

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΑΜΙΩΤΑΚΗ

ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ ΣΤ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ

ΚΑΙ ΤΗΝ

ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΛΟΙΠΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ
ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ

ΕΚΔΟΣΙΣ ΤΡΙΤΗ

ἀντίτυπα 2000

Τιμῆται μετὰ τοῦ βιβλιοσήμου καὶ φόρου δρ. 62.80
 Βιβλιοσήμον καὶ Φόρος Ἀναγκ. Δανείου ἀξίας δραχ. 21.40
 Ἀριθμὸς ἐγκριτικῆς ἀποφάσεως 4.794/3-8-33
 Ἀριθμὸς ἀδείας κυκλοφορίας $\frac{54.186}{11.10.33}$



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΕΚΔΟΤΑΙ· ΙΩΑΝΝΗΣ Δ. ΚΟΛΛΑΡΟΣ & ΣΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΤΗΣ «ΕΣΤΙΑΣ»

46α—Ὁδὸς Σταδίου—46α

1933

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ ΣΤ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ
ΚΑΙ ΤΗΝ
ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΩΝ ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΛΟΙΠΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ
ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ

ΕΚΔΟΣΙΣ ΤΡΙΤΗ

Ἀντίτυπα 2.000

Ἀριθμὸς ἐνταξιακῆς ἀποφάσεως

41794

3/8/33



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ὑΠΑΙ: ΙΩΑΝΝΗΣ Δ. ΚΟΛΛΑΡΟΣ & ΣΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΤΗΣ «ΕΣΤΙΑΣ»

Ὁδὸς Σταδίου 46α

1933

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

K. S. Karamanlidis



Τυπογραφεῖον Παρασκευᾶ Λεῶνη

ΦΥΣΙΚΗ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

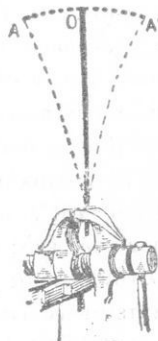
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

1. Όρισμοί. — Τὰ φαινόμενα τὰ προκαλοῦντα εἰς ἡμᾶς τὸ αἰσθημα, τὸ ὁποῖον αἰσθανόμεθα διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς καλοῦνται *ἀκουστικά φαινόμενα*. Ἡ δὲ αἰτία, ἡ προκαλοῦσα ταῦτα καλεῖται *ἦχος*, καὶ τὸ μέρος τῆς φυσικῆς, τὸ πραγματευόμενον περὶ τοῦ ἤχου καλεῖται *ἀκουσικὴ*.

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



Σχ. 1. Παλμικὴ κίνησις ἐλάσματος.

ἐκατέρωθεν τῆς θέσεως Ο καὶ τελευταῖον ἡρεμεῖ. Ἐάν τὸ ἔλασμα εἶναι μακρόν, αἱ ταλαντεύσεις εἶναι βραδεῖαι, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ τὰς παρακολουθήσῃ. Ὅμοίαν 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 *παλμικὴ 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', ἣ καὶ ἀντιστρόφως, καλεῖται *ἀπλὴ 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, ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν ἄκρων θέσεων τοῦ ἐλάσματος καλεῖται *πλάτος* τοῦ παλμοῦ. Τὸ πλάτος τῶν παλμῶν ἐλαττοῦται λίαν ταχέως καὶ τέλος γίνεται μηδέν.

Β') **Καταγραφὴ παλμικῆς κινήσεως. Διαπασῶν.** Τὸ διαπασῶν (τονοδότης) εἶναι μικρὸν ὄργανον χρησιμεῦον πρὸς ἀρμοσίαν (συντονισμόν) τῶν μουσικῶν ὀργάνων. Ἀποτελεῖται ἐξ ἐλάσματος χαλυβδίνου, κεκαμμένου κατὰ τὸ σχῆμα τοῦ γραμματος υ, 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 προστρίψωμεν αὐτὸ διὰ τοξαρίου, εἴτε τέλος ἐὰν εἰσαγάγωμεν μεταξὺ τῶν σκελῶν του μετάλλινον στέλεχος καὶ τὸ σύρωμεν κατόπιν 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 μετάλλινον ἔλασμα, ἀπολήγον εἰς μικρὰν ἀκίδα Α (σχ. 3). Ἡ ἀκίς ἐφάπτεται ὑαλίνης πλάκας, ἥτις ἔχει καλυφθῇ διὰ λεπτοῦ στρώματος αἰθάλης⁽¹⁾. Ἐάν τὸ διαπασῶν τεθῇ εἰς παλμικὴν κίνησιν

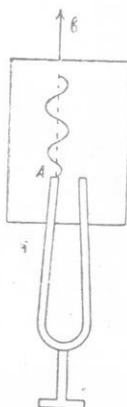
(1) Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν φέροντες τὴν πλάκα ὑπεράνω φλογὸς κηρίου ἢ πετρελαίου.

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

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



Σχ. 2. Διαπασῶν.



Σχ. 3. Καταγραφή παλμικῆς κινήσεως διαπασῶν.

ἔπειτα τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἀκούομεν ἦχον καὶ συγχρόνως παρατηροῦμεν, ὅτι λαμβάνει σχῆμα ἀτρακτοειδές (σχ. 4) διότι πάλλεται.



Σχ. 4. Παλμικὴ κίνησις χορδῆς.

2ον) Ἐὰν ἐγγίσωμεν διὰ τῶν δακτύλων μας τὰ σκέλη ἡχοῦντος 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.

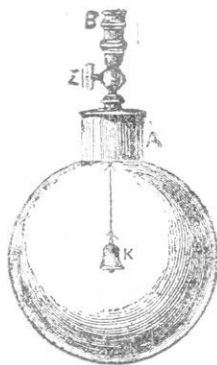
3ον) Ἐὰν κώδωνα μετάλλινον ἢ ὑάλινον κρατήσωμεν ὀριζοντίως καὶ ρίψωμεν ἐντὸς αὐτοῦ ὀλίγην ἄμμον λεπτὴν καὶ ξηράν, ἢ ἄλλα μικρὰ τεμάχια σώματός τινος, καὶ κατόπιν κρούσωμεν αὐτόν, παρατηροῦμεν, ὅτι ταῦτα ἀναπηδῶσι διότι δέχονται τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν τοιχωμάτων τοῦ ἠχοῦντος κώδωνος (σχ. 5).

Συμπέρασμα. Ὁ ἦχος εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παλμικῆς κινήσεως τῶν ἠχογόνων σωμάτων.

3. Διάδοσις τοῦ ἤχου ἐν τῷ κενῷ. — **Πείραμα.** Λαμβάνομεν σφαῖραν ὑαλίνην κοίλην, ἐντὸς τῆς ὁποίας κρέματαί κω-



Σχ. 5. Παλμικὴ κίνησις κώδωνος.



Σχ. 6. Ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται ἐν τῷ κενῷ.

δώνιον K (σχ. 6). Ἐὰν κινήσωμεν τὴν σφαῖραν, 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 σφαίρας.

Συμπέρασμα. Ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται ἐν τῷ κενῷ.

4. Διάδοσις τοῦ ἤχου διὰ τῶν ἐλαστικῶν σωμάτων. —

1ον) Ἐὰν εἰς τὴν ὑαλίνην σφαῖραν τοῦ ἀνωτέρω πειράματος ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ ἀντὶ ἀέρος οἶονδῆποτε ἀέριον, ἀκούομεν καὶ πάλιν τὸν ἦχον τοῦ κωδωνίου, ὅταν κινῶμεν τὴν σφαῖραν.

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

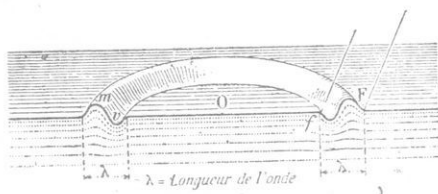
στρων γνωρίζουσιν, ὅτι ἀσθενὴς κρότος δύναται νὰ τρέψη εἰς φυγὴν τοὺς ἰχθύς.

3ον) Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὸ οὖς ἡμῶν εἰς τὸ ἄκρον ἐπιμήκους δοκοῦ ξυλίνης ἢ μεταλλίνης, ἀκούομεν εὐκρινέστατα καὶ τὸν ἀσθενέστατον ἤχον ὅστις παράγεται εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον, ὅπως εἶναι ὁ ἤχος ὁ παραγόμενος διὰ τῆς προστριβῆς τοῦ ξύλου διὰ περοῦ 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 ἐκπυρσοκρότησιν τηλεβόλου ἐξ ἀποστάσεως πολλῶν χιλιομέτρων. 5ον) Καὶ λεπτὰ νήματα ὅταν εἶναι τεταμένα διαδίδουσι τὸν ἤχον, ὅπως μᾶς ἀποδεικνύει τὸ διὰ τοῦ νήματος τηλεφώνον τῶν παιδῶν.

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

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

5. Τρόπος διαδόσεως τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι.—Α') Σχηματισμὸς κυμάτων ἐπὶ ἡρεμούσης λίμνης. Ἐὰν ἐπὶ ἡρεμούσης λίμνης ῥίψωμεν λίθον, παρατηροῦμεν ὅτι ἀπὸ τὸ σημεῖον τῆς



Σχ. 7. Σχηματισμὸς ὑδατηροῦ κύματος.

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

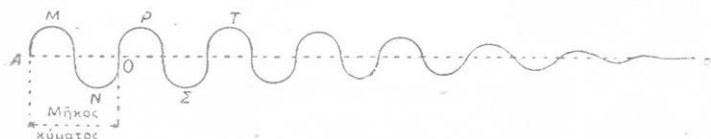
Ἐὰν δὲ εἰς τι σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης θέσωμεν τεμάχιον φελλοῦ, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι κατὰ τὴν δίοδον τῶν κυμάτων ὁ φελλὸς ἀπλῶς ἀνέρχεται καὶ κατέρχεται διαδοχικῶς, χωρὶς ὅμως καὶ νὰ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον τῶν κυμάτων.

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 ὁριζοντίας μετατοπίσεως τοῦ ὕδατος.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς. Τὸ ὕδωρ ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἔπεσεν ὁ λίθος κατέρχεται κατ' ἀρχάς, ἀλλὰ κατόπιν, ἔνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος ἀνέρχεται, ἔπειτα πάλιν κατέρχεται ἔνεκα 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 πάλλονται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω χωρὶς ὅμως καὶ νὰ εὗρισκονται εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν.

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



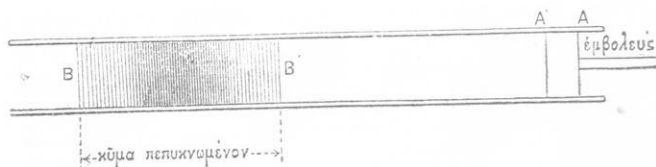
Σχ. 8. Γραφικὴ παράστασις ὑδατηρῶν κυμάτων.

ἐπιπέδου, διερχομένου διὰ τοῦ κοινοῦ κέντρου τῶν κυμάτων. Θέλει προκύψει κυματοειδὴς καμπύλη ΑΜΝΡΣΤ (σχ. 8), ἣτις παριστᾷ τὴν κατάστασιν τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης κατὰ τινὰ στιγμὴν. Ἡ εὐθεῖα ΑΒ παριστᾷ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ἡρεμούσης λίμνης. Τῆς καμπύλης τὰ ἐξογκώματα καὶ τὰ κοιλάσματα παριστῶσι τὰ κυρτὰ καὶ τὰ κοῖλα κύματα, ἅτινα, καθὼς δεικνύει ἡ καμπύλη, βαίνουνσιν ἐλαττούμενα καὶ ἐπὶ τέλους ἐξαφανίζονται.

Μῆκος τοῦ κύματος. Τῆς κυματοειδοῦς καμπύλης τὸ τμήμα ΑΜΝΟ (σχ. 8) ὅπερ περιλαμβάνει ἓν ἐξογκῶμα καὶ ἓν κοιλῶμα ἀποτελεῖ ἓν πλῆρες κύμα, τὸ δὲ μῆκος ΑΟ τοῦ τμήματος τούτου παριστᾷ τὸ μῆκος τοῦ κύματος.

Ὁρισμοί. Καλεῖται *πλήρες κύμα* τὸ σύνολον δύο κυμάτων ἀντιθέτων (κυρτὸν καὶ κοῦλον), καὶ *μῆκος τοῦ κύματος*, ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο διαδοχικῶν σημείων, ἅτινα κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν ἔχουσι τὴν αὐτὴν φάσιν κινήσεως.

B') *Σχηματισμὸς πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων, ἐντὸς κυλινδρικοῦ σωλῆνος.* Θεωρήσωμεν κυλινδρικὸν σωλῆνα AB (σχ. 9) μακροῦν καὶ πλήρη ἀέρος, οὗτινος τὸ ἐν ἄκρον κλείομεν



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

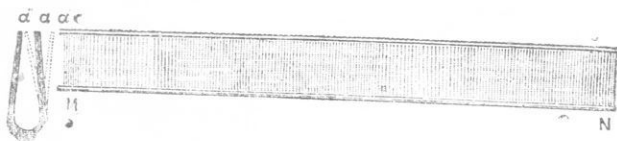
δι' ἐμβολέως κινητοῦ. Ἄς ὠθήσωμεν κατ' ἀρχὰς τὸν ἐμβολέα ἀποτόμως πρὸς τὰ ἔμπροσ, ἵνα μεταβῇ ἐκ τῆς θέσεως A εἰς τὴν A'. Τὸ πρῶτον στρώμα τοῦ ἀέρος συμπιέζεται ἀμέσως, ἀλλὰ ταχέως ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικόν του ὄγκον, ὁπότε ὠθεῖ τὸ ἀμέσως ἐπόμενον στρώμα, ὅπερ συμπιέζεται. Ἀλλὰ καὶ τὸ δεύτερον τοῦτο στρώμα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

Ἐὰν ἤδη σύρωμεν τὸν ἐμβολέα ἀποτόμως πρὸς τὰ ὀπίσω, τὸ πρῶτον στρώμα τοῦ ἀέρος ἀραιούται ἀμέσως, διότι ἔρχεται πρὸς τὰ ὀπίσω, ἵνα καταλάβῃ τὸ σχηματισθὲν κενόν. Ἀλλὰ τὸ στρώμα τοῦτο ταχέως συμπιέζεται ὑπὸ τοῦ δευτέρου, καὶ οὕτω τὸ μὲν πρῶτον συμπιέζομενον καταλαμβάνει τὸν ἀρχικόν του ὄγκον, τὸ δὲ δεύτερον ἀραιούται ἀμέσως. Ἀλλὰ καὶ τὸ δεύτερον στρώμα ταχέως συμπιέζεται ὑπὸ τοῦ τρίτου, ὅπερ οὕτω ἀραιούται καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιουτοτρόπως ἡ παραχθεῖσα ἀραιώσις τοῦ πρώτου στρώματος διαδίδεται ἐν τῷ ἀέρι τοῦ σωλῆνος πρὸς τὰ πρόσω ἀπὸ στρώματος εἰς στρώμα μέχρι τοῦ ἐτέρου ἄκρου αὐτοῦ. Ἐὰν καὶ πάλιν ὠθήσωμεν τὸν ἐμβολέα ἀποτόμως πρὸς τὰ ἔμπροσ καὶ

ἔπειτα τὸν σύρωμεν πρὸς τὰ ὀπίσω, ἢ ἀραιώσῃς παρακολουθεῖται ὑπὸ συμπίσεως καὶ αὕτη ὑπὸ ἀραιώσεως καὶ οὕτω καθεξῆς.

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

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



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

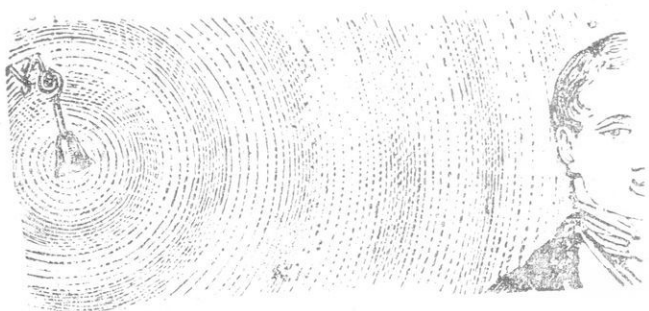
τὸν ἄξονα τοῦ σωλῆνος καὶ ἀκολουθοῦσιν ἄλληλα μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος.

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 ἀραιώσιν. Τὰ κύματα ταῦτα εἶναι ἐπίπεδα καὶ παράλληλα πρὸς ἄλληλα.

Γραφικὴ παράστασις τῶν πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων. Ἡ κατάστασις τοῦ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἀέρος κατὰ τινα χρονικὴν στιγμὴν δύναται νὰ παρασταθῇ διὰ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 8, ἐνθα AB παριστᾷ τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου, τὰ δὲ ἔξογκώματα καὶ κοιλάσματα τῆς καμπύλης παριστῶσι τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα. Τὸ σύνολον δύο κυμάτων ἀντιθέτων (πυκνὸν καὶ ἀραιὸν) καλεῖται πλήρες κύμα, καὶ μῆκος 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 πέριξ ἀέρα, ἐν τῷ ὁποίῳ παράγονται κύματα ἐναλλάξ πυκνὰ καὶ ἀραιά (σχ. 11). Τὰ κύματα ταῦτα εἶνε σφαιρικὰ καὶ

ὁμόκεντρα καὶ καλοῦνται *ἡχητικὰ κύματα*, διαδίδονται δὲ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 11). Αἱ δὲ διευθύνσεις καθ' ἃς μεταδίδονται τὰ ἡχητικὰ κύματα καλοῦνται *ἡχητικαὶ ἀκτίνες*. Ἡχητικὰ κύματα δὲν παράγονται ἐν τῷ κενῷ, ἀλλὰ μόνον ἐν τοῖς ἐλαστικοῖς σώμασι, στερεοῖς, ὑγροῖς καὶ ἀερίοις.



Σχ. 11. Ἡχητικὰ κύματα.

Διὰ τῶν ἡχητικῶν κυμάτων ἐν τῷ ἀέρι δὲν μετατοπίζεται ὁ αἶρ, ἀλλ' ἀπλῶς διαδίδεται δι' αὐτῶν ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἡχογόνου σώματος.

Γραφικὴ παράστασις τῶν ἡχητικῶν κυμάτων. Ἡ κατάστασις τοῦ ἀέρος περὶ τὸ ἡχογόνον σῶμα κατὰ τινα χρονικὴν στιγμὴν δύναται νὰ παρασταθῇ διὰ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 8, ἔνθα AB δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς μία τῶν ἀκτίνων τῶν σφαιρικῶν κυμάτων τοῦ ἀέρος. Τὰ ἐξογκώματα καὶ τὰ κοιλίσματα τῆς καμπύλης παριστῶσι τὰ πυκνὰ καὶ τὰ ἀραιὰ κύματα. Τὸ σύνολον ἐνὸς πυκνοῦ καὶ ἐνὸς ἀραιοῦ κύματος ἀποτελεῖ ἐν πληρῆς κύμα. Τὸ μῆκος τοῦ κύματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μηκῶν τοῦ πυκνοῦ καὶ τοῦ ἀραιοῦ κύματος.

6. Ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι.—Α') *Πειράματα.* 1ον) Ὅταν παρατηρῶμεν μακρόθεν κυνηγὸν νὰ πυροβολῇ, βλέπομεν τὸν καπνὸν προτοῦ ἀκούσωμεν τὸν κρότον τοῦ πυροβολισμοῦ. 2ον) Ὅταν παρατηρῶμεν μακρόθεν ὑλοτόμον νὰ κτυπᾷ διὰ τοῦ πελέκεως τὸν κορμὸν δένδρου, βλέπομεν τὸν πέλεκυν νὰ κτυπᾷ τὸν κορμὸν, προτοῦ ἀκούσωμεν τὸν κρότον. 3ον) Κατὰ τὸν χειμῶνα, ἐν καιρῷ θυέλλης (ἀστραπὴ-βροντή), κατὰ πρῶτον βλέπομεν τὴν ἀστραπὴν καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν τὴν βροντὴν.

Συμπέρασμα. Ὁ ἥχος διαδίδεται βραδύτερον τοῦ φωτός.

Καλεῖται **ταχύτης** τοῦ ἤχου τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπ' αὐτοῦ ἐντὸς ἑνὸς 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 ἑξῆς: Δύο τηλεβόλα ἐτοποθετήθησαν ἐπὶ δύο σταθμῶν (λόφων), τῶν ὁποίων ἡ ἀπόστασις μετρηθεῖσα ἀκριβῶς εὐρέθη ἴση μὲ 18613 μέτρα. Τὰ τηλεβόλα ἐξεπυρσοκρότουν ἀλληλοδιαδόχως καὶ εἰς τοὺς δύο σταθμοὺς πρὸς ἀποφυγὴν τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἀνέμου. Ὁ παρατηρητὴς ἑκατέρου σταθμοῦ ἐσημεῖωνε τὸν χρόνον τὸν παρερχόμενον ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἔβλεπε τὴν λάμπιν μέχρι τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἤκουε τὸν κρότον τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως.

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

Ἄλλα πειράματα γινόμενα 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 ρύθης τῆς πυκνότητος τοῦ ἀερίου.

Ἡ ταχύτης T τοῦ ἤχου ἐν ἀερίῳ θερμοκρασίας θ° καὶ πυκνότητος π παρέχεται ὑπὸ τοῦ ἐπομένου τύπου

$$T = T^0 \sqrt{\frac{1 + \kappa \theta}{\pi}}$$

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

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

3ον) **Ἐν τοῖς στερεοῖς.** Ἐν τοῖς στερεοῖς ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἢ ἐν τοῖς ὑγροῖς. Ἐν τῷ χυτοσίδηρῳ ἀπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν εἶναι 3280 μέτρα, ἐν τῷ ἀργιλίῳ 5100 μέτρα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Ὁ ἤχος τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως τηλεβόλου ἐχρειάσθη 15 δευτερόλεπτα, ἵνα μεταδοθῇ ἀπὸ τινος τόπου εἰς ἕτερον. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τόπων. Ταχύτης τοῦ ἤχου 340 μέτρα. (Ἀπόκρ. 5100 μέτρα).

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

3) Ἐκ τοῦ στομίου φρέατος 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 εὑρεθῇ τὸ βάθος τοῦ φρέατος. Ταχύτης τοῦ ἤχου 337 μέτρα. (Ἀπόκρ. 40.50 μέτρα).

4) Ὑδραγωγὸς σωλὴν ἐκ χυτοσιδήρου ἔχει μῆκος 951.25 μέτρα. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ εὑρίσκεται κώδων ὅστις κρούεται. Ἐκ τοῦ ἄλλου ἀκούονται δύο διαδοχικοὶ ἤχοι, ὁ μὲν διὰ μέσου τοῦ μετάλλου, ὁ δὲ διὰ μέσου τοῦ ἀέρος τοῦ σωλῆνος. Μεταξὺ τῶν δύο τούτων ἤχων παρέρχονται 2,5 δευτερόλεπτα. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ χυτοσίδηρῳ; Ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι 340 μέτρα. (Ἀπόκρ. 3280 μέτρα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄.

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

8. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου.— Πείραμα. Ἐπὶ ἡρεμούσης ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος δεξαμενῆς ῥίπτομεν λίθον, ὁπότε, ὥς εἴπομεν, σχηματίζονται ἐπ' αὐτῆς κύματα, ἐναλλὰξ 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-

ἄκτινες ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ Α. Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον προσπιτώσεως Γ φέρωμεν τὴν κάθετον ΗΓ, αὕτη μετὰ τῆς προσπιπτούσης ἠχητικῆς ἀκτίνος σχηματίζει τὴν γωνίαν ΑΓΗ, ἣτις καλεῖται **γωνία προσπιτώσεως**, μετὰ δὲ τῆς ἀνακλωμένης ἠχητικῆς ἀκτίνος σχηματίζει τὴν γωνίαν ΒΓΗ, ἣτις καλεῖται **γωνία ἀνακλάσεως**. Αἱ δύο αὗται γωνίαι εἶναι ἴσαι.

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

9. Ἠχώ.— Συμβαίνει πολλάκις ὅταν ἰστάμεθα ἐνώπιον κωλύματος λ. χ. τοίχου, καὶ φωνῶμεν μεγαλοφώνως, νὰ ἀκούωμεν μετὰ τινα χρόνον ἐπαναλαμβανόμενον τὸν αὐτὸν ἦχον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἠχώ (κ. ἀντίλαλος).

Ῥορισμός. Καλεῖται **ἠχώ** τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ἠχός τις ἐπαναλαμβάνεται ἔνεκα τῆς ἀνακλάσεως αὐτοῦ ἐπὶ τινος κωλύματος.

Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τοῦ κωλύματος ἵνα παραχθῇ ἠχώ; Ἐπειδὴ τὸ αἶσθημα τὸ ὅποιον παράγεται ἐπὶ τοῦ ἀκουστικοῦ ἡμῶν ὄργάνου διαρκεῖ τοῦλάχιστον $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου, διὰ νὰ ἀκούσωμεν εὐκρινῶς δύο διαδοχικοὺς ἦχους **βραχεῖς**, πρέπει νὰ μεσολαβήσῃ μετὰξὺ αὐτῶν χρονικὸν διάστημα μεγαλύτερον τοῦ $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου. Ἐπομένως ὁ ἀνακλόμενος ἦχος πρέπει νὰ φθάσῃ εἰς τὰ ὦτά μας τοῦλάχιστον $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου βραδύτερον ἀπὸ τὸν ἀπ' εὐθείας ἦχον, 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 ἦχον.

Διὰ τοὺς **ἐνάρθρους** ἦχους ἵνα ἀκουσθῇ εὐκρινῶς ἠχώ, ἀπαιτεῖται ἀπέστας τοῦλάχιστον διπλάσια, δηλ. 34 μέτρων. Τοῦτο δὲ διότι διὰ νὰ ἀκούσωμεν εὐκρινῶς δύο διαδοχικοὺς ἦχους ἐνάρθρους, πρέπει νὰ μεσολαβήσῃ μετὰξὺ αὐτῶν χρονικὸν διάστημα μεγαλύτερον τοῦ $\frac{1}{5}$ τοῦ δευτερολέπτου. Πρέπει λοιπὸν ὁ ἀνακλόμενος ἦχος νὰ φθάσῃ εἰς τὰ ὦτά μας $\frac{1}{5}$ τοῦ δευτερολέπτου βραδύτερον

ἀπὸ τὸν ἀπ' εὐθείας ἦχον, δηλ. νὰ διανύσῃ $\frac{340}{5} = 68$ μέτρα. Ὁ παρατηρητὴς λοιπὸν πρέπει νὰ εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κώλυμα τοῦλάχιστον 34 μέτρων.

Ἡ ἦχώ ὅταν ἐπαναλαμβάνῃ ἀπαξ μόνον ἦχόν τινα λέγεται **ἀπλῇ**, ὅταν δὲ ἐπαναλαμβάνῃ αὐτὸν πολλάκις λέγεται **πολλὰπλῇ**. Πολλὰπλῇ ἦχώ ἀκούεται ὅταν ἐνώπιον ἡμῶν ὑπάρχωσι πολλὰ κωλύματα, εἰς διαφόρους ἀποστάσεις κείμενα, ἢ ὅταν ἐκατέρωθεν ἡμῶν ὑπάρχωσι δύο κωλύματα κείμενα ἀπέναντι ἀλλήλων, λ. χ. δύο τοῖχοι παράλληλοι, ὅποτε ἕκαστον κώλυμα θὰ ἀνακλᾷ τὸν παραγόμενον ἦχον καὶ ὁ παρατηρητὴς θὰ ἀκούῃ αὐτὸν πολλάκις.

10 Ἀντήχησης. Συμβαίνει πολλάκις, ὅταν ἰστάμεθα ἐνώπιον κωλύματος καὶ φωνῶμεν, νὰ ἀκούσωμεν τὸν ἦχον ἰσχυρότερον καὶ διαρκέστερον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀντήχησης.

Ὁρισμός. Καλεῖται **ἀντήχησης** τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ἦχός τις γίνεται ἰσχυρότερος καὶ διαρκέστερος.

Ἵνα παραχθῇ ἀντήχησης, πρέπει ἡ ἀπόστασις τοῦ ὁμιλοῦντος ἀπὸ τοῦ κωλύματος νὰ εἶναι μικροτέρα τῶν 17 μέτρων διὰ τοὺς βραχεῖς ἦχους. Διότι τότε ὁ ἀνακλώμενος ἦχος ἐπιστρέφει εἰς τὰ ὦτα ἡμῶν τόσον ταχέως, ὥστε συμπίπτει σχεδὸν μὲ τὸν ἀπ' εὐθείας ἦχον καὶ τὸν καθιστᾷ ἰσχυρότερον καὶ διαρκέστερον.

Ἀντήχησης παράγεται ὅταν φωνῶμεν ὑπὸ τοὺς θόλους τῶν γεφυρῶν, ἐντὸς σπηλαίων, θεάτρων, ἐκκλησιῶν, δεξαμενῶν, αἵθουσῶν κλπ. Ἵνα αἰθουσά τις, π.χ. ἐκκλησία, εἴναι καλὴ ἀπὸ ἀπόψεως ἀκουστικῆς, πρέπει νὰ παράγεται ἐν αὐτῇ μόνον ἀντήχησης, αὕτη δὲ νὰ εἶναι ὅσον τὸ δυνατόν μικρᾶς διαρκείας. Αἰθίθουσαι εἶναι συνήθως ἀντηχητικαὶ ὅταν εἶναι γυμναί, ὅταν ὁμως αὗται περιέχωσι διάφορα ἀντικείμενα, λ. χ. τάπητας, ὑφάσματα, ἐπιπλα κλπ., ἡ ἀντήχησης ἐμποδίζεται, διότι ὁ ἦχος κατὰ τὸ πλεῖστον ἀπορροφᾶται ὑπὸ τῶν ἀντικειμένων, κατ' ἐλάχιστον δὲ ἢ καὶ οὐδόλως ἀνακλᾶται.

Συμπέρασμα. Ἡ ἦχώ καὶ ἡ ἀντήχησης ἐξηγοῦνται διὰ τῆς ἀνακλάσεως τοῦ ἦχου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Δύο τοῖχοι Α καὶ Β εἶναι παράλληλοι καὶ ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων 127,50 μέτρα. Μεταξὺ αὐτῶν τοποθετεῖται παρατηρη-

τῆς εἰς ἀπόστασιν 85 μέτρων ἀπὸ τοῦ Α καὶ 42,50 μέτρων ἀπὸ τοῦ Β, ὅστις κατὰ τινὰ στιγμὴν ρίπτει πυροβολισμόν. Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἀκούσῃ διαδοχικῶς τὴν ἡχὴ τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως ; Ταχύτης τοῦ ἡχοῦ 340 μέτρα. (Ἀπόκρ. Τὴν πρώτην ἡχὴν μετὰ $\frac{1}{4}$ τοῦ δευτερολέπτου καὶ τὰς ἄλλας μεθ' ἑκάστον $\frac{1}{4}$ τοῦ δευτερολέπτου).

2) Εἷς τι πείραμα πρὸς βυθομέτρησιν τῆς θαλάσσης διὰ τῆς ἡχητικῆς μεθόδου εὐρέθη ὅτι παρῆλθον 3,246 δευτερόλεπτα ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν παρήχθη ὁ ἡχος μέχρι τῆς στιγμῆς καθ' ἣν τὰ ὄργανα ἐσημείωσαν τὴν ἐπάνοδον αὐτοῦ. Νὰ εὐρεθῇ τὸ βάθος τῆς θαλάσσης εἰς τὸν τόπον τοῦ πειράματος. Ταχύτης τοῦ ἡχοῦ ἐν τῷ ὕδατι 1435 μέτρα. (Ἀπόκρ. 2329 μέτρα).

3) Δύο παρατηρηταὶ Α καὶ Β, ἀπέχοντες ἀλλήλων 90 μέτρα, εὐρίσκονται εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἀπὸ τινος κώλυματος τὸ ὁποῖον παράγει ἡχώ. Ἐκ τούτων ὁ Α πυροβολεῖ, ὁ δὲ Β ἀκούει πρῶτον τὸν ἀπ' εὐθείας ἡχον καὶ μετὰ παρέλευσιν $\frac{3}{17}$ δευτερολέπτων τὸν ἀνακλώμενον. Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κώλυμα εὐρίσκονται οἱ παρατηρηταί ; Ταχύτης τοῦ ἡχοῦ 340 μέτρα. (Ἀπόκρ. 60 μέτρα).

4) Δύο τοῖχοι Α καὶ Β εἶναι παράλληλοι. Μεταξὺ αὐτῶν τοποθετεῖται παρατηρητῆς ἀπέχων 120 μέτρα ἀπὸ τὸν Α τοῖχον καὶ 390 μέτρα ἀπὸ τὸν Β. Ἐὰν οὗτος φωνήσῃ ἐστραμμένος πρὸς τὸν τοῖχον Α, μετὰ πόσα δευτερόλεπτα θὰ ἀκούσῃ τὸν ἡχὸ α) ἐκ τοῦ τοίχου Α καὶ β) ἐκ τοῦ τοίχου Β ; Ταχύτης τοῦ ἡχοῦ 340 μέτρα. (Ἀπόκρ. α) $\frac{12}{17}$ δευτερ. καὶ β) 3 δευτερ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

11. Χαρακτῆρες τοῦ ἡχοῦ. Οἱ ἡχοι τοὺς ὁποίους παράγουν τὰ διάφορα ὄργανα δὲν ὁμοιάζουν μεταξὺ των. Ἐπίσης οἱ ἡχοι ἐνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ ὁργάνου δὲν παράγουν ὅλοι εἰς τὰ ὅσα ἡμῶν τὴν αὐτὴν ἐντύπωσιν, καθ' ὅσον ἄλλοι εἶναι ὑψηλοί, ἄλλοι χαμηλοί, ἄλλοι ἐντατικοὶ καὶ ἄλλοι ἀσθενεῖς. Διὰ νὰ διακρίνωμεν

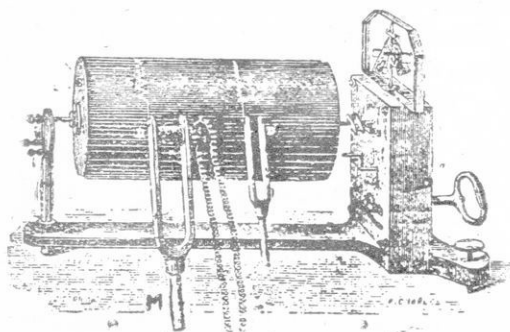
Στοιχεῖα Φυσικῆς Κ. Σαμωτάκη, Γ' Γυμν. ἐκδ. γ' 2

ἀπ' ἀλλήλων τοὺς ἤχους ἔχομεν τρεῖς χαρακτηῖρας, τὸ *ὑψος*, τὴν *ἐνταση* καὶ τὴν *χροιάν*.

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 *οὐδέτητα*.

Ὁρισμός. Καλεῖται *ὑψος* ἢ *οὐδέτης* τοῦ ἤχου τὸ γνῶρισμα διὰ τοῦ ὁποίου διακρίνεται ὁ χαμηλὸς ἤχος ἀπὸ τὸν ὑψηλόν. Ὁ χαμηλὸς ἤχος λέγεται καὶ βαρὺς, ὁ δὲ ὑψηλὸς *οὐξὺς*.

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



Σχ. 13. Προσδιορισμὸς τοῦ ὑψους
διὰ γραφικῆς μεθόδου.



Σχ. 14. Καταγραφή
κυματοειδοῦς γραμμῆς.

ρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι αὐτὸ τοῦτο τὸ ἡχογόνον σῶμα καταγράφει τοὺς παλμούς του. Πρὸς ἐφαρμογὴν τῆς μεθόδου ταύτης λαμβάνομεν μεταλλινὸν κύλινδρον ὀριζόντιον (σχ. 13), ὅστις δύναται νὰ περιστραφῇ ἰσοταχῶς περὶ ὀριζόντιον ἄξονα. Τοῦτον καλύπτομεν διὰ φύλλου χάρτου 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 προσαρμόζομεν μικρὰν ἀκίδα *D*, ἣτις νὰ ἐφάπτηται ἐλαφρῶς τοῦ στρώματος τῆς αἰθάλης.

Ὅταν τὸ παλλόμενον σῶμα ἡρεμῇ, ὁ δὲ κύλινδρος περιστρέφεται, ἡ ἀκὴς καταγράφει ἐπὶ τοῦ ἠθαλωμένου χάρτου *εὐθδεῖαν*

γραμμὴν AX (σχ. 14). Ὄταν ὁμως τὸ σῶμα πάλληται, ὁπότε παρέχει ἤχον, ἡ ἀκὴ συμπάλλεται μετ' αὐτοῦ καὶ καταγράφει ἐπὶ τοῦ χάρτεα **κυματοειδῆ** γραμμὴν, τῆς ὁποίας ἕκαστος κυματισμὸς ἀντιστοιχεῖ καὶ εἰς ἓνα παλμόν. Ἐὰν δὲ διὰ τινος χρονόμετρου 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 ἡχογόνον 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 ὀξύτερον ἤχον, θὰ λάβωμεν ἄλλην κυματοειδῆ γραμμὴν, ἥτις θὰ περιλαμβάνῃ περισσότερους κυματισμοὺς κατὰ δευτερόλεπτον, ἐπομένως θὰ δεικνύῃ καὶ περισσότερους παλμοὺς τοῦ ἡχοῦντος σώματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐπομένως εἰς τὸν ὀξύτερον ἤχον ἀντιστοιχεῖ μεγαλύτερος ἀριθμὸς παλμῶν. Τὸ σχῆμα 15 παριστᾷ δύο κυματοειδεῖς γραμμάς, καταγραφείσας ὑπὸ δύο διαφόρων διαπασῶν.



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

Συμπέρασμα. Τὸ ὕψος ἢ ἡ ὀξύτης τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ τὸ ἡχογόνον σῶμα κατὰ δευτερόλεπτον.

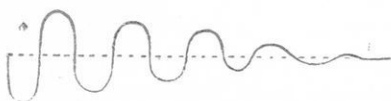
13. Ὅρια τῶν ἀντιληπτῶν ἤχων.—Αὐξανομένου βαθμῆδόν ἢ ἐλαττουμένου τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον, παράγονται ἐπὶ τέλους ἤχοι ὀξύτατοι ἢ βαρύτατοι, τοὺς ὁποίους τὰ ὦτα ἡμῶν δὲν δύνανται νὰ ἀντιληφθῶσι καὶ ἐπομένως δὲν εἶναι πλέον ἀκουστοί. Καὶ ὁ μὲν βαρύτατος ἀκουστὸς ἤχος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὕψος 16 παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον, ὁ δὲ ὀξύτατος ἀκουστὸς ἤχος εἰς ὕψος 38000 παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐν τῇ μουσικῇ ὅμως χρησιμοποιοῦνται ἤχοι ἀντιστοιχοῦντες εἰς ὕψη περιλαμβανόμενα μεταξὺ 40 καὶ 4000 παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον, καὶ τοῦτο διότι οἱ ὑπεράγαν ὀξεῖς ἤχοι προξενοῦσιν εἰς τὸ οὖς ἡμῶν δυσάρεστον αἰσθημα.

14. Ἐντασις τοῦ ἤχου.— Καλεῖται *ἐντασις* τοῦ ἤχου τὸ

γνώρισμα διὰ τοῦ ὁποίου διακρίνομεν τὸν ἰσχυρὸν ἤχον ἀπὸ τὸν ἀσθενῆ.

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

1) **Τὸ πλάτος τῶν παλμῶν.** 1ον) Ἐλασμα χαλύβδινον ἔστε ρεωμένον κατὰ τὸ ἐν ἄκρον ἐπὶ τραπέζης (σχ. 1) ἀπομακρύνομεν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του. Ὁ ἤχος κατ' ἀρχὰς εἶναι ἰσχυρὸς, σὺν τῷ χρόνῳ ὅμως ἔξασθενεῖ ὀλίγον κατ' ὀλίγον καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ εἰς τὴν παλλομένην χορδήν. 2ον) Ἐὰν τὸ ἐν σκέλος διαπασῶν κρούσωμεν ἑλαφρῶς ἐπὶ τῆς τραπέζης παράγει ἤχον ἀσθενῆ, ἐὰν ὅμως τὸ κρούσωμεν ἰσχυρῶς, τότε παράγει ἤχον ἰσχυρὸν, ὅστις ἔξασθενεῖ σὺν τῷ χρόνῳ καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. Ἐὰν δὲ τὸ διαπασῶν καταγράφη ἐπὶ ἠθιαλωμένης 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 ὅμως βαίνει ἐλαττούμενον καὶ τέλος μηδενίζεται.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου εἶναι τοσούτω μεγαλυτέρα, ὅσῳ τὸ πλάτος τῶν παλμῶν εἶναι μεγαλύτερον, 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 ἤχον ἀσθενῆ. Ἐὰν ὅμως στηριχθῇ ὀρθιον διὰ τοῦ ποδός του ἐπὶ τραπέζης, ὁ ἤχος του ἐνισχύεται, διότι ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ διαπασῶν μεταδίδεται καὶ εἰς τὴν τράπεζαν. Ὁ ἀήρ λοιπὸν πλήττεται διὰ μεγαλυτέρας ἐπιφανείας καὶ ἀκούομεν ἤχον ἐντατικώτερον. Οὗτος δὲ εἶναι καὶ ὁ λόγος, διὰ τὸν ὁποῖον εἰς πάντα τὰ ἐγχορδα ὄργανα αἱ χορδαὶ τείνονται ἐπὶ ξυλίνου σκάφους μετὰ λεπτῶν τοιχωμάτων καλουμένου **ἀντηχείου**. Καὶ ἐνισχύεται μὲν τοιουτοτρόπως ὁ ἤχος, διαρκεῖ ὅμως ὀλιγώτερον χρόνον.

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

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

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰ πυκνότερα αἶρια.

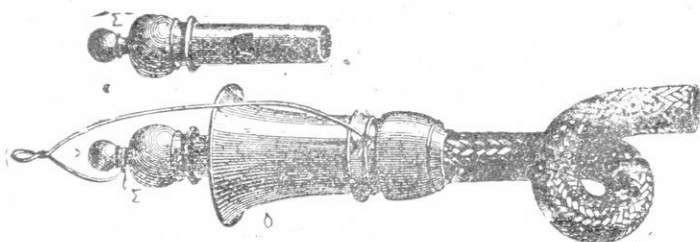
4) Ἡ *ἀποστάσις τοῦ ἡχογόνου σώματος*. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ὅτι ὅσω ἀπομακρυνώμεθα ἀπὸ τοῦ ἡχογόνου σώματος, λ. χ. τὸν κώδωνα ἐκκλησίας, τόσω ἀσθενέστερος ἀκούεται ὁ ἥχος καὶ ὅτι ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως ὁ ἥχος δὲν ἀκούεται πλέον. Ἡ ἔντασις λοιπὸν τοῦ ἤχου ἐλαττοῦται μετὰ τῆς ἀποστάσεως. Ἀποδεικνύεται δὲ πειραματικῶς, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως ἡμῶν ἀπὸ τοῦ ἡχογόνου σώματος. Ἀλλ' ὁ νόμος οὗτος ἰσχύει μόνον, ὅταν ὁ ἥχος διαδίδεται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις πέραξ τοῦ ἡχογόνου σώματος.

15. *Ἐνίσχυσις τοῦ ἤχου διὰ τῶν σωλήνων*.—Ὅταν ὁ ἥχος διαδίδεται κατὰ μίαν μόνον διευθύνσιν π. χ. ἐντὸς σωλήνος καὶ μάλιστα εὐθέος καὶ κυλινδρικοῦ, τότε δύναται νὰ μεταδοθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ἄνευ αἰσθητῆς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεώς του, διότι τότε τὸ πλάτος τῶν παλμῶν καὶ ἐπομένως ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου διατηρεῖται σχεδὸν σταθερὸν ὅσονδῆποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ μῆκος τοῦ σωλήνος. Οἱ σωλήνες λοιπὸν ἔχουσιν τὴν ιδιότητα νὰ ἐνισχύωσι τὸν δι' αὐτῶν διαδιδόμενον ἥχον.

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

1ον) *Ἀκουστικοὶ σωλήνες*. Οὗτοι εἶναι πραγματικὰ ἀκου-

στικά τηλέφωνα καὶ χρησιμεύουσιν ἵνα συνδιαλεγώμεθα ἐξ

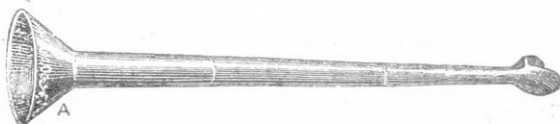


Σχ. 17. Ἀκουστικός σωλήν.

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

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

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



Σχ. 18 Τηλεβόας.

ἄκρον αὐτοῦ εἶναι πολὺ εὐρύτερον καὶ καλεῖται **κώδων**, τὸ δὲ ἕτερον εἶναι στενότερον, ἀπολήγον εἰς ὅλμον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου φωνεῖ τις, στρέφων τὸν κώδωνα πρὸς τὸ μέρος πρὸς τὸ ὁποῖον θέλει νὰ γίνη ἀκουστός. Ἡ ἰδιότης αὕτη τοῦ τηλεβόα ὀφείλεται

εἰς τὰς διαδοχικὰς ἀνακλάσεις τῶν ἡχητικῶν ἀκτίνων ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν τοιχωμάτων τοῦ ὄργάνου, ἔνεκα τῶν ὁποίων αἱ ἡχητικαὶ ἀκτίνες ἐξέρχονται ἐκ τοῦ κώδωνος συγκεντρωμέναι κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον τῷ ἄξονι τοῦ ὄργάνου. Ἡ ἀπόστασις εἰς ἣν μεταδίδεται ἡ φωνὴ ἐξαορτᾶται ἐκ τῶν διαστάσεων τοῦ ὄργάνου. Καλὸς τηλεβόας δύναται νὰ μεταφέρῃ τὴν φωνὴν εἰς ἀποστάσιν 5—6 χιλιομέτρων.

3ον) **Ἀκουστικὸν κέρας.** Τοῦτο χρησιμεύει εἰς τοὺς βαρυηκούς. Ὁ ἀπλούστερος τύπος τούτου εἶναι μετάλλινος σωλὴν κωνικὸς (σχ. 19), οὗτινος τὸ μὲν ἐν ἄκρον ἀπολήγει εἰς εὐρὺν ὄλμον, ὅστις στρέφεται πρὸς τὸν ὁμιλοῦντα καὶ χρησιμεύει ὅπως δέχεται τὰ ἡχητικὰ κύματα, τὸ δὲ ἕτερον ἄκρον φέρει στενὸν στόμιον, ὅπερ εἰσάγεται εἰς τὸν ἀκουστικὸν πόρον τοῦ βαρυηκού.



Σχ. 19. Ἀκουστικὸν κέρας.

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 κάμψης, ἐκ τοῦ κέντρου τῆς ὁποίας ἄρχεται σωλὴν ἐκ καουτσούκ ἀπολήγων εἰς κεράτινον ἢ ὀστεῖνον ἄκρον. Τὸ ἄνοιγμα τῆς κάμψης κλείεται διὰ μεμβράνης ἐκ καουτσούκ **κ**, τὸ δὲ ἐσωτερικὸν αὐτῆς διαιρεῖται διὰ δευτέρας μεμβράνης **α** εἰς δύο διαμερίσματα. Εἰς τὸ ἐν διαμέρισμα τὸ σχηματιζόμενον ὑπὸ τῶν δύο μεμβρανῶν ἀντιστοιχεῖ στρόφιγξ εὐρισκομένη ἔξωθεν ἐπὶ τῆς πλευρᾶς τῆς κάμψης. Ἐὰν ἐκ τῆς στρόφιγγος ἐμφυσησῶμεν ἀέρα



Σχ. 20. Στηθοσκοπίον τοῦ Koenig.

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

Κατὰ τὴν χρῆσιν τοῦ ὄργάνου ἡ μὲν ἐξωτερικὴ μεμβράνη τῆς

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

17. Χροιά τοῦ ἤχου.—Δύο μουσικὰ ὄργανα διάφορα, π.χ. βιολίον καὶ μανδολῖνον, δυνατόν 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* τοῦ ἤχου τὸ γνῶρισμα 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 ἐξ 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. Μουσική. Α') *Μουσικὸν διάστημα.* — Καλεῖται *μουσικὸν διάστημα* δύο ἤχων, τὸ πηλίκον τῆς διαιρέσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοῦ ἑξυτέρου 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 αἶσθημα ἐπὶ τοσοῦτον εὐάρεστον, ὅσον ἀπλούστερος εἶναι ὁ ἀριθμητικὸς λόγος, διὰ τοῦ ὁποίου παρίσταται τὸ διάστημα αὐτῶν.

Ἐκ τῶν διαστημάτων, τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὴν μου-

σικήν, ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον εὐκόλως ἀναγνωρίζομεν εἶναι τὸ καλούμενον **ὀγδόη**, δηλ. διάστημα δύο ἤχων, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ ὀξύτερος ἐκτελεῖ διπλασίους 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 ὀκτὼ ἤχοι ἢ φθόγγοι ἑκάστου διαγράμματος παρίστανται διὰ τῶν συμβόλων

do re mi fa sol la si do

τὰ ὁποῖα ἐνίοτε φέρουσι καὶ δείκτας, π. χ. do, mi, κ.λ.π. πρὸς διάκρισιν τῶν φθόγγων τῶν διαδοχικῶν κλιμάκων.

Εἰς ἕκαστον τῶν ὀκτὼ φθόγγων ἀντιστοιχοῦσι τὰ διαστήματα

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

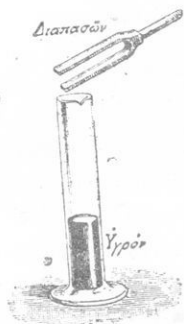
ἅτινα εἶναι οἱ λόγοι τῶν ὑψῶν τῶν φθόγγων τούτων ὡς πρὸς τὸ ὑψος τοῦ πρώτου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΥΝΗΧΗΣΕΩΣ. ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΗΧΟΥ

19. Συνήχησις. Πειράματα.—1ον) Διαπασῶν παλλόμενον φέρομεν πλησίον τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου κυλίνδρου κενοῦ (σχ. 21). Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ἤχος αὐτοῦ δὲν ἐνισχύεται. Ἐὰν ὅμως χύνωμεν εἰς τὸν κύλινδρον ὕδωρ ὀλίγον κατ' ὀλίγον, θὰ ἔλθῃ στιγμή, καθ' ἣν ὁ ἤχος τοῦ διαπασῶν ἐνισχύεται σημαντικῶς, διότι ἡ ἀερίνη στήλη τοῦ κυλίνδρου δέχεται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡχοῦντος διαπασῶν καὶ συνηγεῖ μετ' αὐτοῦ. Τοῦτο ὅμως συμβαίνει τότε μόνον, ὅταν ἡ ἀερίνη στήλη εἶναι τοιαύτη, ὥστε νὰ ἀποδίδῃ ἤχον ἰσοῦσῃ μὲ τὸν τοῦ διαπασῶν.

2ον) Δύο διαπασῶν ἐντελῶς ὅμοια, καὶ



Σχ. 21. Τρόπος ἐνισχύσεως τοῦ ἡχοῦ διαπασῶν.

ἐπομένως δυνάμενα νὰ παραγάγωσιν ἤχους ἰσοῦσῃς, τοποθετοῦμεν πλησίον ἀλλήλων. Ἐὰν τὸ ἐν ιεθῇ 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 ἱκανὸν νὰ παραγάγῃ.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *συνήχησις*. Ἐπομένως σῶμά τι ἐνισχύει ἐκείνους μόνον τοὺς ἤχους τοὺς ὁποίους παράγει τοῦτο ὅταν συνηχῇ.

20. Ἀντηχεῖα. Καλεῖται *ἀντηχεῖον* τὸ σῶμα τὸ τιθέμενον εἰς παλμικὴν κίνησιν (ἄῃς τοῦ κυλίνδρου) καὶ *διεγέρτης* τὸ σῶμα τὸ προκαλοῦν τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ ἀντηχείου (διαπασῶν). Ὁ Helmholtz στηριζόμενος ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς συνηχήσεως, κατεσκεύασεν ἀντηχεῖα ἱκανὰ νὰ ἐνισχύουν ἓνα καὶ μόνον ἦχον. Ταῦτα ἦσαν ὀρειχάλκιναι σφαῖραι κοῖλαι διαφόρου διαμέτρου αἵτινες ἔφερον κατὰ τὰ ἄκρα μιᾶς διαμέτρου δύο ὀπᾶς. Εἰς τὴν μίαν ἐκ τούτων προσήρμοξε σωλῆνα κυλινδρικόν, εἰς δὲ τὴν ἄλλην σωλῆνα κωνικὸν τοῦ ὁποίου τὸ ἄκρον ἐτίθετο εἰς τὸν ἀκουστικὸν πόρον.

21. Ἀνάλυσις τοῦ ἤχου. Ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον ἐν σφαιρικὸν ἀντηχεῖον δύναται νὰ ἐνισχύσῃ ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ. Ἐπομένως ἕκαστον ἀντηχεῖον ἐνισχύει ἓνα καὶ μόνον ἦχον. Τοιουτοτρόπως εἶχε μέθοδον λίαν ἀκριβῆ διὰ τῆς ὁποίας ἠδύνατο νὰ ἀποχωρίζῃ ἀπὸ πολλοὺς ἤχους ἓνα καὶ μόνον ἦχον καὶ νὰ ἀκούῃ 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 ἤχους, 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 ἁρμονσίαν (συντονισμόν) τῶν ὀργάνων. Φυσικὸν γνῶρισμα τῶν ἀπλῶν ἤχων εἶναι ὅτι οὗτοι δὲν διαφέρουσιν αἰσθητικῶς κατὰ τὴν χροιάν, τοῦναντίον οἱ σύνθετοι ἦχοι παρουσιάζουσι χροιάν λίαν εὐδιάκριτον.

2ον) Ὅτι οἱ σύνθετοι ἤχοι δύνανται νὰ διαιρεθῶσιν εἰς δύο κατηγορίας. Ἡ μία κατηγορία περιλαμβάνει ἐκείνους οἵτινες ἀποτελοῦνται ἐκ τοῦ θεμελιώδους ἤχου, τὸν ὁποῖον συνοδεύουσι καὶ οἱ κυρίως ἁρμονικοὶ αὐτοῦ. Τοὺς τοιοῦτους ἤχους ἐκάλεσε *κυρίως μουσικούς*, καὶ τοιοῦτοι εἶναι οἱ ἤχοι οἱ παραγόμενοι ὑπὸ τῶν διαφόρων ὁργάνων, οἵτινες παρουσιάζουσι χροιὰν εὐδιάκριτον. Ἡ ἑτέρα κατηγορία περιλαμβάνει ἐκείνους οἵτινες ἀποτελοῦνται ἐκ τοῦ θεμελιώδους ἤχου, τὸν ὁποῖον συνοδεύουσι καὶ τινες ἄλλοι ἤχοι, οἵτινες δὲν εἶναι οἱ κυρίως ἁρμονικοί. Τοὺς τοιοῦτους ἤχους ἐκάλεσε *μὴ μουσικούς* καὶ τοιοῦτοι εἶναι οἱ ἤχοι οἱ παραγόμενοι ὑπὸ τῶν μεταλλίνων πλακῶν καὶ τῶν ὑαλίνων ἢ μεταλλίνων κωδῶνων.

3ον) Ὅτι ἡ χροιά ὀφείλεται, ὅπως ἀνωτέρω εἵπομεν, εἰς τοὺς ἁρμονικοὺς ἤχους τοὺς συνοδεύοντας τὸν θεμελιώδη.

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀναλύσεως τῶν ἤχων ἐπεβεβαίωσεν ὁ Helmholtz καὶ διὰ τῆς ἀντιστροφῆς μεθόδου, ἥτοι διὰ τῆς συνθέσεως τῶν ἤχων. Τουτέστι κατώρθωσε νὰ παραγάγῃ ὡρισμένον ἤχον διὰ τῆς ἐπιπροσθέσεως ἤχων ἀπλῶν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄,

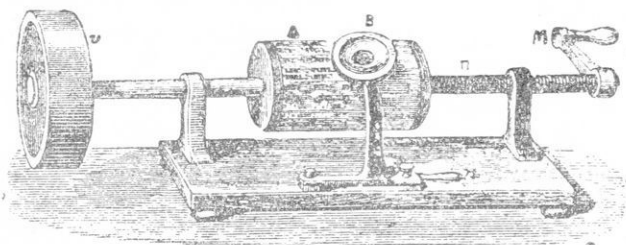
ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ—ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΙ

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

Ἡ βάσις ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ὁ φωνογράφος εἶναι ἡ ἐξῆς. Ἐὰν φωνήσωμεν ἐνώπιον τεταμένης μεμβράνης ἢ λεπτοῦ μεταλλικοῦ ἐλάσματος, ταῦτα θὰ τεθῶσιν εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἣτις θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ὕψος, καὶ πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς φωνῆς, θὰ διαρκέσῃ δὲ ἐφ' ὅσον διαρκεῖ καὶ ὁ παραγόμενος ἤχος. Ἐὰν τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀναγκάζουσι τὴν μεμβράνην ἢ τὸ ἔλασμα νὰ τεθῶσιν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἐὰν δὲ ταῦτα φέρωσιν ἀκίδα τινά, καὶ αὕτη θὰ τεθῇ εἰς ὁμοίαν παλμικὴν κίνησιν. Ἐὰν τῶρα διὰ μηχανικοῦ μέσου κατορθώσωμεν ὥστε ἡ μεμβράνη ἢ τὸ ἔλασμα νὰ ἐκτελέσῃ τὰς αὐτὰς παλμικὰς κινήσεις, ὁ ἀῆρ θὰ πάλ्लεται ὅπως καὶ πρότερον καὶ ἐπομένως θὰ ἀκούσωμεν ἤχους

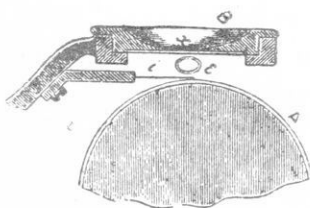
ομοίους. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος ταύτης στηρίζεται ἡ κατασκευὴ καὶ ἡ λειτουργία τῶν φωνογράφων. Πάντες οἱ φωνογράφοι εἶναι τελειοποιήσεις τοῦ ἀρχικοῦ φωνογράφου τὸν ὁποῖον ἐφεῦρεν ὁ Edison κατὰ τὸ 1877.

23. Φωνογράφος Edison (¹).—Α') *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἑξῆς μερῶν. 1) Ἐξ ἑνὸς κυλίνδρου μεταλλίνου Δ (σχ. 22), ὅστις περιστρέφεται τῇ βοηθείᾳ στροφάλου Μ, περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, ἐνῶ συγχρόνως μετακινεῖται κανονικῶς καὶ



Σχ. 22. Φωνογράφος Edison.

ὀριζοντίως. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του εἶναι κεχαραγμένη ἐνσκαφή



Σχ. 23. Διάφραγμα τοῦ φωνογράφου.

ἑλικοειδῆς. 2) Ἐξ ἑνὸς λεπτοῦ φύλλου κασσιτέρου Α (σχ. 23) περιβάλλοντος τὸν κύλινδρον καὶ 3) ἐξ ἑνὸς ὑποστηρίγματος κωνικοῦ Β, ὅπερ χρησιμεύει ὅπως συλλέγῃ καὶ συγκεντρῶνῃ τὰ ἡχητικὰ κύματα. Εἰς τὸν πυθμὲνα αὐτοῦ προσαρμόζεται διὰ τῶν περάτων του λεπτὸν ἔλασμα χαλύβδινον Χ, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποῖου

στηρίζεται χαλυβδίνη ἀκὴς ὀξυτάτη καὶ οὕτω πως, ὥστε αὕτη μόνις νὰ ἐγγίξῃ τὸ φύλλον τοῦ κασσιτέρου. Ἡ ἀκὴς αὕτη κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ κυλίνδρου μετατίθεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ καὶ μένει διαρκῶς ἐντὸς τῆς ἑλικοειδοῦς

(¹) Thomas Edison (1847—1931). Ἀμερικανὸς ἐπινοήσας ἡ τελειοποιήσας μέγαν ἀριθμὸν συσκευῶν. Εἰς αὐτὸν ἀποδίδεται ἡ ἀνακάλυψις τοῦ φωνογράφου, καὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ λύχνου διὰ τῆς πυρακτώσεως.

ἐνσκαφῆς. Τὸ ἔλασμα μετὰ τῆς ἀκίδος ἀποτελεῖ τὸ καλούμενον διάφραγμα ἢ τύμπανον.

Β') Χάραξις τῆς φωνῆς. Ὁμιλοῦμεν μεγαλοφώνως ἐνώπιον τοῦ κωνικοῦ ὑποστηρίγματος καὶ πολὺ πλησίον αὐτοῦ καὶ συγχρόνως στρέφομεν τὸν κύλινδρον. Τὸ ἔλασμα τοῦ ὑποστηρίγματος τίθεται ὑπὸ τῆς φωνῆς μας εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἣτις μεταδίδεται καὶ εἰς τὴν ἀκίδα. Αὕτη παλλομένη χαράσσει ἐπὶ τοῦ φύλλου τοῦ κασσιτέρου ἑλικοειδῆ σειρὰν κοιλοτήτων, τῶν ὁποίων τὸ μὲν βάθος ἐξαρθαται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν ἐκ τοῦ ὕψους αὐτοῦ. Αἱ κοιλότητες αὗται εἶνε ἢ χαράχθαισα φωνή, ἣτις δύναται νὰ ἀναπαραχθῇ.

Γ') Ἀναπαραγωγή τῆς φωνῆς. Ἐπαναφέρομεν τὴν ἀκίδα εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἑλικοειδοῦς σειρᾶς τῶν κοιλοτήτων, καὶ περιστρέφομεν τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν καὶ μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα. Ἡ ἀκὴ θὰ συναντᾷ τὰς κοιλότητας, τὰς ὁποίας προηγουμένως εἶχε χαράξει, καὶ θὰ ἀναγκάζεται νὰ ἀνέροχῃται καὶ κατέρχῃται συμπαρασύρουσα καὶ τὸ ἔλασμα. Τοιουτοτρόπως τὸ ἔλασμα ἐκτελεῖ τὰς ἰδίας παλμικὰς κινήσεις, τὰς ὁποίας προηγουμένως ἐδέχθη, καὶ τὰς ἀποδίδει εἰς τὸν ἄερα καὶ ὥς ἐκ τούτου θὰ ἀναπαραχθῶσιν οἱ αὐτοὶ ἀκριβῶς ἤχοι.

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

24. Τελειοποίησις τοῦ φωνογράφου τοῦ Edison. Ἡ θαυμασία αὕτη συσκευὴ ὑπέστη σὺν τῷ χρόνῳ πολλὰς τελειοποιήσεις, διὰ τῶν ὁποίων ἀφ' ἐνὸς ἐξησφαλίσθη ἡ ἀκρίβεια καὶ ἡ εὐκρίνεια τῶν ἤχων καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐξηλείφθη τὸ ὑπόρρινον αὐτῶν. Ἡ ἐνίσχυσις τῶν ἤχων γίνεται δι' εὐρέως μεταλλίνου κώνου ἐφαρμοζομένου ἐπὶ τοῦ διαφράγματος, ἡ δὲ περιστροφὴ τοῦ κυλίνδρου ἐπιτυγχάνεται οὐχὶ διὰ στροφάλου, ἀλλὰ διὰ μηχανισμοῦ ὥρολογιακοῦ. Ἀντὶ δὲ τοῦ φύλλου τοῦ κασσιτέρου χρησιμοποιεῖται κύλινδρος ἐκ μείγματος κηροῦ καὶ ρητίνης.

Ἡ σπουδαιότερα τροποποιήσις ἐγένετο εἰς τὸ διάφραγμα. Τοῦτο εἶνε διπλοῦν, καὶ τὸ μὲν ἐν χρησιμοποιεῖται κατὰ τὴν χάραξιν τῆς φωνῆς καὶ κατασκευάζεται ἀπὸ χαλύβδινον ἔλασμα μετ' ἀκίδος, τὸ δὲ ἕτερον χρησιμοποιεῖται κατὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῆς φωνῆς καὶ κατασκευάζεται ἀπὸ λεπτοτάτην ὑαλινὴν πλάκα, ἢ λεπτότατον πέταλον μαρμαρυγίου.

25. Φωνογράφοι μὲ δίσκους (γραμμόφωνα). Κατὰ τὰ

τελευταία ἔτη οἱ φωνογράφοι μὲ κυλίνδρους ἀντικατεστάθησαν διὰ φωνογράφων μὲ δίσκους εἰς τοὺς ὁποίους οἱ κατασκευασταὶ ἔδωκαν τὸ ὄνομα **γραμμόφωνα** (σχ. 24). Εἰς ταῦτα ἡ φωνὴ χαράσσεται ἐπὶ δίσκου κατασκευασμένου ἐκ πλαστικῆς οὐσίας (μεῖγμα κηροῦ καὶ ρητίνης) ὑπὸ μορφὴν οὐχὶ πλέον ἑλικοειδῆ, ἀλλὰ σπειροειδῆ. Τοιοῦτοτρόπως καὶ ἡ σπείρα παρουσιάζει πολὺ



Σχ. 24. Γραμμόφωνον.

μεγαλύτερον μῆκος καὶ ἡ τοποθέτησις τοῦ διαφράγματος γίνεται ἀκριβεστέρα καὶ κατὰ τὴν χάραξιν τῆς φωνῆς καὶ κατὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν αὐτῆς, ἐπὶ πλέον δὲ χρησιμοποιοῦνται καὶ αἱ δύο ὀψεις τοῦ δίσκου. Τὸ δὲ κιβώτιον τοῦ γραμμοφώνου ἐκτὸς τοῦ ὅτι περιέχει τὸν μηχανισμόν διὰ τὴν στροφὴν τοῦ δίσκου, χρησιμεύει καὶ διὰ τὴν ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου (ὡς ἀντηχείον).

26. Κατασκευὴ τῶν δίσκων τοῦ φωνογράφου.—Ὅταν ἡ φωνὴ χαραχθῇ ἀπαξ ἐπὶ ἑνὸς δίσκου, δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν δι' αὐτοῦ ὅσαδῆποτε ἀντίτυπα θέλομεν. Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ νὰ κατασκευάσωμεν διὰ τῆς γαλβανοπλαστικῆς τὸν τύπον, ἢ τὴν μήτραν τοῦ δίσκου τούτου. Τὸν τύπον πληροῦμεν κατόπιν δι'

οὐσίας ἥτις ἐν θερμῷ εἶναι μαλακὴ καὶ πλαστικὴ καὶ τὴν συμ-
πιέζομεν καλῶς ἐντὸς αὐτοῦ διὰ τὰ ἀποτυπωθῶσιν ἐπ' αὐτῆς
ὄλαι αἱ λεπτομέρειαι τοῦ τύπου. Ἡ οὐσία κατόπιν ψυχομένη
σκληρύνεται καὶ οὕτω σχηματίζεται δίσκος ἀναπαριστῶν τὸν
ἀρχικόν.

27. Ἐφαρμογὰὶ τοῦ φωνογράφου εἰς τὴν διδασκαλίαν.

— Ὁ φωνογράφος ἐφηρμοσθῆ διὰ τὴν διδασκαλίαν τῶν ξένων
γλωσσῶν. Ἡ χάραξις τῶν λέξεων γίνεται ὑπὸ καταλλήλου προ-
σώπου διὰ τὰ 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' ἣς εἶναι
τυπωμέναι αἱ ἀκούομεναι λέξεις, ἐκτυλίσσεται πρὸ τῶν ὀφθαλ-
μῶν τοῦ ἀκροατοῦ ἐν τελείῳ συγχρονισμῷ μετὰ τοῦ φωνογρά-
φου. Οὕτως 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 τὰ εἶναι ἐλαστικά,
καὶ *ἐγχορδα ὄργανα* τὰ μουσικὰ ὄργανα εἰς τὰ ὅποια οἱ ἦχοι
παράγονται διὰ χορδῶν. Εἰς τὰ ὄργανα ταῦτα αἱ χορδαὶ τίθεν-
ται εἰς παλμικὴν κίνησιν διὰ διαφόρων μέσων, εἴτε διὰ δοξαρίου
(βιολίον, λύρα), εἴτε διὰ πέννας (μανδολῖνον), εἴτε διὰ τοῦ δα-
κτύλου (κιθάρα, ἄρπα), εἴτε διὰ πλήκρου (κλειδοκύμβαλον).

29. Νόμοι τῶν παλμῶν τῶν χορδῶν. — *Πειράματα.* 1ον)
Πλήττομεν διὰ τοῦ δοξαρίου μίαν χορδὴν τοῦ βιολίου ὥστε τὰ
πάλλεται αὕτη κατ' ἀρχὰς ὁλόκληρος, ἔπειτα μόνον τὸ ἥμισυ αὐ-
τῆς (πρὸς τοῦτο πρὶν τὴν πλήξωμεν τὴν πιέζομεν διὰ τοῦ δακτύ-
λου μας ἀκριβῶς εἰς τὸ μέσον). Ὁ ἦχος ἐν τῇ δευτέρᾳ περιπτώ-
σει μᾶς φαίνεται ὀξύτερος τοῦ πρώτου. Ὅσῳ λοιπὸν βραχυτέρα
εἶναι ἡ χορδὴ τόσο ὀξύτερος εἶναι ὁ ἦχος.

2ον) Πλήττομεν μίαν χορδὴν λεπτοτέραν ἀλλὰ τεταμένην ἔξ ἴσου. Ὁ ἦχος μᾶς φαίνεται ὀξύτερος. Ὅσφ λοιπὸν λεπτοτέρᾳ εἶναι ἢ χορδῇ, τόσφ ὀξύτερος εἶναι ὁ ἦχος.

3ον) Τεντώνομεν περισσότερον τὴν προηγουμένην χορδὴν καὶ κατόπιν τὴν πλήττομεν. Ὁ ἦχος μᾶς φαίνεται ὀξύτερος. Ὅσφ λοιπὸν περισσότερον τεταμένη εἶναι ἢ χορδῇ, τόσφ ὀξύτερος εἶναι ὁ ἦχος.

4ον) Πλήττομεν μίαν χορδὴν μεταλλίνην καὶ μίαν ἔξ ἐντέρου αἵτινες νὰ ἔχωσι τὸ αὐτὸ μῆκος, τὸ αὐτὸ πάχος καὶ νὰ τείνωνται ἔξ ἴσου. Οἱ ἦχοι μᾶς φαίνονται διάφοροι. Ὁ ἦχος λοιπὸν μεταβάλλεται μετὰ τῆς φύσεως τῆς χορδῆς.

Νόμοι. Διὰ πειραμάτων εὐρέθη ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν, τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ κατὰ δευτερόλεπτον μία χορδὴ ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς 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 θ' ἀποδώσῃ ὀξύτερον ἦχον, 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 ὀξύτερον ἦχον, ἡ δὲ τρίτη βαρύτερον τῆς δευτέρας.

Τρίτος νόμος. *Εἶναι ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ὀξείας τοῦ τείνοντος τὴν χορδὴν βάρους* (νόμος τῶν βαρῶν). Παράδειγμα : Ἐὰν λάβωμεν τρεῖς χορδὰς καὶ τείνωμεν αὐτὰς διὰ βαρῶν, ἅτινα νὰ εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1,4,9, οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν αὐτῶν κατὰ δευτερόλεπτον θὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1,2,3· οἵτινες 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 ὀξύτερον ἢ δὲ πρώτη βαρύτερον τῆς δευτέρας.

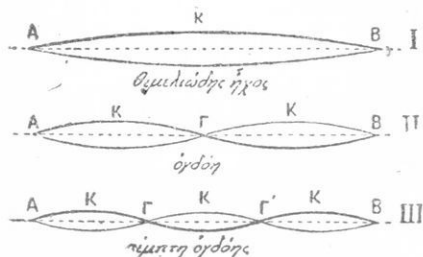
Τέταρτος νόμος. *Εἶναι ἀντιστρέφως ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ῥίζης τῆς πυκνότητος τῆς χορδῆς* (νόμος τῶν πυκνοτήτων). Παράδειγμα : Ἐὰν λάβωμεν δύο σύρματα ἰσοπαχῇ, ἰσομήκῃ καὶ ἐξ ἴσου τεταμένα, κατεσκευασμένα ἐκ δύο μετάλλων, τῶν ὁποίων αἱ πυκνότητες νὰ εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1,4, οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν αὐτῶν κατὰ δευτερόλεπτον θὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 2,1, οἷτινες εἶναι αἱ τετραγωνικαὶ ῥίζαι τῶν 4,1. Δηλ. Τὸ πρῶτον σύρμα (τὸ ἀραιότερον) ἐκτελεῖ διπλασίους παλμοὺς ἐκείνων, τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ τὸ δεύτερον (τὸ πυκνότερον) ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Τὸ πρῶτον λοιπὸν θὰ ἀποδώσῃ ὀξύτερον ἤχον 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, B τὸ βάρος τὸ τεῖνεν τὴν χορδὴν, ε τὴν πυκνότητα τῆς χορδῆς καὶ π τὸν λόγον τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον.

30. Ἀρμονικοὶ ἤχοι τῶν χορδῶν. Πειράματα. — 1ον) Χορδὴν τεταμένην θέτομεν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Παρατηροῦμεν



Σχ. 25. Τρόπος παραγωγῆς ἀρμονικῶν ἤχων ὑπὸ χορδῶν.

ὅτι πάντα τὰ σημεῖα τῆς πάλλονται ἐκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας των, καὶ ἡ χορδὴ παρουσιάζεται ὑπὸ τῇ μορφῇ τοῦ σχήματος 25, I, ἥτοι ὡς μία δέσμη ἀτρακτοειδῆς.

Στοιχεῖα Φυσικῆς Κ. Σαμωτάκη, Γ' Γυμν. ἔκδ. γ'.

Ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον παράγει ἡ χορδὴ ὅταν πάλλεται ὑπὸ μορφὴν μιᾶς ἀτρακτοειδοῦς δέσμης, λέγεται **θεμελιώδης ἦχος** αὐτῆς, ἢ **πρῶτος ἁρμονικός**.

2ον) Τοποθετοῦμεν εἰς τὸ μέσον ἀκριβῶς Γ (σχ. 25, 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 μορφὴν δύο δεσμῶν ἀτρακτοειδῶν, εἶναι δεύτερος, ἀντιστοιχῶν εἰς ἀριθμὸν παλμῶν διπλάσιον (1ος νόμος) καλεῖται δὲ **δεύτερος ἁρμονικός**.

3ον) Τοποθετοῦμεν εἰς τὸ τρίτον ἀκριβῶς Γ ἀπὸ τοῦ ἐνὸς ἄκρου Α τῆς χορδῆς ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ θέτομεν εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸ τμήμα ΑΓ (σχ. 25, III). Παρατηροῦμεν, ὅτι καὶ τὸ λοιπὸν μέρος ΓΒ πάλλεται, ὑποδιαίρουμένον 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 μορφὴν τριῶν δεσμῶν ἀτρακτοειδῶν, εἶναι ἀκόμη δεύτερος, ἀντιστοιχῶν εἰς ἀριθμὸν παλμῶν τριπλάσιον (1ος νόμος) καλεῖται δὲ **δεύτερος ἁρμονικός**.

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

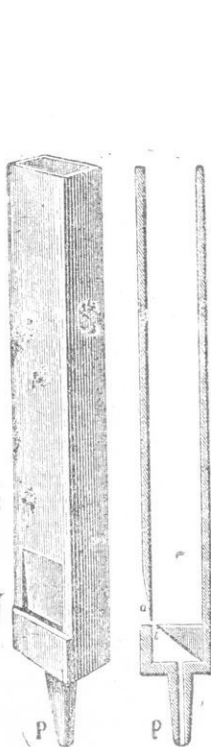
Συμπέρασμα. Μιὰ χορδὴ δύναται νὰ παραγάγῃ ἤχους τῶν ὁποίων τὰ ὕψη βαίνουνσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3, 4 κλπ. ἐπομένως εἶναι ἁρμονικοί. Ἐκ τούτων ὁ βαρύτερος πάντων καλεῖται θεμελιώδης.

31. Ὅρισμοί.—Καλοῦμεν **ἡχητικούς σωλῆνας**, τοὺς σωλῆνας ἐκείνους, εἰς τοὺς ὁποίους ὁ ἦχος παράγεται διὰ τῆς παλμικῆς κινήσεως τοῦ ἐντὸς αὐτῶν περιοχομένου ἀέρος. Τὸ μέσον δι' οὗ κατορθοῦται ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἀέρος εἶναι ἐπιστόμιον, ὅπερ φέρει εἴτε στόμα, εἴτε γλωττίδα, δι' ὃ καὶ οἱ ἡχητικοὶ σωλῆνες εἶναι δύο εἰδῶν, σωλῆνες μετὰ **στόματος** καὶ σωλῆνες μετὰ **γλωττίδος**. Τὸ ἐπιστόμιον τοῦτο χρησιμεύει ὡς ἡχητικῆς ἐστίας καὶ ἐφαρμόζεται εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σωλῆνος ἐνῶ ὁ σωλὴν χρησιμεύει ὡς ἀντηχεῖον. Ἡ οὐσία ἐξ ἧς εἶναι κατασκευασμένοι οἱ ἡχητικοὶ σωλῆνες δὲν ἐπιδραῖ ἐπὶ τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου.

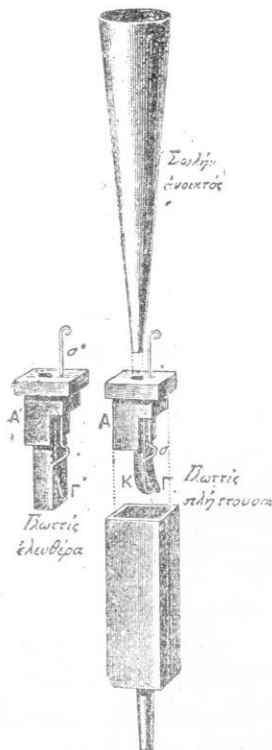
32. Ἡχητικοὶ σωλῆνες μετὰ στόματος.—Α') **Περι-**

γραφῇ. Εἰς τούτους τὸ ἐπιστόμιον παρουσιάζει τὴν ὑπὸ τοῦ σχήματος 26 παριστωμένην μορφήν, ἥτοι φέρει ἐγκάρσιον ἄνοιγμα, ὅπερ καλεῖται **στόμα**. Κάτωθεν τοῦ στόματος ὑπάρχει ὀχετός, καταλήγων εἰς στενωτάτην σχισμὴν **ε**, ἥτις καλεῖται **διαύγιον** καὶ ἐνώπιον ταύτης ἀκριβῶς ὑπάρχει ἐπὶ τοῦ τοιχώματος τοῦ σωλῆνος ἀκμὴ **α** λεπτοτάτη, ἥτις καλεῖται **ἀνώτερον χεῖλος**.

Β') Δειτουργία.—Ἐμφυσῶμεν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, διὰ τοῦ



Σχ. 26. Ἦχητικὸς σωλὴν μετὰ στόματος.



Σχ. 27. Ἦχητικὸς σωλὴν μετὰ γλωττίδος.

ἐπιστομίῳ, 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 σωλῆνι ἀέρος καὶ οὕτω παράγεται ὁ ἦχος.

33. Ἑξητητικοὶ σωλῆνες μετὰ γλωττίδος. — Α') *Περιγραφή.* Εἰς τούτους τὸ ἐπιστόμιον φέρει μικρὰν γλωττίδα ἐλαστικὴν, μεταλλίνην ἢ ξυλίνην, ἣ ὁποία παλλομένη ἀνοίγει καὶ κλείει διαδοχικῶς τὴν θυρίδα διὰ τῆς ὁποίας εἰσορμᾷ ὁ ἀήρ. Διακρίνομεν δὲ τὴν *ἐλευθέραν* γλωττίδα καὶ τὴν *πλήττουσαν*. Καὶ ἡ μὲν ἐλευθέρα γλωττίς πάλλεται ἔνθεν καὶ ἔνθεν τῆς θυρίδος, τὴν ὁποίαν φέρει τὸ ἐπιστόμιον ἐπὶ τῆς μιᾶς πλευρᾶς αὐτοῦ χωρὶς νὰ ἐφάπτεται τῶν χειλέων αὐτῆς, ἡ δὲ πλήττουσα εἶναι κατὰ τι πλατυτέρα τῆς θυρίδος καὶ πάλλεται μόνον ἐπὶ τοῦ ἐνὸς μέρους πλήττουσα τὰ χεῖλη τῆς θυρίδος. Ἡ ἐλευθέρα καὶ ἡ πλήττουσα γλωττίς παρουσιάζουσι τὴν ὑπὸ τοῦ σχήματος 27 παριστωμένην μορφήν.

Β') *Λειτουργία.* 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 σωλῆνι ἀέρος καὶ οὕτω παράγεται ὁ ἦχος. Τὸ μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους τῆς γλωττίδος κανονίζεται ὑπὸ στελέχους ἀγκιστροειδοῦς, οὗτινος τὸ ἄκρον ἐπακουμβᾷ ἐπὶ τῆς γλωττίδος.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Δύο χορδαὶ ἰσομήκεις, ἰσοπαχεῖς καὶ ἐξ ἴσου τεταμέναι, ἡ μία ἐκ χαλκοῦ καὶ ἡ ἄλλη ἐκ σιδήρου, παράγουν ἦχον. Νὰ εὑρεθῇ ὁ λόγος τοῦ ὕψους τῶν δύο ἡχων. Πυκνότης τοῦ χαλκοῦ 8,5 τοῦ δὲ σιδήρου 7,8. (Ἀπόκρ. $\frac{28}{29}$).

2) Δύο χορδαὶ ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ ἰσοπαχεῖς ἔχουσι μῆκος 1 μέτρον καὶ 1,20 μ. Ποῖος πρέπει νὰ εἶναι ὁ λόγος τῶν τάσεων αὐτῶν, ἵνα οἱ παλμοὶ τῶν ἔχουν λόγον $\frac{3}{2}$; (Ἀπόκρ. $\frac{25}{16}$).

3) Δύο χορδαὶ ἰσομήκεις, ἰσοπαχεῖς καὶ ἐξ ἴσου τεταμέναι, ἡ μία ἐκ σιδήρου καὶ ἡ ἄλλη ἐκ λευκοχρύσου, παράγουν ἦχον. Ἐὰν ἡ ἐκ σιδήρου χορδὴ ἐκτελεῖ 880 παλμοὺς κατὰ δευτερόλεπτον, πόσους παλμοὺς θὰ ἐκτελέσῃ ἡ ἐκ λευκοχρύσου; Πυκνότης, τοῦ μὲν σιδήρου 7,7 τοῦ δὲ λευκοχρύσου 21,2 (Ἀπόκρ. 530 περίπου).

4) Δύο χορδαί, ἡ μία ἐκ σιδήρου καὶ ἡ ἄλλη ἐκ χαλκοῦ, εἶναι ἐξ ἴσου τεταμέναι καὶ ἰσομήκεις. Ποῖος πρέπει νὰ εἶναι ὁ λόγος τῶν διαμέτρων αὐτῶν, ἵνα παράγωσιν ἦχον τοῦ αὐτοῦ ὕψους; Πυκνότης τοῦ μὲν σιδήρου 7,8 τοῦ δὲ χαλκοῦ 8,9 (Ἀπόκρ. 1,06).

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

34. Ὅρισμοί. Τὰ φαινόμενα τὰ προκαλοῦντα εἰς ἡμᾶς τὸ αἰσθημα τὸ ὅποιον 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 φωτὸς καλεῖται **ὀπτική**.

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

Ὅρισμός. Καλοῦνται **αὐτόφωτα** σώματα ἢ **φωτειναὶ πηγαί**, τὰ σώματα ἅτινα ἐκπέμπουσιν ἴδιον φῶς, καὶ **ἑτερόφωτα** ἢ **σκοτεινά** 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 ὁρατά, διότι τότε ἐκπέμπουσι πρὸς ἡμᾶς τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς.

36. Διαφανῆ, ἀδιαφανῆ καὶ ἡμιδιαφανῆ σώματα. Ἡ λεῖα ὕαλος, τὸ διαγῆς ὕδωρ, ὁ ἀήρ κλπ. ἀφίνουσι τὸ φῶς νὰ διέρχεται ἐνκόλως 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 βλέπομεν 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, λεπτοτάτη πλᾶξ πορσελάνης κλπ.

37. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός. Πειράματα. 1ον) Ἐὰν ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου εἰσέλθωσι διὰ τινος μικρᾶς ὀπῆς ἡλιακαὶ ἀκτῖνες, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι αὗται παράγουσιν ἐν τῷ δωματίῳ μίαν φωτεινὴν δέσμην, ἣτις ἀναχωρεῖ ἐκ τῆς ὀπῆς καὶ ὁδεύει κατ' εὐθεΐαν γραμμὴν. 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 ὀφθαλμόν μας μετὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, λ. χ. τῆς φλογὸς λαμπάδος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι δὲν δυνάμεθα πλέον νὰ ἴδωμεν τὸ φῶς.

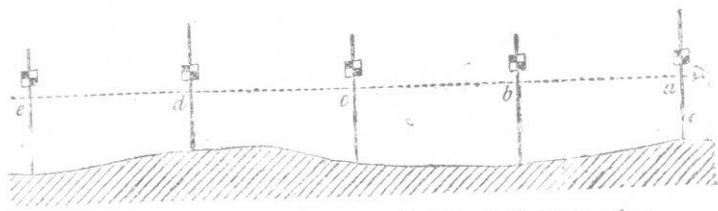
Συμπέρασμα. Τὸ φῶς διαδίδεται ἐν τῷ ἀέρι εὐθύγραμμως.

Εὐθύγραμμος διαδίδεται τὸ φῶς καὶ εἰς πάντα τὰ ὁμοιομερῆ ⁽¹⁾ καὶ διαφανῆ σώματα.

Χάρις εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός, ὁ τοπογράφος δύναται νὰ χαράξῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους μίαν εὐθεΐαν γραμμὴν μεταξὺ δύο σημείων. Πρὸς τοῦτο ἐμπηγνύει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, εἰς

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

τὰ δύο σημεῖα, δύο κοντούς (σχ. 28) καὶ τοποθετεῖ τὸν ὀφθαλμὸν



Σχ. 28. Χάραξις εὐθείας γραμμῆς ἐπὶ τοῦ ἐδάφους χάρις εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

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

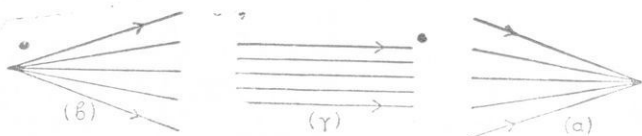
Σημειώσεις. Ἐν τῇ περιπτώσει ὅμως τῆς ἀνακλάσεως καὶ τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός, περὶ τῶν ὁποίων πραγματευόμεθα κατωτέρω, τὸ φῶς ὁδεύει κατὰ τεθλασμένην γραμμὴν.

38. Ἀκτῖνες φωτειναὶ καὶ δέσμαι φωτειναί.— Πᾶσα εὐθύγραμμος διεύθυνσις, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς, καλεῖται **ἀκτὶς φωτεινὴ**. Τὸ δὲ σύνολον πολλῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, αἵτινες ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς αὐτῆς φωτεινῆς πηγῆς, καλεῖται **δέσμη φωτεινὴ**. Διακρίνομεν τρεῖς διαφόρους δέσμας φωτεινῶν, α) τὰς **συγκλινούσας**, ὅταν αἱ συνιστῶσαι αὐτὰς ἀκτῖνες βαίνουνσι συγκλίνουσai (σχ. 29, α), β) τὰς **ἀποκλινούσας**, ὅταν αἱ ἀκτῖνες βαίνωσιν ἀποκλίνουσai (σχ. 29, β) καὶ γ) τὰς **παράλληλους**, ὅταν αἱ ἀκτῖνες βαίνωσιν παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας (σχ. 29, γ), ὅπως εἶναι αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες. Τοιαύτας δέσμας παρατηροῦμεν κατὰ τὴν εἴσοδον τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου διὰ τινος μικρᾶς ὀπῆς, εἰς τοὺς προβολεῖς τῶν πλοίων καὶ τῶν κινηματογράφων.

39. Διεύθυνσις καθ' ἣν βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα.—

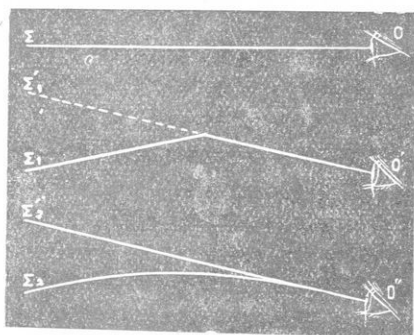
Ὅταν ἡ φωτεινὴ δέσμη, ἀναχωροῦσα ἐκ τινος φωτοβόλου ἀντικειμένου ὁδεύῃ κατ' εὐθεῖαν γραμμὴν μέχρι τοῦ ὀφθαλμοῦ μας (σχ. 30), τότε βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται. Ὅταν ὅμως ἡ φωτεινὴ δέσμη, ἔνεκα οἰασδήποτε αἰτίας, ἀκολουθοῦσα τεθλασμένην ἢ καμπύλην γραμμὴν, εἰσέλθῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, τότε δὲν βλέπομεν πλέον τὸ

ἀντικείμενον εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν, ἀλλὰ εἰς τὴν διεύ-



Σχ. 29. Φωτεινὰ δέσμαι. Συγκλίνουσα (α), ἀποκλίνουσα (β), καὶ παράλληλος (γ).

θυσιν τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ φωτεινὴ δέσμη καθ' ἣν στιγμὴν αὕτη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Ὅθεν τοῦτου ἐπέρχονται ὀπτικά ἀπάται, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.



Σχ. 30. Διεύθυνσις καθ' ἣν βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα.

40. Ὑποθέσεις πρὸς ἐξήγησιν τῶν φωτεινῶν φαινομένων. Αἰθῆρ. — Πρὸς ἐξήγησιν τῶν φωτεινῶν φαινομένων ἐγένοντο πολλὰ 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 αἱ φωτεινὰ πηγὰ ἐκπέμπουσι καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις λεπτεπίλεπτα μόρια ἐν εἴδει βλημάτων. Ταῦτα φθάνοντα εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας προσβάλλουσι τὸ ὀπτικὸν νεῦρον καὶ παράγουσιν ἐν ἡμῖν τὸ αἶσθημα τῆς ὁράσεως. Ἀλλ' ἡ ὑπόθεσις αὕτη ἐγκατελείφθη, καὶ σήμερον εἶναι γενικῶς παραδεκτὴ ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων.

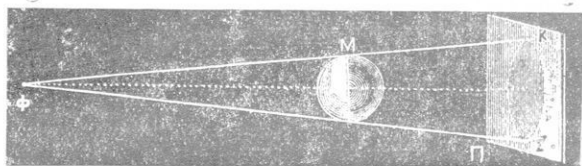
Θεωρία τῶν κυμάτων. Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην παραδέχονται, ὅτι τὰ μόρια τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἐκτελοῦσι παλμικὰς κινήσεις ταχυνάτας, αἵτινες μεταδίδονται εἰς εἰδικὴν οὐσίαν, ἣτις ὀνομάσθη **αἰθήρ**, ἐντὸς τῆς ὁποίας παράγονται σφαιρικὰ κύματα καλούμενα **φωτεινά**. Τὰ κύματα ταῦτα, φθάνοντα μέχρι τῶν ὀφθαλμῶν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

Ὑπάρχει λοιπὸν ἀναλογία μεταξὺ φωτὸς καὶ ἤχου· διότι ὅπως ὁ ἤχος ὀφείλεται εἰς τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν ἠχογόνων σωμάτων, ἣτις διαδίδεται διὰ τῶν σταθμητῶν σωμάτων, οὕτω καὶ τὸ φῶς ὀφείλεται εἰς τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν φωτεινῶν πηγῶν, ἣτις διαδίδεται διὰ τοῦ αἰθέρος. Ὁ αἰθήρ θεωρεῖται ὡς οὐσία ἀραιοτάτη μὴ δυναμένη νὰ σταθμισθῇ⁽¹⁾, 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 ὕδατηρῶν κυμάτων, διὰ καμπύλης γραμμῆς (σχ. 8). Ἐν τῷ σχήματι τούτῳ ἡ μὲν εὐθεῖα AB θεωρεῖται ὡς μία τῶν ἀκτίνων τῶν σφαιρικῶν κυμάτων τοῦ φωτός, ἡ 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 ἓν **πλήρες κύμα** φωτός, τὸ δὲ μῆκος AO τοῦ τμήματος τούτου, ὅπερ παριστᾷ τὴν ἀπόστασιν δύο διαδοχικῶν μορίων τοῦ αἰθέρος, αἵτινα κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν ἔχουσι τὴν αὐτὴν φάσιν κινήσεως, καλεῖται **μῆκος τοῦ κύματος**.

(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 ἀρωματίζῃ τὸν ἀέρα αἰθούσης. Καὶ ὅμως ἡ ἐκπομπὴ αὕτη δὲν δύναται νὰ προσδιορισθῇ διὰ τοῦ ζυγοῦ, ὅσονδήποτε εὐπαθὴς καὶ ἂν εἶναι οὗτος, ἔνεκα τοῦ ἐλαχίστου βάρους τῶν ἐκπεπομένων μορίων.

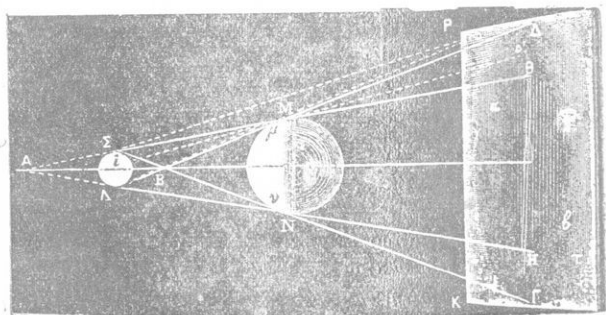
41. **Σκιά καὶ ὑποσκίασμα.**—Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἐνώπιον φωτεινῆς πηγῆς Φ (σχ. 31), ἥτις, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ση-



Σχ. 31. Τρόπος σχηματισμοῦ σκιᾶς.

μεῖον, θέτομεν σῶμα σκοτεινὸν καὶ σκιερὸν, μίαν σφαῖραν M λ.χ. Θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὀπισθεν αὐτοῦ ὑπάρχει χῶρος, εἰς τὸν ὁποῖον δὲν δύναται νὰ εἰσέλθῃ τὸ φῶς, καθ' ὅσον τοῦτο παρεμποδίζεται ὑπὸ τοῦ σώματος. Ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται **σκιὰ** τοῦ σώματος. Αὕτη, ἐν τῷ διαστήματι, ἔχει μορφήν κολούρου κώνου, ὅστις ἔχει κορυφὴν τὴν φωτεινὴν πηγὴν Φ καὶ ἐφάπτεται τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας M . Ἐπὶ πετάσματος ὁμῶς Π , 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 οὐδόλως ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, διότι ἡ εὐθεῖα ἡ ἐνοῦσα τὸ σημεῖον τοῦτο μὲ τὴν φωτεινὴν πηγὴν συναντᾷ τὸ σκιερὸν σῶμα.

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις, ὅπως εἶναι, λ.χ. σφαῖρα



Σχ. 32. Τρόπος σχηματισμοῦ σκιᾶς καὶ ὑποσκιάσματος.

φωτεινὴ Σ (σχ. 32), ἡ σκιὰ τὴν ὁποίαν ῥίπτει ὀπισθεν αὐτῆς

σφαῖρα σκιερὰ MN, ἔχει, ἐν τῷ διαστήματι, μορφὴν κολούρου κώνου, ὅστις εἶναι ἑξωτερικῶς περιγεγραμμένος εἰς ἀμφοτέρας τὰς σφαίρας. Ἄλλ' ἑξώθεν τῆς σκιᾶς ὑπάρχει καὶ χῶρος ὀλίγον φωτεινός, διότι εἰς αὐτὸν εἰσέρχεται μέρος μόνον τῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεμπομένων ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται **ὑποσκίασμα** τοῦ σώματος. Τοῦτο περιλαμβάνεται μεταξὺ τοῦ ἑξωτερικῶς περιγεγραμμένου εἰς ἀμφοτέρας τὰς σφαίρας κώνου καὶ τοῦ ἐσωτερικῶς 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 ἑξωτερικὴν τελείως φωτεινὴν καὶ

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

Ὁρισμός. Καλεῖται **σκιά** σώματος τινος ὁ ὀπισθεν αὐτοῦ χῶρος ὁ μηδόλως φωτιζόμενος, **ὑποσκίασμα** δὲ ὁ ἐν μέρει μόνον φωτιζόμενος.

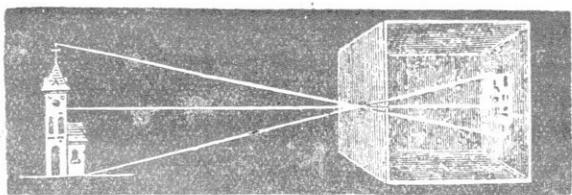
Συμπέρασμα. Ἡ σκιά καὶ τὸ ὑποσκίασμα εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

42. Ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.—Ἐὰν γράψωμεν σφαῖρας, αἵτινες νὰ παριστῶσι τὸν Ἥλιον καὶ τὴν Γῆν, καὶ φέρωμεν τοὺς κώνους τοὺς ἑξωτερικῶς καὶ ἐσωτερικῶς περιγεγραμμένους εἰς αὐτάς, θὰ ἔχωμεν τὴν σκιὰν καὶ τὸ ὑποσκίασμα τῆς Γῆς. Ἡ εἴσοδος τῆς Σελήνης εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιᾶς καὶ τοῦ ὑποσκιήσματος τῆς Γῆς παράγει τὰς ἐκλείψεις τῆς Σελήνης μὲ τὰς διαφόρους φάσεις αὐτῶν. Ἐὰν δὲ αἱ δύο σφαῖραι παριστῶσι τὸν Ἥλιον καὶ τὴν Σελήνην, θὰ ἔχωμεν τὴν σκιὰν καὶ τὸ ὑποσκίασμα τῆς Σελήνης. Ἡ εἴσοδος τόπου τινὸς τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιᾶς καὶ τοῦ ὑποσκιήσματος τῆς Σελήνης παράγει τὰς ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου μετὰ τῶν διαφόρων φάσεων αὐτῶν.

Συμπέρασμα. Αἱ ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης ἐξηγοῦνται διὰ τῆς σκιᾶς καὶ τοῦ ὑποσκιήσματος.

43. Σχηματισμὸς εἰκόνων ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου.—Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου εἰσέρχονται διὰ μικρᾶς ὀπῆς φωτεινὰ ἀκτῖνες, προσερχόμεναι ἐκ τινος ἑξωτε-

ρικοῦ ἀντικειμένου (σχ. 33). Αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουσαι ἐπὶ πετάσματος, ἢ ἐπὶ τῆς ἀπέναντι πλευρᾶς τοῦ θωματίου, σχηματί-



Σχ. 33. Σχηματισμὸς εἰκόνων ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου.

ζουσιν ἐν αὐτῷ οὐχὶ χώραν ὁμοιομόρφως φωτεινὴν, ἀλλ' ὁλόκληρον εἰκόνα, ἣτις εἶναι ἐντελὼς ὁμοία μὲ τὸ ἐξωτερικὸν ἀντικείμενον, ἀλλ' ἀνεστραμμένη. Ἡ ἀντιστροφή τῆς εἰκόνος προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες διασταυροῦνται κατὰ τὴν διόδόν των διὰ τῆς ὀπῆς, καὶ ἔνεκα 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 ὀπὴ εἶναι λίαν μικρά, ἡ εἰκὼν θὰ εἶναι μὲν εὐκρινεστέρα, ἀλλὰ δὲν θὰ εἶναι πολὺ φωτεινή.

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 τὸν χειμῶνα παράγεται θύελλα (ἀστραπὴ καὶ βροντή), βλέπομεν κατὰ πρῶτον τὴν ἀστραπὴν καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν καὶ τὴν βροντὴν.

Συμπέρασμα. Τὸ φῶς διαδίδεται ταχύτερον τοῦ ἤχου.

Καλεῖται *ταχύτης* τοῦ φωτός τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπ' αὐτοῦ ἐντὸς ἑνὸς 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 παραδέχοντο, 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*, ὃ δὲ Galilée ἀπεπειράθη καὶ νὰ μετρήσῃ ταύτην. Ἀλλ' ἐκεῖνος ὅστις πρῶτος ἔφθασεν εἰς πιθανὰ ἀποτελέσματα εἶναι ὁ Roemer.

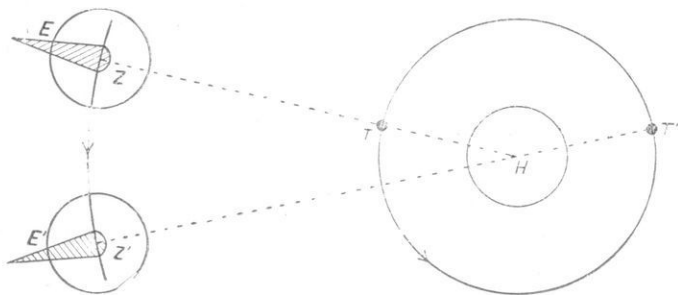
Πρὸς μέτρησιν τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός ἐχρησιμοποιήθησαν διάφοροι μέθοδοι, ἄλλαι μὲν ἀστρονομικαί, ὅπως τοῦ Roemer, ἄλλαι δὲ φυσικαί, ὅπως ἡ τοῦ Fizeau.

Μέθοδος τοῦ Roemer (1), Ἡ μέθοδος αὕτη στηρίζεται ἐπὶ παρατηρήσεων γενομένων ὑπὸ τοῦ Roemer ἐπὶ τοῦ πρώτου (τοῦ πλησιεστέρου) δορυφόρου τοῦ Διός. Ἡ βάσις αὐτῆς εἶναι ἡ ἑξῆς. Εἶναι γνωστὸν, ὅτι ὁ πρῶτος δορυφόρος τοῦ Διός καταδύεται εἰς τὴν σκιὰν τὴν ὁποίαν ὀρίπτει ὁ πλανήτης οὗτος, κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς 42 ὥρας, 28 λεπτά καὶ 36 δευτερολέπτα. Ὑποθέσωμεν λοιπὸν, ὅτι σημειοῦμεν τὴν χρονικὴν στιγμὴν καθ' ἣν γίνεται μία κατάδυσις τοῦ δορυφόρου εἰς ἐποχὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ μὲν Ζεὺς εὐρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Z (σχ. 34), ἡ δὲ Γῆ εἰς τὸ σημεῖον T τῆς τροχιάς αὐτῶν. Μετά τινα χρόνον, ἐπειδὴ ἀμφοτέροι οἱ πλανῆται μετακινοῦνται ἐπὶ τῶν τροχιῶν των κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, θέλουσιν εὐρεθῇ ὁ μὲν Ζεὺς εἰς τὸ Z', ἡ δὲ Γῆ εἰς τὸ T'. Τοιουτοτρόπως εἰς τὰς θέσεις ταύτας ἡ ἀρχικὴ ἀπόστασις τῆς Γῆς ἀπὸ τοῦ Διός ἔχει ἀυξηθῇ κατὰ μίαν ὁλόκληρον διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς.

Κατὰ τὴν ἐποχὴν ταύτην σημειοῦμεν τὴν χρονικὴν στιγμὴν καὶ ἑτέρας καταδύσεως τοῦ δορυφόρου. Θέλομεν ἀνεύρει, ὅτι ἡ

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

καταδύσεις αὕτη, ἀντὶ νὰ παρατηρηθῇ μετὰ χρόνον ἀκριβῶς ἴσον



Σχ. 34. Προσδιορισμὸς τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός
διὰ τῆς μεθόδου τοῦ Roemer.

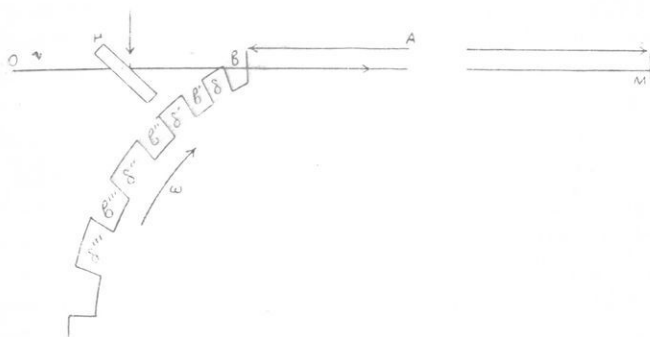
πρὸς Ν φορὰς τὸ 42 ὥραι 28 λεπτὰ καὶ 36 δευτερόλεπτα (Ν εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν καταδύσεων, αἵτινες ἔλαβον χώραν κατὰ τὸν χρόνον, καθ' ὃν ἡ Γῆ μετέβη ἐκ τοῦ Τ εἰς Τ'), παρατηρεῖται κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν, ἣτις ἰσοῦται μὲ Ν φορὰς τὸ 42 ὥραι, 28 λεπτὰ καὶ 36 δευτερόλεπτα *σὺν χρόνῳ τινὶ ε*. Ὁ πρόσθετος 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 διαιρέσωμεν 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 ἀπλουστεύρα τῆς προηγουμένης. Κατὰ ταύτην ἐκρησιμοποιήθη μετάλλινος τροχὸς ὀδοντωτὸς (σχ. 35) στρεφόμενος κατακορύφως περὶ ὀριζόντιον ἄξονα ταχέως καὶ ὁμαλῶς. Οἱ ὀδόντες τοῦ τροχοῦ εἶχον πάντες τὸ αὐτὸ πλάτος καὶ ἐχωρίζοντο ἀπ' ἀλλήλων διὰ κενῶν διαστημάτων, ἅτινα εἶχον πάντα τὸ αὐτὸ πλάτος καὶ ἴσον πρὸς τὸ τῶν ὀδόντων. Λεπτὴ φωτεινὴ δέσμη, προερχομένη ἐκ τινος

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

φωτεινῆς πηγῆς, ἀνακλᾶται ἐπὶ ὑαλίνης πλακῶς μ καὶ διευθύνεται καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ τροχοῦ. Αὕτη, διερχομένη



Σχ. 35. Προσδιορισμὸς τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς διὰ τῆς μεθόδου τοῦ Fizeau.

διὰ τοῦ κενοῦ διαστήματος β , μεταξὺ δύο ὀδόντων, προσπίπτει καθέτως κατὰ τὴν διεύθυνσιν βM ἐπὶ κατόπτρου M , εὗρισκομένου εἰς τινὰ ἀπόστασιν A χιλιομέτρων ἀπὸ τοῦ τροχοῦ, ἔνθα, ἀνακλωμένη ἐκ νέου, ἐπιστρέφει πάλιν πρὸς τὸν τροχὸν κατὰ τὴν διεύθυνσιν $M\beta$. Τὴν ἐπιστρέφουσαν ταύτην δέσμη βλέπει ὁ παρατηρητὴς ἐκ τῆς θέσεως οὗ διὰ μέσου τῆς ὑαλίνης πλακῶς μ . Ἡ βάσις τῆς μεθόδου ταύτης εἶναι ἡ ἑξῆς.

Ὑποθέσωμεν, ὅτι ὁ τροχὸς εἶναι ἀκίνητος. Ἡ φωτεινὴ δέσμη ἐπιστρέφουσα ἐκ τοῦ κατόπτρου M πρὸς τὸν τροχόν, θὰ διέλθῃ πάλιν διὰ τοῦ ἰδίου κενοῦ διαστήματος β , διὰ τοῦ ὁποῖου διήλθε καὶ κατὰ τὴν ἀναχώρησιν αὐτῆς. Ὑποθέσωμεν ἤδη, ὅτι ὁ τροχὸς περιστρέφεται κατὰ τὴν φορὰν ω . Εἶναι δυνατόν νὰ συμβῇ, ὥστε ἡ ἐπιστρέφουσα δέσμη νὰ συναντήσῃ οὐχὶ πλεον τὸ κενὸν διάστημα β , διὰ τοῦ ὁποῖου διήλθε κατὰ τὴν ἀναχώρησίν της, ἀλλὰ τὸν ἀμέσως ἐπόμενον αὐτοῦ ὀδόντα δ , ὁπότε δὲν θὰ φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἰνα συμβῇ τοῦτο δέον ὁ τροχὸς νὰ στρέφηται 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 $\beta M + M\beta$. 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 μεγαλύτερα 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 $\beta M + M\beta$, τότε ἡ ἐπιστρέφουσα δέσμη θὰ συναντήσῃ τὸ κενὸν διάστημα β' , τὸ ἀμέσως ἐπόμενον ἐκείνου, δι' οὗ διήλθε κατὰ τὴν ἀναχώρησίν 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.

Ὑπολογισμὸς τῆς ταχύτητος. Καλέσωμεν A τὴν ἀπόστασιν τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τοῦ τροχοῦ, N τὸν ἀριθμὸν τῶν ὀδόντων τοῦ τροχοῦ (ὁπότε N θὰ εἶναι καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν κενῶν διαστημάτων), καὶ v τὸν ἀριθμὸν τῶν στροφῶν αὐτοῦ κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐκάστη στροφή θὰ γίνηται εἰς χρόνον ἴσον με $\frac{1}{v}$ δευτερόλεπτα καὶ κατ' αὐτὸν θὰ διέρχωνται διὰ τοῦ σημείου β ἐν ὅλῳ $2N$ τμήματα, ἥτοι N κενὰ καὶ N ὀδόντες. Καὶ ἀφοῦ τὰ $2N$ τμήματα διέρχονται διὰ τοῦ σημείου β ἐντὸς $\frac{1}{v}$ δευτερολέπτων, τὸ ἐν μόνον τμήμα θὰ διέλθῃ ἐντὸς $\frac{1}{2Nv}$ δευτερολέπτων. Ἀλλὰ κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον ($\frac{1}{2Nv}$ δευτερόλεπτα) τὸ φῶς διανύει ἀπόστασιν $A + A$, ἥτοι $2A$ χιλιόμετρα, καὶ ἐπομένως εἰς ἓν δευτερόλεπτον θὰ διανύσῃ $\frac{2A}{\frac{1}{2Nv}} = 4 \times N \times v \times A$ χιλιόμετρα.

Τὴν μέθοδον ταύτην ἐφήρμοσεν ὁ Perrotin (1899—1902) μεταξὺ δύο σταθμῶν ἀπεχόντων 46 χιλιόμετρα ἀπ' ἀλλήλων, ἐκτελέσας 1100 μετρήσεις, καὶ εὔρεν ὡς ταχύτητα τοῦ φωτός ἐν τῷ κενῷ, κατὰ δευτερόλεπτον 299.880 χιλιόμετρα.

Σήμερον ὡς ταχύτητα τοῦ φωτός ἐν τῷ κενῷ καὶ ἐν τῷ ἀέρι παραδέχονται, κατὰ προσέγγισιν, 300.000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐντὸς τῶν λοιπῶν διαφανῶν σωμάτων ἡ ταχύτης εἶναι διάφορος· ἐν τῷ ὕδατι εἶναι 225.000 χιλιόμετρα καὶ ἐν τῇ ὑάλῳ 200.000 χιλιόμετρα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Γνωρίζομεν, ὅτι τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου χρειάζεται 8 πρῶτα λεπτά καὶ 18 δευτερόλεπτα διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὴν Γῆν. Νὰ εὐρεθῇ α) εἰς χιλιόμετρα καὶ β) εἰς γήϊνας ἀκτῖνας ἡ μέση ἀπόστασις τοῦ Ἡλίου ἀπὸ τῆς Γῆς. Μέση ἀκτίς τῆς Γῆς = 6366 χιλιόμετρα. (Ἀπόκρ. α) 149.400.000 χιλιόμετρα καὶ β) 23468 γήϊναι ἀκτῖνες περίπου).

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 26,6 δευτερολέπτων, νὰ εὐρωμεν 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. (Ἀπόκρ. 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, ἥτοι δὲν παράγουσιν εἰς τοὺς ὀφθαλμοὺς ἡμῶν πάντοτε τὴν αὐτὴν ἐντύπωσιν. Οὕτω διὰ φωτὸς ἠλεκτρικοῦ θὰ φωτίζωνται ἰσχυρότερον, ἐνῷ διὰ φλογὸς φωταερίου θὰ φωτίζωνται ἀσθενέστερον.

Συμπέρασμα. Αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουσι διάφορον ποσὸν φωτὸς ἐκάστη.

Ὁ φωτισμός, τὸν ὁποῖον δέχεται σῶμά τι, ἐξαρτᾶται ἐκ πολλῶν αἰτίων. Τοιαῦτα εἶναι: ἡ φύσις τοῦ σώματος, ἡ κατάστασις καὶ τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, τὸ χρῶμα καὶ ἡ διεύθυνσις τοῦ φωτὸς τῆς φωτεινῆς πηγῆς.

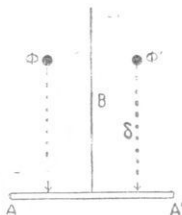
46. Ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς.—Πείραμα. Ἐνώπιον λευκῆς ὑαλίνης πλακὸς ἡμιδιαφανοῦς καὶ κατακορύφου ΑΑ' (σχ. 36) τοποθετοῦμεν λεπτὸν σκιερὸν διάφραγμα Β, τὸ ὁποῖον νὰ διαιρῇ τὴν πλάκα εἰς δύο μέρη ἴσα. Ἐκατέρωθεν τούτου καὶ εἰς ἴσην ἀπόστασιν δ ἀπὸ τῆς πλακὸς τοποθετοῦμεν δύο φωτεινάς πηγὰς.

Στοιχεῖα Φυσικῆς. Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἑκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

Φ καὶ Φ' ὁμοιοχρώμους. Ἐὰν καὶ τὰ δύο τμήματα Α καὶ Α' τῆς ὑαλίνης πλακὸς φωτίζωνται ἐξ ἴσου ὑπὸ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, θέλομεν εἶπει ὅτι ἡ ἔντασις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἡ αὐτή.

Συμπέρασμα.—Δύο φωτειναὶ πηγαὶ ἔχουσιν ἴσην ἔντασιν, ὅταν ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως παράγωσιν ἴσους φωτισμοὺς ἐπὶ ὁμοίων διαφραγμάτων.

Ἐὰν ὅμως συμβῇ, ὥστε τὸ τμήμα Α νὰ παρουσιάσῃ φωτισμὸν ἀνώτερον τοῦ τμήματος Α', θέλομεν εἶπει, ὅτι ἡ ἔντασις τῆς φωτεινῆς πηγῆς Φ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ἑντάσεως τῆς ἑτέρας φωτεινῆς πηγῆς Φ'.



Σχ. 36. Ἡ ἔντασις τοῦ φωτὸς εἶναι ἡ αὐτή, ὅταν οἱ φωτισμοὶ εἶναι ἴσοι.

Μία φωτεινὴ πηγὴ Φ θὰ λέγωμεν ὅτι ἔχει ἔντασιν διπλασίαν, τριπλασίαν κλπ. ἑτέρας πηγῆς Φ', ἐὰν ἡ Φ παράγῃ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς φωτισμὸν, τὸν ὁποῖον παράγουσι 2, 3 κλπ. φωτειναὶ πηγαὶ ὅμοιαι πρὸς τὴν Φ' καὶ συνυπάρχουσαι.

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

47. Νόμος τῆς φωτομετρίας — Πείραμα. Λαμβάνομεν τὴν προηγουμένην συσκευὴν καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὰ σημεῖα Φ καὶ Φ' (σχ. 37, α) δύο κηρία ὅμοια (1), ἅτινα φωτίζουν καθεύτως τὰ τμήματα Α καὶ Α'. Ἐὰν τὰ δύο κηρία εἶναι τελείως ὅμοια, 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. 37, β), εὐρίσκομεν, ὅτι, ἵνα οἱ φωτισμοὶ γίνωσι καὶ πάλιν ἴσοι, πρέπει νὰ προσθέσωμεν ἀκόμη 3 κηρία ὅμοια, ἥτοι τὸ ὅλον 4 κηρία. Ὁ φωτισμὸς λοιπὸν ὁ παραγόμενος ὑφ' ἑνὸς μόνον κηρίου ἐξ ἀποστάσεως 2 μέτρων εἶναι τὸ τέταρτον τοῦ φωτισμοῦ, τὸν ὁποῖον τοῦτο παρῆγεν ἐξ ἀποστάσεως 1 μέτρου. Ὡσαύτως εἰς ἀπόστασιν τριπλασίαν, 3 μέτρων, εὐρίσκομεν, ὅτι

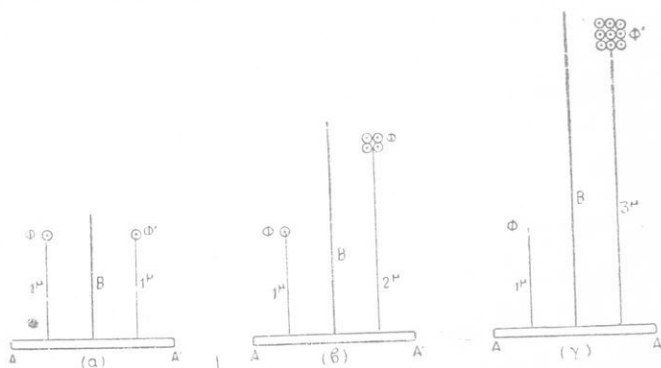
(1) Τὰ κηρία θὰ εἶναι ὅμοια μεταξύ των, ὅταν λαμβάνωνται ἐκ τῆς αὐτῆς δέσμης (πακέτο).

πρέπει νὰ προσθέσωμεν ἀκόμη 8 κηρία, ἴτοι τὸ ὅλον 9 κηρία (σχ. 37, γ), ἵνα ἔχωμεν τὸν αὐτὸν φωτισμόν. Ὁ φωτισμὸς λοιπὸν ὑφ' ἐνὸς μόνον κηρίου, ἐξ ἀποστάσεως 3 μέτρων, εἶναι τὸ ἔνατον ἐκείνου, τὸν ὁποῖον παρῆγεν ἐξ ἀποστάσεως 1 μέτρου.

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



Σχ. 37. Σύγκρισις τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν.

ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν. Καὶ πράγματι, ὅταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζωσιν ἐξ ἴσου δύο ἐπιφανείας γειτονικὰς καὶ ὁμοίας, ἢ τὴν αὐτὴν ἐπιφάνειαν διαδοχικῶς, ἐξ ἀποστάσεων A καὶ A' , αἱ ἐντάσεις αὐτῶν E καὶ E' εἶναι ἀνάλογοι τῶν τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων, ἴτοι ἔχομεν τὴν σχέσιν

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

Ἐπομένως, ἐὰν ἡ μία τῶν ἐντάσεων, π. χ. ἡ E' , θεωρηθῇ ὡς μονάς, δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὴν ἄλλην ἐντασιν 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 εἶνε αἱ ἐξῆς.

1) Ἡ *Carcel*. Αὕτη παριστᾷ τὴν ἐντασιν τῆς φλογὸς λύχνου,

ἐπινοηθέντες ὑπὸ τοῦ Carcel καὶ καίοντος 42 γραμμάρια κραμβελαίου καθ' ὥραν.

2) Ἡ *Violle*. Αὕτη παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, ὅπερ ἐκπέμπει καθέτως 1 τετρ. ἑκατοστόμετρον λευκοχρόσου, εὗρισκόμενου 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 (σπερματέου), ἔχοντος διάμετρον 2 ἑκατοστομέτρων.

Ὡς πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως λαμβάνεται συνήθως τὸ δεκαδικὸν κηρίον. Εἰς δεκαδικὰ κηρία ἐκφράζεται ἡ ἔντασις τῶν κοινῶν φωτεινῶν πηγῶν καὶ ἰδίᾳ τῶν ἠλεκτρικῶν λυχνιῶν.

Σύγκρισις τῶν μονάδων ἐντάσεως φωτὸς 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.

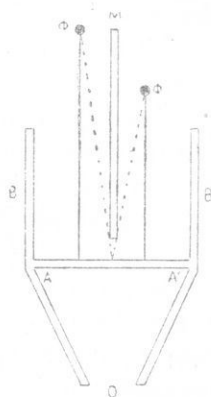
50. Μέτρησις τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν. —

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. Α') **Περιγραφή.** Τὸ φωτόμετρον τοῦτο εἶναι τροποποιήσις τῆς συσκευῆς, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 36. Τὰ δύο τμήματα Α καὶ Α' τῆς ἡμιδιαφανοῦς πλακὸς τῆς συσκευῆς ἐκείνης, εἶναι τὰ δύο ἡμίση ἡμιδιαφανοῦς πλακός, ἥτις ἀποτελεῖ τὸν πυθμένα κωνοειδοῦς ξυλίνου κιβωτίου Ο (σχ. 38), οὗτινος τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα εἶναι μελανὰ. Τὸ κιβώτιον τοῦτο μετὰ τῶν πλαγίων τοιχωμάτων Β καὶ Β' προφυλάσσει τὴν ὑαλίνην πλάκα ἀπὸ πάντα ἐξωτερικὸν φωτισμόν. Σκιερὸν διάφραγμα Μ, κάθετον ἐπὶ τὴν πλάκα καὶ κινητόν, χωρίζει αὐτὴν εἰς δύο ἡμίση καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ ἀνείρωμεν ἀκριβῶς τὴν ἰσότητά τοῦ φωτισμοῦ αὐτῶν. Παραλλήλως πρὸς τὸ διάφραγμα τοῦτο ὑπάρχουσι κανόνες ὑποδιηρημένοι εἰς ἑκατοστόμετρα, τὸ δὲ μη-

δὲν τῆς διαιρέσεως αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θέσιν τῆς ὑαλίνης πλακὸς.

Β') Τρόπος χρήσεως. Τοποθετοῦμεν τὴν ὑπὸ ἐξέτασιν φωτεινὴν πηγὴν ἐπὶ τοῦ ἑνὸς 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 αὐτήν, μέχρι ὅτου ὁ ὀφθαλμὸς ἀντιληφθῇ ὅτι τὰ δύο ἡμίση τῆς πλακὸς φωτίζονται ἐξ ἴσου. Μετροῦντες τότε τὰς ἀποστάσεις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἐπὶ τοῦ κανόνος, ὑψοῦντες αὐτὰς εἰς τὸ τετράγωνον καὶ ἐφαρμόζοντες τὴν σχέσιν $\frac{E}{E'} = \frac{A^2}{A'^2}$, εὐρίσκομεν τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, σχετικῶς πρὸς τὴν μονάδα τῆς ἐντάσεως.



Σχ. 38. Φωτόμετρον τοῦ Foucault.

Φωτόμετρον Bunsen. Τοῦτο ὑπὸ τὴν ἀπλουστάτην αὐτοῦ μορφήν, ἀποτελεῖται ἐκ τεμαχίου λευκοῦ χάρτου, φέροντος εἰς τὸ μέσον κηλῖδα ἐκ λιπαρᾶς οὐσίας, λ. χ. ἐλαίου. Τοποθετοῦμεν τοῦτο κατακορύφως καὶ μεταξὺ τῶν δύο πρὸς σύγκρισιν φωτεινῶν πηγῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἢ μία εἶναι ἢ μονὰς ἐντάσεως, οὕτως ὥστε τὸ ἐπίπεδόν του νὰ εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἐνώνουσαν τὰ δύο φῶτα. Ἀφίνοντες τὴν μονάδα ἐντάσεως ἀκίνητον, μετακινούμεν τὴν ἄλλην καθέτως πρὸς τὸ φύλλον τοῦ χάρτου, μέχρις ὅτου ἐξαφανισθῇ 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.

Ἵνα παρατηρῶμεν συγχρόνως τὰς δύο ὀψεις τῆς κηλίδος, τοποθετοῦμεν ἑκατέρωθεν τοῦ χάρτου δύο κάτοπτρα ἐπίπεδα ὑπὸ γωνίαν 45° καὶ οὕτως εὐρίσκομεν ἀκριβέστερον τὴν στιγμὴν, καθ' ἣν ἐξαφανίζεται ἡ κηλὶς.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Ἐν τῷ φωτομέτρῳ Foucault ἐτοποθετήθησαν λαμπτήρ καὶ κηρίον. Ὄταν τὰ δύο ἡμίση τῆς πλακὸς φωτίζωνται ἐξ ἴσου, ἡ ἀπόστασις τοῦ μὲν λαμπτήρος εἶναι 80 ἑκατοστόμ., τοῦ δὲ κηρίου 40 ἑκατοστόμ. Νὰ εὗρεθῇ 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 εὗρεθῇ εἰς ποίαν θέσιν μεταξὺ αὐτῶν πρέπει νὰ τεθῇ διάφραγμα τι, ἵνα φωτίζεται ἐξ ἴσου παρὰ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν.

(Ἀποκρίσεις 2,3 μέτρα ἀπὸ τοῦ κηρίου).

3) Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ διαφράγματος Δ πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν φωτεινὴν πηγὴν Φ, ἐντάσεως ἴσης πρὸς 1, ἵνα ἄλλη φωτεινὴ πηγὴ Φ₂, ἐντάσεως ἴσης πρὸς 9, τιθεμένη εἰς τὴν ζητουμένην ἀπόστασιν ἠδξημένην κατὰ 80 ἑκατοστόμετρα, παράγῃ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος τὸν αὐτὸν φωτισμόν;

(Ἀπόκρ. 40 ἑκατοστόμ.).

4) Λύχνος Carcel καὶ λύχνος Auer ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων 3 μέτρα. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ λύχνου Carcel, λαμβανομένην ἐπὶ τῆς εὐθείας, ἥτις ἐνώνει τὰς δύο φωτεινὰς πηγάς, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν διάφραγμα Δ, ἵνα τοῦτο φωτίζεται ἐξ ἴσου ὑπὸ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, γνωστοῦ ὄντος ὅτι αἱ ἐντάσεις 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 χαρτοῦ. Παρατηροῦμεν, ὅτι ὁ χαρτὴς ἐκπέμπει τὸ φῶς κατ' ὅλας τὰς πρὸ αὐτοῦ διευθύνσεις, διότι ὅπουδῆποτε καὶ ἂν τοποθετηθῶμεν ἐν τῷ δωματίῳ ἔμπροσθεν τοῦ χαρτοῦ, βλέπομεν αὐτόν. Λέγομεν τότε, ὅτι ὁ χαρτὴς **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 μελανὰ. Ἐνεκα τούτου, κατὰ τὴν νύκτα τὰ δωματία φωτίζονται ὑπὸ τῶν λαμπτήρων περισσότερον μὲν, ὅταν οἱ τοῖχοι εἶναι λευκοὶ καὶ τὰ ὑπὸ τὸν λαμπτήρα τραπεζομάνδηλα λευκά, ἀσθενέστερον δέ, ὅταν ταῦτα εἶναι κεχρωματισμένα.

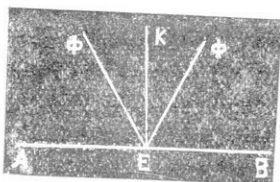
52 Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.—Πείραμα. Εἰς τὴν πορείαν τῆς φωτεινῆς δέσμης ἐντὸς τοῦ σκοτεινοῦ δωματίου τοποθετοῦμεν τεμάχιον μετάλλου λεῖον καὶ στιλπνόν, ἢ τεμάχιον καθρέπτου. Παρατηροῦμεν οὖν τὸ μέταλλον, ἢ ὁ καθρέπτης, ἐκπέμπει τὸ φῶς καθ' ὥρισμένην διεύθυνσιν, διότι ἐπὶ τοῦ τοῖχου ἢ ἐπὶ τῆς ὀροφῆς τοῦ 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' ὥρισμένην διεύθυνσιν.

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

53. Γωνία προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.—Ἐστω ΑΒ (σχ. 39) 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 ΑΒ ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΕΦ. Ἡ ἀκτὶς ΦΕ καλεῖται **προσπίπτουσα**, ἢ ΕΦ' καλεῖται **ἀνακλωμένη**, ἡ ἐπιφάνεια ΑΒ, ἡ προκαλέσασα τὴν ἀνάκλασιν τοῦ φωτός, καλεῖται **ἀνακλῶσα** ἐπιφάνεια καὶ τὸ σημεῖον Ε, ἔνθα ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς συναντᾷ τὴν ἀνακλῶσαν

ἐπιφάνειαν, καλεῖται **σημεῖον προσπίπτσεως**. Ἐκάστη προσπίπτουσα ἀκτὶς παρέχει καὶ μίαν ἀντίστοιχον ἀνακλωμένην.



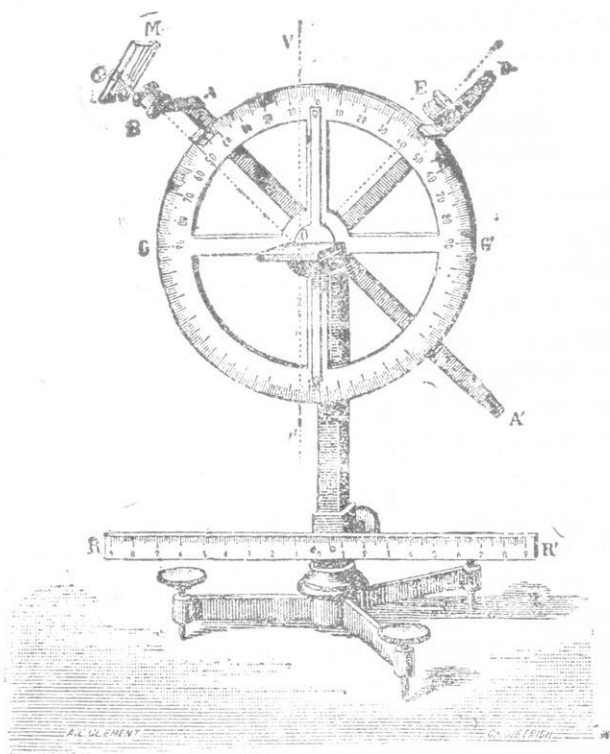
Σχ. 39. Γωνία προσπίπτσεως καὶ διαθλάσεως.

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

54. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.—**Συσκευὴ τοῦ Silbermann.** Α') **Περιγραφή.** Αὕτη (σχ. 40) ἀποτελεῖται ἐξ ὀρειχαλκίνου κατακορύφου κύκλου, ὅστις φέρει εἰς τὸ κέντρον μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον Ο ὁριζόντιον καὶ κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου. Ἡ περιφέρεια τοῦ κύκλου εἶναι διηρημένη εἰς μοίρας, καὶ ἡ διάμετρος αὐτοῦ $0^\circ - 180^\circ$ 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 εἰς οἵανδήποτε θέσιν ἐπὶ τῆς περιφερείας. Οἱ κανόνες φέρουσιν εἰς τὰ ἄκρα σωλήνας κυλινδρικοὺς Β καὶ Ε, τῶν ὁποίων τὰ δύο ἀνοίγματα κλείονται διὰ δισκαρίων, εἰς τὸ κέντρον τῶν ὁποίων ὑπάρχει ἀνὰ μία ὁπὴ συμπίπτουσα μὲ τὸν ἄξονα τοῦ σωλήνος. Οἱ σωλήνες τοποθετοῦνται οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες τῶν νὰ ἀπέχωσιν ἐξ ἴσου ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ κύκλου καὶ νὰ διευθύνωνται παραλλήλως πρὸς τινὰ ἀκτῖνα αὐτοῦ. Τοιοῦτοτρόπως οἱ ἄξονες τῶν σωλήνων ὁρίζουσιν ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον εἶναι παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου. Ὑπεράνω τοῦ σωλήνος Β ὑπάρχει κάτοπτρον Μ, στρεπτὸν κατὰ διαφόρους διευθύνσεις.

Β') **Πείραμα.** Ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Μ δεχόμεθα φωτεινὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας, ἀνακλασθείσας ἐπ' αὐτοῦ, ρίπτομεν ἐπὶ τοῦ σωλήνος Β. 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 συναν-

τῶσα τὸ κάτοπτρον ἀνακλᾶται ἐπ' αὐτοῦ καὶ παρέχει τὴν ἀνακλωμένην. Μετακινουῖμεν ἔπειτα τὸν ἄλλον κανόνα, οὕτως ὥστε ἡ ἀνακλωμένη δέσμη νὰ διέλθῃ διὰ τῶν ὀπῶν τοῦ σωλῆνος E, ὅποτε λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος αὐτοῦ, καὶ ἐπομένως διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς ἀκτῖνά τινα τοῦ κύκλου.



Σχ. 40. Συσκευὴ τοῦ Silbermann.

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, εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι ἴσα. Ἐὰν εἰς τὴν γωνίαν προσπτώσεως δώσωμεν νέαν τιμὴν, εὐρίσκομεν καὶ πάλιν γωνίαν

ἀνακλάσεως ἴσην. Ἡ γωνία λοιπὸν τῆς προσπιτώσεως 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 Ε. Ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἶναι παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου, καθ' ὅσον συμπίπτει μὲ τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο ἁξόνων. 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, το ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου.

Νόμοι. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος συνάγομεν τοὺς ἑξῆς δύο νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός :

Πρῶτος νόμος. — *Ἡ γωνία τῆς προσπιτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν τῆς ἀνακλάσεως.*

Δεύτερος νόμος. — *Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὀριζόμενον ὑπὸ τῆς προσπιπτούσης καὶ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν.* Ἐπομένως περιέχει καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγομένην εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπιτώσεως.

Κ Α Τ Ο Π Τ Ρ Α

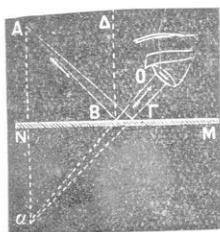
55. Ὅρισμός. — Καλεῖται **κάτοπτρον** πᾶν σῶμα, οὗτινος ἡ ἐπιφάνεια εἶναι λεία καὶ στιλπνὴ καὶ ἀνακλᾷ κανονικῶς ὁλόκληρον σχεδὸν τὸ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτον φῶς. Διακρίνομεν πολλὰ εἶδη κατόπτρων, ἔξ ὧν τὰ συνηθέστερα εἶναι τὰ **ἐπίπεδα** καὶ τὰ **σφαιρικά**.

Α') Ἐπίπεδα κάτοπτρα.

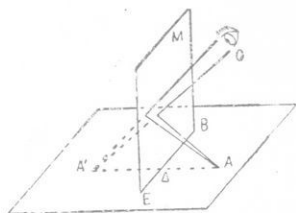
56. Ὅρισμός. — Καλοῦνται **ἐπίπεδα κάτοπτρα** τὰ κάτοπτρα τῶν ὁποίων ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος. Τοιαῦτα εἶναι τὰ συνήθη κάτοπτρα τῶν οἰκιῶν (καθρέπται). Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πλάκα ὑαλίνην, τῆς ὁποίας ἡ ὀπισθία ἐπιφάνεια ἔχει ἐπιχρισθῇ μὲ λεπτὸν στρώμα ἀργύρου, τὸ ὁποῖον ἀνακλᾷ ἰσχυρῶς τὸ φῶς. Ἐὰν εἷς τι μέρος τὸ στρώμα τοῦ ἀργύρου καταστραφῇ, τὸ φῶς δὲν ἀνακλᾶται εἰς τὸ μέρος τοῦτο, ἀλλὰ διέρχεται διὰ τῆς ὑάλου. Ὡς ἐπίπεδον κάτοπτρον δύναται νὰ χρησι-

μεύση καὶ κοινὴ ὑαλίνη πλάξ, ἡ ἐπιφάνεια τῶν ἡρεμούντων ὑδάτων, ὥς καὶ οἷονδήποτε σῶμα ἔχον ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν λίαν στιλπνήν.

57. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων.—α') **Εἶδωλον φωτοβόλου σημείου.** Ἐστω MN (σχ. 41) ἐπίπεδον κάτοπτρον καὶ ἐνώπιον αὐτοῦ φωτοβόλον σημεῖον A. Αἱ ἀκτῖνες AB καὶ AG προσπίπτουσιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλῶνται κατὰ τὰς διευθύνσεις BO καὶ ΓΟ καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν, ὥς ἂν προήρχοντο ἐκ τινος σημείου α, κειμένου ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ σημεῖον τοῦτο ἐκλαμβάνεται ὑπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ὥς τὸ πραγματικὸν φωτοβόλον σημεῖον καὶ καλεῖται **εἶδωλον** τοῦ A. Εἶναι δὲ τὸ εἶδωλον **συμμετρικὸν** τοῦ ἀντικειμένου ὥς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Περὶ τούτου πειθόμεθα διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος.



Σχ. 41. Τρόπος σχηματισμοῦ τοῦ εἰδώλου φωτοβόλου σημείου.

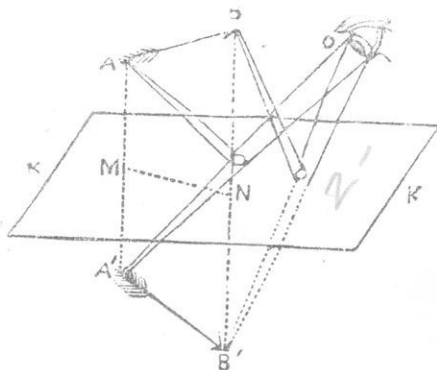


Σχ. 42. Τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς θέσιν συμμετρικὴν.

Ἐπὶ τραπέζης θέτομεν φύλλον λευκοῦ χαρτοῦ P (σχ. 42) καὶ ἐπὶ τούτου τοποθετοῦμεν ὑαλινὴν πλάκα M οὕτως, ὥστε αὕτη νὰ εἶναι κατακόρυφος (τοῦτο ἐπιτυγχάνεται τῇ βοηθείᾳ γνώμονος). Κατόπιν γράφομεν ἐπὶ τοῦ χαρτοῦ κηλίδα A διὰ μελάνης ἢ διὰ μολυβδοκονδύλου καὶ παρατηροῦντες διὰ μέσου τῆς ὑάλου τὸ ἔτερον μέρος τοῦ χαρτοῦ, βλέπομεν ὀπισθεν αὐτῆς τὸ εἶδωλον τοῦ A εἰς τὴν θέσιν A'. Τὸ παρατηρούμενον εἶδωλον σημειοῦμεν διὰ μολυβδοκονδύλου χάρις εἰς τὴν διαφάνειαν τῆς ὑάλου. Ἀφοῦ σημειώσωμεν τὴν εὐθεῖαν BΔΕ, καθ' ἣν ἡ ὑαλίνη πλάξ τέμνει τὸν χαρτὴν, ἀφαιροῦμεν τὴν πλάκα καὶ τῇ βοηθείᾳ κανόνος ἐνώνομεν τὰ σημεῖα A καὶ A' δι' εὐθείας. Ἐξετάζοντες τὴν εὐθεῖαν ταύτην παρατηροῦμεν δύο τινά α) ὅτι αὕτη εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν τῆς τομῆς BΔΕ καὶ β) ὅτι τὰ δύο τμήματα αὐτῆς AΔ καὶ A'Δ εἶναι ἴσα, ἥτοι ἡ εὐθεῖα διχοτομεῖται ὑπὸ τῆς το-

μῆς. Τὰ σημεῖα λοιπὸν A καὶ A' εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὴν εὐθεῖαν τῆς τομῆς καὶ ἐπομένως καὶ ὡς πρὸς τὴν ὑαλίνην πλάκα.

β') **Εἶδωλον φωτοβόλου ἀντικειμένου.** Ἐστω KK' (σχ. 43) ἐπίπεδον κάτοπτρον καὶ ἐνώπιον αὐτοῦ φωτοβόλον ἀντικείμενον, π. χ. τὸ βέλος AB . Παρατηροῦντες ἐντὸς τοῦ κατόπτρου θέλομεν ἴδαι 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



Σχ. 43. Τρόπος σχηματισμοῦ τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου.

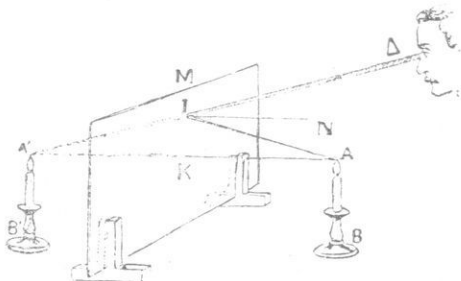
γεωμετρικῶς ὡς ἑξῆς. Ἐκ τῶν σημείων A καὶ B καταβιβάζομεν τὰς καθέτους AM καὶ BN ἐπὶ τὸ κάτοπτρον, προεκτείνομεν ταύτας ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου καὶ ἐπὶ τῶν προεκτάσεων λαμβάνομεν τμήματα ἴσα, ὥστε νὰ ἔχωμεν $AM = A'M$ καὶ $BN = B'N$. Οὕτω σχηματίζεται τὸ εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι συμμετρικὸν τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τοῦτο ἀποδεικνύομεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος.

Ἐπὶ τραπέζης τοποθετοῦμεν δύο κηρία B καὶ B' (σχ. 44), οὕτως ὥστε αἱ θρυαλλίδες A καὶ A' νὰ εὐρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος. Μεταξὺ τούτων τοποθετοῦμεν κατακορυφῶς ὑαλίνην πλάκα συνήθη M καὶ οὕτως, ὥστε αἱ θρυαλλίδες τῶν κηρίων νὰ εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς αὐτήν (δηλ. ἡ εὐθεῖα AA' νὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν πλάκα καὶ νὰ διχοτομῇται ὑπ' αὐτῆς). Ἀνάπτομεν τὸ ἓν κηρίον καὶ τοποθετούμεθα πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος. Ἐὰν παρατηρήσωμεν διὰ μέσου τῆς πλακὸς θὰ ἴδωμεν ὅτι καὶ τὸ ἄλλο

κηρίον μᾶς φαίνεται ἀνημμένον καὶ ὅτι ἡ φλόξ αὐτοῦ δὲν δύναται νὰ σβεσθῇ ὅσονδῆποτε ἰσχυρῶς καὶ ἂν φυσήσῃ αὐτὴν ἑτερον ἄτομον. Ἐὰν δὲ διὰ φυσήματος σβύσωμεν τὴν φλόγα Α, παρατηροῦμεν, ὅτι ταυτοχρόνως σβέννυται καὶ ἡ ἑτέρα φλόξ Α'.

Τὸ σχῆμα 43 δεικνύει τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεπομένων ἐκ τῶν ἄκρων σημείων Α καὶ Β τοῦ ἀντικειμένου μέχρι τοῦ ὀφθαλμοῦ.

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



Σχ. 44. Τὸ εἶδωλον εἶναι συμμετρικὸν τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

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.

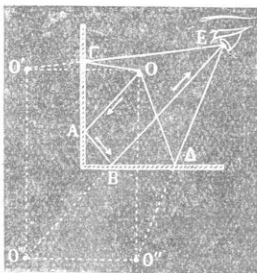
58. Εἶδωλα φανταστικά καὶ πραγματικά.—Πείραμα.
Εἰς τὸ πείραμα τῆς παραγράφου 57 περίπτωσις β' τοποθετοῦμεν ὀπισθεν τῆς ὑαλίνης πλακὸς καὶ ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τοῦ κηρίου Β' διάφραγμά τι. Παρατηροῦμεν, ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ εἶδωλον τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου Β. Ἐπομένως τὸ εἶδωλον δὲν ὑφίσταται ἐν τῇ πραγματικότητι. Συμβαίνει δὲ τοῦτο, διότι ἐν οἷονδῆποτε σημείον τοῦ εἰδώλου, π. χ. τὸ Α', σχηματίζεται διὰ τῆς συγκεντρώσεως οὐχὶ αὐτῶν τούτων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων, ἀλλὰ τῶν προεκτάσεων αὐτῶν. Τὸ οὕτω πως σχηματιζόμενον εἶδωλον ὀφείλεται εἰς ἀπάτην τῶν ὀφθαλμῶν καὶ διὰ τοῦτο καλεῖται *εἶδωλον κατ' ἔμφασιν* ἢ *φанта-*

σικόν. 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 τοιοῦτο εἶδωλον καλεῖται **εἰδωλον καθ' ὑπόστασιν ἢ πραγματικόν.**

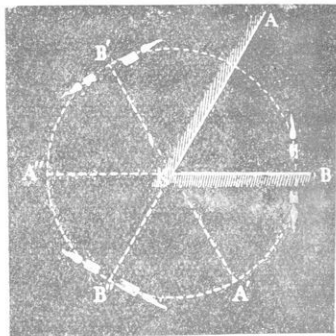
Συμπέρασμα. Εἰς τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζονται εἰδωλα μόνον φανταστικά.

59. Κάτοπτρα συγκλίνοντα.—Ἐὰν μεταξὺ δύο κατόπτρων ἐπιπέδων, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν γωνίαν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ὀξεῖαν, τεθῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον, π. χ. κηρίον ἀνημμένον, θέλομεν ἴδει σχηματιζόμενα ἐν αὐτοῖς πλείονα εἰδωλα, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς μεταβάλλεται μετὰ τῆς γωνίας τῶν κατόπτρων.

α') **Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν 90°** (κάθετα πρὸς ἀλλήλα). Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ σχηματίζονται **τρία** εἰδωλα O', O'', O''' (σχ. 45). Καὶ τὸ μὲν O' σχηματίζεται, διότι ἡ ἀκτὶς OG



Σχ. 45. Σχηματισμὸς τῶν εἰδῶλων εἰς τὰ συγκλίνοντα κάτοπτρα (90°).



Σχ. 46. Σχηματισμὸς τῶν εἰδῶλων εἰς τὰ συγκλίνοντα κάτοπτρα (60°).

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 αὕτη 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 τὴν διεύθυνσιν AB , ὑφίσταται καὶ δευτέραν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κα-

τόπτρου ΒΔ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΒΕ καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμόν, ὡς ἐὰν προήρχετο ἐκ τοῦ Ο', ὅπερ εἶναι τὸ συμμετρικὸν τοῦ Ο' ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον ΒΔ. Τὰ εἰδῶλα ταῦτα μετὰ τοῦ ἀντικειμένου εὐρίσκονται ἐπὶ περιφερείας, ἣτις γράφεται μὲ κέντρον τὸ σημεῖον, πρὸς τὸ ὁποῖον συγκλίνουναι τὰ κάτοπτρα καὶ μὲ ἀκτῖνα τὴν ἀπόστασιν τούτου ἀπὸ τοῦ φωτοβόλου σημείου Ο.

β') **Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν 60°.** Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ σχηματίζονται **πέντε** εἰδῶλα (σχ. 46), ἅτινα κεῖνται ἐπὶ τῆς ὡς ἀνωτέρω γραφομένης περιφερείας.

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

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

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

60. Κάτοπτρα παράλληλα.—Ἐὰν μεταξὺ δύο κατόπτρων παραλλήλων Μ καὶ Ν (σχ. 47) τεθῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον Α, θέλομεν ἶδει σχηματιζόμενα ἐν αὐτοῖς πολλὰ εἰδῶλα, ἔνεκα τῶν ἐπανειλημμένων ἀνακλάσεων τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων.

Καὶ ἐὰν μὲν αἱ ἀκτῖνες ἀνακλασθῶσι κατ' ἀρχὰς ἐπὶ τοῦ Μ, θὰ σχηματισθῇ ἡ σειρὰ τῶν εἰδώλων:

E_1 (εἶδωλον τοῦ Α ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον Μ).

E_2 (εἶδωλον τοῦ E_1 ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον Ν).

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

Ἐὰν δὲ αἱ ἀκτῖνες ἀνακλασθῶσιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Ν, θὰ σχηματισθῇ ἡ σειρὰ τῶν εἰδώλων:

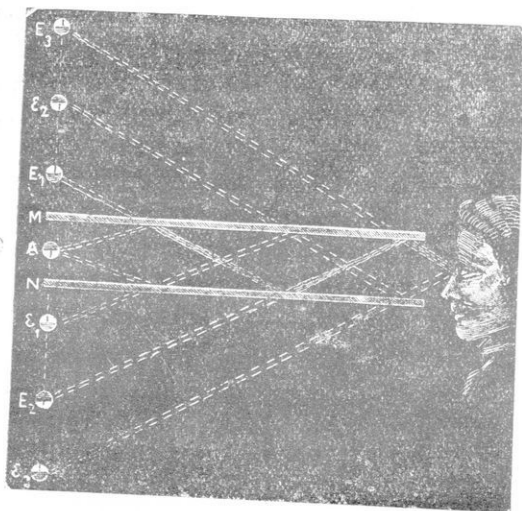
e_1 (εἶδωλον τοῦ Α ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον Ν).

e_2 (εἶδωλον τοῦ e_1 ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον Μ).

e_3 (εἶδωλον τοῦ e_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 ὁλόκληρον, καὶ ἔνεκα τούτου τὰ εἰδῶλα ἐξασθενίζουσιν 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.



Σχ. 47. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων εἰς τὰ παράλληλα κάτοπτρα.

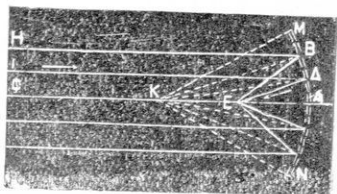
61. Ἐφαρμογὰὶ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων.—Πλὴν τῆς συνήθους χρήσεως τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων εἰς τὰς οἰκίας καὶ τὰ καταστήματα, ἐκρησιμοποιήθησαν ταῦτα καὶ πρὸς κατασκευὴν ἀνακλαστήρων καὶ διαφόρων ὀργάνων, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνονται διάφοροι ὀπτικοὶ ἀπάται. Δι' ἐπιπέδων κατόπτρων ἀνευ ἀμαλγάματος κασσιτέρου 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 ἐπιφάνεια εἴναι ἡ ἐσωτερικὴ, ἥτοι ἡ κοίλη, τὸ κάτοπτρον λέγεται **κοῖλον**, ἐὰν δὲ εἴναι ἡ ἐξωτερικὴ, ἥτοι ἡ κυρτή, τὸ κάτοπτρον λέγεται **κυρτόν**. Ὡστε τὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα διακρίνονται εἰς **κοῖλα** καὶ **κυρτά**. Πα-

ράδειγμα κοίλου κατόπτρου εἶναι τὸ μικρὸν κάτοπτρον τῶν ὀδοντοῦατρῶν.

Τὸ κέντρον K (σχ. 48) τῆς σφαίρας εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον καλεῖται **κέντρον καμπυλότητος** τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ σημεῖον A ὅπερ εἶναι τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου καλεῖται **κορυφή** αὐτοῦ. Ἡ ἀπεριόριστος εὐθεῖα AK ἡ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος K καὶ τῆς κορυφῆς A τοῦ κατόπτρου καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα δὲ ἄλλη ἀπεριόριστος εὐθεῖα, διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου K , οὐχὶ ὅμως καὶ διὰ τῆς κορυφῆς A , 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. **Ἀνοιγμα** τοῦ κατόπτρου καλεῖται ἡ ἐν τῷ κέντρῳ αὐτοῦ σχηματιζομένη γωνία MKN .



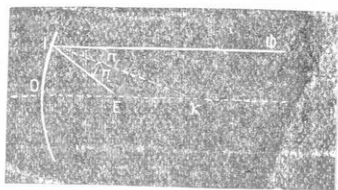
Σχ. 48. Σφαιρικὸν κάτοπτρον.

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

α) Κοίλα κάτοπτρα.

63. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων. Κυρία ἐστία.

—Θεωρήσωμεν φωτεινὴν δέμην προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κοίλου κατόπτρου παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, καὶ ἔστω DI (σχ. 49) μία τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης ταύτης. Ἡ ἀκτὶς ὕτη ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν IE καὶ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου E , ὅπερ κεῖται ἐν τῷ μέσῳ τῆς ἀκτίνος καμ-



Σχ. 49. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων ἐπὶ κοίλου κατόπτρου.

πυλότητος OK. Καὶ πράγματι, ἐν τῷ τριγώνῳ IEK αἱ πλευραὶ IE καὶ EK εἶναι ἴσαι, ὥς κείμεναι ἀπέναντι ἴσων γωνιῶν EKI = EIK = ΦΙΚ. Ἐπειδὴ δὲ τὸ κάτοπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος καὶ ἡ ἀκτὶς ΦΙ κεῖται πολὺ πλησίον τοῦ κυρίου ἄξονος, δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ὅτι $EI = EO$, ἐξ οὗ συμπεραίνομεν ὅτι καὶ $EO = EK$, ἥτοι τὸ σημεῖον E εἶναι τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος OK. Ὁ αὐτὸς συλλογισμὸς ἐφαρμόζεται καὶ ἐπὶ πάσης ἄλλης ἀκτίνος τῆς παραλλήλου δέσμης. Τοιουτοτρόπως ἡ δέσμη ἡ παράλληλος τῷ κυρίῳ ἄξονι, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν μετατρέπεται εἰς κωνικὴν δέσμην συγκλίνουσαν, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον E. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου ὡς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ δὲ ἀπόστασις EO καλεῖται **κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις** καὶ παρίσταται διὰ τοῦ γράμματος ε.

Παριστῶντες δὲ τὴν ἀκτῖνα OK διὰ τοῦ A, θὰ ἔχωμεν $e = \frac{A}{2}$.

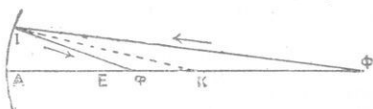
Ἀντιστρόφως, ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E ὑπάρχει φωτοβόλον τι σημεῖον, αἱ ἐκ τούτου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες καὶ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσαι, λαμβάνουσι, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, διευθύνσεις παραλλήλους τῷ κυρίῳ ἄξονι. Καὶ πράγματι, ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων ἀντιστρέφεται καὶ γίνονται αἱ πρότερον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

64 Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τῆς κυρίας ἐστίας. — Στρέφωμεν τὸ κάτοπτρον πρὸς τὸν ἥλιον, οὕτως, ὥστε αἱ ἥλια καὶ ἀκτῖνες νὰ προσπίπτωσι παραλλήλως τῷ 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 ἀκτίνων. Συζυγεῖς ἐστίαι. — Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον Φ, π. χ. φλὸς κη-

ορίου (σχ. 50), εύρισκόμενον ἐνώπιον κοίλου κατόπτρου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος αὐτοῦ καὶ πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος. Μία τῶν ἀκτίνων αὐτοῦ, λ. χ. ἡ ΦΙ, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Ιφ καὶ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου φ τοῦ κυρίου ἄξονος. Καὶ πᾶσα ἄλλη ἀκτίς, 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 χαρτου.

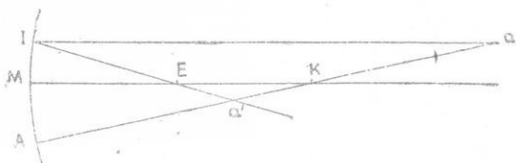


Σχ. 50. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων ἐπὶ κοίλου κατόπτρου.

Τοιουτοτρόπως, ἐὰν ἐκ τοῦ Φ ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλινούσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν θέλει μετατραπῇ εἰς κωνικὴν δέσμην συγκλίνουσαν, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ εύρίζεται ἐπὶ τοῦ σημείου φ. Τὰ σημεῖα Φ καὶ φ καλοῦνται **συζυγεῖς ἐστίας**. Ὡστε συζυγεῖς ἐστίαί καλοῦνται τὸ φωτοβόλον σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ. Εὕρισκονται δὲ ἀμφότερα 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 ἀκτίνων ἀντιστρέφεται, καὶ αἱ μὲν πρότερον ἀνακλόμεναι ἀκτίνες γίνονται νῦν προσπίπτουσαι, αἱ δὲ προσπίπτουσαι γίνονται ἀνακλόμεναι. Τούτου ἕνεκα καὶ αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως ἀντιστρέφονται μὲν ἀμοιβαίως, ἐξακολουθοῦσιν ὅμως νὰ μένωσιν ἴσαι.

66. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς τῆς συζυγοῦς ἐστίας. — Ἐστω α φωτοβόλον σημεῖον (σχ. 51). Λαμβάνομεν ἐκ τῶν



Σχ. 51. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς συζυγοῦς ἐστίας ἐν τῷ κοίλῳ κατόπτρῳ.

φωτεινῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεμπομένων ἐξ αὐτοῦ δύο, α) τὴν

ὁδεύουσιν κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα $\alpha\kappa\Lambda$ · αὕτη προσπίπτουσα καθέτως ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ β) τὴν ὁδεύουσιν παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, π. χ. τὴν $\alpha\Gamma$ · αὕτη ἀνακλωμένη θέλει διέλθει διὰ τῆς κυρίας ἐστίας E . Αἱ δύο ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον α' , ὅπερ εἶναι ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ α . Ἡ συζυγῆς 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.—

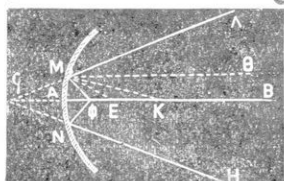
1ον) Ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον Φ τοῦ σχήματος 50 πλησιάζῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος K , τότε ἡ συζυγῆς ἐστία αὐτοῦ ϕ πλησιάζει πρὸς τὸ αὐτὸ σημεῖον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως ἐλαττοῦνται συγχρόνως.

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

3ον) Ἐὰν τὸ Φ συμπέσῃ μὲ τὸ κέντρον καμπυλότητος K , τότε καὶ ἡ συζυγῆς 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 E , τότε συζυγῆς ἐστία δὲν ὑφίσταται πλέον, διότι αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες, βαίνουσαι παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, δὲν δύνανται νὰ συναντήσωσιν αὐτὸν πρὸς σχηματισμὸν συζυγοῦς ἐστίας.

5ον) Ἐὰν τὸ Φ τεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας E καὶ τοῦ κατόπτρου (σχ. 52), μίαν οἰαδήποτε ἀκτῖν αὐτοῦ, λ. χ. ἡ ΦM , μετὰ τὴν ἀνάκλασιν λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν $M\Lambda$, δηλ. βαίνει ἀποκλίνουσα ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα. Καὶ πράγματι, διότι τῆς γωνίας προσπτώσεως $\Phi M K$ οὐσῆς μεγαλυτέρας τῆς γωνίας προσπτώσεως $E M K$, καὶ ἡ ἀντίστοιχος γωνία ἀνακλάσεως $K M \Lambda$ θὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς $K M \Theta$. Ὡστε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς $M\Lambda$ δὲν εἶναι δυνατόν νὰ συναντήσῃ



Σχ. 52. Μετάθεσις φωτοβόλου σημείου καὶ συζυγοῦς ἐστίας.

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

Καὶ ἐὰν μὲν τὸ φωτοβόλον σημεῖον Φ πλησιάζῃ πρὸς τὸ κατόπτρον ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ, μένον πάντοτε μεταξὺ κατόπτρου καὶ κυρίας ἐστίας, τότε καὶ ἡ κατ' ἔμφασιν ἐστία αὐτοῦ πλησιάζει ἐπίσης πρὸς τὸ κατόπτρον 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 κέντρου καμπυλότητος, αἱ ἐξ αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, θέλουσι συναντήσῃ αὐτὸν εἰς τι σημεῖον ὅπερ καλεῖται ὁμοίως *συζυγῆς 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.

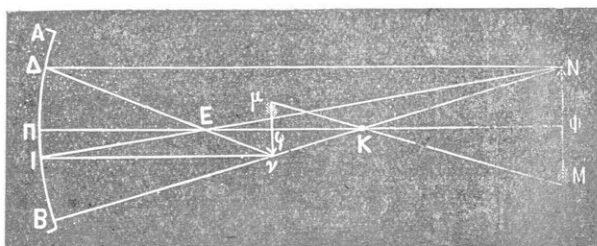
Ὅλα λοιπὸν τὰ λεχθέντα περὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀληθεύουσι καὶ περὶ παντὸς δευτερεύοντος ἄξονος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀνευρίσκομεν ὁμοίως κυρίαν ἐστίαν καὶ συζυγεῖς ἐστίας.

69. Σχηματισμὸς τῶν εἰδῶλων.

— Ἰνα 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 NM (σχ. 53). Ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ σημείου N θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον ν.

Ὡσαύτως ἡ συζυγὴς ἐστὶ τοῦ σημείου M θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον μ . Οὕτω παράγεται ἐν τῷ ἄερί τὸ εἶδωλον $\nu\mu$, ὅπερ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου χάρτου καὶ ἐπομένως εἶναι *εἶδωλον καθ' ὑπόστασιν ἢ πραγματικόν*.

70. Σχετικὰ μεγέθη εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου. Εἶδωλα πραγματικὰ καὶ φανταστικά.—Ἐὰν μεταθέτωμεν κηρίον ἀνημιμένον ἐνώπιον κατόπτρου καὶ δεχόμεθα ἐπὶ φύλλου χάρτου τὸ εἶδωλον αὐτοῦ τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διαφόρους θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἐπόμενα φαινόμενα.



Σχ. 53. Σχηματισμός εἰδώλου πραγματικοῦ ἐν τῷ κοίλῳ κατόπτρῳ.

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

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

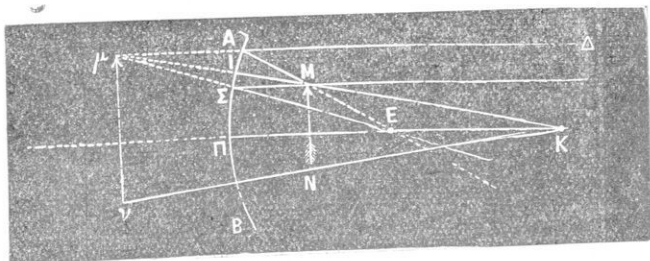
3ον) Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῇ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ κέντρου καμπυλότητος, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἀκριβῶς ἄνωθεν αὐτοῦ καὶ εἶναι ἰσομέγεθες, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

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

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

6ον) Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῇ μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κατό-

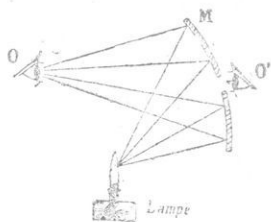
πτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ὀρθόν, πολὺ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ φανταστικόν, καθὼς δεικνύει τὸ σχῆμα 54.



Σχ. 54. Σχηματισμός εἰδώλου φανταστικοῦ ἐν τῷ κοίλῳ κατόπτρῳ.

Συμπέρασμα. Εἰς τὰ κοῖλα κάτοπτρα 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 κατόπτρου.

71. Ἐφαρμογαὶ τῶν κοίλων κατόπτρων. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν τηλεσκοπίων τῶν καλουμένων κατοπτρικῶν, τῶν ἀνακλαστήρων εἰς τοὺς προβολεῖς, τοῦ λαρυγγοσκοπίου καὶ τοῦ ὀφθαλμοσκοπίου. Τὸ ὀφθαλμοσκόπιον (σχ. 55) ἀποτελεῖται ἐκ κατόπτρου κοίλου **M**, ὅπερ φέρει κατὰ τὸ μέσον μικρὰν κυκλικὴν ὀπὴν διαμέτρου 2 χιλιοστομέτρων περίπου, διὰ μέσου τῆς ὁποίας ὁ ἰατρὸς δύναται νὰ ἐξετάσῃ τὸ βάθος τοῦ ὀφθαλμοῦ **O**.



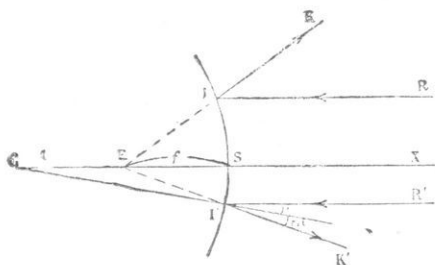
Σχ. 55. Ὀφθαλμοσκόπιον.

β) **Κυρτὰ κάτοπτρα.**

72. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων. Κυρία ἐστία.

—Θεωρήσωμεν φωτεινὴν δέσμην προσπίπτουσαν ἐπὶ κυρτοῦ κατόπτρου παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξυνι καὶ ἔστω **R'T'** (σχ. 56) μία τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης ταύτης. Ἡ ἀκτίς αὕτη ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν **I'K'** καὶ βαίνει ἀποκλίνουσα, ἐὰν δὲ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς προεκταθῇ, συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου εἰς τι σημεῖον **E**, ὅπερ κεῖται εἰς τὸ μέσον τῆς

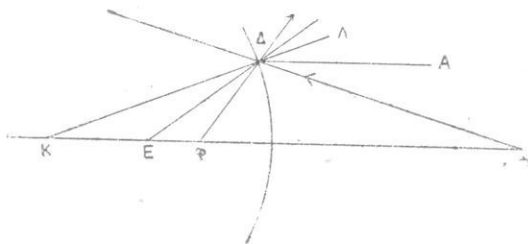
ἄκτινος καμπυλότητος CS, καθὼς ἐξάγεται ἐκ τοῦ τριγώνου CEI. Τὸ αὐτὸ δύναται νὰ λεχθῇ καὶ διὰ πᾶσαν ἄλλην ἄκτινα τῆς παραλλήλου δέσμης. Τοιουτοτρόπως ἡ δέσμη ἢ παράλληλος τῶ κυρίῳ ἄξονι μετὰ τὴν ἀνάκλασιν μετατρέπεται εἰς δέσμην ἀποκλί-



Σχ. 56. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων ἐπὶ κυρτοῦ κατόπτρου.

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

73. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων. Συζυγεῖς ἐστίναι.—Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον Φ (σχ. 57) κείμενον ἐνώ-



Σχ. 57. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων ἐπὶ κυρτοῦ κατόπτρου.

πιον κυρτοῦ κατόπτρου καὶ ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Μία τῶν ἀκτίνων αὐτοῦ, ἢ. χ. ἡ ΦΔ, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΔΖ. Ἐὰν δὲ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προεκταθῇ, συναντῇ τὸν κύριον ἄξονα ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου, εἰς τι σημεῖον φ, κείμενον μεταξὺ 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 ἀνά-
κλασιν αὕτη θέλει μετατραπῇ εἰς κωνικὴν δέσμην ἀποκλίνουσαν,
ἣτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου φ, ὅπερ εἶναι ἡ **κατ'**
ἔμφασιν συζυγῆς ἐστία τοῦ Φ. Καὶ ἐνταῦθα ἡ συζυγῆς ἐστία
εὗρίζεται 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 πλησιάζῃ πρὸς τὸ κατόπτρον ἢ ἀπομακρύνεται
ἀπ' αὐτοῦ καὶ ἡ κατ' ἔμφασιν συζυγῆς ἐστία αὐτοῦ πλησιάζει
ὡσαύτως πρὸς αὐτὸ ἢ ἀπομακρύνεται, ἀλλὰ μένει πάντοτε μεταξὺ
τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ.

74. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων.— Ἐὰν ἐνώπιον κυρτοῦ
κατόπτρου τεθῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον, θέλει σχηματισθῇ τὸ
εἶδωλον αὐτοῦ ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο θὰ
εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικει-
μένου. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸ κατόπτρον, καὶ
τὸ εἶδωλον αὐτοῦ πλησιάζει ὡσαύτως πρὸς τὸ κατόπτρον, καὶ
βαίνει μεγεθυνόμενον, μένει ὅμως μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.
Ἐὰν τοῦναντίον, τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ κατό-
πτρου, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ ἀπομακρύνεται ὡσαύτως, πλησιάζ-
ον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ βαίνει σμικρυνόμενον.

Συμπέρασμα. Εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα τὰ εἶδωλα εἶναι πάν-
τοτε **φανταστικά**, ὀρθὰ καὶ μικρότερα, οἷαδήποτε καὶ ἂν εἶναι
ἡ θέσις τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον.

75. 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 :

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varepsilon}.$$

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

Ὁ τύπος οὗτος ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὰ κοῖλα καὶ εἰς τὰ κυρτά κάτοπτρα ὑπὸ τοὺς ἐξῆς ὅρους :

α) Τὸ ε λμβάνεται **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. Ὅμοίως καὶ τὸ π.

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

$$\frac{Ε}{Α} = \frac{π'}{π}.$$

Διὰ τούτου εὐρίσκομεν 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 ἀκτὶς 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 του 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 ἀκτῖνος 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 ἀκτὶς 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 τοποθεῖται κηρίον ἀνημμένον, τὸ ὁποῖον ἀπέχει 50 ἑκατοστ. ἀπὸ τοῦ ἐνὸς κατόπτρου καὶ 80 ἑκατοστ. ἀπὸ τοῦ ἑτέρου. Νὰ εὑρεθῶσι α) ἡ ἀπόστασις τῶν δύο εἰδώλων, ἅτινα σχηματίζονται ἐν ἑκατέρῳ κατόπτρῳ καὶ β) ἡ ἀπόστασις τῶν δύο πρώτων εἰδώλων, ἅτινα παρατηροῦνται ἐν τῇ πρώτῳ κατόπτρῳ.

(Ἀπόκρ. α) 2,60 μέτρα καὶ β) 1,60 μέτρα).

6) Ἀντικείμενον τοποθετεῖται ἐνώπιον κοίλου κατόπτρου. Τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον εἶναι πραγματικὸν καὶ διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 0,25 μέτρα ἀπὸ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου. Νὰ εὑρεθῇ 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 ἀκτὶς τοῦ κατόπτρου διὰ νὰ σχηματισθῇ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι 4 φορές μεγαλύτερον ;

(Ἀπόκρ. 80 ἑκατοστ.).

8) Ἡ ἀκτὶς κοίλου κατόπτρου εἶναι 1 μέτρον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου πρέπει νὰ τοποθετηθῇ μικρὸν ἀντικείμενον, ἵνα σχηματισθῇ εἶδωλον φανταστικὸν καὶ 2 φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου ;

(Ἀπόκρ. 25 ἑκατοστ.).

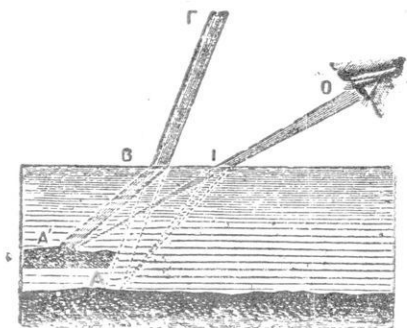
9) Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ κοίλου κατόπτρου πρέπει νὰ τοποθετηθῶμεν, ἵνα σχηματισθῇ ἐν αὐτῷ τὸ εἶδωλον τοῦ ὀφθαλμοῦ, τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι 2 φορές μεγαλύτερον ; Ἡ ἀκτὶς τοῦ κατόπτρου εἶναι 60 ἑκατ.

(Ἀπόκρ. 15 ἑκατοστ.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

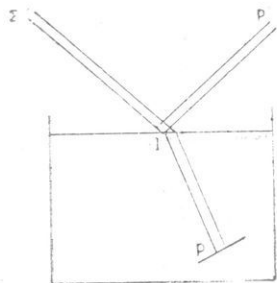
76. Διάθλασις τοῦ φωτός.—*Πείραμα.* Ράβδον εὐθεϊαν ΓΑ (σχ. 58) ἐμβαπτίζομεν πλαγίως ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Αὕτη μᾶς φαί-



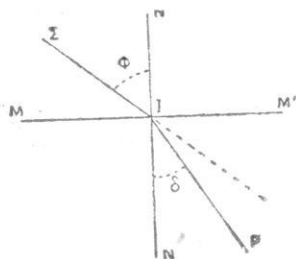
Σχ. 58. Ράβδος εὐθεῖα φαίνεται τεθραυσμένη ἐν τῷ ὕδατι ἕνεκα τῆς διαθλάσεως.

νεται τεθραυσμένη εἰς τὸ σημεῖον Β ὅπου ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐγγίζει τὴν ῥάβδον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Αἱ ἀκτῖνες ΑΙ αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐκ τοῦ ἄκρου Α τῆς ῥάβδου τοῦ εὗρισκομένου ἐντὸς 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 ὀφθαλμὸς μᾶς 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 εὗρισκομένων ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Τὰ σημεῖα λοιπὸν τῆς ῥάβδου τὰ εὗρισκόμενα 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

αί φωτειναι ἀκτίνες ΣΙ (σχ. 59) προσπίπτουν πλάγιως ἐπὶ τῆς



Σχ. 59. Διάθλασις τοῦ φωτός.



Σχ. 60. Γωνία προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.

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

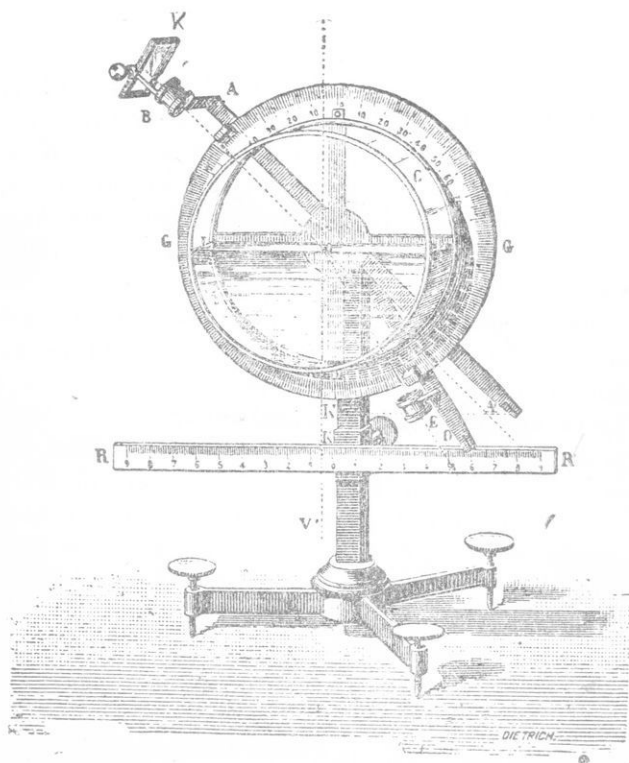
Ὅρισμός. Καλεῖται **διάθλασις τοῦ φωτός** τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον αἱ φωτειναι ἀκτίνες ἀλλάσουν διεύθυνσιν, ὅταν διαπερῶσι πλάγιως τὴν ἐπιφάνειαν τὴν διαχωρίζουσαν δύο διαφανῆ σώματα, π.χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ.

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

77. Γωνία προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.—Ἐστω MM' (σχ. 60) ἡ ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἡ διαχωρίζουσα τὰ διαφανῆ σώματα, π. χ. τὸν ἀέρα καὶ τὸ ὕδωρ, καὶ ΣI φωτεινὴ τις ἀκτὶς προσπίπτουσα πλάγιως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης. Ἡ ἀκτὶς αὕτη εἰσδύει ἐν τῷ ὕδατι λαμβάνουσα τὴν διεύθυνσιν IP . Ἡ ἀκτὶς ΣI καλεῖται **προσπίπτουσα**, ἡ δὲ IP καλεῖται **διαθλωμένη**, ἡ ἐπιφάνεια MM' ἡ προκαλέσασα τὴν διάθλασιν τοῦ φωτός καλεῖται **διαθλώσα**, καὶ τὸ σημεῖον I , ἔνθα ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς συναντᾷ τὴν διαθλῶσαν ἐπιφάνειαν, καλεῖται **σημεῖον προσπτώσεως**. Ἐκάστη προσπίπτουσα ἀκτὶς παρέχει καὶ μίαν διαθλωμένην. (Τοῦτο παρατηρεῖται εἰς τὴν **ἀπλὴν διάθλασιν**, διότι εἶνε δυνατόν μία προσπίπτουσα ἀκτὶς νὰ παρέχῃ **δύο** διαθλωμένας ἀκτίνας, ὅπως παρατηροῦμεν εἰς τὴν Ἰσλανδικὴν κρύσταλλον, διὰ τῆς ὁποίας ὁρώμενα τὰ ἀντικείμενα φαίνονται διπλᾶ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διπλῇ διάθλασις τοῦ φωτός**).

Ἐάν εἰς σημεῖον I φέρωμεν τὴν κάθετον NN' ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας MM' , σχηματίζονται δύο γωνίαι, ἡ ΣIN καὶ ἡ PIN' . Ἡ μὲν ΣIN καλεῖται *γωνία προσπίπτσεως*, ἡ δὲ PIN' καλεῖται *γωνία διαθλάσεως*, τὸ δὲ ἐπίπεδον τὸ περιέχον τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγομένην εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπίπτσεως καλεῖται *ἐπίπεδον προσπίπτσεως*.

78. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.— *Συσκευὴ τοῦ Silbermann.* Α) *Περιγραφή.* Αὕτη διαφέρει ἐκείνης ἣ ὁποία ἐχρησιμοποιήθη διὰ τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, κατὰ τοῦτο, ὅτι εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου κύκλου, ἀντὶ κατόπτρου φέρει κυλινδρικὸν ὑάλινον δοχεῖον GG (σχ. 61), οὗτινος ὁ ἄξων



Σχ. 61. Συσκευὴ τοῦ Silbermann.

διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τοῦ κύκλου καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον αὐτοῦ. Πλὴν τούτου ἐπὶ τοῦ ποδὸς αὐτῆς ὑπάρχει ὀρι-

ζόντιος 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 ἐλευθέρα ἐπιφάνεια αὐτοῦ φθάσῃ ἀκριβῶς μέχρι τοῦ κέντρου τοῦ κύκλου. Ἐπειτα δεχόμεθα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K φωτεινὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας, ἀνακλασθείσας ἐπ' αὐτοῦ, ρίπτομεν ἐπὶ τοῦ σωλῆνος B . Λεπτὴ δέσμη τούτων διευθύνεται παραλλήλως πρὸς ἀκτῖνά τινα τοῦ κύκλου καὶ προσπίπτει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος κατὰ τὸ κέντρον τοῦ κύκλου. Ἡ δέσμη αὕτη εἶναι ἡ προσπίπτουσα. Αὕτη εἰσδύουσα εἰς τὸ ὕδωρ διαθλάται, καὶ ἐξέρχεται τοῦ δοχείου χωρὶς νὰ ὑποστῇ δευτέραν διάθλασιν (διατί ;). Ἡ ἐξερχομένη δέσμη εἶναι ἡ διαθλωμένη. Μετακινουμέν ἔπειτα τὸν ἄλλον κανόνα οὕτως, ὥστε ἡ διαθλωμένη δέσμη νὰ διέλθῃ διὰ τῶν ὀπῶν τοῦ σωλῆνος. Μετακινούντες δὲ τὸν ὀριζόντιον κανόνα μετροῦμεν τὰ μῆκη τῶν καθέτων τῶν ἀγομένων ἐκ τῶν σημείων A' καὶ D ἐπὶ τὴν κατακόρυφον διάμετρον τοῦ κύκλου.

Καὶ τὸ μὲν μῆκος τῆς καθέτου ἐκ τοῦ A' παριστᾷ τὸ ἡμίτονον ⁽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 σταθερός, ἐπομένως καὶ ὁ λόγος τῶν ἡμιτόνων τῶν δύο γωνιῶν.

Ἐκτὸς τούτου παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ διαθλωμένη δέσμη εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς προσπιπτούσης, 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.

Π ρ ὠ τ ο ς ν ό μ ο ς.—*Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὀριζόμενον ὑπὸ τῆς προσπιπτούσης καὶ τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος εἶναι κά-*

(1) Ὁ διδάσκων, ὡς εἶπεν ὀλίγα πρὶν περὶ ἡμιτόνου ἐκ τῆς τριγωνομετρίας.

θετον ἐπὶ τὴν διαθλῶσαν ἐπιφάνειαν. Ἐπομένως περιλαμβάνει καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγομένην εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

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

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

Τοιουτοτρόπως ἔχομεν :

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

καὶ συμβολικῶς

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

Ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ μονοχρόου φωτὸς εἶναι μὲν σταθερὸς διὰ τὰ αὐτὰ σώματα, μεταβάλλεται ὅμως μετὰ τῆς φύσεως τοῦ σώματος. Τοιουτοτρόπως ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος (ὡς πρὸς τὸν ἀέρα) εἶνε 1,33 (ἢ $\frac{4}{3}$), τῆς δὲ κοινῆς ὕαλου (ὡς πρὸς τὸν ἀέρα) εἶναι 1,5 (ἢ $\frac{3}{2}$), ἥτοι κατὰ τι μεγαλύτερος. Διὰ τοῦτο λέγομεν ὅτι ἡ ὕαλος εἶναι περισσότερον τοῦ ὕδατος διαθλαστική.

79. 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 πρὸς τὴν κάθετον καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως εἶναι 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 πυκνοτέρου εἰς ἀραιότερον, ἀπὸ τὸ ὕδωρ λ. χ. εἰς τὸν ἀέρα, ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς συνήθως ἀπομακρύνεται ἀπὸ τῆς καθέτου καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως εἶναι μεγαλυτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ὑπάρχουσιν ὅμως καὶ ἐξαιρέσεις. Οὕτω, τὸ οἶνόπνευμα, τὸ τερεβινθέλαιον (νέφτι) καὶ ὁ αἰθέρ, καίτοι εἶνε ἀραιότερα τοῦ ὕδατος, ἐν τούτοις εἶνε θλαστικώτερα αὐτοῦ.

2ον) Ὅταν φωτεινὴ τις ἀκτὶς ὀδεύῃ διὰ μέσου σειρᾶς σωμάτων, τῶν ὁποίων οἱ δείκται διαθλάσεως βαίνουνσιν ἀντεξάνομενοι,

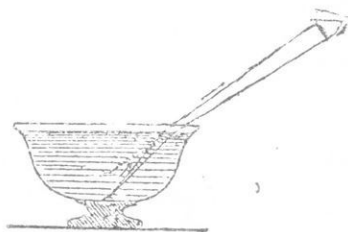
τότε ἡ ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ἐν αὐτοῖς τεθλασμένην γραμμὴν, πλησιάζουσιν πάντοτε πρὸς τὴν κάθετον.

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

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

80. Φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—1ον) Εἰς τὸν πυθμένα σκιεροῦ δοχείου κενοῦ θέτομεν νόμισμα (σχ. 62), 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 μετακινηθῇ τὸ νόμισμα, ὁ ὀφθαλμὸς θέλει παρατηρήσει ὀλόκληρον τὸ νόμισμα, καίτοι οὔτε τὸ νόμισμα οὔτε ὁ ὀφθαλμὸς μετετοπίσθησαν ἐκ τῆς ἀρχικῆς αὐτῶν θέσεως. Πλὴν τοῦ νομίσματος 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 εἰσγάγωμεν τὴν χεῖρά μας βαθύτερον παρ' ὅσον ἐφαι-
ταζόμεθα.

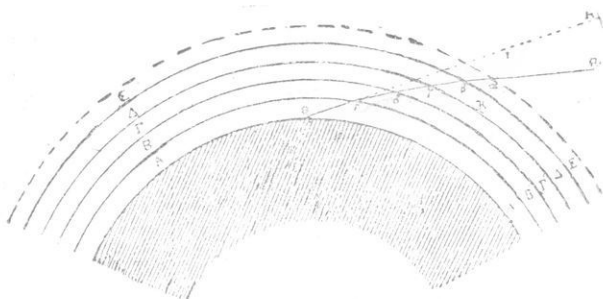


Σχ. 62. Ἀνύψωσις νομίσματος
ἐνεκα τῆς διαθλάσεως.

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

81. Ἀτμοσφαιρική διάθλασις. Ἡ ἀτμόσφαιρα ἀποτελεῖται ἀπὸ διαδοχικὰ στρώματα ΑΑ', ΒΒ', ΓΓ' (σχ. 63), τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης βαίνει ἀξανομένη συνεχῶς ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Ἐνεκα τούτου αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες, ὅπως ἡ Ra Στοιχεῖα Φυσικῆς Κηφιόπουλος

π.χ., αἱ ἐκπευπόμεναι ὑπὸ τῶν διαφόρων ἀστέρων, π.χ. τοῦ Ἡλίου R, ὅταν διέρχωνται διὰ τῆς ἀτμοσφαίρας ὑφίστανται



Σχ. 63. Ἀτμοσφαιρική διάθλασις.

διαδοχικὰς διαθλάσεις, ἕνεκα τῶν ὁποίων ἡ πορεία αὐτῶν δὲν εἶνε εὐθύγραμμος, ἀλλὰ καμπυλόγραμμος αβγδεο.

Ἡ διάθλασις αὕτη, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, καλεῖται **ἀτμοσφαιρική διάθλασις**.

Ἀποτελέσματα ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως. 1ον) Ὅταν παρατηρητὴς ἐκ τῆς θέσεως O δεχθῇ τὴν ἀκτῖνα τὴν ὁποίαν ἐξέπεμψεν 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 ἀτμοσφαιρική λοιπὸν διάθλασις προκαλεῖ φαινομένην ἀνύψωσιν τοῦ Ἡλίου ἐν τῷ οὐρανῷ, ἣτις εἶνε τοσοῦτω μεγαλυτέρα ὅσῳ 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 ἀκτῖνες αὐτῶν ὁδεύουσιν ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ ἀνευ διαθλάσεως (διατί;). Ὅταν δὲ ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἐπὶ τοῦ ὀρίζοντος, ἡ ἀτμοσφαιρική διάθλασις ἀνυψώνει τοῦτον κατὰ 34' περίπου.

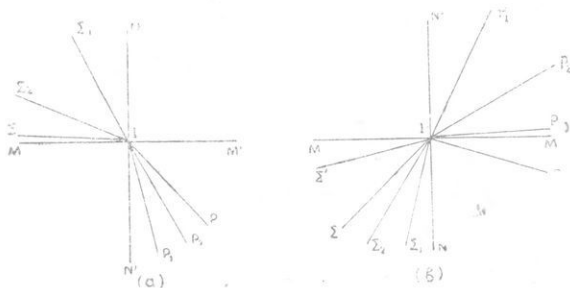
2ον) Ὅταν ὁ δίσκος τοῦ Ἡλίου εὐρίσκεται ὁλόκληρος ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα καὶ ἐγγίξῃ αὐτὸν διὰ τοῦ ἀνωτέρου χείλους του, τότε φαίνεται ὁλόκληρος ὑπεράνω τοῦ ὀρίζοντος (πρὸ πάντων ἐν τῇ θαλάσῃ, ἔνθα οὐδὲν ἐμπόδιον παρουσιάζεται), ὥς ἂν ὁ Ἥλιος εἶχε πράγματι ἀνατείλει, ἢ ὥς ἂν δὲν εἶχε δύσει ἀκόμη.

Τοιουτοτρόπως ἔνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως αὐξάνεται ἡ φυσικὴ διάρκεια τῆς ἡμέρας. Ὅμοια φαινόμενα παρατηροῦνται καὶ ἐπὶ τῆς Σελήνης.

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

82. Μεταβολὴ τῆς γωνίας διαθλάσεως μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. 1ον) *Περίπτωσις μεταβάσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ ἀραιότερου σώματος εἰς πυκνότερον.* Ἐστω MM' (σχ. 64, α) ἡ ἐπιφάνεια ἡ διωχωρίζουσα δύο διαφανῆ σώματα, π. χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ, καὶ φωτεινὴ τις ἀκτὶς μεταβαίνουσα ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ. Αὕτη διαθλάται, ἡ δὲ διαθλωμένη ἀκτὶς 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 ἀκτὶς θὰ προσπίπτῃ καθέτως) μέχρις 90° (ὁπότε ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς θὰ ἄλττειται τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος), τότε καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως θὰ λάβῃ μὲν διαφόρους τιμὰς, ἀρχομένας ἀπὸ 0° , ἀλλὰ θὰ μένῃ πάντοτε μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Τὸ σχῆμα 64, α δεικνύει ὅτι εἰς τὰς προσπιπτούσας ἀκτῖνας NI , $\Sigma_1 I$, $\Sigma_2 I$ καὶ ΣI ἀντιστοιχοῦσιν αἱ διαθλώμεναι ἀκτῖνες IN' , IP_1 , IP_2 καὶ IP , καὶ



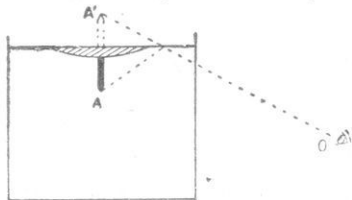
Σχ. 64. Μεταβολὴ τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.

ἐπομένως εἰς τὴν μεγίστην γωνίαν προσπτώσεως $MIN (=90^\circ)$ ἀντιστοιχεῖ ἡ μεγίστη γωνία διαθλάσεως PIN' .

2ον) *Περίπτωσις μεταβάσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ πυκνοτέρου σώματος εἰς ἀραιότερον.*— Ὅρικὴ γωνία. Ἀντιστρόφως, ἐὰν

τηρίου θέτομεν ἐν νόμισμα Α (σχ. 67). 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 καθέτω μετἀλλινον στέλεχος μήκους 3—4 ἑκατοστομέτρων (σχ. 68) καὶ θέτομεν αὐτὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος οὕτως, ὥστε τὸ στέλεχος νὰ εὗρίζεται 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.

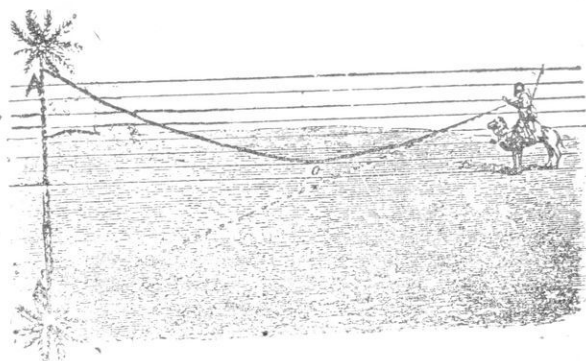
4ον) Ὑάλινον σωλῆνα κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον καὶ κενὸν ἐμβαπτιζομεν πλαγίως ἐντὸς ὕδατος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐπιφάνειά του λάμπει ἀργυροειδῶς. Ἐὰν ὅμως πληρώσωμεν τὸν σωλῆνα δι' ὕδατος, ἡ λάμψις ἐξαφανίζεται.

5ον) Καρπὸς χνοώδης (ροδάκινον, βερύκοκον, ἀμύγδαλον) ἐμβαπτιζόμενος ἐντὸς ὕδατος, λάμπει κατ' ἐπιφάνειαν ἀργυροειδῶς. Ἐὰν ὅμως διαβρέξωμεν καλῶς τὸν καρπὸν οὕτως, ὥστε νὰ ἐκδιώξωμεν τὸν ἀέρα, ἡ λάμψις ἐξαφανίζεται.

85. Ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός. Ὁ ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός εἶνε φαινόμενον ὀπτικόν, κατὰ τὸ ὁποῖον βλέπει τις ἀνεστραμμένα τὰ εἶδωλα τῶν μακρὰν κειμένων ἀντικειμένων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρεῖται συνηθέστατα εἰς τὰς θερμὰς χώρας, καὶ ἰδίως εἰς τὰς ἀμώδεις πεδιάδας τῆς Αἰγύπτου, ὅπου δύναται τις νὰ ὑποσπῇ τοιαύτην ὀπτικὴν ἀπάτην, ὥστε νὰ ἐκλάβῃ τὸ ἔδαφος ὡς ἀπέραντον λίμνην, ἢ ὡς μέγα κάτοπτρον, ἐπὶ τῶν ὁποίων κατοπτρίζεται μέρος τοῦ οὐρανοῦ, αἱ περίξ οἰκίαι, τὰ δένδρα καὶ χωρία ὁλόκληρα. 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 στρατιῶ, ὅστις εἶδε μακρόθεν ἐπὶ τῶν πεδιάδων τῆς Αἰγύπτου τὴν ἀντανάκλασιν τοῦ οὐρανοῦ καὶ τὰς εἰκόνας τῶν δένδρων καὶ τῶν λοιπῶν ἀντικειμένου τοῦ ὁρίζοντος ἀνεστραμμένας.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Πρῶτος δὲ Monge, ὅστις παρεγκολούθει τότε τὸν Γαλλικὸν στρατὸν, ἐξήγησε τὸν ἀτμοσφαιρικὸν κατοπτρισμὸν ὡς ἑξῆς : Τὸ ἀμμῶδες 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, ἥτις νὰ προέρχεται ἐκ τινος σημείου Α (σχ. 69) μεμακρυσμένου καὶ ὑψηλοῦ ἀντικειμέ-



Σχ. 69. Ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός.

νου καὶ νὰ ὀδεύῃ πλαγίως πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ ἀκτὶς αὕτη, μεταβαίνουσα ἀπὸ πυκνοτέρου στρώματος εἰς ἀραιότερον διαθλάται, ἡ δὲ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται ὁλοῦν ἀπὸ τῆς καθέτου. Ἡ γωνία λοιπὸν τῆς προσπτώσεως θὰ αὐξάνη ἐξ ἐκάστου στρώματος εἰς τὸ ἀμέσως ἐπόμενον, καὶ τέλος θὰ λάβῃ τὴν **τιμὴν τῆς ὀλικῆς γωνίας**, τὴν ὁποίαν καὶ θὰ ὑπερβῇ εἰς τι σημεῖον Ο λ.χ. Ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται τότε κατὰ τὸ Ο **ὀλικὴν ἀνάκλασιν** καὶ βαίνει κατ' ἀντίθετον πορείαν, καθ' ἣν μεταβαίνει ἐξ ἀραιότερου στρώματος εἰς πυκνότερον. Οὕτως ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς θὰ πλησιάζῃ ὁλοῦν πρὸς τὴν κάθετον ἀκολουθοῦσα τὴν πορείαν ΟΡ, ἥτις εἶναι συμμετρικὴ τῆς πορείας ΑΟ. Τέλος θὰ φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ κατὰ τοιαύτην διεύθυνσιν, ὡς ἐὰν προήρχετο ἐκ τοῦ σημείου Α' κειμένου ὑπὸ τὸ ἔδαφος καὶ συμμετρικοῦ τοῦ Α ὡς πρὸς τὸ στρώμα ἔνθα ἐγένετο ἡ ὀλικὴ ἀνάκλασις. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει διὰ πάντα τὰ σημεῖα τοῦ ἀντικειμέ-

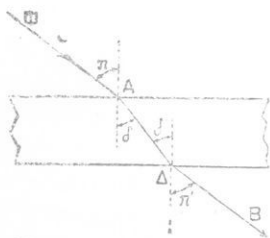
νου, ὅπερ οὕτω φαίνεται ἀνεστραμμένον, ὥς ἔάν αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες εἶχον ἀνακλασθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἡρεμούσης λίμνης ἢ κατόπτρου.

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

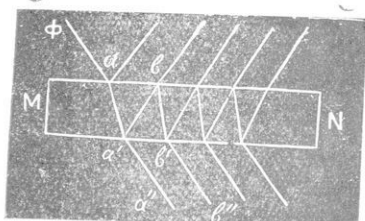
Συμπέρασμα. Ὁ ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός ὀφείλεται εἰς τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας.

86 Πορεία τοῦ φωτὸς διὰ πλακῶν διαφανῶν. Πείραμα. Ἐπὶ φύλλου χάρτου χαράσσομεν εὐθείας γραμμὰς παραλήλους καὶ ἐπὶ τούτων θέτομεν ὑαλινὴν πλάκα οὕτως, ὥστε τμήμα μόνον αὐτῶν νὰ μένῃ ἀκάλυπτον. 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 ὥς ἑξῆς.

Θεωρήσωμεν ὑαλινὴν πλάκα διαφανῇ, ἔχουσαν ἀμφοτέρως τὰς ὀψεις αὐτῆς ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους καὶ φωτεινὴν ἀκτῖνα



Σχ. 70. Πορεία τοῦ φωτὸς διὰ πλακὸς διαφανοῦς.



Σχ. 71. Ἀνάκλασις καὶ διάθλασις διὰ πλακὸς διαφανοῦς.

ΦΑ (σχ. 70) προσπίπτουσιν 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 ἄερι 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 πλάγιως ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς καὶ ἐξερχομένη ἐξ αὐτῆς, δὲν ἀλλάσσει διεύθυνσιν ἀλλὰ μόνον μετατοπίζεται παραλλήλως πρὸς ἑαυτήν.

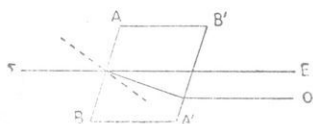
Ἡ μετατόπισις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος εἶνε τοσούτῳ μεγαλύτερα ὅσῳ ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως αὐξάνεται καὶ ὅσῳ τὸ πάχος τῆς ὑαλίνης πλακὸς εἶνε μεγαλύτερον. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ καθέτως, ἐξέρχεται ἄνευ μετατοπίσεως.

Φωτεινὴ τις ἀκτὶς, ὡς ἡ Φα (σχ. 71), προσπίπτουσα ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς κατὰ τὸ σημεῖον α, ἐν μέρει μὲν διαθλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν αα', ἐν μέρει δὲ ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ὀφθῆς τῆς πλακός. Ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς αα', προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς κατωτέρας ὀφθῆς κατὰ τὸ σημεῖον α', ἐν μέρει μὲν διαθλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν α'α'', ἐν μέρει δὲ ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν αβ' καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Τοιοῦτοτρόπως ἔχομεν σειρὰν ἀνακλωμένων καὶ σειρὰν διαθλωμένων ἀκτίνων. Ἐὰν δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ ἢ τὰς πρώτας ἢ τὰς δευτέρας ἀκτῖνας, θέλει παρατηρήσῃ σειρὰν εἰδώλων, ἅτινα καθίστανται ὁλοὲν ἀμυδρότερα, ἔνεκα τῶν ἐπανειλημμένων ἀνακλάσεων καὶ διαθλάσεων τοῦ φωτός.

87. Κρυστάλλινα κάτοπτρα.—Ταῦτα εἶνε ὑαλινὰι πλάκες μετὰ ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων ὀφθῶν, ἅτινα παρουσιάζουσι δύο ἀνακλώσας ἐπιφανείας, τὴν προσθίαν ἢ ἀνωτέραν, ἣτις εἶνε ὑαλίνη, καὶ τὴν ὀπισθίαν ἢ κατωτέραν, ἣτις ἔχει καλυφθῇ διὰ λεπτοῦ στρώματος ἀργύρου. Αἱ φωτεινὰι ἀκτῖνες προσπίπτουσαι ἐπὶ τοιούτων κατόπτρων ἀνακλῶνται καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν, τῆς ἀνωτέρας καὶ τῆς κατωτέρας, κυρίως ὁμως ἐπὶ τῆς κατωτέρας, τῆς ἐπιμεταλλωμένης. Τοιοῦτοτρόπως θέλει σχηματισθῇ σειρὰ εἰδώλων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ πρῶτον εἶναι ἀμυδρόν, ἐπειδὴ προέρχεται ἐξ ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ἑδρας, τὸ δεύτερον θὰ εἶναι λαμπρότατον πάντων, διότι προέρχεται ἐξ ἰσχυροτέρας ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας, τῆς ἐπιμεταλλωμένης, τὰ δὲ λοιπὰ εἶδωλα σχηματίζονται ἀμυδρότερα, ἔνεκα τῶν διαδοχικῶν ἀνακλάσεων τοῦ φωτός ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τῆς πλακός. Τὴν σειρὰν τῶν εἰδώλων τούτων παρατηροῦμεν, ἐὰν θέσωμεν ἐνώπιον κοινοῦ κατόπτρου λαμπάδα ἀνημμένην καὶ παρατηρήσωμεν αὐτὴν πλάγιως

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

88. Διπλὴ διάθλασις.—Ἐὰν λάβωμεν τεμάχιον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ἣτις εἶναι καθαρωτάτη καὶ διανυγεστάτη παραλλαγή τοῦ ἄσβεστίτου, ἀπαντῶσα κατὰ μεγάλης ποσότητος ἐν Ἰσλανδία (ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα), καὶ τὸ παρενθέσωμεν εἰς τὴν πορείαν



Σχ. 72. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.

λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου οὕτως, ὥστε ἡ δέσμη νὰ προσπέσῃ ἐπὶ μιᾷ τῶν ἐδρῶν αὐτοῦ AB (σχ. 72), 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 διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.

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

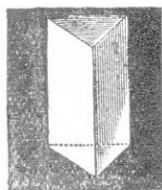
Τὰ σώματα τὰ παρουσιάζοντα διπλὴν διάθλασιν καλοῦνται **διπλοθλαστικά**, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὰ ἄλλα, ἅτινα ὡς παρουσιάζοντα ἁπλὴν διάθλασιν καλοῦνται **ἀποθλαστικά**. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ μὲν μία ἀκολουθεῖ πάντοτε τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται **συνήθης ἀκτίς**, ἡ δὲ ἑτέρα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

Πλὴν τῆς Ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, διπλὴν διάθλασιν ὑπὸ διαφόρους βαθμοὺς παρουσιάζουσι καὶ πάντες οἱ διαφανεῖς κρύσταλλοι, οἱ ἀνήκοντες εἰς τὰ πέντε τελευταῖα κρυσταλλικὰ συστήματα. Τοῦναντίον οἱ κρύσταλλοι τοῦ κυβικοῦ συστήματος καὶ ἅπαντα τὰ ἄμορφα σώματα, ὅπως ἡ κοινὴ ὕαλος, κέκτῃνται τὴν ἰδιότητα τῆς ἁπλῆς διαθλάσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

ΟΠΤΙΚΟΝ ΠΡΙΣΜΑ

89. Ὅρισμοί.—Καλεῖται ἐν τῇ ὀπτικῇ *πρίσμα*, πᾶν σῶμα διαφανές, συνήθως κατεσκευασμένον ἐκ κρυστάλλου, ἔχον δύο ἐπιφανείας ἐπιπέδους, αἵτινες τέμνουσιν ἅλ λήλας (σχ. 73). Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιπέδων εἶναι εὐθεῖα γραμμὴ καὶ καλεῖται *ἀκμὴ* τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ὑπ' αὐτῶν σλη- ματιζομένη διέδρος γωνία καλεῖται *διαθλα- στικὴ γωνία* τοῦ πρίσματος. Πᾶσα δὲ τομὴ κάθετος ἐπὶ τὴν ἀκμὴν καλεῖται *κυρία τομὴ* τοῦ πρίσματος. Ἐν γένει τὸ πρίσμα παρου- σιάζει καὶ τρίτην ἐπίπεδον ἔδραν, κειμένην ἀπέναντι τῆς ἀκμῆς, ἣτις καλεῖται *βάσις* τοῦ πρίσματος καὶ δύο ἄλλας καθέτους ἐπὶ τὴν ἀκμὴν. Ἐν τῇ κυρίᾳ τομῇ $AB\Gamma$ (σχ. 74) τὸ σημεῖον A παριστᾷ τὴν ἀκμὴν, αἱ εὐθεῖαι AB καὶ $A\Gamma$ τὰς δύο ἐπιπέδους ἐπιφανείας, ἡ ἐπίπεδος γωνία $BA\Gamma$ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν καὶ ἡ εὐθεῖα $B\Gamma$ τὴν βά- σιν τοῦ πρίσματος.



Σχ. 73.

Ὀπτικὸν πρίσμα.

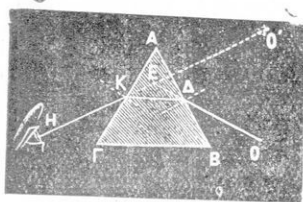
90. Διαθλάσις τοῦ φωτὸς διὰ τοῦ πρίσματος.—Ἐστω $AB\Gamma$ (σχ. 74) ἡ κυρία τομὴ πρίσματος καὶ $ΟΔ$ φωτεινὴ τις ἀκτὶς μονόχρους, εὐρισκομένη ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς κυρίας τομῆς καὶ προσπίπτουσα πλάγιως ἐπὶ τῆς πλευρᾶς AB . Αὕτη, εἰσερχομένη ἐντὸς τοῦ πρίσματος διαθλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν $ΔΚ$ καὶ πλη- σιάζει πρὸς τὴν κάθετον. Ἡ διαθλωμένη αὕτη ἀκτὶς προσπί- πτουσα ἐπὶ τῆς ἐτέρας πλευρᾶς $A\Gamma$ τοῦ πρίσματος καὶ ἐξερχο- μένη ἐξ αὐτοῦ, διαθλάται ἐκ νέου κατὰ τὴν διεύθυνσιν $ΚΗ$ καὶ ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου.

Ὡστε ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς $ΟΔ$, ἕνεκα τῆς παρουσίας τοῦ πρί- σματος ὑφίσταται δύο διαδοχικὰς διαθλάσεις, μίαν κατὰ τὴν εἰ- σοδὸν τῆς εἰς τὸ πρίσμα, καὶ ἐτέραν κατὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς. Ἐνεκα τῶν δύο τούτων διαθλάσεων ἡ ἀκτὶς βαίνει κατὰ τὴν τεθλασμένην γραμμὴν $ΟΔΚΗ$ καὶ ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Ἐὰν δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ

τὴν ἐξερχομένην ἀκτῖνα ΚΗ, θὰ νομίση ὅτι τὸ φωτοβόλον σημείον κεῖται εἰς τὴν προέκτασιν τῆς ἀκτίνος ΚΗ, ἥτοι εἰς τὸ σημείον 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.

91. Γωνία ἐκτροπῆς.—Καλεῖται *γωνία ἐκτροπῆς*, ἡ 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. 74) τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ διεύθυνσις τῆς προσπιπτούσης καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς ἐξερχομένης ἀκτίνος.



Σχ. 74. Πορεία τοῦ φωτὸς διὰ τῆς κυρίας τομῆς πρίσματος.

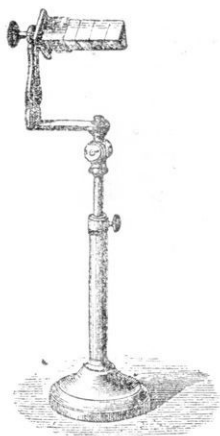
Ἄς ἐξετάσωμεν τὰς μεταβλὰς τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.

1ον) *Πῶς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ὅταν ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ πρίσματος αὐξάνεται ;*—**Πείραμα.** Λαμβάνομεν πολλὰ μικρὰ πρίσματα ἔχοντα τὸν αὐτὴν κυρίαν τομὴν καὶ συγκείμενα ἐκ διαφόρων οὐσιῶν, λ.χ. ὑάλου, μολυβδύλου καὶ ὁρείας 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 προηγούμενου. Τὸ οὕτω πως κατασκευαζόμενον πρῖσμα καλεῖται *πολύπρισμα* (σχ. 75). Ἐὰν ἐπὶ τεμαχίου χάρτου γράψωμεν εὐθεῖαν γραμμὴν καὶ παρατηρήσωμεν αὐτὴν διὰ μέσου τοῦ πολυπρίσματος καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ, θέλομεν ἶδει τὴν γραμμὴν διακεκομμένην εἰς διάφορα τμήματα, ἅτινα φαίνονται εἰς διάφορα ὕψη. Τὸ μεγαλύτερον δὲ ὕψος καταλαμβάνει τὸ τμήμα τὸ παρατηρούμενον διὰ μέσου τοῦ ἐκ μολυβδύλου πρίσματος διότι ἡ οὐσία αὕτη παρουσιάζει τὸν μεγαλύτερον δείκτην διαθλάσεως, σχετικῶς πρὸς τὴν ὑάλον καὶ τὴν ὁρείαν κρύσταλλον.

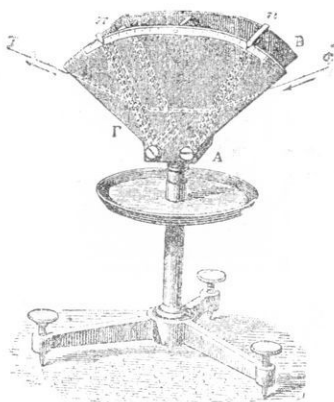
Συμπέρασμα. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνεται ὅταν καὶ ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ πρίσματος αὐξάνεται.

2ον) *Πῶς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ὅταν ἡ δια-*

θλαστική γωνία τοῦ πρίσματος αὐξάνεται ; — Πείραμα : Λαμβάνομεν δοχεῖον συγκείμενον ἐκ δύο ὀρειχαλκίνων τριγωνικῶν



Σχ. 75. Πολύπρισμα.



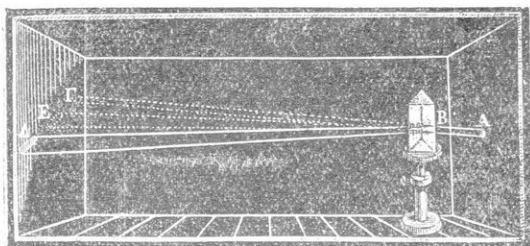
Σχ. 76. Πρίσμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας.

πλακῶν παραλλήλων Β καὶ Γ, (σχ. 76), 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 ὑαλίνων πλακῶν ρίψωμεν φωτεινὴν ἀκτῖνα, κλίνωμεν δὲ τὴν εἰτέραν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον οὕτως, ὥστε ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος νὰ αὐξάνεται, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς ἐκτρέπεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος (πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος). Τοῦναντίον, ὅταν ἡ διαθλαστικὴ γωνία ἐλαττωταί, ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς ἐκτρέπεται ὀλιγώτερον 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 προσπίπτειας ἐλαττωταί ; — Πείραμα.** Ἐντὸς σκοτεινοῦ θα-

λάμου εισάγομεν διὰ μικρᾶς ὀπῆς δέσμην ἀκτίνων *μονοχρόου φωτός* (λ. χ. ἡλιακὸν φῶς ὅπερ διῆλθε δι' ἐρυθρᾶς ὑάλου). Ἡ δέσμη αὕτη προσπίπτει ἐπὶ μεμακρυσμένου πετάσματος, ἐνθα σχηματίζει φωτεινὸν εἶδωλον Γ (σχ. 77). Ἐὰν ἤδη εἰς τὴν πο-



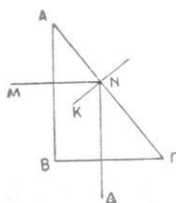
Σχ. 77. Μεταβολὴ τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἐκτροπῆς.

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' ἐκτρεπομένη πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Οὕτω σχηματίζεται ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς $\Gamma\Delta$, ἥτις μετρεῖται ὑπὸ τῆς ἀποστάσεως $\Gamma\Delta$.

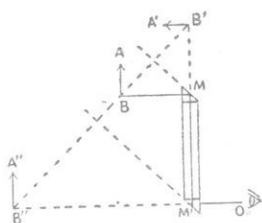
Ἐὰν ἤδη στρέφωμεν βραδέως περὶ ἑαυτὸ τὸ ὑποστήριγμά τοῦ πρίσματος οὕτως, ὥστε ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως νὰ ἐλαττοῦται ὀλίγον κατ' ὀλίγον, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον Δ πλησιάζει βαθμηδὸν πρὸς τὸ Γ , ὅπερ δεικνύει ὅτι ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ἐλαττοῦται, ἀλλὰ μόνον μέχρις ὁρίου τινός, $\Gamma\text{ΒΕ}$ λ.χ. Διότι, πέραν τούτου, καίτοι ἐξακολουθοῦμεν ἐλαττοῦντες τὴν γωνίαν προσπτώσεως διὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, θέλομεν ἶδει ὅτι τὸ σημεῖον Ε ἀντὶ νὰ πλησιάζῃ 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 ἐλαττοῦται, ὅταν καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως ἐλαττοῦται, μέχρις ὅτου λάβῃ τὴν ἐλαχίστην τιμὴν αὐτῆς.

92. Πρίσμα όλικῆς ἀνακλάσεως.— Τὸ πρίσμα όλικῆς ἀνακλάσεως εἶναι ὀπτικὸν πρίσμα, τοῦ ὁποίου ἡ κυρία τομὴ εἶναι συνήθως ἰσοσκελὲς ὀρθογώνιον τρίγωνον. Τὸ πρίσμα τοῦτο δύναται ἔνεκα τῆς όλικῆς ἀνακλάσεως νὰ ἀντικαταστήσῃ τὸ κάτοπτρον. Πράγματι, ἔστω $AB\Gamma$ (σχ. 78) ἡ κυρία τομὴ τοιοῦτου πρίσματος καὶ MN φωτεινὴ τις ἀκτὶς προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τὴν ἑδραν AB . Αὕτη εἰσερχομένη εἰς τὸ πρίσμα ἄνευ διαθλάσεως φθάνει μέχρι τῆς ὑποτεινούσης $ΑΓ$ ἐφ' ἧς προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν MNK ἴσην μὲ 45° . Ἐπειδὴ ἡ ὀρικὴ γωνία ἐν τῇ ὑάλῳ εἶναι 42° , ἡ ἀκτὶς αὕτη ὑφίσταται κατὰ τὸ N ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐξέρχεται τοῦ πρίσματος κατὰ τὴν διεύθυνσιν $N\Delta$ ἄνευ διαθλάσεως. Ἡ μεγαλυτέρα λοιπὸν ἑδρα 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. 78. Πρίσμα όλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 79. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ περισκόπῳ.

93. Περισκόπια. Τὰ περισκόπια

εἶνε ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δύναται εἶς νὰ βλέπῃ ἐξ ἐνὸς ὑποβρυχίου εὗρισκομένου ὑπὸ τὸ ὕδωρ τὰ ἀντικείμενα τὰ εὗρισκόμενα ἐπὶ τῆς ἐπιφάνειας τῆς θαλάσσης. Ἐκαστον περισκόπιον ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ δύο πρισμάτων M καὶ M' (σχ. 79) όλικῆς ἀνακλάσεως, ἅτινα εἶναι ἐστρεωμένα εἰς τὰ δύο ἄκρα κατακορύφου σωλήνος ἐπιμήκους. Τοῦ σωλήνος τούτου τὸ μὲν ἐν ἄκρὸν εὗρίζεται ἐντὸς τοῦ ὑποβρυχίου, τὸ δὲ ἕτερον ἐξέχει ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Ὁ ὅλος σωλὴν συνίσταται ἐκ πολλῶν μικροτέρων σωλήνων οἵτινες δύνανται νὰ εἰσέρχωνται ὁ εἰς ἐντὸς τοῦ ἄλλου καὶ οὕτως εἶνε δυνατόν τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ περισκόπιου, ὅτε μὲν νὰ ἐξέρχεται ἐκτὸς τῆς θαλάσσης, ὅτε δὲ νὰ κατέρχεται ἐντὸς αὐτῆς κατὰ βούλησιν, καὶ τοιούτοτρόπως τὸ περισκόπιον δύναται νὰ ἐξαφανίζεται τελείως ὑπὸ τὴν θάλασσαν. Ἵνα δὲ ἐξετάζεται ἀπασα ἡ περίξ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης, τὸ

εἶναι ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ δύο πρισμάτων M καὶ M' (σχ. 79) όλικῆς ἀνακλάσεως, ἅτινα εἶναι ἐστρεωμένα εἰς τὰ δύο ἄκρα κατακορύφου σωλήνος ἐπιμήκους. Τοῦ σωλήνος τούτου τὸ μὲν ἐν ἄκρὸν εὗρίζεται ἐντὸς τοῦ ὑποβρυχίου, τὸ δὲ ἕτερον ἐξέχει ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Ὁ ὅλος σωλὴν συνίσταται ἐκ πολλῶν μικροτέρων σωλήνων οἵτινες δύνανται νὰ εἰσέρχωνται ὁ εἰς ἐντὸς τοῦ ἄλλου καὶ οὕτως εἶνε δυνατόν τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ περισκόπιου, ὅτε μὲν νὰ ἐξέρχεται ἐκτὸς τῆς θαλάσσης, ὅτε δὲ νὰ κατέρχεται ἐντὸς αὐτῆς κατὰ βούλησιν, καὶ τοιούτοτρόπως τὸ περισκόπιον δύναται νὰ ἐξαφανίζεται τελείως ὑπὸ τὴν θάλασσαν. Ἵνα δὲ ἐξετάζεται ἀπασα ἡ περίξ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης, τὸ

ἀνώτερον ἄκρον τοῦ περισκοπίου εἶνε στρεπτόν περὶ κατακόρυφον ἄξονα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

ΦΑΚΟΙ

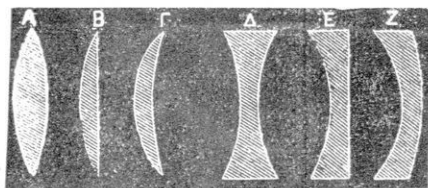
94. Ὅρισμοί. Καλεῖται ἐν τῇ ὀπτικῇ *φακὸς* πᾶν σῶμα διαφανές, συνήθως κατεσκευασμένον ἐκ κρυστάλλου, τὸ ὁποῖον περατοῦται εἰς δύο καμπύλας (συνήθως σφαιρικὰς) ἐπιφανείας, ἥ εἰς μίαν καμπύλην καὶ εἰς μίαν ἐπίπεδον.

Τὰ κέντρα τῶν σφαιρῶν εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουσιν αἱ δύο σφαιρικαὶ ἐπιφάνειαι φακοῦ λέγονται *κέντρα καμπυλότητος*, ἡ δὲ εὐθεῖα ἡ 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 συμπέπουσα 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 νὰ συγκεντρώνωσι 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 ἀποκεντρώνωσι τὰς δι' αὐτῶν διερχομένας ἀκτῖνας. Ἡ πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τρεῖς τύπους, τὸν *ἀμφίκυρτον* Α (σχ. 80), τὸν *ἐπιπεδόκυρτον* Β καὶ τὸν *κυρτόκοilon* Γ. Ἡ δὲ δευτέρα κατηγορία περιλαμβάνει ὁμοίως τρεῖς τύπους, τὸν *ἀμφίκοilon* Δ, τὸν *ἐπιπεδόκοilon* Ε καὶ τὸν *κοιλόκυρτον* Ζ. Ἐκ τῶν 6 τούτων φακῶν ἡμεῖς θέλομεν ἐξετάσει μόνον τὸν ἀμφίκυρτον Α καὶ τὸν ἀμφίκοilon Δ.

Παρατηρήσεις. 1ον) Εἰς τὸν ἐπιπεδόκοilon καὶ ἐπιπεδόκυρτον φακὸν κυρίως ἄξων καλεῖται ἡ κάθετος, ἥτις καταβιβάζεται

ἐκ τοῦ κέντρου καμπυλότητος τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ



Σχ. 80. Φακοὶ συγκλίνοντες (Α, Β, Γ) καὶ ἀποκλίνοντες (Δ, Ε, Ζ).

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.

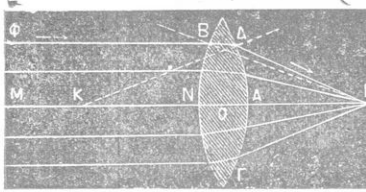
Α') Ἀμφίκυρτος φακός.

95. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων. — Κυρία ἐστία.

Ἐὰν φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐπιφανείας, λ.χ. τῆς ἀριστερᾶς, ἀμφίκυρτου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι (σχ. 81), αὗται, μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδον, συγκεντρώνονται 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 ὥς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ δὲ ἀπόστασις ΟΕ καλεῖται **κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις**.

Ἐὰν αἱ παράλληλοι ἀκτῖνες προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς ἑτέρας ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ (τῆς δεξιᾶς), αὗται μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδον συγκεντρώνονται εἰς ἑτέραν κυρίαν ἐστίαν, ἣτις κεῖται πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ φακοῦ. Ἡ δευτέρα αὕτη κυρία ἐστία εἶναι συμμετρικὴ τῆς πρώτης ὥς πρὸς τὸν φακόν. Τοῦτο ἀποδεικνύεται, ἐὰν ὁ φακὸς περιστραφῇ περὶ τὸ στήριγμα αὐτοῦ κατὰ 180° , ὁπότε εὐρίσκομεν, ὅτι ἡ θέσις τῆς κυρίας ἐστίας δὲν μεταβάλλεται.

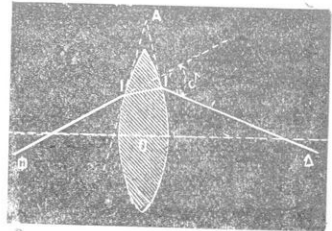
Ἐάν εἰς τὴν μίαν τῶν δύο κυρίων ἐστιῶν τεθῇ φωτοβόλον τι



Σχ. 81. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων ἐν τῷ ἀμφικύρτῳ φακῷ.

σημεῖον, αἱ ἐξ αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτίνες καὶ ἐπὶ τοῦ φακοῦ προσπίπτουσαι διευθύνονται μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἐκ τοῦ φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι. Αἱ δύο κύριαι ἐστὶν αὐτοῦ φακοῦ εἶναι πραγματικά, διότι δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ταύτας ἐπὶ φύλλῳ χάρτου, ὥς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Μηχανισμὸς τῆς συγκεντρώσεως τῶν ἀκτίνων. Δυνάμεθα νὰ παρομοιάσωμεν τὴν διάθλασιν τῶν ἀκτίνων 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. 82) τοῦ φακοῦ δύο ἐπιπέδους ἐπιφανείας κεκλιμένας πρὸς ἀλλήλας καὶ σχηματιζούσας πρίσμα, τοῦ ὁποῦν ἡ διαθλαστικὴ γωνία εἶναι A, ἡ δὲ βάσις εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τοιοῦτοτρόπως ὁ φακὸς δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σύνολον πρισμάτων ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας αποτελουμένων, τῶν ὁποίων αἱ βάσεις στρέφονται πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ. Ἐκ τούτου ἐννοοῦμεν διατί ὁ ἀμφικύρτος φακὸς συγκεντρώνει τὰς δι' αὐτοῦ διερχομένας ἀκτίνας πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ. Τὸ αὐτὸ δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν καὶ διὰ τὸν ἐπιπεδόκυρτον καὶ τὸν κυρτοκύκλον φακόν.

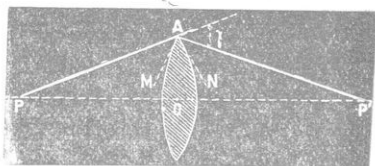


Σχ. 82. Μηχανισμὸς τῆς συγκεντρώσεως τῶν ἀκτίνων διὰ φακοῦ ἀμφικύρτου.

Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τῆς κυρίας ἐστίας. Στρέφωμεν τὴν μίαν ἐπιφάνειαν τοῦ φακοῦ πρὸς τὸν ἥλιον, οὕτως, ὥστε αἱ ἡλιακαὶ ἀκτίνες νὰ προσπέσωσιν ἐπ' αὐτῆς παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι. Ὅπισθεν τοῦ φακοῦ τοποθετοῦμεν μικρὸν πέτασμα, λ. χ. φύλλον χάρτου, ἐπὶ τοῦ ὁποῦν βλέπομεν νὰ σχηματίζεται φωτεινὸς κύκλος. Μεταθέτομεν τὸ πέτασμα μέχρις ὅτου ὁ

φωτεινὸς κόκλος λάβῃ τὴν μορφήν μικροτάτης κηλίδος φωτεινῆς. Εἰς τὴν θέσιν ἐκείνην τῆς φωτεινῆς κηλίδος εὐρίσκεται ἡ ζητούμενη κυρία ἐστία τοῦ φακοῦ.

96. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἁκτίνων. — Συζυγεῖς ἐστίαι. Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον P (σχ. 83) εὐρισκόμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀμφικύρτου φακοῦ καὶ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Μία τῶν τῶν ἁκτίνων αὐτοῦ, λ.χ. ἡ PA , προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φακοῦ καὶ ἐξερχομένη ἐξ αὐτοῦ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου P' τοῦ κυρίου ἄξονος. Καὶ πᾶσα ἄλλη ἁκτίς μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς



Σχ. 83. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἁκτίνων ἐν τῷ ἀμφικύρτῳ φακῷ.

ἐκ τοῦ φακοῦ, θέλει διέλθει διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου P' . Τοιούτοτρόπως, ἐὰν ἐκ τοῦ P ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλινούσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ φακοῦ, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς θέλει μετατραπῇ εἰς κωνικὴν δέσμην συγκλίνουσαν, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ σημείου P' . Τὸ σημεῖον P' καλεῖται **συζυγὴς ἐστία** τοῦ P , διότι, ἂν ἀντιστρόφως τὸ φωτοβόλον σημεῖον τεθῇ εἰς τὸ P' , ἡ συζυγὴς αὐτοῦ ἐστία σχηματίζεται εἰς τὸ P . Καὶ πράγματι, ἡ πορεία τῶν ἁκτίνων ἀντιστρέφεται, καὶ αἱ πρότερον διαθλώμεναι ἁκτῖνες γίνονται τώρα προσπίπτουσαι, αἱ δὲ πρότερον προσπίπτουσαι γίνονται διαθλώμεναι. Αἱ συζυγεῖς ἐστίαι εἶναι πραγματικά, διότι εἰς αὐτὰς συγκεντρώνονται αὐταὶ αὗται αἱ διαθλώμεναι ἁκτῖνες, ὅπως συμβαίνει καὶ κατὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν κυρίων ἐστιῶν.

97. Διάφοροι θέσεις τῆς συζυγοῦς ἐστίας φωτοβόλου σημείου, μετατιθεμένου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. — 1ον)

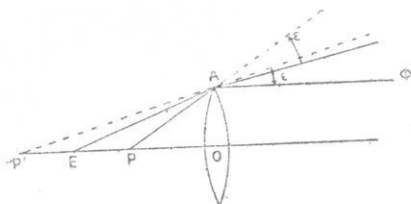
Ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον P ἀπομακρύνεται ἀπὸ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ, ἡ συζυγὴς αὐτοῦ ἐστία πλησιάζει πρὸς τὴν ἑτέραν κυρίαν ἐστίαν, τὴν εὐρισκομένην ὀπισθεν τοῦ φακοῦ, καὶ ἐπομένως, πλησιάζει πρὸς τὸν φακόν, εἶναι δὲ αὕτη πραγματικὴ.

2ον) Ἐὰν τὸ P πλησιάζῃ πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, ἡ συζυγὴς αὐτοῦ ἐστία ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ εἶναι πραγματικὴ.

3ον) Ἐὰν τὸ P συμπέσῃ μὲ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, συζυγὴς ἐστία δὲν ὑφίσταται πλέον, διότι αἱ ἁκτῖνες, μετὰ τὴν

ἔξοδόν των, βαίνουνσαι παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι δὲν δύνανται νὰ συναντήσωσιν αὐτὸν πρὸς σχηματισμὸν συζυγοῦς ἐστίας.

4ον) Ἐὰν τὸ P τεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ (σχ. 84), αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ, βαίνου-



Σχ. 84. Τρόπος σχηματισμοῦ συζυγοῦς ἐστίας κατ' ἔμφασιν.

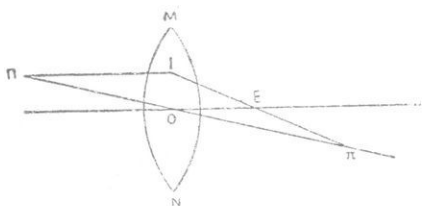
σιν ἀποκλίνουσαι ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ κατ' ἀκολουθίαν δὲν δύνανται νὰ συναντηθῶσι πρὸς τὸ μέρος τοῦτο τοῦ φακοῦ καὶ νὰ σχηματίσωσι συζυγῇ ἐστίαν κατ' ὑπόστασιν. Ἐὰν ὅμως αὗται προεκταθῶσι, θὰ συναντήσωσι τὸν κύριον ἄξονα εἰς τι σημεῖον P', κείμενον πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος πρὸς τὸ ὁποῖον καὶ τὸ φωτοβόλον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

Ἀντιστρόφως, ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον τεθῇ εἰς τὸ ἔτερον μέρος τοῦ φακοῦ, ἡ συζυγῆς ἐστία θὰ σχηματισθῇ πάλιν ὀπίσθεν 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 μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ.

98. Δευτερεύουσαι κύριαι ἐστίαι καὶ συζυγεῖς ἐστίαι. Ἐὰν ἀντὶ τοῦ κυρίου ἄξονος θεωρήσωμεν ἓνα οἰονδήποτε δευτε-

ρεύοντα, 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**.



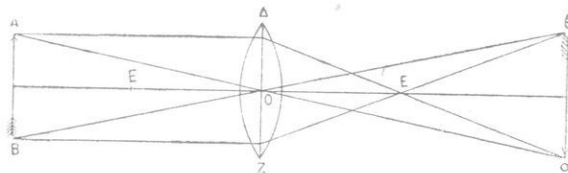
Σχ. 85. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς συζυγοῦς ἐστίας.

Ἐὰν δὲ τὸ φωτοβόλον σημεῖον μετατεθῇ εἰς διαφόρους θέσεις ἐπὶ τοῦ ἄξονος τούτου, θέλομεν παρατηρήσῃ 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 ἀνευρίσκομεν ὁμοίως κυρίαν ἐστίαν καὶ συζυγεῖς ἐστίας.

99. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς τῆς συζυγοῦς ἐστίας.

Ἐστω Π (σχ. 85) φωτοβόλον σημεῖον. Λαμβάνομεν ἐκ τῶν φωτεινῶν ἀκτῖνων αὐτοῦ δύο: α) τὴν ὁδεύουσαν κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα Ποπ. Αὕτη διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ ἐξέρχεται σχεδὸν ἄνευ διαθλάσεως (πρὸ πάντων ὅταν ὁ δευτερεύων ἄξων σχηματίζῃ μετὰ τοῦ κυρίου ἄξονος μικρὰν γωνίαν) καὶ β) τὴν ὁδεύουσαν παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, τὴν ΠΙ. Αὕτη ἐξερχομένη ἐκ τοῦ φακοῦ θέλει διέλθῃ διὰ τῆς κυρίας ἐστίας Ε. Αἱ δύο αὗται ἐξερχόμεναι ἀκτῖνες τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον π, ὅπερ εἶνε ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ Π. Οὕτως ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ Π εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ.

100. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων. Ἵνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου εὐρισκομένου ἐνώπιον ἀμφικύρτου φακοῦ, ἀρκεῖ νὰ εὐρωμεν τὴν συζυγῇ ἐστίαν ἐκάστου σημείου αὐτοῦ, ἥ



Σχ. 86. Σχηματισμὸς εἰδώλου δι' ἀμφικύρτου φακοῦ.

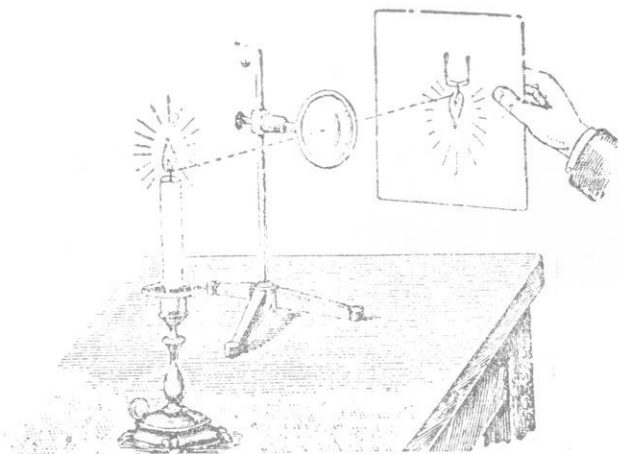
τοῦλάχιστον τῶν κυριωτέρων, ὅποια εἶνε τὰ ἄκρα σημεῖα αὐτοῦ. Πρὸς τοῦτο μεταχειριζόμεθα τὴν γεωμετρικὴν μέθοδον, τὴν ὁποίαν ἀνωτέρω περιεγράψαμεν. Ἐστω φωτοβόλον ἀντικείμενον, λ. χ. βέλος AB (σχ. 86), κάθετον τῷ κυρίῳ ἄξονι. Ἡ συζυγὴς ἐστία τοῦ σημείου A θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος AOα, τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον α. Ὡσαύτως ἡ συζυγὴς ἐστία τοῦ σημείου B θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος 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.

101. Σχετικὰ μεγέθη εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου. Εἶδωλα πραγματικὰ καὶ φανταστικά. Ἐὰν μεταθέτωμεν κηρίον ἀνημμένον ἐνώπιον φακοῦ καὶ δεχώμεθα ἐπὶ φύλλου χάρτου τὸ εἶδωλον αὐτοῦ (σχ. 87), θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἐπόμενα.

1ον) Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῇ 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 τεθῇ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἴσην ἀκριβῶς μὲ 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 τεθῇ μετὰ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ σημείου τοῦ ἀπέχοντος ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἀποστάσιν ἴσην μὲ τὸ διπλάσιον τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται εἰς ἀποστάσιν μεγαλυτέραν τοῦ διπλασίου τῆς κυρίας



Σχ. 87. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου δι' ἀμφικύρτου φακοῦ.

ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶναι μεγαλύτερον, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

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

5ον) Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῇ μετὰ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ, εἶναι ἀδύνατον νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ χάρτου εἶδωλόν πραγματικὸν τοῦ κηρίου. Ἐὰν ὅμως ὁ ὀφθαλμὸς τοποθετηθῇ ὀπισθεν τοῦ φακοῦ ἐπὶ τῆς πορείας τῶν ἐξερχομένων ἀκτίνων, θέλει παρατηρήσει εἶδωλόν *κατ' ἔμφασιν*, εὐρισκόμενον πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, πρὸς τὸ ὁποῖον καὶ τὸ ἀντικείμενον, θὰ εἶναι δὲ ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου, καὶ τοσοῦτον μεγαλύτερον ὅσῳ πλησιέστερον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ κεῖται τὸ κηρίον. Τὴν περίπτωσιν ταύτην παρατηροῦμεν εἰς τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον.

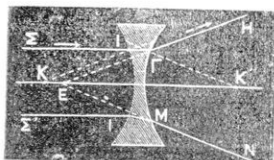
Συμπέρασμα. Εἰς τοὺς ἀμφικύρτους φακοὺς σχηματίζονται δύο εἰδῶν εἰδῶλα : α) *πραγματικά*, ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον

εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας καὶ β) **φανταστικά**, ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ φακοῦ.

Β') Ἀμφίκοιλος φακός.

102. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων.—Κυρία ἐστία.

Ἐὰν φωτειναὶ ἀκτῖνες ΣΙ καὶ ΣΙ' (σχ. 88) προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς



Ἰσχ. 88. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων ἐν τῷ ἀμφίκοίλῳ φακῷ.

μιάς ἐπιφανείας, λ. χ. τῆς ἀριστερᾶς, ἀμφικοίλου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, αὗται μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδόν των βαίνουνσιν ἀποκλίνουσαι ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ λαμβάνουσι τὰς διευθύνσεις ΓΗ καὶ ΜΝ. Αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τούτων συναντῶνται εἰς τὸ

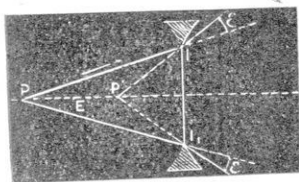
αὐτὸ περίπου σημεῖον Ε, ὅπερ κεῖται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τοιουτοτρόπως ἡ δέσμη ἡ παράλληλος τῷ κυρίῳ ἄξονι, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ φακοῦ μετατρέπεται εἰς κωνικὴν δέσμην ἀποκλίνουσαν, ἣτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου Ε. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ φακοῦ καὶ ἐκεῖ νομίζομεν ὅτι κεῖται φωτοβόλον σημεῖον, ἐὰν ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ 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 κύριαι ἐστίαι τοῦ φακοῦ τούτου εἶναι **κατ' ἔμφα-σιν**, διότι εἰς αὐτὰς δὲν συναντῶνται αὐταὶ αὗται αἱ ἔξερχόμεναι ἀκτῖνες, ἀλλ' αἱ προεκτάσεις αὐτῶν.

Μηχανισμὸς τῆς ἀποκεντρώσεως τῶν ἀκτίνων. Καὶ ὁ ἀμφίκοιλος φακὸς δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σύνολον πρισμάτων ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας αποτελουμένων τῶν ὁποίων αἱ βάσεις στρέφονται πρὸς τὰ πέρατα τοῦ φακοῦ. Ἐκ τούτου ἔννοοῦμεν διατὶ ὁ ἀμφίκοιλος φακὸς ἀπομακρύνει τὰς δι' αὐτοῦ διερχομένας ἀκτῖνας ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τὸ αὐτὸ δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν καὶ διὰ τὸν ἐπιπεδόκοilon καὶ τὸν κοιλόκυρτον φακόν.

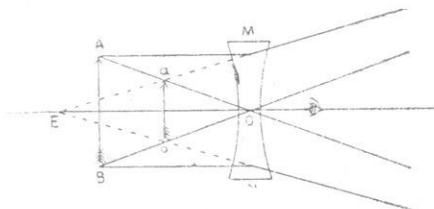
103. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων. Συζυγεῖς ἐστίαι. — Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον Ρ (σχ. 89) εὐρισκόμενον

ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀμφικοίλου φακοῦ καὶ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας. Μία τῶν ἀκτίνων αὐτοῦ, λ. χ. ἡ PI , ἐξερχομένη ἐκ τοῦ φακοῦ βαίνει ἀποκλίνουσα καὶ ἡ προέκτασις αὐτῆς διέρχεται διὰ τοῦ σημείου P' τοῦ κυρίου ἄξονος. Καὶ πᾶσα ἄλλη ἀκτὶς μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς ἐκ τοῦ φακοῦ θέλει διέλθει διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου P' . Τοιοῦτοτρόπως ἂν ἐκ τοῦ P ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλίνουσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ φακοῦ, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς θέλει μετατραπῇ εἰς κωνικὴν δέσμην ἔτι ἀποκλίνουσαν, ἣτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου P' . Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται *συζυγῆς ἐστία* τοῦ P , καὶ εἶναι *κατ' ἔμφασιν*.



Σχ. 89. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων ἐν τῷ ἀμφικοίλῳ φακῷ.

104. Σχηματισμός τῶν εἰδώλων. — Ἵνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου, λ. χ. βέλους AB (σχ. 90), κειμένου ἐνώ-



Σχ. 90. Σχηματισμός τοῦ εἰδώλου ἐνός ἀντικειμένου δι' ἀμφικοίλου φακοῦ.

πιον ἀμφικοίλου φακοῦ, ἐργαζόμεθα καὶ ἐνταῦθα διὰ τῆς γεωμετρικῆς μεθόδου, ὅπως καὶ εἰς τοὺς ἀμφικύρτους φακοὺς. Οὕτως εὐρίσκομεν εἶδωλον, ὅπερ σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ καὶ μεταξὺ φακοῦ καὶ κυρίας ἐστίας. Εἶναι δὲ τοῦτο ὁρθόν, πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ κατ' ἔμφασιν, ἐπομένως δὲν δυνάμεθα νὰ τὸ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου χάρτου, τὸ βλέπομεν ὅμως ἂν τοποθετήσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν μας ὀπίσθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἐξερχομένων ἀκτίνων. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸν φακὸν καὶ τὸ εἶδωλον πλησιάζει πρὸς αὐτὸν καὶ βαίνει μεγεθυνόμενον, μένει ὅμως πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἀντιστρόφως, ἂν τὸ ἀντι-

κείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ φακοῦ, καὶ τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ βαίνει σμικρυνόμενον.

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

105. Ἐφαρμογαὶ τῶν φακῶν.— Οἱ ἀμφίκυρτοι φακοὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς πάντα σχεδὸν τὰ ὀπτικά ὄργανα (τηλεσκόπια, μικροσκόπια, φωτογραφικαὶ 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 ἀμφικοίλοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ὁματοῦάλια τῶν μυώπων ὀφθαλμῶν καὶ ἐν συνδυασμῷ μετὰ τῶν ἀμφικύρτων φακῶν εἰς τινὰ ὀπτικά ὄργανα πρὸς διόρθωσιν ἀτελειῶν τινων, τὰς ὁποίας παρουσιάζουσιν οἱ ἀμφίκυρτοι φακοί.

106. 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 κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως ε αὐτοῦ, λογιζομένης εἰς μέτρα, ἥτοι $\text{ἰσχὺς} = \frac{1}{\varepsilon}$. Ἡ ἰσχὺς ἐκφράζεται συνήθως εἰς *διοπτρίας*.

Εἶναι δὲ *διοπτρία* ἡ ἰσχὺς φακοῦ, οὗτινος 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 μὲ 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.

107. Τύποι τῶν φακῶν.— Ἐστωσαν

π ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου φακοῦ συγκλίνοντος ἢ ἀποκλίνοντος

π' ἢ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου του, πραγματικοῦ ἢ φανταστικοῦ, ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ σημείου, καὶ

ε ἢ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

Ἡ σχέσις ἢ συνδέουσα τὰ π , π' καὶ ε παρίσταται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varepsilon}.$$

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

α') τὸ ε λαμβάνεται *θετικὸν* μὲν (πραγματικὴ ἐστία) διὰ τὸν συγκλίνοντα, *ἀρνητικὸν* δὲ (φανταστικὴ ἐστία) διὰ τὸν ἀποκλίνοντα.

β') τὸ π' εἶναι *θετικὸν* μὲν διὰ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον, *ἀρνητικὸν* 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 ὁρίζεται ὅπως καὶ εἰς τὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Εὐθεῖα φωτεινὴ τοποθετεῖται καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συγκλίνοντος φακοῦ, τοῦ ὁποίου ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι 40 ἑκατοστόμετρα. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀπόδοσις αὐτῆς ἀπὸ τοῦ φακοῦ, ἵνα τὸ εἶδωλόν της παρουσιάσῃ μῆκος 2 φορές μεγαλύτερον; (Ἀπόκρ. 60 ἑκατοστ. διὰ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον, καὶ 20 ἑκατοστ. διὰ τὸ φανταστικόν).

2) Ἀντικείμενον μήκους 10 ἑκατοστ. παρατηρεῖται διὰ μέσον φακοῦ ἀποκλίνοντος, ὅστις ἀπέχει 75 ἑκατοστ. ἀπ' αὐτοῦ. Νὰ εὗρεθῇ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, γνωστοῦ ὄντος, ὅτι ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ εἶναι —4 διοπτριῶν. (Ἀποκρίσεις 2,5 ἑκατοστ.).

3) Εἰς ἀπόστασιν 2 μέτρων ἀπὸ φακοῦ συγκλίνοντος καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ τοποθετεῖται ἀντικείμενον μήκους 10 ἑκατοστ. Τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον εἶναι πραγματικὸν καὶ ἔχει μῆκος 10 ἑκατοστ. Πόση πρέπει νὰ γίνῃ ἡ ἀπό-

στασις τοῦ φακοῦ ἀπὸ τοῦ ἀντικειμένου, ἵνα τὸ νέον εἶδωλον παρουσιάσῃ μῆκος 1 μέτρου ; (Ἀπόκρ. 110 ἑκατοστ.).

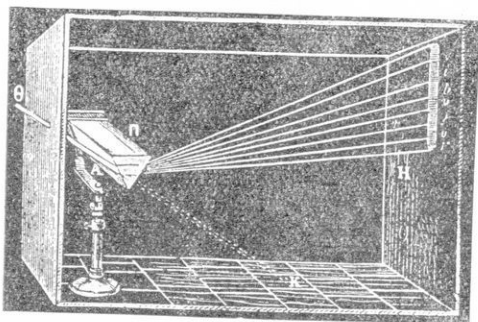
4) Φωτεινὴ εὐθεῖα μῆκος 5 ἑκατοστ. τοποθετεῖται 30 ἑκατοστόμ. ἔμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ. Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι 40 ἑκατοστ. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ φύσις, ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου. (Ἀπόκρ. Εἶδωλον φανταστικὸν καὶ ὀρθόν, 120 ἑκατοστ. ἀπὸ τὸν φακὸν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

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄.

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

108. Φάσμα ἡλιακόν.—*Πείραμα.* Δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων ΘΑ (σχ. 91) εἰσέρχεται διὰ τινος κυκλικῆς ὀπῆς ἐντὸς σκοτει-



Σχ. 91. Ἀνάλυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.

νοῦ θαλάμου. Αὕτη προχωρεῖ εὐθυγράμμως καὶ σχηματίζει κατὰ τὸ Κ λευκὸν φωτεινὸν δίσκον, ὅστις εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ

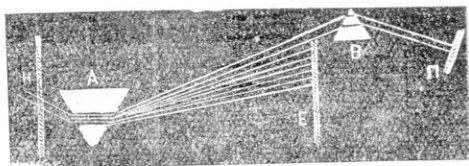
Ἡλίου. Ἐὰν ὅμως ἡ δέσμη αὕτη προσπέσῃ ἐπὶ πρίσματος Π, ὀριζοντίως τοποθετημένου καὶ μὲ τὴν ἀκμὴν πρὸς τὰ κάτω, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὕτη, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ πρίσματος, ἐξαπλοῦται ἐλαφρῶς ἐν εἵδει ριπιδίου (βεντάλιας) καὶ προσπίπτουσα ἐπὶ μεμακρυσμένου πετάσματος Η σχηματίζει ἐπ' αὐτοῦ φωτεινὴν ταινίαν κατακόρυφον καὶ ἐπιμήκη, κεχρωματισμένην μὲ 7 χρώματα τὰ ὁποῖα εἶνε τεταγμένα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν : *ἐρυθρόν, πορτοκαλλί, κίτρινον, πράσινον, ἀνοικτὸν κυανοῦν, βαθὺν κυανοῦν καὶ ἰώδες*. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *ἀνάλυσις τοῦ φωτός* ⁽¹⁾, ἡ δὲ κεχρωματισμένη ταινία καλεῖται *φάσμα ἡλιακόν*.

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

Σημ. Πάντα τὰ χρώματα δὲν ἔχουσιν οὔτε τὴν αὐτὴν ἔκτασιν, οὔτε τὴν αὐτὴν ζωηρότητα ἐν τῷ φάσματι· τὴν μικροτέραν ἔκτασιν ἔχει τὸ πορτοκαλλί καὶ τὴν μεγαλυτέραν τὸ ἰώδες, τὸ δὲ ζωηρότερον πάντων εἶναι τὸ κίτρινον.

109. Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶνε ἀπλᾶ. —

Πείραμα. Ρίπτομεν τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐπὶ τινος διαφράγματος Ε (σχ. 92) ὅπερ νὰ ἐπιτρέπη τὴν δίοδον μόνον εἰς τὸ ἰσχύρουν π.



Σχ. 92. Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ.

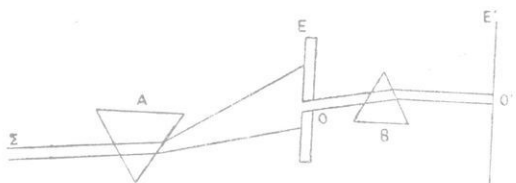
χ. χρῶμα. Ἐὰν τὸ χρῶμα τοῦτο διαβιβάσωμεν διὰ δευτέρου πρίσματος Β, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τοῦτο ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος ὑφίσταται μὲν νέαν διάθλασιν, διατηρεῖ ὅμως τὸ αὐτὸ χρῶμα.

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

Συμπέρασμα. Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶνε ἀπλᾶ.
110. Ἐξήγησις τῆς ἀναλύσεως τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.—

Ὁ σχηματισμὸς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ἐξηγεῖται διὰ τῆς ἐπομένης ὑποθέσεως ἥ 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 ἐξῆς πειράματος.

Πείραμα. Ρίπτομεν τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐπὶ πετάσματος E (σχ. 93) ἔχοντος στενὴν ὀπὴν O διὰ τῆς ὁποίας ἀφίνομεν νὰ



Σχ. 93. Τὰ ἐπτά χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι ἀνίσως διαθλαστά.

διέλθῃ τὸ ἐρυθρὸν λ.χ. χρῶμα. Τοῦτο προσπίπτον ἐπὶ δευτέρου πρίσματος B καὶ ἐξερχόμενον ὑφίσταται νέαν διάθλασιν, ἐκτρέπομενον πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος B. Ἐὰν ἤδη στρέψωμεν τὸ πρῶτον πρίσμα 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 εἶναι 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 βάσιν τοῦ πρίσματος, λόγῳ τοῦ μεγαλυτέρου δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἰώδους φωτός.

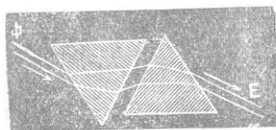
Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῶν ἀπλῶν χρωμάτων εἶναι διάφορος,

ἐνεκα τοῦ διαφόρου μήκους τοῦ κύματος αὐτῶν. Αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες ἔχουσι μῆκος κύματος ἐν τῷ κενῷ καὶ ἐν τῷ αἰέρι 0,8 τοῦ μικροῦ ($1 \text{ μικρὸν} = \frac{1}{1000} \text{ τοῦ χιλιοστομέτρου}$), αἱ δὲ ἰώδεις 0,4

τοῦ μικροῦ. Αἱ λοιπαὶ ἀκτῖνες ἔχουσι μῆκος κύματος περιλαμβανόμενον μεταξὺ τῶν δύο ἀνωτέρω τιμῶν.

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

α) **Διὰ τῶν ἀντιστροφῶν πρισμάτων.** Ἐὰν τὰς ἀναλυθείσας ἡλιακὰς ἀκτῖνας δεχθῶμεν ἐπὶ δευτέρου πρίσματος (σχ. 94), ἐντελῶς ὁμοίου πρὸς τὸ πρῶτον, ἀλλ' ἀντιστρόφως τοποθετουμένου, ἥτοι αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι τῶν δύο πρισμάτων νὰ εἶναι ἀντίθετοι, αἱ δὲ πλευραὶ αὐτῶν παρὰλληλοι, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος ἐξέρχεται **λευκὸν** φῶς, διότι τὰ 7 χρώματα συνηνώθησαν.



Σχ. 94. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ τῶν ἀντιστροφῶν πρισμάτων.

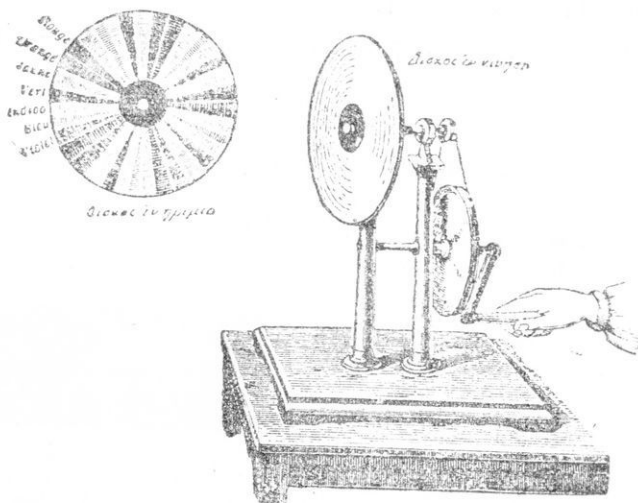
β) **Διὰ τοῦ ἀμφικύρτου φακοῦ.** Ἐὰν τὰς ἀναλυθείσας ἡλιακὰς ἀκτῖνας δεχθῶμεν ἐπὶ ἀμφικύρτου φακοῦ, εἰς δὲ τὴν κυρίαν ἐστίαν αὐτοῦ θέσωμεν φύλλον χάρτου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐπὶ τοῦ χάρτου σχηματίζεται **λευκὸν** φωτεινὸν σημεῖον, διότι ἐκεῖ συνηνώθησαν τὰ 7 χρώματα.

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. 95). Τὰ χρώματα τοῦ δίσκου δέον νὰ εἶναι διατεταγμένα καθ' ἣν σειρὰν εὑρίσκονται καὶ ἐν τῷ φάσματι, καὶ ἕκαστον νὰ καταλαμβάνῃ ἑκτασιν ἀνάλογον πρὸς τὴν ἑκτασιν 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 ἑπτὰ χρωμάτων, ἅτινα οὕτω συννεοῦνται.

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

112. Χρῶμα τῶν σωμάτων. Ὑπόθεσις τοῦ Newton. Καλεῖται **φυσικὸν χρῶμα** σώματος τινος τὸ χρῶμα ὑπὸ τὸ ὁποῖον παρουσιάζεται τὸ σῶμα, ὅταν φωτίζεται ὑπὸ τοῦ ἡλια-

κοῦ φωτός. Τὸ φυσικὸν χροῶμα τῶν σωμάτων ἐξηγεῖται διὰ τῆς



Σχ. 95. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός
διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Newton.

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

α') **Χροῶμα 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. χροῶμα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, τὰ δὲ λοιπὰ ἀπορροφᾷ, τὸ σῶμα θὰ φανῇ κεχρωματισμένον μὲ χροῶμα ἐρυθρὸν, ἥτοι ὅμοιον μὲ τὸ χροῶμα ὅπερ ἐκπέμπει. Οὕτως ὑφασμά 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 χρώμα, ὅπερ εἶνε ὁμοιον μὲ τὸ χρώμα τὸ προερχόμενον ἐκ τῆς συμμείξεως τῶν ἐκπεμπομένων χρωμάτων.

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

Συμπέρασμα. Τὸ χρώμα 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 ἑξῆς : 1ον) Ἐὰν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου σχηματίσωμεν τὸ ἥλιακὸν 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, κλπ. Τοῦναντίον, σῶμα μέλαν παραμένει μέλαν εἰς οἷονδῆποτε 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.

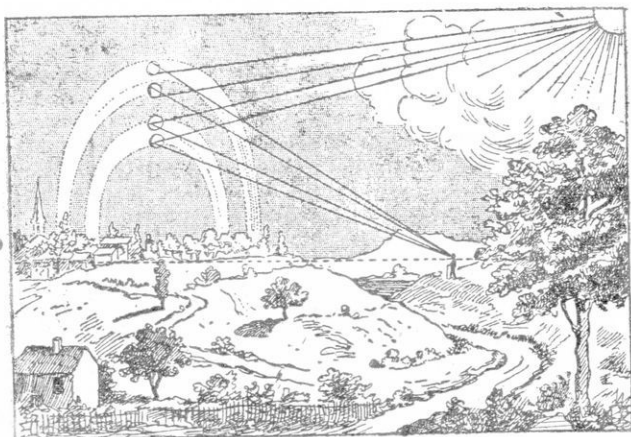
Συμπέρασμα. Τὸ λευκὸν καὶ τὸ ἐρυθρὸν σῶμα δὲν δύνανται νὰ διατηρήσωσι τὸ αὐτὸ χρώμα εἰς τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος, καὶ ἐπομένως τὸ χρώμα τῶν δὲν εἶνε ἰδικόν των.

113. Χρώματα συμπληρωματικά. Καλοῦνται *συμπληρωματικά* χρώματα κατὰ τὸν Newton τὰ χρώματα ἑκεῖνα, ἅτινα διὰ τῆς συμμείξεως ἢ ἐπιθέσεως ἐπ' ἄλληλα παράγουσι τὸ λευκὸν φῶς. Ἐκ τῶν ἀπλῶν χρωμάτων συμπληρωματικά εἶνε τὸ πράσινον καὶ τὸ ἐρυθρόν, τὸ κυανοῦν καὶ τὸ πορτοκαλί, τὸ ἰώδες

καὶ τὸ κίτρινον. Ἐὰν τὰ ἑπτὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος χωρίσωμεν ὅπωςδήποτε, εἰς δύο ομάδας καὶ ἐνώσωμεν ἰδιαιτέρως τὰ χρώματα ἑκατέρας ομάδος, λαμβάνομεν δύο μίκτὰ 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 εἶναι ὁμοίως μὲ τὰ φυσικὰ συμπληρωματικά, διότι τὰ τεχνητὰ χρώματα δὲν εἶνε ἀπλᾶ ὅπως τὰ τοῦ φάσματος, ἀλλὰ σύνθετα.

114. Φωτεινὰ μετέωρα. 1ον) *Οὐράνιον τόξον.* Πολύλακίς, κατὰ τὸν χειμῶνα, παρατηροῦμεν ἐν τῷ οὐρανῷ, φωτεινὴν ταινίαν ἐν εἵδει τόξου, ζωηρῶς κεχρωματισμένην μὲ τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *οὐράνιον τόξον* (σχ. 96). Καὶ τὸ μὲν ἐρυθρὸν χρῶμα αὐτοῦ εὐ-



Σχ. 96. Τρόπος σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανίου τόξου.

ρίσκεται πρὸς τὰ ἔξω, τὸ δὲ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω, μεταξὺ δὲ αὐτῶν εὐρίσκονται καὶ τὰ λοιπὰ χρώματα τοῦ φάσματος. Ἵνα παρατηρηθῇ τὸ οὐράνιον τόξον πρέπει 1) νὰ ἔχωμεν ἔμπροσθεν ἡμῶν νέφος ἕτοιμον νὰ μεταβληθῇ εἰς βροχήν, καὶ 2) τὸ ὕψος τοῦ Ἡλίου ὑπὲρ τὸν ὁρίζοντα νὰ εἶναι μικρότερον τῶν 42° . Ὅσοι δὲ πλησιέστερον πρὸς τὸν ὁρίζοντα εὐρίσκεται ὁ Ἡλιος, τόσοι

μεγαλύτερον μέρος τοῦ οὐρανίου τόξου εἶναι ὁρατόν, σμικρύνεται δέ, ὅσῳ ὁ ἥλιος εὐρίσκεται ὑψηλότερον, καὶ ἐξαφανίζεται καθ' ὁλοκληρίαν, ὅταν εὐρεθῇ 42° ὑπεράνω τοῦ ὁρίζοντος. Ἐνίοτε παρατηρεῖται συγχρόνως καὶ δεύτερον οὐράνιον τόξον, ὁλόκληρον ἢ τμήμα μόνον αὐτοῦ, μικροτέρας λαμπρότητος, ἐν τῷ ὁποίῳ ὅμως ἡ διάταξις τῶν χρωμάτων εἶναι ἀντίστροφος, ἥτοι τὸ ἐρυθρὸν εἶναι πρὸς τὰ ἔσω καὶ τὸ ἰώδες πρὸς τὰ ἔξω.

Ὁ σχηματισμὸς τοῦ οὐρανίου 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 νῶτα μας πρὸς τὸν ἥλιον, καὶ 2) εἰς τὴν *ἀνάλυσιν* τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων κατὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τῶν αὐτῶν σταγονιδίων, διότι παρατηροῦμεν αὐτὸ κεχρωματισμένον μὲ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος.

2ον) *Ἄλως*. Πολλάκις παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δίσκος τῆς Σελήνης ἢ τοῦ Ἑλίου περιβάλλεται ὑπὸ κύκλων ἀσθενοῦς λαμπρότητος, οἵτινες εἶναι κεχρωματισμένοι μὲ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *ἄλως* σεληνιακὴ ἢ ἡλιακὴ. Καὶ ἄλλοτε μὲν ἡ ἄλως εἶναι ἀπλῆ, ἥτοι παρουσιάζει ἓνα κύκλον, ἄλλοτε δὲ διπλῆ, ἥτοι παρουσιάζει δύο κύκλους ὁμοκέντρους. Εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα εὐρίσκεται πρὸς τὰ ἔσω, τὸ δὲ ἰώδες πρὸς τὰ ἔξω. Ἡ φαινομένη 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 ἡλιακοῦ ἢ σεληνιακοῦ φωτὸς ἐπὶ τῶν μικρῶν πρismaticῶν παγοκρυστάλλων, οἵτινες αἰωροῦνται ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.

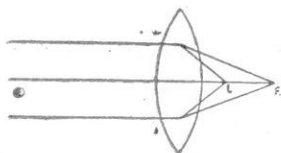
3ον) *Στέμμα*. Πολλάκις παρατηροῦμεν περὶ τοῦ δίσκου τοῦ Ἑλίου ἢ τῆς Σελήνης 3—4 φωτεινοὺς ὁμοκέντρους κύκλους, οἵτινες εἶναι κεχρωματισμένοι μὲ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, ἅτινα εὐρίσκονται τὸ μὲν ἐρυθρὸν πρὸς τὰ ἔξω, τὸ δὲ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *στέμμα* σεληνιακὸν ἢ ἡλιακὸν καὶ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

Ὁ σχηματισμὸς τῶν στεμμάτων ὀφείλεται εἰς τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀνάλυσιν τοῦ ἡλιακοῦ 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 ἐπικείται βροχή, ὅταν βλέπωμεν ὅτι ἡ διάμετρος τῶν στεμμάτων σμικρύνεται.

115. Παρεκτροπὴ τοῦ φωτός. Ἀχρωστικοὶ φακοί.—

Ἐὰν τὸ λευκὸν φῶς προσπέσῃ ἐπὶ ἀμφικύρτου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι καὶ διέλθῃ δι' αὐτοῦ, θέλει ὑποστῇ ἀνάλυσιν (σχ. 97) καὶ αἱ μὲν ἐρυθραὶ ἀκτῖνες, ὡς ἔχουσαι τὸν μικρότερον δείκτην διαθλάσεως, συνέρχονται εἰς τι σημεῖον ε τοῦ κυρίου ἄξονος, αἱ δὲ ἰώδεις, ὡς ἔχουσαι τὸν μεγαλύπερον δείκτην διαθλάσεως, συνέρχονται εἰς ἕτερον σημεῖον ι, πλησιέστερον πρὸς τὸν φακόν. Μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων θὰ συνέλθωσιν αἱ λοιπαὶ ἀκτῖνες. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *παρεκτροπὴ* ἢ *ἀφεστίασις* τοῦ φωτός. Ἔνεκα τοῦ φαινομένου τούτου, ἐὰν δι' ἀπλοῦ φακοῦ ἀμφικύρτου παραγάγωμεν ἐπὶ πετάσματος τὸ πραγματικὸν εἶδωλον λευκοῦ τινος ἀντικειμένου,



Σχ. 97. Παρεκτροπὴ τοῦ φωτός ἐν τῷ ἀμφικύρτῳ φακῷ.

θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι ἡ περίμετρος τοῦ εἰδώλου ἐμφανίζεται κεχρωματισμένη διὰ τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Τὸ μειονέκτημα τοῦτο τοῦ φακοῦ θεραπεύεται διὰ τῶν *ἀχρωστικῶν* φακῶν. Οὗτοι εἶναι συνδυασμὸς

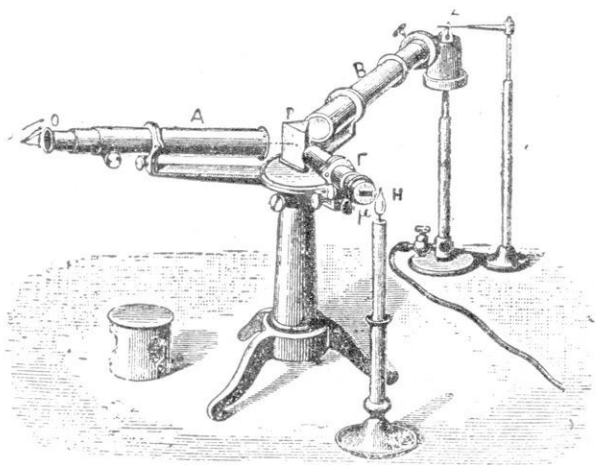
δύο φακῶν, ἐξ ὧν ὁ μὲν εἷς εἶναι συγκλίνων, ὁ δὲ ἕτερος ἀποκλίνων, ἔχει δὲ ἑκάτερος κατάλληλον ἀκτῖνα καμπυλότητος καὶ συνίσταται ἐκ διαφόρου ὕλης, λ.χ. ἐκ κοινῆς ὑάλου καὶ μολυβδύλου. Οἱ τοιοῦτοι φακοὶ ἐκλήθησαν *ἀχρωστικοί*, ὡς προλαμβάνοντες τὸν χρωματισμὸν τῶν εἰδώλων καὶ τούτων γίνεται χρῆσις εἰς τὰ ὀπτικά ὄργανα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'.

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

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

117. Φασματοσκόπιον. Α) *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἐξῆς μερῶν : 1) ἐξ ἑνὸς πρίσματος P (σχ. 98) ἐκ μολυβδυνά-



Σχ. 98. Φασματοσκόπιον.

λου. Τοῦτο τοποθετεῖται ἐπὶ ὀριζοντίου δίσκου, ἐστερεωμένου 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 A. Οὗτος φέρει κατὰ τὰ

ἄκρα του φακού, καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ φάσματος. Ἀποτελεῖ δὲ τὴν καλουμένην διόπτραν, τὴν ὁποίαν θὰ περιγράψωμεν κατωτέρω.

4) Ἐξ ἐνὸς μεταλλικοῦ σωλῆνος Γ, ὅστις φέρει εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ τὸ **μικρομέτρον**, ἥτοι ὑαλίνην πλάκα, ἐφ' ἧς ὑπάρχει κεχαραγμένη κλῖμαξ χιλιοστομέτρων. 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 υποστηρίγματος τοῦ ὁργάνου.

Β) Δειτουργία. Θέτομεν τὸ πρὸς ἀνάλυσιν φῶς εἰς τὸ Ζ. 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 φωτίξῃ 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.

118. 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 ὑγραί, εἴτε ἀέριοι εἶναι αἱ φωτειναὶ πηγαί. Τὰ φάσματα ἐκπομπῆς διαιροῦμεν εἰς δύο τύπους· α) **φάσματα τῶν διαπύρων στερεῶν καὶ ὑγρῶν** καὶ β) **φάσματα τῶν διαπύρων ἀτμῶν καὶ ἀερίων**.

Α) 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 τοῖς 600°. Κάτω τῶν 600° τὸ σῶμα ἐκπέμπει μόνον θερμομαντικὰς ἀκτῖνας. Ἐὰν ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται βαθμηδὸν ἄνω τῶν 600°, αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες αἰτίνες 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 ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα καὶ διακιβή-

σωμεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν ῥεῦμα, οὔτινος ἢ ἔντασις νὰ αὐξάνεται βαθμιαίως. Θέλωμεν παρατηρήσει, ὅτι τὸ φάσμα αὐτοῦ ἄρ-
χεται ἐμφανιζόμενον ἀπὸ τοῦ ἐρυθροῦ χρώματος καὶ συμπληροῦ-
ται βαθμὴδὸν μέχρι τοῦ ἰώδους, ὁπότε παρουσιάζει πάντα τὰ
χρώματα χωρὶς διακοπὴν τινα, ἢ γραμμὴν σκοτεινὴν ἢ λαμπράν.
Τὸ αὐτὸ παρατηρεῖται καὶ μὲ τὰ διάπυρα ὑγρά, π.χ. τὰ τετηκότα
μέταλλα. Τὸ τοιοῦτον φάσμα καλεῖται *συνεχές*. Τὰ τεχνητὰ
φῶτα, π.χ. τὸ φῶς τοῦ Drummond, τοῦ ἡλεκτρικοῦ λύχνου τοῦ
Edison, τοῦ ἡλεκτρικοῦ 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 συνεχῇ.

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

Β) *Φάσμα τῶν διαπύρων ἀτμῶν καὶ αερίων.* Ἐὰν αέριόν
τι πυρακτωθῇ, ἐκπέμπει ἀριθμὸν τινα μόνον ἀπλῶν χρωμάτων.
Ἐπομένως τὸ αέριον τοῦτο παρέχει φάσμα, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ-
ται ἐκ τινῶν μόνον γραμμῶν ἢ ῥαβδώσεων, φωτεινῶν καὶ λαμ-
πρῶν, αἵτινες ἐμφανίζονται ἐπὶ βάθους σκοτεινοῦ. Τὸ τοιοῦτον
φάσμα καλεῖται *ἀσυνεχές*.

*Πάντες οἱ διάπυροι ἀτμοὶ καὶ τὰ αέρια παρέχουσι φάσμα
ἀσυνεχές*

Σημειώσεις. Διὰ τὴν διαπύρωσιν τῶν αερίων ἢ τῶν ἀτμῶν
μεταχειριζόμεθα διαφόρους τρόπους, τοὺς ἐξῆς. 1) Ἐὰν τὸ ὑπὸ
ἐξέτασιν σῶμα εἶνε στερεὸν ἐν τῇ συνήθει θερμοκρασίᾳ, ὅπως
συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, διὰ νὰ λάβωμεν ἀτμοὺς αὐτοῦ διαπύ-
ρους εἰσάγομεν διὰ σύρματος ἐκ λευκοχρύσου ἐντὸς τῆς ὥχρᾳς
καὶ θερμοτάτης φλογὸς τοῦ λύχνου τοῦ Bunsen τεμάχιον ἑξαε-
ρουμένου εὐκόλως ἄλατος, περιέχοντος τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν μέταλλον.
Τοιαῦτα ἄλατα εἶναι τὰ χλωριούχα. Θέλωμεν ἶδει ἀμέσως, ὅτι ἡ
φλόξ χρωματίζεται ζωηρῶς ἐκ τῆς παρουσίας διαπύρων ἀτμῶν
τοῦ μετάλλου, οὔτινες προῆλθον ἐκ τῆς μερικῆς ἀποσυνθέσεως
τοῦ ἄλατος, ἕνεκα τῆς ἰσχυρᾶς θερμάνσεως. Οὕτως ἄλας νατρίου,
λ.χ. χλωριούχον νάτριον (μαγειρικὸν ἄλας), χρωματίζει τὴν φλό-
γα ζωηρῶς κιτρίνῃ. Ἐὰν δὲ τὸ μέταλλον ἑξαερούται εἰς λίαν
ὑψηλὴν 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.

2) Ἐὰν τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν σῶμα εἶναι ἀέριον εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, ἐγκλείομεν αὐτὸ ἐντὸς ὑαλίνων σωλῆνων ὑπὸ πίεσιν χιλιοστομέτρων τινων (σωλῆνες Plüker), οἵτινες φέρουσι κατὰ τὰ ἄκρα των δύο μικρὰ σύρματα ἐκ λευκοχρύσου. Ἐὰν διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σωλῆνος ἠλεκτρικοὺς σπινθῆρας, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ ἀέριον καθίσταται φωτογόνον, παρουσιάζον ζωηροτάτην λάμψιν καὶ ἰδίως εἰς τὸ στενωτέρον μέρος τοῦ σωλῆνος. Ἐξετάζοντες τὸ παραγόμενον φῶς διὰ τοῦ φασματοσκοπίου θὰ ἔχωμεν τὸ φάσμα τοῦ διαπύρου τούτου ἀερίου.

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

Ἀέριον ἢ ἀτμός	Ἀριθμὸς καὶ χρῶμα ραβδώσεων
Νάτριον	2 ραβδώσεις κίτριναί
Κάλιον	1 » ἐρυθρά
Λίθιον	1 » ἰόχρους
Θάλλιον	1 » ἐρυθρά
	1 » πρασίνη
Υδρογόνον	1 » ἐρυθρά
	1 » κυανὴ ἀνοιχτὴ
	1 » κυανὴ βαθεῖα
	1 » ἰόχρους.

Τοιοιουτοτρόπως 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 ὅποιαι πάλιν διαφέρουσι τῶν τοῦ λιθίου, θαλίου κλπ. Ὁ ἀριθμὸς καὶ τὸ χρῶμα τῶν λαμπρῶν τούτων γραμμῶν ἢ ραβδώσεων **χαρακτηρίζουσι** τὸ διάπυρον ἀερωδὲς σῶμα.

119. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.— Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταφαίνεται ὅτι τὸ φασματοσκοπίον παρέχει εἰς ἡμᾶς ἀσφαλὲς μέσον ὅπως ἀνακαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἁπλοῦ τινος σώματος καὶ ἰδίως μετάλλου ἐν τινι διαλύματι ἢ οὐσίᾳ. Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ νὰ διαπυρρῶσωμεν 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 ἀπα-

σαι αἱ χαρακτηριστικαὶ ραβδώσεις τοῦ ζητουμένου μετάλλου. Ἐὰν π. χ. τὸ φάσμα περιλαμβάνῃ δύο κιτρίνας 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 ἀνακαλυφθῇ. 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.

120. Μελαναὶ ραβδώσεις ἐν τῷ συνεχεῖ φάσματι.—

Πείραμα. Φωτίζομεν τὴν σχισμὴν τοῦ φασματοσκοπίου δι' ἡλεκτρικοῦ φωτός, ὁπότε λαμβάνομεν φάσμα συνεχές. Ἐὰν ὁμως μεταξὺ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου παρενθῇ σφαιρὸν φλόγα ἐμπεριέχουσαν ἀτμοὺς νατρίου, τὸ φάσμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ 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 φλὸξ τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου, ὅταν αὕτη μόνη φωτίζῃ 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 φλὸξ τῶν ἀτμῶν τοῦ λιθίου, ὅταν αὕτη μόνη φωτίζῃ τὴν σχισμὴν.

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

Συμπέρασμα. Οἱ διάπυροι ἀτμοὶ τοῦ μὲν νατρίου ἀπορροφοῦσι τὰς κιτρίνας ἀκτῖνας, τοῦ δὲ λιθίου τὰς ἐρυθρὰς.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν. Πάντα τὰ αἲρια καὶ οἱ ἀτμοί, ὅταν διαπερῶνται ὑπὸ φωτός, ὅπερ παρέχει φάσμα συνεχές, ἀπορροφοῦσιν ἐξ αὐτοῦ ἀριθμὸν τινα ἀκτίνων, αἵτινες εἶναι αἱ αὐταὶ μὲ τὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας δύνανται νὰ ἐκπέμψωσι τὰ

σώματα, ὅταν πυρακτωθῶσι. Τὸ τοιοῦτο φάσμα, ὅπερ παρουσιάζει μελανὰς ραβδώσεις καλεῖται **φάσμα ἀπορροφήσεως**. Τινὰ τῶν φασμάτων τούτων εἶναι χαρακτηριστικά διὰ τὰ σώματα ἅτινα τὰ παρήγαγον, ὅπως εἶναι τὸ τοῦ ἀνθρωπίνου αἵματος λ. χ., διὰ τοῦ ὁποῖου ἀναγνωρίζεται ἡ φύσις τῶν κηλίδων τοῦ αἵματος καὶ παρέχει πολύτιμον ὑπηρεσίαν εἰς τὴν ἱατροδικαστικὴν.

121. Μελαναὶ ραβδώσεις ἐν τῷ ἡλιακῷ φάσματι.—

Ἐὰν ἐξετάσωμεν μετὰ προσοχῆς τὸ ἡλιακὸν φάσμα, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τοῦτο δὲν εἶναι συνεχές, ἀλλὰ διακόπτεται ὑπὸ μεγάλου ἀριθμοῦ μελανῶν ραβδώσεων, αἵτινες εὗρισκονται εἰς διαφόρους ἀπ' ἀλλήλων θέσεις. Δι' ἰσχυρῶν φασματοσκοπιῶν θέλομεν διακρίνει ὑπὲρ τὰς χιλίας τοιαύτας ἐν τῷ ὁρατῷ 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 Α, Β, 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 λαμπράς ραβδώσεις γνωστῶν μετάλλων. Ἡ ράβδωσις D λ. χ. ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν κιτρίνην ράβδωσιν τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου.

Συμπέρασμα. Τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι **φάσμα ἀπορροφήσεως**.

122. Σύστασις τῆς ἀτμοσφαίρας τοῦ Ἡλίου.— Τὸ φάσμα ἀπορροφήσεως τοῦ Ἡλίου ἐξηγεῖται, κατὰ τὰ ἀνωτέρω, ἐὰν ὑποτεθῇ, 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.

Τοιοιουτρόπως παραδέχονται ὅτι ὁ Ἥλιος 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 εὗρισκομένων ἐπὶ τῆς γῆς. Ἐν τῇ χρωμοσφαίρᾳ ταύτῃ

ἀπορροφῶνται κατὰ τὴν δίοδόν των ἀκτίνες τινες τοῦ φωτὸς τῆς φωτοσφαίρας καὶ παρουσιάζονται οὕτως αἱ μελαναὶ ραβδώσεις ἐν τῷ ἡλιακῷ φάσματι, αἱ πλεῖσται τῶν ὁποίων ἀντιστοιχοῦσιν ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τῶν λαμπρῶν ραβδώσεων τῶν μετᾶλλων.

Παρατηρήθη ὅτι μία μελανὴ ράβδωσις δὲν ἀντεστοίχει εἰς οὐδὲν τῶν γνωστῶν ἡμῖν σωμάτων. Ταύτην ἀπέδωκαν εἰς τὴν ὑπαρξίν ἐπὶ τοῦ Ἡλίου ἀερίου τινὸς μὴ ὑπάρχοντος ἐπὶ τῆς γῆς καὶ τὸ ὁποῖον ὠνόμασαν *ἥλιον*. Βραδύτερον ὅμως ἀνεκαλύφθη τὸ ἀέριον τοῦτο καὶ ἐπὶ τῆς γῆς. Τοιουτοτρόπως τὸ φασματοσκοπίον 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. Τινὲς τῶν μελανῶν ραβδώσεων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος δέον νὰ ἀποδοθῶσι καὶ εἰς τὴν ἀπορροφητικὴν δύναμιν τῆς ἀτμοσφαίρας τῆς γῆς.

123. 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 ιδιότητας θερμαντικὰς. Αὗται ἐκλήθησαν *ὑπέρυθροι*.

2ον) Ἐὰν τὸ ἡλιακὸν φάσμα προσπέσῃ ὁλόκληρον 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 ἡλλοιώθη, ἡλλοιώθη 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 ὑπάρχουσιν ἀκτίνες ἀόρατοι, αἵτινες ἔχουσιν ιδιότητας χημικὰς. 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) φωτεινὰς (ἐρυθραὶ-ιώδεις), β) θερμαντικὰς (ὑπέρυθροι) καὶ γ) χημικὰς (ὑπεριώδεις).

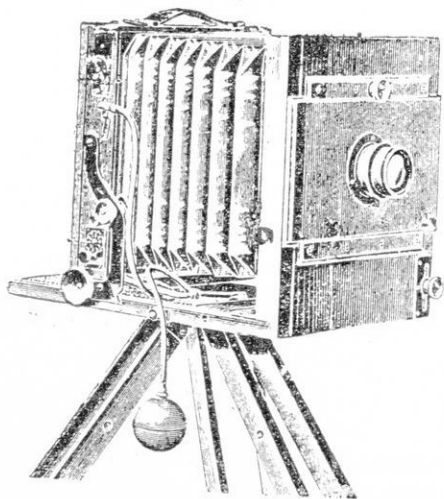
Σημείωσις. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες χρησιμοποιοῦνται λόγῳ τῶν χημικῶν αὐτῶν ιδιοτήτων εἰς τὴν φωτογραφίαν, πρὸς δὲ καὶ εἰς τὴν ἰατρικὴν (ἡλιοθεραπεία), διότι κέκτηνται καὶ μικροβιοκτόνους ιδιότητες. Λαμβάνουσι δὲ σήμερον τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας τεχνητῶς δι' εἰδικῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων, οἵτινες ὀνομάζονται **λαμπτήρες δι' ἀτμῶν ὕδραργύρου**. Τὸ περιβλήμα τῶν λαμπτήρων τούτων συνίσταται ἐκ χαλαζίου καὶ οὐχὶ ἐξ ὑάλου, διότι ἡ ὕαλος ἀπορροφᾷ ἰσχυρῶς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

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

125. Ὅργανα καὶ σκεύη.—Τὰ ἀπαραίτητα ὄργανα καὶ σκεύη τῆς φωτογραφίας εἶναι τὰ ἑξῆς :



Σχ. 99. Φωτογραφικὴ μηχανή.

Α) Ἡ **φωτογραφικὴ μηχανή**. Αὕτη (σχ. 99) εἶναι εἶδος

σκοτεινοῦ θαλάμου, ὅστις φέρει ἐπὶ τῆς προσθίας πλευρᾶς του ὀρειχάλκινον σωλῆνα, ὠπλισμένον δι' ἀχρωστικοῦ φακοῦ, ὅστις χρησιμεύει ἵνα συγκεντρώσῃ τὰς ἀκτῖνας τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀντικειμένου καὶ σχηματίσῃ τὸ εἶδωλόν του, ὅπερ δέον νὰ εἶναι πραγματικόν. Ὁ φακὸς συνοδεύεται καὶ ὑπὸ διαφράγματος, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ κανονίζομεν τὸ ποσὸν τοῦ εἰσερχομένου φωτός. Ἀπέναντι τοῦ φακοῦ ὑπάρχει λευκὴ ἡμιδιαφανὴς πλάξ κινητή, τὴν ὁποίαν διὰ κοχλίου πλησιάζομεν ἢ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, μέχρις ὅτου τὸ εἶδωμεν σχηματισθῇ ἐπ' αὐτῆς εὐκρινές. (Δυνατὸν ἢ πλάξ αὕτη νὰ εἶναι ἀκίνητος, ὁπότε ὁ φακὸς θὰ εἶναι κινητός).

Β) **Ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.** Αὕτη εἶναι ὑαλίνη πλάξ, τῆς ὁποίας ἢ μία ἐπιφάνεια ἔχει ἐπιχρισθῇ δι' εὐαισθήτου χημικῆς οὐσίας, ἣτις εἶναι μῆγμα ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου.

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

126. Φωτογράφησις ἀντικειμένου.— Α) **Τρόπος χρήσεως τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς.** Τοποθετοῦμεν ἔμπροσθεν τοῦ ἀντικειμένου τὴν φωτογραφικὴν μηχανὴν καὶ μεταθέτοντες τὴν ἡμιδιαφανῇ 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 ἡμιδιαφανῇ πλάκα, καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτῆς τοποθετοῦμεν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα, ἣτις εὐρίσκεται κεκλεισμένη ἐντὸς πλαισίου πρὸς προφύλαξιν αὐτῆς ἀπὸ τοῦ φωτός. Ἀποκαλύπτομεν τὸν φακὸν, ἵνα εἰσέλθωσι φωτειναὶ ἀκτῖνες καὶ προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς πλακὸς ἐπὶ τινι χρόνον, ὅστις εἶναι διάφορος κατὰ τὰς διαφόρους περιστάσεις, καὶ ἀμέσως καλύπτομεν τὸν φακόν.

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 ἡλλοιώθη εἰς τὰ σημεῖα ἐκεῖνα, ἅτινα ὑπέστησαν τὴν ἐπενέργειαν τοῦ φωτός. Τὴν ἀλλοίωσιν ταύτην θέλομεν παρατηρήσει, ἐὰν ἐμβαπτίσωμεν τὴν πλάκα ἐπὶ τινι χρό-

νον ἐντὸς διαλύματος ἀναγωγικοῦ (τοιαῦτα ὑπάρχουσι πολλά), ὅποτε τὰ μέρη τῆς πλακός, ἅτινα ὑπέστησαν τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτός, θέλουσι καλυφθῇ ὑπὸ μέλανος μεταλλικοῦ ἀργύρου, ἕνεκα τῆς ἀποσυνθέσεως τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου ὑπὸ τοῦ φωτός. Οὕτως ἐπὶ τῆς πλακός ἐμφανίζεται ἡ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὰ λευκὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζονται ὡς μελανά, τὰ δὲ μελανά ὡς λευκά. Ἐνεκα τούτου ἡ εἰκὼν αὕτη καλεῖται **ἀρνητική** (σχ. 100, 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 ἁλλοιω-



(α) ἀρνητική

(β) θετική

Σχ. 100. Δύο φωτογραφικαὶ εἰκόνες τοῦ αὐτοῦ ἀντικειμένου, μία ἀρνητική (α) καὶ μία θετική (β).

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

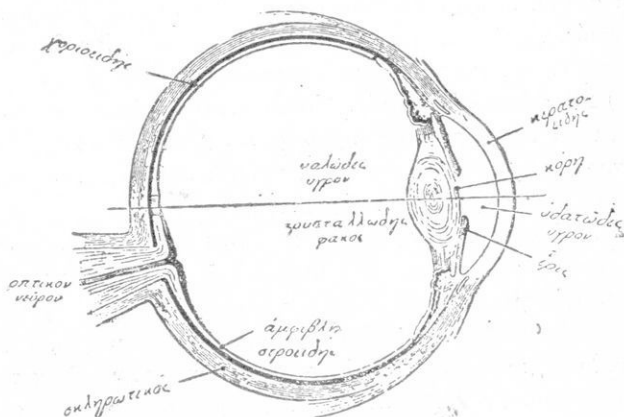
Γ) **Παραγωγή θετικῶν εἰκόνων**. Διὰ τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνος δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὅσασδήποτε θέλωμεν **θετικὰς** εἰκόνas (σχ. 100, β), ἥτοι εἰκόνas, ἐπὶ τῶν ὁποίων τὰ λευκὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζονται ὡς λευκά, τὰ δὲ μελανά ὡς μελανά. Αἱ θετικαὶ εἰκόνες λαμβάνονται ἐπὶ τοῦ φωτοπαθοῦς χαρτοῦ. Πρὸς τοῦτο ἐφαρμόζομεν καλῶς τὸ φύλλον τοῦ χαρτοῦ τούτου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς πλακός, ἐφ' ἧς ὑπάρχει ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν, καὶ

ἐκθέτομεν εἰς τὸν ἥλιον. Αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες διερχόμεναι διὰ τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνας ἐπιδρῶσιν ἐπὶ τοῦ χάρτου καὶ ἀποσυνθέτουσι τὴν ἐπ' αὐτοῦ εὐαίσθητον ἔνωσιν τοῦ ἀργύρου καὶ τοιουτοτρόπως ὁ χάρτης παρουσιάζεται μέλας ὅπισθεν τῶν λευκῶν μερῶν τῆς εἰκόνας, καὶ λευκὸς ὅπισθεν 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 Ι'.

ΟΡΑΣΙΣ — ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

127. Περιγραφή τοῦ ὀφθαλμοῦ. Ὁ ὀφθαλμὸς εἶνε τὸ αἰσθητήριον ὄργανον τῆς ὁράσεως. Ἐχει σχῆμα σφαιροειδές καὶ ἀποτελεῖται ἐκ διαφόρων χιτῶνων οἵτινες εἶνε οἱ ἑξῆς.



Σχ. 101. Τὰ διάφορα μέρη τοῦ βολβοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ.

1) Ὁ σκληρωτικὸς. Οὗτος (σχ. 101) ἀποτελεῖ τὸ ἐξωτερικὸν περίβλημα τοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ εἶνε λευκός, σκληρὸς καὶ ἀδιαφανής. Τὸ λευκὸν μέρος τοῦ ὀφθαλμοῦ, τὸ ὅποιον περιορίζεται ὑπὸ τῶν βλεφάρων ἀνήκει εἰς τὸν χιτῶνα τοῦτον. Ὁ σκληρωτικὸς χιτὼν ἔμπροσθεν γίνεται κυρτότερος, ἄχρους καὶ διαφανής,

τὸ μέρος δὲ τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν καλούμενον *κερατοειδῆ χιτῶνα*.

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

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

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

1) *Ἡ Ἴρις*. Αὕτη εἶναι κυκλικὸν διάφραγμα κατακόρυφον, εὐρισκόμενον ἀμέσως ὀπίσθεν τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος. Ἐχει 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 φωτός καὶ διὰ ταύτης εἰσέρχονται αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες εἰς τὸν ὀφθαλμόν.

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

3) *Τὸ ὕδατιῶδες ὑγρόν*. Τοῦτο εἶναι ὑγρὸν διαφανέστατον καὶ πληροῖ τὸν χῶρον τὸν εὐρισκόμενον μεταξὺ τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ τῆς ἱρίδος ἀφ' ἑνός, καὶ τὸν μεταξὺ ταύτης καὶ τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ ἀφ' ἑτέρου.

4) *Τὸ ὑαλιῶδες ὑγρόν*. Τοῦτο εἶναι ὑγρὸν πηκτωματιῶδες καὶ διαφανές καὶ πληροῖ τὸν μεταξὺ τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ καὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος χῶρον.

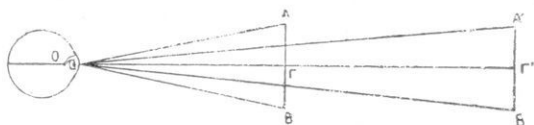
Ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ παραβληθῇ μὲ φωτογραφικὸν θάλαμον. Πράγματι ἡ κόρη ἀντιστοιχεῖ μὲ τὴν ὀπὴν τοῦ φωτογραφικοῦ θαλάμου, ὁ κρυσταλλῶδης φακὸς μὲ τὸν φακὸν αὐτοῦ καὶ ὁ ἀμφιβληστροειδής χιτῶν μὲ τὴν φωτογραφικὴν πλάκα.

128. Μηχανισμὸς τῆς ὁράσεως.—Ὅταν πρὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ὑπάρχῃ φωτεινὸν ἀντικείμενον, αἱ ὑπ' αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες προσπίπτουσι ἐπὶ τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμόν, ἔνθα συναντῶσι τὸν κρυσταλλῶδη φακόν, διὰ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ ἑξωτερικοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος. Τοιοῦτοτρόπως τὸ

ὀπτικὸν νεῦρον ἐρεθίζεται καὶ μεταβιβάζει τὸν ἐρεθισμόν τοῦτον εἰς τὸν ἐγκέφαλον, ἔνθα παράγεται τὸ αἶσθημα τῆς ὁράσεως.

Τίνι τρόπῳ ἐνεργεῖ τὸ φῶς ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος δὲ 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* ἀντικειμένου τινὸς AB (σχ. 102) τὴν γωνίαν AOB



Σχ. 102. Φαινομένη διάμετρος ἐνὸς 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, ἐάν τὸ ἀντικείμενον AB μετατεθῇ εἰς τὴν θέσιν A'B', ὅποτε 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.

129. Διάφορα εἶδη ὀφθαλμοῦ. α) *Κανονικὸς ὀφθαλμός.* 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 κυρ-

Στοιχεῖα Φυσικῆς Κ. Σαμιωτάκη, Γ' Γυμν. ἐκδ. γ'

τός, διὰ δὲ τὰ πλησίον ἀντικείμενα οὗτος γίνεται περισσότερον κυρτός. Τοιουτοτρόπως τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, εἰς πάσας τὰς περιπτώσεις, σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος. Ἡ ἱκανότης αὕτη τοῦ ὀφθαλμοῦ καλεῖται *προσαρμοστικὴ δύναμις* αὐτοῦ. Ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως τῶν μικρῶν ἀντικειμένων, λ. χ. τῶν συνήθων γραμμάτων τῶν βιβλίων, εἶναι διὰ τὸν ὀφθαλμὸν τοῦτον 25—30 ἑκατοστόμετρα.

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

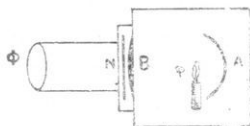
γ) Ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμός. Καλεῖται *ὑπερμέτρωψ* ὀφθαλμὸς ἐκεῖνος, ὅστις δὲν βλέπει εὐκρινῶς τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διότι τὸ εἶδωλον τούτων τείνει νὰ σχηματισθῇ ὀπίσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος. Ἄλλ' ὅταν τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν, τὸ εἶδωλόν του πλησιάζει πρὸς τὸν ἀμφιβληστροειδῆ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

δ) Πρεσβύωψ ὀφθαλμός. Καλεῖται *πρεσβύωψ* ὀφθαλμὸς ἐκεῖνος, ὅστις δὲν βλέπει εὐκρινῶς τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διακρίνει ὅμως τὰ μακρὰν. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι προϊούσης 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 ιδιότητας μὲ τὸν ὑπερμέτρωπα. Ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως δύναται νὰ εἶναι 80 ἑκατοστομέτρων

ἢ καὶ περισσότερον. Πρὸς διόρθωσιν τῆς πρεσβυωπίας μεταχει-
ρίζονται ὀφθαλμοὶ μετὰ φακούς συγκεντρωτικούς.

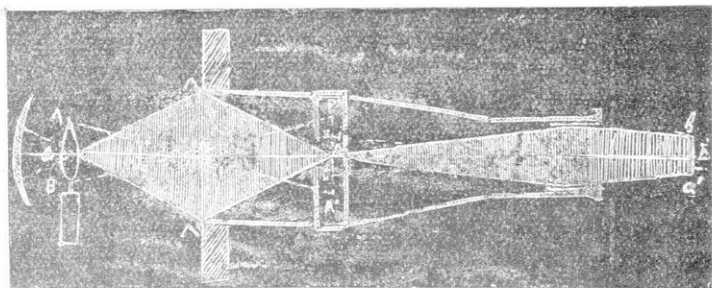
130. Προβολεύς. Καλεῖται *προβολεύς* συσκευή, διὰ τῆς
ὁποίας μεγεθύνομεν προσωρινῶς διαφανεῖς εἰκόνας καὶ τὰς προ-
βάλλομεν ἐν σκοτεινῇ θαλάμῳ ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος. Αἱ εἰκό-
νες σχεδιάζονται συνήθως ἐπὶ ὑαλίνων πλακῶν ὅπως εἶναι αἱ ἐπὶ
ὑάλου φωτογραφίαι καὶ χρωματίζονται
πολλάκις καὶ διὰ διαφόρων χρωμάτων.

Α) Περιγραφή. Οὗτος (σχ. 103)
ἀποτελεῖται ἐκ κιβωτίου κλειστοῦ παν-
ταχόθεν καὶ ἀδιαφανοῦς, ἐντὸς τοῦ
ὁποίου ὑπάρχει φωτεινὴ πηγὴ. Αὕτη
δύναται νὰ εἶναι φλὸξ λαμπάδος φ, ἢ
λύχνου πετρελαίου ἢ ἐλαίου, εἴτε, ὅπερ συνηθέστερον, φῶς τοῦ
Drummond, ἢ ἠλεκτρικὸν φῶς καὶ τοποθετεῖται ἔμπροσθεν
κοίλου ἀνακλαστήρος Α καὶ εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος αὐτοῦ.
Ἐπὶ τῆς προσθίας ἑδρας τοῦ κιβωτίου στερεώνονται δύο συγκεν-
τρωτικοὶ φακοί, ἀχρωστικοί, Β καὶ Φ.



Σχ. 103. Προβολεύς.

Ἐκ τούτων ὁ Β χρησιμεύει, ἵνα συγκεντρώῃ τὰς ἀκτῖνας
τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἐπὶ τῆς πρὸς προβολὴν εἰκότος Ν καὶ εἶναι



Σχ. 104. Προβολὴ εἰκότος.

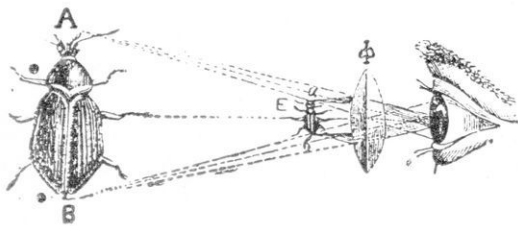
ἀκίνητος, ὁ δὲ Φ χρησιμεύει διὰ τὴν προβολὴν τῆς εἰκότος ἐπὶ
τοῦ πετάσματος καὶ δύναται νὰ πλησιάζῃ ἢ νὰ ἀπομακρύνεται
ἀπὸ τοῦ πρώτου τῇ βοήθειᾳ τοῦ κοιλίου.

Β) Λειτουργία. Τοποθετοῦμεν τὴν πρὸς προβολὴν εἰκόνα
μεταξὺ τῶν δύο φακῶν, ΑΛ' καὶ ΚΚ' (σχ. 104) 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 καταλήλως τοποθετουμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον. Τὸ μέγεθός του κανονίζεται τῇ βοηθείᾳ τοῦ κοιλίου, ὅστις μετακινεῖ τὸν φακὸν ΚΚ'. Διὰ τὴν παραχθῇ δὲ τὸ εἶδωλον τῆς εἰκόνος ὁρθόν, δέον νὰ τοποθετήσωμεν ταύτην ἀνεστραμμένην ἐντὸς τοῦ προβολέως.

131. Μικροσκόπια. — Καλοῦνται *μικροσκόπια* τὰ ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν τὰ μικρότατα ἀντικείμενα, ἅτινα διαφεύγουσι τὸν γυμνὸν ὀφθαλμόν. Τὰ μικροσκόπια εἶναι *ἀπλᾶ* καὶ *σύνθετα*.

132. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον. — Τοῦτο εἶναι ὄργανον διὰ

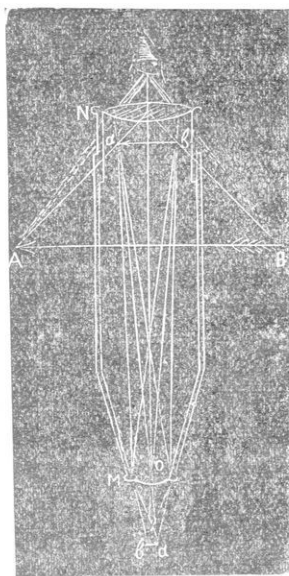
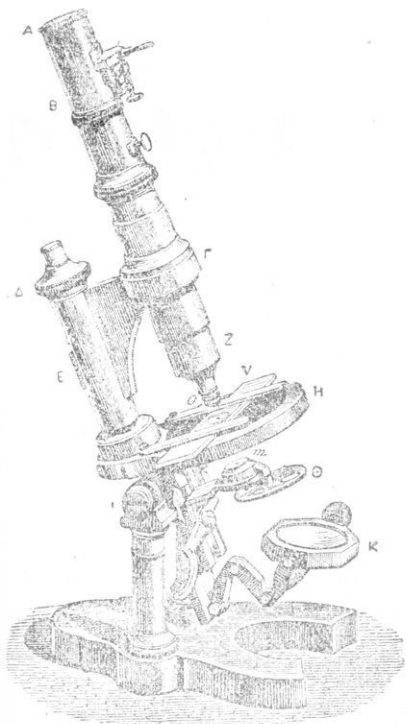


Σχ. 105. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον.

τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν τὰ μικρὰ ἀντικείμενα τῶν ὁποίων αἱ λεπτομέρειαι διαφεύγουσι τὴν γυμνὸν ὀφθαλμόν. Ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς ἀμφικύρτου φακοῦ Φ (σχ. 105) λίαν συγκεντρωτικοῦ, ἥτοι ἔχοντος βραχεῖαν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν. Τὸ ἀντικείμενον αβ τοποθετεῖται μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ Ε, ὃ δὲ ὀφθαλμὸς εἰς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ καὶ πολὺ πλησίον αὐτοῦ. Παρατηροῦντες διὰ μέσου τοῦ φακοῦ βλέπομεν τὸ εἶδωλον ΑΒ τοῦ ἀντικειμένου, ὅπερ εἶναι ὁρθόν, 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 ὀργάνου ὀπλίζομεν τὸν ὀφθαλμόν ἡμῶν ὥστε νὰ παρατηρήσωμεν τὰς λεπτομερείας ἀντικειμένου τινός, λ. χ. ὥρολογίου, εἰκόνος κλπ.

133. Σύνθετον μικροσκόπιον. — Τοῦτο (σχ. 106) 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. 107), οἵτινες στερεώ-



Σχ. 106. Σύνθετον μικροσκόπιον. Σχ. 107. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ συνθέτῳ μικροσκοπίῳ.

νονται κατὰ τὰ δύο ἄκρα τοῦ αὐτοῦ σωλήνος καὶ οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ συμπίπτωσιν. Ἐκ τῶν δύο φακῶν, ὁ μὲν εἰς Μ ἔχει βραχεῖαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, ἥτοι εἶναι λίαν συγκεντρωτικός καὶ ὀνομάζεται *ἀντιοφθάλμιος* ἢ *ἀντικειμενικός*, διότι εἶναι ἐστραμμένος πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ὁ δὲ ἕτερος Ν εἶναι ὀλιγώτε-

ρον συγκεντρωτικός καὶ ὀνομάζεται **προσοφθάλμιος**, διότι κείται πλησίον τοῦ ὀφθαλμοῦ.

Β) Δειτουργία. 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 εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ N καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Ὁ φακὸς λοιπὸν οὗτος ἐνεργεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον καὶ σχηματίζει τὸ εἶδωλον AB, ὅπερ εἶναι φανταστικόν, ἀκόμη μεγαλύτερον τοῦ πρώτου εἰδώλου α'β' καὶ ὀρθὸν ὡς πρὸς αὐτό, ἐπομένως ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Τὸ εἶδωλον τοῦτο AB βλέπει ὁ ὀφθαλμός, ὅταν τοποθετῇται πλησίον τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ.

Γ) Σημασία. Διὰ τοῦ πολυτίμου τούτου ὄργανου ἠρευνήθησαν 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, οἶνοπνευμάτων, οἶνων κλπ.), εἰς τὰς ὁποίας παρέχει σπουδαίας ὑπηρεσίας, πρὸς δὲ καὶ εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν μετάλλων καὶ τῶν μεταλλικῶν κραμάτων.

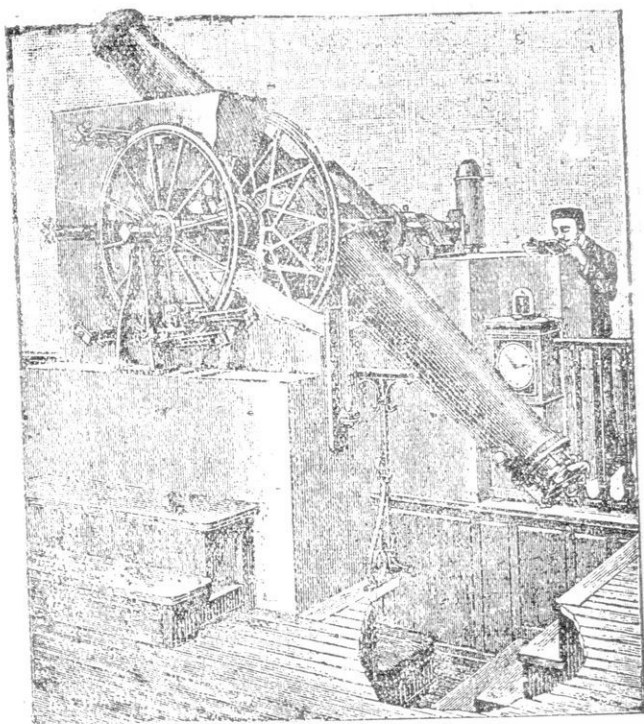
134. Τηλεσκόπια. Καλοῦνται **τηλεσκόπια** τὰ ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν ἀντικείμενα κείμενα πολὺ μακρὰν ἀφ' ἡμῶν. Τὰ τηλεσκόπια διαιροῦνται εἰς **διοπτρικά** καὶ **κατοπτρικά**. Καὶ διοπτρικά μὲν λέγονται ἐκεῖνα, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ εἶδωλα σχηματίζονται τῇ βοηθείᾳ φακῶν, τοιαῦτα δὲ εἶναι 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 εἶναι τὸ τοῦ Newton.

Α'. Διοπτρικά τηλεσκόπια.

135. Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον. — Τοῦτο (σχ. 108) χρησιμεύει πρὸς παρατήρησιν τῶν οὐρανίων σωμάτων.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν συγκεντρωτικῶν M καὶ N (σχ. 109), οἵτινες στερεώνονται κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ

αὐτοῦ σωλῆνος καὶ οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ συμπίπτω-

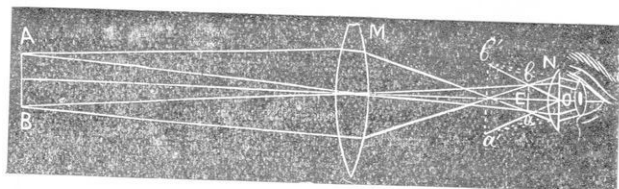


Σχ. 108. Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.

σιν. Ἐκ τούτων, ὁ μὲν M στρέφεται πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ἥτοι εἶναι ἀντικειμενικός, καὶ ἔχει μεγάλην τὴν ἐστιακὴν αὐτοῦ ἀπόστασιν, ὁ δὲ N στρέφεται πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν, ἥτοι εἶναι προσοφθαλμῖος, καὶ ἔχει βραχεῖαν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν καὶ ἐπομένως εἶναι συγχεντρωτικώτερος τοῦ πρώτου.

Β) **Δειττουργία.** Ὁ πρὸς τὸ ἀντικείμενον AB φακὸς M σχηματίζει τὸ εἶδωλον αὐτοῦ ab , ὅπερ εἶναι 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 N , ὅστις χρησιμεύει ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον, καὶ οὕτω σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $a'b'$.

Μεγέθυνσις. Ἐάν παρατηρήσωμεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ τοῦ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, βλέπομεν αὐτὸ ὑπὸ μικρὰν φαινομένην διάμετρον $AOB = \alpha'$. Ἀλλ' ἐάν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρήσῃ διὰ μέ-



Σχ. 109. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ ἀστρονομικῷ τηλεσκοπίῳ.

σου τοῦ ὀργάνου, βλέπει τὸ δι' αὐτοῦ σχηματιζόμενον εἶδωλον $A'B'$ ὑπὸ μεγαλυτέραν φαινομένην διάμετρον $A'O'B' = \alpha$. 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

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

136. Τηλεσκόπιον τῶν ἐπιγείων. Τοῦτο χρησιμεύει πρὸς παρατήρησιν τῶν γηίνων ἀντικειμένων καὶ πρέπει νὰ παρέχῃ εἶδωλα ὀρθά, καὶ οὐχὶ ἀνεστραμμένα, ὅπως συμβαίνει ἐν τῷ ἀστρονομικῷ τηλεσκοπίῳ.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν συγκεντρωτικῶν M καὶ N (σχ. 110), οἵτινες στερεώνονται κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ αὐτοῦ σωλήνος οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονές των νὰ συμπίπτωσι. Καὶ ὁ μὲν M εἶναι ἀντικειμενικός, ὁ δὲ N προσοφθάλμιος. Μεταξὺ τῶν φακῶν τούτων τοποθετεῖται σωλὴν, ἐγκλείων δύο φακοὺς συγκεντρωτικοὺς P καὶ K, οἵτινες εἶνε τῆς αὐτῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ καλοῦνται **ἀνορθωτικὸν σύστημα** τοῦ ὀργάνου.

Β) **Λειτουργία.** Διὰ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ Μ σχηματίζεται εἶδωλον πραγματικόν, μικρόν (διὰτί ;) καὶ ἀνεστραμμένον,



Σχ. 110. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῇ τηλεσκοπίῳ τῶν ἐπιγείων.

τὸ αβ. Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου τοῦ φακοῦ Ρ, καὶ ἐπομένως πάντα τὰ σημεῖά του θὰ εὑρίσκωνται ἐπὶ τῶν κυρίων ἐστιῶν διαφόρων δευτερευόντων ἁξόνων τοῦ φακοῦ τούτου. Αἱ ἀκτῖνες λοιπόν, αἱ ἐκτεμπόμεναι ἐξ ἑκάστου σημείου τοῦ εἰδώλου τούτου, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ Ρ, μεταβάλλονται ἑκάστη εἰς δέσμην παράλληλον πρὸς τὸν δευτερεύοντα ἅξονα τοῦ φακοῦ Ρ, τὸν διερχόμενον διὰ τοῦ θεωρουμένου σημείου. Αἱ παράλληλοι αὗται δέσμαι, διασταυρούμεναι πᾶσαι κατὰ τὸ Η, προσπίπτουσιν ἐπὶ τοῦ φακοῦ Κ, 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 αὐτό, καὶ ἐπομένως ὀρθόν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον.

Τοιοιτοτρόπως διὰ τῶν δύο φακῶν Ρ καὶ Κ ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀνόρθωσις τοῦ εἰδώλου, ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα τῶν φακῶν τούτων **ἀνορθωτικὸν σύστημα**. Τὸ ἀνορθωθὲν εἶδωλον παρατηρεῖται διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Ν, ὅστις λειτουργεῖ ὡς ἄπλου μικοροσκόπιον, καὶ οὕτω σχηματίζεται τὸ εἶδωλον α''β'', τὸ ὁποῖον εἶνε φανταστικόν, ὀρθόν, καὶ μεγαλύτερον τοῦ α'β'.

Μεγέθυνσις. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὀργάνου τούτου καθορίζεται ὅπως καὶ ἐν τῇ ἀστρονομικῇ τηλεσκοπίῳ.

137. Διόπτρα τοῦ Galilée. — Τὸ τηλεσκόπιον τοῦτο μετεχειρίσθη πρῶτος ὁ Galilée διὰ τὰς ἀστρονομικὰς αὐτοῦ παρατηρήσεις.

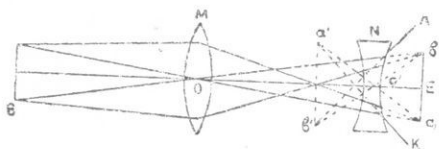
Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν, ἑνὸς ἀντικειμενικοῦ Φ_1 (σχ. 111), ὅστις εἶναι συγκεντρωτικὸς καὶ ἀχρωστικός, καὶ ἑνὸς προσοφθαλμίου Φ ὅστις εἶναι ἀποκεντρωτικὸς καὶ

ἄχρωστικός. Ἐκ τούτων ὁ ἀντικειμενικὸς 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 σωλὴν K , ὅστις φέρει εἰς τὸ ἐξωτερικὸν αὐτοῦ ἄκρον τὸν προσοφθάλμιον φακόν.



Σχ. 111. Διόπτρα τοῦ Galilée ἀπλῇ.

Β) Λειτουργία. Ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς M (σχ. 112) εἰς τὸν ἦτο μόνος, θὰ ἐσχημάτιζε τὸ εἶδωλον $\alpha\beta$, ὅπερ θὰ ἦτο πραγματικόν, ἀνέστραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ μακρὰν κειμένου ἀντικειμένου AB . Ἀλλ' αἱ ἐκ τοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες πρὶν ἢ σχηματίσωσι τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον $\alpha\beta$, συναντῶσι τὸν προσοφθάλμιον φακὸν N , ὅστις τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ἡ κυρία ἐστία αὐτοῦ νὰ κεῖται πρὸ τοῦ εἰδώλου $\alpha\beta$. Τοιοιουτρόπως αἱ ἀκτῖνες, διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ τούτου, βαίνουν ἀποκλίνουσαι, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς δεχόμενος ταύτας βλέπει διὰ μέσου τοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον $\alpha'\beta'$, ὅπερ εἶναι φανταστικόν καὶ ὀρθόν.

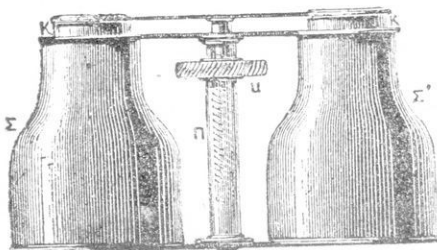


Σχ. 112. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῇ διόπτρᾳ Galilée.

Σημειώσεις. Ἡ διόπτρα τοῦ Galilée εἶναι συνήθως διπλῇ (σχ. 113), ἥτοι συνίσταται ἐκ δύο ἀπλῶν διοπτρῶν Σ καὶ Σ' , τῶν ὁποίων οἱ ἐξωτερικοὶ σωλήνες εἶναι διατεταγμένοι παραλλήλως καὶ πλησίον ἀλλήλων οὕτως, ὥστε νὰ βλέπωμεν συγχρόνως καὶ διὰ τῶν δύο ὀφθαλμῶν. Ὑπὸ τοιαύτην μορφήν παρουσιάζονται σήμερον αἱ διόπτραι τῶν θεάτρων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν εἰς τὴν διπλὴν διόπτραν κανονίζεται τῇ βοηθείᾳ κοχλίου κ, εὐρισκομένου μεταξὺ τῶν δύο σωλήνων.

138. Τηλεσκόπια πρισματικά.— Εἰς τὸ τηλεσκόπιον τῶν

ἐπιγείων δυνάμεθα νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα, δηλ. τοὺς δύο συγκεντρωτικοὺς φακοὺς, οἵτινες παρεντί-



Σχ. 113. Διόπτρα τοῦ Galilée διπλῇ.

θενται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, διὰ δύο πρίσματων ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα ταῦτα, τοποθετούμενα καταλλήλως ἐν τῷ σωλῆνι 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.

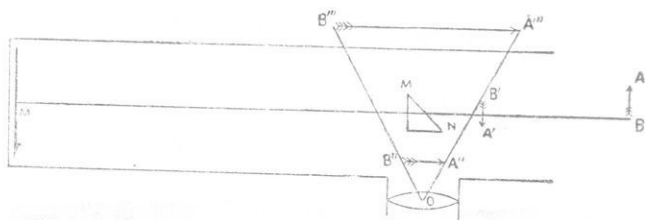
Β'. Κατοπτρικά τηλεσκόπια.

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

Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου Μ (σχ. 114), τὸ ὁποῖον στερεοῦται εἰς τὸ βάθος κοίλου ὀρειχαλκίνου σωλῆνος. 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 σχηματίζουν τὸ εἶδωλόν Α'Β' τὸ ὁποῖον εἶναι πραγματικόν, ἀνέστραμμένον καὶ μικρότατον. Ἐνεκα ὅμως τῆς παρενθέσεως ἑνὸς πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως ΜΝ, αἱ ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες πρὶν ἢ σχηματίσωσι τὸ εἶδωλον Α'Β', συναντῶσάι τὸ πρίσμα τοῦτο, ἀνακλῶνται ὀλικῶς ἐπ' αὐτοῦ καὶ σχηματίζουν τὸ εἶδωλον κατὰ τὸ Α''Β'', ἥτοι εἰς θέσιν συμμετρικὴν τῆς Α'Β' ὡς πρὸς τὴν

ἔδραν MN τοῦ πρίσματος. Τὸ εἶδωλον τοῦτο παρατηροῦμεν δι' ἑνὸς προσοφθαλμίου φακοῦ O, λίαν συγκεντρωτικοῦ, ὅστις ἐνεργ-



Σχ. 114. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐν τῷ τηλεσκοπίῳ τοῦ Newton.

γεῖ ὥς ἀπλοῦν μικροσκόπιον. Τοιουτοτρόπως βλέπομεν τὸ εἶδωλον $A''B''$, τὸ ὁποῖον εἶναι φανταστικὸν καὶ πολὺ μεγαλύτερον·

Σημειώσεις. 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 ἐστιακῆς ἀποστάσεως 7,20 μέτρων.

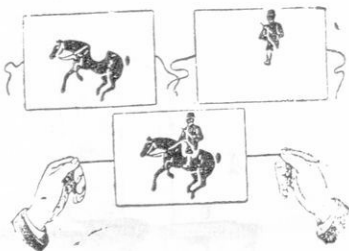
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ΄.

ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ

140. Διάρκεια τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐν τῷ ὀφθαλμῷ.—**Πειράματα.** 1ον) Ἀνθραξ πεπυρακτωμένος περιστρεφόμενος ταχέως ἐν εἵδει σφενδόνης, μᾶς παρουσιάζεται ὡς φωτεινὴ περιφέρεια. 2ον) Χορδὴ παλλομένη μᾶς παρουσιάζεται ὡς δέσμη ἀτρακτοειδῆς. 3ον) Βιβλίον ἀναγινώσκομεν ἀνευ 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. 115), περιστρεφόμενον ταχέως τῇ βοηθείᾳ νημάτων προσδεμένων εἰς αὐτό, μᾶς παρουσιάζει καὶ τὰς δύο εἰκόνας μαζύ, δηλ. τὸν ἵππεν ἐπὶ τοῦ ἵππου.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐξηγοῦνται διὰ τῆς διαρκείας τῶν φωτει-

νῶν 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 ἀκόμῃ ἐπὶ $\frac{1}{20}$ περίπου τοῦ δευτερολέπτου. Ἐὰν λοιπὸν πολλαὶ φωτειναὶ ἐντυπώσεις διαδέχονται ἢ μία τὴν ἄλλην τόσον ταχέως, ὥστε προτοῦ ἀκόμῃ ἐξαλειφθῆ ἢ μία νὰ ἔρχεται ἡ ἄλλη, τότε αὗται συγχωνεύονται καὶ φαίνονται ὡς μία συνεχὴς ἐντύπωσις.



Σχ. 115. Συγχώνευσις δύο εἰκόνων εἰς μίαν διὰ τοῦ μεταισθήματος.

Ἡ διάρκεια τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐν τῷ ὀφθαλμῷ καλεῖται **μεταίσθημα**, καὶ ἐπ' αὐτοῦ στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ κινηματογράφου.

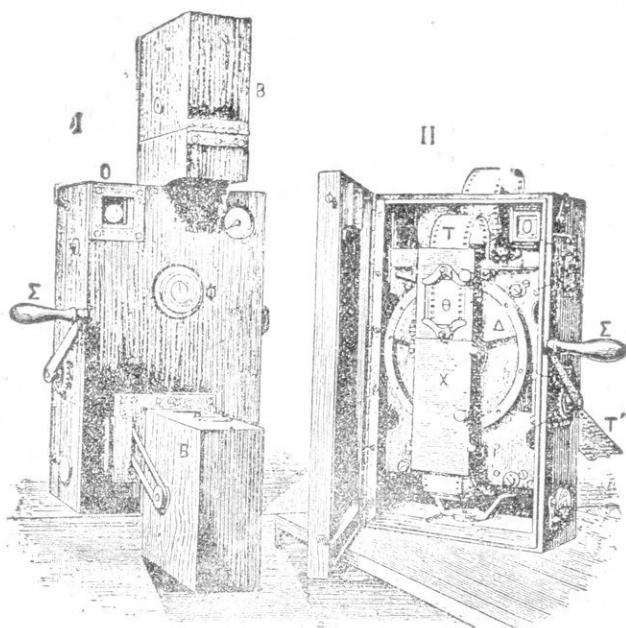
141. Κινηματογράφος. Καλεῖται **κινηματογράφος** συσκευή διὰ τῆς ὁποίας προβάλλονται ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος εἰκόνες κινουμένων ἀντικειμένων ληφθεῖσαι ἐκ τοῦ φυσικοῦ.

Α) **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 Β (σχ. 116, Ι), ἐκτυλισσομένη δὲ διέρχεται ἔμπροσθεν θυρίδος Φ με φакὸν συγκεντρωτικόν, ἥτις διὰ περιστρεφομένου 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, ὅποτε λαμβάνεται ἡ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου, κινεῖται δέ, ὅταν ἡ θυρὶς κλείεται.

Τοιοιουτρόπως 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 ἐνὸς πρώτου λεπτοῦ λαμβάνονται

960 εἰκόνες. Ἡ ταινία κατερχομένη περιτυλίσσεται ἐντὸς θήκης Β', εὐρισσιζομένης ὑποκάτω τῆς μηχανῆς.



Σχ. 116. Φωτογραφικὴ μηχανὴ καὶ προβολεὺς τοῦ κινηματογράφου.

Ἡ ταινία κατεργάζεται κατόπιν ὅπως αἱ συνήθεις φωτογρά-
καὶ πλάκες καὶ ἐμφανίζονται αἱ ληφθεῖσαι εἰκόνες **ἀρνητικάι**.
Ἐκ τῆς ταινίας ταύτης λαμβάνομεν τὰς **θετικὰς** εἰκόνας ἐὰν τὴν
ἐφαρμόσωμεν ἐπὶ ἐτέρας ταινίας ὁμοίας καὶ εὐπαθοῦς καὶ μετα-
θέσωμεν κατόπιν καὶ τὰς δύο ταινίας ἔμπροσθεν ὁπῆς διὰ τῆς
ὁποίας εἰσέρχεται φῶς. Ἡ δευτέρα ταινία κατεργάζεται καὶ ἐμφα-
νίζονται αἱ θετικαὶ εἰκόνες τὰς ὁποίας προβάλλομεν ἐπὶ πετάσματος.

Β) Λειτουργία. Τοποθετοῦμεν τὴν πρὸς προβολὴν ταινίαν
ἐπὶ εἰδικοῦ προβολέως τυλιγμένην εἰς τινα τροχαλίαν. Ὁ προβο-
λεὺς δέον νὰ ἔχη φωτεινὴν πηγὴν λίαν ἰσχυράν καὶ ὥς τοιαύτη
χρησιμοποιεῖται συνήθως τὸ ἡλεκτρικὸν φῶς, εἴτε τὸ φῶς τοῦ
Drummond. Ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται ἐκ τῆς τροχαλίας καὶ διέρ-
χεται ἔμπροσθεν τῆς θυρίδος τοῦ προβολέως, ἥτις στιγμιαίως

ἀνοίγεται καὶ κλείεται ἐναλλάξ, τῇ βοηθείᾳ 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 στιγμήν. Κατὰ τὴν στιγμήν ταύτην ἀνοίγεται ἡ θυρίς καὶ προβάλλεται ἡ εἰκὼν ἐπὶ τοῦ πετάσματος. Ἄλλ' ἀμέσως κλείεται ἡ θυρίς ἐπὶ μίαν ὡσαύτως χρονικὴν στιγμήν καὶ τότε ἡ προβληθεῖσα εἰκὼν ἀντικαθίσταται μὲ τὴν ἀμέσως ἐπομένην της, ἡ ὁποία, ὅταν σταματήσῃ ἡ ταινία, προβάλλεται, ἀνοιγομένης καὶ πάλιν τῆς θυρίδος, καὶ οὕτω καθεξῆς.

Τοιουτοτρόπως ὅλαι αἱ εἰκόνες τῆς ταινίας διέρχονται διαδοχικῶς ἔμπροσθεν τῆς θυρίδος καὶ προβάλλονται ἡ μία μετὰ τὴν ἄλλην, μὲ τὴν σειρὰν κατὰ τὴν ὁποίαν ἐλήφθησαν.

Ὁ δὲ θεατὴς παρατηρῶν τὰς προβαλλομένας εἰκόνας νομίζει ὅτι αὐταὶ κινοῦνται, καὶ ὅτι ἡ κίνησις ἐξελίσσεται εἰς τὴν πραγματικότητα, διότι διατηρεῖται ἡ συνέχεια τῶν εἰκόνων ἐν τῷ ὁφθαλμῷ αὐτοῦ.

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 ὕγρων κ. λ. π.). Ἐὰν δὲ ἀντικαταστήσωμεν τὸν ἀντικειμενικὸν φακὸν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς τοῦ κινηματογράφου δι' ἑνὸς μικροσκοπίου, τὸ ὁποῖον νὰ παρέχῃ ὑπὸ μεγέθυσιν τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, θὰ δυνηθῶμεν νὰ ἐξερευνήσωμεν τὰς κινήσεις τῶν μικροσκοπικῶν ὄντων. Σήμερον ὁ κινηματογράφος ἐφαρμόζεται εἰς τοὺς διαφόρους κλάδους τῆς διδασκαλίας.

142. Τελειοποίησις τοῦ κινηματογράφου. Ὁ βωβὸς κινηματογράφος σήμερον ἐτελειοποιήθη καὶ ἔγινεν ὁμιλῶν. Εἰς τοῦτον ἐφαρμόζονται δύο συστήματα, τὸ Vitaphone καὶ τὸ Movieton.

Τὸ Vitaphone εἶναι συνδυασμὸς φωνογράφου καὶ κινηματογράφου. Δηλαδή, καθ' ὃν χρόνον λαμβάνονται ἐπὶ τῆς ταινίας αἱ διαδοχικαὶ φωτογραφίαι τῶν κινουμένων προσώπων, ἡ φωνὴ αὐτῶν ἀποτυπώνεται δι' ἠλεκτρομαγνητικῶν μέσων ἐπὶ δίσκων ὁμοίων πρὸς τοὺς τοῦ φωνογράφου, εἶναι ὅμως μεγαλύ-

τεροι (40 ἑκατ. διαμέτρου) καὶ περιστρέφονται μὲ ταχύτητα $33\frac{1}{2}$ στροφῶν κατὰ λεπτόν (οἱ κοινοὶ ἐκτελοῦν 78 στροφὰς κατὰ λεπτόν). Οἱ δίσκοι οὗτοι κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινηματογράφου κινοῦνται ἐν τελείῳ συγχρονισμῷ μὲ τὴν ταινίαν, ἡ δὲ φωνὴ ἀναπαράγεται δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν μέσων καὶ ἐνισχύεται τῇ βοηθείᾳ εἰδικῶν ὀργάνων, καλουμένων **μεγαφώνων**, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται ὀπισθεν τῆς ὁθόνης.

Εἰς τὸ Μονιέτον ἡ φωνὴ ἀποτυπώνεται διὰ φωτοηλεκτρικῆς μεθόδου (αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τῆς ιδιότητος τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ σελήνιον νὰ παρουσιάσῃ ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα αὐξανομένην ἀναλόγως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτοντος φωτός) ἐπὶ τῆς μιᾶς πλευρᾶς τῆς ταινίας ὑπὸ μορφὴν γραμμῶν, καὶ τοιοῦτοτρόπως ἔχομεν τὴν ἀρνητικὴν ὁμιλοῦσαν ταινίαν (φίλμ), ἐκ τῆς ὁποίας λαμβάνεται κατόπιν ἡ θετικὴ, ἡ ὁποία καὶ προβάλλεται. Κατὰ τὴν προβολήν, δέσμη φωτός ῥίπτεται ἐπὶ τῆς κινουμένης ταινίας (ἐπὶ τῶν γραμμῶν), ἡ δέσμη δὲ αὕτη, μετὰ τὴν διόδόν της διὰ τῆς ταινίας, προσπίπτει ἐπὶ εἰδικῆς συσκευῆς, καλουμένης **φωτοηλεκτρικῆς κυψέλης** (ἡ κατασκευὴ της στηρίζεται ἐπὶ τῆς ιδιότητος τοῦ σεληνίου τὴν ὁποίαν ἀνωτέρω εἶδομεν) καὶ τοιοῦτοτρόπως τὸ φῶς μετατρέπεται εἰς ἤχον ὅστις ἐνισχύεται διὰ τῶν **μεγαφώνων**.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΑΓΝΗΤΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΕΩΣ

143. Ὅρισμοί. Καλοῦνται *μαγνήται* τὰ σώματα τὰ ἔχοντα τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκωσι μικρὰ ἀντικείμενα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἢ χάλυβος, ὅπως ἦλους βελόνας, γραφίδας κ. λ. π. Ἡ ἰδιότης αὕτη παρατηρήθη τὸ πρῶτον ἐπὶ τινος ὀρυκτοῦ τοῦ σιδήρου (μαγνητικὸν ὀξείδιον τοῦ σιδήρου), τὸ ὁποῖον εὗρίσκεται ἀφθόνως ἐν τῇ φύσει καὶ ἰδίως ἐν Σουηδία καὶ Νορβηγία. Οἱ τοιοῦτοι μαγνήται καλοῦνται *φυσικοί*. Κατασκευάζονται ὁμως σήμερον μαγνήται, ἔχοντες ὅλας τὰς ἰδιότητες τῶν φυσικῶν μαγνητῶν. Οἱ τοιοῦτοι μαγνήται καλοῦνται *τεχνητοί*, ὅπως εἶναι ἡ μαγνητικὴ βελόνη.

144. Πόλοι καὶ οὐδετέρα ζώνη.—*Πείραμα.* Ἐντὸς ρινημάτων σιδήρου κυλίσμεν μαγνήτην. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς μὲν τὰ ἄκρα του προσκολλῶνται πολλὰ ρινήματα ἐν εἵδει θυσάνου (σχ. 117), ἐνῶ περὶ τὸ μέσον του δὲν προσκολλῶνται καθόλου.



Συμπέρασμα. Ἡ ἑλκτική δύναμις τοῦ μαγνήτου δὲν εἶνε ἡ αὐτὴ εἰς ὅλα τὰ σημεῖά του.

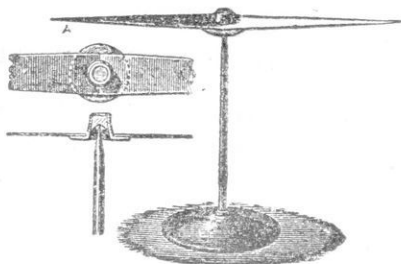
Σχ. 117. Πόλοι καὶ οὐδετέρα ζώνη μαγνήτου.

Ὅρισμοί. Τὰ ἄκρα τοῦ μαγνήτου, εἰς τὰ ὁποῖα ἐμφανίζεται μεγαλυτέρα ἢ ἑλκτικὴ δύναμις, καλοῦνται *πόλοι*, τὸ δὲ μέσον, ἔνθα οὐδεμία ἑλκτικὴ δύναμις παρατηρεῖται, καλεῖται *οὐδετέρα ζώνη*. Εἰς πάντα μαγνήτην διακρίνομεν δύο πόλους καὶ μίαν οὐδετέραν ζώνην,

145. Μαγνητικὴ βελόνη. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἶνε μαγνήτης τεχνητός, ἔχων σχῆμα στενοῦ, ἐπιμήκους καὶ λεπτοῦ ρόμ-
Στοιχεῖα Φυσικῆς Κ. Σαμιωτάκη, Γ' Γυμν. ἐκδ. γ'. 10

βου (σχ. 118). Εἰς τὸ κέντρον βάρους του φέρει μικρὰν κοιλότητα, διὰ τῆς ὁποίας δύναται νὰ στηριχθῇ ἐπὶ κατακορύφου καὶ ὀξέος ἄξονος. Τοιοῦτοτρόπως ἡ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ὥς κινητὸς μαγνήτης.

146. Βόρειος καὶ νότιος πόλος.—*Πείραμα.* Μαγνητικὴν βελόνην στηρίζομεν ἐπὶ κατακορύφου καὶ ὀξέος ἄξονος καὶ ἀφίνομεν ἐλευθέραν. Παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη, μετὰ τινος ταλαντεύ-



Σχ. 118. Μαγνητικὴ βελόνη.

σεις, ἡρεμεῖ ἀφ' αὐτῆς καὶ λαμβάνει ὀρισμένην 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 **ὁμώνυμοι**, οἱ δὲ βόρειοι ἔν σχέσει πρὸς τοὺς νοτίους λέγονται **ἐτερώνυμοι**. Ἡ εὐθεῖα ἡ

(1) Εἰς τὰς μαγνητικὰς βελόνας ὁ βόρειος πόλος χρωματίζεται **κυανοῦς**.

ἐνώνουσα τοὺς δύο πόλους μαγνητικῆς βελόνης καλεῖται **μαγνη-
τικός ἄξων** αὐτῆς.

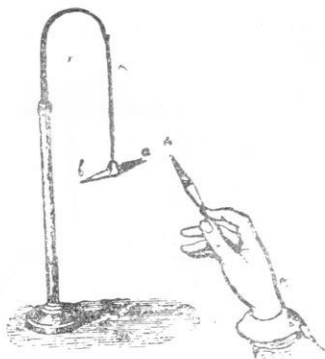
147. Ἀμοιβαία ἐνέργεια τῶν πόλων. Πείραμα. Μα-
γνητικὴν βελόνην στηρίζομεν ἐπὶ κατακορύφου καὶ δεξιὸς ἄξο-
νος, ἢ ἐξαρθῶμεν διὰ λευκοῦ νήματος ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βά-
ρους αὐτῆς, καὶ ἀφήνομεν νὰ ἡρεμήσῃ. Ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς
τὸν βόρειον λ. χ. πόλον αὐτῆς τὸν ὁμώνυμον πόλον ἄλλης μα-
γνητικῆς βελόνης, τὴν ὁποίαν
κρατοῦμεν εἰς τὴν χειρὰ μας
(σχ. 119), παρατηροῦμεν ὅτι ὁ
πόλος τῆς πρώτης ἀπωθεῖται
ζωηρῶς. Ἐὰν δὲ εἰς τὸν αὐτὸν
βόρειον πόλον πλησιάσωμεν τὸν
ἐτερόνυμον παρατηροῦμεν ὅτι
ἔλκεται ζωηρῶς.

Συμπέρασμα. Οἱ ὁμώνυμοι
πόλοι τῶν μαγνητῶν ἀπωθοῦν-
ται, οἱ δὲ ἐτερόνυμοι ἔλκονται.

**148. Μαγνητικὴ μᾶζα
καὶ μονὰς αὐτῆς.** Δύο πόλοι
μαγνητικοὶ λέγομεν ὅτι ἔχουσιν
ἴσας ποσότητας μαγνητισμοῦ

ἢ **ἴσας μαγνητικὰς μᾶζας**, ἐὰν, τιθέμενοι εἰς τὴν αὐτὴν ἀπό-
στασιν ἀπὸ τρίτου τινὸς πόλου, ἔλκωσιν ἢ ἀπωθῶσιν αὐτὸν μετὰ
δυνάμεων ἴσων. Καὶ ἐν γένει, πόλος τις Π, λέγομεν ὅτι ἔχει
μαγνητικὴν μᾶζαν διπλασίαν, τριπλασίαν κλπ., τῆς μαγνητικῆς
μᾶζης ἄλλου πόλου Π', ἐὰν ὁ πόλος Π ἔλκῃ ἢ ἀπωθῇ τρίτον
τινὰ πόλον μετὰ δυνάμεως διπλασίας, τριπλασίας κλπ. τῆς τοῦ ἄλ-
λου Π'. τῆς ἀποστάσεως οὔσης πάντοτε σταθερᾶς. Ἡ μαγνητικὴ
μᾶζα τοῦ βορείου πόλου μαγνήτου εἶναι **ἀπολύτως** ἴση πρὸς
τὴν μαγνητικὴν μᾶζαν τοῦ νοτίου πόλου αὐτοῦ. Λαμβάνεται δὲ ἡ
μαγνητικὴ μᾶζα τοῦ βορείου πόλου ὡς **θετικὴ** καὶ παρίσταται
διὰ τοῦ σημείου +, ἡ δὲ μαγνητικὴ μᾶζα τοῦ νοτίου πόλου ὡς
ἀρνητικὴ καὶ παρίσταται διὰ τοῦ σημείου —.

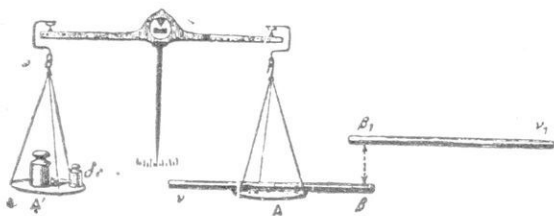
Πρὸς μέτρησιν τῶν μαγνητικῶν μαζῶν λαμβάνομεν ὁρισμέ-
νην μαγνητικὴν μᾶζαν ὡς μονάδα καὶ πρὸς αὐτὴν συγκρίνομεν
τὰς ἄλλας. Ὡς μονὰς μαγνητικῆς μᾶζης ἐλήφθη εἰς τὸ σύστημα
C.G.S. ἡ **μαγνητικὴ μᾶζα, ἥτις τιθεμένη εἰς ἀπόστασιν 1**



Σχ. 119. Ἀμοιβαία ἐνέργεια
τῶν μαγνητικῶν πόλων.

έκατοστομέτρου ἀπὸ ἴσην καὶ ὁμοίαν μᾶζαν, ἀπωθεῖ ταύτην μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1 δύννην.

149. Νόμοι τῶν μαγνητικῶν ἑλξεων καὶ ὤσεων.
Πειράματα. 1ον) Ἐπὶ τοῦ ἐνὸς δίσκου ζυγοῦ εὐπαθοῦς ⁽¹⁾ θέτομεν μακρὰν μαγνητικὴν βελόνην νβ (σχ. 120), τὴν ὁποίαν ἰσορροποῦμεν διὰ σταθμῶν ἐπὶ τοῦ ἄλλου δίσκου. Ὑπεράνω ταύτης τοποθετοῦμεν ὁμοίαν μαγνητικὴν βελόνην β₁ν₁, οὕτως ὥστε οἱ βόρειοι πόλοι β καὶ β₁ νὰ εὐρίσκωνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου. Ἐὰν ἡ μεταξὺ τῶν πόλων τούτων ἀπόστασις γίνῃ ἀρκούν-



Σχ. 120. 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 δ₁ ἐπαναφέρομεν τὴν φάλαγγα εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας. Τὰ σταθμὰ ταῦτα παριστῶσι τὴν τιμὴν τῆς ἀπώσεως τοῦ πόλου β διὰ τὴν ἀπόστασιν θ, π. χ.

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα μὲ ἐτέραν μαγνητικὴν βελόνην β₂ν₂, τῆς ὁποίας ὁ βόρειος πόλος νὰ ἔχῃ μαγνητικὴν μᾶζαν διπλασίαν τῆς βν. Θέτοντες τὸν βόρειον πόλον τῆς νέας βελόνης εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν θ καὶ μετροῦντες διὰ σταθμῶν τὴν τιμὴν τῆς ἀπώσεως, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ νέα σταθμὰ εἶναι διπλάσια τῶν δ₁. Ἡ τιμὴ τῆς ἀπώσεως λοιπὸν διπλασιάζεται, ὅταν ἡ μαγνητικὴ μᾶζα διπλασιάζεται. Ἐπομένως ἡ ἀπώσις εἶναι ἀνάλογος τῆς μαγνητικῆς μᾶζης τῶν πόλων. Ὅμοιαν σχέσιν εὐρίσκομεν καὶ ἐν τῇ περιπτώσει τῆς ἑλξεως.

2ον) Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα μὲ τὴν πρώτην βελόνην β₁ν₁ θέτοντες τοὺς πόλους εἰς ἀπόστασιν 2 θ· εὐρίσκομεν τότε

(1) Ὁ ζυγὸς δὲν πρέπει νὰ ἔχῃ μέρη ἐξ οὐσίας μαγνητικῆς.

ὡς τιμὴν τῆς ἀπόσεως $\frac{\delta_1}{4}$, δηλ. ὑποτετραπλασίαν. Ἐὰν δὲ ἡ

ἀπόστασις γίνῃ $\frac{\theta}{2}$, ἡ τιμὴ τῆς ἀπόσεως γίνεται $4\delta_1$, δηλ.

τετραπλασία. Ἡ τιμὴ τῆς ἀπόσεως λοιπὸν ὑποτετραπλασιάζεται,

ὅταν ἡ ἀπόστασις διπλασιασθῇ, καὶ τετραπλασιάζεται ὅταν ἡ

ἀπόστασις ὑποδιπλασιασθῇ. Ἐπομένως ἡ ἀπώσεως εἶναι ἀντιστρό-

φως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν πόλων.

Ὅμοιαν σχέσιν εὐρίσκομεν καὶ ἐν τῇ περιπτώσει τῆς ἑλξεως.

Νόμοι. Διὰ πειραμάτων εὐρέθησαν οἱ ἑξῆς δύο νόμοι.

Πρῶτος νόμος. Ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἀπώσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μαγνητικὴν μᾶζαν τῶν πόλων.

Δεύτερος νόμος. Ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἀπώσεως εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν πόλων.

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

$$\Delta = \pm \frac{\mu \cdot \mu'}{a^2} \text{ δύνας } (^1).$$

ἐνθα Δ παριστᾷ τὴν δύναμιν (ἑλκτικὴν ἢ ὠστικὴν), μ καὶ μ' τὴν μαγνητικὴν μᾶζαν καὶ a τὴν ἀπόστασιν εἰς ἑκατοστόμετρα.

150. Θραύσις μαγνήτου.—**Πείραμα.** Μαγνητικὴν ράβδον AB (σχ. 121) θραύομεν εἰς δύο τμήματα. Κατὰ τὸ σημεῖον τῆς



Σχ. 121. Ὁ μαγνήτης εἶναι ἄθροισμα πολλῶν μικρῶν μαγνητῶν.

θραύσεως ἀναφαίνονται δύο νέοι καὶ ἀντίθετοι πόλοι, καὶ τοιοῦ-
τοτρόπως ἕκαστον τμῆμα παρουσιάζεται ὡς τέλειος μαγνήτης.
Ἐὰν δὲ ἕκαστον τμῆμα θραύσωμεν ἐκ νέου εἰς δύο, ἀνευρίσκο-
μεν ὅτι ἕκαστον εἶναι τέλειος μαγνήτης. Τὸ αὐτὸ θὰ συμβαίνει
ὅσονδήποτε καὶ ἂν προχωρήσωμεν θραύοντες τὰ προκύπτοντα
τμήματα.

Συμπεράσματα. 1ον) Οἱ πόλοι τῶν μαγνητῶν δὲν εἶναι δυ-

(¹) Τὸ σημεῖον + εἶναι ἐν περιπτώσει ἀπόσεως καὶ τὸ — ἐν περι-
πτώσει ἑλξεως. 1 γραμμάριον = 981 δύνας.

νατὸν νὰ ἀπομονωθῶσι· καὶ 2ον) Ἐκαστος μαγνήτης εἶναι ἄθροισμα πολλῶν μικρῶν μαγνητῶν, οἵτινες ἔχουσι προσανατολισθῆ ὁμοιομόρφως.

151. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. — *Πείραμα.* Τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου ἢ χάλυβος θέτομεν πλησίον μαγνήτου (σχ. 122).



Σχ. 122. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως.

Τοῦτο καθίσταται μαγνήτης τέλειος, καὶ ἔλκει διὰ τοῦ ἑτέρου ἅκρου του ρινήματα ἢ καὶ τεμάχια σιδήρου. Καὶ ἐὰν τὸ τεμάχιον εὗρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου λ.χ. πόλου τοῦ μαγνήτου, τὸ μὲν πλησιέστερον ἅκρον του γίνεται νότιος πόλος, τὸ δὲ ἁπώτερον ἅκρον βορείος πόλος, ὥς δυνάμεθα περὶ τούτου νὰ βεβαιωθῶμεν διὰ μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Ὅσῳ δὲ μικροτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ τεμαχίου

ἀπὸ τὸν μαγνήτην, τόσῳ ἰσχυρότερον μαγνητίζεται τοῦτο καὶ ὅταν τὸ τεμάχιον ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν μαγνήτην, τότε ἡ μαγνήτισις 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 **μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως**. Διὰ τῆς τοιαύτης μαγνητίσεως δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν καὶ τὸν σχηματισμὸν τῶν ἐκ ρινήματων σιδήρου θυσάνων ἐπὶ τῶν πόλων μαγνήτου. Αἱ οὐσίαι αἱ μαγνητιζόμεναι δι' ἐπιδράσεως καλοῦνται **μαγνητικαί**.

152. Μαγνητισμὸς παροδικὸς καὶ μόνιμος. Εἰς τὸν μαλακὸν σίδηρον ἢ μαγνήτισις διαρκεῖ ἐφ' ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ ἐπίδρασις τοῦ μαγνήτου, εὐθὺς ὅμως ὥς ἡ ἐπίδρασις αὕτη παύσῃ, ὁ μαλακὸς σίδηρος χάνει 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 μονίμων μαγνητῶν.

Συμπέρασμα. Ὁ μὲν μαλακὸς σιδήρος μαγνητίζεται παροδικῶς, ὁ δὲ χάλυψ μονίμως.

153. Μαγνητικὸν πεδίου.—**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 ἐξηρημένην διὰ νήματος, θέτομεν πλησίον μαγνήτου. Αὕτη λαμβάνει ὠρισμένην διεύθυνσιν. Ἐὰν δὲ ἡ βελὼν τεθῇ εἰς ἄλλην θέσιν ὥς 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 πεδίου**. Θεωρητικῶς τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἐκτείνεται εἰς μεγάλην ἀπὸ τοῦ μαγνήτου ἀπόστασιν, πρακτικῶς ὅμως τοῦτο περιορίζεται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν, ἥτις ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς δυνάμεως τοῦ μαγνήτου.

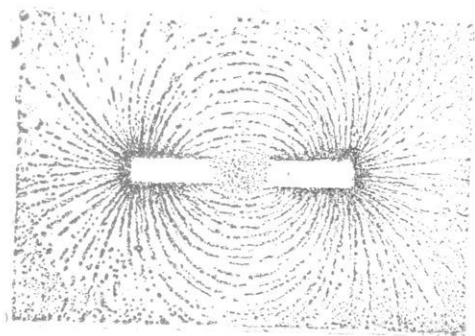
154. Μαγνητικὸν φάσμα.—**Πείραμα.** Μαγνητισμένην ράβδον θέτομεν ἐπὶ τραπέζης καὶ καλύπτομεν διὰ λευκοῦ καὶ λεπτοῦ χαρτονίου. Ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ρίπτομεν διὰ κοσκίνου λεπτὰ ρινήματα σιδήρου καὶ κατόπιν δίδομεν εἰς αὐτὸ ἐλαφρὰ κτυπήματα διὰ τοῦ δακτύλου μας. Τὰ ρινήματα τοποθετοῦνται ἀφ' ἑαυτῶν εἰς καμπύλας συμμετρικάς, αἵτινες ἄρχονται ἐκ τοῦ ἐνὸς πόλου καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸν ἕτερον (σχ. 123). 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 ἐξεργεῖται 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 ὁλόκληρος σειρά ρινημάτων προσανατολισθέντων.

Συμπέρασμα. Πέριξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίου.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ παραδέχονται ὅτι βαίνουνσιν ἐκτὸς μὲν

τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου πρὸς τὸν νότιον, ἐντὸς δὲ τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τοῦ νοτίου πόλου πρὸς τὸν βορρειον.



Σχ. 123. Μαγνητικὸν φάσμα.

Αἱ μαγνητικαὶ οὐσίαι (σίδηρος, χάλυψ) διαπερῶνται ὑπὸ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐκολώτερον τοῦ ἀέρος. Τεμάχιον λοιπὸν μαλακοῦ σιδήρου τιθέμενον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, θὰ συγκεντρῶσιν ἐν αὐτῷ δυναμικὰς γραμμὰς περισσοτέρας τοῦ ἀέρος εἰς τὴν θέσιν ἐκείνην, διότι ὁ μαλακὸς σίδηρος παρουσιάζει μικροτέραν ἀντίστασιν εἰς τὴν διόδον αὐτῶν. Ἐπομένως ὁ σίδηρος ὥς διαπερῶμενος ὑπὸ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐρίσκεται ὑπὸ τοῦς αὐτοῦς ὅρους ὑπὸ τοῦς ὁποίους καὶ εἰς μαγνήτης.

155. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.—Ἐκ τοῦ προσανατολισμοῦ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἥτις εἶναι ἐστηρικμένη ἐπὶ κατακορύφου ἄξονος ἢ ἐξηρητημένη διὰ νήματος ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς, συνάγομεν ὅτι περίξ τῆς γῆς ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ πεδίον τοῦτο καλεῖται **γήινον μαγνητικὸν πεδίον**. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἔντασις αὐτοῦ εἶναι λίαν ἀσθενής, διὰ τοῦτο ἀποβαίνει δυσχερὴς ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

156. Διευθυντηρία ἐνέργεια γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.— **Πειράματα.** 1ον) Ἐπὶ τῆς ἡρεμούσης ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος λεκάνης, θέτομεν τεμάχιον φελλοῦ καὶ ἐπὶ τούτου μαγνητικὴν βελόνην ἐλευθέραν. Παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὸν ἁπλῶς προσανατολίζεται ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον, στρεφο-

μένη μετὰ τοῦ φελλοῦ, χωρὶς νὰ μετατοπίζεται οὔτε πρὸς βορρᾶν οὔτε πρὸς νότον.

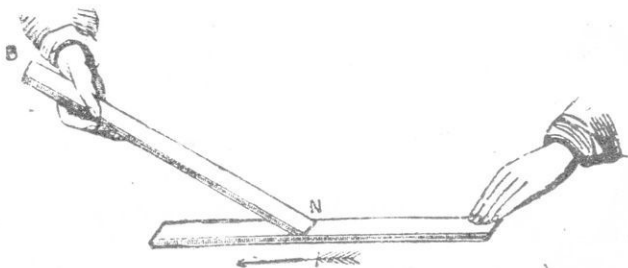
2ον) Ράβδος χαλυβδίνη, ζυγισομένη πρὸ τῆς μαγνητίσεως καὶ μετ' αὐτὴν παρουσιάζει τὸ αὐτὸ βάρος.

Συμπέρασμα.— Ἡ ἐνέργεια τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι ἀπλῶς διευθυντηρία καὶ οὐχὶ ἐκτοπιστική.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι παραλλήλοι καὶ διευθύνονται ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον.

157. Αἷτια τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.— Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου παρωμοίασαν κατ' ἀρχὰς τὴν γῆν μὲ πελώριον μαγνήτην, τοῦ ὁποίου οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πλησίον τῶν γεωγραφικῶν πόλων. Ἡ ὑπόθεσις ὅμως αὕτη βραδύτερον ἐγκαταλείφθη 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.

158. Κατασκευὴ μαγνητῶν.— Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν μαγνήτην μόνιμον λαμβάνομεν ράβδον ἐκ χάλυβος βεβαμμένου τὴν ὁποίαν θέτομεν ἐπὶ τραπέζης καὶ προστρίβομεν ἐπανειλημμένως μὲ τὸν ἓνα πόλον, λ.χ. τὸν νότιον N, τοῦ μαγνήτου (σχ. 124), ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἄκρου μέχρι τοῦ ἄλλου. Τὸν μαγνήτην κρα-



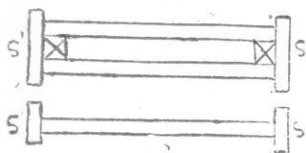
Σχ. 124. Μαγνήτισις χαλυβδίνης ράβδου δι' ἑνὸς μαγνήτου.

τοῦμεν πлагίως καὶ ἀνασύρομεν αὐτὸν ὅταν ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ ἄκρου τῆς ράβδου. Τοιουτοτρόπως ἡ ράβδος μαγνητίζεται, καὶ τὸ μὲν ἄκρον τὸ προστρίβεν διὰ τοῦ νοτίου πόλου γίνεται βόρειος πόλος, τὸ δὲ προστρίβεν διὰ τοῦ βορείου πόλου γίνεται νότιος.

Ἄλλὰ καὶ ἀπλῇ ἐπαφῇ τῆς χαλυβδίνης ράβδου μὲ μαγνήτην ἀρκεῖ ὅπως ἡ ράβδος μαγνητισθῇ.

Σήμερον οἱ μαγνήται κατασκευάζονται διὰ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

159. Σχήμα μαγνητῶν. Οἱ μαγνήται ἔχουσι συνήθως σχῆμα ἐπιμήκους καὶ πεπλατισμένου πρίσματος, καὶ καλοῦνται *εὐθεῖς* (σχ. 125). Πολλάκις ὅμως εἰς τοὺς μαγνήτας δίδουσι τὸ σχῆμα ἱππείου πετάλου. Οὗτοι καλοῦνται *πεταλοειδεῖς* (σχ. 126),



Σχ. 125. Μαγνήται εὐθεῖς
μὲ ὀπλισμούς.

ὁπότε οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πλησίον ἀλλήλων καὶ δύνανται νὰ ἐνεργῶσι ταυτοχρόνως.

160. Διατήρησις μαγνητῶν. Ὀπλισμοί. Ὅπως διατηρήσωμεν τὸν μαγνητισμὸν τῶν μαγνητῶν τοποθετοῦμεν αὐτοὺς, ἔὰν εἶναι εὐθεῖς, κατὰ ζεύγη καὶ πλησίον ἀλλήλων, ἐντὸς θήκης

ξύλινης, μὲ τοὺς ἀντιθέτους πόλους ἀπέναντι ἀλλήλων, παρεμβάλλοντες μεταξὺ αὐτῶν μικρὰ τεμάχια ξύλου, εἰς δὲ τοὺς πόλους τῶν προσαρμοζόμενων δύο παχείας πλάκας ἐκ μαλακοῦ σιδήρου *s* καὶ *s'* (σχ. 125). Αἱ πλάκες αὗται καλοῦνται *ὀπλισμοί*, καὶ ὅχι μόνον δὲν ἀφίνουσι νὰ ἐλαττωῦνται ἡ μαγνητικὴ δύναμις τῶν μαγνητῶν, ἀλλὰ καὶ αὐξάνουσι διαρκῶς αὐτὴν μέχρις ὁρίου. Ἐὰν δὲ οἱ μαγνήται εἶναι πεταλοειδεῖς, προσαρμοζόμενοι ἀπλῶς εἰς τοὺς πόλους αὐτῶν ὀπλισμούς.



Σχ. 126. Πεταλοειδὴς
μαγνήτης. Μαγνητικὴ
δέσμη.

161. Μαγνητικαὶ δέσμαι. Μαγνήται κατασκευάζονται καὶ μὲ πολλὰ καὶ λεπτὰ ἐλάσματα ἐκ χάλυβος, ἅτινα ἀφοῦ ἐμαγνητίσθησαν κατ' ἰδίαν καὶ ἐφηρομόσθησαν ἐπ' ἀλλήλων οὕτως, ὥστε οἱ ὁμώνυμοι πόλοι νὰ εὐρίσκωνται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος, ἐκάμφθησαν ἔπειτα ἐν σχήματι ἱππείου πετάλου. Οἱ τοιοῦτοι μαγνήται καλοῦνται *μαγνητικαὶ δέσμαι* (σχ. 126).

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Δύο μαγνητικοὶ πόλοι ἴσοι ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 3 γραμμάρια, ὅταν ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις εἶναι 2 ἑκατοστόμετρα. Πόση εἶναι ἡ μαγνητικὴ μᾶζα ἑκατέρου ; (°Απόκρ. 108,5 μονάδες).

2) Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔχοντες μαγνητικὴν μᾶζαν, ὁ μὲν 200 μονάδας, ὁ δὲ 300, εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 2 ἑκατοστομέτρων ἀπ' ἀλλήλων. Πόση εἶνε ἡ δύναμις μετὰ τὴν ὁποίαν ἀπωθοῦνται ; (°Απόκρ. 15000 δύνας ἢ 15,3 περίπου γραμμάρια).

3) Δύο μαγνητικοὶ πόλοι ἴσοι, ἀπέχοντες 2 ἑκατοστόμετρα ἀπ' ἀλλήλων, ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως 31,25 γραμμαρίων. Πόση εἶναι ἡ μαγνητικὴ αὐτῶν μᾶζα ; (°Απόκρ. 350 περίπου μονάδες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'.

ΑΠΟΚΛΙΣΙΣ ΚΑΙ ΕΓΚΛΙΣΙΣ

162. 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 ἔν τινι τόπῳ, καλεῖται ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ μετὰ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ ἀπόκλισις εἶναι *ἀνατολική* ἢ *δυτική*, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐκτρέπεται πρὸς ἀνατολὰς ἢ πρὸς δυσμὰς τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ.

163. Πυξὶς ἀποκλίσεως. Αὕτη χρησιμεύει πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ἀποκλίσεως.

A) *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ μαγνητικῆς βελόνης βν (σχ. 127), ἣτις στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἑσπερωμένον καθέτως εἰς τὸ κέντρον ὀριζοντίου ὀρειχαλκίνου δίσκου.

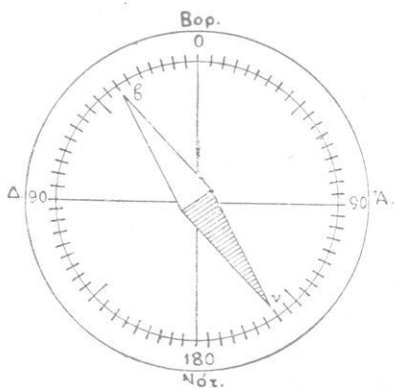
Ἡ περιφέρεια τοῦ δίσκου εἶναι διηρημένη εἰς μοίρας, ἐν ὧν πῶς τῶν ὁποίων κινοῦνται οἱ πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

B) *Τρόπος χρήσεως.* Κατὰ πρῶτον προσδιορίζομεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου, οὗτινος

ζητεῖται ἡ ἀπόκλισις. Τοποθετοῦμεν κατόπιν τὴν πυξίδα ὀριζοντίως οὕτως, ὥστε ἡ διάμετρος 0—180 νὰ ταυτισθῇ μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, τοῦ μηδενὸς ἐστραμμένον πρὸς βορρᾶν. Ἡ διαίρεσις τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἡ ζητουμένη γωνία τῆς ἀποκλίσεως. Καὶ ἐὰν μὲν ὁ βόρειος πόλος εὑρίσκεται πρὸς ἀνατολὰς τῆς διαμέτρου 0—180, ἡ ἀπόκλισις θὰ εἶναι ἀνατολική, ἐὰν δὲ εὑρίσκεται πρὸς δυσμᾶς, ἡ ἀπόκλισις θὰ εἶναι δυτική.

Ἡ ἀπόκλισις ἐν Ἀθήναις εἶναι δυτική, ἡ δὲ τιμὴ αὐτῆς, κατὰ τὸ 1925 ἦτο 2° καὶ $13',6$.

Ἡ ἀπόκλισις μεταβάλλεται ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Εἶναι δυτικὴ εἰς τὴν Εὐρώπην καὶ εἰς τὴν Ἀφρικὴν, ἀνατολικὴ δὲ εἰς τὴν Ἀσίαν καὶ εἰς τὴν βόρειον καὶ νότιον Ἀμερικήν. Ἀλλὰ καὶ εἰς ἓνα καὶ τὸν αὐτὸν τόπον ἡ ἀπόκλισις δὲν μένει σταθερά, ἀλλὰ παρουσιάζει σὺν τῷ χρόνῳ πολλὰς μεταβολάς, ἐκ τῶν ὁποίων

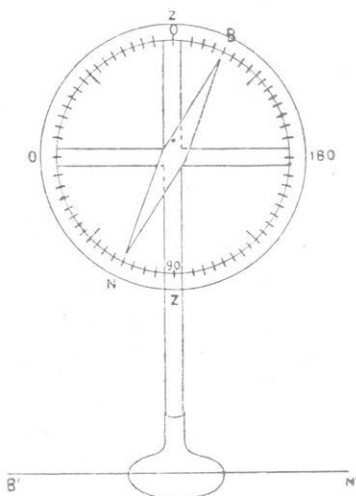


Σχ. 127. Πυξίς ἀποκλίσεως.

ἄλλαι μὲν εἶναι κανονικαί, ἔχουσαι περίοδον εἴτε ἑνὸς αἰῶνος (αἰώνισι), εἴτε ἑνὸς ἔτους (εἰτήσιαι), εἴτε μιᾶς ἡμέρας (ἡμεροήσιαι), ἄλλαι δὲ εἶναι ἀνώμαλοι, καὶ αἰφνίδιαι, 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 διαφορῶν φαι-

νομένων, ὅπως εἶναι τὸ βόρειον σέλας, αἱ ἠφαίστειοι ἐκρήξεις καὶ οἱ σεισμοί.

164. Ἐγκλισις. — Καλεῖται *γωνία ἐγκλίσεως*, ἡ ἀπλῶς *ἐγκλισις* τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐν τινι τόπῳ ἢ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ μαγνητικὴ βελὼνὴ μετὰ τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ ἐγκλισις εἶναι *βορεία*, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται ὑποκάτω τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἢ *νοτία*, καθ' ὅσον ἐκτρέπεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος ὁ νότιος.



Σχ. 128. Πυξίς ἐγκλίσεως.

165. Πυξίς ἐγκλίσεως. — Αὕτη χρησιμεύει πρὸς προσδιορισμὸν τῆς γωνίας ἐγκλίσεως.

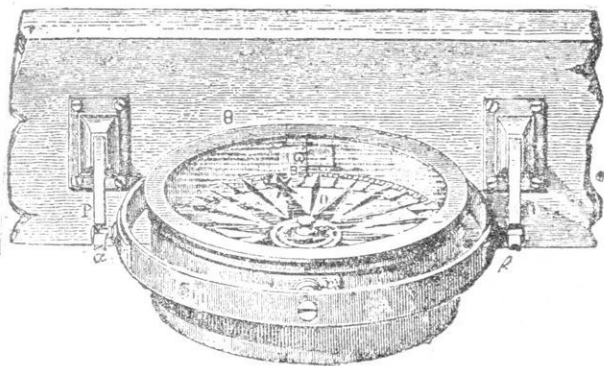
A) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ μαγνητικῆς βελόνης BN (σχ. 128), ἣτις στρέφεται ἐλευθέρως περὶ ὁριζόντιον ἄξονα, ἐστερεωμένον καθέτως εἰς τὸ κέντρον κατακορύφου ὀρειχαλκίνου δίσκου. Ἡ περιφέρεια τοῦ δίσκου εἶναι ὑποδιηρημένη εἰς μοίρας, ἐνώπιον τῶν ὁποίων κινουῦνται οἱ πόλοι τῆς βελόνης.

B) Τρόπος χρήσεως. Κατὰ πρῶτον τοποθετοῦμεν τὴν πυξίδα κατακορύφως, καὶ κατόπιν στρέφομεν αὐτὴν οὕτως, ὥστε τὸ ἐπίπεδον τοῦ δίσκου νὰ εὕρεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ B'N', ὅπερ κατορθοῦται τῇ βοήθειᾳ ἄλλης μαγνητικῆς βελόνης, ἡ δὲ διάμετρος 0—180 νὰ εἶναι ὁριζοντία.

Ἡ διαίρεσις τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἡ ζητουμένη 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 1925, 52° καὶ $54', 7$.

Ἡ ἐγκλισις μεταβάλλεται ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Ἀλλὰ καὶ εἰς ἓνα καὶ τὸν αὐτὸν τόπον ἡ ἐγκλισις δὲν μένει σταθερά, ἀλλὰ πα-



Σχ. 129. Ναυτικὴ πυξίς.

ρουσιάζει σὺν τῷ χρόνῳ πολλὰς μεταβολάς, ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλαι εἶναι κανονικαὶ (αἰώνιαι, ἐτήσιαι, ἡμερήσιαι), ἄλλαι δὲ εἶναι ἀνώμαλοι καὶ αἰφνίδιαι (διαταράξεις) ὀφειλόμεναι εἰς τὰς αὐτὰς αἰτίας εἰς τὰς ὁποίας καὶ αἱ διαταράξεις τῆς γωνίας ἀποκλίσεως.

166. Ναυτικὴ πυξίς.—Αὕτη (σχ. 129) χρησιμεύει εἰς τοὺς ναυτιλλομένους ὅπως κανονίζωσι τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως τῶν πλοίων.

Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ κυλινδρικοῦ χαλκίνης θήκης ἣτις ἐροματίζεται διὰ μολύβδου καὶ ἐξαρτᾶται 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 χαράσ-

σονται 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 τροπιδος τοῦ πλοίου. Ἡ γραμμὴ αὕτη καλεῖται **γραμμὴ πίστεως**.

Β) **Χρησις**. Κατὰ πρῶτον ὁ πλοίαρχος χαράσσει ἐπὶ ναυτικοῦ τινος χάρτου τὴν καλουμένην **γωνίαν τῆς πλεύσεως**, ἥτοι τὴν γωνίαν, τὴν ὁποίαν ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ 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, ἥτις δέον νὰ τηρῇται ἀμετάβλητος καθ' ὅλον τὸν πλοῦν.

Ἡ κατασκευὴ καὶ ἡ λειτουργία λοιπὸν τῆς ναυτικῆς πυξίδος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ιδιότητος τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ νὰ δεικνύῃ πάντοτε τὸν βορρᾶν.

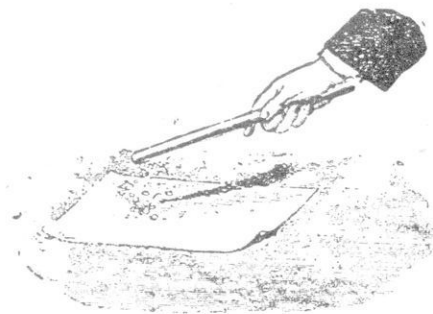
ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄.

ΓΕΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

167. Ὅρισμοί. Ἐάν προστρίψωμεν διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος, ἢ διὰ δέρματος γαλῆς, ράβδον ἐξ ὑάλου, εἴτε ἐκ θείου, εἴτε ἐκ ρητίνης, εἴτε ἐξ ἐβονίτου (σχ. 130), παρατηροῦμεν ὅτι



ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἑλαφρὰ σώματα, π.χ. μικρὰ τεμάχια χάρτου, τριίχας, πριονίδια κλπ. Ἡ αἰτία ἡ προκαλοῦσα τὴν ἔλξιν ἐκλήθη **ἡλεκτρισμός** ⁽¹⁾, τὰ δὲ ἔλκοντα σώματα λέγονται **ἡλεκτρισμένα** καὶ ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἡλεκτρίσεως λέγεται **ἡλέκτρισις διὰ τριβῆς**.

Σχ. 130. Ἀνάπτυξις ἡλεκτρισμοῦ διὰ τριβῆς.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν. **Πάντα τὰ σώματα δύνανται νὰ ἡλεκτρισθῶσι διὰ τῆς τριβῆς.**

Σώματά τινα φαίνονται ὅτι δὲν ἡλεκτρίζονται. Ράβδος π.χ. ἐκ σιδήρου, εἴτε ἐκ χαλκοῦ, προστριβομένη δὲν ἔλκει τὰ ἑλαφρὰ σώματα. Ἡ ἐξαίρεσις αὕτη εἶναι φαινομενικὴ, διότι ἐὰν στερεώσω-

⁽¹⁾ Ἡ πρώτη τοιαύτη παρατήρησις ἀποδίδεται εἰς τὸν Θαλῆ τὸν Μιλήσιον (640 π.Χ.) καὶ ἐγένετο ἐπὶ τοῦ ἡλέκτρου (κ. κεχριμπάρι), ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα ἡλεκτρισμός.

μεν τὴν ράβδον ταύτην ἐπὶ λαβῆς ὑαλίνης καὶ κρατήσωμεν τὴν λαβὴν εἰς τὴν χεῖρά μας, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μεταλλίνη ράβδος εὐθὺς ὡς προστριβῇ ἠλεκτρίζεται.

168. Εὐηλεκτραγωγὰ καὶ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα.

Πειράματα. 1ον) Ράβδον ὑαλίνην κρατοῦμεν ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρὸς μας καὶ τὴν προστριβομεν διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος. Παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη ἔλκει ἑλαφρὰ 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 σιδηρεᾶν κρατοῦμεν ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρὸς μας καὶ τὴν προστριβομεν. Παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη δὲν δύναται νὰ ἑλκύσῃ ἑλαφρὰ σώματα καὶ ἐπομένως δὲν ἠλεκτρίσθη. Ἐὰν ὅμως ἡ ράβδος στηριχθῇ ἐπὶ λαβῆς ὑαλίνης (σχ. 131) καὶ κατόπιν προστριβῇ, παρατηροῦμεν ὅτι τώρα ἔλκει ἑλαφρὰ σώματα καὶ ἐπομένως ἠλεκτρίσθη. Ὁ ἠλεκτρισμὸς δὲ αὐτῆς ἀναφαίνεται



Σχ. 131. Μεταλλίνη ράβδος μεμονωμένη.

ὄχι μόνον εἰς τὰ προστριβέντα σημεῖα ἀλλὰ καθ' ὅλην αὐτῆς τὴν ἐπιφάνειαν. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηροῦμεν εἰς οἵανδήποτε μεταλλίνην ράβδον.

Συμπέρασμα. Εἰς τὰ μέταλλα καὶ τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου ὁ ἠλεκτρισμὸς μεταδίδεται ἐυκόλως καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν των, ἐνῷ εἰς τὴν ὑαλον, τὴν ρητίνην καὶ τὸ θεῖον οὗτος παραμένει μόνον εἰς τὰ προστριβόμενα σημεῖα. Τὰ διάφορα λοιπὸν σώματα δὲν παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς ἠλεκτρικὰς ιδιότητας.

Ἔνεκα τούτου κατέταξαν τὰ σώματα εἰς δύο κατηγορίας· εἰς **εὐηλεκτραγωγὰ**, ἐπὶ τῶν ὁποίων ὁ ἠλεκτρισμὸς μεταδίδεται ἐυκόλως 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 σιδηρὸς ἀνθραξ, ὁ γραφίτης, τὰ λινὰ ἢ καννάβινα νήματα, τὰ διαλύματα τῶν ἀλάτων καὶ τῶν ὀξέων κλπ. Δυσηλεκτραγωγὰ δὲ εἶναι ἡ ὑαλος, ἡ ρητίνη, τὸ θεῖον, ἡ πορσελάνη, ἡ μέταξα, ἡ

Στοιχεῖα Φυσικῆς, Κ. Σαμιωτάκη, Γ' Γυμν. ἔκδ. γ'.

11

γουταπέροκη, τὸ ἐλαστικὸν κόμι, ὁ ἐβονίτης, ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ, ὅταν εἶναι ξηρὸς κλπ.

169. Μονωτήρες. — Διὰ νὰ 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 εἶναι ἡ ὕαλος, ἡ πορσελάνη, ἡ μέταξα, ὁ ἐβονίτης, ἡ παραφφίνη καὶ ἡ διηλεκτρίνη, ἥτις εἶνε μείγμα θείου καὶ παραφφίνης.

170. Ἡλέκτρισις δι' ἐπαφῆς. — *Πείραμα.* Σῶμα ἠλεκτρισμένον φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ σῶμα εὐηλεκτραγωγὸν καὶ μεμονωμένον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ μὴ ἠλεκτρισμένον σῶμα δύναται νὰ ἐλκύσῃ ἐλαφρὰ σώματα, καὶ μάλιστα καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν του. Ἐπομένως ἠλεκτρίσθη. Ἐὰν τὸ μὴ ἠλεκτρισμένον σῶμα εἶναι δυσηλεκτραγωγόν, θέλει μὲν ἠλεκτρισθῇ, ἀλλ' ὁ ἠλεκτρισμὸς θὰ παραμείνῃ μόνον εἰς τὰ σημεῖα τῆς ἐπαφῆς.

Συμπέρασμα. Σῶμά τι δύναται νὰ ἠλεκτρισθῇ, ὅταν ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ σῶμα ἠλεκτρισμένον.

Ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἠλεκτρίσεως καλεῖται *ἠλέκτρισις δι' ἐπαφῆς*. Ἐὰν τὸ μὴ ἠλεκτρισμένον σῶμα ἔχῃ διαστάσεις παμμεγίστας, σχετικῶς πρὸς τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα, τότε τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα ἀποβάλλει σχεδὸν ὁλόκληρον 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*.

171. Ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές. — Τὸ ὄργανον τοῦτο (σχ. 132), χρησιμεύει ὅπως ἀνευρίσκωμεν ἐὰν σῶμά τι εἶνε ἠλεκτρισμένον ἢ ὄχι.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ μικροῦ καὶ ἐλαφροῦ σφαιριδίου α ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας (κ. κουφοξυλίας), 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 τοιοῦτο-τρόπως τὸ σφαιρίδιον εἶνε καλῶς μεμονωμένον ἀπὸ τῆς γῆς.

Β) *Τρόπος χρήσεως.* Πλησιάζομεν εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν σῶμα. Ἐὰν μὲν τὸ σῶμα εἴνε ἠλεκτρισμένον, τὸ σφαιρίδιον ἔλκεται, ἂν ὅμως δὲν εἴνε ἠλεκτρισμένον, τὸ σφαιρίδιον παραμένει ἀκίνητον.

Ὅταν σῶμά τι δὲν εἴνε ἠλεκτρισμένον, λέγομεν ὅτι εὗρίσκειται ἐν *οὐδετέρῳ καταστάσει*.

172. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός.— *Πειράματα.* 1ον) Ὑαλίνην ράβδον ἠλεκτρισμένην πλησιάζομεν εἰς τὸ σφαιρίδιον ἠλεκτρικοῦ ἔκκρεμοῦς. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον κατ' ἀρχὰς μὲν *ἔλκεται*, μόλις ὅμως ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ράβδον *ἀπωθεῖται* ζωηρῶς.

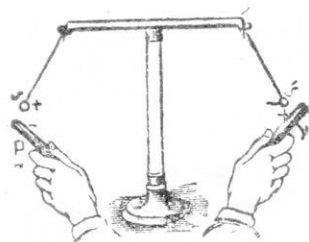
2ον) Ὅμοια φαινόμενα παρατηροῦμεν καὶ μὲ ράβδον ἐκ ρητίνης, ἠλεκτρισμένην. Ὁ ἠλεκτρισμὸς λοιπὸν τῆς ὑάλου φαίνεται ὅμοιος μὲ τὸν τῆς ρητίνης.

3ον) Εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ἔλθὼν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ὑαλίνην ράβδον πλησιάζομεν τὴν ἐκ ρητίνης ράβδον. Παρατηροῦμεν ὅτι

τὸ σφαιρίδιον ἔλκεται ζωηρῶς (σχ. 133). Ζω-

ηρὰν ἔλξιν πα-

ρατηροῦμεν καὶ εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ἔλθὼν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐκ ρητίνης ράβδον, ἂν πλησιάσωμεν εἰς τοῦτο τὴν ὑαλίνην ράβδον. Ὁ ἠλεκτρισμὸς λοιπὸν τῆς ὑάλου δὲν εἴνε ὅμοιος μὲ τὸν τῆς ρητίνης, ὅπως

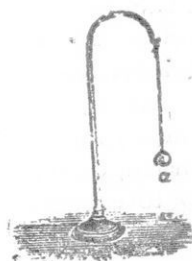


Σχ. 133. Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός.

προηγουμένως ἐνομίσαμεν, ἀλλὰ διαφέρουσι μεταξύ των. Ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ὑάλου ἐκλήθη *θετικὸς*, ὁ δὲ τῆς ρητίνης *ἀρνητικὸς*.

Συμπεράσματα. 1ον) Ὑπάρχουσι δύο εἴδη ἠλεκτρισμοῦ ὁ θετικὸς καὶ ὁ ἀρνητικὸς. (¹)

2ον) Δύο σώματα ἠλεκτρισμένα *ὁμωνύμως*, *ἀπωθοῦνται ἀμοιβαίως*, ἠλεκτρισμένα δὲ *ἐτερονύμως*, *ἔλκονται ἀμοιβαίως*.



Σχ. 132. Ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμές.

(¹) Τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμὸν σημειοῦμεν κατὰ συνθήκην διὰ τοῦ '+' τὸν δὲ ἀρνητικὸν διὰ τοῦ '-'.

173. Ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ μονὰς αὐτοῦ.— Δύο ἠλεκτρισμένα σώματα, λέγομεν ὅτι ἔχουσιν ἴσα *ἠλεκτρικὰ φορτία*, ἐὰν τιθέμενα εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τρίτου τινὸς σώματος, ἔλκωσιν ἢ ἀπωθῶσιν αὐτὸ *μετὰ δυνάμεων ἴσων*. Καὶ ἐν γένει σῶμά τι ἠλεκτρισμένον λέγομεν ὅτι ἔχει ἠλεκτρικὸν φορτίον διπλάσιον, τριπλάσιον κλπ. τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἄλλου, ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλκη ἢ ἀπωθῇ τρίτον τι σῶμα μετὰ δυνάμεως διπλασίας, τριπλασίας κλπ. τῆς τοῦ ἄλλου.

Πρὸς μέτρησιν τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων λαμβάνομεν ὥρισμένον ἠλεκτρικὸν φορτίον ὡς μονάδα καὶ πρὸ αὐτοῦ συγκρίνομεν τὰ ἄλλα. Ὡς μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐλήφθη εἰς τὸ σύστημα C.G.S. *τὸ ἠλεκτρικὸν 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 ἑτέρα πρακτικὴ μονὰς, ἡ καλουμένη *c o u l o m b* (πρὸς τιμὴν τοῦ Coulomb ⁽¹⁾) ἣτις εἶναι 3×10^9 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς πρώτης, ἥτοι $1 \text{ coulomb} = 3 \times 10^9$ μονάδας C.G.S.

174. Νόμοι τῶν ἠλεκτρικῶν ἑλξεων καὶ ὤσεων. Διὰ πειραμάτων εὐρέθησαν οἱ ἑξῆς νόμοι τῶν ἠλεκτρικῶν ἑλξεων καὶ ὤσεων.

Πρῶτος νόμος. *Ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἀπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρισμένων σωμάτων.*

Δεύτερος νόμος. *Ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἀπωσις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν σωμάτων.*

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

$$\Delta = \pm \frac{\mu \cdot \mu'}{\alpha^2} \text{ δύνας } ^{(2)}$$

(¹) Coulomb (1736—1806). Γάλλος μαθηματικὸς καὶ φυσικὸς, γνωστὸς ἐκ τῶν ἐργασιῶν του ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν καὶ ἠλεκτρικῶν δυνάμεων. Ἰδρυσε τοὺς νόμους τῶν μαγνητικῶν καὶ ἠλεκτρικῶν ἑλξεων καὶ ὤσεων, καὶ ἔδωκε τὸ ὄνομά του εἰς τὴν πρακτικὴν μονάδα τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

(²) Τὸ σημεῖον + εἶναι ἐν περιπτώσει ἀπώσεως καὶ τὸ — ἐν περιπτώσει ἑλξεως.

ἐνθα Δ παριστᾷ τὴν δύναμιν (ἐλκτικήν ἢ ὠστικήν), μ καὶ μ' τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ α τὴν ἀπόστασιν εἰς ἑκατοστόμετρα.

175. Ὑπόθεσις τῶν ἡλεκτρικῶν ρευστῶν.— Πρὸς ἐξηγήσιν τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων παραδέχονται ὅτι πᾶν σῶμα εὐρισκόμενον ἐν οὐδετέρῳ καταστάσει φέρει εἰς ἴσας ποσότητας καὶ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐν εἶδη ρευστῶν, ἅτινα εἶναι συνηνωμένα καὶ ἀποτελοῦσι τὸ *οὐδέτερον ἡλεκτρικὸν ρευστόν*. Διὰ τῆς προστριβῆς ὅμως τῶν δύο σωμάτων τὸ οὐδέτερον ρευστόν ἀποσυντίθεται εἰς θετικὸν καὶ εἰς ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ μὲν εἰς παραμένει ἐπὶ τοῦ ἑνὸς σώματος, ὁ δὲ ἄλλος ἐπὶ τοῦ ἑτέρου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Δύο σφαιρίδια ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας, ἡλεκτρισμένα θετικῶς, ἀπωθοῦνται 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 τεθῶσι τὰ κέντρα αὐτῶν, ἵνα τὰ σφαιρίδια ἀπωθῶνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 12 δύνας. (Ἀπόκρ. 1,93 ἑκατοστόμετρα).

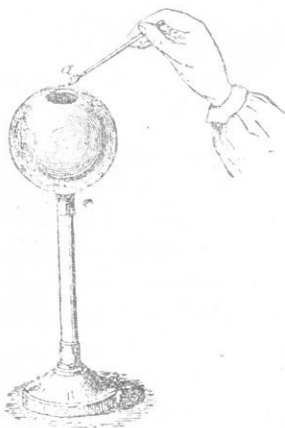
2) Δύο σημεῖα Α καὶ Β ἀπέχοντα ἀπ' ἀλλήλων 14,14 ἑκατοστόμετρα, εἶναι ἡλεκτρισμένα ἑτερονύμως. Διπλασιάζομεν τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ Α καὶ ὑποτετραπλασιάζομεν τὸ τοῦ Β. Πόση πρέπει νὰ γίνῃ ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις, ἵνα ἡ ἀμοιβαία ἑλξις αὐτῶν διατηρήσῃ τὴν αὐτὴν τιμὴν; (Ἀπόκρ. 10 ἑκατοστόμετρα περίπου).

3) Δύο σφαιρίδια ἡλεκτρισμένα 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

176. Διάταξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Πείραμα. Σφαῖραν μεταλλίνην κοίλην φέρουσαν ἄνωθεν ὀπὴν (σχ. 134), ἀπομονώνομεν καὶ κατόπιν ἡλεκ-



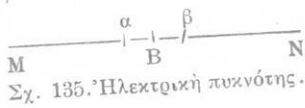
Σχ. 134. Ὁ ἡλεκτρισμὸς διατάσσεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας.

τρίζομεν. Εἰσάγομεν ἔπειτα ἐντὸς αὐτῆς τὸ λεγόμενον *δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον*, ὅπερ εἶναι μικρὸς καὶ λεπτὸς μετάλλινος δίσκος α προσκεκολλημένος εἰς τὸ ἄκρον ραβδίου ἕξ ἀπομονωτικῆς οὐσίας, καὶ τὸ φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας. Ἐὰν μετὰ ταῦτα ἀνασύρωμεν τοῦτο, ἀνευρίσκομεν διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς ὅτι δὲν εἶνε ἡλεκτρισμένος, ἐπομένως καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς σφαίρας δὲν εἶναι ἡλεκτρισμένη. Ἐὰν ὅμως τὸ δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας, ἀνευρίσκομεν διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς ὅτι αὕτη εἶναι ἡλεκτρισμένη.

Συμπέρασμα. Ὁ ἡλεκτρισμὸς εἰς τὰ εὐηλεκτραγωγὰ σώματα παραμένει μόνον ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ἀμοιβαίαν ἄπωσιν τῶν μορίων τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἔνεκα 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 ἡλεκτρισμοῦ, ὑπερνικῶντα τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, ἐκφεύγουσιν ἐκ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

177. Ηλεκτρική πυκνότης. Καλεῖται *ηλεκτρική πυκνότης* εἷς τι σημεῖον B σχ. 135) τῆς ἐπιφανείας σώματος ἠλεκτρισμένου, τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον φέρει τμήμα τῆς ἐπιφανείας ταύτης ἴσον μὲ 1 τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον λαμβανόμενον πέριξ τοῦ σημείου τούτου.

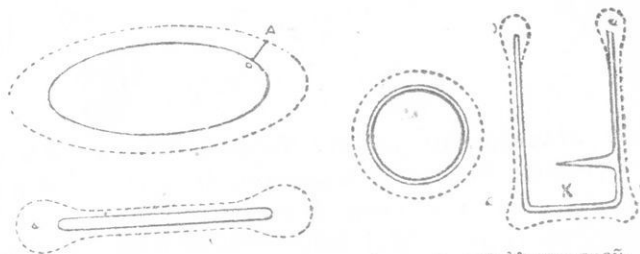


Σχ. 135. Ἡλεκτρική πυκνότης.

Ἡ *ηλεκτρική πυκνότης ἐπιφανείας*

τινος ϵ παρίσταται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\pi = \frac{\varphi}{\epsilon}$, ἔνθα π παριστᾷ τὴν *ηλεκτρικὴν πυκνότητα*, φ τὸ *ηλεκτρικὸν φορτίον* τῆς ἐπιφανείας καὶ ϵ τὸ *ἐμβαδὸν* αὐτῆς εἰς τετραγ. ἑκατοστόμετρα.

178. Διανομή τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων. Ὁ *ηλεκτρισμὸς* διανέμεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων, κατὰ τρόπον διάφορον εἰς τὰ διάφορα σώματα. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι σφαιρικόν, ἡ *πυκνότης* εἶναι πανταχοῦ ἡ αὐτή, ἐπομένως τὸ *ηλεκτρικὸν φορτίον* σχηματίζει στρῶμα τοῦ αὐτοῦ πάχους καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν του. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι ἑλλειψοειδές, ἡ *πυκνότης* εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα σημεῖα, ἐπομένως τὸ *ηλεκτρικὸν φορτίον* σχηματίζει στρῶμα, οὗτινος τὸ πάχος εἶναι μεγαλύτερον κατὰ τὰ ἄκρα καὶ μικρότερον κατὰ τὸ μέσον τοῦ σώματος. Ἐὰν τὸ σῶμα φέρῃ ἄκμās ἢ γωνίας, τὸ *ηλεκτρικὸν φορτίον* συσσωρεύεται κατὰ τὸ πλεῖστον εἰς αὐτάς (σχ. 136).



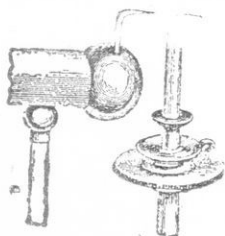
Σχ. 136. Γραφικὴ παράστασις τῆς διανομῆς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Συμπέρασμα. Ἡ διανομή τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος.

179. Δύναμις τῶν ἀκίδων. Πειράματα. 1) Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας εὐηλεκτραγωγοῦ καὶ μεμονωμένου σώματος στερεώ-

νομεν ὀξεϊαν μεταλλικὴν ἀκίδα καὶ πλησίον αὐτῆς τοποθετοῦμεν ὀνημμένον κηρίον. Ἐὰν ἠλεκτρίσωμεν τὸ σῶμα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλόξ τοῦ κηρίου ἀποκλίνει (σχ. 137) καὶ εἶναι δυνατόν καὶ νὰ σβεσθῇ.

- 2) Ἀπομακρύνομεν τὸ κηρίον καὶ πλησιάζομεν εἰς τὴν ἀκίδα τὴν χειρὰ μας· θέλομεν αἰσθανθῇ ἐπ' αὐτῆς ἐλαφρὸν φύσημα.



Σχ. 137. Ἡλεκτρικὸν φύσημα.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐξηγοῦνται ὡς ἑξῆς. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον συσσωρεύεται σχεδὸν ὁλόκληρον ἐπὶ τῆς ἀκίδος ἐκ τῆς ὁποίας κατορθώνει νὰ ἐκφύγῃ. Τότε καὶ ὁ ἀήρ, ὁ περιβάλλων τὴν ἀκίδα, καίτοι δυσηλεκτραγωγός, ἠλεκτρίζεται ὁμωνύμως καὶ ἀπωθεῖται ζωηρῶς. Τοιουτοτρόπως σχηματίζεται ἰσχυρὸν ρεῦμα αἴρος, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν ἀπόκλισιν

τῆς φλογὸς καὶ τὸ φύσημα ἐπὶ τῆς χειρὸς μας. Τὸ φύσημα τοῦτο καλεῖται **ἠλεκτρικὸν φύσημα**.

Συμπέρασμα. Αἱ μεταλλικαὶ ἀκίδες διευκολύνουσι τὴν ἐκροὴν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Ἡ ἰδιότης αὕτη τῶν ἀκίδων καλεῖται **δύναμις τῶν ἀκίδων**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ

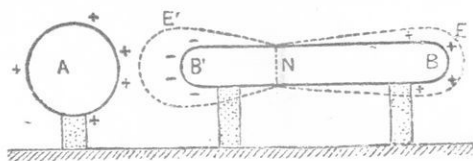
180. Ἡλεκτρικὸν πεδίον. Πείραμα. Ἐκκρεμὲς ἠλεκτρισμένον τοποθετοῦμεν πλησίον σώματος ἠλεκτρισμένου, καὶ εἰς οἵανδήποτε θέσιν πέριξ αὐτοῦ. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν ἠλεκτρικῆς δυνάμεως (ἐλξεως ἢ ὥσεως). Ἐὰν τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα ἀπομακρυνθῇ, ἡ ἐπὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐνέργεια παύει.

Συμπέρασμα. Πέριξ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει χῶρός τις, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐξασκεῖται ἡ ἐπίδρασις τοῦ σώματος.

Ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται **ἠλεκτρικὸν πεδίον**.

181. Θεμελιῶδες φαινόμενον. Πείραμα. Μετάλλινον

κύλινδρον BB' (σχ. 138), μεμονωμένον καὶ μὴ ἡλεκτρισμένον,



Σχ. 138. Ἡλεκτρισίς ἐξ ἐπιδράσεως.

τοποθετοῦμεν πλησίον μεταλλίνης σφαίρας A, μεμονωμένης καὶ ἡλεκτρισμένης, π. χ. θετικῶς. Διὰ τοῦ δοκιμαστικοῦ ἐπιπέδου δυνάμεθα νὰ βεβαιωθῶμεν ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτριζέται, καὶ ὅτι τὰ μὲν μέρη τούτου B', τὰ εὐρισκόμενα πλησίον τῆς σφαίρας, ἡλεκτρίζονται ἀρνητικῶς, τὰ δὲ μέρη B, τὰ εὐρισκόμενα μακρὰν αὐτῆς, ἡλεκτρίζονται θετικῶς. Πλὴν τούτου, ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχει χώρα τις κατὰ τὸ N, ἐπὶ τῆς ὁποίας δὲν ὑπάρχει ἵχνος ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Ἡ χώρα αὕτη καλεῖται *οὐδετέρα ζώνη*. Ἡ ἡλεκτρικὴ πυκνότης εἰς τὰ ἡλεκτρισμένα μέρη τοῦ κυλίνδρου δὲν εἶνε ὁμοιομερής, ἀλλὰ βαίνει ἀνέξανομένη συνεχῶς ἀπὸ τῆς οὐδετέρας ζώνης, μέχρι τῶν ἄκρων B καὶ B', ἔνθα γίνεται μεγίστη καὶ μάλιστα κατὰ τὸ ἄκρον τὸ πλησιέστερον πρὸς τὴν σφαῖραν.

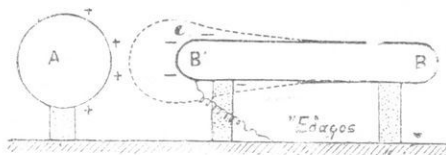
Ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἡλεκτρίσεως καλεῖται *ἡλεκτρισίς ἐξ ἐπιδράσεως* καὶ ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Ὁ θετικὸς ἡλεκτρισμὸς τῆς σφαίρας ἀνέλυσεν ἐξ ἀποστάσεως τὸ οὐδέτερον ἡλεκτρικὸν ρευστὸν τοῦ κυλίνδρου εἰς θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, καὶ τὸν μὲν θετικόν, ὡς ὁμώνυμον, ἀπώθησεν εἰς τὸ ἀπώτερον ἄκρον τοῦ κυλίνδρου, τὸν δὲ ἀρνητικόν, ὡς ἐτερόνυμον, εἴλκυσεν εἰς τὸ πλησιέστερον ἄκρον.

Ἐὰν ἡ σφαῖρα ἀπομακρυνθῇ ἀπὸ τὸν κύλινδρον, οὗτος ἐπανέρχεται εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν, διότι οἱ δύο ἡλεκτρισμοὶ ἐνώνονται καὶ ἀποτελοῦσιν οὐδέτερον ἡλεκτρικὸν ρευστόν.

Συμπέρασμα. Οἱ δύο ἡλεκτρισμοὶ τοῦ κυλίνδρου εἶναι ἰσοδύναμοι πρὸς ἀλλήλους.

182. Ἡλεκτρισίς εὐηλεκτραγωγῶ σώματος ἐξ ἐπιδράσεως.—Πείραμα. Θέτομεν τὸν κύλινδρον BB' (σχ. 139) εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς γῆς, ἐγγίζοντες αὐτὸν π.χ. διὰ τοῦ

δακτύλου μας. Οιονδήποτε και ἂν εἶναι τὸ σημεῖον τὸ ὁποῖον ἐγγίζομεν, ἔστω καὶ αὐτῆς τῆς ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένης χώρας,



Σχ. 139. Ἠλέκτρισις ἐξ ἐπιδράσεως.

ὁ μὲν θετικὸς ἠλεκτρισμός, ὡς ἀπωθούμενος, διοχετεύεται καθ' ὅλοκληρίαν εἰς τὴν γῆν, ὁ δὲ ἀρνητικὸς παραμένει ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου καὶ συσσωρεύεται πρὸς τὸ ἄκρον B'. Τοιουτοτρόπως ὁ ὁ κύλινδρος μένει ἠλεκτρισμένος ἀρνητικῶς.

Ἐὰν ἤδη διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν τοῦ κυλίνδρου μετὰ τῆς γῆς καὶ ἔπειτα ἀπομακρύνωμεν τὴν σφαῖραν, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς ἐξαπλοῦται εἰς ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κυλίνδρου.

Συμπέρασμα. Σῶμά τι εὐηλεκτραγωγὸν ἠλεκτριζέται, ἐὰν συγκοινωνήσῃ μετὰ τῆς γῆς καὶ ἔλθῃ πλησίον ἠλεκτρισμένου σώματος, διακοπῇ δὲ ἔπειτα ἡ συγκοινωνία του μετὰ τῆς γῆς καὶ ἀπομακρυνθῇ ἀπὸ τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα.

183. Ἠλέκτρισις δυσηλεκτραγωγοῦ σώματος ἐξ ἐπιδράσεως.—Ἐὰν πλησίον ἠλεκτρισμένου σώματος τεθῇ σῶμα δυσηλεκτραγωγόν, τοῦτο θὰ ἠλεκτρισθῇ, 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.

184. Ἀλληλεπίδρασις ἠλεκτρισμένων σωμάτων.—Ἐὰν σῶμα A (σχ. 140, 1) ἠλεκτρισμένον π. χ. θετικῶς, τεθῇ



Σχ. 140. Ἀλληλεπίδρασις ἠλεκτρισμένων σωμάτων.

πλησίον ἐτέρου σώματος B, ἠλεκτρισμένου ὡσαύτως θετικῶς, ἡ

ἡλεκτρικὴ 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 ἡλεκτρικὴ πυκνότης τοῦ B κατὰ τὸ Γ' , δύναται νὰ γίνῃ μηδὲν. Ὅμοιās μεταβολὰς παραρῶμεν καὶ ἐπὶ τῆς ἡλεκτρικῆς πυκνότητος τοῦ A .

Τοῦναντίον, ἐὰν τὸ B εἶναι ἡλεκτρισμένον ἀρνητικῶς (σχ. 140, 2), ἡ ἡλεκτρικὴ πυκνότης αὐτῶν αὐξάνεται μὲν εἰς τὴν χώραν Γ' καὶ Γ , ἐλαττοῦται δὲ εἰς τὴν Δ' καὶ Δ .

185. Ἡλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων.

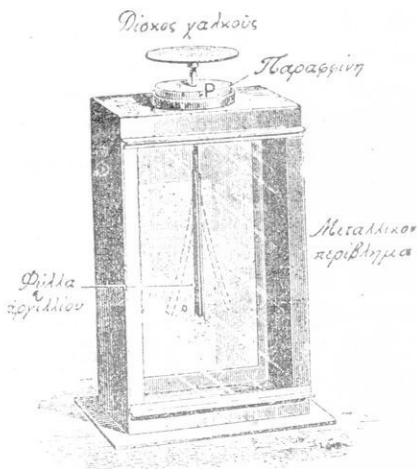
Τοῦτο εἶναι ὄργανον διὰ τοῦ Σχ. 141. Ἡλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων. ὁποίου ἀνευρίσκομεν ἐὰν

σῶμά τι εἶναι ἡλεκτρισμένον καὶ ποῖον εἶδος ἡλεκτρισμοῦ φέρει.

Α) *Περιγραφή*. Ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλίνου στελέχους (σχ. 141) τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου σώματος δυσηλεκτραγωγοῦ, προσαρμοζομένου εἰς τὸ ἄνω μέρος μεταλλίνης θήκης.

Καὶ τὸ μὲν ἐξωτερικὸν ἄκρον αὐτοῦ ἀπολήγει εἰς μικρὸν δίσκον μετάλλινον, ἢ μικρὰν μεταλλίνην σφαῖραν, τὸ δὲ ἐσωτερικὸν φέρει ἐξηρηγμένα 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, ἡ 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 ἡλεκτρισμένον, τὰ φύλλα τοῦ ἡλεκτροσκοπίου παραμένουσι κατακόρυφα, ἐὰν δὲ εἶνε ἡλεκτρισμένον, τὰ φύλλα ἀποκλίνουν, καθ' ὅσον ὁ ἡλεκτρισμὸς τοῦ σώματος διαχέεται καὶ ἐπὶ τῶν φύλλων. Δυνάμεθα τὸ σῶμα νὰ φέρωμεν καὶ ἀπλῶς πλησίον εἰς τὸν δίσκον. Τότε τὸ στέλεχος ἡλεκτρίζεται ἐξ ἐπιδράσεως μὲ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, καὶ τὰ δύο φύλλα αὐτοῦ ἀποκλίνουν καὶ πάλιν, ὥς ὁμωνύμως ἡλεκτριζόμενα πρὸς ἄλληλα. Ἐὰν λοιπὸν τὰ φύλλα τοῦ ἡλεκ-



τροσκοπίου αποκλίνωσι, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον.

Διὰ τὰ προσδιορίσωμεν δὲ καὶ τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ σώματος, ἠλεκτρίζομεν κατὰ πρῶτον τὸ ὄργανον μὲ ἄνωστον 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 τοιοῦτοτρόπως τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς. Ἐὰν τώρα πλησιάσωμεν τὸ σῶμα εἰς τὸν δίσκον τοῦ ὄργανου καὶ παρατηρήσωμεν ὅτι τὰ φύλλα ἀποκλίνουσιν ἔτι μᾶλλον, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον ὁμωνύμως, δηλ. ἀρνητικῶς, ἐὰν δὲ τὰ φύλλα καταπίπτωσι, λέγομεν, ὅτι τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον ἑτερονύμως, δηλ. θετικῶς.

186. Ἐλξίς τῶν ἐλαφρῶν σωμάτων. Ὅταν σῶμα ἠλεκτρισμένον φέρομεν πλησίον ἐλαφρῶν σωμάτων, π. χ. τριχῶν, πτῖλων, τεμαχίων χάρτου κλπ., ταῦτα ἠλεκτρίζονται ἑτερονύμως πρὸς τὸ σῶμα, ἔπειδὴ συγκοινωνοῦσι μὲ τὴν γῆν, καὶ ἐπομένως ἔλκονται.

187. Ἐλξίς καὶ ὤσις 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 ἀπώτερτα. 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 ἀπώθειται.

188. Ἡλεκτρικὰ διαφράγματα. Πείραμα. Ἐντὸς εὐηλεκτραγωγῷ καὶ μεμονωμένου κυλίνδρου ἢ κλωβοῦ τοποθετοῦμεν ἠλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων καὶ πλησιάζομεν εἰς αὐτὸν σῶμα τι ἠλεκτρισμένον ἰσχυρῶς. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου οὐδόλως ἀποκλίνουσιν, 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 ἐξωτερικὴν ἠλεκτρικὴν ἐπίδρασιν πᾶν σῶμα εὐρισκόμενον ἐντὸς αὐτῆς.

Λέγομεν λοιπόν, ὅτι ἡ κλειστὴ εὐηλεκτραγωγὸς ἐπιφάνεια ἀποτελεῖ **ἡλεκτρικὸν διάφραγμα**.

Παρατήρησις. Δὲν εἶνε ἀνάγκη νὰ περιβάλωμεν τελείως τὸ ἡλεκτροσκόπιον διὰ τῆς εὐηλεκτραγωγῆς ἐπιφανείας. Πράγματι, ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὸν δίσκον τοῦ ἡλεκτροσκοπίου ράβδον ὑαλίνην ἡλεκτρισμένην, τὰ φύλλα ἀμέσως ἀποκλίνουν. Ἐὰν ὅμως παρεμβάλωμεν μεταξὺ τῆς ράβδου καὶ τοῦ δίσκου μεταλλικὸν πλέγμα, ὅπερ κρατοῦμεν εἰς τὴν χεῖρά μας, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα ἀμέσως καταπίπτουσι.

189. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρικῶν διαφραγμάτων.—

1ον) Διὰ νὰ παρακωλύσωμεν τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν δύο ἡλεκτρισμένων σωμάτων, παραθέτομεν μεταξὺ αὐτῶν μεταλλικὴν πλάκα, ἢ μεταλλικὸν πλέγμα τὸ ὁποῖον νὰ συγκοινωνῇ μὲ τὴν γῆν. 2ον) Διὰ νὰ προφυλάξωμεν ἡλεκτρικόν τι ὄργανον εὐπαθὲς ἀπὸ τὰς ἐξωτερικὰς ἡλεκτρικὰς ἐπιδράσεις, τὸ ἐγκλείομεν ἐντὸς μεταλλίνης θήκης.

190. Ἐνέργεια τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων.—

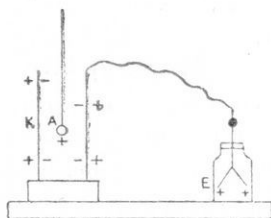
Πείραμα. Ἐπὶ τοῦ δίσκου τοῦ ἡλεκτροσκοπίου θέτομεν πλάκα ἐξ ὑάλου, ἢ ἐκ παραφίνης, καὶ ἐπὶ ταύτης σῶμα ἡλεκτρισμένον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα ἀποκλίνουν, ἐπομένως τὸ ἡλεκτρισμένον σῶμα ἐξασκεῖ ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ ὄργάνου. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηροῦμεν καὶ ἐὰν ὁλόκληρον τὸ ἡλεκτροσκόπιον καλυφθῇ δι' ὑαλίνου κώδωνος.

Συμπέρασμα. Τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα δὲν ἀποτελοῦσιν ἡλεκτρικὰ διαφράγματα. Ἐνεκα τούτου τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα ὠνομάσθησαν καὶ **διηλεκτρικά**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΝ

191. Κύλινδρος τοῦ Faraday. Α) *Περιγραφή.* Θεωρήσω-
μεν μετάλλινον κύλινδρον Κ (σχ. 142) κοῖλον, ὅστις εἶναι μεμο-



Σχ. 142.

Κύλινδρος τοῦ Faraday.

νωμένος ἐπὶ πλακὸς ἐκ παραφφίνης καὶ συγκοινωνεῖ διὰ μακροῦ σύρματος μετὰ τοῦ στελέχους ἡλεκτροσκοπίου μετὰ φύλλων Ε, οὗτινος ἡ μεταλλίνη θήκη συγκοινωνεῖ μετὰ τῆς γῆς. Ὅπισθεν τῶν φύλλων τοῦ ἡλεκτροσκοπίου ὑπάρχει κλῖμαξ μὲ διαιρέσεις, διὰ τὰς νὰ προσδιορίζωμεν τὸ μέγεθος τῆς γωνίας, καθ' ἣν ἀποκλίνουνσι τὰ φύλλα. Τὸ σύνολον

τῆς διατάξεως ταύτης ἀποτελεῖ τὸν **κύλινδρον τοῦ Faraday** ⁽¹⁾.

Β) *Δεικνύοντα.* Ἐὰν σῶμά τι Α εὐηλεκτραγωγόν, μεμονωμένον καὶ ἡλεκτρισμένον, εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου καὶ τὸ φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν ἐσωτερικῶν τοιχωμάτων αὐτοῦ, ὅλος ὁ ἡλεκτρισμὸς τοῦ σώματος θέλει μεταβῇ εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κυλίνδρου καὶ εἰς τὸ ἡλεκτροσκόπιον τοῦ ὁποίου τὰ φύλλα θὰ ἀποκλίνουνσι.

192. Πρόσθεσις τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων.— Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday εἰσάγωμεν μικρὰν σφαῖραν Α ἡλεκτρισμένην π.χ. θετικῶς, καὶ τὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ κυλίνδρου, ὅποτε τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τῆς, μεταδίδεται εἰς τὸν κύλινδρον καὶ εἰς τὸ ἡλεκτροσκόπιον, τοῦ ὁποίου τὰ φύλλα ἀποκλίνουνσι. Ἡλεκτρίζομεν ἔκ νέου τὴν σφαῖραν Α καὶ ἐπαναλαμβάνομεν τὸ αὐτὸ πείραμα. Τὸ νέον ἡλεκτρικὸν φορτίον τῆς σφαίρας μεταδίδεται καὶ πάλιν εἰς τὸν κύλιν-

(1) Faraday (1791—1867). Ἀγγλος φυσικὸς καὶ χημικὸς. Ἐκαμε πολλὰς ἐργασίας ἐπὶ τοῦ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ καὶ ἀνεκάλυψε τὰ φαινόμενα τῆς ἐπαγωγῆς, ἔδωκε δὲ τὸ ὄνομα Farad εἰς τὴν μονάδα τῆς ἡλεκτροχωρητικότητος.

δρον καὶ εἰς τὸ ἠλεκτροσκόπιον τοῦ ὁποίου τὰ φύλλα ἀποκλίνουσι περισσότερον, ἐπομένως τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον αὐτοῦ ἡ-
ξήθη. Τοιουτοτρόπως εἶναι δυνατόν, μεταχειριζόμενοι ἑκάστοτε
ἴσα ἠλεκτρικὰ φορτία, νὰ συσσωρεύσωμεν εἰς τὸ ἠλεκτροσκόπιον
ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ 2, 3, 4, κλπ. φορὰς μεγαλυτέραν.

193. Μέτρησις τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Διὰ νὰ προσδι-
ορίσωμεν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον σώματός τινος, ἀνάγκη προη-
γουμένως νὰ βαθμολογήσωμεν τὸ ἠλεκτροσκόπιον.

A) Βαθμολόγησις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Τὴν μεταλλίνην
σφαῖραν A (σχ. 142) ἠλεκτρίζομεν, π.χ. θετικῶς καὶ θεωροῦμεν
τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον αὐτῆς ὡς μονάδα. Ταύτην φέρομεν εἰς
ἐπαφὴν μὲ τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ κυλίνδρου ὅποτε τὰ
φύλλα ἀποκλίνουν, σχηματίζοντα γωνίαν τινά, τὴν ὁποίαν ση-
μειοῦμεν ἐπὶ τόξου κύκλου εὐρισκομένου ἐνώπιον τῶν φύλλων,
γράφοντες ἐκεῖ τὸν ἀριθμὸν 1. Ἐξάγομεν ἔπειτα τὴν σφαῖραν
καί, ἀφοῦ τὴν ἠλεκτρίσωμεν ἐκ νέου κατὰ τὸν αὐτὸν ὡς καὶ πρό-
τερον τρόπον, καὶ διὰ τοῦ αὐτοῦ εἵδους ἠλεκτρισμοῦ, τὴν εἰσά-
γομεν πάλιν εἰς τὸν κύλινδρον. Τὰ φύλλα ἀποκλίνουν, περισσό-
τερον, σχηματίζοντα μεγαλυτέραν γωνίαν, τὴν ὁποίαν σημειοῦ-
μεν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ τόξου διὰ τοῦ 2. Καθ' ὅμοιον τρόπον ση-
μειοῦμεν καὶ τὰς γωνίας 3, 4, Τοιουτοτρόπως θὰ ἔχω-
μεν μίαν κλίμακα γωνιῶν 1, 2, 3, αἵτινες ἀντιστοι-
χοῦσιν εἰς φορτία θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἴσα μὲ 1, 2, 3, . . .
μονάδας. Τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κατακόρυ-
φον θέσιν τῶν φύλλων τοῦ ὄργάνου (*).

Ἡ αὕτη βαθμολογία ἰσχύει καὶ διὰ τὰ φορτία τοῦ ἀρνητικοῦ
ἠλεκτρισμοῦ. Πράγματι ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων εἶναι ἡ αὕτη,
ὅταν, ἀντὶ ἠλεκτρικοῦ τινος φορτίου + φ, ληφθῇ τὸ ἴσον καὶ
ἀντίθετον — φ.

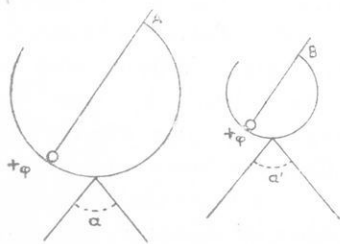
B) Χρῆσις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Φέρομεν κατὰ πρῶτον τὸ
ἠλεκτροσκόπιον εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν, καὶ πρὸς τοῦτο
ἐγγίζομεν τὸ στέλεχος αὐτοῦ διὰ τοῦ δακτύλου μας. Κατόπιν εἰσά-
γομεν εἰς τὸν κύλινδρον τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα μέχρις ὅτου

(*) Εἶναι προτιμότερον τὸ ἐν φύλλον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου νὰ ἀντι-
κατασταθῇ ὑπὸ στελέχους ἀκινήτου, ὅποτε τοῦτο θὰ παραμένῃ πάντοτε
εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος, ἐνῶ τὸ ἄκρον τοῦ κινητοῦ φύλλου θὰ μετα-
κινῆται ἐνώπιον τῆς κλίμακος.

ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰ τοιχώματα αὐτοῦ. Τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουν τότε ὑπὸ γωνίαν, ἐκ τῆς ὁποίας προσδι-
ορίζομεν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον φ τοῦ σώματος.

Διὰ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday τῇ βοήθειᾳ καὶ τοῦ δοκιμα-
στικοῦ ἐπιπέδου δυνάμεθα νὰ εὗρωμεν καὶ τὴν ἠλεκτρικὴν πυ-
κνότητα π εἰς τι σημεῖον ἠλεκτρισμένου σώματος, ἐφαρμόζοντες
τὸν τύπον $\pi = \frac{\varphi}{\varepsilon}$.

194. Ἐλεκτροδυναμικόν. Καλοῦμεν *ἠλεκτροδυναμικόν* ἢ



Σχ. 143. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς
διαφορᾶς τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ.

ἀπλῶς *δυναμικόν* ἄγωγου τι-
νος κατὰ τινα στιγμὴν, τὴν
ἠλεκτρικὴν κατάστασιν αὐτοῦ
κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην. Τὸ
ἠλεκτροδυναμικόν δύο ἄγω-
γῶν εἶναι ἀνεξάρτητον τοῦ
ἠλεκτρικοῦ φορτίου, καθὼς
ἀποδεικνύει τὸ ἑξῆς πείραμα.

Λαμβάνομεν δύο μεταλλίνας
σφαῖρας A καὶ B (σχ. 143) με-

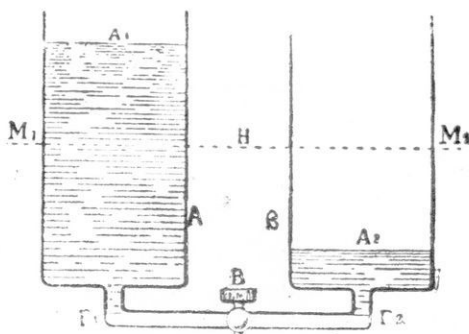
μονωμένας, αἵτινες ἔχουσι διαφορὰς ἀκτίνας καὶ συγκοινωνοῦσι
μὲ δύο ἐντελῶς ὅμοια ἠλεκτροσκόπια. Ἐὰν μεταδώσωμεν εἰς ἁμ-
φοτέρας τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, $+\varphi$ π.χ. Coulombs, θέλο-
ρεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα τῶν ἠλεκτροσκοπίων δὲν δει-
κνύουσι τὴν αὐτὴν ἀπόκλισιν.

Συμπέρασμα. Αἱ δύο σφαῖραι, καίτοι φέρουσι τὸ αὐτὸ ἠλε-
κτρικὸν φορτίον, ἐν τούτοις ἔχουσιν ἠλεκτροδυναμικὸν διά-
φορον.

**195. Ἀναλογία τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ πρὸς τὴν
στάθμην τῶν ὑγρῶν καὶ πρὸς τὴν θερμοκρασίαν.** Ἐστω-
σαν δύο δοχεῖα A καὶ B (σχ. 144) περιέχοντα ὕδωρ καὶ συγκοι-
νωνοῦντα μεταξύ των διὰ σωλῆνος μικρᾶς διαμέτρου. Ἐὰν τὸ
ὕδωρ εὗρίσκηται ὑψηλότερον ἐν τῷ δοχείῳ A, θέλει παραχθῇ ἐν
τῷ σωλῆνι ρεῦμα ὕδατος βαῖνον ἐκ τοῦ δοχείου A πρὸς τὸ δοχεῖον
B, μέχρις ὅτου τὸ ὕδωρ ἔλθῃ εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος καὶ εἰς τὰ δύο
δοχεῖα, ὁπότε θὰ καταπαύσῃ.

Πρὸς τὴν στάθμην τοῦ ὑγροῦ δυνάμεθα νὰ παραβάλωμεν

καὶ τὸ ἠλεκτροδυναμικόν. Ἐστώσαν Α καὶ Β (σχ. 145) δύο σώματα μεμονωμένα καὶ ἠλεκτρισμένα, ἅτινα συγκοινωνοῦσι διὰ



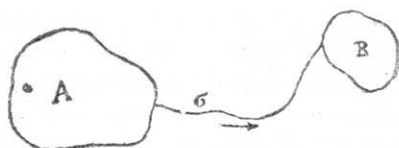
Σχ. 144. Ὁμοιότης τῆς διαφορᾶς τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης.

σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ. Ἐὰν ἐν τῷ σύρματι παραχθῇ μετάθεσις ἠλεκτρισμοῦ, θέλομεν εἶπει ὅτι οἱ δύο ἄγωγοι δὲν ἔχουσι τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικόν. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ μεγαλύτερον ἠλεκτροδυναμικὸν θὰ ἔχη ὁ ἄγωγός, ἐκ τοῦ ὁποίου μετατίθεται ὁ ἠλεκτρισμός.

Τοῦναντίον, ἐὰν ἐν τῷ σύρματι δὲν παραχθῇ μετάθεσις ἠλεκτρισμοῦ, οἱ δύο ἄγωγοι δὲν ἔχουσι τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικόν.

Ἡ διαφορὰ λοιπὸν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης. Ἐνεκα τῆς ἀναλογίας ταύτης τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν καλεῖται καὶ **ἠλεκτρικὴ στάθμη**. Λέγεται δὲ καὶ **τάσις** ἢ **πίεσις**, διότι ὁ ἠλεκτρισμένος ἄγωγός πιέζεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου του ὅπως τὸ δοχεῖον πιέζεται ὑπὸ τοῦ ἐμπεριεχομένου ὑγροῦ.

Ἀνάλογον φαινόμενον παρουσιάζει καὶ ἡ θερμότης. Ὄταν συνδέωνται μεταξύ των διὰ σύρματος δύο σώματα ἔχοντα διαφορὴν θερμοκρασίαν, θερμότης μεταβαίνει ἐκ τοῦ σώματος τοῦ



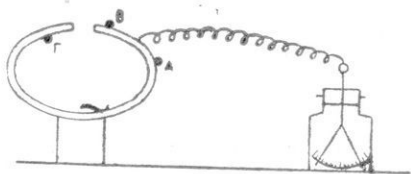
Σχ. 145. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ προκαλεῖ μετάθεσιν ἠλεκτρισμοῦ.

ἔχοντος τὴν μεγαλυτέραν θερμοκρασίαν πρὸς τὸ σῶμα τὸ ἔχον τὴν μικροτέραν.

196. Μονὰς ἡλεκτροδυναμικοῦ. — Ὡς πρακτικὴ μονὰς πρὸς μέτρησιν τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ ἐλήφθη ἡ καλουμένη volt (πρὸς τιμὴν τοῦ Volta). Τίνι τρόπῳ καθωρίσθη ἡ μονὰς αὕτη θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

197. Μέτρησις τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ. — Πρὸς μέτρησιν τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ μεταχειρίζομεθα εἰδικὰ ὄργανα, ἅτινα καλοῦνται *ἡλεκτρόμετρα*. Εἰς ἡλεκτρόμετρον μετατρέπεται τὸ ἡλεκτροσκοπίον μετὰ φύλλων, ὅταν ὀπισθεν τῶν φύλλων του τοποθετήσωμεν πλάκα καὶ ἐπ' αὐτῆς χαράξωμεν κλίμακα, τῆς ὁποίας αἱ διαιρέσεις νὰ παριστῶσι μονάδας volt. Ἐὰν ἀγωγὸς ἡλεκτρισμένος συγκοινωνήσῃ μετὰ τοῦ ἡλεκτροσκοπίου τούτου, ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων θέλει δείξῃ τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν τῆς γῆς λαμβάνεται κατὰ συνθήκην *ἴσον τῷ μηδενί*, διότι πᾶν σῶμα ἡλεκτρισμένον, τιθέμενον εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς γῆς ἀποβάλλει τὸ ἡλεκτρικὸν αὐτοῦ φορτίον καὶ ἐπανέρχεται εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν.

198. Σταθερότης τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ. — *Πείραμα.* Λαμβάνομεν ἀγωγὸν οἰουδήποτε σχήματος, π. χ. ὠρειδοῦς (σχ. 146), μεμονωμένον καὶ ἡλεκτρισμένον, τοῦ ὁποίου ἐν σημεῖον φέρομεν εἰς συγκοινωνίαν διὰ σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ, μετὰ τινος ἡλεκτροσκοπίου μετὰ φύλλων. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων εἶναι ἡ αὐτή, ὅπουδήποτε τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἂν λαμβάνεται τὸ σημεῖον, εἴτε εἰς τὴν



Σχ. 146. Σταθερότης τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ.

χώραν Α, ἔνθα ἡ ἡλεκτρικὴ πυκνότης εἶναι μεγίστη, εἴτε εἰς τὴν χώραν Β ἔνθα ἡ πυκνότης εἶναι ἐλαχίστη, εἴτε εἰς τὴν χώραν Γ ἔνθα ἡ πυκνότης εἶναι μηδέν.

Συμπέρασμα. Ὁ ἀγωγὸς παρουσιάζει εἰς ὅλα τὰ σημεία του

τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικόν, καὶ ἐπομένως τὸ ἠλεκτροδυναμικόν του εἶναι σταθερόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'.

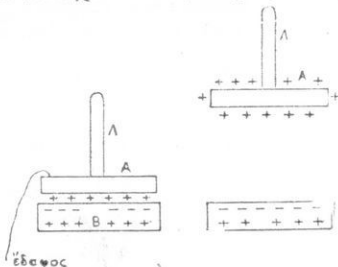
ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

199. 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.

200. Ἡλεκτροφόρον τοῦ Volta⁽¹⁾.— Ἡ ἀπλουσιότης τῶν ἠλεκτροστατικῶν μηχανῶν εἶναι ἡ καλουμένη *ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta*.

A) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται 1ον) ἐξ ἑνὸς πλακοῦντος B (σχ. 147) ἐκ οἰτήνης, καὶ 2ον) ἐξ ἑνὸς δίσκου ξυλίνου A, ὅστις εἶναι κεκαλυμμένος πανταχόθεν διὰ φύλλου κασσιτέρου, ἵνα ἡ ἐπιφάνειά του καταστῇ εὐηλεκτραγωγός, καὶ φέρει ὑαλίνην λαβὴν Λ.

B) **Διευτερολογία.** Προστριβόμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ πλακοῦντος διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος ἢ διὰ δέσματος γαλῆς. Αὕτη ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς καὶ διατηρεῖ τὸν ἠλεκτρισμὸν τῆς 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

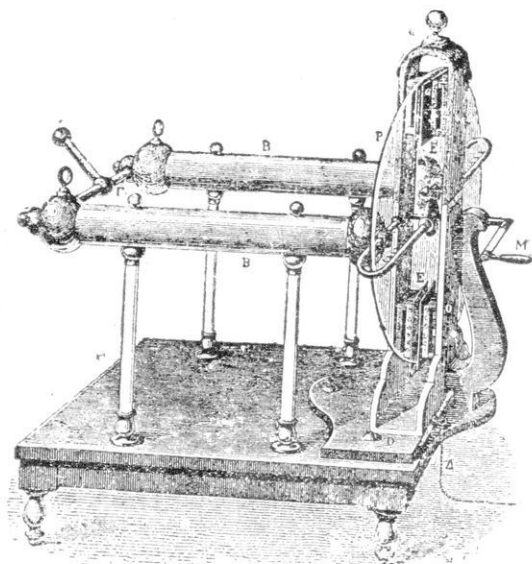


Σχ. 147. Ἡλεκτροφόρον τοῦ Volta.

(1) Volta (1745—1827). Ἰταλὸς σοφὸς ἀσχοληθεὶς ἰδίως εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα καὶ ἐπινοήσας τὸ ἠλεκτροφόρον, τὸ ἠλεκτροσκόπιον καὶ τὴν ἠλεκτρικὴν στήλην. Ἔδωκε τὸ ὄνομα volt εἰς τὴν μονάδα τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ καὶ τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.

καὶ κατόπιν ἀννυφώσωμεν τὸν δίσκον διὰ τῆς λαβῆς, οὗτος μένει ἠλεκτρισμένος θετικῶς.

201. Ἡλεκτροστατική μηχανὴ τοῦ Ramsden. — Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται 1ον) ἐκ τοῦ προστριβομένου σώματος, ὅπερ εἶναι δίσκος ὑάλινος P (σχ. 148), δυνάμενος νὰ περιστρέφεται 2ον) ἐκ τοῦ προστριβόντος σώματος, ὅπερ ἀποτελεῖται ἐκ



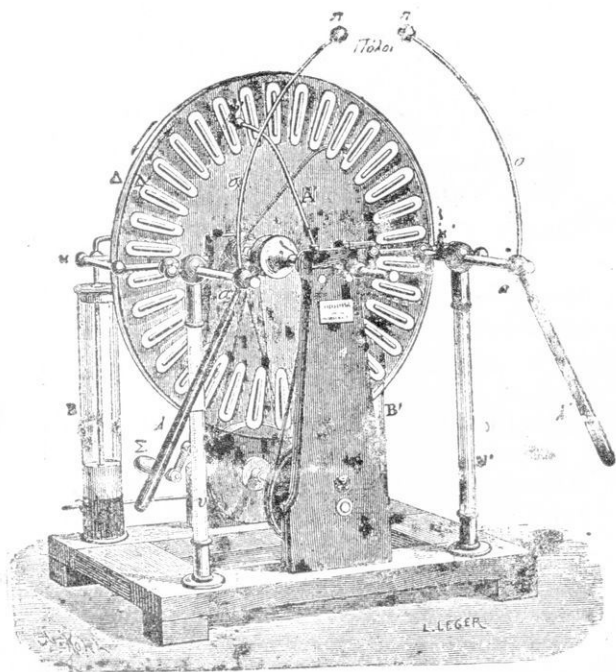
Σχ. 148. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Ramsden.

τεσσάρων δερματίνων προσκεφαλαίων E ἐμπεριεχόντων τριῖας. Τὰ προσκεφάλαια συγκοινωνοῦσι μετὰ τῆς γῆς δι' ἀλύσεως Δ καὶ εὗρίσκονται 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 ἐπισωρεύεται ὁ ἠλεκτρισμός. Τὸν ἀγωγὸν τοῦτον ἀποτελοῦσι δύο κοῖλοι ὀρειχάλκινοι 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 σωλήνος. Ὁ δίσκος διέρχεται μεταξὺ τῶν σκελῶν τῶν ἐπικαμπῶν σωλῆνων

αίτινα φέρουνσι πρὸς τὸ μέρος τοῦ δίσκου σειρὰν μεταλλίνων ἀκίδων ἐν εἴδει κτενῶν.

Β) **Δειπουγία.** Περιστρέφωμεν τὸν δίσκον, ὁπότε οὗτος προστριβόμενος ἐπὶ τῶν προσκεφαλαίων ἠλεκτροῖζεται 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 αὐτοῦ. Τοιοῦτοτρόπως συσσωρεύεται θετικὸς ἠλεκτρισμὸς ἐπὶ τῶν κυλίνδρων, καθ' ὃν χρόνον ὁ δίσκος περιστρέφεται.

202. **Ἡλεκτροστατική μηχανὴ τοῦ Wimschurst.** Α) **Περιγραφὴ.** Ἀποτελεῖται 1ον) ἐκ τοῦ προστριβομένου σώματος. Τοῦτο εἶναι μικραὶ ταινίαι ἐκ κασιτέρου, προσκεκολλημέναι ἀκτινηδὸν ἐπὶ δύο κυκλικῶν δίσκων Δ καὶ Δ' (σχ. 149) ἐξ ὑάλου ἢ



Σχ. 149. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimschurst.

ἐξ ἐβονίτου, οἷτινες περιστρέφονται κατ' ἀντιθέτου διευθύνσεις.

2ον) Ἐκ τοῦ προστρίβοντος σώματος. Τοῦτο εἶνε ψήκτραι μετὰλλιναι εὐρισκόμεναι εἰς τὰ ἄκρα δύο διαμετρικῶν μεταλλίνων ἀγωγῶν Α', οἷτινες τοποθετοῦνται καθέτως πρὸς ἀλλήλους καὶ ὑπὸ γωνίαν 45° ὡς πρὸς τὸν ὀρίζοντα καὶ

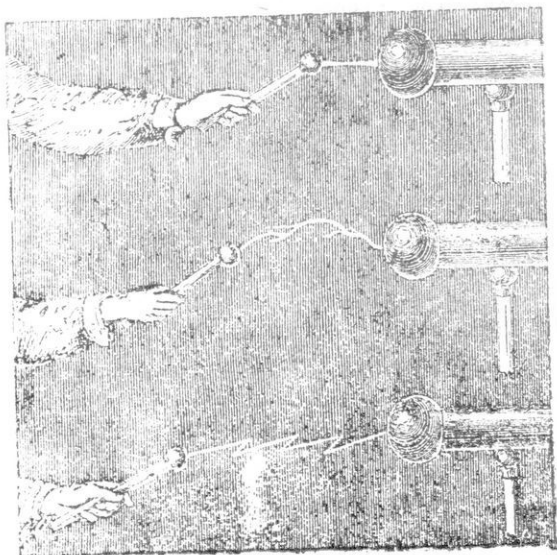
3ον) Ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπισσωρεύεται ὁ ἠλεκτρισμός. Οὗτος εἶναι δύο μετὰλλινα τόξα σ καὶ σ' ἀπολήγοντα εἰς μικρὰς σφαίρας π καὶ π' αἷτινες καλοῦνται πόλοι τῆς μηχανῆς καὶ δύνανται νὰ πλησιάζουν καὶ νὰ ἀπομακρύνωνται ἀπ' ἀλλήλων. Δύο συμπυκνωταὶ Β καὶ Β' εὐρισκόμενοι εἰς τὴν βάσιν τῆς μηχανῆς συγκοινωνοῦσι μὲ τοὺς πόλους αὐτῆς. Τὰ τόξα συγκοινωνοῦσι μὲ δύο μεταλλίνους ἐπικαμπεῖς σωλῆνας κ καὶ κ', οἷτινες φέρουσι σειρὰν μεταλλίνων ἀκίδων ἐν εἵδει κτενῶν. Μεταξὺ τῶν κτενῶν τούτων διέρχονται οἱ δύο δίσκοι.

Β) **Δειτουργία.** Περιστρέφομεν τοὺς δίσκους ὁπότε αἱ ταινίαι τοῦ κασιτέρου, ἠλεκτριζόμεναι διὰ τριβῆς καὶ δι' ἐπιδράσεως, ἔρχονται εἰς μὲν τὸν ἕνα κτένα (τὸν αὐτὸν καὶ διὰ τοὺς δύο δίσκους) μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμόν, εἰς δὲ τὸν ἄλλον μὲ ἀρνητικόν. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ κτενός, καὶ τοιοῦτοτρόπως ἐκ μὲν τῶν ἀκίδων τοῦ ἐκρέει ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός, ὅστις ἐξουδετερώνει τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμόν τῶν ταινιῶν, ἐπὶ δὲ τοῦ πόλου, τοῦ συγκοινωνοῦντος μετὰ τοῦ κτενός συσσωρεύεται θετικὸς ἠλεκτρισμός. Ὁμοίως ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἑτέρου κτενός, καὶ ἐκ μὲν τῶν ἀκίδων τοῦ ἐκρέει θετικὸς ἠλεκτρισμός, ὅστις ἐξουδετερώνει τὸν ἀρνητικὸν τῶν ταινιῶν, ἐπὶ δὲ τοῦ πόλου τοῦ συγκοινωνοῦντος μετὰ τοῦ κτενός τούτου συσσωρεύεται ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

1) **Ἡλεκτρικὸς σπινθῆρ.** Ἐὰν τοὺς δύο πόλους τῆς μηχανῆς Wimschurst θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν μὲ τοὺς συμπυκνωτάς καὶ περιστρέψωμεν τοὺς δίσκους, βλέπομεν ὅτι μετὰξὺ τῶν πόλων, ὅταν οὔτοι εὐρίσκωνται πλησίον ἀλλήλων, παράγεται φωτεινὸν φαινόμενον τὸ ὁποῖον συνοδεύεται καὶ ὑπὸ ξηροῦ ψόφου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ** καὶ προέρχεται ἐκ τῆς συνενώσεως τῶν ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν. Ἡλεκτρικὸς σπινθῆρ ἐκρήγνυται καὶ ὅταν πλησιάζωμεν τὴν χεῖρά μας, π.χ.

εἰς τὸν ἕνα πόλον τῆς μηχανῆς. Ἐν γένει ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ ἐκρήγνυται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν, ὅταν οὗτοι εὗρισκῶνται ὑπὸ διάφορον ἡλεκτροδυναμικόν. Τὸ μῆκος τοῦ ἡλεκτρικοῦ σπινθῆρος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ τῶν ἀγωγῶν, τὸ δὲ σχῆμα ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν (σχ. 150).



Σχ. 150. Σχήματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ σπινθῆρος.

Ὁ ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ δύναται 1) νὰ ἀναφλέξῃ εὐφλεκτὰ σώματα, π. χ. αἰθέρα, οἶνόπνευμα, πυρίτιδα, 2) νὰ παραγάγῃ χημικὰ φαινόμενα, π.χ. τὴν σύνθεσιν τοῦ ὕδρογόνου καὶ τοῦ ὀξυγόνου καὶ τὴν ἀποσύνθεσιν τῆς ἀεριοῦδους ἀμμωνίας, 3) νὰ ἐπιφέρῃ ἐλαφρὸν τιναγμὸν εἰς τὸν ἰδάκτυλόν μας, συντιναγμὸν εἰς τὸ σῶμα, ἀναισθησίαν, παράλυσιν καὶ αὐτὸν τὸν θάνατον εἰς τὰ μικρὰ ζῶα, καὶ 4) νὰ σχίσῃ, νὰ θραύσῃ, νὰ διατρυπήσῃ σώματα δυσηλεκτραγωγὰ, π. χ. πλάκα ὑαλίνην, φύλλον χάρτου κλπ.

Συμπέρασμα. Ὁ ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ παρουσιάζει διάφορα ἀποτελέσματα, φωτεινά, θερμαντικά, χημικά, φυσιολογικά καὶ μηχανικά.

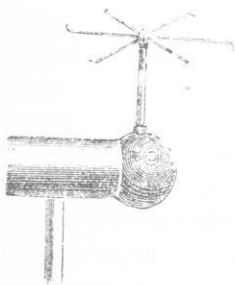
2) *Ἡλέκτρισις θυσάνου ἐκ ταινιῶν χάρτου.* Ἐπὶ τοῦ

ἑνὸς ἄκρου στελέχους μεταλλίνου καὶ ἀπομεμονωμένου προσδένομεν λεπτὰς ταινίας ἐκ χάρτου. Συγκοινωνοῦντες τὸ στέλεχος δι' ἄλύσεως μὲ τὸν ἑνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ θύσανος διανοίγεται. Ἐὰν ὁ θύσανος ἀντικατασταθῇ δι' ἀνθρώπου ἱσταμένου ἐπὶ θρανίου, ἔχοντος ὑαλίνους πόδας, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι αἱ τρίχες αὐτοῦ ἀνορθοῦνται.

3) **Ἡλεκτρικὸς χορός.** Ἐπὶ μεταλλίνου δίσκου θέτομεν σφαιρίδια ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας. Ἐὰν κρατήσωμεν τὸν δίσκον διὰ τῆς χειρὸς μας καὶ τὸν φέρομεν ὑπὸ τὸν ἑνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ σφαιρίδια ἀναπηδῶσιν ἐπανειλημμένως ἐκτελοῦντα εἶδος χοροῦ, ἔνεκα τῆς ἡλεκτρίσεως αὐτῶν ἐξ ἐπιδράσεως.

4) **Ἡλεκτρικὸν κωδώνισμα.** Μεταξὺ δύο κωδωνίων ἄνευ πλήκτρου, κρεμῶμεν διὰ νήματος ἐκ μετὰξης μετάλλινον σφαιρίδιον. Ἐὰν δι' ἄλύσεως θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν τὸ ἐν κωδωνιον μὲ τὴν γῆν, τὸ δὲ ἕτερον μὲ τὸν ἑνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι τὸ σφαιρίδιον κρούει ἐπανειλημμένως τὰ κωδώνια καὶ παρὰ γαίᾳ οὕτω κωδωνοκρουσίαν, ἔνεκα τῆς ἡλεκτρίσεως αὐτοῦ ἐξ ἐπιδράσεως.

5) **Ἡλεκτρικὸς στρόβιλος.** Ὁ στρόβιλος κατασκευάζεται ἐκ τριῶν ἢ καὶ περισσοτέρων συρμάτων, συνδεδεμένων ἐν εἴδει ἀστέρος (σχ. 151) καὶ τῶν ὁποίων τὰ ἐλεύθερα ἄκρα εἶναι κεκαμμένα κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν καὶ ἀπολήγουσιν εἰς ἀκίδας. Εἰς τὸ σημεῖον τῆς συνενώσεως ὑπάρχει μικρὰ κοιλότης, ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσάγεται ἡ ὀξεῖα ἀκμὴ κατακορύφου ἄξονος καὶ οὕτως ὁ στρόβιλος δύναται νὰ περιστραφῇ. Ἐὰν ὁ στρόβιλος συγκοινωνήσῃ μὲ τὸν ἑνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τίθεται εἰς ταχυτάτην περιστροφικὴν κίνησιν, κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς τῶν ἀκίδων. Ἡ περιστροφή ὀφείλεται εἰς τὴν ἄπωσιν τῶν ἀκίδων ὑπὸ τῶν πέριξ μορίων τοῦ ἀέρος ἅτινα ἡλεκτρίζονται ὁμώνυμως πρὸς τὰς ἀκίδας.



Σχ. 151. Ἡλεκτρικὸς στρόβιλος.

6) **Πίναξ σπινθηροβόλος.** Οὗτος κατασκευάζεται μὲ πλάκα ἐξ ὑάλου ἢ ἐξ ἑβονίτου, ἣτις φέρει ἐπὶ τῆς μιᾶς ὀψευς προσκεκολλημένην εἰς συνεχεῖς παραλλήλους γραμμὰς ταινίαν ἐκ

κασσιτέρον. Ἡ ταινία ἀποκόπτεται κατόπιν εἰς διάφορα σημεῖα, καὶ τούτου ἕνεκα δὲν εἶναι συνεχῆς, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἐκ μεγάλου ἀριθμοῦ τμημάτων. Ἐὰν δι' ἀλύσεως συγκοινωνήσῃ τὸ τελευταῖον τμήμα 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 ἠλεκτροῖζονται ἐξ 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 σφαῖρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

ΗΛΕΚΤΡΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ — ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΑΙ

203. Ἡλεκτροχωρητικότης. Ἐὰν χύσωμεν τὸ αὐτὸ ποσὸν ὕδατος εἰς πολλὰ κυλινδρικά δοχεῖα τὰ ὅποια ἔχουσι διάφορον ἐγκαρσίαν τομὴν, 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 Δ . 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 κλπ. 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 *ἡλεκτροχωρητικότητα* ἄγωγοῦ τινος ὁ λόγος τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου του πρὸς τὸ ἡλεκτροδυναμικόν.

$$\text{Ἦτοι ἡλεκτροχωρητικότης} = \frac{\text{ἡλεκτρικὸν φορτίον}}{\text{ἡλεκτροδυναμικόν}}.$$

Ἡ σχέσηις αὕτη παρίσταται συμβολικῶς ὡς ἑξῆς :

$$X = \frac{M}{\Delta} \quad (1)$$

ἐνθα X παριστᾷ τὴν ἡλεκτροχωρητικότητα τοῦ ἄγωγοῦ, M τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον εἰς coulombs καὶ Δ τὸ ἡλεκτροδυναμικόν αὐτοῦ εἰς volts.

204. Μονάδες ἡλεκτροχωρητικότητος. Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (1) ὑποθέσωμεν ὅτι εἶναι $M=1$ καὶ $\Delta=1$, θὰ ἔχωμεν $X=1$. Ἦτοι ὡς μονὰς ἡλεκτροχωρητικότητος λαμβάνεται ἡ ἡλεκτροχωρητικότης ἄγωγοῦ, ὅστις δεικνύει ἡλεκτροδυναμικὸν 1 volt, ὅταν λάβῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 1 coulomb. Ἡ μονὰς αὕτη ὠνομάσθη farad (πρὸς τιμὴν τοῦ Faraday). Ἄλλ' ἡ μονὰς farad εἶναι λίαν μεγάλη διὰ τὰς συνήθεις χρήσεις, διὰ τοῦτο ἀντ' αὐτῆς λαμβάνεται ἡ καλουμένη microfarad, ἥτις ἰσοῦται πρὸς τὸ ἑκατομμυριοστὸν τῆς farad.

$$\text{Ἦτοι } 1 \text{ farad} = 1000000 \text{ microfarads.}$$

205. Μεταβολὴ τῆς ἡλεκτροχωρητικότητος. Ἡ ἡλεκτροχωρητικότης ἑνὸς ἄγωγοῦ μεταβάλλεται ὅταν μεταβάλλωνται οἱ ἑξωτερικοὶ ὄροι ὑπὸ τοὺς ὁποίους εὐρίσκεται οὗτος. Οὕτως ἡ ἡλεκτροχωρητικότης τοῦ ἄγωγοῦ αὐξάνεται, ὅταν πλησιάζωμεν πρὸς αὐτὸν ἕτερον ἄγωγόν ἐν οὐδετέρᾳ καταστάσει εὐρισκόμενον καὶ συγκοινωνοῦντα μετὰ τῆς γῆς. Καὶ μάλιστα ἡ ἡλεκτροχωρητικότης αὐτοῦ αὐξάνεται τόσῳ περισσότερον, ὅσῳ πλησιέστερον πρὸς τὸν πρῶτον ἄγωγόν ἔλθῃ ὁ δεύτερος. Ἡ ἡλεκτροχωρητικότης θὰ αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον, ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ἄγωγῶν παρεντεθῇ σῶμα δυσηλεκτραγωγὸν π.χ. πλᾶς ἐξ ὑάλου, ἢ παραφφίνης, ἢ ἐβονίτου.

206. Συμπύκνωσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Ἐκ τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν:

$$M = X. \Delta \quad (2).$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (2) βλέπομεν ὅτι, ἐὰν ἡ ἡλεκτροχωρητικότης X τοῦ ἄγωγοῦ αὐξηθῇ καὶ γίνη π.χ. 3X, ἐπεὶ δὲ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον M ἔμεινεν ἀμετάβλητον, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν :

$$M = 3X \cdot \frac{\Delta}{3}$$

δηλαδή, τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ ὑποτριπλασιάζεται καὶ γίνεται $\frac{\Delta}{3}$. Ἐὰν ὅμως ὁ ἀγωγὸς συγκοινωνῇ μετ' ἠλεκτρικὴν πηγὴν τῆς ὁποίας τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν νὰ εἶναι Δ , θὰ συσσωρευεῖται ἐπ' αὐτοῦ νέον ἠλεκτρικὸν φορτίον, μέχρις ὅτου καὶ αὐτὸς λάβῃ τὸ αὐτὸ ἠλεκτροδυναμικὸν Δ . Ἐὰν λοιπὸν τὸ νέον ἠλεκτρικὸν φορτίον εἶναι M' , ἐπειδὴ ἡ ἠλεκτροχωρητικότητα εἶναι ἤδη $3X$, θὰ ἔχωμεν :

$$M' = 3X \cdot \Delta = 3M$$

δηλαδή, τὸ νέον ἠλεκτρικὸν φορτίον γίνεται τριπλάσιον τοῦ ἀρχικοῦ.

Ἐπομένως, ἐὰν αὐξηθῇ ἡ ἠλεκτροχωρητικότητα ἀγωγοῦ συγκοινωνοῦντος μετ' ἠλεκτρικὴν πηγὴν, εἶναι δυνατόν νὰ συσσωρευθῇ ἐπ' αὐτοῦ νέον ἠλεκτρικὸν φορτίον. Λέγομεν τότε ὅτι γίνεται **συμπύκνωσις** τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ δὲ ἀγωγὸς, ὁ ὁποῖος παρουσιάζει μεγάλην ἠλεκτροχωρητικότητα, λέγεται **συμπυκνωτής**. Ἐκαστος συμπυκνωτῆς ἀποτελεῖται ἐκ δύο σωμάτων εὐἠλεκτραγωγῶν, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ὀπλισμοὶ** καὶ χωρίζονται ἀπ' ἀλλήλων διὰ σώματος ἀπομονωτικοῦ.

Εἰς τοὺς συμπυκνωτὰς δίδουσι διάφορα σχήματα, δι' ὃ καὶ καλοῦνται οὗτοι **ἐπίπεδοι**, ὅταν οἱ ὀπλισμοὶ τῶν εἶναι ἐπίπεδοι καὶ παράλληλοι, καὶ **κλειστοί**, ὅταν ὁ εἰς ὀπλισμὸς περιβάλλῃ καθ' ὁλοκληρίαν τὸν ἕτερον.

207. Συμπυκνωτῆς ἐπίπεδος. Πρὸς κατασκευὴν ἐπιπέδου συμπυκνωτοῦ λαμβάνομεν ὑαλίνην πλάκα καὶ προσκολλῶμεν καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν αὐτῆς δύο φύλλα ἐκ κασσιτέρου οὕτως, ὥστε ἡ πλάξ νὰ μείνῃ γυμνὴ πέραν τῶν φύλλων τοῦ κασσιτέρου, χάριν ἀπομονώσεως αὐτῶν. Πρὸς τελειοτέραν δὲ ἀπομόνωσιν καλύπτεται τὸ γυμνὸν μέρος τῆς πλακὸς διὰ στρώματος γομμάλακας, ἣτις παρεμποδίζει τὴν ἐναπόθεσιν στρώματος ὑγρασίας ἐκ τοῦ ἀέρος. Τὰ δύο φύλλα τοῦ κασσιτέρου ἀποτελοῦσι τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ συμπυκνωτοῦ.

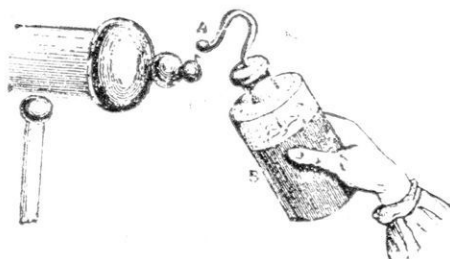
Συνήθως ὅμως κατασκευάζονται συμπυκνωταὶ κλειστοί, ὅπως εἶνε ἡ καλουμένη λουγδουνικὴ λάγηνος, ἣτις εἶνε καὶ ὁ ἀρχαιότερος τῶν συμπυκνωτῶν.

208. Λουγδουνικὴ λάγηνος.—Α) **Περιγραφή.** Ἀποτε-

λείται ἐξ υαλίνης φιάλης (σχ. 152) ἐχούσης τοιχώματα λεπτά καὶ μέγεθος διάφορον, ἀναλόγως τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ συσσωρεύσωμεν ἐν αὐτῇ. Καὶ ἡ μὲν βάσις καὶ



Σχ. 152. Λουγδουνικὴ
λάγηνος.



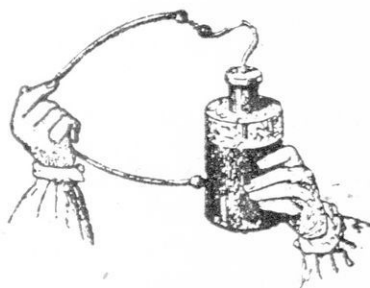
Σχ. 153. Πλήρωσις τῆς λουγδουνικῆς
λαγῆνου.

ἡ ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς φιάλης καλύπτονται μὲ φύλλον κασσιτέρου, ὅπερ ἀφίνει γυμνὸν μόνον τὸ ἄνω μέρος, τὸ δὲ ἐσωτερικὸν πληροῦται μὲ φύλλα κασσιτέρου. Τὰ ἐσωτερικὰ φύλλα ἀποτελοῦσι τὸν **ἐσωτερικὸν ὄπλισμόν**, τὸ δὲ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας φύλλον τὸν **ἐξωτερικὸν ὄπλισμόν**. Εἰς τὸ στόμιον τῆς φιάλης προσαρμόζεται πῶμα ἐκ φελλοῦ διατρήτου, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται στέλεχος ὀρειχάλκινον ἀγκιστροειδές, ἀπολῆγον ἐξωτερικῶς εἰς σφαῖραν, ἥτις, ὡς συγκοινωνοῦσα μετὰ τῶν ἐσωτερικῶν φύλλων τοῦ κασσιτέρου, ἀποτελεῖ τὸν ἐσωτερικὸν ὄπλισμόν. Τοιοῦτοτρόπως ἡ λουγδουνικὴ λάγηνος εἶνε **κλειστὸς** συμπυκνωτής.

Β) **Πλήρωσις.** Λαμβάνομεν εἰς τὴν χεῖρά μας τὴν λουγδουνικὴν λάγηνον διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὄπλισμοῦ Β (σχ. 153) καὶ φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὸν ἐσωτερικὸν ὄπλισμόν Α μὲ τὸν ἕνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς. Τότε ὁ ἡλεκτρισμὸς συσσωρεύεται βαθιμῶς ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ ὄπλισμοῦ, ἐπιδρῶν δὲ διὰ μέσου τῆς ὑάλου ἐπὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὄπλισμοῦ συσσωρεύει ἐπ' αὐτοῦ ἴσην ποσότητα ἀντιθέτου ἡλεκτρισμοῦ. Οἱ ἡλεκτρισμοί, καίτοι ἀντίθετοι, δὲν δύνανται νὰ ἐνωθῶσιν, ἔνεκα τῶν τοιχωμάτων τῆς λαγῆνου.

Γ) **Ἐκκένωσις.** Διὰ τὴν ἐκκένωσιν τῆς λουγδουνικῆς λαγῆ-

νου μεταχειριζόμεθα τὸν ἐκκενωτήν. Οὗτος (σχ. 154) ἀποτελεῖ-



Σχ. 154. Ἐκκένωσις τῆς λουγδουνικῆς λαγῆνου.

ται ἐκ δύο μεταλλίνων τόξων, ἅτινα συνδέονται κατὰ τὸ ἐν ἄκρον ἀρθρωτῶς, 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 μὲ τὸν ἐξωτερικὸν ὀπλισμὸν τὴν μίαν σφαῖραν τοῦ ἐκκενωτοῦ, τὴν δὲ ἑτέραν πλησιάζομεν εἰς τὴν σφαῖραν τῆς λαγῆνου (εἰς τὸν ἐσωτερικὸν δηλ. ὀπλισμὸν). Τότε ὀλίγον πρὸ τῆς ἐπαφῆς τῶν δύο σφαιρῶν ἐκρήγνυται μεταξὺ αὐτῶν ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ καὶ ἡ λουγδουνικὴ λάγηνος ἐκκενοῦται αὐτοστιγμεί.

Ἡ ἐκκένωσις τῆς λαγῆνου θέλει γίνεαι διὰ τοῦ σώματός μας, ἐὰν χραιστῶντες αὐτὴν διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὀπλισμοῦ ἐπιχειρήσωμεν νὰ ἐγγίσωμεν διὰ τῆς ἄλλης τὸν ἐσωτερικὸν ὀπλισμὸν.

209. Νόμοι τῆς ἡλεκτροχωρητικότητος τοῦ συμπυκνωτοῦ.— Ἡ ἡλεκτροχωρητικότης τοῦ συμπυκνωτοῦ ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς τρεῖς νόμους.

Πρῶτος νόμος. Ἡ ἡλεκτροχωρητικότης τοῦ συμπυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐπιφανείας τῶν ὀπλισμῶν αὐτοῦ. Ἐφαρμογὴν τοῦ νόμου τούτου ἔχομεν εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς ἡλεκτρικῆς συστοιχίας.

Δεύτερος νόμος. Ἡ ἡλεκτροχωρητικότης τοῦ συμπυκνωτοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ πάχους τοῦ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν αὐτοῦ ἀπομονωτικοῦ σώματος. Ἐνεκα τούτου,

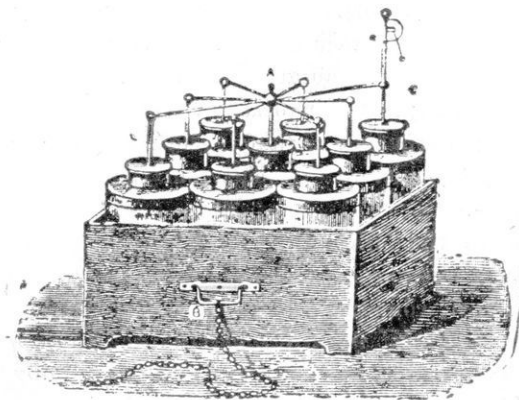
κατὰ τὴν κατασκευὴν λουγδουνικῶν λαγήνων λαμβάνονται φιάλαι ἔχουσai τοιχώματα λεπτά.

Τρίτος νόμος. Ἡ ἠλεκτροχωρητικότητα τοῦ συμπυκνωτοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του ἀπομονωτικοῦ σώματος.

210. Ἡλεκτρικὴ συστοιχία. Ἐὰν λάβωμεν πολλοὺς συμπυκνωτὰς καὶ συνδέσωμεν ἀφ' ἑνὸς ὅλους τοὺς ἐξωτερικοὺς ὀπλισμοὺς αὐτῶν πρὸς ἀλλήλους, καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλους τοὺς ἐσωτερικοὺς 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 ἄγωγόν Α, καὶ ἀφ' ἑτέρου τὸν ἕτερον ὀπλισμὸν αὐτῶν μὲ ἄλλον ἄγωγόν Β. Ἡ πλήρωσις τῆς συστοιχίας γίνεται, τιθεμένου εἰς συγκοινωνίαν τοῦ μὲν ἄγωγου Α π.χ. μετὰ τῆς γῆς, τοῦ δὲ ἄγωγου Β μετὰ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς.

Πρὸς σχηματισμὸν ἠλεκτρικῆς συστοιχίας μὲ λουγδουνικάς λαγήνους, θέτομεν αὐτὰς ἐντὸς ξυλίνου κιβωτίου (σχ. 155), οὔτι-



Σχ. 155. Ἡλεκτρικὴ συστοιχία μὲ λουγδουνικάς λαγήνους.

νος ὁ πυθμὴν καὶ τὰ πλάγια τοιχώματα καλύπτονται ἐσωτερικῶς

διὰ φύλλον κασσιτέρου. Οὕτως οἱ ἐξωτερικοὶ ὀπλισμοὶ συνδέονται μετ' ἀλλήλων. Ἀφ' ἑτέρου συνδέομεν πρὸς ἀλλήλους τοὺς ἐσωτερικοὺς ὀπλισμοὺς, διὰ μεταλλίνων στελεχῶν. Ἡ πλήρωσις τῆς συστοιχίας γίνεται, τιθεμένων εἰς συγκοινωνίαν τῶν μὲν ἐξωτερικῶν ὀπλισμῶν μετὰ τῆς γῆς, τῶν δὲ ἐσωτερικῶν μετὰ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς.

Διὰ τὴν ἐκκένωσιν ἠλεκτρικῆς συστοιχίας πρέπει νὰ γίνεται χοῆσις πάντοτε τοῦ ἐκκενωτοῦ.

211. Πειράματα διὰ τῶν συμπυκνωτῶν 1ον) Ἐὰν τὸν συμπυκνωτὴν ἐκκενώσωμεν δι' εὐφλέκτου οὐσίας, λ. χ. αἰθέρος, οἶνοπνεύματος κλπ., ἡ οὐσία ἀναφλέγεται. 2ον) Ἐὰν ἐκκενώσωμεν τὸν συμπυκνωτὴν διὰ λεπτοῦ σύρματος, τοῦτο θερμαίνεται μέχρι πυρακτώσεως, ἢ τήξεως, ἢ ἐξαερώσεως. 3ον) Ἐὰν ἡ ἐκκένωσις γίνῃ δι' ὑαλίνης πλακός, κειμένης μεταξὺ δύο μεταλλίνων ἀκίδων, ἡ ὑαλὸς διατρυπᾶται 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 ἄλυσιν. 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 Ζ'.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

212. Ἡλεκτρισμός τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ τῶν νεφῶν.

Ἡ ἀτμόσφαιρα φέρει πάντοτε ἡλεκτρισμόν. Τοῦτο ἀνεκάλυψε πρῶτος ὁ Franklin⁽¹⁾ ἐν Φιλαδελφείᾳ τῆς Β. Ἀμερικῆς διὰ τοῦ ἐξῆς πειράματος. Ἐν ὥρᾳ καταιγίδος ἀνύψωσε διὰ νήματος ἐκ καννάβεως χαρταετόν, τὸν ὁποῖον ὥπλισε διὰ μεταλλίνης ἀκίδος. Εἰς τὸ νῆμα εἶχε προσδέσει κλεῖδα καὶ εἰς ταύτην νῆμα ἐκ μετὰξης πρὸς ἀπομόνωσιν τοῦ χαρταετοῦ. Καὶ κατ' ἀρχὰς μὲν πλησιάζων εἰς τὴν κλεῖδα τὸν δάκτυλόν του οὐδένα σπινθῆρα κατώρθωνε νὰ ἀποσπάσῃ ἐξ αὐτῆς. Ἀλλὰ μετ' ὀλίγον, ἐπελθούσης λεπτῆς βροχῆς, τὸ νῆμα ὑγράνθη καὶ ἐγένετο εὐηλεκτρωγότερον, ὅποτε ἠδύνατο νὰ ἀπωσπᾷ ἐκ τῆς κλειδὸς σπινθῆρας. Ὁ ἡλεκτρισμός τῆς κλειδὸς ὀφείλεται εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν ἐπίδρασιν τὴν ὁποίαν ἐξήσκησεν ὁ ἡλεκτρισμός τῆς ἀτμοσφαίρας ἐπὶ τοῦ χαρταετοῦ.

Δυνάμεθα δὲ νὰ ἀνεύρωμεν ἂν ἡ ἀτμόσφαιρα φέρῃ πάντοτε ἡλεκτρισμόν καὶ ποίου εἴδους, διὰ τοῦ ἡλεκτροσκοπίου μετὰ φύλλων. Πρὸς τοῦτο ἀνυψώνομεν κατακορύφως ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ μακρὰν μεταλλίνην ράβδον ἀπολήγουσαν εἰς ἀκίδα κατὰ τὸ ἀνώτερον ἄκρον, καὶ συγκοινωνοῦσαν κατὰ τὸ κατώτερον μετὰ τοῦ ἡλεκτροσκοπίου, ὅποτε θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ὄργανου ἀποκλίνουσιν. Ἐὰν δὲ πλησιάσωμεν εἰς τὸ ἡλεκτροσκόπιον σῶμα φέρον γνωστὸν εἶδος ἡλεκτρισμοῦ, ἀνευρίσκομεν ποῖον εἶδος ἡλεκτρισμοῦ φέρει τὸ ὄργανον, ἐπομένως καὶ ἡ ἀτμόσφαιρα. Διὰ τοιούτων πειραμάτων εὗρέθη ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα φέρει συνήθως *θετικὸν ἡλεκτρισμόν*.

Τὸ ἀνωτέρω πείραμα τοῦ Franklin διὰ τοῦ χαρταετοῦ ἀποδεικνύει ὅτι καὶ τὰ νέφη εἶναι ἡλεκτρισμένα. Ὁ ἡλεκτρισμός τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ τῶν νεφῶν ὀνομάζεται ἐν γένει *ἀτμοσφαιρικὸς ἡλεκτρισμός*.

(1) Franklin (1706—1790). Ἀμερικανὸς φιλόσοφος καὶ φυσικός. Ἀνεῦρε τὴν ὁμοιότητα τοῦ κεραυνοῦ πρὸς τὸν ἡλεκτρικὸν σπινθῆρα τῶν ἡλεκτροστατικῶν μηχανῶν καὶ ἐφεῦρε τὸ ἀλεξικέραυνον.

213. Αἷτια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἡλεκτρισμοῦ.— Ὡς αἷτια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἡλεκτρισμοῦ θεωροῦνται τὰ ἑξῆς :

1) Ἡ τριβὴ τοῦ ἀέρος μετὰ τοῦ ἐδάφους, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ μὲν ἀῆρ ἡλεκτρίζεται 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) ἡλεκτρίζονται θετικῶς, ὁ δὲ ἀῆρ ἀρνητικῶς καὶ

3) Ἡ ἐξάτμισις τοῦ θαλασσίου ὕδατος.

Ἀλλὰ πλὴν τούτων ὑπάρχουσι πιθανῶς καὶ ἄλλα αἷτια ἄγνωστα μέχρι τοῦδε.

Παρατήρησις. Νέφος τι δύναται νὰ ἡλεκτρισθῇ καὶ ἐξ ἐπιδράσεως ὑπὸ τοῦ ἐδάφους, ὁπότε τὸ μὲν κατώτερον μέρος του θὰ ἡλεκτρισθῇ θετικῶς, τὸ δὲ ἀνώτερον ἀρνητικῶς. Ἐὰν δὲ ἐπὶ τοῦ νέφους τούτου προσπέσῃ ἄνεμος, δυνατόν τὸ νέφος νὰ διαχωρισθῇ εἰς δύο μέρη καὶ νὰ προκύψωσιν οὕτω δύο νέφη κεχωρισμένα καὶ ἡλεκτρισμένα ἀντιθέτως.

214. Ἀστραπή—βροντή.—Ὅταν δύο νέφη ἡλεκτρισμένα ἀντιθέτως καὶ ἔχοντα μεγάλην διαφορὰν ἡλεκτροδυναμικοῦ πλησιάσωσι πρὸς ἄλληλα, ἐκρήγνυται μεταξὺ αὐτῶν ἰσχυρὸς ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ, ὅστις εἶναι ἡ **ἀστραπή**. Ἐπομένως ἡ ἀστραπή εἶνε ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ ἐκρηγνύμενος μεταξὺ δύο νεφῶν. Μετὰ τινὰς δὲ στιγμὰς ἀκούεται συνήθως καὶ κρότος τις, ὅστις καλεῖται **βροντή**. Ἡ βροντὴ ὀφείλεται εἰς τὴν βιαίαν δόνησιν, εἰς τὴν ὁποίαν τίθεται ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀῆρ κατὰ τὴν ἐκρηξιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ σπινθῆρος.

Ἡ ἀστραπή καὶ ἡ βροντὴ παράγονται πάντοτε ταυτοχρόνως. Ἐνεκα ὅμως τῆς μεγαλυτέρας ταχύτητος τοῦ φωτὸς ἡμεῖς βλέπομεν πρῶτον τὴν ἀστραπήν, καὶ κατόπιν ἀκούομεν τὴν βροντὴν.

Τὸ μῆκος τῆς ἀστραπῆς εἶναι πολλάκις πολλῶν χιλιομέτρων. Τὸ σχῆμα αὐτῆς εἶναι συνήθως τεθλασμένη γραμμὴ ἢ καμπύλη μὲ διακλαδώσεις, ἡ δὲ διάρκειά εἶναι ἔλαχιστη, μικροτέρα τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ δευτερολέπτου.

Ἐνίοτε κατὰ τὰς ἀνεφέλους νύκτας τοῦ θέρους παρατηροῦνται ἀστραπαὶ μὴ συνοδευόμεναι ὑπὸ βροντῆς. Αὗται καλοῦνται **ἀστραπαὶ θερμότητος** καὶ εἶναι κοινὰ ἀστραπαὶ παραγόμεναι ὑπὸ νεφῶν εὗρισκομένων ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα καὶ εἰς τοσαύτην ἀπόστασιν, ὥστε ἡ βροντὴ νὰ μὴ εἶναι δυνατόν νὰ γίνῃ ἀκουστή.

Στοιχεῖα Φυσικῆς Κ. Σαμιωτάκη, Γ' Γυμν. ἔκδ. γ'

215. Κεραυνός.—Τὸ ἑδάφος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἰσχυρῶς ἠλεκτρισμένου νέφους, δύναται νὰ ἠλεκτρισθῇ ἑτερονύμως, καὶ ἐὰν ἡ ἀπόστασις τοῦ νέφους ἀπὸ τοῦ ἑδάφους ἐλαττωθῇ ἀρκούντως, ἐκρηγνύται μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, ὅστις εἶναι ὁ **κεραυνός**. Ἐπομένως ὁ κεραυνὸς εἶναι ἠλεκτρικὸς σπινθήρ ἐκρηγνυόμενος μεταξὺ νέφους καὶ ἑδάφους. Ὁ κεραυνὸς πίπτει συνήθως ἐπὶ τῶν πλησιεστέρων πρὸς τὸ νέφος σημείων τοῦ ἑδάφους, διότι ταῦτα ἀποτελοῦσιν ἀκίδας, οὕτως εἰπεῖν, τοῦ ἑδάφους, ἐπὶ τῶν ὁποίων συσσωρεύεται ὁ ἠλεκτρισμὸς αὐτοῦ. Ἐνεκα τοῦτου ὁ κεραυνὸς προσβάλλει συνήθως τὰ ὑψηλὰ οἰκοδομήματα, τὰ κωδωνοστάσια καὶ τὰ ὑψηλὰ δένδρα.

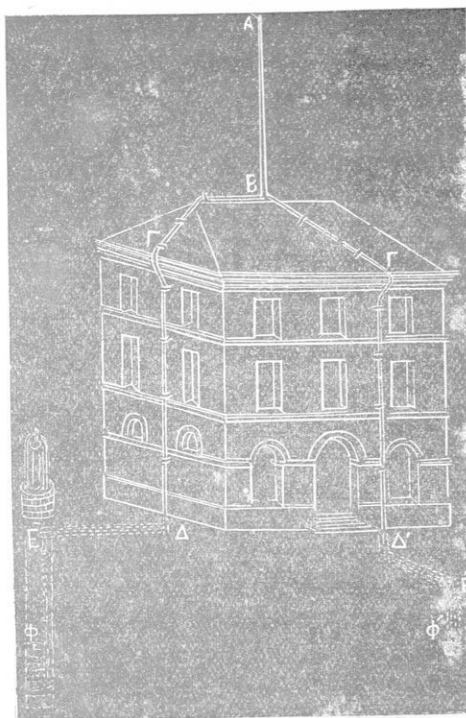
Τὰ ἀποτελέσματα τοῦ κεραυνοῦ εἶναι ποικίλα καὶ ὅμοια πρὸς τὰ τῶν ἰσχυρῶν ἠλεκτρικῶν σπινθέρων. Ἦτοι δύναται νὰ θερμάνῃ καὶ νὰ τήξῃ μετάλλινα ἀντικείμενα, νὰ ἀναφλέξῃ εὐφλέκτους ὕλας (θερμαντικὰ ἀποτελέσματα), νὰ θραύσῃ ἢ νὰ σχίσῃ δυσῆλεκτραγωγὰ σώματα (μηχανικὰ ἀποτελέσματα), καὶ νὰ φονεύσῃ ἀνθρώπους καὶ ζῷα (φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα). Διὰ τοῦτο φρόνιμον εἶναι νὰ μὴ καταφεύγωμεν ἐκ καιρῷ καταιγίδος ὑπὸ τὰ δένδρα, καὶ μάλιστα τὰ μεμονωμένα ἐν πεδιάδι.

216. Ἀλεξικέραυνον. Τὸ ἀλεξικέραυνον εἶναι ὄργανον διὰ τοῦ ὁποίου προστατεύομεν τὰ οἰκοδομήματα ἀπὸ τοῦ κεραυνοῦ, ἐλενοῖσθαι δὲ ὑπὸ τοῦ Franklin, δι' ὃ καὶ **ἀλεξικέραυνον τοῦ Franklin** καλεῖται.

Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μέρη: α) ἀπὸ τὸν **κοντὸν** ΑΒ (σχ. 156). Οὗτος εἶναι ράβδος μακρὰ ἐκ σιδήρου γαλβανισμένου, ἀπολήγουσα εἰς ὀξεῖαν ἀκίδα ἐκ λευκοχρύσου, ἢ ἐκ χαλκοῦ ἐπιχρυσωμένου, τοποθετεῖται δὲ κατακορύφως εἰς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τοῦ οἰκοδομήματος, β) ἀπὸ τὸν **ἀγωγὸν** ΒΓΔ. Οὗτος εἶναι καλῶδιον ἐκ χαλκοῦ ἢ ἐκ σιδήρου γαλβανισμένου, ὅπερ ἀναχωρεῖ ἀπὸ τῆς βάσεως τοῦ κοντοῦ καὶ καταλήγει εἰς πλάκα χαλκίνην, βυθιζομένην ἐντὸς τοῦ ὕδατος φρεάτος ἢ ἐντὸς ἑδάφους ὑγροῦ.

Β) **Λειτουργία.** Ἐὰν νέφος τι ἠλεκτρισμένον διέλθῃ ἄνωθεν τοῦ ἀλεξικεραυνοῦ, ὁ ἠλεκτρισμὸς τοῦ νέφους ἐπιδρᾷ 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 ἀκίδας τοῦ κοντοῦ. Οὗτος ἐκρέει ἐξ αὐτῆς συνεχῶς καὶ ἐξουδετερώ

πναι ὀλίγον κατ' ὀλίγον τὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ νέφους, χωρὶς νὰ ἐκτραγῇ ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, δηλ. χωρὶς νὰ πέσῃ κεραυνός. Ἐν



Σχ. 156. Ἀλεξικέραυνον τοῦ Franklin.

τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ ἀλεξικέραυνον ἐνεργεῖ προληπτικῶς. Ἐὰν δέ ποτε πέσῃ κεραυνός, οὗτος κατὰ προτίμησιν θέλει πλήξῃ τὴν ἀκίδα τοῦ κοντοῦ, ὥς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τοῦ οἰκοδομήματος, ὁπότε διὰ τοῦ κοντοῦ καὶ τοῦ ἀγωγοῦ θέλει διοχετευθῇ εἰς τὴν γῆν, ἄνευ δυστυχήματός τινος. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ ἀλεξικέραυνον ἐνεργεῖ προφυλακτικῶς. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω βλέπομεν ὅτι ἡ λειτουργία τοῦ ἀλεξικεραύνου στηρίζεται ἐπὶ τῆς δυνάμεως ὡς τῶν ἀκίδων.

Παραδέχονται ὅτι τὸ ἀλεξικέραυνον προφυλάσσει ἀπὸ τοῦ

κεραυνοῦ κυκλικὴν ἐπιφάνειαν, ἔχουσιν ἀκτῖνα ἴσην πρὸς τὸ διπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ κοντοῦ. Ἐὰν λοιπὸν τὸ οἰκοδόμημα καταλαμβάνῃ μεγάλην ἔκτασιν, εἶναι ἀνάγκη νὰ τοποθετηθῶσιν ἐπ' αὐτοῦ πολλὰ ἀλεξικέραυνα.

217. Ἀλεξικέραυνον τοῦ Melsen.—Ἀπὸ τινος χρόνου χρησιμοποιεῖται τὸ ἀλεξικέραυνον τοῦ Melsen. Ἐν τῷ συστήματι τούτῳ τὸ προφυλακτικόν οἰκοδόμημα περιβάλλεται ὑπὸ δικτύου ἀποτελουμένου ἐκ πολλῶν συρμάτων σιδηρῶν ἐπιψευδαργυρωμένων, ἅτινα συνεννοῦνται μετὰ τῶν καὶ μετὰ τοῦ ἑδάφους. Εἰς τὴν κερυφὴν δὲ τοῦ οἰκοδομήματος τοποθετοῦνται πολλαὶ πολλαπλαῖ ἀκίδες ἀντὶ τοῦ ἀπλοῦ κοντοῦ τοῦ Franklin. Διὰ τῶν ἀκίδων τούτων ἐκρέει ὁ δι' ἐπιδράσεως ἀναπτυχθεὶς ἠλεκτρισμὸς καὶ ἐξουδετερώνει τὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ νέφους, διὰ δὲ τῶν σιδηρῶν συρμάτων διοχετεύεται πρὸς τὸ ἑδάφος ὁ κεραυνὸς κατὰ τὴν πτῶσιν αὐτοῦ.

218. Πολικὸν σέλας.—Τοῦτο εἶναι φαινόμενον φωτεινόν, παρατηρούμενον συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας, εἴτε τοῦ βορείου ἡμισφαιρίου, ὁπότε καλεῖται *βόρειον πολικὸν σέλας*, εἴτε τοῦ νοτίου, ὁπότε καλεῖται *νότιον πολικὸν σέλας*. Παρουσιάζεται δὲ ὑπὸ μορφὴν εἴτε φωτεινῶν παραπετασμάτων, εἴτε φωτεινῶν τόξων, ἅτινα ἐξακοντίζουσιν τὰς ἀκτῖνας αὐτῶν πρὸς τὴν γῆν. Αἰτία τῆς παραγωγῆς αὐτοῦ εἶναι ὁ ἀτμοσφαιρικός ἠλεκτρισμὸς, διότι ἔχει παρατηρηθῇ ὅτι ἡ ἐμφάνισις τοῦ πολικοῦ σέλαος ἐπιφέρει διαταράξεις ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν βελονῶν.

219. Στατικός ἠλεκτρισμός.—Τὰ περιγραφέντα ἠλεκτρικὰ φαινόμενα παράγει ὁ ἠλεκτρισμὸς εὐρισκόμενος ἐν στάσει (δηλ. ἐν ἡρεμίᾳ ἢ ἰσορροπίᾳ). Ὁ τοιοῦτος ἠλεκτρισμὸς καλεῖται *στατικός*, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὸν ἠλεκτρισμὸν ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἐν κινήσει ἐπὶ τῶν σωμάτων καὶ καλεῖται *δυναμικός*.

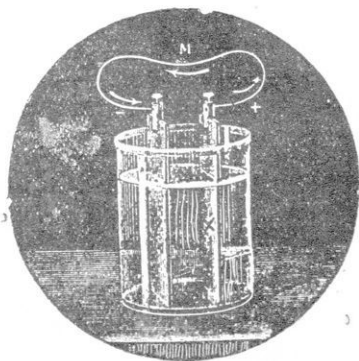
ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

220. Ἡλεκτρισμὸς ἐκ χημικῆς ἐπιδράσεως.— Πεί-
ραμα. Ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ἀραιὸν θεικὸν ὄξυς ἐμβαπτί-
σμεν ράβδον ἐκ ψευδαργύρου (τζίγκου) Ζ (σχ. 157) καὶ ράβδον



Σχ. 157. Παραγωγή δυναμικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

ἐκ χαλκοῦ Χ οὕτως, ὥστε νὰ μὴ ἐγγίῳσιν ἀλλήλας. Αἱ ράβδοι αὗται ἠλεκτρίζονται καὶ μάλιστα ἡ τοῦ ψευδαργύρου ἀρνητι-
κῶς, ἡ δὲ τοῦ χαλκοῦ θετικῶς. Ὁ ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρι-
σμὸς ὁφείλεται εἰς τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν τοῦ θεικοῦ ὀξέος ἐπὶ
τοῦ ψευδαργύρου, καθ' ἣν ὁ ψευδάργυρος μετατρέπεται εἰς θει-

κὸν ψευδάργυρον, ὑδρογόνον δὲ ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφὴν φουσ-
λίδων ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ χαλκοῦ (¹).

Συμπέρασμα. Ἡ χημικὴ ἐπίδρασις ὀξέος τινὸς ἐπὶ μετάλλου
ἀναπτύσσει ἠλεκτρισμόν.

221. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον.—Ἡ συσκευή, ἡ ἀποτελου-
μένη ἐκ τῶν ράβδων τοῦ χαλκοῦ καὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ ἐκ
τοῦ ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος καλεῖται ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἐν γέ-
νει τὸ **ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον** ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἑτερογενῶν,
μετάλλων καὶ ἑνὸς ὑγροῦ, ὅπερ προσβάλλει μόνον τὸ ἐν μέταλ-
λῳ. Δι' αὐτοῦ ἡ χημικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν
ἐνέργειαν.

Αἱ μέταλλιναι ράβδοι φέρουσιν ἐπὶ τῶν ἐξωτερικῶν ἄκρων
αὐτῶν προσηρμοσμένα σύρματα ἢ κοιλίας. Καὶ αἱ μὲν ράβδοι
καλοῦνται **ἠλεκτροδία**, τὰ δὲ σύρματα ἢ οἱ κοιλίαι καλοῦνται
πόλοι. Τὸ σύρμα τὸ συνδέον τοὺς δύο πόλους καλεῖται **ἄγωγος**
ἢ **ροηφόρος**, τὰ δὲ ἠλεκτροδία μετὰ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ ἀγωγοῦ
καλοῦνται **ἠλεκτρικὸν κύκλωμα**. Ὅταν ὁ ἄγωγος συνδέῃ τοὺς
δύο πόλους, τὸ κύκλωμα καλεῖται **κλειστόν**, ἐν ἐναντίᾳ περι-
πτώσει καλεῖται **ἀνοικτόν**.

Σημειώσεις. Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον παρίσταται συμβολικῶς
ὑπὸ δύο μικρῶν εὐθειῶν παραλλήλων ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία
μεγαλυτέρα καὶ λεπτοτέρα, παριστῶσα τὸν θετικὸν πόλον (+), ἡ
δὲ ἄλλη μικροτέρα καὶ παχυτέρα, παριστῶσα τὸν ἀρνητικὸν πό-
λον (—).

222. Ἐφυδραγύρωσις 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, ὁ ἀγοραῖος (ἀκάθαρος)
ψευδάργυρος προσβάλλεται **πάντοτε** ὑπὸ τοῦ θεικοῦ ὀξέος. Δυ-
νάμεθα ὅμως νὰ ἐξαλείψωμεν τὸ μειονέκτημα τοῦτο τοῦ ἀγο-
ραίου ψευδαργύρου ἐὰν τὸν **ἐφυδραγυρώσωμεν**, ἵτοι ἐὰν κα-
λύψωμεν τὴν ἐπιφάνειάν του διὰ λεπτοῦ στρώματος ὑδραργύρου.

Ἡ ἐφυδραγύρωσις τοῦ ἀγοραίου ψευδαργύρου γίνεται ὥς

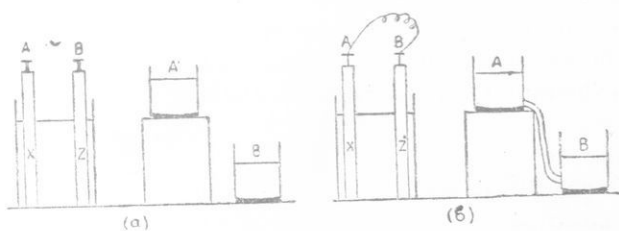
(¹) Ἡ ἀντίδρασις παρίσταται ὑπὸ τῆς χημικῆς ἐξισώσεως :



ἐξῆς Χύνομεν ἐπὶ πινακίον ὀλίγον ὑδράργυρον καὶ ἐπ' αὐτοῦ ὑδροχλωρικὸν ἢ θεικὸν ὀξύ, καὶ διὰ ψήκτρας προστρίβομεν τὸν ψευδαργυρὸν ρίπτοντες ἐπ' αὐτοῦ τὸν ὑδράργυρον μετὰ τοῦ ὀξέος. Τότε σχηματίζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ψευδαργύρου ἀμάλγαμα, ὅπερ ἐν τῷ ἡλεκτρικῷ στοιχείῳ ἔχει ὅλας τὰς ιδιότη-
τας τοῦ χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου.

**223. Διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς πό-
λους ἡλεκτρικοῦ στοιχείου.**—Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ ἡλεκτρο-
δυναμικὸν τῶν δύο πόλων ἡλεκτρικοῦ στοιχείου θὰ ἴδωμεν ὅτι
τοῦτο εἶναι διάφορον. Ἡ διαφορὰ αὕτη προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι
τὸ ὀξύ ἐξασκεῖ διάφορον χημικὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῶν δύο ἡλεκ-
τροδίων, τοῦ ἐνὸς τούτων προσβαλλομένου ἰσχυρῶς, τοῦ δὲ ἐτέ-
ρου ἢ οὐδὲ ὅλως ἢ ἀσθενέστατα.

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ παραβάλωμεν τοὺς δύο πόλους τοῦ
στοιχείου μὲ δύο δοχεῖα περιέχοντα ὕδωρ καὶ εὗρισκόμενα εἰς
ὑψηλὰ διάφορα (σχ. 158, α). Πράγματι, ὅπως τὰ δοχεῖα ταῦτα πα-



Σχ. 158. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους
ἡλεκτρικοῦ στοιχείου παραβάλλεται πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης.

ρουσιάζουσι διαφορὰν στάθμης, οὕτω καὶ οἱ δύο πόλοι παρου-
σιάζουσι διαφορὰν ἡλεκτροδυναμικοῦ. Καὶ ὅπως, ἐὰν ἐνώσωμεν
διὰ σωλῆνος τὰ δοχεῖα ταῦτα (σχ. 158, β), τὸ ὕδωρ μεταβαίνει
ἐκ τοῦ ὑψηλοτέρου πρὸς τὸ χαμηλότερον, οὕτως, ἐὰν ἐνώσωμεν
καὶ τοὺς δύο πόλους στοιχείου διὰ σύρματος, ὁ ἡλεκτρισμὸς
μεταβαίνει ἐκ τοῦ πόλου ὅστις ἔχει τὸ μεγαλύτερον ἡλεκτροδυνα-
μικὸν πρὸς τὸν πόλον ὅστις ἔχει τὸ μικρότερον. Ἡ μετάθεσις
ὅμως αὕτη τοῦ ἡλεκτρισμοῦ δὲν ἐπιφέρει τὴν ἐξίσωσιν τοῦ ἡλεκ-
τροδυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων, διότι διατηρεῖται ἡ ἀρχικὴ
διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ. Τοιοῦτοτρόπως διὰ τοῦ σύρμα-

τος γίνεται συνεχής μετάθεσις ηλεκτρισμοῦ ἥτις καλεῖται **ἡλεκτρικὸν ρεῦμα**.

Καὶ ὁ μὲν πόλος ὁ ἔχων τὸ μεγαλύτερον ηλεκτροδυναμικὸν καλεῖται **θετικὸς**, ὁ δὲ ἔχων τὸ μικρότερον ηλεκτροδυναμικὸν καλεῖται **ἀρνητικὸς**. Ὡσαύτως καὶ τὰ ηλεκτρόδια καλοῦνται ἀντιστοίχως **θετικὸν ηλεκτρόδιον** καὶ **ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον**. Ἐὰν ὁ εἰς πόλος τοῦ στοιχείου συγκοινωνήσῃ μετὰ τῆς γῆς, τὸ ηλεκτροδυναμικὸν τούτου γίνεται ἴσον τῷ μηδενί, ἀλλὰ τότε τὸ ηλεκτροδυναμικὸν καὶ τοῦ ἑτέρου πόλου μεταβάλλεται οὕτως ὥστε ἡ διαφορὰ τοῦ ηλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους νὰ παραμένῃ ἡ αὐτή.

Ἡ διαφορὰ τοῦ ηλεκτροδυναμικοῦ εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ μεγέθους καὶ τοῦ σχήματος τοῦ στοιχείου πρὸς δὲ καὶ τῆς ἀποστάσεως τῶν ηλεκτροδίων, ἐξαρτᾶται δὲ μόνον ἐκ τῆς φύσεως τῶν ηλεκτροδίων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ υγροῦ.

Ἡ διαφορὰ τοῦ ηλεκτροδυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων στοιχείου ἐν ἀνοικτῷ κυκλώματι καλεῖται **ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου, καὶ ἐκφράζεται εἰς volts. Εἶναι δὲ πάντοτε ἡ αὐτὴ δι' ἐν καὶ τὸ αὐτὸ στοιχεῖον. Τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν θεμελιώδη ιδιότητα τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου.



Σχ. 159. Γνωρίσματα ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

224. Γνωρίσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πειράματα. 1) Ἡλεκτρικῆς πηγῆς ἰσχυρᾶς συνδεδόμεν τοὺς δύο πόλους διὰ σύρματος λεπτοτάτου αβ (σχ. 159). Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ σύρμα θερμαίνεται κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον, καὶ δύναται νὰ πυρακτωθῇ, ἢ νὰ τακῇ, ἢ καὶ νὰ ἐξαερωθῇ.

2) Τὸ σύρμα θέτομεν παραλλήλως καὶ πλησίον μαγνητικῆς βελόνης βν, ἥτις εἶναι στρεπτή περὶ κατακόρυφον ἄξονα καὶ ἔχει διεύθυνσιν ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον. Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ

μαγνητική βελόνη εκτρέπεται εκ τῆς ἀρχικῆς θέσεώς της καὶ λαμβάνει νέαν θέσιν.

β) Κόπτομεν τὸ σύρμα καὶ ἐμβαπτιζομεν τὰ προκύψαντα ἄκρα αὐτοῦ Α καὶ Β ἐντὸς ὕδατος ἐλαφρῶς ὠξυνισμένου (ἵνα γίνῃ εὐηλεκτραγωγόν). Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι εἰς τὰ ἄκρα ταῦτα ἐμφανίζονται φυσαλίδες 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.

225. Φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.—**Πείραμα.** Πλησίον καὶ παραλλήλως πρὸς μαγνητικὴν βελόνην στρεπτὴν 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 βελόνη εκτρέπεται ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεώς της κατὰ τινα διεύθυνσιν. Ἐὰν ἤδη τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος συνδέσωμεν κατ' ἀντίστροφον τάξιν μὲ τοὺς πόλους τοῦ ἰδίου στοιχείου, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ βελόνη εκτρέπεται κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς προηγουμένης.

Συμπέρασμα. Αἱ ἀντίθετοι ἐκτροπαὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλονται εἰς τὴν ἀλλαγὴν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος.

Παραδέχθησαν 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄.

ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΤΗΛΗ

226. Πόλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου. Τὸ ὑδρογόνον τὸ παραγόμενον κατὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν τοῦ θεικοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, προσκολλᾶται ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ, καὶ ἄφ' ἐνὸς μὲν παρεμποδίζει, ὥς σῶμα δυσηλεκτραγωγόν, τὴν δίοδον τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἄφ' ἐτέρου δὲ τείνει νὰ παραγάγῃ μετὰ τοῦ χαλκοῦ δευτερεῦον ρεῦμα φορᾶς ἀντιρρόπου τῷ κυρίῳ ρεύματι.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς προσκολλήσεως τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου, ἐκλήθη **πόλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου**, καὶ συντελεῖ ὥστε ἡ λειτουργία τοῦ στοιχείου νὰ μὴ εἶναι κανονική. Ἵνα ἔχωμεν λοιπὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα σταθερὸν καὶ διαρκές, ἀνάγκη νὰ παρεμποδίζωμεν τὴν προσκόλλησιν τοῦ ὑδρογόνου, ἥτοι νὰ καταστρέφωμεν τὴν πόλωσιν. Τοῦτο κατορθώθη εἰς πολλὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, διὰ τῆς χρήσεως καταλλήλων οὐσιῶν, αἵτινες ἀπορροφοῦσι τὸ παραγόμενον ὑδρογόνον καὶ καλοῦνται **ἀντιπολωτικά**.

Αἱ μᾶλλον χρησιμοποιούμεναι ἀντιπολωτικά οὐσίαι εἶναι: τὸ νιτρικὸν ὀξύ, ὁ θεικὸς χαλκός, τὸ διοξειδίου τοῦ μαγγανίου, τὸ διχρωμικὸν κάλιον κλπ. Ἐν πληρῆς ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον περιλαμβάνει:

- 1 ὑγρὸν διὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν.
- 1 οὐσίαν ἀντιπολωτικήν.
- 1 ἡλεκτρόδιον ἀρνητικὸν κατασκευαζόμενον πάντοτε ἐκ ψευδαργύρου, καὶ
- 1 ἡλεκτρόδιον θετικὸν κατασκευαζόμενον συνήθως ἐξ ἀνθρακος συμπαγοῦς.

Ἐκ τῶν ἡλεκτρικῶν στοιχείων, τῶν μὴ ὑποκειμένων εἰς πόλωσιν περιγράφομεν τὰ κυριώτερα.

227. (Ἑλεκτρικὸν στοιχεῖον Daniell.)

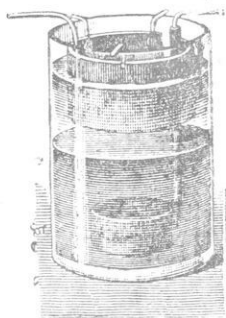
Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ 4 μερῶν. 1) Ἐξ ἐνὸς δοχείου Ρ (σχ. 160) ὑαλίνου ἢ πηλίνου. 2) Ἐξ ἐνὸς κοίλου κυλίνδρου Α ἐκ ψευδαργύρου ἐφ' ὃν ὑδροαγρυωμένον, ἀνοικτοῦ ἐκατέρωθεν καὶ ἐσχισμένου κατὰ μῆκος. 3) Ἐξ ἐνὸς κυλινδρικοῦ δοχείου Β πορώ-



Σχ. 160. Ἑλεκτρικὸν στοιχεῖον Daniell.

δους, κατασκευαζομένου ἐξ ἀργίλλου, καὶ 4) Ἐκ μιᾶς πρισμα-
τικῆς ράβδου Γ ἐκ χαλκοῦ. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου τοῦ ψευδαργύ-
ρου προσκολλᾶται ταινία ἐκ χαλκοῦ ἀποτελοῦσα τὸν ἀρνητικὸν
πόλον, ἐπὶ δὲ τῆς χαλκίνης ράβδου προσκολλᾶται ἑτέρα ὁμοία
ταινία ἀποτελοῦσα τὸν θετικὸν πόλον. Πολλάκις ὅμως αἱ ται-
νίαι ἀντικαθίστανται ὑπὸ μεταλλίνων πιεστικῶν κοχλιῶν α καὶ β.
Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 160, 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 ὑαλινὸν δοχεῖον θεικόν
ὀξύ προσαραιωθὲν διὰ δεκαπλασίου ὄγκου ὕδατος, ὅπερ χρησι-
μεύει διὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν, εἰς δὲ
τὸ πορῶδες δοχεῖον διάλυμα θεικοῦ χαλ-
κοῦ, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν καταστρο-
φὴν τῆς πολώσεως.



Σχ. 161. Ἡλεκτρικὸν
στοιχεῖον Callaud.

Γ) **Λειτουργία.** Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλω-
μα εἶναι ἀνοικτόν, ἤτοι οἱ δύο πόλοι τοῦ
στοιχείου δὲν ἐνοῦνται διὰ σύρματος, τὸ
στοιχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλεί-
σωμεν τὸ κύκλωμα, ἀμέσως ἀρχεται ἡ
χημικὴ ἐπίδρασις⁽¹⁾ καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ
ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βραίνει ἐκ τοῦ
θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ
μέσου τοῦ σύρματος.

Σημείωσις. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο
πόλους τοῦ στοιχείου τοῦ Daniell παριστᾷ τὴν μονάδα volt,
τὴν ὁποίαν εἶδομεν ἀνωτέρω.

228. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Callaud.— Τοῦτο εἶναι
τροποποίησις τοῦ προηγουμένου στοιχείου ὑπὸ τοῦ Callaud.

Α) **Περιγραφὴ.** Ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μερῶν. 1) Ἐξ ἑνὸς
δοχείου ὑαλίνου (σχ. 161). 2) Ἐξ ἑνὸς κοίλου κυλίνδρου ἐκ ψευ-

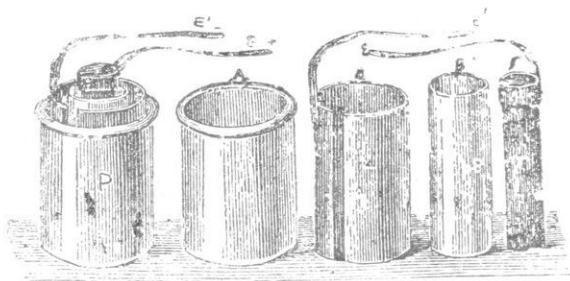
(1) Αἱ ἀντιδράσεις παρίστανται ὑπὸ τῶν χημικῶν ἐξισώσεων

$$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$$
 θεικὸν ὀξύ + ψευδάργυρος = θεικὸς ψευδάργυρος + ὑδρογόνον

$$\text{H}_2 + \text{CuSO}_4 = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}$$
 ὑδρογόνον + θεικὸς χαλκὸς = θεικὸν ὀξύ + χαλκός

δαργύρου εφυδραργυρωμένου, 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 πιεστικός κοχλίας, ὅστις ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ στοιχείου. Τὸν θετικὸν πόλον ἀποτελεῖ τὸ ἐξωτερικὸν ἄκρον τοῦ χαλκίνου σύρματος τῆς ταινίας. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται ὡς ἐξῆς. Ἐπὶ τοῦ πυθμένος 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. 162. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Bunsen.

-στάλλους 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) **Λειτουργία.** Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, τὸ στοιχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἀμέσως ἀρχεται ἡ χημικὴ ἐπίδρασις ⁽¹⁾ καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἡλεκ-

(1) Αἱ ἀντιδράσεις παρίστανται ὑπὸ τῶν αὐτῶν χημικῶν ἐξισώσεων, ὑπὸ τῶν ὁποίων καὶ αἱ τοῦ στοιχείου Daniell.

τρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικόν.

229. (Ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον Bunsen).—A) Περιγραφή.

Ἀποτελεῖται ἐκ 4 μερῶν. 1) Ἐξ ἐνὸς δοχείου Α (σχ. 162) ὑαλίνου ἢ πηλίνου. 2) Ἐξ ἐνὸς κοίλου κυλίνδρου Δ ἐκ ψευδαργύρου ἐφυδραργυρωμένου, ἀνοικτοῦ ἐκατέρωθεν καὶ ἐσχισμένου κατὰ μῆκος. 3) Ἐξ ἐνὸς κυλινδρικοῦ δοχείου πορώδους Β, καὶ) 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. 162, Ρ, ἥτοι ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου δοχείου τίθεται ὁ κύλινδρος τοῦ ψευδαργύρου, ἐντὸς αὐτοῦ τὸ πορώδες δοχεῖον καὶ ἐντὸς τούτου ἡ ράβδος τοῦ ἄνθρακος.

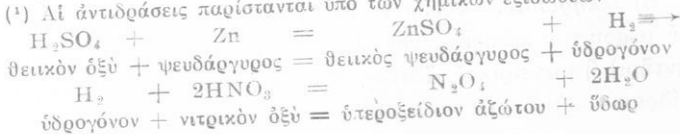
B) Πλήρωσις. Χύνομεν εἰς μὲν τὸ ὑαλινὸν δοχεῖον θεικὸν ζὺ προαραιωθὲν διὰ δεκαπλασίου ὄγκου ὕδατος, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν, εἰς δὲ τὸ πορώδες δοχεῖον διτρικὸν ὀξύ, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως.

Γ) Διευτεργία. 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 ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

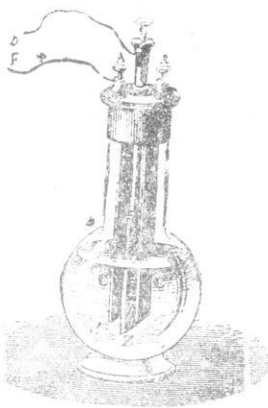
230. Ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον Grenet.—A) Περιγραφή.

Ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μερῶν. 1) Ἐκ μιᾶς ὑαλίνης φιάλης σφαιροειδοῦς (σχ. 163), 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 μεταξὺ των διὰ χαλκίνου ἐλάσματος καὶ 3) Ἐκ μιᾶς πλακὸς ἐκ ψευδαργύρου Ζ ἐφυδραργυρωμένου, ἣτις κεῖται μεταξὺ τῶν δύο ἀνθράκων καὶ ἔχει πλάτος μὲν ἴσον πρὸς τὸ τῶν ἀνθράκων, μῆκος δὲ ἴσον πρὸς τὸ ἥμισυ μόνον τοῦ

(1) Αἱ ἀντιδράσεις παρίστανται ὑπὸ τῶν χημικῶν ἐξισώσεων



αίχους εκείνων. Ὁ ψευδάργυρος οὗτος προσκολλᾶται ἐπὶ μεταλλίνου στελέχους, διερχομένου μετ' ἡπίας τριβῆς δι' ὁπῆς, τὴν ὁποίαν φέρει τὸ κάλυμμα, οὕτω δὲ δυνάμεθα κατὰ βούλησιν νὰ ἐμβαπτίζωμεν αὐτὸν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ τοῦ στοιχείου, ἢ νὰ τὸν ἐξάγωμεν. Ἐπὶ τοῦ καλύμματος ὑπάρχουσι δύο μετάλλιναι πιεστικαὶ κοιλίαι, ἐξ ὧν, ὁ μὲν εἰς συγκοινωνεῖ μετὰ τὸν ἄνθρακα καὶ ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον, ὁ δὲ ἕτερος μετὰ τὸν ψευδάργυρον καὶ ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον.



Σχ. 163. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Grenet.

Καὶ τὸ μὲν θετικὸν ὄξυ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν, τὸ δὲ διχρωμικὸν κάλιον διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως.

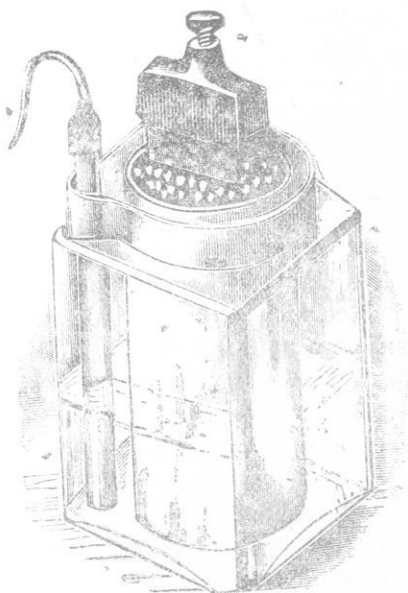
Γ) **Δειτουργία.** Ἐμβαπτίζομεν τὸν ψευδάργυρον ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ τῆς φιάλης καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα. Ἀμέσως τότε ἄρχεται ἡ χημικὴ ἐπίδρασις καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

231. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Leclanché. — Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μερῶν. 1) Ἐξ ἐνὸς ὑαλίνου δοχείου ἀποστενωμένου περὶ τὸ στόμιον (σχ. 164). 2) Ἐκ μιᾶς ράβδου ἐκ ψευδαργύρου ἐμφυδαργυρωμένου. 3) Ἐξ ἐνὸς δοχείου πορώδους, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει πρισματικὴ ράβδος ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς καὶ μεῖγμα ἐξ ἴσων μερῶν διοξειδίου τοῦ μαγγανίου (πυρολουσίτου) καὶ συμπαγοῦς ἄνθρακος. Καὶ ἐπὶ μὲν τοῦ ψευδαργύρου εὐρίσκεται ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ἐπὶ δὲ τοῦ ἄνθρακος ὁ θετικός. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται, ἔαν ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου δοχείου τεθῇ ἡ ράβδος τοῦ ψευδαργύρου καὶ τὸ πορώδες δοχεῖον.

Β) **Πλήρωσις.** Χύνομεν ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου δοχείου μέχρι τοῦ μέσου τοῦ κεκορεσμένον διάλυμα χλωριούχου ἁμμωνίου (νισσαντῆρι) ἢ μαγειρικοῦ ἀλατος, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν. Διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως χρησιμεύει τὸ

διοξειδίου τοῦ μαγγανίου, τὸ εὐρισκόμενον ἐν τῷ πορώδει δοχείῳ.

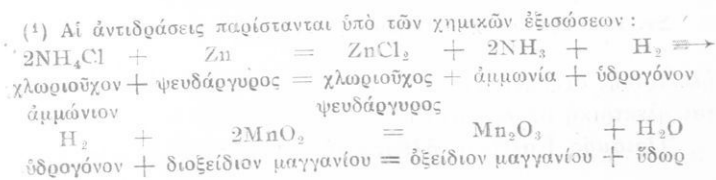
Γ) **Λειτουργία.** Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν τὸ



Σχ. 164. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Leclanché.

στοιχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἄρχεται ἡ χημικὴ ἐπίδρασις⁽¹⁾ καὶ ἡ παραγωγή τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

Αἱ ἡλεκτρογενετικαὶ δυνάμεις τῶν ἄνωτέρω ἡλεκτρικῶν στοιχείων εἶναι αἱ ἑξῆς :

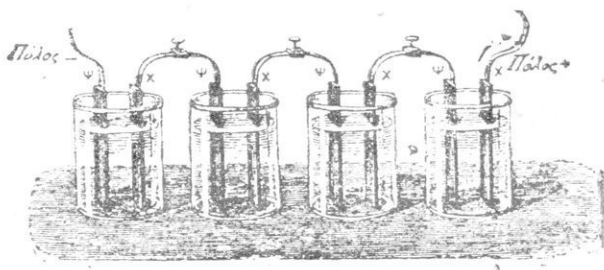


Daniell	1	volt
Callaud	1	»
Bunsen	1,8	»
Grenet	2	»
Leclanché	1.5	»

232. Ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία.— Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω περιγραφέντων ηλεκτρικῶν στοιχείων κατασκευάζονται καὶ στοιχεία καλούμενα **ξηρά**. Εἰς ταῦτα τὰ ὑγρά παραμένουσιν ἀκίνητα κατὰ τὰς διαφόρους μεταθέσεις τῶν στοιχείων, ἔνεκα τῆς παρουσίας καταλλήλων οὐσιῶν, αἵτινες ἔχουσιν ἀπορροφήσει τὰ ὑγρά. Ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία εἶναι τὰ χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν ηλεκτρικῶν λαμπτήρων τῆς τσέπης, καθὼς καὶ τῶν τηλεφωνικῶν ἐγκαταστάσεων. Πολλὰ τῶν στοιχείων τούτων εἶναι τοῦ τύπου Leclanché. ✓

233. Ἡλεκτρικὴ στήλη.— Καλεῖται **ηλεκτρικὴ στήλη** τὸ σύνολον δύο ἢ περισσοτέρων ηλεκτρικῶν στοιχείων, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι συνηνώθησαν δι' ἀγωγῶν. Δοθέντος ἀριθμοῦ τινος στοιχείων δυνάμεθα νὰ συνενώσωμεν αὐτὰ πρὸς σχηματισμὸν ηλεκτρικῆς στήλης κατὰ τρεῖς διαφόρους τρόπους.

1) Ἐνώνομεν τὸν θετικὸν π. χ. πόλον τοῦ πρώτου στοιχείου μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ δευτέρου, τὸν θετικὸν τοῦ δευτέρου μὲν τὸν ἀρνητικὸν τοῦ τρίτου, καὶ οὕτω καθεξῆς μέχρι τοῦ τελευταίου στοιχείου. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος τοῦ πρώτου στοιχείου καὶ ὁ θετικὸς τοῦ τελευταίου (σχ. 165) εἶναι οἱ πόλοι τῆς



Σχ. 165. Τρόπος σχηματισμοῦ ηλεκτρικῆς στήλης κατὰ σειρὰν.

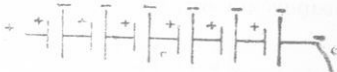
ηλεκτρικῆς στήλης. Ἡ τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖται **ηλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ τάσιν**.

Ὁρισμός. Καλεῖται **ηλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ**

πάσιν ἐκείνη, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὰ στοιχεῖα ἔχουσι συνενωθῇ διὰ τῶν ἑτεροωνύμων πόλων.

Τοιαύτην ἡλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα 166. Ἡ ἡλεκτρογερετικὴ δύναμις E τῆς τοιαύτης στήλης εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων. Οὕτως, ἐὰν εἶναι ἡ ἡλεκτρογερετικὴ δύναμις ἑνὸς μόνον στοιχείου καὶ n ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶναι ὅμοια μεταξὺ τῶν), θὰ ἔχωμεν $E = n \cdot e$.

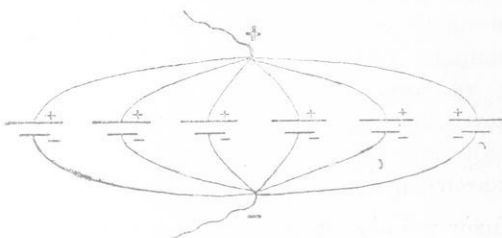
2) Συνενώνομεν ἀφ' ἑνὸς ὅλους τοὺς θετικούς πόλους τῶν στοιχείων καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλους τοὺς ἀρνητικούς. Τὰ σημεία εἰς τὰ ὁποῖα συνενούνται ἀφ' ἑνὸς οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου οἱ ἀρνητικοὶ εἶναι οἱ δύο πόλοι τῆς στήλης. Ἡ τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖται ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ ποσότητα ἢ κατ' ἐπιφάνειαν.



Σχ. 166. Συμβολικὴ παράστασις.

Ὅρισμός. Καλεῖται **ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ ποσότητα ἢ κατ' ἐπιφάνειαν** ἐκείνη, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὰ στοιχεῖα ἔχουσι συνενωθῇ διὰ τῶν ὁμωνύμων πόλων.

Τοιαύτην ἡλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα 167. Ἡ ἡλεκτρογερετικὴ δύναμις E τῆς τοιαύτης στήλης εἶναι ἴση μὲ τὴν ἡλεκτρογερετικὴν δύναμιν ἑνὸς μόνον στοιχείου αὐτῆς. Οὕτως, ἐὰν εἶναι ἡ ἡλεκτρογερετικὴ δύναμις ἑνὸς μόνον στοιχείου,



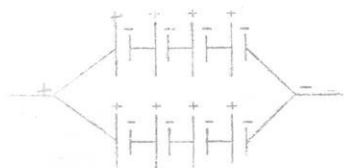
Σχ. 167. Συμβολικὴ παράστασις τῆς ἡλεκτρικῆς στήλης κατὰ ποσότητα.

καὶ n ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶναι ὅμοια, μεταξὺ τῶν), θὰ ἔχωμεν $E = e$.

Στοιχεῖα Φυσικῆς Κ. Σαμωτάκη, Γ' Γυμν. ἔκδ. γ'.

3) 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 σειρὰν, τὰς δὲ μερικὰς ταύτας στήλας ἐνώνωμεν κατὰ ποσότητα. Ἡ τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖται ἡλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειράς.

Ὁρισμός. Καλεῖται *ἡλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειράς* ἐκείνη, ἣτις εἶναι συνδυασμὸς στηλῶν κατὰ σειρὰν καὶ στηλῶν κατὰ ποσότητα.



Σχ. 168. Συμβολικὴ παράστασις τῆς μεικτῆς ἡλεκτρικῆς στήλης.

Τοιαύτην ἡλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα 168.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις E τῆς τελικῆς στήλης ἰσοῦται μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν μιᾶς μόνον μερικῆς στήλης. Οὕτως ἐὰν e εἶναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἑνὸς μόνον στοιχείου καὶ n ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων ἐκάστης μερικῆς στήλης (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶναι ὅμοια μεταξὺ τῶν), ἔα ἔχωμεν $E = n.e$.

Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη παρουσιάζει ιδιότητες ἀναλόγους πρὸς τὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου. Οὕτως, ἐὰν ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικῆς στήλης εἶναι E volt καὶ συγκοινωνήσῃ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς μετὰ τῆς γῆς, τότε τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν τοῦ μὲν ἀρνητικοῦ πόλου γίνεται 0, τοῦ δὲ θετικοῦ γίνεται E volt. Ἐὰν δὲ συγκοινωνήσῃ ὁ θετικὸς πόλος μετὰ τῆς γῆς, τότε τοῦτου μὲν τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν γίνεται 0 τοῦ δὲ ἀρνητικοῦ πόλου γίνεται $-E$ volt. Ἐὰν ἡ στήλη περιλαμβάνη ἄρτιον ἀριθμὸν στοιχείων συνηνωμένων κατὰ σειρὰν καὶ συγκοινωνήσῃ μετὰ τῆς γῆς τὸ μέσον αὐτῆς, τότε τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν τοῦ μὲν θετικοῦ πόλου γίνεται $\frac{E}{2}$ volt, τοῦ δὲ ἀρνητικοῦ πόλου $-\frac{E}{2}$ volt.

234. Χρήσεις τῶν ἡλεκτρικῶν στηλῶν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ στήλαι χρησιμοποιοῦνται συνήθως διὰ τὴν λειτουργίαν μικρῶν συσκευῶν, λ.χ. ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων τῆς τσέπης, ἡλεκτρικῶν κωδῶνων, τηλεγράφων, τηλεφώνων, εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν, τὴν

ἐπιμετάλλωσιν (ἐπιχρῶσωσιν, ἐπαργύρωσιν, ἐπινικέλωσιν κ.λ.π.).

235. Θερμοηλεκτρικὰ ρεύματα. — Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο ἑτερογενῆ μέταλλα π. χ. χαλκὸν $A A'$ καὶ βισμούθιον $B B'$ (σχ. 169) καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα αὐτῶν οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῇ πλήρες κύκλωμα. Ἐν τῷ ἐσωτερικῷ αὐτοῦ τοποθετοῦμεν μαγνητικὴν βελόνην κινητὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν διὰ τῆς φλογὸς λύχνου οἰνοπνεύματος θερ-



Σχ. 169. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον.

μάνωμεν τὴν μίαν τῶν ἐπαφῶν διατηροῦντες τὴν ἄλλην ψυχράν, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὼν ἔκτρέπεται ἐκ τῆς ἀρχικῆς αὐτῆς θέσεως. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη δεικνύει τὴν δίοδον ἡλεκτρικοῦ 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 ἡλεκτρικὸν ρεῖμα.

Τὸ οὕτω παραγόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῖμα καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν ρεῖμα.**

236 Θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον καὶ θερμοηλεκτρικὴ στήλη. Καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον** τὸ σύστημα τὸ ἀποτελούμενον ἐκ δύο ἑτερογενῶν μετάλλων συγκολλημένων κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν. Ἡ ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις ἑνὸς μόνον τοιοῦτου στοιχείου εἶναι λίαν μικρά. Δυνάμεθα ὅμως, ἐνώνοντες πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα κατὰ σειρὰν, νὰ ἀποτελέσωμεν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** μεγάλης ἡλεκτρογενετικῆς δυνάμεως. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη εἶναι καὶ ὁ καλούμενος **θερμοπολλαπλασιαστὴς τοῦ Melloni**, ὅστις σύγκειται ἐκ πολλῶν θερμοηλεκτρικῶν στοιχείων ἐκ βισμούθιου καὶ ἀντιμονίου συνηνωμένων κατὰ σειρὰν καὶ ἀποτελούντων ἐν τῷ συνόλῳ τὸν σχῆμα κύβου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ.

237. Ἑντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ μονὰς ἐντάσεως. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ διαρρέον ἀγωγὸν τινα λέγομεν ὅτι ἔχει *ἐντασιν* κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥτιον μεγάλην, ὅταν τὰ ἀποτελέσματα αὐτοῦ, θερμαντικά, μαγνήτικὰ καὶ χημικὰ εἶναι κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥτιον ἰσχυρά. Τὸ μέγεθος δὲ τῶν ἀποτελεσμάτων τούτων προφανῶς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ὅστις διαρρέει τὸν ἀγωγὸν ἐντὸς ὁρισμένου χρόνου. Διὰ τοῦτο καλεῖται *ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἢ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἣτις διέρχεται διὰ τινος τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου*. Ἡ ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ 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 ἶδει κατωτέρω.

Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται δι' ἰδιαιτέρων ὁργάνων, ἅτινα καλοῦνται *ἀμπερόμετρα*.

238. Ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ καὶ μονὰς ἀντιστάσεως. Ὄταν 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 σωλῆνος. Ἡ ἀντίστασις αὕτη εἶναι τόσῳ μεγαλυτέρα ὅσῳ ἐπιμηκέστερος καὶ λεπτότερος εἶναι ὁ σωλῆν.

Ἀνάλογον φαινόμενον ἔχομεν καὶ εἰς τὸν ἡλεκτρισμόν. Ὄταν δηλ. ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέῃ ἀγωγὸν τινα, οὗτος παρουσιάζει ἀντίστασιν εἰς αὐτό, ἣτις εἶναι τόσῳ μεγαλυτέρα, ὅσῳ ἐπιμηκέστερος καὶ λεπτότερος εἶναι ὁ ἀγωγός.

(¹) Ampère (1775—1836). Γάλλος σοφὸς σπουδάσας κυρίως τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα. Ἀνεκάλυψε τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν τῶν μαγνητικῶν καὶ τῶν ἡλεκτρικῶν πεδίων.

Ὡς μονὰς ἀντιστάσεως λαμβάνεται τὸ *ohm* (πρὸς τιμὴν τοῦ *Ohm*[¹]). Τὸ *ohm* παριστᾷ τὴν ἀντίστασιν ἀγωγοῦ, ὅστις διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἑνὸς *ampère* παρουσιάζει μεταξὺ τῶν ἄκρων του διαφορὰν ἡλεκτροδυναμικοῦ ἑνὸς *volt*. Ἀντίστασιν ἴσην πρὸς 1 *ohm* παρουσιάζει στήλη ὕδραργύρου 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 ἑκατομμύριον *ohm*. Ἐπομένως ἔχομεν :

$$1 \text{ ohm} = 1000000 \text{ microhms}$$

$$1 \text{ megohm} = 1000000 \text{ ohms.}$$

Εἰδικὴ ἀντίστασις ἀγωγοῦ. Καλεῖται *εἰδικὴ ἀντίστασις* ἀγωγοῦ τινος ἡ ἀντίστασις, εἰς *microhms* λογιζομένη, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει σύρμα ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας μὲ τὸν ἀγωγὸν ἔχον ἑγκαρσίαν τομὴν ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου καὶ μῆκος ἑνὸς ἑκατοστομέτρου.

239. 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 ἑγκαρσίας τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ.

Τρίτος νόμος. Ἡ ἀντίστασις ἐξαργτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἀγωγοῦ, δηλ. ἐκ τῆς ὕλης, ἐξ ἧς οὗτος συνίσταται. Οὕτως ἀγωγοὶ ἔχοντες τὸ αὐτὸ μῆκος καὶ τὴν αὐτὴν ἑγκαρσίαν τομὴν, ἀλλὰ συγκείμενοι ἐκ διαφόρων μετάλλων παρουσιάζουν διάφορον ἀντίστασιν.

Οἱ νόμοι τῆς ἀντιστάσεως περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ :

$$P = \rho \cdot \frac{\mu}{\tau} \text{ microhms} \quad (1)$$

(¹) *Ohm* (1787 — 1854). Γερμανὸς φυσικὸς ἀσχοληθεὶς κυρίως ἐπὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ καὶ ἀνακαλύψας τὸν νόμον, ὅστις φέρει τὸ ὄνόμα του.

ἐνθα P παριστᾷ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, Q τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ, μ τὸ μῆκος εἰς ἑκατοστόμετρα, καὶ τ τὴν ἐγκαρσίαν τομὴν αὐτοῦ εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα.

240. Νόμος τοῦ Ohm. — *Περίπτωσης κλειστοῦ κυκλώματος.* Ἐὰν τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικοῦ στοιχείου ἐνώσωμεν δι' ἀγωγοῦ, θέλει σχηματισθῇ κλειστὸν κύκλωμα. Τοῦ κυκλώματος τούτου ἡ ὅλική ἀντίστασις P , ἀποτελεῖται ἐκ τῆς ἀντιστάσεως Q_2 τοῦ ἀγωγοῦ, ἣτις καλεῖται *ἐξωτερικὴ ἀντίστασις*, καὶ ἐκ τῆς ἀντιστάσεως Q_1 τοῦ στοιχείου, ἣτις καλεῖται *ἐσωτερικὴ ἀντίστασις*, ἥτοι ἔχομεν $P = Q_1 + Q_2$.

Εἰς πᾶν κύκλωμα κλειστὸν ἐφαρμόζεται ὁ ἑξῆς νόμος τοῦ Ohm. *Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος.* Ἡτοι

$$\text{ἔντασις} = \frac{\text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις}}{\text{ὅλική ἀντίστασις}}.$$

Ὁ νόμος οὗτος ἐκφράζεται διὰ τοῦ τύπου :

$$I = \frac{E}{P} \text{ ampères} \quad (1)$$

ἐνθα I παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, E τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς πηγῆς εἰς volts, καὶ P τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος εἰς ohms.

241. Σταθεραὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου. — Ἐκαστον ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον καὶ ἐν γένει ἐκάστη ἡλεκτρικὴ πηγὴ παρουσιάζει δύο σταθεράς, τὴν *ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν* καὶ τὴν *ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν*. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου ἐξαρκᾷται, καθὼς εἶδομεν, ἀφ' ἐνὸς ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἡλεκτροδίων, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου ἐξαρκᾷται ἀφ' ἐνὸς ἐκ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἡλεκτροδίων αὐτοῦ καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ αὐτῶν. Εἶναι δὲ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου τοσοῦτον μικρότερα, ὅσῳ μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τῶν ἡλεκτροδίων του καὶ ὅσῳ μικρότερα εἶναι ἡ ἀπόστασις μεταξὺ αὐτῶν. Τοῦτο εἶναι ἄμεσον ἐπακολούθημα τῶν νόμων τῆς ἀντιστάσεως τῶν ἀγωγῶν, τοὺς ὁποίους εἶδομεν ἀνωτέρω.

Τὸ παραγόμενον ρεῦμα θὰ ἔχῃ τὴν μεγαλυτέραν αὐτοῦ ἔντα-

σιν, όταν ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου κλείεται ἑξωτερικῶς τὸ κύκλωμα εἶναι ἀσήμαντος, διότι τότε ἡ ὅλική ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος ἀνάγεται μόνον εἰς τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν τοῦ στοιχείου. Πράγματι, ἐὰν τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον ἔχῃ ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2 volts καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 2 ohms, τὸ παραγόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θὰ ἔχῃ κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm ἔντασιν ἴσην πρὸς $2 : 2 = 1$ ampère, ἥτοι δὲν δύναται νὰ γίνῃ ἀνωτέρα.

Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα παρουσιάζουν ἐν γένει μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν. Ἀντιθέτως, ἄλλαι ἡλεκτρικαὶ πηγαί, ὅπως εἶναι οἱ συσσωρευταὶ (accumulateur) καὶ αἱ ἡλεκτρομηχαναί, παρουσιάζουν μικρὰν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν. Ἔνεκα τούτου, όταν τὸ κύκλωμα τῶν ὀργάνων τούτων κλείεται ἑξωτερικῶς δι' ἀγωγοῦ μικρᾶς ἀντιστάσεως (ὅτε σχηματίζεται τὸ καλούμενον βραχὺ κύκλωμα) παράγεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον ἀποβαίνει ἐπιβλαβὲς εἰς αὐτά.

242. Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς στήλας. Ἀς παραστήσωμεν διὰ

- v τὸν ἀριθμὸν τῶν στοιχείων,
- ϵ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἐκάστου,
- ϱ_1 τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν τοῦ στοιχείου,
- ϱ_2 τὴν ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν τῆς στήλης,
- E τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς στήλης.
- I τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τῆς στήλης.

1ον) Ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ τάσιν. Εἰς τὴν στήλην ταύτην ἔχομεν $E = v \cdot \epsilon$, καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι $v \cdot \varrho_1$. Ἐπομένως ἐκ τοῦ τύπου (1) ἔχομεν

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{v \cdot \varrho_1 + \varrho_2} \quad (2)$$

Παρατηρήσεις. 1) Ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις ϱ_2 εἶναι λίαν μικρά, ὥστε νὰ δύναται αὕτη νὰ παραλειφθῇ, ὁ τύπος (2) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{v \cdot \varrho_1} = \frac{\epsilon}{\varrho_1}$$

ἥτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐνδὸς μόνον στοιχείου αὐτῆς.

2) Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις ϱ_2 εἶναι λίαν

μεγάλη, ὥστε τὸ $v \cdot \rho_1$ νὰ δύναται νὰ παραλειφθῇ, ὁ τύπος (2) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \varepsilon}{\rho_2}.$$

ἦτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης εἶναι *ν φορές μεγαλυτέρα τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐνὸς μόνον στοιχείου αὐτῆς*. Συμφέρεi λοιπὸν νὰ συνενώωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ σειρὰν, ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι μεγάλῃ σχετικῶς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν.

2) *Ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ ποσότητα ἢ κατ' ἐπιφάνειαν*. Εἰς τὴν στήλην ταύτην ἔχομεν $E = \varepsilon$ καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι $\frac{\rho_1}{v}$. Ἐπομένως ἐκ τοῦ τύπου (1) ἔχομεν

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{\rho_1}{v} + \rho_2} = \frac{v \cdot \varepsilon}{\rho_1 + v \cdot \rho_2}. \quad (3)$$

Παρατηρήσεις. 1) Ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις ρ_2 εἶναι λίαν μεγάλη, ὥστε τὸ ρ_1 νὰ δύναται νὰ παραλειφθῇ, ὁ τύπος (3) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \varepsilon}{v \cdot \rho_2} = \frac{\varepsilon}{\rho_2}.$$

ἦτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης *ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐνὸς μόνον στοιχείου αὐτῆς*.

2) Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις ρ_2 εἶναι λίαν μικρά, ὥστε τὸ $v \cdot \rho_2$ νὰ δύναται νὰ παραλειφθῇ, ὁ τύπος (3) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \varepsilon}{\rho_1}.$$

ἦτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης εἶναι *ν φορές μεγαλυτέρα τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐνὸς μόνον στοιχείου αὐτῆς*. Συμφέρεi λοιπὸν νὰ συνενώωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ ποσότητα, ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι λίαν μικρά σχετικῶς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν.

3ον) *Ἡλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειράς*. Ἐὰν τὰ n στοιχεῖα διαιρέσωμεν εἰς σ σειράς ἢ ὁμάδας, καὶ ἑκάστη τούτων περιλαμβάνῃ μ στοιχεῖα, θὰ ἔχωμεν $\sigma \cdot \mu = n$. Εἰς τὴν στήλην ταύτην ἔχομεν $E = \mu \cdot \varepsilon$ καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι $\frac{\mu \cdot \rho_1}{\sigma}$. Ἐπομένως ἐκ τοῦ τύπου (1) ἔχομεν :

$$I = \frac{\mu \cdot \varepsilon}{\frac{\mu \cdot \varrho_1}{\sigma} + \varrho_2}$$

$$\eta \quad I = \frac{\sigma \cdot \mu \cdot \varepsilon}{\mu \cdot \varrho_1 + \sigma \cdot \varrho_2} = \frac{V \cdot \varepsilon}{\mu \cdot \varrho_1 + \sigma \cdot \varrho_2}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Πόση είναι η αντίστασις σύρματος χαλκίνου μήκους 3 χιλιομέτρων καὶ τομῆς 3 τετραγ. χιλιοστομέτρων εἰδικῆς ἀντιστάσεως = 1,8 microhm ; (Ἀπόκρ. 18 ohms).

2) Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος τηλεγραφικοῦ σύρματος διαμέτρου 4 χιλιοστομέτρων, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,025 ampère, ὅταν συνδεθῇ μὲ ἠλεκτρικὴν στήλην ἠλεκτρογεωτρικῆς δυνάμεως 117 volts καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 32 ohms ; εἰδικὴ ἀντίστασις σύρματος = 15,33 microhms.

(Ἀπόκρ. 381 περίπου χιλόμετρα).

3) Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 15 ohms καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ὑπάρχει διαφορὰ ἠλεκτροδυναμικοῦ 45 volts ; (Ἀπόκρ. 3 ampères).

4) Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 7,5 ohms, ἵνα διέλθῃ διὰ τοῦ ἀγωγοῦ τούτου ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 ampères ; (Ἀπ. 11,25 volts).

5) Ποία ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ, ὅταν διὰ διαφορᾶς ἠλεκτροδυναμικοῦ 120 volts εἰς τὰ ἄκρα του παράγεται ρεῦμα ἐντάσεως 3 ampères ; (Ἀπόκρ. 40 ohms).

6) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τηλεγραφικοῦ σύρματος σιδηροῦ, μήκους 100 χιλιομέτρων καὶ διαμέτρου 4 χιλιοστομέτρων. Εἰδ. ἀντίστασις = 0.000009 ohms (Ἀπόκρ. 716 ohms).

7) Ἐν τινι κυκλώματι ἡ ἀντίστασις τῆς στήλης εἶναι 5 ohms, ἡ ἠλεκτρογεωτρικὴ δύναμις αὐτῆς 2 volts καὶ ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις 24 ohms. Ποία εἶναι ἔντασις τοῦ ρεύματος ;

(Ἀπόκρ. 0.069 ampères).

8) Πέντε ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα ὅμοια ἀποτελοῦσιν ἠλεκτρικὴν στήλην, τῆς ὁποίας τὸ κύκλωμα κλείεται δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 0,25 ohms. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος α') ὅταν τὰ στοιχεῖα συνεννοῦνται κατὰ σειρὰν καὶ β') ὅταν συνεννοῦνται κατὰ ποσότητα. Ἡλεκτρογεωτρικὴ 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 τομὴ σύρματος σιδήρου τοῦ ὁποίου τὸ μὲν μῆκος εἶναι 25 μέτρων, ἡ δὲ ἀντίστασις 1 ohm ; εἰδικὴ ἀντίστασις σιδήρου $= 9,636$ microhms.

(Ἀπόκρ. 0.024 τετρ. ἑκατοστόμετρα).

10) Μᾶς δίδονται 5 ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,9 volts καὶ ἀντίστασιν 0,11 ohms. Πῶς πρέπει νὰ συνενωθῶσι ταῦτα ἵνα ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχῃ τὴν μεγαλυτέραν τιμὴν ; ἡ ἐξωτερικὴ ἔντασις εἶναι 11 ohms. (Ἀπόκρ. Κατὰ σειρὰν, ὁπότε θὰ ἔχωμεν 0,822 ampères. Ἐνῶ κατὰ ποσότητα, θὰ ἔχωμεν 0,172 ampères).

11) Μᾶς δίδονται 4 ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,45 volts καὶ ἀντίστασιν 0,4 ohms. Πῶς πρέπει νὰ συνενωθῶσι ταῦτα ἵνα ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχῃ τὴν μεγαλυτέραν τιμὴν ; ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι 0,05 ohms. (Ἀπόκρ. Κατὰ ποσότητα, ὁπότε θὰ ἔχωμεν 9,66 ampères, ἐνῶ κατὰ σειρὰν θὰ ἔχωμεν 3,51 ampères).

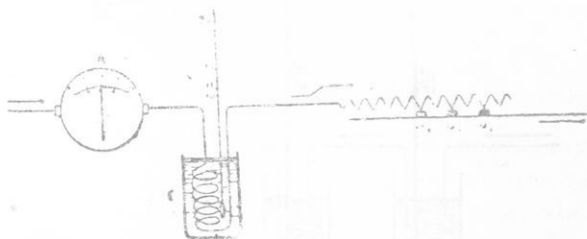
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΩΤΕΙΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

243. Θέρμανσις τῶν ἀγωγῶν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἶδομεν ὅτι, ὅταν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται δι' ἀγωγῶν λεπτοτάτου, οὗτος θερμαίνεται. Ἡ ἠλεκτρικὴ λοιπὸν ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμαντικὴν. Ἡ θέρμανσις τοῦ ἀγωγῶ δύναται νὰ εἶνε τόσον ἰσχυρά, ὥστε οὗτος δυνατόν νὰ πυρακτωθῇ, εἴτε νὰ τακῇ, εἴτε καὶ νὰ ἐξαερωθῇ. Τὰ τοιαῦτα ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ 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.

244. Νόμοι τοῦ Joule. ⁽¹⁾— 1) **Πειράματα.** Ἐντὸς τοῦ ὕδατος θερμοδομέτρου ⁽²⁾ βυθίζομεν λεπτὸν μετάλλινον ἄγωγόν (σχ. 170) περιτυλιγμένον σπειροειδῶς, καὶ θερμόμετρον. Ἐὰν διὰ τοῦ ἄγωγου διαβιβασθῇ ἐπὶ ὠρισμένον χρόνον π. χ. χ δευ-



Σχ. 170. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τοῦ Joule.

τερόλεπτα, ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος, ἔνεκα τῆς ἐν τῷ ἄγωγῷ ἀναπτυσσομένης θερμότητος. Ἐκ τῆς θερμοκρασίας δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυχθείσης θερμότητος. Διαβιβάζοντες τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπὶ χρόνον 2πλάσιον, 3πλάσιον, 4πλάσιον κλπ., εὐρίσκομεν ἕκ τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας ποσὸν θερμότητος ἀναπτυσσομένης ἐν τῷ ἄγωγῷ 2πλάσιον, 3πλάσιον, 4πλάσιον κλπ. Τὸ ποσὸν λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον τοῦ χρόνου.

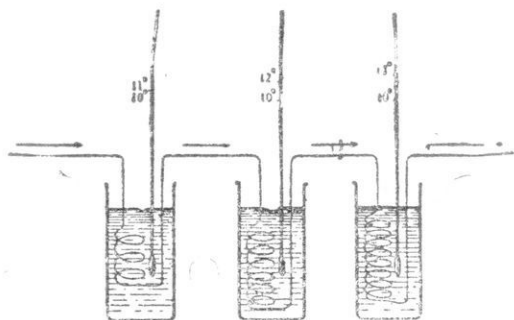
2) Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 2πλασίας, 3πλασίας, 4πλασίας κλπ., τὸ ὁποῖον διαβιβάζομεν πάλιν ἐπὶ χ δευτερόλεπτα. Παρατηροῦμεν ἑκάστοτε νέαν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἕκ τῆς ὁποίας ἀνευρίσκομεν ὅτι ἀνεπτύχθη ποσὸν θερμότητος 4πλάσιον, 9πλάσιον, 16πλάσιον κλπ. Τὸ ποσὸν λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

3) Λαμβάνομεν τρεῖς διαφόρους ἄγωγούς, τῶν ὁποίων αἱ

(¹) Joule (1818—1900) Ἕλληνας φυσικός, ὅστις ἡσχολήθη εἰς τὴν μετατροπὴν τοῦ μηχανικοῦ ἔργου εἰς θερμότητα. Πρὸς τιμὴν αὐτοῦ ἐδόθη τὸ ὄνομά του εἰς τὴν μονάδα τοῦ ἔργου joule.

(²) Βλέπε θερμοδομετρίαν.

ἀντιστάσεις νὰ βαίνωσιν ὥς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3 λ. χ. Τούτους περιτυλίσσομεν σπειροειδῶς καὶ βυθίζομεν ἀνὰ ἓνα ἐντὸς τριῶν θερμοδομέτρων (σχ. 171), τὰ ὁποῖα νὰ περιέχωσιν ὕδωρ τοῦ αὐτοῦ βάρους. Τοὺς τρεῖς ἀγωγοὺς συνδέομεν κατὰ τὰ ἄκρα των



Σχ. 171. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τοῦ Joule.

οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελέσωσιν ἓνα συνεχῆ ἀγωγόν. Ἐὰν δι' αὐτοῦ διαβιβάσωμεν ἐπὶ ὠρισμένον χρόνον ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, θὰ παρατηρήσωμεν διάφορον ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος ἐν ἑκάστῳ θερμοδομέτρῳ. Προσδιορίζοντες δὲ ἐκ ταύτης τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυχθείσης θερμότητος ἐν τῷ ἀγωγῷ ἑκάστου θερμοδομέτρου, εὐρίσκομεν ὅτι τοῦτο εἶναι διπλάσιον ἐν τῷ ἀγωγῷ, οὗτινος ἡ ἀντίστασις εἶναι 2 καὶ ἑπτάσιον ἐν τῷ ἀγωγῷ, οὗτινος ἡ ἀντίστασις εἶναι 3, ἢ ἐν τῷ πρώτῳ ἀγωγῷ. Τὸ ποσὸν λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ.

Νόμοι. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων συνάγομεν τοὺς ἑξῆς νόμους τοὺς ὁποίους ἀνεκάλυψεν ὁ Joule.

Πρῶτος νόμος. Τὸ ποσὸν ἡς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον τοῦ χρόνου καθ' ὃν διέρχεται τὸ ρεῖμα (διὰ τὴν αὐτὴν ἔντασιν 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 ἔντασιν τοῦ ρεύματος).

Οἱ νόμοι τοῦ Joule περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

$$\Theta = P \cdot I^2 \cdot X \text{ joules} \quad (1)$$

ἐνθα Θ = ποσὸν θερμότητος ἀναπτυσσομένης ἐντὸς χρόνου X δευτερολέπτων, P = ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ, I = ἔντασις τοῦ ρεύματος, καὶ X = χρόνος εἰς δευτερόλεπτα.

Ἐπειδὴ δὲ $4.18 \text{ joules} = 1 \text{ μικρὰ θερμὴς}$, ὁ ἀνωτέρω τύπος (1) γίνεται

$$\Theta = \frac{P \cdot I^2 \cdot X}{4.18} = 0.24 \cdot P \cdot I^2 \cdot X \text{ μικραὶ θερμίδες.}$$

245. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμαντικῶν ἀποτελεσμάτων.

Τὰ θερμαντικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται 1ον) εἰς τὴν χειρουργικὴν (θερμοκαυτηῖρες κλπ.). 2ον) Εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς ἐγκαταστάσεις πρὸς κατασκευὴν τῶν συρμάτων ἀσφαλείας. 3ον) Εἰς τὴν κατασκευὴν οἰκιακῶν ὀργάνων καὶ σκευῶν (σίδηρα διὰ τὸ σιδέρωμα, ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι κλπ.). 4ον) Εἰς τὸν ἡλεκτρικὸν φωτισμὸν κλπ.

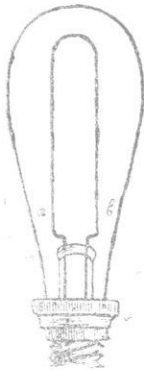
246. Ἡλεκτρικὸς φωτισμός. — Μία τῶν σπουδαιωτέρων ἐφαρμογῶν τῶν θερμαντικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ὁ ἡλεκτρικὸς φωτισμός. Πρὸς παραγωγὴν ἡλεκτρικοῦ φωτὸς χρησιμοποιοῦνται δύο μέθοδοι· α') ἡ τῆς πυρακτώσεως καὶ β') ἡ τοῦ βολταϊκοῦ τόξου.

α) *Λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως.* Α) *Περιγραφή.* Οἱ λαμπτήρες οὗτοι ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνου δοχείου σφαιρικοῦ ἢ ὠσειδοῦς, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐγκλείεται ἀγωγὸς αβ, συνιστάμενος ἐκ λεπτοῦ νήματος ἀνθρακος καὶ κεκαμμένος ἐν σχήματι ἱππέου πετάλου (σχ. 172). Τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ τούτου συνάπτονται μετὰ δύο συρμάτων ἐκ λευκοχρύσου, ἅτινα εἶναι ἐμπεπηγότα διὰ τήξεως ἐν τῇ ὑάλῳ. Τὸ δοχεῖον κενοῦται ὅσῳ τὸ δυνατόν τελείως τοῦ ἀέρος, καὶ ἔπειτα κλείεται ἀεροστεγῶς. Οἱ διὰ νήματος ἐξ ἀνθρακος λαμπτήρες καλοῦνται *λαμπτήρες τοῦ Edison*.

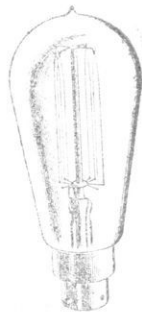
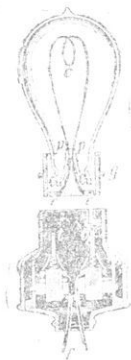
Β) *Λειτουργία.* Διὰ τοῦ νήματος τοῦ ἀνθρακος διαβιβάζομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἰσχυρόν, ὅποτε τὸ νῆμα λευκοπυροῦται μὲν καὶ ἐκπέμπει λαμπρὸν φῶς, ἀλλὰ δὲν καίεται, ἔνεκα τῆς ἐλλείψεως ἀέρος ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ δοχείου.

Μεταλλικοὶ λαμπτήρες. Σήμερον ὁ ἀγωγὸς τῶν λαμπτήρων συνίσταται ἐκ λεπτοτάτου μεταλλίνου σύρματος (ἐξ ὁσμίου τανταλίου, βολφραμίου). Καὶ ἔπειδὴ τὰ μέταλλα εἶναι εὐηλεκτρα-

γωγότερα τοῦ ἄνθρακος, τὸ σύρμα κατασκευάζεται λεπτότερον καὶ ἐπιμηκέστερον. Οἱ τοιοῦτοι λαμπτήρες καλοῦνται **μεταλλικοί**, καὶ εἶναι οἰκονομικώτεροι τῶν προηγουμένων (σχ. 173).



Σχ. 172. Λαμπτήρ
τοῦ Edison.



Σχ. 173. 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 ἓν ἄκρον αὐτῶν διὰ ἀγωγῶν μὲ τοὺς δύο πόλους ἰσχυρῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς. Ἐπειτα ἔθηκεν εἰς ἐπαφὴν τὸ ἕτερον ἄκρον τῶν ἀνθράκων καὶ ἀπεμάκρυνεν αὐτοὺς ἀπ' ἀλλήλων ὀλίγον κατ' ὀλίγον. Παρατήρησε τότε ὅτι μεταξὺ αὐτῶν παρήχθη 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 ἄλλους μεταξὺ αὐτῶν. Διὰ τῆς ἀλώσεως ταύτης διέρχεται τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ οὕτω λευκοπυροῦται ἡ ἄλλωσις καὶ ἐκπέμπει λαμπρὸν φῶς. Ἐὰν τὰ δύο ραβδία ἀπομακρυνθῶσι τόσον ὥστε ἡ ἄλλωσις νὰ διασπασθῇ, τὸ φῶς σβέννυται, καὶ διὰ νὰ παραχθῇ ἐκ νέου πρέπει οἱ ἄνθρακες νὰ ἔλθωσιν πάλιν εἰς ἐπαφὴν καὶ κατόπιν νὰ ἀπομακρυνθῶσιν ὀλίγον.

Τὸ οὕτω πως σχηματιζόμενον φῶς ἐκλήθη ὑπὸ τοῦ Davy

πρὸς τιμὴν τοῦ Volta καὶ ἔνεκα τῆς τοξοειδοῦς αὐτοῦ μορφῆς, **βολταϊκὸν τόξον**.

Ἀμφότερα τὰ ραβδία τοῦ ἀνθρακος 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 κρατῆρος (σχ. 174), ὅστις ἀποτελεῖ τὸ λαμπρότερον μέρος τοῦ ὅλου τόξου. Ἔνεκα τῶν φαινομένων τούτων τὸ θετικὸν ραβδίον κατασκευάζεται πάντοτε παχύτερον τοῦ ἀρνητικοῦ καὶ τοποθετεῖται κατακορύφως καὶ ὑπεράνω αὐτοῦ, διὰ νὰ διευθύνεται τὸ φῶς πρὸς τὰ κάτω.



Σχ. 174. Βολταϊκὸν τόξον.

Σήμερον τὰ δύο ραβδία τοῦ ἀνθρακος ἐγκλείονται ἐντὸς σφαίρας 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, κλπ.

247. Πλεονεκτήματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ φωτισμοῦ.— Ὁ ἠλεκτρικὸς φωτισμὸς εἶναι οἰκονομικώτερος τοῦ διὰ φωταερίου φωτισμοῦ, εἴτε δι' ἀπλῆς καύσεως παράγεται οὗτος εἴτε διὰ πυρακτώσεως 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 διὰν χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως, οὐδόλως μολύνει τὸν ἀέρα τῶν φωτιζομένων οἰκιῶν.

248. Ἡλεκτρικὴ κάμινος.— Α) *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται ἐξ ὀγκώδους τεμαχίου ἀσβεστολίθου, τὸ ὁποῖον ἐσωτερικῶς εἶναι κοίλον. Ἡ κοιλότης καλύπτεται διὰ στρώματος συμπαγοῦς ἀνθρακος καὶ ἐντὸς αὐτῆς εὐρίσκονται τὰ ἄκρα δύο παχέων ραβδίων ἐξ ἀνθρακος συμπαγοῦς, διερχομένων διὰ δύο πλαγίων ὁπῶν τοῦ ἀσβεστολίθου.

Β) *Λειτουργία.* Ἐάν διὰ τῶν ραβδίων διαβιβασθῇ ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν ρεῖμα, θέλει παραχθῇ βολταϊκὸν τόξον θερμοκρα-

σίας 3500⁰ περίπου. Οὕτως ἡ κάμιнос αὕτη ἀποτελεῖ ἰσχυρὰν θερμομαντικήν πηγὴν, ἐν τῇ ὁποίᾳ καὶ αἱ μᾶλλον δύστηντοι εὐσμία τήκονται καὶ ἐξαεροῦνται.

Γ) *Ἐφαρμογαί*. Σήμερον ἡ κάμιнос αὕτη χρησιμοποιεῖται πρὸς παρασκευὴν τοῦ ἀνθρακασβεστίου, ὅπερ χρησιμεύει εἰς τὴν παραγωγὴν τῆς ἀσετυλίνης, πρὸς ἀναγωγὴν, δηλ. ἀποξειδωσιν μονίμων μεταλλικῶν ὀξειδίων, πρὸς παρασκευὴν τοῦ ἀργιλίου κλπ.

249. Ἰσχὺς ἠλεκτρικῆς πηγῆς καὶ μονὰς ἰσχύος.— Καλεῖται *ἰσχὺς* ἠλεκτρικῆς πηγῆς, *τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας, ἣ τὸ ποσὸν τοῦ ἔργου, ὅπερ δύναται νὰ παράσῃ αὕτη ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου*. Πρὸς εὐρεσιν τῆς ἰσχύος μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς πολλαπλασιάζομεν τὴν ἠλεκτρεγερετικὴν δυνάμιν αὐτῆς ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ἥτοι

$$\text{ἰσχὺς} = \text{ἠλεκτρεγερετικὴ δυνάμις} \times \text{ἐντασις.}$$

Ἡ σχέσις αὕτη παρίσταται συμβολικῶς ὡς ἐξῆς:

$$\Delta = E \cdot I$$

ἐνθα Δ = ἰσχὺς, E = ἠλεκτρεγερετικὴ δυνάμις καὶ I = ἐντασις.

Ὡς μονὰς ἰσχύος λαμβάνεται τὸ watt (πρὸς τιμὴν τοῦ Watt (¹)).

Ἐπειδὴ δὲ ἡ μονὰς αὕτη εἶναι λίαν μικρά, διὰ τοῦτο λαμβάνονται πολλαπλάσια ταύτης, ἅτινα εἶναι

$$\text{τὸ hectowatt} = 100 \text{ watts}$$

$$\text{τὸ kilowatt} = 1000 \text{ watts.}$$

250. Μονάδες ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Πρὸς μέτρησιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας χρησιμοποιοῦνται αἱ μονάδες watt-heure, hectowatt-heure καὶ kilowatt-heure. Αἱ μονάδες αὗται παριστάσωσι 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

(¹) Watt (1736—1819). Σκωτὸς μηχανικός, ὅστις ἐτροποποίησε τὴν ἀτμομηχανὴν ἐπὶ τὸ πρακτικώτερον. Ἐπενόησε τὸν ἀτμονόμον σύρτην αὐτῆς, τὸν συμπυκνωτήν, τὸν φυγοκεντρικὸν ρυθμιστὴν καὶ ἔδωκε τὸ ὄνομα watt εἰς τὴν μονάδα τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

ὁποῖαν ἔχουσι βαθμολογηθῇ οἱ μετρηταὶ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, οἱ καλούμενοι **βατόμετρα**.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ἔντασιν $0,5 \text{ ampères}$. Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διέρχεται δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 200 ohms , ἵνα ἀναπτύξῃ 10000 θερμίδας; (Ἀπόκρ. 833 δευτερόλεπτα).

2) Νὰ εὐρεθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν θερμίδων, αἵτινες ἀναπτύσσονται καθ' ὥραν ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος πυρακτώσεως, ὅστις παρουσιάζει ἀντίστασιν 200 ohms καὶ τροφοδοτεῖται διὰ ρεύματος $0,5 \text{ ampères}$ (ὑποτίθεται ὅτι ὁλόκληρος ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμότητα). (Ἀπόκρ. 43260 θερμίδες).

3) Ἡλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἀποτελεῖται ἐκ 10 ἡλεκτρικῶν στοιχείων ὁμοίων, αἵτινα σχηματίζουν δύο ομάδας, ἐκάστη τῶν ὁποίων περιλαμβάνει 5 στοιχεῖα. Ἡ ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου εἶναι $1,9 \text{ volts}$ καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $0,8 \text{ ohms}$, ἡ δὲ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης εἶναι 15 ohms . Νὰ εὐρεθῶσι α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, β) ἡ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος καὶ γ) ὁ ἀριθμὸς τῶν θερμίδων, αἵτινες ἀναπτύσσονται ἐντὸς 10 λεπτῶν εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν. (Ἀπ. α) $0,558 \text{ ampères}$, β) $5,301 \text{ watts}$ καὶ γ) $671,76$ θερμίδες).

4) Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ πυρακτώσεως ἀντιστάσεως 200 ohms τροφοδοτεῖται διὰ ρεύματος ἐντάσεως $0,5 \text{ ampères}$. Νὰ εὐρεθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν θερμίδων, αἵτινες ἀναπτύσσονται ἐν αὐτῷ ἐντὸς ἡμισείας ὥρας. (Ἀπόκρ. 21600 θερμίδες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ — ΓΑΛΒΑΝΟΜΕΤΡΑ

251. Φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—**Πειράματα.** 1ον) Ἐὰν λάβωμεν εἰς τὰς χεῖράς μας τοὺς δύο πόλους μεγάλης ἡλεκτρικῆς στήλης, οἰσθανόμεθα τιναγμοὺς κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥτιον ἰσχυροὺς, οἵτινες δύνανται νὰ ἐπιφέρωσι παραλύσιν, ἢ καὶ αὐτὸν τὸν θάνατον, ἀναλόγως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Στοιχεῖα Φυσικῆς, Κ. Σαμιωτάκη, Γ' Γυμν. ἐκδ. γ'.

2ον) Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τοὺς δύο πόλους μικρᾶς ἡλεκτρικῆς 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 ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τῶν κινητικῶν νεύρων, θέλομεν παρατηρήσει συστολὰς καὶ διαστολὰς τῶν μυῶν, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπεκτείνονται τὰ ἐρεθιζόμενα νεῦρα.

Συμπέρασμα. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐνεργεῖ διαφοροτρόπως ἐπὶ τῶν διαφόρων ὀργάνων τοῦ σώματος τῶν ζώων.

Τὰ τοιαῦτα ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται *φυσιολογικά*.

252. Ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. — *Πείραμα τοῦ Oersted.* Ὁ Oersted ἐποιοθέτησεν ὑπεράνω μαγνητικῆς βελόνης, στρεπτῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα, καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσίν της χάλκινον σύρμα εὐθύγραμμον NB (σχ. 175). Ὅταν διὰ τοῦ σύρματος διήρχετο ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ βελόνη ἀμέσως ἀπέκλινε τῆς ἀρχικῆς θέσεώς της καὶ ἐλάμβανε νέαν διεύθυνσιν.

Συμπέρασμα. Πέριξ τοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται ἡλεκτρικὸν πεδίου (¹), ὅπερ ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

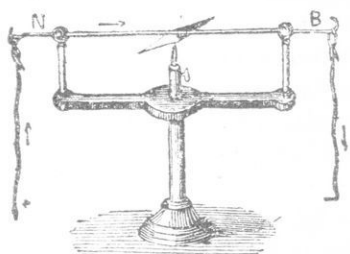
Τὰ τοιαῦτα ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται *μαγνητικά*.

Κανὼν τοῦ Ampère. Ἡ φορά τῆς ἐκτροπῆς τῆς βελόνης ἐξαατᾶται ἀφ' ἐνὸς ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ρεύματος ὡς πρὸς τὴν βελόνην καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς φορᾶς αὐτοῦ. Προσδιορίζεται δὲ ἡ φορά τῆς ἐκτροπῆς εἰς πάσας τὰς περιστάσεις, διὰ τοῦ ἑξῆς κανόνος τοῦ Ampère.

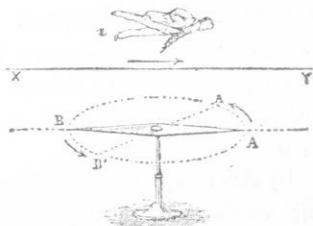
Ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ (σχ. 176), ὅστις ὑποτίθεται κεκλιμένος ἐπὶ τοῦ ρεύματος οὕτως ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τῶν ποδῶν του καὶ νὰ ἐξέρχεται ἐκ τῆς κεφαλῆς του, νὰ ἔχῃ δὲ τὸ πρόσωπόν του ἐστραμμένον πρὸς τὴν βελόνην.

(¹) Ἡ ὑπαρξὶς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἀποδεικνύεται καὶ διὰ τῶν φασμάτων, ὅπως εἶδομεν καὶ διὰ τὸ μαγνητικὸν πεδίου.

Ἐνέργεια τῶν μαγνητῶν ἐπὶ τῶν ρευμάτων. Ὅπως τὸ ἀκίνητον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐκτρέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην,



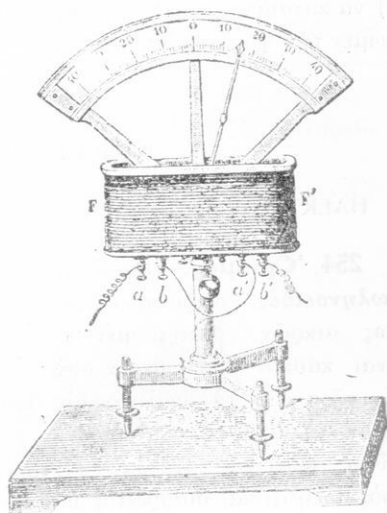
Σχ. 175. Ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν μαγνητικὴν βελόνην.



Σχ. 176. Προσδιορισμὸς τῆς φορᾶς ἐκτροπῆς τῆς μαγνητ. βελόνης.

οὕτω καὶ ἀκίνητος μαγνήτης ἐκτρέπει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κινητόν.

Ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος στηρίζεται ἡ κατασκευὴ ὄργανου καλουμένου **γαλβανομέτρου** (σχ. 177).



Σχ. 177. Γαλβανόμετρον.

253. Γαλβανόμετρον. Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται 1) ἐκ τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ 2) ἐκ τοῦ ἀφαιροῦ. Ἡ μαγνητικὴ βελὼν

όνη ΒΒ' εἶναι στρεπτή περὶ κατακόρυφον (ἢ ὀριζόντιον) ἄξονα καὶ φέρει ἐστερεωμένον καθέτως δείκτην Α, οὕτως τὸ ἄκρον κινεῖται ἐνώπιον τόξου βεβαθμολογημένου. Ὁ δὲ ἄγωγός ΕΕ' εἶναι σύρμα μεμονωμένον, τὸ ὁποῖον περιτυλίσσεται περὶ τὴν βελόνην πολλάκις καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, τὰ δὲ ἄκρα του καταλήγουσιν εἰς δύο πιεστικοὺς κοχλίας α β'. Διὰ τῆς περιτυλίξεως τοῦ ἄγωγου πολλαπλασιάζεται ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Β) **Δειτούργια.** Κανονίζομεν τὸ ὄργανον οὕτως, ὥστε ὁ δείκτης νὰ δεικνύῃ τὸ μηδέν, ὅταν δὲν διέρχεται διὰ τοῦ ἄγωγου ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Μόλις ὅμως διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ βελόνη 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 ἄγωγου διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, β) νὰ καταμετρήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ γ) νὰ ἀνεύρωμεν τὴν φορὰν αὐτοῦ.

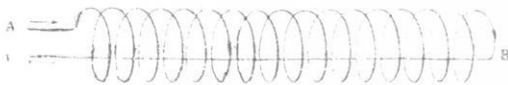
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ

254. Ὅρισμός.—Καλεῖται *σωληνοειδὲς ρεῦμα*, ἢ καὶ ἀπλῶς *σωληνοειδές*, σειρὰ 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 πυκνάς (οὕτως, ὥστε τὰ ἐπίπεδα ἐκάστης σπείρας νὰ εἶναι παράλληλα πρὸς ἄλληλα) καὶ διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 178). Ἐὰν τὸ σύρμα ἀποτελέσῃ πολλὰ στρώματα ἀλλεπάλληλα, θὰ ἔχωμεν τὸ καλούμενον *ἠλεκτρικὸν πηνίον* ἢ καὶ ἀπλῶς *πηνίον*.

255. Ἰδιότητες τῶν σωληνοειδῶν.—*Πειράματα.* 1ον) Λαμβάνομεν σωληνοειδές, στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἄξονα, καὶ τὸ ἀφήνομεν ἐλεύθερον. Παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο προσανα-

τολίζεται ἀφ' ἑαυτοῦ καὶ λαμβάνει διεύθυνσιν σχεδὸν ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον, ὅπως καὶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Καὶ τὸ μὲν ἄκρον



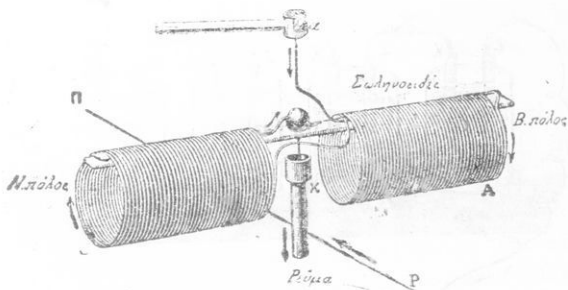
Σχ. 178. Σωληνοειδὲς ρεῦμα.

αὐτοῦ τὸ ἐστραμμένον πρὸς βορρᾶν λέγεται **βόρειος πόλος**, τὸ δὲ ἐστραμμένον πρὸς νότον καλεῖται **νότιος πόλος** (σχ. 179). **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 του, 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 χειρὰ μας. Παρατηροῦμεν ἔξιν μὲν μεταξὺ τῶν ἐτερονύμων πόλων, ἄπωσιν δὲ μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων.

3ον) Ἀντικαθιστῶμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ὑπὸ σωληνοειδοῦς, στρεπτοῦ περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 180). Παρατηροῦμεν ὅμοιον φαινόμενον.

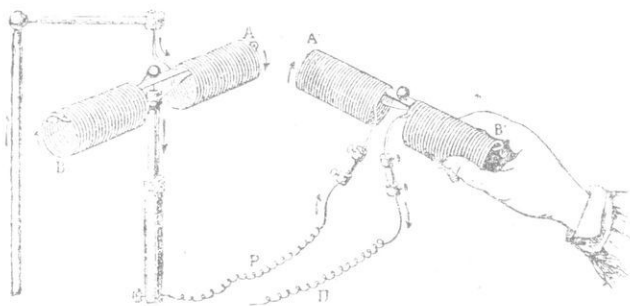
4ον) Παράγομεν τὸ φάσμα σωληνοειδοῦς. Παρατηροῦμεν ὅτι



Σχ. 179. Τὰ σωληνοειδῆ προσανατολίζονται ὅπως καὶ αἱ μαγνητικαὶ βελόναι.

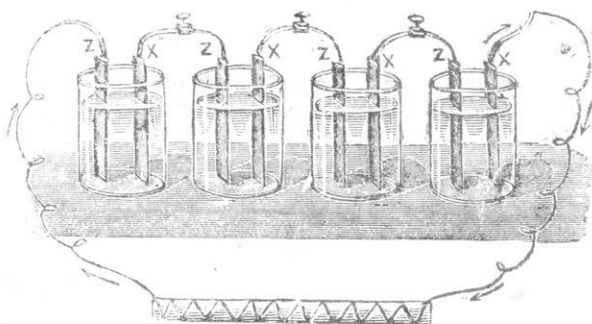
τοῦτο παρουσιάζει μεγάλην ὁμοιότητα πρὸς τὸ φάσμα τῶν εὐθυγραμμίων μαγνητῶν.

Συμπέρασμα. Τὰ σωληνοειδῆ παρουσιάζουσιν ὅλας τὰς ιδιότητας τῶν μαγνητῶν.



Σχ. 180. Τὰ σωληνοειδῆ ἀλληλεπιδρῶσιν ὅπως καὶ οἱ μαγνήται.

256. Θεωρία τοῦ Ampère περὶ μαγνητισμοῦ.— Ἐκ τῆς μεγάλης ὁμοιότητος τῶν σωληνοειδῶν πρὸς τοὺς μαγνήτας ὁ Ampère συνεπέρανε, ὅτι οἱ μαγνήται ὀφείλουνσι τὰς ιδιότητας αὐτῶν εἰς κλειστὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα, ἅτινα κυκλοφοροῦσι περὶ πάντα τὰ μέρη αὐτῶν καὶ εἶναι ὁμόρροπα, παράλληλα καὶ κάθετα ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ μαγνήτου. Τὰ ρεύματα ταῦτα υφίστανται 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. 181. Μαγνήτις διὰ ρευμάτων.

προσανατολίζονται οὕτως, ὥστε πάντα νὰ ἔχωσι τὴν αὐτὴν φοράν καὶ διεύθυνσιν. Τοιοιυτοτρόπως οἱ μαγνήται ἀνάγονται εἰς

τὰ σωληνοειδῇ καὶ ὁ μαγνητισμὸς εἶναι ἠλεκτρικῆς φύσεως.

257. Εξήγησις τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ διὰ τῆς θεωρίας τοῦ *Ampère*.— Ὁ γήινος μαγνητισμὸς δύναται νὰ ἐξηγηθῇ, ἐὰν παραδεχθῶμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς κυκλοφοροῦσιν ἠλεκτρικὰ ρεύματα, βαίνοντα ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς καὶ καθέτως τῷ μαγνητικῷ μεσημβρινῷ. Τὰ ρεύματα ταῦτα εἶναι θερμοηλεκτρικὰ προερχόμενα ἐκ τῆς ἡλιακῆς θερμότητος, διότι καὶ ἡ θερμότης, καθὼς εἶδομεν, δύναται νὰ παραγάγῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

258. Μαγνήτισις διὰ ρευμάτων.— *Πειράματα.* 1) Ἐπὶ ράβδου χαλυβδίνης περιτυλίσσομεν σπειροειδῶς σύρμα χάλκινον μεμονωμένον (σχ. 181) οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῶσιν ἐν ἡ περισσότερα ἄλλεπάλληλα στρώματα. Ἐὰν διὰ τοῦ σύρματος διαβιβασθῇ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ράβδος θέλει μαγνητισθῇ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ δύναται νὰ ἐλκύσῃ ρινῆματα ἢ καὶ τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου. Ἐὰν τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἐξαφανισθῇ, διακοπτομένου τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὁ χάλυψ διατηρεῖ τὸν μαγνητισμὸν του.

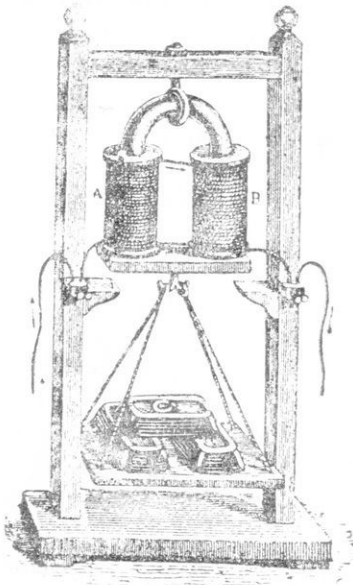
2) Ὑποβάλλομεν εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ αὕτη μαγνητίζεται. Ἐὰν ὅμως τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἐξαφανισθῇ, ὁ μαλακὸς σίδηρος αὐτοστιγμὴν ἀτομαγνητίζεται.

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.

259. Ἠλεκτρομαγνηταί.— Α) *Περιγραφή.* Ἀποτελεῖται 1) ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ 2) ἀπὸ τὸν ἀγωγόν. Ὁ πυρῆν εἶναι ράβδος μαλακοῦ σιδήρου, σχεδὸν πάντοτε κεκαμμένη ἐν σχήματι ἱππείου πετάλου (σχ. 182), ὃ δὲ ἀγωγὸς εἶναι χάλκινον σύρμα μεμονωμένον, τὸ ὁποῖον περιτυλίσσεται ἐπὶ τῶν σκελῶν τοῦ πυρῆνος σπειροειδῶς καὶ εἰς πολλὰ ἄλλεπάλληλα στρώματα καὶ οὕτως, ὥστε ἡ φορὰ τῆς περιτυλίξεως νὰ εἶναι ἀντίθετος εἰς τὰ δύο σκέλη. Τοιοῦτοτρόπως ἐπὶ τῶν δύο σκελῶν σχηματίζονται δύο πηνία, ἅτινα εἶναι συνέχεια τὸ ἐν τοῦ ἄλλου. Ἐμ-

προσθεν τῶν ἄκρων τοῦ πυρῆνος εὐρίσκεται συνήθως τεμά-
χιον μαλακοῦ σιδήρου, ὅπερ
καλεῖται **δπλισμός**.

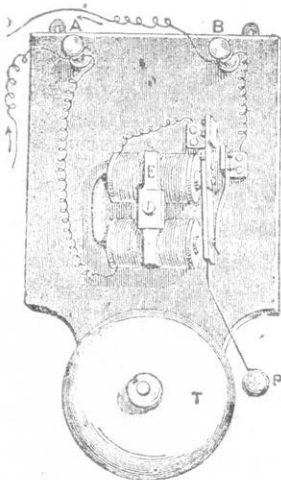


Σχ. 182. Ἡλεκτρομαγνήτης
πεταλοειδής.

Β) **Λειτουργία**. Διαβιβά-
ζομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ
τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ὁ πυρὴν
μαγνητίζεται καὶ ἔλκει τὸν
δπλισμὸν μέχρις ἐπαφῆς. Δια-
κοπτομένου τοῦ ἡλεκτρικοῦ
ρεύματος, ὁ πυρὴν ἀπομα-
γνητίζεται καὶ ὁ δπλισμὸς πί-
πτει.

Αἱ ἐφαρμογαὶ τοῦ ἡλε-
κτρομαγνήτου εἶναι πολυάρι-
θμοι. Ἀποτελεῖ τὸ οὐσιωδέ-
στερον μέρος τοῦ ἡλεκτρικοῦ
κώδωνος, τοῦ ἡλεκτρικοῦ τη-
λεγράφου, τῶν ἡλεκτροκινή-
των ὥρολογίων, τῶν ρυθμι-
στῶν τῶν ἡλεκτρικῶν λαμ-
πτήρων διὰ βολταϊκοῦ τόξου
κλπ.

260. Ἡλεκτρικὸς κώδων.—



Σχ. 183. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

Α) **Περιγραφή**. Ἀποτελεῖται ἐξ
ἐνὸς πεταλοειδοῦς ἡλεκτρομαγνή-
του E (σχ. 183) μὲ δπλισμὸν α
τοῦ ὁποίου τὸ μὲν ἓν ἄκρον προσ-
κολλᾶται ἐπὶ εὐκάμπτου χαλβδίνου
ἐλάσματος, τὸ δὲ ἕτερον φέρει μι-
κρὰν σφῦραν P, ἔμπροσθεν τῆς
ὁποίας ὑπάρχει κωδώνιον T. Ὁ
ἡλεκτρομαγνήτης καὶ τὸ κωδώνιον
στερεώνονται ἐπὶ σανίδος, ἐπὶ τῆς
ὁποίας εὐρίσκονται καὶ δύο πιεστι-
κοὶ κοχλῖαι, A καὶ B. Ἐκ τούτων
ὁ μὲν εἷς συγκοινωνεῖ μὲ τὸ ἓν
ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ ἡλεκτρομα-
γνήτου, ὁ δὲ ἕτερος μὲ ἔλασμα με-

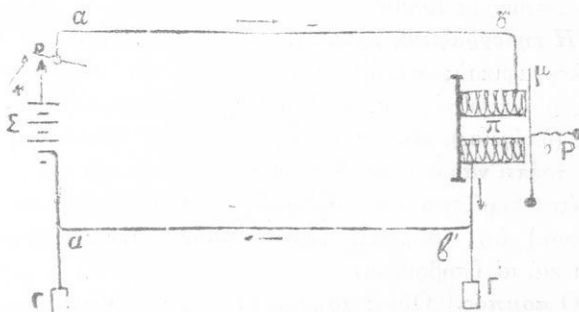
τάλλινον Γ, τὸ ὁποῖον ἐπακουμβᾷ ἐπὶ τοῦ ὀπλισμοῦ καὶ διὰ μέσου αὐτοῦ συγκοινωνεῖ μὲ τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ.

Β) **Δειτουργία.** Συνδέομεν τοὺς δύο πιεστικούς κοχλίας μὲ τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικῆς στήλης. Οὕτω τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου καὶ ἡ σφῆρα κρούει ἐπανειλημμένως τὸ κωδώνιον, ἔνεκα τῶν ἐπανειλημμένων ἑλξεων τοῦ ὀπλισμοῦ.

Τοιοῦτοι κώδωνες χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς οἰκίας καὶ τὰ καταστήματα ἵνα εἰδοποιῇται ὁ ὑπάλληλος.

261. Βάσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ τηλεγράφου μετὰ σύρματος.—Ὁ ἡλεκτρικὸς τηλεγράφος μᾶς χρησιμεύει ἵνα μεταβιβάζωμεν συνθήματα εἰς μεγάλας ἀποστάσεις μετὰ καταπληκτικῆς ταχύτητος, τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Ἡ ἀρχὴ ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται οὗτος εἶναι ἡ ἑξῆς.

Ἐστω διπλοῦν σύρμα αβ καὶ α' β' (σχ. 184) τὸ ὁποῖον συν-



Σχ. 184. Βάσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse.

δέει δύο τόπους. Εἰς τὸν ἓνα τόπον ὑποθέσωμεν ὅτι ὑπάρχει ἡλεκτρομαγνήτης π, οὗτινος ὁ ἀγωγὸς συνδέεται κατὰ μὲν τὸ ἓν ἄκρον μὲ τὸ σύρμα αβ, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον μὲ τὸ σύρμα α' β'. Ἐμπροσθεν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου θεωρήσωμεν ὀπλισμὸν μ, ὁ ὁποῖος διὰ τινος ἐλατηρίου Ρ τηρεῖται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑποθέσωμεν ὅτι ὑπάρχει ἡλεκτρικὴ στήλη Σ. Ἐὰν τὸν θετικὸν πόλον ταύτης συνδέσωμεν μὲ τὸ σύρμα αβ π. χ., τὸν δὲ ἀρνητικὸν μὲ τὸ σύρμα α' β', τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θέλει διέλθει διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, ὁπότε ὁ πυρὴν αὐτοῦ θὰ μαγνητισθῇ καὶ θὰ ἐλκύσῃ τὸν ὀπλισμὸν, ὅστις θὰ μείνῃ προσκεκολλημένος ἐφ' ὅσον χρόνον

διέρχεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἐὰν ὅμως τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διακοπῇ, ὁ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται καὶ ὁ ὀπλισμὸς δυνάμει τοῦ ἐλατηρίου ἀπομακρύνεται. Ἐὰν καὶ πάλιν διαβιβάσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ὁ ὀπλισμὸς ἔλκεται, ἐὰν δὲ τὸ διακόψωμεν ἀπομακρύνεται κ. ο. κ.

Δύο λοιπὸν ἄνθρωποι, εὐρισκόμενοι ὁ μὲν εἰς τὸν ἕνα τόπον, ὁ δὲ εἰς τὸν ἕτερον, δύνανται νὰ συνεννοηθῶσι διὰ συμπεφωνημένων σημείων. Πρὸς τοῦτο ὅμως ἀπαιτοῦνται δύο σύρματα, ἓν διὰ τὴν μετάβασιν τοῦ ρεύματος καὶ ἕτερον διὰ τὴν ἐπάνοδον αὐτοῦ. Σήμερον ὅμως τὸ δευτέρον σύρμα ἀντικατεστάθη διὰ τῆς γῆς.

Τὸ συνηθέστερον σύστημα παρ' ἡμῖν εἶναι τὸ τοῦ Morse (¹).

262. Ἡλεκτρικὸς τηλεγράφος τοῦ Morse. Τὰ οὐσιώδη μέρη τοῦ τηλεγράφου τούτου εἶναι τέσσαρα κυρίως, τὰ ἑξῆς.

Α) **Ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη.** Αὕτη χρησιμεύει διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα Leclanché, συνηνωμένα κατὰ σειρὰν ἢ τάσιν.

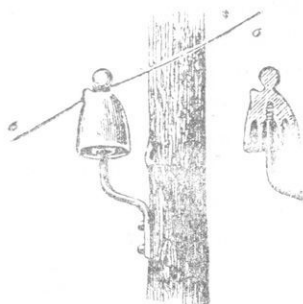
Β) **Ἡ τηλεγραφικὴ γραμμή.** Αὕτη χρησιμεύει διὰ νὰ συνδέῃ τοὺς τηλεγραφικοὺς σταθμοὺς μεταξύ των καὶ εἶναι σύρμα τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἴτε ἐν τῷ ἁέρι (ἐναέριος γραμμή), εἴτε ἐντὸς τῆς γῆς (ὕπόγειος), εἴτε ἐντὸς τῆς θαλάσσης (ὕποβρύχιος). Ἡ γραμμὴ πρέπει νὰ εἶναι καλῶς μεμονωμένη ἀπὸ τῆς γῆς καὶ πρὸς τοῦτο εἴτε στηρίζεται ἐπὶ κωδῶνων ἢ ποτηρίων ἐκ πορσελάνης (αἱ ἐναέριοι), (σχ. 185), εἴτε φέρει ἀπομονωτικὸν περιβλήμα (αἱ ὑπόγειοι καὶ αἱ ὑποβρύχιοι).

Γ) **Ὁ πομπός.** Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ διακόπτωμεν καὶ νὰ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλινὸν μοχλὸν (σχ. 186), ὅστις περιστρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα καὶ φέρει ὑποκάτω καὶ τῶν δύο ἄκρων του μίαν ἀκίδα μεταλλίνην, ἄνωθεν δὲ τοῦ ἐνὸς ἄκρου λαβὴν ξυλίνην ἢ ὀστεΐνην.

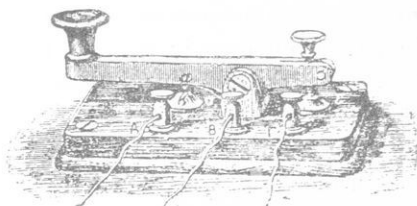
Ὅταν πιέζωμεν τὴν λαβὴν, τὸ ρεῦμα τῆς στήλης μεταβαίνει

(¹) Morse (1791—1872). Ἀμερικανὸς ζωγράφος καὶ φυσικός, ἐφευρέτης τοῦ ἠλεκτρικοῦ τηλεγράφου. Τὴν πρώτην ιδέαν περὶ κατασκευῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ τηλεγράφου συνέλαβεν ὁ καθηγητὴς Jackson, ὅστις συνεζήτηε ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ πλοίου μετὰ τοῦ Morse, περὶ τῆς δυνατῆς ἐφαρμογῆς τῶν ιδιοτήτων τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν καὶ ἐπεδείκνυε συγχρόνως σχέδια καὶ μικρὸν ἠλεκτρομαγνήτην μετὰ μικρᾶς στήλης. Τὴν ιδέαν ταύτην τοῦ Jackson ἐπραγματοποίησε πρῶτος ὁ Morse.

εἰς τὴν τηλεγραφικὴν γραμμὴν, ὅταν δὲ τὴν ἀφήνωμεν ἐλευθέραν, τὸ ρεῦμα διακόπτεται.

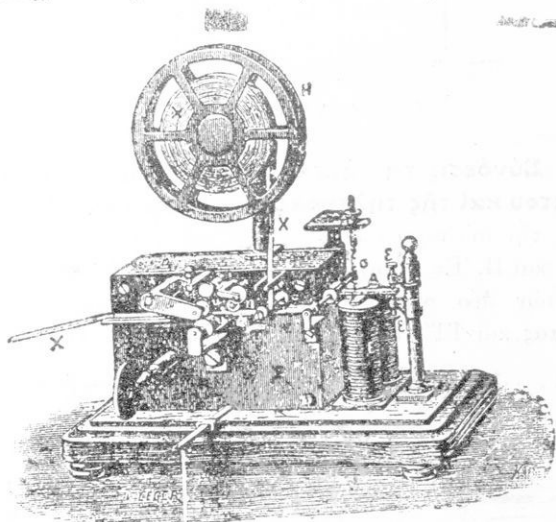


Σχ. 185. Τηλεγραφικὴ γραμμὴ.
Ἑναέριος.



Σχ. 186. Πομπὸς τοῦ Morse.

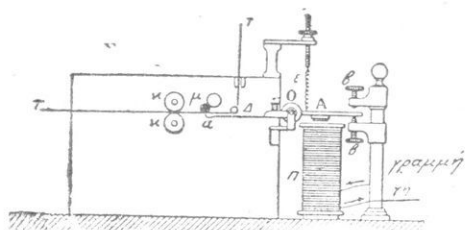
Δ) Ὁ δέκτης. Οὗτος (σχ. 187) χρησιμεύει διὰ νὰ δεχώμεθα ἐπὶ χαρτίνης ταινίας τὰ ἀποστελλόμενα συνθήματα. Τὸ κυριώτε-



Σχ. 187. Δέκτης τοῦ Morse.

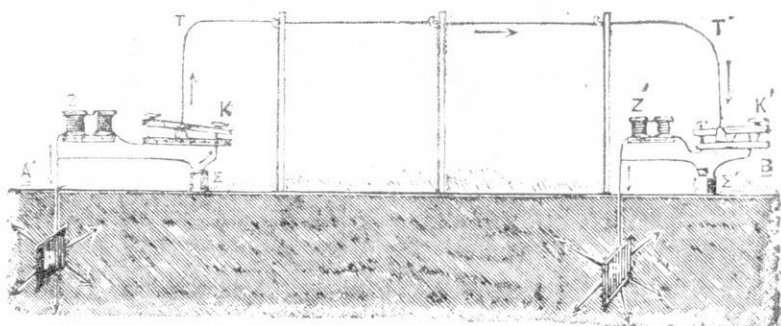
ρον μέρος τοῦ δέκτου εἶναι εἰς ἡλεκτρομαγνήτης Π (σχ. 188). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων αὐτοῦ ὑπάρχει ὁ ὀπλισμὸς Α, προσκεκολλημένος εἰς τὸ ἐν ἄκρον μοχλοῦ Δ, οὗτινος τὸ ἕτερον ἄκρον εἶναι κεκαμμένον πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἀπολήγει εἰς ἀκίδα α. Ὑπε-

οάνω τῆς ἀκίδος ὑπάρχει χαρτίνη ταινία XX, ἥτις κινεῖται πρὸς τὰ πρόσω τῇ βοηθείᾳ δύο κυλίνδρων κ καὶ λ , κινουμένων δι' ὠρολογιακοῦ μηχανισμοῦ. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ ταινία κινεῖται. Ἐὰν τώρα διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἀκὴ τοῦ μοχλοῦ ἀνυψοῦται καὶ ὠθεῖ τὴν ταινίαν πρὸς τὰ ἄνω. Αὕτη ἀνυψουμένη ἐγγίζει μικρὸν τροχὸν μ φέροντα μελάνην καὶ οὕτω χαράσσεται ἐπὶ τῆς ταινίας **στιγμὴ** μὲν, ἐὰν τὸ ρεῦμα εἶναι ἀκαριαῖον, **γραμμὴ** δέ, ἐὰν εἶναι διαρκέστερον. Αἱ στιγμαὶ αὗται καὶ αἱ γραμμαὶ, συνδυαζόμεναι καταλλήλως, παριστῶσι τὰ γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τὰ ἀριθμητικὰ ψηφία.



Σχ. 188. Δέκτης τοῦ Morse.

263. Σύνδεσις τῆς ἡλεκτρικῆς στήλης τοῦ πομποῦ, τοῦ δέκτου καὶ τῆς τηλεγραφικῆς γραμμῆς. Τὸ σχῆμα 189 παριστᾷ τὴν σύνδεσιν τῶν 4 μερῶν τοῦ τηλεγράφου δύο σταθμῶν A καὶ B. Ἐν τῷ σχήματι τούτῳ, Σ καὶ Σ' παριστῶσι τὰς στήλας τῶν δύο σταθμῶν, K καὶ K' τοὺς πομποὺς, Z καὶ Z' τοὺς δέκτας καὶ TT' τὴν τηλεγραφικὴν γραμμὴν. Παρατηροῦμεν



Σχ. 189. Σύνδεσις τῶν 4 μερῶν τοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse.

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, αἵτινες ἐμβαπτίζονται εἰς τὴν γῆν, καὶ 3) ὅτι τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν καὶ οἱ θετικοὶ πόλοι τῶν στηλῶν συνδέονται μετὰ τοῦ πομποῦ.

Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ τοῦ σταθμοῦ A πιέζεται ἐπὶ μίαν χρονικὴν στιγμήν. Ἡ ἔλξις τοῦ ὀπλισμοῦ ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου τοῦ δέκτου τοῦ ἄλλου σταθμοῦ θὰ εἶναι ἀκαριαία, καὶ ἐπομένως ἐπὶ τῆς ταινίας θὰ τυπωθῇ μία στιγμή. Ὡστε ἐὰν συμφωνήσωμεν μία στιγμή νὰ παριστᾷ τὸ γράμμα ε, θὰ ἔχωμεν ἐπὶ τῆς ταινίας γεγραμμένον συνθηματικῶς τὸ γράμμα τοῦτο. Ἐὰν ὁμως 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 A νὰ ἀποστέλλωμεν συνθήματα πρὸς τὸν σταθμὸν B καὶ ἀντιστρόφως.

Μορσικὸν ἀλφάβητον

α. —	ι ..	ο . — .
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 — — — —

264. 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 εἶναι ἐν καλῇ καταστάσει, ἢ παρουσιάζῃ διακοπὴν τινα.

2) Τὸ **ἀλεξικέραυνον**. Τοῦτο χρησιμεύσει, ἵνα προφυλάσσονται ἐν καιρῷ θυέλλης ἀπ' ἐνὸς αἱ συσκευαὶ τοῦ σταθμοῦ, καὶ ἀπ' ἐτέρου οἱ τὰς συσκευὰς ταύτας χειριζόμενοι ὑπάλληλοι. Πράγματι ἐν καιρῷ θυέλλης αἱ τηλεγραφικαὶ γραμμαί, ἠλεκτρονιζόμεναι ἔξ ἐπιδράσεως, διαρρέονται αἰφνιδίως ὑπὸ ἰσχυροτάτων ρευμάτων, ἅτινα καὶ τὰς συσκευὰς δύνανται νὰ βλάψωσι, καὶ τὸν ὑπάλληλον νὰ κεραυνοβολήσωσι. Ἀλεξικεραύνου 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 ὅποιον 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 εἰδοποιῇται ὁ ὑπάλληλος τοῦ σταθμοῦ πρὸς τὸν ὅποιον ἀποστέλλεται τὸ τηλεγράφημα.

265. Τυπωτικὸς τηλεγράφος τοῦ Hughes ⁽¹⁾.—Τὸ σύστημα τοῦ Morse παρουσιάζει πολλὰ ἐλαττώματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ σπουδαιότερον εἶναι, ὅτι πρὸς μετάδοσιν τοῦ τηλεγραφήματος ἀπαιτεῖται χρόνος κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον μακρός, ἔνεκα 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 αλφαβήτου καὶ τῶν ἀριθμητικῶν ψηφίων. Τοιοῦτοτρόπως κατεσκευά-

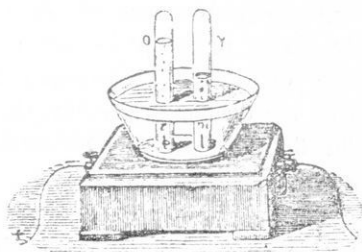
(1) Hughes (1831—1900) *Αγγλὸς φυσικός. ἀνακαλύψας καὶ τὸ μί* κροφῶνον.

σθησαν οἱ καλούμενοι **τυπωτικοὶ τηλέγραφοι**, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ μᾶλλον ἐν χρήσει εἶναι ὁ τοῦ Hughes. Ἐν τῷ συστήματι 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

266. Βολτάμετρον.—Τοῦτο (σχ. 190) εἶναι υαλίνη λεκάνη ἐπὶ τοῦ πυθμένος τῆς ὁποίας στηρίζονται δύο λεπτὰ ἐλάσματα ἐκ λευκοχρύσου, ἅτινα συγκοινωνοῦσι μὲ δύο μεταλλίνους πιεστικούς κογλίας 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 **ἀνοδος**, 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 υαλίνων σωλῆνων κλειστῶν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον καὶ ἀνοικτῶν κατὰ τὸ ἄλλο.



Σχ. 190. Βολτάμετρον.

267. Ἡλεκτρόλυσις. Πειράματα. 1) Ἐντὸς τῆς λεκάνης (σχ. 190) θέτομεν ὕδωρ ὠξυνισμένον διὰθεικοῦ ὀξέος (H_2SO_4) καὶ ἀναστρέφομεν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων τοὺς υαλίνους σωλῆνας πεπληρωμένους μὲ τὸ αὐτὸ ὑγρὸν. Ἐὰν διαβιβάσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων ἐκλύονται φυσαλίδες αερίων, ἅτινα συλλέγονται ἐντὸς τῶν

() Κατωτέρω περιγράφομεν καὶ ἕτερον σύστημα τηλεγράφου, ἐν τῷ ὁποίῳ δὲν γίνεται χρῆσις τηλεγραφικοῦ σώματος (γραμμῆς), δι' ὃ καὶ ἀσώματος τηλεγράφου καλεῖται.

σωλήνων. Τὰ αέρια ταῦτα εἶναι ὀξυγόνον ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ ὑδρογόνον ἐπὶ τῆς καθόδου. Ὁ ὄγκος δὲ τοῦ ὑδρογόνου εἶναι διπλάσιος τοῦ ὀγκοῦ τοῦ ὀξυγόνου.

Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου τούτου παραδεχόμεθα ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθétει τὸ θεικὸν ὀξὺ κατὰ τὴν ἐξίσωσιν



καὶ τὸ μὲν H ἐκλύεται ἐκ τῆς καθόδου, τὸ δὲ SO_4 ἐκ τῆς ἀνόδου. Ἀλλὰ τὸ SO_4 μὴ δυνάμενον νὰ παραμείνῃ ἐν ἐλευθέρῳ καταστάσει ἐπιδρῶ ἐπὶ τοῦ ὕδατος καὶ τὸ ἀποσυνθétει κατὰ τὴν ἐξίσωσιν



δηλαδὴ ἐπὶ τῆς ἀνόδου ἀνασχηματίζεται τὸ θεικὸν ὀξὺ καὶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον. Ἡ ἀποσύνθεσις λοιπὸν τοῦ θειικοῦ ὀξέος μᾶς παρουσιάζεται ὡς ἀποσύνθεσις τοῦ ὕδατος.

2) Ἀντικαθιστῶμεν τὸ ὀξυνισμένον ὕδωρ μὲ διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ (CuSO_4) ἐν ὕδατι καὶ διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Θέλομεν λάβει ἐπὶ μὲν τῆς καθόδου μεταλλικὸν χαλκόν, ἐπὶ δὲ τῆς ἀνόδου ὀξυγόνον. Πρὸς ἐξήγησιν τούτου παραδεχόμεθα ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθétει τὸν θειικὸν χαλκὸν κατὰ τὴν ἐξίσωσιν

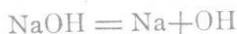


καὶ ὁ μὲν Cu ἐναποτίθεται ἐπὶ τῆς καθόδου, ἐπὶ τῆς ὁποίας σχηματίζει ἐρυθρὸν ἐπίστρωμα, τὸ δὲ SO_4 ἐμφανίζεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου, ἔνθα ἀποσυνθétει τὸ ὕδωρ κατὰ τὴν ἐξίσωσιν



δηλ. ἐπὶ τῆς ἀνόδου σχηματίζεται θεικὸν ὀξὺ καὶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον.

3) Ἀντικαθιστῶμεν τὸ διάλυμα τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ μὲ διάλυμα καυστικοῦ νάτρου (NaOH) ἐν ὕδατι καὶ διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Θέλομεν λάβει ἐπὶ μὲν τῆς καθόδου ὑδρογόνον, ἐπὶ δὲ τῆς ἀνόδου ὀξυγόνον. Πρὸς ἐξήγησιν τούτου παραδεχόμεθα ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθétει τὸ καυστικὸν νάτρον κατὰ τὴν ἐξίσωσιν



καὶ τὸ μὲν Na ἐμφανίζεται ἐπὶ τῆς καθόδου, ἔνθα ἀποσυνθétει τὸ ὕδωρ κατὰ τὴν ἐξίσωσιν



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 ἀποσυνθίεται τὸ θεϊκὸν ὀξύ, τὸν θεϊκὸν 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 αἰθήρ, ἡ βενζίνη, τὸ χημικῶς καθαρὸν ὕδωρ κλπ. δὲν εἶναι ἠλεκτρολύται. Ἵνα γίνῃ ἠλεκτρολύσις πρέπει ὁ ἠλεκτρολύτης νὰ εὐρίσκεται ἐν ὑγρᾷ καταστάσει (τετηγμένος, εἴτε διαλυμένος ἐν τῷ ὕδατι).

268. Νόμοι ποιοτικοὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως. — Ἡ ἠλεκτρολύσις ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς 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 εἶναι εἴτε ἄτομα, εἴτε ομάδες ἀτόμων, καὶ ἐμφανίζονται ἄλλα μὲν ἐπὶ τῆς καθόδου καὶ λέγονται **κατιόντα**, ἄλλα δὲ ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ λέγονται **ἀνιόντα**. Κατιόντα εἶναι πάντοτε τὸ μέταλλον, ἢ τὸ ὕδρογόνον τοῦ ἠλεκτρολύτου καὶ ἀνιόντα τὸ ὑπόλοιπον τμήμα τοῦ χημικοῦ μορίου αὐτοῦ. Τὰ ἰόντα χαρακτηρίζονται ἐκ τοῦ ὅτι φέρουσιν ἠλεκτρισμόν, τὰ μὲν κατιόντα θετικόν, τὰ δὲ ἀνιόντα ἀρνητικόν. Παραδείγματα :

ἠλεκτρολύται	Ἰόντα	Κατιόντα	Ἀνιόντα
H_2SO_4 (θεϊκὸν ὀξύ)	H καὶ SO_4	H	SO_4
CuSO_4 (θεϊκὸς χαλκὸς)	Cu καὶ SO_4	Cu	SO_4
NaOH (καυστικὸν νάτρον)	Na καὶ OH	Na	OH

269. Θεωρία τῆς ἠλεκτρολύσεως. Πρὸς ἐξήγησιν τῶν φαινομένων τῆς ἠλεκτρολύσεως παραδέχονται σήμερον τὴν ὑπόθεσιν τοῦ Σουηδοῦ φυσικοῦ Arrhenius. Κατὰ ταύτην πᾶς ἠλεκτρολύσις φαινομένης K. Σαμωτάκη, 7' Γυμν. ἐκδ. γ'

τρολύτης, όταν διαλύεται ἐν τῷ ὕδατι, εἴτε τήκεται, *ἀφεταιριζέ-
ται* ἐν μέρει, δηλ. μόρια τινὰ αὐτοῦ ἀποσυντίθενται εἰς ἰόντα
(ἀνιόντα καὶ κατιόντα), ὅταν δὲ διέλθῃ δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν
ρεῖμα, τὰ ἰόντα τίθενται εἰς κίνησιν, καὶ τὰ μὲν θετικὰ ἰόντα
(κατιόντα) βαίνουνσι πρὸς τὴν κάθόδον (καθ' ὅσον ταῦτα ἔλκονται
ὑπὸ τῆς καθόδου ἐνῷ συγχρόνως ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῆς ἀνόδου),
τὰ δὲ ἀρνητικὰ ἰόντα (ἀνιόντα) βαίνουνσι πρὸς τὴν ἀνόδον (καθ'
ὅσον ταῦτα ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου ἐνῷ συγχρόνως ἀπωθοῦνται
ὑπὸ τῆς καθόδου). Ὅταν δὲ τὰ ἰόντα ἐγγίσωσι τὰ ἡλεκτρόδια,
ἐγκαταλείπουσιν εἰς αὐτὰ τὸ ἡλεκτρικὸν τῶν φορτίων καὶ ἐμφανί-
ζονται ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει. Συγχρόνως ὁμῶς καὶ ἀκέραια
μόρια τοῦ ἡλεκτρολύτου ἀποσυντιθέμενα παρέχουσι νέα ἰόντα,
ἅτινα κινοῦνται πρὸς τὰ σχετικὰ ἡλεκτρόδια, εἰς τὰ ὁποῖα
ἐγκαταλείπουσι τὸ ἡλεκτρικὸν τῶν φορτίων καὶ οὕτω καθεξῆς.
Τοιοιτοτρόπως τὰ ἰόντα εἶναι οἱ φορεῖς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐντὸς
τοῦ ἡλεκτρολύτου.

270. Καθορισμὸς τῶν μονάδων *coulomb* καὶ *ampère*.—
Διὰ τῆς ἡλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου (Congrès Inter-
national, Chicago, 1893) καθωρίσθησαν αἱ μονάδες *Coulomb*
καὶ *Ampère* ὡς ἑξῆς :

Ἡ μονὰς *coulomb* εἶναι τὸ ποσὸν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ὅπερ
διερχόμενον διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐν ὕδατι, ἐνα-
ποθέτει ἐπὶ τῆς καθόδου $\frac{1}{893,3} = 0,0011195$ γραμ-
μάρια 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.

**271. Ἡλεκτρολυτικὴ μέτρησις τῆς ἐντάσεως ρεύμα-
τός τινος.**—Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ ἀρ-
γύρου ἐν ὕδατι, διαβιβάζομεν τὸ ὑπὸ ἑξέτασιν ἡλεκτρικὸν ρεῖμα.
Τοῦτο ἀποσυνθέτει τὸν νιτρικὸν ἀργύρον καὶ προκαλεῖ τὴν ἐνα-
πόθεσιν ἀργύρου ἐπὶ τῆς καθόδου. Ἐὰν Π εἶναι τὸ βάρος τοῦ
ἐναποτεθέντος ἀργύρου (αὔξησις τοῦ βάρους τῆς καθόδου, τὴν
ὁποίαν ἐξυγίσαμεν προηγουμένως) καὶ Χ ὁ χρόνος (εἰς δευτερό-
λεπτα), καθ' ὃν ἐγένετο ἡ ἐναπόθεσις αὕτη, θὰ ἔχωμεν

$$\text{ποσὸν ἡλεκτρισμοῦ (coulomb)} = \frac{\Pi}{0,0011195}$$

$$\text{καὶ ἔντασιν ρεύματος (ampère)} = \frac{\text{ποσὸν ἡλεκτρισμοῦ}}{\chi \text{ δευτερόλεπτα}}$$

Ἐν τῇ βιομηχανίᾳ, πρὸς μέτρησιν τῆς ἐντάσεως ρεύματός τινος χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὄργανα καλούμενα **ἀμπερόμετρα**. Ταῦτα διὰ δείκτου κινουμένου ἐνώπιον ὑποδιηρημένου τόξου μᾶς παρέχουσι δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως τὸν ἀριθμὸν τῶν ampères.

272. Ἐφαρμογὰὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως. — 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 προῶτον καθαρισθῇ ἐπιμελῶς ἀπὸ τὰ ὀξεῖδια καὶ τὰ λιπαρὰ σώματα, ἅτινα φέρει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, λαμβάνεται ὡς ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον (ἥτοι συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον ἡλεκτρικῆς στήλης) καὶ ἐμβαπτίζεται ἐντὸς καταλλήλου **λουτροῦ**, ὅπερ ἀποτελεῖται ἐκ διαλύματος ἁλατος, περιέχοντος τὸ ἐπιθυμητὸν μέταλλον. Ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ λουτροῦ ἐμβαπτίζεται καὶ πλᾶξ ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου, ἣτις χρησιμεύει ὡς θετικὸν ἡλεκτρόδιον, ἣτις διαλύεται βαθμὴν καθ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον (τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον) περικαλύπτεται. Τοιοῦτοτρόπως ἐπιτυγχάνεται ἡ ἐπιχάλκωσις, ἡ ἐπινικέλωσις, ἡ ἐπαργύρωσις, ἡ ἐπιχρύσωσις καὶ ἡ ἐπιλευκοχρύσωσις ἀντικειμένου τινός.

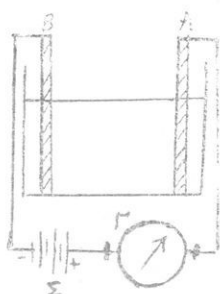
Β) **Γαλβανοπλαστική.** Καλεῖται **γαλβανοπλαστική** ἡ τέχνη, διὰ τῆς ὁποίας ἀγαπαριόμεν ἀντίτυπα διαφόρων ἀντικειμένων, π.χ. μέταλλα, νομίσματα, ἀγγεῖα κλπ. ἐξ οἴουδῆποτε μετάλλου καὶ συνήθως ἐκ χαλκοῦ. Ἡ τέχνη αὕτη περιλαμβάνει δύο ἐργασίας.

α') τὴν κατασκευὴν τοῦ τύπου ἢ τῆς μήτρας καὶ

β') τὴν ἐναπόθεσιν 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 ἐπιχρῶνται ἐσωτερικῶς διὰ λεπτοτάτης κόνεως γραφίτου, ὅπως καταστῇ εὐηλεκτροαγωγός. Μετὰ ταῦτα ὁ τύπος συνδέεται διὰ χαλκίνου σύρματος μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς ἡλεκτρικῆς στήλης καὶ ἐμβαπτίζεται ἐντὸς λουτροῦ, ἀποτελουμένου ἐκ θετικοῦ χαλκοῦ (ἐὰν θέλωμεν νὰ ἐναποθεθῇ ἐπ' αὐτοῦ μεταλλικὸς χαλκός), ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐμβαπτίζεται καὶ πλᾶξ ἐκ

καθαροῦ χαλκοῦ, συνδεομένη μετ' τὸν θετικὸν πόλον. Μετὰ τινα χρόνον, ὅταν σχηματισθῇ εἰς τὸ κοῖλον τοῦ τύπου στρῶμα ἐκ χαλκοῦ ἱκανοῦ πάχους, ἐξάγεται ὁ τύπος ἐκ τοῦ λουτροῦ, μαλακύνεται ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος ἢ γουτταπέροκα, καὶ ἀποσπᾶται μετὰ προσοχῆς τὸ μεταλλικὸν στρῶμα, ὅπερ παρουσιάζει ὅλας τὰς λεπτομερείας τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀντικειμένου.



Σχ. 191. Ἀρχὴ
τῶν συσσωρευτῶν.

Γ) **Ἡλεκτρομεταλλουργία.** Διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως ἀποκαθαίρονται τὰ μέταλλα τὰ ἐξαγόμενα διὰ τῶν μεταλλ. λουργικῶν μεθόδων ἐκ τῶν ὀρυκτῶν αὐτῶν καὶ λαμβάνονται καθαρῶτα.

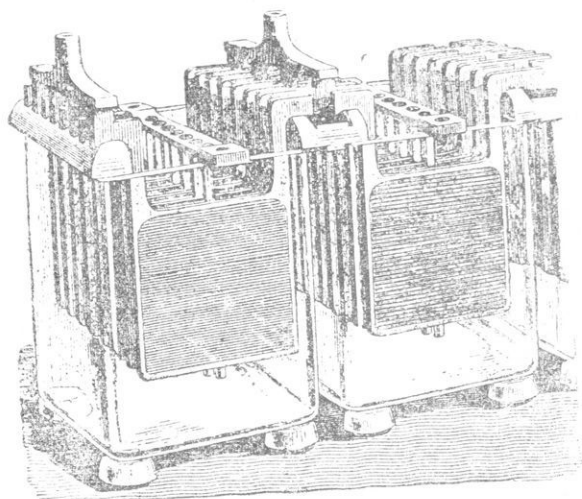
Δ) **Ἡλεκτροχημεία,** Διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως παρασκευάζονται ἀπὸ τινων ἑτῶν καὶ τινα μέταλλα, ὡς τὸ νάτριον, τὸ κάλιον, τὸ ἀσβέστιον, τὸ μαγνήσιον, τὸ ἀργύλλιον, πρὸς δὲ καὶ τὰ ὑποχλωριώδη ἄλατα.

273. Ἀρχὴ τῶν συσσωρευτῶν.

— Ἐὰν ἐντὸς ὕδατος ὠξινισθέντος διὰ θεικοῦ ὀξέος ἐμβαπτίσωμεν δύο πλάκας ἐκ μολύβδου, δὲν θὰ ἔχωμεν ἠλεκτρικὸν στοιχείον, διότι ἀποδεικνύεται ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν δὲν ὑπάρχει διαφορὰ ἠλεκτροδυναμικοῦ. Τὴν συσκευὴν ταύτην παρενδύετομεν εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον ἠλεκτρικὴν στήλην Σ (σχ. 191) 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 βελὼν 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 διόδον 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 ἠλεκτροδυναμικοῦ. Ἐὰν λοιπὸν ἐνώσωμεν τὰς δύο πλάκας ἡμε-

τάξυ των δι' ἄγωγου, θὰ παραχθῇ ἐν αὐτῷ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τοιουτοτρόπως αἱ δύο πλάκες τοῦ μολύβδου καὶ τὸ ὠξινισμένον ὕδωρ ἀποτελοῦσιν ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἐν τῷ ὁποίῳ θετικὸς πό-



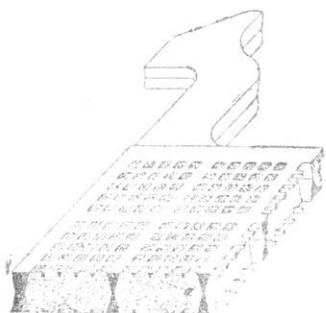
Σχ. 192. Συστοιχία συσσωρευτοῦ.

λος εἶναι τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον καὶ ἀρνητικὸς τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον.

Ἡ συσκευή ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ ὠξινισμένον ὕδωρ καὶ τὰς δύο πλάκας ἐκ μολύβδου καλεῖται **συσσωρευτής**, διότι ἐντὸς αὐτῆς συσσωρεύεται ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ὑπὸ μορφήν χημικῆς ἐνεργείας καὶ κατόπιν ἀποδίδεται.

274. Συσσωρευταί. — Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελοῦνται ἐκ δοχείου ἐξ ὑάλου, εἴτε ἐκ γουτταπέρκης τεθειωμένης, περιέχοντος ἁραιὸν θεικὸν ὀξύ ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐμβαπτίζονται καθ' ὁλοκληρίαν πλάκες ἐκ μολύβδου διάτρητοι (σχ. 192 καὶ 193). Αὗται εἶναι καλῶς μεμονωμέναι ἀπ' ἀλλήλων καὶ αἱ μὲν ἀρτίας τάξεως συγκοινωνοῦσι μεταξύ των καὶ ἀποτελοῦσι τὸ ἀρνητικὸν λ.χ. ἠλεκτρόδιον, φέρουσι δὲ εἰς τὰς ὁπὰς των λιθάρυρον (PbO), αἱ δὲ περιττῆς τάξεως συγκοινωνοῦσι μεταξύ των καὶ ἀποτελοῦσι τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον, φέρουσι δὲ εἰς τὰς ὁπὰς των μίνιον

(Pb_3O_4). Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης ὁ συσσωρευτὴς παρουσιάζει μεγάλην ἐπιφάνειαν ἡλεκτροδίων (καὶ ἐπομένως μικρὰν ἀντίστασιν) ἐντὸς χώρου σχετικῶς μικροῦ.



Σχ. 193. Μολυβδίνη πλάξ συσσωρευτοῦ.

Β) **Πλήρωσις.** Συνδέομεν τὰ δύο ἡλεκτρόδια τοῦ συσσωρευτοῦ μετὰ τοὺς ἀντιστοίχους πόλους ἡλεκτρικῆς τινος πηγῆς. Τότε τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον (λιθάρυγρος) **ἀποξειδοῦται** ὑπὸ τοῦ ἐκλυομένου ὕδρογόνου, τὸ δὲ θετικὸν ἡλεκτρόδιον (μίνιον) **ὀξειδοῦται** ὑπὸ τοῦ ἐκλυομένου ὀξυγόνου.

Τοιοῦτοτρόπως ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς μετετρέπη εἰς χημικὴν ἐνέργειαν λανθάνουσαν. Ἡ τοιαύτη ἐργασία καλεῖται **πλήρωσις** ἢ **φόρτισις** τοῦ συσσωρευτοῦ καὶ περατοῦται ὅταν παρατηρηθῶσι φυσαλίδες αερίων (ὕδρογόνου—ὀξυγόνου) ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕγρου.

Γ) **Ἐκκένωσις.** Ὁ συσσωρευτὴς μετὰ τὴν πλήρωσιν ἐπέχει θέσιν ἡλεκτρικῆς στήλης τῆς ὁποίας θετικὸς πόλος εἶναι τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον αὐτοῦ καὶ ἀρνητικὸς τὸ ἀρνητικόν. Ἐὰν λοιπὸν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, παράγεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ ὁποῖον ἀποσυνθέτει τὸ ὕδωρ καὶ τὸ μὲν θετικὸν ἡλεκτρόδιον **ἀποξειδοῦται**, τὸ δὲ ἀρνητικὸν **ὀξειδοῦται**. Ἡ τοιαύτη ἐργασία καλεῖται **ἐκκένωσις** ἢ **ἐκφόρτισις** τοῦ συσσωρευτοῦ.

Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ὅταν ὁ συσσωρευτὴς πληρωθῇ τελείως παρουσιάζει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2,5 volts. Κατὰ τὴν ἐκκένωσιν ὅμως, αὕτη ἀμέσως καταπίπτει εἰς 2 volts καὶ παραμένει εἰς τὴν τιμὴν ταύτην ἐπὶ μακρὸν χρόνον. Ὅταν δὲ καταπέσῃ εἰς 1,8 volts, πρέπει νὰ προβαίνωμεν ἀμέσως εἰς τὴν ἐκ νέου πλήρωσιν τοῦ συσσωρευτοῦ, διότι ἡ πλήρης ἐκκένωσις καταστρέφει αὐτόν.

Σημείωσις. Οἱ συσσωρευταὶ δύνανται νὰ συνενωθῶσι καταλλήλως καὶ νὰ σχηματίσωσι συστοιχίαν (batterie), ἕνεκα δὲ τῆς μικρᾶς ἐσωτερικῆς τῶν ἀντιστάσεως τοὺς συνενώνομεν γενικῶς κατὰ σειρὰν.

275. Χρήσεις τῶν συσσωρευτῶν.—Οἱ συσσωρευταὶ χρῆ

σιμοποιούνται διὰ τὸν ἡλεκτρικὸν φωτισμὸν, διὰ τὴν κίνησιν τῶν ἡλεκτρικῶν σιδηροδρόμων καὶ τροχιοδρόμων, τῶν ἡλεκτρικῶν αὐτοκινήτων, τῶν ὑποβρυχίων ἐν καταδύσει κλπ.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Πόσον βάρος ἀργύρου ἐναποτίθεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 ampère ; (Ἀπόκρ. 4,03 γραμ.)

2) Συστοιχία ἐξ 20 συσσωρευτῶν συνηνωμένων κατὰ σειρὰν παρέχει ἐπὶ 9 ὥρας ρεῖμα ἐντάσεως 20 ampères. Πόση εἶναι ἡ ὅλική ἐνέργεια εἰς watts-heures τῆς συστοιχίας ταύτης κατὰ τὸν ἄνω χρόνον ; Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκάστου συσσωρευτοῦ = 2 volts. (Ἀπόκρ. 7200 watts-heures).

3) Συσσωρευτὴς ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν ἀσήμαντον καὶ ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2 volts. Τὸ κύκλωμα τούτου κλείομεν δι' ἄγωγου ἀντιστάσεως 5 ohms. Ζητεῖται α) πόση εἶναι ἡ ἐντασις τοῦ παραγομένου ρεύματος καὶ β) πόση γίνεται ἡ ἐντασις αὕτη, ἐὰν ἀφήσωμεν τὸν ἄγωγόν νὰ θερμανθῇ μέχρις 60°, γνωστοῦ ὄντος, ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄγωγου αὐξάνεται δι' ἕκαστον βαθμὸν θερμοκρασίας κατὰ $\frac{1}{300}$ τῆς ἀρχικῆς τιμῆς ;

(Ἀπόκρ. α) 0,4 καὶ β) 0,33 ampères).

4) Ἡλεκτρικὸν ρεῖμα διαβιβασθὲν διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐναπέθεσεν ἐπὶ τῆς καθόδου 335,4 χιλιοστόγραμμα ἀργύρου. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἥτις διήλθε διὰ τοῦ διαλύματος. (Ἀπόκρ. 299,5 coulombs).

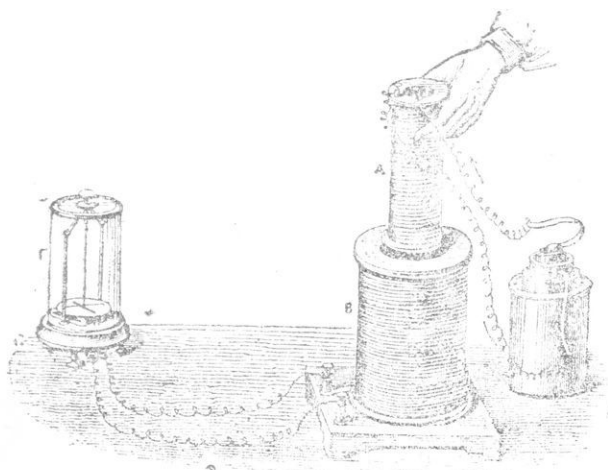
5) Ἡλεκτρικὸν ρεῖμα διαβιβασθὲν διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐπὶ 53 λεπτά καὶ 40 δευτερόλεπτα ἐναπέθεσεν ἐπὶ τῆς καθόδου 5,4 γραμμάρια ἀργύρου. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος. (Ἀπόκρ. 1,49 ampères).

6) Συμπυκνωτὴς ἡλεκτροχωρητικότητος 1 microfarad ἐπληρώθη μέχρι 1000 volts. Πόσαι ἐκκενώσεις πρέπει νὰ γίνουν διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου, ἵνα ἐναποτεθῇ ἐπὶ τῆς καθόδου $\frac{1}{10}$ γραμμάρια ἀργύρου ; (Ἀπόκρ. 89325).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'.

ΕΠΑΓΩΓΗ

276. Ἐπαγωγικά ρεύματα. Πειράματα. 1ον) Ἐντὸς τοῦ πηνίου Β (σχ. 194) συνδεομένου μετὰ γαλβανομέτρου Γ εἰσάγομεν διὰ ταχείας κινήσεως ἕτερον πηνίον Α διαρρεόμενον ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ βελὸνὴ τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει,



Σχ. 194. Παραγωγή ἐπαγωγικῶν ρευμάτων διὰ πηνίου.

ἐπανερχεται δὲ εἰς τὸ μηδέν, εὐθὺς ὡς παύσῃ ἡ μετάθεσις τοῦ πηνίου Α. Τὸ πηνίον Β λοιπὸν διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, στιγμιαίου, καίτοι τοῦτο δὲν συγκοινωνεῖ μὲ ἡλεκτρικὴν πηγὴν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται *ἀντίρροπον*, διότι ἡ φορά του εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος. Ἐὰν διὰ ταχείας κινήσεως ἀνασύρωμεν τὸ πηνίον Α ἐκ τοῦ Β, ἡ βελὸνὴ τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει ἀντιθέτως, ἐπανερχεται δὲ εἰς τὸ μηδέν εὐθὺς ὡς ἡ μετάθεσις τοῦ πηνίου Α παύσῃ. Τὸ πηνίον Β λοιπὸν διαρρέεται καὶ πάλιν ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος στιγμιαίου. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται *ὁμόρροπον*, διότι ἔχει τὴν αὐτὴν φορὰν μὲ τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα.

2ον) Τοποθετοῦμεν τὸ πηνίον Α ἐντὸς τοῦ πηνίου Β καὶ κα-

τόπιν διακόπτομεν ἢ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα, εἴτε αὐξάνομεν ἢ ἐλαττώνομεν τὴν ἔντασιν αὐτοῦ. Τὸ πηνίον Β διαρρέεται καὶ πάλιν ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος στιγμιαίου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον μὲν ὅταν ἀποκαθίσταται τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα, ἢ ὅταν αὐξάνεται ἢ ἔντασις αὐτοῦ, ὁμόρροπον δὲ ὅταν διακόπτεται τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα, ἢ ὅταν ἐλαττοῦται ἢ ἔντασις αὐτοῦ.

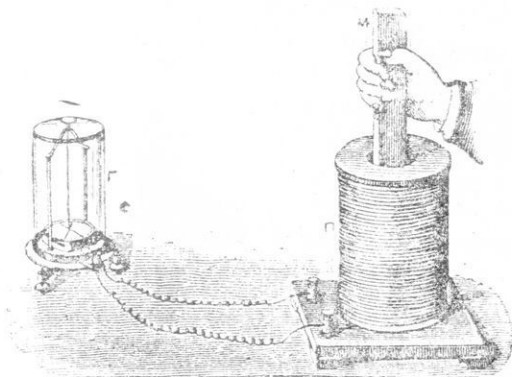
Συμπέρασμα. Ἡ μετάθεσις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος πλῆσιον κλειστοῦ κυκλώματος, ἢ διακοπὴ ἢ ἡ ἀποκατάστασις τοῦ ρεύματος, ἢ αὐξήσις ἢ ἡ ἐλάττωσις τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ παράγουσιν εἰς τὸ κύκλωμα ἡλεκτρικὰ ρεύματα στιγμιαῖα.

Τὰ ρεύματα ταῦτα καλοῦνται **ἐπαγωγικά**, τὸ δὲ φαινόμενον **ἐπαγωγή**. Τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα καλεῖται **ἐπαγωγεὺς**, τὸ δὲ κύκλωμα **ἐπαγωγίμος**.

Τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα ὀφείλονται εἰς τὴν μεταβολὴν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν αἵτινες διαπερῶσι τὸν ἐπαγωγίμον κατὰ τὴν μετάθεσιν τοῦ ἐπαγωγέως.

277. Εἶδη ἐπαγωγῆς. Ἡ ἐπαγωγή ἐπιτυγχάνεται εἴτε διὰ πηνίου, ὅπως εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα, εἴτε διὰ μαγνήτου, εἴτε διὰ πηνίου μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

Ἐπαγωγή διὰ μαγνήτου. Ἐντὸς τοῦ πηνίου Η (σχ. 195)



Σχ. 195. Παραγωγή ἐπαγωγικῶν ρευμάτων διὰ μαγνήτου.

συνδεομένου μετὰ γαλβανομέτρου Γ εἰσάγομεν διὰ ταχείας κινήσεως μαγνήτην. Ἡ βελὸνὴ τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει. Τὸ πηνίον λοιπὸν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖ-

ται **ἀντίρροπον**, διότι ἔχει φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον, κατὰ τὴν θεωρίαν τοῦ Ampère, κυκλοφορεῖ ἐν τῷ μαγνήτῃ. Ἐὰν ἀνασύρωμεν τὸν μαγνήτην, ἡ βελὸνὴ τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει ἀντιθέτως. Τὸ πηνίον λοιπὸν διαρρέεται καὶ πάλιν ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ὁμόρροπον** διότι ἔχει τὴν αὐτὴν φορὰν μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μαγνήτου.

Ἐπαγωγή διὰ πηνίου μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.
Εἰσάγομεν ἐντὸς τοῦ πηνίου Α τοῦ σχήματος 194 ῥάβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ τοποθετοῦμεν τοῦτο ἐντὸς τοῦ πηνίου Β. Ὅταν διακόπτωμεν ἢ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα, εἴτε αὐξάνωμεν ἢ ἐλαττώνωμεν τὴν ἔντασιν αὐτοῦ, παράγονται ἐν τῷ πηνίῳ Β ρεύματα ἅτινα εἶναι ἰσχυρότερα τῶν δι' ἁπλοῦ πηνίου, ἥτοι ἄνευ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου παραγομένων. Διότι τὸ ρεῦμα τὸ διαρρέον τὸ πηνίον Α πλὴν τῆς ἐπιδράσεώς του ἐπὶ τοῦ πηνίου Β, μαγνητίζει καὶ τὸν μαλακὸν σίδηρον, ὅστις ἐπιδρῶν ἐπὶ τοῦ πηνίου Β, παράγει ρεῦμα ὁμόρροπον τῷ πρώτῳ. Τὰ δύο ταῦτα ρεύματα, προστιθέμενα, παράγουσιν ἐν ρεῦμα πολὺ ἰσχυρότερον.

278. Αὐτεπαγωγή.— Ὅταν ἐν τινι κυκλώματι ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα, ἀναπτύσσεται ἐντὸς αὐτοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην ἐπαγωγικὸν ρεῦμα, ὅπερ εἶναι ἀντίρροπον 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 ὁμόρροπον τῷ κυρίῳ ρεύματι καὶ ἐπομένως προστιθέμενον εἰς αὐτὸ αὐξάνει τὴν ἔντασιν του. Τοιοῦτοτρόπως ἀναπτύσσονται ρεύματα ἐπαγωγικά οὐ μόνον ἐπὶ ἑτέρου κυκλώματος, ἀλλὰ καὶ ἐντὸς τοῦ ἰδίου κυκλώματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ ρεῦμα.

Τὰ ρεύματα ταῦτα καλοῦνται **ἐπιρρέματα** καὶ λέγομεν ὅτι ὀφείλονται εἰς τὴν **αὐτεπαγωγήν**. Τὰ ἐπιρρέματα εἰς μὲν τὰ εὐθύγραμμα κυκλώματα εἶναι ἀσθενῆ, εἰς τὰ πηνία ὅμως, καὶ μάλιστα τὰ ἔχοντα πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, εἶναι ἰσχυρά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'.

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΑΙ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

279. Όρισμοί. Καλοῦνται *ἠλεκτρογεννήτριαι*, μηχαναὶ αἰτνες μετατρέπουσι τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν διὰ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς. Αὗται διαίρουνται 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, εἴτε *συνεχῇ*, ρεύματα δηλ. τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ ἔντασις εἶναι σταθερά, ὅπως εἶναι τὰ ὑπὸ τῶν ἠλεκτρικῶν στηλῶν καὶ τῶν συσσωρευτῶν παραγόμενα ρεύματα, εἴτε *ἐναλλασσόμενα*, ρεύματα δηλ. τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ ἔντασις μεταβάλλονται περιοδικῶς. Αἱ πρῶται ἠλεκτρομηχαναὶ κατεσκευάσθησαν ὑπὸ τοῦ Gramme (').

Καλοῦνται *ἠλεκτροκινητήρες*, μηχαναί, αἰτνες μετατρέπουσι τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν. Μία καὶ ἡ αὐτὴ ἠλεκτρομηχανὴ δύναται νὰ λειτουργήσῃ εἴτε ὡς *γεννήτρια* (παρέχουσα ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν), εἴτε ὡς *κινητήρ* (παρέχουσα μηχανικὴν ἐνέργειαν).

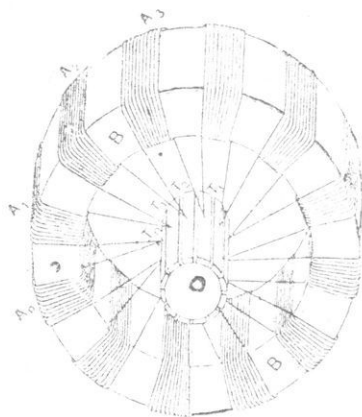
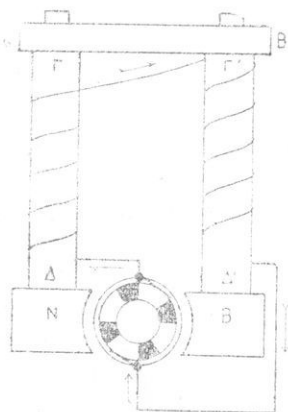
280. Δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ γεννήτρια ρεύματος συνεχοῦς. Α) *Περιγραφὴ.* Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία κύρια μέρη ἢ συστήματα, ἅτινα εἶναι : 1) Ὁ *ἐπαγωγέυς*, 2) Ὁ *ἐπαγωγίμος*, καὶ 3) Ὁ *συλλέκτης*.

1) Ὁ *ἐπαγωγέυς*. Δι' αὐτοῦ παράγεται τὸ μαγνητικὸν πεδίον. Ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς ἠλεκτρομαγνήτου πεταλοειδοῦς (εἴτε περισσοτέρων), ἐν τῷ ὁποίῳ διακρίνομεν τὸν *συνδετήρα* AB (σχ. 196), τοὺς *πυρῆνας* ΓΔ καὶ Γ'Δ', ἐπὶ τῶν ὁποίων περιτυλίσσεται σπειροειδῶς χάλκινον σύρμα μεμονωμένον, καὶ τὰ *πολικὰ τεμάχια* N καὶ Β, ἅτινα χρησιμεύουσι διὰ τὴν συγκέντρωσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἔχουσι κοιλανθῇ κατ' ἐπιφάνειαν

(') Gramme (1826-1901) Βέλγος μηχανικός.

κυλινδρικήν. Καὶ τὰ τρία ταῦτα μέρη συνίστανται ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὄταν ὁ ἡλεκτρομαγνήτης 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 ἐπαγωγικὰ ρεύματα κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐνώπιον τοῦ ἐλαγωγέως. Ἐν αὐτῷ (σχ. 197) διακρίνομεν τὰ ἑξῆς δύο μέρη : α) τὸν **πυροῆνα** ΒΒ, ὅστις συνίσταται ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ β) τὸν



Σχ. 196. Δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ τοῦ Gramme.

Σχ. 197. Ἐπαγωγίμος δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς καὶ συλλέκτης.

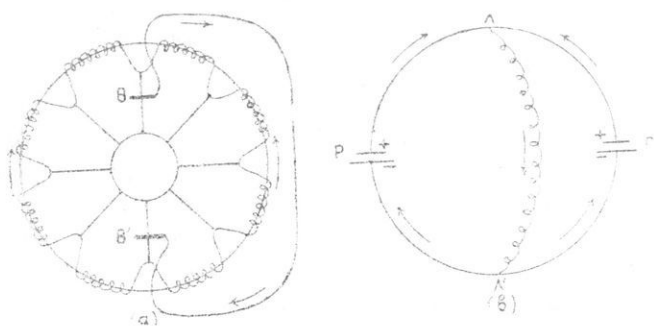
ἀγωγὸν. Οὗτος εἶναι χάλκινον σύρμα λεπτὸν καὶ μεμονωμένον, ὅπερ περιτυλίσσεται εἰς τὸν πυροῆνα σπειροειδῶς καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, καὶ οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελεσθῇ ἀριθμὸς τις πηνίων $A_1, A_2, A_3, \dots$, ἕκαστον τῶν ὁποίων νὰ περιλαμβάνῃ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν σπειρῶν. Ἐν τῇ πράξει ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν ἑκάστου πηνίου εἶναι μέγας. Ὅλα τὰ πηνία ταῦτα συνδέονται μεταξὺ των καὶ ἀποτελοῦσιν οὕτως ἓν κύκλωμα κλειστόν. Ὁ ἐπαγωγίμος δύναται νὰ εἶναι, εἴτε δακτυλιοειδῆς (πυρὴν ἐν εἴδει δακτυλίου), εἴτε κυλινδρικός ἢ τυμπανοειδῆς (πυρὴν ἐν εἴδει κυλίνδρου), στερεώνεται δὲ καλῶς ἐπὶ ὀριζοντίου ἄξονος Ο καὶ δύναται νὰ περιστρέφεται ἔμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ἐλαγωγέως.

3) **Συλλέκτης.** Δι' αὐτοῦ συλλέγομεν τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα. Ἀποτελεῖται ἐκ χαλκίνων ραβδίων $T_1, T_2, T_3, \dots$, ἅτινα προσαρμόζονται εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτόν, εἶναι δὲ πάντα ἡλεκτρικῶς μεμονωμένα καὶ ὅπ' ἀλλήλων καὶ ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ραβδίων εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου, καὶ ἕκαστον τούτων συνδέεται μὲ τὰ δύο ἄκρα δύο ἀλληλοδιαδόχων πηνίων. Ἐπὶ δύο σημείων τοῦ συλλέκτου, ἐκ διαμέτρου ἀντιθέτων, ἐφάπτονται διαρκῶς δύο (ἢ περισσότεραι εἰς τὰς πολυπολικὰς μηχανὰς) **ψῆκτραι** χάλκιναι, ἢ **ραβδία** ἐξ ἀνθρακος συμπαγοῦς. Τὰ σημεῖα ταῦτα εὐρίσκονται ἐπὶ εὐθείας καθέτου εἰς τὸ μέσον τῆς εὐθείας, ἣτις ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Ἡ κάθετος αὕτη καλεῖται **οὐδετέρα γραμμὴ**. Αἱ ψῆκτραι καλοῦνται καὶ **πόλοι** τῆς ἡλεκτρομηχανῆς καὶ συνδέονται μὲ τὰ ἄκρα τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

Β) **Λειτουργία.** Θέτομεν τὸν ἐπαγωγίμον εἰς ἰσοταχῇ περιστροφικὴν κίνησιν περὶ τὸν ἄξονά του ὁπότε ἡ μηχανὴ διεγείρεται ἀφ' ἑαυτῆς. Πράγματι, οἱ πυρῆνες τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν φέρουσι πάντοτε ποσότητά τινα μαγνητισμοῦ ἕνεκα τοῦ ὁποίου ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίον ἀσθενές. Εὐθὺς ὅμως ὥς ἀρχίσῃ νὰ περιστρέφεται ὁ ἐπαγωγίμος, ἀναπτύσσονται εἰς ὅλα τὰ πηνία αὐτοῦ, ἕνεκα τῆς μεταθέσεώς των ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐπαγωγικά ρεύματα μικρᾶς κατ' ἀρχὰς ἐντάσεως, τὰ ὁποῖα, διαρρέοντα τὰ πηνία τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν, μαγνητίζουν 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 ἔχωσι σταθερὰν ἔντασιν. Αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ λοιπὸν μηχαναὶ εἶναι **αὐτοτρογοῦσαι** ἢ **αὐτοδιεγερόμεναι**.

Τὰ ἐπαγωγικά ὅμως ρεύματα τῶν πρὸς τὰ δεξιὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς πηνίων εἶναι καθ' ἑκάστην στιγμὴν ἴσα καὶ ἀντίθετα πρὸς τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα τῶν πρὸς τὰ ἀριστερὰ πηνίων, καθὼς δεικνύει τὸ σχῆμα 198, α. Ἐὰν λοιπὸν θεωρήσωμεν τὸ κύκλωμα ὅλων τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου, τοῦτο παραβάλλεται μὲ τὸ κύκλωμα δύο ἡλεκτρικῶν στοιχείων P καὶ P' , ἅτινα ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἡλεκτρογενετικὴν δύναμιν καὶ εἶναι συνηνωμένα διὰ

τῶν ὁμωνύμων πόλων καθὼς δεικνύει τὸ σχῆμα 198, β. Καὶ ὅπως οὐδὲν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ εἰς τὸ κύκλωμα τῶν στοι-



Σχ. 198. Τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα εἶναι ἴσα καὶ ἀντίθετα εἰς τὰ δύο ἡμίση τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου.

χείων τούτων, τοιοῦτοτρόπως οὐδὲν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ καὶ εἰς τὸ κύκλωμα τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἐὰν ὁμως ἐνώσωμεν διὰ σύρματος ἐν εἵδει γεφύρας τὰ σημεῖα Λ καὶ Λ' τοῦ κυκλώματος τῶν στοιχείων, ἐν τῷ σύρματι θέλει κυκλοφορεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Πρὸς τὴν γέφυραν ταύτην παραβάλλεται τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα τῆς μηχανῆς, χάρις εἰς τὰς ψήκτρας αὐτῆς. Τοιοῦτοτρόπως, τῇ βοήθειᾳ τοῦ συλλέκτου καὶ τῶν ψηκτρῶν, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἐν τῷ ἔξωτερικῷ κυκλώματι τῆς μηχανῆς τὰ ρεύματα, ἅτινα ἦσαν ἀντίθετα ἐν τῷ ἐπαγωγίμῳ αὐτῆς.

281. Ἡλεκτροκινητήρ.—Ἐὰν θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν τοὺς δύο πόλους δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς μὲ τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικῆς στήλης, ἢ ἐτέρας μηχανῆς γεννητριᾶς, ὁ ἐπαγωγίμος αὐτῆς θέλει τεθῇ ἀμέσως εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Ἡ περιστροφή τοῦ ἐπαγωγίμου ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Τὸ ἡλεκτρικὸν 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 εἰσόδον τοῦ ρεύματος (κανὼν τοῦ Ampère) καὶ νότιος εἰς τὴν ἐξόδον. Τοιοῦτοτρόπως ὁ μὲν βόρειος πόλος τοῦ ἐπαγωγέως θὰ

ἀπωθῇ τὸν βόρειον πόλον τοῦ ἐπαγωγίμου, ἐνῶ συγχρόνως θὰ ἔλκη τὸν νότιον, ὁ δὲ νότιος πόλος τοῦ ἐπαγωγέως θὰ ἀπωθῇ τὸν νότιον πόλον τοῦ ἐπαγωγίμου, ἐνῶ συγχρόνως θὰ ἔλκη τὸν βόρειον. Αἱ ἑλκτικαὶ 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 παραγωγὴν 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 (ἠλεκτρογεννήτρια) καὶ δεχομένη ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τίθεται εἰς κίνησιν (ἠλεκτροκινητήρ). Ἡ ἰδιότης αὕτη ἀποτελεῖ τὴν καλουμένην **ἀναστρεπτικότητα** τῆς μηχανῆς. Ἡ ἀναστρεπτικότης εἶναι πολύτιμος ἀπὸ βιομηχανικῆς ἀπόψεως, καθ' ὅσον ἐπιτρέπει τὴν μεταβίβασιν κινητηρίου δυνάμεως εἰς μεγάλην ἀπόστασιν.

282. Ἐφαρμογαὶ τῶν δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν.

Αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ χρησιμοποιοῦνται πικρολοτρόπως, ἀναλόγως δὲ τοῦ προορισμοῦ των 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 ἔμενεν ἀχρησιμοποίητος. Ὑποθέσωμεν π. χ. ὅτι θέλομεν νὰ χρησιμοποιήσωμεν εἰς λίαν μακρυσμένην ἀπόστασιν τὴν δύναμιν τοῦ πίπτοντος ὕδατος. Ὑπὸ τὸ πίπτον ὕδωρ θὰ τοποθετήσωμεν ὑδραυλικὴν μηχανήν, ἥτις θὰ θέσῃ εἰς κίνησιν παρακειμένην δυναμοηλεκτρικὴν μηχανήν (ἠλεκτρογεννήτριαν). Τὸ ὑπὸ ταύτης παραγόμενον ρεῦμα, διοχετευόμενον δι' ἀγωγοῦ εἰς ἐτέραν δυναμοηλεκτρικὴν μηχανήν (ἠλεκτροκινητήρα) κειμένην ἐν τινὶ ἐργοστασίῳ λ.χ. θέτει αὐτὴν εἰς κίνησιν καὶ δι' αὐτῆς τὰ ποικίλα μηχανήματα. Τοιοῦτοτρόπως ἡ βιομηχανία ἠδυνήθη νὰ χρησι-

μποιήσῃ ἐπωφελῶς ἰσχυρὰς πτώσεις ὑδάτων, πλησίον τῶν ὁποίων δὲν ἦτο δυνατόν νὰ ἰδρυθῶσιν ἐργοστάσια.

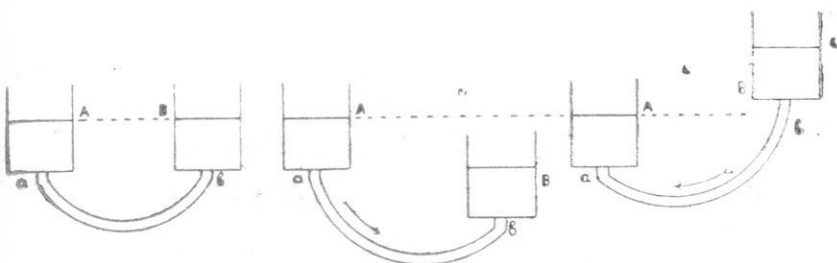
3ον) Διὰ τὴν ἔλξιν τῶν σιδηροδρόμων καὶ τῶν τροχιοδρόμων. Ὁ ἐπαγωγίμος τοῦ ἠλεκτροκινητήρος στερεώνεται ἐπὶ τοῦ ἐνὸς τῶν ἀξόνων τῆς ἀμάξης καὶ κινεῖται ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ παραγομένου ἐν τινὶ κεντρικῇ ἠλεκτρικῇ ἐργοστασίῳ ὑπὸ ἰσχυρᾶς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς (ἠλεκτρογεννητρίας). Τῆς μηχανῆς ταύτης ὁ μὲν ἀρνητικὸς πόλος τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῶν σιδηρῶν ράβδων τῆς γραμμῆς, ὁ δὲ θετικὸς μετὰ **μεμονωμένου ἀγωγοῦ**, ἑναερίου ἢ ὑπογείου, ὅστις τοποθετεῖται παραλλήλως πρὸς τὴν γραμμὴν καὶ καθ' ὅλον τὸ μῆκος αὐτῆς. Ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ τούτου ὅστις καλεῖται **ἠλεκτροφόρος**, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται εἰς τὸν ἠλεκτροκινητήρα, εἴτε διὰ μεταλλίνων ράβδων καλουμένων **κεραιῶν** (τροχιόδδρομοι), εἴτε διὰ μεταλλίνων πλακῶν καλουμένων **πεδίλων** (σιδηρόδρομοι), ἅτινα ἐφάπτονται διαρκῶς τοῦ ἠλεκτροφόρου ἀγωγοῦ καὶ παραλαμβάνουσι τοιοῦτοτρόπως τὸ ρεῦμα. Ὁ ἐπαγωγίμος τοῦ ἠλεκτροκινητήρος, περιστρεφόμενος συμπαρασύρει μεθ' ἑαυτοῦ καὶ τὸν ἄξονα τῆς ἀμάξης, ἣτις οὕτω τίθεται εἰς κίνησιν. Τὸ ρεῦμα ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ ἠλεκτροκινητήρος μεταβαίνει εἰς τὰς σιδηρᾶς ράβδους τῆς γραμμῆς καὶ δι' αὐτῶν ἐπανερχεται εἰς τὸν ἕτερον πόλον τῆς μηχανῆς καὶ οὕτω κλείεται τὸ κύκλωμα. Ἡλεκτρικὸς σιδηρόδρομος λειτουργεῖ μετὰξὺ Ἀθηνῶν καὶ Πειραιῶς καὶ δι' αὐτοῦ κυρίως γίνεται ἡ συγκοινωνία τῶν δύο πόλεων, ἠλεκτρικοὶ δὲ τροχιόδδρομοι λειτουργοῦσιν ἐν Ἀθήναις, Πειραιεῖ, Φαλήρῳ, Πάτραις καὶ Θεσσαλονίκῃ.

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 ἠλεκτρικῶν ἀνεμιστήρων, τῶν κινηματογράφων κλπ.

283. Ἐναλλασσόμενα ρεύματα.—Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο δοχεῖα Α καὶ Β (σχ. 199), συγκοινωνοῦντα μετὰξὺ τῶν 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 Α, ἀφήσωμεν ἀκίνητον, τὸ δὲ ἕτερον Β μεταθέσωμεν κάτωθεν τοῦ πρώτου, τὸ ὕδωρ θέλει κινηθῇ ἐν τῷ σωλῆνι, καὶ θὰ μεταβῇ

ἐκ τοῦ ὑψηλοτέρου δοχείου πρὸς τὸ χαμηλότερον, ἥτοι ἐκ τῆς μεγαλυτέρας πίεσεως πρὸς τὴν μικροτέραν. Τοῦναντίον, ἐὰν μεταθέσωμεν τὸ δοχεῖον Β ἄνωθεν τοῦ Α, τὸ ὕδωρ ἐν τῷ σωλῆνι



Σχ. 199. Τρόπος παραγωγῆς ἐναλλασσομένων ρευμάτων ὕδατος.

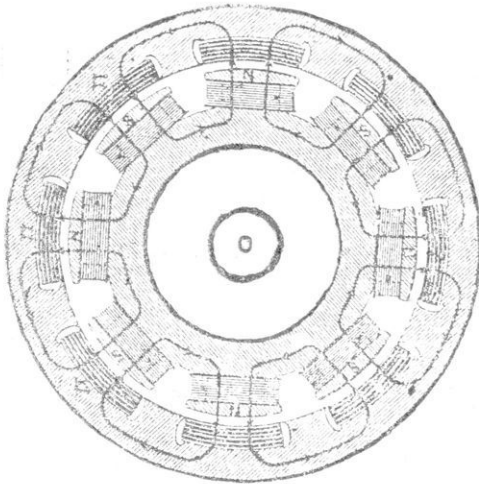
θέλει κινηθῇ ἐκ τοῦ δοχείου Β πρὸς τὸ δοχεῖον Α. Τοιοῦτοτρόπως ἐν τῷ σωλῆνι παράγεται ρεῦμα ὕδατος, ὅτε μὲν πρὸς τὸ δοχεῖον Β, ὅτε δὲ πρὸς τὸ δοχεῖον Α. Καὶ ἐὰν μεταθέσωμεν ἐπανειλημμένως τὸ δοχεῖον Β ὡς πρὸς τὸ δοχεῖον Α, θὰ ἔχωμεν ἐν τῷ σωλῆνι σειρὰν ρευμάτων ὕδατος, διότι ἡ διαφορὰ πίεσεως τοῦ ὕδατος θὰ ἐνεργῇ ἄλλοτε πρὸς τὸ ἓν δοχεῖον καὶ ἄλλοτε πρὸς τὸ ἕτερον. Τὰ τοιαῦτα ρεύματα τοῦ ὕδατος καλοῦνται **ἐναλλασσόμενα**.

Ἀνάλογον φαινόμενον ἔχομεν καὶ εἰς τὸν ἠλεκτρισμόν. Ὅταν δηλαδὴ ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις δυναμοηλεκτρικῆς τινος μηχανῆς ἐνεργῇ ἄλλοτε κατὰ μίαν διεύθυνσιν καὶ ἄλλοτε κατ' ἀντίθετον, τότε ἐν τῷ ἑξωτερικῷ κυκλώματι αὐτῆς παράγονται ρεύματα τῶν ὁποίων ἡ ἔντασις καὶ ἡ διεύθυνσις μεταβάλλονται περιοδικῶς. Ὁ χρόνος ἐντὸς τοῦ ὁποίου γίνονται αἱ μεταβολαὶ τῆς ἐντάσεως καὶ τῆς διευσθύνσεως τοῦ ρεύματος καλεῖται **περίοδος**, ὃ δὲ ἀριθμὸς τῶν περιόδων κατὰ δευτερόλεπτον καλεῖται **συχνότης** τοῦ ρεύματος. Αἱ ηλεκτρομηχαναὶ αἱ παράγουσαι ἐναλλασσόμενα ρεύματα καλοῦνται **ἐναλλακτικῆρες**.

284. Βιομηχανικοὶ ἐναλλακτικῆρες. — Α) **Περιγραφή.** Εἰς πάντα βιομηχανικὸν ἐναλλακτικῆρα διακρίνομεν δύο κύρια μέρη ἢ συστήματα, ἅτινα εἶναι : 1ον) ὁ **ἐπαγωγεὺς** καὶ 2ον) ὁ **ἐπαγωγίμος**.

1ον) **Ἐπαγωγεὺς.** Δι' αὐτοῦ παράγεται τὸ μαγνητικὸν πε-
Στοιχεῖα Φυσικῆς Κ. Σαμωτάκη, 5' Γυμν. ἐκδ. γ'. 17

δίων. Ἀποτελεῖται ἐκ μεγάλου σιδηροῦ δακτυλίου, ὅστις φέρει ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς περιφερείας του πηνία N, S, N, S. . . . * (σχ. 200), μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τὰ πηνία εἶνε ἄξτια



Σχ. 200. Βιομηχανικὸς ἐναλλακτήρ.

τὸ πλῆθος, ἀπέχουσιν ἰσάκεις ἀπ' ἀλλήλων καὶ τὸ ἐν εἶναι συνέχεια τοῦ ἄλλου. Ἡ περιτύλιξις ὁμῶς εἰς δύο παρακείμενα γίνεται κατ' ἀντίθετον φοράν, ἵνα οἱ πυρῆνες κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐναλλακτῆρος γίνωνται ἐναλλάξ βόρειοι καὶ νότιοι πόλοι. Ὁ ἐπαγωγεὺς τίθεται εἰς ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν περὶ ὀριζόντιον ἄξονα O, τῇ βοηθεῖα 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 Π μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τὰ πηνία εἶναι συνέχεια τὸ ἐν τοῦ ἄλλου, ἡ περιτύλιξις ὁμῶς 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 καταλήγουσιν εἰς δύο μεταλλί- νους πιεστικὸς κοχλίας οἵτινες ἀποτελοῦσι τοὺς δύο πόλους τοῦ

ἐναλλακτικῶς. Τοιοῦτοτρόπως εἰς τοὺς ἐναλλακτικῶς δὲν ὑπάρχουσι συλλέκτες καὶ ψῆκται.

Β) **Λειτουργία.** Διοχετεύομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγέως, ὅποτε οἱ πυρῆνες αὐτῶν γίνονται ἐναλλάξ βόρειοι καὶ νότιοι πόλοι καὶ θέτομεν τὸν ἐπαγωγέα εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐὰν δὲ παραστήσωμεν τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου διὰ τῶν ἀριθμῶν 1,2,3,4,...12, θὰ παράγονται τὰ κατωτέρω φαινόμενα.

1ον) Εἰς τὰ πηνία 1,3,5,...11 **θὰ πλησιάζῃ 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 ὅμως εἰς τὰ πηνία 2,4,6,...12 **θὰ πλησιάζῃ 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. Ἔνεκα ὅμως τῆς ἀντιθέτου περιτυλίξεως τῶν παρακειμένων πηνίων, τὸ ρεῦμα ἔχει καὶ εἰς ταῦτα τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. Τοιοῦτρόπως εἰς ὅλα γενικῶς τὰ πηνία θὰ ἔχωμεν ἐπαγωγικὸν ρεῦμα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως.

2ον) Εἰς τὰ πηνία 1,3,5,...11 **θὰ πλησιάζῃ τώρα νότιος πόλος** καὶ συγχρόνως θὰ ἀπομακρύνεται βόρειος. Διὰ τοὺς δύο τούτους λόγους θὰ ἀναπτύσσεται εἰς ταῦτα ἐπαγωγικὸν ρεῦμα τὸ ὁποῖον θὰ ἔχῃ διεύθυνσιν ἀντίθετον ὡς πρὸς τὸ πρῶτον. Ταυτοχρόνως ὅμως καὶ εἰς τὰ πηνία 2,4,6,...12 θὰ ἀναπτύσσεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως (ἔνεκα τῆς ἀντιθέτου περιτυλίξεως τῶν παρακειμένων πηνίων). Τοιοῦτοτρόπως εἰς ὅλα τὰ πηνία θὰ ἔχωμεν ἐπαγωγικὸν ρεῦμα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως ἀλλ' ἀντιθέτου πρὸς τὸ τῆς πρώτης περιπτώσεως.

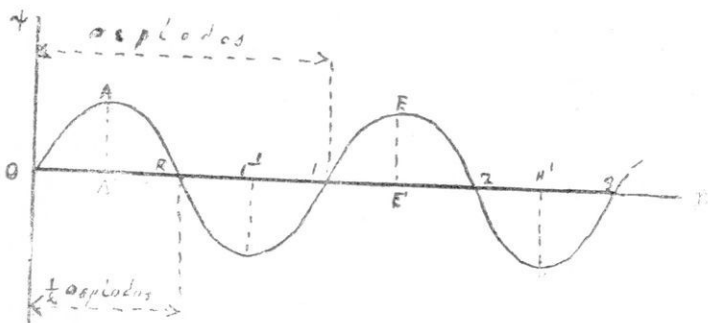
Κατὰ τὴν περιστροφὴν λοιπὸν τοῦ ἐπαγωγέως εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα τῆς μηχανῆς ἔχομεν σειρὰν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων, ἄλλοτε κατὰ μίαν διεύθυνσιν καὶ ἄλλοτε κατ' ἀντίθετον, δηλ. ἔχομεν ἐναλλασσόμενα ρεύματα. Ἐὰν ὅμως οἱ πόλοι τῆς μηχανῆς δὲν συνδέονται μεταξύ των δι' ἀγωγοῦ, ἑκάτερος θὰ γίνεται ἀλληλοδιαδόχως θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος.

Παρατηρήσεις. α) Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν διέγερσιν τοῦ ἐπαγωγέως, παρέχεται συνήθως ὑπὸ μικρᾶς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος (ἡλεκτρο-

γεννητριάς) ἢ ὁποία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ ἐπαγωγέως καὶ στρέφεται μετ' αὐτοῦ. Πολλάκις ὅμως ὁ ἐπαγωγεὺς διαγέ-
ρεται δι' ἰδιαίτερας μικρᾶς μηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος, τὴν
ὁποίαν κινεῖ ἰδία κινητήριος μηχανή.

β) Πρὸς παραγωγὴν ἐναλλασσομένων ρευμάτων ὑψηλῆς τά-
σεως, ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι μεγάλης διαμέτρου καὶ φέρει πολλὰ
πηνία.

**285. Γεωμετρικὴ παράστασις τοῦ ἐναλλασσομένου
ρεύματος.** Γράφομεν δύο ἄξονας Ox καὶ Oy (σχ. 201), καθέ-



Σχ. 201. Γεωμετρικὴ παράστασις ἐναλλασσομένου ρεύματος.

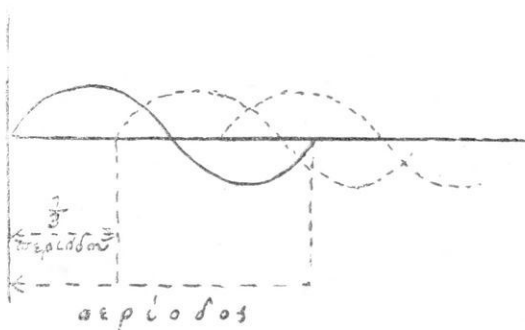
τους ἐπ' ἀλλήλους καὶ ἐπὶ μὲν τοῦ Ox λαμβάνομεν τοὺς χρόνους,
ἐπὶ δὲ τοῦ Oy τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς τῆς ἐντάσεως. Τοιοῦτο-
τρόπως σχηματίζεται καμπύλη ἡμιτονοειδῆς $OABΓΔΕ$. Ἐν
τῷ σχήματι τούτῳ εἰς τὸν χρόνον 0 δευτερόλεπτα ἀντιστοιχεῖ ἐν-
τασις 0 ampères, εἰς τὸν χρόνον OA' (0,005 π.χ. δευτερόλεπτα)
ἀντιστοιχεῖ ἔντασις AA' (50 π. χ. ampères), εἰς τὸν χρόνον
 OB (0,010 δευτερόλεπτα) ἀντιστοιχεῖ ἔντασις 0 ampères, τὸ
ρεῦμα τότε ἀλλάσσει φορὰν καὶ διὰ τοῦτο τὸ τμήμα $BΓΔ$ τῆς
καμπύλης εὐρίσκεται κάτωθεν τοῦ ἄξονος Ox . Ὁ χρόνος OA
(0,020 δευτερόλεπτα) εἶναι 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 ἐπαγω-

γίμου είναι ἰσάριθμα πρὸς τὰ τοῦ ἐπαγωγέως, ὁ ἐναλλακτὴρ καλεῖται **ἀπλοῦς** ἢ **μονοφασικός**, ὅπως εἶναι ὁ ἀνωτέρω περιγραφείς, καὶ παρέχει ρεύματα **ἀπλᾶ** ἢ **μονοφασικά**, τὰ ὁποῖα γενικῶς παρίστανται ὑπὸ τοῦ σχήματος 201. Εἷς τινες ὅμως ἐναλλακτῆρας τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι διπλάσια ἢ τριπλάσια τῶν τοῦ ἐπαγωγέως. Οἱ τοιοῦτοι ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **πολυφασικοὶ** (διφασικοί, τριφασικοί) καὶ παρέχουσιν ἐναλλάσσόμενα ρεύματα **πολυφασικά** (διφασικά, τριφασικά). Ἐν μεγάλῃ χρήσει εἶναι σήμερον τὰ τριφασικά.

Τριφασικὰ ρεύματα. Ἐάν τρία μονοφασικὰ ρεύματα ἔχωσι τὴν αὐτὴν περίοδον, λαμβάνει ὅμως 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 εἶναι τρεῖς ἡμιτονοειδεῖς καμπύλαι, ἑκάστη τῶν ὁποίων ἄρχεται $\frac{1}{3}$ τῆς περιόδου βραδύτερον τῆς ἀμέσως προηγουμένης (σχ. 202). Τὰ τριφασικὰ ρεύματα παράγονται ὑπὸ τῶν τριφασικῶν ἐναλλακτῆρων.



Σχ. 202. Γεωμετρικὴ παράστασις τριφασικοῦ ρεύματος.

287. Τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες. Εἷς τούτους τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι τριπλάσια τῶν τοῦ ἐπαγωγέως. Ἐάν λοιπὸν ὁ ἐπαγωγεὺς τοῦ ἐναλλακτῆρος ἔχη 4 πόλους (ἡλεκτρομηχανὴ τετραπολική), ὁ ἐπαγωγίμος θὰ ἔχη 12 πηνία, τὰ ὁποῖα ἂς παραστήσωμεν μὲ τοὺς ἀριθμοὺς 1, 2, 3, 4, . . . 12. Ἐκ τούτων : τὰ πηνία 1, 4, 7, 10 συνδέονται κατὰ σειρὰν καὶ ἀποτελοῦσι τὸ πρῶτον κύκλωμα ἢ τὴν **πρώτην φάσιν**.

τὰ πηνία 2, 5, 8, 11 συνδέονται ἐπίσης κατὰ σειρὰν καὶ ἀποτελοῦσι τὸ δευτέρον κύκλωμα ἢ τὴν *δευτέραν φάσιν*.

τὰ πηνία 3, 6, 9, 12 συνδέονται ἐπίσης κατὰ σειρὰν καὶ ἀποτελοῦσι τὸ τρίτον κύκλωμα ἢ τὴν *τρίτην φάσιν*.

Τοιοιουτρόπως σχηματίζονται 3 κυκλώματα κεχωρισμένα, εἰς τὰ ὁποῖα θὰ παράγονται τρία μονοφασικά ρεύματα (ἐν εἰς ἕκαστον κύκλωμα), ἕκαστον τῶν ὁποίων θὰ λαμβάνῃ τὴν μεγίστην ἔντασίν του $\frac{1}{3}$ τῆς περιόδου βραδύτερον τοῦ ἄλλου (καὶ τοῦτο ἔνεκα τῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν κατέχουσιν ἐν οἰαδήποτε στιγμῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τὰ πηνία ἑκάστου κυκλώματος), καὶ ἐπομένως θὰ ἀποτελῶσι *τριφασικὸν ρεῦμα*.

Ὁ τοιοῦτος ἐναλλακτὴρ καλεῖται τριφασικὸς καὶ ἔπρεπε νὰ ἔχῃ θεωρητικῶς 6 πόλους (2 δι' ἕκαστον κύκλωμα). Ἐν τῇ πράξει ὅμως οἱ πόλοι εἶναι 3, δηλ. τὸ ἐν ἄκρον ἐξ ἑκάστου 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 ὅμως νὰ χρησιμοποιηθῶσιν εἰς τινὰς ἠλεκτρικὰς ἐργασίας, ὅπως εἶναι ἡ πλήρωσις τῶν συσσωρευτῶν, ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, καὶ ἄλλαι, καθ' ὅσον ταῦτα δὲν δύνανται νὰ ἀποσυνθέτωσι τοὺς ἠλεκτρολύτας. Πλὴν τούτου χρησιμοποιοῦνται καὶ πρὸς παραγωγὴν μηχανικοῦ ἔργου.

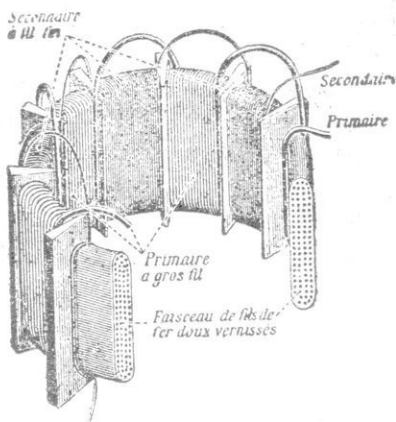
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι'.

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 μεγάλῃς ἐντάσεως, ἢ καὶ ἀντιστρόφως.

289. Βιομηχανικοὶ μεταμορφωταί.—Α) *Περιγραφή.* Εἰς πάντα βιομηχανικὸν μεταμορφωτὴν διακρίνομεν κυρίως δύο μέρη: 1ον) τὸν *πυρῆνα* καὶ 2ον) τὰ *πηνία*. Ὁ πυρὴν κατασκευάζεται

ἐκ δακτυλοειδῶν ἐλασμάτων ἢ συρμάτων (σχ. 203) ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, μεμονωμένων ἀπ' ἀλλήλων, τὰ δὲ πηνία ἐκ δύο χαλκί-
νων συρμάτων καλῶς μεμονωμένων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἔν

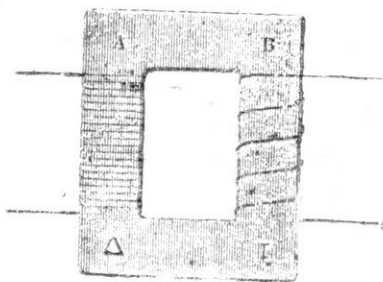


Σχ. 203. Βιομηχανικὸς μεταμορφωτής.

εἶναι χονδρὸν καὶ βραχύ, τὸ δὲ ἕτερον λεπτὸν καὶ μακρόν. Τὰ σύρματα 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 μεταξύ 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 χονδροῦ σύρματος ἔχουσιν ὀλίγας σπείρας, ἐνῶ τὰ πηνία ἐκ λεπτοῦ σύρματος ἔχουσι πολλὰς σπείρας. Τὰ ἄκρα τοῦ χονδροῦ σύρματος ἀπολήγουσιν εἰς δύο μεταλλίνους πιεστικούς κοχλίας, εὗρισκομένους ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος τοῦ ὀργάνου, τὰ δὲ τοῦ λοιποῦ σύρματος ἀπολήγουσιν εἰς δύο ἄλλους πιεστικούς κοχλίας.

Τὸ ρεῦμα τὸ εἰσερχόμενον εἰς τὸν μεταμορφωτὴν καλεῖται **πρωτεῦον ρεῦμα**, τὸ δὲ κύκλωμα, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται καλεῖται **πρωτεῦον κύκλωμα**. Τὸ ρεῦμα τὸ ἐξερχόμενον καλεῖται **δευτερεῦον ρεῦμα**, καὶ τὸ κύκλωμα ἐν τῷ ὁποίῳ παράγεται τοῦτο καλεῖται **δευτερεῦον κύκλωμα**.

Εἰς τὸν μεταμορφωτὴν 204 ὁ πυρὴν ἔχει σχῆμα τετραπλεύρου, τὰ δὲ πηνία εὐρίσκονται εἰς δύο ἀπέναντι πλευράς.



Σχ. 204. Μεταμορφωτής.

Β) Λειτουργία. Ἐάν διὰ τοῦ χονδροῦ σύρματος διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως (πρωτεύον ρεῦμα), εἰς τὸ λεπτὸν σύρμα θέλει παραχθῇ ἐξ ἐπαγωγῆς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως (δευτερεύον ρεῦμα). Ὅσοι δὲ περισσότεροι εἶναι αἱ σπείραι τοῦ

λεπτοῦ σύρματος, τόσοι καὶ ἡ τάσις τοῦ ἐν αὐτῷ παραγομένου ρεύματος εἶναι ὑψηλότερα. Ἀντιστρόφως, ἐάν διὰ τοῦ λεπτοῦ σύρματος διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως (πρωτεύον ρεῦμα), εἰς τὸ χονδρὸν σύρμα θέλει παραχθῇ ἐξ ἐπαγωγῆς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως (δευτερεύον ρεῦμα). Ὅσοι δὲ ὀλιγότεροι εἶναι αἱ σπείραι τοῦ χονδροῦ σύρματος, τόσοι 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 :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}.$$

ἐνθα E_1 καὶ E_2 εἶναι αἱ τάσεις τῶν δύο ρευμάτων καὶ σ_1, σ_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 εἰπώμεν, ὅτι ἀμφοτέρω τὰ ρεύματα, καὶ τὸ πρωτεύον καὶ τὸ δευτερεύον, ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἰσχύν, ἢτοι ἐάν E_1 καὶ E_2 εἶναι αἱ τάσεις καὶ I_1 καὶ I_2 αἱ ἐντάσεις τῶν δύο ρευμάτων, θὰ ἔχομεν

$$E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2, \text{ ἐκ τῆς ὁποίας λαμβάνομεν }$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1}.$$

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.

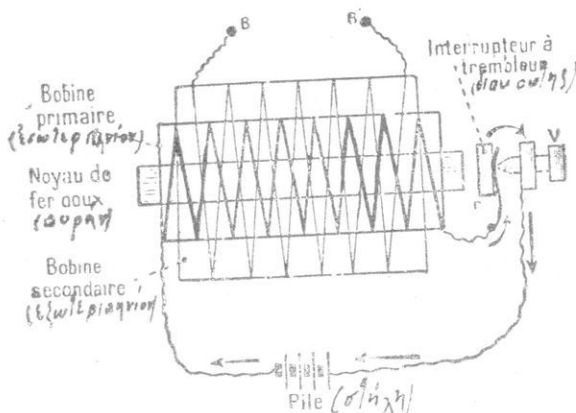
290. Ἐφαρμογαὶ τῶν μεταμορφωτῶν. Ἡ μεταβίβασις τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας διὰ συνεχῶν ρευμάτων ἀποβαίνει δυσχερὴς προκειμένου περὶ μεγάλων ἀποστάσεων, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀπωλείας, τὴν ὁποίαν τὰ ρεύματα ταῦτα ὑφίστανται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος κατὰ τὴν δίοδόν των διὰ τῶν ἐπιμήκων ἀγωγῶν. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ χρησιμοποιοῦνται τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἕνεκα τῆς μικρᾶς σχετικῶς ἀπωλείας, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται ταῦτα καθ' ὁδόν. Τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται ὡς ἑξῆς. Εἰς τινὰ τόπον ὅπου ὑπάρχουσι πύπτοντα ὕδατα, ἢ εἰς τινὰ κεντρικὸν ἡλεκτρικὸν 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, ἣτις δύναται νὰ εἶναι λεπτὸν σύρμα (ἐπομένως εὐθηνόν), διότι ἡ ἔντασις τῶν εἶναι μικρά, μέχρι τοῦ τόπου τῆς χρησιμοποίησώς των. Ἐκεῖ μετατρέπονται τῇ βοήθειᾳ 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, ἅπ' ἑνὸς ἵνα μὴ διαφεύγῃ καθ' ὁδὸν ὁ ἡλεκτρισμός, καὶ ἅπ' ἑτέρου χάριν ἀσφαλείας τῶν ἀνθρώπων. Πράγματι αἱ ὑψηλαὶ τάσεις εἶναι ἐπικίνδυναι, καὶ ἀπλῇ ἐπαφῇ μετὰ τῶν γραμμῶν τούτων δύνανται νὰ ἐπιφέρῃ τὸν θάνατον.

291. Ἐπαγωγικὰ πηνία.—Καλοῦνται *ἐπαγωγικὰ πηνία* εἰδικοὶ μεταμορφωταί, οἵτινες μετατρέπουσι συνεχὲς 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.

292. Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff. — Α) *Περιγραφή.* Τοῦτο (σχ. 205) ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ τριῶν μερῶν : α') ἐκ τοῦ *πυρῆνος*, β') ἐκ τῶν *πηνίων* καὶ γ') ἐκ τοῦ *διακόπτου*. Ὁ πυρὴν συνίσταται ἐκ δέσμης συρμάτων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, μεμονωμένων ἀπ' ἀλλήλων. Τὰ πηνία εἶναι δύο τὸν

ἀριθμόν, 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



Σχ. 205. Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff.

οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῶσιν ὀλίγαι σπείραι, 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 πολλαὶ σπείραι. Τὰ πέρατα τοῦ σύρματος τούτου καταλήγουσιν εἰς δύο πιεστικούς κοχλίας Β καὶ Β', οἵτινες καλοῦνται πόλοι τοῦ πηνίου. Ὁ διακόπτης συνίσταται ἐξ εὐκάλπτου μεταλλίνου ἐλάσματος Γ, τὸ ὁποῖον ἀπολῆγει εἰς τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, εὐρισκόμενον ἐνώπιον τοῦ πυρῆνος τοῦ πηνίου, καὶ ἐπακουμβᾷ εἰς τὴν ἀκίδα μεταλλίνου κοχλίου V. Ὁ διακόπτης χρησιμεύει διὰ τὰς ἀλληλοδιαδόχους διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἐπιδρωῆτος (ἀρχικοῦ) ρεύματος.

Β) **Λειτουργία.** Διαβιβάζομεν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον τὸ ρεῦμα ἡλεκτρικῆς στήλης ἢ συσσωρευτοῦ ὁπότε εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα ἀντίρροπον πρὸς τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα (τὸ πρωτεύον). Ταῦτοχρόνως ὁ πυρῆν μαγνητίζεται καὶ ὁ διακόπτης ἔλκεται, ὁπότε τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα διακόπεται. Τότε εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς

ρεῦμα ὁμόροπον πρὸς τὸ ἐπιδρῶν. Μετὰ τὴν διακοπὴν ὅμως τοῦ ρεύματος ὁ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται καὶ ὁ διακόπτης ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν, ὅποτε τὸ ρεῦμα τῆς στήλης διέρχεται πάλιν καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ προηγούμενα φαινόμενα.

Τοιούτῳ ἔνεκα τῶν ἐπανειλημμένων διακοπῶν καὶ ἀποκαταστάσεων τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος ἀναπτύσσεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον σειρὰ ἐπαγωγικῶν ρευμάτων ὑψηλῆς τάσεως, λόγῳ τοῦ μεγάλου ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν ἐν ἑτῷ πηνίῳ τούτῳ, ἅτινα εἶναι ὁμόροπα μὲν κατὰ τὴν διακοπὴν, ἀντίροπα δὲ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος. Τὰ ρεύματα ταῦτα ἐνισχύονται καὶ ὑπὸ τοῦ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Καὶ ἐὰν μὲν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τοῦ πηνίου δι' ἀγωγὸν, οὗτος θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐναλλασσομένου, ἐὰν δὲ ἀπλῶς πλησιάσωμεν αὐτοὺς, θὰ ἐκρήγνυνται μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικοὶ σπινθῆρες, ὅτε μὲν κατὰ μίαν φορὰν, ὅτε δὲ κατ' ἀντίθετον, διότι καὶ τὰ ὁμόροπα καὶ τὰ ἀντίροπα ρεύματα δύνανται νὰ διέρχωνται. Ἐὰν ὅμως ἀξήσωμεν τὴν ἀπόστασιν, θὰ διέρχωνται μόνον τὰ ὁμόροπα (ὡς ἰσχυρότερα τῶν ἀντιρρόπων), ὅποτε οἱ σπινθῆρες θὰ ἐκρήγνυνται κατὰ τὴν αὐτὴν πάντοτε φορὰν. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ πηνίον παρουσιάζει δύο πόλους ὀρισμένους, θετικὸν καὶ ἀρνητικόν, ἢ ἀνοδὸν καὶ κάθοδον.

293. Χρῆσις τῶν ἐπαγωγικῶν πηνίων.— Τὰ ἐπαγωγικά πηνία χρησιμεύουσιν εἰς τὸν ἀσύρματον τηλεγράφον, διὰ τὴν παραγωγὴν σπινθήρων πρὸς σύνθεσιν καὶ ἀποσύνθεσιν ἀερίων καὶ πρὸς ἀνάφλεξιν ἐκρηκτικῶν ὑλῶν, καὶ εἰς τὴν ἱατρικὴν διὰ τὴν πρόκλησιν ἐλαφρῶν τιναγμῶν πρὸς ἐνδυνάμωσιν τοῦ νευρικοῦ συστήματος.

ΑΣΚΗΣΙΣ

Εἰς τὸ πρωτεύον κυκλῶμα μεταμορφωτοῦ διοχετεύεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως ὁ ampères καὶ τάσεως 200 volts. Νὰ εὑρεθῶσι α') ἡ τάσις καὶ β') ἡ ἔντασις τοῦ ἐν τῷ δευτερεύοντι κυκλώματι ἀναπτυσσομένου ρεύματος. Ὑποθέτομεν ὅτι ἡ ἰσχύς τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος ἴσούται πρὸς τὴν τοῦ δευτερεύοντος. Ἀριθμὸς σπειρῶν τοῦ μὲν πρωτεύοντος κυκλώματος 100, τοῦ

δὲ δευτερεύοντος 1000. (*Απόκρισις α') 2000 volts καὶ β') 0,5 ampères).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'.

ΤΗΛΕΦΩΝΑ

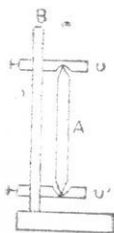
294. Ὑποστροφὴ.— Καλεῖται *τηλέφωνον* συσκευή διὰ τῆς ὁποίας μεταβιβάζομεν τὴν φωνὴν ἢ τοὺς ἤχους εἰς μεγάλας ἀποστάσεις δι' ἡλεκτρικῶν ρευμάτων. Ἡ συσκευή αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς.

295. Περιγραφή τηλεφωνικῆς συσκευῆς.— Εἰς πᾶσαν τηλεφωνικὴν συσκευὴν συνήθῃ διακρίνομεν 4 μέρη, ἅτινα εἶναι τὰ ἑξῆς.

1) **Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη.** Αὕτη χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ ξηρὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.

2) **Ἡ τηλεφωνικὴ γραμμὴ.** Αὕτη χρησιμεύει πρὸς σύνδεσιν 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.

3) **Ὁ φωνοπομπός.** Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ δέχεται καὶ νὰ μεταβιβάζῃ τὴν φωνὴν τοῦ λαλοῦντος. Ὡς φωνοπομπὸς ἐχρησιμοποιήθη κατ' ἀρχὰς τὸ μικροφῶνον τοῦ Hughes (')



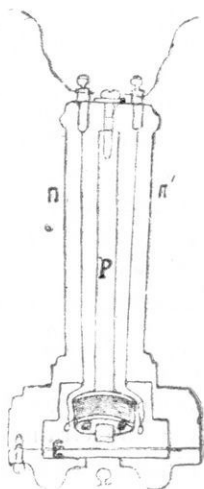
Σχ. 206.
Φωνοπομπός.

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ κυλινδρικοῦ ραβδίου A (σχ. 206), ἐξ ἀνθρακος συμπαγοῦς, τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα ἀπολήγουσιν εἰς ὄξυ καὶ εἰσέρχονται ἄνευ πίεσεως ἐντὸς μικρῶν κοιλοτήτων, τὰς ὁποίας φέρουσι δύο τεμνίδια ν καὶ ν' ἐξ ἀνθρακος συμπαγοῦς, ἐστηρικμένα ἐπὶ ξυλίνου ὑποστηρίγματος B. Τὸ ραβδίον δύναται νὰ κινῆται ἐλευθέρως, παρουσιάζον οὕτως ἀσταθῆ ἰσορροπίαν. Αἱ ἐπαφαὶ λοιπὸν τῶν ἀνθράκων εἶναι *ἀτελεῖς*.

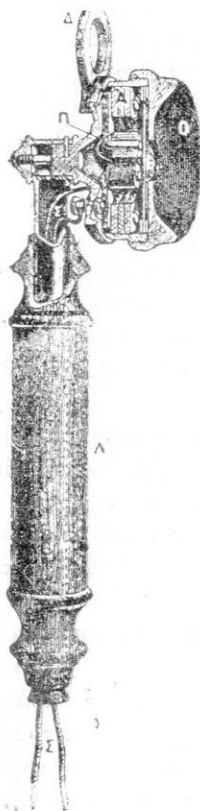
Σήμερον ὥς φωνοπομπὸς χρησιμεύει τὸ μι-

(') Hughes (1831—1900) Ἄγγλος φυσικός. Ἐπενόησε τὸν τυπωτὸν τηλεγράφον καὶ ἀνεκάλυψε τὸ μικροφῶνον.

κροφῶνον τοῦ Bailléux. Τοῦτο σύγκεται ἐκ μεμβράνης ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς, ἣτις ἀποτελεῖ τὸ σπουδαιότερον μέρος τοῦ ὀργάνου. Ἡ μεμβράνη στηρίζεται εἰς τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὅλμου καὶ ἐπακουμβᾷ κάτωθεν ἐπὶ μικρῶν σφαιριδίων (κοκκίων) ἐκ συμπαγοῦς ἄνθρακος, ἅτινα εὐρίσκονται ἐντὸς μικρᾷ λεκάνῃ ἐξ ἐβονίτου. Τοιοῦτοτρόπως μεταξὺ τῆς μεμβράνης καὶ τῶν σφαιριδίων γεννῶνται πολυάριθμοι ἐπαφαὶ ἀτελεῖς διὰ τῶν ὁποίων τὸ μικροφῶνον τοῦ Bailléux καθίσταται *πολλαπλοῦν μικροφῶνον*.



Σχ. 207. Φωνοδέκτης τοῦ Graham Bell.



Σχ. 208. Φωνοδέκτης τοῦ Ader.

4) Ὁ *φωνοδέκτης*. Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ μεταβιβάσῃ τὴν φωνὴν εἰς τὸ οὖς τοῦ ἀκροατοῦ. Ὡς φωνοδέκτης ἐχρησιμο-

ποιήθη κατ' ἀρχάς ὁ τοῦ Graham Bell. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ μαγνητικῆς ράβδου Ρ (σχ. 207), τῆς ὁποίας ὁ εἰς πόλος περιτυλίσσεται ὑπὸ χαλκίνου σύρματος λεπτοῦ καὶ μεμονωμένου, σχηματίζοντος μικρὸν πηνίον π. Ὁ μαγνήτης οὗτος ἐγκλείεται ἐντὸς περιβλήματος ΙΙΙ' κυλινδρικοῦ ἐκ ξύλου ἢ ἐξ ἐβονίτου. Ἐμπροσθεν καὶ πολὺ πλησίον τοῦ πηνίου, εὐρίσκεται λεπτοτάτη καὶ εὐκαμπτος πλάξ Ε ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, τῆς ὁποίας τὰ πέρατα στηρίζονται εἰς τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὀλμου Ω, ὅστις χρησιμεύει διὰ νὰ ἀκούωμεν καλύτερον τὸν ἦχον.

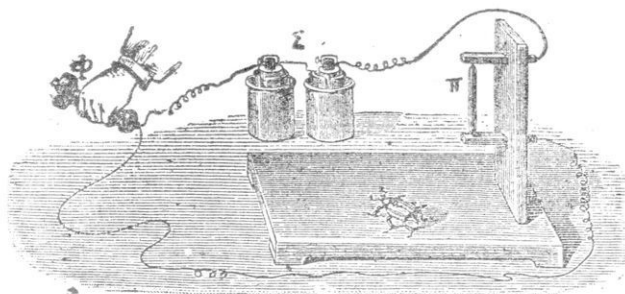
Σήμερον ὡς φωνοδέκτης χρησιμοποιεῖται ὁ τοῦ Ader (σχ. 208). Ὁ μαγνήτης εἰς τὸν φωνοδέκτην τοῦτον ἔχει μορφὴν ἡμιδακτυλίου Α, καὶ ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν χαλυβδίνων ἡμιδακτυλίων, κειμένων τῶν μὲν ἐπὶ τῶν δέ. Οἱ πόλοι τοῦ μαγνήτου φέρουσι δύο τεμάχια ἐκ μαλακοῦ σιδήρου τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦσι τοὺς πυρῆνας δύο πηνίων. Ἴνα δὲ τὰ ἀποτελέσματα τῶν πηνίων ἐνδυναμώσωσιν ἄλληλα, τὰ σύρματά των περιτυλίσσονται κατ' ἀντιθέτους φοράς. Ἐμπροσθεν τῶν πηνίων καὶ πολὺ πλησίον αὐτῶν εὐρίσκεται ἡ λεπτοτάτη σιδηρὰ πλάξ Β, ἐστηριγμένη εἰς τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὀλμου Ο. Ἐπὶ τῆς πλακὸς εὐρίσκεται δακτύλιος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὅστις χρησιμεύει ὡς ὄπλισμός τοῦ μαγνήτου.

Σημειώσεις. Πολλάκις ὁ φωνοπομπὸς καὶ ὁ φωνοδέκτης συνενοῦνται εἰς ἓν καὶ μόνον ὄργανον οὕτως, ὥστε ἡ χρῆσις των νὰ εἶναι 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 ἡλεκτρικῆς στήλης Σ (σχ. 209) παρενθέτομεν κατὰ σειρὰν τὸν φωνοπομπόν Π καὶ τὸν φωνοδέκτην Φ. Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα λαμβάνομεν χάριν ἀπλοποιήσεως τῆς συσκευῆς ὡς φωνοδέκτην τὸν τοῦ Graham Bell καὶ ὡς φωνοπομπόν τὸ μικροφῶνον τοῦ Hughes. Τὸ ἡλεκτρικὸν 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 ἐφ' ὅσον μὲν τὸ ραβδίον τοῦ φωνοπομποῦ εἶναι τελείως ἀκίνητον, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ κύκλωμα

εἶναι σταθερά καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἡ ἔλξις τοῦ μαγνήτου τοῦ φωνοδέκτου ἐπὶ τῆς σιδηρᾶς πλακῶς μένει ἀμετάβλητος. Ἡ πλάξ



Σχ. 209. Σύνδεσις τοῦ φωνοπομποῦ καὶ τοῦ φωνοδέκτου.

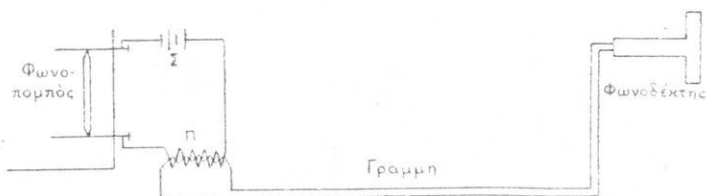
λοιπὸν τοῦ φωνοδέκτου μένει τελείως ἀκίνητος καὶ οὐδὲν ἀκούομεν ἐν αὐτῷ, ἐὰν τὸν θέσωμεν εἰς τὸ οὖς ἡμῶν. Ὅταν ὁμως ὁμιλῇ τις πλησίον τοῦ φωνοπομποῦ, τὸ ραβδίον αὐτοῦ ὑφίσταται κραδασμούς, ἔστω καὶ ἐλαχίστους, οἵτινες μεταβάλλουσι τὰ σημεῖα ἐπαφῆς τοῦ ραβδίου καὶ τῶν ὑποστηριγμάτων, καὶ ἔνεκα τούτου 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, ἡ 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 ὥρολογίου, δύνανται νὰ ἀκουσθῶσιν ἐν τῷ φωνοδέκτῃ ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως.

297. Τελειοποιήσις τηλεφωνικῆς συσκευῆς ὑπὸ Edison.

Εἰς τὰς μεγάλας τηλεφωνικὰς γραμμάς, αἱ μεταβολαὶ τῆς ἀντιστάσεως ἐν τῷ φωνοπομπῷ παράγουσιν ἀσθενέστατα ρεύματα, αἵτινα ὥς ἐκ τούτου ἀδυνατοῦσι νὰ ὑἔσωσιν εἰς λειτουργίαν τὸν φωνοδέκτην. Τὴν ἀτέλειαν τῆς τηλεφωνικῆς συσκευῆς ἐθεράπευσεν ὁ Edison ὡς ἐξῆς. Ἀντὶ ν' ἀποστείλῃ ἀπ' εὐθείας τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τῆς στήλης, μεταχειρίζεται ἐπαγωγικὸν πηνίον Π ἄνευ διακόπτου (σχ. 210). 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 ἑξωτερικὸν σύρμα εἰσάγεται εἰς ἕτερον κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περι-



Σχ. 210. Τηλεφωνικὴ συσκευή περιλαμβάνουσα καὶ ἑπαγωγικὸν πηνίον.

λαμβάνει 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 ἑξωτερικῷ κυκλώματι τοῦ πηνίου ἑπαγωγικὰ ρεύματα ἰσχυρά, ἅτινα διαδιδόμενα διὰ τῆς γραμμῆς μέχρι τοῦ φωνοδέκτου, δύνανται νὰ θέσωσι τοῦτον εἰς λειτουργίαν. Τοιοῦτοτρόπως διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ ἑπαγωγικοῦ 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: ἡλεκτρικὴ στήλη, ἑπαγωγικὸν πηνίον, φωνοπομπός, φωνοδέκτης καὶ ἡλεκτρικὸς κώδων. Ὁ φωνοπομπὸς καὶ ὁ φωνοδέκτης συνεννοῦνται συνήθως εἰς ἓν καὶ μόνον ὄργανον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ λαμβάνεται διὰ τῆς χειρὸς ἐκ τοῦ μέσου καὶ στηρίζεται, εἴτε ἐξαοῦται δι' ἀγκίστρου ἐκ τινος κιβωτίου. Ἐν τῷ ἑσωτερικῷ τοῦ κιβωτίου ὑπάρχουσι τὸ ἑπαγωγικὸν πηνίον, αἱ συνδέσεις καὶ μικρὰ μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανή, ἣτις στρέφεται διὰ τῆς χειρὸς καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος, ὅστις στερεώνεται ἐπὶ τοῦ ἑξωτερικοῦ μέρους τοῦ κιβωτίου.

Καὶ ὅταν μὲν ὁ φωνοπομπὸς καὶ ὁ φωνοδέκτης κρέμονται ἐκ τοῦ ἀγκίστρου, ἡ γραμμὴ συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ κώδωνος καὶ δυνάμεθα, στρέφοντες τὸν στρόφαλον τῆς μαγνητοηλεκτρικῆς μηχανῆς νὰ ἀποστείλωμεν ρεῦμα εἰς τὸν κώδωνα τοῦ ἄλλου σταθμοῦ, ἵνα διὰ κωδωνίσματος εἰδοποιήσωμεν τὸ πρόσωπον, μετὰ

τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ συνδιαλεχθῶμεν. Ὅταν δὲ ὁ φωνοπομπὸς καὶ ὁ φωνοδέκτης ἀποσπῶνται ἐκ τοῦ ἀγκίστρου, τότε αὐτομάτως, ὁ μὲν φωνοδέκτης τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὴν γραμμὴν καὶ μὲ τὸ ἐξωτερικὸν σύρμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου, ὁ δὲ φωνοπομπὸς μὲ τὴν στήλην καὶ μὲ τὸ ἐσωτερικὸν σύρμα τοῦ αὐτοῦ πηνίου. Οὕτω δυνάμεθα τοῦ μόνον νὰ ἀκούωμεν τὴν φωνὴν τοῦ ὁμιλοῦντος ἐν τῷ ἄλλῳ σταθμῷ, ἀλλὰ καὶ νὰ ἀκουώμεθα ὑπ' αὐτοῦ.

Οἱ τηλεφωνικοὶ σταθμοί, εἰς τὰς πόλεις, συνδέονται μεταξύ των οὐχὶ ἅπ' εὐθείας, ἀλλὰ τῇ μεσολαβήσει τοῦ καλουμένου **τηλεφωνικοῦ κέντρου**. Τοῦτο συνδέεται μεθ' ὅλων τῶν τηλεφωνικῶν σταθμῶν τῆς πόλεως καὶ δύναται νὰ συνδέῃ αὐτοὺς πρὸς ἀλλήλους καὶ νὰ διακόπτῃ 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.

Σημείωσις. 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 μεσολαβήσεως τηλεφωνητρίας ἐν τῷ τηλεφωνικῷ κέντρῳ, δι' ὀλίγων καὶ ἀπλουστάτων χειρισμῶν, τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ὁ καλῶν συνδρομητῆς ἐπὶ τινος ἡριθμημένου 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 ὁπὰς ἡριθμημένας 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 Χ ἢ ΑΚΤΙΝΕΣ RÖNTGEN

299. Σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος. ἵνα παραχθῇ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν, πρέπει οὗτοι νὰ ἀποκτῇσωσιν ὥρισμένην διαφορὰν δυναμικοῦ. Τὸ μέγιστον δὲ μῆκος τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος, τὸν ὁποῖον δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὑπὸ τὴν διαφορὰν ταύτην τοῦ δυναμικοῦ, καλεῖται **ἐκρηκτικὴ ἀπόστασις**. Ἡ ἐκρηκτικὴ ἀπόστασις ἐν τινι αὐρίῳ αὐξάνεται πολὺ, ὅταν καὶ ἡ ἀραίωσις ὑπὸ τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται τὸ αὐρίον αὐξηθῇ. Τὴν ἠλεκτρικὴν ἐκκένωσιν ἐν τοῖς ἡραιωμένοις αὐρίοις ἐξετάζομεν τῇ βοηθείᾳ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff καὶ σωλῆνων υἰαλίνων περιεχόντων λίαν ἀραιὰ αὐρία ἢ ἀτμούς, ὁποῖοι εἶναι οἱ σωλῆνες τοῦ Geissler καὶ τοῦ Crookes.

300. Σωλῆνες τοῦ Geissler (¹). Α) **Περιγραφή.** Οὗτοι (σχ. 211) εἶναι σωλῆνες υἰαλίνοι κλεισθέντες ἐκατέρωθεν διὰ συντήξεως



Σχ. 211. Σωλὴν Geissler.

καὶ πλήρεις αὐρίου ἢ ἀτμοῦ ὑπὸ πίεσιν ἴσην πρὸς $\frac{1}{1000}$ περι-
που τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν εἶναι συντετηγμένα
δύο σύρματα ἐκ λευκοχρύσου, ἅτινα χρησιμεύουσιν ἵνα διαβιβάζ-
ωμεν τὰς ἠλεκτρικὰς ἐκκενώσεις. Ἐὰν οἱ σωλῆνες τοῦ Geissler
φέρωσιν εἰς τὸ μέσον τμῆμα στενόν, ὀνομάζονται σωλῆνες τοῦ
Plücker καὶ χρησιμεύουσιν εἰς τὴν φασματοσκοπίαν.

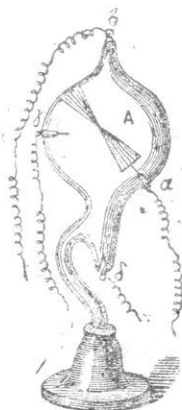
Β) **Λειτουργία.** Συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τοῦ ἐπαγωγι-
κοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff μὲ τὰ δύο σύρματα σωλῆνος τοῦ
Geissler καὶ θέτομεν τὸ πηνίον εἰς λειτουργίαν. Ἡ ἠλεκτρικὴ
ἐκκένωσις γίνεται τότε διὰ μέσου τοῦ ἐγκεκλεισμένου αὐρίου καὶ

(¹) Geissler (1814—1879). Γερμανὸς μηχανικὸς καὶ φυσικὸς ἐπινοή-
σας τοῦ σωλῆνος, οἵτινες φέρουσι τὸ ὄνομά του καὶ χρησιμεύουσι διὰ
τὰς ἠλεκτρικὰς ἐκκενώσεις ἐν τῇς ἡραιωμένοις αὐρίοις.

προκαλεῖ ζωηράν φωσφόρησιν αὐτοῦ, τῆς ὁποίας τὸ χρῶμα ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ αερίου. Τὸ φαινόμενον καθίσταται ἔτι λαμπρότερον, ἐὰν εἰς τὴν ὑάλον τοῦ σωλῆνος ἔχει εἰσαχθῇ καὶ ἔνωσης οὐρανίου, ὁπότε οὐ μόνον τὸ αέριον, ἀλλὰ καὶ αὐτὴ ἡ ὑάλος φωσφορίζει κατὰ τὴν ἐκκένωσιν.

301. Σωλῆνες τοῦ Crookes ⁽¹⁾. Α) *Περιγραφή*. Οὗτοι (σχ. 212) εἶναι δοχεῖα ὑάλινα συνήθως σφαιρικά, κλειστὰ πανταχόθεν καὶ πλήρη αερίου ἢ αἰμοῦ, φέρουσι δὲ συντετηγμένα τέσσαρα σύρματα α, β, γ, δ, ἐκ λευκοχρύσου, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἐν α φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικόν του ἄκρον μικρὸν κοῖλον δισκάριον ἐκ λευκοχρύσου. Τὸ αέριον ἢ ὁ αἰμὸς εἰς τοὺς σωλῆνας τοῦ Crookes εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν πολὺ μικροτέραν καὶ ἴσην πρὸς $\frac{1}{1000000}$ περίπου τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως.

Β) *Λειτουργία*. Συνδέομεν τὰ 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). Ὄταν τὸ πηνίον ἀρχίσῃ νὰ λειτουργῇ, παρατηροῦμεν εἰς τὸ ἀπέναντι τοῦ δισκαρίου, ἥτοι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ δοχείου, πρασινόχρουν φωσφόρησιν ἐπὶ κυκλικῆς ἐπιφανείας, τὴν καλουμένην *ἀντικάθοδον*, ἣτις διατηρεῖ ἀμετάβλητον θέσιν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, εἰς οἷονδήποτε σύρμα καὶ ἂν εὐρίσκεται ἡ ἀνοδος τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου.



Σχ. 212. Σωλῆνες τοῦ Crookes.

302. Καθοδικαὶ ἀκτίνες καὶ καθοδικὰ σωμάτια. — Ἡ φωσφόρησις εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ δοχείου παραδέχονται ὅτι προέρχεται ἐξ ἀκτίνων ἀοράτων, ἐκπεμπομένων καθέτως ἐκ τῆς καθόδου καὶ πορευομένων εὐθυγράμμως.

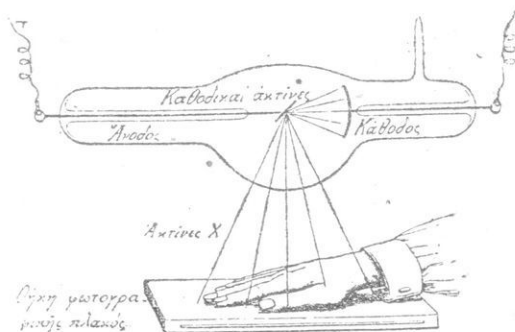
(1) Crookes. Ἕλληνας φυσικός, ἀνακαλύψας τὰς ιδιότητες τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων. Ἐπενόησε τοὺς σωλῆνας, οἵτινες φέρουσι τὸ ὄνομα του καὶ χρησιμεύουσι διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων X.

Αἱ ἀκτῖνες αὗται ἐκλήθησαν **καθοδικαὶ** καὶ ἐξητάσθησαν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Crookes τῷ 1879, καίτοι ἡ ἀνακάλυψις αὐτῶν ἐγένετο πολὺν πρότερον, τῷ 1868 ὑπὸ τοῦ Hittorf. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ὑποθέτουσιν ὅτι συνίστανται ἐκ σμικροτάτων σωματίων ἠλεκτρισμένων ἀρνητικῶς, ἅτινα ἐκπέμπονται καθέτως ἐκ τῆς καθόδου. Τὰ σωματῖα ταῦτα ἐκλήθησαν **καθοδικὰ σωματῖα** καὶ ὑπολογίζουσιν ὅτι ἡ μὲν ταχύτης αὐτῶν εἶναι 10000—100000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον, ἡ δὲ μᾶζα ἐκάστου 2000 φορὰς μικροτέρα τῆς μᾶζης ἑνὸς ἀτόμου ὕδρογονου.

Σημειώσεις. Τὰ καθοδικὰ σωματῖα συνίστανται πιθανώτατα ἐξ ὕδρογονου, διότι ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ὑάλου ἐναποτεθῶσι μεταλλικὰ ὀξείδια, ταῦτα **ἀνάγονται**, ἥτοι ἀποξειδοῦνται, καὶ ἐπανερχονται εἰς τὴν μεταλλικὴν τὴν κατὰστασιν.

303. Ὑπόθεσις τῶν ἠλεκτριόντων.—Ἵνα ἐξηγήσωσι τὴν γένεσιν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεδέχθησαν ὅτι τὰ χημικὰ ἄτομα τοῦ ἡραιωμένου αέριου ἐν τῷ σωλῆνι τοῦ Crookes ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως **ἀφεταιρίζονται**, δηλ. ἀποσυντίθενται εἰς σωματῖα σμικρότατα, ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλα μὲν εἶναι θετικῶς ἠλεκτρισμένα, ἄλλα δὲ ἀρνητικῶς. Ἐκ τούτων τὰ ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται ζωηρῶς ὑπὸ τῆς καθόδου, καὶ εἶναι ἐκεῖνα, ἅτινα ἀποτελοῦσι τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας, ὠνομάσθησαν δὲ **ἠλεκτρίοντα**.

304. Ἀκτῖνες X ἢ ἀκτῖνες τοῦ Röntgen (').—Ὁ



Σχ. 213. Τρόπος παραγωγῆς ἀκτίνων τοῦ Röntgen.

(') Röntgen. Γερμανὸς φυσικὸς γεννηθεὶς τῷ 1845, γνωστὸς κυρίως ἐκ τῆς ἀνακαλύψεως τῶν ἀκτίνων X, αἵτινες φέρουσι τὸ ὄνομά του.

Röntgen, κατὰ τὸ 1895, ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ δοχείου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτουσιν αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες, καθίσταται κέντρον ἐκπομπῆς νέου εἴδους ἀκτίνων ἀοράτων, τὰς ὁποίας οὗτος ἐκάλεσεν ἀκτῖνας X. Αἱ ἀκτῖνες αὗται σήμερον εἶναι γνωσταὶ ὑπὸ τὸ ὄνομα *ἀκτῖνες Röntgen*. Αἱ ἀκτῖνες 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. 213), εἰς τὰ ὁποῖα ἡ πίεσις τοῦ αέριου εἶναι $\frac{1}{1000000}$ τῆς ἀτμοσφαιρ. πίεσεως (σωλῆνες

Crookes). Ὡς κάθοδος χρησιμεύει μικρὸν κοῖλον δισκάριον ἐκ λευκοχρόσου καὶ ὡς ἀνόδος λεπτὸν ἔλασμα ἐπίσης ἐκ λευκοχρόσου, 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 Ruhmkorf.

305. Ἰδιότητες τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες παρουσιάζουσι τὰς ἑξῆς σπουδαιότητας ἰδιότητας.

1ον) *Μεταδίδονται εὐθύγραμμως καὶ ἐκπέμπονται καθέτως ἐκ τῆς καθόδου.*

2ον) *Μεταφέρουσιν ἡλεκτρισμὸν ἀρνητικόν.*

3ον) *Ἐκτρέπονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μαγνήτου ἢ ἡλεκτρισμένου σώματος.*

4ον) *Μεταφέρουσιν ἐνέργειαν*, ἥτις ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρους μορφὰς ἐπὶ τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουσιν (φωσφόρησης, θέρμανσις, κίνησις).

5ον) *Καθιστῶσι τὸν πέριξ αέρα εὐηλεκτραγωγὸν καὶ ἀπηλεκτρίζουσι τὰ ἡλεκτρισμένα σώματα, καὶ*

6ον) *Προσπίπτουσαι ἐπὶ σωμάτων καθιστῶσιν αὐτὰ πηγὴν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen.*

306. Ἰδιότητες τῶν ἀκτίνων Röntgen.—Αἱ ἀκτῖνες Röntgen παρουσιάζουσι τὰς ἑξῆς σπουδαιότητας ἰδιότητας.

1ον) Μεταδίδονται πάντοτε εὐθύγραμμως, χωρὶς ποτὲ νὰ ἀνακλῶνται ἢ νὰ διαθλῶνται.

2ον) Δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μαγνήτου ἢ ἡλεκτρισμένου σώματος.

3ον) Καθιστῶσι τὸν πέριξ ἀέρα εὐηλεκτροαγωγὸν καὶ ἀπηλεκτρίζουσι τὰ ἡλεκτρισμένα σώματα.

4ον) Προσβάλλουσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας.

5ον) Προκαλοῦσι τὴν φωσφόρησιν σωμάτων τινῶν καὶ ἰδίως τοῦ κυανιοῦχου βαριολευκοχρύσου. Οὕτω διάφραγμα ἐκ χάρτου κεκαλυμμένον διὰ κυανιοῦχου βαριολευκοχρύσου, ἐκτιθέμενον ἐν τῷ σκότει εἰς τὰς ἀκτῖνας τοῦ Röntgen φωσφορῶει ζωηρῶς (') καὶ

6ον) Διαπερῶσιν εὐκόλως πολλὰ σώματα, π.χ. τὴν ὕαλον, τὸν ἀέρα, τὰ ξύλα, τὸν χάρτην, τὰς σάρκας, τὰ ὑφάσματα καὶ ἄλλα, ἅτινα διὰ τὸ φῶς εἶναι σκιερὰ.

307. Ἐφαρμογὰὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen. — Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἰδιοτήτων 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 βαριολευκοχρῦσον παρενθέσωμεν σῶμα μὴ περατὸν ὑπὸ τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen, θὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος ἡ σκιά τοῦτου, 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. 214), διότι αἱ σάρκες εἶναι περαταὶ ὑπὸ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ τοιαύτη μέθοδος, καθ' ἣν



Σχ. 214. Ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία χειρός.

ἐξετάζονται τὰ ἀντικείμενα δι' ἀμέσου παρατηρήσεως τῶν εἰκόνων αὐτῶν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος μὲ τὸν κυανιοῦχον βαριολευκοχρῦσον, καλεῖται **ἀκτινοσκοπία**.

(') Αἱ ἰδιότητες 4 καὶ 5 συνετέλεσαν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen.

Β) **Ἀκτινογραφία.** Ἐπὶ τραπέζης τοποθετοῦμεν φωτογραφικὴν πλάκα, εὐρισκομένην ἐντὸς ξυλίνης θήκης ἢ περιβεβλημένην καλῶς διὰ μέλανος χάρτου (διότι τὰ σώματα ταῦτα εἶναι περρατὰ ὑπὸ τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen), ἐπ' αὐτῆς ἐφαρμοζόμεν τὴν χειρὰ μας (σχ. 213) καὶ ἐκθέτομεν ἔπειτα ἐπὶ τινα δευτερόλεπτα εἰς τὴν ἐπίδοσιν τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἐὰν κατόπιν ἡ πλάξ ὑποβληθῇ εἰς τὰς συνήθεις φωτογραφικὰς κατεργασίας, ἐμφανίζεται ἐπ' αὐτῆς ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν τοῦ σκελετοῦ τῆς χειρός, ἐκ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ λάβωμεν κατόπιν θετικὰς εἰκόνας. Ἡ τοιαύτη μέθοδος, καθ' ἣν ἑξετάζονται τὰ ἀντικείμενα διὰ φωτογραφίσεως 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 ἑξετάζωμεν 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 σκιᾶς τὴν ὁποίαν ταῦτα ὀπτουσι. Ἐὰν δὲ ὁστοῦν τι ἔχῃ ὑποστῇ θραῦσιν, ἡ 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, αὗται 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 δέσμα εἰς τὴν ἐνέργειαν τῶν ἀκτίνων τούτων, δύναται νὰ ἐπιφέρῃ καὶ σοβαρώτατα δυστυχήματα, δι' ὃ καὶ πειραματισταὶ ἐκτιθέμενοι ἐπὶ μακρὸν χρόνον εἰς τὴν ἐνέργειαν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἔπесαν θύματα τῆς ἀκτινοθεραπείας.

308. Ἀκτινενέργεια. Σώματα ἀκτινενεργά. — Μετὰ τὴν

ανακάλυψιν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen, ὁ Becquerel ⁽¹⁾ τῷ 1896 ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ στοιχεῖον **οὐράνιον**, τὰ ὁρυκτὰ ἐξ ὧν ἐξάγεται τοῦτο, καθὼς καὶ αἱ ἐνώσεις αὐτοῦ, ἐκπέμπουσιν αὐτομάτως ἀκτίνας ἀοράτους, αἵτινες παρουσιάζουσιν ιδιότητας ἀναλόγους πρὸς τὰς τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen, ἥτοι προσβάλλουσιν τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, διαπερῶσι σκιερὰ σώματα, ἀπληκτρίζουσιν ἠλεκτρισμένα σώματα κλπ. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου καὶ ἕτερον στοιχεῖον, καλούμενον **θόριον**, εὗρέθη ὅτι ἐκπέμπει παρομοίως ἀκτίνας.

Τὰς ἐρεῦνας τοῦ Becquerel ἐπεξέτεινε κατόπιν ὁ Γάλλος φυσικὸς Curie ⁽²⁾ καὶ ἡ κυρία του, οἵτινες ἀνεκάλυψαν ὅτι τὸ ὁρυκτὸν πισσουρανίτης (ἐξ οὗ ἐξάγεται τὸ οὐράνιον) εἶναι σχετικῶς περισσότερον ἀκτινενεργὸν τοῦ οὐρανίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀπέδωκαν εἰς τὴν ὑπαρξίν ἄλλων ἀκτινενεργῶν 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 ὁρυκτῷ ἀνευρέθη καὶ ἕτερον ἀκτινενεργὸν στοιχεῖον, κληθὲν **ἀκτίνιον**.

Ἡ ιδιότης αὕτη, τὴν ὁποίαν ἔχουσι σώματά τινα νὰ ἐκπέμπωσιν αὐτομάτως ἀκτίνας ἀοράτους, ἐκλήθη **ἀκτινενέργεια**, τὰ δὲ σώματα, ἅτινα ἔχουσι τοιαύτην ιδιότητα ἐκλήθησαν **ἀκτινενεργά**. Τοιαῦτα σώματα εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ θόριον, τὸ πολώνιον, τὸ ράδιον, τὸ ἀκτίνιον καὶ ἄλλα. Ἐκ τούτων τὸ μᾶλλον ἀξιοσημεῖωτον εἶναι τὸ ράδιον, ὅπερ εἶναι 300.000 φορὰς ἀκτινενεργότερον 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 εὗρέθη, ὅτι τὸ ράδιον εἶναι μέταλλον διατομικόν, ἀνάλογον πολὺ πρὸς τὸ βόριον. Αἱ ὑπ' αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες παρουσιάζουσι τὰς ἐξῆς ιδιότητας· προσβάλλουσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, προκαλοῦσι τὴν φωσφόρησιν καὶ τὴν χρῶσιν διαφόρων

(1) Becquerel (1852—1908). Γάλλος φυσικὸς, γνωστὸς ἐκ τῶν ἐρευνῶν καὶ τῶν ἀνακαλύψεων τὰς ὁποίας ἔκαμεν ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

(2) Curie (1859—1906). Γάλλος φυσικὸς καὶ χημικὸς συγγράψας ἀξιολόγους ἐργασίας περὶ ραδίου.

σωμάτων, καὶ ἐπιδρῶσιν ἐπὶ τῶν ὁργανικῶν ἰστών, τοὺς ὁποίους καὶ καταστρέφουσιν, ἔνεκα τῆς διεισδυτικῆς ἱκανότητος αὐτῶν. Ἀξιοσημείωτος εἶναι καὶ ἡ διαρκὴς ἀνάπτυξις θερμότητος ὑπὸ τοῦ ραδίου, ἣτις ἀνέρχεται εἰς 120 περίπου θερμίδας ἀνὰ γραμμάριον ραδίου καὶ καθ' ὥραν.

Αἱ ἀκτῖνες τοῦ ραδίου δὲν εἶναι ὁμογενεῖς, ἀλλὰ σύνθετοι, ἀποτελούμεναι ἐκ τριῶν διαφόρων εἰδῶν ἀκτίνων, αἵτινες ἐκλήθησαν *ἀκτῖνες α*, *ἀκτῖνες β*, καὶ *ἀκτῖνες γ*. Ἐκ τούτων αἱ ἀκτῖνες α συνίστανται ἐκ μικροτάτων σωματίων ἡλεκτρισμένων θετικῶς, αἱ ἀκτῖνες β ἐκ σωματίων ἡλεκτρισμένων 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 ἀπεκάλυψε καὶ νέας ιδιότητας αὐτοῦ. Οὕτως εὗρέθη ὅτι τὸ ράδιον ἐκπέμπει ὑπὸ μορφὴν ἀερίου σῶμα ἀκτινενεργόν, 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 σωματίων 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 ζῶικα κύτταρα, ἰδίᾳ τὰ ἐπιδερμικά, καὶ νὰ προκαλῶσι δερματίτιδας διαφόρων βαθμῶν, αἵτινες καταλλήλως κανονιζόμεναι δύνανται νὰ ἐπιφέρωσι τὴν θεραπείαν, ἢ τὴν βελτίωσιν σοβαρῶν τινῶν 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, ἅτινα ἐγκλείονται ἐντὸς υαλίνου σωλήνος.

Β) *Ίαματικά πηγαί*. Ἡ θεραπευτικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχουσι τὰ ὕδατα τῶν μεταλλικῶν πηγῶν ἀπεδόθη ἐσχάτως ὑπὸ πολλῶν εἰς τὴν ἀκτινενέργειαν αὐτῶν, ἣτις προέρχεται ἐκ τῆς παρουσίας ἀκτινενεργοῦ τινος σώματος ἐν αὐταῖς. Τοιοῦτοτρόπως

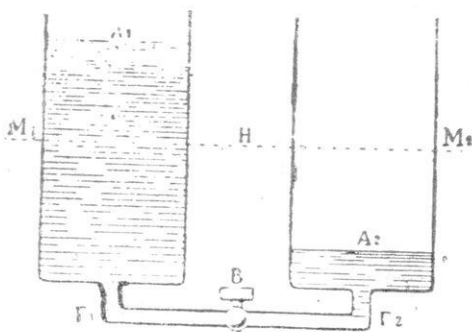
(1) Ramsay. Ἕλληνας χημικὸς γεννηθεὶς τῷ 1852. Ἀνακάλυψεν ἐν τῷ ἀέρι τὴν ὑπαρξιν νέων στοιχείων (ἥλιου, ἀργοῦ, κρυπτοῦ).

σήμερον ἢ ἔρευνα τῶν μεταλλικῶν ὑδάτων δὲν περιορίζεται μόνον εἰς τὸν καθορισμὸν τῆς χημικῆς συστάσεως αὐτῶν, ἀλλὰ καὶ τοῦ βαθμοῦ τῆς ἀκτινενεργείας αὐτῶν. Ἀκτινενέργειαν κέκτηνται πολλαὶ τῶν ἐν Ἑλλάδι πηγῶν καὶ μάλιστα τῆς Αἰδηψοῦ καὶ τοῦ Λουτρακίου, αἵτινες δύνανται νὰ συγκριθῶσι κατὰ τοῦτο πρὸς τὰς πεφημισμένας ξένας ἱαματικὰς πηγὰς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ — ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ

311. Παλμική ἐκκένωσις συμπυκνωτοῦ.—Α) ^ἢ *Υδραυλικά φαινόμενα.* Θεωρήσωμεν δύο δοχεῖα M_1 καὶ M_2 (σχ. 215) ἅτινα συγκοινωνοῦσι μεταξύ των διὰ *χονδροῦ καὶ βραχέος* σωλῆνος



Σχ. 215. Παλμική κίνησις ὕδατος.

κλειομένου διὰ στρόφιγγος, καὶ περιέχουσιν ὕδωρ εἰς ὑψη διάφορα. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα ἀποτόμως, τὸ ὕδωρ θέλει ἐκτελέσει σειρὰν μεταγίσεων ἐκ τοῦ ἑνὸς δοχείου πρὸς τὸ ἕτερον, καὶ θὰ ῥεεῖ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ὅτε κατὰ τὴν μίαν διεύθυνσιν, ὅτε κατὰ τὴν ἄλλην, ἥτοι θὰ σχηματισθῇ ἐν τῷ σωλῆνι ρεῦμα ὕδατος, τὸ ὁποῖον θὰ εἶναι *ἐναλλασσόμενον*. Ἐὰν δὲ παρατηρήσωμεν τὰς ἐλευθέρas ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος εἰς τὰ δύο δοχεῖα, θὰ ἴδωμεν ὅτι αὐταὶ ἀνέρχονται καὶ κατέρχονται ἐναλλάξ, ὁμοιάζουσαι μὲ τὰς κινήσεις τῶν δίσκων ζυγοῦ αἰωρουμένου, καὶ θὰ ἰσορροπήσωσι μετὰ τινὰς ἰσοχρόνους *αἰωρήσεις*, τῶν ὁποίων τὸ

πλάτος βαίνει ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἐλλατούμενον. 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 ὀπλισμοὺς συμπυκνωτοῦ, πεπληρωμένου ἡλεκτρισμοῦ, ὁ ἀγωγὸς θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ εἶναι ἐναλλασσόμενον. Ἵνα δὲ παρακολουθήσωμεν τὰς ἐναλλαγὰς τοῦ ρεύματος, πρέπει ὁ ἀγωγὸς νὰ ἔχη μικρὰν **διακοπὴν**. Ἐν τῇ διακοπῇ ταύτῃ θὰ ἐκρήγνυνται σπινθήρες κατὰ τὴν ἐκκένωσιν τοῦ συμπυκνωτοῦ, τοὺς ὁποίους ἐὼν ἐξετάσωμεν διὰ περιστρεφόμενον κατόπτρου καὶ διὰ τῆς φωτογραφίσεως, θὰ ἀνεύρωμεν ὅτι δὲν εἶναι εἷς καὶ μόνον σπινθήρ, ἀλλὰ **σειρὰ** μικρῶν σπινθέρων, οἵτινες εἶναι ἐναλλασσόμενοι καὶ ἀνάλογοι πρὸς τὰς παλμικὰς κινήσεις παλλομένου ἐλάσματος καὶ πρὸς τὰς αἰωρήσεις κινουμένου ἔκκερμου.

Συμπέρασμα. Καὶ ὁ ἀγωγὸς τοῦ συμπυκνωτοῦ διαρρέεται κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὅπως ὁ σωλὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων.

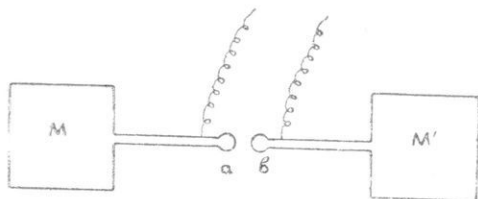
Ἡ ἐκκένωσις συμπυκνωτοῦ παρέχοντος ρεύματα ἐναλλασσόμενα καλεῖται **παλμική**, τὰ δὲ κατ' αὐτὴν παραγόμενα ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἐκλήθησαν **ὕψισυχα ρεύματα**. Τούτων ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐναλλαγῶν κατὰ δευτερολέπτον δύναται νὰ εἶναι μέγιστος, ἑκατομμύρια ὁλόκληρα (λίαν ὕψισυχα ρεύματα).

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 Μ καὶ Μ' (σχ. 216), αἵτινες συνεδέοντο διὰ στελέχους ἐηλεκτρωγοῦ. Εἰς τὸ μέσον τοῦ στελέχους τούτου ὑπῆρχε διακοπὴ καὶ εἰς αὐτὴν δύο μικρὰ σφαιρίδια α καὶ β ἰσομεγέθη, αἵτινα συνεδέοντο μὲ τοὺς δύο πόλους ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff. Ἡ συσκευὴ αὕτη ἐκλήθη **διεγέρτης** ἢ **ἐκκενωτής** τοῦ Hertz. Ἐξετάζων δὲ τὸ περίξ τοῦ ἐκκενωτοῦ

(1) Hertz (1857—1894). Γερμανὸς σοφός, ὅστις κατέδειξε τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν διάδοσιν τῶν ἡλεκτρικῶν κυμάνσεων, αἵτινες ἐκ τοῦ ὀνόματός του καλοῦνται καὶ ἑρτζιανὰ κύματα.

διάστημα διὰ μεταλλίνου δακτυλίου (σχ. 217), ἔχοντος μικρὰν διακοπὴν εἰς τι σημεῖον καὶ τοῦ ὁποίου τὸ μὲν ἓν ἄκρον ἔφερε μεταλλινὸν σφαιρίδιον τὸ δὲ ἕτερον ἀκίδα, ἥτις τῇ βοηθείᾳ κοχλίου ἠδύνατο νὰ πλησιάζῃ ἢ νὰ ἀπομακρύνεται τοῦ σφαιριδίου, παρετήρει ὅτι ἐν τῇ διακοπῇ παρήγοντο ἠλεκτρικοὶ σπιν-



Σχ. 216. Ἐκκενωτὴς τοῦ Hertz.



Σχ. 217. Ἡλεκτρικὸς συντονιστὴς τοῦ Hertz.

θῆρες. Ὁ δακτύλιος οὗτος ἐκλήθη *ἠλεκτρικὸς συντονιστής*, καὶ ἐδείκνυε διὰ τῶν σπινθήρων τὴν ὑπαρξιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐν τῷ δακτυλίῳ.

Πρὸς ἐξήγησιν τῶν φαινομένων τούτων ὁ Hertz παρεδέχθη, ὅτι κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐκκενωτοῦ παράγονται περίε αὐτοῦ ἐν τῷ διαστήματι κυμάνσεις, αἵτινες ἔχουσι μεγάλην ὁμοιότητα πρὸς τὰς φωτεινὰς καὶ πρὸς τὰς ἡχητικὰς κυμάνσεις. Αἱ κυμάνσεις αὗται ἐκλήθησαν *ἠλεκτρομαγνητικαὶ* ἢ *ἠλεκτρικαὶ κυμάνσεις*. Αἱ αὗται κυμάνσεις καλοῦνται καὶ *ἐρτζιανὰ κύματα*, πρὸς τιμὴν τοῦ Hertz, ὁ δὲ περίε τοῦ ἐκκενωτοῦ χώρος, ἐν τῷ ὁποίῳ ἐκδηλοῦται ἡ ἐνέργεια αὐτῶν, ἐκλήθη *ἐρτζιανὸν πεδίου*.

Συμπέρασμα. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐκκενωτοῦ τοῦ Hertz παράγονται εἰς τὸν περίε αὐτοῦ χώρον ἠλεκτρικαὶ κυμάνσεις ἢ ἐρτζιανὰ κύματα.

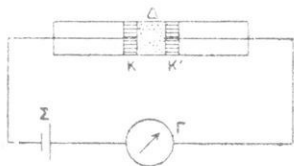
313. Δέκτης τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων ὑπὸ Branly.—

Ὁ Branly ⁽¹⁾ ἐπενόησεν ὄργανον λίαν εὐπαθὲς διὰ τὴν ἀνίχνευσιν τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη *συνοχεύς*, ἢ *ἀκτιναγωγός*, ἢ *δέκτης* τοῦ Branly.

Α) *Περιγραφή.* Ὁ δέκτης τοῦ Branly (σχ. 218) εἶναι ὑάλι-

(1) Branly. Γάλλος φυσικὸς γεννηθεὶς τῷ 1846. Ἀνεκάλυψε τὸν ἀκτιναγωγὸν ἢ συνοχεύ, ὅστις ἔλαβε τὸ ὄνομά του.

νος σωλήν Δ , στενός, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχουσι λεπτὰ ρινήματα μετάλλου (νικελίου ἢ ἀργύρου) ἐλάχιστον ὠξειδωμένα κατ' ἐπιφάνειαν. Ταῦτα συμπιέζονται ἐλαφρῶς μεταξὺ δύο εὐηλεκτραγωγῶν κυλίνδρων K καὶ K' , οἱ ὁποῖοι καλοῦνται ἠλεκτροδία, καὶ ἀποτελεῖται οὕτω μικρὰ στήλη, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὰ ρινήματα παρουσιάζουσιν ἀτελεῖς ἐπαφάς. Τὸ ὄργανον τοῦτο παρουσιάζει λίαν περιέργους ιδιότητας, τὰς ὁποίας θὰ γνωρίσωμεν Σχ. 218. Δέκτης τοῦ Branly. κατὰ τὴν λειτουργίαν αὐτοῦ.



Β) **Λειτουργία.** Ἐὰν εἰς κύκλωμα ἠλεκτρικῆς στήλης Σ παρενθέσωμεν κατὰ σειρὰν γαλβανόμετρον Γ καὶ δέκτην τοῦ Branly Δ , θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ βελὼνὴ τοῦ γαλβανομέτρου ἀκίνηται, δεικνύουσα οὕτως ὅτι τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τῆς στήλης τῶν ρινημάτων, καίτοι ἕκαστον τεμάχιον ταύτης εἶνε εὐηλεκτραγωγόν. Τὰ ρινήματα λοιπὸν παρουσιάζουσι μεγάλην ἀντίστασιν. Ἐὰν ὅμως εἰς τινὰ ἀπόστασιν λειτουργήσῃ ἔκκενωτῆς τοῦ Hertz καὶ παραγάγῃ ἠλεκτρικὰς κυμάνσεις, αὐτοστιγμὴ ἡ βελὼνὴ 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 ἠλεκτρικῶν κυμάνσεων. Ἐὰν ὅμως κρούσωμεν ἀποτόμως τὸν σωλήνα τῶν ρινημάτων, ταῦτα ἀναλαμβάνουσιν ἀμέσως τὴν προτέραν ιδιότητα αὐτῶν, ἥτοι παρουσιάζουσι πάλιν ἀντίστασιν, καὶ τὸ ρεῦμα διακόπτεται.

Συμπέρασμα. Τὰ μεταλλικὰ ρινήματα, ὅταν δέχωνται ἠλεκτρικὰς κυμάνσεις, παρουσιάζουσιν ἠλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα, τὴν ὁποίαν διατηροῦσι καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τῶν κυμάνσεων, ἀποβάλλουσι δὲ ταύτην ὅταν κρούεται ὁ σωλήν.

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 **ἠλεκτρολυτικὸς δέκτης**). Εἰς τοὺς δέκτας τούτους προστίθεται καὶ τηλέφωνον, ἕνεκα τοῦ ὁποίου καὶ **τηλεφωνικοὶ δέκται** καλοῦνται. Εἰς τούτους τὰ σημεῖα τοῦ Morse, τὰ εἰς τὸν ἔκκενωτὴν διὰ τῶν ἠλεκτρικῶν σπινθήρων παραγόμενα, γίνονται

ἀντιληπτὰ τῇ βοηθείᾳ τοῦ τηλεφώνου, τὸ ὁποῖον ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ ὄντα μας.

314. Ἰδιότητες τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων.—Τὰ ἐρτζιανὰ κύματα παρουσιάζουσι τὰς ἑξῆς ιδιότητας :

1) *Διαδίδονται μετὰ ταχύτητος ἴσης πρὸς τὴν τοῦ φωτός* (300000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον).

2) *Δύνανται νὰ ὑποσιῶσιν ἀνάκλασιν ὅπως καὶ τὸ φῶς.*

3) *Δύνανται νὰ ὑποσιῶσι διάθλασιν ὅπως καὶ τὸ φῶς.*

4) *Διαδίδονται διὰ μέσου τῶν δυσηλεκτρωγῶν σωμάτων*, καθ' ὅσον τοῖχος ἐκ λίθων οὐδόλως σταματᾷ αὐτά, τοῦναντίον μεταλλικὴ ἐπιφάνεια, ἔστω καὶ λεπτοτάτη, διακόπτει τὴν περαιτέρω πορείαν αὐτῶν.

Τὰ ἐρτζιανὰ λοιπὸν κύματα παρουσιάζουν ιδιότητος 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.

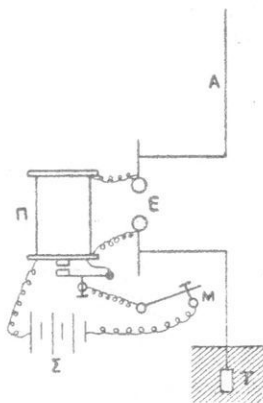
315. Ἀσύρματος τηλεγράφος.—Ὁ ἀσύρματος τηλεγράφος εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ συνεννοώμεθα ἔξ ἀποστάσεως ἄνευ σύρματος (τηλεγραφικῆς γραμμῆς). Ἀνεκαλύφθη τῷ 1896 ὑπὸ τοῦ Marconi ⁽¹⁾ δι' ὃ καὶ τηλεγράφος τοῦ Marconi καλεῖται, καὶ βασίζεται ἐπὶ τῆς χρησιμοποίησεως ἀφ' ἑνὸς τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάνσεων, καὶ ἀφ' ἑτέρου τῶν ιδιοτήτων τοῦ δέκτου τοῦ Branly.

A) *Περιγραφή.* Ἐκαστος σταθμὸς ἀσυρμάτου τηλεγράφου περιλαμβάνει δύο κυρίως μέρη· τὸν πομπὸν καὶ τὸν δέκτην.

1) *Πομπός.* Οὗτος χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων καὶ ἀποτελεῖται ἔξ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff II (σχ. 219), εἰς τὸ ὁποῖον εἰσάγομεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα συστοιχίας συσσωρευτῶν Σ διὰ τινος πομποῦ Μ, ὁμοίου πρὸς τὸν τοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse. Οἱ πόλοι τοῦ πηνίου συνδέονται μετὰ τῶν σφαιρῶν ἐνὸς ἐκκενωτοῦ τοῦ Hertz E.

(1) Marconi. Ἰταλὸς ἠλεκτρολόγος γεννηθεὶς τῷ 1875, διάσημος διὰ τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

ἵνα δὲ τὰ ἐρτζιανὰ κύματα ἀποστέλλονται εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, ἡ μία τῶν σφαιρῶν τοῦ ἐκκενωτοῦ συγκοινωνεῖ μετὰ τῆς γῆς T, ἡ δὲ ἑτέρα μεθ' ἑνὸς ἱστοῦ A. Ὁ ἀπλούστερος τῶν ἱστῶν ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς σύρματος, ὅπερ ἀνυψοῦται κατακορύφως ἐν τῷ ἀέρι καὶ εἶναι ἠλεκτρικῶς μεμονωμένον ἀπὸ τῆς γῆς. Τὸ μήκος τοῦ ἱστοῦ ἔχει σπουδαίαν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς ἀκτίνος ἐνεργείας τοῦ σταθμοῦ, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἰσχὺς τῶν μηχανημάτων τοῦ σταθμοῦ.



Σχ. 219. Πομπὸς ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

2) **Δέκτης.** Οὗτος χρησιμεύει πρὸς παραλαβὴν τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων καὶ ἀποτελεῖται κυρίως ἐξ ἑνὸς δέκτου τοῦ Branly Δ (σχ. 220), οὗτινος τὸ ἐν ἠλεκτροδίων συγκοινωνεῖ μετὰ τῆς γῆς T, καὶ τὸ ἕτερον μεθ' ἑνὸς κατακορύφου ἱστοῦ 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 κλείῃ τὸ κύκλωμα δευτέρας τοπικῆς στήλης ἰσχυρᾶς Σ, διὰ τῆς ὁποίας λειτουργεῖ, ἀφ' ἑνὸς πλήρης Μορσικὴ συσκευὴ H καὶ ἀφ' ἑτέρου ἠλεκτρικὸς κώδων K μετὰ πλῆκτρον, τὸ ὁποῖον κρούει τὸν σωλῆνα τοῦ δέκτου τοῦ Branly.

B) **Λειτουργία.** — Ὑποθέσωμεν ὅτι πιέζεται ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ. Ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες ἐναλλασσόμενοι θέλουσι παραχθῇ τότε μεταξὺ τῶν σφαιρῶν τοῦ ἐκκενωτοῦ, οὔτινες θὰ παραγάγωσιν ἠλεκτρικὰς κυμάνσεις. Αὗται ἐκπέμπονται ἐκ τοῦ ἄκρου τοῦ ἱστοῦ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, συναντῶσι τὸν ἱστὸν τοῦ ἄλλου σταθμοῦ, συλλαμβάνονται ὑπ' αὐτοῦ καὶ διοχετεύονται εἰς τὸν δέκτην τοῦ Branly, οὗτινος τὰ ριπήματα ἀποκτιῶσι τότε ἠλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα. Τότε ὅμως κλείεται τὸ κύκλωμα τῆς δευτέρας τοπικῆς στήλης Σ, ἣτις θέτει εἰς λειτουργίαν τὴν Μορσικὴν συσκευὴν καὶ τὸν κώδωνα μετὰ τὸ πλῆκτρον. Τοιοῦτοτρόπως ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας καταγράφεται μία στιγμὴ καὶ τὸ πλῆκτρον ἐπιφέρει μίαν κρούσιν, ἐὰν ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ ἐπέσθῃ ἐπὶ μίαν

ἢς βοήθειαν αὐτῶν ἄλλα πλοῖα. Ἐν δὲ τῇ ξηρᾷ, διότι δι' αὐτοῦ δύνανται νὰ ἐπικοινωνήσωσι μεταξύ των τὰ διάφορα τμήματα στρατοῦ, νὰ προληφθῶσι σιδηροδρομικὰ δυστυχήματα, τὰ ὅποια δὲν δύνανται νὰ προλάβωσι πολλάκις οἱ ὀπτικοὶ τηλεγράφοι, οἱ εὐρισκόμενοι κατὰ μήκος τῶν γραμμῶν, καὶ τέλος νὰ ἀντικαταστήσωσι τὸν συνήθη ἠλεκτρικὸν τηλεγράφων καὶ τὰ καλώδια ἐν καιρῷ βλάβης τούτων.

Ἀλλὰ τὸ ἀνωτέρω πλεονέκτημα ἀποτελεῖ πολλάκις μέγα μειονέκτημα τοῦ ἀσυρμάτου τηλεγράφου, καὶ μάλιστα ἐπικίνδυνον ἐν καιρῷ πολέμου, ὅποτε τὰ τηλεγραφήματα δέον νὰ παραμένωσιν αὐστηρῶς μυστικά. Τὸ μειονέκτημα τοῦτο ἐξήτησαν νὰ ἐξαλείψωσιν οὕτως, ὥστε ἡ συνεννόησις νὰ περιορίζεται μόνον μεταξύ δύο σταθμῶν. Πρὸς τοῦτο ἐπέτυχον εἰδικὸν κανονισμόν τῶν δύο σταθμῶν ὅστις ἐκλήθη **συντονισμός**.

317. Συντονισμός.—Δύο σταθμοὶ λέγονται εἶναι **συντονισμένοι**, ὅταν μόνον αὐτοὶ δύνανται νὰ συνεννοῶνται μεταξύ των, χωρὶς νὰ ἐνοχλῶνται ὑπὸ τῶν κυμάτων τῶν ἐκπεμπομένων ὑπὸ ἄλλων γειτονικῶν σταθμῶν. Τὸ φαινόμενον τοῦ συντονισμοῦ ἐν τῷ ἀσυρμάτῳ τηλεγράφῳ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ τῆς συνηχίσεως ἐν τῇ ἀκουσικῇ. Ἐπιτυγχάνεται δὲ ὁ συντονισμός 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 **κυματομέτρον**.

318. Ἐφαρμογὰς ἀσυρμάτου τηλεγράφου.—Ὁ ἀσύρματος τηλεγράφος χρησιμοποιεῖται σήμερον διὰ ποικίλους σκοποὺς.

1ον) Διὰ τὴν συνεννόησιν τῶν πλοίων (ἐμπορικῶν ἢ πολεμικῶν) μεταξύ των, καθὼς καὶ διὰ τὴν συνεννόησιν τούτων μετὰ ἡς ξηρᾶς.

2ον) Διὰ τὴν συνεννόησιν διαφόρων στρατιωτικῶν σωμάτων μεταξύ των καὶ μάλιστα ἐν καιρῷ ἐκστρατείας, καθὼς καὶ διὰ τὴν συνεννόησιν ἀεροπλάνων ἢ ἀεροστατίων μετὰ τοῦ στρατοῦ.

3ον) Διὰ τὴν μεταβίβασιν τοῦ χρόνου τοῦ πρώτου μεσημβρινοῦ, ὅστις εἶναι ἀπαραίτητος εἰς τοὺς ναυτικούς διὰ νὰ προσδιορίξωσι 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 ἄστρον, τὸ δὲ γεω

Στοιχεῖα Φυσικῆς, Κ. Σαμωτάκη, Γ' Γυμν. ἔκδ. γ'.

γραφικὸν μῆκος μέχρι πρό τινας χρόνου εὐρίσκεται τῇ βοηθείᾳ
χρονομέτρων, τὰ ὁποῖα οἱ ναυτικοὶ ἔφερον μεθ' ἑαυτῶν, καὶ τὰ
ὁποῖα ἐκανόνιζον οὕτως ὥστε νὰ δεικνύωσι τὸν χρόνον τοῦ πρῶ-
του μεσημβρινοῦ. Ἐπειδὴ ὁμως ἡ πορεία αὐτῶν δὲν εἶνε τελείως
κανονικὴ, παρουσιάζονται πολλάκις σφάλματα ὀλίγων δευτερολέ-
πτων, ἔνεκα τῶν ὁποίων ἡ θέσις τοῦ πλοίου μεταβάλλεται κατὰ
ὁλόκληρα χιλιόμετρα. Σήμερον ὁ προσδιορισμὸς τῶν μηκῶν γίνε-
ται διὰ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων. Πρὸς τοῦτο ὑπάρχουσι σταθμοὶ
μεγάλης ἐντάσεως (ὅπως εἶναι ὁ τοῦ πύργου Eiffel ἐν Παρισίοις),
οἵτινες ἐξαποστέλλουσιν εἰς ὠρισμένας στιγμὰς ἐκάστης ἡμέρας
σήματα, δεικνύοντα τὸν ἀκριβῆ χρόνον τοῦ πρῶτου μεσημβρινοῦ,
καὶ τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ δεχθῶσι τὰ πλοῖα, ὁποῦδήποτε καὶ ἂν
εὐρίσκωνται ταῦτα, ἀρκεῖ νὰ εἶναι ἐφωδιασμένα μὲ συσκευὴν
ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

4ον) Διὰ τὴν ἀντικατάστασιν τῶν συνήθων μέσων τῆς τηλε-
γραφικῆς συγκοινωνίας (τηλέγραφος τοῦ Morse καὶ ὑποβρύχια
καλώδια).

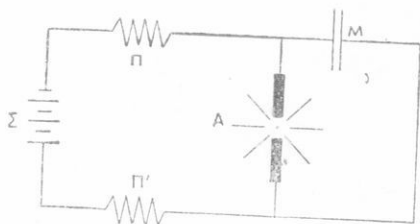
5ον) Διὰ τὴν τηλεμηχανικὴν, ἥτοι τὴν ἐξ ἀποστάσεως παρα-
γωγὴν μηχανικῶν ἀποτελεσμάτων (ἀνάφλεξιν λυχνιῶν, ὑπονόμων
κίνησιν ἠλεκτρικῶν ὥρολογίων καὶ τροπικῶν κλπ.).

319 Βάσις τοῦ ἀσυρμάτου τηλεφώνου.— Τοῦτο εἶναι
συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ μεταβιβάσωμεν τὴν φ-
νὴν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις διὰ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων. Ἄλ-
τὰ συνήθη ἐρτζιανὰ κύματα εἶναι ἀκατάλληλα διὰ τὸν σκο-
ποῦτον, ἀφ' ἑνὸς διότι ἀφίνουσι μεταξύ των κενὰ διαστήματα
καὶ ἀφ' ἑτέρου, διότι ἀποσβέννυνται πολὺ ταχέως. Πράγματι, πο-
τεράματα ἀποδεικνύουσιν, ὅτι οἱ σπινθῆρες οἱ παραγόμε-
μεταξὺ τῶν σφαιρῶν τοῦ ἐκκενωτοῦ τοῦ Hertz παράγουσιν ἡλ-
τρικὰ κύματα, ἅτινα δὲν εἶναι συνεχῆ, ἀλλ' ἀποτελοῦνται ἐκ
ῤῥᾶς διαδοχικῶν ὁμάδων. Αἱ ὁμάδες αὗται παρακολουθοῦσιν
μία τὴν ἄλλην κατὰ χρονικὰ διαστήματα περίπου ἴσα πρὸς
τοῦ δευτερολέπτου, καὶ ἐπομένως ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων
πολλὰ χιλιόμετρα (διότι ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τῶν ἡλ-
κῶν κυμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὴν τοῦ φωτός). Ἐκάστη δὲ
περιλαμβάνῃ ὀλίγα τὸν ἀριθμὸν κύματα, τὰ ὁποῖα ἀποσβ-
ται πολὺ ταχέως, ἔνεκα τῆς ταχείας ἐλαττώσεως τοῦ π-
αὐτῶν.

Τὰ ἐρτζιανὰ λοιπὸν κύματα δὲν εἶνε οὔτε συνεχῆ οὔ

θερᾶς ἐντάσεως, καὶ ὥς τοιαῦτα εἶναι ἀκατάλληλα διὰ τὸ ἀσύρματον τηλεφώνον, εἰς τὸ ὁποῖον τὰ κύματα πρέπει νὰ εἶναι συνεχῇ, ἄνευ διακοπῆς, καὶ σταθερᾶς ἐντάσεως. Συνεχῇ ἠλεκτρικὰ κύματα παράγονται σήμερον διὰ τοῦ **ἄδοντος βολταϊκοῦ τόξου**, τὸ ὁποῖον ἐπενόησεν ὁ σοφὸς Ἀγγλὸς Duddell, ἐτελειοποίησε δὲ ὁ Δανὸς φυσικὸς Poulsen.

320. Ἄδον τόξον τοῦ Duddell - Poulsen. Ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχυρᾶς ἠλεκτρικῆς στήλης Σ (σχ. 221) παρενθέτομεν βολταϊκὸν τόξον A , δύο πηνία Π καὶ Π' , καὶ ἓνα συμπυκνωτὴν M . Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τῆς στήλης φορτίζει τὸν συμπυκνωτὴν, ὅστις ἐκκενοῦται μεταξὺ τῶν δύο ραβδίων τοῦ ἀνθρακος καὶ παράγει τὸ βολταϊκὸν τόξον. Ἡ ἐκκένωσις ὁμως τοῦ συμπυκνωτοῦ εἶναι, ὥς γνωστόν, παλμική, καὶ ἐπομένως ἡ φλὸξ τοῦ βολταϊκοῦ τόξου θέλει καταστῇ κέντρον ταχυτάτων παλμικῶν κινήσεων (30000 κατὰ δευτερόλεπτον), ἕνεκα τῶν ὁποίων θέλει παραχθῇ συνεχὴς μουσικὸς ἦχος, ὅστις εἶναι ἀκουστός ἐκ μικρᾶς ἀποστάσεως. Ἐνεκα τούτου τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐκλήθη **ἄδον τόξον**. Ἀλλὰ πλὴν τοῦ μουσικοῦ ἤχου τὸ βολταϊκὸν τόξον ἐκπέμ-



Σχ. 221. Τρόπος παραγωγῆς τοῦ ἄδοντος τόξου Duddell - Poulsen.

πει καὶ ἠλεκτρικὰ κύματα, ἅτινα εἶνε συνεχῇ καὶ σταθερᾶς ἐντάσεως (ἕνεκα τῆς συνεχοῦς ἐπικοινωνίας τοῦ συμπυκνωτοῦ μετὰ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς) καὶ ἐπομένως κατὰλληλα διὰ τὸ ἀσύρματον τηλεφώνον.

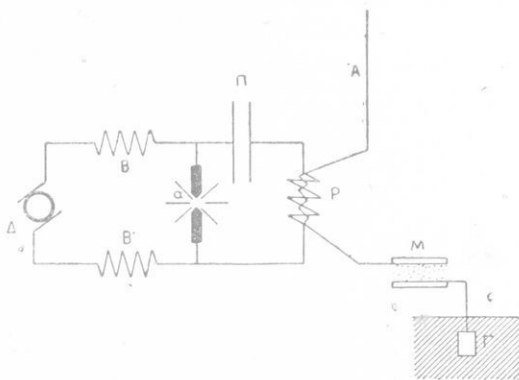
Τοιοῦτοτρόπως διὰ τοῦ ἄδοντος βολταϊκοῦ τόξου μετατρέπεται τὸ συνεχές ρεῦμα τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς εἰς ἐναλλασσόμενα ρεύματα μεγάλης συχνότητος, ἥτοι εἰς ἠλεκτρικὰ κύματα.

Βραδύτερον ὁ Poulsen ηὔξησε τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν τοῦ τόξου (500000 κατὰ δευτερόλεπτον) διὰ μεθόδον, ἣτις συνίστατο

εἰς τὴν παραγωγὴν τοῦ ἄδοντος τόξου οὐχὶ ἐν τῷ ἐλευθέρῳ ἀέρι, ὅπως συμβαίνει κατὰ τὴν μέθοδον τοῦ Duddell, ἀλλ' ἐντὸς ὑδρογόνου ἢ φωταερίου. Ἀπὸ τῆς τελειοποιήσεως δὲ ταύτης χρονο-λογοῦνται καὶ αἱ πρακτικαὶ δοκιμαὶ διὰ τὴν μεταβίβασιν τῆς φωνῆς εἰς ἀποστάσεις διὰ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων.

321. Ἀσύρματον τηλέφωνον.—Εἰς πᾶσαν πλήρη συσκευὴν ἀσυρμάτου τηλεφώνου διακρίνομεν δύο μέρη, τὸν πομπὸν καὶ τὸν δέκτην.

1ον) **Πομπός.** Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ δέχεται καὶ νὰ μεταβιβάζῃ τὴν φωνὴν τοῦ λαλοῦντος. Ὡς τοιοῦτος χρησιμεύει τὸ ἄδον τόξον τοῦ Poulsen, εἰς τὸ ὁποῖον παρεντίθεται καὶ μικροφῶνον, τὸ ὁποῖον, ὥς γνωστόν, παρουσιάζει μεταβλητὴν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν. Καὶ τὸ μὲν κύκλωμα τοῦ ἄδοντος τόξου παρεντίθεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ἑνὸς μεταμορφωτοῦ P (σχ. 222), τὸ δὲ μικροφῶνον M παρεντίθεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον τοῦ



Σχ. 222. Πομπὸς ἀσυρμάτου τηλεφώνου.

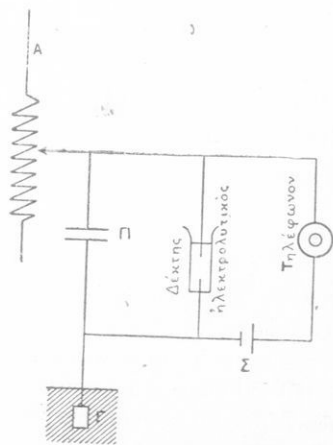
μεταμορφωτοῦ, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν κεραίαν A, τὸ μικροφῶνον M καὶ τὴν γῆν Γ.

Ὅταν ὁμιλῇ τις ἐνώπιον τοῦ μικροφῶνου, τότε εἰς τὸ διὰ τοῦ ἄδοντος τόξου παραγόμενα συνεχῆ κύματα ἐπιπροστίθεται καὶ τὰ ἡλεκτρικὰ κύματα τὰ παραγόμενα τῇ βοήθειᾳ τοῦ μικροφῶνου, διὰ τῆς φωνῆς τοῦ λαλοῦντος. Τὰ τελευταῖα ταῦτα κύματα τροποποιοῦσι τὰ πρῶτα καὶ οὕτω προκύπτουσι σύνθετα

κύματα μικροτέρας συχνότητος (100 — 3000 κατὰ δευτερόλεπτον), ἅτινα ἐκπέμπονται ἐκ τοῦ ἄκρου τῆς κεραίας καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ τὰ συλλάβῃ κατάλληλος δέκτης.

2ον) **Δέκτης.** Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ δέχεται καὶ νὰ μεταβιβάζῃ τὴν φωνὴν εἰς τὸ οὖς τοῦ ἀκροατοῦ. Ὡς τοιοῦτος χρησιμεύει πάντοτε τηλεφωνικὸς δέκτης λίαν εὐπαθὴς, τοῦ ὁποίου τὸ κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν κεραίαν Α καὶ τὴν γῆν Γ (σχ. 223). Καὶ ἐφ' ὅσον μὲν τὰ διὰ τοῦ ἄδοντος τόξου ἐκπεμπόμενα κύματα δὲν τροποποιοῦνται διὰ τοῦ μικροφώνου, τὸ ἔλασμα ἢ ἡ μεμβράνη τοῦ τηλεφωνικοῦ δέκτου, παραμένει ἐν ἡρεμίᾳ. Μόλις ὅμως ὁμιλήσῃ τις πρὸ τοῦ μικροφώνου τοῦ πομποῦ, τὰ κύματα, τροποποιούμενα, θέτουσιν εἰς κραδασμὸν τὸ ἔλασμα τοῦ δέκτου, τὸ ὁποῖον ἀναπαράγει πᾶσαν φωνὴν παραγομένην πρὸ τοῦ μικροφώνου μετὰ μεγάλῃς εὐκρινείας καὶ μετὰ τῆς αὐτῆς χορείας.

322. Πλεονεκτήματα ἀσύρματου τηλεφώνου. Τὸ ἀσύρματον τηλέφωνον παρουσιάζει σπουδαῖα πλεονεκτήματα. Πρῶτον, αἱ δι' αὐτοῦ συνεννοήσεις γίνονται ἀπ' εὐθείας, χωρὶς νὰ ἀπαιτεῖται ἡ παρουσία εἰδικοῦ προσώπου διὰ τὴν μεταβίβασιν καὶ τὴν μετάφρασιν τῶν τηλεγραφημάτων, ὅπως συμβαίνει εἰς

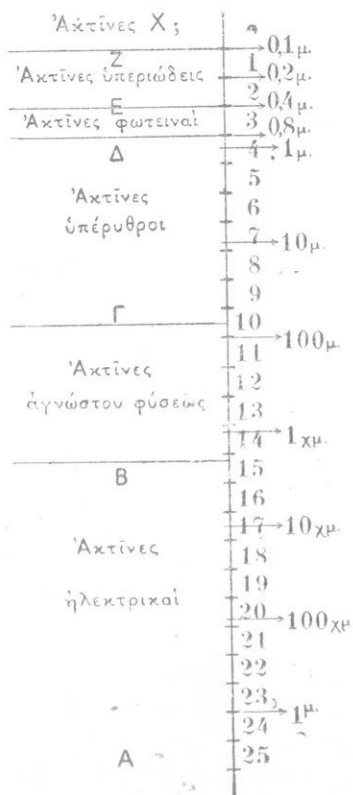


Σχ. 223. Δέκτης ἀσύρματου τηλεφώνου.

τὸν ἀσύρματον τηλέγραφον. Πλὴν τούτου, ὁ ἤχος μεταβιβάζεται

καὶ ἐὰν ἡ συχνότης γίνη ἀκόμη μεγαλύτερα, ἐμφανίζονται αἱ ἀκτῖνες X, ἢ αἱ ἀκτῖνες τοῦ Röntgen.

Αἱ παλμικαὶ λοιπὸν κινήσεις τοῦ αἰθέρος εἰς ἕκαστον τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ἔχουσι διάφορον συχνότητα καὶ ἐπομένως διάφορον μῆκος κύματος· ἐν τούτοις πᾶσαι διαδίδονται μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος. Τοῦτο κατανοοῦμεν διὰ τοῦ ἑξῆς παραδείγμα-
τος. Θεωρήσωμεν ἵππον τρέχοντα καὶ παρακολουθούμενον κατὰ πόδας ὑπὸ κυνός. Τὰ πηδήματα τοῦ κυνὸς εἶναι μικρότερα τῶν



Σχ. 224. Ταξινομήσεις τῶν διαφόρων ἀκτίνων ἀναλόγως τοῦ μήκους κύματος.

πηδημάτων τοῦ ἵππου, ἐν τούτοις ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἶναι ἡ αὐτὴ

πρὸς τὴν τοῦ ἴπλου. Ἐνταῦθα τὸ μὲν πηδήματα τοῦ κυνὸς παριστῶσι τὰ φωτεινὰ κύματα (ἅτινα ἔχουσι μικρὸν μῆκος), τὰ δὲ τοῦ ἴπλου παριστῶσι τὰ ἠλεκτρικὰ κύματα (ἅτινα ἔχουσι μέγα μῆκος).

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ κατατάξωμεν τὰ κύματα τοῦ αἰθέρος, ἀναλόγως τοῦ μήκους αὐτῶν, εἰς διαφόρους κατηγορίας, καθὼς κινεῖ τὸ παρατιθέμενον σχῆμα 224, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν τοῦ μήκους κύματος καὶ τὰ ὀνόματα τῶν ἀντιστοίχων κυμάτων. Εἰς τὸ σχῆμα τοῦτο, τὸ τμήμα ΔΕ ἀνήκει εἰς τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος ποικίλλει ἀπὸ 0,4 τοῦ μικροῦ ($1 \text{ μικρὸν} = \frac{1}{1000} \text{ τοῦ χιλιοστομέτρου}$) διὰ τὰς ἰσχυροῦς ἀκτῖνας, μέχρι 0,8 τοῦ μικροῦ διὰ τὰς ἐρυθράς. Τὸ τμήμα ΕΖ ἀνήκει εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κυμαίνεται ἀπὸ 0,1—0,4 τοῦ μικροῦ. Τὸ ἄνωθεν τοῦ ΕΖ τμήμα ἀνήκει εἰς τὰς ἀκτῖνας Χ ἢ ἀκτῖνας τοῦ Röntgen. Τὸ τμήμα Γ ἀνήκει εἰς τὰς ὑπερύθρους ἀκτῖνας. Τὸ τμήμα ΓΒ ἀνήκει εἰς ἀκτῖνας ἀγνώστου φύσεως μέχρι σήμερον, καὶ τέλος τὸ τμήμα ΒΑ ἀνήκει εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς ἀκτῖνας.

Τ Ε Λ Ο Σ

ΔΙΟΡΘΩΤΕΑ

Σελίς 6 τὸ σχῆμα 5 νὰ θεωρηθῇ ὀριζόντιον, μὲ τὴν χεῖρα εἰς τὸ δεξιὸν μέρος.

- > 13 στίχος 7 ἀντὶ ἀπὸ γράφε : ὑπὸ
- > 58 > 2 > πρὸς γράφε : μὲ
- > 64 > 10 > ἀμαλγάματος κασσιτέρου γράφε : σιρώματος ἀργύρου
- > 95 > 9 > τὴν ἔδραν γράφε : τῆς ἔδρας
- > 111 > 11 > τοποθετουμένου γράφε : τοποθετημένου
- > 249 > 12 > τὸ δὲ κύκλωμα γράφε : τὸ δὲ κύκλωμα ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ ΤΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Κ.Τ.Λ.

Ἐχοντες ὅτι ὅφει το ἄρθρον 3 τοῦ Νόμου 5045, τὸ ἄρθρον 36 τοῦ Νόμου 5311, καὶ τὰς ἀποφάσεις 10 τοῦ Διοικ. τῆς 12—12 Ἰαννουαρίου 1933 καὶ τὰς ἀποφ. ἀριθ. 103—109 πράξεις τῆς κριτικῆς ἐπιτροπῆς τῶν διδακτικῶν βιβλίων, ἀπεφασίσαντες.

Ἐγκρίνομεν ὡς διδακτικά βιβλία διὰ μίαν πεντηετίαν ἀρχομένην ἀπὸ τοῦ σχολικοῦ ἔτους 1933—1934, Μέσης ἑκπαιδεύσεως τὰ ἀκόλουθα βιβλία :

Κ. Σαμωϊάνη «Στοιχεῖα Φυσικῆς» διὰ τὴν Στ' τάξιν τῶν Γυμνασίων, ὑπὸ τὸν ὄρον ὅσον ὁ συγγραφεὺς νὰ συμμορφωθῇ πρὸς τὰς ἀποδείξεις τῶν εἰσηγητῶν, περιλαμβανομένου καὶ τῆς ἑξοφίλου τῶν

Ὁ Ὑπουργός

Θ. ΤΟΥΡΚΟΒΑΣΙΑΝΗΣ

Ἀρθρον 6ον τοῦ ἀπὸ 14/21 Σεπτεμβρίου 1932

«Περὶ τοῦ ὅπου τοῦ διαιτησέως τῶν ἐγκρινομένων διδακτικῶν βιβλίων».

Τὰ διδακτικά βιβλία τὸ πολυῦν μιστὸν τοῦ τόπου τῆς ἐκδόσεως τῶν ἐπιτρέπεται νὰ πωλῶνται ἐπὶ τιμῇ ἀνωτέρῃ κατὰ 15 % τῆς ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ παρόντος Διατάγματος κανονισθείσης ἀνεὺ βιβλιοσήμου τιμῆς πρὸς ἀντιμετώπισιν τῆς δαπάνης συστάσεως, τῶν ταχυδρομικῶν ἐπιδόσεων, ὑπὸ τὸν ὄρον ὅπως ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ μέρους τοῦ ἐξωφύλλου ἢ τῆς τελευταίας σελίδος τοῦτου ἐκτυπῶνται τὸ παρὸν ἄρθρον.