

3



13  
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΑΜΙΩΤΑΚΗ  
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΠΑΙΔΑΓ. ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ  
ΗΡ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ 16,80

# ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ Β'

ΔΙΑ ΤΗΝ 5' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ  
ΚΑΙ ΤΗΝ  
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΝ ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΛΟΙΠΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ  
ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ

ΤΡΑΧΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ  
ΕΚΔΟΤΑΙ: Ι. Δ. ΚΟΛΛΑΡΟΣ & ΣΙΑ  
ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΤΗΣ "ΕΣΤΙΑΣ",  
ΟΔΟΣ ΣΤΑΔΙΟΥ  
1931

28  
13

# ΦΥΣΙΚΗ

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

300

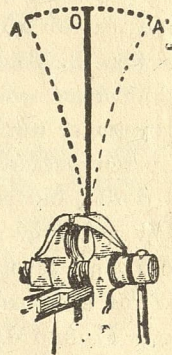
### ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄.

#### ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

**1. Όρισμοί.**—Τὰ φαινόμενα τὰ προκαλοῦνται εἰς ἡμᾶς τὸ αἶσθημα τὸ ὁποῖον αἰσθανόμεθα διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς καλοῦνται **ἀκουστικά φαινόμενα**. Ἡ δὲ αἰτία ἢ προκαλοῦσα ταῦτα καλεῖται **ἤχος**, καὶ τὸ μέρος τῆς φυσικῆς τὸ πραγματευόμενον περὶ τοῦ ἤχου καλεῖται **ἀκουστικὴ**.

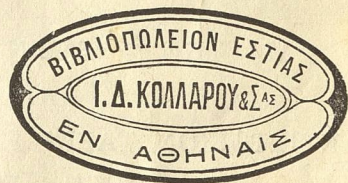
**2. Παραγωγή τοῦ ἤχου.**—Α΄) **Παλμικὴ κίνησις**. Λαμβάνομεν χαλύβδινον ἔλασμα τὸ ὁποῖον στερεώνομεν ἀκλονήτως κατὰ τὸ ἐν ἄκρον του (σχ. 1). Ὄταν τοῦτο εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, τὸ ἐλεύθερον ἄκρον του εἶναι ἐν τῇ θέσει Ο. Ἐὰν σύρωμεν τὸ ἐλεύθερον ἄκρον Ο μέχρι τῆς θέσεως Α καὶ ἔπειτα ἀφήσωμεν τὸ ἔλασμα ἐλεύθερον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τοῦτο ἔνεκα τῆς ἐλαστικότητός του ἐπανέρχεται ταχέως εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν Ο, ὑπερβαίνει ταύτην ἔνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος καὶ ἔρχεται εἰς τὴν θέσιν Α΄, σχεδὸν συμμετρικὴν τῆς Α ὡς πρὸς τὴν ἀρχικὴν θέσιν, δηλαδὴ τὸ τόξον ΑΟ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ τόξον Α΄Ο. Μετὰ ταῦτα τὸ ἔλασμα ἐπανέρχεται εἰς τὰς θέσεις Ο καὶ Α, διὰ τοὺς αὐτοὺς ὡς ἄνω λόγους, καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς, δηλαδὴ τὸ ἔλασμα ἐκτελεῖ σειρὰν ταλαντεύσεων



Σχ. 1 Παλμικὴ κίνησις ἐλάσματος.

Τὰ γνήσια ἀντίτυπα φέρουσι τὴν ὑπογραφήν τοῦ συγγραφέως καὶ τὴν σφραγίδα τοῦ Βιβλιοπωλείου τῆς «Ἐστίας».

*Κ. Σαρμετάκης*



ἐκατέρωθεν τῆς θέσεως Ο καὶ τελευταῖον ἤρεμεῖ. Ἐὰν τὸ ἔλασμα εἶναι μακρὸν, αἱ ταλαντεύσεις εἶναι βραδεῖαι, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ τὰς παρακολουθήσῃ. Ὅμοιαν κίνησιν παρατηροῦμεν εἰς τὸ ἐκκρεμὲς καὶ εἰς τὸ νῆμα τῆς στάθμης, ὅταν ἐκτοπίσωμεν ταῦτα ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας καὶ τὰ ἀφήσωμεν ἐλεύθερα.

Ἡ τοιαύτη κίνησις τοῦ ἐλάσματος καλεῖται παλμική.

**Ὁρισμός.** Καλεῖται *παλμική κίνησις* ἡ κίνησις ἐκείνη, καθ' ἣν τὸ σῶμα κινεῖται ἐκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του.

Ἡ μετάβασις τοῦ ἐλάσματος ἐκ τῆς θέσεως Α εἰς τὴν θέσιν Α', ἢ καὶ ἀντιστρόφως, καλεῖται *ἀπλή αἰώρησις*, ἡ δὲ μετάβασις ἐκ τῆς θέσεως Α εἰς τὴν θέσιν Α' καὶ ἡ ἐπάνοδος πάλιν εἰς τὴν Α καλεῖται *πλήρης αἰώρησις* ἢ *παλμός*. Ἡ γωνία ἢ σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν ἄκρων θέσεων τοῦ ἐλάσματος καλεῖται *πλάτος* τοῦ παλμοῦ. Τὸ πλάτος τῶν παλμῶν ἐλαττοῦται λίαν ταχέως καὶ τέλος γίνεται μηδέν.

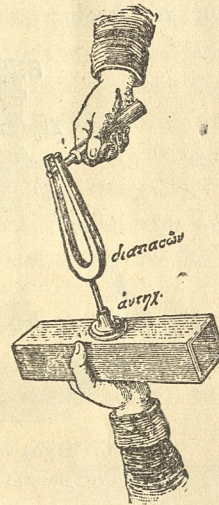
**Β') Καταγραφή παλμικῆς κινήσεως. Διαπασῶν.** Τὸ διαπασῶν (τονοδότης) εἶνε μικρὸν ὄργανον χρησιμεῖον πρὸς ἀρμονοσίαν (συντονισμόν) τῶν μουσικῶν ὀργάνων. Ἀποτελεῖται ἐξ ἐλάσματος χαλυβδίνου, κεκαμμένου κατὰ τὸ σχῆμα τοῦ γράμματος ν, μὲ μακρὰ σκέλη καὶ φέροντος εἰς τὸ κεκαμπυλωμένον μέρος στέλεχος ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου, ὅπερ χρησιμεύει ὡς ὑποστήριγμα (σχ. 2). Τὸ διαπασῶν τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν εἴτε ἐὰν κρούσωμεν τὸ ἐν τῶν σκελῶν του ἐπὶ τραπέζης, εἴτε ἐὰν προστρέψωμεν αὐτὸ διὰ τοξαρίου, εἴτε τέλος ἐὰν εἰσαγάγωμεν μεταξὺ τῶν σκελῶν του μεταλλινὸν στέλεχος, καὶ τὸ σύρωμεν κατόπι βιαίως διὰ τοῦ ἀνοίγματος τῶν σκελῶν αὐτοῦ.

Τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν σωμάτων δυνάμεθα νὰ ἐξετάσωμεν διὰ τῆς λεγομένης *γραφικῆς μεθόδου*, ὡς ἐξῆς. Εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ἐνὸς σκέλους τοῦ διαπασῶν στερεώνομεν λεπτὸν μεταλλινὸν ἔλασμα ἀπολήγον εἰς μικρὰν ἀκίδα Α (σχ. 3). Ἡ ἀκὴς ἐφάπτεται ὑαλίνης πλακῆς, ἣτις ἔχει καλυφθῆ διὰ λεπτοῦ στρώματος αἰθάλης (1). Ἐὰν τὸ διαπασῶν τεθῆ εἰς παλμικὴν κίνησιν

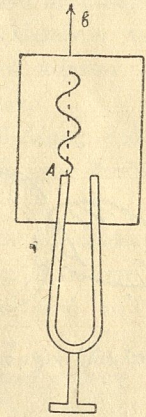
(1) Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν φέροντες τὴν πλάκα ὑπεράνω φλογὸς κηρίου ἢ πετρελαίου.

καὶ ἡ πλάξ μετατίθεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ βέλους β, ἡ ἀκὴς θὰ ἀφαιρέσῃ τὴν αἰθάλην ἀπὸ τὰ σημεῖα τὰ ὁποῖα συναντᾷ καὶ θὰ καταγράψῃ ἐπὶ τῆς πλακῆς *κυματοειδῆ γραμμὴν*. Ἡ γραμμὴ αὕτη εἶνε ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἐλάσματος, ἐπομένως καὶ τοῦ διαπασῶν.

**Γ') Παλμικὴ κίνησις ἠχογόνων σωμάτων.** 1ον Ἐὰν χορδὴν τεταμένην ἐκτοπίσωμεν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας καὶ ἔπειτα

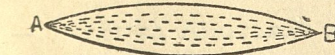


Σχ. 2 Διαπασῶν



Σχ. 3 Καταγραφή παλμικῆς κινήσεως διαπασῶν.

τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἀκούομεν ἤχον καὶ συγχρόνως παρατηροῦμεν ὅτι λαμβάνει σχῆμα ἀτρακτοειδῆς (σχ. 4) διότι πάλλεται.



Σχ. 4. Παλμικὴ κίνησις χορδῆς.

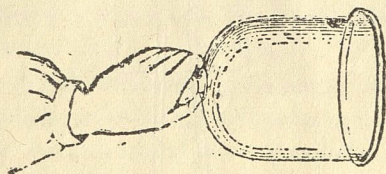
2ον Ἐὰν ἐγγίσωμεν διὰ τῶν δακτύλων μας τὰ σκέλη ἠχοῦντος διαπασῶν αἰσθανόμεθα εὐκρινῶς τρομώδη κίνησιν, διότι τὸ διαπασῶν πάλλεται. Ἐὰν δὲ ἐγγίσωμεν μὲ τὸ ἐν σκέλος αὐτοῦ τὴν ἐπιφάνειαν ὕδατος, βλέπομεν ὅτι τὸ ὕδωρ ἐκτινάσσεται διὰ τὸν αὐτὸν λόγον.

3ον. Ἐὰν κώδωνα μεταλλινὸν ἢ ὑάλινον

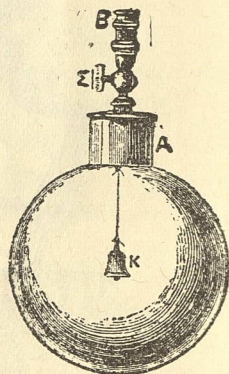
κρατήσωμεν οριζοντίως καὶ ρίψωμεν ἐντὸς αὐτοῦ ὀλίγην ἄμμον λεπτήν καὶ ξηράν, ἢ ἄλλα μικρὰ τεμάχια σώματός τινος, καὶ κατόπιν κρούσωμεν αὐτόν, παρατηροῦμεν ὅτι ταῦτα ἀναπηδῶσι διότι δέχονται τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν τοιχωμάτων τοῦ ἠχοῦντος κώδωνος (σχ. 5).

**Συμπέρασμα.** Ὁ ἦχος εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παλμικῆς κινήσεων τῶν ἠχογόνων σωμάτων.

**3. Διάδοσις τοῦ ἠχου ἐν τῷ κενῷ.—Πείραμα.** Λαμβάνομεν σφαιρὰν ὑαλινὴν κοίλην, ἐντὸς τῆς ὁποίας κρέμεται κω-



Σχ. 5. Παλμικὴ κίνησις κώδωνος.



Σχ. 6. Ἦχος δὲν διαδίδεται ἐν τῷ κενῷ.

δώνιον K (σχ. 6). Ἐὰν κινήσωμεν τὴν σφαιρὰν, ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἦχον τοῦ κωδωνίου. Ἐὰν ὅμως ἀφαιρέσωμεν διὰ τῆς ἀεραντλίας τὸν ἀέρα ἀκούομεν ἀσθενέστατα τὸν ἦχον, χωρὶς ὅμως καὶ νὰ ἀποσβεσθῇ οὗτος τελείως, διότι δὲν δυνάμεθα νὰ ἀφαιρέσωμεν τελείως τὸν ἀέρα τῆς σφαιράς.

**Συμπέρασμα.** Ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται ἐν τῷ κενῷ.

**4. Διάδοσις τοῦ ἠχου διὰ τῶν ἐλαστικῶν σωμάτων.—**

1ον Ἐὰν εἰς τὴν ὑαλινὴν σφαιρὰν τοῦ ἀνωτέρω πειράματος ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ ἀντὶ ἀέρος οἰονδήποτε ἀέριον, ἀκούομεν καὶ πάλιν τὸν ἦχον τοῦ κωδωνίου, ὅταν κινῶμεν τὴν σφαιρὰν.

2ον Οἱ δῦται ἀκούουσιν εὐκρινῶς ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοὺς ἦχους τοὺς παραγομένους ἐπὶ τῶν ἀκτῶν. Οἱ δὲ ἀλιεύοντες δι' ἀγκί-

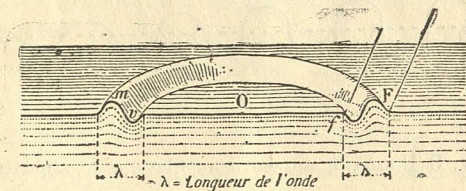
στρον γνωρίζουσιν, ὅτι ὁ ἀσθενὴς κρότος δύναται νὰ τρέψῃ εἰς φυγὴν τοὺς ἰχθύς.

3ον Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὸ οὖς ἡμῶν εἰς τὸ ἄκρον ἐπιμήκουσ δοκοῦ ξυλίνης ἢ μεταλλίνης, ἀκούομεν εὐκρινέστατα καὶ τὸν ἀσθενέστατον ἦχον ὅστις παράγεται εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον, ὅπως εἶναι ὁ ἦχος ὁ παραγόμενος διὰ τῆς προστριβῆς τοῦ ξύλου διὰ πτεροῦ ἢ διὰ τοῦ ὄνυχος. 4ον Ἐὰν ἐν καιρῷ νυκτὸς ἐφαρμόσωμεν τὸ οὖς ἡμῶν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, ἀκούομεν εὐκρινῶς ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως τὴν κίνησιν ἀμάξης, ἢ τραίνου, ἢ ἱππικοῦ, ἢ καὶ τὴν ἐκπυροκρότησιν τηλεβόλου ἐξ ἀποστάσεως πολλῶν χιλιομέτρων. 5ον Καὶ λεπτὰ νήματα ὅταν εἶναι τεταμένα διαδίδουσι τὸν ἦχον, ὅπως μᾶς ἀποδεικνύει τὸ διὰ νήματος τηλεφώνον τῶν παιδίων.

**Συμπέρασμα.** Ὁ ἦχος διαδίδεται διὰ πάντων τῶν ἐλαστικῶν σωμάτων, στερεῶν, ὑγρῶν καὶ ἀερίων.

Ὁ ἦχος διαδίδεται συνήθως διὰ τοῦ ἀέρος· διὰ τῶν ὑγρῶν ὅμως καὶ πρὸ πάντων διὰ τῶν στερεῶν ὁ ἦχος διαδίδεται καλύτερον.

**5. Τρόπος διαδόσεως τοῦ ἠχου ἐν τῷ ἀέρι.—** A) Σχηματισμὸς κυμάτων ἐπὶ ἠρεμούσης λίμνης. Ἐὰν ἐπὶ ἠρεμούσης λίμνης ρίψωμεν λίθον, παρατηροῦμεν ὅτι ἀπὸ τὸ σημεῖον τῆς



Σχ. 7. Σχηματισμὸς ὑδατηροῦ κύματος

πτώσεως τοῦ λίθου ἐξορμῶσι μικρὰ κύματα κυκλικά ἐναλλὰξ κυρτὰ καὶ κοίλα (σχ. 7), ἅτινα διαδίδονται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης καὶ μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος.

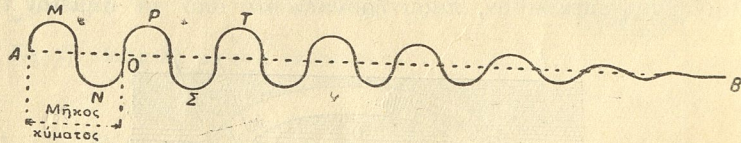
Ἐὰν δὲ εἰς τι σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης θέσωμεν τεμάχιον φελλοῦ, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι κατὰ τὴν δίοδον τῶν κυμάτων ὁ φελλὸς ἀπλῶς ἀνέροχεται, καὶ κατέρχεται διαδοχικῶς, χωρὶς ὅμως καὶ νὰ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον τῶν κυμάτων.

Τοῦτο δεικνύει ὅτι δὲν μετατοπίζονται τὰ μόρια τοῦ ὕδατος, ὅπως θὰ ἐνόμιζέ τις, ἀλλ' ὅτι διαδίδεται μόνον ἡ κίνησις τὴν ὁποίαν ἐδέχθησαν τὰ μόρια ἐπὶ τῶν ὁποίων ἔπεσεν ὁ λίθος. Τοιοῦτοτρόπως πολλαὶ κινήσεις πρὸς τὰ ἄνω καὶ πρὸς τὰ κάτω μᾶς παρέχουν τὴν ἐντύπωσιν ὀριζοντίας μετατοπίσεως τοῦ ὕδατος.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς. Τὸ ὕδωρ ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἔπεσεν ὁ λίθος κατέρχεται κατ' ἄρχαὸς ἀλλὰ κατόπιν, ἕνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος ἀνέρχεται, ἔπειτα πάλιν κατέρχεται ἕνεκα τῆς ἐνεργείας τῆς βαρύτητος καὶ οὕτω καθεξῆς.

Τὸ μέρος τοῦτο τοῦ ὕδατος τίθεται λοιπὸν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἡ κίνησις αὕτη μεταδίδεται καὶ εἰς τὰ παρακείμενα μόρια τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος ἅτινα ἀνέρχονται καὶ κατέρχονται κινούμενα κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς τῶν προηγουμένων μορίων. Οὕτω λοιπὸν τὰ μόρια τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος πάλονται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω χωρὶς ὅμως καὶ νὰ εὐρίσκωνται εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν **κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμήν.**

**Γραφικὴ παράστασις τῶν ὕδατηρῶν κυμάτων.** Ὑποθέσωμεν ὅτι κόπτομεν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς λίμνης διὰ κατακορύφου



Σχ. 8 Γραφικὴ παράστασις ὕδατηρῶν κυμάτων.

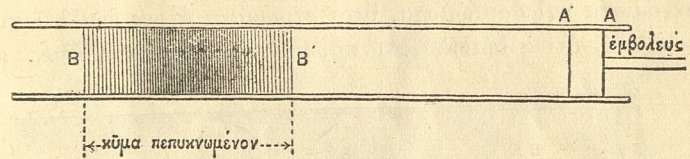
ἐπιπέδου, διερχομένου διὰ τοῦ κοινοῦ κέντρου τῶν κυμάτων. Θέλει προκύψει κυματοειδῆς καμπύλη AMNPΣΤ. (σχ. 8), ἣτις παριστᾷ τὴν κατάστασιν τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης κατὰ τινὰ στιγμήν. Ἡ εὐθεῖα AB παριστᾷ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ἠρεμούσης λίμνης. Τῆς καμπύλης τὰ ἐξογκώματα καὶ τὰ κοιλάσματα παριστῶσι τὰ κυρτὰ καὶ τὰ κοῖλα κύματα, ἅτινα, καθὼς δεικνύει ἡ καμπύλη, βραίνουσιν ἐλαττούμενα καὶ ἐπὶ τέλους ἐξαφανίζονται.

**Μήκος τοῦ κύματος.** Τῆς κυματοειδοῦς καμπύλης τὸ τμήμα AMNO (σχ. 8) ὅπερ περιλαμβάνει ἓν ἐξογκῶμα καὶ ἓν κοίλασμα

ἀποτελεῖ ἓν πλήρες κύμα, τὸ δὲ μήκος AO τοῦ τμήματος τούτου παριστᾷ τὸ μήκος τοῦ κύματος.

**Ὅρισμοί.** Καλεῖται **πλήρες κύμα** τὸ σύνολον δύο κυμάτων ἀντιθέτων (κυρτὸν καὶ κοῖλον), καὶ **μήκος τοῦ κύματος**, ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο διαδοχικῶν σημείων, ἅτινα κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμήν ἔχουσι τὴν αὐτὴν φάσιν κινήσεως.

**Β') Σχηματισμὸς πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων, ἐντὸς κυλινδρικοῦ σωλήνος.** Θεωρήσωμεν κυλινδρικὸν σωλήνα AB (σχ. 9) μακρὸν καὶ πλήρη ἀέρος, οὗτινος τὸ ἓν ἄκρον κλείομεν



Σχ. 9. Σχηματισμὸς πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων ἐντὸς σωλήνος δι' ἐμβολέως.

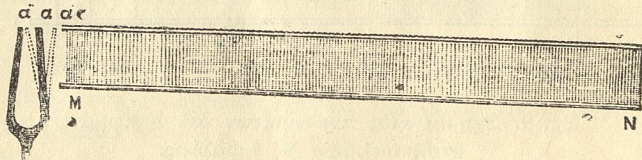
δι' ἐμβολέως κινητοῦ. Ἄς ὠθήσωμεν κατ' ἄρχαὸς τὸν ἐμβολέα ἀποτόμως πρὸς τὰ ἔμπροσ, ἵνα μεταβῇ ἐκ τῆς θέσεως A εἰς τὴν A'. Τὸ πρῶτον στρώμα τοῦ ἀέρος συμπιέζεται ἀμέσως, ἀλλὰ ταχέως ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικὸν του ὄγκον, ὅποτε ὠθεῖ τὸ ἀμέσως ἐπόμενον στρώμα, ὅπερ συμπιέζεται. Ἄλλὰ καὶ τὸ δεύτερον τοῦτο στρώμα ταχέως ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικὸν του ὄγκον, ὅποτε ὠθεῖ τὸ ἀμέσως ἐπόμενον στρώμα καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιοῦτοτρόπως ἡ παραχθεῖσα συμπίεσις τοῦ πρώτου στρώματος διαδίδεται ἐν τῷ ἀέρι τοῦ σωλήνος πρὸς τὰ πρόσω ἀπὸ στρώματος εἰς στρώμα μέχρι τοῦ ἑτέρου ἄκρου αὐτοῦ.

Ἐὰν ἤδη σύρωμεν τὸν ἐμβολέα ἀποτόμως πρὸς τὰ ὀπίσω, τὸ πρῶτον στρώμα τοῦ ἀέρος ἀραιοῦται ἀμέσως, διότι ἔρχεται πρὸς τὰ ὀπίσω, ἵνα καταλάβῃ τὸ σχηματισθὲν κενόν. Ἄλλὰ τὸ στρώμα τοῦτο ταχέως συμπιέζεται ὑπὸ τοῦ δευτέρου, καὶ οὕτω τὸ μὲν πρῶτον συμπιεζόμενον καταλαμβάνει τὸν ἀρχικὸν του ὄγκον, τὸ δὲ δεύτερον ἀραιοῦται ἀμέσως. Ἄλλὰ καὶ τὸ δεύτερον στρώμα ταχέως συμπιέζεται ὑπὸ τοῦ τρίτου, ὅπερ οὕτω ἀραιοῦται καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιοῦτοτρόπως ἡ παραχθεῖσα ἀραιώσις τοῦ πρώ-

του στρώματος διαδίδεται ἐν τῷ ἀέρι τοῦ σωλήνος πρὸς τὰ πρόσω ἀπὸ στρώματος εἰς στρῶμα μέχρι τοῦ ἐτέρου ἄκρου αὐτοῦ. Ἐὰν καὶ πάλιν ὠθήσωμεν τὸν ἐμβολέα ἀποτόμως πρὸς τὰ ἐμπρὸς καὶ ἔπειτα τὸν σύρωμεν πρὸς τὰ ὀπίσω, ἡ ἀραιώσεις παρακολουθεῖται ὑπὸ συμπίεσεως καὶ αὕτη ὑπὸ ἀραιώσεως καὶ οὕτω καθεξῆς.

Τὸν ἐμβολέα δυνάμεθα νὰ ἀντικαταστήσωμεν διὰ παλλομένου ἐλάσματος ἢ διαπασῶν, ἅτινα τοποθετοῦμεν ἐμπροσθεν τοῦ ἄκρου τοῦ σωλήνος (σχ. 10).

**Συμπέρασμα.** Κατὰ τὴν κίνησιν τοῦ ἐμβολέως, ἢ τοῦ ἐλάσματος, ἢ τοῦ διαπασῶν παράγονται ἐν τῷ ἀέρι τοῦ σωλήνος πυκνώματα καὶ ἀραιώματα, ἢτοι στρώματα ἀέρος ἐναλλάξ πυκνὰ καὶ ἀραιά, ἅτινα διαδίδονται πρὸς τὰ πρόσω παραλλήλως πρὸς



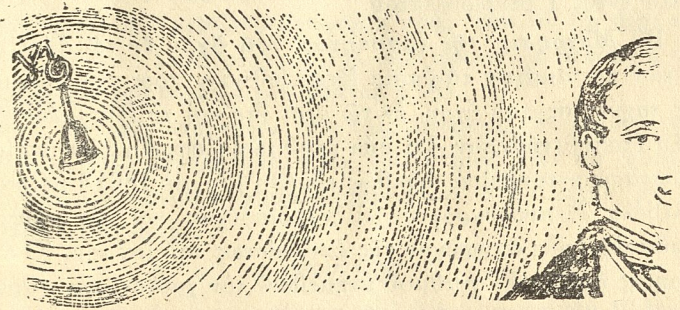
Σχ. 10. Σχηματισμὸς πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων ἐντὸς σωλήνος διὰ διαπασῶν.

τὸν ἄξονα τοῦ σωλήνος καὶ ἀκολουθοῦσιν ἄλληλα μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος.

Τὰ ἐναλλάξ πυκνὰ καὶ ἀραιὰ στρώματα τοῦ ἀέρος καλοῦνται κύματα. Εἰς τὰ κύματα ταῦτα δὲν μετατοπίζεται ὁ ἀήρ, ἀλλ' ἀπλῶς διαδίδεται δι' αὐτῶν ἢ διὰ τοῦ ἐμβολέως προκαλουμένην συμπίεσιν καὶ ἀραιώσεις. Τὰ κύματα ταῦτα εἶνε ἐπίπεδα καὶ παράλληλα πρὸς ἄλληλα.

**Γραφικὴ παράστασις τῶν πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων.** Ἡ κατάστασις τοῦ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἀέρος κατὰ τινὰ χρονικὴν στιγμήν δύναται νὰ παρασταθῇ διὰ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος δ, ἐνθα ΑΒ παριστᾷ τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου, τὰ δὲ ἐξογκώματα καὶ κοιλάσματα τῆς καμπύλης παριστῶσι τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα. Τὸ σύνολον δύο κυμάτων ἀντιθέτων (πυκνὸν καὶ ἀραιὸν) καλεῖται πλήρες κῆμα, καὶ μήκος τοῦ κύματος καλεῖται τὸ ἄθροισμα τῶν μηκῶν τοῦ πυκνοῦ καὶ τοῦ ἀραιοῦ κύματος.

Γ') **Σχηματισμὸς κυμάτων ἐν τῷ ἀέρι.** Φαντασθῶμεν τώρα κώδωνα, κρουόμενον ἐν τῷ ἐλευθέρῳ ἀέρι καὶ παράγοντα ἤχον. Οὗτος καθὼς εἶδομεν πάλλεται. Οἱ παλμοὶ τούτου μεταδίδονται καὶ εἰς τὸν πέραξ ἀέρα, ἐν τῷ ὁποίῳ παράγονται κύματα ἐναλλάξ πυκνὰ καὶ ἀραιά, (σχ. 11). Τὰ κύματα ταῦτα εἶνε σφαιρικὰ καὶ ὁμόκεντρα καὶ καλοῦνται **ἠχητικὰ κύματα**, διαδίδονται δὲ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 11). Αἱ δὲ διευθύνσεις καθ' ἃς μεταδίδονται τὰ ἠχητικὰ κύματα καλοῦνται **ἠχητικαὶ ἀκτῖνες**. Ἡχητικὰ κύματα δὲν παράγονται ἐν τῷ κενῷ, ἀλλὰ μόνον ἐν τοῖς ἐλαστικοῖς σώμασι, στερεοῖς, ὑγροῖς καὶ ἀεριοῖς.



Σχ. 11. Ἡχητικὰ κύματα

Διὰ τῶν ἠχητικῶν κυμάτων ἐν τῷ ἀέρι δὲν μετατοπίζεται ὁ ἀήρ, ἀλλ' ἀπλῶς διαδίδεται δι' αὐτῶν ἢ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἠχογόνου σώματος.

**Γραφικὴ παράστασις τῶν ἠχητικῶν κυμάτων.** Ἡ κατάστασις τοῦ ἀέρος περὶ τὸ ἠχογόνον σῶμα κατὰ τινὰ χρονικὴν στιγμήν δύναται νὰ παρασταθῇ διὰ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος δ, ἐνθα ΑΒ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς μία τῶν ἀκτῖνων τῶν σφαιρικῶν κυμάτων τοῦ ἀέρος. Τὰ ἐξογκώματα καὶ τὰ κοιλάσματα τῆς καμπύλης παριστῶσι τὰ πυκνὰ καὶ τὰ ἀραιὰ κύματα. Τὸ σύνολον ἐνὸς πυκνοῦ καὶ ἐνὸς ἀραιοῦ κύματος ἀποτελεῖ ἐν πλήρες κῆμα. Τὸ μήκος τοῦ κύματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μηκῶν τοῦ πυκνοῦ καὶ τοῦ ἀραιοῦ κύματος.

**6. Ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι.**— Α') **Πειράματα.** 1ον) Ὄταν παρατηρῶμεν μακρόθεν κνηγὸν νὰ πυροβολῇ, βλέπομεν



τὸν καπνὸν πρὸ τοῦ ἀκούσωμεν τὸν κρότον τοῦ πυροβολισμοῦ. 2ον) Ὄταν παρατηρῶμεν μακρόθεν ὑλοτόμον νὰ κτυπᾷ διὰ τοῦ πελέκως τὸν κορμὸν δένδρου, βλέπομεν τὸν πέλεκυν νὰ κτυπᾷ τὸν κορμὸν, πρὸ τοῦ ἀκούσωμεν τὸν κρότον.

3ον) Κατὰ τὸν χειμῶνα, ἐν καιρῷ θυέλλης (ἀστραπή-βροντή) κατὰ πρῶτον βλέπομεν τὴν ἀστραπὴν καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν τὴν βροντὴν.

**Συμπέρασμα.** Ὁ ἤχος διαδίδεται μὲ ταχύτητα μικροτέραν τῆς τοῦ φωτός.

Καλεῖται **ταχύτης** τοῦ ἤχου τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπ' αὐτοῦ ἐντὸς 1 δευτερολέπτου.

**Β') Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι.** Ἐν ἑκ τῶν πειραμάτων τὰ ὁποῖα ἐξετελέσθησαν πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι ἦτο καὶ τὸ ἐξῆς: Δύο τηλεβόλα ἐτοποθετήθησαν ἐπὶ δύο σταθμῶν (λόφων), τῶν ὁποίων ἡ ἀπόστασις μετρηθεῖσα ἀκριβῶς εὐρέθη ἴση μὲ 18613 μέτρα. Τὰ τηλεβόλα ἐξεπυροκρότου ἀλληλοδιαδόχως καὶ εἰς τοὺς δύο σταθμοὺς πρὸς ἀποφυγὴν τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἀνέμου. Ὁ παρατηρητὴς ἑκατέρου σταθμοῦ ἐσημείωνε τὸν χρόνον τὸν παρερχόμενον ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἔβλεπε τὴν λάμπιν μέχρι τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἤκουε τὸν κρότον τῆς ἐκπυροκροτήσεως.

Ὁ χρόνος οὗτος δύναται νὰ θεωρηθῆ ὅτι εἶναι ἀκριβῶς ἴσος πρὸς τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον ἐχρειαζέτο ὁ ἤχος διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν ἣτις ἐχώριζε τοὺς δύο σταθμοὺς. Ὁ χρόνος οὗτος εὐρέθη κατὰ μέσον ὄρον ἴσος μὲ 54,6 δευτερόλεπτα. Ὡστε ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου ὁ ἤχος διήνυσε  $\frac{18613}{54,6} = 340,9$  μέτρα. (Ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀέρος ἦτο περίπου 16° Κελσίου).

Ἄλλα πειράματα γενόμενα ὑπὸ διαφόρους περιστάσεις ἔδωσαν τὰ ἀκόλουθα ἀποτελέσματα.

1ον. Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως.

2ον. Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας κατὰ 0,62 μέτρα δι' 1°. Εἰς θερμοκρασίαν 0° Κ εἶναι ἴση πρὸς 332 περίπου μέτρα, εἰς 10° Κ. ἴση πρὸς 337 μέτρα, καὶ εἰς 16° Κ. ἴση πρὸς 340 περίπου μέτρα.

7. **Ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τοῖς ἄλλοις σώμασι.** 1ον. **Ἐν τοῖς ἀερίοις.** Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τοῖς διαφόροις ἀερίοις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τῆς πυκνότητος τοῦ ἀερίου.

Ἡ ταχύτης  $T$  τοῦ ἤχου ἐν ἀερίῳ θερμοκρασίας  $\theta^{\circ}$  καὶ πυκνότητος  $\pi$  παρέχεται ὑπὸ τοῦ ἐπομένου τύπου

$$T = T^{\circ} \sqrt{\frac{1 + \alpha\theta}{\pi}}$$

ἐνθα  $T^{\circ}$  εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι ὑπὸ θερμοκρασίαν  $0^{\circ}$  Κ, καὶ  $\alpha$  ὁ συντελεστὴς διαστολῆς τοῦ ἀερίου, δηλ.  $\alpha = \frac{1}{273}$ .

2ον. **Ἐν τοῖς ὑγροῖς.** Ἐν τῷ ὕδατι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου προσδιορίσθη διὰ μεθόδου ἀναλόγου πρὸς τὴν ἐν τῷ ἀέρι καὶ εὐρέθη ἴση πρὸς 1435 μέτρα, δηλ. 4,5 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς ἐν τῷ ἀέρι, (θερμοκρασία τοῦ ὕδατος 8° Κ).

3ον. **Ἐν τοῖς στερεοῖς.** Ἐν τοῖς στερεοῖς ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἢ ἐν τοῖς ὑγροῖς. Ἐν τῷ χυτοσιδήρῳ ὑπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν εἶναι 3485 μέτρα, ἐν τῷ ἀργιλίῳ 5100 μέτρα.

#### ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Ὁ ἤχος τῆς ἐκπυροκροτήσεως τηλεβόλου ἐχρειασθῆ 15 δευτερόλεπτα, ἵνα μεταδοθῆ ἀπὸ τινος τόπου εἰς ἕτερον. Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τόπων. Ταχύτης τοῦ ἤχου κατὰ δευτερόλεπτον 340 μέτρα (Ἀπόκρ. 5100 μέτρ.).

2) Βλήμα ρίπτεται ὀριζοντίως μετὰ ταχύτητος 200 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Μετὰ παρέλευσιν 5 δευτερολέπτων ἀκούομεν τὸν κρότον τὸν παραχθέντα ἐκ τῆς προσκρούσεως τοῦ βλήματος ἐπὶ τοῦ κωλύματος. Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἀπόστασις τοῦ παρατηρητοῦ ἀπὸ τοῦ κωλύματος. Ταχύτης τοῦ ἤχου κατὰ δευτερόλεπτον 332 μέτρα. (Ἀπόκρ. 624 περίπου μέτρα).

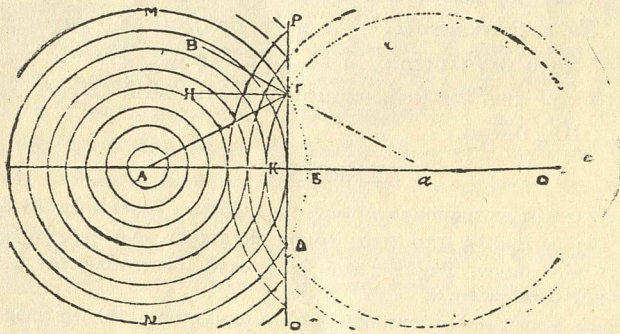
3) Ἐκ τοῦ στομίου φρεάτος ἀφίνομεν νὰ πέσῃ λίθος. Μετὰ παρέλευσιν 3 δευτερολέπτων ἀπὸ τῆς πτώσεως τοῦ λίθου ἀκούομεν τὸν ἤχον τὸν παραχθέντα ἐκ τῆς προσκρούσεως τοῦ λίθου ἐπὶ τοῦ ὕδατος. Νὰ εὐρεθῆ τὸ βάθος τοῦ φρεάτος. Ταχύτης τοῦ ἤχου κατὰ δευτερόλεπτον 337 μ. (Ἀπόκρ. 40,50 μέτρ.).

4) Ὑδραγωγὸς σωλὴν ἐκ χυτοσιδήρου ἔχει μῆκος 951,25 μέτρα. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ εὐρίσκειται κώδων ὅστις κρούεται. Ἐκ τοῦ ἄλλου ἀκούονται δύο διαδοχικοὶ ἤχοι ὁ μὲν διὰ μέσου τοῦ μετάλλου, ὁ δὲ διὰ μέσου τοῦ ἀέρος τοῦ σωλήνος. Μεταξὺ τῶν δύο τούτων ἤχων παρέρχονται 2,5 δευτερόλεπτα. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ χυτοσιδήρῳ; (Ἀπόκρ. 3280 μέτρα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'.

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

8. **Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου.**— *Πείραμα.* Ἐπὶ ἡρεμούσης ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος δεξαμενῆς ῥίπτομεν λίθον, ὁπότε, ὡς εἴπομεν, σχηματίζονται ἐπ' αὐτῆς κύματα, ἐναλλάξ κυρτὰ καὶ κοῖλα. Ταῦτα διαδίδονται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις ἐφ' ὅσον δὲν ἐμποδίζονται. Ἐὰν ὁμως κατὰ τὴν πορείαν των συναντήσωσι κώλυμά τι, λ. χ. τοῖχον P P' (σχ. 12), βλέπομεν ὅτι τὰ κύματα ἐπι-



Σχ. 12. Ἀνάκλασις ὑδατηρῶν κυμάτων.

στρέφουν πρὸς τὰ ὀπίσω, καὶ σχηματίζουν νέα ὁμόκεντρα κύματα, τὰ ὁποῖα φαίνονται ἐκπορευόμενα ἐκ σημείου, κειμένου ὀπισθεν τοῦ κωλύματος. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ λέγομεν, ὅτι τὰ ὑδατηρὰ κύματα **ἀνακλῶνται**.

Καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ τὰ ἡχητικὰ κύματα τὰ παραγόμενα εἰς τὸ Α εἰς συναντήσουν κατὰ τὴν πορείαν των κώλυμά τι, λ. χ. τοῖχον, ἐπιστρέφουν πρὸς τὰ ὀπίσω, ὡς εἰς προήρχοντο ἐκ τοῦ σημείου α συμμετρικοῦ τοῦ Α ὡς πρὸς τὸ κώλυμα λέγομεν, τότε ὅτι τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀνακλῶνται, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀνάκλασις τοῦ ἤχου.

**Ὁρισμός.** Καλεῖται ἀνάκλασις τοῦ ἤχου τὸ φαινόμενον καθ' ὃ ὁ ἤχος ἀλλάσσει διεύθυνσιν ὅταν συναντήσῃ κώλυμά τι.

Ἡ εὐθεῖα ΑΓ κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ ἤχος διαδίδεται ἐκ τοῦ Α εἰς τὸ Γ καλεῖται **ἡχητικὴ ἀκτίς**. Ὑπάρχουσι πλεῖστοι ἡχητικοὶ ἀκτίνες ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ Α. Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον προσπίπτουσεως Γ φέρωμεν τὴν κάθετον ΗΓ, αὕτη μετὰ τῆς προσπιπτούσης ἡχητικῆς ἀκτίνος σχηματίζει τὴν γωνίαν ΑΓΗ, ἣτις καλεῖται **γωνία προσπίπτουσεως**, μετὰ δὲ τῆς ἀνακλωμένης ἡχητικῆς ἀκτίνος σχηματίζει τὴν γωνίαν ΒΓΗ, ἣτις καλεῖται **γωνία ἀνακλάσεως**. Αἱ δύο αὐταὶ γωνίαι εἶναι ἴσαι.

Ὁ ἤχος ἀνακλᾶται προσπίπτων ἐπὶ διαφόρων κωλυμάτων, λ. χ. ἐπὶ τοίχων, ἐπὶ κρημνῶν ἀποτόμων, ἐπὶ νεφῶν (ἀνάκλασις τῆς βροντῆς), ἐπὶ δένδρων καὶ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

9. **Ἡχώ.**— Συμβαίνει πολλάκις ὅταν ἰσάμεθα ἐνώπιον κωλύματος λ. χ. τοίχου, καὶ φωνῶμεν μεγαλοφώνως, νὰ ἀκούωμεν μετὰ τινα χρόνον ἐπαναλαμβανόμενον τὸν αὐτὸν ἤχον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἡχώ (κ. ἀντίλαλος).

**Ὁρισμός.** Καλεῖται ἡχώ τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ἤχος τις ἐπαναλαμβάνεται ἔνεκα τῆς ἀνακλάσεως αὐτοῦ ἐπὶ τινος κωλύματος.

Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τοῦ κωλύματος ἵνα παραχθῇ ἡχώ: Ἐπειδὴ τὸ αἰσθημα τὸ ὁποῖον παράγεται ἐπὶ τοῦ ἀκουστικοῦ ἡμῶν ὄργάνου διαρκεῖ τοῦλάχιστον  $\frac{1}{10}$  τοῦ δευτερολέπτου, διὰ νὰ ἀκούσωμεν εὐκρινῶς δύο διαδοχικοὺς ἤχους **βραχεῖς**, πρέπει νὰ μεσολαβῆσῃ μετὰ αὐτῶν χρονικὸν διάστημα μεγαλύτερον τοῦ  $\frac{1}{10}$  τοῦ δευτερολέπτου. Ἐπομένως ὁ ἀνακλόμενος ἤχος πρέπει νὰ φθάσῃ εἰς τὰ ὦτά μας τοῦλάχιστον  $\frac{1}{10}$  τοῦ δευτερολέπτου βραδύτερον ἀπὸ τὸν ἀπ' εὐθείας ἤχον, δηλ. νὰ διανύσῃ  $\frac{340}{10} = 34$  μέτρα. Ὁ παρατηρητὴς λοιπὸν πρέπει νὰ εὐρίσκειται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κώλυμα τοῦλάχιστον 17 μέτρων, ἐπὶ τῇ ὑποθέσει ὅτι οὗτος παράγει τὸν ἤχον.

Διὰ τοὺς **ἐνάρθρους** ἤχους ἵνα ἀκουσθῇ εὐκρινῶς ἡχώ, ἀπαι-

τείαι ἀπόστασις τοῦλάχιστον διπλασία, δηλ. 34 μέτρων. Τοῦτο δὲ διότι διὰ νὰ ἀκούσωμεν εὐκρινῶς δύο διαδοχικοὺς ἤχους ἐνάρθρους πρέπει νὰ μεσολαβήσῃ μεταξὺ αὐτῶν χρονικὸν διάστημα μεγαλύτερον τοῦ  $\frac{1}{5}$  τοῦ δευτερολέπτου. Πρέπει λοιπὸν ὁ ἀνακλόμενος ἤχος νὰ φθάσῃ εἰς τὰ ὦτά μας  $\frac{1}{5}$  τοῦ δευτερολέπτου βραδύτερον ἀπὸ τὸν ἀπ' εὐθείας ἤχον, δηλ. νὰ διανύσῃ  $\frac{340}{5} = 68$  μέτρα. Ὁ παρατηρητὴς λοιπὸν πρέπει νὰ εὐρίσκειται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κώλυμα τοῦλάχιστον 34 μέτρων.

Ἡ ἤχῳ ὅταν ἐπαναλαμβάνῃ ἀπαξ μόνον ἤχόν τινα λέγεται **ἀπλή**, ὅταν δὲ ἐπαναλαμβάνῃ αὐτὸν πολλάκις λέγεται **πολλαπλή**. Πολλαπλῆ ἤχῳ ἀκούεται ὅταν ἐνώπιον ἡμῶν ὑπάρχωσι πολλὰ κωλύματα, εἰς διαφόρους ἀποστάσεις κείμενα, ἢ ὅταν ἐκαστέρωθεν ἡμῶν ὑπάρχωσι δύο κωλύματα κείμενα ἀπέναντι ἀλλήλων, λ. χ. δύο τοῖχοι παράλληλοι, ὅποτε ἕκαστον κώλυμα θὰ ἀνακλῇ τὸν παραγόμενον ἤχον καὶ ὁ παρατηρητὴς θὰ ἀκούῃ αὐτὸν πολλάκις.

**10. Ἀντήχησις.** Συμβαίνει πολλάκις, ὅταν ἰσάμεθα ἐνώπιον κωλύματος καὶ φωνῶμεν, νὰ ἀκούσωμεν τὸν ἤχον ἰσχυρότερον καὶ διαρκέστερον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀντήχησις.

**Ἔρρισμός.** Καλεῖται **ἀντήχησις** τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ἤχός τις γίνεται ἰσχυρότερος καὶ διαρκέστερος.

Ἴνα παραχθῇ ἀντήχησις, πρέπει ἡ ἀπόστασις τοῦ ὁμιλοῦντος ἀπὸ τοῦ κωλύματος νὰ εἴνε μικροτέρα τῶν 17 μέτρων διὰ τοὺς βραχεῖς ἤχους. Διότι τότε ὁ ἀνακλόμενος ἤχος ἐπιστρέφει εἰς τὰ ὦτα ἡμῶν τόσον ταχέως, ὥστε συμπίπτει σχεδὸν μὲ τὸν ἀπ' εὐθείας ἤχον καὶ τὸν καθιστᾷ ἰσχυρότερον καὶ διαρκέστερον.

Ἀντήχησις παράγεται ὅταν φωνῶμεν ὑπὸ τοὺς θόλους τῶν γεφυρῶν, ἐντὸς σπηλαίων, θεάτρων, ἐκκλησιῶν, δεξαμενῶν, αἰθουσῶν κλπ. Ἴνα αἰθουσά τις, π.χ. ἐκκλησία, εἴναι καλῆ ἀπὸ ἀπόψεως ἀκουστικῆς, πρέπει νὰ παράγεται ἐν αὐτῇ μόνον ἀντήχησις, αὕτη δὲ νὰ εἴναι ὅσον τὸ δυνατὸν μικρᾶς διαρκείας. Αἱ αἰθουσαι εἴναι συνήθως ἀντηχητικαὶ ὅταν εἴναι γυμναί, ὅταν ὅμως αὐταὶ περιέχωσι διάφορα ἀντικείμενα, λ. χ. τάπητας, ὑφάσματα, ἐπιπλα κλπ., ἡ ἀντήχησις ἐμποδίζεται, διότι ὁ ἤχος κατὰ

τὸ πλεῖστον ἀπορροφᾶται ὑπὸ τῶν ἀντικειμένων, κατ' ἐλάχιστον δὲ ἢ καὶ οὐδόλως ἀνακλᾶται.

**Συμπέρασμα.** Ἡ ἤχῳ καὶ ἡ ἀντήχησις ἐξηγοῦνται διὰ τῆς ἀνακλάσεως τοῦ ἤχου.

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Δύο τοῖχοι Α καὶ Β εἶναι παράλληλοι καὶ ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων 127,50 μέτρα. Μεταξὺ αὐτῶν τοποθετεῖται παρατηρητὴς εἰς ἀπόστασιν 85 μέτρων ἀπὸ τοῦ Α καὶ 42,50 μέτρων ἀπὸ τοῦ Β, ὅστις κατὰ τινα στιγμὴν ῥίπτει πυροβολισμόν. Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἀκούσῃ διαδοχικῶς τὴν ἤχῳ τῆς ἐκπυροσοκότησεως; Ταχύτης τοῦ ἤχου 340 μέτρα. (Ἀπόκρ. Τὴν πρώτην ἤχῳ μετὰ  $\frac{1}{4}$  τοῦ δευτερολέπτου καὶ τὰς ἄλλας μεθ' ἕκαστον  $\frac{1}{4}$  τοῦ δευτερολέπτου).

2) Εἷς τι πείραμα πρὸς βυθομέτρησιν τῆς θαλάσσης διὰ τῆς ἠχητικῆς μεθόδου εὐρέθη ὅτι παρήλθον 3,246 δευτερόλεπτα ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν παρήχθη ὁ ἤχος μέχρι τῆς στιγμῆς καθ' ἣν τὰ ὄργανα ἐσημείωσαν τὴν ἐπάνοδον αὐτοῦ. Νὰ εὐρεθῇ τὸ βάθος τῆς θαλάσσης εἰς τὸν τόπον τοῦ πειράματος (Ἀπόκρ. 2329 μέτρα).

3) Δύο παρατηρηταὶ Α καὶ Β ἀπέχοντες ἀλλήλων 90 μέτρα εὐρίσκονται εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἀπὸ τινος κωλύματος τὸ ὁποῖον παράγει ἤχῳ. Ἐκ τούτων ὁ Α πυροβολεῖ ὁ δὲ Β ἀκούει πρῶτον τὸν ἀπ' εὐθείας ἤχον καὶ μετὰ παρέλευσιν  $\frac{3}{17}$  δευτερολέπτων τὸν ἀνακλόμενον. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κώλυμα εὐρίσκονται οἱ παρατηρηταὶ; Ταχύτης τοῦ ἤχου 340 μέτρα (Ἀπόκρ. 60 μέτρα).

4) Δύο τοῖχοι Α καὶ Β εἶναι παράλληλοι. Μεταξὺ αὐτῶν τοποθετεῖται παρατηρητὴς ἀπέχων 120 μέτρα ἀπὸ τὸν Α τοῖχον καὶ 390 μέτρα ἀπὸ τὸν Β. Ἐάν οὗτος φωνήσῃ ἐστραμμένος πρὸς τὸν τοῖχον Α μετὰ πόσα δευτερόλεπτα θὰ ἀκούσῃ τὴν ἤχῳ α) ἐκ τοῦ τοῖχου Α καὶ β) ἐκ τοῦ τοῖχου Β; (Ἀπόκρ. α)  $\frac{12}{17}$  δευτερ. καὶ β) 3 δευτερ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

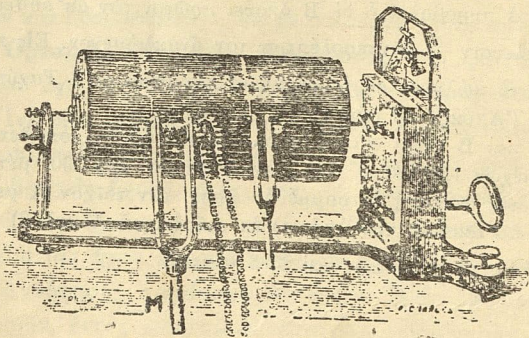
ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

11. **Χαρακτῆρες τοῦ ἤχου.** Οἱ ἤχοι τοὺς ὁποίους παράγουν τὰ διάφορα ὄργανα δὲν ὁμοιάζουν μεταξύ των. Ἐπίσης οἱ ἤχοι ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ ὄργανου δὲν παράγουν ὅλοι εἰς τὰ ὄτα ἡμῶν τὴν αὐτὴν ἐντύπωσιν, καθ' ὅσον ἄλλοι εἶναι ὑψηλοί, ἄλλοι χαμηλοί, ἄλλοι ἐντατικοὶ καὶ ἄλλοι ἀσθενεῖς. Διὰ τὸ νὰ διακρίνωμεν ἀπ' ἀλλήλων τοὺς ἤχους ἔχομεν τρεῖς χαρακτῆρας, τὸ **ὑψος**, τὴν **ἐνταση** καὶ τὴν **χροίαν**.

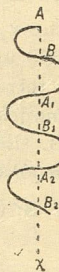
12. **Ὑψος τοῦ ἤχου.** Ἐὰν κτυπήσωμεν διαδοχικῶς ὅλα τὰ πλῆκτρα ἑνὸς πιάνου ἐκ τῶν ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ θὰ παραχθῶσιν ἤχοι ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ὑψηλότεροι· λέγομεν τότε ὅτι οἱ ἤχοι οὗτοι δὲν ἔχουσι τὸ αὐτὸ ὑψος ἢ τὴν αὐτὴν δξύτητα.

**Ὅρισμός.** Καλεῖται **ὑψος** ἢ **δξύτης** τὸ γνῶρισμα διὰ τοῦ ὁποίου διακρίνεται ὁ χαμηλὸς ἤχος ἀπὸ τὸν ὑψηλόν. Ὁ χαμηλὸς ἤχος λέγεται καὶ βαρὺς ὁ δὲ ὑψηλὸς δξύς.

**Προσδιορισμὸς τοῦ ὑψους.** Ἴνα προσδιορίσωμεν τὸ ὑψος ἤχου τινός, μεταχειριζόμεθα τὴν **γραφικὴν μέθοδον**. Αὕτη πα-



Σχ. 13. Προσδιορισμὸς τοῦ ὑψους διὰ γραφικῆς μεθόδου.



Σχ. 14. Καταγραφή κυματοειδῶν γραμμῶν.

ρροισαίνει τὸ πλεονέκτημα ὅτι αὐτὸ τοῦτο τὸ ἠχογόνον σῶμα καταγράφει τοὺς παλμούς του. Πρὸς ἐφαρμογὴν τῆς μεθόδου ταύτης λαμβάνομεν μέταλλινον κύλινδρον, ὀριζόντιον (σχ. 13), ὅστις

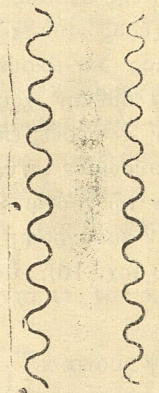
δύναται νὰ περιστραφῆ ἰσοταχῶς περὶ ὀριζόντιον ἄξονα. Τοῦτον καλύπτομεν διὰ φύλλον χαρτοῦ λείου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐναποθέτομεν λεπτὸν στρώμα αἰθάλης. Πλησίον τοῦ κυλίνδρου τοποθετοῦμεν τὸ παλλόμενον σῶμα M (διαπασῶν λ. χ.), οὕτως ὥστε τοῦτο νὰ πάλληται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου. Ἐπὶ τοῦ ἑνὸς δὲ σκέλους τοῦ διαπασῶν προσαρμύζομεν μικρὰν ἀκίδα D, ἥτις νὰ ἐφάπτηται ἐλαφρῶς τοῦ στρώματος τῆς αἰθάλης.

Ὅταν τὸ παλλόμενον σῶμα ἤρεμῆ, ὁ δὲ κύλινδρος περιστρέφεται, ἡ ἀκίς καταγράφει ἐπὶ τοῦ ἠθαλωμένου χαρτοῦ **εὐθείαν γραμμὴν A X** (σχ. 14). Ὅταν ὅμως τὸ σῶμα πάλληται, ὁπότε παράγει ἤχον, ἡ ἀκίς συμπάλλεται μετ' αὐτοῦ καὶ καταγράφει ἐπὶ τοῦ χαρτοῦ **κυματοειδῆ γραμμὴν**, τῆς ὁποίας ἕκαστος κυματισμὸς ἀντιστοιχεῖ καὶ εἰς ἓνα παλμόν. Ἐὰν δὲ διὰ τινος χρονομέτρου προσδιορίσωμεν τὸν χρόνον εἰς δευτερόλεπτα καθ' ὃν καταγράφεται ἡ κυματοειδὴς γραμμὴ καὶ μετρήσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν κυματισμῶν ταύτης, θὰ ἔχωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐξετέλεσε τὸ ἠχοῦν σῶμα ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Καὶ ἐὰν διαιρέσωμεν τὸν ἀριθμὸν τοῦτον διὰ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν δευτερολέπτων, θὰ ἔχωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον.

Ἐπαναλαμβάνοντες τὸ αὐτὸ πείραμα καὶ δι' ἄλλου διαπασῶν παράγοντος δξύτερον ἤχον, θὰ λάβωμεν ἄλλην κυματοειδῆ γραμμὴν, ἥτις θὰ περιλαμβάνη περισσοτέρους κυματισμούς κατὰ δευτερόλεπτον, ἐπομένως θὰ δεικνύη καὶ περισσοτέρους παλμούς τοῦ ἠχοῦντος σώματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐπομένως εἰς τὸν δξύτερον ἤχον ἀντιστοιχεῖ μεγαλύτερος ἀριθμὸς παλμῶν. Τὸ σχῆμα 15 παριστᾷ δύο κυματοειδεῖς γραμμάς, καταγραφείσας ὑπὸ δύο διαφόρων διαπασῶν.

**Συμπέρασμα.** Τὸ ὑψος ἢ ἡ δξύτης τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ τὸ ἠχογόνον σῶμα κατὰ δευτερόλεπτον.

13. **Ὅρια τῶν ἀντιληπτῶν ἤχων.**—Αὔξανόμενου βαθ-



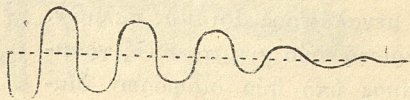
Σχ. 15. Εἰς τὸν δξύτερον ἤχον ἀντιστοιχεῖ μεγαλύτερος ἀριθμὸς παλμῶν.

μηδὸν ἢ ἐλαττούμενου τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν κατὰ δευτερολέπτον, παράγονται ἐπὶ τέλους ἦχοι ὀξύτεροι ἢ βαρύτεροι, τοὺς ὁποίους τὰ ὦτα ἡμῶν δὲν δύνανται νὰ ἀντιληφθῶσι καὶ ἐπομένως δὲν εἶναι πλέον ἀκουστοί. Καὶ ὁ μὲν βαρύτερος ἀκουστός ἦχος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὕψος 16 παλμῶν κατὰ δευτερολέπτον, ὁ δὲ ὀξύτερος ἀκουστός ἦχος εἰς ὕψος 38000 παλμῶν κατὰ δευτερολέπτον. Ἐν τῇ μουσικῇ ὁμως χρησιμοποιοῦνται ἦχοι ἀντιστοιχοῦντες εἰς ὕψη περιλαμβανόμενα μεταξὺ 40 καὶ 4000 παλμῶν κατὰ δευτερολέπτον, καὶ τοῦτο διότι οἱ ὑπεράγαν ὀξεῖς ἦχοι προξενοῦσιν εἰς τὸ οὖς ἡμῶν δυσάρεστον αἴσθημα.

**14. Ἔντασις τοῦ ἤχου.**—Καλεῖται *ἐντασις* τοῦ ἤχου τὸ γνῶρισμα διὰ τοῦ ὁποίου διακρίνομεν τὸν ἰσχυρὸν ἦχον ἀπὸ τὸν ἀσθενῆ.

Ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου ἐπιδρῶσι διάφορα αἴτια, ἐκ τῶν ὁποίων τὰ σπουδαιότερα εἶναι τὰ ἑξῆς:

1) **Τὸ πλάτος τῶν παλμῶν.** 1ον) Ἐλασμα χαλύβδινον ἐστερωμένον κατὰ τὸ ἓν ἄκρον ἐπὶ τραπέζης (σχ. 1) ἀπομακρύνομεν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του. Ὁ ἦχος κατ' ἀρχὰς εἶναι ἰσχυρὸς σὺν τῷ χρόνῳ ὁμως ἕξασθενεῖ ὀλίγον κατ' ὀλίγον καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ εἰς τὴν παλλομένην χορδὴν. 2ον) Ἐὰν τὸ ἓν σκέλος διαπασῶν κρούσωμεν ἐλαφρῶς ἐπὶ τραπέζης παράγει ἦχον ἀσθενῆ, εἰς ὁμως τὸ κρούσωμεν ἰσχυρῶς, τότε παράγει ἦχον ἰσχυρὸν, ὅστις ἕξασθενεῖ σὺν τῷ χρόνῳ καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. Ἐὰν δὲ τὸ διαπασῶν καταγράφῃ ἐπὶ ἠθαιλωμένης ὑαλίνης πλακὸς τοὺς παλμούς του (σχ. 16), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ πλάτος τῶν παλμῶν,



Σχ. 16. Ἐλάττωσις τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν.

κατ' ἀρχὰς εἶναι μέγα κατόπιν ὁμως βαίνει ἐλαττούμενον καὶ τέλος μηδενίζεται.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν, ὅτι ἡ ἐντασις τοῦ ἤχου εἶναι τοσοῦτω μεγαλυτέρα, ὅσῳ τὸ πλάτος τῶν παλμῶν εἶναι με-

γαλύτερον, διότι τότε ὁ ἀήρ, ἐπομένως καὶ τὸ ἀκουστικὸν τύμπανον, πάλλονται ἰσχυρότερον.

2) **Ἡ γειννίασις ἄλλων σωμάτων καταλλήλων.** Διαπασῶν κρατούμενον ἐκ τοῦ ποδός του καὶ κρούμενον παράγει ἦχον ἀσθενῆ. Ἐὰν ὁμως στηριχθῇ ὀρθιον διὰ τοῦ ποδός του ἐπὶ τραπέζης ὁ ἦχος του ἐνισχύεται, διότι ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ διαπασῶν μεταδίδεται καὶ εἰς τὴν τράπεζαν. Ὁ ἀήρ λοιπὸν πλήττεται διὰ μεγαλυτέρας ἐπιφανείας καὶ ἀκούομεν ἦχον ἐντατικώτερον. Οὗτος δὲ εἶναι καὶ ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον εἰς πάντα τὰ ἐγχορδα ὄργανα αἱ χορδαί τείνονται ἐπὶ ξυλίνου σκάφους μετὰ λεπτῶν τοιχωμάτων καλουμένου *ἀντηχείου*. Καὶ ἐνισχύεται μὲν τοιοῦτοτρόπως ὁ ἦχος, διαρκεῖ ὁμως ὀλιγώτερον χρόνον.

3) **Ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου ἐν τῷ ὁποίῳ ὁ ἦχος παράγεται.** 1ον. Εἶδομεν ὅτι καθ' ὅσον ἀραιώνομεν τὸν ἐν τῇ σφαιρᾷ ἀέρα (§ 3), ὁ ἦχος τοῦ κωδωνίου ἀκούεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀσθενέστερον. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον ἦχος παραγόμενος εἰς τὰς πλευρὰς ὄρους ὅπου ὁ ἀήρ εἶναι ἀραιότερος δὲν γίνεται πολὺ ἀκουστός εἰς τὴν πεδιάδα, ἐνῶ, τοῦναντίον, ὁ αὐτὸς ἦχος παραγόμενος εἰς τὴν πεδιάδα γίνεται ἀκουστότερος εἰς τὰς πλευρὰς τοῦ ὄρους.

2ον. Ἐὰν εἰς τὴν ὑαλίνην σφαιρᾷν εἰσαγάγωμεν ὑδρογόνον ἢ διοξειδιον τοῦ ἀνθρακος ὑπὸ τὴν συνήθη ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ ἐν τῷ ὑδρογόνῳ παραγόμενος ἦχος εἶναι ἀσθενέστερος τοῦ ἐν τῷ διοξειδίῳ τοῦ ἀνθρακος παραγομένου, διότι τὸ ὑδρογόνον εἶναι ἀραιότερον τοῦ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἐντασις τοῦ ἤχου εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰ πυκνότερα ἀέρια.

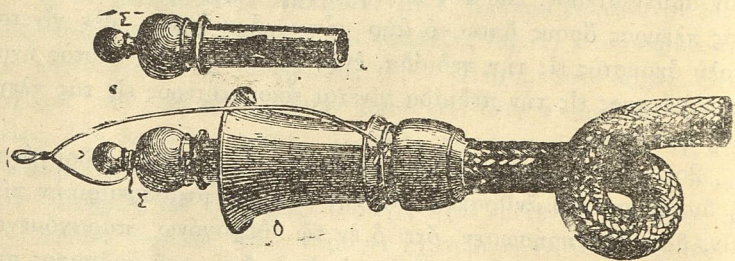
4) **Ἡ ἀπόστασις τοῦ ἠχογόνου σώματος.** Ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ὅτι ὅσῳ ἀπομακρυνώμεθα ἀπὸ τὸν ἠχογόνον ἦχον, λ.χ. τὸν κώδωνα ἐκκλησίας, τόσῳ ἀσθενέστερος ἀκούεται ὁ ἦχος καὶ ὅτι ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως ὁ ἦχος δὲν ἀκούεται πλέον. Ἡ ἐντασις λοιπὸν τοῦ ἤχου ἐλαττοῦται μετὰ τῆς ἀποστάσεως. Ἀποδεικνύεται δὲ πειραματικῶς, ὅτι ἡ ἐντασις τοῦ ἤχου μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως ἡμῶν ἀπὸ τοῦ ἠχογόνου σώματος. Ἄλλ' ὁ νόμος οὗτος ἰσχύει μόνον, ὅταν

ὁ ἦχος διαδίδεται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις πέριξ τοῦ ἠχογόνου σώματος.

**15. Ἐνίσχυσις τοῦ ἠχου διὰ τῶν σωλήνων.**—Ὅταν ὁ ἦχος διαδίδεται κατὰ μίαν μόνον διεύθυνσιν π. χ. ἐντὸς σωλήνους καὶ μάλιστα εὐθείας καὶ κυλινδρικοῦ, τότε δύναται νὰ μεταδοθῆ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ἄνευ αἰσθητῆς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεώς του, διότι τότε τὸ πλάτος τῶν παλμῶν καὶ ἐπομένως ἡ ἔντασις τοῦ ἠχου διατηρεῖται σχεδὸν σταθερὸν ὅσονδῆποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ μήκος τοῦ σωλήνος. Οἱ σωλήνες λοιπὸν ἔχουσι τὴν ιδιότητα νὰ ἐνισχύωσι τὸν δι' αὐτῶν διαδιδόμενον ἦχον.

**16. Ἐφαρμογαί.**—Τῆς ιδιότητος ταύτης τῶν σωλήνων ἐγένοντο πολλαὶ πρακτικαὶ ἐφαρμογαί.

1ον. **Ἀκουστικοὶ σωλήνες.** Οὗτοι εἶναι πραγματικὰ ἀκουστικὰ τηλέφωνα καὶ χρησιμεύουσιν ἵνα συνδιαλεγώμεθα ἔξ

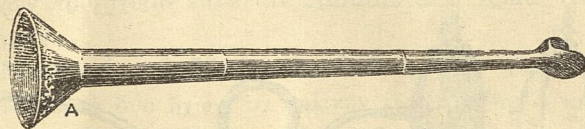


Σχ. 17. Ἀκουστικὸς σωλήν.

ἀποστάσεως οὐχὶ ὅμως καὶ τὸσον μεγάλης. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἐκ καουτσούκ, καὶ ἀπολήγουσιν εἰς ἀμφοτέρω τὰ ἄκρα των εἰς ὄλμους Ο (σχ. 17) εἰς τοὺς ὁποίους ἐφαρμόζεται σύριγξ Σ.

Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὴν σύριγγα ἐκ τοῦ ὄλμου, καὶ φυσήσωμεν ἐντὸς αὐτοῦ παράγεται συριγμὸς εἰς τὸν ἕτερον ὄλμον διὰ τοῦ ὁποίου εἰδοποιεῖται τὸ πρόσωπον μεθ' οὗ θέλομεν νὰ συνδιαλεχθῶμεν, ἀμέσως δὲ ἐφαρμόζομεν πάλιν τὴν σύριγγα εἰς τὸν ὄλμον αὐτῆς. Καθ' ὅμοιον τρόπον συρίζει καὶ ἕκτεινος, καὶ ἀμέσως ἐφαρμόζει τὸν ὄλμον εἰς τὸ οὖς αὐτοῦ, καὶ ἀκούει εὐκρινῶς τὴν ὁμιλίαν τοῦ καλοῦντος.

2ον **Τηλεβόας.** Οὗτος χρησιμεύει ἵνα μεταβιβάσωμεν τὴν φωνὴν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Κατασκευάζεται ἐκ μεταλλίνου σωλήνος σχήματος κωνικοῦ ἐπιμήκοις (σχ. 18) καὶ τὸ μὲν ἓν

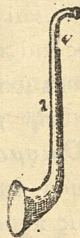


Σχ. 18. Τηλεβόας.

ἄκρον αὐτοῦ εἶναι πολὺ εὐρύτερον καὶ καλεῖται **κώδων**, τὸ δὲ ἕτερον εἶναι στενότερον ἀπολήγον εἰς ὄλμον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου φωνεῖ τις, στρέφων τὸν κώδωνα πρὸς τὸ μέρος πρὸς τὸ ὁποῖον θέλει νὰ γίνῃ ἀκουστός. Ἡ ιδιότης αὕτη τοῦ τηλεβόα ὀφείλεται εἰς τὰς διαδοχικὰς ἀνακλάσεις τῶν ἠχητικῶν ἀκτίνων ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν τοιχωμάτων τοῦ ὄργανου, ἕνεκα τῶν ὁποίων αἱ ἠχητικαὶ ἀκτῖνες ἐξέρχονται ἐκ τοῦ κώδωνος συγκεντρωμέναι κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον τῷ ἄξονι τοῦ ὄργανου. Ἡ ἀπόστασις εἰς ἣν μεταδίδεται ἡ φωνὴ ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν διαστάσεων τοῦ ὄργανου. Καλὸς τηλεβόας δύναται νὰ μεταφέρει τὴν φωνὴν εἰς ἀποστάσιν 5—6 χιλιομέτρων.

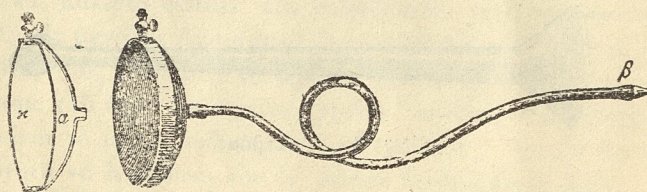
3ον **Ἀκουστικὸν κέρας.** Τοῦτο χρησιμεύει εἰς τοὺς βαρυνκούς. Ὁ ἀπλούστερος τύπος τούτων εἶναι μεταλλίνος σωλήν κωνικός (σχ. 19), οὗτινος τὸ μὲν ἓν ἄκρον ἀπολήγει εἰς εὐρὴν ὄλμον, ὅστις στρέφεται πρὸς τὸν ὀμιλοῦντα καὶ χρησιμεύει ὅπως δέχεται τὰ ἠχητικὰ κύματα, τὸ δὲ ἕτερον ἄκρον φέρει στενὸν στόμιον, ὅπερ εἰσάγεται εἰς τὸν ἀκουστικὸν πόρον τοῦ βαρυνκίου.

4ον **Στηθοσκοπίον.** Τοῦτο χρησιμεύει εἰς τοὺς ἰατροὺς διὰ τὴν ἀκρόασιν τῶν ἀσθενῶν. Ὑπάρχουσι δὲ διάφοροι τύποι στηθοσκοπίου, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ τοῦ Koenig (σχ. 20), ἀποτελεῖται ἐκ χαλκίνης κάψης, ἐκ τοῦ κέντρου τῆς ὁποίας ἄρχεται σωλήν ἐκ καουτσούκ ἀπολήγον εἰς κεράτινον ἢ ὀστεῖνον ἄκρον. Τὸ ἄνοιγμα τῆς κάψης κλείεται διὰ μεμβράνης ἐκ καουτσούκ κ, τὸ δὲ ἐσω-



Σχ. 19. Ἀκουστικὸν κέρας.

τερικόν αὐτῆς διαιρεῖται διὰ δευτέρας μεμβράνης *α* εἰς δύο διαμερίσματα. Εἰς τὸ ἓν διαμέρισμα τὸ σχηματιζόμενον ὑπὸ τῶν δύο μεμβρανῶν ἀντιστοιχεῖ στρόφιγξ εὐρισκομένη ἔξωθεν ἐπὶ τῆς πλευρᾶς τῆς κάψης. Ἐὰν ἐκ τῆς στρόφιγγος ἐμφυσήσωμεν ἀέρα



Σχ. 20 Στηθοσκόπιον τοῦ Koenig.

εἰς τὸ διαμέρισμα τοῦτο, αἱ μεμβράναι λαμβάνουσι τὸ σχῆμα ἀμφικύρτου φακοῦ.

Κατὰ τὴν χρῆσιν τοῦ ὄργάνου ἢ μὲν ἐξωτερικὴ μεμβράνη τῆς κάψης ἐφαρμόζεται ἐπὶ τοῦ στήθους τοῦ ἀσθενοῦς, τὸ δὲ ἄκρον τοῦ σωλήνος εἰσάγεται εἰς τὸν ἀκουστικὸν πόρον τοῦ ἱατροῦ. Διὰ τοῦ ὄργάνου τούτου οἱ παλμοὶ τῆς καρδίας καὶ ὁ ψίθυρος τῆς ἀναπνοῆς μεταδίδονται πιστῶς μέχρι τοῦ ὠτός τοῦ ἱατροῦ, ἀφ' ἑνὸς μὲν διὰ τοῦ ἐν τῇ κάψῃ ἀέρος, καὶ ἀφ' ἑτέρου διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ σωλήνος.

**17. Χροιά τοῦ ἤχου.**—Δύο μουσικὰ ὄργανα διάφορα, π.χ. βιολίον καὶ μανδολίνον, δυνατὸν νὰ παράγωσιν ἤχους τοῦ αὐτοῦ ὕψους καὶ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως ἐν τούτοις οἱ δύο οὗτοι ἤχοι διαφέρουσι μεταξύ των. Λέγομεν λοιπὸν ὅτι οἱ ἤχοι οὗτοι δὲν ἔχουσι τὴν αὐτὴν χροιάν.

**Ὅρισμός.** Καλεῖται *χροιά* τὸ γνώρισμα διὰ τοῦ ὁποίου διακρίνομεν ἀπ' ἀλλήλων ἤχους τοῦ αὐτοῦ ὕψους καὶ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως προερχομένους ἐκ διαφόρων ὀργάνων.

Ποία νὰ εἶναι ἡ αἰτία τῆς χροιάς τῶν ἤχων τούτων ἀφοῦ οὗτοι ἔχουσι τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν καὶ τὸ αὐτὸ πλάτος παλμῶν;

Ὁ Helmholtz διὰ πειραμάτων ἀπέδειξεν ὅτι ἕκαστος ἤχος σπανίως εἶναι ἀπλοῦς, συνήθως εἶναι σύνθετος, ἀποτελούμενος ἔξ ἑνὸς κυρίου ἢ θεμελιώδους ἤχου, ὅστις συνοδεύεται ὑπὸ τινων δευτερευόντων. Οὗτοι εἶναι πολὺ ἀσθενέστεροι τοῦ θεμελιώδους

εἶναι ὅμως ὀξύτεροι αὐτοῦ καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν των εἶναι 2,3,4,5.. κλπ. φορὰς μεγαλύτερος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοῦ θεμελιώδους. Οἱ δευτερεύοντες οὗτοι ἤχοι καλοῦνται *ἀρμονικοὶ* τοῦ θεμελιώδους. Ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τῶν ἀρμονικῶν ἤχων προέρχεται κατὰ τὸν Helmholtz ἡ χροιά τῶν διαφόρων ἤχων.

**18. Μουσικὴ. Α') Μουσικὸν διάστημα.**—Καλεῖται *μουσικὸν διάστημα* δύο ἤχων, τὸ πηλίκον τῆς διαίρεσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοῦ ὀξύτερου διὰ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοῦ βαρυτέρου ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Π.χ. ἐὰν ἡχὸς τις ἀντιστοιχῇ εἰς 500 παλμοὺς κατὰ δευτερόλεπτον, ἕτερος δὲ εἰς 400 κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον, τὸ μουσικὸν διάστημα τῶν ἤχων τούτων εἶναι  $\frac{500}{400} = \frac{5}{4}$ . Δύο δὲ ἤχοι ἀκουόμενοι συγχρόνως ἢ διαδοχικῶς παράγουσιν εἰς τὸ οὖς ἡμῶν αἴσθημα ἐπὶ τοσοῦτον εὐάρεστον ὅσον ἀπλούστερος εἶναι ὁ ἀριθμητικὸς λόγος διὰ τοῦ ὁποίου παρίσταται τὸ διάστημα αὐτῶν.

Ἐκ τῶν διαστημάτων τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὴν μουσικὴν, ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον εὐκόλως ἀναγνωρίζομεν εἶναι τὸ καλούμενον *ὀγδόη*, δηλ. διάστημα δύο ἤχων ἐκ τῶν ὁποίων ὁ ὀξύτερος ἐκτελεῖ διπλάσιους παλμοὺς τοῦ βαρυτέρου ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ.

**Β') Μουσικὴ κλίμαξ.** Καλεῖται *μουσικὴ κλίμαξ* σειρά ἤχων ἢ φθόγγων χρησιμοποιουμένων ἐν τῇ μουσικῇ. Οἱ ἤχοι ἢ φθόγγοι τῆς μουσικῆς ἐπαναλαμβάνονται περιοδικῶς οἱ αὐτοὶ κατὰ ὀκτάδα. Ἐκάστη ὀκτὰς καλεῖται *μουσικὸν διάγραμμα* καὶ οἱ ὀκτῶ ἤχοι ἢ φθόγγοι ἐκάστου διαγράμματος παρίστανται διὰ τῶν συμβόλων

do re mi fa sol la si do

τὰ ὁποῖα ἐνίοτε φέρουσι καὶ δείκτας, π. χ. do<sub>1</sub> mi<sub>2</sub> κ. λ. π. πρὸς διάκρισιν τῶν φθόγγων τῶν διαδοχικῶν κλιμάκων.

Εἰς ἕκαστον τῶν ὀκτῶ φθόγγων ἀντιστοιχοῦσι τὰ διαστήματα

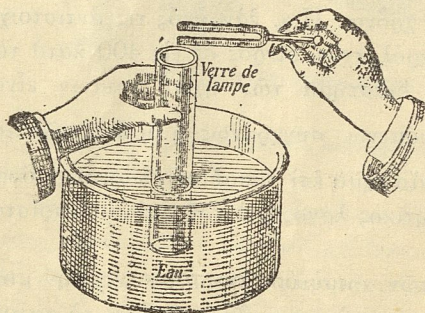
$$1 \quad \frac{9}{8} \quad \frac{5}{4} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{3}{2} \quad \frac{5}{3} \quad \frac{15}{8} \quad 2$$

ἅτινα εἶνε οἱ λόγοι τῶν ὑψῶν τῶν φθόγγων τούτων ὡς πρὸς τὸ ὑψος τοῦ πρώτου.

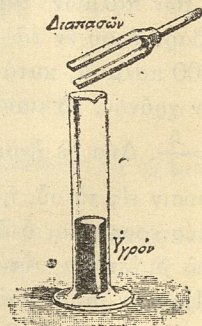
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ΄.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΥΝΗΧΗΣΕΩΣ. ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΗΧΟΥ

19. **Συνήχησις. Πειράματα.**— 1ον Διαπασῶν παλλόμενον καὶ τιθέμενον πλησίον τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου κυλίνδρου κενοῦ (σχ. 22), παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ἦχος αὐτοῦ δὲν ἐνισχύεται. Ἐὰν ὁμως



Σχ. 21. Τρόπος ἐνισχύσεως τοῦ ἦχου διαπασῶν.



Σχ. 22. Τρόπος ἐνισχύσεως τοῦ ἦχου διαπασῶν.

χύνωμεν εἰς τὸν κύλινδρον ὕδωρ ὀλίγον κατ' ὀλίγον θὰ ἔλθῃ στιγμή καθ' ἣν ὁ ἦχος τοῦ διαπασῶν ἐνισχύεται σημαντικῶς, διότι ἡ ἀερίνη στήλη τοῦ κυλίνδρου δέχεται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠχοῦντος διαπασῶν καὶ συνηχεῖ μετ' αὐτοῦ. Τοῦτο ὁμως συμβαίνει τότε μόνον ὅταν ἡ ἀερίνη στήλη εἶναι τοιαύτη ὥστε νὰ ἀποδίδῃ ἦχον ἰσοῦσῃ μὲ τὸν τοῦ διαπασῶν.

2ον Δύο διαπασῶν ἐντελῶς ὅμοια, καὶ ἐπομένως δυνάμενα νὰ παραγάγωσιν ἦχους ἰσοῦσῃς, τοποθετοῦμεν πλησίον ἀλλήλων. Ἐὰν τὸ ἓν τεθῇ εἰς παλμικὴν κίνησιν, καὶ τὸ ἄλλο πάλλεται, διότι δέχεται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πρώτου καὶ συνηχεῖ μετ' αὐτοῦ. Ἀκούομεν δὲ τὸν παραγόμενον ἦχον καὶ μετὰ τὴν ἡρεμίαν τοῦ πρώτου διαπασῶν.

**Συμπέρασμα.** Σῶμά τι τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν ὅταν πλησίον αὐτοῦ παραχθῇ ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον τοῦτο εἶναι ἰκανὸν νὰ παραγάγῃ.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **συνήχησις**. Ἐπομένως σῶμά τι ἐνισχύει ἐκείνους μόνον τοὺς ἦχους τοὺς ὁποῖους παράγει τοῦτο ὅταν συνηχεῖ.

20. **Ἀντηχεῖα.** Καλεῖται **ἀντηχεῖον** τὸ σῶμα τὸ τιθέμενον εἰς παλμικὴν κίνησιν (ἄῤῥο τοῦ κυλίνδρου) καὶ **διεγέρτης** τὸ σῶμα τὸ προκαλοῦν τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ ἀντηχεῖου (διαπασῶν). Ὁ Helmholtz στηριζόμενος ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς συνηχίσεως κατεσκεύασεν ἀντηχεῖα ἱκανὰ νὰ ἐνισχύουν ἓνα καὶ μόνον ἦχον. Ταῦτα εἶναι ὀρειγάλκιναι σφαιραὶ κοίλαι διαφόρου διαμέτρου αἵτινες φέρουσι κατὰ τὰ ἄκρα μιᾶς διαμέτρου δύο ὀπὰς. Εἰς τὴν μίαν ἐκ τούτων προσήρμοξε σωλῆνα κυλινδρικὸν εἰς δὲ τὴν ἄλλην σωλῆνα κωνικὸν τοῦ ὁποῖου τὸ ἄκρον ἐτίθετο εἰς τὸν ἀκουστικὸν πόρον.

21. **Ἀνάλυσις τοῦ ἦχου.** Ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον ἐν σφαιρικῶν ἀντηχεῖον δύναται νὰ ἐνισχύσῃ ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν διαστάσεων αὐτῶν. Ἐπομένως ἕκαστον ἀντηχεῖον ἐνισχύει ἓνα καὶ μόνον ἦχον. Τοιοῦτοτρόπως εἶχε μέθοδον λίαν ἀκριβῆ διὰ τῆς ὁποίας ἠδύνατο νὰ ἀποχωρίζῃ ἀπὸ πολλοὺς ἦχους ἓνα καὶ μόνον ἦχον καὶ ἀκοῦν αὐτὸν μεμονωμένον.

Διὰ τῶν πειραμάτων αὐτοῦ ὁ Helmholtz κατέληξεν εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα :

1ον. Ὅτι ὑπάρχουσιν ἦχοι ἀπλοῖ καὶ ἦχοι σύνθετοι. Καὶ ἀπλοῦς μὲν ἐκάλεσεν ἐκείνους τοὺς ἦχους, οἵτινες εἶναι ἱκανοὶ νὰ κάμωσι νὰ ἠχήσῃ ἐν μόνον ἀντηχεῖον, συνθέτους δὲ ἐκείνους οἵτινες εἶναι ἱκανοὶ νὰ κάμωσι νὰ ἠχήσωσι πολλὰ ἀντηχεῖα. Ἦχον ἀπλοῦν παράγει τὸ διαπασῶν, δι' ὃ καὶ τὸ ὄργανον τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν μουσικὴν πρὸς ἀρμοσίαν (συντονισμόν) τῶν ὀργάνων. Φυσικὸν γνῶρισμα τῶν ἀπλῶν ἦχων εἶναι, ὅτι οὗτοι δὲν διαφέρουσιν αἰσθητῶς κατὰ τὴν χροιάν, τοῦναντίον οἱ σύνθετοι ἦχοι παρουσιάζουσι χροιάν λίαν εὐδιάκριτον.

2ον. Ὅτι οἱ σύνθετοι ἦχοι δύνανται νὰ διαιρεθῶσιν εἰς δύο κατηγορίας. Ἡ μία κατηγορία περιλαμβάνει ἐκείνους οἵτινες ἀποτελοῦνται ἐκ τοῦ θεμελιώδους ἦχου, τὸν ὁποῖον συνοδεύουσι καὶ οἱ κυρίως ἀρμονικοὶ αὐτοῦ. Τοὺς τοιοῦτους ἦχους ἐκάλεσε **κυρίως μουσικούς**, καὶ τοιοῦτοι εἶναι οἱ ἦχοι οἱ παραγόμενοι ὑπὸ τῶν διαφόρων ὀργάνων, οἵτινες παρουσιάζουσι χροιάν εὐ-



διάκριτον. Ἡ ἑτέρα κατηγορία περιλαμβάνει ἐκείνους οὔτινες ἀποτελοῦνται ἐκ τοῦ θεμελιώδους ἤχου, τὸν ὁποῖον συνοδεύουσι καὶ τινες ἄλλοι ἤχοι, οὔτινες δὲν εἶναι οἱ κυρίως ἁρμονικοί. Τοὺς τοιοῦτους ἤχους ἐκάλεσε *μη μουσικούς* καὶ τοιοῦτοι εἶναι οἱ ἤχοι οἱ παραγόμενοι ὑπὸ τῶν μεταλλίνων πλακῶν καὶ τῶν υαλίνων ἢ μεταλλίνων κωδῶνων.

3ον. Ὅτι ἡ χροιά ὀφείλεται, ὅπως ἀνωτέρω εἴπομεν, εἰς τοὺς ἁρμονικούς ἤχους τοὺς συνοδεύοντας τὸν θεμελιώδη.

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀναλύσεως τῶν ἤχων ἐπεβεβαίωσεν ὁ Helmholtz καὶ διὰ τῆς ἀντιστρόφου μεθόδου, ἤτοι διὰ τῆς συνθέσεως τῶν ἤχων. Τουτέστι κατώρθωσε νὰ παραγάγῃ ὠρισμένον ἤχον διὰ τῆς ἐπιπροσθέσεως ἤχων ἀπλῶν.

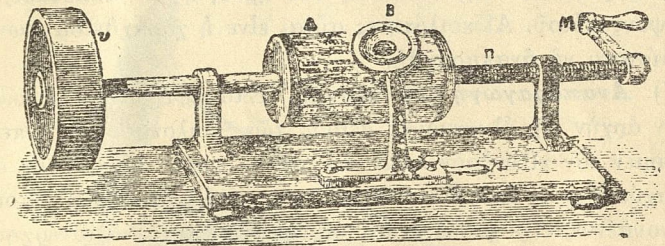
## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

### ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ—ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΙ

**22. Ὅρισμός.**—Καλεῖται *φωνογράφος* συσκευή διὰ τῆς ὁποίας χαράσσομεν ἐπὶ καταλλήλου ἐπιφανείας οἰανδήποτε ὀμίλιαν ἢ ἤχον καὶ κατόπιν ἀναπαράγομεν αὐτὸν κατὰ βούλησιν.

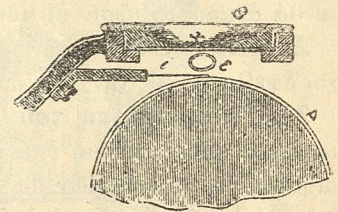
Ἡ βᾶσις ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ὁ φωνογράφος εἶναι ἡ ἐξῆς. Ἐὰν φωνήσωμεν ἐνώπιον τεταμένης μεμβράνης ἢ λεπτοῦ μεταλλικοῦ ἐλάσματος, ταῦτα θὰ τεθῶσιν εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἥμισ θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ὕψος καὶ πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς φωνῆς, θὰ διαρκέσῃ δὲ ἐφ' ὅσον διαρκεῖ καὶ ὁ παραγόμενος ἤχος. Ἄρα τὰ ἠχητικὰ κύματα ἀναγκάζουσι τὴν μεμβράνην ἢ τὸ ἔλασμα νὰ τεθῶσιν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἐὰν δὲ ταῦτα φέρωσιν ἀκίδα τινά, καὶ αὕτη θὰ τεθῆ εἰς ὁμοίαν παλμικὴν κίνησιν. Ἐὰν τώρα διὰ μηχανικοῦ μέσου κατορθώσωμεν ὥστε ἡ μεμβράνη ἢ τὸ ἔλασμα νὰ ἐκτελέσῃ τὰς αὐτὰς παλμικὰς κινήσεις, ὁ ἀῆρ θὰ πάλλεται ὅπως καὶ πρότερον καὶ ἐπομένως θὰ ἀκούσωμεν ἤχους ὁμοίους. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος ταύτης στηρίζεται ἡ κατασκευὴ καὶ ἡ λειτουργία τῶν φωνογράφων. Πάντες οἱ φωνογράφοι εἶναι τελειοποιήσεις τοῦ ἀρχικοῦ φωνογράφου τὸν ὁποῖον ἀνεκάλυπεν ὁ Edison κατὰ τὸ 1877.

**23. Φωνογράφος Edison (1).—Α΄ Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἐξῆς μερῶν. 1) Ἐξ ἑνὸς κυλίνδρου μεταλλίνου Δ (σχ. 23), ὅστις περιστρέφεται τῇ βοηθητῇ στροφάλῳ Μ, περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, ἐνῶ συγχρόνως μετακινεῖται κανονικῶς καὶ



Σχ. 23. Φωνογράφος Edison.

ὀριζοντιῶς. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του εἶναι κεχαραγμένη ἐνσκαφή ἐλικοειδῆς. 2) Ἐξ ἑνὸς λεπτοῦ φύλλου κασιτέρου Α (σχ. 24) περιβάλλοντος τὸν κύλινδρον καὶ 3) ἐξ ἑνὸς ὑποστηρίγματος κωνικοῦ Β, ὅπερ χρησιμεύει ὅπως συλλέγη καὶ συγκεντρώη τὰ ἠχητικὰ κύματα. Εἰς τὸν πυθμένα αὐτοῦ προσαρμύζεται διὰ τῶν περάτων του λεπτὸν ἔλασμα χαλύβδινον Χ, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου στηρίζεται χαλυβδίνη ἀκίς δευτέτη καὶ οὔτω πως, ὥστε αὕτη μόλις νὰ ἐγγίξῃ τὸ φύλλον τοῦ κασιτέρου. Ἡ ἀκίς αὕτη κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ κυλίνδρου μετατίθεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ καὶ μένει διαρκῶς ἐντὸς τῆς ἐλικοειδοῦς ἐνσκαφῆς. Τὸ ἔλασμα μετὰ τῆς ἀκίδος ἀποτελεῖ τὸ καλούμενον διάφραγμα.



Σχ. 24. Κωνικὸν ὑποστήριγμα με ἀκίδα.

Β΄) *Χάραξις τῆς φωνῆς.* Ὁμιλοῦμεν μεγαλοφώνως ἐνώπιον τοῦ κωνικοῦ ὑποστηρίγματος καὶ πολὺ πλησίον αὐτοῦ καὶ συγ-

(1) Ὁ Thomas Edison ἐγεννήθη ἐν Ἀμερικῇ τῷ 1847. Ἐπενόησε ἢ ἐτελειοποίησε μέγαν ἀριθμὸν συσκευῶν. Εἰς αὐτὸν ἀποδίδεται ἡ ἀνακάλυψις τοῦ φωνογράφου, καὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ λύχνου διὰ τῆς πυρακτώσεως.

χρόνως στρέφομεν τὸν κύλινδρον. Τὸ ἔλασμα τοῦ ὑποστηρίγμα-  
τος τίθεται ὑπὸ τῆς φωνῆς μας εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἣτις μετα-  
δίδεται καὶ εἰς ἀκίδα. Αὕτη παλλομένη χαράσσει ἐπὶ τοῦ φύλλου  
τοῦ κασσιτέρου ἑλικοειδῆ σειρὰν κοιλοτήτων, τῶν ὁποίων τὸ μὲν  
βάθος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου, ἡ δὲ ἀπόστασις ἐκ  
τοῦ ὕψους αὐτοῦ. Αἱ κοιλότητες αὗται εἶνε ἡ χαραχθεῖσα φωνή,  
ἣτις δύνανται νὰ ἀναπαραχθῇ.

Γ') **Ἀναπαραγωγή τῆς φωνῆς.** Ἐπαναφέρομεν τὴν ἀκίδα  
εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἑλικοειδοῦς σειρᾶς τῶν κοιλοτήτων, καὶ περι-  
στρέφομεν τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν καὶ μὲ τὴν αὐ-  
τὴν ταχύτητα. Ἡ ἀκὶς θὰ συναντᾷ τὰς κοιλότητας, τὰς ὁποίας  
προηγουμένως εἶχε χαράξει, καὶ θὰ ἀναγκάζεται νὰ ἀνέροχηται  
καὶ κατέροχηται συμπαρασύρουσα καὶ τὸ ἔλασμα. Τοιοῦτοτρόπως  
τὸ ἔλασμα ἐκτελεῖ τὰς ἰδίας παλμικὰς κινήσεις, τὰς ὁποίας προη-  
γουμένως ἐδέχθη, καὶ τὰς ἀποδίδει εἰς τὸν ἀέρα καὶ ὡς ἐκ τού-  
του θὰ ἀναπαραχθῶσιν οἱ αὐτοὶ ἀκριβῶς ἤχοι.

**Συμπέρασμα.** Διὰ τῶν φωνογράφων ἀποδεικνύεται ὅτι οἱ  
ἤχοι ὀφείλονται εἰς τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν ἠχογόνων σωμάτων.

**24. Τελειοποίησις τοῦ φωνογράφου τοῦ Edison.** Ἡ  
θαυμασία αὕτη συσκευή ὑπέστη σὺν τῷ χρόνῳ πολλὰς τελειο-  
ποιήσεις, διὰ τῶν ὁποίων ἀφ' ἑνὸς ἐξησφαλίσθη ἡ ἀκρίβεια καὶ  
ἡ εὐκρίνεια τῶν ἤχων καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐξηλείφθη τὸ ὑπόρρινον  
αὐτῶν. Ἡ ἐνίσχυσις τῶν ἤχων γίνεται δι' εὐρέος μεταλλίνου κώ-  
νου ἐφαρμοζομένου ἐπὶ τοῦ διαφράγματος, ἡ δὲ περιστροφή τοῦ  
κύλινδρου ἐπιτυγχάνεται οὐχὶ διὰ στροφάλου, ἀλλὰ διὰ μηχανι-  
σμοῦ ὥρολογιακοῦ. Ἄντι δὲ τοῦ φύλλου τοῦ κασσιτέρου χρησι-  
μοποιεῖται κύλινδρος ἐκ μείγματος κηροῦ καὶ ρητίνης.

Ἡ σπουδαιότερα τροποποιήσις ἐγένετο εἰς τὸ διάφραγμα.  
Τοῦτο εἶνε διπλοῦν, καὶ τὸ μὲν ἐν χρησιμοποιεῖται κατὰ τὴν χά-  
ραξιν τῆς φωνῆς καὶ κατασκευάζεται ἀπὸ χαλύβδινον ἔλασμα  
μετ' ἀκίδος, τὸ δὲ ἕτερον χρησιμοποιεῖται κατὰ τὴν ἀναπαρα-  
γωγὴν τῆς φωνῆς καὶ κατασκευάζεται ἀπὸ λεπτοτάτην ὑαλίνην  
πλάκα, ἢ λεπτότατον πέταλον μαρμαρυγίου.

**25. Φωνογράφοι μὲ δίσκους.** (γραφόφωνα). Κατὰ τὰ  
τελευταῖα ἔτη οἱ φωνογράφοι μὲ κύλινδρους ἀντικατεστάθησαν  
διὰ φωνογράφων μὲ δίσκους εἰς τοὺς ὁποίους οἱ κατασκευασταὶ

ἔδωκαν τὸ ὄνομα **γραφόφωνα** (σχ. 25). Εἰς ταῦτα ἡ φωνὴ χα-  
ράσσεται ἐπὶ δίσκου κατασκευασμένου ἐκ πλαστικῆς οὐσίας  
(μείγμα κηροῦ καὶ ρητίνης) ὑπὸ μορφὴν οὐχὶ πλέον ἑλικοειδῆ,  
ἀλλὰ σπειροειδῆ. Τοιοῦτοτρόπως καὶ ἡ σπείρα παρουσιάζει πολὺ



Σχ. 25 Γραφόφωνον.

μεγαλύτερον μῆκος καὶ ἡ τοποθέτησις τῶν διαφραγμάτων γίνε-  
ται ἀκριβεστέρα καὶ κατὰ τὴν χάραξιν τῆς φωνῆς καὶ κατὰ τὴν  
ἀναπαραγωγὴν αὐτῆς, ἐπὶ πλέον δὲ χρησιμοποιοῦνται καὶ αἱ  
δύο ὄψεις τοῦ δίσκου.

**26. Κατασκευὴ τῶν δίσκων τοῦ φωνογράφου.**—Ὅταν ἡ φωνὴ χα-  
ραχθῇ ἀπαξ ἐπὶ ἑνὸς δίσκου, δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν δι' αὐτοῦ  
ὅσοιδήποτε ἀντίτυπα θέλομεν. Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ νὰ κατασκευάσωμεν  
διὰ τῆς γαλβανοπλαστικῆς τὸν τύπον, ἢ τὴν μήτραν τοῦ δίσκου τούτου.  
Τὸν τύπον πληροῦμεν κατόπιν δι' οὐσίας ἣτις ἐν θερμῷ εἶναι μαλακὴ  
καὶ πλαστικὴ καὶ τὴν συμπιέζομεν καλῶς ἐντὸς αὐτοῦ διὰ νὰ ἀποτυ-  
πωθῶσιν ἐπ' αὐτῆς ὅλαι αἱ λεπτομέρειαι τοῦ τύπου. Ἡ οὐσία κατόπιν  
ψυχρὴν σκληρύνεται καὶ οὕτω σχηματίζεται δίσκος ἀναπαριστῶν τὸν  
ἀρχικόν.

27. *Ἐφαρμογαὶ τοῦ φωνογράφου εἰς τὴν διδασκαλίαν.*— Ὁ φωνογράφος ἐφημιόσθη διὰ τὴν διδασκαλίαν τῶν ξένων γλωσσῶν. Ἡ χάρις τῶν λέξεων γίνεται ὑπὸ καταλλήλου προσώπου διὰ νὰ ἀναπαράγεται ἡ ὀρθὴ προφορὰ τῶν λέξεων. Ἡ τοιαύτη μέθοδος ἐτελειοποιήθη βραδύτερον σημαντικῶς διὰ τῆς χρήσεως τοῦ *Pathegraphe*. Διὰ τῆς συσκευῆς ταύτης, καθ' ὃν χρόνον ἀναπαράγονται αἱ λέξεις, μία χαρτίνη ταινία, ἐφ' ἧς εἶναι τυπωμένοι αἱ ἀκούμεναί λέξεις, ἐκτυλίσσεται πρὸ τῶν ὀφθαλμῶν τοῦ ἀκροατοῦ ἐν τελείῳ συγχρονισμῷ μετὰ τοῦ φωνογράφου. Οὕτω ὁ ἀκροατὴς βλέπει τὴν λέξιν γεγραμμένην, καθ' ἣν στιγμὴν ἀκριβῶς ἀκούει τὴν προφορὰν αὐτῆς. Ἀμφότερα λοιπὸν τὰ αἰσθητήρια ὄργανα, τῆς ὁράσεως καὶ τῆς ἀκοῆς, ὑφίστανται ἐντυπώσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

### ΠΑΛΛΟΜΕΝΑΙ ΧΟΡΔΑΙ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

28. *Ὅρισμοί.*—Καλοῦνται *χορδαὶ* ἐν τῇ ἀκουστικῇ, νήματα ἐκ μετάλλου ἢ ἐξ ἐντέρου, λίαν τεταμένα διὰ νὰ εἶναι ἐλαστικά, καὶ *ἐγχορδα ὄργανα* τὰ μουσικὰ ὄργανα εἰς τὰ ὁποῖα οἱ ἤχοι παράγονται διὰ χορδῶν. Εἰς τὰ ὄργανα ταῦτα αἱ χορδαὶ τίθενται εἰς παλμικὴν κίνησιν διὰ διαφόρων μέσων, εἴτε διὰ δοξαρίου (βιολίον, λύρα), εἴτε διὰ πέννας (μανδολῖνον), εἴτε διὰ τοῦ δακτύλου (κιθάρα, ἄρπα), εἴτε διὰ πλήκτρον (κλειδοκύμβαλον).

29. *Νόμοι τῶν παλμῶν τῶν χορδῶν.*—*Πειράματα.* 1ον Πλήττομεν διὰ τοῦ δοξαρίου μίαν χορδὴν τοῦ βιολίου ὥστε πάλεται αὕτη κατ' ἀρχὰς ὀλόκληρος, ἔπειτα μόνον τὸ ἥμισυ αὐτῆς (πρὸς τοῦτο πρὶν τὴν πλήξωμεν τὴν πιέξωμεν διὰ τοῦ δακτύλου μᾶς ἀκριβῶς εἰς τὸ μέσον). Ὁ ἤχος ἐν τῇ δευτέρῃ περιπτώσει μᾶς φαίνεται δεξύτερος τοῦ πρώτου. Ὅσῳ λοιπὸν βραχυτέρα εἶναι ἡ χορδὴ τόσο δεξύτερος εἶναι ὁ ἤχος.

2ον) Πλήττομεν μίαν χορδὴν λεπτοτέραν ἀλλὰ τεταμένην ἐξ ἴσου. Ὁ ἤχος μᾶς φαίνεται δεξύτερος. Ὅσῳ λοιπὸν λεπτοτέρα εἶναι ἡ χορδὴ, τόσο δεξύτερος εἶναι ὁ ἤχος.

3ον) Τεντώνομεν περισσότερον τὴν προηγουμένην χορδὴν καὶ κατόπιν τὴν πλήττομεν. Ὁ ἤχος μᾶς φαίνεται δεξύτερος. Ὅσῳ λοιπὸν περισσότερον τεταμένη εἶναι ἡ χορδὴ, τόσο δεξύτερος εἶναι ὁ ἤχος.

4ον) Πλήττομεν μίαν χορδὴν μεταλλίνην καὶ μίαν ἐξ ἐντέρου αἰτίνες νὰ ἔχωσι τὸ αὐτὸ μῆκος, τὸ αὐτὸ πάχος καὶ νὰ τείνωνται ἐξ ἴσου. Οἱ ἤχοι μᾶς φαίνονται διάφοροι. Ὁ ἤχος λοιπὸν μεταβάλλεται μετὰ τῆς φύσεως τῆς χορδῆς.

*Νόμοι.* Διὰ πειραμάτων εὐρέθη ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ κατὰ δευτερόλεπτον μία χορδὴ ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς νόμους:

*Πρῶτος νόμος. Εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ μήκους τῆς χορδῆς* (νόμος τῶν μηκῶν). Παράδειγμα: Ἐὰν λάβωμεν τρεῖς χορδὰς τῶν ὁποίων τὰ μήκη (παλλόμενον μέρος) νὰ εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1,2,3, οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν αὐτῶν κατὰ δευτερόλεπτον θὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 3,2,1. Δηλ. ἡ μὲν πρώτη ἐκτελεῖ τριπλασίους παλμούς, ἡ δὲ δευτέρα διπλασίους ἐκείνων τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ἡ τρίτη ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Ἡ πρώτη λοιπὸν θὰ ἀποδώσῃ δεξύτερον ἤχον, ἡ δὲ τρίτη βαρύτερον τῆς δευτέρας.

*Δεύτερος νόμος. Εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς διαμέτρου τῆς χορδῆς* (νόμος τῶν διαμέτρων). Παράδειγμα: Ἐὰν λάβωμεν τρεῖς χορδὰς τῶν ὁποίων αἱ διαμέτροι νὰ εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1,2,3, οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν αὐτῶν κατὰ δευτερόλεπτον θὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 3,2,1. Δηλ. ἡ μὲν πρώτη ἐκτελεῖ τριπλασίους παλμούς, ἡ δὲ δευτέρα διπλασίους ἐκείνων τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ἡ τρίτη ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Ἡ πρώτη λοιπὸν θὰ ἀποδώσῃ δεξύτερον ἤχον, ἡ δὲ τρίτη βαρύτερον τῆς δευτέρας.

*Τρίτος νόμος. Εἶναι ἀνάλογοι τῆς τετραγωνικῆς ὀξείας τοῦ τείνοντος τὴν χορδὴν βάρους* (νόμος τῶν βαρῶν). *Παράδειγμα:* Ἐὰν λάβωμεν τρεῖς χορδὰς καὶ τείνωμεν αὐτὰς διὰ βαρῶν ἄτινα νὰ εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1,4,9, οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν αὐτῶν κατὰ δευτερόλεπτον θὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1,2,3, οἷτινες εἶναι αἱ τετραγωνικαὶ ὀξίαι τῶν 1,4,9. Δηλ. ἡ μὲν τρίτη ἐκτελεῖ τριπλασίους παλμούς, ἡ δὲ δευτέρα διπλασίους ἐκείνων τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ἡ πρώτη ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Ἡ τρίτη λοιπὸν θὰ ἀποδώσῃ δεξύτερον ἢ δὲ πρώτη βαρύτερον τῆς δευτέρας.

*Τέταρτος νόμος. Εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ὀξείας τῆς πυκνότητος τῆς χορδῆς* (νόμος τῶν πυκνο-

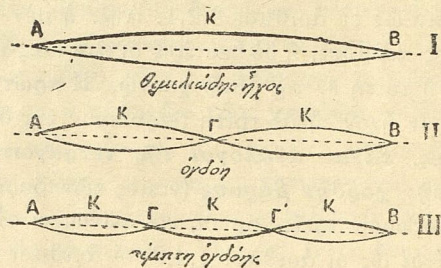
τήτων). Παράδειγμα: Ἐὰν λάβωμεν δύο σύρματα ἰσοπαῆ ἰσομήκη καὶ ἕξ ἴσου τεταμένα κατεσκευασμένα ἐκ δύο μετάλλων τῶν ὁποίων αἱ πυκνότητες νὰ εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1,4 οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν αὐτῶν κατὰ δευτερόλεπτον θὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 2,1 οἵτινες εἶναι τετραγωνικαὶ ῥίζαι τῶν 4,1. Δηλ. Τὸ πρῶτον σύρμα (τὸ ἀραιότερον) ἐκτελεῖ διπλασίους παλμούς ἐκείνων τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ τὸ δεύτερον (τὸ πυκνότερον) ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Τὸ πρῶτον λοιπὸν θὰ ἀποδώσῃ ὀξύτερον ἦχον τὸ δὲ δεύτερον βαρύτερον.

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

$$\Pi = \frac{1}{\delta \cdot \mu} \sqrt{\frac{B}{\pi \cdot \varepsilon}}$$

Ἐνθα Π παριστᾷ τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον, δ τὴν διάμετρον τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τῆς χορδῆς, μ τὸ μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους τῆς χορδῆς, Β τὸ βᾶρος τὸ τεῖνον τὴν χορδὴν, ε τὴν πυκνότητα τῆς χορδῆς καὶ π τὸν λόγον τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον.

30. Ἄρμονικοὶ ἦχοι τῶν χορδῶν. Πειράματα.— 1ον Χορδὴν τεταμένην θέτομεν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Παρατηροῦμεν



Σχ. 27. Τρόπος παραγωγῆς ἁρμονικῶν ἡχῶν ὑπὸ χορδῶν.

ὅτι πάντα τὰ σημεῖα τῆς πάλλονται ἐκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας των, καὶ ἡ χορδὴ παρουσιάζεται ὑπὸ τὴν μορφήν τοῦ σχήματος 27, I, ἥτοι ὡς μία δέσμη ἀτρακτοειδῆς. Ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον παράγει ἡ χορδὴ ὅταν πάλλεται ὑπὸ μορφήν μιᾶς ἀτρακτοειδοῦς δέσμης, λέγεται *θεμελιώδης ἦχος* αὐτῆς, ἢ *πρῶτος ἁρμονικός*.

2ον Τοποθετοῦμεν εἰς τὸ μέσον ἀκριβῶς Γ (σχ. 27, II) τεταμένης χορδῆς ξύλινον ὑποστήριγμα, καὶ θέτομεν εἰς παλμικὴν κίνησιν μόνον τὸ ἐν τμήμα αὐτῆς λ. χ. τὸ ΑΓ. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὸ ἕτερον τμήμα τῆς χορδῆς πάλλεται αὐτομάτως καὶ ἐκτελεῖ κινήσεις, αἵτινες καθ' ἑκάστην στιγμὴν εἶναι ἀντίθετοι πρὸς τὰς κινήσεις τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ πρῶτον τμήμα. Ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον παράγει ἡ χορδὴ ὅταν πάλλεται ὑπὸ μορφήν δύο δεσμῶν ἀτρακτοειδῶν, εἶναι ὀξύτερος ἀντιστοιχῶν εἰς ἀριθμὸν παλμῶν διπλάσιον (1ος νόμος) καλεῖται δὲ *δεύτερος ἁρμονικός*.

3ον Τοποθετοῦμεν εἰς τὸ τρίτον ἀκριβῶς Γ ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἄκρου Α τῆς χορδῆς ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ θέτομεν εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸ τμήμα Α Γ (σχ. 27, III). Παρατηροῦμεν, ὅτι καὶ τὸ λοιπὸν μέρος Γ Β πάλλεται, ὑποδιαιρούμενον *αὐτομάτως* εἰς δύο τμήματα ἴσα Γ Γ' καὶ Γ' Β, ἅτινα πάλλονται κεχωρισμένως καὶ ἀντιθέτως πρὸς ἄλληλα. Ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον παράγει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλλεται ὑπὸ μορφήν τριῶν δεσμῶν ἀτρακτοειδῶν, εἶναι ἀκόμη ὀξύτερος ἀντιστοιχῶν εἰς ἀριθμὸν παλμῶν τριπλάσιον (1ος νόμος) καλεῖται δὲ *τρίτος ἁρμονικός*.

Ὅμοιως δυνάμεθα νὰ κάμωμεν τὴν χορδὴν νὰ παραγάγῃ καὶ τοὺς ἄλλους ἁρμονικούς, τέταρτον, πέμπτον κλπ.

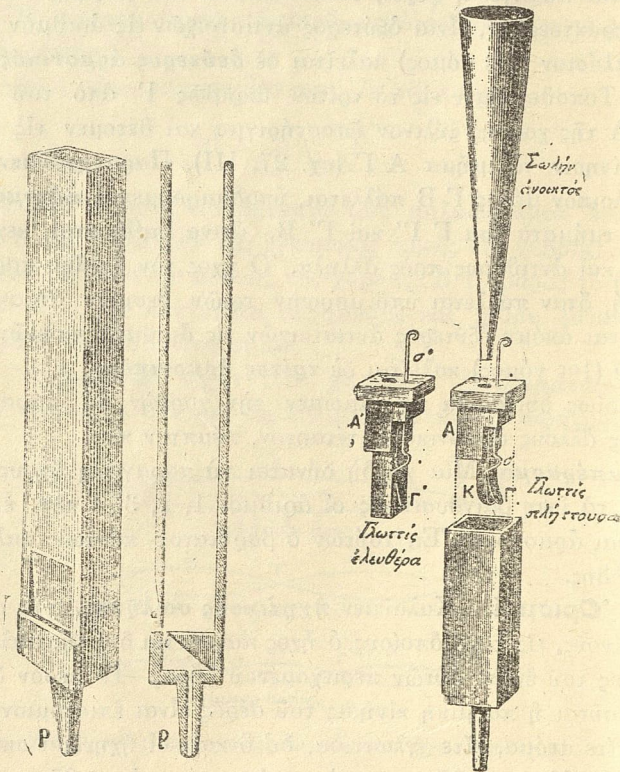
**Συμπέρασμα.** Μία χορδὴ δύναται νὰ παραγάγῃ ἦχους τῶν ὁποίων τὰ ὑψη βαίνουσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3, 4 κλπ. ἐπομένως εἶναι ἁρμονικοί. Ἐκ τούτων ὁ βαρύτερος πάντων καλεῖται *θεμελιώδης*.

31. Ὅρισμοί.— Καλοῦμεν *ἡχητικούς σωλήνας*, τοὺς σωλήνας ἐκείνους, εἰς τοὺς ὁποίους ὁ ἦχος παράγεται διὰ τῆς παλμικῆς κινήσεως τοῦ ἐντὸς αὐτῶν περιεχομένου ἀέρος. Τὸ μέσον δι' οὗ κατορθοῦται ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἀέρος εἶναι ἐπιστόμιον, ὅπερ φέρει εἴτε στόμα, εἴτε γλωττίδα, δι' ὃ καὶ οἱ ἡχητικοὶ σωλήνες εἶναι δύο εἰδῶν, σωλήνες μετὰ *στόματος* καὶ σωλήνες μετὰ *γλωττίδος*. Τὸ ἐπιστόμιον τοῦτο χρησιμεύει ὡς ἡχητικὴ ἐστία καὶ ἐφαρμόζεται εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σωλήνος ἐνῶ ὁ σωλήν χρησιμεύει ὡς ἀντηχείον. Ἡ οὐσία ἐξ ἧς εἶναι κατεσκευασμένοι οἱ ἡχητικοὶ σωλήνες δὲν ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ὕψους τοῦ ἡχου.

32. Ἠχητικοὶ σωλήνες μετὰ στόματος.— Α') *Περιγραφή*. Εἰς τούτους τὸ ἐπιστόμιον παρουσιάζει τὴν ὑπὸ τοῦ

σχήματος 28 παριστωμένην μορφήν, ἣτοι φέρει ἐγκάρσιον ἄνοιγμα, ὅπερ καλεῖται **στόμα**. Κάτωθεν τοῦ στόματος ὑπάρχει ὄχρεός, καταλήγων εἰς στενωτάτην σχισμὴν **ι**, ἣτις καλεῖται **διαύγιον** καὶ ἐνώπιον ταύτης ἀκριβῶς ὑπάρχει ἐπὶ τοῦ τοιχώματος τοῦ σωλήνος ἀκμὴ **α** λεπτοτάτη, ἣτις καλεῖται **ἀνώτερον χεῖλος**.

Β') **Δειτουργία**.—Ἐμφυσῶμεν ἐντὸς τοῦ σωλήνος, διὰ τοῦ



Σχ. 28. Ἦχητικὸς σωλήν μετὰ στόματος.

Σχ. 29. Ἦχητικὸς σωλήν μετὰ γλωττίδος.

ἐπιστομίου, ἀέρα, εἴτε διὰ φουσητηρίου, εἴτε καὶ διὰ τοῦ στόματος μας. Ὁ ἐμφυσώμενος ἀήρ ἐξέρχεται ἀπὸ τῆς στενῆς σχισμῆς καὶ προσκρούων ἐπὶ τῆς λεπτοτάτης ἀκμῆς προκαλεῖ τὴν παλμικὴν κίνησιν αὐτῆς. Ἡ παλμικὴ δὲ κίνησις τῆς ἀκμῆς προκαλεῖ

τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ ἐν τῷ σωλήνι ἀέρος καὶ οὕτω παράγεται ὁ ἦχος.

33. **Ἦχητικοὶ σωλήνες μετὰ γλωττίδος**.—Α') **Περιγραφή**. Εἰς τούτους τὸ ἐπιστόμιον φέρει μικρὰν γλωττίδα ἐλαστικὴν, μεταλλίνην ἢ ξυλίνην, ἣ ὁποία παλλομένη ἀνοίγει καὶ κλείει διαδοχικῶς τὸ στόμιον διὰ τοῦ ὁποίου εἰσορμᾷ ὁ ἀήρ. Διακρίνομεν δὲ τὴν **ἐλευθέρην** γλωττίδα καὶ τὴν **πλήττουσαν**. Καὶ ἡ μὲν ἐλευθέρη γλωττίς πάλλεται ἔνθεν καὶ ἔνθεν θυρίδος, τὴν ὁποίαν φέρει τὸ ἐπιστόμιον ἐπὶ τῆς μιᾶς πλευρᾶς αὐτοῦ χωρὶς νὰ ἐφάπτεται τῶν χειλέων αὐτῆς ἢ δὲ πλήττουσα εἶναι κατὰ τι πλατυτέρα τῆς θυρίδος καὶ πάλλεται μόνον ἐπὶ τοῦ ἐνὸς μέρους πλήττουσα τὰ χεῖλη τῆς θυρίδος. Ἡ ἐλευθέρη καὶ ἡ πλήττουσα γλωττίς παρουσιάζουσι τὴν ὑπὸ τοῦ σχήματος 29 παριστωμένην μορφήν.

Β') **Δειτουργία**. Ἐμφυσῶμεν διὰ τοῦ ἐπιστομίου ἀέρα ὅστις ἀναγκάζει τὴν γλωττίδα νὰ τεθῇ εἰς παλμικὴν κίνησιν. Οἱ παλμοὶ τῆς γλωττίδος προκαλοῦσι τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ ἐν τῷ σωλήνι ἀέρος καὶ οὕτω παράγεται ὁ ἦχος. Τὸ μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους τῆς γλωττίδος κανονίζεται ὑπὸ στελέχους ἀγκιστροειδοῦς, οὗτινος τὸ ἄκρον ἐπακουμβᾷ ἐπὶ τῆς γλωττίδος.

### ΑΣΚΗΣΙΣ

Δύο χορδαὶ ἰσομήκεις, ἰσοπαχεῖς καὶ ἐξ ἴσου τεταμέναι, ἡ μία ἐκ χαλκοῦ καὶ ἡ ἄλλη ἐκ σιδήρου παράγουσιν ἦχον. Νὰ εὑρεθῇ ὁ λόγος τοῦ ὕψους τῶν δύο ἦχων. Πυκνότης τοῦ χαλκοῦ 8,5 τοῦ δὲ σιδήρου 7,8. (Ἀπόκρ.  $\frac{27}{29}$ ).

# ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

## Ο Π Τ Ι Κ Η

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

#### ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

**34. Ὅρισμοί.** Τὰ φαινόμενα τὰ προκαλοῦντα εἰς ἡμᾶς τὸ αἴσθημα τὸ ὁποῖον αἰσθανόμεθα διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ὁράσεως καλοῦνται **φωτεινὰ φαινόμενα**. Ἡ δὲ αἰτία ἢ προκαλοῦσα ταῦτα καλεῖται **φῶς**, καὶ τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς τὸ πραγματευόμενον περὶ τοῦ φωτός καλεῖται **ὀπτική**.

**35. Αὐτόφωτα καὶ ἑτερόφωτα σώματα.** Ὁ ἥλιος, οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, αἱ φλόγες τῶν λαμπάδων καὶ τῶν λαμπτήρων, οἱ ἀνημμένοι ἄνθρακες κ. λ. π. ἐκπέμπουσιν ἴδιον φῶς. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **αὐτόφωτα** ἢ **φωτεινὰ πηγαί**. Ἡ Σελήνη ὅμως, οἱ πλανῆται καὶ τὰ πλεῖστα τῶν ἐπὶ τῆς γῆς ἀντικειμένων δὲν ἐκπέμπουσιν ἴδιον φῶς, ἀλλὰ ξένον, δηλ. τὸ φῶς τὸ ὁποῖον λαμβάνουσι παρὰ τινος φωτεινῆς πηγῆς. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **ἑτερόφωτα**, ἢ **σκοτεινά**.

**Ὅρισμός.** Καλοῦνται **αὐτόφωτα** σώματα, ἢ **φωτεινὰ πηγαί**, τὰ σώματα ἅτινα ἐκπέμπουσιν ἴδιον φῶς, καὶ **ἑτερόφωτα** ἢ **σκοτεινὰ** σώματα ἐκεῖνα ἅτινα ἐκπέμπουσι ξένον φῶς.

Καὶ τὰ μὲν αὐτόφωτα σώματα καθίστανται ὁρατὰ εἰς ἡμᾶς πάντοτε, τὰ δὲ σκοτεινά, ἐφ' ὅσον μὲν δὲν εὐρίσκονται ἐνώπιον αὐτοφώτου σώματος μένουσιν ἀόρατα, ὅταν ὅμως εὐρεθῶσιν ἐνώπιον αὐτοφώτου σώματος καθίστανται ὁρατὰ, διότι τότε ἐκπέμπουσιν πρὸς ἡμᾶς τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς.

**36. Διαφανῆ, ἀδιαφανῆ καὶ ἡμιδιαφανῆ σώματα.** Ἡ λεία ὕαλος, τὸ διαυγὲς ὕδωρ, ὁ ἀῆρ κ. λ. π. ἀφίνουσι τὸ φῶς νὰ διέρχεται εὐκόλως διὰ μέσου αὐτῶν καὶ βλέπομεν εὐκρινῶς τὰ

ὀπισθεν αὐτῶν ἀντικείμενα. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **διαφανῆ**. Τοῦναντίον τὸ ξύλον, οἱ λίθοι, τὰ μέταλλα κλπ. δὲν ἀφίνουσι τὸ φῶς νὰ διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **ἀδιαφανῆ**. Ἡ λευκὴ ὕαλος, λεπτὴ πλάξ πορσελάνης, λεπτὸν φύλλον χάρτου, ἀφίνουσι τὸ φῶς νὰ διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν, ἀλλὰ δὲν δυνάμεθα νὰ βλέπωμεν εὐκρινῶς τὰ ὀπισθεν αὐτῶν ἀντικείμενα. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **ἡμιδιαφανῆ**.

**Ὅρισμός.** Καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα, ἐκεῖνα διὰ μέσου τῶν ὁποίων διέρχεται τὸ φῶς καὶ βλέπομεν εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα, **ἀδιαφανῆ** ἢ **σκιερὰ** τὰ μὴ ἀφίνοντα τὸ φῶς νὰ διέρχεται δι' αὐτῶν, καὶ **ἡμιδιαφανῆ** ἐκεῖνα ἅτινα ἀφίνουσι μὲν τὸ φῶς νὰ διέρχεται δι' αὐτῶν, ἀλλὰ δὲν βλέπομεν εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα.

Τὰ ἡμιδιαφανῆ σώματα μεταχειριζόμεθα, ὅταν θέλωμεν νὰ προφυλάξωμεν τοὺς ὀφθαλμούς μας ἀπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ἰσχυρῶν φωτεινῶν πηγῶν, λ. χ. τοῦ βολταϊκοῦ τόξου.

Σημειωτέον ὅτι ἡ διαφάνεια σώματός τινος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ πάχους αὐτοῦ. Οὕτω πάντα τὰ σώματα εἶναι κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἡμιδιαφανῆ ἢ διαφανῆ, ὅταν λαμβάνωνται ὑπὸ μορφῆν φύλλων λεπτοτάτων· π. χ. φύλλα χρυσοῦ, φύλλα σιγαροχάρτου, λεπτιοτάτη πλάξ πορσελάνης κ. λ. π.

**37. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός. Πειράματα.** 1ον. Ἐὰν ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου εἰσέλθωσι διὰ τινος μικρᾶς ὀπῆς ἡλιακαὶ ἀκτίνες, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι αὐταὶ παράγουσιν ἐν τῷ δωματίῳ μίαν φωτεινὴν δέσμη, ἣτις ἀναχωρεῖ ἐκ τῆς ὀπῆς καὶ ὁδεύει κατ' εὐθείαν γραμμῆν. Ἡ δέσμη αὕτη εἶναι ὁρατὴ ἀπὸ ὅλας τὰς διευθύνσεις τοῦ δωματίου, διότι φωτίζονται κατὰ τὴν πορείαν αὐτῆς τὰ μόρια τοῦ κονιορτοῦ, τὰ αἰωρούμενα ἐν τῷ ἀέρι τοῦ δωματίου.

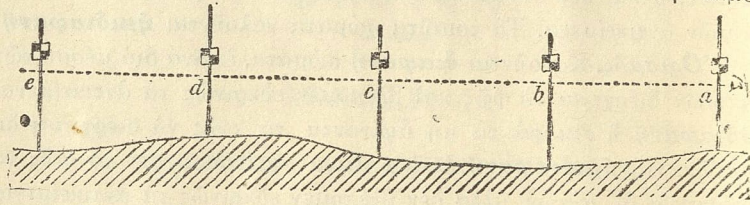
2ον. Ἐὰν σκιερὸν σῶμα παρενθέσωμεν εἰς τι μόνον μέρος τῆς φωτεινῆς δέσμης, τοῦτο καλύπτει μέρος τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας τοῦ τοίχου ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει ἡ δέσμη.

3ον. Ἐὰν παρενθέσωμεν σκιερὸν σῶμα ἐπὶ τῆς εὐθείας γραμμῆς, ἣτις ἐνώνει τὸν ὀφθαλμὸν μας μετὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, λ. χ. τῆς φλογὸς λαμπάδος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι δὲν δυνάμεθα πλέον νὰ ἴδωμεν τὸ φῶς.

**Συμπέρασμα.** Τὸ φῶς διαδίδεται ἐν τῷ ἀέρι εὐθυγραμμῶς.

Εὐθύγραμμως διαδίδεται τὸ φῶς καὶ εἰς πάντα τὰ ὁμοιομερῆ<sup>(1)</sup> καὶ διαφανῆ σώματα.

Χάρις εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός, ὁ τοπογράφος δύναται νὰ χαράξῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους μίαν εὐθεῖαν γραμμὴν μεταξὺ δύο σημείων. Πρὸς τοῦτο ἐμπηγνύει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, εἰς τὰ δύο σημεῖα, δύο κοντούς (σχ. 30) καὶ τοποθετεῖ τὸν ὀφθαλμὸν



Σχ. 30. Χάραξις εὐθείας γραμμῆς ἐπὶ τοῦ ἐδάφους χάρις εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

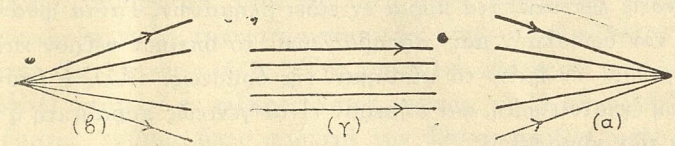
του πλησίον τοῦ ἑνὸς ἐξ αὐτῶν. Ἐπειτα βοηθὸς ἐμπηγνύει μεταξὺ αὐτῶν ἄλλους κοντούς, οὕτως ὥστε πάντες νὰ ἀποκρύπτονται ὀπισθεν τοῦ πρώτου πρὸ τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμὸς. Οὕτω πάντες οἱ κοντοὶ εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας γραμμῆς.

**Σημείωσις.** Ἐν τῇ περιπτώσει ὅμως τῆς ἀνακλάσεως καὶ τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός, περὶ τῶν ὁποίων πραγματευόμεθα κατωτέρω, τὸ φῶς ὁδεύει κατὰ τεθλασμένην γραμμὴν.

**38. Ἀκτίνες φωτειναὶ καὶ δέσμαι φωτειναί.** — Πᾶσα εὐθύγραμμος διεύθυνσις, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς, καλεῖται **ἀκτὶς φωτεινῆ**. Τὸ δὲ σύνολον πολλῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, αἵτινες ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς αὐτῆς φωτεινῆς πηγῆς, καλεῖται **δέσμη φωτεινῆ**. Διακρίνομεν τρεῖς διαφόρους δέσμας φωτεινάς, α) τὰς **συγκλινούσας**, ὅταν αἱ συνιστώσαι αὐτὰς ἀκτίνες βαίνωσι συγκλίνουσαι (σχ. 31, α), β) τὰς **ἀποκλινούσας**, ὅταν αἱ ἀκτίνες βαίνωσιν ἀποκλίνουσαι (σχ. 31, β) καὶ γ) τὰς **παράλληλους**, ὅταν αἱ ἀκτίνες βαίνωσι παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας (σχ. 31, γ), ὅπως εἶναι αἱ ἡλιακαὶ ἀκτίνες. Τοιαύτας δέσμας παρατηροῦμεν κατὰ τὴν εἴσοδον τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ σκοτεινοῦ δωματίου διὰ τινος μικρᾶς ὀπῆς, εἰς τοὺς προβολεῖς τῶν πλοίων καὶ τῶν κινηματογράφων.

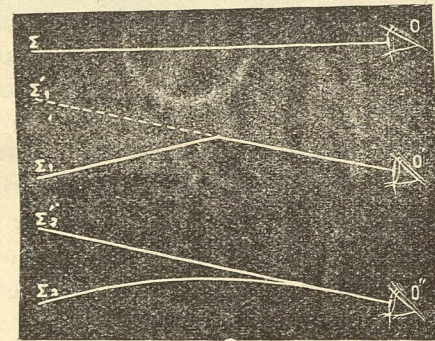
(1) Ὅμοιομερῆ λέγονται τὰ σώματα, ἅτινα ἔχουσι καθ' ὅλα αὐτῶν τὰ σημεῖα τὴν αὐτὴν χημικὴν σύνθεσιν καὶ τὴν αὐτὴν πυκνότητα.

**39. Διεύθυνσις καθ' ἣν βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα.** — Ὅταν ἡ φωτεινὴ δέσμη, ἀναχωροῦσα ἐκ τινος φωτοβόλου ἀντι-



Σχ. 31. Φωτειναὶ δέσμαι συγκλίνουσαι (α), ἀποκλίνουσαι (β), καὶ παράλληλοι (γ).

κειμένου ὁδεύῃ καθ' εὐθεῖαν γραμμὴν μέχρι τοῦ ὀφθαλμοῦ μας (σχ. 32), τότε βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται. Ὅταν ὅμως ἡ φωτεινὴ δέσμη, ἕνεκα οἰασδήποτε αἰτίας, ἀκολουθοῦσα τεθλασμένην ἢ καμπύλην γραμμὴν εἰσέλθῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, τότε δὲν βλέπομεν πλέον τὸ ἀντικείμενον εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν, ἀλλὰ εἰς τὴν διεύ-



Σχ. 32. Διεύθυνσις, καθ' ἣν βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα.

θυσιν τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ φωτεινὴ δέσμη καθ' ἣν στιγμὴν αὕτη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν. Ἐνεκα τούτου ἐπέρχονται ὀπτικαὶ ἀπάται, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

**40. Ὑποθέσεις πρὸς ἐξήγησιν τῶν φωτεινῶν φαινομένων. Αἰθῆρ.** — Πρὸς ἐξήγησιν τῶν φωτεινῶν φαινομένων ἐγένοντο πολλαὶ ὑποθέσεις, ἐκ τῶν ὁποίων αἱ σπουδαιότεραι εἶναι δύο, ἡ **θεωρία τῆς ἐκπομπῆς** καὶ ἡ **θεωρία τῶν κυμάνσεων**.

**Θεωρία τῆς ἐκπομπῆς.** Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην παρεδέχοντο ὅτι τὰ φωτογόνα σώματα ἐκπέμπουσι καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις λεπτεπίλεπτα μόρια ἐν εἴδει βλημάτων. Ταῦτα φθάνοντα εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας προσβάλλουσι τὸ ὀπτικὸν νεῦρον καὶ παράγουσιν ἐν ἡμῖν τὸ αἶσθημα τῆς ὁράσεως. Ἄλλ' ἢ ὑπόθεσις αὕτη ἐγκατελείφθη, καὶ σήμερον εἶναι γενικῶς παραδεκτὴ ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων.

**Θεωρία τῶν κυμάνσεων.** Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην παρεδέχονται, ὅτι τὰ μόρια τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἐκτελοῦσι παλμικὰ κινήσεις ταχυτάτας, αἵτινες μεταδίδονται εἰς εἰδικὴν οὐσίαν, ἣτις ὀνομάσθη **αἰθήρ**, ἐντὸς τῆς ὁποίας παράγονται σφαιρικὰ κύματα καλούμενα **φωτεινά**. Τὰ κύματα ταῦτα, φθάνοντα μέχρι τῶν ὀφθαλμῶν μας, παράγουσιν ἐν ἡμῖν τὸ αἶσθημα τῆς ὁράσεως. Αἱ διευθύνσεις καθ' ἃς μεταδίδονται τὰ φωτεινὰ κύματα καλοῦνται **φωτεινὰ ἀκτίνες**. Αὗται συμπίπτουσι μὲ τὰς γεωμετρικὰς ἀκτίνας τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, αἵτινες ἀποτελοῦσι τὰ φωτεινὰ κύματα.

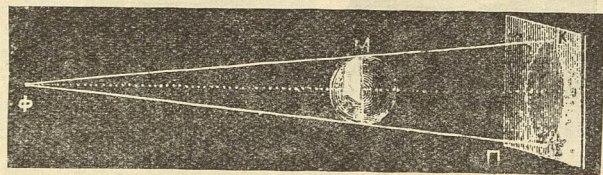
Ἐπὶ τῆς ἀναλογίας μεταξὺ φωτός καὶ ἤχου· διότι ὅπως ὁ ἤχος ἀφείλεται εἰς τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν ἠχογόνων σωμάτων, ἣτις διαδίδεται διὰ τῶν σταθμητῶν σωμάτων, οὕτω καὶ τὸ φῶς ἀφείλεται εἰς τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν φωτεινῶν πηγῶν, ἣτις διαδίδεται διὰ τοῦ αἰθέρος. Ὁ αἰθήρ θεωρεῖται ὡς οὐσία ἀραιοτάτη μὴ δυναμένη νὰ σταθμισθῇ (!), ἣτις εἶναι τελείως ἐλαστικὴ καὶ συνεχὴς καὶ πληροῖ πάντα τὰ οὐράνια διαστήματα, πρὸς δὲ τοὺς μοριακοὺς πόρους τῶν διαφανῶν σωμάτων καὶ τοὺς χώρους οἵτινες ἀποτελοῦσι τὰ καλούμενα **κενά**.

**Μῆκος τοῦ κύματος.** Ἡ κατάστασις τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος περὶ τὴν φωτεινὴν πηγὴν κατὰ τινὰ χρονικὴν στιγμὴν δύναται νὰ παρασταθῇ, ὅπως καὶ ἐν τῇ περιπτώσει τῶν ὑδατηρῶν

(1) Λέγοντες ὅτι ὁ αἰθήρ εἶναι οὐσία ἀστάθμητος, ἐννοοῦμεν, ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ ζυγίσωμεν ταύτην διὰ τῶν γνωστῶν εἰς ἡμᾶς μέσων. Τοῦτο ἐννοοῦμεν διὰ τοῦ ἐξῆς παραδείγματος. Τεμάχιον μόσχου δύναται ἐπὶ πολὺν χρόνον νὰ ἐκπέμπῃ μόρια καὶ νὰ ἀρωματίξῃ τὸν ἀέρα αἰθούσης. Καὶ ὅμως ἡ ἐκπομπὴ αὕτη δὲν δύναται νὰ προσδιορισθῇ διὰ τοῦ ζυγοῦ, ὅσονδήποτε εὐπαθῆς καὶ ἂν εἶναι οὗτος, ἐνεκα τοῦ ἐλαχίστου βάρους τῶν ἐκπεμπομένων μορίων.

κυμάτων, διὰ καμπύλης γραμμῆς (σχ. 8). Ἐν τῷ σχήματι τούτῳ ἢ μὲν εὐθεῖα  $AB$  θεωρεῖται ὡς μία τῶν ἀκτίνων τῶν σφαιρικῶν κυμάτων τοῦ φωτός, ἢ δὲ καμπύλη  $AMNO$  παριστᾷ, κατὰ τινὰ χρονικὴν στιγμὴν, τὴν κατάστασιν τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος κατὰ μῆκος τῆς ἀκτίνος ταύτης. Τῆς καμπύλης ταύτης τὸ μὲν τμήμα  $AMNO$  ἀποτελεῖ ἐν **πλήρῳ κύμα** φωτός, τὸ δὲ μῆκος  $AO$  τοῦ τμήματος τούτου, ὅπερ παριστᾷ τὴν ἀπόστασιν δύο διαδοχικῶν μορίων τοῦ αἰθέρος, ἅτινα κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν ἔχουσι τὴν αὐτὴν φάσιν κινήσεως, καλεῖται **μῆκος τοῦ κύματος**.

**41. Σκιά καὶ ὑποσκίασμα.**— Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἐνώπιον φωτεινῆς πηγῆς  $\Phi$  (σχ. 33), ἣτις, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς



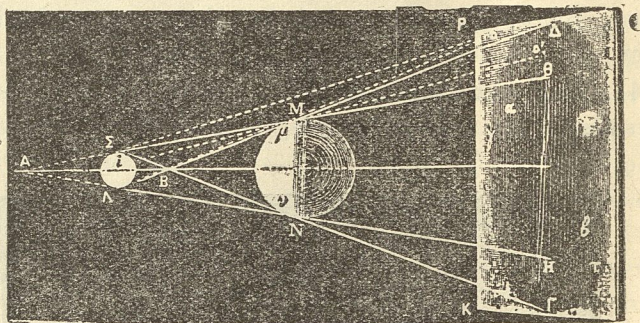
Σχ. 33. Τρόπος σχηματισμοῦ σκιάς.

μεῖον, θέτομεν σῶμα σκοτεινὸν καὶ σκιερὸν, μίαν σφαῖραν  $M$  λ. χ. Θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὀπισθεν αὐτοῦ ὑπάρχει γῶρος, εἰς τὸν ὁποῖον δὲν δύναται νὰ εἰσέλθῃ τὸ φῶς, καθ' ὅσον τοῦτο παρεμποδίζεται ὑπὸ τοῦ σώματος ὅμοιον οὗτος καλεῖται **σκιά** τοῦ σώματος. Αὕτη, ἐν τῷ διαστήματι, ἔχει μορφήν κολούρου κώνου, ὅστις ἔχει κορυφὴν τὴν φωτεινὴν πηγὴν  $\Phi$  καὶ ἐφάπτεται τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας  $M$ . Ἐπὶ πετάσματος ὁμοῦ  $\Pi$ , τὸ ὁποῖον τοποθετοῦμεν ὀπισθεν τοῦ σώματος καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ κώνου, παρουσιάζεται ὑπὸ μορφήν κυκλικὴν  $K\Sigma$ . Πᾶν σημεῖον, κείμενον ἐντὸς τοῦ κώνου τούτου καὶ ὀπισθεν τοῦ σώματος, δὲν φωτίζεται οὐδὲν ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, διότι ἢ εὐθεῖα ἢ ἐνοῦσα τὸ σημεῖον τοῦτο μὲ τὴν φωτεινὴν πηγὴν συναντᾷ τὸ σκιερὸν σῶμα.

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις, ὅπως εἶναι λ.χ. σφαῖρα φωτεινὴ  $\Sigma$  (σχ. 34), ἢ σκιά τὴν ὁποίαν ἴσπει ὀπισθεν αὐτῆς σφαῖρα σκιερὰ  $MN$ , ἔχει, ἐν τῷ διαστήματι, μορφήν κολούρου



κώνου, ὅστις εἶναι ἔξωτερικῶς περιγεγραμμένος εἰς ἀμφοτέρας τὰς σφαίρας. Ἄλλ' ἔξωθεν τῆς σκιάς ὑπάρχει καὶ χώρος ὀλίγον φωτεινός, διότι εἰς αὐτὸν εἰσέρχεται μέρος μόνον τῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεμπομένων ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ὁ χώρος οὗτος καλεῖται **ὑποσκίασμα** τοῦ σώματος. Τοῦτο περιλαμβάνεται μεταξὺ τοῦ ἔξωτερικῶς περιγεγραμμένου εἰς ἀμφοτέρας τὰς σφαι-



Σχ. 34. Τρόπος σχηματισμοῦ σκιάς καὶ ὑποσκιάσματος.

ρας κώνου καὶ τοῦ ἔσωτερικῶς περιγεγραμμένου εἰς αὐτὰς τοιούτου. Καὶ πράγματι, ἐὰν τοποθετήσωμεν πέτασμα PK ὀπισθεν τοῦ σκιεροῦ σώματος καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν ἄξονα τῶν κώνων, θέλομεν παρατηρήσει ἐπ' αὐτοῦ τρεῖς διακεκριμένας ζώνας :

1ον μίαν ζώνην κεντρικὴν τελείως σκοτεινὴν· αὕτη εἶναι ἡ σκιά.

2ον μίαν ζώνην ἔξωτερικὴν τελείως φωτεινὴν καὶ

3ον μίαν ζώνην ἐνδιάμεσον, ἣτις δὲν εἶναι οὔτε τελείως σκοτεινὴ, οὔτε τελείως φωτεινὴ· αὕτη εἶναι τὸ ὑποσκίασμα.

**Ὅρισμός.** Καλεῖται **σκιά** σώματος τινος ὁ ὀπισθεν αὐτοῦ χώρος ὁ μηδὲν φωτιζόμενος, **ὑποσκίασμα** δὲ ὁ ἐν μέρει μόνον φωτιζόμενος.

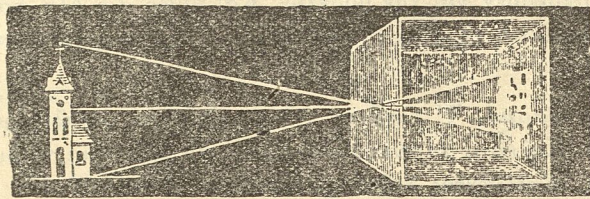
**Συμπέρασμα.** Ἡ σκιά καὶ τὸ ὑποσκίασμα εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

**42. Ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.**— Ἐὰν γράψωμεν σφαίρας, αἵτινες νὰ παριστιῶσι τὸν Ἡλίον καὶ τὴν Γῆν, καὶ φέρομεν τοὺς κώνους τοὺς ἔξωτερικῶς καὶ ἔσωτερικῶς

περιγεγραμμένους εἰς αὐτάς, θὰ ἔχωμεν τὴν σκιάν καὶ τὸ ὑποσκίασμα τῆς Γῆς. Ἡ εἴσοδος τῆς Σελήνης εἰς τὸν κώνον τῆς σκιάς καὶ τοῦ ὑποσκιάσματος τῆς Γῆς παράγει τὰς ἐκλείψεις τῆς Σελήνης μετὰ τὰς διαφόρους φάσεις αὐτῶν. Ἐὰν δὲ αἱ δύο σφαῖραι παριστιῶσι τὸν Ἡλίον καὶ τὴν Σελήνην, θὰ ἔχωμεν τὴν σκιάν καὶ τὸ ὑποσκίασμα τῆς Σελήνης. Ἡ εἴσοδος τόπου τινὸς τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἰς τὸν κώνον τῆς σκιάς καὶ τοῦ ὑποσκιάσματος τῆς Σελήνης παράγει τὰς ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου μετὰ τῶν διαφόρων φάσεων αὐτῶν.

**Συμπέρασμα.** Αἱ ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης ἐξηγούνται διὰ τῆς σκιάς καὶ τοῦ ὑποσκιάσματος.

**43. Σχηματισμὸς εἰκόνων ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου.**— Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου εἰσέρχονται



Σχ. 35. Σχηματισμὸς εἰκόνων ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου.

διὰ μικρᾶς ὀπῆς φωτειναὶ ἀκτίνες, προερχόμεναι ἐκ τινος ἔξωτερικοῦ ἀντικειμένου (σχ. 35). Αἱ ἀκτίνες προσπίπτουσαι ἐπὶ πέτασματος, ἢ ἐπὶ τῆς ἀπέναντι πλευρᾶς τοῦ δωματίου, σχηματίζουν ἐν αὐτῷ οὐκ ἴσως ὁμοιομόρφως φωτεινὴν, ἀλλ' ὀλόκληρον εἰκόνα, ἣτις εἶναι ἐντελῶς ὁμοία μετὰ τὸ ἔξωτερικὸν ἀντικείμενον, ἀλλ' ἀνεστραμμένη. Ἡ ἀντιστροφή τῆς εἰκόνος προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες διασταυροῦνται κατὰ τὴν διόδον των διὰ τῆς ὀπῆς, καὶ ἕνεκα τούτου αἱ μὲν προερχόμεναι ἐκ τῶν ὑψηλοτέρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου συναντῶσι τὸ πέτασμα ἢ τὴν πλευρὰν εἰς τὰ κατώτερα σημεία, αἱ δὲ ἐκ τῶν κατωτέρων σημείων, εἰς τὰ ἀνώτερα. Ἐὰν ἡ ὀπή εἶναι λίαν μικρὰ, ἡ εἰκὼν θὰ εἶναι μὲν εὐκρινεστέρα, ἀλλὰ δὲν θὰ εἶναι πολὺ φωτεινὴ.

**Συμπέρασμα.** Ὁ σχηματισμὸς τῶν εἰκόνων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

**44. Ταχύτης τοῦ φωτός.**— Α') **Πειράματα.** 1ον. Ἐὰν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀφ' ἡμῶν ἐκπυρσοκροτήσῃ ἐν καιρῷ νυκτὸς πυροβόλον, θὰ ἴδωμεν κατὰ πρῶτον τὴν λάμψιν τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς θὰ ἀκούσωμεν καὶ τὸν κρότον αὐτῆς.

2ον. Ἐὰν ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως παρατηρήσωμεν κυνηγὸν νὰ πυροβολῇ, θὰ ἴδωμεν κατὰ πρῶτον τὸν καπνὸν τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς θὰ ἀκούσωμεν καὶ τὸν κρότον αὐτῆς.

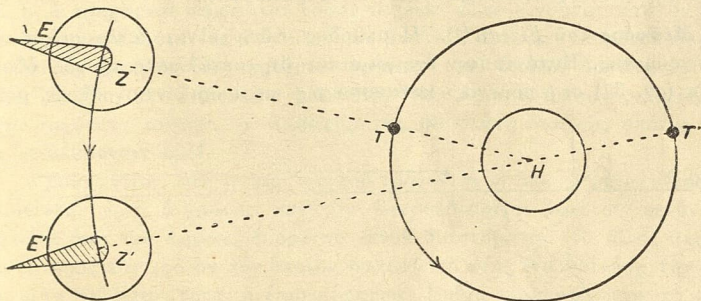
3ον. Ὅταν κατὰ χειμῶνα παράγεται θύελλα (ἀστραπή καὶ βροντή), βλέπομεν κατὰ πρῶτον τὴν ἀστραπὴν καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν καὶ τὴν βροντὴν. Καὶ ὅμως εἰς ὅλα τὰ ἀνωτέρω πειράματα, τὸ φῶς, ὁ καπνὸς καὶ ὁ ἦχος παρήχθησαν ταυτοχρόνως.

**Συμπέρασμα.** Ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ ἤχου. Καλεῖται **ταχύτης** τοῦ φωτός τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπ' αὐτοῦ ἐντὸς 1 δευτερολέπτου.

**Β') Μέθοδοι προσδιορισμοῦ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός.**  
Ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι παμμεγίστη. Καὶ πράγματι, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ὑπὸ τὰς συνήθεις περιστάσεις ἀδυνατοῦμεν νὰ προσδιορίσωμεν τὸ χρονικὸν διάστημα, τὸ μεσολαβοῦν μεταξὺ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν παρήχθη φωτεινὸν φαινόμενον καὶ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν τοῦτο ἐγένετο ἀντιληπτὸν εἰς ἡμᾶς. Ἐνεκα τούτου μέχρι τοῦ 16ου αἰῶνος παρεδέχοντο, ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται **ἀκαριαίως**, ἥτοι, ὅτι ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἶναι **ἄπειρος**. Πρῶτος δὲ ὁ Bacon συνέλαβε τὴν ἰδέαν, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι **πεπερασμένη**, ὁ δὲ Galilée ἀπειραράθη καὶ νὰ μετρήσῃ ταύτην. Ἄλλ' ἐκεῖνος ὅστις πρῶτος ἔφθασεν εἰς πιθανὰ ἀποτελέσματα εἶναι ὁ Roemer.

Πρὸς μέτρησιν τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός ἐχρησιμοποιήθησαν διάφοροι μέθοδοι, ἄλλαι μὲν ἀστρονομικαί, ὅπως ἡ τοῦ Roemer, ἄλλαι δὲ φυσικαί, ὅπως ἡ τοῦ Fizeau.

**Μέθοδος τοῦ Roemer** (1). Ἡ μέθοδος αὕτη στηρίζεται ἐπὶ παρατηρήσεων γενομένων ὑπὸ τοῦ Roemer ἐπὶ τοῦ πρώτου (τοῦ πλησιεστέρου) δορυφόρου τοῦ Διὸς. Ἡ βᾶσις αὐτῆς εἶναι ἡ ἑξῆς. Εἶναι γνωστὸν, ὅτι ὁ πρῶτος δορυφόρος τοῦ Διὸς καταδύεται εἰς τὴν σκιὰν τὴν ὁποίαν ὄριπτει ὁ πλανῆτης οὗτος, κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς 42 ὥρας, 28 λεπτὰ καὶ 36 δευτερόλεπτα. Ὑποθέσωμεν λοιπὸν, ὅτι σημειοῦμεν τὴν χρονικὴν στιγμὴν καθ' ἣν γίνεται μία καταδύσις τοῦ δορυφόρου εἰς ἐποχὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ μὲν Ζεὺς εὗρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Z (σχ. 36), ἡ δὲ



Σχ. 36. Προσδιορισμὸς τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός διὰ τῆς μεθόδου τοῦ Roemer.

Γῆ εἰς τὸ σημεῖον T τῆς τροχιάς αὐτῶν. Μετὰ τινὰ χρόνον, ἐπειδὴ ἀμφοτέρω οἱ πλανῆται μετακινοῦνται ἐπὶ τῶν τροχιῶν των κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, θέλουσιν εὗρεθῆ ὁ μὲν Ζεὺς εἰς τὸ Z', ἡ δὲ Γῆ εἰς τὸ T'. Τοιοῦτοτρόπως εἰς τὰς θέσεις ταύτας ἡ ἀρχικὴ ἀπόστασις τῆς Γῆς ἀπὸ τοῦ Διὸς ἔχει αὐξηθῆ κατὰ μίαν ὀλόκληρον διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς.

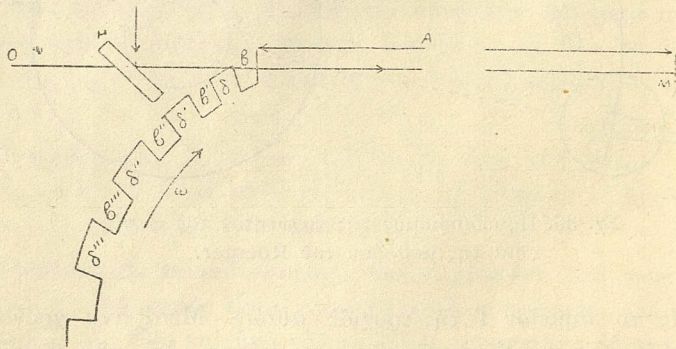
Κατὰ τὴν ἐποχὴν ταύτην σημειοῦμεν τὴν χρονικὴν στιγμὴν καὶ ἐτέρας καταδύσεως τοῦ δορυφόρου. Θέλομεν ἀνεύρει, ὅτι ἡ καταδύσις αὕτη, ἀντὶ νὰ παρατηρηθῆ μετὰ χρόνον ἀκριβῶς ἴσον πρὸς N φορὰς τὸ 42 ὥραι 28 λεπτὰ καὶ 36 δευτερόλεπτα (N εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν καταδύσεων, αἵτινες ἔλαβον χώραν κατὰ

(1) Roemer (1644-1710). Δανὸς ἀστρονόμος ἀσχοληθεὶς εἰς τὴν μέτρησιν τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός.

τὸν χρόνον, καθ' ὃν ἡ Γῆ μετέβη ἐκ τοῦ Τ εἰς Τ'), παρατηρεῖται κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν, ἣτις ἰσοῦται μὲ Ν φορὰς τὸ 42 ὄραι, 28 λεπτά καὶ 36 δευτερόλεπτα *σὺν χρόνῳ τιμῆ ε*. Ὁ πρόσθετος οὗτος χρόνος ε εἶναι φανερόν ὅτι δαπανᾶται ἵνα τὸ φῶς διανύσῃ τὴν διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς, καθ' ἣν ἠυξήθη ἡ ἀρχικὴ ἀπόστασις τῶν δύο πλανητῶν. Ἐὰν λοιπὸν διατρέσωμεν τὸ μῆκος τῆς διαμέτρου ταύτης διὰ τοῦ προσθέτου χρόνου ε, θὰ ἔχωμεν τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην εὑρέθη ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι 299.000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον.

*Μέθοδος τοῦ Fizeau* (1). Ἡ μέθοδος αὕτη εἶναι ἀπλουσιτέρα τῆς προηγουμένης. Κατὰ ταύτην ἐχρησιμοποιήθη μετάλλινος τροχὸς ὀδοντωτός (σχ. 37) στρεφόμενος κατακορύφως περὶ ὀριζόντιον ἄξονα μετὰ



Σχ. 37. Προσδιορισμὸς τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός διὰ τῆς μεθόδου τοῦ Fizeau.

μεγάλῃς καὶ ὀμαλῆς κινήσεως. Οἱ ὀδόντες τοῦ τροχοῦ εἶχον πάντες τὸ αὐτὸ πλάτος καὶ ἐχωρίζοντο ἀπ' ἀλλήλων διὰ κενῶν διαστημάτων, αὗτα εἶχον πάντα τὸ αὐτὸ πλάτος καὶ ἴσον πρὸς τὸ τῶν ὀδόντων. Δεπτή φωτεινὴ δέσμη, προσεχομένη ἐκ τινος φωτεινῆς πηγῆς, ἀνακλάται ἐπὶ ὑαλίνῃς πλακῶς μ καὶ διεύθυνεται καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ τροχοῦ. Αὕτη, διερχομένη διὰ τοῦ κενοῦ διαστήματος β, μεταξὺ δύο ὀδόντων, προσπίπτει καθέτως κατὰ τὴν διεύθυνσιν βΜ ἐπὶ κατόπτρου Μ, εὑρισκομένου εἰς τινὰ ἀπόστασιν Α χιλιόμετρον ἀπὸ τοῦ τροχοῦ,

(1) Fizeau (1819—1896). Γάλλος φυσικὸς ἀσχοληθεὶς εἰς τὴν μέτρησιν τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός.

ἐνθα, ἀνακλωμένη ἐκ νέου, ἐπιστρέφει πάλιν πρὸς τὸν τροχὸν κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΜΒ. Τὴν ἐπιστρέφουσαν ταύτην δέσμη βλέπει ὁ παρατηρητὴς ἐκ τῆς θέσεως ο διὰ μέσου τῆς ὑαλίνῃς πλακῶς μ. Ἡ βᾶσις τῆς μεθόδου ταύτης εἶναι ἡ ἑξῆς.

Ἐπιθέσωμεν, ὅτι ὁ τροχὸς εἶναι ἀκίνητος. Ἡ φωτεινὴ δέσμη ἐπιστρέφουσα ἐκ τοῦ κατόπτρου Μ πρὸς τὸν τροχὸν, θὰ διέλθῃ πάλιν διὰ τοῦ ἰδίου κενοῦ διαστήματος β, διὰ τοῦ ὁποίου διήλθε καὶ κατὰ τὴν ἀναχώρησιν αὐτῆς. Ἐπιθέσωμεν ἤδη, ὅτι ὁ τροχὸς περιστρέφεται κατὰ τὴν φορὰν ω. Εἶναι δυνατόν νὰ συμβῇ, ὥστε ἡ ἐπιστρέφουσα δέσμη νὰ συναντήσῃ οὐχὶ πλέον τὸ κενὸν διάστημα β, διὰ τοῦ ὁποίου διήλθε κατὰ τὴν ἀναχώρησιν της, ἀλλὰ τὸν ἀμέσως ἐπόμενον αὐτοῦ ὀδόντα δ, ὅποτε δὲν θὰ φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἴνα συμβῇ τοῦτο δέον ὁ τροχὸς νὰ στρέφεται τόσον ταχέως, ὥστε ὁ χρόνος καθ' ὃν ἀντικαθίσταται ἕκαστον κενὸν διάστημα ὑπὸ τοῦ ἀμέσως ἐπομένου ὀδόντος νὰ εἶναι ἀκριβῶς ἴσος πρὸς τὸν χρόνον τὸν ὁποῖον δαπανᾷ τὸ φῶς, ἵνα διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν βΜ+ΜΒ. Ἐὰν λοιπὸν ὁ τροχὸς διατηρήσῃ τὴν ταχύτητα ταύτην, ὁ παρατηρητὴς θὰ βλέπῃ διαρκῶς σκότος κατὰ τὴν διεύθυνσιν οβΜ.

Τοῦναντίον, ἐὰν ἡ ταχύτης τοῦ τροχοῦ γίνῃ ἀκόμῃ μεγαλυτέρα καὶ τοσαύτη, ὥστε ὁ χρόνος καθ' ὃν ἀντικαθίσταται ἕκαστον κενὸν διάστημα ὑπὸ τοῦ ἀμέσως ἐπομένου κενοῦ διαστήματος νὰ εἶναι ἀκριβῶς ἴσος πρὸς τὸν χρόνον τὸν ὁποῖον δαπανᾷ τὸ φῶς, ἵνα διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν βΜ+ΜΒ, τότε ἡ ἐπιστρέφουσα δέσμη θὰ συναντήσῃ τὸ κενὸν διάστημα β', τὸ ἀμέσως ἐπόμενον ἐκείνου, δι' οὗ διήλθε κατὰ τὴν ἀναχώρησιν της, καὶ θὰ φθάσῃ ἐπομένως εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἐὰν λοιπὸν ὁ τροχὸς διατηρήσῃ τὴν ταχύτητα ταύτην, ὁ παρατηρητὴς θὰ βλέπῃ διαρκῶς φῶς κατὰ τὴν διεύθυνσιν οβΜ.

*Ἐπιλογισμὸς τῆς ταχύτητος.* Καλέσωμεν Α τὴν ἀπόστασιν τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τοῦ τροχοῦ, Ν τὸν ἀριθμὸν τῶν ὀδόντων τοῦ τροχοῦ (ὅποτε Ν θὰ εἶναι καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν κενῶν διαστημάτων), καὶ ν τὸν ἀριθμὸν τῶν στροφῶν αὐτοῦ κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐκάστη στροφή θὰ

γίνηται εἰς χρόνον ἴσον μὲ  $\frac{1}{ν}$  δευτερόλεπτα καὶ κατ' αὐτὸν θὰ διέρχονται διὰ τοῦ σημείου β ἐν ὄλῳ 2Ν τμήματα, ἧτοι Ν κενὰ καὶ Ν ὀδόντες. Καὶ ἀφοῦ τὰ 2Ν τμήματα διέρχονται διὰ τοῦ σημείου β ἐντὸς  $\frac{1}{ν}$  δευτερόλεπτα, τὸ ἐν μόνον τμήμα θὰ διέλθῃ ἐντὸς  $\frac{1}{2Νν}$  δευτερόλε-

πτα. Ἀλλὰ κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον ( $\frac{1}{2Νν}$  δευτερόλεπτα) τὸ φῶς διανύει ἀπόστασιν Α+Α, ἧτοι 2Α χιλιόμετρα, καὶ ἐπομένως εἰς ἓν δευτερόλεπτον θὰ διανύσῃ  $\frac{2Α}{\frac{1}{2Νν}} = 4 \times Ν \times ν \times Α$  χιλιόμετρα.

Τὴν μέθοδον ταύτην ἐφήρμοσεν ὁ Perrotin (1899—1902) μεταξύ δύο σταθμῶν ἀπεχόντων 46 χιλιόμετρα ἀπ' ἀλλήλων, ἐκτελέσας 1100 μετρήσεις, καὶ εὔρεν ὡς ταχύτητα τοῦ φωτός ἐν τῷ κενῷ, κατὰ δευτερολέπτον 299880 χιλιόμετρα.

Σήμερον ὡς ταχύτητα τοῦ φωτός ἐν τῷ κενῷ καὶ ἐν τῷ ἀέρι παραδέχονται, κατὰ προσέγγισιν, 300000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερολέπτον. Ἐντὸς τῶν λοιπῶν διαφανῶν σωμάτων ἡ ταχύτης εἶναι διάφορος· ἐν τῷ ὕδατι εἶναι 225000 χιλιόμετρα καὶ ἐν τῇ ὑάλῳ 200000 χιλιόμετρα.

## Α Σ Κ Η Σ Ι Σ

1) Γνωρίζομεν, ὅτι τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου χρειάζεται 8 πρῶτα λεπτά καὶ 18 δευτερολέπτα διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὴν Γῆν. Νὰ εὑρεθῇ α) εἰς χιλιόμετρα καὶ β) εἰς γῆνας ἀκτίνας ἡ μέση ἀπόστασις τοῦ Ἡλίου ἀπὸ τῆς Γῆς. Μέση ἀκτίς τῆς Γῆς=6366 χιλιόμετρα. (Ἀποκρ. α') 149400000 χιλιόμετρα καὶ β') 23468 περίπου γῆναι ἀκτίνες). 2) Γνωρίζοντες ὅτι τὴν 1 Ἰανουαρίου τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου φθάνει εἰς τὴν Γῆν ἐντὸς 8 λεπτῶν καὶ 10 δευτερολέπτων, τὴν δὲ 1 Ἰουλίου ἐντὸς 8 λεπτῶν καὶ 26<sup>2</sup>/<sub>3</sub> δευτερολέπτων, νὰ εὑρωμεν α) τὴν ἀπόστασιν τοῦ Ἡλίου ἀπὸ τῆς Γῆς κατὰ τὰς δύο ταύτας ἐποχὰς καὶ β) τὸ μέσον μῆκος τοῦ μεγάλου ἄξονος τῆς τροχιάς τῆς γῆς (Ἀποκρ. α') 147.000.000 χλμ. καὶ 152.000.000 χλμ. β') 299.000.000 χιλιόμετρα).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'.

### ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

**45. Φωτισμός. — Πείραμα.** Σκοτεινὸν δωμάτιον φωτίζομεν διὰ διαφόρων φωτεινῶν πηγῶν. Παρατηροῦμεν, ὅτι τὰ ἐν αὐτῷ ἀντικείμενα δὲν παρουσιάζουν πάντοτε τὸν αὐτὸν φωτισμόν, ἤτοι δὲν παράγουσιν εἰς τοὺς ὀφθαλμοὺς ἡμῶν πάντοτε τὴν αὐτὴν ἐντύπωσιν. Οὕτω διὰ φωτὸς ἠλεκτρικοῦ θὰ φωτίζονται ἰσχυρότερον, ἐνῶ διὰ φλογὸς φωταερίου θὰ φωτίζονται ἀσθενέστερον.

**Συμπέρασμα.** Αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουσι διάφορον ποσὸν φωτὸς ἐκάστη.

Ὁ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον δέχεται σῶμά τι ἐξαρτᾶται ἐκ πολλῶν αἰτιῶν. Τοιαῦτα εἶναι ἡ φύσις τοῦ σώματος, ἡ κατάσταση

καὶ τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, τὸ χρῶμα καὶ ἡ διεύθυνσις τοῦ φωτὸς τῆς φωτεινῆς πηγῆς.

**46. Ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς. — Πείραμα.** Ἐνώπιον λευκῆς ὑαλίνης πλακὸς ἡμιδιαφανοῦς καὶ κατακορύφου ΑΑ' (σχ.38) τοποθετοῦμεν λεπτὸν σκιερὸν διάφραγμα Β, τὸ ὁποῖον νὰ διαιρῇ τὴν πλάκα εἰς δύο μέρη ἴσα. Ἐκατέρωθεν τούτου καὶ εἰς ἴσην ἀπόστασιν δ ἀπὸ τῆς πλακὸς τοποθετοῦμεν δύο φωτεινὰς πηγὰς Φ καὶ Φ' ὁμοιοχρόμους. Ἐὰν καὶ τὰ δύο τμήματα Α καὶ Α' τῆς ὑαλίνης πλακὸς φωτίζονται ἐξ ἴσου ὑπὸ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, θέλομεν εἶπει ὅτι ἡ ἐντασις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἡ αὐτή.

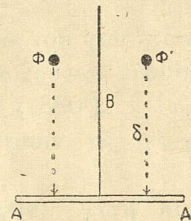
**Συμπέρασμα.** Δύο φωτειναὶ πηγαὶ ἔχουσι ἴσην ἐντασιν, ὅταν ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως παράγωσιν ἴσους φωτισμοὺς ἐπὶ ὁμοίων διαφραγμάτων.

Ἐὰν ὁμῶς συμβῇ, ὥστε τὸ τμήμα Α νὰ παρουσιάξῃ φωτισμὸν ἀνώτερον τοῦ τμήματος Α', θέλομεν εἶπει, ὅτι ἡ ἐντασις τῆς φωτεινῆς πηγῆς Φ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ἐντάσεως τῆς ἐτέρας φωτεινῆς πηγῆς Φ'.

Μία φωτεινὴ πηγὴ Φ θὰ λέγωμεν ὅτι ἔχει ἐντασιν διπλασίαν, τριπλασίαν κλπ. ἐτέρας πηγῆς Φ', ἐὰν ἡ Φ παράγῃ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς φωτισμόν, τὸν ὁποῖον παράγουσι 2, 3 κλπ. φωτειναὶ πηγαὶ ὅμοιαι πρὸς τὴν Φ' καὶ συνυπάρχουσι.

Ἄλλ' ἐὰν ὁ παραγόμενος φωτισμὸς προέρχηται ἐκ φωτεινῶν πηγῶν διαφόρου χρώματος, τότε ὁ ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ ἀνεύρῃ τὴν ἀκριβῆ ἰσότητα τοῦ φωτισμοῦ, ἐπομένως καὶ τὴν ἰσότητα τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν.

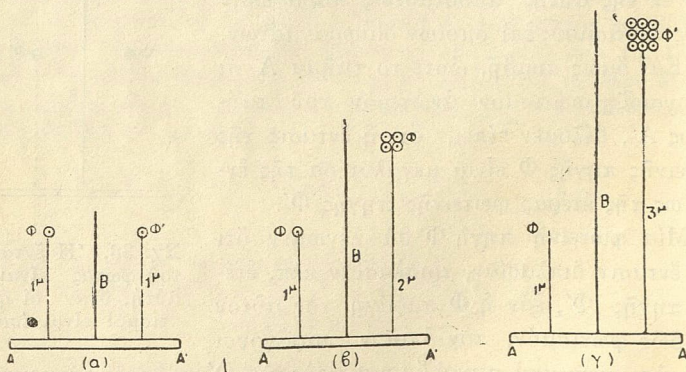
**47. Νόμος τῆς φωτομετρίας. — Πείραμα.** Λαμβάνομεν τὴν προηγουμένην συσκευὴν καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὰ σημεῖα Φ καὶ Φ' (σχ. 39), α) δύο κηρία ὅμοια (1), ἅτινα φωτίζουσι καθέτως τὰ τμήματα Α καὶ Α'. Ἐὰν τὰ δύο κηρία εἶναι τελειῶς



Σχ. 38. Ἡ ἐντασις τοῦ φωτὸς εἶναι ἡ αὐτή, ὅταν οἱ φωτισμοὶ εἶναι ἴσοι.

1) Τὰ κηρία θὰ εἶναι ὅμοια μεταξύ των, ὅταν λαμβάνωνται ἐκ τῆς αὐτῆς δέσεως (πακέτο).

ὁμοία, οἱ φωτισμοὶ τῶν τμημάτων γίνονται ἴσοι, ὅταν αἱ ἀποστάσεις τῶν κηρίων ἀπ' αὐτῶν γίνωσιν ἴσαι, π.χ. 1 μέτρον. Ἄλλ' ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ κηρίον Φ' εἰς ἀπόστασιν διπλασίαν, 2 μέτρων (σχ. 39, β), εὐρίσκομεν, ὅτι, ἵνα οἱ φωτισμοὶ γίνωσι καὶ πάλιν ἴσοι, πρέπει νὰ προσθέσωμεν ἀκόμη 3 κηρία ὁμοία, ἥτοι τὸ ὅλον 4 κηρία. Ὁ φωτισμὸς λοιπὸν ὁ παραγόμενος ὑφ' ἑνὸς μόνου κηρίου ἐξ ἀποστάσεως 2 μέτρων εἶναι τὸ τέταρτον τοῦ φωτισμοῦ, τὸ ὁποῖον τοῦτο παρήγεν ἐξ ἀποστάσεως 1 μέτρον. Ὡσαύτως εἰς ἀπόστασιν τριπλασίαν, 3 μέτρων, εὐρίσκομεν ὅτι πρέπει νὰ προσθέσωμεν ἀκόμη 8 κηρία, ἥτοι τὸ ὅλον 9 κηρία (σχ. 39, γ), ἵνα ἔχωμεν τὸν αὐτὸν φωτισμόν. Ὁ φωτισμὸς λοιπὸν ὑφ' ἑνὸς μόνου κηρίου, ἐξ ἀποστάσεως 3 μέτρων, εἶναι τὸ ἕνατον ἐκείνου, τὸν ὁποῖον παρήγεν ἐξ ἀποστάσεως 1 μέτρον.



Σχ. 39. Σύγκρισις τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν.

**Νόμος.** Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὸν ἐξῆς νόμον.

**Ὁ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον δέχεται καθέτως ἐπιφάνεια, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς ἀπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς.**

**48. Θεμελιώδης σχέσις τῆς φωτομετρίας.**—Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος βλέπομεν τίνι τρόπῳ θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν. Καὶ πράγματι, ὅταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζωσιν ἐξ ἴσου δύο ἐπιφανείας γειτονικὰς καὶ ὁμοίας, ἢ τὴν αὐτὴν ἐπιφάνειαν διαδοχι-

κῶς, ἐξ ἀποστάσεων A καὶ A', αἱ ἐντάσεις αὐτῶν E καὶ E' εἶναι ἀνάλογοι τῶν τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων, ἥτοι ἔχομεν τὴν σχέσιν

$$\frac{E}{E'} = \frac{A^2}{A'^2} \quad \text{ἐξ ἧς εὐρίσκομεν } E = \frac{A^2}{A'^2} \times E'.$$

Ἐπομένως, ἐὰν ἡ μία τῶν ἐντάσεων, π.χ. ἡ E', θεωρηθῇ ὡς μονάς, δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν τὴν ἄλλην ἔντασιν E μετροῦντες τὰς ἀποστάσεις A καὶ A' τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τῶν ἐπιφανειῶν κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ ἴσου φωτισμοῦ.

**49. Μονάδες ἐντάσεως φωτός.**—Αἱ ἐν χρήσει μονάδες ἐντάσεως τοῦ φωτός εἶναι αἱ ἐξῆς.

1) Ἡ Carcel. Αὕτη παριστᾷ τὴν ἔντασιν τῆς φλογὸς λύχνου, ἐπινοηθέντος ὑπὸ τοῦ Carcel καὶ καίοντος 42 γραμμάρια κραμβελαιίου καθ' ὥραν.

2) Ἡ Violle. Αὕτη παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, ὅπερ ἐκπέμπει καθέτως 1 τετρ. ἑκατοστομόμετρον λευκοχρύσου, εὐρισκομένου εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς τήξεως αὐτοῦ (1880°).

3) Ἡ Hefner. Αὕτη παριστᾷ τὴν ἔντασιν τῆς φλογὸς λύχνου, λειτουργοῦντος δι' ὀξεικοῦ ἀμυλίου.

4) Τὸ δεκαδικὸν κηρίον (Bougie-decimale). Αὕτη παριστᾷ τὴν ἔντασιν τῆς φλογὸς ἑνὸς κοινοῦ κηρίου (σπερματσέτου), ἔχοντος διάμετρον 2 ἑκατοστομέτρων.

Ὡς πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως λαμβάνεται συνήθως τὸ δεκαδικὸν κηρίον. Εἰς δεκαδικὰ κηρία ἐκφράζεται ἡ ἔντασις τῶν κοινοῦν φωτεινῶν πηγῶν καὶ ἰδίᾳ τῶν ἠλεκτρικῶν λυχνιῶν. Οὕτως ἡ συνήθης ἠλεκτρικὴ λυχνία εἶναι ἐντάσεως 16 κηρίων.

**Σύγκρισις τῶν μονάδων ἐντάσεως φωτός πρὸς ἀλλήλας.**

Ἡ Violle ἰσοδυναμεῖ πρὸς 2,08 Carcel.

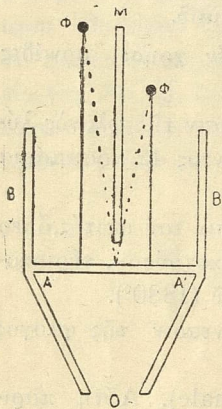
Ἡ Hefner ἰσοδυναμεῖ πρὸς  $\frac{1}{19}$  Violle.

Τὸ δεκαδικὸν κηρίον ἰσοδυναμεῖ πρὸς  $\frac{1}{20}$  Violle καὶ πρὸς  $\frac{1}{10}$  Carcel.

**50. Μέτρησις τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν.**—

**Φωτόμετρα.** Καλοῦμεν **φωτόμετρα** τὰ ὄργανα, ἅτινα χρησιμεύουσιν εἰς ἡμᾶς πρὸς μέτρησιν τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν. Διὰ τῶν ὀργάνων τούτων πειραματιζόμεθα πάντοτε ἐν τελείῳ σκοτεινῷ θαλάμῳ.

**Φωτόμετρον Foucault. Περιγραφή.** Τὸ φωτόμετρον τοῦτο εἶναι τροποποίησις τῆς συσκευῆς, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 38. Τὰ δύο τμήματα Α καὶ Α' τῆς ἡμιδιαφανοῦς πλακὸς τῆς συσκευῆς ἐκείνης, εἶναι τὰ δύο ἡμίση ἡμιδιαφανοῦς πλακὸς ἧτις ἀποτελεῖ τὸν πυθμένα κωνοειδοῦς ξυλίνου κιβωτίου Ο (σχ. 40), οὗτινος τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα εἶναι μελανά. Τὸ κιβώτιον



Σχ. 40. Φωτόμετρον τοῦ Foucault.

τοῦτο μετὰ τῶν πλαγίων τοιχωμάτων Β καὶ Β' προφυλάσσει τὴν ὑαλίνην πλάκα ἀπὸ πάντα ἑξωτερικὸν φωτισμόν. Σκιερὸν διάφραγμα Μ, κάθετον ἐπὶ τὴν πλάκα καὶ κινητόν, χωρίζει αὐτὴν εἰς δύο ἡμίση καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ ἀνεύρωμεν ἀκριβῶς τὴν ἰσότητά τοῦ φωτισμοῦ αὐτῶν. Παράλληλως πρὸς τὸ διάφραγμα τοῦτο ὑπάρχουσι κανόνες ὑποδιηρημένοι εἰς ἑκατοστόμετρα, τὸ δὲ μηδὲν τῆς διαίρεσεως αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θέσιν τῆς ὑαλίνης πλακὸς.

**Β) Τρόπος χρήσεως.** Τοποθετοῦμεν τὴν ὑπὸ ἐξέτασιν φωτεινὴν πηγὴν ἐπὶ τοῦ ἐνὸς κανόνος, τὴν μονάδα τοῦ φωτὸς ἐπὶ τοῦ ἑτέρου, καὶ τὸν ὀφθαλμὸν εἰς τὴν κορυφὴν ο τοῦ κωνικοῦ κιβωτίου. Ἀφίνοντες κατόπιν τὴν μονάδα τοῦ φωτὸς ἀκίνητον, μετακινούμεν τὴν φωτεινὴν πηγὴν κατὰ μῆκος τοῦ κανόνος, πλησιάζοντες ἢ ἀπομακρύνοντες αὐτὴν, μέχρις ὅτου ὁ ὀφθαλμὸς ἀντιληφθῆ, ὅτι τὰ δύο ἡμίση τῆς πλακὸς φωτίζονται ἕξ ἴσου. Μετροῦντες τότε τὰς ἀποστάσεις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἐπὶ τοῦ κανόνος, ὑποῦντες αὐτὰς εἰς τὸ τετράγωνον καὶ ἐφαρμοζόντες τὴν σχέσιν  $\frac{E}{E'} = \frac{A^2}{A'^2}$ , εὐρίσκομεν τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, σχετικῶς πρὸς τὴν μονάδα τῆς ἔντασεως.

**Φωτόμετρον Bunsen.** Τοῦτο, ὑπὸ τὴν ἀπλουστάτην αὐτοῦ μορφήν, ἀποτελεῖται ἐκ τεμαχίου λευκοῦ χάρτου, φέροντος εἰς τὸ μέσον κηλίδα ἐκ λιπαρᾶς οὐσίας, λ. χ. ἐλαίου. Τοποθετοῦμεν τοῦτο κατακορύφως καὶ μεταξὺ τῶν δύο πρὸς σύγκρισιν

φωτεινῶν πηγῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία εἶναι ἡ μονὰς ἔντασεως, οὕτως ὥστε τὸ ἐπίπεδόν του νὰ εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἐνώνουσαν τὰ δύο φῶτα. Ἀφίνοντες τὴν μονάδα ἔντασεως ἀκίνητον, μετακινούμεν τὴν ἄλλην καθέτως πρὸς τὸ φύλλον τοῦ χάρτου, μέχρις ὅτου ἑξαφανισθῆ ἡ κηλὶς καὶ ὁ χάρτης νὰ φωτίζεται ὁμοιομόρφως. Ὅταν ἐπιτύχωμεν τοῦτο, οἱ φωτισμοὶ εἶναι ἴσοι, καὶ τότε μετροῦμεν τὴν κάθετον ἀπόστασιν τῶν δύο φώτων ἀπὸ τοῦ χάρτου καὶ ἐργαζόμεθα ὅπως ἀνωτέρω.

Ἴνα παρατηρῶμεν συγχρόνως τὰς δύο ὕψεις τῆς κηλίδος, τοποθετοῦμεν ἑκατέρωθεν τοῦ χάρτου δύο ἀκόπτρα ἐπίπεδα ὑπὸ γωνίαν 45° καὶ οὕτως εὐρίσκομεν ἀκριβέστερον τὴν στιγμὴν καθ' ἣν ἑξαφανίζεται ἡ κηλὶς.

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Ἐν τῷ φωτόμετρῳ Foucault ἐτοποθετήθησαν λαμπτήρ καὶ κηρίον. Ὅταν τὰ δύο ἡμίση τῆς πλακὸς φωτίζονται ἕξ ἴσου, ἡ ἀπόστασις τοῦ μὲν λαμπτήρος εἶναι 80 ἑκατοστόμ. τοῦ δὲ κηρίου 40 ἑκατοστόμ. Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἔντασις τοῦ λαμπτήρος. (Ἀπόκρ. 4 κηρία).

2) Ἡ ἀπόστασις κηρίου ἀπὸ λαμπτήρος διὰ φωταερίου εἶναι 8 μέτρων, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ λαμπτήρος εἶναι 6 κηρίων. Νὰ εὐρεθῆ εἰς ποίαν θέσιν μεταξὺ αὐτῶν πρέπει νὰ τεθῆ διάφραγμα τι, ἵνα φωτίζεται ἕξ ἴσου παρὰ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν. (Ἀπόκρ. 2,3 μέτρα ἀπὸ τοῦ κηρίου).

3) Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ διαφράγματος Δ πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν φωτεινὴν πηγὴν Φ, ἔντασεως ἴσης πρὸς 1, ἵνα ἄλλη φωτεινὴ πηγὴ Φ<sub>2</sub> ἔντασεως ἴσης πρὸς 9, τιθεμένη εἰς τὴν ζητούμενην ἀπόστασιν ἠδῆμημένη κατὰ 80 ἑκατοστόμετρα, παράγῃ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος τὸν αὐτὸν φωτισμόν; (Ἀπόκρ. 40 ἑκατοστ.).

4) Λύχνος Carcel καὶ λύχνος Auer ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων 3 μέτρα. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ λύχνου Carcel, λαμβανομένην ἐπὶ τῆς εὐθείας ἧτις ἐνώνει τὰς δύο φωτεινάς πηγάς, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν διάφραγμα Δ ἵνα τοῦτο φωτίζεται ἕξ ἴσου ὑπὸ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, γνωστοῦ ὄντος ὅτι αἱ ἔντασεις αὐτῶν ἔχουσι λόγον 1 πρὸς 6; (Ἀπόκρ. 0,8 μέτρα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄,

ΔΙΑΧΥΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.—ΚΑΤΟΠΤΡΑ

**51. Διάχυσις τοῦ φωτός.—Πείραμα.** Εἰς τὴν πορείαν τῆς φωτεινῆς δέσμης ἐντὸς τοῦ σκοτεινοῦ δωματίου παρενθέντομεν φύλλον λευκοῦ χάρτου. Παρατηροῦμεν, ὅτι ὁ χάρτης ἐκπέμπει τὸ φῶς καθ' ὅλας τὰς πρὸ αὐτοῦ διευθύνσεις, διότι ὅπουδῆποτε καὶ ἂν τοποθετηθῶμεν ἐν τῷ δωματίῳ ἔμπροσθεν τοῦ χάρτου, βλέπομεν αὐτόν. Λέγομεν τότε, ὅτι ὁ χάρτης **διαχέει** τὸ φῶς, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις** τοῦ φωτός.

**Ὅρισμός.** Καλεῖται **διάχυσις** τοῦ φωτός τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὅποιον τὸ φῶς ὅταν προσπέσῃ ἐπὶ τινος σώματος ἐκπέμπεται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις.

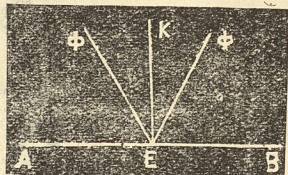
Ἡ διάχυσις τοῦ φωτός παρατηρεῖται εἰς πάντα τὰ σώματα, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια εἶναι τραχεῖα καὶ ἀνώμαλος. Τὸ ποσὸν δὲ τοῦ διαχεομένου φωτός ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος καὶ ἐκ τοῦ χρώματος αὐτοῦ. Οὕτω τὰ λευκὰ σώματα διαχέουσι περισσότερον φῶς, ἢ τὰ κεχρωματισμένα καὶ ἰδίως τὰ μελανά. Ἐνεκα τούτου, κατὰ τὴν νύκτα τὰ δωμάτια φωτίζονται ὑπὸ τῶν λαμπτήρων περισσότερον μὲν, ὅταν οἱ τοῖχοι εἶναι λευκοὶ καὶ τὰ ὑπὸ τὸν λαμπτήρα τραπεζομάνδηλα λευκά, ἀσθενέστερον δέ, ὅταν ταῦτα εἶναι κεχρωματισμένα.

**52. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.—Πείραμα.** Εἰς τὴν πορείαν τῆς φωτεινῆς δέσμης ἐντὸς τοῦ σκοτεινοῦ δωματίου τοποθετοῦμεν τεμάχιον μετάλλου λεῖον καὶ στιλπνόν, ἢ τεμάχιον καθρέπτου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ μέταλλον, ἢ ὁ καθρέπτης, ἐκπέμπει τὸ φῶς καθ' ὄρισμαμένην διεύθυνσιν, διότι ἐπὶ τοῦ τοίχου ἢ ἐπὶ τῆς ὀροφῆς τοῦ δωματίου ἐμφανίζεται φωτεινὴ κηλὶς, ἢ ὁποία μετακινεῖται, ὅταν μετακινήσωμεν τὸ μέταλλον ἢ τὸν καθρέπτην. Λέγομεν τότε ὅτι τὸ μέταλλον, ἢ ὁ καθρέπτης, **ἀνακλᾷ** τὸ φῶς, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάκλασις** τοῦ φωτός.

**Ὅρισμός.** Καλεῖται **ἀνάκλασις** τοῦ φωτός τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὅποιον τὸ φῶς ὅταν προσπέσῃ ἐπὶ τινος σώματος ἐκπέμπεται καθ' ὄρισμαμένην διεύθυνσιν.

Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός παρατηρεῖται εἰς πάντα τὰ σώματα, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια εἶναι λεία καὶ στιλπνή. Καὶ ἂν μὲν τὰ σώματα ταῦτα εἶναι διαφανῆ (ῥαλός, ὕδωρ κλπ.), μέγα μέρος τοῦ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτοντος φωτός εἰσέρχεται καὶ ἐντὸς τοῦ σώματος, ἂν δὲ εἶναι ἀδιαφανῆ (μέταλλα ἐστιλβωμένα), τὸ μεγαλύτερον μέρος ἀνακλᾶται.

**53. Γωνία προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.—**Ἐστω AB (σχ. 41) μία ἐπιφάνεια λεία καὶ στιλπνή, π. χ. ἐν κοινὸν κάτοπτρον, καὶ ΦΕ φωτεινὴ τις ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ὅταν συναντήσῃ τὴν ἐπιφάνειαν AB ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΕΦ. Ἡ ἀκτὶς ΦΕ' καλεῖται **προσπίπτουσα**, ἢ ΕΦ' καλεῖται **ἀνακλωμένη**, ἢ ἐπιφάνεια AB, ἢ προκαλέσασα τὴν ἀνάκλασιν τοῦ φωτός, καλεῖται **ἀνακλῶσα** ἐπιφάνεια καὶ τὸ σημεῖον Ε, ἔνθα ἢ προσπίπτουσα ἀκτὶς συναντᾷ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, καλεῖται **σημεῖον προσπτώσεως**. Ἐκάστη προσπίπτουσα ἀκτὶς περιέχει καὶ μίαν ἀντίστοιχον ἀνακλωμένην.

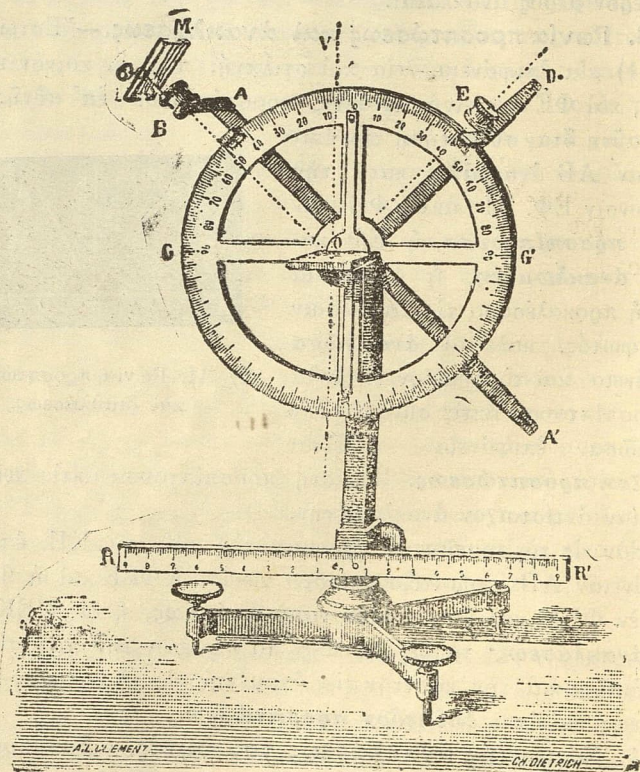


Σχ. 41. Γωνία προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.

Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον Ε φέρωμεν τὴν κάθετον ΚΕ, ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν AB σχηματίζονται δύο γωνίαι ἢ ΦΕΚ καὶ ἢ Φ'ΕΚ. Ἡ μὲν ΦΕΚ καλεῖται **γωνία προσπτώσεως**, ἢ δὲ Φ'ΕΚ **γωνία ἀνακλάσεως** τὸ δὲ ἐπίπεδον τὸ περιέχον τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγομένην εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως καλεῖται **ἐπίπεδον προσπτώσεως**.

**54. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.—Συσκευή τοῦ Silbermann.** Α') **Περιγραφή.** Αὕτη (σχ. 42) ἀποτελεῖται ἐξ ὀρειχαλκίνου κατακορύφου κύκλου, ὅστις φέρει εἰς τὸ κέντρον μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον Ο ὀριζόντιον καὶ κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου. Ἡ περιφέρεια τοῦ κύκλου εἶναι διηρημένη εἰς μοίρας, καὶ ἡ διάμετρος αὐτοῦ 0°—180° εἶναι κατακόρυφος. Ἐπὶ τῆς περιφερείας κινουῦνται δύο κανόνες Α καὶ D, οἵτινες εἶναι στρεπτοὶ περὶ τὸ κέντρον τοῦ κύκλου καὶ διευθύνονται κατὰ τὰς ἀκτῖνας αὐτοῦ, δύνανται δὲ νὰ στερεωθῶσιν

εις οίανδήποτε θέσιν ἐπὶ τῆς περιφερείας. Οἱ κανόνες φέρουσιν εἰς τὰ ἄκρα σωλήνας κυλινδρικούς B καὶ E, τῶν ὁποίων τὰ δύο ἀνοίγματα κλείονται διὰ δισκαρίων, εἰς τὸ κέντρον τῶν ὁποίων ὑπάρχει ἀνὰ μία ὀπὴ συμπύπτουσα εἰς τὸν ἄξονα τοῦ σωλήνος. Οἱ σωλήνες τοποθετοῦνται οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονές των



Σχ. 42. Συσκευή τοῦ Silbermann.

νὰ ἀπέχουσιν ἐξ ἴσου ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ κύκλου καὶ νὰ διευθύνωνται παραλλήλως πρὸς τινὰ ἀκτῖνα αὐτοῦ. Τοιοῦτοτρόπως οἱ ἄξονες τῶν σωλήνων ὀρίζουσιν ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον εἶναι παραλλήλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου. Ὑπεράνω τοῦ σωλήνος B ὑπάρχει κάτοπτρον M, στρεπτὸν κατὰ διαφόρους διευθύνσεις.

**Β') Πείραμα.** Ἐπὶ τοῦ κατόπτρου M δεχόμεθα φωτεινὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας, ἀνακλασθείσας ἐπ' αὐτοῦ, ρίπτομεν ἐπὶ τοῦ σωλήνος B. Λεπτὴ δέσμη τούτων διερχομένη διὰ τῶν ὀπῶν τοῦ σωλήνος διευθύνεται κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ, καὶ ἐπομένως παραλλήλως πρὸς ἀκτῖνά τινὰ τοῦ κύκλου, καὶ προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου. Ἡ δέσμη αὕτη εἶναι ἡ προσπίπτουσα. Αὕτη συναντῶσα τὸ κάτοπτρον ἀνακλάται ἐπ' αὐτοῦ καὶ παρέχει τὴν ἀνακλωμένην. Μετακινούμεν ἔπειτα τὸν ἄλλον κανόνα, οὕτως ὥστε ἡ ἀνακλωμένη δέσμη νὰ διέλθῃ διὰ τῶν ὀπῶν τοῦ σωλήνος E, ὁπότε λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος αὐτοῦ, καὶ ἐπομένως διευθύνσιν παραλλήλῃ πρὸς ἀκτῖνά τινὰ τοῦ κύκλου.

Ἡ γωνία τῆς μὲν προσπτώσεως μετρεῖται ὑπὸ τοῦ τόξου τοῦ περιλαμβανομένου μεταξὺ τοῦ O καὶ τῆς ὑποδιαίρεσεως τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ κανὼν A, τῆς δὲ ἀνακλάσεως μετρεῖται ὑπὸ τοῦ τόξου τοῦ περιλαμβανομένου μεταξὺ τοῦ O καὶ τῆς ὑποδιαίρεσεως τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ κανὼν D. Συγκρίνοντες τὰ μεγέθη τῶν δύο τούτων γωνιῶν, εὐρίσκουμεν ὅτι εἶναι ἴσα. Ἐὰν εἰς τὴν γωνίαν προσπτώσεως δώσωμεν νέαν τιμὴν, εὐρίσκουμεν καὶ πάλιν γωνίαν ἀνακλάσεως ἴσην. Ἡ γωνία λοιπὸν τῆς προσπτώσεως εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

Ἐκτὸς τούτου παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς προσπιπτούσης, διότι ἡ πρώτη συμπίπτει μὲ τὸν ἄξονα τοῦ σωλήνος E. Ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἶναι παραλλήλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου, καθ' ὅσον συμπίπτει πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο ἄξόνων. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου εἶναι κάθετον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, διὰ τοῦτο καὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο δεσμῶν εἶναι κάθετον ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατόπτρου. Ἡ ἀνακλωμένη δέσμη λοιπὸν εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς προσπιπτούσης, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου.

**Νόμοι.** Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος συνάγομεν τοὺς ἐξῆς δύο νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

**Πρῶτος νόμος.** Ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως εἶναι ἴση μετὴν γωνίαν τῆς ἀνακλάσεως.

**Δεύτερος νόμος.** Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὀριζόμενον ὑπὸ τῆς προσπιπτούσης καὶ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος εἶναι κάθετον



**ἐπὶ τὴν ἀνακλώσαν ἐπιφάνειαν.** Ἐπομένως περιέχει καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγομένην εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως.

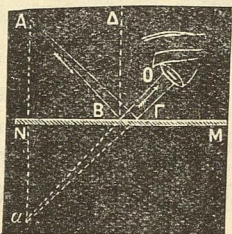
Κ Α Τ Ο Π Τ Ρ Α

**55. Ὅρισμός.**—Καλεῖται **κάτοπτρον** πᾶν σῶμα οὔτινος ἢ ἐπιφάνεια εἶναι λεία καὶ στιλπνὴ καὶ ἀνακλᾷ κανονικῶς ὁλόκληρον σχεδὸν τὸ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτον φῶς. Διακρίνομεν πολλὰ εἶδη κατόπτρων, ἔξ ὧν τὰ συνηθέστερα εἶναι τὰ **ἐπίπεδα** καὶ τὰ **σφαιρικά**.

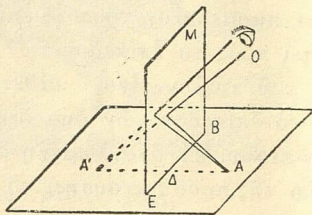
Α') **Ἐπίπεδα κάτοπτρα.**

**56. Ὅρισμός.**—Καλοῦνται **ἐπίπεδα κάτοπτρα** τὰ κάτοπτρα τῶν ὁποίων ἡ ἀνακλώσα ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος. Τοιαῦτα εἶναι τὰ συνήθη κάτοπτρα τῶν οἰκιῶν (καθρέπται). Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πλάκα ὑαλίνην τῆς ὁποίας ἡ ὀπισθία ἐπιφάνεια ἔχει ἐπιχρισθῆ με ἀμάλαμα κασιτέρου. Ἐὰν εἷς τι μέρος τὸ ἀμάλαμα καταστροφῆ, τὸ φῶς δὲν ἀνακλᾶται εἰς τὸ μέρος τοῦτο ἀλλὰ διέρχεται διὰ τῆς ὑάλου. Ὡς ἐπίπεδον κάτοπτρον δύναται νὰ χρησιμοποιεῖται καὶ κοινὴ ὑαλινὴ πλάξ, ἢ ἐπιφάνεια τῶν ἠρεμούντων ὑδάτων, καὶ οἷονδήποτε σῶμα ἔχον ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν λείαν στιλπνήν.

**57. Σχηματισμός τῶν εἰδώλων.**— α') **Εἶδωλον φωτοβόλου σημείου.** Ἐστω MN (σχ. 43) ἐπίπεδον κάτοπτρον καὶ



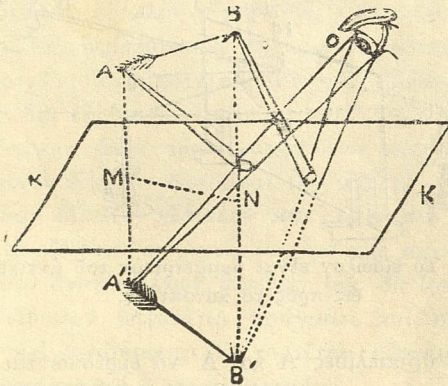
Σχ. 43. Τρόπος σχηματισμοῦ τοῦ εἰδώλου φωτοβόλου σημείου.



Σχ. 44. Τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς θέσιν συμμετρικὴν.

προήρχοντο ἐκ τινος σημείου α κειμένου ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ σημεῖον τοῦτο ἐκλαμβάνεται ὑπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ὡς τὸ πραγματικὸν φωτοβόλον σημεῖον καὶ καλεῖται **εἶδωλον** τοῦ Α. Εἶναι δὲ τὸ εἶδωλον **συμμετρικόν** τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Περὶ τούτου πειθόμεθα διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος.

Ἐπὶ τραπέζης θέτομεν φύλλον λευκοῦ χάρτου Ρ (σχ. 44) καὶ ἐπὶ τούτου τοποθετοῦμεν ὑαλινὴν πλάκα Μ οὕτως, ὥστε αὕτη νὰ εἶναι κατακόρυφος (τοῦτο ἐπιτυγχάνεται τῇ βοηθείᾳ γνώμονος). Κατόπιν γράφομεν ἐπὶ τοῦ χάρτου κηλίδα Α διὰ μελάνης ἢ διὰ μολυβδοκονδύλου καὶ παρατηροῦντες διὰ μέσου τῆς ὑάλου τὸ ἕτερον μέρος τοῦ χάρτου βλέπομεν ὀπισθεν αὐτῆς τὸ εἶδωλον τοῦ Α εἰς τὴν θέσιν Α'. Τὸ παρατηρούμενον εἶδωλον σημειοῦμεν διὰ μολυβδοκονδύλου χάρις εἰς τὴν διαφάνειαν τῆς ὑάλου. Ἀφοῦ σημειώσωμεν τὴν εὐθείαν ΒΔΕ, καθ' ἣν ἡ ὑαλινὴ πλάξ τέμνει τὸν χάρτην, ἀφαιροῦμεν τὴν πλάκα καὶ τῇ βοηθείᾳ κανόνος ἐνώνομεν τὰ σημεῖα Α καὶ Α' δι' εὐθείας.



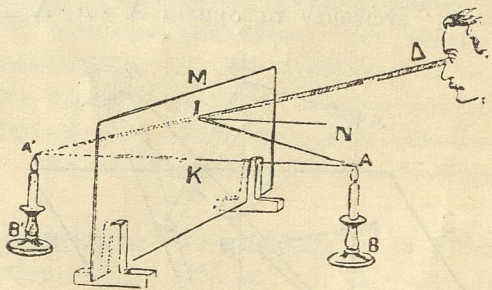
Σχ. 45. Τρόπος σχηματισμοῦ τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου.

Ἐξετάζοντες τὴν εὐθείαν ταύτην παρατηροῦμεν δύο τινά α) ὅτι αὕτη εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν εὐθείαν τῆς τομῆς ΒΔΕ καὶ β) ὅτι τὰ δύο τμήματα αὐτῆς ΑΔ καὶ Α'Δ εἶναι ἴσα, ἥτοι ἡ εὐθεῖα διχοτομεῖται ὑπὸ τῆς τομῆς. Τὰ σημεῖα λοιπὸν Α καὶ Α' εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὴν εὐθείαν τῆς τομῆς καὶ ἐπομένως καὶ ὡς πρὸς τὴν ὑαλινὴν πλάκα.

ἐνώπιον αὐτοῦ φωτοβόλου σημείου Α. Αἱ ἀκτίνες ΑΒ καὶ ΑΓ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλῶνται κατὰ τὰς διευθύνσεις ΒΟ καὶ ΓΟ καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμόν, ὡς ἐὰν

β') *Εἶδωλον φωτοβόλου ἀντικειμένου.* Ἐστω  $K K'$  (σχ.45) ἐπίπεδον κάτοπτρον καὶ ἐνώπιον αὐτοῦ φωτοβόλον ἀντικείμενον, π. χ. τὸ βέλος  $AB$ . Παρατηροῦντες ἐντὸς τοῦ κατόπτρου θέλομεν ἴδει τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, ὅπερ εἶναι ἀκριβῶς ὅμοιον πρὸς τὸ ἀντικείμενον τοῦ αὐτοῦ μεγέθους καὶ κεῖται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου εἰς ἀπόστασιν ἴσην ἀκριβῶς πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου. Εὐρίσκομεν δὲ τὸ εἶδωλον τοῦτο γεωμετρικῶς ὡς ἑξῆς. Ἐκ τῶν σημείων  $A$  καὶ  $B$  καταβιβάζομεν τὰς καθέτους  $AM$  καὶ  $BN$  ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, προεκτείνομεν αὐτάς ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου, καὶ ἐπὶ τῶν προεκτάσεων λαμβάνομεν τμήματα ἴσα, ὥστε νὰ ἔχωμεν  $AM=A'M$  καὶ  $BN=B'N$ . Οὕτω σχηματίζεται τὸ εἶδωλον  $A'B'$  τὸ ὁποῖον εἶναι συμμετρικὸν τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τοῦτο ἀποδεικνύομεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος.

Ἐπὶ τραπέζης τοποθετοῦμεν δύο κηρία  $B$  καὶ  $B'$  (σχ. 45α),



Σχ. 45α. Τὸ εἶδωλον εἶναι συμμετρικὸν τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

οὕτως ὥστε αἱ θρυαλλίδες  $A$  καὶ  $A'$  νὰ εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος. Μεταξὺ τούτων τοποθετοῦμεν κατακορύφως ὑαλίνην πλάκα συνήθη  $M$ , καὶ οὕτως ὥστε αἱ θρυαλλίδες τῶν κηρίων νὰ εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς αὐτήν (δηλ. ἡ εὐθεῖα  $A A'$  νὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν πλάκα καὶ νὰ διχοτομεῖται ὑπ' αὐτῆς). Ἀνάπτομεν τὸ ἐν κηρίον καὶ τοποθετούμεθα πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος. Ἐὰν παρατηρήσωμεν διὰ μέσου τῆς πλακῆς θὰ ἴδωμεν ὅτι καὶ τὸ ἄλλο κηρίον μᾶς φαίνεται ἀνημμένον, καὶ ὅτι ἡ φλόξ αὐτοῦ δὲν δύναται νὰ σβεσθῇ ὁσονδήποτε ἰσχυρῶς καὶ ἂν φυσήσῃ αὐτὴν ἕτερον

ἄτομον. Ἐὰν δὲ διὰ φυσήματος σβύσωμεν τὴν φλόγα  $A$ , παρατηροῦμεν ὅτι ταυτοχρόνως σβέννυται καὶ ἡ ἑτέρα φλόξ  $A'$ .

Τὸ σχῆμα 45 δεικνύει τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεπομένων ἐκ τῶν ἄκρων σημείων  $A$  καὶ  $B$  τοῦ ἀντικειμένου μέχρι τοῦ ὀφθαλμοῦ.

Τὸ ἀντικείμενον καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι μὲν ὅμοια, ἀλλὰ δὲν εἶναι πάντοτε γεωμετρικῶς ἐφαρμοσίμα. Καὶ πράγματι, ἐντὸς ἐπιπέδου κατόπτρου ἡ δεξιὰ χεὶρ λ. χ. παρέχει εἶδωλον, ὅπερ εἶναι ὅμοιον πρὸς τὴν ἀριστεράν.

**Συμπεράσματα.** 1ον. Ὁ σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων ὀφείλεται εἰς τὴν ἀνάκλασιν τοῦ φωτὸς καὶ 2ον Τὰ εἶδωλα εἶναι συμμετρικὰ πρὸς τὰ ἀντικείμενα καὶ ὅμοια, ἀλλὰ γενικῶς δὲν εἶναι ἐφαρμοσίμα.

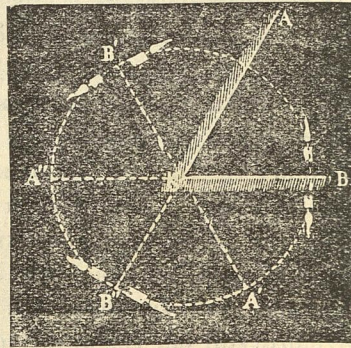
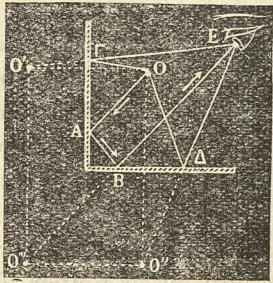
**58. Εἶδωλα φανταστικὰ καὶ πραγματικὰ. Πείραμα.**

Εἰς τὸ πείραμα τῆς παραγράφου 57 περίπτωσις β' τοποθετοῦμεν ὀπισθεν τῆς ὑαλίνης πλακῆς καὶ ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τοῦ κηρίου  $B'$  διάφραγμα τι. Παρατηροῦμεν ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ εἶδωλον τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου  $B$ . Ἐπομένως τὸ εἶδωλον δὲν ὑφίσταται ἐν τῇ πραγματικότητι. Συμβαίνει δὲ τοῦτο, διότι ἐν οἰονδήποτε σημείον τοῦ εἰδώλου, π. χ. τὸ  $A'$ , σχηματίζεται διὰ τῆς συγκεντρώσεως οὐχὶ αὐτῶν τούτων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων, ἀλλὰ τῶν προεκτάσεων αὐτῶν. Τὸ οὕτως σχηματιζόμενον εἶδωλον ὀφείλεται εἰς ἀπάτην τῶν ὀφθαλμῶν καὶ διὰ τοῦτο καλεῖται *εἶδωλον καθ' ἔμφασιν* ἢ *φανταστικόν*. Ὅταν τὸ εἶδωλον σχηματίζεται διὰ τῆς συγκεντρώσεως αὐτῶν τούτων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων (ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω), τότε τὸ εἶδωλον ὑφίσταται πράγματι καὶ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν αὐτὸ ἐπὶ πετάσματος. Τὸ τοιοῦτον εἶδωλον καλεῖται *εἶδωλον καθ' ὑπόστασιν* ἢ *πραγματικόν*.

**Συμπέρασμα.** Εἰς τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζονται εἶδωλα μόνον φανταστικά.

**59. Κάτοπτρα συγκλίνοντα.** Ἐὰν μεταξὺ δύο κατόπτρων ἐπιπέδων, ἅτινα σχηματίζουσι γωνίαν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ὀξείαν, τεθῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον, π.χ. κηρίον ἀνημμένον, θέλομεν ἴδει σχηματιζόμενα ἐν αὐτοῖς πλείονα εἶδωλα, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς μεταβάλλεται μετὰ τῆς γωνίας τῶν κατόπτρων.

α') **Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν 90°** (κάθετα πρὸς ἄλληλα). Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ σχηματίζονται **τρία** εἰδῶλα  $O', O'', O'''$  (σχ. 46). Καὶ τὸ μὲν  $O'$  σχηματίζεται, διότι ἡ ἀκτὶς  $OG$  ὑφίσταται μίαν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $AG$  καὶ εἶτα διευθύνεται πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν  $E$  τοῦ παρατηρητοῦ. Τὸ δὲ  $O''$  σχηματίζεται, διότι ἡ ἀκτὶς  $OD$  ὑφίσταται καὶ αὖτις μίαν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $BD$  καὶ εἶτα διευθύνεται πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Τέλος τὸ  $O'''$  σχηματίζεται, διότι ἡ ἀκτὶς  $OA$ , ἀφοῦ ὑποστῇ μίαν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $AG$  κατὰ



Σχ. 46. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων εἰς τὰ συγκλίνοντα κάτοπτρα (90°).

Σχ. 47. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων εἰς τὰ συγκλίνοντα κάτοπτρα (60°).

τὴν διεύθυνσιν  $AB$ , ὑφίσταται καὶ δευτέραν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $BD$  κατὰ τὴν διεύθυνσιν  $BE$  καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ὡς ἐὰν προήρχετο ἐκ τοῦ  $O'''$ , ὅπερ εἶναι τὸ συμμετρικὸν τοῦ  $O'$  ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον  $BD$ . Τὰ εἰδῶλα ταῦτα μετὰ τοῦ ἀντικειμένου εὐρίσκονται ἐπὶ περιφερείας, ἣτις γράφεται μὲ κέντρον τὸ σημεῖον πρὸς τὸ ὁποῖον συγκλίνουσι τὰ κάτοπτρα καὶ μὲ ἀκτῖνα τὴν ἀπόστασιν τούτου ἀπὸ τοῦ φωτοβόλου σημείου  $O$ .

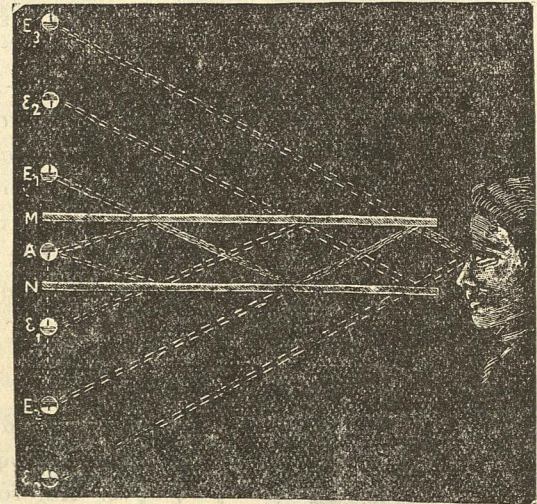
β') **Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν 60°**. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ σχηματίζονται **πέντε** εἰδῶλα (σχ. 47), ἅτινα κείνται ἐπὶ τῆς ὡς ἀνωτέρω γραφομένης περιφερείας.

γ') **Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν 45°**. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ σχηματίζονται **ἑπτὰ** εἰδῶλα, κείμενα ἐπὶ τῆς αὐτῆς περιφερείας.

**Συμπέρασμα.** Ἐλαττωμένης τῆς γωνίας τῶν κατόπτρων αὐξάνεται ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων.

**Κανὼν.** Πρὸς εὔρεσιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν εἰδώλων διαιροῦμεν τὰς 360° διὰ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μοιρῶν τῆς γωνίας τὴν ὁποῖαν ἀποτελοῦσι τὰ δύο κάτοπτρα, τὸ δὲ πηλίκον ἡλαττωμένον κατὰ μονάδα παρέχει τὸν ἀριθμὸν τῶν εἰδώλων.

**60. Κάτοπτρα παράλληλα.**—Ἐὰν μεταξὺ δύο κατόπτρων παράλληλων  $M$  καὶ  $N$  (σχ. 48) τεθῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον  $A$ ,



Σχ. 48. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων εἰς τὰ παράλληλα κάτοπτρα.

θέλομεν ἴδει σχηματιζόμενα ἐν αὐτοῖς πολλὰ εἰδῶλα, ἔνεκα τῶν ἐπανελημμένων ἀνακλάσεων τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων.

Καὶ ἐὰν μὲν αἱ ἀκτῖνες ἀνακλασθῶσι κατ' ἀρχὰς ἐπὶ τοῦ  $M$ , θὰ σχηματισθῇ ἡ σειρά τῶν εἰδώλων :

$E_1$  (εἶδωλον τοῦ  $A$  ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον  $M$ ).

$E_2$  (εἶδωλον τοῦ  $E_1$  ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον  $N$ ).

$E_3$  (εἶδωλον τοῦ  $E_2$  ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον  $M$ ) κλπ.

Ἐὰν δὲ αἱ ἀκτῖνες ἀνακλασθῶσιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $N$ , θὰ σχηματισθῇ ἡ σειρά τῶν εἰδώλων :

$\epsilon_1$  (εἶδωλον τοῦ Α ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον Ν).

$\epsilon_2$  (εἶδωλον τοῦ  $\epsilon_1$  ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον Μ).

$\epsilon_3$  (εἶδωλον τοῦ  $\epsilon_2$  ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον Ν) κλπ.

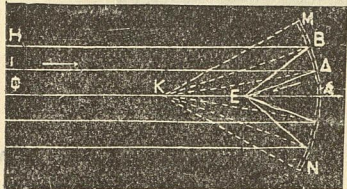
Ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων **θεωρητικῶς μὲν εἶναι ἄπειρος**, φυσικῶς ὅμως εἶναι περιορισμένος, διότι τὸ προσπίπτον φῶς οὐδέποτε ἀνακλᾶται ὀλόκληρον, καὶ ἔνεκα τούτου τὰ εἶδωλα ἔξασθενίζουσιν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ τέλος καθίστανται ἀόρατα.

Παράλληλα κάτοπτρα παρατηροῦνται πολλάκις εἰς τὰ κουρεῖα. Διὰ τούτων τὸ δωμάτιον καὶ τὰ ἐν αὐτῷ ἀντικείμενα ἀναπαράγονται πολλάκις καὶ οὕτω παράγεται ἐν ἡμῖν ἡ ἐντύπωσις δωματίου πολὺ μεγαλυτέρου.

**61. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων.**—Πλὴν τῆς συνήθους χρήσεως τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων εἰς τὰς οἰκίας καὶ τὰ καταστήματα, ἐχρησιμοποιήθησαν ταῦτα καὶ πρὸς κατασκευὴν ἀνακλαστήρων καὶ διαφόρων ὀργάνων, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνονται διάφοροι ὀπτικά ἀπάται. Δι' ἐπιπέδων κατόπτρων ἄνευ ἀμαλγάματος κασσιτέρου παράγονται καὶ τὰ ἐν τοῖς θεάτροις παρατηρούμενα φάσματα, ἡ ἀσώματος κεφαλὴ ἀνθρώπου κλπ.

**Β') Σφαιρικὰ κάτοπτρα.**

**62. Ὅρισμοί.**—Καλοῦνται **σφαιρικὰ κάτοπτρα** τὰ κάτοπτρα τῶν ὁποίων ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια ἔχει τὴν μορφήν τμήματος σφαίρας. Καὶ ἐὰν μὲν ἡ ἀνακλῶσα ἡ ἐπιφάνεια εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ, ἦτοι ἡ κοίλη, τὸ κάτοπτρον λέγεται **κοῖλον**, ἐὰν δὲ εἶναι ἡ ἔξωτερικὴ, ἦτοι ἡ κυρτὴ, τὸ κάτοπτρον λέγεται **κυρτόν**. Ὡστε τὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα διακρίνονται εἰς **κοῖλα** καὶ **κυρτά**.



Σχ. 49. Σφαιρικὸν κάτοπτρον.

Παράδειγμα κοίλου κατόπτρου εἶναι τὸ μικρὸν κάτοπτρον τῶν ὀδοντοῦατρῶν.

Τὸ κέντρον Κ (σχ. 49) τῆς σφαίρας εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον καλεῖται **κέντρον καμπυλότητος** τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ σημεῖον Α ὅπερ εἶναι τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου καλεῖται **κο-**

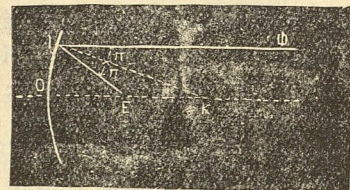
**ρυφή** αὐτοῦ. Ἡ ἀπεριόριστος εὐθεῖα ΑΚ ἡ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος Κ καὶ τῆς κορυφῆς Α τοῦ κατόπτρου καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα δὲ ἄλλη ἀπεριόριστος εὐθεῖα, διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου Κ, οὐχὶ ὅμως καὶ διὰ τῆς κορυφῆς Α, καλεῖται **δευτερεύων ἄξων** τοῦ κατόπτρου. **Κυρία τομὴ** τοῦ κατόπτρου καλεῖται πᾶσα τομὴ αὐτοῦ ὑπὸ ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος. **Κάθετος** εἰς τι σημεῖον σφαιρικοῦ κατόπτρου καλεῖται ἡ εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο ἀγομένη ἀκτὶς τῆς σφαίρας εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον. **Ἄνοιγμα** τοῦ κατόπτρου καλεῖται ἡ ἐν τῷ κέντρῳ αὐτοῦ σχηματιζομένη γωνία ΜΚΝ.

Ἐν τοῖς ἐπομένοις θέλομεν ὑποθέσει, ὅτι τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον παρουσιάζει ἄνοιγμα πολὺ μικρὸν, δηλ. ὅτι ἡ γωνία ΜΚΝ δὲν ὑπερβαίνει τὰς 8°—9°, ὅποτε τὸ κάτοπτρον θεωρεῖται ὡς ἐλάχιστον τμήμα σφαίρας, καὶ ὅτι αἱ φωτεινὰ ἀκτίνες ἀπέχουσι πολὺ ὀλίγον ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα καὶ εἶναι ἐλάχιστα κεκλιμένα πρὸς αὐτόν.

**α) Κοῖλα κάτοπτρα.**

**63. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων. Κυρία ἐστία.**

—Θεωρήσωμεν φωτεινὴν δέσμη προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κοίλου κατόπτρου παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, καὶ ἔστω ΦΙ (σχ. 50) μία τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης ταύτης. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΙΕ καὶ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου Ε, ὅπερ κεῖται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος ΟΚ. Καὶ πράγματι, ἐν τῷ τριγώνῳ ΙΕΚ αἱ πλευραὶ ΙΕ καὶ ΕΚ εἶναι ἴσαι, ὡς κείμεναι ἀπέναντι ἴσων γωνιῶν ΕΚΙ=ΕΙΚ=ΦΙΚ. Ἐπειδὴ δὲ τὸ κάτοπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος καὶ ἡ ἀκτὶς ΦΙ κεῖται πολὺ πλησίον τοῦ κυρίου ἄξονος, δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ὅτι ΕΙ=ΕΟ, ἔξ οὗ συμπεραίνομεν ὅτι καὶ ΕΟ=ΕΚ, ἦτοι τὸ σημεῖον Ε εἶναι τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος ΟΚ. Ὁ αὐτὸς συλλογισμὸς ἐφαρμόζεται καὶ ἐπὶ πάσης ἄλλης ἀκτίνος τῆς



Σχ. 50. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων ἐπὶ κοίλου κατόπτρου.

παράλληλου δέσμης. Τοιουτοτρόπως ἡ δέσμη ἢ παράλληλος τῶ κυρίῳ ἄξονι, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν μετατρέπεται εἰς κωνικὴν δέσμην συγκλίνουσαν, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Ε. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου ὡς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἢ δὲ ἀπόστασις ΕΟ καλεῖται **κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις** καὶ παρίσταται διὰ τοῦ γράμματος ε.

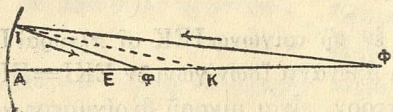
Παριστῶντες δὲ τὴν ἀκτῖνα ΟΚ διὰ τοῦ Α, θὰ ἔχωμεν  $\epsilon = \frac{A}{2}$ .

Ἀντιστρόφως, ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε ὑπάρχει φωτοβόλον τι σημεῖον, αἱ ἐκ τούτου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες καὶ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσαι, λαμβάνουσι, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, διευθύνσεις παράλληλους τῶ κυρίῳ ἄξονι. Καὶ πράγματι, ἡ πορεία τῶν ἀκτῖνων ἀντιστρέφεται καὶ γίνονται αἱ πρότερον ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες προσπίπτουσαι, αἱ δὲ προσπίπτουσαι ἀνακλόμεναι. Τούτου ἕνεκα καὶ αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως ἀντιστρέφονται μὲν ἀμοιβαίως, ἔξακολουθοῦσιν ὁμως νὰ μένωσιν ἴσαι.

**64. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τῆς κυρίας ἐστίας.** — Στρέφωμεν τὸ κατόπτρον πρὸς τὸν ἥλιον οὕτως, ὥστε αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες νὰ προσπίπτωσι παράλληλως τῶ κυρίῳ ἄξονι. Ἐμπροσθεν τοῦ κατόπτρου μεταθέτομεν φύλλον χάρτου, μέχρις ὅτου τὸ ἀνακλόμενον φῶς σχηματίσῃ ἐπ' αὐτοῦ φωτεινὴν κηλίδα. Τότε εἰς τὴν θέσιν τῆς κηλίδος θὰ εὐρίσκεται ἡ κυρία ἐστία τοῦ κατόπτρου. Μετροῦντες δὲ τὴν ἀπόστασιν ταύτης ἀπὸ τοῦ κατόπτρου θὰ ἔχωμεν τὴν κυρίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ κυρία ἐστία εἶναι **πραγματικὴ**, ἀφοῦ δεχόμεθα ταύτην ἐπὶ φύλλου χάρτου.

**65. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτῖνων. Συζυγεῖς ἐστίαι.** — Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον Φ, π.χ. φλῶξ κηρίου (σχ. 51), εὐρισκόμενον ἐνώπιον κοίλου κατόπτρου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος αὐτοῦ καὶ πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος. Μία τῶν ἀκτῖνων αὐτοῦ, λ.χ. ἡ ΦΙ, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Ιφ



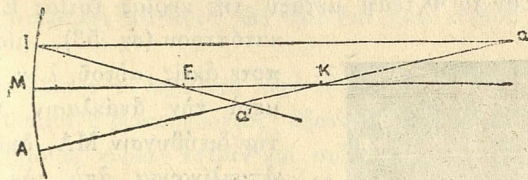
Σχ. 51. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτῖνων ἐπὶ κοίλου κατόπτρου.

καὶ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου φ τοῦ κυρίου ἄξονος. Καὶ πᾶσα ἄλλη ἀκτῖς, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν θέλει διέλθει διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου φ, ὅπερ εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ Φ. Εἶναι δὲ τὸ εἶδωλον τοῦτο πραγματικόν, διότι δυνάμεθα νὰ τὸ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου χάρτου.

Τοιουτοτρόπως, ἐὰν ἐκ τοῦ Φ ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλίνουσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν θέλει μετατραπῆ εἰς κωνικὴν δέσμην συγκλίνουσαν, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ σημείου φ. Τὰ σημεῖα Φ καὶ φ καλοῦνται **συζυγεῖς ἐστίαι**. Ὅποτε συζυγεῖς ἐστίαι καλοῦνται τὸ φωτοβόλον σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ. Εὐρίσκονται δὲ ἀμφοτέρω ταῦτα ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ φωτοβόλου σημείου.

Ἀντιστρόφως, ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ φωτοβόλον σημεῖον μετατίθεται ἐκ τοῦ Φ εἰς τὸ φ, τότε τὸ εἶδωλόν του μετατίθεται ἐκ τοῦ φ εἰς τὸ Φ. Καὶ πράγματι, ἡ πορεία τῶν ἀκτῖνων ἀντιστρέφεται, καὶ αἱ μὲν πρότερον ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες γίνονται νῦν προσπίπτουσαι, αἱ δὲ προσπίπτουσαι γίνονται ἀνακλόμεναι. Τούτου ἕνεκα καὶ αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως ἀντιστρέφονται μὲν ἀμοιβαίως, ἔξακολουθοῦσιν ὁμως νὰ μένωσιν ἴσαι.

**66. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς τῆς συζυγοῦς ἐστίας.** — Ἐστω α φωτοβόλον σημεῖον (σχ. 52). Λαμβάνομεν ἐκ τῶν



Σχ. 52. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς συζυγοῦς ἐστίας ἐν τῶ κοίλῳ κατόπτρῳ.

φωτεινῶν ἀκτῖνων τῶν ἐκπεμπομένων ἐξ αὐτοῦ δύο, α') τὴν ὀδεύουσαν κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα αΚΑ· αὕτη προσπίπτουσα καθέτως ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ β') τὴν ὀδεύουσαν παράλληλως τῶ κυρίῳ ἄξονι, π.χ. τὴν αΙ· αὕτη ἀνακλωμένη θέλει διέλθει διὰ τῆς κυρίας ἐστίας Ε. Αἱ δύο ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον α', ὅπερ εἶναι ἡ συ-

ζυγής ἐστία τοῦ α. Ἡ συζυγής λοιπὸν ἐστία τοῦ α εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ.

**67. Διάφοροι θέσεις τῆς συζυγοῦς ἐστίας φωτοβόλου σημείου μετακινουμένου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος.**—

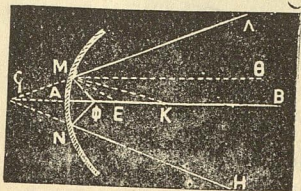
1ον. Ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον Φ τοῦ σχήματος 51 πλησιάσῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος Κ, τότε ἡ συζυγής ἐστία αὐτοῦ φ πλησιάζει πρὸς τὸ αὐτὸ σημεῖον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως ἐλαττοῦνται συγχρόνως.

2ον. Ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον Φ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος Κ, τότε καὶ ἡ συζυγής ἐστία αὐτοῦ φ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως αὐξάνονται συγχρόνως.

3ον. Ἐὰν τὸ Φ συμπέσῃ μὲ τὸ κέντρον καμπυλότητος Κ, τότε καὶ ἡ συζυγής ἐστία αὐτοῦ συμπίπτει μετὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου, ἐπομένως καὶ μετὰ τοῦ φωτοβόλου σημείου. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως μηδενίζονται.

4ον. Ἐὰν τὸ Φ συμπέσῃ μετὰ τῆς κυρίας ἐστίας Ε, τότε συζυγής ἐστία δὲν ὑφίσταται πλέον, διότι αἱ ἀνακλωμένοι ἀκτῖνες, βαίνουσαι παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, δὲν δύνανται νὰ συναντήσωσιν αὐτὸν πρὸς σχηματισμὸν συζυγοῦς ἐστίας.

5ον. Ἐὰν τὸ Φ τεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας Ε καὶ τοῦ κατόπτρου (σχ. 53), μία οἰαδήποτε ἀκτὶς αὐτοῦ, λ. χ. ἡ ΦΜ,



Σχ. 53. Μετάθεσις φωτοβόλου σημείου καὶ συζυγοῦς ἐστίας.

μετὰ τὴν ἀνάκλασιν λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν ΜΛ, δηλ. βαίνει ἀποκλίνουσα ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα. Καὶ πράγματι, διότι τῆς γωνίας προσπτώσεως ΦΜΚ οὐδὲς μεγαλύτερας τῆς γωνίας προσπτώσεως ΕΜΚ, καὶ ἡ ἀντίστοιχος γωνία ἀνακλάσεως ΚΜΛ θὰ εἶναι μεγαλύτερα τῆς ΚΜΘ.

Ὡστε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΜΛ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ συναντήσῃ τὸν κύριον ἄξονα ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει διὰ πάσας τὰς ἐκ τοῦ σημείου Φ ἀκτῖνας τὰς προσπιπτούσας ἐπὶ τοῦ κατόπτρου. Ἡ προέκτασις ὅμως τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος

ΜΛ θέλει συναντήσῃ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τι σημεῖον φ, κείμενον ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται συζυγής ἐστία τοῦ σημείου Φ, οὐχὶ ὁμῶς πραγματικὴ ἀλλὰ κατ' ἔμφασιν, διότι σχηματίζεται οὐχὶ ὑπ' αὐτῶν τούτων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτῖνων ἀλλ' ὑπὸ τῶν προεκτάσεων αὐτῶν.

Καὶ ἐὰν μὲν τὸ φωτοβόλον σημεῖον Φ πλησιάσῃ πρὸς τὸ κάτοπτρον ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ, μένον πάντοτε μεταξὺ κατόπτρου καὶ κυρίας ἐστίας, τότε καὶ ἡ κατ' ἔμφασιν ἐστία αὐτοῦ πλησιάζει ἐπίσης πρὸς τὸ κάτοπτρον ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ.

**68. Δευτερεύουσαι κύριαι ἐστίαὶ καὶ συζυγεῖς ἐστίαὶ.**

— Ἐὰν ἀντὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου κατόπτρου θεωρήσωμεν ἓνα οἰονδήποτε δευτερεύοντα ἄξονα αὐτοῦ καὶ φωτεινὰς ἀκτῖνας προσπιπτούσας παραλλήλως τῷ δευτερεύοντι τούτῳ ἄξονι, αὗται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν διέρχονται διὰ τινος σημείου αὐτοῦ, ὅπερ καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου ὡς πρὸς τὸν δευτερεύοντα ἄξονα. Ἐὰν δὲ θεωρήσωμεν φωτοβόλον σημεῖον κείμενον ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος τούτου ἄξονος καὶ πέραν τοῦ κέντρον καμπυλότητος, αἱ ἐξ αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, θέλουσι συναντήσῃ αὐτὸν εἰς τι σημεῖον ὅπερ καλεῖται ὁμοίως **συζυγής ἐστία**. Ἐὰν δὲ τὸ φωτοβόλον σημεῖον τεθῇ εἰς διαφόρους θέσεις ἐπὶ τοῦ ἄξονος τούτου, θέλομεν παρατηρήσει τὰ αὐτὰ ὡς καὶ ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος φαινόμενα.

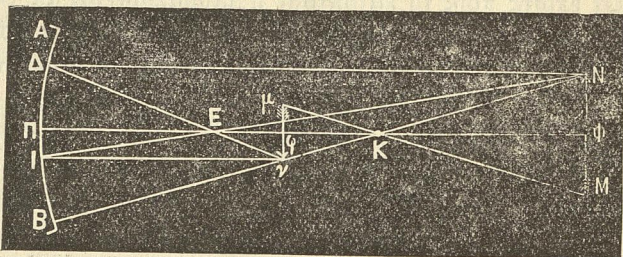
Ὅλα λοιπὸν τὰ λεχθέντα περὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀληθεύουσι καὶ περὶ παντὸς δευτερεύοντος ἄξονος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀνευρίσκωμεν ὁμοίως κυρίαν ἐστίαν καὶ συζυγεῖς ἐστίας.

**69. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων.**—

Ἴνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον οἰονδήποτε φωτοβόλου ἀντικειμένου, κειμένου ἐνώπιον κοίλου κατόπτρου, ἀρκεῖ νὰ εὔρωμεν τὸ εἶδωλον ἢ τὴν συζυγῆ ἐστίαν ἐκάστου σημείου αὐτοῦ, ἢ τοῦλάχιστον τῶν κυριωτέρων, ὅποια εἶναι τὰ ἄκρα σημεῖα αὐτοῦ. Πρὸς τοῦτο μεταχειριζόμεθα τὴν γεωμετρικὴν μέθοδον, τὴν ὁποίαν ἀνωτέρω περιεγράψαμεν. Ἐστω φωτοβόλον ἀντικείμενον, λ. χ. βέλος ΝΜ (σχ. 54). Ἡ συζυγής ἐστία τοῦ σημείου Ν θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον ν. Ὡσαύτως ἡ συζυγής ἐστία τοῦ σημείου Μ θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ

τοῦ δευτερευόντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον μ. Οὕτω παράγεται ἐν τῷ ἀέρι τὸ εἶδωλον νμ, ὅπερ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου χάρτου, καὶ ἐπομένως εἶναι **εἶδωλον καθ' ὑπόστασιν ἢ πραγματικόν.**

Ἐὰν ἤδη μεταθέσωμεν κηρίον ἀνημμένον ἐνώπιον τοῦ κατόπτρου καὶ δεχόμεθα ἐπὶ φύλλου χάρτου τὸ εἶδωλον αὐτοῦ τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διαφόρους θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἐπόμενα φαινόμενα.



Σχ. 54. Σχηματισμὸς εἰδώλου πραγματικοῦ ἐν τῷ κοίλῳ κατόπτρῳ.

1ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ πολὺ μακρὰν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται πολὺ πλησίον τῆς κυρίας ἐστίας καὶ εἶναι λίαν μικρὸν, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

2ον. Ἐὰν τὸ κηρίον πλησιάσῃ πρὸς τὸ κάτοπτρον, μένον πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος καὶ εἶναι πολὺ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

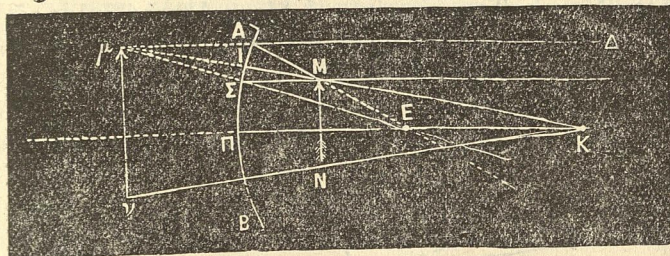
3ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ κέντρου καμπυλότητος, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἀκριβῶς ἄνωθεν αὐτοῦ καὶ εἶναι ἰσομέγεθες, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

4ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ κυρίας ἐστίας, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τοῦ κέντρου τούτου καὶ εἶναι πολὺ μεγαλύτερον, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

5ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ ἀκριβῶς ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, εἶδωλον δὲν σχηματίζεται, διότι αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν καθίστανται παράλληλοι τῷ κυρίῳ ἄξονι.

6ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κατό-

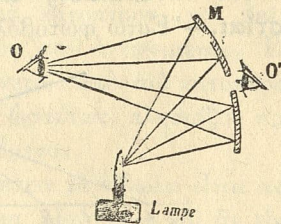
πτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ὀρθόν, πολὺ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ φανταστικόν, καθὼς δεικνύει τὸ σχῆμα 55.



Σχ. 55. Σχηματισμὸς εἰδώλου φανταστικοῦ ἐν τῷ κοίλῳ κατόπτρῳ.

**Συμπέρασμα.** Εἰς τὰ κοίλα κάτοπτρα σχηματίζονται δύο εἰδῶν εἶδωλα, α) **πραγματικὰ** ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας καὶ β) **φανταστικὰ** ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κατόπτρου.

**70. Ἐφαρμογαὶ τῶν κοίλων κατόπτρων.**— Τὰ κοίλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν τηλεσκοπίων τῶν καλουμένων κατοπτρικών, τῶν ἀνακλαστικῶν εἰς τοὺς προβολεῖς, τοῦ λαρυγγοσκοπίου καὶ τοῦ ὀφθαλμοσκοπίου. Τὸ ὀφθαλμοσκόπιον (σχ. 56) ἀποτελεῖται ἐκ κατόπτρου κοίλου Μ, ὅπερ φέρει κατὰ τὸ μέσον μικρὰν κυκλικὴν ὀπὴν διαμέτρου 2 χιλιοστομέτρων περίπου, διὰ μέσου τῆς ὁποίας ὁ ἰατρός δύναται νὰ ἐξετάσῃ τὸ βάθος τοῦ ὀφθαλμοῦ Ο.

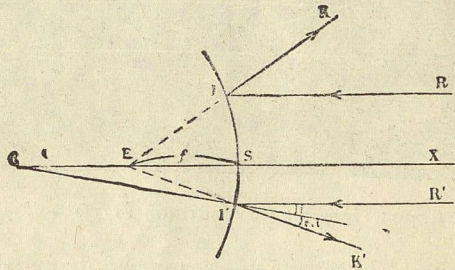


Σχ. 56. Ὀφθαλμοσκόπιον.

β') **Κυριὰ κάτοπτρα.**

**71. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων. Κυρία ἐστία.**— Θεωρήσωμεν φωτεινὴν δέσμη προσπίπτουσαν ἐπὶ κυρτοῦ κατόπτρου παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι καὶ ἔστω R'I' (σχ. 57) μία τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης ταύτης. Ἡ ἀκτίς αὕτη ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν I'K' καὶ βαίνει ἀποκλίνουσα, ἐὰν δὲ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς προεκταθῆ, συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα ὀπισθεν

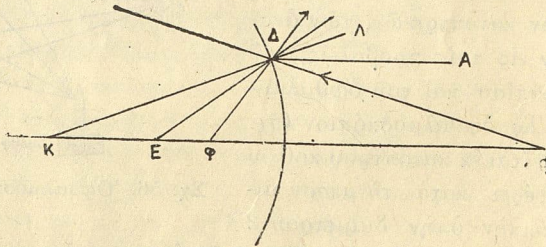
τοῦ κατόπτρου εἰς τι σημεῖον E, ὅπερ κεῖται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος CS, καθὼς ἐξάγεται ἐκ τοῦ τριγώνου CEI'. Τὸ αὐτὸ δύναται νὰ λεχθῆ καὶ διὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτῖνα τῆς παραλλήλου δέσμης. Τοιουτοτρόπως ἡ δέσμη ἢ παράλληλος τῶ κυρίῳ ἄξονι μετὰ τὴν ἀνάκλασιν μετατρέπεται εἰς δέσμη ἀποκλί-



Σχ. 57. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων ἐπὶ κυρτοῦ κατόπτρου.

νουσαν, ἣτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου E. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται, *κατ' ἔμφασιν κυρία ἐστία* τοῦ κατόπτρου.

**72. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων. Συζυγεῖς ἐστίαι.**—Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον Φ (σχ. 58) κείμενον ἐνώ-



Σχ. 58. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων ἐπὶ κυρτοῦ κατόπτρου.

πιον κυρτοῦ κατόπτρου καὶ ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Μία τῶν ἀκτίνων αὐτοῦ, λ. χ. ἡ ΦΔ, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΔΖ. Ἐὰν δὲ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προεκταθῆ, συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου, εἰς τι σημεῖον φ, κείμενον μετὰ τῆς κυρίας ἐστίας E καὶ τοῦ κατόπτρου. Καὶ πᾶσα δ' ἄλλη ἀκτὶς, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, θὰ λάβῃ τοιαύτην διεύθυνσιν, ὥστε προεκτεινομένη θὰ διέλθῃ διὰ

τοῦ φ. Τοιουτοτρόπως ἐὰν ἐκ τοῦ Φ ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλίνουσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὕτη θέλει μετατραπῆ εἰς κωνικὴν δέσμη ἀποκλίνουσαν, ἣτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου φ, ὅπερ εἶναι ἡ *κατ' ἔμφασιν συζυγῆς ἐστία* τοῦ Φ. Καὶ ἐνταῦθα ἡ συζυγῆς ἐστία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ φωτοβόλου σημείου, ὁ προσδιορισμὸς δὲ αὐτῆς γεωμετρικῶς γίνεται κατὰ τρόπον ἀνάλογον πρὸς τὸν τῶν κοίλων κατόπτρων, ἦτοι διὰ τῶν δύο εὐθειῶν.

Ἐὰν τὸ Φ πλησιάσῃ πρὸς τὸ κάτοπτρον ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ, καὶ ἡ κατ' ἔμφασιν συζυγῆς ἐστία αὐτοῦ πλησιάζει ὡσαύτως πρὸς αὐτὸ ἢ ἀπομακρύνεται, ἀλλὰ μένει πάντοτε μετὰ τῶν τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ.

**73. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων.**—Ἐὰν ἐνώπιον κυρτοῦ κατόπτρου τεθῆ φωτοβόλον ἀντικείμενον, θέλει σχηματισθῆ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο θὰ εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ πρὸς τὸ κάτοπτρον, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ πλησιάζει ὡσαύτως πρὸς τὸ κάτοπτρον, καὶ βαίνει μεγεθυνόμενον, μένει ὅμως μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν τοῦναντίον, τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ ἀπομακρύνεται ὡσαύτως, πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ βαίνει σμικρυνόμενον.

**Συμπέρασμα.** Εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα τὰ εἶδωλα εἶναι πάντοτε *φανταστικά*, ὀρθὰ καὶ μικρότερα, οἷαδὴποτε καὶ ἂν εἶναι ἢ θέσις τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

**74. Τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.**—Ἐστωσαν·  
π ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τῆς κορυφῆς σφαιρικοῦ κατόπτρου κοίλου ἢ κυρτοῦ·  
π' ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου του, πραγματικοῦ ἢ φανταστικοῦ, ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ σημείου·  
ε ἡ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου. Ἡ σχέσις ἡ συνδέουσα τὰ π, π' καὶ ε παρίσταται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\epsilon}$$

Διὰ τούτου εὐρίσκομεν τὸ ἐν ἐκ τῶν στοιχείων π, π', ε, ὅταν γνωρίζωμεν τὰ δύο ἄλλα.



Ὁ τύπος οὗτος ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὰ κοίλα καὶ εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα ὑπὸ τοὺς ἑξῆς ὅρους :

α') Τὸ ε λαμβάνεται **θετικόν** μὲν διὰ τὸ κοῖλον κάτοπτρον, **ἀρνητικόν** δὲ διὰ τὸ κυρτόν.

β') Τὸ π' εἶναι **θετικόν** μὲν διὰ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον, **ἀρνητικόν** δὲ διὰ τὸ φανταστικόν. Ὁμοίως καὶ τὸ π.

Ἐὰν δὲ Α εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καὶ Ε τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου του, ἡ σχέσις ἢ συνδέουσα τὰ μεγέθη παρίσταται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

Διὰ τούτου εὐρίσκωμεν τὸ σχετικὸν μέγεθος τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου, ὅταν ἔχωμεν τὰς σχετικὰς τιμὰς τῶν π καὶ π'.

Ὅταν τὸ Ε εἶναι **θετικόν**, τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν καὶ ἀνεστραμμένον, ὅταν δὲ εἶναι **ἀρνητικόν**, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν καὶ ὀρθόν.

### ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Φωτεινὴ ἀκτίς προσπίπτει ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου μετὰ τοῦ ὁποίου σχηματίζει γωνίαν 42° καὶ 25'. Πόσῃν γωνίαν σχηματίζει αὕτη μετὰ τῆς ἀνακλωμένης ; (Ἀπόκρ. 95° 10').

2) Ἐνώπιον κατακορύφου κατόπτρου εὐρίσκεται κανὼν ΑΒ ὅστις εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ κάτοπτρον. Τὸ μῆκος τοῦ κανόνος εἶναι 0,25 μέτρα, τὸ δὲ πλησιέστερον ἄκρον τοῦ Α ἀπέχει ἀπὸ τὸ κάτοπτρον 30 ἑκατοστόμετρα. Πόσον ἀπέχει τὸ ἕτερον ἄκρον Β ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του ; (Ἀπόκρ. 1,10 μέτρα).

3) Διὰ κοίλου κατόπτρου ἀκτίνος 80 ἑκατοστ. πρόκειται νὰ προβληθῇ ἐπὶ τινος τοίχου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον φωτεινῆς σχισμῆς οὕτως, ὥστε τοῦτο νὰ εἶναι 20 φορές μεγαλύτερον τῆς σχισμῆς. Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς σχισμῆς πρέπει νὰ τοποθετηθῇ τὸ κάτοπτρον ; (Ἀπόκρ. 42 ἑκατ.).

4) Ἀντικείμενον ὕψους 3 ἑκατοστ. εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου κατόπτρου καὶ εἰς ἀπόστασιν 75 ἑκατοστ. ἀπ' αὐτοῦ. Ἡ ἀκτίς τοῦ κατόπτρου εἶναι 1 μέτρον. Νὰ εὐρεθῶσι α) ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου, δηλ. ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ κατόπτρου καὶ β) τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου. (Ἀπόκρ. α) 1,50 μέτρα καὶ β) 6 ἑκατοστ. ὕψους).

5) Μεταξὺ δύο κατόπτρων ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων τοποθετεῖται κηρίον ἀνημμένον τὸ ὁποῖον ἀπέχει 50 ἑκατοστ. ἀπὸ τοῦ ἑνὸς κατόπτρου καὶ 80 ἑκατοστ. ἀπὸ τοῦ ἑτέρου. Νὰ εὐρεθῶσι α) ἡ ἀπόστασις τῶν δύο εἰδώλων ἄτινα σχηματίζονται ἐν ἑκατέρῳ κατόπτρῳ καὶ β) ἡ

ἀπόστασις τῶν δύο πρώτων εἰδώλων ἄτινα παρατηροῦνται ἐν τῷ πρώτῳ κατόπτρῳ. (Ἀπόκρ. α) 2,60 μέτρα καὶ β) 1,60 μέτρα).

6) Ἀντικείμενον τοποθετεῖται ἐνώπιον κοίλου κατόπτρου. Τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον εἶναι πραγματικόν καὶ διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 0,25 μέτρα ἀπὸ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου. Νὰ εὐρεθῇ ἡ κυρία ἐστία τοῦ κατόπτρου. (Ἀπόκρ. 0,50 μέτρα).

7) Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 50 ἑκατοστ. ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀκτίς τοῦ κατόπτρου διὰ νὰ σχηματισθῇ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι 4 φορές μεγαλύτερον ; (Ἀπόκρ. 80 ἑκατοστ.).

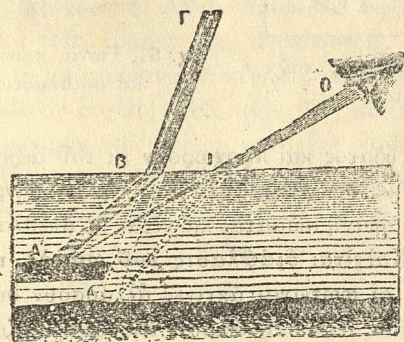
8) Ἡ ἀκτίς κοίλου κατόπτρου εἶναι 1 μέτρον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου πρέπει νὰ τοποθετηθῇ μικρὸν ἀντικείμενον, ἵνα σχηματισθῇ εἶδωλον φανταστικόν καὶ 2 φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου ; (Ἀπόκρ. 25 ἑκατοστ.).

9) Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ κοίλου κατόπτρου πρέπει νὰ τοποθετηθῶμεν, ἵνα σχηματισθῇ ἐν αὐτῷ τὸ εἶδωλον τοῦ ὀφθαλμοῦ, τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι 2 φορές μεγαλύτερον ; Ἡ ἀκτίς τοῦ κατόπτρου εἶναι 60 ἑκατ. (Ἀπόκρισις 15 ἑκατοστ.).

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

#### ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

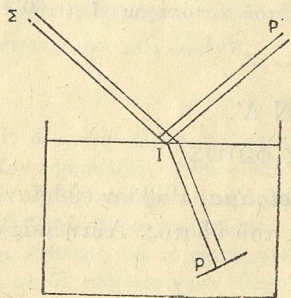
75. Διάθλασις τοῦ φωτός.—*Πείραμα.* Ράβδον εὐθείαν ΓΑ (σχ. 59) ἐμβαπτιζόμεν πλαγίως ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Αὕτη μᾶς φαί-



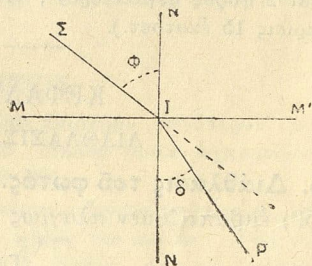
Σχ. 59. Ράβδος εὐθεῖα φαίνεται τεθρασμένη ἐν τῷ ὕδατι ἔνεκα τῆς διαθλάσεως.

νεται τεθρασμένη εἰς τὸ σημεῖον Β ὅπου ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδα-

τος ἐγγίζει τὴν ῥάβδον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Αἱ ἀκτῖνες ΑΙ αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐκ τοῦ ἄκρου Α τῆς ῥάβδου τοῦ εὐρισκομένου ἐκ τοῦ ὕδατος, προσπίπτουσαι πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος καὶ ἐξερχόμεναι εἰς τὸν ἀέρα δὲν ἀκολουθοῦν καὶ ἐν τῷ ἀέρι τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν τὴν ὁποίαν εἶχον ἐν τῷ ὕδατι ἀλλὰ λαμβάνουν νέαν διεύθυνσιν, τὴν ΙΟ. Τὰς ἀκτῖνας ταύτας δέχεται ὁ ὀφθαλμός μας καὶ νομίζει ὅτι προέρχονται ἐκ τινος σημείου Α' κειμένου ὑψηλότερον. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ δι' ὅλας τὰς ἀκτῖνας τὰς ἐκπεμπομένας ἐκ τῶν σημείων τῆς ῥάβδου τῶν εὐρισκομένων ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Τὰ σημεῖα λοιπὸν τῆς ῥάβδου τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς τοῦ ὕδατος φαίνονται ὑψηλότερα τῆς πραγματικῆς των θέσεως καὶ ἕνεκα τούτου ἡ ῥάβδος μᾶς φαίνεται τεθραυσμένη κατὰ τὸ Β. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρεῖται καὶ ὅταν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ΣΙ (σχ. 60) προσπίπτουν πλαγίως ἐπὶ τὴν



Σχ. 60. Διάθλασις τοῦ φωτός.



Σχ. 61. Γωνία προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.

ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος καὶ προχωροῦν ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ, καὶ γενικῶς ὁσάκις διαπερῶσι πλαγίως τὴν ἐπιφάνειαν τὴν διαχωρίζουσαν δύο διαφανῆ σώματα· καλεῖται δὲ διάθλασις τοῦ φωτός.

**Ὁρισμός.** Καλεῖται **διάθλασις τοῦ φωτός** τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ἀλλάσσουν διεύθυνσιν, ὅταν διαπερῶσι πλαγίως τὴν ἐπιφάνειαν τὴν διαχωρίζουσαν δύο διαφανῆ σώματα, π.χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ.

Ὅταν ὅμως αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτωσι καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης, τότε ἐξακολουθοῦν ὁδεύουσαι καὶ ἐν τῷ δευτέρῳ σώματι κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν.

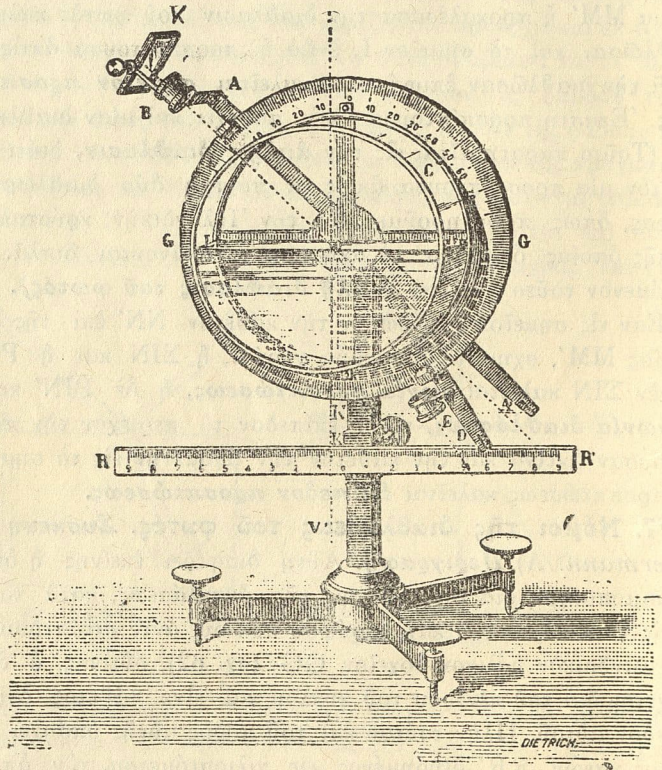
**76. Γωνία προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.**—Ἐστω ΜΜ' (σχ. 61) ἡ ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἢ διαχωρίζουσα τὰ διαφανῆ σώματα, π.χ. τὸν ἀέρα καὶ τὸ ὕδωρ, καὶ ΣΙ φωτεινὴ τις ἀκτὶς προσπίπτουσα πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης. Ἡ ἀκτὶς αὕτη εἰσδύει ἐν τῷ ὕδατι λαμβάνουσα τὴν διεύθυνσιν ΙΡ. Ἡ ἀκτὶς ΣΙ καλεῖται **προσπίπτουσα**, ἡ δὲ ΙΡ καλεῖται **διαθλωμένη**, ἢ ἐπιφάνεια ΜΜ' ἢ προκαλέσασα τὴν διάθλασιν τοῦ φωτός καλεῖται **διαθλώσα**, καὶ τὸ σημεῖον Ι, ἔνθα ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς συναντᾷ τὴν διαθλώσαν ἐπιφάνειαν, καλεῖται **σημεῖον προσπτώσεως**. Ἐκάστη προσπίπτουσα ἀκτὶς παρέχει καὶ μίαν διαθλωμένην. (Τοῦτο παρατηρεῖται εἰς τὴν **ἀπλήν διάθλασιν**, διότι εἶνε δυνατὸν μία προσπίπτουσα ἀκτὶς νὰ παρέχῃ **δύο** διαθλωμένας ἀκτῖνας, ὅπως παρατηροῦμεν εἰς τὴν Ἰσλανδικὴν κρύσταλλον, διὰ τῆς ὁποίας ὁρῶμενα τὰ ἀντικείμενα φαίνονται διπλᾶ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός**).

Ἐὰν εἰς σημεῖον Ι φέρωμεν τὴν κάθετον ΝΝ' ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ΜΜ', σχηματίζονται δύο γωνίαι, ἡ ΣΙΝ καὶ ἡ ΠΙΝ'. Ἡ μὲν ΣΙΝ καλεῖται **γωνία προσπτώσεως**, ἡ δὲ ΠΙΝ' καλεῖται **γωνία διαθλάσεως**, τὸ δὲ ἐπίπεδον τὸ περιέχον τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγομένην εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως καλεῖται **ἐπίπεδον προσπτώσεως**.

**77. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Συσκευή τοῦ Silbermann.** Α) **Περιγραφή.** Αὕτη διαφέρει ἐκείνης ἢ ὁποία ἐχρησιμοποιήθη διὰ τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, κατὰ τοῦτο, ὅτι εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου κύκλου, ἀντὶ κατόπτρου φέρει κυλινδρικὸν ὑάλινον δοχεῖον GG (σχ. 62), οὗτινος ὁ ἄξων διέρχεται διὰ τοῦ κέντρον τοῦ κύκλου καὶ εἶνε κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον αὐτοῦ. Πλὴν τούτου ἐπὶ τοῦ ποδὸς αὐτῆς ὑπάρχει ὀριζόντιος κανὼν RR' διηρημένος εἰς χιλιοστόμετρα, τὸν ὁποῖον δυνάμεθα νὰ μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος τοῦ ποδός.

Β) **Πείραμα.** Πληροῦμεν τὸ δοχεῖον τῆς συσκευῆς δι' ὕδατος, μέχρις ὅτου ἡ ἐλευθέρη ἐπιφάνεια αὐτοῦ φθάσῃ ἀκριβῶς μέχρι τοῦ κέντρον τοῦ κύκλου. Ἐπειτα δεχόμεθα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Κ φωτεινὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας, ἀνακλασθείσας ἐπ' αὐτοῦ, ρίπτομεν ἐπὶ τοῦ σωλήνος Β. Λεπτὴ δέσμη τούτων διευθύνεται παραλλήλως πρὸς ἀκτῖνά τινα τοῦ κύκλου καὶ προσ-

πίπτει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος κατὰ τὸ κέντρον τοῦ κύκλου. Ἡ δέσμη αὕτη εἶναι ἡ προσπίπτουσα. Αὕτη εισδύουσα εἰς τὸ ὕδωρ διαθλάται, καὶ ἐξέρχεται τοῦ δοχείου χωρὶς νὰ ὑποστῇ δευτέραν διάθλασιν (διατί:). Ἡ ἐξερχομένη δέσμη εἶναι ἡ διαθλωμένη. Μετακινουµεν ἔπειτα τὸν ἄλλον κανόνα οὕτως,



Σχ. 62 Συσκευή τοῦ Silbermann

ὥστε ἡ διαθλωμένη δέσμη νὰ διέλθῃ διὰ τῶν ὀπῶν τοῦ σωληνός. Μετακινουῦντες δὲ τὸν ὀριζόντιον κανόνα μετροῦµεν τὰ μήκη τῶν καθέτων τῶν ἀγοµένων ἐκ τῶν σηµείων Α' καὶ D ἐπὶ τὴν κατακόρυφον διάµετρον τοῦ κύκλου.

Καὶ τὸ μὲν μήκος τῆς καθέτου ἐκ τοῦ Α' παριστᾷ τὸ ἡμί-

τονον (1) τῆς γωνίας προσπτώσεως, τὸ δὲ τῆς ἐκ τοῦ D τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως. Ἐπομένως ὁ λόγος τῶν μηκῶν τῶν καθέτων τούτων θὰ παριστᾷ τὸν λόγον τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως. Ἐὰν μεταβάλωµεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως, θὰ ἔχωµεν μὲν νέαν τιμὴν τῆς γωνίας διαθλάσεως, ἐν τούτοις ὁ λόγος τῶν μηκῶν τῶν δύο καθέτων παραμένει σταθερὸς, ἐπομένως καὶ ὁ λόγος τῶν ἡμιτόνων τῶν δύο γωνιῶν.

Ἐκτὸς τούτου παρατηροῦµεν, ὅτι ἡ διαθλωμένη δέσμη εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς προσπίπτουσῆς, καὶ ὅτι τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος. Τοῦτο ἀποδεικνύεται ὅπως καὶ εἰς τοὺς νόµους τῆς ἀνακλάσεως.

**Νόμοι.** Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος συνάγοµεν τοὺς ἑξῆς δύο νόµους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

**Πρῶτος νόμος.**—*Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὀριζόμενον ὑπὸ τῆς προσπίπτουσῆς καὶ τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος εἶνε κάθετον ἐπὶ τὴν διαθλῶσαν ἐπιφάνειαν.* Ἐπομένως περιλαμβάνει καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγοµένην εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

**Δεύτερος νόμος.**—*Ὁ λόγος τῶν ἡμιτόνων γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως εἶνε σταθερὸς εἰς τὰ αὐτὰ σώματα καὶ διὰ τὸ αὐτὸ μονόχρουν φῶς.*

Ὁ σταθερὸς οὗτος λόγος καλεῖται *δείκτης διαθλάσεως* τοῦ δευτέρου σώματος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὸ φῶς ὑπέστη παρέκκλισιν, ὡς πρὸς τὸ πρῶτον, καὶ παρίσταται διὰ τοῦ ν.

Τοιοιουτρόπως ἔχοµεν:

$$\frac{\text{ἡμίτονον γωνίας προσπτώσεως}}{\text{ἡμίτονον γωνίας διαθλάσεως}} = \text{δείκτης διαθλάσεως,}$$

καὶ συμβολικῶς

$$\frac{\eta_{\mu\pi}}{\eta_{\mu\delta}} = n \quad (\text{ἐνθα } \pi = \text{γωνία προσπτώσεως καὶ } \delta = \text{γωνία διαθλάσεως}).$$

Ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ μονοχρόου φωτός εἶνε μὲν σταθερὸς διὰ τὰ αὐτὰ σώματα, μεταβάλλεται ὅμως μετὰ τῆς φύσεως τοῦ σώματος. Τοιοιουτρόπως ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ

1) Ὁ διδάσκων, ἂς εἴπῃ ὀλίγα τιὰ περὶ ἡμιτόνου ἐκ τῆς τριγωνομετρίας.

ὑδατος (ὡς πρὸς τὸν ἀέρα) εἶνε 1,33 (ἢ  $\frac{4}{3}$ ), τῆς δὲ κοινῆς ὑάλου (ὡς πρὸς τὸν ἀέρα) εἶναι 1,5 (ἢ  $\frac{3}{2}$ ) ἤτοι κατὰ τι μεγαλύτερος. Διὰ τοῦτο λέγομεν ὅτι ἡ ὑαλος εἶναι περισσότερον τοῦ ὑδατος διαθλαστικῆ.

**78. Παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.** 1ον

Ὅταν φωτεινὴ τις ἀκτὶς μεταβαίνει ἐκ σώματος ἀραιότερου εἰς πυκνότερον, ἀπὸ τὸν ἀέρα π.χ. εἰς τὸ ὕδωρ, ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς συνήθως πλησιάζει παρὸς τὴν κάθετον καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως εἶνε μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ λέγομεν ὅτι τὰ πυκνότερα σώματα εἶνε θλαστικώτερα τῶν ἀραιότερων. Ἀντιθέτως, ὅταν ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς μεταβαίνει ἀπὸ σώματος πυκνότερου εἰς ἀραιότερον, ἀπὸ τὸ ὕδωρ λ. χ. εἰς τὸν ἀέρα, ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς συνήθως ἀπομακρύνεται ἀπὸ τῆς καθέτου καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως εἶναι μεγαλύτερα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ὑπάρχουσιν ὅμως καὶ ἐξαιρέσεις. Οὕτω, τὸ οἰνόπνευμα, ὁ θειοῦχος ἀνθραξ, τὸ τερρεβινθέλαιον (νέφτι) καὶ ὁ αἰθῆρ, καίτοι εἶνε ἀραιότερα τοῦ ὑδατος, ἐν τούτοις εἶνε θλαστικώτερα αὐτοῦ.

2ον Ὅταν φωτεινὴ τις ἀκτὶς ὀδεύῃ διὰ μέσου σειρᾶς σωματίων διαφανῶν, τῶν ὁποίων οἱ δεῖκται διαθλάσεως βαίνουνσιν ἀξανάμενοι, τότε ἡ ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ἐν αὐτοῖς τεθλασμένην γραμμὴν, πλησιάζουσιν πάντοτε πρὸς τὴν κάθετον.

3ον Ὅταν φωτεινὴ τις ἀκτὶς ὀδεύῃ διὰ μέσου σώματος τῆς αὐτῆς φύσεως, ἀλλὰ τοῦ ὁποίου ἡ πυκνότης μεταβάλλεται κατὰ τρόπον συνεχῆ, τότε ἡ ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ἐν αὐτῷ καμπύλην περιπου γραμμὴν. Τοιαύτην περίπτωσιν ἔχομεν κατὰ τὴν δίοδον τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διὰ μέσου τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

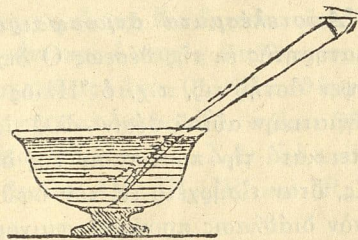
4ον Ὅ δεικτὴς διαθλάσεως μεταβάλλεται μεταβαλλομένης οὐ μόνον τῆς φύσεως τοῦ σώματος, ἀλλὰ καὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός (κίτρινον, κυανοῦν, ἐρυθρὸν κλπ.).

**79. Φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.**—1ον

Εἰς τὸν πυθμένα σκιεροῦ δοχείου κενοῦ θέτομεν νόμισμα (σχ. 64), κατόπιν ἱστάμεθα εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὰ χεῖλη τοῦ δοχείου νὰ μᾶς ἀποκρύπτωσιν ὀλίγον τὸ νόμισμα. Ἐὰν τώρα χύνωμεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον ὕδωρ ἐν τῷ δοχείῳ καὶ μετὰ

προσοχῆς, ὥστε νὰ μὴ μετακινήθῃ τὸ νόμισμα, ὁ ὀφθαλμὸς θέλει παρατηρήσει ὀλόκληρον τὸ νόμισμα, καίτοι οὔτε τὸ νόμισμα οὔτε ὁ ὀφθαλμὸς μετετοπίσθησαν ἐκ τῆς ἀρχικῆς αὐτῶν θέσεως. Πλὴν τοῦ νομίματος καὶ ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου φαίνεται ὑψηλότερον, διὰ τὸν αὐτὸν λόγον.

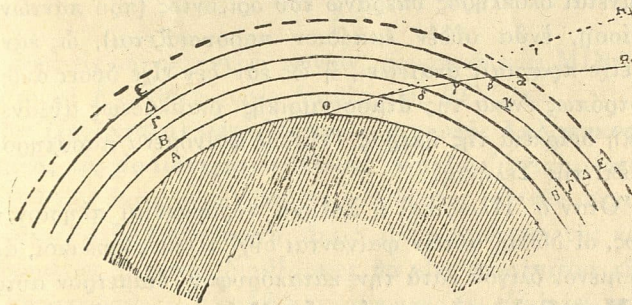
2ον Ὁ πυθμὴν τῆς θαλάσσης καὶ ἡ κοίτη τοῦ ποταμοῦ φαίνονται ἀβαθῆ, διότι πάντα τὰ σημεῖα τοῦ πυθμένος καὶ τῆς κοίτης φαίνονται ἀνυψωμένα. Ἐνεκα τούτου ἀπατώμεθα ὡς πρὸς τὸ βάθος τῆς θαλάσσης ἢ τοῦ ποταμοῦ, διότι ἐὰν θελήσωμεν νὰ λάβωμεν χάλικα εἴμεθα ὑποχρεωμένοι νὰ εἰσαγάγωμεν τὴν χεῖρά μας βαθύτερον παρ' ὅσον ἐφανατάζομεθα.



Σχ. 64. Ἀνύψωσις νομίματος ἔνεκα τῆς διαθλάσεως.

3ον Αἱ κῶπαι τῶν λέμβων φαίνονται τεθραυσμέναι ἐντὸς τῆς θαλάσσης, ὅπως καὶ ἡ εὐθεῖα ράβδος ἐντὸς τοῦ ὑδατος.

**80. Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις.** Ἡ ἀτμόσφαιρα ἀποτελεῖται ἀπὸ διαδοχικὰ στρώματα AA', BB', ΓΓ' . . . . . (σχ. 65),



Σχ. 65. Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις.

τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης βαίνει ἀξαναομένη συνεχῶς ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Ἐνεκα τούτου αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες, ὅπως ἡ Ra π.χ., αἱ ἐκπεμπόμεναι ὑπὸ τῶν διαφόρων ἀστέρων, π. χ. τοῦ Ἡλίου R, ὅταν διέρχωνται διὰ τῆς ἀτμοσφαιρας ὑφίστανται

διαδοχικὰς διαθλάσεις, ἔνεκα τῶν ὁποίων ἡ πορεία αὐτῶν δὲν εἶνε εὐθύγραμμος, ἀλλὰ καμπυλόγραμμος αβγδε.

Ἡ διάθλασις αὕτη, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιράς, καλεῖται **ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις**.

**Ἀποτελέσματα ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως.** 1ον Ὄταν παρατηρητὴς ἐκ τῆς θέσεως Ο δεχθῇ τὴν ἀκτίνα τὴν ὁποίαν ἐξεπεμψεν ἀστὴρ τις, π.χ. ὁ ἥλιος R, θὰ ἴδῃ τοῦτον οὐχὶ εἰς τὴν πραγματικὴν αὐτοῦ θέσιν ἀλλ' εἰς ἑτέραν θέσιν R', διότι τὸν βλέπει κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς διευθύνσεως τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ ἀκτίς, ὅταν εἰσήρχετο εἰς τὸν ὀφθαλμὸν του. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ λοιπὸν διάθλασις προκαλεῖ φαινομένην ἀνύψωσιν τοῦ ἥλιου ἐν τῷ οὐρανῷ, ἣτις εἶνε τοσοῦτω μεγαλύτερα ὅσω πλησιέστερον πρὸς τὸν ὀρίζοντα εὐρίσκεται οὗτος. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει δι' ὅλους ἐν γένει τοὺς ἀστέρας. Ἐξαιροῦνται μόνον οἱ ἀστέρες οἱ εὐρισκόμενοι εἰς τὸ ζενίθ, διότι αἱ ἀκτίνες αὐτῶν ὁδεύουσιν ἐν τῇ ἀτμοσφαιρᾷ ἄνευ διαθλάσεως (διατί). Ὄταν δὲ ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἐπὶ τοῦ ὀρίζοντος, ἡ ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις ἀνυψώνει τοῦτον κατὰ 34' περίπου.

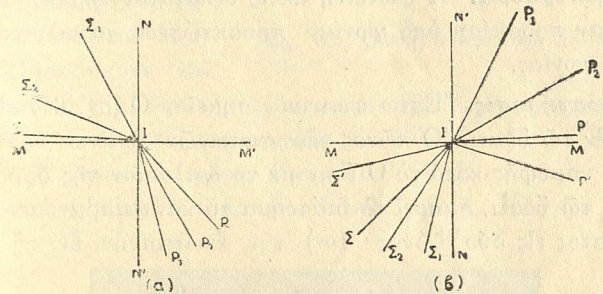
2ον Ὄταν ὁ δίσκος τοῦ ἥλιου εὐρίσκεται ὀλόκληρος ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα καὶ ἐγγίξῃ αὐτὸν διὰ τοῦ ἀνωτέρου χεῖλους του, τότε φαίνεται ὀλόκληρος ὑπεράνω τοῦ ὀρίζοντος (πρὸ πάντων ἐν τῇ θαλάσῃ, ἔνθα οὐδὲν ἐμπόδιον παρουσιάζεται), ὡς ἐὰν ὁ ἥλιος εἶχε πράγματι ἀνατεῖλει, ἢ ὡς ἐὰν δὲν εἶχε δύσει ἀκόμη. Τοιοῦτοτρόπως ἔνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως αὐξάνεται ἡ φυσικὴ διάρκειά τῆς ἡμέρας. Ὅμοια φαινόμενα παρατηροῦνται καὶ ἐπὶ τῆς Σελήνης.

3ον Ὄταν ὁ ἥλιος καὶ ἡ Σελήνη εὐρίσκονται πλησίον τοῦ ὀρίζοντος, οἱ δίσκοι αὐτῶν φαίνονται οὐχὶ τελείως κυκλικοί, ἀλλὰ πεπλατυσμένοι ὀλίγον κατὰ τὴν κατακόρυφον διάμετρον αὐτῶν.

**81. Μεταβολὴ τῆς γωνίας διαθλάσεως μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως.** 1ον **Περίπτωσις μεταβάσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ ἀραιότερου σώματος εἰς πυκνότερον.** Ἐστω MM' (σχ. 66, α) ἡ ἐπιφάνεια ἡ διαχωρίζουσα δύο διαφανῆ σώματα, π.χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ, καὶ φωτεινὴ τις ἀκτίς μεταβαίνουσα ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ. Αὕτη διαθλάται, ἡ δὲ διαθλωμένη ἀκτίς

πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως θὰ εἶναι μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως.

Ἐὰν λοιπὸν ἡ γωνία προσπτώσεως λάβῃ διαφόρους τιμὰς, ἀπὸ 0° (ὁπότε ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς θὰ προσπίπτῃ καθέτως) μέχρις 90° (ὁπότε ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς θὰ ἄπτεται τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος), τότε καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως θὰ λάβῃ μὲν διαφόρους τιμὰς, ἀρχομένης ἀπὸ 0°, ἀλλὰ θὰ μένῃ πάντοτε μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Τὸ σχῆμα 66, α δεικνύει ὅτι εἰς τὰς προσπιπτούσας ἀκτίνας NI, Σ<sub>1</sub>I, Σ<sub>2</sub>I καὶ ΣI ἀντιστοιχοῦσιν αἱ διαθλώμεναι ἀκτίνες IN', IP<sub>1</sub>, IP<sub>2</sub> καὶ IP, καὶ



Σχ. 66. Μεταβολὴ τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.

ἐπομένως εἰς τὴν μεγίστην γωνίαν προσπτώσεως MIN (=90°) ἀντιστοιχεῖ ἡ μεγίστη γωνία διαθλάσεως PIN'.

2ον **Περίπτωσις μεταβάσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ πυκνοτέρου σώματος εἰς ἀραιότερον.**—**Ὄρικὴ γωνία.** Ἀντιστρόφως, ἐὰν φωτεινὴ τις ἀκτίς μεταβαίνῃ ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα, αὕτη διαθλάται, ἡ δὲ διαθλωμένη ἀκτίς ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως θὰ εἶνε μεγαλύτερη τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἐντεῦθεν συνάγομεν, ὅτι ὑπάρχει τιμὴ τις ΣIN (σχ. 66, β) τῆς γωνίας προσπτώσεως, εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ γωνία διαθλάσεως PIN' ἴση μὲ 90°, ὁπότε ἡ διαθλωμένη ἀκτίς IP ἐφάπτεται τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Ἡ γωνία ΣIN καλεῖται ὀρικὴ γωνία.

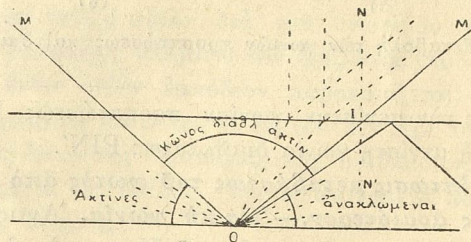
**Ὄρισμός.** Καλεῖται **ὀρικὴ γωνία** ἡ γωνία προσπτώσεως ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς γωνίαν διαθλάσεως ἴσην μὲ 90°.

Ἡ ὀρικὴ γωνία εἶναι ἐν μὲν τῷ ὕδατι  $48^\circ$  περίπου, ἐν δὲ τῇ κοινῇ ὑάλῳ  $42^\circ$  περίπου.

**82. Ὀλικὴ ἀνάκλασις.** Ἐὰν ἐξ ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου Σ (σχ. 66, β) εὐρισκομένου ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἀναχωρήσῃ ἀκτὶς ΣΤ καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας MM' ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως Σ'IN μεγαλύτεραν τῆς ὀρικῆς ( $48^\circ$ ), αὕτη δὲν δύναται πλέον νὰ διαθλασθῇ, ἀλλὰ θέλει ἀνακλασθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας MM' κατὰ τὴν διεύθυνσιν IP', ὡς ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια αὕτη ἦτο ἐπίπεδον κάτοπτρον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐκλήθη **ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός**, διότι τὸ φῶς ἀνακλᾶται **καθ' ὀλοκληρίαν**.

**Συμπέρασμα.** Ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν, ὅταν προσπέσῃ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως μεγαλύτεραν τῆς ὀρικῆς γωνίας.

**Παρατήρησις.** Ἐστω φωτεινὸν σημεῖον O (σχ. 67) εὐρισκόμενον ἐν τῷ ὕδατι. Ὁ κῶνος τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ὅστις ἔχει γωνίαν κορυφῆς κατὰ τὸ O ἴσην μὲ τὸ διπλάσιον τῆς ὀρικῆς γωνίας ἐν τῷ ὕδατι, διαιρεῖ τὸ διάστημα τὸ καταλαμβάνομενον ὑπὸ τοῦ ὕδατος εἰς δύο ζώνας: 1ον) τὴν ἐσωτερικὴν, ἐν τῇ ὁποίᾳ

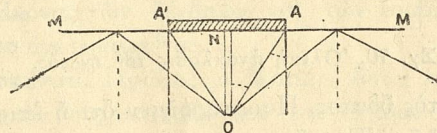


Σχ. 67. Ὀλικὴ ἀνάκλασις καὶ διάθλασις.

περιλαμβάνονται αἱ ἀκτῖνες, αἵτινες προσπίπτουσαι ἐπὶ τῆς διαχωριζούσης ἐπιφανείας ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα (διατί;), καὶ 2ον) τὴν ἐξωτερικὴν, ἐν τῇ ὁποίᾳ περιλαμβάνονται αἱ ἀκτῖνες, αἵτινες προσπίπτουσαι ἐπὶ τὴν αὐτὴν ἐπιφάνειαν ὑφίστανται ὀλικὴν ἀνάκλασιν (διατί;). Ἐὰν λοιπὸν προσβλέψωμεν ἄνωθεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος, θὰ παρατηρήσωμεν μόνον τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς τῆς πρώτης ζώνης. Ἐὰν δὲ καλύψωμεν τὸ τμήμα τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν βᾶ-

σιν τοῦ κῶνου τούτου, δὲν θὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς τῆς δευτέρας ζώνης.

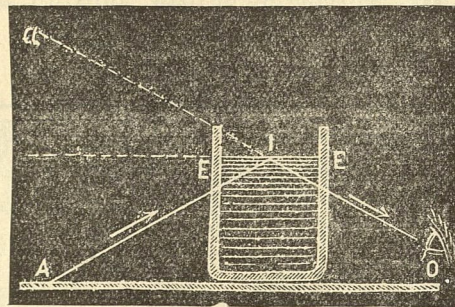
**83. Φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως.**—1ον Εἰς τὸ κέντρον κυκλικοῦ δίσκου ἐκ φελλοῦ στερεώνομεν μετάλλινον στέλεχος NO (σχ. 68), ὅπερ νὰ ἔχη τοσοῦτο μῆκος, ὥστε ἡ γωνία AON νὰ εἶνε κατὰ τι μεγαλύτερα τῆς ὀρικῆς γωνίας ἐν τῷ ὕδατι ( $48^\circ$ ). Τοῦτον θέτομεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος λεκάνης οὕτως, ὥστε τὸ στέλεχος νὰ εὐρίσκηται ἐντὸς τοῦ ὕδατος.



Σχ. 68. Ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

Ὁποῦδήποτε καὶ ἂν τοποθετηθῇ ὁ ὀφθαλμὸς ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, εἶνε ἀδύνατον νὰ παρατηρήσῃ τὸ στέλεχος.

2ον Ὑάλινον ποτήριον πληροῦμεν δι' ὕδατος καὶ θέτομεν ἐπὶ τραπέζης πλησίον μιᾶς τῶν ἀκμῶν αὐτῆς. Πλησίον τοῦ πο-

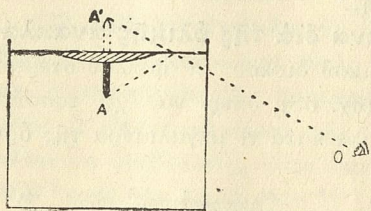


Σχ. 69. Ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

τηρίου θέτομεν ἐν νόμισμα A (σχ. 69). Ἐὰν ἤδη παρατηρήσωμεν ἐκ τοῦ ἀντιθέτου μέρους τοῦ ποτηρίου τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, θέλομεν ἶδει τὸ εἶδωλον τοῦ νομίσματος ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας, εἰς τὴν θέσιν α.

3ον Εἰς τὸ κέντρον δίσκου ἐκ φελλοῦ στηρίζομεν καθέτως μετάλλινον στέλεχος μήκους 3—4 ἑκατοστομέτρων (σχ. 70) καὶ

θέτομεν αὐτὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος οὕτως, ὥστε τὸ στελέχος νὰ εὐρίσκειται ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Παρατηροῦντες τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, βλέπομεν τὸ εἶδωλον τοῦ στελέχους ἐπάνω εἰς τὸν δίσκον καὶ ἐπομένως ἐκτὸς τοῦ ὕδατος.

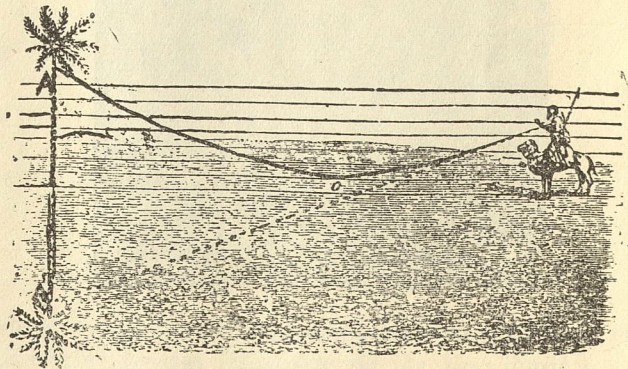


Σχ. 70. Ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

τὸς ὕδατος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐπιφάνειά του λάμπει ἀργυροειδῶς. Ἐὰν ὅμως πληρώσωμεν τὸν σωλῆνα δι' ὕδατος, ἡ λάμψις ἐξαφανίζεται.

Ἐν καρπὸς χροώδης (ροδάκινον, βερύκοκον, ἀμύγδαλον) ἐμβαπτίζομενος ἐντὸς ὕδατος, λάμπει κατ' ἐπιφάνειαν ἀργυροειδῶς. Ἐὰν ὅμως διαβρέξωμεν καλῶς τὸν καρπὸν οὕτως, ὥστε νὰ ἐκδιώξωμεν τὸν ἀέρα, ἡ λάμψις ἐξαφανίζεται.

**84. Ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός.** Ὁ ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός εἶνε φαινόμενον ὀπτικόν, κατὰ τὸ ὁποῖον βλέπει



Σχ. 71. Ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός.

τις ἀνεστραμμένα τὰ εἶδωλα τῶν μακρὰν κειμένων ἀντικειμένων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρεῖται συνηθέστατα εἰς τὰς θερμαῖς χώρας, καὶ ἰδίως εἰς τὰς ἀμμώδεις πεδιάδας τῆς Αἰγύπτου, ὅπου δύναται τις νὰ ὑποστῇ τοιαύτην ὀπτικὴν ἀπάτην, ὥστε νὰ ἐκ-

λάβη τὸ ἔδαφος ὡς ἀπέραντον λίμνην, ἢ ὡς μέγα κάτοπτρον, ἐπὶ τῶν ὁποίων κατοπτρίζεται μέρος τοῦ οὐρανοῦ, αἱ περίξ οικίαι, τὰ δένδρα καὶ χωρία δλόκληρα. Ὁ ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός παρατηρήθη πρὸ πολλοῦ χρόνου, χωρὶς ὅμως καὶ νὰ ἐξηγηθῇ. Κατὰ δὲ τὴν ἐκστρατείαν τοῦ Μεγάλου Ναπολέοντος εἰς τὴν Αἴγυπτον παρατηρήθη ὑπὸ τοῦ Γαλλικοῦ στρατοῦ, ὅστις εἶδε μακρόθεν ἐπὶ τῶν πεδιάδων τῆς Αἰγύπτου τὴν ἀντανάκλασιν τοῦ οὐρανοῦ καὶ τὰς εἰκόνας τῶν δένδρων καὶ τῶν λοιπῶν ἀντικειμένων τοῦ ὁρίζοντος ἀνεστραμμένας.

**Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.** Πρῶτος ὁ Monge, ὅστις παραηκολούθει τότε τὸν Γαλλικὸν στρατόν, ἐξήγησε τὸν ἀτμοσφαιρικὸν κατοπτρισμὸν ὡς ἐξῆς: Τὸ ἀμμώδες ἔδαφος, θερμαινόμενον ἰσχυρῶς ὑπὸ τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων, θερμαίνει ἐξ ἐπαφῆς καὶ τὰ ὑπεράνω αὐτοῦ στρώματα τοῦ ἀέρος, ἅτινα διατάσσονται, οὕτως ὥστε ἡ πυκνότης αὐτῶν νὰ *αὐξάνη* μέχρι τινὸς *ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω*.

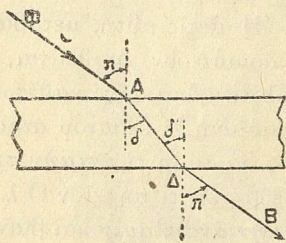
Θεωρήσωμεν λοιπὸν φωτεινὴν ἀκτῖνα, ἣτις προέρχεται ἐκ τινος σημείου A (σχ. 71) μεμακρυσμένου καὶ ὑψηλοῦ ἀντικειμένου καὶ νὰ ὀδεύη πλαγίως πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ ἀκτίς αὕτη, μεταβαίνουσα ἀπὸ πυκνοτέρου στρώματος εἰς ἀραιότερον διαθλάται, ἢ δὲ διαθλωμένη ἀκτίς ἀπομακρύνεται ὀλονὲν ἀπὸ τῆς καθέτου. Ἡ γωνία λοιπὸν τῆς προσπτώσεως θὰ αὐξάνη ἐξ ἐκάστου στρώματος εἰς τὸ ἀμέσως ἐπόμενον, καὶ τέλος θὰ λάβη τὴν *τιμὴν τῆς ὀρικῆς γωνίας*, τὴν ὁποίαν καὶ θὰ ὑπερβῇ εἰς τι σημεῖον O λ.χ. Ἡ ἀκτίς ὑφίσταται τότε κατὰ τὸ O *ὀλικὴν ἀνάκλασιν* καὶ βαίνει κατ' ἀντίθετον πορείαν, καθ' ἣν μεταβαίνει ἐξ ἀραιότερου στρώματος εἰς πυκνότερον. Οὕτως ἡ διαθλωμένη ἀκτίς θὰ πλησιάσῃ ὀλοὲν πρὸς τὴν καθέτην ἀκολουθοῦσα τὴν πορείαν OP, ἣτις εἶναι συμμετρικὴ τῆς πορείας AO. Τέλος θὰ φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ κατὰ τοιαύτην διεύθυνσιν, ὡς ἐὰν προήρχετο ἐκ τοῦ σημείου A' κειμένου ὑπὸ τὸ ἔδαφος καὶ συμμετρικοῦ τοῦ A ὡς πρὸς τὸ στρώμα ἔνθα ἐγένετο ἡ ὀλικὴ ἀνάκλασις. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει διὰ πάντα τὰ σημεία τοῦ ἀντικειμένου, ὅπερ οὕτω φαίνεται ἀνεστραμμένον, ὡς ἐὰν αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες εἶχον ἀνακλασθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἠρεμούσης λίμνης ἢ κατόπτρου.

Ομοιον φαινόμενον παρατηρεῖται ἐνίοτε καὶ ὑπεράνω τῆς θαλάσσης, ἔνθα φαίνονται ἀνεστραμμένα τὰ εἶδωλα τῶν πλοίων, ὡς ἐν κατόπτρῳ.

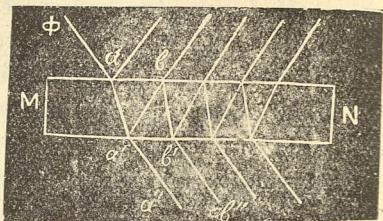
**Συμπέρασμα.** Ὁ ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμὸς ὀφείλεται εἰς τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας.

**85. Πορεία τοῦ φωτὸς διὰ πλακῶν διαφανῶν. Πείραμα.** Ἐπὶ φύλλου χάρτου χαράσσομεν εὐθείας γραμμὰς παραλλήλους καὶ ἐπὶ τούτων θέτομεν ὑαλίνην πλάκα οὕτως, ὥστε τμήμα μόνον αὐτῶν νὰ μένη ἀκαλύπτον. Παρατηροῦντες πλαγίως τὰς γραμμὰς ταύτας, διὰ μέσου τῆς πλακὸς, βλέπομεν ὅτι τὸ τμήμα αὐτῶν τὸ ὑπὸ τῆς πλακὸς καλυπτόμενον δὲν ἀποτελεῖ πλέον συνέχειαν τοῦ ἀκαλύπτου τμήματος. Τοῦναντίον, ὅταν παρατηρῶμεν καθέτως, ἡ συνέχεια διατηρεῖται. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς.

Θεωρήσωμεν ὑαλίνην πλάκα διαφανῆ, ἔχουσαν ἀμφοτέρας τὰς ὕψεις αὐτῆς ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους καὶ φωτεινὴν ἀκτῖνα



Σχ. 72. Πορεία τοῦ φωτὸς διὰ πλακὸς διαφανοῦς.



Σχ. 73. Ἀνάκλασις καὶ διάθλασις διὰ πλακὸς διαφανοῦς.

ΦΑ (σχ. 72) προσπίπτουσαν πλαγίως ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ἀκτὶς εἰσδύει κατ' ἄρχὰς ἐν τῇ ὑάλῳ, διαθλωμένη κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΔ καὶ πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον, καὶ τέλος ἐξέρχεται ἐν τῷ ἀέρι διαθλωμένη κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΔΒ καὶ ἀπομακρυνομένη τῆς κάθετου. Ἐπειδὴ δὲ αἱ κατὰ τὰ σημεῖα Α καὶ Δ κάθετοι εἶνε παράλληλοι, αἱ γωνίαι δ καὶ δ' εἶνε ἴσαι. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν καὶ  $\pi = \pi'$ . Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι ἡ ΔΒ θὰ εἶνε παράλληλος πρὸς τὴν ΦΑ.

**Συμπέρασμα.** Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτουσα πλαγίως ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς καὶ ἐξερχομένη ἐξ αὐτῆς, δὲν ἀλλάσσει διεύθυνσιν ἀλλὰ μόνον μετατοπίζεται παραλλήλως πρὸς ἑαυτήν.

Ἡ μετατόπισις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος εἶνε τοσοῦτον μεγαλύτερα ὅση ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως αὐξάνεται καὶ ὅση τὸ πάχος τῆς ὑαλίνης πλακὸς εἶνε μεγαλύτερον. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ καθέτως, ἐξέρχεται ἀνευ μετατοπίσεως.

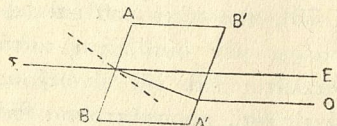
Φωτεινὴ τις ἀκτὶς, ὡς ἡ Φα (σχ. 73), προσπίπτουσα ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς κατὰ τὸ σημεῖον α, ἐν μέρει μὲν διαθλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν αα', ἐν μέρει δὲ ἀνακλάται ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ὕψεως τῆς πλακὸς. Ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς αα', προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς κατωτέρας ὕψεως κατὰ τὸ σημεῖον α', ἐν μέρει μὲν διαθλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν α'α'', ἐν μέρει δὲ ἀνακλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν αβ' καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιοῦτοτρόπως ἔχομεν σειρὰν ἀνακλωμένων καὶ σειρὰν διαθλωμένων ἀκτίνων. Ἐὰν δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῆ ἢ τὰς πρώτας ἢ τὰς δευτέρας ἀκτίνας, θέλει παρατηρήσει σειρὰν εἰδώλων, ἅτινα καθίστανται ὀλοὲν ἀμυδροτέρα, ἔνεκα τῶν ἐπανειλημμένων ἀνακλάσεων καὶ διαθλάσεων τοῦ φωτὸς.

**86. Κρυστάλλινα κάτοπτρα.**— Ταῦτα εἶνε ὑάλινοι πλάκες μετὰ ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων ὕψεων, ἅτινα παρουσιάζουσι δύο ἀνακλώσας ἐπιφανείας, τὴν προσθίαν ἢ ἀνωτέραν, ἣτις εἶνε ὑαλίνη, καὶ τὴν ὀπισθίαν ἢ κατωτέραν, ἣτις ἔχει καλυφθῆ διὰ λεπτοῦ μεταλλικοῦ στρώματος (ἀμαλγάματος κασσιτέρου). Αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες προσπίπτουσαι ἐπὶ τοιούτων κατόπτρων ἀνακλῶνται καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν, τῆς ἀνωτέρας καὶ τῆς κατωτέρας, κυρίως ὅμως ἐπὶ τῆς κατωτέρας τῆς ἐπιμεταλλωμένης. Τοιοῦτοτρόπως θέλει σχηματισθῆ σειρὰ εἰδώλων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ πρῶτον εἶναι ἀμυδρόν, ἐπειδὴ προέρχεται ἐξ ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ἕδρας, τὸ δεύτερον θὰ εἶναι λαμπρότατον πάντων, διότι προέρχεται ἐξ ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας, τῆς ἐπιμεταλλωμένης, τὰ δὲ λοιπὰ εἶδωλα σχηματίζονται ἀμυδροτέρα, ἔνεκα τῶν διαδοχικῶν ἀνακλάσεων τοῦ φωτὸς ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τῆς πλακὸς. Τὴν σειρὰν τῶν εἰδώλων τούτων παρατηροῦμεν, ἐὰν θέσωμεν ἐνώπιον κοινοῦ κατόπτρου λαμπάδα ἀνημμένην καὶ παρατηρήσωμεν αὐτὴν πλαγίως



ἐν σκοτεινῷ δωματίῳ. Ἐὰν ὁμως τὴν παρατηρήσωμεν καθέτως, τὸ κύριον εἶδωλον καλύπτει πάντα τὰ λοιπά, ἅτινα οὕτω συγχέονται.

**87. Διπλῆ διάθλασις.**—Ἐὰν λάβωμεν τεμάχιον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ἣτις εἶναι καθαρωτάτη καὶ διαυγεστάτη παραλλαγή τοῦ ἄσβεστίου, ἀπαντῶσα κατὰ μεγάλας ποσότητας ἐν Ἴσλανδία (ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα), καὶ τὸ παρενθέσωμεν εἰς τὴν πορείαν



Σχ. 74. Διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός.

λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου οὕτως, ὥστε ἡ δέσμη νὰ προσπέσῃ ἐπὶ μιᾶς τῶν ἐδρῶν αὐτοῦ AB (σχ. 74), θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ δέσμη αὕτη ἐξερχομένη παρέχει δύο διαθλωμένας E καὶ O, καὶ

οὕτω σχηματίζονται ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος δύο φωτεινοὶ κύκλοι. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός.

**Ὁρισμός.** Καλεῖται **διπλῆ διάθλασις** τοῦ φωτός, τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον μία προσπίπτουσα ἀκτίς παρέχει δύο διαθλωμένας.

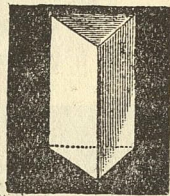
Τὰ σώματα τὰ παρουσιάζοντα διπλὴν διάθλασιν καλοῦνται **διπλοθλαστικά**, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὰ ἄλλα, ἅτινα ὡς παρουσιάζοντα ἀπλὴν διάθλασιν καλοῦνται **ἀποθλαστικά**. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ μὲν μία ἀκολουθεῖ πάντοτε τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται **συνήθης ἀκτίς**, ἡ δὲ ἑτέρα δὲν ἀκολουθεῖ γενικῶς τούτους καὶ καλεῖται **ἐκτακτος ἀκτίς**. Ἀποτέλεσμα τῆς διπλῆς διαθλάσεως εἶναι, ὅτι τὰ διὰ τῶν διπλοθλαστικῶν σωμάτων δρώμενα ἀντικείμενα φαίνονται διπλά. Οὕτω γραμμὴ ἢ στιγμὴ γραφεῖσα ἐπὶ χαρτοῦ φαίνεται διπλῆ, ὅταν παρατηρεῖται διὰ μέσου τῆς Ἴσλανδικῆς κρυστάλλου, τὴν ὁποῖαν ἐθέσαμεν ἐπ' αὐτῆς.

Πλὴν τῆς Ἴσλανδικῆς κρυστάλλου, διπλὴν διάθλασιν ὑπὸ διάφορους βαθμοὺς παρουσιάζουσι καὶ πάντες οἱ διαφανεῖς κρυστάλλοι, οἱ ἀνήκοντες εἰς τὰ πέντε τελευταῖα κρυσταλλικὰ συστήματα. Τοῦναντίον, οἱ κρυστάλλοι τοῦ κυβικοῦ συστήματος καὶ ἅπαντα τὰ ἄμορφα σώματα, ὅπως ἡ κοινὴ ὕαλος, κέχτηνται τὴν ἰδιότητα τῆς ἀπλῆς διαθλάσεως.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

### ΟΠΤΙΚΟΝ ΠΡΙΣΜΑ

**88. Ὁρισμοί.**—Καλεῖται ἐν τῇ ὀπτικῇ **πρίσμα**, πᾶν σῶμα διαφανές, συνήθως κατεσκευασμένον ἐκ κρυστάλλου, ἔχον δύο ἐπιφανείας ἐπιπέδους, αἵτινες τέμνουσιν ἀλλήλας (σχ. 75). Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιπέδων εἶναι εὐθεῖα γραμμὴ καὶ καλεῖται **ἀκμὴ** τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ὑπ' αὐτῶν σχηματιζομένη δίδεδος γωνία καλεῖται **διαθλαστικὴ γωνία** τοῦ πρίσματος. Πᾶσα δὲ τομὴ κάθετος ἐπὶ τὴν ἀκμὴν καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ πρίσματος. Ἐν γένει τὸ πρίσμα παρουσιάζει καὶ τρίτην ἐπίπεδον ἕδραν, κειμένην ἀπέναντι τῆς ἀκμῆς, ἣτις καλεῖται **βάσις** τοῦ πρίσματος καὶ δύο ἄλλας καθέτους ἐπὶ τὴν ἀκμὴν. Ἐν τῇ κυρίᾳ τομῇ ABΓ (σχ. 76) τὸ σημεῖον A παριστᾷ τὴν ἀκμὴν, αἱ εὐθεῖαι AB καὶ ΑΓ τὰς δύο ἐπιπέδους ἐπιφανείας, ἡ ἐπίπεδος γωνία ΒΑΓ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν καὶ ἡ εὐθεῖα ΒΓ τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος.



Σχ. 75.

Ὀπτικὸν πρίσμα.

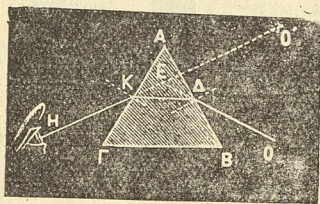
**89. Διάθλασις τοῦ φωτὸς διὰ τοῦ πρίσματος.**—Ἐστω ABΓ (σχ. 76) ἡ κυρία τομὴ πρίσματος καὶ ΟΔ φωτεινὴ τις ἀκτίς μονόχρους, εὐρισκομένη ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς κυρίας τομῆς καὶ προσπίπτουσα πλαγίως ἐπὶ τῆς πλευρᾶς AB. Αὕτη, εἰσερχομένη ἐντὸς τοῦ πρίσματος διαθλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΔΚ καὶ πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον. Ἡ διαθλωμένη αὕτη ἀκτίς προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἑτέρας πλευρᾶς ΑΓ τοῦ πρίσματος καὶ ἐξερχομένη ἐξ αὐτοῦ, διαθλάται ἐκ νέου κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΚΗ καὶ ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου.

Ὅστε ἡ φωτεινὴ ἀκτίς ΟΔ, ἕνεκα τῆς παρουσίας τοῦ πρίσματος ὑφίσταται δύο διαδοχικὰς διαθλάσεις, μίαν κατὰ τὴν εἰσοδὸν τῆς ἐν τῷ πρίσματι, καὶ ἑτέραν κατὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς. Ἐνεκα τῶν δύο τούτων διαθλάσεων ἡ ἀκτίς βαίνει κατὰ τὴν τεθλασμένην γραμμὴν ΟΔΚΗ καὶ ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς πλησιάζει

πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Ἐὰν δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῆ τὴν ἔξερχομένην ἀκτίνα ΚΗ, θὰ νομίση ὅτι τὸ φωτοβόλον σημεῖον κεῖται εἰς τὴν προέκτασιν τῆς ἀκτίνος ΚΗ, ἤτοι εἰς τὸ σημεῖον Ο', ὅπερ εἶναι τὸ **κατ' ἔμφασιν εἶδωλον** τοῦ φωτοβόλου σημείου Ο, διότι σχηματίζεται διὰ τῆς προεκτάσεως τῆς ἀκτίνος.

**Συμπέρασμα.** Τὰ διὰ τοῦ πρίσματος ὁρώμενα ἀντικείμενα φαίνονται ὅτι ἐκτρέπονται πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος.

**90. Γωνία ἐκτροπῆς.**—Καλεῖται **γωνία ἐκτροπῆς**, ἢ ἀπλῶς **ἐκτροπή**, ἡ γωνία καθ' ἣν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ΟΔ ἐκτρέπεται πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Ἡ ἐκτροπή αὕτη μετρεῖται ὑπὸ τῆς γωνίας ΟΕΟ' (σχ. 76) τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ διεύθυνσις τῆς προσπιπτούσης καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς ἐξερχομένης ἀκτίνος.



Σχ. 76. Πορεία τοῦ φωτός διὰ τῆς κυρίας τομῆς πρίσματος.

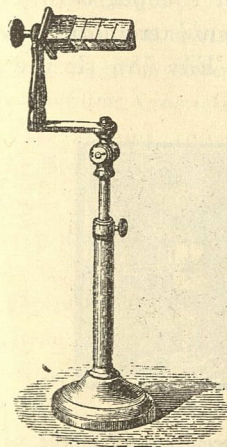
Ἐὰς ἐξετάσωμεν τὰς μεταβολὰς τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.

1ον) **Πῶς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ὅταν ὁ δείκτης**

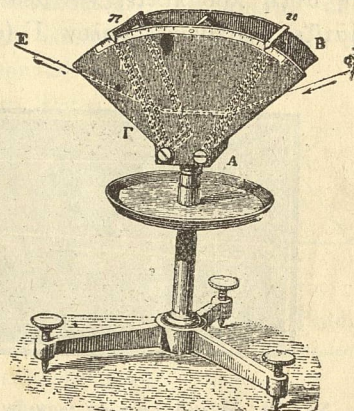
**διαθλάσεως τοῦ πρίσματος αὐξάνεται;**—**Πείραμα.** Λαμβάνομεν πολλὰ μικρὰ πρίσματα ἔχοντα τὴν αὐτὴν κυρίαν τομὴν καὶ συγκείμενα ἐκ διαφόρων οὐσιῶν, λ. χ. ὑάλου, μολυβδύαλου καὶ ὀρειᾶς κρυστάλλου, καὶ ἐπομένως ἔχοντα διάφορον δείκτην διαθλάσεως. Ταῦτα συγκολλῶμεν κατὰ τὴν κυρίαν τομὴν, καὶ οὕτως, ὥστε ἡ ἀκμὴ ἐκάστου νὰ εἶναι προέκτασις τῆς ἀκμῆς τοῦ ἀμέσως προηγουμένου. Τὸ οὕτω πῶς κατασκευαζόμενον πρίσμα καλεῖται **πολύπρισμα** (σχ. 77). Ἐὰν ἐπὶ τεμαχίου χάρτου γράψωμεν εὐθεῖαν γραμμὴν καὶ παρατηρήσωμεν αὐτὴν διὰ μέσου τοῦ πολυπρίσματος καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ, θέλομεν ἴδει τὴν γραμμὴν διακεκομμένην εἰς διάφορα τμήματα, ἅτινα φαίνονται εἰς διάφορα ὕψη. Τὸ μεγαλύτερον δὲ ὕψος καταλαμβάνει τὸ τμήμα τὸ παρατηρούμενον διὰ μέσου τοῦ ἐκ μολυβδύαλου πρίσματος διότι ἡ οὐσία αὕτη παρουσιάζει τὸν μεγαλύτερον δείκτην διαθλάσεως, σχετικῶς πρὸς τὴν ὑάλον καὶ τὴν ὀρειάν κρυστάλλον.

**Συμπέρασμα.** Ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνεται ὅταν καὶ ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ πρίσματος αὐξάνεται.

2ον) **Πῶς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ὅταν ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος αὐξάνεται;** **Πείραμα:** Λαμβάνομεν δοχεῖον συγκείμενον ἐκ δύο ὀρειχαλκίνων τριγωνικῶν



Σχ. 77. Πολύπρισμα.

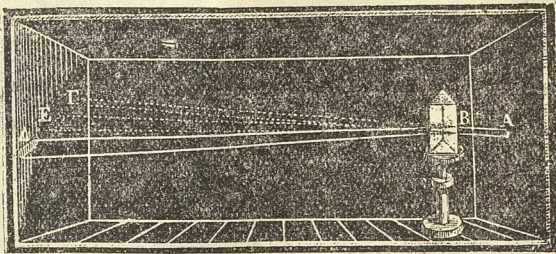


Σχ. 78. Πρίσμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας.

πλακῶν παραλλήλων Β καὶ Γ, (σχ. 78), μεταξὺ τῶν ὁποίων δύνανται νὰ ὀλισθαίνωσι μετ' ἡπίας τριβῆς δύο ὑάλιναι πλάκες π καὶ κ, περιστρεφόμεναι περὶ ὀριζόντιον ἄξονα. Αἱ ὑάλιναι πλάκες σχηματίζουνσι διέδρον γωνίαν, τὴν ὁποίαν μεταβάλλομεν κατὰ βούλησιν. Τὸ δοχεῖον τοῦτο πληροῦμεν δι' ὕδατος διαυγοῦς καὶ οὕτως ἀποτελεῖται πρίσμα ἔχον **μεταβλητὴν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν**. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς τῶν ὑάλινων πλακῶν ρίψωμεν φωτεινὴν ἀκτίνα, κλίνωμεν δὲ τὴν ἑτέραν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον οὕτως, ὥστε ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος νὰ αὐξάνεται, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ ἔξερχομένη ἀκτὶς ἐκτρέπεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος (πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος). Τοῦναντίον, ὅταν ἡ διαθλαστικὴ γωνία ἐλαττωθῆ, ἡ ἔξερχομένη ἀκτὶς ἐκτρέπεται ὀλιγότερον πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος.

**Συμπέρασμα.** Ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνεται, ὅταν καὶ ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος αὐξάνεται.

3ον) **Πῶς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ὅταν ἡ γωνία προσπτώσεως ἐλαττωῖται;** — **Πείραμα.** Ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἰσάγομεν διὰ μικρᾶς ὀπῆς δέσμη ἀκτίνων **μονοχρόου φωτὸς** (λ. χ. ἠλιακὸν φῶς ὅπερ διήλθε δι' ἐρυθρᾶς ὑάλου). Ἡ δέσμη αὕτη προσπίπτει ἐπὶ μεμακρυσμένου πετάσματος, ἔνθα σχηματίζει φωτεινὸν εἶδωλον Γ (σχ. 79). Ἐὰν ἤδη εἰς τὴν πο-



Σχ. 79. Μεταβολὴ τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἐκτροπῆς.

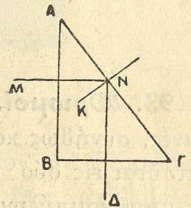
ρείαν τῆς φωτεινῆς δέσμης παρενθέσωμεν κατακόρυφον πρίσμα οὕτως, ὥστε ἡ φωτεινὴ δέσμη νὰ προσπίπτῃ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 90° περίπου, θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι ἡ δέσμη ἐξερχομένη ἐκ τοῦ πρίσματος, προσπίπτει ἐπὶ τοῦ πετάσματος κατὰ τὸ σημεῖον Δ' ἐκτροπομένη πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Οὕτω σχηματίζεται ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ΓΒΔ, ἣτις μετρεῖται ὑπὸ τῆς ἀποστάσεως ΓΔ.

Ἐὰν ἤδη στρέφωμεν βραδέως περὶ ἑαυτὸ τὸ ὑποστήριγμα τοῦ πρίσματος οὕτως, ὥστε ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως νὰ ἐλαττωῖται ὀλίγον κατ' ὀλίγον, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον Δ πλησιάζει βαθμηδὸν πρὸς τὸ Γ, ὅπερ δεικνύει ὅτι ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ἐλαττωῖται, ἀλλὰ μόνον μέχρις ὀρίου τινός, ΓΒΕ λ.χ. Διότι, πέραν τούτου, καίτοι ἔξακολουθοῦμεν ἐλαττοῦντες τὴν γωνίαν προσπτώσεως διὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, θέλομεν ἶδει ὅτι τὸ σημεῖον Ε ἀντὶ νὰ πλησιάσῃ πρὸς τὸ Γ, ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ πλησιάζον πρὸς τὸ

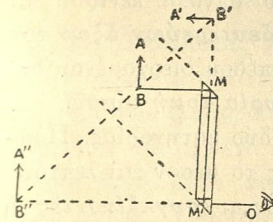
Δ, ὅπερ δεικνύει ὅτι ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς αὐξάνεται. Ἡ ἐλαχίστη τιμὴ τὴν ὁποίαν λαμβάνει ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς καλεῖται **ἐλαχίστη ἐκτροπή.**

**Συμπέρασμα.** Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ἐλαττωῖται, ὅταν καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως ἐλαττωῖται, μέχρις ὅτου λάβῃ τὴν ἐλαχίστην τιμὴν αὐτῆς.

**91. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.**— Τὸ πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως εἶναι ὀπτικὸν πρίσμα ὑάλινον, οὗτινος ἡ κυρία τομὴ εἶναι συνήθως ἰσοσκελὲς ὀρθογώνιον τρίγωνον. Τὸ πρίσμα τοῦτο δύναται ἔνεκα τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως νὰ ἀντικαταστήσῃ τὸ κάτοπτρον. Πράγματι, ἔστω ΑΒΓ (σχ. 80) ἡ κυρία τομὴ τοιοῦτου πρίσματος καὶ ΜΝ φωτεινὴ τις ἀκτὴς προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τὴν ἔδραν ΑΒ. Αὕτη εἰσερχομένη εἰς τὸ πρίσμα ἄνευ διαθλάσεως φθάνει μέχρι τῆς ὑποτεινούσης ΑΓ ἐφ' ἧς προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν ΜΝΚ ἴσην μὲ 45°. Ἐπειδὴ ἡ ὀλικῆ γωνία ἐν τῇ ὑάλῳ εἶναι 42°, ἡ ἀκτὴ αὕτη ὑφίσταται κατὰ τὸ Ν ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐξέρχεται τοῦ πρίσματος κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΝΔ ἄνευ διαθλάσεως. Ἡ μεγαλύτερα λοιπὸν ἔδρα τοῦ πρίσματος ἰσοδυναμεῖ μὲ τελειότατον κάτοπτρον. Ἐνεκα τούτου τὸ πρίσμα τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰ ὄργανα, ὅπως εἶναι τὰ περισκόπια, πολλὰ τηλεσκόπια (τὰ πρισματικὰ καλούμενα) κλπ.



Σχ. 80. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 81. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ περισκόπῳ.

**92. Περισκόπια.** Τὰ περισκόπια εἶνε ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δύναται τις νὰ βλέπῃ ἐξ ἐνός ὑποβρυχίου εὐρισκομένου ὑπὸ τὸ ὕδωρ τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Ἐκαστον περισκόπιον ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ δύο πρι-

πολλῶν μικροτέρων σωλήνων οἵτινες δύνανται νὰ εἰσέρχονται ὁ εἰς ἕνα τὸς τοῦ ἄλλου καὶ οὕτως εἶνε δυνατὸν τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ περισκοπίου, ὅτε μὲν νὰ ἐξέρχεται ἐκτὸς τῆς θαλάσσης, ὅτε δὲ νὰ κατέρχεται ἐντὸς αὐτῆς κατὰ βούλησιν, καὶ τοιουτοτρόπως τὸ περισκόπιον δύναται νὰ ἐξαφανίζεται τελείως ὑπὸ τὴν θάλασσαν. Ἵνα δὲ ἐξετάζεται ἅπανσα ἡ πέριξ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης, τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ περισκοπίου εἶνε στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἄξονα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ΄.

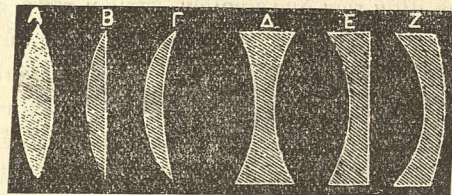
### ΦΑΚΟΙ

**93. Ὅρισμοί.** Καλεῖται ἐν τῇ ὀπτικῇ **φακὸς** πᾶν σῶμα διαφανές, συνήθως κατεσκευασμένον ἐκ κρυστάλλου, τὸ ὁποῖον περατοῦται εἰς δύο καμπύλας (συνήθως σφαιρικὰς) ἐπιφανείας, ἢ εἰς μίαν καμπύλην καὶ εἰς μίαν ἐπίπεδον.

Τὰ κέντρα τῶν σφαιρῶν εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουσιν αἱ δύο σφαιρικαὶ ἐπιφάνειαι φακοῦ λέγονται **κέντρα καμπυλότητος**, ἡ δὲ εὐθεῖα ἢ διερχομένη διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ φακοῦ. Τὸ μέσον τῆς εὐθείας ταύτης, ὅπερ εὐρίσκεται ἀκριβῶς εἰς τὸ μέσον τοῦ φακοῦ τοῦ ἔχοντος ἴσας ἀκτῖνας καμπυλότητος, καλεῖται **ὀπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ. Πᾶσα δὲ εὐθεῖα διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου καὶ μὴ συμπίπτουσα τῷ κυρίῳ ἄξονι καλεῖται **δευτερεύων ἄξων** τοῦ φακοῦ. Πᾶσα τομὴ παραγομένη ὑπὸ ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος τοῦ φακοῦ καλεῖται **κυρία τομὴ** αὐτοῦ.

Οἱ φακοὶ δύνανται νὰ διαιρεθῶσιν εἰς δύο κατηγορίας. Πρῶτον εἰς φακοὺς οἵτινες εἶναι παχύτεροι εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτότεροι εἰς τὰ ἄκρα. Οἱ τοιοῦτοι φακοὶ λέγονται **συγκλίνοντες** ἢ **συγκεντρωτικοί**, διότι ἔχουσι τὴν ιδιότητα τὰ συγκεντρῶναι τὰς δι' αὐτῶν διερχομένας φωτεινὰς ἀκτῖνας. Δεύτερον εἰς φακοὺς οἵτινες εἶναι λεπτότεροι εἰς τὸ μέσον καὶ παχύτεροι εἰς τὰ ἄκρα. Οἱ τοιοῦτοι φακοὶ λέγονται **ἀποκλίνοντες** ἢ **ἀποκεντρωτικοί**, διότι ἔχουσι τὴν ιδιότητα νὰ ἀποκεντρῶναι τὰς δι' αὐτῶν διερχομένας ἀκτῖνας. Ἡ πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τρεῖς τύπους, τὸν **ἀμφίκυρτον** Α (σχ. 82), τὸν **ἐπιπεδόκυρτον** Β καὶ τὸν **κυρτόκοιλον** Γ. Ἡ δὲ δευτέρα κατηγορία περιλαμβάνει

ὁμοίως τρεῖς τύπους, τὸν **ἀμφίκοιλον** Δ, τὸν **ἐπιπεδόκοιλον** Ε καὶ τὸν **κοιλόκυρτον** Ζ. Ἐκ τῶν 6 τούτων φακῶν ἡμεῖς θέλομεν ἐξετάσει μόνον τὸν ἀμφίκυρτον Α καὶ τὸν ἀμφίκοιλον Δ.



Σχ. 82. Φακοὶ συγκλίνοντες (Α, Β, Γ) καὶ ἀποκλίνοντες (Δ, Ε, Ζ).

**Παρατηρήσεις.** 1ον. Εἰς τὸν ἐπιπεδόκοιλον καὶ ἐπιπεδόκυρτον φακὸν κύριος ἄξων καλεῖται ἢ **κάθετος**, ἥτις καταβιβάζεται ἐκ τοῦ κέντρου καμπυλότητος τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ἐπὶ τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. 2ον. Τὸ ὀπτικὸν κέντρον εἰς τοὺς φακοὺς τούτους εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς καμπύλης ἐπιφανείας.

Ἐν τοῖς ἐπομένοις θέλομεν ὑποθέσει ὅτι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες εἶναι μονόχροοι καὶ ὅτι εὐρίσκονται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς κυρίας τομῆς.

### Α΄) Ἀμφίκυρτος φακός.

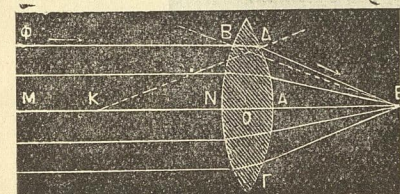
#### 94. Διὰθλασις παραλλήλων ἀκτῖνων.— Κυρία ἐστία.

Ἐὰν φωτεινὰ ἀκτῖνες προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐπιφανείας, λ.χ. τῆς ἀριστερᾶς, ἀμφίκυρτου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι (σχ. 83), αὗται, μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδον, συγκεντρῶνονται πᾶσαι εἰς τὸ αὐτὸ περίπου σημεῖον Ε, ὅπερ κεῖται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τοιουτοτρόπως ἡ δέσμη ἢ παράλληλος τῷ κυρίῳ ἄξονι, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ φακοῦ μετατρέπεται εἰς κωνικὴν δέσμην συγκλίνουσαν, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Ε. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ φακοῦ ὡς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ δὲ ἀπόστασις ΟΕ καλεῖται **κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις**.

Ἐὰν αἱ παράλληλοι ἀκτῖνες προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς ἐτέρας ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ (τῆς δεξιᾶς), αὗται μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδον συγκεντρῶνονται εἰς ἐτέραν κυρίαν ἐστίαν, ἥτις κεῖται

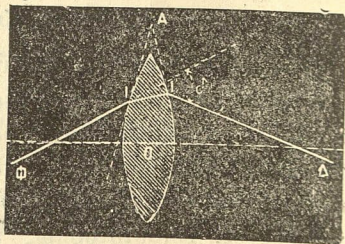
πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ φακοῦ. Ἡ δευτέρα αὕτη κυρία ἐστία εἶναι συμμετρικὴ τῆς πρώτης ὡς πρὸς τὸν φακόν. Τοῦτο ἀποδεικνύεται, ἐὰν ὁ φακὸς περιστραφῇ περὶ τὸ στήριγμα αὐτοῦ κατὰ  $180^\circ$ , ὁπότε εὐρίσκωμεν, ὅτι ἡ θέσις τῆς κυρίας ἐστίας δὲν μεταβάλλεται.

Ἐὰν εἰς τὴν μίαν τῶν δύο κυρίων ἐστιῶν τεθῆ φωτοβόλον τι σημεῖον, αἱ ἐξ αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες καὶ ἐπὶ τοῦ φακοῦ προσπίπτουσαι διευθύνονται μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι. Αἱ δύο κύριαι ἐστῖαι τοῦ φακοῦ εἶναι πραγματικά, διότι δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ταύτας ἐπὶ φύλλου χάρτου, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.



Σχ. 83. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτῖνων ἐν τῷ ἀμφικύρτῳ φακῷ.

**Μηχανισμὸς τῆς συγκεντρώσεως τῶν ἀκτῖνων.** Δυνάμεθα νὰ παρομοιάσωμεν τὴν διάθλασιν τῶν ἀκτῖνων διὰ μέσου τοῦ ἀμφικύρτου φακοῦ πρὸς τὴν διάθλασιν αὐτῶν διὰ μέσου τοῦ πρίσματος, ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι ὁ φακὸς περιορίζεται ὑπὸ πολλῶν ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν ἀπειρώς μικρῶν. Πράγματι δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν εἰς τὰ σημεῖα  $I$  καὶ  $I'$  (σχ. 84) τοῦ φακοῦ δύο ἐπιπέδους ἐπιφανείας κεκλιμένας πρὸς ἀλλήλας καὶ σχηματίζουσας πρίσμα, τοῦ ὁποίου ἡ διαθλαστικὴ γωνία εἶναι  $A$ , ἡ δὲ βᾶσις εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τοιοῦτοτρόπως ὁ φακὸς δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς σύνολον πρισμάτων ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας αποτελουμένων, τῶν ὁποίων αἱ βᾶσεις στρέφονται πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ.

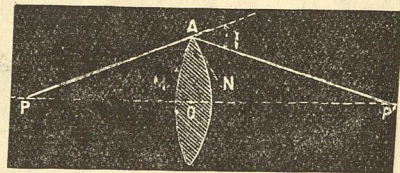


Σχ. 84. Μηχανισμὸς τῆς συγκεντρώσεως τῶν ἀκτῖνων διὰ φακοῦ ἀμφικύρτου.

Ἐκ τούτου ἐννοοῦμεν διατὶ ὁ ἀμφικύρτος φακὸς συγκεντρώνει τὰς δι' αὐτοῦ διερχομένας ἀκτῖνας πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ. Τὸ αὐτὸ δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν καὶ διὰ τὸν ἐπιπεδόκυρτον καὶ τὸν κυρτόκυλλον φακόν.

**Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τῆς κυρίας ἐστίας.** Στρέφωμεν τὴν μίαν ἐπιφάνειαν τοῦ φακοῦ πρὸς τὸν ἥλιον οὕτως, ὥστε αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες νὰ προσπέσωσιν ἐπ' αὐτῆς παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι. Ὅπισθεν τοῦ φακοῦ τοποθετοῦμεν μικρὸν πέτασμα, λ.χ. φύλλον χάρτου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου βλέπομεν νὰ σχηματίζεται φωτεινὸς κύκλος. Μεταθέτομεν τὸ πέτασμα μέχρις ὅτου ὁ φωτεινὸς κύκλος λάβῃ τὴν μορφήν μικροτάτης κηλίδος φωτεινῆς. Εἰς τὴν θέσιν ἐκείνην τῆς φωτεινῆς κηλίδος εὐρίσκεται ἡ ζητούμενη κυρία ἐστία τοῦ φακοῦ.

**95. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτῖνων. — Συζυγεῖς ἐστῖαι.** Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον  $P$  (σχ. 85) εὐρισκόμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀμφικύρτου φακοῦ καὶ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Μία τῶν ἀκτῖνων αὐτοῦ, λ.χ. ἡ  $PA$ , προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φακοῦ καὶ ἐξερχομένη ἐξ αὐτοῦ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου  $P'$  τοῦ κυρίου ἄξονος. Καὶ πᾶσα ἄλλη ἀκτίς, μετὰ τὴν ἔξοδόν της



Σχ. 85. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτῖνων ἐν τῷ ἀμφικύρτῳ φακῷ.

ἐκ τοῦ φακοῦ, θέλει διέλθει διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου  $P'$ . Τοιοῦτοτρόπως, ἐὰν ἐκ τοῦ  $P$  ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλίνουσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ φακοῦ, μετὰ τὴν ἔξοδόν της θέλει μετατραπῆ εἰς κωνικὴν δέσμην συγκλίνουσαν, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ σημείου  $P'$ . Τὸ σημεῖον  $P'$  καλεῖται **συζυγῆς ἐστία** τοῦ  $P$ , διότι, ἂν ἀντιστρόφως τὸ φωτοβόλον σημεῖον τεθῆ εἰς τὸ  $P'$ , ἡ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστία σχηματίζεται εἰς τὸ  $P$ . Καὶ πράγματι, ἡ πορεία τῶν ἀκτῖνων ἀντιστρέφεται, καὶ αἱ πρότερον διαθλώμεναι ἀκτῖνες γίνονται τώρα προσπίπτουσαι, αἱ δὲ πρότερον προσπίπτουσαι γίνονται διαθλώμεναι. Αἱ συζυγεῖς ἐστῖαι εἶναι πραγματικά, διότι εἰς αὐτὰς συγκεντρώνονται αὐταὶ αὐταὶ αἱ διαθλώμεναι ἀκτῖνες, ὅπως συμβαίνει καὶ κατὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν κυρίων ἐστιῶν.

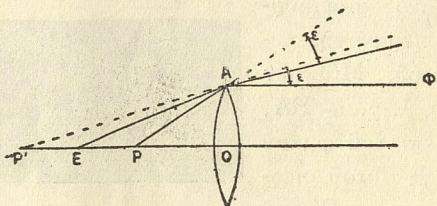
**96. Διάφοροι θέσεις τῆς συζυγοῦς ἐστίας φωτοβόλου σημείου μετατιθεμένου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος.** — 1ον. Ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον  $P$  ἀπομακρύνεται ἀπὸ τῆς κυρίας

εστίας τοῦ φακοῦ, ἡ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστὶ πλησιάζει πρὸς τὴν ἑτέραν κυρίαν ἐστίαν, τὴν εὐρισκομένην ὀπισθεν τοῦ φακοῦ, καὶ ἐπομένως πλησιάζει πρὸς τὸν φακόν, εἶναι δὲ αὕτη πραγματική.

2ον. Ἐὰν τὸ P πλησιάσῃ πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, ἡ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ εἶναι πραγματική.

3ον. Ἐὰν τὸ P συμπέσῃ μὲ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, συζυγῆς ἐστὶ δὲν ὑφίσταται πλέον, διότι αἱ ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἔξοδόν των, βαίνουν παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι δὲν δύνανται νὰ συναντήσωσιν αὐτὸν πρὸς σχηματισμὸν συζυγοῦς ἐστίας.

4ον. Ἐὰν τὸ P τεθῆ μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ (σχ. 86), αἱ ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ, βαίνου-



Σχ. 86. Τρόπος σχηματισμοῦ συζυγοῦς ἐστίας κατ' ἔμφασιν.

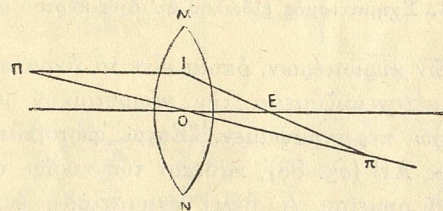
σιν ἀποκλίνουσαι ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ κατ' ἀκολουθίαν δὲν δύνανται νὰ συναντηθῶσι πρὸς τὸ μέρος τοῦτο τοῦ φακοῦ καὶ νὰ σχηματίσωσι συζυγῆ ἐστίαν κατ' ὑπόστασιν. Ἐὰν ὅμως αὗται προεκταθῶσι, θὰ συναντήσωσι τὸν κύριον ἄξονα εἰς τι σημεῖον P', κείμενον πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος πρὸς τὸ ὁποῖον καὶ τὸ φωτοβόλον σημεῖον. Τὸ σημεῖον τοῦτο P' καλεῖται καὶ πάλιν **συζυγῆς ἐστία** τοῦ P, αὕτη ὅμως δὲν εἶνε πραγματική, ἀλλὰ **κατ' ἔμφασιν**. Καὶ ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον P πλησιάσῃ πρὸς τὸν φακόν ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ, μένον πάντοτε μεταξύ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας, τότε καὶ ἡ κατ' ἔμφασιν συζυγῆς ἐστία αὐτοῦ πλησιάζει ἐπίσης πρὸς τὸν φακόν ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ.

Ἀντιστρόφως, ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον τεθῆ εἰς τὸ ἕτερον μέρος τοῦ φακοῦ, ἡ συζυγῆς ἐστία θὰ σχηματισθῆ πάλιν ὀπισθεν τοῦ φακοῦ καὶ τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα μένουσιν ἀκριβῶς τὰ αὐτά.

**Συμπέρασμα.** Εἰς τοὺς ἀμφικύρτους φακοὺς σχηματίζονται δύο εἰδῶν συζυγεῖς ἐστίαι· α) **πραγματικαί**, ὅταν τὸ φωτοβόλον σημεῖον κεῖται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας καὶ β) **φανταστικαί**, ὅταν τὸ φωτοβόλον σημεῖον κεῖται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ.

**97. Δευτερεύουσαι κύριαι ἐστίαι καὶ συζυγεῖς ἐστίαι.**

Ἐὰν ἀντὶ τοῦ κυρίου ἄξονος θεωρήσωμεν ἓνα οἰονδήποτε δευτερεύοντα, καὶ φωτεινὰς ἀκτῖνας προσπίπτουσας παραλλήλως τῷ δευτερεύοντι τούτῳ ἄξονι, αὗται μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ διέρχονται πᾶσαι διὰ τινος σημείου, ὅπερ καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ φακοῦ ὡς πρὸς τὸν δευτερεύοντα τοῦτον ἄξονα. Ἐὰν δὲ θεωρήσωμεν φωτοβόλον σημεῖον κείμενον ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος τούτου ἄξονος καὶ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας, αἱ ἐξ αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες καὶ ἐπὶ τοῦ φακοῦ προσπίπτουσαι, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ θέλουσι συναντήσῃ τὸν ἄξονα τοῦτον εἰς τι σημεῖον ὅπερ καλεῖται ὁμοίως **συζυγῆς ἐστία**.



Σχ. 87. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς συζυγοῦς ἐστίας.

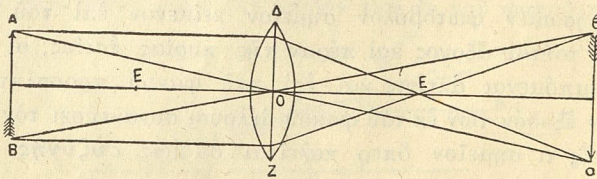
Ἐὰν δὲ τὸ φωτοβόλον σημεῖον μετατεθῆ εἰς διαφόρους θέσεις ἐπὶ τοῦ ἄξονος τούτου, θέλομεν παρατηρήσει τὰ αὐτὰ ὡς καὶ ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος φαινόμενα. Ὅλα λοιπὸν τὰ λεχθέντα περὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀληθεύουσι καὶ περὶ παντὸς δευτερεύοντος ἄξονος, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου ἀνευρίσκομεν ὁμοίως κυρίαν ἐστίαν καὶ συζυγεῖς ἐστίας.

**98. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς τῆς συζυγοῦς ἐστίας.**

Ἐστω Π (σχ. 87) φωτοβόλον σημεῖον. Λαμβάνομεν ἐκ τῶν φωτεινῶν ἀκτῖνων αὐτοῦ δύο· α') τὴν ὀδεύουσαν κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα Ποπ. Αὕτη διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ ἐξέρχεται σχεδὸν ἄνευ διαθλάσεως (πρὸ πάντων ὅταν

ὁ δευτερεύων ἄξων σχηματίζει μετὰ τοῦ κυρίου ἄξωνος μικρὰν γωνίαν) καὶ β') τὴν ὁδεύουσαν παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι τὴν ΠΙ. Αὕτη ἐξερχομένη ἐκ τοῦ φακοῦ θέλει διέλθει διὰ τῆς κυρίας ἐστίας Ε. Αἱ δύο αὗται ἐξερχόμεναι ἀκτίνες τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον π, ὅπερ εἶνε ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ Π. Οὕτω ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ Π εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξωνος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ.

**99. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων.** Ἵνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου εὐρισκομένου ἐνώπιον ἀμφικύρτου φακοῦ, ἀρκεῖ νὰ εὐρωμεν τὴν συζυγῆ ἐστίαν ἐκάστου σημείου αὐτοῦ, ἢ



Σχ. 88. Σχηματισμὸς εἰδώλου δι' ἀμφικύρτου φακοῦ.

τοῦλάχιστον τῶν κυριωτέρων, ὅποια εἶνε τὰ ἄκρα σημεῖα αὐτοῦ. Πρὸς τοῦτο μεταχειρίζομεθα τὴν γεωμετρικὴν μέθοδον, τὴν ὁποίαν ἀνωτέρω περιεγράψαμεν. Ἐστω φωτοβόλον ἀντικείμενον, λ. χ. βέλος AB (σχ. 88), κάθετον τῷ κυρίῳ ἄξονι. Ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ σημείου A θέλει σχηματισθῆ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξωνος ΑΟα, τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον α. Ὡσαύτως ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ σημείου B θέλει σχηματισθῆ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξωνος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον β. Οὕτω παράγεται ἐν τῷ ἀέρι καὶ εἰς τὸ ἀντίθετον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον μέρος τοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον αβ, ὅπερ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου χάρτου.

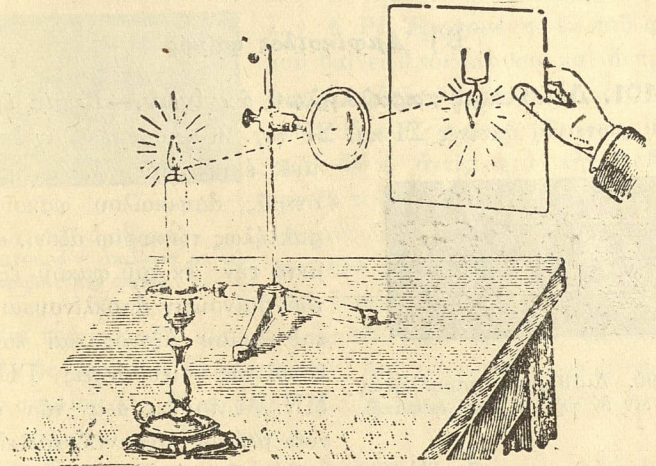
**100. Σχετικὰ μεγέθη εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου. Εἰδῶλα πραγματικά καὶ φανταστικά.** Ἐὰν μεταθέσωμεν κηρίον ἐνώπιον φακοῦ καὶ δεχῶμεθα ἐπὶ φύλλου χάρτου τὸ εἶδωλον αὐτοῦ (σχ. 89), θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἐπόμενα.

1ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ μεγαλύτεραν τοῦ διπλασίου τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται πρὸς τὸ ἕτερον μέρος τοῦ φακοῦ εἰς

ἀπόστασιν μικροτέραν τοῦ διπλασίου τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶνε μικρότερον, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

2ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἴσην ἀκριβῶς μετὰ τὸ διπλάσιον τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται εἰς ἴσην ἀπόστασιν καὶ εἶνε ἰσομέγεθες, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν. Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο ἐπιτρέπει νὰ μετρήσωμεν τὴν κυρίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φακοῦ τινος.

3ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ σημείου τοῦ ἀπέχοντος ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἀπόστασιν ἴσην μετὰ τὸ διπλάσιον τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλύτεραν τοῦ διπλασίου τῆς κυρίας



Σχ. 89. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐνός ἀντικειμένου δι' ἀμφικύρτου φακοῦ.

ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶνε μεγαλύτερον, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

4ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ ἀκριβῶς ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, εἶδωλον δὲν σχηματίζεται διότι αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των καθίστανται παράλληλοι τῷ κυρίῳ ἄξονι.

5ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῆ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ, εἶναι ἀδύνατον νὰ σχηματισθῆ ἐπὶ τοῦ χάρτου εἶδωλον

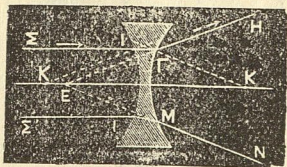
πραγματικὸν τοῦ κηρίου. Ἐὰν ὅμως ὁ ὀφθαλμὸς τοποθετηθῆ ὀπισθεν τοῦ φακοῦ ἐπὶ τῆς πορείας τῶν ἐξερχομένων ἀκτίνων, θέλει παρατηρήσει εἶδωλον **κατ' ἔμφασιν**, εὐρισκόμενον πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, πρὸς τὸ ὁποῖον καὶ τὸ ἀντικείμενον, θὰ εἶναι δὲ ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου, καὶ τοσοῦτω μεγαλύτερον ὅσφ πλησιέστερον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ κεῖται τὸ κηρίον. Τὴν περίπτωσιν ταύτην παρατηροῦμεν εἰς τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον.

**Συμπέρασμα.** Εἰς τοὺς ἀμφικύρτους φακοὺς σχηματίζονται δύο εἰδῶν εἶδωλα : α) **πραγματικά**, ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας καὶ β) **φανταστικά**, ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ φακοῦ.

Β') Ἄμφικίλλος φακός.

**101. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων.—Κυρία ἐστία.**

Ἐὰν φωτειναὶ ἀκτίνες ΣΙ καὶ ΣΙ' (σχ. 90) προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐπιφανείας, λ. χ. τῆς ἀριστερᾶς, ἀμφικίλλου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, αὐταὶ μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδόν των βαίνουσιν ἀποκλίνουσαι ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ λαμβάνουσι τὰς διευθύνσεις ΓΗ καὶ ΜΝ. Αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τούτων συναντῶνται εἰς τὸ



Σχ. 90. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων ἐν τῷ ἀμφικίλλῳ φακῷ.

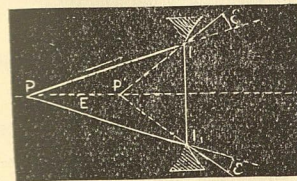
αὐτὸ περίπου σημεῖον Ε, ὅπερ κεῖται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τοιοῦτοτρόπως ἡ δέσμη ἢ παράλληλος τῷ κυρίῳ ἄξονι, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ φακοῦ μετατρέπεται εἰς κωνικὴν δέσμην, ἀποκλίνουσαν, ἣτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου Ε. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ φακοῦ καὶ ἐκεῖ νομίζομεν ὅτι κεῖται φωτοβόλον σημεῖον, ἐὰν ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῆ τινὰς τῶν ἀποκλινουσῶν τούτων ἀκτίνων.

Εἶναι δὲ φανερόν, ὅτι ὑπάρχει καὶ ἑτέρα κυρία ἐστία τοῦ φακοῦ, ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν ἑτέραν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ, τὴν δεξιάν. Αἱ δύο κύρια ἐστία τοῦ φακοῦ τούτου εἶναι **κατ' ἔμφα-**

**σιν**, διότι εἰς αὐτὰς δὲν συναντῶνται αὐταὶ αὐταὶ αἱ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, ἀλλ' αἱ προεκτάσεις αὐτῶν.

**Μηχανισμὸς τῆς ἀποκεντρώσεως τῶν ἀκτίνων.** Καὶ ὁ ἀμφικίλλος φακὸς δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς σύνολον πρισμάτων ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας ἀποτελουμένων, τῶν ὁποίων αἱ βάσεις στρέφονται πρὸς τὰ πέρατα τοῦ φακοῦ. Ἐκ τούτου ἐννοοῦμεν διατὶ ὁ ἀμφικίλλος φακὸς ἀπομακρύνει τὰς δι' αὐτοῦ διερχομένας ἀκτίννας ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τὸ αὐτὸ δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν καὶ διὰ τὸν ἐπιπεδόκυλλον καὶ τὸν κοιλόκυρτον φακόν.

**102. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων. Συζυγεῖς ἐστίαι.**—Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον Ρ (σχ. 91) εὐρισκόμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀμφικίλλου φακοῦ καὶ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας. Μία τῶν ἀκτίνων αὐτοῦ, λ. χ. ἡ ΡΙ, ἐξερχομένη ἐκ τοῦ φακοῦ βαίνει ἀποκλίνουσα καὶ ἡ προέκτασις αὐτῆς διέρχεται διὰ τοῦ σημείου Ρ' τοῦ κυρίου ἄξονος. Καὶ πᾶσα ἄλλη ἀκτις μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ φακοῦ θέλει διέλθει διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου Ρ'. Τοιοῦτοτρόπως ἐὰν ἐκ τοῦ Ρ ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλίνουσα καὶ προσ-



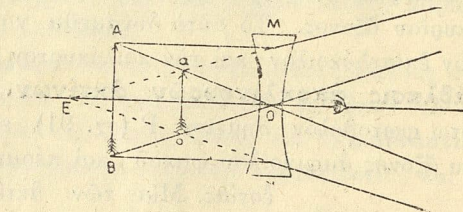
Σχ. 91. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων ἐν τῷ ἀμφικίλλῳ φακῷ.

πέση ἐπὶ τοῦ φακοῦ, μετὰ τὴν ἔξοδόν της θέλει μετατραπῆ εἰς κωνικὴν δέσμην ἔτι ἀποκλίνουσαν, ἣτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου Ρ'. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **συζυγῆς ἐστία** τοῦ Ρ, καὶ εἶναι **κατ' ἔμφασιν**.

**103. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων.**—Ἴνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου, λ. χ. βέλους ΑΒ (σχ. 92), κειμένου ἐνώπιον ἀμφικίλλου φακοῦ, ἐργαζόμεθα καὶ ἐνταῦθα διὰ τῆς γεωμετρικῆς μεθόδου, ὅπως καὶ εἰς τοὺς ἀμφικύρτους φακοὺς. Οὕτω εὐρίσκομεν εἶδωλον, ὅπερ σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ καὶ μεταξὺ φακοῦ καὶ κυρίας ἐστίας. Εἶναι δὲ τοῦτο ὀρθόν, πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ **κατ' ἔμφασιν**. Ἐπομένως δὲν δυνάμεθα νὰ τὸ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου χάρτου, τὸ βλέπομεν ὅμως ἐὰν τοποθετήσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν μας ὀπισθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἐξερχομένων ἀκτίνων. Ἐὰν



τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸν φακόν, καὶ τὸ εἶδωλον πλησιάζῃ πρὸς αὐτὸν καὶ βαίνει μεγαθυνόμενον, μένει ὅμως πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἀντιστρόφως, ἐὰν τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ φακοῦ, καὶ τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ βαίνει σμικρυνόμενον.



Σχ. 92. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου δι' ἀμφικοίλου φακοῦ.

**Συμπέρασμα.** Εἰς τοὺς ἀμφικοίλους φακοὺς σχηματίζονται εἶδωλα πάντοτε **φανταστικά**. Εἶναι δὲ ὀρθά, μικρότερα τοῦ ἀντικειμένου καὶ πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ.

**104. Ἐφαρμογαὶ τῶν φακῶν.**— Οἱ ἀμφίκυρτοι φακοὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς πάντα σχεδὸν τὰ ὀπτικά ὄργανα (τηλεσκόπια, μικροσκόπια, φωτογραφικὰ μηχαναί, προβολεῖς, κινηματογράφοι κ.λ.π.) τῶν ὁποίων ἀποτελοῦσι τὸ οὐσιωδέστερον μέρος. Ὡσαύτως χρησιμοποιοῦνται εἰς τοὺς προβολεῖς τῶν φάρων, καὶ εἰς τὰ ὁματοῦάλια τῶν πρεσβυώπων καὶ ὑπερμετρῶπων ὀφθαλμῶν. Οἱ ἀμφίκοιλοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ὁματοῦάλια τῶν μυώπων ὀφθαλμῶν καὶ ἐν συνδυασμῷ μετὰ τῶν ἀμφικύρτων φακῶν εἰς τινὰ ὀπτικά ὄργανα πρὸς διόρθωσιν ἀτελειῶν τινῶν τὰς ὁποίας παρουσιάζουσιν οἱ ἀμφίκυρτοι φακοί.

**105. Συγκεντρωτικὴ καὶ ἀποκεντρωτικὴ δύναμις τῶν φακῶν.**— Ἡ συγκεντρωτικὴ ἢ ἀποκεντρωτικὴ δύναμις τῶν φακῶν καλεῖται καὶ **ἰσχὺς** αὐτῶν. Ἡ ἰσχὺς φακοῦ τινος παρίσταται διὰ τοῦ ἀντιστρόφου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως  $\epsilon$  αὐτοῦ, λογιζομένης εἰς μέτρα, ἥτοι ἰσχὺς  $= \frac{1}{\epsilon}$ . Ἡ ἰσχὺς ἐκφράζεται συνήθως εἰς **διοπτρίας**.

Εἶναι δὲ **διοπτρία** ἡ ἰσχὺς φακοῦ, οὕτινος ἡ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἴση πρὸς 1 μέτρον.

Ἡ ἰσχὺς εἶναι θετικὴ διὰ τοὺς συγκλίνοντας καὶ ἀρνητικὴ διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς. Οὕτω φακοὶ συγκλίνοντες, ἔχοντες ἐστιακὰς ἀποστάσεις ἴσας μετὰ 0,50 μέτρα, 0,25 μ. καὶ 0,20 μ. ἔχουν ἰσχὺν  $+\frac{1}{0,50} = 2$  διοπτριῶν,  $+\frac{1}{0,25} = 4$  διοπτριῶν, καὶ  $+\frac{1}{0,20} = 5$  διοπτριῶν. Φακοὶ δὲ ἀποκλίνοντες καὶ ἔχοντες τὰς αὐτὰς ὡς ἀνωτέρω ἐστιακὰς ἀποστάσεις καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν σειράν, ἔχουσιν ἰσχὺν  $-2$ ,  $-4$ ,  $-5$  διοπτριῶν.

Ἐπὶ τῶν φακῶν ἀναγράφονται ἀριθμοί, οἵτινες δηλοῦσι τὴν ἰσχὺν αὐτῶν εἰς διοπτρίας.

**106. Τύποι τῶν φακῶν.**— Ἐστωσαν

$\pi$  ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου φακοῦ συγκλίνοντος ἢ ἀποκλίνοντος

$\pi'$  ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου του, πραγματικοῦ ἢ φανταστικοῦ, ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ σημείου, καὶ

$\epsilon$  ἡ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ. Ἡ σχέσις ἢ συνδέουσα τὰ  $\pi$ ,  $\pi'$  καὶ  $\epsilon$  παρίσταται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\epsilon}$$

Ὁ τύπος οὗτος ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τοὺς συγκλίνοντας καὶ εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ὑπὸ τοὺς ἐξῆς ὅρους.

α') τὸ  $\epsilon$  λαμβάνεται **θετικόν** μὲν (πραγματικὴ ἐστία) διὰ τὸν συγκλίνοντα, **ἀρνητικόν** δὲ (φανταστικὴ ἐστία) διὰ τὸν ἀποκλίνοντα.

β') τὸ  $\pi'$  εἶναι **θετικόν** μὲν διὰ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον, **ἀρνητικόν** δὲ διὰ τὸ φανταστικόν.

Ἐὰν δὲ  $A$  εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καὶ  $E$  τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου του, ἡ σχέσις ἢ συνδέουσα τὰ μεγέθη ταῦτα παρίσταται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

Τὸ  $E$  ὀρίζεται ὅπως καὶ εἰς τὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

### ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Εὐθεία φωτεινὴ τοποθετεῖται καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συγκλίνοντος φακοῦ τοῦ ὁποίου ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις εἶναι 40 ἑκατοστόμετρα. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀπόστασις αὐτῆς ἀπὸ τοῦ φακοῦ, ἵνα τὸ εἶδωλον τῆς παρουσιάσῃ μῆκος 2 φορές μεγαλύτερον; (\*Απόκρ. 60 ἑκατοστ. διὰ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον, καὶ 20 ἑκατοστ. διὰ τὸ φανταστικόν).

2) Ἀντικείμενον μῆκους 10 ἑκατοστ. παρατηρεῖται διὰ μέσου φακοῦ ἀποκλίνοντος, ὅστις ἀπέχει 75 ἑκατοστ. ἀπ' αὐτοῦ. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, γωνιοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ εἶναι  $-4$  διοπτριῶν. (\*Απόκρισις 2,5 ἑκατοστ.).

3) Εἰς ἀπόστασιν 2 μέτρων ἀπὸ φακοῦ συγκλίνοντος καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ τοποθετεῖται ἀντικείμενον μῆκους 10 ἑκατοστ. Τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον εἶναι πραγματικὸν καὶ ἔχει μῆκος 10 ἑκατοστ. Πόση πρέπει νὰ γίνῃ ἡ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ ἀπὸ τοῦ ἀντικειμένου, ἵνα τὸ νέον εἶδωλον παρουσιάσῃ μῆκος 1 μέτρου; (\*Απόκρ. 110 ἑκατοστ.).

4) Φωτεινὴ εὐθεῖα μῆκους 5 ἑκατοστ. τοποθετεῖται 30 ἑκατοστόμ. ἔμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ. Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι 40 ἑκατοστ. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ φύσις, ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου (\*Απόκρ. Εἶδωλον φανταστικὸν καὶ ὀρθόν, 120 ἑκατοστ. ἀπὸ τὸν φακὸν καὶ μέγεθος 20 ἑκατοστόμ.).

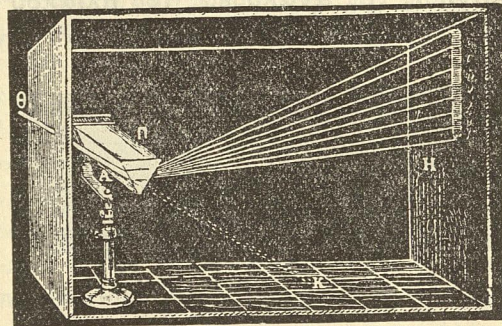
5) Φωτεινὴ εὐθεῖα μῆκους 7 ἑκατοστόμ. τοποθετεῖται 40 ἑκατοστόμ. ἔμπροσθεν ἀποκλίνοντος φακοῦ καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ. Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι 30 ἑκατοστόμ. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ φύσις, ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου. (\*Απόκρ. Εἶδωλον φανταστικὸν καὶ ὀρθόν, 17,14 ἑκατοστόμ. ἀπὸ τὸν φακὸν καὶ μέγεθος 4 ἑκατοστόμ.).

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄.

#### ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

107. **Φάσμα ἡλιακόν.**—**Πείραμα.** Δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων ΘΑ (σχ.93) εἰσέρχεται διὰ τινος κυκλικῆς ὀπῆς ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου. Αὕτη προχωρεῖ εὐθυγράμμως καὶ σχηματίζει κατὰ τὸ Κ λευκὸν φωτεινὸν δίσκον, ὅστις εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ Ἡλίου. Ἐὰν ὅμως ἡ δέσμη αὕτη προσπέσῃ ἐπὶ πρίσματος Π, ὀριζοντίως τοποθετημένου καὶ μὲ τὴν ἀκμὴν πρὸς τὰ κάτω, θὰ

παρατηρήσωμεν ὅτι αὕτη, μετὰ τὴν ἔξοδόν τῆς ἐκ τοῦ πρίσματος, ἐξαπλοῦται ἐλαφρῶς ἐν εἴδει ριπιδίου (βεντάλιας) καὶ προσπίπτουσα ἐπὶ μεμακρυσμένου πετάσματος Η σχηματίζει ἐπ' αὐ-



Σχ. 93. Ἀνάλυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός διὰ πρίσματος.

τοῦ φωτεινὴν ταινίαν κατακόρυφον καὶ ἐπιμήκη, κεχρωματισμένην μὲ 7 χρώματα τὰ ὁποῖα εἶνε τεταγμένα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν: **ἐρυθρόν, πορτογαλλιοχρουν, κίτρινον, πράσινον, ἀνοικτὸν κυανοῦν, βαθὺν κυανοῦν καὶ ἰώδες.** Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάλυσις τοῦ φωτός** (1), ἡ δὲ ταινία καλεῖται **φάσμα ἡλιακόν.**

**Συμπέρασμα.** Τὸ ἡλιακὸν φῶς εἶναι **σύνθετον**, ἀποτελούμενον κυρίως ἐξ 7 χρωμάτων.

**ΣΗΜ.** Πάντα τὰ χρώματα δὲν ἔχουσι οὔτε τὴν αὐτὴν ἔκτασιν οὔτε τὴν αὐτὴν ζωηρότητα ἐν τῷ φάσματι· τὴν μικροτέραν ἔκτασιν ἔχει τὸ πορτογαλλιοχρουν καὶ τὴν μεγαλύτεραν τὸ ἰώδες, τὸ δὲ ζωηρότερον πάντων εἶναι τὸ κίτρινον.

#### 108. Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶνε ἀπλᾶ.—

**Πείραμα.** Ρίπτομεν τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐπὶ τινος διαφράγματος Ε (σχ. 94) ὅπερ νὰ ἐπιτρέπη τὴν διόδον μόνον εἰς τὸ ἰόχρουν π. χ. χροῶμα. Ἐὰν τὸ χροῶμα τοῦτο διαβιβάσωμεν διὰ δευτέρου πρίσματος Β, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τοῦτο ἔξερχόμενον ἐκ τοῦ

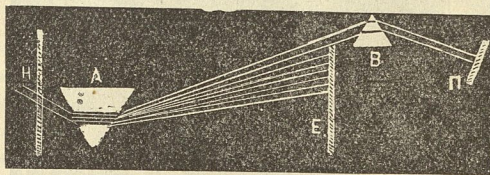
1) Τὴν ἀνάλυσιν τοῦ φωτός παρατηροῦμεν πολλάκις εἰς τὰς ἐκκλησίας, ὅταν τὸ ἡλιακὸν φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ τῶν πολυελαίων, καὶ ἐν τῷ οὐρανῷ ἐνίοτε κατὰ τὸν χειμῶνα (οὐράνιον τόξον).

δευτέρου πρίσματος υφίσταται μὲν νέαν διάθλασιν, διατηρεῖ ὅμως τὸ αὐτὸ χρῶμα.

**Συμπέρασμα.** Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶνε ἀπλά.

**109. Ἐξήγησις τῆς ἀναλύσεως τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.**—

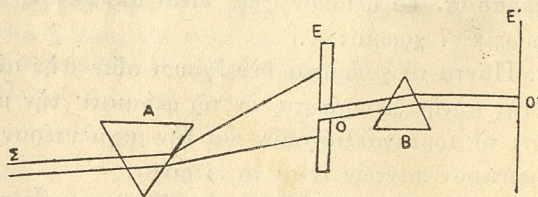
Ὁ σχηματισμὸς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ἐξηγεῖται διὰ τῆς ἐπομέ-



Σχ. 94. Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶνε ἀπλά.

νης υποθέσεως ἢ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὸν Newton. Τὸ λευκὸν φῶς τοῦ Ἡλίου σύγκειται ἐκ πολλῶν ἀπλῶν χρωμάτων, ἅτινα διερχόμενα διὰ τοῦ αὐτοῦ πρίσματος ἐκτρέπονται ἀνίσως ἕνεκα τοῦ **διαφόρου δείκτου διαθλάσεως** αὐτῶν. Ἡ ὑπόθεσις αὕτη ἐπαληθεύεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος.

**Πείραμα.** Ρίπτομεν τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐπὶ πετάσματος E (σχ. 95) ἔχοντος στενὴν ὀπὴν O διὰ τῆς ὁποίας ἀφίνομεν νὰ



Σχ. 95. Τὰ 7 χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶνε ἀνίσως διαθλαστά.

διέλθῃ τὸ ἐρυθρὸν λ.χ. χρῶμα. Τοῦτο προσπίπτον ἐπὶ δευτέρου πρίσματος B καὶ ἐξερχόμενον υφίσταται νέαν διάθλασιν, ἐκτρέπομενον πρὸς τὴν βᾶσιν τοῦ πρίσματος B. Ἐὰν ἤδη στρέψωμεν τὸ πρῶτον πρῖσμα οὕτως, ὥστε τὰ διάφορα χρώματα νὰ διέλθωσι διαδοχικῶς διὰ τῆς ὀπῆς O καὶ νὰ προσπέσωσιν ἐπὶ τοῦ

δευτέρου πρίσματος, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ταῦτα ἐκτρέπονται ἀνίσως ὑπὸ τοῦ πρίσματος, καὶ μάλιστα τὸ ἰώδες χρῶμα ἐκτρέπεται περισσότερον τοῦ ἐρυθροῦ.

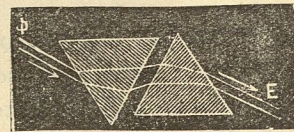
**Συμπέρασμα.** Τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος ἐκτρέπονται ἀνίσως καὶ ἐπομένως ἔχουσι διάφορον δείκτην διαθλάσεως ἥτοι εἶνε ἀνίσως διαθλαστά.

Ὁ δείκτης διαθλάσεως αὐξάνεται ἐκ τοῦ ἐρυθροῦ χρώματος πρὸς τὸ ἰώδες, δι' ὃ καὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος τὸ μὲν ἐρυθρὸν ἄκρον ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος τοῦ προκαλέσαντος αὐτό, λόγῳ τοῦ μικροῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἐρυθροῦ φωτός, τὸ δὲ ἰώδες ἄκρον πρὸς τὴν βᾶσιν τοῦ πρίσματος, λόγῳ τοῦ μεγαλυτέρου δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἰώδους φωτός.

Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῶν ἀπλῶν χρωμάτων εἶνε διάφορος, ἕνεκα τοῦ διαφόρου μήκους τοῦ κύματος αὐτῶν. Αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες ἔχουσι μῆκος κύματος ἐν τῷ κενῷ καὶ ἐν τῷ ἀέρι 0,8 τοῦ μικροῦ ( $1 \text{ μικρὸν} = \frac{1}{1000}$  τοῦ χιλιοστομέτρου), αἱ δὲ ἰώδεις 0,4 τοῦ μικροῦ. Αἱ λοιπαὶ ἀκτίνες ἔχουσι μῆκος κύματος περιλαμβανόμενον μεταξὺ τῶν δύο ἀνωτέρω τιμῶν.

**110. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.**— Αὕτη δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ κατὰ τρεῖς τρόπους.

α) **Διὰ τῶν ἀντιστρόφων πρισμάτων.** Ἐὰν τὰς ἀναλυθείσας ἡλιακὰς ἀκτίνας δεχθῶμεν ἐπὶ δευτέρου πρίσματος (σχ. 96), ἔντελῶς ὁμοίον πρὸς τὸ πρῶτον, ἀλλ' ἀντιστρόφως τοποθετουμένου, ἥτοι αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι τῶν δύο πρισμάτων νὰ εἶνε ἀντίθετοι, αἱ δὲ πλευραὶ αὐτῶν παράλληλοι, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος ἐξέρχεται **λευκὸν** φῶς, διότι τὰ 7 χρώματα συνηνώθησαν.

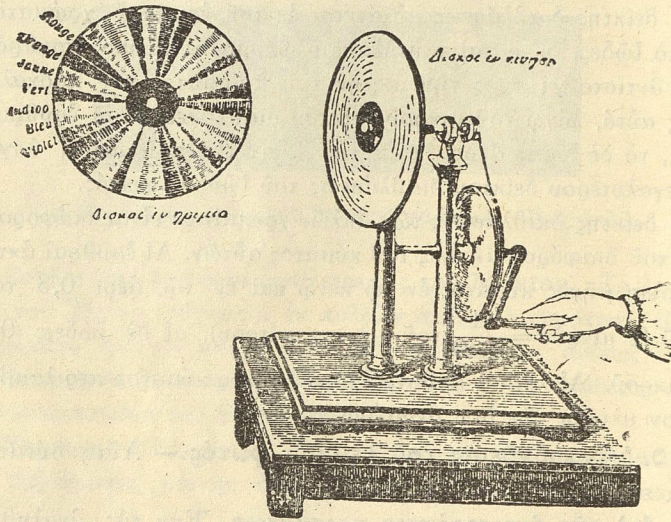


Σχ. 96. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ τῶν ἀντιστρόφων πρισμάτων.

β) **Διὰ τοῦ ἀμφικύρτου φακοῦ.** Ἐὰν τὰς ἀναλυθείσας ἡλιακὰς ἀκτίνας δεχθῶμεν ἐπὶ ἀμφικύρτου φακοῦ, εἰς δὲ τὴν κυρίαν ἐστίαν αὐτοῦ θέσωμεν φύλλον χάρτου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐπὶ τοῦ χάρτου σχηματίζεται **λευ-**

κόν φωτεινὸν σημεῖον, διότι ἐκεῖ συνηνώθησαν τὰ 7 χρώματα.

γ) **Διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Newton.** Οὗτος εἶναι δίσκος κυκλικός, στρεπτός περὶ ἄξονα, διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ καὶ κεχρωματισμένος ἀκτινοειδῶς μὲ τὰ 7 χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος (σχ. 97). Τὰ χρώματα τοῦ δίσκου δεόν νὰ εἶναι διατε-



Σχ. 97. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Newton.

ταγμένα καθ' ἣν σειράν εὐρίσκονται καὶ ἐν τῷ φάσματι, καὶ ἕκαστον νὰ καταλαμβάνῃ ἕκτασιν ἀνάλογον πρὸς τὴν ἕκτασιν τὴν ὁποίαν ἔχει ἐπὶ τοῦ φάσματος. Ἐὰν ὁ δίσκος οὗτος περιστραφῇ λίαν ταχέως, φαίνεται εἰς ἡμᾶς **σχεδὸν λευκός**, διότι ὁ ὀφθαλμὸς ἡμῶν δέχεται συγχρόνως τὴν ἐντύπωσιν καὶ τῶν ἐπτὰ χρωμάτων, ἅτινα οὕτω συννεοῦνται.

**Συμπέρασμα.** Διὰ τῆς συμμείξεως ἢ ἐπιθέσεως τῶν ἐπτὰ χρωμάτων παράγεται λευκὸν φῶς.

**111. Χρῶμα τῶν σωμάτων. Ὑπόθεσις τοῦ Newton.** Καλεῖται **φυσικὸν χρῶμα** σώματος τινος τὸ χρῶμα ὑπὸ τὸ ὁποῖον παρουσιάζεται τὸ σῶμα, ὅταν φωτίζεται ὑπὸ τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Τὸ φυσικὸν χρῶμα τῶν σωμάτων ἐξηγεῖται διὰ τῆς

ἐπομένης ὑποθέσεως τοῦ Newton. Τὸ ἡλιακὸν φῶς, ὅταν προσπίπτῃ ἐπὶ τῶν σωμάτων, ἀποσυντίθεται ὑπ' αὐτῶν εἰς τὰ 7 ἀπλά χρώματα, καὶ ἐξ αὐτῶν ἄλλα μὲν ἀπορροφῶνται, ἄλλα δὲ ἐκπέμπονται ὑπὸ τῶν σωμάτων, ἢ διέρχονται δι' αὐτῶν. Τὸ χρῶμα τοῦτο δεχόμενος ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ σῶμα ὑπὸ τοῦτο ἢ ἐκεῖνο τὸ χρῶμα.

α') **Χρῶμα τῶν σκιερῶν σωμάτων.** Τὰ σκιερὰ σώματα, φωτιζόμενα ὑπὸ τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, φαίνονται εἴτε λευκά, εἴτε μελανά, εἴτε κεχρωματισμένα μὲ διάφορα χρώματα. Σῶμά τι φαίνεται λευκὸν ὅπως ἡ χιών, ὅταν ἐκπέμπῃ ὅλα τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν καθ' ἣν τὰ ἐδέχθη. Φαίνεται μέλαν, ὅταν ἀπορροφᾷ τελείως ὅλα τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Ἐὰν ὅμως τὸ σῶμα ἐκπέμπῃ μόνον τὸ ἐρυθρὸν λ. χ. χρῶμα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, τὰ δὲ λοιπὰ ἀπορροφᾷ, τὸ σῶμα θὰ φανῇ κεχρωματισμένον μὲ χρῶμα ἐρυθρὸν, ἥτοι ὅμοιον μὲ τὸ χρῶμα ὅπερ ἐκπέμπει. Οὕτως ὕφασμά τι φαίνεται ἐρυθρὸν, διότι ἀπορροφᾷ σχεδὸν τελείως πάντα τὰ χρώματα πλὴν τοῦ ἐρυθροῦ, ὅπερ ἐκπέμπει. Ἐὰν δὲ σῶμά τι, τινὰ μὲν χρώματα ἐκπέμπῃ, τὰ δὲ ὑπόλοιπα ἀπορροφᾷ, θὰ φανῇ κεχρωματισμένον μὲ χρῶμα, ὅπερ εἶνε ὅμοιον μὲ τὸ χρῶμα τὸ προερχόμενον ἐκ τῆς συμμείξεως τῶν ἐκπεμπομένων χρωμάτων.

β') **Χρῶμα τῶν διαφανῶν σωμάτων.** Καθ' ὅμοιον τρόπον ἐξηγεῖται τὸ χρῶμα καὶ τῶν διαφανῶν σωμάτων. Σῶμά τι φαίνεται ἄχρουν, ὅπως ἡ ἄχρους ὕαλος, ὅταν ἀφίνη νὰ διέρχωνται ὅλα τὰ χρώματα καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν καθ' ἣν εἰσῆλθον. Πράγματι, διὰ μέσου τῆς ἄχρου ὕαλου βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα μὲ τὰ αὐτὰ χρώματα, μὲ τὰ ὁποῖα τὰ βλέπομεν καὶ διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Σῶμά τι φαίνεται ἐρυθρὸν, ὅταν ἀφίνη νὰ διέρχεται μόνον τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα, τὰ δὲ λοιπὰ ἀπορροφᾷ. Διὰ τοῦτο, ἐὰν δι' ἐρυθρᾶς ὕαλου παρατηρήσωμεν σῶμά τι, ὅπερ ἔχει χρῶμα ἐρυθρὸν, τὸ σῶμα τοῦτο θὰ μᾶς φανῇ ἔτι ἐρυθρὸν. Ἐὰν ὅμως τὸ σῶμα ἔχῃ χρῶμα πράσινον λ. χ., θὰ μᾶς φανῇ μέλαν, ἔνεκα ἀπορροφῆσεως τοῦ χρώματος αὐτοῦ ὑπὸ τῆς ἐρυθρᾶς ὕαλου.

**Συμπέρασμα.** Τὸ χρῶμα τῶν σκιερῶν ἢ διαφανῶν σωμάτων προέρχεται εἴτε ἐκ τοῦ ἐνὸς χρώματος ὅπερ ἐκπέμπεται ἢ

διέρχεται δι' αὐτῶν, εἴτε ἐκ πλειόνων χρωμάτων, ἅτινα ὡσαύτως ἐκπέμπονται ἢ διέρχονται δι' αὐτῶν.

Ἡ ἀνωτέρω ὑπόθεσις τοῦ Newton ἐπαληθεύεται καὶ πειραματικῶς ὡς ἐξῆς: 1ον. Ἐὰν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου σχηματίσωμεν τὸ ἡλιακὸν φάσμα καὶ θέσωμεν διαδοχικῶς εἰς τὰ διάφορα χρώματα αὐτοῦ τεμάχιον λευκοῦ χάρτου, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ὁ χάρτης φαίνεται ἐρυθρὸς εἰς τὸ ἐρυθρὸν χρώμα, πράσινος εἰς τὸ πράσινον χρώμα, κ. λ. π. Τοῦναντίον, σῶμα μέλαν παραμένει μέλαν εἰς οἰονδήποτε χρώμα τοῦ φάσματος.

2ον. Σῶμα ἐρυθρὸν φαίνεται ζωηρῶς ἐρυθρὸν εἰς τὸ ἐρυθρὸν χρώμα, μέλαν δὲ εἰς πάντα τὰ ἄλλα χρώματα καὶ ἰδίως εἰς τὸ πράσινον.

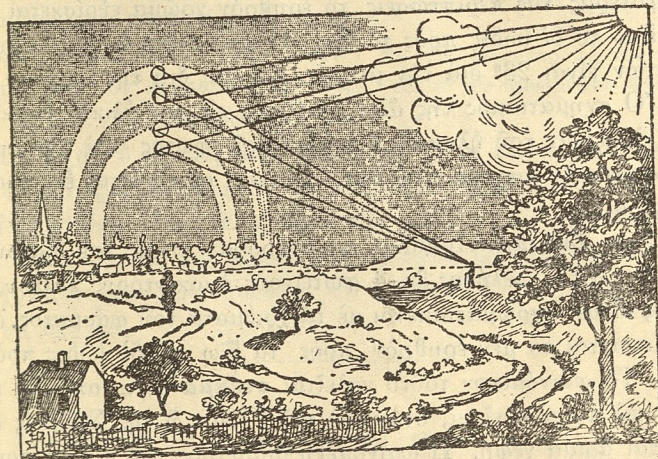
**Συμπέρασμα.** Τὸ λευκὸν καὶ τὸ ἐρυθρὸν σῶμα δὲν δύνανται νὰ διατηρήσωσι τὸ αὐτὸ χρώμα εἰς τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος, καὶ ἐπομένως τὸ χρώμα τῶν δὲν εἶνε ἰδικὸν τῶν.

**112. Χρώματα συμπληρωματικά.** Καλοῦνται *συμπληρωματικά* χρώματα κατὰ τὸν Newton τὰ χρώματα ἐκεῖνα, ἅτινα διὰ τῆς συμμείξεως ἢ ἐπιθέσεως ἐπ' ἄλληλα παράγουσι τὸ λευκὸν φῶς. Ἐκ τῶν ἀπλῶν χρωμάτων συμπληρωματικά εἶνε τὸ πράσινον καὶ τὸ ἐρυθρὸν, τὸ κυανοῦν καὶ τὸ πορτογαλλιόχρουν, τὸ ἰώδες καὶ τὸ κίτρινον. Ἐὰν τὰ 7 χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος χωρίσωμεν, ὁπωσδήποτε, εἰς δύο ομάδας καὶ ἐνώσωμεν ἰδιαιτέρως τὰ χρώματα ἑκατέρας ομάδος, λαμβάνομεν δύο μικτὰ χρώματα, ἅτινα εἶνε συμπληρωματικά, διότι, ἐὰν ἐνωθῶσιν ὀφείλουσι νὰ παραγάγωσι λευκὸν φῶς. Τὰ συμπληρωματικά, λοιπόν, χρώματα δύνανται καὶ ταῦτα νὰ εἶνε ἀπλᾶ, ἢ σύνθετα.

Τὰ τεχνητὰ ὅμως χρώματα δὲν εἶνε ὁμοίως μὲ τὰ φυσικὰ συμπληρωματικά, διότι τὰ τεχνητὰ χρώματα δὲν εἶνε ἀπλᾶ ὅπως τὰ τοῦ φάσματος, ἀλλὰ σύνθετα.

**113. Φωτεινὰ μετέωρα.** 1ον. *Οὐράνιον τόξον.* Πολυλάκις, κατὰ τὸν χειμῶνα, παρατηροῦμεν ἐν τῷ οὐρανῷ, φωτεινὴν ταινίαν ἐν εἶδει τόξου, ζωηρῶς κεχρωματισμένην μὲ τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *οὐράνιον τόξον* (σχ. 98). Καὶ τὸ μὲν ἐρυθρὸν χρώμα αὐτοῦ εὐρίσκεται πρὸς τὰ ἔξω, τὸ δὲ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω, μεταξὺ δὲ αὐτῶν εὐρίσκονται καὶ τὰ λοιπὰ χρώματα τοῦ φάσματος. Ἵνα πα-

ρατηρηθῆ τὸ οὐράνιον τόξον πρέπει 1) νὰ ἔχωμεν ἔμπροσθεν ἡμῶν νέφος ἕτοιμον νὰ μεταβληθῆ εἰς βροχὴν, καὶ 2) τὸ ὕψος τοῦ Ἥλιου ὑπὲρ τὸν ὀρίζοντα νὰ εἶναι μικρότερον τῶν 42°. Ὅσφ δὲ πλησιέστερον πρὸς τὸν ὀρίζοντα εὐρίσκεται ὁ Ἥλιος, τόσφ μεγαλύτερον μέρος τοῦ οὐρανοῦ τόξου εἶναι ὄρατόν, σμικρύνε-



Σχ. 98. Τρόπος σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανοῦ τόξου.

ται δέ, ὅσφ ὁ Ἥλιος εὐρίσκεται ὑψηλότερον, καὶ ἔξαφανίζεται καθ' ὀλοκληρίαν, ὅταν εὐρεθῆ 42° ὑπεράνω τοῦ ὀρίζοντος. Ἐνίοτε παρατηρεῖται συγχρόνως καὶ δεύτερον οὐράνιον τόξον, ὀλόκληρον ἢ τμήμα μόνον αὐτοῦ, μικροτέρας λαμπρότητος, ἐν τῷ ὁποίῳ ὅμως ἡ διάταξις τῶν χρωμάτων εἶναι ἀντίστροφος, ἦτοι τὸ ἐρυθρὸν εἶναι πρὸς τὰ ἔσω καὶ τὸ ἰώδες πρὸς τὰ ἔξω.

Ὁ σχηματισμὸς τοῦ οὐρανοῦ τόξου ὀφείλεται εἰς δύο φαινόμενα: 1) εἰς τὴν *ὀλικὴν ἀνάκλασιν* (μίαν διὰ τὸ πρῶτον καὶ δύο διὰ τὸ δεύτερον οὐράνιον τόξον) τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων ἐντὸς τῶν σταγονιδίων τοῦ ὕδατος, ἅτινα ἀποτελοῦσι τὰ νέφη, διότι παρατηροῦμεν αὐτὸ ὅταν στρέφωμεν τὰ νῶτά μας πρὸς τὸν Ἥλιον, καὶ 2) εἰς τὴν *ἀνάκλασιν* τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων κατὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τῶν αὐτῶν σταγονιδίων, διότι παρατηροῦμεν αὐτὸ κεχρωματισμένον μὲ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος.

2ον. **Άλως.** Πολλάκις παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δίσκος τῆς Σελήνης ἢ τοῦ Ἡλίου περιβάλλεται ὑπὸ κύκλων ἀσθενοῦς λαμπρότητος, οἵτινες εἶναι κεχρωματισμένοι μὲ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **άλως** σεληνιακὴ ἢ ἠλιακὴ. Καὶ ἄλλοτε μὲν ἡ ἄλως εἶναι ἀπλῆ, ἦτοι παρουσιάζει ἓνα κύκλον, ἄλλοτε δὲ διπλῆ, ἦτοι παρουσιάζει δύο κύκλους ὁμοκέντρους. Εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα εὐρίσκεται πρὸς τὰ ἔσω τὸ δὲ ἰώδες πρὸς τὰ ἔξω. Ἡ φαινόμενη ἀκτὶς τῶν κύκλων τούτων εἶναι 23° διὰ τὴν μικράν, καὶ 46° διὰ τὴν μεγάλην ἄλω.

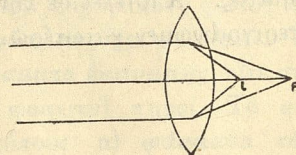
Ὁ σχηματισμὸς τῆς ἄλως ὀφείλεται εἰς τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀνάλυσιν τοῦ ἠλιακοῦ ἢ σεληνιακοῦ φωτὸς ἐπὶ τῶν μικρῶν πρισματικῶν παγοκρυστάλλων, οἵτινες αἰωροῦνται ἐν τῇ ἀτμοσφαιρᾷ.

3ον. **Στέμμα.** Πολλάκις παρατηροῦμεν πῆριξ τοῦ δίσκου τοῦ Ἡλίου ἢ τῆς Σελήνης 3—4 φωτεινοὺς ὁμοκέντρους κύκλους, οἵτινες εἶναι κεχρωματισμένοι μὲ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, ἅτινα εὐρίσκονται τὸ μὲν ἐρυθρὸν πρὸς τὰ ἔξω τὸ δὲ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **στέμμα** σεληνιακὸν ἢ ἠλιακὸν καὶ παρατηρεῖται, ὅταν πρὸ τοῦ Ἡλίου ἢ τῆς Σελήνης διέρχονται ἀραιὰ νέφη. Ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ μικροτέρου κύκλου εἶναι 1°—4°.

Ὁ σχηματισμὸς τῶν στεμμάτων ὀφείλεται εἰς τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀνάλυσιν τοῦ ἠλιακοῦ ἢ σεληνιακοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν μικρῶν σταγονιδίων τοῦ ὕδατος ἐξ ὧν συνίστανται τὰ ἀραιὰ νέφη. Ἐπειδὴ δὲ τὰ μικρὰ στέμματα παράγονται ὑπὸ μεγάλων σταγόνων, συμπεραίνομεν ὅτι ἐπικεῖται βροχὴ, ὅταν βλέπωμεν ὅτι ἡ διάμετρος τῶν στεμμάτων σμικρύνεται.

**114. Παρεκτροπὴ τοῦ φωτός. Ἀχρωστικοὶ φακοί.** — Ἐὰν τὸ λευκὸν φῶς προσπέσῃ ἐπὶ ἀμφικύρτου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι καὶ διέλθῃ δι' αὐτοῦ, θέλει ὑποστῆ ἀνάλυσιν (σχ. 99) καὶ αἱ μὲν ἐρυθραὶ ἀκτῖνες, ὡς ἔχουσαι τὸν μικρότερον δείκτην διαθλάσεως, συνέρχονται εἰς τι σημεῖον  $\epsilon$  τοῦ κυρίου ἄξονος, αἱ δὲ ἰώδεις, ὡς ἔχουσαι τὸν μεγαλύτερον δείκτην διαθλάσεως, συνέρχονται εἰς ἕτερον σημεῖον  $\iota$ , πλησιέστερον πρὸς τὸν φακόν. Μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων θὰ συνέλθωσιν αἱ λοιπαὶ ἀκτῖνες. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **παρεκτροπὴ ἢ ἀφροστίασις**

τοῦ φωτός. Ἐνεκα τοῦ φαινομένου τούτου, ἐὰν δι' ἀπλοῦ φακοῦ ἀμφικύρτου παραγάγωμεν ἐπὶ πετάσματος τὸ πραγματικὸν εἶδωλον λευκοῦ τινος ἀντικειμένου, θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι ἡ περιμετρος τοῦ εἰδώλου ἐμφανίζεται κεχρωματισμένη διὰ τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Τὸ μειονέκτημα τοῦτο τοῦ φακοῦ θεραπεύεται διὰ τῶν **ἀχρωστικῶν** φακῶν. Οὗτοι εἶνε συνδυασμὸς δύο φακῶν, ἕξ ὧν ὁ μὲν εἰς εἶνε συγκλίνων, ὁ δὲ ἕτερος ἀποκλίνων, ἔχει δὲ ἑκάτερος κατάλληλον ἀκτῖνα καμπυλότητος καὶ συνίσταται ἐκ διαφόρου ὕλης, λ. χ. ἐκ κοινῆς ὑάλου καὶ μολυβδύλου. Οἱ τοιοῦτοι φακοὶ ἐκλήθησαν ἀχρωστικοί, ὡς προλαμβάνοντες τὸν χρωματισμὸν τῶν εἰδώλων, καὶ τούτων γίνεται χρῆσις εἰς τὰ ὀπτικά ὄργανα.



Σχ. 99. Παρεκτροπὴ τοῦ φωτός ἐν τῷ ἀμφικύρτῳ φακῷ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η΄.

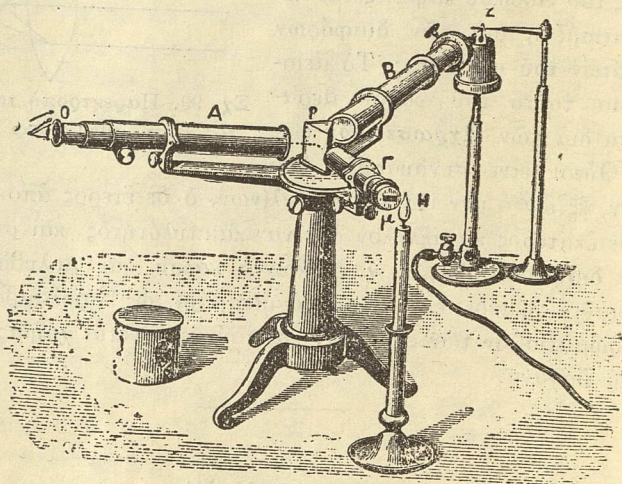
### ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

**115. Ὅρισμός.**—Καλεῖται **φασματοσκοπία** τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον ἐξετάζει τὰ φάσματα τῶν φωτεινῶν πηγῶν. Διὰ τὴν ἐξέτασιν τούτων χρησιμοποιοῦνται κατάλληλα ὄργανα καλούμενα φασματοσκόπια.

**116. Φασματοσκόπιον.** Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἐξῆς μερῶν 1) ἐξ ἑνὸς πρίσματος P (σχ. 100) ἐκ μολυβδύλου. Τοῦτο τοποθετεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δίσκου, ἑστερωμένου εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ μεταλλίνου ὑποστηρίγματος τοῦ ὄργανου καὶ οὕτως, ὥστε ἡ ἀκμὴ αὐτοῦ νὰ εἶναι κατακόρυφος. Χρησιμεύει δὲ ὅπως παραγάγῃ τὸ φάσμα τῆς φωτεινῆς πηγῆς.

2) Ἐξ ἑνὸς μεταλλικοῦ σωλῆνος B. Οὗτος φέρει εἰς τὸ ἐν ἄκρον λεπτὴν σχισμὴν κατακόρυφον, τὴν ὁποίαν διὰ κοχλίου δυνάμεθα νὰ σμικρύνωμεν ἢ νὰ εὐρύνωμεν. Διὰ ταύτης διερχόμενον τὸ πρὸς ἐξέτασιν φῶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ πρίσματος

3) Ἐξ ἑνὸς μεταλλικοῦ σωλῆνος Α. Οὗτος φέρει κατὰ τὰ ἄκρα του φακούς, καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ φάσματος. Ἀποτελεῖ δὲ τὴν καλουμένην διόπτραν, τὴν ὁποίαν θὰ περιγράψωμεν κατωτέρω.



Σχ. 100. Φασματοσκόπιον.

4) Ἐξ ἑνὸς μεταλλικοῦ σωλῆνος Γ, ὅστις φέρει εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ τὸ **μικροόμετρον**, ἥτοι ὑαλίνην πλάκα, ἐφ' ἧς ὑπάρχει κεχαραγμένη κλίμαξ χλιοστομέτρων. Τοῦτο χρησιμεύει διὰ νὰ καθορίζωμεν τὴν θέσιν τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος καὶ τῶν γραμμῶν ἢ ραβδώσεων αὐτοῦ. Καὶ οἱ τρεῖς οὗτοι σωλῆνες στηρίζονται ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος τοῦ ὄργανου.

B) **Δειτουργία.** Θέτομεν τὸ πρὸς ἀνάλυσιν φῶς εἰς τὸ Z. Τοῦτο εἰσερχόμενον διὰ τῆς σχισμῆς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ πρίσματος καὶ ἐξερχόμενον σχηματίζει τὸ φάσμα αὐτοῦ. Τοῦ φάσματος τούτου παρατηροῦμεν τὸ εἶδωλον διὰ τῆς διόπτρας Α. Συγχρόνως τοποθετοῦμεν βοηθητικὴν τινα φλόγα ἔμπροσθεν τοῦ μικρομέτρου διὰ νὰ φωτίσῃ τοῦτο. Τὸ εἶδωλον τοῦ μικρομέτρου σχηματίζεται τότε παραπλεύρως τοῦ εἰδώλου τοῦ φάσματος, καὶ οὕτω διὰ τῆς αὐτῆς διόπτρας παρατηροῦμεν ταυτοχρόνως τὸ εἶδωλον τοῦ φάσματος καὶ τοῦ μικρομέτρου. Οὕτω δυνάμεθα νὰ

προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος καὶ τῶν ραβδώσεων ἢ γραμμῶν αὐτοῦ.

**117. Φάσματα ἐκπομπῆς.**— Πλὴν τοῦ ἡλιακοῦ φωτός καὶ τὸ φῶς τῶν διαφόρων φωτεινῶν πηγῶν, παρέχει φάσματα. Τὰ φάσματα ταῦτα καλοῦνται γενικῶς **φάσματα ἐκπομπῆς**, εἴτε στερεαί, εἴτε ὑγρά, εἴτε ἀέριοι εἶναι αἱ φωτεινὰ πηγαί. Τὰ φάσματα ἐκπομπῆς διαιροῦμεν εἰς δύο τύπους· α) **φάσματα τῶν διαπύρων στερεῶν καὶ ὑγρῶν** καὶ β) **φάσματα τῶν διαπύρων ἀτμῶν καὶ ἀερίων**.

A) **Φάσμα τῶν διαπύρων στερεῶν καὶ ὑγρῶν σωμάτων.**  
 Ὄταν αὐξάνεται βαθμηδὸν ἡ θερμοκρασία στερεοῦ τινος σώματος, τὸ σῶμα ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπῃ φωτεινὰς ἀκτῖνας μόνον ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ πλησιάσῃ τοὺς 600°. Κάτω τῶν 600° τὸ σῶμα ἐκπέμπει μόνον θερμαντικὰς ἀκτῖνας. Ἐὰν ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται βαθμηδὸν ἄνω τῶν 600°, αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες αἰτνες ἐμφανίζονται κατὰ πρῶτον εἶναι αἱ ἐρυθραί, κατόπιν ἐμφανίζονται ἀλληλοδιαδόχως καὶ τὰ λοιπὰ χρώματα κατὰ σειρὰν μέχρι τοῦ ἰώδους, ὅπερ ἐμφανίζεται τελευταῖον εἰς θερμοκρασίαν 1000°. Τὰ φαινόμενα ταῦτα παρατηροῦμεν, ἐὰν πρὸ τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου θέσωμεν ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, οὕτινος ἡ ἔντασις νὰ αὐξάνεται βαθμιαίως. Θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι τὸ φάσμα αὐτοῦ ἀρχεται ἐμφανιζόμενον ἀπὸ τοῦ ἐρυθροῦ χρώματος καὶ συμπληροῦται βαθμηδὸν μέχρι τοῦ ἰώδους, ὅποτε παρουσιάζει πάντα τὰ χρώματα χωρὶς διακοπὴν τινα, ἢ γραμμὴν σκοτεινὴν ἢ λαμπράν. Τὸ αὐτὸ παρατηρεῖται καὶ μὲ τὰ διάπτρα ὑγρά, π.χ. τὰ τετηγότα μέταλλα. Τὸ τοιοῦτον φάσμα καλεῖται **συνεχές**. Τὰ τεχνητὰ φῶτα, π.χ. τὸ φῶς τοῦ Drummond, τοῦ ἠλεκτρικοῦ λύχνου τοῦ Edison, τοῦ ἠλεκτρικοῦ τόξου, τῆς φλογὸς τῆς λυχνίας δι' ἐλαίου καὶ διὰ πετρελαίου, τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου καὶ τοῦ φωταερίου ἐν τῇ ὁποίᾳ διαπυροῦνται τὰ ἀποχωριζόμενα στερεὰ μόρια τοῦ ἀνθρακος, παρέχουσι φάσματα συνεχῆ.

**Πάντα τὰ διάπτρα στερεὰ ἢ ὑγρά σώματα παρέχουσι φάσμα συνεχές.**

B) **Φάσμα τῶν διαπύρων ἀτμῶν καὶ ἀερίων.** Ἐὰν ἀερίον τι πυρακτωθῆ, ἐκπέμπει ἀριθμὸν τινα μόνων ἀπλῶν χρωμάτων.

Ἐπομένως τὸ ἀέριον τοῦτο παρέχει φάσμα, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ τινων μόνον γραμμῶν ἢ ραβδώσεων, φωτεινῶν καὶ λαμπρῶν, αἵτινες ἐμφανίζονται ἐπὶ βάθους σκοτεινοῦ. Τὸ τοιοῦτον φάσμα καλεῖται **ἀσυνεχές**.

**Πάντες οἱ διάπυροι ἀτμοὶ καὶ τὰ ἀέρια παρέχουσι φάσμα ἀσυνεχές.**

**Σημείωσις.** Διὰ τὴν διαπύρωσιν τῶν ἀερίων ἢ τῶν ἀτμῶν μεταχειριζόμεθα διαφόρους τρόπους τοὺς ἐξῆς. 1ον. Ἐὰν τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν σῶμα εἶναι στερεὸν ἐν τῇ συνήθει θερμοκρασίᾳ, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, διὰ νὰ λάβωμεν ἀτμούς αὐτοῦ διαπύρους εἰσάγομεν διὰ σύρματος ἐκ λευκοχρόσου ἐντὸς τῆς ὥχρας καὶ θερμοτάτης φλογὸς τοῦ λύχου τοῦ Bunsen τεμάχιον ἐξεσερουμένου εὐκόλως ἄλατος, περιέχοντος τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν μέταλλον. Τοιαῦτα ἄλατα εἶναι τὰ χλωριούχα. Θέλομεν ἰδεῖ ἀμέσως, ὅτι ἡ φλόξ χρωματίζεται ζωηρῶς ἐκ τῆς παρουσίας διαπύρων ἀτμῶν τοῦ μετάλλου, οὔτινες προῆλθον ἐκ τῆς μερικῆς ἀποσυνθέσεως τοῦ ἄλατος, ἐνεκα τῆς ἰσχυρᾶς θερμάνσεως. Οὕτως ἄλας νατρίου, λ. χ. χλωριούχου νάτριου (μαγειρικὸν ἄλας), χρωματίζει τὴν φλόγα ζωηρῶς κιτρινήν. Ἐὰν δὲ τὸ μέταλλον ἐξεσεροῦται εἰς λιαν ὑψηλῆν θερμοκρασίαν, τοποθετοῦμεν τεμάχιον τούτου ἐπὶ ἐνὸς τῶν ἀνθράκων τοῦ βολταϊκοῦ τόξου, ἢ κατασκευάζομεν δύο σύρματα ἐκ τοῦ μετάλλου τούτου, καὶ παράγομεν σπινθῆρας μεταξὺ τῶν ἄκρων αὐτῶν. Ἐξετάζοντες τὴν παραγομένην φλόγα ἢ τοὺς σπινθῆρας διὰ τοῦ φασματοσκοπίου, θὰ ἔχωμεν τὸ φάσμα τῶν διαπύρων ἀτμῶν τοῦ μετάλλου.

2ον. Ἐὰν τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν σῶμα εἶναι ἀέριον εἰς τὴν συνήθει θερμοκρασίαν, ἐγκλείομεν αὐτὸ ἐντὸς ὑαλίνων σωλῆνων ὑπὸ πίεσιν χιλιοστομέτρων τινων (σωλήνης Plücker), οὔτινες φέρουσι κατὰ τὰ ἄκρα των δύο μικρὰ σύρματα ἐκ λευκοχρόσου. Ἐὰν διαβιάσωμεν διὰ τοῦ σωλήνος ἠλεκτρικούς σπινθῆρας, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ ἀέριον καθίσταται φωτογόνον, παρουσιάζον ζωηροτάτην λάμψιν καὶ ἰδίως εἰς τὸ στενότερον μέρος τοῦ σωλήνος. Ἐξετάζοντες τὸ παραγόμενον φῶς διὰ τοῦ φασματοσκοπίου θὰ ἔχωμεν τὸ φάσμα τοῦ διαπύρου τούτου ἀερίου.

Ὁ ἐπόμενος πίναξ περιλαμβάνει τὸ ἀσυνεχές φάσμα διαπύρων τινῶν ἀερίων ἢ ἀτμῶν.

Ἀέριον ἢ ἀτμὸς	Ἀριθμὸς καὶ χρῶμα ραβδώσεων
Νάτριον	2 ραβδώσεις κίτρινα
Κάλιον	{ 1 » ξρυθρὰ
Λίθιον	{ 1 » ἰόχρους
Θάλλιον	{ 1 » ξρυθρὰ
	{ 1 » πρασίνη
Ὑδρογόνον	{ 1 » ξρυθρὰ
	{ 1 » κυανῆ ἀνοικτῆ
	{ 1 » κυανῆ βαθεῖα
	{ 1 » ἰόχρους.

Τοιοιουτρόπως τὰ πλεῖστα τῶν μετάλλων παρουσιάζουσιν ἐν τῷ φασματοσκοπίῳ μίαν ἢ περισσοτέρας λαμπρὰς ραβδώσεις αἵτινες δὲν εἶναι αἱ ἴδιαι δι' ὅλα τὰ μέταλλα. Αἱ τοῦ νατρίου διαφέρουσι τῶν τοῦ καλίου, αἱ ὁποῖαι πάλιν διαφέρουσι τῶν τοῦ λιθίου, θαλλίου κλπ. Ὁ ἀριθμὸς καὶ τὸ χρῶμα τῶν λαμπρῶν τούτων γραμμῶν ἢ ραβδώσεων **χαρακτηρίζουσι** τὸ διάπυρον ἀερώδες σῶμα.

**118. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.**— Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταφαίνεται ὅτι τὸ φασματοσκοπίον παρέχει εἰς ἡμᾶς ἀσφαλῆς μέσον ὅπως ἀνακαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἀπλοῦ τινος σώματος καὶ ἰδίως μετάλλου ἐν τινι διαλύματι ἢ οὐσίᾳ. Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ νὰ διαπυρώσωμεν ἐλάχιστον ποσὸν τοῦ διαλύματος ἢ τῆς οὐσίας διὰ τινος τῶν ἀνωτέρω τρόπων, καὶ νὰ ἐξετάσωμεν τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπ' αὐτῶν φῶς διὰ τοῦ φασματοσκοπίου. Παρατηροῦμεν ἔπειτα ἐν τῷ παραγομένῳ φάσματι, ἐὰν περιλαμβάνονται ἅπασαι αἱ χαρακτηριστικαὶ ραβδώσεις τοῦ ζητουμένου μετάλλου. Ἐὰν π.χ. τὸ φάσμα περιλαμβάνῃ δύο κίτρινας ραβδώσεις, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ διάλυμα ἢ ἡ οὐσία περιέχουσι νάτριον. Εἶναι δὲ δυνατόν ἐν τῷ φάσματι τούτῳ νὰ συνυπάρχωσι τὰ φάσματα καὶ δύο ἢ περισσοτέρων μετάλλων, ἅτινα οὕτω θέλουσιν ἀνακαλυφθῆ. Ἡ μέθοδος αὕτη τῆς ἐξετάσεως τῶν φωτεινῶν πηγῶν διὰ τῶν φασμάτων αὐτῶν καλεῖται **φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις**.

Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης ὁ χημικὸς κατώρθωσε νὰ ἀνακαλύψῃ νέα μέταλλα, πρὸ τῆς ἀνακαλύψεως αὐτῶν διὰ χημικῶν μεθόδων. Οὕτω τὸ καίσιον καὶ τὸ ρουβίδιον ἀνεκαλύφθησαν ἐκ τῆς ἐμφανίσεως ἐν τῷ φάσματι οὐσιῶν, περιεχουσῶν τὰ μέταλλα ταῦτα, νέων ραβδώσεων ἀγνώστων ἕως τότε.

Δι' ὁμοίας μεθόδου ἠδυνήθησαν νὰ ἐξετάσωσι τὴν σύστασιν τῶν ἄστρων. Οὕτως ἡ ἐμφάνισις ἐν τῷ φάσματι τοῦ Ἡλίου καὶ τῶν ἀστέρων μιᾶς λαμπρᾶς ραβδώσεως, ἤγαγεν εἰς τὴν παραδοχὴν νέου στοιχείου, ὅπερ ἐκλήθη Ἥλιον.

**119. Μελαναὶ ραβδώσεις ἐν τῷ συνεχεῖ φάσματι.**— **Πείραμα.** Φωτίζομεν τὴν σχισμὴν τοῦ φασματοσκοπίου δι' ἠλεκτρικοῦ φωτός, ὁπότε λαμβάνομεν φάσμα συνεχές. Ἐὰν ὁμως μεταξὺ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου παρενθέσωμεν φλόγα ἐμπεριέχουσαν ἀτμούς νατρίου, τὸ



φάσμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ φωτός μεταβάλλεται. Καὶ πράγματι, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ φάσμα δὲν εἶναι πλέον συνεχές, ἀλλὰ παρουσιάζει **ράβδωσιν μελανήν** εἰς τὴν κιτρίνην χώραν αὐτοῦ καὶ ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τῶν κιτρίνων ραβδώσεων τὰς ὁποίας μᾶς δίδει ἡ φλόξ τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου, ὅταν αὕτη μόνη φωτίζη τὴν σχισμὴν. Ἐὰν δὲ ἔχωμεν φλόγα ἀτμῶν καλίου, θέλομεν παρατηρήσει ἐν τῷ φάσματι ράβδωσιν μελανήν, ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τῆς ἐρυθρᾶς ραβδώσεως τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ἡ φλόξ τῶν ἀτμῶν τοῦ λιθίου, ὅταν αὕτη μόνη φωτίζη τὴν σχισμὴν.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐξηγοῦνται ὡς ἑξῆς. Ἡ φλόξ τῶν ἀτμῶν νατρίου ἢ λιθίου ἀπερρόφησεν ἐκ τῶν ἀκτίνων τοῦ ἠλεκτρικοῦ φωτός, αἵτινες διήλθον δι' αὐτῆς, μόνον τὰς κιτρίνας ἀκτίννας (φλόξ νατρίου), ἢ τὰς ἐρυθρὰς (φλόξ λιθίου). Ἀλλὰ γνωρίζομεν, ὅτι οἱ μὲν ἀτμοὶ τοῦ νατρίου ἐκπέμπουσι κιτρίνας ἀκτίννας, οἱ δὲ τοῦ λιθίου ἐρυθρὰς.

**Συμπέρασμα.** Οἱ διάπυροι ἀτμοὶ τοῦ μὲν νατρίου ἀπορροφῶσι τὰς κιτρίνας ἀκτίννας, τοῦ δὲ λιθίου τὰς ἐρυθρὰς.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν. Πάντα τὰ ἀέρια καὶ οἱ ἀτμοὶ, ὅταν διαπερῶνται ὑπὸ φωτός, ὅπερ παρέχει φάσμα συνεχές, ἀπορροφῶσιν ἐξ αὐτοῦ ἀριθμὸν τινα ἀκτίνων, αἵτινες εἶναι αἱ αὐταὶ μὲ τὰς ἀκτίννας, τὰς ὁποίας δύνανται νὰ ἐκπέμψωσι τὰ σώματα, ὅταν πυρακτωθῶσι. Τὸ τοιοῦτο φάσμα, ὅπερ παρουσιάζει μελανὰς ραβδώσεις καλεῖται **φάσμα ἀπορροφῆσεως**. Τινὰ τῶν φασμάτων τούτων εἶναι χαρακτηριστικὰ διὰ τὰ σώματα ἅτινα τὰ παρήγαγον, ὅπως εἶναι τὸ τοῦ ἀνθρωπίνου αἵματος λ.χ., διὰ τοῦ ὁποίου ἀναγνωρίζεται ἡ φύσις τῶν κηλίδων τοῦ αἵματος καὶ παρέχει πολύτιμον ὑπηρεσίαν εἰς τὴν ἰατροδικαστικὴν.

**120. Μελαναὶ ραβδώσεις ἐν τῷ ἠλιακῷ φάσματι.**— Ἐὰν ἐξετάσωμεν μετὰ προσοχῆς τὸ ἠλιακὸν φάσμα, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τοῦτο δὲν εἶναι συνεχές, ἀλλὰ διακόπτεται ὑπὸ μεγάλου ἀριθμοῦ μελανῶν ραβδώσεων, αἵτινες εὐρίσκονται εἰς διαφόρους ἀπ' ἀλλήλων θέσεις. Δι' ἰσχυρῶν φασματοσκοπίων θέλομεν διακρίνει ὑπὲρ τὰς χιλίας τοιαύτας ἐν τῷ ὄρατῷ τμήματι τοῦ φάσματος. Πρῶτος ὁ Wollaston παρετήρησε τὰς ραβδώσεις ταύτας τῷ 1802, ὁ δὲ Fraunhofer, τῷ 1815, ἐξετάσας

καὶ περιγράψας ταύτας μετὰ προσοχῆς ἐσημείωσε τὰς κυριωτέρας ἐξ αὐτῶν διὰ τῶν γραμμάτων A, B, C, D, E, F, G, H. Αὗται διατηροῦσιν ὠρισμένην ἐν τῷ φάσματι θέσιν καὶ καλοῦνται ραβδώσεις τοῦ Fraunhofer. Αἱ περισσότεραι τῶν μελανῶν ραβδώσεων ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς λαμπρὰς ραβδώσεις γνωστῶν μετάλλων. Ἡ ράβδωσις D λ.χ. ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν κιτρίνην ράβδωσιν τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου.

**Συμπέρασμα.** Τὸ ἠλιακὸν φάσμα εἶναι **φάσμα ἀπορροφῆσεως**.

**121. Σύστασις τῆς ἀτμοσφαιράς τοῦ Ἡλίου.**— Τὸ φάσμα ἀπορροφῆσεως τοῦ Ἡλίου ἐξηγεῖται, κατὰ τὰ ἀνωτέρω, ἐὰν ὑποτεθῆ, ὅτι ἐν τῷ Ἡλίῳ ὑπάρχει φωτεινὴ χώρα, τῆς ὁποίας τὸ φῶς παρέχει φάσμα συνεχές, καὶ ὅτι τὸ φῶς ταύτης, διερχόμενον διὰ μέσου ἀερίων διαπύρων, ἅτινα παρεντίθενται μεταξὺ τῆς χώρας ἐκείνης καὶ τοῦ φασματοσκοπίου, ὑφίσταται ἀπορρόφησιν ἀκτίνων τινῶν αὐτοῦ, καὶ παρουσιάζονται οὕτως αἱ μελαναὶ ραβδώσεις.

Τοιοιτοτρόπως παραδέχονται ὅτι ὁ Ἡλιος ἀποτελεῖται ἐκ πυρῆνος διαπύρου, ὅστις παρέχει φάσμα συνεχές καὶ καλεῖται **φωτόσφαιρα**. Ὁ πυρὴν περιβάλλεται ὑπὸ ἀερώδους στρώματος λίαν ὑψηλῆς θερμοκρασίας, ὅπερ καλεῖται **χρωμόσφαιρα** καὶ περιλαμβάνει ἐν καταστάσει ἀτμῶν τὰ πλεῖστα τῶν σωμάτων τῶν εὐρίσκομένων ἐπὶ τῆς γῆς. Ἐν τῇ χρωμοσφαιρᾷ ταύτῃ ἀπορροφῶνται κατὰ τὴν δίοδόν των ἀκτίνες τινες τοῦ φωτός τῆς φωτοσφαιράς καὶ παρουσιάζονται οὕτως αἱ μελαναὶ ραβδώσεις ἐν τῷ ἠλιακῷ φάσματι, αἱ πλεῖσται τῶν ὁποίων ἀντιστοιχοῦσιν ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τῶν λαμπρῶν ραβδώσεων τῶν μετάλλων.

Παρατηρήθη ὅτι μία μελανὴ ράβδωσις δὲν ἀντεστοίχει εἰς οὐδὲν τῶν γνωστῶν ἡμῖν σωμάτων. Ταύτην ἀπέδωκαν εἰς τὴν ὑπερξιν ἐπὶ τοῦ Ἡλίου ἀερίου τινὸς μὴ ὑπάρχοντος ἐπὶ τῆς γῆς καὶ τὸ ὁποῖον ὠνόμασαν **Ἡλιον**. Βραδύτερον ὁμως ἀνεκαλύφθη τὸ ἀέριον τοῦτο καὶ ἐπὶ τῆς γῆς. Τοιοιτοτρόπως τὸ φασματοσκόπιον παρέχει σπουδαίαν ὑπηρεσίαν εἰς τὸν ἀστρονόμον, διότι κατορθώνει οὕτως δι' αὐτοῦ νὰ προσδιορίσῃ τὰ συστατικὰ τῶν οὐρανίων σωμάτων καὶ νὰ ἀνεύρῃ ὅτι ταῦτα εἶναι ἀκριβῶς ὅμοια μὲ τὰ τῆς γῆς.

**Σημείωσις.** Τινές τῶν μελανῶν ραβδώσεων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος δέον νὰ ἀποδοθῶσι καὶ εἰς τὴν ἀπορροφητικὴν δύναμιν τῆς ἀτμοσφαίρας τῆς γῆς.

**122. Ἀόρατοι ἀκτίνες.—Πειράματα.** 1ον. Ἐὰν θερμόμετρον λίαν εὐαίσθητον μεταφέρωμεν εἰς τὰς διαφόρους χώρας τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, θέλομεν ἀνεύρει ὅτι αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες εἶναι κατὰ πολὺ θερμότεραι τῶν ἰωδῶν καὶ ὅτι καὶ ἐντεῦθεν τῆς ἐρυθρᾶς χώρας ὑφίσταται θερμότης, καίτοι δὲν παρατηρεῖται ἐκεῖ φῶς. Συνάγομεν λοιπὸν ὅτι καὶ ἐντεῦθεν τῶν ἐρυθρῶν ἀκτίνων ὑπάρχουσιν ἀκτίνες ἀόρατοι, αἵτινες ἔχουσιν ἰδιότητος θερμομαντικᾶς. Αὗται ἐκλήθησαν **ὑπέρυθροι**.

2ον. Ἐὰν τὸ ἡλιακὸν φάσμα προσέσῃ ὀλόκληρον ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακὸς θέλομεν παρατηρήσει, μετὰ τὴν ἐμφάνισιν αὐτοῦ (βλέπε κατωτέρω περὶ φωτογραφίας), ὅτι εἰς τὸ μέρος τῆς πλακὸς ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσέπεσαν ὑπέρυθροι ἀκτίνες οὐδόλως ἠλλοιώθη, ἠλλοιώθη ὅμως ἐλάχιστα εἰς τὸ μέρος τῶν ἰωδῶν, καὶ λίαν ἰσχυρῶς εἰς τὸ πέραν τῶν ἰωδῶν ἀκτίνων μέρος, καίτοι ἐκεῖ δὲν παρατηρεῖται φῶς. Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι καὶ πέραν τῆς ἰώδους χώρας ὑπάρχουν ἀκτίνες ἀόρατοι, αἵτινες ἔχουσιν ἰδιότητος χημικᾶς. Αὗται ἐκλήθησαν **ὑπεριώδεις**.

**Συμπεράσματα.** 1ον. Τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐκτείνεται καὶ ἐντεῦθεν τῶν ἐρυθρῶν (ὑπέρυθροι ἀκτίνες) καὶ πέραν τῶν ἰωδῶν (ὑπεριώδεις ἀκτίνες). 2ον. Αἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος κατατάσσονται εἰς τρεῖς κατηγορίας: α') φωτεινᾶς (ἐρυθραὶ-ιώδεις), β') θερμομαντικᾶς (ὑπέρυθροι) καὶ γ') χημικᾶς (ὑπεριώδεις).

**Σημείωσις.** Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες χρησιμοποιοῦνται λόγῳ τῶν χημικῶν αὐτῶν ἰδιοτήτων εἰς τὴν φωτογραφίαν, πρὸς δὲ καὶ εἰς τὴν ἰατρικὴν (ἠλιοθεραπεία), διότι κέκτηνται καὶ μικροβιοκτόνους ἰδιότητος. Λαμβάνουσι δὲ σήμερον τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας τεχνητῶς δι' εἰδικῶν ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων, οἵτινες ὀνομάζονται **λαμπτήρες δι' ἀτμῶν ὑδραργύρου**. Τὸ περίβλημα τῶν λαμπτήρων τούτων συνίσταται ἐκ χαλαζίου καὶ οὐχὶ ἐξ ὑάλου, διότι ἡ ὑαλὸς ἀπορροφᾷ ἰσχυρῶς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας.

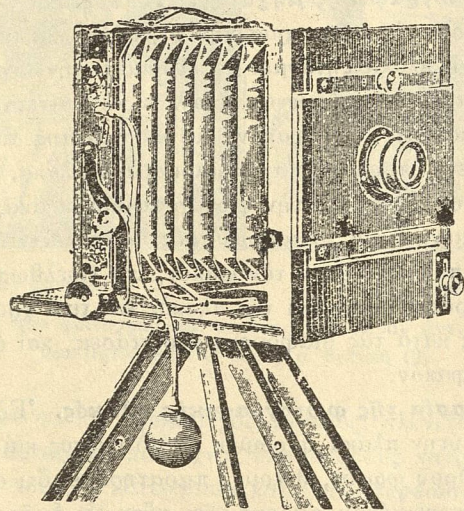
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

**123. Ὅρισμός.**—Καλεῖται **φωτογραφία** ἡ τέχνη διὰ τῆς ὁποίας λαμβάνομεν εἰκόνας διαφόρων ἀντικειμένων τῇ ἐνεργείᾳ τοῦ λευκοῦ φωτός. Αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τῶν χημικῶν ἰδιοτήτων τοῦ λευκοῦ φωτός, τὰς ὁποίας ἀνωτέρω εἶδομεν.

**124. Ὅργανα καὶ σκεύη.**—Τὰ ἀπαραίτητα ὄργανα καὶ σκευὴ τῆς φωτογραφίας εἶναι τὰ ἑξῆς:

A) **Ἡ φωτογραφικὴ μηχανή.** Αὕτη (σχ. 101) εἶναι εἶδος



Σχ. 101. Φωτογραφικὴ μηχανή.

σκοτεινοῦ θαλάμου, ὅστις φέρει ἐπὶ τῆς προσθίας πλευρᾶς του ὄρεγμάλκινον σωλῆνα, ὀπλισμένον δι' ἀχρωστικοῦ φακοῦ, ὅστις χρησιμεύει ἵνα συγκεντρώσῃ τὰς ἀκτίνας τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀντικειμένου καὶ σχηματίσῃ τὸ εἰδωλὸν του, ὅπερ δέον νὰ εἶναι πραγματικόν. Ὁ φακὸς συνοδεύεται καὶ ὑπὸ διαφράγματος, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ κανονίζωμεν τὸ ποσὸν τοῦ εἰσερχομένου φωτός. Ἀπέναντι τοῦ φακοῦ ὑπάρχει λευκὴ ἡμιδιαφανὴς πλάξ

κινητή, τὴν ὁποίαν διὰ κοιλίου πλησιάζομεν ἢ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, μέχρις ὅτου τὸ εἶδωλον σχηματισθῆ ἔπ' αὐτῆς εὐκρινές. (Δυνατὸν ἢ πλάξ αὕτη νὰ εἶναι ἀκίνητος, ὁπότε ὁ φακὸς θὰ εἶναι κινητός).

Β) **Ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.** Αὕτη εἶναι ὑαλινὴ πλάξ, τῆς ὁποίας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει ἐπιχρισθῆ δι' εὐαισθήτου χημικῆς οὐσίας, ἣτις εἶναι μίγμα ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου.

Γ) **Ὁ φωτοπαθὴς χάρτης.** Οὗτος εἶναι συνήθης χάρτης, οὐτινος ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει ἐπιχρισθῆ δι' εὐαισθήτου χημικῆς οὐσίας, ἣτις συνηθέστατα εἶναι ζελατίνη ἐμπεποτισμένη διὰ χλωριούχου ἀργύρου.

**125. Φωτογράφησις ἀντικειμένου.**—α) **Τρόπος χρήσεως τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς.** Τοποθετοῦμεν ἔμπροσθεν τοῦ ἀντικειμένου τὴν φωτογραφικὴν μηχανὴν καὶ μεταθέτοντες τὴν ἡμιδιαφανῆ πλάκα ζητοῦμεν νὰ εὕρωμεν τὴν θέσιν ἐκείνην, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον νὰ φαίνεται εὐκρινές. Καλύπτομεν κατόπιν τὸν φακὸν διὰ καλύμματος ἀδιαφανοῦς, ἀφαιροῦμεν μετὰ προσοχῆς τὴν ἡμιδιαφανῆ πλάκα, καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτῆς τοποθετοῦμεν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα, ἣτις εὐρίσκειται κεκλεισμένη ἐντὸς πλαισίου πρὸς προφύλαξιν αὐτῆς ἀπὸ τοῦ φωτός. Ἀποκαλύπτομεν τὸν φακὸν, ἵνα εἰσέλθωσι φωτειναὶ ἀκτῖνες καὶ προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς πλακὸς ἐπὶ τινὰ χρόνον, ὅστις εἶναι διάφορος κατὰ τὰς διαφόρους περιστάσεις, καὶ ἀμέσως καλύπτομεν τὸν φακὸν.

β) **Κατεργασία τῆς φωτογραφικῆς πλακός.** Ἐὰν τὴν φωτογραφικὴν ταύτην πλάκα φέρωμεν εἰς τὸ σκότος καὶ τὴν ἐξετάσωμεν δι' ἐρυθροῦ φωτός, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι οὐδὲν ἔχνος εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζει αὕτη εἰς ἡμᾶς. Ἐν τούτοις ὁ βρωμιούχος ἀργυρὸς ἠλλοιώθη εἰς τὰ σημεῖα ἐκεῖνα, ἅτινα ὑπέστησαν τὴν ἐπένεργειαν τοῦ φωτός. Τὴν ἠλλοίωσιν ταύτην θέλομεν παρατηρήσει, ἐὰν ἐμβαπτίσωμεν τὴν πλάκα ἐπὶ τινὰ χρόνον ἐντὸς διαλύματος ἀναγωγικοῦ (τοιαῦτα ὑπάρχουσι πολλά), ὁπότε τὰ μέρη τῆς πλακός, ἅτινα ὑπέστησαν τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτός, θέλουσι καλυφθῆ ὑπὸ μέλανος μεταλλικοῦ ἀργύρου, ἕνεκα τῆς ἀποσυνθέσεως τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου ὑπὸ τοῦ φωτός. Οὕτω ἐπὶ τῆς πλακός ἐμφανίζεται ἡ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου, ἐν

τῇ ὁποίᾳ τὰ λευκὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζονται ὡς μελανὰ, τὰ δὲ μελανὰ ὡς λευκὰ. Ἐνεκα τούτου ἡ εἰκὼν αὕτη καλεῖται **ἀρνητικὴ** (σχ. 102, α), ἡ δὲ κατεργασία διὰ τῆς ὁποίας ἐμφανίζεται ἡ εἰκὼν καλεῖται **ἐμφάνισις**.

Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν ἐμβαπτίζεται ἡ πλάξ ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, διὰ τοῦ ὁποίου ἀφαιρεῖται ὁ μὴ ἠλλοιω-



(α) ἀρνητικὴ

(β) θετικὴ

Σχ. 102. Δύο φωτογραφικαὶ εἰκόνες τοῦ αὐτοῦ ἀντικειμένου, μία ἀρνητικὴ (α) καὶ μία θετικὴ (β).

θεῖς ὑπὸ τοῦ φωτός βρωμιούχος ἀργυρὸς, πλύνεται καλῶς δι' ὕδατος, ἵνα ἀφαιρεθῆ πᾶν ἔχνος ὑποθειώδους νατρίου, καὶ ξηραίνεται. Ἡ τοιαύτη κατεργασία καλεῖται **στερέωσις**.

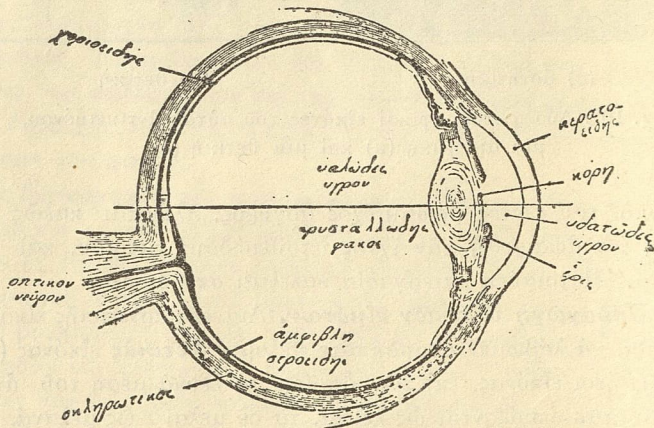
γ) **Παραγωγή θετικῶν εἰκόνων.** Διὰ τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνος δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὅσασδήποτε θέλομεν **θετικὰς** εἰκόνας (σχ. 102, β), ἦτοι εἰκόνας, ἐπὶ τῶν ὁποίων τὰ λευκὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζονται ὡς λευκὰ, τὰ δὲ μελανὰ ὡς μελανὰ. Αἱ θετικαὶ εἰκόνες λαμβάνονται ἐπὶ τοῦ φωτοπαθοῦς χάρτου. Πρὸς τοῦτο ἐφαρμόζομεν καλῶς τὸ φύλλον τοῦ χάρτου τούτου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς πλακός, ἐφ' ἧς ὑπάρχει ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν, καὶ ἐκθέτομεν εἰς τὸν ἥλιον. Αἱ ἠλιακαὶ ἀκτῖνες διερχόμεναι διὰ τῆς

ἀρνητικῆς εἰκόνος ἐπιδρῶσιν ἐπὶ τοῦ χάρτου καὶ ἀποσυνθέτουσι τὴν ἐπ' αὐτοῦ εὐαίσθητον ἔνωσιν τοῦ ἀργύρου καὶ τοιουτοτρόπως ὁ χάρτης παρουσιάζεται μέλας ὀπισθεν τῶν λευκῶν μερῶν τῆς εἰκόνος, καὶ λευκὸς ὀπισθεν τῶν μελανῶν μερῶν. Οὕτως ἐπὶ τοῦ χάρτου παράγεται ἡ θετικὴ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. Μετὰ ταῦτα ὁ χάρτης ἐμβαπτίζεται κατὰ πρῶτον εἰς διάλυμα χλωριούχου χρυσοῦ, ἵνα ἡ εἰκὼν ἀποκτήσῃ χρῶμα λαμπρότερον, ἔπειτα εἰς διάλυμα ὑποθειώδους νατρίου καὶ τέλος πλύνεται καλῶς διὰ ρέοντος ὕδατος καὶ ξηραίνεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

ΟΡΑΣΙΣ—ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

**126. Περιγραφή τοῦ ὀφθαλμοῦ.** Ὁ ὀφθαλμὸς εἶνε τὸ αἰσθητήριον ὄργανον τῆς ὄρασεως. Ἔχει σχῆμα σφαιροειδὲς καὶ ἀποτελεῖται ἐκ διαφόρων χιτώνων οἷτινες εἶνε οἱ ἑξῆς.



Σχ. 103. Τὰ διάφορα μέρη τοῦ βολβοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ.

1) Ὁ **σκληρωτικὸς**. Οὗτος (σχ. 103) ἀποτελεῖ τὸ ἐξωτερικὸν περίβλημα τοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ εἶνε λευκός, σκληρὸς καὶ ἀδιαφανής. Τὸ λευκὸν μέρος τοῦ ὀφθαλμοῦ, τὸ ὁποῖον περιορίζεται

ὑπὸ τῶν βλεφάρων ἀνήκει εἰς τὸν χιτῶνα τοῦτον. Ὁ σκληρωτικὸς χιτῶν ἔμπροσθεν γίνεται κυρτότερος, ἄχρους καὶ διαφανής, τὸ μέρος δὲ τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν καλούμενον **κερατοειδῆ χιτῶνα**.

2) Ὁ **χοριοειδής**. Οὗτος εἶνε πλουσιώτατος εἰς αἰμοφόρα ἀγγεῖα καὶ μέλας, ἵνα ἀπορροφᾷ τὰς ἀνωφελεῖς εἰς τὴν ὄρασιν ἀκτῖνας.

3) Ὁ **ἀμφιβληστροειδής**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ τῶν διακλάδωσεων τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου, ὅπερ εἰσέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπίσθιον μέρος τοῦ σκληρωτικοῦ χιτῶνος. Ἐπ' αὐτοῦ δὲ σχηματίζονται τὰ εἶδωλα τῶν ἐξωτερικῶν ἀντικειμένων.

Ἐκτὸς τῶν χιτώνων τούτων ἐν τῷ ὀφθαλμῷ ὑπάρχουσι καὶ τὰ ἑξῆς :

1) Ἡ **ἴρις**. Αὕτη εἶναι κυκλικὸν διάφραγμα κατακόρυφον, εὐρισκόμενον ἀμέσως ὀπισθεν τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος. Ἔχει διάφορα χρώματα εἰς τοὺς διαφόρους ἀνθρώπους καὶ φέρει εἰς τὸ μέσον κυκλικὸν ἄνοιγμα ὅπερ καλεῖται **κόρη**. Αὕτη εὐρύνεται ἢ σμικρύνεται ἀναλόγως τῆς μικρᾶς ἢ μεγάλης ποσότητος τοῦ φωτὸς καὶ διὰ ταύτης εἰσέρχονται αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες εἰς τὸν ὀφθαλμόν.

2) Ὁ **κρυσταλλῶδες φακός**. Οὗτος εὐρίσκεται ἀμέσως ὀπισθεν τῆς ἴριδος καὶ εἶναι σῶμα φακοειδὲς καὶ διαφανές. Τῇ ἐνεργείᾳ εἰδικοῦ μυός, ὅστις περιβάλλει τὸν φακὸν κατὰ τὰ πέρατα αὐτοῦ, ἡ κυρτότης τοῦ φακοῦ δύναται νὰ μεταβάλλεται. Ὁ φακός, προϊούσης τῆς ἡλικίας, δύναται νὰ γίνῃ ἀδιαφανής. Ἡ τοιαύτη πάθησις καλεῖται **καταρράκτης**.

3) Τὸ **ὕδατῶδες ὑγρὸν**. Τοῦτο εἶναι ὑγρὸν διαφανέστατον καὶ πληροῖ τὸν χῶρον τὸν εὐρισκόμενον μεταξὺ τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ τῆς ἴριδος ἀφ' ἑνός, καὶ τὸν μεταξὺ ταύτης καὶ τοῦ κρυσταλλῶδους φακοῦ ἀφ' ἑτέρου.

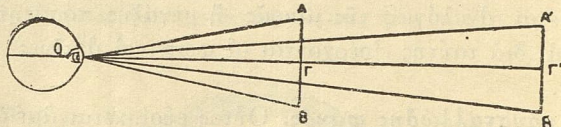
4) Τὸ **ὕαλωδες ὑγρὸν**. Τοῦτο εἶναι ὑγρὸν πηκτωματῶδες καὶ διαφανές καὶ πληροῖ τὸν μεταξὺ τοῦ κρυσταλλῶδους φακοῦ καὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος χῶρον.

Ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ παραβληθῇ μὲ φωτογραφικὸν θάλαμον. Πράγματι ἡ κόρη ἀντιστοιχεῖ μὲ τὴν ὄπην τοῦ φωτογραφικοῦ θαλάμου, ὁ κρυσταλλῶδες φακός μὲ τὸν φακὸν αὐτοῦ καὶ ὁ ἀμφιβληστροειδής χιτῶν μὲ τὴν φωτογραφικὴν πλάκα.

**127. Μηχανισμός τῆς ὁράσεως.**—Όταν πρὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ὑπάρχη φωτεινὸν ἀντικείμενον, αἱ ὑπ' αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτίνες προσπίπτουσι ἐπὶ τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμόν, ἔνθα συναντῶσι τὸν κρυσταλλώδη φακόν, διὰ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ ἔξωτερικοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος. Τοιουτοτρόπως τὸ ὀπτικὸν νεῦρον ἐρεθίζεται καὶ μεταβιβάζει τὸν ἐρεθισμὸν τοῦτον εἰς τὸν ἐγκέφαλον, ἔνθα παράγεται τὸ αἴσθημα τῆς ὁράσεως.

Τίτι τρόπῳ ἐνεργεῖ τὸ φῶς ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος δὲν εἶναι ἀκόμη ἐξηκριβωμένον. Εἶναι γνωστὸν μόνον ὅτι ὁ χιτῶν οὗτος περιλαμβάνει οὐσίαν τινὰ ἐρυθράν, ἣτις ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτὸς ἀποχρωματίζεται, καὶ ὅτι τινὰ τῶν συστατικῶν του ἐν μὲν τῷ φωτὶ σμικρύνονται ἐν δὲ τῷ σκότει μεγεθύνονται.

**Φαινομένη διάμετρος ἀντικειμένου.** Καλοῦμεν *φαινομένην διάμετρον* ἀντικείμενον τινὸς AB (σχ. 104) τὴν γωνίαν AOB



Σχ. 104. Φαινομένη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου.

τὴν σχηματιζομένην ὑπὸ τῶν εὐθειῶν OA καὶ OB, αἵτινες συνδέουσι τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ μετὰ τῶν ἄκρων τοῦ ἀντικειμένου. Ἐκ τοῦ μεγέθους τῆς γωνίας ταύτης ἐξαρτᾶται τὸ μέγεθος τοῦ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος σχηματιζομένου εἰδώλου.

Ἡ γωνία αὕτη αὐξάνεται αὐξανόμενον τοῦ μεγέθους τοῦ ἀντικειμένου (διὰ τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν) καὶ ἐλαττοῦται αὐξανόμενης τῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου (διὰ τὸ αὐτὸ ἀντικείμενον). Τοῦτο καταφαίνεται, ἐὰν τὸ ἀντικείμενον AB μετατεθῇ εἰς τὴν θέσιν A'B', ὁπότε ἡ γωνία AOB γίνεται A'OB', ἥτοι μικροτέρα. Ἔνεκα τούτου ἀντικείμενον φαίνεται μεγεθυνόμενον, ὅταν πλησιάσῃ πρὸς ἡμᾶς, διότι ἡ φαινομένη διάμετρος αὐτοῦ αὐξάνεται, καὶ σμικρυνόμενον, ὅταν ἀπομακρύνεται ἀφ' ἡμῶν, διότι ἡ φαινομένη διάμετρος ἐλαττοῦται.

**128. Διάφορα εἶδη ὀφθαλμοῦ.** α') **Κανονικὸς ὀφθαλμὸς.** Καλεῖται *κανονικὸς* ὀφθαλμὸς ἐκεῖνος, ὅστις δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς καὶ τὰ μακρὰν καὶ τὰ πλησίον εὐρισκόμενα ἀντικείμενα. Τοῦτο κατορθοῦται διὰ τῆς μεταβολῆς τῆς κυρτότητος τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ, τῇ ἐνεργείᾳ τοῦ εἰδικοῦ μυός. Οὕτω, διὰ μὲν τὰ μακρὰν ἀντικείμενα ὁ φακὸς γίνεται ὀλιγώτερον κυρτός, διὰ δὲ τὰ πλησίον ἀντικείμενα οὗτος γίνεται περισσότερον κυρτός. Τοιουτοτρόπως τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, εἰς πάσας τὰς περιπτώσεις, σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος. Ἡ ἰκανότης αὕτη τοῦ ὀφθαλμοῦ καλεῖται *προσαρμοστικὴ δύναμις* αὐτοῦ. Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως τῶν μικρῶν ἀντικειμένων, λ. χ. τῶν συνήθων γραμμάτων τῶν βιβλίων, εἶναι διὰ τὸν ὀφθαλμόν τοῦτον 25—30 ἑκατοστόμετρα.

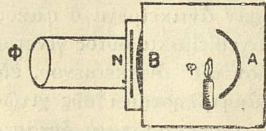
β') **Μύωψ ὀφθαλμὸς.** Καλεῖται *μύωψ* ὀφθαλμὸς ἐκεῖνος, ὅστις δὲν βλέπει εὐκρινῶς τὰ μακρὰν εὐρισκόμενα ἀντικείμενα, διότι τὸ εἶδωλον τούτων σχηματίζεται ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος καὶ ἐντὸς τοῦ υάλωδους ὑγροῦ. Ἄλλ' ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, τὸ εἶδωλόν του ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ διὰ τινὰ ἀπόστασιν σχηματίζεται τοῦτο ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος, ὁπότε τὸ ἀντικείμενον γίνεται ὁρατόν. Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως εἰς τὸν μύωψ ὀφθαλμόν δύναται νὰ εἶναι 8—16 ἑκατοστόμετρα ἢ ὀλιγώτερον. Πρὸς διόρθωσιν τῆς μυωπίας μεταχειρίζονται ὀμματοῦαλια μὲ φακοὺς ἀποκεντρωτικούς.

γ') **ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμὸς.** Καλεῖται *ὑπερμέτρωψ* ὀφθαλμὸς ἐκεῖνος, ὅστις δὲν βλέπει εὐκρινῶς τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διότι τὸ εἶδωλον τούτων τείνει νὰ σχηματισθῇ ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος. Ἄλλ' ὅταν τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν, τὸ εἶδωλόν του πλησιάζει πρὸς τὸν ἀμφιβληστροειδῆ χιτῶνα καὶ διὰ τινὰ ἀπόστασιν σχηματίζεται ἐπ' αὐτοῦ, ὁπότε τὸ ἀντικείμενον γίνεται ὁρατόν. Ὡστε ὁ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμὸς ἔχει ἰδιότητος ἀντιθέτους πρὸς τὰς τοῦ μύωπος. Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως δύναται νὰ εἶναι πολλὰ μέτρα. Πρὸς διόρθωσιν τῆς ὑπερμετρωπίας μεταχειρίζονται ὀμματοῦαλια μὲ φακοὺς συγκεντρωτικούς.

δ') **Πρεσβύωψ ὀφθαλμὸς.** Καλεῖται *πρεσβύωψ* ὀφθαλμὸς ἐκεῖνος, ὅστις δὲν βλέπει εὐκρινῶς τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διακρίνει ὅμως τὰ μακρὰν. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι προοίσης τῆς ἡλικίας, ὁ μὲν φακὸς χάνει τὴν ἐλαστικότητά του, ὁ δὲ μῦς ὅστις μεταβάλλει τὴν κυρτότητα τοῦ φακοῦ ὑφίσταται ἀτροφίαν καὶ δὲν δύναται νὰ ἐνεργήσῃ ἐπ' αὐτοῦ. Ὡστε ὁ πρεσβύωψ ἔχει τὰς αὐτὰς ἰδιότητας μὲ τὸν ὑπερμέτρωπα. Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως δύναται νὰ εἶναι 80 ἑκατοστομέτρων ἢ καὶ περισσότερον. Πρὸς διόρθωσιν τῆς πρεσβυπίας μεταχειρίζονται ὀμματοῦαλια μὲ φακοὺς συγκεντρωτικούς.

**129. Προβολεύς.** Καλεῖται *προβολεύς* συσκευή, διὰ τῆς

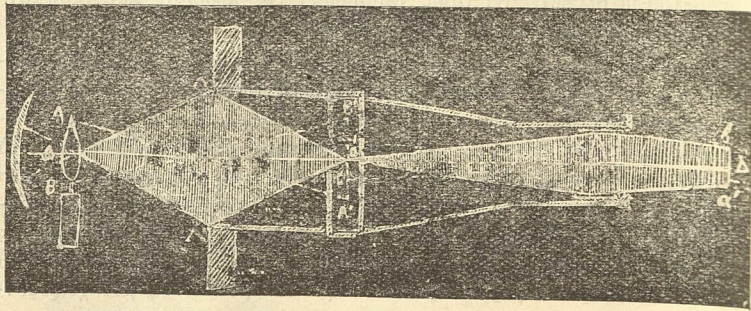
ὁποίας μεγεθύνομεν προσωρινῶς διαφανεῖς εἰκόνας καὶ τὰς προβάλλομεν ἐν σκοτεινῇ θαλάμῳ ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος. Αἱ εἰκόνας σχεδιάζονται συνήθως ἐπὶ υαλίνων πλακῶν ὅπως εἶναι αἱ ἐπὶ ὑάλου φωτογραφία καὶ χρωματίζονται πολλάκις καὶ διὰ διαφόρων χρωμάτων.



Σχ. 105. Προβολεὺς.

λύχνου πετρελαίου ἢ ἐλαίου, εἴτε, ὅπερ συνηθέστερον, φῶς τοῦ Drummond, ἢ ἠλεκτρικὸν φῶς καὶ τοποθετεῖται ἔμπροσθεν κοίλου ἀνακλαστήρος A καὶ εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος αὐτοῦ. Ἐπὶ τῆς προσθίας ἕδρας τοῦ κιβωτίου στερεώνονται δύο συγκεντρωτικοὶ φακοί, ἀχρωστικοί, B καὶ Φ.

Ἐκ τούτων ὁ B χρησιμεύει, ἵνα συγκεντρώη τὰς ἀκτῖνας τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἐπὶ τῆς πρὸς προβολὴν εἰκόνας N καὶ εἶναι



Σχ. 106. Προβολὴ εἰκόνας.

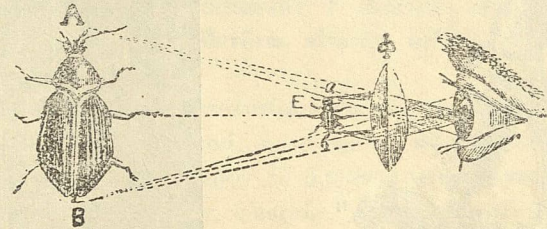
ἀκίνητος, ὁ δὲ Φ χρησιμεύει διὰ τὴν προβολὴν τῆς εἰκόνας ἐπὶ τοῦ πετάσματος καὶ δύναται νὰ πλησιάζῃ ἢ νὰ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ πρώτου τῆ βοηθεῖα κοχλίου.

B') **Διευρυνγία.** Τοποθετοῦμεν τὴν πρὸς προβολὴν εἰκόνα μεταξὺ τῶν δύο φακῶν ΛΛ' καὶ ΚΚ' (σχ. 106) εἰς τὴν θέσιν Α'Β'. Καὶ διὰ μὲν τοῦ φακοῦ ΛΛ' ἡ εἰκὼν φωτίζεται ἰσχυρῶς καὶ χρησιμεύει ὡς φωτοβόλον ἀντικείμενον, διὰ δὲ τοῦ φακοῦ

ΚΚ' σχηματίζεται τὸ εἶδωλὸν τῆς ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος καταλλήλως τοποθετουμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον. Τὸ μέγεθός του κανονίζεται τῆ βοηθεῖα τοῦ κοχλίου, ὅστις μετακινεῖ τὸν φακὸν ΚΚ'. Διὰ νὰ παραχθῇ δὲ τὸ εἶδωλον τῆς εἰκόνας ὀρθόν, δεόν νὰ τοποθετήσωμεν ταύτην ἀνεστραμμένην ἐντὸς τοῦ προβολέως.

130. **Μικροσκοπία.**—Καλοῦνται **μικροσκοπία** τὰ ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν τὰ μικρότατα ἀντικείμενα, ἅτινα διαφεύγουσι τὸν γυμνὸν ὀφθαλμόν. Τὰ μικροσκοπία εἶναι **ἀπλά** καὶ **σύνθετα**.

131. **Ἄπλου μικροσκοπικόν.**—Τοῦτο εἶναι ὄργανον διὰ

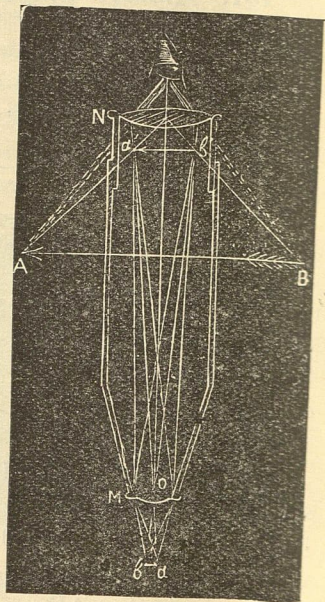
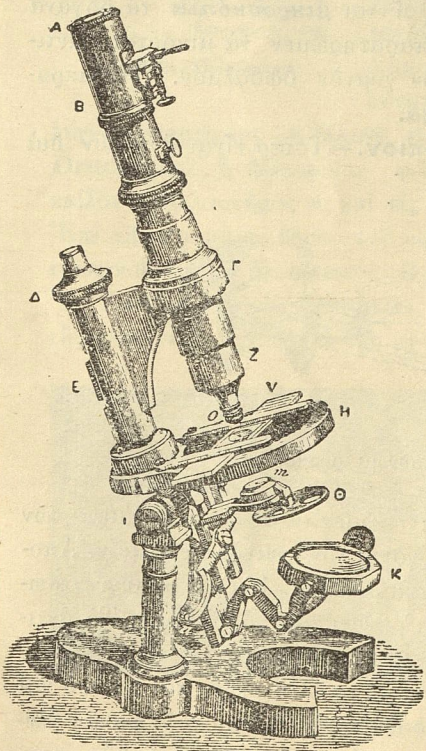


Σχ. 107. Ἄπλου μικροσκοπικόν.

τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν τὰ μικρὰ ἀντικείμενα, τῶν ὁποίων αἱ λεπτομέρειαι διαφεύγουσι τὸν γυμνὸν ὀφθαλμόν. Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς ἀμφικύρτου φακοῦ Φ (σχ. 107) λίαν συγκεντρωτικοῦ, ἥτοι ἔχοντος βραχεῖαν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν. Τὸ ἀντικείμενον αβ τοποθετεῖται μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ E, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς εἰς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ καὶ πολὺ πλησίον αὐτοῦ. Παρατηροῦντες διὰ μέσου τοῦ φακοῦ βλέπομεν τὸ εἶδωλον AB τοῦ ἀντικειμένου, ὅπερ εἶναι ὀρθόν, φανταστικὸν καὶ μεγαλύτερον. Τοιοῦτοτρόπως ἀντὶ νὰ παρατηρῶμεν τὸ ἀντικείμενον εἰς τὴν ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως, παρατηροῦμεν τὸ εἶδωλον ὅπερ εἶναι μεγαλύτερον καὶ σχηματίζεται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Διὰ τοιούτου ὄργανου ὀπλιζόμεν τὸν ὀφθαλμὸν ἡμῶν ὁσάκις θέλομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰς λεπτομερείαις ἀντικειμένου τινός, λ.χ. ὄρολογίου, εἰκόνας κλπ.

**132. Σύνθετον μικροσκόπιον.**—Τοῦτο (σχ. 108) εἶναι ὄργανον, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν τὰς λεπτομερείας μικροτάτων ἀντικειμένων εὐκρινέστερον ἢ διὰ τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.

**Α') Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ δύο συγκεντρωτικῶν φακῶν ἀχρωστικῶν Μ καὶ Ν (σχ. 109), οἵτινες στερεώνον-



Σχ. 108. Σύνθετον μικροσκόπιον.

Σχ. 109. Σχηματισμός τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ συνθέτῳ μικροσκοπίῳ.

ται κατὰ τὰ δύο ἄκρα τοῦ αὐτοῦ σωλῆνος καὶ οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ συμπίπτωσι. Ἐκ τῶν δύο φακῶν ὁ μὲν εἰς Μ ἔχει βραχεῖαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, ἥτοι εἶναι λίαν συγκεντρωτικὸς καὶ ὀνομάζεται **ἀντοφθάλμιος** ἢ **ἀντικειμενικός**, διότι εἶναι

ἔστραμμένος πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ὁ δὲ ἕτερος Ν εἶναι ὀλιγώτερον συγκεντρωτικὸς καὶ ὀνομάζεται **προσοφθάλμιος**, διότι κεῖται πλησίον τοῦ ὀφθαλμοῦ.

**Β') Λειτουργία.** Τὸ ἀντικείμενον αβ τοποθετεῖται πολὺ πλησίον τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ καὶ ὀλίγον πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Ὁ φακὸς οὗτος θέλει σχηματίσει τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον α'β', ὅπερ εἶνε ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Ν καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Ὁ φακὸς λοιπὸν οὗτος ἐνεργεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον καὶ σχηματίζει τὸ εἶδωλον ΑΒ, ὅπερ εἶνε φανταστικόν, ἀκόμη μεγαλύτερον τοῦ πρώτου εἰδώλου α'β' καὶ ὀρθὸν ὡς πρὸς αὐτό, ἐπομένως ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Τὸ εἶδωλον τοῦτο ΑΒ βλέπει ὁ ὀφθαλμὸς, ὅταν τοποθετῆται πλησίον τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ.

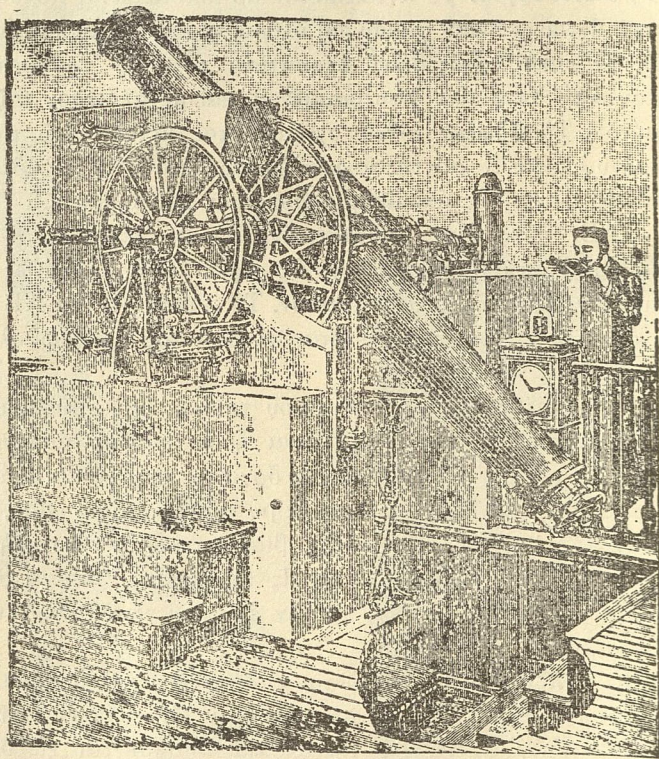
**Γ') Σημασία.** Διὰ τοῦ πολυτίμου τούτου ὄργανου ἤρουνθησαν σώματα ἀπείρως μικρά, ἅτινα ἦσαν τελείως ἀόρατα εἰς τὸν γυμνὸν ὀφθαλμόν. Σήμερον τὸ ὄργανον χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐπιστήμας (ιατρικὴν, φυσικὴν, χημείαν, ζωολογίαν, φυτολογίαν κ. λ. π.), καὶ εἰς πολλὰς βιομηχανίας (κατασκευὴ ζύθου, οἴνοπνευμάτων, οἴνων κλπ.), εἰς τὰς ὁποίας παρέχει σπουδαίας ὑπηρεσίας, πρὸς δὲ καὶ εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν μετάλλων καὶ τῶν μεταλλικῶν κραμάτων.

**133. Τηλεσκόπια.** Καλοῦνται **τηλεσκόπια** τὰ ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν ἀντικείμενα κείμενα πολὺ μακρὰν ἀφ' ἡμῶν. Τὰ τηλεσκόπια διαιροῦνται εἰς **διοπτρικά** καὶ **κατοπτρικά**. Καὶ διοπτρικά μὲν λέγονται ἐκεῖνα, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ εἶδωλα σχηματίζονται τῇ βοηθείᾳ φακῶν, τοιαῦτα δὲ εἶνε τὸ ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον, τὸ τηλεσκόπιον τῶν ἐπιγείων καὶ ἡ διόπτρα τοῦ Galilée, κατοπτρικά δὲ λέγονται ἐκεῖνα, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ εἶδωλα σχηματίζονται διὰ κοίλων κατόπτρων, ὅπως εἶνε τὸ τοῦ Newton.

**Α' Διοπτρικά τηλεσκόπια.**

**134. Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.** Τοῦτο (σχ. 110) χρησιμεύει πρὸς παρατήρησιν τῶν οὐρανίων σωμάτων.

Α') **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν συγκεντρωτικῶν Μ καὶ Ν (σχ. 111), οἵτινες στερεώνονται κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ αὐτοῦ σωλῆνος καὶ οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ συμπίπτω-



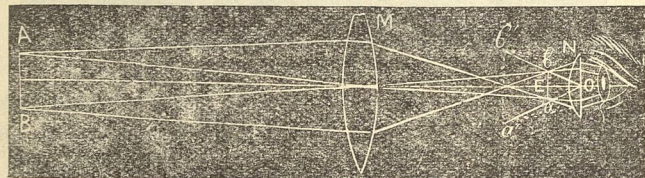
Σχ. 110. Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.

σιν. Ἐκ τούτων ὁ μὲν Μ στρέφεται πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ἥτοι εἶνε ἀντικειμενικός, καὶ ἔχει μεγάλην τὴν ἐστιακὴν αὐτοῦ ἀπόστασιν, ὁ δὲ Ν στρέφεται πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, ἥτοι εἶνε προσοφθάλμιος, καὶ ἔχει βραχεῖαν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν καὶ ἐπομένως εἶνε συγκεντρωτικώτερος τοῦ πρώτου.

Β') **Δειτουργία.** Ὁ πρὸς τὸ ἀντικείμενον ΑΒ φακὸς Μ σχηματίζει τὸ εἶδωλον αὐτοῦ αβ, ὅπερ εἶνε πραγματικόν, μικρότερον καὶ ἀνεστραμμένον. Σχηματίζεται δὲ τοῦτο ἐπὶ τῆς κυρίας

ἐστίας τοῦ φακοῦ, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Ν, ὅστις χρησιμεύει ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον, καὶ οὕτω σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλον α'β'.

**Μεγέθυνσις.** Ἐὰν παρατηρήσωμεν τὸ ἀντικείμενον ΑΒ διὰ τοῦ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, βλέπομεν αὐτὸ ὑπὸ μικρὰν φαινομένην διάμετρον ΑΟΒ=α'. Ἄλλ' ἐὰν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρήσῃ διὰ μέ-



Σχ. 111. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ ἀστρονομικῷ τηλεσκόπιῳ.

σου τοῦ ὄργανου, βλέπει τὸ δι' αὐτοῦ σχηματιζόμενον εἶδωλον α'β' ὑπὸ μεγαλυτέραν φαινομένην διάμετρον α'Οβ'=α. Ἐνεκα τούτου τὸ ἀντικείμενον φαίνεται μεγαλύτερον καὶ ἐπομένως πλησιέστερον πρὸς ἡμᾶς.

Ὁ λόγος  $\frac{\alpha}{\alpha'}$  καλεῖται μεγέθυνσις τοῦ τηλεσκοπίου.

**Ὅρισμός.** Καλεῖται **μεγέθυνσις** τοῦ τηλεσκοπίου ὁ λόγος τῆς φαινομένης διαμέτρου τοῦ εἰδώλου, παρατηρουμένου διὰ τοῦ τηλεσκοπίου, πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον τοῦ ἀντικειμένου, παρατηρουμένου διὰ τοῦ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ἥτοι

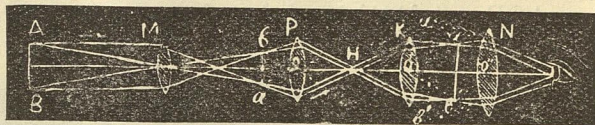
$$\text{Μεγέθυνσις} = \frac{\text{φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου}}{\text{φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου}}$$

**135. Τηλεσκόπιον τῶν ἐπιγεϊῶν.** Τοῦτο χρησιμεύει πρὸς παρατήρησιν τῶν γηίνων ἀντικειμένων καὶ πρέπει νὰ παρέχῃ εἶδωλα ὀρθά, καὶ οὐχὶ ἀνεστραμμένα, ὅπως συμβαίνει ἐν τῷ ἀστρονομικῷ τηλεσκόπιῳ.

Α') **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν συγκεντρωτικῶν Μ καὶ Ν (σχ. 112), οἵτινες στερεώνονται κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ



αὐτοῦ σωλήνος οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονές των νὰ συμπίπτωσι. Καὶ ὁ μὲν M εἶνε ἀντικειμενικός, ὁ δὲ N προσοφθάλμιος. Μεταξὺ τῶν φακῶν τούτων τοποθετεῖται σωλήν, ἐγκλείων δύο φακοὺς συγκεντρωτικούς P καὶ K, οἵτινες εἶνε τῆς αὐτῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ καλοῦνται *ἀνορθωτικὸν σύστημα* τοῦ ὄργανου.



Σχ. 112. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ τηλεσκοπίῳ τῶν ἐπιγειῶν.

**Β') Δειτουργία.** Διὰ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ M σχηματίζεται εἶδωλον πραγματικόν, μικρὸν (διατί;) καὶ ἀνεστραμμένον, τὸ αβ. Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου ταῦ φακοῦ P, καὶ ἐπομένως πάντα τὰ σημεῖά του θὰ εὐρίσκωνται ἐπὶ τῶν κυρίων ἐστιῶν διαφόρων δευτερευόντων ἀξόνων τοῦ φακοῦ τούτου. Αἱ ἀκτῖνες λοιπόν, αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐξ ἐκάστου σημείου τοῦ εἰδώλου τούτου, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ P, μεταβάλλονται ἐκάστη εἰς δέσμην παράλληλων πρὸς τὸν δευτερεύοντα ἄξονα τοῦ φακοῦ P, τὸν διερχόμενον διὰ τοῦ θεωρουμένου σημείου. Αἱ παράλληλοι αὗται δέσμαι, διασταυρούμεναι πᾶσαι κατὰ τὸ H, προσπίπτουσιν ἐπὶ τοῦ φακοῦ K, ὅστις τὰς συγκεντρώνει ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου του, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ εἶδωλον α'β', τὸ ὁποῖον εἶνε ἰσομέγεθες πρὸς τὸ εἶδωλον αβ, ἀλλ' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς αὐτὸ, καὶ ἐπομένως *ὀρθὸν* ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον.

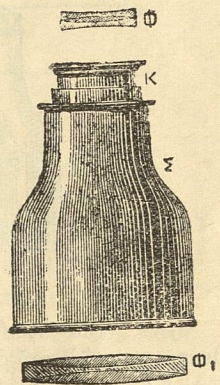
Τοιοιουτρόπως διὰ τῶν δύο φακῶν P καὶ K ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀνορθωσις τοῦ εἰδώλου, ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα τῶν φακῶν τούτων *ἀνορθωτικὸν σύστημα*. Τὸ ἀνορθωθὲν εἶδωλον παρατηρεῖται διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ N, ὅστις λειτουργεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκοπίον, καὶ οὕτω σχηματίζεται τὸ εἶδωλον α'β', τὸ ὁποῖον εἶνε φανταστικόν, ὀρθόν, καὶ μεγαλύτερον τοῦ α'β'.

**Μεγέθυνσις.** Ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργανου τούτου καθορίζεται ὅπως καὶ ἐν τῷ ἀστρονομικῷ τηλεσκοπίῳ.

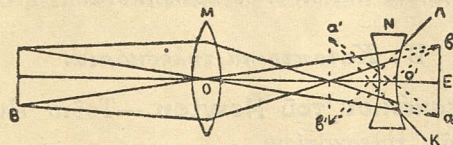
**136. Διόπτρα τοῦ Galilée.** — Τὸ τηλεσκοπίον τοῦτο μετεχειρίσθη πρῶτος ὁ Galilée διὰ τὰς ἀστρονομικὰς αὐτοῦ παρατηρήσεις.

**Α') Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν, ἐνὸς ἀντικειμενικοῦ Φ (σχ. 113), ὅστις εἶναι συγκεντρωτικὸς καὶ ἀχρωστικός, καὶ ἐνὸς προσοφθαλμίου Φ, ὅστις εἶναι ἀποκεντρωτικὸς καὶ ἀχρωστικός. Ἐκ τούτων ὁ ἀντικειμενικός φακὸς στερεώνεται εἰς τὸ ἄκρον σωλήνος Σ, ὅστις, εἶναι βραχὺς καὶ παχὺς καὶ ἀποτελεῖ τὸ σῶμα τῆς διόπτρας, ἐντὸς δὲ τοῦ σωλήνος τούτου δύναται νὰ ὀλισθαίνει ἕτερος σωλήν K, ὅστις φέρει εἰς τὸ ἔξωτερικόν αὐτοῦ ἄκρον τὸν προσοφθάλμιον φακόν.

**Β') Δειτουργία.** Ὁ ἀντικειμενικός φακὸς M (σχ. 114) ἐὰν ἦτο μόνος, θὰ ἐσχημάτιζε τὸ εἶδωλον αβ, ὅπερ θὰ ἦτο πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ μακρὰν κειμένου ἀντικειμένου AB. Ἄλλ' αἱ ἐκ τοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες πρὶν ἢ σχηματίσωσι τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον αβ, συναντῶσι τὸν προσοφθάλμιον φακόν N, ὅστις τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ἡ κυρία ἐστία αὐτοῦ νὰ κεῖται πρὸ τοῦ εἰδώλου αβ. Τοιοιουτρόπως αἱ ἀκτῖνες, διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ τούτου, βαίνουνσιν ἀποκλίνουσαι, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς δεχόμενος ταύτας βλέπει διὰ μέσου τοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον α'β', ὅπερ εἶναι φανταστικόν καὶ ὀρθόν.



Σχ. 113. Διόπτρα τοῦ Galilée ἀπλή.

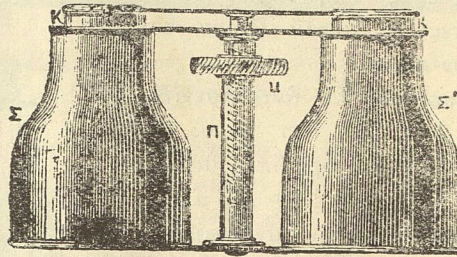


Σχ. 114. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῇ διόπτρᾳ Galilée.

**Σημείωσις.** Ἡ διόπτρα τοῦ Galilée εἶναι συνήθως διπλῆ (σχ. 115), ἥτοι συνίσταται ἐκ δύο ἀπλῶν διοπτριῶν Σ καὶ Σ',

των οποίων οι εξωτερικοί σωλήνες είναι διατεταγμένοι παραλλήλως και πλησίον άλλήλων ούτως, ώστε να βλέπωμεν συγχρόνως και διά των δύο οφθαλμών. Ὑπὸ τοιαύτην μορφήν παρουσιάζονται σήμερον αἱ διόπτραι τῶν θεάτρων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν εἰς τὴν διπλὴν διόπτραν κανονίζεται τῇ βοηθείᾳ κοχλίου κ, εὐρισκομένου μεταξύ τῶν δύο σωλήνων.

**137. Τηλεσκόπια πρισματικά.**—Εἰς τὸ τηλεσκόπιον τῶν ἐπιγείων δυνάμεθα νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα, δηλ. τοὺς δύο συγκεντρωτικούς φακοὺς οἵτινες παρεντί-



Σχ. 115. Διόπτρα τοῦ Galilée διπλῆ.

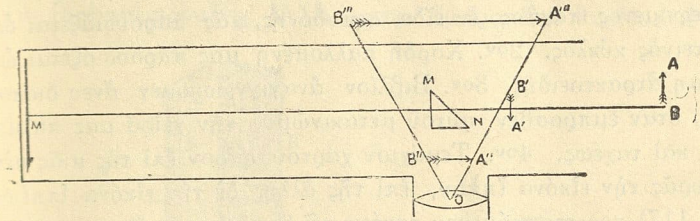
θεντα μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, διὰ δύο πρισμάτων ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα ταῦτα, τοποθετούμενα καταλλήλως ἐν τῷ σωλήνι τοῦ τηλεσκοπίου παρέχουσι τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα τὸ ὁποῖον καὶ τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα, δηλ. συντελοῦσιν εἰς τὸν σχηματισμὸν ὀρθοῦ εἰδώλου. Τὰ οὕτω κατασκευαζόμενα τηλεσκόπια καλοῦνται **πρισματικά**. Μέγα πλεονέκτημα τῶν πρισματικῶν τηλεσκοπίων εἶναι, ὅτι ἔχουσι μικρὸν μῆκος καὶ εἶναι εὐμετακόμιστα.

### Β'. Κατοπτρικά τηλεσκόπια.

**138. Τηλεσκόπιον τοῦ Newton.**—Τοῦτο εἶναι ὁ τύπος τῶν κατοπτρικῶν τηλεσκοπίων.

Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου Μ (σχ. 116), τὸ ὁποῖον στερεοῦται εἰς τὸ βάθος κοίλου ὀρειχαλκίνου σωλήνος. Τὸ κάτοπτρον τοῦτο ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν ἀντικειμενικὸν φακὸν τῶν διοπτρικῶν τηλεσκοπίων.

Β) **Λειτουργία.** Αἱ ἀκτῖνες τοῦ παρατηρουμένου ἀντικειμένου ΑΒ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλῶνται καὶ σχηματίζουσι τὸ εἶδωλον Α'Β', τὸ ὁποῖον εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μικρότατον. Ἔνεκα ὁμως τῆς παρενθέσεως ἑνὸς πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως ΜΝ, αἱ ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες πρὶν ἢ σχηματίσωσι τὸ εἶδωλον Α' Β', συναντῶσαι τὸ πρίσμα τοῦτο



Σχ. 116. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ τηλεσκοπίῳ τοῦ Newton.

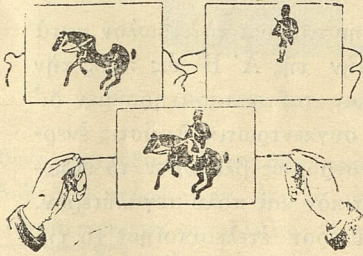
ἀνακλῶνται ὀλικῶς ἐπ' αὐτοῦ καὶ σχηματίζουσι τὸ εἶδωλον κατὰ τὸ Α'' Β'', ἥτοι εἰς θέσιν συμμετρικὴν τῆς Α' Β' ὡς πρὸς τὴν ἔδραν ΜΝ τοῦ πρίσματος. Τὸ εἶδωλον τοῦτο παρατηροῦμεν δι' ἑνὸς προσοφθαλμίου φακοῦ Ο, λίαν συγκεντρωτικοῦ, ὅστις ἐνεργεῖ ὡς ἄπλοῦν μικροσκόπιον. Τοιοῦτοτρόπως βλέπομεν τὸ εἶδωλον Α'' Β'', τὸ ὁποῖον εἶναι φανταστικὸν καὶ πολὺ μεγαλύτερον.

**Σημείωσις.** Ὁ Foucault βραδύτερον ἐτελειοποίησε τὸ τηλεσκόπιον τοῦτο, ἐπινοήσας ὑάλινα κάτοπτρα ἐπάργυρα. Διὰ τούτων αὐξάνεται ἡ λαμπρότης τοῦ εἰδώλου, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἀνακλαστικῆς δυνάμεως αὐτῶν. Τὸ μέγα τηλεσκόπιον τοῦ Ἀστεροσκοπίου τῶν Παρισίων περιέχει ὑάλινον κάτοπτρον ἐπάργυρον διαμέτρου 1,20 μέτρων καὶ ἑστιακῆς ἀποστάσεως 7,20 μέτρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ΄

ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ

**139. Διάρκεια τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐν τῷ ὀφθαλμῷ.—Πειράματα.** 1ον. Ἄνθραξ πεφυρακτωμένος περιστρεφόμενος ταχέως ἐν εἴδει σφενδόνης, μᾶς παρουσιάζεται ὡς φωτεινὸς κύκλος. 2ον. Χορδὴ παλλομένη μᾶς παρουσιάζεται ὡς δέσμη ἀτρακτοειδῆς. 3ον. Βιβλίον ἀναγινώσκομεν ἄνευ διακοπῆς, ὅταν ἔμπροσθεν αὐτοῦ μετακινῶμεν τὴν χεῖρά μας παλμικῶς καὶ ταχέως, 4ον. Τεμάχιον χάρτου φέρον ἐπὶ τῆς μιᾶς μὲν πλευρᾶς τὴν εἰκόνα ἵππου, ἐπὶ τῆς ἄλλης δὲ τὴν εἰκόνα ἱππέως (σχ. 117) περιστρεφόμενον ταχέως τῇ βοήθειᾳ νημάτων προσδεμένων εἰς αὐτό, μᾶς παρουσιάζει καὶ τὰς δύο εἰκόνας μαζί, δηλ. τὸν ἱπέα ἐπὶ τοῦ ἵπου.



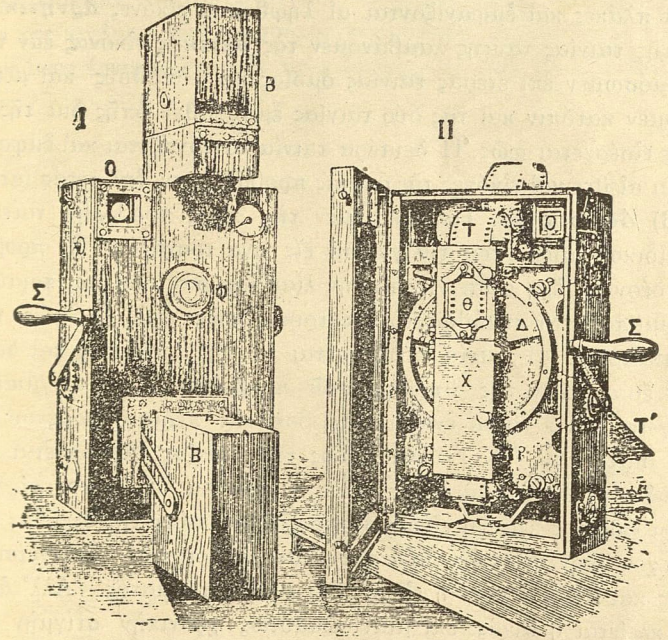
Σχ. 117. Συγχώνεσις δύο εἰκόνων εἰς μίαν διὰ τοῦ μεταίσθηματος.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐξηγοῦνται διὰ τῆς διάρκειας τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐν τῷ ὀφθαλμῷ μας. Δηλ. ἡ ἐντύπωσις τὴν ὁποίαν προξενεῖ εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας φωτεινόν τι ἀντικείμενον δὲν ἐξαλείφεται εὐθὺς ἀμέσως μετὰ τὴν ἐξαφάνισιν ἢ μετατόπισιν τοῦ ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον τὴν παρήγαγεν ἀλλὰ διαρκεῖ ἀκόμη ἐπὶ  $\frac{1}{30}$  περίπου τοῦ δευτερολέπτου. Ἐὰν λοιπὸν πολλαὶ φωτειναὶ ἐντυπώσεις διαδέχονται ἢ μία τὴν ἄλλην τόσον ταχέως, ὥστε πρὸ τοῦ ἀκόμη ἐξαλειφθῆ ἢ μία νὰ ἔρχεται ἢ ἄλλη, τότε αὐταὶ συγχωνεύονται καὶ φαίνονται ὡς μία συνεχῆς ἐντύπωσις.

Ἡ διάρκεια τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐν τῷ ὀφθαλμῷ καλεῖται **μεταίσθημα**, καὶ ἐπ' αὐτοῦ στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ κινηματογράφου.

**140. Κινηματογράφος.** Καλεῖται **κινηματογράφος** συσκευὴ διὰ τῆς ὁποίας προβάλλονται ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος εἰκόνας ἀντικειμένων ἐν κινήσει ληφθεῖσαι ἐκ τοῦ φυσικοῦ.

**A) Περιγραφή.** Ὁ κινηματογράφος εἶναι συνδυασμὸς εἰδικῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς καὶ εἰδικοῦ προβολέως. Διὰ τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς λαμβάνομεν διαδοχικὰς εἰκόνας τοῦ κινουμένου ἀντικειμένου ἐπὶ ταινίας εὐπαθοῦς εἰς τὸ φῶς, ὑμενώδους, διαφανοῦς καὶ εὐκάμπτου. Τοῦτο δὲ γίνεται ὡς ἑξῆς. Ἡ ταινία τοποθετεῖται ὑπεράνω τῆς μηχανῆς ἐντὸς κλειστῆς θήκης B (σχ. 119, I), ἐκτυλισσομένη δὲ διέρχεται ἔμπροσθεν θυρίδος Φ μὲ



Σχ. 119. Φωτογραφικὴ μηχανὴ καὶ προβολεὺς τοῦ κινηματογράφου.

φακὸν συγκεντρωτικόν, ἥτις διὰ περιστρεφόμενου δίσκου διατρήτου στιγμιαίως ἀνοίγεται καὶ κλείεται ἐναλλάξ. Ἡ ἐκτύλιξις ὁμῶς τῆς ταινίας διακόπτεται κατὰ χρονικὰ διαστήματα μικρότατα καὶ κανονικὰ καὶ ἡ ταινία σταματᾷ, ὅταν ἡ θυρὶς ἀνοίγεται, ὅπote λαμβάνεται ἡ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου, κινεῖται δέ, ὅταν ἡ θυρὶς κλείεται.

Τοιουτοτρόπως τὰ διάφορα μέρη τῆς ταινίας διέρχονται διαδοχικῶς ἔμπροσθεν τῆς θυρίδος καὶ λαμβάνεται ἐπ' αὐτῶν ἀνὰ μία εἰκὼν τοῦ κινουμένου ἀντικειμένου.

Διὰ τὴν λήψιν ἐκάστης εἰκόνας ἀπαιτεῖται  $\frac{1}{16}$  περίπου τοῦ δευτερολέπτου, ἐπομένως ἐντὸς 1 πρώτου λεπτοῦ λαμβάνονται 960 εἰκόνας. Ἡ ταινία κατερχομένη περιτυλίσσεται ἐντὸς θήκης β', εὐρισκομένης ὑποκάτω τῆς μηχανῆς.

Ἡ ταινία κατεργάζεται κατόπιν ὅπως αἱ συνήθεις φωτογραφικαὶ πλάκες καὶ ἐμφανίζονται αἱ ληφθεῖσαι εἰκόνας **ἀρνητικά**. Ἐκ τῆς ταινίας ταύτης λαμβάνομεν τὰς **θετικάς** εἰκόνας ἐὰν τὴν ἐφαρμόσωμεν ἐπὶ ἐτέρας ταινίας ὁμοίας καὶ εὐπαθοῦς καὶ μεταθέσωμεν κατόπιν καὶ τὰς δύο ταινίας ἔμπροσθεν ὁπῆς διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται φῶς. Ἡ δευτέρα ταινία κατεργάζεται καὶ ἐμφανίζονται αἱ θετικά εἰκόνας τὰς ὁποίας προβάλλομεν ἐπὶ πετάσματος.

Β) **Δειτουργία**. Τοποθετοῦμεν τὴν πρὸς προβολὴν ταινίαν ἐπὶ εἰδικοῦ προβολέως τυλιγμένην εἰς τινα τροχάλιαν. Ὁ προβολεὺς δέον νὰ ἔχη φωτεινὴν πηγὴν λίαν ἰσχυρὰν καὶ ὡς τοιαύτη χρησιμοποιεῖται συνήθως τὸ ἠλεκτρικὸν φῶς εἴτε τὸ φῶς τοῦ Drummond. Ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται ἐκ τῆς τροχαλίας καὶ διέρχεται ἔμπροσθεν τῆς θυρίδος τοῦ προβολέως, ἣτις στιγμιαίως ἀνοίγεται καὶ κλείεται ἐναλλάξ, τῇ βοήθειᾳ περιστρεφομένου δίσκου διατρήτου. Ἡ ἐκτύλιξις ὅμως τῆς ταινίας διακόπτεται καὶ ἐνταῦθα κατὰ χρονικὰ διαστήματα μικρότατα καὶ κανονικά, καὶ τοιουτοτρόπως ἐκάστη εἰκὼν σταματᾷ ἔμπροσθεν τῆς θυρίδος ἐπὶ μίαν χρονικὴν στιγμὴν. Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην ἀνοίγεται ἡ θυρὶς καὶ προβάλλεται ἡ εἰκὼν ἐπὶ τοῦ πετάσματος. Ἄλλ' ἀμέσως κλείεται ἡ θυρὶς ἐπὶ μίαν ὡσαύτως χρονικὴν στιγμὴν καὶ τότε ἡ προβληθεῖσα εἰκὼν ἀντικαθίσταται μὲ τὴν ἀμέσως ἐπομένην τῆς, ἡ ὁποία ὅταν σταματήσῃ ἡ ταινία, προβάλλεται ἀνοιγομένης καὶ πάλιν τῆς θυρίδος, καὶ οὕτω καθεξῆς.

Τοιουτοτρόπως ὅλαι αἱ εἰκόνας τῆς ταινίας διέρχονται διαδοχικῶς ἔμπροσθεν τῆς θυρίδος καὶ προβάλλονται ἢ μία μετὰ τὴν ἄλλην, μὲ τὴν σειρὰν κατὰ τὴν ὁποίαν ἐλήφθησαν. Ὁ δὲ ὀφθαλμὸς μας βλέπει τὴν μεταμόρφωσιν τῶν εἰκόνων, διότι διατηρεῖ τὴν συνέχειαν αὐτῶν ἕνεκα τῆς διαρκείας τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων.

**Σημείωσις.** Διὰ τοῦ κινηματογράφου κατώρθωσεν ὁ ἄνθρωπος νὰ ἐξερευνήσῃ τὸ βάδισμα καὶ τὸ ἄλμα τοῦ ἵππου, τὴν πτήσιν τῶν πτηνῶν, τὸ κολύμβημα τῶν ἰχθύων, τὰ ποικίλα φυσιολογικὰ φαινόμενα (λ. χ. τὴν κίνησιν τοῦ αἵματος ἐντὸς τῶν φλεβῶν, τὴν κίνησιν τῆς καρδίας τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν ὑγρῶν κ. λ. π.). Ἐὰν δὲ ἀντικαταστήσωμεν τὸν ἀντικειμενικὸν φακὸν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς τοῦ κινηματογράφου δι' ἐνὸς μικροσκοπίου, τὸ ὁποῖον νὰ παρέχῃ ὑπὸ μεγέθυνσιν τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, θὰ δυνηθῶμεν νὰ ἐξερευνήσωμεν τὰς κινήσεις τῶν μικροσκοπικῶν ὄντων. Σήμερον ὁ κινηματογράφος ἐφαρμόζεται εἰς τοὺς διαφόρους κλάδους τῆς διδασκαλίας.

## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

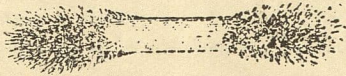
### ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄.

##### ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΑΓΝΗΤΩΝ · ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ

**141. Ὅρισμοί.** Καλοῦνται *μαγνήται* τὰ σώματα τὰ ἔχοντα τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκωσι μικρὰ ἀντικείμενα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἢ χάλυβος, ὅπως ἤλους, βελόνας, γραφίδας κ. λ. π. Ἡ ιδιότης αὕτη πάρετηρήθη τὸ πρῶτον ἐπὶ τινος ὄρυκτοῦ τοῦ σιδήρου (μαγνητικὸν ὀξειδίου τοῦ σιδήρου), τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἀφθόνως ἐν τῇ φύσει καὶ ἰδίως ἐν Σουηδία καὶ Νορβηγία. Οἱ τοιοῦτοι μαγνήται καλοῦνται *φυσικοί*. Κατασκευάζονται ὁμοίως σήμερον μαγνήται, ἔχοντες ὅλας τὰς ιδιότητας τῶν φυσικῶν μαγνητῶν. Οἱ τοιοῦτοι μαγνήται καλοῦνται *τεχνητοί*, ὅπως εἶνε ἡ μαγνητικὴ βελόνη.

**142. Πόλοι καὶ οὐδετέρα ζώνη.—Πείραμα.** Ἐντὸς ρινημάτων σιδήρου κυλίσμεν μαγνήτην. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς μὲν τὰ ἄκρα του προσκολλῶνται πολλὰ ρινήματα ἐν εἶδει θυσάνου (σχ. 120), ἐνῶ περὶ τὸ μέσον του δὲν προσκολλῶνται καθόλου.



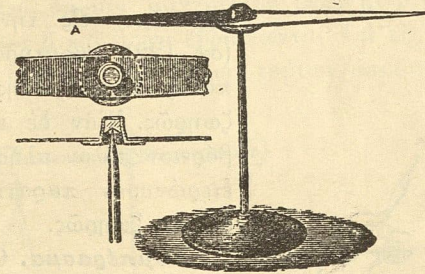
Σχ. 120. Πόλοι καὶ οὐδετέρα ζώνη μαγνήτου.

**Συμπέρασμα.** Ἡ ἑλκτική δύναμις τοῦ μαγνήτου δὲν εἶνε ἡ αὐτὴ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα του.

**Ὅρισμοί.** Τὰ ἄκρα τοῦ μαγνήτου, εἰς τὰ ὁποῖα ἐμφανίζεται μεγαλυτέρα ἢ ἑλκτικὴ δύναμις, καλοῦνται *πόλοι*, τὸ δὲ μέσον, ἔνθα οὐδεμίαν ἑλκτικὴν δύναμις παρατηρεῖται, καλεῖται *οὐδετέρα ζώνη*. Εἰς πάντα μαγνήτην διακρίνομεν δύο πόλους καὶ μίαν οὐδετέραν ζώνην.

**143. Μαγνητικὴ βελόνη.** Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἶνε μαγνήτης τεχνητός, ἔχων σχῆμα στενοῦ, ἐπιμήκους καὶ λεπτοῦ ῥόμβου (σχ. 121). Εἰς τὸ κέντρον βάρους του φέρει μικρὰν κοιλότητα, διὰ τῆς ὁποίας δύναται νὰ στηριχθῇ ἐπὶ κατακορύφου καὶ ὀξέος ἄξονος. Τοιοιουτρόπως ἡ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ὡς κινητὸς μαγνήτης.

**144. Βόρειος καὶ νότιος πόλος.—Πείραμα.** Μαγνητικὴν βελόνην στηρίζομεν ἐπὶ κατακορύφου καὶ ὀξέος ἄξονος καὶ ἀφίνομεν ἐλευθέραν. Παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη, μετὰ τινος ταλαντεύ-



Σχ. 121. Μαγνητικὴ βελόνη.

σεις, ἡρεμεῖ ἀφ' ἑαυτῆς καὶ λαμβάνει ὠρισμένην διεύθυνσιν πρὸς τὸν ὀρίζοντα, ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον περίπου. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, μετὰ τινος ταλαντεύσεως, ἐπανέρχεται εἰς αὐτήν, καὶ ὅτι ὁ αὐτὸς πάντοτε πόλος στρέφεται πρὸς τὸ αὐτὸ σημεῖον τοῦ ὀρίζοντος.

**Συμπέρασμα.** Οἱ πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης προσανατολίζονται ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον περίπου.

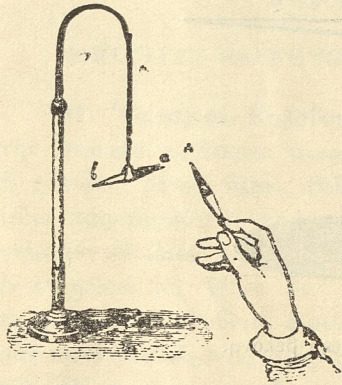
Τὴν αἰτίαν τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν πόλων θέλομεν ἶδει κατωτέρω.

**Ὅρισμοί.** Ὁ πόλος ὁ διευθυνόμενος πρὸς βορρᾶν καλεῖται *βόρειος* (¹), ὁ δὲ διευθυνόμενος πρὸς νότον καλεῖται *νότιος*. Οἱ βόρειοι ἢ οἱ νότιοι πόλοι λέγονται *δμώνυμοι*, οἱ δὲ βόρειοι

(¹) Εἰς τὰς μαγνητικὰς βελόνας ὁ βόρειος πόλος χρωματίζεται κυανοῦς.

ἐν σχέσει πρὸς τοὺς νοτίους λέγονται *ἑτερώνυμοι*. Ἡ εὐθεία ἢ ἐνώουσα τοὺς δύο πόλους μαγνητικῆς βελόνης καλεῖται *μαγνητικός ἄξων* αὐτῆς.

**145. Ἀμοιβαία ἐνέργεια τῶν πόλων. Πείραμα.** Μαγνητικὴν βελόνην στηρίζομεν ἐπὶ κατακορύφου καὶ ὀξέος ἄξονος, ἢ ἑξαρθῶμεν διὰ λεπτοῦ νήματος ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς, καὶ ἀφήνομεν νὰ ἠρεμήσῃ. Ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὸν βόρειον λ. χ. πόλον αὐτῆς



Σχ. 122. Ἀμοιβαία ἐνέργεια τῶν μαγνητικῶν πόλων.

τὸν ὁμώνυμον πόλον ἄλλης μαγνητικῆς βελόνης, τὴν ὁποίαν κρατοῦμεν εἰς τὴν χεῖρά μας (σχ. 122), παρατηροῦμεν ὅτι ὁ πόλος τῆς πρώτης ἀπωθεῖται ζωηρῶς. Ἐὰν δὲ εἰς τὸν αὐτὸν βόρειον πόλον πλησιάσωμεν τὸν ἑτερώνυμον παρατηροῦμεν ὅτι ἔλκεται ζωηρῶς.

**Συμπέρασμα.** Οἱ ὁμώνυμοι πόλοι τῶν μαγνητῶν ἀπωθοῦνται, οἱ δὲ ἑτερώνυμοι ἔλκονται.

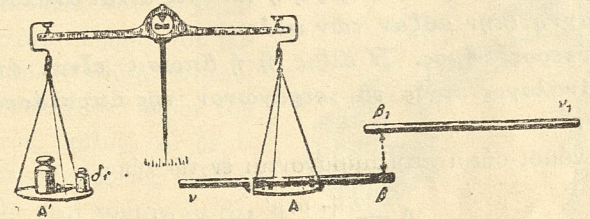
**146. Μαγνητικὴ μάζα καὶ μονὰς αὐτῆς.** Δύο πόλοι μαγνητικοὶ λέγομεν ὅτι ἔχουσιν ἴσας ποσότητας μαγνητισμοῦ

ἢ ἴσας μαγνητικὰς μάζας, εἰάν, τιθέμενοι εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τρίτου τινὸς πόλου, ἔλκωσιν ἢ ἀπωθῶσιν αὐτὸν μετὰ *δυνάμεων ἴσων*. Καὶ ἐν γένει, πόλος τις Π, λέγομεν ὅτι ἔχει μαγνητικὴν μάζαν διπλασίαν, τριπλασίαν κλπ., τῆς μαγνητικῆς μάζης ἄλλου πόλου Π', εἰάν ὁ πόλος Π ἔλκῃ ἢ ἀπωθῇ τρίτον τινὰ πόλον μετὰ δυνάμεως διπλασίας, τριπλασίας κλπ. τῆς τοῦ ἄλλου Π', τῆς ἀποστάσεως οὔσης πάντοτε σταθερᾶς. Ἡ μαγνητικὴ μάζα τοῦ βορείου πόλου μαγνήτου εἶναι *ἀπολύτως* ἴση πρὸς τὴν μαγνητικὴν μάζαν τοῦ νοτίου πόλου αὐτοῦ. Λαμβάνεται δὲ ἡ μαγνητικὴ μάζα τοῦ βορείου πόλου ὡς *θετικὴ* καὶ παρίσταται διὰ τοῦ σημείου +, ἡ δὲ μαγνητικὴ μάζα τοῦ νοτίου πόλου ὡς *αρνητικὴ* καὶ παρίσταται διὰ τοῦ σημείου —.

Πρὸς μέτρησιν τῶν μαγνητικῶν μαζῶν λαμβάνομεν ὠρισμέ-

νην μαγνητικὴν μάζαν ὡς μονάδα καὶ πρὸς αὐτὴν συγκρίνομεν τὰς ἄλλας. Ὡς μονὰς μαγνητικῆς μάζης ἐλήφθη εἰς τὸ σύστημα C.G.S. ἡ *μαγνητικὴ μάζα, ἣτις τιθεμένη εἰς ἀπόστασιν 1 ἑκατοστομέτρου ἀπὸ ἴσην καὶ ὁμοίαν μάζαν, ἀπωθεῖ ταύτην μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1 δύνην.*

**147. Νόμοι τῶν μαγνητικῶν ἑλξέων καὶ ὤσεων. Πειράματα.** 1ον Ἐπὶ τοῦ ἐνὸς δίσκου ζυγοῦ εὐπαθοῦς (1) θέτομεν μακρὰν μαγνητικὴν βελόνην νβ (σχ. 123), τὴν ὁποίαν ἰσοροποῦμεν διὰ σταθμῶν ἐπὶ τοῦ ἄλλου δίσκου. Ὑπεράνω ταύτης τοποθετοῦμεν ὁμοίαν μαγνητικὴν βελόνην β<sub>1</sub>ν<sub>1</sub>, οὕτως ὥστε οἱ βόρειοι πόλοι β καὶ β<sub>1</sub> νὰ εὐρίσκωνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου. Ἐὰν ἡ μεταξὺ τῶν πόλων τούτων ἀπόστασις γίνῃ ἀρκούν-



Σχ. 123. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν μαγνητικῶν νόμων.

τως μικρά, ὁ πόλος β ἀπωθεῖται, καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸν δίσκον ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται ἡ βελόνη. Θέτοντες ἐπὶ τοῦ ἐτέρου δίσκου καὶ ἄλλα σταθμὰ δ<sub>1</sub> ἐπαναφέρομεν τὴν φάλαγγα εἰς ἀρχικὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας. Τὰ σταθμὰ ταῦτα παριστώσι τὴν τιμὴν τῆς ἀπόσεως τοῦ πόλου β διὰ τὴν ἀπόστασιν θ π. χ.

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα μετ' ἐτέραν μαγνητικὴν βελόνην β<sub>2</sub>ν<sub>2</sub> τῆς ὁποίας ὁ βόρειος πόλος νὰ ἔχῃ μαγνητικὴν μάζαν διπλασίαν τῆς β<sub>1</sub>ν<sub>1</sub>. Θέτοντες τὸν βόρειον πόλον τῆς νέας βελόνης εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν θ καὶ μετροῦντες διὰ σταθμῶν τὴν τιμὴν τῆς ἀπόσεως, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ νέα σταθμὰ εἶναι διπλάσια τῶν δ<sub>1</sub>. Ἡ τιμὴ τῆς ἀπόσεως λοιπὸν διπλασιάζεται, ὅταν ἡ μαγνητικὴ μάζα διπλασιάζεται. Ἐπομένως ἡ ἀπόσις εἶναι ἀνάλογος τῆς

(1) Ὁ ζυγὸς δὲν πρέπει νὰ ἔχῃ μέρη ἐξ οὐσίας μαγνητικῆς.

μαγνητικῆς μάξης τῶν πόλων. Ὅμοιαν σχέσιν εὐρίσκομεν καὶ ἐν τῇ περιπτώσει τῆς ἔλξεως.

2ον. Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα μὲ τὴν πρώτην βελόνην β<sub>1</sub>ν<sub>1</sub> θέτοντες τοὺς πόλους εἰς ἀπόστασιν 2 θ· εὐρίσκομεν τότε ὡς τιμὴν τῆς ἀπόσεως  $\frac{\delta_1}{4}$ , δηλ. ὑποτετραπλασίαν. Ἐὰν δὲ ἡ ἀπόστασις γίνῃ  $\frac{\theta}{2}$ , ἡ τιμὴ τῆς ἀπόσεως γίνεται 4δ<sub>1</sub>, δηλ. τετραπλασία. Ἡ τιμὴ τῆς ἀπόσεως λοιπὸν ὑποτετραπλασιάζεται, ὅταν ἡ ἀπόστασις διπλασιασθῇ, καὶ τετραπλασιάζεται ὅταν ἡ ἀπόστασις ὑποδιπλασιασθῇ. Ἐπομένως ἡ ἄπωσις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν πόλων. Ὅμοιαν σχέσιν εὐρίσκομεν καὶ ἐν τῇ περιπτώσει τῆς ἔλξεως.

**Νόμοι.** Διὰ πειραμάτων εὐρέθησαν οἱ ἐξῆς δύο νόμοι.

**Πρῶτος νόμος.** Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μαγνητικὴν μᾶζαν τῶν πόλων.

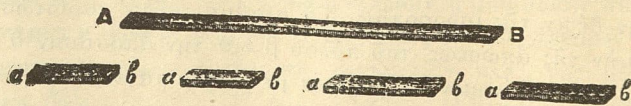
**Δεύτερος νόμος.** Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἄπωσις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν πόλων.

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

$$\Delta = \frac{+}{-} \frac{\mu \cdot \mu'}{a^2} \text{ δύνας (1) }.$$

ἐνθα Δ παριστᾷ τὴν δύναμιν (ἐλκτικὴν ἢ ὠστικὴν), μ καὶ μ' τὴν μαγνητικὴν μᾶζαν καὶ α τὴν ἀπόστασιν εἰς ἑκατοστόμετρα.

**148. Θραύσις μαγνήτου.—Πείραμα.** Μαγνητικὴν ράβδον ΑΒ (σχ. 124) θραύομεν εἰς δύο τμήματα. Κατὰ τὸ σημεῖον τῆς



Σχ. 124. Ὁ μαγνήτης εἶναι ἄθροισμα πολλῶν μικρῶν μαγνητῶν.

θραύσεως ἀναφαίνονται δύο νέοι καὶ ἀντίθετοι πόλοι, καὶ τοιούτοτρόπως ἕκαστον τμήμα παρουσιάζεται ὡς τέλειος μαγνήτης.

(1) Τὸ σημεῖον + εἶναι ἐν περιπτώσει ἀπόσεως καὶ τὸ — ἐν περιπτώσει ἔλξεως. 1 γραμμᾶριον = 981 δύνας.

Ἐὰν δὲ ἕκαστον τμήμα θραύσωμεν ἐκ νέου εἰς δύο, ἀνευρίσκομεν ὅτι ἕκαστον εἶναι τέλειος μαγνήτης. Τὸ αὐτὸ θὰ συμβαίῃ ὅσονδήποτε καὶ ἂν προχωρήσωμεν θραύοντες τὰ προκύπτοντα τμήματα.

**Συμπεράσματα.** 1ον Οἱ πόλοι τῶν μαγνητῶν δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀπομονωθῶσι· καὶ 2ον Ἐκαστος μαγνήτης εἶναι ἄθροισμα πολλῶν μικρῶν μαγνητῶν, οἵτινες ἔχουσι προσανατολισθῆ ὁμοιομόρφως.

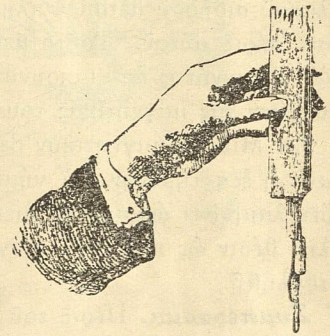
**149. Μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως.—Πείραμα.** Τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου ἢ χάλυβος θέτομεν πλησίον μαγνήτου (σχ. 125).

Τοῦτο καθίσταται μαγνήτης τέλειος, καὶ ἔλκει διὰ τοῦ ἐτέρου ἄκρου του ρινήματα ἢ καὶ τεμάχια σιδήρου. Καὶ ἐὰν τὸ τεμάχιον εὐρίσκειται πλησίον τοῦ βορείου λ. χ. πόλου τοῦ μαγνήτου, τὸ μὲν πλησιέστερον ἄκρον του γίνεται νότιος πόλος, τὸ δὲ ἀπώτερον ἄκρον βόρειος πόλος, ὡς δυνάμεθα περὶ τούτου νὰ βεβαιωθῶμεν διὰ μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Ὅσφ δὲ μικροτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ τεμαχίου ἀπὸ τὸν μαγνήτην, τόσφ ἰσχυρότερον μαγνητίζεται τὸ τεμάχιον, καὶ ὅταν τὸ τεμάχιον ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν μαγνήτην τότε ἡ μαγνήτις αὐτοῦ γίνεται μεγίστη.

**Συμπέρασμα.** Ὁ μαλακὸς σίδηρος ἢ ὁ χάλυψ μαγνητίζεται, ὅταν ἔλθῃ ἀπλῶς πλησίον εἴτε καὶ εἰς ἐπαφὴν μὲ μαγνήτην.

Ὁ τρόπος οὗτος τῆς μαγνητίσεως ἐξ ἀποστάσεως ἢ δι' ἐπαφῆς μὲ μαγνήτην καλεῖται **μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως**. Διὰ τῆς τοιαύτης μαγνητίσεως δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν καὶ τὸν σχηματισμὸν τῶν ἐκ ρινημάτων σιδήρου θυσάνων ἐπὶ τῶν πόλων μαγνήτου. Αἱ οὐσίαι αἱ μαγνητιζόμεναι δι' ἐπιδράσεως καλοῦνται **μαγνητικά**.

**150. Μαγνητισμὸς παροδικὸς καὶ μόνιμος.** Εἰς τὸν μαλακὸν σίδηρον ἢ μαγνήτις διαρκεῖ ἐφ' ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ



Σχ. 125. Μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως

ἐπίδρασις τοῦ μαγνήτου, εὐθύς ὅμως ὡς ἡ ἐπίδρασις αὕτη παύσῃ, ὁ μαλακὸς σιδήρος χάνῃ τὴν μαγνητικὴν του δύναμιν. Ἐὰν ὅμως λάβωμεν χάλυβα, οὗτος διατηρεῖ μέγα μέρος τῆς μαγνητικῆς του δυνάμεως καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ μαγνήτου. Ἐνεκα τῆς ιδιότητος ταύτης τοῦ χάλυβος χρησιμοποιεῖται πάντοτε οὗτος καὶ μάλιστα ὁ βεβαμμένος πρὸς κατασκευὴν μόνιμων μαγνητῶν.

**Συμπέρασμα.** Ὁ μὲν μαλακὸς σιδήρος μαγνητίζεται παροδικῶς, ὁ δὲ χάλυψ μονίμως.

**151. Μαγνητικὸν πεδίων. — Πειράματα.** 1ον Τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου θέτομεν πλησίον μαγνήτου καὶ εἰς οἰανδήποτε θέσιν πέριξ αὐτοῦ. Τοῦτο μεταβάλλεται εἰς τέλειον μαγνήτην. Ἐὰν ὁ μαγνήτης ἀπομακρυνθῇ, τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου χάνει τὰς μαγνητικὰς του ιδιότητας.

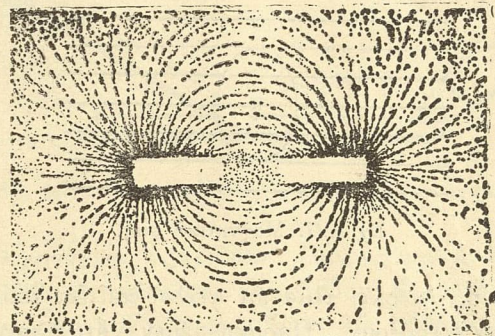
2ον Μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην στρεπτὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα ἢ ἐξηρητημένην διὰ νήματος, θέτομεν πλησίον μαγνήτου. Αὕτη λαμβάνει ὠρισμένην διεύθυνσιν. Ἐὰν δὲ ἡ βελὼν τεθῇ εἰς ἄλλην θέσιν ὡς πρὸς τὸν μαγνήτην, ἡ διεύθυνσις αὐτῆς θέλει μεταβληθῇ.

**Συμπέρασμα.** Πέριξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει χώρος τις ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐξασκεῖται ἡ ἐπίδρασις τοῦ μαγνήτου.

Ὁ χώρος οὗτος καλεῖται **μαγνητικὸν πεδίων**. Θεωρητικῶς τὸ μαγνητικὸν πεδίων ἐκτείνεται εἰς μεγάλην ἀπὸ τοῦ μαγνήτου ἀπόστασιν, πρακτικῶς ὅμως τοῦτο περιορίζεται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν, ἥτις ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μαγνητικῆς δυνάμεως τοῦ μαγνήτου.

**152. Μαγνητικὸν φάσμα. — Πείραμα.** Μαγνητισμένην ράβδον θέτομεν ἐπὶ τραπέζης καὶ καλύπτομεν διὰ λευκοῦ καὶ λεπτοῦ χαρτονίου. Ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ῥίπτομεν διὰ κοσκίνου λεπτὰ ρινήματα σιδήρου καὶ κατόπιν δίδομεν εἰς αὐτὸ ἔλαφρὰ κτυπήματα διὰ τοῦ δακτύλου μας. Τὰ ρινήματα τοπθετοῦνται ἀφ' ἑαυτῶν εἰς καμπύλας συμμετρικὰς, αἵτινες ἄρχονται ἐκ τοῦ ἐνὸς πόλου καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸν ἕτερον (σχ. 126). Συγχρόνως ἐπὶ τοῦ χαρτονίου διαγράφεται καὶ ὁ κάτωθεν μαγνήτης. Τὸ οὕτω σχηματιζόμενον σχῆμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ συμμετρικαὶ καμπύλαι, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαί**.

Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Ἐκαστον τῶν ρινημάτων, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου μεταβάλλεται εἰς μαγνητικὴν βελόνην καὶ τοποθετεῖται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως τὴν ὁποίαν ὁ μαγνήτης ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτοῦ. Ἐκάστη λοιπὸν δυναμικὴ γραμμὴ εἶνε δλόκληρος σειρὰ ρινημάτων προσανατολισθέντων.



Σχ. 126. Μαγνητικὸν φάσμα.

**Συμπέρασμα.** Πέριξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίων.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ παραδέχονται ὅτι βαίνουν ἐκτὸς μὲν τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου πρὸς τὸν νότιον, ἐντὸς δὲ τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τοῦ νοτίου πόλου πρὸς τὸν βορειον.

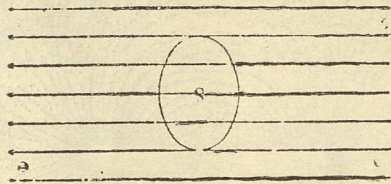
Αἱ μαγνητικαὶ οὐσίαι (σίδηρος, χάλυψ) διαπερῶνται ὑπὸ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐκολότερον τοῦ ἀέρος. Τεμάχιον λοιπὸν μαλακοῦ σιδήρου τιθέμενον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, θὰ συγκεντρώσῃ δυναμικὰς γραμμὰς περισσοτέρας τοῦ ἀέρος εἰς τὴν θέσιν ἐκείνην, διότι ὁ μαλακὸς σιδήρος παρουσιάζει μικροτέραν ἀντίστασιν εἰς τὴν δίοδον αὐτῶν. Ἐπομένως ὁ σιδήρος ὡς διαπερῶμενος ὑπὸ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐρίσκεται ὑπὸ τοὺς αὐτοὺς ὄρους ὑπὸ τοὺς ὁποίους καὶ εἷς μαγνήτης.

**153. Γήινον μαγνητικὸν πεδίων.**— Ἐκ τοῦ προσανατολισμοῦ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἥτις εἶναι ἐστηριγμένη ἐπὶ κατακόρυφου ἄξονος ἢ ἐξηρητημένη διὰ νήματος ἐκ τοῦ κέντρου



τοῦ βάρους αὐτῆς, συνάγομεν ὅτι περίξ τῆς γῆς ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίου. Τὸ πεδίου τοῦτο καλεῖται **γῆινον μαγνητικὸν πεδίου**. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἔντασις αὐτοῦ εἶναι λίαν ἀσθενής, διὰ τοῦτο ἀποβαίνει δυσχερῆς ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

**154. Διευθυντηρία ἐνέργεια γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου.**—*Πειράματα.* 1ον. Ἐπὶ τῆς ἠρεμοῦσης ἐπιφανείας τοῦ



Σχ. 127. Μαγνητικὴ ροή.

ὑδατος λεκάνης, θέτομεν τεμάχιον φελλοῦ καὶ ἐπὶ τούτου μαγνητικὴν βελόνην ἐλευθέραν. Παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὸν ἄπλῶς προσανατολίζεται ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον, στρεφόμενη μετὰ τοῦ φελλοῦ, χωρὶς νὰ μετατοπίζεται οὔτε πρὸς βορρᾶν οὔτε πρὸς νότον.

2ον. Ράβδος χαλυβδίνη, ζυγισομένη πρὸ τῆς μαγνητίσεως καὶ μετ' αὐτὴν παρουσιάζει τὸ αὐτὸ βάρος.

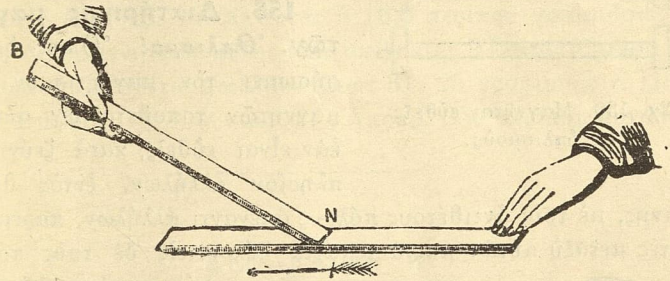
**Συμπέρασμα.**—Ἡ ἐνέργεια τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι ἄπλῶς διευθυντηρία καὶ οὐχὶ ἐκτοπιστική.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι παράλληλοι καὶ διευθύνονται ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον.

**155. Αἷτια τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου.**—Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου παρωμοίασαν κατ' ἀρχὰς τὴν γῆν μὲ πελώριον μαγνήτην, τοῦ ὁποίου οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πλησίον τῶν γεωγραφικῶν πόλων. Ἡ ὑπόθεσις ὁμοῦς αὕτη βραδύτερον ἐγκαταλειφθεῖσα ἀντικατεστάθη ὑπὸ ἄλλης, καθ' ἣν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς κυκλοφοροῦσιν ἠλεκτρικὰ ρεύματα βαίνοντα ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς καὶ τῶν ὁποίων τὴν αἰτίαν ἀπέδωκαν εἰς τὸν ἥλιον.

**156. Κατασκευὴ μαγνητῶν.**—Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν

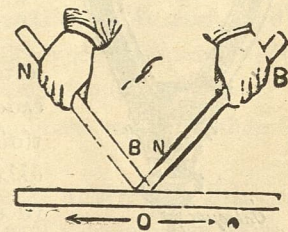
μαγνήτην μόνιμον λαμβάνομεν ράβδον ἐκ χάλυβος βεβαμμένου, τὴν ὁποίαν θέτομεν ἐπὶ τραπέζης καὶ προστριβομεν ἐπανειλημμένως τὸ ἐν ἡμισυ αὐτῆς μὲ τὸν ἕνα πόλον, λ. χ. τὸν νότιον N, τοῦ μαγνήτου (σχ. 128), ἀπὸ τοῦ μέσου μέχρι τοῦ ἐνὸς ἄκρου



Σχ. 128. Μαγνήτισις χαλυβδίνης ράβδου δι' ἐνὸς μαγνήτου.

αὐτοῦ. Τὸν μαγνήτην κρατοῦμεν πλαγίως καὶ ἀνασύρομεν αὐτὸν ὅταν ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ ἄκρου τῆς ράβδου. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον προστριβομεν καὶ τὸ ἕτερον ἡμισυ τῆς ράβδου μὲ τὸν ἄλλον πόλον. Τοιοῦτοτρόπως ἡ ράβδος μαγνητίζεται, καὶ τὸ μὲν μέρος τὸ προστριβὲν διὰ τοῦ νοτίου πόλου γίνεται βόρειος πόλος, τὸ δὲ προστριβὲν διὰ τοῦ βορείου πόλου γίνεται νότιος.

Ἐὰν δὲ ἔχωμεν δύο μαγνήτας ἰσοδυναμους, προστριβομεν συγχρόνως καὶ ἐπανειλημμένως τὰ δύο ἡμίση τῆς ράβδου διὰ τῶν ἑτερονύμων πόλων τῶν δύο μαγνητῶν, καθ' ὃν τρόπον καὶ διὰ τοῦ ἐνὸς μόνου μαγνήτου (σχ. 129).



Σχ. 129. Μαγνήτισις χαλυβδίνης ράβδου διὰ δύο μαγνητῶν

Ἄλλὰ καὶ ἀπλὴ ἐπαφή τῆς χαλυβδίνης ράβδου μὲ μαγνήτην ἀρκεῖ ὅπως ἡ ράβδος μαγνητισθῇ.

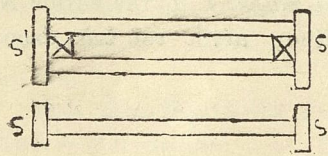
Σήμερον οἱ μαγνήται κατασκευάζονται διὰ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

**157. Σχήμα μαγνητῶν.** Οἱ μαγνήται ἔχουσι συνήθως σχῆμα ἐπιμήκου καὶ πεπλατυσμένου πρίσματος, καὶ καλοῦνται

**εὐθεῖς** (σχ. 130). Πολλάκις ὁμως εἰς τοὺς μαγνήτας δίδουσι τὸ σχῆμα ἱππέου πετάλου. Οὗτοι καλοῦνται **πεταλοειδεῖς** (σχ.131),

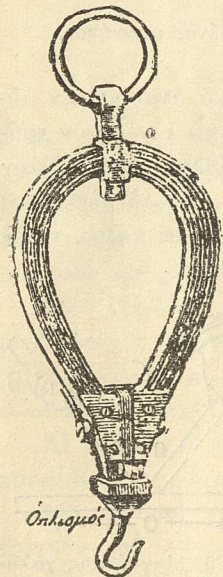
ὁπότε οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πλησίον ἀλλήλων καὶ δύνανται νὰ ἐνεργῶσι ταυτοχρόνως.

**158. Διατήρησις μαγνητῶν. Ὀπλισμοί.** Ὅπως διατηρήσωμεν τὸν μαγνητισμὸν τῶν μαγνητῶν τοποθετοῦμεν αὐτοὺς, ἂν εἶναι εὐθεῖς, κατὰ ζεύγη καὶ πλησίον ἀλλήλων, ἐντὸς θήκης



Σχ. 130. Μαγνήται εὐθεῖς με ὀπλισμούς.

ξύλινης, με τοὺς ἀντιθέτους πόλους ἀπέναντι ἀλλήλων, παρεμβάλλοντες μεταξὺ αὐτῶν μικρὰ τεμάχια ξύλου, εἰς δὲ τοὺς πόλους τῶν προσαρμοζόμεν δύο παχείας πλάκας ἐκ μαλακοῦ σιδήρου *s* καὶ *s'* (σχ. 130). Αἱ πλάκες αὗται καλοῦνται **ὀπλισμοί**, καὶ ὄχι μόνον δὲν ἀφίνοσι νὰ ἐλαττωῦται ἡ μαγνητικὴ δύναμις τῶν μαγνητῶν, ἀλλὰ καὶ αὐξάνουσι διαρκῶς αὐτὴν μέχρις ὀρίου. Ἐὰν δὲ οἱ μαγνήται εἶναι πεταλοειδεῖς, προσαρμόζομεν ἀπλῶς εἰς τοὺς πόλους αὐτῶν ὀπλισμούς.



Σχ. 131. Πεταλοειδῆς μαγνήτης. Μαγνητικὴ δέσμη.

**159. Μαγνητικαὶ δέσμαι.** Μαγνήται κατασκευάζονται καὶ πολλὰ καὶ λεπτὰ ἐλάσματα ἐκ χάλυβος, ἅτινα, ἀφοῦ ἐμαγνητίσθησαν κατ' ἴδιαν καὶ ἐφηρομόσθησαν ἐπ' ἀλλήλων οὕτως, ὥστε οἱ ὁμώνυμοι πόλοι νὰ εὐρίσκωνται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος, ἐκάμφθησαν ἔπειτα ἐν σχήματι ἱππέου πετάλου. Οἱ τοιοῦτοι μαγνήται καλοῦνται **μαγνητικαὶ δέσμαι** (σχ. 131).

### ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Δύο μαγνητικοὶ πόλοι ἴσοι ἀποθροῦνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 3 γραμμαρία, ὅταν ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις εἶναι 2

ἐκατοστόμετρα. Πόση εἶναι ἡ μαγνητικὴ μᾶζα ἑκατέρου; (Ἀπόκρ. 108,5).

2) Δύο μαγνητικοὶ πόλοι ἔχοντες μαγνητικὴν μᾶζαν, ὁ μὲν 200 μονάδας, ὁ δὲ 300, εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 2 ἐκατοστόμετρων ἀπ' ἀλλήλων. Πόση εἶναι ἡ δύναμις μετὰ τὴν ὁποίαν ἀποθροῦνται; (Ἀπόκρ. 15000 δύνας ἢ 15,3 περίπου γραμμαρία).

3) Δύο μαγνητικοὶ πόλοι ἴσοι ἀπέχοντες 2 ἐκατοστόμετρα ἀπ' ἀλλήλων, ἀποθροῦνται μετὰ δυνάμεως 31, 25 γραμμαρίων. Πόση εἶναι ἡ μαγνητικὴ αὐτῶν μᾶζα; (Ἀπόκρ. 350 περίπου μονάδες).

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

#### ΑΠΟΚΛΙΣΙΣ ΚΑΙ ΕΓΚΛΙΣΙΣ

**160. Ἀπόκλισις.** — Καλεῖται **ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ** τόπου τινὸς τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ διερχόμενον διὰ τῶν δύο πόλων τῆς μαγνητικῆς βελόνης. **Γωνία ἀποκλίσεως** ἢ ἀπλῶς **ἀπόκλισις** τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐν τινι τόπῳ, καλεῖται ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ μετὰ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ ἀπόκλισις εἶναι **ἀνατολικὴ** ἢ **δυτικὴ**, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐκτρέπεται πρὸς ἀνατολὰς ἢ πρὸς δυσμὰς τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ.

**161. Πυξὶς ἀποκλίσεως.** Αὕτη χρησιμεῖ πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ἀποκλίσεως.

A) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ μαγνητικῆς βελόνης βν (σχ. 132), ἣτις στρέφεται ἑλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἑστερωμένον καθέτως εἰς τὸ κέντρον ὀριζοντίου ὀρειχαλκίνου δίσκου.

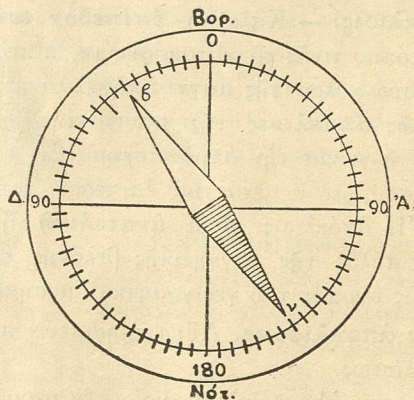
Ἡ περιφέρεια τοῦ δίσκου εἶναι διηρημένη εἰς μοίρας, ἐνώπιον τῶν ὁποίων κινοῦνται οἱ πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

B) **Τρόπος χρήσεως.** Κατὰ πρῶτον προσδιορίζομεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου, οὗτινος ζητεῖται ἡ ἀπόκλισις. Τοποθετοῦμεν κατόπιν τὴν πυξίδα ὀριζον-

τίως ούτως, ὥστε ἡ διάμετρος 0—180 νὰ ταυτισθῇ μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, τοῦ μηδενὸς ἑστραμμένου πρὸς βορρᾶν. Ἡ διαίρεσις τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἡ ζητούμενη γωνία τῆς ἀποκλίσεως. Καὶ ἐὰν μὲν ὁ βόρειος πόλος εὐρίσκεται πρὸς ἀνατολὰς τῆς διαμέτρου 0—180, ἡ ἀπόκλισις θὰ εἶναι ἀνατολική, ἐὰν δὲ εὐρίσκεται πρὸς δυσμάς, ἡ ἀπόκλισις θὰ εἶναι δυτική.

Ἡ ἀπόκλισις ἐν Ἀθήναις εἶναι δυτική, ἡ δὲ τιμὴ αὐτῆς, κατὰ τὸ 1912, ἦτο 4° καὶ 30'.

Ἡ ἀπόκλισις μεταβάλλεται ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Εἶναι δυτική εἰς τὴν Εὐρώπην καὶ εἰς τὴν Ἀφρικὴν, ἀνατολική δὲ εἰς τὴν Ἀσίαν καὶ εἰς τὴν βόρειον καὶ νότιον Ἀμερικὴν. Ἄλλὰ καὶ εἰς ἕνα καὶ τὸν αὐτὸν τόπον ἡ ἀπόκλισις δὲν μένει σταθερά, ἀλλὰ παρουσιάζει σὺν τῷ χρόνῳ πολλὰς μεταβολάς, ἐκ τῶν ὁποίων

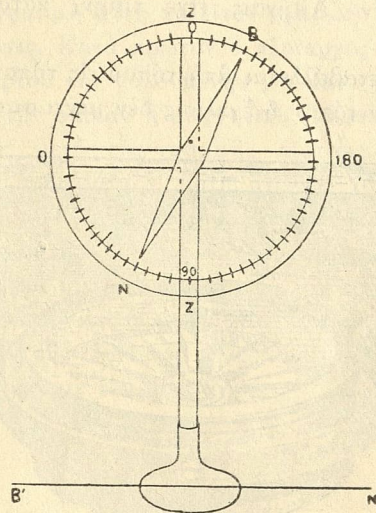


Σχ. 132. Πυξίς ἀποκλίσεως.

ἄλλαι μὲν εἶναι κανονικαί, ἔχουσαι περίοδον εἴτε ἑνὸς αἰῶνος (αἰώνια), εἴτε ἑνὸς ἔτους (ἐτήσια), εἴτε μιᾶς ἡμέρας (ἡμερήσια), ἄλλαι δὲ εἶναι ἀνώμαλοι, καὶ αἰφνίδια, λαμβάνουσαι τὸ ὄνομα **διαταράξεις**. Αἱ κανονικαὶ μεταβολαὶ παρουσιάζουσι μέγεθος ἀνάλογον πρὸς τὸ πλῆθος τῶν κηλίδων ἐπὶ τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου, αἱ δὲ διαταράξεις συμπίπτουσι μὲ τὴν ἐμφάνισιν διαφόρων φαι-

νομένων, ὅπως εἶναι τὸ βόρειον σέλας, αἱ ἠφαίστειοι ἐκρήξεις καὶ οἱ σεισμοί.

**162. Ἐγκλισίς.**—Καλεῖται **γωνία ἐγκλίσεως**, ἢ ἀπλῶς **ἐγκλισίς** τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐν τινι τόπῳ ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ μαγνητικὴ βελὼνῃ μετὰ τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ ἐγκλισίς εἶναι **βορεία**, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται ὑποκάτω τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, ἢ **νοτία**, καθ' ὅσον ἐκτρέπεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος ὁ νότιος.



Σχ. 133. Πυξίς ἐγκλίσεως.

**163. Πυξίς ἐγκλίσεως.**—Αὕτη χρησιμεύει πρὸς προσδιορισμὸν τῆς γωνίας ἐγκλίσεως.

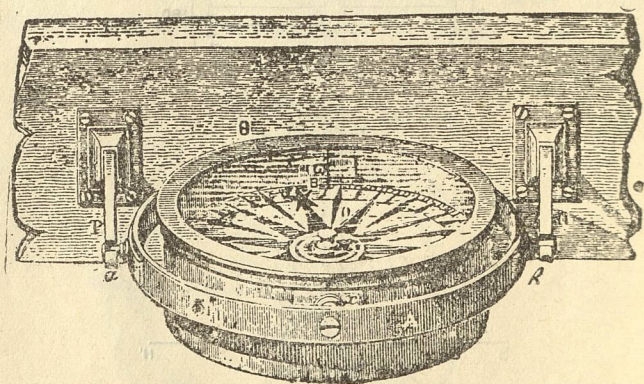
Α') **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ μαγνητικῆς βελόνης BN (σχ. 133), ἣτις στρέφεται ἐλευθέρως περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, ἑστερωμένον καθέτως εἰς τὸ κέντρον κατακορύφου ὀρειχαλκίνου δίσκου. Ἡ περιφέρεια τοῦ δίσκου εἶναι ὑποδηρημένη εἰς μοίρας, ἐνώπιον τῶν ὁποίων κινοῦνται οἱ πόλοι τῆς βελόνης.

Β') **Τρόπος χρήσεως.** Κατὰ πρῶτον τοποθετοῦμεν τὴν πυξίδα κατακορύφως, καὶ κατόπιν στρέφομεν αὐτὴν οὔτως, ὥστε τὸ

ἐπίπεδον τοῦ δίσκου νὰ εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ Β'Ν', ὅπερ κατορθοῦνται τῇ βοηθειᾷ ἄλλης μαγνητικῆς βελόνης, ἡ δὲ διάμετρος 0—180 νὰ εἶναι ὀριζοντία. Ἡ διαίρεσις τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἡ ζητούμενη γωνία τῆς ἐγκλίσεως. Καὶ ἐὰν μὲν ὁ βόρειος πόλος εὐρίσκεται ὑποκάτω τῆς ὀριζοντίας διαμέτρου, ἡ ἐγκλισις θὰ εἶναι βορεία, ἐὰν δὲ εὐρίσκεται ὁ νότιος, ἡ ἐγκλισις θὰ εἶναι νοτία.

Ἡ ἐγκλισις ἐν Ἀθήναις εἶχε τιμὴν, κατὰ τὸ 1912, 52° περίπου.

Ἡ ἐγκλισις μεταβάλλεται ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Ἀλλὰ καὶ εἰς ἓνα καὶ τὸν αὐτὸν τόπον ἡ ἐγκλισις δὲν μένει σταθερά, ἀλλὰ πα-



Σχ. 134. Ναυτική πυξίς.

ρουσιάζει σὺν τῷ χρόνῳ πολλὰς μεταβολάς, ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλαι εἶναι κανονικαὶ (αἰώνια, ἐτήσια, ἡμερήσια), ἄλλαι δὲ εἶναι ἀνώμαλοι καὶ αἰφνίδιοι (διαταραχαί) ὀφειλόμεναι εἰς τὰς αὐτὰς αἰτίας εἰς τὰς ὁποίας καὶ αἱ διαταραχαί τῆς γωνίας ἀποκλίσεως.

**164. Ναυτική πυξίς.**—Αὕτη (σχ. 134) χρησιμεύει εἰς τοὺς ναυτιλλομένους ὅπως κανονίζωσι τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως τῶν πλοίων.

Α') **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ κυλινδρικοῦ χαλκίνης θήκης ἣτις ἐφοματίζεται διὰ μολύβδου καὶ ἐξαρθᾶται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ πυξίς διατηρεῖται ὀριζοντία καὶ ὅταν ἀκόμη

τὸ πλοῖον εὐρίσκεται ἐν σάλῳ. Εἰς τὸν πυθμένα τῆς θήκης στερεώνεται κατακόρυφος ἄξων, ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Ἐπὶ τῆς βελόνης προσκολλᾶται ἐλαφρότατος δίσκος ἐκ μαρμαρυγίου, ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ ὁποίου χαράσσονται αἱ μοῖραι καὶ αἱ 32 διευθύνσεις τῶν ἀνέμων. Ὁ δίσκος οὗτος ὀνομάζεται **ἀνεμολόγιον**. Μία τῶν διευθύνσεων τούτων Β, φέρουσα βέλος ἢ ἀστερίσκον, δεικνύει τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν τοιχωμάτων τῆς θήκης χαράσσεται γραμμὴ συμπίπτουσα μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς τροπίδος τοῦ πλοίου. Ἡ γραμμὴ αὕτη καλεῖται **γραμμὴ πίστεως**.

Β') **Χρῆσις.** Κατὰ πρῶτον ὁ πλοίαρχος χαράσσει ἐπὶ ναυτικοῦ τιнос χάρτου τὴν καλουμένην **γωνίαν τῆς πλεύσεως**, ἥτις τὴν γωνίαν, τὴν ὁποίαν ἡ μαγνητικὴ βελόνη ὀφείλει νὰ σχηματίσῃ διαρκῶς μετὰ τῆς γραμμῆς πίστεως. Τὴν γωνίαν ταύτην δίδει εἰς τὸν πηδαλιούχον, ὅστις στρέφει τὸ πηδάλιον ἕως ὅτου ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνεμολογίου, ἡ φέρουσα τὸ βέλος, σχηματίσῃ μετὰ τῆς γραμμῆς πίστεως τὴν προσδιορισθεῖσαν γωνίαν, ἣτις δέον νὰ τηρῆται ἀμετάβλητος καθ' ὅλον τὸν πλοῦν.

Ἡ κατασκευὴ καὶ ἡ λειτουργία λοιπὸν τῆς ναυτικῆς πυξίδος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ιδιότητος τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελόνη νὰ δεικνύῃ πάντοτε τὸν βορρᾶν.

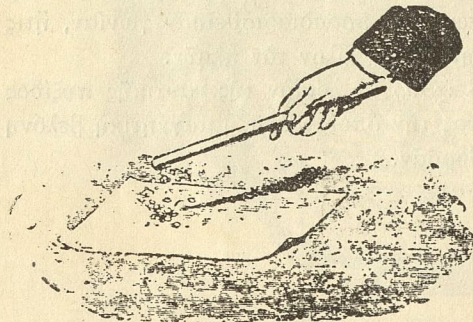
## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

### ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄.

#### ΓΕΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

**165. Ὅρισμοί.** Ἐάν προστριψωμεν διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος, ἢ διὰ δέσματος γαλῆς ράβδον ἐξ ὑάλου, εἴτε ἐκ θείου, εἴτε ἐκ ρητίνης, εἴτε ἐξ ἐβονίτου (σχ. 135), παρατηροῦμεν ὅτι ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἐλαφρὰ σώματα,



Σχ. 135. Ἀνάπτυξις ἠλεκτρισμοῦ διὰ τριβῆς.

π.χ. μικρὰ τεμάχια χάρτου, τρίχας, προιονίδια κλπ. Ἡ αἰτία ἢ προκαλοῦσα τὴν ἔλξιν ἐκλήθη **ἠλεκτρισμὸς** (1), τὰ δὲ ἔλκοντα σώματα λέγονται **ἠλεκτρισμένα**, καὶ ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἠλεκτρίσεως λέγεται **ἠλεκτρισίς διὰ τριβῆς**.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν. **Πάντα τὰ σώματα δύνανται νὰ ἠλεκτρισθῶσι διὰ τῆς τριβῆς.** Σώματά τινα φαίνονται ὅτι δὲν ἠλεκτρίζονται. Ράβδος π.χ. ἐκ σιδήρου εἴτε ἐκ χαλκοῦ προστριβομένη δὲν ἔλκει τὰ ἐλαφρὰ σώματα. Ἡ ἐξαίρεσις αὕτη εἶναι φαινομενική, διότι ἐάν στερεώσω-

(1) Ἡ πρώτη τοιαύτη παρατήρησις ἀποδίδεται εἰς τὸν Θαλῆ τὸν Μιλήσιον (640 π. Χ.) καὶ ἐγένετο ἐπὶ τοῦ ἠλέκτρου (κ. κεχριμπάρι), ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα ἠλεκτρισμός.

μεν τὴν ράβδον ταύτην ἐπὶ λαβῆς ὑαλίνης καὶ κρατήσωμεν τὴν λαβὴν εἰς τὴν χειρᾶ μας παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μεταλλίνη ράβδος εὐθὺς ὡς προστριβῆ ἠλεκτρίζεται.

**166. Εὐηλεκτραγωγὰ καὶ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα.** Πειράματα. 1ον Ράβδον ὑαλίνην κρατοῦμεν ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρός μας καὶ τὴν προστριβομεν διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος. Παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη ἔλκει ἐλαφρὰ σώματα μόνον εἰς τὰ προστριβέντα σημεῖα, καὶ ἐπομένως μόνον εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα ἠλεκτρίσθη. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηροῦμεν καὶ εἰς ράβδον ἐκ θείου εἴτε ἐκ ρητίνης.

2ον. Ράβδον σιδηρᾶν κρατοῦμεν ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρός μας καὶ τὴν προστριβομεν. Παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη δὲν δύναται νὰ ἔλκύσῃ ἐλαφρὰ σώματα καὶ ἐπομένως δὲν ἠλεκτρίσθη. Ἐάν ὅμως ἡ ράβδος στηριχθῆ ἐπὶ λαβῆς ὑαλίνης (σχ. 136) καὶ κατόπιν προστριβῆ, παρατηροῦμεν ὅτι τώρα ἔλκει ἐλαφρὰ σώματα καὶ ἐπομένως ἠλεκτρίσθη. Ὁ ἠλεκτρισμὸς δὲ αὐτῆς ἀναφαίνεται



Σχ. 136. Μεταλλίνη ράβδος μεμονωμένη.

ὄχι μόνον εἰς τὰ προστριβέντα σημεῖα ἀλλὰ καθ' ὅλην αὐτῆς τὴν ἐπιφάνειαν. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηροῦμεν εἰς οἰανδήποτε μεταλλίνην ράβδον.

**Συμπέρασμα.** Εἰς τὰ μέταλλα καὶ τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου ὁ ἠλεκτρισμὸς μεταδίδεται εὐκόλως καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν των, ἐνῶ εἰς τὴν ὑάλον, τὴν ρητίνην καὶ τὸ θεῖον οὗτος παραμένει μόνον εἰς τὰ προστριβόμενα σημεῖα. Τὰ διάφορα λοιπὸν σώματα δὲν παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς ἠλεκτρικὰς ιδιότητας.

Ἐνεκα τούτου κατέταξαν τὰ σώματα εἰς δύο κατηγορίας· εἰς **εὐηλεκτραγωγὰ**, ἐπὶ τῶν ὁποίων ὁ ἠλεκτρισμὸς μεταδίδεται εὐκόλως καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν των, καὶ εἰς **δυσηλεκτραγωγὰ**, ἐπὶ τῶν ὁποίων ὁ ἠλεκτρισμὸς μεταδίδεται δυσκόλως. Εὐηλεκτραγωγὰ εἶνε πάντα τὰ μέταλλα, τὸ ἀνθρώπινον σῶμα, ἡ γῆ, ὁ συμπαγῆς ἀνθραξ, ὁ γραφίτης, τὰ λινὰ ἢ καννάβινα νήματα, τὰ διαλύματα τῶν ἀλάτων καὶ τῶν ὀξέων κ. λ. π. Δυσηλεκτραγωγὰ δὲ εἶνε ἡ ὑάλος, ἡ ρητίνη, τὸ θεῖον, ἡ πορσελάνη, ἡ μέταξα, ἡ

γυοταπέριχη, τὸ ἐλαστικὸν κόμι, ὁ ἔβονίτης, ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, ὅταν εἶνε ξηρὸς κλπ.

**167. Μονωτήρες.**—Διὰ τὰ διατηρήσωμεν τὸν ἠλεκτρισμὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων, πρέπει νὰ στηρίξωμεν αὐτὰ ἐπὶ σώματος δυσηλεκτραγωγοῦ, τὸ ὁποῖον **ἀπομονώνει** τρόπον τινὰ τὰ εὐηλεκτραγωγὰ σώματα ἀπὸ τῆς Γῆς. Ἐνεκα τούτου τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα ἐκλήθησαν καὶ **ἀπομονωτικά** ἢ **μονωτήρες**. Τὰ μᾶλλον ἐν χρήσει ἀπομονωτικά σώματα εἶνε ἡ ὑάλος, ἡ πορσελάνη, ἡ μέταξα, ὁ ἔβονίτης, ἡ παραφίνη καὶ ἡ διηλεκτρίνη ἧτις εἶνε μείγμα θείου καὶ παραφίνης.

**168. Ἡλέκτρισις δι' ἐπαφῆς.**—**Πείραμα.** Σῶμα ἠλεκτρισμένον φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μετ' ὄσωμα εὐηλεκτραγωγόν καὶ μεμονωμένον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ μὴ ἠλεκτρισμένον ὄσωμα δύναται νὰ ἐλκύσῃ ἐλαφρὰ ὄσωματα, καὶ μάλιστα καθ' ὄλην τὴν ἐπιφανείαν του. Ἐπομένως ἠλεκτρίσθη. Ἐὰν τὸ μὴ ἠλεκτρισμένον ὄσωμα εἶναι δυσηλεκτραγωγόν, θέλει μὲν ἠλεκτρίσθῃ, ἀλλ' ὁ ἠλεκτρισμὸς θὰ παραμείνῃ μόνον εἰς τὰ σημεῖα τῆς ἐπαφῆς.

**Συμπέρασμα.** Σῶμά τι δύναται νὰ ἠλεκτρίσθῃ, ὅταν ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετ' ὄσωμα ἠλεκτρισμένον.

Ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἠλεκτρίσεως καλεῖται **ἠλέκτρισις δι' ἐπαφῆς**. Ἐὰν τὸ μὴ ἠλεκτρισμένον ὄσωμα ἔχη διαστάσεις παμμεγίστας, σχετικῶς πρὸς τὸ ἠλεκτρισμένον ὄσωμα, τότε τὸ ἠλεκτρισμένον ὄσωμα ἀποβάλλει σχεδὸν ὀλόκληρον τὸν ἠλεκτρισμὸν του. Ἐνεκα τούτου ὁ ἠλεκτρισμὸς σώματος εὐηλεκτραγωγοῦ, τεθέντος εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς Γῆς, ἐκρέει καὶ διαχέεται ἐντὸς αὐτῆς. Διὰ τοῦτο ἡ Γῆ ἐκλήθη **κοινὸν δοχεῖον τοῦ ἠλεκτρισμοῦ**.

**169. Ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές.**—Τὸ ὄργανον τοῦτο (σχ. 137), χρησιμεύει ὅπως ἀνευρίσκωμεν ἐὰν ὄσωμά τι εἶνε ἠλεκτρισμένον ἢ ὄχι.

Α') **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ μικροῦ καὶ ἐλαφροῦ σφαιριδίου α ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας (κ. κουφοξυλιᾶς), τὸ ὁποῖον προσδένεται εἰς τὸ ἐν ἄκρον λεπτοῦ νήματος ἐκ μετάξης (ἀντὶ σφαιριδίου δυνάμεθα νὰ προσδέσωμεν καὶ μικρὸν πτίλον). Τὸ νῆμα προσδένεται εἰς τὸ ἐπικαμπὲς ἄκρον μεταλλίνου στελέχους,

στηριζομένου ἐπὶ ἀπομονωτικοῦ ὑποστηρίγματος, καὶ τοιοιουτρόπως τὸ σφαιρίδιον εἶνε καλῶς μεμονωμένον ἀπὸ τῆς γῆς.

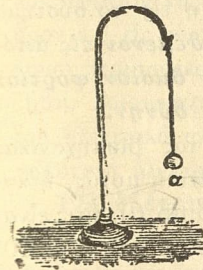
Β') **Τρόπος χρήσεως.** Πλησιάζομεν εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ὑπὸ ἔξετασιν ὄσωμα. Ἐὰν μὲν τὸ ὄσωμα εἶνε ἠλεκτρισμένον, τὸ σφαιρίδιον ἔλκεται, ἐὰν ὅμως δὲν εἶνε ἠλεκτρισμένον, τὸ σφαιρίδιον παραμένει ἀκίνητον.

Ὅταν ὄσωμά τι δὲν εἶνε ἠλεκτρισμένον, λέγομεν ὅτι εὐρίσκειται ἐν **οὐδετέρῳ καταστάσει**.

**170. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός.**—**Πειράματα.** 1ον. Ὑαλίνην ράβδον ἠλεκτρισμένην πλησιάζομεν εἰς τὸ σφαιρίδιον ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον καθ' ἀρχὰς μὲν **ἔλκεται**, μόλις ὅμως ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὴν ράβδον **ἀπωθεῖται** ζωηρῶς.

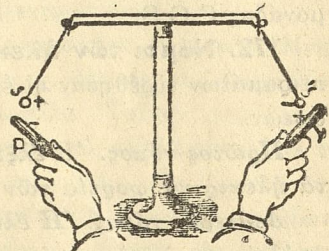
2ον. Ὅμοια φαινόμενα παρατηροῦμεν καὶ μετὰ ράβδον ἐκ ρητίνης, ἠλεκτρισμένην. Ὁ ἠλεκτρισμὸς λοιπὸν τῆς ὑάλου φαίνεται ὁμοίος μετὰ τὸν τῆς ρητίνης.

3ον. Εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ἔλθον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὴν ὑαλίνην ράβδον πλησιάζομεν τὴν ἐκ ρητίνης ράβδον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον



Σχ. 137. Ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές.

ἔλκεται ζωηρῶς (σχ. 138). Ζωηρὰν ἔξιν παρατηροῦμεν καὶ εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ἔλθον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὴν ἐκ ρητίνης ράβδον, ἐὰν πλησιάζωμεν εἰς τοῦτο τὴν ὑαλίνην ράβδον. Ὁ ἠλεκτρισμὸς λοιπὸν τῆς ὑάλου δὲν εἶνε ὁμοίος μετὰ τὸν τῆς ρητίνης, ὅπως προηγουμένως ἐνομίσαμεν, ἀλλὰ διαφέρει μεταξύ των. Ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ὑάλου ἐκλήθη **θετικὸς**, ὁ δὲ τῆς ρητίνης **ἀρνητικὸς**.



Σχ. 138. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός.

**Συμπεράσματα.** 1ον. Ὑπάρχουσι δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ· ὁ θετικὸς καὶ ὁ ἀρνητικὸς. (1)

(1) Τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμὸν σημειοῦμεν κατὰ συνθήκην διὰ τοῦ + τὸν δὲ ἀρνητικὸν διὰ τοῦ —.

2ον. Δύο σώματα ηλεκτρισμένα *ὁμωνύμως*, *ἀπωθοῦνται ἀμοιβαίως*, ηλεκτρισμένα δὲ *ἐτερονύμως*, *ἔλκονται ἀμοιβαίως*.

**171. Ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ μονὰς αὐτοῦ.**

Δύο ηλεκτρισμένα σώματα, λέγομεν ὅτι ἔχουσιν *ἴσα ηλεκτρικὰ φορτία*, ἐὰν τιθέμενα εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τρίτου τινὸς σώματος ἔλκωσιν ἢ ἀπωθοῦσιν αὐτὸ *μετὰ δυνάμεων ἴσων*. Καὶ ἐν γένει σῶμά τι ηλεκτρισμένον λέγομεν ὅτι ἔχει *ηλεκτρικὸν φορτίον διπλάσιον, τριπλάσιον κλπ.* τοῦ *ηλεκτρικοῦ φορτίου ἄλλου*, ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλκη ἢ ἀπωθῆ ἄλλο τι σῶμα μετὰ δυνάμεως διπλασίας, τριπλασίας κλπ. τῆς τοῦ ἄλλου.

Πρὸς μέτρησιν τῶν *ηλεκτρικῶν φορτίων* λαμβάνομεν ὁρισμένον *ηλεκτρικὸν φορτίον* ὡς *μονάδα* καὶ πρὸς αὐτὸ συγκρίνομεν τὰ ἄλλα. Ὡς *μονὰς ηλεκτρικοῦ φορτίου* ἐλήφθη εἰς τὸ σύστημα C.G.S. *τὸ ηλεκτρικὸν φορτίον τὸ ὁποῖον τιθέμενον εἰς ἀπόστασιν 1 ἑκατοστομέτρου ἀπὸ ἴσον καὶ ὅμοιον φορτίον ἀπωθεῖ τοῦτο μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1 δύννη.*

Ἄλλ' ἡ *μονὰς αὕτη* εἶναι λίαν μικρὰ διὰ τὰς βιομηχανικὰς ἀνάγκας καὶ διὰ τοῦτο λαμβάνεται ἕτερα *πρακτικὴ μονὰς*, ἡ *καλουμένη c o u l o m b* (πρὸς τιμὴν τοῦ Coulomb (1), ἣτις εἶναι  $3 \times 10^9$  φορὰς μεγαλυτέρα τῆς πρώτης, ἥτοι  $1 \text{ coulomb} = 3 \times 10^9$  μονάδας C.G.S.

**172. Νόμοι τῶν ηλεκτρικῶν ἔλξεων καὶ ὤσεων.** Διὰ πειραμάτων εὐρέθησαν οἱ ἐξῆς νόμοι τῶν *ηλεκτρικῶν ἔλξεων* καὶ *ὤσεων*.

**Πρῶτος νόμος.** *Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἀπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰ ηλεκτρικὰ φορτία τῶν ηλεκτρισμένων σωμάτων.*

**Δεύτερος νόμος.** *Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἀπωσις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν σωμάτων.*

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

$$\Delta = \pm \frac{\mu \cdot \mu'}{a^2} \text{ δύνας } (2)$$

(1) Coulomb (1736—1806). Γάλλος μαθηματικὸς καὶ φυσικὸς, γνωστός ἐκ τῶν ἐργασιῶν του ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν καὶ ηλεκτρικῶν δυνάμεων. Ἰδρυσε τοὺς νόμους τῶν μαγνητικῶν καὶ ηλεκτρικῶν ἔλξεων καὶ ὤσεων, καὶ ἔδωκε τὸ ὄνομά του εἰς τὴν *πρακτικὴν μονάδα* τῆς ποσότητος τοῦ *ηλεκτρισμοῦ*.

(2) Τὸ σημεῖον + εἶναι ἐν περιπτώσει ἀπόσεως καὶ τὸ — ἐν περιπτώσει ἔλξεως.

μένον καὶ *ηλεκτρισμένον*, εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοῦ *κυλίνδρου* καὶ τὸ φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν *ἑσωτερικῶν τοιχωμάτων* αὐτοῦ, ὅλος ὁ *ηλεκτρισμὸς* τοῦ σώματος θέλει μεταβῆ εἰς τὴν *ἑσωτερικὴν ἐπιφάνειαν* τοῦ *κυλίνδρου* καὶ εἰς τὸ *ηλεκτροσκόπιον* τοῦ ὁποῖου τὰ φύλλα θὰ ἀποκλίνωσι.

**191. Πρόσθεσις τῶν ηλεκτρικῶν φορτίων.**—Ἐντὸς τοῦ *κυλίνδρου* τοῦ Faraday εἰσαγόμεν μικρὰν *σφαιραν A* *ηλεκτρισμένην* π. χ. *θετικῶς*, καὶ τὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὰ *ἑσωτερικὰ τοιχώματα* τοῦ *κυλίνδρου* ὁπότε τὸ *ηλεκτρικὸν φορτίον* τῆς, *μεταδίδεται* εἰς τὸν *κύλινδρον* καὶ εἰς τὸ *ηλεκτροσκόπιον*, τοῦ ὁποῖου τὰ φύλλα ἀποκλίνουσι. Ἡλεκτριζόμεν ἐκ νέου τὴν *σφαιραν A* καὶ ἐπαναλαμβάνομεν τὸ αὐτὸ πείραμα. Τὸ νέον *ηλεκτρικὸν φορτίον* τῆς *σφαίρας* μεταδίδεται καὶ πάλιν εἰς τὸν *κύλινδρον* καὶ εἰς τὸ *ηλεκτροσκόπιον* τοῦ ὁποῖου τὰ φύλλα ἀποκλίνουσι *περισσότερον*, ἐπομένως τὸ *ηλεκτρικὸν φορτίον* αὐτοῦ *ἠξήθη*. Τοιοῦτοτρόπως εἶναι δυνατὸν *μεταχειριζόμενοι* ἐκάστοτε *ἴσα ηλεκτρικὰ φορτία* νὰ *συσσωρεύσωμεν* εἰς τὸ *ηλεκτροσκόπιον* ποσότητα *ηλεκτρισμοῦ* 2, 3, 4, κ. λ. π. φορὰς *μεγαλυτέραν*.

**192. Μέτρησις τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου.** Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ *ηλεκτρικὸν φορτίον* σώματός τινος, ἀνάγκη *προηγουμένως* νὰ *βαθμολογήσωμεν* τὸ *ηλεκτροσκόπιον*.

A) **Βαθμολόγησις τοῦ ηλεκτροσκοπίου.** Τὴν *μεταλλίνην σφαιραν A* (σχ. 147) *ηλεκτριζόμεν*, π. χ. *θετικῶς* καὶ *θεωροῦμεν* τὸ *ηλεκτρικὸν φορτίον* αὐτῆς ὡς *μονάδα*. Ταύτην φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὰ *ἑσωτερικὰ τοιχώματα* τοῦ *κυλίνδρου* ὁπότε τὰ *φύλλα* ἀποκλίνουσι, *σχηματίζοντα* γωνίαν τινὰ, τὴν ὁποίαν *σημειοῦμεν* ἐπὶ τόξου κύκλου *εὐρισκομένου* ἐνώπιον τῶν *φύλλων*, *γράφοντες* ἐκεῖ τὸν ἀριθμὸν 1. Ἐξάγωμεν ἔπειτα τὴν *σφαιραν* καί, *ἀφοῦ* τὴν *ηλεκτρίσωμεν* ἐκ νέου *κατὰ τὸν αὐτὸν ὡς καὶ πρότερον* τρόπον, καὶ διὰ τοῦ αὐτοῦ εἴδους *ηλεκτρισμοῦ*, τὴν *εἰσαγάγωμεν* πάλιν εἰς τὸν *κύλινδρον*. Τὰ *φύλλα* ἀποκλίνουσι *περισσότερον*, *σχηματίζοντα* *μεγαλυτέραν* γωνίαν, τὴν ὁποίαν *σημειοῦμεν* ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ τόξου διὰ τοῦ 2. Καθ' ὅμοιον τρόπον *σημειοῦμεν* καὶ τὰς γωνίας 3, 4, . . . . Τοιοῦτοτρόπως θὰ ἔχωμεν *μίαν κλίμακα* γωνιῶν 1, 2, 3, . . . ., αἵτινες ἀντιστοιχοῦσιν εἰς *φορτία* *θετικοῦ ηλεκτρισμοῦ* ἴσα μετὰ 1, 2, 3, . . . .

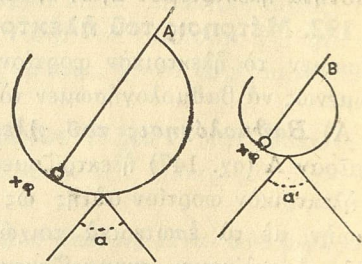
μονάδας. Τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κατακόρυφον θέσιν τῶν φύλλων τοῦ ὄργάνου (1).

Ἡ αὐτὴ βαθμολογία ἰσχύει καὶ διὰ τὰ φορτία τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Πράγματι ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων εἶναι ἡ αὐτή, ὅταν, ἀντὶ ἠλεκτρικοῦ τινος φορτίου  $+φ$ , ληφθῆ τὸ ἴσον καὶ ἀντίθετον  $-φ$ .

**Β) Χρῆσις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου.** Φέρομεν κατὰ πρῶτον τὸ ἠλεκτροσκόπιον εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν, καὶ πρὸς τοῦτο ἐγγίζομεν τὸ στέλεχος αὐτοῦ διὰ τοῦ δακτύλου μας. Κατόπιν εἰσάγομεν εἰς τὸν κύλινδρον τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα μέχρις ὅτου ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὰ τοιχώματα αὐτοῦ. Τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουσι τότε ὑπὸ γωνίαν, ἐκ τῆς ὁποίας προσδιορίζομεν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον  $φ$  τοῦ σώματος.

Διὰ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday τῇ βοήθειᾳ καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ ἐπιπέδου δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν καὶ τὴν ἠλεκτρικὴν πυκνότητα  $π$  εἰς τι σημεῖον ἠλεκτρισμένου σώματος, ἐφαρμοζόντες τὸν τύπον  $π = \frac{φ}{ε}$ .

**193. Ἡλεκτροδυναμικόν.** Καλοῦμεν ἠλεκτροδυναμικὸν ἢ ἀπλῶς *δυναμικόν* ἄγωγος τίνος κατὰ τινα στιγμήν, τὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν αὐτοῦ κατὰ τὴν στιγμήν ταύτην. Τὸ ἠλεκτροδυναμικόν ἄγωγος τίνος εἶναι ἀνεξάρτητον τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου καθὼς ἀποδεικνύει τὸ ἑξῆς πείραμα.



Σχ. 148. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς διαφορᾶς τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ.

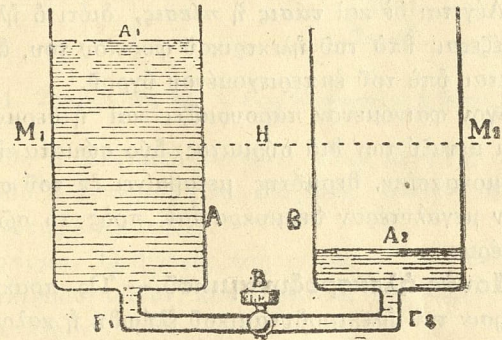
Λαμβάνομεν δύο μεταλλίνας σφαίρας A καὶ B (σχ. 148) μεμονωμένας, αἵτινες ἔχουσι διαφοροὺς ἀκτίνας καὶ συγκοινωνοῦσι μετὰ δύο ἐντελῶς ὅμοια ἠλεκτροσκόπια. Ἐὰν μεταδώσωμεν εἰς ἀμφοτέρας τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον  $+φ$  π.χ. Coulombs, θέλο-

(1) Εἶναι προτιμότερον τὸ ἐν φύλλον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ στελέχους ἀκινήτου, ὅποτε τοῦτο θὰ παραμένῃ πάντοτε εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος, ἐνῶ τὸ ἄκρον τοῦ κινήτου φύλλου θὰ μετακινήται ἐνώπιον τῆς κλίμακος.

ρεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα τῶν ἠλεκτροσκοπίων δὲν δεικνύουσι τὴν αὐτὴν ἀπόκλισιν.

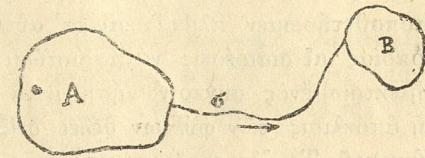
**Συμπέρασμα.** Αἱ δύο σφαίραι, καίτοι φέρουσι τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, ἐν τούτοις ἔχουσιν ἠλεκτροδυναμικὸν διάφορον.

**194. Ἀναλογία τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ πρὸς τὴν στάθμην τῶν ὑγρῶν καὶ πρὸς τὴν θερμοκρασίαν.** Ἐστω-



Σχ. 149. Ὁμοιότης τῆς διαφορᾶς τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης.

σαν δύο δοχεῖα A καὶ B (σχ. 149) περιέχοντα ὕδωρ καὶ συγκοινωνοῦντα μεταξύ των διὰ σωλῆνος μικρᾶς διαμέτρου. Ἐὰν τὸ ὕδωρ εὐρίσκειται ὑψηλότερον ἐν τῷ δοχείῳ A, θέλει παραχθῆ ἐν τῷ σωλῆνι ρεῦμα ὕδατος βαίνον ἐκ τοῦ δοχείου A πρὸς τὸ δοχεῖον B, μέχρις ὅτου τὸ ὕδωρ ἔλθῃ εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, ὅποτε θὰ καταπαύσῃ.



Σχ. 150. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ προκαλεῖ μετάθεσιν ἠλεκτρισμοῦ.

Πρὸς τὴν στάθμην τοῦ ὑγροῦ δυνάμεθα νὰ παραβάλωμεν καὶ τὸ ἠλεκτροδυναμικόν. Ἐστώσαν A καὶ B (σχ. 150) δύο σώματα μεμονωμένα καὶ ἠλεκτρισμένα, ἅτινα συγκοινωνοῦσι διὰ σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ. Ἐὰν ἐν τῷ σύρματι παραχθῆ μετάθεσις ἠλεκτρισμοῦ, θέλομεν εἶπει ὅτι οἱ δύο ἄγωγοὶ δὲν ἔχουσι



τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικόν. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ μεγαλύ-  
τερον ἠλεκτροδυναμικὸν θὰ ἔχη ὁ ἄγωγὸς ἐκ τοῦ ὁποίου μετα-  
τίθεται ὁ ἠλεκτρισμὸς. Τοῦναντίον, ἐὰν ἐν τῷ σύρματι δὲν πα-  
ραχθῇ μετάθεσις ἠλεκτρισμοῦ, οἱ δύο ἄγωγοὶ ἔχουσι τὸ αὐτὸ  
ἠλεκτροδυναμικόν.

Ἡ διαφορὰ λοιπὸν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ δύναται νὰ θεω-  
ρηθῇ ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης. Ἔνεκα τῆς ἀνα-  
λογίας ταύτης τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν καλεῖται καὶ *ἠλεκτρικὴ*  
*στάθμη*. Λέγεται δὲ καὶ *τάσις* ἢ *πίεσις*, διότι ὁ ἠλεκτρισμένος  
ἄγωγὸς πιέζεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου του, ὅπως τὸ δο-  
χεῖον πιέζεται ὑπὸ τοῦ ἐμπεριεχομένου ὑγροῦ.

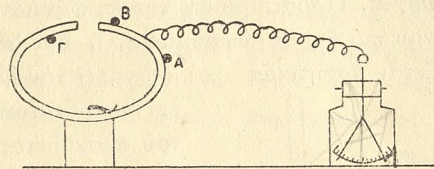
Ἄνάλογον φαινόμενον παρουσιάζει καὶ ἡ θερμότης. Ὅταν  
συνδέωνται μεταξύ των διὰ σύρματος δύο σώματα ἔχοντα διά-  
φορον θερμοκρασίαν, θερμότης μεταβαίνει ἐκ τοῦ σώματος τοῦ  
ἔχοντος τὴν μεγαλύτεραν θερμοκρασίαν πρὸς τὸ σῶμα τὸ ἔχον  
τὴν μικροτέραν.

**195. Μονὰς ἠλεκτροδυναμικοῦ.**— Ὡς πρακτικὴ μονὰς  
πρὸς μέτρησιν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ ἐλήφθη ἡ καλουμένη volt  
(πρὸς τιμὴν τοῦ Volta). Τίνι τρόπῳ καθωρίσθη ἡ μονὰς αὕτη  
θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

**196. Μέτρησις τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ.**— Πρὸς μέτρησιν  
τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ μεταχειρίζομεθα εἰδικὰ ὄργανα, ἅτινα κα-  
λοῦνται *ἠλεκτρόμετρα*. Εἰς ἠλεκτρόμετρον μετατρέπεται τὸ  
ἠλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων, ὅταν ὀπισθεν τῶν φύλλων του  
τοποθετήσωμεν πλάκα καὶ ἐπ' αὐτῆς χαράξωμεν κλίμακα, τῆς  
ὁποίας αἱ διαιρέσεις νὰ παριστῶσι μονάδας volt. Ἐὰν ἄγωγὸς  
ἠλεκτρισμένος συγκοινωνήσῃ μετὰ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου τούτου,  
ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων θέλει δείξει τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τοῦ  
ἄγωγοῦ. Τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τῆς γῆς λαμβάνεται κατὰ συνθή-  
κην *ἕσον τῷ μηδενί*, διότι πᾶν σῶμα ἠλεκτρισμένον, τιθέμενον  
εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς γῆς ἀποβάλλει τὸ ἠλεκτρικὸν αὐτοῦ  
φορτίον καὶ ἐπανέρχεται εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν.

**197. Σταθερότης τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ ἐνὸς ἄγω-  
γοῦ.**— *Πείραμα*. Λαμβάνομεν ἄγωγὸν οἰοῦδήποτε σχήματος,  
π. χ. ὠοειδοῦς (σχ. 151), μειονωμένον καὶ ἠλεκτρισμένον, τοῦ  
ὁποίου ἐν σημεῖον φέρομεν εἰς συγκοινωνίαν, διὰ σύρματος μα-

κροῦ καὶ λεπτοῦ, μετὰ τινος ἠλεκτροσκοπίου μετὰ φύλλων. Πα-  
ρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων εἶναι ἡ αὐτή, ὅπουδῆ-  
ποτε τοῦ ἄγωγοῦ καὶ ἂν λαμβάνεται τὸ σημεῖον, εἴτε εἰς τὴν



Σχ. 151. Σταθερότης τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ ἐνὸς ἄγωγοῦ.

χώραν A ἔνθα ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης εἶναι μεγίστη, εἴτε εἰς τὴν  
χώραν B ἔνθα ἡ πυκνότης εἶναι ἐλαχίστη, εἴτε εἰς τὴν χώραν Γ  
ἔνθα ἡ πυκνότης εἶναι μηδέν.

**Συμπέρασμα.** Ὁ ἄγωγὸς παρουσιάζει εἰς ὅλα τὰ σημεία του  
τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικόν, καὶ ἐπομένως τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν  
του εἶναι σταθερόν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

### ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

**198. Ὅρισμός.**— Καλοῦνται *ἠλεκτροστατικαὶ μηχαναί*,  
μηχαναὶ αἵτινες δύνανται νὰ παράγωσι συνεχῶς ἠλεκτρισμὸν  
ὑψηλοῦ δυναμικοῦ, εἴτε διὰ *τριβῆς*, εἴτε δι' *ἐπιδράσεως*, εἴτε  
ὅπως συνήθως διὰ τριβῆς ἅμα καὶ ἐπιδράσεως.

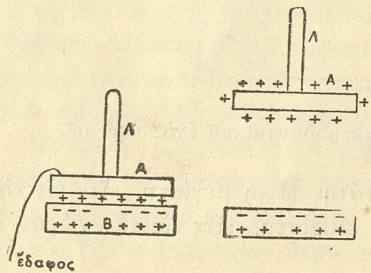
**199. Ἡλεκτροφόρον τοῦ Volta (!).**— Ἡ ἀπλουστάτη τῶν  
ἠλεκτροστατικῶν μηχανῶν εἶναι ἡ καλουμένη *ἠλεκτροφόρον*  
*τοῦ Volta*.

A) *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται 1ον) ἐξ ἐνὸς πλακοῦντος B

(1) Volta (1745—1827). Ἴταλὸς σοφὸς ἀσχοληθεὶς ἰδίως εἰς τὰ ἠλε-  
κτρικὰ φαινόμενα καὶ ἐπινοήσας τὸ ἠλεκτροφόρον, τὸ ἠλεκτροσκόπιον  
καὶ τὴν ἠλεκτρικὴν στήλην. Ἔδωκε τὸ ὄνομα volt εἰς τὴν μονάδα τοῦ  
ἠλεκτροδυναμικοῦ καὶ τῆς ἠλεκτρογενετικῆς δυνάμεως.

(σχ. 152) ἐκ ρητίνης, καὶ 2ον) ἐξ ἑνὸς δίσκου ξυλίνου A, ὅστις εἶναι κεκαλυμμένος πανταχόθεν διὰ φύλλον κασσιτέρου, ἵνα ἡ ἐπιφάνειά του καταστῇ εὐηλεκτραγωγός, καὶ φέρει ὑαλίνην λαβὴν Λ.

B) **Δειτουργία.** Προστριβόμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ πλακοῦντος διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος, ἢ διὰ δέματος γαλῆς. Αὕτη ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς καὶ διατηρεῖ τὸν ἠλεκτρισμὸν τῆς



Σχ. 152. Ἐλεκτροφόρον τοῦ Volta.

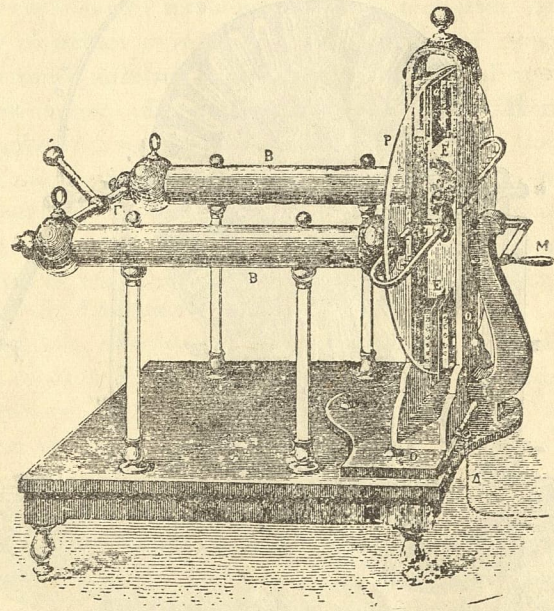
ἐπὶ μακρότατον χρόνον. Ἐπὶ τοῦ πλακοῦντος θέτομεν τὸν δίσκον, ὅστις ἠλεκτρίζεται δι' ἐπιδράσεως θετικῶς ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας του, καὶ ἀρνητικῶς ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας. Ἐὰν ἤδη ἐγγίσωμεν διὰ τοῦ δακτύλου μας τὸν δίσκον, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς διοχετεύεται εἰς τὴν γῆν, καὶ ὁ

δίσκος μένει ἠλεκτρισμένος θετικῶς, ἀλλὰ τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν αὐτοῦ εἶναι μηδέν. Ἐὰν δὲ ἀπομακρύνωμεν τὸν δάκτυλόν μας καὶ κατόπιν ἀνυψώσωμεν τὸν δίσκον διὰ τῆς λαβῆς, οὗτος μένει ἠλεκτρισμένος θετικῶς.

**200. Ἐλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Ramsden.**— A)

**Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται 1ον) ἐκ τοῦ προστριβομένου σώματος, ὅπερ εἶναι δίσκος ὑάλινος P (σχ. 153), δυνάμενος νὰ περιστρέφεται. 2ον) ἐκ τοῦ προστριβόντος σώματος, ὅπερ ἀποτελεῖται ἐκ τεσσάρων δεγματίνων προσκεφαλαίων E ἐμπεριεχόντων τρίχας. Τὰ προσκεφάλαια συγκοινωνοῦσι μετὰ τῆς γῆς δι' ἀλύσεως Δ καὶ εὐρίσκονται τὰ δύο πρὸς τὸ ἄνω ἄκρον μιᾶς κατακορύφου διαμέτρου τοῦ δίσκου καὶ τὰ ἕτερα δύο πρὸς τὸ κάτω, καὶ 3ον) ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπισωρεῦνται ὁ ἠλεκτρισμὸς. Τὸν ἀγωγὸν τοῦτον ἀποτελοῦσι δύο κοῖλοι ὄρειχάλκινοι κύλινδροι B καὶ B, οἵτινες στηρίζονται ἐπὶ ὑαλίνων ποδῶν καὶ φέρουσι κατὰ μὲν τὸ ἓν ἄκρον, τὸ πρὸς τὸν δίσκον, ἐπικαμπεῖς μεταλλίνας σωλῆνας, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον συνδέονται διὰ λεπτοτέρου σωλῆνος. Ὁ δίσκος διέρχεται μετὰ τῶν σκελῶν τῶν ἐπικαμπῶν σωλῆνων ἅτινα φέρουσι πρὸς τὸ μέρος τοῦ δίσκου σειρὰν μεταλλίνων ἀκίδων ἐν εἴδει κτενῶν.

B) **Δειτουργία.** Περιστρέφωμεν τὸν δίσκον, ὁπότε οὗτος προστριβόμενος ἐπὶ τῶν προσκεφαλαίων ἠλεκτρίζεται θετικῶς. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς, φερόμενος διὰ τῆς στροφῆς τοῦ δίσκου ἐνώπιον τῶν ἀκίδων, ἀναλύει τὸ οὐδέτερον ἠλεκτρικὸν ρευστὸν αὐτῶν καὶ τὸν μὲν ὁμώνυμον ἠλεκτρισμὸν ἀπωθεῖ πρὸς τοὺς κυλίνδρους, τὸν δὲ ἐτερόνυμον ἔλκει πρὸς τὰς ἀκίδας, ἐκ τῶν ὁποίων ἐκρέει πρὸς τὸν δίσκον καὶ ἐξουδετεροῖ τὸν ἠλεκτρισμὸν



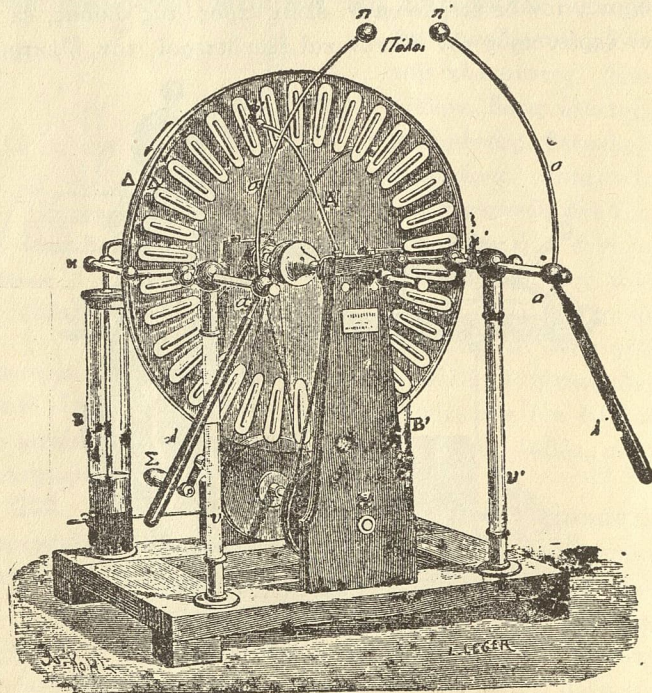
Σχ. 153. Ἐλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Ramsden.

αὐτοῦ. Τοιοῦτοτρόπως συσσωρεύεται θετικὸς ἠλεκτρισμὸς ἐπὶ τῶν κυλίνδρων, καθ' ὃν χρόνον ὁ δίσκος περιστρέφεται.

201. **Ἐλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimschurst.** A) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται 1ον) ἐκ τοῦ προστριβομένου σώματος. Τοῦτο εἶνε μικραὶ ταινίαι ἐκ κασσιτέρου προσκεκολλημέναι ἀκτινηδὸν ἐπὶ δύο κυκλικῶν δίσκων Δ καὶ Δ' (σχ. 153) ἐξ ὑάλου ἢ ἐξ ἐβονίτου, οἵτινες περιστρέφονται κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις.

2ον) Ἐκ τοῦ προστριβόντος σώματος. Τοῦτο εἶνε ψῆκται μέταλλιναι εὐρισκόμεναι εἰς τὰ ἄκρα δύο διαμετρικῶν μεταλλίνων ἀγωγῶν A', οἵτινες τοποθετοῦνται καθέτως πρὸς ἀλλήλους καὶ ὑπὸ γωνίαν 15° ὡς πρὸς τὸν ὀρίζοντα καὶ

3ον) Ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπισσωρεύεται ὁ ἠλεκτρισμός. Οὗτος εἶνε δύο μετάλλινά τόξα σ και σ' ἀπολήγοντα εἰς μικρὰς σφαι-  
ρας π και π' αἵτινες καλοῦνται πόλοι τῆς μηχανῆς και δύνανται νὰ  
πλησιάζουν και νὰ ἀπομακρύνωνται ἀπ' ἀλλήλων. Δύο συμπυκνωταὶ Β  
και Β' εὐρισκόμενοι εἰς τὴν βᾶσιν τῆς μηχανῆς συγκοινωνοῦσι μὲ τοὺς  
πόλους αὐτῆς. Τὰ τόξα συγκοινωνοῦσι μὲ δύο μεταλλίνοὺς ἐπικαμπτεῖς



Σχ. 154. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimschurst.

σωλῆνας κ και κ' οἵτινες φέρουσι σειρὰν μεταλλίνων ἀκίδων ἐν εἴδει  
κτενῶν. Μεταξὺ τῶν κτενῶν τούτων διέρχονται οἱ δύο δίσκοι.

Β') **Λειτουργία.** Περιστρέφωμεν τοὺς δίσκους ὁπότε αἱ ταινίαι τοῦ  
κασσιτέρου, ἠλεκτριζόμεναι διὰ τριβῆς και δι' ἐπιδράσεως, ἔρχονται  
εἰς μὲν τὸν ἕνα κτένα (τὸν αὐτὸν και διὰ τοὺς δύο δίσκους) μὲ θετι-  
κὸν ἠλεκτρισμόν, εἰς δὲ τὸν ἄλλον μὲ ἀρνητικόν. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρι-  
σμός ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ κτενός, και τοιουτοτρόπως ἐκ μὲν τῶν ἀκίδων του  
ἐκρέει ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός, ὅστις ἐξουδετερώνει τὸν θετικὸν ἠλεκτρι-  
σμόν τῶν ταινιῶν, ἐπὶ δὲ τοῦ πόλου, τοῦ συγκοινωνοῦντος μετὰ τοῦ

κτενός συσσωρεύεται θετικὸς ἠλεκτρισμός. Ὅμοίως ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκ-  
τρισμός ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἐτέρου κτενός, και ἐκ μὲν τῶν ἀκίδων του ἐκ-  
ρέει θετικὸς ἠλεκτρισμός, ὅστις ἐξουδετερώνει τὸν ἀρνητικὸν τῶν ται-  
νιῶν, ἐπὶ δὲ τοῦ πόλου τοῦ συγκοινωνοῦντος μετὰ τοῦ κτενός τούτου  
συσσωρεύεται ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός.

#### ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

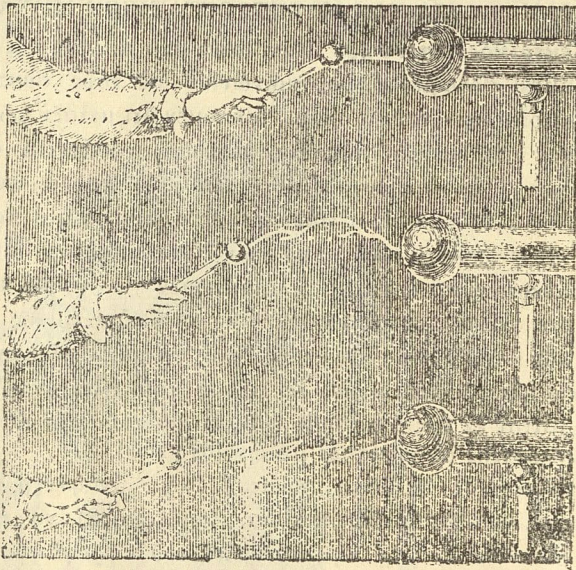
**Ἡλεκτρικὸς σπινθῆρ.** Ἐὰν τοὺς δύο πόλους τῆς μηχανῆς  
Wimschurst θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν μὲ τοὺς συμπυκνωτὰς  
και περιστρέψωμεν τοὺς δίσκους, βλέπομεν ὅτι μεταξὺ τῶν πόλων,  
ὅταν οὗτοι εὐρισκωνται πλησίον ἀλλήλων, παράγεται φωτεινὸν  
φαινόμενον τὸ ὁποῖον συνοδεύεται και ὑπὸ ξηροῦ ψόφου. Τὸ  
φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ** και προέρχεται  
ἐκ τῆς συνενώσεως τῶν ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν. Ἡλεκτρικὸς  
σπινθῆρ ἐκρήγνυται και ὅταν πλησιάζωμεν τὴν χεῖρά μας, π. χ.  
εἰς τὸν ἕνα πόλον τῆς μηχανῆς. Ἐν γένει ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ  
ἐκρήγνυται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν, ὅταν οὗτοι εὐρισκωνται ὑπὸ  
διάφορον ἠλεκτροδυναμικόν. Τὸ μῆκος τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆ-  
ρος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ τῶν ἀγωγῶν, τὸ  
δὲ σχῆμα ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν (σχ. 155).

Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ δύναται 1) νὰ ἀναφλέξη εὐφλεκτα  
σώματα, π. χ. αἰθέρα, οἰνόπνευμα, πυρίτιδα, 2) νὰ παραγάγῃ  
χημικὰ φαινόμενα, π. χ. τὴν σύνθεσιν τοῦ ὕδρογόνου και τοῦ  
ὀξυγόνου και τὴν ἀποσύνθεσιν τῆς ἀεριώδους ἀμμωνίας, 3) νὰ  
ἐπιφέρῃ ἑλαφρὸν τιναγμὸν εἰς τὸν δάκτυλον μας, συντιναγμὸν  
εἰς τὸ σῶμα, ἀναισθησίαν, παράλυσιν και αὐτὸν τὸν θάνατον εἰς  
τὰ μικρὰ ζῷα, και 4) νὰ σχίση, νὰ θραύση, νὰ διατρύπησῃ σώ-  
ματα δυσηλεκτραγωγὰ, π.χ. πλάκα ὑαλίνην, φύλλον χάρτου κλπ.

**Συμπέρασμα.** Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ παρουσιάζει διάφορα  
ἀποτελέσματα, φωτεινά, θερμαντικά, χημικά, φυσιολογικά και  
μηχανικά.

2ον **Ἡλέκτρισις θύσανου ἐκ ταινιῶν χάρτου.** Ἐπὶ τοῦ  
ἐνός ἄκρου στελέχους μεταλλίνου και ἀπομεμονωμένου προσδένο-  
μεν λεπτὰς ταινίας ἐκ χάρτου. Συγκοινωνοῦντες τὸ στέλεχος δι'  
ἀλύσεως μὲ τὸν ἕνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς, παρατηροῦ-  
μεν ὅτι ὁ θύσανος διανοίγεται. Ἐὰν ὁ θύσανος ἀντικατασταθῇ  
δι' ἀνθρώπου ἰσταμένου ἐπὶ θρανίου, ἔχοντος ὑαλίνοὺς πόδας,  
θέλωμεν παρατηρήσει ὅτι αἱ τρίχες αὐτοῦ ἀνορθοῦνται.

3ον) **Ἡλεκτρικὸς χορδός.** Ἐπὶ μεταλλίνου δίσκου θέτομεν σφαιρίδια ἕξ ἐντεριώνης ἀκτίας. Ἐὰν κρατήσωμεν τὸν δίσκον διὰ τῆς χειρὸς μας καὶ τὸν φέρωμεν ὑπὸ τὸν ἕνα πόλον λειτουργή-



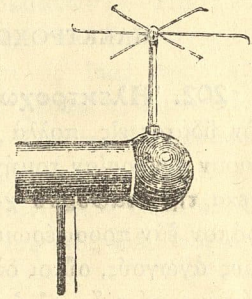
Σχ. 155. Σχήματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος.

γούσης μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ σφαιρίδια ἀναπηδῶσιν ἐπανειλημμένως ἐκτελοῦντα εἶδος χοροῦ, ἕνεκα τῆς ἠλεκτρίσεως αὐτῶν ἕξ ἐπιδράσεως.

4ον) **Ἡλεκτρικὸν κωδώνισμα.** Μεταξὺ δύο κωδωνίων ἄνευ πλήκτρον, κρεμῶμεν διὰ νήματος ἕκ μεταξῆς μετάλλινον σφαιρίδιον. Ἐὰν δι' ἀλύσεως θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν τὸ ἕν κωδώνιον μὲ τὴν γῆν, τὸ δὲ ἕτερον μὲ τὸν ἕνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι τὸ σφαιρίδιον κρούει ἐπανειλημμένως τὰ κωδώνια καὶ παράγει οὕτω κωδωνοκρουσίαν, ἕνεκα τῆς ἠλεκτρίσεως αὐτοῦ ἕξ ἐπιδράσεως.

5ον). **Ἡλεκτρικὸς στρόβιλος.** Ὁ στρόβιλος κατασκευάζεται ἕκ τριῶν ἢ καὶ περισσοτέρων συρμάτων, συνδεδεμένων ἐν εἴδει ἀστέρος (σχ. 156) καὶ τῶν ὁποίων τὰ ἐλεύθερα ἄκρα εἶναι κε-

καμμένα κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν καὶ ἀπολήγουσιν εἰς ἀκίδας. Εἰς τὸ σημεῖον τῆς συνενώσεως ὑπάρχει μικρὰ κοιλότης, ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσάγεται ἡ δξεία ἀκμὴ κατακορύφου ἄξονος καὶ οὕτως ὁ στρόβιλος δύναται νὰ περιστραφῇ. Ἐὰν ὁ στρόβιλος συγκοινωνήσῃ μὲ τὸν ἕνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τίθεται εἰς ταχυτάτην περιστροφικὴν κίνησιν, κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς τῶν ἀκίδων. Ἡ περιστροφή ὀφείλεται εἰς τὴν ἄπωση τῶν ἀκίδων ὑπὸ τῶν πέριξ μορίων τοῦ ἀέρος ἅτινα ἠλεκτρίζονται ὁμωμένως πρὸς τὰς ἀκίδας.



Σχ. 156. Ἡλεκτρικὸς στρόβιλος.

6ον). **Πίναξ σπινθηροβόλος.** Οὗτος κατασκευάζεται μὲ πλάκα ἕξ ὑάλου ἢ ἕξ ἔβονιτου, ἣτις φέρει ἐπὶ τῆς μιᾶς ὄψεως προσκεκολλημένην εἰς συνεχεῖς παραλλήλους γραμμὰς ταινίαν ἕκ κασιτέρου. Ἡ ταινία ἀποκόπτεται κατόπιν εἰς διάφορα σημεῖα, καὶ τούτου ἕνεκα δὲν εἶναι συνεχῆς, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἕκ μεγάλου ἀριθμοῦ τμημάτων. Ἐὰν δι' ἀλύσεως συγκοινωνήσῃ τὸ τελευταῖον τμημα μὲ τὴν γῆν, τὸ δὲ πρῶτον μὲ τὸν ἕνα πόλον τῆς μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει ἠλεκτρικοὺς σπινθῆρας εἰς ὅλας τὰς διακοπὰς τῆς ταινίας. Οὗτοι ἐξηγοῦνται ὡς ἑξῆς: Ὅλα τὰ τμήματα τῆς ταινίας ἠλεκτρίζονται ἕξ ἐπιδράσεως, ἕνεκα τῆς ὁποίας συσσωρεύονται ἑτερόνυμοι ἠλεκτρισμοὶ εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν. Οὗτοι ἐκπηδῶντες πρὸς ἀλλήλους ἐνοῦνται καὶ παράγουσι τοὺς ἠλεκτρικοὺς σπινθῆρας. Κατ' ἀνάλογον τρόπον κατασκευάζεται ὁ σπινθηροβόλος σωλὴν καὶ ἡ σπινθηροβόλος σφαιρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄.

ΗΛΕΚΤΡΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ—ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΑΙ.

**202. Ἡλεκτροχωρητικότητα.** Ἐὰν χύσωμεν τὸ αὐτὸ ποσὸν ὕδατος εἰς πολλὰ κυλινδρικά δοχεῖα τὰ ὁποῖα ἔχουσι διάφορον ἔγκαρσίαν τομῆν, τὸ ὕδωρ δὲν ἀνέρχεται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, ἕνεκα τῆς **διαφόρου χωρητικότητος** τῶν δοχείων. Καθ' ὅμοιον τρόπον ἐὰν προσφέρωμεν τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον εἰς διαφόρους ἀγωγούς, οὗτοι δὲν λαμβάνουσι τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικόν. Λέγομεν τότε ὅτι οἱ ἀγωγοὶ οὗτοι ἔχουσι διάφορον **ἠλεκτροχωρητικότητα**. Τοιοῦτοτρόπως οἱ ὀγκωδέστεροι ἐκ τῶν ἀγωγῶν χρειάζονται περισσότερον ἠλεκτρικὸν φορτίον ἵνα λάβωσι τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικόν, ἐπομένως οὗτοι ἔχουσι μεγαλυτέραν ἠλεκτροχωρητικότητα.

Ἐὰν εἷς τινα ἀγωγὸν μεμονωμένον, δώσωμεν ἠλεκτρικὸν φορτίον  $M$ , ἀποκτᾷ οὗτος ἠλεκτροδυναμικὸν  $\Delta$ . Ἐὰν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον γίνῃ  $2M, 3M, \dots$ , ὁ ἀγωγὸς δεικνύει ἠλεκτροδυναμικὸν  $2\Delta, 3\Delta, \dots$ , ἥτοι διπλασιαζομένου, τριπλασιαζομένου κλπ. τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λ.π. καὶ τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν αὐτοῦ. Ὁ λόγος λοιπὸν  $\frac{\text{ἠλεκτρικὸν φορτίον}}{\text{ἠλεκτροδυναμικὸν}}$  εἶναι σταθερὸς καὶ χαρακτηρίζει ἕνα ἀγωγὸν εὐρισκόμενον πάντοτε ὑπὸ τὰς αὐτὰς περιστάσεις. Ὁ σταθερὸς οὗτος λόγος καλεῖται **ἠλεκτροχωρητικότης** τοῦ ἀγωγοῦ.

**Ὁρισμός.** Καλεῖται **ἠλεκτροχωρητικότης** ἀγωγοῦ τινος ὁ λόγος τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου του πρὸς τὸ ἠλεκτροδυναμικόν.

$$\text{Ἡτοι ἠλεκτροχωρητικότης} = \frac{\text{ἠλεκτρικὸν φορτίον}}{\text{ἠλεκτροδυναμικὸν}}$$

Ἡ σχέσηις αὕτη παρίσταται συμβολικῶς ὡς ἑξῆς :

$$X = \frac{M}{\Delta} \quad (1)$$

ἔνθα  $X$  παριστᾷ τὴν ἠλεκτροχωρητικότητα τοῦ ἀγωγοῦ  $M$  τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον εἰς coulombs καὶ  $\Delta$  τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν αὐτοῦ εἰς volts.

ἔνθα  $\Delta$  παριστᾷ τὴν δύναμιν (ἔλκτικὴν ἢ ὠστικὴν), μ μὰ μ' τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία καὶ  $a$  τὴν ἀπόστασιν εἰς ἑκατοστόμετρα.

**173. Ὑπόθεσις τῶν ἠλεκτρικῶν ρευστῶν.** — Πρὸς ἐξήγησιν τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων παραδέχονται ὅτι πᾶν σῶμα εὐρισκόμενον ἐν οὐδέτερῳ καταστάσει φέρει εἰς ἴσας ποσότητας καὶ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐν εἴδει ρευστῶν, ἅτινα εἶναι συνηγμένα καὶ ἀποτελοῦσι τὸ **οὐδέτερον ἠλεκτρικὸν ρευστόν**. Διὰ τῆς προστριβῆς ὅμως τῶν δύο σωμάτων τὸ οὐδέτερον ρευστὸν ἀποσυντίθεται εἰς θετικὸν καὶ εἰς ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ μὲν εἷς παραμένει ἐπὶ τοῦ ἐνὸς σώματος ὁ δὲ ἄλλος ἐπὶ τοῦ ἑτέρου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Δύο σφαιρίδια ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας, ἠλεκτρισμένα θετικῶς, ἀπωθούνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 5 δύνας, ὅταν ἡ μεταξὺ τῶν κέντρων αὐτῶν ἀπόστασις εἶναι ἴση πρὸς 3 ἑκατοστόμετρα. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόστασις εἰς τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ τεθῶσιν τὰ κέντρα αὐτῶν, ἵνα τὰ σφαιρίδια ἀπωθῶνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 12 δύνας. (Ἀπόκρ. 1,93 ἑκατοστόμετρα).

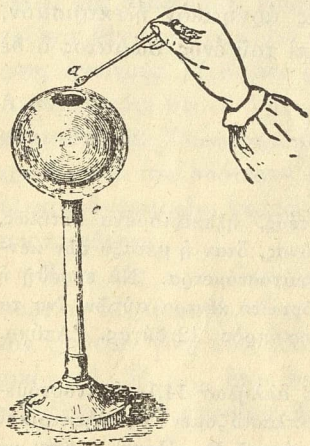
2) Δύο σημεῖα  $A$  καὶ  $B$  ἀπέχοντα ἀπ' ἀλλήλων 14,14 ἑκατοστόμετρα, εἶναι ἠλεκτρισμένα ἑτερονύμως. Διπλασιάζομεν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ  $A$  καὶ ὑποτετραπλασιάζομεν τὸ τοῦ  $B$ . Πόση πρέπει νὰ γίνῃ ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις, ἵνα ἡ ἀμοιβαία ἑλξις αὐτῶν διατηρήσῃ τὴν αὐτὴν τιμῆν; (Ἀπόκρ. 10 ἑκατοστόμετρα περίπου).

3) Δύο σφαιρίδια ἠλεκτρισμένα ἑτερονύμως, εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 4 ἑκατοστομέτρων ἀπ' ἀλλήλων. Ἐκ τούτων τὸ μὲν ἐν φέρει + 24 μονάδας C.G.S., τὸ δὲ ἕτερον — 8 τοιαύτας μονάδας. Πόση εἶναι ἡ δύναμις μετὰ τῆς ὁποίας ἔλκονται ταῦτα; (Ἀπόκρ. 12 δύναι).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΔΙΑΤΑΞΙΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ  
ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

**174. Διάταξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Πείραμα.** Σφαῖραν μεταλλίνην κοίλην φέρουσιν ἄνωθεν ὅπην (σχ. 139), ἀπομονώμεν καὶ κατόπιν ἠλεκ-



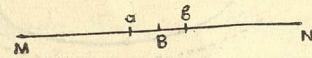
σχ. 139. Ὁ ἠλεκτρισμὸς διατάσσεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας.

ὅτι αὕτη εἶναι ἠλεκτρισμένη.

**Συμπέρασμα.** Ὁ ἠλεκτρισμὸς εἰς τὰ εὐηλεκτραγωγὰ σώματα παραμένει μόνον ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ἀμοιβαίαν ἀπωσιν τῶν μορίων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἕνεκα τῆς ὁποίας ταῦτα ἀπωθούμενα φέρονται εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ σώματος, ἔνθα συγκρατοῦνται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ περιβάλλοντος ἀέρος, ὅστις εἶναι σῶμα ἀπομονωτικόν. Ἐν τούτοις, πολλάκις τὰ μόρια τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὑπερνικῶντα τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, ἐκφεύγουσιν ἐκ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος, καθὼς θὰ εἶδωμεν κατωτέρω.

**175. Ἐλεκτρικὴ πυκνότης.** Καλεῖται ἠλεκτρικὴ πυκνότης εἷς τι σημεῖον Β (σχ. 140) τῆς ἐπιφανείας σώματος ἠλεκτρισμένου, τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον φέρει τμήμα τῆς ἐπιφανείας ταύτης ἴσον μὲ 1 τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον λαμβανόμενον περίξ τοῦ σημείου τούτου. σχ. 140. Ἐλεκτρικὴ πυκνότης.



Ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης ἐπιφανείας τινος ε παρίσταται ὑπὸ τῆς σχέσεως  $\pi = \frac{\varphi}{\epsilon}$ , ἔνθα π παριστᾷ τὴν ἠλεκτρικὴν πυκνότητα, φ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῆς ἐπιφανείας καὶ ε τὸ ἔμβαδὸν αὐτῆς εἰς τετραγ. ἑκατοστότετρα.

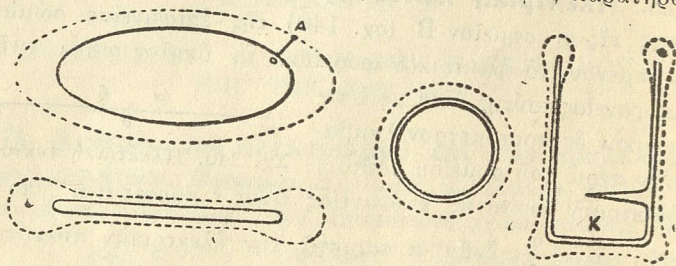
**176. Διανομὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων.** Ὁ ἠλεκτρισμὸς διανέμεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων, κατὰ τρόπον διάφορον εἰς τὰ διάφορα σώματα. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι σφαιρικόν, ἢ πυκνότης εἶναι πανταχοῦ ἡ αὐτή, ἐπομένως τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον σχηματίζει στρῶμα τοῦ αὐτοῦ πάχους καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν του. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι ἔλλειψοειδές, ἢ πυκνότης εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα σημεῖα, ἐπομένως τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον σχηματίζει στρῶμα, οὔτινος τὸ πάχος εἶναι μεγαλύτερον κατὰ τὰ ἄκρα καὶ μικρότερον κατὰ τὸ μέσον τοῦ σώματος. Ἐὰν τὸ σῶμα φέρῃ ἄκμᾶς ἢ γωνίας, τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον συσσωρεύεται κατὰ τὸ πλεῖστον εἰς αὐτάς.

**Συμπέρασμα.** Ἡ διανομὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος.

**177. Γραφικὴ παράστασις τῆς διανομῆς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.** Ἐπὶ ἑκάστου σημείου τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος, ὑψοῦμεν κάθετον καὶ ἐπὶ τῆς καθέτου λαμβάνομεν μῆκος ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐν τῷ σημείῳ τούτῳ ἠλεκτρικὴν πυκνότητα. Τὸ σύνολον τῶν ἄκρων τῶν καθέτων τούτων σχηματίζει περὶ τὸ σῶμα ἐπιφάνειάν τινα, ἣτις δεικνύει εἰς ἡμᾶς τὸν τρόπον τῆς διανομῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος (σχ. 141).

**178. Δύναμις τῶν ἀκίδων. Πειράματα.** 1ον. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας εὐηλεκτραγωγῆς καὶ μεμονωμένου σώματος στερεώμενον ὀξεῖαν μεταλλικὴν ἀκίδα καὶ πλησίον αὐτῆς τοποθετοῦμεν

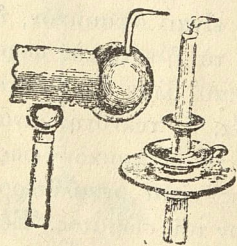
άνημιμένον κηρίον. Ἐὰν ἠλεκτροῖσωμεν τὸ σῶμα, παρατηροῦμεν



Σχ. 141. Γραφικὴ παράστασις τῆς διανομῆς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

ὅτι ἡ φλόξ τοῦ κηρίου ἀποκλίνει (σχ. 142) καὶ εἶναι δυνατὸν καὶ νὰ σβεσθῇ.

2ον. Ἀπομακρύνομεν τὸ κηρίον καὶ πλησιάζομεν εἰς τὴν ἀκίδα τὴν χειρᾶ μας· θέλομεν αἰσθανθῆ ἔπ' αὐτῆς ἐλαφρὸν φύσημα.



Σχ. 142. Ἐλεγκτικὸν φύσημα.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐξηγοῦνται ὡς ἐξῆς. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον συσσωρεύεται σχεδὸν ὀλόκληρον ἐπὶ τῆς ἀκίδος ἐκ τῆς ὁποίας κατορθώνει νὰ ἐκφύγη. Τότε καὶ ὁ ἀήρ, ὁ περιβάλλων τὴν ἀκίδα, καίτοι δυσηλεκτραγωγὸς ἠλεκτρίζεται ὁμω- νύμως καὶ ἀπωθεῖται ζωηρῶς. Τοιοῦτο- τρόπως σχηματίζεται ἰσχυρὸν ρεῦμα ἀέ- ρος τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν ἀπόκλισιν τῆς φλογὸς καὶ τὸ φύ- σημα ἐπὶ τῆς χειρὸς μας. Τὸ φύσημα τοῦτο καλεῖται **ἠλεκτρι- κὸν φύσημα**.

**Συμπέρασμα.** Αἱ μεταλλικαὶ ἀκίδες διευκολύνουσι τὴν ἐκ- ροὴν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Ἡ ἰδιότης αὕτη τῶν ἀκίδων καλεῖται **δύναμις τῶν ἀκίδων**.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

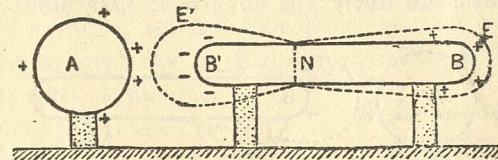
### ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ

**179. Ἐλεγκτικὸν πεδῖον. Πείραμα.** Ἐκκρεμῆς ἠλεκτρι- σμένον τοποθετοῦμεν πλησίον σώματος ἠλεκτρισμένου, καὶ εἰς οἰανδήποτε θέσιν πέριξ αὐτοῦ. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἐκκρεμῆς ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν ἠλεκτρικῆς δυνάμεως (ἐλλέως ἢ ὤσεως). Ἐὰν τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα, ἀπομακρυνθῇ, ἢ ἐπὶ τοῦ ἐκκρε- μοῦς ἐνέργεια παύει.

**Συμπέρασμα.** Πέριξ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει ἡ- ῶρός τις, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐξασκεῖται ἡ ἐπίδρασις τοῦ σώματος.

Ὁ ἡ- ῶρος οὗτος καλεῖται **ἠλεκτρικὸν πεδῖον**.

**180. Θεμελιῶδες φαινόμενον. Πείραμα.** Μετάλλινον κύλινδρον BB' (σχ. 143), μεμονωμένον καὶ μὴ ἠλεκτρισμένον,



Σχ. 143. Ἐλεγκτικὸν ἐξ ἐπίδρασεως.

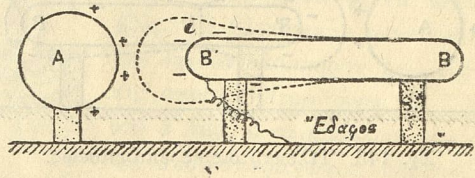
τοποθετοῦμεν πλησίον μεταλλίνης σφαίρας A, μεμονωμένης καὶ ἠλεκτρισμένης, π. χ. θετικῶς. Διὰ τοῦ δοκιμαστικοῦ ἐπιπέδου δυνάμεθα νὰ βεβαιωθῶμεν ὅτι ὁ κύλινδρος ἠλεκτρίζεται, καὶ ὅτι τὰ μὲν μέρη τοῦ B', τὰ εὐρισκόμενα πλησίον τῆς σφαίρας, ἠλε- κτρίζονται ἀρνητικῶς, τὰ δὲ μέρη B, τὰ εὐρισκόμενα μακρὰν αὐτῆς, ἠλεκτρίζονται θετικῶς. Πλὴν τούτου, ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχει ἡ- ῶρος τις κατὰ τὸ N, ἐπὶ τῆς ὁποίας δὲν ὑπάρχει ἴχνος ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Ἡ ἡ- ῶρος αὕτη καλεῖται **οὐδενετέρα ζώνη**. Ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης εἰς τὰ ἠλεκτρισμένα μέρη τοῦ κυλίνδρου δὲν εἶνε ὁμοιομερῆς, ἀλλὰ βαίνει ἀξαναομένη συνεχῶς ἀπὸ τῆς οὐδενετέρας ζώνης, μέχρι τῶν ἄκρων B καὶ B', ἔνθα γίνεται με- γίστη καὶ μάλιστα κατὰ τὸ ἄκρον τὸ πλησιέστερον πρὸς τὴν σφαῖραν.

Ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἠλεκτρίσεως καλεῖται *ἠλέκτρισις ἐξ ἐπιδράσεως* καὶ ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς τῆς σφαίρας ἀνέλυσεν ἐξ ἀποστάσεως τὸ οὐδέτερον ἠλεκτρικὸν ρευστὸν τοῦ κυλίνδρου εἰς θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, καὶ τὸν μὲν θετικὸν ὡς ὁμώνυμον ἀπώθησεν εἰς τὸ ἀπώτερον ἄκρον τοῦ κυλίνδρου, τὸν δὲ ἀρνητικὸν ὡς ἐτερόνυμον εἴλκυσεν εἰς τὸ πλησιέστερον ἄκρον.

Ἐὰν ἡ σφαῖρα ἀπομακρυνθῆ ἀπὸ τὸν κύλινδρον, οὗτος ἐπανέρχεται εἰς τὴν οὐδέτεραν κατάστασιν διότι οἱ δύο ἠλεκτρισμοὶ ἐνώνονται καὶ ἀποτελοῦσιν οὐδέτερον ἠλεκτρικὸν ρευστὸν.

**Συμπέρασμα.** Οἱ δύο ἠλεκτρισμοὶ τοῦ κυλίνδρου εἶναι ἰσοδύναμοι πρὸς ἀλλήλους.

**181. Ἐλέκτρισις εὐηλεκτραγωγῦ σώματος ἐξ ἐπιδράσεως.—Πείραμα.** Θέτομεν τὸν κύλινδρον BB' (σχ. 144) εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς γῆς, ἐγγίζοντες αὐτὸν π.χ. διὰ τοῦ δακτύλου μας. Οἰονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ σημεῖον τὸ ὁποῖον ἐγγίζομεν, ἔστω καὶ αὐτῆς τῆς ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένης χώρας,



Σχ. 144. Ἐλέκτρισις ἐξ ἐπιδράσεως.

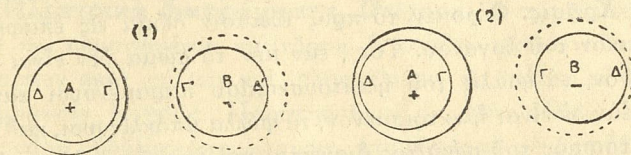
ὁ μὲν θετικὸς ἠλεκτρισμὸς, ὡς ἀπωθούμενος, διοχετεύεται καθ' ὁλοκληρίαν εἰς τὴν γῆν, ὁ δὲ ἀρνητικὸς παραμένει ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου καὶ συσσωρεύεται πρὸς τὸ ἄκρον B'. Τοιοῦτοτρόπως ὁ κύλινδρος μένει ἠλεκτρισμένος ἀρνητικῶς.

Ἐὰν ἤδη διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν τοῦ κυλίνδρου μετὰ τῆς γῆς καὶ ἔπειτα ἀπομακρύνωμεν τὴν σφαῖρα ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς ἐξαπλοῦται εἰς ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κυλίνδρου.

**Συμπέρασμα.** Σῶμά τι εὐηλεκτραγωγὸν ἠλεκτρίζεται, ἐὰν συγκοινωνήσῃ μετὰ τῆς γῆς καὶ ἔλθῃ πλησίον ἠλεκτρισμένου σώματος, διακοπῆ δὲ ἔπειτα ἡ συγκοινωνία του μετὰ τῆς γῆς καὶ ἀπομακρυνθῆ ἀπὸ τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα.

**182. Ἐλέκτρισις δυσηλεκτραγωγῦ σώματος ἐξ ἐπιδράσεως.**—Ἐὰν πλησίον ἠλεκτρισμένου σώματος τεθῆ ἡ σῶμα δυσηλεκτραγωγόν, τοῦτο θὰ ἠλεκτρισθῆ, ἐὰν ἡ ἐπίδρασις τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος διαρκέσῃ ἐπὶ πολὺ. Ἐὰν ὅμως ἡ ἐπίδρασις διαρκέσῃ ἐπ' ὀλίγον μόνον χρόνον, τὸ δυσηλεκτραγωγὸν σῶμα οὐδὲν ἔχνος ἠλεκτρισμοῦ διατηρεῖ.

**183. Ἀλληλεπίδρασις ἠλεκτρισμένων σωμάτων.**—Ἐὰν σῶμα A (σχ. 145, 1) ἠλεκτρισμένον π.χ. θετικῶς, τεθῆ



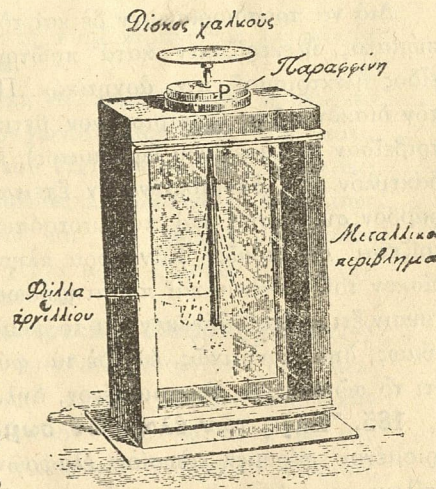
Σχ. 145. Ἀλληλεπίδρασις ἠλεκτρισμένων σωμάτων.

πλησίον ἑτέρου σώματος B ἠλεκτρισμένου ὡσαύτως θετικῶς, ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης τοῦ δευτέρου ἐλαττοῦται κατὰ τὴν χώραν Γ', καὶ αὐξάνεται κατὰ τὴν Δ'. Καὶ ἐὰν τὸ σῶμα A ἔλθῃ πολὺ πλησίον πρὸς τὸ B, ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης τοῦ B κατὰ τὸ Γ', δύναται νὰ γίνῃ μηδέν. Ὅμοίως μεταβολὰς παρατηροῦμεν καὶ ἐπὶ τῆς ἠλεκτρικῆς πυκνότητος τοῦ A.

Τοῦναντίον, ἐὰν τὸ B εἶναι ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς (σχ. 145, 2) ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης αὐτῶν αὐξάνεται μὲν εἰς τὴν χώραν Γ' καὶ Γ, ἐλαττοῦται δὲ εἰς τὴν Δ' καὶ Δ.

**184. Ἐλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων.**—Τοῦτο

εἶναι ὄργανον διὰ τοῦ ὁποῖου ἀνευρίσκομεν ἐὰν σῶμά τι εἶναι ἠλεκτρισμένον καὶ ποῖον εἶδος ἠλεκτρισμοῦ φέρει.



Σχ. 146. Ἐλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων.



Α) **Περιγραφή.** Αποτελείται ἐκ μεταλλίνου στελέχους (σχ. 146) τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου σώματος δυσηλεκτραγωγῆς, προσαρμοζομένου εἰς τὸ ἄνω μέρος μεταλλίνης θήκης.

Καὶ τὸ μὲν ἔξωτερικὸν ἄκρον αὐτοῦ ἀπολήγει εἰς μικρὸν δίσκον μεταλλινόν, ἢ μικρὰν μεταλλίνην σφαῖραν, τὸ δὲ ἔσωτερικὸν φέρει ἐξηρητημένα δύο λεπτότατα ταινιοειδῆ φύλλα ἐκ χρυσοῦ, ἢ ἐξ ἀργιλίου. Τοιουτοτρόπως τὰ δύο φύλλα προστατεύονται ἐντὸς τῆς θήκης ἀπὸ τὰ ρεύματα τοῦ ἀέρος. Ἵνα δὲ παρατηρῶμεν ταῦτα, ἢ μία πλευρὰ τῆς θήκης φέρει πλάκα ὑαλίνην.

Β) **Χρῆσις.** Φέρομεν τὸ πρὸς ἐξέτασιν σῶμα εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν δίσκον τοῦ ὄργανου. Τότε, ἐὰν μὲν τὸ σῶμα δὲν εἶναι ἠλεκτρισμένον, τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου παραμένουσι κατακόρυφα, ἐὰν δὲ εἶναι ἠλεκτρισμένον, τὰ φύλλα ἀποκλίνουσι, καθ' ὅσον ὁ ἠλεκτρισμὸς τοῦ σώματος διαχέεται καὶ ἐπὶ τῶν φύλλων. Δυνάμεθα τὸ σῶμα νὰ φέρωμεν καὶ ἀπλῶς πλησίον εἰς τὸν δίσκον. Τότε τὸ στέλεχος ἠλεκτρίζεται ἐξ ἐπιδράσεως μὲ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, καὶ τὰ δύο φύλλα αὐτοῦ ἀποκλίνουσι καὶ πάλιν, ὡς ὁμωνύμως ἠλεκτρίζομενα πρὸς ἄλληλα. Ἐὰν λοιπὸν τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀποκλίνωσι, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον.

Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν δὲ καὶ τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ σώματος, ἠλεκτρίζομεν κατὰ πρῶτον τὸ ὄργανον μὲ γνωστὸν εἶδος ἠλεκτρισμοῦ, π.χ. ἀρνητικόν. Πρὸς τοῦτο πλησιάζομεν εἰς τὸν δίσκον σῶμα ἠλεκτρισμένον θετικῶς, (λείαν ὑαλίνην ράβδον τριβεῖσαν διὰ μαλλίνου ὑφάσματος), ἐγγίζομεν τὸν δίσκον μὲ τὸν δάκτυλόν μας, ἀπομακρύνομεν ἔπειτα τὸν δάκτυλόν μας καὶ τὴν ράβδον συγχρόνως καὶ τοιουτοτρόπως τὸ ἠλεκτροσκοπίον ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς. Ἐὰν τώρα πλησιάσωμεν τὸ σῶμα εἰς τὸν δίσκον τοῦ ὄργανου καὶ παρατηρήσωμεν ὅτι τὰ φύλλα ἀποκλίνουσι ἔτι μᾶλλον, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον ὁμωνύμως, δηλ. ἀρνητικῶς, ἐὰν δὲ τὰ φύλλα καταπίπτωσι, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον, δηλ. θετικῶς.

**185. Ἔλξις τῶν ἐλαφρῶν σωμάτων.** Ὅταν σῶμα ἠλεκτρισμένον φέρομεν πλησίον ἐλαφρῶν σωμάτων, π. χ. τριχῶν, πτίλων, τεμαχίων χάρτου κ. λ. π., ταῦτα ἠλεκτρίζονται ἑτερονύμως πρὸς τὸ σῶμα, ἐπειδὴ συγκοινωνοῦσι μὲ τὴν γῆν, καὶ ἐπομένως ἔλκονται.

### 186. Ἔλξις καὶ ὄσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ὅταν τὴν ἠλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον φέρωμεν πλησίον τοῦ σφαιριδίου τοῦ ἐκκρεμοῦς συσσωρεύεται ἀρνητικὸς μὲν ἠλεκτρισμὸς εἰς τὰ πλησιέστερα σημεῖα αὐτοῦ καὶ θετικὸς εἰς τὰ ἀπώτερα. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἀπόστασις τῶν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένων σημείων τοῦ σφαιριδίου ἀπὸ τὴν ράβδον εἶνε μικροτέρα, τὸ σφαιρίδιον ἔλκεται. Ὅταν δὲ τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ράβδον, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς αὐτοῦ ἐξουδετεροῦται, ἐνῶ ἀφ' ἑτέρου παραμένει ὁ ὁμώνυμος ἠλεκτρισμὸς καὶ ἐπομένως ἀπωθεῖται.

**187. Ἠλεκτρικὰ διαφράγματα. Πείραμα.** Ἐντὸς εὐηλεκτραγωγῆς καὶ μεμονωμένου κυλίνδρου ἢ κλωβοῦ τοποθετοῦμεν ἠλεκτροσκοπίον μετὰ φύλλων καὶ πλησιάζομεν εἰς αὐτὸν σῶμα τι ἠλεκτρισμένον ἰσχυρῶς. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου οὐδὲν ἀποκλίνουσι, ἐπομένως τὸ σῶμα οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ὄργανου. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηροῦμεν καὶ ἐὰν ὁ κύλινδρος ἢ ὁ κλωβὸς συγκοινωνήσῃ μετὰ τῆς γῆς.

**Συμπέρασμα.** Εὐηλεκτραγωγὸς ἐπιφάνεια κλειστὴ προφυλάσσει ἀπὸ τὴν ἔξωτερικὴν ἠλεκτρικὴν ἐπίδρασιν πᾶν σῶμα εὐρισκόμενον ἐντὸς αὐτῆς.

Λέγομεν λοιπὸν, ὅτι ἡ κλειστὴ εὐηλεκτραγωγὸς ἐπιφάνεια ἀποτελεῖ **ἠλεκτρικὸν διάφραγμα.**

**Παρατήρησις.** Δὲν εἶνε ἀνάγκη νὰ περιβάλωμεν τελείως τὸ ἠλεκτροσκοπίον διὰ τῆς εὐηλεκτραγωγῆς ἐπιφανείας. Πράγματι, ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὸν δίσκον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ράβδον ὑαλίνην ἠλεκτρισμένην, τὰ φύλλα ἀμέσως ἀποκλίνουσι. Ἐὰν ὁμοίως παρεμβάλωμεν μεταξὺ τῆς ράβδου καὶ τοῦ δίσκου μεταλλικὸν πλέγμα, ὅπερ κρατοῦμεν εἰς τὴν χεῖρά μας, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα ἀμέσως καταπίπτουσι.

**188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρικῶν διαφραγμάτων.**— 1ον Διὰ νὰ παρακωλύσωμεν τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν δύο ἠλεκτρισμένων σωμάτων, παραθέτομεν μεταξὺ αὐτῶν μεταλλικὴν πλάκα, ἢ μεταλλικὸν πλέγμα τὸ ὁποῖον νὰ συγκοινωνῇ μὲ τὴν γῆν. 2ον Διὰ νὰ προφυλάξωμεν ἠλεκτρικὸν τι ὄργανον εὐπαθὲς ἀπὸ τὰς ἔξωτερικὰς ἠλεκτρικὰς ἐπιδράσεις, τὸ ἐγκλείομεν ἐντὸς μεταλλίνης θήκης.

**189. Ἐνέργεια τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων.—**

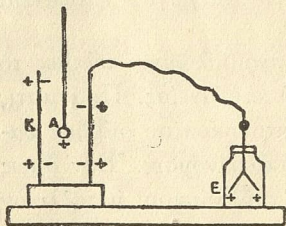
**Πείραμα.** Ἐπὶ τοῦ δίσκου τοῦ ἠλεκτροσκοπίου θέτομεν πλάκα ἕξ ὑάλου, ἢ ἐκ παραφίνης, καὶ ἐπὶ ταύτης σῶμα ἠλεκτρισμένον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα ἀποκλίνουσιν, ἐπομένως τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα ἔξασκεῖ ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ ὄργάνου. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηροῦμεν καὶ ἐὰν ὀλόκληρον τὸ ἠλεκτροσκόπιον καλυφθῇ δι' ὑαλίνου κώδωνος.

**Συμπέρασμα.** Τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα δὲν ἀποτελοῦσιν ἠλεκτρικὰ διαφράγματα. Ἐνεκα τούτου τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα ὀνομάσθησαν καὶ **διηλεκτρικά.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ  
ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΝ

**190. Κύλινδρος τοῦ Faraday.** Α) **Περιγραφή.** Θεωρήσωμεν μετάλλινον κύλινδρον Κ (σχ. 147) κοῖλον, ὅστις εἶναι μεμονωμένος ἐπὶ πλακὸς ἐκ παραφίνης καὶ συγκοινωνεῖ διὰ μακροῦ σύρματος μετὰ τοῦ στελέχους ἠλεκτροσκοπίου μετὰ φύλλων Ε, οὔτινος ἢ μεταλλίνης θήκης συγκοινωνεῖ μετὰ τῆς γῆς. Ὅπισθεν τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ὑπάρχει κλιμαξ με δαιρέσεις, διὰ νὰ προσδιορίζωμεν τὸ μέγεθος τῆς γωνίας, καθ' ἣν ἀποκλίνουσι τὰ φύλλα. Τὸ σύνολον



Σχ. 147.

Κύλινδρος τοῦ Faraday.

τῆς διατάξεως ταύτης ἀποτελεῖ τὸν **κύλινδρον τοῦ Faraday** <sup>1)</sup>.

Β) **Λειτουργία.** Ἐὰν σῶμα τι Α εὐηλεκτραγωγόν, μεμονω-

(1) Faraday (1791—1867). Ἕλληνας φυσικὸς καὶ χημικός. Ἐκαμε πολλάς ἐργασίας ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρομαγνητισμοῦ καὶ ἀνεκάλυψε τὰ φαινόμενα τῆς ἐπαγωγῆς, ἔδωκε δὲ τὸ ὄνομα Farad εἰς τὴν μονάδα τῆς ἠλεκτροχωρητικότητος.

**203. Μονάδες ἠλεκτροχωρητικότητος.** Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (1) ὑποθέσωμεν ὅτι εἶναι  $M = 1$  καὶ  $\Delta = 1$ , θὰ ἔχωμεν  $X = 1$ . Ἦτοι ὡς μονὰς ἠλεκτροχωρητικότητος λαμβάνεται ἡ ἠλεκτροχωρητικότης ἀγωγοῦ, ὅστις δεικνύει ἠλεκτροδυναμικὸν 1 volt, ὅταν λάβῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον 1 coulomb. Ἡ μονὰς αὕτη ὀνομάσθη farad (πρὸς τιμὴν τοῦ Faraday). Ἄλλ' ἡ μονὰς farad εἶναι λίαν μεγάλη διὰ τὰς συνήθεις χρήσεις, διὰ τοῦτο ἀντ' αὐτῆς λαμβάνεται ἡ καλουμένη microfarad, ἣτις ἰσοῦται πρὸς τὸ ἑκατομμυριοστὸν τῆς farad.

ἦτοι  $1 \text{ farad} = 1000000 \text{ microfarad}$ .

**204. Μεταβολὴ τῆς ἠλεκτροχωρητικότητος.** Ἡ ἠλεκτροχωρητικότης ἐνὸς ἀγωγοῦ μεταβάλλεται ὅταν μεταβάλλονται οἱ ἔξωτερικοὶ ὄροι ὑπὸ τοὺς ὁποίους εὐρίσκεται οὗτος. Οὕτως ἡ ἠλεκτροχωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ αὐξάνεται, ὅταν πλησιάζωμεν πρὸς αὐτὸν ἕτερον ἀγωγὸν ἐν οὐδετέρῳ καταστάσει εὐρισκόμενον καὶ συγκοινωνοῦντα μετὰ τῆς γῆς. Καὶ μάλιστα ἡ ἠλεκτροχωρητικότης αὐτοῦ αὐξάνεται τόσῳ περισσότερον, ὅσῳ πλησιέστερον πρὸς τὸν πρῶτον ἀγωγὸν ἔλθῃ ὁ δεύτερος. Ἡ ἠλεκτροχωρητικότης θὰ αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον, ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν παρενθεθῇ σῶμα δυσηλεκτραγωγόν π. χ. πλάξ ἕξ ὑάλου, ἢ παραφίνης, ἢ ἔβονίτου.

**205. Συμπύκνωσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.** Ἐκ τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν  $M = X \cdot \Delta$ , ἦτοι διὰ νὰ αὐξήσωμεν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον ἀγωγοῦ τινος, ἀρκεῖ νὰ αὐξήσωμεν τὴν ἠλεκτροχωρητικότητα αὐτοῦ, ὅπερ ἐπιτυγχάνεται ἐὰν πλησιάζωμεν πρὸς αὐτὸν ἕτερον ἀγωγὸν μὴ ἠλεκτρισμένον καὶ συγκοινωνοῦντα μετὰ τῆς γῆς, καὶ μάλιστα ἐὰν παρενθέσωμεν μεταξὺ αὐτῶν καὶ σῶμα δυσηλεκτραγωγόν. Λέγομεν τότε ὅτι γίνεται **συμπύκνωσις** τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ, διότι συσσωρεύεται ἐπ' αὐτοῦ μέγα ἠλεκτρικὸν φορτίον. Οἱ δὲ ἀγωγοὶ οἵτινες παρουσιάζουν μεγάλην ἠλεκτροχωρητικότητα καλοῦνται **συμπυκνωταί**. Ἐκαστος συμπυκνωτῆς ἀποτελεῖται ἐκ δύο σωμάτων εὐηλεκτραγωγῶν, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ὄπλισμοι** καὶ χωρίζονται ἀπ' ἀλλήλων διὰ σῶματος ἀπομονωτικοῦ.

Εἰς τοὺς συμπυκνωτὰς δίδουσι διάφορα σχήματα, δι' ὃ καλοῦνται οὗτοι **ἐπίπεδοι**, ὅταν οἱ ὄπλισμοὶ τῶν εἶναι ἐπίπεδοι

καὶ παράλληλοι, καὶ **κλειστοί**, ὅταν ὁ εἷς ὀπλισμὸς περιβάλλῃ καθ' ὀλοκληρίαν τὸν ἕτερον.

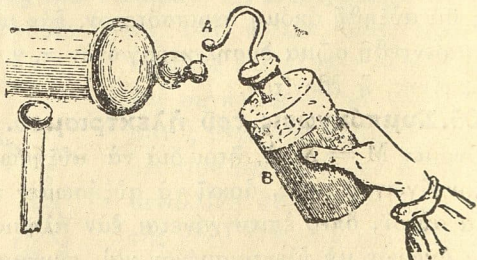
**206. Συμπυκνωτὴς ἐπίπεδος.** Πρὸς κατασκευὴν ἐπιπέδου συμπυκνωτοῦ λαμβάνομεν ὑαλίνην πλάκα καὶ προσκολλῶμεν καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν αὐτῆς δύο φύλλα ἐκ κασσιτέρου οὔτως, ὥστε ἡ πλάξ νὰ μείνῃ γυμνὴ πέραξ τῶν φύλλων τοῦ κασσιτέρου, χάριν ἀπομονώσεως αὐτῶν. Πρὸς τελειοτέραν δὲ ἀπομόνωσιν καλύπτεται τὸ γυμνὸν μέρος τῆς πλακὸς διὰ στρώματος γομμαλάκας, ἣτις παρεμποδίζει τὴν ἐναπόθεσιν στρώματος ὑγρασίας ἐκ τοῦ ἀέρος. Τὰ δύο φύλλα τοῦ κασσιτέρου ἀποτελοῦσι τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ συμπυκνωτοῦ.

Συνήθως ὅμως κατασκευάζονται συμπυκνωταὶ κλειστοί, ὅπως εἶνε ἡ καλουμένη λουγδουνικὴ λάγηνος, ἣτις εἶνε καὶ ὁ ἀρχαιότερος τῶν συμπυκνωτῶν.

**207. Λουγδουνικὴ λάγηνος.**—Α') *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνης φιάλης (σχ. 157) ἐχούσης τοιχώματα λεπτὰ καὶ μέγεθος διάφορον, ἀναλόγως τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ συσσωρεύσωμεν ἐν αὐτῇ. Καὶ ἡ μὲν βᾶσις



Σχ. 157. Λουγδουνικὴ λάγηνος



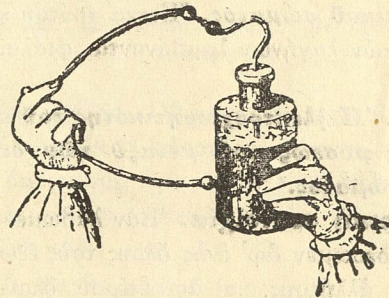
Σχ. 158. Πλήρωσις τῆς λουγδουνικῆς λάγηνου

καὶ ἡ ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς φιάλης καλύπτονται μὲ φύλλον κασσιτέρου, ὅτερο ἀφίνει γυμνὸν μόνον τὸ ἄνω μέρος, τὸ δὲ ἐσωτερικὸν πληροῦται μὲ φύλλα κασσιτέρου. Τὰ ἐσωτερικὰ φύλλα ἀποτελοῦσι τὸν **ἐσωτερικὸν ὀπλισμὸν**, τὸ δὲ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας φύλλον τὸν **ἐξωτερικὸν ὀπλισμὸν**. Εἰς τὸ στόμιον τῆς φιάλης προσαρμόζεται πῶμα ἐκ φελλοῦ διατρήτου, διὰ τοῦ ὁποῖου διέρχεται στέλεχος ὀρειχάλκινον ἀγκιστροειδές, ἀπολήγον

ἀπολήγον ἐξωτερικῶς εἰς σφαῖραν, ἣτις, ὡς συγκοινωνοῦσα μετὰ τῶν ἐσωτερικῶν φύλλων τοῦ κασσιτέρου, ἀποτελεῖ τὸν ἐσωτερικὸν ὀπλισμὸν. Τοιουτοτρόπως ἡ λουγδουνικὴ λάγηνος εἶνε **κλειστός** συμπυκνωτὴς.

Β') *Πλήρωσις.* Λαμβάνομεν εἰς τὴν χεῖρά μας τὴν λουγδουνικὴν λάγηνον διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὀπλισμοῦ Β (σχ. 158) καὶ φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὸν ἐσωτερικὸν ὀπλισμὸν Α μετὰ τὸν ἕνα πόλον λειτουργοῦσης μηχανῆς. Τότε ὁ ἠλεκτρισμὸς συσσωρεύεται βαθμηδὸν ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ ὀπλισμοῦ, ἐπιδρῶν δὲ διὰ μέσου τῆς ὑάλου ἐπὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὀπλισμοῦ συσσωρεύει ἐπ' αὐτοῦ ἴσην ποσότητα ἀντιθέτου ἠλεκτρισμοῦ. Οἱ ἠλεκτρισμοί, καίτοι ἀντίθετοι, δὲν δύνανται νὰ ἐνωθῶσιν, ἔνεκα τῶν τοιχωμάτων τῆς λάγηνου.

Γ') *Ἐκκένωσις.* Διὰ τὴν ἐκκένωσιν τῆς λουγδουνικῆς λάγηνου μεταχειρίζομεθα τὴν **ἐκκενωτήν**. Οὗτος (σχ. 159) ἀποτελεῖ-



Σχ. 159. Ἐκκένωσις τῆς λουγδουνικῆς λάγηνου.

ται ἐκ δύο μεταλλίνων τόξων, ἅτινα συνδέονται κατὰ τὸ ἐν ἄκρον ἀφθρωτῶς, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον ἀπολήγουσιν εἰς σφαῖρας, αἵτινες δύνανται νὰ πλησιάζωσι καὶ νὰ ἀπομακρύνωνται ἀπ' ἀλλήλων. Εἰς τινὰς ἐκκενωτὰς τὰ τόξα φέρουσιν ἀπομονωτικὰς λαβὰς, χάριν προφυλάξεως τοῦ σώματος ἡμῶν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν. Διὰ νὰ ἐκκενώσωμεν τὴν λουγδουνικὴν λάγηνον, φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸν ἐξωτερικὸν ὀπλισμὸν τὴν μίαν σφαῖραν τοῦ ἐκκενωτοῦ, τὴν δὲ ἕτεραν πλησιάζομεν εἰς τὴν σφαῖραν τῆς λάγηνου (εἰς τὸν

ἔσωτερικὸν δηλ. ὀπλισμὸν). Τότε ὀλίγον πρὸ τῆς ἐπαφῆς τῶν δύο σφαιρῶν ἐκρήγνυται μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικὸς σπινθήρ καὶ ἡ λουγδουνικὴ λάγνηος ἐκκενοῦται αὐτοστιγμει.

Ἡ ἐκκένωσις τῆς λαγῆνου θέλει γίνεαι διὰ τοῦ σώματός μας, ἐὰν κρατοῦντες αὐτὴν διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς ἐκ τοῦ ἔσωτερικοῦ ὀπλισμοῦ ἐπιχειρήσωμεν νὰ ἐγγίσωμεν διὰ τῆς ἄλλης τὸν ἔσωτερικὸν ὀπλισμὸν.

**208. Νόμοι τῆς ἠλεκτροχωρητικότητος τοῦ συμπυκνωτοῦ.**— Ἡ ἠλεκτροχωρητικότης τοῦ συμπυκνωτοῦ ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς τρεῖς νόμους.

**Πρῶτος νόμος.** Ἡ ἠλεκτροχωρητικότης τοῦ συμπυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐπιφανείας τῶν ὀπλισμῶν αὐτοῦ. Ἐφαρμογὴν τοῦ νόμου τούτου ἔχομεν εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς ἠλεκτρικῆς συστοιχίας.

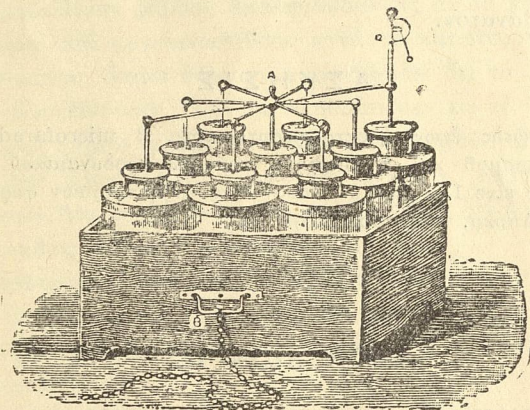
**Δεύτερος νόμος.** Ἡ ἠλεκτροχωρητικότης τοῦ συμπυκνωτοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν αὐτοῦ ἀπομονωτικοῦ σώματος. Ἐνεκα τούτου κατὰ τὴν κατασκευὴν λουγδουνικῶν λαγῆνων λαμβάνονται φιάλαι ἔχουσαι τοιχώματα λεπτά.

**Τρίτος νόμος.** Ἡ ἠλεκτροχωρητικότης τοῦ συμπυκνωτοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ ἀπομονωτικοῦ σώματος.

**209. Ἡλεκτρικὴ συστοιχία.** Ἐὰν λάβωμεν πολλοὺς συμπυκνωτὰς καὶ συνδέσωμεν ἀφ' ἑνὸς ὅλους τοὺς ἔσωτερικοὺς ὀπλισμοὺς αὐτῶν πρὸς ἀλλήλους, καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλους τοὺς ἔσωτερικοὺς ὀπλισμοὺς, θὰ σχηματίσωμεν τὴν καλουμένην **ἠλεκτρικὴν συστοιχίαν**. Ἡ ἠλεκτροχωρητικότης ταύτης ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἠλεκτροχωρητικότητων τῶν συμπυκνωτῶν ἐξ ὧν ἀποτελεῖται.

Πρὸς σχηματισμὸν ἠλεκτρικῆς συστοιχίας, μὲ συμπυκνωτὰς ἐπιπέδους, τοποθετοῦμεν αὐτοὺς παραλλήλως πρὸς ἀλλήλους, καὶ συνδέομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸν ἕνα ὀπλισμὸν ἐκάστου συμπυκνωτοῦ μὲ ἕνα ἀγωγὸν Α, καὶ ἀφ' ἑτέρου τὸν ἕτερον ὀπλισμὸν αὐτῶν μὲ ἄλλον ἀγωγὸν Β. Ἡ πλήρωσις τῆς συστοιχίας γίνεται, τιθεμένου εἰς συγκοινωνίαν τοῦ μὲν ἀγωγοῦ Α π. χ. μετὰ τῆς γῆς, τοῦ δὲ ἀγωγοῦ Β μετὰ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς.

Πρὸς σχηματισμὸν ἠλεκτρικῆς συστοιχίας μὲ λουγδουνικὰς λαγῆνους, θέτομεν αὐτὰς ἐντὸς ξυλίνου κιβωτίου (σχ. 160), οὗτος ὁ πυθμὴν καὶ τὰ πλάγια τοιχώματα καλύπτονται ἔσωτερικῶς



Σχ. 160. Ἡλεκτρικὴ συστοιχία μὲ λουγδουνικὰς λαγῆνους.

διὰ φύλλου κασσιτέρου. Οὕτως οἱ ἔσωτερικοὶ ὀπλισμοὶ συνδέονται μετ' ἀλλήλων. Ἀφ' ἑτέρου συνδέομεν πρὸς ἀλλήλους τοὺς ἔσωτερικοὺς ὀπλισμοὺς, διὰ μεταλλίνων στελεχῶν. Ἡ πλήρωσις τῆς συστοιχίας γίνεται, τιθεμένων εἰς συγκοινωνίαν τῶν μὲν ἔσωτερικῶν ὀπλισμῶν μετὰ τῆς γῆς, τῶν δὲ ἔσωτερικῶν μετὰ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς.

Διὰ τὴν ἐκκένωσιν ἠλεκτρικῆς συστοιχίας πρέπει νὰ γίνεται χρῆσις πάντοτε τοῦ ἐκκενωτοῦ.

**210. Πειράματα διὰ τῶν συμπυκνωτῶν.** 1ον. Ἐὰν τὸν συμπυκνωτὴν ἐκκενώσωμεν δι' εὐφλέκτου οὐσίας, λ. χ. αἰθέρος, οἰνοπνεύματος κτλ., ἡ οὐσία ἀναφλέγεται. 2ον. Ἐὰν ἐκκενώσωμεν τὸν συμπυκνωτὴν διὰ λεπτοῦ σύρματος, τοῦτο θερμαίνεται μέχρι πυρακτώσεως, ἢ τήξεως, ἢ ἔξαερώσεως. 3ον. Ἐὰν ἡ ἐκκένωσις γίνῃ δι' ὑαλίνης πλακός, κειμένης μεταξὺ δύο μεταλλίνων ἀκίδων, ἡ ὑαλὸς διατρύπεται. 4ον. Ἐὰν ὁ συμπυκνωτὴς ἐκκενωθῇ διὰ τοῦ σώματός μας, αἰσθανόμεθα τιναγμοὺς εἰς τὰς ἀρθρώσεις τῶν χειρῶν μας. Τὸ πείραμα τοῦτο γίνεται συνήθως μὲ πολλοὺς

ἀνθρώπους, οἵτινες συνάπτουσι τὰς χεῖράς των οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίσωσιν ἄλλυσιν. Ἐὰν ὅμως ἰσχυρὰ ἠλεκτρικὴ συστοιχία ἐκκενωθῇ διὰ τοῦ σώματος ἑνὸς μόνον ἀνθρώπου ἢ ζώου, δύναται νὰ ἐπιφέρῃ παροδικὴν ἀναισθησίαν, ἢ παράλυσιν, ἢ καὶ αὐτὸν τὸν θάνατον.

## ΑΣΚΗΣΙΣ

Συμπυκνωτὴς ἔχων ἠλεκτροχωρητικότητα 2 microfarads ἐπληρώθη ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ τῶν δύο ὀπλισμῶν του εἶνε 1000 volts. Πόσον εἶνε τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ὀπλισμῶν. (Ἀπόκρ.  $\frac{1}{500}$  coulomb).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η΄.

### ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

#### 211. Ἡλεκτρισμὸς τῆς ἀτμοσφαιράς καὶ τῶν νεφῶν.

Ἡ ἀτμόσφαιρα φέρει πάντοτε ἠλεκτρισμόν. Τοῦτο ἀνεκάλυψε πρῶτος ὁ Franklin<sup>(1)</sup> ἐν Φιλαδελφείᾳ τῆς Β. Ἀμερικῆς διὰ τοῦ ἐξῆς πειράματος. Ἐν ὥρᾳ καταιγίδος ἀνύψωσε διὰ νήματος ἐκ καννάβου χαρταετόν, τὸν ὁποῖον ὥπλισε διὰ μεταλλίνης ἀκίδος. Εἰς τὸ νῆμα εἶχε προσδέσει κλεῖδα καὶ εἰς ταύτην νῆμα ἐκ μετάξης πρὸς ἀπομόνωσιν τοῦ χαρταετοῦ. Καὶ κατ' ἀρχὰς μὲν πλησιάζων εἰς τὴν κλεῖδα τὸν δάκτυλόν του οὐδένα σπινθῆρα κατῶρθωνε νὰ ἀποσπάσῃ ἐξ αὐτῆς. Ἀλλὰ μετ' ὀλίγον ἐπελθούσης λεπτῆς βροχῆς τὸ νῆμα ὑγράνθη καὶ ἐγένετο εὐηλεκτραγωγότερον, ὁπότε ἠδύνατο νὰ ἀποσπᾷ ἐκ τῆς κλείδος σπινθῆρας. Ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς κλείδος ὀφείλεται εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν ἐπίδρασιν τὴν ὁποίαν ἐξήσκησεν ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ἀτμοσφαιράς ἐπὶ τοῦ χαρταετοῦ.

Δυνάμεθα δὲ νὰ ἀνεύρωμεν ἂν ἡ ἀτμόσφαιρα φέρῃ πάντοτε

(1) Franklin (1706—1790). Ἀμερικανὸς φιλόσοφος καὶ φυσικός. Ἀνεῦρε τὴν ὁμοίτητα τοῦ κεραυνοῦ πρὸς τὸν ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα τῶν ἠλεκτροστατικῶν μηχανῶν καὶ ἐφεύρε τὸ ἀλεξικέρανον.

ἠλεκτρισμόν καὶ ποίου εἴδους, διὰ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου μετὰ φύλλων. Πρὸς τοῦτο ἀνυψῶμεν κατακορύφως ἐν τῇ ἀτμοσφαιρᾷ μακρὰν μεταλλίνην ράβδον ἀπολήγουσαν εἰς ἀκίδα κατὰ τὸ ἀνώτερον ἄκρον, καὶ συγκοινωνοῦσαν κατὰ τὸ κατώτερον μετὰ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ὁπότε θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ὄργανου ἀποκλίνουσιν. Ἐὰν δὲ πλησιάσωμεν εἰς τὸ ἠλεκτροσκόπιον σῶμα φέρον γνωστὸν εἶδος ἠλεκτρισμοῦ, ἀνευρίσκομεν ποῖον εἶδος ἠλεκτρισμοῦ φέρει τὸ ὄργανον, ἐπομένως καὶ ἡ ἀτμόσφαιρα. Διὰ τοιούτων πειραμάτων εὐρέθη ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα φέρει συνήθως **θετικὸν ἠλεκτρισμόν**.

Τὸ ἀνωτέρω πείραμα τοῦ Franklin διὰ τοῦ χαρταετοῦ ἀποδεικνύει ὅτι καὶ τὰ νέφη εἶναι ἠλεκτρισμένα. Ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ἀτμοσφαιράς καὶ τῶν νεφῶν ὀνομάζεται ἐν γένει **ἀτμοσφαιρικὸς ἠλεκτρισμὸς**.

**212. Αἷτια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.**— Ὡς αἷτια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἠλεκτρισμοῦ θεωροῦνται τὰ ἐξῆς :

1) Ἡ τριβὴ τοῦ ἀέρος μετὰ τοῦ ἐδάφους, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ μὲν ἀῆρ ἠλεκτριζεῖται θετικῶς, τὸ δὲ ἔδαφος ἀρνητικῶς.

2) Ἡ τριβὴ τῶν σταγονιδίων τοῦ ὕδατος, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται τὰ νέφη, μετὰ τοῦ ἀέρος κατὰ τὴν ὁποίαν τὰ μὲν σταγονίδια (ἐπομένως τὰ νέφη) ἠλεκτριζοῦνται θετικῶς, ὁ δὲ ἀῆρ ἀρνητικῶς καὶ 3) Ἡ ἐξάτμισις τοῦ θαλασσοῦ ὕδατος.

Ἀλλὰ πλὴν τούτων ὑπάρχουσι πιθανῶς καὶ ἄλλα αἷτια ἄγνωστα μέχρι τοῦδε.

**Παρατήρησις.** Νέφος τι δύναται νὰ ἠλεκτρισθῇ καὶ ἐξ ἐπιδράσεως ὑπὸ τοῦ ἐδάφους, ὁπότε τὸ μὲν κατώτερον μέρος του θὰ ἠλεκτρισθῇ θετικῶς, τὸ δὲ ἀνώτερον ἀρνητικῶς. Ἐὰν δὲ ἐπὶ τοῦ νέφους τούτου προσπέσῃ ἄνεμος, δυνατὸν τὸ νέφος νὰ διαχωρισθῇ εἰς δύο μέρη καὶ νὰ προκύψωσιν οὕτω δύο νέφη κειχωρισμένα καὶ ἠλεκτρισμένα ἀντιθέτως.

**213. Ἀστραπή - βροντή.**— Ὄταν δύο νέφη ἠλεκτρισμένα ἀντιθέτως καὶ ἔχοντα μεγάλην διαφορὰν ἠλεκτροδυναμικοῦ πλησιάσωσι πρὸς ἄλληλα, ἐκρηγνυται μεταξύ αὐτῶν ἰσχυρὸς ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ, ὅστις εἶναι ἡ **ἀστραπή**. Ἐπομένως ἡ ἀστραπή εἶνε ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ ἐκρηγνυόμενος μεταξύ δύο νεφῶν. Μετὰ τινὰς δὲ στιγμὰς ἀκούεται συνήθως καὶ κρότος τις, ὅστις καλεῖται

**βροντή.** Ἡ βροντή ὀφείλεται εἰς τὴν βιαίαν δόνησιν, εἰς τὴν ὁποίαν τίθεται ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ κατὰ τὴν ἔκρηξιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθήρος.

Ἡ ἀστραπή καὶ ἡ βροντή παράγονται πάντοτε ταυτοχρόνως. Ἔνεκα ὅμως τῆς μεγαλύτερας ταχύτητος τοῦ φωτὸς ἡμεῖς βλέπομεν πρῶτον τὴν ἀστραπήν, καὶ κατόπιν ἀκούομεν τὴν βροντήν.

Τὸ μήκος τῆς ἀστραπῆς εἶναι πολλάκις πολλῶν χιλιομέτρων. Τὸ σχῆμα αὐτῆς εἶναι συνήθως τεθλασμένη γραμμὴ ἢ καμπύλη μὲ διακλαδώσεις, ἡ δὲ διάρκεια εἶναι ἐλαχίστη, μικροτέρα τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ δευτερολέπτου.

Ἐνίοτε κατὰ τὰς ἀνεφελους νύκτας τοῦ θέρους παρατηροῦνται ἀστραπαὶ μὴ συνοδευόμεναι ὑπὸ βροντῆς. Αὗται καλοῦνται **ἀστραπαὶ θερμοῦτος** καὶ εἶναι κοιναὶ ἀστραπαὶ παραγόμεναι ὑπὸ νεφῶν εὐρισκομένων ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα καὶ εἰς τοσαύτην ἀπόστασιν, ὥστε ἡ βροντὴ νὰ μὴ εἶναι δυνατὸν νὰ γίνῃ ἀκουστή.

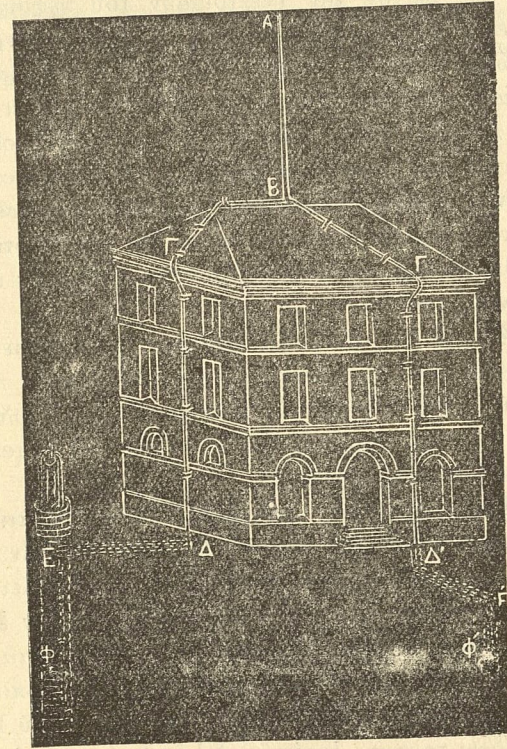
**214. Κεραυνός.**—Τὸ ἔδαφος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἰσχυρῶς ἠλεκτρισμένου νέφους, δύναται νὰ ἠλεκτρισθῇ ἑτερονύμως, καὶ ἐὰν ἡ ἀπόστασις τοῦ νέφους ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἐλαττωθῇ ἀρκούντως, ἐκρήγνυται μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, ὅστις εἶναι ὁ **κεραυνός**. Ἐπομένως ὁ κεραυνὸς εἶναι ἠλεκτρικὸς σπινθήρ ἐκρηγνύμενος μεταξὺ νέφους καὶ ἐδάφους. Ὁ κεραυνὸς πίπτει συνήθως ἐπὶ τῶν πλησιεστέρων πρὸς τὸ νέφος σημείων τοῦ ἐδάφους, διότι ταῦτα ἀποτελοῦσιν ἀκίδας, οὕτως εἶπεῖν, τοῦ ἐδάφους, ἐπὶ τῶν ὁποίων συσσωρεύεται ὁ ἠλεκτρισμὸς αὐτοῦ. Ἔνεκα τούτου ὁ κεραυνὸς προσβάλλει συνήθως τὰ ὑψηλὰ οἰκοδομήματα, τὰ κωδωνοστάσια καὶ τὰ ὑψηλὰ δένδρα.

Τὰ ἀποτελέσματα τοῦ κεραυνοῦ εἶναι ποικίλα καὶ ὅμοια πρὸς τὰ τῶν ἰσχυρῶν ἠλεκτρικῶν σπινθήρων. Ἦτοι δύναται νὰ θερμάνῃ καὶ νὰ τήξῃ μέταλλα ἀντικείμενα, νὰ ἀναφλέξῃ εὐφλέκτους ὕλας (θερμαντικὰ ἀποτελέσματα), νὰ θραύσῃ ἢ νὰ σχίσῃ δυσἠλεκτραγωγὰ σώματα (μηχανικὰ ἀποτελέσματα), καὶ νὰ φονεύσῃ ἀνθρώπους καὶ ζῶα (φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα). Διὰ τοῦτο φρόνιμον εἶναι νὰ μὴ καταφεύγωμεν ἐν καιρῷ καταιγίδος ὑπὸ τὰ δένδρα, καὶ μάλιστα τὰ μεμονωμένα ἐν πεδιάδι.

**215. Ἀλεξικέραυνον.** Τὸ ἀλεξικέραυνον εἶναι ὄργανον διὰ τοῦ ὁποίου προστατεύομεν τὰ οἰκοδομήματα ἀπὸ τοῦ κεραυ-

νοῦ, ἐπενοήθη δὲ ὑπὸ τοῦ Franklin, δι' ὃ καὶ **ἀλεξικέραυνον τοῦ Franklin** καλεῖται.

Α') **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μέρη : α') ἀπὸ τὸν **κοντὸν** AB (σχ. 161). Οὗτος εἶναι ράβδος μακρὰ ἐκ σιδήρου γαλβανισμένου, ἀπολήγουσα εἰς ὀξεῖαν ἀκίδα ἐκ λευκοχρύσου, ἢ ἐκ χαλκοῦ ἐπιχρυσωμένου, τοποθετεῖται δὲ κατακόρυφος εἰς τὸ



Σχ. 161. Ἀλεξικέραυνον τοῦ Franklin.

ὑψηλότερον σημεῖον τοῦ οἰκοδομήματος, β') ἀπὸ τὸν **ἀγωγὸν** ΒΓΔ. Οὗτος εἶναι καλώδιον ἐκ χαλκοῦ ἢ ἐκ σιδήρου γαλβανισμένου, ὅπερ ἀναχωρεῖ ἀπὸ τῆς βάσεως τοῦ κοντοῦ καὶ καταλήγει εἰς πλάκα χαλκίνην, βυθιζομένην ἐντὸς τοῦ ὕδατος φρέατος, ἢ ἐντὸς ἐδάφους ὑγροῦ.

**Β') Δειτουργία.** Ἐάν νέφος τι ἠλεκτρισμένον διέλθῃ ἄνωθεν τοῦ ἀλεξιερραύνου, ὁ ἠλεκτρισμός τοῦ νέφους ἐπιδρῶ ἐπὶ τοῦ οὐδετέρου ρευστοῦ τοῦ οἰκοδομήματος καὶ τὸ ἀναλύνει εἰς θετικὸν καὶ εἰς ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν, καὶ τὸν μὲν ὁμώνυμον ἀπωθεῖ πρὸς τὴν γῆν, τὸν δὲ ἑτερόνυμον ἔλκει μέχρι τῆς ἀκίδος τοῦ κοντοῦ. Οὗτος ἐκρέει ἐξ αὐτῆς συνεχῶς καὶ ἐξουδετερώνει ὀλίγον κατ' ὀλίγον τὸν ἠλεκτρισμόν τοῦ νέφους, χωρὶς νὰ ἐκτραγῆ ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, δηλ. χωρὶς νὰ πέσῃ κεραυνός. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ ἀλεξικέραυνον ἐνεργεῖ προληπτικῶς. Ἐάν δέ ποτε πέσῃ κεραυνός, οὗτος κατὰ προτίμησιν θέλει πλήξει τὴν ἀκίδα τοῦ κοντοῦ, ὡς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τοῦ οἰκοδομήματος, ὅποτε διὰ τοῦ κοντοῦ καὶ τοῦ ἀγωγοῦ θέλει διοχετευθῆ εἰς τὴν γῆν, ἄνευ δυστυχίματός τινος. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ ἀλεξικέραυνον ἐνεργεῖ προφυλακτικῶς. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω βλέπομεν ὅτι ἡ λειτουργία τοῦ ἀλεξικέραυνου στηρίζεται ἐπὶ τῆς δυνάμεως τῶν ἀκίδων.

Παραδέχονται ὅτι τὸ ἀλεξικέραυνον προφυλάσσει ἀπὸ τοῦ κεραυνοῦ κυκλικὴν ἐπιφάνειαν, ἔχουσαν ἀκτῖνα ἴσην πρὸς τὸ διάπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ κοντοῦ. Ἐάν λοιπὸν τὸ οἰκοδόμημα καταλαμβάνῃ μεγάλην ἔκτασιν, εἶναι ἀνάγκη νὰ τοποθετηθῶσιν ἐπ' αὐτοῦ πολλὰ ἀλεξικέραυνα.

**216. Ἀλεξικέραυνον τοῦ Melsen.**—Ἀπὸ τίνος χρόνου χρησιμοποιεῖται τὸ ἀλεξικέραυνον τοῦ Melsen. Ἐν τῷ συστήματι τούτῳ τὸ προφυλακτικὸν οἰκοδόμημα περιβάλλεται ὑπὸ διακτύου ἀποτελουμένου ἐκ πολλῶν συρμάτων σιδηρῶν ἐπιψευδαργυρωμένων, ἅτινα συννεοῦνται μεταξύ των καὶ μετὰ τοῦ ἐδάφους. Εἰς τὴν κορυφὴν δὲ τοῦ οἰκοδομήματος τοποθετοῦνται πολλαὶ πολλαπλαῖ ἀκίδες ἀντὶ τοῦ ἀπλοῦ κοντοῦ τοῦ Franklin. Διὰ τῶν ἀκίδων τούτων ἐκρέει ὁ δι' ἐπιδράσεως ἀναπτυχθεὶς ἠλεκτρισμός καὶ ἐξουδετερώνει τὸν ἠλεκτρισμόν τοῦ νέφους, διὰ δὲ τῶν σιδηρῶν συρμάτων διοχετεύεται πρὸς τὸ ἔδαφος ὁ κεραυνὸς κατὰ τὴν πτώσιν αὐτοῦ.

**217. Πολικὸν σέλας.**—Τοῦτο εἶναι φαινόμενον φωτεινόν, παρατηρούμενον συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας, εἴτε τοῦ βορείου ἡμισφαιρίου, ὅποτε καλεῖται **βόρειον πολικὸν σέλας**, εἴτε τοῦ νοτίου, ὅποτε καλεῖται **νότιον πολικὸν σέλας**. Παρουσιάζε-

ται δὲ ὑπὸ μορφὴν εἴτε φωτεινῶν παραπετασμάτων, εἴτε φωτεινῶν τόξων, ἅτινα ἐξακοντίζουσι τὰς ἀκτῖνας αὐτῶν πρὸς τὴν γῆν. Αἰτία τῆς παραγωγῆς αὐτοῦ εἶναι ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἠλεκτρισμός, διότι ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι ἡ ἐμφάνισις τοῦ πολικοῦ σέλαος ἐπιφέρει διαταραξέεις ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν βελονῶν.

**218. Στατικὸς ἠλεκτρισμός.**—Τὰ περιγραφέντα ἠλεκτρικὰ φαινόμενα παράγει ὁ ἠλεκτρισμὸς εὐρισκόμενος ἐν στάσει (δηλ. ἐν ἡρεμίᾳ ἢ ἰσορροπίᾳ). Ὁ τοιοῦτος ἠλεκτρισμὸς καλεῖται **στατικὸς**.

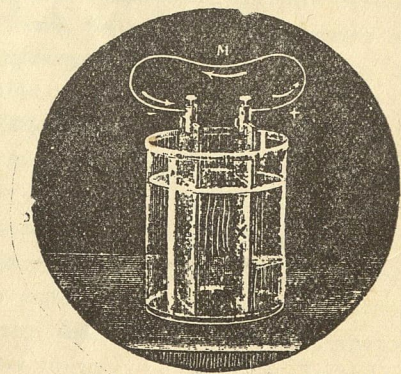
# ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

## ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

#### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

**219. Ἡλεκτρισμὸς ἐκ χημικῆς ἐπιδράσεως.**— *Πείραμα.* Ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ἀραιὸν θεικὸν ὀξὺν ἐμβαπτίζομεν ράβδον ἐκ ψευδαργύρου (τζίγκου) Z (σχ. 162) καὶ ράβδον



Σχ. 162. Παραγωγή δυναμικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

ἐκ χαλκοῦ X οὕτως, ὥστε νὰ μὴ ἐγγίξωσιν ἀλλήλας. Αἱ ράβδοι αὗται ἠλεκτρίζονται καὶ μάλιστα ἡ τοῦ ψευδαργύρου ἀρνητικῶς, ἡ δὲ τοῦ χαλκοῦ θετικῶς. Ὁ ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς ὀφείλεται εἰς τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν τοῦ θεικοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, καθ' ἣν ὁ ψευδάργυρος μετατρέπεται εἰς θει-

κὸν ψευδάργυρον, ὑδρογόνον δὲ ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφὴν φουσλίδων ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ χαλκοῦ (1).

**Συμπέρασμα.** Ἡ χημικὴ ἐπίδρασις ὀξέος τινὸς ἐπὶ μετάλλου ἀναπτύσσει ἠλεκτρισμὸν.

Ὁ διὰ χημικῆς ἐπιδράσεως ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς καλεῖται **δυναμικὸς ἠλεκτρισμὸς**.

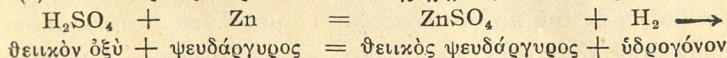
**220. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον.**— Ἡ συσκευή, ἡ ἀποτελούμενη ἐκ τῶν ράβδων τοῦ χαλκοῦ καὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ ἐκ τοῦ ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος καλεῖται ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἐν γένει τὸ **ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον** ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἑτερογενῶν μετάλλων καὶ ἑνὸς ὑγροῦ, ὅπερ προσβάλλει μόνον τὸ ἕν μέταλλον. Δι' αὐτοῦ ἡ χημικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Αἱ μέταλλιναι ράβδοι φέρουσιν ἐπὶ τῶν ἐξωτερικῶν ἄκρων αὐτῶν προσηρμοσμένα σύρματα ἢ κοχλίας. Καὶ αἱ μὲν ράβδοι καλοῦνται **ἠλεκτροδία**, τὰ δὲ σύρματα ἢ οἱ κοχλίας καλοῦνται **πόλοι**. Τὸ σύρμα τὸ συνδέον τοὺς δύο πόλους καλεῖται **ἀγωγὸς** ἢ **ρομφόρος**, τὰ δὲ ἠλεκτροδία μετὰ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ ἀγωγοῦ καλοῦνται **ἠλεκτρικὸν κύκλωμα**. Ὄταν ὁ ἀγωγὸς συνδέῃ τοὺς δύο πόλους, τὸ κύκλωμα καλεῖται **κλειστόν**, ἐν ἐναντίᾳ περιπτώσει καλεῖται **ἀνοικτόν**.

**Σημείωσις.** Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον παρίσταται συμβολικῶς ὑπὸ δύο μικρῶν γραμμῶν παραλλήλων ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία μεγαλυτέρα, καὶ λεπτοτέρα, παριστῶσα τὸν θετικὸν πόλον (+), ἡ δὲ ἄλλη μικροτέρα καὶ παχύτερα, παριστῶσα τὸν ἀρνητικὸν πόλον (—).

**221. Ἐφυδραργύρωσις ψευδαργύρου.**— Εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα δέον νὰ γίνεται χρῆσις χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου καθ' ὅσον οὗτος προσβάλλεται ὑπὸ τοῦ θεικοῦ ὀξέος **μόνον** ὅταν τὸ κύκλωμα κλεισθῇ. Τοῦναντίον, ἀγοραῖος (ἀκάθαρτος) ψευδάργυρος προσβάλλεται **πάντοτε** ὑπὸ τοῦ θεικοῦ ὀξέος. Δυναμέθα ὁμῶς νὰ ἐξαλείψωμεν τὸ μειονέκτημα τοῦτο τοῦ ἀγο-

(1) Ἡ ἀντίδρασις παρίσταται ὑπὸ τῆς χημικῆς ἐξίσωσεως:



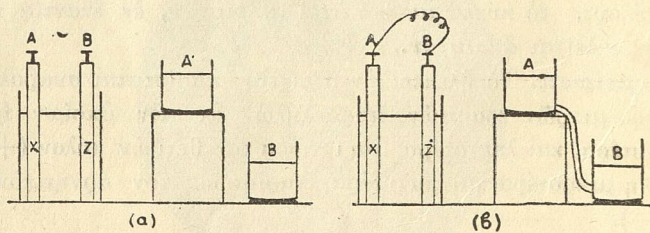


ραίου ψευδαργύρου ἐὰν τὸν **ἐφυδραργυρώσωμεν**, ἤτοι ἐὰν καλύψωμεν τὴν ἐπιφανείαν του διὰ λεπτοῦ στρώματος ὑδραργύρου.

Ἡ ἐφυδραργύρωσις τοῦ ἀγοραίου ψευδαργύρου γίνεται ὡς ἐξῆς. Χύνομεν ἐπὶ πινακίου ὀλίγον ὑδράργυρον καὶ ἐπ' αὐτοῦ ὑδροχλωρικὸν ἢ θεικὸν δξύ, καὶ διὰ ψήκτρας προστρίβομεν τὸν ψευδάργυρον ῥίπτοντες ἐπ' αὐτοῦ τὸν ὑδράργυρον μετὰ τοῦ δξέος. Τότε σχηματίζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ψευδαργύρου ἀμάλγαμα, ὅπερ ἐν τῷ ἠλεκτρικῷ στοιχείῳ ἔχει ὅλας τὰς ιδιότητας τοῦ χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου.

**222. Διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.**—Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τῶν δύο πόλων ἠλεκτρικοῦ στοιχείου θὰ ἴδωμεν ὅτι τοῦτο εἶνε διάφορον. Ἡ διαφορὰ αὕτη προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι τὸ δξύ ἐξασκεῖ διάφορον χημικὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῶν δύο ἠλεκτροδίων, τοῦ ἐνὸς τούτων προσβαλλομένου ἰσχυρῶς, τοῦ δὲ ἐτέρου ἢ οὐδόλως ἢ ἀσθενέστατα.

Δυναμέθθα λοιπὸν νὰ παραβάλωμεν τοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου μὲ δύο δοχεῖα περιέχοντα ὕδωρ καὶ εὐρισκόμενα εἰς ὕψη διάφορα (σχ. 163α). Πράγματι, ὅπως τὰ δοχεῖα ταῦτα πα-



Σχ. 163. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους ἠλεκτρικοῦ στοιχείου παραβάλλεται πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης.

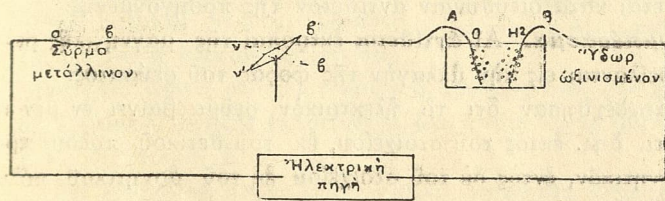
ρουσιάζουσι διαφορὰν στάθμης, οὕτω καὶ οἱ δύο πόλοι παρουσιάζουσι διαφορὰν ἠλεκτροδυναμικοῦ. Καὶ ὅπως, ἐὰν ἐνώσωμεν διὰ σωλῆνος τὰ δοχεῖα ταῦτα (σχ. 163β), τὸ ὕδωρ μεταβαίνει ἐκ τοῦ ὑψηλοτέρου πρὸς τὸ χαμηλότερον, οὕτως, ἐὰν ἐνώσωμεν καὶ τοὺς δύο πόλους στοιχείου διὰ σύρματος, ὁ ἠλεκτρισμὸς μεταβαίνει ἐκ τοῦ πόλου ὅστις ἔχει τὸ μεγαλύτερον ἠλεκτροδυναμικὸν πρὸς τὸν πόλον ὅστις ἔχει τὸ μικρότερον. Ἡ μετάθεσις

ὅμως αὕτη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ δὲν ἐπιφέρει τὴν ἐξίσωσιν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων, διότι διατηρεῖται ἡ ἀρχικὴ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ. Τοιοῦτοτρόπως διὰ τοῦ σύρματος γίνεται συνεχὴς μετάθεσις ἠλεκτρισμοῦ ἣτις καλεῖται **ἠλεκτρικὸν ρεῦμα**.

Καὶ ὁ μὲν πόλος ὁ ἔχων τὸ μεγαλύτερον ἠλεκτροδυναμικὸν καλεῖται **θετικὸς**, ὁ δὲ ἔχων τὸ μικρότερον ἠλεκτροδυναμικὸν καλεῖται **ἀρνητικὸς**. Ὡσαύτως καὶ τὰ ἠλεκτρόδια καλοῦνται ἀντιστοίχως **θετικὸν ἠλεκτρόδιον** καὶ **ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον**. Ἐὰν ὁ εἰς πόλος τοῦ στοιχείου συγκοινωνήσῃ μετὰ τῆς γῆς, τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τούτου γίνεται ἴσον τῷ μηδενί, ἀλλὰ τότε τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν καὶ τοῦ ἐτέρου πόλου μεταβάλλεται οὕτως ὥστε ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους νὰ παραμένῃ ἡ αὕτη.

Ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ μεγέθους καὶ τοῦ σχήματος τοῦ στοιχείου πρὸς δὲ καὶ τῆς ἀποστάσεως τῶν ἠλεκτροδίων, ἐξαρτᾶται δὲ μόνον ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἠλεκτροδίων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ.

Ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων στοιχείου ἐν ἀνοικτῷ κυκλώματι καλεῖται **ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου, καὶ ἐκφράζεται εἰς volts. Εἶναι δὲ πάντοτε ἡ αὕτη δι' ἐν καὶ τὸ αὐτὸ στοιχεῖον. Τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν θεμελιώδη ιδιότητα τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.



Σχ. 164. Γνωρίσματα ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

**223. Γνωρίσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πειράματα.** 1ον. Ἡλεκτρικῆς πηγῆς ἰσχυρᾶς συνδέομεν τοὺς δύο πόλους διὰ σύρματος λεπτοτάτου αβ (σχ. 164). Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ σύρμα θερμαίνεται κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον, καὶ δύναται νὰ πυρακτωθῇ, ἢ νὰ καῖ, ἢ καὶ νὰ ἐξαερωθῇ.

2ον. Τὸ σύρμα θέτομεν παραλλήλως καὶ πλησίον μαγνητικῆς βελόνης βν, ἣτις εἶναι στρεπτή περὶ κατακόρυφον ἄξονα καὶ ἔχει διεύθυνσιν ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον. Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ ἐκτρέπεται ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεώς της καὶ λαμβάνει νέαν θέσιν.

3ον. Κόπτομεν τὸ σύρμα καὶ ἐμβαπτιζομεν τὰ προκύψαντα ἄκρα αὐτοῦ Α καὶ Β ἐντὸς ὕδατος ἐλαφρῶς ὠξυνισμένον (ἵνα γίνῃ εὐηλεκτραγωγόν). Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι εἰς τὰ ἄκρα ταῦτα ἐμφανίζονται φουσαλίδες ὀξυγόνου καὶ ὑδρογόνου, ἕνεκα τῆς ἀποσυνθέσεως τοῦ ὕδατος.

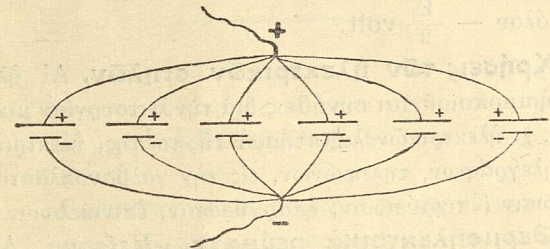
**Συμπέρασμα.** Αἱ θερμαντικαί, μαγνητικαὶ καὶ χημικαὶ ιδιότητες τοῦ σύρματος ὀφείλονται εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ διερχόμενον δι' αὐτοῦ.

**224. Φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.—Πείραμα.** Πλησίον καὶ παραλλήλως πρὸς μαγνητικὴν βελὸνὴν στρεπτήν περὶ κατακόρυφον ἄξονα, τοποθετοῦμεν χάλκινον ἄγωγόν. Ἐὰν τὰ ἄκρα τούτου συνδέσωμεν μὲ τοὺς δύο πόλους ἠλεκτρικοῦ στοιχείου ἀποτελουμένου ἐκ χαλκοῦ, ψευδαργύρου καὶ ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ ἐκτρέπεται ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεώς της κατὰ τινὰ διεύθυνσιν. Ἐὰν ἤδη τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος συνδέσωμεν κατ' ἀντίστροφον τάξιν μὲ τοὺς πόλους τοῦ ἰδίου στοιχείου, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ βελὸνὴ ἐκτρέπεται κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς προηγουμένης.

**Συμπέρασμα.** Αἱ ἀντίθετοι ἐκτροπαὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλονται εἰς τὴν ἀλλαγὴν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος.

Παρεδέχθησαν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα βαίνει ἐν μὲν τῷ σύρματι, δηλ. ἐκτὸς τοῦ στοιχείου, ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικόν, ἐντὸς δὲ τοῦ στοιχείου ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικόν.

τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖται ἠλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειρᾶς.



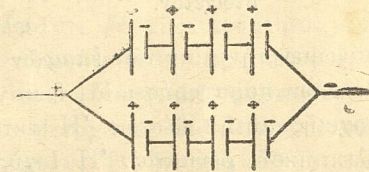
Σχ. 172. Συμβολικὴ παράστασις τῆς ἠλεκτρικῆς στήλης κατὰ ποσότητα.

**Ὁρισμός.** Καλεῖται ἠλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειρᾶς ἐκείνη, ἣτις εἶναι συνδυασμὸς στηλῶν κατὰ σειρὰν καὶ στηλῶν κατὰ ποσότητα.

Τοιαύτην ἠλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα 173.

Ἡ ἠλεκτρογεωρτικὴ δύναμις  $E$  τῆς τελικῆς στήλης ἰσοῦται μὲ τὴν ἠλεκτρογεωρτικὴν δύναμιν μιᾶς μόνον μερικῆς στήλης. Οὕτως ἐὰν  $\epsilon$  εἶναι ἡ ἠλεκτρογεωρτικὴ δύναμις ἐνὸς μόνου στοιχείου καὶ  $n$  ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων ἐκάστης μερικῆς στήλης (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶναι ὅμοια μεταξὺ τῶν), θὰ ἔχωμεν  $E = n \cdot \epsilon$ .

Ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη παρουσιάζει ιδιότητες ἀναλόγους πρὸς τὰς τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου. Οὕτως ἐὰν ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους ἠλεκτρικῆς στήλης εἶναι  $E$  volt καὶ συγκοινωνήσῃ ὁ ἀρνητικὸς πόλος της μετὰ τῆς γῆς, τότε τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τοῦ μὲν ἀρνητικοῦ πόλου γίνεται  $0$  τοῦ δὲ θετικοῦ γίνεται  $E$  volt. Ἐὰν δὲ συγκοινωνήσῃ ὁ θετικὸς πόλος μετὰ τῆς γῆς, τότε τούτου μὲν τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν γίνεται  $0$  τοῦ δὲ ἀρνητικοῦ πόλου γίνεται  $-E$  volt. Ἐὰν ἡ στήλη περιλαμβάνῃ ἄρτιον ἀριθμὸν στοιχείων συνηνωμένων κατὰ σειρὰν

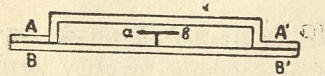


Σχ. 173. Συμβολικὴ παράστασις τῆς μεικτῆς ἠλεκτρικῆς στήλης.

καὶ συγκοινωνήσῃ μετὰ τῆς γῆς τὸ μέσον αὐτῆς, τότε τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τοῦ μὲν θετικοῦ πόλου γίνεται  $\frac{E}{2}$  volt, τοῦ δὲ ἀρνητικοῦ πόλου —  $\frac{E}{2}$  volt.

**233. Χρήσεις τῶν ἠλεκτρικῶν στηλῶν.** Αἱ ἠλεκτρικαὶ στηλαὶ χρησιμοποιοῦνται συνήθως διὰ τὴν λειτουργίαν μικρῶν συσκευῶν, λ. χ. ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων τῆς τσέπης, ἠλεκτρικῶν κωδῶνων, τηλεγράφων, τηλεφῶνων, εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν, τὴν ἐπιμετάλλωσιν (ἐπιχρῶσιν, ἐπαργύρωσιν, ἐπινικέλωσιν κ.λ.π.).

**234. Θερμοηλεκτρικὰ ρεύματα.**—*Πείραμα.* Λαμβάνομεν δύο ἕτερογενῆ μέταλλα π. χ. χαλκοῦ Α Α' καὶ βισμούθιου Β Β' (σχ. 174) καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα αὐτῶν οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῇ πλήρης κύκλωμα. Ἐν τῷ ἔσωτεριῷ αὐτοῦ τοποθετοῦμεν μαγνητικὴν βελόνην κινητὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν διὰ τῆς φλογὸς λύχνου οἰνοπνεύματος θερ-



Σχ. 174. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον.

μάνωμεν τὴν μίαν τῶν ἐπαφῶν διατηροῦντες τὴν ἄλλην ψυχράν, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐκτρέπεται ἐκ τῆς ἀρχικῆς αὐτῆς θέσεως. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη δεικνύει τὴν διόδον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα μέταλλα καὶ αὐξάνεται μέχρις ὁρίου, ὅταν αὐξάνεται καὶ ἡ διαφορὰ τῆς θερμοκρασίας τῶν δύο ἐπαφῶν.

**Συμπέρασμα.** Καὶ ἡ θερμότης δύναται νὰ παραγάγῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὸ οὕτω παραγόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα.**

**235. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον καὶ θερμοηλεκτρικὴ στήλη.** Καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον** τὸ σύστημα τὸ ἀποτελούμενον ἐκ δύο ἕτερογενῶν μετάλλων συγκεκολλημένων κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν. Ἡ ἠλεκτρογενητικὴ δύναμις ἐνὸς μόνον τοιοῦτου στοιχείου εἶναι λίαν μικρά. Δυνάμεθα ὅμως, ἐνώνοντες πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα κατὰ σειρὰν, νὰ ἀποτελέσωμεν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** μεγάλης ἠλεκτρογενητικῆς δυνάμεως. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη εἶναι καὶ ὁ καλούμενος **θερμοπολλαπλασιαστής τοῦ Melloni**, ὅστις σύγκεται ἐκ πολλῶν θερμοηλεκτρι-

κῶν στοιχείων ἐκ βισμούθιου καὶ ἀντιμονίου συνηνωμένων κατὰ σειρὰν καὶ ἀποτελούντων ἐν τῷ συνόλῳ τῶν σχῆμα κύβου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

### ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.

#### ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ.

**236. Ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ μονὰς ἐντάσεως.** Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ διαρρέον ἀγωγόν τινα λέγομεν ὅτι ἔχει **ἐντασιν** κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον μεγάλην, ὅταν τὰ ἀποτελέσματα αὐτοῦ, θερμοματικά, μαγνητικὰ καὶ χημικὰ εἶνε κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἰσχυρά. Τὸ μέγεθος δὲ τῶν ἀποτελεσμάτων τούτων προφανῶς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὅστις διαρρέει τὸν ἀγωγὸν ἐντὸς ὁρισμένου χρόνου. Διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἣτις διέρχεται διὰ τινος τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἐντὸς 1 δευτερολέπτου.** Ἡ ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ αὐτὴ καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ.

Ὡς μονὰς ἐντάσεως λαμβάνεται τὸ *ampère* (πρὸς τιμὴν τοῦ Ampère [1]). Τὸ ampère παριστᾷ τὴν ἐντασιν ρεύματος συνεχοῦς, ὅπερ μεταφέρει ἓνα coulomb κατὰ δευτερόλεπτον. Τίνι τρόπῳ καθωρίσθη ἡ μονὰς ampère, θέλομεν ἴδει κατωτέρω.

Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται δι' ἰδιαιτέρων ὀργάνων, ἅτινα καλοῦνται **ἀμπερόμετρα.**

**237. Ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ καὶ μονὰς ἀντιστάσεως.** Ὅταν ὑγρὸν τι, π. χ. ὕδωρ, κυκλοφορῇ ἐντὸς σωλῆνος, οὗτος παρουσιάζει ἀντίστασιν εἰς τὴν κίνησιν τοῦ ὕδατος, ἐνεκα τῆς προστριβῆς τῶν μορίων τοῦ ὕδατος ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ

(1) Ampère (1775 — 1836). Γάλλος σοφὸς σπουδαστὴς κυρίως τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα. Ἀνεκάλυψε τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν τῶν μαγνητικῶν καὶ τῶν ἠλεκτρικῶν πεδίων.

σωλήνος. Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ εἶνε τόσῳ μεγαλυτέρα, ὅσῳ ἐπιμικέστερος καὶ λεπτότερος εἶνε ὁ σωλήν.

Ἄνάλογον φαινόμενον ἔχομεν καὶ εἰς τὸν ἠλεκτρισμόν. Ὅταν δηλ. ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέῃ ἀγωγόν τινα, οὗτος παρουσιάζει ἀντίστασιν εἰς αὐτό, ἣτις εἶνε τόσῳ μεγαλυτέρα ὅσῳ ἐπιμικέστερος καὶ λεπτότερος εἶναι ὁ ἀγωγός.

Ὡς μονὰς ἀντιστάσεως λαμβάνεται τὸ *ohm* (πρὸς τιμὴν τοῦ *Ohm* [!]). Τὸ *ohm* παριστᾷ τὴν ἀντίστασιν ἀγωγοῦ, ὅστις διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος 1 ἀμπέρη παρουσιάζει μεταξὺ τῶν ἄκρων του διαφορὰν ἠλεκτροδυναμικοῦ 1 volt. Ἀντίστασιν ἴσην πρὸς 1 *ohm* παρουσιάζει στήλη ὑδαργύρου ὑπὸ θερμοκρασίαν 0°, ἔχουσα τομὴν 1 τετραγωνικοῦ χιλιοστομέτρου καὶ μῆκος 106,3 ἑκατοστομέτρων.

Αἱ πολὺ μικραὶ ἀντιστάσεις μετροῦνται δι' ἐτέρας μικροτέρας τῆς *ohm* μονάδος, ἣτις καλεῖται *microhm*. Τὸ *microhm* ἰσοδυναμεῖ πρὸς τὸ ἑκατομμυριοστὸν τῆς *ohm*. Αἱ πολὺ μεγάλαι ἀντιστάσεις μετροῦνται δι' ἐτέρας μεγαλυτέρας τῆς *ohm* μονάδος, ἣτις καλεῖται *megohm*. Τὸ *megohm* ἰσοδυναμεῖ πρὸς ἓν ἑκατομύριον *ohm*. Ἐπομένως ἔχομεν :

$$1 \text{ ohm} = 1000000 \text{ microhms.}$$

$$1 \text{ megohm} = 1000000 \text{ ohms.}$$

**238. Νόμοι τῆς ἀντιστάσεως.**—Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς νόμους.

**Πρῶτος νόμος.** Ἡ ἀντίστασις εἶναι ἀνάλογος τοῦ μήκους τοῦ ἀγωγοῦ.

**Δεύτερος νόμος.** Ἡ ἀντίστασις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ.

**Τρίτος νόμος.** Ἡ ἀντίστασις ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀγωγοῦ, δηλ. ἐκ τῆς ὕλης ἐξ ἧς οὗτος συνίσταται. Οὕτως ἀγωγοὶ ἔχοντες τὸ αὐτὸ μῆκος καὶ τὴν αὐτὴν ἐγκαρσίαν τομὴν, ἀλλὰ συγκεῖμενοι ἐκ διαφόρων μετάλλων παρουσιάζουν διάφορον ἀντίστασιν.

**Εἰδικὴ ἀντίστασις ἀγωγοῦ.** Καλεῖται **εἰδικὴ ἀντίστασις**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'.

### ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ—ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΤΗΛΗ.

**225. Πόλωσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.** Τὸ ὑδρογόνον τὸ παραγόμενον κατὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν τοῦ θεικοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, προσκολλᾶται ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ, καὶ ἀφ' ἐνός μὲν παρεμποδίζει, ὡς σῶμα δυσηλεκτραγωγόν, τὴν διόδον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀφ' ἐτέρου δὲ τείνει νὰ παραγάγῃ μετὰ τοῦ χαλκοῦ δευτερεῦον ρεῦμα φορᾶς ἀντιρρόπου τῷ κυρίῳ ρεύματι.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς προσκολλήσεως τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ θεικοῦ ἠλεκτροδίου ἐκλήθη **πόλωσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου**, καὶ συντελεῖ ὥστε ἡ λειτουργία τοῦ στοιχείου νὰ μὴ εἶναι κανονικὴ. Ἴνα ἔχωμεν λοιπὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα σταθερὸν καὶ διαρκές, ἀνάγκη νὰ παρεμποδίζωμεν τὴν προσκόλλησιν τοῦ ὑδρογόνου, ἥτοι νὰ καταστρέφωμεν τὴν πόλωσιν. Τοῦτο κατορθώθη εἰς πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, διὰ τῆς χρήσεως καταλλήλων οὐσιῶν, αἵτινες ἀπορροφοῦσι τὸ παραγόμενον ὑδρογόνον καὶ καλοῦνται **ἀντιπολωτικά**.

Αἱ μᾶλλον χρησιμοποιούμεναι ἀντιπολωτικά οὐσία εἶναι: τὸ νιτρικὸν ὀξύ, ὁ θεικὸς χαλκός, τὸ διοξειδίον τοῦ μαγγανίου, τὸ διχρωμικὸν κάλιον κλπ. Ἐν πλήρῃ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον περιλαμβάνει: 1 ὑγρὸν διὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν. 1 οὐσίαν ἀντιπολωτικὴν.

1 ἠλεκτρόδιον ἀρνητικὸν κατασκευαζόμενον πάντοτε ἐκ ψευδαργύρου, καὶ

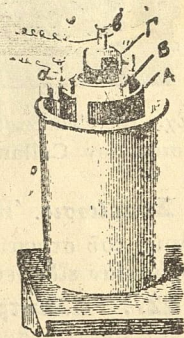
1 ἠλεκτρόδιον θετικὸν κατασκευαζόμενον συνήθως ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς.

Ἐκ τῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων τῶν μὴ ὑποκειμένων εἰς πόλωσιν περιγράφομεν τὰ κυριώτερα.

### **226. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Daniell.**

A) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ 4 μερῶν.

1) Ἐξ ἐνός δοχείου P (σχ. 165) ὑαλίνου ἢ πηλίνου. 2) Ἐξ ἐνός κοίλου κυλίνδρου A ἐκ ψευδαργύρου ἐφυδραργυρωμένου ἀνοικτοῦ ἐκατέρωθεν καὶ ἐσχισμένου κατὰ μῆκος. 3) Ἐξ ἐνός

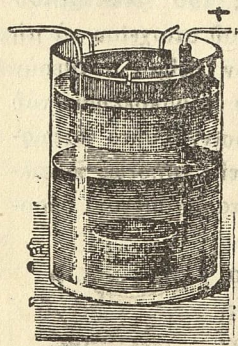


Σχ. 165. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Daniell.

(1) Ohm (1787 — 1854). Γερμανὸς φυσικὸς ἀσχοληθεὶς κυρίως ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἀνακαλύψας τὸν νόμον ὅστις φέρει τὸ ὄνομά του.

κυλινδρικού δοχείου Β πορώδους, κατασκευαζομένου ἐξ ἀργίλλου. καὶ 4) Ἐκ μιᾶς πρισματικῆς ράβδου Γ ἐκ χαλκοῦ. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου τοῦ ψευδαργύρου προσκολλᾶται ταινία ἐκ χαλκοῦ ἀποτελοῦσα τὸν ἀρνητικὸν πόλον, ἐπὶ δὲ τῆς χαλκίνης ράβδου προσκολλᾶται ἑτέρα ὁμοία ταινία ἀποτελοῦσα τὸν θετικὸν πόλον. Πολλὰκις ὅμως αἱ ταινίαι ἀντικαθίστανται ὑπὸ μεταλλίνων πιεστικῶν κοχλιῶν α καὶ β. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 165, δηλ. ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου δοχείου τίθεται ὁ κύλινδρος τοῦ ψευδαργύρου, ἐντὸς αὐτοῦ τὸ πορῶδες δοχεῖον καὶ ἐντὸς τούτου ἡ ράβδος τοῦ χαλκοῦ.

Β) Πλήρωσις. Χύνομεν, εἰς μὲν τὸ ὑαλίνου δοχεῖον θεικὸν δὲξυ προαραιωθὲν διὰ δεκαπλασίου ὄγκου ὕδατος, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν δρασιν, εἰς δὲ τὸ πορῶδες δοχεῖον διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως.



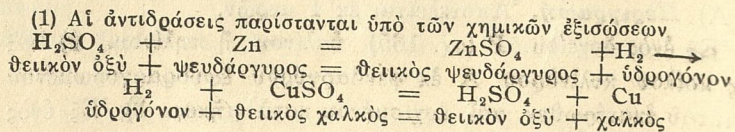
Σχ. 166. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Callaud.

Γ) Δειτουργία. Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἤτοι οἱ δύο πόλοι τοῦ στοιχείου δὲν ἐνοῦνται διὰ σύρματος, τὸ στοιχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἀμέσως ἀρχεται ἡ χημικὴ ἐπίδρασις (1) καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

Σημείωσις. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου τοῦ Daniell παριστᾷ τὴν μονάδα volt, τὴν ὁποίαν εἶδομεν ἀνωτέρω.

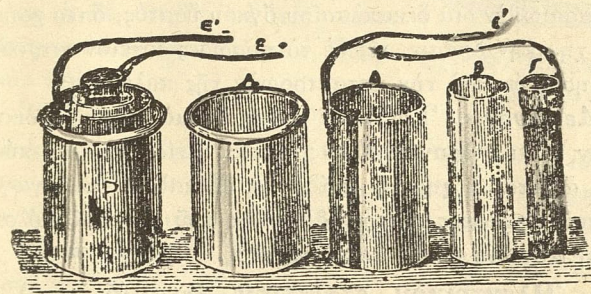
227. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Callaud.—Τοῦτο εἶναι τροποποιήσις τοῦ προηγουμένου στοιχείου ὑπὸ τοῦ Callaud.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ 3 μερῶν. 1) Ἐξ ἑνὸς δοχείου ὑαλίνου (σχ. 166.) 2) Ἐξ ἑνὸς κοίλου κυλίνδρου ἐκ ψευδαρ-



γύρου ἐφυδραργυρωμένου, ὅστις δι' ἀγκίστρων δύναται νὰ στηριχθῇ ἐπὶ τῶν χειλέων τοῦ δοχείου καὶ φθάνει σχεδὸν μέχρι τοῦ μέσου αὐτοῦ, καὶ 3) Ἐκ μιᾶς πλακὸς ἢ ταινίας ἐκ χαλκοῦ ἑλικοειδῶς περιεστραμμένης, ἐπὶ τῆς ὁποίας εἶναι προσκεκολλημένον σύρμα χάλκινον, μεμονωμένον διὰ γουταπέρκης. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου τοῦ ψευδαργύρου, προσκολλᾶται ταινία ἐκ χαλκοῦ ἢ στερεώνεται πιεστικὸς κοχλιάς, ὅστις ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ στοιχείου. Τὸν θετικὸν πόλον ἀποτελεῖ τὸ ἑξωτερικὸν ἄκρον τοῦ χαλκίνου σύρματος τῆς ταινίας. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται ὡς ἐξῆς. Ἐπὶ τοῦ πυθμένου τοῦ δοχείου τίθεται ἡ χαλκίνη πλάξ, ἢ ἡ χαλκίνη ταινία οὕτως, ὥστε τὸ χάλκινον σύρμα αὐτῆς νὰ ἐξέρχεται τοῦ ποτηρίου, ἐπὶ δὲ τῶν χειλέων αὐτοῦ στηρίζεται ὁ κύλινδρος τοῦ ψευδαργύρου.

Β) Πλήρωσις. Ρίπτομεν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου κρυ-



Σχ. 167. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Bunsen.

στάλους θεικοῦ χαλκοῦ καὶ ἔπειτα ἐπιχύνομεν ὕδωρ ὠξυνισμένον, μέχρι σημείου ὀλίγον κατωτέρου τῶν ἀγκίστρων. Μετ' ὀλίγον σχηματίζεται κεκορεσμένον διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ, ὅπερ παραμένει εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου, ὡς πυκνότερον. Καὶ τὸ μὲν ὠξυνισμένον ὕδωρ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν, τὸ δὲ διάλυμα τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως.

Γ) Δειτουργία. Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, τὸ στοιχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα,

ἀμέσως ἄρχεται ἡ χημικὴ ἐπίδρασις (1) καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικόν.

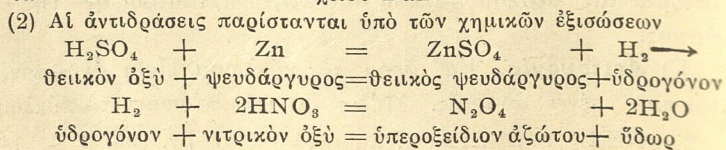
**228. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Bunsen.** — Α) *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται ἐκ 4 μερῶν. 1) Ἐξ ἑνὸς δοχείου Α (σχ. 167) ὑαλίνου ἢ πηλίνου. 2) Ἐξ ἑνὸς κοίλου κυλίνδρου Δ ἐκ ψευδαργύρου ἐφυδραργυρωμένου, ἀνοικτοῦ ἐκατέρωθεν καὶ ἐσχισμένου κατὰ μῆκος. 3) Ἐξ ἑνὸς κυλινδρικοῦ δοχείου πορώδους Β, καὶ 4) Ἐκ μιᾶς πρισματικῆς ράβδου Γ ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ἐπὶ δὲ τῆς ράβδου τοῦ ἄνθρακος ὁ θετικὸς. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται ὅπως δεικνύει τὸ σχ. 167, Ρ, ἥτοι ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου δοχείου τίθεται ὁ κύλινδρος τοῦ ψευδαργύρου, ἐντὸς αὐτοῦ τὸ πορώδες δοχεῖον καὶ ἐντὸς τούτου ἡ ράβδος τοῦ ἄνθρακος.

Β) *Πλήρωσις.* Χύνομεν, εἰς μὲν τὸ ὑαλινὸν δοχεῖον θεικὸν δξύ προαραιωθὲν διὰ δεκαπλασίου ὄγκου ὕδατος, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν δρᾶσιν, εἰς δὲ τὸ πορώδες δοχεῖον νιτρικὸν δξύ, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως.

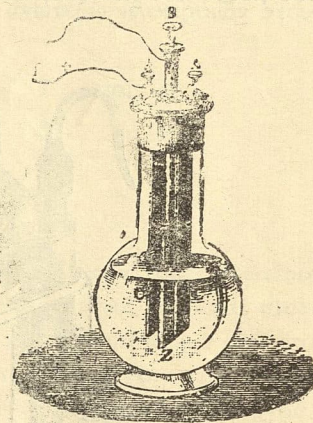
Γ) *Λειτουργία.* Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, τὸ στοιχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἀμέσως ἄρχεται ἡ χημικὴ ἐπίδρασις (2) καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

**229. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Grenet.** — Α) *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μερῶν. 1) Ἐκ μιᾶς ὑαλίνης φιάλης σφαιροειδοῦς (σχ. 168), ἣτις φέρει πῶμα ἢ κάλυμμα ἐξ ἐβονίτου. 2) Ἐκ δύο πλακῶν ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς, α καὶ α', αἵτινες στερεοῦνται παραλλήλως πρὸς ἀλλήλας ἐπὶ τῆς κάτω ἐπιφανείας τοῦ καλύμματος καὶ συνδέονται μεταξύ των διὰ χαλκίνου

(1) Αἱ ἀντιδράσεις παρίστανται ὑπὸ τῶν αὐτῶν χημικῶν ἐξισώσεων, ὑπὸ τῶν ὁποίων καὶ αἱ τοῦ στοιχείου Daniell.



ἐλάσματος καὶ 3) Ἐκ μιᾶς πλακὸς ἐκ ψευδαργύρου Ζ ἐφυδραργυρωμένου, ἣτις κεῖται μεταξύ τῶν δύο ἀνθράκων καὶ ἔχει πλάτος μὲν ἴσον πρὸς τὸ τῶν ἀνθράκων, μῆκος δὲ ἴσον πρὸς τὸ ἡμισυ μόνον τοῦ μήκους ἐκείνων. Ὁ ψευδάργυρος οὗτος προσκολλᾶται ἐπὶ μεταλλίνου στελέχους, διερχομένου μετ' ἠπίας τριβῆς δι' ὀπῆς, τὴν ὁποίαν φέρει τὸ κάλυμμα, οὗτω δὲ δυνάμεθα κατὰ βούλησιν νὰ ἐμβαπτίζωμεν αὐτὸν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ τοῦ στοιχείου, ἢ νὰ τὸν ἐξάγωμεν. Ἐπὶ τοῦ καλύμματος ὑπάρχουσι δύο μετάλλιναι πιεστικαὶ κοχλῖαι, ἐξ ὧν, ὁ μὲν εἰς συγκοινωνεῖ μὲ τὸν ἄνθρακα καὶ ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον, ὁ δὲ ἕτερος μὲ τὸν ψευδάργυρον καὶ ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον.



Σχ. 168. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Grenet.

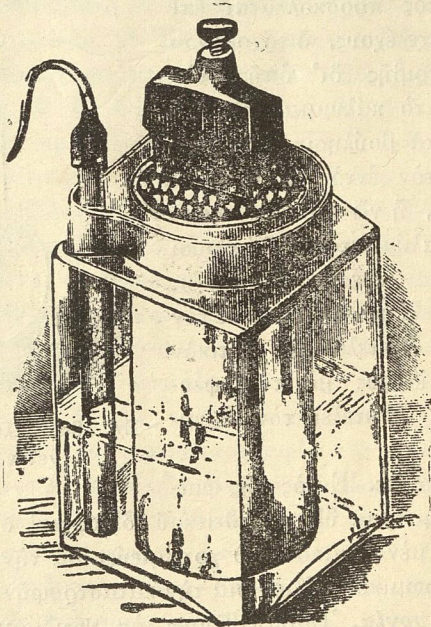
Β') *Πλήρωσις.* Ἐντὸς τῆς φιάλης χύνομεν μείγμα ὕδατος, θεικοῦ δξέος καὶ διχρωμικοῦ καλίου. Καὶ τὸ μὲν θεικὸν δξύ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν δρᾶσιν, τὸ δὲ διχρωμικὸν κάλιον διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως.

Γ') *Λειτουργία.* Ἐμβαπτίζομεν τὸν ψευδάργυρον ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ τῆς φιάλης καὶ κλείωμεν τὸ κύκλωμα. Ἀμέσως τότε ἄρχεται ἡ χημικὴ δρᾶσις καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

**230. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Leclanché.** — Α') *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μερῶν. 1) Ἐξ ἑνὸς ὑαλίνου δοχείου ἀποστενουμένου περὶ τὸ στόμιον (σχ. 169). 2) Ἐκ μιᾶς ράβδου ἐκ ψευδαργύρου ἐφυδραργυρωμένου. 3) Ἐξ ἑνὸς δοχείου πορώδους, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει πρισματικὴ ράβδος ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς καὶ μείγμα ἐξ ἴσων μερῶν διοξειδίου τοῦ μαγγανίου (πυρολουσίτου) καὶ συμπαγοῦς ἄνθρακος. Καὶ ἐπὶ μὲν τοῦ ψευδαργύρου εὐρίσκεται ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ἐπὶ δὲ τοῦ ἄνθρακος ὁ θετικὸς. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται, ἐὰν ἐντὸς τοῦ

υαλίνου δοχείου τετῆ ἢ ράβδος τοῦ ψευδαργύρου καὶ τὸ πορῶ-  
δες δοχεῖον.

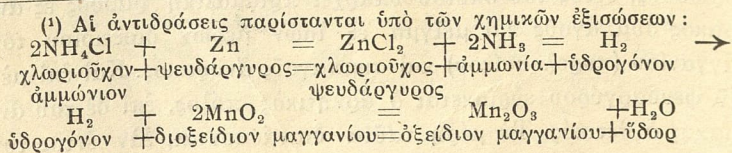
Β') **Πλήρωσις.** Χύνομεν ἐντὸς τοῦ υαλίνου δοχείου μέχρι  
τοῦ μέσου του κεκορεσμένον διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (νι-



Σχ. 169. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Leclanché.

σαντηρι) ἢ μαγειρικοῦ ἄλατος, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν  
δρασίον. Διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως χρησιμεύει τὸ διο-  
ξειδίου τοῦ μαγγανίου τὸ εὐρισκόμενον ἐν τῷ πορώδει δοχείῳ.

Γ') **Δειτουργία.** Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶνε ἀνοικτὸν τὸ  
δοχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἄρ-  
χεται ἡ χημικὴ ἐπίδρασις <sup>(1)</sup> καὶ ἡ παραγωγή τοῦ ἠλεκτρικοῦ



ρεύματος ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου  
τοῦ σύματος.

Αἱ ἠλεκτρογεγερτικαὶ δυνάμεις τῶν ἀνωτέρω ἠλεκτρικῶν στοι-  
χείων εἶνε αἱ ἑξῆς :

Daniell . . . . .	1	volt
Callaud . . . . .	1	»
Bunsen . . . . .	1,8	»
Grenet . . . . .	2	»
Leclanché . . . . .	1,5	»

**231. Ξηρὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα.**—Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω  
περιγραφέντων ἠλεκτρικῶν στοιχείων κατασκευάζονται καὶ στοι-  
χεῖα καλούμενα **ξηρά**. Εἰς ταῦτα τὰ ὑγρὰ παραμένουσιν ἀκίνητα  
κατὰ τὰς διαφόρους μεταθέσεις τῶν στοιχείων, ἔνεκα τῆς παρου-  
σίας καταλλήλων οὐσιῶν, αἵτινες ἔχουσιν ἀπορροφήσει τὰ ὑγρὰ.  
Ξηρὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶνε τὰ χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν λει-  
τουργίαν τῶν ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων τῆς τσέπης, καθὼς καὶ  
τῶν τηλεφωνικῶν ἐγκαταστάσεων. Πολλὰ τῶν στοιχείων τούτων  
εἶνε τοῦ τύπου Leclanché.

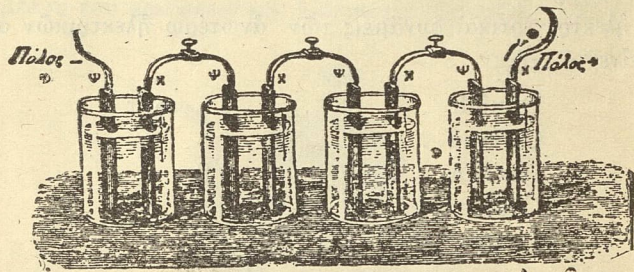
**232. Ἡλεκτρικὴ στήλη.**—Καλεῖται **ἠλεκτρικὴ στήλη** τὸ  
σύνολον δύο ἢ περισσοτέρων ἠλεκτρικῶν στοιχείων, τῶν ὁποίων  
οἱ πόλοι συνηνώθησαν δι' ἀγωγῶν. Δοθέντος ἀριθμοῦ τινος  
στοιχείων δυνάμεθα νὰ συνενώσωμεν αὐτὰ πρὸς σχηματισμὸν  
ἠλεκτρικῆς στήλης κατὰ τρεῖς διαφόρους τρόπους.

1ον Ἐνόνομεν τὸν θετικὸν π. χ. πόλον τοῦ πρώτου στοι-  
χείου μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ δευτέρου, τὸν θετικὸν τοῦ  
δευτέρου μὲ τὸν ἀρνητικὸν τοῦ τρίτου, καὶ οὕτω καθ'εξῆς μέχρι  
τοῦ τελευταίου στοιχείου. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος τοῦ πρώτου στοι-  
χείου καὶ ὁ θετικὸς τοῦ τελευταίου (σχ. 170) εἶνε οἱ πόλοι τῆς  
ἠλεκτρικῆς στήλης. Ἡ τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖ-  
ται ἠλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ τάσιν.

**Ὁρισμός.** Καλεῖται **ἠλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ  
τάσιν** ἐκείνη, ἐν τῇ ὁποία τὰ στοιχεῖα ἔχουσι συνενωθῆ διὰ τῶν  
ἑτερονύμων πόλων.

Τοιαύτην ἠλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα  
171. Ἡ ἠλεκτρογεγερτικὴ δύναμις E τῆς τοιαύτης στήλης εἶνε

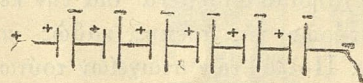
ανάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων. Οὕτως ἐὰν  $\epsilon$  εἶνε ἡ ἡλεκ-  
τρεγεργτική δύναμις ἑνὸς μόνον στοιχείου καὶ  $\nu$  ὁ ἀριθμὸς τῶν



Σχ. 170. Τρόπος σχηματισμοῦ ἡλεκτρικῆς στήλης κατὰ σειρᾶν.

στοιχείων (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶνε ὅμοια μεταξύ των), θὰ  
ἔχωμεν  $E = \nu \cdot \epsilon$ .

2ον Συνενώνομεν ἀφ' ἑνὸς ὅλους τοὺς θετικούς πόλους τῶν



στοιχείων καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλους τοὺς ἀρνητικούς. Τὰ  
σημεῖα εἰς τὰ ὁποῖα συνε-  
νοῦνται ἀφ' ἑνὸς οἱ θετικοὶ  
πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου οἱ ἀρ-  
νητικοὶ εἶνε οἱ δύο πόλοι τῆς

Σχ. 171. Συμβολικὴ παράστασις  
τῆς ἡλεκτρικῆς στήλης κατὰ σειρᾶν.

στήλης. Ἡ τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖται ἡλεκτρικὴ  
στήλη κατὰ ποσότητα ἢ κατ'ἐπιφάνειαν.

**Ὁρισμός.** Καλεῖται *ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ ποσότητα ἢ  
κατ' ἐπιφάνειαν* ἐκεῖνη, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὰ στοιχεῖα ἔχουσι συνε-  
νωθῆ διὰ τῶν ὁμωνύμων πόλων.

Τοιαύτην ἡλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα  
172. Ἡ ἡλεκτρεγεργτικὴ δύναμις  $E$  τῆς τοιαύτης στήλης εἶναι  
ἴση μὲ τὴν ἡλεκτρεγεργτικὴν δύναμιν ἑνὸς μόνον στοιχείου αὐτῆς.  
Οὕτως ἐὰν  $\epsilon$  εἶναι ἡ ἡλεκτρεγεργτικὴ δύναμις ἑνὸς μόνον στοιχείου,  
καὶ  $\nu$  ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶναι ὅμοια,  
μεταξύ των), θὰ ἔχωμεν  $E = \epsilon \cdot \nu$ .

3ον. Διαιροῦμεν τὰ στοιχεῖα εἰς 2, 3, 4, . . . ομάδας, ἐκάστη  
τῶν ὁποίων νὰ περιλαμβάνη ἴσον ἀριθμὸν στοιχείων, κατόπιν μὲ  
τὰ στοιχεῖα ἐκάστης ομάδος σχηματίζομεν στήλας κατὰ σειρᾶν,  
τὰς δὲ μερικὰς ταύτας στήλας ἐνώνομεν κατὰ ποσότητα. Ἡ

ἀγωγοῦ τινος ἡ ἀντίστασις εἰς *microhms* λογιζομένη, τὴν ὁποίαν  
παρουσιάζει σύρμα ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας μὲ τὸν ἀγωγὸν ἔχον ἐγ-  
καρσίαν τομῆν 1 τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου καὶ μῆκος 1 ἑκα-  
τοστομέτρου.

Ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου τῆς  
εἰδικῆς ἀντιστάσεως τῆς οὐσίας του ἐπὶ τὸ μῆκος αὐτοῦ, καὶ ἀν-  
τιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἐγκαρσίας τομῆς αὐτοῦ. Ἦτοι :

$$\text{ἀντίστασις} = \frac{\text{εἰδικὴ ἀντίστασις} \times \text{μῆκος}}{\text{ἐγκαρσία τομῆ}}$$

Ἡ σχέσις αὕτη παρίσταται συμβολικῶς ὡς ἑξῆς :

$$P = \rho \cdot \frac{\mu}{\tau} \text{ microhms (1)}$$

ἐνθα  $P$  παριστᾷ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ,  $\rho$  τὴν εἰδικὴν ἀντί-  
στασιν αὐτοῦ,  $\mu$  τὸ μῆκος εἰς ἑκατοστόμετρα, καὶ  $\tau$  τὴν ἐγκαρ-  
σίαν τομῆν αὐτοῦ εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα.

**239. Νόμος τοῦ Ohm.**—*Περίπτωσησις κλειστοῦ κυκλώ-  
ματος.* Ἐὰν τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικοῦ στοιχείου ἐνώσωμεν  
δι' ἀγωγοῦ, θέλει σχηματισθῆ κλειστὸν κύκλωμα. Τοῦ κυκλώμα-  
τος τούτου ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις  $P$ , ἀποτελεῖται ἐκ τῆς ἀντιστάσεως  
 $\rho_2$  τοῦ ἀγωγοῦ, ἣτις καλεῖται *ἐξωτερικὴ* ἀντίστασις, καὶ ἐκ τῆς  
ἀντιστάσεως  $\rho_1$  τοῦ στοιχείου, ἣτις καλεῖται *ἐσωτερικὴ* ἀντίστα-  
σις, ἣτοι ἔχομεν  $P = \rho_1 + \rho_2$ .

Εἰς πᾶν κύκλωμα κλειστὸν, ἐφαρμόζεται ὁ ἑξῆς νόμος τοῦ  
Ohm. *Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν  
ἡλεκτρεγεργτικὴν δύναμιν τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς καὶ ἀντι-  
στρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώ-  
ματος.* Ἦτοι :

$$\text{ἐντασις} = \frac{\text{ἡλεκτρεγεργτικὴ δύναμις}}{\text{ὀλικὴ ἀντίστασις}}$$

Ὁ νόμος οὗτος ἐκφράζεται διὰ τοῦ τύπου

$$I = \frac{E}{P} \text{ ampères (1)}$$

ἐνθα  $I$  παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος,  $E$  τὴν ἡλεκτρεγεργτικὴν  
δύναμιν τῆς πηγῆς εἰς volts, καὶ  $P$  τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν τοῦ  
κυκλώματος εἰς ohms.



**240. Σταθεραὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.**—Ἐκαστον ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον καὶ ἐν γένει ἐκάστη ἠλεκτρικὴ πηγὴ παρουσιάζει δύο σταθεράς, τὴν *ἠλεκτρογενετικὴν δύναμιν* καὶ τὴν *ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν*. Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου ἐξαρτᾶται, καθὼς εἶδομεν, ἀφ' ἐνὸς ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἠλεκτροδίων, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ. Ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου ἐξαρτᾶται ἀφ' ἐνὸς ἐκ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων αὐτοῦ καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ αὐτῶν. Εἶναι δὲ ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου τοσοῦτω μικροτέρα, ὅσω μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τῶν ἠλεκτροδίων του καὶ ὅσω μικροτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις μεταξὺ αὐτῶν. Τοῦτο εἶναι ἄμεσον ἐπακολούθημα τῶν νόμων τῆς ἀντιστάσεως τῶν ἀγωγῶν, τοὺς ὁποίους εἶδομεν ἀνωτέρω.

Τὸ παραγόμενον ρεῦμα θὰ ἔχη τὴν μεγαλυτέραν αὐτοῦ ἔντασιν, ὅταν ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου κλείεται ἔσωτερικῶς τὸ κύκλωμα εἶναι ἀσήμαντος, διότι τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος ἀνάγεται μόνον εἰς τὴν ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν τοῦ στοιχείου. Πράγματι, ἐὰν τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἔχη ἠλεκτρογενετικὴν δύναμιν 2 volts καὶ ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν 2 ohms, τὸ παραγόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θὰ ἔχη κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohms ἔντασιν ἴσην πρὸς  $2 : 2 = 1$  ampère, ἥτις δὲν δύναται νὰ γίνῃ ἀνωτέρα.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα παρουσιάζουν ἐν γένει μεγάλην ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν. Ἀντιθέτως, ἄλλαι ἠλεκτρικαὶ πηγαί, ὅπως εἶναι οἱ συσσωρευταὶ (accumulateur) καὶ αἱ ἠλεκτρομηχαναί, παρουσιάζουν μικρὰν ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν. Ἔνεκα τούτου, ὅταν τὸ κύκλωμα τῶν ὀργάνων τούτων κλείεται ἔσωτερικῶς δι' ἀγωγοῦ μικρᾶς ἀντιστάσεως (ὅτε σχηματίζεται τὸ καλούμενον βραχὺ κύκλωμα) παράγεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον ἀποβαίνει ἐπιβλαβὲς εἰς αὐτὰ.

**241. Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς στήλας.** Ἄς παραστήσωμεν διὰ

- $v$  τὸν ἀριθμὸν τῶν στοιχείων,
- $\epsilon$  τὴν ἠλεκτρογενετικὴν δύναμιν ἐκάστου,
- $\rho_1$  τὴν ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν τοῦ στοιχείου,
- $\rho_2$  τὴν ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν τῆς στήλης,

$E$  τὴν ἠλεκτρογενετικὴν δύναμιν τῆς στήλης,

$I$  τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τῆς στήλης,

1ον. **Ἠλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ τάσιν.** Εἰς τὴν στήλην ταύτην ἔχομεν

$E = v \cdot \epsilon$ , καὶ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις  $= v \cdot \rho_1$

Ἐπομένως ἐκ τύπου (1) ἔχομεν

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{v \cdot \rho_1 + \rho_2} \quad (2)$$

**Παρατηρήσεις.** 1ον. Ἐὰν ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις  $\rho_2$  εἶναι λίαν μικρά, ὥστε νὰ δύναται αὕτη νὰ παραληφθῆ, ὁ τύπος (2) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{v \cdot \rho_1} = \frac{\epsilon}{\rho_1}$$

ἥτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης *ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐνὸς μόνου στοιχείου αὐτῆς.*

2ον. Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις  $\rho_2$  εἶναι λίαν μεγάλη, ὥστε τὸ  $v \cdot \rho_1$  νὰ δύναται νὰ παραλειφθῆ, ὁ τύπος (2) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{\rho_2}$$

ἥτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης εἶναι  *$v$  φορὰς μεγαλυτέρα τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐνὸς μόνου στοιχείου αὐτῆς.* Συμφέρει λοιπὸν νὰ συνενώνωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ σειρὰν, ὅταν ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι μεγάλη σχετικῶς πρὸς τὴν ἔσωτερικὴν.

2ον. **Ἠλεκτρικὴ στήλη κατὰ ποσότητα ἢ κατ' ἐπιφάνειαν.** Εἰς τὴν στήλην ταύτην ἔχομεν  $E = \epsilon$  καὶ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις  $= \frac{\rho_1}{v}$ . Ἐπομένως ἐκ τοῦ τύπου (1) ἔχομεν

$$I = \frac{\epsilon}{\frac{\rho_1}{v} + \rho_2} = \frac{v \cdot \epsilon}{\rho_1 + v \cdot \rho_2} \quad (3)$$

**Παρατηρήσεις.** 1ον. Ἐὰν ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις  $\rho_2$  εἶναι λίαν μεγάλη, ὥστε τὸ  $\rho_1$  νὰ δύναται νὰ παραλειφθῆ, ὁ τύπος (3) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{v \cdot \rho_2} = \frac{\epsilon}{\rho_2}$$

ἥτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης *ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐνὸς μόνου στοιχείου αὐτῆς.*

2ον. Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ ἔξωτερική ἀντίστασις  $\rho_2$  εἶναι λίαν μικρά, ὥστε τὸ  $v \cdot \rho_2$  νὰ δύναται νὰ παραλειφθῆ, ὁ τύπος (3) γίνεταί

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{\rho_1}$$

ἤτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης εἶναι *ν φορὰς μεγαλυτέρα τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐντὸς μόνου στοιχείου αὐτῆς*. Συμφέρει λοιπὸν νὰ συνενώσωμεν τὰ στοιχεία κατὰ ποσότητα, ὅταν ἡ ἔξωτερική ἀντίστασις εἶναι λίαν μικρά σχετικῶς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν.

3ον. *Ἡλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειρὰς*. Ἐὰν τὰ  $n$  στοιχεία διαιρέσωμεν εἰς  $\sigma$  σειρὰς ἢ ομάδας, καὶ ἐκάστη τούτων περιλαμβάνῃ  $\mu$  στοιχεία, θὰ ἔχωμεν  $\sigma \cdot \mu = n$ . Εἰς τὴν στήλην ταύτην ἔχομεν  $E = \mu \cdot \epsilon$  καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $= \frac{\mu \cdot \rho_1}{\sigma}$ . Ἐπομένως ἐκ τοῦ τύπου (1), ἔχομεν :

$$I = \frac{\mu \cdot \epsilon}{\frac{\mu \cdot \rho_1}{\sigma} + \rho_2}$$

$$\text{ἢ } I = \frac{\sigma \cdot \mu \cdot \epsilon}{\mu \cdot \rho_1 + \sigma \cdot \rho_2} = \frac{v \cdot \epsilon}{\mu \cdot \rho_1 + \sigma \cdot \rho_2}$$

### ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις σύρματος χαλκίνου μήκους 3 χιλιομέτρων καὶ τομῆς 3 τετραγ. χιλιοστομέτρων εἰδικῆς ἀντιστάσεως = 1,8 microhm ; (\*Ἀπόκρ. 18 ohms).

2) Ποῖον εἶναι τὸ μήκος τηλεγραφικοῦ σύρματος διαμέτρου 4 χιλιοστομέτρων, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,025 ampère, ὅταν συνδεθῆ μὲ ἡλεκτρικὴν στήλην ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 117 volts καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 32 ohms ; εἰδικὴ ἀντίστασις σύρματος = 15,33 microhms (\*Ἀπόκρ. 381 περίπου χιλιομέτρα).

3) Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 15 ohms καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ὑπάρχει διαφορὰ ἡλεκτροδυναμικοῦ 45 volts ; (\*Ἀπόκρ. 3 ampères).

4) Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 7,5 ohms, ἵνα διέλθῃ διὰ τοῦ ἀγωγοῦ τούτου ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 ampères ; (\*Ἀπόκρ. 11,25 volts).

5) Ποία ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ, ὅταν διὰ διαφορὰς ἡλεκτροδυναμικοῦ 120 volts εἰς τὰ ἄκρα του παράγεται ρεῦμα ἐντάσεως 3 ampères (\*Ἀπόκρ. 40 ohms).

6) Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ἀντίστασις τηλεγραφικοῦ σύρματος σιδηροῦ, μήκους 100 χιλιομέτρων καὶ διαμέτρου 4 χιλιοστομέτ. εἰδ. ἀντίστασις = 0,000009 ohms (\*Ἀπόκρ. 716 ohms).

7) Ἐν τινι κυκλώματι ἡ ἀντίστασις τῆς στήλης εἶναι 5 ohms, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτῆς 2 volts καὶ ἡ ἔξωτερική ἀντίστασις 24 ohms. Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ; (\*Ἀπόκρ. 0,069 ampères).

8) 5 ἡλεκτρικὰ στοιχεία ὁμοία ἀποτελοῦσιν ἡλεκτρικὴν στήλην, τῆς ὁποίας τὸ κύκλωμα κλείεται δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 0,25 ohms. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος α') ὅταν τὰ στοιχεία συννεοῦνται κατὰ σειρὰν καὶ β') ὅταν συννεοῦνται κατὰ ποσότητα. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου = 1,07 volts καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις = 0,4 ohms (\*Ἀπόκρ. α') 2,38 ampères καὶ β') 3,24 ampères).

9) Πόση εἶναι ἡ ἐγκαρσία τομῆ σύρματος σιδηροῦ τοῦ ὁποίου τὸ μὲν μήκος εἶναι 25 μέτρων, ἡ δὲ ἀντίστασις 1 ohm ; εἰδικὴ ἀντίστασις σιδηροῦ = 9,636 microhms (\*Ἀπόκρ. 0,024 τετρ. ἑκατοστόμετρα).

10) Μᾶς δίδονται 5 ἡλεκτρικὰ στοιχεία, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,9 volts καὶ ἀντίστασιν 0,11 ohms. Πῶς πρέπει νὰ συννεωθῶσι ταῦτα ἵνα ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχῃ τὴν μεγαλύτεραν τιμὴν ; ἡ ἔξωτερική ἀντίστασις εἶναι 11 ohms. (\*Ἀπόκρ. Κατὰ σειρὰν, ὁπότε θὰ ἔχωμεν 0,822 ampères. Ἐνῶ κατὰ ποσότητα, θὰ ἔχωμεν 0,172 ampères).

11) Μᾶς δίδονται 4 ἡλεκτρικὰ στοιχεία, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,45 volts καὶ ἀντίστασιν 0,4 ohms. Πῶς πρέπει νὰ συννεωθῶσι ταῦτα ἵνα ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχῃ τὴν μεγαλύτεραν τιμὴν ; ἡ ἔξωτερική ἀντίστασις εἶναι 0,05 ohms. (\*Ἀπόκρ. Κατὰ ποσότητα, ὁπότε θὰ ἔχωμεν 9,66 ampères, ἐνῶ κατὰ σειρὰν θὰ ἔχωμεν 3,51 ampères).

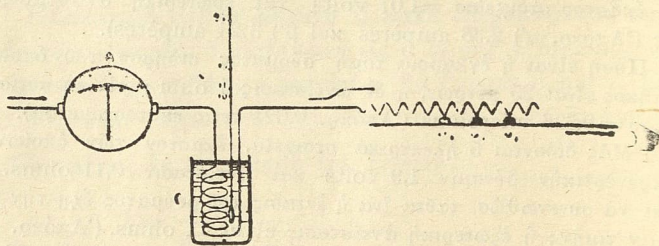
### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

#### ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΩΤΕΙΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

**242. Θέρμανσις τῶν ἀγωγῶν διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.** Εἶδομεν ὅτι, ὅταν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται δι' ἀγωγοῦ λεπτοτάτου, οὗτος θερμαίνεται. Ἡ ἡλεκτρικὴ λοιπὸν ἐνεργεια μετατρέπεται εἰς θερμαντικὴν. Ἡ θέρμανσις τοῦ ἀγωγοῦ δύναται νὰ εἶνε τὸσον ἰσχυρά, ὥστε οὗτος δυνατὸν νὰ πυρακτωθῆ, εἴτε νὰ τακῆ, εἴτε καὶ νὰ ἐξαερωθῆ. Τὰ τοιαῦτα ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται *θερμαντικά*.

Ἐκ τῶν συνήθων μετάλλων εὐκολώτερον πυρακτοῦνται ὁ σίδηρος καὶ ὁ λευκόχρυσος, ὡς μέταλλα παρουσιάζοντα μεγάλην ἀντίστασιν, ἐνῶ ὁ ἄργυρος καὶ ὁ χαλκὸς δυσκόλως πυρακτοῦνται ὡς παρουσιάζοντα μικρὰν ἀντίστασιν,

**243. Νόμοι τοῦ Joule.** (1)— 1ον Πειράματα. Ἐντὸς τοῦ ὕδατος θερμοδομέτρου (2) βυθίζομεν λεπτὸν μεταλλινὸν ἄγωγόν (σχ. 176) περιτυλιγμένον σπειροειδῶς, καὶ θερμομέτρον. Ἐὰν διὰ τοῦ ἄγωγου διαβιβασθῇ ἐπὶ ὠρισμένον χρόνον π. χ. χ δευ-



Σχ. 176. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τοῦ Joule.

τερόλεπτα, ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος, ἕνεκα τῆς ἐν τῷ ἄγωγῷ ἀναπτυσσομένης θερμότητος. Ἐκ τῆς θερμοκρασίας δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυχθείσης θερμότητος. Διαβιβάζοντες τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπὶ χρόνον 2πλάσιον, 3πλάσιον, 4πλάσιον κλπ., εὐρίσκομεν ἐκ τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας ποσὸν θερμότητος ἀναπτυσσομένης ἐν τῷ ἄγωγῷ 2πλάσιον, 3πλάσιον, 4πλάσιον κλπ. Τὸ ποσὸν λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον τοῦ χρόνου.

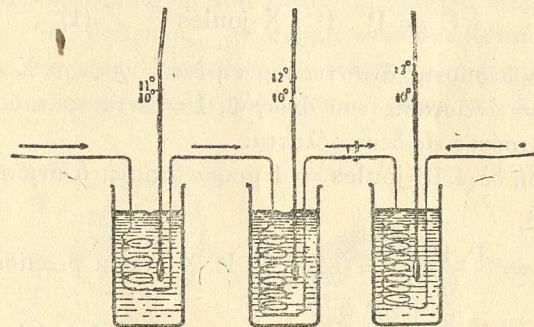
2ον Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 2πλασίας, 3πλασίας, 4πλασίας κλπ., τὸ ὁποῖον διαβιβάζομεν πάλιν ἐπὶ χ δευτερόλεπτα. Παρατηροῦμεν ἐκάστοτε νέαν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἐκ τῆς ὁποίας ἀνευρίσκομεν ὅτι

(1) Joule. (1818—1900) Ἄγγλος φυσικός, ὅστις ἠσχολήθη εἰς τὴν μετατροπὴν τοῦ μηχανικοῦ ἔργου εἰς θερμότητα. Πρὸς τιμὴν αὐτοῦ ἐδόθη τὸ ὄνομά του εἰς τὴν μονάδα τοῦ ἔργου joule.

(2) Βλέπε θερμοδομετρίαν.

ἀνεπιτύχθη ποσὸν θερμότητος 4πλάσιον, 8πλάσιον, 16πλάσιον κλπ. Τὸ ποσὸν λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

3ον. Λαμβάνομεν τρεῖς διαφόρους ἄγωγους, τῶν ὁποίων αἱ ἀντιστάσεις νὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3 λ. χ. Τούτους περιτυλίσομεν σπειροειδῶς καὶ βυθίζομεν ἀνὰ ἓνα ἐντὸς τριῶν θερμοδομέτρων (σχ. 177), τὰ ὁποῖα νὰ περιέχωσιν ὕδωρ τοῦ αὐτοῦ βάρους. Τοὺς τρεῖς ἄγωγους συνδέομεν κατὰ τὰ ἄκρα των



Σχ. 177. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τοῦ Joule.

οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελέσωσιν ἓνα συνεχῆ ἄγωγόν. Ἐὰν δι' αὐτοῦ διαβιβάσωμεν ἐπὶ ὠρισμένον χρόνον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, θὰ παρατηρήσωμεν διάφορον ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος ἐν ἐκάστῳ θερμοδομέτρῳ. Προσδιορίζοντες δὲ ἐκ ταύτης τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυχθείσης θερμότητος ἐν τῷ ἄγωγῷ ἐκάστου θερμοδομέτρου, εὐρίσκομεν ὅτι τοῦτο εἶναι διπλάσιον ἐν τῷ ἄγωγῷ, οὔτινος ἢ ἀντίστασις εἶναι 2 καὶ 3πλάσιον ἐν τῷ ἄγωγῷ, οὔτινος ἢ ἀντίστασις εἶναι 3, ἢ ἐν τῷ πρώτῳ ἄγωγῷ. Τὸ ποσὸν λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄγωγου.

**Νόμοι.** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων συνάγομεν τοὺς ἐξῆς νόμους τοὺς ὁποίους ἀνεκάλυψεν ὁ Joule.

**Πρῶτος νόμος.** Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον τοῦ χρόνου καθ' ὃν διέρχεται τὸ ρεῦμα (διὰ τὴν αὐτὴν

έντασιν τοῦ ρεύματος καὶ τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ).

**Δεύτερος νόμος.** Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος (διὰ τὸν αὐτὸν χρόνον καὶ τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ).

**Τρίτος νόμος.** Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ (διὰ τὸν αὐτὸν χρόνον καὶ τὴν αὐτὴν έντασιν τοῦ ρεύματος).

Οἱ νόμοι τοῦ Joule περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

$$\Theta = P \cdot I^2 \cdot X \text{ joules} \quad (1)$$

ἐνθα  $\Theta$  = θερμότης ἀναπτυσσομένη ἐντὸς χρόνου  $X$  δευτερολέπτων,  $P$  = ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ,  $I$  = έντασις τοῦ ρεύματος, καὶ  $X$  = χρόνος εἰς δευτερόλεπτα.

Ἐπειδὴ δὲ  $4.18 \text{ joules} = 1 \text{ μικρὰ θερμὶς}$ , ὁ ἀνωτέρω τύπος (1) γίνεται

$$\Theta = \frac{P \cdot I^2 \cdot X}{4.18} = 0.24 \cdot P \cdot I^2 \cdot X \text{ μικραὶ θερμίδες.}$$

#### 244. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμαντικῶν ἀποτελεσμάτων.

Τὰ θερμαντικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται 1ον εἰς τὴν χειρουργικὴν (θερμοκαυτήρες κλπ.). 2ον Εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς ἐγκαταστάσεις πρὸς κατασκευὴν τῶν συρμάτων ἀσφαλείας. 3ον Εἰς τὴν κατασκευὴν οἰκιακῶν ὀργάνων καὶ σκευῶν (σίδηρα διὰ τὸ σιδέρωμα, ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι κλπ.). 4ον Εἰς τὸν ἠλεκτρικὸν φωτισμὸν κλπ.

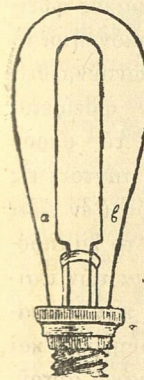
**245. Ἡλεκτρικὸς φωτισμὸς.**—Μία τῶν σπουδαιότερων ἐφαρμογῶν τῶν θερμαντικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ὁ ἠλεκτρικὸς φωτισμὸς. Πρὸς παραγωγὴν ἠλεκτρικοῦ φωτὸς χρησιμοποιοῦνται δύο μέθοδοι: α') ἡ τῆς πυρακτώσεως καὶ β') ἡ τοῦ βολταϊκοῦ τόξου.

α) **Λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως.** Α) **Περιγραφή.** Οἱ λαμπτήρες οὗτοι ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνου δοχείου σφαιρικοῦ ἢ ὠοειδοῦς, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐγκλείεται ἀγωγὸς αβ, συνιστάμενος ἐκ λεπτοῦ νήματος ἄνθρακος καὶ κεκαμμένος ἐν σχήματι ἱππέου πετάλου (σχ. 178). Τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ τούτου συνάπτονται μετὰ δύο συρμάτων ἐκ λευκοχρῶσου, ἅτινα εἶναι ἐμπεπηγότα διὰ

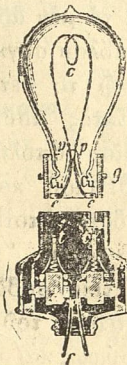
τῆξεως ἐν τῇ ὑάλῳ. Τὸ δοχεῖον κενοῦται ὅσῳ τὸ δυνατόν τελείως τοῦ ἀέρος, καὶ ἔπειτα κλείεται ἀεροστεγῶς. Οἱ διὰ νήματος ἐξ ἄνθρακος λαμπτήρες καλοῦνται **λαμπτήρες τοῦ Edison**.

β') **Δειτουργία.** Διὰ τοῦ νήματος τοῦ ἄνθρακος διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἰσχυρόν, ὁπότε τὸ νῆμα λευκοπυροῦται μὲν καὶ ἐκπέμπει λαμπρὸν φῶς, ἀλλὰ δὲν καίεται, ἔνεκα τῆς ἐλλείψεως ἀέρος ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ δοχείου.

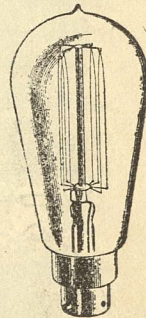
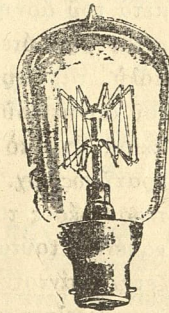
**Μεταλλικοὶ λαμπτήρες.** Σήμερον ὁ ἀγωγὸς τῶν λαμπτήρων συνίσταται ἐκ λεπτοτάτου μεταλλίνου σύρματος (ἐξ ὁσμίου, τανταλίου, βολφραμίου). Καὶ ἐπειδὴ τὰ μέταλλα εἶναι εὐηλεκτροαγωγότερα τοῦ ἄνθρακος, τὸ σύρμα κατασκευάζεται λεπτότερον καὶ ἐπιμηκέστερον. Οἱ τοιοῦτοι λαμπτήρες καλοῦνται **μεταλλικοί**, καὶ εἶναι οἰκονομικότεροι τῶν προηγουμένων (σχ. 179).



Σχ. 178. Λαμπτήρ τοῦ Edison.



Σχ. 179. Λαμπτήρες μεταλλικοί.



Οἱ λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν φωτισμὸν ὁδῶν, οἰκιῶν, πλοίων, σιδηροδρόμων κλπ.

β') **Δαμπτήρες διὰ βολταϊκοῦ τόξου.** **Πείραμα τοῦ Davy.** Ὁ Davy ἔλαβε δύο ραβδία ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς καὶ συνέδεσε τὸ ἐν ἄκρον αὐτῶν διὰ ἀγωγῶν μὲ τοὺς δύο πόλους ἰσχυρῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς. Ἐπειτα ἔθεσεν εἰς ἐπαφὴν τὸ ἕτερον ἄκρον τῶν ἀνθράκων καὶ ἀπεμάκρυνεν αὐτοὺς ἀπ' ἀλλήλων ὀλίγον κατ' ὀλίγον. Παρατήρησε τότε ὅτι μετὰξὺ αὐτῶν παρή-

χθη λαμπρότατον φῶς, ὅπερ παρουσίαζε τὴν μορφήν τόξου.

Τὸ φῶς τοῦτο προέρχεται ἐκ τῆς πυρακτώσεως μεγάλου ἀριθμοῦ λεπτοτάτων μορίων ἄνθρακος, ἅτινα ἀποσπῶνται ἐκ τῶν δύο ραβδίων καὶ σχηματίζουσιν ἄλλυσιν μεταξὺ αὐτῶν. Διὰ τῆς ἀλύσεως ταύτης διέρχεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ οὕτω λευκοπυροῦται ἢ ἄλλυσις καὶ ἐκπέμπει λαμπρὸν φῶς. Ἐὰν τὰ δύο ραβδία ἀπομακρυνθῶσι τόσον ὥστε ἡ ἄλλυσις νὰ διασπασθῇ, τὸ φῶς σβέννυται, καὶ διὰ νὰ παραχθῇ ἐκ νέου πρέπει οἱ ἄνθρακες νὰ ἔλθωσι πάλιν εἰς ἐπαφήν καὶ κατόπιν νὰ ἀπομακρυνθῶσιν ὀλίγον.

Τὸ οὕτω πῶς σχηματιζόμενον φῶς ἐκλήθη ὑπὸ τοῦ Davy, πρὸς τιμὴν τοῦ Volta καὶ ἔνεκα τῆς τοξοειδοῦς αὐτοῦ μορφῆς, **βολταϊκὸν τόξον.**



Σχ. 180. Βολταϊκὸν τόξον.

Ἀμφότερα τὰ ραβδία τοῦ ἄνθρακος φθείρονται καιόμενα. Καὶ τὸ μὲν ἀρνητικὸν ἦτοι τὸ μετὰ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου συγκοινωνοῦν, φθείρεται βραδύτερον, ἐνῶ τὸ θετικὸν φθείρεται πολὺ ταχύτερον. Ἐκτὸς τούτου τὸ ἄκρον τοῦ ἀρνητικοῦ ραβδίου ἀπολήγει πάντοτε εἰς ἀκίδα, ἐνῶ τὸ τοῦ θετικοῦ κοιλοῦται ἐν εἴδει κρατήρος (σχ. 180), ὅστις ἀποτελεῖ τὸ λαμπρότερον μέρος τοῦ ὅλου τόξου. Ἐνεκα τῶν φαινομένων τούτων τὸ θετικὸν ραβδίον κατασκευάζεται πάντοτε παχύτερον τοῦ ἀρνητικοῦ καὶ τοποθετεῖται κατακορυφῶς καὶ ὑπεράνω αὐτοῦ, διὰ νὰ διευθύνεται τὸ φῶς πρὸς τὰ κάτω.

Σήμερον τὰ δύο ραβδία τοῦ ἄνθρακος ἐγκλείονται ἐντὸς σφαιρας ἐξ ὑάλου γαλακτοχρόου, καὶ οὕτως ἀποτελοῦνται οἱ καλούμενοι **λαμπτήρες διὰ βολταϊκοῦ τόξου**, οἵτινες χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν φωτισμὸν τῶν πόλεων, τῶν καταστημάτων κλπ.

Τὸ βολταϊκὸν τόξον χρησιμοποιεῖται ἐπίσης εἰς τοὺς προβολεῖς τῶν κινηματογράφων, τῶν πλοίων, τῶν μεγάλων φάρων κτλ.

**246. Πλεονεκτήματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ φωτισμοῦ.**—Ὁ ἠλεκτρικὸς φωτισμὸς εἶναι οικονομικώτερος τοῦ διὰ φωταερίου φωτισμοῦ, εἴτε δι' ἀπλῆς καύσεως παράγεται οὗτος εἴτε διὰ πυ-

ρακτώσεως κωνικοῦ πλέγματος (σύστημα Auer). Ἐκτὸς τούτου ὁ ἠλεκτρικὸς φωτισμὸς ὑπερέχει τοῦ διὰ τοῦ φωταερίου φωτισμοῦ καὶ ἀπὸ ὑγιεινῆς ἀπόψεως. Πράγματι ὁ ἠλεκτρικὸς φωτισμὸς, καὶ μάλιστα ὅταν χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως, οὐδὲν μολύνει τὸν ἀέρα τῶν φωτιζομένων οἰκιῶν.

**247. Ἐλεκτρικὴ κάμινος.**—Α') **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐξ ὀγκώδους τεμαχίου ἀσβεστολίθου, τὸ ὅποιον ἐσωτερικῶς εἶναι κοῖλον. Ἡ κοιλότης καλύπτεται διὰ στρώματος συμπαγοῦς ἄνθρακος καὶ ἐντὸς αὐτῆς εὐρίσκονται τὰ ἄκρα δύο παχέων ραβδίων ἐξ ἄνθρακος, διερχομένων διὰ δύο πλαγίων ὀπῶν τοῦ ἀσβεστολίθου.

Β') **Δειτουργία.** Ἐὰν διὰ τῶν ραβδίων διαβιβασθῇ ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, θέλει παραχθῇ βολταϊκὸν τόξον θερμοκρασίας 3500<sup>0</sup> περίπου. Οὕτως ἡ κάμινος αὕτη ἀποτελεῖ ἰσχυρὰν θερμομαντικὴν πηγὴν, ἐν τῇ ὁποίᾳ καὶ αἱ μᾶλλον δύστηκτοι οὐσίαι τήκονται καὶ ἐξαεροῦνται.

Γ') **Ἐφαρμογαί.** Σήμερον ἡ κάμινος αὕτη χρησιμοποιεῖται πρὸς παρασκευὴν τοῦ ἀνθρακασβεστοῦ, ὅπερ χρησιμεύει εἰς τὴν παραγωγὴν τῆς ἀσετυλίνης, πρὸς ἀναγωγὴν, δηλ. ἀποξείδωσιν μονίμων μεταλλικῶν ὀξειδίων, πρὸς παρασκευὴν τοῦ ἀργιλίου κλπ.

**248. Ἴσχύς ἠλεκτρικῆς πηγῆς καὶ μονὰς ἰσχύος.**—Καλεῖται **ἰσχύς** ἠλεκτρικῆς πηγῆς, **τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας, ἢ τὸ ποσὸν τοῦ ἔργου, ὅπερ δύναται νὰ παράσχη αὕτη ἐντὸς 1 δευτερολέπτου.** Πρὸς εὐρεσιν τῆς ἰσχύος μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς πολλαπλασιάζομεν τὴν ἠλεκτρογερετικὴν δυνάμιν αὐτῆς ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ἦτοι

$$\text{ἰσχύς} = \text{ἠλεκτρογερετικὴ δυνάμις} \times \text{ἐντασις.}$$

Ἡ σχέσις αὕτη παρίσταται συμβολικῶς ὡς ἑξῆς:

$$\Delta = E \cdot I$$

ἐνθα  $\Delta$  = ἰσχύς,  $E$  = ἠλεκτρογερετικὴ δυνάμις καὶ  $I$  = ἐντασις.

Ὡς μονὰς ἰσχύος λαμβάνεται τὸ watt (πρὸς τιμὴν τοῦ Watt (1)).

(1) Watt (1736—1819). Σκωτὸς μηχανικός, ὅστις ἐτροποποίησε τὴν ἀτμομηχανὴν ἐπὶ τὸ πρακτικώτερον. Ἐπενόησε τὸν ἀτμονόμον σύστην αὐτῆς, τὸν συμπυκνωτήν, τὸν φυγοκεντρικὸν ρυθμιστήν καὶ ἔδωκε τὸ ὄνομα watt εἰς τὴν μονάδα τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Ἐπειδὴ δὲ ἡ μονὰς αὕτη εἶναι λίαν μικρά, διὰ τοῦτο λαμβάνονται πολλαπλάσια ταύτης, ἅτινα εἶναι

τὸ hectowatt = 100 watts

τὸ kilowatt = 1000 watts.

**249. Μονάδες ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.** Πρὸς μέτρησιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας χρησιμοποιοῦνται αἱ γνωσταὶ μονάδες watt-heure, hectowatt-heure καὶ kilowatt-heure. Αἱ μονάδες αὗται παριστώσι τὴν ἐνέργειαν ἢ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παρέχει ἐπὶ μίαν ὥραν ἠλεκτρικὴ πηγὴ ἰσχύος 1 watt, ἢ 1 hectowatt ἢ 1 kilowatt.

$1 \text{ watt-heure} = 1 \times 3600 = 3600 \text{ joules.}$

Ἐν μεγάλῃ χρήσει εἶναι ἡ μονὰς kilowatt-heure μὲ τὴν ὁποίαν ἔχουσι βαθμολογηθῆ οἱ μετρηταὶ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, οἱ καλούμενοι **βαττόμετρα.**

### ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 0,5 ampères. Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διέρχεται δι' ἀγωγῷ ἀντιστάσεως 200 ohms, ἵνα ἀναπτύξη 10000 θερμίδας; (Ἀπόκρ. 833 δευτερόλεπτα).

2) Νὰ εὐρεθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν θερμίδων, αἵτινες ἀναπτύσσονται καθ' ὥραν ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος πυρακτώσεως, ὅστις παρουσιάζει ἀντίστασιν 200 ohms καὶ τροφοδοτεῖται διὰ ρεύματος 0,5 ampères (ὑποτίθεται ὅτι ὁλόκληρος ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμότητα). (Ἀπόκρ. 43260 θερμίδες).

3) Ἡλεκτρικὴ στήλῃ μεικτὴ ἀποτελεῖται ἐκ 10 ἠλεκτρικῶν στοιχείων, ὁμοίων, ἅτινα σχηματίζουν 2 ὁμάδας, ἐκάστη τῶν ὁποίων περιλαμβάνει 5 στοιχεῖα. Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου εἶναι 1,9 volts καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις 0,8 ohms, ἡ δὲ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης εἶναι 15 ohms. Νὰ εὐρεθῶσι α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, β) ἡ ἰσχύς τοῦ ρεύματος καὶ γ) ὁ ἀριθμὸς τῶν θερμίδων αἵτινες ἀναπτύσσονται ἐντὸς 10 λεπτῶν εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν. (Ἀπόκρ. α) 0,558 ampères, β) 5,301 watts καὶ γ) 671,76 θερμίδες).

4) Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ πυρακτώσεως ἀντιστάσεως 200 ohms τροφοδοτεῖται διὰ ρεύματος ἐντάσεως 0,5 ampères. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θερμότης ἡ ἀναπτυσσομένη ἐν αὐτῷ ἐντὸς ἡμισείας ὥρας. (Ἀπόκρ. 21600 θερμίδες).

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

#### ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.—ΓΑΛΒΑΝΟΜΕΤΡΑ

**250. Φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.—Πειράματα.** 1ον. Ἐὰν λάβωμεν εἰς τὰς χεῖράς μας τοὺς δύο πόλους μεγάλῃς ἠλεκτρικῆς στήλης, αἰσθανόμεθα τινα γμοὺς κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἰσχυροῦς, οἷτινες δύνανται νὰ ἐπιφέρωσι παράλυσιν, ἢ καὶ αὐτὸν τὸν θάνατον, ἀναλόγως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

2ον. Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τοὺς δύο πόλους μικρᾶς ἠλεκτρικῆς στήλης εἰς δύο σημεῖα τῆς γλώσσης, αἰσθανόμεθα κέντημα καὶ γεῦσιν ὀξινον ἢ ὑφάλμυρον.

3ον. Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τοὺς πόλους εἰς τοὺς ἀκουστικούς πόρους ἡμῶν, αἰσθανόμεθα ἤχον.

4ον. Ἐὰν διαβιβάσωμεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τῶν κινητικῶν νεύρων, θέλομεν παρατηρήσει συστολὰς καὶ διαστολὰς τῶν μυῶν, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπεκτείνονται τὰ ἐρεθιζόμενα νεῦρα.

**Συμπέρασμα.** Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐνεργεῖ διαφοροτρόπως ἐπὶ τῶν διαφόρων ὀργάνων τοῦ σώματος τῶν ζώων.

Τὰ τοιαῦτα ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται **φυσιολογικά.**

**251. Ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.—Πείραμα τοῦ Oersted.** Ὁ Oersted ἐτοποθέτησεν ὑπεράνω μαγνητικῆς βελόνης, στρεπτῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς χάλκινον σύρμα εὐθύγραμμον NB (σχ. 181). Ὄταν διὰ τοῦ σύρματος διήρχετο ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ βελὸν ἄμέσως ἀπέκλινε τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς καὶ ἐλάμβανε νέαν διεύθυνσιν.

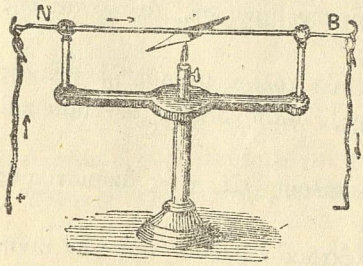
**Συμπέρασμα.** Πέριξ τοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται ἠλεκτρικὸν πεδῖον, (1) ὅπερ ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Τὰ τοιαῦτα ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται **μαγνητικά.**

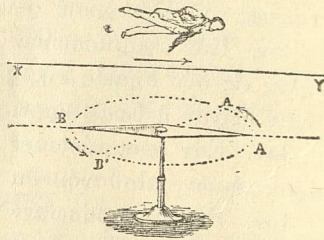
(1) Ἡ ὑπαρξις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἀποδεικνύεται καὶ διὰ τῶν φασμάτων, ὅπως εἶδομεν καὶ διὰ τὸ μαγνητικὸν πεδῖον.

**Κανὼν τοῦ Ampère.** Ἡ φορὰ τῆς ἐκτροπῆς τῆς βελόνης ἐξαρτᾶται ἀφ' ἑνὸς ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ρεύματος, ὡς πρὸς τὴν βελόνην, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς φορᾶς αὐτοῦ. Προσδιορίζεται δὲ ἡ φορὰ τῆς ἐκτροπῆς εἰς πάσας τὰς περιστάσεις, διὰ τοῦ ἑξῆς κανόνος τοῦ Ampère.

Ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ (σχ. 182), ὅστις ὑποτί-



Σχ. 181. Ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν μαγνητικὴν βελόνην.



Σχ. 182. Προσδιορισμὸς τῆς φορᾶς ἐκτροπῆς τῆς μαγνητ. βελόνης.

θεται κεκλιμένος ἐπὶ τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τῶν ποδῶν του καὶ νὰ ἐξέρχεται ἐκ τῆς κεφαλῆς του, νὰ ἔχη δὲ τὸ πρόσωπόν του ἐστραμμένον πρὸς τὴν βελόνην.

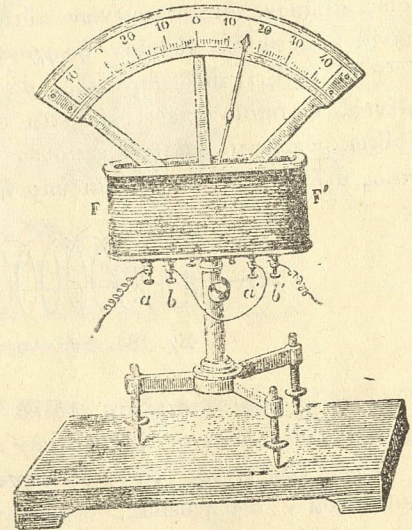
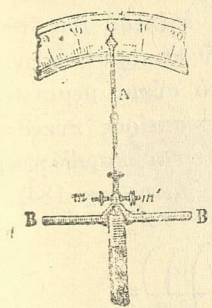
**Ἐνέργεια τῶν μαγνητῶν ἐπὶ τῶν ρευμάτων.** Ὅπως τὸ ἀκίνητον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐκτρέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην, οὕτω καὶ ἀκίνητος μαγνήτης ἐκτρέπει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κινήτων.

Ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος στηρίζεται ἡ κατασκευὴ ὄργανου καλουμένου **γαλβανομέτρου** (σχ. 183).

**252. Γαλβανόμετρον.** Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται 1) ἐκ τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ 2) ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἡ μαγνητικὴ βελὸν B B' εἶναι στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον (ἢ ὀριζόντιον) ἄξονα καὶ φέρει ἐστερεωμένον καθέτως δείκτην A, οὕτινος τὸ ἄκρον κινεῖται ἐνώπιον τόξου βεβαθμολογημένου. Ὁ δὲ ἀγωγὸς E E' εἶναι σύρμα μεμονωμένον, τὸ ὁποῖον περιτυλίσσεται περὶ τὴν βελόνην πολλάκις καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, τὰ δὲ ἄκρα του καταλήγου-

σιν εἰς δύο πιεστικούς κοχλίας α β'. Διὰ τῆς περιτυλίξεως τοῦ ἀγωγοῦ πολλαπλασιάζεται ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Β) **Δειτουργία.** Κανονίζομεν τὸ ὄργανον οὕτως, ὥστε ὁ δείκτης νὰ δεικνύη τὸ μηδέν, ὅταν δὲν διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Μόλις ὁμως διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ βε-



Σχ. 183. Γαλβανόμετρον.

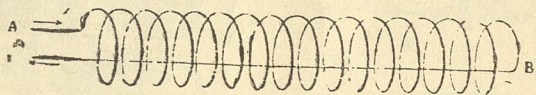
λὸν ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ὅπερ σχηματίζεται πέριξ τοῦ ρεύματος καὶ ἐκτρέπεται ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεως. Οὕτω τὸ ἄκρον τοῦ δείκτη δεικνύει νέαν διαίρεσιν ἐπὶ τοῦ βεβαθμολογημένου τόξου.

Γ) **Χρησιμότης.** Διὰ τοῦ γαλβανομέτρου δυνάμεθα α) νὰ διαγνώσωμεν ἐὰν διὰ τινος ἀγωγοῦ διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, β) νὰ καταμετρήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ γ) νὰ ἀνεύρωμεν τὴν φορὰν αὐτοῦ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ΄.

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ.

**253. Ὅρισμός.**— Καλεῖται *σωληνοειδὲς ρεῦμα*, ἢ καὶ ἀπλῶς *σωληνοειδές*, σειρά κυκλικῶν ρευμάτων, ὁμορρόπων καὶ ἀπείρως μικρῶν, διατεταγμένων οὕτως, ὥστε τὰ ἐπίπεδά των νὰ εἶναι κάθετα ἐπὶ εὐθείαν διερχομένην διὰ τοῦ κέντρου αὐτῶν. Ἐν τῇ πράξει τὸ σωληνοειδὲς ἀποτελεῖται ἀπὸ σύρμα μεμονωμένον, τὸ ὁποῖον περιτυλίσσεται εἰς κανονικὰς σπείρας πυκνὰς (οὕτως, ὥστε τὰ ἐπίπεδα ἐκάστης σπείρας νὰ εἶναι παράλληλα πρὸς ἄλληλα) καὶ διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 184).



Σχ. 184. Σωληνοειδὲς ρεῦμα.

Ἐὰν τὸ σύρμα ἀποτελέσῃ πολλὰ στρώματα ἀλλεπάλληλα, θὰ ἔχωμεν τὸ καλούμενον *ἠλεκτρικὸν πηνίον* ἢ καὶ ἀπλῶς *πηνίον*.

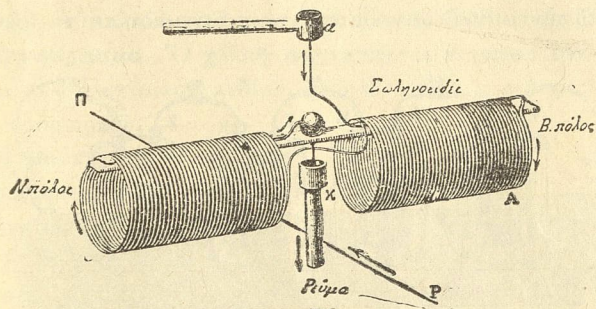
**254. Ἰδιότητες τῶν σωληνοειδῶν.**— *Πειράματα.* 1ον.

Λαμβάνομεν σωληνοειδές, στρεπτόν περὶ κατακόρυφον ἄξονα, καὶ τὸ ἀφήνομεν ἐλεύθερον. Παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο προσανατολίζεται ἀφ' ἑαυτοῦ καὶ λαμβάνει διεύθυνσιν σχεδὸν ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον, ὅπως καὶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Καὶ τὸ μὲν ἄκρον αὐτοῦ τὸ ἐστραμμένον πρὸς βορρᾶν λέγεται *βόρειος πόλος*, τὸ δὲ ἐστραμμένον πρὸς νότον καλεῖται *νότιος πόλος* (σχ. 185). *Βόρειος* δὲ πόλος τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι τὸ ἄκρον αὐτοῦ τὸ εὐρισκόμενον πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ampère, ὅστις εἶναι κεκλιμένος εἰς ἓνα οἰονδήποτε ἐλιγμὸν τῆς σπείρας καὶ οὕτως, ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τῶν ποδῶν καὶ νὰ ἐξέρχεται ἐκ τῆς κεφαλῆς, καὶ παρατηρεῖ τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς.

2ον. Εἰς τοὺς πόλους μαγνητικῆς βελόνης, στρεπτῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα, πλησιάζομεν τοὺς πόλους σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον κρατοῦμεν εἰς τὴν χεῖρά μας, παρατηροῦμεν ἔλξιν μὲν

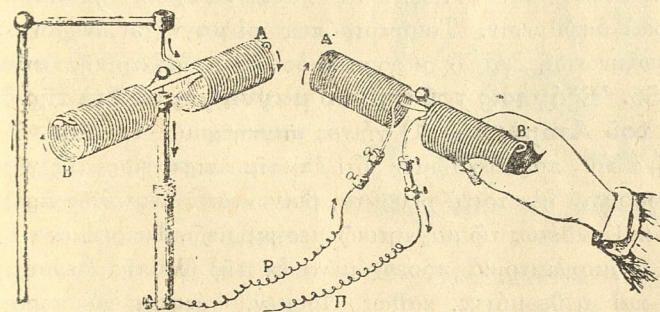
μεταξὺ τῶν ἑτερονύμων πόλων, ἄπωσιν δὲ μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων. 3ον. Ἀντικαθιστῶμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ὑπὸ σωληνοειδοῦς, στρεπτοῦ περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 186). Παρατηροῦμεν ὅμοιον φαινόμενον.

4ον. Παράγομεν τὸ φάσμα σωληνοειδοῦς. Παρατηροῦμεν ὅτι



Σχ. 185. Τὰ σωληνοειδῆ προσανατολίζονται ὅπως καὶ αἱ μαγνητικαὶ βελόναι.

τοῦτο παρουσιάζει μεγάλην ὁμοιότητα πρὸς τὸ φάσμα τῶν εὐθυγράμμων μαγνητῶν.



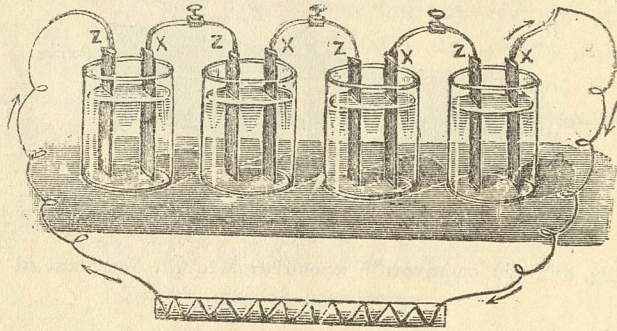
Σχ. 186. Τὰ σωληνοειδῆ ἀλληλεπιδρῶσιν ὅπως καὶ οἱ μαγνήται.

**Συμπέρασμα.** Τὰ σωληνοειδῆ παρουσιάζουσιν ὅλας τὰς ιδιότητας τῶν μαγνητῶν.

**255. Θεωρία τοῦ Ampère περὶ μαγνητισμοῦ.**— Ἐκ τῆς μεγάλης ὁμοιότητος τῶν σωληνοειδῶν πρὸς τοὺς μαγνήτας ὁ



Ampère συνεπέρανεν, ὅτι οἱ μαγνήται ὀφείλουσι τὰς ιδιότητας αὐτῶν εἰς κλειστά ἠλεκτρικὰ ρεύματα, ἅτινα κυκλοφοροῦσι περὶ πάντα τὰ μόρια αὐτῶν καὶ εἶναι ὁμόροπα, παράλληλα καὶ κάθετα ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ μαγνήτου. Τὰ ρεύματα ταῦτα ὑφίστανται κατὰ τὸν Ampère καὶ πρὸ τῆς μαγνητίσεως ἐν τῷ μαλακῷ σιδήρῳ καὶ τῷ χάλυβι, ἀλλ' ἔχουσι διάφορον φοράν καὶ διεύθυνσιν. Μετὰ τὴν μαγνήτισιν ὅμως, τὰ στοιχειώδη ταῦτα ρεύματα



Σχ. 187. Μαγνήτισις διὰ ρευμάτων.

προσανατολίζονται οὕτως, ὥστε πάντα νὰ ἔχωσι τὴν αὐτὴν φοράν καὶ διεύθυνσιν. Τοιοῦτοτρόπως οἱ μαγνήται ἀνάγονται εἰς τὰ σωληνοειδῆ καὶ ὁ μαγνητισμὸς εἶναι ἠλεκτρικῆς φύσεως.

**256. Ἐξήγησις τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ διὰ τῆς θεωρίας τοῦ Ampère.**— Ὁ γήινος μαγνητισμὸς δύναται νὰ ἐξηγηθῆ, ἔάν παραδεχθῶμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς κυκλοφοροῦσιν ἠλεκτρικὰ ρεύματα, βαίνοντα ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς καὶ καθέτως τῷ μαγνητικῷ μεσημβριῶν. Τὰ ρεύματα ταῦτα εἶναι θερμοηλεκτρικὰ προερχόμενα ἐκ τῆς ἡλιακῆς θερμότητος, διότι καὶ ἡ θερμότης, καθὼς εἶδομεν, δύναται νὰ παραγάγῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

**257. Μαγνήτισις διὰ ρευμάτων.—Πειράματα.** 1ον Ἐπὶ ράβδου χαλυβδίνης περιτυλίσομεν σπειροειδῶς σύρμα χάλκινον μεμονωμένον (σχ. 187) οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῶσιν ἐν ἡ περισσότερα ἀλλεπάλληλα στρώματα. Ἐὰν διὰ τοῦ σύρματος διαβιασθῇ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ράβδος θέλει μαγνητισθῆ ὑπὸ τὴν

ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ δύναται νὰ ἐλύσῃ ρινήματα ἢ καὶ τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου. Ἐὰν τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου ἐξαφανισθῆ, διακοπτομένου τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὁ χάλυψ διατηρεῖ τὸν μαγνητισμὸν του.

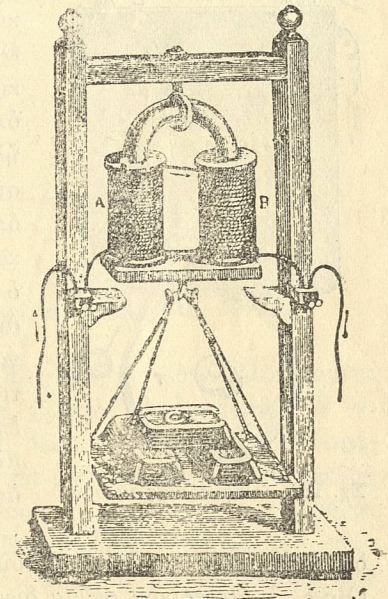
2ον Ὑποβάλλομεν εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ αὕτη μαγνητίζεται. Ἐὰν ὅμως τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου ἐξαφανισθῆ, ὁ μαλακὸς σίδηρος αὐτοστιγμῆ ἀπομαγνητίζεται.

**Συμπέρασμα.** Ὁ χάλυψ μαγνητίζεται μονίμως ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἐνῶ ὁ μαλακὸς σίδηρος μαγνητίζεται προσωρινῶς.

Ἡ ιδιότης τοῦ χάλυβος ἐχρησιμοποιήθη διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν τεχνητῶν μαγνητῶν, ἡ δὲ ιδιότης τοῦ μαλακοῦ σιδήρου διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν.

**258. Ἡλεκτρομαγνηται.—Α) Περιγραφή.**

Ἀποτελεῖται 1) ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ 2) ἀπὸ τὸν ἀγωγόν. Ὁ πυρῆν εἶναι ράβδος μαλακοῦ σιδήρου, σχεδὸν πάντοτε κεκαμμένη ἐν σχήματι ἵππειου πετάλου (σχ. 188), ὁ δὲ ἀγωγὸς εἶναι χάλκινον σύρμα μεμονωμένον, τὸ ὁποῖον περιτυλίσσεται ἐπὶ τῶν σκελῶν τοῦ πυρῆνος σπειροειδῶς καὶ εἰς πολλὰ ἀλλεπάλληλα στρώματα καὶ οὕτως, ὥστε ἡ φορὰ τῆς περιτυλίξεως



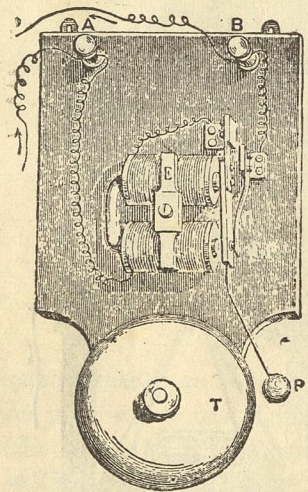
Σχ. 188. Ἡλεκτρομαγνήτης πεταλοειδῆς.

νὰ εἶναι ἀντίθετος εἰς τὰ δύο σκέλη. Τοιοῦτοτρόπως ἐπὶ τῶν δύο σκελῶν σχηματίζονται δύο πηνία, ἅτινα εἶναι συνέχεια τὸ ἐν τοῦ ἄλλου. Ἐμπροσθεν τῶν ἄκρων τοῦ πυρῆνος εὐρίσκεται συνήθως τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, ὅπερ καλεῖται **ὄπλισμός.**

**Β) Λειτουργία.** Διαβιβάζομεν ηλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ὁ πυρὴν μαγνητίζεται καὶ ἔλκει τὸν ὄπλισμὸν μέχρις ἐπαφῆς. Διακοπτομένου τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ὁ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται καὶ ὁ ὄπλισμὸς πίπτει.

Αἱ ἐφαρμογαὶ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου εἶναι πολυάριθμοι. Ἀποτελεῖ τὸ οὐσιωδέστερον μέρος τοῦ ηλεκτρικοῦ κώδωνος, τοῦ ηλεκτρικοῦ τηλεγράφου, τῶν ηλεκτροκινήτων ὥρολογίων, τῶν ρυθμιστῶν τῶν ηλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ βολταϊκοῦ τόξου κλπ.

**259. Ἡλεκτρικὸς κώδων.**—**Α) Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς πεταλοειδοῦς ηλεκτρομαγνήτου Ε (σχ. 189) με ὄπλισμὸν



Σχ. 189. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

α τοῦ ὁποίου τὸ μὲν ἓν ἄκρον προσκολλᾶται ἐπὶ εὐκάμπτου χαλυβδίνου ἐλάσματος, τὸ δὲ ἕτερον φέρει μικρὰν σφύραν Ρ, ἔμπροσθεν τῆς ὁποίας ὑπάρχει κωδώνιον Τ. Ὁ ηλεκτρομαγνήτης καὶ τὸ κωδώνιον στερεώνονται ἐπὶ σανίδος, ἐπὶ τῆς ὁποίας εὐρίσκονται καὶ δύο πιεστικοὶ κοχλίας, Α καὶ Β. Ἐκ τούτων ὁ μὲν εἰς συγκοινωνεῖ μετὰ τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου, ὁ δὲ ἕτερος μετὰ ἔλασμα μετάλλινον Γ, τὸ ὁποῖον ἐπακουμβᾷ ἐπὶ τοῦ ὄπλισμοῦ καὶ διὰ μέσου αὐτοῦ συγκοινωνεῖ μετὰ τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ.

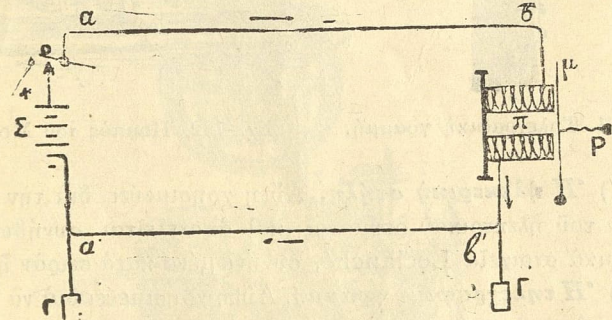
**Β) Λειτουργία.** Συνδέομεν τοὺς δύο πιεστικούς κοχλίας μετὰ τοὺς δύο πόλους ηλεκτρικῆς στήλης. Οὕτω τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου καὶ ἡ σφύρα κρούει ἐπανειλημμένως τὸ κωδώνιον, ἕνεκα τῶν ἐπανειλημμένων ἔλξεων τοῦ ὄπλισμοῦ.

Τοιοῦτοι κώδωνες χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς οἰκίας καὶ τὰ καταστήματα ἵνα εἰδοποιῆται ὁ ὑπάλληλος.

**260. Βάσις τοῦ ηλεκτρικοῦ τηλεγράφου μετὰ σύρματος.**—Ὁ ηλεκτρικὸς τηλεγράφος μᾶς χρησιμεύει ἵνα μεταβιβάζομεν συνθήματα εἰς μεγάλας ἀποστάσεις μετὰ καταπληκτικῆς

ταχύτητος, τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ἡ ἀρχὴ ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται οὗτος εἶναι ἡ ἑξῆς.

Ἐστω διπλοῦν σύρμα μετάλλινον αβ καὶ α' β' (σχ. 190) τὸ ὁποῖον συνδέει δύο τόπους. Εἰς τὸν ἓνα τόπον ὑποθέσωμεν ὅτι ὑπάρχει ηλεκτρομαγνήτης π, οὕτινος ὁ ἀγωγὸς συνδέεται κατὰ μὲν τὸ ἓν ἄκρον μετὰ τὸ σύρμα αβ, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον μετὰ τὸ σύρμα α' β'. Ἐμπροσθεν τοῦ ηλεκτρομαγνήτου θεωρήσωμεν ὄπλισμὸν μ, ὁ ὁποῖος διὰ τινος ἐλατηρίου Ρ τηρεῖται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑποθέσωμεν

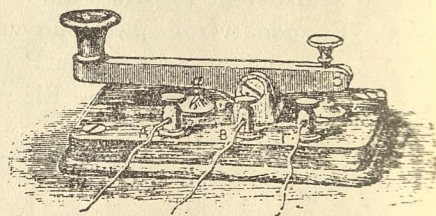
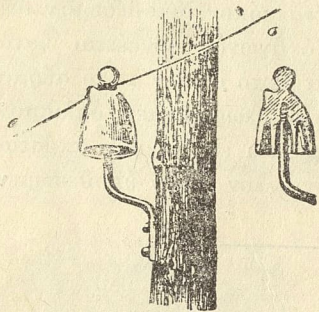


Σχ. 190. Βάσις τοῦ ηλεκτρικοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse.

ὅτι ὑπάρχει ηλεκτρικὴ στήλη Σ. Ἐὰν τὸν θετικὸν πόλον ταύτης συνδέσωμεν μετὰ τὸ σύρμα αβ π. χ., τὸν δὲ ἀρνητικὸν μετὰ τὸ σύρμα α' β', τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα θέλει διέλθει διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου, ὅποτε ὁ πυρὴν αὐτοῦ θὰ μαγνητισθῇ καὶ θὰ ἐλκύσῃ τὸν ὄπλισμὸν, ὅστις θὰ μείνῃ προσκεκολλημένος ἐφ' ὅσον χρόνον διέρχεται τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἐὰν ὅμως τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα διακοπῇ, ὁ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται καὶ ὁ ὄπλισμὸς δυνάμει τοῦ ἐλατηρίου ἀπομακρύνεται. Ἐὰν καὶ πάλιν διαβιβάζωμεν ηλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου ὁ ὄπλισμὸς ἔλκεται, ἐὰν δὲ τὸ διακόψωμεν ἀπομακρύνεται κ. ο. κ.

Δύο λοιπὸν ἄνθρωποι, εὐρισκόμενοι ὁ μὲν εἰς τὸν ἓνα τόπον, ὁ δὲ εἰς τὸν ἕτερον, δύνανται νὰ συνεννοηθῶσιν διὰ συμπεφωνημένων σημείων. Πρὸς τοῦτο ὅμως ἀπαιτοῦνται δύο σύρματα, ἓν διὰ τὴν μετάβασιν τοῦ ρεύματος καὶ ἕτερον διὰ τὴν ἐπάνοδον αὐτοῦ. Σήμερον ὅμως τὸ δεύτερον σύρμα ἀντικατεστάθη διὰ τῆς γῆς.

Τὸ συνηθέστερον σύστημα παρ' ἡμῖν εἶναι τὸ τοῦ Morse (1).  
**261. Ἡλεκτρικὸς τηλεγράφος τοῦ Morse.** Τὰ οὐσιώδη μέρη τοῦ τηλεγράφου τούτου εἶναι 4 κυρίως, τὰ ἑξῆς.



Σχ. 191. Τηλεγραφικὴ γραμμὴ.

Σχ. 192. Πομπὸς τοῦ Morse.

Α') **Ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη.** Αὕτη χρησιμεύει διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα Leclanché, συνηνωμένα κατὰ σειρὰν ἢ τάσιν.

Β) **Ἡ τηλεγραφικὴ γραμμὴ.** Αὕτη χρησιμεύει διὰ νὰ συνδέῃ τοὺς τηλεγραφικοὺς σταθμοὺς μεταξύ των καὶ εἶναι σύρμα τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἴτε ἐν τῷ ἀέρι (ἐναέριος γραμμὴ) εἴτε ἐντὸς τῆς γῆς (ὑπόγειος), εἴτε ἐντὸς τῆς θαλάσσης (ὑποβρύχιος). Ἡ γραμμὴ πρέπει νὰ εἶναι καλῶς μεμονωμένη ἀπὸ τῆς γῆς καὶ πρὸς τοῦτο εἴτε στηρίζεται ἐπὶ κωδῶνων ἢ ποτηρίων ἐκ πορσελάνης (αἱ ἐναέριοι), (σχ. 191), εἴτε φέρει ἀπομονωτικὸν περίβλημα (αἱ ὑπόγειοι καὶ αἱ ὑποβρύχιοι).

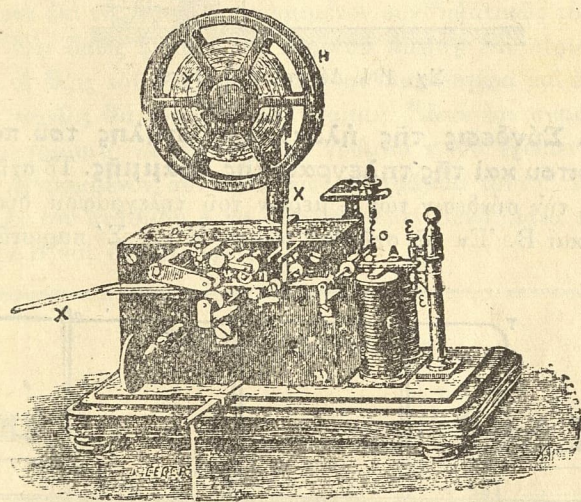
Γ') **Ὁ πομπός.** Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ διακόπτωμεν καὶ νὰ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἀποτελεῖται ἀπὸ μετάλλινον μοχλὸν (σχ. 192), ὅστις περιστρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα καὶ φέρει ὑποκάτω καὶ τῶν δύο ἄκρων του μίαν ἀκίδα

(1) Morse (1791 - 1872). Ἀμερικανὸς ζωγράφος καὶ φυσικὸς, ἐφευρέτης τοῦ ἠλεκτρικοῦ τηλεγράφου. Τὴν πρώτην ἰδέαν περὶ κατασκευῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ τηλεγράφου συνέλαβεν ὁ καθηγητὴς Jackson, ὅστις συνεζήτησε ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ πλοίου μετὰ τοῦ Morse, περὶ τῆς δυνατῆς ἐφαρμογῆς τῶν ιδιοτήτων τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν καὶ ἐπεδεικνυε συγχρόνως σχέδια καὶ μικρὸν ἠλεκτρομαγνητὴν μετὰ μικρᾶς στήλης. Τὴν ἰδέαν ταύτην τοῦ Jackson ἐπραγματοποίησε πρῶτος ὁ Morse.

μεταλλίνην, ἄνωθεν δὲ τοῦ ἐνὸς ἄκρου λαβὴν ξυλίνην ἢ ὀστεῖνην.

Ὅταν πιέζωμεν τὴν λαβὴν, τὸ ρεῦμα τῆς στήλης μεταβαίνει εἰς τὴν τηλεγραφικὴν γραμμὴν, ὅταν δὲ τὴν ἀφήνωμεν ἐλευθέραν, τὸ ρεῦμα διακόπτεται.

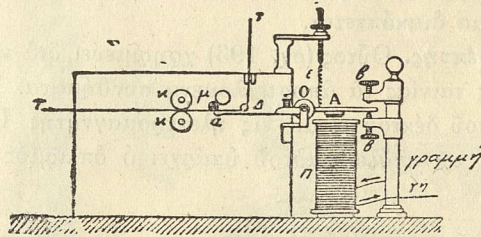
Δ') **Ὁ δέκτης.** Οὗτος (σχ. 193) χρησιμεύει διὰ νὰ δεχόμεθα ἐπὶ χαρτίνης ταινίας τὰ ἀποστελλόμενα συνθήματα. Τὸ κυριώτερον μέρος τοῦ δέκτου εἶναι εἰς ἠλεκτρομαγνήτης Π (σχ. 194). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων αὐτοῦ ὑπάρχει ὁ ὀπλισμὸς Α, προσκε-



Σχ. 193. Δέκτης τοῦ Morse.

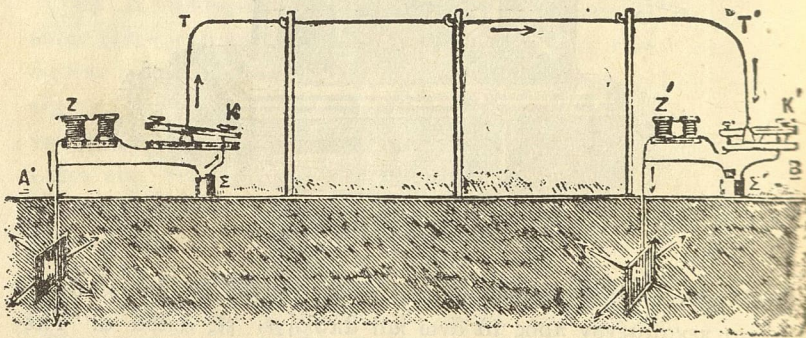
κολλημένος εἰς τὸ ἐν ἄκρον μοχλοῦ Δ, οὕτως τὸ ἕτερον ἄκρον εἶναι κεκαμμένον πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἀπολήγει εἰς ἀκίδα α. Ὑπερῶν τῆς ἀκίδος ὑπάρχει χαρτίνη ταινία XX, ἥτις κινεῖται πρὸς τὰ πρόσω τῆ βοήθειά δύο κυλίνδρων κ καὶ κ, κινουμένων δι' ὀρολογιακοῦ μηχανισμοῦ. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ ταινία κινεῖται. Ἐὰν τώρα διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἀκίς τοῦ μοχλοῦ ἀνυψοῦται καὶ ὠθεῖ τὴν ταινίαν πρὸς τὰ ἄνω. Αὕτη ἀνυψομένη ἐγγίζει μικρὸν τροχὸν μ φέροντα μελάνην καὶ οὕτω χαράσσεται ἐπὶ τῆς ταινίας **στιγμὴ** μὲν ἐὰν τὸ ρεῦμα εἶναι ἀκαριαῖον, **γραμμὴ** δὲ ἐὰν εἶναι διαρκέστε-

ρον. Αί στιγμαί αὔται καί αἱ γραμμαί, συνδυαζόμεναι καταλήλως, παριστώσι τὰ γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου καί τὰ ἀριθμητικά ψηφία.



Σχ. 194. Δέκτης τοῦ Morse.

**262. Σύνδεσις τῆς ἠλεκτρικῆς στήλης τοῦ πομποῦ, τοῦ δέκτη καὶ τῆς τηλεγραφικῆς γραμμῆς.** Τὸ σχῆμα 195 παριστᾷ τὴν σύνδεσιν τῶν 4 μερῶν τοῦ τηλεγράφου δύο σταθμῶν Α καὶ Β. Ἐν τῷ σχήματι τούτῳ Σ καὶ Σ' παριστώσι τὰς



Σχ. 195. Σύνδεσμοι τῶν 4 μερῶν τοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse.

στήλας τῶν δύο σταθμῶν, K καὶ K' τοὺς πομπούς, Z καὶ Z' τοὺς δέκτας καὶ TT' τὴν τηλεγραφικὴν γραμμὴν. Παρατηροῦμεν λοιπὸν 1) ὅτι οἱ δύο πομποὶ τῶν σταθμῶν συνδέονται διαρκῶς μετ' ἀλλήλων διὰ τῆς τηλεγραφικῆς γραμμῆς, 2) ὅτι τὸ ἐν ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν καὶ οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν στηλῶν συνδέονται διὰ σύρματος μετὰ χαλκίνων πλακῶν P καὶ P,

αἰτίνες ἐμβαπτίζονται εἰς τὴν γῆν, καὶ 3) ὅτι τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν καὶ οἱ θετικοὶ πόλοι τῶν στηλῶν συνδέονται μετὰ τοῦ πομποῦ.

Ἐπιπροσέτι ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ τοῦ σταθμοῦ Α πιέζεται ἐπὶ μίαν χρονικὴν στιγμὴν. Ἡ ἔλξις τοῦ ὀπλισμοῦ ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου τοῦ δέκτη τοῦ ἄλλου σταθμοῦ θὰ εἶναι ἀκαριαία, καὶ ἐπομένως ἐπὶ τῆς ταινίας θὰ τυπωθῇ μία στιγμὴ. Ὡστε ἐὰν συμφωνήσωμεν μία στιγμὴ νὰ παριστᾷ τὸ γράμμα ε, θὰ ἔχωμεν ἐπὶ τῆς ταινίας γεγραμμένον συνθηματικῶς τὸ γράμμα τοῦτο. Ἐὰν ὅμως ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ πιεσθῇ ἐπὶ περισσότερον χρόνον, ἡ ἔλξις τοῦ ὀπλισμοῦ θὰ εἶναι διαρκεστέρα καὶ ἐπομένως ἐπὶ τῆς ταινίας θὰ τυπωθῇ μία γραμμὴ. Ὡστε ἐὰν συμφωνήσωμεν μία γραμμὴ νὰ παριστᾷ τὸ γράμμα τ, θὰ ἔχωμεν ἐπὶ τῆς ταινίας γεγραμμένον συνθηματικῶς τὸ γράμμα τοῦτο. Δυνάμεθα λοιπὸν ἐκ τοῦ σταθμοῦ Α νὰ ἀποστέλλωμεν συνθήματα πρὸς τὸν σταθμὸν Β καὶ ἀντιστρόφως.

**Μορσικὸν ἀλφάβητον**

α . —	ι . . .	ρ . — .
β — . . .	κ — . —	σ . . .
γ — — .	λ . — . .	τ —
δ — . .	μ — —	υ — . — —
ε .	ν — .	φ . . — .
ζ — — . .	ξ — . . —	χ — — — —
η . . . .	ο — — —	ψ — — . —
θ — . . .	π . — — .	ω . — —

**Μορσικὰ ψηφία**

0 — — — — —	5 . . . . .
1 . — — — —	6 — . . . .
2 . . — — —	7 — — . . .
3 . . . — —	8 — — — . .
4 . . . . —	9 — — — —

**263. Συμπληρωματικά ὄργανα τοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse.**—Πλήρης ἐγκατάστασις τηλεγραφικοῦ σταθμοῦ περιλαμβάνει καὶ ἄλλα ὄργανα, ἐκ τῶν ὁποίων τὰ σπουδαιότερα εἶναι τὰ ἑξῆς.

1) Τὸ **γαλβανόμετρον**. Τοῦτο χρησιμεύει, ἵνα γνωρίζῃ ὁ ὑπάλληλος, ἐὰν ἡ τηλεγραφικὴ γραμμὴ εἶνε ἐν καλῇ καταστάσει, ἢ παρουσιάζῃ διακοπὴν τινα.

2) Τὸ **ἀλεξικέραυνον**. Τοῦτο χρησιμεύει, ἵνα προφυλάσσονται ἐν καιρῷ θυέλλης ἀπ' ἐνὸς αἰ συσκευαί τοῦ σταθμοῦ, καὶ ἀπ' ἐτέρου οἱ τὰς συσκευὰς ταύτας χειριζόμενοι ὑπάλληλοι. Πράγματι ἐν καιρῷ θυέλλης αἱ τηλεγραφικαὶ γραμμαί, ἠλεκτρίζονται ἐξ ἐπιδράσεως, διαρρέονται αἰφνιδίως ὑπὸ ἰσχυροτάτων ρευμάτων, ἅτινα καὶ τὰς συσκευὰς δύνανται νὰ βλάβωσι, καὶ τὸν ὑπάλληλον νὰ κεραυνοβολήσωσι. Ἀλεξικεραίνου ὑπάρχουσι διάφορα συστήματα, ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλα μὲν στηρίζονται εἰς τὴν γνωστὴν δύναμιν τῶν ἀκίδων, ἄλλα δὲ εἰς τὴν τῆξιν μεταλλίνου σύρματος.

3) Ὁ **ἠλεκτρονόμος**. Οὗτος χρησιμεύει, ἵνα ἀντικαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα τῆς γραμμῆς διὰ τοῦ ρεύματος τοπικῆς τινος στήλης τὸ ὁποῖον ἐνεργεῖ ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ δέκτου τοῦ σταθμοῦ. Οὕτως ἐπὶ τοῦ δέκτου ἐνεργεῖ οὐχὶ τὸ ρεῦμα τῆς γραμμῆς, ἀλλὰ τὸ ρεῦμα τῆς τοπικῆς στήλης, τῆς ὁποίας τὸ κύκλωμα περιλαμβάνει τὸν ἠλεκτρονόμον καὶ τὸν δέκτην.

4) Ὁ **ἠλεκτρικὸς κώδων**. Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ εἰδοποιῆται ὁ ὑπάλληλος τοῦ σταθμοῦ πρὸς τὸν ὁποῖον ἀποστέλλεται τὸ τηλεγράφημα.

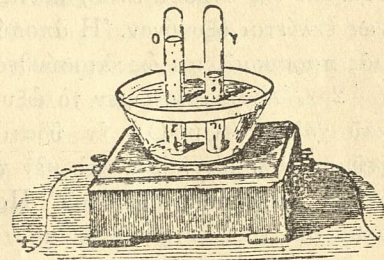
**264. Τυπωτικὸς τηλέγραφος τοῦ Hughes (1).**—Τὸ σύστημα τοῦ Morse παρουσιάζει πολλὰ ἐλαττώματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ σπουδαιότερον εἶνε, ὅτι πρὸς μετάδοσιν τοῦ τηλεγραφήματος ἀπαιτεῖται χρόνος κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥτιον μακρὸς, ἐνεκα τῆς συνθηματικῆς γραφῆς τῶν γραμμάτων καὶ τῶν ἀριθμῶν. Ἐνεκα τούτου ἐπεδίωξαν νὰ εὗρωσιν ἕτερον σύστημα, ἐν τῷ ὁποίῳ τὰ λαμβανόμενα τηλεγραφήματα νὰ καταγράφονται

ἐπὶ τῆς ταινίας ἀμέσως διὰ τῶν κοινῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τῶν ἀριθμητικῶν ψηφίων. Τοιουτοτρόπως κατεσκευάσθησαν οἱ καλούμενοι **τυπωτικοὶ τηλέγραφοι**, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ μᾶλλον ἐν χρήσει εἶνε ὁ τοῦ Hughes. Ἐν τῷ συστημῇ τούτῳ τὰ γράμματα τυπώνονται ἐπὶ τῆς ταινίας καὶ εἰς τοὺς δύο σταθμούς, ἡ δὲ ταινία προσκολλᾶται ἐπὶ φύλλου χάρτου καὶ δίδεται πρὸς διανομὴν (1).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄

### ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

**265. Βολτάμετρον.**—Τοῦτο (σχ. 196) εἶναι ὑαλινὴ λεκάνη ἐπὶ τοῦ πυθμένος τῆς ὁποίας στηρίζονται δύο λεπτὰ ἐλάσματα ἐκ λευκοχρύσου, ἅτινα συγκοινωνοῦσι μὲ δύο μεταλλίνους πιεστικούς κοχλίας εὐρισκομένους ἐκατέρωθεν τῆς λεκάνης. Τὰ ἐλάσματα καλοῦνται **ἠλεκτρόδια**, καὶ ἐκεῖνο μὲν διὰ τοῦ ὁποίου εἰσάγεται τὸ ρεῦμα εἰς τὴν λεκάνην (τὸ συνδεόμενον μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς) καλεῖται **θετικὸν ἠλεκτρόδιον**, ἢ **ἄνοδος**, ἐκεῖνο δὲ διὰ τοῦ ὁποίου ἐξέρχεται τὸ ρεῦμα ἐκ τῆς λεκάνης (τὸ συνδεόμενον μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον) καλεῖται **ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον**, ἢ **κάθοδος**. Ἡ λεκάνη συνοδεύεται συνήθως καὶ ὑπὸ δύο ὑαλίνων σωλήνων κλειστῶν κατὰ τὸ ἐν ἄκρον καὶ ἀνοικτῶν κατὰ τὸ ἄλλο.



Σχ. 196. Βολτάμετρον.

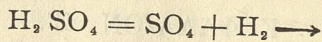
**266. Ἡλεκτρόλυσις. Πειράματα.** 1ον. Ἐντὸς τῆς λεκάνης (σχ. 196) θέτομεν ὕδωρ ὠξυνισμένον διὰ θεϊκοῦ ὀξέος ( $H_2SO_4$ )

(1) Κατωτέρω περιγράφομεν καὶ ἕτερον σύστημα τηλεγράφου, ἐν τῷ ὁποίῳ δὲν γίνεται χρῆσις τηλεγραφικοῦ σύρματος (γραμμῆς), δι' ὃ καὶ **ἀσύρματος τηλέγραφος** καλεῖται.

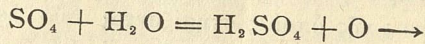
(1) Hughes (1831—1900) Ἕλληνας φυσικός, ἀνακαλύψας καὶ τὸ μικροφῶνον.

καὶ ἀναστρέφομεν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων τοὺς ὑαλίνοὺς σωλῆνας πεπληρωμένους μὲ τὸ αὐτὸ ὑγρὸν. Ἐὰν διαβιβάσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων ἐκλύονται φυσαλίδες ἀερίων, ἅτινα συλλέγονται ἐντὸς τῶν σωλῆνων. Τὰ ἀέρια ταῦτα εἶναι ὀξυγόνον ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ ὕδρογόνον ἐπὶ τῆς καθόδου. Ὁ ὄγκος δὲ τοῦ ὕδρογόνου εἶναι διπλάσιος τοῦ ὄγκου τοῦ ὀξυγόνου.

Πρὸς ἐξηγήσιν τοῦ φαινομένου τούτου παραδεχόμεθα ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει τὸ θειϊκὸν ὀξύ κατά τὴν ἑξίσωσιν

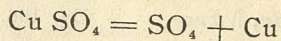


καὶ τὸ μὲν H ἐκλύεται ἐκ τῆς καθόδου, τὸ δὲ SO<sub>4</sub> ἐκ τῆς ἀνόδου. Ἄλλὰ τὸ SO<sub>4</sub> μὴ δυνάμενον νὰ παραμείνῃ ἐν ἐλευθέρῳ καταστάσει ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ὕδατος καὶ τὸ ἀποσυνθέτει κατά τὴν ἑξίσωσιν

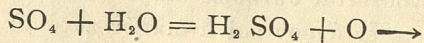


δηλ. ἐπὶ τῆς ἀνόδου ἀνασχηματίζεται τὸ θειϊκὸν ὀξύ καὶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον. Ἡ ἀποσύνθεσις λοιπὸν τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος μᾶς παρουσιάζεται ὡς ἀποσύνθεσις τοῦ ὕδατος.

2ον. Ἀντικαθιστῶμεν τὸ ὠξυνισμένον ὕδωρ μὲ διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ (CuSO<sub>4</sub>) ἐν ὕδατι καὶ διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Θέλομεν λάβει ἐπὶ μὲν τῆς καθόδου μεταλλικὸν χαλκόν, ἐπὶ δὲ τῆς ἀνόδου ὀξυγόνον. Πρὸς ἐξηγήσιν τούτου παραδεχόμεθα ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει τὸν θειϊκὸν χαλκὸν κατά τὴν ἑξίσωσιν



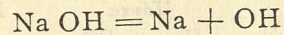
καὶ ὁ μὲν Cu ἐναποτίθεται ἐπὶ τῆς καθόδου ἐπὶ τῆς ὁποίας σχηματίζει ἔρυθρὸν ἐπίστρωμα, τὸ δὲ SO<sub>4</sub> ἐμφανίζεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου, ἔνθα ἀποσυνθέτει τὸ ὕδωρ κατά τὴν ἑξίσωσιν



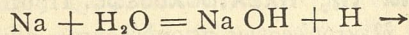
δηλ. ἐπὶ τῆς ἀνόδου σχηματίζεται θειϊκὸν ὀξύ καὶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον.

3ον. Ἀντικαθιστῶμεν τὸ διάλυμα τοῦ θειϊκοῦ χαλκοῦ μὲ διάλυμα καυστικοῦ νάτρου (Na OH) ἐν ὕδατι καὶ διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Θέλομεν λάβει ἐπὶ μὲν τῆς καθόδου ὕδρογόνον ἐπὶ δὲ τῆς ἀνόδου ὀξυγόνον. Πρὸς ἐξηγήσιν τούτου παραδε-

χόμεθα ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει τὸ καυστικὸν νάτρον κατά τὴν ἑξίσωσιν

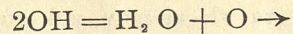


καὶ τὸ μὲν Na ἐμφανίζεται ἐπὶ τῆς καθόδου, ἔνθα ἀποσυνθέτει τὸ ὕδωρ κατά τὴν ἑξίσωσιν



δηλ. ἀνασχηματίζεται τὸ καυστικὸν νάτρον καὶ συγχρόνως ἐκλύεται ὕδρογόνον,

τὸ δὲ OH ἐμφανίζεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου, ἔνθα λαμβάνει χώραν ἡ χημικὴ ἀντίδρασις



δηλ. σχηματίζεται ὕδωρ καὶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον.

**Συμπέρασμα.** Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει τὸ θειϊκὸν ὀξύ, τὸν θειϊκὸν χαλκὸν καὶ τὸ καυστικὸν νάτρον.

Τὸ φαινόμενον τῆς ἀποσυνθέσεως τῶν σωμάτων ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται **ἠλεκτρολύσις**. Τὰ σώματα τὰ ὑφιστάμενα τὴν ἠλεκτρολύσιν καλοῦνται **ἠλεκτρολύται**, καὶ τοιοῦτοι εἶναι γενικῶς τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα. Ἐπομένως τὸ οἰνόπνευμα, ὁ αἰθῆρ, ἡ βενζίνη, τὸ χημικῶς καθαρὸν ὕδωρ κλπ. δὲν εἶναι ἠλεκτρολύται. Ἴνα γίνῃ ἠλεκτρολύσις πρέπει ὁ ἠλεκτρολύτης νὰ εὐρίσκειται ἐν ὑγρᾷ καταστάσει (τετηγμένος, εἴτε διαλελυμένος ἐν τῷ ὕδατι).

**267. Νόμοι ποιοτικοὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως.**— Ἡ ἠλεκτρολύσις ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς νόμους.

**Πρῶτος νόμος.** *Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως δὲν ἐμφανίζονται ποτὲ ἐντὸς τῆς μάξης τοῦ ἠλεκτρολύτου ἀλλὰ μόνον ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων.*

**Δεύτερος νόμος.** *Τὸ χημικὸν μόριον τοῦ ἠλεκτρολύτου ἀποσυντίθεται εἰς δύο ἰόντα.*

Τὰ ἰόντα εἶνε εἴτε ἄτομα, εἴτε ὁμάδες ἀτόμων, καὶ ἐμφανίζονται ἄλλα μὲν ἐπὶ τῆς καθόδου καὶ λέγονται **κατιόντα**, ἄλλα δὲ ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ λέγονται **ἀνιόντα**. Κατιόντα εἶνε πάντοτε τὸ μέταλλον, ἢ τὸ ὕδρογόνον, τοῦ ἠλεκτρολύτου καὶ ἀνιόντα τὸ ὑπόλοιπον τμήμα αὐτοῦ. Τὰ ἰόντα χαρακτηρίζονται ἐκ τοῦ ὅτι

φέρουσιν ηλεκτρισμόν, τὰ μὲν κατιόντα θετικόν, τὰ δὲ ἀνιόντα ἀρνητικόν. Παραδείγματα

Ἡλεκτρολύται	Ἴόντα	Κατιόντα	Ἀνιόντα
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (θεικὸν ὄξύ)	H καὶ SO <sub>4</sub>	H	SO <sub>4</sub>
CuSO <sub>4</sub> (θεικὸς χαλκός)	Cu καὶ SO <sub>4</sub>	Cu	SO <sub>4</sub>
NaOH (καυστικὸν νάτρον)	Na καὶ OH	Na	OH

**268. Θεωρία τῆς ηλεκτρολύσεως.** Πρὸς ἐξήγησιν τῶν φαινομένων τῆς ηλεκτρολύσεως παραδέχονται σήμερον τὴν ὑπόθεσιν τοῦ Σουηδοῦ φυσικοῦ Arrhenius. Κατὰ ταύτην πᾶς ηλεκτρολύτης, ὅταν διαλύεται ἐν τῷ ὕδατι, εἶτε τήκεται, **ἀφεταιριζέται** ἐν μέρει, δηλ. μόριά τινα αὐτοῦ ἀποσυντίθενται εἰς ἰόντα (ἀνιόντα καὶ κατιόντα), ὅταν δὲ διέλθῃ δι' αὐτοῦ ηλεκτρικὸν ρεῦμα, τὰ ἰόντα τίθενται εἰς κίνησιν, καὶ τὰ μὲν θετικὰ ἰόντα (κατιόντα) βαίνουνσι πρὸς τὴν κάθοδον (καθ' ὅσον ταῦτα ἔλκονται ὑπὸ τῆς καθόδου ἐνῶ συγχρόνως ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῆς ἀνόδου), τὰ δὲ ἀρνητικὰ ἰόντα (ἀνιόντα) βαίνουνσι πρὸς τὴν ἀνοδον (καθ' ὅσον ταῦτα ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου ἐνῶ συγχρόνως ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῆς καθόδου). Ὅταν δὲ τὰ ἰόντα ἐγγίσωσι τὰ ηλεκτρόδια, ἐγκαταλείπουσιν εἰς αὐτὰ τὸ ηλεκτρικὸν των φορτίον καὶ ἐμφανίζονται ἐν ἐλευθέρῳ καταστάσει. Συγχρόνως ὅμως καὶ ἀκέραια μόρια τοῦ ηλεκτρολύτου ἀποσυντιθέμενα παρέχουσι νέα ἰόντα, ἅτινα κινοῦνται πρὸς τὰ σχετικὰ ηλεκτρόδια εἰς τὰ ὁποῖα ἐγκαταλείπουσι τὸ ηλεκτρικὸν των φορτίον, καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιοῦτοτρόπως τὰ ἰόντα εἶνε οἱ φορεῖς τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἐντὸς τοῦ ηλεκτρολύτου.

**269. Καθορισμὸς τῶν μονάδων coulomb καὶ ampère.**—Διὰ τῆς ηλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου (Congrés International, Chicago, 1893) καθωρίσθησαν αἱ μονάδες Coulomb καὶ Ampère ὡς ἐξῆς :

Ἡ μονὰς coulomb εἶνε τὸ ποσὸν τοῦ ηλεκτρισμοῦ, ὅπερ διερχόμενον διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐν ὕδατι, ἐναποθέτει ἐπὶ τῆς καθόδου  $\frac{1}{893,3} = 0,0011195$  γραμμάρια ἀργύρου.

Ἡ μονὰς ampère εἶναι ἡ ἔντασις ρεύματος σταθεροῦ καὶ συνεχοῦς, ὅπερ διερχόμενον διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐν ὕδατι, ἐναποθέτει ἐπὶ τῆς καθόδου  $\frac{1}{893,3} = 0,0011195$  γραμμάρια ἀργύρου ἐν ἐνὶ δευτερολέπτῳ.

**270. Ἡλεκτρολυτικὴ μέτρησις τῆς ἐντάσεως ρεύματος τινος.**—Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου ἐν ὕδατι, διαβιβάζομεν τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν ηλεκτρικὸν ρεῦμα. Τοῦτο ἀποσυνθέτει τὸν νιτρικὸν ἀργυρον καὶ προκαλεῖ τὴν ἐναπόθεσιν ἀργύρου ἐπὶ τῆς καθόδου. Ἐὰν Π εἶναι τὸ βάρος τοῦ ἐναποτεθέντος ἀργύρου (αὔξησις τοῦ βάρους τῆς καθόδου, τὴν ὁποῖαν ἐξυγίσαμεν προηγουμένως) καὶ X ὁ χρόνος (εἰς δευτερόλεπτα), καθ' ὃν ἐγένετο ἡ ἐναπόθεσις αὕτη, θὰ ἔχωμεν

$$\text{ποσὸν ηλεκτρισμοῦ (coulomb)} = \frac{\pi}{0,0011195}$$

$$\text{καὶ ἔντασιν ρεύματος (ampère)} = \frac{\text{ποσὸν ηλεκτρισμοῦ}}{\chi \text{ δευτερόλεπτα}}$$

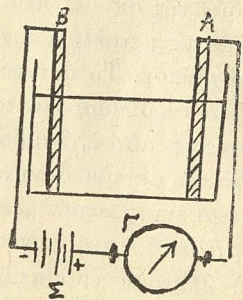
Ἐν τῇ βιομηχανίᾳ, πρὸς μέτρησιν τῆς ἐντάσεως ρεύματός τινος χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὄργανα καλούμενα **ἀμπερόμετρα**. Ταῦτα διὰ δείκτου κινουμένου ἐνώπιον ὑποδηρημένου τόξου μᾶς παρέχουσι δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως τὸν ἀριθμὸν τῶν ampères.

**271. Ἐφαρμογαὶ τῆς ηλεκτρολύσεως.**—Α) **Ἐπιμετάλλωσις.** Καλεῖται **ἐπιμετάλλωσις** ἡ τέχνη, διὰ τῆς ὁποίας περικαλύπτομεν ἀντικείμενόν τι διὰ λεπτοῦ στρώματος μετάλλου, π.χ. χαλκοῦ, νικελίου, ἀργύρου, χρυσοῦ καὶ λευκοχρύσου. Τὸ ἀντικείμενον, ἀφοῦ πρῶτον καθαρισθῇ ἐπιμελῶς ἀπὸ τὰ ὀξεῖδια καὶ τὰ λιπαρὰ σώματα, ἅτινα φέρει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, λαμβάνεται ὡς ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον (ἦτοι συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον ηλεκτρικῆς στήλης) καὶ ἐμβαπτίζεται ἐντὸς καταλλήλου **λουτροῦ**, ὅπερ ἀποτελεῖται ἐκ διαλύματος ἄλατος, περιέχοντος τὸ ἐπιθυμητὸν μέταλλον. Ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ λουτροῦ ἐμβαπτίζεται καὶ πλάξ ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου, ἧτις χρησιμεύει ὡς θετικὸν ηλεκτρόδιον, ἧτις διαλύεται βαθμηδὸν καθ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον (τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον) περικαλύπτεται. Τοιοῦτοτρόπως ἐπιτυγχάνεται ἡ ἐπιχάλκωσις, ἡ ἐπινικέλωσις, ἡ ἐπαργύρωσις, ἡ ἐπιχρύσωσις καὶ ἡ ἐπιλευκοχρύσωσις ἀντικειμένου τινός.

Β) **Γαλβανοπλαστικὴ.** Καλεῖται **γαλβανοπλαστικὴ** ἡ τέχνη, διὰ τῆς ὁποίας ἀναπαράγομεν ἀντίτυπα διαφόρων ἀντικειμένων, λ.χ. μέταλλα, νομίσματα, ἀγγεῖα κλπ. ἐξ οἰουδήποτε μετάλλου καὶ συνήθως ἐκ χαλκοῦ. Ἡ τέχνη αὕτη περιλαμβάνει δύο ἐργασίας. α') τὴν κατασκευὴν τοῦ τύπου ἢ τῆς μήτρας καὶ

β') την έναπόθεσιν ἐπ' αὐτοῦ τοῦ μετάλλου.

Ὁ τύπος κατασκευάζεται συνήθως ἐκ γουτταπέρκης, ἣτις τιθεμένη ἐντὸς ζέοντος ὕδατος μαλακύνεται καὶ καθίσταται πλαστική, τότε δὲ ἐφαρμόζεται καλῶς ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου. Κατόπιν ἀποσπᾶται ὁ τύπος καὶ ἐπιχρίεται ἐσωτερικῶς διὰ λεπτοτάτης κόνεως γραφίτου, ὅπως καταστῆ εὐηλεκτραγωγός. Μετὰ ταῦτα ὁ τύπος συνδέεται διὰ χαλκίνου σύρματος μετὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς ἠλεκτρικῆς στήλης καὶ ἐμβαπτίζεται ἐντὸς λουτροῦ, ἀποτελουμένου ἐκ θειικοῦ χαλκοῦ (ἐὰν θέλωμεν νὰ ἐναποτεθῆ ἐπ' αὐτοῦ μεταλλικὸς χαλκός), ἐντὸς τοῦ ὁμοίου ἐμβαπτίζεται καὶ πλάξ ἐκ καθαροῦ χαλκοῦ, συνδεομένη μετὸν θετικὸν πόλον. Μετὰ τινα χρόνον, ὅταν σχηματισθῆ εἰς τὸ κοῖλον τοῦ τύπου στρώμα ἐκ χαλκοῦ ἱκανοῦ πάχους, ἐξάγεται ὁ τύπος ἐκ τοῦ λουτροῦ, μαλακύνεται ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος ἢ γουτταπέγκα, καὶ ἀποσπᾶται μετὰ προσοχῆς τὸ μεταλλικὸν στρώμα, ὅπερ παρουσιάζει ὅλας τὰς λεπτομερείας τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀντικειμένου.



Σχ. 196α. Ἀρχὴ τῶν συσσωρευτῶν.

Γ) Ἠλεκτρομεταλλουργία. Διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως ἀποκαθαίρονται τὰ μέταλλα τὰ ἐξαγόμενα διὰ τῶν μεταλλουργικῶν μεθόδων ἐκ τῶν ὀρυκτῶν αὐτῶν καὶ λαμβάνονται καθαρῶτα.

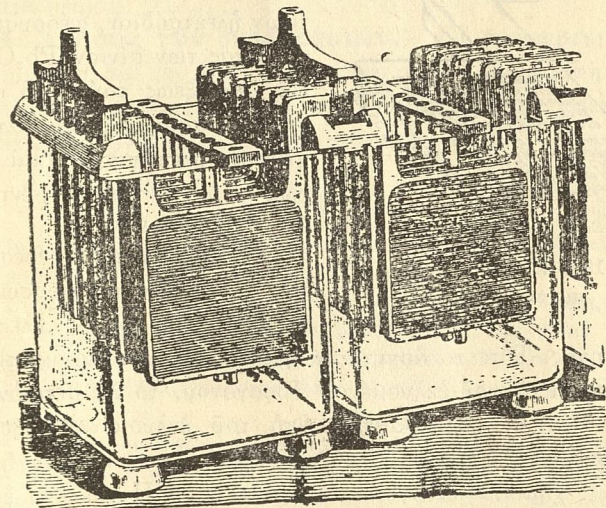
Δ) Ἠλεκτροχημεία. Διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως παρασκευάζονται ἀπὸ τινῶν ἐτῶν καὶ τινα μέταλλα, ὡς τὸ νάτριον, τὸ κάλιον, τὸ ἀσβέστιον, τὸ μαγνήσιον, τὸ ἀργίλλιον, πρὸς δὲ καὶ τὰ ὑποχλωριώδη ἄλατα.

### 272. Ἀρχὴ τῶν συσσωρευτῶν.

— Ἐὰν ἐντὸς ὕδατος ὤξεινισθέντος διὰ θειικοῦ ὀξέος ἐμβαπτίσωμεν δύο πλάκας ἐκ μολύβδου, δὲν θὰ ἔχωμεν ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, διότι ἀποδεικνύεται ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν δὲν ὑπάρχει διαφορὰ ἠλεκτροδυναμικοῦ. Τὴν συσκευὴν ταύτην παρενθέντομεν εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον ἠλεκτρικὴν στήλην Σ (σχ. 196α) καὶ γαλβανόμετρον Γ, καὶ ἀφίνομεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ ἐπὶ τινα χρόνον. Ἐὰν κατόπιν ἀφαιρέσωμεν τὴν ἠλεκτρικὴν στήλην καὶ κλείσωμεν τὸ κύκλωμα τῆς

συσκευῆς καὶ τοῦ γαλβανομέτρου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελὸνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἀντὶ νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὸ μηδέν, παρουσιάζει ἀπόκλισιν ἀντίθετον τῆς προηγουμένης, ἐπομένως διὰ τοῦ κυκλώματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα φορᾶς ἀντιθέτου πρὸς τὴν τοῦ ρεύματος τῆς στήλης.

Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **δευτερεῦον** κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὸ **πρωτεῦον**, δηλ. τὸ ἀρχικόν, καὶ ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Κατὰ τὴν δίοδον τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος, τὸ ὕδωρ ἀποσυντίθεται εἰς ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον. Τὰ ἀέρια ταῦτα σχηματίζουν μετὰ τοῦ μολύβδου χημικὰς ἐνώσεις ἕνεκα τῶν ὁποίων αἱ δύο πλάκες παρουσιάζουσι διαφορὰν καταστάσεως, ἐπομένως καὶ διαφορὰν



Σχ. 197. Συστοιχία συσσωρευτοῦ.

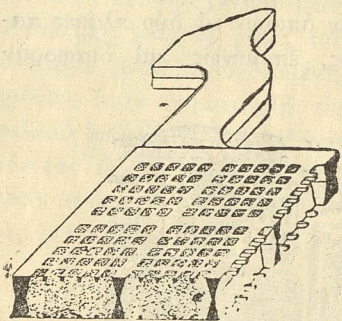
ἠλεκτροδυναμικοῦ. Ἐὰν λοιπὸν ἐνώσωμεν τὰς δύο πλάκας μεταξὺ των δι' ἀγωγοῦ, θὰ παραχθῆ ἐν αὐτῷ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τοιοῦτοτρόπως αἱ δύο πλάκες τοῦ μολύβδου καὶ τὸ ὤξεινισμένον ὕδωρ ἀποτελοῦσιν ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἐν τῷ ὁποίῳ θετικὸς πόλος εἶναι τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον καὶ ἀρνητικὸς τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον.

Ἡ συσκευὴ ἢ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ ὤξεινισμένον ὕδωρ



και τας δύο πλάκας εκ μολύβδου καλεῖται *συσσωρευτής*, διότι ἐντὸς αὐτῆς συσσωρεύεται ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ὑπὸ μορφὴν χημικῆς ἐνεργείας και κατοπιν ἀποδίδεται.

**273. Συσσωρευταί.**—Α) *Περιγραφή.* Ἀποτελοῦνται ἐξ ἰαλίνου δοχείου περιέχοντος ἀραιὸν θεικὸν ὀξὺ ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐμβαπτίζονται καθ' ὀλοκληρίαν πλάκες ἐκ μολύβδου διάτρητοι (σχ. 197 και 198). Αὗται εἶναι καλῶς μεμονωμένα ἀπ' ἀλλήλων και αἱ μὲν ἀριτίας τάξεως συγκοινωνοῦσι μεταξύ των και ἀποτελοῦσι τὸ ἀρνητικὸν λ. χ. ἠλεκτροδίου, φέρουσι δὲ εἰς τὰς ὁπίας



Σχ. 198. Μολυβδίνη πλάξ συσσωρευτοῦ.

των πηγῆς. Τότε τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτροδίου (λιθάργυρος) *ἀποξειδοῦται* ὑπὸ τοῦ ἐκλυομένου ὕδρογόνου, τὸ δὲ θετικὸν ἠλεκτροδίου (μίνιον) *ὀξειδοῦται* ὑπὸ τοῦ ἐκλυομένου ὀξυγόνου. Τοιοῦτοτρόπως ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς μετατρέπη εἰς χημικὴν ἐνέργειαν λανθάνουσαν. Ἡ τοιαύτη ἐργασία καλεῖται *πλήρωσις* ἢ *φόρτισις* τοῦ συσσωρευτοῦ και περατοῦται ὅταν παρατηρηθῶσι φυσαλίδες ἀερίων (ὑδρογόνου—ὀξυγόνου) ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕγρου.

Γ) *Ἐκκένωσις.* Ὁ συσσωρευτὴς μετὰ τὴν πλήρωσιν ἐπέχει θέσιν ἠλεκτρικῆς στήλης τῆς ὁποίας θετικὸς πόλος εἶναι τὸ θετικὸν ἠλεκτροδίου αὐτοῦ και ἀρνητικὸς τὸ ἀρνητικόν. Ἐάν λοιπὸν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, παράγεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ ὁποῖον ἀποσυνθέτει τὸ ὕδωρ και τὸ μὲν θετικὸν ἠλεκτροδίου *ἀποξειδοῦται*, τὸ δὲ ἀρνητικὸν *ὀξειδοῦται*. Ἡ τοιαύτη ἐργασία καλεῖται *ἐκκένωσις* ἢ *ἐκφόρτισις* τοῦ συσσωρευτοῦ.

των λιθάργυρον (PbO), αἱ δὲ περιττῆς τάξεως συγκοινωνοῦσι μεταξύ των και ἀποτελοῦσι τὸ θετικὸν ἠλεκτροδίου, φέρουσι δὲ εἰς τὰς ὁπίας των μίνιον (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης ὁ συσσωρευτὴς παρουσιάζει μεγάλην ἐπιφάνειαν ἠλεκτροδίων (και ἐπομένως μικρὰν ἀντίστασιν) ἐντὸς χώρου σχετικῶς μικροῦ.

Β) *Πλήρωσις.* Συνδέομεν τὰ δύο ἠλεκτροδία τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ τοὺς δύο πόλους ἠλεκτρικῆς

*Ἠλεκτρογεγεννητικὴ δύναμις.* Ὅταν ὁ συσσωρευτὴς πληρωθῆ τελείως παρουσιάζει ἠλεκτρογεγεννητικὴν δύναμιν 2,5 volts. Κατὰ τὴν ἐκκένωσιν ὅμως αὕτη ἀμέσως καταπίπτει εἰς 2 volts και παραμένει εἰς τὴν τιμὴν ταύτην ἐπὶ μακρὸν χρόνον. Ὅταν δὲ καταπέση εἰς 1,8 volts πρέπει νὰ προβαίνωμεν ἀμέσως εἰς τὴν ἐκ νέου πλήρωσιν τοῦ συσσωρευτοῦ, διότι ἡ πλήρης ἐκκένωσις καταστρέφει αὐτόν.

*Σημείωσις.* Οἱ συσσωρευταί δύνανται νὰ συνενωθῶσι καταλλήλως και νὰ σχηματίσωσι συστοιχίαν (batterie), ἔνεκα δὲ τῆς μικρᾶς ἐσωτερικῆς των ἀντιστάσεως τοὺς συνενώνομεν γενικῶς κατὰ σειρὰν.

**274. Χρήσεις τῶν συσσωρευτῶν.**—Οἱ συσσωρευταί χρησιμοποιοῦνται διὰ τὸν ἠλεκτρικὸν φωτισμόν, διὰ τὴν κίνησιν τῶν ἠλεκτρικῶν σιδηροδρόμων και τροχιοδρόμων, τῶν ἠλεκτρικῶν αὐτοκινήτων, τῶν ὑποβρυχίων ἐν καταδύσει κλπ.

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Πόσον βάρος ἀργύρου ἐναποτίθεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας ὑπὸ ρεύματος ἐνώσεως 1 ampère; (\*Ἀπόκρ. 4,03 γραμ.).

2) Συστοιχία ἐξ 20 συσσωρευτῶν, συννηωμένων κατὰ σειρὰν, παρέχει ἐπὶ 9 ὥρας ρεῦμα ἐντάσεως 20 ampères. Πόση εἶναι ἡ ὀλικὴ ἐνέργεια εἰς watts-heures τῆς συστοιχίας ταύτης κατὰ τὸν ἄνω χρόνον; Ἠλεκτρογεγεννητικὴ δύναμις ἐκάστου συσσωρευτοῦ=2 volts. (\*Ἀπόκρ. 7200 watts-heures).

3) Συσσωρευτὴς ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν ἀσήμαντον και ἠλεκτρογεγεννητικὴν δύναμιν 2 volts. Τὸ κύκλωμα τοῦτο κλείομεν δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 5 ohms. Ζητεῖται α) πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ρεύματος και β) πόση γίνεται ἡ ἔντασις αὕτη, ἐάν ἀφήσωμεν τὸ σύρμα νὰ θερμανθῆ μέχρις 60°, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ αὐξάνεται δι' ἕκαστον βαθμὸν θερμοκρασίας κατὰ  $\frac{1}{300}$  τῆς ἀρχικῆς τιμῆς; (\*Ἀπόκρ. α) 0,4 και β) 0,33 ampères).

4) Ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαβιβασθὲν διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐναπέθεσεν ἐπὶ τῆς καθόδου 335,4 χιλιοστόγραμμα ἀργύρου. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἧτις διήλθε διὰ τοῦ διαλύματος. (\*Ἀπόκρ. 299,5 coulombs).

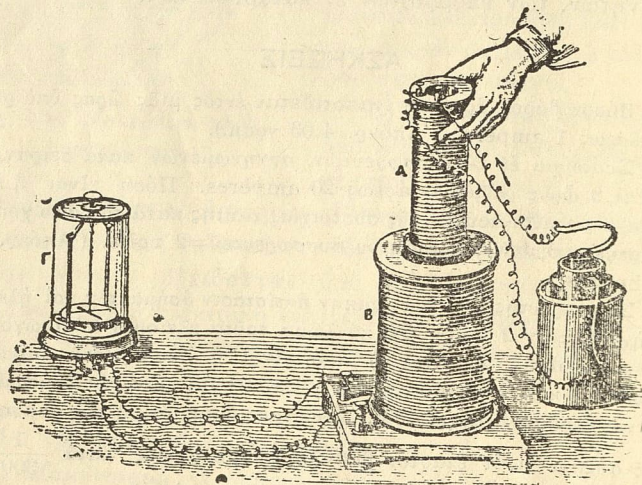
5) Ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαβιβασθὲν διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐπὶ 53 λεπτά και 40 δευτερόλεπτα ἐναπέθεσεν ἐπὶ τῆς καθόδου 5,4 γραμμάρια ἀργύρου. Νὰ εὑρεθῆ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος. (\*Ἀπόκρ. 1,49 ampères).

6) Συμπυκνωτής ηλεκτροχωρητικότητος 1 microfarad ἐπληρώθη μέχρι 1000 volts. Πόσαι ἐκκενώσεις πρέπει νὰ γίνοντο διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἵνα ἐναποτεθῇ ἐπὶ τῆς καθόδου  $\frac{1}{10}$  γραμμάρια ἀργύρου ; (\*Απόκρ. 89325).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η΄

### Ε Π Α Γ Ω Γ Η

**275. Ἐπαγωγικά ρεύματα. Πειράματα.** 1ον. Ἐντὸς τοῦ πηνίου Β (σχ. 199) συνδεομένου μετὰ γαλβανομέτρου Γ εἰσάγομεν διὰ ταχείας κινήσεως ἕτερον πηνίον Α διαρρέομενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ βελὸν ἡ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει,



Σχ. 199. Παραγωγή ἐπαγωγικῶν ρευμάτων διὰ πηνίου.

ἐπανερχεται δὲ εἰς τὸ μηδέν, εὐθὺς ὡς παύση ἢ μετάθεσις τοῦ πηνίου Α. Τὸ πηνίον Β λοιπὸν διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος στιγμιαίου, καίτοι τοῦτο δὲν συγκοινωνεῖ μετὰ ἠλεκτρικὴν πηγὴν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ἀντίρροπον**, διότι ἡ φορὰ του εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν τοῦ ἐπιδρωῶντος ρεύματος. Ἐὰν

διὰ ταχείας κινήσεως ἀνασύρωμεν τὸ πηνίον Α ἐκ τοῦ Β, ἢ βελὸν τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει ἀντιθέτως, ἐπανερχεται δὲ εἰς τὸ μηδέν εὐθὺς ὡς ἢ μετάθεσις τοῦ πηνίου Α παύση. Τὸ πηνίον Β λοιπὸν διαρρέεται καὶ πάλιν ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος στιγμιαίου. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ὁμόρροπον**, διότι ἔχει τὴν αὐτὴν φορὰν μετὰ τὸ ἐπιδρωῶν ρεῦμα.

2ον. Τοποθετοῦμεν τὸ πηνίον Α ἐντὸς τοῦ πηνίου Β καὶ κατόπιν διακόπτομεν ἢ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἐπιδρωῶν ρεῦμα, εἴτε αὐξάνομεν ἢ ἐλαττώνομεν τὴν ἔντασιν αὐτοῦ. Τὸ πηνίον Β διαρρέεται καὶ πάλιν ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος στιγμιαίου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον μὲν ὅταν ἀποκαθίσταται τὸ ἐπιδρωῶν ρεῦμα, ἢ ὅταν αὐξάνεται ἢ ἔντασις αὐτοῦ, ὁμόρροπον δὲ ὅταν διακόπτεται τὸ ἐπιδρωῶν ρεῦμα, ἢ ὅταν ἐλαττοῦται ἢ ἔντασις αὐτοῦ.

**Συμπέρασμα.** Ἡ μετάθεσις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος πλησίον κλειστοῦ κυκλώματος, ἢ διακοπὴ ἢ ἡ ἀποκατάστασις τοῦ ρεύματος, ἢ αὔξησις ἢ ἡ ἐλάττωσις τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ παράγουσιν εἰς τὸ κύκλωμα ἠλεκτρικὰ ρεύματα στιγμιαῖα.

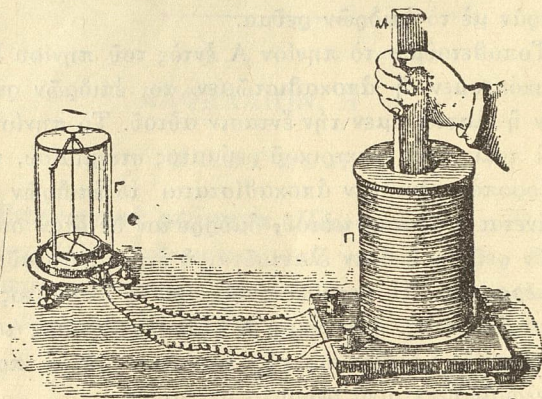
Τὰ ρεύματα ταῦτα καλοῦνται **ἐπαγωγικά**, τὸ δὲ φαινόμενον **ἐπαγωγή**. Τὸ ἐπιδρωῶν ρεῦμα καλεῖται **ἐπαγωγέως**, τὸ δὲ κύκλωμα **ἐπαγωγίμος**.

Τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα ὀφείλονται εἰς τὴν μεταβολὴν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν αἵτινες διαπερῶσι τὸ κύκλωμα κατὰ τὴν μετάθεσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

**276. Εἶδη ἐπαγωγῆς.** Ἡ ἐπαγωγή ἐπιτυγχάνεται εἴτε διὰ πηνίου, ὅπως εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα, εἴτε διὰ μαγνήτου, εἴτε διὰ πηνίου μετὰ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

**Ἐπαγωγή διὰ μαγνήτου.** Ἐντὸς τοῦ πηνίου Π (σχ. 200) συνδεομένου μετὰ γαλβανομέτρου Γ εἰσάγομεν διὰ ταχείας κινήσεως μαγνήτην. Ἡ βελὸν τοῦ γαλβανομέτρου, ἀποκλίνει. Τὸ πηνίον λοιπὸν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ἀντίρροπον**, διότι ἔχει φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον, κατὰ τὴν θεωρίαν τοῦ Ampère, κυκλοφορεῖ ἐν τῷ μαγνήτη. Ἐὰν ἀνασύρωμεν τὸν μαγνήτην, ἢ βελὸν τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει ἀντιθέτως. Τὸ πηνίον λοιπὸν διαρρέεται καὶ πάλιν ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ὁμόρροπον** διότι ἔχει τὴν αὐτὴν φορὰν μετὰ τὸ ρεῦμα τοῦ μαγνήτου.

**Ἐπαγωγή διὰ πηνίου μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.**  
 Εἰσάγομεν ἐντὸς τοῦ πηνίου A τοῦ σχήματος 199 ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ τοποθετοῦμεν τοῦτο ἐντὸς τοῦ πηνίου B. Ὅταν διακόπτωμεν ἢ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα, εἶτε



Σχ. 200. Παραγωγή ἐπαγωγικῶν ρευμάτων διὰ μαγνήτου.

αὐξάνωμεν ἢ ἐλαττώνωμεν τὴν ἔντασιν αὐτοῦ, παράγονται ἐν τῷ πηνίῳ B ρεύματα ἅτινα εἶναι ἰσχυρότερα τῶν δι' ἀπλοῦ πηνίου, ἢτοι ἄνευ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου παραγομένων. Διότι τὸ ρεῦμα τὸ διαρρέον τὸ πηνίον A πλὴν τῆς ἐπιδράσεώς του ἐπὶ τοῦ πηνίου B, μαγνητίζει καὶ τὸν μαλακὸν σίδηρον, ὅστις ἐπιδρῶν ἐπὶ τοῦ πηνίου B, παράγει ρεῦμα ὁμόροπον τῷ πρώτῳ. Τὰ δύο ταῦτα ρεύματα, προστιθέμενα, παράγουσιν ἐν ρεῦμα πολὺ ἰσχυρότερον.

**277. Αὐτεπαγωγή.**— Ὅταν ἔν τινι κυκλώματι ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα, ἀναπτύσσεται ἐντὸς αὐτοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην ἐπαγωγικὸν ρεῦμα, ὅπερ εἶναι ἀντίροπον πρὸς τὸ κύριον ρεῦμα καὶ ἐπομένως ἐλαττώνει τὴν ἔντασιν τούτου. Τοῦναντίον, κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς διακοπῆς τοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται ἐν τῷ κυκλώματι ἐπαγωγικὸν ρεῦμα, ὅπερ εἶναι ὁμόροπον τῷ κυρίῳ ρεῦματι καὶ ἐπομένως προστιθέμενον εἰς αὐτὸ αὐξάνει τὴν ἔντασίν του. Τοιοῦτοτρόπως ἀναπτύσσονται ρεύματα ἐπαγωγικά οὐ μόνον ἐπὶ ἐτέρου κυκλώματος, ἀλλὰ καὶ ἐντὸς τοῦ ἰδίου κυκλώματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ ρεῦμα.

Τὰ ρεύματα ταῦτα καλοῦνται **ἐπιρροεύματα** καὶ λέγομεν ὅτι ὀφείλονται εἰς τὴν **αὐτεπαγωγήν**. Τὰ ἐπιρροεύματα εἰς μὲν τὰ εὐθύγραμμα κυκλώματα εἶναι ἀσθενῆ, εἰς τὰ πηνία ὁμως, καὶ μάλιστα τὰ ἔχοντα πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, εἶναι ἰσχυρά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

### ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

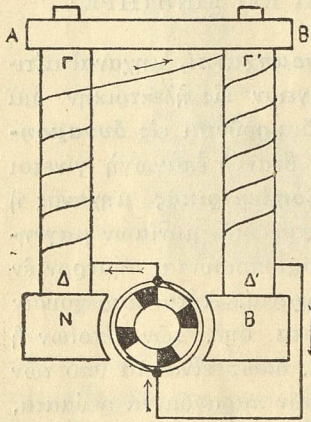
**278. Ὅρισμοί.** Καλοῦνται **ἠλεκτρομηχαναί**, μηχαναὶ αἰτινες μετατρέπουσι τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν διὰ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς. Αὗται διαιροῦνται εἰς **δυναμοηλεκτρικὰς** μηχανὰς ἢ ἀπλῶς **δυναμό**, ὅταν ἡ ἐπαγωγή γίνεται δι' ἠλεκτρομαγνητῶν, καὶ εἰς **μαγνητοηλεκτρικὰς** μηχανὰς ἢ ἀπλῶς **μαγνητό**, ὅταν ἡ ἐπαγωγή γίνεται διὰ μονίμων μαγνητῶν. Ἐκ τῶν δύο τούτων τύπων χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐν τῇ βιομηχανίᾳ αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναί. Αὗται παρέχουσιν ἠλεκτρικὰ ρεύματα, εἶτε **συνεχῆ**, ρεύματα δηλ. τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ ἔντασις εἶναι σταθερά, ὅπως εἶναι τὰ ὑπὸ τῶν ἠλεκτρικῶν σπηλῶν καὶ τῶν συσσωρευτῶν παραγόμενα ρεύματα, εἶτε **ἐναλλασσόμενα**, ρεύματα δηλ. τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ ἔντασις μεταβάλλονται περιοδικῶς. Αἱ πρώται ἠλεκτρομηχαναὶ κατεσκευάσθησαν ὑπὸ τοῦ Gramme (1).

Καλοῦνται **ἠλεκτροκινητήρες**, μηχαναί, αἰτινες μετατρέπουσι τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν. Μία καὶ ἡ αὐτὴ ἠλεκτρομηχανὴ δύναται νὰ λειτουργήσῃ εἶτε ὡς **γεννήτρια** (παρέχουσα ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν), εἶτε ὡς **ἠλεκτροκινητήρ** (παρέχουσα μηχανικὴν ἐνέργειαν).

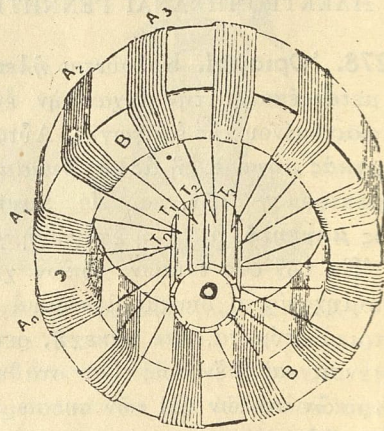
**279. Δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ ρεύματος συνεχοῦς.**  
 Α') **Περιγραφή.** Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία κύρια μέρη ἢ συστήματα, ἅτινα εἶναι : 1) Ὁ **ἐπαγωγεὺς**. 2) Ὁ **ἐπαγωγίμος**, καὶ 3) Ὁ **συλλέκτης**.

(1) Gramme (1826-1901) Βέλγος μηχανικός.

1) **Ἐπαγωγεύς.** Δι' αὐτοῦ παράγεται τὸ μαγνητικὸν πεδίον. Ἀποτελεῖται ἕξ ἐνὸς ἠλεκτρομαγνήτου πεταλοειδοῦς (εἶτε περισσοτέρων), ἐν τῷ ὁποίῳ διακρίνομεν τὸν **συνδετήρα** ΑΒ (σχ. 201), τοὺς **πυρῆνας** ΓΔ καὶ Γ'Δ', ἐπὶ τῶν ὁποίων περιτυλίσσεται σπειροειδῶς χάλκινον σύρμα μεμονωμένον, καὶ τὰ **πολικὰ τεμάχια** Ν καὶ Β, ἅτινα χρησιμεύουσι διὰ τὴν συγκέντρωσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἔχουσι κοιλανθῆ κατ' ἐπιφάνειαν κυλινδρικήν. Καὶ τὰ τρία ταῦτα μέρη συνίστανται ἐκ μαλακοῦ



Σχ. 201. Δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ τοῦ Gramme.



Σχ. 202. Ἐπαγωγίμος δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ καὶ συλλέκτης.

σιδήρου. Ὄταν ὁ ἠλεκτρομαγνήτης εἶναι εἷς (δύο πόλοι), ἡ μηχανὴ καλεῖται **διπολική**, ὅταν εἶναι δύο (τέσσαρες πόλοι) **τετραπολική**, ὅταν τρεῖς (ἕξ πόλοι) **ἑξαπολική**. Αἱ μηχαναὶ μεγάλης ἰσχύος εἶναι πολυπολικαί.

2) **Ἐπαγωγίμος.** Ἐντὸς αὐτοῦ παράγονται τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα κατὰ τὴν περιστροφὴν του ἐνώπιον τοῦ ἐπαγωγέως. Ἐν αὐτῷ (σχ. 202) διακρίνομεν τὰ ἑξῆς δύο μέρη : α') τὸν **πυρῆνα** ΒΒ, ὅστις συνίσταται ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ β') τὸν **ἄγωγόν**. Οὗτος εἶναι χάλκινον σύρμα λεπτὸν καὶ μεμονωμένον, ὃπερ περιτυλίσσεται εἰς τὸν πυρῆνα σπειροειδῶς καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, καὶ οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελεσθῇ ἀριθμὸς τις πηνίων  $A_1, A_2, A_3, \dots$ , ἕκαστον τῶν ὁποίων νὰ περιλαμβάνῃ τὸν

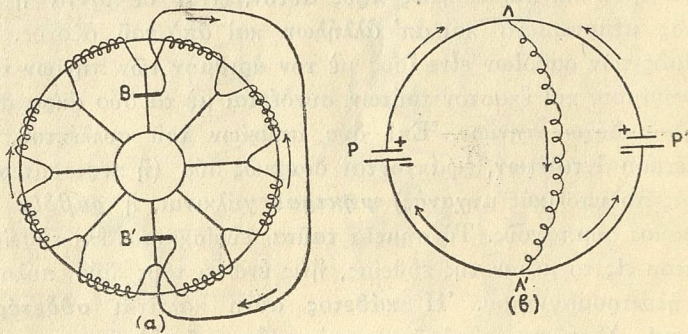
αὐτὸν ἀριθμὸν σπειρῶν. Ἐν τῇ πράξει ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν ἑκάστου πηνίου εἶναι μέγας. Ὅλα τὰ πηνία ταῦτα συνδέονται μεταξύ των καὶ ἀποτελοῦσιν οὕτως ἐν κύκλωμα κλειστόν. Ὁ ἐπαγωγίμος δύναται νὰ εἶναι, εἶτε δακτυλιοειδῆς (πυρῆν ἐν εἴδει δακτυλίου), εἶτε κυλινδρικός ἢ τυμπανοειδῆς (πυρῆν ἐν εἴδει κυλίνδρου), στερεώνεται δὲ καλῶς ἐπὶ ὀριζοντίου ἄξονος Ο καὶ δύναται νὰ περιστρέφεται ἔμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέως.

3) **Συλλέκτης.** Δι' αὐτοῦ συλλέγομεν τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα. Ἀποτελεῖται ἐκ χαλκίων ραβδίων  $T_1, T_2, T_3, \dots$ , ἅτινα προσαρμύζονται εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτόν, εἶναι δὲ πάντα ἠλεκτρικῶς μεμονωμένα καὶ ἀπ' ἀλλήλων καὶ ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ραβδίων εἶνε ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου, καὶ ἕκαστον τούτων συνδέεται μὲ τὰ δύο ἄκρα δύο ἀλληλοδιαδόχων πηνίων. Ἐπὶ δύο σημείων τοῦ συλλέκτη, ἐκ διαμέτρου ἀντιθέτων, ἐφάπτονται διαρκῶς δύο (ἢ περισσότεραι εἰς τὰς πολυπολικὰς μηχανὰς) **ψῆκτραι** χάλκιναι, ἢ **ραβδία** ἕξ ἄνθρακος συμπαγοῦς. Τὰ σημεία ταῦτα εὐρίσκονται ἐπὶ εὐθείας καθέτου εἰς τὸ μέσον τῆς εὐθείας, ἣτις ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Ἡ κάθετος αὕτη καλεῖται **οὐδετέρη γραμμὴ**. Αἱ ψῆκτραι καλοῦνται καὶ **πόλοι** τῆς ἠλεκτρομηχανῆς καὶ συνδέονται μὲ τὰ ἄκρα τοῦ ἑξωτερικοῦ κυκλώματος.

**280. Λειτουργία.**—Θέτομεν τὸν ἐπαγωγίμον εἰς ἰσοταχῆ περιστροφικὴν κίνησιν περὶ τὸν ἄξονά του ὁπότε ἡ μηχανὴ διεγείρεται ἀφ' ἑαυτῆς. Πράγματι, οἱ πυρῆνες τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν φέρουσι πάντοτε ποσότητά τινα μαγνητισμοῦ, ἔνεκα τοῦ ὁποίου ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίον ἀσθενές. Εὐθὺς ὁμως ὡς ἀρχίση νὰ περιστρέφεται ὁ ἐπαγωγίμος, ἀναπτύσσονται εἰς ὅλα τὰ πηνία αὐτοῦ, ἔνεκα τῆς μεταθέσεώς των, ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπαγωγικά ρεύματα μικρᾶς κατ' ἀρχὰς ἐντάσεως, τὰ ὁποία, διαρρέοντα τὰ πηνία τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν, μαγνητίζουσι τοὺς πυρῆνας αὐτῶν ἰσχυρότερον. Οὕτω, τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καθισταμένου ἰσχυροτέρου, ἀναπτύσσονται εἰς τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου ἐπαγωγικά ρεύματα ὁλονὲν ἰσχυρότερα, μέχρις ὅτου ἡ μηχανὴ ἀποκτήσῃ τὴν κανονικὴν αὐτῆς κίνησιν, ὁπότε καὶ τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα θὰ ἔχουσι σταθερὰν ἔντασιν. Αἱ δυναμοηλε-

τρικαι λοιπόν μηχαναι είναι **αυτουργοῦσαι ἢ αὐτοδιεγειρόμεναι.**

Τὰ ἐπαγωγικά ὄμως ρεύματα τῶν πρὸς τὰ δεξιὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς πηνίων εἶναι καθ' ἑκάστην στιγμήν ἴσα καὶ ἀντίθετα πρὸς τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα τῶν πρὸς τὰ ἀριστερὰ πηνίων, καθὼς δεικνύει τὸ σχῆμα 203. Ἐὰν λοιπὸν θεωρήσωμεν τὸ κύκλωμα ὄλων τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου, τοῦτο παραβάλλεται μὲ τὸ κύκλωμα δύο ἠλεκτρικῶν στοιχείων P καὶ P', ἅτινα ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν καὶ εἶναι συνηνωμένα διὰ τῶν ὁμώνυμων πόλων καθὼς δεικνύει τὸ σχ. 203 (β). Καὶ ὅπως οὐδὲν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ εἰς τὸ κύκλωμα τῶν στοι-



Σχ. 203. Τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα εἶναι ἴσα καὶ ἀντίθετα εἰς τὰ δύο ἡμίση τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου.

χείων τούτων, τοιοῦτοτρόπως οὐδὲν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ καὶ εἰς τὸ κύκλωμα τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἐὰν ὅμως ἐνώσωμεν διὰ σύρματος ἐν εἴδει γεφύρας τὰ σημεῖα Λ καὶ Λ' τοῦ κυκλώματος τῶν στοιχείων, ἐν τῷ σύρματι θέλει κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Πρὸς τὴν γέφυραν ταύτην παραβάλλεται τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα τῆς μηχανῆς, χάρις εἰς τὰς ψήκτρας αὐτῆς. Τοιοῦτοτρόπως, τῇ βοηθείᾳ τοῦ συλλέκτου καὶ τῶν ψηκτρῶν, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἐν τῷ ἔξωτερικῷ κυκλώματι τῆς μηχανῆς τὰ ρεύματα, ἅτινα ἦσαν ἀντίθετα ἐν τῷ ἐπαγωγίμῳ αὐτῆς.

**281. Ἠλεκτροκινητήρ.**—Ἐὰν θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν τοὺς δύο πόλους δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς μὲ τοὺς δύο πόλους ἠλεκτρικῆς στήλης, ἢ ἐτέρας μηχανῆς γεννητρίας, ὁ ἐπαγωγίμος αὐτῆς θέλει τεθῆ ἀμέσως εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Ἡ περιστροφή τοῦ ἐπαγωγίμου ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν φθάσῃ εἰς τὴν μίαν ψήκτραν διακλαδίζεται εἰς δύο κλάδους ἑκάτερος τῶν ὁποίων διαρρέει τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου τὰ ἐκατέρωθεν τῆς οὐδετέρας γραμμῆς καὶ ἐξέρχεται ἐκ τῆς ἄλλης ψήκτρας. Ἐνεκα τούτου ὁ πυρὴν τοῦ ἐπαγωγίμου μαγνητίζεται καὶ ἀναφαίνεται βόρειος λ. χ. πόλος εἰς τὴν εἴσοδον τοῦ ρεύματος (κανὼν τοῦ Ampère) καὶ νότιος εἰς τὴν ἔξοδον. Τοιοῦτοτρόπως ὁ μὲν βόρειος πόλος τοῦ ἐπαγωγέως θὰ ἀπωθῆ τὸν βόρειον πόλον τοῦ ἐπαγωγίμου, ἐνῶ συγχρόνως θὰ ἔλκῃ τὸν νότιον, ὁ δὲ νότιος πόλος τοῦ ἐπαγωγέως θὰ ἀπωθῆ τὸν νότιον πόλον τοῦ ἐπαγωγίμου, ἐνῶ συγχρόνως θὰ ἔλκῃ τὸν βόρειον. Αἱ ἔλκτικαὶ καὶ ὠστικαὶ αὗται δυνάμεις ἐνεργοῦσαι κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν θέτουσι τὸν ἐπαγωγίμον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Ἡ θέσις τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγίμου ἐν τῷ διαστήματι δὲν μεταβάλλεται ἐκ τῆς περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου καὶ οὕτως ἡ κίνησις διατηρεῖται ἐφ' ὅσον διοχετεύεται ρεῦμα εἰς τὴν μηχανήν.

Τὴν κίνησιν τοῦ ἐπαγωγίμου δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν πρὸς παραγωγήν ἔργου σχεδὸν ἰσοδυνάμου πρὸς τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν διοχετευθεῖσαν εἰς τὴν μηχανήν. Οὕτως ἡ δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ δύναται νὰ μετατρέψῃ τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν. Ἡ ἀπόδοσις δύναται νὰ ἀνέλθῃ εἰς τὰ 90 %.

Πᾶσα δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ τιθεμένη εἰς κίνησιν παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα (μηχανὴ γεννήτρια) καὶ δεχομένη ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τίθεται εἰς κίνησιν (ἠλεκτροκινητήρ). Ἡ ιδιότης αὕτη ἀποτελεῖ τὴν καλουμένην **ἀναστρεπτικότητα** τῆς μηχανῆς: Ἡ ἀναστρεπτικότης εἶναι πολὺτιμος ἀπὸ βιομηχανικῆς ἀπόψεως, καθ' ὅσον ἐπιτρέπει τὴν μεταβίβασιν κινητηρίου δυνάμεως εἰς μεγάλην ἀπόστασιν.

## 282. Ἐφαρμογαὶ τῶν δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν.

Αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ χρησιμοποιοῦνται ποικιλοτρόπως, ἀναλόγως δὲ τοῦ προορισμοῦ τῶν ὁ ἐπαγωγίμος λαμβάνει διάφορον μορφήν καὶ κατασκευὴν. Οὕτω χρησιμεύουσι :

1ον. Διὰ τὸν ἠλεκτρικὸν φωτισμόν.

2ον. Διὰ τὴν μεταβίβασιν κινητηρίου δυνάμεως καὶ μάλιστα φυσικῆς λ.χ. τῆς δυνάμεως τοῦ πίπτοντος ὕδατος, ἥτις ἄλλως θὰ

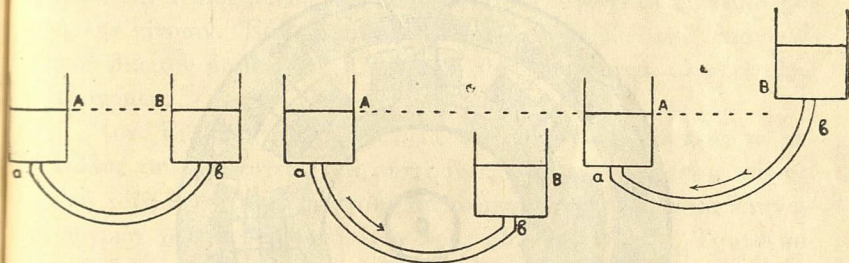
ἔμενον ἀχρησιμοποίητος. Ὑποθέσωμεν π.χ. ὅτι θέλομεν νὰ χρησιμοποιήσωμεν εἰς λίαν μεμακρυσμένην ἀπόστασιν τὴν δύναμιν τοῦ πίπτοντος ὕδατος. Ὑπὸ τὸ πῖπτον ὕδωρ θὰ τοποθετήσωμεν ὑδραυλικὴν μηχανήν, ἣτις θὰ θέσῃ εἰς κίνησιν παρακειμένην δυναμοηλεκτρικὴν μηχανήν (γεννήτριαν). Τὸ ὑπὸ ταύτης παραγόμενον ρεῦμα, διοχετευόμενον δι' ἀγωγοῦ εἰς ἑτέραν δυναμοηλεκτρικὴν μηχανήν (ἤλεκτροκινητήρα) κειμένην ἐν τινι ἐργοστασίῳ λ.χ. θέτει αὐτὴν εἰς κίνησιν καὶ δι' αὐτῆς τὰ ποικίλα μηχανήματα. Τοιοιυτοτρόπως ἡ βιομηχανία ἠδυνήθη νὰ χρησιμοποιήσῃ ἐπωφελῶς ἰσχυρὰς πτώσεις ὑδάτων, πλησίον τῶν ὁποίων δὲν ἦτο δυνατόν νὰ ἰδρυθῶσιν ἐργοστάσια.

3ον. Διὰ τὴν ἔλξιν τῶν σιδηροδρόμων καὶ τῶν τροχιοδρόμων. Ὁ ἐπαγώγιμος τοῦ ἤλεκτροκινητήρος στερεώνεται ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν ἄξόνων τῆς ἀμάξης καὶ κινεῖται ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ παραγομένου ἐν τινι κεντρικῷ ἤλεκτρικῷ ἐργοστασίῳ ὑπὸ ἰσχυρᾶς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς. Τῆς μηχανῆς ταύτης ὁ μὲν ἀρνητικὸς πόλος τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῶν σιδηρῶν ράβδων τῆς γραμμῆς, ὁ δὲ θετικὸς μετὰ **μεμονωμένου ἀγωγοῦ**, ἐναερίου ἢ ὑπογείου, ὅστις τοποθετεῖται παραλλήλως πρὸς τὴν γραμμὴν καὶ καθ' ὅλον τὸ μήκος αὐτῆς. Ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ τούτου ὅστις καλεῖται **ἤλεκτροφόρος**, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται εἰς τὸν ἤλεκτροκινητήρα, εἴτε διὰ μεταλλίνων ράβδων καλουμένων **κεραιῶν** (τροχιόδρομοι), εἴτε διὰ μεταλλίνων πλακῶν καλουμένων **πεδίλων** (σιδηρόδρομοι), ἅτινα ἐφάπτονται διαρκῶς τοῦ ἤλεκτροφόρου ἀγωγοῦ καὶ παραλαμβάνουσι τοιοιυτοτρόπως τὸ ρεῦμα. Ὁ ἐπαγώγιμος τοῦ ἤλεκτροκινητήρος, περιστρεφόμενος, συμπαρασύρει μεθ' ἑαυτοῦ καὶ τὸν ἄξονα τῆς ἀμάξης, ἣτις οὕτω τίθεται εἰς κίνησιν. Τὸ ρεῦμα ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ ἤλεκτροκινητήρος μεταβαίνει εἰς τὰς σιδηρὰς ράβδους τῆς γραμμῆς καὶ δι' αὐτῶν ἐπανερχεται εἰς τὸν ἕτερον πόλον τῆς μηχανῆς καὶ οὕτω κλείεται τὸ κύκλωμα. Ἡλεκτρικὸς σιδηρόδρομος λειτουργεῖ μετὰ Ἀθηνῶν καὶ Πειραιῶς καὶ δι' αὐτοῦ κυρίως γίνεται ἡ συγκοινωνία τῶν δύο πόλεων, ἤλεκτρικοὶ δὲ τροχιόδρομοι λειτουργοῦσιν ἐν Ἀθήναις, Πειραιεῖ, Φαλήρῳ, Πάτραις καὶ Θεσσαλονίκη.

4ον. Εἰς τὴν διανομὴν κινητηρίου δυνάμεως ἔκ τινος κεντρικοῦ ἐργοστασίου εἰς ἄλλα μικρότερα.

5ον. Εἰς τὴν κίνησιν τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εὐρίσκωνται ἐν καταδύσει, τῶν ἤλεκτρικῶν ἀνεμιστήρων, τῶν κινηματογράφων κλπ.

**283. Ἐναλλασσόμενα ρεύματα.—Πείραμα.** Λαμβάνομεν δύο δοχεῖα A καὶ B (σχ. 204), συγκοινωνοῦντα μεταξύ των δι' ἐλαστικοῦ σωλῆνος αβ, καὶ χύνομεν ἐντὸς αὐτῶν ὕδωρ. Ἐφ' ὅσον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος εὐρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος καὶ εἰς τὰ δύο δοχεῖα, ἦτοι ἐφ' ὅσον δὲν ὑπάρχει διαφορὰ πίεσεως, τὸ ὕδωρ ἐν τῷ σωλῆνι θὰ ἰσορροπῇ. Ἐὰν ὅμως τὸ ἐν δοχεῖον, λ.χ. τὸ A, ἀφήσωμεν ἀκίνητον, τὸ δὲ ἕτερον B μεταθέσωμεν κάτωθεν τοῦ πρώτου, τὸ ὕδωρ θέλει κινηθῆ ἐν τῷ σωλῆνι, καὶ θὰ μεταβῇ ἐκ τοῦ ὑψηλοτέρου δοχείου πρὸς τὸ χαμηλότερον, ἦτοι ἐκ τῆς μεγαλυτέρας πίεσεως πρὸς τὴν μικροτέραν. Τοῦναντίον, ἐὰν μεταθέσωμεν τὸ δοχεῖον B ἄνωθεν τοῦ A, τὸ ὕδωρ ἐν τῷ σωλῆνι



Σχ. 204. Τρόπος παραγωγῆς ἐναλλασσόμενων ρευμάτων ὕδατος.

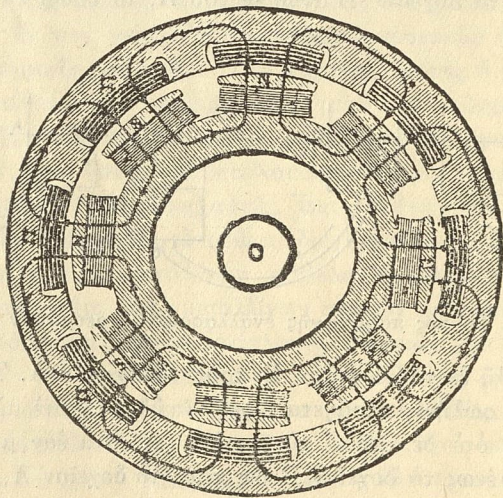
θέλει κινηθῆ ἐκ τοῦ δοχείου B πρὸς τὸ δοχεῖον A. Τοιοιυτοτρόπως ἐν τῷ σωλῆνι παράγεται ρεῦμα ὕδατος, ὅτε μὲν πρὸς τὸ δοχεῖον B, ὅτε δὲ πρὸς τὸ δοχεῖον A. Καὶ ἐὰν μεταθέτωμεν ἐπανειλημμένως τὸ δοχεῖον B ὡς πρὸς τὸ δοχεῖον A, θὰ ἔχωμεν ἐν τῷ σωλῆνι σειρὰν ρευμάτων ὕδατος, διότι ἡ διαφορὰ πίεσεως τοῦ ὕδατος θὰ ἐνεργῇ ἄλλοτε πρὸς τὸ ἐν δοχεῖον καὶ ἄλλοτε πρὸς τὸ ἕτερον. Τὰ τοιαῦτα ρεύματα τοῦ ὕδατος καλοῦνται **ἐναλλασσόμενα**.

Ἀνάλογον φαινόμενον ἔχομεν καὶ εἰς τὸν ἤλεκτρισμόν. Ὅταν δηλαδὴ ἡ ἤλεκτρογενετική δύναμις δυναμοηλεκτρικῆς τινος μηχανῆς ἐνεργῇ ἄλλοτε κατὰ μίαν διεύθυνσιν καὶ ἄλλοτε κατ' ἀντίθετον, τότε ἐν τῷ ἐξωτερικῷ κυκλώματι αὐτῆς παράγονται ρεύματα

τῶν ὁποίων ἢ ἔντασις καὶ ἢ διεύθυνσις μεταβάλλονται περιοδικῶς. Ὁ χρόνος ἐντὸς τοῦ ὁποίου γίνονται αἱ μεταβολαὶ τῆς ἐντάσεως καὶ τῆς διευθύνσεως τοῦ ρεύματος καλεῖται **περίοδος**, ὁ δὲ ἀριθμὸς τῶν περιόδων κατὰ δευτερόλεπτον καλεῖται **συχνότης** τοῦ ρεύματος. Αἱ ἠλεκτρομηχαναὶ αἱ παράγουσαι ἐναλλασσόμενα ρεύματα καλοῦνται **ἐναλλακτῆρες**.

**284. Βιομηχανικοὶ ἐναλλακτῆρες.** — Α') **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κύρια μέρη ἢ συστήματα, ἅτινα εἶναι: 1ον **ὁ ἐπαγωγεὺς** καὶ 2ον **ὁ ἐπαγωγίμος**.

1ον. **Ἐπαγωγεὺς.** Δι' αὐτοῦ παράγεται τὸ μαγνητικὸν πεδίων. Ἀποτελεῖται ἐκ μεγάλου σιδηροῦ δακτυλίου, ὅστις φέρει ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς περιφερείας του πηνία N, S, N, S..... (σχ. 205), μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τὰ πηνία εἶναι ἄρτια



Σχ. 205. Βιομηχανικὸς ἐναλλακτῆρ.

τὸ πλῆθος, ἀπέχουσιν ἰσάκεις ἀπ' ἀλλήλων καὶ τὸ ἔν εἶναι συνέχεια τοῦ ἄλλου. Ἡ περιτύλιξις ὁμοῦς εἰς δύο παρακείμενα γίνεται κατ' ἀντίθετον φορὰν ἵνα οἱ πυρῆνες κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐναλλακτῆρος γίνωνται ἐναλλὰξ βόρειοι καὶ νότιοι πόλοι. Ὁ ἐπαγωγεὺς τίθεται εἰς ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν περὶ ὀριζόντιον ἄξονα O, τῇ βοήθειᾳ κινητηρίου μηχανῆς.

2ον. **Ἐπαγωγίμος.** Ἐντὸς αὐτοῦ παράγονται τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα. Ἀποτελεῖται ἐκ μεγάλου σιδηροῦ δακτυλίου, ὅστις περιβάλλει τὸν ἐπαγωγέα καὶ φέρει ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς περιφερείας του πηνία μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τὰ πηνία εἶναι συνέχεια τὸ ἔν τοῦ ἄλλου, ἢ περιτύλιξις ὁμοῦς εἰς δύο παρακείμενα εἶναι ἀντίθετος. Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι ἰσάριθμα πρὸς τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγέως, εἴτε πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια αὐτῶν. Ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι τελείως ἀκίνητος τὰ δὲ ἄκρα τοῦ κυκλώματος τῶν πηνίων καταλήγουσι εἰς δύο μεταλλίνους πιεστικούς κοχλίας οἵτινες ἀποτελοῦσι τοὺς δύο πόλους τοῦ ἐναλλακτῆρος. Τοιοῦτοτρόπως εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας δὲν ὑπάρχουσι συλλέκτης καὶ ψῆκται.

Β') **Δειτουργία.** Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγέως, ὅποτε οἱ πυρῆνες αὐτῶν γίνονται ἐναλλὰξ βόρειοι καὶ νότιοι πόλοι καὶ θέτομεν τὸν ἐπαγωγέα εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐὰν δὲ παραστήσωμεν τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου διὰ τὸν ἀριθμῶν 1,2,3,4,...12, θὰ παράγονται τὰ κατωτέρω φαινόμενα.

1ον. Εἰς τὰ πηνία 1,3,5,...11 θὰ **πλησιάζη βόρειος π. χ. πόλος** τοῦ ἐπαγωγέως καὶ συγχρόνως θὰ ἀπομακρύνεται νότιος. Διὰ τοὺς δύο τούτους λόγους θὰ ἀναπτύσσεται εἰς ταῦτα ἐπαγωγικὸν ρεῦμα διευθυνόμενον πρὸς μίαν διεύθυνσιν. Ταυτοχρόνως ὁμοῦς εἰς τὰ πηνία 2,4,6,...12 θὰ **πλησιάζη νότιος πόλος** καὶ συγχρόνως θὰ ἀπομακρύνεται βόρειος. Διὰ τοὺς δύο τούτους λόγους θὰ ἀναπτύσσεται εἰς ταῦτα ἐπαγωγικὸν ρεῦμα τὸ ὁποῖον ἔπρεπε νὰ διευθύνεται πρὸς τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν. Ἐνεκα ὁμοῦς τῆς ἀντιθέτου περιτύλιξεως τῶν παρακειμένων πηνίων τὸ ρεῦμα ἔχει καὶ εἰς ταῦτα τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. Τοιοῦτοτρόπως εἰς ὅλα γενικῶς τὰ πηνία θὰ ἔχωμεν ἐπαγωγικὸν ρεῦμα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως.

2ον. Εἰς τὰ πηνία 1,3,5,...11 θὰ **πλησιάζη τώρα νότιος πόλος** καὶ συγχρόνως θὰ ἀπομακρύνεται βόρειος. Διὰ τοὺς δύο τούτους λόγους θὰ ἀναπτύσσεται εἰς ταῦτα ἐπαγωγικὸν ρεῦμα τὸ ὁποῖον θὰ ἔχη διεύθυνσιν ἀντίθετον ὡς πρὸς τὸ πρῶτον.

Ταυτοχρόνως ὁμοῦς καὶ εἰς τὰ πηνία 2,4,6,...12 θὰ ἀναπτύσσεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως (ἐνεκα τῆς ἀντιθέτου περιτυ-

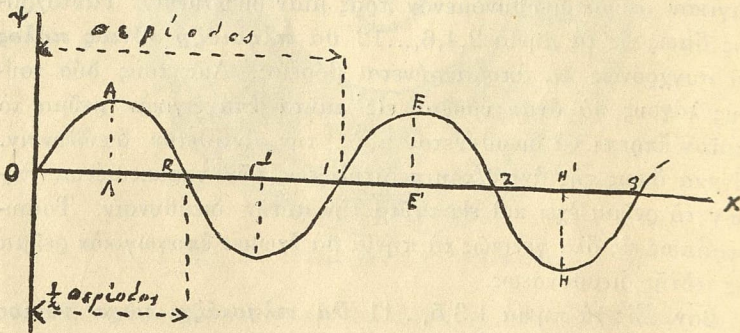
λίξεως τῶν παρακειμένων πηνίων). Τοιοιτοτρόπως εἰς ὅλα τὰ πηνία θὰ ἔχωμεν ἑπαγωγικὸν ρεῦμα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως ἀλλ' ἀντιθέτου πρὸς τὸ τῆς πρώτης περιπτώσεως.

Κατὰ τὴν περιστροφὴν λοιπὸν τοῦ ἑπαγωγέως εἰς τὸ ἔξωτε- ρικὸν κύκλωμα τῆς μηχανῆς ἔχομεν σειρὰν ἑπαγωγικῶν ρευμάτων ἄλλοτε κατὰ μίαν διεύθυνσιν καὶ ἄλλοτε κατ' ἀντίθετον, δηλ. ἔχομεν ἐναλλασσόμενα ρεύματα. Ἐὰν ὁμως οἱ πόλοι τῆς μηχανῆς δὲν συνδέωνται μεταξύ των δι' ἀγωγοῦ, ἑκάτερος θὰ γίνεταί ἀλληλοδιαδόχως θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος.

**Παρατηρήσεις.** α) Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν διέγερσιν τοῦ ἑπαγωγέως, παρέχεται συνήθως ὑπὸ μικρᾶς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ὁποία εὐρίσκει- ται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ ἑπαγωγέως καὶ στρέφεται μετ' αὐτοῦ. Πολλάκις ὁμως ὁ ἑπαγωγεὺς διαγείρεται δι' ἰδιαιτέρας μικρᾶς μηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος, τὴν ὁποίαν κινεῖ ἰδία κινητήριος μη- χανή.

β) Πρὸς παραγωγὴν ἐναλλασσομένων ρευμάτων ὑψηλῆς τά- σεως, ὁ ἑπαγωγεὺς εἶναι μεγάλης διαμέτρου καὶ φέρει πολλὰ πηνία.

**285. Γεωμετρικὴ παράστασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.** Γράφομεν δύο ἄξονας  $Ox$  καὶ  $Oy$  (σχ. 205α), καθέ-



Σχ. 205α. Γεωμετρικὴ παράστασις ἐναλλασσομένου ρεύματος.

τους ἐπ' ἀλλήλους καὶ ἐπὶ μὲν τοῦ  $Ox$  λαμβάνομεν τοὺς χρόνους, ἐπὶ δὲ τοῦ  $Oy$  τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς τῆς ἐντάσεως. Τοιοιτο- τρόπως σχηματίζεται καμπύλη ἡμιτονοειδῆς  $OABΓΔΕ$ . Ἐν

τῷ σχήματι τούτῳ εἰς τὸν χρόνον  $O$  δευτερόλεπτα ἀντιστοιχεῖ ἔν- τασις  $O$  ampères, εἰς τὸν χρόνον  $OA'$  ( $0,005$  π.χ. δευτερόλεπτα) ἀντιστοιχεῖ ἔντασις  $AA'$  ( $50$  π. χ. ampères), εἰς τὸν χρόνον  $OB$  ( $0,010$  δευτερόλεπτα) ἀντιστοιχεῖ ἔντασις  $O$  ampères, τὸ ρεῦμα τότε ἀλλάσσει φορὰν καὶ διὰ τοῦτο τὸ τμήμα  $BΓΔ$  τῆς καμπύλης εὐρίσκεται κάτωθεν τοῦ ἄξονος  $Ox$ . Ὁ χρόνος  $OD$  ( $0,020$  δευτερόλεπτα) εἶνε ἡ **περίοδος** τοῦ ρεύματος, ἐπομένως ἡ συχνότης αὐτοῦ ἰσοῦται με  $\frac{1000}{20} = 50$ .

Παρατηροῦμεν λοιπὸν ὅτι κατὰ μὲν τὸ ἐν ἡμισυ τῆς περιό- δου τὸ ρεῦμα κινεῖται πρὸς τὴν μίαν διεύθυνσιν, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον ἡμισυ αὐτῆς πρὸς τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν.

**286. Ρεύματα πολυφασικά.** Ὄταν τὰ πηνία τοῦ ἑπαγω- γίμου εἶνε ἰσάριθμα πρὸς τὰ τοῦ ἑπαγωγέως, ὁ ἐναλλακτῆρ κα- λεῖται **ἀπλοῦς** ἢ **μονοφασικός**, ὅπως εἶνε ὁ ἀνωτέρω περιγρα- φεῖς, καὶ παρέχει ρεύματα **ἀπλᾶ** ἢ **μονοφασικά**, τὰ ὁποῖα γε- νικῶς παρίστανται ὑπὸ τοῦ σχήματος 205α. Εἷς τινὰς ὁμως ἐναλλακτῆρας τὰ πηνία τοῦ ἑπαγωγίμου εἶνε διπλάσια ἢ τριπλά- σια τῶν τοῦ ἑπαγωγέως. Οἱ τοιοῦτοι ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **πολυφασικοὶ** (διφασικοὶ, τριφασικοὶ) καὶ παρέχουσιν ἐναλλασ- σόμενα ρεύματα **πολυφασικά** (διφασικά, τριφασικά). Ἐν με- γάλῃ χρήσει εἶνε σήμερον τὰ τριφασικά.

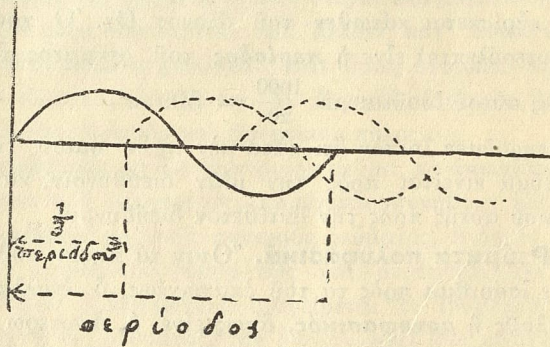
**Τριφασικά ρεύματα.** Ἐὰν τρία μονοφασικά ρεύματα ἔχωσι τὴν αὐτὴν περιόδον, λαμβάνει ὁμως ἕκαστον τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς ἐντάσεώς του  $\frac{1}{3}$  τῆς περιόδου βραδύτερον τοῦ ἄλλου, τότε ἀποτελοῦσι τὸ καλούμενον τριφασικὸν ρεῦμα. Ἡ γεωμετρικὴ παράστασις ἑνὸς τριφασικοῦ ρεύματος εἶνε τρεῖς ἡμιτονοειδεῖς καμπύλαι ἐκάστη τῶν ὁποίων ἄρχεται  $\frac{1}{3}$  τῆς περιόδου βραδύτε- ρον τῆς ἀμέσως προηγουμένης (σχ. 205 β). Τὰ τριφασικά ρεῦ- ματα παράγονται ὑπὸ τῶν τριφασικῶν ἐναλλακτῆρων.

**287. Τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες.** Εἰς τούτους τὰ πηνία τοῦ ἑπαγωγίμου εἶνε τριπλάσια τῶν τοῦ ἑπαγωγέως. Ἐὰν λοι- πὸν ὁ ἑπαγωγεὺς τοῦ ἐναλλακτῆρος ἔχη  $4$  πόλους (ἠλεκτρομη- χανὴ τετραπολική), ὁ ἑπαγωγεὺς θὰ ἔχη  $12$  πηνία τὰ ὁποῖα ἄς παραστήσωμεν με τοὺς ἀριθμοὺς  $1, 2, 3, 4, \dots, 12$ . Ἐκ τού- των :



τὰ πηνία 1, 4, 7, 10 συνδέονται κατὰ σειράν καὶ ἀποτελοῦσι τὸ πρῶτον κύκλωμα, ἢ τὴν **πρώτην φάσιν**.

τὰ πηνία 2, 5, 8, 11 συνδέονται ἐπίσης κατὰ σειράν καὶ ἀποτελοῦσι τὸ δεύτερον κύκλωμα, ἢ τὴν **δεύτεραν φάσιν**.



Σχ. 205β. Γεωμετρικὴ παράστασις τριφασικοῦ ρεύματος.

τὰ πηνία 3, 6, 9, 12 συνδέονται ἐπίσης κατὰ σειράν καὶ ἀποτελοῦσι τὸ τρίτον κύκλωμα, ἢ τὴν **τρίτην φάσιν**.

Τοιοιτοτρόπως σχηματίζονται 3 κυκλώματα κεχωρισμένα, εἰς τὰ ὁποῖα θὰ παράγονται τρία μονοφασικά ρεύματα (ἓν εἰς ἕκαστον κύκλωμα), ἕκαστον τῶν ὁποίων θὰ λαμβάνῃ τὴν μεγίστην ἔντασίν του  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  τῆς περιόδου βραδύτερον τοῦ ἄλλου (καὶ τοῦτο ἔνεκα τῆς θέσεως τὴν ὁποίαν κατέχουσιν ἐν οἰαδήποτε στιγμῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τὰ πηνία ἕκαστου κυκλώματος), καὶ ἐπομένως θὰ ἀποτελῶσι **τριφασικὸν ρεῦμα**.

Ὁ τοιοῦτος ἐναλλακτὴρ καλεῖται τριφασικὸς καὶ ἔπρεπε νὰ ἔχη θεωρητικῶς 6 πόλους (2 δι' ἕκαστον κύκλωμα). Ἐν τῇ πράξει ὁμως οἱ πόλοι εἶναι 3, δηλ. τὸ ἐν ἄκρον ἕξ ἕκαστου κυκλώματος, διότι τὰ τρία ἄλλα ἄκρα συνδέονται μεταξύ των.

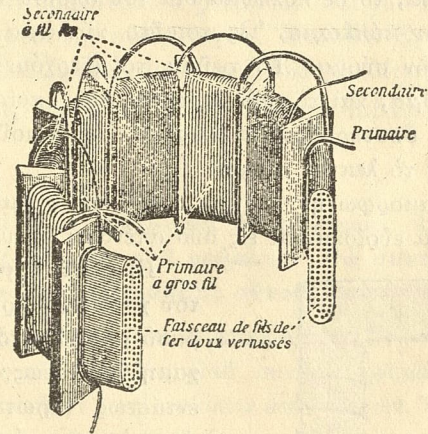
**Ἐφαρμογαὶ τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων.** Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν ἠλεκτρικὸν φωτισμόν, ὅπως καὶ τὰ συνεχῆ, δὲν δύνανται ὁμως νὰ χρησιμοποιηθῶσιν εἰς τινὰς ἠλεκτρικὰς ἐργασίας, ὅπως εἶνε ἡ πλήρωσις τῶν συσσωρευτῶν, ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, καὶ ἄλλαι, καθ' ὅσον ταῦτα δὲν δύνανται νὰ ἀποσυνθέτωσι τοὺς ἠλεκτρολύ-

τας. Πλὴν τούτων χρησιμοποιοῦνται καὶ πρὸς παραγωγὴν μηχανικοῦ ἔργου.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι΄.

#### ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΤΑΙ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΠΗΝΙΑ

**288. Ὅρισμός.** Καλοῦνται **μεταμορφωταὶ ἢ μετατροπεῖς** ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως νὰ μετατρέψωμεν εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως, ἢ καὶ ἀντιστρόφως.



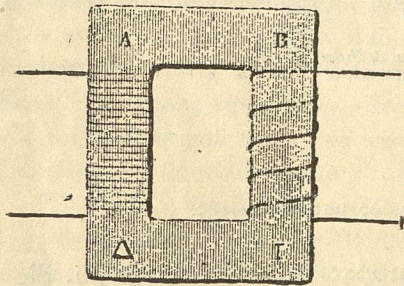
Σχ. 206. Βιομηχανικὸς μεταμορφωτής.

**289. Βιομηχανικοὶ μεταμορφωταί.—Α) Περιγραφή.** Εἰς πάντα βιομηχανικὸν μεταμορφωτὴν διακρίνομεν κυρίως δύο μέρη: 1ον τὸν **πυρήνα** καὶ 2ον τὰ **πηνία**. Ὁ πυρὴν κατασκευάζεται ἐκ δακτυλιοειδῶν ἐλασμάτων ἢ συρμάτων (σχ. 206) ἐκ μαλακοῦ σιδήρου μεμονωμένων ἀπ' ἀλλήλων, τὰ δὲ πηνία ἐκ δύο χαλκίων συρμάτων καλῶς μεμονωμένων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἐν εἶναι παχὺ καὶ βραχύ, τὸ δὲ ἕτερον λεπτὸν καὶ μακρόν. Τὰ σύρ-

ματα ταῦτα περιτυλίσσονται σπειροειδῶς καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ πυρῆνος οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῶσι δύο συστήματα πηνίων ἀνεξάρτητα ἀπ' ἀλλήλων (πηνία ἐκ χονδροῦ καὶ πηνία ἐκ λεπτοῦ σύρματος). Τὰ πηνία ταῦτα πρέπει νὰ ἐναλλάσσονται μεταξὺ των, δηλ. ἐὰν τὸ πρῶτον πηνίον εἶναι ἐκ χονδροῦ, λ. χ. σύρματος, τὸ δεύτερον νὰ εἶναι ἐκ λεπτοῦ, τὸ τρίτον ἐκ χονδροῦ, τὸ τέταρτον ἐκ λεπτοῦ κ. ο. κ. Καὶ τὰ μὲν πηνία τὰ ἐκ τοῦ χονδροῦ σύρματος ἔχουσιν ὀλίγας σπείρας ἐνῶ τὰ πηνία τὰ ἐκ λεπτοῦ σύρματος ἔχουσι πολλὰς σπείρας. Τὰ ἄκρα τοῦ χονδροῦ σύρματος ἀπολήγουσιν εἰς δύο μεταλλίνους πιεστικούς κοχλίας, εὐρισκομένους ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος τοῦ ὄργάνου, τὰ δὲ τοῦ λεπτοῦ σύρματος ἀπολήγουσιν εἰς δύο ἄλλους πιεστικούς κοχλίας.

Τὸ ρεῦμα τὸ εἰσερχόμενον εἰς τὸν μεταμορφωτὴν καλεῖται **πρωτεύον ρεῦμα**, τὸ δὲ κύκλωμα διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται καλεῖται **πρωτεύον κύκλωμα**. Ὡς τοιοῦτο κύκλωμα θὰ θεωρήσωμεν τὸ χονδρὸν σύρμα. Τὸ ρεῦμα τὸ ἐξερχόμενον καλεῖται **δευτερεῦον ρεῦμα**, καὶ τὸ κύκλωμα ἐν τῷ ὁποίῳ παράγεται τοῦτο καλεῖται **δευτερεῦον κύκλωμα**. Ὡς τοιοῦτο κύκλωμα θὰ θεωρήσωμεν τὸ λεπτὸν σύρμα.

Εἰς τὸν μεταμορφωτὴν 207 ὁ πυρῆν ἔχει σχῆμα τετραπλευροῦ, τὰ δὲ πηνία εὐρίσκονται εἰς δύο ἀπέναντι πλευράς.



Σχ. 207. Μεταμορφωτής.

λεπτοῦ σύρματος, τόσῳ καὶ ἡ τάσις τοῦ ἐν αὐτῷ παραγομένου ρεύματος εἶναι ὑψηλότερα. Ἀντιστρόφως, ἐὰν διὰ τοῦ λεπτοῦ σύρματος διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως (πρωτεύον ρεῦμα), εἰς τὸ χονδρὸν σύρμα θέλει

**Β) Λειτουργία.** Ἐὰν διὰ τοῦ χονδροῦ σύρματος διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως (πρωτεύον ρεῦμα), εἰς τὸ λεπτὸν σύρμα θέλει παραχθῆ ἕξ ἐπαγωγῆς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως (δευτερεῦον ρεῦμα). Ὅσῳ δὲ περισσότεραι εἶναι αἱ σπείραι τοῦ

παραχθῆ ἕξ ἐπαγωγῆς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως (δευτερεῦον ρεῦμα). Ὅσῳ δὲ ὀλιγότεραι εἶναι αἱ σπείραι τοῦ χονδροῦ σύρματος, τόσῳ καὶ ἡ τάσις τοῦ ἐν αὐτῷ παραγομένου ρεύματος εἶναι χαμηλότερα. Δηλ. αἱ τάσεις τῶν ρευμάτων εἰς τὰ δύο κυκλώματα εἶναι ἀνάλογοι τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν αὐτῶν. Ἐπομένως ἔχομεν τὴν σχέσιν :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

ἔνθα  $E_1$  καὶ  $E_2$  εἶναι αἱ τάσεις τῶν δύο ρευμάτων καὶ  $\sigma_1, \sigma_2$  ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν εἰς τὰ ἀντίστοιχα κυκλώματα. Ἡ μεταμόρφωσις τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων γίνεται σχεδὸν ἄνευ ἀπωλείας ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, καθ' ὅσον ἀνευρίσκομεν μετὰ τὴν μεταμόρφωσιν τὰ 95 % τῆς ἀρχικῆς ἐνεργείας. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἀμφότερα τὰ ρεύματα, καὶ τὸ πρωτεύον καὶ τὸ δευτερεῦον, ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἰσχύν. Ἦτοι ἐὰν  $E_1$  καὶ  $E_2$  εἶναι αἱ τάσεις καὶ  $I_1$  καὶ  $I_2$  αἱ ἐντάσεις τῶν δύο ρευμάτων, θὰ ἔχομεν.

$E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2$ , ἐκ τῆς ὁποίας λαμβάνομεν.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

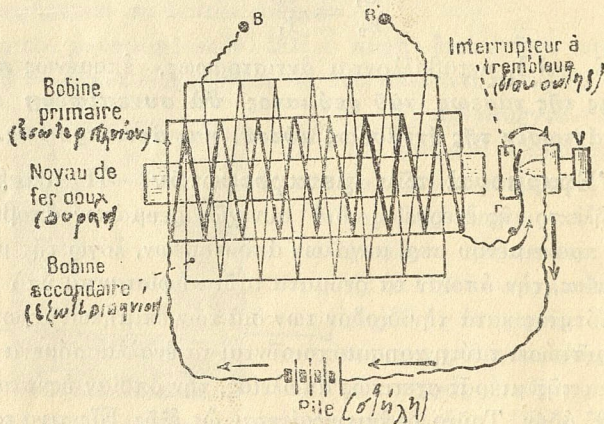
δηλ. τὰ  $E_1$  καὶ  $I_1$  μεταβάλλονται ἀντιστρόφως, ἐπομένως **πᾶσα ἀνύψωσις τῆς τάσεως τοῦ ρεύματος θὰ συνεπιφέρει ἀνάλογον ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ, καὶ ἀντιστρόφως.**

**290. Ἐφαρμογαὶ τῶν μεταμορφωτῶν.** Ἡ μεταβίβασις τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας διὰ συνεχῶν ρευμάτων ἀποβαίνει δυσχερῆς προκειμένου περὶ μεγάλων ἀποστάσεων, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀπωλείας, τὴν ὁποίαν τὰ ρεύματα ταῦτα ὑφίστανται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος κατὰ τὴν δίοδόν των διὰ τῶν ἐπιμήκων ἀγωγῶν. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ χρησιμοποιοῦνται τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἕνεκα τῆς μικρᾶς σχετικῆς ἀπωλείας, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται ταῦτα ταθ' ὁδόν. Τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται ὡς ἑξῆς. Εἴς τινα τόπον ὅπου ὑπάρχουσι πίπτοντα ὕδατα, ἢ εἰς τινα κεντρικὸν ἠλεκτρικὸν σταθμὸν, παράγονται ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὑψηλῆς τάσεως (χιλιάδων volts) καὶ μικρᾶς ἐντάσεως, εἴτε ἀμέσως διὰ καταλλήλου ἐναλλακτῆρος, εἴτε συνηθέστερον ἐμμέσως διὰ μεταμορφωτοῦ, ὅστις ἀνυψώνει ἐπὶ τόπου τὴν τάσιν τοῦ παραγομένου ρεύματος.

Τὰ ρεύματα ταῦτα διοχετεύονται δι' ἑναερίου ἢ ὑπογείου γραμμῆς, ἥτις δύνатаι νὰ εἶναι λεπτὸν σύρμα (ἐπομένως εὐθηνόν), διότι ἡ ἔντασις των εἶναι μικρά, μέχρι τοῦ τύπου τῆς χρησιμοποίησέως των. Ἐκεῖ μετατρέπονται τῇ βοηθείᾳ δευτέρου μεταμορφωτοῦ εἰς ἐναλλασσόμενα ρεύματα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως, ἅτινα καὶ χρησιμοποιοῦνται.

Αἱ γραμμαὶ διὰ τῶν ὁποίων διοχετεύονται τὰ ὑψηλῆς τάσεως ἐναλλασσόμενα ρεύματα πρέπει νὰ εἶναι καλῶς μεμονωμένοι, ἀφ' ἑνὸς ἵνα μὴ διαφεύγῃ καθ' ὅδον ὁ ἠλεκτρισμός, καὶ ἀφ' ἑτέρου χάριν ἀσφαλείας τῶν ἀνθρώπων. Πράγματι αἱ ὑψηλαὶ τάσεις εἶναι ἐπικίνδυνοι, καὶ ἀπλή ἐπαφὴ μετὰ τῶν γραμμῶν τούτων δύναται νὰ ἐπιφέρῃ τὸν θάνατον.

**291. Ἐπαγωγικὰ πηνία.**—Καλοῦνται **ἐπαγωγικὰ πηνία** εἰδικοί μεταμορφωταί, οἵτινες μετατρέπουσι συνεχῆς ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως (**πρωτεύον ρεῦμα**), εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως (**δευτερεύον ρεῦμα**). Τὸ πρῶτον ἐπαγωγικὸν πηνίον κατεσκευάσθη ὑπὸ τοῦ Ruhmkorff, τοῦ ὁποίου φέρει καὶ τὸ ὄνομα.



Σχ. 208. Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff.

**292 Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff.**— Α') **Περιγραφή.** Τοῦτο (σχ. 208) ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ τριῶν μερῶν: α') ἐκ τοῦ **πυρῆνος**, β') ἐκ τῶν **πηνίων** καὶ γ') ἐκ τοῦ **διακό-**

**πτου.** Ὁ πυρὴν συνίσταται ἐκ δέσμης συρμάτων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, μεμονωμένων ἀπ' ἀλλήλων. Τὰ πηνία εἶναι δύο τὸν ἀριθμὸν, τὸ ἐσωτερικόν, καὶ τὸ ἐξωτερικόν, καὶ συνίστανται ἐκ χαλκίνου σύρματος καλῶς μεμονωμένου. Καὶ τοῦ μὲν ἐσωτερικοῦ πηνίου (ἐπαγωγέως) τὸ σύρμα εἶναι χονδρὸν καὶ βραχὺ (40—50 μέτρα) καὶ περιτυλίσσεται σπειροειδῶς ἐπὶ τοῦ πυρῆνος οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῶσιν ὀλίγα σπεῖραι, τοῦ δὲ ἐξωτερικοῦ πηνίου (ἐπαγωγίμου) τὸ σύρμα εἶναι λεπτότατον καὶ μακρὸν (50000 καὶ ἄνω μέτρα) καὶ περιτυλίσσεται σπειροειδῶς ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ πηνίου οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῶσι πολλὰ σπεῖραι. Τὰ πέρατα τοῦ σύρματος τούτου καταλήγουσιν εἰς δυο πιεστικούς κοιλίας B καὶ B', οἵτινες καλοῦνται πόλοι τοῦ πηνίου. Ὁ διακόπτης συνίσταται ἐξ εὐκάμπτου μεταλλίνου ἐλάσματος Γ, τὸ ὁποῖον ἀπολήγει εἰς τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, εὐρισκόμενον ἐνώπιον τοῦ πυρῆνος τοῦ πηνίου, καὶ ἐπακουμβᾶ εἰς τὴν ἀκίδα μεταλλίνου κοιλίου V. Ὁ διακόπτης χρησιμεύει διὰ τὰς ἀλληλοδιαδόχους διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἐπιδρωῆτος (ἀρχικοῦ) ρεύματος.

Β') **Δειτουργία.** Διαβιβάζομεν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον τὸ ρεῦμα ἠλεκτρικῆς στήλης ἢ συσσωρευτοῦ ὁπότε εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα ἀντίρροπον πρὸ τὸ ἐπιδρωῆν ρεῦμα (τὸ πρωτεύον). Ταυτοχρόνως ὅμως ὁ πυρὴν μαγνητίζεται καὶ ὁ διακόπτης ἔλκεται, ὁπότε τὸ ἐπιδρωῆν ρεῦμα διακόπτεται. Τότε εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα ὁμόρροπον πρὸς τὸ ἐπιδρωῆν. Μετὰ τὴν διακοπὴν ὅμως τοῦ ρεύματος ὁ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται καὶ ὁ διακόπτης ἐπανερχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν, ὁπότε τὸ ρεῦμα τῆς στήλης διέρχεται πάλιν καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ προηγούμενα φαινόμενα.

Τοιοιουτρόπως ἕνεκα τῶν ἐπανειλημμένων διακοπῶν καὶ ἀποκαταστάσεων τοῦ ἐπιδρωῆτος ρεύματος ἀναπτύσσεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον σειρὰ ἐπαγωγικῶν ρευμάτων ὑψηλῆς τάσεως, λόγῳ τοῦ μεγάλου ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν ἐν τῷ πηνίῳ τούτῳ, ἅτινα εἶναι ὁμόρροπα μὲν κατὰ τὴν διακοπὴν, ἀντίρροπα δὲ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ἐπιδρωῆτος ρεύματος. Τὰ ρεῦ-

ματα ταῦτα ἐνισχύονται καὶ ὑπὸ τοῦ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Καὶ ἐὰν μὲν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τοῦ πηνίου δι' ἀγωγοῦ, οὗτος θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐναλλασσομένου, ἐὰν δὲ ἀπλῶς πλησιάσωμεν αὐτούς, θὰ ἐκρήγνυνται μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικοὶ σπινθῆρες, ὅτε μὲν κατὰ μίαν φορὰν, ὅτε δὲ κατ' ἀντίθετον, διότι καὶ τὰ ὁμόρροπα καὶ τὰ ἀντίρροπα ρεύματα δύνανται νὰ διέρχονται. Ἐὰν ὅμως ἀξήσωμεν τὴν ἀπόστασιν, θὰ διέρχονται μόνον τὰ ὁμόρροπα (ὡς ἰσχυρότερα τῶν ἀντιρρόπων), ὅποτε οἱ σπινθῆρες θὰ ἐκρήγνυνται κατὰ τὴν αὐτὴν πάντοτε φορὰν. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ πηνίον παρουσιάζει δύο πόλους ὄρισμένους, θετικὸν καὶ ἀρνητικόν, ἢ ἄνοδον καὶ κάθοδον.

**293. Χρῆσις τῶν ἐπαγωγικῶν πηνίων.**— Τὰ ἐπαγωγικὰ πηνία χρησιμεύουσι εἰς τὸν ἀσύρματον τηλεγράφον, διὰ τὴν παραγωγὴν σπινθῆρων πρὸς σύνθεσιν καὶ ἀποσύνθεσιν ἀερίων καὶ πρὸς ἀνάφλεξιν ἐκκρηκτικῶν ὑλῶν, καὶ εἰς τὴν ἱατρικὴν διὰ τὴν πρόκλησιν ἐλαφρῶν τιναγμῶν πρὸς ἐνδυνάμωσιν τοῦ νευρικοῦ συστήματος.

### ΑΣΚΗΣΙΣ

Εἰς τὸ πρωτεύον κύκλωμα μεταμορφωτοῦ διοχετεύεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 ampères καὶ τάσεως 200 volts. Νὰ εὐρεθῶσι α') ἡ τάσις καὶ β') ἡ ἔντασις τοῦ ἐν τῷ δευτερεύοντι κυκλώματι ἀναπτυσσομένου ρεύματος. Ὑποθέτομεν ὅτι ἡ ἰσχὺς τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος ἰσοῦται πρὸς τὴν τοῦ δευτερεύοντος. Ἀριθμὸς σπειρῶν τοῦ μὲν πρωτεύοντος κυκλώματος 100, τοῦ δὲ δευτερεύοντος 1000. (Ἀπόκρισις α') 2000 volts καὶ β') 0,5 ampères).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'.

### ΤΗΛΕΦΩΝΑ

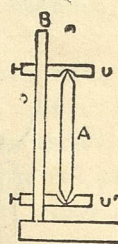
**294. Ὅρισμός.**— Καλεῖται *τηλέφωνον*, συσκευή διὰ τῆς ὁποίας μεταβιβάζομεν τὴν φωνὴν ἢ τοὺς ἤχους εἰς μεγάλας ἀποστάσεις δι' ἠλεκτρικῶν ρευμάτων. Ἡ συσκευή αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς.

**295. Περιγραφή τηλεφωνικῆς συσκευῆς.**— Εἰς πᾶσαν τηλεφωνικὴν συσκευὴν συνήθῃ διακρίνομεν 4 μέρη, ἅτινα εἶναι τὰ ἑξῆς.

1ον. **Ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη.** Αὕτη χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ ξηρὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα.

2ον. **Ἡ τηλεφωνικὴ γραμμὴ.** Αὕτη χρησιμεύει πρὸς σύνθεσιν τῶν σταθμῶν μεταξύ των καὶ ἀποτελεῖται συνήθως ἐκ δύο χαλκίνων συρμάτων εὐρισκομένων πλησίον ἀλλήλων καὶ στηριζομένων ἐπὶ κωδῶνων ἐκ πορσελάνης, διὰ νὰ εἶναι μεμονωμένα ἀπὸ τῆς γῆς.

3ον. **Ὁ φωνοπομπός.** Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ δέχεται καὶ νὰ μεταβιβάζῃ τὴν φωνὴν τοῦ λαλοῦντος. Ὡς φωνοπομπὸς ἐχρησιμοποιήθη κατ' ἀρχὰς τὸ μικροφῶνον τοῦ Hughes (1). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ κυλινδρικοῦ ραβδίου A (σχ. 209) ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς, τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα ἀπολήγουσιν εἰς ὄξυ καὶ εἰσέρχονται ἄνευ πίεσεως ἐντὸς μικρῶν κοιλοτήτων, τὰς ὁποίας φέρουσι δύο τεμάχια υ καὶ υ' ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς, ἐστηριγμένα ἐπὶ ξυλίνου ὑποστηρίγματος B. Τὸ ραβδίον δύναται νὰ κινήται ἐλευθέρως, παρουσιάζον οὕτως ἀσταθῆ ἰσορροπίαν. Αἱ ἐπαφαὶ λοιπὸν τῶν ἀνθράκων εἶναι *ἀτελεῖς*.

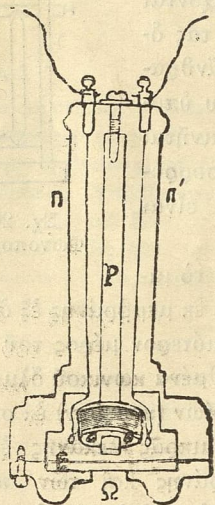


Σχ. 209  
Φωνοπομπός

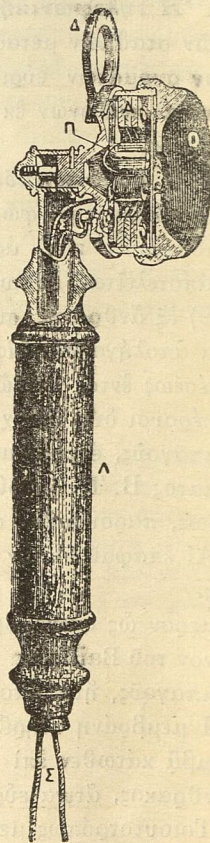
Σήμερον ὡς φωνοπομπὸς χρησιμεύει τὸ μικροφῶνον τοῦ Bailleux. Τοῦτο σύγκεται ἐκ μεμβράνης ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς, ἣτις ἀποτελεῖ τὸ σπουδαιότερον μέρος τοῦ ὄργάνου. Ἡ μεμβράνη στηρίζεται εἰς τὸν πυθμῆνα κωνικοῦ ὄλμου καὶ ἐπακουμβῆ κάτωθεν ἐπὶ μικρῶν σφαιριδίων (κοκκίων) ἐκ συμπαγοῦς ἄνθρακος, ἅτινα εὐρίσκονται ἐντὸς μικρᾶς λεκάνης ἐξ ἔβρογίτου. Τοιοῦτοτρόπως μεταξύ τῆς μεμβράνης καὶ τῶν σφαιριδίων γεννῶνται πολυάριθμοι ἐπαφαὶ *ἀτελεῖς* διὰ τῶν ὁποίων τὸ μικροφῶνον τοῦ Bailleux καθίσταται *πολλαπλοῦν μικροφῶνον*.

(1) Hughes (1831—1900) Ἄγγλος φυσικός. Ἐπενόησε τὸν τυπωτικὸν τηλεγράφον καὶ ἀνεκάλυψε τὸ μικροφῶνον.

4ον. Ὁ **φωνοδέκτης**. Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ μεταβιβάσῃ τὴν φωνὴν εἰς τὸ οὖς τοῦ ἀκροατοῦ. Ὡς φωνοδέκτης ἐχρησιμοποιεῖται κατ' ἀρχὰς ὁ τοῦ Graham Bell. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ μαγνητικῆς ράβδου P (σχ. 210), τῆς ὁποίας ὁ εἰς πῶλος περιτυλίσσεται ὑπὸ χαλκίνου σύρματος λεπτοῦ καὶ μεμονωμένου, σχη-



Σχ. 210. Τηλέφωνον τοῦ Graham Bell.



Σχ. 211. Τηλέφωνον τοῦ Ader.

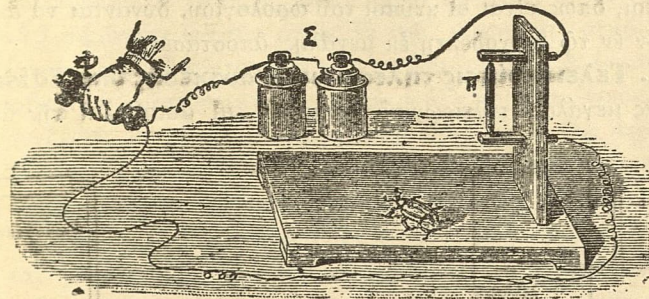
ματίζοντος μικρὸν πηνίον π. Ὁ μαγνήτης οὗτος ἐγκλείεται ἐντὸς περιβλήματος ΠΠ' κοίλου καὶ κυλινδρικοῦ ἐκ ξύλου ἢ ἐξ ἔβονίτου. Ἐμπροσθεν καὶ πολὺ πλησίον τοῦ πηνίου, εὐρίσκεται λε-

πιωτάτη καὶ εὐκαμπτος πλάξ E ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, τῆς ὁποίας τὰ πέρατα στηρίζονται εἰς τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὄλμου Ω, ὅστις χρησιμεύει διὰ νὰ ἀκούωμεν καλύτερον τὸν ἦχον.

Σήμερον ὡς φωνοδέκτης χρησιμοποιεῖται ὁ τοῦ Ader (σχ. 211). Ὁ μαγνήτης εἰς τὸν φωνοδέκτην τοῦτον ἔχει μορφήν ἡμιδακτυλίου A, καὶ ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν χαλυβδίνων ἡμιδακτυλίων, κειμένων τῶν μὲν ἐπὶ τῶν δέ. Οἱ πόλοι τοῦ μαγνήτου φέρουσι δύο τεμάχια ἐκ μαλακοῦ σιδήρου τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦσι τοὺς πυρῆνας δύο πηνίων. Ἴνα δὲ τὰ ἀποτελέσματα τῶν πηνίων ἐνδυναμώνωσιν ἀλληλα, τὰ σύρματά των περιτυλίσσονται κατ' ἀντιθέτους φορὰς. Ἐμπροσθεν τῶν πηνίων καὶ πολὺ πλησίον αὐτῶν εὐρίσκεται ἡ λεπτοτάτη σιδηρᾶ πλάξ B, ἐστηριγμένη εἰς τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὄλμου O. Ἐπὶ τῆς πλακὸς εὐρίσκεται δακτύλιος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὅστις χρησιμεύει ὡς ὄπλισμός τοῦ μαγνήτου.

**Σημείωσις.** Πολλάκις ὁ φωνοπομπὸς καὶ ὁ φωνοδέκτης συνενοῦνται εἰς ἓν καὶ μόνον ὄργανον οὕτως, ὥστε ἡ χρῆσις των νὰ εἶνε εὐχερὴς καὶ νὰ τοποθετῶνται π. χ. ἐπὶ γραφείων. Τὸ ὄργανον τοῦτο λαμβάνεται ἐκ τοῦ μέσου διὰ τῆς χειρὸς καὶ φέρει εἰς μὲν τὸ ἓν ἄκρον του τὸν φωνοδέκτην εἰς δὲ τὸ ἕτερον τὸν φωνοπομπόν.

**296. Λειτουργία τηλεφωνικῆς συσκευῆς.**—Ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸ κύκλωμα ἠλεκτρικῆς στήλης Σ (σχ. 212) παρεν-



Σχ. 212. Σύνδεσις τοῦ φωνοπομποῦ καὶ τοῦ φωνοδέκτου.

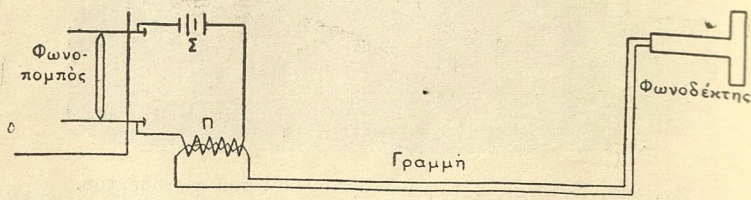
θέτομεν κατὰ σειρὰν τὸν φωνοπομπόν Π καὶ τὸν φωνοδέκτην Φ. Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα λαμβάνομεν χάριν ἀπλο-

ποιήσεως τῆς συσκευῆς ὡς φωνοδέκτην τὸν τοῦ Graham Bell καὶ ὡς φωνοπομπὸν τὸ μικροφῶνον τοῦ Hughes. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἀναχωροῦν ἀπὸ τὸν θετικὸν πόλον τῆς στήλης, θέλει διέλθει διὰ τοῦ φωνοπομποῦ, ἔπειτα διὰ τοῦ φωνοδέκτου, καὶ θέλει ἐπανέλθει εἰς τὸν ἕτερον πόλον.

Καὶ ἔφ' ὅσον μὲν τὸ ραβδίον τοῦ φωνοπομποῦ εἶναι τελείως ἀκίνητον, ἢ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ κύκλωμα εἶναι σταθερὰ καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἢ ἕξις τοῦ μαγνήτου τοῦ φωνοδέκτου ἐπὶ τῆς σιδηρᾶς πλακὸς μένει ἀμετάβλητος. Ἡ πλάξ λοιπὸν τοῦ φωνοδέκτου μένει τελείως ἀκίνητος καὶ οὐδὲν ἀκούομεν ἐν αὐτῷ, ἐὰν τὸν θέσωμεν εἰς τὸ οὖς ἡμῶν. Ὅταν ὁμως ὀμιλῇ τις πλησίον τοῦ φωνοπομποῦ, τὸ ραβδίον αὐτοῦ ὑφίσταται κραδασμούς, ἔστω καὶ ἐλαχίστους, οἵτινες μεταβάλλουσι τὰ σημεῖα ἐπαφῆς τοῦ ραβδίου καὶ τῶν ὑποστηριγμάτων, καὶ ἔνεκα τούτου τροποποιεῖται λίαν οὐσιωδῶς ἡ ἀντίστασις τῶν σημείων τούτων, ἐπομένως καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διέρχεται δι' αὐτῶν. Τοιοῦτοτρόπως ὁ μαγνήτης τοῦ φωνοδέκτου γίνεται, ὅτε μὲν ἰσχυρότερος, ὅτε δὲ ἀσθενέστερος, ἢ δὲ πλάξ αὐτοῦ τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν ὁμοίαν πρὸς τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ φωνοπομποῦ καὶ ἀναπαράγεται λίαν εὐκρινῶς ὁ ἦχος, ὅστις παρήχθη πλησίον τοῦ φωνοπομποῦ.

Τοσαύτην δὲ εὐπάθειαν ἔχει ὁ φωνοπομπός, ὥστε ἦχοι ἀσθενέστατοι, ὅπως εἶναι οἱ κτύποι τοῦ ὄρολογίου, δύνανται νὰ ἀκουσθῶσιν ἐν τῷ φωνοδέκτη ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως.

**297. Τελειοποιήσις τηλεφωνικῆς συσκευῆς ὑπὸ Edison.**  
Εἰς τὰς μεγάλας τηλεφωνικὰς γραμμάς, αἱ μεταβολαὶ τῆς ἀντι-



Σχ. 213. Τηλεφωνικὴ συσκευὴ περιλαμβάνουσα καὶ ἐπαγωγικὸν πηνίον.

στάσεως ἐν τῷ φωνοπομπῷ παράγουσιν ἀσθενέστατα ρεύματα, ἅτινα ὡς ἐκ τούτου ἀδυνατοῦσι νὰ θέσωσιν εἰς λειτουργίαν τὸν

φωνοδέκτην. Τὴν ἀτέλειαν τῆς τηλεφωνικῆς συσκευῆς ἐθεράπευσεν ὁ Edison ὡς ἑξῆς. Ἀντὶ νὰ ἀποστείλῃ ἀπ' εὐθείας τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τῆς στήλης, μεταχειρίζεται ἐπαγωγικὸν πηνίον Π ἄνευ διακόπτου (σχ. 213). Τούτου τὸ μὲν παχὺ ἐσωτερικὸν σύρμα εἰσάγεται εἰς κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν ἠλεκτρικὴν στήλην Σ καὶ τὸν φωνοπομπὸν ἐν ἐκάστῳ σταθμῷ, τὸ δὲ λεπτὸν ἐξωτερικὸν σύρμα εἰσάγεται εἰς ἕτερον κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν τηλεφωνικὴν γραμμὴν καὶ τοὺς φωνοδέκτας τῶν δύο σταθμῶν.

Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης αἱ μεταβολαὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τῆς στήλης, αἱ προκαλούμεναι ἐν τῷ φωνοπομπῷ, παράγουσιν ἐν τῷ ἐξωτερικῷ κυκλώματι τοῦ πηνίου ἐπαγωγικὰ ρεύματα ἰσχυρὰ, ἅτινα, διαδιδόμενα διὰ τῆς γραμμῆς μέχρι τοῦ φωνοδέκτου, δύνανται νὰ θέσωσι τοῦτον εἰς λειτουργίαν. Τοιοῦτοτρόπως διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἰς τὴν τηλεφωνικὴν συσκευὴν, κατώρθωσεν ὁ Edison, ὥστε ἡ φωνὴ νὰ μεταδίδεται σήμερον εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, ἄνευ αἰσθητῆς μειώσεως τῆς ἰσχύος αὐτῆς.

**298. Τρόπος χειρισμοῦ τηλεφωνικῆς συσκευῆς.** — Εἰς ἕκαστον συνήθη τηλεφωνικὸν σταθμὸν ὑπάρχουσι τὰ ἑξῆς ὄργανα: ἠλεκτρικὴ στήλη, ἐπαγωγικὸν πηνίον, φωνοπομπός, φωνοδέκτης καὶ ἠλεκτρικὸς κώδων. Ὁ φωνοπομπός καὶ ὁ φωνοδέκτης συνεννοῦνται συνήθως εἰς ἓν καὶ μόνον ὄργανον, τὸ ὁποῖον δύνανται νὰ λαμβάνεται διὰ τῆς χειρὸς ἐκ τοῦ μέσου καὶ στηρίζεται, εἴτε ἐξαρτάται δι' ἀγκίστρου ἢ κινεὶς κιβωτίου. Ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ κιβωτίου ὑπάρχουσιν ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη, τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον, αἱ συνδέσεις καὶ μικρὰ μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανή, ἣτις στρέφεται διὰ τῆς χειρὸς καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ κώδωνος, ὅστις στερεώνεται ἐπὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ μέρους τοῦ κιβωτίου.

Καὶ ὅταν μὲν ὁ φωνοπομπός καὶ ὁ φωνοδέκτης κρέμανται ἐκ τοῦ ἀγκίστρου, ἢ γραμμὴ συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ κώδωνος καὶ δυνάμεθα, στρέφοντες τὸ στρόφαλον τῆς μαγνητοηλεκτρικῆς μηχανῆς νὰ ἀποστελωμεν ρεῦμα εἰς τὸν κώδωνα τοῦ ἄλλου σταθμοῦ, ἵνα διὰ κωδωνίσματος εἰδοποιήσωμεν τὸ πρόσωπον μετὰ τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ συνδιαλεχθῶμεν. Ὅταν δὲ ὁ φωνοπομπός καὶ ὁ φωνοδέκτης ἀποσπῶνται ἐκ τοῦ ἀγκίστρου, τότε αὐτομάτως, ὁ μὲν δέκτης τίθε-

ται εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὴν γραμμὴν καὶ μὲ τὸ ἔξωτερικὸν σύρμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου, ὃ δὲ φωνοπομπὸς μὲ τὴν στήλην καὶ μὲ τὸ ἔσωτερικὸν σύρμα τοῦ αὐτοῦ πηνίου. Οὕτω δυνάμεθα οὐ μόνον νὰ ἀκούωμεν τὴν φωνὴν τοῦ ὁμιλοῦντος ἐν τῷ ἄλλῳ σταθμῷ, ἀλλὰ καὶ νὰ ἀκουώμεθα ὑπ' αὐτοῦ.

Οἱ τηλεφωνικοὶ σταθμοί, εἰς τὰς πόλεις, συνδέονται μεταξὺ των οὐχὶ ἅπ' εὐθείας, ἀλλὰ τῇ μεσολαβῇ τοῦ καλουμένου **τηλεφωνικοῦ κέντρου**. Τοῦτο συνδέεται μεθ' ὄλων τῶν τηλεφωνικῶν σταθμῶν τῆς πόλεως καὶ δύναται νὰ συνδέῃ αὐτοὺς πρὸς ἀλλήλους καὶ νὰ διακόπη τὴν συγκοινωνίαν των μετὰ τὸ πέρας τῆς συνδιαλέξεως. Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ὑπάρχουσιν ἐν τῷ τηλεφωνικῷ κέντρῳ εἰδικὰ ὄργανα, καλούμενα **πίνακες**, τὰ ὁποῖα χειρίζονται αἱ τηλεφωνήτριαι.

**Σημειώσεις.** Πλὴν τοῦ συνήθους τηλεφώνου ἐπενοήθησαν κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη τὸ **αὐτόματον** καὶ τὸ **ἀσύρματον** τηλεφώνον. Διὰ τοῦ αὐτομάτου ἡ σύνδεσις καὶ ἡ διακοπὴ δύο συνδρομητῶν ἐπιτυγχάνεται αὐτομάτως, ἄνευ τῆς μεσολαβῆσεως τηλεφωνητριάς ἐν τῷ τηλεφωνικῷ κέντρῳ, δι' ὀλίγων καὶ ἀπλουσταίων χειρισμῶν, τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ὁ καλῶν συνδρομητῆς ἐπὶ τινος ἠριθμημένου δίσκου εὐρισκομένου ἐπὶ τοῦ τηλεφώνου του. Ὁ δίσκος οὗτος, καλούμενος **δίσκος κλήσεως**, δύναται νὰ περιστραφῇ περὶ τὸ κέντρον του καὶ φέρει πλησίον τῆς περιφερείας του δέκα ὀπὰς ἠριθμημένας διὰ τῶν ἀριθμῶν 1, 2, 3, . . . . . 9, 0. Διὰ τοῦ ἀσυρμάτου δὲν παρίσταται ἀνάγκη τηλεφωνικῆς γραμμῆς.

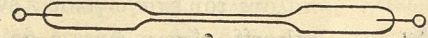
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ΄.

ΕΚΚΕΝΩΣΙΣ ΕΝ ΤΟΙΣ ΗΡΑΙΩΜΕΝΟΙΣ ΑΕΡΙΟΙΣ  
ΑΚΤΙΝΕΣ ΚΑΘΟΔΙΚΑΙ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ X ἢ ΑΚΤΙΝΕΣ RÖNTGEN

**299. Σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος.** Ἴνα παραχθῇ ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν, πρέπει οὗτοι νὰ ἀποκτήσωσι ὠρισμένην διαφορὰν δυναμικοῦ. Τὸ μέγιστον δὲ μῆκος τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος, τὸν ὅποιον δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὑπὸ τὴν διαφορὰν ταύτην τοῦ δυναμικοῦ, καλεῖται **ἐκρηκτικὴ**

**ἀπόστασις.** Ἡ ἐκρηκτικὴ ἀπόστασις ἐν τινι ἀερίῳ αὐξάνεται πολὺ, ὅταν καὶ ἡ ἀραιώσις ὑπὸ τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται τὸ ἀέριον αὐξηθῇ. Τὴν ἠλεκτρικὴν ἐκκένωσιν ἐν τοῖς ἠραιωμένοις ἀερίοις ἐξετάζομεν τῇ βοηθείᾳ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff καὶ σωλῆνων ὑαλίνων περιεχόντων λίαν ἀραιὰ ἀέρια ἢ ἀτμούς, ὁποῖοι εἶνε οἱ σωλῆνες τοῦ Geissler καὶ τοῦ Crookes.

**300. Σωλῆνες τοῦ Geissler<sup>(1)</sup>.** Α) **Περιγραφή.** Οὔτοι (σχ. 214) εἶνε σωλῆνες ὑαλίνοι κλεισθέντες ἐκατέρωθεν διὰ συντήξεως



Σχ. 214. Σωλῆν Geissler.

καὶ πλήρεις ἀερίου ἢ ἀτμοῦ ὑπὸ πίεσιν ἴσην πρὸς  $\frac{1}{1000}$  περίπου τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν εἶνε συντετηγμένα δύο σύρματα ἐκ λευκοχρόσου, ἅτινα χρησιμεύουσι διὰ νὰ διαβιβάζωμεν τὰς ἠλεκτρικὰς ἐκκενώσεις. Ἐὰν οἱ σωλῆνες τοῦ Geissler φέρωσιν εἰς τὸ μέσον τμῆμα στενόν, ὀνομάζονται σωλῆνες τοῦ Plücker καὶ χρησιμεύουσιν εἰς τὴν φασματοσκοπίαν.

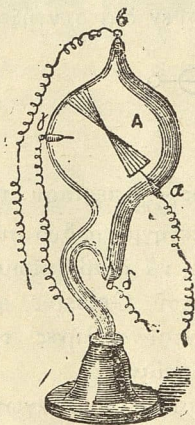
Β) **Λειτουργία.** Συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff μὲ τὰ δύο σύρματα σωλῆνος τοῦ Geissler καὶ θέτομεν τὸ πηνίον εἰς λειτουργίαν. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις γίνεται τότε διὰ μέσου τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀερίου καὶ προκαλεῖ ζωηρὰν φωσφόρησιν αὐτοῦ, τῆς ὁποίας τὸ χρῶμα ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου. Τὸ φαινόμενον καθίσταται ἔτι λαμπρότερον, ἐὰν εἰς τὴν ὕαλον τοῦ σωλῆνος ἔχει εἰσαχθῇ καὶ ἔνωσις οὐρανίου, ὁπότε οὐ μόνον τὸ ἀέριον, ἀλλὰ καὶ αὐτὴ ἢ ὕαλος φωσφορίζει κατὰ τὴν ἐκκένωσιν.

**301. Σωλῆνες τοῦ Crookes.<sup>(2)</sup>** Α) **Περιγραφή.** Οὔτοι (σχ. 215) εἶνε δοχεῖα ὑαλίνα συνήθως σφαιρικά, κλειστὰ πανταχόθεν καὶ πλήρη ἀερίου ἢ ἀτμοῦ, φέρουσι δὲ συντετηγμένα τέσ-

(1) Geissler (1814—1879). Γερμανὸς μηχανικὸς καὶ φυσικὸς ἐπινοήσας τοὺς σωλῆνας οἵτινες φέρουσι τὸ ὄνομά του καὶ χρησιμεύουσι διὰ τὰς ἠλεκτρικὰς ἐκκενώσεις ἐν τοῖς ἠραιωμένοις ἀερίοις.

(2) Crookes. Ἄγγλος φυσικὸς ἀνακαλύψας τὰς ιδιότητες τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων. Ἐπενόησε τοὺς σωλῆνας, οἵτινες φέρουσι τὸ ὄνομά του καὶ χρησιμεύουσι διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων X.

σαρα σύρματα α, β, γ, δ, ἐκ λευκοχρύσου, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἐν α φέρει εἰς τὸ ἔσωτερόν του ἄκρον μικρὸν κοῖλον δισκάριον ἐκ λευκοχρύσου. Τὸ ἀέριον ἢ ὁ ἀτμὸς εἰς τοὺς σωλῆνας τοῦ Crookes εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν πολὺ μικροτέραν καὶ ἴσην πρὸς  $\frac{1}{1000000}$  περίπου τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως.



Σχ. 215. Σωλῆνες τοῦ Crookes.

**302. Καθοδικαὶ ἀκτίνες καὶ καθοδικὰ σωματίδια.** — Ἡ φωσφόρησης εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ δοχείου παραδέχονται ὅτι προέρχεται ἐξ ἀκτίνων ἀοράτων, ἐκπεμπόμενων καθέτως ἐκ τῆς καθόδου καὶ πορευομένων εὐθυγράμμως. Αἱ ἀκτίνες αὗται ἐκλήθησαν **καθοδικαὶ** καὶ ἐξητάσθησαν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Crookes τῷ 1879, καίτοι ἡ ἀνακάλυψις αὐτῶν ἐγένετο πολὺ πρότερον, τῷ 1868 ὑπὸ τοῦ Hittorf. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ὑποθέτουσιν ὅτι συνίστανται ἐκ σμικροτάτων σωματίων ἠλεκτριζμένων ἀρνητικῶς, ἅτινα ἐκπέμπονται καθέτως ἐκ τῆς καθόδου. Τὰ σωματίδια αὗτα ἐκλήθησαν **καθοδικὰ σωματίδια** καὶ ὑπολογίζουσιν ὅτι ἡ μὲν ταχύτης αὐτῶν εἶναι 10000—100000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον, ἡ δὲ μᾶζα ἐκάστου 2000 φορὰς μικροτέρα τῆς μᾶζης ἐνὸς ἀτόμου ὑδρογόνου.

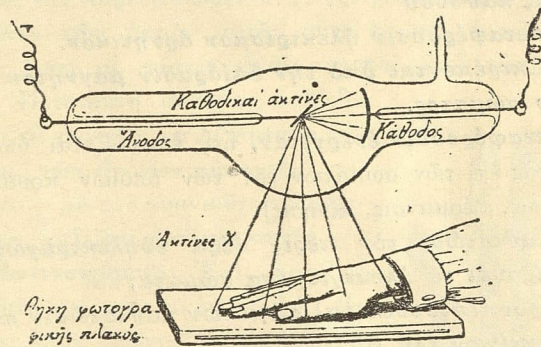
**Σημείωσις.** Τὰ καθοδικὰ σωματίδια συνίστανται πιθανώτατα ἐξ ὑδρογόνου, διότι ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ὑάλου ἐναποτε-

**Β) Λειτουργία.** Συνδέομεν δύο σύρματα σωλῆνος τοῦ Crookes μὲ τοὺς δύο πόλους τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff, οὕτως, ὥστε ὁ ἀρνητικὸς πόλος τοῦ πηνίου ἢ ἡ κάθοδος, νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὸ σύρμα τὸ φέρον τὸ δισκάριον, (ἐνεκα τούτου τὸ δισκάριον καλεῖται καὶ αὐτὸ κάθοδος). Ὅταν τὸ πηνίον ἀρχίσῃ νὰ λειτουργῇ, παρατηροῦμεν εἰς τὸ ἀπέναντι τοῦ δισκαρίου, ἤτοι τῆς καθόδου, τοίχωμα τοῦ δοχείου, πρασινόχρουν φωσφόρησιν ἐπὶ κυκλικῆς ἐπιφανείας, τὴν καλουμένην **ἀντικάθοδον**, ἣτις διατηρεῖ ἀμετάβλητον θέσιν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, εἰς οἰονδήποτε σύρμα καὶ ἂν εὐρίσκεται ἡ ἀνοδος τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου.

θῶσι μεταλλικὰ ὀξεῖδια, ταῦτα **ἀνάγονται**, ἤτοι ἀποξειδοῦνται, καὶ ἐπανερχοῦνται εἰς τὴν μεταλλικὴν τῶν κατάστασιν.

**303. Ὑπόθεσις τῶν ἠλεκτριόντων.** — Ἴνα ἐξηγήσωσι τὴν γένεσιν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, παρεδέχθησαν ὅτι τὰ χημικὰ ἄτομα τοῦ ἡραιωμένου αερίου ἐν τῷ σωλῆνι τοῦ Crookes ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως **ἀφεταιρίζονται**, δηλ. ἀποσυντίθεται εἰς σωματίδια σμικρότατα, ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλα μὲν εἶναι θετικῶς ἠλεκτριζμένα, ἄλλα δὲ ἀρνητικῶς. Ἐκ τούτων τὰ ἀρνητικῶς ἠλεκτριζμένα ἀπωθοῦνται ζωηρῶς ὑπὸ τῆς καθόδου, καὶ εἶναι ἐκεῖνα ἅτινα ἀποτελοῦσι τὰς καθοδικὰς ἀκτίνας, ὠνομάσθησαν δὲ **ἠλεκτριόντα**.

**304. Ἀκτίνες X ἢ ἀκτίνες τοῦ Röntgen (1).** — Ὁ Röntgen, κατὰ τὸ 1895 ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου



Σχ. 216. Τρόπος παραγωγῆς ἀκτίνων τοῦ Röntgen.

τοίχωμα τοῦ δοχείου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτουσιν αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες, καθίσταται κέντρον ἐκπομπῆς νέου εἴδους ἀκτίνων ἀοράτων, τὰς ὁποίας οὗτος ἐκάλεσεν ἀκτίνες X. Αἱ ἀκτίνες αὗται σήμερον εἶναι γνωσταὶ ὑπὸ τὸ ὄνομα **ἀκτίνες Röntgen**. Αἱ ἀκτίνες τοῦ Röntgen ὀφείλονται κατὰ τὴν ἐπικρατοῦσαν θεωρίαν εἰς παλμικὰς κινήσεις τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος.

Πρὸς παραγωγὴν ἀκτίνων τοῦ Röntgen χρησιμοποιοῦνται ὑάλινα δοχεῖα συνήθως σφαιρικά (σχ. 216), εἰς τὰ ὁποῖα ἡ πίε-

(1) Röntgen. Γερμανὸς φυσικὸς γεννηθεὶς τῷ 1845, γνωστὸς κυρίως ἐκ τῆς ἀνακάλυψως τῶν ἀκτίνων X, αἵτινες φέρουσι τὸ ὄνομά του.



σις τοῦ ἀερίου εἶναι  $\frac{1}{1000000}$  τῆς ἀτμοσφαιρ. πίεσεως (σωλῆνες Crookes). Ὡς κάθοδος χρησιμεύει μικρὸν κοῖλον δισκάριον ἐκ λευκοχρύσου καὶ ὡς ἄνοδος λεπτὸν ἔλασμα ἐπίσης ἐκ λευκοχρύσου, ὅπερ τοποθετεῖται ἀπέναντι τῆς καθόδου εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος αὐτῆς καὶ ὑπὸ κλίσιν 45° ὡς πρὸς τὸν ἄξονά της. Τὸ ἔλασμα τοῦτο καλεῖται ἀντικαθόδος. Τοιουτοτρόπως αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες, ἀναχωροῦσαι ἐκ τῆς καθόδου συγκεντροῦνται διὰ τοῦ δισκαρίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου, ἔνθα προκαλοῦσι τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen. Τὰ δοχεῖα ταῦτα τίθενται εἰς λειτουργίαν διὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Rumkorff.

- 305. Ἰδιότητες τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.** — Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες παρουσιάζουσι τὰς ἐξῆς σπουδαιοτάτας ιδιότητας.
- 1ον. *Μεταδίδονται εὐθυσγράμμως καὶ ἐκπέμπονται καθέως ἐκ τῆς καθόδου.*
  - 2ον. *Μεταφέρουσιν ἠλεκτρισμὸν ἀρνητικόν.*
  - 3ον. *Ἐκτρέπονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μαγνήτου ἢ ἠλεκτρισμένου σώματος.*
  - 4ον. *Μεταφέρουσιν ἐνέργειαν, ἥτις ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρων μορφῶν ἐπὶ τῶν σωμάτων ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουσι (φωσφόρησις, θέρμανσις, κίνησις).*
  - 5ον. *Καθιστῶσι τὸν πέριξ αἶρα εὐηλεκτραγωγὸν καὶ ἀπηλεκτριζοῦσι τὰ ἠλεκτρισμένα σώματα, καὶ*
  - 6ον. *Προσπίπτουσαι ἐπὶ σωμάτων καθιστῶσιν αὐτὰ πηγὴν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen.*

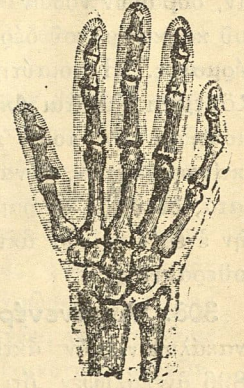
- 306. Ἰδιότητες τῶν ἀκτίνων Röntgen.** — Αἱ ἀκτῖνες Röntgen παρουσιάζουσι τὰς ἐξῆς σπουδαιοτάτας ιδιότητας.
- 1ον. *Μεταδίδονται πάντοτε εὐθυσγράμμως, χωρὶς ποτὲ νὰ ἀνακλῶνται ἢ νὰ διαθλῶνται.*
  - 2ον. *Δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μαγνήτου ἢ ἠλεκτρισμένου σώματος.*
  - 3ον. *Καθιστῶσι τὸν πέριξ αἶρα εὐηλεκτραγωγὸν καὶ ἀπηλεκτριζοῦσι τὰ ἠλεκτρισμένα σώματα.*
  - 4ον. *Προσβάλλουσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας.*
  - 5ον. *Προκαλοῦσι τὴν φωσφόρησιν σωμάτων τινῶν καὶ ἰδίως τοῦ κυανιοῦχου βαρυσλευκοχρύσου. Οὕτω διάφραγμα*

ἐκ χάρτου κεκαλυμμένον διὰ *κυανιοῦχου βαρυσλευκοχρύσου*, ἐκτιθέμενον ἐν τῷ σκότει εἰς τὰς ἀκτῖνας τοῦ Röntgen φωσφορίζει ζωηρῶς (1) καὶ

βον. *Διαπερῶσιν εὐκόλως πολλὰ σώματα, π.χ. τὴν ὕαλον, τὸν αἶρα, τὰ ξύλα, τὸν χάρτην, τὰς σάρκας, τὰ ὑφάσματα καὶ ἄλλα, ἅτινα διὰ τὸ φῶς εἶναι σκιερὰ.*

**307. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen.** — Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ιδιοτήτων τῶν ἀκτίνων Röntgen αἱ τρεῖς τελευταῖαι ἐφαρμοζονται σήμερον εἰς τὴν ἀκτινοσκοπίαν καὶ ἀκτινογραφίαν.

A) **Ἀκτινοσκοπία.** Ἐὰν μεταξὺ τοῦ δοχείου τοῦ ἐκπέμποντος τὰς ἀκτῖνας Röntgen καὶ τοῦ διαφράγματος μὲ τὸν κυανιοῦχον βαρυσλευκόχρυσον παρενθέσωμεν σῶμα μὴ περατὸν ὑπὸ τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen, θὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος ἡ σκιά τούτου, ἐνῶ τὸ λοιπὸν μέρος τοῦ διαφράγματος θὰ φωσφορίζῃ. Οὕτως ἐὰν παρενθέσωμεν π.χ. τὴν χεῖρά μας σχηματίζεται ἡ σκιά μόνον τῶν ὀστέων αὐτῆς, οὐχὶ δὲ καὶ ἡ τῶν σαρκῶν (σχ. 217), διότι αἱ σάρκες εἶναι περαταὶ ὑπὸ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ τοιαύτη μέθοδος, καθ' ἣν ἐξετάζονται τὰ ἀντικείμενα δι' ἄμεσον παρατηρήσεως τῶν εἰκόνων αὐτῶν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος μὲ τὸν κυανιοῦχον βαρυσλευκόχρυσον, καλεῖται *ἀκτινοσκοπία*.



B) **Ἀκτινογραφία.** Ἐπὶ τραπέζης τοποθετοῦμεν φωτογραφικὴν πλάκα, εὐρισκουμένην ἐντὸς ξυλίνης θήκης ἢ περιβλημένην καλῶς διὰ μέλανος χάρτου (διότι τὰ σώματα ταῦτα εἶναι περατὰ ὑπὸ τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen), ἐπ' αὐτῆς ἐφαρμοζόμεν τὴν χεῖρά μας (σχ. 216) καὶ ἐκθέτομεν ἔπειτα ἐπὶ τινα δευτερόλεπτα εἰς τὴν ἐπίδρασιν τῶν ἀκτίνων Röntgen.

Σχ. 217. Ἀκτινοσκοπία Ἐὰν κατόπιν ἢ πλάξ ὑποβληθῇ εἰς τὰς καὶ ἀκτινογραφία χειρός. συνήθεις φωτογραφικὰς κατεργασίας, ἐμφανίζεται ἐπ' αὐτῆς ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν τοῦ σκελετοῦ τῆς

(1) Αἱ ιδιότητες 4 καὶ 5 συνετέλεσαν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen.

ρός, ἐκ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ λάβωμεν κατόπιν θετικὰς εἰκόνας. Ἡ τοιαύτη μέθοδος, καθ' ἣν ἐξετάζονται τὰ ἀντικείμενα διὰ φωτογραφήσεως αὐτῶν διὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen καλεῖται **ἀκτινογραφία**.

Ἡ ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία ἀποτελοῦσι σήμερον ἰδιαίτερον κλάδον ἐν τῇ ἱατρικῇ, ὅστις καλεῖται **ἀκτινολογία**. Αὕτη μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐξετάζωμεν τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος καὶ νὰ ἀνακαλύπτωμεν ἐν αὐτῷ ἀνωμαλίας, ὀφειλομένας εἰς ἀσθένειαν, ἢ δυστύχημα, ἢ τραῦμα. Οὕτως ἡ παρουσία ὄγκων ἐντὸς τοῦ σώματος καὶ μεταλλίνου τινὸς ἀντικειμένου, βελόνης λ. χ. ἢ σφαίρας, ἀνακαλύπτεται ἐπὶ τῶν ἀκτινοσκοπικῶν καὶ ἀκτινογραφικῶν εἰκόνων, ἐκ τῆς σκιαῆς τὴν ὁποίαν ταῦτα ρίπτουσι. Ἐὰν δὲ ὁστοῦν τι ἔχη ὑποστῆ θραῦσιν, ἢ εἰκὼν παρουσιάζει λύσιν τῆς συνεχείας αὐτοῦ καὶ μᾶς γνωρίζει τὰς λεπτομερείας τοῦ δυστυχήματος.

Γ') **Ἀκτινοθεραπεία**. Αἱ ἀκτῖνες Röntgen δὲν χρησιμεύουσι μόνον πρὸς διάγνωσιν ἀσθενειῶν, δυστυχημάτων, ἢ τραυμάτων ἐν τῷ σώματι. Καταλλήλως χρησιμοποιούμεναι, αὐταὶ δύνανται νὰ ἐπιφέρωσι τὴν θεραπείαν, ἢ τοῦλάχιστον τὴν βελτίωσιν, σοβαρῶν νόσων καὶ κυρίως τοῦ lupus (ἐπιθηλιώματος) καὶ τοῦ καρκίνου τοῦ δέρματος, λόγῳ τῆς ἐνεργείας αὐτῶν ἐπὶ τοῦ δέρματος. Ἡ τοιαύτη μέθοδος θεραπείας διὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen καλεῖται **ἀκτινοθεραπεία**. Ἐν τούτοις ἡ μεγάλη εὐαισθησία τὴν ὁποίαν παρουσιάζει τὸ δέρμα εἰς τὴν ἐνέργειαν τῶν ἀκτίνων τούτων, δύναται νὰ ἐπιφέρει καὶ σοβαρώτατα δυστυχήματα, δι' ὃ καὶ πειραματισταὶ ἐκτιθέμενοι ἐπὶ μακρὸν χρόνον εἰς τὴν ἐνέργειαν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἔπλεσαν θύματα τῆς ἀκτινοθεραπείας.

**308. Ἀκτινεργεία. Σώματα ἀκτινεργά.**—Μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen, ὁ Becquerel (1) τῷ 1896 ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ στοιχεῖον **οὐράνιον**, τὰ ὄρυκτὰ ἐξ ὧν ἐξάγεται τοῦτο, καθὼς καὶ αἱ ἐνώσεις αὐτοῦ, ἐκπέμπουσιν αὐτομάτως ἀκτῖνας ἀοράτους, αἵτινες παρουσιάζουσιν ἰδιότητος ἀνα-

(1) Becquerel (1852 - 1908). Γάλλος φυσικὸς γνωστὸς ἐκ τῶν ἐρευνῶν καὶ τῶν ἀνακαλύψεων τὰς ὁποίας ἔκαμεν ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

λόγους πρὸς τὰς τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen, ἦτοι προσβάλλουσιν τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, διαπερῶσι σκιερὰ σώματα, ἀηλεκτρίζουσιν ἠλεκτρισμένα σώματα κλπ. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου καὶ ἕτερον στοιχεῖον, καλούμενον **θόριον**, εὐρέθη ὅτι ἐκπέμπει παρομοίως ἀκτῖνας.

Τὰς ἐρεῦνας τοῦ Becquerel ἐπεξέτεινε κατόπιν ὁ Γάλλος φυσικὸς Curie (1) καὶ ἡ κυρία του, οἵτινες ἀνεκάλυψαν ὅτι τὸ ὄρυκτὸν πισσουρανίτης (ἐξ οὗ ἐξάγεται τὸ οὐράνιον) εἶναι σχετικῶς περισσότερον ἀκτινεργὸν τοῦ οὐρανίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀπέδωκαν εἰς τὴν ὑπαρξίν ἄλλων ἀκτινεργῶν σωμάτων ἐν τῷ πισσουρανίτῃ, καὶ ἠσχολήθησαν ἐπὶ μακρὸν χρόνον εἰς τὸν ἀποχωρισμὸν αὐτῶν. Οὕτως ἀνεκάλυψαν ἐν τῷ πισσουρανίτῃ δύο νέα στοιχεῖα, ἅτινα ἐκάλεσαν τὸ μὲν **πολώνιον**, τὸ δὲ **ράδιον**. Ἐν τῷ αὐτῷ ὄρυκτῷ ἀνευρέθη καὶ ἕτερον ἀκτινεργὸν στοιχεῖον, κληθὲν **ἀκτίνιον**.

Ἡ ἰδιότης αὕτη, τὴν ὁποίαν ἔχουσι σώματά τινα νὰ ἐκπέμπουσιν αὐτομάτως ἀκτῖνας ἀοράτους, ἐκλήθη **ἀκτινεργεία**, τὰ δὲ σώματα, ἅτινα ἔχουσι τοιαύτην ἰδιότητα ἐκλήθησαν **ἀκτινεργά**. Τοιαῦτα σώματα εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ θόριον, τὸ πολώνιον, τὸ ράδιον, τὸ ἀκτίνιον καὶ ἄλλα. Ἐκ τούτων τὸ μᾶλλον ἀξιοσημείωτον εἶναι τὸ ράδιον, ὅπερ εἶναι 300.000 φορὰς ἀκτινεργότερον τοῦ οὐρανίου.

**309. Ἰδιότητες τοῦ ραδίου.**—Τὸ ράδιον ἐν καθαρῷ καταστάσει ἀπεμονώθη τῷ 1910 ὑπὸ τῆς κ. Curie καὶ τοῦ Debierne διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως χλωριούχων ἀλάτων αὐτοῦ. Τοιοῦτοτρόπως εὐρέθη, ὅτι τὸ ράδιον εἶναι μέταλλον διατομικόν, ἀνάλογον πολὺ πρὸς τὸ βάριον. Αἱ ὑπ' αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες παρουσιάζουσι τὰς ἐξῆς ἰδιότητας· προσβάλλουσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, προκαλοῦσι τὴν φωσφόρησιν καὶ τὴν χρῶσιν διαφόρων σωμάτων, καὶ ἐπιδρῶσιν ἐπὶ τῶν ὀργανικῶν ἰσθῶν, τοὺς ὁποίους καὶ κατάστρέφουσιν, ἔνεκα τῆς διεϊσδυτικῆς ἰκανότητος αὐτῶν. Ἀξιοσημείωτος εἶναι καὶ ἡ διαρκὴς ἀνάπτυξις θερμότητος ὑπὸ τοῦ ραδίου, ἣτις ἀνέρχεται εἰς 120 περίπου θερμοῖδας ἀνὰ γραμμάριον ραδίου καὶ καθ' ὥραν.

(1) Curie (1859 — 1906). Γάλλος φυσικὸς καὶ χημικὸς συγγραφέας ἀξιολόγους ἐργασίας περὶ ραδίου.

Αἱ ἀκτῖνες τοῦ ραδίου δὲν εἶναι ὁμογενεῖς, ἀλλὰ σύνθετοι, ἀποτελούμενοι ἐκ τριῶν διαφόρων εἰδῶν ἀκτίνων, αἷτινες ἐκλήθησαν *ἀκτῖνες α*, *ἀκτῖνες β*, καὶ *ἀκτῖνες γ*. Ἐκ τούτων αἱ ἀκτῖνες α συνίστανται ἐκ μικροτάτων σωματίων ἠλεκτρισμένων θετικῶς, αἱ ἀκτῖνες β ἐκ σωματίων ἠλεκτρισμένων ἀρνητικῶς, καὶ ἐπομένως εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας, καὶ τέλος αἱ ἀκτῖνες γ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτῖνας τοῦ Röntgen.

Ἡ περαιτέρω μελέτη καὶ ἔρευνα τοῦ στοιχείου τούτου ἀνεκάλυψε καὶ νέας ιδιότητες αὐτοῦ. Οὕτως εὐρέθη ὅτι τὸ ράδιον ἐκπέμπει ὑπὸ μορφὴν ἀερίου σῶμα ἀκτινεργόν, ὅπερ ἐκλήθη *ἐκπομπή* ἢ *αἰγλοβολία*. Ἡ ἐκπομπὴ αὕτη, καθὼς παρετήρησεν ὁ Ramsay (1), μετὰ τινος ἡμέρας μεταβάλλεται εἰς νέον στοιχεῖον, τὸ *ἥλιον*. Ὁμοίως ἀνεῦρεν ὅτι ἡ ἐκπομπή, ἐπιδρῶσα ἐπὶ διαφόρων σωμάτων δύναται νὰ παραγάγῃ νέα στοιχεῖα, ὅπως λ. χ. τὸ *ἀργόν*, τὸ *νέον* καὶ τὸ *λίθιον*. Οὕτω διὰ τῆς ἐνεργείας τοῦ ραδίου εἶναι δυνατὴ ἡ μεταστοιχείωσις πολλῶν στοιχείων.

**310. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων τοῦ ραδίου.** — Α') *Ραδιοθεραπεία*. Αἱ ἀκτῖνες τοῦ ραδίου ἔχουσι τὴν ιδιότητα νὰ προσβάλλωσι τὰ ζωικὰ κύτταρα, ἰδίᾳ τὰ ἐπιδερμικά, καὶ νὰ προκαλῶσι δερματίτιδας διαφόρων βαθμῶν, αἷτινες καταλλήλως κανονιζόμεναι δύναται νὰ ἐπιφέρωσιν τὴν θεραπείαν, ἢ τὴν βελτίωσιν σοβαρῶν τινων νόσων καὶ κυρίως τοῦ lupus καὶ τοῦ καρκίνου τοῦ δέρματος. Ἡ τοιαύτη μέθοδος θεραπείας καλεῖται *ραδιοθεραπεία*, καὶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν *ἀκτινοθεραπείαν*. Πρὸς ἐφαρμογὴν τῆς ραδιοθεραπείας γίνεται χρῆσις ἀλάτων τοῦ ραδίου, αἷτινα ἐγκλείονται ἐντὸς ὑαλίνου σωλήνος.

Β') *Ἰαματικά πηγαί*. Ἡ θεραπευτικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχουσι τὰ ὕδατα τῶν μεταλλικῶν πηγῶν ἀπεδόθη ἐσχάτως ὑπὸ πολλῶν εἰς τὴν ἀκτινεργεῖαν αὐτῶν, ἥτις προέρχεται ἐκ τῆς παρουσίας ἀκτινεργοῦ τινος σώματος ἐν αὐταῖς. Τοιοῦτοτρόπως σήμερον ἡ ἔρευνα τῶν μεταλλικῶν ὑδάτων δὲν περιορίζεται μόνον εἰς τὸν καθορισμὸν τῆς χημικῆς συστάσεως αὐτῶν, ἀλλὰ καὶ τοῦ βαθμοῦ τῆς ἀκτινεργείας αὐτῶν. Ἀκτινεργεῖαν κέκτηνται

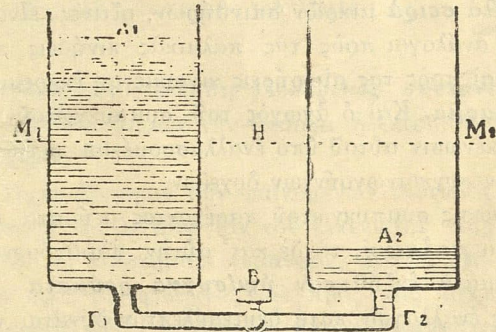
(1) Ramsay. Ἄγγλος χημικὸς γεννηθεὶς τῷ 1852. Ἀνεκάλυψε ἐν τῷ ἀέρι τὴν ὑπαρξίν νέων στοιχείων (ἥλιου, ἀργοῦ, κρυπτοῦ).

πολλὰ τῶν ἐν Ἑλλάδι πηγῶν καὶ μάλιστα τῆς Αἰδησοῦ καὶ τοῦ Λουτρακίου, αἷτινες δύναται νὰ συγκριθῶσι κατὰ τοῦτο πρὸς τὰς πεφημισμένας ξένας ἰαματικὰς πηγὰς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'.

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ—ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ

**311. Παλμικὴ ἐκκένωσις συμπυκνωτοῦ.** — Α') *Ὑδραυλικὰ φαινόμενα*. Θεωρήσωμεν δύο δοχεῖα  $M_1$  καὶ  $M_2$  (σχ. 218) αἷτινα συγκοινωνοῦσι μεταξύ των διὰ *χονδροῦ καὶ βραχέος* σωλήνος



Σχ. 218. Παλμικὴ κίνησις ὕδατος.

κλειομένου διὰ στρόφιγγος, καὶ περιέχουσιν ὕδωρ εἰς ὕψη διάφορα. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα ἀποτόμως, τὸ ὕδωρ θέλει ἐκτελέσει σειρὰν μεταγίσεων ἐκ τοῦ ἑνὸς δοχείου πρὸς τὸ ἕτερον, καὶ θὰ ρέῃ ἐντὸς τοῦ σωλήνος, ὅτε κατὰ τὴν μίαν διεύθυνσιν, ὅτε κατὰ τὴν ἄλλην, ἥτοι θὰ σχηματισθῇ ἐν τῷ σωλήνῳ ρεῦμα ὕδατος, τὸ ὁποῖον θὰ εἶναι *ἐναλλασσόμενον*. Ἐὰν δὲ παρατηρήσωμεν τὰς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος εἰς τὰ δύο δοχεῖα, θὰ ἴδωμεν ὅτι αὐταὶ ἀνέρχονται καὶ κατέρχονται ἐναλλάξ, ὁμοιάζουσαι μὲ τὰς κινήσεις τῶν δίσκων ζυγοῦ αἰωρομένου, καὶ θὰ ἰσορροπήσωσι μετὰ τινος ἰσοχρόνου *αἰωρήσεις*, τῶν ὁποίων τὸ

κλάτος βαίνει ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἐλαττούμενον. Ἡ τοιαύτη κίνησις τοῦ ὕδατος δύναται νὰ ὀνομασθῇ **παλμική**.

**Β) Ἡλεκτρικὰ φαινόμενα.** Ἀνάλογον φαινόμενον συμβαίνει πολλάκις καὶ κατὰ τὴν ἐκκένωσιν συμπυκνωτοῦ, καθὼς ἀπέδειξε τὸ πρῶτον ὁ Feddersen. Πράγματι, ἐὰν ἐνώσωμεν διὰ **χονδροῦ καὶ βραχέος** ἀγωγοῦ τοὺς δύο ὀπισμοὺς συμπυκνωτοῦ, πεπληρωμένου ἠλεκτρισμοῦ, ὁ ἀγωγὸς θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ εἶναι ἐναλλασσόμενον. Ἴνα δὲ παρακολουθῶμεν τὰς ἐναλλαγὰς τοῦ ρεύματος, πρέπει ὁ ἀγωγὸς νὰ ἔχη μικρὰν διακοπὴν. Ἐν τῇ διακοπῇ ταύτῃ θὰ ἐκρήγνυνται σπινθῆρες κατὰ τὴν ἐκκένωσιν τοῦ συμπυκνωτοῦ, τοὺς ὁποίους ἐὰν ἐξετάσωμεν διὰ περιστρεφομένου κατόπτρου καὶ διὰ τῆς φωτογραφίσεως, θὰ ἀνεύρωμεν ὅτι δὲν εἶναι εἷς καὶ μόνον σπινθῆρ, ἀλλὰ **σειρὰ** μικρῶν σπινθῆρων, οἵτινες εἶναι ἐναλλασσόμενοι καὶ ἀνάλογοι πρὸς τὰς παλμικὰς κινήσεις παλλομένου ἐλάσματος καὶ πρὸς τὰς αἰωρήσεις κινουμένου ἐκκρομοῦς.

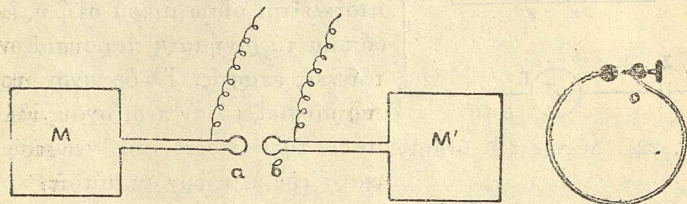
**Συμπέρασμα.** Καὶ ὁ ἀγωγὸς τοῦ συμπυκνωτοῦ διαρρέεται κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὅπως ἂν ἴδωμεν ἐν τῇ ἀποκρίσει τῶν συγκοινωνούντων δοχείων.

Ἐκκένωσις συμπυκνωτοῦ παρέχοντος ρεύματα ἐναλλασσόμενα καλεῖται **παλμική**, τὰ δὲ κατ' αὐτὴν παραγόμενα ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἐκλήθησαν **ὕψισυχα ρεύματα**. Τούτων ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐναλλαγῶν κατὰ δευτερόλεπτον δύναται νὰ εἶνε μέγιστος, ἑκατομύρια ὀλόκληρα (λίαν ὕψισυχα ρεύματα).

**312. Πειράματα τοῦ Hertz. Ἡλεκτρικαὶ κυμάνσεις.** Ὁ Hertz (1) κατώρθωσε νὰ παραγάγῃ λίαν ὕψισυχα ρεύματα δι' εἰδικῆς συσκευῆς, ἀποτελουμένης ἐκ δύο ἴσων μεταλλίνων σφαιρῶν ἢ πλακῶν M καὶ M' (σχ. 219), αἵτινες συνεδέοντο διὰ στελέχους εὐηλεκτραγωγῆς. Εἰς τὸ μέσον τοῦ στελέχους τούτου ὑπῆρχε διακοπὴ καὶ εἰς αὐτὴν δύο μικρὰ σφαιρίδια α καὶ β ἰσομεγέθη, ἅτινα συνεδέοντο μετὰ τοὺς δύο πόλους ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff. Ἡ συσκευὴ αὕτη ἐκλήθη **διεγέρτης** ἢ

(1) Hertz (1857—1894). Γερμανὸς σοφὸς, ὅστις κατέδειξε τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν διάδοσιν τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάνσεων, αἵτινες ἐκ τοῦ ὀνόματός του καλοῦνται καὶ ἑρτζιανὰ κύματα.

**ἐκκενωτῆς** τοῦ Hertz. Ἐξετάζων δὲ τὸ περίεξ τοῦ ἐκκενωτοῦ διάστημα διὰ μεταλλίνου δακτυλίου (σχ.220), ἔχοντος μικρὰν διακοπὴν εἰς τι σημεῖον, καὶ τοῦ ὁποίου τὸ μὲν ἓν ἄκρον ἔφερε μεταλλινὸν σφαιροῖδιον τὸ δὲ ἕτερον ἀκίδα, ἥτις τῇ βοήθειᾳ κοχλίου ἠδύνατο νὰ πλησιάζῃ ἢ νὰ ἀπομακρύνεται τοῦ σφαιροῖδιου, παρατηρεῖται ὅτι ἐν τῇ διακοπῇ παρήγοντο ἠλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Ὁ



Σχ. 219. Ἐκκενωτῆς τοῦ Hertz.

Σχ. 220. Ἡλεκτρικὸς συντονιστῆς τοῦ Hertz.

δακτύλιος οὗτος ἐκλήθη **ἠλεκτρικὸς συντονιστῆς**, καὶ ἐδείκνυε διὰ τῶν σπινθῆρων τὴν ὑπαρξιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐν τῷ δακτυλίῳ.

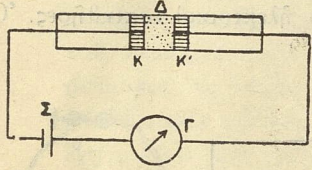
Πρὸς ἐξήγησιν τῶν φαινομένων τούτων ὁ Hertz παρεδέχθη, ὅτι κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐκκενωτοῦ παράγονται περίεξ αὐτοῦ ἐν τῷ διαστήματι κυμάνσεις, αἵτινες ἔχουσι μεγάλην ὁμοίτητα πρὸς τὰς φωτεινὰς καὶ πρὸς τὰς ἠχητικὰς κυμάνσεις. Αἱ κυμάνσεις αὗται ἐκλήθησαν **ἠλεκτρομαγνητικαὶ ἢ ἠλεκτρικαὶ κυμάνσεις**. Αἱ αὗται κυμάνσεις καλοῦνται καὶ **ἑρτζιανὰ κύματα**, πρὸς τιμὴν τοῦ Hertz, ὁ δὲ περίεξ τοῦ ἐκκενωτοῦ χῶρος, ἐν τῷ ὁποίῳ ἐκδηλοῦται ἡ ἐνέργεια αὐτῶν, ἐκλήθη **ἑρτζιανὸν πεδῖον**.

**Συμπέρασμα.** Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐκκενωτοῦ τοῦ Hertz παράγονται εἰς τὸν περίεξ αὐτοῦ χῶρον ἠλεκτρικαὶ κυμάνσεις ἢ ἑρτζιανὰ κύματα.

**313. Δέκτης τῶν ἑρτζιανῶν κυμάτων ὑπὸ Branly.**— Ὁ Branly (1) ἐπενόησεν ὄργανον λίαν εὐπαθὲς διὰ τὴν ἀνίχνευσιν τῶν ἑρτζιανῶν κυμάτων, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη **συνοχεύς**, ἢ **ἀκτιναγωγός**, ἢ **δέκτης** τοῦ Branly.

(1) Branly Γάλλος φυσικὸς γεννηθεὶς τῷ 1846. Ἀνεκάλυψε τὸν ἀκτιναγωγὸν ἢ συνοχέα, ὅστις ἔλαβε τὸ ὄνομά του.

Α) **Περιγραφή.** Ὁ δέκτης τοῦ Branly (σχ. 221) εἶνε ὑάλινος σωλὴν Δ, στενός, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχουσι λεπτὰ ρινημάτα μετάλλου (νικελίου ἢ ἀργύρου) ἐλάχιστον ὠξειδωμένα κατ' ἐπιφάνειαν. Ταῦτα συμπιέζονται ἐλαφρῶς μεταξὺ δύο εὐηλεκτραγωγῶν κυλίνδρων Κ καὶ Κ', οἱ ὁποῖοι καλοῦνται ἤλεκτροδία, καὶ ἀποτελεῖται οὕτω μικρὰ στήλη, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὰ ρινημάτα παρουσιάζουσιν ἀτελεῖς ἐπαφάς. Τὸ ὄργανον τοῦτο παρουσιάζει λίαν περιέργους ιδιότητες,



Σχ. 221. Δέκτης τοῦ Branly. τας, τὰς ὁποίας θὰ γνωρίσωμεν κατὰ τὴν λειτουργίαν αὐτοῦ.

Β) **Δειτουργία.** Ἐὰν εἰς κύκλωμα ἤλεκτρικῆς στήλης Σ παρενθέσωμεν κατὰ σειρὰν γαλβανόμετρον Γ καὶ δέκτην τοῦ Branly Δ, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ βελὸνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἀκίνηται, δεικνύουσα οὕτως ὅτι τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τῆς στήλης τῶν ρινημάτων, καίτοι ἕκαστον τεμάχιον ταύτης εἶνε εὐηλεκτραγωγόν. Τὰ ρινημάτα λοιπὸν παρουσιάζουσι μεγάλην ἀντίστασιν. Ἐὰν ὅμως εἰς τινα ἀπόστασιν λειτουργήσῃ ἐκκενωτῆς τοῦ Hertz καὶ παραγάγῃ ἤλεκτρικὰς κυμάνσεις, αὐτοστιγμὴ ἢ βελὸνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται, δεικνύουσα οὕτω τὴν διόδον ρεύματος. Ἡ ἀντίστασις λοιπὸν τῶν ρινημάτων ἠλαττώθη σημαντικῶς. Ἡ διόδος τοῦ ρεύματος ἐξακολουθεῖ καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τῶν ἤλεκτρικῶν κυμάνσεων. Ἐὰν ὅμως κρούσωμεν ἀποτόμως τὸν σωλῆνα τῶν ρινημάτων, ταῦτα ἀναλαμβάνουσιν ἰμέσως τὴν προτέραν ιδιότητα αὐτῶν, ἥτοι παρουσιάζουσι πάλιν ἀντίστασιν, καὶ τὸ ρεῦμα διακόπτεται.

**Συμπέρασμα.** Τὰ μεταλλικὰ ρινημάτα, ὅταν δέχωνται ἤλεκτρικὰς κυμάνσεις, παρουσιάζουσιν ἤλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα, τὴν ὁποίαν διατηροῦσι καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τῶν κυμάνσεων, ἀποβάλλουσι δὲ ταύτην, ὅταν κρούεται ὁ σωλὴν.

**Σημειώσεις.** Πλὴν τοῦ δέκτου τοῦ Branly ἐπενοήθησαν καὶ ἄλλοι δέκται τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων, λίαν εὐπαθεῖς, οἵτινες χρησιμοποιοῦνται ἰδίᾳ εἰς τὰς μεγάλας ἀποστάσεις (τοιούτος εἶναι ὁ καλούμενος **ἤλεκτρολυτικὸς δέκτης**). Εἰς τοὺς δέκτας τούτους προστίθεται καὶ τηλεφώνον, ἕνεκα τοῦ ὁποίου καὶ **τηλεφωνικοῦ**

**δέκται** καλοῦνται. Εἰς τούτους τὰ σημεῖα τοῦ Morse, τὰ εἰς τὸν ἐκκενωτὴν διὰ τῶν ἤλεκτρικῶν σπινθῆρων παραγόμενα, γίνονται ἀντιληπτὰ τῇ βοήθειᾳ τοῦ τηλεφώνου, τὸ ὁποῖον ἐφαρμοζόμεν εἰς τὰ ὄτια μας.

**314. Ἰδιότητες τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων.**—Τὰ ἐρτζιανὰ κύματα παρουσιάζουσι τὰς ἑξῆς ιδιότητες:

1ον. **Διαδίδονται μετὰ ταχύτητος ἴσης πρὸς τὴν τοῦ φωτός** (300000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον).

2ον. **Δύνανται νὰ ὑποστῶσιν ἀνάκλασιν ὅπως καὶ τὸ φῶς.**

3ον. **Δύνανται νὰ ὑποστῶσι διάθλασιν ὅπως καὶ τὸ φῶς.**

4ον. **Διαδίδονται διὰ μέσου τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων**, καθ' ὅσον τοῖχος ἐκ λίθων οὐδόλως σταματᾷ αὐτὰ, τοῦναντίον μεταλλικὴ ἐπιφάνεια, ἔστω καὶ λεπτοτάτη, διακόπτει τὴν περαιτέρω πορείαν αὐτῶν.

Τὰ ἐρτζιανὰ λοιπὸν κύματα παρουσιάζουσι ιδιότητας ἀναλόγους πρὸς τὰς τοῦ φωτός. Τὰ κύματα ταῦτα εἶναι, ὅπως καὶ τὸ φῶς, παλμικαὶ κινήσεις τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος, αἵτινες παρουσιάζουσι μῆκος κύματος μεγαλύτερον ἐν τῇ περιπτώσει τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων παρὰ ἐν τῇ περιπτώσει τοῦ φωτός.

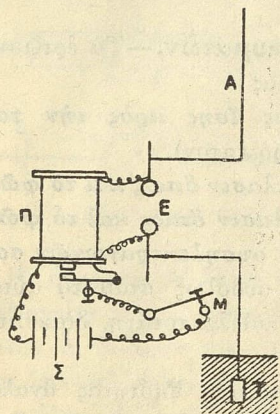
**315. Ἀσύρματος τηλεγράφος.**—Ὁ ἀσύρματος τηλεγράφος εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ συνεννοώμεθα ἐξ ἀποστάσεως ἄνευ σύρματος (τηλεγραφικῆς γραμμῆς). Ἀνεκαλύφθη τῷ 1896 ὑπὸ τοῦ Marconi (1) δι' ὃ καὶ τηλεγράφος τοῦ Marconi καλεῖται, καὶ βασίζεται ἐπὶ τῆς χρησιμοποίησεως ἀφ' ἑνὸς τῶν ἤλεκτρικῶν κυμάνσεων, καὶ ἀφ' ἑτέρου τῶν ιδιοτήτων τοῦ δέκτου τοῦ Branly.

Α) **Περιγραφή.** Ἐκαστος σταθμὸς ἀσυρμάτου τηλεγράφου περιλαμβάνει δύο κυρίως μέρη· τὸν πομπὸν καὶ τὸν δέκτην.

1ον. **Πομπός.** Οὗτος χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων καὶ ἀποτελεῖται ἐξ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff Π (σχ. 222), εἰς τὸ ὁποῖον εἰσάγομεν τὸ ἤλεκτρικὸν ρεῦμα συστοιχίας συσσωρευτῶν Σ διὰ τινος πομποῦ Μ, ὁμοίου πρὸς τὸν τοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse. Οἱ πόλοι τοῦ πη-

(1) Marconi. Ἰταλὸς ἤλεκτρολόγος γεννηθεὶς τῷ 1875, διάσημος διὰ τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

νίου συνδέονται μετά των σφαιρών ενός εκκενωτοῦ τοῦ Hertz E. Ἴνα δὲ τὰ ἐρτζιανὰ κύματα ἀποστέλλωνται εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, ἢ μία τῶν σφαιρῶν τοῦ ἐκκενωτοῦ συγκοινωνεῖ μετά τῆς γῆς T, ἢ δὲ ἕτερον μεθ' ἑνὸς ἰστοῦ A. Ὁ ἀπλούστερος τῶν ἰστῶν ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς μεταλλικοῦ σύρματος, ὃπερ ἀνυψοῦται κατακορύφως ἐν τῷ ἀέρι καὶ εἶναι ἠλεκτρικῶς μεμονωμένον ἀπὸ τῆς γῆς. Τὸ μῆκος τοῦ ἰστοῦ ἔχει σπουδαίαν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς ἀκτίνος ἐνεργείας τοῦ σταθμοῦ, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἰσχὺς τῶν μηχανημάτων τοῦ σταθμοῦ.



Σχ. 222. Πομπὸς ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

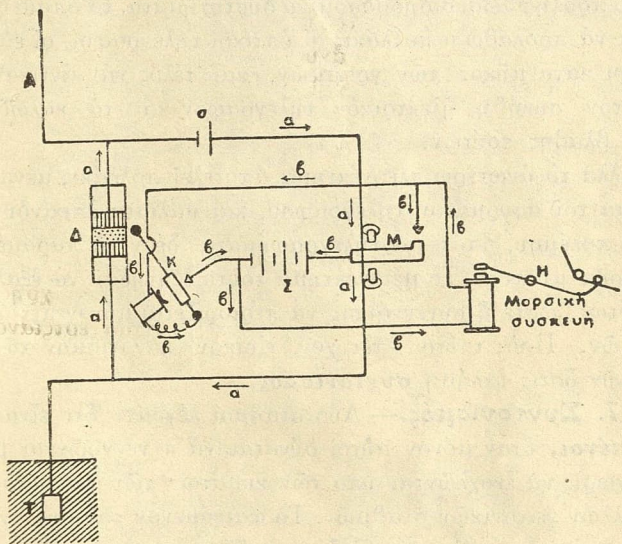
οὔτινος τὸ ἐν ἠλεκτροδίδιον συγκοινωνεῖ μετά τῆς γῆς T, καὶ τὸ ἕτερον μεθ' ἑνὸς κατακορύφου ἰστοῦ A, ὅστις συλλέγει τὰ κύματα καὶ τὰ διοχετεύει εἰς τὸν δέκτην τοῦ Branly.

Ὁ δέκτης οὗτος παρεντίθεται εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον μικρὰν ἠλεκτρικὴν στήλην σ καὶ μικρὸν ἠλεκτρομαγνήτην M, ὅστις χρησιμεύει διὰ νὰ κλείη τὸ κύκλωμα δευτέρας τοπικῆς στήλης ἰσχυρᾶς Σ, διὰ τῆς ὁποίας λειτουργεῖ, ἀφ' ἑνὸς πλήρης Μορσικὴ συσκευή H καὶ ἀφ' ἑτέρου ἠλεκτρικὸς κώδων K μετ' ἡλεκτρον, τὸ ὁποῖον κρούει τὸν σωλῆνα τοῦ δέκτη τοῦ Branly.

**B) Λειτουργία.** — Ὑποθέσωμεν ὅτι πιέζεται ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ. Ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες ἐναλλασσόμενοι θέλουσι παραχθῆ τότε μεταξὺ τῶν σφαιρῶν τοῦ ἐκκενωτοῦ, οἵτινες θὰ παραγάγωσιν ἠλεκτρικὰς κυμάνσεις. Αὗται ἐκπέμπονται ἐκ τοῦ ἄκρου τοῦ ἰστοῦ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, συναντῶσι τὸ ἴσθον τοῦ ἄλλου σταθμοῦ, συλλαμβάνονται ὑπ' αὐτοῦ καὶ διοχετεύονται εἰς τὸν δέκτην τοῦ Branly, οὔτινος τὰ ρινήματα ἀποκτῶσι τότε ἠλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα. Τότε ὅμως κλείεται τὸ κύκλωμα τῆς δευτέρας τοπικῆς στήλης Σ, ἥτις θέτει εἰς λειτουργίαν τῆς Μορσικῆν συ-

2ον. **Δέκτης.** Οὗτος χρησιμεύει πρὸς παραλαβὴν τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων καὶ ἀποτελεῖται κυρίως ἐξ ἑνὸς δέκτη τοῦ Branly Δ (σχ. 223),

σκευὴν καὶ τὸν κώδωνα μετ' ἡλεκτρον. Τοιοῦτοτρόπως ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας καταγράφεται μία στιγμὴ καὶ τὸ ἡλεκτρον ἐπιφέρει μίαν κρούσιν, ἐὰν ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ ἐπιέσθη ἐπὶ μίαν χρονικὴν στιγμὴν, τοῦναντίον, ἐὰν αὕτη ἐπιέσθη ἐπὶ περισσότερον χρόνον, καταγράφεται ἐπὶ τῆς ταινίας σειρὰ στιγμῶν, κειμένων λίαν πλησίον ἀλλήλων, καὶ τὸ ἡλεκτρον ἐπιφέρει ἐπανει-



Σχ. 223. Δέκτης ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

λημμένας κρούσεις. Τοιοῦτοτρόπως ἐν τῷ ἀσυρμάτῳ τηλεγράφῳ δυνάμεθα νὰ ἀναπαραγάγωμεν τὰ συνθηματικὰ σημεῖα τοῦ Μορσικοῦ ἄλφαβήτου.

**316. Πλεονεκτήματα καὶ μειονεκτήματα ἀσυρμάτου τηλεγράφου.**—Μέγα πλεονέκτημα τοῦ ἀσυρμάτου τηλεγράφου εἶναι, ὅτι τὰ ἐρτζιανὰ κύματα ἑνὸς σταθμοῦ μεταδίδονται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, καὶ εἶναι δυνατόν νὰ τὰ δεχθῶσι συγχρόνως πολλοὶ ἄλλοι σταθμοί, οἵτινες εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀκτῖνα ἐνεργείας τοῦ πρώτου. Ἔνεκα τούτου ὁ ἀσύρματος τηλεγράφος παρέχει σπουδαίας ὑπηρεσίας καὶ ἐν τῇ θαλάσῃ καὶ ἐν τῇ ξηρᾷ. Ἐν μὲν τῇ θαλάσῃ, διότι δι' αὐτοῦ τὰ πλοῖα δύναται νὰ ἐπικοινωνῶσι καὶ μεταξὺ των καὶ μετὰ τῆς ξηρᾶς ἐκ μεγάλων ἀπο-

στάσεων, παρ' ὅλην τὴν τρικυμίαν καὶ τὴν πυκνὴν ὁμίχλην, ἧτις ἐμποδίζει τοὺς φάρους νὰ ἀποστέλλωσι τὰ φωτεινὰ αὐτῶν σημεῖα, καὶ μάλιστα ὅταν ταῦτα θὰ ἦσαν χρησιμώτατα εἰς τὰ πλοῖα. Πλὴν τούτου, τὰ πλοῖα ἐν καιρῷ κινδύνου δύνανται νὰ καλῶσιν εἰς βοήθειαν αὐτῶν ἄλλα πλοῖα. Ἐν δὲ τῇ ξηρᾷ, διότι δι' αὐτοῦ δύνανται νὰ ἐπικοινωνήσωσι μεταξὺ τῶν τὰ διάφορα τμήματα σταυτοῦ, νὰ προληφθῶσι σιδηροδρομικὰ δυστυχήματα, τὰ ὁποῖα δὲν δύνανται νὰ προλάβωσι πολλάκις οἱ ὀπτικοὶ τηλεγράφοι, οἱ εὐρισκόδύμενοι κατὰ μῆκος τῶν γραμμῶν, καὶ τέλος νὰ ἀντικαταστήσωσι τὸν συνήθη ἤλεκτρικὸν τηλεγράφων καὶ τὰ καλώδια ἐν καιρῷ βλάβης τούτων.

Ἄλλὰ τὸ ἀνωτέρω πλεονέκτημα ἀποτελεῖ πολλάκις μέγα μειονέκτημα τοῦ ἀσυρμάτου τηλεγράφου, καὶ μάλιστα ἐπικίνδυνον ἐν καιρῷ πολέμου, ὅποτε τὰ τηλεγραφήματα δέον νὰ παραμένωσιν ἀυστηρῶς μυστικά. Τὸ μειονέκτημα τοῦτο ἐξήτησαν νὰ ἐξαλείψωσιν οὕτως, ὥστε ἡ συνεννόησις νὰ περιορίζεται μόνον μεταξὺ δύο σταθμῶν. Πρὸς τοῦτο ἐπέτυχον εἰδικὸν κανονισμόν τῶν δύο σταθμῶν ὅστις ἐκλήθη *συντονισμός*.

**317. Συντονισμός.**— Δύο σταθμοὶ λέγομεν ὅτι εἶναι *συντονισμένοι*, ὅταν μόνον αὐτοὶ δύνανται νὰ σεννοῶνται μεταξὺ τῶν, χωρὶς νὰ ἐνοχλῶνται ὑπὸ τῶν κυμάτων τῶν ἐκπεπομένων ὑπὸ ἄλλων γειτονικῶν σταθμῶν. Τὸ φαινόμενον τοῦ συντονισμοῦ ἐν τῷ ἀσυρμάτῳ τηλεγράφῳ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ τῆς συνηχίσεως ἐν τῇ ἀκουστικῇ. Ἐπιτυγχάνεται δὲ ὁ συντονισμὸς δύο σταθμῶν ἐὰν ὁ πομπὸς καὶ ὁ δέκτης αὐτῶν κανονισθῶσι κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἀμφότεροι οἱ σταθμοὶ νὰ ἐκπέμπωσι κύματα τοῦ αὐτοῦ μήκους. Πρὸς ἐπιτυχίαν τούτου γίνεται χρῆσις εἰδικοῦ ὄργανου, τὸ ὁποῖον καλεῖται *κυματόμετρον*.

**318. Ἐφαρμογὰ ἀσυρμάτου τηλεγράφου.**— Ὁ ἀσύρματος τηλεγράφος χρησιμοποιεῖται σήμερον διὰ ποικίλους σκοπούς.

1ον. Διὰ τὴν συνεννόησιν τῶν πλοίων (ἐμπορικῶν ἢ πολεμικῶν) μεταξὺ τῶν, καθὼς καὶ διὰ τὴν συνεννόησιν τούτων μετὰ τῆς ξηρᾶς.

2ον. Διὰ τὴν συνεννόησιν διαφόρων στρατιωτικῶν σωμάτων μεταξὺ τῶν καὶ μάλιστα ἐν καιρῷ ἐκστρατείας, καθὼς καὶ διὰ τὴν συνεννόησιν ἀεροπλάνων ἢ ἀεροστάτων μετὰ τοῦ στρατοῦ.

3ον. Διὰ τὴν μεταβίβασιν τοῦ χρόνου τοῦ πρώτου μεσημβρινοῦ, ὅστις εἶναι ἀπαραίτητος εἰς τοὺς ναυτικούς διὰ νὰ προσδιορῶσιν τὸ καλούμενον *στίγμα* (point) ἐν τῇ θαλάσῃ. Πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ στίγματος ἀπαιτεῖται ἡ γνῶσις τοῦ γεωγραφικοῦ πλάτους καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μήκους. Καὶ τὸ μὲν γεωγραφικὸν πλάτος εὐρίσκεται διὰ τῆς παρατηρήσεως τῶν ἀστρῶν, τὸ δὲ γεωγραφικὸν μήκος μέχρι πρότινος χρόνου εὐρίσκειτο τῇ βοηθείᾳ χρονομέτρων, τὰ ὁποῖα οἱ ναυτικοὶ ἔφερον μεθ' ἑαυτῶν, καὶ τὰ ὁποῖα ἔκανόνιζον οὕτως ὥστε νὰ δεικνύωσι τὸν χρόνον τοῦ πρώτου μεσημβρινοῦ. Ἐπειδὴ ὁμως ἡ πορεία αὐτῶν δὲν εἶναι τελείως κανονική, παρουσιάζονται πολλάκις σφάλματα ὀλίγων δευτερολέπτων, ἐνεκὰ τῶν ὁποίων ἡ θέσις τοῦ πλοίου μεταβάλλεται κατὰ ὀλόκληρα χιλιόμετρα. Σήμερον ὁ προσδιορισμὸς τῶν μηκῶν γίνεται διὰ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων. Πρὸς τοῦτο ὑπάρχουσι σταθμοὶ μεγάλης ἐντάσεως (ὅπως εἶναι ὁ τοῦ πύργου Eiffel ἐν Παρισίσις), οἵτινες ἐξαποστέλλουσιν εἰς ὄρισμένας στιγμὰς ἐκάστης ἡμέρας σήματα, δεικνύοντα τὸν ἀκριβῆ χρόνον τοῦ πρώτου μεσημβρινοῦ, καὶ τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ δεχθῶσι τὰ πλοῖα, ὁποῦδήποτε καὶ ἂν εὐρίσκωνται ταῦτα, ἀρκεῖ νὰ εἶναι ἐφωδιασμένα μετὰ συσκευὴν ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

4ον. Διὰ τὴν ἀντικατάστασιν τῶν συνήθων μέσων τῆς τηλεγραφικῆς συγκοινωνίας (τηλεγράφος τοῦ Morse καὶ ὑποβρύχια καλώδια).

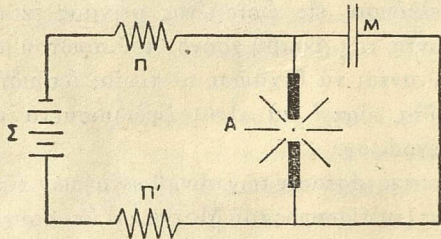
5ον. Διὰ τὴν τηλεμηχανικὴν, ἥτοι τὴν ἐξ ἀποστάσεως παραγωγὴν μηχανικῶν ἀποτελεσμάτων (ἀνάφλεξιν λυχνιῶν, ὑπονόμων, κίνησιν ἠλεκτρικῶν ὥρολογίων καὶ τορπιλλῶν κλπ.).

**319. Βάσις τοῦ ἀσυρμάτου τηλεφώνου.** Τοῦτο εἶνε συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ μεταβιβάζωμεν τὴν φωνὴν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις διὰ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων. Ἀλλὰ τὰ συνήθη ἐρτζιανὰ κύματα εἶναι ἀκατάλληλα διὰ τὸν σκοπὸν τοῦτον, ἀπ' ἐνὸς διότι ἀφίνοσι μεταξὺ τῶν κενᾶ διαστήματα, καὶ ἀπ' ἐτέρου, διότι ἀποσβέννυνται πολὺ ταχέως. Πράγματι, πολλὰ πειράματα ἀποδεικνύουσιν, ὅτι οἱ σπινθήρες οἱ παραγόμενοι μεταξὺ τῶν σφαιρῶν τοῦ ἐκκενωτοῦ τοῦ Hertz παράγουσιν ἠλεκτρικὰ κύματα, ἅτινα δὲν εἶνε συνεχῆ, ἀλλ' ἀποτελοῦνται ἐκ σειρᾶς διαδοχικῶν ὁμάδων. Αἱ ὁμάδες αὗται παρακολουθοῦσιν ἢ μία τὴν ἄλλην κατὰ χρονικὰ διαστήματα περίπου ἴσα πρὸς  $\frac{1}{100}$  τοῦ δευτερολέπτου, καὶ ἐπομένως ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων κατὰ πολλὰ χιλιόμετρα (διότι ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάτων εἶνε ἴση πρὸς τὴν τοῦ φωτός). Ἐκάστη δὲ ὁμάς περιλαμβάνη ὀλίγα τὸν ἀριθμὸν κύματα, τὰ

όποια αποσβέννυνται πολύ ταχέως, ένεκα τής ταχείας έλαττώσεως του πλάτους αυτών.

Τά έρτζιανά λοιπόν κύματα δέν είνε ουτε συνεχή ουτε σταθεράς έντάσεως, και ώς τοιαυτα είνε ακατάλληλα δια τó ασύρματον τηλεφώνον, εις τó όποιον τά κύματα πρέπει νά είνε συνεχή, άνευ διακοπής και σταθεράς έντάσεως. Συνεχή ήλεκτρικά κύματα παράγονται σήμερον δια του **ξδοντος βολταιϊκου τόξου**, τó όποιον έπενόησεν ó σοφός Άγγλος Duddell, έτελειοποίησεν δέ ó Δανός φυσικός Poulsen.

**ξδον τόξου του Duddell - Poulsen.** Υποθέσωμεν ότι εις τó κύκλωμα ισχυράς ήλεκτρικής στήλης Σ (σχ. 224) παρενθέντομεν βολταιϊκόν τόξον Α, δύο πηνία Π και Π', και ένα συμπυκνωτήν Μ. Τó ήλεκτρικόν ρεύμα τής στήλης φορτώνει τόν συμπυκνωτήν, όστις έκκενουται μεταξú τών δύο ραβδίων του άνθρακος και παράγει τó βολταιϊκόν τόξον. Η εκκένωσις όμως του συμπυκνωτου είνε, ώς γνωστόν, παλμική, και έπομένως ή φλόξ του βολταιϊκου τόξου θέλει καταστή κέντρον ταχυτάτων παλμικών κινήσεων (30000 κατά δευτερόλεπτον), ένεκα τών όποιών θέλει παραχθῆ συνεχής μουσικός ήχος, όστις είναι άκουστός εκ μικράς άποστάσεως. Ένεκα τούτου τó φαινόμενον τούτο εκλήθη **ξδον τόξου**. Άλλα



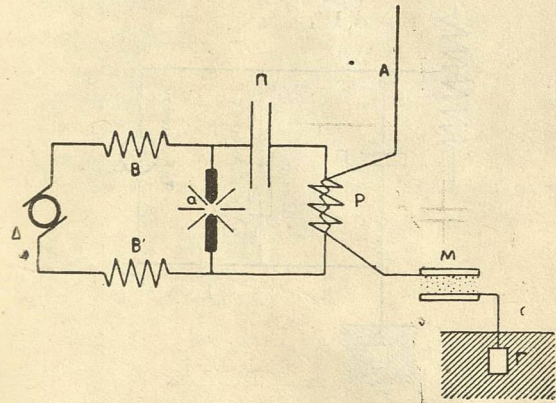
Σχ. 224. Τρόπος παραγωγής του ξδοντος τόξου Duddell - Poulsen.

πλην του μουσικου ήχου τó βολταιϊκόν τόξον εκπέμπει και ήλεκτρικά κύματα, άτινα είνε συνεχή και σταθεράς έντάσεως (ένεκα τής συνεχούς επικοινωνίας του συμπυκνωτου μετά τής ήλεκτρικής πηγής) και έπομένως κατάλληλα δια τó ασύρματον τηλεφώνον.

Τοιοτοτρόπως δια του ξδοντος βολταιϊκου τόξου μετατρέπεται τó συνεχές ρεύμα τής ήλεκτρικής πηγής εις έναλλασσόμενα ρεύματα μεγάλης συχνότητας, ήτοι εις ήλεκτρικά κύματα.

Βραδύτερον ó Poulsen ηξῆσεν τόν αριθμόν τών παλμών του τόξου (500000 κατά δευτερόλεπτον) δια μέθόδου, ήτις συνίστατο εις τήν παραγωγήν του ξδοντος τόξου οχι έν τῷ έλευθέρῳ άέρι, όπως συμβαίνει κατά τήν μέθόδον του Duddell, άλλ' έντός υδρογόνου ή φωταερίου. Από τής τελειοποίησεως δέ ταύτης χρονολογούνται και αι πρακτικαι δοκιμαί δια τήν μεταβίβασιν τής φωνής εις άποστάσεις δια τών έρτζιανών κυμάτων.

**320. Συσκευή ασυρμάτου τηλεφώνου.**—Εις πάσαν πλήρη συσκευήν ασυρμάτου τηλεφώνου διακρίνομεν δύο μέρη, τόν πομπόν και τόν δέκτην. **1ον. Πομπός.** Ουτος χρησιμεύει δια νά δέχεται και νά μεταβιβάξη φωνήν του λαλούντος. Ως τοιοϋτος χρησιμεύει τó ξδον τόξου Poulsen, εις τó όποιον παρεντίθεται και μικροφώνον έξ άνθρακος, τó όποιον, ώς γνωστόν, παρουσιάζει μεταβλητήν ήλεκτρικήν αντίστασιν. τó μὲν κύκλωμα του ξδοντος τόξου παρεντίθεται εις τó έσωτερικόν πηνίον ένός μεταμορφωτου Ρ (σχ. 225), τó δέ μικροφώνον Μ πα-



Σχ. 225. Πομπός ασυρμάτου τηλεφώνου.

ρίθεται εις τó έξωτερικόν πηνίον του μεταμορφωτου, τó όποιον περιβά- νει τήν κεραϊαν Α, τó μικροφώνον Μ και τήν γήν Γ.

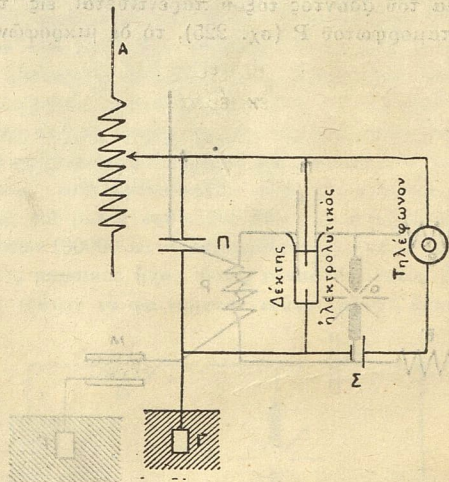
Όταν όμιλή τις ένώπιον του μικροφώνου, τότε εις τά δια του τόξου παραγόμενα συνεχή κύματα επιπροστίθενται και τά ήλεκτρικά κύματα τά παραγόμενα τῆ βοηθεία του μικροφώνου, δια τής ήτις του λαλούντος. Τά τελευταία ταυτα κύματα τροποποιουσι τά πρώτα και οϋτω προζύπτουσι σύνθετα κύματα μικροτέρας συχνότητος (30000 κατά δευτερόλεπτον), άτινα εκπέμπονται εκ του άκρου τής κεραϊας και είναι δυνατόν νά τά συλλάβη κατάλληλος δέκτης.

**2ον. Δέκτης.** Ουτος χρησιμεύει δια νά δέχεται και νά μεταβιβάξη φωνήν εις τó οϋς του άκροατου. Ως τοιοϋτος χρησιμεύει πάντοτε ηλεκτρικός δέκτης λιαν εύπαθής, του όποιου τó κύκλωμα περιλαμβάνει τήν κεραϊαν Α και τήν γήν Γ (σχ. 226). Καί έφ' όσον μὲν τά δια του ξδοντος τόξου εκπεμπόμενα κύματα δέν τροποποιουνται δια του μικροφώνου, τó έλασμα ή ή μεμβράνα του τηλεφώνου, παραμένει έντάξει. Μόλις όμως όμιλήση τις πρό του μικροφώνου του πομπου, τά κύματα, τροποποιούμενα, θέτουσιν εις κραδασμόν τó έλασμα του τηλε-



φώνου, τὸ ὁποῖον ἀναπαράγει πᾶσαν φωνὴν παραγομένην πρὸ τοῦ μικροφώνου μετὰ μεγάλης εὐκρινείας καὶ μετὰ τῆς αὐτῆς χροιάς.

**321. Πλεονεκτήματα ἀσύρματου τηλεφώνου.** Τὸ ἀσύρματον τηλεφώνον παρουσιάζει σπουδαῖα πλεονεκτήματα. Πράγματι, αἱ διαδοχικαὶ συνεννοήσεις γίνονται ἀπ' εὐθείας, χωρὶς νὰ ἀπαιτεῖται ἡ παρουσία εἰδικοῦ προσώπου διὰ τὴν μεταβίβασιν καὶ τὴν μετάφρασιν τῶν



Σχ. 226. Δέκτης ἀσύρματου τηλεφώνου.

τηλεγραφημάτων, ὅπως συμβάνει εἰς τὸν ἀσύρματον τηλεγράφων. Πλὴν τούτου ὁ ἦχος μεταβιβάζεται διὰ τοῦ ἀσύρματου τηλεφώνου εὐκρινέστερον παρὰ διὰ τοῦ κοινῶν τηλεφώνου. Οὐδεμίαν λοιπὸν ἀμφιβολίαν, ὅτι εἰς τὸ μέλλον τὸ ἀσύρματον τηλεφώνον θὰ ἀντικαταστήσῃ τὸ κοινὸν τηλεφώνον.

**322. Ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός.** — (Θεωρία Maxwell). Ἡ μεγάλη ὁμοιότης τῶν ἠλεκτρικῶν καὶ τῶν φωτεινῶν κυμάνσεων, τὴν ὁποῖαν εἶδομεν ἀνωτέρω, ἐπεβεβαίωσε τὴν περιφημὸν θεωρίαν, τὴν ὁποῖαν ἴδρυσεν ὁ Maxwell τῷ 1873, καὶ κατὰ τὴν ὁποῖαν ἀμφότερα τὰ φαινόμενα, φωτεινὰ καὶ ἠλεκτρικὰ ἀποδίδονται εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν αἰτίαν.

Σήμερον παραδέχονται ὅτι αἱ φωτειναὶ καὶ ἠλεκτρικαὶ κυμάνσεις εἶνε ἀποτέλεσμα τῆς παλμικῆς κινήσεως τῶν μορίων μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς οὐσίας, ἣτις ἐκλήθη *αιθέρ*. Πράγματι, μὴ φωτεινὴ πηγὴ, π. χ. κηρίον ἀνημμένον, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ - Π.Τ.Δ.Ε.  
 ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΟΛΙΚΟΥ  
 ΜΟΥΣΕΙΑΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ (Δ.Β.Σ.Μ.Υ.)  
 ΑΡΧΕΙΟ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΕΙΟΥ &  
 ΠΑΙΔ. ΑΓΛΑΦΟΤΕΛΕΣΤΕΡΟΥ (Α.-Β.Α.Κ.Η.)  
 ΑΡΙΘΜ. ΕΙΣΑΓ. 2282  
 ΗΜΕΡ. ΕΙΣΑΓ. 5-2-11  
 ΤΑΞΙΝ. ΑΡΙΘΜ. 530.076 ΣΑΜ

