόπτρου· θὰ ἔχωμεν

$$\frac{1}{60} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{20}, \quad \text{ἐξ ἧς} \quad \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{60} = \frac{2}{60} = \frac{1}{30}.$$

Ἐκ τῆς ἰσότητος δὲ ταύτης $\frac{1}{\pi'} = \frac{1}{30}$ λαμβάνομεν $\pi' = 30$ ἑκατοστόμ. Ἤτοι τὸ εἴδωλον θὰ εἶνε πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ θ' ἀπέχῃ 30 ἑκατοστόμ. ἀπὸ τοῦ κατόπτρου. Ἐὰν δ' εὕρωμεν διὰ τὸ π΄ τιμὴν ἀρνητικήν, τότε τὸ εἴδωλον εἶνε κατ' ἔμφασιν καὶ ὀρθόν.

Ἤδη δὲ διὰ τοῦ τύπου $\frac{I}{O} = \frac{\pi}{\pi'}$ εὑρίσκομεν καὶ τὸ σχετικὸν μῆκος τοῦ εἰδώλου εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα· διότι θὰ ἔχωμεν

$$\frac{I}{O} = \frac{\pi'}{\pi} = \frac{30}{60} = \frac{1}{2}$$

ἤτοι τὸ εἴδωλον θὰ ἔχῃ μῆκος ἴσον πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ ἀντικειμένου.

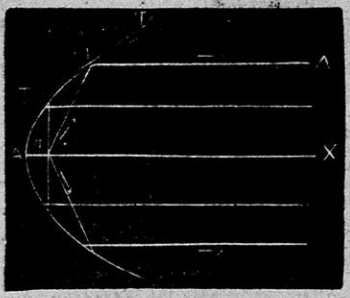
Ἡ δὲ κατ' ἐπιφάνειαν ἔκτασις τοῦ εἰδώλου δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου $\frac{E'}{E} = \frac{\pi'^2}{\pi^2}$. Ὥστε εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα θὰ ἔχωμεν $\frac{E'}{E} = \frac{1^2}{2^2} = \frac{1}{4}$.

Παραβολικὰ κάτοπτρα.

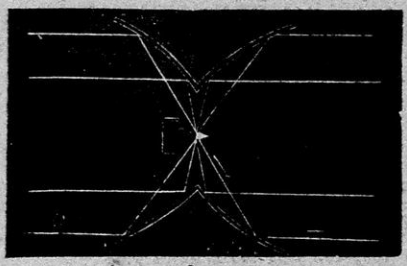
233. **Παραβολικὰ κάτοπτρα.** *Παραβολικὰ κάτοπτρα* εἶνε τὰ καμπύλα κάτοπτρα, ὧν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶνε

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παραβολοειδὲς ἐκ περιστροφῆς. Ταῦτα ἔχουσι τὴν ἰδιότητα ν᾽ ἀνακλῶσι πάσας τὰς παραλλήλους τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀκτῖνας πρὸς τὸ αὐτὸ *ἀκριβῶς σημεῖον*, τὴν κυρίαν ἑστίαν Φ τοῦ κατόπτρου (Σχ. 192), ἐνῷ ἐν τοῖς σφαιρικοῖς κατόπτροις συμβαίνει, ὡς εἴδομεν, ἐκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος (228). Καὶ ἀντιστρόφως, ὅταν φωτεινὴ πηγὴ τίθεται ἐν τῇ κυρίᾳ αὐτῶν ἑστίᾳ, αἱ ἐξ αὐτῆς ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλώμεναι *ἀκτῖνες* μεταβάλλονται εἰς δέσμην *ἐ τελῶς παραλλήλων τῷ ἄξονι ἀκτίνων*. Ἕνεκα τῆς ἰδιότητος αὐτῶν ταύτης δύνανται νὰ χρησιμοποιηθῶσιν εἰς φάρους καὶ φανούς, ὅπως ἐκπέμπωσι τὸ φῶς φωτεινῆς πηγῆς εἰς μεγάλην ἀπόστασιν μετ᾽ ἀρκούσης ἐντάσεως, διότι ἡ κυριωτέρα αἰτία ἡ ἐξασθενίζουσα τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, δηλονότι ἡ ἀπόκλισις τῶν ἀκτίνων, ἐκλείπει ἐνταῦθα· διὰ τὸν λόγον τοῦτον ὠνομάσθησαν καὶ *ἀπλανητικά*. Τοιαῦτα διπλᾶ παραβολικὰ κάτοπτρα (Σχ. 193) εἶνε ἐν χρήσει ἐν ταῖς σιδηροδρομικαῖς ἁμάξαις καὶ ἀλλαχοῦ, ὅπως ἀποστέλλωσι τὸ φῶς τῶν λαμπτήρων ὑπὸ μορφὴν δέσμης παραλλήλων ἀκτίνων καὶ κατ᾽ ἀντιθέτους διευθύνσεις.



Σχ. 192.—Παραβολικὸν κάτοπτρον.



Σχ. 193.—Παραβολικὰ κάτοπτρα.

Ἀσκήσεις.—1. Δύο φωτειναὶ πηγαὶ ἀπέχουσιν ἀπ᾽ ἀλλήλων 6 μέτρα· πέτασμα τεθειμένον εἰς δύο μέτρων ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς πρώτης φωτίζεται ἐπίσης καὶ παρὰ τῶν δύο. Ποία εἶνε ἡ σχετικὴ ἔντασις τῶν δύο πηγῶν;

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2. Δύο φωτειναὶ πηγαὶ ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων 2 μέτρα, ἔχουσι δ' ἡ μὲν πρώτη ἔντασιν 4 Candles, ἡ δὲ δευτέρα 16 Candles. Νὰ εὑρεθῇ ἐπὶ τῆς εὐθείας τῆς ἑνούσης τὰς δύο πηγὰς σημεῖον φωτιζόμενον ἐπίσης καὶ παρὰ τῶν δύο.

3. Λύχνος Carcel τεθειμένος εἰς ἀπόστασιν $1^{\mu},82$ ἀπό τινος πετάσματος καὶ λύχνος ἀεριόφωτος τεθειμένος εἰς ἀπόστασιν $4^{\mu},50$ ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ πετάσματος, φωτίζουσιν αὐτὸ ἐπίσης. Ποία εἶνε ἡ ἔντασις τοῦ λύχνου τοῦ ἀεριόφωτος ἐκφραζομένη εἰς μονάδας Carcel;

4. Δύο φωτειναὶ πηγαί, ὧν αἱ σχετικαὶ ἐντάσεις εἶνε ὡς 9 πρὸς 16, ἀφίστανται κατὰ 42 ἑκατοστόμετρα. Νὰ εὑρεθῇ γεωμετρικῶς ἐπὶ τῆς γραμμῆς τῆς ἑνούσης τὰς δύο πηγὰς σημεῖον ἐπίσης φωτιζόμενον καὶ παρὰ τῶν δύο.

5. Ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρητοῦ τίθεται ἔμπροσθεν κατόπτρου, πρὸ τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ἐπίσης καὶ ἓν φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ἀχθῇ ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ἡ ἐκπεμπομένη ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου, ἥτις μετὰ τὴν ἀνάκλασιν θὰ εἰσέλθῃ εἰς τὸν ὀφθαλμόν.

6. Δύο κάτοπτρα συγκλίνουσιν ὑπὸ γωνίαν 45^{0}, ἀκτὶς δὲ φωτὸς ἀνακλᾶται διαδοχικῶς ἐπὶ τῶν δύο. Ποίαν γωνίαν σχηματίζει ἡ προσπίπτουσα μετὰ τῆς τελικῆς συνισταμένης;

7. Φωτεινὸν σημεῖον ἀπέχει 12 ἑκατοστόμ. ἀπό τινος ἐπιπέδου κατόπτρου Α καὶ 8 ἀπὸ ἑτέρου Β. Νὰ τεθῶσι τὰ δύο κάτοπτρα οὕτως, ὥστε ἡ ἀπόστασις τῶν εἰδώλων νὰ εἶνε ἴση πρὸς 20 ἑκατοστόμετρα.

8. Βέλος φωτεινὸν κατακόρυφον 2 μέτρων μεγέθους τίθεται εἰς δύο μέτρων ἀπόστασιν ἔμπροσθεν κοίλου κατόπτρου, οὗτινος τὸ $\varphi = 1^{\mu},50$. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις, ἡ φύσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

9. Ποία εἶνε ἡ ἐπιφάνεια τῆς εἰκόνος τοῦ ἡλίου τῆς διδομένης ὑπὸ κατόπτρου 10 μέτρων ἀκτῖνος; (Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἡλίου 32').

10. Δίδεται κοῖλον κάτοπτρον καὶ πέτασμα κατακόρυφον ἀπέχον ἀπὸ τοῦ κατόπτρου 3ρ. Ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ φωτεινὸν ἀντικείμενον, ὥστε τὸ καθ' ὑπόστασιν εἴδωλον αὐτοῦ νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ πετάσματος;

11. Λαμπὰς ἀπέχει 2 μέτρα ἀπό τινος πετάσματος. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πετάσματος πρέπει νὰ τεθῇ κοῖλον κάτοπτρον 1 μέτρ. ἀκτῖνος, ὅπως προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ πετάσματος ἡ εἰκὼν τῆς λαμπάδος;

12. Φωτεινὸν ἀντικείμενον τίθεται εἰς ἀπόστασιν 10 ἑκατοστομέτρων ἀπὸ κοίλου κατόπτρου ἀκτῖνος 40 ἑκατοστομέτρων. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις, ἡ φύσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

13. Φωτεινὸν ἀντικείμενον τίθεται εἰς ἀπόστασιν 12 ἑκατοστομέτρων ἔμπροσθεν κατόπτρου κυρτοῦ ἀκτῖνος 8 ἑκατοστομέτρων. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις, ἡ φύσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

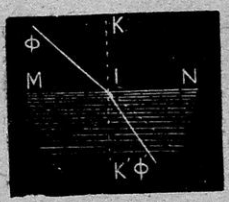
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

234. **Ἁπλῆ διάθλασις, νόμοι αὐτῆς.** Καλεῖται διάθλασις τοῦ φωτὸς ἡ μεταβολὴ διευθύνσεως, ἣν πάσχουσιν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες, ὅταν διαπερῶσι *πλαγίως* τὴν κοινὴν ἐπιφάνειαν δύο διαφόρων διαφανῶν μέσων, οἷα εἶνε π. χ. ὁ ἀὴρ καὶ τὸ ὕδωρ. Ἐὰν δὲ προσπίπτωσι καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, δὲν ἐκτρέπονται ἀλλ' ἐξακολουθοῦσι προβαίνουσαι εὐθυγράμμως.

Ἔστω ΦΙ ἀκτὶς προσπίπτουσα καὶ ΚΙ ἡ κάθετος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ΜΝ τῆς διαχωριζούσης τὰ δύο διαφανῆ μέσα· ἡ ἀκτὶς εἰσδύουσα ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ ἐκτρέπεται τῆς εὐθυγράμμου πορείας λαμβάνουσα τὴν διεύθυνσιν ΙΦ'. Ἡ ΦΙ καλεῖται *προσπίπτουσα* ἀκτὶς καὶ ἡ γωνία ΦΙΚ γωνία *προσπτώσεως*, ἡ δὲ ΙΦ' καλεῖται *διαθλωμένη* ἀκτὶς καὶ ἡ γωνία Κ'ΙΦ' *γωνία διαθλάσεως*.



Σχ. 194.—Διάθλασις τοῦ φωτός.

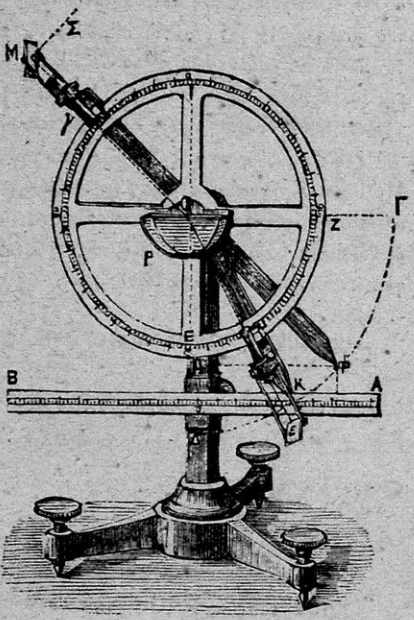
Εἰς τὰ ἄμορφα διαφανῆ σώματα, οἷα εἶνε ὁ ἀήρ, διάφορα ὑγρά, ἡ κοινὴ ὕελος ὡς καὶ εἰς τοὺς κρυστάλλους τοῦ κυβικοῦ συστήματος ἡ φωτεινὴ ἀκτίς, ἁπλῆ οὖσα κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς προσπτώσεως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ΜΝ, μένει ἁπλῆ καὶ μετὰ τὴν διάθλασιν, διὸ καὶ ἡ τοιαύτη διάθλασις καλεῖται *ἁπλῆ*. Ἀλλ' εἰς πολλὰ κρυσταλλικὰ σώματα, (ἰσλανδικὴν κρύσταλλος, γύψος) ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς εἰσερχομένη διχάζεται εἰς δύο· τοῦτο καλεῖται *διπλῆ διάθλασις* καὶ τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται *διπλοθλαστικά*. Ἡ ἐξέτασις τῆς διπλῆς διαθλάσεως ὑπερβαίνει τὰ ὅρια τοῦ παρόντος ἐγχειριδίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Νόμοι τῆς διαθλάσεως. — 1ον Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὴν διαθλῶσαν ἐπιφάνειαν.

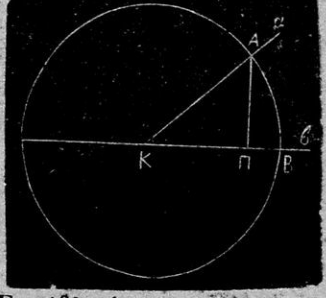
2ον Ὁ λόγος τοῦ ἡμιτόνου (1) τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας τῆς διαθλάσεως εἶνε σταθερός, οἱαδήποτε καὶ ἂν ᾖ ἡ κλίσις τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος.

Ἡ πειραματικὴ ἐπαλήθευσις τῶν νόμων γίνεται διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ Silbermann (Σχ. 196). Συνίσταται αὕτη ἐκ βεβαθμολογημένου χαλκίνου κύκλου Ζ διατεθειμένου κατακορύφως ἐπὶ τρίποδος καὶ φέροντος 2 κανόνας κινητοὺς περὶ τὸ κέντρον τοῦ κύκλου. Τούτων ὁ μὲν φέρει μικρὰν διόπτραν γ, ὁ δ' ἕτερος διόπτραν καὶ μικρὸν διάφραγμα ε ἐξ ἡμιδιαφανοῦς ὑέλου· ὁ πρῶτος φέρει κατὰ τὸ ἄκρον καὶ κάτοπτρον Μ δυνάμενον νὰ λάβῃ διαφόρους κλίσεις καὶ ν' ἀποστείλῃ μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα κατὰ διαφόρους διευ-



Σχ. 196. — Ἐπαλήθευσις τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

Σημ. (1). Ἔστω ἡ γωνία ΑΚΒ (Σχ. 195) ἐὰν μὲ κέντρον τὴν κορυφὴν αὐτῆς Κ καὶ ἀκτῖνα ΚΑ ἴσην τῇ μονάδι περιγράψωμεν τόξον ΑΒ, ὅπερ μετρεῖ τὴν γωνίαν, καλεῖται ἡμίτονον τῆς γωνίας ΑΚΒ ἡ τοῦ τόξου ΑΒ ἡ κάθετος ΑΠ ἡ καταβιβαζομένη ἐκ τοῦ ἑνὸς ἄκρου Α τοῦ τόξου ἐπὶ τὴν ἀκτῖνα ΚΒ, ἥτις διέρχεται διὰ τοῦ ἑτέρου ἄκρου Β. Ὑπάρχουσι πίνακες, οἵτινες δίδουσι τὸ ἡμίτονον γωνίας τινός, ὅταν αὕτη εἶνε γνωστὴ εἰς μοίρας καὶ τἀνάπαλιν.



Σχ. 195. — Ὁρισμὸς ἡμιτόνου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θύνσεις. Κατὰ τὸ κέντρον τοῦ κύκλου τίθεται ἡμικυλινδρικὸν δοχεῖον πληρούμενον ὕδατος (ἢ ἄλλου ὑγροῦ), μέχρις οὗ ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ συμπέσῃ μετὰ τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ κέντρου τοῦ κύκλου.

Στρέφομεν τὸ κάτοπτρον Μ οὕτως, ὥστε ἡλιακὴ ἀκτὶς ἀνακλωμένη νὰ διέλθῃ διὰ τῆς διόπτρας καὶ νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ ὕδατος κατὰ τὸ κέντρον Ο τοῦ κύκλου. Ἡ ἀκτὶς αὕτη εἰσδύουσα εἰς τὸ ὕδωρ διαθλᾶται καὶ ἐξέρχεται ἐκ τοῦ ἀντιθέτου μέρους (χωρὶς νὰ διαθλασθῇ καὶ δεύτερον, διότι εἶνε κάθετος ἐπὶ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγγείου)· μετακινοῦμεν δὲ τὸν κανόνα Κ μέχρις οὗ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς πέσῃ εἰς τὸ κέντρον τῆς ὕέλου ε.

Ἤδη δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν ἐπὶ τοῦ κύκλου τὴν γωνίαν προσπτώσεως ΜΟΙ καὶ τὴν γωνίαν διαθλάσεως ΕΟε καὶ νὰ εὕρωμεν εἰς τοὺς πίνακας τὰ ἀντίστοιχα ἡμίτονα. Χάριν ὅμως πλείονος εὐκολίας φέρει ἡ συσκευὴ καὶ τὸν ὁριζόντιον κανόνα ΑΒ, εἰς ὃν δυνάμεθα ἀμέσως νὰ μετρήσωμεν τὰ ἡμίτονα τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.

Διαιροῦντες τὰ οὕτως εὑρισκόμενα ἡμίτονα $\frac{\text{ἡμ.ΜΟΙ}}{\text{ἡμ.ΕΟε}}$ εὑρίσκομεν ὅτι *ὁ λόγος αὐτῶν εἶνε σταθερός*· καὶ ἂν παραστήσωμεν διὰ π τὴν γωνίαν προσπτώσεως, διὰ δ τὴν γωνίαν διαθλάσεως, θὰ ἔχωμεν

$$\frac{\text{ἡμ. π}}{\text{ἡμ. δ}} = \text{ν (σταθερὰ ποσότης).}$$

Ὁ σταθερὸς οὗτος λόγος καλεῖται *δείκτης διαθλάσεως*. Ὅταν $\nu > 1$, ὅπερ συμβαίνει συνήθως ὅταν ἡ ἀκτὶς εἰσέρχηται ἀπὸ ἀραιοτέρου εἰς πυκνότερον μέσον, ἡ γωνία προσπτώσεως εἶνε μείζων τῆς γωνίας τῆς διαθλάσεως, ἐξ οὗ συμπεραίνομεν ὅτι ἡ διαθλωμένη ἀκτὶ, *πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον*· λέγομεν τότε ὅτι τὸ δεύτερον μέσον εἶνε *διαθλαστικώτερον τοῦ πρώτου*(1). Τὸ ἀντίστροφον δὲ συμβαίνει, ὅταν $\nu < 1$. Ὁ δείκτης μεταβάλ-

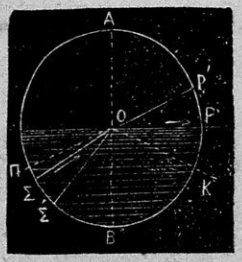
(1) Ὁ ἐν τῷ Ἐθνικῷ Πανεπιστημίῳ διακεκριμένος καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς κ. Τιμ. Ἀργυρόπουλος ἐπενόησε συσκευήν, δι' ἧς ἀποδεικνύεται πειραματικῶς ὅτι τὰ φυσικῶς πυκνότερα σώματα δὲν εἶνε πάντοτε καὶ διαθλαστικώτερα καὶ ὅτι τὸ ὕδωρ δὲν ἔχει τὴν μεγίστην αὐτοῦ θλαστικότητα εἰς τοὺς 4^0, ἔνθα ἔχει τὸν μέγιστον βαθμὸν πυκνότητος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λεται μετὰ τῶν μέσων : ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ εἶνε $\frac{4}{3}$, ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὴν στεφανύελον εἶνε $\frac{3}{2}$, ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸν ἀδάμαντα εἶνε περίπου $\frac{5}{2}$.

Ἐὰν δύο περιέχοντα τεθῶσι κατ' ἀντίστροφον τάξιν, π.χ. ἐὰν τὸ φῶς μεταβαίνῃ ἀπὸ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα, τότε ἡ τάξις τῶν γωνιῶν ἀναστρέφεται, ἤτοι ἡ γωνία τῆς διαθλάσεως γίνεται νῦν γωνία τῆς προσπτώσεως καὶ τἀνάπαλιν. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ὁ δείκτης διαθλάσεως ν γίνετια $\frac{1}{\nu}$, ἀντίστροφος τοῦ πρώτου. Ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα εἶνε $\frac{3}{4}$, ἐκ δὲ τῆς στεφανυέλου εἰς τὸν ἀέρα εἶνε $\frac{2}{3}$.

235 **Ὁρικὴ γωνία, ὁλικὴ ἀνάκλασις.** Ὅταν φωτεινὴ ἀκτὶς Σ'Ο μεταβαίνῃ ἀπὸ διαθλαστικωτέρου εἰς ἧττον διαθλαστικὸν μέσον, π.χ. ἀπὸ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα (Σχ.197), εἴδομεν ὅτι ἀπομακρύνεται ἀπὸ τῆς καθέτου· ἐὰν λοιπὸν ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως αὐξάνηται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται ὁλονὲν τῆς καθέτου καὶ θὰ ἔλθῃ στιγμή, καθ' ἣν αὕτη (ΟΡ) θὰ ἐξέλθῃ παραλλήλως τῇ ἐπιφανείᾳ τοῦ ὕδατος σχηματίζουσα μετὰ τῆς καθέτου γωνίαν ὀρθήν. Ἡ γωνία αὕτη ΣΟΒ, ὑπὸ τὴν ὁποίαν προσπίπτουσα ἡ ΣΟ ἐξέρχεται μετὰ τὴν διάθλασιν παράλληλος τῇ ἐπιφανείᾳ τοῦ ὕδατος, καλεῖται ὁρικὴ γωνία (λ). Εἶνε



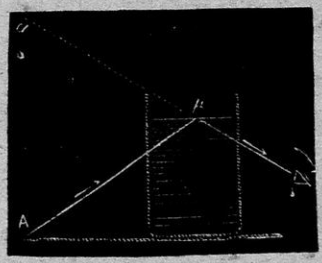
Σχ.197.- Ὁρικὴ γωνία. Ὁλικὴ ἀνάκλασις.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δὲ φανερὸν ὅτι αὕτη εἶνε ἡ μεγαλειτέρα γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν λαμβάνει χώραν διάθλασις εἰς τὸ περιοὺ πρόκειται μέσον· διότι πᾶσα ἄλλη ἀκτίς, ἡ ΠΟ π. χ. σχηματίζουσα μείζονα γωνίαν προσπτώσεως θὰ ἐξέλθῃ μετὰ τὴν διάθλασιν πάλιν πρὸς τὰ ἐντὸς τοῦ ὕδατος (ΟΚ) ἤτοι θὰ *ἀνακλασθῇ*· τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὁλικὴ ἀνάκλασις, διότι τὸ προσπίπτον φῶς ἀνακλᾶται ἐξ ὁλοκλήρου.

Ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα ἡ ὁρικὴ γωνία εἶνε $48^0,35'$, ἐκ τῆς ὑέλου εἰς τὸν ἀέρα εἶνε $41^0,48'$.

Καταδεικνύεται ἡ ὁλικὴ ἀνάκλασις διὰ ποτηρίου πλήρους ὕδατος (Σχ. 198), ἔμπροσθεν τοῦ ὁποίου τίθεται ἀντικείμενόν τι Α· ἐὰν παρατηρήσωμεν ἐκ τοῦ ἀντιθέτου μέρους καὶ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος, θὰ ἴδωμεν τὸ εἴδωλον τοῦ νομίσματος εἰς τὴν θέσιν α, σχηματιζόμενον ὑπὸ τῶν ἀκτίνων, αἵτινες ὑπέστησαν ὁλικὴν ἀνάκλασιν.



Σχ. 198.—Φαινόμενον ὁλικῆς ἀναλάσεως

Σχ. 199.—Ἀποτέλεσμα διαθλάσεως.

236. **Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.** Ἕνεκα τῆς διαθλάσεως τὰ σώματα τὰ ἐμβεβαπτισμένα ἐντὸς ὕδατος φαίνονται πλησιέστερα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν παρ' ὅσον πραγματικῶς εἶνε. Ἔστω ἀντικείμενόν τι Λ παρὰ τὸν πυθμένα τοῦ ἀγγείου (Σχ. 199)· αἱ ἀκτῖνες ΛΑ καὶ ΛΒ ἐξερχόμεναι ἐκ τοῦ ὕδατος διαθλῶνται ἀπὸ τῆς καθέτου κατὰ τὰς διευθύνσεις ΑΓ καὶ ΒΔ, ὁ δὲ ταύτας δεχόμενος ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον εἰς τὸ σημεῖον Λ′, ἔνθα συνέρχονται αἱ προεκβο-

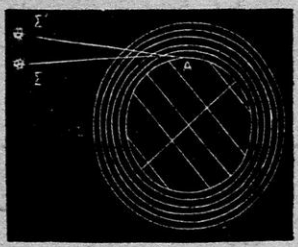
Σχ. 200.—Ἀποτέλεσμα διαθλάσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λαὶ τῶν ἀκτίνων. Ὅσῳ πλαγιώτερον ὁρῶμεν τὸ ἀντικείμενον, τόσῳ μᾶλλον ἀνυψωμένον φαίνεται τοῦτο.

Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ὁ πυθμὴν τῆς θαλάσσης, τῆς λίμνης κλπ., ὁ πυθμὴν τῶν περιεχόντων ὕδωρ ἀγγείων, φαίνονται ἀβαθέστεροι.

Ῥάβδος ἐμβεβαπτισμένη πλαγίως εἰς τὸ ὕδωρ φαίνεται τεθλασμένη (Σχ. 200), διότι τὸ ἐν τῷ ὕδατι εὑρισκόμενον μέρος, καθ' ἃ ἐξηγήσαμεν ἀνωτέρω, ἀνυψοῦται πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηροῦμεν συχνότατα εἰς τὰς κώπας τῶν λέμβων.



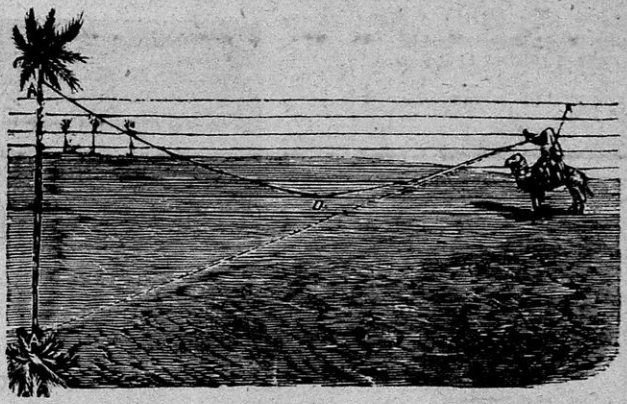
Σχ. 201. — Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις.

Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις. Καὶ ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ, ἐπειδὴ τὰ στρώματα αὐτῆς εἶνε ἀνίσου πυκνότητος, καθ' ὅσον τὰ πλησιέστερα πρὸς τὸ ἔδαφος εἶνε συνήθως πυκνότερα, αἱ ἀκτῖνες μεταβαίνουσαι ἀπὸ στρώματος εἰς στρῶμα πάσχουσι διάθλασιν. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἀστέρος Σ (Σχ. 201) ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες διαθλώμεναι βαθμηδὸν πρὸς τὴν κάθετον διαγράφουσι καμπύλην γραμμὴν καὶ φθάνουσιν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ· οὗτος δὲ τότε βλέπει τὸν ἀστέρα κατὰ τὴν προεκβολὴν τοῦ τελευταίου στοιχείου τῆς καμπύλης εἰς τὴν θέσιν Σ', τουτέστιν ὑψηλότερον τῆς θέσεως Σ, εἰς ἣν πράγματι εὑρίσκεται ὁ ἀστήρ. Τὸ φαινόμενον γίνεται ἐπὶ τοσοῦτον καταφανέστερον, ὅσῳ πλησιέστερον εἰς τὸν ὁρίζοντα εὑρίσκεται ὁ ἀστήρ.

Συνεπείᾳ τοῦ φαινομένου τούτου καὶ ὁ Ἥλιος ἀναφαίνεται εἰς τὸν ὁρίζοντα πρὶν ἢ πράγματι ἀνέλθῃ ἐπ' αὐτοῦ, ἐπίσης δὲ καὶ κατὰ τὴν δύσιν ἐξακολουθεῖ νὰ εἶνε ὁρατὸς ἐνῷ ἤδη ἔχει κατέλθῃ ὑπὸ τὸν ὁρίζοντα. Ὥστε ἡ ἡμέρα ἀρχίζει δι' ἡμᾶς πρὸ τῆς πραγματικῆς ἀνατολῆς τοῦ Ἡλίου, παρατείνεται δὲ καὶ μετὰ τὴν δύσιν αὐτοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

237. **Ἀτμοσφαιρικὸς κατοπτρισμός.** Ἀποτέλεσμα τῆς διαθλάσεως καὶ ὁλικῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ εἶνε καὶ ὁ *κατοπτρισμός*, καθ' ὃν βλέπομεν ὑπὸ τὸ ἔδαφος ἀνεστραμμένα τὰ εἴδωλα ἀντικειμένων πολὺ μακρὰν εὑρισκομένων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρεῖται συνήθως εἰς



Σχ. 202.—Ἀτμοσφαιρικὸς κατοπτρισμός.

τὰς θερμὰς χώρας καὶ ἰδίως εἰς τὰς ἀμμώδεις πεδιάδας τῆς Αἰγύπτου, ἐξηγεῖται δὲ ὡς ἑξῆς: Ἕνεκα τῆς μεγάλης ἐν αὐταῖς θερμοκρασίας τοῦ ἐδάφους τὰ ὑπερκείμενα στρώματα θερμαινόμενα διατίθενται κατὰ τάξιν πυκνότητος, αὐξανομένης ἐκ τῶν κατωτέρων πρὸς τὰ ἀνώτερα. Μία ἀκτὶς προερχομένη ἐκ τοῦ δένδρου Α (Σχ. 202) καὶ φερομένη πλαγίως πρὸς τὸ ἔδαφος συναντᾷ στρώματα ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀραιότερα καὶ ὡς ἐκ τούτου πάσχει διαδοχικὰς διαθλάσεις ἀποκλινούσας τῆς καθέτου· φθάνει δ' ἐπὶ τέλους εἰς στρῶμα, εἰς ὃ προσπίπτει κατὰ τὸ σημεῖον Ο ὑπὸ γωνίαν ἴσην τῇ ὁρικῇ καὶ συνεπῶς ὑφίσταται ὁλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐκπέμπεται πρὸς τὰ ἄνω. Ἀνερχομένη ἤδη πλαγίως θλᾶται καὶ πάλιν, ἀκολουθοῦσα ὅμως νῦν ἀντίθετον πορείαν, διότι μεταβαίνει βαθμηδὸν εἰς διαθλαστι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κώτερα στρώματα καὶ οὕτω συναντᾷ τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ· οὗτος δὲ βλέπει τὸ εἴδωλον τοῦ δένδρου ἀνεστραμμένον ὑπὸ τὸ ἔδαφος εἰς τὴν θέσιν Α', ἔνθα συναντῶνται αἱ προεκβολαὶ τῶν ἀκτίνων.

Οἱ ναυτικοὶ βλέπουσι πολλάκις εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν ἀνεστραμμένα τὰ εἴδωλα τῶν ἀκτῶν ἢ πλοίων ἀπομεμακρυσμένων. Καὶ τοῦτο εἶνε φαινόμενον κατοπτρισμοῦ, ἀλλὰ συμβαίνει κατ' ἀντίστροφον τάξιν, διότι ἐνταῦθα τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας εἶνε ψυχρότερα ἕνεκα τῆς ἐπαφῆς αὐτῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ὑδάτων.

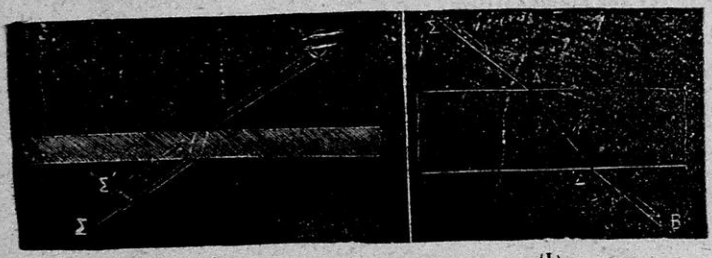
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΔΙΑ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

ΠΛΑΚΕΣ, ΠΡΙΣΜΑΤΑ

238. **Πλάκες μὲ ἕδρας παραλλήλους.**—*Νόμος.* —Ὅταν τὸ φῶς διέρχηται διὰ πλακὸς διαφανοῦς, ἧς δύο ἕδραι, ἡ ἐφ' ἧς προσπίπτει τὸ φῶς καὶ ἡ ἐξ ἧς ἐξέρχεται εἶνε ἐπίπεδοι καὶ παράλληλοι, αἱ *ἐξιοῦσαι ἀκτῖνες* εἶνε *παράλληλοι ταῖς προσπιπτούσαις.*

Ἔστω ΣΑ ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς (Σχ. 203, I) ἐπὶ ὑελίνης



Σχ. 203.—Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ πλακός.

πλακὸς καὶ ΔΒ ἡ ἐξιοῦσα. Ἐνταῦθα ἡ ἀκτὶς ὑπέστη δὶς διάθλασιν, μίαν κατὰ τὴν εἴσοδον εἰς τὸ σημεῖον Α καὶ δευτέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ραν ἀντίστροφον τῆς πρώτης κατὰ τὸ σημεῖον Δ· λέγομεν δ' ὅτι ἐξέρχεται παραλλήλως τῇ διευθύνσει τῆς προσπτώσεως. Διότι τῶν γωνιῶν δ καὶ π' οὐσῶν ἴσων ὡς ἐντὸς ἐναλλὰξ ἐξάγεται ὅτι καὶ αἱ γωνίαι δ' καὶ π εἶνε ἴσαι καὶ κατὰ συνέπειαν αἱ εὐθεῖαι ΣΑ καὶ ΔΒ εἶνε παράλληλοι.

Τὸ σχῆμα 203 (II) δεικνύει τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπορευομένων ἐκ σημείου Σ, ὅπερ βλέπομεν πλαγίως· βλέπομεν ὅτι ἡ φωτεινὴ δέσμη ὑφίσταται ἐκτόπισιν παράλληλον τῇ ἑαυτῆς διευθύνσει οὐχὶ δὲ παρέκκλισιν.

Αἱ δὲ καθέτως ἐπὶ τῆς ἕδρας προσπίπτουσαι ἀκτῖνες οὐδεμίαν ἐκτόπισιν ὑφίστανται.

239. **Πρίσματα.** Καλεῖται ἐν τῇ ὀπτικῇ πρίσμα (Σχ 204), πᾶν διαφανὲς σῶμα περατούμενον εἰς δύο ἐπιφανείας ἐπιπέδους καὶ κεκλιμένας τὴν μίαν ἐπὶ τῆς ἄλλης. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται *ἀκμὴ ἢ κόψις*, ἡ δὲ δίεδρος γωνία, ἣν σχηματίζουσι, λέγεται *διαθλαστικὴ γωνία* τοῦ πρίσματος. Τομὴ κάθετος ἐπὶ τὴν κόψιν καλεῖται *κυρία τομή*. Τὰ πρίσματα, ὧν γίνεται χρῆσις ἐν τοῖς πειράμασιν, ἔχουσι σχῆμα ὀρθοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἡ δὲ κυρία τομὴ αὐτῶν εἶνε τρίγωνον. Εἰς τὴν τομὴν ταύτην τὸ σημεῖον Α καλεῖται *κορυφή*, ἡ εὐθεῖα ΓΒ *βάσις* καὶ ἡ γωνία ΒΑΓ *διαθλαστικὴ γωνία*.

Σχ. 204.—**Πορεία τῶν ἀκτίνων ἐν τῷ πρίσματι.**

240. **Πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων ἐν τῷ πρίσματι.** Ἔστω ΟΔ (Σχ. 204) ἀκτὶς μονόχρους κειμένη ἐπὶ τῆς κυρίας τομῆς καὶ προσπίπτουσα ἐπὶ τὴν ἕδραν ΑΒ. Αὕτη θλᾶται κατὰ τὸ Δ πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον, διότι εἰσέρχεται εἰς μέσον διαθλαστικώτερον, καὶ λαμβάνει τὴν διεύθυν-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σιν ΔΚ. Εἰς δὲ τὸ Κ θλᾶται ἐκ δευτέρου ἀπομακρυνομένη τῆς καθέτου, διότι εἰσέρχεται νῦν εἰς μέσον ἧττον διαθλαστικόν. Ὥστε ἡ ἀκτὶς διαθλωμένη διὰ τοῦ πρίσματος *ἐκτρέπεται δὶς πρὸς τὴν βάσιν* καὶ συνεπῶς ὁ ὀφθαλμὸς δεχόμενος τὴν ἐξιοῦσαν ἀκτῖνα ΚΗ θὰ ἴδῃ τὸ φωτεινὸν σημεῖον ἢ ἀντικείμενον κατὰ τὴν προεκβολὴν αὐτῆς εἰς τὴν θέσιν Ο'. *Ἄρα τὰ διὰ τοῦ πρίσματος ὁρώμενα ἀντικείμενα παρέχουσιν εἴδωλα κατ' ἔμφασιν καὶ ἀνυψωμένα πρὸς τὴν κορυφὴν αὐτοῦ.*

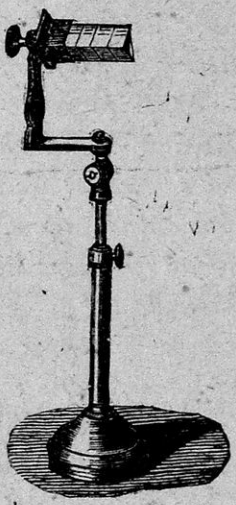
241. **Γωνία ἐκτροπῆς.** Ἡ ἐκτροπή, ἣν πάσχει τὸ διὰ τοῦ πρίσματος διερχόμενον μονόχρουν φῶς, μετρεῖται ὑπὸ τῆς γωνίας ΟΕΟ', ἥτις *γωνία ἐκτροπῆς* καλεῖται. Ἡ γωνία αὕτη καὶ συνεπῶς ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ *τοῦ δείκτου τῆς διαθλάσεως καὶ μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας Α τοῦ πρίσματος, μεταβάλλεται δ' ἐπίσης καὶ μετὰ τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως*, ἣν σχηματίζει ἡ ἀκτὶς εἰσερχομένη εἰς τὸ *πρίσμα*.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις.—1ον) Ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου ν, ἤτοι γίνεται μεγαλειτέρα ὅσῳ διαθλαστικωτέρα εἶνε ἡ οὐσία τοῦ πρίσματος.—Τοῦτο ἀποδεικνύομεν διὰ τοῦ καλουμένου *πολυπρίσματος* (Σχ. 205), ὅπερ σύγκειται ἐκ πολλῶν πρισμάτων συγκεκολλημένων διὰ τῶν κυρίων αὐτῶν τομῶν· τὰ πρίσματα εἶνε τῆς αὐτῆς γωνίας ἀλλ' ἐκ διαφόρων οὐσιῶν ἀνίσως διαθλαστικῶν, οἷον κοινῆς ὑέλου, στεφανυέλου, κρυστάλλου, χαλαζίου κλπ. Ἐὰν παρατηρήσωμεν δι' αὐτοῦ γραμμὴν εὐθεῖαν, τὰ διάφορα μέρη αὐτῆς φαίνονται εἰς ὕψη διάφορα· τὸ μᾶλλον ὑψωμένον τμῆμα φαίνεται διὰ τοῦ κρυστάλλου (flint), ὅστις ἔχει τὸν μεγαλείτερον δείκτην διαθλάσεως, κατόπιν ἔρχεται τὸ διὰ τοῦ χαλαζίου ὁρώμενον καὶ τελευταῖον τὸ διὰ τῆς κοινῆς ὑέλου.

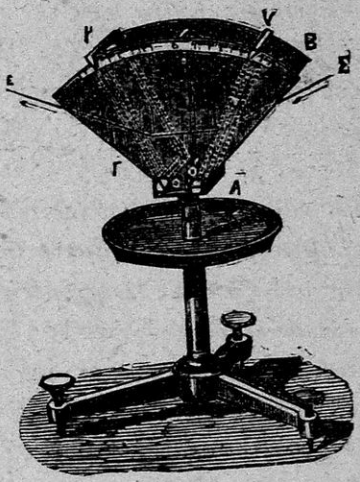
2ον) Ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται αὐξανομένης τῆς διαθλαστικῆς γωνίας.—Ἀποδεικνύομεν τοῦτο διὰ πρίσματος ἔχοντος *μεταβλητὴν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν*. Σύγκειται δὲ τοῦτο ἐκ δύο

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χαλκίνων παραλλήλων πλακῶν ἐστηριγμένων ἐπὶ βάσεως (Σχ. 206), μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεντίθενται δύο ὑέλινοι πλάκες μ καὶ ν δυνάμεναι νὰ περιστραφῶσι περὶ τοὺς ἄξονας ο καὶ ο' καὶ ν' ἀποκλίνωτιν ὅσον θέλομεν. Πληροῦμεν τὸ ἀγγεῖον ὕδατος καὶ ρίπτομεν ἐπὶ τῆς μιᾶς πλακὸς φωτεινὴν ἀκτῖνα Σ, τὴν δ' ἑτέραν μετακινοῦμεν ὥστε ν' αὐξάνωμεν ἢ νὰ



Σχ. 205.—Πολύπρισμα.



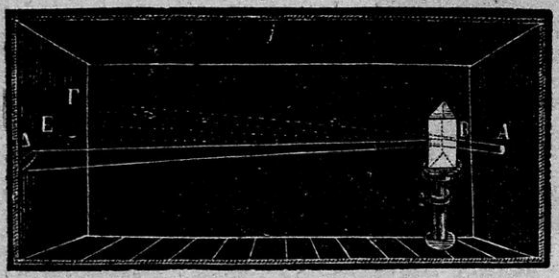
Σχ. 206.—Πρίσμα μεταβλητῆς γωνίας.

σμικρύνωμεν κατὰ βούλησιν τὴν γωνίαν τοῦ πρίσματος· θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς ἐξιούσης ἀκτῖνος εἶνε ἐπὶ τοσοῦτον μεγαλειτέρα, ὅτῳ μεγαλειτέρα γίνεται ἡ γωνία τοῦ πρίσματος.

3ον) Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς μεταβάλλεται μετὰ τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως.—Ἐλαχίστη ἐκτροπή.—Ὅταν διὰ κατακορύφου σχισμῆς Α εἰσέρχηται εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον δέσμη μονοχρόου φωτός, σχηματίζει ἐπὶ τοῦ ἀπέναντι τοίχου μικρὸν φωτεινὸν κύκλον Γ (Σχ. 207). Ἀλλ' ἐὰν ἐν τῷ μεταξὺ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παρεντεθῇ κατακόρυφον πρίσμα Β, ἡ δέσμη διερχομένη δι' αὐτοῦ ἐκτρέπεται πρὸς τὴν βάσιν καὶ σχηματίζει τὸν φωτεινὸν κύ-



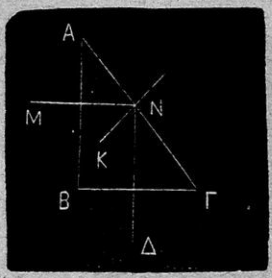
Σχ. 207.—**Μεταβολὴ τῆς ἐκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως.**

κλον εἰς τὴν θέσιν Δ· ἡ ἀπόστασις ΓΔ εἶνε ἀνάλογος τῆς γωνίας τῆς ἐκτροπῆς. Ἤδη ἂν ἀρχίσωμεν νὰ περιστρέφωμεν τὸ πρίσμα περὶ ἑαυτὸ ὥστε νὰ ἐλαττῶται βαθμηδὸν ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ Δ πλησιάζει βαθμηδὸν πρὸς τὸ Γ· τοῦθ' ὅπερ δεικνύει *ὅτι ἡ ἐκτροπὴ ἐλαττοῦται ἐλαττουμένης τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως*. Ἀλλὰ τοῦτο συμβαίνει μέχρις ὁρίου τινός, διότι ἅμα φθάσῃ εἰς ὡρισμένον τι σημεῖον Ε, ἀρχίζει ν' ἀπομακρύνηται πάλιν ἐκ τοῦ Γ καὶ νὰ πλησιάζῃ εἰς τὸ Δ, μολονότι ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως ἐξακολουθεῖ ἐλαττουμένη· τουτέστιν ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται πάλιν, ἀφοῦ ἠλαττώθη μέχρι τοῦ ἐλαχίστου δυνατοῦ ὁρίου. Ἡ ἐλαχίστη αὕτη τιμή, ἣν λαμβάνει ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς, καλεῖται *γωνία τῆς ἐλαχίστης ἐκτροπῆς ἢ ἐλαχίστη ἐκτροπή*.

242. **Πρίσματα ὁλικῆς ἀνακλάσεως.** Εἰς πάσας τὰς περιστάσεις, ἃς ἐξητάσαμεν ἀνωτέρω ἐπὶ τῶν πρισμάτων, παρεδέχθημεν ὅτι ἡ κατὰ τὸ Δ (Σχ. 204) προσπίπτουσα ἀκτὶς ἐξέρχεται ἐκ τῆς ἕδρας ΑΓ. Ἀλλ' ὅμως τοῦτο συμβαίνει μόνον, ἐφ' ὅσον ἡ διαθλαστικὴ γωνία Α τοῦ πρίσματος εἶνε μικροτέρα τοῦ διπλασίου τῆς ὁρικῆς γωνίας (λ) τῆς οὐσίας, ἐξ ἧς τὸ πρίσμα συνίσταται· ἄλλως ἐὰν $A > 2\lambda$, αἱ ἀκτῖνες, μετὰ τὴν διάθλασιν ἐπὶ τῆς πρώτης ἕδρας ΑΒ, προσπίπτουσαι ἐπὶ τῆς δευτέρας ὑφίστανται ὁλικὴν ἀνάκλασιν καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπιστρέφουσαι πρὸς τὰ ὀπίσω ἐξέρχονται ἐκ τῆς ἕδρας ΒΓ. Τὰ τοιαῦτα καλοῦνται *πρίσματα ὁλικῆς ἀνακλάσεως*.



Σχ. 208.—**Πρίσμα ὁλικῆς ἀνακλάσεως.**

Τὸ ἄνοιγμα τοιούτου πρίσματος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ δείκτου τῆς διαθλάσεως τῆς οὐσίας αὐτοῦ· διὰ τὴν ὕελον, ἧς ὁ δείκτης εἶνε $\frac{3}{2}$ ἡ δὲ ὁρικὴ γωνία (λ) 41°, 48′, ἀρκεῖ νὰ δώσωμεν εἰς τὴν γωνίαν τοῦ πρίσματος ἄνοιγμα 84° (ἤτοι ὀλίγον τι μεῖζον τοῦ διπλασίου τῆς λ), ἵνα αἱ ἀκτῖνες πάσχωσιν ὁλικὴν ἀνάκλασιν. Ὥστε κατὰ μείζονα λόγον τὰ ὀρθογώνια ἰσοσκελῆ πρίσματα (Σχ. 208) παράγουσιν ὁλικὴν ἀνάκλασσιν, διὸ καὶ μεταχειρίζονται τοιαῦτα ὡς ἀνακλαστικὰς συσκευάς.

ΦΑΚΟΙ

243. **Ὁρισμοί.** Καλοῦνται φακοί, τὰ διαφανῆ μέσα, ἅτινα περιορίζονται ὑπὸ ἐπιφανειῶν καμπύλων. Οἱ ἐν χρήσει ἐν τοῖς ὀπτικοῖς ὀργάνοις φακοὶ εἶνε οἱ *σφαιρικοί*, οἵτινες κατασκευάζονται ἐκ στεφανυέλου (crown-glass) ἢ ἐκ τῆς διαθλαστικωτέρας μολυβδυέλου (κρυστάλλου, flint glass).

Ἔχομεν τὰ ἑξῆς εἴδη φακῶν παριστάμενα ἐν τῷ σχήματι 209. Ὁ Α καλεῖται *ἀμφίκυρτος*, ὁ Β *ἐπιπεδόκυρτος*, ὁ Γ *κοιλόκυρτος* ἢ μηνίσκος συγκλίνων· καὶ εἰς τὰ τρία ταῦτα εἴδη εἶνε παχύτεροι περὶ τὸ μέσον καὶ λεπτότεροι περὶ τὰ ἄκρα, *ἔχουσι δὲ τὴν ἰδιότητα νὰ συγκεντρῶσι τὰς δι' αὐτῶν διερχομένας ἀκτῖνας*, διὸ καλοῦνται **συγκεντρωτικοὶ ἢ συγκλίνοντες** φακοί. Ὁ Δ καλεῖται: *ἀμφίκοιλος*, ὁ Ε *κοιλεπίπεδος*, καὶ ὁ Ζ *κοιλόκυρτος* ἢ μηνίσκος ἀποκλίνων· οὗτοι εἶνε παχύτεροι κατὰ τὰ ἄκρα καὶ λεπτότεροι περὶ τὸ μέσον,

Σχ. 209.—**Σφαιρικοὶ φακοί.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἔχουσι δὲ τὴν ἰδιότητα ν' ἀποκεντρῶσι τὰς ἀκτῖνας, διὸ **ἀποκεντρωτικοὶ ἢ ἀποκλίνοντες** καλοῦνται.

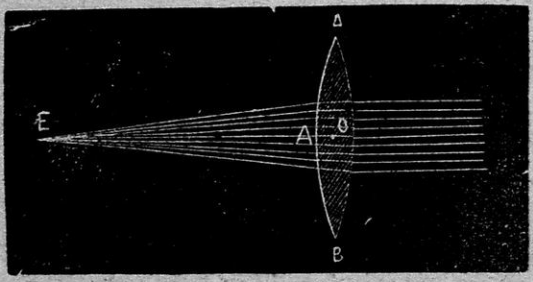
Ἀρκεῖ νὰ ἐξετάσωμεν ἐξ ὅλων τὸν ἀμφίκυρτον καὶ ἀμφίκοιλον, διότι πᾶσαι αἱ ἰδιότητες ἑκατέρου τούτων ἐφαρμόζονται καὶ εἰς τοὺς ὁμοειδεῖς αὐτοῦ.

Εἰς τοὺς φακοὺς τοὺς ἔχοντας ἀμροτέρας τὰς ἐπιφανείας σφαιρικάς, κύριος ἄξων καλεῖται ἡ εὐθεῖα ἡ διερχομένη διὰ τῶν δύο *κέντρων καμπυλότητος*, ἤτοι τῶν κέντρων τῶν σφαιρῶν, ὧν τμήματα ἀποτελοῦσιν αἱ σφαιρικαὶ ἐπιφάνειαι τοῦ φακοῦ. Εἰς δὲ τοὺς κυρτεπιπέδους ἢ κοιλεπιπέδους κύριος ἄξων εἶνε ἡ κάθετος ἡ καταβιβαζομένη ἐκ τοῦ κέντρου τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τὴν ἐπιπεδον.

Κυρία τομὴ φακοῦ καλεῖται πᾶσα τομὴ γινομένη δι' ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος.

244. **Ἑστίαι, κυρία ἑστία.** Καὶ ἐν τοῖς φακοῖς, καλοῦνται ἑστίαι, τὰ σημεῖα, εἰς ἃ συνέρχονται αἱ διαθλώμεναι ἀκτῖνες ἢ αἱ προεκβολα αὐτῶν.

Κυρία ἑστία.—1ον Ἐν τοῖς ἀμφικύρτοις φακοῖς, ὅταν προσπίπτῃ δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων τῷ κυρίῳ ἄξονι (Σχ. 210), *αὗται μετὰ τὴν διάθλασιν συνέρχονται αἰσθητῶς εἰς τι σημεῖον*



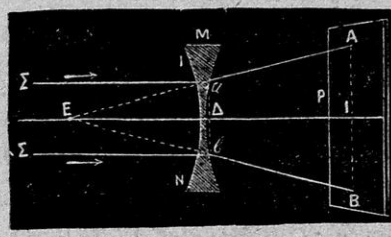
Σχ. 210.—Θέσις τῆς κυρίας ἑστίας ἐν ἀμφικύρτῳ φακῷ.

E (ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ φακοῦ ἤτοι τὸ τόξον ΔΒ δὲν ὑπερβαίνῃ τὰς 10 ἕως 12 μοίρας)· τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται *κυ-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρία ἑστία, ἡ δὲ ἀπόστασις ΕΑ *κυρία ἑστιακὴ ἀπόστασις*. Ἡ κυρία ἑστία ἐνταῦθα εἶνε καθ' ὑπόστασιν. Ἐὰν δὲ τἀνάπαλιν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ ἐπὶ τῆς κυρίας ἑστίας, αἱ ἐξ αὐτοῦ ἀκτῖνες μετὰ τὴν διάθλασιν θὰ ἐξέλθωσιν ἐκ τοῦ φακοῦ παράλληλοι τῷ κυρίῳ ἄξονι.

Κυρίως εἰπεῖν καὶ ἐνταῦθα αἱ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι προσπίπτουσαι ἀκτῖνες δὲν συνέρχονται μετὰ τὴν διάθλασιν πᾶσαι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον Ε, ἀλλ' αἱ μὲν κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ φακοῦ ἐκτρέπονται περισσότερον αἱ δὲ πρὸς τὸ μέσον αὐτοῦ ὀλιγώτερον. Τούτου ἕνεκα αἱ μὲν πρῶται σχηματίζουσι τὴν κυρίαν ἑστίαν πλησιέστερον αἱ δὲ ἄλλαι ἀπώτερον τοῦ φακοῦ· τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν λεγομένην ἀφεστίασιν ἢ παρεκτροπὴν ἐκ σφαιρικότητος τοῦ φακοῦ καὶ βλάπτει τὴν εὐκρίνειαν τῶν σχηματιζομένων εἰδώλων. Πρὸς διόρθωσιν τοῦ κακοῦ θέτουσι συνήθως μικρὸν σχιερὸν διάφραγμα πρὸ τοῦ φακοῦ φέρον μικρὰν κεντρικὴν ὀπήν, ὥστε νὰ ἀφίνῃ μόνον τὰς κεντρικὰς ἀκτῖνας νὰ ἐξέρχωνται ἐκ τοῦ φακοῦ.



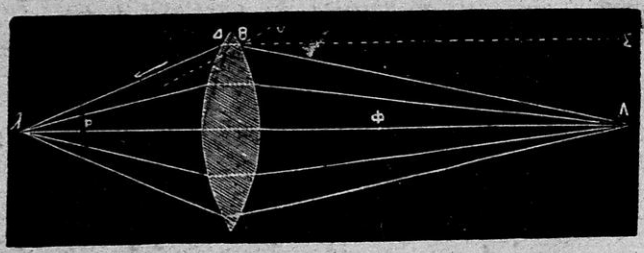
Σχ. 211.—θέσις τῆς κυρίας ἑστίας ἐν ἀμφικοίλῳ φακῷ.

2ον) Ἐν δὲ τοῖς ἀμφικοίλοις αἱ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι προσπίπτουσαι ἀκτῖνες Σα καὶ Σβ (Σχ. 211) μεταβάλλονται μετὰ τὴν διάθλασιν εἰς ἀποκλινούσας αΑ καὶ βΒ, αἵτινες δὲν συναντῶσιν οὐδαμοῦ τὸν κύριον ἄξονα· ἀλλ' αἱ προεκβολαὶ αὐτῶν αΕ καὶ βΕ συνέρχονται εἰς τὸ σημεῖον Ε κείμενον πρὸς τὸ μέρος ἐξ οὗ ἔρχονται αἱ ἀκτῖνες καὶ σχηματίζουσιν αὐτόθι *κυρίαν ἑστίαν κατ' ἔμφασιν*.

Συζυγεῖς ἑστίαι.—1ον) Καθ' ὑπόστασιν.—Ἔστω φωτεινὸν σημεῖον Λ κείμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος πέραν τῆς κυρίας ἑστίας Φ, ἀλλ' οὐχὶ εἰς τὸ ἄπειρον (Σχ. 212). Ἐπειδὴ νῦν ἡ ἐκ τοῦ Λ ἀκτὶς ΛΒ σχηματίζει μετὰ τῆς καθέτου εἰς τὸ Β γωνίαν προσπτώσεως μείζονα ἐκείνης, ἣν σχηματίζει ἡ παράλληλος ΣΒ μετὰ τῆς αὐτῆς καθέτου, εἶνε φανερὸν ὅτι ἡ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

αὐτὴ ΑΒ διαθλωμένη διὰ τοῦ φακοῦ θὰ σχηματίσῃ καὶ γωνίαν διαθλάσεως μείζονα· ἐξερχομένη δ' ἐκ τοῦ φακοῦ θὰ συναν-

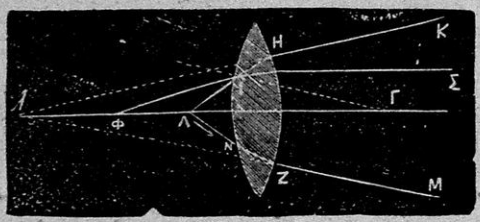


Σχ. 212.—Συζυγεῖς ἑστίαι καθ' ὑπόστασιν.

τήσῃ τὸν κύριον ἄξονα εἰς σημεῖον τι λ, ἀπώτερον τοῦ Φ. Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι πράγματι πᾶσαι αἱ ἐκ τοῦ Λ ἀκτῖνες συνέρχονται αἰσθητῶς εἰς τὸ σημεῖον λ, ὅπερ καλεῖται διὰ τοῦτο *συζυγὴς ἑστία* τοῦ Λ.

Καὶ ἀντιστρόφως ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὸ λ, ἡ συζυγὴς αὐτοῦ ἑστία θὰ εἶνε τὸ Λ. Ἐφ' ὅσον δὲ τὸ φωτεινὸν σημεῖον λ πλησιάζει πρὸς τὴν κυρίαν ἑστίαν Φ, ἐπὶ τοσοῦτον ἡ ἀπόκλισις τῶν ἐξιουσῶν ἀκτίνων αὐξάνεται καὶ τὸ Λ ἀπομακρύνεται· καὶ ὅταν τὸ λ συμπέσῃ μετὰ τοῦ Φ, τότε αἱ ἀκτῖνες ἐξέρχονται παράλληλοι καὶ ἑστία δὲν σχηματίζεται ἢ *μᾶλλον λέγομεν ὅτι σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον*.

2ον) Κατ' *ἔμφασιν*. Ἔστω νῦν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Λ κείμενον μεταξὺ τῆς κυρίας ἑστίας Φ καὶ τοῦ φακοῦ (Σχ. 213). Εἶνε



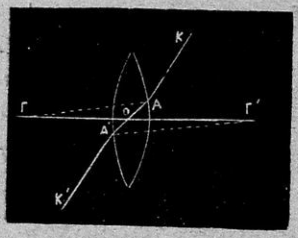
Σχ. 213.—Ἑστίαι κατ' ἔμφασιν.

φανερὸν ὅτι αἱ ἐξ αὐτοῦ ἀκτῖνες ΛΙ καὶ ΛΝ θὰ ἐξέλθωσι μετὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν διάθλασιν ἀποκλίνουσαι καὶ δὲν θὰ συναντήσωσι τὸν κύριον ἄξονα· ἀλλ' αἱ προεκβολαὶ αὐτῶν ΚΗλ καὶ ΜΖλ συναντῶσιν αὐτὸν εἰς τὸ σημεῖον λ, ὅπερ εἶνε *ἡ κατ' ἔμφασιν ἑστία* τοῦ Λ, κεῖται δὲ πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος πρὸς ὃ καὶ τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Ὅσῳ μᾶλλον τὸ Λ πλησιάζει πρὸς τὸν φακὸν τόσῳ καὶ τὸ λ πλησιάζει ἐπίσης.

245. **Ὀπτικὸν κέντρον, δευτερεύοντες ἄξονες.** Εἰς πάντα φακὸν ὑπάρχει σημεῖόν τι Ο ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κείμενον (Σχ. 214), διὰ τοῦ ὁποίου πᾶσα ἀκτὶς διερχομένη δὲν ὑφίσταται γωνιώδη ἐκτροπὴν ἀλλὰ μόνον παράλληλον ἑαυτῇ ἐκτόπισιν καὶ ἑπομένως ἡ ἐξιοῦσα ἀκτὶς εἶνε παράλληλος τῇ προσπιπτούσῃ. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται *ὀπτικὸν κέντρον*, ἀποδεικνύεται δὲ ἡ ὕπαρξις αὐτοῦ καὶ γεωμετρικῶς καὶ πειραματικῶς.



Σχ. 214.—Ὀπτικὸν κέντρον,

Ἂς φέρωμεν δύο παραλλήλους ἀκτῖνας καμπυλότητος τὴν ΓΑ καὶ τὴν Γ'Α' (Σχ. 214). Ἐπειδὴ τὰ κατὰ τὰς θέσεις Α καὶ Α' ἐπίπεδα στοιχεῖα τῆς ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ εἶνε παράλληλα, ὡς κάθετα ἐπὶ παραλλήλων εὐθειῶν, δυνάμεθα νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι πᾶσα ἀκτὶς ΚΑ διερχομένη διὰ τοῦ φακοῦ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΑ' ὁδεύει διὰ πλακὸς ἐχούσης παραλλήλους ἕδρας· κατὰ συνέπειαν ἡ ἀκτὶς αὕτη ἐξέρχεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Α'Κ' παράλληλον τῇ ΑΚ (238). Τὸ σημεῖον Ο, εἰς ὃ ἡ εὐθεῖα ΑΑ' τέμνει τὸν ἄξονα, εἶνε τὸ ὀπτικὸν κέντρον, εἶνε δὲ τὸ αὐτὸ πάντοτε οἱαδήποτε καὶ ἂν ὦσι τὰ στοιχεῖα Α καὶ Α'. Διότι ἐὰν μέν, ὅπερ καὶ τὸ σύνηθες, αἱ ἀκτῖνες ΓΑ καὶ Γ'Α εἶνε ἴσαι, τὸ τρίγωνα ΓΟΑ καὶ Γ'ΟΑ εἶνε ἴσα (ὡς ἔχοντα μίαν πλευρὰν ἴσην καὶ τὰς προσκειμένας γωνίας ἴσας) καὶ ἑπομένως ΓΟ=Γ'Ο. Ἐὰν δ' αἱ ἀκτῖνες εἶνε ἄνισοι, τὰ τρίγωνα εἶνε ὅμοια ὡς ἰσογώνια καὶ ἔχομεν τὴν σχέσιν $\frac{ΓΑ}{Γ'Α'} = \frac{ΓΟ}{Γ'Ο}$.

Ἐπειδὴ δὲ ὁ λόγος $\frac{ΓΑ}{Γ'Α'}$ τῶν ἀκτίνων εἶνε σταθερός, οἱαδήποτε καὶ ἂν ὦσι τὰ παράλληλα στοιχεῖα Α καὶ Α', καὶ ὁ λόγος $\frac{ΓΟ}{Γ'Ο}$ εἶνε σταθερός, τοῦθ' ὅπερ

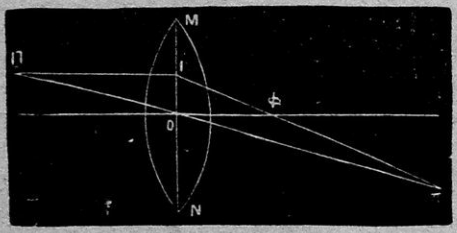
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ εἶνε ἡ θέσις τοῦ Ο ἀμετάβλητος καὶ ἀνεξάρτητος τῆς λαμβανομένης ἀκτῖνος.

Οὕτω προσδιορίζεται διὰ τῆς κατασκευῆς ἡ θέσις τοῦ Ο οὐ μόνον ἐν τοῖς ἀμφικύρτοις ἀλλὰ καὶ ἐν τοῖς ἀμφικοίλοις καὶ κοιλυκύρτοις φακοῖς. Εἰς δὲ τοὺς ἔχοντας μίαν ἐπιφάνειαν ἐπίπεδον τὸ σημεῖον τοῦτο κεῖται ἐκεῖ ἔνθα τέμνει ὁ ἄξων τὴν καμπύλην ἐπιφάνειαν.

Δευτερεύοντες ἄξονες, συζυγεῖς ἑστίαι τῶν ἐπ' αὐτῶν κειμένων σημείων. Πᾶσα εὐθεῖα Ποπ (Σχ. 215) διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου καὶ μὴ συμπίπτουσα μετὰ τοῦ κυρίου ἄξονος καλεῖται *δευτερεύων ἄξων*. Συμφώνως πρὸς τὴν ἰδιότητα τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου πᾶσα ἀκτὶς προσπίπτουσα κατὰ τὴν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος ἐξέρχεται ἔχουσα τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν· διότι, ὅταν τὸ πάχος τοῦ φακοῦ εἶνε πολὺ σμικρόν, δυνάμεθα νὰ παραβλέψωμεν τὴν μικρὰν παράλληλον ἐκτόπισιν, ἣν πάσχει ἡ ἀκτὶς ἐξερχομένη.

Ἐπίσης, ἐνόσῳ οἱ δευτερεύοντες ἄξονες ἀποτελοῦσι μετὰ τοῦ κυρίου μικρὰς γωνίας, δυνάμεθα νὰ ἐφαρμόσωμεν καὶ εἰς αὐτοὺς πᾶν ὅ,τι εἴπομεν ἤδη διὰ τὸν κύριον ἄξονα. Συνεπῶς αἱ ἐκ τοῦ σημείου Π, ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος Ποπ κειμένου (Σχ. 215), ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες συνέρχονται μετὰ τὴν διὰ τοῦ φακοῦ διάθλασιν εἰς τὸ σημεῖον π τοῦ αὐτοῦ ἄξονος καὶ σχηματίζουσι τὴν *συζυγῆ ἑστίαν* τοῦ Π. Τἀνάπαλιν δέ,



Σχ. 215.—**Συζυγεῖς ἑστίαι ἐπὶ δευτερευόντων ἀξόνων**

ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον κεῖται ἐν τῇ θέσει π, θὰ σχηματίσῃ τὴν συζυγῆ αὐτοῦ ἑστίαν εἰς θέσιν Π. Θὰ εἶνε δ' αὐταὶ *καθ'*

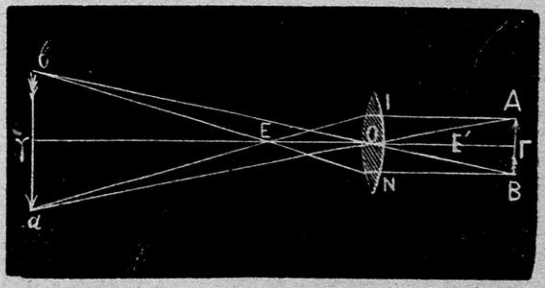
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑπόστασιν, ἐνόσῳ ἡ ἀπόστασις τοῦ σημείου ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶνε μείζων τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως. Τὰ δὲ σημεῖα τὰ ἐπὶ δευτερεύοντος μὲν ἄξονος ἀλλ' ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως κείμενα σχηματίζουσιν *ἑστίας κατ' ἔμφασιν*.

Δι' ἁπλουστάτης δὲ γεωμετρικῆς κατασκευῆς δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὴν συζυγῆ ἑστίαν τοῦ σημείου Π (Σχ. 215). Πρὸς τοῦτο πρέπει νὰ εὕρωμεν τὸ σημεῖον τῆς συναντήσεως δύο ἀκτίνων ἐκ τοῦ σημείου ἐκπεμπομένων· ὡς τοιαύτας δ' ἐκλέγομεν τὸν κυριώδη ἄξονα Ποπ τοῦ σημείου καὶ τὴν παράλληλον τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀκτῖνα, ἥτις, ὡς γνωστόν, διέρχεται μετὰ τὴν διάθλασιν ἐκ τῆς κυρίας ἑστίας Φ· τὸ σημεῖον π ἔνθα ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς συναντᾷ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα εἶνε ἡ συζυγὴς ἑστία τοῦ Π.

Σχηματισμὸς εἰδώλων ἐν τοῖς ἀμφικύρτοις φακοῖς.

246. **Εἴδωλα καθ' ὑπόστασιν.** *Εἴδωλα καθ' ὑπόστασιν παρέχουσιν οἱ φακοὶ οὗτοι, ὅταν τὸ φωτεινὸν ἀντικείμενον κεῖται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ μείζονα τῆς ἑστιακῆς.* Ἔστω ΑΒ τὸ φωτοβόλον ἀντικείμενον κείμενον πέραν τῆς κυρίας ἑστίας Ε΄ (Σχ. 216). Ἐὰν φέρωμεν τοὺς δευτερεύον-



Σχ. 216.—Εἴδωλον καθ' ὑπόστασιν.

τας ἄξονας τῶν ἄκρων σημείων Α καὶ Β καὶ τὰς ἐξ αὐτῶν παραλλήλους τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀκτῖνας ΑΙ καὶ ΒΝ, εὑρίσκομεν

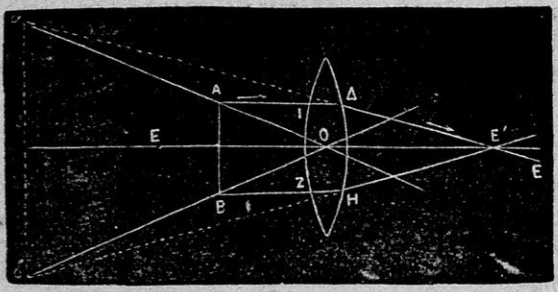
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς τὰς ἑστίας α καὶ β τῶν σημείων Α καὶ Β· τὰ διάμεσα σημεῖα μεταξὺ Α καὶ Β θὰ σχηματίσωσιν ἐπίσης τὰς συζυγεῖς αὐτῶν ἑστίας μεταξὺ τοῦ α καὶ β καὶ οὕτω σχηματίζεται τὸ εἴδωλον αβ πέραν τῆς κυρίας ἑστίας Ε, καθ' ὑπόστασιν καὶ ἀνεστραμμένον. Τἀνάπαλιν δ' ἂν τὸ φωτεινὸν σῶμα κεῖται ἐν τῇ θέσει αβ, τὸ εἴδωλον αὐτοῦ θὰ εἶνε τὸ Α Β, καθ' ὑπόστασιν καὶ πάλιν καὶ ἀνεστραμμένον.

Εὐκόλως δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος τὰ οὕτω σχηματιζόμενα εἴδωλα καὶ νὰ καταστήσωμεν αὐτὰ ὀφθαλμοφανῆ.

Ὅσῳ τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται τοῦ φακοῦ, τόσῳ τὸ εἴδωλον αὐτοῦ πλησιάζει πρὸς τὴν κυρίαν ἑστίαν καὶ ἂν τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς τὸ ἄπειρον, σχηματίζει σμικρότατον καὶ θερμότατον εἴδωλον ἐπὶ τῆς κυρίας ἑστίας. Καὶ ἀντιστρόφως, ἂν τὸ ἀντικείμενον τεθῇ ἐπὶ τῆς κυρίας ἑστίας, τὸ εἴδωλον αὐτοῦ σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον.

247. **Εἴδωλα κατ' ἔμφασιν.** *Εἴδωλα κατ' ἔμφασιν παρέχουσιν οἱ ἀμφίκυρτοι φακοί, ὅταν τὸ φωτοβόλον ἀντικείμενον κεῖται ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως.* Ἔστω ἡ φωτοβόλος εὐ-

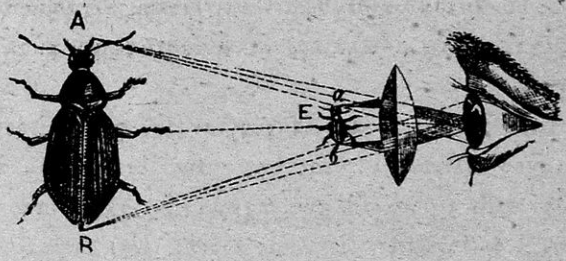


Σχ. 217.—Εἴδωλον κατ' ἔμφασιν.

θεῖα ΑΒ (Σχ. 217) ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως ΕΟ. Κατὰ τὰ προειρημένα, ἐὰν φέρωμεν τοὺς δευτερεύοντας ἄξονας ΟΑα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ οΒβ καὶ τὰς παραλλήλου τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀκτῖνας ΑΙ καὶ ΒΖ, αἱ ἀκτῖνες αὗται μετὰ τὴν διάθλασιν δὲν συναντῶσι τοὺς ἄξονας, ἀλλ' αἱ προεκβολαὶ αὐτῶν συναντῶσιν αὐτοὺς κατὰ τὰ σημεῖα α καὶ β καὶ σχηματίζεται οὕτω τὸ εἴδωλον αβ *κατ' ἔμφασιν, πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος ἔνθα καὶ τὸ ἀντικείμενον, ὀρθὸν καὶ μεγαλείτερον τοῦ πραγματικοῦ.* Ὅσῳ δὲ τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸν φακόν, τόσῳ καὶ τὸ εἴδωλον πλησιάζει καὶ σμικρύνεται καὶ τἀνάπαλιν.



Σχ. 218.—**Εἴδωλον κατ' ἔμφασιν.**

Οὕτω τὸ εἴδωλον κανθάρου αβ τεθειμένου πρὸ φακοῦ ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως βλέπει ὁ ὀφθαλμὸς ὁ δεχόμενος τὰς ἐξιούσας ἀκτῖνας κατὰ τὴν προεκβολὴν αὐτῶν εἰς τὴν θέσιν ΑΒ, ὀρθὸν καὶ μεγαλείτερον τοῦ πραγματικοῦ (Σχ. 218).

Προσδιορισμὸς τῆς θέσεως καὶ τοῦ μεγέθους τοῦ εἰδώλου. Ἐὰν καλέσωμεν π τὴν ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου, π' τὴν ἀπόστασιν τοῦ εἰδώλου καὶ φ τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν, Ι δὲ καὶ Ο τὰ μήκη τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου ἔχομεν καὶ ἐνταῦθα τοὺς τύπους

$$\frac{1}{\pi}+\frac{1}{\pi'}=\frac{1}{\varphi}\ (1)\ \text{καὶ}\ \frac{I}{O}=\frac{\pi'}{\pi}\ (2).$$

Διὰ τῶν τύπων τούτων εὑρίσκομεν τὴν θέσιν καὶ τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου γνωρίζοντες τὴν θέσιν τοῦ ἀντικειμένου καὶ τὸ μῆκος αὐτοῦ.

Ἔστω ἀντικείμενόν τι Α κείμενον εἰς ἀπόστασιν 60 ἑκατοστομέτρων ἔμπροσθεν φακοῦ ἔχοντος ἑστιακὴν ἀπόστασιν 20 ἑκατοστομ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ σχετικὸν μῆκος αὐτοῦ. Θὰ ἔχωμεν κατὰ τὸν τύπον (1).

$$\frac{1}{60}+\frac{1}{\pi'}=\frac{1}{20},\ \text{ἐξ οὗ}\ \frac{1}{\pi'}=\frac{1}{20}-\frac{1}{60}=\frac{1}{30},$$

καὶ π' = 30 ἑκατοστόμετρα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἤτοι τὸ εἴδωλον θὰ εἶνε καθ' ὑπόστασιν καὶ εἰς ἀπόστασιν 30 ἑκατοστομ. ἐκεῖθεν τοῦ φακοῦ.

Τὸ δὲ μῆκος αὐτοῦ κατὰ τὸν τύπον (2) εἶνε

$$\frac{I}{O} = \frac{\pi'}{\pi} = \frac{30}{60} = \frac{1}{2}.$$

Ἤτοι τὸ εἴδωλον θὰ ἔχῃ ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ μῆκος ἴσον πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ ἀντικειμένου.

Τὴν δὲ κατ' ἐπιφάνειαν ἔκτασιν εὑρίσκομεν ἐκ τοῦ τύπου $\frac{E'}{E} = \frac{\pi'^2}{\pi^2}$ (3).

Ἀντικαθιστῶντες δὲ εὑρίσκομεν διὰ τὴν προκειμένην περίπτωσιν

$$\frac{E'}{E} = \frac{1^2}{2^2} = \frac{1}{4}.$$

Ἤτοι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ εἰδώλου θὰ εἶνε ἴση πρὸς τὸ $\frac{1}{4}$ τῆς τοῦ ἀντικειμένου. Ὅταν δὲ εὑρίσκωμεν διὰ τὸ π' τιμὴν ἀρνητικήν, τότε τὸ εἴδωλον εἶνε κατ' ἔμφασιν. Ὡς πρὸς δὲ τὰ λοιπὰ γίνονται οἱ αὐτοὶ ὑπολογισμοί.

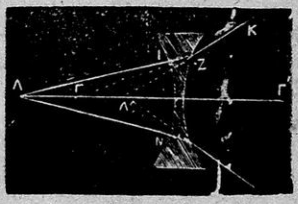
Σχηματισμὸς εἰδώλων ἐν τοῖς ἀμφικοίλοις φακοῖς.

248. **Εἴδωλα κατ' ἔμφασιν.** Ἐν τοῖς ἀμφικοίλοις φακοῖς *μόνον κατ' ἔμφασιν ἐστίαι καὶ εἴδωλα σχηματίζονται, εἰς οἱανδήποτε ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ ἂν τεθῇ τὸ φωτοβόλον ἀντικείμενον.* Ἔστω ἐν πρώτοις τὸ φωτοβόλον σημεῖον Λ ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κείμενον (Σχ. 219). Αἱ ἐξ αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ φακοῦ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες ΛΙ καὶ ΛΝ ἐξέρχονται μετὰ τὴν διάθλασιν ἀποκλίνουσαι, διὸ μόνον αἱ προεκβολαὶ αὐτῶν ΖΛ' καὶ ΝΛ' συναντῶσι τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Λ', ὅπερ εἶνε *τὸ κατ' ἔμφασιν εἴδωλον τοῦ Λ.* Ἐὰν τὸ Λ πλησιάζῃ πρὸς τὸν φακόν, καὶ τὸ εἴδωλον αὐτοῦ Λ' πλησιάζει ἐπίσης.

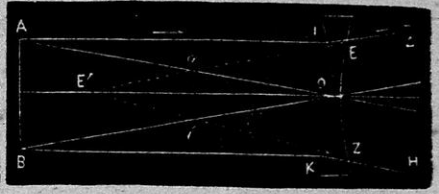
Ἔστω δεύτερον τὸ φωτεινὸν ἀντικείμενον ΑΒ πρὸ τοῦ ἀμφικοίλου φακοῦ (Σχ. 220). Ἐὰν φέρωμεν τοὺς δευτερεύοντας ἄξονας ΑΟ καὶ ΒΟ καὶ τὰς παραλλήλους τῷ κυρίῳ ἄξονι ἀκτῖνας ΑΙ καὶ ΒΚ, εὑρίσκομεν διὰ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς ὅτι αἱ μετὰ τὴν διάθλασιν ἐξιοῦσαι ἀκτῖνες ΕΔ καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΖΗ προεκβαλλόμεναι συναντῶσιν ἐντεῦθεν τοῦ φακοῦ τοὺς δευτερεύοντας ἄξονας κατὰ τὰ σημεῖα α καὶ β, ἔνθα σχηματίζουσι τὰ κατ' ἔμφασιν εἴδωλα αὐτῶν ἐπίσης δ' ἐν τῷ μεταξὺ καὶ τὰ εἴδωλα τῶν λοιπῶν σημείων. Οὕτω σχηματίζεται τὸ *αβ εἴδωλον κατ' ἔμφασιν, πάντοτε ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ*



Σχ. 219—Εἴδωλον σημείου κατ' ἔμφασιν.



Σχ. 220.—Εἴδωλον ἀντικειμένου κατ' ἔμφασιν.

πραγματικοῦ, κείμενον δὲ πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ ἔνθα καὶ τὸ ἀντικείμενον. Θὰ ἴδῃ δὲ τοῦτο εἰς τὴν θέσιν ταύτην ὁ τὰς ἐξιούσας ἀκτῖνας ΕΔ καὶ ΖΗ δεχόμενος ὀφθαλμός.

Ὅσῳ τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸν φακόν, τόσῳ καὶ τὸ εἴδωλον αὐτοῦ πλησιάζει καὶ μεγεθύνεται καὶ τἀνάπαλιν.

Σημ. Οἱ τύποι τῶν φακῶν εἶνε καὶ ἐνταῦθα οἱ αὐτοὶ μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἀλλάσσει τὸ σημεῖον τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως, ἤτοι ὁ πρῶτος τύπος γίνεται διὰ τοὺς ἀποκεντρωτικοὺς φακοὺς $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$.

Ἀσκήσεις.—1. Ἀντικείμενον τίθεται εἰς ἀπόστασιν 12 ἑκατοστομέτρων ἀπὸ φακοῦ συγκεντρωτικοῦ ἔχοντος ἑστιακὴν ἀπόστασιν 8 ἑκατοστομέτρων. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ εἴδωλον αὐτοῦ.

2. Ἀντικείμενον τίθεται εἰς τοιαύτην θέσιν ἔμπροσθεν συγκεντρωτικοῦ φακοῦ, ὥστε τὸ εἴδωλον αὐτοῦ νὰ εἶνε πραγματικὸν καὶ τετραπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου. Ποία εἶνε ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου;

3. Τὸ αὐτὸ πρόβλημα νὰ λυθῇ ὑποτιθεμένου τοῦ εἰδώλου κατ' ἔμφασιν.

4. Φακὸς συγκεντρωτικὸς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν 8 ἑκατοστομέτρων. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἔμπροσθεν τοῦ φακοῦ πρέπει νὰ τεθῇ φωτεινὸν σημεῖον, ἵνα ἔχῃ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ συζυγοῦς αὐτοῦ;

5. Ἀντικείμενον ἀπέχει ἀπό τινος πετάσματος 2 μέτρα καὶ ζητοῦμεν νὰ προβάλωμεν τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ τοῦ πετάσματος διὰ φακοῦ συγκεν-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τρωτικοῦ 40 ἑκατοστομ. ἑστιακῆς ἀποστάσεως. Νὰ ὁρισθῇ ἡ θέσις τοῦ φακοῦ.

6. Φακὸς ἀποκεντρωτικὸς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν 6 ἑκατοστομέτρων, ἀντικείμενόν τι δὲ τίθεται πρὸ αὐτοῦ εἰς ἀπόστασιν 12 ἑκατοστομέτρων. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ εἴδωλον.

7. Ἀντικείμενον τίθεται εἰς ἀπόστασιν 30 ἑκατοστομέτρων ἔμπροσθεν φακοῦ ἀποκεντρωτικοῦ ἔχοντος ἑστιακὴν ἀπόστασιν 20 ἑκατοστομέτρων. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ εἴδωλον αὐτοῦ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

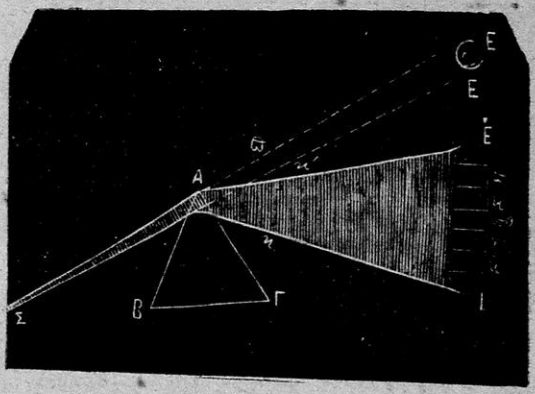
249. **Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός, ἡλιακὸν φάσμα.** Ὅταν τὸ φῶς τὸ διερχόμενον ἀπὸ ἑνὸς εἰς ἕτερον μέσον διαφανὲς εἶνε φῶς λευκόν, προερχόμενον εἴτε ἐκ τοῦ ἡλίου εἴτε ἔκ τινος στερεοῦ ἢ ὑγροῦ διαπύρου σώματος, τότε δὲν πάσχει μόνον *ἐκτροπὴν ἀπὸ τῆς εὐθυγράμμου πορείας*, ἀλλὰ συγχρόνως *ἀναλύεται εἰς πολλὰ εἴδη ἀκτίνων διαφοροτρόπως κεχρωματισμένων*. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀνακαλυφθὲν καὶ σπουδασθὲν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος εἶνε γνωστὸν ὑπὸ τὸ ὄνομα ἀνάλυσις ἢ διασκεδασμὸς τοῦ φωτός. Πρὸς κατάδειξιν δ' αὐτοῦ ἐκτελεῖται συνήθως τὸ ἑξῆς πείραμα.

Θεμελιώδες πείραμα. Ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου δεχόμεθα διὰ μικρᾶς ὀπῆς δέσμην ἡλιακῶν ἀκτίνων ΣΑ· ἡ δέσμη αὕτη προχωροῦσα εὐθυγράμμως σχηματίζει εἰς τὸ σημεῖον Ε *κυκλικὸν καὶ λευκὸν* εἴδωλον τοῦ Ἡλίου. Ἐὰν ὅμως παρεντεθῇ ὁριζοντίως τὸ πρίσμα ΑΒΓ (Σχ. 221), ἡ δέσμη ΣΑ διερχομένη δι' αὐτοῦ διαθλᾶται δὶς καὶ ἐκτρέπεται πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος, σχηματίζει δὲ εἰς τὸ ἀπέναντι πέτασμα τὸ εἴδωλον τοῦ ἡλίου οὐχὶ πλέον κυκλικὸν καὶ λευκόν, ἀλλ' *ἐπιμεμηκυσμένον* κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ *κεχρωματισμένον* μὲ τὰ ὡραῖα χρώματα τῆς ἴριδος. Διακρίνονται δὲ σαφῶς εἰς αὐτὸ τὰ ἑξῆς ἑπτὰ κύρια χρώματα κατὰ σειράν:

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐρυθρόν, χρυσοειδές ἢ πορτοκαλλιόχρουν, κίτρινον, πράσινον, γλαυκόν, κυανοῦν, ἰοειδές.

Τὰ χρώματα ταῦτα δὲν δεικνύουσι τὴν αὐτὴν ἐκτροπὴν οὔτε τὴν αὐτὴν κατέχουσιν ἔκτασιν ἐν τῷ φάσματι. Τὴν μι-



Σχ. 221.—Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

γίστην ἐκτροπὴν δεικνύει τὸ ἰοειδές, τὴν δ' ἐλαχίστην τὸ ἐρυθρόν· τὴν μεγίστην ἔκτασιν κατέχει τὸ ἰοειδές, τὴν δ' ἐλαχίστην τὸ χρυσοειδές.

Ἡ ἑπτάχρους αὕτη ταινία ἐκλήθη ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος ἡλιακὸν φάσμα.

Τὸ μῆκος τοῦ φάσματος ἐξαρτᾶται *ἐκ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας* τοῦ πρίσματος καὶ ἐκ τῆς *ὕλης*, ἐξ ἧς τοῦτο συνίσταται. Πρίσματα τῆς αὐτῆς ὕλης παρέχουσι τοσούτῳ ἐπιμηκέστερα φάσματα, ὅσῳ μείζων ἡ διαθλαστικὴ αὐτῶν γωνία. Τὰ δὲ τῆς αὐτῆς γωνίας ἀλλὰ *διαφόρου ὕλης* πρίσματα παράγουσι διάφορον διασκεδασμὸν εἰς τὸ φῶς καὶ συνεπῶς παρέχουσι φάσματα διαφόρου μήκους. Ἡ γωνία, ἣν σχηματίζουσιν αἱ ἀπώταται ἀκτῖνες τοῦ φάσματος, ἤτοι αἱ ἐρυθραὶ μετὰ τῶν ἰοειδῶν, καλεῖται *γωνία διασκεδασμοῦ*. Ὅσῳ μείζων ἡ γωνία διασκεδασμοῦ καὶ συνεπῶς τὸ μῆκος φάσματός τινος, τόσῳ

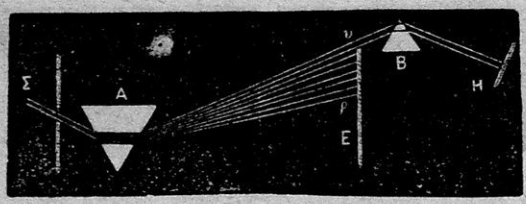
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μᾶλλον *διασκεδαστικὴ* εἶνε ἡ οὐσία τοῦ παράγοντος αὐτὸ πρίσματος.

Σημ. Τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐπιτυγχάνεται λίαν εὐκρινές, ὅταν ἡ φωτεινὴ δέσμη διέρχηται διὰ σχισμῆς παραλλήλου τῇ κόψει τοῦ πρίσματος, τεθειμένου τούτου πολὺ πλησίον τῆς σχισμῆς τοῦ δὲ πετάσματος εὑρισκομένου εἰς ἀπόστασιν 5 ἢ 6 μέτρων.

250. **Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶνε ἁπλᾶ καὶ ἀνίσως διαθλαστά.** Ὁ Νεύτων πρῶτος ἐκτελέσας τὸ ἀνωτέρω πείραμα (1666) ἐξήγησε τὸ φαινόμενον παραδεχθεὶς ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶνε ἁπλοῦν ἀλλὰ σύνθετον ἐκ πολλῶν ἁπλῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διαφόρου χρωματισμοῦ· αὐταὶ ἔχουσι διάφορον δείκτην διαθλάσεως καὶ διὰ τοῦτο κατὰ τὴν διὰ τοῦ πρίσματος διάβασιν αἱ μὲν ἐκτρέπονται περισσότερον αἱ δ' ὀλιγώτερον καὶ ἐπέρχεται οὕτως ὁ ἀποχωρισμὸς αὐτῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς πολυχρώμου ἐπιμήκους φάσματος.

Ὅπως ἀποδειχθῇ τὸ ἀληθὲς τῆς τοιαύτης τοῦ Νεύτωνος ὑποθέσεως, πρέπει νὰ δειχθῇ πειραματικῶς ὅτι *τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος εἶνε ἁπλᾶ, ὅτι εἶνε ἀνίσως διαθλαστὰ καὶ ὅτι συντιθέμενα τὰ ἑπτὰ ἀποτελοῦσι πάλιν τὸ λευκὸν φῶς.*



Σχ. 222.—Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶνε ἁπλᾶ

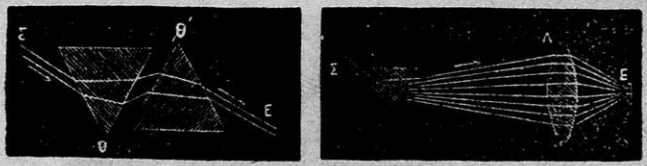
Καὶ ὄντως τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι ἐὰν διὰ τοῦ πρίσματος διέλθωσιν ἀκτῖνες μονόχροοι, οἱονεὶ ἰοειδεῖς, ἐρυθραὶ κλπ., ἐξέρχονται μετὰ τὴν διάθλασιν ἔχουσαι τὸ αὐτὸ ὅπερ καὶ πρότερον χρῶμα. Πρὸς τοῦτο, ἀφοῦ παραγάγωμεν ἐπὶ τοῦ πετάσματος Ε τὸ εἴδωλον (Σχ. 222), ἀνοίγομεν μικρὰν ὀπὴν κατὰ τὴν θέσιν υ ὥστε ἀκτῖνές τινες ἰόχροοι νὰ προσπέσωσιν ἐπὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δευτέρου πρίσματος Β θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὐταὶ ἐξέρχονται μετὰ τὴν διάθλασιν ἐκ τοῦ πρίσματος Β πάλιν ἰόχροι. Τὸ αὐτὸ θὰ συμβῇ, ἐὰν πειραθῶμεν καὶ διὰ τῶν λοιπῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος.

Ὅτι δὲ εἶνε ἀνίτως διαθλαστά, τοῦτο δεικνύει αὐτὴ ἡ ἐπιμήκης μορφὴ τοῦ φάσματος. Εἶνε φανερὸν ὅτι ἡ ἰόχρους ἀκτὶς ἡ μᾶλλον πρὸς τὴν βάσιν ἐκτρεπομένη (Σχ. 221) εἶνε ἡ μᾶλλον διαθλαστή, ὀλιγώτερον δὲ βαθμηδὸν αἱ λοιπαὶ καὶ ἐλάχιστα πασῶν ἡ ἐρυθρά. Δύναται νὰ δειχθῇ τοῦτο καὶ διὰ τοῦ ἑξῆς ἁπλουστάτου πειράματος. Ἐπὶ μέλανος χαρτονίου ἐπικολλῶμεν ἐπὶ τῆς αὐτῆς ὁριζοντίας εὐθείας δύο στενὰς ταινίας, τὴν μὲν ἐρυθρὰν τὴν δὲ ἰόχρουν καὶ παρατηροῦμεν αὐτὰς διὰ πρίσματος· θὰ ἴδωμεν ὅτι ἀμφότεραι ἐκτρέπονται ἀνίσως, διότι δὲν φαίνονται πλέον ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας, ἀλλ' ἡ μὲν ἰόχρους ὑψηλότερον, ὡς μᾶλλον διαθλαστή, ἡ δ' ἐρυθρὰ χαμηλότερον, ὡς ἧττον διαθλαστή.

251. **Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.** Διὰ πολλῶν πειραμάτων δυνάμεθα νὰ καταδειξωμεν ἐπίσης ὅτι τὰ



(I) (II)

Σχ. 223.—Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

ἑπτὰ χρώματα συντιθέμενα ἀναπαράγουσι τὸ λευκὸν φῶς. Πρὸς τοῦτο λαμβάνομεν δύο πρίσματα (Σχ. 223, I) ἐκ τῆς αὐτῆς ὕλης καὶ ἔχοντα ἴσας διαθλαστικὰς γωνίας Θ′ καὶ Θ καὶ τοποθετοῦμεν αὐτὰ οὕτως, ὥστε αἱ ἕδραι νὰ εἶναι παράλληλοι ἀλλ' αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι ἀντιθέτως. Εἶνε φανερὸν ὅτι τὸ δεύτερον πρίσμα Θ′ παράγει εἰς πᾶσαν ἀκτῖνα ἐκ τοῦ Θ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξερχομένην ἔκτροπὴν ἴσην ἀλλ' ἀντίθετον καὶ συνεπῶς αἱ ἀκτῖνες κατὰ τὴν ἐξ αὐτοῦ ἔξοδον συντίθενται πάλιν εἰς δέσμην παράλληλον· παρατηροῦμεν δὲ τότε ὅτι ἡ δέσμη αὕτη παρέχει εἰκόνα οἵαν καὶ τὸ λευκὸν φῶς.

Δυνάμεθα καὶ ἄλλως νὰ δεχθῶμεν τὸ φάσμα ἐπὶ ἀμφικύρτου φακοῦ Λ (Σχ. 223 II) καὶ νὰ θέσωμεν εἰς τὴν ἑστίαν αὐτοῦ λευκὸν διάφραγμα· θὰ ἴδωμεν σχηματιζόμενον ἐπ' αὐτοῦ λευκὸν εἴδωλον.

Καὶ διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Νεύτωνος (Σχ. 224) εἰς τὸ αὐτὸ καταλήγομεν ἀποτέλεσμα. Εἶνε δὲ οὗτος δίσκος ἐκ χαρτονίου 30 περίπου ἑκατοστ. διαμέτρου, φέρων ἐπικεκολλημένας ταινίας κεχρωσμένας ὅπως τὰ ἑπτὰ χρώματα τοῦ φάσματος. Εἶνε δὲ τεθειμέναι αἱ ταινίαι κατὰ τὴν αὐτὴν τάξιν καὶ καταλαμβάνουσιν ἑκάστη τὴν αὐτὴν ἔκτασιν, ἣν καὶ ἐν τῷ ἡλιακῷ φάσματι, καὶ ἀποτελοῦσι 5 διαδοχικὰ φάσματα. Ἠρεμοῦντος τοῦ δίσκου ὁ ὀφθαλμὸς διακρίνει ἑκάστην ταινίαν μὲ τὸ χρῶμα αὐτῆς, ἐὰν ὅμως δοθῇ εἰς τὸν δίσκον ταχεῖα περιστροφικὴ κίνησις, ὁ ὀφθαλμὸς δέχεται τὴν ἐντύπωσιν ἐξ ὅλων συγχρόνως καὶ βλέπει τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ δίσκου λευκήν, ἢ φαιόλευκον, ἐὰν τὰ ἐπ' αὐτοῦ χρώματα δὲν εἶνε ἀκριβὴς ἀπομίμησις τῶν τοῦ φάσματος.

Σχ. 224.—Δίσκος τοῦ Νεύτωνος.

Οὕτως ἀποδεικνύεται καταφανέστατα:

1ον *Ὅτι τὸ λευκὸν φῶς δὲν εἶνε μονόχρουν ἀλλὰ σύνθετον ἐξ ἑπτὰ χρωμάτων ἁπλῶν καὶ ἀνίσως διαθλωστῶν.*

2ον *Ὅτι ἕνεκα τῆς ἀνίσου διαθλαστότητος αὐτῶν τὰ χρώματα ταῦτα ἐκτρέπονται ἀνίσως καὶ ἀποχωρίζονται διερχόμενα διὰ πρίσματος.*

252. **Θεωρία τῶν χρωμάτων κατὰ τὸν Νεύτωνα.** Κατὰ τὸν Νεύτωνα τὸ ἐπὶ τῶν σωμάτων προσπίπτον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λευκὸν φῶς ἀναλύεται ἐπίσης ἀνακλώμενον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῶν καὶ τινὲς μὲν τῶν ἀκτίνων ἀπορροφῶνται ὑπὸ τοῦ σώματος αἱ δὲ λοιπαὶ διασκορπίζονται. Οὕτω δὲ τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν χρωμάτων, ἅτινα ἐκπέμπουσι· καὶ τὰ μὲν σώματα τὰ ἐκπέμποντα πάντα τὰ χρώματα κατα τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν, ἣν ἔχουσι καὶ ἐν τῷ φάσματι, φαίνονται *λευκά*, τὰ δὲ ἀπορροφῶντα πάντα τὰ χρώματα φαίνονται *μέλαν*α. Μεταξὺ δὲ τῶν δύο τούτων ἐσχάτων ὁρίων ὑπάρχει ἀπειρία χρωματισμῶν, καθ' ὅσον τὰ σώματα ἀνακλῶσι μᾶλλον ἢ ἧττον διάφορα ἁπλᾶ χρώματα, ἀπορροφῶσι δὲ τὰ λοιπά.

Κατὰ ταῦτα τὸ χρωμα τῶν σωμάτων δὲν εἶνέ τι ἰδιάζον αὐτοῖς, ἀλλὰ προέρχεται ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ φωτός, ὅπερ ἀνακλῶσι. Ἡ ὑπόθεσις αὕτη ἐνισχύεται καὶ ἐκ τοῦ ὅτι τὸ αὐτὸ σῶμα ἐν σκοτεινῷ θαλάμῳ φωτιζόμενον διαδοχικῶς δι' ἑνὸς ἑκάστου τῶν ἁπλῶν χρωμάτων φαίνεται ἐρυθρόν, πράσινον, κίτρινον . . . . κλπ. ἀναλόγως τοῦ εἴδους τοῦ φωτός, ὅπερ δέχεται καὶ ἐκπέμπει πρὸς τὰ πέριξ.

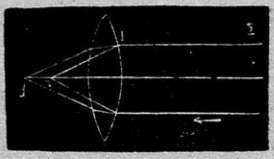
Καὶ τὰ διαφανῆ σώματα ἐπίσης φαίνονται *ἄχροα ἢ διαφοροτρόπως κεχρωματισμένα*, καθ' ὅσον ἐπιτρέπουσιν ἐλευθέραν τὴν δίοδον εἰς πάντα τὰ χρώματα κατὰ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν, ἢ τινὰ μὲν ἀπορροφῶσι πλειότερον ἄλλα δὲ ὀλιγώτερον· ἡ ἐρυθρὰ ὕελος π. χ διαπερᾶται εὐκόλως ὑπὸ τῶν ἐρυθρῶν ἀκτίνων, ἀπορροφᾷ δὲ περισσότερον πάντα τὰ λοιπὰ χρώματα τοῦ φάσματος.

253. **Συμπληρωματικὰ χρώματα.** Καλοῦνται συμπληρωματικὰ χρώματα ἐκεῖνα, ἅτινα ἑνούμενα ἀποτελοῦσι τὸ λευκὸν φῶς. Τὸ πράσινον εἶνε συμπληρωματικὸν τοῦ ἐρυθροῦ, τὸ κυανοῦν τοῦ χρυσοειδοῦς, τὸ ἰοειδὲς τοῦ κιτρίνου. Πᾶν χρῶμα ἔχει τὸ συμπληρωματικὸν αὐτοῦ· διότι, ἀφοῦ τὸ χρῶμα τοῦτο δὲν εἶνε λευκόν, ἐλλείπουσι βεβαίως ἐξ αὐτοῦ ἓν ἢ πλείονα τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, ὅπως ἀποτελεσθῇ τὸ λευ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κὸν φῶς. Τὸ ἐλλεῖπον λοιπὸν ἓν χρῶμα ἢ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐλλειπόντων τοιούτων δίδει χρωμά τι ἁπλοῦν ἢ σύνθετον συμπληρωματικὸν τοῦ πρώτου. Ὥστε τὰ συμπληρωματικὰ χρώματα δύνανται νὰ εἶνε καθ' ἑαυτὰ ἁπλᾶ ἢ σύνθετα.

254. **Παρεκτροπὴ ἢ ἀφεστίασις ἐκ διασκεδασμοῦ**. Οἱ φακοὶ διαθλῶντες τὸ φῶς ὅπως καὶ τὰ πρίσματα πρέπει καὶ ν' ἀποσυνθέτωσιν αὐτό. Ὅταν ἡ λευκὴ δέσμη ΣΙ π. χ. (Σχ. 225) προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ φακοῦ, κατὰ τὴν διάθλασιν αἱ μὲν ἐν αὐτῇ ἰσχυροὶ ἀκτῖνες, ὡς μᾶλλον διαθλασταί, θὰ ἐκτραπῶσι περισσότερον καὶ θὰ συνέλθωσιν εἰς τὸ σημεῖον ι, ἐνῷ αἱ ἧττον διαθλασταὶ ἐρυθραὶ θὰ συνέλθωσιν ἀπώτερον εἰς τὸ σημεῖον Ρ· ἐν τῷ μεταξὺ δὲ τοῦ ι καὶ Ρ θὰ σχηματισθῶσιν αἱ ἕστίαι τῶν λοιπῶν ἁπλῶν χρωμάτων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται παρεκτροπὴ τοῦ φωτὸς ἐκ διασκεδασμοῦ, εἶνε δ' ἐπὶ τοσοῦτον ἐπαισθητότερον ὅσῳ συγκεντρωτικώτερος εἶνε ὁ φακὸς καὶ αἱ προσπίτουσαι ἀκτῖνες μᾶλλον ἀπομεμακρυσμέναι τοῦ κυρίου ἄξονος.



Σχ. 225.—**Ἀφεστίασις ἐκ διασκεδασμοῦ.**

Τοῦτο παραβλάπτει τὴν καθαρότητα τῶν εἰδώλων, διότι παράγει εἰς αὐτὰ χρωματισμόν τινα κατὰ τὰ πέρατα. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον καὶ τὰ διὰ πρίσματος ὁρώμενα σώματα φαίνοντα κεχρωματισμένα κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν τὰ παράλληλα πρὸς τὰς κόψεις τοῦ πρίσματος· συμβαίνει καὶ εἰς τὴν μίαν καὶ εἰς τὴν ἑτέραν περίπτωσιν ὁ λεγόμενος ἰριδισμός. Συνενοῦντες ὅμως καταλλήλως πρίσματα διάφορον ἔχοντα διαθλαστικὴν γωνίαν καὶ ἐξ οὐσιῶν ἀνίσως διαθλαστικῶν κατεσκευασμένα κατορθοῦσι νὰ ἄρωσιν αἰσθητῶς τὸν οὕτως ἐκ διασκεδασμοῦ παραγόμενον ἰριδισμόν. Τὸ αὐτὸ κατορθοῦσι καὶ διὰ συνδυασμοῦ φακῶν διαφόρου οὐσίας καὶ διαφόρου κυρτότητος. Τὰ συστήματα τῶν τοιούτων πρισμάτων ἢ φακῶν καλοῦνται ἀχρωστικά.

Ὁ φυσικὸς Ἄγγλος Hall (1733) κατεσκεύασε πρῶτος τηλεσκόπιον ἀχρωματικόν, ἀλλὰ δὲν ἐδημοσίευσε τὴν ἀνακάλυψιν αὐτοῦ. Κατόπιν ὁ Dollond, ὀπτικὸς ἐν Λονδίνῳ κατέδειξε τῷ 1757 ὅτι διὰ τῆς ἐπιθέσεως δύο φακῶν, ἑνὸς ἀμφικύρτου ἐκ στεφανυέλου καὶ ἑτέρου κοιλοκύρτου ἐκ κρυστάλλου (flint) ἐπιτυγχάνεται σύστημα φακῶν αἰσθητῶς ἀχρωστικῶν.

Ἰδιότητες τοῦ φάσματος—Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.

255. **Σύστασις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.** Ὁ Νεύτων δὲν ἐγνώριζε παρὰ τὸ φωτεινὸν καὶ κεχρωματισμένον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦτο μέρος τοῦ φάσματος. Βραδύτερον ὅμως καὶ μάλιστα περὶ τὰ τέλη τοῦ παρελθόντος καὶ ἀπὸ τῶν ἀρχῶν τοῦ παρόντος αἰῶνος λεπτομερέστεραι ἔρευναι διαφόρων ἐπιστημόνων κατέδειξαν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐκτὸς τοῦ ἐπταχρόου φωτεινοῦ μέρους ἐπεκτείνεται καὶ ἔνθεν τοῦ ἐρυθροῦ καὶ πέραν τοῦ ἰοειδοῦς· συνίσταται λοιπὸν ἐκ τριῶν μερῶν, ἕκαστον τῶν ὁποίων κέκτηται ἰδίας ἰδιότητας: 1ον Ἐκ τοῦ φωτεινοῦ φάσματος, οὗτινος αἱ ἀκτῖνες δύνανται νὰ ἐρεθίζωσι τὸ ἡμέτερον ὀπτικὸν νεῦρον καὶ νὰ παράγωσι τὸ αἴσθημα τῆς ὁράσεως· εἶνε τὸ κυρίως λεγόμενον φάσμα τὸ ἐκ τῶν ἑπτὰ χρωμάτων ἀποτελούμενον· ἡ μεγίστη φωτιστικὴ δύναμις αὐτοῦ ὑπάρχει ἐν τῷ ὠχρῷ, ἡ ἐλαχίστη δ' ἐν τῷ ἰοειδεῖ. 2ον Ἐκ τοῦ θερμαντικοῦ φάσματος, ὅπερ ἐκτείνεται ἐντεῦθεν τοῦ ἐρυθροῦ· αἱ ἐκ τούτου ἀκτῖνες εἶνε ἀκατάλληλοι νὰ διεγείρωσιν εἰς τὸν ἡμέτερον ὀφθαλμὸν τὸ αἴσθημα τῆς ὁράσεως, διὸ καὶ δὲν εἶνε τοῦτο ὁρατόν, καταδεικνύεται ὅμως ἡ παρουσία αὐτοῦ διὰ τοῦ θερμοσκοπίου. 3ον Ἐκ τοῦ χημικοῦ φάσματος, ὅπερ ἐκτεινόμενον πέραν τοῦ ἰοειδοῦς εἶνε ἐπίσης ἀόρατον εἰς ἡμᾶς καὶ ἔχει ἐλαχίστην θερμαντικὴν δύναμιν ἀλλὰ κέκτηται μεγάλην χημικὴν ἐνέργειαν πρὸς παραγωγὴν χημικῶν φαινομένων. Ὁ Scheele πρῶτος τῷ 1779 εἶχε παρατηρήσει ὅτι ὁ χλωριοῦχος ἄργυρος εἰς τὸ φῶς γίνεται ἰόχρους καὶ ὅτι τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν τῶν ἰοειδῶν ἀκτίνων· κατόπιν δὲ ὁ Wollaston εὗρεν ὅτι καὶ πέραν τοῦ ἰοχρόου παράγεται τὸ χημικὸν τοῦτο φαινόμενον καὶ μάλιστα μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως.

256. **Ραβδώσεις τοῦ φάσματος.** Τὸ διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ ὁρώμενον καὶ οὐχὶ πολὺ εὐκρινὲς ἡλιακὸν φάσμα φαίνεται ὡς τις *ἑπτάχρους ταινία συνεχής*. Ὅταν ὅμως τοῦτο σχηματίζηται λίαν εὐκρινὲς καὶ ἰδίως ὅταν παρατηρῆται διὰ διόπτρας, διακρίνονται γραμμαί τινες *σκοτειναὶ* ἐν τῷ μέσῳ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ μεταξὺ τῶν διαφόρων χρωμάτων, αἵτινες διήκουσι καθέτως πρὸς τὸ μῆκος τοῦ φάσματος· αὗται ἐκλήθησαν ραβδώσεις τοῦ φάσματος. Ὁ Fraünhofer (1815) εἶχε παρατηρήσει περὶ τὰς 400 τοιαύτας, ὧν ὀκτὼ κυριωτέρας ἐσημείωσε διὰ τῶν γραμμάτων A, B, C, D, E, F, G, H. Τούτων ἡ A καὶ B κεῖνται ἐν τῷ ἐρυθρῷ, ἡ C μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τοῦ χρυσοειδοῦς, ἡ D ἐν τῷ κιτρίνῳ, ἡ E ἐν τῷ πρασίνῳ, ἡ F ἐν τῷ γλαυκῷ, ἡ G ἐν τῷ κυανῷ καὶ ἡ H ἐν τῷ ἰώδει. Πᾶσαι δ' αὗται διατηροῦσιν ἐντελῶς ὡρισμένην καὶ ἀμετάβλητον θέσιν ἑκάστη ἐν τῷ ἡλιακῷ φάσματι, ὁπωσδήποτε καὶ ὁπουδήποτε καὶ ἂν παράγηται τοῦτο.

Μετά τινα χρόνον ἀνευρέθησαν καὶ ἄλλαι ραβδώσεις, σήμερον δὲ εἶνε γνωσταὶ ὑπὲρ τὰς 4000 τοιαῦται ἐν τῷ ἡλιακῷ φάσματι.

Ὁ Fraünhofer ἐξετάσας τὰ φάσματα τῶν πλανητῶν ὡς καί τινων ἀπλανῶν ἀστέρων ἀνεῦρεν ἐν τῷ τῶν πρώτων τὰς αὐτὰς περίπου ραβδώσεις, ἐνῷ τὸ τῶν ἀπλανῶν παρουσίαζε διαφοράς.

257. **Φάσματα τεχνητῶν φώτων.** Ὄχι μόνον τὸ ἡλιακὸν φῶς ἀλλὰ καὶ παντὸς διαπύρου σώματος καὶ πάσης φλογὸς αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες διαθλώμεναι διὰ τοῦ πρίσματος παρέχουσι φάσμα.

α). Τὰ στερεὰ ἢ ρευστὰ ἐν διαπύρῳ καταστάσει εὑρισκόμενα σώματα ἐκπέμπουσι φῶς λευκόν, ὅπερ σχηματίζει φάσμα ἐντελῶς συνεχὲς ἤτοι ἐστερημένον ραβδώσεων σκοτεινῶν. Π. χ. κύλινδρος διάπυρος ἐξ ἀσβέστου, φλὸξ λαμπάδος ὡς ἐνέχουσα στερεὰ διάπυρα μόρια ἄνθρακος).

β'). Αἱ δὲ ἔγχροοι φλόγες, ἐντὸς τῶν ὁποίων ἀναθυμιῶνται διάφορα σώματα, παρέχουσι φάσματα οὐσιωδῶς διαφέροντα τοῦ Ἡλιακοῦ. Ἐὰν ἐντὸς τῆς ἀχρόου φλογὸς τοῦ Bunsen καύσωμεν τεμάχιον μαγειρικοῦ ἅλατος, περιέχον ὡς γνωστὸν Νάτριον, ἡ φλὸξ χρωματίζεται κιτρίνη, αἱ δὲ ἐξ αὐτῆς ἀκτῖνες διερχόμεναι διὰ πρίσματος σχηματίζουσι φάσμα, ὅπερ εἶνε σχεδὸν σκοτεινόν, φέρει δὲ μόνον δύο λαμπρὰς κιτρίνας γραμμὰς εἰς τὴν θέσιν τοῦ κιτρίνου τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ἢ ἀκριβέστερον εἰς τὴν ράβδωσιν D. Πᾶσα φλόξ, ἐντὸς τῆς ὁποίας καίεται Λίθιον, χρωματίζεται ἐρυθρά, σχηματίζει δὲ φάσμα μὲ μίαν κιτρίνην καὶ ἑτέραν ζωηρῶς ἐρυθρὰν γραμμὴν εἰς τὴν θέσιν C περίπου τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Φλὸξ ἐνέχουσα Βάριον χρωματίζεται κιτρινοπρασίνη καὶ παρέχει φάσμα ἐκ δύο κυρίων πρασίνων γραμμῶν συνιστάμενον.

Καὶ αὐτῶν δὲ τῶν εἰς πολὺ ὑψηλὴν θερμοκρασίαν ἐξαερουμένων μετάλλων κατορθοῦσι διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος νὰ ἐξατμίζωσι μικρὰς ποσότητας καὶ νὰ ἐξετάζωσι διὰ τοῦ πρίσματος τὸ φάσμα αὐτῶν. Οὕτως εὑρέθησαν τὰ χαρακτηριστικὰ φάσματα τοῦ χαλκοῦ, σιδήρου, ἀργύρου, ψευδαργύρου, χρυσοῦ, λευκοχρύσου κλπ.

Ὅθεν ἐξάγεται ὅτι: πᾶς ἀτμὸς διάπυρος ἐκπέμπων ἀκτῖνας πρὸς πρίσματι σχηματίζει ἴδιον χαρακτηριστικὸν φάσμα ἐνέχον μίαν, δύο ἢ πλείονας κεχρωσμένας φωτεινὰς γραμμὰς εἰς ὡρισμένην θέσιν τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

γ'). Τῶν δ' ἀερίων τὰ φάσματα εὑρίσκουσιν ἐγκλείοντες αὐτὰ ἐντὸς σωλήνων καὶ διοχετεύοντες δι' αὐτῶν σειρὰν ἠλεκτρικῶν σπινθήρων. Οὕτω τὸ ὑδρογόνον δίδει μίαν ζωηρῶς ἐρυθρὰν γραμμὴν εἰς τὴν θέσιν C, μίαν κυανοπρασίνην καὶ τρίτην κυανῆν. Εὑρίσκεται οὕτω τὸ χαρακτηριστικὸν φάσμα ἑνὸς ἑκάστου ἀερίου.

δ'). Ὅταν δ' ἐν μιᾷ καὶ τῇ αὐτῇ θερμαντικῇ φωτοβόλῳ πηγῇ ἐξαερῶνται συγχρόνως πολλὰ σώματα, οἷον Κάλιον, Νάτριον, Χαλκός, Σίδηρος κλπ. τότε αἱ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες σχηματίζουσι φάσμα ἐνέχον τὰς χαρακτηριστικὰς γραμμὰς ὅλων τῶν ἄνω σωμάτων, ἑκάστην μὲ τὸ αὐτὸ χρῶμα καὶ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν κειμένην, ὡς ἐὰν περιεῖχετο μόνον ἓν μέταλλον ἐν τῇ πηγῇ.

258. **Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.** Ἀφοῦ οὕτως ἕκαστον στοιχεῖον, στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον, μέταλλον ἢ ἀμέταλλον, ἐπαρκῶς θερμαινόμενον παρέχει τὸ ἰδιάζον αὐτῷ χαρακτηριστικὸν φάσμα, πάντοτε τὸ αὐτὸ καὶ ἀμετάβλητον, ἐπόμενον ἦτο ἡ ἰδιότης αὕτη νὰ χρησιμοποιηθῇ εἰς τὴν ἐπιστήμην, ὅπως προβῇ εἰς τὴν ἀνίχνευσιν τῶν συστατικῶν τῶν διαφόρων σωμάτων. Οὕτω προέκυψεν εἰς φῶς ἡ **φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις**, τουτέστιν ἡ μέθοδος, διὰ τῆς ὁποίας ἐκ τοῦ ποιοῦ τῶν φασμάτων, τὰ ὁποῖα παράγει ἡ φλὸξ τοῦ Bunsen ὅταν καίωνται ἐν αὐτῇ τοιαῦται ἢ τοιαῦται οὐσίαι, εὑρίσκομεν τὰ συστατικὰ αὐτῶν. Ὅταν λ.χ. εἰσαχθῇ εἰς τὴν φλόγα οὐσία τις, ἧς τὰ συστατικὰ δὲν γνωρίζομεν, καὶ ἴδωμεν ὅτι σχηματίζεται φάσμα μὲ διπλῆν κιτρίνην γραμμὴν εἰς τὴν θέσιν D, συμπεραίνομεν ὅτι ἐξ ἅπαντος ἐν τῇ προκειμένῃ οὐσίᾳ περιέχεται Νάτριον. Τόσον δὲ ἀκριβὴς καὶ εὐαίσθητος εἶνε ἡ μέθοδος αὕτη, ὥστε δύναται ν' ἀνακαλύψῃ καὶ ἴχνη ἐλάχιστα (καὶ ἑκατομμυριοστὰ τοῦ γραμμαρίου) στοιχείων τινῶν περιεχομένων ἔν τινι οὐσίᾳ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἡ Χημεία δι' οὐδεμιᾶς ἄλλης μεθόδου εἶχεν ἐπιτύχει.

Πρῶτοι θεμελιωταὶ τῆς φασματοσκοπικῆς ἀναλύσεως ὑπῆρξαν οἱ ἐξ Heidel-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

berg καθηγηταὶ Kirchhoff καὶ Bunsen. Ἐνῷ δὲ μόλις ἀπὸ τριακονταετίας εἶνε ἐν χρήσει αὕτη, κατώρθωσε ν' ἀνακαλύψῃ οὐχὶ ὀλιγώτερα τῶν ἐννέα νέων μεταλλικῶν στοιχείων, ἅτινα μέχρι τοῦδε ἦσαν ἄγνωστα εἰς τὴν ἐπιστήμην. Ὁ Kirchhoff καὶ Bunsen εἶχον ἀνακαλύψει τὸ Καίσιον καὶ Ρουβίδιον, κατόπιν ἀνεκαλύφθη ὑπὸ τοῦ Crookes ἐν Ἀγγλίᾳ τὸ Θάλλιον, ἐσχάτως δὲ τὸ Ἴνδιον κλπ.

Ἀλλ' αἱ ὑπηρεσίαι αὐτῆς δὲν περιορίζονται μόνον εἰς τὴν Χημείαν· καὶ εἰς τὴν Γεωλογίαν, τὴν Ἰατρικήν, εἰς τὴν Βιομηχανίαν καὶ ἰδίᾳ εἰς τὴν Μεταλλουργίαν παρέσχε καὶ παρέχει σπουδαιοτάτας ὑπηρεσίας, ἡμέρᾳ τῇ ἡμέρᾳ δὲ νέαι ἐφαρμογαὶ αὐτῆς γίνονται εἰς ὅλους ἐν γένει τοὺς κλάδους τῶν φυσικῶν καὶ ἐφηρμοσμένων ἐπιστημῶν.

Ἐκτὸς τούτων ὅμως σπουδαιοτάτην εὗρε τὴν ἐφαρμογὴν καὶ τὴν ὄρασιν ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις καὶ ἐν τῇ Ἀστρονομίᾳ.

Διὰ τῆς ἐξετάσεως τῶν φασμάτων τοῦ Ἡλίου, τῶν πλανητῶν, τῶν κομητῶν καὶ πολλῶν ἀπλανῶν ἀστέρων προέκυψαν εἰς φῶς πλείστου λόγου ἄξια πορίσματα ὡς πρός τε τὴν φυσικὴν καὶ τὴν χημικὴν αὐτῶν σύστασιν.

Δι' ἀκριβεστάτων φασματοσκοπικῶν παρατηρήσεων κατεδείχθη λ. χ. ὅτι ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ τοῦ Ἡλίου ὑπάρχει Ὑδρογόνον, Νάτριον, Λίθιον, Ἀσβέστιον, Βάριον, Μαγνήσιον, Σίδηρος, Ψευδάργυρος, Χαλκός, Λευκόχρυσος καὶ πολλὰ ἄλλα ἐκ τῶν στοιχείων τῶν συστατικῶν τῆς γηΐνης ἡμῶν σφαίρας καὶ ὅτι οἱ πλανῆται δὲν ἔχουσιν ἴδιον φῶς ἀλλ' ἀνακλῶσι πρὸς ἡμᾶς τὸ ἡλιακὸν φῶς. Ἐπίσης ἐγνώσθη ὅτι ὁ Ἄρης καὶ ἡ Ἀφροδίτη ἔχουσιν ἀτμοσφαῖραν ὁμοίαν περίπου πρὸς τὴν γηΐνην, ὅτι τοῦ Διὸς ἡ ἀτμοσφαῖρα περιέχει ὑδρατμοὺς πολλοὺς κλπ.

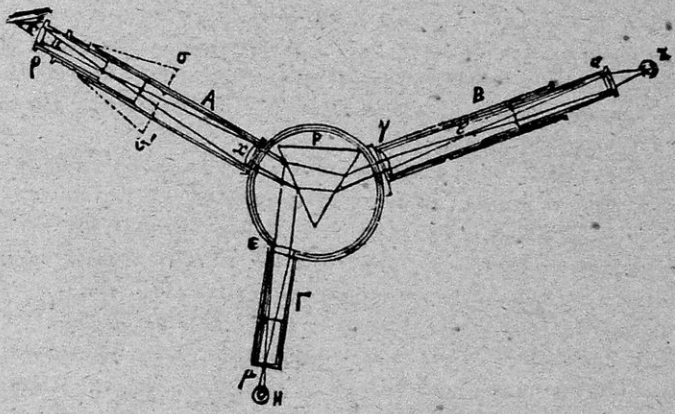
Ἀλλὰ καὶ οἱ κομῆται καὶ οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες ὑπεβλήθησαν εἰς τὴν φασματοσκοπικὴν ἐξέτασιν καὶ πλεῖστα δι' αὐτῆς ἐμάθομεν περί τε τῆς φυσικῆς καὶ χημικῆς συστάσεως τῶν οὐρανίων τούτων σωμάτων. Ἐσχάτως δ' ἐπεχείρησε νὰ ἐπέμβῃ τὸ φασματοσκόπιον καὶ εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν κινήσεων τῶν ἀστέρων.

259. **Φασματοσκόπιον.** Ἡ φασματοσκόπησις τῶν σωμάτων γίνεται δι' ἰδίου ὀργάνου, ὅπερ **φασματοσκόπιον** καλεῖται καὶ εἶνε καὶ τοῦτο ἐφεύρεσις τῶν Kirchhoff καὶ Bunsen.

Τὸ ὄργανον τοῦτο, οὗτινος τομὴν παριστᾷ τὸ σχῆμα 236, σύγκειται κυρίως ἐκ τῶν ἑξῆς μερῶν: Ἐκ τοῦ φωτοθλαστικοῦ πρίσματος P, διὰ τῆς τριγωνικῆς αὐτοῦ βάσεως ἱσταμένου κατακορύφως ἐπὶ σιδηροῦ ὑποστηρίγματος. Πέριξ τοῦ πρίσματος κεῖνται τρεῖς ὁριζόντιαι διόπτραι, συμβάλλουσαι αἱ μὲν δύο A καὶ Γ πρὸς τὴν μίαν ἕδραν τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ B πρὸς τὴν ἑτέραν ἕδραν, τῆς τρίτης οὔσης κεκαλυμμένης δι' αἰθάλης. Ἡ διόπτρα B φέρει πρὸς τὸ ἄκρον αὐτῆς μικρὰν σχισμὴν α, δι' ἧς δέχεται καὶ ἄγει πρὸς τὸ πρίσμα δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων ἐκπεμπομένων ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Z, ἧς τὸ φάσμα προτιθέμεθα νὰ ἐξετάσωμεν. Ἡ δέσμη τῶν ἀκτίνων διαθλωμένη διὰ τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πρίσματος ἐξέρχεται καὶ εἰσδύει εἰς τὴν διόπτραν Α, ἐν τῇ ὁποίᾳ διὰ τοῦ φακοῦ χ σχηματίζει εὐκρινὲς εἴδωλον τοῦ φάσματος, ὅπερ ὁ ὀφθαλμὸς διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ ρ βλέπει εἰς τὴν θέσιν σσ' μεμεγεθυσμένον. Ἡ δὲ τρίτη διόπτρα Γ ἐγκλείει μικρομετρικὴν κλίμακα χιλιοστομέτρων κεχαραγμένων ἐπὶ ὑελίνης πλακός.



Σχ. 226.—**Φασματοσκόπιον (τομὴ ὁριζοντία).**

Ὑπάρχουσι καὶ ἕτερα εἴδη φασματοσκοπίων φέροντα πλείονα τοῦ ἑνὸς πρίσματα· τούτων γίνεται χρῆσις ὅταν θέλωσι νὰ δώσωσιν εἰς τὸ φάσμα μείζονα ἔκτασιν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΚΤΟΝ

ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

260. **Ὁρισμὸς καὶ εἴδη ὀπτικῶν ὀργάνων.** Καλοῦνται ὄργανα ὀπτικά, τὰ ὄργανα ἅτινα χρησιμεύουσιν, ὅπως παράγωσιν εἴδωλα φωτεινῶν ἢ φωτοβόλων σωμάτων καὶ βλέπῃ αὐτὰ εὐκρινέστερον ὁ ἡμέτερος ὀφθαλμός, καθ' ὅσον ἡ διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ ὄψις τῶν σωμάτων τούτων δὲν εἶνε ἐναργὴς εἴτε ἕνεκα τῆς σμικρότητος αὐτῶν εἴτε ἕνεκα τῆς μεγάλης αὐτῶν ἀφ' ἡμῶν ἀποστάσεως. Εἶνε δὲ τὰ ὀπτικὰ ὄργανα συνδυασμοὶ φακῶν ἢ φακῶν καὶ κατόπτρων καὶ δι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

αιροῦνται εἰς τρεῖς κατηγορίας ἀναλόγως τοῦ προορισμοῦ αὐτῶν.

Α'. Μικροσκόπια, τὰ ὁποῖα παρέχουσιν εἰκόνας μεμεγεθυσμένας σωμάτων μικρῶν διαστάσεων, ἅτινα ἀδυνατεῖ νὰ ἴδῃ ὁ γυμνὸς ὀφθαλμός.

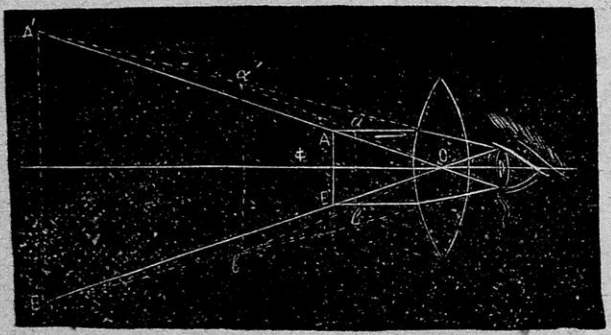
Β'. Τηλεσκόπια, διὰ τῶν ὁποίων βλέπομεν τὰ ἀπομεμακρυσμένα ἀντικείμενα.

Γ'. Ὄργανα προβολῆς, διὰ τῶν ὁποίων προβάλλονται ἐπὶ πετάσματος αἱ εἰκόνες ἀντικειμένων, εἴτε πρὸς ἰχνογράφησιν εἴτε ὅπως ἐπιδειχθῶσιν εἰς πολυπληθῆ ἀκροατήρια κλπ.

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

261. **Ἁπλοῦν μικροσκόπιον.** Τὸ ἁπλοῦν μικροσκόπιον παρέχει εἴδωλα κατ' ἔμφασιν καὶ μεμεγεθυσμένα ἀντικειμένων μικρῶν, τῶν ὁποίων τὸ σύνολον ἢ αἱ λεπτομέρειαι διαφεύγουσι τὸν γυμνὸν ὀφθαλμόν. Σύγκειται δ' ἐξ ἑνὸς ἀμφικύρτου φακοῦ ἔχοντος βραχυτάτην τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν.

Τὸ ἀντικείμενον ΑΒ τιθεται ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως (Σχ. 227). Γνωρίζομεν ἤδη ὅτι ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει



Σχ. 227.— Ἁπλοῦν μικροσκόπιον.

(247) σχηματίζεται πέραν τῆς κυρίας ἑστίας Φ τὸ εἴδωλον Α'Β' τοῦ ἀντικειμένου κατ' ἔμφασιν, ὀρθὸν καὶ μεγαλείτερον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ πραγματικοῦ, τὸ ὁποῖον βλέπει ὁ ὀφθαλμὸς δεχόμενος τὰς ἐκ τοῦ φακοῦ μετὰ τὴν διάθλασιν ἐξιούσας ἀκτῖνας.

Διὰ νὰ εἶνε ὅμως ἐναργὲς τὸ μεμεγεθυσμένον τοῦτο εἴδωλον, πρέπει ὄχι μόνον νὰ φωτίζηται ἰσχυρῶς, ἀλλὰ καὶ νὰ σχηματίζηται εἰς τὴν θέσιν *τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ ὀφθαλμοῦ*· διότι, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω εἰς τὸ περὶ ὀφθαλμοῦ κεφάλαιον, ὑπάρχει ὡρισμένη ἀπόστασις (15—30 περίπου ἑκατοστομέτρων), εἰς ἣν ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα, πλησιέστερον δὲ ταύτης δὲν βλέπει πλέον εὐκρινῶς. Πρέπει λοιπὸν ὁ παρατηρητὴς νὰ φέρῃ τὸ εἴδωλον εἰς τὴν ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως· τοῦτο δὲ κατορθοῖ μετακινῶν τὸν φακὸν πλησιέστερον ἢ ἀπώτερον τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὸ ἀνωτέρω σχῆμα π.χ. παρατηροῦμεν ὅτι, ἐὰν τὸ ἀντικείμενον ἀπέχῃ ἀπὸ τοῦ φακοῦ ὅσον τὸ AB, θὰ σχηματίσῃ τὸ εἴδωλον αὐτοῦ εἰς τὴν θέσιν A′B′, ἐὰν δ' ἀπέχῃ ὅσον τὸ αβ, τὸ εἴδωλον αὐτοῦ θὰ εἶνε εἰς τὴν θέσιν α′β′.

Μεγέθυνσις. Καλεῖται *μεγέθυνσις* ὁ λόγος τοῦ μεγέθους τοῦ εἰδώλου πρὸς τὸ τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν καλέσωμεν M τὴν μεγέθυνσιν, θὰ ἔχωμεν.

$$M = \frac{A'B'}{BA} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\alpha'\beta'}{\alpha\beta}.$$

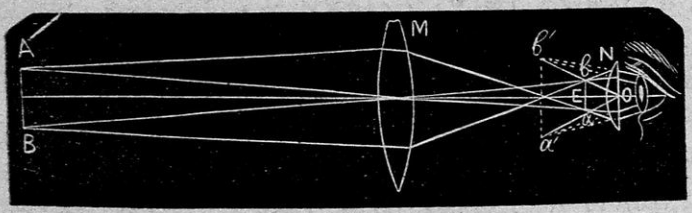
Καὶ αὕτη μὲν εἶνε ἡ *κατὰ διάμετρον ἢ γραμμικὴ μεγέθυνσις*, προσδιορίζεται δ' εὐκόλως διὰ τοῦ τύπου τῶν φακῶν (247). Ἡ δὲ κατ' ἐπιφάνειαν μεγέθυνσις ἰσοῦται πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς γραμμικῆς· ἐὰν λ.χ. αὕτη εἶνε ἴση πρὸς 20, ἡ κατ' ἐπιφάνειαν θὰ εἶνε ἴση πρὸς 400.

Ἁπλοῦν μικροσκόπιον παριστῶσι καὶ τὰ σχήματα 217 καὶ 218 (σελ. 371 καὶ 372).

262. **Σύνθετον μικροσκόπιον.** Τὸ σύνθετον μικροσκόπιον παρέχει μεμεγεθυσμένον εἴδωλον, κατ' ἔμφασιν καὶ ἀνεστραμμένον. Ἀναγόμενον εἰς τὴν ἁπλουστάτην αὐτοῦ μορ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φὴν συνίσταται ἐκ δύο συγκεντρωτικῶν φακῶν Μ καὶ Ν (Σχ. 228)· ὁ Μ εἶνε μᾶλλον συγκεντρωτικός, καλεῖται δὲ *ἀντικειμενικὸς ἢ ἀντοφθάλμιος*, διότι εἶνε ἐστραμμένος πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ὁ δὲ Ν, ἧττον συγκεντρωτικός, καλεῖται *προσοφθάλμιος*, διότι τίθεται πλησίον τοῦ ὀφθαλμοῦ. Στερεοῦνται ἀμφότεροι κατὰ τὰ πέρατα σωλῆνος μεταλλικοῦ τοποθετούμενοι οὕτως ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ συμπίπτωσιν.



Σχ. 228. Σύνθετον μικροσκόπιον.

Τὸ ἀντικείμενον ΑΒ τιθέμενον ὀλίγον τι πέραν τῆς κυρίας ἑστίας τοῦ φακοῦ Μ σχηματίζει δι' αὐτοῦ τὸ εἴδωλον αβ, καθ' ὑπόστασιν καὶ ἀνεστραμμένον (?46)· εἶνε δ' οὕτω κεκανονισμένη ἡ ἀπόστασις τῶν φακῶν, ὥστε τὸ σχηματιζόμενον εἴδωλον αβ νὰ εὑρίσκηται ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Ν. Ἤδη ἐνεργεῖ οὗτος ὡς ἁπλοῦν μικροσκόπιον καὶ παρέχει τὸ κατ' ἔμφασιν εἴδωλον α′β′ τοῦ αβ (ὅπερ δι' αὐτὸν ἐπέχει θέσιν ἀντικειμένου), ὀρθὸν καὶ μεμεγεθυσμένον.

Καὶ ἐν τῷ μικροσκοπίῳ τούτῳ τὸ καθ' ὑπόστασιν εἴδωλον αβ πρέπει νὰ σχηματίζηται εἰς τοιαύτην θέσιν ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως, ὥστε τὸ δι' αὐτοῦ παραγόμενον δεύτερον εἴδωλον, τὸ κατ' ἔμφασιν, νὰ εὑρίσκηται εἰς τὴν ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Τοῦτο κατορθοῦται μετακινουμένου τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ πρὸς τὰ πρόσω ἢ ὀπίσω, διότι τὸ τμῆμα τοῦ σωλῆνος τὸ ἐνέχον αὐτὸν εἶνε μικροτέρας διαμέτρου καὶ δύναται διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ νὰ διολισθαίνῃ ἐντὸς τοῦ εὐρυτέρου τμήματος τοῦ ἐνέχοντος τὸν ἀντικειμενικὸν φακόν.

Μεγέθυνσις. Ἡ μεγέθυνσις ἐνταῦθα ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νον τῆς μεγεθύνσεως τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Οὕτως ἐν τῷ σχήματι 228 ἡ μεγέθυνσις τοῦ ἀντοφθαλμίου εἶνε $\frac{\alpha\beta}{AB}$ ἡ δὲ τοῦ προσοφθαλμίου $\frac{\alpha'\beta'}{\alpha\beta}$. Τὸ γινόμενον τούτων $\left(\frac{\alpha\beta}{AB}\times\frac{\alpha'\beta'}{\alpha\beta}\right)\frac{\alpha'\beta'}{AB}$ εἶνε ἡ ὁλικὴ μεγέθυνσις. Εἰς τὰ τελειότερα μικροσκόπια ἡ κατ' ἐπιφάνειαν μεγέθυνσις φθάνει καὶ μέχρι 1800 καὶ πλέον κατὰ διάμετρον.

Ἀχρωματισμὸς τοῦ μικροσκοπίου. Εἰς ἓν μικροσκόπιον σύνθετον, τὸ ὁποῖον ἤθελε συνίστασθαι ἐκ δύο ἁπλῶν φακῶν, ἤθελον παράγεσθαι ἀφεστιάσεις ἐκ σφαιρικότητος καὶ διασκεδασμοῦ (244, 254) καὶ τοσοῦτον ἰσχυρότεραι, ὅσῳ μεγεθυντικώτερον τὸ μικροσκόπιον. Πρὸς ἀποφυγὴν λοιπὸν τῶν τοιούτων ἀφεστιάσεων μεταχειρίζονται σύνθετον προσοφθάλμιον καὶ ἀντοφθάλμιον φακόν. Ὁ ἀντοφθάλμιος σύγκειται συνήθως ἐκ τριῶν μικρῶν ἀχρωστικῶν φακῶν, ἑκάστου τῶν ὁποίων ἡ συγκεντρωτικὴ δύναμις ἐπιπροστίθεται εἰς τὴν τῶν ἄλλων καὶ οὕτως ἀποτελεῖται σύστημα ἀχρωματικὸν καὶ ἔχον μεγίστην συγκεντρωτικὴν καὶ ἑπομένως μεγεθυντικὴν δύναμιν. Ὁ δὲ προσοφθάλμιος σύγκειται ἐκ δύο ἐπιπεδοκύρτων, ἐχόντων ἐστραμμένην πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν τὴν ἐπίπεδον αὐτῶν ἐπιφάνειαν καὶ εὑρισκομένων εἰς ὡρισμένην ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν· τὸ σύστημα τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν καλούμενον *σύνθετον προσοφθάλμιον ἀρνητικὸν* ἢ τοῦ Huygens. Τὸ καθ' ὑπόστασιν εἴδωλον σχηματίζεται μεταξὺ τῶν δύο τούτων ἐπιπεδοκύρτων καὶ ἀκολούθως ὁ μὲν εἷς, ὁ κυρίως προσοφθάλμιος, παρέχει τὸ κατ' ἔμφασιν εἴδωλον, ὁ δὲ ἕτερος ὁ πρὸ αὐτοῦ χρησιμεύει διὰ νὰ καταστρέψῃ τὴν ἰρίδωσιν καὶ συγχρόνως νὰ αὐξήσῃ τὸ ὀπτικὸν πεδίον τοῦ ὀργάνου· ὀνομάζεται οὗτος φακὸς τοῦ Campani.

Ὑπάρχει πρὸς τούτοις καὶ τὸ θετικὸν προσοφθάλμιον σύστημα τοῦ Ramsden, καθ' ὃ οἱ δύο ἐπιπεδόκυρτοι φακοὶ ἔχουσιν ἐστραμ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μένας ἀπέναντι ἀλλήλων τὰς σφαιρικὰς ἐπιφανείας, τὸ δὲ εἴδωλον σχηματίζεται ἔμπροσθεν τῶν δύο.

Ὀπτικὸν παιδίον. Ἐν τοῖς μικροσκοπίοις καὶ τοῖς λοιποῖς ὀπτικοῖς ὀργάνοις καλεῖται ὀπτικὸν πεδίον, τὸ γωνιῶδες διάστημα, ἐν τῷ ὁποίῳ περιλαμβάνονται πάντα τὰ διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ ὁρατὰ σημεῖα. Ὅταν ἀντικείμενόν τι ὑπερβαίνῃ τὰ ὅρια τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου, δὲν εἶνε ὁρατὸν ὁλόκληρον ἀλλὰ μόνον τὸ ἐντὸς τοῦ πεδίου περιλαμβανόμενον μέρος. Παρεντίθεται ὅμως πρὸ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ ὁ καλούμενος συναγωγεὺς φακός, ὅστις συνάγει καὶ τὰς ἀκτῖνας, αἵτινες τείνουσι νὰ σχηματίσωσι τὸ εἴδωλον ἐκτὸς τοῦ πεδίου. Ὁ φακὸς τοῦ Campani ἐπέχει καὶ θέσιν συναγωγέως ἐν τῷ συνθέτῳ μικροσκοπίῳ καὶ διὰ τοῦτο εἴπομεν ὅτι ἐπαυξάνει τὸ ὀπτικὸν πεδίον τοῦ ὀργάνου.

263. **Ἐφαρμογαί.** Εἰς τὸ μικροσκόπιον ὀφείλονται αἱ πλεῖσται καὶ σπουδαιόταται ἀνακαλύψεις τῶν τελευταίων ἐτῶν ἐν τῇ Ζωολογίᾳ, Βοτανικῇ, Ὀρυκτολογίᾳ, Πετρογραφίᾳ καὶ ἐν τῇ Φυσιολογίᾳ τῶν ἐνοργάνων ὄντων ἐν γένει. Τὰ ζωϊκὰ καὶ φυτικὰ μικρόβια μόνον διὰ τοῦ μικροσκοπίου ἐγένετο δυνατὸν νὰ σπουδασθῶσι καὶ ἡ ἔρευνα αὐτῶν ἀποτελεῖ σήμερον ὁλόκληρον ἐπιστήμην. Ἀλλὰ καὶ εἰς τὸ ἐμπόριον καὶ τὴν Βιομηχανίαν παρέχει πλείστας ὠφελείας τὸ μικροσκόπιον.

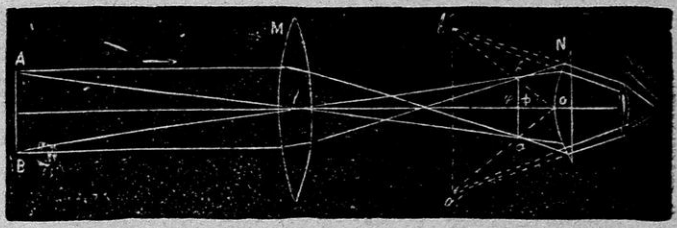
ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

264. **Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.** Τὸ *ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον* ἀνήκει εἰς τὰ καλούμενα *διοπτρικὰ* τηλεσκόπια, ἐν οἷς γίνεται χρῆσις μόνον φακῶν συγκλινόντων. Χρησιμεύει δὲ πρὸς παρατήρησιν λίαν ἀπομεμακρυσμένων ἀντικειμένων καὶ ἰδίως τῶν ἀστέρων.

Σύγκειται ἐκ δύο συγκλινόντων φακῶν Μ καὶ Ν (Σχ. 229), ὧν ὁ μὲν Μ παρέχει καθ' ὑπόστασιν εἴδωλον αβ τοῦ παρατηρουμένου ἀστέρος, ἀνεστραμμένον καὶ κείμενον ἐντὸς τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Ν, δι' αὐτοῦ δὲ βλέπομεν τὸ κατ' ἔμφασιν εἴδωλον α'β'. Ὁ ἀντοφθάλμιος φακὸς εἶνε πολὺ μέγας διὰ νὰ δέχηται ὅσον τὸ δυνατὸν πλεῖον φῶς, διότι τὸ παρατηρούμενον ἀντικείμενον εὑρίσκεται εἰς με-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γίστην ἀπόστασιν. Τὸ δὲ καθ' ὑπόστασιν εἴδωλον σχηματίζεται ἐλάχιστον καὶ πολὺ πλησίον τῆς κυρίας αὐτοῦ ἑστίας Φ.



Σχ. 229.—Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.

Μεγέθυνσις. Καλεῖται μεγέθυνσις ἐνταῦθα ὁ λόγος τῆς φαινομένης διαμέτρου τοῦ εἰδώλου πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον τοῦ ἀντικειμένου, ὑπὸ τὰς ὁποίας ὁρᾶται τὸ εἴδωλον καὶ τὸ ἀντικείμενον διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ.

Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου εἶνε ἡ γωνία ΑνΒ, καὶ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου εἶνε ἡ γωνία αοβ. Ὥστε ἔχομεν

$$M = \frac{\alpha o \beta}{A n B}.$$

Ἐὰν ὑπολογισθῇ ἡ σχέσις αὕτη συναρτήσει τῶν γεωμετρικῶν στοιχείων τοῦ ἀντοφθαλμίου καὶ προσοφθαλμίου φακοῦ, εὑρίσκεται ὅτι $M = \frac{\Phi}{\varphi}$, ἔνθα Φ εἶνε ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντοφθαλμίου καὶ φ ἡ τοῦ προσοφθαλμίου.

Τὸ τηλεσκόπιον τοῦτο ἕνεκα τῆς μεγάλης μεγεθυντικῆς δυνάμεως ἔχει περιωρισμένον ὀπτικὸν πεδίον καὶ δὲν εἶνε εὔκολον νὰ διευθύνῃ τις τὸν ἄξονα τῆς διόπτρας πρὸς ὡρισμένον ἀστέρα, ὅπως ἀναζητήσῃ αὐτόν· διὸ ὑπάρχει προσηρτημένη εἰς αὐτὸ μικρὰ διόπτρα, ἧς ὁ ἄξων εἶνε παράλληλος τῷ τῆς μεγάλης. Ἡ μικρὰ διόπτρα μεγεθύνει ὀλιγώτερον ἀλλ' ἔχει μεῖζον ὀπτικὸν πεδίον, διὸ ἀνευρίσκεται δι' αὐτῆς πρῶτον ὁ ἀστὴρ καὶ κατόπιν παρατηρεῖται διὰ τῆς μεγάλης.

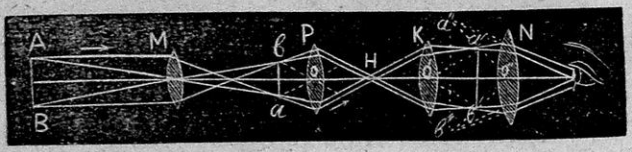
Τὸ μῆκος τοῦ τηλεσκοπίου ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἑστιακῶν ἀποστάσεων τῶν δύο φακῶν ἤτοι νΦ+οφ. Αὐξάνεται μετὰ τῆς μεγεθύνσεως. Καλὸν τηλεσκόπιον μεγεθύνει κατὰ 2000 περίπου καὶ τὸ μῆκος αὐτοῦ φθάνει εἰς 8 μέτρα.

265. Τηλεσκόπιον τῶν ἐπιγείων. Τοῦτο διαφέρει

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ἀστρονομικοῦ, καθότι παρέχει εἴδωλα ὀρθὰ καὶ συνεπῶς εἶνε κατάλληλον διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων.

Αἱ ἐκ τοῦ ἀπομεμακρυσμένου ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτῖνες Α καὶ Β (Σχ. 230) σχηματίζουσι διὰ τοῦ ἀντοφθαλμίου Μ τὸ καθ' ὑπόστασιν καὶ ἀνεστραμμένον εἴδωλον βα κατὰ τὴν κυρίαν ἑστίαν τοῦ φακοῦ Ρ· αἱ δ' ἐξ αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ Ρ μεταβάλλονται εἰς δέσμας παραλλήλους, αἵτινες ἀφοῦ διασταυρωθῶσι κατὰ τὸ Η προσπίπτουσιν ἐπὶ τοῦ τρίτου φακοῦ Κ. Οὗτος συγκεντροῖ ἐκ νέου αὐτὰς καὶ παρέχει τὸ εἴδωλον α'β' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ αβ καὶ ἑπομένως ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Ἀκολούθως δὲ διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Ν βλέπομεν τὸ κατ' ἔμφασιν εἴδωλον α"β" τοῦ α'β'. Ἑπομένως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει ἠνωρθωμένον εἴδωλον.



Σχ. 230.—**Τηλεσκόπιον τῶν ἐπιγείων.**

Καὶ ἐν τῇ διόπτρᾳ ταύτῃ ὁ προσοφθάλμιος εἶνε διπλοῦς κατὰ τὸ ἀρνητικὸν προσοφθάλμιον σύστημα.

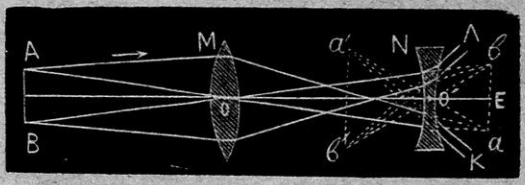
Μεγέθυνσις. Ὅταν οἱ φακοὶ Ρ καὶ Κ εἶνε τῆς αὐτῆς συγκεντρωτικῆς δυνάμεως, τὰ εἴδωλα αβ καὶ α'β' εἶνε ἴσα καὶ συνεπῶς ἡ μεγέθυνσις καὶ ἐνταῦθα ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς σχέσεως τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντοφθαλμίου καὶ τοῦ προσοφθαλμίου, ὅπως καὶ εἰς τὸ ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.

266. **Τηλεσκόπιον τοῦ Γαλιλαίου.** Εἶνε τὸ ἁπλούστερον τῶν τηλεσκοπίων· σύγκειται δ' ἐξ ἑνὸς συγκλίνοντος καὶ ἀχρωστικοῦ ἀντοφθαλμίου Μ καὶ ἐξ ἑνὸς ἀμφικοίλου προσοφθαλμίου Ν (Σχ. 231).

Αἱ ἐκ τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ προερχόμεναι ἀκτῖνες τείνουσι νὰ σχηματίσωσι κατὰ τὴν θέσιν αβ εἴδωλον καθ' ὑπόστασιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ ἀνεστραμμένον· ἀλλὰ πρὸ τῆς θέσεως ταύτης ὑπάρχει παρεντεθειμένος ὁ φακὸς Ν, ὅστις δεχόμενος τὰς ἀκτῖνας διακόπτει τὴν πορείαν αὐτῶν πρὸς τὸ αβ καὶ μεταβάλλει αὐτὰς εἰς ἀποκλινούσας Λ καὶ Κ. Συνεπῶς αἱ ἀκτῖνες δὲν δύνανται νὰ



Σχ. 231.—Τηλεσκόπιον τοῦ Γαλιλαίου.

συνέλθωσι πλέον ὅπως σχηματίσωσιν εἴδωλον καθ' ὑπόστασιν, αἱ προεκβολαὶ ὅμως αὐτῶν Λβ΄ καὶ Κα΄ σχηματίζουσι τὸ κατ' ἔμφασιν εἴδωλον α΄β΄, ὅπερ βλέπει ὁ τὰς ἐξιούσας ἀκτῖνας Λ καὶ Κ δεχόμενος ὀφθαλμός.

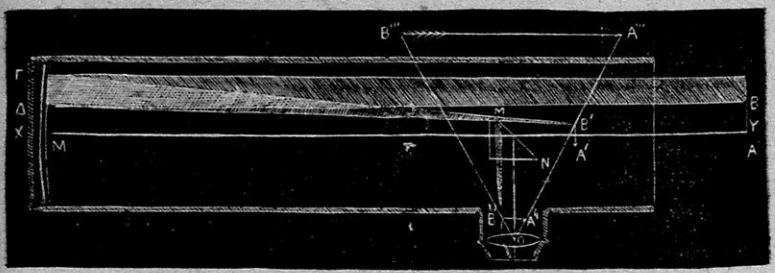
Μεγέθυνσις. Καὶ ἐνταῦθα ἡ μεγέθυνσις ὁρίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\frac{\Phi}{\varphi}$ τῶν ἑστιακῶν ἀποστάσεων τοῦ ἀντοφθαλμίου καὶ προσοφθαλμίου.

267. **Κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.** Ὁ Νεύτων μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῆς παρεκτροπῆς ἐκ διαθλαστότητος καὶ τῆς ἐκ ταύτης προκαλουμένης βλάβης εἰς τὴν καθαρότητα τῶν εἰκόνων ἐπενόησεν ἴδιον τηλεσκόπιον, *ἐν τῷ εἰδώλια τῶν ἀντικειμένων σχηματίζονται διὰ κοίλων κατόπτρων*. Τὸ ἀρχικὸν κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον τοῦ Νεύτωνος ὑπέστη κατόπιν διαφόρους τροποποιήσεις καὶ τελειοποιήσεις.

Τὸ σχῆμα 232 παριστᾷ τομὴν κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου. Ἐν τῇ θέσει Μ κεῖται τὸ ἐπηργυρωμένον κοῖλον κάτοπτρον, ὅπερ ἐπέχον ἐνταῦθα θέσιν ἀντικειμενικοῦ φακοῦ δέχεται τὰς ἀκτῖνας ἐκ τοῦ ἀστέρος ΑΒ· αἱ ἀκτῖνες ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου τείνουσι νὰ σχηματίσωσιν εἰς τὴν ἑστίαν αὐτοῦ τὸ εἴδωλον Β΄Α΄, διακόπτεται ὅμως ἡ πορεία αὐτῶν διὰ τοῦ πρίσματος ὁλικῆς ἀνακλάσεως ΜΝ, ὅπερ ἀνακλῶν ταύτας

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φλικῶς σχηματίζει τὸ εἴδωλον εἰς τὴν θέσιν Β″Α″. Ἀκολούθως δὲ ὁ προσοφθάλμιος φακὸς ο παρέχει τὸ κατ' ἔμφασιν καὶ μεμεγεθυσμένον εἴδωλον Α″Β‴.



Σχ. 232.—Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον.

Μ ε γ έ θ υ ν σ ι ς. Ἡ μεγέθυνσις ὁρίζεται καὶ ἐνταῦθα ὑπὸ τοῦ λόγου τῶν φαινομένων διαμέτρων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου. Ἀντικαθιστῶντες δ' ἀντ' αὐτῶν τὰ γεωμετρικὰ στοιχεῖα τοῦ ὀργάνου εὑρίσκομεν $M = \frac{\Phi}{\varphi}$, ἔνθα Φ ἡ κυρία ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ συστήματος καὶ φ ἡ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ.

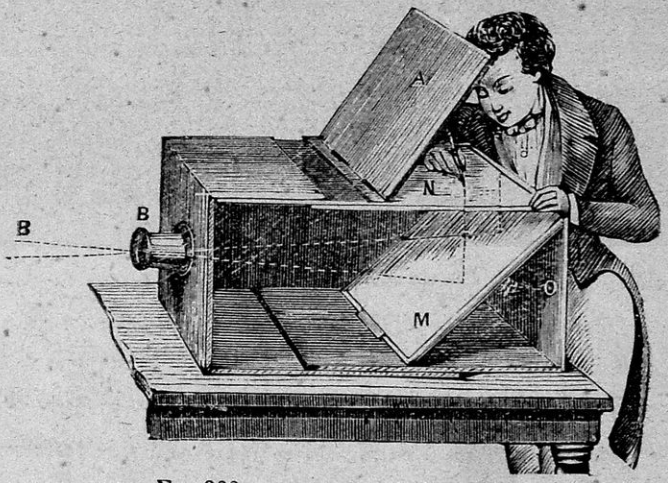
ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΒΟΛΗΣ

268. **Ὁρισμὸς καὶ εἴδη αὐτῶν.** Καλοῦσιν *ὄργανα προβολῆς* τὰ ἁπλᾶ ὀπτικὰ ὄργανα τὰ συνιστάμενα ἐξ ἑνὸς ἀντικειμενικοῦ συστήματος προωρισμένου νὰ παρέχῃ εἰκόνας τῶν φωτεινῶν ἀντικειμένων *καθ' ὑπόστασιν* καὶ ἄλλοτε μὲν μεγαλειτέρας ἄλλοτε δὲ μικροτέρας τοῦ πραγματικοῦ. Εἶνε πολλὰ τοιαῦτα: ὁ *σκοτεινὸς θάλαμος*, ὁ *φωτεινὸς θάλαμος*, ὁ *φωτογραφικὸς θάλαμος*, ὁ *μαγικὸς λύχνος*, τὸ *ἡλιακὸν μικροσκόπιον* κλπ.

269. **Σκοτεινὸς θάλαμος.** Εἶνε εἶδος κιβωτίου κεκλεισμένου, φέροντος ἐπὶ μιᾶς τῶν πλευρῶν ὁπὴν Β ἐνέχουσαν φακὸν συγκεντρωτικὸν (Σχ. 233). Αἱ ἐκ φωτεινοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτῖνες εἰσδύουσαι εἰς τὸν θάλαμον διὰ τοῦ φακοῦ τείνουσι νὰ σχηματίσωσιν εἴδωλον καθ' ὑπόστασιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ κατακόρυφον εἰς τὴν ἑστίαν τοῦ φακοῦ· κάτοπτρον ὅμως Μ παρεντεθειμένον διακόπτει τὴν πορείαν αὐτῶν καὶ τότε αὗται ἀνακλώμεναι ἀλλάσσουσι διεύθυνσιν καὶ σχηματίζουσι τὸ εἴδωλον καθ' ὑπόστασιν πάλιν ἀλλ' ὁριζόντιον ἐπὶ ἡμιδιαφα-



Σχ. 233.—Σκοτεινὸς θάλαμος.

νοῦς πλακὸς Ν, ὅπερ διὰ γραφίδος σχεδιάζει ὁ τεχνίτης. Τὸ δὲ ὑπερκείμενον κάλυμμα Α ἐμποδίζει τὸ διακεχυμένον φῶς νὰ προσπίπτῃ εἰς τὸ εἴδωλον καὶ νὰ βλάπτῃ τὴν ἐνάργειαν αὐτοῦ.

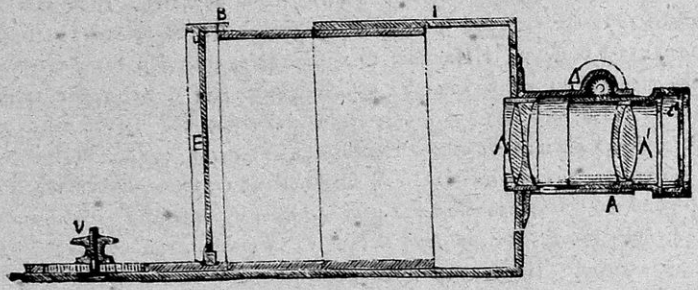
270. **Φωτογραφικὸς θάλαμος** (Σχ. 234). Σύγκειται οὗτος ἐξ ἑνὸς ἀχρωστικοῦ φακοῦ Λ σταθεροῦ καὶ ἐξ ἑτέρου Λ′ μετακινητοῦ διὰ τοῦ κοχλίου Δ, ὧν αἱ συγκεντρωτικαὶ δυνάμεις ἐπιπροστίθενται. Διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ Λ′ μεταβάλλεται ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ συστήματος καταλλήλως ὥστε νὰ σχηματισθῇ ἀκριβῶς ἐπὶ τῆς ἡμιδιαφανοῦς ὑέλου Ε ἐναργὲς τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου, τοῦ ἐκπέμποντος πρὸς τὸν θάλαμον φωτεινὰς ἀκτῖνας.

Ὅταν ἐπιτευχθῇ ἡ τελεία ἐνάργεια τοῦ εἰδώλου ἐπὶ τῆς πλακὸς Ε, τότε ἐξάγεται αὕτη καὶ ἀντικαθίσταται δι' ὑελο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πίνακος φέροντος ἐπὶ κολλοδίου εὐπαθῆ ἔνωσιν ἀργύρου, ἐπὶ τῆς ὁποίας *αἱ ἀκτῖνες ἀποτυποῦσι διὰ τῆς χημικῆς αὐτῶν ἐνεργείας τὴν εἰκόνα τῶν ἀντικειμένων.*

Ἡ τέχνη τοῦ παράγειν τὰς εἰκόνας τῶν ἀντικειμένων διὰ τῆς χημικῆς ἐνεργείας τοῦ φωτὸς καλεῖται φωτογραφία.



Σχ. 234. Φωτογραφικὸς θάλαμος.

Ἐφευρέται τῆς φωτογραφίας ὑπῆρξαν οἱ Niepce καὶ Daguerre, οἵτινες μετ' ἐπιμόνους καὶ πολυετεῖς ἐρεύνας συνεπλήρωσαν καὶ κατέστησαν γνωστὴν τὴν ἐφεύρεσιν αὐτῶν τῷ 1883.

Διακρίνομεν τὴν *φωτογραφίαν ἐπὶ μεταλλικῆς πλακὸς ἢ Δαγεροτυπίαν* καὶ τὴν *κυρίως φωτογραφίαν* ἐπὶ χάρτου ἢ ὑέλου.

Ἡ μέθοδος τῆς φωτογραφήσεως στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος, ἣν ἔχουσιν αἱ ἑνώσεις τοῦ ἀργύρου (ἄργυρος χλωριοῦχος, βρωμιοῦχος, ἰωδιοῦχος κλπ.) *τὰ χρώννυνται κατ' ἀρχὰς ἰόχροοι καὶ τέλος μέλαιναι τῇ ἐπιδράσει τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.*

Συμβαίνει δὲ ἡ τοιαύτη μελάνωσις, διότι αἱ ἑνώσεις αὗται τοῦ ἀργύρου τῇ ἐπιδράσει τοῦ φωτὸς ὑφίστανται χημικὴν ἀλλοίωσιν καὶ *ἀποτίθεται ἄργυρος μεταλλικὸς ἐν καταστάσει λεπτοτάτης κόνεως, μέλας τὴν ὄψιν*, καὶ προσηλοῦται ἐπὶ τοῦ χάρτου ἢ τοῦ ὑελοπίνακος, ὅστις ἤθελεν εἶσθαι ἐμβεβρεγμένος διὰ τῶν ἀνωτέρω οὐσιῶν. Ἐπιτείνει δ' ἔτι μᾶλλον τὴν τοιαύτην ἐπ' αὐτῶν ἐνέργειαν τοῦ φωτὸς ἡ παρουσία ὀργανικοῦ σώματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πρὸς φωτογράφησιν τοῦ ἀντικειμένου προετοιμάζει ἐν πρώτοις ὁ φωτογράφος τὴν λεγομένην εὐπαθῆ ἢ εὐαίσθητον πλάκα. Πρὸς τοῦτο ἐπιχύνει ἐπὶ ὑελίνης πλακὸς κολλόδιον παρεσκευασμένον ὥστε νὰ περιέχῃ ἰωδιοῦχον καὶ βρωμιοῦχον κάλιον καὶ ἐμβαπτίζει αὐτὴν κατόπιν εἰς διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου· τότε σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κολλοδίου λεπτὸν στρῶμα ἰωδιούχου καὶ βρωμιούχου ἀργύρου, ὅπερ ἐν τῷ σκότει εἶνε λευκόν, μελανίζει δ' ὡς εἴδομεν διὰ τοῦ φωτός. Ἡ οὕτω παρεσκευασμένη εὐπαθὴς πλὰξ εἶνε κατάλληλος ὅπως σχηματισθῇ ἐπ' αὐτῆς εἰκὼν ἀρνητική. Εἰσάγεται λοιπὸν αὕτη (ἅμα ὡς ἐπιτευχθῇ ἡ ἐνάργεια τῆς εἰκόνος) εἰς τὸν φωτογραφικὸν θάλαμον εἰς τὴν θέσιν τῆς Ε καὶ τότε τὸ ἐπ' αὐτῆς σχηματιζόμενον φωτεινὸν εἴδωλον προσβάλλει καὶ ἀλλοιοῖ τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς ἔνθα προσπίπτει καὶ μελανίζει ταῦτα, περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον ἀναλόγως τοῦ φωτὸς ὅπερ προσπίπτει εἰς τὰ διάφορα σημεῖα. Ἐκπλύνεται κατόπιν ἡ σχηματισθεῖσα εἰκὼν διὰ διαλύματος χυανιούχου καλίου ἢ ὑποθειώδους νατρίου διαλύοντος μόνον τὰ μὴ ὑπὸ τοῦ φωτὸς προσβληθέντα μέρη. Οὕτω σχηματίζεται εἰκὼν ἀρνητική, διότι τὰ σκοτεινότερα μέρη αὐτῆς εἶνε τὰ φωτεινότερα τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως. Ἡ εἰκὼν αὕτη πλύνεται καλῶς καὶ ἐπιτίθεται ἐπὶ χαρτίνης πλακὸς παρασκευασθείσης εὐαισθήτου διὰ τῶν μνημονευθέντων ἁλάτων τοῦ ἀργύρου καὶ ἐκτίθεται εἰς τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου· εἶνε ἤδη εὐνόητον ὅτι τὸ φῶς ἐπιδρῶν διὰ μέσου τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνος ἐπὶ τοῦ ὑποκειμένου εὐαισθήτου χάρτου θὰ σχηματίσῃ εἰκόνα ἀντίστροφον ταύτης, ἤτοι ἐκεῖ ὅπου εἶνε τὰ σκοτεινότερα μέρη τῆς ἀρνητικῆς θὰ σχηματισθῶσι φωτεινότερα εἰς τὸν χάρτην καὶ ἀντιστρόφως. Ἡ δευτέρα λοιπὸν αὕτη εἰκὼν θὰ εἶνε ὁμοία τῷ πρωτοτύπῳ ἀντικειμένῳ. Καλεῖται δὲ θετική. Ἐκπλύνεται εἶτα διὰ λουτροῦ διαλύοντος τὰ μὴ προσβληθέντα ἅλατα τοῦ ἀργύρου καὶ κατόπιν δι' ὕδατος καὶ ἐπὶ τέλους ἐμβαπτίζεται εἰς διάλυμα χρυσοῦ, ὅπως δι' αὐτοῦ λάβῃ τὸ ἐπίστρωμα τοῦ ἀργύρου χροιὰν ζωηροτέραν, χυανωπήν, καὶ ξηραίνεται. Οὕτως εἶνε συντετελεσμένη ἡ εἰκών.

271. **Μαγικὸς λύχνος, ἡλιακὸν μικροσκόπιον.** Ὁ μαγικὸς λύχνος χρησιμεύει ἵνα παρέχῃ ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος, ἔν τινι σκοτεινῷ θαλάμῳ, ὑπὸ μεγάλην μεγέθυνσιν εἴδωλα διαφανῶν εἰκόνων, οἷαι εἶνε αἱ ἐπὶ ὑέλου φωτογραφικαὶ εἰκόνες. Σύγκειται ἐξ ἑνὸς λίαν συγκεντρωτικοῦ φακοῦ, ὅστις συγκεντρώνει τὰς ἀκτῖνας παρακειμένου φωτὸς (ἠλεκτρικοῦ ἢ φωτὸς τοῦ Drummond (1) ἢ ἄλλου φωτὸς) ἐπὶ τῆς διαφανοῦς

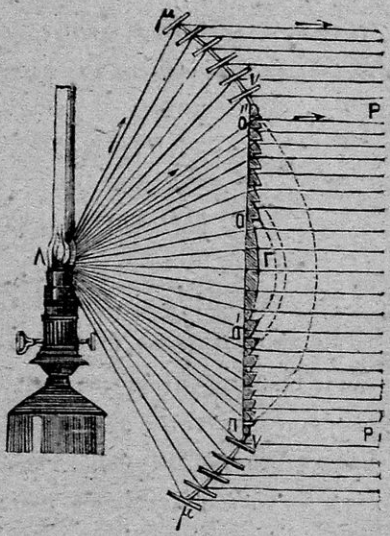
Σημ. (1) Τὸ φῶς τοῦ Drummond παράγεται διὰ φλογὸς ὑδρογόνου ἢ φωταερίου προβαλλομένης ἐπὶ κυλίνδρου ἐξ ἀσβέστου. Ἡ φλὸξ τοῦ ὑδρογόνου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰκόνος. Ἡ εἰκὼν αὕτη ἐνεργοῦσα ἤδη ὡς φωτοβόλον ἀντικείμενον σχηματίζει ἐπὶ πετάσματος διὰ δευτέρου φακοῦ συγκεντρωτικοῦ τὸ μεμεγεθυσμένον εἴδωλον, ὁρατὸν κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις.

Τὸ δὲ *ἡλιακὸν μικροσκόπιον* ὁμοιάζει πρὸς τὸν μαγικὸν λύχνον, ἀλλ' ἐν αὐτῷ ὁ φωτισμὸς τοῦ ἀντικειμένου γίνεται διὰ τοῦ ἡλιακοῦ φωτός· προβάλλονται δὲ δι' αὐτοῦ ἰδίως ὑπὸ μεγίστην μεγέθυνσιν τὰ εἴδωλα μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων.

272. **Φάροι.** Καλοῦνται φάροι τὰ ἐπὶ τῶν ὑψηλῶν ἀκτῶν ἀναπτόμενα φῶτα πρὸς καθοδήγησιν τῶν ναυτιλλομένων. Γνωρίζομεν ὅτι, διὰ ν' ἀποσταλῇ τὸ φῶς πηγῆς τινος εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, πρέπει νὰ μεταβληθῇ εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων, ἡ ὁποία νὰ ἔχῃ καὶ ἀρκετὰς ἐγκαρσίους διαστάσεις διὰ νὰ εἶνε ὁρατὸν τὸ φῶς ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως. Πρὸς τοῦτο μετεχειρίζοντο ἄλλοτε τὰ παραβολικὰ κάτοπτρα (233), σήμερον δὲ τοὺς λεγομένους *κλιμακωτοὺς φακοὺς* τοῦ Fresnel (Σχ. 235), δι' ὧν ἀποφεύγονται τὰ ἄτοπα τῶν ἀφεστιάσεων καὶ τῶν ἀπορροφήσεων τοῦ φωτός, τὰ ὁποῖα θὰ πα-



Σχ. 235.—Φάρος διὰ κλιμακωτῶν φακῶν.

θερμοτάτη οὖσα, διότι διοχετεύεται δι' αὐτῆς καθαρὸν ὀξυγόνον καὶ γίνεται τελεία καῦσις, λευκοπυρώνει τὴν ἄσβεστον, ἥτις τότε ἐκπέμπει ἐντατικώτατον φῶς φάμιλλον πρὸς τὸ ἠλεκτρικόν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρεῖχεν ἡ χρῆσις μεγάλων ἀμφικύρτων καὶ παχέων φακῶν. Σύγκεινται ἐξ ἑνὸς κεντρικοῦ ἐπιπεδοκύρτου φακοῦ, Γ, ὅστις περιβάλλεται ὑπὸ δακτυλίων ο᾽ νν᾽. . . . . Ο᾽Π, ἐχόντων τὸ αὐτὸ μετὰτοῦ Γ κέντρον καμπυλότητος ὡς καὶ τὴν κυρίαν ἑστίαν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον Α. Τὸ σύνολον τῶν φακῶν τούτων ἀποτελεῖ ἕνα φακὸν μεγάλης διαμέτρου ἀλλὰ μικροῦ πάχους. Πέριξ δὲ τοῦ φακοῦ τούτου ὑπάρχει σειρὰ κατόπτρων ἐπιπέδων ν,ν . . μ,μ ἅτινα ἀνακλῶσι τὰς μᾶλλον ἀπὸ τοῦ κέντρου ἀποκλινούσας ἀκτῖνας κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον ταῖς ἐκ τοῦ φακοῦ ἐξιούσαις.

Τοιούτῳ τρόπῳ πᾶσαι αἱ ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Α ἀκτεμπόμεναι ἀποκλίνουσαι ἀκτῖνες μεταβάλλονται εἰς δέσμην παραλλήλων ἐξικνουμένην καὶ φωτιζουσαν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΤΗΣ ΟΡΑΣΕΩΣ

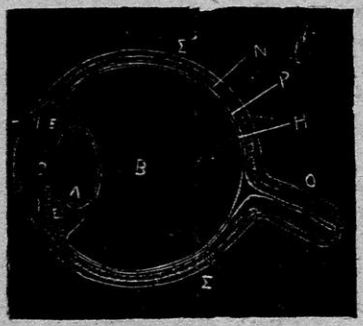
273. **Περιγραφὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.** Τὸ ὄργανον, δι᾽ οὗ παράγονται ἐν ἡμῖν αἱ ὀπτικαὶ ἐντυπώσεις, εἶνε ὁ ὀφθαλμός. Τὸ κύριον μέρος τοῦ ὀφθλμοῦ εἶνε ὁ *βολβός*, ὅστις κεῖται ἐντὸς κοιλότητος σχηματιζομένης ὑπὸ κρανιακῶν καὶ προσωπικῶν ὀστῶν, *κόγχης* καλουμένης· τίθεται δὲ εἰς κίνησιν κατὰ διαφόρους διευθύνσεις ὑπὸ ἓξ μυῶν.

Κατασκευὴ τοῦ βολβοῦ.—Ὁ βολβὸς (Σχ. 236) ἔχει σχῆμα σφαιρικὸν καὶ ὀλίγον πεπλατυσμένον καὶ συνίσταται ἐκ τῶν ἑξῆς μερῶν:

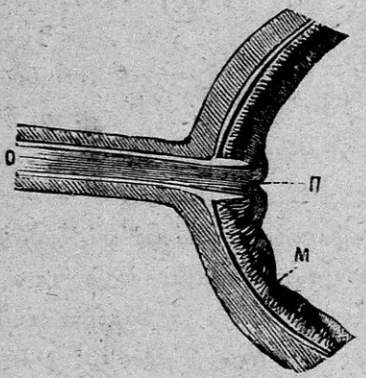
Χιτῶνες. Τὸ ἐξωτερικὸν περιβλημα τοῦ βολβοῦ εἶνε ὁ *σκληρωτικὸς χιτὼν* ΣΣ᾽, λευκὸς καὶ ἀδιαφανής, περιβάλλων ὅλα τὰ μέρη τοῦ βολβοῦ καὶ ἀφίνων μόνον δύο ἀνοίγματα ἓν ἐκ τῶν ὄπισθεν ὅπως εἰσέρχηται τὸ ὀπτικὸν νεῦρον (ν) καὶ ἕτε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρον ἐκ τῶν ἔμπροσθεν, ὅπερ ἐπικαλύπτει ὁ *κερατοειδὴς χιτὼν* Γ, ὅστις εἶνε λεπτὸς καὶ διαφανής. Ἔσωθεν τοῦ σκληρωτικοῦ εἶνε ὁ *χοριοειδὴς χιτὼν* Ν, μέλας καὶ ἀγγειοβριθής, ἀπολήγων πρὸς τὰ ἔμπρὸς εἰς πτυχάς, αἵτινες καλοῦνται *βλεφαρικαὶ προβολαί*. Τέλος δὲ εἰς τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ ἐξαπλοῦται ἐν εἴδει λεπτοτάτου δικτυωτοῦ πλέγματος ὁ *ἀμφιβληστροειδὴς χιτὼν* Ρ, ἀποτελούμενος τὸ πλεῖστον ἐκ τῶν διακλαδώσεων τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου (ν). Χρησιμεύει δ' οὗτος ἵνα δέχηται τὴν ἐντύπωσιν τοῦ φωτὸς καὶ μεταβιβάζῃ αὐτὴν διὰ τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου εἰς τὸν ἐγκέφαλον. Ἀκριβῶς κατὰ τὸ σημεῖον τῆς εἰσόδου τοῦ νεύρου εἰς τὸν βολβὸν σχηματίζεται μικρὰ ἐξοχὴ Π (Σχ. 237), ἥτις καλεῖται *τυφλὸν σημεῖον*, διότι εἶνε



Σχ. 236.—**Βολβὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ.**

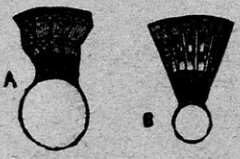


Σχ. 237.—**Τομὴ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.**

ἀναίσθητον εἰς τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας· ὀλίγον δὲ περαιτέρω (2—3 χιλιοστόμ.) ὑπάρχει ἡ καλουμένη *ὠχρὰ κηλὶς* (Μ), τὸ εὐαισθητότερον μέρος τοῦ ἀμφισβληστροειδοῦς καὶ ἐν τῷ μέσῳ αὐτῆς κεῖται τὸ *κεντρικὸν βοθρίον*, ὁ τόπος τῆς ἐναργεστάτης ὁράσεως. Ἡ εὐθεῖα ἡ ἑνοῦσα τὸ κεντρικὸν βοθρίον μετὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ καλεῖται *ὀπτικὸς ἄξων*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἶρις, κρυσταλλώδης φακός. Ἔσωθεν καὶ κατέναντι τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος ὑπάρχει διάφραγμα κυκλοτερὲς καὶ κεχρωματισμένον Η' (Σχ. 236) πρὸς μὲν τὰ πέρατα συναπτόμενον μετὰ τοῦ χοριοειδοῦς, κατὰ δὲ τὸ κέντρον φέρον ὀπὴν κυκλικήν, τὴν *κόρην* τοῦ ὀφθαλμοῦ Φ, δι' ἧς εἰσέρχονται αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Ἡ κόρη δὲν ἔχει πάντοτε τὸ αὐτὸ ἄνοιγμα, ἀλλὰ διὰ τῆς συστολῆς καὶ διαστολῆς τῶν ἰνῶν τῆς ἰριδος εὐρύνεται ἢ στενοῦται, καθ' ὅσον τὸ ἐξωτερικὸν φῶς εἶνε ὀλίγον ἢ πολὺ (Σχ. 238). Οὕτως ἡ κόρη ὄχι μόνον κανονίζει τὸ ποσὸν τοῦ φωτός, ὅπερ μέλλει νὰ εἰσέλθῃ, ἀλλὰ συγχρόνως ἐμποδίζει τὰς ἀκτῖνας νὰ προσπίπτωσι κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ φακοῦ καὶ οὕτω προλαμβάνεται ἡ ἐκ σφαιρικότητος ἀφεστίασις (244).



Σχ.—238.
Κόρη τοῦ ὀφθαλμοῦ.

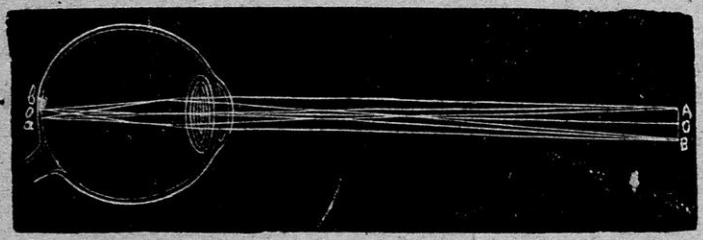
Τὴν κόρην κλείει ἔσωθεν ὁ *κρυσταλλώδης ἀμφίκυρτος φακός* Λ, οὗτινος ἡ ὀπισθία ἐπιφάνεια εἶνε μᾶλλον κυρτὴ τῆς προσθίας· περιβάλλεται δὲ οὗτος ὑπὸ λεπτοτάτου καὶ διαφανοῦς ὑμένος, συναπτομένου κατὰ τὰ ἄκρα μετὰ τῶν βλεφαρικῶν προβολῶν τοῦ χοριοειδοῦς. Τοιουτοτρόπως ὄχι μόνον συγκρατεῖται ἐν τῇ θέσει, ἀλλὰ καὶ δύναται νὰ λάβῃ μείζονα ἢ ἐλάσσονα κυρτότητα διὰ τῆς συστολῆς τοῦ *ἐκτατῆρος ἢ ἀκτινωτοῦ μυὸς τοῦ χοριοειδοῦς ΕΕ'*.

Ὑδατῶδες καὶ ὑελῶδες ὑγρόν. Τὸν μεταξὺ κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ φακοῦ χῶρον πληροῖ ὑγρὸν διαφανὲς καλούμενον *ὑδατῶδες*, ὅλον δὲ τὸν πρὸς τὰ ὄπισθεν τοῦ φακοῦ χῶρον Β πληροῖ πηκτώδης διαφανὴς μάζα, παρομοία πρὸς τὸ λεύκωμα τοῦ ὠοῦ καὶ ἐγκεκλεισμένη ἐντὸς λεπτοτάτης μεμβράνης· καλεῖται *ὑελῶδες ὑγρόν*.

274. **Πορεία τῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ, σχηματισμὸς εἰδώλου.** Ἐκ τῆς ἀνωτέρω περι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γραφῆς καταφαίνεται ὅτι ὁ βολβὸς ὁμοιάζει πρὸς σκοτεινὸν θάλαμον, οὗτινος ἡ κόρη εἶνε ἡ ὀπή, ὁ κρυσταλλώδης φακὸς εἶνε ὁ φακὸς καὶ ὁ ἀμφιβληστροειδὴς τὸ πέτασμα, ἐφ' οὗ σχηματίζεται τὸ εἴδωλον. Ἔστω ἀντικείμενόν τι φωτοβόλον AB (Σχ. 239) κείμενον ἔμπροσθεν τοῦ ὀφθαλμοῦ· αἱ ἐκ τοῦ σημείου A π. χ. ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες διαπερῶσι τὸν κερατοειδῆ χιτῶνα εἰσέρχονται εἰς τὸ ὑδατῶδες ὑγρόν, ἔνθα ὑφίστανται πρώτην διάθλασιν καὶ συγκλίνουσιν ὀλίγον πρὸς τὸν ἄξονα Aα, περαιτέρω δὲ διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ ὑφίστανται δευτέραν διάθλασιν καὶ τρίτην διάθλασιν πρὸς τὸ αὐτὸ



Σχ. 239.—Πορεία τῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ·

μέρος ὑφίστανται διερχόμεναι διὰ τοῦ ὑελώδους ὑγροῦ. Οὕτω συνέρχονται εἰς τὸ σημεῖον α τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ σχηματίζουσιν ἐκεῖ τὸ καθ' ὑπόστασιν εἴδωλον τοῦ A· παρομοίως δὲ καὶ αἱ ἐκ τοῦ B ἀκτῖνες σχηματίζουσι τὸ εἴδωλον β, ἐν τῷ μεταξὺ δὲ σχηματίζονται καὶ τὰ εἴδωλα τῶν λοιπῶν σημείων. Οὕτω *προκύπτει τὸ εἴδωλον αβ, καθ' ὑπόστασιν, σμικρότατον καὶ ἀνεστραμμένον, ἀκριβῶς δ' ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος, ἐὰν ὁ ὀφθαλμὸς εἶνε κατάλληλως προσηρμοσμένος.*

Ὅταν προσβλέπωμεν ἓν ἀντικείμενον διὰ τῶν δύο ὀφθαλμῶν, σχηματίζεται βεβαίως ἓν εἴδωλον εἰς ἑκάτερον ἀμφιβληστροειδῆ καὶ ὅμως ἡμεῖς βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον *ἕν*. Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου ὁ Wollaston παρεδέχθη ὅτι τὰ εἴδωλα σχηματίζονται εἰς σημεῖα ἀκριβῶς σύστοιχα τῶν δύο ἀμφιβληστροει-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δῶν χιτώνων καὶ οὕτως αἱ δύο ἐντυπώσεις ἑνοῦνται εἰς μίαν ἐν τῷ ἐγκεφάλῳ. Ἀλλ' ἡ πιθανωτέρα ἐξήγησις κατὰ τὸν Brewster εἶνε ὅτι τὸ ἁπλοῦν τῆς ἐντυπώσεως ὀφείλεται εἰς τὴν συνήθειαν ἣν ἀποκτῶμεν, *τ' ἀναφέρωμεν εἰς ἓν καὶ τὸ αὐτὸ ἀντικείμενον ἐντυπώσεις συγχρόνους τῶν δύο ἀμφιβληστροειδῶν.*

275. **Ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως.** *Προσαρμοστότης τοῦ ὀφθαλμοῦ.* Καλοῦμεν *ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως*, τὴν ἀπόστασιν, εἰς ἣν πρέπει νὰ κεῖται ἀντικείμενόν τι ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, ὅπως γίνῃ ὁρατὸν εὐκρινῶς. Ἐὰν ἡ διαθλαστικὴ δύναμις τοῦ βολβοῦ ἦν σταθερά, δὲν θὰ ὑπῆρχε παρὰ μία καὶ μόνη ὡρισμένη ἀπόστασις, εἰς ἣν ἔπρεπε νὰ κεῖται τὸ ἀντικείμενον, ἵνα σχηματίσῃ τὸ εἴδωλον αὐτοῦ ἀκριβῶς ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ ἑπομένως γίνῃ εὐκρινῶς ὁρατόν· εἰς πᾶσαν δὲ ἀπομάκρυνσιν ἢ πλησίασιν τοῦ ἀντικειμένου, τὸ εἴδωλον αὐτοῦ θὰ ἐσχηματίζετο ἔμπροσθεν ἢ ὄπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ δὲν θὰ ἦτο ὁρατόν (246). Δὲν θὰ ὑπῆρχε λοιπὸν δι' ἕκαστον ἄνθρωπον παρὰ *μία καὶ μόνη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως.* Ἐν τούτοις ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι ὁ ὀφθαλμὸς ἑνὸς ἀνθρώπου βλέπει εὐκρινῶς εἰς ἀποστάσεις λίαν διαφόρους, ἐξ οὗ συνάγομεν ὅτι ὁ φακὸς δὲν μένει ἀμετάβλητος, *ἀλλὰ προσαρμόζεται ἑκάστοτε πρὸς τὴν ἀπόστασιν τῶν ἀντικειμένων.* Τοῦτέστι προκειμένου νὰ ἴδῃ τὰ ἐγγὺς κείμενα ἀντικείμενα λαμβάνει διὰ τῆς συστολῆς τοῦ ἀκτινωτοῦ κυρτότητα μεγαλειτέραν καὶ τοσούτῳ μεγαλειτέραν, ὅσον πλησιέστερον ἔρχεται τὸ ἀντικείμενον· ἐν τοιαύτῃ δὲ περιπτώσει, ὡς γνωστόν, συγκλίνει τὰς ἀκτῖνας περισσότερον καὶ συνέρχονται αὗται ἵνα σχηματίσωσι τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, ἐνῷ ἄλλως θὰ ἐσχημάτιζον αὐτὸ ἀπώτερον καὶ δὲν θὰ ἦτο ὁρατόν. Τἀνάπαλιν δὲ κατὰ τὴν ὅρασιν τῶν πόρρω ἀντικειμένων χαλαροῦται ὁ μῦς καὶ ἐλαττοῦται ἡ κυρτότης τοῦ φακοῦ. Ἡ ἱκανότης αὕτη τοῦ ὀφθαλμοῦ, *νὰ μεταβάλλῃ τὴν κυρτό-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τητα τοῦ φακοῦ σύμφωνα πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου διὰ νὰ ἐπιτυγχάνῃ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου πάντοτε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, καλεῖται **προσαρμοστότης τοῦ ὀφθαλμοῦ.**

Ἀλλ' ἡ προσαρμοστότης αὕτη τοῦ ὀφθαλμοῦ ἔχει ὅρια· δυνάμεθα νὰ προσεγγίσωμεν μίαν σελίδα βιβλίου π.χ. εἰς ἀπόστασιν 20, 18 καὶ μέχρι 15 περίπου ἑκατοστομέτρων εἰς τὸν ὀφθαλμὸν καὶ νὰ ἀναγινώσκωμεν εὐκρινῶς, πλησιέστερον ὅμως τῆς ἀποστάσεως ταύτης δὲν διακρίνομεν πλέον τοὺς χαρακτῆρας, παύει ἡ προσαρμοστότης τοῦ ὀφθαλμοῦ. Ἡ ἐλαχίστη αὕτη ἀπόστασις, πλησιέστερον τῆς ὁποίας δὲν λαμβάνει πλέον χώραν εὐκρινὴς ὅρασις, εἶνε τὸ καλούμενον punctum proximum ἤτοι *πλησιέστατον σημεῖον τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως* καὶ εἶνε 12 μέχρι 15 ἑκατοστομέτρων διὰ τοὺς ἔχοντας *κανονικὴν ὅρασιν*. Πέραν δὲ τοῦ σημείου τούτου ὑπάρχει ἡ εὐκρινὴς ὅρασις εἰς διάφορον ἀπόστασιν διὰ τὰ διαφόρου μεγέθους ἀντικείμενα· διὰ μικρὰ ἀντικείμενα, οἷα λ.χ. τὰ γράμματα τῶν λέξεων ὡς καὶ διὰ τὰς λεπτομερείας μεγάλων ἀντικειμένων ἡ ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶνε 15 ἕως 30 ἑκατοστόμετρα· γράμματα 1 ἑκατοστομ. ὕψους διακρίνομεν καὶ ἀπὸ ἀποστάσεως 10 μέτρων, 1 μέτρου δὲ ὕψους διακρίνομεν ἀπὸ 800 μέτρων καὶ πλέον. Ὥστε τὸ ἀπώτατον σημεῖον (punctum remotum), πέραν τοῦ ὁποίου δὲν διακρίνει ὁ ὀφθαλμός, δὲν δύναται νὰ ὁρισθῇ· ἐξαρτᾶται συγχρόνως ἐκ τοῦ μεγέθους τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἐκ τῆς φωτοβολίας αὐτοῦ, θεωρητικῶς δὲ δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι κεῖται εἰς τὸ ἄπειρον.

Πρεσβυωπία, μυωπία. Καὶ ταῦτα μὲν ἰσχύουσι διὰ τὴν κανονικὴν ὅρασιν. Προϊούσης ὅμως τῆς ἡλικίας συμβαίνει ἡ λεγομένη *πρεσβυωπία*, καθ' ἣν ἡ δύναμις τῆς προσαρμοστότητος ἐλαττοῦται καὶ τὸ punctum proximum ἀπομακρύνεται. Ὥστε ὁ πρεσβύτης πρέπει νὰ θέσῃ τὸ ἀντικείμενον εἰς πολὺ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μειζόνα ἀπόστασιν τῶν 15 ἑκατοστομέτρων διὰ νὰ ἴδῃ εὐκρινῶς. Τοῦτο παρατηροῦμεν καθ' ἑκάστην εἰς τοὺς γέροντας. Ἀφ' ἑτέρου δὲ ὑπάρχουσιν ἄνθρωποι, ὧν οἱ ὀφθαλμοὶ ἐκ κατασκευῆς ἔχουσι τὴν προσοπισθίαν διάμετρον τοῦ βολβοῦ μεγαλειτέραν τῆς κανονικῆς καὶ συνεπῶς ὁ ἀμφιβληστροειδὴς ἀπέχει περισσότερον· ὡς ἐκ τούτου ἡ ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως διὰ τοὺς τοιούτους ὀφθαλμοὺς εἶνε πολὺ μικροτέρα. Καλοῦνται οὗτοι *μύωπες*. Ὑπάρχει μυωπία τόσον ἰσχυρά, ὥστε ἀδύνατεῖ νὰ ἴδῃ ὁ ὀφθαλμὸς εὐκρινῶς πέραν τῶν 10 ἑκατοστομέτρων.

276. **Ἐκτίμησις τῆς ἀποστάσεως καὶ τοῦ μεγέθους τῶν ἀντικειμένων.** Ὀπτικὴ γωνία, γωνία τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων. Ἡ ἐκτίμησις τῆς ἀποστάσεως καὶ τοῦ μεγέθους τῶν ἀντικειμένων ἐξαρτᾶται ἐκ πολλῶν στοιχείων· ἐκ τῆς ὀπτικῆς γωνίας, ἐκ τῆς γωνίας τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων, ἐκ τῆς συγκρίσεως μεγέθους ἀγνώστου πρὸς ἀντικείμενα, ὧν τὸ μέγεθος ἐκ πείρας γνωρίζομεν κλπ.

Σχ. 240.—**Ὀπτικὴ γωνία.**

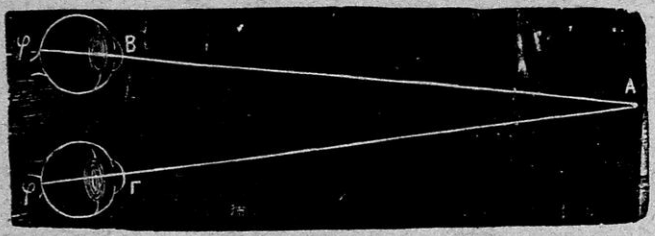
Ὀπτικὴ γωνία ἢ φαινομένη διάμετρος ἀντικειμένου καλεῖται ἡ γωνία AOB (Σχ. 240) ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν δευτερευόντων ἀξόνων AO καὶ BO τῶν ἀγομένων ἐκ τῶν ἄκρων τοῦ ἀντικειμένου πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις μένῃ σταθερά, ἡ ὀπτικὴ γωνία εἶνε τοσούτῳ μεγαλειτέρα ὅσῳ μεγαλείτερον τὸ ἀντικείμενον· ἡ ὀπτικὴ γωνία σμικρύνεται αὐξανομένης τῆς ἀποστάσεως, οἷον ἐὰν τὸ AB μετατεθῇ εἰς τὴν θέσιν A′B′ ἡ γωνία A′OB′ γίνεται μικροτέρα τῆς AOB. Τούτου ἕνεκα τὰ ἀντικείμενα φαίνονται σμικρυνόμενα, ὅταν ἀπομακρύνωνται.

Γωνία τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων (Σχ. 241) καλεῖται ἡ γωνία BAΓ ἡ σχηματιζομένη ἐκ δύο ὀπτικῶν ἀξόνων διερχομένων διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ γωνία αὕτη αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται, καθ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται, ἡ δὲ κίνησις, τὴν ὁποίαν δίδομεν εἰς τοὺς ὀφθαλμούς, ἵνα οἱ ὀπτικοὶ ἄξονες συναντηθῶσιν εἰς τὸ ἀντικείμενον ὅπερ παρατηροῦμεν, παρέχει ἡμῖν τὸ μέτρον τῆς ἀπομακρύνσεως. Ἀλλ' ὅμως μετὰ μα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κράν μόνον ἕξιν κατορθοῦμεν νὰ εὑρίσκωμεν τὴν σχέσιν μεταξὺ τῶν κινήσεων τῶν ὀφθαλμῶν καὶ τῆς ἀπομακρύνσεως τοῦ ἀντικειμένου.

277. **Διάρκεια τῶν ἐντυπώσεων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.** Ὅταν περιστρέφωμεν ταχέως ἄνθρακα ἀνημμένον προσδεδεμένον εἰς τὸ ἄκρον σύρματος, δὲν βλέπομεν αὐτὸν εἰς διάφορα διαδοχικῶς σημεῖα τῆς περιφερείας ἀλλὰ βλέ-



Σχ. 241.—Γωνία ὀπτικῶν ἀξόνων.

πομεν μίαν συνεχῆ κυκλοτερῆ φωτεινὴν γραμμήν. Τὸ πείραμα τοῦτο δεικνύει ὅτι ἡ ἐντύπωσις ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς διαρκεῖ ἐπί τινα χρόνον εἰσέτι καὶ ἀφοῦ ἐξαφανισθῇ ἢ μετατοπισθῇ τὸ ἀντικείμενον. Καὶ πράγματι, ἐνῷ ὁ ἄνθραξ μετατίθεται διαδοχικῶς ἐκ τοῦ σημείου α τῆς περιφερείας εἰς τὸ β, γ . . . . . ε κλπ., ἡμεῖς ἐξακολουθοῦμεν νὰ βλέπωμεν καὶ αὐτὰ φωτεινά. Ἐξαρτᾶται δὲ ἡ διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως ἐκ τῆς εὐαισθησίας τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ φωτός. Κατὰ τὸν Plateau ἀνέρχεται αὕτη εἰς ἥμισυ δλ.

Διὰ τὸν λόγον τοῦτον αἱ ἀκτῖνες τῶν ταχέως κινουμένων τροχῶν ἀμάξης φαίνονται ὡς συνηνωμέναι καὶ ἀποτελοῦσαι συνεχῆ δίσκον. Αἱ πίπτουσαι σταγόνες τῆς βροχῆς φαίνονται ὡς ἀποτελοῦσαι συνεχὲς ὑδάτινον νῆμα. Ἐπίσης διαρκοῦσι καὶ αἱ ἐκ τῶν χρωμάτων ἐντυπώσεις.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΝ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

278. **Ἦχος, αἴτιον παραγωγῆς.** Καλεῖται ἦχος, τὸ ἰδιαίτερον αἴσθημα, ὅπερ παράγουσιν ἐπὶ τοῦ ὠτὸς αἱ παλμικαὶ κινήσεις τῶν μορίων τῶν σωμάτων, ὅταν αὗται μεταδίδωνται μέχρι τοῦ ὠτὸς διὰ μέσων ἐλαστικῶν καὶ στιθμητῶν.

Σχ. 242.—**Χορδὴ παλλομένη.**

Ἀκουστικὴ δὲ εἶνε τὸ μέρος τῆς φυσικῆς τὸ περὶ τοῦ ἤχου πραγματευόμενον.

Καλοῦμεν *κίνησιν παλμικὴν σώματος*, τὴν κίνησιν καθ' ἣν τοῦτο ἀπομακρυνόμενον τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας ἐπανέρχεται εἰς αὐτήν, ἀφοῦ ἐκτελέσῃ ἔνθεν καὶ ἔνθεν τῆς θέσεως ταύτης σειρὰν παλμῶν· ὥστε ἡ παλμικὴ κίνησις εἶνε ἀνάλογος πρὸς τὴν κίνησιν τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Διὰ διαφόρων πειραμάτων δυνάμεθα νὰ καταδείξωμεν ὅτι, ὁσάκις σῶμά τι παράγει ἦχον, τὰ μόρια αὐτοῦ εὑρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν. Θεωρήσωμεν χορδήν τινα ΑΒ τεταμέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νην μεταξὺ δύο σταθερῶν σημείων Α καὶ Β (Σχ. 242). Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας ΑΔΒ καὶ ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, τὸ οὖς ἡμῶν ἀκούει ἦχον, ἀλλὰ συγχρόνως ἀντιλαμβανόμεθα ὅτι ἡ ἠχοῦσα χορδὴ ἐκτελεῖ σειρὰν παλμικῶν κινήσεων, ὧν τὸ πλάτος βαίνει βαθμηδὸν ἐλαττούμενον καὶ ἐπὶ τέλους ἡ χορδὴ ἠρεμεῖ, ἀλλὰ τότε καὶ ὁ ἦχος καταπαύει. Οἱ παλμοὶ τῆς χορδῆς γίνονται καταληπτοί, διότι αἱ διαδοχικαὶ μεταβάσεις αὐτῆς ἀπὸ θέσεως εἰς θέσιν μεταξὺ τῶν ἄκρων θέσεων ΑΓΒ καὶ ΑΕΒ γίνονται μετὰ μεγάλης ταχύτητος καὶ ὁ ὀφθαλμὸς ἕνεκα τῆς διαρκείας τῶν ἐντυπώσεων βλέπει αὐτὰς συγχρόνως καὶ οὕτω φαίνεται ἡ χορδὴ ὡς ἄτρακτος διαφανής, ἐνσωμ ἐξακολουθεῖ παλλομένη.

Ἂν πλήξωμεν κώδωνα ὑέλινον (Σχ. 243) διὰ ῥάβδου, οὗτος ἠχεῖ, ἀλλ' ἐφ' ὅσον ὁ ἦχος διαρκεῖ, τὰ μόρια αὐτοῦ εὑρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν· διότι, ἂν ῥίψωμεν μικρὰ τεμάχια ἐκ μετάλλου ἢ μαρμάρου ἢ ἄμμου, θὰ ἴδωμεν ταῦτα ζωηρῶς ἀναπηδῶντα καὶ ἐπαναπίπτοντα ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ κώδωνος.

Σχ. 243. — Κώδων παλλόμενος.

Ἐὰν ἐπὶ τῶν χειλέων κρυσταλλίνου ποτηρίου πλήρους ὕδατος περιφέρωμεν τὸν δάκτυλον μετά τινος πιέσεως, τὸ ποτήριον ἠχεῖ, συγχρόνως ὅμως παρατηροῦμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος σχηματίζουσαν κύματα, ψεκάδες δὲ ὕδατος ἀναπηδῶσι ζωηρῶς ἐξ αὐτῆς: ἀποτελέσματα τῆς κραδάνσεως τῶν μορίων τῆς ὑέλου μεταδιδομένης καὶ εἰς τὰ μόρια τοῦ ὕδατος.

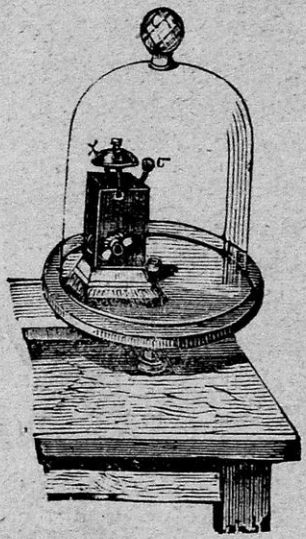
Πᾶν σῶμα ἐλαστικὸν κραδαινόμενον καὶ παράγον ἦχον καλεῖται *ἠχητικὸν ἢ ἠχογόνον* σῶμα.

279. **Μετάδοσις τοῦ ἤχου.** — *Ὁ ἦχος δὲν μεταδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ.* — Ἀλλ' ὅμως, ὅπως παραγάγωσιν ἐν τῷ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὡτὶ ἡμῶν τὸ αἴσθημα τοῦ ἤχου αἱ κραδάνσεις τοῦ ἠχογόνου σώματος, ἀπαιτεῖται νὰ ὑπάρχῃ μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τοῦ ὠτὸς *σειρὰ συνεχὴς μέσων ἐλαστικῶν καὶ σταθμητῶν*, ἅτινα νὰ μεταδώσωσι τοὺς κραδασμοὺς τοῦ σώματος μέχρι τοῦ ὠτός· τοιαῦτα μέσα, *ὀχήματα τοῦ ἤχου*, εἶνε ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, τὰ ἀέρια, οἱ ἀτμοί, τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ στερεά.

Ὥστε διὰ τοῦ κενοῦ ἦχος δὲν μεταδίδεται. Ἀποδεικνύομεν τοῦτο θέτοντες ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας (Σχ. 244) σήμαντρον, ὅπερ νὰ ἠχῇ πληττόμενον διὰ σφύρας σ κινουμένης διὰ μηχανισμοῦ ὡρολογίου. Κατ' ἀρχὰς ὁ ἦχος τοῦ σημάντρου ἀκούεται εὐκρινῶς, βαθμηδὸν ὅμως, ἐφ' ὅσον προβαίνει ἡ ἀραίωσις τοῦ ἀέρος, ἐξασθενίζει ὁ ἦχος καὶ ἐπὶ τέλους δὲν ἀκούεται, ὅταν σχηματισθῇ τὸ κενόν.



Σχ. 244.— Ὁ ἦχος δὲν μεταδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ.

Διὰ νὰ μὴ μεταδίδωνται δὲ αἱ κραδάνσεις εἰς τὸν δίσκον τῆς ἀεραντλίας καὶ ἐξ αὐτοῦ εἰς τὸν ἐκτὸς ἀέρα, θέτομεν τὸ σήμαντρον ἐπὶ μαλλίου ἢ βάμβακος, σωμάτων μὴ ἐλαστικῶν.

Ὁ ἦχος μεταδίδεται δι' ὅλων τῶν ἐλαστικῶν σωμάτων. Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα, ἂν μετὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ κενοῦ εἰσαγάγωμεν εἰς τὸν κώδωνα οἱονδήποτε ἀέριον ἢ ἀτμόν, ἀκούομεν καὶ πάλιν τὸν ἦχον τοῦ σημάντρου· τοῦθ' ὅπερ δεικνύει ὅτι καὶ διὰ τῶν ἀερίων καὶ ἀτμῶν μεταδίδεται ὁ ἦχος ἀπαράλλακτα ὅπως καὶ διὰ τοῦ ἀέρος.

Ἀλλὰ καὶ διὰ τῶν ὑγρῶν μεταδίδεται ὁ ἦχος· ὅταν προσκρούωνται ὑπὸ τὸ ὕδωρ χάλικες, ὁ ἐκ τῆς προσκρούσεως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κρότος ἀκούεται καὶ μέχρις ἀποστάσεως ἑνὸς χιλιομέτρου. Ὁ εἰς τὸν πυθμένα δύτης ἀκούει εὐκρινῶς τὰς ὁμιλίας τῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἢ εἰς τὴν ἀκτὴν ὁμιλούντων.

Τῶν δὲ στερεῶν ἡ ἀγωγιμότης διὰ τὸν ἦχον εἶνε τοιαύτη ὥστε καὶ ὁ ἐλαφρότερος ψόφος, ὅστις παράγεται διὰ πτεροῦ εἰς τὸ ἄκρον ἐπιμήκους δοκοῦ, γίνεται ἀκουστὸς εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον. Τὸ ἔδαφος ἄγει τόσον καλῶς τὸν ἦχον, ὥστε ἐφαρμόζοντες τὸ οὖς ἐπὶ τῆς γῆς δυνάμεθα ν' ἀκούσωμεν τὸν κρότον ἁμάξης ἢ τὸ βάδισμα τῶν ζώων ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως.

Ὁ ἦχος μεταδίδεται εὐκολώτατα διὰ λεπτῶν τεταμένων νημάτων καὶ εἰς τοῦτο στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τῶν *μετὰ νήματος τηλεφώνων*, ἅτινα κατασκευάζουσι χάριν παιδιᾶς οἱ μικροὶ παῖδες.

280. **Ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τοῖς ἀερίοις.** Διὰ νὰ μεταδοθῇ ὁ ἦχος ἀπὸ ἑνὸς εἰς ἕτερον σημεῖον, ἀπαιτεῖ χρόνον. Τοῦτο καὶ ἐκ πείρας γνωρίζομεν, διότι, ὅταν ἱστάμεθα μακρὰν τηλεβόλου κροτοῦντος, ἀκούομεν τὸν κρότον μετὰ παρέλευσιν ἀρκετῶν δευτερολέπτων ἀφ' ὅτου ἔχομεν ἴδει τὴν λάμψιν, ἐνῷ λάμψις καὶ κρότος συμπαράγονται.

Ταχύτης τοῦ ἤχου ἔν τινι μέσῳ εἶνε τὸ διανυόμενον ὑπ' αὐτοῦ διάστημα εἰς 1″.

Τὰ τελευταῖα πειράματα πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι ἐγένοντο μεταξὺ δύο λόφων Villejuif καὶ Monthery πλησίον τῶν Παρισίων 1822.

Εἰς ἕκαστον σταθμὸν ἐτοποθέτησαν τηλεβόλον, ὅπερ ἐξεπυρσοκρότει κατὰ διαλείμματα 10 λεπτῶν· οἱ ἐν Villejuif ἐσημείουν διὰ χρονομέτρου τὸν χρόνον τὸν παρερχόμενον μεταξὺ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἔβλεπον τὴν λάμψιν, καὶ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἤκουον τὸν κρότον τοῦ ἐν Monthery ἐκπυρσοκροτοῦντος τηλεβόλου· τὸ αὐτὸ δ' ἔπραττον καὶ οἱ ἐν Monthery. Εὗρον δὲ κατὰ μέσον ὅρον ὅτι ὁ ἦχος ἐχρειάζετο 54″,6 ὅπως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διανύση τὸ μεταξὺ τῶν δύο θέσεων διάστημα, ὅπερ ἦν ἴσον πρὸς 18631 μέτρα, ἐνῷ τὸ φῶς, ὡς γνωρίζομεν, ἀκαριαίως διέτρεχε τοῦτο. Διαιρέσαντες τὸ διάστημα διὰ τοῦ χρόνου εὗρον ὡς ταχύτητα τοῦ ἤχου 340ᵐ,19, τῆς μέσης θερμοκρασίας οὔσης 16⁰ Κ. κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν πειραμάτων.

Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας. Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι ἐλαττοῦται ἐλαττουμένης τῆς θερμοκρασίας: οὕτως εἰς 10⁰ εἶνε 337 μέτρα, εἰς 0⁰ 333 μέτρα. Ἀλλά, διὰ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, εἶνε ἀνεξάρτητος τῆς πυκνότητος τοῦ ἀέρος καὶ κατὰ συνέπειαν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.

Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου. Ἐπίσης εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι εἶνε ἡ αὐτὴ δι' ὅλους τοὺς ἤχους, ἀδιάφορον ἂν εἶνε οὗτοι ἰσχυροὶ ἢ ἀσθενεῖς, βαρεῖς ἢ ὀξεῖς.

Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου. Ἐπίσης εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου μεταβάλλεται ἀπὸ ἑνὸς εἰς ἕτερον ἀέριον. Ὁ Dulong εὗρε τὰς ἑξῆς ταχύτητας εἰς διάφορα ἀέρια ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν 0⁰:

Ἐν τῷ Ἀνθρακικῷ ὀξεῖ	261 μέτρα
Ἐν τῷ Ὀξυγόνῳ	317 »
Ἐν τῷ Ἀέρι	333 »
Ἐν τῷ Ὀξειδίῳ τοῦ ἄνθρακος	337 »
Ἐν τῷ Ὑδρογόνῳ	1269

Σημ. Ὁ Νεύτων εὗρε τὸν ἑξῆς τύπον πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου εἰς διαφόρους θερμοκρασίας:

$$T = To\sqrt{1+\alpha\theta},$$

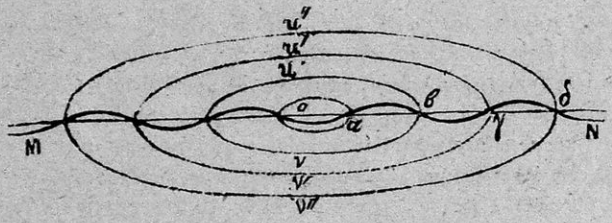
ἔνθα T ἡ ταχύτης εἰς οἱανδήποτε θερμοκρασίαν θ, To ἡ ταχύτης ἐν τῷ ἀέρι εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0⁰ καὶ α ὁ συντελεστὴς τῆς διαστολῆς τῶν ἀερίων.

281. **Ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τοῖς ὑγροῖς καὶ τοῖς στερεοῖς.** Ἐν τοῖς ὑγροῖς ὁ ἦχος μεταδίδεται μὲ ταχύτητα μεγαλειτέραν τῆς ἐν τῷ ἀέρι. Κατὰ τὰ πειράματα τοῦ Colladon καὶ Sturn γενόμενα ἐν τῇ λίμνῃ Γενεύῃ (1827) ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ὕδατι εἶνε 1435ᵐ εἰς 8⁰,1. Ἐν δὲ τοῖς στερεοῖς εἶνε ἔτι μεγαλειτέρα· ὁ Biot εὗρεν ὅτι ὁ ἦχος ἐν τῷ χυτοσιδήρῳ μεταδίδεται 10 καὶ $\frac{1}{2}$ φορὰς ταχύτερον ἢ ἐν τῷ ἀέρι, ὁ δὲ Chladni εὗρεν ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῖς διαφόροις ξύλοις εἶνε 10 ἕως 16 φορὰς μείζων τῆς ἐν τῷ ἀέρι, ἐν δὲ τοῖς μετάλλοις ποικίλλει ἡ ταχύτης αὐτοῦ οὖσα 4 ἕως 16 φορὰς μείζων τῆς ἐν τῷ ἀέρι.

282. **Τρόπος μεταδόσεως τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι.**—1ον Δυνάμεθα νὰ σχηματίσωμεν ἰδέαν τῆς παραγωγῆς τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἐν τῷ ἀέρι καὶ τοῦ μηχανισμοῦ τῆς μεταδόσεως τοῦ ἤχου ἔν τινι ἐλαστικῷ σώματι, ἐρευνῶντες ἕτερον φαινόμενον ἀνάλογον καὶ σύνηθες, τὴν πτῶσιν λίθου ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας ἠρεμοῦντος ὑγροῦ. Ὁ λίθος πίπτων συμπιέζει τὸ ὕδωρ εἰς τὸ σημεῖον ο τῆς πτώ-



Σχ. 245. — Κύματα ὑδάτινα.

σεως (Σχ. 245) καὶ σχηματίζει ἐκεῖ μικρὸν κοίλωμα, πέριξ δὲ τούτου σχηματίζεται ἓν κυκλικὸν κυμάτιον ἐξωγκωμένον ἀφ' οὗ τὸ κυμάτιον τοῦτο καλεῖται *κυρτὸν* κῦμα. Ἀλλ' ἀμέσως κατόπιν τὸ ὕδωρ ἀνυψοῦται εἰς τὸ σημεῖον ο, κατέρχεται δὲ τὸ κυμάτιον καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτοῦ σχηματίζεται κοίλωμα κυκλικόν, ὅπερ καλεῖται κῦμα *κοῖλον*. Ἡ τοιαύτη κύμανσις ἐξακολουθεῖ μεταδιδομένη πέριξ τοῦ σημείου ο, οὕτως ὥστε σχηματίζονται περὶ αὐτὸ διαδοχικὰ ὁμόκεντρα κυμάτια, ὧν ἕκαστον σύγκειται ἐξ ὑψώματος καὶ κοιλώματος, καὶ ἅτινα ὅσῳ μᾶλλον ἀφίστανται τοῦ κέντρου καὶ κερδίζουσιν εἰς ἔκτασιν, τόσῳ χάνουσιν εἰς πάχος. Ἐὰν δὲ τὴν τοιαύτην κυματόεσσαν ἐπιφάνειαν τμήσωμεν διὰ κατακορύφου ἐπιπέδου, ἡ τομὴ θὰ εἶνε κυματοειδὴς καμπύλη γραμμὴ οΝ (Σχ. 245) συνισταμένη ἐκ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διαδοχικῶν ἀνυψωμάτων καὶ κοιλωμάτων αβ, βγ, γδ, δΝ, βαθμηδὸν ἐλαττουμένων κατὰ πάχος μέχρις οὗ ἐπὶ τέλους ἀφανίζονται. Πρέπει δὲ νὰ σημειώσωμεν ὅτι κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην τὰ μόρια τοῦ ὑγροῦ δὲν μετατοπίζονται πλησιάζοντα ἢ ἀπομακρυνόμενα ἀπὸ τοῦ κέντρου, ἀλλ' ἁπλῶς ἀνυψοῦνται καὶ κατέρχονται. Τοῦτο εὐκόλως καταδεικνύεται, ἐὰν ρίψωμεν τεμάχιον χάρτου ἢ ἕτερον ἐλαφρὸν σῶμα ἐπὶ τοῦ ὕδατος· θὰ ἴδωμεν τοῦτο ἀνυψούμενον μόνον καὶ καταβυθιζόμενον ἀλλὰ πάντοτε ἐν τῇ αὐτῇ θέσει, χωρὶς ν' ἀπομακρυνθῇ ἢ νὰ πλησιάσῃ πρὸς τὸ κέντρον.

2ον Ἡ χητικὰ κύματα ἐν τῷ ἀέρι. Τὸ ἁπλούστατον τοῦτο φαινόμενον δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὡς τύπον τῆς κυματοειδοῦς κινήσεως. Καὶ ἤδη, διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τῶν κυμάτων ἐν τῷ ἀέρι διὰ τῆς κραδασματικῆς κινήσεως ἠχοῦντος σώματος, ἂς φαντασθῶμεν κύλινδρον ἀνοικτὸν καὶ πλήρη ἀέρος, εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ ὁποίου κινεῖται ἔμβολον. Τὸ ἔμβολον κινούμενον πρὸς τὰ ἔσω κατὰ 1 ἑκατοστόμ. π. χ. ὠθεῖ τὸν πρὸ αὐτοῦ ἀέρα, ὅστις ἕνεκα τῆς ἐλαστικότητος αὐτοῦ συμπυκνοῦται μέχρις ἀποστάσεώς τινος καὶ οὕτω σχηματίζεται ἔμπροσθεν τοῦ σωλῆνος στρῶμα ἀέρος συμπεπυκνωμένον. Τὸ στρῶμα τοῦτο τεῖνον ν' ἀναλάβῃ τὸν ἀρχικὸν αὐτοῦ ὄγκον ὠθεῖ καὶ συμπιέζει τὸ ἀκόλουθον στρῶμα καὶ σχηματίζεται δεύτερον συμπεπυκνωμένον στρῶμα β, ἐνῷ τὸ πρῶτον ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικὸν αὐτοῦ ὄγκον· τὸ στρῶμα β συμπιέζει καὶ συμπυκνώνει τρίτον στρῶμα γ καὶ τοῦτο ἕτερον δ καὶ οὕτω καθεξῆς. Οὕτως ἡ συμπύκνωσις μεταδίδεται ἀπὸ στρώματος εἰς στρῶμα μὲ κίνησιν ὁμαλὴν καὶ μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου, ἤτοι εἰς 1'' ἡ συμπύκνωσις μεταδίδεται εἰς στήλην ἀέρος ἐχουσαν 340 μέτρων μῆκος.

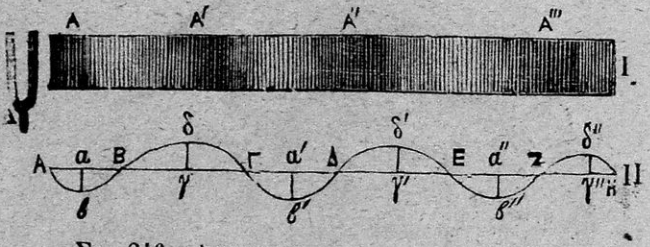
Ἤδη ἂς ὀπισθοχωρήσῃ τὸ ἔμβολον καὶ ἂς ἐπανέλθῃ εἰς τὴν ἀρχικὴν αὐτοῦ θέσιν· τὸ πρῶτον στρῶμα α ἀραιοῦται νῦν καὶ ἡ ἐλαστικότης αὐτοῦ ἐλαττοῦται, διὸ τὸ δεύτερον στρῶμα β ὡς μᾶλλον ἐλαστικὸν διαστέλλεται συμπιέζον τὸ α, ὅπερ λαμβάνει τὸν ἀρχικὸν αὐτοῦ ὄγκον· ἀκολούθως διαστέλλεται τὸ γ συμπιέζον τὸ β, ὅτερ ἐπίσης λαμβάνει τὸν ἀρχικὸν αὐτοῦ ὄγκον καὶ οὕτω καθεξῆς. Οὕτως ἡ ἀραίωσις μεταδίδεται ἀπὸ στρώματος εἰς στρῶμα ὅπως καὶ ἡ συμπύκνωσις. Ἂν καὶ πάλιν τὸ ἔμβολον κινηθῇ πρὸς τὰ πρόσω καὶ εἶτα πρὸς τὰ ὀπίσω, τὸ ἀραίωμα παρακολουθεῖται ὑπὸ πυκνώματος καὶ τοῦτο ὑπὸ ἀραιώματος καὶ οὕτω καθεξῆς.

Ἂν ἀντὶ ἐμβολέως θέσωμεν πρὸ τοῦ στομίου τοῦ σωλῆνος τὸ στέλεχος διαπασῶν (Σχ. 246 Ι), ὅπερ πάλλεται, αἱ αὐταὶ διαδοχικαὶ πυκνώσεις καὶ ἀραιώ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σεις θὰ λάβωσι χώραν ἐν τῷ σωλῆνι καὶ μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα καὶ παράγονται οὕτω τὰ καλούμενα ἠχητικὰ κύματα, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς συμπεπυκνωμένου καὶ ἑνὸς ἠραιωμένου μέρους. Μετὰ τρεῖς δὲ παλμοὺς τοῦ διαπασῶν ἡ κατάστασις τοῦ ἀέρος ἐν τῷ σωλῆνι θὰ εἶνε, ὡς ἐν τῷ σχήματι 246 φαίνεται, ἔνθα τὰ σκοτεινότερα τμήματα Α′, Α″, Α‴ παριστῶσι τὰς μεγίστας πυκνώσεις, τὰ δὲ φωτεινότερα παριστῶσι τὰς μεγίστας ἀραιώσεις.

Γραφικῶς δὲ δυνάμεθα νὰ παραστήσωμεν τὴν κατάστασιν ταύτην διὰ γραμμῆς κυματοειδοῦς (Σχ. 246, Η), ἐν ᾗ τὰ κάτωθεν τῆς εὐθείας τόξα Αδ Β, Γδ′ Δ καὶ Εδ″ Ζ παριστῶσι τὰ ἠραιωμένα, τὰ δὲ ὑπεράνω τόξα Βδ Γ, Δδ′ Ε καὶ Ζδ′ Η παριστῶσι τὰ συμπεπυκνωμένα μέρη. Τὰ μήκη τῶν γραμμῶν αδ, γδ κλπ. παριστῶσι τὸ μέγεθος τῆς πυκνώσεως ἢ ἀραιώσεως. Ἡ στήλη τοῦ ἀέρος ἡ περιλαμβανομένη μεταξὺ Α καὶ Γ εἶνε **ἓν κῦμα**, ὅπερ συνίσταται ἐκ δύο **ἡμικυμάτων**, τοῦ **συμπεπυκνωμένου** Β Γ καὶ τοῦ ἠραιωμένου ΑΒ· τὸ δὲ μῆκος ΑΓ καλεῖται **μῆκος τοῦ κύματος** καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ μ.



Σχ. 246.—**Ἠχητικὰ κύματα ἐντὸς σωλῆνος.**

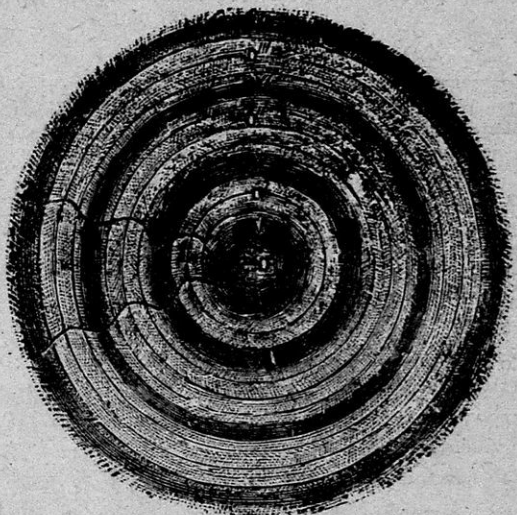
3ον Ἐκ τῆς ἀνωτέρω περιπτώσεως εὐκόλως μεταβαίνομεν εἰς τὸν σχηματισμὸν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ. Περὶ τὸ παλλόμενον σῶμα Α (Σχ. 247) σχηματίζονται σφαιρικὰ συγκεντρικὰ στρώματα ἐναλλὰξ συμπεπυκνωμένα καὶ ἠραιωμένα, ο καὶ ν, ο′ καὶ ν′, ο″ καὶ ν″ κλπ. Ἓν συμπεπυκνωμένον καὶ ἓν ἠραιωμένον ἀποτελεῖ ἓν ὁλόκληρον κῦμα.

Ἐφ' ὅσον δὲ προβαίνουσι μεγεθυνόμενα τὰ σφαιρικὰ ταῦτα στρώματα, ἐπὶ τοσοῦτον ὁ βαθμὸς τῆς συμπυκνώσεως καὶ ἀραιώσεως ἐλαττοῦται μέχρις οὗ ἐπὶ τέλους ἐξαφανίζεται. Τὰ στρώματα ταῦτα ἀποτελοῦσι τὰ καλούμενα *ἠχητικὰ κύματα ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ*, τὰ ὁποῖα εἰσερχόμενα εἰς τὸ οὖς διεγείρουσιν ἐν αὐτῷ τὸ αἴσθημα τοῦ ἤχου.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω γίνεται φανερὸν ὅτι οἱ κραδασμοὶ τοῦ ἠχοῦντος σώματος μεταδίδονται κανονικῶς καὶ κατὰ πάσας

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰς διευθύνσεις πέριξ αὐτοῦ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων τῶν σφαιρικῶν ὁμοκέντρων στρωμάτων. Τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες *ὅτι ὁ ἦχος μεταδίδεται εὐθυγράμμως καὶ κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις πέριξ τοῦ ἠχοῦντος σώματος*· τὴν δὲ εὐθύγραμμον διεύθυνσιν, καθ' ἣν μεταδίδεται ὁ ἦχος, καλοῦμεν *ἠχητικὴν ἀκτῖνα*. Εἰς τὸ αὐτὸ δὲ ἀποτέλεσμα καταλήγομεν, ἐὰν ἐν τοῖς ἑφεξῆς, ἐν τῇ ἐξετάσει τῶν φαινομένων, ἅτινα λαμβάνουσι χώραν κατὰ τὴν μετάδοσιν τοῦ ἤχου, λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν ἀκτῖνας ἠχητικὰς ἐκπεμπομένας ἐκ τοῦ ἠχογόνου σώματος καὶ οὐχὶ αὐτὰ ταῦτα τὰ ἠχητικὰ κύματα.



Σχ. 247.—**Ἠχητικὰ κύματα ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.**

Μῆκος τοῦ κύματος. Ἔστω ὅτι σῶμά τι ἐξετέλεσε π ἀκεραίους παλμοὺς εἰς 1''. Θὰ σχηματισθῶσιν α ὁλόκληρα κύματα, τῶν ὁποίων τὸ ὁλικὸν μῆκος θὰ ἰσῶται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου ἤτοι μὲ 340 μ. ἑπομένως τὸ μῆκος τοῦ ἑνὸς θὰ εἶνε $\mu = \frac{340}{\pi}$. Καὶ γενικῶς ἂν παραστήσωμεν διὰ τ τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου καὶ διὰ π τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν, ἔχομεν

$$\mu = \frac{\tau}{\pi} \quad (1), \quad \text{ἐξ οὗ } \tau = \mu.\pi \quad (2).$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

283. **Ἔντασις τοῦ ἤχου.** Ἡ *ἔντασις τοῦ ἤχου*, τουτέστιν ἡ ἰσχύς, μεθ' ἧς μεταδίδεται ὁ ἦχος πρὸς τὰ πέριξ τοῦ ἠχοῦντος σώματος, ἐξαρτᾶται ἐκ πολλῶν αἰτιῶν.

1ον *Ἀπόστασις.* Ἡ *ἔντασις τοῦ ἤχου ἐλαττοῦται μετὰ τῆς ἀποστάσεως*· διότι, ὡς εἴδομεν, οἱ κραδασμοὶ τοῦ ἠχοῦντος σώματος μεταδιδονται ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ κατὰ ὁμοκέντρους σφαίρας, ὁλονὲν μεγεθυνομένας, ἐφ' ὅσον ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τοῦ ἠχογόνου σώματος αὐξάνεται, καὶ συνεπῶς ἐξασθενίζουσι βαθμηδὸν μετὰ τῆς ἀποστάσεως. Συμβαίνει δηλονότι τὸ αὐτὸ ὅπερ καὶ εἰς τὸ φῶς φωτεινῆς πηγῆς, ἥτινος αἱ ἀκτῖνες ἐκπέμπονται ἀποκλίνουσαι. Ὑπείκει δὲ καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν αὐτὸν νόμον, εἰς ὃν καὶ ἡ ἔντασις τοῦ φωτὸς καὶ τῆς θερμότητος, ἤτοι:

Ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ ἠχογόνου σώματος. Πειραματικῶς ἀποδεικνύομεν τὸν νόμον, ἂν θέσωμεν ἕνα κώδωνα εἰς ἀπόστασιν 10 μέτρων π.χ. ἀπὸ τοῦ ὠτὸς ἡμῶν καὶ εἰς ἀπόστασιν 20 μέτρων 4 κώδωνας ὁμοίους, ὅτε θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ ἦχος τῶν 4 κωδώνων ὁμοῦ πληττομένων γίνεται ἀκουστὸς μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως, μεθ' ἧς ὁ τοῦ ἑνὸς μόνου κώδωνος ἀλλὰ εἰς τὸ ἥμισυ τῆς ἀποστάσεως εὑρισκόμενος ἀπὸ τοῦ ὠτός.

Ὅταν ὅμως ὁ ἦχος μεταδίδηται διὰ σωλῆνος καὶ μάλιστα κυλινδρικοῦ καὶ εὐθέος, τὰ ἠχητικὰ κύματα δὲν προβαίνουσιν ὁλονὲν μεγεθυνόμενα καὶ ὡς ἐκ τούτου ὁ ἦχος δύναται νὰ μεταδοθῇ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἄνευ αἰσθητῆς ἐξασθενίσεως, ἀπαράλλακτα ὅπως δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων. Ὁ Biot κατέδειξεν ὅτι δύναται νὰ συναφθῇ συνομιλία μὲ χαμηλὴν φωνὴν ἀπὸ τοῦ ἑνὸς εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον σωλῆνος 951 μέτρων μήκους. Τῆς ἰδιότητος ταύτης τῶν σωλήνων γίνονται πολλαὶ ἐφαρμογαί.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2ον Ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου αὐξάνεται μετὰ τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν τοῦ ἠχοῦντος σώματος.

3ον Ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου αὐξάνεται διὰ τῆς γειτνιάσεως ἠχητικῶν σωμάτων· διὰ τοῦτο ἡ χορδὴ τεινομένη καὶ πληττομένη ἐν τῷ ἀέρι παράγει ἀσθενέστατον ἦχον, ἐνῷ ἐπὶ κυβωτίου ἔχοντος λεπτὰ καὶ ἐλαστικὰ τοιχώματα (βιολίον, κιθάρα κλπ.) παράγει ἰσχυρότατον ἦχον.

4ον Ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου γίνεται ἐπὶ τοσοῦτον μεγαλειτέρα, ὅσῳ πυκνότερον τὸ μέσον, ἐνῷ παράγεται οὗτος· ἡ αὐτὴ χορδὴ πληττομένη ἐν τῷ ὑδρογόνῳ καὶ ἐν τῷ ἀέρι παράγει ἐκεῖ μὲν ἀσθενέστατον, ἐνταῦθα δὲ ἐντατικώτατον ἦχον. Ὁ ἦχος κώδωνος ὑπὸ τὴν ἀεραντλίαν ἐξασθενίζει ἐφ ὅσον ὁ ἀὴρ ἀραιοῦται.

5ον Ἡ φορὰ τῶν ἀνέμων ἐπιδρᾷ ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου, ὅστις διὰ τοῦτο διαδίδεται εὐκολώτερον ὅταν ἔχῃ τὴν αὐτὴν μετὰ τοῦ ἀνέμου φοράν.

6ον Ἡ ἠρεμία καὶ τὸ ἰσόπυκνον τοῦ ἀέρος συντελοῦσιν ἐπίσης εἰς τὴν εὐκολωτέραν διάδοσιν τοῦ ἤχου· διὰ τοῦτο τὴν νύκτα εἶνε μᾶλλον ἀκουστοὶ οἱ ἦχοι ἕνεκα τῆς ἠρεμίας καὶ τοῦ ἰσοπύκνου τοῦ ἀέρος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

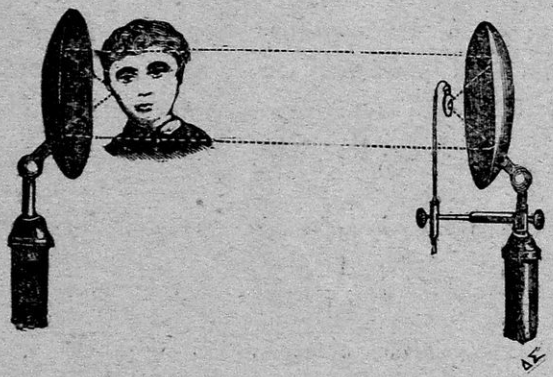
ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

284. **Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου.** Ὅταν τὰ ἠχητικὰ κύματα κατὰ τὴν ἐξάπλωσιν αὐτῶν συναντήσωσι κώλυμα ἀνένδοτον, τότε ἀκολουθοῦσι καὶ ταῦτα τὸν γενικὸν νόμον τῶν ἐλαστικῶν σωμάτων καὶ ἐπιστρέφουσι πρὸς τὰ ὀπίσω, πρὸς τὴν διεύθυνσιν ἐξ ἧς προέρχονται τὸ φαινόμενον τοῦτο καλοῦμεν *ἀνάκλασιν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων* ἢ *ἀνάκλασιν τοῦ ἤχου* καὶ εἶνε ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀνάκλασιν τοῦ φωτὸς καὶ τῆς θερ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μότητος. Δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν μίαν τῶν ἀκτίνων τῶν σφαιρικῶν τούτων κυμάτων, ἥτις παριστᾷ τὴν εὐθύγραμμον διεύθυνσιν καθ' ἣν μεταδίδεται ὁ ἦχος καὶ καλεῖται *ἠχητικὴ ἀκτίς*. Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀνακλώσης ἐπιφανείας, εἰς ὃ προσπίπτει ἡ ἠχητικὴ ἀκτίς, ὑψώσωμεν κάθετον, θὰ ἔχωμεν καὶ ἐνταῦθα τοὺς αὐτοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, οὓς καὶ εἰς τὸ φῶς καὶ εἰς τὴν θερμότητα.

1ον *Ἡ προσπίπτουσα ἠχητικὴ ἀκτὶς καὶ ἡ ἀνακλωμένη κεῖνται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν.*



Σχ. 248.— Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου.

2ον *Ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως ἰσοῦται τῇ γωνίᾳ τῆς προσπτώσεως.*

Τὸ ἀληθὲς τῶν νόμων τούτων δυνάμεθα ν' ἀποδείξωμεν καὶ ἐνταῦθα διὰ τὸν ἦχον μεταχειριζόμενοι δύο συζυγῆ κάτοπτρα (Σχ. 248) καὶ κρεμῶντες εἰς μὲν τὴν ἑστίαν τοῦ ἑνὸς ὡρολόγιον εἰς δὲ τὴν τοῦ ἑτέρου θέτοντες τὸ οὖς ἡμῶν· τὰ κτυπήματα τοῦ ὡρολογίου ἐκπεμπόμενα δι' ἀνακλάσεως ἐκ τοῦ πρώτου κατόπτρου εἰς τὴν ἑστίαν τοῦ δευτέρου γίνονται ἀκουστὰ εὐκρινῶς εἰς τὸ οὖς, ἐνῷ ἂν θέσωμεν τὸ οὖς εἰς ἄλλην θέσιν ἔστω καὶ πλησιέστερον τοῦ ὡρολογίου δὲν ἀκούομεν αὐτά.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

285. **Ἠχὼ καὶ ἀντήχησις.**—*Ἠχώ.*—Κατὰ ταῦτα ὁ ἦχος ὁ ἀνακλώμενος ἐπί τινος κωλύματος καὶ ἐπιστρέφων πρὸς τὰ ὀπίσω γίνεται ἀκουστὸς εἰς τὸ οὖς ὡσεὶ προήρχετο ἐκ τῆς ἀνακλάσης ἐπιφανείας. Ἐὰν λοιπὸν παρατηρητής τις ἱστάμενος εἰς ἀπόστασίν τινα ἀπό τινος τοίχου π. χ., δυναμένου ν' ἀνακλάσῃ τὸν ἦχον, φωνήσῃ, θ' ἀκούσῃ μὲν τὴν ἀπ' εὐθείας ἐκ τοῦ στόματος αὐτοῦ ἐξερχομένην φωνήν, ἀλλὰ μετ' ὀλίγον θ' ἀκούσῃ καὶ δευτέραν παρομοίαν φωνὴν προερχομένην ἐξ ἀνακλάσεως ἐκ τοῦ τοίχου.

Ἡ τοιαύτη ἐπανάληψις τοῦ ἤχου ἕνεκα ἀνακλάσεως αὐτοῦ ἐπὶ κωλύματος καλεῖται ἠχώ, ἐὰν ἀκούηται εὐκρινῶς καὶ ὁ ἀπ' εὐθείας καὶ ὁ ἐξ ἀνακλάσεως ἦχος. Ἐπειδὴ τὸ οὖς ἡμῶν δὲν δύναται ν' ἀντιληφθῇ εὐκρινῶς παρὰ 10 τὸ πολὺ διαδοχικῶν ἤχων εἰς 1″, ἕτεται ὅτι ἡ διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως ἑκάστου ἤχου ἐπὶ τοῦ ὠτὸς πρέπει νὰ εἶνε τοὐλάχιστον $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου διὰ ν' ἀκουσθῇ οὗτος εὐκρινῶς καὶ κατόπιν νὰ προσέλθῃ ἕτερος· ἀλλ' εἰς $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου ὁ ἦχος διατρέχει 34 μέτρα, ἑπομένως ὁ φωνῶν ἄνθρωπος πρὸ τοῦ τοίχου πρέπει ν' ἀπέχῃ ἀπ' αὐτοῦ τοὐλάχιστον 17 μέτρα διὰ ν' ἀκούσῃ ἠχώ. Πράγματι ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, φωνῶν τὸν ἦχον *α* π. χ., ἀκούει αὐτὸν ἀμέσως, μετ' ὀλίγον δὲ ὁ αὐτὸς ἦχος ἔρχεται καὶ ἐκ τοῦ κωλύματος ἐξ ἀνακλάσεως, ἀλλ' ἀφοῦ διανύσῃ 34 μέτρα (17+17), δι' ὅπερ θὰ ἔχῃ δαπανήσει χρόνον $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου· ἐπανέρχεται λοιπὸν εἰς τὸ οὖς τὸ δεύτερον ὁ ἦχος *α* μετὰ $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου καὶ συνεπῶς δὲν συγχέεται μετὰ τοῦ πρώτου. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις εἶνε μείζων τῶν 17 μέτρων, τόσῳ τὸ καλλίτερον, ἀρκεῖ μόνον ὁ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἦχος νὰ εἶνε ἀρκούντως ἰσχυρός, ὥστε νὰ ἐπανέλθῃ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν εἰς τὸ οὖς.

Διὰ τοὺς ἐνάρθρους ἤχους ἀπαιτεῖται τοὐλάχιστον διπλασία ἀπόστασις, διὰ νὰ παραχθῇ ἠχώ. Διότι τὸ οὖς δὲν δύναται ν' ἀντιληφθῇ λίαν εὐκρινῶς πλειόνων τῶν 5 συλλαβῶν εἰς 1″ καὶ συνεπῶς ἡ διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως ἑκάστης συλλαβῆς πρέπει νὰ εἶνε $\frac{1}{5}$ τοῦ ὅλ. ἀλλὰ τοῦτο θὰ συμβῇ ἐὰν ὁ ἐξ ἀνταναλάσεως ἦχος ἔχῃ νὰ διανύσῃ 68 μέτρα (34 πρὸς μετάβασιν καὶ 34 πρὸς ἐπιστροφήν ἐκ τοῦ κωλύματος). Ὥστε ὁ φωνῶν μίαν συλλαβὴν γ ρ α π. χ. πρέπει ν' ἀπέχῃ τοὐλάχιστον 34 μέτρα ἀπὸ τοῦ κωλύματος. Κατὰ ταῦτα, ἐὰν ἐκφωνήσωμεν μίαν λέξιν ἀπέναντι τοίχου ἀπέχοντος 34 μέτρα, ἡ ἠχὼ θὰ ἐπαναλάβῃ μόνον τὴν τελευταίαν συλλαβὴν τῆς λέξεως· ἡ ἠχὼ αὕτη καλεῖται μ ο ν ο σ ύ λ λ α β ο ς. Ἐὰν δ' ἡ ἀπόστασις τοῦ τοίχου εἶνε 2×34, 3×34 μέτρα, τότε ἡ ἠχὼ θὰ ἐπαναλάβῃ δύο, τρεῖς κλπ. διαδοχικὰς συλλαβάς, ἠχὼ δ ι σ ύ λ λ α β ο ς, τ ρ ι σ ύ λ λ α β ο ς κλπ.

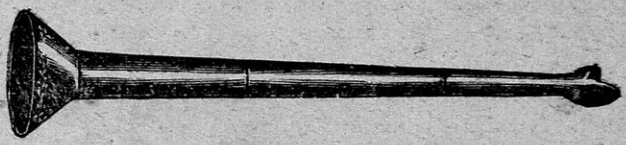
Πολλάκις συμβαίνει ἡ ἠχὼ νὰ εἶνε πολλαπλῆ, τουτέστι νὰ ἐπαναλαμβάνῃ πολλάκις τὴν αὐτὴν συλλαβήν. Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν ὁ ἦχος εὑρίσκῃ ἀπέναντι πολλὰ κωλύματα καὶ εἰς διάφορον ἀπόστασιν, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀνακλᾶται, ἢ ὅταν ἀνακλᾶται πολλάκις κατὰ διαδοχὴν μεταξὺ δύο παραλλήλων κωλυμάτων. Λέγεται ὅτι ἔν τινι πύργῳ παρὰ τὸ Μιλάνον ἡ ἠχὼ ἐπαναλαμβάνει 40άκις λέξιν ἐκφωνουμένην μεταξὺ δύο παραλλήλων πτερύγων τοῦ οἰκοδομήματος.

Ἀντήχησις. Ἐὰν δ' ἡ ἀπὸ τοῦ κωλύματος ἀπόστασις εἶνε μικροτέρα τῶν 17 μέτρων διὰ τοὺς βραχεῖς ἤχους ἢ μικροτέρα τῶν 34 μ. διὰ τοὺς ἐνάρθρους, τότε ὁ ἐξ ἀνακλάσεως ἦχος φθάνει εἰς τὸ οὖς πρὸ τῆς παρελεύσεως $\frac{1}{10}$ ἢ $\frac{1}{5}$ τοῦ δευτερολέπτου ἀπὸ τοῦ πρώτου ἤτοι πρὶν ἢ ὁ πρῶτος γίνῃ εὐκρινῶς ἀκουστός· διὸ συγχέεται μετὰ τοῦ πρώτου καὶ συντελεῖ ἁπλῶς εἰς ἐνίσχυσιν αὐτοῦ· ἔχομεν τότε τὸ φαινόμενον τῆς *ἀντηχήσεως*. Τοῦτο παρατηρεῖται ἐν ταῖς ἐκκλησίαις, ἐν ταῖς μεγάλαις οἰκίαις, ὧν αἱ αἴθουσαι εἶνε γυμναί, ἐνῷ αἱ διὰ ταπήτων καὶ παραπετασμάτων κεκαλυμμέναι ἀνακλῶσι κακῶς τὸν ἦχον καὶ δὲν ἀντηχοῦσιν.

Σημ. Οὐχὶ δὲ μόνον ἐπὶ ἐπιπέδων ἀλλὰ καὶ ἐπὶ καμπύλων ἐπιφανειῶν ἀνακλᾶται ὁ ἦχος, οἷον εἰς τοὺς θόλους τῶν ἐκκλησιῶν καὶ οἰκοδομημάτων καὶ δίδει χώραν εἰς παραγωγὴν ἠχοῦς. Τοιαύτην ἀνάκλασιν τοῦ ἤχου εἴδομεν εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα τῶν συζυγῶν κατόπτρων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

286. **Τηλεβόας** (Σχ. 249). Χρησιμεύει τὸ ὄργανον τοῦτο πρὸς ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου καὶ μετάδοσιν αὐτοῦ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Σύγκειται ἐκ κωνικοῦ σωλῆνος ἐκ λευκοσιδήρου, οὗτινος τὸ ἓν ἄκρον εἶνε πολὺ ἀνοικτὸν καὶ καλεῖται *κώδων*, τὸ δ' ἕτερον ἀπολήγει εἰς ὅλμον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου φωνεῖ τις. Ὁ ἐν χρήσει ἐν τῷ ναυτικῷ ἔχει μῆκος καὶ μέχρι 2 μέτρων μετὰ κώνου διαμέτρου μέχρι 0^{μ}, 30. Καλὸς τηλεβόας δύναται ν' ἀκουσθῇ ἀπὸ ἀποστάσεως 5 καὶ 6 χιλιομέτρων. Ἀποδίδουσι δὲ τὴν δι' αὐτοῦ ἐνίσχυσιν τῆς φωνῆς εἰς τὴν σειρὰν τῶν διαδοχικῶν ἀνακλάσεων, ἃς τὰ ἠχητικὰ κύματα πάσχουσιν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ ὀργάνου καὶ συνε-



Σχ. 249.—**Τηλεβόας.**

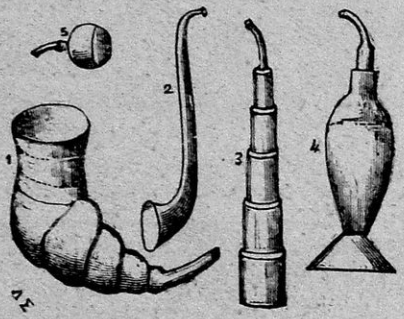
πείᾳ τῶν ὁποίων τείνουσι νὰ μεταδοθῶσι πρὸς τὰ πρόσω κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον τῷ ἄξονι αὐτοῦ.

Ἀκουστικὸν κέρας. Τοῦτο χρησιμεύει διὰ τοὺς βαρυκόους. Τὸ σχῆμα 250 παριστᾷ διαφόρους τύπους ἀκουστικῶν κεράτων, ἅτινα πάντα ἔχουσι τὸ ἓν ἄκρον ἐστενωμένον ἵνα τίθηται ἐντὸς τοῦ ὠτὸς τοῦ ἀκούοντος, τὸ δ' ἕτερον ἀπολήγει εἰς κῶνον, προωρισμένον ἵνα δέχηται τὴν φωνὴν τοῦ ὁμιλοῦντος. Ἐν αὐτῷ τὰ ἠχητικὰ κύματα, ἀνεπτυγμένα κατ' ἀρχάς, φθάνουσι διὰ σειρᾶς ἀνακλάσεων συγκεντρωμένα εἰς τὸ οὖς καὶ παράγουσιν ὡς ἐκ τούτου πολὺ μεγαλείτερον ἀποτέλεσμα, παρὰ ἂν ἐξεπέμποντο ἀποκλίνοντα ἐκ τοῦ στόματος τοῦ ὁμιλοῦντος.

287. **Διάθλασις τοῦ ἤχου.** Καὶ εἰς τὸ φαινόμενον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς διαθλάσεως δὲν ὑστερεῖ ὁ ἦχος τοῦ φωτὸς καὶ τῆς θερμότητος. Ὁ Sondhauss ἀπέδειξεν ὅτι καὶ τὰ ἠχητικὰ κύματα διαθλῶνται. Ἔλαβε δύο σφαιρικὰ τμήματα ἐκ κολλοδίου καὶ συνεκόλλησεν αὐτὰ εἰς τρόπον ὥστε ν' ἀποτελέσῃ κοῖλον ἀμφίκυρτον φακόν, ἔχοντα κατὰ τὸ μέσον 12 περίπου ἑκατοστομέτρων πάχος, ἐπλήρωσε δὲ τοῦτον ἀνθρακικοῦ ὀξέος. Θέσας ἀκολούθως ἐκ τοῦ ἑνὸς μέρους ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ φακοῦ ὡρολόγιον, ἐκ δὲ τοῦ ἑτέρου τὸ οὖς εἰς διαφόρους θέσεις, παρετήρησεν ὅτι τότε ἠκούετο εὐκρινέστερον ὁ ἦχος, ὅταν τὸ οὖς



Σχ. 250. — Διάφοροι τύποι ἀκουστικῶν κεράτων.

εὑρίσκετο ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ εἰς ὡρισμένην ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἀπόστασιν. Σημεῖον ὅτι τὰ ἠχητικὰ κύματα διαθλώμενα διὰ τοῦ φακοῦ συνήρχοντο εἰς ὡρισμένην θέσιν τοῦ κυρίου ἄξονος σχηματίζοντα ἑστίαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

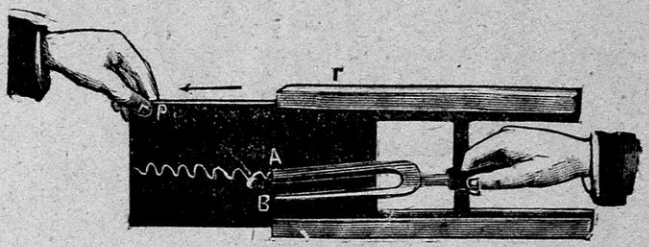
ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΠΑΛΜΩΝ

288. **Ὕψος τοῦ ἤχου.** Διάφορα ἠχητικὰ σώματα ἢ ἓν καὶ τὸ αὐτὸ δύναται νὰ ἐκτελῇ ἐν ὡρισμένῳ χρόνῳ, ἐν ἐνὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δευτερολέπτῳ π. χ., διάφορον ἀριθμὸν παλμῶν, ἀλλὰ τότε καὶ οἱ παραγόμενοι ἦχοι *δὲν ἔχουσι τὴν αὐτὴν ὀξύτητα*. Ἡ ὀξύτης λοιπὸν τοῦ ἤχου ἤ, ὡς κατὰ συνθήκην λέγεται, τὸ ὕψος τοῦ ἤχου, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν, οὓς τὸ ἠχογόνον σῶμα ἐκτελεῖ ἐν ἑνὶ δευτερολέπτῳ· ὅσῳ μείζων ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν, τόσῳ *ὀξύτερος* ἢ *ὑψηλότερος* ὁ παραγόμενος ἦχος, ὅσῳ δὲ μικρότερος ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν, τόσῳ *βαρύτερος* ἢ *χαμηλότερος* ὁ ἦχος. Δυνάμεθα ν' ἀποδείξωμεν τοῦτο πειραματικῶς διὰ διαφόρων ὀργάνων, διὰ τῶν ὁποίων κατορθοῦμεν νὰ μετρήσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν τὸν ἀντιστοιχοῦντα εἰς οἱονδήποτε ἦχον. Τοιαῦτα ὄργανα εἶνε ἡ *σειρὴν* τοῦ Gagniard de Latour ἢ τοῦ Seebec, οἱ *ὀδοντωτοὶ τροχοὶ* τοῦ Savart καὶ τὸ *παλμοσκόπιον* τοῦ Duhamel.



Σχ 251.—**Παλμοσκόπιον τοῦ Duhamel**

Παλμοσκόπιον ἢ γραφικὴ μέθοδος τοῦ Duhamel. Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης κατορθοῦμεν ὥστε τὸ ἠχοῦν σῶμα νὰ χαράξῃ ἐπὶ καταλλήλως παρεσκευασμένης ἐπιφανείας τοὺς παλμούς, οὓς ἐκτελεῖ ἐν χρόνῳ τινί. Πρὸς τοῦτο ὑπάρχει πλὰξ ὑελίνη Ρ, κεκαλυμμένη δι' αἰθάλης, ἥτις δύναται νὰ διολισθήσῃ μεταξὺ δύο παραλλήλων ξυλίνων κανόνων Γ καὶ Δ· ἐπὶ τῆς πλακὸς δ' ἐπακουμβᾷ τὸ ἄκρον τοῦ ἠχοῦντος σώματος, οἷον ἑνὸς διαπασῶν (Σχ. 251). Τὸ διαπασῶν τοῦτο κρατεῖται στερεῶς ἐκ τοῦ ἑτέρου ἄκρου εἴτε διὰ τῆς χειρός, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα, εἴτε στερεοῦται ἐπὶ παρακειμένου κατακυρύφου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑποστηρίγματος· εἰς δὲ τὸ ἄκρον αὐτοῦ Α προσκολλᾶται διὰ κηροῦ μικρὰ λεπτοτάτη βελόνη. Πλήττομεν τὸ διαπασῶν καὶ φέροντες τὴν βελόνην Α εἰς ἐπαφὴν ἐπὶ τῆς πλακὸς θέτομεν τὴν πλάκα εἰς κίνησιν διὰ τῆς ἑτέρας χειρὸς ἢ διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ· τὸ ἄκρον Α τότε παλλόμενον θὰ χαράξῃ ἐπὶ τῆς πλακὸς κανονικὴν κυματοειδῆ γραμμήν, τῆς ὁποίας ὁ ἀριθμὸς τῶν ἑλιγμῶν παριστᾷ τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν τοῦ διαπασῶν. Δὲν ἔχομεν παρὰ νὰ μετρήσωμεν καὶ τὸν χρόνον εἰς δευτερόλεπτα, καθ' ἃ ἐχαράχθη ἡ γραμμὴ αὕτη, καὶ διαιροῦντες εὑρίσκομεν τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν οὓς ἐξετέλεσε τὸ διαπασῶν εἰς ἓν δευτερόλεπτον. Ἂν μεταχειρισθῶμεν ἕτερον διαπασῶν παράγον ἦχον βαρύτερον. θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκτελεῖ ὀλιγωτέρους παλμοὺς εἰς 1″, ἂν δ' ἕτερον ὀξύτερον, ἔτι περισσοτέρους.

Χάριν περισσοτέρας ἀκριβείας ἐπακουμβῶμεν ἐπὶ τῆς πλακὸς καὶ δεύτερον διαπασῶν, τοῦ ὁποίου ὅμως ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν εἰς 1″ νὰ εἶνε ἀκριβῶς προσδιωρισμένος ἐκ τῶν προτέρων· ὡς τοιοῦτον δὲ λαμβάνομεν τὸ διαπασῶν, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ 435 παλμοὺς εἰς 1″. Πλήττομεν καὶ τὰ δύο καὶ τότε τὸ μὲν κανονικὸν θὰ χαράξῃ τὴν γραμμὴν 1, τὸ δ' ἕτερον τὴν γραμμὴν 2 (Σχ. 252)· ἀκολούθως φέρομεν τὰς παραλλήλους ΑΑ′ καὶ ΒΒ′ καὶ ἔστω ὅτι περικλείουσιν ἐν μὲν τῇ γραμμῇ 1 παλμοὺς 6 ἐν δὲ τῇ γραμμῇ 2 παλμοὺς 8, οἱ ὁποῖοι προφανῶς ἀντιστοιχοῦσιν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον καὶ διὰ τὰ δύο διαπασῶν. Εὑρίσκομεν τότε εὐκόλως τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν εἰς 1″ διὰ τὸ δεύτερον ἄγνωστον διαπασῶν ἐκ τῆς ἀναλογίας

Σχ. 252. — **Ἁλμοὶ τοῦ διαπασῶν.**

$$435 : \chi = 6 : 8, \text{ ἐξ ἧς } \chi = \frac{8}{6} \times 435 = 580,$$

τουτέστι τὸ ἄγνωστον διαπασῶν ἐκτελεῖ 580 παλμοὺς εἰς 1″. Ἐὰν δὲ τὸ ἄγνωστον διαπασῶν χαράξῃ τὴν γραμμὴν 3, εὑρίσκομεν παρομοίως ὅτι τὸ μεταξὺ τῶν παραλλήλων ΑΑ′ καὶ ΒΒ′ τμῆμα ἔχει 10 παλμοὺς καὶ ἑπομένως ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν, οὓς ἐκτελεῖ τὸ διαπασῶν ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ εἰς 1″, εἶνε

$$435 : \chi = 6 : 10, \text{ ἐξ ἧς } \chi = \frac{10}{6} \times 435 = 725.$$

Σημ. Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης ἀποδεικνύεται συγχρόνως τὸ ἰσόχρονον τῶν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μικρῶν παλμῶν τοῦ ἠχοῦντος σώματος· διότι, ἐφ' ὅσον παρέρχεται χρόνος καὶ ὁ ἦχος τοῦ διαπασῶν ἐξασθενίζει, τὸ ἄνοιγμα τῶν ἑλιγμῶν τῆς γραμμῆς σμικρύνεται, ἀλλ' ὅμως ὁ ἀριθμὸς αὐτῶν μένει ὁ αὐτὸς ἐν ὡρισμένῳ χρόνῳ.

—Διὰ τῆς *σειρῆνος* κατορθοῦμεν ἐμφυσῶντες εἰς αὐτὴν ἀέρα νὰ παράγωμεν ἦχον ἰσοϋψῆ μὲ ἐκεῖνον, οὗτινος ζητοῦμεν νὰ προσδιορίσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν. Ἀφ' οὗ δ' ἐπιτευχθῇ τοῦτο, μετροῦμεν διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ, ὃν φέρει τὸ ὄργανον, τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν οὓς ἐκτελεῖ τότε ὁ τὸν ὡρισμένον ἐκεῖνον ἦχον παράγων ἀήρ. Ὁ ἀριθμὸς οὗτος ἀντιστοιχεῖ προφανῶς καὶ εἰς τὸν ἕτερον ἰσοϋψῆ ἦχον.

Ἡ σειρὴν παράγει ἦχον καὶ ἐν τῷ ὕδατι τιθεμένη καὶ ἐν οἱῳδήποτε ἀερίῳ· εὑρίσκεται δὲ πάντοτε ὅτι δεικνύει τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν παλμῶν, ὅταν παράγῃ ἦχον τοῦ αὐτοῦ ὕψους, ὁποιαδήποτε καὶ ἂν εἶνε ἡ φύσις τοῦ ἠχογόνου σώματος (ὕδωρ, ἀήρ, ἄλλο οἱονδήποτε ἀέριον).

289. **Ὅριον τῶν αἰσθητῶν ἤχων.** Πρὸ τοῦ Savart παρεδέχοντο ὅτι ὁ βαρύτατος τῶν ἀκουστῶν ἤχων εἰς τὸ ἀνθρώπινον οὖς εἶνε ὁ παραγόμενος ὑπὸ 32 παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον, ὀξύτατος δὲ ὁ ὑπὸ 18000. Ἀλλὰ διὰ τῶν ἐργασιῶν τοῦ Savart κατεδείχθη ὅτι τὰ ὅρια ταῦτα ἦσαν λίαν περιωρισμένα καὶ ὅτι ἡ ἀντίληψις ἤχων βαρυτάτων ἢ ὀξυτάτων ἐξαρτᾶται μᾶλλον ἐκ τῆς ἐντάσεως αὐτῶν, ἥτις πρέπει νὰ εἶνε ἀρκοῦσα, ὅπως γίνωσιν οὗτοι ἀκουστοί. Ὁ Savart ἀνεβίβασε τὸ ὅριον τῶν αἰσθητῶν ἤχων εἰς 48000 παλμοὺς διὰ τοὺς ὑψηλοτέρους καὶ 16 διὰ τοὺς βαρυτέρους. Ὁ δὲ Despretz ἀνεβίβασεν ἔτι μᾶλλον τὸ ὅριον τῶν ὀξέων ἤχων, εὑρὼν ὅτι δύναται νὰ γίνῃ ἀκουστὸς καὶ ἦχος ὑπὸ 73700 παλμῶν παραγόμενος.

ΦΥΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΜΟΥΣΙΚΗΣ

290. **Διάστημα, μουσικὰ διαστήματα.** Προσδιορίζοντες διὰ τῶν ἀνωτέρω μεθόδων τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν, οἵτινες ἀντιστοιχοῦσιν εἰς ἕκαστον ἦχον, δυνάμεθα νὰ χαρα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κτηρίζωμεν αὐτοὺς λέγοντες ὅτι ὁ δεῖνα ἦχος ἀντιστοιχεῖ π.χ. εἰς 512 παλμούς, ὁ ἕτερος εἰς 800 παλμοὺς καὶ διὰ τοῦ ἀριθμητικοῦ τούτου χαρακτῆρος ν' ἀναγνωρίζωμεν καὶ νὰ συγκρίνωμεν αὐτοὺς πρὸς ἀλλήλους.

Ἔστω N ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν ἤχου τινὸς καὶ ν ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν ἑτέρου ἐν ἴσῳ χρόνῳ· ὁ λόγος $\frac{N}{\nu}$ καλεῖται *διάστημα*· ὡς ἀριθμητὴς λαμβάνεται ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν τοῦ ὀξυτέρου καὶ συνεπῶς τὸ διάστημα εἶνε πάντοτε ἀριθμὸς μεγαλείτερος τῆς μονάδος. Διαπασῶν τι π.χ. ἐκτελεῖ 900 παλμούς, ἕτερον δὲ 800 ἐν ἴσῳ χρόνῳ· τὸ διάστημα τῶν ὑπ' αὐτῶν παραγομένων ἤχων εἶνε $\frac{900}{800}$ ἢ $\frac{9}{8}$.

Μεταξὺ τῶν διαστημάτων διακρίνομεν τινά, τῶν ὁποίων ἡ μουσικὴ ποιεῖται χρῆσιν καὶ ὀνομάζονται διὰ τοῦτο *μουσικὰ διαστήματα*.

Ὅταν συμπαράγωνται συγχρόνως δύο ἤχοι χωριζόμενοι διὰ μουσικοῦ διαστήματος, τὸ οὖς ἡμῶν αἰσθάνεται εὐάρεστον ἢ δυσάρεστον αἴσθημα, καθ' ὅσον τὸ διάστημα τῶν συνηχούντων ἤχων εἶνε *σύμφωνον* ἢ *διάφωνον*. Σύμφωνα διαστήματα εἶνε τὰ ἐκφραζόμενα διὰ τῶν ἑξῆς ἁπλῶν ἀριθμητικῶν λόγων: $\frac{2}{1}$, $\frac{5}{4}$ καὶ $\frac{3}{2}$. Π.χ. ὅταν συμπαράγωνται δύο ἤχοι, ἔχοντες ὁ μὲν 30 ὁ δὲ 24 παλμούς, τὸ μεταξὺ αὐτῶν διάστημα εἶνε $\frac{30}{24}$ ἢ $\frac{5}{4}$, τουτέστι διάστημα σύμφωνον καὶ συνεπῶς ἡ συνήχησις τῶν δύο τούτων ἤχων θὰ παραγάγῃ εἰς τὸ οὖς εὐάρεστον αἴσθημα. Ἐν γένει δὲ ἡ συμφωνία εἶνε τοσοῦτον μεγαλειτέρα, ὅσῳ οἱ ὅροι τοῦ κλάσματος τοῦ ἐκφράζοντος τὸ διάστημα εἶνε μικρότεροι.

291. **Μουσικὴ κλίμαξ.** Ἡ μουσικὴ χρῆσιν ποιεῖ διὰ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δοχικῶν ἤχων διαφόρου ὕψους, τῶν ὁποίων τὰ διαστήματα εἶνε τοιαῦτα, ὥστε παραγόμενοι οὗτοι κατὰ σειρὰν ἢ τινὲς ἐξ αὐτῶν νὰ παράγωσιν εὐάρεστον αἴσθημα εἰς τὸ οὖς ἡμῶν. Ἡ σειρὰ τῶν μουσικῶν τούτων ἤχων ἢ φθόγγων, καλεῖται *μουσικὸν διάγραμμα*. Εὑρίσκεται δὲ ὅτι τὰ μεταξὺ τῶν φθόγγων τοῦ μουσικοῦ διαγράμματος διαστήματα ἐπανέρχονται τὰ αὐτὰ κατὰ *ἑπτάδας*· τουτέστιν, ἐὰν ληφθῇ ὡς βάσις φθόγγος τις καὶ ἀναχωρήσωμεν ἀπ' αὐτοῦ, εὑρίσκομεν ἑπτὰ διαδοχικοὺς ὀξυτέρους φθόγγους, ἑκάστου τῶν ὁποίων τὸ διάστημα ὡς πρὸς τὸν πρῶτον εἶνε διάφορον· ἐκεῖθεν ὅμως ἐπανέρχονται πάλιν τὰ αὐτὰ διαστήματα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν σειρὰν μέχρι τοῦ ἑπομένου ἑβδόμου καὶ οὕτω καθεξῆς. Ἑκάστη σειρὰ ἐξ ἑπτὰ τοιούτων διαδοχικῶν φθόγγων ἀποτελεῖ *μουσικὴν κλίμακα*, ἧς οἱ φθόγγοι ὀνομάζονται (1)

δο, ρε, μι, φα, σολ, λα, σι, δο.

Προσδιορίζοντες δέ, καθ' ἃ ἐν τοῖς προηγουμένοις εἴδομεν, τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν ἑκάστου φθόγγου εὑρίσκομεν τὰ ἑξῆς μουσικὰ διαστήματα μεταξὺ αὐτῶν καὶ τοῦ πρώτου :

	δο,	ρε,	μι,	φα,	σολ,	λα,	σι
Ἀριθ. παλμῶν ἑκάστου φθόγγου	24,	27,	30,	32,	36,	40,	45
Μουσικὰ διαστήματα	$\frac{24}{24}$,	$\frac{27}{24}$,	$\frac{30}{24}$,	$\frac{32}{24}$,	$\frac{36}{24}$,	$\frac{40}{24}$,	$\frac{45}{24}$
ἢ ἁπλούστερον	1,	$\frac{9}{8}$,	$\frac{5}{4}$,	$\frac{4}{3}$,	$\frac{3}{2}$,	$\frac{5}{3}$,	$\frac{15}{8}$

(1) Ἐν Ἀγγλίᾳ καὶ Γερμανίᾳ οἱ ἑπτὰ φθόγγοι τῆς κλίμακος ὀνομάζονται διὰ τῶν γραμμάτων C, D, E, F, G, A, B, οὕτω δ' ὠνομάζοντο καὶ παρὰ τοῖς ἀρχαίοις καὶ κατόπιν μέχρι τοῦ 11ου αἰῶνος. Τὴν μετατροπὴν τῆς ὀνομασίας ἐπέφερε κατόπιν μοναχός τις Guy d'Arezzo ὀνομάσας τοὺς ἓξ πρώτους

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ πρώτη αὕτη κλίμαξ ἀκολουθεῖται ὑπὸ δευτέρας ὑψηλοτέρας, τῆς ὁποίας ἕκαστος τῶν φθόγγων ἔχει διπλάσιον ἀριθμὸν παλμῶν, αὕτη δὲ ὑπὸ τρίτης κλπ. Ἐν γένει δὲ πολλαπλασιάζοντες τοὺς παλμοὺς ἑκάστου φθόγγου τῆς κλίμακος ταύτης ἐπὶ 2, 3, 4 . . . εὑρίσκομεν τοὺς ἀριθμοὺς τῶν παλμῶν τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς τοὺς φθόγγους τῶν ὑψηλοτέρων κλιμάκων.

Διαστήματα μεταξὺ διαδοχικῶν φθόγγων. Καὶ τὰ μὲν ἀνωτέρω κλάσματα παριστῶσι τὰ μουσικὰ διαστήματα μεταξὺ ἑνὸς ἑκάστου φθόγγου τῆς κλίμακος καὶ τοῦ πρώτου, τὰ δὲ διαστήματα μεταξὺ τῶν διαδοχικῶν φθόγγων εἶνε τὰ ἑξῆς:

$$\frac{\text{ρε}}{\text{δο}},\ \frac{\text{μι}}{\text{ρε}},\ \frac{\text{φα}}{\text{μι}},\ \frac{\text{σολ}}{\text{φα}},\ \frac{\text{λα}}{\text{σολ}},\ \frac{\text{σι}}{\text{λα}},\ \frac{\text{δο}}{\text{σι}}$$

$$\left(\frac{27}{24},\ \frac{30}{27},\ \frac{32}{30},\ \frac{36}{32},\ \frac{40}{36},\ \frac{45}{40},\ \frac{48}{45}\right)$$

$$\frac{9}{8},\ \frac{10}{9},\ \frac{16}{15},\ \frac{9}{8},\ \frac{10}{9},\ \frac{9}{8},\ \frac{16}{15}$$

Ἤτοι ἀνευρίσκομεν τρία διάφορα διαστήματα, τὸ $\frac{9}{8}$, τὸ $\frac{10}{9}$ καὶ τὸ $\frac{16}{15}$. Τὸ $\frac{9}{8}$, τὸ ὁποῖον εἶνε τὸ μεγαλείτερον, καλεῖται *τόνος μείζων*, τὸ ἀμέσως μικρότερον $\frac{10}{9}$ καλεῖται *τόνος ἐλάσσων*, τὸ δὲ τρίτον, τὸ ἔτι μικρότερον, καλεῖται *ἡμιτόνιον*.

φθόγγους διὰ τῶν πρώτων συλλαβῶν ἓξ λέξεων τοῦ λατινικοῦ ὕμνου, ὅστις ἐψάλλετο ἐν ταῖς ἐκκλησίαις πρὸς τιμὴν τοῦ Ἁγίου Ἰωάννου. Τὸ δὲ ὄνομα τοῦ ἑβδόμου φθόγγου (σι) ἐδόθη πολὺ κατόπιν (1784) ὑπὸ τοῦ γάλλου μουσικοῦ Lemaire. Ὀλίγον κατ' ὀλίγον δὲ καὶ τὸ ὄνομα (ut) τοῦ πρώτου φθόγγου ἀντεκατεστάθη ὑπὸ τοῦ δο διὰ τὸ μὴ ἠχηρὸν ἐκείνου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁσάκις λοιπὸν τὸ μεταξὺ δύο διαδοχικῶν φθόγγων διάστημα εἶνε $\frac{9}{8}$ ἢ $\frac{10}{9}$ λέγομεν ὅτι ὑπάρχει μεταξὺ αὐτῶν τόνος, ὁσάκις δὲ εἶνε $\frac{16}{15}$, λέγομεν ὅτι ὑπάρχει ἡμιτόνιον. Ὥστε εἰς τὴν ἀνωτέρω μουσικὴν κλίμακα ἔχομεν

ο	*ρε*	*μι*	*φα*	*σολ*	*λα*	*σι*	*δο*
τόνος	τονος	ἡμιτόνιον	τόνος	τόνος	τόνος	ἡμιτόνιον	

ἤτοι 2 τόνους, 1 ἡμιτόνιον, 3 τόνους, 1 ἡμιτόνιον.

Τὸ διάστημα μεταξὺ μείζονος καὶ ἐλάσσονος τόνου εἶνε ἐλάχιστον $\left(\frac{80}{81}\right)$, ἀπαιτεῖται δὲ οὖς εἰς μέγαν βαθμὸν ἐξησκημένον ὥστε ν' ἀκούσῃ τὴν διαφοράν· διὰ τοῦτο ἐν τῇ πράξει παραβλέπεται ἡ διαφορὰ αὕτη καὶ ὀνομάζουσιν ἀδιαφόρως *τόνον* καὶ τὸν μείζονα καὶ τὸν ἐλάσσονα.

Διέσεις καὶ ὑφέσεις. Ἡ ἀνωτέρω ἀπὸ τοῦ *δο* ἀρχομένη κλίμαξ, εἶνε *ἡ θεμελιώδης μουσικὴ κλίμαξ*, ἥτις ὀνομάζεται καὶ *φυσικὴ κλίμαξ*, ὁ δὲ ἀρχικὸς φθόγγος αὐτῆς *δο* καλεῖται *θεμελιώδης φθόγγος* ἢ *τονικός*. Ἀλλ' ἡ κλίμαξ αὕτη εἶνε ἀνεπαρκὴς διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς μουσικῆς συνθέσεως, διὸ κατασκευάζουσι καὶ ἄλλας κλίμακας λαμβάνοντες ὡς τονικοὺς καὶ τοὺς ἄλλους φθόγγους τῆς μουσικῆς κλίμακος. Ἐπειδὴ ὅμως ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει δὲν θὰ ὑπάρχῃ μεταξὺ τῶν διαδοχικῶν ἑπτὰ φθόγγων ἡ αὐτὴ σειρὰ τόνων καὶ ἡμιτονίων ἤτοι 2 τόνων, 1 ἡμιτονίου, 3 τόνων, 1 ἡμιτονίου, κάμνουσι χρῆσιν τῶν λεγομένων *διέσεων* καὶ *ὑφέσεων*. Ἂν λάβωμεν π. χ. ἀρχικὸν τόνον τὸν φα, θὰ ἔχωμεν

φα	*σολ*	*λα*	*σι*	*δο*	*ρε*	*μι*	*φα*,
τόνος	τόνος	τόνος	ἡμιτόν.	τόνος	τόνος	ἡμιτόνιον	

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἤτοι 3 τόνους, 1 ἡμιτόνιον, 2 τόνους, 1 ἡμιτόνιον. Διό, ἵνα ἔχωμεν τὴν αὐτὴν σειρὰν τόνων καὶ ἡμιτονίων, οἵαν καὶ ἐν τῇ φυσικῇ, *καταβιβάζομεν τὸ σι κατὰ ἡμιτόνιον* καὶ καλεῖται τότε οὗτος σι *ὕφεσις* καὶ σημειοῦται σι ♭ ; Ἄλλοτε πάλιν ἀναβιβάζομεν φθόγγον τινὰ κατὰ ἡμιτόνιον· ἡ τοιαύτη ὕψωσις καλεῖται *δίεσις* τοῦ φθόγγου ἐκείνου καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ ♯.

Τελεία συμφωνία. Τὸ εὐαρεστότερον αἴσθημα παράγεται, εἰς τὸ οὖς ὑμῶν, ὅταν παράγωνται συγχρόνως τρεῖς φθόγγοι, τῶν ὁποίων τὰ διαστήματα ὡς πρὸς τὸν πρῶτον ἐκφράζονται ὑπὸ τῶν λόγων

$$1, \quad \frac{5}{4}, \quad \frac{3}{2}$$

ἢ κάλλιον, ἐξαλειφομένων τῶν παρονομαστῶν, διὰ τῶν ἀκεραίων ἀριθμῶν

$$4, \quad 5, \quad 6.$$

Τοιοῦτοι φθόγγοι, ὧν ἡ συνήχησις ἀποτελεῖ τελείαν συμφωνίαν, εἶνε οἱ ἑξῆς :

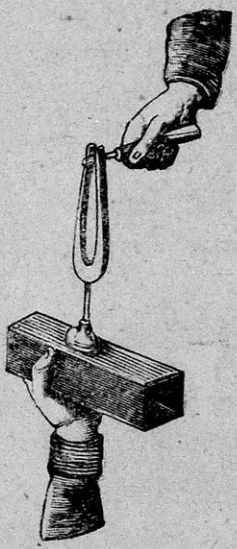
δο, μι, σολ.—σολ, σι, ρε.—φα, λα, δο.—

Διαπασῶν. Καλεῖται *διαπασῶν*, μικρὸν ὄργανον δυνάμενον νὰ παράγῃ σταθερά τινα φθόγγον καὶ χρησιμεῦον ὡς ἐκ τούτου εἰς τὸ νὰ ἁρμόζωσι τὰ μουσικὰ ὄργανα. Συνίσταται δ' ἐκ χαλυβδίνης ῥάβδου κεκαμμένης ἐν σχήματι λαβίδος (Σχ. 253). Διὰ νὰ τεθῇ δὲ εἰς κραδασμὸν καὶ ἠχήσῃ, πλήττομεν αὐτὸ κατὰ τὰ ἄκρα διὰ πλήκτρου ἢ διαβιβάζομεν μεταξὺ τῶν σκελῶν αὐτοῦ καὶ ἀπομακρύνομεν βίᾳ κύλινδρον σιδηροῦν. Πρὸς ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου στερεοῦμεν τὸ ὄργανον ἐπὶ ξυλίνου κιβωτίου ἀνοικτοῦ κατὰ τὸ ἓν ἄκρον.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν ἑνὸς διαπασῶν εἰς 1″ ποικίλλει

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀναλόγως τοῦ μήκους καὶ πάχους τῶν σκελῶν αὐτοῦ, διὸ δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν διάφορα διαπασῶν, ἕκαστον τῶν ὁποίων νὰ ἐκτελῇ διάφορον ἀριθμὸν παλμῶν εἰς 1″ καὶ ἑπομένως νὰ παράγῃ διάφορον φθόγγον. Διὰ νὰ γίνηται ὅμως ἡ ἅρμοσις τῶν ὀργάνων κατὰ τὸ αὐτὸ ὕψος πανταχοῦ, καθωρίσθη ἡ χρῆσις ἑνὸς ὡρισμένου διαπασῶν, τὸ ὁποῖον καλεῖται *κανονικὸν ἢ νόμιμον* καὶ δίδει τὸν φθόγγον λa_3, ἐκτελεῖ δὲ 435 παλμοὺς κατὰ δευτερόλεπτον.



Σχ. 253. — Διαπασῶν

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΠΑΛΜΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ ΤΩΝ ΧΟΡΔΩΝ

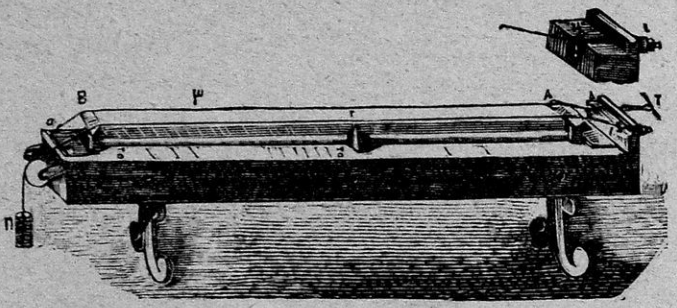
292. **Παλμοὶ τῶν χορδῶν, ἠχόμετρον.** Ὀνομάζομεν ἐν τῇ ἀκουστικῇ *χορδάς*, σώματα νηματοειδῆ ἐκ μετάλλου ἢ ἐξ ἑντέρου γινόμενα ἐλαστικὰ διὰ τάσεως.

Εἰς τὰς χορδὰς δυνάμεθα νὰ παράγωμεν δύο εἰδῶν παλμούς: *ἐγκαρσίους* ἤτοι καθέτους τῷ μήκει τῆς χορδῆς καὶ *κατὰ μῆκος* ἤτοι κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μήκους τῆς χορδῆς. Τοὺς πρώτους παράγομεν ἢ διὰ πλήκτρου, ὡς ἐπὶ τοῦ βιολίου, ἢ διὰ τῶν δακτύλων, ὡς ἐπὶ τῆς κιθάρας· τοὺς δὲ δευτέρους προστρίβοντες τὴν χορδὴν κατὰ μῆκος μὲ ὕφασμα πεπασμένον κολοφωνίᾳ.

Ἠχόμετρον ἢ μονόχορδον (Σχ. 254). Συνίσταται ἐκ λεπτοῦ ξυλίνου κιβωτίου προωρισμένο νὰ ἐνισχύῃ τὸν ἦχον καὶ φέροντος δύο καβάλλας σταθερὰς Α καὶ Β, ἐφ' ὧν διέρχεται μεταλλίνη χορδὴ δεδεμένη ἐκ τοῦ ἑνὸς ἄκρου, ἐκ δὲ τοῦ ἑτέρου τεινομένη διὰ βαρῶν Π. Τὸ μεταξὺ τῶν καταλλῶν διά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στημα, περὶ τὸ ἓν μέτρον εἶνε ὑποδιηρημένον εἰς χιλιοστόμετρα. Παραλλήλως διήκει καὶ δευτέρα χορδὴ δεδεμένη ἐκ τῶν δύο ἄκρων α καὶ Δ, ἣν δυνάμεθα νὰ τείνωμεν κατὰ βούλησιν διὰ τοῦ κοχλίου Τ, ὥστε νὰ παράγῃ σταθερὸν καὶ ὡρισμένον φθόγγον, ἐνῷ ἡ ἑτέρα χορδὴ παράγει διαφόρους φθόγγους, ἀναλόγως τῆς τάσεως ἣν λαμβάνει καὶ τῆς θέσεως τοῦ κινητοῦ ὑπαγωγέως Γ, δι' οὗ μεταβάλλεται τὸ ἑκάστοτε παλλόμενον μέρος τῆς χορδῆς. Διὰ τοῦ ἠχομέτρου ἀποδεικνύονται πειραματικῶς οἱ νόμοι τῶν ἐγκαρσίων παλμῶν τῶν χορδῶν, οἵτινες εἶνε οἱ ἑξῆς:



Σχ. 254.—Ἠχόμετρον.

1ον *Ὅταν ἡ τάσις τῆς χορδῆς εἶνε σταθερά, ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν, οὓς ἐκτελεῖ αὕτη ἐν ἑνὶ δευτερολέπτῳ, εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ μήκους ταύτης τῆς χορδῆς.*

2ον *Ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν δύο χορδῶν, αἵτινες διαφέρουσι μόνον κατὰ τὸ πάχος, εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς διαμέτρου αὐτῶν.*

3ον *Ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν μιᾶς χορδῆς εἶνε κατ' εὐθεῖαν ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ τείνοντος αὐτὴν βάρους.*

4ον *Οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν, οὓς ἐκτελοῦσι δύο χορδαὶ ἰσο-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ποχεῖς, ἰσομήκεις καὶ ἐπίσης τεταμέναι, εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῆς τετραγωνικῆς ῥίζης τῶν πυκνοτήτων αὐτῶν.

Πρὸς ἐπαλήθευσιν τοῦ πρώτου νόμου τῶν μηκῶν πειρώμεθα ὡς ἑξῆς: Γνωρίζομεν ὅτι τὰ μουσικὰ διαστήματα τῶν φθόγγων τῆς μουσικῆς κλίμακος εἶνε

δο	ρε	μι	φα	σολ	λα	σι	δο
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2.

Τούτου τεθέντος τείνομεν καὶ τὰς δύο χορδὰς ὥστε νὰ πάλλωνται δι' ὅλου τοῦ μήκους αὐτῶν καὶ νὰ παράγωσι τὸν αὐτὸν φθόγγον, ἀκολούθως δὲ διὰ τοῦ ὑπαγωγέως Γ δίδομεν εἰς τὴν μίαν χορδὴν διαδοχικῶς μήκη ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν ἀνωτέρω σχέσεων, ἤτοι

1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$.

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ χορδὴ παράγει διαδοχικῶς καὶ κατὰ σειρὰν τοὺς φθόγγους τῆς μουσικῆς κλίμακος. Δι' ἀναλόγων πειραμάτων ἐπαληθεύομεν καὶ τοὺς ἑτέρους νόμους, ἤτοι τὸν τῶν διαμέτρων, τῶν τάσεων καὶ τῶν πυκνοτήτων.

— Ἐὰν καλέσωμεν ν τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον, μ τὸ παλλόμενον μῆκος τῆς χορδῆς, α τὴν ἀκτῖνα τῆς τομῆς αὐτῆς, Β τὸ τεῖνον βάρος καὶ δ τὴν πυκνότητα, εὑρίσκομεν τὸν ἑξῆς τύπον, ὅστις ἐγκλείει ὅλους τοὺς ἀνωτέρω ἐκτεθέντας νόμους:

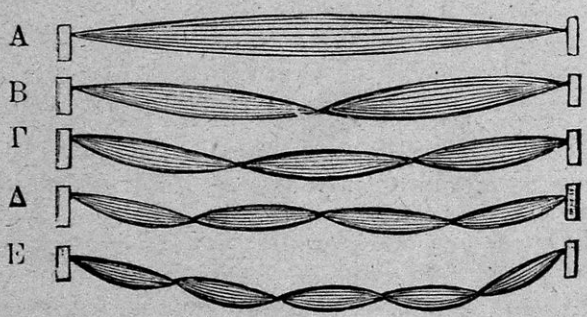
$$\nu = \frac{1}{\alpha\mu}\sqrt{\frac{B}{\pi\delta}} \quad (1).$$

Τὸ π, ὡς γνωστόν, παριστᾷ τὸν λόγον τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον.

Δεσμοὶ καὶ κοιλίαι τῶν παλλομένων χορδῶν. Πᾶσα χορδὴ παλλομένη, πάλλεται οὐχὶ μόνον ἐν τῷ συνόλῳ αὐτῆς ἀλλ' ὑποδιαιρεῖται εἰς ἀριθμόν τινα ἴσων μερῶν, 2, 3, 4 κλπ., ὧν ἕκαστον πάλλεται καὶ κατ' ἰδίαν. Τὰ μέρη ταῦτα χωρίζονται διὰ σημείων ἢ γραμμῶν *αἰσθητῶς ἀκινήτων*, καλουμένων *δεσμῶν*, τὰ δὲ μεταξὺ δύο διαδοχικῶν δεσμῶν τμήματα τῆς χορδῆς καλοῦνται *καμαρώσεις* καὶ τὰ μέσα τῶν καμαρώσεων *κοιλίαι*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ σχῆμα 255 παριστᾷ χορδὴν παλλομένην ἐν μὲν τῇ θέσει Α μόνον ἐν τῷ συνόλῳ αὐτῆς, ἐν δὲ ταῖς θέσεσι Β, Γ, Δ, Ε σχηματίζουσαν 2, 3, 4, 5 καμαρώσεις. Ἵνα δείξωμεν τὸν σχηματισμὸν τῶν καμαρώσεων καὶ δεσμῶν, θέτομεν τὸν ὑπαγωγέα κατὰ τὸ ἓν τέταρτον π. χ. τῆς χορδῆς καὶ πλήττομεν διὰ τοῦ τόξου εἰς τὸ μέσον τοῦ τετάρτου τούτου· τότε ἡ χορδὴ θὰ ὑποδιαιρεθῇ εἰς 4 κατ' ἰδίαν παλλόμενα μέρη καὶ ἐὰν θέσωμεν χαρτίνους ἱππεῖς λευκοὺς μὲν κατὰ τὰς θέσεις τῶν κοιλιῶν, ἐρυθροὺς δὲ κατὰ τὰς θέσεις τῶν δεσμῶν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἀνατρέπονται μὲν οἱ λευκοὶ οὐχὶ δὲ καὶ οἱ ἐρυθροὶ οἱ ἐπὶ τῶν δεσμῶν ἱστάμενοι.



Σχ. 255.—**Σχηματισμὸς δεσμῶν καὶ καμαρώσεων.**

Χροιὰ τοῦ ἤχου. Ἕνεκα τῶν δευτερευόντων τούτων παλμῶν τῶν τμημάτων τῆς χορδῆς ἐκφέρει αὕτη ἐκτὸς τοῦ κυρίου φθόγγου καὶ σειρὰν ὀξυτέρων ἤχων τῆς ἁρμονικῆς σειρᾶς, οἵτινες καλοῦνται *ἁρμονικοὶ* καὶ συντελοῦσιν εἰς τὸ νὰ λαμβάνῃ ὁ κύριος ἦχος τοιαύτην ἢ τοιαύτην *χροιάν*.

Ἡ χροιὰ τοῦ ἤχου ἀποτελεῖ μετὰ τῆς ἐντάσεως καὶ τοῦ ὕψους τὰ τρία χαρακτηριστικὰ ἢ ποιότητας τοῦ ἤχου. Γνωρίζομεν ὅτι οἱ φθόγγοι, οὓς παράγουσι διάφορα μουσικὰ ὄργανα, δύνανται νὰ ἔχωσι τὸ αὐτὸ ὕψος καὶ τὴν αὐτὴν ἔντασιν, π. χ. βιολίον, κλειδοκύμβαλον καὶ κιθάρα νὰ παράγωσι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸν φθόγγον *do* μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως· καὶ ὅμως ὁ do τοῦ βιολίου διακρίνεται ἀπὸ τοῦ do κλειδοκυμβάλου, τῆς κιθάρας κλπ. Τὸ γνώρισμα τοῦτο, ὅπερ διακρίνει τοὺς ἤχους τῶν διαφόρων ὀργάνων, τὰς ἀνθρωπίνους φωνὰς κλπ., καίτοι ἔχοντας τὸ αὐτὸ ὕψος καὶ ἔντασιν, καλεῖται *χροιὰ τοῦ ἤχου* καὶ ὀφείλεται εἰς τὴν συμπαραγωγὴν τῶν δευτερευόντων ὀξυτέρων μετὰ τοῦ θεμελιώδους ἤχου.

Οὐ μόνον δ' αἱ χορδαὶ ἀλλὰ καὶ πᾶν σῶμα παλλόμενον ὑποδιαιρεῖται οὕτως εἰς τμήματα κατ' ἰδίαν παλλόμενα καὶ παράγοντα σειρὰν ὀξυτέρων ἤχων.

293. **Παλμοὶ κατὰ μῆκος τῶν χορδῶν.** Οἱ νόμοι τῶν κατὰ μῆκος παλμῶν τῶν χορδῶν εὑρέθησαν δι' ὑπολογισμοῦ καὶ περικλείονται ἐν τῷ τύπῳ:

$$\nu = \frac{1}{\alpha\mu}\sqrt{\frac{\Sigma}{\pi\delta}} \quad (2),$$

ἔνθα τὰ λοιπὰ γράμματα ἔχουσι τὴν αὐτὴν σημασίαν οἵαν καὶ ἐν τῷ τύπῳ (1), τὸ δὲ Σ σημαίνει τὸν συντελεστὴν τῆς ἐλαστικότητος τῆς χορδῆς. Οἱ κατὰ μῆκος παλμοὶ τῶν χορδῶν εἶνε πολὺ ταχύτεροι τῶν ἐγκαρσίων, διὸ καὶ οἱ ἀποδιδόμενοι ὑπ' αὐτῶν ἦχοι εἶνε πολὺ ὀξύτεροι.

294. **Ἔγχορδα μουσικὰ ὄργανα.** Τὰ ἔγχορδα ὄργανα συνίστανται ἐκ συστήματος χορδῶν, αἵτινες ἀποτελοῦσι τὸ κύριον ἠχογόνον σῶμα καὶ ἐκ κιβωτίου ξυλίνου, ἐφ' οὗ στηρίζονται αἱ χορδαί, καὶ τὸ ὁποῖον δι' ἀντηχήσεως ἐνισχύει τοὺς ἤχους προσδίδον ἅμα αὐτοῖς διαφόρους χαρακτῆρας δυνάμεως, γλυκύτητος ἢ μαλακότητος κλπ. ἰδιάζοντας εἰς ἕκαστον ὄργανον. Ἡ ἀρχὴ αὐτῶν ἀνέρχεται εἰς παλαιοτάτην ἐποχήν. Ἡ ἅρπα τοῦ Δαυΐδ, αἱ λύραι καὶ αἱ κιθάραι τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων ραψῳδῶν ἦσαν τοιαῦτα ὄργανα.

Τὰ σήμερον ἐν χρήσει εἶνε πολλῶν εἰδῶν, ὑπάγονται δὲ πάντα εἰς δύο κατηγορίας, εἰς ὄργανα σταθερῶν ἤχων καὶ εἰς ὄργανα μεταβλητῶν ἤχων. Τὰ πρῶτα ἔχουσι μίαν χορδὴν δι' ἕκαστον φθόγγον, ὡς ἡ ἅρπα ἡ βιέλλα, ἢ φέρουσιν ὑπὸ τὴν χορδὴν κατὰ μῆκος τοῦ κιβωτίου γραμμὰς ἐξεχούσας, οὕτως ὥστε ὁ δάκτυλος τοῦ παίζοντος νὰ πιέζῃ τὴν χορδὴν μεταξὺ δύο τοιούτων διαδοχικῶν ἐξοχῶν καὶ νὰ ἐπιβραχύνῃ ἢ νὰ ἐπιμηκύνῃ αὐτὴν κατὰ σταθερὸν ποσὸν καὶ νὰ παράγῃ οὕτω τοῦτον ἢ ἐκεῖνον τὸν ὡρισμένον φθόγγον. Αἱ ἀποστάσεις τῶν ἐξοχῶν εἶνε τοιαῦται, ὥστε τὸ ὕψος τοῦ ἀντιστοιχοῦντος φθόγγου ἀπὸ τῆς μιᾶς εἰς τὴν ἄλλην ἐξοχὴν νὰ ἐλαττῶται ἢ ν' αὐξάνηται κατὰ ἡμιτόνιον. Τὰ δὲ ὄργανα μεταβλητῶν ἤχων ἔχουσιν ὀλιγωτέρας χορδάς, ὁ δὲ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παίζων θέτων τὸν δάκτυλον εἰς διαφόρους θέσεις δίδει ἑκάστοτε διάφορον μῆκος εἰς τὴν παλλομένην χορδὴν ὥστε νὰ παράγῃ αὕτη διαφόρους φθόγγους.

Τίθενται δὲ εἰς κραδασμὸν αἱ χορδαὶ τῶν τοιούτων ὀργάνων εἴτε διὰ πλήκτρου (δοξαρίου) ὅπως εἰς τὸ βιολίον, εἴτε διὰ τοῦ ἄκρου τῶν δακτύλων, ὅπως εἰς τὴν κιθάραν, εἴτε διὰ σφύρας, ὅπως εἰς τὸ κλειδοκύμβαλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΗΧΗΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

295. **Ὁρισμὸς καὶ διαίρεσις τῶν ἠχητικῶν σωλήνων.** Καλοῦμεν γενικῶς *ἠχητικοὺς σωλῆνας*, σωλῆνας μὲ στερεὰς παρειάς, εἰς τοὺς ὁποίους ὁ ἦχος παράγεται διὰ τῶν παλμικῶν κινήσεων τοῦ ἐν αὐτοῖς περιεχομένου ἀέρος. Ἀποδεικνύεται δὲ πειραματικῶς ὅτι εἰς τούτους μόνον ἡ στήλη τοῦ ἀέρος εἶνε τὸ ἠχογόνον σῶμα, οὐδόλως δ' ἐπιδρᾷ ἡ οὐσία τοῦ σωλῆνος· τουτέστι *δύο ἢ πλείονες σωλῆνες τῶν αὐτῶν διαστάσεων ἀλλ' ἐκ διαφόρου οὐσίας κατεσκευασμένοι (ἐκ ξύλου, ὑάλου, μετάλλου) παράγουσι τὸν αὐτὸν ἦχον, μόνον δὲ ἡ χροιὰ τοῦ ἤχου ποικίλλει.*

Ἐὰν ἐντὸς σωλῆνος ἐμφυσήσωμεν ἁπλῶς, τότε γίνεται μία συνεχὴς κίνησις τοῦ ἀέρος, ἦχος δὲ δὲν παράγεται. Πρὸς παραγωγὴν ἤχου ἀπαιτεῖται μέσον τι, τὸ ὁποῖον νὰ διακόπτῃ καὶ νὰ ἐπιτρέπῃ διαδοχικῶς τὴν εἴσοδον τοῦ ἀέρος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίζωνται ταχεῖαι διαδοχικαὶ πυκνώσεις καὶ ἀραιώσεις ἐντὸς τῆς στήλης τοῦ ἀέρος. Ἀναλόγως τῆς διατάξεως, ἥτις ὑπάρχει εἰς τοὺς σωλῆνας ἵνα τίθηται εἰς κραδασμὸν ὁ ἐντὸς αὐτῶν ἀήρ, διακρίνομεν *σωλῆνας μὲ στόμα* καὶ σωλῆνας μὲ *γλῶσσαν*.

296. **Σωλῆνες μὲ στόμα.** Οἱ σωλῆνες οὗτοι κατασκευάζονται πρισματικοὶ ἢ κυλινδρικοὶ καὶ ἔχουσι πάντοτε μῆκος μέγα ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἐγκαρσίαν αὐτῶν τομήν. Ρεῦμα ἀέρος ἐμφυσώμενον διὰ φυσητῆρος καὶ εἰσερχόμενον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ τοῦ ὀχετοῦ ν (Σχ 256,Α) προσκρούει ἐπὶ τοῦ ἀνωτέρου χείλους α τοῦ στόματος καὶ συνθλίβεται, δυνάμει δὲ τῆς ἐλαστικότητος αὐτοῦ ἀντιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ρεύματος, ὅπερ ἐξακολουθεῖ νὰ διοχετεύηται καὶ ἐμποδίζει πρὸς στιγμὴν τὴν εἴσοδον αὐτοῦ· ἀλλ' εὐθὺς πάλιν συμπιέζεται καὶ πάλιν διαστέλλεται καὶ οὕτως ἡ εἴσοδος τοῦ ἀέρος γίνεται κατὰ διαλείμματα καὶ τίθεται οὕτως εἰς κραδασμόν. Σχηματίζονται λοιπὸν διαδοχικὰ στρώματα ἀέρος πυκνοτέρου καὶ ἀραιοτέρου, τὰ ὁποῖα παράγουσι τὸν ἦχον. Εἶνε δ' ἐπὶ τοσοῦτον ὀξύτερος ὁ ἦχος, ὅσῳ ταχύτερον τὸ ρεῦμα τοῦ ἀέρος καὶ ὅσῳ πλησιέστερον τὸ χεῖλος α πρὸς τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ ὀχετοῦ.

Σχ. 256.—Σωλῆνες μὲ στόμα.

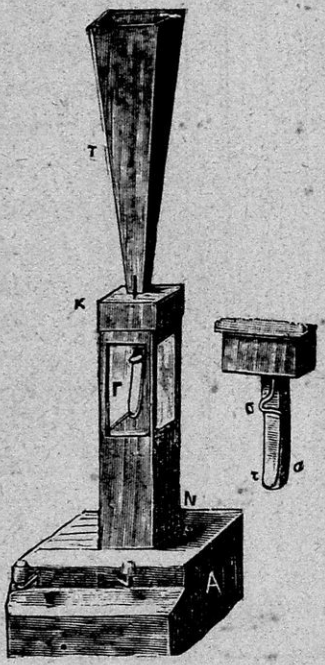
Ὁ πλαγίαυλος εἶνε τοιοῦτον ὄργανον φέρον ἁπλῶς πλάγιον κυκλικὸν τρῆμα, ἐπὶ τῶν χειλέων τοῦ ὁποίου θραύεται τὸ ἐκ τῶν χειλέων τοῦ παίζοντος ἐξερχόμενον ρεῦμα τοῦ ἀέρος. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει εἰς τὴν σύριγγα καὶ εἰς τὴν κλεῖδα.

297. **Σωλῆνες μὲ γλῶσσαν.** Εἰς τούτους ἡ στήλη τοῦ ἀέρος τίθεται εἰς κραδασμὸν διὰ γλωττίδος μεταλλικῆς (Σχ. 257) ἢ ξυλίνης Γ, ἥτις εἶνε προσηλωμένη διὰ τοῦ ἀνωτέρου ἄκρου αὐτῆς εἰς γλωσσοφόρον κιβώτιον Τ, τὸ ὁποῖον πρὸς τὰ ἄνω εἶνε ἀνοικτόν. Τὸ κιβώτιον τοῦτο ἐπιτίθεται ἐπὶ τοῦ ἀνοίγματος πρισματικοῦ σωλῆνος ΚΝ, ὅστις διὰ τοῦ ποδὸς αὐτοῦ Ν ἐφαρμόζεται ἐπὶ φυσητῆρος.

Ὅταν ρεῦμα ἀέρος διοχετεύηται διὰ τοῦ φυσητῆρος εἰς τὸν σωλῆνα, πιέζεται ἡ γλωττὶς καὶ καμπτομένη πρὸς τὰ ἔσω ἀφήνει ἀνοικτὴν τὴν πρὸ αὐτῆς σχισμὴν καὶ οὕτως ὁ ἀὴρ διέρ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χεται ἐλευθέρως πρὸς τὸ ἀνώτερον κιβώτιον Τ. Ἀλλ' ἀμέσως ἡ γλωττὶς δυνάμει τῆς ἐλαστικότητος αὐτῆς ἐπανέρχεται εἰς τὴν πρώτην θέσιν καὶ κλείουσα τὴν σχισμὴν κωλύει τὴν διέλευσιν τοῦ ἀέρος· οὕτω διερχόμενον καὶ διακοπτόμενον ἐναλλὰξ τὸ ρεῦμα τοῦ ἀέρος τίθεται εἰς κραδασμὸν καὶ γεννῶνται ἠχητικὰ κύματα παράγοντα ἦχον. Τοιαῦτα ὄργανα εἶνε ὁ εὐθύαυλος (κλαρίνο), ὁ βαρύαυλος κλπ.



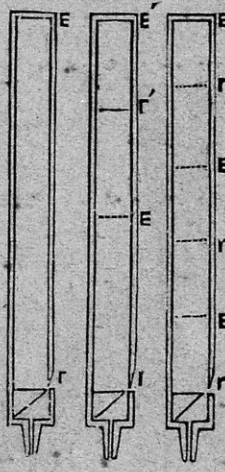
Σχ. 257.—Σωλῆνες μὲ γλῶσσαν.

298. **Δεσμοὶ καὶ κοιλέαι.** Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι, ὅταν σωλήν τις ἠχῇ, σχηματίζονται εἰς τὴν στήλην τοῦ ἀέρος κατὰ διαστήματα *δεσμοὶ* καὶ μεταξὺ δύο διαδοχικῶν δεσμῶν *κοιλοίαι*, ἐν αἷς ἡ παλμικὴ κίνησις φθάνει εἰς τὸ μέγιστον. Χαρακτηρίζονται δὲ οἱ μὲν δεσμοί, διότι κατ' αὐτοὺς ὁ ἀὴρ ὑφίσταται διαδοχικὰς πυκνώσεις καὶ ἀραιώσεις, ἐνῷ κατὰ τὰς κοιλίας ὁ ἀὴρ πάλλεται ἀλλὰ δὲν ὑπόκειται εἰς μεταβολὰς πυκνώσεως καὶ ἀραιώσεως.

Εἰς τοὺς ἀνοικτοὺς σωλῆνας τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος τὰ κατὰ τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωλῆνος διατηροῦσιν ἀναγκαίως πυκνότητα σταθερὰν (τῆς ἀτμοσφαίρας), διὸ ὑπάρχει πάντοτε μία *κοιλία* εἰς ἕκαστον ἄκρον καὶ εἷς *δεσμὸς* τοὐλάχιστον ἐν τῷ μεταξὺ τῶν δύο κοιλιῶν (Σχ. 256, Α). Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ὁ σωλὴν ἐκφέρει τὸν θεμελιώδη ἦχον, οὗτινος τὸ μῆκος τοῦ πλήρους κύματος εἶνε διπλάσιον τοῦ μήκους τοῦ σωλῆνος. Ἐὰν ἐνισχύσωμεν τον ἀέρα, παράγονται ἐν τῷ μεταξὺ ἕτεραι δύο

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κοιλίαι καὶ εἰς διάμεσος δεσμὸς (Β) καὶ ἔχομεν τὸν ἦχον 2. Κατόπιν ἡ στήλη τοῦ ἀέρος ὑποδιαιρεῖται εἰς τρεῖς δεσμοὺς καὶ δύο κοιλίας διαμέσους (Γ) καὶ προκύπτει ὁ ἦχος 3. Οὕτως οἱ ἀνοικτοὶ σωλῆνες ἀποδίδουσι διαδοχικῶς τοὺς ἤχους 1, 2, 3, 4, 5 . . .



Σχ. 258.—Δεσμοὶ καὶ κοιλίαι ἐν κλειστοῖς σωλῆσιν.

Εἰς δὲ τοὺς κλειστοὺς σωλῆνας τὸ ἀντίθετον τοῦ ὄλμου ἄκρον Ε εἶνε πάντοτε *δεσμὸς* (Σχ. 258, Α), τὸ δὲ κατὰ τὸν ὄλμον ἄκρον, ἔνθα ὁ ἀὴρ ἔχει μὲν τὴν πυκνότητα τῆς ἀτμοσφαίρας ἀλλ' εὑρίσκεται εἰς μέγαν κραδασμόν, εἶνε *κοιλία*. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, ὅτε ὑπάρχει εἷς δεσμὸς καὶ μία κοιλία, ὁ σωλὴν ἐκφέρει τὸν θεμελιώδη ἦχον καὶ τὸ μῆκος αὐτοῦ εἶνε ἴσον πρὸς τὸ τέταρτον τοῦ μήκους τοῦ πλήρους κύματος (τοῦ θεμελιώδους ἤχου). Ἐνισχυομένου τοῦ ρεύματος ἡ στήλη τοῦ ἀέρος ὑποδιαιρεῖται εἰς τρία ἴσα μέρη (Ε΄) Β Γ΄, Γ΄Ε, ΕΓ΄ καὶ παράγει τὸν ἦχον 3, κατόπιν ὑποδιαιρεῖται εἰς 5 μέρη (Γ) καὶ οὕτω καθεξῆς. Διὸ οἱ κλειστοὶ σωλῆνες ἐκφέρουσι διαδοχικῶς τοὺς ἤχους 1, 3, 5, 7 . . . .

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΚΤΟΝ

ΣΥΝΘΕΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΩΝ ΗΧΩΝ.—ΠΕΡΙ ΑΚΟΗΣ. ΠΕΡΙ ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΥ

293. **Ἀνάλυσις τῶν ἤχων, μέθοδος Helmholtz.**—Πρῶτος ὁ Helmholtz τῷ 1863 κατέδειξεν ὅτι πολλοὶ τῶν θεωρουμένων ἁπλῶν ἤχων εἶνε σύνθετοι. Ἡ μέθοδος αὐτοῦ στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος τῶν λεγομένων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀντηχείων, τουτέστιν ἠχητικῶν κιβωτίων, τὰ ὁποῖα, ἔχοντα καταλλήλους διαστάσεις, πάλλονται αὐτομάτως καὶ *ἀντηχοῦσιν ἕκαστον εἰς ὡρισμένον μόνον ἁπλοῦν ἦχον* καὶ ἐνισχύουσιν αὐτόν. Ὁ Helmholtz κατεσκεύασε τοιαῦτα ἀντηχεῖα διαφόρων διαστάσεων ὥστε νὰ δύναται νὰ ἐνισχύῃ ὅλους τοὺς φθόγγους τῆς μουσικῆς κλίμακος. Ἔχουσι σχῆμα σφαιρικὸν (Σχ. 259) μὲ δύο ἀνοίγματα ἓν κυκλικὸν α καὶ ἓν κωνικὸν β. Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου, δι' ὃν εἶνε προωρισμένον ἕκαστον ἀντηχεῖον, ἐξαρτᾶται οὐ μόνον ἐκ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ ἀλλὰ καὶ ἐκ τοῦ μεγέθους τῆς ὀπῆς α.

Σχ. 259. — Ἀντηχεῖον.

Ἐὰν κλείσωμεν τὸ ἓν οὖς καὶ θέσωμεν εἰς τὸ ἕτερον τὸν κῶνον β, δεχόμεθα τοὺς ἐξωτερικοὺς ἤχους διὰ τῆς ὀπῆς α. Πειρώμενοι οὕτω παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἀντηχεῖον δεχόμενον εἴτε ἁπλοῦς ἤχους εἴτε συνθέτους ἀποκλείει πάντα ἄλλον ἦχον ν' ἀκουσθῇ εἰς τὸ οὖς ἐκτὸς ἐκείνου, μεθ' οὗ εὑρίσκεται ἐν συμφωνίᾳ καὶ δι' ὃν εἶνε κατεσκευασμένον ἵνα ἀντηχῇ καὶ ἐνισχύῃ αὐτόν. Ἐὰν λοιπὸν τὸ ἠχοῦν σῶμα παράγῃ τὸν ἦχον τοῦ ἠχείου, τότε τὸ οὖς ἀκούει αὐτὸν διὰ τοῦ ἠχείου λίαν ἐνισχυμένον· ἐὰν ὁ ἦχος τοῦ ἠχοῦντος σώματος εἶνε σύνθετος ἐκ πολλῶν, πάλιν τὸ οὖς ἀκούει ἕνα καὶ μόνον ἦχον τὸν τοῦ ἠχείου· καὶ ἐὰν ἐν τῷ παραγομένῳ συνθέτῳ ἤχῳ δὲν περιέχηται ὁ ἦχος τοῦ ἠχείου, τότε τὸ οὖς δὲν ἀκούει τίποτε.

300 **Γενικὰ ἀποτελέσματα.** Διὰ τῶν τοιούτων συσκευῶν πειρώμενος ὁ Helmholtz πρῶτον μὲν κατέδειξε τὴν ὕπαρξιν ἁπλῶν ἤχων, δεύτερον δ' ἀνέλυσε τοὺς συνθέτους ἤχους καὶ κατέληξεν εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα:

1ον Ἁπλοῖ ἦχοι εἶνε οἱ παραγόμενοι δι' ἑνὸς μόνου εἴδους παλμῶν ἄνευ ἀναμίξεως ἁρμονικῶν ἤχων (292)· διαπασῶν παλλόμενον εἰς τὸ στόμιον ἠχητικοῦ σωλῆνος, ἡ φωνὴ τοῦ πλαγιαύλου, ἡ ἀνθρωπίνη φωνὴ προφέρουσα τὴν συλλαβὴν ου, ἐκφέρουσιν ἁπλοῦς ἤχους, διότι οἱ ἁρμονικοὶ οἱ συνοδεύοντες τὸν θεμελιώδη ἦχον εἶνε ἀσθενέστατοι. Διακρίνονται δὲ οἱ ἁπλοῖ ἦχοι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀπ' ἀλλήλων μόνον διὰ τοῦ ὕψους καὶ διὰ τῆς ἐντάσεως αὐτῶν, ἐνῷ οἱ σύνθετοι διακρίνονται καὶ διὰ τῆς χροιᾶς.

2ον Τοὺς συνθέτους ἤχους διέκρινεν εἰς δύο κατηγορίας: Εἰς τὴν πρώτην κατηγορίαν κατέταξε τοὺς ἤχους, ὧν ὁ θεμελιώδης ἦχος συνοδεύεται ὑπὸ ὀξυτέρων μὴ ἁρμονικῶν, οἵτινες εἶνε μᾶλλον ἢ ἧττον διαρκεῖς, μᾶλλον ἢ ἧττον κανονικοί. Τοιοῦτοι εἶνε οἱ ἐκφερόμενοι ὑπὸ πλακῶν μεταλλικῶν, ὑπὸ κωδώνων ὑελίνων ἢ μεταλλίνων, στερεοῦνται δὲ οὗτοι μουσικοῦ χαρακτῆρος. Οἱ δεύτεροι ἀπ' ἐναντίας κέκτηνται εἰς μέγαν βαθμὸν μουσικὸν χαρακτῆρα, διότι ἀποτελοῦνται ὑπὸ θεμελιώδους ἤχου συνοδευομένου ὑπὸ τῶν κυρίως λεγομένων ἁρμονικῶν· τοιοῦτοι εἶνε οἱ ἦχοι τῶν διαφόρων μουσικῶν ὀργάνων. Δι' αὐτοὺς ἀπέδειξεν ὁ Helmholtz ὅτι αἱ διαφοραὶ τῆς χροιᾶς ὀφείλονται ὄχι μόνον εἰς τὸν μεγαλείτερον ἢ μικρότερον ἀριθμὸν τῶν συνοδευόντων αὐτοὺς ἁρμονικῶν, ἀλλὰ καὶ εἰς τὸν βαθμὸν τῆς ἐντάσεως αὐτῶν.

301. **Σύνθεσις τῶν ἤχων.** Ὁ Helmholtz πρὸς ἐπαλήθευσιν τῶν ἀποτελεσμάτων αὐτοῦ ἐπειράθη καὶ νὰ συνθέσῃ τοὺς ἤχους, τουτέστι ν' ἀναπαράγῃ ὡρισμένον σύνθετον ἦχον διὰ τῆς συμμίξεως τῶν ἁπλῶν ἤχων, τοὺς ὁποίους διὰ τῆς ἀναλυτικῆς συσκευῆς εὗρεν ὅτι ἀποτελοῦσι τοῦτον. Καὶ τοῦτο ἐπέτυχε τῇ βοηθείᾳ συσκευῆς λίαν εὐφυοῦς.

ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΤΗΣ ΑΚΟΗΣ

302. **Κατασκευὴ τοῦ ὠτός.** Ὄργανον, διὰ τοῦ ὁποίου γίνονται ἡμῖν αἰσθητοὶ οἱ *ἦχοι*, εἶνε τὸ οὖς.

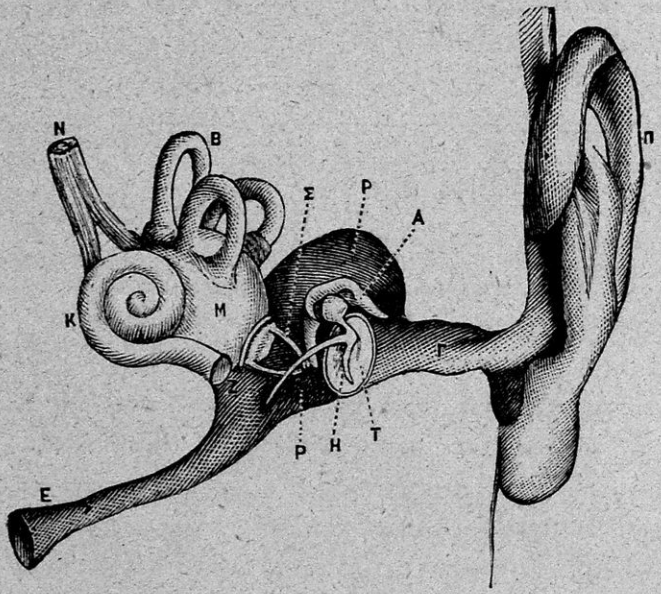
Τὸ ἀνθρώπινον οὖς ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μερῶν: τοῦ *ἐξωτερικοῦ*, τοῦ *μέσου* καὶ τοῦ *ἐσωτερικοῦ ὠτὸς* (Σχ. 260).

Ἐξωτερικὸν οὖς. Συνίσταται τοῦτο ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ χονδρώδους πτερυγώματος Π, τὸ ὁποῖον καλεῖται *κόγχη* καὶ ἔχει σκοπὸν νὰ δέχηται καὶ μεταβιβάζῃ πρὸς τὰ ἔσω τὰ ἠχητικὰ κύματα τοῦ ἀέρος· καὶ ἐκ τοῦ *ἀκουστικοῦ πόρου Γ*, ὅστις εἶνε σωλὴν τοῦ κροταφικοῦ ὀστοῦ ἀρχόμενος ἀπὸ τῆς κόγχης καὶ καταλήγων εἰς τὸ τύμπανον.

Μέσον οὖς. Τὸ μέσον οὖς εἶνε εἶδος θαλάμου κεκλεισμένου καὶ πλήρους ἀέρος, καλεῖται δὲ *τυμπανόφραχτον κοίλωμα* ΡΡ. Πρὸς τὸν ἀκουστικὸν πόρον φέρει ἄνοιγμα κλειόμενον διὰ μεμβράνης λεπτῆς καὶ ἐλαστικῆς, ἥτις καλεῖται *τύμπανον* Τ, καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἶνε τεταμένη ὀλίγον τι κεκλιμένως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ ἀκουστικοῦ πόρου. Εἰς τὴν ἀπέναντι τοῦ τυμπάνου πλευρὰν τοῦ μέσου ὠτὸς ὑπάρχουσι δύο μικραὶ θυρίδες, ὧν ἡ μὲν ἀνωτέρα καλεῖται *ὠοειδὴς* ἡ δὲ κατωτέρα Ζ *στρογγύλη θυρὶς* καὶ κλείονται διὰ λεπτῶν μεμβρανῶν. Ἀπὸ τοῦ τυμπάνου δὲ μέχρι τῆς ὠοειδοῦς θυρίδος διήκει σειρὰ τεσσάρων ὀσταρίων, ἀποτελούντων εἶδος ἁλύσεως, εἶνε δὲ ταῦτα ἡ *σφῦρα*



Σχ. 260.—Ἀνθρώπινον οὖς.

Η, ἀκουμβῶσα ἐπὶ τοῦ τυμπάνου, μετ' αὐτὴν ὁ ἄκμων Α καὶ τὸ φακοειδὲς καὶ τέλος ὁ ἀναβολεὺς Σ ἀκουμβῶν ἐπὶ τῆς μεμβράνης τῆς ὠοειδοῦς θυρίδος· δύο μικροὶ μῦς κινοῦσι τὴν σφῦραν καὶ τὸν ἀναβολέα καὶ στηρίζουσιν αὐτὰ ἐπὶ τῶν παρακειμένων μεμβρανῶν. Συγκοινωνοῖ δ' ὁ ἀὴρ τοῦ κοιλώματος τούτου μετὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ δι' ὀχετοῦ Ε ἀρχομένου κάτωθεν τοῦ τυμπάνου καὶ τελευτῶντος εἰς τὸν φάρυγγα ὄπισθεν τῶν ρινικῶν χοανῶν· καλεῖται οὗτος *Εὐσταχιανὴ σάλπιγξ*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐσωτερικὸν οὖς. Τὸ ἐσωτερικὸν οὖς εἶνε τὸ οὐσιῶδες καὶ ἀπαραίτητον μέρος τοῦ ὠτός, πάντα δὲ τὰ λοιπὰ χρησιμεύουσιν ἁπλῶς πρὸς μεταβίβασιν τῶν κραδασμῶν τοῦ ἀέρος, διὸ καὶ δὲν ὑπάρχουσιν εἰς ὅλα τὰ ζῷα. Περικλείεται τοῦτο ἐντὸς κοιλώματος τοῦ κροταφικοῦ ὀστοῦ, ὅπερ ἕνεκα τῆς σκληρότητος αὐτοῦ ἐκλήθη λιθῶδες, καὶ συνίσταται ἐκ τριῶν μερῶν, *τοῦ κοχλίου* K, *τῆς αἰθούσης* M ἐν τῷ μέσῳ καὶ τῶν *τριῶν ἡμικυκλίων σωλήνων* B ἀνωτέρω. Τὸ σύνολον αὐτῶν ἀποτελεῖ τὸν *λαβύρινθον*, ὅστις περιενδύεται ἔσωθεν ὑπὸ μεμβράνης λεπτῆς περιεχούσης ὑγρὸν πηκτῶδες, τὴν *λέμφον*. Εἰς τὸ ὑγρὸν τοῦτο ἔρχονται καὶ καταλήγουσιν οἱ πολυάριθμοι ἀκροτελεύτιοι κλωνίσκοι τοῦ ἀκουστικοῦ νεύρου N. Ὁ Corti κατέδειξεν ὅτι ὑπάρχουσι περὶ τὰς τρεῖς χιλιάδας τοιούτων νευρικῶν νηματίων ἢ τριχίων.

303. **Μηχανισμὸς τῆς ἀκοῆς.** Οἱ κραδασμοὶ τῶν ἠχογόνων σωμάτων σχηματίζουσιν, ὡς εἴδομεν, *τὰ ἠχητικὰ κύματα* ἐν τῷ ἀέρι· ταῦτα προσπίπτοντα ἐπὶ τῆς κόγχης κα συγκεντρούμενα πρὸς τὸν ἀκουστικὸν πόρον φθάνουσιν εἰς τὸ τύμπανον καὶ κραδαίνουσιν αὐτό. Ἐκεῖθεν διὰ τῆς σειρᾶς τῶν τεσσάρων ὀσταρίων καὶ διὰ τοῦ ἀέρος τοῦ κοιλώματος μεταδίδουσι τὴν παλμικὴν κίνησιν εἰς τὴν μεμβράνην τῆς ὠοειδοῦς καὶ στρογγύλης θυρίδος καὶ δι' αὐτῶν εἰς τὸ ὑγρὸν τοῦ ἐσωτερικοῦ ὠτός· τὰ ἐνταῦθα καταλήγοντα κλωνία τοῦ ἀκουστικοῦ νεύρου ἐρεθιζόμενα τότε μεταδίδουσι τὸν ἐρεθισμὸν εἰς τὸν ἐγκέφαλον καὶ *παράγεται οὕτω τὸ αἴσθημα τοῦ ἤχου.*

Ὁ Helmholtz παραδέχεται ὅτι ἕκαστον ἐκ τῶν 3000 νευρικῶν κλωνίων εἶνε προωρισμένον νὰ δέχηται ὡρισμένον ἁπλοῦν ἦχον, διὸ καὶ δὲν ἐρεθίζεται παρὰ μόνον, ὅταν προσβάλῃ αὐτὸ ὁ ὡρισμένος οὗτος ἦχος, μένει δὲ κωφὸν διὰ πάντα ἄλλον. Ὥστε ἕκαστος ἁπλοῦς ἦχος εἰσερχόμενος εἰς τὸ οὖς ἐρε-

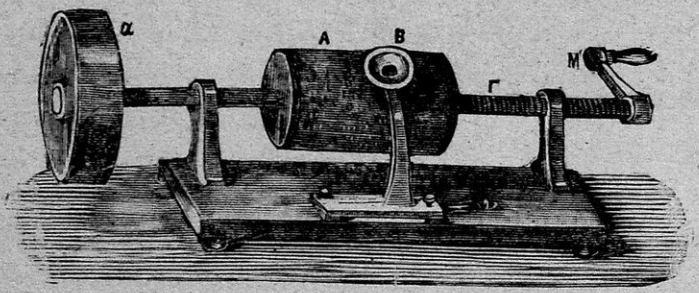
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θίζει μόνον ἓν κλωνίον, ἐνῷ οἱ σύνθετοι περισσότερα· συνεπείᾳ ὅμως τῆς ἀνωτέρω διατάξεως τὸ οὖς διακρίνει ἕνα ἦχον μεταξὺ πολλῶν ἄλλων καὶ δέχεται τὴν ἐντύπωσιν, καὶ ἐν τῷ συνόλῳ αὐτῶν, καὶ τῶν μᾶλλον συνθέτων καὶ πλουσίων εἰς ἁρμονίαν ἤχων.

ΠΕΡΙ ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΥ

304. **Φωνογράφος τοῦ Edison.** Ὁ φωνογράφος, πρὸ ὀλίγων ἐτῶν ἐφευρεθεὶς ὑπὸ τοῦ περιφήμου Ἀμερικανοῦ Edison, εἶνε ὄργανον δυνάμενον νὰ ἀποτυπώνῃ ἐπὶ πλακὸς τὴν φωνὴν τοῦ ἀνθρώπου ἢ οἱουδήποτε ἄλλου μουσικοῦ ὀργάνου καὶ κατόπιν ν' ἀναπαράγῃ αὐτήν.

Συνίσταται ἐξ ὀρειχαλκίνου κυλίνδρου Α (Σχ. 261), ὅστις διὰ τοῦ ἑλικωτοῦ ἄξονος Γ δύναται νὰ περιστρέφηται περὶ ἄξονα καὶ



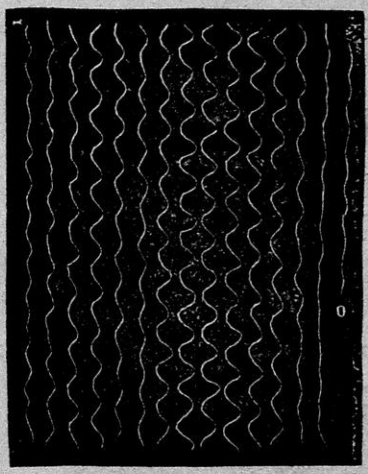
Σχ. 261.—**Φωνογράφος τοῦ** Edison.

συγχρόνως νὰ μετατίθηται ὁμαλῶς πρὸς τὰ πρόσω ἢ ὀπίσω· ὁ κύλινδρος οὗτος εἶνε κεκαλυμμένος διὰ κασσιτερίνου φύλλου. Ἔμπροσθεν τοῦ κυλίνδρου ὑπέρκειται κωνικὸς ὅλμος Β κλειόμενος κατὰ τὴν βάσιν διὰ λεπτοτάτου χαλυβδίνου ἐλάσματος, ὅπερ φέρει ὑποκάτω προσκεκολλημένην βελόνην ἐπακουμβῶσαν ἐπὶ τοῦ κασσιτερίνου φύλλου.

Τούτων οὕτως ἐχόντων, ἐὰν ἀρχίσωμεν νὰ περιστρέφωμεν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸν κύλινδρον διὰ τοῦ στροφάλου Μ, ἡ βελόνη θὰ χαράξῃ ἐπὶ τοῦ κασσιτέρου *γραμμὴν ἑλικοειδῆ*. Ἐὰν δ' ὁμιλῶμεν συγχρόνως ἐντὸς τοῦ ὅλμου, τὸ ἔλασμα τοῦ ὅλμου θὰ πάλληται καὶ μετ' αὐτοῦ καὶ ἡ βελόνη καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ χαρασσομένη ἑλικοειδὴς γραμμὴ θὰ φέρῃ κοιλότητας καὶ ἐξοχάς, τῶν ὁποίων ἡ κατὰ μῆκος τομὴ θὰ παριστᾷ γραμμὴν *κυματοειδῆ* (288). Γνωρίζομεν δ' ὅτι εἰς ἕκαστον φθόγγον, εἰς ἕκαστον γράμμα, ἀντιστοιχεῖ καὶ ἀλλοία παλμικὴ κίνησις τῆς μεμβράνης καὶ ἑπομένως ἡ βελόνη αὐτῆς θὰ χαράσσῃ τοιαύτην ἢ τοιαύτην κυματοειδῆ γραμμὴν ἑκάστοτε, ἀναλόγως τῶν ἐπ' αὐτῆς ἐκφωνουμένων ἤχων· ἐὰν π. χ. ἐκφωνήσωμεν τὴν λέξιν Hullo (1), ἡ βελόνη θὰ χαράξῃ τὰς ἐν τῷ σχήματι 262 παριστωμένας κυματοειδεῖς γραμμὰς ἐν συνεχείᾳ ἀπὸ τοῦ Η μέχρι τοῦ Ο (πρὸς εὐκολωτέραν παράστασιν ἐν τῷ σχήματι ἡ γραμμὴ ἔχει τμηθῇ εἰς τμήματα). Δι' ἄλλην λέξιν ἡ βελόνη θὰ χαράξῃ ἀλλοίαν κυματοειδῆ γραμμὴν καὶ οὕτω καθεξῆς. Ἰδοὺ τίνι τρόπῳ ἐπιτυγχάνεται εὐκολώτατα ἡ ἀποτύπωσις τῶν παλμῶν τῆς μεμβράνης καὶ ἑπομένως τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς αὐτοὺς ἤχων καὶ γράφονται οὗτοι ἐπὶ τοῦ κασσιτερίνου φύλλου



Σχ. 262.—Κυματοειδὴς γραμμὴ παριστῶσα τὴν λέξιν Hullo.

Σημ. (1) Τὴν λέξιν Hullo μεταχειρίζονται ἐν Ἀγγλίᾳ καὶ ταῖς Ἡνωμέναις πολιτείαις ὅπως προκαλέσωσι τὴν προσοχήν τινος, ὅπως ἡμεῖς ἔχομεν τὸ ἄκουσε, κύτταξε, νὰ σοῦ πῶ κλπ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀφοῦ οὕτω γραφῶσιν οἱ παλμοὶ ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου, ἀνυψοῦμεν ὀλίγον τὸν ὅλμον μετὰ τῆς βελόνης καὶ στρέφοντες τὸν κύλινδρον ἀντιστρόφως ἐπαναφέρομεν αὐτὸν εἰς τὴν πρώτην θέσιν καὶ ἐνθέτομεν τὴν βελόνην ἀκριβῶς εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς κυματοειδοῦς γραμμῆς. Ἤδη, ἅμα ἀρχίσῃ καὶ πάλιν ἡ περιστροφὴ τοῦ κυλίνδρου (χωρὶς νὰ ὁμιλῶμεν πλέον ἐντὸς τοῦ ὅλμου), ἡ βελόνη ἀναγκαζομένη νὰ διέρχηται κατὰ σειρὰν διὰ τῶν αὐτῶν κοιλοτήτων καὶ ἐξοχῶν, τὰς ὁποίας αὐτὴ ἡ ἰδία προηγουμένως ἐχάραξε, ἀνέρχεται καὶ κατέρχεται συμπαρασύρουσα κατὰ τὰς τοιαύτας κινήσεις αὐτῆς καὶ τὸ χαλύβδινον ἔλασμα. Κατ' ἀνάγκην δὲ τότε τὸ ἔλασμα ἐκτελεῖ τὰς αὐτὰς παλμικὰς κινήσεις, τὰς ὁποίας προηγουμένως μετέδωκεν εἰς αὐτὸ ἡ φωνὴ τοῦ ὁμιλοῦντος. Αἱ παλμικαὶ αὗται κινήσεις τοῦ ἐλάσματος παράγουσι τὰ αὐτὰ ἠχητικὰ κύματα ἐν τῷ ἀέρι τοῦ ὅλμου καὶ κατὰ συνέπειαν τοὺς αὐτοὺς ἤχους, οὓς προηγουμένως ἐξεφωνήσαμεν· θέτοντες δὲ τὸ οὖς ἡμῶν ἐπὶ τοῦ ὅλμου ἀκούομεν τοὺς ἤχους τούτους καὶ μάλιστα διὰ ν' ἀκούωνται καλλίτερον ὀπλίζομεν τὸν ὅλμον διὰ μεγάλου χαρτίνου κώνου.

— Ὁ πρῶτος οὗτος φωνογράφος ἐπρόφερε τοὺς ἤχους ἐρρίνους καὶ συγχεχυμένους, ἀπέδιδε παρῳδίαν φωνῆς· ἐκτὸς δὲ τούτου τὸ φύλλον κασσιτέρου μετὰ δύο, τρεῖς χρήσεις κατήντα ἄχρηστον, ἡ συσκευὴ ἐκόστιζεν ἀκριβὰ καὶ δὲν ἦτο δυνατὸν νὰ γίνῃ πρακτικὴ ἐφαρμογὴ αὐτῆς. Καὶ ὁ ἴδιος δὲ Edison ἔγραφε μετὰ 10 ὁλόκληρα ἔτη ὅτι ἐγκατέλειψε τὸν φωνογράφον ἵνα ἀσχοληθῇ εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν φῶς, μὲ τὴν ἰδέαν ὅτι ἔρριψεν ἁπλῶς σπόρον δυνάμενον μετὰ χρόνον νὰ βλαστήσῃ.

Καὶ ὅμως δὲν παρῆλθον δύο ἔτη καὶ τῷ 1889 ὁ Edison ὑπέβαλεν εἰς τὴν ἔκθεσιν τῶν Παρισίων τὸν φωνογράφον αὐτοῦ τελειοποιημένον οὐ μόνον δυνάμενον νὰ ἐκφωνῇ τὰς λέξεις πιστῶς καὶ εὐκρινῶς ἀλλὰ ν' ἀποδίδῃ καὶ τὴν χροιὰν τῆς φωνῆς ἑνὸς ἑκάστου ὀργάνου, ἢ ἑκάστου ἀνθρώπου ὁμιλοῦντος. Ἡ τελειοποίησις συνετελέσθη διὰ τῆς ἐφευρέσεως ἑτέρου Ἀμερικανοῦ τοῦ Summer Tainter, ὅστις ἐπινοήσας εἶδός τι γραφοφώνου ἀντικατέστησε τὸ κασσιτέρινον φύλλον διὰ φύλλου κηρίνου, ὅπερ κατεσκεύασεν ἐκ μίγματος κηροῦ μελισσῶν καὶ σκληροῦ κηροῦ φοινίκων τινῶν τῆς Βρασιλίας (1). Τὸ τοιοῦτον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μῖγμα ἀπεδείχθη καταλληλότατον, διότι οὐ μόνον ἐχαράσσοντο ἐπ' αὐτοῦ ὑπὸ τῆς βελόνης ἀκριβέστατα οἱ παλμοί, ἀλλὰ καὶ ἅπαξ ἀποτυπούμενοι διέμενον ἀναλλοίωτοι μεθ' ὁσασδήποτε χρήσεις. Ἀντικαταστήσας λοιπὸν ὁ Edison τὸ κασσιτέρινον φύλλον διὰ κηρίνου καὶ ἀσχοληθεὶς ἐκ νέου εἰς νέας καὶ ἐπιμόνους ἐπ' αὐτοῦ ἐργασίας ἠδυνήθη νὰ τελειοποιήσῃ αὐτόν. (2)

Ἀσκήσεις. 1. Παρατηρητὴς ἐκφωνεῖ μίαν συλλαβὴν ἔμπροσθεν τοίχου καὶ ὁ ἦχος ἐπανέρχεται εἰς τὸ οὖς μετὰ δύο καὶ ἥμισυ δευτερόλεπτα μετὰ τὴν ἐκφώνησιν. Ποία εἶνε ἡ ἀπόστασις τοῦ παρατηρητοῦ ἀπὸ τοῦ τοίχου;

2. Δύο παρατηρηταὶ ἀπέχοντες 110 μ. ἀπ' ἀλλήλων εὑρίσκονται ἔμπροσθεν τοίχου ἀπέχοντος ἀπὸ ἑκάστου 55 μέτρα. Ὁ πρῶτος ἐκφωνεῖ ἦχον, τὸν ὁποῖον ἀκούει ὁ δεύτερος κατ' ἀρχὰς ἀπ' εὐθείας καὶ κατόπιν ἐξ ἀνακλάσεως ἐκ τοῦ τοίχου. Νὰ μετρηθῇ ὁ χρόνος, ὅστις θὰ παρέλθῃ μεταξὺ τῆς ἀκοῆς τοῦ ἀπ' εὐθείας καὶ τοῦ ἐξ ἀνακλάσεως ἤχου.

3. Νὰ μετρηθῇ τὸ μῆκος τοῦ κύματος τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὸ κανονικὸν λα.

4. Νὰ σχηματισθῶσιν αἱ μουσικαὶ κλίμακες λαμβανομένων ὡς τονικῶν τῶν φθόγγων σολ καὶ σι.

Σημ. (1). Οἱ φοίνικες οὗτοι καλούμενοι Carnauba Corypha cerifera βλαστάνουσιν ἰδίως εἰς τὰ βορειότερα τῆς Βρασιλίας, ἐκκρίνουσι δὲ τὸν κηρὸν ὑπὸ μορφὴν φαιοχρόου κόνεως ἐκ τῆς ἀνωτέρας ἐπιφανείας τῶν φύλλων.

Σημ. (2). Τοιοῦτον ὄργανον δυνάμενον ν' ἀποτυπώσῃ τὴν φωνὴν εἶχεν ἐφεύρει πολὺ πρὸ τοῦ Edison (1857) ὁ Γάλλος Scott, ἀλλ' ἡ ἐφεύρεσις αὐτοῦ δὲν ἔτυχε τότε τῆς δεούσης προσοχῆς καὶ ἔμεινε νεκρά. Βραδύτερον καὶ ἕτερος Γάλλος ὁ Cros ὑπέβαλε (30 Ἀπριλίου 1877) διατριβὴν εἰς τὴν Ἀκαδημίαν, ἐν ᾗ περιείχοντο τὰ σχέδια καὶ ὁ τρόπος τῆς κατασκευῆς μηχανήματος δυναμένου ν' ἀποτυπώνῃ καὶ ν' ἀναπαράγῃ τὴν φωνήν. Ἀλλὰ καὶ τὰ σχέδια τοῦ Cros ἔμειναν ἀπραγματοποίητα, ἐπεφυλάσσετο δὲ ἡ δόξα τῆς ἀνακαλύψεως εἰς τὸν μέγαν Edison.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΝ ΟΓΔΟΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

305. **Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνῆται.** Μαγνήτας ὀνομάζομεν σώματα ἔχοντα τὴν ἰδιότητα νὰ ἕλκωσι τὸν σίδηρον καὶ ἄλλα τινὰ μέταλλα, νικέλιον, κοβάλτιον, μαγγάνιον, χρώμιον.

Διακρίνομεν *μαγνήτας φυσικοὺς ἢ μαγνητικὰ ὀξείδια τοῦ σιδήρου*, ἅτινα εἶνε ὀρυκτὰ συνιστάμενα ἐξ ὀξειδίου τοῦ σιδήρου (Fe_3O_4) καὶ ἀφθόνως ἀπαντῶντα ἐν τῇ φύσει, ἰδίως ἐν Σουηδίᾳ καὶ Νορβηγίᾳ καὶ ἐν Ἑλλάδι εἰς τὴν νῆσον Σέριφον. Σημειωτέον ὅμως ὅτι πάντα τὰ λεγόμενα μαγνητικὰ ὀξείδια τοῦ σιδήρου δὲν εἶνε μαγνῆται. Καὶ *τεχνητοὺς μαγνήτας*, οἵτινες εἶνε ῥάβδοι ἢ βελόναι ἐκ βεβαμμένου χάλυβος καὶ ἀποκτῶσι τὰς ἰδιότητας τῶν μαγνητῶν διὰ διαφόρων μεθόδων, ἃς θὰ περιγράψωμεν κατωτέρω.

Ἡ ἑλκτικὴ δύναμις τῶν μαγνητῶν καλεῖται *μαγνητικὴ δύναμις*, *μαγνητισμὸς* δὲ ἡ ἄγνωστος αἰτία ἡ προκαλοῦσα τὴν τοιαύτην ἕλξιν. Καλεῖται ἐπίσης *μαγνητισμὸς* τὸ κεφάλαιον τῆς φυσικῆς τὸ περὶ τῶν μαγνητῶν πραγματευόμενον.

306. **Πόλοι καὶ οὐδετέρα γραμμή.** Πάντα τὰ σημεῖα τοῦ μαγνήτου δὲν δεικνύουσι τὴν αὐτὴν μαγνητικὴν δύναμιν· ἐὰν ἐνθέσωμεν μαγνήτην ἐντὸς ῥινημάτων σιδήρου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μεγάλη ποσότης αὐτῶν προσκολλᾶται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατὰ τὰ ἄκρα ὑπὸ μορφὴν θυσάνων (Σχ. 263), ἐλαττοῦται δὲ ἡ ποσότης αὐτῶν, ὅσῳ προβαίνομεν πρὸς τὸ μέσον καὶ ἐκεῖ μένει τμῆμα ἔνθα οὐδὲν ψῆγμα προσκολλᾶται. Τὸ μέρος τοῦ μαγνήτου περὶ τὸ μέσον, ἔνθα ἡ μαγνητικὴ δύναμις εἶνε ἀνεπαίσθητος, καλεῖται *οὐδετέρα γραμμή*, τὰ δὲ δύο ἄκρα αὐτοῦ, ἔνθα ἐκδηλοῦται τὸ μέγιστον τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως, καλοῦνται *πόλοι*.

Πᾶς μαγνήτης παρουσιάζει δύο πόλους καὶ μίαν οὐδετέραν γραμμήν· ἐν τούτοις κατὰ τὴν μαγνήτισιν τῶν ράβδων παράγονται ἐνίοτε καὶ *διάμεσοι ἢ δευτερεύοντες πόλοι*, ἄλλοτε ἄρ-

Σχ. 263.—Πόλοι καὶ οὐδετέρα γραμμὴ μαγνήτου.

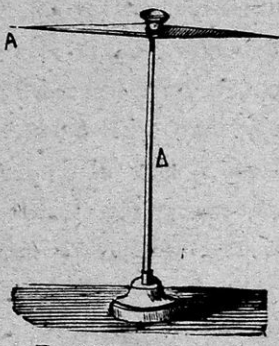
τιοι καὶ ἄλλοτε περιττοὶ τὸν ἀριθμόν. Ἡμεῖς ὑποθέτομεν ἐν τοῖς ἑξῆς τοὺς μαγνήτας ἔχοντας μόνον δύο πόλους.

Κατασκευάζονται καὶ μαγνῆται ἐκ λεπτῶν ἐλασμάτων ἐν σχήματι λίαν ἐπιμήκους ρόμβου, φέροντες κατὰ τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτῶν μικρὰν κοιλότητα, δι' ἧς ἐπικάθηνται ἐπὶ κατακορύφου ἄξονος οὕτως ὥστε νὰ δύνανται νὰ περιστρέφωνται ἐλευθέρως περὶ αὐτόν. Οἱ τοιοῦτοι μαγνῆται καλοῦνται *μαγνητικαὶ βελόναι* (Σχ. 264).

307. **Διαφορὰ τῶν δύο πόλων, ὁμώνυμοι καὶ ἑτερώνυμοι πόλοι.** Ἐὰν ἀφήσωμεν τὴν βελόνην ἐλευθέραν ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος αὐτῆς (Σχ. 264), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μετά τινας ταλαντώσεις ἰσορροπεῖ λαμβάνουσα ὡριαμένην διεύθυνσιν ὥστε νὰ ἔχῃ ἐστραμμένον τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς Α πρὸς τὸν βόρειον πόλον τῆς γῆς, τὸ δ' ἕτερον

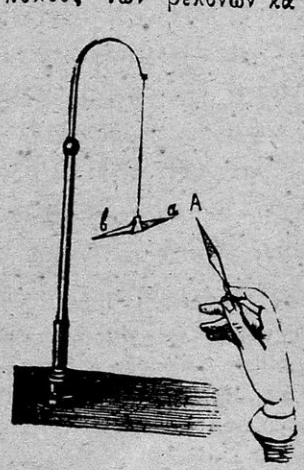
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Β πρὸς τὸν νότιον. Ἐὰν μετακινήσωμεν αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως ταύτης τῆς ἰσορροπίας, εἶτα δ' ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐπανέρχεται πάντοτε εἰς τὴν ὡρισμένην ταύτην θέσιν ἔχουσα ἐστραμμένον πάντοτε τὸ αὐτὸ ἄκρον *Α πρὸς βορρᾶν καὶ τὸ Β πρὸς νότον*. Τὸ ἁπλούστατον τοῦτο πείραμα ἀναγκάζει ἡμᾶς νὰ διαγνώσωμεν διαφορὰν μεταξὺ τοῦ πόλου Α καὶ τοῦ Β τῆς βελόνης. Ἐὰν πειραθῶμεν παρομοίως καὶ διὰ δευτέρας καὶ τρίτης βελόνης, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἑκάστη βελόνη λαμβάνει τὴν προρρηθεῖσαν ὡρισμένην θέσιν στρέφουσα τὸ αὐτὸ πάντοτε ἄκρον πρὸς βορρᾶν. Ἐὰν σημειώσωμεν διὰ Α ἢ α τοὺς πρὸς βορρᾶν στρεφομένους πόλους τῶν βελονῶν καὶ διὰ Β ἢ β τοὺς πρὸς νότον στρεφομένους, τότε οἱ πόλοι οἱ σημειούμενοι μὲ τὸ αὐτὸ γράμμα Α καλοῦνται *ὁμώνυμοι*, ἐπίσης δὲ καὶ οἱ διὰ τοῦ Β σημειούμενοι καλοῦνται *ὁμώνυμοι* πρὸς ἀλλήλους *ἑτερώνυμοι* δὲ ὡς πρὸς τοὺς πρώτους.



Σχ. 264 — Μαγνητικὴ βελόνη.

Τὴν διαφορὰν μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς βελόνης καταδεικνύομεν καὶ διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος, δι' οὗ συγχρόνως συνάγομεν καὶ τὸν νόμον τῶν μαγνητικῶν ἕλξεων καὶ ὤσεων. Ἐξαρτῶμεν διὰ νήματος ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς βελόνην αβ (Σχ. 265) καὶ ἀφοῦ ἰσορροπήσῃ προσεγγίζομεν εἰς τὸν πόλον αὐτῆς α τὸν πόλον Α



Σχ. 265.—Ἕλξις καὶ ὦσις τῶν πόλων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἑτέρας βελόνης ἢ μαγνήτου, ὃν κρατοῦμεν εἰς τὴν χεῖρα· θὰ *παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ Α ἀπωθεῖ τὸν α.* Μετὰ τοῦτο, ἀφοῦ καὶ πάλιν ἰσορροπήσῃ ἡ βελόνη, προσεγγίζομεν τὸν πόλον Α εἰς τὸν ἑτερώνυμον πόλον τῆς ἐξηρτημένης βελόνης ἤτοι εἰς τὸν β· θὰ παρατηρήσωμεν τότε *ὅτι ὁ Α ἕλκει τὸν β.* Ἐξ οὗ καταδεικνύεται ὅτι διάφορον ἐνέργειαν παρουσιάζουσιν οἱ πόλοι α καὶ β, διότι ὁ μὲν β ἕλκεται ὑπὸ τοῦ Α, ὁ δὲ α ἀπωθεῖται ὑπ' αὐτοῦ. Ἐὰν δὲ πειραθῶμεν παρομοίως καὶ δι' ἑτέρων βελονῶν προσεγγίζοντες πρὸς ἀλλήλους δύο ὁμωνύμους ἢ δύο ἑτερωνύμους πόλους, θὰ παρατηρήσωμεν εἰς μὲν τὴν πρώτην περίστασιν *ἄπωσιν*, εἰς δὲ τὴν δευτέραν *ἕλξιν*. Ὅθεν συνάγομεν τὸν νόμον:

Οἱ ὁμώνυμοι πόλοι τῶν μαγνητῶν ἀπωθοῦνται, οἱ δ' ἑτερώνυμοι ἕλκονται.

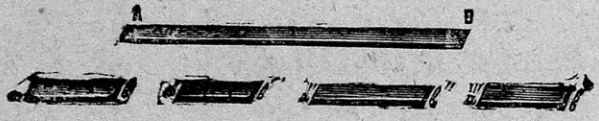
— Ἐάν, πρὸς ἐξήγησιν τῆς ἐνεργείας τῆς γῆς ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, παρομοιώσωμεν αὐτὴν πρὸς μέγαν μαγνήτην ἔχοντα τοὺς μαγνητικοὺς αὐτοῦ πόλους κατὰ τὸν βόρειον καὶ νότιον γεωγραφικὸν πόλον, στηριζόμενοι εἰς τὸν ἀνωτέρω νόμον, θὰ καλέσωμεν *νότιον μὲν πόλον* τῆς βελόνης τὸν πρὸς τὸν βόρειον τῆς γῆς ἐστραμμένον, *βόρειον δὲ* τὸν ἐστραμμένον πρὸς τὸν νότιον γεωγραφικὸν πόλον. Οὕτω προκύπτουσι τὰ ὀνόματα *βόρειος* καὶ *νότιος πόλος*, ἅτινα δίδομεν εἰς τοὺς δύο πόλους τῶν βελονῶν ἢ τῶν μαγνητῶν ἐν γένει.

308. **Θεωρία τοῦ μαγνητισμοῦ.** Πρὸς ἐξήγησιν τῶν μαγνητικῶν φαινομένων παρεδέχθησαν ὅτι ἐν ἑκάστῳ μαγνήτῃ ὑπάρχουσι δύο διάφορα μαγνητικὰ ρευστά, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἐνεργεῖ ἀπωστικῶς μὲν ἐφ' ἑαυτοῦ ἑλκτικῶς δ' ἐπὶ τοῦ ἑτέρου. Τὰ ρευστὰ ταῦτα ἐκλήθησαν β ό ρ ε ι ο ν καὶ ν ό τ ι ο ν ἐκ τοῦ ὀνόματος τῶν πόλων τῶν μαγνητῶν, ἐν οἷς ἐπικρατεῖ ἕκαστον.

Σ ύ σ τ α σ ι ς τ ῶ ν μ α γ ν η τ ῶ ν. Θραυομένου μαγνήτου τινὸς κατὰ τὸ μέσον εἰς δύο τεμάχια, παρουσιάζεται ἕκαστον τούτων ὡς τέλειος μαγνήτης μὲ δύο πόλους καὶ οὐδετέραν γραμμήν. Ἐὰν δὲ καὶ πάλιν θραυσθῇ ἕκαστον τεμάχιον εἰς δύο ἡμίση καὶ ἕκαστον ἡμισυ εἰς δύο ἕτερα καὶ καθεξῆς, θὰ εὕρωμεν ὅτι ἕκαστον τεμάχιον, ὁσονδήποτε μικρὸν καὶ ἂν εἶνε, εἶνε τέλειος μα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γνήτης (Σχ. 266). Ἐξηγοῦσι τοῦτο ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνωτέρω ὑποθέσεως, παραδεχόμενοι ὅτι τὰ δύο ρευστὰ πρὸ τῆς μαγνητίσεως τῆς ῥάβδου εἶνε ἡνωμένα περὶ ἕκαστον μόριον τῆς μαγνητικῆς οὐσίας καὶ ἐξουδετεροῦσιν ἄλληλα. τῇ ἐπιδράσει ὅμως ἐξωτερικῆς δυνάμεως δυναμένης νὰ ὑπερισχύσῃ τῆς ἀμοιβαίας αὐτῶν ἕλξεως ἀποχωρίζονται τὰ ρευστὰ ταῦτα καὶ προσανατολίζονται πέριξ τῶν μαγνητικῶν μορίων, ἤτοι διατίθενται τὸ μὲν βόρειον κατὰ μίαν διεύθυνσιν, τὸ δὲ νότιον κατὰ τὴν ἀντίθετον. Τότε ἐνδείκνυται ἡ μαγνήτισις, ἥτις εἶνε μᾶλλον ἢ ἧττον ἰσχυρά, καθ' ὅσον ὁ ἀποχωρι-



Σχ. 266.—**Πείραμα τῆς θραύσεως τῶν μαγνητῶν.**

σμὸς τῶν ρευστῶν εἶνε κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἧττον πλήρης. Ἅμα δὲ ἡ προσανατόλισις τῶν ρευστῶν παύσῃ, ἐκλείπει καὶ ἡ μαγνήτισις καὶ οὐδὲν φαινόμενον ἕλξεως ἢ ὤσεως παρουσιάζει τότε ἡ ῥάβδος.

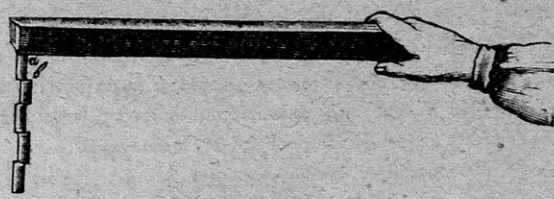
Κατὰ τὸν Weber ὁ ἀποχωρισμὸς τῶν ρευστῶν ὑπάρχει καὶ πρὸ τῆς μαγνητίσεως τῆς ῥάβδου, οὕτως ὥστε αὕτη συνίσταται ἐκ μαγνητικῶν στοιχείων, ὧν ἕκαστον ἔχει δύο πόλους ἀλλ' ἀκανονίστως διατεταγμένους· διὰ τῆς ἐπιδράσεως δὲ τῆς ἐξωτερικῆς δυνάμεως οἱ πόλοι προσανατολίζονται, οἱ ὁμώνυμοι κατὰ μίαν διεύθυνσιν καὶ οἱ ἑτερώνυμοι κατὰ τὴν ἀντίθετον. Ἡ θεωρία αὕτη φαίνεται μᾶλλον σύμφωνος πρὸς τὰ πράγματα, συμβιβάζεται δὲ καλλίτερον καὶ πρὸς τὴν νεωτέραν θεωρίαν τοῦ Ampère περὶ μαγνητισμοῦ, ἥτις στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος τῶν ἠλεκτρικῶν ρευμάτων καὶ ἣν κατωτέρω ἐν οἰκείῳ τόπῳ θὰ ἐκθέσωμεν.

309. Καλεῖται *συντηρητικὴ δύναμις*, ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐμποδίζει τὰ δύο μαγνητικὰ ρευστὰ νὰ προσανατολισθῶσιν, ἢ ἐὰν εἶνε προσανατολισμένα, ἐμποδίζει αὐτὰ νὰ συνενωθῶσιν ἐκ νέου καὶ ν' ἀπομαγνητισθῇ ἡ ῥάβδος. Εἰς τὸν μαλακὸν σίδηρον ἡ δύναμις αὕτη εἶνε μηδέν, διότι ἡ οὐσία αὕτη μαγνητίζεται στιγμιαίως δι' ἐπιδράσεως ἄλλου μαγνήτου· εἰς τὸν βεβαμμένον χάλυβα ἀπ' ἐναντίας εἶνε μεγάλη, διότι οὗτος πολὺ βραδέως μαγνητίζεται, ἀλλ' ἅπαξ μαγνητισθεὶς πολὺ δυσκόλως ἀπομαγνητίζεται.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

310. **Διάκρισις μεταξὺ μαγνητῶν καὶ μαγνητικῶν οὐσιῶν.** Ὀνομάζομεν *μαγνητικὰς οὐσίας* τὰς ἑλκομένας ὑπὸ τῶν μαγνητῶν, οἷαι εἶνε ὁ σίδηρος, ὁ χάλυψ, τὸ νικέλιον, κλπ. Αἱ οὐσίαι αὗται συνίστανται ἐκ μαγνητικῶν στοιχείων, ὧν τὰ ρευστὰ δὲν εἶνε προσανατολισμένα κανονικῶς τὰ μὲν κατὰ μίαν τὰ δὲ κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν διὸ καὶ δὲν ἔχουσι πόλους. Μία οὐσία μαγνητικὴ προσεγγίζουσα διαδοχικῶς εἰς τὸ ἓν ἢ τὸ ἕτερον ἄκρον μαγνητικῆς βελόνης κινητῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα παρουσιάζει κατ' ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις *ἕλξιν*, ἐνῷ ὁ μαγνήτης ἕλκει τὸν ἕνα πόλον τῆς βελόνης ἀπωθεῖ δὲ τὸν ἕτερον.

Αἱ σιδηροῦχοι ἑνώσεις εἶνε οὐσίαι μαγνητικαὶ καὶ τόσῳ μᾶλλον ὅσῳ περισσότερον σίδηρον περιέχουσι· τινὲς ἐν τούτοις,



Σχ. 267.—Μαγνήτισις ἐξ ἐπαφῆς.

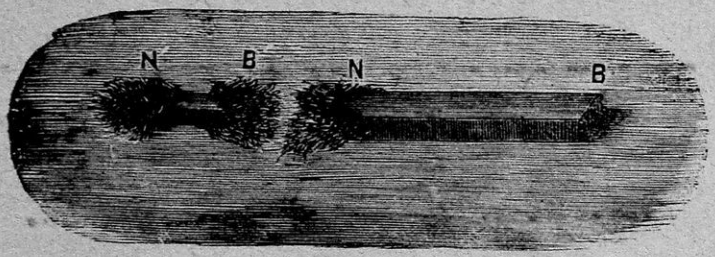
οἷον ὁ ὑπερθειοῦχος σίδηρος, δὲν ἕλκονται ὑπὸ τοῦ μαγνήτου. Αἱ ἐστερημέναι συντηρητικῆς δυνάμεως μαγνητικαὶ οὐσίαι, οἷον ὁ μαλακὸς σίδηρος, τὸ νικέλιον, δὲν ἕλκονται πλέον ὑπὸ τοῦ μαγνήτου ὑποβαλλόμεναι εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Ὁ σίδηρος παύει νὰ εἶνε μαγνητικὴ οὐσία εἰς τοὺς 600^0, τὸ δὲ νικέλιον εἰς 300^0.

311. **Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως.**—1ον *Ἐξ ἐπαφῆς.*—Μαγνητικὴ οὐσία τιθεμένη εἰς ἐπαφὴν μετὰ μαγνήτου γίνεται, ἐφ' ὅσον ἡ ἐπαφὴ διαρκεῖ, τέλειος μαγνήτης μὲ δύο πόλους καὶ οὐδετέραν γραμμήν. Οὕτως, ἐὰν ἀκουμβήσωμεν τὸν πόλον μαγνήτου ἐπὶ μικροῦ σιδηροῦ κυλίνδρου αβ (Σχ. 267),

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

οὗτος δύναται νὰ προσκολλήσῃ εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ δεύτερον κύλινδρον καὶ οὗτος τρίτον καὶ οὕτω καθεξῆς μέχρις ἓξ ἢ ἑπτά, ἀναλόγως τῆς δυνάμεως τοῦ μαγνήτου. Προφανῶς ἕκαστος κύλινδρος εἶνε, ἐφ' ὅσον διαρκεῖ ἡ ἐπαφή, μαγνήτης τέλειος, διὸ καὶ κρατεῖ προσκεκολλημένον τὸν ἕτερον· ἅμα ὅμως ἀποχωρίσωμεν τὸν κύλινδρον αβ ἀπὸ τοῦ μαγνήτου, τότε ὅλη ἡ ἄλυσις διασπᾶται καὶ οἱ κύλινδροι δὲν δεικνύουσι πλέον οὐδὲν ἴχνος μαγνητικῆς δυνάμεως.

Τὸ φαινόμενον τῆς τοιαύτης ἐξ ἐπιδράσεως μαγνητίσεως ἐξηγεῖ τὸν σχηματισμὸν τῶν θυσάνων ἐκ ρινημάτων σιδήρου, ἅτινα προσκολλῶνται εἰς τοὺς πόλους μαγνήτου (Σχ. 263). Τὰ



Σχ. 268.—Μαγνήτισις ἐξ ἀποστάσεως.

ἀμέσως εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ μαγνήτου ἐρχόμενα μόρια γίνονται μαγνῆται ἐξ ἐπιδράσεως καὶ ἐνεργοῦσιν ἐπίσης ἐξ ἐπιδράσεως ἐπὶ τῶν δευτέρων καὶ ταῦτα ἐπὶ τῶν τρίτων καὶ οὕτω καθεξῆς, μέχρις οὗ ἐξασθενίσῃ ἡ ἐπίδρασις καὶ γίνῃ μηδέν.

2ον *Ἐξ ἀποστάσεως.* — Ἡ μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως λαμβάνει χώραν καὶ ἐξ ἀποστάσεως. Οὕτως ὁ μαγνήτης NB (Σχ. 268) μαγνητίζει τὸν εἰς ἀπόστασίν τινα εὑρισκόμενον κύλινδρον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου Β'Ν', τοῦθ' ὅπερ καταδεικνύεται διὰ τῆς προσκολλήσεως καὶ ἐπὶ τοῦ δευτέρου τούτου τῶν ρινημάτων τοῦ σιδήρου. Ἡ μαγνήτισις εἶνε τοσούτῳ ἰσχυροτέρα, ὅσῳ μικροτέρα ἡ ἀπόστασις καὶ ὅσῳ μεγαλειτέρα ἡ δύναμις τοῦ μαγνή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

του. Παύει δ' εὐθὺς ὡς τὸ τεμάχιον ἀπομακρυνθῇ ἀπὸ τοῦ μαγνήτου.

Εἰς τὴν ἐξ ἐπιδράσεως μαγνήτισιν ὀφείλεται καὶ ὁ σχηματισμὸς τῶν καλουμένων μαγνητικῶν φασμάτων. Ἐὰν τοποθετήσωμεν ὁριζοντίως μαγνητικὴν ράβδον καὶ ἐπ' αὐτῆς χαρτόνιον λεπτόν, ἐπιστρώσωμεν δ' ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ρινήματα σιδήρου, ταῦτα διατίθενται κατὰ καμπύλας συμμετρικὰς γραμμὰς ἀπὸ τοῦ ἑνὸς πόλου πρὸς τὸν ἕτερον, λαμβάνουσι δ' ἀντιθέτους διευθύνσεις κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ μαγνήτου.

Μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μέρος τοῦ διαστήματος, ἐν τῷ ὁποίῳ ἐξασκεῖται ἡ ἑλκτικὴ ἢ ἀπωστικὴ δύναμις ἑνὸς πόλου μαγνητικοῦ, καλεῖται μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πόλου τούτου.

312. **Νόμος τῶν μαγνητικῶν ἕλξεων καὶ ὤσεων.** Ὁ Coulomb εὗρεν ὅτι αἱ μαγνητικαὶ ἕλξεις καὶ ὦσεις ὑπείκουσιν εἰς τὸν ἑξῆς νόμον :

Δύο πόλοι μαγνητικοὶ ἕλκονται (ἢ ἀπωθοῦνται) κατ' εὐθὺν μὲν λόγον τοῦ γινομένου τῶν μαγνητικῶν μαζῶν, κατ' ἀντίστροφον δὲ λόγον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

Ὁ Coulomb ὥρισε τὴν ἔντασιν πόλου τινὸς μαγνητικοῦ διὰ τῆς ἐπ' αὐτοῦ ἐνεργείας τοῦ γηΐνου μαγνητισμοῦ. Κατὰ ταῦτα δύο πόλοι ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἔντασιν ἢ τὴν *αὐτὴν μαγνητικὴν μάζαν*, ἐὰν ὑφίστανται τὴν αὐτὴν ἐνέργειαν ἐκ μέρους τῆς γῆς· δύο δὲ πόλοι τῆς αὐτῆς μαγνητικῆς μάζης ἀποτελοῦσι διὰ συνενώσεως ἕνα πόλον μάζης ἢ ἐντάσεως διπλασίας.

Ἀπέδειξε πειραματικῶς ὁ Coulomb τοὺς ἀνωτέρω νόμους διὰ δύο μεθόδων, τῆς περιστρέπτου πλάστιγγος καὶ τῶν ταλαντώσεων τῆς βελόνης· κατόπιν δὲ πειράματα ἀκριβέστερα τοῦ Gauss ἐπεβεβαίωσαν τὰ ἐξαγόμενα τοῦ Coulomb

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ μ καὶ μ' τὰς μαγνητικὰς μάζας τῶν δύο πόλων, διὰ δ τὴν ἀπόστασιν καὶ διὰ Φ τὴν ἕλξιν ἢ ὦσιν, θὰ ἔχωμεν τὸν τύπον

$$\Phi = K\frac{\mu\mu'}{\delta^2},$$

ἔνθα K εἶνε σταθερὰ τις ποσότης παριστῶσα τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν δύο μαγνητικῶν μαζῶν ἴσων πρὸς 1 καὶ εὑρισκομένων εἰς ἀπόστασιν 1.

313. **Ἐνέργεια τῶν μαγνητῶν ἐπὶ πάντων τῶν σωμάτων.**—*Θύσλαι διαμαγνητικαί.*—Ἀπὸ τοῦ 1802 ἤδη

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁ Coulomb εἶχε παρατηρήσει ὅτι οἱ μαγνῆται ἐπενήργουν οὐχὶ μόνον ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω μνησθεισῶν μαγνητικῶν οὐσιῶν ἀλλ' ἐπὶ πάντων ἐν γένει τῶν σωμάτων, κατόπιν δὲ καὶ ὁ Faraday καὶ ὁ Becquerel μεταχειρισθέντες ἰσχυροτάτους μαγνήτας ἀπέδειξαν τὴν τοιαύτην ἐνέργειαν τῶν μαγνητῶν καὶ ὄχι μόνον διὰ τὰ ἄλλα σώματα ἀλλὰ καὶ διὰ τὰ ἀέρια. Ἐκάλεσαν δὲ *μαγνητικὰς μὲν οὐσίας* ἐκείνας, αἵτινες ἕλκονται ὑπὸ τῶν μαγνητῶν, *διαμαγνητικὰς* δὲ ἢ *παραμαγνητικὰς* ἐκείνας, αἵτινες ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῶν μαγνητῶν· τοιαῦται εἶνε λ. χ. τὸ βισμούθιον, ὁ μόλυβδος, τὸ θεῖον, ὁ κηρός, τὸ ὕδωρ κλπ.

Ὁ Faraday τῷ 1847 ἀνεκάλυψεν ὅτι οἱ μαγνῆται ἐπιδρῶσιν ἀπωστικῶς ἐπὶ τῶν φλογῶν, ὁ δὲ Becquerel κατέδειξεν ὅτι ἐκ πάντων τῶν ἀερίων τὸ ὀξυγόνον ἔχει τὴν μεγαλειτέραν μαγνητικὴν δύναμιν· ἓν κυβικὸν μέτρον ἐκ τούτου συμπεπυκνωμένον ἐπενεργεῖ ἐπὶ μαγνητικῆς βελόνης ὅπως $5^{\text{γρ.}},5$ σιδήρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΓΗΙΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΠΥΞΙΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΣ ΚΑΙ ΕΓΚΛΙΣΕΩΣ

314. **Ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τῶν μαγνητῶν.** Εἴδομεν ἤδη (307) ὅτι βελόνη ἐξηρτημένη διὰ νήματος ἐκ τοῦ κέντρου τῆς βαρύτητος αὐτῆς ἢ ἐστηριγμένη ἐπὶ κατακορύφου ἄξονος λαμβάνει ὡρισμένην θέσιν στρέφουσα τὸν ἕνα πόλον πρὸς βορρᾶν καὶ τὸν ἕτερον πρὸς νότον· ἐξ οὗ συνεπεράναμεν ὅτι ἡ γῆ ἐνεργεῖ ὡς μέγας μαγνήτης ἐπὶ τῆς βελόνης.

Ἀποδεικνύεται δ' ὅτι ἡ τοιαύτη μαγνητικὴ ἐνέργεια τῆς γῆς:

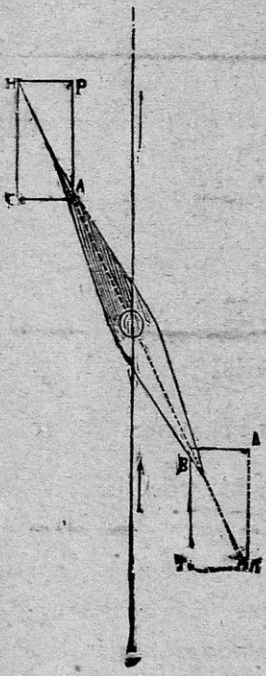
1ον *Δὲν ἔχει συνιστῶσαν κατακόρυφον*, τουτέστι δὲν ἕλκει τὴν βελόνην πρὸς τὰ κάτω· διότι δι' ἀκριβοῦς ζυγίσεως κα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ταδεικνύεται ὅτι μία ράβδος σιδηρᾶ ἔχει τὸ αὐτὸ βάρος καὶ πρὸ καὶ μετὰ τὴν μαγνήτισιν.

2ον *Ὅτι δὲν ἔχει συνιστῶσαν ὁριζοντίαν.* Διότι, ἐὰν ἐπιθέσωμεν μαγνήτην ἐπὶ φελλοῦ ἐπιπλέοντος εἰς τὸ ὕδωρ, ὁ μαγνήτης λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἀλλ' ὅμως δὲν προχωρεῖ οὔτε πρὸς βορρᾶν οὔτε πρὸς νότον.

Ἡ ἐνέργεια λοιπὸν τῶν γηΐνων μαγνητικῶν πόλων ἐπὶ τῆς βελόνης δὲν εἶνε *ἑλκτικὴ* ἀλλὰ μόνον *διευθυντήριος*, τείνουσα ἵνα στρέψῃ καὶ δώσῃ εἰς αὐτὸν ὡρισμένην διεύθυνσιν, ἀνάγεται τουτέστι τὸ σύστημα τῶν μαγνητικῶν δυνάμεων τῆς γῆς εἰς *ἓν ζεῦγος δυνάμεων*, τὸ ὁποῖον καλεῖται *γήϊνον μαγνητικὸν ζεῦγος* (Σχ. 269).



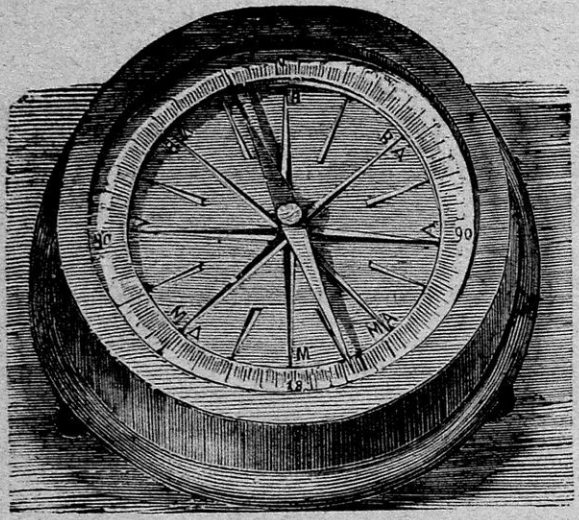
Σχ. 269. — Ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τῶν μαγνητῶν.

Μαγνητικὸς μεσημβρινός, ἀπόκλισις. Γνωρίζομεν ὅτι *ἀστρονομικὸς μεσημβρινὸς* σημείου τινὸς ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς εἶνε τὸ ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ σημείου τούτου καὶ τῶν δύο πόλων τῆς γῆς· ἡ δὲ τομὴ τοῦ ἐπιπέδου τούτου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς καλεῖται *μεσημβρινὴ γραμμὴ* ἢ *γεωγραφικὸς μεσημβρινός*. Κατ' ἀναλογίαν ἐκλήθη *μαγνητικὸς μεσημβρινὸς* τόπου τινὸς τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον ἐν τῷ τόπῳ τούτῳ διὰ τῆς διευθύνσεως τοῦ γηΐνου ζεύγους ἤτοι διὰ τῶν δύο πόλων ἰσορροπούσης μαγνητικῆς βελόνης (Σχ. 264)· ἀλλ' ἀντὶ τοῦ ἐπιπέδου δυνάμεθα νὰ θεωρῶμεν ὡς μαγνητικὸν μεσημβρινὸν αὐτὴν τὴν διεύθυνσιν τῆς βελόνης, διότι αὕτη παριστᾷ τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τομὴν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ ἐπὶ τοῦ γεωγραφικοῦ ὁρίζοντος.

Ὁ μαγνητικὸς μεσημβρινὸς δὲν ταὐτίζεται, ἐν γένει, μετὰ τοῦ ἀστρονομικοῦ μεσημβρινοῦ τόπου τινός. Καλεῖται δὲ *ἀπόκλισις μαγνητική* ἔν τινι τόπῳ, ἡ γωνία, ἣν σχηματίζει ὁ μαγνητικὸς μεσημβρινὸς μετὰ τοῦ ἀστρονομικοῦ, ἢ ὅπερ ταὐτό, ἡ γωνία, ἣν σχηματίζει ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης μετὰ τῆς μεσημβρινῆς γραμμῆς. Ἡ ἀπόκλισις εἶνε *δυτικὴ* ἢ



Σχ. 270.—Πυξὶς ἀποκλίσεως

ἀνατολική, καθ' ὅσον ὁ πρὸς βορρᾶν ἐστραμμένος πόλος τῆς βελόνης εὑρίσκεται πρὸς δυσμὰς ἢ πρὸς ἀνατολὰς τοῦ ἀστρονομικοῦ μεσημβρινοῦ.

315. **Μέτρησις τῆς ἀποκλίσεως, μεταβολαὶ αὐτῆς.** Ἡ βελόνη ἡ ἐξηρτημένη διὰ νήματος ἢ στηριζομένη ἐπὶ κατακορύφου ἄξονος, περὶ ὃν δύναται νὰ κινῆται ἐλευθέρως, καλεῖται *βελόνη ἀποκλίσεως*. Ἡ θέσις ταύτης ἰσορροπούσης παριστᾷ τὴν θέσιν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, διὸ δυ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νάμεθα δι' αὐτῆς νὰ ὁρίσωμεν τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀπόκλισιν. Ὅταν χρησιμεύῃ πρὸς μέτρησιν τῆς ἀποκλίσεως, διατίθεται καταλλήλως ἐντὸς κιβωτίου ἔνθα περιστρέφεται ἐπὶ δίσκου, τοῦ ὁποίου ἡ περιφέρεια εἶνε διῃρημένη εἰς μοίρας· καλεῖται τότε *πυξὶς ἀποκλίσεως* (Σχ. 270). *Πυξὶς δὲ ναυτικὴ* εἶνε ἐπίσης πυξὶς ἀποκλίσεως, ἧς χρῆσιν ποιοῦνται οἱ ναυτικοὶ πρὸς διεύθυνσιν τῶν πλοίων.

Ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης μεταβάλλεται ἀπὸ τόπου εἰς τόπον· σήμερον εἶνε δυτικὴ ἐν τῇ Εὐρώπῃ καὶ τῇ Ἀφρικῇ, ἀνατολικὴ δ' ἐν τῇ Ἀσίᾳ καὶ τῇ Ἀμερικῇ. Ἀλλὰ καὶ ἐν τῷ αὐτῷ τόπῳ πάσχει μεταβολάς, ὧν αἱ μὲν δύνανται νὰ θεωρηθῶσιν ὡς κανονικαὶ καὶ εἶνε *αἰώνιοι*, *ἐνιαύσιαι*, ἢ *ἡμερήσιαι*, αἱ δὲ εἶνε λίαν ἀκανόνιστοι καὶ καλοῦνται *διαταράξεις*.

Αἰώνιοι μεταβολαί. Ἐν τῷ αὐτῷ τόπῳ ἡ ἀπόκλισις μεταβάλλεται τῇ παρελεύσει τῶν αἰώνων, καὶ ἡ βελόνη κάμνει ταλαντώσεις πρὸς ἀνατολὰς καὶ δυσμὰς τοῦ ἀστρονομικοῦ μεσημβρινοῦ, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος διαρκεῖ ὁλοκλήρους αἰῶνας.

Ὁ κατωτέρω πίναξ δεικνύει τὰς μεταβολὰς τῆς ἀποκλίσεως ἐν Παρισίοις ἀπὸ τοῦ 1850 μέχρι τοῦ 1878.

Ἔτη	Ἀποκλίσεις.		
1580...	11°	30′	ἀνατολικὴ
1666...	0		
1700...	3	12	δυτικὴ
1780...	20	35	
1790...	22	00	
1814 ..	22	34	

Ἔτη	Ἀποκλίσεις		
1825...	22°	13′	δυτικὴ
1835...	22	4	
1850...	20	31	
1860...	19	22	
1875...	17	31	
1878...	17	00	

Ἦτοι ἀπὸ τοῦ 1580 μέχρι τοῦ 1814 ἡ ἀπόκλισις μετεβλήθη ὑπὲρ τὰς 34° καὶ ἔφθασε τὸ μέγιστον αὐτῆς πρὸς δυσμὰς τῷ 1814· ἀπὸ τῆς ἐποχῆς δὲ ταύτης ἤρχισε νὰ ἐπανέρχηται πρὸς ἀνατολάς.

Ἐνιαύσιαι καὶ ἡμερήσιαι μεταβολαί. Αἱ ἐνιαύσιαι μεταβολαὶ ἠρευνήθησαν ὑπὸ τοῦ Cassini. Ἔχουσι μικρὸν πλάτος καὶ οὐχὶ μεγάλην σπουδαιότητα, πρὸς δὲ δὲν φαίνονται σταθεραί. Κατὰ τὰ ἡμέτερα κλίματα τὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βόρειον ἄκρον τῆς βελόνης κινεῖται ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς ἀπὸ τῆς ἀνατολῆς τοῦ Ἡλίου μέχρι τῆς 1ης ὥρας μ. μ. Ἀκολούθως ὀπισθοχωρεῖ πρὸς ἀνατολὰς καὶ περὶ τὴν 10ην μ. μ. λαμβάνει τὴν θέσιν, ἣν κατεῖχε τὴν πρωΐαν. Τὴν δὲ νύκτα κάμνει ἐλαχίστην μετακίνησιν πρὸς δυσμάς. Ἐν Παρισίοις τὸ μέσον πλάτος τῆς ἡμερησίας μεταβολῆς εἶνε μέχρι 15 λεπτῶν κατὰ τοὺς μῆνας Ἀπρίλιον, Μάϊον, Ἰούνιον, Ἰούλιον, Αὔγουστον καὶ Σεπτέμβριον, τοὺς δὲ ἄλλους 8′ ἕως 10′. Ἡμέρας τινὰς φθάνει μέχρις 25′ κατ' ἄλλας δὲ δὲν ὑπερβαίνει τὰ 5′. Ἐλαττοῦται ἀπὸ τῶν πόλων πρὸς τὸν Ἰσημερινὸν ἔνθα εἶνε ἐλαχίστη.

Διαταράξεις. Αἱ δὲ διαταράξεις τῆς βελόνης προέρχονται ἐκ διαφόρων φυσικῶν αἰτίων, οἷα εἶνε τὸ βόρειον σέλας, αἱ ἐκρήξεις ἡφαιστείων, ἡ πτῶσις κεραυνῶν. Τὸ βόρειον σέλας ἐπενεργεῖ ἐπὶ τῆς βελόνης ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως· ἔλαβε χώραν ἐν Παρισίοις παρεκτροπὴ τῆς βελόνης περὶ τὰ 20′ ἐκ σέλαος ὁρατοῦ μόνον κατὰ τὰ βορειότατα τῆς Εὐρώπης. Ἡ ἀκανονιστία τῆς πορείας τῆς βελόνης καθ' ὅλην τὴν προηγουμένην ἡμέραν τῆς ἐμφανίσεως τοῦ σέλαος εἶνε προάγγελος αὐτοῦ.

316. **Ἔγκλισις, ἐγκλιτικὴ πυξίς.** Ἐὰν τὴν βελόνην στηρίξωμεν ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς ἐπὶ ἄξονος ὁριζοντίου ὥστε νὰ κινῆται ἐπὶ ἐπιπέδου κατακορύφου, καλεῖται *βελόνη ἐγκλιτική*. Ἡ ἐγκλιτικὴ βελόνη τιθεμένη οὕτως ὥστε τὸ ἐπίπεδον ἐν ᾧ κινεῖται νὰ ταὐτίζηται μετὰ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, δὲν μένει ὁριζοντία ἀλλὰ κλίνει τὸν νότιον αὐτῆς πόλον (ἐν τῷ ἡμετέρῳ ἡμισφαιρίῳ) πρὸς τὰ κάτω σχηματίζουσα μετὰ τῆς ὁριζοντίας γραμμῆς τῆς διερχομένης διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς γωνίαν.

Ἡ ὀξυτέρα τῶν δύο γωνιῶν, ἃς σχηματίζει τὸ κατώτερον ἄκρον αὐτῆς α μετὰ τῆς ὡς εἴρηται ὁριζοντίας γραμμῆς, καλεῖται *ἔγκλισις*.

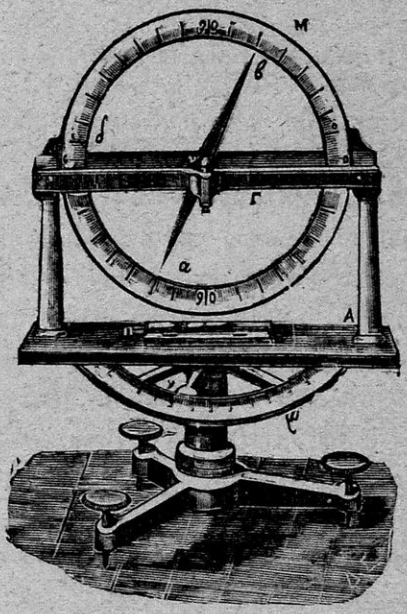
Τὸ σχῆμα 271 παριστᾷ τὴν καλουμένην *ἐγκλιτικὴν πυξίδα* δι' ἧς μετρεῖται ἡ ἔγκλισις. Ἡ γωνία ανδ εἶνε ἡ ἔγκλισις, μετρεῖται δὲ εἰς μοίρας ἐπὶ τοῦ κατακορύφου κυκλικοῦ κανόνος Μ.

Μεταβολαὶ τῆς ἐγκλίσεως. Καὶ ἡ ἔγκλισις μεταβάλλεται ἀπὸ τόπου εἰς τόπον ἀλλὰ κατὰ νόμον μᾶλλον ὡρισμένον. Ἐν τῷ ἡμετέρῳ ἡμισφαιρίῳ ὁ νότιος πόλος τῆς βελόνης κλίνει πρὸς τὰ κάτω τοῦ ὁρίζοντος· εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰ σημεῖα κατὰ τὸν βόρειον πόλον τῆς γῆς ἡ ἔγκλισις εἶνε 90°, ἐκεῖθεν δ' ἐλαττοῦται πρὸς τὸν Ἰσημερινὸν ἔνθα εἶνε μηδὲν ποῦ μὲν εἰς σημεῖα ἐπ' αὐτοῦ κείμενα ποῦ δὲ εἰς σημεῖα ὀλίγον ἀπ' αὐτοῦ ἀπέχοντα. Εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον ἀπ' ἐναντίας ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης κλίνει πρὸς τὰ κάτω.

Καλεῖται μαγνητικὸς ἰσημερινός, ἡ καμπύλη γραμμή, ἥτις διέρχεται δι' ὅλων τῶν σημείων, ἐν οἷς ἡ ἔγκλισις εἶνε μηδέν· πόλοι δὲ μαγνητικοί, τὰ σημεῖα ἔνθα ἡ ἔγκλισις εἶνε 90°. Κατὰ τὰς παρατηρήσεις τοῦ Duperrey ὁ μαγνητικὸς ἰσημερινὸς τέμνει τὸν γήϊνον ἰσημερινὸν εἰς δύο σημεῖα σχεδὸν ἐκ διαμέτρου ἀντίθετα, ὧν τὸ μὲν κεῖται ἐν τῷ Εἰρηνικῷ τὸ δ' ἕτερον ἐν τῷ Ἀτλαντικῷ Ὠκεανῷ. Φαίνεται δ' ὅτι τὰ σημεῖα ταῦτα τῆς



Σχ. 271.—Ἐγκλιτικὴ πυξίς.

τομῆς μετακινοῦνται ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμάς. Πόλοι μαγνητικοὶ ὑπάρχουσι δύο, ὁ μὲν ἐν τῷ βορείῳ ἡμισφαιρίῳ παρὰ τὴν νῆσον Melville, ὁ δὲ ἐν τῷ νοτίῳ ἐπὶ τῆς Βικτωρίας γῆς πρὸς δυσμὰς τοῦ ἡφαιστείου Erebus· ἀλλ' ἡ θέσις τῶν σημείων τούτων μεταβάλλεται μετὰ τῆς τοῦ μαγνητικοῦ ἰσημερινοῦ.

Ἡ ἔγκλισις μεταβάλλεται ἐπίσης καὶ ἐν τῷ αὐτῷ τόπῳ ἀπὸ μιᾶς εἰς ἄλλην ἐποχήν. Τῷ 1861 ἦτο ἐν Παρισίοις 75°. Ἔκτοτε ἐξηκολούθησεν ἐλαττουμένη καὶ κατὰ τὰς παρατηρήσεις τὰς γενομένας ἐν τῷ Ἀστεροσκοπείῳ τοῦ Mon-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

souris ἔφθασε τῷ 1875 (18 76ρίου) εἰς 65° 34′ 6″. Ἀπὸ εἴκοσι δὲ ἤδη ἐτῶν ἐλαττοῦται αὕτη ἐτησίως κατὰ 5′ καὶ 3″.

317. **Διανομὴ τοῦ γηΐνου μαγνητισμοῦ εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τῆς γῆς.** Διάφοροι φυσικοὶ καὶ θαλασσοπόροι ἐμέτρησαν τὴν ἔντασιν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου (311) εἰς διαφόρους τόπους καὶ κατὰ διαφόρους ἐποχάς. Κατέληξαν δὲ εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα:

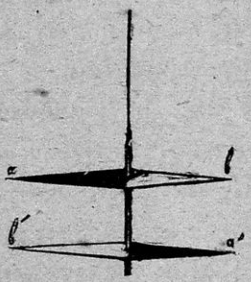
1ον Ἡ ἔντασις αὐξάνεται ὅσῳ ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τοῦ μαγνητικοῦ ἰσημερινοῦ, εἰς δὲ τοὺς πόλους φαίνεται ὅτι εἶνε μίαν καὶ ἡμίσειαν φορὰν μείζων ἢ εἰς τὴν γραμμὴν ταύτην. Ὅθεν εἰς τὴν γραμμήν, ἔνθα ἡ ἔγκλισις εἶνε μηδέν, παρατηρεῖται συγχρόνως ἡ ἐλαχίστη μαγνητικὴ ἔντασις.

2ον Ἡ ἔντασις ἐλαττοῦται ὅσῳ ἀνυψούμεθα εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν, πιθανῶς κατὰ λόγον ἀντίστροφον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως.

3ον Μεταβάλλεται κατὰ τὰς διαφόρους ὥρας τῆς ἡμέρας καὶ λαμβάνει τὴν μεγίστην αὐτῆς τιμὴν μεταξὺ τῆς 4ης καὶ 5ης μ. μ. ὥρας.

4ον Παρουσιάζει μεταβολὰς ἀκανονίστους, ὅπως ἡ ἔγκλισις καὶ ἡ ἀπόκλισις ὑφίστανται λ. χ. διαταράξεις τυχαίας ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ βορείου σέλαος.

5ον Ἐκάλεσαν γραμμὰς ἰσοδυναμικάς, τὰς γραμμάς, αἱ ὁποῖαι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς παρουσιάζουσιν εἰς ὅλα τὰ σημεῖα αὐτῶν τὴν αὐτὴν μαγνητικὴν ἔντασιν· γραμμὰς ἰσογωνίους, ἐκείνας, αἵτινες παρουσιάζουσι πανταχοῦ τὴν αὐτὴν ἀπόκλισιν, καὶ ἰσοκλινεῖς τὰς παρουσιαζούσας τὴν αὐτὴν ἔγκλισιν. Ὁ Duperrey ἐσημείωσεν ἐννέα ἰσοδυναμικὰς καμπύλας πρὸς βορρᾶν καὶ ἄλλας τόσας πρὸς νότον τοῦ μαγνητικοῦ ἰσημερινοῦ καὶ εὗρεν ὅτι αἱ γραμμαὶ αὗται διὰ τῆς καμπυλότητος καὶ τῆς διευθύνσεως αὐτῶν παρουσιάζουσι μεγάλην ἀναλογίαν πρὸς τὰς ἰσοθέρμους γραμμάς.



Σχ. 272.—Ἀστατικὸν σύστημα.

318. **Ἀστατικὴ βελόνη.** Καλεῖται *βελόνη ἀστατική*, ἐκείνη, ἥτις δὲν ὑπείκει εἰς τὴν μαγνητικὴν ἐνέργειαν τῆς γῆς. Τοιαύτη βελόνη εἶνε ἡ κινητὴ περὶ ἄξονα κείμενον ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ παράλληλον τῇ ἐγκλιτικῇ βελόνῃ· διότι τότε τὸ γήϊνον μαγνητικὸν ζεῦγος ἐνεργοῦν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος δὲν δύναται τὰ παραγάγῃ οὐδεμίαν κίνησιν εἰς αὐτήν.

Σύστημα δὲ ἀστατικὸν καλεῖται τὸ σύστημα δύο βελονῶν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς αὐτῆς μαγνητικῆς δυνάμεως (Σχ. 272) συνηνωμένων οὕτως ὥστε νὰ εἶνε παράλληλοι καὶ νὰ ἔχωσιν ἀπέναντι τοὺς ἀντιθέτους πόλους. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, ἐὰν οἱ πόλοι ἔχωσιν ἀκριβῶς τὴν αὐτὴν ἔντασιν, αἱ ἐπ' αὐτῶν ἀντίθετοι ἐνέργειαι τοῦ γηΐνου μαγνητισμοῦ καταστρέφονται ἀνὰ δύο καὶ τὸ σύστημα εἶνε ἀστατικόν. Ἐφαρμογὴν τοῦ συστήματος τούτου θὰ ἴδωμεν κατωτέρω ἐν τῷ γαλβανομέτρῳ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΕΩΣ

319. **Πηγαὶ καὶ μέθοδοι μαγνητίσεως.**—Κόρος. Αἱ διάφοροι πηγαὶ μαγνητίσεως εἶνε οἱ φυσικοὶ μαγνῆται, ὁ γηΐνος μαγνητισμὸς καὶ ὁ ἠλεκτρισμός. Περὶ τῆς τελευταίας ταύτης, ἥτις εἶνε ἡ ἰσχυροτέρα, θὰ γίνῃ λόγος ἐν τῷ περὶ ἠλεκτρισμοῦ κεφαλαίῳ.

Δι' οἱασδήποτε μεθόδου καὶ ἂν γίνῃ ἡ μαγνήτισις, ἀποδεικνύεται ὅτι ὑπάρχει ὅριον τῆς μαγνητικῆς δυνάμεως, ἣν δύναται ν' ἀποκτήσῃ μία ράβδος. Τὸ ὅριον τοῦτο ἐξαρτᾶται συγχρόνως ἐκ τῶν διαστάσεων τῆς ράβδου, ἐκ τοῦ βαθμοῦ τῆς βαφῆς καὶ ἐκ τῆς ἐντάσεως τῆς μαγνητιζούσης πηγῆς. Εἰς τὸ ὅριον τοῦτο φθάνει ἡ ράβδος, ὅταν ἡ συντηρητικὴ δύναμις αὐτῆς δὲν δύναται νὰ κρατήσῃ ἀποκεχωρισμένας μείζονας ποσότητας ρευστοῦ· λέγομεν τότε ὅτι ἡ ράβδος ἐμαγνητίσθη *μέχρι κόρου*. Ὅταν δὲ μαγνητισθῇ ὑπὲρ τὸν κόρον, ἐπανέρχεται πάραυτα εἰς αὐτὸν καὶ μάλιστα τείνει νὰ καταβῇ ὑποκάτω, ἐὰν δὲν συγκρατήσωμεν τὴν μαγνητικὴν αὐτῆς δύναμιν δι' ὁπλισμῶν (321).

320. **Μαγνήτισις διὰ τῶν μαγνητῶν.** Ὑπάρχουσι πρὸς τοῦτο τρεῖς μέθοδοι.

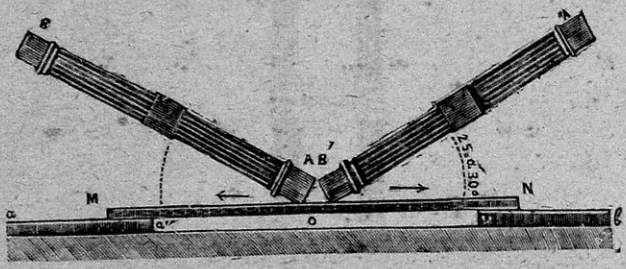
1ον *Μέθοδος τῆς ἁπλῆς προστρίψεως*. Λαμβάνομεν ἰσχυρὸν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μαγνήτην καὶ διὰ τοῦ ἑνὸς πόλου αὐτοῦ προστρίβομεν τὴν μαγνητιστέαν ράβδον ἀπὸ τοῦ ἑνὸς μέχρι τοῦ ἑτέρου ἄκρου ἐπαναλαμβάνοντες δεκάκις καὶ πλέοντὰς προστρίψεις ἀλλὰ πάντοτε κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, Τὸ ἄκρον τῆς ράβδου, ὅπερ ἐγγίζει τελευταῖον ὁ μαγνήτης, παρουσιάζει πόλον ἑτερώνυμον τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, δι' οὗ ἐγένετο ἡ πρόστριψις.

Ἡ μέθοδος αὕτη ὑπῆρξεν ἐπὶ πολὺν χρόνον ἡ μόνη ἐν χρήσει· ἀλλ' ἔχει τὸ ἐλάττωμα νὰ παράγῃ ἀσθενῆ καὶ ἀκανόνιστον μαγνήτισιν οὐχὶ μέχρι κόρου, πρὸς δὲ ἀναστύσσει πολλάκις διάμεσα σημεῖα, πρὸ πάντων ὅταν ἡ ράβδος εἶν μακρὰ καὶ ὁ χάλυψ ὀλίγον τι σκληρός.

2ον *Μέθοδος τῆς χωριστῆς προστρίψεως.* Ἐπακουμβῶμεν τοὺς δύο ἀντιθέτους πόλους Α καὶ Β′ δύο μαγνητῶν ἴσης δυ-



Σχ. 273.—**Μέθοδος χωριστῆς προστρίψεως.**

νάμεως ἐπὶ τοῦ μέσου τῆς μαγνητιστέας ράβδου κρατοῦντες αὐτοὺς κεκλιμένους ὑπὸ γωνίαν 25° ἕως 30° καὶ προστρίβομεν ἀποχωρίζοντες αὐτοὺς ὥστε ὁ εἷς (Β′) νὰ διολισθήσῃ πρὸς τὸ ἓν ἄκρον (Ν) ὁ δ' ἕτερος (Α) πρὸς τὸ ἕτερον ἄκρον (Μ) (Σχ. 273). Ἐπαναφέρομεν ἀκολούθως ἑκάτερον εἰς τὸ μέσον τῆς ράβδου καὶ ἐπαναλαμβάνομεν τὸ αὐτὸ καὶ μετά τινας προστρίψεις ἡ ράβδος ΜΝ γίνεται μαγνήτης. Ἐπιταχύνομεν δὲ καὶ ἐπαυξάνομεν τὴν μαγνήτισιν ἐπιθέτοντες τὴν μαγνητιστέαν ράβδον ἐπὶ τῶν ἀντιθέτων πόλων α′ καὶ ν δύο ἀκινήτων μαγνητῶν αα′ καὶ βν, τῶν ὁποίων ἡ ἐπίδρασις προστίθεται οὕτως εἰς τὴν ἐνέργειαν τῶν προστριβόντων μαγνητῶν. Ἡ προστρι-

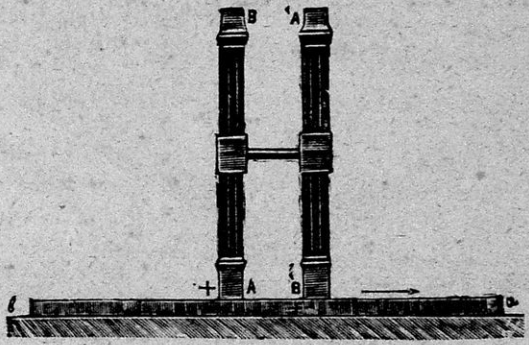
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βαμένη ράβδος ἔχει τοὺς πόλους M καὶ N ἑτερωνύμους πρὸς τοὺς πόλους A καὶ B.

Ἡ μέθοδος αὕτη παρέχει τὴν τελειοτέραν καὶ κανονικωτέραν μαγνήτισιν καὶ ἐφαρμόζεται κατὰ προτίμησιν πρὸς μαγνήτισιν βελονῶν τῶν πυξίδων καὶ λεπτῶν ἐλασμάτων, ὧν τὸ πάχος δὲν ὑπερβαίνει τὰ 5 χιλιοστόμετρα.

3ον *Μέθοδος τῆς διπλῆς προστρίψεως.* Αὕτη ἐφηρμόσθη τὸ πρῶτον (1751) ὑπὸ τοῦ Mittchel.

Καὶ κατὰ ταύτην οἱ δύο μαγνῆται AB καὶ A'B' ἐπιτίθενται εἰς τὸ μέσον τῆς μαγνητιστέας ράβδου (Σχ. 274) ἐπακουμβῶντες ἐπ' αὐτῆς διὰ τῶν ἑτερωνύμων πόλων A καὶ B',



Σχ. 274.—**Μέθοδος διπλῆς προστρίψεως** (Mittchel).

διατηροῦνται δὲ παράλληλοι καὶ εἰς σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων διὰ παρεντεθειμένου ξύλου καὶ διολισθαίνουσιν ὁμοῦ ἀπὸ τοῦ μέσου πρὸς τὸ ἄκρον β, ἐκ τούτου δὲ πρὸς τὸ ἕτερον ἄκρον α καὶ οὕτω καθεξῆς, ὥστε ἑκάτερον ἥμισυ τῆς ράβδου νὰ λάβῃ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν προστριβῶν.

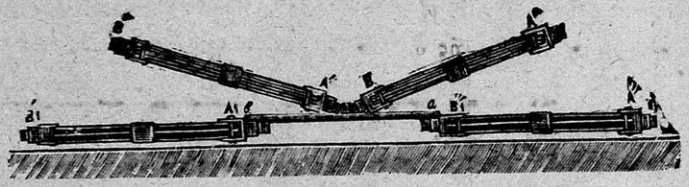
Ὁ Aepinus τῷ 1758 ἐτελειοποίησε τὴν μέθοδον ταύτην ἐπιθέσας τὴν μαγνητιστέαν ράβδον ἀφ' ἑπτὰ τῶν ἑτερωνύμων πόλων δύο ἰσχυρῶν μαγνητῶν (Σχ. 275) καὶ κρίνας τοὺς προστρίβοντας μαγνήτας κατὰ γωνίαν 15° ἕως 20°. Ἡ μέθοδος αὕτη εἶνε ἡ ἐνεργητικωτέρα καὶ ἐφαρμόζεται πρὸς παραγωγὴν ἰσχυρῶν μαγνητῶν, ἀλλ' ἀναπτύσσει συνήθως διάμεσα σημεῖα.

321. **Μαγνήτισις διὰ τῆς ἐνεργείας τῆς γῆς.** Ἡ ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν οὐσιῶν εἶνε ἀνάλογος πρὸς τὴν τῶν μαγνητῶν τείνουσα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νὰ προσανατολίσῃ τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα αὐτῶν καὶ μετατρέψῃ οὕτως αὐτὰς εἰς μαγνήτας. Ἀλλ' ὅμως ἡ γηΐνη ἐνέργεια οὖσα σχετικῶς λίαν ἀσθενὴς ἕνεκα τῆς ἀποστάσεως δὲν ἐνεργεῖ ἀποτελεσματικῶς παρὰ μόνον ἐπὶ οὐσιῶν κεκτημένων ἐλαχίστην συντηρητικὴν δύναμιν. Οὕτω ράβδος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἢ ἐκ χάλυβος μὴ βεβαμμένου μαγνητίζεται τιθεμένη ἐπὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ παραλλήλως τῇ ἐγκλιτικῇ βελόνῃ. Ἀλλ' ἡ τοιαύτη μαγνήτισις εἶνε ἀσταθής· ἐὰν μεταστραφῇ ἡ ράβδος, οἱ πόλοι αὐτῆς ἀντιστρέφονται καὶ ἂν ἀπομακρυνθῇ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, ἀπομαγνητίζεται ὁλοσχερῶς.

Ἐν τούτοις κατορθοῦμεν νὰ προσδώσωμεν τῷ μαλακῷ σιδήρῳ ἐπαισθητήν τινα συντηρητικὴν δύναμιν, ἐὰν καθ' ἣν στιγμὴν εὑρίσκηται ὑπὸ τὴν μαγνητικὴν



Σχ. 275.—**Μέθοδος διπλῆς προστίψεως** (Aepinus).

τῆς γῆς ἐπίδρασιν, ὑποβάλωμεν αὐτὸν εἰς ἰσχυρὰν μηχανικὴν ἐνέργειαν, εἴτε εἰς ἰσχυρὰν περίστρεψιν ἢ κτύπημα δυνατόν· ἀλλ' ἡ οὕτως ἀποκτωμένη συντηρητικὴ δύναμις εἶνε ἀσθενής.

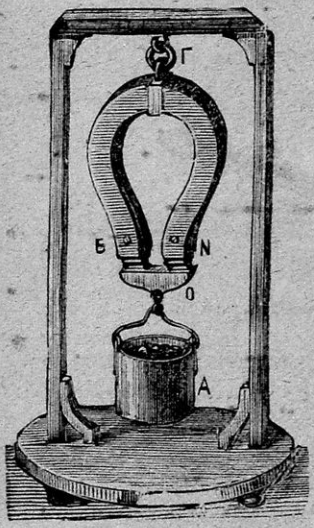
Σημ. Διὰ τῆς παρατεταμένης ἐνεργείας τοῦ γηΐνου μαγνητισμοῦ ἐξηγοῦσι τὸν σχηματισμὸν τῶν φυσικῶν μαγνητῶν ὡς καὶ τὴν αὐτόματον μαγνήτισιν πολλάκις παλαιῶν σιδηρῶν ἢ χαλυβδίνων ἐργαλείων, καρφίων κλπ. Ὁ χυτοσίδηρος ἔχει μεγάλην συντηρητικὴν δύναμιν καὶ μαγνητίζεται κάλλιστα.

322. **Μαγνῆται σύνθετοι ἢ μαγνητικαὶ δέσμαι.** Ὀνομάζεται *σύνθετος μαγνήτης* ἢ *μαγνητικὴ δέσμη* ἄθροισμα μαγνητικῶν ράβδων παραλλήλως συνηνωμένων διὰ τῶν ἑτερωνύμων αὐτῶν πόλων. Ἡ δύναμις τοιούτου μαγνήτου εἶνε πολὺ μεγαλειτέρα ἁπλῆς μαγνητικῆς ράβδου ἐχούσης τὰς αὐτὰς διαστάσεις. Ἄλλοτε ἡ μαγνητικὴ δέσμη ἔχει σχῆμα εὐθείας ράβδου, ἄλλοτε δὲ δίδουσιν εἰς αὐτὴν σχῆμα πετάλου ἱππείου (σχ. 276), οὕτως ὥστε οἱ δύο πόλοι Β καὶ Ν νὰ εἶνε ἀπέναντι ἀλλήλων καὶ νὰ ἕλκωσι συγχρόνως μίαν καὶ τὴν αὐτὴν μαγνητικὴν οὐσίαν.

Ὀνομάζονται *ὁπλισμοί*, τεμάχια ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, τὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁποῖα θέτομεν διαρκῶς εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν πόλων τῶν μαγνητῶν. Εἴδομεν ὅτι οἱ μέχρι κόρου μεμαγνητισμένοι μαγνῆται ἐξασθενοῦσι βαθμηδόν, ἐὰν ἀφεθῶσιν εἰς ἑαυτούς· ἀλλ' ὅταν τίθενται εἰς ἐπαφὴν οἱ ὁπλισμοί, οἱ πόλοι τοῦ μαγνήτου γεννῶσιν ἐξ ἐπιδράσεως εἰς αὐτοὺς πόλους ἀντιθέτους, ἡ μαγνητικὴ δύναμις τῶν ὁποίων ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ μαγνητισμοῦ τοῦ μαγνήτου οὐ μόνον παρακωλύει τὴν ἐξασθένησιν ἀλλὰ καὶ συντελεῖ εἰς ἐπαύξησιν τῆς δυνάμεως αὐτοῦ.



Σχ. 276.— Πεταλοειδὴς μαγνήτης.

Τὴν μαγνητικὴν δύναμιν μαγνήτου ἐκτιμῶσι διὰ τοῦ βάρους, ὅπερ δύναται νὰ βαστάζῃ.

Ἐξαρτῶμεν ὑπὸ τὸν ὁπλισμὸν ὑποδοχέα Α, ἐντὸς τοῦ ὁποίου θέτομεν βάρη, αὐξάνοντες αὐτὰ ἀπὸ ἡμέρας εἰς ἡμέραν διὰ τῆς προσθήκης μικροῦ βάρους· οὕτως ἐνισχύεται ὁ μαγνήτης καὶ δύναται νὰ βαστάσῃ μέγα βάρος ἀλλὰ μέχρις ὁρίου. Ἡ ἀπότομος ἀπόσπασις τοῦ βάρους ἐπιφέρει ἀμέσως μεγάλην ἐξασθένησιν. Ὁ μέγας μαγνήτης Jamin ὁ ὁποῖος ἐξετέθη εἰς τὴν ἔκθεσιν τῶν Παρισίων τοῦ 1867, ἠδύνατο νὰ βαστάζῃ βάρος μέχρις 800 χιλιογράμμων, ἀλλὰ μετὰ τὴν πρώτην ἀπόσπασιν ἐπῆλθεν ἐξασθένησις καὶ νῦν δὲν δύναται νὰ βαστάσῃ περισσότερον τῶν 500 χιλιογράμμων.

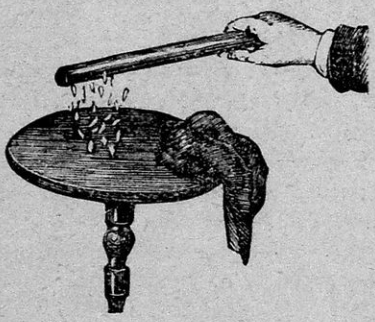
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΓΕΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

§ 1. **Ἀνάπτυξις ἠλεκτρισμοῦ διὰ τριβῆς.** Ἐὰν προστρίψωμεν ζωηρῶς διὰ ξηροῦ μαλλίνου ὑφάσματος ἢ δέρματος γαλῆς ράβδον ὑελίνην, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη ἀποκτᾷ τὴν ἰδιότητα *νὰ ἕλκῃ ἐλαφρὰ σώματα*, οἷον ἄχυρα, πτίλα, τεμάχια χάρτου κλπ. (Σχ. 1). Ἀλλὰ καὶ ράβδοι ἐκ ρητίνης, ἱσπανικοῦ κηροῦ, θείου, ἠλέκτρου, γουτταπέρκης, προστριβόμεναι παρομοίως παρουσιάζουσι τὰ αὐτὰ φαινόμενα τῆς ἕλξεως. Καλοῦνται ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει τὰ σώματα ταῦτα **ἠλεκτρισμένα**, τὸ δὲ ἄγνωστον αἴτιον τὸ προκαλοῦν τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα ἐκλήθη **ἠλεκτρισμός**, ἐκ τοῦ ἠλέκτρου, εἰς ὃ ἀπὸ τῶν ἀρχαιοτάτων ἤδη χρόνων εἶχε παρατηρηθῇ ἡ ἰδιότης αὕτη.



Σχ. 1.—**Ἠλέκτρισις διὰ προστρίψεως.**

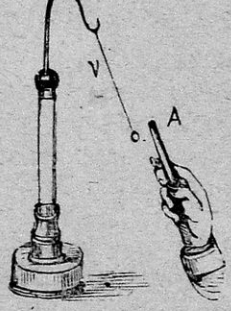
Σημ. Ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος τῷ 600 ἤδη π. Χ. εἶχε παρατηρήσει τὴν ἰδιότητα, ἣν ἀποκτᾷ τὸ ἤλεκτρον τριβόμενον νὰ ἕλκῃ ἐλαφρὰ σώματα. Ὁ δὲ Πλίνιος, ἀκμάσας τὸν πρῶτον μ. Χ. αἰῶνα, γράφει περὶ τοῦ ἠλέκτρου τὰ ἑξῆς: «Ὅταν ἡ προστριβὴ προσδώσῃ εἰς αὐτὸ τὴν θερμότητα καὶ τὴν ζωήν, ἕλκει τὰ κλωνία τοῦ ἀχύρου, ὅπως ὁ μαγνήτης ἕλκει τὸν σίδηρον». Ἀλλ' ἅμως ἕως

Ψηφιοποιήθηκε στιστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ἐδῶ μόνον περιωρίζοντο αἱ γνώσεις τῶν ἀρχαίων ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ· ἐδέησε δὲ νὰ παρέλθωσι πολλαὶ ἑκατονταετηρίδες, μέχρις οὗ περὶ τὰ τέλη τοῦ 16ου αἰῶνος ὁ Gilbert, ἰατρὸς τῆς βασιλίσσης Ἐλισάβετ τῆς Ἀγγλίας, ἐπέστησεν ἐκ νέου τὴν προσοχὴν τῶν Φυσικῶν ἐπὶ τῶν ἰδιοτήτων τοῦ ἠλέκτρου καὶ πολλῶν ἄλλων οὐσιῶν ἀποκτωσῶν διὰ τῆς προστριβῆς τὴν ἑλκτικὴν δύναμιν. Ἅπαξ δοθείσης τῆς ὠθήσεως αἱ ἀνακαλύψεις ἐπὶ τοῦ ζητήματος ἤρχισαν νὰ διαδέχωνται ἀλλήλας πολυαρίθμοι καὶ ραγδαῖαι.

Ἠλεκτρικὰ καὶ ἀνηλεκτρικὰ σώματα. Κατ' ἀρχὰς ὀλίγα τινὰ μόνον σώματα, οἷον τὴν ὕελον, τὴν ρητίνην, τὸ ἤλεκτρον, τὸ θεῖον, τὴν μέταξαν, ἠδυνήθησαν νὰ ἠλεκτρίσωσι κρατοῦντες αὐτὰ ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρὸς καὶ προστρίβοντες, τὰ δὲ μέταλλα καὶ τὰ λοιπὰ σώματα δὲν ἠδύναντο νὰ τὰ ἠλεκτρίσωσι κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον. Τούτου ἕνεκα ἐκάλεσαν τὰ μὲν πρῶτα *ἠλεκτρικά*, τὰ δὲ δεύτερα *ἀνηλεκτρικά*. Ἐν τούτοις, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω, διὰ τῶν νεωτέρων πειραμάτων ἡ διάκρισις αὕτη κατέπεσε καὶ σήμερον γνωρίζομεν ὅτι ὅλα τὰ σώματα δύνανται καταλλήλως λαμβανόμενα νὰ ἠλεκτρισθῶσι διὰ προστριβῆς.

Τὰ σώματα δύνανται νὰ ἠλεκτρισθῶσι προστριβόμενα οὐ μόνον δι' ὑφάσματος ἢ δέρματος ἢ ἄλλου στερεοῦ, ἀλλὰ καὶ δι' ὑγροῦ ἢ ἀερίου σώματος. Οὕτω π. χ. ἐν τῷ βαρομετρικῷ κενῷ ἡ πρόσκρουσις τοῦ ὑδραργύρου ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος ἠλεκτρίζει τὴν ὕελον· κύλινδρος ὑέλινος πλήρης ἀέρος περιέχων ὀλίγας σταγόνας ὑδραργύρου παρουσιάζει ἠλεκτρικὰ φαινόμενα, ὅταν ἀναταράσσηται ὁ ἐν αὐτῷ ὑδράργυρος.



Σχ. 2.—Ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές.

Ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές. Ὅπως ἀναγνωρίσωμεν ἂν σῶμά τι εἶνε ἠλεκτρισμένον, μεταχειριζόμεθα ὄργανα εἰδικὰ καλούμενα *ἠλεκτροσκόπια*, τὸ ἁπλούστερον τῶν ὁποίων εἶνε **τὸ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές** (Σχ. 2). Σύγκειται τοῦτο ἐκ μικροῦ σφαιριδίου ἐντεριώνης ἀκταίας, ἐξηρτημένου διὰ νήματος μετάξης (ν) ἐξ ὑποστηρίγματος φέροντος ὑέλινον πόδα. Ὅταν τὸ σφαιρίδιον προσεγγίσῃ εἰς σῶμα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἠλεκτρισμένον, κατ' ἀρχὰς ἕλκεται καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα, εὐθὺς δὲ κατόπιν ἀπωθεῖται ζωηρῶς.

§ 2. **Ἠλεκτραγωγὸν τῶν σωμάτων.** *Πειράματα Gray.* Ἐὰν πλησιάσωμεν τὸ προστριβὲν ἄκρον ὑελίνης ράβδου εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἄκρον τοῦτο ἕλκει τὸ σφαιρίδιον, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον τῆς ράβδου τὸ μὴ προστριβὲν οὐδὲν ἴχνος ἠλεκτρίσεως παρουσιάζει. Σημεῖον ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς τοῦ ἠλεκτρισθέντος ἄκρου ἔμεινε μόνον περὶ αὐτὸ καὶ δὲν μετεδόθη μέχρι τοῦ ἑτέρου ἄκρου τῆς ράβδου. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον θὰ λάβῃ χώραν καὶ ἂν μεταχειρισθῶμεν ράβδον ἐκ ρητίνης ἢ ἐξ ἱσπανικοῦ κηροῦ. Τοὐναντίον ὅμως συμβαίνει εἰς τὰ μέταλλα· τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι, εὐθὺς ὡς μεταλλικόν τι σῶμα προσλάβῃ ὁπωσδήποτε ἠλεκτρισμὸν εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ, ἔχει τὴν ἰδιότητα τάχιστα νὰ μεταδίδῃ τὸν ἠλεκτρισμὸν καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ.

Ὑπάρχουσι λοιπὸν ἀφ' ἑνὸς μὲν σώματα, τὰ ὁποῖα συγκρατοῦσι προσηλωμένον, οὕτως εἰπεῖν, τὸν ἠλεκτρισμὸν μόνον ἐπὶ τῶν σημείων, τὰ ὁποῖα ἀπ' εὐθείας ἠλεκτρίσθησαν, ἀφ' ἑτέρου δὲ σώματα, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ὁποίων ῥέει λίαν εὐχερῶς ὁ ἠλεκτρισμὸς καὶ μεταδίδεται καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν αὐτῶν. Τὰ πρῶτα ἐκλήθησαν *δυσηλεκτραγωγὰ ἢ κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ*, τὰ δὲ δεύτερα *εὐηλεκτραγωγὰ ἢ καλοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ*.

Ἐπακριβῶς εἰπεῖν τελείως εὐηλεκτραγωγά, (δυνάμενα δηλαδὴ νὰ μεταδίδωσι τὸν ἠλεκτρισμὸν εἰς πᾶσαν ἀπόστασιν ἀκαριαίως, εἰς χρόνον μηδέν), καὶ ἀπολύτως δυσηλεκτραγωγὰ (παρουσιάζοντα δηλ. πλήρη ἀντίστασιν εἰς τὴν διάδοσιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ), δὲν δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὰ σώματα. Ἀλλὰ μόνον διακρίνομεν μεταξὺ αὐτῶν ἄλλα μᾶλλον ἢ ἧττον εὐηλεκτραγωγά, καὶ ἄλλα μᾶλλον ἢ ἧττον δυσηλεκτραγωγά· ἐπὶ πλέον δέον νὰ γνωρίζωμεν ὅτι ὁ βαθμὸς τῆς ἀγωγιμότητος μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς οὐσίας δὲν εἶνε πάντοτε ὁ αὐτός, ἀλλ' ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς θερμοκρασίας καὶ ἐκ τῆς φυσικῆς καταστάσεως αὐτῆς. Οὕτως ἡ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὕελος, ἥτις εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν εἶνε κάκιστος ἀγωγός, θερμαινομένη μέχρις ἐρυθροπυρώσεως ἄγει τὸν ἠλεκτρισμόν. Τὸ λάκκειον κόμμι καὶ τὸ θεῖον, οὐσίαι δυσηλεκτραγωγοί, θερμαινόμεναι ἄγουσι καὶ αὗται τὸν ἠλεκτρισμόν. Τὸ ὕδωρ ἐν ὑγρᾷ καταστάσει εἶνε κάλλιστος ἀγωγός, ὡς πάγος ὅμως εἶνε κακὸς ἀγωγός. Ἡ ὕελος καὶ τὸ θεῖον ἐν καταστάσει κόνεως ἄγουσι τὸν ἠλεκτρισμόν.

Πίναξ τῶν κυριωτέρων σωμάτων τεταγμένων κατ' αὔξοντα βαθμὸν τῆς ἀγωγιμότητος αὐτῶν.

Ἀγωγὰ σώματα

Μέταλλα	Διαλύματα ἁλάτων	Ὄργανα τῶν ζώων
Ἄνθραξ πεφρυγμένος	Ὕδωρ	Ἅλατα διαλυτὰ
Γραφίτης	Χιὼν	Βάμβαξ
Ὀξέα	Φυτὰ ζῶντα	

Ἡμιαγωγὰ σώματα

Οἰνόπνευμα	Ἄνθη θείου	Χάρτης
Αἰθὴρ	Ξύλα ξηρὰ	Ἄχυρον
Ὕελος κονιοποιηθεῖσα	Μάρμαρον	Πάγος εἰς 0^0

Δυσηλεκτραγωγὰ σώματα

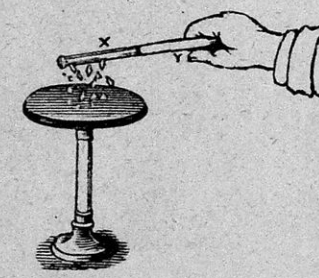
Μεταλλικὰ ὀξείδια	Δέρμα	Θεῖον
Παχέα ἔλαια	Χάρτης ξηρὸς	Ρητίνη
Κρητὶς	Λῖνον	Ἤλεκτρον
Καουτσοὺκ	Μέταξα	Λάκκειον κόμμι
Πορσελάνη	Ὕελος	Ξηρὸς ἀὴρ καὶ ξηρὰ ἀέρια
Πτερὰ	Κηρὸς	Ἀχάτης

Κοινὸν δοχεῖον, μονωτῆρες. Ὁ ἠλεκτρισμὸς σώματος ἀγωγοῦ εὑρισκομένου εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς γῆς ἐκρέει καὶ διαχέεται ἐντὸς αὐτῆς, δι' ὃ ἐκλήθη αὕτη *κοινὸν δοχεῖον τοῦ ἠλεκτρισμοῦ*. Ἐὰν θέλωμεν νὰ διατηρηθῇ ὁ ἠλεκτρισμὸς ἐπί τινος σώματος, πρέπει ν' ἀπομονώσωμεν αὐτὸ ἀπὸ τῆς γῆς, τουτέστι νὰ τὸ στηρίξωμεν ἐπὶ ὑποστηριγμάτων ὑελίνων ἢ νὰ τὸ ἐξαρτήσωμεν διὰ νημάτων μεταξίνων· τούτου ἕνεκα ἡ ὕελος, ἡ μέταξα καὶ πάντα ἐν γένει τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα, δι' ὧν παρακωλύεται ἡ διάδοσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐκ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος εἰς τὴν γῆν, ἐκλήθησαν *ἀπομονωτικὰ ἢ μονωτήρια*. Ἀλλ' ὅμως, ὡς καὶ ἀνωτέρω εἴδομεν, ἀπολύ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τως μονωτικαὶ οὐσίαι δὲν ὑπάρχουσι, διὸ πᾶν σῶμα ἠλεκτρισμένον χάνει κατ' ὀλίγον καὶ βραδέως τὸν ἠλεκτρισμὸν αὐτοῦ διὰ τῶν ὑποστηριγμάτων. Ἐκτὸς δὲ τούτου ἀπόλλυται ὁ ἠλεκτρισμὸς καὶ διὰ τῶν ἀτμῶν τοῦ ἀέρος, ὅταν οὗτος εἶνε ὑγρός· διὸ πρὸς ὅσον ἔνεστι καλλιτέραν διατήρησιν αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ σώματος, ὅπερ ἠλεκτρίζομεν, καθιστῶμεν τὸν περιβάλλοντα ἀέρα ξηρὸν διὰ θερμάνσεως καὶ δι' ὑγροσκοπικῶν οὐσιῶν, προστρίβομεν δὲ τὰ ὑέλινα ὑποστηρίγματα διὰ ξηρῶν καὶ θερμῶν μαλλίνων ὑφασμάτων, ὅπως ἀφαιρέσωμεν ἀπ' αὐτῶν τὴν ἐπικαθημένην ὑγρασίαν.

Παρατήρησις. Μετὰ τὰ ἀνωτέρω δυνάμεθα εὐκόλως νὰ ἐννοήσωμεν ὅτι εἰς τὰ μέταλλα καὶ εἰς ὅλα ἐν γένει τὰ εὐηλεκτραγωγὰ σώματα, ὅταν τὰ προστρίβωμεν κρατοῦντες αὐτὰ ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρός, ἀναπτύσσεται μὲν διὰ τῆς τριβῆς ἠλεκτρισμός, ἀλλ' οὗτος πάραυτα διὰ τοῦ μετάλλου καὶ τοῦ σώματος ἡμῶν, ἀμφοτέρων ὄντων ἀγωγῶν, διαχέεται εἰς τὴν γῆν, διὸ καὶ οὐδὲν ἴχνος ἠλεκτρίσεως παρουσιάζουσι· τούτου ἕνεκα κατ' ἀρχὰς δὲν ἠδύναντο νὰ τὰ ἠλεκτρίσωσι καὶ ὠνόμασαν αὐτά, ὡς εἴδομεν, *ἀνηλεκτρικά*. Σήμερον ὅμως δυνάμεθα καὶ ταῦτα εὐκόλως νὰ ἠλεκτρίσωμεν ἀπομονοῦντες αὐτὰ καὶ προστρίβοντες διὰ σώματος δυσηλεκτραγωγοῦ. Οὕτω π. χ. ἐὰν προσαρμόσωμεν ὑελίνην λαβὴν εἰς τὸ ἄκρον μεταλλικοῦ σωλῆνος χ (σχ. 3) καὶ κρατοῦντες διὰ τῆς χειρὸς τὴν λαβὴν προστρίψωμεν τὸ μέταλλον δι' ὑφάσματος μεταξωτοῦ ἢ κεκηρωμένου ταφετᾶ, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ μέταλλον ἕλκει τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς, ἢ πτίλα, ρινίσματα κλπ. Ἔνδειξις ὅτι ἔχει ἠλεκτρισθῆ.

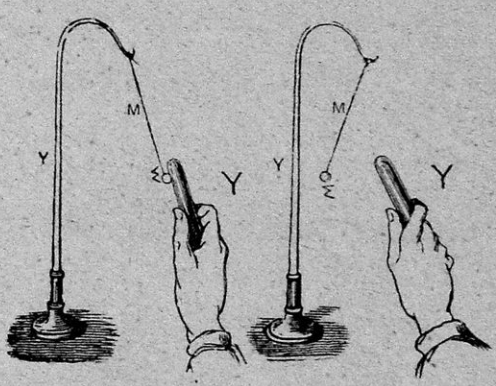


Σχ. 3 — Ἠλέκτρισις μετάλλου διὰ προστρίψεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πειράματα Gray. Τὰ φαινόμενα τοῦ ἠλεκτραγωγοῦ τῶν σωμάτων παρετήρησε πρῶτος ὁ Gray κατὰ τὸ 1727, ὅτε προστρίβων ὑέλινον σωλῆνα κεκλεισμένον διὰ φελλοῦ καὶ πλησιάσας τὸ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμὲς εἶδεν ὅτι καὶ ὁ φελλὸς εἵλκε τὸ σφαιρίδιον, καίτοι οὗτος ἦν ἐκ τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα δὲν ἠδύναντο νὰ ἠλεκτρισθῶσι διὰ προστριβῆς, ὅταν ἐκρατοῦντο ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρός. Μετὰ ταῦτα προσήρμοσεν εἰς τὸν φελλὸν σχοινίον καννάβεως μήκους 765 ποδῶν, τὸ ὁποῖον ἔτεινεν ὁριζοντίως ἐξαρτήσας ἐκ τοῦ ὀροφώματος διὰ νημάτων μεταξίνων· παρετήρησε δ' ὅτι ὁσάκις προσέτριβε τὸν ὑέλινον σωλῆνα καὶ ὁ φελλὸς καὶ τὸ σχοινίον παρουσίαζον ἠλεκτρικὰ φαινόμενα καθ' ὅλον αὐτῶν τὸ μῆκος.

§ 3. **Διάκρισις δύο εἰδῶν ἠλεκτρισμοῦ.** Ἐὰν προστριψωμεν διὰ μαλλίνου ὑφάσματος δύο ῥάβδους, τὴν μὲν ἐξ ὑέλου, τὴν δ' ἐκ ῥητίνης, *ὁ ἐπὶ τῆς ὑέλου ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς διαφέρει τοῦ ἐπὶ τῆς ῥητίνης.* Τοῦτο καταδει-

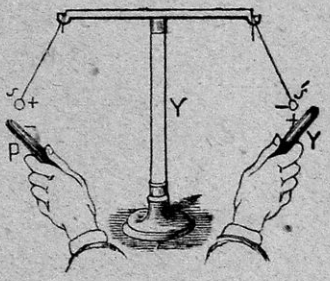


Σχ. 4.—Ἕλξις καὶ ὦσις τοῦ ἐκκρεμοῦς.

κνύεται διὰ τῶν ἑξῆς πειραμάτων : Πλησιάζομεν προστριβεῖσαν ὑελίνην ῥάβδον Υ εἰς τὸ σφαιρίδιον Σ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς (Σχ. 4)· θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τοῦτο κατ' ἀρχὰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἕλκεται καὶ ἐφάπτεται τῆς ὑέλου, εὐθὺς δ' ἀμέσως προσλαμβάνον καὶ τοῦτο μέρος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς ὑέλου ἀπωθεῖται ζωηρῶς· ὥστε τὰ δύο σώματα, σφαιρίδιον καὶ ὕελος, *φέροντα ὅμοιον ἠλεκτρισμὸν ἀπωθοῦσιν ἄλληλα*. Τὰ αὐτὰ ἀκριβῶς φαινόμενα θὰ ἐλάμβανον χώραν, ἐὰν ἐπλησιάζομεν εἰς τὸ ἀνηλέκτριστον σφαιρίδιον ράβδον ἐκ ρητίνης προστριβεῖσαν. Ἐὰν ὅμως, καθ' ἣν στιγμὴν τὸ σφαιρίδιον τὸ ἔχον ἠλεκτρισμὸν τῆς ὑέλου ἀπωθεῖται ὑπὸ ταύτης, πλησιάσωμεν εἰς αὐτὸ ς (Σχ. 5) ρητινίνην ράβδον P προστριβεῖσαν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον ἕλκεται ὑπὸ τῆς ρητινίνης ράβδου. Τοῦτο δηλοῖ ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ κατάστασις τῆς ρητίνης εἶνε διάφορος τῆς ὑέλου: *ἡ ρητίνη ἕλκει τὸ σφαιρίον τὸ φέρον ἠλεκτρισμὸν τῆς ὑέλου, ἐνῷ ἡ ὕελος ἀπωθεῖ τὸ αὐτὸ σφαιρίδιον*. Τὸ αὐτὸ θὰ συμβῇ καὶ ἐὰν εἰς τὸ σφαιρίδιον ς' τὸ ἔχον ἠλεκτρισμὸν τῆς ρητίνης πλησιάσωμεν τὴν ἠλεκτρισμένην ὑελίνην ράβδον Υ (Σχ. 5), ἤτοι *ἡ ὕελος ἕλκει τὸ σφαιρίδιον τὸ φέρον ἠλεκτρισμὸν τῆς ρητίνης, ἐνῷ ἡ ρητίνη ἀπωθεῖ τὸ αὐτὸ σφαιρίδιον*. Ὥστε οἱ ἠλεκτρισμοὶ οἱ ἀναπτυσσόμενοι ἐπὶ τῆς ὑέλου καὶ τῆς ρητίνης, τριβομένων διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, *εἶνε διαφόρου φύσεως καὶ ἀντίθετοι*.



Σχ. 5.—Διάκρισις δύο εἰδῶν ἠλεκτρισμοῦ.

Τὰ πειράματα κατέδειξαν ὅτι πᾶν σῶμα ἠλεκτριζόμενον λαμβάνει εἴτε τὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν τῆς ὑέλου εἴτε τὴν τῆς ρητίνης. *Διέκριναν λοιπὸν δύο εἴδη ἠλεκτρισμοῦ*, ὧν ὁ μὲν ἐκλήθη **ὑελώδης** ὁ δὲ **ρητινώδης**.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων τοῦ ἐκκρεμοῦς συνάγομεν προσέτι καὶ τὸν ἑξῆς νόμον τοῦ ἠλεκτρισμοῦ:

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὰ ὁμώνυμον ἠλεκτρισμὸν φέροντα σώματα ἀπωθοῦσιν ἄλληλα, τὰ δὲ φέροντα ἑτερώνυμον ἠλεκτρισμὸν ἕλκουσιν ἄλληλα.

§ 4. **Φύσις τοῦ ἐπὶ τῶν διαφόρων σωμάτων ἀναπτυσσομένου ἠλεκτρισμοῦ.** Ἐὰν προστρίψωμεν μὲ μάλλινον ὕφασμα ὕελον, αὕτη δέχεται ὑελώδη ἠλεκτρισμόν, *τὸ δὲ ὕφασμα ρητινώδη*· ἐὰν δὲ μὲ τὸ αὐτὸ ὕφασμα προστρίψωμεν ρητίνην, αὕτη δέχεται ρητινώδη, *τὸ δὲ ὕφασμα ὑελώδη* ἠλεκτρισμόν. Ἡ ρητίνη προστριβομένη μὲ μάλλινον ὕφασμα *δέχεται ρητινώδη ἠλεκτρισμόν*, προστριβομένη δὲ διὰ θείου *δέχεται ὑελώδη*. — Δύο πλάκες ὑέλιναι, ὧν ἡ μὲν μία νὰ ἔχῃ τὴν ἐπιφάνειαν λείαν, ἡ δ' ἑτέρα τραχεῖαν, προστριβόμεναι πρὸς ἀλλήλας δέχονται ἡ μὲν πρώτη ὑελώδη ἡ δὲ δευτέρα ρητινώδη ἠλεκτρισμόν. *Ὥστε ἡ φύσις τοῦ ἐπὶ ἑκάστου σώματος διὰ τριβῆς ἀναπτυσσομένου ἠλεκτρισμοῦ δὲν εἶνε συναφὴς πρὸς τὴν οὐσίαν αὐτοῦ, ἀλλ' ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ σώματος μετὰ τοῦ ὁποίου προστρίβεται.*

Διὰ τοῦτο ἐκάλεσαν τὸν μὲν ὑελώδη ἠλεκτρισμὸν *θετικὸν* καὶ παριστῶσι διὰ τοῦ σημείου (+), τὸν δὲ ρητινώδη ἐκάλεσαν *ἀρνητικὸν* καὶ παριστῶσι διὰ τοῦ (—).

Ὁ κατωτέρω πίναξ ἀναγράφει διαφόρους οὐσίας κατὰ τοιαύτην τάξιν, ὥστε ἑκάστη τούτων ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς μὲν προστριβομένη μὲ μίαν ἐκ τῶν προηγουμένων, θετικῶς δὲ προστριβομένη μὲ μίαν ἐκ τῶν ἑπομένων:

(+) Δέρμα αἰλούρου ζῶντος	Ξύλον
Ὕελος λεία	Χάρτης
Ἔριον ἢ μάλλινον ὕφασμα	Μέταξα
Πτερὸν	Λάκκειον κόμμι
Βάμβαξ	Ρητίνη
	Ὕελος τραχεῖα
	Θεῖον
	Μέταλλα (—)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

§ 5. **Συμπαραγωγὴ τῶν δύο ἠλεκτρισμῶν, ἰσοδύναμον αὐτῶν.** Μετὰ τὴν διάκρισιν ταύτην τὰ πειράματα κατέδειξαν οὐ μόνον ὅτι ἕκαστον σῶμα προστριβόμενον λαμβάνει εἴτε ὑελώδη εἴτε ρητινώδη ἠλεκτρισμόν, ἀλλ' ὅτι κατὰ τὴν προστριβὴν *συμπαράγονται συγχρόνως καὶ τὰ δύο εἴδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ὁ μὲν εἷς διαχέεται ἐπὶ τοῦ προστρίβοντος σώματος ὁ δ' ἀντίθετος ἐπὶ τοῦ προστριβομένου.* Τοῦτο δυνάμεθα νὰ καταδειξωμεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος τοῦ Wilcke· λαμβάνομεν δύο δίσκους, τὸν μὲν ἐκ μετάλλου ἢ ξύλου φέροντα ἐπικεκολλημένον ὕφασμα τὸν δ' ἐξ ὑέλου λείας. Κρατοῦντες αὐτοὺς δι' ἀπομονωτικῶν ὑελίνων λαβῶν προστρίβομεν ζωηρῶς τὸν ἕνα ἐπὶ τοῦ ἑτέρου καὶ κατόπιν τοὺς ἀποχωρίζομεν. Ἐὰν πλησιάσωμεν τὸν ὑελινον δίσκον εἰς σφαιρίδιον πεφορτισμένον ἐκ τῶν προτέρων ὑελώδους ἠλεκτρισμοῦ, θὰ ἴδωμεν ὥτιν, ἐὰν δὲ κατόπιν πλησιάσωμεν τὸν ἕτερον, θὰ ἴδωμεν ἔλξιν. Ἐξ οὗ συνάγεται ὅτι ἀμφότεροι οἱ δίσκοι ἐπεφορτίσθησαν, ὁ μὲν μὲ ὑελώδη ἠλεκτρισμὸν ὁ δὲ μὲ τὸν ἀντίθετον αὐτοῦ: *ἄρα συμπαρήχθησαν κατὰ τὴν τριβὴν καὶ τὰ δύο εἴδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.*

Οὐχὶ μόνον δὲ τοῦτο, ἀλλὰ διὰ τοῦ αὐτοῦ πειράματος δύναται νὰ καταδειχθῇ προσέτι ὅτι καὶ τὰ ποσὰ τῶν δύο ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν τῶν συμπαραγομένων κατὰ τὴν προστριβὴν δύο σωμάτων εἶνε *ἰσοδύναμα.* Διότι, ἐὰν μετὰ τὴν προστριβήν, χωρὶς ν' ἀποχωρίσωμεν ἀπ' ἀλλήλων τοὺς δίσκους, πλησιάσωμεν τὸ σύνολον αὐτῶν εἰς τὸ ἠλεκτρισμένον σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς, δὲν θὰ συμβῇ οὔτε ἔλξις οὔτε ἄπωσις. Σημεῖον ὅτι οἱ συμπαραχθέντες ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ ἐξουδετεροῦσιν ἀκριβῶς ὁ εἷς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἑτέρου, οὕτως ὥστε τὸ ὅλον φέρεται οὐδετέρως πρὸς τὸ σφαιρίδιον· *ἄρα εἶνε ἰσοδύναμοι.*

§ 6. **Θεωρία τοῦ στατικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.** Πρὸς ἐξήγησιν τῶν ἠλε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κτρικῶν φαινομένων ὑπάρχουσι δύο θεωρίαι ἡ τοῦ Symmer καὶ ἡ τοῦ Franclin.

Κατὰ τὴν πρώτην ὑπάρχουσι δύο ἠλεκτρικὰ ρευστά, τὸ θετικὸν καὶ τὸ ἀρνητικὸν (ὑελῶδες καὶ ρητινῶδες, ὅπως εἶχε καλέσει αὐτὰ ὁ Symmer), ἕκαστον τῶν ὁποίων ἐνεργεῖ ἀπωστικῶς μὲν ἐπὶ τῶν ἰδίων ἑαυτοῦ μορίων, ἑλκτικῶς δ' ἐπὶ τῶν μορίων τοῦ ἑτέρου. Ἀμφότερα τὰ ρευστὰ ταῦτα ὑπάρχουσι συνηνωμένα ἐν ἀπείρῳ ποσότητι εἰς πάντα τὰ σώματα καὶ ἀποτελοῦσι τὸ καλούμενον οὐδέτερον ἢ φυσικὸν ρευστόν, ὅτε οὐδεμίαν ἠλεκτρικὴν ἐπίδρασιν δύνανται νὰ παρουσιάσωσι. Διὰ τῆς τριβῆς ὅμως τῶν δύο σωμάτων τὸ οὐδέτερον τοῦτο ρευστὸν ἀποσυντίθεται εἰς τὰ συστατικά αὐτοῦ ρευστὰ καὶ τὸ μὲν ἓν τῶν σωμάτων δέχεται τὸ θετικόν, τὸ δ' ἕτερον δέχεται τὸ ἀρνητικὸν ρευστὸν καὶ τότε τὰ σώματα ἠλεκτρίζονται καὶ παρουσιάζουσι τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα. Ἀλλὰ τὰ ρευστὰ ταῦτα ἔχουσι μεγάλην τάσιν νὰ συνενωθῶσι, διὸ καὶ εὐθὺς ὡς εὕρωσιν εὐκαιρίαν συνενοῦνται καὶ ἀποτελοῦσι πάλιν τὸ οὐδέτερον ρευστὸν καὶ τὰ σώματα ἐπανερχόμενα ἐν τῇ φυσικῇ αὐτῶν καταστάσει οὐδὲν ἠλεκτρικὸν φαινόμενον παρουσιάζουσι.

Ὁ Franclin παρεδέχθη τὴν ὕπαρξιν ἑνὸς μόνου ρευστοῦ, ὅπερ ἐνεργεῖ ἀπωστικῶς μὲν ἐπὶ τῶν ἰδίων ἑαυτοῦ μορίων, ἑλκτικῶς δ' ἐπὶ τῶν μορίων τῆς ὕλης τοῦ σώματος. Πάντα τὰ σώματα περιέχουσιν, ἐν οὐδετέρᾳ καταστάσει, ὡρισμένην ποσότητα τοῦ ρευστοῦ τούτου· καὶ ὅταν μὲν διά τινος μέσου αὐξηθῇ ἡ ποσότης αὐτοῦ, τότε τὸ σῶμα ἠλεκτρίζεται θετικῶς καὶ κέκτηται τὰς ἰδιότητας τοῦ ὑελώδους ἠλεκτρισμοῦ, ὅταν δ' ἡ ἐπὶ τοῦ σώματος ποσότης τοῦ ρευστοῦ ἐλαττωθῇ, τότε ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς καὶ παρουσιάζει τὰς ἰδιότητας τοῦ ρητινώδου ἠλεκτρισμοῦ.

Σημ. Οὐδετέρα τῶν ὑποθέσεων τούτων ἐπαρκεῖ πρὸς τελείαν ἐξήγησιν τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων. Ἄλλως τε σήμερον ἡ ἐπιστήμη τείνει νὰ καταρρίψῃ ὅλα αὐτὰ τὰ ἠλεκτρικά, θερμαντικά, μαγνητικὰ κλπ. ρευστὰ τῶν ἀρχαίων φυσικῶν καὶ ἀποδίδει τὰ φαινόμενα εἰς ἰδιάζουσαν κίνησιν τῶν μορίων τῆς ὕλης καὶ τοῦ αἰθέρος, τὴν μηχανικὴν θεωρίαν τῶν φυσικῶν φαινομένων. Ἐν τούτοις ἐν τῇ σπουδῇ τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων ἡ ὑπόθεσις τοῦ Symmer εἶνε πρόσφορος πρὸς ἐξήγησιν αὐτῶν, διὸ δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν παραδεκτὸν τὸ ἀδαρὲς ἠλεκτρικὸν ρευστὸν συνιστάμενον ἐξ ἴσων ἢ μᾶλλον ἰσοδυνάμων ποσοτήτων θετικοῦ καὶ ἀρνητικοῦ ρευστοῦ.

§ 7. **Διάφοροι πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ, στατικὸς καὶ δυναμικὸς ἠλεκτρισμός.** Ἡ τριβὴ εἶνε ἡ κυρία πηγὴ τῆς παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ, ἀλλὰ καὶ ἕτερα μηχανικὰ φαινόμενα, οἷον ἡ *πίεσις*, *ὁ σχισμός*, ἀπεδείχθησαν πρὸ πολλοῦ χρόνου ὑπὸ τοῦ Aepinus, τοῦ Haüy, τοῦ Becquerel, ὅτι εἶνε ἐπίσης πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ. Οὕτω π.χ. τεμάχιον Ἰσλανδικῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κρυστάλλου πιεζόμενον μεταξὺ τῶν δακτύλων ἀποκτᾷ ἐλκτικὴν δύναμιν. Ὁ οὕτω διὰ τριβῆς κλπ. ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς ἐκλήθη **στατικός**, *διότι διαμένει ἐν ἠρεμίᾳ* ἐπὶ τῶν σωμάτων, ἐφ' ὧν παράγεται.

Ἀλλ' ἐκτὸς τῶν φαινομένων, τὰ ὁποῖα ἀποδίδονται εἰς τὸν στατικὸν ἠλεκτρισμόν, ἔχομεν καὶ ἕτερα ἠλεκτρικὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παράγει ὁ ἠλεκτρισμὸς *ἐν κινήσει εὑρισκόμενος*· ἐκλήθη οὗτος **δυναμικὸς ἠλεκτρισμός**, καὶ πηγαὶ τούτου εἶνε *αἱ χημικαὶ δράσεις, ἡ ἐπαφή, θερμαντικὰ φαινόμενα* κλπ. Πάντα ταῦτα θὰ σπουδάσωμεν ἐν τῷ δευτέρῳ βιβλίῳ, τῷ περὶ δυναμικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Ἄλλοτε παρεδέχοντο ὅτι ὅλως διάφορον εἶδος εἶνε ὁ στατικὸς καὶ διάφορον ὁ δυναμικὸς ἠλεκτρισμός· ἀλλὰ σήμερον ἡ φυσικὴ δὲν ἀναγνωρίζει παρὰ ἓν καὶ μόνον εἶδος ἠλεκτρισμοῦ, ἡ δὲ διαφορὰ τῶν φαινομένων στατικοῦ καὶ δυναμικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὀφείλεται εἰς τὴν κατάστασιν τῆς ἠρεμίας ἢ τῆς κινήσεως, εἰς ἣν εὑρίσκεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρευστόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ COULOMB—ΔΙΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ COULOMB

§ 8. **Νόμοι τῶν ἠλεκτρικῶν ἕλξεων καὶ ὤσεων.** Δύο σώματα ἠλεκτρισμένα, καθ' ἃ εἴδομεν ἀνωτέρω, ἀπωθοῦνται ἢ ἕλκονται, καθ' ὅσον φέρουσι τὸ αὐτὸ ἢ διάφορον εἶδος ἠλεκτρισμοῦ· αἱ ἠλεκτρικαὶ αὗται ἕλξεις καὶ ὤσεις ἀκολουθοῦσι τοὺς ἑξῆς δύο νόμους τοῦ Coulomb:

1ον. *Αἱ ἕλξεις καὶ ὤσεις, αἵτινες ἐπιφέρονται μεταξὺ δύο σωμάτων ἠλεκτρισμένων, εἴτε ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων. Δηλονότι, ἐὰν ἔχωμεν ἐξηρτημένας δύο μικρὰς σφαίρας Α′ καὶ Α′, ἠλεκτρισμένας ἑτερωνύμως καὶ μὲ τὴν αὐτὴν ποσότητα, καὶ θέσωμεν τὰς σφαίρας εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν α π. χ., τότε θὰ παραχθῇ ἔλξις τις μεταξὺ αὐτῶν· ἐὰν ἡ ἀπόστασις α διπλασιασθῇ, τότε ἡ παραχθησομένη ἔλξις θὰ εἶνε τὸ $\frac{1}{4}$ τῆς προηγουμένης, καὶ ἐὰν ἡ ἀπόστασις α τριπλασιασθῇ, ἡ ἔλξις θὰ εἶνε τὸ $\frac{1}{9}$ τῆς ἀρχικῆς καὶ οὕτω καθεξῆς. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ περὶ τῶν ὤσεων.

2ον. *Αἱ ἕλξεις καὶ ὦσεις, τῆς ἀποστάσεως μενούσης τῆς αὐτῆς, εἶνε ἀνάλογοι τῶν ποσοτήτων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἃς τὰ ἠλεκτρισμένα σώματα φέρουσι*. Τουτέστι διπλασιαζομένου, τριπλασιαζομένου τοῦ γινομένου τῶν ποσοτήτων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἃς τὰ ἠλεκτρισμένα τώματα φέρουσιν, αἱ μεταξὺ αὐτῶν ἕλξεις ἢ ὦσεις γίνονται διπλάσιαι, τριπλάσιαι κλπ. τῆς ἀρχικῆς καὶ τἀνάπαλιν.

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ π τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς μιᾶς σφαίρας, διὰ π′ τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς ἑτέρας σφαίρας καὶ δι' α τὴν μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασιν εἰς ἑκατοστόμετρα, τότε ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια Δ δύναται νὰ παρασταθῇ διὰ τοῦ τύπου:

$$\Delta = \pm \frac{\pi\pi'}{\alpha^2},$$

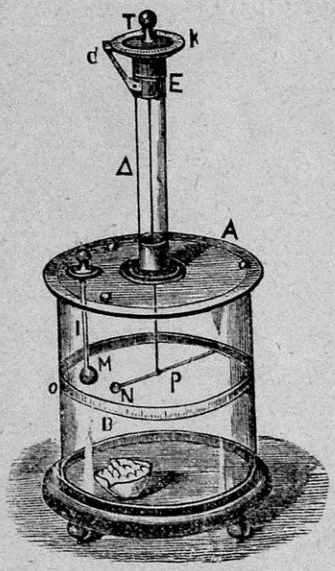
εἰς ὃν τὸ + σημαίνει τὴν ὦσιν τῶν ὁμωνύμων ἠλεκτρισμῶν, τὸ δὲ — τὴν ἕλξιν μεταξὺ τῶν ἑτερωνύμων.

Ζυγὸς τοῦ Coulomb. Ὁ Coulomb ἀπέδειξε πειραματικῶς τοὺς ἀνωτέρω νόμους διὰ τοῦ ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ο ῦ ζ υ γ ο ῦ (σχ. 6). Συνίσταται οὗτος ἐξ ὑελίνου κυλίνδρου φέροντος περὶ τὸ μέσον περιφερικῶς ἐπικεκολλημένην χαρτίνην ταινίαν Β ὑποδιῃρημένην εἰς 360⁰. Ἐπὶ τοῦ καλύμματος Α στηρίζεται εἰς τὸ μέσον ὑέλινος σωλὴν Δ, εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ ὁποίου ὑπάρχει δακτύλιος φέρον τὸν δίσκον Κ καὶ δυνάμενος νὰ στραφῇ διὰ τῆς λαβῆς Τ. Ὁ δίσκος Κ εἶνε ὑποδιῃρημένος εἰς 360⁰, εἰς τὸ κέντρον δ' αὐτοῦ ἐξαρτᾶται κάτωθεν πλατίνιον λεπτότατον σύρμα φέρον λεπτὸν ἐκ λακκείου κόμμεος στέλεχος Ρ, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου ὑπάρχει προσκεκολλημένον μικρὸν σφαιρίδιον Ν ἐξ ἐντεριώνης ἀκταίας. Ὁ δίσκος Α φέρει καὶ ὀπήν, διὰ τῆς ὁποίας εἰσάγεται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὕελινον στέλεχος Ι φέρον πρὸς τὸ κατώτερον ἄκρον μικρὰν ὀρειχαλκίνην σφαῖραν Μ. Εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δίσκου τίθεται λεκάνη μετ' ἀσβέστου πρὸς ἀποξήρανσιν τοῦ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἀέρος.

Διὰ τοῦ ζυγοῦ τούτου τοῦ Coulo δυνάμεθα ν' ἀποδείξωμεν τοὺς ἀνωτέρω δύο νόμους. Πρὸς τοῦτο στρέφομεν πρῶτον τὸν δίσκον Α ὥστε ἡ σφαῖρα Μ ν' ἀντιστοιχῇ εἰς τὸ 0 τοῦ κύκλου Β, ἀκολούθως δ' ἐξαγοντες τὸ στέλεχος Ι στρέφομεν τὸν σωλῆνα Δ ὥστε τὸ σφαιρίδιον Ν ν' ἀντιστοιχῇ ἐπίσης εἰς τὸ 0 τοῦ αὐτοῦ κύκλου Β. Οὕτω διαθέτοντες τὰ τῆς συσκευῆς ἠλεκτρίζομεν τὴν σφαῖραν Μ καὶ εἰσάγομεν αὐτὴν εἰς τὸν κύλινδρον, ὅτε τὸ σφαιρίδιον Ν ἠλεκτριζόμενον ὁμωνύμως ἀπωθεῖται κατά τινα γωνίαν. Μεταβάλλοντες καταλλήλως τὸ ποσὸν τοῦ ἐπὶ τῆς σφαίρας Μ ἠλεκτρισμοῦ ἢ τὴν ἀπόστασιν τοῦ σφαιριδίου Ν ἀπὸ τῆς σφαίρας Μ καὶ μετροῦντες διὰ τοῦ δίσκου Κ τὴν ἑκάστοτε γωνίαν τῆς στρέψεως τοῦ σύρματος ἀποδεικνύομεν τὸ ἀληθὲς τῶν ἀνωτέρω νόμων τῶν ἠλεκτρικῶν ἕλξεων καὶ ὤσεων.



Σχ. 6.—Ζυγὸς τοῦ **Coulomb.**

§ 9. **Ἠλεκτρικαὶ ποσότητες, μονὰς ἠλεκτρικῆς ποσότητος.** Ἔχομεν δύο σώματα ἠλεκτρισμένα, Α καὶ Β. βεβαίως δὲν δυνάμεθα νὰ κρίνωμεν περὶ τοῦ ποσοῦ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπιφορτίσεως αὐτῶν παρὰ μόνον ἐκ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, ἣν δύναται νὰ ἐξασκήσῃ ἕκαστον τούτων εἴτε ἐπὶ τοῦ ἑτέρου εἴτε ἐπὶ τρίτου τινὸς σώματος· ἐὰν τὰ ἀποτελέσματα τὰ παραγόμενα καὶ ὑπὸ τῆς σφαίρας Α καὶ ὑπὸ τῆς Β, εἶνε τὰ αὐτά, λέγομεν ὅτι αἱ σφαῖραι αὗται *φέρουσιν ἴσας ἠλεκτρικὰς ποσότητας*, ἀνίσους δὲ ἐὰν τὰ ἀποτελέσματα εἶνε διάφορα. Οὕτω π. χ., ἐὰν τὴν ἠλεκτρισμένην σφαῖραν Α φέρωμεν ἀπέναντι ὁμωνύμως ἠλεκτρισμένου σφαιριδίου εἰς ἀπόστασιν α, θὰ παρατηρήσωμεν ὥσιν, ἣν δυνάμεθα νὰ καταμετρή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σωμεν διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ζυγοῦ. Ἀκολούθως φέρομεν ἀπέναντι τοῦ αὐτοῦ σφαιριδίου ὁμοίως ἠλεκτρισμένου καὶ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν τὴν σφαῖραν Β· ἐὰν καὶ πάλιν παραχθῇ ἡ αὐτὴ ὦσις, τότε λέγομεν ὅτι αἱ σφαῖραι Α καὶ Β εἶνε πεφορτισμέναι μὲ ἴσας ἠλεκτρικὰς ποσότητας· ἐὰν ἡ ὦσις ἡ παραγομένη ὑπὸ τῆς Β εἶνε διπλασία, λέγομεν ὅτι αὕτη ἔχει διπλασίαν ἠλεκτρικὴν ποσότητα καὶ οὕτω καθεξῆς.

Διὰ νὰ ὁρίζωμεν ἑκάστοτε τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ οἱουδήποτε σώματος, πρέπει νὰ συγκρίνωμεν αὐτὴν πρὸς ὡρισμένην ἠλεκτρικὴν ποσότητα, ἣν λαμβάνομεν ὡς μονάδα. Λαμβάνομεν δ' ὡς *μονάδα ἠλεκτρικῆς ποσότητος*, τὸ ποσὸν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ἔχῃ μικρὰ ἀγωγὸς σφαῖρα, ἵνα, ἐνεργοῦσα ἐπὶ ἑτέρας σφαίρας τῶν αὐτῶν διαστάσεων, φερούσης τὸ αὐτὸ ποσὸν ἠλεκτρισμοῦ καὶ τεθειμένης εἰς ἀπόστασιν ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, ἔλξῃ ἢ ἀπωθήσῃ αὐτὴν μὲ δύναμιν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα τῆς δυνάμεως, οἷον μὲ δύναμιν ἑνὸς γράμμου.

Ἐν τῇ πράξει κάμνουσι χρῆσιν ἑτέρας πρακτικῆς μονάδος ποσότητος, ἣν καλοῦσι Coulomb καὶ ἥτις ἀνταποκρίνεται εἰς ποσότητα ἠλεκτρικὴν 3.10^9 φορὰς μείζονα τῆς ἀνωτέρω ὁρισθείσης ἠλεκτροστατικῆς μονάδος. Ὥστε ἐκτιμῶμεν τὰς ἠλεκτρικὰς ποσότητας εἰς coulombs, ἀπαράλλακτα ὅπως ἐκτιμῶμεν τὰ μήκη εἰς μέτρα καὶ τὰ βάρη εἰς χιλιόγραμμα.

ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

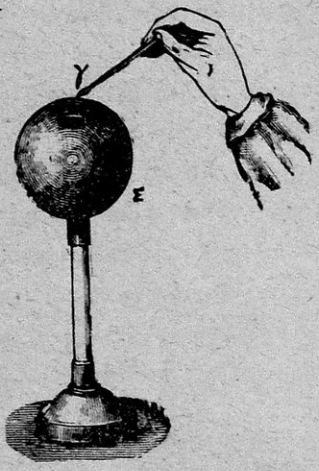
§ 10. **Ἐπισώρευσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν σωμάτων.** Ὁ Coulomb πειραματικῶς καὶ ὁ Poisson μαθηματικῶς ἐσπούδασαν πῶς διανέμεται ἐπὶ τῶν σωμάτων ὁ ἐπ' αὐτῶν ἀναπτυσσόμενος ἢ μεταδιδόμενος ἠλεκτρισμός. Καὶ ὁ εἷς καὶ ὁ ἕτερος κατέληξαν εἰς τὸ ἑξῆς θεμελιῶδες ἐξαγόμενον:

Ὅταν σῶμά τι, ἀγωγὸν καὶ μεμονωμένον, ἠλεκτρίζηται

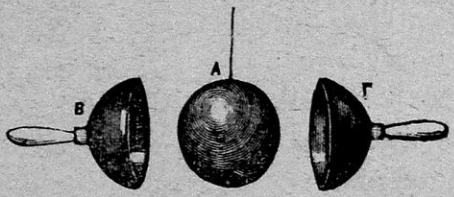
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θετικῶς ἢ ἀρνητικῶς, τὸ ἠλεκτρικὸν ρευστὸν φέρεται ἀποκλειστικῶς ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος.

Τοῦτο δύναται ν' ἀποδειχθῇ διὰ πολλῶν πειραμάτων. Λαμβάνομεν κοίλην χαλκίνην σφαῖραν Σ μεμονωμένην ἐπὶ ὑελίνου ὑποστηρίγματος καὶ φέρουσαν πρὸς τὰ ἄνω κυκλικὴν ὀπήν (Σχ. 7). Ἀφοῦ ἠλεκτρίσωμεν αὐτήν, λαμβάνομεν τὸ καλούμενον *δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον*, ἤτοι μικρὸν μετάλλινον δίσκον προσκεκολλημένον εἰς τὸ ἄκρον στελέχους ἐκ λακκείου κόμμεος καὶ ἐγγίζομεν διὰ τοῦ δίσκου τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τῆς σφαίρας. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δίσκος οὐδὲν ἴχνος ἠλεκτρισμοῦ φέρει, διότι οὐδόλως ἔλκει τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ὅταν ὅμως ἐγγίζωμεν τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δίσκος ἔλκει τὸ ἐκκρεμές.



Σχ. 7.—Ἐπισώρευσις τοῦ ἠλεκτρ. ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.



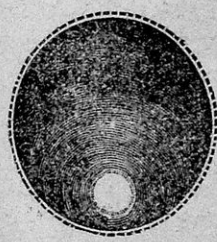
Σχ. 8.—Ἐπισώρευσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

Πείραμα Biot. Λαμβάνομεν χαλκίνην διὰ μεταξίνης κλωστῆς ἐξηρτημένην σφαῖραν Α, ἐφ' ἧς δύνανται νὰ ἐφαρμοσθῶσι καὶ νὰ καλύψωσιν αὐτὴν ἀκριβῶς δύο χάλκινα ἡμισφαίρια κοῖλα Β καὶ Γ· τὰ ἡμισφαίρια ταῦτα δυνάμεθα κατὰ βούλησιν δι' ὑε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λίνων λαβῶν ν' ἀποσπάσωμεν ἢ νὰ τὰ προσαρμόσωμεν, ἵνα καλύψωσι τὴν σφαῖραν. Ἀφοῦ ἠλεκτρίσωμεν τὴν σφαῖραν, ἐφαρμόζομεν ἐπ' αὐτῆς καλῶς τὰ δύο ἡμισφαίρια καὶ ἀκολούθως τὰ ἀπομακρύνομεν ταὐτοχρόνως καὶ ταχέως· θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ταῦτα μὲν εἶνε ἠλεκτρισμένα, ἡ δὲ σφαῖρα δὲν παρουσιάζει αἰσθητὴν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ.

§ 11. **Πῶς διατάσσεται ὁ ἠλεκτρισμὸς ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων.** Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω καὶ πλείστων ἄλλων παρομοίων πειραμάτων συνάγεται ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς διατάσσεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων σχηματιζων ἐπ' αὐτῆς στρῶμα, τοῦ ὁποίου ἡ *πυκνότης* ἢ τὸ *πάχος* ἢ εἶνε πανταχοῦ τῆς ἐπιφανείας τὸ αὐτὸ ἢ εἰς ἄλλα σημεῖα αὐτῆς εἶνε μεῖζον εἰς ἄλλα δὲ μικρότερον. Ὁ Coulomb διὰ τῶν πειραμάτων αὐτοῦ εὗρεν ὅτι ἡ μορφὴ τῶν σωμάτων ἔχει μεγάλην ἐπίδρασιν εἰς τὸν τρόπον τῆς διανομῆς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῶν.



Σχ. 9.—Διάταξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

1ον. Ἐπὶ σφαίρας μεταλλικῆς μεμονωμένης (Σχ. 9) ὁ ἠλεκτρισμὸς διανέμεται ὁμοιομερῶς σχηματίζων στρῶμα τῆς αὐτῆς πανταχοῦ παχύτητος.

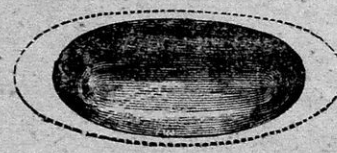
2ον. Ἐπὶ τελείου ἐλλειψοειδοῦς (Σχ. 10) τὸ πάχος τοῦ στρώματος εἶνε μεῖζον κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ μεγάλου ἄξονος καὶ ἀνάλογον τοῦ μήκους αὐτοῦ.

3ον. Ἐπί τινος κυλίνδρου μεταλλικοῦ περατουμένου εἰς ἡμισφαίρια, ἡ πυκνότης εἶνε μεγίστη ἐπὶ τῶν ἡμισφαιρικῶν ἄκρων (Σχ. 11).

§ 12. **Διανομὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐν τοῖς δυσηλεκτραγωγοῖς σώμασι.** Προκειμένου περὶ τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων τὰ φαινόμενα παρουσιάζουσι μεγάλας διαφορὰς πρὸς τὰ ἐπὶ τῶν εὐηλεκτραγωγῶν, ὅσον ἀφορᾷ τὴν διανομὴν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπ' αὐτῶν. Οὕτως, ἐὰν ἐγγίσωμεν πλακοῦντα ἐκ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρητίνης διά τινος ἠλεκτρισμένου σώματος, ὁ ἠλεκτρισμός θὰ διαμείνῃ ἐπί τινα χρόνον μόνον ἐπὶ τῶν σημείων τῆς ἐπαφῆς. Ἀλλ' ἐκτὸς τούτου ὁ ἠλεκτρισμός εἰσχωρεῖ καὶ ἐντὸς τῆς μάζης τῶν σωμάτων τούτων· ἀποδεικνύομεν δὲ τοῦτο εὐκόλως ἠλεκτρίζοντες τεμάχιον στέατος π. χ. θετικῶς καὶ κατόπιν ἀφαιροῦντες ἐκ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ τὸν ἠλεκτρισμὸν εἴτε δι' ἐπαφῆς τῶν χειρῶν μας εἴτε τήκοντες τὸ κατ' ἐπιπολὴν στρῶμα αὐτοῦ· τὸ σῶμα τότε δὲν παρουσιάζει οὐδὲν ἠλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἀλλὰ μετά τινα χρόνον παρουσιάζει καὶ πάλιν τὰ φαινόμενα τοῦ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὅστις εἰσχωρήσας πρότερον ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ σώματος ἐξέρχεται νῦν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Καὶ διὰ πολλῶν ἄλλων πειραμάτων δυνάμεθα νὰ καταδείξωμεν τὸ φαινόμενον τοῦτο, ὅτι ἐν τοῖς δυσηλεκτραγωγοῖς σώμασιν ὁ δι' ἐπαφῆς μεταδιδόμενος ἠλεκτρισμὸς εἰσέρχεται καὶ ἐντὸς τῆς μάζης αὐτῶν.



Σχ. 10.—Διάταξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ

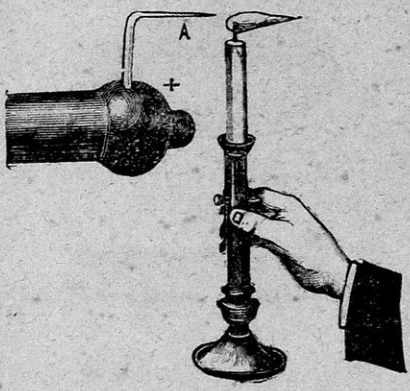
Σχ. 11.—Διάταξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ

§ 13. **Τάσις ἠλεκτρική.** Ὁπωσδήποτε καὶ ἂν ᾖ διανεμημένος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος ὁ ἠλεκτρισμός, τείνει πάντοτε νὰ ἐκφύγῃ ἐξ αὐτῆς ἕνεκα τῆς ἀμοιβαίας ὤσεως τῶν μορίων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρευστοῦ, κρατεῖται δὲ μόνον ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ περιβάλλοντος ξηροῦ ἀέρος· ἡ προσπάθεια αὕτη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ νὰ ἐκφεύγῃ ἐκ τῶν σωμάτων, καλεῖται *τάσις ἠλεκτρική*. Ἡ τάσις γίνεται ἐπὶ τοσούτῳ μείζων, ὅσῳ αὐξάνεται ἡ ποσότης τοῦ ἐπὶ τοῦ σώματος ἠλεκτρισμοῦ· διὸ ἅμα τὸ ποσὸν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὑπερβῇ ὡρισμένον ὅριον, δὲν δύναται πλέον ὁ ἀὴρ νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν μεγάλην αὐτοῦ τάσιν καὶ τότε ἡ περίσσεια τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διαχέεται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν.

Δύναμις τῶν ἀκίδων. Καλεῖται *δύναμις τῶν ἀκίδων*, ἡ ἰδιότης, ἣν ἔχουσιν αἱ ἀγωγοὶ ἀκίδες νὰ ἀφίνωσι νὰ ἐκφεύγῃ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δι' αὐτῶν τὸ ἠλεκτρικὸν ρευστόν. Ἡ ἰδιότης αὕτη, ἀνακαλυφθεῖσα ὑπὸ τοῦ Franclin, εἶνε συνέπεια τῆς διανομῆς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἐπιμήκων ἀγωγῶν. Πράγματι, ἐπειδή, καθ' ἃ εἴδομεν ἀνωτέρω, πρὸς τὰ ὀξύτερα μέρη τοῦ σώματος τὸ πάχος τοῦ ἠλεκτρικοῦ στρώματος αὐξάνεται, εἰς τὰς ἀκίδας ἡ πυκνότης αὐτοῦ γίνεται τοσαύτη ὥστε ἡ τάσις του ὑπερνικᾷ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος καὶ ἐκχέεται τὸ ρευστὸν πρὸς τὴν ἀτμοσφαῖραν. Διό, ἐὰν πλησιάσωμεν τὴν χεῖρα ἡμῶν εἰς ἀκίδα ἠλεκτροφόρου ἀγωγοῦ, αἰσθανόμεθα φύσημα, ὅπερ καλεῖται *ἠλεκτρικὸν φύσημα* καὶ ὅπερ δύναται ν' ἀποκλίνῃ τὴν φλόγα τῆς λαμπάδος ἢ καὶ ν' ἀποβέσῃ αὐτήν (σχ. 12).



Σχ. 12.—Ἠλεκτρικὸν φύσημα.

Εἰς τὸ σκότος, ἐὰν ἡ ἀκὶς ἐκχέῃ θετικὸν ἠλεκτρισμόν, ἐξέρχεται ἐξ αὐτῆς εἶδος φωτεινοῦ ἰοχρόου θυσάνου, ἐὰν δ' ἀρνητικόν, διαλάμπει περὶ τὸ ἄκρον αὐτῆς μικρὸς ἀστήρ.

ΑΠΩΛΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

§ 14. **Ἀπώλεια τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διὰ τοῦ ἀέρος καὶ τῶν ὑποστηριγμάτων.** Τὰ ἠλεκτρισμένα σώματα, ὅσον καλῶς καὶ ἂν μονωθῶσι, χάνουσι πάντοτε τάχιον ἢ βράδιον τὸν ἠλεκτρισμὸν αὐτῶν. Λαμβάνει χώραν δ' ἡ ἀπώλεια αὕτη οὐ μόνον διὰ τῶν μονωτηρίων ὑποστηριγμάτων ἀλλὰ καὶ διὰ τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ τῶν ἀτμῶν, οὓς αὕτη ἐνέχει.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

α) *Ἀπώλεια διὰ τοῦ ἀέρος.* Ὁ ξηρὸς ἀὴρ εἶνε, ὡς εἴπομεν, κάκιστος ἀγωγός, ἐν τούτοις τὸ στρῶμα τοῦ ἀέρος τὸ εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος ὂν ἠλεκτριζόμενον γίνεται πρόξενον συνεχοῦς ἀπωλείας τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ σώματος. Διότι ἀπωθουμένων τῶν ἠλεκτρισθέντων μορίων τοῦ ἀέρος νέα μόρια ἔρχονται εἰς τὴν θέσιν αὐτῶν καὶ ἠλεκτρίζονται καὶ ταῦτα καὶ ἀπωθοῦνται καὶ οὕτω καθεξῆς. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὰ ἀλληλοδιαδόχως περὶ τὸν ἀγωγὸν ἐρχόμενα μόρια τοῦ ἀέρος ἀφαιροῦσιν ἀπ' αὐτοῦ ὁλονὲν ἠλεκτρισμὸν καὶ τοσούτῳ περισσότερον ὅσῳ μείζων ἡ ἠλεκτρικὴ ἐπιφόρτισις τοῦ σώματος.

β) *Ἀπώλεια διὰ τῶν ὑποστηριγμάτων.* Τὰ μονωτήρια ὑποστηρίγματα οὐδέποτε ἀπομονοῦσι τελείως, ἀλλ' εἶνε καὶ ταῦτα διαρκὴς αἰτία ἀπωλείας τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ἡ διὰ τῶν μονωτήρων ἀπώλεια δύναται νὰ γίνῃ πολὺ μικρά, ὅταν δώσωμεν εἰς αὐτοὺς μῆκος ἐπαρκές, ὅτε λέγομεν ὅτι *ὁ μονωτὴρ εἶνε τέλειος.* Αἱ καταλληλότεραι οὐσίαι πρὸς κατασκευὴν τελείων μονωτήρων εἶνε τὸ λάκκειον κόμμι καὶ ὁ ἑβονίτης, ἐνῷ ἡ ὕαλος ὡς ὑγροσκοπικὴ εἶνε ἧττον κατάλληλος καὶ πρέπει πρὸ τοῦ πειράματος ν' ἀποξηραίνηται μετὰ προσοχῆς.

Μονωτὴρ κάλλιστα κατεσκευασμένος καὶ σχεδὸν τελείως μονῶν εἶνε ὁ καλούμενος *μονωτὴρ τοῦ Mascart.*

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

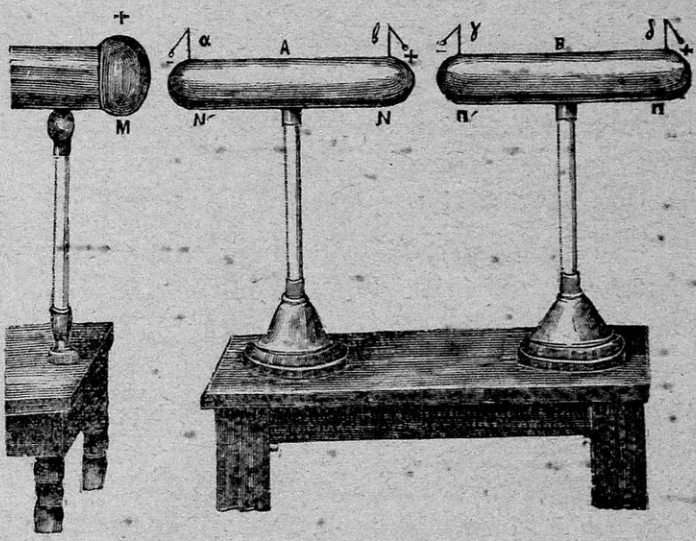
ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΕΞ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΑ

§ 15. **Ἠλέκτρισις ἐξ ἐπιδράσεως.** Εἴδομεν ἀνωτέρω ὅτι σῶμά τι δύναται νὰ ἠλεκτρισθῇ εἴτε διὰ τριβῆς εἴτε δι' ἐπαφῆς πρός τι ἄλλο ἠλεκτρισμένον σῶμα. Ἀλλ' ὑπάρχει καὶ τρίτος τρόπος ἠλεκτρίσεως, ὁ ὁποῖος ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς ἑξῆς ἀρχῆς: *Πᾶν σῶμα ἀγωγὸν καὶ ἐν οὐδετέρᾳ καταστάσει*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εὑρισκόμενον, τιθέμενον πλησίον ἠλεκτρισμένου σώματος ἠλεκτρίζεται καὶ τοῦτο. Καλοῦμεν τὸ φαινόμενον τοῦτο *ἠλέκτρισιν ἐξ ἐπιδράσεως* καὶ καταδεικνύομεν αὐτὸ ὡς ἑξῆς :

Λαμβάνομεν ὀρειχάλκινον κύλινδρον Α ἐν οὐδετέρᾳ καταστάσει εὑρισκόμενον καὶ μεμονωμένον ἐπὶ ὑελίνου ποδός, φέ-



Σχ. 13.—Ἠλέκτρισις ἐξ ἐπιδράσεως.

ροντα δὲ κατα τὰ πέρατα αὐτοῦ δύο μικρὰ ἐκκρεμῆ α καὶ β· τὰ ἐκκρεμῆ ἐνταῦθα σύγκεινται ἐκ στελεχῶν μεταλλικῶν, ἐξ ὧν διὰ ἀγωγῶν νημάτων καννάβεως ἐξήρτηνται τὰ σφαιρίδια τῆς ἐντεριώνης ἀκταίας. Ἐὰν θέσωμεν τὸν τοιοῦτον ἀγωγὸν Α εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπό τινος θετικῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς Μ, θὰ παρατηρήσωμεν τὴν ἑξῆς σειρὰν τῶν φαινομένων :

1ον. Τὰ δύο ἐκκρεμῆ ἀποκλίνουσι πάραυτα ἀπωθούμενα ὑπὸ τῶν στελεχῶν· τοῦθ' ὅπερ δεικνύει ὅτι ἀνεπτύχθησαν ἐλεύθερα ἠλεκτρικὰ ῥευστὰ εἰς τὰ πέρατα τοῦ ἀγωγοῦ Α.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2ον. Ἐὰν εἰς τὸ σφαιρίδιον α πλησιάσωμεν ῥάβδον ἐξ ἰσπανικοῦ κηροῦ ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένην, παρατηροῦμεν ὦσιν, ὅπερ δηλοῖ ὅτι τὸ σφαιρίδιον α κέκτηται *ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν*. Ἐὰν δ' εἰς τὸ ἕτερον σφαιρίδιον β πλησιάσωμεν ὑελίνην ῥάβδον ἠλεκτρισμένην θετικῶς, παρατηροῦμεν ὦσιν, ὅπερ δηλοῖ ὅτι τὸ σφαιρίδιον β κέκτηται *θετικὸν ἠλεκτρισμόν*. Ἐκ τούτων συνάγεται ὅτι *ὁ μεμονωμένος ἀγωγὸς Α, ἠλεκτριζόμενος ἐξ ἐπιδράσεως δέχεται συγχρόνως καὶ τὰ δύο εἴδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῶν δύο ἀντικειμένων αὐτοῦ ἄκρων, οὕτως ὥστε τὸ πρὸς τὴν πηγὴν Μ ἐστραμμένον ἄκρον Ν' νὰ εἶνε ἑτερωνύμως πρὸς αὐτὴν ἠλεκτρισμένον, τὸ δὲ ἀντικείμενον ἄκρον Ν νὰ εἶνε ὁμωνύμως πρὸς τὴν πηγὴν ἠλεκτρισμένον*.

3ον. Μεταξὺ τῶν ἑτερωνύμως ἠλεκτρισμένων ἄκρων Ν καὶ Ν' ὑπάρχει ζώνη τις ἐν οὐδετέρᾳ καταστάσει· ἡ ζώνη αὕτη καλεῖται *οὐδετέρα γραμμή*, δὲν εὑρίσκεται δὲ ἀκριβῶς εἰς τὸ μέσον τοῦ ἀγωγοῦ, ἀλλ' εἶνε μᾶλλον πλησιεστέρα πρὸς τὸ ἄκρον Ν' τὸ γειτνιάζον πρὸς τὴν πηγήν. Ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμὲς τιθέμενον ἐπὶ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς δὲν δεικνύει ἀπόκλισιν.

4ον. Εὐθὺς ὡς παύσῃ ἡ ἐπίδρασις τῆς πηγῆς, οἱ δύο ἠλεκτρισμοὶ ἑνοῦνται καὶ ὁ ἀγωγὸς ἐπανέρχεται εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν. Τοῦτο γίνεται κατάδηλον, διότι μόλις ἀπομακρύνομεν τὴν πηγὴν Μ τὰ σφαιρίδια τοῦ ἐκκρεμοῦς καταπίπτουσι.

5ον. Ἐν ὅσῳ ἀκόμη ὁ ἀγωγὸς Α εἶνε ἠλεκτρισμένος ἐξ ἐπιδράσεως, ἐὰν συγκοινωνήσωμεν οἱονδήποτε σημεῖον αὐτοῦ μετὰ τῆς γῆς, *ἐκφεύγει ἐξ αὐτοῦ ὁ ἠλεκτρισμὸς ὁ ὁμώνυμος μὲ τὸν τῆς πηγῆς, δηλ. ὁ θετικός, καὶ διαχέεται πρὸς τὴν γῆν, ἐνῷ ὁ ἑτερώνυμος, δηλ. ὁ ἀρνητικός, μένει ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ*· τοῦτο δέ, διότι ὁ θετικὸς ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ ὁμωνύμου τῆς πηγῆς, ἐνῷ ὁ ἀρνητικὸς ἕλκεται καὶ συγκρατεῖται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Διό, ἐὰν μετ' ὀλίγον διακόψωμεν πρῶτον τὴν συγκοινωνίαν τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀγωγοῦ μετὰ τῆς γῆς, εὐθὺς δ' ἀμέσως ἀπομακρύνωμεν τὸν ἀγωγὸν ἀπὸ τῆς πηγῆς, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς διαχέεται νῦν ἐφ' ὁλοκλήρου τοῦ ἀγωγοῦ καὶ οὕτως ὁ ἀγωγὸς εὑρίσκεται ἠλεκτρισμένος ἀρνητικῶς.

6ον. Ἐὰν ἀπέναντι τοῦ ἐξ ἐπιδράσεως ἠλεκτρισθέντος ἀγωγοῦ Α τοποθετήσωμεν δεύτερον παρόμοιον ἀγωγὸν Β, θὰ ἠλεκτρισθῇ καὶ οὗτος ἐξ ἐπιδράσεως ὑπὸ τοῦ Α καὶ θὰ φέρῃ εἰς τὰ δύο ἀντικείμενα αὐτοῦ ἄκρα Π' καὶ Π τοὺς δύο ἀντιθέτους ἠλεκτρισμούς, καθ' ἃ ἐμφαίνουσι τὰ σημεῖα αὐτῶν.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Κατὰ τὴν θεωρίαν τοῦ Symmer ἐξηγοῦμεν εὐκολώτατα τὸ φαινόμενον τῆς ἐξ ἐπιδράσεως ἠλεκτρίσεως, παραδεχόμενοι ὅτι ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς τῆς πηγῆς Μ ἐνεργῶν ἐξ ἀποστάσεως ἐπὶ τοῦ οὐδετέρου ἀγωγοῦ Α ἀναλύει τὸ οὐδέτερον αὐτοῦ ρευστὸν εἰς θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ ἕλκει μὲν πρὸς ἑαυτὸν τὸν ἑτερώνυμον, ἀπωθεῖ δὲ πρὸς τὸ ἀντικείμενον ἄκρον Ν τὸν ὁμώνυμον θετικόν. Ἀπομακρυνομένης τῆς πηγῆς παύει ἡ ἐπίδρασις καὶ οἱ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἑτερώνυμοι ἠλεκτρισμοὶ συνενοῦνται καὶ πάλιν εἰς οὐδέτερον ρευστὸν καὶ τὰ πάντα ἐπανέρχονται εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν.

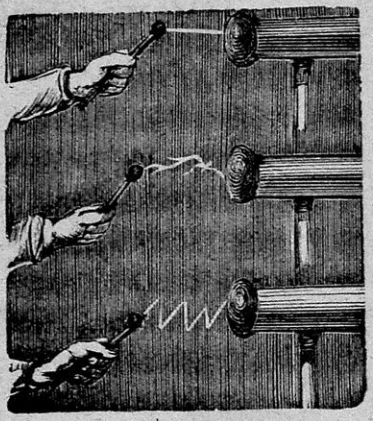
§ 16. **Ἠλεκτρικὸς σπινθήρ.** Ἐν τῷ ἀνωτέρω πειράματι οἱ ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ τῆς πηγῆς Μ καὶ τοῦ ἄκρου Ν τείνουσι νὰ συνενωθῶσιν, ἐμποδίζονται δὲ μόνον ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος. Ἐὰν ὅμως ἡ ἀντίστασις αὕτη ἐλαττωθῇ, ἢ ἡ ἠλεκτρικὴ τάσις αὐξήσῃ, *τὰ δύο ρευστὰ ἐνοῦνται διὰ τοῦ ἀέρος παράγοντα σπινθῆρα* κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἧττον ἰσχυρὸν συνοδευόμενον ὑπὸ ξηροῦ ψόφου. Τότε ἐκλειποντος τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ κυλίνδρου Α μένει μόνον ὁ θετικός, ὅστις καὶ διαχέεται καθ' ὅλην αὐτοῦ τὴν ἐπιφάνειαν καὶ διατηρεῖται καὶ μετὰ τὴν παῦσιν τῆς ἐπιδράσεως.

Τοιοῦτος ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ παράγεται πάντοτε, ὁσάκις

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λαμβάνει χώραν *ἠλεκτρικὴ ἔκκρηξις* μεταξὺ δύο ἑτερωνύμως ἠλεκτρισμένων σωμάτων, ὁσάκις δηλ. οἱ ἑτερώνυμοι ἠλεκτρισμοὶ αὐτῶν ὑπερνικῶντες τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος ἐκφεύγουσιν ἐκ τῶν σωμάτων καὶ ἑνοῦνται διὰ τοῦ ἀέρος.

Ἐὰν προσεγγίσωμεν τὸν δάκτυλόν μας ἢ οἱονδήποτε ἀγωγὸν σῶμα εἰς ἠλεκτρικὴν πηγήν, παράγεται μεταξὺ αὐτῶν *ἠλεκτρικὸς σπινθήρ* (Σχ. 14), διότι ὁ ἀγωγὸς ἠλεκτρίζεται ἐξ ἐπιδράσεως καὶ ὁ μὲν ὁμώνυμος μὲ τὸν τῆς πηγῆς ἠλεκτρισμὸς φεύγει διὰ τοῦ σώματος ἡμῶν εἰς τὴν γῆν ὁ δ' ἑτερώνυμος ἑλκόμενος ὑπὸ τοῦ πηγῆς ἑνοῦται μετ' αὐτοῦ διὰ τοῦ ἀέρος παράγων ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα.



Σχ. 14.—Ἠλεκτρικὸς σπινθήρ.

Μορφὴ τοῦ σπινθῆρος. Ἡ μορφὴ τοῦ σπινθῆρος εἶνε διάφορος· ἐὰν παράγηται οὗτος εἰς μικρὰν ἀπόστασιν, εἶνε εὐθύγραμμος (Σχ. 14, I). Ὅταν ἔχῃ μῆκος 6 ἕως 7 ἑκατοστομέτρων, γίνεται ἀκανόνιστος καὶ λαμβάνει τὴν μορφὴν γραμμῆς ἑλικοειδοῦς μετὰ λεπτοτάτων διακλαδώσεων (Σχ. 14, II). Τέλος ἐὰν ἡ ἔκκρηξις εἶνε λίαν ἰσχυρά, ὁ σπινθὴρ λαμβάνει τὴν μορφὴν γραμμῆς τεθλασμένης (zig-zag) (Σχ. 14, III). Ὑπὸ τὰς δύο τελευταίας ταύτας μορφὰς ἐμφανίζονται αἱ ἀστραπαί.

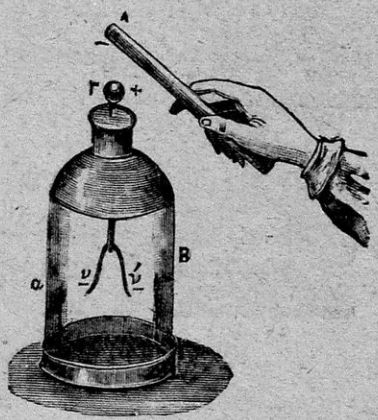
ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΑ

§ 17. **Ὁρισμοί.** Καλοῦνται *ἠλεκτροσκόπια*, αἱ συσκευαί, δι' ὧν δυνάμεθα νὰ γνωρίζωμεν ἂν σῶμά τι εἶνε ἠλεκτρισμένον ἢ οὔ, καὶ ποίου εἴδους ἠλεκτρισμὸν φέρῃ. Τὸ ἁπλούστερον τῶν ἠλεκτροσκοπίων εἶνε τὸ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπερ περιεγράψαμεν ἀνωτέρω (§ 1). Τὰ δὲ *ἠλεκτρόμετρα* εἶνε συσκευαὶ πολὺ τῶν ἠλεκτροσκοπίων εὐαισθητότεραι καὶ χρησιμεύουσιν ὅπως *καταμετρῶμεν τὸν βαθμὸν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπιφορτίσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ.*

§ 18. **Ἠλεκτροσκόπιον διὰ φύλλων χρυσοῦ ἢ δι' ἀχύρων.** Τὸ ἠλεκτροσκόπιον τοῦτο εἶνε μετὰ τὸ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμὲς τὸ ἁπλούστερον καὶ τὸ κοινότερον (Σχ. 15). Συνίσταται ἐξ ὑελίνου κώδωνος Β ἐπικαθημένου ἐπὶ πυθμένος ἐξ ὀρειχάλκου. Διὰ τοῦ μονωτηρίου πώματος τοῦ κώδωνος εἰσέρχεται μεταλλικὸν στέλεχος ἀπολῆγον πρὸς μὲν τὰ ἐκτὸς εἰς σφαιρίδιον Γ, πρὸς δὲ τὰ ἔσω εἰς δύο φύλλα χρυσοῦ ν καὶ ν' ἢ εἰς δύο ἄχυρα λεπτότατα.



Σχ. 15 — Ἠλεκτροσκόπιον.

Ὅπως κάμωμεν χρῆσιν τοῦ ὀργάνου, μεταδίδομεν κατὰ πρῶτον εἰς αὐτὸ γνωστὸν εἶδος ἠλεκτρισμοῦ ὡς ἑξῆς: Προσεγγίζομεν εἰς τὸ σφαιρίον Γ ράβδον ρητίνης Α ἀρνητικῶς ἠλεκτριζμένην· τότε ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ράβδου ἀποσυνθέτει ἐξ ἐπιδράσεως τὸ οὐδέτερον ρευστὸν τοῦ στελέχους καὶ ἔλκει μὲν πρὸς τὸ κομβίον Γ τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμόν, ἀπωθεῖ δὲ πρὸς τὰ φύλλα τὸν ἀρνητικόν, ὅτε βλέπομεν ταῦτα ἀπωθοῦντα ἄλληλα καὶ ἀφιστάμενα. Ἐγγίζομεν τότε τὸ κομβίον Γ διὰ τῆς χειρὸς καὶ οὕτως ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς τῶν φύλλων διοχετεύεται εἰς τὴν γῆν (καὶ βλέπομεν τὰ φύλλα καταπίπτοντα), ἐνῷ ὁ ἐπὶ τοῦ κομβίου Γ θετικὸς ἐλκόμενος ὑπὸ τοῦ ἑτερωνύμου τῆς ράβδου Α διαμένει· ἐὰν τότε ἀπομακρύνωμεν πρῶτον τὸν δάκτυλον καὶ ἀμέσως τὴν ἐπιδρῶσαν ράβδον Α, ὁ ἠλεκτρισμὸς

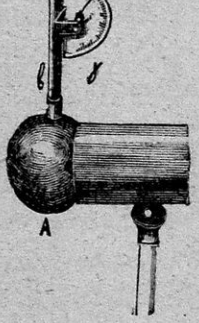
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ κομβίου διαχέεται εἰς ὅλον τὸ στέλεχος καὶ μέχρι τῶν φύλλων, ἅτινα ἠλεκτριζόμενα οὕτω θετικῶς ἀφίστανται καὶ πάλιν· *ἔχομεν τοιουτοτρόπως τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἠλεκτρισμένον θετικῶς.*

Θέλοντες νῦν νὰ γνωρίσωμεν τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ σώματός τινος, προσεγγίζομεν αὐτὸ εἰς τὸ κομβίον, καὶ ἂν ἴδωμεν τὰ φύλλα ἀποκλίνοντα ἔτι μᾶλλον, σημεῖον ὅτι τὸ σῶμα εἶνε ἠλεκτρισμένον ὁμωνύμως· ἂν δὲ τὰ φύλλα καταπίπτωσι, σημεῖον ὅτι τὸ σῶμα εἶνε ἠλεκτρισμένον ἑτερωνύμως πρὸς τὸ ἠλεκτροσκόπιον.

Σημ. Πρὸς τὸ κάτω μέρος τοῦ κώδωνος εὑρίσκονται ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν παρειῶν αὐτοῦ δύο στελέχη μετάλλινα α ἀπολήγοντα πρὸς τὰ ἄνω εἰς σφαιρίδια καὶ πρὸς τὰ κάτω συγκοινωνοῦντα διὰ τοῦ μεταλλικοῦ πυθμένος πρὸς τὴν γῆν. Χρησιμεύουσι ταῦτα πρὸς ἐπαύξησιν τῆς εὐαισθησίας τοῦ ὀργάνου ἠλεκτριζόμενα ἐξ ἐπιδράσεως τῶν φύλλων ἑτερωνύμως πρὸς ταῦτα. Διὰ νὰ ξηραίνηται δὲ ὁ ἀὴρ τοῦ κώδωνος, καλὸν νὰ ἐντίθηται μικρὸν δοχεῖον περιέχον καυστικὴν ἄσβεστον ἢ οἱανδήποτε ἄλλην ὑγροσκοπικὴν οὐσίαν.

§ 19. **Ἠλεκτρόμετρον Henley.** Τοῦτο εἶνε εἶδος ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ χρησιμεύει ἵνα δεικνύῃ ἐὰν ἠλεκτρικὴ τις πηγὴ κέκτηται πάντοτε τὴν αὐτὴν ἠλεκτρ. ἐπιφόρτισιν. Συνίσταται ἐκ ξυλίνου στελέχους 6 (Σχ.16), εἰς ὃ προσήρτηται ἡμικύκλιον ἐλεφάντινον βεβαθμολογημένον γ, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εἶνε ἐξηρτημένον καὶ δύναται νὰ περιστρέφηται περὶ ἄξονα τὸ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμὲς α. Τὸ ὅλον ὄργανον εἶνε ἐστηριγμένον ἐπί τινος τῶν ἀγωγῶν τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς, καὶ ἐφ' ὅσον ἡ ἠλεκτρικὴ ἐπιφόρτισις αὐτῆς αὐξάνεται καὶ τὸ ἐκκρεμὲς ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἄνω μέχρις ὡρισμένης διαιρέσεως τῆς κλίμακος. Ἐὰν κατόπιν παύσῃ ἡ ἐπιφόρτισις, ἡ βελόνη τοῦ ἐκκρεμοῦς καταπίπτει ἀμέσως ἐν τῷ ὑγρῷ ἀέρι, βραδέως δὲ καὶ κατ' ὀλίγον ἐν τῷ ξηρῷ.



Σχ.16 - **Ἠλεκτρόμετρον Henley.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΝ—ΗΛΕΚΤΡΟΜΕΤΡΑ

§ 20. **Ἠλεκτροδυναμικόν.** *Ἠλεκτροδυναμικὸν ἢ ἠλεκτροδραστικὸν* (potentiel électrique) εἶνε ὅρος ἐκ τῶν νεωτέρων ἐν τῇ ἐπιστήμῃ, εἰσαχθεὶς τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Green 1822, ὃν οἱ Φυσικοὶ μεταχειρίζονται ὅπως χαρακτηρίσωσι τὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν ἑνὸς ἀγωγοῦ. Ἡ ἔκφρασις αὕτη ἀνταποκρίνεται εἰς ἰδιότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ σαφῶς διακεκριμένην τῶν ἰδιοτήτων αὐτοῦ, ἃς ἐσπουδάσαμεν ἀνωτέρω ὑπὸ τὰ ὀνόματα *ποσότης ἠλεκτρισμοῦ* καὶ *πυκνότης ἢ πάχος ἠλεκτρικόν*. Διότι δύνανται δύο ἀγωγοὶ *νὰ ἔχωσι διάφορον ἕκαστος ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ* καὶ ὅμως νὰ ἔχωσι *τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικὸν* ἤτοι νὰ εὑρίσκωνται εἰς τὴν αὐτὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν· καὶ πάλιν δύναται σῶμά τι νὰ ἔχῃ *διάφορον ἠλεκτρικὴν πυκνότητα* ἐπὶ τῶν διαφόρων σημείων τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ (11) καὶ ὅμως τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν αὐτοῦ νὰ εἶνε τὸ αὐτὸ ἐφ' ὅλων τῶν σημείων τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ. Τὴν ἔννοιαν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ θὰ κατανοήσωμεν εὐχερέστερον διὰ τῶν ἑξῆς πειραμάτων καὶ παραδειγμάτων:

1ον. Λάβωμεν ἀγωγὸν κυλινδρικὸν μεμονωμένον καὶ ἠλεκτρίσωμεν αὐτόν, κατόπιν δ' ἐγγίσωμεν τὸ δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον (10) εἰς διάφορα διαδοχικῶς σημεῖα τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ καὶ μεθ' ἑκάστην ἐπαφὴν τοῦ ἐπιπέδου φέρωμεν αὐτὸ εἰς τὸν ἠλεκτρικὸν ζυγὸν τοῦ Coulomb· θὰ ἴδωμεν ὅτι *ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης τοῦ ἀγωγοῦ εἶνε διάφορος εἰς τὰ διάφορα σημεῖα αὐτοῦ*. Καὶ ἐν τούτοις, ἐὰν διὰ σύρματος μεταλλικοῦ συνδέσωμεν *οἱονδήποτε σημεῖον* τοῦ ἀγωγοῦ μετὰ τοῦ σταθεροῦ σφαιριδίου τοῦ ζυγοῦ, θὰ ἴδωμεν ὅτι τὸ κινητὸν σφαιρίδιον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ζυγοῦ (ὃν ἐκ τῶν προτέρων ὁμωνύμως ἠλεκτρισμένον) *ὑφίσταται ἑκάστοτε τὴν αὐτὴν ἄπωσιν*, κατάδηλον γιγνομένην διὰ τῆς αὐτῆς γωνίας ἀποκλίσεως. Ἡ δύναμις λοιπὸν αὕτη τῆς ὥσεως εἶνε χαρακτηριστικὴ τῆς *ἐν γένει ἠλεκτρικῆς καταστάσεως* τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἀνεξάρτητος πρὸς τὴν διάφορον ἠλεκτρικὴν πυκνότητα τῶν καθ' ἕκαστα σημείων τοῦ ἀγωγοῦ.

2ον. Λάβωμεν δύο μεμονωμένας μεταλλικὰς σφαίρας διαφόρων διαμέτρων καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀρκούντως μεγάλην ὥστε νὰ μὴ λαμβάνῃ χώραν ἠλεκτρικὴ ἐπίδρασις τῆς μὲν ἐπὶ τῆς δὲ καὶ ἠλεκτρίσαντες μίαν τοὐλάχιστον ἐξ αὐτῶν ἑνώσωμεν αὐτὰς διὰ λεπτοῦ μεταλλικοῦ σύρματος. Τότε ἠλεκτρικὸν ρευστὸν ἐκ τῆς μιᾶς σφαίρας θὰ ἐκρεύσῃ πρὸς τὴν ἄλλην, οὕτως ὥστε μετά τινας στιγμὰς θὰ ἐπέλθῃ κατάστασις σταθερὰ ἠλεκτρικῆς ἰσορροπίας. Εἶνε φανερὸν ὅτι *ἡ ποσότης* τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς ἑκάστην σφαῖραν θὰ εἶνε διάφορος· καὶ ὅμως ἐὰν συγκοινωνήσωμεν διὰ λεπτοῦ μεταλλικοῦ σύρματος εἴτε τὴν μίαν εἴτε τὴν ἑτέραν μετὰ τοῦ σφαιριδίου τοῦ ζυγοῦ τοῦ Coulomb (ὡς καὶ εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα), θὰ παρατηρήσωμεν τὴν αὐτὴν ἀπόκλισιν τοῦ σφαιριδίου εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιστάσεις.

Ἐκ τῶν δύο τούτων πειραμάτων συνάγεται ὅτι τὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν δύο ἀγωγῶν δὲν χαρακτηρίζει οὔτε ὁ καθορισμὸς τῆς *ποσότητος* τοῦ ἠλεκτρισμοῦ αὐτῶν οὔτε ὁ τῆς ἠλεκτρικῆς *πυκνότητος* αὐτῶν. Ταύτην χαρακτηρίζομεν διὰ τοῦ νέου ὅρου, ὅστις εἶνε τὸ καλούμενον *ἠλεκτροδυναμικόν*. Λέγομεν ὅτι δύο σώματα ἠλεκτρισμένα Α καὶ Β ἔχουσι *τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικόν*, ὅταν, θέτοντες αὐτὰ εἰς ἀρκοῦσαν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν ὥστε νὰ μὴ λαμβάνῃ χώραν μεταξὺ αὐτῶν αἰσθητὴ ἠλεκτρικὴ ἐπίδρασις καὶ συνενοῦντες διὰ μεταλλικοῦ σύρματος, *δὲν παρατηροῦμεν οὐδεμίαν μεταβολὴν εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν οὔτε τοῦ ἑνὸς οὔτε τοῦ ἑτέρου*, τουτέστι δὲν ἐκρέει ἠλεκτρικὸν ρευστὸν οὔτε ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Β

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

οὔτε τἀνάπαλιν. Ἀπ' ἐναντίας, ἐὰν κατὰ τὴν συνένωσιν λαμβάνῃ χώραν ἐκροὴ ρευστοῦ εἴτε ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Β εἴτε τἀνάπαλιν, τότε λέγομεν ὅτι τὰ σώματα ἔχουσι διάφορον ἠλεκτροδυναμικὸν καὶ ὅτι μεῖζον μὲν εἶνε τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τοῦ Α λ χ., ἐξ οὗ ἐκρέει ἠλεκτρικὸν ρευστὸν πρὸς τὸ Β, ἔλασσον δὲ τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τοῦ Β, ὅπερ δέχεται ρευστὸν ἐκ τοῦ Α.

Συγκρίνοντες ὑπὸ τὴν ἔποψιν ταύτην τὰ ἠλεκτρισμένα σώματα μετὰ τῆς γῆς, θεωροῦμεν τὰ μὲν θετικῶς ἠλεκτρισμένα σώματα ὡς ἔχοντα μεῖζον ἠλεκτροδυναμικὸν τῆς γῆς, τὰ δὲ ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένα ὡς ἔχοντα ἔλασσον ἠλεκτροδυναμικὸν αὐτῆς. Χωρὶς δὲ νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν *ἀπόλυτον* ἠλεκτρικὴν κατάστασιν τῆς γῆς θεωροῦμεν κατὰ συνθήκην τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν αὐτῆς ὡς *μηδὲν* (διότι συνάπτοντες ἠλεκτρικῶς μετὰ τῆς γῆς οἱονδήποτε ἀγωγὸν βλέπομεν τοῦτον ἐπανερχόμενον εἰς τὴν οὐδετέραν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν) καὶ συνεπῶς τὰ μὲν + ἠλεκτρισμένα σώματα ὡς ἔχοντα ἠλεκτροδυναμικὸν *θετικόν*, τὰ δὲ — ἠλεκτρισμένα ὡς ἔχοντα ἠλεκτροδυναμικὸν *ἀρνητικόν*.

Τὴν σημασίαν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν δυνάμεθα σαφέστερον νὰ κατανοήσωμεν παραβάλλοντες αὐτὸ πρὸς τὴν *ὑδροστατικὴν πίεσιν τῶν ὑγρῶν* ἐντὸς τῶν συγκοινωνούντων ἀγγείων ἢ πρὸς τὴν *θερμοκρασίαν* δύο εὐθερμαγωγῶν σωμάτων συναπτομένων διὰ μεταλλικοῦ σύρματος. Ὅταν ἔχωμεν δύο ἀγγεῖα διαφόρου χωρητικότητος περιέχοντα ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ καὶ συγκοινωνήσωμεν αὐτὰ κατὰ τὴν βάσιν διὰ σωλῆνος, κατὰ τὰ ἐν τῇ ὑδροστατικῇ λεχθέντα, ἡ θὰ ἰσορροπήσῃ τὸ ὑγρὸν πάραυτα ἐν αὐτοῖς ἢ θὰ εἰσρεύσῃ μέρος ὑγροῦ ἐκ τοῦ ἑνὸς ἀγγείου πρὸς τὸ ἕτερον καὶ ἀκολούθως θὰ ἐπέλθῃ ἰσορροπία. Ἀλλὰ ποῖον εἶνε ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον θὰ ἐπιφέρῃ τὴν ἰσορροπίαν ἐν τοῖς ἀγγείοις; βεβαίως *οὐχὶ ἡ ποσότης τοῦ ὑγροῦ*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἡ περιεχομένη ἐν ἑκατέρῳ τούτων, διότι, καθ' ἃ γνωρίζομεν, δύναται κάλλιστα νὰ περιέχῃ τὸ ἓν ἀγγεῖον διπλασίαν, τριπλασίαν, ἑκατονταπλασίαν κλπ. ποσότητα ὕδατος ἢ τὸ ἕτερον καὶ ὅμως νὰ εὑρίσκωνται ἐν ἰσορροπίᾳ. Ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον ἐπιδρᾷ εἰς τὴν ἐπέλευσιν τῆς ἰσορροπίας εἶνε *ἡ ἰσοστάθμισις* τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ ἐν ἀμφοτέροις τοῖς ἀγγείοις· θὰ ὑπάρχῃ ἰσορροπία ἢ δὲν θὰ ὑπάρχῃ, καθ' ὅσον αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ ἐν ἀμφοτέροις τοῖς ἀγγείοις θὰ εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ἢ οὐχί. Τὸ *ὕψος* λοιπὸν *τῆς ἰσοπεδώσεως* (ἰσοσταθμίσεως) ταύτης εἶνε ἀνάλογον πρὸς τὸ ἠλεκτροδυναμικόν. Ἐν τῇ καταμετρήσει τῶν ὑψῶν ὑπολογίζομεν ταῦτα κατὰ συνθήκην ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης· ἡ αὐτὴ ἐπιφάνεια θεωρεῖται ὡς ἀνταποκρινομένη καὶ εἰς τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν *μηδέν*, δι' οὗ χαρακτηρίζομεν αὐθαιρέτως τὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν τῆς γῆς.

Ἐπίσης δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν ὡς τι ἀνάλογον πρὸς τὴν θερμοκρασίαν. Ὅταν ἔχωμεν λ. χ. δύο ἰσομεγέθεις μεταλλικὰς σφαίρας ἐκ σιδήρου καὶ ἀργύρου καὶ φέρωμεν ταύτας εἰς ἐπαφὴν ἢ συγκοινωνήσωμεν διὰ τρίτου τινὸς σώματος εὐθερμαγωγοῦ, ἐὰν ἡ μία εἶνε θερμοτέρα τῆς ἄλλης, μέρος θερμότητος θὰ μεταδοθῇ ἐκ τῆς μιᾶς εἰς τὴν ἑτέραν καὶ μετά τινα χρόνον θὰ ἐπέλθῃ ἰσορροπία. Ποῖον ὅμως εἶνε ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον ὁρίζει τὴν τοιαύτην ἰσορροπίαν; οὐχὶ βεβαίως *ἡ ἰσότης τῶν ποσοτήτων τῆς θερμότητος* ἐν ἀμφοτέραις ταῖς σφαίραις, διότι δύναται κάλλιστα ἡ μία σφαῖρα νὰ ἐνέχῃ διπλασίαν, τριπλασίαν κλ. ποσότητα θερμότητος ἢ ἡ ἑτέρα (βλέπε τὰ περὶ εἰδικῆς θερμότητος) καὶ ὅμως νὰ ὑπάρξῃ ἰσορροπία μεταξὺ αὐτῶν, ἀλλὰ *ἡ ἰσότης τῆς θερμοκρασίας*. Ὅταν εἰς ἀμφοτέρας τὰς σφαίρας ὑπάρχῃ ἐξ ἀρχῆς ἢ ἐπέλθῃ κατόπιν *ἰσότης θερμοκρασίας*, ὥστε ἀμφότεραι νὰ δεικνύωσιν ἐν τῷ θερμομέτρῳ τὸν αὐτὸν θερμομετρικὸν βαθμόν, *τότε ὑπάρχει*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἰσορροπία, μολονότι ἡ σιδηρᾶ σφαῖρα, καθ' ἃ ἀποδεικνύει τὸ πείραμα, ἐνέχει ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν διπλασίαν περίπου ποσότητα θερμότητος τῆς ἀργυρᾶς.

Κατὰ ταῦτα τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν ἐν τῷ ἠλεκτρισμῷ ὂν ἀνάλογον πρὸς τὴν θερμοκρασίαν ἐν τῷ θερμαντικῷ ἐκλήθη *ἠλεκτρικὴ θερμοκρασία*.

§ 21. **Μέτρησις ἠλεκτροδυναμικοῦ, ἠλεκτρόμετρα.** Δὲν ἀρκεῖ βεβαίως νὰ γνωρίζωμεν μόνον ἂν δύο σώματα ἔχωσι τὸ αὐτὸ ἢ διάφορον ἠλεκτροδυναμικόν, ὅπως δὲν ἀρκούμεθα ἁπλῶς εἰς τὸ νὰ ὁρίζωμεν ὅτι τὸ σῶμα Α ἔχει τὴν αὐτὴν ἢ μείζονα θερμοκρασίαν τοῦ Β, ἀλλὰ πρέπει καὶ νὰ ὁρίζωμεν ἀριθμητικῶς ἤτοι νὰ καταμετρῶμεν τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τῶν διαφόρων σωμάτων. Ὡς μέτρον τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ζυγοῦ· ἐὰν θέσωμεν εἰς ἐπαφὴν τὰς δύο σφαίρας αὐτοῦ καὶ κατόπιν διὰ λεπτοῦ καὶ μακροῦ σύρματος συγκοινωνήσωμεν αὐτὰς μετὰ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος, θὰ συμβῇ ἄπωσις μεταξὺ αὐτῶν, ἡ δύναμις δ' αὕτη τῆς ἀπώσεως ὁριζομένη ὑπὸ τῆς ἀποκλίσεως, ἣν θὰ δείξῃ ἡ κινητὴ σφαῖρα τοῦ ζυγοῦ, δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ὡς μέτρον τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ τοῦ σώματος. *Λαμβάνοντες ὡς μονάδα τὸ ἠλεκτροδυναμικόν, ὅπερ ἀντιστοιχεῖ εἰς ὡρισμένην ἀπόκλισιν*, θὰ καλέσωμεν ἠλεκτροδυναμικὸν 2, 3, 4 . . . τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν σώματος ἠλεκτρισμένου, ἐὰν ἡ ἀπόκλισις, ἣν τοῦτο ἐπιφέρῃ εἰς τὸν ζυγόν, ἔχῃ ἀξίαν διπλασίαν, τριπλασίαν κλπ. τῆς ὡς μονάδος ληφθείσης. Καὶ θὰ ἐκτιμᾶται τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν ὡς *θετικὸν* μὲν ἤτοι ὑπεράνω τοῦ μηδενός, ἐὰν ἡ ἀπόκλισις εἶνε θετική, ὡς *ἀρνητικὸν* δέ, ἐὰν ἡ ἀπόκλισις εἶνε ἀρνητική, τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ τῆς γῆς λαμβανομένου ὡς *μηδενός*, ἀφοῦ ἀντιστοιχεῖ τοῦτο εἰς ἀπόκλισιν τοῦ 0 τοῦ ζυγοῦ. Ἡ κλίμαξ ἄλλως τε σχηματίζεται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ ἐνταῦθα αὐθαιρέτως ὅπως καὶ εἰς τὸ θερμόμετρον πρὸς καταμέτρησιν τῆς θερμοκρασίας.

Ἠλεκτρόμετρα. Τὰ ἠλεκτρόμετρα εἶνε συσκευαὶ εὐαισθητότατα, δι' ὧν δυνάμεθα νὰ καταμετρήσωμεν μετ' ἀκριβείας τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν ἀγωγοῦ τινος. Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον δύναται νὰ χρησιμεύσῃ καὶ ὁ περιγραφεὶς ζυγὸς τοῦ Coulomb, ἐὰν συναφθῇ ὁ ἠλεκτρισμένος ἀγωγός, οὗτινος πρόκειται νὰ μετρηθῇ τὸ ἠλεκτροδυναμικόν, μετὰ τῆς σφαίρας Μ (βλ. σχ. 6 σελ. 13) καὶ μετρηθῇ ἡ ἀπόκλισις τοῦ στελέχους ΝΡ, ἀλλ' ἡ μέθοδος αὕτη δὲν παρέχει πολὺ ἀκριβῆ ἀποτελέσματα. Εἰς τοιαῦτα ἀποτελέσματα καταλήγομεν διὰ τῶν εἰδικῶν ἠλεκτρομέτρων, οἷα εἶνε τὸ τοῦ Thomson, τὸ τοῦ Branly καὶ τὸ τοῦ Lippmann. Ἡ περιγραφὴ τούτων ὑπερβαίνει τὰ ὅρια τοῦ παρόντος ἐγχειριδίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

§ 22. **Ὁρισμοί.** Καλοῦμεν *μηχανὰς ἠλεκτρικάς*, πηγὰς ἠλεκτρισμοῦ, ἐφ' ὧν ἀναπτύσσεται οὗτος εἴτε διὰ τῆς ἀμοιβαίας προστριβῆς δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων εἴτε διὰ τῆς ἐπιδράσεως ἠλεκτρισμένων δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων μετακινουμένων ἐνώπιον εὐμεταθέτων ἀγωγῶν. Αἱ τῆς πρώτης κατηγορίας καλοῦνται *μηχαναὶ διὰ τριβῆς*, ὧν ἡ κοινοτέρα καὶ εὐχρηστοτέρα εἶνε ἡ τοῦ Ramsden, αἱ δὲ τῆς δευτέρας *μηχαναὶ δι' ἐπιδράσεως*, εἰς ἃς ἀνήκουσι τὸ *ἠλεκτροφόρον* τοῦ Βόλτα, ἡ μηχανὴ τοῦ Holtz καὶ ἄλλαι. Θὰ περιγράψωμεν ἐκ τούτων τὴν μηχανὴν τοῦ Ramsden καὶ τὸ ἠλεκτροφόρον τοῦ Βόλτα.

§ 23. **Μηχαναὶ ἠλεκτρικαὶ διὰ τριβῆς.** *Μηχανὴ Ramsden.* Πᾶσα ἠλεκτρικὴ μηχανὴ διὰ τριβῆς σύγκειται ἰδίως ἐκ τριῶν μερῶν: α') ἐκ σώματος τριβομένου καὶ ὡς τοιοῦτον λαμβάνεται θεῖον, ρητίνη, ἐβονίτης καὶ συνηθέστατα ἡ ὕελος· β') ἐκ σώματος τρίβοντος, ὅπερ εἶνε ἢ δορὰ αἰλούρου ἢ προσ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κεφάλαια δερμάτινα ἐπηλειμμένα διὰ κόνεως μωσαϊκοῦ χρυσοῦ· γ') ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ, ἐφ' οὗ ἐπισωρεύεται ὁ ἠλεκτρισμός.

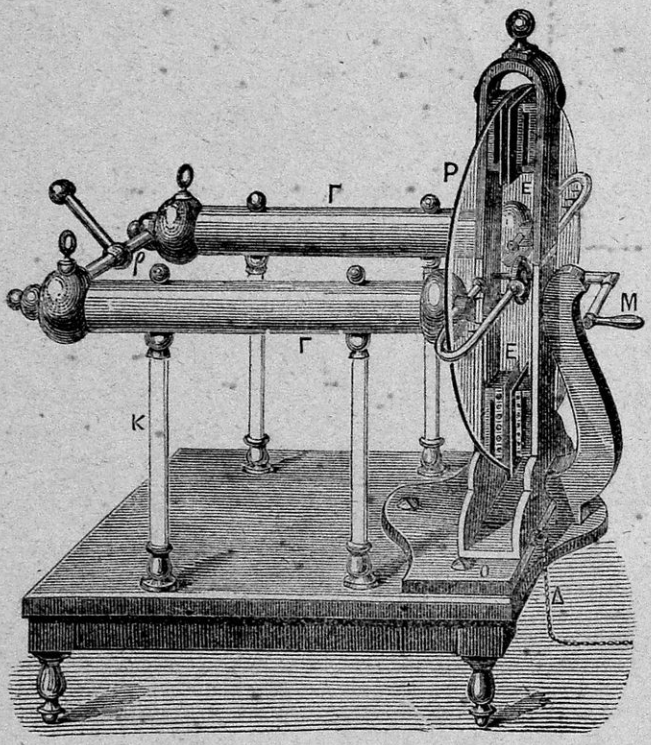
Ἡ πρώτη διὰ τριβῆς μηχανὴ ὀφείλεται εἰς τὸν Otto de Guericke, ἥτις συνέκειτο ἐκ κυλίνδρου θείου κινουμένου περὶ ἄξονα καὶ τριβομένου διὰ τῆς χειρός, ἀκολούθως δὲ περὶ τὸ 1740 ὁ Winkler μετεχειρίσθη κύλινδρον ἐξ ὑέλου καὶ ὡς προστρίβον σῶμα προσκεφάλαιον ἐκ μετάξης παραγεμισμένον διὰ τριχῶν. Τέλος δὲ ὁ Ramsden τῷ 1766 ἀντικατέστησε τὸν κύλινδρον δι' ὑελίνου δίσκου τριβομένου μεταξὺ τεσσάρων προσκεφαλαίων καὶ ἔκτοτε ἡ μηχανὴ ἔλαβε τὴν μορφὴν ἣν ἔχει τὴν σήμερον.

Ἠλεκτρικὴ μηχανὴ Ramsden (Σχ. 17). Σύγκειται αὕτη ἐξ ὑελίνου δίσκου Ρ, στρεφομένου περὶ τὸ κέντρον αὐτοῦ διὰ τοῦ στροφάλου Μ καὶ τριβομένου μεταξὺ τεσσάρων προσκεφαλαίων Ε καὶ Ε κατὰ τὴν κατακόρυφον αὐτοῦ διάμετρον. Ἀπέναντι τοῦ δίσκου κεῖνται δύο ὀρειχάλκινοι ἀγωγοὶ ΓΓ στηριζόμενοι ἐπὶ τεσσάρων ὑελίνων ποδῶν καὶ συναπτόμενοι κατὰ τὸ ἓν ἄκρον διὰ λεπτοτέρου μεταλλικοῦ σωλῆνος ρ. Πρὸς τὸ ἕτερον ἄκρον, ἤτοι πρὸς τὸ μέρος τοῦ ὑελίνου δίσκου, οἱ ἀγωγοὶ ἀπολήγουσιν εἰς σωλῆνας πεταλοειδῶς κεκαμμένους καὶ φέροντας ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς αὐτῶν ἐπιφανείας σειρὰν ἀκίδων καλουμένων *κτενῶν*· μεταξὺ τῶν κτενῶν τούτων διέρχεται περιστρεφόμενος ὁ ὑέλινος δίσκος.

Πρὸς ἀνάπτυξιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ συγκοινωνοῦμεν πρῶτον τὰ προσκεφάλαια διὰ μεταλλικῆς ἁλύσεως Δ μετὰ τῆς γῆς καὶ ἀρχίζομεν νὰ περιστρέφωμεν τὸν δίσκον. Ὁ δίσκος τριβόμενος μεταξὺ τῶν προσκεφαλαίων ἠλεκτρίζεται θετικῶς, τὰ δὲ προσκεφάλαια ἀρνητικῶς. Καὶ ὁ μὲν ἀρνητικὸς τῶν προσκεφαλαίων διὰ τῆς ἁλύσεως Δ διοχετεύεται εἰς τὴν γῆν, ὁ δὲ θετικὸς τοῦ δίσκου φερόμενος διὰ τῆς στροφῆς αὐτοῦ ἐνώπιον τῶν κτενῶν, ἐνεργεῖ ἐξ ἐπιδράσεως ἐπὶ τοῦ οὐδετέρου ρευστοῦ τῶν κτενῶν καὶ τῶν ἀγωγῶν καὶ ἀποσυνθέτων αὐτὸ ἀπωθεῖ μὲν τὸν ὁμώνυμον θετικὸν πρὸς τὸ πέραν ἄκρον τῶν ἀγωγῶν, ἕλκει δὲ τὸ ἑτερώνυμον ἀρνητικὸν πρὸς τὰς ἀκίδας, ἔνθα οὗτος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκρέων δι' αὐτῶν φέρεται ἐπὶ τῆς ὕελου καὶ ἑνοῦται μετὰ τοῦ θετικοῦ αὐτῆς καὶ τὴν ἐξουδετεροῖ. Οὕτως, ἐφ' ὅσον ὁ δίσκος στρέφεται, λαμβάνει χώραν διηνεκὴς ἀποσύνθεσις τοῦ οὐδετέρου ἠλεκτρισμοῦ τῶν ἀγωγῶν καὶ ἐπιφορτίζονται οὗτοι ὁλονὲν διὰ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπισωρευομένου ἰδίως κατὰ τὸν μικρὸν σωλῆνα ρ, ἐνῷ ὁ συμπαραγόμενος ἀρνητικὸς ἐκρέων διηνεκῶς ἐκ τῶν ἀκίδων χρησιμεύει ἵνα ἐξουδετεροῖ τὴν ὕελον.



Σχ. 17.—Ἠλεκτρικὴ μηχανὴ **Ramsden.**

Ὅριον λειτουργίας. Τοῦ δίσκου διαρκῶς στρεφομένου ὁλονὲν αὐξάνεται ὁ ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ΓΓ ἐπισωρευόμενος ἠλεκτρισμός, ἀλλὰ μέχρις ὁρίου τινός· διότι, ἐφ' ὅσον ἐπιφορτιζον-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ται οἱ ἀγωγοί, ἐπὶ τοσοῦτον μᾶλλον λαμβάνει χώραν ἀπώλεια τοῦ ἠλεκτρισμοῦ αὐτῶν διὰ τοῦ ἀέρος καὶ τῶν ὑελίνων ποδῶν καὶ ἔρχεται στιγμή, καθ' ἣν ἡ ἀπώλεια αὕτη ἐξισοῦται πρὸς τὸν διὰ τῆς τριβῆς παραγόμενον ἠλεκτρισμὸν καὶ τότε ἡ ἐπιφόρτισις τῶν ἀγωγῶν μένει σταθερά. Διὰ τοῦτο πρέπει νὰ φροντίζωμεν, ὅπως ὁ περιξ ἀὴρ ᾖ ὅσῳ τὸ δυνατὸν ξηρότερος, οἱ δὲ μονωτῆρες νὰ τριβωνται καλῶς διὰ ξηρῶν ὑφασμάτων ὅπως ἐλαττῶμεν κατὰ τὸ δυνατὸν τὴν ἀπώλειαν. Ἀλλὰ καὶ ἀσχέτως πρὸς τὴν τοιαύτην ἀπώλειαν, πάλιν ὑπάρχει ὅριον, ὅπερ δὲν δυνάμεθα νὰ ὑπερβῶμεν, διότι συμβαίνει ἐπὶ τέλους ὥστε ὁ ὁλονὲν αὐξανόμενος ἠλεκτρισμὸς τῶν ἀγωγῶν νὰ ἐπιδρᾷ εἰς τὸ οὐδέτερον ρευστὸν τῶν ἀκίδων εἰς βαθμὸν ὥστε νὰ ἰσορροπῇ τὴν ἀντίρροπον ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ δίσκου. Φθάνομεν τότε εἰς τὸ *ὅριον τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπιφορτίσεως*.

Διὰ νὰ βλέπωμεν δὲ ἐὰν ἡ ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἠλεκτρικὴ ποσότης ἐξακολουθῇ αὐξάνουσα ἢ ἂν ἔφθασε τὸ ὅριον καὶ μένῃ πλέον σταθερά, θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἄκρου τῶν ἀγωγῶν τὸ ἠλεκτρόμετρον τοῦ Henley· ἐφ' ὅσον τὸ ἀχύρινον στέλεχος αὐτοῦ ἐξακολουθεῖ ἀπομακρυνόμενον τῆς κατακορύφου, σημεῖον ὅτι αὐξάνεται ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὅταν δὲ μείνῃ στάσιμον, τότε ἡ μηχανὴ ἔχει φθάσει εἰς τὸ ὅριον.

Σχ. 18.—Ἠλεκτροφόρον Βόλτα.

§ 24. **Ἠλεκτροφόρον Βόλτα** (Σχ. 18). Σύγκειται τοῦτο ἐκ πλακοῦντος ἐκ ρητίνης B ἐπικεκολλημένου ἐπὶ δίσκου ξυλίνου ἢ μεταλλικοῦ καὶ ἐξ ἑτέρου δίσκου ξυλίνου A περικε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καλυμμένου διὰ φύλλου κασσιτερίνου καὶ φέροντος ὑελίνην λαβήν. Πλήττοντες τὸν πλακοῦντα διὰ δέρματος αἰλούρου ἠλεκτρίζομεν αὐτὸν ἀρνητικῶς· ἀκολούθως ἐπιθέτομεν τὸν δίσκον Α, ἐπειδὴ δὲ ἡ ρητίνη εἶνε δυσηλεκτραγωγός, δὲν μεταδίδει εἰς τὸν κασσίτερον τὸν ἀρνητικὸν αὐτῆς ἠλεκτρισμόν, ἀλλ' ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ οὐδετέρου αὐτοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ τὸν ἀποσυνθέτει εἰς θετικὸν καὶ ἀρνητικόν, ἕλκουσα τὸν θετικὸν πρὸς τὴν κατωτέραν ἐπιφάνειαν τοῦ δίσκου Α, τὸν δὲ ἀρνητικὸν ἀπωθοῦσα πρὸς τὴν ἀνωτέραν. Ἐγγίζοντες τότε διὰ τοῦ δακτύλου τὴν ἄνω ἐπιφάνειαν τοῦ Α, διοχετεύομεν τὸν ἀρνητικὸν εἰς τὴν γῆν, ἐνῷ ὁ θετικὸς μένει προσηλωμένος· καὶ ἐὰν τότε ἀπομακρύνωμεν πρῶτον τὸν δάκτυλον καὶ ἀμέσως τὸν δίσκον Α, πληροῦται οὗτος θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, διότι ὁ μέχρι τοῦδε εἰς τὴν κατωτέραν ἐπιφάνειαν προσηλωμένος θετικὸς διαχέεται ἐφ' ὁλοκλήρου τοῦ δίσκου.

Ἐὰν πλησιάσωμεν τὸν δάκτυλόν μας παράγεται ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, ἀλλ' οὐχὶ πολὺ ἰσχυρός, διότι διὰ τοῦ ἠλεκτροφόρου μικρὰν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ δυνάμεθα ν' ἀναπτύξωμεν. Ἅπαξ ὅμως ἠλεκτριζόμενον τὸ ἠλεκτροφόρον διατηρεῖ τὸν ἠλεκτρισμὸν ἐπὶ πολὺν χρόνον καὶ δυνάμεθα ἀποτελεσματικῶς νὰ μεταχειρισθῶμεν τὸν σπινθῆρα αὐτοῦ εἰς ἐκπυρσοκρότησιν τοῦ κροτοῦντος ἀερίου, ἢ εἰς ἄλλας χημικὰς συνθέσεις.

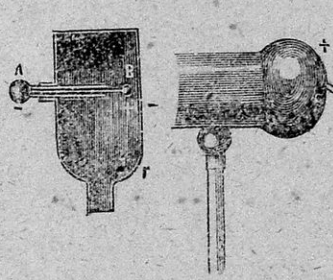
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΩΝ.—ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

§ 25. **Ἠλεκτρικὸς σπινθήρ.** Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ παράγεται, ὅταν πλησιάσωσι δύο ἑτερωνύμως ἠλεκτρισμένα σώματα, ὅτε οἱ ἑτερώνυμοι ἠλεκτρισμοὶ ἕνεκα τῆς ἀμοιβαίας ἕλξεως ὑπερνικῶντες τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος ἑνοῦνται δι' αὐτοῦ εἰς οὐδέτερον ρευστόν. Ἐπίσης δὲ καὶ ὅταν πλησιάσωμεν τὸν δάκτυλον ἢ ἄλλο εὐηλεκτραγωγὸν σῶμα εἰς ἠλεκτρικὴν πηγήν, ἠλεκτρίζεται καὶ τοῦτο ἑτερωνύμως ἐξ ἐπιδράσεως καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πάλιν ἀναφαίνεται ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθήρ. (Περὶ σχήματος κλπ. τοῦ σπινθῆρος εἴπομεν τὰ δέοντα ἐν σελίδι 22).

Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ διαβιβαζόμενος δι' οἰνοπνεύματος, αἰθέρος, πυρίτιδος ἢ εὐφλέκτου μίγματος, οἷον χλωρικοῦ καλίου καὶ ἀντιμονίου, ἀναφλέγει αὐτά. Διαβιβαζόμενος δὲ διὰ δύο ἀκίδων, μεταξὺ τῶν ὁποίων εἶνε παρεντεθειμένη ὑελίνη πλάξ, δύναται νὰ διατρυπήσῃ αὐτὴν ἂν εἶνε ἀρκούντως ἰσχυρός· φύλλον χάρτου ὅμως ἢ καὶ πλάκα χαρτίνην λεπτὴν διατρυπᾷ εὐκολώτατα καὶ ὁ ἀσθενὴς σπινθήρ. Ὁ σπινθὴρ δύνα-



Σχ. 19.—Ἠλεκτρικὸν πιστόλιον.

Σχ. 20.—Πειραμάτισις διὰ τοῦ πιστολίου.

ται νὰ παραγάγῃ καὶ χημικὰ ἀποτελέσματα· οὕτω διαβιβαζόμενος διὰ τοῦ *κροτοῦντος ἀερίου*, ὅπερ εἶνε μῖγμα ὑδρογόνου καὶ ὀξυγόνου, προκαλεῖ τὴν ἕνωσιν αὐτοῦ, καθ' ἣν παράγεται καὶ ἰσχυρὸς ψόφος. Διὰ τὸ πείραμα τοῦτο μεταχειριζόμεθα τὸ καλούμενον *ἠλεκτρικὸν πιστόλιον* (Σχ. 19), ὅπερ εἶνε μικρὰ μεταλλικὴ φιάλη, σφαιρικὴ ἢ κυλινδρική, μὲ παχέα τοιχώματα, φέρουσα ἐνεσφηνωμένον ἐπὶ τῆς μιᾶς πλευρᾶς αὐτῆς μεταλλικὸν στέλεχος ἀπολῆγον εἰς τὰ ἄκρα εἰς σφαιρίδια Α καὶ Β· εἰς τὸ μέρος, ἔνθα τὸ στέλεχος ἀκουμβᾷ εἰς τὴν φιάλην, περιβάλλεται δι' ἀπομονωτικῆς οὐσίας ὥστε νὰ εἶνε ἀπομεμονωμένον ἀπὸ τοῦ τοιχώματος τῆς φιάλης. Πληροῦντες τὸ πιστόλιον διὰ κροτοῦντος ἀερίου καὶ προσεγγίζοντες τὸ κομ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βίον Α (Σχ. 20) εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν βλέπομεν ἐκρηγνύμενον σπινθῆρα μεταξὺ τῆς πηγῆς καὶ τοῦ Α, συγχρόνως ὅμως καὶ δεύτερος σπινθὴρ ἐκρήγνυται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πιστολίου μεταξὺ τοῦ κομβίου Β καὶ τῆς ἀπέναντι παρειᾶς, ἣν κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός. Ὁ σπινθὴρ οὗτος προκαλεῖ τὴν ἕνωσιν τῶν δύο ἀερίων πρὸς σχηματισμὸν ἀτμῶν ὕδατος, κατὰ δὲ τὴν ἕνωσιν αὐτῶν ἀναπτύσσεται μεγάλη θερμότης, ἥτις διαστέλλει ὑπερβαλλόντως τοὺς σχηματισθέντας ἀτμούς· ἐξ οὗ οὗτοι ἀποκτῶντες μεγάλην ἐκτατικὴν δύναμιν ἐκπωματίζουσι τὸ πιστόλιον καὶ ἐκτινάσσουσι τὸ πῶμα μετὰ δυνάμεως μεγάλης, συμπαραγομένου ἅμα ἰσχυροῦ κρότου ἀναλόγου πρὸς τὸν τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως πιστολίου.

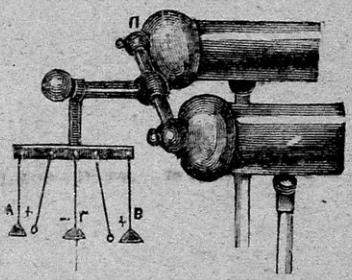
Ὁ σπινθὴρ οὐ μόνον ἕνωσιν ἁπλῶν ἀερίων ἀπεργάζεται ἀλλὰ καὶ ἀποσύνθεσιν συνθέτων· οὕτω λ. χ. διὰ σειρᾶς ἠλεκτρικῶν σπινθήρων ἡ ἀερώδης ἀμμωνία ἀποσυντίθεται εἰς τὰ συστατικὰ αὐτῆς ἀέρια, ἄζωτον καὶ ὑδρογόνον.

§ 26. **Πειράματα διάφορα διὰ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς.** Ἠλέκτρισις ἀνθρώπου ἐπὶ ἠλεκτρικοῦ θρανίου. Τὸ ἠλεκτρικὸν θρανίον ἢ κάθισμα εἶνε μικρὸν ξύλινον κάθισμα στηριζόμενον ἐπὶ ὑελίνων ποδῶν. Ἄνθρωπος ἀνερχόμενος ἐπ' αὐτοῦ καὶ ἐγγίζων διὰ τῆς χειρὸς τὴν ἠλεκτρικὴν μηχανὴν δέχεται ἐπὶ τοῦ σώματός του τὸν ἠλεκτρισμόν· εἰς τὸν τοιοῦτον, ἐὰν πλησιάσωμεν μεταλλικὸν ἀγωγὸν ἢ τὸν δάκτυλόν μας εἰς οἱονδήποτε μέρος τοῦ σώματός του, ἀποσπῶμεν ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα ἀπαράλλακτα καὶ διὰ τὸν αὐτὸν λόγον, ὅπως καὶ ἀπὸ τῆς καθαυτὸ ἠλεκτρικῆς πηγῆς. Ἕκαστος ἐξ αὐτοῦ ἐκρηγνύμενος σπινθὴρ τῷ προκαλεῖ νυγμὸν μᾶλλον ἢ ἧττον ἰσχυρὸν ἀναλόγως τῆς ἐντάσεως τῆς ἠλεκτρομηχανῆς, ὀφειλόμενον εἰς τὸν ἐρεθισμὸν τῶν ἁπτικῶν αὐτοῦ νεύρων. Ἐνόσῳ δὲ δὲν ἀποσπῶμεν σπινθῆρας ἐκ τοῦ σώματός του, δὲν αἰσθάνεται οὗτος οὐδὲν ἄλλο παρὰ ἐλαφρὸν φύσημα ἐπὶ τοῦ προσώπου καὶ τῶν χειρῶν, προερχόμενον ὡς ἐκ τῆς διηνεκοῦς ἀνανεώσεως τοῦ περιβάλλοντος τὸ σῶμα αὐτοῦ ἀέρος, παραγομένης ἕνεκα τῆς ἀπωθήσεως τοῦ ἠλεκτριζομένου καὶ ἐπελεύσεως νέου καὶ πάλιν ἀπωθήσεως καὶ οὕτω καθεξῆς. Αἱ δὲ τρίχες τῆς κεφαλῆς αὐτοῦ ἀνορθοῦνται καὶ ἀποκλίνουσι πρὸς τὸ σῶμα, ὅπερ πλησιάζει εἰς αὐτάς.

Ἠλεκτρικὴ κωδωνοκρουσία (Σχ. 21). Τὸ πείραμα τοῦτο ἐκτελεῖται διὰ μικρᾶς συσκευῆς ἐπινοηθείσης ὑπὸ τοῦ Franclin καὶ συγκειμένης ἐκ

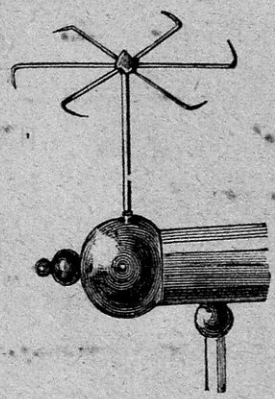
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μεταλλικοῦ στελέχους φέροντος ἐξηρτημένους τρεῖς ἢ πλείονας κώδωνας Α, Β, Γ, καὶ ἐν τῷ μεταξὺ αὐτῶν σφαιρίδια μεταλλικά. Τὰ διάμεσα σφαιρίδια ἐξήρτηνται δι' ἀπομονωτικῶν μεταξίνων νημάτων, ἐπίσης δὲ καὶ ὁ ἐν τῷ μέσῳ κώδων Γ φέρων ἅμα πρὸς τὰ κάτω μεταλλικὴν ἄλυσιν, δι' ἧς συγκοινωνεῖ μετὰ τῆς γῆς· οἱ δὲ δύο ἄλλοι ἄκροι κώδωνες Α καὶ Β ἐξήρτηνται διὰ μεταλλικῶν συρμάτων. Ἐξαρτωμένης τῆς συσκευῆς ἐκ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς ὁ θετικὸς αὐτῆς ἠλεκτρισμὸς διοχετεύεται διὰ τοῦ στελέχους καὶ τῶν δύο συρμάτων εἰς τοὺς κώδωνας Α καὶ Β· οἱ κώδωνες οὗτοι ἠλεκτριζόμενοι ἕλκουσι τὰ σφαιρίδια καὶ πλήττονται ὑπ' αὐτῶν, ἀλλ' ἅμα τῇ ἐπαφῇ τὰ σφαιρίδια ὡς ἠλεκτρισθέντα ὁμωνύμως πρὸς τοὺς κώδωνας, ἅμα δὲ καὶ διότι ἕλκονται ὑπὸ τοῦ ἑτερωνύμως ἠλεκτρισθέντος ἐξ ἐπιδράσεως κώδωνος Γ, ἀπωθοῦνται καὶ μεταβαίνουσι καὶ κρούουσι τὸν κώδωνα Γ· τότε ἐξουδετεροῦνται ἢ καὶ πληροῦνται ἐξ αὐτοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, διὸ ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ Γ πρὸς τοὺς κώδωνας Α καὶ Β, οὓς πλήττουσιν ἐκ δευτέρου καὶ οὕτω καθεξῆς. Διαρκῶς λοιπόν, ἑνόσῳ ἡ μηχανὴ διαβιβάζει πρὸς τὸ στέλεχος ἠλεκτρισμόν, τὰ σφαιρίδια μεταβαίνουσι διαδοχικῶς ἀπὸ τῶν ἄκρων κωδώνων πρὸς τὸν μεσαῖον καὶ πάλιν καὶ πλήττοντα αὐτοὺς παράγουσι τὴν καλουμένην ἠλεκτρικὴν κωδωνοκρουσίαν ἢ κωδώνισμα.



Σχ. 21.—Ἠλεκτρ. κωδώνισμα.

Ἠλεκτρικὸς στρόβιλος καὶ φύσημα (Σχ. 22). Εἶνε μικρὰ συσκευὴ συγκειμένη ἐκ πέντε ἢ ἓξ μεταλλικῶν ἀκτίνων κεκαμμένων κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ ἀπολήγουσῶν εἰς ἀκίδας. Τὸ ὅλον κίθεται ἐπὶ κατακορύφου ἄξονος ἐστηριγμένου ἐπὶ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς, περὶ ὃν δύναται νὰ περιστρέφηται ἐλευθέρως ἐν ὁριζοντίῳ ἐπιπέδῳ. Ἐπιφορτιζομένης δι' ἠλεκτρισμοῦ τῆς μηχανῆς συνεπῶς καὶ τῆς συσκευῆς ταύτης βλέπομεν τὰς ἀκτῖνας κινουμένας περιστροφικῶς κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς διευθύνσεως τῶν ἀκίδων. Ὁ λόγος εἶνε ὅτι, ὁ διὰ τῶν ἀκίδων ἐκρέων ἠλεκτρισμὸς ἠλεκτρίζει ὁμωνύμως καὶ τὸν πέριξ ἀέρα, οὗτος δὲ τότε, ὡς ὁμωνύμως ἠλεκτρισμένος, ἀπωθεῖ τὰς ἀκίδας, ἐνῷ συγ-



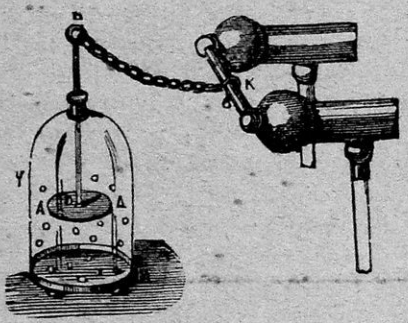
Σχ. 22.—Ἠλεκτρικὸς στρόβιλος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χρόνως ἀπωθεῖται ὑπ' αὐτῶν καὶ θέτει αὐτὰς εἰς κίνησιν. Ἡ ἐκ τῶν ἀκίδων ἐκροὴ γίνεται αἰσθητὴ ἡμῖν ἐὰν προσεγγίσωμεν τὸν δάκτυλον, ὅτε αἰσθανόμεθα φύσημα ἐλαφρόν, φλὸξ δὲ λαμπάδος ἀποκλίνει ἢ καὶ σβέννυται (Βλέπε καὶ ἐν σελίδι 18).

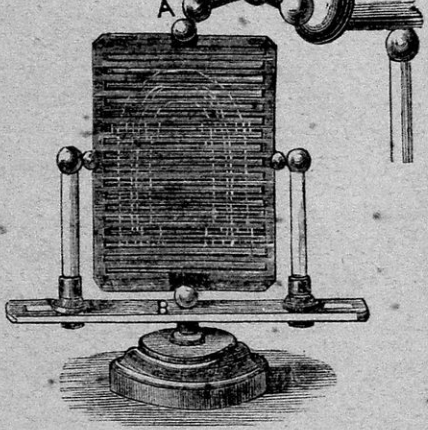
Ἐν τῷ κενῷ ἕνεκα τῆς ἐλλείψεως τοῦ προκαλοῦντος τὴν κίνησιν ἀέρος ὁ στρόβιλος ἀκινητεῖ.

Ἠλεκτρικὸς χορὸς ἢ πειράματῆς χαλάζης (Σχ. 23). Ἐπὶ μεταλλικῆς βάσεως συγκοινωνούσης ἠλεκτρικῶς μετὰ τῆς γῆς ἐπιτίθεται φιάλη ἄνευ πυθμένος, διὰ τοῦ πώματος τῆς ὁποίας εἰσέρχεται στέλεχος μεταλλικὸν ἀπολῆγον εἰς τὸν δίσκον ΑΔ. Ῥίπτοντες εἰς τὴν βάσιν σφαιρίδια ἐξ ἐντεριώνης ἀνταίας καὶ συγκοινωνοῦντες τὸ στέλεχος μετὰ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς βλέπομεν τὰ σφαιρίδια ἀναπηδῶντα πρὸς τὸν δίσκον καὶ πάλιν καταπίπτοντα καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοῦτο δὲ διότι, ὁ δίσκος ΑΔ ἠλεκτριζόμενος ἕλκει τὰ σφαιρίδια, ἅτινα ἐρχόμενα εἰς ἐπαφὴν καὶ ἠλεκτριζόμενα ὁμωνύμως ἀπωθοῦνται πρὸς τὴν μεταλλικὴν βάσιν, ὅπου ἀφίνουσι τὸν ἠλεκτρισμὸν αὐτῶν, διὸ καὶ πάλιν ἕλκονται κλπ. Διὰ τοῦ πειράματος τούτου ὁ Βόλτας ἠθέλησε νὰ ἐξηγήσῃ τὴν κίνησιν τῶν σφαιριδίων τῆς χαλάζης ἐντὸς τῶν ἠλεκτρισμένων νεφῶν, διὸ ὠνομάσθη καὶ πείραμα τῆς χαλάζης.



Σχ. 23 — **Ἠλεκτρικὸς χορός.**

Σπινθηροβολῶν πίναξ (Σχ. 24). Καλοῦμεν οὕτω πλάκα ὑελίνην φέρουσαν κυματοειδῶς ἐπικεκολλημένην ταινίαν ἐκ κασσιτέρου μετὰ διαφόρων χαραγμῶν εἰς διάφορα σημεῖα τῆς ταινίας· πολλάκις μάλιστα αἱ χαράξεις γί-



Σχ. 24. — **Σπινθηροβολῶν πίναξ.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νονται ἐπιτηδείως ὥστε ἐν συνόλῳ νὰ παριστῶσι γράμμα ἢ σχῆμα οἱονδήποτε. Ἐὰν συγκοινωνήσωμεν τὸ ἄκρον Α, ὅπερ εἶνε ἡ ἀρχὴ τῆς ταινίας, μετὰ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς, τὸ δὲ Β, τὸ πέρας τῆς ταινίας, μετὰ τῆς γῆς, τότε βλέπομεν παραγομένους ταὐτοχρόνως σπινθῆρας καθ' ὅλας τὰς διαλείψεις τῆς ταινίας. Τὸ φαινόμενον ἐξηγεῖται ἁπλούστατα, διότι ἐπὶ τῆς πλακὸς ἐνταῦθα τὰ διάφορα τμήματα τῆς ταινίας ἀποτελοῦσι σειρὰν ἀγωγῶν διακεκομμένων· ἠλεκτριζομένου λοιπὸν τοῦ πρώτου, ἠλεκτρίζεται ἐξ ἐπιδράσεως καὶ ὁ δεύτερος καὶ ὁ τρίτος κλπ. μέχρι τοῦ Β, καὶ ἅμα ἐκραγῇ ὁ σπινθὴρ μεταξὺ τοῦ πρώτου καὶ δευτέρου, τότε ἐκρήγνυται μεταξὺ ὅλων· ἐκ νέου δὲ πάλιν ἀμέσως ἠλεκτρίζονται καὶ πάλιν ἐκρήγνυνται οἱ σπινθῆρες καὶ τοῦτο ἐξακολουθεῖ ἐν ὅσῳ λειτουργεῖ ἡ ἠλεκτρομηχανή. Τὸ φαινόμενον εἶνε λαμπρότατον ἐν τῷ σκότει.

Εἰς τοὺς τοιούτους πίνακας δίδουσι διάφορα σχήματα, ἄλλοτε δὲ τοὺς κατασκευάζουσιν ὑπὸ μορφὴν σωλήνων κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΚΤΟΝ

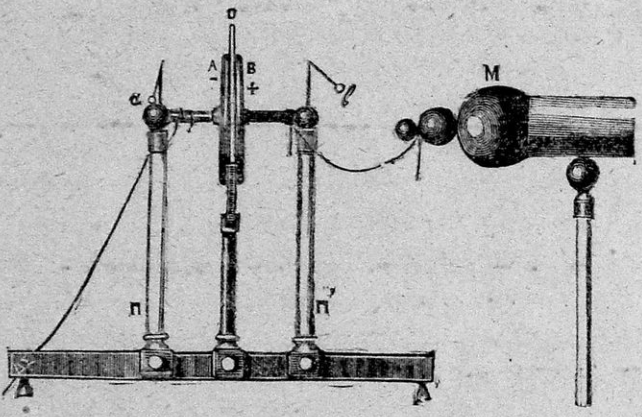
ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΑΙ

§ 27. **Ὁρισμός**. Καλοῦνται ἐν γένει *συμπυκνωταί*, συσκευαί, αἵτινες χρησιμεύουσιν ὅπως ἐπισωρεύωσιν ἐπὶ ἐπιφανειῶν σχετικῶς μικρῶν μεγάλας ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ. Πᾶς συμπυκνωτὴς συνίσταται κυρίως ἐκ δύο ἀγωγῶν σωμάτων ἀποκεχωρισμένων διὰ τρίτου τινὸς μονωτηρίου, δὲν διαφέρουσι δὲ πρὸς ἄλληλα τὰ διάφορα εἴδη τῶν συμπυκνωτῶν παρὰ κατὰ τὴν μορφὴν καὶ τὰς διαστάσεις τῶν μερῶν αὐτῶν. Τύπος τῶν συσκευῶν τούτων εἶνε ὁ συμπυκνωτὴς τοῦ Aepinus.

§ 28. **Συμπυκνωτὴς Aepinus** (Σχ. 25). Συνίσταται ἐκ δύο μεταλλικῶν δίσκων Α καὶ Β καὶ ἐκ μιᾶς ὑελίνης πλακὸς Γ, ἥτις τοὺς ἀποχωρίζει. Οἱ δίσκοι φέρουσι παραπλεύρως καὶ ἠλεκτρικὰ ἐκκρεμῆ α καὶ β ἐξηρτημένα δι' ἀγωγοῦ κανναβείου νήματος, στηρίζονται δ' ἐπὶ ὑελίνων ποδῶν Π καὶ Π', οἵτινες εἶνε μετακινητοὶ ἐπὶ τοῦ ὁριζοντίου ὑποστηρίγματος καὶ δύνανται οὕτω νὰ συμπλησιάσωσιν ἢ ν' ἀπομακρύνωσι τοὺς δίσκους ἀπὸ τῆς ὑελίνης πλακός.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὅπως πληρώσωμεν τὸν ἐκκενωτήν, συμπλησιάζομεν κατὰ πρῶτον τοὺς δύο ἀγωγοὺς ὥστε νὰ ἔλθωσιν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ὑελίνης πλακὸς καὶ κατόπιν συγκοινωνοῦμεν δι' ἀλύσεων τὸν μὲν ἕνα ἐξ αὐτῶν τὸν Β π. χ. μετὰ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς, τὸν δ' ἕτερον Α μετὰ τῆς γῆς. Ἡ μηχανὴ λειτουργοῦσα συνεχῶς παράγει ἠλεκτρισμὸν θετικόν, ὅστις διὰ τῆς ἁλύσεως



Σχ. 25.—Συμπυκνωτὴς τοῦ **Aepinus.**

διοχετεύεται εἰς τὸν ἀγωγὸν Β· ὁ ἠλεκτρισμὸς οὗτος τοῦ Β ἐπιδρῶν ἐπὶ τοῦ οὐδετέρου ρευστοῦ τοῦ ἀγωγοῦ Α ἀποσυνθέτει αὐτὸ καὶ ἀπωθεῖ μὲν πρὸς τὴν γῆν τὸν ὁμώνυμον θετικόν, ἕλκει δὲ πρὸς ἑαυτὸν τὸν ἑτερώνυμον ἀρνητικόν, ὅστις διὰ τοῦτο συσσωρεύεται ὅλος σχεδὸν ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ Α. Ἀλλὰ τότε καὶ οὗτος ἀνθέλκει πρὸς ἑαυτὸν τὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ Β καὶ συνεπῶς καὶ οὗτος συσσωρεύεται σχεδὸν σύμπας ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ Β, οὕτω δὲ νέα ποσότης θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐκ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς διοχετεύεται εἰς τὸν Β, ἥτις ἐνεργοῦσα κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἐπιφέρει τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, τουτέστι νέαν συμπύκνωσιν ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν ἐπιφανειῶν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν ἀγωγῶν δίσκων Α καὶ Β. Ἐπειδὴ δὲ ἕλκονται ἀμοιβαίως οἱ ἑτερώνυμοι οὗτοι ἠλεκτρισμοί, συγκρατοῦνται ἐπὶ τῆς ὑέλου καὶ δὲν δύνανται νὰ διασκορπισθῶσιν εἰς τὸν ἀέρα, οὕτω δ' ἐπισωρεύεται ἐφ' ἑκατέρου τῶν μεταλλικῶν δίσκων ποσότης ἠλεκτρισμοῦ πολὺ μείζων ἐκείνης, ἣν θὰ ἠδύνατο νὰ συγκρατήσῃ ἑκάτερος τούτων, ἐὰν κατ' ἰδίαν ἐτίθετο εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς.

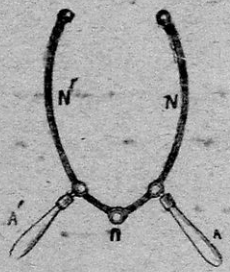
Ἐφ' ὅσον ἐξακολουθεῖ ἡ συμπύκνωσις, ἐπὶ τοσοῦτον τὸ ἐκκρεμὲς β ἀποκλίνει, ἐπὶ τέλους δὲ φθάνον μέγιστόν τι ὅριον ἀποκλίσεως μένει ἐκεῖ στάσιμον· τότε εἶνε φανερὸν ὅτι ἡ πύκνωσις ἔφθασεν εἰς τὸ ὅριον καὶ διακόπτομεν τὴν μετὰ τῆς γῆς καὶ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς συγκοινωνίαν, καὶ ἔχομεν οὕτω τὸν μὲν ἀγωγὸν Β διὰ θετικοῦ τὸν δὲ Α δι' ἀρνητικοῦ πεφορτισμένον. Παρατηροῦμεν δὲ τότε τὸ ἑξῆς περίεργον: ὅτι τὸ μὲν ἐκκρεμὲς α ἐξακολουθεῖ νὰ μένῃ κατακόρυφον, ἐνῷ τὸ β, τὸ ὁποῖον ἔπρεπε νὰ καταπέσῃ καὶ αὐτό, — διότι οἱ ἠλεκτρισμοὶ ἀμφοτέρων τῶν ἀγωγῶν ἕνεκα τῆς ἀμοιβαίας ἕλξεως ἐπισωρεύονται ἐπὶ τῶν ἀντικειμένων ἐπιφανειῶν τῆς ὑελίνης πλακὸς καὶ διαμένουσιν ἐν λανθανούσῃ καταστάσει —, τὸ ἐκκρεμὲς λοιπὸν β ἀποκλίνει καὶ νῦν ὀλίγον· τοῦτο δηλοῖ ὅτι ἡ ἐν τῷ Β ἠλεκτρικὴ ποσότης εἶνε ὑπερτέρα τῆς ἐν τῷ Α καὶ συνεπῶς μέρος αὐτῆς ὑπάρχει ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει. Ἂν δὲ κατόπιν ἀπομακρύνωμεν τοὺς δύο ἀγωγοὺς ἀρκούντως, ἀμφότερα τὰ ἐκκρεμῆ ἀποκλίνουσι τῆς κατακορύφου, διότι τότε μὴ ἑλκόμενοι πλέον ἀμοιβαίως οἱ δύο ἠλεκτρισμοὶ γίνονται ἐλεύθεροι καὶ διαχέονται ἐφ' ὁλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν.

Ἐκκένωσις τοῦ συμπυκνωτοῦ. Ἡ ἐκκένωσις τοῦ συμπυκνωτοῦ δύναται νὰ γίνῃ *ἢ βραδέως ἢ ἀκαριαίως*. Πρὸς βραδεῖαν ἐκκένωσιν ἐγγίζομεν διὰ τοῦ δακτύλου πρῶτον τὸν ἀγωγὸν Β καὶ ἀποσπῶμεν ἐξ αὐτοῦ σπινθῆρα, βλέπομεν δὲ τότε τὸ ἐκκρεμὲς β καταπίπτον, ἐνῷ τὸ α ἀποκλίνει, διότι νῦν ἐπὶ τοῦ Α ὑπάρ-

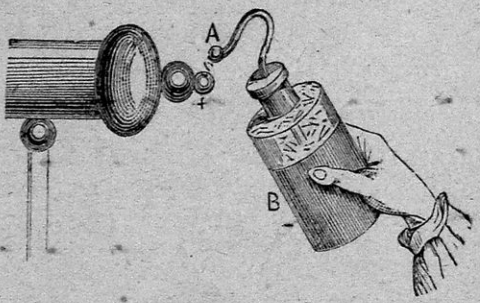
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χει ὑπεροχὴ ἠλεκτρισμοῦ· ἀκολούθως ἐγγίζομεν καὶ ἀποσπῶμεν σπινθῆρα ἐκ τοῦ Α καὶ καταπίπτει μὲν τὸ ἐκκρεμὲς αὐτοῦ ἀφίσταται δὲ τὸ τοῦ Β. Οὕτως ἐγγίζοντες ἐναλλὰξ τοὺς δύο ἀγωγοὺς ἀποσπῶμεν σειρὰν σπινθήρων ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀσθενεστέρων, μέχρις οὗ ἐπὶ τέλους ἐκκενωθῇ ἡ συσκευή, τοῦθ' ὅπερ ὅμως ἐὰν ὁ καιρὸς εἶνε ξηρὸς ἀπαιτεῖ μεγάλην χρονοτριβήν.

Πρὸς ταχεῖαν ἐκκένωσιν μεταχειριζόμεθα τὸν καλούμενον *ἐκκενωτήν* (Σχ. 26), ὅστις ἀποτελεῖται ἐκ δύο μεταλλικῶν τόξων Ν καὶ Ν′ συναπτομένων ἐν τῷ μέσῳ Π διὰ γιγγλύμου



Σχ. 26.—Ἐκκενωτής.



Σχ. 27.—Λουγδουνικὴ λάγυνος.

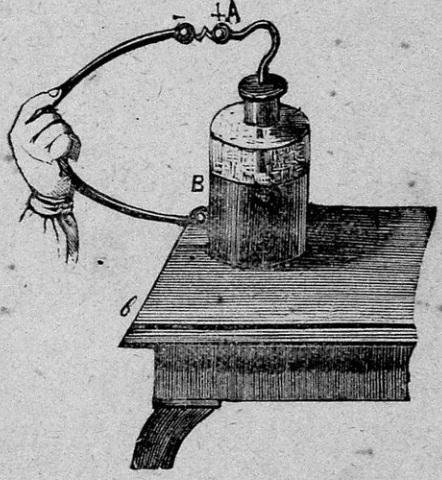
καὶ φερόντων συνήθως καὶ ὑελίνας λαβὰς Α καὶ Α′. Ἐφαρμόζομεν τὸ ἓν σφαιρίδιον τοῦ ἐκκενωτοῦ ἐπὶ τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ καὶ πλησιάζομεν βαθμηδὸν τὸ ἕτερον εἰς τὸν δεύτερον ἀγωγόν, τότε δὲ οἱ δύο ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ τῶν ἀγωγῶν ἑνοῦνται παράγοντες ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα.

§ 29. **Λουγδουνικὴ λάγυνος** (Σχ. 27). Ἡ λουγδουνικὴ λάγυνος εἶνε ὁ ἀρχαιότερος καὶ ὁ εὐχρηστότερος τῶν συμπυκνωτῶν, ἔλαβε δὲ τὸ ὄνομα ἐκ τῆς πόλεως, ἐν ᾗ τὸ πρῶτον ἐφευρέθη τῷ 1746 ὑπὸ τοῦ Musschenbrock ἢ τοῦ μαθητοῦ αὐτοῦ Cuneus. Σύγκειται ἐκ συνήθους ὑελίνης λαγύνου, ἥτις ἔξωθεν εἶνε περικεκαλυμμένη μέχρι σχεδὸν τοῦ λαιμοῦ διὰ φύλ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λου κασσιτέρου Β, ἔσωθεν δὲ φέρει φύλλα χρυσοῦ. Διὰ τοῦ πώματος αὐτῆς διέρχεται μεταλλικὸν στέλεχος, οὗτινος τὸ μὲν κατώτερον ἄκρον συγκοινωνεῖ μετὰ τῶν φύλλων τοῦ χρυσοῦ, τὸ δ' ἀνώτερον εἶνε ἐπικαμπὲς καὶ ἀπολήγει εἰς κομβίον Α· τὸ ἐξωτερικὸν κασσιτέρινον φύλλον καὶ τὰ ἔσω φύλλα τοῦ χρυσοῦ καλοῦνται *ὁπλισμοὶ* τῆς λαγύνου ὁ μὲν *ἐξωτερικὸς* ὁ δὲ *ἐσωτερικός*, ἀντιστοιχοῦσι δὲ πρὸς τοὺς δύο μεταλλικοὺς δίσκους τοῦ συμπυκνωτοῦ τοῦ Aepinus.

Πρὸς πλήρωσιν αὐτῆς συγκοινωνοῦμεν τὸν μὲν ἐξωτερικὸν αὐτῆς ὁπλισμὸν Β μετὰ τῆς γῆς εἴτε δι' ἀλύσεως εἴτε διὰ τῆς χειρὸς ἡμῶν, τὸν δ' ἐσωτερικὸν Α μετὰ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς, τότε δὲ ὁ μὲν ἐσωτερικὸς ὁπλισμὸς Α πληροῦται θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὁ δ' ἐξωτερικὸς Β ἀρνητικοῦ, δι' ὃν λόγον ἐξηγήσαμεν ἀνωτέρω εἰς τὰ περὶ τοῦ συμπυκνωτοῦ τοῦ Aepinus. Ἐὰν δὲ κρατήσωμεν διὰ τῆς χειρὸς τὸ κομβίον Α καὶ ἐγγίσωμεν τὸν κασσίτερον Β ἐπὶ τῆς ἠλεκτρομηχανῆς, τότε οὗτος θὰ πληρωθῇ θετικοῦ ὁ δὲ Α ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.



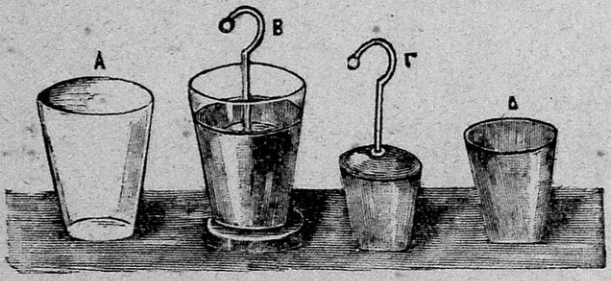
Σχ. 28.—Ἐκκένωσις τῆς λαγύνου.

Ἡ ἐκκένωσις τῆς λαγύνου γίνεται εἴτε *βραδέως* εἴτε *ἀκαριαίως* διὰ τοῦ ἐκκενωτοῦ, ἐὰν συγκοινωνήσωμεν διὰ τῶν δύο ἄκρων αὐτοῦ τοὺς δύο ὁπλισμοὺς τῆς φιάλης (Σχ. 28). Ἐὰν ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς φιάλης εἶνε μεγάλη, πρέπει νὰ μεταχειριζώμεθα ἐκκενωτὴν μὲ ὑελίνας λαβάς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Σημ. Καὶ ὅμως καὶ μετὰ τὴν ἀκαριαίαν ταύτην ἐκκένωσιν τόσον τῆς λαγύνου ὅσον καὶ τοῦ συμπυκνωτοῦ τοῦ Aepinus, δυνάμεθα ν' ἀποσπάσωμεν ἐξ αὐτῶν καὶ δεύτερον καὶ τρίτον καὶ πλείονας ἠλεκτρικοὺς σπινθῆρας ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀσθενεῖς. Τοῦτο δ' ἐξηγοῦσι παραδεχόμενοι ὅτι οἱ ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ οἱ ἐπὶ τῶν ἐκκενωτῶν δὲν διαμένουσιν ἐπὶ τῶν ὁπλισμῶν ἀλλὰ προσκολλῶνται ἐπὶ τῶν ἑκατέρωθεν ἐπιφανειῶν τῆς διαχωριζούσης τοὺς δύο ὁπλισμοὺς ὑελίνης πλακὸς καὶ μάλιστα εἰσδύει καὶ ἐντὸς αὐτῆς μέρος, τοῦτο δὲ μετὰ τὴν πρώτην ἐκκένωσιν διαχέεται βαθμηδὸν ἐκ τῆς ὑέλου εἰς τοὺς ἀγωγοὺς καὶ τοὺς ἐπιφορτίζει ἐκ νέου. Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου τούτου καταδεικνύεται διὰ τῆς καλουμένης διαλυτῆς λαγύνου.

§ 30. **Λάγυνος διαλυτή** (Σχ. 29). Ἡ λουγδουνικὴ διαλυτὴ ἢ μετὰ κινητῶν ὁπλισμῶν λάγυνος ἔχει τὰ διάφορα αὐτῆς μέρη κεχωρισμένα. Ὁ ἐξωτερικὸς ὁπλισμὸς Δ εἶνε ἀγγεῖον ὀρειχάλκινον κωνικόν, ἐντὸς δ' αὐτοῦ ἐφαρμόζει ἀκριβῶς ὑέλινον ἀγγεῖον Α καὶ ἐντὸς αὐτοῦ ἐφαρμόζει ἀκριβῶς τὸ ὀρειχάλκινον ἀγγεῖον Γ φέρον στέλεχος ἐπικαμπὲς καὶ ἀποτελοῦν τὸν ἐσωτερικὸν ὁπλισμόν. Το σχῆμα Α παριστᾷ τὴν λάγυνον συντεθειμένην.



Σχ. 29.—Λάγυνος διαλυτή.

Ἀφοῦ ἠλεκτρίσωμεν αὐτήν, ὅπως καὶ τὴν συνήθη λάγυνον, τὴν ἀποθέτομεν ἐπὶ μονωτηρίου ὑποστηρίγματος καὶ ἐκβάλλοντες πρῶτον τὸν ἐσωτερικὸν ὁπλισμὸν καὶ ἀκολούθως τὸ ὑέλινον δοχεῖον θέτομεν τὰ τρία κατὰ σειρὰν καὶ ἐγγίζοντες διὰ τῆς χειρὸς τόν τε ἐσωτερικὸν Γ καὶ τὸν ἐξωτερικὸν ὁπλισμὸν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Δ ἔχομεν αὐτοὺς εἰς οὐδετέραν κατάστασιν, τουτέστι μὴ φέροντας οὐδὲν ἴχνος ἠλεκτρισμοῦ. Καὶ ὅμως, ἂν συναρμόσωμεν ἐκ νέου τὰ μέρη τῆς λαγύνου καὶ ἀποτελέσωμεν αὐτὴν ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα Β καὶ θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν τοὺς δύο αὐτῆς ὁπλισμούς, θὰ ἴδωμεν ἀποσπώμενον σπινθῆρα· τοῦθ' ὅπερ δηλοῖ ὅτι ἡ ὕελος διετήρησεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτῆς μέρος ἠλεκτρισμῶν ἀντιθέτων, ὅπερ κατόπιν διαχέεται εἰς τοὺς ἀγωγούς.

§ 31. **Ἠλεκτρικαὶ συστοιχίαι.** Πολλαὶ λουγδουνικαὶ λάγυνοι ἔχουσι συνημμένους ἀφ' ἑνὸς μὲν τοὺς ἐσωτερικοὺς αὐτῶν ὁπλισμοὺς πρὸς ἀλλήλους ἀφ' ἑτέρου δὲ τοὺς ἐξωτερικοὺς ἀποτελοῦσιν ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ὴ ν σ υ σ τ ο ι χ ί α ν, τὴν ὁποίαν μεταχειριζόμεθα ὅπως συμπυκνώσωμεν μεγάλην ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ, διότι διὰ τῶν πολλῶν λαγύνων παρουσιάζει μεγάλην ἐπιφάνειαν. Αἱ λάγυνοι μιᾶς συστοιχίας εἶνε τεθειμέναι ἐντὸς κιβωτίου περιενδεδυμένου διὰ κασσιτερίνου φύλλου συνάπτοντος οὕτω τοὺς ἐξωτερικοὺς αὐτῶν ὁπλισμούς, διὰ μεταλλικῶν δὲ στελεχῶν συνάπτονται καὶ οἱ ἐσωτερικοὶ ὁπλισμοὶ πρὸς ἀλλήλους· μὲ τὸ κασσιτέρινον φύλλον τοῦ κιβωτίου συνάπτονται καὶ αἱ δύο μεταλλικαὶ λαβαὶ αὐτοῦ ἀποτελοῦσαι οὕτω τὸ ἄκρον τοῦ ἐξωτερικοῦ ὁπλισμοῦ.

Πληροῦμεν τὴν συστοιχίαν θέτοντες εἰς συγκοινωνίαν τὸν μὲν ἐσωτερικὸν αὐτῆς ὁπλισμὸν μετὰ τῆς ἠλεκτρικῆς μηχανῆς, τὸν δ' ἐξωτερικὸν μετὰ τῆς γῆς καὶ ἐκκενοῦμεν αὐτὴν δι' ἐκκενωτοῦ μὲ ὑελίνας λαβάς.

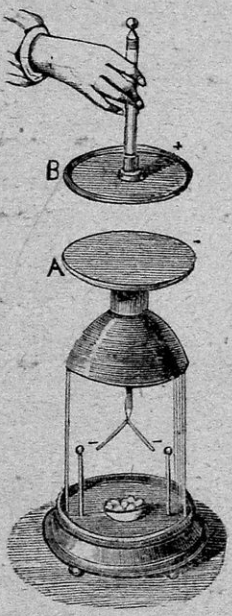
§ 32. **Φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως.** Ἐὰν εἷς ἄνθρωπος μεταχειρισθῇ ἑαυτὸν ὡς ἐκκενωτὴν τῆς λαγύνου, τουτέστιν ἐγγίσῃ διὰ μὲν τῆς μιᾶς χειρὸς αὐτοῦ τὸν ἐξωτερικὸν ὁπλισμὸν διὰ δὲ τῆς ἑτέρας τὸν ἐσωτερικόν, τότε ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις γίνεται διὰ τῶν βραχιόνων καὶ τοῦ σώματος τοῦ πειραματιζομένου ἐπιφέρουσα τιναγμοὺς εἰς τὰς ἀρθρώσεις ἰδίᾳ τῶν χειρῶν, οἵτινες εἶνε ἐπὶ τοσοῦτον ἰσχυρότεροι ὅσῳ μείζων ἡ ἐπιφόρτισις τῆς λαγύνου. Λίαν δὲ ἰσχυρὰ ἐκκένωσις διαβιβαζομένη διὰ τοῦ σώματος ἀνθρώπου ἢ ζῴου ἐπιφέρει οὐ μόνον ζωηρότατον καὶ ὀδυνηρὸν τιναγμὸν ἀλλὰ καὶ ἀναισθησίαν ἢ παράλυσιν ἢ καὶ αὐτὸν τὸν θάνατον.

Πολλοὶ ἄνθρωποι ὁμοῦ δύνανται νὰ δεχθῶσι τὴν ἐκκένωσιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λαγύνου ἢ μικρᾶς συστοιχίας σχηματίζοντες ἄλυσιν κυκλοτερῆ διὰ τῶν χειρῶν αὐτῶν καὶ ἐγγίζοντες ὁ μὲν πρῶτος τὸν ἕνα ὀπλισμόν, ὁ δὲ τελευταῖος τὸν ἕτερον τῆς συστοιχίας.

§ 33. **Συμπυκνωτικὸν ἠλεκτροσκόπιον** (Σχ.30). Τὸ ὄργανον τοῦτο διαφέρει τοῦ κοινοῦ ἠλεκτροσκοπίου διὰ φύλλων χρυσοῦ, καθ' ὅτι φέρει καὶ δύο συμπυκνωτικοὺς δίσκους, χρησιμεύει δὲ ὅπως καθιστᾷ αἰσθητὰς καὶ ἐλαχίστας ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ κατώτερος δίσκος Α ὁ *ἠλεκτρολήπτης ἢ συνάπτων* δίσκος κοχλιοῦται εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ φέροντος τὰ φύλλα τοῦ χρυσοῦ χαλκίνου στελέχους, ὁ δὲ ἀνώτερος Β, ὁ *πυκνῶν* δίσκος φέρει ὑελίνην λαβήν, ἀμφότεροι δὲ εἶνε ἐπικεχρισμένοι διὰ λακκείου κόμμεος ὥστε ἐπιτιθέμενοι νὰ χωρίζωνται ἀπ' ἀλλήλων ἠλεκτρικῶς.



Σχ.30.—Συμπυκνωτικὸν ἠλεκτροσκόπιον.

Θέτομεν εἰς συγκοινωνίαν τὸ σῶμα, ἐφ' οὗ πρόκειται νὰ ἐξελέγξωμεν τὴν ὕπαρξιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, μετὰ τοῦ δίσκου Α συνάπτοντες συγχρόνως τὸν δίσκον Β ἠλεκτρικῶς μετὰ τῆς γῆς. Τότε ὁ ἠλεκτρισμὸς τοῦ σώματος διαχεόμενος ἐπὶ τοῦ συνάγοντος δίσκου Α ἠλεκτρίζει ἐξ ἐπιδράσεως ἑτερωνύμως καὶ τὸν Β, καὶ τοῦτο ἐπαναλαμβάνοντες πολλάκις συλλέγομεν τὸν μὲν ἕνα ἠλεκτρισμὸν ἐπὶ τοῦ Α τὸν δ' ἕτερον ἐπὶ τοῦ Β, ὅπως καὶ εἰς τοὺς συμπυκνωτάς, ἕνεκα δὲ τῆς ἀμοιβαίας ἕλξεως διαμένουσιν οὗτοι ἐν λανθανούσῃ καταστάσει. Εὐθὺς ὅμως ὡς ἄρωμεν τὸν ἀνώτερον δίσκον Β, τὰ φύλλα τοῦ χρυσοῦ διίστανται, διότι ἤδη ὁ τοῦ Α ἠλεκτρισμὸς διαχέεται καὶ ἐπ' αὐτῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΟΣ
Ἢ
ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ, ΑΝΑΚΑΛΥΨΙΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΟΥ

§ 34. **Ἱστορικὸν τῆς ἀνακαλύψεως τοῦ γαλβανισμοῦ.** *Πειράματα Γαλβάνη.* Εἰς τὸν Γαλβάνην, καθηγητὴν τῆς ἀνατομικῆς ἐν Βολωνίᾳ ὀφείλεται τὸ θεμελιῶδες πείραμα, δι' οὗ ἀνεκαλύφθη ὁ *δυναμικὸς ἠλεκτρισμὸς* ἢ *γαλβανισμὸς* πρὸς τιμὴν αὐτοῦ ἐπικληθείς. Ἀπὸ πολλῶν ἐτῶν καταγινόμενος εἰς πειράματα πρὸς σπουδὴν τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς νευρικῆς ἐρεθιστότητος τῶν ζώων παρετήρησε τῷ 1786 ὅτι τιθεμένων εἰς συγκοινωνίαν διὰ μεταλλικοῦ τόξου τῶν ψοϊκῶν νεύρων βατράχου μετὰ τῶν μυῶν τῆς κνήμης αὐτοῦ, οὗτοι συνεστέλλοντο καὶ συνεταράσσοντο ζωηρῶς. Ὁ Γαλβάνης, ὅστις ἀπὸ τοῦ 1870 εἶχεν ἐπιτύχει διὰ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῶν ἠλεκτρομηχανῶν ἀναλόγους συγκλονισμοὺς ἐπὶ τεθνεώτων βατράχων, ἀπέδωκε τὸ φαινόμενον εἰς τὴν ἐνέργειαν *ἠλεκτρισμοῦ ἐνυπάρχοντος ἐν τῷ σώματι τοῦ ζώου*, ὅπερ παρωμοίαζε πρὸς λουγδουνικὴν λάγυνον, ἧς τὰ μὲν νεῦρα ἀπετέλουν τὸν ἐσωτερικόν, οἱ δὲ μῦς τὸν ἐξωτερικὸν ὁπλισμόν· ὅτι δὲ τὸ μεταλλικὸν τόξον ἐχρησίμευεν ἁπλῶς ὡς ἐκκενωτὴς πρὸς παραγωγὴν τῆς συνενώσεως τῶν δύο ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν. Τὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦτον ὁ Γαλβάνης ὠνόμασε *ζωϊκὸν ρευστὸν ἢ ζωϊκὸν ἠλεκτρισμόν*, ἕτεροι δὲ *γαλ-*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βαπισμόν (Βλέπε κατωτέρω εἰς τὰ Φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα). Πλεῖστοι ἐκ τῶν φυσιολόγων παρεδέχθησαν τὴν θεωρίαν τοῦ Γαλβάνη, ἀλλ' ὅμως ἔσχεν αὕτη καὶ πολλοὺς τοὺς κατ' αὐτῆς, μεταξὺ τῶν ὁποίων ὁ κυριώτερος πολέμιος ὑπῆρξεν ὁ Βόλτας, καθηγητὴς τότε τῆς Φυσικῆς ἐν Παυίᾳ, λίαν δὲ γνωστὸς ἄλλως ἐκ τῆς ἐφευρέσεως τοῦ ἠλεκτροφόρου, τοῦ συμπυκνωτικοῦ ἠλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ εὐδιομέτρου.

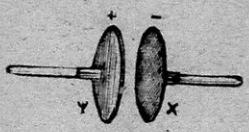
§ 35. **Πειράματα Βόλτα.** *Θεωρία ἐπαφῆς.* Ὁ Βόλτας ἔστρεψε τὴν προσοχὴν αὐτοῦ οὐχὶ εἰς τὰ νεῦρα καὶ εἰς τοὺς μῦς τοῦ βατράχου, ὅπως ὁ Γαλβάνης, ἀλλ' εἰς τὰ μέταλλα, ἅτινα ἐχρησίμευον πρὸς ἀποκατάστασιν τῆς συγκοινωνίας καὶ ἀπέδωκε τὴν ἀρχικὴν αἰτίαν τοῦ φαινομένου εἰς τὰ μέταλλα ταῦτα, στηριζόμενος πρὸς τοῦτο εἰς τὴν ἑξῆς παρατήρησιν: ὅτι ἡ συστολὴ τῶν μυῶν τοῦ βατράχου εἶνε κατὰ πολὺ ἰσχυροτέρα, ὅταν τὸ μεταλλικὸν τόξον σύγκειται ἐκ δύο ἑτερογενῶν μετάλλων παρὰ ἐξ ἑνὸς μόνου. Παρεδέχθη λοιπὸν ὁ Βόλτας: 1ον ὅτι ἕνεκα τῆς *ἐπαφῆς* τῶν δύο ἑτερογενῶν μετάλλων ἀνεπτύσσετο ἠλεκτρισμός· 2ον ὅτι τὰ ὄργανα τοῦ βατράχου ἐχρησίμευον ὡς ἁπλοῦς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ συγχρόνως ὡς ἠλεκτροσκόπιον λίαν εὐπαθές, δι' ὧν κατεδηλοῦτο ἡ ὕπαρξις τοῦ ἀναπτυσσομένου ἠλεκτρισμοῦ. Τῇ βοηθείᾳ δὲ τοῦ ὑπ' αὐτοῦ ἐπινοηθέντος συμπυκνωτικοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἐπεχείρησε πολυάριθμα πειράματα, ὅπως ἀποδείξῃ τὴν θεωρίαν αὐτοῦ, ἥτις ἐκλήθη *θεωρία τῆς ἐπαφῆς*.

Κατὰ ταύτην διὰ τῆς ἐπαφῆς δύο ἑτερογενῶν μετάλλων ἀναπτύσσεται δύναμίς τις καλουμένη *ἠλεκτρεγερτική*, ἥτις ἀναλύει τὸ φυσικὸν ρευστὸν τῶν μετάλλων καὶ ὡς ἐκ τούτου ἠλεκτρίζεται τὸ μὲν ἓν τούτων θετικῶς, τὸ δ' ἕτερον ἀρνητικῶς· π. χ. κατὰ τὴν ἐπαφὴν ψευδαργύρου καὶ λευκοχρύσου τὸ α' ἠλεκτρίζεται θετικῶς καὶ τὸ β' ἀρνητικῶς· κατὰ τὴν ἐπαφὴν μολύβδου καὶ χρυσοῦ τὸ α' ἠλεκτρίζεται θετικῶς καὶ τὸ β' ἀρ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νητικῶς. Οὐ μόνον δὲ κατὰ τὴν ἐπαφὴν δύο ἑτερογενῶν μετάλλων ἀλλὰ καὶ κατὰ τὴν ἐπαφὴν μετάλλου καὶ ὑγροῦ, οἷον ψευδαργύρου καὶ θειϊκοῦ ὀξέος, πάλιν ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ἕνεκα τῆς ὁποίας τὸ μὲν ὑγρὸν ἠλεκτρίζεται θετικῶς, ὁ δὲ ψευδάργυρος ἀρνητικῶς, οἱ δὲ ἀντίθετοι οὗτοι ἠλεκτρισμοὶ εἶνε διαφόρου τάσεως. Ἡ ἔντασις τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως εἶνε διάφορος κατὰ τὰς διαφόρους ἐν ἐπαφῇ οὐσίας. Εἶνε πολλῷ ἰσχυροτέρα μεταξὺ τῶν μετάλλων ἢ μεταξὺ τῶν ἄλλων οὐσιῶν. Καὶ μεταξὺ δὲ αὐτῶν τῶν μετάλλων εἶνε πολὺ διάφορος· οὕτω κατὰ τὴν ἐπαφὴν ψευδαργύρου καὶ κασσιτέρου ἡ ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶνε πολλῷ ἀσθενεστέρα τῆς κατὰ τὴν ἐπαφὴν τοῦ ψευδαργύρου μετὰ χαλκοῦ.

Δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν τὸ ἑξῆς ἁπλούστατον πείραμα, ἵνα καταδείξωμεν ὅτι ἡ ἐπαφὴ τῶν ἑτερογενῶν μετάλλων γίνεται πρόξενος παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ: Λαμβάνομεν δύο μεταλλικοὺς δίσκους (Σχ. 31), τὸν ἕνα ἐκ ψευδαργύρου καὶ τὸν ἕτερον ἐκ χαλκοῦ, εὑρισκομένους εἰς οὐδετέραν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν, καὶ κρατοῦντες αὐτοὺς δι' ἀπομονωτικῶν λαβῶν τοὺς θέτομεν εἰς ἐπαφὴν καὶ κατόπιν τοὺς ἀποχωρίζομεν. Θὰ εὕρωμεν τότε πειρώμενοι ὅτι ἀμφότεροι εἰσὶν ἠλεκτρισμένοι, ὁ μὲν ψευδάργυρος θετικῶς, ὁ δὲ χαλκὸς ἀρνητικῶς καὶ ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ ἐπιφόρτισις εἶνε ἀνάλογος τῆς ἐκτάσεως τῶν ἐπιφανειῶν τῶν δίσκων.



Σχ. 31.—Ἀνάπτυξις ἠλεκτρισμοῦ δι' ἐπαφῆς.

Ἐκ τῶν θεωριῶν δὲ τούτων ὁρμώμενος ὁ Βόλτας ἐπενόησε καὶ κατεσκεύασε τὴν φερώνυμον αὐτοῦ *ἠλεκτρικὴν στήλην*, συνισταμένην ἐκ πολλῶν ζευγῶν ἐξ ἑτερογενῶν μετάλλων χωριζομένων διὰ πανίων βεβρεγμένων διὰ θειϊκοῦ ὀξέος· ὁ δι' αὐτῆς παραγόμενος ἠλεκτρισμὸς ὠφείλετο κατὰ τὸν Βόλταν

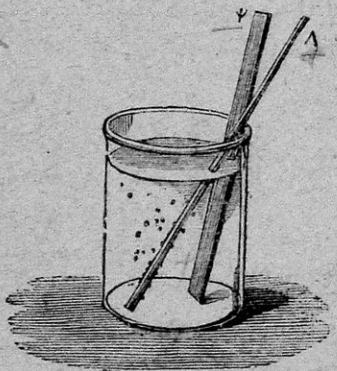
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς τὴν ἐπαφὴν τῶν μετάλλων μετὰ τοῦ ὀξέος, ἀναπτυσσομένης, καθ' ἃ ἐξηγήσαμεν ἀνωτέρω, διὰ τῆς τοιαύτης ἐπαφῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἀποσυνθετούσης τὸ οὐδέτερον ρευστὸν εἰς θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν (βλ. παράγρ. 39).

§ 36. **Ἠλεκτροχημικὴ θεωρία.** Καὶ διὰ τῆς θεωρίας τοῦ Βόλτα ἐξηγοῦνται τὰ φαινόμενα τοῦ δυναμικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, περὶ ὧν γενήσεται λόγος ἐν τῷ βιβλίῳ τούτῳ, ἀλλ' ὅμως οἱ πλεῖστοι τῶν φυσικῶν σήμερον παρεδέχθησαν ἑτέραν θεωρίαν, τὴν καλουμένην *χημικὴν θεωρίαν*, ἥτις τείνει νὰ ἐπικρατήσῃ μόνη ἐν τῇ ἐξηγήσει τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων. Θεμελιωτὴς ταύτης ὑπῆρξεν ὁ Fabroni, σύγχρονος τοῦ Βόλτα, ἀνέπτυξαν δ' αὐτὴν κατόπιν δι' ἀξιολόγων πειραμάτων καὶ παρατηρήσεων ὁ Wollaston, ὁ Davy, ὁ Becquerel κλπ.

Ἠλεκτρισμὸς διὰ χημικῆς δράσεως, νόμος τοῦ Becquerel.

Ἐὰν ἐντὸς ποτηρίου ἐμπεριέχοντος θειϊκὸν ὀξὺ προαραιωθὲν διὰ δεκαπλασίου ὕδατος ἐμβαπτίσωμεν ἔλασμα Ψ ἐκ ψευδαργύρου (Σχ. 32) καὶ ἐκ παραλλήλου δεύτερον ἔλασμα Λ ἐκ λευκοχρύσου ἢ ἐκ χαλκοῦ (καὶ ἐν γένει ἐξ οἱουδήποτε σώματος μὴ προσβαλλομένου ὑπὸ τοῦ ὀξέος ἢ προσβαλλομένου ὀλιγώτερον παρ' ὅσον ὁ ψευδάργυρος), καὶ συνάψωμεν πρὸς ἄλληλα τὰ δύο ἐλάσματα εἴτε ἐντὸς εἴτε ἐκτὸς τοῦ ὑγροῦ, παρατηροῦμεν ὅτι ἀμέσως ἄρχεται χημική τις δρᾶσις. Τὸ ὀξὺ ἐπιδρῶν ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου διαλύει αὐτόν, ὑδρογόνον δ' ἐκλύεται ἐκ τοῦ ἐλάσματος τοῦ λευκοχρύσου. Ἀλλὰ συγχρόνως παρατηροῦμεν ὅτι διαρκούσης τῆς χημικῆς δράσεως παράγεται ἠλεκτρισμὸς θε-



Σχ. 32.—Ἀνάπτυξις ἠλεκτρισμοῦ διὰ χημ. δράσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τικος καὶ ἀρνητικὸς καὶ ὁ μὲν ἀρνητικὸς ἀναφαίνεται ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, ὁ δὲ θετικὸς ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, ἐξ οὗ φέρεται πρὸς τὸ ἔλασμα τοῦ λευκοχρύσου. Τὴν παρουσίαν τῶν ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν, ἤτοι τοῦ ἀρνητικοῦ μὲν ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου τοῦ θετικοῦ δ' ἐπὶ τοῦ λευκοχρύσου, δυνάμεθα νὰ καταδείξωμεν ὡς ἑξῆς:

Διὰ τοῦ συμπυκνωτικοῦ ἠλεκτροσκοπίου, συνάπτομεν τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου Ψ μετὰ τῆς κατωτέρας συναγούσης πλακὸς Α (Σελ.47 σχ.30) τοῦ ἠλεκτροσκοπίου καὶ συγχρόνως θέτομεν εἰς συγκοινωνίαν τὴν ἀνωτέραν πλάκα αὐτοῦ Β καὶ τὸ ἔλασμα τοῦ λευκοχρύσου μετὰ τῆς γῆς· αἴροντες δ' ἀκολούθως τὴν ἀνωτέραν πλάκα παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα τοῦ χρυσοῦ ἀποκλίνουσι. Τοῦθ' ὅπερ σημαίνει ὅτι ἡ συνάγουσα πλὰξ Α ἔλαβεν ἠλεκτρισμόν, τὸν ὁποῖον ἐξελέγχοντες διὰ τῶν μέσων, ἅπερ γνωρίζομεν, εὑρίσκομεν ὅτι εἶνε *ἀρνητικός*. Ἐὰν δὲ τοὐναντίον συγκοινωνήσωμεν τὸν λευκόχρυσον μὲν μετὰ τῆς συναγούσης πλακὸς Α τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, τὸν δὲ ψευδάργυρον μετὰ τοῦ ἐδάφους, θὰ ἀνεύρωμεν, πειρώμενοι ὡς ἀνωτέρω, ὅτι ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ὑπάρχει νῦν ἠλεκτρισμὸς *θετικός*. Συνάγομεν ὅθεν ὅτι κατὰ τὴν χημικὴν δρᾶσιν τοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου τὸ μὲν μέταλλον ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς, τὸ δὲ ὀξὺ καὶ ἐξ αὐτοῦ ὁ λευκόχρυσος θετικῶς· Τὸ συμπέρασμα τοῦτο εἶνε μερικὴ περίπτωσις τοῦ νόμου τοῦ Becquerel, ὅστις ἀσχοληθεὶς ἐπὶ τοῦ ζητήματος τῆς ἀναπτύξεως ἠλεκτρισμοῦ συνεπείᾳ χημικῆς δράσεως διὰ πολλῶν πειραμάτων εὗρε τὸν ἑξῆς νόμον.

Κατὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν ὀξέος ἐπὶ βάσεως ἢ σώματος προσφερομένου ὡς βάσεως τὸ μὲν ὀξὺ ἠλεκτρίζεται θετικῶς, ἡ δὲ βάσις ἀρνητικῶς.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω, ἴδωμεν νῦν πῶς ἀναπτύσσεται τὸ καλούμενον *ἠλεκτρικὸν ρεῦμα* καὶ πῶς ἐξηγεῖται ἡ παραγωγὴ αὐτοῦ διὰ τῆς χημικῆς θεωρίας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

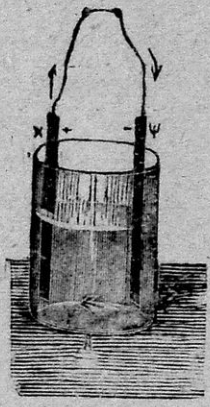
§ 37. **Ἠλεκτροχημικὸν ζεῦγος** (Σχ. 33). Τὸ ἠλεκτροχημικὸν ζεῦγος εἶνε σύστημα ἀποτελούμενον ἐκ δύο ἑτερογενῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων, ἐμβεβαπτισμένων ἐντὸς ὑγροῦ, ὅπερ ἐπιδρᾷ χημικῶς ἐπὶ τοῦ ἑνὸς ἐξ αὐτῶν, ἐπὶ δὲ τοῦ ἑτέρου ἢ οὐδόλως ἢ ἀσθενέστερον. Τὰ συνηθέστερα ἠλεκτροχημικὰ ζεύγη φέρουσιν ἐλάσματα ἐκ ψευδαργύρου καὶ χαλκοῦ, τὰ ὁποῖα καταδύονται ἐντὸς ἀραιοῦ θειικοῦ ὀξέος, σύρμα δὲ μεταλλικὸν συνάπτει ἐξωτερικῶς τὰ δύο ἐλάσματα. Οὕτω συνισταμένου τοῦ ζεύγους δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα : Ἐὰν διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν εἴς τι σημεῖον τοῦ σύρματος καὶ προσεγγίσωμεν τὰ ἀποκοπέντα ἄκρα, βλέπομεν παραγόμενον μικρὸν σπινθῆρα, ὅμοιον καθ' ὅλα πρὸς τὸν παραγόμενον διὰ συνήθους ἠλεκτρομηχανῆς καὶ κεκτημένον τὰς αὐτὰς ἰδιότητας· ἐὰν τὰ ἄκρα τῶν συρμάτων ἐπακουμβήσωμεν ἐπὶ τῆς γλώσσης ἡμῶν, αἰσθανόμεθα νυγμόν τινα καὶ γεῦσιν ὑφάλμυρον· ἐὰν ἐμβαπτίσωμεν αὐτὰ ἐντὸς μικροῦ δοχείου περιέχοντος διάλυσιν ἰωδιούχου καλίου, τὸ ἄλας ἀποσυντίθεται· ἐὰν δὲ συνδέσωμεν καὶ πάλιν τὸ σύρμα καὶ παραθέσωμεν αὐτὸ παραλλήλως μαγνητικῇ βελόνῃ, δυναμένῃ νὰ στραφῇ ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα, βλέπομεν αὐτὴν ἐκτρεπομένην τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας.

Πάντα ταῦτα εἶνε προφανῆ ἀποτελέσματα ἠλεκτρικοῦ ρεύστου, ὅπερ ἀναπτυσσόμενον ἐν τῷ κύτει τοῦ ζεύγους μεταδίδεται διὰ τοῦ σύρματος ἐξωτερικῶς ἀπὸ τῆς μιᾶς εἰς τὴν ἑτέραν πλάκα καὶ ἀποτελεῖ τὸ καλούμενον *ἠλεκτρικὸν ρεῦμα*.

Κατὰ τὴν χημικὴν θεωρίαν ἡ παραγωγὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Κατὰ τὴν ἐμβάπτισιν τῶν δύο πλακῶν ἐντὸς τοῦ ἀραιοῦ θειϊκοῦ ὀξέος, τὸ ὀξύ, ὡς καὶ ἀνωτέρω εἴπομεν, ἐπιδρῶν χημικῶς ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου Ψ ἑνοῦται μετ' αὐτοῦ σχηματίζον θειϊκὸν ψευδάργυρον, ἐνῷ ὑδρογόνον ἐλεύθερον ἐκλύεται· ἡ δὲ χημικὴ αὕτη δρᾶσις γίνεται πρόξενος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀναπτύξεως ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἥτις ἠλεκτρίζει ἀρνητικῶς μὲν τὸν ψευδάργυρον, *θετικῶς* δὲ τὸ ὕδωρ, ἐξ οὗ φέρεται ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς εἰς τὴν πλάκα τοῦ χαλκοῦ Χ. Ἐπειδὴ δὲ τὸ σύρμα συνάπτει ἠλεκτρικῶς τὰς δύο πλάκας, οἱ ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ ὁδεύουσι διὰ τοῦ σύρματος καὶ ἑνοῦνται πρὸς ἀλλήλους παράγοντες οὐδέτερον ρευστόν. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ χημικὴ δρᾶσις ἐξακολουθεῖ, διὰ τοῦτο νέαι ποσότητες ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν παράγονται, οἵτινες ἐπίσης ὁδεύουσι διὰ τοῦ σύρματος καὶ συνενοῦνται, καὶ πάλιν νέαι ποσότητες παράγονται καὶ πάλιν συνενοῦνται καὶ αὐταὶ τὸ καθ' ἑαυτὰς καὶ τοιουτοτρόπως, ἐφ' ὅσον ὑπάρχει ὀξὺ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ λαμβάνει χώραν χημικὴ δρᾶσις, θὰ ἀναπτύσσηται *ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις* κατὰ τὴν ἐπαφὴν τοῦ ὀξυμιγοῦς ὕδατος μετὰ τοῦ ψευδαργύρου, ἥτις οἱονεὶ πηγὴ ἠλεκτροπαραγωγικὴ θὰ παράγῃ ὁλονὲν νέας ποσότητας ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν ὁδευόντων κατ' ἀντιθέτους φορὰς καὶ ἑνουμένων πρὸς ἀλλήλους διὰ τοῦ σύρματος. Οὕτω λαμβάνει χώραν συνεχὴς κίνησις καὶ συνένωσις τῶν ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν διὰ τοῦ σύρματος καὶ ἀποτελεῖ τὸ *ἠλεκτρικὸν ρεῦμα*.



Σχ. 33.—Ἠλεκτροχημικὸν ζεῦγος.

Τὰ δύο ἑτερογενῆ ἐλάσματα τοῦ *ἠλεκτροχημικοῦ ζεύγους* ἢ *ἠλεκτρικοῦ στοιχείου* καλοῦνται *πόλοι*, *ἀρνητικὸς* μὲν ὁ ψευδάργυρος, ὅστις εἶνε ἐνταῦθα τὸ ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ προσβαλλόμενον μέταλλον, διόπερ καὶ ἐνεργὸν μέταλλον καλεῖται, *θετικὸς* δὲ ὁ χαλκὸς ἢ ὁ λευκόχρυσος, ὅστις εἶνε τὸ ἀδρανὲς μέταλλον, διότι δὲν προσβάλλεται ἢ προσβάλλεται ὀλιγώτερον ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ. Τὸ μεταλλικὸν σύρμα, ὅπερ συνάπτει ἔξωθεν τοὺς πόλους κα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λεῖται *ἀγωγὸς ἢ ροηφόρος*. Ἡ δὲ ἄλυσις ἡ ἀποτελουμένη ἐκ τῶν πλακῶν, τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ ροηφόρου καλεῖται *κύκλωμα*, ὅπερ λέγομεν *κλειστὸν* μὲν ὅταν ὁ ροηφόρος συνάπτῃ τὰς δύο πλάκας καὶ παρέχει οὕτω τὸ μέσον τῆς διαβάσεως καὶ κυκλοφορίας τοῦ ρεύματος, *ἀνοικτὸν* δέ, ὅταν ὑπάρχῃ διακοπὴ εἰς τὸν ἀγωγὸν ἢ εἰς τὸ κύκλωμα ἐν γένει, ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ μὴ δύναται νὰ διέλθῃ.

— Ὅταν τὸ στοιχεῖον εἶνε ἐν ἐνεργείᾳ, εἰδόμεν ὅτι οἱ ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ ὁδεύουσι κατ' ἀντιθέτους φορὰς πρὸς τὰ ἔξω, ἤτοι ὁ μὲν ἀρνητικὸς ἐκ τοῦ ψευδαργύρου, ὁ δὲ θετικὸς ἐκ τοῦ χαλκοῦ καὶ ἑνοῦνται διὰ τοῦ ροηφόρου· ἀλλ' ὅμως κατὰ συνθήκην παραδέχονται ὅτι τὸ ρεῦμα ὁδεύει κατὰ μίαν ὡρισμένην διεύθυνσιν, ἤτοι ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν ἐσωτερικῶς διὰ τοῦ ὑγροῦ. Ὥστε κατὰ ταῦτα θεωροῦμεν τὸ ρεῦμα ἀρχόμενον ἐκ τῶν σημείων τῆς ἐπαφῆς τοῦ ὑγροῦ μετὰ τοῦ ψευδαργύρου καὶ ἐκεῖθεν φερόμενον διὰ τοῦ ὑγροῦ εἰς τὸν χαλκόν, καὶ ἐκ τοῦ χαλκοῦ ἐξωτερικῶς εἰς τὸν ροηφόρον καὶ εἰς τὴν πλάκα τοῦ ψευδαργύρου, ὡς δεικνύουσι τὰ βέλη (σχ. 33).

Παρατήρησις. Εἰς τὸ ἠλεκτροχημικὸν ζεῦγος, ἐὰν μεταχειρισθῶμεν χημικῶς καθαρὸν ψευδάργυρον, τότε χημικὴ δρᾶσις δὲν λαμβάνει χώραν, παρὰ μόνον ὅταν τὸ κύκλωμα εἶνε κλειστόν, καὶ συνεπῶς ἅπας ὁ συνεπείᾳ τῆς χημικῆς ἐνεργείας παραγόμενος ἠλεκτρισμὸς διέρχεται διὰ τοῦ ροηφόρου. Ἐὰν ὅμως ὁ ψευδάργυρος εἶνε ἀγοραῖος, τότε προσβάλλεται καὶ διαλύεται ὑπὸ τοῦ ὀξέος καὶ ὅταν τὸ κύκλωμα εἶνε ἀνοικτόν, τοῦθ' ὅπερ εἶνε ἀσύμφορον διὰ τὸν σκοπὸν τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου. Ἔπρεπε λοιπὸν νὰ γίνηται χρῆσις ἀποκλειστικὴ χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου, τοῦθ' ὅπερ ὅμως θὰ ἦτο λίαν δαπανηρόν. Ἀλλὰ τὸ πρᾶγμα διωρθώθη διὰ τῆς ἀνακαλύψεως ὅτι καὶ ὁ ἀγοραῖος ψευδάργυρος κτᾶται τὰς ἰδιότητας τῆς χημικῶς καθαροῦ, διὰ τὴν προκειμένην χρῆσιν ἐννοεῖται, ὅταν ἐφυδραργυρωθῇ, ἤτοι ὅταν προστριβῇ καταλλήλως δι' ὑδραργύρου ἢ ἁλατός τινος αὐτοῦ, ὥστε νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ λεπτὸν στρῶμα κράματος ὑδραργύρου καὶ ψευδαργύρου· καὶ ἤδη μεταχειρίζονται γενικῶς διὰ τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα ψευδάργυρον ἐφυδραργυρωμένον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ἐφυδραργύρωσις τῶν ψευδαργύρων δύναται νὰ γίνῃ κατὰ πολλοὺς τρόπους: Χύνομεν ἐντὸς ἀγγείου ἀρκοῦσαν ποσότητα ὑδραργύρου καὶ ἐπ' αὐτοῦ ὑδροχλωρικὸν ὀξύ, ὑφ' οὗ δὲν προσβάλλεται οὗτος, καὶ καταβυθίζομεν ἐντὸς αὐτοῦ τὰ τεμάχια τοῦ ψευδαργύρου βραδέως καὶ ἐπανειλημμένως, μέχρις οὗ λάβωσι μεταλλικὴν ὄψιν καὶ ἀκολούθως ἐκπλύνομεν αὐτὰ δι' ἀφθόνου ὕδατος. Ὅταν ὅμως δὲν εἶναι ἀρκοῦσα ἡ ποσότης τοῦ ὑδραργύρου ὥστε νὰ δυνάμεθα νὰ καταδύσωμεν εἰς αὐτὸν τὰ τεμάχια τοῦ ψευδαργύρου, τότε λαμβάνομεν 12 μέρ. βάρ. ὑδραργύρου καὶ ἐπ' ἐπ' αὐτοῦ ἐπιχύνομεν μῖγμα 15 μερῶν νιτρικοῦ ὀξέος καὶ 45 μερ. ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος, δι' οὗ μετά τινας στιγμὰς διαλύεται τελείως ὁ ὑδράργυρος καὶ ἀκολούθως προσθέτομεν εἰς τὸ διάλυμα ἕτερα 60 μέρη ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος. Εἰς τὸ οὕτως ἀποτελούμενον διάλυμα ἐμβαπτίζομεν τοὺς ψευδαργύρους καὶ ἐκπλύνοντες κατόπιν δι' ἀφθόνου ὕδατος ἔχομεν αὐτοὺς ἐφυδραργυρωμένους. Τὰς ἐπιπέδους πλάκας τοῦ ψευδαργύρου δυνάμεθα εὐχερῶς νὰ ἐφυδραργυρώσωμεν ἔχοντες ἐντὸς πινακίου ὀλίγον ὑδράργυρον μετ' ἀραιοῦ θειϊκοῦ ἢ ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος, ἐξ οὗ ῥίπτομεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ψευδαργύρου καὶ προστρίβομεν διὰ ψήκτρας κατόπιν ἐκπλύνομεν τὰς πλάκας δι' ἀφθόνου ὕδατος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΣΤΗΛΑΙ

Α'. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΣΤΗΛΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

§ 38. **Ἠλεκτρικαὶ στῆλαι, ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.** Δύο ἢ πλείονα ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα συνενούμενα καταλλήλως ἀποτελοῦσιν ἠλεκτρικὴν συστοιχίαν, ἥτις ἐκλήθη *ἠλεκτρικὴ στήλη*, διότι ἡ πρώτη τοιαύτη ὑπὸ τοῦ Βόλτα ἐπινοηθεῖσα εἶχε σχῆμα στήλης.

Πρῶτος ὁ Βόλτας παρετήρησεν ὅτι, ἂν ἐπί τινος ἠλεκτρικοῦ στοιχείου ἀποτελουμένου ἐκ δύο δίσκων, χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου μετὰ παρεντεθειμένου ἐν τῷ μεταξὺ αὐτῶν ὑφάσματος βεβρεγμένου δι' ὀξυμιγοῦς ὕδατος, ἐπιτεθῇ δεύτερον παρόμοιον καὶ ἐπ' αὐτοῦ τρίτον καὶ οὕτω καθεξῆς, τότε τὸ ἠλεκτρικὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρεῦμα γίνεται βαθμηδὸν ἰσχυρότερον τοῦ δι' ἑνὸς μόνου ἁπλοῦ στοιχείου παραγομένου. Οὕτως ἦχθη εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς φερωνύμου αὐτοῦ ἠλεκτρικῆς στήλης, ἥτις κατόπιν ὑπέστη διαφόρους τροποποιήσεις, μέχρις οὗ προϊόντος τοῦ χρόνου ἐπενοήθησαν ἄλλαι ἀσυγκρίτῳ τῷ λόγῳ τελειότεραι.

Ἔντασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, μονὰς ἐντάσεως Καλεῖται *ἔντασις* τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρευστοῦ, ὅπερ διοχετεύεται μεταξὺ δύο τομῶν τοῦ ροηφόρου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἐὰν ἔχωμεν ἐν λειτουργίᾳ μίαν ἠλεκτρικὴν στήλην ἐκ δύο στοιχείων καὶ προσεγγίσωμεν τὸν ροηφόρον εἰς ἠρεμοῦσαν μαγνητικὴν βελόνην, θὰ παρατηρήσωμεν ἀπόκλισιν τῆς βελόνης· ἀκολούθως ἂν λάβωμεν ἑτέραν ἠλεκτρικὴν στήλην ἐκ τεσσάρων παρομοίων στοιχείων καὶ πλησιάσωμεν τὸν ροηφόρον ταύτης εἰς τὴν αὐτὴν βελόνην, θὰ παρατηρήσωμεν ἀπόκλισιν τῆς βελόνης μείζονα· τοῦτο δεικνύει ἡμῖν ὅτι εἶνε μείζων ἡ *ἔντασις* τοῦ δευτέρου ρεύματος ἤτοι ἡ ποσότης τοῦ διὰ τοῦ σύρματος διοχετευομένου ἠλεκτρικοῦ ρευστοῦ. Τῆς ἐπενεργείας ταύτης τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν βελόνην ἐπωφελούμενοι κατεσκεύασαν τὸ *γαλβανόμετρον*, ὄργανον δι' οὗ καταμετρεῖται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

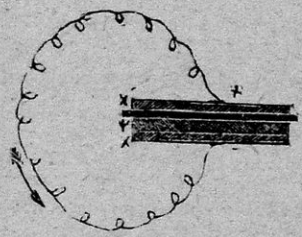
Ὅπως διὰ τὰ ἄλλα φυσικὰ μεγέθη λαμβάνομεν ὡρισμένην μονάδα, πρὸς ἣν συγκρίνοντες αὐτὰ ἐκτελοῦμεν τὴν καταμέτρησιν αὐτῶν, οὕτω προκειμένου καὶ περὶ καταμετρήσεως τῆς ἐντάσεως τῶν ἠλεκτρικῶν ρευμάτων λαμβάνουσι μονάδα ὡρισμένης ἐντάσεως, ἣν καλοῦσιν **ἀμπέρειον** (ampère).

Τὰ περὶ τῆς *ἀξίας* τῆς μονάδος ταύτης, τοῦ *τρόπου* δι' οὗ καταμετρεῖται ἡ ἔντασις τῶν ρευμάτων καὶ τῶν πρὸς τοῦτο ἐν χρήσει ὀργάνων, οἷον *γαλβανομέτρων* κτλ., ἐκτεθήσονται κατωτέρω ἐν ἰδιαιτέρῳ κεφαλαίῳ.

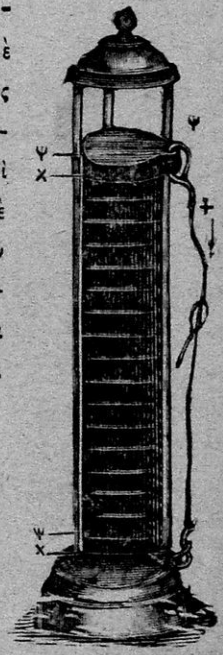
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Β'. ΒΟΛΤΑΪΚΗ ΣΤΗΛΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΥΤΗΣ (ΣΤΗΛΑΙ ΞΗΡΑΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ)

§ 39. **Βολταϊκὴ στήλη.** (Σχ. 35). Ἡ Βολταϊκὴ στήλη ἀποτελεῖται ἐκ σειρᾶς στοιχείων ὑπερκειμένων ἐπ' ἀλλήλων κατὰ τὴν αὐτὴν σειράν. Ἕκαστον στοιχεῖον (Σχ. 34) σύγκειται ἐξ ἑνὸς δίσκου ἐκ χαλκοῦ Χ καὶ ἑνὸς ἐκ ψευδαργύρου Ψ καὶ μιᾶς ταινίας ὑφάσματος βεβρεγμένης δι' ὀξυμιγοῦς ὕδατος· οἱ δύο μεταλλικοὶ δίσκοι εἶναι συγκεκολλημένοι, ὅπως ἡ ἐπαφὴ αὐτῶν εἶνε πληρεστέρα καὶ συγχρόνως ὅπως προφυλάττωνται ἀπὸ τῆς ὀξειδώσεως. Τίθενται δὲ μεταξὺ τριῶν στηλῶν ὑελίνων κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν (Σχ. 35): τίθεται τὸ πρῶτον στοιχεῖον ΧΨ μὲ τὸν χαλκὸν πρὸς τὰ κάτω καὶ ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου ἡ ταινία, ἐπ' αὐτῆς δὲ τὸ δεύτερον στοιχεῖον μὲ τὸν χαλκὸν πάλιν πρὸς τὰ κάτω καὶ οὕτω καθεξῆς, ὥστε αἱ βεβρεγμέναι ταινίαι νὰ κεῖνται παρεντεθειμέναι μεταξὺ χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου, ἔχουσαι πάντοτε ὑποκείμενον μὲν τὸν ψευδάργυρον ὑπερκείμενον δὲ τὸν χαλκόν.



Σχ. 34.—Στοιχεῖον Βόλτα.



Σχ. 35
Βολταϊκὴ στήλη.

Διὰ τῆς τοιαύτης συνενώσεως τῶν στοιχείων ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς ὅλης στήλης αὐξάνεται καὶ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν καθ' ἕκαστα στοιχείων. Ὥστε ἂν καλέσωμεν α τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τοῦ ἑνὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

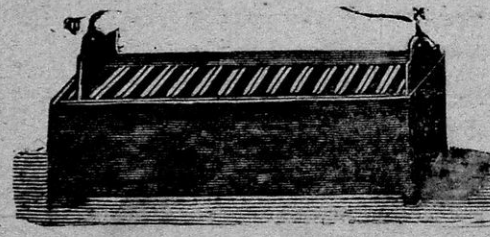
στοιχείου καὶ μ τὸν ἀριθμὸν τῶν στοιχείων, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις Α τῆς ὅλης στήλης θὰ ἰσοῦται μὲ μ × α, ἑπομένως θὰ παραγάγῃ ρεῦμα ἔχον μ φορὰς μείζονα ἔντασιν καὶ κυκλοφοροῦν διὰ τῆς στήλης καὶ τοῦ ροηφόρου κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν βελῶν.

Παρατ. Κατὰ τὰ εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον λεχθέντα ὁ χαλκὸς ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον καὶ ὁ ψευδάργυρος τὸν ἀρνητικόν, ἐν ᾧ εἰς τὴν προκειμένην στήλην (Σχ. 35) φαίνεται ὅτι συμβαίνει τὸ ἀντίστροφον. Τοῦτο ὅμως εἶνε φαινόμενον μόνον, διότι καὶ ἐνταῦθα πρὸς τὰ ἄνω κυρίως ἡ στήλη ἀπολήγει εἰς χαλκόν, ὅστις ὑπέρκειται ἀμέσως μετὰ τὸ ὕφασμα καὶ ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον, ἔχει δὲ ὡς ἐκ περισσοῦ ὑπερκείμενον τὸν μετ' αὐτοῦ συγκεκολλημένον ψευδάργυρον, δι' οὗ τὸ ἠλεκτρικὸν ρευστὸν μεταβαίνει εἰς τὸν ροηφόρον· ἐπίσης καὶ πρὸς τὰ κάτω ἡ στήλη περατοῦται κυρίως εἰς τὸν ψευδάργυρον, ὅστις ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον, ὑπόκειται δ' ἐκ περισσοῦ ὁ συγκεκολλημένος χαλκός. Ὥστε κυρίως ἡ στήλη ἀπολήγει πρὸς τὰ ἄνω μὲν εἰς τὸν χαλκὸν Χ, πρὸς τὰ κάτω δὲ εἰς τὸν ψευδάργυρον Ψ, διὸ καὶ σημειοῦται ἄνωθεν μὲν ὁ θετικὸς πόλος (+), κάτωθεν δ' ὁ ἀρνητικὸς (−).

§ 40. Τροποποιήσεις τῆς Βολταϊκῆς στήλης.

Ἡ στήλη τοῦ Βόλτα, ὡς ἐκ τῆς διατάξεως τῶν στοιχείων αὐτῆς, δὲν εἶνε οὔτε εὔχρηστος, οὔτε διαρκής, ἰδίως δ' αἱ ταινίαι ἕνεκα τοῦ ὑπερκειμένου βάρους ἀποξηραίνονται καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὡς ἐκ τούτου ἐξασθενεῖ τάχιστα. Τούτου ἕνεκα, ὅπως ἀποβῇ μᾶλλον εὔχρηστος καὶ διαρκής, ὑπέστη διαφόρους τροποποιήσεις. Τροποποιήσεις αὐτῆς εἶνε ἡ καλουμένη *Σκαφοειδὴς στήλη*, ἡ *Στήλη ἐν ποτηρίοις* καὶ ἡ *Στήλη τοῦ* Wollaston.

Σκαφοειδὴς στήλη. (Σχ. 36). Αὕτη συνίσταται ἐκ ξυλίνης ὀρθογωνίου σκάφης, διηρημένης ἐγκαρσίως εἰς κύτη διὰ παραλλήλων διπλῶν πλακῶν ἐκ χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου συγκεκολλημένων· αἱ οὕτω συγκεκολλημέναι πλάκες ἀποτελοῦσι διαφράγματα ἔχοντα ἐστραμμένους πρὸς τὸ ἓν μέρος

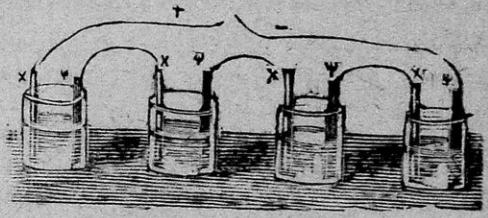


Σχ. 36.—**Σκαφοειδὴς στήλη.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοὺς χαλκούς, πρὸς τὸ ἕτερον δὲ τοὺς ψευδαργύρους, ἐντὸς δὲ τῶν χωρισμάτων τίθεται τὸ ὀξυμιγὲς ὑγρόν.

Στήλη ἐν ποτηρίοις (Σχ. 37). Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ ποτηρίων περιεχόντων ὕδωρ ὀξυμιγές, εἰς ἕκαστον τῶν ὁποίων ἐμβαπτίζεται μία ἐκ χαλκοῦ καὶ μία ἐκ ψευδαργύρου πλάξ. Ὁ χαλκὸς τοῦ ἑνὸς ποτηρίου συνάπτεται μεταλλικῶς μετὰ τοῦ ψευδαργύρου τοῦ ἑτέρου ποτηρίου καὶ οὕτως ἡ στήλη ἀπολήγει εἰς τὸ ἓν μὲν ἄκρον εἰς χαλκὸν εἰς τὸ ἕτερον δ' εἰς ψευδάργυρον.



Σχ. 37.—**Στήλη ἐν ποτηρίοις.**

Στήλη Wollaston. Καὶ αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ ποτηρίων, ἐντὸς τῶν ὁποίων ἐμβαπτίζονται αἱ πλάκες τοῦ χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου· ἀλλ' ὅμως ἑκάστη ἐκ χαλκοῦ πλὰξ ἔχουσα μῆκος ὑπερδιπλάσιον τῆς ἐκ ψευδαργύρου κεμπυλοῦται τόσον ὥστε περιβάλλει ἑκατέρωθεν ταύτην χωρὶς ὅμως νὰ ἐφάπτηται αὐτῆς· συνάπτεται δὲ διὰ γλωττίδος μετὰ τοῦ ψευδαργύρου τοῦ ἑτέρου στοιχείου.

§ 41. **Ἐξασθένησις τοῦ ρεύματος, πόλωσις τῆς στήλης.** Αἱ ἀνωτέρω περιγραφεῖσαι στῆλαι, τῶν ὁποίων τὰ στοιχεῖα συνίστανται ἐκ δύο μετάλλων ἐμβεβαπτισμένων ἐντὸς ἑνὸς μόνου ὑγροῦ προσβάλλοντος τὸ ἓν τῶν μετάλλων, ἔχουσι τὸ μέγα ἐλάττωμα ὅτι τὸ ὑπ' αὐτῶν παραγόμενον ρεῦμα βαθμηδὸν ἐξασθενεῖ καὶ ἐπὶ τέλους ἡ ἔντασις αὐτοῦ γίνεται ἐλαχίστη. Ἡ ἐξασθένησις αὕτη τοῦ ρεύματος ἔχει κυρίως δύο αἰτίαις.

Πρώτη αἰτία εἶνε ἡ ἐλάττωσις τῆς χημικῆς ἐνεργείας ἐν τοῖς στοιχείοις, διότι τὸ ἐν αὐτοῖς ὀξὺ βαθμηδὸν ἐξουδετεροῦται ἑνούμενον μετὰ τοῦ ψευδαργύρου εἰς θειϊκὸν ψευδάργυρον καὶ οὕτως ἐλαττοῦται ἡ ἀναλογία αὐτοῦ ἐν τῷ ὑγρῷ, τότε δὲ τὸ ὑγρὸν παρουσιάζει σχετικῶς μείζονα ἀντίστασιν εἰς τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος.

Ἡ δευτέρα αἰτία ἡ μᾶλλον οὐσιώδης εἶνε ἡ ἑξῆς. Τὸ ἐκ τοῦ ὑγροῦ ἐκλυόμενον ἐλεύθερον ὑδρογόνον (διότι, διὰ τῆς χημικῆς δράσεως τοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου τὸ ὀξὺ ἑνοῦται μετὰ τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ψευδαργύρου σχηματίζον θειϊκὸν ψευδάργυρον, τὸ δὲ ὕδωρ ἀποσυντιθέμενον ἐκλύει ἐλεύθερον ὑδρογόνον) ὑπὸ μορφὴν φυσαλίδων ἐναποτίθεται καὶ προσκολλᾶται ἐπὶ τῆς πλακὸς τοῦ χαλκοῦ σχηματίζον στρῶμα λεπτότατον, ὅπερ ἐνεργεῖ κατὰ δύο τρόπους: 1ον Ὡς σῶμα δυσηλεκτραγωγὸν παρουσιάζει εἰς τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος ἀντίστασιν, ἥτις ποικίλλει ἀναλόγως τοῦ πάχους τοῦ στρώματος. 2ον Ἐνῷ τὸ ὑδρογόνον ἀποτίθεται ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ, τὸ συγχρόνως μετ' αὐτοῦ ἐκλυόμενον ὀξυγόνον (διότι τὸ ὕδωρ ἀποσυντιθέμενον παρέχει ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον, ἐξ ὧν συνίσταται) ἀποτίθεται ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου. Τὰ δύο ταῦτα ἀερώδη στρώματα, τὸ τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ καὶ τὸ τοῦ ὀξυγόνου ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου σχηματίζουσιν ἓν εἶδος δευτερεύοντος ἠλεκτρικοῦ στοιχείου, οὗτινος ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι *ἀντίθετος* τῇ τοῦ κυρίου στοιχείου (ψευδάργυρος—ὕδωρ ὀξυμιγὲς—χαλκός) καὶ τείνει νὰ παραγάγῃ ρεῦμα ἠλεκτρικὸν ἀντιθέτου φορᾶς ἤτοι ὁδεῦον ἐσωτερικῶς ἐκ τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸν ψευδάργυρον καὶ συνεπῶς συντελοῦν εἰς ἐξασθένησιν τοῦ κυρίου ρεύματος, ὅπερ, ὡς γνωρίζομεν, ὁδεύει ἐσωτερικῶς ἐκ τοῦ ψευδαργύρου πρὸς τὸν χαλκόν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, ἀνακαλυφθὲν καὶ σπουδασθὲν ὑπὸ τοῦ de la Rive, καλεῖται *πόλωσις τῆς στήλης* καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἡ *κυρία αἰτία* τῆς ἐξασθενήσεως τοῦ ρεύματος.

Πρὸς τοῖς ἀνωτέρω δέον νὰ σημειώσωμεν καὶ τὴν ἄλλην αἰτίαν τὴν προερχομένην ἐκ τῆς μὴ καθαρότητος τοῦ ψευδαργύρου Ὅταν δηλ. γίνηται χρῆσις ψευδαργύρου τοῦ ἐμπορίου, ἐπειδὴ οὗτος περιέχει σίδηρον καὶ ἄλλα μέταλλα, ταῦτα μετὰ τοῦ ὀξυμιγοῦς ὕδατος καὶ τοῦ ψευδαργύρου σχηματίζουσι πολλὰ δευτερεύοντα ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα τοπικὰ ἐπὶ τῆς π ακος του ψευδαργύρου, συνεπείᾳ τῶν ὁποίων ἐπέρχεται εἰς τὴν πλάκα φθορά, ἥτις μάλιστα ἐξακολουθεῖ, ὡς εἴδομεν καὶ προηγουμένως (σελ. 55) καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ κύκλωμα εἶνε ἀνοικτὸν καὶ ἡ στήλη δὲν λειτουργεῖ. Πρὸς ἀποφυγὴν τοῦ ἀτόπου τούτου, εἴδομεν ὅτι πρέπει νὰ γίνηται χρῆσις χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου καὶ ἐπειδὴ τοῦτο εἶνε δαπανηρόν, μεταχειριζόμεθα ψευδάργυρον ἐρυδραργυρωμένον, ἥτις διὰ τὴν περίστασιν ταύτην παρουσιάζει τὰς ἰδιότητας τοῦ χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τοὺς ἀνωτέρω λόγους, καὶ ἰδίᾳ ἕνεκα τῆς **πολώσεως**, τὸ ρεῦμα τῶν ἀνωτέρω στηλῶν ἐξασθενεῖ τάχιστα καὶ ἡ ἔντασις αὐτοῦ γίνεται ἐλαχίστη. Αἱ ἀνωτέρω στῆλαι λοιπόν, οὕτως ἔχουσαι, δὲν ἠδύναντο ν' ἀποβῶσι πολὺ χρήσιμοι· ἔπρεπε νὰ εὑρεθῇ μέσον καταστρέφον τὴν πόλωσιν, ἤτοι τὴν ἐναπόθεσιν ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ καὶ συνεπῶς καθιστῶν τὴν ἐνέργειαν τῆς στήλης σταθερὰν καὶ τὸ παραγόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα *ἰσοεντατικὸν καὶ διαρκές*.

Διάφορα μέσα πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ἐπενοήθησαν κατ' ἀρχάς, οἷον ἡ αὔξησις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀργοῦ μετάλλου (χαλκοῦ), ὡς εἰς τὴν στήλην τοῦ Wollaston, ἡ χρῆσις ἄνθρακος ἀντὶ χαλκοῦ, καὶ ἄλλα διάφορα. Ἐκεῖνο ὅμως, δι' οὗ ἡ πόλωσις ἐλαττοῦται τὰ μέγιστα ἢ καὶ ὅλως ἐκλείπει, εἶνε ἡ ἐν τῷ ἠλεκτρικῷ στοιχείῳ χρῆσις καὶ *δευτέρου ὑγροῦ ἢ στερεοῦ ὀξειδωτικοῦ σώματος*, διὰ τοῦ ὁποίου περιβάλλεται ὁ θετικὸς πόλος τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου· τοιούτῳ τρόπῳ τὸ πρὸς τὸν πόλον τοῦτον τεῖνον νὰ μεταβῇ ὑδρογόνον ἀναγκάζεται νὰ διέλθῃ προηγουμένως διὰ τοῦ ὀξειδωτικοῦ σώματος, ὅπερ τὸ συγκρατεῖ καὶ ἑνοῦται μετ' αὐτοῦ καὶ συνεπῶς δὲν δύναται ν' ἀποτεθῇ ἐπὶ τοῦ πόλου. Οὕτως ἐκλείπει ἡ πόλωσις, αἱ δ' ἐκ τοιούτων στοιχείων συγκροτούμεναι στῆλαι καλοῦνται *στῆλαι σταθεροῦ ρεύματος*.

Γ'. ΣΤΗΛΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ

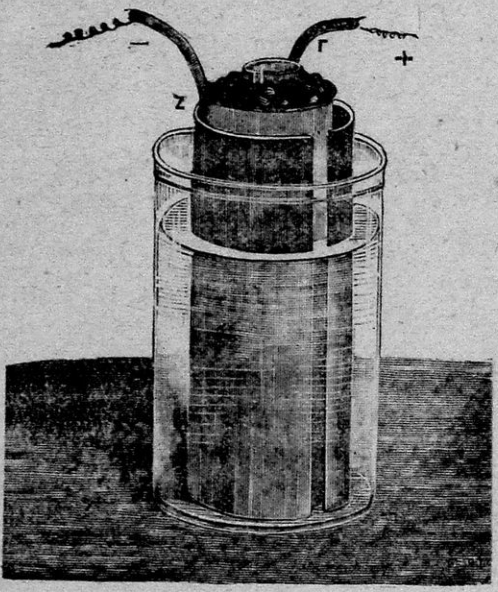
α' Στῆλαι διὰ δύο ὑγρῶν.

§ 42. **Στήλη Daniell.** Ἡ στήλη τοῦ Daniell εἶνε ἡ ἀρχαιοτέρα τῶν στηλῶν τῶν περιεχουσῶν δύο ὑγρά, ἐξ ὧν τὸ ἓν χρησιμεύει πρὸς καταστροφὴν τῆς πολώσεως.

Ἕκαστον στοιχεῖον Daniell (σχ. 38) ἀποτελεῖται ἐκ κυλινδρικοῦ ἐλάσματος ψευδαργύρου ἐφυδραργυρωμένου Ζ ἐσχισμέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νου κατὰ μῆκος καὶ ἐμβεβαπτισμένου ἐντὸς ὕδατος περιέχοντος θειϊκὸν ὀξύ· ἡ διάλυσις αὕτη εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ ἐξωτερικοῦ δοχείου. Ἐντὸς δὲ τοῦ ἐκ ψευδαργύρου ἐλάσματος εἰσέρχεται δεύτερον δοχεῖον πορῶδες περιέχον τὸ ἀντιπολωτικὸν ὑγρόν, ὅπερ εἶνε διάλυσις θειϊκοῦ χαλκοῦ καὶ ἐντὸς αὐτῆς ἐμβαπτίζεται κύλινδρος ἐκ χαλκοῦ Γ, ὅστις ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ στοιχείου.



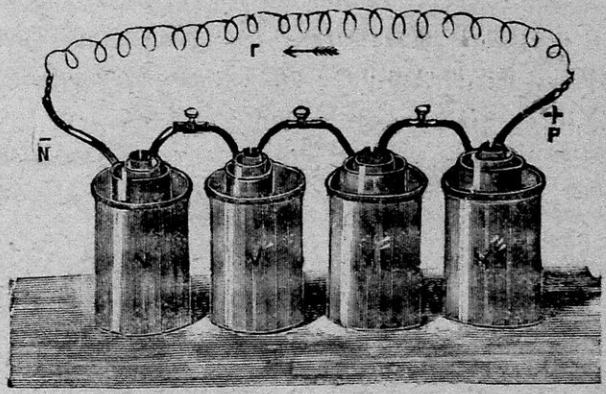
Σχ. 38.—**Στοιχεῖον Daniell.**

Συνεπείᾳ τῆς διατάξεως ταύτης ἡ πόλωσις καταστρέφεται ὡς ἑξῆς: Τὸ θειϊκὸν ὀξὺ ἐπιδρῶν ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου σχηματίζει θειϊκὸν ψευδάργυρον καὶ ὑδρογόνον ἐλεύθερον, ὅπερ τείνει νὰ μεταβῇ εἰς τὸν θετικὸν πόλον, τὸν χαλκόν. Ἀλλὰ πρὶν ἢ φθάσῃ εἰς αὐτόν, εὑρίσκει τὴν διάλυσιν τοῦ θειϊκοῦ χαλκοῦ καὶ ἐπιδρῶν ἐπ' αὐτῆς σχηματίζει θειϊκὸν ὀξὺ ἀποβάλλεται δὲ χαλκὸς ἐλεύθερος, ὅστις ἀποτίθεται ἐπὶ τοῦ χαλκίνου κυλίνδρου· τὸ δ' οὕτω σχηματιζόμενον θειϊκὸν ὀξὺ διερχόμενον διὰ τῶν πόρων τοῦ δοχείου διαχέεται εἰς τὸ ὀξυοῦχον ὕδωρ. Ὥστε κατὰ ταῦτα ὁ θειϊκὸς χαλκὸς συγκρατῶν, οὕτως εἰπεῖν, τὸ ὑδρογόνον δὲν ἀφίνει αὐτὸ νὰ ἐπικαθήσῃ ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ καὶ νὰ πυλώσῃ τὸ στοιχεῖον.

Οἱ χαλκοὶ καὶ οἱ ψευδάργυροι τῶν στοιχείων φέρουσιν ἐπι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κεκολλημένα ἐλάσματα χάλκινα, τὰ ὁποῖα συνάπτομεν διὰ πιεστικῶν κοχλιῶν οὕτως ὥστε ὁ χαλκὸς τοῦ ἑνὸς στοιχείου νὰ

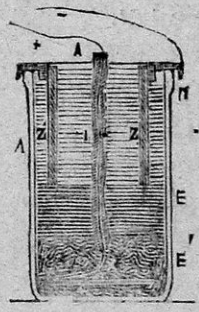


Σχ. 39.—**Στήλη Daniell.**

συνδέηται μετὰ τοῦ ψευδαργύρου τοῦ ἑτέρου κλπ. καὶ οὕτω συγκροτεῖται ἡ στήλη (σχ. 39).

Σημ. Διὰ νὰ γίνηται κανονικὴ ἡ ἐνέργεια τῆς διαλύσεως τοῦ θειϊκοῦ χαλκοῦ, πρέπει αὕτη νὰ εἶνε κεκορεσμένη, διὸ φροντίζομεν νὰ ἐπιθέτωμεν ὑπεράνω τοῦ πορώδους ἀγγείου μεγάλους κρυστάλλους θειϊκοῦ χαλκοῦ, οἱ ὁποῖοι διαλυόμενοι κατ' ὀλίγον διατηροῦσι τὴν διάλυσιν κεκορεσμένην.

Τροποποιήσεις τῆς στήλης τοῦ Daniell. Ἡ στήλη τοῦ Daniell ὑπέστη πολλὰς τροποποιήσεις, ἐξ ὧν ἡ σπουδαιοτέρα εἶνε ἡ ὑπὸ τοῦ Callaud ἐπενεχθεῖσα.



Σχ. 40.—**Στοιχεῖον Callaud.**

Τὸ στοιχεῖον Callaud (Σχ. 40) ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς μόνου δοχείου περιέχοντος πρὸς τὸ βάθος κρυστάλλους θειϊκοῦ χαλκοῦ καὶ ὑπεράνω πεπληρωμένου δι' ὕδατος καθαροῦ. Ἐντὸς τῶν κρυστάλλων εὑρίσκεται ἔλασμα ἐκ χαλκοῦ Χ, ὅπερ φέρει σύρμα μονούμενον πρὸς τὰ ἄνω διὰ γουτταπέρκας καὶ ἐξερχόμενον ἐκτὸς τοῦ δοχείου Α· εἶνε ὁ θετικὸς πόλος τοῦ στοιχείου. Ἐντὸς δὲ τοῦ ὑγροῦ ἐμβαπτίζεται τὸ ἐκ ψευδαργύρου ἔλασμα ΖΖ' φθάνον μέχρι σχεδὸν τοῦ μέσου τοῦ βάθους τοῦ ἀγγείου.

Τὸ ὕδωρ διαλύον τὸν χαλκὸν σχηματίζει δύο στρώματα, ἓν πρὸς τὰ ἄνω ἀραιότερον ΕΠ, ὅπερ ἐπιδρᾷ χημικῶς ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ γίνεται πρόξενον τῆς ἀναπτύξεως τοῦ ἠλεκ-

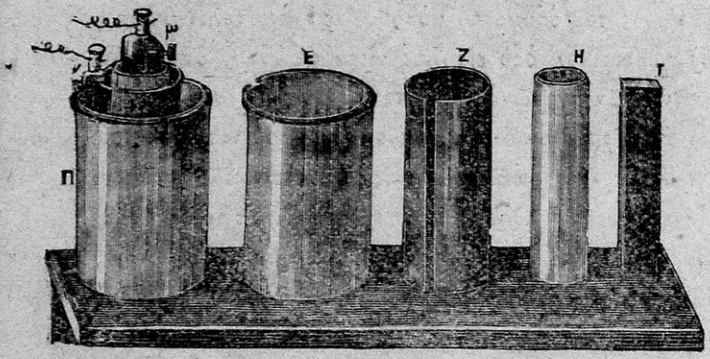
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τρικοῦ ρεύματος, καὶ ἓν πρὸς τὰ κάτω πυκνότερον ΕΕ', ὅπερ ἐνεργεῖ ὡς ἀντιπολωτικόν, καθ' ὃν τρόπον εἴδομεν ἀνωτέρω.

Τὰ στοιχεῖα Callaud εἶνε ἐν μεγάλῃ χρήσει ἐν τοῖς παρ' ἡμῖν τηλεγραφείοις.

§ 43. **Στήλη Bunsen.** Τὰ στοιχεῖα τοῦ Bunsen χαρακτηρίζονται ἰδίως ἐκ τοῦ ὅτι φέρουσιν ὡς θετικὸν πόλον ἄνθρακα σχήματος κυλινδρικοῦ ἢ πρισματικοῦ.

Ἕκαστον στοιχεῖον (Σχ. 41) συνίστανται ἐκ τεσσάρων μερῶν: 1ον Ἐξ ἑνὸς δοχείου ὑελίνου ἢ πηλίνου Ε περιέχοντος



Σχ. 41.—Στοιχεῖον **Bunsen.**

ὑγρὸν ὀξυμιγὲς (ὕδωρ ἐνέχον κατὰ τὸ δέκατον θειϊκὸν ὀξύ). 2ον ἐκ κυλινδρικοῦ ἐλάσματος ψευδαργύρου ἐφυδραργυρωμένου Ζ. 3ον ἐκ πορώδους ἀγγείου Η περιέχοντος ἀγοραῖον νιτρικὸν ὀξύ, ὅπερ εἶνε τὸ ἀντιπολωτικὸν ὑγρόν. 4ον ἐκ πλακὸς πρισματικῆς ἐξ ἄνθρακος, ὀλίγον τι ὑψηλοτέρας τοῦ πορώδους δοχείου.—Τίθεται κατὰ πρῶτον ἐντὸς τοῦ ὀξυμιγοῦς ὑγροῦ ὁ ψευδάργυρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ τὸ πορῶδες ἀγγεῖον μετὰ τοῦ νιτρικοῦ ὀξέος καὶ τέλος ἐντὸς αὐτοῦ ὁ ἄνθραξ καὶ οὕτω συγκροτεῖται τὸ στοιχεῖον Π. Ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ ἐπὶ τοῦ ἄνθρακος στερεοῦνται κοχλίαι πιεστικοὶ μ καὶ ν, διὰ τῶν ὁποίων προσαρμόζονται ταινίαι χάλκινοι ἢ σύρματα, ὅπως δι'

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

αὐτῶν συνδεθῇ ὁ θετικὸς πόλος τοῦ ἑνὸς στοιχείου μετὰ τοῦ ἀρνητικοῦ τοῦ ἑτέρου κλπ. καὶ ἀποτελεσθῇ ἡ στήλη.

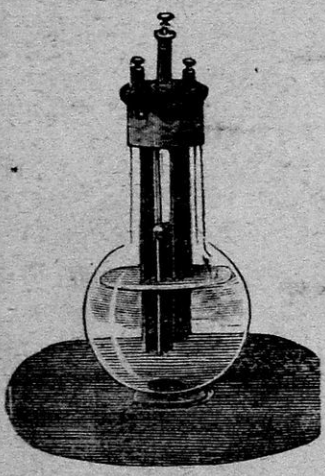
Ἐνέργεια τῆς στήλης καὶ καταστροφὴ τῆς πολώσεως. Καὶ ἐνταῦθα ἡ χημικὴ ἐνέργεια τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ρεύματος τελεῖται ὅπως καὶ ἐν τοῖς προηγουμένοις εἴδομεν· τὸ δ' ἐκλυόμενον ὑδρογόνον τεῖνον νὰ μεταβῇ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, τὸν ἄνθρακα, καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ περιβάλλοντος τοῦτον νιτρικοῦ ὀξέος, ἑνοῦται μετὰ μέρους τοῦ ὀξυγόνου αὐτοῦ, καὶ ἀποτελεῖ ὕδωρ, ἀνάγεται δὲ τὸ νιτρικὸν ὀξὺ εἰς διοξείδιον ἀζώτου, ὅπερ ὑπὸ μορφὴν πνιγηρῶν ἀτμῶν ἐκπέμπεται ἐκ τῆς στήλης. Τοιούτῳ τρόπῳ τὸ ὑδρογόνον δεσμευόμενον ὑπὸ τοῦ νιτρικοῦ ὀξέος δὲν ἐναποτίθεται ἐπὶ τοῦ ἄνθρακος καὶ συνεπῶς πόλωσις δὲν λαμβάνει χώραν. Ὅσον δ' ἀφορᾷ τὸν διὰ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου σχηματιζόμενον θειϊκὸν ψευδάργυρον, μέρος αὐτοῦ ἀποτίθεται ὑπὸ μορφὴν κρυστάλλων, μέρος δ' ἀποσυντίθεται πάλιν ὑπὸ τοῦ ἐσωτερικοῦ ρεύματος εἰς θειϊκὸν ὀξὺ καὶ ὀξείδιον ψευδαργύρου, ὅπερ μὴ δυνάμενον νὰ εἰσχωρήσῃ διὰ τοῦ πορώδους ἀγγείου διὰ νὰ μετενεχθῇ εἰς τὸν ἄνθρακα μένει ἐν τῷ ἐξωτερικῷ ἀγγείῳ. Καὶ ἐκ τοῦ μέρους λοιπὸν τούτου τίποτε δὲν ἔχει νὰ ἐναποτεθῇ ἐπὶ τοῦ ἄνθρακος.

Παρατηρήσεις. Ἡ στήλη τοῦ Bunsen παρέχει ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως καὶ σταθερότητος ἐπὶ ἀρκετὰς ὥρας διαρκοῦς ἐργασίας, εἶνε δὲ σχετικῶς καὶ ἡ εὐθηνοτέρα ἐκ τῶν στηλῶν μὲ δύο ὑγρά· ἔχει ὅμως τὸ μειονέκτημα νὰ ἐκπέμπῃ ἀτμοὺς πνιγηροὺς ὀξειδίων ἀζώτου, τοῦθ' ὅπερ καθιστᾷ δύσχρηστον τὴν στήλην ὅταν μάλιστα ἀποτελῆται ἐκ πολλῶν στοιχείων. Ἐκτὸς δὲ τούτου ἀπαιτεῖ κοπιώδη προπαρασκευαστικὴν ἐργασίαν καὶ μεθ' ἑκάστην διαρκῆ χρῆσιν ὡρῶν τινων ἀνανέωσιν τῶν ὀξέων καὶ νέαν ἐφυδραργύρωσιν τῶν ψευδαργύρων. Κατὰ τὴν διάλυσιν τῆς στήλης τοὺς μὲν ἄνθρακας καὶ τὰ ὀξέα δὲν πρέπει νὰ ἐκπλύνωμεν δι' ὕδατος, διότι πεποτισμένα ὑπὸ τῶν ὀξέων εἶνε μᾶλλον εὐηλεκτραγωγά, τοὐναντίον δὲ οἱ ψευδάργυροι, τὰ χάλκινα ἐλάσματα καὶ οἱ κοχλίαι πρέπει νὰ ἐκπλύνωνται καλῶς καὶ ν' ἀποξηραίνωνται.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

6'. Στῆλαι δι' ἑνὸς ὑγροῦ

§ 44. Στήλη διὰ διχρωμικοῦ καλίου (ἡ στήλη τοῦ Grenet). Τὸ στοιχεῖον τῆς στήλης τοῦ Grenet Σχ. 42) σύγκειται ἐξ ἑνὸς μόνου ἀγγείου ἐξωτερικοῦ, ὅπερ εἶνε φιάλη σφαιροειδὴς φέρουσα κάλυμμα ἐξ ἐβονίτου. Εἰς τὸ κάλυμμα εἶνε προσκεκολλημέναι δύο πλάκες ἐξ ἄνθρακος παραλλήλως διήκουσαι καὶ συνδεόμεναι πρὸς ἀλλήλας διὰ μεταλλικῆς ταινίας κατὰ τὰ ἀνώτερα αὐτῶν ἄκρα· εἰς τὴν ταινίαν δὲ ταύτην προσαρμόζεται τὸ πίεστρον, ὅπερ ἀποτελεῖ τὸ ἄκρον τοῦ θετικοῦ πόλου. Μεταξὺ δὲ τῶν δύο ἀνθράκων ὑπάρχει πλὰξ ἐφυδραργυρωμένου ψευδαργύρου προσκεκολλημένη ἐπὶ μεταλλικοῦ στελέχους διερχομένου διὰ πόρου τοῦ καλύμματος, δι' οὗ δύναται νὰ διολισθαίνῃ μετ' ἠπίας τριβῆς. Συνεπείᾳ τῆς διατάξεως ταύτης δυνάμεθα νὰ καταβιβάσωμεν τὸν ψευδάργυρσν ὅσον θέλομεν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, ἢ νὰ ἐξαγάγωμεν αὐτὸν καθ' ὁλοκληρίαν ἐξ αὐτοῦ.



Σχ. 42.—Στοιχεῖον Grenet.

Ἡ φιάλη περιέχει ἓν μόνον ὑγρόν, ὅπερ εἶνε μῖγμα διαλύσεως *διχρωμικοῦ καλίου* καὶ *θειικοῦ ὀξέος*· ὅταν κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, τὸ θειϊκὸν ὀξὺ ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, ὅπως καὶ εἰς τὰς προηγουμένας στήλας, καὶ παράγεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὑδρογόνον δ' ἐλεύθερον ἐκλύεται· ἀλλὰ τότε μέρος θειικοῦ ὀξέος μετὰ διχρωμικοῦ καλίου ἀποτελεῖ διπλοῦν ἅλας ἐκ θειικοῦ χρωμίου καὶ θειικοῦ καλίου καὶ ἐκλύεται καὶ ἐλεύθερον ὀξυγόνον. Τὸ ὀξυγόνον τοῦτο ἐνταῦθα δεσμεύει τὸ ὑδρογόνον, διότι ἐνούμενον μετ' αὐτοῦ ἀποτελεῖ ὕδωρ καὶ δὲν

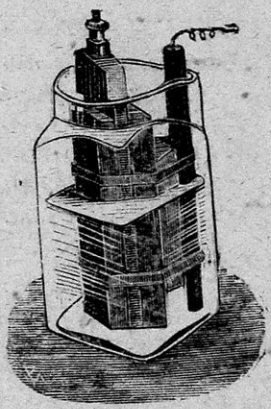
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ ἀφίνει νὰ ἐναποτεθῇ ἐπὶ τοῦ ἄνθρακος καὶ οὕτω καταστρέφεται ἡ πόλωσις.

Ὥστε καὶ ἡ στήλη αὕτη ὡς καὶ αἱ παρόμοιαι αὐτῆς, καίτοι ἐνέχουσαι ἓν μόνον ὑγρόν, δὲν πολοῦνται παρὰ λίαν βραδέως· δύνανται νὰ λειτουργήσωσι μὲ μεγάλην σταθερότητα ἐπὶ 9—10 συνεχεῖς ὥρας.

§ 45. **Στήλη Leclanché.** Τὰ στοιχεῖα τῆς στήλης ταύτης περιέχουσι μὲν ἓν μόνον ὑγρόν, ἀλλὰ πρὸς τούτοις ἐνέχουσιν ἀντιπολωτικὸν *σῶμα στερεὸν* καὶ ἑπομένως παράγουσι καὶ αὗται ρεῦμα σταθερόν.

Ἕκαστον στοιχεῖον (Σχ. 43) σύγκειται ἐξ ὑαλίνου στοιχείου βάσεως τετραγώνου καὶ ἀποστενουμένου ὀλίγον τι πρὸς τὰ ἄνω, περιέχει δὲ διάλυσιν ἀμμωνιακοῦ ἅλατος. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος εἶνε ράβδος ἐκ ψευδαργύρου, ὁ δὲ θετικὸς εἶνε πλὰξ ἐξ ἄνθρακος περιβεβλημένη διὰ μίγματος ἀντιπολωτικοῦ ἀποτελουμένου ἐξ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου καὶ συμπαγοῦς ἄνθρακος εἰς μικρὰ κοκκία καὶ οὐχὶ εἰς κόνιν.



Σχ. 43.—Στήλη **Leclanché.**

Κλειομένου τοῦ κυκλώματος, ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται ὑπὸ τοῦ ἅλατος καὶ σχηματίζει χλωριοῦχον ψευδάργυρον διαλυτόν, ἀμμωνίαν καὶ ὑδρογόνον· τὸ ὑδρογόνον τοῦτο τεῖνον νὰ μεταβῇ εἰς τὸν ἄνθρακα, διέρχεται διὰ τοῦ περιβάλλοντος αὐτὸν ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου καὶ λαμβάνον ἐξ αὐτοῦ ὀξυγόνον, ἀνάγει τὸ ὑπεροξείδιον εἰς ὀξείδιον, ἐνῷ αὐτὸ μετὰ τοῦ ὀξυγόνου σχηματίζει ὕδωρ· οὕτω καταστρέφεται ἡ πόλωσις.

Παρατ. Εἰς τὰ στοιχεῖα ταῦτα ὁ ψευδάργυρος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἅλατος παρὰ μόνον ὅταν τὸ κύκλωμα εἶνε κλειστόν, τουτέστιν ὅταν ἡ στήλη παράγῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτῶν εἶνε ἀρκούντως ἰσχυρά, δὲν ἐκπέμπουσι δὲ ἀτμούς, οὔτε ἀπαιτοῦσι κοπιώδη προπαρασκευήν κλπ., διὸ εἶνε ἐν μεγάλῃ χρήσει.

Δ΄. ΣΤΗΛΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ Η ΠΕΠΟΛΩΜΕΝΑΙ

§ 46. Πᾶσαι αἱ μέχρι τοῦδε περιγραφεῖσαι στῆλαι καλοῦνται π ρ ω τ ο γ ε ν ε ῖ ς, διότι παράγουσι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀπ' εὐθείας διὰ τῶν ἀμοιβαίων ἐπενεργειῶν, αἵτινες λαμβάνουσι χώραν μεταξὺ τῶν οὐσιῶν τῶν ἐν τοῖς στοιχείοις περιεχομένων. Ἔχομεν ὅμως καὶ στήλας, αἵτινες δὲν δύνανται νὰ παράγωσιν ἀφ' ἑαυτῶν ρεῦμα, παρὰ μόνον ὅταν διαβιβασθῇ δι' αὐτῶν προηγουμένως ρεῦμα μιᾶς πρωτογενοῦς στήλης· καλοῦνται δ' αὗται δ ε υ τ ε ρ ο γ ε ν ε ῖ ς. Ἡ ἀρχή, ἐφ' ἧς στηρίζονται αὗται, εἶνε ἡ ἑξῆς.

Γνωρίζομεν ὅτι ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μιᾶς στήλης διοχετευόμενον διὰ β ο λ τ α μ έ τ ρ ο υ (Βλέπε εἰς τὰ ἑπόμενα τὸ κεφάλ. περὶ τῶν χημικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύμ. σελ. 80) ἀποσυνθέτει τὸ ἐν αὐτῷ ὕδωρ εἰς ὑδρογόνον ἀποτιθέμενον ἐπὶ τοῦ ἐλάσματος ἐκ λευκοχρύσου τοῦ συγκοινωνοῦντος μετὰ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου τῆς στήλης καὶ εἰς ὀξυγόνον ἀποτιθέμενον ἐπὶ τοῦ θετικοῦ πόλου· ἐὰν λοιπὸν μετά τινας στιγμὰς ἐνεργείας ἀποσπάσωμεν τοὺς ἀγωγοὺς τῆς στήλης ἀπὸ τοῦ βολταμέτρου, παραθέσωμεν δὲ μεταξὺ τῶν δύο συρμάτων τοῦ βολταμέτρου ἓν γαλβανόμετρον, θὰ ἴδωμεν ὅτι διέρχεται νῦν ρεῦμα διὰ τοῦ γαλβανομέτρου, ἐνῷ μὲ οὐδεμίαν στήλην εὑρίσκεται τοῦτο εἰς συγκοινωνίαν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο παράγεται ὑπὸ τοῦ βολταμέτρου, ἔχει δὲ φορὰν ἀντίθετον τῆς τοῦ κυρίου ρεύματος, ὅπερ εἶχε γίνει πρόξενον τῆς παραγωγῆς αὐτοῦ· ὥστε ἐνταῦθα τὸ βολτάμετρον ἀποθησαυρίζει, οὕτως εἰπεῖν, ἐν ἑαυτῷ μέρος τοῦ ρεύματος τῆς στήλης, τὸ ὁποῖον κατόπιν ἀποδίδει πάλιν ὡς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα· καλεῖται τὸ ρεῦμα τοῦτο δ ε υ τ ε ρ ο γ ε ν ὲ ς καὶ ἔχει ἀντίθετον φορὰν τῆς τοῦ κυρίου ρεύματος.

Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς ταύτης στηριζόμενοι κατασκευάζουσι στοιχεῖα κατάλληλα φέροντα δύο μεγάλα ἐλάσματα ἐκ μολύβδου ἐμβεβαπτισμένα ἐντὸς ὕδατος περιέχοντος κατὰ τὸ δέκατον θειϊκὸν ὀξὺ καὶ διὰ τῶν στοιχείων τούτων διαβιβάζουσιν ἐπί τινα χρόνον τὸ ρεῦμα μιᾶς στήλης πρωτογενοῦς· Μετά τινα χρόνον ἐνεργείας τοῦ ρεύματος τῆς στήλης ἐπὶ τοῦ δ ε υ τ ε ρ ο γ ε ν ο ῦ ς σ τ ο ι χ ε ί ο υ, τοῦτο πληροῦται ἠλεκτρισμοῦ καὶ δύναται νὰ διατηρήσῃ αὐτὸν ἐπὶ ἡμέρας καὶ ἐπὶ ἑβδομάδα ὁλόκληρον καὶ δυνάμεθα νὰ διαβιβάσωμεν αὐτὸν κατόπιν εἴτε διὰ σύρματος λευκοχρύσου, ὅπερ νὰ διαπυρώσωμεν, εἴτε νὰ τὸν μεταχειρισθῶμεν ὅπως καὶ τὸ κύριον ρεῦμα τῆς στήλης.

Πολλὰ δευτερογενῆ στοιχεῖα ἑνούμενα πρὸς ἄλληλα κατὰ σειράν, ἀποτελοῦσι στήλην δευτερογενῆ, ἥτις δι' ὀλίγων στοιχείων Bunsen τάχιστα πλη-

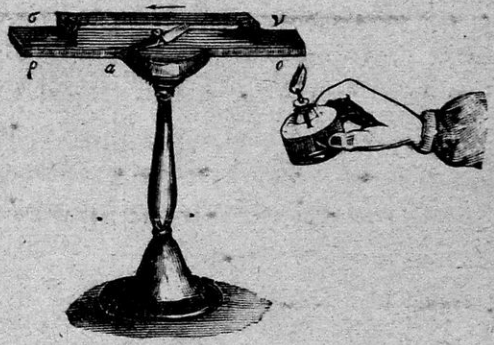
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ροῦται καὶ ἀποδίδει κατόπιν ρεῦμα δευτερογενὲς μεγάλης ἐντάσεως καὶ διαρκείας. Αἱ τοιαῦται στήλαι ἐκλήθησαν καὶ τ α μ ε ῖ α ἠλεκτρισμοῦ· ἡ ἀρχαιοτέρα ἐκ τούτων εἶνε ἡ τοῦ Planté·

Ε'. ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΣΤΗΛΑΙ

§ 47. **Πείραμα Seebeck, θερμοηλεκτρικὰ ρεύματα.** Ἐκτὸς τῶν μέχρι τοῦδε περιγραφεισῶν στηλῶν, ἐν αἷς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται διὰ χημικῆς δράσεως, ἔχομεν καὶ τὰς καλουμένας *θερμοηλεκτρικὰς στήλας*. Αἱ στῆλαι αὐταὶ συνίστανται ἐκ στοιχείων, ἐν οἷς τὸ ρεῦμα παράγεται διὰ τῆς ἐνεργείας τῆς θερμότητος· τούτου ἕνεκα τὰ μὲν στοιχεῖα ταῦτα ἐκλήθησαν *θερμοηλεκτρικά*, τὰ δὲ δι' αὐτῶν παραγόμενα ἠλεκτρικὰ ρεύματα, *θερμοηλεκτρικὰ ρεύματα*.

Πρῶτος ὁ Seebeck τῷ 1821 κατέδειξεν ὅτι τῇ ἐπιδράσει τῆς θερμότητος ἐπί τινος μεταλλικοῦ κυκλώματος παράγονται ἠλεκτρικὰ ρεύματα. Πρὸς τοῦτο λαμβάνομεν ἔλασμα χαλκοῦν σν (Σχ. 44) ἔχον κεκαμμένα τὰ δύο ἄκρα καὶ συγκεκολλημένα ἐπὶ ὑποκειμένου ἐλάσματος ἐκ βισμυθίου ρο, ὥστε νὰ σχηματίζωνται δύο ἐπαφαὶ κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν, ἐν τῷ κέντρῳ δὲ τοῦ κυκλώματος θέτομεν μαγνητικὴν βελόνην κινητὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Τοποθετοῦντες τὴν συσκευὴν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ θερμαίνοντες μίαν ἐπαφὴν αὐτῆς, παρατηροῦμεν τὴν βελόνην ἐκτρεπο-



Σχ. 44.—Πείραμα **Seebeck.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

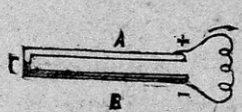
μένην ἐκ τῆς κανονικῆς θέσεως, τοῦθ' ὅπερ δεικνύει ὅτι ρεῦμα ἠλεκτρικὸν ὁδεύει περὶ τὴν βελόνην κατὰ τὴν διεύθυσιν νσ, τουτέστι μεταβαῖνον ἐκ τῆς θερμοτέρας ἐπαφῆς ον διὰ τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὴν ψυχρὰν ἐπαφήν. Ἐὰν δ' ἀντὶ νὰ θερμάνωμεν τὴν ἐπαφὴν ον θερμάνωμεν τὴν σρ, διατηροῦντες τὴν πρώτην ψυχράν, τότε καὶ πάλιν γεννᾶται ρεῦμα, ἀλλ' ὁδεύει κατ' ἀντίθετον φοράν, τῆς διαβάσεως αὐτοῦ γιγνομένης καταφανοῦς δι' ἀντιθέτου ἐκτροπῆς τῆς βελόνης. Καὶ εἰς τὴν μίαν δὲ καὶ εἰς τὴν ἄλλην περίστασιν ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ρεύματος εἶνε τοσούτῳ μείζων, *ὅσῳ μείζων εἶνε ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν δύο ἐπαφῶν.* Ἐὰν δ' εἰς ἀμφοτέρας τὰς ἐπαφάς, εἴς τε τὴν ον καὶ εἰς τὴν σρ καταστήσωμεν *τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν*, τότε ρεῦμα *δὲν παράγεται.*

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον παρουσιάζεται ἐπίσης, ἐὰν σχηματίσωμεν κύκλωμα καὶ ἐξ ἄλλων μετάλλων, οἷον πλατίνης καὶ σιδήρου, βισμουθίου καὶ ἀντιμονίου κλπ., ἀλλὰ τὸ παραγόμενον ἑκάστοτε ρεῦμα εἶνε διαφόρου ἐντάσεως. Ἐξ οὗ συνάγεται ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῶν συναπτομένων μετάλλων. Καὶ ὄχι μόνον δὲ ἡ ἔντασις ἀλλὰ καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τῶν συναπτομένων οὐσιῶν· οὕτω λ. χ. μεταξὺ κασσιτέρου καὶ χαλκοῦ ὁδεύει ἐκ τῆς θερμοτέρας ἐπαφῆς διὰ τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸν κασσίτερον, μεταξὺ χαλκοῦ καὶ ἀντιμονίου ὁδεύει ἀντιθέτως, ἅμα δὲ καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐν τῇ δευτέρᾳ περιπτώσει εἶνε πολὺ μείζων ἢ κατὰ τὴν πρώτην περίπτωσιν.

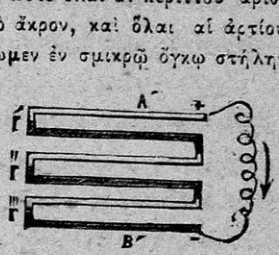
§ 48. **Θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ στῆλαι.** Ζεῦγος ἢ στοιχεῖον θερμοηλεκτρικὸν καλεῖται σύστημα δύο μετάλλων συγκεκολλημένων κατὰ τὸ ἓν ἄκρον κατὰ δὲ τὸ ἕτερον φερόντων ἀγωγὰ σύρματα, δι' ὧν συναπτομένων νὰ διέρχηται τὸ ρεῦμα. Τὸ σχῆμα 45 παριστᾷ ἓν θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον Nobili συνιστάμενον ἐξ ἀντιμονίου Α καὶ βισμουθίου Β· θερμαίνεται ἡ ἐπαφὴ Γ καὶ τὸ ρεῦμα ὁδεύει κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους ἤτοι τὸ μὲν ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ ἀντιμονίου ἐπέχει θέσιν θετικοῦ πόλου, τὸ δὲ τοῦ βισμουθίου θέσιν ἀρνητικοῦ. Ἓν τοιοῦτον στοιχεῖον δὲν παρέχει

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰμὴ ἀσθενέστατον ρεῦμα, ἐὰν ὅμως ἑνωθῶσι πολλὰ τοιαῦτα κατὰ σειρὰν τὸ ἓν κατόπιν τοῦ ἄλλου (Σχ 46), οὕτως ὥστε ὅλαι αἱ περιττοῦ ἀριθμοῦ ἐπαφαὶ Γ', Γ'', Γ''' νὰ κεῖνται πρὸς τὸ αὐτὸ ἄκρον, καὶ ὅλαι αἱ ἀρτίου ἀριθμοῦ νὰ κεῖνται πρὸς τὸ ἕτερον ἄκρον, θὰ ἔχωμεν ἐν σμικρῷ ὄγκῳ στήλην τοσούτῳ



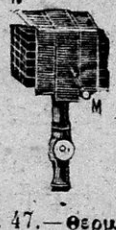
Σχ. 45.—**Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.**



Σχ. 46.—**Θερμοηλεκτρικὴ στήλη.**

ἰσχυροτέραν ὅσῳ μείζων ὁ ἀριθμὸς τῶν ζευγῶν. Θερμαινομένων τῶν συγκολλήσεων Γ', Γ'', Γ''' ἀναπτύσσεται ρεῦμα ὅπερ ὁδεύει ἐκ τοῦ Α διὰ τοῦ σύρματος πρὸς τὸ Γ.

Ὅπως δὲ καταστήσωσι τὴν στήλην ἔτι ἐντατικωτέραν ἐν σμικροτάτῳ ὄγκῳ, συνάπτωσι παραλλήλως 5 ἢ 6 τοιαύτας σειράς, εἰς τρόπον ὥστε τὸ τελευταῖον βισμούθιον Β τῆς πρώτης σειρᾶς νὰ συγκολλᾶται κατὰ τὸ ἄκρον πρὸς τὸ πρῶτον ἀντιμόνιον τῆς ὑπερκειμένης καὶ οὕτω καθεξῆς· ἀποτελεῖται οὕτω στήλη ἐξ 25—30 ζευγῶν, ὧν αἱ ράβδοι ἀπομονοῦνται ἀπ' ἀλλήλων διὰ ταινιῶν χάρτου, καὶ ἐγκλείεται ἐντὸς κιβωτίου φέροντος ἑκατέρωθεν δύο κοχλίας (Σχ. 47). Τῶν κοχλιῶν τούτων ὁ μὲν εἷς Ν ἑνοῦται μὲ τὸ πέρας τοῦ πρώτου ἀντιμονίου τῆς στήλης καὶ παριστᾷ τὸν θετικὸν πόλον, ὁ δ' ἕτερος Μ μὲ τὸ πέρας τοῦ τελευταίου βισμουθίου καὶ παριστᾷ τὸν ἀρνητικὸν πόλον, ἐκ τῶν δύο δὲ τούτων πόλων φέρονται τὰ ἀγωγὰ τοῦ ρεύματος σύρματα. Τέλος διὰ καλυμμάτων κινητῶν ἐπικαλύπτονται ἑκατέρωθεν αἱ δύο ἀνοικταὶ πλευραὶ τῆς θήκης καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ ἀνοίγωμεν κατὰ βούλησιν οἱανδήποτε ἐξ αὐτῶν, ὅπως ὑποβάλληται εἰς τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμαντικῆς πηγῆς.



Σχ. 47.—**Θερμοπολλαπλασιαστὴς Nobili.**

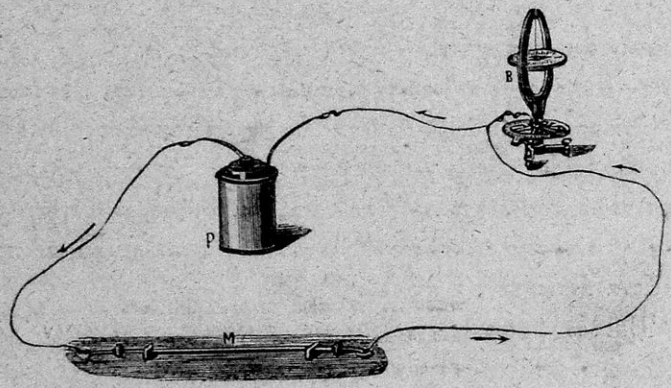
Ἡ τοιαύτη στήλη καλεῖται **θερμοπολλαπλασιαστὴς** τοῦ Nobili καὶ εἶνε τόσον εὐπαθὴς ὥστε καὶ ἡ θερμότης τῆς χειρός μας προσεγγιζούσας πρὸς τὴν μίαν αὐτῆς πλευρὰν ἀρκεῖ νὰ παραγάγῃ ρεῦμα, ὅπερ γίνεται αἰσθητὸν εἰς γαλβανόμετρον παρατιθέμενον μεταξὺ τῶν συρμάτων. Τούτου ἕνεκα χρῆσις αὐτῆς γίνεται πρὸς ἐξέλεγξιν σμικροτάτης ποσότητος θερμότητος ἥτις δὲν γίνεται ἡμῖν αἰσθητὴ διὰ τῶν θερμομέτρων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

§ 49. **Ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν.** Ἑνουμένων τῶν πόλων ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου ἢ μιᾶς στήλης δι' ἑνὸς ἀγωγοῦ σύρματος, τὸ κύκλωμα ἀποκαθίσταται καὶ τὸ ρεῦμα διέρχεται, γίνεται δὲ κατάδηλος ἡ δίοδος τοῦ ρεύματος διὰ γαλβανομέτρου ἢ βολταμέτρου, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ παρενθέσωμεν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος. Ἐὰν εἰς τὸ τοιοῦτον κύκλωμα



Σχ. 48.—Ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν.

μεταβάλωμεν τὸ *μῆκος* τοῦ ρευματαγωγοῦ σύρματος ἢ τὴν *διατομὴν* αὐτοῦ (τὸ πάχος δηλονότι τοῦ σύρματος), ἢ θέσωμεν σύρματα *διαφόρου φύσεως*, θὰ παρατηρήσωμεν ἐκ τῶν ἐνδείξεων τοῦ γαλβανομέτρου ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος μεταβάλλεται ἑκάστοτε (Σχ. 48).

Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει κατ' ἀρχὰς κατὰ 25^0· ἂν ἐπιμηκύνωμεν τὸν ρευματαγωγόν, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις ἐλαττοῦται εἰς 20^0, 15^0 κλπ. ἤτοι ὅσῳ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξακολουθοῦμεν αὐξάνοντες τὸ μῆκος τοῦ σύρματος, τόσῳ ἡ ἀπόκλισις ἐλαττοῦται ἔτι μᾶλλον· ἂν δὲ τοὐναντίον ἀρχίσωμεν ἐλαττοῦντες βαθμηδὸν τὸ μῆκος τοῦ σύρματος, καὶ ἡ ἀπόκλισις αὐξάνεται. Ἀλλ' ἡ αὔξησις ἢ ἡ ἐλάττωσις αὕτη τῆς γωνίας εἶνε συνέπεια τῆς αὐξήσεως ἢ μειώσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἐξ οὗ συμπεραίνομεν ὅτι οἱ ρευματαγωγοὶ ἐν γένει παρουσιάζουσιν *ἀντίστασιν* εἰς τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος, ἕνεκα τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις αὐτοῦ μειοῦται αὐξανομένου τοῦ μήκους τῶν ἀγωγῶν καὶ τἀνάπαλιν.— Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι καὶ ἡ διατομὴ τοῦ ρευματαγωγοῦ, τουτέστιν ἂν τὸ σύρμα εἶνε παχύτερον ἢ λεπτότερον, μεταβάλλει τὴν ἀντίστασιν· καὶ ἐπομένως ἂν λάβωμεν δύο ἀγωγοὺς τῆς αὐτῆς φύσεως καὶ τοῦ αὐτοῦ μήκους ἀλλὰ διαφόρου διατομῆς, θὰ ἴδωμεν ὅτι τὸ παχύτερον σύρμα παρουσιάζει ἧττονα ἀντίστασιν. — Ἐπίσης δὲ καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος ἐξαρτᾶται ἡ ἀντίστασις καὶ ἀποδεικνύεται διὰ τοῦ πειράματος ὅτι ἀγωγοὶ διαφόρου φύσεως λαμβανόμενοι ὑπὸ τὸ αὐτὸ μῆκος καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν διατομὴν παρουσιάζουσι διάφορον ἀντίστασιν. Ἐν γένει δὲ τὰ ὑγρὰ παρουσιάζουσιν εἰς τὰ ρεύματα πολὺ μείζονα ἀντίστασιν ἢ τὰ στερεά.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν γενομένων πειραμάτων ἔχομεν τοὺς ἑξῆς νόμους τῆς ἀντιστάσεως :

1ον. *Ἡ ἀντίστασις ἣν παρέχει ἀγωγός τις εἰς τὴν δίοδον τοῦ ἠλεκτρ. ρεύματος εἶνε ἀνάλογος τοῦ μήκους τοῦ ἀγωγοῦ.*

2ον. *Εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς διατομῆς αὐτοῦ.*

3ον. *Εἶνε ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῶν συντελεστῶν τῆς ἀγωγιμότητος τῶν διαφόρων οὐσιῶν.*

—Παριστῶντες διὰ μ τὸ μῆκος, διὰ σ τὴν διατομήν, διὰ κ τὸν συντελεστὴν τῆς ἀγωγιμότητος καὶ διὰ Α τὴν ἀντίστασιν, ἔχωμεν τοὺς τρεῖς νόμους ἐκπεφρασμένους ἐν τῷ τύπῳ.

$$A = \frac{\mu}{\sigma \kappa}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὡς μονάδα δὲ ἀγωγιμότητος τῶν διαφόρων οὐσιῶν λαμβάνουσι τὴν ἀγωγιμότητα τοῦ ὑδραργύρου θερμοκρασίας 14° καὶ παριστῶσι τὸν συντελεστὴν τῆς ἀγωγιμότητος αὐτοῦ διὰ 1. Ὁ τοῦ σιδήρου εἶνε τότε 7 περίπου, ὁ τοῦ ψευδαργύρου 13, ὁ τοῦ χαλκοῦ 50 κλπ. Ὥστε σύρμα χάλκινον τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς μὲ στήλην ὑδραργύρου θὰ παρουσιάσῃ εἰς τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος 50 φορὰς μικροτέραν ἀντίστασιν ἡ ἡ στήλη τοῦ ὑδραργύρου.

Ἡ ἀγωγιμότης τῶν ρευστῶν ἐν γένει εἶνε ἀσυγκρίτως μικροτέρα τῆς τῶν στερεῶν. Τὸ ἀγωγιμότερον ρευστὸν εἶνε τὸ θειϊκὸν ὀξὺ ἡραιωμένον δι' ὕδατος, ἀλλὰ καὶ τοῦτο ὡς πρὸς τὰ στερεὰ καὶ δὴ ὡς πρὸς τὸν ἄργυρον π.χ. ὑπὸ τὴν αὐτὴν διατομὴν εἶνε ἓν ἑκατομμύριον περίπου φορὰς φυσηλεκτραγωγότερον. Ἡ ἀγωγιμότης τοῦ ἀπεσταγμένου ὕδατος εἶνε σχεδὸν ἴση τῷ μηδενὶ καὶ ἑπομένως παρουσιάζει τοῦτο παμμεγίστην ἀντίστασιν.

Μονὰς ἀντιστάσεως ἢ Ὦμιον (*Ohm*). Πρὸς καταμέτρησιν τῶν ἀντιστάσεων λαμβάνουσιν ὡς μονάδα τὴν ἀντίστασιν ὡρισμένου ἀγωγοῦ, πρὸς ἣν συγκρίνουσι τὰς ἀντιστάσεις τῶν ἄλλων ἀγωγῶν. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται Ὦμιον (Ohm) καὶ εἶνε ἡ ἀντίστασις ἣν παρέχει ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ μηδενὸς στήλη ὑδραργύρου ἔχουσα διατομὴν 1 τετραγ. χιλιοστομ. καὶ μῆκος 106 ἑκατοστόμετρα. Ἓν ὦμιον ἰσοδυναμεῖ περίπου πρὸς τὴν ἀντίστασιν 100 μέτρων τηλεγραφικοῦ σιδηροῦ σύρματος (διαμέτρου 4 χιλιοστομέτρων) ἢ πρὸς τὴν ἀντίστασιν 48 μέτρων χαλκίνου σύρματος (διαμέτρου 1 χιλιοστομ.).

§ 50. **Ἀντίστασις τῆς στήλης.** Αἱ διάφοροι οὐσίαι, ἐξ ὧν ἀποτελοῦνται τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, παρουσιάζουσιν ἐπίσης ἀντίστασιν εἰς τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος, ἥτις καλεῖται *ἐσωτερική*, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὴν ἀντίστασιν τῶν ρευματαγωγῶν, ἥτις καλεῖται *ἐξωτερική*. Ἡ ἀντίστασις μιᾶς στήλης ποικίλλει ἀναλόγως τῶν διαστάσεων καὶ τοῦ τρόπου τῆς συνθέσεως τῶν στοιχείων αὐτῶν· ὅσῳ μείζονα ἐπιφάνειαν παρουσιάζουσι τὰ στοιχεῖα καὶ ὅσῳ ἐγγύτερα πρὸς ἄλληλα εἶνε τὰ μέρη αὐτῶν, τόσῳ ἀσθενεστέρα εἶνε ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις. Ὅσον δ' ἀφορᾷ τὸν τρόπον τῆς συνθέσεως τῶν στοιχείων θὰ ἴδωμεν εἰς τὴν ἀμέσως μεθεπομένην παράγραφον ποία ἡ σχέσις αὐτῆς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν τῆς στήλης.

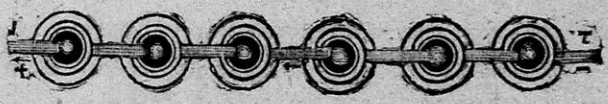
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

§ 51. **Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις.** *Ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν* ἐκαλέσαμεν τὴν δύναμιν, ἥτις γεννᾶται κατὰ τὴν ἐπαφὴν τοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ μετάλλου καὶ γίνεται πρόξενος παραγωγῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐν ἑκάστῳ ἠλεκτρικῷ στοιχείῳ, ἀναλόγως τῆς φύσεως τῶν ὑγρῶν καὶ τοῦ μετάλλου ἅτινα συνιστῶσιν αὐτό, ἀναπτύσσεται καὶ διάφορος ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις· δὲν ἐξαρτᾶται δ' οὐδόλως αὕτη ἐκ τοῦ μεγέθους τῶν στοιχείων.

Πρὸς σύγκρισιν τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν διαφόρων στοιχείων λαμβάνουσιν ὡς μονάδα τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν στοιχείου Daniell συνισταμένου ἐξ ἐλάσματος ψευδαργύρου ἐν ἠραιωμένῳ θειϊκῷ ὀξεῖ καὶ ἐξ ἐλάσματος χαλκίνου ἐν κεκορεσμένῃ διαλύσει θειϊκοῦ χαλκοῦ καὶ καλοῦσιν αὐτὴν *βόλτιον* (Volt, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ Volta). Συγκρίνοντες πρὸς τὴν μονάδα ταύτην τὰς ἠλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις τῶν διαφόρων στοιχείων εὑρίσκουσι διὰ τῶν πειραμάτων :

Ἠλεκτρεγ.	δύναμ.	στοιχείου	Daniell	= 1 βόλτιον
»	»	»	Callaud	= 1 »
»	»	»	Bunsen	= 1,73
»	»	»	Grenet	= 1,85
»	»	»	Leclanché	= 1,5
»	»	»	Planté	= 2,5

§ 52. **Διάφοροι τρόποι συνθέσεως τῶν στοιχείων.** Ἀντίστασις ἐσωτερικὴ καὶ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης κατὰ

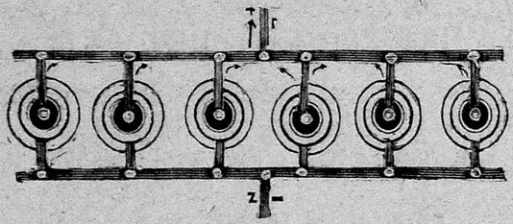


Σχ. 49.—**Σύνθεσις στοιχείων κατὰ σειράν.**

τὰς διαφόρους συνθέσεις. 1ον Δύο ἢ πλείονα στοιχεῖα δύνανται ν' ἀποτελέσωσι στήλην συνδεόμενα διὰ τῶν ἑτερωνύμων αὐτῶν πόλων, ἤτοι ὁ ψευδάργυρος τοῦ πρώτου μετὰ τοῦ χαλκοῦ τοῦ δευτέρου, ὁ ψευδάργυρος τοῦ δευτέρου μετὰ τοῦ χαλκοῦ τοῦ τρίτου καὶ οὕτω καθεξῆς· λέγομεν τότε ὅτι τὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στοιχεῖα εἶνε ἡνωμένα κατὰ σειρὰν ἢ τάσιν (Σχ. 49). Ὑποθέσωμεν ὅτι ἔχομεν 6 τοιαῦτα στοιχεῖα· ἐὰν καλέσωμεν Ε τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τοῦ ἑνὸς στοιχείου καὶ Α τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ, εὑρίσκεται ὅτι ἡ μὲν ὁλικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μερικῶν τοιού-



Σχ. 50.—**Σύνθεσις κατὰ ποσότητα.**

τῶν ἤτοι μὲ 6Ε, ἡ δὲ ὁλικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης μὲ 6Α.—Τὰ στοιχεῖα δύνανται νὰ συνδεθῶσι διὰ τῶν ὁμωνύμων αὐτῶν πόλων (Σχ. 50), ἤτοι ὅλοι μὲν οἱ ψευδάργυροι νὰ συνδεθῶσι διὰ μικρῶν συρμάτων εἰς ἓν σύρμα Ζ, ὅλοι δὲ οἱ χαλκοὶ ἀφ' ἑτέρου εἰς ἕτερον Γ. λέγομεν τότε ὅτι τὰ στοιχεῖα εἶνε ἡνωμένα κατ' ἐπιφάνειαν ἢ ποσότητα. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ ἡ μὲν ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης ἰσοῦται πάλιν πρὸς 6Ε, ἀλλ' ἡ ἀντίστασις ἰσοῦται πρὸς $\frac{A}{6}$

Καὶ ἐν γένει ἂν παραστήσωμεν διὰ ν τὸν ἀριθμὸν τῶν συναπτομένων στοιχείων, ἔχομεν:

1ον Σύνθεσις κατὰ τάσιν: Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης ἴση πρὸς νΕ, ἀντίστασις δὲ αὐτῆς ἴση πρὸς νΑ.

2ον Σύνθεσις κατὰ ποσότητα: Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης ἴση πρὸς νΕ ἀντίστασις δὲ αὐτῆς ἴση πρὸς $\frac{A}{\nu}$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

§ 53. **Γενικὰ περὶ τῶν διαφόρων ἀποτελεσμάτων τῶν ἠλεκτρ. ρευμάτων.** Τα ἀποτελέσματα, ἅτινα ἐπιφέρουσι τὰ ρεύματα τῶν ἠλεκτρικῶν στηλῶν, εἶνε διάφορα τῶν τοῦ στατικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Διότι ταῦτα μὲν προέρχονται ἐκ τῆς *ἀκαριαίας* ἀνασυνθέσεως τῶν ἀντιθέτων ἠλεκτρικῶν ρευστῶν, ἐνῷ τὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος προκύπτουσιν ἐκ τῆς *βραδείας καὶ συνεχοῦς* ἑνώσεως των ἀντιθέτων ρευστῶν τῶν δύο πόλων τῆς στήλης· ἕνεκα δὲ τῆς τοιαύτης συνεχείας αὐτῶν εἶνε πολλῷ σπουδαιότερα καὶ σημαντικώτερα τῶν διὰ τῶν στατικῶν ἠλεκτρομηχανῶν παραγομένων.

Δυνάμεθα νὰ τὰ ὑποδιαιρέσωμεν εἰς *φυσιολογικά*, *μηχανικά*, *χημικὰ καὶ φυσικά*· τὰ τελευταῖα δὲ ταῦτα, τὰ φυσικά, τὰ πολυαριθμότερα καὶ ποικιλώτερα, ὑποδιαιροῦνται εἰς *θερμαντικά*, *φωτεινά*, *μαγνητικὰ* καὶ εἰς τὰ *ἐξ ἐπαγωγῆς* ἀποτελέσματα.

Τὰ μὲν θερμαντικά, φωτεινὰ καὶ χημικὰ ἀποτελέσματα ἐξαρτῶνται πρὸ πάντων ἐκ τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὃν θέτει εἰς ἐνέργειαν ἡ στήλη καὶ συνεπῶς ἀπαιτοῦσι στοιχεῖα ὀλίγα μὲν ἀλλὰ μεγάλης ἐπιφανείας καὶ ἡνωμένα κατὰ ποσότητα· τὰ δὲ μαγνητικὰ καὶ φυσιολογικὰ ἐξαρτῶνται μᾶλλον ἐκ τῆς διαφορᾶς τῶν ἠλεκτροδυναμικῶν καὶ συνεπῶς ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων, ἐπιτυγχάνομεν δὲ ταῦτα συνθέτοντες τὰ στοιχεῖα κατὰ τάσιν (βλ. § 52).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

§ 54 **Ἀποτελέσματα φυσιολογικά.** Τὰ φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα, τουτέστι τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ τῶν νεύρων καὶ μυῶν, συνίστανται εἰς βιαίας συγκινήσεις καὶ συστολὰς τῶν μυῶν, αἵτινες εἶνε ἐπὶ τοσοῦτον ἐνεργητικώτεραι, ὅσῳ μείζων ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος· ἐχρησίμευσαν δὲ ταῦτα ὡς ἡ πρώτη ἀφετηρία τῆς ἀνακαλύψεως τοῦ δυναμικοῦ ἠλεκτρισμοῦ διὰ τοῦ πειράματος τοῦ Γαλβάνη τῷ 1786, ὅπερ δυνάμεθα νὰ ἐπαναλάβωμεν ὡς ἑξῆς· λαμβάνομεν βάτραχον ζῶντα, ἐκδέρομεν καὶ τέμνομεν αὐτὸν κάτωθεν τῶν ἐμπροσθίων μελῶν, καὶ ἀπογυμνώνωμεν τὰ ψοϊκὰ νεῦρά του, τὰ δίκην νημάτων λευκῶν διήκοντα ἑκατέρωθεν τῆς σπονδυλικῆς στήλης (Σχ. 51). Ἀκολούθως λαμβάνοντες μεταλλικὸν τόξον ἀποτελούμενον ἐκ ψευδαργύρου καὶ χαλκοῦ εἰσάγομεν τὸ ἄκρον τοῦ ψευδαργύρου εἰς τὰ νεῦρα, τὸ δὲ ἄκρον τοῦ χαλκοῦ ἐγγίζομεν εἰς τοὺς μῦς τῶν μηρῶν· θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι εἰς ἑκάστην ἐπαφὴν οἱ μῦς σπαίρουσιν, οἱ δὲ μηροὶ τοῦ βατράχου κινοῦνται σπασμωδικῶς.

Σχ. 51.—Πείραμα Γαλβάνη

Λαμβάνοντες διὰ τῶν δύο χειρῶν τοὺς ρευματαγωγοὺς ἰσχυρᾶς στήλης αἰσθανόμεθα τιναγμὸν ἰσχυρόν, παρόμοιον πρὸς τὸν παραγόμενον διὰ λουγδουνικῆς λαγύνου· διὰ τὸ εὐηλεκτραγωγὸν δὲ περιτυλίσσομεν προηγουμένως αὐτοὺς δι' ὑφάσματος, ἢ σπόγγων πεποτισμένων δι' ὕδατος ὀξυμιγοῦς. Διὰ στήλης Bunsen ἐκ 50 ἢ 60 μικρῶν στοιχείων οἱ τιναγμοὶ οὗτοι εἶνε ἰσχυροί, διὰ στήλης δὲ ἐξ 150 ἢ 200 στοιχείων εἶνε ἀνυπόφοροι καὶ μάλιστα ἐπικίνδυνοι· ἐν πάσῃ δὲ περιπτώσει οἱ τι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ναγμοὶ γίνονται μᾶλλον ἰσχυροὶ κατὰ τὴν διακοπὴν καὶ ἀποκατάστασιν τοῦ κυκλώματος. Ὅταν δὲ τὸ ρεῦμα εἶνε πολὺ μεγάλης ἐντάσεως, δύναται νὰ καταρρίψῃ ὡς κεραυνόπληκτον ἄνθρωπον καὶ ζῶα, διὸ καὶ εἴς τινας χώρας ἠθέλησαν νὰ ἐφαρμόσωσι τοῦτο ὡς μέσον θανατώσεως κακούργων.

ΣΗΜ. Ἡ ἰατρικὴ σήμερον κάμνει μεγάλην ἐφαρμογὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος πρὸς θεραπείαν μερῶν τοῦ σώματος, ὧν αἱ κινήσεις δὲν ἐκτελοῦνται κανονικῶς ἢ ἔχουν παραλύσει πως, πρὸς νευρικὰς διεγέρσεις κλπ.

Εἰς τὴν γλῶσσαν ἡμῶν ἐφαρμόζοντες ἔνθεν καὶ ἔνθεν τὰ ἄκρα τῶν ροηφόρων μικρᾶς στήλης αἰσθανόμεθα νυγμοὺς ἰσχυροὺς καὶ ἰδιάζουσαν ὑφάλμυρον γεῦσιν· ἐπὶ τοῦ κροτάφου δὲ ἐφαρμόζοντες αὐτοὺς καταλλήλως διὰ μικρῶν μεταλλικῶν πλακιδίων αἰσθανόμεθα λάμψιν ἀκαριαίαν διερχομένην διὰ τῶν ὀφθαλμῶν ἡμῶν καὶ ἐπὶ τῶν ἀκουστικῶν πόρων αἰσθανόμεθα θόρυβον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

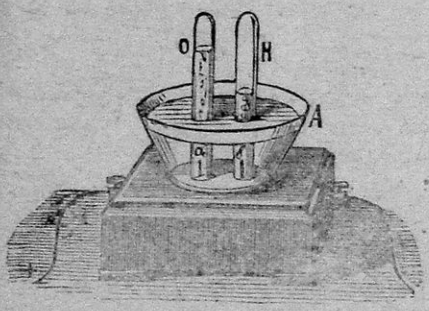
ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 55. **Ἀποσύνθεσις τοῦ ὕδατος,** *βολτάμετρον*. Τὸ πρῶτον παρατηρηθὲν χημικὸν ἀποτέλεσμα τοῦ ρεύματος ἦν ἡ ἀποσύνθεσις τοῦ ὕδατος γενομένη τῷ 1800 ὑπὸ τῶν Ἄγγλων Carlisle καὶ Nicholson.

Τὸ πείραμα ἐκτελεῖται δι' ἁπλουστάτης συσκευῆς, ἥτις καλεῖται *βολτάμετρον* (Σχ. 52). Συνίσταται τοῦτο ἐκ ποτηρίου ἢ λεκάνης ὑαλίνης Α, ἐπὶ τῆς βάσεως τῆς ὁποίας ἵστανται ἐπικεκολλημένα δύο ἐλάσματα ἐκ λευκοχρύσου α καὶ β, ὧν τὸ μὲν τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ θετικοῦ τὸ δὲ μετὰ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου τῆς στήλης. Ἀφοῦ πληρώσωμεν τὸ ποτήριον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέχρι τινὸς ὕδατος καὶ ἐπιθέσωμεν ἐπὶ τῶν ἐλασμάτων ἀνεστραμμένους δύο ὑαλίνους σωλῆνας πλήρεις ὕδατος, κλείσωμεν τὸ κύκλωμα καὶ τότε τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διερχόμενον διὰ τοῦ ὕδατος, ἀποσυνθέτει αὐτὸ εἰς τὰ συστατικά του, *ὑδρογόνον* καὶ *ὀξυγόνον*· τὰ ἀέρια ταῦτα ὑπὸ μορφὴν φυσαλίδων ἐκλύονται ἐκ τῶν ἐλασμάτων καὶ πληροῦσι βαθμηδὸν τοὺς σωλῆνας, τὸ μὲν ὑδρογόνον Η ἐπὶ τοῦ β τοῦ συγκοινωνοῦντος μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τὸ δὲ ὀξυγόνον Ο ἐπὶ τοῦ α τοῦ συγκοινωνοῦντος μὲ τὸν θετικὸν πόλον. Βλέπομεν δὲ πρὸς τούτοις ὅτι τὸ ὑδρογόνον καταλαμβάνει ἐν τῷ σωλῆνι ὄγκον διπλάσιον τοῦ ὀξυγόνου. Ὥστε τὸ πείραμα τοῦτο εἶνε ὄχι μόνον ποιοτικὴ ἀνάλυσις γνωρίζουσα ἡμῖν τὰ στοιχεῖα ἐξ ὧν συνίσταται τὸ ὕδωρ, ἀλλὰ συγχρόνως καὶ ποσοτικὴ διδάσκουσα ὅτι 2 ὄγκοι ὑδρογόνου συντίθενται μεθ' 1 ὄγκου ὀξυγόνου πρὸς σχηματισμὸν τοῦ ὕδατος. Ἡ οὕτω διὰ τοῦ ρεύματος ἀποσύνεσις τοῦ ὕδατος καὶ παντὸς συνθέτου σώματος ἐν γένει ἐκλήθη *ἠλεκτρόλυσις*, τὸ δ' ἀποσυντιθέμενον σῶμα *ἠλεκτρολύτης*, καὶ τὰ ἐκ λευκοχρύσου ἐλάσματα εἰς ἃ καταλήγουσιν οἱ ροηρόροι ἐκλήθησαν *ἠλεκτρόδια*.

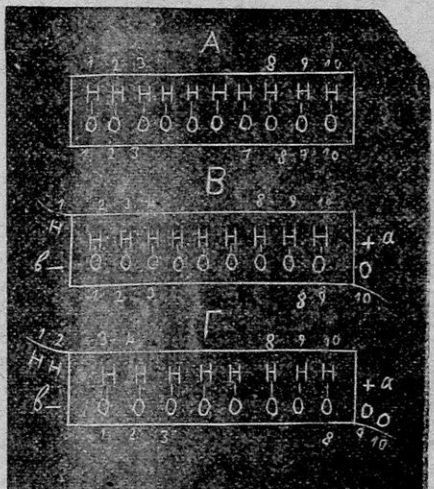


Σχ. 52 — Ἠλεκτρόλυσις τοῦ ὕδατος.

Παρατ. Στήλη ἐκ 4 ἢ 5 στοιχείων Bunsen εἶνε ἀρκετὴ διὰ τὴν ἀποσύνθεσιν τοῦ ὕδατος μετὰ ταχύτητος, ἀλλὰ δέον ἐν τῷ ὕδατι νὰ ἐνυπάρχῃ καὶ μικρὰ ποσότης θειϊκοῦ ὀξέος διὰ τὸ ἠλεκτραγωγόν, διότι ἄλλως ἕνεκα τῆς μικρᾶς ἀγωγιμότητος τοῦ ὕδατος τὸ διερχόμενον ρεῦμα εἶνε ἀσθενὲς καὶ ἡ ἀποσύνθεσις γίνεται βραδύτατα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

§ 56. **Θεωρία τοῦ Grothus.** Ἐὰν παρατηρήσωμεν μετὰ προσοχῆς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως, θὰ ἴδωμεν, ὅτι αἱ φυσαλίδες τῶν ἀερίων ἀναφαίνονται μόνον ἐπὶ τῶν ἐκ λευκοχρύσου ἠλεκτροδίων. Ὁ Grothus ἔδωκε τὴν ἑξῆς ἐξήγησιν εἰς τὸ φαινόμενον, ἣν σαφηνείας χάριν παριστῶμεν γραφικῶς καὶ διὰ τοῦ παρακειμένου σχήματος (Σχ. 53). Φανταsθῶμεν μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων α καὶ β σειρὰν μορίων ὕδατος 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, ἕκαστον τῶν ὁποίων, ὡς γνωστόν, συνίσταται ἐκ δύο ἀτόμων ὑδρογόνου (H) καὶ 1 ἀτόμου ὀξυγόνου (O)(1). Κατὰ τὴν διάβασιν τοῦ ρεύματος ὁ θετικὸς πόλος αὐτοῦ α ἀποσυνθέτει τὸ ἄκρον ὑδάτινον μόριον 10 εἰς τὸ ἠλεκτροθετικὸν H, ὅπερ ἀπωθεῖ καὶ εἰς τὸ ἠλεκτραρνητικὸν O, ὅπερ ἕλκει καὶ δι' αὐτὸ ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ἀναφαίνεται τὸ ὀξυγόνον· ἐπίσης δ' ἀφ' ἑτέρου καὶ εἰς τὴν ἀντίθετον πλευρὰν ὁ ἀρνητικὸς πόλος β ἀποσυνθέτει τὸ ὑδάτινον μόριον 1 εἰς O, ὅπερ ἀπωθεῖ καὶ εἰς H, ὅπερ ἕλκει, καὶ διὰ τοῦτο ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ἀναφαίνεται τὸ **ὑδρογόνον**. Ἀμέσως ὅμως τότε τὸ ἐλεύθερον μεῖναν ὀξυγόνον 1 προσελκύει πρὸς ἑαυτὸ τὸ ὑδρογόνον 2 τοῦ δευτέρου μορίου καὶ σχηματίζει ὕδωρ, ἐπίσης δὲ τὸ ὀξυγόνον 2 προσελκύει τὸ ὑδρογόνον 3 τοῦ τρίτου μορίου καὶ οὕτω καθεξῆς, ὥστε ἀκαριαίως ὅλα τὰ μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων ἄτομα τοῦ ὑδρογόνου καὶ ὀξυγόνου σχηματίζουσι πάλιν ὕδωρ (Σχ. 53, Β). Ἔπειτα πάλιν (Σχ. 53, Γ) ἐπέρχεται δευτέρα ἀποσύνθεσις εἰς τὰ ἄκρα μόρια κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, ὥστε δεύτερον διπλοῦν ὑδρογόνον (2) ἐκλύεται ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου καὶ δεύτερον ἄτομον ὀξυγόνου (9) ἐκ τοῦ θετικοῦ καὶ πάλιν τὰ ἐνδιάμεσα ἄτομα ἀνασυνίστανται εἰς ὕδωρ καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιούτῳ τρόπῳ διαρκῶς εἰς μὲν τὸν ἀρνητικὸν πόλον β ἐκλύονται ἐλεύθερα ἄτομα ὑδρογόνου, ἐκ δὲ τοῦ θετικοῦ α ἐλεύθερα ἄτομα ὀξυγόνου, ἐνῷ τὰ ἐν τῷ μεταξὺ τῶν πόλων ἄτομα ἀνασχηματιζόμενα ἀκαριαίως φαίνονται ὡς ἀδρανοῦντα καὶ μὴ λαμβάνοντα μέρος εἰς τὴν ἀποσύνθεσιν.



Σχ. 53.— Ἠλεκτρόλυσις ὕδατος.

(1) Σημ. Εἰς τὸ σχῆμα τὸ ὑδρογόνον παρίσταται χάριν εὐκολίας ἁπλῶς διὰ τοῦ H καὶ ὄχι διὰ τοῦ H_2 ὅπως ἔπρεπε πράγματι νὰ εἶνε.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

§ 57. **Ἠλεκτρόλυσις τῶν συνθέτων ἐν γένει χημικῶν ἑνώσεων.** Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπιδρῶν ὁμοίως ἐπὶ τῶν διαφόρων χημικῶν ἑνώσεων καθισταμένων προηγουμένως ἀγωγῶν ἐπιφέρει τὴν ἀποσύνθεσιν αὐτῶν.

Μεταλλικὰ ὀξείδια. Ταῦτα ἀναλύονται ὅπως καὶ τὸ ὕδωρ εἰς ὀξυγόνον φερόμενον ἐπὶ τοῦ θετικοῦ πόλου καὶ εἰς τὸ μέταλλον, ὅπερ φέρεται ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου. Διὰ τοῦ μέσου τούτου ἠδυνήθη ὁ Davy τῷ 1807 ν' ἀποσυνθέσῃ τὰ ὀξείδια τοῦ καλίου καὶ νατρίου, ἅτινα μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐθεωροῦντο ὡς ἁπλᾶ σώματα.

Ὀξέα ὑδρογονικά. Τὰ ὀξέα ταῦτα, ἅτινα συνίστανται ἐξ ὑδρογόνου καὶ ἠλεκτραρνητικοῦ τινος στοιχείου, ὡς εἶνε π. χ. τὸ ὑδροχλωρικὸν ὀξὺ (ὑδρογόνον μετὰ χλωρίου), ἀποσυντίθενται εἰς τὰ στοιχεῖά των καὶ τὸ μὲν ὑδρογόνον φέρεται εἰς τὸν ἀρνητικὸν πόλον, τὸ δ' ἕτερον στοιχεῖον εἰς τὸν θετικόν.

Ὀξέα ὀξυγονικά. Ταῦτα συνιστάμενα ἐξ ὑδρογόνου καὶ ριζικοῦ τινος συμπλέγματος (θειϊκὸν ὀξύ, νιτρικὸν ὀξὺ) ἀποσυντίθενται καὶ τὸ μὲν ὑδρογόνον φέρεται ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου, τὸ δὲ λοιπὸν σύμπλεγμα ἐπὶ τοῦ θετικοῦ.

Ἅλατα ἁλοειδῆ. Ταῦτα εἶνε ἑνώσεις μετάλλου τινὸς μεθ' ἑνὸς ἐκ τῶν ἁλογόνων στοιχείων (χλωρίου, βρωμίου, ἰωδίου κλπ.), ἀποσυντίθενται δὲ ὡς καὶ αἱ λοιπαὶ δυαδικαὶ ἑνώσεις καὶ τὸ μὲν μέταλλον φέρεται ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ, τὸ δὲ ἁλογόνον στοιχεῖον ἐπὶ τοῦ θετικοῦ πόλου.

Ἅλατα ὀξυγονικά. Ταῦτα εἶνε ἑνώσεις μετάλλου μετὰ συμπλέγματός τινος ἠλεκτραρνητικοῦ, ἐνέχοντος ὀξυγόνον (θειϊκὸς χαλκός, νιτρικὸς ἄργυρος)· ἀποσυντίθενται δὲ ὑπὸ τοῦ ρεύματος καὶ τὸ μὲν μέταλλον φέρεται ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ, τὸ δὲ λοιπὸν σύμπλεγμα ἐπὶ τοῦ θετικοῦ πόλου.

§ 58. **Ἠλεκτροχημικὴ σειρὰ τῶν στοιχείων.** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω βλέπομεν, ὅτι κατὰ τὴν διὰ τοῦ ρεύματος ἀποσύνθεσιν τῶν χημικῶν ἑνώσεων,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄλλα μὲν τῶν χημικῶν στοιχείων φέρονται ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ, ἄλλα δ' ἐπὶ τοῦ θετικοῦ πόλου. Ἐκ τούτου ἤχθησαν νὰ θεωρήσωσι καὶ τὰ χημικὰ στοιχεῖα ὡς ἠλεκτροθετικὰ ἢ ἠλεκτραρνητικά, ἀναλόγως τῆς τάσεως, ἣν ἔχουσι πρὸς τὸν ἀρνητικὸν ἢ τὸν θετικὸν πόλον τῆς στήλης. Π.χ. τὸ ὑδρογόνον τοῦ ὕδατος ὡς φερόμενον εἰς τὸν ἀρνητικὸν πόλον δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἠλεκτροθετικόν, σύμφωνα μὲ τὸν νόμον, ὅτι τὰ ἑτερώνυμα ἠλεκτρικὰ ρευστὰ ἕλκονται, τὸ δὲ ὀξυγόνον ὡς ἠλεκτραρνητικόν, διότι φέρεται εἰς τὸν θετικὸν πόλον. Κατέταξαν δὲ αὐτὰ εἰς σειρὰν ἀναλόγως τῆς μείζονος ἢ ἐλάσσονος ἠλεκτρικῆς τάσεως, ἣν δεικνύουσι πρὸς τὸν ἕνα ἢ τὸν ἄλλον πόλον. Ἡ σειρὰ αὕτη τῆς ἠλεκτροχημικῆς τάσεως εἶνε ἡ ἑξῆς διὰ τὰ κυριώτερα στοιχεῖα·

+Κάλιον, νάτριον, βάριον, στρόντιον, ἀσβέστιον, μαγνήσιον, ἀργίλλιον, μαγγάνιον ὑδρογόνον, ψευδάργυρος, σίδηρος, μόλυβδος, χαλκός, ὑδράργυρος, ἄργυρος, λευκόχρυσος, κασσίτερος, χρυσός·

Ἄνθραξ, ἀντιμόνιον, ἀρσενικόν, φωσφόρος, ἄζωτον, θεῖον, ἰώδιον, χλώριον, ὀξυγόνον—.

Καθ' ἃ ἐκ τῆς σειρᾶς φαίνεται τὸ κάλιον εἶνε τὸ ἠλεκτροθετικώτατον τῶν στοιχείων, ὅσον δ' ἀπωτέρω αὐτοῦ κεῖται στοιχεῖόν τι, τόσῳ ὀλιγώτερον ἠλεκτροθετικὸν εἶνε, μέχρις οὗ φθάνομεν εἰς τὰ ἠλεκτραρνητικά, ἅτινα πάλιν ἐπὶ τοσοῦτον ἠλεκτραρνητικώτερα εἶνε, ὅσῳ πλησιέστερον εὑρίσκονται πρὸς τὸ ὀξυγόνον, ὅπερ εἶνε τὸ ἠλεκτραρνητικώτατον τῶν στοιχείων.

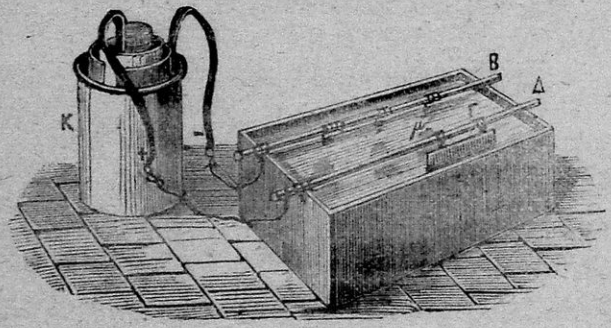
ΓΑΛΒΑΝΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑ

§ 59. **Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως τῶν ἁλάτων.** Ἡ ἀποσύνθεσις τῶν ἁλάτων διὰ τοῦ ρεύματος ἔλαβε σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν ἐν τῇ *γαλβανοπλαστικῇ*, ἥτις ἀνεκαλύφθη τῷ 1838 σχεδὸν ταυτοχρόνως ὑπὸ τοῦ Jacobi ἐν Ρωσσίᾳ καὶ τοῦ Spencer ἐν Ἀγγλίᾳ. Καλεῖται δ' οὕτως ἡ τέχνη, δι' ἧς τὰ ἐκ τῶν διαφόρων ἁλάτων τῇ ἐπενεργείᾳ τοῦ ρεύματος παραγόμενα μεταλλικὰ καταχρημνίσματα πλάσσονται εἰς τύπους καὶ σχηματίζουσιν ἀποτυπώματα διαφόρων ἀντικειμένων ἢ προσκολλῶνται ἀδιασπάστως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀντικειμένων καὶ παρέχουσιν εἰς αὐτὰ ἀλλοίαν ὄψιν. Ὡς ἐκ τούτου διακρίνεται εἰς δύο κατηγορίας: 1ον εἰς τὴν μέθοδον δι' ἧς ἀποτίθενται μεταλλικὰ στρώματα,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μᾶλλον ἢ ἧττον παχέα, τὰ ὁποῖα ἐφαρμόζονται μὲν καὶ τυποῦνται ἀκριβῶς ἐπὶ τῶν πρὸς ἀναπαραγωγὴν ἀντικειμένων ἀλλὰ *χωρὶς νὰ προσκολληθῶσιν* ἀδιασπάστως ἐπ' αὐτοῦ· ἡ μέθοδος αὕτη ἀποτελεῖ τὴν *κυρίως γαλβανοπλαστικὴν* καλουμένην καὶ ἐφαρμόζεται ἐν τῇ πράξει εἰς τὴν κατασκευὴν ἐκτυπωμάτων διαφόρων ἀντικειμένων, ὡς ἀμέσως κατωτέρω θέλομεν διαλάβει. 2ον Τὴν μέθοδον, δι' ἧς ἐναποτίθενται λεπτὰ μεταλλικὰ στρώματα *προσκολλώμενα* ἀδιασπάστως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀντικειμένων καὶ παρέχοντα εἰς αὐτὴν τὴν ὄψιν τοῦ προσκολλωμένου μετάλλου χωρὶς νὰ ἀλλοιώσωσι τὴν μορφὴν αὐτῶν· ἀποτελεῖ αὕτη τὴν καλουμένην *Ἠλεκτροχημείαν*, ἥτις ἀναλόγως τῆς φύσεως τοῦ ἐπιτιθεμένου μετάλλου διακρίνεται εἰς *ἐπιχρύσωσιν*, *ἐπαργύρωσιν*, *ἐπιχάλκωσιν* κλπ.

§ 60. **Κυρίως Γαλβανοπλαστική.** Ὅπως ἀναπα-



Σχ. 54.—Γαλβανοπλαστικὴ συσκευή.

ραγάγωμεν γαλβανοπλαστικῶς τὸ ἐκτύπωμα ἀντικειμένου τινὸς οἷον ἀγάλματος, μεταλλίου, νομίσματος, κοσμήματος κλπ., πρῶτον πρέπει νὰ κατασκευάσωμεν τύπον κοῖλον αὐτοῦ (τὸ καλοῦπι του)· πρὸς τοῦτο δὲ μεταχειριζόμεθα θεῖον ἢ στεαρίνην, ἢ κάλλιον γουτταπέρκαν, ἥτις καὶ εὐκόλως πλάσσεται καὶ δίδει ἐκμαγεῖα λίαν καθαρά. Τὸν οὕτω κατασκευασθέντα τύπον καθι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στῶμενεὐηλεκτραγωγὸν ἐπικαλύπτοντες διὰ λεπτοῦ στρώματος γραφίτου καὶ ἀκολούθως ἐμβαπτίζομεν ἐντὸς τῆς γαλβανοπλαστικῆς συσκευῆς (Σχ.54). Συνίσταται αὕτη ἐκ λεκάνης περιεχούσης κορεσμένην διάλυσιν θειϊκοῦ χαλκοῦ καὶ φερούσης δύο ράβδους μεταλλικὰς Β καὶ Δ· εἰς μὲν τὴν Β καταλήγει ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς στήλης καὶ ἐξ αὐτῆς ἐξαρτᾶται ὁ τύπος, εἰς δὲ τὴν Δ ὁ θετικὸς καὶ ἐξ αὐτῆς ἐξαρτᾶται πλὰξ χαλκίνη ἀποτελοῦσα τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον. Κλειομένου τοῦ κυκλώματος τὸ ρεῦμα ἀποσυνθέτει τὸν θειϊκὸν χαλκὸν εἰς θειϊκὸν ὀξὺ καὶ ὀξυγόνον, ἅτινα φέρονται εἰς τὸν θετικὸν πόλον καὶ εἰς *μεταλλικὸν χαλκόν*, ὅστις φερόμενος εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον ἀποτίθεται καὶ σχηματίζει στρῶμα ἐπὶ τοῦ ἐκεῖ ἐξηρτημένου ἀντικειμένου. Ἀντὶ ἑνὸς δύνανται νὰ ἐξαρτηθῶσι καὶ δύο καὶ πλείονα ἀντικείμενα εἰς τὸν ἀρνητικὸν πόλον.

Ἡ δὲ πλὰξ τοῦ χαλκοῦ ἡ ἀποτελοῦσα τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον δὲν χρησιμεύει μόνον πρὸς σχηματισμὸν τοῦ κυκλώματος ἀλλὰ καὶ νὰ διατηρῇ τὴν διάλυσιν πάντοτε κεκορεσμένην. Τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται, διότι τὸ ὀξυγόνον καὶ τὸ θειϊκὸν ὀξύ, ἅτινα φέρονται εἰς τὸν θετικὸν πόλον, ἑνοῦνται μετὰ τοῦ χαλκοῦ τοῦ ἠλεκτροδίου καὶ σχηματίζουσι θειϊκὸν χαλκόν, ὅστις διαλυόμενος ἐν τῷ ὑγρῷ ἔρχεται εἰς ἀναπλήρωσιν τοῦ ἀποσυντεθέντος ὑπὸ τοῦ ρεύματος.

Ἐν τῇ γαλβανοπλαστικῇ συνήθως γίνεται χρῆσις στήλης Daniell ἕνεκα τῆς σταθερότητος τοῦ ρεύματος αὐτῆς.

§ 61. **Ἠλεκτροχημεία.** Πρὸ τῆς ἀνακαλύψεως τῶν μεθόδων τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐπεχρύσωνον ἢ ἐπηργύρωνον τὰ ἀντικείμενα δι' ἀμαλγάματος ὑδραργύρου καὶ χρυσοῦ ἢ ἀργύρου· σήμερον τὴν μέθοδον ταύτην ἀντικατέστησεν ἡ ἠλεκτροχημεία.

Ἐ π ι χ ρ ύ σ ω σ ι ς. Ἀντικείμενόν τι μεταλλικὸν διὰ νὰ ἐπιχρυσωθῇ πρέπει προηγουμένως νὰ ὑποβληθῇ εἰς προκαταρκτικάς τινας ἐργασίας: Θερμαίνεται πρῶτον ἐπὶ διαπύρων ἀνθράκων ὅπως καταστραφῶσιν αἱ ἐπ' αὐτοῦ τυχὸν ὑπάρχουσαι λιπαραὶ οὐσίαι· ἐπειδὴ δὲ τὰ πρὸς ἐπιχρύσωσιν ἀντικείμενα εἶνε συνήθως χάλκινα καὶ ὀξειδοῦνται διὰ τῆς πυρώσεως, ἐξαγόμενα διὰ λαβίδων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐμβυθίζονται ἀμέσως θερμὰ ἔτι ἐντὸς ἀραιοτάτου θειικοῦ ὀξέος, ὅπερ διαλύει τὰ παραχθέντα ὀξείδια, καὶ κατόπιν τρίβονται διὰ ψήκτρας καὶ ἐκπλύνονται δι' ὕδατος ἀπεσταγμένου. Ὅπως δ' ἐκλείψῃ καὶ τὸ ἐλάχιστον ἴχνος ὀξειδώσεως, ἐμβαπτίζονται μετὰ τοῦτο ἐπὶ στιγμάς τινας μόνον ἐντὸς κοινοῦ νιτρικοῦ ὀξέος καὶ κατόπιν προστρίβονται πάλιν καλῶς διὰ ψήκτρας καὶ ἐκπλύνονται δι' ἀπεσταγμένου ὕδατος.

Οὕτω παρεσκευασμένα ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτροδίου καὶ ἐμβαπτίζονται ἐντὸς τῆς γαλβανοπλαστικῆς συσκευῆς περιεχούσης νῦν ὡς λουτρὸν διάλυσιν ἅλατός τινος τοῦ χρυσοῦ. Διοχετεύεται τὸ ρεῦμα στήλης ἐκ 3 ἢ 4 στοιχείων Daniell ἢ Bunsen καὶ τοῦτο ἀποσυνθέτον τὸ ἅλας ἀποθέτει ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου στρῶμα χρυσοῦ μᾶλλον ἢ ἧττον παχύ, ἀναλόγως τοῦ χρόνου καθ' ὃν τὸ ἀντικείμενον θὰ μείνῃ ἐμβεβαπτισμένον. Ὅπως δὲ διατηρῆται ἡ διάλυσις κεκορεσμένη, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου ἔλασμα ἐκ χρυσοῦ, ὅπερ κατὰ τὴν πορείαν τῆς ἐργασίας διαλύεται καὶ κορεννύει τὴν διάλυσιν ἐφ' ὅσον αὕτη ἐξαντλεῖται.

Λουτρὸν πρὸς ἐπιχρύσωσιν. Παρασκευάζονται λουτρὰ πρὸς ἐπιχρύσωσιν διαφόρου συνθέσεως. Λοὐτρὸν ἁπλοῦν καὶ λαμπρὰ δίδον ἀποτελέσματα παρασκευάζεται ὑπὸ τὴν ἑξῆς σύνθεσιν: 1 γραμμ. χλωριούχου χρυσοῦ μετὰ 10 γραμμ. κυανιούχου καλίου διαλύονται ἐντὸς 450 γραμμ. ὕδατος. Τὸ λουτρὸν τοῦτο κατὰ τὴν ἐργασίαν πρέπει νὰ διατηρῆται εἰς θερμοκρασίαν 70° περίπου, ἐφαρμόζεται δὲ πρὸς ἐπιχρύσωσιν τοῦ χαλκοῦ, ἀργύρου, λευκοχρύσου, ὀρειχάλκου· Πρὸς ἐπιχρύσωσιν τῶν ἄλλων μετάλλων, οἷον σιδήρου, χάλυβος, ψευδαργύρου, κασσιτέρου, μολύβδου, δυνάμεθα νὰ μεταχειρισθῶμεν τὸ ἑξῆς λουτρόν:

Ὕδατος ἀπεσταγμένου	10 λίτρ.
Χλωριούχου χρυσοῦ	20 γραμμ.
Κυανιούχου καλίου	10 »
Φωσφορικοῦ νατρίου	1200 »
Διθειώδους νατρίου	1200 »

Συνήθως ὅμως πρὸς ἐπιτυχίαν τῆς ἐπιχρυσώσεως ἐπιχαλκώνουσι πρῶτον τὰ μεταλλικὰ ἀντικείμενα καὶ ἀκολούθως ἐφαρμόζουσι τὴν ἐπιχρύσωσιν ὅπως καὶ εἰς τὰ χάλκινα.

Ἐπαργύρωσις. Αἱ αὐταὶ μέθοδοι ἐφαρμόζονται καὶ διὰ τὴν ἐπαργύρωσιν μὲ μόνην τὴν διαφορὰν τῆς συνθέσεως τοῦ λουτροῦ, ὅπερ σχηματίζεται συνήθως ἐξ 1 γραμμ. κυανιούχου ἀργύρου, 10 γραμμ. κυανιούχου καλίου καὶ 150 γραμμ. ὕδατος· τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον πρέπει ν' ἀποτελῆται ἐξ ἐλάσματος ἀργυροῦ.

Διὰ τῶν αὐτῶν μεθόδων τελεῖται καὶ ἡ ἐπιλευκοχρύσωσις, ἐπινικέλωσις, ἐπιχάλκωσις κλπ. περὶ ὧν ἐν ἐκτάσει πραγματεύονται εἰδικὰ ἐγχειρίδια.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΚΤΟΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

§ 62. **Μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῶν ρευμάτων.** Τὰ μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῶν ἠλεκτρικῶν ρευμάτων συνίστανται εἰς τὰς *κινήσεις*, τὰς ὁποίας δύνανται νὰ ἐπιφέρωσι ταῦτα ἐπιδρῶντα ἐκ μικρᾶς ἀποστάσεως εἴτε ἐπὶ μαγνητῶν κινητῶν εἴτε ἐπὶ ἀγωγῶν συρμάτων κινητῶν, διαρρεομένων ἐπίσης ὑπὸ ρευμάτων.

Συνεπῶς τὸ περὶ τῶν μηχανικῶν ἀποτελεσμάτων τῶν ρευμάτων κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς περιλαμβάνει δύο κλάδους. 1ον Τὴν *ἠλεκτροδυναμικὴν*, ἥτις σπουδάζει τὰ φαινόμενα τῶν ἕλξεων καὶ ὤσεων καὶ λοιπῶν κινήσεων, αἵτινες συμβαίνουσιν εἰς τοὺς κινητοὺς ἀγωγοὺς τοὺς διαρρεομένους ὑπὸ ρευμάτων διὰ τῆς ἐπ' αὐτῶν ἐνεργείας ἄλλων ρευμάτων. 2ον Τὸν *ἠλεκτρομαγνητισμόν*, ὅστις σπουδάζει τὰ φαινόμενα τῶν διαφόρων κινήσεων τῶν μαγνητῶν διὰ τῆς ἐπ' αὐτῶν ἐνεργείας τῶν ρευμάτων καὶ τἀνάπαλιν.

Α'. ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

§ 63. **Νόμοι τῶν παραλλήλων ρευμάτων.** Δύο μεταλλικοὶ ἀγωγοί, δι' ὧν διέρχονται ἠλεκτρικὰ ρεύματα, κείμενοι εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν ἕλκουσιν ἢ ἀπωθοῦσιν ἀλλήλους κατὰ τοὺς ἑξῆς νόμους:

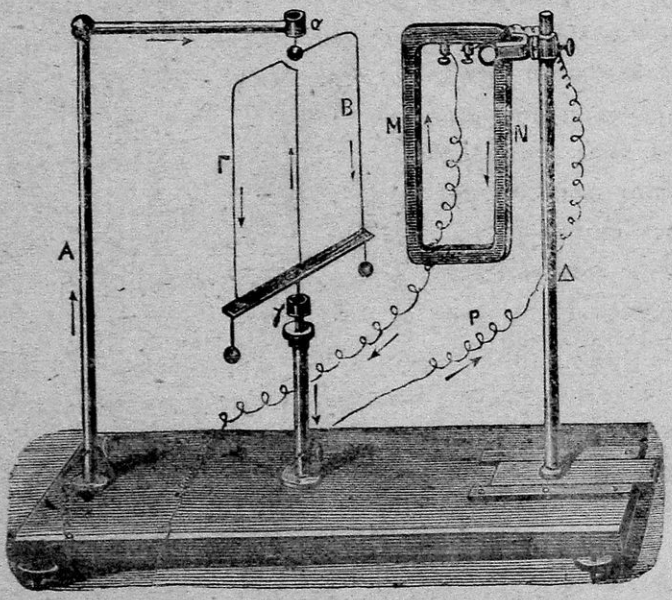
α' *Δύο ρεύματα παράλληλα καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς ἕλκουσιν ἄλληλα.*

β' *Δύο ρεύματα παράλληλα ἀλλ' ἀντιθέτου φορᾶς ἀπωθοῦσιν ἄλληλα.*

Οἱ νόμοι οὗτοι ἀποδεικνύονται πειραματικῶς διὰ συσκευῆς, ἣν παριστᾷ τὸ σχῆμα 55. Ὁ στύλος Δ φέρει ξύλινον ὀρθογώ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νιον πλαίσιον MN, ἐπὶ τοῦ ὁποίου περιελίσσεται πολλάκις κατὰ μῆκος τῶν τεσσάρων πλευρῶν χάλκινον σύρμα περιβεβλημένον διὰ νήματος μετάξης. Ἀπέναντι τοῦ πλαισίου ὑπάρχει ἀγωγὸς κινητὸς ΓΒ ἀπολήγων πρὸς τὰ ἄνω καὶ κάτω εἰς δύο βελόνας, αἵτινες εἰσέρχονται ἐντὸς τῶν κοτυλῶν α καὶ γ πλήρων ὑδραργύρου· οὕτω δύναται ὁ ὅλος ἀγωγὸς ΒΓ νὰ περι-



Σχ. 55.—Νόμοι τῶν παραλλήλων ρευμάτων.

στραφῇ περὶ τὸν κατακόρυφον ἄξονα αγ. Διαθέτοντες τὸν ἀγωγὸν Β παραλλήλως καὶ πολὺ πλησίον τῆς πλευρᾶς Μ καὶ διαβιβάζοντες τὸ ρεῦμα διά τε τοῦ ἀγωγοῦ ΓΒ καὶ διὰ τοῦ πλαισίου ΜΝ παρατηροῦμεν ὅτι: ἐὰν μὲν τὸ ρεῦμα εἰς τὸν Β ἔχῃ φορὰν ἀντίθετον τῆς τοῦ ρεύματος Μ (ὡς δεικνύουσι τὰ βέλη εἰς τὸ σχῆμα), ὁ ἀγωγὸς Β ἀπωθεῖται, τοῦθ' ὅπερ ἀποδεικνύει τὸν δεύτερον νόμον· ἐὰν δὲ ἀκολούθως ἀναστρέψωμεν τὸ πλαίσιον ΜΝ, εἰς τρόπον ὥστε καὶ διὰ τοῦ Β καὶ

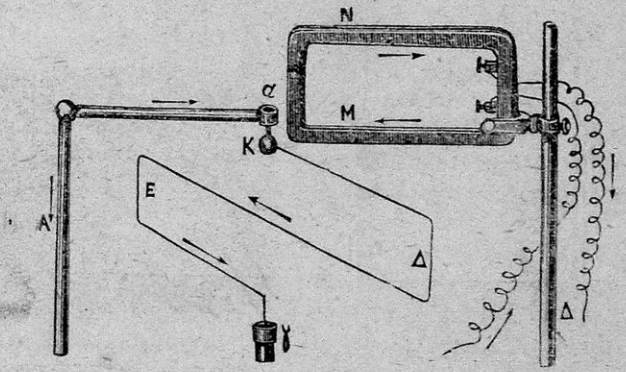
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ τοῦ Μ τὰ ρεύματα νὰ διατρέχωσι κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ Β ἕλκεται, τοῦθ' ὅπερ ἀποδεικνύει τὸν πρῶτον νόμον.

§ 64. **Νόμοι τῶν γωνιωδῶν ρευμάτων.** Τὰ ρεύματα, τῶν ὁποίων αἱ διευθύνσεις ἀποτελοῦσι γωνίαν, ἀκολουθοῦσι τοὺς ἑξῆς νόμους.

α' *Δύο ρεύματα εὐθύγραμμα, ὧν αἱ διευθύνσεις ἀποτελοῦσι γωνίαν, ἕλκουσιν ἄλληλα, ὅταν ἀμφότερα πλησιάζωσιν ἢ ἀπομακρύνωνται ἀπὸ τῆς κορυφῆς τῆς γωνίας.*

β' *Δύο τοιαῦτα ρεύματα ἀπωθοῦσιν ἄλληλα, ὅταν τὸ ἓν*



Σχ. 56.—Νόμοι τῶν γωνιωδῶν ρευμάτων.

ἐξ αὐτῶν πλησιάζῃ εἰς τὴν κορυφὴν τῆς γωνίας, τὸ δ' ἕτερον ἀπομακρύνηται ἀπ' αὐτῆς.

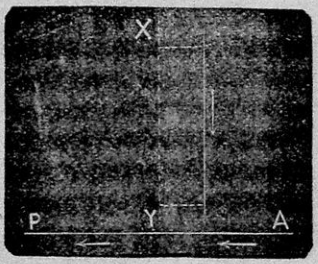
Ἡ πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων γίνεται διὰ τῆς αὐτῆς συσκευῆς, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ὡς κινητὸν ἀγωγὸν θέτομεν τὸν ΚΔΕ (Σχ. 56). Τοποθετοῦμεν τὸ μὲν πλαίσιον ΜΝ ὁριζοντίως τὸν δὲ κινητὸν ἀγωγὸν οὕτως ὥστε αἱ διευθύνσεις τῶν ρευμάτων Μ καὶ ΚΔ ν' ἀποτελῶσι γωνίαν καὶ διαβιβάζομεν τὸ ρεῦμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι, ὅταν τὰ ρεύματα Μ καὶ ΔΚ ἔχωσι τὴν αὐτὴν φοράν, τουτέστι πλησιάζωσιν ἀμφότερα πρὸς τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

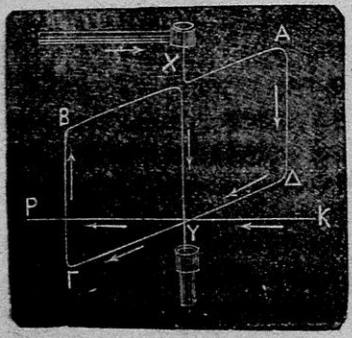
κορυφὴν Κ ἢ ἀπομακρύνωνται ἀπ' αὐτῆς, τότε ὁ ἀγωγὸς ΚΔ ἕλκεται βαθμηδὸν καὶ ἡ γωνία ΜΚΔ ἐλαττοῦται μέχρις οὗ μηδενίζεται. Ὅταν δὲ τὸ μὲν ρεῦμα Μ διευθύνηται πρὸς τὴν κορυφὴν Κ, τὸ δὲ ρεῦμα ΚΔ ἀπομακρύνηται ἀπ' αὐτῆς (ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα), τότε ὁ ἀγωγὸς ΚΔ ἀπωθεῖται καὶ ἡ γωνία αὐξάνεται.

Παρατήρ. Εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα, ἐὰν οἱ ἀγωγοὶ Β (Σχ. 55) καὶ ΚΔ (Σχ. 56) ἀντὶ νὰ ὦσιν εὐθύγραμμοι ἦσαν ἑλικοειδεῖς ἀλλὰ μὲ μικρὰς ἑλιγμούς, τότε αἱ ἕλξεις καὶ ὦσεις θὰ ἐλάμβανον χώραν κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον. Ὥστε ἡ ἑλκτικὴ ἢ ἀπωστικὴ δύναμις ρεύματος ἑλικοειδοῦς εἶνε ἡ αὐτὴ πρὸς τὴν δύναμιν ρεύματος εὐθυγράμμου ἔχοντος τὰ αὐτὰ πέρατα.

§ 65. **Ἐνέργεια ρεύματος ἀπεριορίστου ἐπὶ κατακ ματος.** Προσανατολισμὸς τῶν ρευμάτων. Α'. Ἐὰν ἔχωμεν ρεῦμα κινητὸν περὶ κατακόρυφον ἄξονα ΧΥ (Σχ. 57) παράλληλον τῇ ἑαυτοῦ διευθύνσει, πᾶν ρεῦμα ΑΡ ὁριζόντιον καὶ ἀμετάθετον ἐνεργοῦν ἐπὶ τοῦ πρώτου θέλει στρέψει αὐτὸ οὕτως ὥστε τὸ ἐπίπεδον τὸ ὁριζόμενον ὑπὸ τοῦ ἄξονος ΧΥ καὶ τοῦ κατακορύφου ρεύματος νὰ γίνῃ παράλληλον τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ σταθεροῦ ρεύματος ΑΡ· καὶ ἐὰν μὲν τὸ κινητὸν ρεῦμα εἶνε κατερχόμενον, φέρεται πρὸς τὸ μέρος Α, ἐξ οὗ ἔρχεται τὸ σταθερόν, ἐὰν δὲ εἶνε ἀνερχόμενον, φέρεται πρὸς τὸ μέρος Ρ, πρὸς ὃ διευθύνεται τὸ σταθερὸν ρεῦμα. Ἡ τοιαύτη διάταξις τοῦ κινητοῦ εἶνε συνέπεια τῶν νόμων τῶν γωνιωδῶν ρευμάτων.



Σχ. 57.—**Προσανατολισμὸς ρεύματος κατακορύφου.**



Σχ. 58.—**Προσανατολισμὸς κυκλώματος.**

Β'. Ἐὰν ἀντὶ ἁπλοῦ ρεύματος ἔχωμεν πλῆρες κύκλωμα ὀρθογώνιον ΑΔΓΒ (Σχ. 58) κινητὸν περὶ τὸν κατακόρυφον ἄξονα ΧΥ, τὸ ὁριζόντιον ἀπεριόριστον ρεῦμα ΚΡ ἐνεργοῦν ἐπὶ τοῦ πρώτου θέλει προσανατολίσει πάλιν αὐτό, ὡς καὶ τὸ ἁπλοῦν ρεῦμα, εἰς τρόπον ὥστε τὸ μέρος ΔΓ το πλησιέστερον τῷ ἀκινήτῳ ρεύματι ΚΡ νὰ γίνῃ παράλληλον αὐτῷ καὶ νὰ βαίνῃ κατὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν αὐτὴν φοράν. Καὶ ὄντως τὸ μέρος ΚΓ ἐνεργεῖ ἐλκτικῶς ὄχι μόνον ἐπὶ τοῦ ὁριζοντίου τμήματος ΔΓ (κατὰ τὸν νόμον τῶν γωνιωδῶν ρευμάτων) ἀλλὰ καὶ ἐπὶ τοῦ κατακορύφου τμήματος ΑΔ ἐπίσης ἐλκτικῶς. Συνεπῶς θὰ προσανατολισθῇ τὸ κινητὸν ρεῦμα καὶ θὰ τοποθετηθῇ εἰς ἣν θέσιν δεικνύει τὸ σχῆμα.

Τὴν αὐτὴν διευθυντηρίαν ἐνέργειαν θὰ ἐξασκήσῃ τὸ ἀπεριόριστον ρεῦμα καὶ ἐπὶ κυκλώματος κυκλικοῦ, κατακορύφου καὶ κινητοῦ περὶ κατακόρυφον ἄξονα.

Ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τῶν ρευμάτων, γηγενὴς ρεῦμα.

§ 66. **Προσανατολισμὸς τῶν κατακορύφων ρευμάτων.** Εἰς τὰ ἠλεκτροδυναμικὰ φαινόμενα τάσσονται καὶ τὰ φαινόμενα τῆς ἐπενεργείας τῆς γῆς ἐπὶ τῶν ρευμάτων. Ἀπεδείχθη ὅτι ἡ γῆ ἐνεργεῖ ἐπὶ κινητῶν ρευμάτων, ὅπως καὶ ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν βελονῶν, καὶ ἐὰν μὲν εἶνε κατακόρυφα, προσανατολίζει αὐτὰ καθ' ὡρισμένην διεύθυνσιν, ἐὰν δὲ εἶνε ὁριζόντια, δίδει εἰς αὐτὰ ταχεῖαν περιστροφικὴν κίνησιν. Τὰ κατακόρυφα κινητὰ ρεύματα προσανατολίζονται ἀκολουθοῦντα τὸν ἑξῆς νόμον:

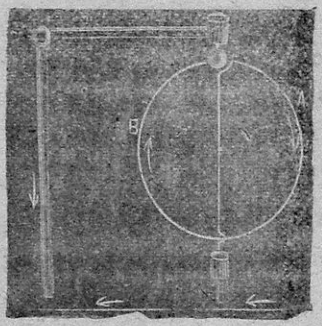
Πᾶν ρεῦμα κατακόρυφον κινητὸν περὶ ἄξονα παράλληλον αὐτῷ, φέρεται ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς γῆς ἐν κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ καθέτῳ ἐπὶ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ μετά τινας αἰωρήσεις ἵσταται πρὸς ἀνατολὰς μὲν τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς ἂν εἶνε κατερχόμενον, πρὸς δυσμὰς δὲ ἐὰν εἶνε ἀνερχόμενον.

Ὁ νόμος οὗτος ἀποδεικνύεται πειραματικῶς διὰ καταλλήλου συσκευῆς φερούσης ἀγωγὸν λίαν εὐκίνητον περὶ κατακόρυφον ἄξονα.

Ἐὰν δὲ τὸ κινητὸν ρεῦμα ἀποτελῇ πλῆρες κύκλωμα ὀρθογώνιον ἢ κυκλικὸν ΑΒ (Σχ. 59), τὸ κύκλωμα τοῦτο ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς γῆς προσανατολίζεται, οὕτως ὥστε νὰ τοποθετηθῇ ἐν ἐπιπέδῳ καθέτῳ ἐπὶ τὸν γήϊνον μεσημβρινὸν καὶ τὸ ρεῦμα νὰ εἶνε κατερχόμενον πρὸς ἀνατολὰς τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς διὰ παρατηρητὴν ἐστραμμένον πρὸς βορρᾶν, ἀνερχόμενον δὲ πρὸς δυσμὰς τοῦ ἄξονος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὑπόθεσις ρεύματος γηγενοῦς. Τὰ φαινόμενα ταῦτα τοῦ προσανατολισμοῦ, καὶ ἐν γένει τῶν μετακινήσεων τῶν κινητῶν ρευμάτων ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς γῆς, συμβαίνουσιν ἀπαράλλακτα, ὡς ἐὰν διήρχετο κάτωθεν τῶν ρευμάτων τούτων ρεῦμα ἀπροσδιόριστον καὶ ἀμετάθετον διευθυνόμενον ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμάς. Πράγματι, ἐὰν παραβάλλωμεν τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 58, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ κινητὸν κύκλωμα ΑΔΓΒ προσανατολίζεται διὰ τῆς ἐνεργείας τοῦ ρεύματος ΚΡ, καὶ τὸ ἔναντι πείραμα (Σχ. 59), εἰς τὸ ὁποῖον τὸ κύκλωμα ΑΒ προσανατολίζεται κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον, ἀλλ' ἄνευ τῆς παρουσίας ρεύματος ἀπροσδιορίστου, ἀγόμεθα νὰ παραδεχθῶμεν, πρὸς ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου, τὴν ὕπαρξιν γηγενοῦς ρεύματος ἐνεργοῦντος ἐπὶ τοῦ ΑΒ. Ἂς θέσωμεν κάτωθεν τοῦ κυκλώματος ρεῦμά τι διευθυνόμενον ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς καὶ ἀμέσως ἔχομεν τὴν ἐξήγησιν τοῦ προσανατολισμοῦ τοῦ κυκλώματος ἐπὶ τῇ βάσει τῶν προηγουμένων πειραμάτων καὶ νόμων.



Σχ. 59.—Προσανατολισμὸς ρεύματος ἐνεργείᾳ τῆς γῆς.

Οὐ μόνον δ' ἐκ τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν κατακορύρων ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς περιστροφῆς τῶν ὁριζοντίων καὶ ἐν γένει ἐκ τῶν διαφόρων πειραμάτων, δι' ὧν καταδεικνύεται ἡ ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τῶν κινητῶν ρευμάτων, προκύπτει ὅτι ὑπάρχει γηγενὲς ρεῦμα ἢ τοὐλάχιστον ὅτι ἡ γῆ ἐνεργεῖ ὡς τοιοῦτον ρεῦμα ἀπροσδιόριστον διευθυνόμενον ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς καὶ κείμενον ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ ἰσημερινοῦ. Διὰ τῆς τοιαύτης παραδοχῆς ἐξηγεῖται ἡ ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τῶν ρευμάτων, ἀπαράλλακτα ὅπως πρὸς ἐξήγησιν τῆς μαγνητικῆς αὐτῆς ἐπὶ τῶν μαγνητῶν ἐνεργείας παρεδέχθημεν τὴν ὕπαρξιν τοῦ γηΐνου μαγνητισμοῦ.

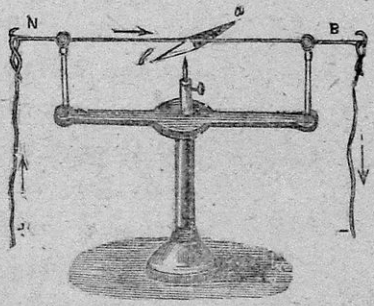
Β'. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΗ

§ 67. **Ἠλεκτρομαγνητισμός.** Τὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα ἐνεργοῦσιν ἐπὶ τοὺς μαγνήτας καὶ ἡ ἐνέργεια αὐτῶν αὕτη εἶνε ἡ διευθυντηρία ἢ ἐπιφέρει περιστροφικὴν συνεχῆ κίνησιν ἢ ἕλξεις καὶ ὤσεις. Ἀλλὰ καὶ οἱ μαγνῆται ἐνεργοῦσιν ἐπίσης ἐπὶ τῶν ρευμάτων ἐπιφέροντες ἐπ' αὐτῶν τὰ αὐτὰ ἀποτελέσματα. Ἡ σπουδὴ τῶν φαινομένων τούτων, τὰ ὁποῖα ὀφεί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λονται εἰς τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν τῶν μαγνητῶν καὶ ρευμάτων ἀποτελεῖ τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς, ὅπερ καλεῖται *ἠλεκτρομαγνητισμός*.

§ 68. **Πείραμα τοῦ Oersted, κανὼν τοῦ Ampère.** Ἡ διευθυντηρία ἐνέργεια τῶν ρευμάτων ἐπὶ τοὺς μαγνήτας ἀνεκαλύφθη τῷ 1820 ὑπὸ τοῦ Oersted καθηγητοῦ τῆς Φυσικῆς ἐν Κοπεγχάγῃ. Καταδεικνύεται δ' αὐτὴ διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος τοῦ Oersted. Τείνομεν ὁριζοντίως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ σύρμα χάλκινον NB (Σχ. 60) ὑπεράνω μαγνητικῆς βελόνης αβ, δυναμένης νὰ περιστραφῇ περὶ κατακόρυφον ἄξονα· εὐθὺς ὡς διέλθῃ διὰ τοῦ σύρματος ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ τέως ἀκίνητος καὶ παράλληλος τῷ σύρματι βελόνη *ἀποκλίνει* καὶ λαμβάνει θέσιν, ἥτις ἐπὶ τοσοῦτον περισσότερον πλησιάζει νὰ εἶνε ὁριζοντίως κάθετος ἐπὶ τὸ ρεῦμα, ὅσον τοῦτο εἶνε μᾶλλον ἐντατικόν.

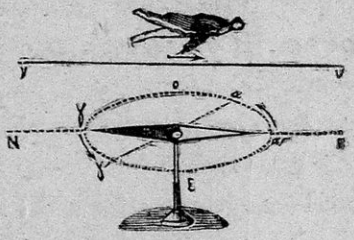


Σχ. 60.—Πείραμα **Oersted.**

Κανὼν τοῦ Ampère. Ἡ δὲ διεύθυνσις, καθ' ἣν ἀποκλίνει ἡ βελόνη, ἐξαρτᾶται συγχρόνως καὶ ἐκ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος καὶ ἐκ τῆς σχετικῆς θέσεως αὐτοῦ ὡς πρὸς τὴν βελόνην, ἂν δηλονότι τοῦτο διέρχηται ἄνωθεν ἢ κάτωθεν τῆς βελόνης. Ὁ Ampère κατώρθωσε νὰ περιλάβῃ καὶ νὰ καθορίσῃ τὴν διεύθυνσιν, καθ' ἣν ἀποκλίνει ἡ βελόνη κατὰ τὰς διαφόρους περιστάσεις, διὰ τοῦ ἑξῆς εὐμνημονεύτου κανόνος: Ὁ **πρὸς βοῤῥᾶν** *ἐστραμμένος πόλος τῆς βελόνης* (δηλ. ὁ νότιος) *ἀποκλίνει πάντοτε* **πρὸς τὰ ἀριστερὰ** *τοῦ ρεύματος*. Ἀριστερὰ δὲ τοῦ ρεύματος ἐννοεῖ τὸ ἀριστερὸν

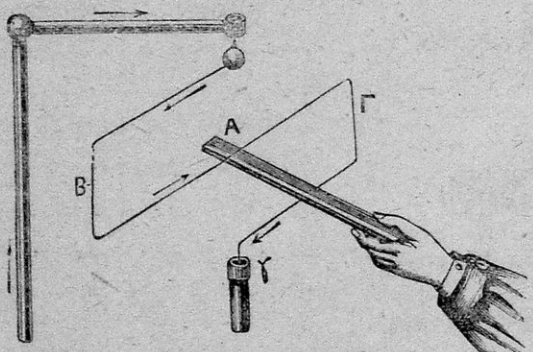
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέρος θεατοῦ κεκλιμένου ἐπὶ τοῦ σύρματος (Σχ. 61), ἐκ τῶν ποδῶν τοῦ ὁποίου νὰ εἰσέρχηται τὸ ρεῦμα καὶ νὰ ἐξέρχηται ἐκ τῆς κεφαλῆς, καὶ νὰ ἔχῃ ἐστραμμένον τὸ πρόσωπον πάντοτε πρὸς τὴν βελόνην.



Σχ. 61.—Κανὼν **Ampère.**

§ 69. **Διευθυντηρία ἐνέργεια τῶν μαγνητῶν ἐπὶ τὰ ρεύματα.** Ἐὰν ἐκτελεσθῇ τὸ πείραμα τοῦ Oersted ἀντιστρόφως, τουτέστι μαγνήτης ἀκίνητος νὰ ἐπενεργήσῃ ἐπὶ ἀγωγοῦ κινητοῦ ΒΓ, δι' οὗ διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα (Σχ. 62), παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἐκτρέπεται καὶ μετά τινας αἰωρήσεις ἔρχεται εἰς διασταύρωσιν μετὰ τοῦ μαγνήτου, τοῦ νοτίου πόλου αὐτοῦκατέχοντος πάντοτε τὰ ἀριστερὰ τοῦ ρεύματος.



Σχ. 62.—**Ἐνέργεια μαγνήτου ἐπὶ ρεῦμα κινητόν.**

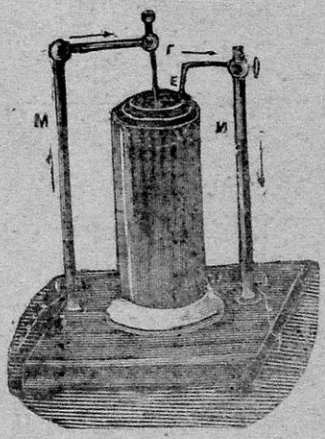
§ 70. **Περιστροφικὴ κίνησις τῶν μαγνητῶν διὰ τῶν ρευμάτων.** Τὰ φαινόμενα τῆς περιστροφῆς τῶν μαγνητῶν διὰ τῶν ρευμάτων κατέδειξεν ὁ Faraday διὰ τῶν ἑξῆς πειραμάτων.

Ἐν τῷ κέντρῳ εὐρέος ὑελίνου κυλίνδρου Κ πλήρους ὑδραργύρου (Σχ. 63) καταδύεται μαγνητικὴ ράβδος Α ἑρματισθεῖσα πρὸς τὸ κατώτερον μέρος διὰ τεμαχίου λευκοχρύσου· εἰς τὴν κορυφὴν ἡ ράβδος φέρει μικρὰν κοιλότητα πλήρη ὑδραργύρου, ἐς ἣν ἐμβυθίζεται ἡ κορυφὴ τῆς βελόνης Γ χρησιμεύουσα ὡς ἄξων περιστροφῆς τοῦ μαγνήτου. Τὸ ρεῦμα διὰ τοῦ στύλου Μ ἀνερχόμενον φθάνει εἰς τὴν βελόνην Γ καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν μαγνήτην Α καὶ διαχέεται εἰς τὸν πέριξ ὑδράργυρον καὶ διὰ τῶν γειλέων τοῦ κυλινδρικοῦ χαλκίνου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐλάσματος ΟΟ΄ ἐξέρχεται πρὸς τὴν στήλην ἀποτελοῦν κύκλωμα· κατὰ τὴν διάβασιν τοῦ ρεύματος παρατηροῦμεν ὅτι ὁ μαγνήτης τίθεται εἰς ταχεῖαν περὶ ἄξονα περιστροφικὴν κίνησιν, ἐπιταχυνομένην ἐφ' ὅσον αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Ἐὰν δ' ὁ μαγνήτης τεθῇ οὐχὶ ἐν τῷ κέντρῳ, ὡς εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα, ἀλλὰ εἰς θέσιν τινὰ μεταξὺ τοῦ κέντρου τοῦ δοχείου καὶ τῶν χειλέων αὐτοῦ, τότε ὁ μαγνήτης περιστρέφεται οὐχὶ περὶ ἑαυτόν, ἀλλὰ περὶ τὸν κατακόρυφον ἄξονα τὸν διερχόμενον διὰ τῆς βελόνης Γ.



Σχ. 63.—Περιστροφὴ μαγνήτου ἐνεργείᾳ ρεύματος.

Δι' ἀναλόγων πειραμάτων κατέδειξεν ὁ Faraday ὅτι καὶ ρεύματα κινητὰ τίθενται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν μαγνητῶν ἀκινήτων.

§ 71. **Σωληνοειδῆ.** Ἡ διευθυντηρία ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τὰ ρεύματα, ἀνάλογος πρὸς τὴν ἐνέργειαν αὐτῆς ἐπὶ τοὺς μαγνήτας, καὶ τὰ φαινόμενα τῆς ἀμοιβαίας ἐπενεργείας τῶν ρευμάτων ἐπὶ τοὺς μαγνήτας καὶ τἀνάπαλιν, καταδεικνύουσιν ὅτι ὑπάρχει *ὁμοιότης* μεταξὺ μαγνητῶν καὶ ρευμάτων. Ἡ ὁμοιότης δ' αὕτη ἔτι μᾶλλον καταφανὴς γίνεται διὰ τῶν ἰδιοτήτων, ἃς παρουσιάζει ἰδιαιτέρα συσκευὴ ὑπὸ τοῦ Ampère ἐπινοηθεῖσα καὶ κληθεῖσα *σωληνοειδές*.

Τὸ σωληνοειδὲς τοῦ Ampère κατασκευάζεται ἐν τῇ πράξει

Σχ. 64.—Σωληνοειδές.

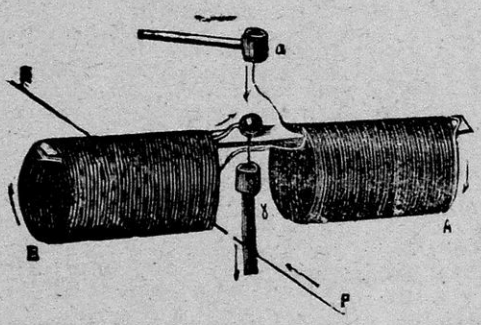
διὰ σύρματος χαλκίνου κεκαλυμμένου διὰ νήματος μετάξης (Σχ. 64), τὸ ὁποῖον σύρμα περιελίσσεται ἐν σχήματι ἕλικος ΑΒ σχηματίζον σειρὰν ρευμάτων ἑλικοειδῶν ἴσων καὶ παραλ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λήλων καὶ εἶτα ἐπανέρχεται εὐθυγράμμως ἐντὸς τῆς ἕλικος κατὰ τὸν ἄξονα αὐτῆς.

Διαβιβαζομένου δι' αὐτοῦ ρεύματος ἠλεκτρικοῦ, εἶνε φανερὸν ὅτι τοῦτο δύναται ν' ἀναλυθῇ εἰς τρία μέρη: 1ον Εἰς σειρὰν κυκλικῶν ρευμάτων καθέτων τῷ ἄξονι, ἴσων δὲ καὶ παραλλήλων καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς, 2ον εἰς τὸ εὐθύγραμμον ρεῦμα ΒΓ καὶ 3ον εἰς τὸ κατὰ μῆκος τοῦ σωληνοειδοῦς ρεῦμα ΑΒ, ὅπερ ἔχον φορὰν ἀντίθετον τῇ τοῦ ΒΓ καταργεῖ αὐτό. Συνεπῶς ὑπολείπεται μόνον τὸ *σύστημα τῶν κυκλικῶν ρευμάτων*.

§ 72. **Ἐνέργεια τῶν ρευμάτων ἐπὶ τὰ σωληνοειδῆ.** Ἐὰν λάβωμεν σωληνοειδὲς ΑΒ ἐξηρτημένον καταλλήλως ὥστε νὰ εἶνε εὐκίνητον περὶ κατακόρυφον ἄξονα αγ (Σχ. 65), ἀκολούθως δὲ τείνωμεν ὑπεράνω ἢ κάτωθεν παραλλήλως τῷ ἄξονι αὐτοῦ σύρμα εὐθύγραμμον καὶ διαβιβάσωμεν τὸ ρεῦμα διά τε τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ τοῦ σύρματος, βλέπομεν πάραυτα ὅτι τὸ σωληνοειδὲς *στρέφεται καὶ ἔρχεται εἰς διασταύρωσιν* μετὰ τοῦ εὐθυγράμμου ρεύματος ΡΚ. Ἐν τῇ θέσει ταύτῃ τῆς ἰσορροπίας αἱ σπεῖραι τοῦ σωληνοειδοῦς εἶνε παράλληλοι τῷ σταθερῷ ρεύματι ΚΡ καὶ πρὸς τούτοις εἰς τὸ κατώτερον μέρος ἑκάστης ἐξ αὐτῶν ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος εἶνε ἡ αὐτὴ πρὸς τὴν τοῦ εὐθυγράμμου ρεύματος.



Σχ. 65.—**Προσανατολισμὸς σωληνοειδοῦς.**

Ἐὰν δὲ διατεθῇ τὸ εὐθύγραμμον ρεῦμα κατακορύφως καὶ πρὸς τὰ πλάγια τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε παρατηρεῖται ἕλξις ἢ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄπωσις, καθ' ὅσον τὸ εὐθύγραμμον ρεῦμα μετὰ τοῦ τῆς πλησιεστέρας αὐτῷ σπείρας ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἢ ἀντίθετον φοράν.

— Δηλονότι τὸ εὐθύγραμμον ρεῦμα ἐπενεργεῖ ἐπὶ τῶν σπειρῶν τοῦ σωληνοειδοῦς, ὅπως θὰ ἐπενήργει καὶ θὰ προσανατόλιζεν ἑκάστην τούτων, ἂν ἦσαν αὗται χωρισταί ἑκάστη σπεῖρα λοιπὸν ἀποτελοῦσα τὸ καθ' ἑαυτὴν ρεῦμα κυκλικὸν τείνει νὰ προσανατολισθῇ παραλλήλως τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ ρεύματος ΡΚ, ὅπως ἐξηγήσαμεν ἀνωτέρω σελ. 91 καὶ 92, καὶ συνεπῶς ὁλόκληρον τὸ ἑλικοειδὲς ἔρχεται κάθετον ἐπὶ τὸ εὐθύγραμμον ρεῦμα.

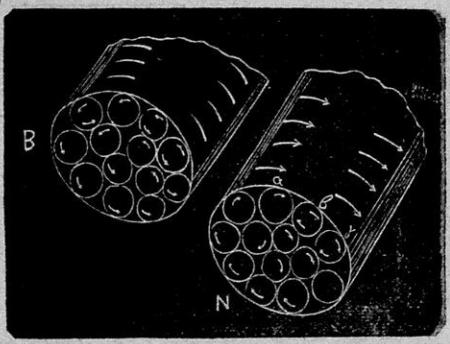
§ 73. **Διευθυντηρία ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τὰ σωληνοειδῆ.** Ἡ γῆ ἐνεργεῖ ἐπὶ τὰ σωληνοειδῆ, ὅπως καὶ ἐπὶ τὰ κλειστὰ ρεύματα (βλ. σελ. 92) καὶ τοὺς μαγνήτας. Ἐὰν ἐξαρτήσωμεν τὸ σωληνοειδὲς, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 65, χωρὶς νὰ ὑπάρχῃ τὸ εὐθύγραμμον ρεῦμα ΚΡ, καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ἰσχυρὸν ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι μετά τινας μετακινήσεις στρεφόμενον ἰσορροπεῖ εἰς θέσιν τοιαύτην, ὥστε *ὁ ἄξων αὐτοῦ νὰ εἶνε παράλληλος τῇ μαγνητικῇ βελόνῃ.* Ἑπομένως τὸ σωληνοειδὲς διευθύνεται ὅπως καὶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη· διόπερ διακρίνουσι καὶ ἐπ' αὐτοῦ δύο πόλους, τὸν πρὸς *νότον* ἐστραμμένον Β (βόρειον), εἰς ὃν τὸ ρεῦμα βαίνει κατὰ τὴν φορὰν τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, καὶ τὸν πρὸς *βορρᾶν* ἐστραμμένον Α (νότιον), εἰς ὃν τὸ ρεῦμα βαίνει ἀντιθέτως πρὸς τὴν στροφὴν τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου.

§ 74. **Ἀμοιβαία ἐνέργεια μεταξὺ σωληνοειδῶν καὶ μεταξὺ σωληνοειδῶν καὶ μαγνητῶν.** Διὰ τῶν πειραμάτων ἀποδεικνύεται ὅτι μεταξὺ σωληνοειδῶν καὶ μαγνητῶν παρατηροῦνται τὰ αὐτὰ φαινόμενα ἕλξεως καὶ ὤσεως, οἷα καὶ μεταξὺ μαγνητῶν. Ἐὰν προσεγγίσωμεν τὸν πόλον Β μαγνήτου πρὸς τὸν ἑτερώνυμον πόλον Α σωληνοειδοῦς, παρατηροῦμεν ἕλξιν, ἄπωσιν δὲ μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων πόλων. Ἐπίσης σωληνοειδὲς ἀμετάθετον ἔλκει μὲν τὸν ἑτερώνυμον ἀπωθεῖ δὲ τὸν ὁμώνυμον πόλον μαγνητικῆς βελόνης κινητῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀλλὰ καὶ μεταξὺ αὐτῶν τούτων τῶν σωληνοειδῶν αἱ αὐταὶ ἕλξεις καὶ ὦσεις παρατηροῦνται, καθ' ὃ τὸν προσεγγίζουσι πρὸς ἀλλήλους οἱ ἑτερώνυμοι ἢ οἱ ὁμώνυμοι αὐτῶν πόλοι.

§ 75. **Θεωρία τοῦ μαγνητισμοῦ κατὰ τὸν Ampère.** Ὁ Ampère στηριζόμενος ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν φαινομένων τούτων, δι' ὧν ἀποδεικνύεται ὅτι τὰ σωληνοειδῆ ἔχουσιν ἰδιότητας ἐντελῶς ὁμοίας πρὸς τὰς τῶν μαγνητῶν, ἐσχημάτισε νέαν θεωρίαν περὶ μαγνητισμοῦ, καθ' ἣν πάντα τὰ μαγνητικὰ φαινόμενα εἶνε ἀποτέλεσμα ἐνεργείας μαγνητικῶν ρευμάτων. Παρεδέχθη λοιπὸν ὁ Ampère ὅτι περὶ πάντα τὰ μόρια μαγνητικῆς οὐσίας, οἷον ράβδου χαλυβδίνης, κυκλοφοροῦσι ρεύματα ἠλεκτρικὰ ἔχοντα διάφορον ἕκαστον φορὰν καὶ διευθυνόμενα ἐν ἐπιπέδοις διαφόροις οὕτως ὥστε ἡ συνισταμένη τῶν ἐνεργειῶν αὐτῶν μηδενίζεται καὶ οὐδὲν μαγνητικὸν φαινόμενον παρουσιάζει ἡ ράβδος. Ὅταν ὅμως ἐπ' αὐτῆς ἐπιδράσῃ μαγνήτης ἢ ρεῦμα ἠλεκτρικόν, τότε τὰ ρεύματα αὐτῆς προσανατολίζονται διατιθέμενα ἐπὶ ἐπιπέδων παραλλήλων καὶ λαμβάνοντα τὴν αὐτὴν φοράν· καὶ ὄχι μόνον δὲ τοῦτο ἀλλὰ καὶ τὰ κέντρα αὐτῶν σχηματίζουσιν εὐθείας γραμμὰς παραλλήλους πρὸς τὸν ἄξονα τῆς ράβδου. Ἐν ἄλλαις λέξεσι μία μαγνητισμένη ράβδος ἀποτελεῖ, κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην, ἀληθῆ **δέσμην σωληνοειδῶν** (Σχ. 66), τῶν ὁποίων τὸ σύνολον ἐνεργεῖ ὡς ἓν μόνον σωληνοειδές.



Σχ. 66.—**Ρεύματα κυκλοφοροῦντα ἐντὸς μαγνητικῆς ράβδου.**

Δυνάμεθα δὲ εὐκόλως παραβάλλοντες ἓν σωληνοειδὲς πρὸς ἕνα μαγνήτην νὰ ὁρίσωμεν τὴν φορὰν τῶν ρευμάτων εἰς τοὺς δύο πόλους τοῦ μαγνήτου. Εἰς τὸ σωληνοειδὲς ΑΒ (Σχ. 65) ἰσορροποῦν καὶ λαμβάνον τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης, καθ' ἃ εἴδομεν ἀνωτέρω, ὁ πρὸς νότον ἐστραμμένος πόλος Β (ὁ βόρειος) ἔχει τὸ ρεῦμα φερόμενον κατὰ τὴν κίνησιν τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, ἐν ᾧ ταὐτοχρόνως συμβαίνει εἰς τὸν ἀντιθετον πόλον Α· συμβαίνει δὲ τὸ πρᾶγμα οὕτω σύμφωνα μὲ τοὺς νόμους, καθ' οὓς ἡ διευθυντηρία ἐνέργεια τῆς γῆς ἐνεργεῖ ἐπὶ τῶν κλειστῶν ρευμάτων (σελ. 92). Καὶ εἰς τοὺς μαγνήτας λοιπόν, ἐὰν θεωρήσωμεν αὐτοὺς κατὰ τὴν θεωρίαν τοῦ Ampère ὡς σωληνοειδῆ, πρέπει εἰς μὲν τὸν πρὸς νότον ἐστραμμένον πόλον Ν νὰ βλέπωσι τὰ ρεύματα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατὰ τὴν κίνησιν τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, εἰς δὲ τὸν ἀντίθετον πόλον Β νὰ βαίνωσι κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου.

Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην εὐκόλως ἐξηγεῖται καὶ ἡ διευθυντηρία ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τοὺς μαγνήτας, ἐπὶ τὰ σωληνοειδῆ κλπ., ἐὰν παραδεχθῶμεν ὅτι κυκλοφορεῖ ἐπ' αὐτῆς ρεῦμα ἠλεκτρικὸν φερόμενον ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς κατὰ τὸν μαγνητικὸν ἰσημερινόν, ὅπερ ρεῦμα εἶνε ἡ συνισταμένη ἀπείρων μικρῶν ρευμάτων κυκλοφορούντων περὶ ἕκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς καὶ καθέτως τῷ μαγνητικῷ μεσημβρινῷ. Πολὺ πιθανὸν δὲ τὰ ρεύματα ταῦτα νὰ εἶνε θερμοηλεκτρικὰ προερχόμενα ἐκ τῶν μεταβολῶν τῆς θερμοκρασίας, ἃς ἐπιφέρει ἡ διαδοχικὴ ἐνέργεια τοῦ ἡλίου ἐπὶ τῶν διαφόρων σημείων τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ὡς ἐκ τῆς ἡμερησίας αὐτῆς κινήσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΦΥΣΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΙΣ ΔΙΑ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΑΙ

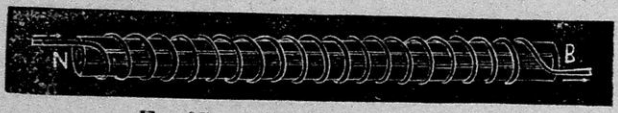
§ 76. **Μαγνήτισις διὰ τῶν ρευμάτων.** Ἀφοῦ τὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα ἐνεργοῦσιν ἐπὶ τοὺς μαγνήτας, εἶνε φυσικὸν νὰ συμπεράνωμεν ὅτι θὰ ἐνεργῶσιν ἐπίσης καὶ ἐπὶ τῶν ρευμάτων τοῦ Ampère, ἅτινα ταῖς κυκλοφοροῦσιν ἐν μαγνητικαῖς οὐσίαις, ὅπως προσανατολίσωσιν αὐτὰ καὶ συνεπῶς μετατρέψωσι τὴν μαγνητικὴν οὐσίαν εἰς μαγνήτην. Ὁ Arago ἀνεκάλυψε πράγματι ὅτι σύρμα χάλκινον, δι' οὗ διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντιθέμενον ἐντὸς ρινημάτων μαγνητικῆς τινος οὐσίας προσκολλᾷ ἐφ' ἑαυτὸ πολλὰ τούτων, ἅτινα κατόπιν ἀποσπῶνται ἅμα παύσῃ διερχόμενον τὸ ρεῦμα. Ἀπ' ἐναντίας δὲ ἡ ἐνέργεια αὐτοῦ ἐπὶ ρινημάτων μὴ μαγνητικῆς οὐσίας εἶνε μηδέν.

Ἡ ἐνέργεια αὕτη τῶν ρευμάτων πρὸς μαγνήτισιν μαγνητικῆς οὐσίας καταδεικνύεται καταφανέστερον διὰ τῆς μεθόδου τοῦ Ampère. Περιελίσσομεν ἑλικοειδῶς περὶ ὑέλινον σωλῆνα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

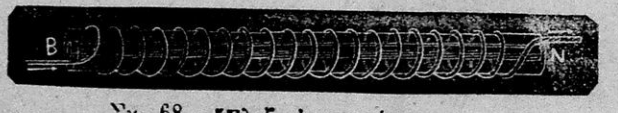
σύρμα περικεκαλυμμένον διὰ μετάξης καὶ ἐνθέτομεν εἰς τὸν σωλῆνα ράβδον χαλυβδίνην· ἅμα διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σύρματος ρεῦμα, πάραυτα ἡ ράβδος μαγνητίζεται.

Μαγνήτισις χάλυβος καὶ μαλακοῦ σιδήρου. Ἐν γένει πρὸς μαγνήτισιν ράβδου τινὸς χαλυβδίνης ἐνθέτομεν αὐτὴν ἐντὸς ὑελίνου σωλῆνος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος αὐτοῦ καὶ περὶ τὸν σωλῆνα περιελίσσομεν τὸ ἀγωγὸν σύρμα. Ἡ περιέλιξις



Σχ. 67.—Ἕλιξ δεξιόστροφος.

τοῦ σύρματος δύναται νὰ γίνῃ εἴτε ἐκ δεξιῶν πρὸς τὰ ἀριστερὰ ὑποκάτω, τουτέστι κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, ὅτε ἡ ἕλιξ καλεῖται *δεξιόστροφος* (Σχ. 67), εἴτε ἐκ τῶν ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ ὑποκάτω, ὅτε ἡ ἕλιξ καλεῖται *ἀριστερόστροφος* (Σχ. 68). Διαβιβαζομένου τοῦ ρεύματος πάντα ἡ ράβδος γίνεται μαγνήτης καὶ εἰς μὲν τὴν δεξιόστροφον



Σχ. 68.—Ἕλιξ ἀριστερόστροφος.

τὸ ἄκρον τῆς ράβδου N, ἐξ οὗ εἰσέρχεται τὸ ρεῦμα σχηματίζεται πάντοτε εἰς πόλον *νότιον* (1), εἰς δὲ τὴν ἀριστερόστροφον σχηματίζεται τὸ αὐτὸ μέρος εἰς πόλον βόρειον B.

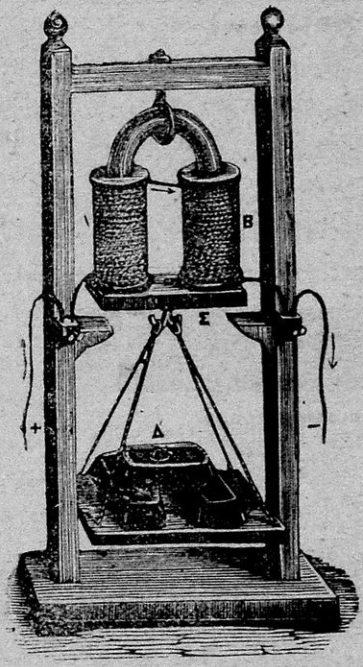
Ἡ χαλυβδίνη ράβδος ἀποκτᾷ οὕτως, ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν ρεύματος ἀρκούντως ἐντατικοῦ, μαγνητικὴν δύναμιν μεγάλην, ἡ ὁποία διαμένει καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος, μειουμένη μὲν βραδέως μέχρις ὁρίου τινὸς ἀλλὰ κατόπιν διαμένουσα

(1) Σημ. Νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου ἐννοοῦμεν ἐνταῦθα τὸν ἀντιστοιχοῦντα πρὸς τὸν πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης τὸν ἐστραμμένον πρὸς τὸν νότιον πόλον τῆς γῆς, βόρειον δὲ τὸν ἀντίθετον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο σταθερὰ καὶ διαρκής. Ἡ μαγνήτισις τῆς ῥάβδου δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ καὶ ἂν περιελίξωμεν τὸ σύρμα ἀμέσως ἐπὶ τῆς ῥάβδου ἄνευ τῆς μεσολαβήσεως ὑελίνου σωλῆνος.

Ἐὰν δ' ἀντὶ χαλυβδίνης ῥάβδου ἐντεθῇ ὡς ἀνωτέρω ῥάβδος ἐκ *μαλακοῦ σιδήρου*, αὕτη κατὰ τὴν διάβασιν τοῦ ρεύματος μαγνητίζεται ἰσχυρῶς καὶ διατηρεῖ τὴν μαγνητικὴν δύναμιν ἐνόσῳ τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ διαβαῖνον· ἅμα ὅμως διακοπῇ τὸ ρεῦμα, ἐπειδὴ ἡ συντηρητικὴ δύναμις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶνε μηδὲν (βλ. κεφαλ. μαγνητισμοῦ § 309), ἡ ῥάβδος ἀπομαγνητίζεται ἀμέσως. Μόνον ἐὰν ὁ μαλακὸς σίδηρος δὲν εἶνε ἐντελῶς καθαρός, διατηρεῖ ἴχνη μαγνητισμοῦ καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος.



Σχ. 69.—Ἠλεκτρομαγνήτης πεταλοειδής.

§ 77. **Ἠλεκτρομαγνῆται.** Καλοῦνται *ἠλεκτρομαγνῆται*, ῥάβδοι ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, περὶ ἃς περιελίσσεται τὸ σύρμα, ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, ἀλλὰ εἰς μέγαν ἀριθμὸν στροφῶν. Κατὰ τὴν διάβασιν τοῦ ρεύματος, αὐταὶ γίνονται μαγνῆται ἀπομαγνητίζονται δ' εὐθὺς ὡς διακοπῇ τὸ ρεῦμα.

Ὅταν οἱ ἠλεκρομαγνῆται εἶνε εὐθύγραμμοι, τὸ σύρμα περιελίσσεται εἴτε καθ' ὅλον τὸ μῆκος τῆς ῥάβδου εἴτε μόνον κατὰ τὰ πέρατα αὐτῆς. Ὅταν δ' ἔχῃ σχῆμα ἱππείου πετάλου,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τότε τὸ σύρμα περιελίσσεται μόνον ἐπὶ τῶν δύο σκελῶν αὐτοῦ ὥστε νὰ σχηματισθῶσι δύο πηνία Α καὶ Β (Σχ. 69) καὶ μεταβαίνει κατὰ συνέχειαν ἀπὸ τοῦ ἑνὸς εἰς τὸ ἕτερον πηνίον, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα, καὶ εἰς τρόπον ὥστε εἰς μὲν τὸ ἓν πηνίον νὰ εἶνε δεξιόστροφον, εἰς δὲ τὸ ἕτερον ἀριστερόστροφον καὶ συνεπῶς νὰ σχηματισθῶσιν εἰς τοὺς δύο βραχίονας δύο ἀντιθετοι μαγνητικοὶ πόλοι.

Ἡ ἰσχὺς τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν εἶνε πολὺ μεγαλειτέρα τῆς τῶν ἁπλῶν μαγνητῶν, κατασκευάζονται δὲ τοιοῦτοι, οἵτινες κατὰ τὴν μαγνήτισίν των δύνανται νὰ ὑποβαστάσωσι μεγάλα βάρη. Ὁ Faraday διὰ τοιούτων ἰσχυρῶν ἠλεκτρομαγνητῶν κατώρθωσε ν' ἀποδείξῃ ὅτι οἱ μαγνῆται ἐξασκοῦσι τὴν μαγνητικὴν αὐτῶν ἐνέργειαν οὐχὶ μόνον, ὅπως μέχρι τινὸς ἐπιστεύετο, ἐπὶ τῶν *μαγνητικῶν* κληθεισῶν *οὐσιῶν* (σιδήρου, νικελίου, κοβαλτίου, κλπ.), ἀλλ' ἐπὶ πάντων ἐν γένει τῶν σωμάτων, καὶ ὅτι ἄλλα μὲν τῶν σωμάτων ἔλκουσιν οὗτοι καὶ ἐκλήθησαν *μαγνητικά*, ἄλλα δ' ἀπωθοῦσι καὶ ἐκλήθησαν ταῦτα *διαμαγνητικὰ* ἢ *φυγομαγνητικὰ* (Βλέπ. εἰς τὸ περὶ μαγνητισμοῦ κεφ. § 313).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΟΓΔΟΟΝ

ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

ΒΟΛΤΑΜΕΤΡΟΝ ΚΑΙ ΓΑΛΒΑΝΟΜΕΤΡΑ

§ 78. **Μέθοδος καταμετρήσεως.** *Ἔντασιν* τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκαλέσαμεν (σελ. 57) τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρευστοῦ ὅπερ διέρχεται μεταξὺ δύο τομῶν τοῦ ροηφόρου ἐν τῇ *μονάδι τοῦ χρόνου*. Πρὸς καταμέτρησιν τῆς ἐντάσεως τῶν ρευμάτων δύνανται νὰ χρησιμεύσωσιν ἡμῖν δύο μέθοδοι, ἡ *ἠλεκτροχημικὴ* καὶ ἡ *ἠλεκτρομαγνητική*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

§ 79. **Ἠλεκτροχημικὴ μέθοδος, βολτάμετρον.** Ἡ ἠλεκτροχημικὴ μέθοδος βασίζεται ἐπὶ τῆς συγκρίσεως τῶν χημικῶν ἀποτελεσμάτων τῶν ρευμάτων. Εἴδομεν ἤδη ὅτι κατὰ τὴν ἀποσύνθεσιν τοῦ ὕδατος λ. χ. διὰ τοῦ βολτα μέτρου (σελ. 81) τὸ ρεῦμα ἀναλύει τὸ ὕδωρ εἰς ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον· ἐὰν λοιπὸν θέσωμεν εἰς ἐνέργειαν τὸ βολτάμετρον δι' ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου, ἀκολούθως δὲ διὰ δύο, τριῶν κλπ., θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὅσῳ πλείονα στοιχεῖα μεταχειριζόμεθα, τόσῳ πλεῖον ὕδωρ ἀποσυνθέτει τὸ ρεῦμα αὐτῶν ἐν ὡρισμένῳ χρόνῳ· ἐξ οὗ συνάγεται ὅτι ἡ ποσότης τοῦ ἀποσυντιθεμένου ὕδατος ἐν τῇ μονάδι τοῦ χρόνου, οἷον ἐν ἑνὶ δευτερολέπτῳ, καὶ συνεπῶς οἱ ἐκ τῆς ἀποσυνθέσεως προκύπτοντες ὄγκοι τῶν ἀερίων, εἶνε ἀνάλογοι πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρευστοῦ, ὅπερ διέρχεται διὰ τοῦ ὕδατος ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ ἤτοι ἀνάλογοι τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος· καὶ δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι ρεῦμά τι Β ἔχει διπλασίαν, τριπλασίαν κλ., ἔντασιν ἑτέρου ρεύματος 6, ὅταν τὸ πρῶτον (Β ἀποσυνθέτῃ ἐν βολταμέτρῳ διπλασίαν, τριπλασίαν κλ. ποσότητα ὕδατος ἢ τὸ δεύτερον (6) ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Συνεπῶς δυνάμεθα μεταχειριζόμενοι τὸ βολτάμετρον, διαβιβάζοντες δι' αὐτοῦ τὰ διάφορα ρεύματα καὶ καταμετροῦντες τὰ ποσὰ τῶν ἐκλυομένων ἀερίων ἐν ὡρισμένῳ χρόνῳ ὑφ' ἑκάστου ρεύματος νὰ εὑρίσκωμεν τὴν ἔντασιν αὐτῶν ἐπὶ τῇ βάσει τῆς μονάδος τῆς ἐντάσεως. Ὡς μονὰς ἐντάσεως λαμβάνεται ἐνταῦθα τὸ ὡριαῖον ἀμπέριον (ampère-heure), τουτέστιν ἡ ἔντασις ρεύματος ἠλεκτρικοῦ, ὅπερ δύναται νὰ ἐκλύῃ εἰς τὸ βολτάμετρον 210 κυβ ἑκατοστόμ. ὑδρογόνου ἐν μιᾷ ὥρᾳ. Ἐὰν λοιπὸν τὸ ρεῦμα Β π. χ. ἐκλύῃ εἰς τὸν χρόνον τοῦτον 315, 420, 840 κλπ. κυβ. ἑκατοστόμ. ὑδρογόνου, λέγομεν ὅτι ἡ ἔντασις αὐτοῦ ἰσοδυναμεῖ μὲ $1\frac{1}{2}$, 2, 4 ... ὡριαῖα ἀμπέρια.

Ἐπειδὴ δὲ τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ ὕδατος εἶνε ἀερώδη, διὸ καὶ δυσκόλως συλλέγονται καὶ καταμετροῦνται, εἶνε προτιμότερον νὰ μεταχειριζώμεθα ἠλεκτρολύτην διάλυσίν τινα ἅλατος λ.χ. θειϊκοῦ χαλκοῦ, ὅτε δυνάμεθα νὰ συλλέγωμεν καὶ νὰ ζυγίζωμεν τὸ ποσὸν τοῦ ἐκ τῆς ἠλεκτρολύσεως ἀποτιθεμένου μετάλλου. Ἐν γένει ὅμως ἡ μέθοδος αὕτη, ἐνῷ ἀφ' ἑνὸς εἶνε δύσχρηστος, ἀφ' ἑτέρου ὑπόκειται εἰς σφάλματα ἕνεκα πολώσεως, ἥτις δύναται νὰ παραχθῇ ἐπὶ τῶν ἐλασμάτων ἐφ' ὧν ἐκλύονται ἀέρια ἢ ἀποτίθενται μέταλλα.

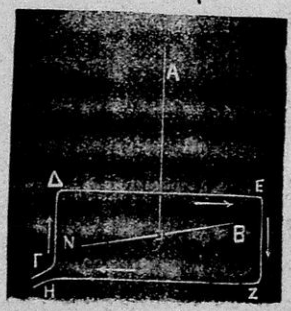
§ 80. **Ἠλεκτρομαγνητικὴ μέθοδος.** Αὕτη βασίζεται ἐπὶ τῆς συγκρίσεως τῶν ἀποτελεσμάτων, ἅτινα προκύπτουσιν ἐκ τῆς ἐνεργείας τῶν ρευμάτων ἐπὶ τοὺς μαγνήτας. Εἴδομεν ὅτι τὰ ρεύματα ἐπενεργοῦντα ἐπὶ μαγνητικὴν βελόνην (πείραμα Oersted) παράγουσιν εἰς αὐτὴν ἀπόκλισίν τινα· ἡ *διεύθυνσις καθ' ἣν ἀποκλίνει ἡ βελόνη καὶ τὸ μέγεθος τῆς ἀποκλίσεως* εἶνε δύο στοιχεῖα, ἅτινα δύνανται νὰ γνωρίσωσιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἡμῖν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος καὶ τὴν ἔντασιν αὐτοῦ. Τὰ ἐν χρήσει ὄργανα κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην καλοῦνται *γαλβανόμετρα*.

§ 81. **Γαλβανόμετρον ἢ πολλαπλασιαστής.** Τοῦτο συνίσταται ὡς εἰκὸς ἐκ μαγνητικῆς βελόνης κινητῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα καὶ περιβαλλομένης καταλλήλως ὑπὸ χαλκίνου ἀγωγοῦ, δι' οὗ διέρχεται τὸ ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα ἐνεργοῦν ἐπὶ τὴν βελόνην τείνει νὰ ἐκτρέψῃ αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας· ἀλλ' ὅμως ἡ διευθυντηρία ἐνέργεια τῆς γῆς ἐνεργοῦσα ἀφ' ἑτέρου ὅπως διατηρήσῃ αὐτὴν ἐν τῇ ὡρισμένῃ θέσει τῆς ἰσορροπίας της, φέρει ἀντίδρασιν εἰς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ρεύματος καὶ δύναται μάλιστα νὰ μηδενίσῃ αὐτήν, ἐὰν τὸ ρεῦμα εἶνε λίαν ἀσθενές. Ἀνάγκη λοιπόν, ἵνα δύνανται νὰ ἐπενεργήσωσιν ἀποτελεσματικῶς καὶ παράγωσιν ἀπόκλισίν τινα τῆς βελόνης καὶ τὰ λίαν ἀσθενῆ ρεύματα, ἀφ' ἑνὸς μὲν νὰ *πολλαπλασιασθῇ ἡ ἐπὶ τῆς βελόνης ἐνέργεια αὐτῶν*, ἀφ' ἑτέρου δὲ *νὰ ἐλαττωθῇ ἡ διευθυντηρία ἐπενέργεια τῆς γῆς*. Τὸ διπλοῦν τοῦτο ἀποτέλεσμα ἐπιτυγχάνεται διὰ τοῦ *πολλαπλασιαστοῦ τοῦ Schweiger* καὶ *διὰ τῆς ἀστατικῆς βελόνης* τοῦ Nobili.

α'. Ὁ Schweiger ἔσχε τὴν ἰδέαν νὰ περιελίξῃ τὸ σύρμα πολλάκις εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίσῃ τοῦτο κύκλωμα πολλαπλοῦν ὀρθογώνιον καὶ κατακόρυφον ΔΕΖΗ, ἐν τῷ μέσῳ τοῦ ὁποίου νὰ εἶνε ἡ βελόνη ἐξηρτημένη διὰ νήματος (Σχ. 70). Ἐφαρμόζοντες εἰς τὴν οὕτω διατεθειμένην βελόνην τὸν κανόνα τοῦ Ampère, βλέπομεν ὅτι κατὰ τὴν διάβασιν τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τὰ τέσσαρα τμήματα αὐτοῦ, ΓΔ, ΔΕ, ΕΖ, ΖΗ ἐνεργοῦσι νὰ ἐκτρέψωσι τὴν βελόνην κατὰ τὴν αὐ-

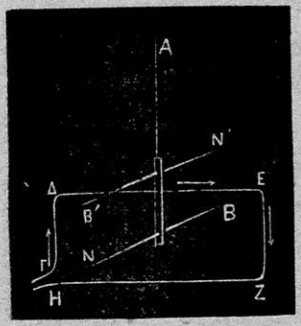


Σχ. 70.—**Πολλαπλασιαστὴς Schweiger.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν φοράν, τουτέστιν ὁ πόλος αὐτῆς Β ν' ἀποκλίνῃ πρὸς τὰ ὄπισθεν τοῦ ἐπιπέδου ΔΕΖΗ. Ἐπειδὴ δὲ τὸ σύρμα σχηματίζει πολλὰς στροφάς, πολλαπλασιάζεται ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος, διότι πάντες οἱ γῦροι αὐτοῦ ἐνεργοῦσιν ὁμορρόπως ἐπὶ τὴν βελόνην· διὸ καὶ ἐκλήθη ἡ συσκευὴ αὕτη *πολλαπλασιαστής*.

β'. Ἔτι μᾶλλον αὐξάνεται ἡ εὐπάθεια τοῦ ὀργάνου διὰ τῆς χρήσεως τοῦ συστήματος τῶν ἀστατικῶν βελονῶν, εἰς ἃς ὡς εἴδομεν ἐν τῷ μαγνητισμῷ (σελ. 463 § 318) ἡ διευθυντηρία ἐνέργεια τῆς γῆς ἐξουδετεροῦται ἢ τοὐλάχιστον γίνεται ἐλαχίστη. Ἐκ τῶν δύο βελονῶν (Σχ. 71) ἡ μὲν μία ΝΒ κεῖται ἐντὸς τοῦ κυκλώματος ΓΔΕΖΗ ἡ δὲ Ν'Β' ἐκτὸς καὶ ὑπεράνω αὐτοῦ. Τὸ ρεῦμα διαβαῖνον ἐνεργεῖ ἐπὶ μὲν τῆς βελόνης ΝΒ ὅπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον σχῆμα καὶ τείνει νὰ ἐκτρέψῃ τὸν πόλον Β πρὸς τὰ ὀπίσω· ἀλλ' ἡ ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς βελόνης Ν'Β' ἐνέργεια αὐτοῦ εἶνε διάφορος κατὰ τὰ διάφορα τμήματα. Πράγματι κατὰ τὸν κανόνα τοῦ Ampère τὸ μὲν τμῆμα ΔΕ τείνει νὰ ἐκτρέψῃ τὸν πόλον αὐτῆς Β' πρὸς τὰ ἔμπροσθεν ἤτοι ὁμορρόπως πρὸς τὴν κίνησιν τῆς βελόνης ΝΒ· ἀλλὰ τὰ τρία ἄλλα τμήματα ΓΔ, ΕΖ καὶ ΖΗ ἐνεργοῦσι νὰ ἐκτρέψωσι τὸν αὐτὸν πόλον Β' πρὸς τὰ ὀπίσω· ὑπερισχύει ὅμως ἡ ἐνέργεια τοῦ τμήματος ΔΕ ἕνεκα τῆς μικροτέρας ἀποστάσεως καὶ κατὰ συνέπειαν καὶ ἡ βελόνη Ν'Β' τείνει νὰ ἐκτραπῇ κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, καθ' ἣν καὶ ἡ ΝΒ καὶ οὕτως ἐνισχύεται ἔτι μᾶλλον ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος. Ἀλλὰ κυρίως τὸ πλεονέκτημα τοῦ συστήματος τούτου εἶνε ὅτι δι' αὐτοῦ μει-



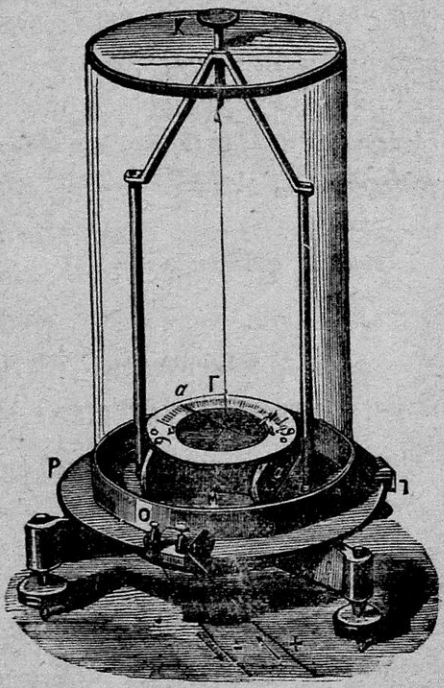
Σχ. 71.—Ἀστατικὸν σύστημα **Nobili**.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

οῦται ἢ ἐξουδετεροῦται ἡ διευθυντηρία ἐνέργεια τῆς Γ῎ης.

Τὸ γαλβανόμετρον ἐν συνόλῳ Τὸ γαλβανόμετρον ἐν συνόλῳ παρίσταται ὑπὸ τοῦ σχήματος 72. Τὸ ἀστατικὸν σύστημα τῶν δύο βελονῶν ἐξαρτᾶται διὰ νήματος λεπτοτάτου ἐκ βομβυκίου· Μ εἶνε τὸ πλαίσιον, περὶ τὸ ὁποῖον εἶνε περιειλιγμένον τὸ σύρμα καλῶς κεκαλυμμένον διὰ μετάξης, τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα καταλήγουσιν εἰς τοὺς πιεστικοὺς κοχλίας ο καὶ ι· ὑπεράνω δὲ τοῦ πλαισίου ὑπάρχει ὁριζόντιος δίσκος Γ διηρημένος εἰς μοίρας, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν τὴν γωνίαν τῆς ἀποκλίσεως, ἣν δεικνύει ἡ βελόνη α. Ἡ ὅλη δὲ συσκευὴ καλύπτεται διὰ κώδωνος ὑελίνου.

῞Οταν θέλωμεν νὰ κάμωμεν χρῆσιν τοῦ ὀργάνου, στρέφομεν ἐν πρώτοις τὸν δίσκον Γ, μέχρις οὗ ἡ διάμετρος αὐτοῦ ἡ διερχομένη διὰ τοῦ μηδενὸς τῆς διαιρέσεως λάβῃ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ· τότε προφανῶς τὸ ἄκρον τῆς βελόνης αβ θὰ δεικνύῃ τὸ μηδὲν τῆς διαιρέσεως τοῦ κύκλου Γ. Ἀκολούθως συγκοινωνοῦμεν τὰ κομβία ο καὶ ι μὲ τοὺς πόλους τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς καὶ ἐὰν διέρχηται ρεῦμα, ἀμέσως θὰ παρατηρήσωμεν ἀπόκλισιν τῆς βελόνης αβ· τότε ἐκ τῆς



Σχ. 72.—Γαλβανόμετρον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διευθύνσεως καθ' ἣν θὰ γίνῃ ἡ ἀπόκλισις εὑρίσκομεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, ἐκ δὲ τοῦ μεγέθους τῆς γωνίας τῆς ἀποκλίσεως τὴν ἔντασιν αὐτοῦ. Ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης αὐξάνεται μὲν μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἀλλὰ δὲν δυνάμεθα καὶ νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ γωνία τῆς ἀποκλίσεως εἶνε ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως· κατασκευάζουσιν ὅμως δι' ἕκαστον γαλβανόμετρον πίνακα, ὅστις ἀναγράφει τὴν εἰς ἑκάστην γωνίαν ἀποκλίσεως ἀντιστοιχοῦσαν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς ἀκέραια ἀμπέρια καὶ εἰς κλάσματα τοῦ ἀμπερίου.

Ὡς *ἀκέραιον ἀμπέριον* λαμβάνουσιν ἐν τῇ πράξει τὸ ρεῦμα τὸ παραγόμενον ὑπὸ ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως *ἑνὸς βολτίου* καὶ διαρρέον διὰ κυκλώματος παρουσιάζοντος ἀντίστασιν *ἑνὸς ὠμίου*. Τὸ ρεῦμα τοῦτο διαβιβαζόμενον διὰ τοῦ γαλβανομέτρου παράγει ἀπόκλισίν τινα, ἥτις μετρεῖ αὐτό.

Τὸ ἀνωτέρω περιγραφὲν εἶνε τὸ καλούμενον *κοινὸν Γαλβανόμετρον ἢ πολλαπλασιαστής*, ὑπάρχουσιν ὅμως καὶ ἄλλα γαλβανόμετρα, οἷον τὸ τοῦ *Thomson ἀπολυστικὸν* γαλβανόμετρον, ὄργανον ἐξαιρέτου εὐπαθείας, τὸ *τῶν ἡμιτόνων καὶ ἐφαπτομένων* γαλβανόμετρον κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΝΝΑΤΟΝ

ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑΙ ΚΑΙ ΦΩΤΕΙΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

§ 82. **Θερμαντικὰ ἀποτελέσματα.** Ρεῦμα ἰσχυρὸν διερχόμενον διὰ σύρματος μεταλλικοῦ παράγει εἰς αὐτὸ θερμαντικὰ ἀποτελέσματα ἀνάλογα πρὸς τὰ τῆς ἐκκενώσεως ἠλεκτρικῆς συστοιχίας : τὸ σύρμα θερμαίνεται, γίνεται διάπυρον, τήκεται ἢ ἐξαεροῦται. Διὰ ρεύματος λίαν ἰσχυροῦ πάντα τὰ μέταλλα, καὶ αὐτὸ τὸ ἰρίδιον καὶ ὁ λευκόχρυσος τήκονται· μόνος ὁ ἄνθραξ ἀντέστη μέχρι τοῦδε εἰς τὴν διὰ τοῦ ρεύματος τῆξιν. Διὰ στήλης Bunsen ἐκ 30 στοιχείων τήκονται καὶ ἐξ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

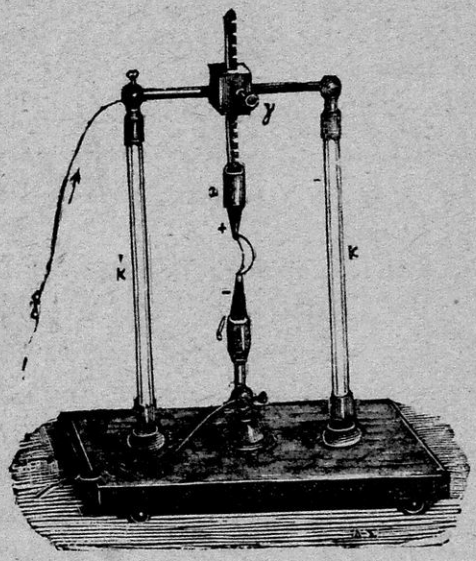
αεροῦνται λεπτὰ σύρματα μολύβδου, κασσιτέρου, ψευδαργύρου, χαλκοῦ, χρυσοῦ, ἀργύρου, σιδήρου καὶ μάλιστα καὶ λευκοχρύσου μετὰ ζωηρῶν ἐγχρόων σπινθήρων· ὁ σίδηρος καὶ ὁ λευκόχρυσος ἐκχέουσι λαμπρότατον λευκὸν φῶς, ὁ χρυσὸς καὶ ὁ κασσίτερος λευκὸν ὑποκυανίζον, ὁ χαλκὸς καὶ ὁ ἄργυρος πράσινον κλπ.

Ἐὰν διαβιάσωμεν τὸ αὐτὸ ρεῦμα διὰ δύο ἢ πλειόνων συρμάτων τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τοῦ αὐτοῦ πάχους ἀλλὰ διαφόρου οὐσίας, παρατηροῦμεν ὅτι ταῦτα δὲν πυροῦνται ἐξ ἴσου. Ὅθεν συμπεραίνομεν ὅτι τὰ θερμαντικὰ ἀποτελέσματα εἶνε διάφορα εἰς τὰ διάφορα μέταλλα, ἐξαρτώμενα κατὰ τὰ πειράματα τοῦ Joule οὐχὶ μόνον ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀγωγοῦ.

§ 83. **Φωτεινὰ ἀποτελέσματα.** Ταῦτα εἶνε ἄμεσος συνέπεια τῶν θερμαντικῶν ἀποτελεσμάτων· ἅμα ὡς ὁ ἀγωγὸς τοῦ ρεύματος διὰ τῆς διαβάσεως αὐτοῦ θερμανθῇ λίαν ἐντόνως, *ἐκπέμπει φῶς*, ὅπερ ἐκδηλοῦται εἴτε διὰ *σπινθήρων* εἴτε διὰ *πυρώσεως τῶν ροηφόρων* εἴτε διὰ τοῦ καλουμένου *βολταϊκοῦ τόξου*. Τὸ οὕτω διὰ τοῦ ρεύματος παραγόμενον φῶς εἶνε τὸ καλούμενον *ἠλεκτρικὸν φῶς*. Καὶ ὁ μὲν ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ ἐμφανίζεται ἰδίως κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος μεταξὺ τῶν περάτων τῶν δύο ροηφόρων, εἶνε δ' ἐπὶ τοσοῦτον ζωηρότερος ὅσῳ μειζων ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων τῆς στήλης. Τὸ δὲ φῶς διὰ πυρώσεως παράγεται, ἐὰν μεταξὺ τῶν ροηφόρων παρενθέσωμεν σύρμα λεπτὸν ἐκ σιδήρου ἢ κάλλιον ἐκ λευκοχρύσου, ὅπερ νὰ παρουσιάζῃ μεγάλην ἀντίστασιν εἰς τὴν διάβασιν τοῦ ρεύματος· τὸ σύρμα τοῦτο διαπυροῦται καὶ ἐκπέμπει ζωηρὸν φῶς καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς διαβάσεως τοῦ ρεύματος· αὐξάνεται δ' ἔτι μᾶλλον τὸ φωτεινὸν φαινόμενον, ἐὰν τὸ σύρμα περιελιχθῇ περὶ ἑαυτὸ ὥστε ν' ἀποτελέσῃ ἕλικα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀλλὰ τὸ ζωηρότερον καὶ λαμπρότερον ἠλεκτρικὸν φῶς παράγεται ἐὰν συνάψωμεν εἰς τὰ ἄκρα τῶν ροηφόρων δύο τεμάχια συμπαγοῦς ἄνθρακος καὶ προσεγγίσωμεν αὐτὰ ὥστε νὰ ἀκουμβήσωτι καὶ νὰ διέλθῃ τὸ ρεῦμα τῆς στήλης. Πρὸς τοῦτο μεταχειριζόμεθα κατάλληλον συσκευὴν (Σχ. 73)· ὁ ἄνθραξ β εἶνε ἀμετακίνητος, ἐνῷ ὁ α συνημμένος ὢν εἰς τὸ ἄκρον τῆς ὀδοντωτῆς ῥάβδου γ δύναται νὰ προσεγγίσῃ κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἧττον εἰς τὸν β δι' ἀναβιβάσεως ἢ καταβιβάσεως τῆς ῥάβδου· εἰς τὸν α καταλήγει ὁ ροηφόρος τοῦ θετικοῦ πόλου, εἰς δὲ τὸν β ὁ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου. Τιθεμένων εἰς ἐπαφὴν τῶν ἀνθράκων τὸ ρεῦμα διέρχεται καὶ διαπυρώνει αὐτούς· κατόπιν δ' ἀπομακρυνομένων ὀλίγον κατ' ὀλίγον σχηματίζεται μεταξὺ αὐτῶν τόξον φωτεινὸν ζωηρότατα φωτοβολοῦν, ὅπερ ἐκλήθη *βολταϊκὸν τόξον*. Αὐξανομένου τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων τῆς στήλης αὐξάνεται καὶ τὸ μῆκος τοῦ τόξου καὶ ἡ ἔντασις τοῦ φωτὸς αὐτοῦ.

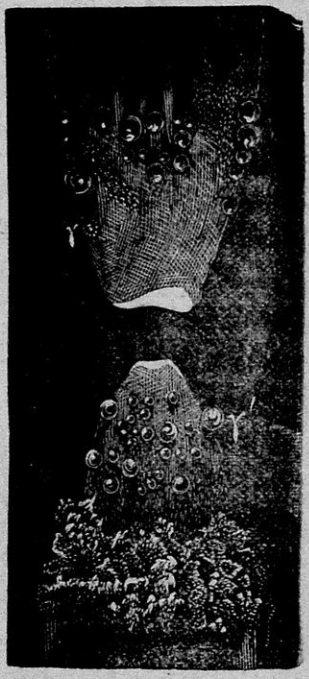


Σχ. 73.—Βολταϊκὸν τόξον.

Παραδέχονται δ' ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν φῶς ἐνταῦθα παράγεται ἐκ τῆς διαπυρώσεως λεπτοτάτων μορίων ἄνθρακος, ἅτινα κατ' ἀπειρίαν ἀποσπώμενα ἐκ τῶν δύο ἀνθράκων σχηματί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ζουσι συνεχῆ ἅλυσον λίαν δυσηλεκτραγωγὸν καὶ ἅτινα κατὰ τὴν διάβασιν τοῦ ρεύματος θερμαίνονται ὑπ' αὐτοῦ μέχρι λευκοπυρώσεως καὶ φωτοβολοῦσι. Ὅτι δὲ πράγματι λαμβάνει χώραν τοιαύτη ἀπόσπασις μορίων καταφαίνεται ἐκ τῆς φθορᾶς ἣν ὑφίστανται κατὰ τὰ πέρατα οἱ ἄνθρακες καὶ ἰδίᾳ ὁ τοῦ θετικοῦ πόλου, ὅστις διὰ τῆς καταναλώσεως βαθμηδὸν κοιλοῦται σχηματίζον εἶδος κρατῆρος ἡφαιστείου, ἐνῷ ὁ τοῦ ἀρνητικοῦ καταναλίσκεται βραδύτερον ἀπολήγων πάντοτε εἰς ἀκίδα(Σχ.74). Ἐπειδὴ λοιπὸν τὸ ρεῦμα εὑρίσκει μεγάλην ἀντίστασιν κατὰ τὴν διάβασιν διὰ τῶν μορίων τοῦ ἄνθρακος, ἀπαιτεῖται τοῦτο νὰ ἔχῃ μεγάλην ἔντασιν παραγόμενον διὰ στήλης Bunsen ἐκ 40 στοιχείων τοὐλάχιστον.



Σχ. 74 — Ὄψις τῶν ἀνθράκων κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ βολταϊκοῦ τόξου.

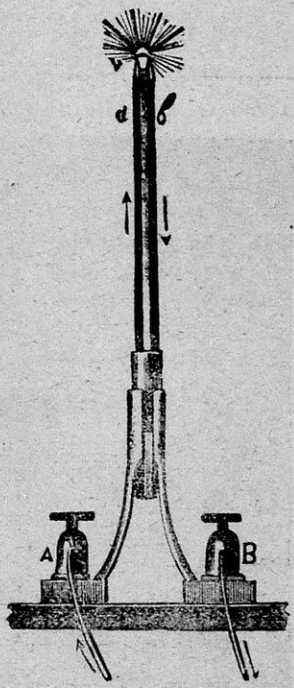
Ἡ θερμοκρασία τοῦ βολταϊκοῦ τόξου εἶνε λίαν ὑψηλή, τόση ὥστε ἐν αὐτῇ τήκεται αὐθωρεὶ καὶ αὐτὸς ὁ λευκόχρυσος. Μάλιστα ὁ Despretz κατώρθωσε διὰ τῆς θερμότητος τοῦ βολταϊκοῦ τόξου νὰ καταστήσῃ εὔπλαστον καὶ αὐτὸν τὸν ἄνθρακα καὶ νὰ συγκολλήσῃ τεμάχια αὐτοῦ.

ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΙ' ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 84. **Συστήματα ἠλεκτρικοῦ φωτισμοῦ.** Τοῦ ἠλεκτρικοῦ φωτὸς γίνεται σήμερον μεγίστη ἐφαρμογὴ εἰς πάσας τὰς χρήσεις, εἰς ἃς μέχρι τοῦδε μετεχειριζόμεθα τὸ ἔλαιον, πετρέλαιον, ἀεριόφως κλπ. πλεονεκτεῖ δὲ πάντων τούτων λίαν σημαντικῶς. Δύο συστήματα ἠλεκτρικοῦ φωτισμοῦ ὑπάρχουσι,

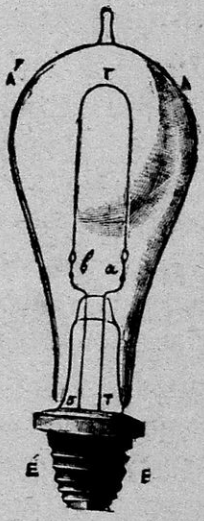
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ τῶν λαμπτήρων διὰ βολταϊκοῦ τόξου καὶ τὸ τῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως ἢ ἠλεκτρικῶν λύχνων. Ὡς μηχανὴ δὲ παραγωγικὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ δύναται, ὡς εἴδομεν, νὰ χρησιμεύσῃ ἡ στήλη τοῦ Bunsen, ἀποτελουμένη ἐξ ἀριθμοῦ ἐπαρκοῦς στοιχείων, ἀναλόγου πρὸς τὴν ἔντασιν ἣν θέλομεν νὰ ἔχῃ τὸ παραγόμενον φῶς. Σήμερον ὅμως μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν, σπανίως μεταχειρίζονται στήλας, διότι αὗται καὶ μᾶλλον δαπανηραί εἰσι καὶ πολλὰ τὰ ἐλαττωματικὰ παρουσιάζουσιν εἰς τὴν χρῆσιν.



Σχ. 75.—Ἠλεκτρικὸς λαμπτὴρ Jablochkoff.

Κατὰ τὸ πρῶτον σύστημα τῶν λαμπτήρων διὰ βολταϊκοῦ τόξου ὁ κύριος λαμπτὴρ ὁ παράγων τὸ φῶς φέρει ρυθμιστήν, ὅστις ἐνεργεῖ ἵνα συμπλησιάζῃ τοὺς δύο ἄνθρακας ἐφ' ὅσον φθείρονται καὶ νὰ τηρῇ οὕτω τὰ πέρατα αὐτῶν εἰς τὴν αὐτὴν ὡρισμένην παντοτε ἀπόστασιν. Διότι ἄλλως, φθειρομένων ὁλονὲν τῶν ἀνθράκων καὶ τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ τῶν περάτων αὐξανούσης, θὰ ἤρχετο στιγμή, καθ' ἣν τὸ ρεῦμα, ἔχον ἔντασιν ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀρχικὴν ἀπόστασιν τῶν ἀνθράκων, δὲν θὰ ἠδύνατο νῦν νὰ διαβῇ καὶ τὸ φῶς θὰ ἐσβέννυτο. Τοιοῦτοι ρυθμισταὶ εἶνε ὁ τοῦ Foucault, ὁ τοῦ Serrin κλπ. Ἀλλ' ὑπάρχουσι καὶ λαμπτῆρες, εἰς οὓς οἱ ἄνθρακες εἶνε διατεθειμένοι παραλλήλως καὶ συνεπῶς ὅσον καὶ ἀν φθείρωνται ἡ μεταξὺ τῶν περάτων αὐτῶν ἀπόστασις δὲν μεταβάλλεται ἐπαισθητῶς· τοιοῦτος εἶνε ὁ ὑπὸ τοῦ σχήματος 75 παριστώμενος λαμπτὴρ τοῦ Jablochkoff (Σχ. 75).



Σχ. 76 —Λύχνος Edison.

Κατὰ τὸ δεύτερον σύστημα ὁ φωτισμὸς γίνεται δι' ἠλεκτρικῶν λύχνων· εἰς τούτους μεταξὺ τῶν ροηφόρων ὑπάρχει παρεντεθειμένον σύρμα ἀγωγόν, ὅπερ παρέχον μεγάλην ἀντίστασιν εἰς τὴν διάβασιν τοῦ ρεύματος ὑπερθερμαίνεται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέχρι λευκοπυρώσεως καὶ φωτοβολεῖ· ὑπάρχει δὲ τὸ σύρμα τοῦτο ἐγκεκλεισμένον ἐντὸς μικρᾶς ὑελίνης σφαίρας κενῆς ἀέρος. Αἱ πρῶται δοκιμαὶ τοιούτων λύχνων ἐγένοντο διὰ σύρματος λευκοχρύσου, ἤδη ὅμως γίνεται χρῆσις νήματος ἐξ ἄνθρακος, ὅπερ κατασκευάζεται ἐξ ἰνῶν τοῦ καλάμου τῶν Ἰνδιῶν τοῦ καλουμένου bambou (Σχ. 76). Τὸ νῆμα τοῦτο ἔχον εἰς μὲν τοὺς μεγάλους λύχνους μῆκος 12 ἑκατοστόμ. εἰς δὲ τοὺς μικροὺς 6, κάμπτεται ἐντὸς τῆς ὑελίνης σφαίρας εἰς σχῆμα ἱππείου πετάλου Γ καὶ συνάπτεται διὰ τῶν περάτων αὐτοῦ α καὶ β μετὰ συρμάτων ἐκ λευκοχρύσου γ καὶ δ, εἰς ἃ ἀπολήγουσιν οἱ ροηφόροι τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς. Ἡ φωτεινὴ ἔντασις τῶν λύχνων τοῦ Edison ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἐκ τοῦ μήκους τοῦ νήματος· οἱ τοῦ πρώτου μεγέθους παρέχουσι φῶς 4 περίπου μονάδων Carcel ἤτοι 16 λαμπάδων, οἱ δὲ μικρότεροι 8 λαμπάδων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΚΑΤΟΝ

ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΕΞ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

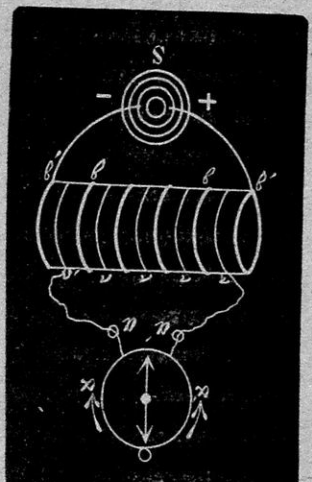
§ 85. **Ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς.** Ὁ Faraday τῷ 1832 ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα καὶ οἱ μαγνῆται ἐπιδρῶντα ἐπὶ πλησίων κειμένων μεταλλικῶν κυκλωμάτων, δύνανται ν' ἀναπτύξωσιν ἐν αὐτοῖς ἀκαριαῖα ἠλεκτρικὰ ρεύματα τὰ τοιαῦτα ἐκλήθησαν *ρεύματα ἐξ ἐπιδράσεως ἢ ἐξ ἐπαγωγῆς*.

Ἡ γένεσις τῶν τοιούτων ρευμάτων δύναται νὰ γίνῃ κατὰ τρεῖς τρόπους· 1ον δι' ἐπιδράσεως ρευμάτων, 2ον δι' ἐπιδράσεως μαγνητῶν καὶ 3ον δι' ἐπιδράσεως τῆς γῆς.

§ 86. **Ἐπαγωγὴ διὰ ρευμάτων.** Α'. Λαμβάνομεν κύλινδρον χάρτινον ἢ ξύλινον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου περιελίσσομεν κατὰ πρῶτον σύρμα χάλκινον παχὺ β'ββ' κεκαλυμμένον διὰ μετάξης καὶ τοῦ ὁποίου τὰ πέρατα β' καὶ β' συνάπτονται μετὰ τῶν πόλων τῆς ἠλεκτρικῆς στήλης S (Σχ. 77)· ἔχομεν οὕτω τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον. Ἐπ' αὐτοῦ περιελίσσομεν δεύτερον σύρμα κεκαλυμμένον ἐπίσης διὰ μετάξης ἀλλὰ πολὺ λεπτότερον καὶ πολλὰς φορὰς περιειλιγμένον καὶ συνάπτομεν τὰ ἄκρα αὐτοῦ ν' καὶ ν' μετὰ τῶν περάτων τοῦ ἀγωγοῦ γαλβα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νομέτρου. Διαβιβαζομένου τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ σύρματος β′ β′ παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς φαινόμενα: 1ον Ἅμα τῇ διαβάσει τοῦ ρεύματος γεννᾶται εἰς τὸ λεπτὸν σύρμα ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς, γινόμενον αἰσθητὸν διὰ τοῦ γαλβανομέτρου καὶ εἶνε τὸ ρεῦμα τοῦτο *ἀντίρροπον* τῷ κυρίῳ ρεύματι τουτέστι τῷ ρεύματι τῆς στήλης S, ἅμα δὲ καὶ *ἀκαριαῖον*, διότι ἀμέσως ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐπανέρχεται πάλιν εἰς τὸ μηδέν, ἐνῷ τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ διέρχηται διὰ τοῦ ἐσωτερικοῦ πηνίου. 2ον Ἐὰν διακόψωμεν τὴν διάβασιν τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ *τὴν στιγμὴν τῆς διακοπῆς* γεννᾶται καὶ πάλιν εἰς τὸ λεπτὸν σύρμα ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἀκαριαῖον ἀλλὰ *ὁμόρροπον* τῷ κυρίῳ ρεύματι.



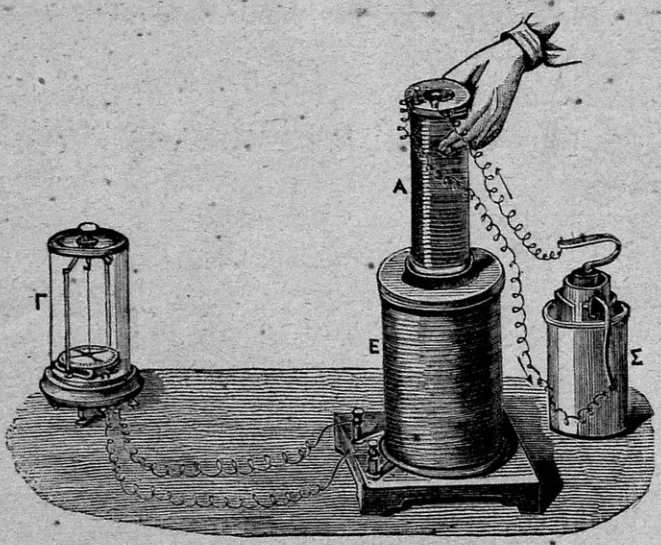
Σχ. 77.—Ἐπαγωγὴ διὰ ρεύματος.

Β′. Λαμβάνομεν πηνίον κοῖλον Ε φέρον περιειλιγμένον ἓν μόνον σύρμα λεπτὸν (Σχ. 78), οὗτινος τὰ ἄκρα συνάπτομεν μετὰ τῶν ἀγωγῶν τοῦ γαλβανομέτρου Γ′ δεύτερον δὲ πηνίον Α φέρον σύρμα χονδρὸν δύναται νὰ εἰσέλθῃ ἐντὸς τοῦ πρώτου. Διαβιβάζοντες τὸ ρεῦμα διὰ τοῦ πηνίου Α καὶ εἰσάγοντες αὐτὸ ἀποτόμως ἐντὸς τοῦ Ε παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὸ τελευταῖον τοῦτο ἀναπτύσσεται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἀκαριαῖον καὶ *ἀντίρροπον* τῷ ἐπιδρῶντι· ἐξάγοντες δ' αὐτὸ ἀποτόμως παρατηροῦμεν ὅτι καὶ κατὰ τὴν ἐξαγωγὴν ἀναπτύσσεται ρεῦμα ἀκαριαῖον ἀλλ' *ὁμόρροπον* τῷ ἐπιδρῶντι.

Ἂν, ἀντὶ νὰ εἰσάγωμεν ἢ νὰ ἐξάγωμεν ἀποτόμως τὸ ἐπι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δρῶν ρεῦμα Α εἰς τὸ πηνίον Ε, *πλησιάζωμεν* ἢ *ἀπομακρύνωμεν* αὐτὸ βραδέως ἀπὸ τοῦ Ε, παρατηροῦμεν καὶ πάλιν ὅτι εἰς ἑκάστην προσέγγισιν ἢ ἀπομάκρυνσιν ἀναπτύσσεται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἀκαριαῖον καὶ *ἀντίρροπον* μὲν τῷ κυρίῳ ρεύματι *κατὰ τὴν προσέγγισιν*, *ὁμόρροπον* δὲ κατὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν. Καὶ τέλος, ἂν διατηρήσωμεν μὲν εἰς σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ Ε τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα Α, ἀλλὰ διὰ καταλλήλου μηχανι-



Σχ. 78.—Ἐπαγωγὴ διὰ ρεύματος.

σμοῦ μεταβάλλωμεν τὴν ἔντασιν αὐτοῦ αὐξάνοντες ἢ ἐλαττοῦντες αὐτὴν διαδοχικῶς, καὶ πάλιν θὰ παρατηρήσωμεν ἀνάπτυξιν ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος εἰς ἑκάστην *αὔξησιν* ἢ *ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως* τοῦ ἐπιδρῶντος· θὰ εἶνε δὲ καὶ τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς τοῦτο ἀκαριαῖον καὶ *ἀντίρροπον* μὲν τῷ κυρίῳ κατὰ τὴν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως, *ὁμόρροπον* δὲ κατὰ τὴν ἐλάττωσιν.

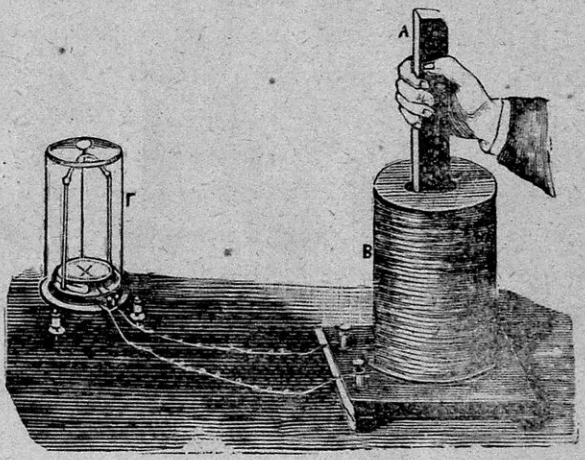
Ἀνακεφαλαίωσις. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ἐν κεφαλαίῳ τὰ ἑξῆς περὶ τῆς ἀναπτύξεως ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος διὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς ἐπιδράσεως ρεύματος κυρίου: 1ον Ὅταν τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα *ἀρχίζῃ*, ἢ *πλησιάζῃ*, ἢ *αὐξάνηται κατὰ τὴν ἔντασιν*, παράγει ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς *ἀντίρροπον* αὐτῷ.

2ον Ὅταν δὲ τοὐναντίον τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα *διακόπτηται*, ἢ *ἀπομακρύνηται*, ἢ *ἐλαττῶται κατὰ τὴν ἔντασιν*, παράγει ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ὁμόρροπον ἑαυτῷ· καὶ εἰς τὴν μίαν δὲ καὶ εἰς τὴν ἄλλην περίπτωσιν τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα εἶνε *ἀκαριαῖον*.

§ 87. **Ἐπαγωγὴ διὰ μαγνητῶν.** Καὶ δι' ἐπιδράσεως μαγνητῶν γεννᾶται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς. Πρὸς τοῦτο λαμβάνομεν ἐν κοῖλον πηνίον Β, οὗτινος τὰ ἄκρα συνδέομεν μὲ γαλβανόμετρον καὶ κρατοῦντες διὰ τῆς χειρὸς μαγνήτην εἰσάγομεν



Σχ. 79.—Ἐπαγωγὴ διὰ μαγνήτου.

αὐτὸν βιαίως εἰς τὸ πηνίον (Σχ. 79)· κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς εἰσαγωγῆς γεννᾶται εἰς τὸ πηνίον ρεῦμα ἀκαριαῖον καὶ *ἀντίρροπον* τοῦ ὑπάρχοντος ἐν τῷ μαγνήτῃ (Θεωροῦμεν τὸν μαγνήτην ὡς σωληνοειδὲς διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος κατὰ τὴν θεωρίαν τοῦ Ampère). Ἂν δ' ἐξαγάγωμεν τὸν μαγνήτην βιαίως, γεννᾶται πάλιν ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον *ὁμόρροπον*. Καὶ ἐν γένει

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πειρώμενοι καταλλήλως εὑρίσκομεν ὅτι καὶ διὰ τῆς αὐξήσεως ἢ ἐλαττώσεως τῆς δυνάμεως τοῦ ἐπιδρῶντος μαγνήτου παράγεται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς κλπ., ὅπως εἴδομεν ἀνωτέρω γιγνόμενον διὰ τῆς ἐπιδράσεως ρεύματος.

§ 88. **Ἐπαγωγὴ διὰ τῆς γῆς.** Ὁ Faraday πρῶτος διέγνωσεν ὅτι καὶ διὰ τῆς ἐπιδράσεως τῆς γῆς δύναται ν' ἀναπτυχθῇ ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς, διότι καὶ αὕτη, ὡς εἴδομεν, ἐνεργεῖ ὡς μέγας μαγνήτης ἢ μᾶλλον ὡς σωληνοειδὲς διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος διευθυνομένου ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς παραλλήλως τῷ μαγνητικῷ ἰσημερινῷ. Πρὸς τοῦτο ὁ Ampère ἔθεσεν ἐπιμήκη σπειροειδῆ ἀγωγὸν κεκαλυμμένον διὰ μετάξης ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ παραλλήλως τῇ διευθύνσει τῆς ἐγκλιτικῆς βελόνης· στρέφων δὲ τὸν ἀγωγὸν κατὰ 180^0 περὶ ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ μέσου αὐτοῦ, παρετήρησεν ὅτι εἰς ἑκάστην στροφὴν ρεῦμα ἠλεκτρικὸν διέρρεε τὸν ἀγωγόν, ὅπερ ἐγίνετο αἰσθητὸν εἰς γαλβανόμετρον, μεθ' οὗ ὁ ἀγωγὸς εὑρίσκετο εἰς συγκοινωνίαν.

§ 89. **Ἀποτελέσματα τῶν ἐξ ἐπαγωγῆς ρευμάτων.** Τὰ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματα ἔχουσι πάσας τὰς ἰδιότητας τῶν κοινῶν βολταϊκῶν ρευμάτων. Πρὸς χρῆσιν αὐτῶν ἐπενοήθησαν διάφοροι συσκευαί, δι' ὧν παράγεται σειρὰ ρευμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς διαδεχομένων ἄλληλα μεθ' ἱκανῆς ταχύτητος. Μία τοιαύτη συσκευὴ εἶνε ἡ καλουμένη *ἄτρακτος τοῦ Ruhmkorff*, ἀποτελουμένη ἐκ πηνίου μετὰ δύο συρμάτων μεμονωμένων, ὧν τὸ ἓν παχύτερον ἀποτελεῖ τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον καὶ δέχεται τὸ ρεῦμα τῆς στήλης, τὸ δ' ἕτερον πολὺ λεπτότερον καὶ ἐπιμηκέστερον δύναται νὰ ἔχῃ μῆκος καὶ μέχρις 100000 μέτρων καὶ σχηματίζει τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον, ἐφ' οὗ ἀναπτύσσεται τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα. Ἐπειδὴ τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα διαρκεῖ, ὡς εἴδομεν, ἐλάχιστον χρόνον, πρέπει τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα τὸ εἰσερχόμενον εἰς τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον νὰ διακόπτηται καὶ ἀποκαθίσταται διηνεκῶς καὶ μετὰ μεγάλης ταχύτητος καὶ τοιουτοτρόπως νὰ παράγηται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον σειρὰ ρευμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς. Πρὸς τοῦτο χρησιμεύει ὄργανον ἰδιαίτερον προσηρτημένον τῷ πηνίῳ καὶ καλούμενον *ροητόμος ἢ διακοπτήρ*.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὰ οὕτως ἀναπτυσσόμενα διὰ τῆς ἀτράκτου τοῦ Ruhmkorff ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς παράγουσιν ἀποτελέσματα ἀνάλογα πρὸς τὰ τῆς ἐκκενώσεως ἠλεκτρικῆς συστοιχίας λίαν ἰσχυρᾶς.

Φυσιολογικά. Μετρίου μεγέθους ἀτράκτου ἐνεργούσης δι' ἑνὸς στοιχείου Bunsen τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα ἐπιφέρει τιναγμοὺς λίαν ἰσχυροὺς καὶ μάλιστα ἐπικινδύνους. Διὰ δύο στοιχείων Bunsen φονεύει κόνικλον, διὰ πλειόνων δὲ καταρρίπτει τὸν ἄνθρωπον κεραυνόπληκτον.

Θερμαντικά. Σύρμα σιδηροῦν λεπτὸν διαπυροῦται, φωτοβολεῖ ζωηρῶς καὶ τήκεται.

Φωτεινά. Ταῦτα εἶνε λίαν ποικίλα, καθ' ὅσον τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα διαβιβάζεται δι' ἀερίων ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν ἢ ἠραιωμένων ἢ δι' ἀτμῶν ἐχόντων ἐλαχίστην τάσιν. Ἐν τῷ ἀέρι ἄτρακτος πρώτου μεγέθους παράγει σπινθῆρας, ὧν τὸ μῆκος φθάνει καὶ εἰς 40 ἑκατοστόμετρα. Ἐντὸς σωλήνων δὲ περιεχόντων ἀραιὰ ἀέρια τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα παράγει φωσφόρησιν, καθ' ἣν τὸ ἄκρον τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου περιβάλλεται ὑπὸ φωτεινῆς νεφέλης ἐπεκτεινομένης καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ σωλῆνος ὑπὸ μορφὴν διαδοχικῶν καμπύλων ζωνῶν. Τὸ χρῶμα τῶν ζωνῶν τούτων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου καὶ εἶνε πράσινον εἰς τὸ ἀνθρακικὸν ὀξύ, κίτρινον εἰς τὸ ὑδρογόνον, ἐρυθροκίτρινον εἰς τὸ ἄζωτον κλπ. καὶ ἐν γένει παράγονται λαμπρότατα φωτεινὰ φαινόμενα διὰ τῶν καλουμένων σωλήνων τοῦ Geissler.

Μηχανικά. Διὰ μεγάλης ἀτράκτου τοῦ Ruhmkorff δυνάμεθα νὰ διατρυπήσωμεν ὕαλον πάχους 5 ἑκατοστομ.

— Διὰ τῆς ἀτράκτου δυνάμεθα νὰ πληρώσωμεν λουγδουνικὴν λάγυνον καὶ ὁλόκληρον συστοιχίαν ἐκ πολλῶν λαγύνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΕΝΔΕΚΑΤΟΝ

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

ΜΗΧΑΝΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑΙ

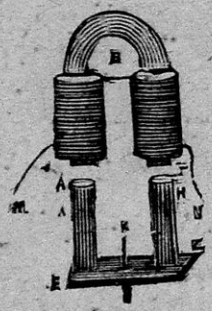
§ 90. **Ὁρισμοί.** Ὑπὸ τὸ γενικὸν ὄνομα μηχαναὶ *ἠλεκτρομαγνητικαὶ* περιλαμβάγονται συσκευαί, αἵτινες μετασχηματίζουσι τὸ μηχανικὸν ἔργον εἰς ἠλεκτρισμὸν διὰ τῆς μαγνητοηλεκτρικῆς ἐπαγωγῆς. Καὶ ὅταν μὲν ἡ ἐπαγωγὴ παράγηται ὑπὸ μονίμων μαγνητῶν, τότε αἱ μηχαναὶ καλοῦνται ἰδίως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μαγνητο-ηλεκτρικαί, ὅταν δ' ἡ ἐπαγωγὴ παράγηται δι' ἠλεκτρομαγνητῶν, τότε αἱ μηχαναὶ καλοῦνται *δυναμο-ηλεκτρικαί*. Διακρίνονται ἐπίσης αὗται εἰς μηχανὰς μὲ ρεύματα *παλίνδρομα*, ὧν τὰ ρεύματα ἔχουσι δηλονότι διαδοχικῶς ἀντίθετον φορὰν καὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς τοιαῦτα καὶ εἰς μηχανὰς μὲ ρεῦμα *συνεχές*, εἰς ἃς τὰ παλίνδρομα ρεύματα διὰ μεταγωγοῦ διευθύνονται καταλλήλως πάντα ὥστε νὰ λάβωσι τὴν αὐτὴν φορὰν καὶ ν' ἀποτελέσωσιν οὕτω ρεῦμα συνεχές, ἀνάλογον πρὸς τὸ ρεῦμα τῆς στήλης.

Ἔχομεν ἀφ' ἑτέρου καὶ τοὺς *ἠλεκτροκινητῆρας*, οἵτινες μετατρέπουσι τὸν μαγνητισμὸν καὶ ἠλεκτρισμὸν εἰς μηχανικὸν ἔργον· οὗτοι δὲ δὲν εἶνε ἄλλο τι εἰμὴ αὐταὶ αἱ ἠλεκτρομαγνητικαὶ μηχαναὶ ἀλλὰ ἐνεργοῦσαι ἀντιστρόφως. Ἐξ οὗ βλέπομεν ὅτι τὸ μηχανικὸν ἔργον δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μαγνητισμὸν καὶ ἠλεκτρισμὸν καὶ τἀνάπαλιν ὁ μαγνητισμὸς καὶ ἠλεκτρισμὸς νὰ μετατραπῶσι εἰς μηχανικὸν ἔργον.

§ 91. **Ἠλεκτρομηχανὴ Pixii.** Ἡ μηχανὴ αὕτη σκοπὸν ἔχει νὰ παράγῃ ρεύματα μαγνητοηλεκτρικὰ διαδεχόμενα ἄλληλα μεθ' ἱκανῆς ταχύτητος ὥστε ν' ἀποτελῶσι ρεῦμα αἰσθητῶς συνεχές. Σύγκειται ἐξ ἑνὸς ἠλεκτρομαγνήτου ΑΒΓ ἀκλονήτως ἐστηριγμένου (Σχ. 80), ὑπὸ τὸν ὁποῖον εὑρίσκεται μαγνήτης ΔΕΖΗ κινητὸς περὶ ἄξονα κατακόρυφον ΚΙ. Ὅταν οἱ πόλοι Δ καὶ Η ἀντιστοιχῶσιν εἰς τὰ πέρατα Α καὶ Γ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, οὗτος εὑρίσκεται εἰς μαγνητικὴν κατάστασιν, καθ' ἣν ἔχει τὴν μεγίστην αὐτοῦ μαγνητικὴν δύναμιν· ὅταν δ' ἀκολούθως μετὰ τέταρτον στροφῆς οἱ πόλοι Δ καὶ Η ἔλθωσιν εἰς διασταύρωσιν μετὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, οὗτος ἀποβάλλει πᾶσαν μαγνητικὴν δύναμιν· καὶ ὅταν μεθ' ἕτερον τέταρτον στροφῆς ὁ μὲν πόλος Δ ἔλθῃ ὑπὸ τὸ Γ, ὁ δὲ Η ὑπὸ τὸ Α, τότε ὁ ἠλεκτρομαγνήτης πάλιν μαγνητίζεται ἀλλ' ἀντιστρόφως. Ἐξακολουθούσης οὕτω τῆς περιστροφῆς τοῦ μαγνήτου ΔΕΖΗ, εἰς ἑκάστην ὁλόκληρον στροφήν, ἑκάτερον σκέλος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου γίνεται διαδοχικῶς βόρειος καὶ νότιος μαγνητικὸς πόλος ἀποβάλλων ἐν τῷ μεταξὺ πᾶσαν μαγνητικὴν δύναμιν. Συνεπῶς θὰ παράγῃ ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἐπὶ τοῦ πε-

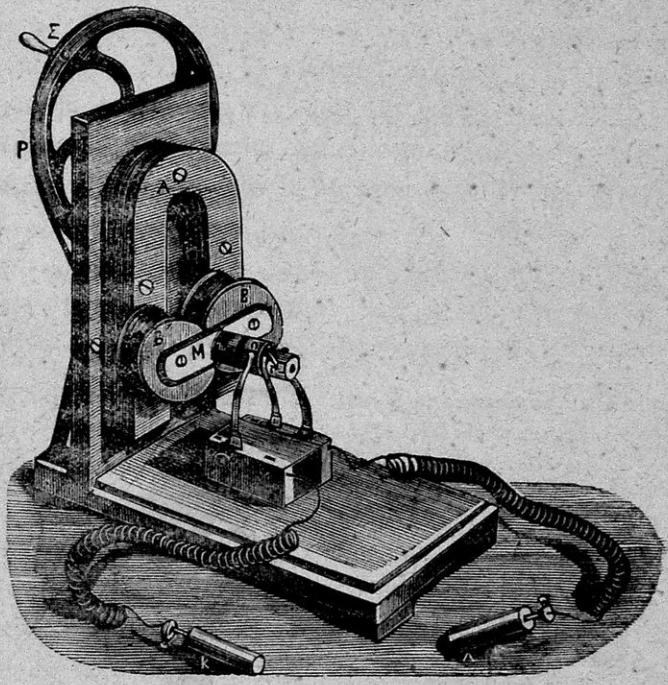


Σχ. 80.—**Μηχανὴ Pixii.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ριβάλλοντος αὐτὸν ἀγωγοῦ σύρματος ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς παλίνδρομα, ἅτινα συλλεγόμενα ἐπὶ μεταγωγοῦ μεταβάλλονται εἰς ρεῦμα συνεχές, οὗτινος ἡ ἔντασις θὰ εἶνε ἐπὶ τοσοῦτον μείζων, ὅσῳ μείζων ἡ ταχύτης τῆς περιστροφῆς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἐπιδρῶντος μαγνήτου.

§ 92 **Ἠλεκτρομηχανὴ τοῦ Clarke.** Εἰς ταύτην ὁ ἐπιδρῶν μαγνήτης Α ἀποτελεῖται ἐκ πεταλοειδοῦς μαγνητικῆς δέσμης λίαν ἰσχυρᾶς ἑστηριγμένης κατακορύφως καὶ ἀμε-



Σχ. 81.—Μηχανὴ **Clarke.**

ταθέτως ἐπὶ σανίδος (Σχ. 81). Ἐνώπιον τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου τούτου εὑρίσκονται δύο πηνία Β καὶ Β′ συνηνωμένα καὶ δυνάμενα νὰ περιστρέφωνται περὶ ὁριζόντιον ἄξονα· συνίστανται δὲ τὰ πηνία ταῦτα ἐκ δύο κυλίνδρων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἀποτελούντων τοὺς πυρῆνας, περὶ οὓς περιελίσσεται ὁ μεμονωμένος χάλκινος ἀγωγός. Καὶ πρὸς τὰ ἔμπροσθεν μὲν συνδέον-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ται πρὸς ἀλλήλους οἱ πυρῆνες τῶν πηνίων διὰ πλακὸς Μ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, πρὸς τὰ ὄπισθεν δὲ ἤτοι πρὸς τὸ μέρος τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου διὰ πλακὸς ὀρειχαλκίνης, εἰς ἣν εἶνε ἐστηριγμένος ὁ ἄξων τῆς συσκευῆς. Ὁ ἄξων οὗτος πρὸς τὰ ὄπισθεν τῆς σανίδος φέρει τροχαλίαν, εἰς ἣν μεταδίδεται ἡ κίνησις δι' ἀτέρμονος ἱμάντος καὶ διὰ τοῦ μεγάλου τροχοῦ Ρ, πρὸς τὰ ἔμπροσθεν δὲ ἀπολήγει εἰς χάλκινον κύλινδρον φέροντα τὸν μεταγωγὸν ογ.

Στρεφομένων τῶν πηνίων ἐνώπιον τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου, παράγονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ αὐτῶν ἠλεκτρικὰ ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς, τὰ ὁποῖα εἶνε μαγνητοηλεκτρικὰ προερχόμενα ἐκ δύο αἰτιῶν: 1ον Ἐκ τῆς ἐπαγωγῆς τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου Α ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ τῶν ἐνώπιον αὐτοῦ διηνεκῶς μετατιθεμένων πηνίων. 2ον Ἐκ τῆς ἐπαγωγῆς τῶν πυρήνων τῶν πηνίων, τῶν ὁποίων πυρήνων ὁ μαγνητισμὸς διηνεκῶς μεταβάλλεται ἕνεκα τῆς ἀδιαλείπτου μεταθέσεως αὐτῶν πρὸ τῶν πόλων τοῦ ἐπιδρῶντος μαγνήτου Α· ἡ δευτέρα δ' αὕτη ἐπαγωγὴ εἶνε πολλῷ ἰσχυροτέρα τῆς πρώτης. Τὰ ἐκ τῶν δύο τούτων αἰτιῶν προερχόμενα ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς εἶνε διαδοχικῶς παλίνδρομα, ἔχει δηλονότι ἕκαστον ἑπόμενον φορὰν ἀντίθετον τῆς τοῦ προηγουμένου· ἀλλὰ διαβιβαζόμενα διὰ τοῦ μεταγωγοῦ ογ μεταβάλλονται εἰς ρεῦμα συνεχὲς τῆς αὐτῆς πάντοτε φορᾶς, ὅπως καὶ τὸ ρεῦμα τῆς στήλης, εἰς παραγωγὴν φυσιολογικῶν, θερμαντικῶν, χημικῶν κλπ. ἀποτελεσμάτων.

Αἱ δύο αὗται μηχαναὶ ὡς καὶ αἱ παρόμοιαι αὐταῖς καλοῦνται *μαγνητο-ηλεκτρικαί*, διότι, ὡς εἴδομεν, παράγουσι ρεῦμα δι' ἐπιδράσεως μονίμων μαγνητῶν. Βραδύτερον ἐπενοήθησαν αἱ *δυναμοηλεκτρικαὶ* μηχαναί, εἰς ἃς ἡ μετατροπὴ τῆς κινούσης δυνάμεως εἰς ἠλεκτρισμὸν γίνεται τῇ βοηθείᾳ ἠλεκτρομαγνητῶν. Πλυθὺς τοιούτων μηχανῶν διαφόρων συστημάτων

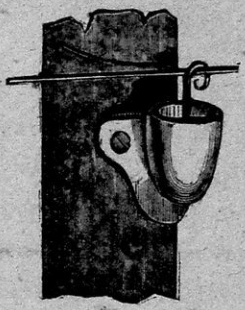
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατεσκευάσθησαν, μεταξὺ τῶν ὁποίων εἶνε ἡ τοῦ Gramme, ἡ τοῦ Siemens, ἡ τοῦ Edison κλπ. καὶ δι' αὐτῶν σήμερον παρέχεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ χρησιμοποιούμενον πρὸς παραγωγὴν ἠλεκτρικοῦ φωτός, πρὸς κίνησιν μηχανημάτων ἐργοστασίων κλπ.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΙ

§ 93. **Γενικὰ περὶ τηλεγράφων.** Οἱ ἠλεκτρικοὶ τηλέγραφοι εἶνε ὄργανα χρησιμεύοντα εἰς τὴν ἀκαριαίαν μετάδοσιν τῶν ἀνθρωπίνων διανοημάτων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ὑπὸ μορφὴν γραπτῶν σημείων κτλ. τῇ βοηθείᾳ ἠλεκτρικῶν ρευμάτων διαδιδομένων εἰς ἐπιμήκεις μεταλλικοὺς ἀγωγούς.

Τὰ κύρια μέρη ἑκάστου τηλεγράφου εἶνε: 1ον *ἡ στήλη* ἡ παράγουσα τὸ ρεῦμα, 2ον *ὁ μεταλλικὸς ἀγωγός*, δι' οὗ διαρρέει τοῦτο καὶ ἀποτελεῖ κύκλωμα ἀπὸ ἑνὸς εἰς ἕτερον σταθμόν, 3ον *ὁ πομπὸς ἢ χειριστήριον*, ὅπερ κανονίζει τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος ἐν τῷ σταθμῷ τῆς ἀναχωρήσεως, καὶ 4ον *ὁ δέκτης*, ὅστις ὑπάρχει εἰς τὸν τόπον τῆς ἀφίξεως καὶ ἀποτυπώνει γραπτὰ σημεῖα κλπ.



Εἰκ. 82.—Ἐναέριος τηλεγραφικὴ γραμμή.

Ἠλεκτρικαὶ στῆλαι. Αἱ ἐν τοῖς τηλεγράφοις ἐν χρήσει στῆλαι πρέπει νὰ παράγωσι ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως· διὸ ὡς τοιαῦται ἐχρησιμοποιοῦντο μέχρι τινὸς αἱ τοῦ Daniell, κατόπιν δὲ καὶ αἱ τοῦ Leclanché καὶ αἱ τοῦ Callaud.

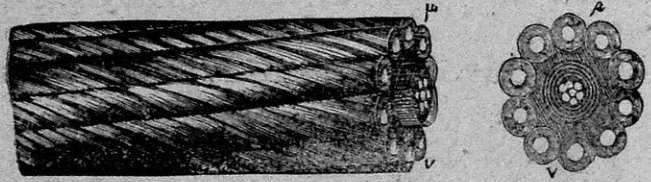
Ἀγωγός. Διακρίνομεν τὰς τηλεγραφικὰς γραμμὰς εἰς *ἐναερίους, ὑπογείους* καὶ *ὑποβρυχίους*.

Ὁ τῶν ἐναερίων γραμμῶν ἀγωγὸς εἶνε σύρμα σιδηροῦν γαλβανισμένον (ἐπεψευδαργυρωμένον), ἔχον διάμετρον 4 χι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λιοστομέτρων, ὑποστηρίζεται δὲ ὑπὸ στύλων ξυλίνων φερόντων μονωτῆρας ἐκ πορσελάνης, ἐφ' ὧν προσδένεται τὸ σύρμα (Σχ. 82). Ὁ δὲ τῶν ὑπογείων γραμμῶν εἶνε παρόμοιον σύρμα ἀλλὰ κεκαλυμμένον διὰ περιβλήματος ἐκ γουτταπέρκης ἢ ἐλαστικοῦ κόμμεος διὰ τὴν ἀπομόνωσιν.

Οἱ δὲ ἀγωγοὶ τῶν ὑποβρυχίων γραμμῶν καλοῦνται *καλώδια* καὶ σύγκεινται ἐκ τριῶν μερῶν (Σχ. 83). Ἐκ *τοῦ ἀγωγοῦ*, ὅστις εἶναι δέσμη ἑξ ἑπτὰ χαλκίνων συρμάτων, ἑκάστου ἔχοντος διάμετρον 1 χιλιοστομέτρου, καὶ περιβάλλεται διὰ τεσσάρων



Σχ. 83.—Καλώδιον τηλεγραφικόν.

στρωμμάτων ἐκ γουτταπέρκης ἢ ἐλαστικοῦ κόμμεος· ἐκ *τοῦ ἀπονωτικοῦ περιβλήματος*, ὅπερ εἶνε στρῶμα ἐξ ἰνῶν κανάβεως πισσασφαλτωμένου καὶ γουτταπέρκης καὶ περιβάλλει καλῶς τὴν ἐσωτερικὴν δέσμην· καὶ τρίτον ἐκ τοῦ *ὁπλισμοῦ* μν, ὅστις συνίσταται ἐκ 10 ἢ 14 χαλυβδίνων συρμάτων πισσασφαλτωμένων ἐπίσης καὶ ἀποτελούντων ἰσχυρὸν προστατευτικὸν περικάλυμμα προφυλάσσον τὸ καλώδιον ἀπὸ τῆς διαβρωτικῆς ἐνεργείας τῶν ὑδάτων, ἀπὸ τῆς ἐν τῷ πυθμένι τριβῆς κλπ.

Παρατήρ. Διὰ νὰ διέλθῃ καὶ κυκλοφορήσῃ τὸ ρεῦμα ἀπὸ ἑνὸς σταθμοῦ εἰς ἕτερον, ἔπρεπεν ὁ ἀγωγὸς τοῦ ρεύματος ν' ἀποτελῇ πλῆρες κύκλωμα μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν, ἔπρεπε δηλονότι νὰ ὑπάρχωσι δύο σύρματα, ἓν ἀναχωροῦν ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου τῆς στήλης καὶ ἕτερον ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ καὶ νὰ συνδέωνται τὰ σύρματα ταῦτα εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀφίξεως. Ἀλλὰ τῷ 1838 ὁ Steinheit κατέδειξεν ὅτι τὸ δεύτερον σύρμα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

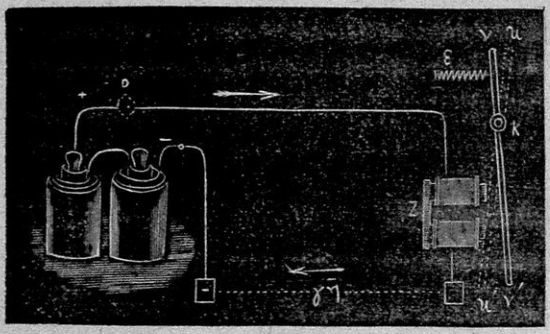
τὸ ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου εἶνε περιττόν· πρὸς ἀποτέλεσιν δὲ τοῦ κυκλώματος ἐξαρτῶσιν ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου σύρμα χάλκινον ἀπολῆγον εἰς πλάκα χαλκίνην, ἣν ἐμβυθίζουσιν εἰς τὴν γῆν ἐντὸς τοῦ ὕδατος φρέατος. Μόνον ὁ θετικὸς πόλος συγκοινωνεῖ μὲ τὸ σύρμα τῆς γραμμῆς, ὅπερ φθάνον μέχρι τοῦ σταθμοῦ τῆς ἀφίξεως καὶ διερχόμενον διὰ τῶν τηλεγραφικῶν ὀργάνων καταλήγει καὶ τοῦτο κατόπιν ἐκεῖ εἰς παρομοίαν πλάκα ἐμβεβυθισμένην ἐντὸς ὕδατος. Οὕτω τῶν δύο ἠλεκτρισμῶν διαχεομένων εἰς τὴν γῆν κυκλοφορεῖ διὰ τοῦ σύρματος τῆς γραμμῆς τὸ ρεῦμα ἀπαράλλακτα, ὡς ἐὰν ὑπῆρχε καὶ δεύτερον σύρμα ὥστε ν' ἀποτελῆται πλῆρες κύκλωμα.

Ὁ *πομπὸς* καὶ ὁ *δέκτης* ἔχουσιν ἰδιάζουσαν κατασκευὴν εἰς ἕκαστον εἶδος τηλεγράφου.

§ 94. **Διάφορα συστήματα τηλεγράφων καὶ ἀρχὴ ἐφ' ἧς στηρίζονται.** Ἤδη ἀπὸ τοῦ 1811 ὁ Soemering ἐπενόησεν εἶδος τηλεγράφου στηριζομένου ἐπὶ τῆς χρήσεως τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ ὕδατος ὡς μέσου καταδεικτικοῦ τῶν διαφόρων σημείων· κατόπιν ὁ Ampère ἐπρότεινε νὰ γίνηται ἡ ἀνταπόκρισις διὰ βελονῶν μαγνητικῶν, ὑπεράνω τῶν ὁποίων νὰ διαβιβάζηται ρεῦμα, χρησιμοποιουμένων τόσων βελονῶν ὅσα καὶ τὰ γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου. Ἀλλ' ὁ ἠλεκτρικὸς τηλέγραφος μόνον διὰ τῆς χρήσεως ἠλεκτρομαγνητῶν ἠδυνήθη νὰ καταστῇ ἐφαρμόσιμος ἐν τῇ πράξει ὑπὸ τοῦ Wheatstone τῷ 1840. Ἔκτοτε ἐπενοήθησαν καὶ ἐφηρμόσθησαν διάφορα συστήματα τηλεγράφων, *ἀλφαβητικὸς τηλέγραφος, γράφων τηλέγραφος* κλπ. Πάντα ὅμως στηρίζονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς, ἥτις συνίσταται εἰς τὸ *νὰ ἀποστέλλωμεν ἐκ τινος σταθμοῦ ρεῦμα ἠλεκτρικόν, ἀλλὰ διὰ διακοπῶν γιγνομένων κατὰ βούλησιν, εἰς ἠλεκτρομαγνήτην ὑπάρχοντα εἰς ἕτερον καὶ νὰ προκαλῶμεν οὕτω τὴν μαγνήτισιν ἢ ἀπομαγνήτισιν αὐτοῦ.* Ἔστω π. χ. ὅτι στήλην ἠλεκτρικὴν **A**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑπάρχουσαν ἐν Ἀθήναις συνδέομεν διὰ τηλεγραφικῆς γραμμῆς μὲ ἠλεκτρομαγνήτην Ζ ὑπάρχοντα ἐν Πάτραις καὶ ὅτι παραπλεύρως τῇ στήλῃ ἔχομεν ὄργανόν τι ο, δι' οὗ κατὰ βούλησιν δυνάμεθα νὰ διακόπτωμεν ἢ ν' ἀποκαθιστῶμεν τὸ κύκλωμα (Σχ. 84). Εἶνε φανερὸν ὅτι εἰς ἑκάστην ἀποκατάστασιν τῆς συγκοινωνίας τὸ ρεῦμα διαβιβαζόμενον εἰς τὸν ἠλεκτρομαγνήτην



Σχ. 84.—Ἀρχὴ τηλεγράφου.

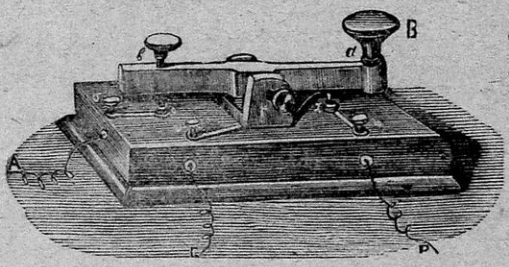
μαγνητίζει αὐτὸν καὶ τότε οὗτος ἕλκει πρὸς ἑαυτὸν τὸν ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ὁπλισμὸν νν' καὶ τὸν φέρει εἰς τὴν θέσιν κκ'· ἅμα δὲ διακοπῇ τὸ ρεῦμα ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀπομαγνητίζεται (σελ. 102), παύει νὰ ἕλκῃ τὸν ὁπλισμὸν καὶ τότε οὗτος ἀφινόμενος εἰς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἐλατηρίου ε ἐπανέρχεται εἰς τὴν πρώτην θέσιν νν'. Δυνάμεθα οὕτως εἰς μεγάλην ἀπόστασιν καὶ μετὰ μεγάλης ταχύτητος νὰ μετακινῶμεν παλινδρομικῶς τὸν ὁπλισμὸν νν'. Ἡ κίνησις αὕτη τοῦ ὁπλισμοῦ χρησιμοποιεῖται καταλλήλως εἴτε διὰ νὰ χαράσσωνται σημεῖα συνθηματικὰ ἐπὶ χάρτου καὶ ἔχομεν οὕτω τὸν *γράφοντα τηλέγραφον* εἴτε διὰ νὰ ὠθῆται βελόνη δυναμένη νὰ περιστρέφηται ἐπὶ κυκλικοῦ δίσκου καὶ νὰ δεικνύῃ τοῦτο ἢ ἐκεῖνο τὸ γράμμα τὸ ἐπὶ τοῦ δίσκου ὑπάρχον καὶ ἔχομεν τότε τὸν *ἀλφαβητικὸν τηλέγραφον* κτλ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

§ 95. **Τηλέγραφος Morse**. Ἐπινοηθεὶς τῷ 1843 ἐν Νέᾳ Ὑόρκῃ ὑπὸ τοῦ ἀμερικανοῦ Morse ἐγένετο παραδεκτὸς κατ' ἀρχὰς ἐν Ἀμερικῇ καὶ κατόπιν διαδοχικῶς εἰς ὅλην τὴν Εὐρώπην, τυγχάνει δὲ σήμερον γενικῆς ἐφαρμογῆς ἐν Ἑλλάδι. Ἀνήκει εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν *γραφόντων τηλεγράφων* καὶ συνεπῶς τὰ δι' αὐτοῦ ἐκπεμπόμενα συνθήματα ἀπὸ ἑνὸς σταθμοῦ εἰς ἕτερον μονιμοποιοῦνται ἀποτυπούμενα ἐπὶ ταινίας χάρτου.

Ὅσα εἴπομεν ἀνωτέρω περὶ τῆς στήλης καὶ τῶν τηλεγραφικῶν γραμμῶν δι' ὅλους ἐν γένει τοὺς τηλεγράφους ἐφαρμόζονται καὶ εἰς τοῦτον, ἑπομένως πρὸς κατανόησιν τῆς λειτουργίας αὐτοῦ ἔχομεν μόνον νὰ περιγράψωμεν τὸν *πομπὸν* καὶ τὸν *δέκτην* τοῦ συστήματος τούτου.

Πομπὸς ἢ χειριστήριον (Σχ. 85). Οὗτος δὲν εἶνε παρὰ εἰς διακοπτὴρ ἰδιαζούσης μορφῆς. Σύγκειται ἐκ ξυλίνου ὑποβάθρου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶνε ἐστερεωμένος ὁ ὀρειχάλκινος μοχλὸς αβ δυνάμενος νὰ περιστραφῇ περὶ τὸν ὁριζόντιον ἄξονα μ. Ὁ μοχλὸς οὗτος κατὰ τὸ ἓν ἄκρον φέρει ξυλίνην ἢ ὀστείνην λαβὴν



Σχ. 85.—**Πομπὸς Morse.**

B, κατὰ τὸ ἕτερον δὲ μεταλλικὸν κοχλίαν β, τοῦ ὁποίου τὸ κάτω ἄκρον ἐρείδεται ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ ἐλάσματος ο συγκοινωνοῦντος διὰ μεταλλικῆς ταινίας μετὰ τοῦ πιέστρου σ, ὅπερ συνάπτεται μὲ τὸ σύρμα Α, τὸ καλούμενον *σύρμα τοῦ δέκτου*. Ὑποκάτω δὲ τοῦ βραχίονος α τοῦ μοχλοῦ ὑπάρχει μεταλλικὴ ἀκίς, ἥτις ἀκουμβᾷ ἐπὶ τοῦ ὑποκειμένου ἄκμονος χ, ὅταν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

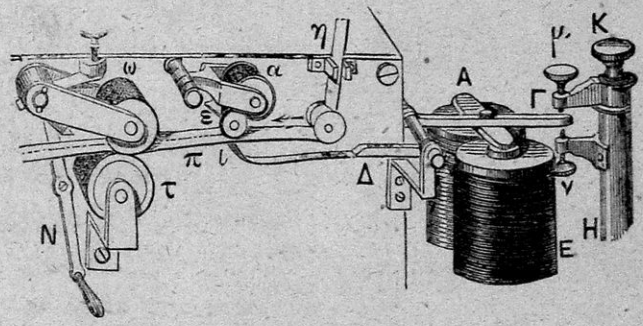
διὰ τῆς χειρὸς πιέζωμεν τὴν λαβὴν Β καὶ κατέρχηται ὁ βραχίων οὗτος· ἐνῷ, ὅταν μένῃ ἐλεύθερος ὁ μοχλός, τὸ ὀλίγον τι ὄπισθεν τοῦ μ ὑπάρχον ἐλατήριον κρατεῖ ἀνυψωμένον μὲν τὸν βραχίονα μα (καὶ συνεπῶς ἡ ἀκὶς δὲν ἀκουμβᾷ ἐπὶ τοῦ χ), καταβιβασμένον δὲ τὸν βραχίονα μβ (καὶ συνεπῶς τὸ ἄκρον τοῦ κοχλίου ὃ ἐρείδεται ἐπὶ τοῦ ο). Ὁ ἄκμων χ διὰ μεταλλικῆς ταινίας συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ πιέστρου κ, εἰς ὃ καταλήγει ὁ ρευματαγωγὸς Ρ ὁ προερχόμενος ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου τῆς στήλης τοῦ σταθμοῦ, ἐπίσης δὲ καὶ ὁ ἄξων μ τοῦ μοχλοῦ διὰ μεταλλικῆς ταινίας συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ πιέστρου ν, ὅπερ συνάπτεται μετὰ τοῦ σύρματος Γ τῆς τηλεγραφικῆς γραμμῆς.

Τούτων οὕτως ἐχόντων, ἂν ἐνώσωμεν τὸ σύρμα Ρ μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς στήλης τοῦ σταθμοῦ, τὸ σύρμα Γ μὲ τὴν τηλεγραφικὴν γραμμὴν καὶ τὸ σύρμα Α μὲ τὸν δέκτην τοῦ σταθμοῦ θὰ συμβῶσι τὰ ἑξῆς: 1ον. Ὅταν ὁ πομπὸς μένῃ ἐν ἠρεμίᾳ, ἡ συγκοινωνία τοῦ ἄκμονος χ μετὰ τῆς ὑπερκειμένης αἰχμῆς θὰ εἶναι διακεκομένη καὶ συνεπῶς τὸ ρεῦμα τῆς στήλης τὸ ἐρχόμενον διὰ τοῦ ἀγωγοῦ Ρκχ δὲν δύναται νὰ διοχετευθῇ εἰς τὸν μοχλὸν αμ καὶ νὰ διαδοθῇ εἰς τὸ σύρμα τῆς τηλεγραφ. γραμμῆς νΓ· συγκοινωνεῖ ὅμως ἡ τηλεγραφικὴ γραμμὴ μὲ τὸ σύρμα τοῦ δέκτου Α. Ὥστε ἐν τῇ θέσει ταύτῃ τῆς ἠρεμίας ὁ πομπὸς δὲν στέλλει ρεῦμα, ἀλλὰ δύναται νὰ δεχθῇ τὸ ἐξ ἑτέρου σταθμοῦ ἐρχόμενον ρεῦμα διὰ τῆς γραμμῆς Γ καὶ νὰ τὸ διαβιβάσῃ εἰς τὸ σύρμα τοῦ δέκτου Α. 2ον. Ὅταν ὅμως πιέσωμεν τὴν λαβὴν Β, τότε ὁ βραχίων α κατέρχεται, ἡ αἰχμὴ ἀκουμβᾷ ἐπὶ τοῦ ἄκμονος χ καὶ τότε τὸ ρεῦμα τῆς στήλης εὑρίσκον τὴν συγκοινωνίαν Ρ κ χ α μ ν Γ διοχετεύεται εἰς τὴν τηλεγραφικὴν γραμμὴν Γ καὶ μεταβαίνει εἰς τὸν δέκτην τοῦ ἑτέρου σταθμοῦ· καὶ ἐν ὅσῳ κρατοῦμεν καταβιβασμένον τὸν βραχίονα α, τὸ ρεῦμα θὰ ἐξακολουθῇ νὰ κυκλοφορῇ, ἅμα δ' ὡς ἀφήσωμεν τὴν λαβήν, παύει πάλιν ἡ συγκοινωνία τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γραμμῆς, Γ μετὰ τῆς στήλης Ρ καὶ ἀποκαθίσταται ἡ συγκοινωνία τῆς γραμμῆς Γ μετὰ τοῦ δέκτου Α.

Δέκτης (Σχ. 86). Τὰ κύρια μέρη τοῦ δέκτου εἶνε τὰ ἑξῆς: ὑπάρχει ἠλεκτρομαγνήτης Ε, εἰς ὃν φέρεται τὸ ρεῦμα τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπὸ τοῦ πομποῦ τοῦ ἄλλου τηλεγραφικοῦ σταθμοῦ καὶ ὑπεράνω τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ὁ ὁπλισμὸς Α· μετὰ τοῦ ὁπλισμοῦ τούτου εἶνε συνδεδεμένος ὁμοχλὸς ΓΔ, ὅστις δύναται νὰ περιστραφῇ περὶ ὁριζόντιον ἄξονα καὶ ὅστις κατὰ τὸ ἄκρον Δ ἀπολήγει εἰς χαλυβδίνην κεκαμμένην λεπίδα. Ὅταν ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἕλκῃ τὸν ὁπλισμὸν καὶ ὁ βραχίων Γ κατέρχεται,



Σχ. 86.—Δέκτης **Morse**.

τότε ὁ βραχίων Δ ἀνέρχεται καὶ ἡ λεπὶς ἀνυψουμένη πιέζει τὴν ὑπερκειμένην χαρτίνην ταινίαν π η καὶ ἀκουμβᾷ αὐτὴ ἐπὶ τοῦ τροχίσκου ε. Ἡ ταινία αὕτη περιειλιγμένη ἐπὶ τροχαλίας ὑπεράνω τοῦ η καὶ εἰσχωροῦσα διὰ τοῦ διχάλου η προχωρεῖ ἐρειδομένη ἐπὶ τροχίσκου καὶ διέρχεται μεταξὺ δύο τροχῶν ω καὶ π στρεφομένων ἰσοταχῶς διὰ μηχανισμοῦ ὡρολογίου κατ' ἀντιθέτους φοράς· οἱ τροχοὶ κινούμενοι παρασύρουσι τὴν ταινίαν καὶ κινοῦσιν αὐτὴν πρὸς τὰ πρόσω κατὰ τὴν φορὰν ἣν δεικνύει τὸ βέλος.

Οὕτως ἔχοντος τοῦ δέκτου, ἐφ' ὅσον δὲν διέρχεται διὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου Ε ρεῦμα, ὁ ὁπλισμὸς Α κρατούμενος ὑπὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ὑπερκειμένου ἐλατηρίου μένει ἀπομεμακρυσμένος ἀπὸ τῶν πυρήνων αὐτοῦ καὶ συνεπῶς ὁ βραχίων Δ μένει καταβιβασμένος καὶ ἡ λεπὶς ι δὲν ἀνυψώνει τὴν χαρτίνην ταινίαν πρὸς τὸν τροχίσκον ε. Ἅμα ὅμως διέλθῃ ρεῦμα, ὁ ἠλεκτρομαγνήτης μαγνητίζεται καὶ ἕλκει τὸν ὁπλισμὸν Α, τότε δὲ τὸ χαλύβδινον ἔλασμα Δι ἀνυψούμενον φέρει τὴν ταινίαν εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸν μελανοφόρον τροχίσκον ε καὶ ἕνεκα τῆς ἐπαφῆς τυποῦται ἐπὶ τῆς ταινίας γραμμὴ συνεχής, ἥτις ἐξακολουθεῖ χαρασσομένη ἐφ' ὅσον τὸ ρεῦμα διέρχεται. Ἐὰν δὲ τὸ ρεῦμα διέλθῃ ἐπὶ στιγμάς τινας μόνον καὶ ἔπειτα διακοπῇ, θὰ τυπωθῇ μικρὰ γραμμὴ μόνον· καὶ τέλος ἂν ἡ διάβασις τοῦ ρεύματος διαρκέσῃ ἐπ' ἐλάχιστον, θὰ τυπωθῇ μόνον μία στιγμὴ ἐπὶ τῆς ταινίας.

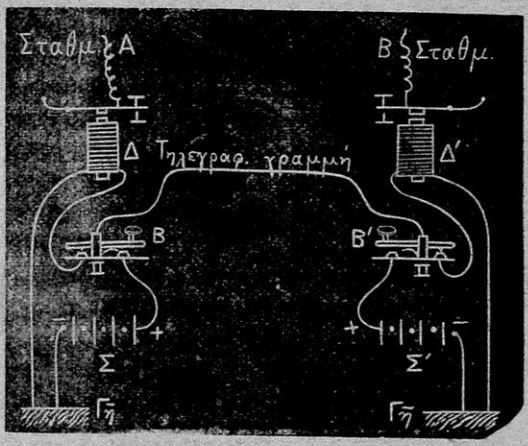
Μετὰ τὴν περιγραφὴν τῶν ὀργάνων τούτων ὑπολείπεται νὰ ἴδωμεν πῶς γίνεται ἡ ἠλεκτρικὴ συγκοινωνία τῶν συσκευῶν τοῦ ἑνὸς σταθμοῦ μετὰ τῶν τοῦ ἑτέρου καὶ πῶς διαβιβάζεται τὸ ρεῦμα ἐκ τοῦ πομποῦ τοῦ ἑνὸς σταθμοῦ εἰς τὸν δέκτην τοῦ ἑτέρου καὶ ἀντιστρόφως.

Ἠλεκτρικὴ συγκοινωνία τῶν τηλεγρ. ὀργάνων καὶ λειτουργία αὐτῶν. Ἕκαστος σταθμός, διὰ νὰ δύναται ν' ἀποστέλλῃ καὶ νὰ λαμβάνῃ τηλεγραφήματα, πρέπει νὰ ἔχῃ μίαν στήλην, ἕνα πομπὸν καὶ ἕνα δέκτην καὶ τὰ ὄργανα ταῦτα τοῦ ἑνὸς σταθμοῦ συγκοινωνοῦντα πρὸς ἄλληλα καταλλήλως νὰ συγκοινωνῶσι διὰ τοῦ σύρματος τῆς γραμμῆς καὶ τῆς γῆς καὶ μετὰ τῶν ὀργάνων τοῦ ἑτέρου σταθμοῦ. Τὸ σχῆμα 87 δεικνύει τὸν τρόπον τῆς διατάξεως καὶ ἠλεκτρικῆς συγκοινωνίας τῶν ὀργάνων. Ἔστω Α ὁ σταθμὸς τῶν Ἀθηνῶν καὶ Β ὁ τῶν Πατρῶν. Δ, Β καὶ Σ εἶνε ὁ δέκτης, ὁ πομπὸς καὶ ἡ στήλη τοῦ πρώτου καὶ Δ', Β', Σ' ὁ δέκτης, ὁ πομπὸς καὶ ἡ στήλη τοῦ δευτέρου Εἰς ἕκαστον σταθμὸν τὰ πέρατα τοῦ ἀγωγοῦ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν συγκοινωνοῦσι τὸ μὲν ἕν μετὰ τοῦ πομποῦ τὸ δὲ ἕτερον μετὰ τῆς γῆς, ἀπολῆγον εἰς χαλκίνην πλάκα κα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ταδυομένην ἐντὸς τοῦ ὕδατος· τῆς δὲ στήλης ὁ μὲν θετικὸς πόλος συνάπτεται μετὰ τοῦ πομποῦ, ὁ δὲ ἀρνητικὸς καταλήγει ἐπίσης εἰς χαλκίνην πλάκα καταδυομένην ἐντὸς τοῦ φρέατος. Τὸ σύρμα τῆς γραμμῆς ἄρχεται ἀπὸ τοῦ μοχλοῦ τοῦ ἑνὸς πομποῦ Β καὶ καταλήγει εἰς τὸν τοῦ ἑτέρου Β'.

Τούτων οὕτως ἐχόντων ἰδοὺ πῶς λειτουργεῖ τὸ τηλεγραφικὸν τοῦτο σύστημα. Ὑποθέσωμεν ὅτι πρόκειται ἐκ τοῦ σταθμοῦ Α τῶν Ἀθηνῶν νὰ τηλεγραφήσωμεν εἰς τὸν σταθμὸν τῶν Πατρῶν. Ὁ ὑπάλληλος τοῦ σταθμοῦ Α πιέζων τὴν λαβὴν



Σχ. 87.—Σύνδεσις τῶν τηλεγρ ὀργάνων.

τοῦ πομποῦ Β φέρει τὸν βραχίονα Β εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ὑποκειμένου ἄκμονος καὶ ἐπομένως τὸ ρεῦμα τοῦ θετικοῦ πόλου τῆς στήλης Σ διαβαῖνον διὰ τοῦ μοχλοῦ Β μεταδίδεται εἰς τὴν τηλεγρ. γραμμὴν καὶ φθάνει εἰς τὸν ἕτερον σταθμὸν εἰς τὸν πομπὸν Β'. ἐπειδὴ δὲ οὗτος εὑρίσκεται ἐν ἠρεμίᾳ, ὁ μοχλός του, καθ' ἃ εἴδομεν ἀνωτέρω, συγκοινωνεῖ μὲ τὸ σύρμα τοῦ δέκτου Δ' καὶ συνεπῶς τὸ ρεῦμα διαρρέει τὸν δέκτην Δ' καὶ διὰ τῆς γῆς ἀποτελεῖ τὸ κύκλωμα. Κατὰ τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος ὁ ἠλεκτρομαγνήτης Δ' μαγνητίζεται καὶ ἕλκει τὸν ὁπλισμόν,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

οὗτος δὲ ἀνυψώνει τὴν χαρτίνην ταινίαν, ἐφ' ἧς τυποῦται γραμμή, καθ' ἃ ἐξηγήσαμεν ἀνωτέρω εἰς τὴν περιγραφὴν τοῦ δέκτου· ἀναλόγως δὲ τῆς διαρκείας τοῦ ἐκπεμπομένου ρεύματος ἐκ τοῦ σταθμοῦ Α, ἂν δηλονότι τοῦτο εἶνε ἀκαριαῖον ἢ διαρκῆ στιγμάς τινας, τυποῦται ἐπὶ τῆς ταινίας *στιγμὴ ἢ μικρὰ γραμμή*. Τοιουτοτρόπως λοιπὸν ὁ ὑπάλληλος τοῦ ἐν Ἀθήναις σταθμοῦ δύναται χειριζόμενος καταλλήλως τὸν πομπὸν Β νὰ ἐκπέμπῃ πρὸς τὴν γραμμὴν τὸ ρεῦμα διακεκομμένον καὶ πότε μὲν ἀκαριαῖον πότε δὲ διαρκοῦν ὀλίγον τι καὶ τῇ βοηθείᾳ τοῦ ρεύματος τούτου νὰ γράφῃ εἰς τὸν ἕτερον σταθμὸν τῶν Πατρῶν *στιγμὰς ἢ γραμμάς*. Ἐννοεῖται δὲ ὅτι ἀπαιτεῖται ἐξάσκησις περὶ τὸν χειρισμὸν τοῦ πομποῦ. Αἱ στιγμαὶ καὶ αἱ γραμμαὶ αὗται συνδιαζόμεναι κατὰ διαφόρους τρόπους ἀποτελοῦσι τὸ τηλεγραφικὸν ἀλφάβητον, ὅπερ ἀναγράφομεν ἐν πίνακι σελ. 132.

Ὅταν δὲ τηλεγραφῇ ὁ τοῦ σταθμοῦ τῶν Πατρῶν ὑπάλληλος πρὸς τὸν ἐν Ἀθήναις, τότε ὁ πομπὸς Β' ἐργάζεται, ἐνῷ ὁ Β μένει ἤρεμος καὶ ἀποκαθιστᾷ οὕτω τὴν συγκοινωνίαν μεταξὺ τῆς γραμμῆς καὶ τοῦ δέκτου Δ, εἰς τὸν ὁποῖον τότε τυποῦνται τὰ σημεῖα.

Σημείωσις. Εἰς ἕκαστον τηλεγραφικὸν σταθμὸν ἐκτὸς τῶν μνημονευθέντων ἀνάγκη νὰ ὑπάρχωσι καὶ ἄλλα τινὰ ὄργανα χρησιμεύοντα εἴτε ἀμέσως εἴτε ἐμμέσως εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ τηλεγράφου. Ἐκ τούτων τὰ κυριώτερα εἶνε: τὸ *ἀλεξικέραυνον*, ὅπερ τοποθετεῖται κατὰ τὴν εἴσοδον τῆς γραμμῆς εἰς τὸν σταθμὸν καὶ προφυλάσσει αὐτὸν ἀπὸ τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὅστις ἐν καιρῷ θυέλλης δύναται διὰ τῶν συρμάτων νὰ διαδοθῇ εἰς τὰ ὄργανα καὶ καταστρέψῃ αὐτὰ ὡς καὶ τοὺς ὑπαλλήλους. Οἱ *ἠλεκτρικοὶ κώδωνες*, οἱ ὁποῖοι τίθενται εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς γραμμῆς καὶ δύναται δι' αὐτῶν ὁ ὑπάλληλος τοῦ ἑνὸς σταθμοῦ νὰ εἰδοποιήσῃ τὸν τοῦ ἑτέρου περὶ τῆς ἐνάρξεως ἢ καταπαύσεως τῆς ἐργασίας κλπ. Τὸ *γαλβανόμετρον*, ὅπερ τοποθετεῖται ἀμέσως μετὰ τὸ ἀλεξικέραυνον κατὰ τὴν εἴσοδον τῆς γραμμῆς καὶ διὰ τῆς ἀποκλίσεως τῆς βελόνης αὐτοῦ δεικνύει ἂν τὸ ρεῦμα κυκλοφορῇ κανονικῶς διὰ τῆς γραμμῆς ἢ ἂν εἶνε διακεκομμένη ἢ γραμμὴ κλπ. Ὁ *ἠλεκτρονόμος*, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει ἰδίως διὰ τοὺς εἰς μεγάλην ἀπόστασιν εὑρισκομένους σταθμούς,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀλφάβητον			Δίφθογγοι			Ἀριθμοὶ	
Ἑλληνικὰ	Λατινικὰ	Σημεῖα συμβολικὰ	Ἑλληνικὰ	Λατινικὰ	Συμβολικὰ σημεῖα	Ἀριθμητ. ψηφία	Συμβολικὰ σημεῖα
α	a	·—	αι	ä	·—·—	1	.— — — —
β	b	—··	αυ	ü	··— —	2	··— — —
γ	g	— —·	ευ	ö	— — —·	3	···— —
δ	d	—··	ηυ	v	···—	4	····—
ε	e	·	ου	u	··—	5	·····
έ	é	··—··	υι	j	·— — —	6	— ····
ζ	z	— —··				7	— —···
η	h	····				8	— — — ·
θ	c	—·—·				9	— — — —·
ι	i	··				0	— — — — —
κ	k	—·—					
λ	l	·—··					
μ	m	— —					
ν	n	—·					
ξ	x	—··—					
ο	o	— — —					
π	p	·— —·					
ρ	r	·—·					
σ	s	···					
τ	t	—					
υ	y	—·— —					
φ	f	··—·					
χ	ch	— — — —					
ψ	q	— —·—					
ω	w	·— —					

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅτε ἡ ἔντασις τοῦ ἐκπεμπομένου ρεύματος ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἢ τοῦ ἑτέρου ἐλαττοῦται καὶ δὲν δύναται νὰ ἐνεργήσῃ τοῦτο ἀποτελεσματικῶς ἐπὶ τοῦ δέκτου. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην παρεντίθεται ὁ ἠλεκτρονόμος καὶ τὸ ρεῦμα τῆς γραμμῆς διέρχεται διὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου αὐτοῦ, τότε δὲ οὗτος ἔλκων ὁπλισμόν τινα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κλείει τὸ κύκλωμα τοπικῆς τινος στήλης μετὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου τοῦ δέκτου συνεπῶς ὁ δέκτης ἐργάζεται τότε διὰ τοῦ ρεύματος τῆς τοπικῆς στήλης.

Τὸ ἀνωτέρω περιγραφὲν σύστημα καλεῖται ἁ π λ ο ῦ ν, διότι ὅταν ἐργάζηται μία γραμμὴ μόνον κατὰ μίαν διεύθυνσιν δύναται ν' ἀποστέλλῃ τηλεγράφημα. Πρὸ ὀλίγου χρόνου ὅμως ἐπενοήθη καὶ τὸ λεγόμενον π ο λ λ α π λ ο ῦ ν σ ύ σ τ η μ α, δι' οὗ εἶνε δυνατὸν τ α ύ τ ο χ ρ ό ν ω ς διὰ μιᾶς μόνης τηλεγραφικῆς γραμμῆς ν' ἀποστέλλωνται τηλεγραφήματα πλειότερα τοῦ ἑνὸς τὰ μὲ κατὰ μίαν φοράν, τὰ δὲ κατ' ἀντίθετον· τὸ σύστημα τοῦτο ἐφηρμόσθη κατὰ πρῶτον ἐν Γερμανίᾳ κατόπιν δ' ἐν Γαλλίᾳ καὶ ἐσχάτως καὶ παρ' ἡμῖν. Μεταξὺ Παρισίων καὶ Μασσαλίας λειτουργεῖ τοιοῦτον σύστημα ἑ ξ α π λ ο ῦ ν, ἤτοι διὰ μιᾶς μόνης τηλεγραφικῆς γραμμῆς ἐκπέμπονται ταυτοχρόνως ἓξ τηλεγραφήματα.

ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

§ 96. **Γενικὰ περὶ τηλεφώνων.** Καλοῦνται *τηλέφωνα*, τὰ ὄργανα, δι' ὧν δυνάμεθα νὰ μεταβιβάσωμεν τὴν φωνὴν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις τῇ βοηθείᾳ τῶν ἠλεκτρικῶν ρευμάτων. Τὸ μέσον τοῦτο τῆς ἀνταποκρίσεως παρουσιάζει οὐσιώδη πλεονεκτήματα ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἀνταπόκρισιν διὰ τῶν ἠλεκτρικῶν τηλεγράφων.

1ον Αἱ δαπάναι τῆς πρώτης ἐγκαταστάσεως τῶν τηλεφωνικῶν συσκευῶν εἶνε πολὺ μικρότεραι.

2ον Αἱ συσκευαὶ εἶνε ἁπλούστεραι καὶ διευθετοῦται εὐκολώτερον.

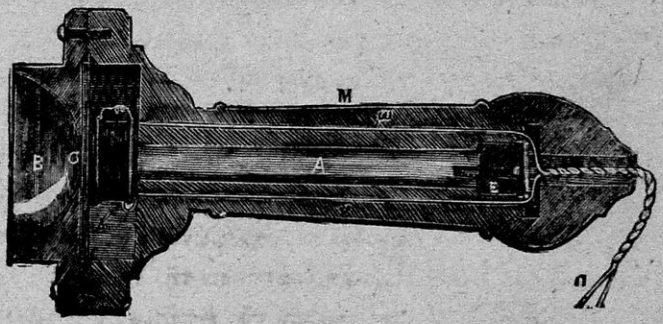
3ον Διὰ τῶν τηλεφώνων δύναται ἕκαστος νὰ ἔλθῃ εἰς ἀπ' εὐθείας συνεννόησιν μετὰ τοῦ προσώπου τοῦ ἐν τῷ ἄλλῳ σταθμῷ, οὕτως ὥστε ἡ μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν ἀνταπόκρισις εἶνε αὐτόχρημα συνομιλία μεταξὺ τῶν ἐνδιαφερομένων προσώπων.

Ἂν καὶ ἡ ἐφεύρεσις τῶν τηλεφώνων δὲν χρονολογῆται παρὰ ἀπὸ τοῦ 1876, ἐν τούτοις εἰς τὸ διάστημα τῶν ὀλίγων τούτων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐτῶν ἡ τηλεφωνία ἐποίησε γιγαντιαίας προόδους καὶ διάφορα συστήματα τηλεφώνων ἐπενοήθησαν· ἀλλὰ πάντα δύνανται νὰ ὑπαχθῶσιν εἰς δύο κατηγορίας, εἰς τὰ *μαγνητικὰ τηλέφωνα*, καὶ εἰς τὰ *τηλέφωνα διὰ στήλης*. Καὶ εἰς τὰ μὲν καὶ εἰς τὰ δὲ ὑπάρχει εἰς τὸν ἕνα σταθμὸν ἓν ὄργανον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὁμιλεῖ τις, καὶ εἰς τὸν ἕτερον δεύτερον ὄργανον, τὸ ὁποῖον τίθεται ἐπὶ τοῦ ὠτὸς καὶ ἀνακοινοῖ τὴν φωνὴν τοῦ ὁμιλοῦντος. Συνδέονται δὲ ταῦται διὰ σύρματος γραμμῆς ἀπαράλλακτα ὅπως τὰ τηλεγραφικὰ ὄργανα διὰ τῆς τηλεγραφικῆς γραμμῆς.

§ 97. **Τηλέφωνον Bell**. Τὸ τηλέφωνον τοῦτο ἐπενοήθη τῷ 1876 ὑπὸ τοῦ Graham Bell ἐν Ἀμερικῇ, εἶνε δὲ ὁ τύπος τῶν μαγνητικῶν τηλεφώνων.



Σχ. 88.—**Τηλέφωνον Bell.**

Σύγκειται ἐκ μαγνητικῆς ῥάβδου ἰσχυρᾶς A (Σχ. 88), κατὰ τὸ ἓν ἄκρον τῆς ὁποίας περιελίσεται λεπτότατον χάλκινον σύρμα μεμονωμένον ἀποτελοῦν μικρὸν πηνίον β· τὰ πέρατα τοῦ χαλκίνου ἀγωγοῦ προεκτεινόμενα πρὸς τὰ ὀπίσω (μ, ν) ἐξέρχονται ἐκτὸς τῆς ξυλίνης κυλινδρικῆς θήκης ἥτις περιβάλλει τὴν ὅλην συσκευήν. Κατέναντι δὲ τοῦ ἄκρου τοῦ μαγνήτου τοῦ περιβαλλομένου ὑπὸ τοῦ πηνίου καὶ εἰς τὸν πυθμένα τοῦ ὅλμου B ὑπάρχει σιδηροῦν λεπτὸν ἔλασμα σ, κείμενον πολὺ πλησίον τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου ἀλλὰ χωρὶς νὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐφάπτηται αὐτοῦ. Εἰς ἕκαστον σταθμὸν ὑπάρχει μία τοιαύτη συσκευή, τῆς ὁποίας οἱ χάλκινοι ἀγωγοὶ συγκοινωνοῦσι διὰ τῆς γραμμῆς μετὰ τῶν τῆς ἑτέρας καὶ ἑπομένως ρεῦμα ἠλεκτρικὸν δύναται νὰ διαβιβασθῇ ἐκ τοῦ ἑνὸς πηνίου εἰς τὸ ἕτερον.

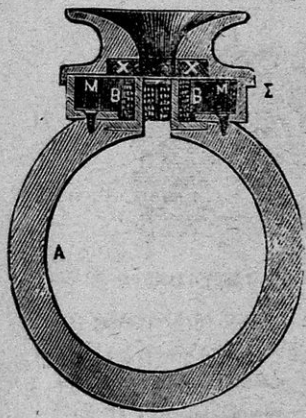
Τούτως οὕτως ἐχόντων ἡ μετάδοσις τῆς φωνῆς γίνεται ὡς ἑξῆς. Καλέσωμεν Π τὸ τηλέφωνον τοῦ σταθμοῦ εἰς τὸ ὁποῖον ὁμιλῇ τις, καὶ Π′ τὸ τηλέφωνον τοῦ ἑτέρου σταθμοῦ ὅπερ μέλλει νὰ καταστήσῃ ἀκουστὴν ἐκεῖ τὴν φωνήν. Ὅταν ὁμιλῇ τις εὐκρινῶς καὶ ἐντατικῶς ἐνώπιον τοῦ ὅλμου Β εἰς τὸν σταθμὸν Π, ὁ ἐν αὐτῷ ἀὴρ πάλλεται καὶ θέτει καὶ τὸ ἔλασμα σ εἰς παλμικὴν κίνησιν, οὕτως ὥστε τοῦτο ἀλληλοδιαδόχως κοιλούμενον καὶ κυρτούμενον μᾶλλον ἢ ἧττον πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται μᾶλλον ἢ ἧττον ἀπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πόλου καὶ συνεπῶς ἐπιφέρει ἀλλοιώσεις εἰς τὴν ἔντασιν τῆς μαγνητικῆς δυνάμεως τοῦ μαγνήτου Α. Αἱ τοιαῦται ἀλλοιώσεις τῆς μαγνητικῆς ἐντάσεως προκαλοῦσι τὴν ἀνάπτυξιν ρευμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς εἰς τὸν ἀγωγὸν τοῦ πηνίου, τὰ ὁποῖα ρεύματα διὰ τῆς γραμμῆς μεταδιδόμενα μέχρι τοῦ ἑτέρου σταθμοῦ Π′ διαρρέουσι τὸ πηνίον τοῦ φωνοδέκτου τηλεφώνου καὶ ἐπιφέρουσιν εἰς τὸν μαγνήτην αὐτοῦ αὔξησιν ἢ ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεώς του· συνεπείᾳ δὲ τῶν ἀλλοιώσεων τούτων τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνήτου, οὗτος ἕλκει ἰσχυρότερον ἢ ἀσθενέστερον τὸ ἔμπροσθεν αὐτοῦ ἔλασμα καὶ θέτει αὐτὸ εἰς παλμικὰς κινήσεις ἀναλόγους πρὸς τὰς παλμικὰς κινήσεις ἃς ἐκτελεῖ τὸ ἔλασμα τοῦ φωνοδότου. Τὸ ἔλασμα τοῦ δέκτου λοιπὸν οὕτω παλλόμενον παράγει τοὺς αὐτοὺς ἤχους (τοὺς ὁποίους ἐκφωνεῖ ὁ ἐν τῷ σταθμῷ Π ὁμιλῶν), οὓς ἐὰν θέσῃ τις τὸ οὖς αὐτοῦ ἀκούει αὐτοὺς ἀλλὰ ἀσθενεστέρους.

Σημ. Δυνάμεθα καὶ ἐνταῦθα ὅπως καὶ εἰς τὰ τηλεγραφικὰ ὄργανα νὰ συνδέσωμεν μόνον τὸ ἓν πέρας τοῦ ἀγωγοῦ ἑκάστου τηλεφώνου μετὰ τοῦ σύρματος τῆς γραμμῆς, τὸ δ' ἕτερον νὰ συνάψωμεν πρὸς πλάκα χαλκίνην καταδυομένην ἐντὸς φρέατος.—Τὸ τηλέφωνον, ὅπερ χρησιμεύει ὡς πομπὸς καὶ καλεῖται φωνοδότης, εἶνε ἀπαράλλακτον μὲ τὸ τοῦ ἑτέρου σταθμοῦ, ὅπερ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χρησιμεύει ὡς δέκτης καὶ καλεῖται φωνοδέκτης· ἑπομένως δύναται ἕκαστον τούτων νὰ χρησιμεύσῃ ἑκάστοτε εἴτε ὡς πομπὸς εἴτε ὡς δέκτης. Συνήθως ὅμως εἰς ἕκαστον σταθμὸν ὑπάρχουσι δύο τοιοῦτα, ὧν τὸ μὲν ἕν ἐφαρμόζει τις ἐπὶ τοῦ ὠτός του διὰ νὰ ἀκούῃ τὴν φωνὴν τοῦ ἄλλου, τὸ δὲ ἕτερον μένει ἐλεύθερον διὰ νὰ ὁμιλῇ αὐτός.

§ 98 **Τηλέφωνα διὰ στήλης.** Τηλέφωνον Ader, μικρόφωνον Hughes. Ἡ διὰ τῶν ἀνωτέρω ἁπλῶν τηλεφώνων μεταβίβασις τῆς φωνῆς ἀποβαίνει δυσχερὴς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, διότι ἡ φωνὴ μεταβιβάζεται λίαν ἐξησθενημένη· διὰ τῆς ἐφευρέσεως ὅμως τοῦ μικροφώνου ὑπὸ τοῦ Hughes τῷ 1878 καὶ τοῦ συνδυασμοῦ αὐτοῦ μετὰ τοῦ τηλεφώνου τὸ μειονέκτημα τοῦτο αἴρεται καὶ τὸ τηλέφωνον δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ κάλλιστα ἐν τῇ πράξει εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Τὰ τοιαῦτα τηλέφωνα λειτουργοῦντα διὰ ρεύματος ἠλεκτρικῆς στήλης καλοῦνται τηλέφωνα διὰ στήλης.



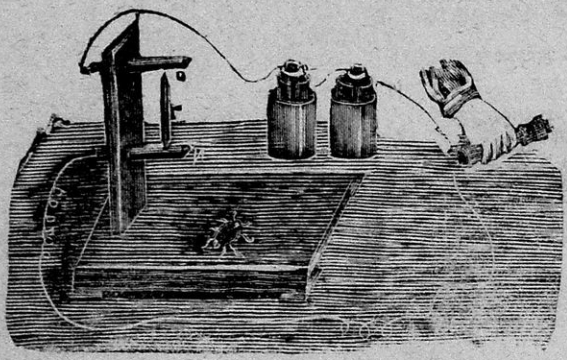
Σχ. 89 — **Τηλέφωνον Ader**

Τὰ τηλέφωνα ταῦτα ἀποτελοῦνται: 1ον Ἐκ τοῦ δέκτου, ὅστις εἶνε τηλέφωνον τοῦ Bell ἢ τοῦ Ader. Τὸ τηλέφωνον τοῦ Ader (Σχ 89) ἔχει τὸν μαγνήτην Α κυκλικόν, οὗτινος οἱ πόλοι φέρουσι προσηρτημένα μικρὰ τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου περιβαλλόμενα ὑπὸ χαλκίνου μεμονωμένου ἀγωγοῦ σχηματίζοντος δύο πηνία ΒΒ· ἄνωθεν δὲ τῶν πηνίων κεῖται τὸ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἔλασμα ΜΜ, καὶ ὑπεράνω τούτου δακτύλιος μεταλλικὸς ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ΧΧ, ὅστις χρησιμεύει ὡς ὁπλισμὸς τοῦ μαγνήτου καὶ συντελεῖ εἰς τὸ νὰ καθιστᾷ ζωηροτέρας τὰς μαγνητικὰς ἀλλοιώσεις. Τὸ τηλέφωνον τοῦτο εἶνε εὐπαθέστερον τοῦ τηλεφώνου τοῦ Bell καὶ δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ ἀποτελεσματικώτερον εἰς ἣν καὶ ἐκεῖνο χρῆσιν.

2ον Ἐκ τοῦ πομποῦ, ὅστις ἀποτελεῖται ἐνταῦθα οὐχὶ ἐκ παρομοίου τηλεφώνου τοῦ Bell ἢ τοῦ Ader, ἀλλὰ ἐκ τοῦ μικροφώνου τοῦ Hughes ἢ τοῦ Ader Τὸ μικρόφωνον τοῦτο ἐπινοηθὲν ὑπὸ τοῦ Hughes σύγκειται ἐκ τεμαχίου κυλινδρικοῦ ἄνθρακος Γ ἱστάμενοῦ κατακορύφως μεταξὺ δύο ἑτέρων τεμαχίων ἐξ ἄνθρακος ο καὶ ν ἐστηριγμένων ἐπὶ σανίδος (Σχ. 90). Ὁ ἄνθραξ Γ μόλις ἀκουμβᾷ διὰ τῶν αἰχμηρῶν αὐτοῦ ἄκρων ἐπὶ τῶν ἀνθράκων ο καὶ ν, ἀρκεῖ δὲ ἡ παραμικρὰ διατάραξις τῆς σανίδος ἢ τοῦ ἀέρος νὰ θέσῃ αὐτὸν εἰς κίνησιν. Τὸ μικρόφωνον τοῦτο παρατίθεται εἰς τὸ κύκλωμα στήλης, ἧς οἱ ροηφόροι συνδέονται μετά τινος τηλεφώνου καὶ τὸ ρεῦμα διαρρέει διὰ τοῦ πηνίου τοῦ τηλεφώνου.

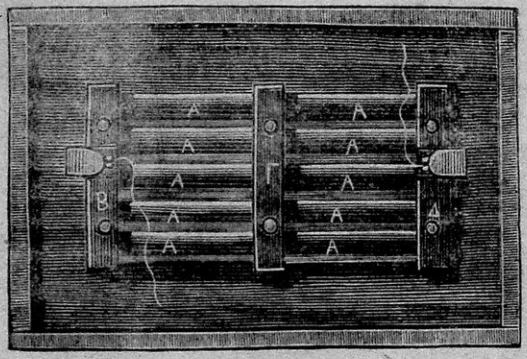
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἤδη ἐὰν θέσωμεν τὸ τηλέφωνον εἰς τὸ οὖς ἡμῶν καὶ ὁ ἄνθραξ μένῃ ἐν τελείᾳ ἀκινησίᾳ, οὐδένα ἦχον ἀκούομεν, ἐὰν ὅμως παραχθῇ ἐπὶ τῆς σανίδος τοῦ μικροφώνου ψόφος τις ἔστω καὶ ἀσθενέστατος, οὗτος ἐπιφέρει τὴν μετακίνησιν τοῦ ἄνθρακος Γ, ἐξ οὗ τὰ σημεῖα τῆς ἐπαφῆς αὐτοῦ μεταβάλλονται καὶ συμβαίνουσιν



Σχ. 90.—**Τηλέφωνον μετὰ μικροφώνου Hughes.**

ἀλλοιώσεις εἰς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Αἱ ἀλλοιώσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐπιφέρουσιν ἀναλόγους ἀλλοιώσεις εἰς τὴν δύναμιν τοῦ μαγνήτου τοῦ τηλεφώνου, συνεπείᾳ τῶν ὁποίων τὸ ἔλασμα αὐτοῦ πάλλεται καὶ παράγει τὸν αὐτὸν ἦχον, ὅστις ὑπῆρξεν ὁ πρόξενος ὅλων τούτων τῶν ἀλλοιώσεων. Τοσοῦτον δ' εὐπαθὴς εἶνε ἡ συσκευὴ αὕτη, ὥστε καθιστᾷ ἀκουστὴν εἰς τὸ τηλέφωνον καὶ αὐτὴν τὴν διὰ πτεροῦ τριβὴν ἐπὶ τῆς σανίδος ἢ τὸ βάδισμα ἐντόμου.



Σχ. 91.—**Μικρόφωνον Ader.**

Τὸ μικρόφωνον τοῦτο τροποποιηθὲν ὑπὸ τοῦ Ader ἔχει ὡς ἑξῆς (Σχ. 91): ὑπὸ λεπτοτάτην σανίδα ἐκ ξύλου ἐλάτης εἰσὶ τοποθετημένοι τρεῖς πρισματικοὶ ἄνθρακες Β, Γ, Δ φέροντες ἐπὶ τῶν πλαγίων αὐτῶν ἑδρῶν ὀπάς, εἰς ἃς στηρίζονται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐγκαρσίως ἀνὰ πέντε κυλινδρικὰ ραβδία ἐξ ἄνθρακος Α,Α κλπ. Τὸ ὅλον τοῦτο παρατίθεται εἰς τὸ κύκλωμα τῆς στήλης μετὰ τοῦ τηλεφώνου καὶ ἀποτελεῖ τὸν π ο μ π ό ν ἤ φ ω ν ο δ ό τ η ν. Ἐὰν ὁμιλήσῃ τις ἐπὶ τῆς σανίδος τοῦ τοιούτου μικροφώνου, ἡ φωνὴ αὐτοῦ μεταδίδεται εἰς τὸ τηλέφωνον εὐκρινῶς καὶ ὅταν τοῦτο εὑρίσκηται εἰς μεγάλην ἀπόστασιν.

Τῶν τοιούτων τηλεφώνων ἡ χρῆσις τυγχάνει σήμερον εὐρυτάτης ἐφαρμογῆς πρὸς ἀνταπόκρισιν μεταξὺ τῶν διαφόρων πόλεων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ

1. **Μετέωρα.** Καλοῦνται *μετέωρα*, τὰ φυσικὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παράγονται εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν, *μετεωρολογία* δὲ τὸ μέρος τῆς φυσικῆς τὸ περὶ αὐτῶν πραγματευόμενον. Ἡ μετεωρολογία ἔλαβεν ἀπό τινων ἐτῶν μεγάλην ἀνάπτυξιν καὶ ἐπετέλεσε γιγαντιαίας προόδους, εἰς τρόπον ὥστε δύναται σήμερον νὰ παρέχῃ πολυτίμους συμβουλὰς εἰς τὸν ναυτικόν, εἰς τὸν γεωργόν, εἰς τὸν ὑγιεινολόγον κλπ.

Διακρίνονται τὰ μετέωρα εἰς τέσσαρας κατηγορίας: 1ον *μετέωρα ὑδατώδη*, 2ον *μετέωρα ἀερώδη*, 3ον *μετέωρα ἠλεκτρικὰ* καὶ 4ον *μετέωρα φωτεινά*

ΜΕΤΕΩΡΑ ΥΔΑΤΩΔΗ

2. Μετέωρα ὑδατώδη εἶνε τὰ *νέφη*, ἡ *βροχή*, ἡ *ὁμίχλη*, ἡ *δρόσος*, ἡ *πάχνη*, ἡ *χιὼν* καὶ ἡ *χάλαζα*.

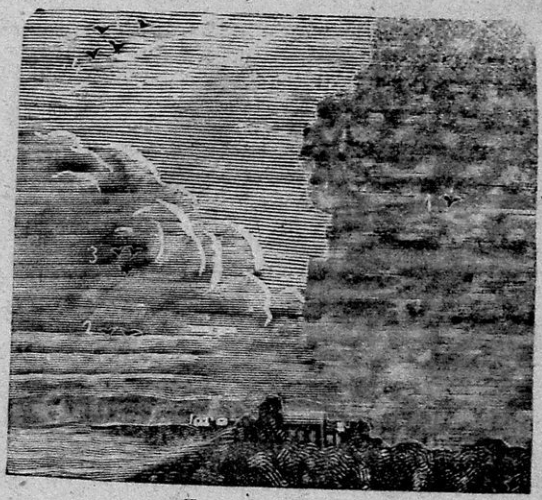
3. **Νέφη.** Τὰ *νέφη* εἶνε ἀθροίσματα ἀτμῶν, οἵτινες ἀναπεμπόμενοι ἐκ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς καὶ ἀνερχόμενοι εἰς ὕψος κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἧττον μέγα εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν ψύχονται κάτωθεν τοῦ βαθμοῦ τοῦ κόρου καὶ οὕτως ἐκρευστοῦνται καὶ μεταβάλλονται εἰς σταγονίδια ὑπερβαλλόντως σμικρά. Ἀναλόγως τῆς μορφῆς, ὑπὸ τὴν ὁποίαν παρουσιάζονται τὰ νέφη, δύνανται νὰ διακριθῶσιν εἰς τέσσαρα κύρια εἴδη, εἰς *λό*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρους (cirrus), εἰς *σωροὺς* (cumulus), εἰς *στιβάδας* (stratus), καὶ εἰς *μελανίας* ἢ *ὄμβρια νέφη* (nimbus) (Σχ. 1.)

Οἱ *λόφοι* (4) εἶνε μικρὰ ὑπολευκα νέφη ὅμοια πρὸς ἐξεσμένον ἔριον, τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται εἰς μέγα ὕψος, λαμβανομένης δὲ ὑπ' ὄψιν τῆς μεγάλης ψυχρότητος τοῦ χώρου, ἐν ᾧ αἰωροῦνται, σύγκεινται πιθανῶς ἐξ ἐλαχίστων κρυσταλλίων πάγου ἢ νιφάδων. Ἡ ἐμφάνισις τῶν λόφων εἶνε συνήθως πρόδρομος μεταβολῆς καιροῦ.

Οἱ *σωροὶ* (3) εἶνε νέφη ὑποστρόγγυλα παριστῶντα ἀλληλουχίαν ὀρέων. Ἐμφανίζονται συνηθέστερον κατὰ τὸ θέρος ἢ κατὰ



Σχ. 1.—Νέφη.

τὸν χειμῶνα καὶ σχηματιζόμενα τὴν πρωΐαν διασκεδάζονται ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον τὴν ἑσπέραν. Ἂν ὅμως δὲν συμβῇ τοῦτο καὶ ἀντὶ νὰ διασκεδασθῶσιν αὐξήσωσι, καὶ πρὸ πάντων ἂν ἐπικαθήσωσιν ἐπ' αὐτῶν λόφοι, τότε ἐπέρχεται βροχὴ ἢ καταιγίς.

Αἱ στιβάδες (2) εἶνε νεφελώδη ὁριζόντια στρώματα ἐμφανιζόμενα παρὰ τὸν ὁρίζοντα κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ἡλίου καὶ ὡς ἐκ τῆς ἀπόψεως καθ' ἣν ὁρῶνται φαινόμενα στενώτατα. Τὰ νέφη ταῦτα εἶνε συνήθη κατὰ τὸ φθινόπωρον καὶ σπάνια κατὰ τὸ ἔαρ.

Τὰ δὲ ὄμβρα νέφη ἢ μελανίαι(1) οὐδὲν ἔχουσι χαρακτηριστικὸν σχῆμα ἀλλὰ διακρίνονται ἐκ τοῦ ἀμαυρῶς τεφροῦ καὶ ὁμοιομόρφου χρώματός των καὶ τοῦ θυσανώδους κρασπέδου των.

Τὸ ὕψος, ἐν ᾧ εὑρίσκονται τὰ νέφη, ποικίλλει μεγάλως, κατὰ μέσον ὅρον εἶνε 1200 ἕως 1400 μέτρων ἐν καιρῷ χειμῶνος καὶ 3000 ἕως 4000 ἐν ὥρᾳ θέρους. Ἀλλ' ἐνίοτε εἶνε πολὺ μεγαλείτερον, διότι ὁ Gay-Lussac ἀνελθὼν δι' ἀεροστάτου εἰς ὕψος 7016 μέτρων ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης παρετήρησεν εἰς μέγα ἄνωθεν αὐτοῦ ὕψος λόφους τινάς, ἀφ' ἑτέρου δὲ πάλιν ὁ d'Abbadie παρετήρησεν ἐν Αἰθιοπίᾳ ὄμβρια νέφη εὑρισκόμενα εἰς ὕψος ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους μόλις 215 μέτρων.

Ἵνα ἐξηγήσωσι τὴν ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ αἰώρησιν τῶν νεφῶν, παραδέχονται συνήθως ὅτι τὰ νέφη καὶ αἱ ὁμίχλαι ἀποτελοῦνται ἐξ ἐλαχίστων σταγονιδίων ὕδατος πλεόντων ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ ὑποβασταζομένων ὑπὸ τῶν ἐκ τῆς γῆς ἀνερχομένων θερμῶν ρευμάτων ἀέρος, κατὰ τὸν αὐτὸν δηλαδὴ τρόπον, καθ' ὃν ἀνυψοῦται ὁ κονιορτὸς ὑπὸ τοῦ ἀνέμου. Ἡ ἀκινησία τῶν νεφῶν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κατακορύφου εἶνε ὅλως φαινομενική, διότι τὰ νέφη συνήθως κατέρχονται βραδέως, ἀλλ' ἐφ' ὅσον τοῦτο συμβαίνει, τὸ κατώτερον αὐτῶν μέρος διαλύεται ἐντὸς τῶν θερμοτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας δι' ὧν διέρχονται, ἐνῷ τὸ ἀνώτερον αὐξάνεται ἀκαταπαύστως διὰ τῆς προσθήκης νέων ἀτμῶν συμπυκνουμένων· οὕτως ἐξηγεῖται ἡ φαινομενικὴ στασιμότης αὐτῶν εἰς σταθερὸν ὕψος.

Σχηματισμός τῶν νεφῶν. Πλεῖστα αἴτια συνεισφέρουσιν εἰς τὸν σχηματισμὸν τῶν νεφῶν: 1ον Ἡ ταπεινὴ θερμοκρασία τῶν ἀνωτέρων στρω-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

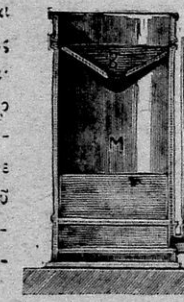
μάτων τῆς ἀτμοσφαίρας. Πράγματι δὲ ἀκαταπαύστως ἐκ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, τῶν λιμνῶν, θαλασσῶν, ποταμῶν κτλ. ἀναπέμπονται διὰ τῆς ἐπενεργείας τῆς ἡλιακῆς θερμότητος ἀτμοί, οἵτινες ἀνερχόμενοι εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν συνεπείᾳ τῆς ἐλάσσονος αὐτῶν πυκνότητος συναντῶσι στρώματα ἀέρος ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ψυχρότερα καὶ ὡς ἐκ τούτου ψύχονται κάτωθεν τοῦ βαθμοῦ τοῦ κόρου καὶ τότε τὸ πλεονάζον μέρος τῶν ἀτμῶν ἐκρευστοῦται καὶ μεταβάλλεται εἰς λεπτότατα σταγονίδια ἢ εἰς σμικροτάτας πομφόλυγας καὶ σχηματίζονται οὕτω τὰ νέφη. Ἰον Τὰ ρεύματα τοῦ θερμοῦ καὶ ὑγροῦ ἀέρος, ἅτινα διαρκούσης τῆς ἡμέρας ἀνέρχονται εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν, εὑρίσκοντα πίεσιν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀσθενῆ, διαστέλλονται καὶ ἐκ τούτου προκύπτει ψῦχος λίαν ἐντατικὸν ἐπιφέρον τὴν συμπύκνωσιν τῶν ἀτμῶν. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον τὰ ὑψηλὰ ὄρη ἀνακόπτοντα τὴν πορείαν τῶν ρευμάτων τοῦ ἀέρος καὶ ἀναγκάζοντα ταῦτα νὰ ὑψωθῶσι γίνονται παραίτια βροχῆς. Ἰον) Ρεῦμα ἀέρος θερμὸν καὶ ὑγρὸν ἀναμιγνυόμενον μετὰ ψυχροτέρου ἀέρος ὑφίσταται ψύξιν, ἥτις συνεπάγεται τὴν συμπύκνωσιν τῶν ἀτμῶν. Οὕτως οἱ θερμοὶ καὶ ὑγροὶ νότιοι καὶ νοτιοδυτικοὶ ἄνεμοι ἀναμιγνυόμενοι μετὰ τοῦ ψυχροῦ ἀέρος τῶν βορειοτέρων χωρῶν ἐπιφέρουσι βροχήν. Οἱ βόρειοι καὶ βορειοανατολικοὶ ἄνεμοι, οἵτινες εἶνε ψυχροί, τείνουσιν ἐπίσης, ἀναμιγνυόμενοι μετὰ τῆς ἀτμοσφαίρας μας, νὰ συμπυκνώσωσι τοὺς ἐν αὐτῇ ἀτμούς· ἀλλ' ἐτειδή, συνεπείᾳ αὐτῆς ταύτης τῆς ταπεινῆς των θερμοκρασίας, οἱ ἄνεμοι οὗτοι εἶνε λίαν ξηροί, γενομένης τῆς ἀναμίξεως σπανίως ἐπέρχεται ὁ κόρος καὶ συνήθως δὲν ἐπιφέρουσι βροχήν.

4. **Βροχή.** Βροχὴ εἶνε ἡ ἐν καταστάσει σταγόνων πτῶσις ὕδατος προερχομένου ἐκ τῆς ἐκρευστώσεως τῶν ἐν τῷ ἀέρι ὑδρατμῶν.

Ὅταν ἡ συμπύκνωσις τῶν ὑδρατμῶν τοῦ ἀέρος γίνῃ ἄφθονος, τότε τὰ σχηματιζόμενα σταγονίδια συρρέοντα καὶ συνενούμενα σχηματίζουσι σταγόνας, αἵτινες ἕνεκα τοῦ βάρους αὐτῶν καταπίπτουσιν. Ὅσῳ ὑψηλοτέρα εἶνε ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ ἀέρος, τόσῳ ἀφθονωτέρα εἶνε ἡ βροχὴ ἡ καταπίπτουσα ἐν αὐτῷ ἐὰν διὰ τῆς ψύξεως ἐπέλθῃ συμπύκνωσις τῶν ἀτμῶν τοῦτο δέ, διότι ὁ ἀὴρ εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν συγκρατεῖ πολὺ περισσοτέραν ποσότητα ἀτμῶν καὶ ἑπομένως κατὰ τὴν ψύξιν αὐτοῦ ἔχει ν' ἀποδώσῃ περισσοτέρους ἀτμούς. Διὰ τοῦτο αἱ βροχαὶ αἱ μεταξὺ τῶν τροπικῶν εἶνε ἀφθονώτεραι, ὡσαύτως δὲ κατὰ τὸ θέρος ἡ ἀτμόσφαιρα ψυχομένη αἰφνιδίως παρέχει βροχὴν ἀφθονωτέραν ἢ κατὰ τὸν χειμῶνα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ποσότης τῆς βροχῆς ἥτις πίπτει ἐτησίως εἰς μέρος τι, ὑπολογίζεται διὰ τοῦ Ὑετομέτρου ἢ Ὀμβρομέτρου (Σχ. 2), ὅπερ εἶνε κυλινδρικὸν δοχεῖον (Μ) κλειόμενον πρὸς τὸ ἄνω μέρος δι' ἐπικαλύμματος (Β) ἔχοντος σχῆμα χοάνης· ἐντὸς τῆς χοάνης ταύτης πίπτει ἡ βροχὴ καὶ διά τινος ὀπῆς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ δοχείου (Μ) οὕτως ὥστε τὸ ὕδωρ ὑπόκειται εἰς ἐλαχίστην ἐξάτμισιν. Ἔξωθεν τοῦ δοχείου ὑπάρχει ὑάλινος σωλὴν μετὰ βαθμολογημένης εἰς χιλιοστὰ τοῦ μέτρου κλίμακος, ὅστις συγκοινωνεῖ πρὸς τὴν βάσιν μετὰ τοῦ ἐσωτερικοῦ τοῦ δοχείου. Οὕτω τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται καὶ ἐντὸς τοῦ δοχείου. Ἡ συσκευὴ αὕτη ἐκτίθεται εἰς τὸν ἀνοικτὸν ἀέρα ἐπὶ χρόνον τινά, π. χ. ἕνα μῆνα· ὑποθέσωμεν ὅτι μετὰ τὴν παρέλευσιν τοῦ μηνὸς τὸ ὕδωρ ἐν τῷ σωλῆνι ἀνέρχεται εἰς ὕψος 0μ.05, τοῦτο δηλοῖ ὅτι καὶ ἐντὸς τοῦ ἀγγείου τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος εἶνε 0μ,05 καὶ κατὰ συνέπειαν ὅτι, ἂν ἡ πεσοῦσα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους βροχὴ ἠπλοῦτο ἄνευ ἐξατμίσεως ἢ διαχωρίσεως ἐντὸς τοῦ ἐδάφους, θὰ ἐσχημάτιζεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς στρῶμα ὕδατος 0μ,05.



Σχ. 2
Ὀμβρόμετρον

Πλεῖστα ὅσα τοπικὰ αἴτια δύνανται νὰ ποικίλλωσι τὴν ποσότητα τοῦ ὕδατος, ἥτις πίπτει εἰς διαφόρους χώρας, ἀλλ' ὑπὸ τὰς αὐτὰς περιστάσεις πρέπει νὰ βρέχῃ περισσότερον εἰς τὰς θερμὰς χώρας, διότι ἐν αὐταῖς συμβαίνει περισσότερα ἐξάτμισις. Τῳόντι δὲ παρατηρεῖται ὅτι ἡ ποσότης τῆς πιπτούσης βροχῆς αὐξάνεται ἐφ' ὅσον προβαίνει τις ἐκ τῶν πόλων πρὸς τὸν Ἰσημερινόν. Ἡ ἐν Παρισίοις πίπτουσα ἐτησίως βροχὴ ἔχει ὕψος 0μ,564, ἡ ἐν Μαδέρᾳ 0μ,767 ἡ ἐν Ἀδάνᾳ 2μ,32 ἡ ἐν Ἁγ. Δομίγκῳ 2μ,73, ἡ ἐν Ἰάβᾳ 3μ,75, ἡ ἐν ταῖς ἀνατολικαῖς Ἰνδίαις 14μ,20, ἡ ἐν Βερολίνῳ 0μ,590 καὶ ἡ ἐν Ἀθήναις 0μ,409. Ἡ ποσότης τῆς βροχῆς ποικίλλει ἀναλόγως τῶν ὡρῶν τοῦ ἔτους: Οὕτως ἐν Παρισίοις κατὰ τὸν χειμῶνα τὸ ὕψος τοῦ πίπτοντος ὕδατος εἶνε 0μ,107, κατὰ τὸ ἔαρ 0μ,174 κατὰ τὸ θέρος 0μ,161 καὶ κατὰ τὸ φθινόπωρον 0μ,122. Κατὰ συνέπειαν ἡ ἐλαχίστη ποσότης ὕδατος πίπτει ἐν καιρῷ χειμῶνος.

5. **Ὁμίχλη.** Ἡ ὁμίχλη εἶνε ὄγκοι ὑδρατμῶν, οἵτινες συμπυκνοῦμενοι ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ καταλαμβάνουσι τὰ κατώτερα αὐτῆς στρώματα καὶ καθιστῶσιν αὐτὴν ἀδιαφανῆ. Εἶνε ἀληθῆ νέφη σχηματιζόμενα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους διὰ τῆς ψύξεως τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἀχλὺς δὲ καλεῖται ἡ πυκνοτάτη ὁμίχλη.

6. **Δρόσος, δρόσος τῆς ἑσπέρας, πάχνη.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ δρόσος εἶνε ἀτμὸς συμπυκνούμενος καὶ ἐπικαθήμενος ἐν εἴδει σταγονιδίων ἐπὶ τῶν διαφόρων σωμάτων ἐν καιρῷ νυκτός. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ψύξιν, ἣν συνεπείᾳ τῆς ἑσπερινῆς ἀκτινοβολίας ὑφίστανται τὰ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους κείμενα σώματα. Ἐπειδὴ ἡ θερμοκρασία αὐτῶν κατέρχεται τότε πολλοὺς βαθμοὺς ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀέρος, τότε καὶ τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, ἅτινα εὑρίσκονται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν σωμάτων τούτων, λαμβάνουσι τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν μετ' αὐτῶν καὶ συνεπῶς ψυχόμενα πολὺ ἀποθέτουσιν ἐπὶ τῶν σωμάτων μέρος τοῦ ἀτμοῦ αὐτῶν ἐν καταστάσει σταγονιδίων ὕδατος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶνε παραπλήσιον πρὸς τὸ συμβαῖνον ὅταν ἐντὸς θαλάμου θερμοῦ καὶ ὑγροῦ κομισθῇ ὑαλίνη λάγυνος ἐμπεριέχουσα ψυχρὸν ὕδωρ: οἱ ἀτμοὶ τοῦ ἀέρος συμπυκνοῦνται ἐπὶ τῶν παρειῶν αὐτῆς, καὶ ἐπικαλύπτουσι μὲ λεπτοτάτην δρόσον τὴν ἐπιφάνειάν της.

Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην ἥτις ὀφείλεται εἰς τὸν Ἄγγλον φυσικὸν Wells, ἅπαντα τὰ συντελοῦντα πρὸς ἀπόψυξιν τῶν σωμάτων αἴτια πρέπει καὶ νὰ αὐξάνωσι τὴν ποσότητα τῆς ἐπ' αὐτῶν ἐπικαθημένης δρόσου Τοῦτο δὲ ἀποδεικνύει καὶ ἡ πεῖρα. Τὰ ἐν λόγῳ αἴτια εἶνε: Ἡ ἀφετικὴ δύναμις τῶν σωμάτων, ἡ κατάστασις τοῦ οὐρανοῦ, καὶ ἡ διαύγεια τοῦ ἀέρος. Τὰ ἔχοντα μεγάλην ἀφετικὴν δύναμιν σώματα ἀποψύχονται περισσότερον, διὸ καὶ πρέπει νὰ συμπυκνῶσι περισσότερον ἀτμόν. Πράγματι δὲ τὸ ἀποθέμα τῆς δρόσου εἶνε γενικῶς μηδὲν ἐπὶ τῶν μετάλλων, ὧν ἡ ἀφετικὴ δύναμις εἶνε μικρά, καὶ ἰδίως ὅταν ταῦτα εἶνε ἐστιλβωμένα, ἐν ᾧ ἡ γῆ, ἡ ἄμμος, ἡ ὕαλος καὶ τὰ φυτά, ἅτινα ἔχουσι μεγάλην ἀφετικὴν δύναμιν καλύπτονται ἀφθόνως ὑπὸ τῆς δρόσου Ἡ κατάστασις τοῦ οὐρανοῦ ἔχει ἐπίσης μεγάλην ἐπιρροὴν ἐπὶ τῆς δρόσου. Ἂν εἶνε ἀνέφελος, τὰ μεταξὺ τῶν πλανητῶν διαστήματα, ἅτινα εὑρίσκονται εἰς ταπεινοτάτην θερμοκρασίαν, ἐκπέμπουσι πρὸς τὴν γῆν ἀνεπαίσθητον ποσότητα θερμότητος, καὶ τὸ ἔδαφος ψυχόμενον τότε ταχύτατα διὰ τῆς νυκτερινῆς ἀκτινοβολίας ἐπιφορτίζεται δι' ἀποθέματος δρόσου. Ἀλλ' ἂν ὑπάρχωσι νέφη, ταῦτα ἀκτινοβολοῦσι πρὸς τὴν γῆν θερμότητα καὶ συνεπῶς τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς σώματα μὴ ὑφιστάμενα μεγάλην ἀπόψυξιν δὲν καλύπτονται ὑπὸ ἀποθεμάτων δρόσου. Ὁ ἄνεμος ἐπίσης ἔχει ἐπιρροὴν ἐπὶ τῆς ποσότητος τῆς ἀποτιθεμένης δρόσου. Ἂν εἶνε ἀσθενὴς τὴν ἐπαυξάνει ἀνανεῶν τὸν ἀέρα, ἀλλ' ἂν εἶνε σφοδρός, τὴν μειοῖ, διότι θερμαίνει τὰ σώματα διὰ τῆς ἐπαφῆς αὐτοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ δὲν ἀφίνει εἰς τὸν ἀέρα τὸν ἀπαιτούμενον πρὸς ἀπόψυξιν χρόνον. Τέλος ἡ δρόσος εἶνε ἐπὶ τοσοῦτον ἀφθονωτέρα, ὅσον ὁ ἀὴρ εἶνε ὑγρότερος, διότι τότε εὑρίσκεται πλησιέστερον πρὸς τὸ σημεῖον τοῦ κορεσμοῦ του.

Ἡ *δρόσος τῆς ἑσπέρας*, ἥτις καλεῖται καὶ *αἴθρια*, εἶνε πτῶσις ὕδατος ἐν εἴδει λεπτοτάτης βροχῆς, ἐνῷ δὲν ὑπάρχουσι νέφη εἰς τὸν οὐρανόν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο λαμβάνει χώραν ἐν καιρῷ μεγάλων καυμάτων εἰς τὰ ὑγρὰ μέρη κατὰ τὴν δύσιν τοῦ ἡλίου, ὅταν τὰ κατώτερα στρώματα τοῦ ἀέρος ψύχωνται εἰς βαθμὸν κατώτερον τοῦ κόρου.

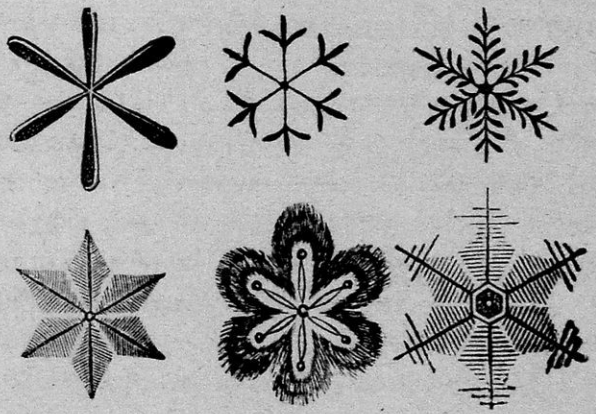
Ἡ *πάχνη* προέρχεται, ὡς καὶ ἡ δρόσος, ἐκ τῶν ἀτμῶν, οἵτινες ἐμπεριέχονται ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, ὅταν οἱ ἀτμοὶ οὗτοι συμπυκνῶνται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἰς θερμοκρασίαν κατωτέραν τοῦ μηδενικοῦ. Τὸ κροκιδωτὸν σχῆμα, ὅπερ παρουσιάζουσιν οἱ μικροὶ κρύσταλλοι, ἐξ ὧν ἡ πάχνη σύγκειται, ἀποδεικνύει ὅτι οἱ ἀτμοὶ ἀποκρυσταλλοῦνται ἀμέσως καὶ χωρὶς νὰ ὑγροποιηθῶσι πρότερον. Ἡ πάχνη ἀποτίθεται, ὡς καὶ ἡ δρόσος, ἐπὶ τῶν ἐχόντων πλειοτέραν ἀκτινοβολίαν σωμάτων, ἤτοι ἐπὶ τῶν φύλλων τῶν δένδρων κτλ. καὶ τὸ ἀπόθεμα γίνεται ἐπὶ τοῦ πρὸς τὸν οὐρανὸν ἐστραμμένου μέρους αὐτῶν.

7. **Χιών, παγοκρύσταλλοι, παγερὸς ὅλισθος.** Ἡ χιὼν εἶνε ὕδωρ στερεοποιηθὲν εἰς μικροὺς ἀστεροειδεῖς κρυστάλλους, ποικιλοτρόπως διακλαδουμένους καὶ αἰωρουμένους ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. Οἱ ἐν λόγῳ κρύσταλλοι προέρχονται ἐκ τῆς ἀποψύξεως τῶν ἀποτελούντων τὰς νεφέλας σταγονιδίων, ἥτις συμβαίνει, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῶν κατελθῃ κάτωθεν τοῦ μηδενικοῦ. Εἶνε δὲ τοσοῦτον κανονικώτεροι, ὅσῳ ἡ ἀτμοσφαῖρα, ἐντὸς τῆς ὁποίας σχηματίζονται, εἶνε μᾶλλον γαληνιαία· ὅπως ἐξετάσωμεν δεχόμεθα αὐτοὺς ἐπὶ μέλανος ὑφάσματος καὶ τοὺς παρατηροῦμεν δι' ἰσχυροῦ φακοῦ. Ἡ κανονικότης καὶ ἡ ποικιλία τῶν σχημάτων αὐτῶν εἶνε ἀληθῶς θαυμασία. Ἐν τῇ εἰκόνι (Σχ. 3) παρίστανται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τινα ἐκ τῶν σχημάτων, ἄτινα παρουσιάζουσιν οἱ κρύσταλλοι τῆς χιόνος, ὅταν τοὺς παρατηρήσῃ τις διὰ τοῦ μικροσκοπου, ἀλλ' ὁ ἀριθμὸς αὐτῶν ἀνέρχεται εἰς πολλὰς ἑκατοντάδας. Ὀνομάζονται δὲ οἱ κρύσταλλοι οὗτοι *νιφάδες* χιόνος.

Ἡ χιὼν ἔν τινι τόπῳ πίπτει ἐπὶ τοσοῦτον ἀφθονωτέρα, ὅσῳ ὁ τόπος οὗτος κεῖται πλησιέστερον πρὸς τοὺς πόλους ἢ ὑψηλότερον ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Διὸ πρὸς τοὺς πόλους ἡ γῆ εἶνε διαρκῶς κεκαλυμμένη ὑπὸ χιόνων, ἐπί-



Σχ. 3.—Νιφάδες χιόνος.

σης δὲ καὶ εἰς τὰ ὑψηλὰ ὄρη ἔνθα βασιλεύουσιν αἰώνιαι χιόνες καὶ εἰς αὐτὸν ἀκόμη τὸν Ἰσημερινόν.

Οἱ *παγοκρύσταλλοι* εἶνε ἐπίσης ὕδωρ στερεοποιηθὲν καὶ ἀποτελοῦνται ἐκ μικρῶν βελονῶν πάγου συμπεπιεσμένων τῶν μὲν ἐπὶ τῶν δὲ καὶ συγκεκολλημένων ἀκανονίστως. Ἀποδίδουσι τὸν σχηματισμὸν αὐτῶν εἰς τὴν ἀπότομον πῆξιν τῶν σταγονιδίων τῶν νεφῶν ἐν ἀέρι τεταραγμένῳ.

Ὁ δὲ *παγερὸς ὄλισθος* εἶνε στρῶμα πάγου μονομερὲς καὶ διαφανές, ὅπερ ἀποτίθεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Συνθῆκαι ἀπαιτούμεναι πρὸς σχηματισμὸν αὐτοῦ εἶνε νὰ πέσῃ ὀλίγη βροχὴ ἐπὶ ἐδάφους, οὗτινος ἡ θερμοκρασία νὰ εἶνε κατωτέρα τοῦ μη-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δενὸς συνεπείᾳ δριμέος καὶ συνεχοῦς ψύχους ἐπί τινας ἡμέρας· τότε ἡ καταπίπτουσα βροχὴ πήγνυται πάραυτα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Ἐὰν ὅμως συμβῇ νὰ καταπέσῃ ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω συνθήκας βροχὴ ἀφθονωτέρα, τότε τὸ ἔδαφος θερμαίνεται καὶ ὁ σχηματισμὸς τοῦ παγεροῦ ὀλίσθου δὲν λαμβάνει χώραν.

8. **Χάλαζα.** Ἡ χάλαζα εἶνε ἄθροισμα σφαιριδίων πάγου συμπαγῶν πιπτόντων ἐκ τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ ἐχόντων διάφορον ὄγκον. Εἰς τὰ ἡμέτερα κλίματα ἡ χάλαζα πίπτει κυρίως κατὰ τὸ ἔαρ καὶ τὸ θέρος κατὰ τὰς θερμοτέρας ὥρας τῆς ἡμέρας, σπανίως δὲ πίπτει τὴν νύκτα. Πρὸ τῆς πτώσεως χαλάζης προηγεῖται πάντοτε ἰδιάζων τις ψίθυρος. Ἡ χάλαζα γενικῶς εἶνε προάγγελος καταιγίδων· σπανίως συνοδεύει τοιαύτας, συχνότερον δ' ἕπεται τούτων. Τὸ μέγεθος τῶν σφαιριδίων τῆς χαλάζης ποικίλλει πολύ, συνήθως φθάνον τὸν ὄγκον λεπτοκαρύου μικροῦ, συνέβη ὅμως νὰ καταπέσωσι καὶ σφαιρίδια χαλάζης ἔχοντα μέγεθος ὠοῦ περιστερᾶς καὶ βάρος 200 μέχρι 300 γραμμαρίων.

Οὐδεμία θεωρία ἐξηγεῖ τελείως τὸν σχηματισμὸν τῆς χαλάζης καὶ πρὸ πάντων πῶς δύνανται τὰ σφαιρίδια αὐτῆς νὰ λάβωσι τοιοῦτον βάρος πρὶν ἢ καταπέσωσιν. Κατὰ τὴν θεωρίαν τοῦ Βόλτα τὰ σφαιρίδια ἕλκονται διαδοχικῶς ὑπὸ δύο νεφῶν ἀντιθέτως ἠλεκτρισμένων· ἀλλ' ὅμως, ἐὰν οὕτως εἶχε τὸ πρᾶγμα, τότε κατὰ μείζονα λόγον ἔπρεπεν αὐτὰ ταῦτα τὰ νέφη τα ἑτερωνύμως ἠλεκτρισμένα νὰ ἑλκυσθῶσι πρὸς ἄλληλα καὶ νὰ συμπυκνωθῶσιν εἰς ἕν. Ὁ Saussure παρεδέχετο ὅτι τὰ σφαιρίδια ἀρχίζουσι νὰ σχηματίζωνται εἰς τὰ ὑψηλὰ στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπὸ πολὺ σμικρὸν ὄγκον καὶ ὅτι ἀκολούθως, ἐφ' ὅσον καταπίπτουσιν, αὐξάνονται κατ' ὄγκον. Ὁ Delarive καὶ ὁ Dufour παραδέχονται ὅτι ἡ χάλαζα προέρχεται ἐν σταγονιδίων ὕδατος, τὰ ὁποῖα ψύχονται εἰς θερμοκρασίαν κατωτέραν τοῦ μηδενὸς ἀλλ' αἰωροῦνται ἐντὸς τῶν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νεφῶν ἐν καταστάσει ὑπερτήξεως διατηροῦντα τὴν ὑγρὰν κατάστασιν· ὅταν δὲ πέσωσιν ἐπ' αὐτῶν νιφάδες χιόνος, τότε τὰ σταγονίδια ταῦτα ψύχονται ἀποτόμως περιβάλλοντα τὰς νιφάδας, αἵτινες ἀποτελοῦσι τοὺς πυρῆνας τῶν σφαιριδίων. Ἡ ὅτι, ἐνῷ ταῦτα εὑρίσκονται ὑγρὰ ἐν καταστάσει ὑπερτήξεως, συμβαίνει τινὰ νὰ στερεοποιηθῶσι, ταῦτα δὲ προσκρούοντα ἐπὶ τῶν ἄλλων τῶν ὑγρῶν εἰσέτι προκαλοῦσι τὴν πῆξιν καὶ τούτων καὶ συγκολλῶνται τὰ πρῶτα μετὰ τῶν δευτέρων καὶ οὕτως αὐξάνεται ὁ ὄγκος αὐτῶν εἰς τὸ μέγεθος τῶν συνήθων σφαιριδίων τῆς χαλάζης.

ΑΝΕΜΟΙ

9. **Ἄνεμοι,** *αἰτία αὐτῶν.* Οἱ ἄνεμοι εἶνε *ρεύματα ἀέρος μᾶλλον ἢ ἧττον ταχέα, παραγόμενα ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ ἕνεκα τῶν μεταβολῶν τῆς θερμοκρασίας, αἵτινες συμβαίνουσιν εἰς γειτνιαζούσας χώρας αὐτῆς.* Ἐὰν π.χ. εἰς χώραν τινὰ ἕνεκα ὑπερθερμάνσεως τοῦ ἐδάφους, εἴτε ἕνεκα θερμαντικῆς τινος πηγῆς ὑπαρχούσης ἐκεῖ εἴτε δι' οἱονδήποτε λόγον, ὁ ἀὴρ θερμανθῇ ἐπὶ ἐκτάσεώς τινος περισσότερον, τότε διαστελλόμενος καὶ γινόμενος κουφότερος ἀνέρχεται πρὸς τὰ ἄνω, ἐνῷ ὁ ψυχρότερος ἀὴρ ἐκ τῶν πέριξ χωρεῖ πρὸς τὴν θερμανθεῖσαν ἔκτασιν εἰς ἀντικατάστασιν τοῦ ἀνερχομένου ἀέρος· καὶ τοιουτοτρόπως σχηματίζονται τὰ ρεύματα τοῦ ἀέρος, ἅτινα καλοῦνται *ἄνεμοι.*

Διεύθυνσις καὶ ταχύτης τῶν ἀνέμων. Καίτοι οἱ ἄνεμοι πνέουσι καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, διακρίνομεν ὅμως ὀκτὼ κυριωτέρους ἐξ αὐτῶν, οἱ ὁποῖοι ὡς ἐκ τῶν σημείων τοῦ ὁρίζοντος ἐξ ὧν πνέουσι καλοῦνται ὡς ἑξῆς: *Βορρᾶς* (τραμουντάνας), *βορειοανατολικὸς* (καικίας, γραῖγος), *ἀνατολικὸς* (ἀπηλιώτης, λεβάντες), *νοτιοανατολικὸς* (εὖρος, σιρόκος), *νότος* (ὄστρος), *νοτιοδυτικὸς* (λίψ, γαρμπῆς), *δυτικὸς* (ζέφυρος, ποναντες), *βορειοδυτικὸς* (σκίρων, μαίστρος). Προσδιορίζεται ἡ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διεύθυνσις ἀνέμου τινὸς οἱουδήποτε διὰ τοῦ *ἀνεμοδείκτου*, ἡ δὲ ταχύτης αὐτοῦ διὰ τῶν *ἀνεμομέτρων*· εἶνε δὲ τὰ ἀνεμόμετρα ὄργανα, ἐφωδιασμένα μὲ πτερύγια, ὅπως οἱ ἀνεμόμυλοι, τὰ ὁποῖα ὁ ἄνεμος πνέων περιστρέφει περὶ ἄξονα, ἐκ δὲ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν ἐν ὡρισμένῳ χρόνῳ προσδιορίζεται ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου. Ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου δύναται ν' ἀνέλθῃ μέχρι 40 καὶ 50 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον· ὅταν εἶνε κατωτέρα τῶν 10μ. εἶνε μέτριος, εἰς 10μ. ἰσχυρός, εἰς 20 σφοδρός, εἰς 30 τρικυμία καὶ εἰς 40 λαῖλαψ.

Οἱ ἄνεμοι διακρίνονται εἰς *διηνεκεῖς* ἢ *κανονικούς*, εἰς *περιοδικοὺς* καὶ εἰς *ἀκανονίστους*.

10. Διηνεκεῖς ἄνεμοι ἢ **ἀληγεῖς** Καλοῦνται οὕτως οἱ ἄνεμοι, οἱ ὁποῖοι πνέουσι κανονικῶς καθ' ὅλον τὸ ἔτος καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν πάντοτε διεύθυνσιν. Οἱ ἄνεμοι οὗτοι ἐπικρατοῦσιν ἑκατέρωθεν τοῦ Ἰσημερινοῦ ἐπὶ δύο ζωνῶν πλάτους 30° καὶ ἔχουσιν διεύθυνσιν ἐκ τοῦ ΒΑ πρὸς τὸ ΝΔ ἐν τῷ βορείῳ ἡμισφαιρίῳ καὶ ἐκ τοῦ ΝΑ πρὸς τὸ ΒΔ ἐν τῷ νοτίῳ ἡμισφαιρίῳ. Μεταξὺ δὲ τῶν ζωνῶν τούτων ὑπάρχει ἡ ζώνη τῆς νηνεμίας, εἰς ἣν ἐλαφρότατοι μόνον καὶ ἀκανόνιστοι ἄνεμοι πνέουσι, διαταράσσεται δ' αὕτη διὰ ραγδαίων βροχῶν καὶ θυελλῶν σχεδὸν καθημερινῶν. Αἰτία τῶν ἀνέμων τούτων εἶνε ἡ ἄνισος θέρμανσις τῶν ἰσημερινῶν καὶ πολικῶν χωρῶν καὶ ἡ περὶ ἄξονα περιστροφικὴ κίνησις τῆς γῆς.

11. Περιοδικοὶ ἄνεμοι. Περιοδικοὶ ἄνεμοι εἶνε οἱ πνέοντες τακτικῶς πρὸς τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καθ' ὡρισμένας ἐποχὰς τοῦ ἔτους ἢ καθ' ὡρισμένας κατὰ ὥρας τῆς ἡμέρας.

Ἐτησίαι (moussons) καλοῦνται αἱ ἄνεμοι οἵτινες πνέουσιν ἐπὶ ἓξ μῆνας πρὸς μίαν διεύθυνσιν καὶ ἐπὶ ἄλλους ἓξ πρὸς ἄλλην· τὸ θέρος πνέουσιν ἐκ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηρὰν κατὰ δὲ τὸν χειμῶνα ἐκ τῆς ξηρᾶς πρὸς τὴν θάλασσαν. Οἱ θερινοὶ ἐτησίαι προέρχονται ἐκ τῆς μεγάλης θερμότητος, ἥτις ἐπικρατεῖ ἐπὶ τῆς μεσημβρινῆς κλιτύος τῶν Ἱμαλαΐων ὀρέων στρῶμα θερμοῦ ἀέρος ἀνέρχεται καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τῆς κλιτυὸς ταύτης καὶ παράγον ἰσχυρὸν ρεῦμα ἀέρος προκαλεῖ τὴν ἀπορρόφησιν οὕτως εἰπεῖν τῶν νοτιοανατολικῶν ἀληγῶν, οὓς μεταβάλλει εἰς ἐτησίας πνέοντας ἐκ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηράν. Ἐν καιρῷ χειμῶνος τῆς ξηρᾶς ψυχομένης πλειότερον τῆς θαλάσσης ἡ ἀπορρόφησις παράγεται κάτωθεν τοῦ Ἰνδικοῦ ὠκεανοῦ καὶ οἱ ἐτησίαι πνέουσι πρὸς τὴν ἐναντίαν διεύθυνσιν. Ἅπασαι αἱ μεγάλαι ὀροσειραὶ παράγουσι παραπλήσια ἀποτελέσματα.

Ὁ λίψ εἶνε καυστικὸς ἄνεμος πνέων ἐκ τῶν ἐρήμων τῆς Ἀσίας καὶ τῆς Ἀφρι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κῆς καὶ χαρακτηριζόμενος ἐκ τῆς ὑψηλῆς αὐτοῦ θερμοκρασίας καὶ τῶν ἄμμων ἃς ἐγείρει εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν καὶ συμπαρασύρει μεθ' ἑαυτοῦ. Ὅταν πνέῃ ὁ ἄνεμος οὗτος ἡ ἀτμοσφαῖρα σκοτίζεται, ἡ ἐπιδερμὶς ξηραίνεται, ἡ ἀναπνοὴ ἐπιταχύνεται καὶ ἐπέρχεται σφοδρὰ δίψα.

Ἐν Ἀλγερίᾳ καὶ Ἰταλίᾳ ὁ ἄνεμος οὗτος καλεῖται σιρόκος καὶ πνέει πρὸς αὐτὰς τὰς χώρας ἐκ τῆς Σαχάρας. Ἐν Αἰγύπτῳ πνέει ἀπὸ τοῦ τέλους τοῦ Ἀπριλίου μέχρι τοῦ Ἰουνίου καὶ καλεῖται χαμσίν. Ἵνα προλάβωσι τὰ ἀποτελέσματα δερματικῆς διαπνοῆς πολὺ ταχείας ἐπιφερομένης ὑπὸ τοῦ ἀνέμου τούτου οἱ Ἀθαγενεῖς τῆς Ἀφρικῆς ἀλείφουσι τὸ σῶμα αὐτῶν διὰ λίπους.

Ἡ αὔρα εἶνε ἄνεμος πνέων παρὰ τὰς ἀκτάς, ἐκ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηρὰν ἐν καιρῷ ἡμέρας καὶ ἐκ τῆς ξηρᾶς πρὸς τὴν θάλασσαν ἐν καιρῷ νυκτός. Τοῦτο συμβαίνει διότι, τοῦ ἐδάφους θερμαινομένου κατὰ τὴν ἡμέραν πλειότερον τῆς θαλάσσης, ὁ ἐπ' αὐτοῦ ἀὴρ διαστέλλεται, ἀνέρχεται πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἀντικαθίσταται ὑπὸ πυκνοτέρου ἀέρος διευθυνομένου ἐκ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηράν. Ἐν καιρῷ δὲ νυκτὸς τοῦ ἐδάφους ψυχομένου δι' ἀκτινοβολίας πλειότερον τοῦ ὕδατος ἐπέρχεται τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα ἀλλὰ κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν. Ἡ θαλασσία αὔρα ἄρχεται πνέουσα ἀπὸ τῆς ἀνατολῆς τοῦ ἡλίου καὶ ἐξακολουθεῖ ἐντεινομένη μέχρι τῆς 3 μ. μ. ὥρας, ὅτε ἀρχίζει νὰ ἐξασθενῇ βαθμηδὸν μέχρι τῆς ἑσπέρας, ὅτε μετὰ τὴν δύσιν τοῦ ἡλίου μεταβάλλεται εἰς ἀπόγειον ἄνεμον.

12. **Ἀκανόνιστοι ἄνεμοι.** Οὕτω καλοῦνται οἱ ἄνεμοι, οἵτινες πνέουσιν ἄλλοτε κατὰ μίαν διεύθυνσιν καὶ ἄλλοτε κατ' ἄλλην καὶ δὲν ἀκολουθοῦσι νόμον τινά, ὥστις νὰ διέπῃ τὰ τῆς πνοῆς καὶ ἐπανόδου αὐτῶν κατὰ τὴν δεῖνα ἢ δεῖνα διεύθυνσιν. Ἑπομένως οἱ ἄνεμοι οὗτοι πνέουσιν ἀδιακρίτως ἐκ πάντων τῶν σημείων τοῦ ὁριζοντος· ἀλλ' ἐξ αὐτῶν διακρίνομεν ὀκτὼ κυριωτέρους, ἐκ τῶν ὀκτὼ κυριωτέρων σημείων τοῦ ὁρίζοστος, ὧν καὶ τὰ ὀνόματα λαμϐάνουσι, καθ' ἃ εἴδωμεν ἀνωτέρω (§ 9).

Εἰς τὰ ἡμέτερα κλίματα οἱ ἄνεμοι εἶνελίαν ἀκανόνιστοι, γίνονται δ' ἔτι μᾶλλον τοιοῦτοι πρὸς τὰς πολικὰς χώρας, εἰς δὲ τὴν κατεψυγμένην ζώνην πολλάκις πνέουσιν ἄνεμοι ἐκ δύο ἢ καὶ πλειοτέρων σημείων τοῦ ὁρίζοντος ταυτοχρόνως.

ΜΕΤΕΩΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ

Ἀτμοσφαιρικὸς ἠλεκτρισμός. Ἀπό τῆς ἡμέρας καθ' ἣν ἐγένετο γνωστὸς ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ παρεϐλήθη ἡ μὲν ὑπ' αὐτοῦ παραγομένη λάμψις πρὸς τὴν ἀστραπὴν ὁ δὲ παρομαρτῶν αὐτῷ ψόφος πρὸς τὴν βροντήν. Ἀλλὰ πρῶτος ὁ Φραγκλῖνος τῇ ϐοηθείᾳ τῶν ἠλεκτρομηχανῶν ἔδειξε τὴν ἐντελῆ σχέσιν τοῦ κεραυνοῦ πρὸς τὸν ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα καὶ ὑπέδειξεν ἐν ὑπομνήματι δημοσιευθέντι τῷ 1749 τὰ πειράματα, δι' ὧν δύναταί τις νὰ ἀφαιρέσῃ καὶ ἀπὸ τῶν νεφελῶν τὸν ἠλεκτρισμὸν αὐτῶν διὰ μέσου μεταλικῶν αἰχμῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁδηγηθεὶς ὑπὸ τῶν θεωρητικῶν ἰδεῶν τοῦ Φραγκλίνου, ὁ Dalibard ἔστησεν ἔν τινι κήπῳ ἐν Marlis πλησίον τῶν Παρισίων, μεμονωμένην σιδηρᾶν ῥάβδον 33 μέτρων ὕψους, ἥτις τῇ 19 Μαΐου τοῦ 1752 ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὀμβρίου νέφους ἐξέπεμψεν ἰσχυροὺς ἠλεκτρικοὺς σπινθῆρας ἀρκετούς, ὥστε νὰ πληρώσωσι διαφόρους λουγδουνικὰς λαγύνους.

Ὁ Φραγκλῖνος ἐν τούτοις προητοιμάζετο ἵνα κάμῃ τὰ πειράματα, ἅτινα εἶχεν ἀναγγείλει καὶ περιέμενε πρὸς τοῦτο τὴν κατασκευὴν κώδωνος ὃν εἶχε παραγγείλει, ὅτε τῷ ἐπῆλθεν ἡ ἰδέα νὰ κάμῃ χρῆσιν ἀετοῦ (serf-volant) ἔχοντος πρὸς τὸ ἄνω μέρος μεταλλικὴν αἰχμὴν καὶ δυναμένου νὰ ὑψωθῇ εἰς τὰ ἀνώτερα τῆς ἀτμοσφαίρας στρώματα. Κατὰ μῆνα Ἰούνιον τοῦ 1752 ἐνῶρα καταιγίδος πρὶν ἢ λάβῃ γνῶσιν τῶν πειραμάτων τοῦ Dalibard μετέβη εἴς τινα ἀγρὸν πλησίον τῆς Φιλαδελφείας καὶ πετάσας τὸν ἀετὸν προσέδεσε κλεῖδα ἐπὶ τοῦ θώμιγγος αὐτοῦ καὶ ἐπὶ τῆς κλειδὸς μετάξινον νῆμα, προωρισμένον ἵνα ἀπομονώσῃ τὴν συσκευήν, καὶ ἔδεσε τὸ νῆμα ἐπὶ δένδρου. Πλησιάσας τὸν δάκτυλον πρὸς τὴν κλεῖδα δὲν ἀπέσπασε κατ' ἀρχὰς οὐδένα σπινθῆρα, δι' ὃ καὶ εἶχεν ἀρχίσει ν' ἀπελπίζηται περὶ τοῦ πειράματος αὐτοῦ. Βραδύτερον ὅμως ὅταν ἤρχισε νὰ πίπτῃ λεπτὴ βροχὴ καὶ ὁ θώμιγξ βραχεὶς κατέστη καλὸς ἀγωγὸς ἠδυνήθη νὰ ἀποσπάσῃ ἐκ τῆς κλειδὸς τὸν ἐπιθυμητὸν σπινθῆρα. Τοιαύτη ὑπῆρξεν ἡ συγκίνησις τοῦ διασήμου φυσιοδίφου, ὥστε, ὡς ὁ ἴδιος ὁμολογεῖ, δὲν ἠδυνήθη νὰ κρατήσῃ τὰ δακρυά του. Ὁ Φραγκλῖνος, ὅστις εἶχεν ἀνακαλύψει τὴν δύναμιν τῶν αἰχμῶν, ἀλλ' ἠγνόει τὴν θεωρίαν αὐτῶν, παρεδέχετο ὅτι ὁ ἀετὸς προσελάμβανεν ἐκ τοῦ νέφους τὸν ἠλεκτρισμὸν αὐτοῦ, ἀλλὰ κατὰ τὴν θεωρίαν τῆς δι' ἐπιδράσεως ἠλεκτρίσεως τὸ φαινόμενον πρέπει νὰ ἐξηγηθῇ διὰ τῆς ἐπιδράσεως, ἣν τὸ ὄμβριον νέφος ἐξήσκει ἐπὶ τοῦ ἀετοῦ καὶ τοῦ θωμιγκός του.

Ἡ αἰτία τῆς παρουσίας αὐτοῦ ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ ἀποδίδεται κατ' ἄλλους μὲν εἰς τὴν τριβὴν τοῦ ἀέρος ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, κατ' ἄλλους δὲ εἰς τὴν ἐξάτμισιν τοῦ ὕδατος τοῦ ἐμπεριέχοντος διαλελυμένα ἅλατα. Ὁ δὲ Palmieri παραδέχεται ὅτι οἱ ὑδατώδεις ἀτμοὶ συμπυκνούμενοι ἀναπτύσσουσι θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ εἰς τοῦτο ἀποδίδει τὸν ἠλεκτρισμὸν ὃν φέρουσι τὰ νέφη, καὶ ὅτι τὸ αὐτὸ νέφος ἕνεκα συνεχοῦς συμπυκνώσεως δύναται νὰ ἐπιφορτίζηται κατ' ἐπανάληψιν δι' ἠλεκτρισμοῦ καὶ νὰ παράγῃ πολλὰς ἀστραπὰς κλπ.

Πρὸς ἔρευναν τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἠλεκτρισμοῦ σήμερον μεταχειρίζονται διαφόρους συσκευάς, ὧν αἱ κυριώτεραι εἶνε τὸ ἠλεκτρόμετρον τοῦ Saussure, τὸ ἠλεκρόμετρον τοῦ Palmieri καὶ ὁ ἀθροιστὴς τοῦ Thomson. Τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἠλεκτρομέτρου αὐτοῦ καὶ κατόπιν πολυετῶν πειραματίσεων ὁ Palmieri κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἀτμόσφαῖρα φέρει θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ ὅταν ὁ οὐρανὸς εἶνε αἴθριος καὶ ὅταν εἶναι νεφελώδης, ὅταν εἰς ἀπόστασίν τινα ἀπὸ τοῦ τόπου τῆς παρατηρήσεως δὲ πίπτῃ οὔτε βροχή, οὔτε χιών, οὔτε χάλαζα. Καὶ ὅτι, ὅταν ἀνευρί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σκωμεν εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν ἠλεκτρισμὸν ἀρνητικὸν ἐν καιρῷ νεφελώδους οὐρανοῦ, δὲν πρέπει ν' ἀποδιώσωμεν αὐτὸν εἰς τὴν ὕπαρξιν νεφῶν ἀρνητικῶν, ἀλλ' εἰς πτῶσιν βροχῆς, χιόνος ἢ χαλάζης καταπιπτούσης εἰς γειτονικὰς χώρας. Εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἠλεκτρισμὸν ὀφείλονται τὰ φαινόμενα τῆς ἀστραπῆς, τοῦ κεραυνοῦ καὶ τοῦ βορείου σέλαος.

14. **Ἀστραπὴ καὶ βροντή.** Ἡ *ἀστραπὴ* εἶνε λάμψις ἰσχυρὰ προερχομένη ἐκ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος, ὅστις ἐκρήγνυται μεταξὺ τῶν ἠλεκτρισμένων νεφῶν. Τὸ χρῶμα τῶν ἀστραπῶν εἶνε λευκὸν εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας, ἀλλ' εἰς τὰ ὑψηλότερα, ἔνθα οὗτος εἶνε ἀραιότερος, εἶνε ἰῶδες, ὅπως τοῦτο συμβαίνει εἰς παρομοίας περιστάσεις καὶ εἰς τοὺς σπινθῆρας τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἡ δὲ διάρκεια τῆς ἀστραπῆς δὲν ὑπερβαίνει τὸ χιλιοστὸν τοῦ δευτερολέπτου.

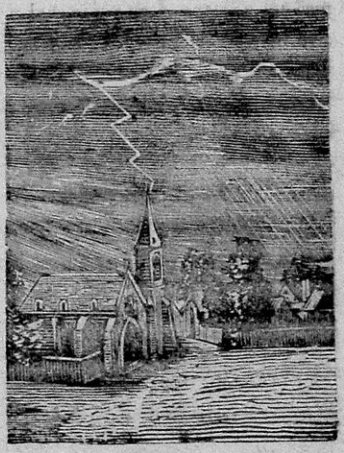
Αἱ ἀστραπαὶ ἔχουσιν ἐνίοτε πολλῶν λευγῶν μῆκος καὶ διακρίνονται εἰς τὰ ἑξῆς εἴδη: 1ον Εἰς ἀστραπὰς κατὰ γραμμὴν πολύθλαστον (en zigzag), αἵτινες διαδίδονται μετὰ μεγίστης ταχύτητος καὶ ἔχουσι πλήρη ἀναλογίαν πρὸς τοὺς σπινθῆρας τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν. 2ον Εἰς ἀστραπὰς πλατείας, αἵτινες δὲν ἔχουσι σχῆμα γραμμῆς ἀλλὰ φωτίζουσι μεγάλην ἔκτασιν τοῦ ὁρίζοντος ἄνευ ὡρισμένων ὁρίων. 3ον Εἰς ἀστραπὰς σφαιροειδεῖς· αὗται ἔχουσαι σχῆμα σφαιρῶν φωτοβόλων φαίνονται κατερχόμεναι βραδέως ἐκ τῶν νεφῶν καὶ εἶνε ὁραταὶ καὶ ἐπὶ 10″ πολλάκις. Ἡ ἀρχὴ αὐτῶν εἶνε ἄγνωστος· ὅσον δ' ἀφορᾷ τὰς *ἀστραπὰς τοῦ καύσωνος*, αἵτινες ἀναφαίνονται κατὰ τὰς θερινὰς νύκτας εἰς ἀνέφελον ὁρίζοντα καὶ χωρὶς νὰ παράγωσι κρότον, αὗται πιθανῶς εἶνε συνήθεις ἀστραπαὶ παραγόμεναι εἰς νέφη εὑρισκόμενα ὑπὸ τὸν ὁρίζοντα καὶ εἰς τοιαύτην ἀπόστασιν, ὥστε ὁ κρότος τῶν βροντῶν αὐτῶν νὰ μὴ δύναται νὰ φθάσῃ μέχρι τοῦ ὠτὸς τοῦ παρατηρητοῦ.

Βροντὴ δὲ καλεῖται ὁ κρότος ὁ συνοδεύων τὴν ἀστραπὴν ἐν θυελλώδει νέφει. Ἡ βροντὴ συμπαράγεται μετὰ τῆς ἀστρα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πῆς, ἀλλ' ὡς ἐκ τῆς διαφορᾶς τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου καὶ τοῦ φωτὸς βλέπομεν πρῶτον τὴν ἀστραπὴν καὶ κατόπιν μετά τινα δευτερόλεπτα ἀκούομεν τὴν βροντήν. Προέρχεται δὲ ἡ βροντὴ ἐκ τῆς βιαίας δονήσεως τοῦ ἀέρος κατὰ τὴν ἔκρηξιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος μεταξὺ τῶν νεφῶν, ὅπως ἀπαράλλακτα συνοδεύεται ὑπὸ ψόφου καὶ ὁ σπινθὴρ τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν. Καὶ πλησίον μὲν τοῦ τόπου τῆς ἐκρήξεως ὁ κρότος τῆς βροντῆς εἶνε ξηρὸς καὶ βραχείας διαρκείας, εἰς μεγαλειτέραν δὲ ἀπόστασιν ἀποτελεῖ σειρὰν κρότων διαδεχομένων ἀλλήλους, ὀφειλομένων εἰς τὴν ἀνάκλασιν τοῦ ἤχου ἐπὶ τῶν νεφῶν, ἐπὶ τῶν ὀρέων κλπ.

15 **Κεραυνός.** Ὁ κεραυνὸς εἶνε μέγας *ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ* ἐκρηγνύμενος μεταξὺ θυελλώδους ἠλεκτρισμένου νέφους καὶ τοῦ ἐδάφους. Παράγεται δὲ ὁ κεραυνὸς ὡς ἑξῆς: Τὸ νέφος ἐπιφορτισμένον ἐπὶ παραδείγματι θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ ἀποσυνθέτον τὸ οὐδέτερον αὐτοῦ ρευστὸν τὸ ἠλεκτρίζει ἀντιθέτως. Οἱ ἀντίθετοι οὗτοι ἠλεκτρισμοὶ ὁ τοῦ νέφους καὶ ὁ τοῦ ἐδάφους τείνουσι νὰ ἑνωθῶσι καὶ ἐὰν ὑπερνικήσωσι τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, ἐκρήγνυται τότε μέγας ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, ὅτε λέγομεν ὅτι *πίπτει κεραυνός* (Σχ. 4).



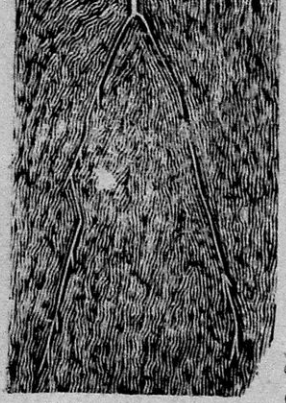
Σχ. 4.—Πτῶσις κεραυνοῦ.

Ἐν τούτοις ἡ κίνησις τοῦ σπινθῆρος δὲν γίνεται πάντοτε ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω ἀλλὰ καὶ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καὶ κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις. Ἐπειδὴ δ' ἐκ τῶν πειραμάτων ἀπεδείχθη ὅτι τὸ θετικὸν ρευστὸν διαπερᾷ εὐκολώτερον τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀτμοσφαῖραν ἢ τὸ ἀρνητικόν, διὰ τοῦτο ὅταν τὸ νέφος φέρῃ θετικὸν ρευστὸν καὶ συνεπῶς τὸ ἔδαφος ἀρνητικόν, τότε τὸ θετικὸν ρευστὸν τοῦ νέφους τείνει διὰ τοῦ ἀέρος πρὸς τὸ ἀρνητικὸν τοῦ ἐδάφους καὶ ὁ ἠλεκτριὸς σπινθὴρ φαίνεται κατερχόμενος. Ἐνίοτε ὅμως τὰ νέφη φέρουσιν ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ τότε ὁ σπινθὴρ φαίνεται ἀνερχόμενος ἐκ τοῦ ἐδάφους, ὡς τοῦτο πολλάκις παρετηρήθη.

—Ἐπειδὴ τὸ ἔδαφος ἠλεκτριζόμενον τῇ ἐπιδράσει τοῦ νέφους φέρει τὰς μείζονας ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῶν ἐξοχῶν αὐτοῦ, οἷον λόφων, βράχων, δένδρων, μεγάλων οἰκιῶν, πύργων κωδωνοστασίων, διὰ τοῦτο ὁ κεραυνὸς πίπτει κατὰ προτίμησιν εἰς τὰ ὑψηλότερα σημεῖα τοῦ ἐδάφους. Διὰ τοῦτο εἶνε κακίστη ἡ συνήθεια νὰ καταφεύγωμεν ἐν ὥρᾳ θυέλλης ὑπὸ δένδρα ἢ πύργους διὰ νὰ προφυλαχθῶμεν ἀπὸ τῆς βροχῆς. Καὶ ὁ ἄνθρωπος δὲ ὁ περιπατῶν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀποτελεῖ ἐξοχήν, εἰς ἣν συσσωρεύεται μείζων ποσότης ἠλεκτρισμοῦ καὶ μάλιστα ὅταν τρέχῃ καὶ γίνηται τὸ σῶμά του εὐηλεκτραγωγότερον, καὶ εἶνε πιθανόν, ὅταν δὲν ὑπάρχωσι πλησίον ἄλλα ὑψηλότερα σημεῖα, νὰ πέσῃ ὁ κεραυνὸς ἐπ' αὐτοῦ. Ὅθεν τὸ προτιμώτερον ἐν ὥρᾳ καταιγίδων, ὅταν βλέπῃ τις τὴν ἀτμοσφαῖραν πεφορτισμένην ἠλεκτρισμοῦ καὶ τείνουσαν πρὸς ἐκρήξεις κεραυνῶν, ἐὰν εὑρεθῇ εἰς τὴν ἐξοχήν, νὰ μείνῃ ἤρεμος καὶ καθεστηκὼς εἰς ἀνοικτὸν καὶ ὁμαλὸν ἔδαφος μέχρι παρελεύσεως τῆς θυέλλης.



Σχ.5 —Κεραυνέτης.

Ἀποτελέσματα κεραυνοῦ. Τὰ ἀποτελέσματα τοῦ κεραυνοῦ εἶνε πολλὰ καὶ διάφορα· καταικαίει καὶ καταρρίπτει δένδρα ἢ ἀποσπᾷ τὸν φλοιὸν αὐτῶν καὶ ἀποχωρίζει τὰς ἴνας, τήκει μέταλλα, ἀναφλέγει εὐφλέκτους ὕλας, κατασυντρίβει σώματα δυσηλεκτραγωγά, φονεύει ἀνθρώπους καὶ ζῶα. Τὰ ρητινώδη δένδρα, ὡς δυσηλεκτραγωγὰ προσβάλλονται ὀλιγώτερον, διὸ καὶ ἡ ὑπ' αὐτὰ καταφυγὴ τοῦ ἀνθρώπου εἶνε ἧττον ἐπικίνδυνος.

Ὁ κεραυνὸς ἐνεργεῖ καὶ ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν βελονῶν καταργῶν τὴν μαγνητικὴν αὐτῶν δύναμιν ἢ ἀντιστρέφων τοὺς πόλους αὐτῶν.

Ὁ κεραυνὸς εἰσχωρῶν εἰς ἔδαφος πυριτιακῆς ἄμμου τήκει κατὰ τὴν δίοδον αὐτοῦ τὰ ψήγματα τῆς ἄμμου σχηματίζων οὕτως ὑελώδεις σωλῆνας, οἵτινες ἐλήφθησαν κεραυνῖται ἢ κεραύνιοι σωλῆνες, καὶ ἔχουσι πολλάκις βάθος 10 μέτρων (Σχ.5).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πρὸς τούτοις κατὰ τὴν πτῶσιν τοῦ κεραυνοῦ διαχέεται εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν ἰδιάζουσά τις ὁσμὴ παρεμφερὴς πρὸς τὴν τοῦ ἀναφλεγομένου θείου ἕνεκα τοῦ σχηματιζομένου ἡ λ ε κ τ ρ ι σ μ έ ν ο υ ὀ ξ υ γ ό ν ο υ ἢ ὄ ζ ο ν τ ο ς, τουτέστιν ὀξυγόνου συμπεπυκνωμένου. Τοιοῦτον λαμβάνει χώραν καὶ πλησίον ἠλεκτρικῆς μηχανῆς, ὅταν παράγῃ αὕτη μεγάλην ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ. Ἑτέρα δὲ χημικὴ δρᾶσις τοῦ κεραυνοῦ εἶνε ἡ ἕνωσις τοῦ ἀζώτου μετὰ τοῦ ὀξυγόνου τῆς ἀτμοσφαίρας πρὸς σχηματισμὸν ὑπεροξειδίου τοῦ ἀζώτου.

16. **Ἀλεξικέραυνον.** Πρὸς προφύλαξιν τῶν οἰκοδομημάτων, ναῶν, πύργων, πλοίων κλπ. ἀπὸ τοῦ κεραυνοῦ, τοποθετοῦσιν ἐπ' αὐτῶν τὸ ὑπὸ τοῦ Franklin τῷ 1771 ἐπινοηθὲν *ἀλεξικέραυνον*. Σύγκειται δὲ τοῦτο ἐξ ἑνὸς *κοντοῦ* ἢ *ὀβελοῦ*, ὅστις εἶνε σιδηρᾶ ῥάβδος μήκους 4—6 μέτρων, λεπτυνομένη ἀπὸ τῆς βάσεως πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἀπολήγουσα εἰς ὀξεῖαν αἰχμὴν ἐκ λευκοχρύσου ἢ εἰς χθαμαλὸν κῶνον ἐκ χαλκοῦ. Ἀπὸ τῆς βάσεως τοῦ ὀβελοῦ τοποθετουμένου κατακορύφως ἐπὶ τῆς στέγης ἄρχεται ὁ *ἀγωγός*, σύρμα σιδηροῦν πάχους 18—20 χιλιοστομ., ὅστις ἀκολουθῶν τὴν κλίσιν τῆς στέγης κατερχεται διὰ τῶν πλευρῶν τοῦ οἰκοδομήματος καὶ φθάνει μέχρι τῆς γῆς ἔνθα περατοῦται εἰς ἀγκύρας πολυκερᾴτους καὶ καταδύεται εἰς φρέαρ ὕδατος, περιέχον τεμάχια ὀπτοῦ ἄνθρακος. Πρέπει δὲ νὰ συνάπτηται ὁ ἀγωγὸς οὗτος μεθ' ὅλων τῶν μεγάλων μεταλλικῶν ὄγκων τοῦ κτιρίου.

Ἡ λειτουργία τοῦ ἀλεξικεραύνου ὀφείλεται εἰς τὴν δύναμιν τῶν ἀκίδων. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἄνωθεν οἰκοδομήματος φέροντος ἀλεξικέραυνον διέρχεται νέφος θετικῶς ἠλεκτρισμένον· τοῦτο, ὡς γνωρίζομεν, δι' ἐπιδράσεως θὰ ἀποσυνθέσῃ τὸ οὐδέτερον ρευστὸν τοῦ οἰκοδομήματος καὶ τοῦ ἐδάφους εἰς θετικὸν ἠλεκτρισμόν, ὅστις ἀπωθεῖται καὶ εἰς ἀρνητικόν, ὅστις ἑλκόμενος ὑπὸ τοῦ θετικοῦ τοῦ νέφους, προσρέει εἰς τὴν ἀκίδα καὶ ἐξερχόμενος δι' αὐτῆς πρὸς τὸ νέφος ἐξουδετεροῖ αὐτὸ καθ' ὁλοκληρίαν ἢ ἐν μέρει καὶ οὕτω προλαμβάνει τὴν πτῶσιν κεραυνοῦ. Ὅταν δὲ τὸ νέφος φέρῃ παμμεγίστην ποσότητα ἠλε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κτρισμοῦ, ὥστε ὁ ἐκ τοῦ ἀλεξικεραύνου ἐκρέων δὲν ἐπαρκεῖ εἰς ἐξουδετέρωσιν αὐτοῦ, τότε ἡ πτῶσις κεραυνοῦ δὲν προλαμβάνεται μὲν ἀλλ' ὅμως ἐκρήγνυται μεταξὺ τοῦ νέφους καὶ τῆς ἀκίδος τοῦ ἀλεξικεραύνου καὶ διὰ τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ εἰσρέει εἰς τὸ ἔδαφος· οὕτω καὶ πάλιν προφυλάσσεται τὸ οἰκοδόμημα ἐκ τῆς καταστροφῆς.

Τὸ ἀλεξικέραυνον δύναται νὰ προφυλάξῃ περὶ ἑαυτὸ ἔκτασιν κυκλικὴν ἔχουσαν κέντρον τὴν βάσιν αὐτοῦ καὶ ἀκτῖνα σην πρὸς τὸ διπλάσιον περίπου τοῦ μήκους αὐτοῦ.

Πλῆγμα ἐξ ἐπιστροφῆς. Οὕτως ὀνομάζεται βίαιος τιναγμός, ὃν αἰσθάνονται πολλάκις ἄνθρωποι καὶ ζῶα εὑρισκόμενα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ μέρους ἔνθα ἐνέσκηψε κεραυνὸς καὶ ἐπιφέρει νάρκην καὶ ἐνίοτε καὶ τὸν θάνατον. Προέρχεται δὲ ἐκ τῆς ἠλεκτροστατικῆς ἐπιδράσεως ἣν ἐξασκεῖ τὸ θυελλῶδες νέφος ἐφ' ὅλων τῶν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους σωμάτων, τῶν ἐντὸς τῆς περιοχῆς τῆς ἐνεργείας αὐτοῦ εὑρισκομένων. Τὰ σώματα ταῦτα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ νέφους εὑρίσκονται ὅπως καὶ τὸ ἔδαφος πεφορτισμένα ἠλεκτρισμοῦ ἀντιθέτου πρὸς αὐτό· ἀλλ' ὅταν ἐνσκήψῃ ὁ κεραυνός, δηλονότι ἐπέλθῃ ἡ ἕνωσις τῶν ἠλεκτρισμῶν τοῦ νέφους καὶ τοῦ ἐδάφους, πάραυτα τὰ μέχρι τοῦδε ἰσχυρῶς ἠλεκτρισμένα σώματα μεταπίπτουσιν αἰφνιδίως εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν καὶ ἐκ τῆς ἀποτόμου αὐτῆς μεταβολῆς προέρχεται τὸ ἐξ ἐπιστροφῆς πλῆγμα.

ΒΟΡΕΙΟΝ ΣΕΛΑΣ

17. Καλεῖται *βόρειον σέλας* ἢ μᾶλλον *πολικὸν σέλας*, μετέωρον φωτεινὸν ἐξόχως σημαντικὸν ἐμφανιζόμενον εἰς τὰς πολικὰς χώρας πρὸς τοὺς μαγνητικοὺς πόλους τῆς γῆς· ἐκ πολλῶν δὲ παρατηρήσεων γενομένων ἐν Melbourne καὶ ἐν βορείῳ Εὐρώπῃ φαίνεται ὅτι εἰς ἀμφοτέρους τοὺς πόλους τῆς γῆς τὸ μετέωρον τοῦτο παράγεται συγχρόνως καὶ ὅτι παρά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γεται σχεδὸν καθ' ἑκάστην ἑσπέραν, διότι εἰς 200 ἡμέρας παρετηρήθησαν 150 βόρεια σέλαα. Ὀλίγον μετὰ τὴν ἐξαφάνισιν τοῦ σκιόφωτος ἀναφαίνεται κατ' ἀρχὰς ὡς κυκλικὸν νεφελῶδες παραπέτασμα βραδέως ἀνυψούμενον, σκοτεινὸν καὶ πρὸς τὸ ἰόχρουν ἀποκλῖνον, πρὸς τὰ πέρατα τοῦ ὁποίου μετ' οὐ πολὺ ἀναφαίνεται παρυφὴ φωτεινὴ διαχέουσα ἄπλετον φῶς κατ' ἀποκλινούσας ἀκτῖνας. Εἶνε δὲ ὁρατὸν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ἀπὸ τοῦ πόλου, ἐνίοτε μάλιστα τὸ αὐτὸ βόρειον σέλας συνέβη νὰ γίνῃ ὁρατὸν κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον ἐκ Μόσχας, Βαρσοβίας, Ρώμης καὶ Κάδικος.

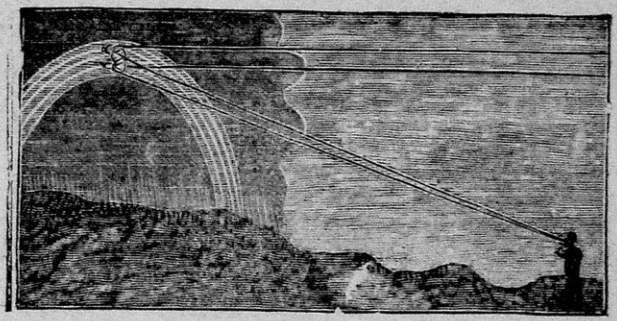
Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀτελῶς μέχρι τοῦδε ἐξηγήθη· ἡ σταθερὰ διεύθυνσις τοῦ κυκλικοῦ τμήματος αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν, καὶ αἱ διαταράξεις ἃς ἐπιφέρει εἰς τὰς μαγνητικὰς βελόνας κλπ., δεικνύουσιν ὅτι τοῦτο δύναται ν' ἀποδοθῇ εἰς ρεύματα ἠλεκτρικά, ἅτινα διαχέονται ἐκ τῶν πόλων τῆς γῆς πρὸς τὰς ὑψηλὰς χώρας τῆς ἀτμοσφαίρας.

ΟΥΡΑΝΙΟΝ ΤΟΞΟΝ

18. Τὸ *οὐράνιον τόξον* ἢ *Ἶρις* εἶνε φωτεινὸν μετέωρον ἐμφανιζόμενον ἐπὶ τῶν νεφῶν τῶν εὑρισκομένων ἀπέναντι τοῦ ἡλίου, ὅταν ταῦτα διαλύωνται εἰς βροχήν. Σύγκειται ἐξ ἑπτὰ τόξων συγκεντρικῶν παρουσιαζόντων τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Ἐνίοτε παρουσιάζεται ἓν μόνον οὐράνιον τόξον, ἀλλὰ συνηθέστατα ἐμφανίζονται δύο· ἓν ἐσωτερικὸν μὲ πολὺ ζωηρὰ χρώματα καὶ ἕτερον ἐξωτερικὸν μὲ ἀσθενῆ καὶ ἀνεστραμμένα κατὰ τὴν τάξιν χρώματα. Ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τόξῳ τὸ ἐρυθρὸν κεῖται πρὸς τὸ ἄνω μέρος ἐν δὲ τῷ ἐξωτερικῷ τὸ ἰόχρουν. Πολὺ σπανίως ἐμφανίζονται τρία οὐράνια τόξα, ἡ δὲ θεωρία διδάσκει ὅτι δύνανται να παρουσιασθῶσι καὶ πλειότερα τούτων, ἀλλὰ τὰ χρώματα αὐτῶν εἶνε τόσον ἀσθενῆ ὥστε δὲν γίνονται ὁρατά.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐξήγησις τῆς ἴριδος. Ἐπειδὴ τὸ μετέωρον τοῦτο σχηματίζεται πάντοτε ἐπὶ τῶν νεφῶν, τὰ ὁποῖα μεταβάλλονται εἰς βροχήν, καὶ παρουσιαζει πάντα τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ἀκριβῶς κατὰ τὴν αὐτὴν σειρὰν (6λ. ὀπτικ. σελ. 375), εἶνε ἐπόμενον ὅτι παράγεται συνεπείᾳ ἀναλύσεως τοῦ λευκοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς διὰ τῶν σταγονιδίων τῆς βροχῆς. Ἐπειδὴ δὲ δὲν εἶνε ὁρατὸν παρὰ εἰς τὸν παρατηρητήν, ὅστις παρατηρῶν πρὸς τὸ νέφος ἔχει ἐστραμμένα τὰ νῶτα πρὸς τὸν ἥλιον, συνάγεται ὅτι πρέπει τὸ φῶς μετὰ τὴν ἀποσύνθεσίν του κατὰ τὴν εἴσοδον εἰς τὰς σταγόνας ν' ἀνακλασθῇ κατόπιν πρὸς τὸν παρατηρητήν. Ὥστε ὁ σχηματισμὸς τῆς ἴριδος εἶνε ἀποτέλεσμα διαθλάσεως καὶ κατόπιν ἀνακλάσεως τοῦ φωτός. Θεωρήσωμεν δύο σταγόνας βροχῆς α καὶ γ (Σχ. 6)· ἡ λευκὴ ἡλιακὴ δέσμη, ἥτις προσπίπτει ἐπὶ τῆς σταγόνος α, διαθλᾶται καὶ ἀποσυντίθεται κατὰ τὴν εἴσοδον αὐτῆς εἰς τὰς ἑπτὰ ἐγχρόους ἀκτῖνας τοῦ φάσματος. Αὗται φθάνουσαι εἰς τὴν ὀπισθίαν πλευρὰν τῆς σταγόνος ἐν μέρει μὲν διαπερῶσιν αὐτὴν καὶ διαχέονται εἰς τὴν ἀτμο-



Σχ. 6.—**Σχηματισμὸς ἴριδος.**

σφαῖραν χωρὶς νὰ παραγάγωσιν οὐδὲν ἰδιαίτερον φαινόμενον, μέρος ὅμως αὐτῶν ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς παρειᾶς καὶ ἐπανερχόμενον πρὸς τὰ ὀπίσω ἐξέρχεται ἐκ τῆς σταγόνος διαθλώμενον δευτέραν φορὰν καὶ φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ καὶ παρέχει εἰς αὐτὸν τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἀστιστοιχοῦντος χρώματος τῆς δέσμης.

Δευτέρα σταγὼν γ ὑπὸ τὴν πρώτην κειμένη παράγει παρόμοιον ἀποτέλεσμα, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι δὲν ἐκπέμπει πρὸς τὸν παρατηρητὴν τὸ αὐτὸ χρῶμα τοῦ φάσματος. Καὶ πράγματι, ἐπειδὴ τὰ διάφορα χρώματα εἶνε ἀνίσως διαθλαστά, αἱ ἔγχροοι ἀκτῖνες αἱ ἐξερχόμεναι ἐκ τῆς αὐτῆς σταγόνος βροχῆς εἶνε ἀποκλίνουσαι καὶ κατὰ συνέπειαν δὲν διαδίδονται ὁμοῦ· ἐξ οὗ προκύπτει ὅτι ἐξ ἑκάστης διευθύνσεως δὲν ἐκπέμπεται πρὸς τὸν παρατηρητὴν παρὰ ἓν μόνον εἶδος χρώματος. Ὥστε συμφώνως πρὸς τὸν βαθμὸν τῆς διαθλαστότητος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν διαφόρων ἀκτίνων τοῦ φάσματος, αἱ σταγόνες αἱ κείμεναι πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν περιοχὴν τῆς ἴριδος δὲν ἐκπέμπουσι πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ παρὰ ἐρυθρὰς ἀκτῖνας, αἱ δὲ κείμεναι κατὰ τὴν ἐσωτερικὴν περιοχὴν μόνον ἰοειδεῖς ἀκτῖνας· τὰ δὲ λοιπὰ χρώματα προκύπτουσιν ἐκ τῶν διαμέσων σταγόνων.

Ἡ ἐμφάνισις τῆς ἴριδος καὶ ἡ ἔκτασις αὐτῆς ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς θέσεως τοῦ παρατηρητοῦ καὶ ἐκ τοῦ ὕψους τοῦ ἡλίου ὑπεράνω τοῦ ὁρίζοντος. Ὅσῳ πλησιέστερον πρὸς τὸν ὁρίζοντα κεῖται ὁ ἥλιος, τόσῳ μᾶλλον ἐκτεταμένον τὸ ὁρατὸν μέρος τῆς ἴριδος, ἐλαττοῦται δ' ἐφ' ὅσον ὁ ἥλιος ἀνυψοῦται καὶ ἐξαφανίζεται ὅταν ὑψωθῇ οὗτος εἰς 40 ἕως 42 μοίρας. Ἐξ οὗ ἀγόμεθα νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι πᾶσαι αἱ ἀκτῖνες αἱ διαθλώμεναι ὑπὸ τῶν σταγόνων τῆς βροχῆς καὶ ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κοίλου αὐτῆς πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ δὲν συντελοῦσιν εἰς παραγωγὴν τοῦ φαινομένου, ἀλλὰ μόνον αἱ ὑπὸ ὡρισμένην γωνίαν ἐκπεμπόμεναι, διὸ καὶ *ἐνεργοὶ ἀκτῖνες* ἐκλήθησαν αὗται.

ΤΕΛΟΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

140

16.05

15.000

€44

ΕΙΝΑΙ ΔΥΟ ΒΙΒΛΙΑ

ΤΟ ΔΗΥΤΕΡΟ ΕΝΙΚΑ

ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΕΛΙΔΑ ΚΕΦ

ΜΕ ΤΙΤΛΟ

ΕΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΧΕΡΙΣ ΕΥΠΡΑΦΙΑ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΙΤΟΡΙΠΟΥ

ΧΡΟΝΙΑ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής