

002
ΚΛΣ
ΣΤ2Β
2248

ηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ε 3 Φ Σ Τ

Ερωτήματα (Κατά)

6
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΑΜΙΩΤΑΚΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

Ε 3 φστ
Λογική Σελή

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

(ΜΕΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ)

ΤΟΜΟΣ Β'

ΔΙΑ ΤΗΝ Δ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΤΕΤΡΑΤΑΞΙΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ
ΚΑΙ ΤΗΝ

ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΝ ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΛΟΙΠΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ
ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ

ΕΚΔΟΣΙΣ ΠΡΩΤΗ



Τιμή μετά του βιβλίου. καὶ φόρου δρ. 83.40
(Βιβλίου καὶ φόρος Ἀναγκ. Δανείου δραχ. 38.70)
Διανομὴ ἐγκριτικῆς ἀποφάσεως 21.759
Ἀριθμὸς ἐξέτασ. κυκλοφορίας 198, 27 Σεπτεμβρίου 1927



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΕΚΔΟΤΑΙ: ΙΩΑΝΝΗΣ Δ. ΚΟΛΛΑΡΟΣ & ΣΙΑ
ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΤΗΣ "ΕΣΤΙΑΣ".

44 - ΟΔΟΣ ΣΤΑΔΙΟΥ - 44

1927

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ (ΙΤΥΕ Δ.Ε.)

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ (ΙΤΥΕ Δ.Ε.)

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ (ΙΤΥΕ Δ.Ε.)

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ (ΙΤΥΕ Δ.Ε.)

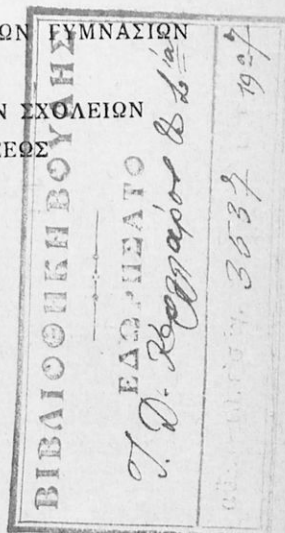
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΣΑΜΙΩΤΑΚΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

(ΜΕΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ)

ΤΟΜΟΣ Β'

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



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

ΕΚΔΟΤΑΙ: Ι. Δ. ΚΟΛΛΑΡΟΣ & ΣΙΑ
Β. ΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΤΗΣ "ΕΣΤΙΑΣ", -ΣΤΑΔΙΟΥ 44
1927

002
ΚΛΣ
ΣΤ2Β
2248

Τὰ γνήσια αντίτυπα φέρουσι τὴν ὑπογραφήν τοῦ συγ-
γραφέως καὶ τὴν σφαιρίδα τοῦ Βιβλιοπωλείου τῆς «Ἑστίας».

K. S. Kollari



ΦΥΣΙΚΗ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

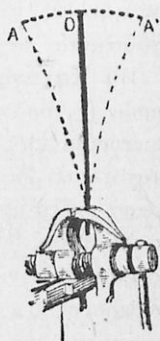
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΔΙΔΟΣΙΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

1. **Φαινομένη.**—Τὰ φαινόμενα τὰ προκαλοῦντα εἰς ἡμᾶς τὸ αἰσθημα τὸ ὁποῖον αἰσθανόμεθα διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ἀκοῆς καλοῦνται **ἀκουστικὰ φαινόμενα**. Ἡ δὲ φυσικὴ αἰτία ἢ προκαλοῦσα τὰ ἀκουστικὰ φαινόμενα καλεῖται **ἦχος**, καὶ τὸ μέρος τῆς φυσικῆς τοῦ πραγματευόμενον περὶ τοῦ ἤχου καλεῖται **ἀκουστικὴ**.

2. **Παραγωγή τοῦ ἤχου.**—Πάν σῶμα ἠχογόνον, ἐφ' ὅσον παράγει ἦχον, εὐρίσκεται ἐν τρομώδει κινήσει, δηλαδή ἐν παλμικῇ κινήσει.

Α') **Παλμικὴ κίνησις.** Ἡ ἀπλουστέρα τῶν παλμικῶν κινήσεων εἶναι ἡ τοῦ χαλυβδίνου ἐλάσματος. Θεωρήσωμεν χαλυβδίνον ἐλασμα ἑστερωμένον ἀκλονήτως κατὰ τὸ ἐν ἄκρον του (σχ. 1). Ὅταν τοῦτο εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπία, τὸ ἐλεύθερον ἄκρον του εἶναι ἐν τῇ θέσει Ο. Ἐὰν ἐκτοπίσαντες τὸ ἄκρον τοῦτο ἐκ τῆς θέσεως Ο τὸ φέρωμεν εἰς τὴν θέσιν Α καὶ ἔπειτα τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἐλασμα ἔνεκα τῆς ἐλαστικότητός του ἐπανέρχεται ταχέως εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας Ο, ὑπερβαίνει ταύτην ἔνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος καὶ ἔρχεται εἰς τὴν θέσιν Α', σχεδὸν συμμετρικὴν τῆς Α ὡς πρὸς τὴν ἀρχικὴν θέσιν, δηλαδή τὸ τόξον ΑΟ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ τόξον Α'Ο. Μετὰ ταῦτα τὸ ἐλασμα ἐκτελεῖ



Σχ. 1. Παλμικὴ κίνησις ἐλάσματος.

μετὰ ταχύτητος σειράν τινα ταλαντεύσεων ἐκατέρωθεν τῆς θέσεως Ο καὶ τελευταῖον ἡρεμεῖ. Ἐὰν τὸ ἔλασμα εἶναι λίαν μακρὸν καὶ λεπτόν, αἱ ταλαντεύσεις εἶναι βραδεῖαι, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ παρακολουθήσῃ ταύτας. Ὅμοιαν κίνησιν παρατηροῦμεν εἰς τὸ ἐκκρεμές καὶ εἰς τὸ νῆμα τῆς στάθμης, ὅταν ἐκτοπίσαντες ταῦτα ἀπὸ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας τὰ ἀφήσωμεν ἐλεύθερα.

Ἡ τοιαύτη κίνησις τοῦ ἐλάσματος καλεῖται παλμική.

Ὅρισμός. Καλεῖται **παλμικὴ κίνησις** ἡ κίνησις ἐκείνη, καθ' ἣν τὰ **διαφωρα σημεῖα** τοῦ σώματος κινουῦνται ἐκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας των.

Ἡ μετάβασις τοῦ ἐλάσματος ἐκ τῆς θέσεως Α εἰς τὴν θέσιν Α', ἢ καὶ ἀντιστρόφως, καλεῖται **ἀπλὴ αἰώρησις**, ἡ δὲ μετάβασις ἐκ τῆς θέσεως Α εἰς τὴν θέσιν Α' καὶ ἡ ἐπάνοδος ἐκ τῆς Α' εἰς τὴν Α καλεῖται **πλήρης αἰώρησις** ἢ **παλμός**. Ἐπομένως ἕκαστος παλμὸς ἀποτελεῖται ἐκ δύο διαδοχικῶν καὶ ἀντιθέτων ἀπλῶν αἰωρήσεων. Ἡ γωνία ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν ἄκρων θέσεων Α καὶ Α' τοῦ ἐλάσματος καλεῖται **πλάτος** τῆς αἰωρήσεως. Ἡ γωνία αὕτη ἐλαττοῦται λίαν ταχέως καὶ οἱ παλμοὶ τελευταῖον παύουσι. Πάντες ὅμως οἱ παλμοὶ οἵτοι ἐκτελοῦνται εἰς ἴσους χρόνους δι' ἔλασμα ὠρισμένου μήκους. Ἐὰν τὸ μήκος τοῦ ἐλάσματος ἐλαττωθῇ, οἱ παλμοὶ καθίστανται ταχύτεροι καὶ δυνατόν νὰ ἀκούσωμεν ἤχον.

Β') Καταγραφὴ παλμικῆς κινήσεως. Διαπασῶν. Τὸ διαπασῶν (τονοδότης) εἶναι μικρὸν ὄργανον χρησιμεύον πρὸς ἁρμονίαν (συντονισμόν) τῶν μουσικῶν ὀργάνων. Ἀποτελεῖται ἐκ παχέος ἐλάσματος χαλκιδίνου, 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 κατὰ πολλοὺς τρόπους, ἢ ἐὰν κρούσωμεν τὸ ἑτερόν των σκελῶν του ἐπὶ τραπέζης, ἢ ἐὰν προστρίψωμεν αὐτὸ διὰ τοξαρίου, ἢ τέλος ἐὰν εἰσαγάγωμεν μεταξὺ των σκελῶν του μετάλλινον στέλεχος, τὸ ὁποῖον ἀποσύρωμεν κυτόπιν βιαιώς διὰ τοῦ ἀνοίγματος των σκελῶν αὐτοῦ.

Τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν σωμάτων δυνάμεθα νὰ ἐξετάσωμεν διὰ τῆς λεγομένης **γραφικῆς μεθόδου**, ὡς ἑξῆς. Εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ἐνὸς σκέλους τοῦ διαπασῶν στερεώνομεν λεπτὸν μετάλλινον ἔλασμα ἀπολῆγον εἰς μικρὰν ἀκίδα Α (σχ. 3). Αὕτη ἐφάπτεται ὑαλίνης

πλακός, ἥτις ἔχει καλυφθῇ διὰ λεπτοῦ στρώματος αἰθάλης⁽¹⁾. Ἐὰν πὸ διαπασῶν ἡρεμῇ καὶ ἡ πλάξ μετατίθεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ βέλους β, ἡ ἀκτὶς θὰ καταγράφῃ ἐπ' αὐτῆς **εὐθεΐαν** γραμμὴν. Ἐὰν ὅμως τὸ διαπασῶν τεθῇ εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἡ ἐπὶ τῆς πλακὸς γραμμὴ δὲν θὰ εἶναι εὐθεῖα ἀλλὰ **κυματοειδής**. Τοιοῦτοτρόπως καταγράφεται ἐπὶ τῆς πλακὸς ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἐλάσματος, ἐπομένως καὶ τοῦ διαπασῶν.

Γ') **Παλμικὴ κίνησις ἡχογόνων σωμάτων**. 1ον, Χορδὴ τεταμένη πάλλεται ὅταν παράγῃ ἦχον. Πράγματι, ἐὰν ἐκτοπίσωμεν



Σχ. 2. Διαπασῶν.



Σχ. 3. Καταγραφὴ παλμικῆς κινήσεως.

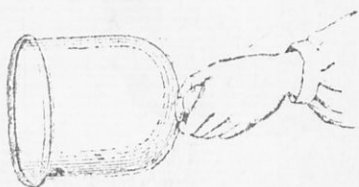
πὸ μέσον αὐτῆς ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας καὶ ἔπειτα τὴν ἀφήσωμεν ἑλευθέραν, θὰ παρατηρήσωμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις αὐτῆς, διότι θὰ μᾶς παρουσιάσῃ σχῆμα ἀτρακτοειδές (σχ. 4) καὶ συγχρόνως θὰ ἀκούσωμεν ἦχον. Ὅταν δὲ ἡ χορδὴ ἡρεμήσῃ καὶ ὁ ἦχος παύει. 2ον. Τὸ διαπασῶν πάλλεται ὅταν παράγῃ ἦχον. Πράγματι, ἐγγίζοντες διὰ τῆς χειρὸς μας τὸ ἐν σκέλος ἡχοῦντος διαπασῶν αἰσθανόμεθα εὐκρινῶς τρομώδη κίνησιν. Ὅταν ἡ κίνησις παύσῃ καὶ

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

ὁ ἦχος παύει. Ἐὰν δὲ βυθίσωμεν τὸ ἐν σκέλος τοῦ ἠχοῦντος διαπα-
σῶν ἐντὸς ὕδατος, βλέπομεν τὸ ὕδωρ ἀναρριπτόμενον ὑπὸ τῆς
κινήσεως αὐτοῦ. Ὡν, Κώδων μετάλλινος ἢ ὑάλινος πάλλεται ὅταν
παράγῃ ἦχον. Πράγματι ἐὰν κρατήσωμεν τὸν κώδωνα ὀριζοντίως
καὶ ῥίψωμεν ἐντὸς αὐτοῦ ὀλίγην ἄμμον λεπτὴν καὶ ξηράν, ἢ ἄλλα
μικρὰ τεμάχια σώματός τινος, καὶ κατόπιν κρούσωμεν αὐτόν, θὰ
ἴδωμεν ὅτι ταῦτα ἀναπηδῶσιν ἐφ' ὅσον ὁ κώδων παράγῃ ἦχον,
διότι δέχονται τὴν τρομώδη κίνησιν τῶν τοιχωμάτων τοῦ κώδωνος
(σχ. 5). Ἐγγίζοντες δὲ τὸν κώδωνα διὰ τῆς χειρὸς μας καταπαύομεν
τὴν τρομώδη κίνησιν αὐτοῦ καὶ βλέπομεν ὅτι ἡ ἄμμος ἀμέσως ἠρε-



Σχ. 4. Παλμικὴ κίνησις χορδῆς.

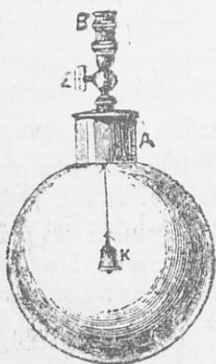


Σχ. 5. Παλμικὴ κίνησις κώδωνος.

μεῖ. 4ον. Ἐλασμα χαλύβδινον πάλλεται ὅταν παράγῃ ἦχον, καθὼς
ἀνωτέρω εἶδομεν.

Συμπέρασμα. Ὁ ἦχος εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παλμικῆς κινή-
σεως τῶν ἠχογόνων σωμάτων.

3. Διαδόσις τοῦ ἤχου. — Α') Ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται



Σχ. 6. Ἦχος δὲν διαδίδε-
ται ἐν τῷ κενῷ.

ἐν τῷ κενῷ. **Πείραμα.** Λαμβάνομεν
σφαῖραν ὑάλινην κοίλην, ἐντὸς τῆς ὁποίας
κρέμεται διὰ νήματος κωδώνιον Κ (σχ. 6).
Ἐὰν κινήσωμεν τὴν σφαῖραν, ὅταν αὕτη
περιέχῃ ἀέρα ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν,
ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἦχον τοῦ κωδω-
νίου. Καθ' ὅσον ὁμως ἀραιώνομεν διὰ
τῆς ἀεραντλίας τὸν ἀέρα ἐν τῇ σφαίρᾳ
ἀκούομεν τὸν ἦχον ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον
ἀσθενέστερον, ὅστις τέλος καθίσταται λίαν
ἀσθενής, χωρὶς ὁμως καὶ νὰ ἀποσβεσθῇ
τελείως, διότι δὲν δυνάμεθα νὰ ἀφαιρέ-
σωμεν τελείως τὸν ἀέρα τῆς σφαίρας

Συμπέρασμα. Ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται ἐν τῷ κενῷ.

Β') Ὁ ἥχος διαδίδεται διὰ πάντων τῶν ἐλαστικῶν σωμάτων. 1ον). Διὰ τῶν αερίων. Ἐάν εἰς τὴν ὑαλίνην σφαιραν τοῦ ἀνωτέρω πειράματος ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ ἀντὶ αέρος οἰονδήποτε αέριον, ἀκούομεν καὶ πάλιν τὸν ἥχον τοῦ κωδωνίου, ὅταν κινῶμεν τὴν σφαιραν. Εἶναι δὲ γνωστὸν εἰς πάντας ὅτι σχεδὸν πάντοτε διὰ μέσου τοῦ αέρος φθάνουσιν εἰς τὸ οὖς ἡμῶν οἱ ἥχοι τοὺς ὁποίους καθ' ἑκάστην ἀκούομεν.

Κατὰ τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἡχογόνου σώματος μεταδίδεται μέχρις ἡμῶν διὰ μέσου τοῦ αέρος, ὅστις οὕτω πρὸς πάλλεται. Καὶ πράγματι, ὅταν πλησίον ἡμῶν παράγεται ἥχος ἰσχυρὸς (ἐκφυρσοκρότησις τηλεβόλου, δίοδος τραίνου κ.λ.π.) οἱ ὑαλοπίνακες τῶν παραθύρων τρίζουσιν ἔνεκα τῆς κινήσεως εἰς τὴν ὁποίαν οὗτοι τίθενται.

Συμπέρασμα. Ὁ αἶρ καὶ ἐν γένει τὰ αέρια διαδίδουσι τὸν ἥχον.

2ον). Διὰ τῶν ὑγρῶν. Οἱ δύναι ἀκούουσιν εὐκρινῶς ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοὺς ἥχους τοὺς παραγομένους ἐπὶ τῶν ἀκτῶν. Οἱ δὲ ἀλιεύοντες δι' ἀγκίστρων γνωρίζουσιν, ὅτι καὶ ὁ ἀσθενὴς κρότος δύναται νὰ τρέψῃ εἰς φυγὴν τοὺς ἰχθεῖς.

Συμπέρασμα. Τὸ ὕδωρ καὶ ἐν γένει τὰ ὑγρά διαδίδουσι τὸν ἥχον καὶ μάλιστα καλύτερον τοῦ αέρος.

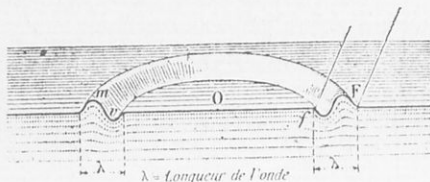
3ον). Διὰ τῶν στερεῶν. Ἐάν ἐφαρμόσωμεν τὸ οὖς ἡμῶν εἰς τὸ ἄκρον ἐπιμήκουσ δοκοῦ ξυλίνης ἢ μεταλλίνης, ἀκούομεν εὐκρινέστατα καὶ τὸν ἀσθενέστατον ἥχον ὅστις παράγεται εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον, ὅπως εἶναι ὁ ἥχος ὁ παραγόμενος διὰ τῆς προστριβῆς τοῦ ξύλου διὰ πτεροῦ ἢ διὰ τοῦ ὄνυχος. Τὸ δὲ ἔδαφος μεταδίδει τόσον καλῶς τὸν ἥχον, ὥστε ἐάν ἐν καιρῷ νυκτὸς ἐφαρμόσωμεν τὸ οὖς ἡμῶν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, δυνάμεθα νὰ ἀκούσωμεν εὐκρινῶς ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως τὴν κίνησιν ἀμάξης, ἢ τραίνου, ἢ ἱππικοῦ, ἢ καὶ τὴν ἐκφυρσοκρότησιν τηλεβόλου ἐξ ἀποστάσεως πολλῶν χιλιομέτρων. Καὶ λεπτὰ νήματα ὅταν εἶναι τεταμένα διαδίδουσι τὸν ἥχον, ὅπως μᾶς ἀποδεικνύει τὸ διὰ νήματος τηλεφῶνον τῶν παιδίων.

Συμπέρασμα. Τὸ ξέλον, τὰ μέταλλα, τὸ ἔδαφος καὶ ἐν γένει τὰ στερεὰ διαδίδουσι τὸν ἥχον καλύτερον τοῦ αέρος.

Ἀνακεφαλαίωσις. Ὁ ἥχος δὲν διαδίδεται ἐν τῷ κενῷ· διαδίδεται διὰ τῶν σταθμητῶν ἐλαστικῶν σωμάτων, π. χ. τῶν στερεῶν, τῶν

ὕδατος καὶ τῶν ἀερίων. Διὰ δὲ τῶν ὑγρῶν καὶ πρὸ πάντων διὰ τῶν στερεῶν ὁ ἦχος διαδίδεται καλύτερον ἢ διὰ τοῦ ἀέρος.

4. Τρόπος διαδόσεως τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι.— Α') Σχηματισμὸς κυμάτων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἡρεμούσης λίμνης. Ἐὰν ἐπὶ ἡρεμούσης λίμνης ῥίψωμεν λίθον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τὸ σημεῖον τῆς πτώσεως σχηματίζεται μικρὸν κοίλωμα καὶ σχεδὸν συγχρόνως τὸ ὕδωρ ἀνυψοῦται περὶ τὸ σημεῖον ταύτου. Οὕτω σχηματίζεται κυκλικὸν κύμα **κυρτὸν** (σχ. 6α), τὸ ὁποῖον



Σχ. 6α. Διάδοσις ὑδατινοῦ κύματος.

διαδίδεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης καὶ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Καθ' ὃν χρόνον ὅμως τὸ κυρτὸν κύμα διαδίδεται, τὸ ὕδωρ ἐνθα ἔπεσεν ὁ λίθος ἀνέρχεται, σχηματίζον μικρὸν ἐξόγκωμα ἰσομέγεθες πρὸς τὸ προηγούμενον κοίλωμα καὶ σχεδὸν συγχρόνως τὸ πέριξ ὕδωρ ταπεινοῦται. Οὕτω σχηματίζεται νέον κυκλικὸν κύμα **κοιλόν**, τὸ ὁποῖον διαδίδεται ὅπως καὶ τὸ κυρτὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης καὶ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις.

Οὕτω σχηματίζονται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης κυκλικά δμόκεντρα ὑδατινοὰ κύματα. ἐναλλάξ κυρτὰ καὶ κοίλα, ἅτινα διαδίδονται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις καὶ ἐπὶ τέλους ἐξαφανίζονται.

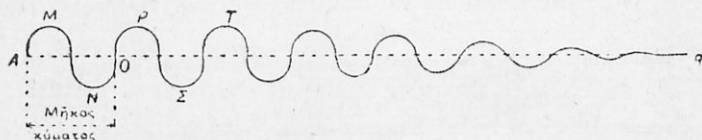
Ἐὰν ὁ λίθος πέσῃ ἐπὶ τῆς ἡρεμούσης λίμνης ἐκ μεγάλου ὕψους, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ἀπὸ τὸ σημεῖον τῆς πτώσεως τοῦ ἐξορᾷ μεγάλη σειρὰ ὑδατινῶν κυμάτων, κοίλων καὶ κυρτῶν, ἅτινα διαδίδονται τὸ ἐν κατόπιν τοῦ ἄλλου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος.

Ἐὰν δὲ εἷς τι σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης θέσωμεν τεμάχιον φελλοῦ, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι κατὰ τὴν δίοδον τῶν κυμάτων ὁ φελλὸς ἀπλῶς ἀνέρχεται, ἢ κατέρχεται κατακορύφως, χωρὶς ὅμως καὶ νὰ παρασύρεται ὑπ' αὐτῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης. Τοῦτο δεικνύει ὅτι διαδίδεται μόνον ἡ κίνησις τοῦ ὕδατος χωρὶς

αὕτη νὰ συνοδεύεται καὶ ὑπὸ μετατοπίσεως τοῦ ὕδατος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης.

Συμπέρασμα. Κατὰ τὴν πτώσιν τοῦ λίθου ἐπὶ ἡρεμούσης λίμνης παράγονται μὲν κύματα ἐπ' αὐτῆς, ἀλλὰ διὰ τῶν κυμάτων τούτων δὲν μετατοπίζεται τὸ ὕδωρ, ὅπως θὰ ἐφαντάζετό τις. Ἀπλῶς διαδίδεται δι' αὐτῶν ἡ ἀρχικὴ κίνησις, εἰς τὴν ὁποίαν ἐτέθη τὸ ὕδωρ ἐκεῖ ὅπου ἔπεσεν ὁ λίθος.

Γραφικὴ παράστασις τῶν ὑδατηρῶν κυμάτων. Ὑποθέσωμεν ὅτι κόπτομεν τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τῆς λίμνης διὰ κατακορύφου ἐπιπέδου, διερχομένου διὰ τοῦ κοινοῦ κέντρου τῶν κυμάτων. Θέλει προκύψει κυματοειδὴς καμπύλη AMNPST. (σχ. 7), ἣτις



Σχ. 7. Γραφικὴ παράστασις ὑδατηρῶν κυμάτων.

παριστᾷ τὴν κατάστασιν τῆς ἐπιφανείας τῆς λίμνης κατὰ τινὰ στιγμήν. Ἡ εὐθεῖα AB παριστᾷ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ἡρεμούσης λίμνης. Τῆς καμπύλης τὰ ἐξογκώματα καὶ τὰ κοιλάσματα παριστῶσι τὰ κυρτὰ καὶ τὰ κοῖλα ὑδατηρὰ κύματα, ἅτινα, καθὼς δεικνύει ἡ καμπύλη, βαίνουνσιν ἐλαττούμενα καὶ ἐπὶ τέλους ἐξαφανίζονται.

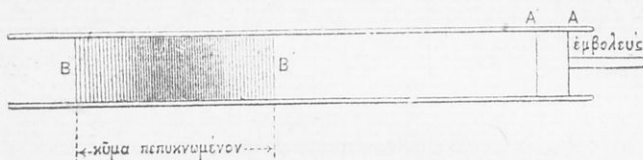
Μῆκος τοῦ κύματος. Τῆς κυματοειδοῦς καμπύλης τὸ τμήμα AMNO (σχ. 7) ὅπερ περιλαμβάνει ἓν ἐξογκῶμα καὶ ἓν κοιλῶμα ἀποτελεῖ ἓν πλῆρες κύμα, τὸ δὲ μῆκος AO τοῦ τμήματος τούτου παριστᾷ τὸ μῆκος τοῦ κύματος.

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

Β') Σχηματισμὸς πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων, ἐντὸς κυλινδρικοῦ σωλῆνος. Θεωρήσωμεν κυλινδρικὸν σωλῆνα AB (σχ. 8) μακρὸν καὶ πλήρη ἀέρος, οὗτινος τὸ ἓν ἄκρον κλείομεν δι' ἐμβολέως κινητοῦ. Ἄς ὠθήσωμεν κατ' ἀρχῆς τὸν ἐμβολέα ἀποτόμως πρὸς τὰ ἐμπρός, ἵνα μεταβῇ ἐκ τῆς θέσεως A εἰς τὴν A'. Τὸ

πρῶτον στρώμα τοῦ ἀέρος συμπιέζεται ἀμέσως, ἀλλὰ ταχέως ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικόν του ὄγκον, ὅποτε ὠθεῖ τὸ ἀμέσως ἐπόμενον στρώμα, ὅπερ συμπιέζεται. Ἀλλὰ καὶ τὸ δεύτερον τοῦτο στρώμα ταχέως ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικόν του ὄγκον, ὅποτε ὠθεῖ τὸ ἀμέσως ἐπόμενον στρώμα καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιοῦτοτρόπως ἡ παραχθεῖσα συμπέσις τοῦ πρῶτου στρώματος διαδίδεται ἐν τῷ ἀέρι τοῦ σωλήνος 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 ἀραιοῦται ἀμέσως, διότι ἔρχεται πρὸς τὰ ὀπίσω, ἵνα καταλάβῃ τὸ σχηματισθὲν κενόν. Ἀλλὰ τὸ στρώμα τοῦτο



Σχ. 8. Τρόπος σχηματισμοῦ πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων ἐντὸς σωλήνος δι' ἐμβολέως.

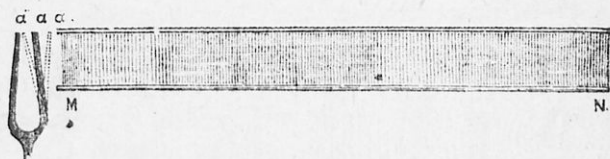
ταχέως συμπιέζεται ὑπὸ τοῦ δευτέρου, καὶ οὕτω τὸ μὲν πρῶτον συμπιεζόμενον καταλαμβάνει τὸν ἀρχικόν του ὄγκον, τὸ δὲ δεύτερον ἀραιοῦται ἀμέσως. Ἀλλὰ καὶ τὸ δεύτερον στρώμα ταχέως συμπιέζεται ὑπὸ τοῦ τρίτου, ὅπερ οὕτω ἀραιοῦται καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιοῦτοτρόπως ἡ παραχθεῖσα ἀραιώσις τοῦ πρῶτου στρώματος διαδίδεται ἐν τῷ ἀέρι τοῦ σωλήνος πρὸς τὰ πρόσω ἀπὸ στρώματος εἰς στρώμα μέχρι τοῦ ἐτέρου ἄκρου αὐτοῦ. Ἐὰν καὶ πάλιν ὠθήσωμεν τὸν ἐμβολέα ἀποτόμως πρὸς τὰ ἐμπρός καὶ ἔπειτα τὸν σύρωμεν πρὸς τὰ ὀπίσω, ἡ ἀραιώσις παρακολουθεῖται ὑπὸ συμπίσεως καὶ αὕτη ὑπὸ ἀραιώσεως καὶ οὕτω καθεξῆς.

Τὸν ἐμβολέα δυνάμεθα νὰ ἀντικαταστήσωμεν διὰ πάλλομενον ἐλάσματος ἢ διαπασῶν, ἅτινα τοποθετοῦμεν ἔμπροσθεν τοῦ ἄκρου τοῦ σωλήνος (σχ. 9).

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

ἄξονα τοῦ σωλήνος καὶ ἀκολουθοῦσιν ἄλληλα μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος.

Τὰ ἐναλλάξ πυκνὰ καὶ ἀραιὰ στρώματα τοῦ ἀέρος καλοῦνται κύματα. Εἰς τὰ κύματα ταῦτα δὲν μετατοπίζεται ὁ αἶθρ, ἀλλ' ἀπλῶς διαδίδεται δι' αὐτῶν ἡ διὰ τοῦ ἐμβολέως προκαλούμενη συμπίεσις καὶ ἀραίωσις. Τὰ κύματα ταῦτα εἶναι ἐπίπεδα καὶ παράλληλα πρὸς ἄλληλα.



Σχ. 9. Σχηματισμὸς πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων διὰ διαπασῶν.

Γραφικὴ παράστασις τῶν πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων. Ἡ κατάστασις τοῦ ἐν τῷ κυλίνδρῳ ἀέρος κατὰ τινα χρονικὴν στιγμήν δύναται νὰ παρασταθῇ διὰ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 7, ἐνθα AB παριστᾷ τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου, τὰ δὲ ἐξογκώματα καὶ κοιλάσματα τῆς καμπύλης παριστῶσι τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα. Τὸ σύνολον δύο κυμάτων ἀντιθέτων (πυκνὸν καὶ ἀραιὸν) καλεῖται πλήρης κύμα, καὶ μῆκος τοῦ κύματος καλεῖται τὸ ἄθροισμα τῶν μηκῶν τοῦ πυκνοῦ καὶ τοῦ ἀραιοῦ κύματος.

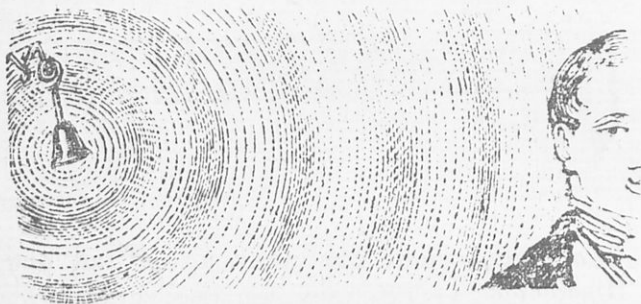
Γ') Σχηματισμὸς κυμάτων ἐν τῷ ἀέρι. Φαντασθῶμεν ἡχογόνον σῶμα, π.χ. κώδωνα, κρουόμενον ἐν τῷ ἐλευθέρῳ ἀέρι. Ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ κώδωνος θέλει μεταδοθῇ εἰς τὸν περίε αὐτοῦ ἀέρα, καὶ οὕτω θὰ παραχθῶσιν ἐν τῷ ἀέρι κύματα, ἥτοι στρώματα ἀέρος ἐναλλάξ πυκνὰ καὶ ἀραιά, ἅτινα διαδίδονται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 10). Τὰ κύματα ταῦτα εἶναι τώρα σφαιρικὰ καὶ ὁμόκεντρα καὶ οὐχὶ ἐπίπεδα καὶ παράλληλα, ὅπως ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ κυλινδρικοῦ σωλήνος. Τὰ πυκνὰ καὶ ἀραιὰ ταῦτα κύματα καλοῦνται **ἡχητικὰ κύματα**, αἱ δὲ διευθύνσεις καθ' ἃς μεταδίδονται τὰ ἡχητικὰ κύματα, καλοῦνται **ἡχητικαὶ ἀκτῖνες**. Αὗται συμπίπτουσι μὲ τὰς γεωμετρικὰς ἀκτῖνας τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, αἵτινες ἀποτελοῦσι τὰ ἡχητικὰ κύματα.

Συμπέρασμα. Ὅταν ἡχογόνον σῶμα ἡχῇ ἐν τῷ ἐλευθέρῳ ἀέρι, παράγονται περίε αὐτοῦ τὰ ἡχητικὰ λεγόμενα κύματα, ἥτοι στρώ-

ματα αέρος ἐναλλάξ πυκνὰ καὶ ἀραιά, ἅτινα διαδίδονται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὰ κύματα ταῦτα εἶναι σφαιρικὰ καὶ ὁμόκεντρα.

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

Γραφικὴ παράστασις τῶν ἡχητικῶν κυμάτων. Ἡ κατάστασις τοῦ αέρος περὶ τὸ ἡχογόνον σῶμα κατὰ τινὰ χρονικὴν στι-



Σχ. 10. Ἡχητικὰ κύματα.

γμὴν δύναται νὰ παρασταθῇ διὰ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 7, ἐνθα ΑΒ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς μία τῶν ἀκτίνων τῶν σφαιρικῶν κυμάτων τοῦ αέρος. Τὰ ἐξογκώματα καὶ τὰ κοιλάσματα τῆς καμπύλης παριστῶσι τὰ πυκνὰ καὶ τὰ ἀραιὰ κύματα. Τὸ σύνολον ἐνὸς πυκνοῦ καὶ ἐνὸς ἀραιοῦ κύματος ἀποτελεῖ ἐν πλήρῃ κύμα. Τὸ μῆκος τοῦ κύματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μηκῶν τοῦ πυκνοῦ καὶ τοῦ ἀραιοῦ κύματος, ἅτινα ἀποτελοῦσιν ἐν πλήρῃ κύμα.

Β. Ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ αέρι.— Α') Πειράματα.

1ον) Ὅταν παρατηρῶμεν μακρόθεν κινηγόν νὰ πυροβολῇ, κατὰ πρῶτον βλέπομεν τὸν καπνὸν καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν καὶ τὸν κρότον τοῦ πυροβολισμοῦ. 2ον) Ὅταν παρατηρῶμεν μακρόθεν ὕλοτόμην νὰ κτυπᾷ διὰ τοῦ πελέκεως τὸν κορμὸν δένδρου, κατὰ πρῶτον βλέπομεν τὸν πέλεκυν νὰ κτυπᾷ τὸν κορμὸν, καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν καὶ τὸν κρότον, ὅταν πλέον ὁ πέλεκυς ἔχει ἀνυψωθῇ ἐν τῷ αέρι. 3ον) Ὅταν παρατηρῶμεν μακρόθεν ἀτμόπλοιον οὔτινος ἢ ἀτμοσφύριγς ἡχεῖ, κατὰ πρῶτον βλέπομεν λευκὸν καπνόν, καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν καὶ τὸν συριγμὸν. 4ον) Ὅταν πα-

ρατηρῶμεν μακρόθεν στρατιώτας νὰ βαδίζωσι ὀρθομικρῶς, νομίζομεν ὅτι οὗτοι δὲν ἀκολουθοῦσι τὸν χρόνον τῆς σάλπιγγος. 5ον) Κατὰ τὸν χειμῶνα, ἐν καιρῷ θυέλλης (ἀσραπή-βροντή) κατὰ πρῶτον βλέπομεν τὴν λάμψιν καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν τὴν βροντὴν. Ἐν τούτοις εἰς ὅλα τὰ ἀνωτέρω πειράματα τὸ φῶς φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας καθ' ἣν στιγμὴν παράγεται, ἔνεκα τῆς μεγίστης ταχύτητος αὐτοῦ (300 ἑκατομμύρια μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον), ἐνῶ ὁ ἦχος φθάνει εἰς τὸ οὖς ἡμῶν πολὺ βραδύτερον ἔνεκα τῆς βραδείας σχετικῶς μεταδόσεως αὐτοῦ.

Συμπέρασμα. Ὁ ἦχος διαδίδεται πολὺ βραδύτερον τοῦ φωτός.

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

Β') Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι. Πολλὰ πειράματα ἐξετελέσθησαν πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι. Ἐκ τούτων τὸ πρῶτον ἐγένετο ὡς ἑξῆς: Δύο τηλεβόλα ἐτοποθετήθησαν ἐπὶ δύο σταθμῶν (λόφων), τῶν ὁποίων ἡ ἀπόστασις μετρηθεῖσα ἀκριβῶς εὑρέθη ἴση μὲ 18623 μέτρα. Ἐπειτα ἐν καιρῷ νυκτὸς καθ' ἣν ἐπεκράτει νηνεμία, τὰ τηλεβόλα ἐξεπυροκρότουν ἀλληλοδιαδόχως καὶ εἰς τοὺς δύο σταθμοὺς. Ὁ παρατηρητὴς τοῦ ἐνὸς σταθμοῦ ἐσημείωνε τὸν χρόνον τὸν παρερχόμενον ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἔβλεπε τὴν λάμψιν μέχρι τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἤκουε τὸν κρότον τῆς ἐκπυροκροτήσεως ἐν τῷ ἑτέρῳ σταθμῷ. Τὸ αὐτὸ πείραμα ἐξετελεῖτο ἔπειτα καὶ ἀντιστρόφως πρὸς ἀποφυγὴν τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἀνέμου.

Ὁ παρερχόμενος χρόνος δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι εἶναι ἀκριβῶς ἴσος πρὸς τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον ἐχρειάζετο ὁ ἦχος διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν ἣτις ἐχώριζε τοὺς δύο σταθμοὺς. Ὁ χρόνος οὗτος εὑρέθη κατὰ μέσον ὅρον ἴσος μὲ 54,6 δευτερόλεπτα. Ὡστε ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ὁ ἦχος διήνυσεν $\frac{18623}{54,6} = 341$ μέτρα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀέρος ἦτο περίπου 16° Κελσίου. Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι προσδιορισθεῖσα καὶ δι' ἄλλων μεθόδων ἀκριβεστέρων, εὑρέθη ἴση μὲ 340 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον ὑπὸ τὰς συνήθεις περιστάσεις,

Ἐπὶ τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι ἐπιδρῶσι διάφοροι παράγοντες, οἵτινες εἶναι οἱ ἑξῆς:

α') **Ὁ ἄνεμος.** Ὅταν ὁ ἄνεμος ἔχη τὴν αὐτὴν μὲ τὸν ἥχον διευθύνσιν, ἢ ταχύτης τοῦ ἥχου αὐξάνεται, ὅταν δὲ ἔχη ἀντίθετον, ἢ ταχύτης τοῦ ἥχου ἐλαττοῦται. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν μέτρησιν τῆς ταχύτητος τοῦ ἥχου ἐν τῷ ἀέρι λαμβάνεται ἡ μέση ταχύτης αὐτοῦ κατὰ δύο ἀντιθέτους διευθύνσεις, ὅπως ἐγένετο ἐν τῷ περιγραφέντι πειράματι.

β') **Ἡ θερμοκρασία.** Ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται, καὶ ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται. Οὕτω ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου ἐν τῷ ἀέρι εὐρέθη ὑπὸ μὲν θερμοκρασίαν 0° K. ἴση πρὸς 332 περίπου μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον, ὑπὸ δὲ θερμοκρασίαν 10° K. ἴση πρὸς 337 μέτρα, καὶ ὑπὸ θερμοκρασίας 16° K. ἴση πρὸς 340 περίπου μέτρα. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν μέτρησιν τῆς ταχύτητος τοῦ ἥχου ἐν τῷ ἀέρι λαμβάνεται ὑπ' ὅψιν καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀέρος, ὅπως ἐγένετο ἐν τῷ περιγραφέντι πειράματι.

γ') **Ἡ πυκνότης.** Ὅταν ἡ πυκνότης αὐξάνεται, τότε ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου ἐλαττοῦται, καὶ ἀντιστρόφως. Εἶναι δὲ ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τριγωνοζωνικῆς ῥίζης τῆς πυκνότητος.

Ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου ἐν τοῖς διαφόροις ἀερίοις παρέχεται ὑπὸ τοῦ ἑξῆς τύπου τοῦ Νεύτωνος.

$$T = T_0 \sqrt{\frac{1 + \kappa \Theta}{\pi}}$$

Ἐν τῷ ὀποίῳ T παριστᾷ τὴν ταχύτητα τοῦ ἥχου ἐν τῷ ἀερίῳ, T_0 τὴν ταχύτητα τοῦ ἥχου ἐν τῷ ἀέρι ὑπὸ θερμοκρασίαν 0° K., κ τὸν συντελεστὴν διαστολῆς τοῦ ἀερίου, Θ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀερίου καὶ π τὴν πυκνότητα αὐτοῦ.

Γ') **Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ ἥχου ἐν τοῖς ὑγροῖς.** Ἡ ταχύτης τοῦ ἥχου ἐν τῷ ὕδατι προσδιορίσθη ἐν τῇ λίμνῃ τῆς Γενεύης διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος. Δύο παρατηρηταὶ ἐτοποθετήθησαν ἐντὸς δύο πλοιαρίων εὐρισκομένων εἰς γνωστὴν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν. Ἐκ τοῦ ἑνὸς πλοιαρίου ἐκρέματο κώδων, ὅστις ἐβυθίζετο ἐν τῷ ὕδατι καὶ ἠδύνατο νὰ κρούσθῃ διὰ σφύρας. Κατὰ τὴν στιγμὴν ὁμως τῆς κρούσεως τοῦ κώδωνος ἀνεφλέγετο, ἐν τῷ αὐτῷ πλοιαρίῳ, μικρὰ ποσότης πυρίτιδος, τῇ βοηθείᾳ θρυαλλίδος τὴν ὁποίαν ἔφερε τὸ ἄκρον τοῦ μογλοῦ διὰ τοῦ ὁποίου ἐκινεῖτο ἡ σφύρα.

Ἐκ τοῦ ἄλλου πλοιαρίου ἐκρέματο ἐν τῷ ὕδατι ἀκουστικὸν κέρας

τοῦ ὁποίου ὁ ὄλμος ἐκλείετο διὰ λεπτοῦ μεταλλίνου φύλλον καὶ ἦτο ἐστραμμένος πρὸς τὸν κώδωνα, τὸ δὲ στεγνὸν ἄκρον του ἐφηροῦντο εἰς τὸ οὖς τοῦ παρατηρητοῦ. Ὁ παρατηρητὴς οὗτος ἐσημείωνε τὸν χρόνον ὅστις παρήρχετο ἀπὸ τῆς στιγμῆς τῆς λάμψεως, τῆς παραγομένης κατὰ τὴν ἀνάφλεξιν τῆς πυρίτιδος, μέχρι τῆς στιγμῆς καθ' ἣν ἤκουε τὸν ἦχον τοῦ κώδωνος. Διαιρῶν δὲ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο πλοιαρίων διὰ τοῦ παρερχομένου χρόνου, εὑρίσκει τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου. Τοιοῦτοτρόπως εὑρέθη ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τῷ ὕδατι, ὑπὸ θερμοκρασίαν 8° Κ. περίπου εἶναι ἴση μὲ 1435 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Ἐν τῷ ὕδατι λοιπόν, ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἶναι μεγαλύτερα ἢ ἐν τῷ αέρι. Τοῦτο παρατηρεῖται γενικῶς ἐν τοῖς ὑγροῖς.

Δ') Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου ἐν τοῖς στερεοῖς.
Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐν τοῖς στερεοῖς εἶναι πολὺ μεγαλύτερα ἢ ἐν τῷ ὕδατι καὶ τῷ αέρι. Ἐν τῷ σιδήρῳ, ὑπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἶναι περίπου 15άκις μεγαλύτερα τῆς ἐν τῷ αέρι (4880—5120 μέτρα), ἐν δὲ τῷ ἀργιλίῳ 5100 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Ἀνακεφαλαίωσις. Ὁ ἦχος, ἵνα μεταβῇ ἀπὸ τινος σημείου εἰς ἕτερον, μεμαχρυσμένον, δαπανᾷ χρόνον τινά, διότι δὲν μεταδίδεται στιγμιαίως ὅπως τὸ φῶς. Ἡ ταχύτης του ἐν τῷ αέρι ὑπὸ τὰς συνήθεις περιστάσεις εἶναι 340 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον, ἐν δὲ τῷ ὕδατι ὑπὸ θερμοκρασίαν 8° περίπου 1435 μέτρα. Γενικῶς δὲ ἐν τοῖς ὑγροῖς, καὶ πρὸ πάντων ἐν τοῖς στερεοῖς, εἶναι μεγαλύτερα ἢ ἐν τῷ αέρι.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

2) Ἐκ τοῦ στομίου φρεάτος ἀφίνομεν νὰ πέσῃ λίθος. Μετὰ παρέλευσιν 3 δευτερολέπτων ἀπὸ τῆς πτώσεως τοῦ λίθου ἀκούομεν τὸν ἦχον τὸν παραχθέντα ἐκ τῆς προσκρούσεως τοῦ λίθου ἐπὶ τοῦ ὕδατος. Νὰ εὑρεθῇ τὸ βάθος τοῦ φρεάτος. Ταχύτης τοῦ ἤχου κατὰ δευτερόλεπτον 337 μ. (Ἀπόκρ. 40,80 μέτρ.).

3) Βλῆμα ῥίπεται ὀριζοντίως μετὰ ταχύτητος 200 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Μετὰ παρέλευσιν 5 δευτερολέπτων ἀκούομεν τὸν κρότον τὸν πα-

λυμά τι, λ. χ. τοίχον, εὐθύς ὡς συναντήσωσι τοῦτο ἀλλάσσουν διεύθυνσιν ἐπιστρέφοντα πρὸς τὰ ὀπίσω. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ λέγομεν, ὅτι τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀνακλῶνται, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀνάκλασις τοῦ ἤχου.

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

Ὁ ἤχος ἀνακλᾶται προσπίπτων ἐπὶ διαφόρων κωλυμάτων, λ. χ. ἐπὶ τοίχων, ἐπὶ κρημνῶν ἀποτόμων, ἐπὶ νεφῶν (ἀνάκλασις τῆς βροντῆς), ἐπὶ δένδρων καὶ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Ἐὰν δὲ τις δεχθῇ τὸν ἀνακλῶμενον ἤχον, νομίζει ὅτι οὗτος προέρχεται ἐκ τοῦ μέρους ἐνθα ἐγένετο ἡ ἀνάκλασις.

γ. Ἡχώ. Συμβαίνει πολλάκις ὅταν ἰστάμεθα ἐνώπιον κωλύματος, λ. χ. τοίχον, καὶ φωνῶμεν μεγαλοφώνως, νὰ ἀκούωμεν μετὰ τινα χρόνον καὶ δεύτερον ἤχον, ὡς ἐὰν ἀπῆντα πρὸς ἡμᾶς ἕτερον πρόσωπον ἐπαναλαμβάνον τὸν αὐτὸν ἤχον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἡχώ (κ. ἀντίλαλος).

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

Θεωρήσωμεν κατὰ πρῶτον βραχύν τινα ἤχον π. χ. κρότον. Ἵνα παραχθῇ ἡχώ, πρέπει τὸ κώλυμα ἐπὶ τοῦ ὁποίου γίνεται ἡ ἀνάκλασις νὰ εὑρίσκηται εἰς ἀπόστασιν τοῦλάχιστον 17 μέτρων καὶ ὁ λόγος εἶναι ὁ ἐξῆς. Τὸ αἰσθημα τοῦ ἤχου διαρκεῖ ἐπὶ τοῦ ἀκουστικοῦ ἡμῶν ὄργάνου τοῦλάχιστον $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου, ἐπομένως διὰ νὰ ἀκούσωμεν εὐκρινῶς δύο διαδοχικοὺς ἤχους, πρέπει νὰ μεσολαβήσῃ μετὰξὺ αὐτῶν χρονικὸν διάστημα μεγαλύτερον τοῦ $\frac{1}{10}$ τοῦ δευτερολέπτου. Ἐπειδὴ δὲ κατὰ τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα ὁ ἤχος διανύει 34 μέτρα (εἰς 1 δευτερόλεπτον διανύει 340 μέτρα), πᾶς παρατηρητὴς εὐρισκόμενος εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κωλύματος μείζονα τῶν 17 μέτρων, θὰ δεχθῇ εἰς τὰ ὦτα αὐτοῦ τὸν ἀνακλῶμενον ἤχον, ὅταν θὰ ἔχῃ ἤδη σβεσθῇ ἐν αὐτοῖς τὸ αἰσθημα τοῦ ἀπ' εὐθείας ἐλθόντος ἤχου.

Διὰ τοὺς ἐνάριθμους ἤχους, ἵνα ἀκουσθῇ εὐκρινῶς ἡχώ, ἀπαιτεῖται ἀπόστασις τοῦλάχιστον διπλασία, δηλ. 34 μέτρα. Τοῦτο ὀφείλεται

εἰς τὸ ὅτι δὲν δύναται τις νὰ ἀπαγγείλῃ, ἢ νὰ ἀκούσῃ εὐκρινῶς, πλέον τῶν πέντε συλλαβῶν κατὰ δευτερόλεπτον.

Ἡ εὐκρίνεια λοιπὸν τῆς ἡχοῦς λέξεώς τινος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν συλλαβῶν αὐτῆς. Ἐὰν ἀπαγγείλωμεν μεγαλοφώνως λέξιν τινὰ πολυσύλλαβον ἐνώπιον κωλύματος ἀπέχοντος 34 μέτρα ἀφ' ἡμῶν, ἡ ἡχὴ θὰ ἐπαναλάβῃ μόνον τὴν τελευταίαν συλλαβὴν τῆς ἀπαγγελθείσης λέξεως. Ἡ τοιοῦτῃ ἡχὴ καλεῖται **μονοσύλλαβος**. Ἐὰν τὸ κώλυμα ἀπέχῃ δύο, τρεῖς κλπ. φορὰς 34 μέτρα, ἡ ἡχὴ θὰ εἶναι δισύλλαβος, τρισύλλαβος κ. λ. π., θὰ ἐπαναλάβῃ δηλ. τὰς τελευταίας δύο, τρεῖς, κ. λ. π. διαδοχικὰς συλλαβάς. Διὰ νὰ ἀκούσωμεν λοιπὸν ἀκεραίαν τὴν ἡχὴν πεντασύλλαβου π. χ. λέξεως τὴν ὁποίαν ἡμεῖς ἀπαγγέλωμεν ἐντὸς δευτερολέπτου, πρέπει τὸ κώλυμα νὰ ἀπέχῃ ἀφ' ἡμῶν 5×34 μέτρα.

Ἡ ἡχὴ ἥτις ἐπαναλαμβάνει ἀπαξ μόνον ἡχὸν τινὰ λέγεται **ἀπλῆ**, ἡ δὲ ἡχὴ ἥτις ἐπαναλαμβάνει πολλάκις τὸν αὐτὸν ἡχον λέγεται **πολλαπλῆ**. Τοῦτο συμβαίνει 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, ἅτινα θὰ ἀποστέλλωσι τὸν ἡχον ἀλληλοδιαδόχως τὸ ἓν πρὸς τὸ ἕτερον.

8. Ἀντήχησις. Συμβαίνει πολλάκις, ὅταν ἰστάμεθα ἐνώπιον κωλύματος καὶ φωνῶμεν, νὰ ἀκούσωμεν τὸν ἡχον ἰσχυρότερον καὶ διαρκέστερον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀντήχησις.

Ὁρισμός. Καλεῖται **ἀντήχησις** τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ἡχὸς τις γίνεται ἰσχυρότερος καὶ διαρκέστερος.

Ἵνα παραχθῇ ἀντήχησις, πρέπει ἡ ἀπόστασις τοῦ ὁμιλοῦντος ἀπὸ τοῦ κωλύματος νὰ εἶναι μικροτέρα τῶν 17 μέτρων διὰ τοὺς βραχεῖς ἡχοὺς. Ὁ λόγος εἶναι ὁ ἑξῆς. Ὁ ἀνακλώμενος ἡχος ἐπιστρέφει εἰς τὰ ὧτα ἡχῶν τόσον ταχέως ἕνεκα τῆς μικρᾶς ταύτης ἀποστάσεως, ὥστε οὗτος συμπίπτει σχεδὸν μὲ τὸν ἀπ' εὐθείας ἡχον. Ἐνεκα τούτου δὲν θὰ ἀκούσωμεν τοὺς δύο ἡχους κεχωρισμένους, ἀλλὰ μόνον τὸν ἀπ' εὐθείας ἡχον, ὅστις ἐνισχύεται ὑπὸ τοῦ ἀνακλωμένου καὶ καθίσταται οὕτω ἰσχυρότερος καὶ διαρκέστερος.

Ἀντήχησις παρὰγεται ὅταν φωνῶμεν ὑπὸ τοὺς θόλους τῶν γεφυρῶν, ἐντὸς σπηλαίων καὶ ἐντὸς διαφόρων οἰκοδομημάτων, π. χ. θεάτρων, ἐκκλησιῶν, δεξαμενῶν, αἰθουσῶν κ. λ. π. Ἵνα αἰθουσά

τις, π. χ. ἐκκλησία, εἶναι καλὴ ἀπὸ ἀπόψεως ἀκουστικῆς, πρέπει νὰ μὴ παράγῃται ἐν αὐτῇ ἡχώ, ἀλλὰ μόνον ἀντήχησις, ἡ δὲ ἀντήχησις νὰ εἶναι ὅσον τὸ δυνατόν μικρᾶς διαρκείας, διότι τότε μόνον ὁ ἀκροατὴς θὰ ἀκούῃ ἕναστον παραγόμενον ἦχον εὐκρινῶς καὶ κεχωρισμένως ἀπὸ τοὺς ἄλλους ἦχους. Αἱ αἰθουσαι εἶναι συνήθως λίαν ἀντηχητικαὶ καὶ ὅταν εἶναι γυμναί, ἔνεκα τῆς ἀνακλάσεως τοῦ ἡχου ἐπὶ τῶν πέριξ τοίχων καὶ τῆς ὀρθοφῆς. Ὅταν ὁμως αὐταὶ περιέχωσι διάφορα ἀντικείμενα, λ. χ. τάπητας, ὑφάσματα, ἔπιπλα κ. λ. π., ἡ ἀντήχησις ἐμποδίζεται, διότι ὁ ἦχος δὲν ἀνακλᾶται κανονικῶς, καθ' ὅσον οὗτος κατὰ τὸ πλεῖστον ἀπορροφᾶται τρόπον τινὰ ὑπὸ τῶν ἀντικειμένων, κατ' ἐλάχιστον δὲ ἢ καὶ οὐδόλως ἀνακλᾶται.

Συμπέρασμα. Ἡ ἡχώ καὶ ἡ ἀντήχησις παράγονται διὰ τῆς ἀνακλάσεως τοῦ ἡχου.

Α Σ Κ Η Σ Ι Σ

Δύο τοῖχοι Α καὶ Β εἶναι παράλληλοι καὶ ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων 127,50 μέτρα. Μεταξὺ αὐτῶν τοποθετεῖται παρατηρητὴς εἰς ἀπόστασιν 85 μέτρων ἀπὸ τοῦ Α καὶ 42,50 μέτρων ἀπὸ τοῦ Β, ὅστις κατὰ τινα στιγμήν ῥίπτει πυροβολισμόν. Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἀκούσῃ διαδοχικῶς τὴν ἡχώ τῆς ἐκπυροσκορήσεως; Ταχύτης τοῦ ἡχου 340 μέτρα. (Ἀπόκρ. Τὸν πρῶτον ἦχον μετὰ $\frac{1}{4}$ τοῦ δευτερολέπτου καὶ τοὺς ἄλλους μεθ' ἕναστον $\frac{1}{4}$ τοῦ δευτερολέπτου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

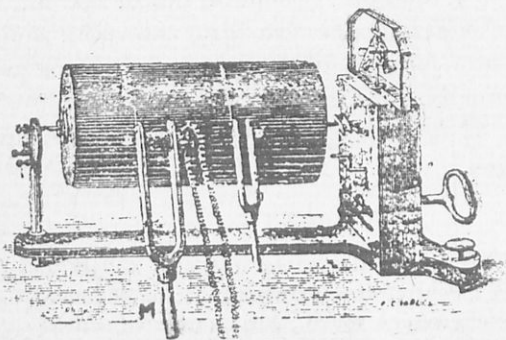
ΧΑΡΑΚΤΗΡΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

9. Χαρακτῆρες τοῦ ἡχου. Εἰς πάντα ἦχον τὸ οὖς ἡμῶν διακρίνει τρία χαρακτηριστικὰ ἢ γνωρίσματα· τὸ *ὑψος*, τὴν *ἐνταση* καὶ τὴν *χρoιάν*.

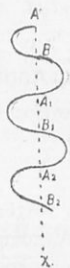
10. Ὑψος τοῦ ἡχου. Δύο ἦχοι δυνατόν νὰ διαφέρωσιν ἀλλήλων κατὰ τὸ *ὑψος*, ἥτοι ὃ εἷς νὰ φαίνεται εἰς τὸ οὖς ἡμῶν κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἥττον ὀξύτερος παῦ ἄλλου. Οἱ ὀξεῖς ἦχοι λέγονται καὶ *ὑψηλοί*, οἱ δὲ βαρεῖς λέγονται καὶ *χαμηλοί*. Τὸ ὑψος ἢ ὀξύτης τοῦ ἡχου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ τὸ ἡχογόνον σῶμα κατὰ δευτερόλεπτον. Ἦτοι ὁ ἦχος εἶναι

τοσούτῳ ὀξύτερος, ὅσῳ ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν εἶναι μεγαλύτερος, καὶ τοσούτῳ βαρύτερος, ὅσῳ ὁ ἀριθμὸς οὗτος εἶναι μικρότερος ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ.

Προσδιορισμὸς τοῦ ὕψους. Ἵνα προσδιορίσωμεν τὸ ὕψος ἤχου τινός, μεταχειριζόμεθα τὴν **γραφικὴν μέθοδον**. Αὕτη παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι αὐτὸ τοῦτο τὸ ἡχογόνον σῶμα καταγράφει τοὺς παλμούς του. Πρὸς ἐφαρμογὴν τῆς μεθόδου ταύτης λαμ-



Σχ. 12. Προσδιορισμὸς ὕψους διὰ γραφικῆς μεθόδου.



Σχ. 13. Καταγραφὴ κυματοειδοῦς γραμμῆς.

βάνομεν μετάλλινον κύλινδρον, ὀριζόντιον (σχ. 12), ὅστις δύναται νὰ περιστρέφηται περὶ τὸν ἄξονά του, τῇ βοηθείᾳ ὥρολογιακοῦ μηχανισμοῦ. Τοῦτον καλύπτομεν διὰ φύλλον χαρτοῦ λείου, ἐπὶ τοῦ ὁποίῳ ἐναποθέτομεν λεπτὸν στρώμα αἰθάλης. Πλησίον τοῦ κύλινδρου τοποθετοῦμεν τὸ παλλόμενον σῶμα (ἔλασμα ἢ διαπασῶν λ. χ.), οὕτως ὥστε τοῦτο νὰ πᾶλληται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κύλινδρου. Ἐπὶ τοῦ ἑνὸς δὲ σκέλους τοῦ διαπασῶν προσαρμολύομεν μικρὰν ἀκίδα D, ἥτις νὰ ἐφάπτηται ἐλαφρῶς τοῦ στρώματος τῆς αἰθάλης.

Ὅταν τὸ παλλόμενον σῶμα ἡρεμῇ, ὁπότε δὲν παράγεται ἡχος, ὁ δὲ κύλινδρος περιστρέφεται, ἡ ἀκὴς καταγράφει ἐπὶ τοῦ ἡθαλωμένου χαρτοῦ **εὐθεϊαν** γραμμὴν A X (σχ. 13). Ὅταν ὅμως τὸ σῶμα πᾶλληται, ὁπότε παράγει ἡχος, ἡ ἀκὴ συμπάλλεται μετ' αὐτοῦ καὶ καταγράφει ἐπὶ τοῦ χαρτοῦ **κυματοειδῆ** γραμμὴν, ἥτις τέμνεται ὑπὸ τῆς εὐθείας γραμμῆς τῆς καταγραφομένης ὑπὸ τῆς ἀκίδος ὅταν τὸ σῶμα ἡρεμῇ. Ἐὰν δὲ διὰ τινος χρονομέτρου προσδιορίσωμεν τὸν χρόνον καθ' ὃν καταγράφεται ἡ κυματοειδὴς γραμμὴ καὶ μετρή-

σωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν κυματισμῶν ταύτης, θὰ ἔχωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐξετέλεσε τὸ ἡχοῦν σῶμα ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Καὶ ἐὰν διαιρέσωμεν τὸν ἀριθμὸν τοῦτον διὰ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν δαπανηθέντων δευτερολέπτων, θὰ ἔχωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν τοῦ ἡχοῦντος σώματος κατὰ δευτερόλεπτον.

Ἐπαναλαμβάνοντες τὸ αὐτὸ πείραμα καὶ δι' ἄλλου διαπασῶν παράγοντος ὀξύτερον ἦχον, θὰ λάβωμεν ἄλλην κυματοειδῆ γραμμὴν, ἣτις θὰ περιλαμβάνῃ περισσότερους κυματισμοὺς κατὰ δευτερόλεπτον, ἐπομένως θὰ δεικνύῃ καὶ περισσότερους παλμοὺς τοῦ ἡχοῦντος σώματος κατὰ δευτερόλεπτον. Τὸ σχῆμα 14 παριστᾷ δύο κυματοεῖδεις γραμμὰς, καταγραφείσας ὑπὸ δύο διαφόρων διαπασῶν.

Συμπέρασμα. Ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν τοῦ ὀξύτερου ἤχου εἶναι μεγαλύτερος τοῦ τοῦ βαρυτέρου ἤχου ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ, καὶ ἐπομένως τὸ ὕψος ἢ ἡ ὀξύτης τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ τὸ ἡχογόνον σῶμα κατὰ δευτερόλεπτον.



Σχ. 14. Καταγραφή δύο κυματοειδῶν γραμμῶν.

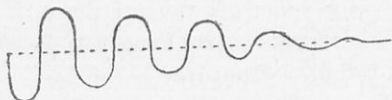
II. Ὅροι τῶν ἀντιληπτῶν ἤχων.

Αἰσθανομένου ἢ ἐλαττωμένου τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ τὸ ἡχογόνον σῶμα κατὰ δευτερόλεπτον, παράγονται ἐπὶ τέλους ἤχοι ὀξύτατοι ἢ βαρυτάτοι, τοὺς ὁποίους τὸ ἀνθρώπινον οὖς δὲν δύναται νὰ ἀντιληφθῇ καὶ ἐπομένως δὲν εἶναι πλέον ἀκουστοί. Καὶ ὁ μὲν βαρυτάτος ἀκουστός ἤχος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὕψος 16 παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον, ὁ δὲ ὀξύτατος ἀκουστός ἤχος ἀντιστοιχεῖ 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.

12. Ἔντασις τοῦ ἤχου. Δύο ἤχοι ἔχοντες τὸ αὐτὸ ὕψος δυνατόν νὰ διαφέρωσιν ἀλλήλων κατὰ τὴν *έντασιν*, ἥτοι ὁ εἰς νὰ φαίνεται εἰς τὸ οὖς ἡμῶν *έντατικώτερος*, δηλαδὴ ἰσχυρότερος τοῦ ἄλλου.

Ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου ἐπιδρωσι διάφορα αἷτια, ἅτινα εἶναι τὰ ἑξῆς.

1) Τὸ πλάτος τῶν παλμῶν. 1ον) Κώδων κρουόμενος ἐλαφρῶς παράγει ἤχον ἀσθενῆ, ὁ αὐτὸς ὅμως κώδων κρουόμενος ἰσχυρῶς παράγει ἤχον ἐντατικόν, ὅστις ἐξασθενίζεται σὺν τῷ χρόνῳ καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. 2ον) Ἐλασμα χαλίβδινον ἐστερεωμένον κατὰ τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ ἐπὶ τραπέζης παράγει ἤχον τοσοῦτον ἰσχυρότερον, ὅσῳ μεγαλυτέρα ἦτο ἡ ἀρχικὴ κίμῃς εἰς τὴν ὁποίαν τὸ ἔλασμα ὑπεβλήθη. 3ον) Ἐὰν τὸ ἐν σκέλος διαπασῶν κρούσωμεν ἐλαφρῶς ἐπὶ τραπέζης παράγει ἤχον ἀσθενῆ, ἐὰν ὅμως τὸ κρούσωμεν ἰσχυρῶς, τότε παράγει ἤχον ἰσχυρόν, ὅστις ἐξασθενίζεται σὺν τῷ χρόνῳ καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. Ἐὰν δὲ τὸ διαπασῶν καταγράφῃ ἐπὶ ἠθαιωμένης ὑαλίνης πλακῶς τὴν κυματοειδῆ γραμμὴν τῶν παλμῶν του (σχ. 15), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ πλάτος τῶν



Σχ. 15. Ἐλάττωσις τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν.

παλμῶν, ἐνῷ κατ' ἀρχὰς εἶναι μέγα, βαίνει ἐλαττούμενον καὶ τέλος μηδενίζεται. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων συνάγομεν, ὅτι ἡ ἐντασις τοῦ ἤχου εἶναι τοσοῦτον μεγαλυτέρα, ὅσῳ τὸ πλάτος τῶν παλμῶν τοῦ ἡχογόνου σώματος εἶναι μεγαλύτερον.

2) Ἡ ἔκτασις τοῦ ἡχογόνου σώματος. Κώδων κρουόμενος παράγει ἤχον ἰσχυρότερον ἢ χορδῇ, διότι ἡ ἐπιφάνεια διὰ τῆς ὁποίας ὁ κώδων πλήττει τὸν ἀέρα εἶναι μεγαλυτέρα.

3) Ἡ γειτνίασις καταλλήλων σωμάτων. Διαπασῶν παλλόμενον ἐν τῷ ἀέρι παράγει ἤχον ἀσθενῆ. Ἐὰν ὅμως στηριχθῇ διὰ τοῦ ποδός του ἐπὶ τραπέζης ἢ ἐπὶ θρανίου, καὶ μάλιστα ἐπὶ ξυλίνου κιβωτίου ἔχοντος λεπτὰ τοιχώματα, ἀκούομεν τὸν ἤχον αὐτοῦ ἰσχυρότερον, διότι ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ διαπασῶν μεταδίδεται καὶ εἰς τὰ σώματα ταῦτα, ἅτινα συμπαλλόμενα πλήττουσι τὸν ἀέρα διὰ μεγαλυτέρας ἐπιφανείας. Οὗτος δὲ εἶναι καὶ ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον εἰς πάντα τὰ ἐγχορδα ὄργανα αἱ χορδαὶ πείνονται ἐπὶ ξυλίνου σκάφους μετὰ λεπτῶν τοιχωμάτων περιουμένων **ἀντηχείου**. Καὶ

ένισχύεται μὲν τοιοντοτρόπως ὁ ἦχος, διαρκεῖ ὅμως ὀλιγώτερον χρόνον.

4) Ἡ πυκνότης τοῦ αέριου ἐν τῷ ὁποίῳ ὁ ἦχος παράγεται. Εἶδομεν ὅτι καθ' ὅσον ἀραιώνομεν τὸν ἐν τῇ σφαίρᾳ ὑπάρχοντα αέρα (§ 3), ἀκούομεν τὸν ἦχον τοῦ κωδωνίου ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀσθενέστερον. Ἡ ἔντασις λοιπὸν τοῦ ἡχου ἐλαττοῦται καθ' ὅσον ἐλαττοῦται καὶ ἡ πυκνότης τοῦ αέρος ἐν τῷ ὁποίῳ παράγεται καὶ διαδίδεται ὁ ἦχος. Οὗτος δὲ εἶναι καὶ ὁ λόγος ἕνεκα τοῦ ὁποίου ἡ ἐκπυρσοκρότησις ὀπλοῦ ἐπὶ τῆς κορυφῆς ὄρους, λ.χ. τῶν Ἀλπεων, ὁμοιάζει μὲ τὸν κρότον ξύλου θραυομένου. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἦχος παραγόμενος εἰς τὰς πλευρὰς ὄρους δὲν γίνεται πολὺ ἀκουστός εἰς τὴν πεδιάδα, ἐνῷ, τοῦναντίον, ὁ αὐτὸς ἦχος παραγόμενος εἰς τὴν πεδιάδα γίνεται ἀκουστότερος εἰς τὰς πλευρὰς τοῦ ὄρους.

Ἐὰν ἐκ τῆς ὑαλίνης σφαίρας ἀφαιρέσωμεν τελείως τὸν αέρα καὶ ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ ἐν αὐτῇ ὕδρογόνον ἢ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ὑπὸ τὴν συνήθη ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ ἐν τῷ ὕδρογόνῳ παραγόμενος ἦχος εἶναι ἀσθενέστερος τοῦ ἐν τῷ διοξειδίῳ τοῦ ἄνθρακος παραγομένου, διότι τὸ ὕδρογόνον εἶναι ἀραιότερον τοῦ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος. Ἡ ἔντασις λοιπὸν τοῦ ἡχου εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰ πυκνότερα αέρια,

5) Ἡ διατάραξις τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ αέρος. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι ὁ ἦχος φαίνεται πάντοτε ἰσχυρότερος, ὅταν ἔχη τὴν αὐτὴν φορὰν μὲ τὸν ἄνεμον καὶ ἀσθενέστερος ὅταν ἔχη τὴν ἀντίθετον. Ἡ διατάραξις λοιπὸν τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ αέρος ἐπιδρᾷ σπουδαίως ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡχου καθιστῶσα αὐτὸν ἰσχυρότερον ἢ ἀσθενέστερον. Ὁ ἦχος καθὼς καὶ ἡ ἡχὴ εἶναι ἀκουστότερος κατὰ τὴν νύκτα, διότι τὴν μὲν ἡμέραν ὁ ἀῆρ εἶναι μᾶλλον τεταραγμένος καὶ ἀνισόπυκνος, ἐνῷ τὴν νύκτα εἶναι ὁπωσδήποτε ἡρεμώτερος καὶ ἰσόπυκνος.

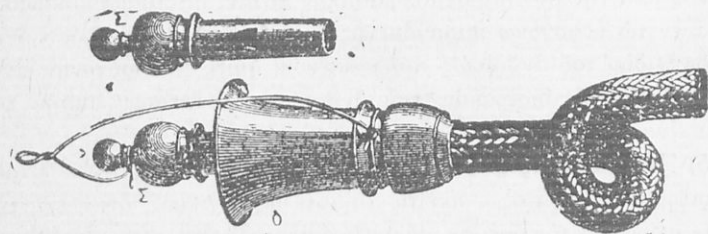
6) Ἡ ἀπόστασις τοῦ ἡχογόνου σώματος. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἡχου τὸν ὁποῖον παράγει κώδων π. χ. κρουόμενος ἐλαττοῦται, ὅταν ἀπομακρυνώμεθα ἀπὸ τοῦ ἡχογόνου σώματος καὶ ὅτι εἷς τινὰ ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ ὁ ἦχος δὲν εἶναι πλέον ἀκουστός. Ἀποδεικνύεται δὲ πειραματικῶς, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἡχου μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀγαλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως ἡμῶν ἀπὸ τοῦ ἡχογόνου σώματος. Ἀλλ' ὁ νόμος οὗτος ἰσχύει μόνον, ὅταν ὁ ἦχος διαδίδηται ἐντὸς αέρος πανταχόθεν ἐλευ-

θέρου, διότι τότε τὰ ἡχητικὰ κύματα διαδίδονται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις ὑπὸ μορφὴν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν.

13. Ἐνέσχυσις τοῦ ἤχου διὰ τῶν σωλήνων.—Ὅταν ὁ ἤχος διαδίδηται οὐχὶ ἐν τῷ πανταχόθεν ἐλευθέρῳ ἀέρι, ἀλλ' ἐν τῷ ἀέρι σωλήνος καὶ μάλιστα εὐθέος καὶ κυλινδρικοῦ, τότε δύναται νὰ μεταδοθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ἄνευ αἰσθητῆς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεώς του. Τοῦτο παρατήρησεν ὁ Βίot ἐντὸς ὑδραγωγοῦ σωλήνος τῶν Παρισίων μήκους 951 μέτρων. Ἡ ἐντασις τῆς φωνῆς τῆς παραγομένης εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σωλήνος τόσον ὀλίγον ἠλαττοῦτο ὅταν ἔφθανεν εἰς τὸ ἔτερον ἄκρον, ὥστε ἦτο δυνατόν νὰ γίνῃ ἀκουστὴ εἰς τὸ ἄκρον τοῦτο. Οἱ σωλήνες λοιπὸν ἔχουσι τὴν ιδιότητα νὰ ἐνισχύωσι τὸν δι' αὐτῶν μεταδιδόμενον ἤχον.

14. Ἐφαρμογὰί.—Τῆς ἀνωτέρω ιδιότητος τῶν σωλήνων ἐγένοντο πολλὰ πρακτικὰ ἐφαρμογαί.

1ον. Ἀκουστικοὶ σωλήνες. Οἱτοὶ εἶναι πραγματικὰ ἀκου-



Σχ. 16. Ἀκουστικὸς σωλήν.

στικὰ τηλέφωνα καὶ χρησιμεύουσιν ἵνα συνδιαλεγώμεθα ἐξ ἀποστάσεως οὐχὶ ὅμως καὶ τόσον μεγάλης. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἐκ κυλινδρικῶν σωλήνων εὐκάμπτων, ἐκ καουτσούκ, οἵτινες ἀπολήγουσιν εἰς ἀμφοτέρω τὰ ἅκρα των εἰς ὀλμους Ὁ κερατίνους, ἢ ὀστρί- νους, ἢ ἐξ ἐβονίτου (σχ. 16). Εἰς ἕκαστον τῶν δύο τούτων ὀλμων δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ σύριγξ Σ.

Ἀφοῦ ἀφαιρέσωμεν τὴν σύριγγα ἐκ τοῦ ὀλμου, φρυῶμεν κατ' ἀρχὰς ἐν τῷ σωλήνι, ἵνα διὰ τοῦ παραγομένου συριγμοῦ εἰς τὸν ἔτερον ὀλμον εἰδοποιήσωμεν τὸ πρόσωπον μεθ' οὗ θέλομεν νὰ συνδιαλεχθῶμεν, ἀμέσως δὲ ἐφαρμόζομεν πάλιν τὴν σύριγγα εἰς τὸν ὀλμον αὐτῆς. Καθ' ὅμοιον τρόπον συρίζει καὶ ἐκεῖνος, ἵνα μᾶς εἰδοποιήσῃ ὅτι εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν του καὶ ἀμέσως ἐφαρμόζει τὸν

ὄλμον εἰς τὸ οὖς αὐτοῦ, ἐνῶ ὁ προσκαλῶν ὁμιλεῖ χαμηλοφώνως ἐν τῷ ἐτέρῳ ὄλμῳ.

2ον. **Τηλεβόας.** Οὗτος χρησιμεύει ἵνα μεταβιβάζωμεν τὴν φωνὴν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Κατασκευάζεται ἐκ μεταλλίνου σωλή-
νος σχήματος κωνικοῦ ἐπιμήκους (σχ. 17) καὶ τὸ μὲν ἐν ἄκρον αὐ-
τοῦ εἶναι πολὺ εὐρύτερον καὶ καλεῖται **κώδων**, τὸ δὲ ἕτερον εἶναι
στενώτερον ἀπολήγον εἰς ὄλμον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου φωνεῖ τις, στρέ-



Σχ. 17. Τηλεβόας.

φων τὸν κώδωνα πρὸς τὸ μέρος πρὸς τὸ ὁποῖον θέλει νὰ γίνῃ ἀκου-
στός. Καλὸς τηλεβόας δύναται νὰ μεταφέρει τὴν φωνὴν εἰς ἀπό-
στασιν 5—6 χιλιομέτρων. Ἡ ιδιότης αὕτη τοῦ τηλεβόα ὀφείλεται
εἰς τὰς διαδοχικὰς ἀνακλάσεις τῶν ἡχητικῶν ἀκτίνων ἐπὶ τῶν ἐσω-
τερικῶν τοιχωμάτων τοῦ ὁργάνου, ἕνεκα τῶν ὁποίων αἱ ἡχητικαὶ
ἀκτῖνες ἐξέρχονται ἐκ τοῦ κώδωνος συγκεντρωμέναι κατὰ διεύθυ-
σιν παράλληλον τῷ ἄξονι τοῦ ὁργάνου. Ἡ ἀπόστασις εἰς ἣν μετα-
δίδεται ἡ φωνὴ ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν διαστάσεων τοῦ ὁργάνου.

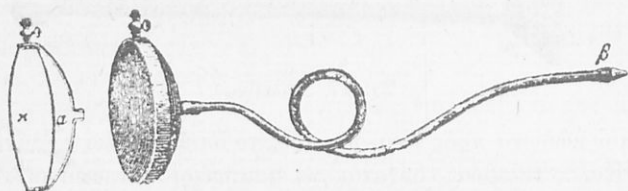
3ον. **Ἀκουστικὸν κέρας.** Τοῦτο χρησιμεύει εἰς τοὺς βαρη-
κόους. Ὑπάρχουσι δὲ διάφοροι τύποι ἀκουστικοῦ κέ-
ρατος. Τὸ ἀπλούστερον τούτων εἶναι μετάλλινος σω-
λὴν κωνικὸς (σχ. 18), οὗτινος τὸ μὲν ἐν ἄκρον ἀπο-
λήγει εἰς εὐρὺν ὄλμον, τὸ δὲ ἕτερον εἰς στενὸν στό-
μιον. Καὶ ὁ μὲν εὐρὺς ὄλμος στρέφεται πρὸς τὸν ὁμι-
λοῦντα καὶ χρησιμεύει ὅπως δέχεται τὰς ἡχητικὰς
ἀκτῖνας, αἵτινες, ἀνακλόμεναι πολλάκις ἐπὶ τῶν ἐσω-
τερικῶν τοιχωμάτων τοῦ ὁργάνου, μεταφέρονται μέ-
χρι τοῦ στενοῦ στομίου αὐτοῦ, ὅπου εἰσάγεται εἰς τὸν
ἀκουστικὸν πόρον τοῦ βαρηκόου. Τοιουτοτρόπως
παράγεται εἰς τὸ οὖς αὐτοῦ ἐντύπωσις λίαν ζωηρὰ ὑπὸ τῶν συγκεν-
τρωμένων ἀκτίνων.



Σχ. 18. Ἀκου-
στικὸν κέρας.

4ον. **Στηθοσκόπιον.** Τοῦτο χρησιμεύει εἰς τοὺς ἰατροὺς διὰ
τὴν ἀκρόασιν τῶν ἀσθενῶν. Ὑπάρχουσι δὲ διάφοροι τύποι στηθο-

σκολίου, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ τοῦ Koenig (σχ. 19), ἀποτελεῖται ἐκ χαλκίνης κάρτης, ἐκ τοῦ κέντρου τῆς ὁποίας ἄρχεται σωλὴν ἐκ καουτσούκ ἀπολήγων εἰς κεράτινον ἢ ὀστεῖνον ἄκρον. Τὸ ἀνοιγμα τῆς κάρτης κλείεται διὰ μεμβράνης ἐκ καουτσούκ κ , τὸ δὲ ἐσωτερικὸν αὐτῆς διαορεῖται 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 κάρτης. Ἐὰν ἐκ τῆς στρόφιγγος ἐμφυσήσωμεν ἄερα εἰς τὸ διαμέρισμα τοῦτο, αἱ μεμβράναι λαμβάνουσι τὸ σχῆμα ἀμφικύρτου φακοῦ.



Σχ. 19. Στηθοσκόπιον τοῦ Koenig.

Κατὰ τὴν χρῆσιν τοῦ ὁργάνου ἡ μὲν ἐξωτερικὴ μεμβράνη τῆς κάρτης ἐφαρμόζεται ἐπὶ τοῦ στήθους τοῦ ἀσθενοῦς, τὸ δὲ ἄκρον τοῦ σωλῆνος εἰσάγεται εἰς τὸν ἀκουστικὸν πόρον τοῦ ἱατροῦ. Διὰ τοῦ ὁργάνου τούτου οἱ παλμοὶ τῆς καρδίας καὶ ὁ ψίθυρος τῆς ἀναπνοῆς μεταδίδονται πιστῶς μέχρι τοῦ ὠτός τοῦ ἱατροῦ, ἀφ' ἐνὸς μὲν διὰ τοῦ ἐν τῇ κάρτῃ ἁέρος, καὶ ἀφ' ἑτέρου διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ σωλῆνος.

15. Χροιά τοῦ ἤχου.—Α') Ἀρμονικοὶ ἤχοι. Ἐστὼ ἤχος τις τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος εἶναι ν (ἥτοι ν εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον). Καλοῦνται **ἀρμονικοὶ ἤχοι** τούτου πάντες οἱ ἤχοι τῶν ὁποίων τὰ ὕψη εἶναι ἀκέραια πολλαπλάσια τοῦ ν , ἥτοι 2ν , 3ν , 4ν , ... Ἡ σειρὰ λοιπὸν τῶν ἀρμονικῶν ἤχων συμπεριλαμβανομένου καὶ τοῦ δοθέντος εἶναι ν , 2ν , 3ν , 4ν , ... Ἐκ τούτων ὁ πρῶτος ἀρμονικὸς ν , ὅστις εἶναι ὁ βαρύτερος πάντων, εἶναι αὐτὸς οὗτος ὁ δοθεὶς καὶ καλεῖται **θεμελιώδης**, οἱ δὲ λοιποὶ εἶναι οἱ ἀρμονικοὶ τοῦ ν θεμελιώδους. Κατωτέρω θέλομεν ἶδει τίνι τρόπῳ μία χορδὴ παλλομένη δύναται νὰ παραγάγῃ ὁλόκληρον σειρὰν ἀρμονικῶν ἤχων.

Β') Ὁρίσμός τῆς χροιάς καὶ ἐξήγησις αὐτῆς. Δύο διά-

φορα μουσικά ὄργανα, π. χ. βιολίον καὶ μανδολῖνον, δυνατὸν νὰ παράγωσιν ἤχους τοῦ αὐτοῦ ὕψους καὶ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως, ἐν τούτοις οἱ παραγόμενοι ἤχοι δὲν παράγουσιν εἰς τὸ οὖς ἡμῶν τὴν αὐτὴν ἐντύπωσιν, καὶ διὰ τοῦτο λέγομεν ὅτι οἱ δύο οὗτοι ἤχοι δὲν ἔχουσι τὴν αὐτὴν χροιάν. — **Ὅρισμός.** Καλεῖται *χροιά* τὸ γνῶρισμα διὰ τοῦ ὁποίου διακρίνομεν ἀπ' ἀλλήλων ἤχους τοῦ αὐτοῦ ὕψους καὶ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως, προερχομένους ἐκ διαφόρων ὀργάνων. Ἔνεκα τῆς χροιάς τοῦ ἤχου διακρίνομεν τὰ ἠχοῦντα μουσικά ὄργανα καὶ ἀναγνωρίζομεν καὶ τὰ ἄδοντα πρόσωπα χωρὶς νὰ βλέπωμεν αὐτά.

Ἵνα ἐξηγήσῃ τὴν χροιάν τοῦ ἤχου ὁ Helmholtz προέβη εἰς τὴν ἀνάλυσιν καὶ τὴν σύνθεσιν τοῦ ἤχου, καὶ κατέληξεν εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα.

1ον Ὅτι οἱ ἤχοι οἱ ὑπὸ τῶν μουσικῶν ὀργάνων παραγόμενοι δὲν εἶναι ἀπλοῖ, ἀλλὰ σύνθετοι. Ἦτοι ἕκαστος τούτων δὲν ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς μόνον κυρίου ἢ θεμελιώδους ἤχου, ἀλλὰ καὶ τινων ἐκ τῶν ἁρμονικῶν αὐτοῦ, οἵτινες συνοδεύουσι τὸν θεμελιώδη ἤχον καὶ δύνανται νὰ ἠῶσι συγχρόνως μετ' αὐτοῦ. Πλουσιώτατα εἰς ἁρμονικοὺς ἤχους εἶναι τὸ κλειδοκύμβαλον καὶ τὸ βιολίον.

2ον. Ὅτι ἡ διαφορὰ τῆς χροιάς δύο ἤχων ὀφείλεται εἰς τοὺς ἁρμονικοὺς τοὺς συνοδεύοντας τὸν θεμελιώδη ἤχον, οἵτινες διαφέρουσιν εἴτε κατὰ τὸ ὕψος, εἴτε κατὰ τὴν ἐντασιν, εἴτε καὶ κατ' ἀμφοτέρα.

16. Μουσική. Α') **Μουσικὸν διάστημα.** — Καλεῖται *μουσικὸν διάστημα* δύο ἤχων, τὸ πηλίκον τῆς διαμέσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμῶν τοῦ ὀξυτέρου 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 ἀκούμενοι 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 μουσικὴν, ἐκείνο τὸ ὁποῖον εὐκόλως ἀναγνωρίζομεν εἶναι τὸ καλούμεν *ὀγδόη*, δηλ. διάστημα δύο ἤχων ἐκ τῶν ὁποίων ὁ ὀξύτερος ἐκτελεῖ διπλάσιους παλμοὺς τοῦ βαρυτέρου ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ.

Β') Μουσική κλίμαξ. Καλεῖται *μουσική 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 ἐκάστου διαγράμματος παρίστανται διὰ τῶν συμβόλων

do re mi fa sol la si do

τὰ ὁποῖα ἐνίοτε φέρουσι καὶ δείκτας, π. χ. do₁ mi₃ 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 ὕψος τοῦ πρώτου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΥΝΗΧΗΣΕΩΣ. ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΙΣ ΗΧΟΥ

17. Φαινόμενα συνηχήσεως. Πειράματα.—1ον. Θεωρήσωμεν κώδωνα μεγάλου βάρους κρεμάμενον, φέροντα σχοινίον καὶ δυνάμενον νὰ κινηθῇ ἐν εἴδει ἐκκενροῦς περὶ ὀριζόντιον καὶ σταθερὸν ἄξονα (ὅπως εἶναι ὁ κώδων πολλῶν ἐκκλησιῶν). Ἐστω ὅτι ὁ κώδων οὗτος ἤρημεῖ. Ἐὰν σύρωμεν ἀποτόμως τὸ σχοινίον διὰ μετρίας δυνάμεως, ὁ κώδων ἔνεκα τοῦ μεγάλου βάρους του θὰ ἐκτελέσῃ μίαν αἰώρησιν μικροῦ πλάτους. Ἐὰν εἰς τὸ τέλος μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως τοῦ κώδωνος σύρωμεν καὶ ἐκ δευτέρου τὸ σχοινίον, τὸ ἀποτέλεσμα τῆς δευτέρας ἔλξεως ἐπιπροστίθεται εἰς τὸ τῆς πρώτης καὶ οὕτω αὐξάνεται κατὰ τι τὸ ἀρχικὸν πλάτος τῆς αἰωρήσεως τοῦ κώδωνος. Ἐντεῦθεν ἐννοοῦμεν, ὅτι συγχρονίζοντες τὴν ἔλξιν τοῦ σχοινίου μὲ τὰς αἰωρήσεις τοῦ κώδωνος, δυνάμεθα νὰ αὐξάνωμεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον τὸ πλάτος τῶν διαδοχικῶν αἰωρήσεων τοῦ κώδωνος. Τοιοῦτοτρόπως, μετὰ τινὰς ἔλξεις, κατορθώνομεν, ὥστε τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως νὰ γίνῃ ἱκανὸν ὥστε τὸ πληκτρον νὰ κρούσῃ τὰ

τοιχώματα τοῦ κώδωνος καὶ νὰ ἡχήσῃ οὗτος, ἐνῶ διὰ τῆς μόνης ἑλξεως θὰ ἦτο ἀδύνατον νὰ ἡχήσῃ ὁ κώδων ἔνεκα τοῦ μεγάλου βάρους του, ὅσονδῆποτε ἰσχυρὰ καὶ ἂν ἦτο ἡ ἑλξις αὕτη. Ἀντιθέτως, ἐὰν αἱ ἑλξεις τοῦ σχοινίου δὲν συγχρονίζονται μὲ τὴν αἰώρησιν τοῦ κώδωνος, τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μιᾶς ἑλξεως θὰ ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ τῆς ἄλλης καὶ ὁ κώδων θὰ ἐκτελῇ αἰωρήσεις πολὺ μικροῦ πλάτους.

2ον. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηρεῖται καὶ εἰς τὸ παίγνιον τῆς αἰώρας (κούνιας), ἣτις μετὰ τοῦ αἰωρουμένου προσώπου δύναται νὰ κινῆται ἐν εἴδει ἐκκρεμοῦς. Ἐὰν θέλωμεν νὰ αὐξάνηται τὸ πλάτος τῶν διαδοχικῶν αἰωρήσεων τῆς αἰώρας, δέον νὰ συγχρονίσωμεν τὰς ὠθήσεις τὰς ὁποίας διὰ τῆς χειρὸς μας ἐπιφέρομεν εἰς αὐτὴν μὲ τὰς αἰωρήσεις τῆς αἰώρας. Ἐν ἐναντίᾳ περιπτώσει τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μιᾶς ὠθήσεως ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ ἀποτελέσματος τῆς ἄλλης, καὶ ἡ αἰώρα ἐκτελεῖ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους.

3ον. Δυνάμεθα νὰ θρασώωμεν διὰ τοῦ βάρους τοῦ σώματός μας σανίδα ἀρκετοῦ πάχους. Πρὸς τοῦτο στηρίζομεν αὐτὴν κατὰ τὰ δύο μόνον ἄκρα της, καὶ ἔπειτα ἀναβαίνομεν εἰς τὸ μέσον αὐτῆς. Ἐὰν διὰ τῶν ποδῶν μας δίδωμεν εἰς τὴν σανίδα διαδοχικὰς ὠθήσεις πρὸς τὰ κάτω, αἵτινες νὰ συγχρονίζονται μὲ τὴν παλμικὴν κίνησιν τὴν ὁποίαν ἐκτελεῖ ἡ σανὶς ἔνεκα τῆς ἐλαστικότητός της, θὰ κατορθώσωμεν ὥστε ἡ σανὶς νὰ θραυσθῇ, ἐνῶ τὸ βάρος τοῦ σώματός μας, ὅταν εὗρισκετο ἐν ἡρεμίᾳ, δὲν ἦτο ἱκανὸν νὰ μεταμορφώσῃ τὴν σανίδα. Τοιοῦτοτρόπως εἶναι δυνατόν ἐν καὶ μόνον πρόσωπον εὐρισκόμενον εἰς τὸ μέσον γεφύρας κρεμαστῆς νὰ προκαλέσῃ κινήσεις αὐτῆς λίαν ἐπικινδύνους. Ἀλλὰ καὶ στερεωτάτη γέφυρα κρεμαστὴ διατρέχει σοβαρὸν κίνδυνον κατὰ τὴν διάβασιν δι' αὐτῆς στρατιωτῶν, ὅταν οὗτοι διέρχονται μὲ βῆμα κανονικόν. Οὗτος δὲ εἶναι καὶ ὁ λόγος ἔνεκα τοῦ ὁποίου οἱ στρατιῶται δὲν διατηροῦσι τὸ κανονικόν των βῆμα, ὅταν διέρχονται διὰ τοιούτων γεφυρῶν.

Συμπέρασμα. Τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως τοῦ κώδωνος, τῆς αἰώρας καὶ τῆς κρεμαστῆς σανίδος ἢ γεφύρας αὐξάνεται βαθμηδὸν μόνον τότε, ὅταν ὑπάρχῃ συγχρονισμὸς (ἢ συντονισμὸς) τῶν ἐπιφερόμενων ὠθήσεων ἀφ' ἑνὸς καὶ τῶν κινήσεων τοῦ σώματος ἀφ' ἑτέρου.

18. Ὅρισμοί.—Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα τῆς κινήσεως τοῦ κώδωνος, τῆς αἰώρας, τῆς κρεμαστῆς σανίδος ἢ γεφύρας παρέχου-

σιν εἰς ἡμᾶς σαφῇ ιδέαν τῶν φαινομένων, ἅτινα λέγονται **φαινόμενα συνηχήσεως**, καὶ τὰ ὅποια παρατηροῦνται ἰδίως ἐν τῇ ἀκουστικῇ. Θὰ ὀνομάζωμεν **ἀντηχεῖον** ἢ ἀπλῶς **ἡχεῖον** τὸ σῶμα τὸ τιθέμενον εἰς παλμικὴν κίνησιν (κώδων, αἰώρα, κρεμαστὴ σανίς, ἢ γέφυρα), καὶ **διεγέρτην** τὸ σῶμα τὸ προκαλοῦν τὰς παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἡχείου (τὸ πρόσωπον ὅπερ κινεῖ τὸν κώδωνα, τὴν αἰώραν, τὴν κρεμαστὴν σανίδα ἢ γέφυραν). Διὰ τὰ παραχθῇ συνήχησις, δέον αἱ παλμικαὶ κινήσεις τοῦ διεγέρτου νὰ εἶναι τῆς αὐτῆς περιόδου, ἢ νὰ εἶναι τελείως σύγχρονοι μὲ τὰς κινήσεις τοῦ ἀντηχείου.

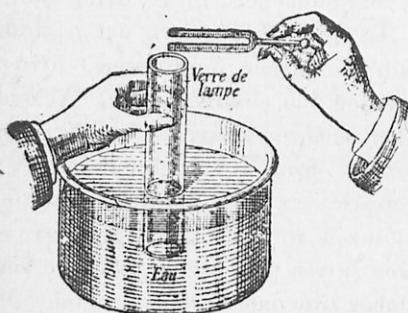
19. Ἐφαρμογὰὶ τῶν φαινομένων συνηχήσεως.—1ον **Διαπασῶν.** Λαμβάνομεν δύο διαπασῶν ἐντελῶς ὅμοια, ἥτοι τοιαῦτα ὥστε νὰ δύνανται νὰ παραγάγωσιν ἡχοὺς ἰσοῦψεῖς, καὶ ἐπομένως νὰ ἐκτελῶσι τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον. Ἀφοῦ τοποθετήσωμεν ταῦτα πλησίον ἀλλήλων πλήττομεν μόνον τὸ ἐν ἐξ αὐτῶν. Τότε τὸ διαπασῶν τοῦτο, παλλόμενον, μεταδίδει διὰ μέσου τοῦ ἀέρος καὶ εἰς τὸ δεύτερον διαπασῶν παλμοὺς τῆς αὐτῆς περιόδου μὲ τοὺς ἰδικούς του. Ἔνεκα τούτου τὸ δεύτερον διαπασῶν διεγερόμενον ὑπὸ τοῦ πρώτου τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἔνεκα τῆς ὁποίας καὶ ἡχεῖ, ὃ δὲ ἡχος τὸν ὁποῖον ἐκπέμπει τὸ δεύτερον διαπασῶν ἐνισχύει τὸν ἡχον τοῦ πρώτου, ὅπερ ἄνευ τοῦ δευτέρου μόλις θὰ ἦτο ἀκουστόν.

2ον **Χορδαί.** Ἐὰν εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα ἀντικαταστήσωμεν τὰ δύο διαπασῶν ὑπὸ δύο χορδῶν ἐντελῶς ὁμοίων, θὰ παρατηρήσωμεν τὸ αὐτὸ φαινόμενον.

3ον **Ἡχητικοὶ σωλῆνες.** Ὅμοιον φαινόμενον μᾶς παρουσιάζουν καὶ οἱ ἡχητικαὶ σωλῆνες, καθὼς ἀποδεικνύει τὸ ἐξῆς πείραμα. Λαμβάνομεν ὑάλινον κύλινδρον ἀνοικτὸν κατ' ἀμφοτέρωτα τὰ ἄκρα καὶ ἐμβαπτίζομεν τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ κατακορύφως ἐντὸς τοῦ ὕδατος λεκάνης. (σχ. 19α).

Τοιοιτοτρόπως δυνάμεθα νὰ κανονίζωμεν κατὰ βούλησιν τὸ ὕψος τῆς ἀερίνης στήλης ἐν τῷ κυλίνδρῳ. Ἐὰν εἰς τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ κυλίνδρου πλησιάσωμεν διαπασῶν τι ἡχοῦν, οὐδεμίαν ἐνίσχυσιν τοῦ ἡχου αὐτοῦ θὰ ἀκούσωμεν. Ἐὰν ὅμως συγχρόνως ἀνασύρωμεν, ἢ βυθίζωμεν περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον τὸν κύλινδρον ἐν τῷ ὕδατι, θὰ ἔλθῃ στιγμή κατὰ τὴν ὁποίαν θὰ ἀκούσωμεν τὸν ἡχον τοῦ διαπασῶν ἐνισχυόμενον ζωηρῶς. Τοῦτο θὰ συμβῇ, ὅταν ὁ κύλινδρος βυθι-

σθῆ μέχρῃς ἐνὸς ὠρισμένου καὶ σταθεροῦ σημείου ἐν τῷ ὕδατι, ἥτοι ὅταν ἡ ἀερίνη στήλη τοῦ κυλίνδρου ἀποκτήσῃ ὠρισμένον ὕψος. Διὰ μικρότερον ἢ μεγαλύτερον ὕψος τῆς στήλης ταύτης ὁ ἥχος τοῦ διαπασῶν παύει ἐνισχυόμενος. Ὁ ἥχος τοῦ διαπασῶν ἐνισχύεται τότε μόνον, ὅταν ἡ ἀερίνη στήλη δυνηθῇ νὰ ἀποδώσῃ ἥχον ἰσοῦσιν μετὸν τοῦ διαπασῶν, διότι τότε αὕτη ὑφισταμένη τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠχοῦντος διαπασῶν, ἠχεῖ, ὁ δὲ ἥχος τὸν ὁποῖον ἐκπέμπει ἐνισχύει τὸν ἥχον τοῦ διαπασῶν. Τοιοῦτοτρόπως ἡ ἀερίνη στήλη ἀποτελεῖ εἶδος ἠχείου. Τὸ πείραμα τοῦτο δύναται νὰ τροποποιηθῇ δι' ἀντικαταστά-



Σχ. 19α. Ἐνίσχυσις τοῦ ἥχου. Σχ. 19α' Ἐνίσχυσις τοῦ ἥχου διαπασῶν.

σεως τοῦ ἀνωτέρω κυλίνδρου δι' ἄλλον κλειστοῦ κατὰ τὸ ἐν ἄκρον, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου νὰ χύνωμεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον ὕδωρ (σχ. 19α').

Συμπέρασμα. Ὅπως καταστήσωμεν ἠχεῖόν τι ἱκανὸν νὰ ἐνισχύσῃ ἥχόν τινα, ἀνάγκη νὰ δώσωμεν εἰς τὴν στήλην τοῦ ἐν αὐτῷ ἀέρος ὠρισμένον ὕψος, ἥτοι τὸ ὕψος αὐτῆς νὰ εἶναι τοιοῦτον ὥστε νὰ δύναται νὰ ἐκπέμπῃ ἥχον ἰσοῦσιν μετὸν δοθέντα.

20. Σταθερὰ σχέσεις μεταξὺ διαστάσεων ἠχείου καὶ ὕψους ἥχου.—Θεωρήσωμεν δύο διάφορα διαπασῶν μετὰ τῶν ἠχείων αὐτῶν, ἅτινα γενικῶς συνοδεύουσι τὰ διαπασῶν. Ἐπειδὴ τὰ διαπασῶν εἶναι διάφορα, καὶ τὰ ἠχεῖα αὐτῶν θὰ εἶναι διαφόρων διαστάσεων. Πλήττομεν κατ' ἀρχὰς τὰ διαπασῶν καὶ κατόπιν τὰ στηρίζομεν ἐπὶ τῶν ἠχείων των, ἵνα οὕτω βεβαιωθῶμεν ὅτι ἕκαστον διαπασῶν ἐνισχύεται ὑπὸ τοῦ ἠχείου του. Ἐὰν ἤδη πλήξωμεν τὸ ἐν διαπασῶν καὶ στηρίζωμεν αὐτὸ διὰ τοῦ ποδός του οὐχὶ ἐπὶ τοῦ

ἡχείου του, ἀλλ' ἐπὶ τοῦ ἡχείου τοῦ δευτέρου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ ἦχος τοῦ διαπασῶν τούτου δὲν ἐνισχύεται πλέον. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον θέλομεν παρατηρήσῃ, ἐὰν, πλήξαντες καὶ τὸ δεύτερον διαπασῶν στηρίξωμεν αὐτὸ διὰ τοῦ ποδός του ἐπὶ τοῦ ἡχείου τοῦ ἄλλου. Ἐκαστον λοιπὸν ἡχείον τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν μόνον ὑπὸ ὁρισμένου ἤχου, ὅστις εἶναι ἐκεῖνος διὰ τὸν ὁποῖον καὶ κατεσκευάσθη τὸ ἡχείον τοῦτο.

Συμπέρασμα. Μεταξὺ τῶν διαστάσεων ἡχείου τινὸς καὶ τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου τὸν ὁποῖον ἐνισχύει ὑπάρχει σταθερὰ σχέσηις.

21. Ἀνάλυσις καὶ σύνθεσις τοῦ ἤχου.—Ὁ Helmholtz, ὅπως δυνήθη νὰ ἐξετάσῃ τοὺς διαφόρους ἤχους, μετεχειρίσθη τὰ φαινόμενα τῆς ἀντηχήσεως. Τὰ ἡχεῖα ἅτινα οὗτος μετεχειρίσθη ἦσαν ὀρειχάλκιναι σφαιρᾶι κοίλαι, διαφόρων διαστάσεων, αἵτινες ἔφερον κατὰ τὰ ἄκρα μιᾶς διαμέτρου δύο κυκλικὰς ὀπὰς. Αἱ ὀπαὶ αὗται ἐφράσσοντο ἢ μὲν μία διὰ σωλῆνος κυλινδρικοῦ ἢ δὲ ἐτέρω διὰ σωλῆνος κωνικοῦ. Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου τὸν ὁποῖον ἐν τοιοῦτον ἡχείον δύναται νὰ ἐνισχύσῃ, ἐξαορτᾶται ἐκ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ. Ἐπομένως ἕκαστον ἐκ τῶν σφαιρικῶν τούτων ἡχείων ἐνισχύει ἓνα καὶ μόνον ἤχον οὐχὶ δὲ καὶ ἄλλον ἐκ τῶν ἁρμονικῶν τοῦ ἤχου τούτου. Τοιουτοτρόπως ἔχομεν μέθοδον λίαν ἀκριβῆ, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἀποχωρίσωμεν ἀπὸ πολλοὺς ἤχους ἓνα μόνον, καὶ νὰ ἀκούσωμεν αὐτὸν μεμονωμένον.

Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης ὁ Helmholtz κατέληξεν εἰς τὰ ἑξῆς γενικὰ συμπεράσματα.

1ον. Ὅτι ὑπάρχουσιν ἤχοι ἀπλοῖ καὶ ἤχοι σύνθετοι. Καὶ ἀπλοῦς μὲν ἤχους ἐκάλεσεν ἐκεῖνους τοὺς ἤχους, οἵτινες εἶναι ἱκανοὶ νὰ κάμωσι νὰ ἠχήσῃ ἐν ἡχείον, συνθέτους δὲ ἤχους ἐκεῖνους οἵτινες εἶναι ἱκανοὶ νὰ κάμωσι νὰ ἠχήσωσιν οὐχὶ ἐν ἀλλὰ πολλὰ ἡχεῖα. Ἦχον ἀπλοῦν παράγει τὸ διαπασῶν, δι' ὃ καὶ τὸ ὄργανον τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν μουσικὴν πρὸς ἁρμονίαν καὶ συντονισμόν τῶν ὁργάνων. Ὁ πλαγίανλος (flûte) καὶ ἡ φωνὴ τοῦ ἀνθρώπου κατὰ τὴν προφορὰν τῆς συλλαβῆς **ου** παράγουσιν ἤχους **σχεδὸν** ἀπλοῦς, διότι οἱ ἁρμονικοί, οἵτινες συνοδεύουσι τὸν θεμελιώδη ἤχον αὐτῶν, ἔχουσιν ἀσθενῆ ἔντασιν. Φυσικὸν γνῶρισμα τῶν ἀπλῶν ἤχων εἶναι, ὅτι οὗτοι δὲν διαφέρουσιν αἰσθητῶς κατὰ τὴν χροιάν, τοῦναντίον οἱ σύνθετοι ἤχοι 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 ὅμως συνοδεύουσι καὶ οἱ κυρίως ἁρμονικοὶ αὐτοῦ. Τοὺς τοιοῦτους ἤχους ἐκάλεσε **κυρίως μουσικούς**, καὶ τοιοῦτοι εἶναι οἱ ἤχοι οἱ παραγόμενοι ὑπὸ τῶν διαφόρων ὀργάνων, οἵτινες παρουσιάζουσι χορὰν εὐδιάκριτον. Ἡ ἑτέρα κατηγορία περιλαμβάνει ἐκείνους οἵτινες ἀποτελοῦνται ἐκ τοῦ θεμελιώδους ἤχου, τὸν ὁποῖον συνοδεύουσιν καὶ τινες ἄλλοι ἤχοι, οἵτινες δὲν εἶναι οἱ κυρίως ἁρμονικοί. Τοὺς τοιοῦτους ἤχους ἐκάλεσε **μὴ μουσικούς** καὶ τοιοῦτοι ἤχοι εἶνε οἱ παραγόμενοι ὑπὸ τῶν μεταλλίνων πλακῶν καὶ τῶν ὑαλίνων ἢ μεταλλίνων κωδῶνων.

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

Τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀναλύσεως τῶν ἤχων ἐπεβεβαίωσεν ὁ Helmholtz καὶ διὰ τῆς ἀντιστρόφου μεθόδου, ἥτοι διὰ τῆς συνθέσεως τῶν ἤχων. Τουτέστι κατώρθωσε νὰ παραγάγῃ ὁρισμένον ἤχον διὰ τῆς ἐπιπροσθέσεως ἤχων ἁπλῶν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ — ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΙ

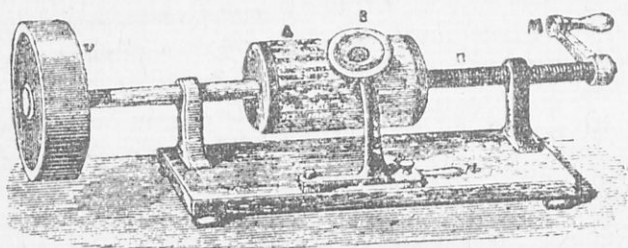
22. Ὁρισμὸς τοῦ φωνογράφου καὶ ἀρχὴ ἐφ' ἧς στηρίζεται. Ὁ φωνόγραφος εἶναι συσκευὴ διὰ τῆς ὁποίας χαράσσοντες ἐπὶ καταλλήλου ἐπιφανείας οἰανδήποτε ὁμιλίαν ἢ ἤχον καὶ κατόπιν ἀναπαράγουμεν αὐτὸν κατὰ βούλησιν. Διὰ τῶν φωνογράφων ἀποδεικνύεται κατὰ τρόπον ἀναμφισβήτητον, ὅτι οἱ ἤχοι ὀφείλονται εἰς τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν ἡχογόνων σωμάτων. Καὶ πρῶτον δι' αὐτῶν δυνάμεθα, 1ον νὰ χαράξωμεν ἢ νὰ καταγράψωμεν ἐπὶ ἐπιφανείας ἐκ μετάλλου ἢ κηροῦ μεμειγμένον μετὰ ὀλίγης τὰς παλμικαῖς κινήσεις τοῦ ἡχογόνου σώματος, καὶ 2ον νὰ ἀναπαραγάγωμεν κατὰ βούλησιν τοὺς ἤχους εἰς τοὺς ὁποίους ἀντιστοιχοῦσιν αἱ καταγραφεῖσαι παλμικαὶ κινήσεις.

Ἡ ἀρχὴ ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζονται οἱ φωνογράφοι εἶναι ἡ ἐξῆς. Ἐὰν φωνήσωμεν ἐνώπιον τεταμένης μεμβράνης ἢ λεπτοῦ με-

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ, Κ. Σαμωτάζη δ' Γυμν. ἐκδ. α'.

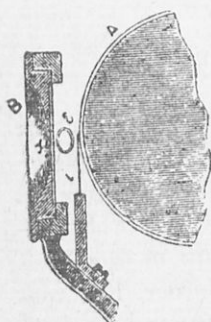
ταλλικοῦ ἐλάσματος, ταῦτα θὰ τεθῶσιν εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἥτις θὰ διαρκέσῃ ἔφ' ὅσον διαρκεῖ καὶ ὁ παραγόμενος ἤχος. Ἄρα τὰ ἡχητικὰ κύματα ἀναγκάζουσι τὴν μεμβράνην ἢ τὸ ἔλασμα νὰ τεθῶσιν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἐὰν δὲ ταῦτα φέρωσιν ἀκίδα τινά, καὶ αὕτη θὰ τεθῇ εἰς ὁμοίαν παλμικὴν κίνησιν. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τούτου, ἦτοι ἐπὶ τῆς μεταδόσεως τῶν παλμικῶν κινήσεων εἰς μεμβράνην ἢ ἔλασμα, στηρίζονται οἱ φωνογράφοι. Πάντες οἱ φωνογράφοι εἶναι τελειοποίησις τοῦ ἀρχικοῦ φωνογράφου τὸν ὁποῖον ἀνεκάλυψεν ὁ Edison τῷ 1877.

23. Φωνογράφος Edison.⁽¹⁾ — Α') Περιγραφή. Ἀποτε-



Σχ. 20. Φωνογράφος Edison.

λεῖται ἐκ τῶν ἑξῆς μερῶν. 1) Ἐξ ἐνὸς κυλίνδρου μεταλλίνου Δ (σχ. 20), ὅστις περιστρέφεται τῇ βοηθείᾳ στροφάλου Μ, περὶ ὁριζόντιον ἄξονα, ἐνῶ συγχρόνως μετακινεῖται κανονικῶς καὶ ὁριζοντίως, τῇ βοηθείᾳ τοῦ κοιλίου τὸν ὁποῖον φέρει ὁ ἄξων αὐτοῦ. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου εἶναι κεχαραγμένη ἐνσκαφὴ ἑλικοειδής, τῆς ὁποίας τὸ βῆμα ἰσοῦται μὲ τὸ βῆμα τοῦ κοιλίου τοῦ ἄξονος. Διὰ τοῦ τρόπου τούτου, καθ' ἑκάστην πλήρη στροφὴν τοῦ κυλίνδρου ἡ ἐνσκαφὴ μετατίθεται ὁριζοντίως καὶ προχωρεῖ κατὰ μῆκος ἴσον πρὸς τὸ βῆμα αὐτῆς. 2) Ἐξ ἐνὸς λεπτοῦ φύλλου κασσιτέρου Α (σχ. 21) περιβάλλοντος τὸν κύλινδρον καὶ 3) ἐξ ἐνὸς ὑποστηρίγματος κωνικοῦ Β, ὅπερ χρησιμεύει ὅπως συλλέγῃ καὶ



Σχ. 21. Κωνικὸν ὑποστηρίγμα με ἀκίδα.

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

συγκεντρώνει τὰ ἡχητικὰ κύματα. Εἰς τὸν πυθμένα αὐτοῦ προσαρμόζεται διὰ τῶν περάτων του λεπτὸν ἔλασμα χαλύβδινον Χ, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου στηρίζεται χαλυβδίνη ἀκίς ὀξυτάτη καὶ οὕτω πως, ὥστε αὕτη μόλις νὰ ἐγγίῃ τὸ φύλλον τοῦ κασσιτέρου. Ἡ ἀκίς αὕτη κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ κυλίνδρου μετατίθεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ καὶ μένει διαρκῶς ἐντὸς τῆς ἑλικοειδοῦς ἐνσκαφῆς.

Β') Χάραξις τῆς φωνῆς. Ὁμιλοῦμεν μεγαλοφώνως ἐνώπιον τοῦ κωνικοῦ ὑποστηρίγματος καὶ πολὺ πλησίον αὐτοῦ καὶ συγχρόνως στρέφομεν τὸν κύλινδρον διὰ τοῦ στροφάλου του, Τὸ ἔλασμα τοῦ ὑποστηρίγματος τίθεται ὑπὸ τῆς φωνῆς μας εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἣτις μεταδίδεται καὶ εἰς τὴν ἐπ' αὐτοῦ στηριζομένην ἀκίδα. Τοιουτοτρόπως ἡ ἀκίς παλλομένη χαράσσει ἐπὶ τοῦ φύλλου τοῦ κασσιτέρου ἑλικοειδῇ σειρὰν κοιλοτήτων, τῶν ὁποίων τὸ μὲν βάθος ἐξαορτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου, ἡ δὲ ἀπόστασις ἐκ τοῦ ὕψους αὐτοῦ. Αἱ κοιλοότητες αὗται εἶναι ἡ χαραχθεῖσα φωνή, ἣτις δύναται νὰ ἀναπαραχθῇ.

Γ') Ἀναπαραγωγὴ τῆς φωνῆς. Κατὰ πρῶτον ἐπαναφέρομεν τὸν κύλινδρον εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν καὶ τὴν ἀκίδα εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἑλικοειδοῦς σειρᾶς τῶν κοιλοτήτων. Κατόπιν περιστρέφομεν τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν καὶ μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα, καὶ ἀκούομεν νὰ ἐπαναλαμβάνηται εὐχρινῶς ἡ αὐτὴ ὁμιλία. Διότι κατὰ τὴν νέαν περιστροφὴν τοῦ κυλίνδρου, ἡ ἀκίς θὰ συναντᾷ τὰς κοιλοτήτας, τὰς ὁποίας προηγουμένως εἶχε χαράξει, καὶ θὰ ἀναγκάσῃται νὰ ἀνέρχεται καὶ κατέρχεται συμπαρασύρουσα καὶ τὸ ἔλασμα ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται. Τοιουτοτρόπως τὸ ἔλασμα δέχεται ἐκ νέου καὶ ἐπαναδίδει εἰς τὸν ἀέρα τὰς ἰδίας παλμικὰς κινήσεις, τὰς ὁποίας καὶ ἐν τῇ ἀρχῇ ἐδέχθη, καὶ ὥς ἐκ τούτου θὰ ἀναπαραχθῶσιν οἱ αὐτοὶ ἀκριβῶς ἤχοι. Πρὸς ἐνίσχυσιν τῶν ἀναπαραγομένων ἤχων, ὁ Edison ἐφήρμοσεν ἐπὶ τοῦ κωνικοῦ ὑποστηρίγματος σωλῆνα, ὅστις κατὰ τὸ ἄκρον ἐδιχάζετο εἰς δύο κλάδους, οἵτινες προσηρόζοντο εἰς τὰ δύο ὄψα τοῦ ἀκροατοῦ.

24. Τελειοποιήσις τοῦ φωνογράφου Edison. Ἡ θαυμασία αὕτη συσκευὴ τοῦ Edison ὑπέστη σὺν τῷ χρόνῳ πολ-
λὰς τελειοποιήσεις, διὰ πῶν ὁποίων ἀφ' ἑνὸς ἐξησφαλίσθη ἡ ἀκρι-
βεια καὶ ἡ εὐκρίνεια τῶν ἤχων καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐξηλείφθη τὸ ὑπόρ-
θινον αὐτῶν. Ἡ ἐνίσχυσις τῶν ἤχων γίνεται δι' εὐρέος μεταλλίνου

κώνου, ἐφαρμοζομένου ἐπὶ τοῦ κωνικοῦ ὑποστηρίγματος, ἡ δὲ περιστροφή τοῦ κυλίνδρου ἐπιτυγχάνεται οὐχὶ διὰ σιροφάλου, ἀλλὰ διὰ μηχανισμοῦ ὥρολογιακοῦ. Ἀντὶ δὲ τοῦ φύλλου τοῦ κασσιτέρου χρησιμοποιεῖται κύλινδρος ἐκ μείγματος κηροῦ καὶ ῥητίνης.

Ἡ σπουδαιότερα τροποποιήσις ἐγένετο εἰς τὸ κωνικὸν ὑποστήριγμα, ἅτινα εἶναι δύο. Ἐκ τούτων τὸ ἓν χρησιμοποιεῖται κατὰ τὴν χάραξιν τῆς φωνῆς καὶ φέρει εἰς τὸν πυθμένα του χαλύβδινον ἔλασμα μετ' ἀκίδος, τὸ δὲ ἕτερον χρησιμοποιεῖται κατὰ τὴν ἀναπαγωγὴν τῆς φωνῆς καὶ φέρει εἰς τὸν πυθμένα του λεπτοτάτην ὑαλίνην πλάκα, ἥ λεπτότατον πέταλον μαρμαρυγίου.

25. Φωνογράφοι με δίσκους (γραμμόφωνα). Κατὰ τὰ



Σχ. 21α. Γραμμόφωνον.

τελευταῖα ἔτη οἱ φωνογράφοι με κυλίνδρους ἀντικατεστάθησαν διὰ φωνογράφων με δίσκους εἰς τοὺς ὁποίους οἱ κατασκευασταὶ ἔδωκαν τὸ ὄνομα **γραμμόφωνα** (σχ. 21α). Εἰς ταῦτα ἡ φωνὴ χαράσσεται ἐπὶ δίσκον κεκαλυμμένον διὰ πλαστικῆς οὐσίας (μείγμα κηροῦ καὶ ῥητίνης) ὑπὸ μορφὴν οὐχὶ πλέον ἐλικοειδῆ, ἀλλὰ σπειροειδῆ. Τοιούτῳ τρόπῳ καὶ ἡ σπείρα δύναται νὰ παρουσιάζῃ πολὺ μεγαλύτερον

μῆκος καὶ ἡ τοποθέτησις τῶν κωνικῶν ὑποστηριγμάτων γίνεται ἀκριβεστέρα καὶ κατὰ τὴν χάραξιν τῆς φωνῆς καὶ κατὰ τὴν ἀναπαράγωγὴν αὐτῆς, ἐπὶ πλέον δὲ χρησιμοποιοῦνται καὶ αἱ δύο ὄψεις τοῦ δίσκου.

26. *Κατασκευὴ τῶν δίσκων τοῦ φωνογράφου.*—Ὅταν ἡ φωνὴ χαράχῃ ἅπαξ ἐπὶ ἐνὸς δίσκου ἐκ κηροῦ, δυνάμεθα τότε νὰ κατασκευάσωμεν δι' αὐτοῦ ὅσαδὴποτε ἀντίτυπα θέλομεν. Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ νὰ κατασκευάσωμεν τὸν τύπον τοῦ δίσκου, ἢ τὴν μῆτραν αὐτοῦ. Καλύπτομεν λοιπὸν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ δίσκου διὰ λεπτοῦ στρώματος αἰθάλης, διὰ νὰ τὸν καταστήσωμεν εὐηλεκτροαγωγόν, καὶ κατόπιν ἐναποθέτομεν ἐπ' αὐτῆς διὰ τῆς γαλβανοπλαστικῆς στρώμα ἐκ χαλκοῦ. Οὕτω κατασκευάζομεν τὸν τύπον τοῦ δίσκου, τὸν ὁποῖον πληροῦμεν δι' οὐσίας, ἥτις ἐν θερμῇ εἶναι μαλακὴ καὶ πλαστικὴ, Ἀὕτη συμπιεζομένη καλῶς εἰσέρχεται εἰς ὅλας τὰς κοιλότητας τοῦ χαλκίνου τύπου καὶ λαμβάνει πάσας τὰς λεπτομερείας αὐτοῦ. Οὕτω σχηματίζεται δίσκος ἀναπαριστῶν τὸν ἀρχικὸν δίσκον, ὅστις διὰ τῆς ψύξεως σκληρύνεται. Ὁ δίσκος οὗτος δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ πολλάκις, ἄνευ αἰσθητῆς φθορᾶς τῶν κοιλοτήτων αὐτοῦ.

27. *Ἐφαρμογαὶ τοῦ φωνογράφου εἰς τὴν διδασκαλίαν.*—Ὁ φωνογράφος ἐφηρμόσθη διὰ τὴν διδασκαλίαν τῶν ξένων γλωσσῶν. Πρὸς τοῦτο ἡ χάραξις τῶν λέξεων γίνεται ὑπὸ καταλλήλου προσώπου τῆς χώρας ἐκείνης, τῆς ὁποίας ἡ γλῶσσα πρόκειται νὰ διδαχθῇ. Διὰ τοῦ τρόπου τούτου ἀναπαράγεται ἡ ὀρθὴ προφορὰ τῶν λέξεων. Ἡ τοιαύτη μέθοδος τῆς διδασκαλίας ἐτελειοποιήθη βραδύτερον σημαντικῶς διὰ τῆς χρήσεως τοῦ *Pathegraph*. Διὰ τῆς συσκευῆς ταύτης, καθ' ὃν χρόνον ἀναπαράγονται αἱ λέξεις, μία χαρτίνη ταινία, ἐφ' ἧς εἶναι τυπωμέναι αἱ ἀκουόμεναι λέξεις, ἐκτυλίσσεται πρὸ τῶν ὀφθαλμῶν τοῦ ἀκροατοῦ ἐν τελείῳ συγχρονισμῷ μετὰ τοῦ φωνογράφου. Οὕτω ὁ ἀκροατὴς βλέπει καὶ 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'

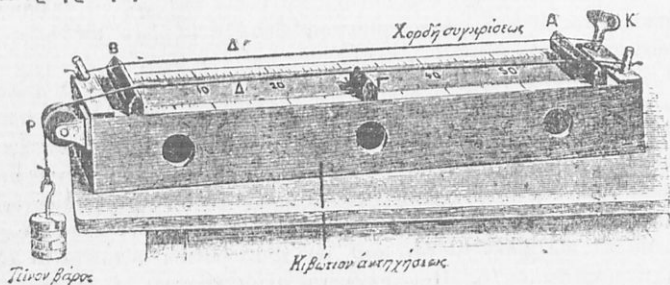
ΧΟΡΔΑΙ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ.

28. *Ὅρισμοί.*—Καλοῦνται *χορδαί* ἐν τῇ ἀκουστικῇ, νήματα τεταμένα, κατασκευαζόμενα ἐκ μετάλλου ἢ ἐξ ἐντέρου, καὶ *ἐγχορδα ὄργανα* τὰ μουσικὰ ὄργανα εἰς τὰ ὁποῖα οἱ ἥχοι παράγονται διὰ χορδῶν. Εἰς τὰ ὄργανα ταῦτα αἱ χορδαί τείνονται ὑπεράνω ξυλίνου σκάφους μετὰ λεπτῶν τοιχωμάτων, ὅπερ χρησιμεύει πρὸς ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου, καὶ δύνανται νὰ παράγωσι δύο εἰδῶν παλμικὰς κινήσεις,

προμήκεις καὶ **ἐγκαρσίας**. Καὶ προμήκεις μὲν λέγονται αἱ παλμικαὶ κινήσεις, αἵτινες γίνονται παραλλήλως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν χορδῶν, ἐγκάρσiai δὲ ἐκεῖναι, αἵτινες γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν χορδῶν. Αἱ ἐγκάρσiai παλμικαὶ κινήσεις προκαλοῦνται διὰ διαφόρων μέσων, εἴτε διὰ δοξαρίου (βιολίον, λύρα), εἴτε διὰ πέννας (μανδολῖνον), εἴτε διὰ τοῦ δακτύλου (κιθάρα, ἄρπα), εἴτε διὰ πλήκτρον (κλειδοκύμβαλον). Ἐκ τούτων θὰ περιγράψωμεν μόνον τὰς ἐγκαρσίας, αἵτινες εἶναι αἱ μόναι χρησιμοποιούμεναι εἰς τὰ ἔγχορδα ὄργανα.

29. Ἡχόμετρον. Τὸ ἡχόμετρον εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐξετάζωμεν εὐχερέστερον τὰς ἐγκαρσίας παλμικὰς κινήσεις τῶν χορδῶν.

Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ ξυλίνου κιβωτίου, μετὰ λεπτῶν



Σχ. 22. Ἡχόμετρον.

τοιχωμάτων (σχ. 22), προωρισμένου ὅπως ἐνισχύῃ τὸν ἦχον τῶν χορδῶν. Πλησίον τῶν ἁκρῶν τοῦ κιβωτίου εἶναι ἐστειρωμένα ἄκλονήτως δύο ξύλινα ὑποστηρίγματα πρισματικά A καὶ B, ἀπέχοντα ἀπ' ἀλλήλων περὶ τὸ ἓν μέτρον, μετὰξὺ δὲ αὐτῶν ὑπάρχει πλάξ διηρημένη εἰς χιλιοστόμετρα. Αἱ πρὸς ἐξέτασιν χορδαὶ στηρίζονται ἐπὶ τῶν ἁκρῶν τῶν δύο πρισματικῶν ὑποστηρικμάτων, καὶ κατὰ μὲν τὸ ἓν ἄκρον αὐτῶν προσδένονται ἐπὶ τοῦ κιβωτίου καλῶς, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον ἄκρον τείνονται εἴτε διὰ κλειδός, εἴτε διὰ βαρῶν. Τοιοῦτοτρόπως δυνάμεθα νὰ δώσωμεν εἰς τὴν χορδὴν τάσιν μείζονα ἢ ἐλάσσονα, εἴτε στρέφοντες κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον τὴν κλεῖδα, εἴτε αὐξάνοντες ἢ ἐλαττώνοντες τὰ τείνοντα τὴν χορδὴν βάρη. Ὡς πραγματικὰ ἅκρα τῆς χορδῆς θεωροῦνται τὰ σημεῖα ἐφ' ὧν στηρίζεται αὕτη ἐπὶ τῶν πρισματικῶν ὑποστηρικμάτων, ἅτινα οὕτω προσ-

διορίζουσιν ἀκριβῶς τὸ μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους τῆς χορδῆς.

30. Νόμοι τῶν ἐγκαρσίων παλμῶν τῶν χορδῶν.
Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ.

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

Ἐνθα Π παριστᾷ τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ἡ χορδὴ κατὰ δευτερόλεπτον, δ τὴν διάμετρον τῆς ἐγκαρσίας τομῆς τῆς χορδῆς, μ τὸ μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους τῆς χορδῆς, B τὸ βάρος τὸ τεῖνον τὴν χορδὴν, ε τὴν πυκνότητα τῆς χορδῆς καὶ π τὸν λόγον τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον.

Οἱ νόμοι οὗτοι εἶναι τέσσαρες, οἱ ἑξῆς :

1) Ὁ νόμος τῶν μηκῶν. Ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν, τοὺς ὁποίους ἐκτελοῦσι κατὰ δευτερόλεπτον χορδαὶ διαφέρουσαι μόνον κατὰ τὸ μῆκος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ μήκους αὐτῶν. Οὕτως ἐὰν λάβωμεν τρεῖς χορδὰς, τῶν ὁποίων τὰ μῆκη (μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους) νὰ εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3, οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν αὐτῶν κατὰ δευτερόλεπτον θὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 3, 2, 1. Ἦτοι, ἡ μὲν πρώτη χορδὴ ἐκτελεῖ τριπλασίους παλμούς, ἡ δὲ δευτέρα διπλασίους ἐκείνων τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ἡ τρίτη ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Ἡ πρώτη λοιπὸν χορδὴ θὰ ἀποδώσῃ ὀξύτερον ἤχον ἢ δὲ τρίτη βαρύτερον τῆς δευτέρας.

2) Ὁ νόμος τῶν διαμέτρων (πάχους). Ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν, τοὺς ὁποίους ἐκτελοῦσι κατὰ δευτερόλεπτον χορδαὶ διαφέρουσαι μόνον κατὰ τὴν διάμετρον τῆς ἐγκαρσίας τομῆς των (πάχος), εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς διαμέτρου αὐτῶν. Οὕτως, 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. Ἦτοι, ἡ μὲν πρώτη χορδὴ ἐκτελεῖ τριπλασίους παλμούς, ἡ δὲ δευτέρα διπλασίους ἐκείνων τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ἡ τρίτη ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Ἡ πρώτη λοιπὸν χορδὴ θὰ ἀποδώσῃ ὀξύτερον ἤχον, ἢ δὲ τρίτη βαρύτερον τῆς δευτέρας.

3) Ὁ νόμος τῶν τάσεων (τῶν βαρῶν δι' ὧν τείνονται αἱ χορδαί). Ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελοῦσι κατὰ δευτερόλεπτον χορδαὶ διαφέρουσαι μόνον κατὰ τὴν τάσιν τὴν ὁποίαν ὑφίστανται ὑπὸ τῶν βαρῶν, εἶναι ἀνάλο-

γος τῆς τετραγωνικῆς ῥίξης τῶν τάσεων αὐτῶν. Οὕτως, 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 ῥίξαι τῶν 1, 4, 9. Ἦτοι ἡ μὲν τρίτη χορδὴ ἐκτελεῖ τριπλασίους παλμούς, ἡ δὲ δευτέρα διπλασίους ἐκείνων τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ἡ πρώτη ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Ἡ τρίτη λοιπὸν χορδὴ θὰ ἀποδώσῃ ὀξύτερον ἤχον ἢ δὲ πρώτη βαρύτερον τῆς δευτέρας.

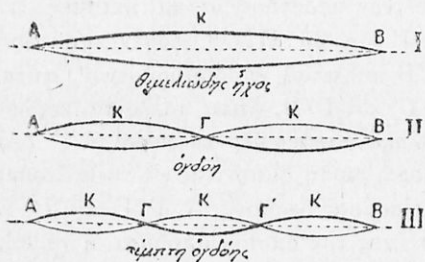
4) Ὁ νόμος τῶν πυκνοτήτων. Ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμῶν τοὺς ὁποίους ἐκτελοῦσι κατὰ δευτερόλεπτον χορδαὶ διαφέρουσαι μόνον κατὰ τὴν πυκνότητα τῆς οὐσίας ἐξ ἧς συνίστανται, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετραγωνικῆς ῥίξης τῶν πυκνοτήτων αὐτῶν. Οὕτως, ἐὰν λάβωμεν δύο σύρματα ἰσοπαλῆ, ἰσομήκη καὶ ἐξ ἴσου τεταμένα, κατεσκευασμένα ἐκ δύο διαφόρων μετάλλων, τῶν ὁποίων αἱ πυκνότητες νὰ εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν αὐτῶν κατὰ δευτερόλεπτον θὰ βαίνωσιν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 2, 1, οἵτινες εἶναι αἱ τετραγωνικαὶ ῥίξαι τῶν 4, 1. Ἦτοι τὸ πρῶτον σύρμα (τὸ ἀραιότερον) ἐκτελεῖ διπλασίους παλμούς ἐκείνων τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ τὸ δεύτερον (τὸ πυκνότερον) ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. Τὸ πρῶτον λοιπὸν σύρμα θὰ ἀποδώσῃ ὀξύτερον ἤχον, τὸ δὲ δεύτερον βαρύτερον.

31. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ἀνωτέρω νόμων διὰ τοῦ ἡχομέτρου. — Ἵνα ἀποδείξωμεν τὸν πρῶτον νόμον, τὸν νόμον τῶν μηκῶν, ἐφαρμοζόμεν ἐπὶ τοῦ ἡχομέτρου δύο χορδὰς ἐντελῶς ὁμοίας, τὰς ὁποίας τείνομεν δι' ἴσων βαρῶν. Αὗται πληττόμεναι ἀποδίδουσιν ἤχους ἰσοῦψεῖς. Τοποθετοῦμεν τώρα εἰς τὸ μέσον ἀκριβῶς τῆς μιᾶς χορδῆς πρισματικὸν ξύλινον ὑποστήριγμα, καὶ οὕτω διαιροῦμεν ταύτην εἰς δύο ἴσα μέρη, ἐκάτερον τῶν ὁποίων θὰ παριστᾷ τὸ μῆκος τῆς χορδῆς, ὅπερ θὰ εἶναι τὸ ἥμισυ τοῦ μήκους τῆς ἐτέρας. Πλήττοντες ἐκ νέου τὰς δύο χορδὰς, ἀκούομεν, ὅτι τὸ ὕψος τοῦ ἤχου τὸν ὁποῖον ἀποδίδει ἡ χορδὴ, τῆς ὁποίας τὸ μῆκος ἀνήχθη εἰς τὸ ἥμισυ, εἶναι διπλάσιον. Ὁ νόμος τῶν μηκῶν ἐφαρμόζεται εἰς τὰ μουσικὰ ὄργανα. Οὕτω εἰς τὸ βιολίον, τὸ μανδολίνον κ.λ.π., διὰ νὰ παραγάγωμεν φθόγγους διαφόρους διὰ μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς χορδῆς, πιέζομεν ταύτην διὰ τοῦ δακτύλου μας εἰς διάφορα σημεῖα, καὶ οὕτω μεταβάλλομεν τὸ παλλόμενον μέρος αὐτῆς.

Πρὸς ἀποδείξιν τοῦ δευτέρου νόμου, τοῦ νόμου τῶν διαμέτρων, λαμβάνομεν δύο χορδὰς τῆς αὐτῆς φύσεως καὶ τοῦ αὐτοῦ μήκους, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία ἔχει διάμετρον διπλασίαν τῆς διαμέτρου τῆς ἄλλης, καὶ τὰς ἐφαρμόζομεν ἐπὶ τοῦ ἡχομέτρου, τείνοντες ταύτας δι' ἴσων βαρῶν. Ἐὰν πλήξωμεν τὰς χορδὰς ταύτας, θὰ ἀκούσωμεν, ὅτι τὸ ὕψος τοῦ ἤχου τῆς λεπτοτέρας χορδῆς εἶναι διπλάσιον.

Κατὰ τὸ πον ἀνάλογον ἀποδεικνύομεν καὶ τοὺς ἄλλους νόμους, ἐκλέγοντες καταλλήλως τὰς χορδὰς.

32. Ἀρμονικοὶ ἤχοι παλλομένων χορδῶν.—Α') Πρῶτος ἀρμονικός. Ἐὰν χορδὴν τεταμένην μεταξὺ δύο σημείων



Σχ. 23. Τρόπος παραγωγῆς ἀρμονικῶν ἤχων ὑπὸ χορδῶν.

λάβωμεν ἐκ τοῦ μέσου τῆς καὶ τὴν ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, ἔπειτα δὲ τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι πάντα τὰ σημεῖα τῆς πάλλονται ἐκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας των, καὶ ἡ χορδὴ παρουσιάζεται ὑπὸ τὴν μορφήν τοῦ σχήματος 23, I, ἥτοι ὥς δέσμη ἀτρακτοειδῆς, ἐξωγκωμένη κατὰ τὸ μέσον. Ἡ χορδὴ λοιπόν, κατὰ μὲν τὸ μέσον τῆς K ἐκτελεῖ παλμοὺς ὑπὸ τὸ μέγιστον πλάτος, ἐνῶ τοῦναντίον τὰ ἄκρα τῆς A καὶ B παραμένουσιν ἐντελῶς ἀκίνητα. Καὶ τὸ μὲν μέσον K τῆς χορδῆς λέγομεν ὅτι εἶναι *κοιλία*, τὰ δὲ ἄκρα A καὶ B *δεσμοί*. Ὁ ἤχος τὸν ὁποῖον ἀποδίδει ἡ χορδὴ παλλομένη οὕτω πως, ἥτοι ὑπὸ μορφήν μιᾶς ἀτρακτοειδοῦς δέσμης, λέγεται *θεμελιώδης ἤχος* αὐτῆς ἢ *πρῶτος ἀρμονικός*.

Β') Δεύτερος ἀρμονικός. Ἴνα ἡ ἰδία χορδὴ ἀποδώσῃ καὶ τὸν δεύτερον ἀρμονικὸν ἤχον, τοποθετοῦμεν εἰς τὸ μέσον ἀκριβῶς Γ (σχ. 23, II) τῆς χορδῆς ξύλινον ὑποστήριγμα, καὶ θέτομεν εἰς παλλομένην κίνησιν μόνον τὸ ἐν τμημα αὐτῆς λ. χ. τὸ ΑΓ. Θέλομεν πα-

ρατηρήσει, ὅτι καὶ τὸ ἕτερον τμήμα τῆς χορδῆς πάλλεται καὶ ἐκτελεῖ κινήσεις, αἵτινες καθ' ἑκάστην στιγμήν εἶναι ἀντίθετοι πρὸς τὰς κινήσεις τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ πληττόμενον τμήμα τῆς χορδῆς. Τοιοῦτοτρόπως ὁλόκληρος ἡ χορδὴ διαιρεῖται εἰς δύο ἴσας ἀτρακτοειδεῖς δέσμας, παρουσιάζουσα τρεῖς δεσμούς Α, Γ καὶ Β καὶ δύο κοιλίας Κ καὶ Κ. Ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον ἀποδίδει ἡ χορδὴ ὅταν πάλλεται οὕτω πως, ἦτοι ὑπὸ μορφήν δύο δεσμῶν ἀτρακτοειδῶν, εἶναι ὁ **δεύτερος ἀρμονικός**.

Γ') Τρίτος ἀρμονικός. Ἵνα ἡ χορδὴ ἀποδώσῃ τὸν τρίτον ἀρμονικόν, τοποθετοῦμεν εἰς τὸ τρίτον ἀκριβῶς αὐτῆς Γ ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἄκρου Α ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ θέτομεν εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸ τμήμα Α Γ (σχ. 23, III). Θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι καὶ τὸ λοιπὸν μέρος Γ Β πάλλεται, ὑποδιαιρούμενον *αὐτομάτως* εἰς δύο τμήματα ἴσα Γ Γ' καὶ Γ' Β, ἅτινα πάλλονται κεχωρισμένως καὶ ἀντιθέτως πρὸς ἀλλήλα παρουσιάζοντα κατὰ τὸ Γ' δεσμόν. Τοιοῦτοτρόπως ὁλόκληρος ἡ χορδὴ διαιρεῖται εἰς τρεῖς ἀτρακτοειδεῖς δέσμας, παρουσιάζουσα τέσσαρας δεσμούς, Α, Γ, Γ' καὶ Β, καὶ τρεῖς κοιλίας Κ, Κ καὶ Κ. Ὁ ἦχος τὸν ὁποῖον ἀποδίδει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλλεται οὕτω πως, ἦτοι ὑπὸ μορφήν τριῶν δεσμῶν ἀτρακτοειδῶν, εἶναι ὁ **τρίτος ἀρμονικός**.

Ὅμοίως δυνάμεθα νὰ κάμωμεν τὴν χορδὴν νὰ ἀποδώσῃ καὶ τοὺς ἄλλους ἀρμονικούς, τέταρτον, πέμπτον κλπ.

Συμπέραμα. Μία χορδὴ ἀποδίδει πολλοὺς ἤχους, τῶν ὁποίων οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν βαίνουνσιν ὡς ἀριθμοὶ 1, 2, 3, 4 κλπ. Ἐκ τούτων ὁ βαρύτερος πάντων καλεῖται θεμελιώδης.

Σημείωσις. Τὴν ὑπαρξίν τῶν δεσμῶν καὶ τῶν κοιλιῶν εἰς τὰς παλλομένας χορδὰς ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς ὡς ἑξῆς. Τοποθετοῦμεν κατὰ μῆκος τῆς χορδῆς καὶ εἰς διάφορα σημεῖα ὀλίγον ἀπέχοντα ἀπ' ἀλλήλων, μικρὰ τεμάχια ἐπικαμπῇ ἐκ χάρτου, μεθ' ὃ θέτομεν τὴν χορδὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Τότε ἐπὶ μὲν τῶν δεσμῶν τὰ τεμάχια τοῦ χάρτου μένουσι σχεδὸν ἀκίνητα, ἐνῶ τὰ ἐπὶ τῶν κοιλιῶν εὐρυσκόμενα ἀνατρέπονται.

33. Ἠχητικοὶ σωλῆνες.—Καλοῦμεν *ἡχητικούς σωλῆνας*, σωλῆνας κυλινδρικοὺς ἢ πρισματικούς, ἔχοντας τοιχώματα στερεά, συνήθως ξύλινα ἢ μετάλλινα, εἰς τοὺς ὁποίους ὁ ἦχος παράγεται διὰ τῆς παλμικῆς κινήσεως τοῦ ἐντὸς αὐτῶν περιεχομένου ἀέρος, ἢ ἄλλου

ἀερίου. 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 ἐστία καὶ ἐφαρμόζεται εἰς τὸ ἐν ἄκρον σωλῆνος κυλινδρικοῦ ἢ πρισματικοῦ, ὃ ὁποῖος χρησιμεύει ὡς ἡχείον. Ἡ οὐσία ἐξ ἧς εἶναι κατεσκευασμένοι οἱ ἡχητικοὶ σωλῆνες δὲν ἐπιδρῶ ἐπὶ τοῦ ὕψους καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ παραγομένου ἤχου. Ἡ φύσις ὅμως τοῦ ἐμφυσωμένου ἀερίου ἐπιδρῶ αἰσθητικῶς ἐπὶ τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου.

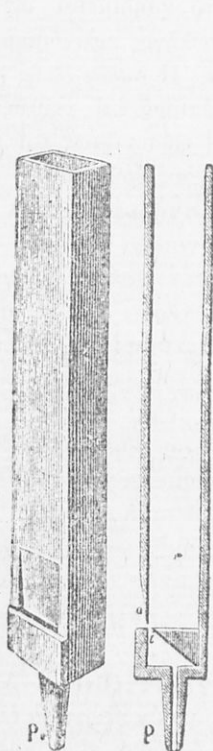
1) Ἡχητικοὶ σωλῆνες μετὰ στόματος. Α') **Περιγραφή.** Εἰς τούτους τὸ ἐπιστόμιον παρουσιάζει τὴν ὑπὸ τοῦ σχήματος 24 παριστωμένην μορφήν, ἣτοι φέρει ἐγκάρσιον ἀνοίγμα, ὅπερ καλεῖται **στόμα**. Κάτωθεν τοῦ στόματος ὑπάρχει ὄχτος, καταλήγων εἰς στενωτάτην σχισμὴν **ι**, ἣτις καλεῖται **διαύγιον** καὶ ἐνώπιον ταύτης ἀκριβῶς ὑπάρχει ἐπὶ τοῦ τοιχώματος τοῦ σωλῆνος ἀκμὴ **α** λεπτοτάτη, ἣτις καλεῖται **ἀνώτερον χεῖλος**.

Β') Λειτουργία. Πρὸς παραγωγὴν ἤχου ἐμφυσῶμεν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, διὰ τοῦ ἐπιστομίου, ῥεῦμα πεπιεσμένου ἀέρος ἢ ἄλλου ἀερίου, εἴτε διὰ φυσητηρίου, εἴτε καὶ διὰ τοῦ στόματός μας. Ὁ ἐμφυσώμενος ἀῖρ 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.

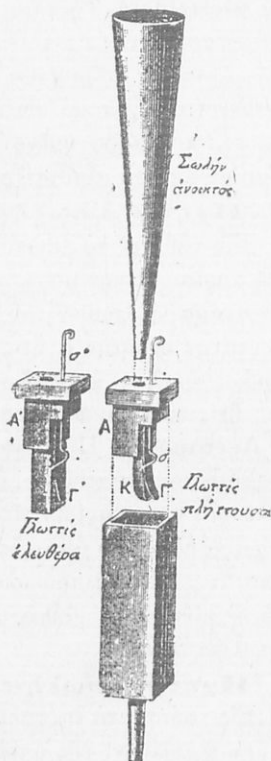
2. Ἡχητικοὶ σωλῆνες μετὰ γλωττίδος.—Α') **Περιγραφή.** Εἰς τούτους τὸ ἐπιστόμιον φέρει μικρὰν γλωττίδα ἐλαστικὴν, μεταλλίνην ἢ ξυλίνην, τῆς ὁποίας τὸ μὲν ἐν ἄκρον εἶναι προσηλωμένον, τὸ δὲ ἕτερον, παλλόμενον ἐλευθέρως, ἀνοίγει καὶ κλείει διαδοχικῶς τὸ στόμιον διὰ τοῦ ὁποίου εἰσορμᾷ ὁ ἀῖρ. Διακρίνομεν δὲ τὴν **ἐλευθέραν** γλωττίδα καὶ τὴν **πλήττουσαν**. Καὶ ἡ μὲν ἐλευθέρα γλωττίς πάλλεται ἔνθεν καὶ ἔνθεν ἐπιμήκους ὀρθογωνίου θυρίδος, τὴν ὁποίαν φέρει ξύλινον κιβώτιον 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 25 παριστωμένην μορφήν.

Β') Λειτουργία. Πρὸς παραγωγὴν ἤχου ἐμφυσῶμεν διὰ τοῦ

ἐπιστομίου ῥεῦμα πεπιεσμένου ἀέρος ἢ ἄλλου ἀερίου, ὅπερ ἀναγκάζει τὴν ἐλαστικὴν γλωττίδα νὰ τεθῇ εἰς παλμικὴν κίνησιν. Οἱ παλμοὶ δὲ τῆς γλωττίδος προκαλοῦσι τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ ἐν τῷ



Σχ. 24. Ἡχητικὸς σωλήν
μετὰ στόματος.



Σχ. 25. Ἡχητικὸς σωλήν
μετὰ γλωττίδος.

σωλήνι ἀερίου. Τὸ μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους τῆς γλωττίδος κανονίζεται ὑπὸ στελέχους ἀγκιστροειδοῦς, οὗτινος τὸ ἄκρον ἐπακουμβᾷ ἐπὶ τῆς γλωττίδος.



ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.

34. Ὅρισμοί.—Τὰ φαινόμενα τὰ προκαλοῦντα εἰς ἡμᾶς τὸ αἶσθημα τὸ ὁποῖον αἰσθανόμεθα διὰ τοῦ αἰσθητηρίου τῆς ὁράσεως καλοῦνται **φωτεινὰ φαινόμενα**. Ἡ δὲ αἰτία ἡ προκαλοῦσα τὰ φωτεινὰ φαινόμενα καλεῖται **φῶς**, καὶ τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς τὸ πραγματευόμενον περὶ τῶν φωτεινῶν φαινομένων καλεῖται **ὀπτική**.

35. Αὐτόφωτα καὶ ἑτερόφωτα σώματα.—Ὑπάρχουσι σώματα ἅτινα ἐκπέμπουσιν ἴδιον φῶς, ὅπως εἶναι ὁ ἥλιος, οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, αἱ φλόγες τῶν λαμπάδων καὶ τῶν λαμπτήρων, οἱ ἀνημμένοι ἄνθρακες κ.λ.π. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **αὐτόφωτα**, ἢ **φωτογόνα** ἢ **φωτεινὰ πηγαί**. Ἀφ' ἑτέρου ὑπάρχουσι καὶ σώματα ἅτινα δὲν ἐκπέμπουσιν ἴδιον φῶς, ἀλλὰ ξένον, τουτέστι τὸ φῶς τὸ ὁποῖον λαμβάνουσι παρὰ τινος φωτογόνου σώματος, ὅπως εἶναι ἡ Σελήνη, οἱ πλανῆται καὶ τὰ πλεῖστα τῶν ἐπὶ τῆς γῆς ἀντικειμένων. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **ἑτερόφωτα**, ἢ **σκοτεινὰ**.

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

Καὶ τὰ μὲν αὐτόφωτα σώματα καθίστανται ὁρατὰ εἰς ἡμᾶς πάντοτε, τὰ δὲ σκοτεινὰ, ἐφ' ὅσον μὲν δὲν εὐρίσκονται ἐνώπιον αὐτοφώτου σώματος μένουσιν ἀόρατα, ὅταν ὁμως εὐρεθῶσιν ἐνώπιον αὐτοφώτου σώματος καθίστανται ὁρατά, διότι τότε ἐκπέμπουσι πρὸς ἡμᾶς τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς. Οὕτως ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, πρὸ τῆς ἀνατολῆς τοῦ ἡλίου, εἶναι ἀόρατος, ἐπίσης κατὰ τὴν νύκτα τὰ διάφορα ἀντικείμενα μιᾶς αἰθούσης εἶναι ἀόρατα πρὸ τοῦ ἀνέψωμεν τὸν λαμπτήρα ἢ τὸ κηρίον. Ὅταν δὲ σκοτεινόν τι σῶμα φω-

τισθῇ ὑπὸ φωτογόνου σώματος, καθίσταται τότε ἱκανὸν νὰ φωτίσῃ καὶ ἄλλα σώματα σκοτεινά. Οὕτω ὁ ἥλιος φωτίζει τὴν Σελήνην, ἥτις εἶναι σκοτεινὴ, αὕτη δὲ πάλιν φωτιζομένη, δύναται νὰ φωτίσῃ ἐπαρκῶς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς (ἐν τῇ περιπτώσει τῆς πανσελήνης λ. χ.). Ἐν γένει ὅταν σῶμά τι ὑποπίπτῃ εἰς τὴν ἡμετέραν ὄρασιν λέγεται **φωτεινόν**.

36. Διαφανῆ σκιερὰ καὶ διαφώτιστα σώματα.

Ὑπάρχουσι σώματα, διὰ μέσου τῶν ὁποίων τὸ φῶς διέρχεται εὐκόλως καὶ βλέπομεν εὐκρινῶς τὰ ὀπισθεν αὐτῶν ἀντικείμενα, ὅπως εἶναι ἡ λεῖα ὕαλος, τὸ διανυγὲς ὕδωρ, ὁ ἀῖρ κ.λ.π. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **διαφανῆ**. Ἐξ ἄλλου ὑπάρχουσι καὶ σώματα, διὰ μέσου τῶν ὁποίων τὸ φῶς ἀδυνατεῖ νὰ διέλθῃ, ὅπως εἶναι τὰ ξύλα, οἱ λίθοι, τὰ μέταλλα κ.τ.λ. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** ἢ **σκιερὰ**. Τέλος ὑπάρχουσι καὶ σώματα, διὰ μέσου τῶν ὁποίων διέρχεται μὲν τὸ φῶς, ἀλλὰ δὲν δυνάμεθα νὰ βλέπωμεν εὐκρινῶς τὰ ὀπισθεν αὐτῶν ἀντικείμενα, ὅπως εἶναι ἡ λευκὴ ὕαλος, λεπτὴ πλάξ πορσελάνης, λεπτὸν φύλλον χάρτου κ.λ.π. Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **διαφώτιστα**.

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

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

Σημειωτέον ὅτι ἡ διαφάνεια σώματός τινος ἐξαεῖται ἐκ τοῦ πάχους αὐτοῦ. Οὕτω πάντα τὰ σώματα εἶναι κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον διαφώτιστα ἢ διαφανῆ, ὅταν λαμβάνωνται ὑπὸ μορφὴν φύλλον λεπτοτάτων π. χ. φύλλα χρυσοῦ, φύλλα σιγαροχάρτου, λεπτοτάτη πλάξ προσελάνης κλπ.

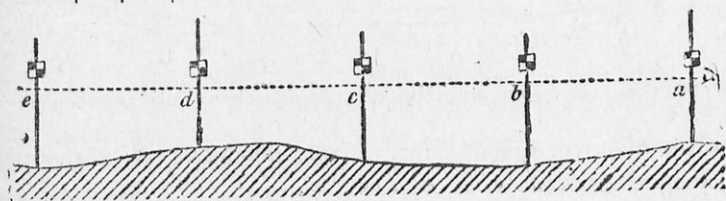
37. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός Πειράματα.

1ον. Ἐὰν ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου εἰσέλθωσι διὰ τινος μικρᾶς ὀπῆς ἡλιακαὶ ἀκτῖνες, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι αὗται παράγουσιν ἐν τῷ δωματίῳ μίαν φωτεινὴν δέσμην, ἥτις ἀναχωρεῖ ἐκ τῆς ὀπῆς καὶ ὀδεύει κατ' εὐθείαν 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 ὀφθαλμὸν μας μετὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, λ. χ. τῆς φλογὸς λαμπάδος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι δὲν δυνάμεθα πλέον νὰ ἴδωμεν τὸ φῶς.

Συμπέρασμα. Τὸ φῶς διαδίδεται ἐν τῷ ἀέρι εὐθυγράμμως.

Εὐθυγράμμως διαδίδεται τὸ φῶς καὶ εἰς πάντα τὰ ὁμοιομερῆ (') καὶ διαφανῆ σώματα.



Σχ. 25α. Χάρις εἰς τὴν εὐθείας γραμμῆς χάρις εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

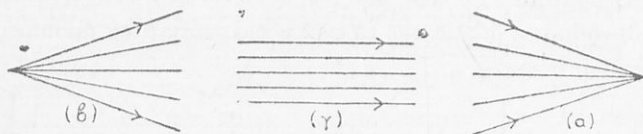
Χάρις εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός, ὁ τοπογράφος δύναται νὰ χαράξῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους μίαν εὐθεῖαν γραμμὴν μεταξὺ δύο σημείων. Πρὸς τοῦτο ἐμπηγνύει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, εἰς τὰ δύο σημεία, δύο κοντοὺς (σχ. 25α) καὶ τοποθετεῖ τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ πλησίον τοῦ ἐνὸς ἐξ αὐτῶν. Ἐπειτα βοηθὸς ἐμπηγνύει μεταξὺ αὐτῶν ἄλλους κοντοὺς, οὕτως ὥστε πάντες νὰ ἀποκρύπτονται ὀπισθεν 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 φωτεινὰ καὶ δέσμη φωτεινῆς. — Πᾶσα εὐθύγραμμος διευθύνσις, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς, καλεῖται

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

ἁκτὶς φωτεινὴ. Τὸ δὲ σύνολον πολλῶν φωτεινῶν ἁκτίνων, αἵτινες ἐκπέμπονται ἐκ τῆς αὐτῆς φωτεινῆς πηγῆς, καλεῖται **δέσμη φωτεινὴ**. Διακρίνομεν τρεῖς διαφόρους δέσμας φωτεινὰς, α) τὰς **συγκλινούσας**, ὅταν αἱ συνιστώσαι αὐτὰς ἁκτίνες βαίνωσι συγκλίνουσαι (σχ. 26, α), β) τὰς **ἀποκλινούσας**, ὅταν αἱ ἁκτίνες βαίνωσιν ἀποκλίνουσαι (σχ. 26, β) καὶ γ) τὰς **παράλληλους**, ὅταν αἱ ἁκτίνες ὡς ἐκ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τῆς φωτεινῆς πηγῆς βαίνωσι παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας (σχ. 26, γ), ὅπως εἶναι αἱ ἡλιακαὶ ἁκτίνες. Τοιαύτας δέσμας παρατηροῦμεν κατὰ τὴν εἴσοδον τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς ἐντὸς τοῦ σκοτεινοῦ



Σχ. 26. Φωτειναὶ δέσμαι συγκλίνουσαι, ἀποκλίνουσαι καὶ παράλληλοι.

δωματίου διὰ τινος μικρᾶς ὀπῆς, εἰς τοὺς προβολεῖς τῶν πλοίων καὶ τῶν κινηματογράφων.

39. Διευθύνσις καθ' ἣν βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα.

“Ὅταν ἡ φωτεινὴ δέσμη, ἀναχωροῦσα ἐκ τινος φωτοβόλου ἀντικειμένου ὁδεύῃ κατ' εὐθείαν γραμμὴν μέχρι τοῦ ὀφθαλμοῦ μας (σχ. 27), τότε βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται. Ὅταν ὅμως ἡ φωτεινὴ δέσμη, ἔνεκα οἰασθήποτε αἰτίας, ἀκολουθοῦσα τεθλασμένην ἢ καμπύλην γραμμὴν εἰσέλθῃ εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας, τότε δὲν βλέπομεν πλέον τὸ ἀντικείμενον εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν, ἀλλὰ εἰς τὴν διευθύνσιν τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ φωτεινὴ δέσμη καθ' ἣν σιγμὴν αὕτη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Ἐνεκα τούτου ἐπέρχονται ὀπτικά ἀπάται, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

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

Θεωρεῖα τῆς ἐκπομπῆς. Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην παρεδέχοντο ὅτι τὰ φωτογόνα σώματα ἐκπέμπουσι καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις λεπτεπίλεπτα μόρια ἐν εἴδει βλημάτων. Ταῦτα φθάνοντα εἰς

τὸν ὀφθαλμόν μας προσβάλλουσι τὸ ὀπτικὸν νεῦρον καὶ παράγουσιν ἐν ἡμῖν τὸ αἶσθημα τῆς ὁράσεως. Ἄλλ' ἡ ὑπόθεσις αὕτη ἐγκυβε-
λείφθη, καὶ σήμερον εἶναι γενικῶς παραδεκτὴ ἡ θεωρία τῶν κυμάν-
σεων.

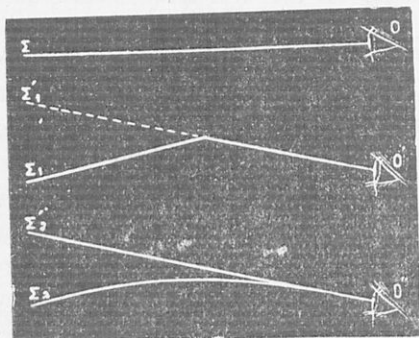
Θεωρία τῶν κυμάνσεων. Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην πα-
δέχονται, ὅτι τὰ μόρια τῶν φωτογόνων σωμάτων ἐκτελοῦσι παλμι-
κὰς κινήσεις ταχυτάτας, αἵτινες μεταδίδονται εἰς εἰδικὴν οὐσίαν, ἣτις
ὠνομάσθη *αἰθέρ*, ἐντὸς τῆς ὁποίας παράγονται σφαιρικὰ κύματα
καλούμενα *φωτεινά*. Τὰ κύματα ταῦτα, φθάνοντα μέχρι τῶν ὀφθαλ-
μῶν μας, παράγουσιν ἐν ἡμῖν τὸ αἶσθημα τῆς ὁράσεως. Αἱ διευθύν-
σεις καθ' ἃς μεταδίδονται τὰ φωτεινὰ κύματα καλοῦνται *φωτειναὶ*
ἀκτῖνες. Αὗται συμπίπτουσι μὲ τὰς γεωμετρικὰς ἀκτῖνας τῶν σφαι-
ρικῶν ἐπιφανειῶν, αἵτινες ἀποτελοῦσι τὰ φωτεινὰ κύματα.

Υπάρχει 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 φωτογόνων σωμάτων, ἣτις
διαδίδεται διὰ τοῦ αἰθέρος. Ὁ αἰθέρ θεωρεῖται ὡς οὐσία ἀραιο-
τάτη μὴ δυναμένη νὰ σταθμισθῇ⁽¹⁾, ἣτις εἶναι τελείως ἐλαστικὴ καὶ
συνεχὴς καὶ πληροὶ πάντα τὰ οὐράνια διαστήματα, πρὸς δὲ τοὺς
μοριακοὺς πόρους τῶν διαφανῶν σωμάτων καὶ τοὺς χώρους οἵτινες
ἀποτελοῦσι τὰ καλούμενα *κενά*.

Μήκος τοῦ κύματος. Ἡ κατάστασις τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος
περὶ τὸ φωτογόνον σῶμα, κατὰ τινὰ χρονικὴν στιγμὴν δύναται νὰ
παρασταθῇ, ὅπως καὶ ἐν τῇ περιπτώσει τῶν ὑδατηρῶν κυμάτων,
διὰ καμπύλης γραμμῆς (σχ. 7). Ἐν τῷ σχήματι τούτῳ ἡ μὲν εὐθεΐα
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

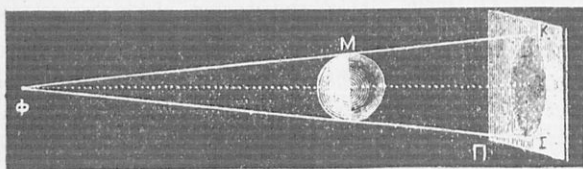
(1) Λέγοντες ὅτι ὁ αἰθέρ εἶναι οὐσία ἀστάθμητος, ἐννοοῦμεν, ὅτι δὲν δυ-
νάμεθα νὰ ζυγίσωμεν ταύτην διὰ τῶν γνωστῶν εἰς ἡμᾶς μέσων. Τοῦτο ἐν-
νοοῦμεν διὰ τοῦ ἐξῆς παραδείγματος. Τεμάχιον μόσχου δύναται ἐπὶ πολὺν
χρόνον νὰ ἐκπέμπῃ μόρια καὶ νὰ ἀρωματίζῃ τὸν ἀέρα αἰθούσης. Καὶ ὅμως
ἡ ἐκπομπὴ αὕτη δὲν δύναται νὰ προσδιορισθῇ διὰ τοῦ ζυγοῦ, ὅσονδήποτε
εὐπαθὴς καὶ ἂν εἶναι οὗτος, ἕνεκα τοῦ ἐλαχίστου βάρους τῶν ἐκπεπομένων
μορίων.

ταύτης. Τῆς καμπύλης ταύτης τὸ μὲν τμήμα $AMNO$ ἀποτελεῖ ἐν *πλήρῃς κύμα* φωτός, τὸ δὲ μῆκος AO τοῦ τμήματος τούτου, ὅπερ παριστᾷ τὴν ἀπόστασιν δύο διαδοχικῶν μορίων τοῦ αἰθέρος, ἅτινα κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν ἔχουσι τὴν αὐτὴν φάσιν κινήσεως, καλεῖται *μῆκος τοῦ κύματος*.



Σχ. 27. Διεύθυνσις ὁράσεως.

41. Σκιά καὶ ὑποσκίασμα.—Υποθέσωμεν, ὅτι ἐνώπιον φωτεινῆς πηγῆς Φ (σχ. 28), ἥτις, ὡς ἐκ τῶν ἐλαχίστων διαστάσεων της, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σημεῖον, θέτομεν σῶμα σκιερινὸν καὶ σκιερὸν, μίαν σφαῖραν M λ.χ. Θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὀπισθεν τοῦ

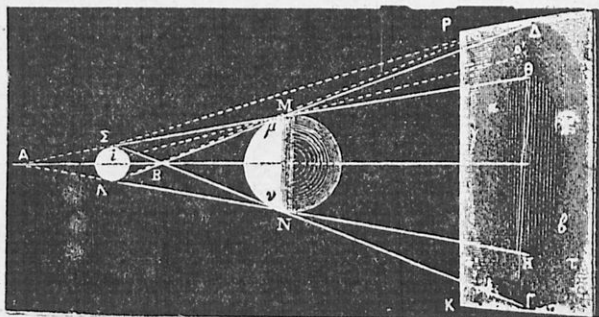


Σχ. 28. Σκιά.

σκιεροῦ τούτου σώματος ὑπάρχει ὡχῶρος, εἰς τὸν ὁποῖον δὲν δύναται νὰ εἰσέλθῃ τὸ φῶς, καθ' ὅσον τοῦτο παρεμποδίζεται ὑπὸ τοῦ σώματος. Ὁ χώρος οὗτος καλεῖται *σκιά* 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 ὅμως Γ , τὸ ὁποῖον τοποθετοῦμεν ὀπισθεν τοῦ σώ-

ματος καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ κώνου, παρουσιάζεται ὑπὸ μορφήν κυκλικήν ΚΣ. Πᾶν σημεῖον, κείμενον ἐντὸς τοῦ κώνου τούτου καὶ ὀπισθεν τοῦ σώματος, δὲν φωτίζεται οὐδόλως ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, διότι ἡ εὐθεῖα ἡ ἐνούσα τὸ σημεῖον τοῦτο μετὰ τὴν φωτεινὴν πηγὴν συναντᾷ τὸ σκιερὸν σῶμα.

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις, ὅπως εἶναι λ. γ. σφαῖρα φωτεινὴ Σ (σχ. 29), ἡ σκιά τὴν ὁποῖαν ῥίπτει ὀπισθεν αὐτῆς σφαῖρα σκιερὰ ΜΝ, ἔχει, ἐν τῷ διαστήματι, μορφήν κολούρου κώνου, ὅστις εἶναι ἐξωτερικῶς περιγεγραμμένος εἰς ἀμφοτέρας τὰς σφαίρας.



Σχ. 2). Τρόπος σχηματισμοῦ σκιάς καὶ ὑποσκιάματος.

Ἄλλ' ἐξωθεν τῆς σκιάς ὑπάρχει καὶ χώρος ὀλίγον φωτεινός, διότι εἰς αὐτὸν εἰσέρχεται μέρος μόνον πῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεμπομένων ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ὁ χώρος οὗτος καλεῖται **ὑποσκίασμα** τοῦ σώματος. Τοῦτο περιλαμβάνεται μεταξὺ τοῦ ἐξωτερικῶς περιγεγραμμένου εἰς ἀμφοτέρας τὰς σφαίρας κώνου καὶ τοῦ ἐσωτερικῶς περιγεγραμμένου εἰς αὐτὰς ποιούτου. Καὶ πράγματι, ἐὰν τοποθετήσωμεν πέτασμα ΡΚ ὀπισθεν τοῦ σκιεροῦ σώματος καὶ καθέτως ἐπὶ τὸν ἄξονα πῶν κώνων, θέλομεν παρατηρήσει ἐπ' αὐτοῦ τρεῖς διακεκριμένας ζώνας :

- 1ον Μίαν ζώνην κεντρικὴν τελείως σκοτεινὴν· αὕτη εἶναι ἡ σκιά.
- 2ον Μίαν ζώνην ἐξωτερικὴν τελείως φωτεινὴν καὶ
- 3ον Μίαν ζώνην ἐνδιάμεσον, ἥτις δὲν εἶναι οὔτε τελείως σκοτεινὴ, οὔτε τελείως φωτεινὴ· αὕτη εἶναι τὸ ὑποσκίασμα.

Ὁρισμός. Καλεῖται **σκιά** σώματός τινος ὁ ὀπισθεν αὐτοῦ χώ-

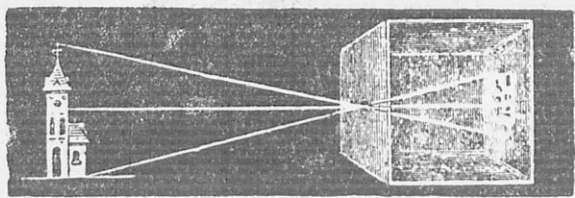
ρος ὁ μηδὸλως φωτιζόμενος, **ὑποσκίασμα** δὲ ὁ ἐν μέρει μόνον φωτιζόμενος.

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

42. Ἐκλείψεις τοῦ Ἥλιου καὶ τῆς Σελήνης. Ἐὰν γράψωμεν σφαῖρας, αἵτινες νὰ περιστῶσι τὸν Ἥλιον καὶ τὴν Γῆν, καὶ φέρομεν τοὺς κῶνους τοὺς ἐξωτερικῶς καὶ ἐσωτερικῶς περιγεγραμμένους εἰς αὐτάς, θὰ ἔχωμεν τὴν σκιάν καὶ τὸ ὑποσκίασμα τῆς Γῆς. Ἡ εἵσοδος τῆς Σελήνης εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιάς καὶ τοῦ ὑποσκιήματος τῆς Γῆς παρὰγει τὰς ἐκλείψεις τῆς Σελήνης μὲ τὰς διαφόρους φάσεις αὐτῶν. Ἐὰν δὲ αἱ δύο σφαῖραι περιστῶσι τὸν Ἥλιον καὶ τὴν Σελήνην, θὰ ἔχωμεν τὴν σκιάν καὶ τὸ ὑποσκίασμα τῆς Σελήνης. Ἡ εἵσοδος τόπου τινὸς τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιάς καὶ τοῦ ὑποσκιήματος τῆς Σελήνης παρὰγει τὸς ἐκλείψεις τοῦ Ἥλιου μετὰ τῶν διαφορῶν φάσεων αὐτῶν.

Συμπέρασμα. Αἱ ἐκλείψεις τοῦ Ἥλιου καὶ τῆς Σελήνης ἐξηγοῦνται διὰ τῆς σκιάς καὶ τοῦ ὑποσκιήματος.

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



Σχ. 30. Σκοτεινὸς θάλαμος.

μικρὰς ὀπῆς φωτειναὶ ἀκτῖνες, προερχόμεναι ἐκ τινος ἐξωτερικοῦ ἀντικειμένου (σχ. 30). Αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουσαι ἐπὶ πετάσματος, ἢ ἐπὶ τῆς ἀπέναντι πλευρᾶς τοῦ δωματίου, σχηματίζουν ἐν αὐτῷ οὐχὶ χῶρον ὁμοιομόρφως φωτεινὴν, ἀλλ' ὁλόκληρον εἰκόνα, ἥτις εἶναι ἐντελῶς ὁμοία μὲ τὸ ἐξωτερικὸν ἀντικείμενον, ἀλλ' ἀνέστραμμένη. Ἡ ἀντιστροφή τῆς εἰκόνος προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες διασταυροῦνται κατὰ τὴν διόδόν των διὰ τῆς ὀπῆς, καὶ ἕνεκα τούτου αἱ μὲν προερχόμεναι ἐκ τῶν ὑψηλοτέρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου συναντῶσι τὸ πέτασμα ἢ τὴν πλευρὰν εἰς τὰ κατώτερα

σημεῖα, 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 φωτεινὴ.

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

44. Ταχύτης τοῦ φωτός. Α') Πειράματα. 1ον. Ἐὰν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀφ' ἡμῶν ἐκπυρσοκροτήσῃ ἐν καιρῷ νυκτὸς πυροβόλον, θὰ ἴδωμεν κατὰ πρῶτον τὴν λάμψιν τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς θὰ ἀκούσωμεν καὶ τὸν κρότον αὐτῆς. 2ον. Ἐὰν ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως παρατηρήσωμεν κυνηγὸν νὰ πυροβολῇ, θὰ ἴδωμεν κατὰ πρῶτον τὸν καπνὸν τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς θὰ ἀκούσωμεν καὶ τὸν κρότον αὐτῆς. 3ον. Ὅταν κατὰ χειμῶνα παράγεται θύελλα (ἀστραπὴ καὶ βροντή), βλέπομεν κατὰ πρῶτον τὴν ἀστραπὴν καὶ μετὰ τινὰς στιγμὰς ἀκούομεν καὶ τὴν βροντὴν. Καὶ ὅμως εἰς ὅλα τὰ ἀνωτέρω πειράματα, τὸ φῶς, ὁ καπνὸς καὶ ὁ ἦχος παρήχθησαν ταυτοχρόνως.

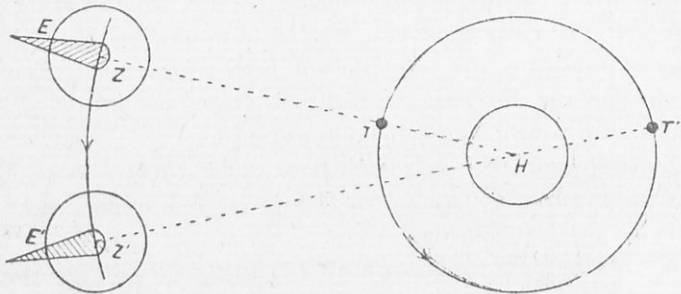
Συμπέρασμα. Τὸ φῶς διαδίδεται πολὺ ταχύτερον τοῦ ἤχου. Καλεῖται **ταχύτης** τοῦ φωτός τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπ' αὐτοῦ ἐντὸς 1 δευτερολέπτου.

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

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

Ἀρχὴ τῆς μεθόδου τοῦ Roemer. Ἡ μέθοδος αὕτη στηρίζεται ἐπὶ παρατηρήσεων γενομένων ὑπὸ τοῦ Roemer (1675-1676)

ἐπὶ τοῦ πρώτου (τοῦ πλησιεστέρου) δορυφόρου τοῦ Διός. Ἡ ἀρχὴ αὐτῆς εἶναι ἡ ἑξῆς. Εἶναι γνωστόν, ὅτι ὁ πρῶτος δορυφόρος τοῦ Διός καταδύεται εἰς τὴν σκιὰν τὴν ὁποίαν ὀρίπτει ὁ πλανήτης αὗτος, κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς 42 ὥρας, 28 λεπτά καὶ 36 δευτερόλεπτα. Ὑποθέσωμεν λοιπόν, 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. 31), ἡ δὲ Γῆ εἰς τὸ σημεῖον T τῆς τροχιάς αὐτῶν. Μετὰ 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'. Τοιοῦτοτρόπως εἰς τὰς θέσεις ταύτας ἡ ἀπόστασις τῆς



Σχ. 31. Ποσοδιορισμὸς ταχύτητος τοῦ φωτός διὰ τῆς μεθόδου τοῦ Roemer.

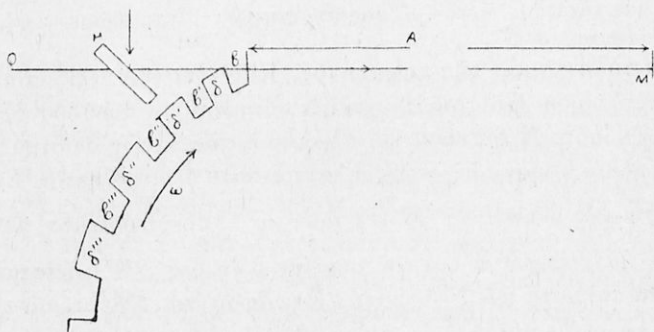
Γῆς ἀπὸ τοῦ Διός ἔχει ἀυξηθῇ κατὰ μίαν ὁλόκληρον διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς.

Κατὰ τὴν ἐποχὴν ταύτην σημειοῦμεν τὴν χρονικὴν στιγμὴν καὶ ἑτέρας καταδύσεως τοῦ δορυφόρου. Θέλομεν ἀνεύρει, ὅτι ἡ κατάδυσις αὕτη, ἀντὶ νὰ παρατηρηθῇ μετὰ χρόνον ἀκριβῶς ἴσον πρὸς N φορὰς τὸ 42 ὥραι 28 λεπτά καὶ 36 δευτερόλεπτα (N εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν καταδύσεων, αἵτινες ἔλαβον χώραν κατὰ τὸν χρόνον, καθ' ὃν ἡ Γῆ μετέβη. ἐκ τοῦ T εἰς T'), παρατηρεῖται κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν, ἥτις ἰσοῦται μὲ N φορὰς τὸ 42 ὥραι, 28 λεπτά 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 299000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Ἀρχὴ τῆς μεθόδου τοῦ Fizeau. Ἡ μέθοδος αὕτη εἶναι ἀπλουστερά τῆς προηγουμένης. Κατὰ ταύτην ἐχρησιμοποιήθη μετάλλινος τροχὸς ὀδοντωτὸς (σχ. 32) στρέφόμενος κατακορύφως περὶ ὀριζόντιον ἄξονα μετὰ μεγάλης καὶ ὁμαλῆς κινήσεως. 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 δέ-



Σχ. 32. Προσδιορισμὸς τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός διὰ τῆς μεθόδου τοῦ Fizeau.

σμη, προσρχομένη ἐκ τινος φωτεινῆς πηγῆς, ἀνακλᾶται ἐπὶ ὑαλίνῃς πλακὸς μ καὶ διευθύνεται καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ τροχοῦ. Αὕτη, διερχομένη διὰ τοῦ κενοῦ διαστήματος β , μεταξὺ δύο ὀδόντων, προσπίπτει καθέτως κατὰ τὴν διεύθυνσιν βM ἐπὶ κατόπτρου M , εὗρισχομένου εἰς τινὰ ἀπόστασιν A χιλιόμετρων 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 σ διὰ μέσου τῆς ὑαλίνης πλακὸς μ .

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 ὁποίου 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 πλέον τὸ κενὸν διάστημα β , διὰ τοῦ ὁποίου διήλθε κατὰ τὴν ἀναχώρησιν τῆς, ἀλλὰ τὸν ἀμέσως ἐπόμενον αὐτοῦ ὀδόντα δ , ὅποτε δὲν θὰ φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἵνα συμβῇ τοῦτο δέον ὁ τροχὸς νὰ στρέ-

φηται τόσον ταχύως, ὥστε ὁ χρόνος καθ' ὃν ἀντικαθίσταται ἕναστον κενὸν διάστημα ὑπὸ τοῦ ἀμέσως ἐπομένου ὁδόντος 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 οβM.

Τοῦναντίον, ἔάν ἡ ταχύτης τοῦ τροχοῦ γίνῃ ἀκόμῃ μεγαλύτερα καὶ τοσαύτη, ὥστε ὁ χρόνος καθ' ὃν ἀντικαθίσταται ἕναστον 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 οβM.

Υπολογισμὸς τῆς ταχύτητος. Καλέσωμεν A τὴν ἀπόστασιν τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τοῦ τροχοῦ, N τὸν ἀριθμὸν τῶν ὁδόντων τοῦ τροχοῦ (ὅποτε N θὰ εἶναι καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν κενῶν διαστημάτων), καὶ ν τὸν ἀριθμὸν τῶν στροφῶν αὐτοῦ κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐκάστη στροφή θὰ γίνηται εἰς χρόνον ἴσον μὲ $\frac{1}{v}$ δευτερόλεπτα καὶ κατ' αὐτὸν θὰ διέρχωνται διὰ τοῦ σημείου β ἐν ὅλῳ 2N τμήματα, ἥτοι N κενὰ τμήματα καὶ N ὁδόντες. Καὶ ἀφοῦ τὰ 2N τμήματα διέρχονται διὰ τοῦ σημείου β ἐντὸς $\frac{1}{v}$ δευτερόλεπτα, τὸ ἐν μόνον τμήμα θὰ διέλθῃ ἐντὸς $\frac{1}{2Nv}$ δευτερόλεπτα. 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) μετὰξὺ δύο σταθμῶν ἀπεχόντων 46 χιλιόμετρα ἀπ' ἀλλήλων, ἐκτελέσας 1100 μετρήσεις, καὶ εὑρεν ὡς ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐν τῷ κενῷ, κατὰ δευτερόλεπτον, 299880 χιλιόμετρα.

Σήμερον ὡς ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐν τῷ κενῷ καὶ ἐν τῷ ἀέρι παραδέχονται, κατὰ προσέγγισιν, 300000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐντὸς τῶν λοιπῶν διαφανῶν σωμάτων ἡ ταχύτης εἶναι διάφορος· ἐν τῷ ὕδατι εἶναι ἴση μὲ 235000 χιλιόμετρα καὶ ἐν τῇ θάλῳ μὲ 200000 χιλιόμετρα.

Α Σ Κ Η Σ Ι Σ

Γνωρίζομεν, ὅτι τὸ φῶς τοῦ Ἥλιου χρειάζεται 8 πρῶτα λεπτά καὶ 18 δευτερόλεπτα διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὴν Γῆν. Νὰ εὐρεθῇ α') εἰς χιλιόμετρα καὶ β') εἰς γήινας ἀκτῖνας ἡ μέση ἀπόστασις τοῦ Ἥλιου ἀπὸ τῆς Γῆς. Μέση ἀκτίς τῆς Γῆς = 6366 χιλιόμ. (Ἀποκρ. α') 149100000 χιλιόμ. καὶ β') 23468 γήιναι ἀκτῖνες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'.

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

45. Φωτισμός.—1ον. Ἐὰν σκοτεινὸν δωμάτιον φωτίσωμεν διὰ διαφόρων φωτεινῶν πηγῶν, θέλομεν ἀνεύρει, 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 ἡλεκτρικοῦ θὰ φωτίζωνται ἰσχυρότερον, ἐνῶ διὰ φλογὸς φωταερίου θὰ φωτίζωνται ἀσθενέστερον. 2ον. Ἐὰν σκοτεινὸν δωμάτιον φωτίσωμεν διὰ τινος φωτεινῆς πηγῆς, θέλομεν ἀνεύρει, ὅτι τὰ μὲν πλησιέστερα πρὸς αὐτὴν ἀντικείμενα φωτίζονται ἰσχυρότερον, τὰ δὲ ἀπώτερα ἀσθενέστερον. Οὕτω διάφραγμα πλησίον μὲν τῆς φωτεινῆς πηγῆς θὰ φαίνεται φωτεινότερον, ἀλλ' εἰς μεγαλύτεραν ἀπόστασιν θὰ φαίνεται σκοτεινότερον.

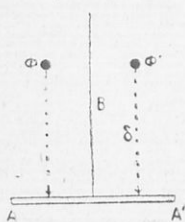
Συμπέρασμα. Ὁ ὀφθαλμὸς ἡμῶν δύναται νὰ διακρίνῃ, πότε τὰ ἀντικείμενα φωτίζονται ἰσχυρότερον καὶ πότε ἀσθενέστερον, ἐκ τῆς ζωοῦς κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥτιον ἐντυπώσεως, τὴν ὁποίαν οὗτος ὑφίσταται ὅταν παρατηρῇ ταῦτα.

Ὁ φωτισμὸς σώματός τινος ἐξαρετᾶται 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.—Θεωρήσωμεν λευκὴν ὑαλίνην πλάκα ἡμιδιαφανῇ κατακόρυφον ΑΑ' (σχ. 33) καὶ ἐνώπιον αὐτῆς λεπτὸν σκιερὸν διάφραγμα Β, τὸ ὅποιον νὰ διαορῇ τὴν πλάκα εἰς δύο μέρη ἴσα. Ἀς τοποθετήσωμεν ἐκατέρωθεν τούτου καὶ εἰς ἴσην ἀπόστασιν δ ἀπὸ τῆς πλακὸς δύο φωτεινὰς πηγὰς Φ καὶ Φ' ὁμοιοχρώμους. Ἐὰν καὶ τὰ δύο τμήματα Α καὶ Α' τῆς ὑαλίνης

πλακὸς φωτίζονται ἐξ ἴσου ὑπὸ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, θέλομεν εἶπει ὅτι ἡ ἔντασις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἡ αὐτή.

Συμπέρασμα. Δύο φωτειναὶ πηγαὶ ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἔντασιν,



ὅταν ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως παράγωσιν ἴσους φωτισμοὺς ἐπὶ ὁμοίων διαφραγμάτων.

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

Σχ. 33. Ἡ ἔντασις εἶναι ἡ αὐτή, ὅταν οἱ φωτισμοὶ εἶναι ἴσοι.

Μία φωτεινὴ πηγὴ Φ θὰ λέγωμεν ὅτι ἔχει ἔντασιν διπλασίαν, τριπλασίαν κ.λ.π. ἑτέρας πηγῆς Φ', ἐὰν ἡ Φ παράγῃ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς φωτισμὸν, τὸν ὁποῖον παράγουσι 2, 3 κ.λ.π.

φωτειναὶ πηγαὶ ὅμοιαι πρὸς τὴν Φ' καὶ συννύαρχουσαι.

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

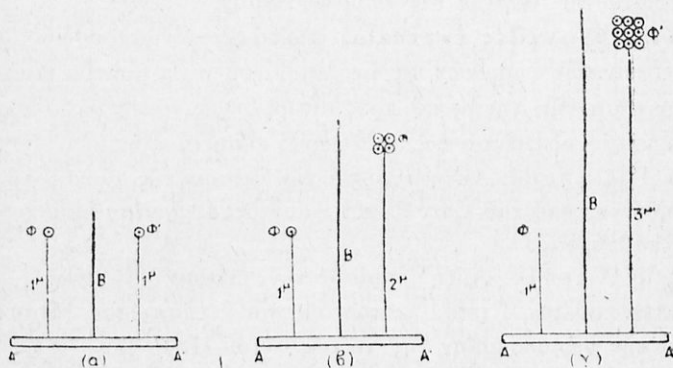
47. Σύγκρισις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν.—Νόμος τῆς φωτομετρίας Καίτοι ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ ἀνέυρῃ ἐκ τῆς ἰσότητος τοῦ φωτισμοῦ δύο ἐπιφανειῶν τὴν ἰσότητά τῆς ἐντάσεως τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, ἐν τούτοις ἐν τῇ περιπτώσει τῆς ἀνισότητος τοῦ φωτισμοῦ ἀδυνατεῖ νὰ κρίνῃ ποσάκις ὁ εἰς φωτισμὸς εἶναι ἰσχυρότερος τοῦ ἑτέρου, ἵνα ἐντεῦθεν ἀνέυρῃ ποσάκις ἡ ἔντασις τῆς μιᾶς πηγῆς εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ἄλλης. Διὰ τοῦτο καὶ ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ ἡ σύγκρισις τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν γίνεται πάλιν διὰ τῆς ἰσότητος τοῦ φωτισμοῦ τῶν ἐπιφανειῶν.

Καὶ κατὰ πρῶτον, ἃς ἴδωμεν τίνι τρόπῳ μεταβάλλεται ὁ κάθετος φωτισμὸς ἐπιφανείας τινὸς μετὰ τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς ἀπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Πρὸς τοῦτο ἐκτελοῦμεν τὸ ἐξῆς πείραμα.

Πείραμα. Λαμβάνομεν τὴν προηγουμένην συσκευὴν καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὰ σημεῖα Φ καὶ Φ' (σχ. 34, α) δύο κηρία ὅμοια (1)

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

ἀπὶνα φωτίζουνσι καθέτως τὰ τμήματα A καὶ A' . 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. Ἀλλ' ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ κηρίον Φ' εἰς ἀπόστασιν διπλασίαν, 2 μέτρον (σχ. 34, β), εὐρίσκομεν, ὅτι, ἵνα οἱ φωτισμοὶ γίνωσι καὶ πάλιν ἴσοι, πρέπει νὰ προσθέσωμεν ἀκόμη 3 ἄλλα κηρία ὅμοια, ἥτοι τὸ ὅλον 4 κηρία. Ὁ φωτισμὸς λοιπὸν ὁ παραγόμενος ὑφ' ἑνὸς μόνον



Σχ. 34. Σύγκρισις τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν.

κηρίου ἐξ ἀποστάσεως 2 μέτρον εἶναι τὸ τέταρτον τοῦ φωτισμοῦ, τὸν ὅποιον τοῦτο παρῆγεν ἐξ ἀποστάσεως 1 μέτρον. Ὡσαύτως εἰς ἀπόστασιν τριπλασίαν, 3 μέτρον, εὐρίσκομεν, ὅτι πρέπει νὰ προσθέσωμεν ἀκόμη 8 κηρία, ἥτοι τὸ ὅλον 9 κηρία (σχ. 34, γ), ἵνα ἔχωμεν τὸν αὐτὸν φωτισμόν. Ὁ φωτισμὸς λοιπὸν ὑφ' ἑνὸς μόνον κηρίου, ἐξ ἀποστάσεως 3 μέτρον, εἶναι τὸ ἑνατον ἐκείνου, τὸν ὅποιον παρῆγεν ἐξ ἀποστάσεως 1 μέτρον.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὸν ἐξῆς νόμον τῆς φωτομετρίας. Ὁ φωτισμὸς τὸν ὅποιον δέχεται καθέτως ἐπιφάνεια, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς ἀπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς.

48. Θεμελιώδεις σχέσεις τῆς φωτομετρίας.—Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος βλέπομεν τίνι τρόπῳ θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν. Καὶ πράγματι, ὅταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζωσιν ἐξ ἴσου δύο ἐπιφανείας γειτονικὰς καὶ ὁμοίας, ἢ τὴν αὐτὴν ἐπιφάνειαν διαδοχικῶς, ἐξ ἀποστάσεων A καὶ A' , αἱ ἐντάσεις αὐτῶν

Ε και Ε' είναι ανάλογοι τῶν τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων, ἥτοι ἔχομεν τὴν σχέσιν

$$\frac{E}{E'} = \frac{A^2}{A'^2}$$

ἢ ἡς εὐρίσκουμεν $E = \frac{A^2}{A'^2} \times E'$.

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

49. Μονάδες ἐντάσεως φωτός.—Ἰνα προσδιορίσωμεν τὴν ἔντασιν τῶν φωτεινῶν πηγῶν, λαμβάνομεν ὡς μονάδα μίαν ὠρισμένην φωτεινὴν πηγὴν καὶ πρὸς αὐτὴν συγκρίνομεν τὰς ἄλλας. Αἱ ἐν χρήσει μονάδες ἐντάσεως τοῦ φωτός εἶναι αἱ ἑξῆς.

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

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

Ὡς πρακτικὴ μονάς ἐντάσεως λαμβάνεται συνήθως τὸ δεκαδικὸν κηρίον. Εἰς δεκαδικὰ κηρία ἐκφράζεται ἡ ἔντασις τῶν κοινῶν φωτεινῶν πηγῶν καὶ ἰδίᾳ τῶν ἡλεκτρικῶν λυχνιῶν. Οὕτως ἡ συνήθης ἡλεκτρικὴ λυχνία εἶναι ἐντάσεως 16 κηρίων.

Σύγκρισις τῶν μονάδων ἐντάσεως φωτός πρὸς ἀλλήλας.

Ἡ Violle ἰσοδυναμεῖ πρὸς 2,08 Carcel.

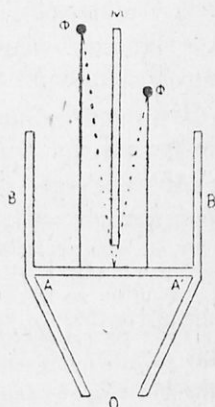
Ἡ Hefner ἰσοδυναμεῖ πρὸς $\frac{1}{19}$ Violle.

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

50. Μέτρησις τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν. Φωτόμετρα. Καλοῦμεν **φωτόμετρα** τὰ ὄργανα, ἅτινα χρησιμεύουσιν εἰς ἡμᾶς πρὸς μέτρησιν τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν.

γών, Διὰ τῶν ὁργάνων τούτων πειραματιζόμεθα πάντοτε ἐν τελείῳ σκοτεινῷ θαλάμῳ. Ἡ χοῆσις δὲ αὐτῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω θεμελιώδους σχέσεως τῆς φωτομετρίας. Ἐκ τῶν φωτομέτρων θὰ περιγράψωμεν τὸ τοῦ Foucault καὶ τὸ τοῦ Bunsen.

Φωτόμετρον Foucault. Α') **Περιγραφή.** Τὸ φωτόμετρον τοῦτο εἶναι τροποποιήσις τῆς συσκευῆς, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 33. 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 Κ (σχ. 35), οὗτινος τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα εἶναι μελανά. Τὸ κιβώτιον τοῦτο μετὰ τῶν πλαγίων τοιχωμάτων Β καὶ Β' προσφύλάσσει τὴν ὑαλίνην πλάκα ἀπὸ πάντα ἐξωτερικὸν φωτισμόν. Σκιαρὸν διάφραγμα Μ, κάθετον ἐπὶ τὴν πλάκα καὶ κινητόν, χωρίζει αὐτὴν εἰς δύο ἡμίση καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ ἀνεύρωμεν ἀκριβῶς τὴν ἰσότητα τοῦ φωτισμοῦ αὐτῶν. Παράλλῃλως πρὸς τὸ διάφραγμα τοῦτο ὑπάρχουσι κανόνες ὑποδηγημένοι εἰς ἑκατοστόμετρα, τὸ δὲ μηδὲν τῆς διαίρεσεως αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θέσιν τῆς ὑαλίνης πλακός.



Σχ. 35. Φωτόμετρον τοῦ Foucault.

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, μετακινοῦμεν τὴν φωτεινὴν πηγὴν κατὰ μῆκος τοῦ κανόνος, πλησιάζοντες ἢ ἀπομακρύνοντες αὐτήν, μέχρις ὅτου ὁ ὀφθαλμὸς ἀντιληφθῇ, ὅτι τὰ δύο ἡμίση τῆς πλακὸς φωτίζονται ἕξ ἴσων. 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.

Φωτόμετρον Bunsen. Τοῦτο, ὑπὸ τὴν ἀπλουστάτην αὐτοῦ μορφήν, ἀποτελεῖται ἐκ τεμαχίου λευκοῦ χάρτου, φέροντός εἰς τὸ μέ-

σον κηλίδα ἐκ λιπαρᾶς οὐσίας, λ. γ. ἐλαίου. Τοποθετοῦμεν τοῦτο κατακορύφως καὶ μεταξὺ τῶν δύο πρὸς σύγκρισιν φωτεινῶν πηγῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία εἶναι ἡ μονὰς ἐντάσεως, οὕτως ὥστε τὸ ἐπίπεδόν του νὰ εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν εὐθεϊαν τὴν ἐνώνουσαν τὰ δύο φῶτα. Ἀφίνοντες τὴν μονάδα ἐντάσεως ἀκίνητον, μετακινοῦμεν τὴν ἄλλην καθέτως πρὸς τὸ φύλλον τοῦ χάρτου, μέχρις ὅτου ἑξαφανισθῇ 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 οὕτω εὐρίσκομεν ἀκριβέστερον τὴν στιγμὴν καθ' ἣν ἑξαφανίζεται ἡ κηλὶς.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

1) Ἐν τῷ φωτομέτρῳ Foucault ἐτοποθετήθησαν λαμπὰς καὶ κηρίον. Ὅταν τὰ δύο ἡμίση τῆς πλακὸς φωτίζονται ἐξ ἴσου, ἡ ἀπόστασις τοῦ μὲν λαμπτήρος εἶναι 80 ἑκατοστόμ. τοῦ δὲ κηρίου 40 ἑκατοστόμ. Νὰ εὐρεθῇ 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 εὐρεθῇ εἰς ποίαν θέσιν μεταξὺ αὐτῶν πρέπει νὰ τεθῇ σῶμά τι, ἵνα φωτίζεται ἐξ ἴσου παρὰ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν (Ἀπόκρ. 2,3 μέτρα ἀπὸ τοῦ κηρίου).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

ΔΙΑΧΥΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ.—ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§1. Διάχυσις τοῦ φωτός. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς φωτεινῆς δέσμης τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σκοτεινοῦ δωματίου παρενθέσωμεν φύλλον λευκοῦ χάρτου, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ φῶς προσπίπτον ἐπὶ τοῦ χάρτου ἐκπέμπεται καθ' ὅλας τὰς πρὸ αὐτοῦ διευσθύνσεις, καὶ τοιοῦτοτρόπως φωτίζεται τὸ δωμάτιον. Ὅπου δὴποτε λοιπὸν καὶ ἂν τοποθετηθῶμεν ἐν τῷ δωματίῳ ἔμπροσθεν

τοῦ χάρτου, θέλομεν παρατηρήσει αὐτόν, διότι θὰ δεχθῶμεν εἰς τοὺς ὀφθαλμοὺς μας τὸ ὑπὸ τοῦ χάρτου ἐκπεμπόμενον ἢ διασκορπιζόμενον φῶς. Λέγομεν τότε, ὅτι ὁ χάρτης **διαχέει** τὸ φῶς, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις** τοῦ φωτός.

Ὁρισμός. Καλεῖται **διάχυσις** τοῦ φωτός τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς τὸ προσπίπτον ἐπὶ τινος σώματος διασκορπίζεται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις.

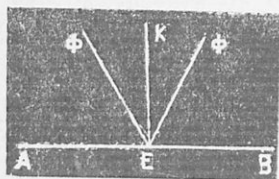
Τὸ φαινόμενον τῆς διαχύσεως τοῦ φωτός παρατηρεῖται εἰς πάντα τὰ σώματα, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια εἶναι τραχεῖα καὶ ἀνώμαλος. Τὸ ποσὸν δὲ τοῦ διαχεομένου φωτός ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος καὶ ἐκ τοῦ χρώματος αὐτοῦ. Οὕτω τὰ λευκὰ σώματα διαχέουσι περισσότερον φῶς, ἢ τὰ κεχρωματισμένα καὶ ἰδίως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

§2. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.— Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φύλλον τοῦ χάρτου ὑπὸ μεταλλίνης ἐπιφανείας λείας καὶ στιλπνῆς (δίσκου ἀργυροῦ στιλπνοῦ), τότε ἐλάχιστον μέρος τοῦ προσπίπτοντος φωτός διαχέεται, καθ' ὅσον τὸ μεγαλύτερον μέρος αὐτοῦ ἐκτρέπεται καθ' ὠρισμένην διεύθυνσιν, τὴν ὁποίαν μᾶς δεικνύουν τὰ αἰωρούμενα μόρια τοῦ κονιορτοῦ, ἅτινα φωτίζονται. Ἵνα λοιπὸν παρατηρήσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν ταύτην, δεόν νὰ τοποθετηθῶμεν κατὰ τὴν διεύθυνσιν ταύτην. Λέγομεν τότε, ὅτι ἡ λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια **ἀνακλᾷ** τὸ φῶς, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάκλασις** τοῦ φωτός.—**Ὁρισμός.** Καλεῖται **ἀνάκλασις** τοῦ φωτός τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς προσπίπτον ἐπὶ τινος σώματος ἐκτρέπεται καθ' ὠρισμένην διεύθυνσιν.

Τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός παρατηρεῖται εἰς πάντα τὰ σώματα, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια εἶναι λεία καὶ στιλπνή. Καὶ ἐὰν μὲν τὰ σώματα ταῦτα εἶναι διαφανῇ (ὑάλος, ὕδωρ κ.λ.π.), μέγα μέρος τοῦ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτοντος φωτός εἰσέρχεται καὶ ἐντὸς τοῦ σώματος, ἐὰν δὲ εἶναι ἀδιαφανῇ (μέταλλα ἐστιβωμένα), τὸ μεγαλύτερον μέρος ἀνακλᾶται.

§3. Γωνία προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.— Ἐστω AB (σχ. 36) μία ἐπιφάνεια λεία καὶ στιλπνή, π.χ. ἐν κοινὸν κάτο-

πτρον, καὶ ΦΕ φωτεινὴ τις ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ἀκτὶς αὕτη μόλις συναντήσῃ τὴν ἐπιφάνειαν AB ἐπιστρέφει πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος λαμβάνουσα νέαν διεύθυνσιν, τὴν ΕΦ', ἥτοι ἀνακλᾶται.



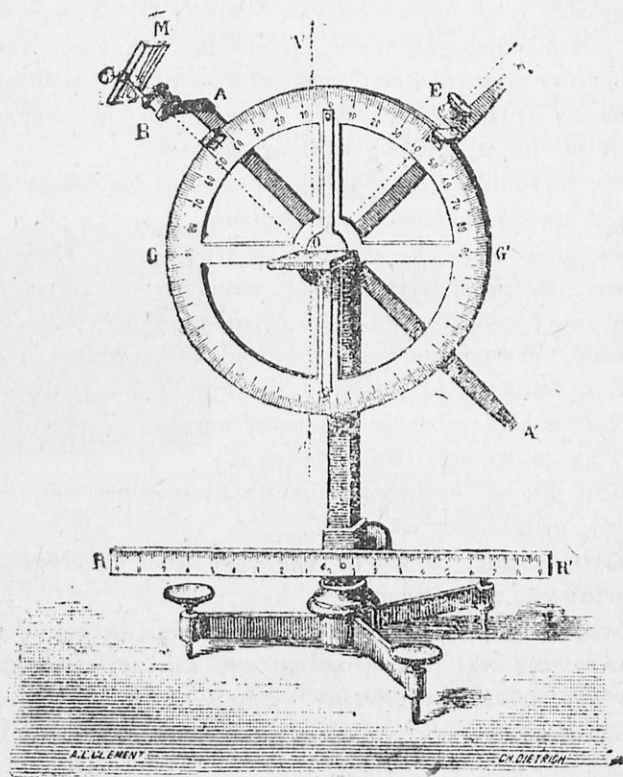
Ἡ ἀκτὶς ΦΕ καλεῖται **προσπίπτουσα**, ἡ ΕΦ' καλεῖται **ἀνακλωμένη**, ἡ ἐπιφάνεια AB, ἡ προκαλέσασα τὴν ἀνάκλασιν τοῦ φωτός, καλεῖται **ἀνακλῶσα** καὶ τὸ σημεῖον E, ἐνθα ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς συναντᾷ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, καλεῖται **σημεῖον προσπίπτειν**. Ἐκάστη προσπί-

πτουσα ἀκτὶς περιέχει καὶ μίαν ἀντίστοιχον ἀνακλωμένην.

Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον E φέρομεν τὴν κάθετον KE, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας AB σχηματίζονται δύο γωνίαι ἡ ΦΕΚ καὶ ἡ Φ'ΕΚ. Ἡ μὲν ΦΕΚ καλεῖται **γωνία προσπίπτειν**, ἡ δὲ Φ'ΕΚ **γωνία ἀνακλάσειν**, τὸ δὲ ἐπίπεδον τὸ περιέχον τὴν προσπίπτουσαν ἀκτὶνα καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγομένην εἰς τὸ σημεῖον προσπίπτειν καλεῖται **ἐπίπεδον προσπίπτειν**.

§4. Νόμοι τῆς ἀνακλάσειν τοῦ φωτός.— Συσκευὴ τοῦ Silbermann. Α') **Περιγραφή.** Αὕτη (σχ. 36, α) ἀποτελεῖται ἐξ ὀρειχαλκίνου κατακόρυφου κύκλου, ὅστις φέρει εἰς τὸ κέντρον μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον O ὁριζόντιον καὶ κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου. Ἡ περιφέρεια τοῦ κύκλου εἶναι διηρημένη εἰς μοίρας, καὶ ἡ διάμετρος αὐτοῦ 0° — 180° εἶναι κατακόρυφος. Ἐπὶ τῆς περιφερείας κινουῦνται δύο κανόνες A καὶ D, οἵτινες εἶναι στρεπτοὶ περὶ τὸ κέντρον τοῦ κύκλου καὶ διευθύνονται κατὰ τὰς ἀκτῖνας αὐτοῦ, δύνανται δὲ νὰ στερεωθῶσιν εἰς οἰανδήποτε θέσιν ἐπὶ τῆς περιφερείας. Οἱ κανόνες φέρουσιν εἰς τὰ ἄκρα σωλήνας κυλινδρικοὺς B καὶ E, τῶν ὁποίων τὰ δύο ἀνοίγματα κλείονται διὰ δισκαρίων, εἰς τὸ κέντρον τῶν ὁποίων ὑπάρχει ἀνὰ μία ὀπὴ συμπιπτουσα εἰς 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 παραλλήλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου. Ὑπεράνω τοῦ σωλήνος B ὑπάρχει κάτοπτρον M, στρεπτὸν κατὰ διαφόρους διευθύνσεις.

Β') Πείραμα. Διὰ τῆς συσκευῆς ταύτης ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς. Ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Μ δεχόμεθα φωτεινὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας ἀνακλασθεύσας ἐπ' αὐτοῦ ὀρίπτομεν ἐπὶ τοῦ σωλῆνος Β. Λεπτὴ δέ-
σμη τούτων διερχομένη διὰ τῶν ὀπῶν τοῦ σωλῆνος διευθύνεται



Σ. 36α. Συσκευή τοῦ Silbermann.

κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ, καὶ ἐπομένως παραλλήλως πρὸς ἀκτῖνά τινα τοῦ κύκλου, καὶ προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου. Ἡ δέσμη αὕτη εἶναι ἡ προσπίπτουσα. Αὕτη συναντῶσα τὸ κατόπτρον ἀνακλᾶται ἐπ' αὐτοῦ καὶ παρέχει τὴν ἀνακλωμένην. Μετακινουῦμεν ἔπειτα τὸν ἄλλον κανόνα, οὕτως ὥστε ἡ ἀνακλωμένη δέσμη νὰ διέλθῃ διὰ τῶν ὀπῶν τοῦ σωλῆνος Ε, ὁπότε λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος αὐτοῦ, καὶ ἐπομένως διεύθυνσιν παραλλήλην πρὸς ἀκτῖνά τινα τοῦ κύκλου.

Ἡ γωνία τῆς μὲν προσπτώσεως μετρεῖται ὑπὸ τοῦ τόξου τοῦ περιλαμβανομένου μεταξὺ τοῦ Ο τῆς περιφερείας καὶ τῆς ὑποδιαίρεσσεως τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ κανὼν Α, τῆς δὲ ἀνακλάσεως μετρεῖται ὑπὸ τοῦ τόξου τοῦ περιλαμβανομένου μεταξὺ τοῦ Ο καὶ τῆς ὑποδιαίρεσσεως τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ κανὼν D. Συγκρίνοντας 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 προσπτώσεως εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

Ἐκτὸς τούτου παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς προσπιπτούσης, διότι ἡ πρώτη συμπίπτει μετὸν ἄξονα τοῦ σωλήνος Ε. Ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἶναι παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου, καθ' ὅσον συμπίπτει πρὸς 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, τὸ 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 προσπτώσεως εἶναι ἴση μετὰ τὴν γωνίαν τῆς ἀνακλάσεως.

Δεύτερος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὀριζόμενον ὑπὸ τῆς προσπιπτούσης καὶ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ἀνακλώσαν ἐπιφάνειαν. Ἐπομένως περιέχει καὶ τὴν κάθετον τὴν ἀγομένην εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως.

Κ Α Τ Ο Π Τ Ρ Α

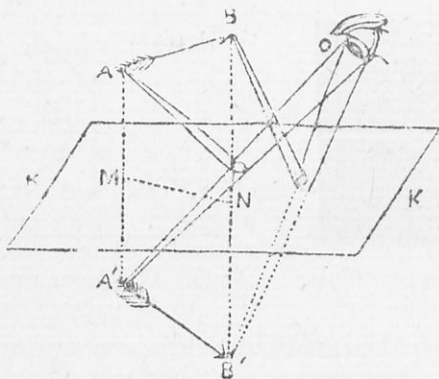
§5. Ὅρισμός. Καλεῖται *κάτοπτρον* πᾶν σῶμα οὐτίνος ἡ ἐπιφάνεια εἶναι λεία καὶ στιλπνὴ καὶ ἀνακλᾷ κανονικῶς ὁλόκληρον σχεδὸν τὸ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτον φῶς. Διακρίνομεν πολλὰ εἶδη κατόπτρων, ἔξ ὧν τὰ συνηθέστερα εἶναι τὰ *ἐπίπεδα* καὶ τὰ *σφαιρικά*.

Α') Ἐπίπεδα κάτοπτρα.

§6. Ὅρισμός. Καλοῦνται *ἐπίπεδα κάτοπτρα* τὰ κάτοπτρα τῶν ὁποίων ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος. Τοιαῦτα εἶναι

$\triangle BAE$, καθ' ἣν ἡ ὑαλίνη πλάξ τέμνει τὸν χάσμη, ἀφαιροῦμεν τὴν πλάκα καὶ τῇ βοηθείᾳ κανόνος ἐνώνομεν τὰ σημεῖα A καὶ A' δι' εὐθείας. Ἐξετάζοντες τὴν εὐθεῖαν ταύτην παρατηροῦμεν δύο τινὰς πρῶτον ὅτι αὕτη εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν τῆς τομῆς $\triangle BAE$, καὶ δεύτερον ὅτι τὰ δύο τμήματα αὐτῆς AD καὶ $A'D$ εἶναι ἴσα, ἥτοι ἡ εὐθεῖα διχοτομεῖται ὑπὸ τῆς τομῆς. Τὰ σημεῖα λοιπὸν A καὶ A' εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὴν εὐθεῖαν τῆς τομῆς καὶ ἐπομένως καὶ ὡς πρὸς τὴν ὑαλινὴν πλάκα.

β') **Εἶδωλον φωτοβόλου ἀντικειμένου.** Ἐστω KK' (σχ. 39) ἐπίπεδον κάτοπτρον καὶ ἐνώπιον αὐτοῦ φωτοβόλον ἀντικείμενον.



Σχ. 39. Εἶδωλον ἀντικειμένου.

π. χ. τὸ βέλος AB . Παρατηροῦντες ἐντὸς τοῦ κατόπτρου θέλομεν ἶδει 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. Καὶ ἐνταῦθα τὸ εἶδωλον εἶναι συμμετρικὸν τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον, καθὼς ἀποδεικνύει τὸ πείραμα τῆς παραγράφου 54. Εὐρίσκομεν δὲ τὸ εἶδωλον τοῦτω γεωμετρικῶς ὡς ἑξῆς. Ἐκ τῶν σημείων A καὶ B καταβιβάζομεν τὰς κάθετους AM καὶ BN ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, 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 $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου.

Τὸ σχῆμα 39 δεικνύει τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεμπο-

μένων 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 ἐφαρμόσιμα. Καὶ πράγματι, ἐντὸς ἐπιπέδου κατόπτρου ἡ δεξιὰ χεὶρ λ. χ. παρέχει εἶδωλον, ὅπερ εἶναι ὅμοιον πρὸς τὴν ἀριστεράν.

Συμπεράσματα. 1ον. Ὁ σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων εἰς τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα ὀφείλεται εἰς τὴν ἀνάκλασιν τοῦ φωτός καὶ 2ον τὰ σχηματιζόμενα εἶδωλα εἶναι συμμετρικὰ πρὸς τὰ ἀντικείμενα καὶ ὅμοια, ἀλλὰ γενικῶς δὲν εἶναι ἐφαρμόσιμα.

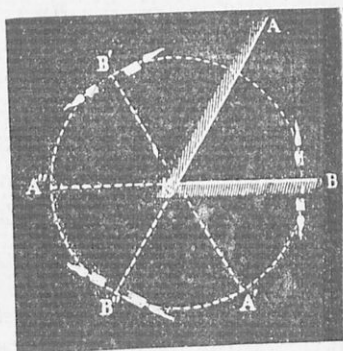
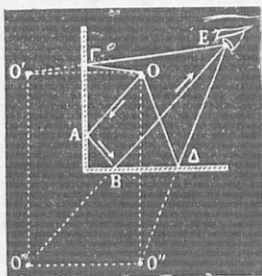
§8. Εἶδωλα φανταστικά καὶ πραγματικά. Ἐὰν εἰς τὸ πείραμα τῆς παραγράφου 54 τοποθετήσωμεν ὀπισθεν τῆς ὑαλίνης πλακὸς καὶ ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τοῦ κηρίου Φ' διάφραγμα τι, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ εἶδωλον τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου Φ. Ἐπομένως τὸ εἶδωλον δὲν ὑφίσταται ἐν τῇ πραγματικότητι. Συμβαίνει δὲ τοῦτο, διότι ἐν οἰονδήποτε σημείον τοῦ εἰδώλου, π. χ. τὸ Φ', σχηματίζεται διὰ τῆς συγκεντρώσεως οὐχὶ αὐτῶν τούτων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων, ἀλλὰ τῶν προεκτάσεων αὐτῶν. Τὸ οὕτω πῶς σχηματιζόμενον εἶδωλον ὀφείλεται εἰς ἀπάτην τῶν ὀφθαλμῶν καὶ διὰ τοῦτο καλεῖται **εἶδωλον καθ' ἔμφασιν ἢ φανταστικόν**. Ὅταν τὸ εἶδωλον σχηματίζεται διὰ τῆς συγκεντρώσεως αὐτῶν τούτων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων (ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω), τότε τὸ εἶδωλον ὑφίσταται πράγματι καὶ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν αὐτὸ ἐπὶ πετάσματος. Τὸ τοιοῦτον εἶδωλον καλεῖται **εἶδωλον καθ' ὑπόστασιν ἢ πραγματικόν**.

Συμπέρασμα. Εἰς τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζονται εἶδωλα μόνον φανταστικά.

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

α') **Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν 90°** (κάθετα πρὸς ἀλλήλα). Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ σχηματίζονται **τρία** εἶδωλα Ο', Ο'', Ο''' (σχ. 40). Καὶ τὸ μὲν Ο' σχηματίζεται, διότι ἡ ἀκτὶς ΟΓ ὑφίσταται μίαν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ΑΓ καὶ εἴτα διευθύ-

νεται πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν Ε τοῦ παρατηρητοῦ. Τὸ δὲ O'' σχηματίζεται, διότι ἡ ἀκτὶς $ΟΔ$ ὑφίσταται καὶ αὕτη μίαν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου $ΒΔ$ καὶ εἴτα διευθύνεται πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Τέλος τὸ O''' σχηματίζεται, διότι ἡ ἀκτὶς $ΟΑ$, ἀφοῦ ὑποστῇ μίαν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου $ΑΓ$ κατὰ τὴν διεύθυνσιν $ΑΒ$, ὑφίσταται καὶ δευτέραν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου $ΒΔ$ κατὰ τὴν διεύθυνσιν $ΒΕ$ καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ὡς ἐὰν προήρχετο ἐκ τοῦ O''' , ὅπερ εἶναι τὸ συμμετρικὸν τοῦ O' ὡς πρὸς τὸ κά-



Σχ. 40. Συγκλίνοντα κάτοπτρα (90°). Σχ. 41. Συγκλίνοντα κάτοπτρα (60°).

τοπτρον $ΒΔ$. Τὰ εἰδῶλα ταῦτα μετὰ τοῦ ἀντικειμένου εὐρίσκονται ἐπὶ περιφερείας, ἥτις γράφεται μὲ κέντρον τὸ σημεῖον πρὸς τὸ ὁποῖον συγκλίνουναι τὰ κάτοπτρα καὶ μὲ ἀκτῖνα τὴν ἀπόστασιν τούτου ἀπὸ τοῦ φωτοβόλου σημείου O .

β) **Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν 60° .** Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ σχηματίζονται **πέντε** εἰδῶλα (σχ. 41), 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.

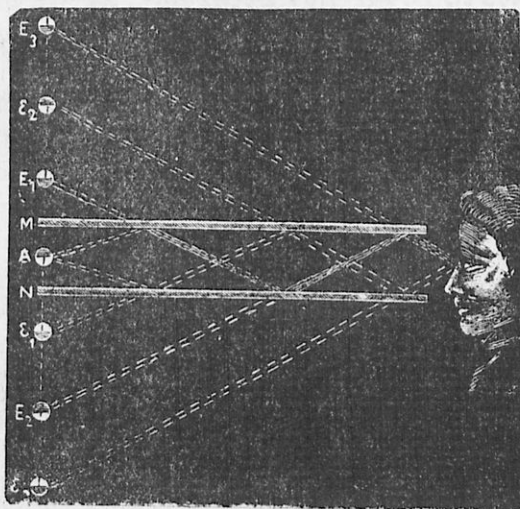
Συμπέρασμα. Ἐλαττουμένης τῆς γωνίας τῶν κατόπτρων αὐξάνεται ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων.

Κανὼν. Πρὸς εὔρεσιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν εἰδώλων διαιροῦμεν τὰς 360° διὰ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μοιρῶν τῆς γωνίας τὴν ὁποίαν ἀποΨηφιοποιήθηκε ἀπὸ το Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

τελοῦσι τὰ δύο κατόπτρα, τὸ δὲ πληκτικὸν ἡλαττωμένον κατὰ μονάδα παρέχει τὸν ἀριθμὸν τῶν εἰδώλων.

60. Κάτοπτρα παράλληλα. Εἶδωλα πολλαπλᾶ.

Ἐὰν μεταξὺ δύο κατόπτρων παραλλήλων M καὶ N (σχ. 42) καὶ εἰς ἴσας ἀποστάσεις ἀπ' αὐτῶν τεθῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον A, θέλομεν ἴδει σχηματιζόμενα ἐν αὐτοῖς πολλὰ εἶδωλα, ἕνεκα τῶν ἐπανειλημμένων ἀνακλάσεων τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων.



Σχ. 42. Παράλληλα κατόπτρα.

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

E_1 (εἶδωλον τοῦ A ὡς πρὸς τὸ M).

E_2 (εἶδωλον τοῦ E_1 ὡς πρὸς τὸ N).

E_3 (εἶδωλον τοῦ E_2 ὡς πρὸς τὸ M) κ.λ.π.

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

ϵ_1 (εἶδωλον τοῦ A ὡς πρὸς τὸ N).

ϵ_2 (εἶδωλον τοῦ ϵ_1 ὡς πρὸς τὸ M).

ϵ_3 (εἶδωλον τοῦ ϵ_2 ὡς πρὸς τὸ N) κ.λ.π.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων θεωρητικῶς μὲν εἶναι ἄπειρος, φυ-

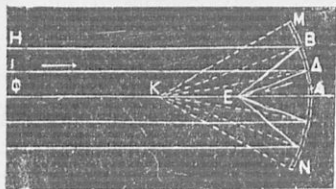
σικῶς ὁμῶς εἶναι περιορισμένος, διότι τὸ προσπίπτον φῶς οὐδέποτε ἀνακλᾶται ὁλόκληρον, καὶ ἔνεκα τούτου τὰ εἶδωλα ἑξασθενίζουσιν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ τέλος καθίστανται ἀόρατα.

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

61. Ἐπιτρογχὴ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων. Πλὴν τῆς συνήθους χρήσεως τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων εἰς τὰς οἰκίας καὶ τὰ καταστήματα, ἐχρησιμοποιήθησαν ταῦτα καὶ πρὸς κατασκευὴν διαφόρων ὀργάνων, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνονται διάφοροι ὀπτικοὶ ἀπάται. Δι' ἐπιπέδων κατόπτρων ἄνευ ἀμαλγάματος κασσιτέρου ἐπὶ τῆς μιᾶς πλευρᾶς παράγονται καὶ τὰ ἐν τοῖς θεάτροις παρατηρούμενα φάσματα, ἡ ἀσώματος κεφαλὴ ἀνθρώπου κ.λ.π.

Β) Σφαιρικά κάτοπτρα.

62. Ὅρισμοί. Καλοῦνται **σφαιρικά κάτοπτρα** τὰ κάτοπτρα τῶν ὁποίων ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια ἔχει τὴν μορφὴν τμήματος σφαίρας. Καὶ ἐὰν μὲν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ, ἥτοι ἡ κοίλη, τὸ κάτοπτρον λέγεται **κοιλόν**, ἐὰν δὲ εἶναι ἡ ἐξωτερικὴ, ἥτοι ἡ κυρτή, τὸ κάτοπτρον λέγεται **κυρτόν**. Ὅστε τὰ σφαιρικά κάτοπτρα διακρίνονται εἰς **κοίλα** καὶ **κυρτά**.



Σχ. 43. Σφαιρικὸν κάτοπτρον.

Τὸ κέντρον K (σχ. 43) τῆς σφαίρας εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον καλεῖται **κέντρον καμπυλότητος** τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ σημεῖον A ὅπου εἶναι τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου καλεῖται **κορυφὴ** αὐτοῦ. Ἡ ἀπεριόριστος εὐθεῖα AK ἡ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρον καμπυλότητος K καὶ τῆς κορυφῆς A τοῦ κατόπτρου καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα δὲ ἄλλη ἀπεριόριστος εὐθεῖα, διερχομένη διὰ τοῦ κέντρον K, ἀλλὰ μὴ διερχομένη καὶ διὰ τῆς κορυφῆς A, καλεῖται **δευρεύων 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. **Ἀνοίγμα** τοῦ κατόπτρου καλεῖται ἡ ἐν τῷ κέντρῳ αὐτοῦ σχηματιζομένη γωνία MKN .

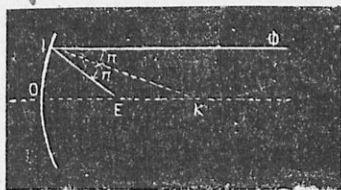
Ἐν τοῖς ἐπομένοις θέλομεν ὑποθέσει, ὅτι τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον παρουσιάζει ἀνοίγμα πολὺ μικρόν, ἥτοι ὅτι ἡ γωνία MKN δὲν ὑπερβαίνει τὰς $8^\circ - 9^\circ$, ὁπότε τὸ κάτοπτρον θεωρεῖται ὡς ἐλάχιστον τμήμα σφαίρας, καὶ ὅτι αἱ φωτεινὰ ἀκτίνες ἀπέχουσι πολὺ ὀλίγον ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα καὶ εἶναι ἐλάχιστα κεκλιμένα πρὸς αὐτόν.

α) Κοῖλα κάτοπτρα.

63. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων. Κυρία ἐστία.

Θεωρήσωμεν φωτεινὴν δέσμην παροσπύπτονσαν ἐπὶ τοῦ κοίλου κατόπτρου παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, καὶ ἔστω ΦI (σχ. 44) μία τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης ταύτης.

Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν IE καὶ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου E , ὅπερ κεῖται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος OK . Καὶ πράγματι, ἐν τῷ τριγώνῳ IEK αἱ πλευραὶ IE καὶ EK εἶναι ἴσαι ὡς κείμεναι ἀπέναντι ἴσων γωνιῶν $EKI = EIK = \Phi IK$. Ἐπειδὴ δὲ τὸ κάτο-



Σχ. 44. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων.

πτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος καὶ ἡ ἀκτὶς ΦI 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. Τοιοῦτοτρόπως 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 $\varepsilon = \frac{A}{2}$.

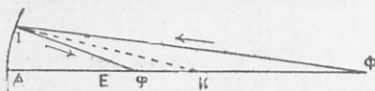
Ἀντιστρόφως, ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E

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 ὅμως νὰ μένωσιν ἴσαι.

64. Πειραματικὸς προσδιορισμὸς τῆς κυρίᾳ ἐστίας. Στρέφωμεν τὸ κατόπτρον πρὸς τὸν ἥλιον οὕτως, ὥστε αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες νὰ προσπίπτωσι παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι. Ἐμπροσθεν τοῦ κατόπτρου μεταθέτομεν μικρὸν πέτασμα, λ. χ. φύλλον χαρτοῦ, 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 πετάσματος.

65. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων* συζυγεῖς ἐστίαι. Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον Φ (σχ. 45) εὐρισκόμενον ἐνώπιον



Σχ. 45. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων.

κοίλου κατόπτρου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος αὐτοῦ καὶ πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος. Μία τῶν ἀκτίνων αὐτοῦ, λ. χ. ἡ $\Phi\Gamma$, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλᾶται κατὰ τὴν

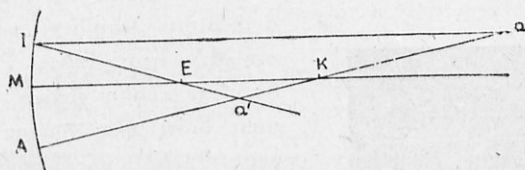
διεύθυνσιν $\Gamma\Phi$ καὶ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου ϕ τοῦ κυρίου ἄξονος. Καὶ πᾶσα ἄλλη ἀκτίς μετὰ τὴν ἀνάκλασιν θέλει διέλθει διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου ϕ , ὅπερ εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ Φ . Εἶναι δὲ τὸ εἶδωλον τοῦτο πραγματικόν, διότι δυνάμεθα νὰ τὸ δεχθῶμεν ἐπὶ πετάσματος.

Τοιοιουτοτρόπως, 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 εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ σημείου ϕ . Τὰ σημεῖα Φ καὶ ϕ καλοῦνται *συζυγεῖς ἐστίαι*. Ὡστε συζυγεῖς ἐστίαι καλοῦνται τὸ φωτοβόλον σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ. Εὐρίσκονται δὲ ἀμφοτέρω

ταῦτα ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ φωτοβόλου σημείου.

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

66. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς τῆς συζυγοῦς ἐστίας. Ἐστω a φωτοβόλον σημεῖον (σχ. 46). Λαμβάνομεν ἐκ τῶν



Σχ. 46. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς συζυγοῦς ἐστίας.

φωτεινῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεμπομένων ἐξ αὐτοῦ δύο, α') τὴν ὀδεύουσαν κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα aKA . Αὕτη προσπίπτουσα καθέτως ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ β') τὴν ὀδεύουσαν παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι ἥτοι τὴν aI . Αὕτη ἀνακλωμένη θέλει διέλθει διὰ τῆς κυρίας ἐστίας E . Αἱ δύο ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον α' , ὅπερ εἶναι ἡ συζυγὴς ἐστία τοῦ a . Ἡ συζυγὴς λοιπὸν ἐστία τοῦ a εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ.

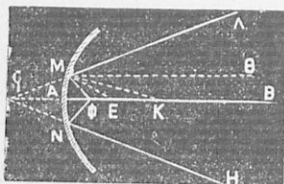
67. Διόφοροι θέσεις τῆς συζυγοῦς ἐστίας φωτοβόλου σημείου μετακινουμένου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. 1ον. Ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον Φ τοῦ σχήματος 45 πλησιάζῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος K , τότε ἡ συζυγὴς ἐστία αὐτοῦ φ πλησιάζει πρὸς τὸ αὐτὸ σημεῖον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι αἱ γωνίαί προσπίπτσεως καὶ ἀνακλάσεως ἐλαττοῦνται συγχρόνως.

2ον. Ἐὰν τὸ φωτοβόλον σημεῖον Φ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος K , τότε καὶ ἡ συζυγὴς ἐστία αὐτοῦ φ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι αἱ γωνίαί προσπίπτσεως καὶ ἀνακλάσεως αὐξάνονται συγχρόνως.

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

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

5ον. Ἐὰν τὸ Φ τεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας Ε καὶ τοῦ κατόπτρου (σχ. 47), μία οἰαδήποτε ἀκτὶς αὐτοῦ, λ. χ. ἡ Φ Μ, μετὰ τὴν



Σχ. 47. Μετάθεσις φωτοβόλου σημείου συζυγοῦς ἐστίας.

ἀνάκλασιν λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν ΜΛ, ἥτοι βαίνει ἀποκλίνουσα ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα. Καὶ πράγματι, διότι τῆς γωνίας προσπτώσεως ΦΜΚ οὔσης μεγαλυτέρας τῆς γωνίας προσπτώσεως ΕΜΚ, καὶ ἡ ἀντίστοιχος γωνία ἀνακλάσεως ΚΜΛ θὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ΚΜΘ.

Ὡστε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΜΛ δὲν εἶναι δυνατόν νὰ συναντήσῃ τὸν κύριον ἄξονα ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει διὰ πάσας τὰς ἐκ τοῦ σημείου Φ ἀκτῖνας τὰς προσπιπτούσας ἐπὶ τοῦ κατόπτρου. Ἡ προέκτασις ὅμως τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος ΜΛ θέλει συναντήσῃ τὸν ἄξονα τοῦτον εἰς τι σημεῖον **φ**, *κείμενον* ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ σημεῖον τοῦτο *καλεῖται συζυγὴς ἐστία* τοῦ σημείου Φ, οὐχὶ ὅμως πραγματικὴ ἀλλὰ *κατ' ἔμφασιν*, διότι σχηματίζεται οὐχὶ ὑπ' αὐτῶν τούτων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων ἀλλ' ὑπὸ τῶν προεκτάσεων αὐτῶν.

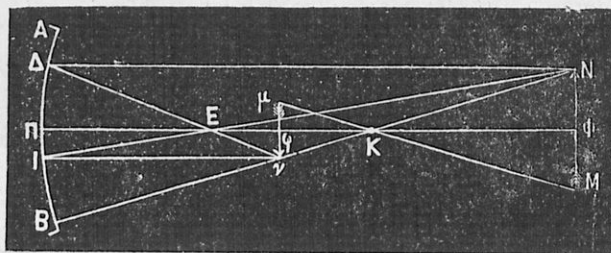
Καὶ ἐὰν μὲν τὸ φωτοβόλον σημεῖον Φ πλησιάζῃ πρὸς τὸ κατόπτρον ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ, μένον πάντοτε μεταξὺ κατόπτρου καὶ κυρίας ἐστίας, τότε καὶ ἡ κατ' ἔμφασιν ἐστία αὐτοῦ πλησιάζει ἐπίσης πρὸς τὸ κατόπτρον ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ.

68. Δευτερεύονσι 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, αὐταὶ 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 εἰδώλων. Ἵνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον οἴουδῆποτε φωτοβόλου ἀντικειμένου, κειμένου ἐνώπιον

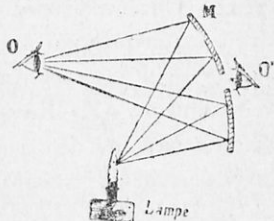


Σχ. 48. Τρόπος σχηματισμοῦ τοῦ εἰδώλου.

κοίλου κατόπτρου, ἀρκεῖ νὰ εὑρωμεν 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 παριεγράψαμεν. Ἐστω φωτοβόλον ἀντικείμενον, λ. χ. βέλος NM (σχ. 48). Ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ σημείου N θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον ν. Ὡσαύτως ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ σημείου Μ θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον μ. Οὕτω παράγεται ἐν τῷ ἀέρι τὸ εἶδωλον νμ, ὅπερ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου λευκοῦ χαρτον.

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

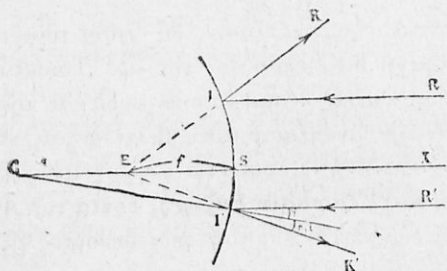
70. Ἐφαρμογὰὶ τῶν κοίλων κατόπτρων. Τὰ κοίλα κατόπτρα ἐκτὸς τῆς χρησιμοποιήσεως αὐτῶν εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν τηλεσκοπίων τῶν καλουμένων κατοπτρικῶν καὶ τῶν διαφόρων προβολέων, ἐχρησιμοποιήθησαν ὑπὸ τοῦ Helmholtz τῷ 1851 καὶ εἰς τὴν κατασκευὴν ὁργάνου καλουμένου **ὀφθαλμοσκοπίου**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ κατόπτρου κοίλου (εἴτε καὶ ἐπιπέδου), ὅπερ φέρει κατὰ τὸ μέσον μικρὰν κυκλικὴν ὀπὴν διαμέτρου 2 χιλιοστομέτρων περίπου, διὰ μέσου τῆς ὁποίας ὁ ἰατρός δύναται νὰ ἐξετάσῃ τὸ βάθος τοῦ ὀφθαλμοῦ. (σχ. 50).



Σχ. 50. Ὀφθαλμοσκόπιον.

β') Κυρτὰ κατόπτρα.

71. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων. Κυρίᾳ ἐστία. Θεωρήσωμεν φωτεινὴν δέσμην προσπίπτουσαν ἐπὶ κυρτοῦ κατόπτρου παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι καὶ ἔστω $R'I'$ (σχ. 51) μία τῶν

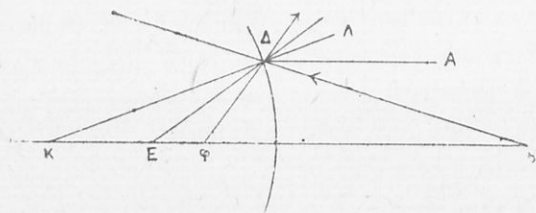


Σχ. 51. Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων.

ἀκτίνων τῆς δέσμης ταύτης. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν $I'K'$ καὶ βαίνει ἀποκλίνουσα, ἐὰν δὲ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προεκταθῇ, συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου εἰς τι σημεῖον E , ὅπερ κεῖται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμυλότητος CS , καθὼς ἐξάγεται ἐκ τοῦ τριγώνου CEI' . Τὸ αὐτὸ δύναται νὰ λεχθῇ καὶ διὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτῖνα τῆς παραλλήλου δέσμης. Τοιοῦτοτρόπως ἡ δέσμη ἢ παράλληλος τῷ κυρίῳ ἄξονι μετατρέπεται εἰς δέσμην ἀποκλίνουσαν, ἥτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου

Ε. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται, κατ' *ἔμφασιν*, *κυρία ἐστία* τοῦ κατόπτρου.

72. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων. Συζυγεῖς ἐστίαι. Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον Φ (σχ. 52) κείμενον ἐνώπιον κυρτοῦ κατόπτρου καὶ ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Μία τῶν ἀκτίνων αὐτοῦ, λ. χ. ἡ ΦΔ, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΔΖ. Ἐὰν δὲ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προεκταθῇ, συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου, εἰς τι σημεῖον φ, κείμενον μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας Ε καὶ τοῦ κατόπτρου. Καὶ πᾶσα



Σχ. 52. Ἀνάκλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων.

δ' ἄλλη ἀκτὶς, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, θὰ λάβῃ τοιαύτην διεύθυνσιν, ὥστε προεκτεινομένη θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ φ. Τοιοιουτρόπως ἐὰν ἐκ τοῦ Φ ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλίνουσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὕτη θέλει μετατραπῇ εἰς κωνικὴν δέσμην ἀποκλίνουσαν, ἥτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου φ, ὅπερ εἶναι ἡ *κατ' ἔμφασιν συζυγὴς ἐστία* τοῦ Φ. Καὶ ἐνταῦθα ἡ συζυγὴς ἐστία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ φωτοβόλου σημείου, ὁ προσδιορισμὸς δὲ αὐτῆς γεωμετρικῶς γίνεται κατὰ τρόπον ἀνάλογον πρὸς τὸν τῶν κοίλων κατόπτρων, ἥτοι διὰ τῶν δύο εὐθειῶν,

Ἐὰν τὸ Φ πλησιάζῃ πρὸς τὸ κατόπτρον ἢ ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ, καὶ ἡ κατ' ἔμφασιν συζυγὴς ἐστία αὐτοῦ πλησιάζει ὁσαύτως πρὸς αὐτὸ ἢ ἀπομακρύνεται, ἀλλὰ μένει πάντοτε μεταξὺ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ.

73. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων. Ἐὰν ἐνώπιον κυρτοῦ κατόπτρου τεθῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον, θέλει σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο θὰ εἶναι

φανταστικὸν ὁρθὸν καὶ πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸ κάτοπτρον, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ πλησιάζει ὡσαύτως πρὸς τὸ κάτοπτρον καὶ βαίνει μεγεθυνόμενον, μένει ὅμως μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν τοὐναντίον, τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ὡσαύτως πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ βαίνει σμικρυνόμενον.

Συμπέρασμα. Ἀντιθέτως πρὸς τὰ κοῖλα κάτοπτρα, εἰς τὰ κυρτά τὰ εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων εἶναι πάντοτε **φανταστικά**, ὁρθὰ καὶ μικρότερα αὐτῶν, οἷαδὴποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θέσις τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

§ 32. Τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Ἐὰν π εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τῆς κορυφῆς σφαιρικοῦ κατόπτρου κοίλου ἢ κυρτοῦ, π' ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου τοῦ πραγματικοῦ ἢ φανταστικοῦ ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ σημείου, καὶ ε ἡ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου, ἡ σχέσις ἢ συνδέουσα τὰ π, π' καὶ ε παρίσταται ὑπὸ τοῦ τύπου :

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

Διὰ τούτου εὐρίσκομεν 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 λαμβάνεται **θετικόν** μὲν διὰ τὸ κοῖλον κάτοπτρον **ἀρνητικόν** δὲ διὰ τὸ κυρτόν.

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

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

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

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

Τὸ Ε λαμβάνεται **θετικόν** μὲν διὰ τὸ ὁρθὸν εἶδωλον, **ἀρνητικόν** δὲ διὰ τὸ ἀνέστραμμένον.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Διὰ κοίλου κατόπτρου ἀκτίνος 80 ἑκατοστ. πρόκειται νὰ προβληθῇ ἐπὶ τινος τοίχου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον φωτεινῆς σχισμῆς οὕτως, ὥστε

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ Κ. Σαμωτάκη δ' Γυμν. ἐκδ. α'.

τοῦτο νὰ εἶναι 20 φορές μεγαλύτερον τῆς σχισμῆς. Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς σχισμῆς πρέπει τοποθετηθῇ τὸ κατόπτρον; (Ἀπόκρ. 42 ἑκατ.)

2) 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. ὕψος).

3) Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασι 50 ἑκατοστ. ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀκτὶς τοῦ κατόπτρου διὰ νὰ σχηματισθῇ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ αντικειμένου τὸ ὁποῖον εἶναι 4 φορές μεγαλύτερον; (Ἀπόκρισις 80 ἑκατοστ.).

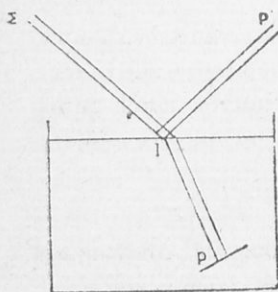
4) Ἡ ἀκτὶς κοίλου κατόπτρου εἶναι 1 μέτρον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου πρέπει νὰ τοποθετηθῇ μικρὸν αντικείμενον, ἵνα σχηματισθῇ εἶδωλον φανταστικὸν καὶ 2 φορές μεγαλύτερον τοῦ αντικειμένου; (Ἀπόκρ. 25 ἑκατοστ.).

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 4. Διάθλασις. Ὑποθέσωμεν ὅτι δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων εἰσέρχεται ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου διὰ τινος μικρᾶς ὀπῆς καὶ προσπίπτει πλαγίως κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΣΙ (σχ. 53) ἐπὶ τῆς ἡρεμούσης ἐπιφανείας ὕδατος ἐντὸς υαλίνης λεκάνης. Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ δέσμη αὕτη διχάζεται εἰς δύο ἄλλας, ἥτοι μέρος μὲν ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΙΡ', μέρος δὲ εἰσδύει ἐντὸς τοῦ ὕδατος μὴ ἀκολουθοῦν τὴν αὐτὴν εὐθύγραμμον πορείαν, ἀλλὰ λαμβάνον νέαν διεύθυνσιν τὴν ΙΡ. Ἡ εἰσδύουσα λοιπὸν δέσμη βλέπομεν ὅτι δὲν ἀκολου-



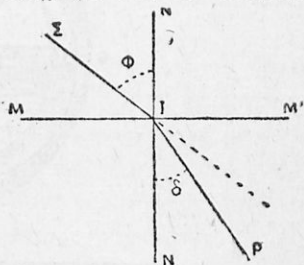
Σχ. 53. Διάθλασις τοῦ φωτός.

θεῖ καὶ ἐν τῷ ὕδατι τὴν διεύθυνσιν τὴν ὁποίαν εἶχεν ἐν τῷ ἀέρι, ἀλλὰ λαμβάνει νέαν διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρεῖται, ὅσάκις αἱ φωτεινὰ ἀκτίνες διαπερῶσι πλαγίως τὴν ἐπιφάνειαν τὴν

διαχωρίζουσιν δύο διαφανή σώματα καὶ καλεῖται διάθλασις τοῦ φωτός. — **Ὁρισμός.** Καλεῖται **διάθλασις τοῦ φωτός** τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον αἱ φωτεινὰ ἀκτίνες ἀλλάσσουν διεύθυνσιν, ὅταν διαπερῶσι πλαγίως τὴν ἐπιφάνειαν τὴν διαχωρίζουσιν δύο διαφανή σώματα, π.χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ.

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

§5. Γωνία προσπίπτουσας καὶ διχθλάσεως. Ἐστω MM' (σχ. 54) ἡ ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἡ διαχωρίζουσα τὰ διαφανή σώματα, π. χ. τὸν ἀέρα καὶ τὸ ὕδωρ, καὶ SI φωτεινὴ τις ἀκτὶς προσπίπτουσα πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης. Ἡ ἀκτὶς αὕτη εἰσδύει ἐν μέρει ἐν τῷ ὕδατι λαμβάνουσα τὴν διεύθυνσιν IP . Ἡ ἀκτὶς SI καλεῖται **προσπίπτουσα**, ἡ δὲ IP καλεῖται **διαθλωμένη**, ἡ ἐπιφάνεια MM' ἡ προκαλέσασα τὴν διάθλασιν τοῦ φωτός καλεῖται **διαθλώσα**, Σχ. 54. Διάθλασις τοῦ φωτός.

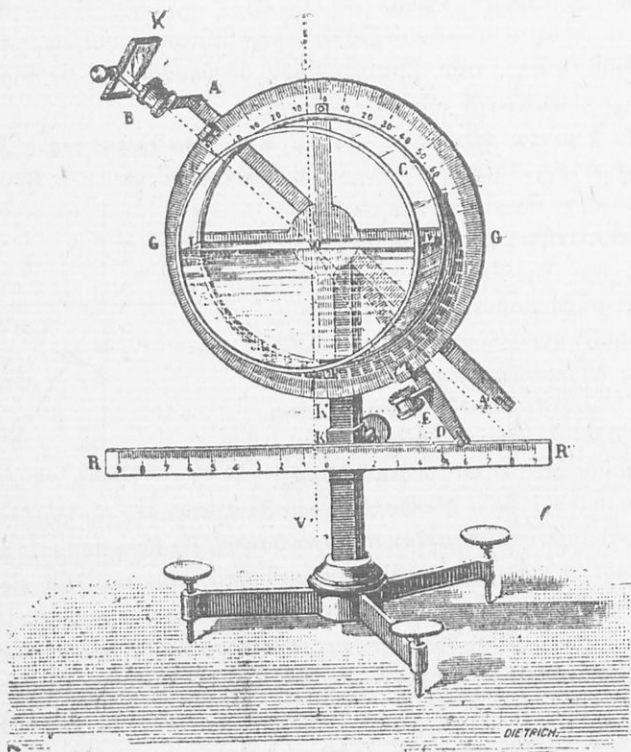


καὶ τὸ σημεῖον I ἐνθα ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς συναντᾷ τὴν διαθλώσαν ἐπιφάνειαν καλεῖται **σημεῖον προσπίπτουσας**. Ἐκάστη προσπίπτουσα ἀκτὶς παρέχει καὶ μίαν διαθλωμένην. Τοῦτο παρατηρεῖται εἰς τὴν **ἀπλὴν διάθλασιν**, διότι εἶναι δυνατόν πολλάκις μία προσπίπτουσα ἀκτὶς νὰ παρέχῃ **δύο** διαθλωμένας ἀκτίνας, ὅπως παρατηροῦμεν εἰς τὴν Ἰσλανδικὴν κρύσταλλον, διὰ τῆς ὁποίας ὁρώμενα τὰ ἀντικείμενα φαίνονται διπλᾶ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διπλῇ διάθλασις τοῦ φωτός**.

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

§6. Νόμοι τῆς διχθλάσεως τοῦ φωτός. Συσκευὴ τοῦ Silbermann. Α) **Περιγραφή.** Αὕτη διαφέρει ἐκείνης ἡ ὁποία ἐχρησιμοποιήθη διὰ τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, κατὰ τοῦτο, ὅτι

εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου κύκλου, ἀντὶ κατόπτρου φέρει κυλινδρικοὺν ὑάλινον δοχεῖον GG (σχ. 55), οὗτινος ὁ ἄξων διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τοῦ κύκλου καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον αὐτοῦ. Πλὴν τούτου ἐπὶ τοῦ ποδὸς αὐτῆς ὑπάρχει ὁριζόντιος κανὼν



Σχ. 55. Συσκευή τοῦ Silbermann.

RR' διηρημένος εἰς χιλιοστόμετρα, τὸν ὁποῖον δυνάμεθα νὰ μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος τοῦ ποδός.

Β) Πείραμα. Διὰ τῆς συσκευῆς ταύτης ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς. Πληροῦμεν τὸ δοχεῖον τῆς συσκευῆς δι' ὕδατος, ἢ ἄλλου διαφανοῦς υγροῦ, μέχρις ὅτου ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια αὐτοῦ φθάσῃ ἀκριβῶς μέχρι τοῦ κέντρου τοῦ κύκλου. Ἐπειτα δεχόμεθα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K φωτεινὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας, ἀνακλασθεῖσας ἐπ' αὐτοῦ, ὀρίστο-

μεν ἐπὶ τοῦ σωλήνος B. Ἀετὴ 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 ἐν τῷ ὕδατι διαθλάται, καὶ ἐξέρχεται τοῦ δοχείου χωρὶς νὰ ὑποστῇ δευτέραν διάθλασιν (διατί:). Ἡ ἐξερχομένη δέσμη εἶναι ἡ διαθλωμένη. Μετακινουῦμεν ἔπειτα τὸν ἄλλον κανόνα οὕτως, ὥστε ἡ διαθλωμένη δέσμη νὰ διέλθῃ διὰ τῶν ὁπῶν τοῦ σωλήνος. Μετακινούντες ἔπειτα τὸν ὀριζόντιον κανόνα μετροῦμεν τὰ μήκη τῶν καθέτων τῶν ἀγομένων ἐκ τῶν σημείων A' καὶ D ἐπὶ τὴν κατακόρυφον διάμετρον τοῦ κύκλου.

Καὶ τὸ μὲν μήκος τῆς καθέτου ἐκ τοῦ A' παριστᾷ τὸ *ἡμίτονον*⁽¹⁾ *τῆς γωνίας* προσπίπτσεως, 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 προσπίπτσεως καὶ διαθλάσεως. Ἐὰν μεταβάλωμεν τὴν γωνίαν προσπίπτσεως, θὰ ἔχωμεν μὲν νέαν τιμὴν τῆς γωνίας διαθλάσεως, ἐν τούτοις ὁ λόγος τῶν μηκῶν τῶν δύο καθέτων παραμένει σταθερός, ἔπομένως καὶ ὁ λόγος τῶν ἡμιτόνων τῶν δύο γωνιῶν.

Ἐκτὸς τούτου παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ διαθλωμένη δέσμη εὐρίσκειται 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.

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

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

Ὁ σταθερὸς αὗτος λόγος καλεῖται *δείκτης διαθλάσεως* τοῦ δευτέρου σώματος, ἐν τῷ ὁποίῳ τὸ φῶς ὑπέστη παρῆκκλινιν, ὡς πρὸς τὸ πρῶτον, καὶ παρίσταται διὰ τοῦ ν.

1) Ὁ διδάσκων, ὅς ἐῖπῃ ὀλίγα τινα περὶ ἡμιτόνου ἐκ τῆς τριγωνομετρίας.

Τοιουτοτρόπως ἔχομεν: $\frac{\text{ἡμίτονον γωνίας προσπτώσεως}}{\text{ἡμίτονον γωνίας διαθλάσεως}} = \text{δείκτης}$
 διαθλάσεως, καὶ συμβολικῶς $\frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu\delta} = v$ (ἐνθα $\pi = \text{γωνία προσπτώ-}$
 σεως καὶ $\delta = \text{γωνία διαθλάσεως}$).

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

**γγ. Παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς διαθλάσεως τοῦ φω-
 τός.**—1ον. Ὅταν φωτεινὴ τις ἀκτὶς μεταβαίνει ἐκ σώματος ἀραιο-
 τέρου εἰς πυκνότερον, ἀπὸ τοῦ ἀέρος π. χ. εἰς τὸ ὕδωρ, ἡ διαθλω-
 μένη 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 εἶναι θλα-
 στικώτερα τῶν ἀραιότερων. Ἀντιθέτως, ὅταν ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς με-
 ταβαίνει ἀπὸ σώματος πυκνότερου εἰς ἀραιότερον, ἀπὸ τοῦ ὕδατος
 λ. χ. εἰς τὸν ἀέρα, ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς συνήθως ἀπομακρύνεται ἀπὸ
 τῆς καθέτου καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως εἶναι μεγαλύτέρα
 τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ὑπάρχουσιν ὅμως καὶ ἑξαίρεσεις. Οὕτω
 τὸ οἶνονπνευμα, ὁ θειοῦχος ἀνθραξ, τὸ τερεβινθέλαιον (νέφτι) καὶ ὁ
 αἰθήρ, καίτοι εἶναι ἀραιότερα τοῦ ὕδατος, ἐν τούτοις εἶναι θλαστι-
 κώτερα αὐτοῦ.

2ον. Ὅταν φωτεινὴ τις ἀκτὶς ὁδεύῃ διὰ μέσου σειρᾶς σωμάτων
 διαφανῶν, τῶν ὁποίων οἱ δεῖχται διαθλάσεως βαίνουνσιν ἀξαναόμε-
 νοι, τότε ἡ ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ἐν αὐτοῖς τεθλασμένην γραμμὴν, πλη-
 σιάζουσαν πάντοτε πρὸς τὴν κάθετον.

3ον. Ὅταν φωτεινὴ τις ἀκτὶς ὁδεύῃ διὰ μέσου σώματος τῆς
 αὐτῆς φύσεως, ἀλλὰ τοῦ ὁποίου ἡ πυκνότης μεταβάλλεται κατὰ τρό-
 πον συνεχῇ, τότε ἡ ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ἐν αὐτῷ καμπύλην περίπου
 γραμμὴν. Τοιαύτην περίπτωσιν ἔχομεν κατὰ τὴν διόδον τῶν φωτει-
 νῶν ἀκτίνων διὰ μέσου τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

4ον. Ὁ δείκτης διαθλάσεως μεταβάλλεται οὐ μόνον μεταβαλλο-

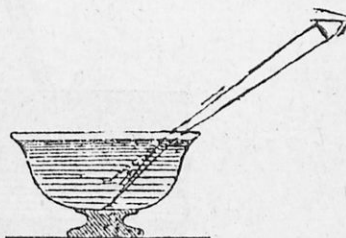
μένης τῆς φύσεως τοῦ σώματος, ἀλλὰ μεταβαλλομένης καὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός (κίτρινον, κυανοῦν, ἐρυθρὸν κλπ.).

78. Φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὴν διάθλασιν τοῦ φωτός.—α) Ἀνύψωσις σημείου εὗρισκομένου ἐντὸς ὕδατος.

Ἐστω Φ (σχ. 56) φωτοβόλον σημεῖον εὗρισκόμενον ἐν τῷ ὕδατι. Αἱ ἀκτίνες ΦΑ καὶ ΦΒ διαθλῶνται κατὰ τὰς διευθύνσεις ΑΓ καὶ ΒΔ. Ἐὰν λοιπὸν ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ τὰς διαθλωμένας ἀκτίνας, θὰ ἴδῃ τὸ φωτοβόλον σημεῖον εἰς τὴν θέσιν Φ', ἥτοι ἐκεῖ ἔνθα συναν-



Σχ. 56. Ἀνύψωσις σημείου ἔνεκα τῆς διαθλάσεως.



Σχ. 57. Ἀνύψωσις νομίσματος ἔνεκα τῆς διαθλάσεως.

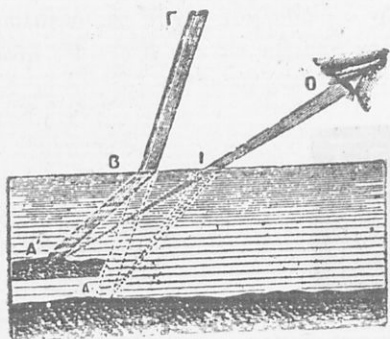
τιῶνται αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τούτων. Ἐντεῦθεν προκύπτει φαινομενικὴ ἀνύψωσις τοῦ σημείου τούτου, ἥτις ἰσοῦται μὲ τὸ $\frac{1}{4}$ περίπου τοῦ βάθους τοῦ ὕδατος, ὅταν βλέπωμεν τὸ ὕδωρ καθέτως ἄνωθεν. Ἡ ἀνύψωσις αὕτη γίνεται τοσοῦτῳ μεγαλυτέρα, ὅσῳ πλαγίωτερον προσβλέπομεν πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος.

β) Ἀνύψωσις νομίσματος εὗρισκομένου ἐν ὕδατι. Τὴν ἀνύψωσιν σημείου ἐν τῷ ὕδατι παρατηροῦμεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος. Λαμβάνομεν δοχεῖον σκιερὸν καὶ κενὸν καὶ εἰς τὸν πυθμένα αὐτοῦ θέτομεν νόμισμά τι (σχ. 57).

Κατόπιν ἰστάμεθα εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὰ χεῖλη τοῦ δοχείου νὰ μᾶς ἀποκρύπτωσιν ὀλίγον τὸ νόμισμα, Ἐὰν τώρα χύνωμεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον ὕδωρ ἐν τῷ δοχείῳ καὶ μετὰ προσοχῆς, ὥστε νὰ μὴ μετακινήθῃ τὸ νόμισμα, ὁ ὀφθαλμὸς θέλει παρατηρήσῃ ὀλόκληρον τὸ νόμισμα, καίτοι οὔτε τὸ νόμισμα οὔτε ὁ ὀφθαλμὸς μετετοπίσθησαν ἐκ τῆς ἀρχικῆς αὐτῶν θέσεως διατί ;). Πλὴν τοῦ νομίσματος καὶ ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου φαίνεται ὑψηλότερον, διὰ τὸν αὐτὸν λόγον. Καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ ὁ πυθμὴν τῆς θαλάσσης καὶ ἡ κοίτη τοῦ

ποταμοῦ φαίνονται ὑψηλότερον τῆς πραγματικῆς αὐτῶν θέσεως, οὕτω δὲ ἀπατώμενοι ἐκλαμβάνομεν ταῦτα ἀβαθέστερα ἢ ὅσον πράγματι εἶναι.

γ) **Ῥάβδος τεθραυσμένη.** Ἐάν ἐντὸς ὕδατος ἐμβαπτίσωμεν πλαγίως ῥάβδον εὐθείαν ΓΑ (σχ. 58) οὕτως, ὥστε μέρος μόνον αὐ-



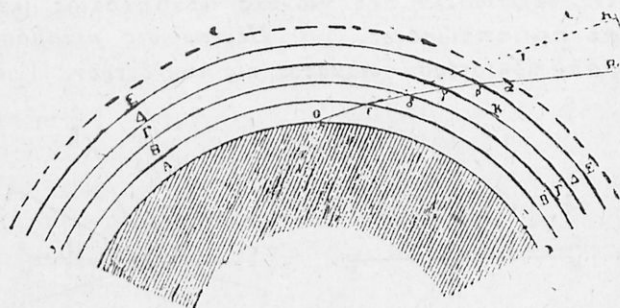
Σχ. 58. Τεθραυσμένη ῥάβδος ἔνεκα τῆς διαθλάσεως.

τῆς νὰ εὐρίσκεται ἐν τῷ ὕδατι, θὰ ἴδωμεν ὅτι αὕτη φαίνεται ὥσεί θραυσθεῖσα εἰς τὸ σημεῖον Β, ἔνθα ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐγγίζει αὐτήν. Ἡ ἀπάτη αὕτη προέρχεται ἐκ τῆς ἀνυψώσεως τὴν ὁποίαν ὑφίστανται ἔνεκα τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς τὰ σημεῖα τῆς ῥάβδου, τὰ περιλαμβανόμενα μεταξὺ τῶν Α καὶ Β. Τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεμπομένων ἐκ τῶν σημείων τούτων πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν δείκνυει τὸ σχῆμα 58. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὰς κόπας τῶν λέμβων.

79. Ἀτμοσφαιρική διάθλασις. Ἡ ἀτμόσφαιρα ἀποτελεῖται ἀπὸ διαδοχικὰ στρώματα ΑΑ', ΒΒ', ΓΓ'..... (σχ. 59), τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης βαίνει αὐξανομένη συνεχῶς ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Ἐνεκα τούτου αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες, ὅπως ἡ Rα π. χ. αἱ ἐκπεμπόμεναι ὑπὸ τῶν διαφόρων ἀστέρων, π. χ. τοῦ Ἡλίου R, ὅταν διέρχωνται διὰ τῆς ἀτμοσφαίρας ὑφίστανται διαδοχικὰς διάθλασεις, ἔνεκα τῶν ὁποίων ἡ πορεία αὐτῶν δὲν εἶναι εὐθύγραμμος, ἀλλὰ καμπυλόγραμμος αβγδεο.

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

Ἀποτελέσματα ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως. 1ον. **Ἀνύψωσις τῶν ἀστέρων ἐν τῷ οὐρανῷ.** Ὁ παρατηρητὴς ὅστις εὐρίσκεται εἰς τὸ Ο θέλει δεχθῇ τὴν ἀκτῖνα τὴν ὁποίαν ἐξέπεμψεν ὁ ἀστὴρ R, ὁ ἥλιος λ. χ., καὶ θὰ ἴδῃ τοῦτον οὐχὶ εἰς τὴν πραγματικὴν αὐτοῦ θέσιν R. ἀλλ' εἰς ἑτέραν θέσιν R', διότι βλέπει τοῦτον κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς διευθύνσεως τὴν ὁποίαν εἶχεν ἡ ἀκτίς, ὅταν εἰσῆρχετο εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ λοιπὸν διάθλασις προκαλεῖ



Σχ. 59. Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις.

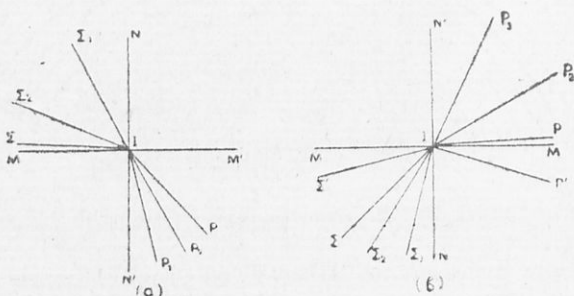
φαινομένην ἀνύψωσιν τοῦ ἡλίου ἐν τῷ οὐρανῷ, ἥτις εἶναι τοσούτῳ μεγαλυτέρα ὅσῳ πλησιέστερον πρὸς τὸν ὀρίζοντα εὐρίσκεται οὗτος. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει δι' ὅλους ἐν γένει τοὺς ἀστέρας. Ἐξαιροῦνται μόνον οἱ ἀστέρες οἱ εὐρισκόμενοι εἰς τὸ ζηνίθ, διότι αἱ ἀκτῖνες αὐτῶν ὁδεύουσιν ἐν ἀτμοσφαίρᾳ ἄνευ διαθλάσεως (διατί;) Ὅταν δὲ ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἐπὶ τοῦ ὀρίζοντος, ἡ ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις ἀνυψώνει τοῦτον κατὰ 34° περίπου.

2ον. **Αὕξησις τῆς διαρκείας τῆς ἡμέρας.** Ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ δίσκου τοῦ ἡλίου εἶναι ὀλίγον μικροτέρα τῶν 34'. Ἔνεκα τούτου κατὰ τὴν ἀνατολὴν τοῦ ἡλίου, ἐνῷ ὁ δίσκος εὐρίσκεται ἀκόμη ὁλόκληρος ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα καὶ ἐγγίζει αὐτὸν διὰ τοῦ ἀνωτέρου χείλους του, ὁ δίσκος φαίνεται ὁλόκληρος ὑπεράνω τοῦ ὀρίζοντος (πρὸ πάντων ἐν τῇ θαλάσῃ, ἔνθα οὐδὲν ἐμπόδιον παρουσιάζεται) ὥς ἔὰν ὁ ἥλιος εἶχε πραγματικῶς ἀνατελεῖ. Κατὰ δὲ τὴν δύσιν τοῦ ἡλίου, ἐνῷ ὁ δίσκος εὐρίσκεται ὁλόκληρος ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα καὶ ἐγγίζει αὐτὸν διὰ τοῦ ἀνωτέρου χείλους του, φαίνεται ὁλόκληρος ὑπεράνω αὐτοῦ, ὥς ἔὰν ὁ ἥλιος δὲν εἶχε δύσει ἀκόμη. Τοιοῦτοτρόπως αὐξάνεται ἔνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως ἡ

φυσική διάσκεια τῆς ἡμέρας κατὰ τὴν πρωίαν καὶ κατὰ τὴν ἑσπέραν. Ὅμοια φαινόμενα παρατηροῦμεν καὶ ἐπὶ τῆς Σελήνης

3ον. Παραμόρφωσις τῶν δίσκων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης. Ὅταν ὁ Ἡλιος καὶ ἡ Σελήνη εὐρίσκονται πλησίον τοῦ ὁρίζοντος, οἱ δίσκοι αὐτῶν φαίνονται οὐχὶ τελείως κυκλικοί, ἀλλὰ πεπλατυσμένοι ὀλίγον ἐκ τῶν ἄνω καὶ κάτω, ἥτοι ἡ κατακόρυφος διάμετρος φαίνεται κατὰ τι μικρότερα τῆς ὁριζοντίας.

80. Μεταβολὴ τῆς γωνίας διχθλίσεως μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. 1ον. Περίπτωσις μεταβάσεως τοῦ φωτὸς ἀπὸ ἀραιότερου σώματος εἰς πυκνότερον. Ἐστω MM'



Σχ. 60. Μεταβολὴ τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.

(σχ. 60, α) ἡ ἐπιφάνεια ἡ διαχωρίζουσα δύο διαφανῆ σώματα, π.χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ, καὶ φωτεινὴ τις ἀκτὶς μεταβαίνουσα ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ. Αὕτη ἐν μέρει μὲν ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, ἐν μέρει δὲ διαθλᾶται, ἀλλ' ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως θὰ εἶναι μικρότερα τῆς γωνίας προσπτώσεως.

Ἐὰν λοιπὸν ἡ γωνία προσπτώσεως λάβῃ διαφόρους τιμὰς, ἀπὸ 0° (ὅποτε ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς θὰ προσπίπτῃ καθέτως) μέχρι 90° (ὅποτε ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς θὰ ἄπτεται τῆς ἐλευθέρως ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος), τότε καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως θὰ λάβῃ μὲν διαφόρους τιμὰς, ἀρχομένης ἀπὸ 0° , ἀλλὰ θὰ μένῃ πάντοτε μικρότερα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Τὸ σχῆμα 60, 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 ἐπομένως εἰς τὴν μεγίστην γωνίαν

νίαν προσπτώσεως MIN ($= 90^\circ$) ἀντιστοιχεί ἡ μεγίστη γωνία διαθλάσεως PIN'.

2ον. Περίπτωσης μεταβάσεως τοῦ φωτός ἀπὸ πυκνοτέρου σώματος εἰς ἀραιότερον.—**Ὅρικὴ γωνία.** Ἀντιστρόφως, ἐὰν φωτεινὴ τις ἀκτὶς μεταβαίνει ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα, αὕτη ἐν μέρει μὲν ἀνακλᾶται, ἐν μέρει δὲ διαθλᾶται, ἀλλ' ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου καὶ ἐπομένως ἡ γωνία διαθλάσεως θὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἐντεῦθεν συνάγομεν, ὅτι ὑπάρχει τιμὴ τις ΣΙΝ (σχ. 60, β) τῆς γωνίας προσπτώσεως, εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖα γωνία διαθλάσεως PIN' ἴση μὲ 90° , ὁπότε ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς IP ἐφάπτεται τῆς ἐλευθέρως ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Ἡ γωνία ΣΙΝ καλεῖται ὀρικὴ γωνία.

Ὅρισμός. Καλεῖται **ὀρικὴ γωνία** ἡ τιμὴ τῆς γωνίας προσπτώσεως τῆς ἀντιστοιχοῦσης εἰς γωνίαν διαθλάσεως ἴσην μὲ 90° .

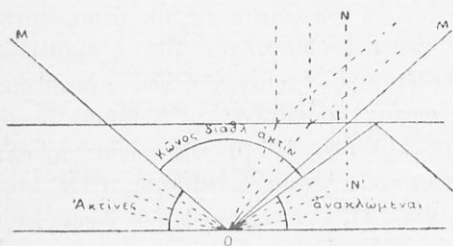
Ἡ ὀρικὴ γωνία εἶναι ἐν τῷ ὕδατι 48° περίπου, ἐν δὲ τῇ κοινῇ ὕालῳ 42° περίπου.

81. Ὀλικὴ ἀνάκλασις. Ἐὰν ἐξ ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου Σ' (σχ. 60, β) εὐρισκομένου ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἀναχωρήσῃ ἀκτὶς Σ'Ι καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας MM' ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως Σ'ΙΝ μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς (48°), αὕτη δὲ δύναται πλέον νὰ διαθλασθῇ, ἀλλὰ θέλει ἀνακλασθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας MM' κατὰ τὴν διεύθυνσιν IP', ὥς ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια αὕτη ἦτο ἐπίπεδον κάτοπτρον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐκλήθη **ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός**, διότι ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλᾶται **καθ' ὅλο κληρίαν**, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς ἑτέραν ἀκτὶνα προσπίπτουσαν ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως μικροτέραν τῆς ὀρικῆς, ἥτις ἀνακλᾶται μόνον **ἐν μέρει**.

Συμπέρασμα. Ὅταν φωτεινὴ δέσμη ὁδεύουσα ἐντὸς σώματος προσπέσῃ ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν τὴν διαχωρίζουσαν τὸ σῶμα τοῦτο ἀπὸ ἄλλο ἀραιότερον, τότε αὕτη διαθλᾶται καὶ διέρχεται τὴν ἐπιφάνειαν, ἐὰν ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι μικροτέρα τῆς ὀρικῆς γωνίας. Τοῦναντίον, ἐὰν ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ὀρικῆς γωνίας, ἡ δέσμη δὲν διαθλᾶται, ἀλλὰ ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν.

Παρατήρησις. Ἐστω φωτεινὸν σημεῖον Ο (σχ. 61) εὐρισκόμενον ἐν τῷ ὕδατι. Ὁ κῶνος τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ὅστις ἔχει γωνίαν

νίαν κορυφῆς κατὰ τὸ Ο ἴσην μὲ τὸ διπλάσιον τῆς ὀρικῆς γωνίας ἐν τῷ ὕδατι, διαιρεῖ τὸ διάστημα τὸ καταλαμβανόμενον ὑπὸ τοῦ ὕδατος εἰς δύο ζώνας : 1ον) τὴν ἐσωτερικὴν, ἐν τῇ ὁποία περιλαμβάνονται αἱ ἀκτῖνες, αἵτινες προσπίπτουσιν ἐπὶ τῆς διαχωρίζουσας ἐπιφανείας ἐξέρχονται εἰς τὸν

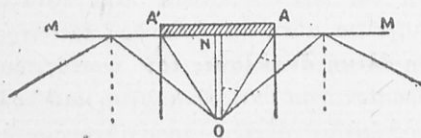


Σχ. 61. Ὀλικὴ ἀνάκλασις καὶ διάθλασις.

ἀέρα (διατί;), καὶ 2ον) τὴν ἐξωτερικὴν, ἐν τῇ ὁποία περιλαμβάνονται αἱ ἀκτῖνες, αἵτινες προσπίπτουσιν ἐπὶ τὴν αὐτὴν ἐπιφάνειαν ὑφίστανται ὀλικὴν ἀνάκλασιν (διατί;). Ἐὰν λοιπὸν

προσβλέψωμεν ἄνωθεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος, θὰ παρατηρήσωμεν μόνον τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς τῆς πρώτης ζώνης. Ἐὰν δὲ καλύψωμεν τὸ τμήμα τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν βάσιν τοῦ κώνου τούτου, δὲν θὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς τῆς δευτέρας ζώνης.

§ 2. Φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως.—1ον. Λαμβάνομεν κυκλικὸν δίσκον ἐκ φελλοῦ, εἰς τὸ



Σχ. 62. Ὀλικὴ ἀνάκλασις.

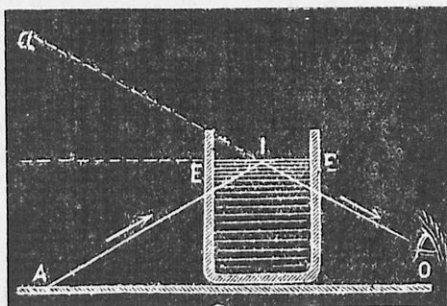
κέντρον τοῦ ὁποίου στερεώνομεν μεταλλινὸν στέλεχος NO (σχ. 62), ὅπερ νὰ ἔχη τοσοῦτον μῆκος, ὥστε ἡ γωνία AON νὰ εἶναι κατὰ τι μεγαλυτέρα τῆς ὀρικῆς γωνίας ἐν τῷ ὕδατι

(48°). Τὸν δίσκον τοῦτον θέτομεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος λεκάνης οὕτως, ὥστε νὰ ἐπιπλέη, ἀλλὰ τὸ στέλεχος νὰ εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Ὅπουδῆποτε καὶ ἂν τοποθετηθῇ ὁ ὀφθαλμὸς ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, εἶναι ἀδύνατον νὰ παρατηρήσῃ τὸ στέλεχος.

2ον. Λαμβάνομεν ὑάλινον ποτήριον, τὸ ὁποῖον πληροῦμεν δι' ὕδατος καὶ θέτομεν ἐπὶ τραπέζης πλησίον μιᾶς τῶν ἀκμῶν αὐτῆς. Πλησίον τοῦ ποτηρίου θέτομεν ἓν νόμισμα (σχ. 63). Ἐὰν ἤδη παρατηρήσωμεν ἐκ τοῦ ἀντιθέτου μέρους τοῦ ποτηρίου τὴν ἐπιφάνειαν

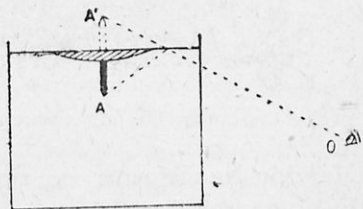
τοῦ ὕδατος ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, θέλομεν ἶδει τὸ εἶδωλον τοῦ νομισματος ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας, εἰς τὴν θέσιν α.

3ον. Εἰς τὸ κέντρον δίσκου ἐκ φελλοῦ στηρίζομεν καθέτως μεταλλινὸν στέλεχος μήκους 3 4 ἑκατοστομέτρων (σχ. 64) καὶ κατόπιν



Σχ. 63. Ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

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

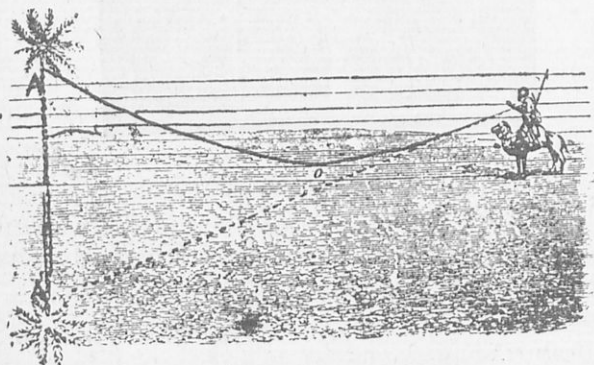


Σχ. 64. Ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

4ον. Λαμβάνοντες ὑάλινον σωλῆνα κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν ἄκρον καὶ κενόν, καὶ ἐμβαπτιζόμενον πλαγίως ἐντὸς ὕδατος, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ ἐπιφάνειά του λάμπει ἀργυροειδῶς, ἔνεκα τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ τῶν ἐξωτερικῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος, λόγῳ τοῦ ἐν τῷ σωλῆνι ὑπάρχοντος ἀέρος. Ἐὰν πληρώσωμεν τὸν σωλῆνα δι' ὕδατος, ἡ λάμψις ἐκλείπει, διότι δὲν γίνεται πλέον ὀλικὴ ἀνάκλασις.

5ον. Καρπὸς χνοώδης (ῥαδάκινον, βερίκοκον, ἀμύγδαλον) ἐμβαπτιζόμενος ἐντὸς ὕδατος λάμπει κατ' ἐπιφάνειαν ἀργυροειδῶς, ἔνεκα τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως, ἣτις ἐπέρχεται, λόγῳ τοῦ μεταξὺ τοῦ χνοῦ εὗρισκομένου ἀέρος. Ἐὰν ὅμως διαβροῆσωμεν καλῶς τὸν καρπὸν οὕτως, ὥστε νὰ ἐκδιώξωμεν τὸν ἀέρα, ἡ λάμψις ἐκλείπει.

83. Ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός.—Ὁ ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός εἶναι 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 ἀμμώδεις πεδιάδας τῆς Αἰγύπτου, ὅπου δύναται τις νὰ ὑποστῇ τοιαύτην ὀπτικὴν ἀπάτην, ὥστε νὰ ἐκλάβῃ τὸ ἔδαφος ὡς ἀπέραντον λίμνην, ἣ ὡς μέγα κάτοπτρον, ἐπὶ τῶν ὁποίων κατοπτρίζεται μέρος τοῦ οὐρανοῦ, αἱ πέριξ οἰκίαι καὶ τὰ δένδρα, ἣ καὶ πέριξ χωρία δόκηθη. Ὁ ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός παρατηρήθη ἀπὸ πολλοῦ χρόνου, χωρὶς ὅμως καὶ νὰ ἐξηγηθῇ. Κατὰ δὲ τὴν ἐκστρατείαν



Σχ. 65. Ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμός.

τοῦ Μεγάλου Ναπολέοντος εἰς τὴν Αἴγυπτον παρατηρήθη ὑπὸ τοῦ Γαλλικοῦ στρατοῦ, ὅστις εἶδε μακρόθεν ἐπὶ τῶν πεδιάδων τῆς Αἰγύπτου τὴν ἀντανάκλασιν τοῦ οὐρανοῦ καὶ τὰς εἰκόνας τῶν οἰκιῶν, τῶν δένδρων καὶ τῶν λοιπῶν ἀντικειμένων τοῦ ὁρίζοντος ἀνεστραμμένας.

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

Θεωρήσωμεν λοιπὸν φωτεινὴν ἀκτῖνα, ἣτις νὰ προέρχεται ἐκ τινος σημείου A (σχ. 65) μεμακρυσμένον καὶ ὑψηλοῦ ἀντικειμένου

καὶ νὰ ὁδεύῃ πλαγίως πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ ἀκτὶς αὕτη, μεταβαίνουσα ἀπὸ πυκνοτέρου στρώματος εἰς ἀραιότερον διαθλάται, ἡ δὲ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται ὁλοὲν ἀπὸ τῆς καθέτου. Ἡ γωνία λοιπὸν τῆς προσπίπτουσας θὰ ἀυξάνῃ ἐξ ἐκάστου στρώματος εἰς τὸ ἀμέσως ἐπόμενον, καὶ τέλος θὰ λάβῃ τὴν **τιμὴν τῆς ὀρικής γωνίας**, τὴν ὁποίαν καὶ θὰ ὑπερβῇ εἰς τι σημεῖον Ο λ. χ. Ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται τότε κατὰ τὸ Ο **ὀλικὴν ἀνάκλασιν** καὶ βαίνει κατ' ἀντίθειον πορείαν, καθ' ἣν μεταβαίνει ἐξ ἀραιότερου στρώματος εἰς πυκνότερον. Οὕτω ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς θὰ πλησιάζῃ ὁλοὲν πρὸς τὴν κάθετον ἀκολουθοῦσα τὴν πορείαν ΟΡ, ἣτις εἶναι συμμετρικὴ τῆς πορείας ΑΟ. Τέλος θὰ φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ κατὰ τοιαύτην διεύθυνσιν, ὥς ἐὰν προήρχετο ἐκ τοῦ σημείου Α' κειμένου ὑπὸ τὸ ἔδαφος καὶ συμμετρικοῦ τοῦ Α ὥς πρὸς τὸ στρώμα ἐνθα ἐγένετο ἡ ὀλικὴ ἀνάκλασις. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει διὰ πάντα τὰ σημεῖα τοῦ ἀντικειμένου, ὅπερ οὕτω φαίνεται ἀνεστραμμένον, ὥς ἐὰν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες εἶχον ἀνακλασθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἡρεμούσης λίμνης ἢ κατόπτρου.

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

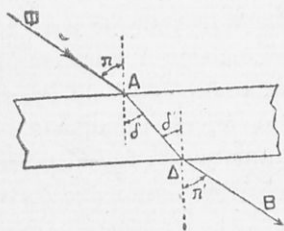
Συμπέρασμα. Ὁ ἀτμοσφαιρικός κατοπτρισμὸς ὀφείλεται εἰς τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ, κατόπιν τῶν ἀλληλοδιαδόχων διαθλάσεων, τὰς ὁποίας αὗται ὑφίστανται ἐντὸς τῶν ἀνισοπύκνων καὶ θερμῶν κατωτέρων στρωμάτων τοῦ ἀέρος.

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

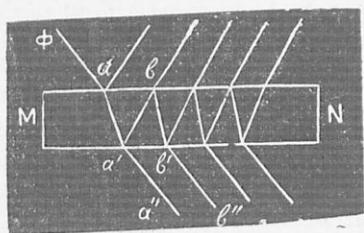
Θεωρήσωμεν ὑαλίνην πλάκα διαφανῇ, ἔχουσαν ἀμφοτέρως τὰς ὕψεις αὐτῆς ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους καὶ φωτεινὴν ἀκτῖνα ΦΑ (σχ. 66) προσπίπτουσαν πλαγίως ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ἀκτὶς εἰσδύει κατ' ἀρχὰς ἐν τῇ ὑάλῳ, διαθλωμένη κατὰ τὴν διεύθυνσιν Δ καὶ πλησιάζ-

ζουσα πρὸς τὴν κάθετον, καὶ τέλος ἐξέρχεται ἐν τῷ ἀέρι διαθλωμένη κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΔΒ καὶ ἀπομακρυνομένη τῆς καθέτου. Ἐπειδὴ δὲ αἱ κατὰ τὰ σημεῖα Α καὶ Δ κάθετοι εἶναι παράλληλοι, αἱ γωνίαι δ καὶ δ' εἶναι ἴσαι. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν καὶ $\pi = \pi'$. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι ἡ ΔΒ θὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν ΦΑ.

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



Σχ. 66. Πορεία τοῦ φωτός διὰ πλακὸς διαφανοῦς.



Σχ. 67. Πορεία τοῦ φωτός διὰ πλακὸς διαφανοῦς.

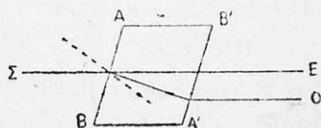
Ἡ μετατόπισις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος εἶναι τοσούτω μεγαλυτέρα ὅσῳ ἡ γωνία τῆς προσπίπτουσας ἀυξάνεται καὶ ὅσῳ τὸ πάχος τῆς ὑαλίνης πλακὸς εἶναι μεγαλύτερον. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ καθέτως, ἐξέρχεται ἄνευ μετατοπίσεως.

Φωτεινὴ τις ἀκτὶς, ὡς ἡ Φα (σχ. 67), προσπίπτουσα ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς κατὰ τὸ σημεῖον α, ἐν μέρει μὲν διαθλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν αα', ἐν μέρει δὲ ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ὀψευς τῆς πλακὸς. Ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς αα' προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς κατωτέρας ὀψευς κατὰ τὸ σημεῖον α', ἐν μέρει μὲν διαθλάται κατὰ τὴν διεύθυνσιν α'α'', ἐν μέρει δὲ ἀνακλᾶται κατὰ τὴν διεύθυνσιν αβ' καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιοιυτοτρόπως ἔχομεν σειρὰν ἀνακλωμένων καὶ σειρὰν διαθλωμένων ἀκτίνων. Ἐὰν δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ ἢ τὰς πρώτας ἢ τὰς δευτέρας ἀκτίνας, θέλει παρατηρήσει σειρὰν εἰδώλων, ἅτινα καθίστανται ὁλοὲν ἀμυδρότερα, ἔνεκα τῶν ἐπανειλημμένων ἀνακλάσεων καὶ διαθλάσεων τοῦ φωτός.

88. Κρυστάλλινὰ κάτοπτρα.—Ταῦτα εἶναι ὑαλινὰ πλάκες μετὰ ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων ὀψευς, ἅτινα παρουσιάζουσι δύο

ἀνακλώσας ἐπιφανείας, τὴν προσθίαν ἢ ἀνωτέραν, ἣς εἶναι ὑαλίνη, καὶ τὴν ὀπισθίαν ἢ κατωτέραν, ἣς ἔχει καλυφθῇ διὰ λεπτοῦ μεταλλικοῦ στρώματος (ἀμαλγάματος κασσιτέρου). Αἱ φωτειναὶ ὀκτίνες προσπίπτουσιν ἐπὶ τοιούτων κατόπτρων ἀνακλῶνται καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν, τῆς ἀνωτέρας καὶ τῆς κατωτέρας, κυρίως ὅμως ἐπὶ τῆς κατωτέρας τῆς ἐπιμεταλλωμένης. Τοιοῦτοτρόπως θέλει σχηματισθῇ σειρά εἰδώλων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ πρῶτον εἶναι ἀμυδρόν, ἐπεὶ δὴ προέρχεται ἐξ ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ἑδρας, τὸ δεύτερον θὰ εἶναι λαμπρότατον πάντων, διότι προέρχεται ἐξ ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας, τῆς ἐπιμεταλλωμένης, τὰ δὲ λοιπὰ εἰδῶλα σχηματίζονται ἀμυδροτέρα, ἔνεκα τῶν διαδοχικῶν ἀνακλάσεων τοῦ φωτός ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τῆς πλάκος. Τὴν σειράν τῶν εἰδώλων τούτων παρατηροῦμεν, ἐὰν θέσωμεν ἐνώπιον κοινοῦ κατόπτρου λαμπάδα ἀνημμένην καὶ παρατηρήσωμεν αὐτὴν πλαγίως ἐν σκοτεινῷ δωματίῳ. Ἐὰν ὅμως τὴν παρατηρήσωμεν καθέτως, τὸ κύριον εἶδωλον καλύπτει πάντα τὰ λοιπὰ, ἅτινα οὕτω συγχέονται.

§ 66. Διπλὴ διάθλασις.—Ἐὰν λάβωμεν τεμάχιον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ἥτις εἶναι καθαρωτάτη καὶ διαυγεστάτη παραλλαγή τοῦ ἄσβεστίτι v , ἀπαντῶσα κατὰ μεγάλας ποσότητας ἐν τῇ Ἰσλανδίᾳ (ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα), καὶ τὸ παρενθέσωμεν εἰς τὴν πορείαν λεπτῆς φω-



Σχ. 68. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.

τεινῆς δέσμης ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου οὕτως, ὥστε ἡ δέσμη νὰ προσπέσῃ ἐπὶ μιᾷ τῶν ἑδρῶν αὐτοῦ AB (σχ. 68), 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 τὸ ὁποῖον παρουσιάζουσι σώματά τινα διὰ μίαν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα νὰ παρέχωσι δύο διαθλωμένας.

Τὰ τοιαῦτα σώματα καλοῦνται **διπλοθλαστικά**, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὰ ἄλλα, ἅτινα παρουσιάζουσιν ἀπλὴν διάθλασιν καὶ καλοῦνται διὰ τοῦτο **ἀπλοθλαστικά**. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ μὲν

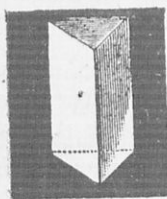
μία ἀκολουθεῖ πάντοτε τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀπλῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται *συνήθης ἀκτίς*, ἡ δὲ ἑτέρα δὲν ἀκολουθεῖ γενικῶς τοὺς νόμους τούτους καὶ καλεῖται *ἐκτακτος ἀκτίς*. Ἀποτέλεσμα τῆς διπλῆς διαθλάσεως εἶναι, ὅτι τὰ διὰ τῶν διπλοθλαστικῶν σωμάτων ὁρώμενα ἀντικείμενα φαίνονται διπλᾶ. Οὕτω γραμμὴ ἢ στιγμή 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 ἁμορφα σώματα, ὅπως ἡ κοινὴ ὕαλος, δὲν κέκτῃν τὴν ἰδιότητα τῆς διπλῆς διαθλάσεως, ἀλλὰ τῆς ἀπλῆς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'.

ΟΠΤΙΚΟΝ ΠΡΙΣΜΑ

87. Ὅρισμοί.—Καλεῖται ἐν τῇ ὀπτικῇ *πρίσμα*, πᾶν σῶμα διαφανές, συνήθως κατεσκευασμένον ἐκ κρυστάλλου, ἔχον δύο ἐπιφανείας ἐπιπέδους, αἵτινες τέμνουσιν ἀλλήλας (σχ. 69). Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιπέδων εἶναι



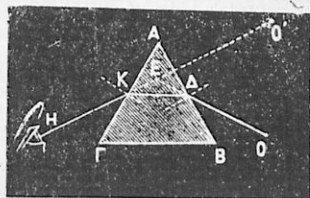
Σχ. 69

Ὅπτικόν πρίσμα.

εὐθεῖα γραμμὴ καὶ καλεῖται *ἀκμὴ* τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ὑπ' αὐτῶν σχηματιζομένη δίεδρος γωνία καλεῖται *διαθλαστικὴ γωνία* τοῦ πρίσματος. Πᾶσα δὲ τομὴ κάθετος ἐπὶ τὴν ἀκμὴν καλεῖται *κυρίᾳ τομῇ* τοῦ πρίσματος. Ἐν γένει τὸ πρίσμα παρουσιάζει καὶ τρίτην ἐπίπεδον ἔδραν, κειμένην ἀπέναντι τῆς ἀκμῆς, ἣτις καλεῖται *βάσις* τοῦ πρίσματος, καὶ δύο ἄλλας καθέτους ἐπὶ τὴν ἀκμὴν. Ἐν τῇ κυρίᾳ τομῇ ΑΒΓ (σχ. 70) τὸ σημεῖον Α παριστᾷ τὴν ἀκμὴν, αἱ εὐθεῖαι ΑΒ καὶ ΑΓ τὰς δύο ἐπιπέδους ἐπιφανείας, ἡ ἐπίπεδος γωνία ΒΑΓ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν καὶ ἡ εὐθεῖα ΒΓ τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος.

88. Διάθλασις τοῦ φωτός διὰ τοῦ πρίσματος.—

Ἐστω $AB\Gamma$ (σχ. 70) 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 πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον. Ἡ διαθλωμένη αὕτη ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἐτέρας πλευρᾶς $ΑΓ$ τοῦ πρίσματος καὶ ἐξερχομένη ἐξ αὐτοῦ, διαθλάται ἐκ νέου κατὰ τὴν διεύθυνσιν $ΚΗ$, καὶ ἀπομακρύνεται τῆς κάθετου.



Σχ. 70. Πορεία τοῦ φωτός διὰ τῆς κυρίας τομῆς πρίσματος.

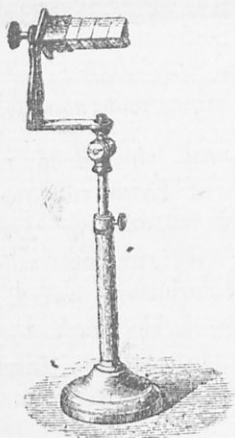
Ὡστε ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς $ΟΔ$, ἕνεκα τῆς παρουσίας τοῦ πρίσματος ὑφίσταται δύο διαδοχικὰς διαθλάσεις, μίαν κατὰ τὴν εἰσόδόν της ἐν τῷ πρίσματι, καὶ ἑτέραν κατὰ τὴν ἐξόδόν της. Ἐνεκα τῶν δύο τούτων διαθλάσεων ἡ ἀκτὶς βαίνει κατὰ τὴν τεθλασμένην γραμμὴν $ΟΔΚΗ$ καὶ ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Ἐὰν δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ τὴν ἐξερχομένην ἀκτὶνα $ΚΗ$, θὰ νομίσῃ ὅτι τὸ φωτοβόλον σημεῖον κεῖται εἰς τὴν προέκτασιν τῆς ἀκτίνος $ΚΗ$, ἥτοι εἰς τὸ σημεῖον $Ο'$, ὅπερ εἶναι τὸ *κατ' ἐμφασιν 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.

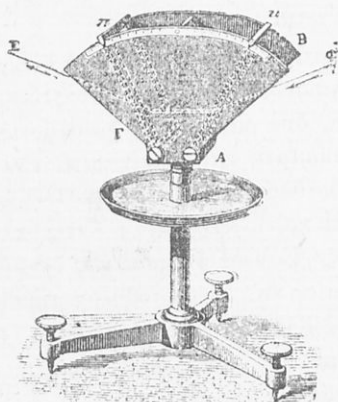
89. Ἐκτροπή.— Καλεῖται *γωνία ἐκτροπῆς* ἡ ἀπλῶς *ἐκτροπή* ἡ γωνία καθ' ἣν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς $ΟΔ$ ἐκτρέπεται πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Ἡ ἐκτροπή αὕτη μετρεῖται ὑπὸ τῆς γωνίας $ΟΕΟ'$ (σχ. 70) τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ διεύθυνσις τῆς προσπιπτούσης καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς ἐξερχομένης ἀκτίνος.

Ἄς ἴδωμεν ἤδη πῶς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, πρῶτον ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ πρῖσμα δι' ἄλλου κατεσκευασμένου ἐξ οὐσίας θλαστικωτέρας, ἥτοι ἐὰν μεταβάλωμεν τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ πρίσματος, δεύτερον ἐὰν μεταβάλωμεν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν τοῦ πρίσματος, καὶ τρίτον ἐὰν μεταβάλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

1ον) Πῶς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ὅταν ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ πρίσματος αὐξάνεται;—Πείρασμα. Λαμβάνομεν πολλὰ μικρὰ πρίσματα ἔχοντα τὴν αὐτὴν κυρίαν τομὴν καὶ συγκείμενα ἐκ διαφόρων οὐσιῶν, λ.χ. ὑάλου, μολυβδυάλου καὶ ὀρείας 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 πῶς κατασκευαζόμενον πρῖσμα καλεῖται **πολύπρισμα** (σχ. 71). Ἐὰν ἐπὶ τεμαχίου χαρτοῦ γράψωμεν εὐθεῖαν γραμμὴν κατὰ



Σχ. 71. Πολύπρισμα.



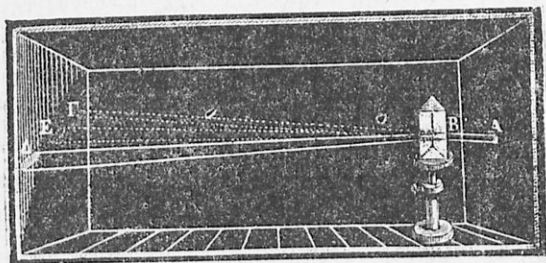
Σχ. 72. Πρίσμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας.

παρατηρήσωμεν αὐτὴν διὰ μέσον τοῦ πολυπρίσματος καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ, θέλομεν ἴδει τὴν γραμμὴν διακεκομμένην εἰς διάφορα τμήματα, ἅτινα φαίνονται εἰς διάφορα ὕψη. Τὸ μεγαλύτερον δὲ ὕψος καταλαμβάνει τὸ τμήμα τὸ παρατηρούμενον διὰ μέσον τοῦ ἐκ μολυβδυάλου πρίσματος διότι ἡ οὐσία αὕτη παρουσιάζει τὸν μεγαλύτερον δείκτην διαθλάσεως, σχετικῶς πρὸς τὴν ὑάλον καὶ τὴν ὀρείαν κρυστάλλον.

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

2ον) Πῶς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ὅταν ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος αὐξάνεται; Πείρασμα. Λαμβάνομεν

μεν δοχείον συγγείμενον ἐκ δύο ὀρειχαλκίνων τριγωνικῶν πλακῶν παραλλήλων Β καὶ Γ, (σχ. 72), μεταξὺ τῶν ὁποίων δύνανται νὰ ὀλισθαίνωσι μετ' ἡπίας τριβῆς δύο ὑάλιναι πλάκες π καὶ κ, περιστρεφόμεναι περὶ ὀριζόντιον ἄξονα. Αἱ ὑάλιναι πλάκες σχηματίζουν διέδρον γωνίαν, τὴν ὁποίαν μεταβάλλομεν κατὰ βούλησιν. Τὸ δοχεῖον τοῦτο πληροῦμεν δι' ὕδατος διανογῶς καὶ οὕτω ἀποτελεῖται πρῖσμα ἔχον **μεταβλητὴν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν**. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς τῶν ὑαλίνων πλακῶν ὀψώμεν φωτεινὴν ἀκτῖνα, κλίνωμεν δὲ



Σχ. 73. Μεταβολαὶ γωνίας προσπτώσεως καὶ γωνίας ἐκτροπῆς.

τὴν ἑτέραν 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 ἐλαττωῖται, ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς ἐκτρέπεται ὀλιγότερον πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος.

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

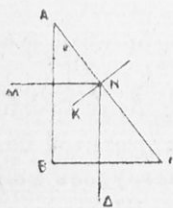
3ον) Πὼς μεταβάλλεται ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ὅταν ἡ γωνία προσπτώσεως ἐλαττωῖται; — **Πείραμα.** Ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἰσάγομεν διὰ μικρᾶς ὀπῆς δέσμην ἀκτίνων **μονοχρόου φωτός** (λ.χ. ἡλιακὸν φῶς ὅπερ διήλθε δι' ἔρυθρᾶς ὑάλου). Ἡ δέσμη αὕτη προσπίπτει ἐπὶ μεμακρυσμένον πετάσματος, ἔνθα σχηματίζει φωτεινὸν εἶδωλον Γ (σχ. 73). Ἐὰν ἤδη εἰς τὴν πορείαν τῆς φωτεινῆς δέσμης παρενθῶμεν κατακόρυφον πρῖσμα οὕτως, ὥστε ἡ φωτεινὴ δέσμη νὰ προσπίπτῃ ἐπ' αὐτοῦ ἐφαπτομένη σχεδὸν τῆς μιᾶς πλευρᾶς του, θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι ἡ δέσμη ἐξερχομένη ἐκ τοῦ πρίσματος, προσ-

πίπτει ἐπὶ τοῦ πετάσματος κατὰ τὸ σημεῖον Δ ἐκτροπομένη πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Οὕτω σχηματίζεται ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς $\Gamma\beta\Delta$, ἣτις μετρεῖται ὑπὸ τῆς ἀποστάσεως $\Gamma\Delta$.

Ἐὰν ἤδη στρέφωμεν βραδέως περὶ ἑαυτὸ τὸ ὑποστήριγμα τοῦ πρίσματος οὕτως, ὥστε ἡ γωνία τῆς προσπίπτουσας νὰ ἐλαττωθῇ ὀλίγον κατ' ὀλίγον, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον Δ πλησιάζει βαθμηδὸν πρὸς τὸ Γ , ὅπερ δεικνύει ὅτι ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ἐλαττωθῇ. Ἐπομένως ἐλαττουμένης τῆς γωνίας προσπίπτουσας ἐλαττωθῇ καὶ ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς. Ἄλλ' ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ἐλαττωθῇ μόνον μέχρι ὁρίου τινός, $\Gamma\beta\epsilon$ λ. χ., διότι πέραν τούτου, εἴτε ἐξακολουθήσωμεν ἐλαττοῦντες τὴν γωνίαν προσπίπτουσας διὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, εἴτε, ἀντιθέτως, αὐξήσωμεν αὐτὴν περιστρέφοντες τὸ πρίσμα ἀντιθέτως, 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 ἐλάχιστη τιμὴ τὴν ὁποίαν λαμβάνει ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς καλεῖται *ἐλάχιστη ἐκτροπή*.

Συμπέρασμα. Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ἐλαττωθῇ, ὅταν καὶ ἡ γωνία προσπίπτουσας ἐλαττωθῇ, διὰ τινὰ δὲ ὠρισμένην θέσιν τοῦ πρίσματος ἡ ἐκτροπὴ καθίσταται ἐλάχιστη, καὶ μετὰ ταῦτα ἡ γωνία ἐκτροπῆς βαίνει αὐξανομένη, ὅπωςδήποτε καὶ ἂν μεταβάλλεται ἡ γωνία προσπίπτουσας.

90. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλίσεως. Τὸ πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλίσεως εἶναι ὀπτικὸν πρίσμα ὑάλινον, οὔτινος ἡ κυρία τομὴ εἶναι

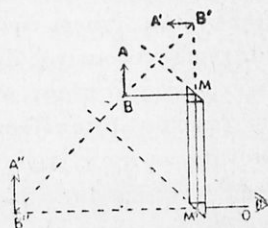


Σχ. 74. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλίσεως.

συνήθως ἰσοσκελὲς ὀρθογώνιον τρίγωνον. Τὸ πρίσμα τοῦτο δύναται ἔνεκα τῆς ὀλικῆς ἀνακλίσεως νὰ ἀντικαταστήσῃ τὸ κάτοπτρον. Πράγματι, ἔστω $AB\Gamma$ (σχ. 74) 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 ὑποτείνουσας $A\Gamma$ ἐφ' ἧς προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν MNK ἴσην μετὰ 45° . Ἐπειδὴ ἡ ὀρικὴ γωνία ἐν τῇ ὑάλῳ εἶναι 42° , ἡ ἀκτὶς αὕτη ὑφίσταται κατὰ τὸ N ὀλικὴν ἀνάκλινσιν καὶ ἐξέρχεται τοῦ πρίσματος κατὰ τὴν διεύθυνσιν $N\Delta$ ἄνευ διαθλάσεως. Ἡ μεγαλυτέρα λοιπὸν ἑδρα τοῦ πρίσματος ἰσοδυναμεῖ μετὰ τελειότατον

κάτοπτρον. Ἐνεκα τούτου τὸ πρῶμα τοῦτο χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰ ὄργανα, ὅπως εἶναι τὰ περισκόπια, πολλὰ τηλεσκόπια (τὰ πρῶμα-
τικά καλούμενα) κλπ.

91. Περισκόπια. Τὰ περισκόπια εἶναι ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δύναται τις νὰ βλέπῃ ἐξ ἐνὸς ὑποβρυχίου εὐρισκομένου ὑπὸ τὸ ὕδωρ τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Ἐκαστον περισκόπιον ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ δύο πρισμάτων M καὶ M' (σχ. 75) ὀλίγης ἀνακλάσεως, ἅτινα εἶναι ἐστρωμένα εἰς τὰ δύο ἄκρα κατακόρυφον σωλήνος ἐπιμήκους. Τοῦ σωλήνος τούτου τὸ μὲν ἓν ἄκρον εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὑποβρυχίου τὸ δὲ ἕτερον ἔχει ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Ὁ ὅλος σωλήν συνίσταται ἐκ πολλῶν μικροτέρων σωλήνων οἵτινες δύνανται νὰ εἰσέρχωνται ὁ εἰς ἐντὸς τοῦ ἄλλου καὶ οὕτως εἶναι δυνατόν τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ περισκοπίου, ὅτε μὲν νὰ ἐξέροχεται ἐκτὸς τῆς θαλάσσης, ὅτε δὲ νὰ κατέρχεται ἐντὸς αὐτῆς κατὰ βούλησιν, καὶ τοιοῦτοτρόπως τὸ περισκόπιον δύναται νὰ ἐξαφανίζεται τελείως ὑπὸ τὴν θάλασσαν. Ἵνα δὲ ἐξετάζεται ἅπανα ἡ πέραξ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης, τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ περισκοπίου εἶναι στρεπτόν περὶ κατακόρυφον ἄξονα.



Σχ. 75. Ἀρχὴ περισκοπίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

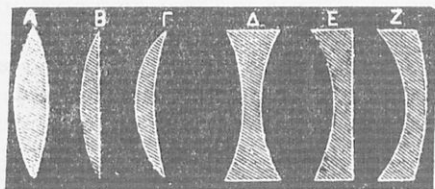
Φ Α Κ Ο Ι

92. Ὅψεις. Καλεῖται ἐν τῇ ὀπτικῇ **φακὸς** πᾶν σῶμα διαφανές, συνήθως κατεσκευασμένον ἐκ κρυστάλλου, τὸ ὁποῖον περαιοῦται εἰς δύο καμπύλας (συνήθως σφαιρικός) ἐπιφανείας, ἢ εἰς μίαν καμπύλην καὶ εἰς μίαν ἐπίπεδον.

Τὰ κέντρα τῶν σφαιρῶν εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουν 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, ὅπου 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 παραγο-

μένη ὑπὸ ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος τοῦ φακοῦ καλεῖται **κυρία τομή** αὐτοῦ.

Οἱ φακοὶ δύνανται νὰ διαιερωθῶσιν 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. 76), τὸν **ἐπιπεδόκυρτον** Β καὶ τὸν **κυρτόκοιλον** Γ. Ἡ δὲ δευ-



Σχ. 76. Φακοὶ συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες.

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

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

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

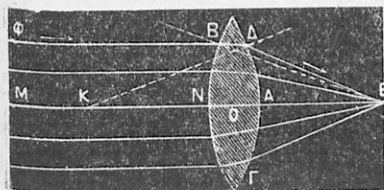
Α') Ἀμφίκυρτος φακός.

93. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων. — Κυρία ἐστία.

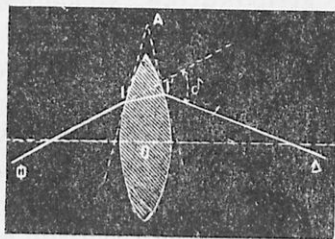
Ἐὰν φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐπιφανείας, λ.χ.

τῆς ἀριστερᾶς, ἀμφικύρτου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι (σχ. 77), αὗται, μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδον, συγκεντρώνονται πᾶσαι εἰς τὸ αὐτὸ περίπου σημεῖον Ε, ὅπερ καίτοι 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 εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον Ε. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ φακοῦ ὡς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ δὲ ἀπόστασις ΟΕ καλεῖται **κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις**.

Ἐὰν αἱ παράλληλοι ἀκτῖνες προσπέσωσιν ἐπὶ τῆς ἐτέρας ἐπιφα-



Σχ. 77. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων,



Σχ. 78. Μηχανισμὸς συγκεντρώσεως ἀκτίνων διὰ φακοῦ.

νείας τοῦ φακοῦ (τῆς δεξιᾶς), αὗται μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδον συγκεντρώνονται εἰς ἑτέραν κυρίαν ἐστίαν, ἣτις καίτοι πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ φακοῦ. Ἡ δευτέρα αὕτη κυρία ἐστία εἶναι συμμετρικὴ τῆς πρώτης ὡς πρὸς τὸν φακόν. Τοῦτο ἀποδεικνύεται, ἐὰν ὁ φακὸς περιστραφῇ περὶ τὸ στήριγμα αὐτοῦ κατὰ 180° , ὁπότε εὑρίσκομεν, ὅτι ἡ θέσις τῆς κυρίας ἐστίας δὲν μεταβάλλεται.

Ἐὰν εἰς τὴν μίαν τῶν δύο κυρίων ἐστιῶν τεθῇ φωταβόλον τι σημεῖον, αἱ ἐξ αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες καὶ ἐπὶ τοῦ φακοῦ προσπίπτουσαι διευθύνονται μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι.

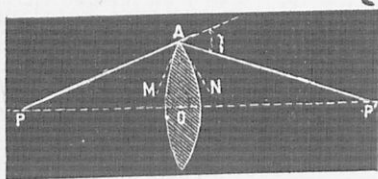
Αἱ δύο κύριαι ἐστῖαι τοῦ φακοῦ εἶναι πραγματικάι, διότι δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ταύτας ἐπὶ φύλλον χάρτου, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

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 ἀπείρως μικρῶν. Πράγματι δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν

εἰς τὰ σημεῖα I καὶ I' (σχ. 78) τοῦ φακοῦ δύο ἐπιπέδους ἐπιφα εἰας, κεκλιμένας πρὸς ἀλλήλας καὶ σχηματίζουσας πρῖσμα, τοῦ ὁποίου 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 ἀποτελουμένων, τῶν ὁποίων αἱ βάσεις στρέφονται πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ. Ἐκ τούτου ἐννοοῦμεν διατί ὁ ἀμφίκυρτος φακὸς συγκεντρώνει τὰς δι' αὐτοῦ διερχομένας ἀκτῖνας πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ. Τὸ αὐτὸ δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν καὶ διὰ τὸν ἐπιπεδόκυρτον καὶ τὸν κυρτόκυλλον φακόν.

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

94. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων. — Συζυγεῖς ἐστίαι.



Σχ. 79. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων.

ἔσται. Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον P (σχ. 79) εὐρισκόμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀμφίκυρτου φακοῦ καὶ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Μία τῶν ἀκτίνων αὐτοῦ, λ.χ. ἡ PA , προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φακοῦ καὶ ἐξερχομένη ἐξ αὐτοῦ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου P'

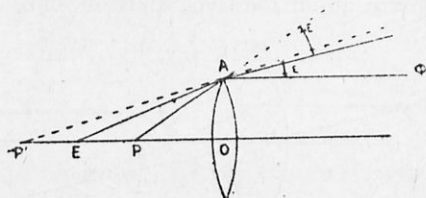
τοῦ κυρίου ἄξονος. Καὶ πᾶσα ἄλλη ἀκτίς, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς ἐκ τοῦ φακοῦ, θέλει διέλθει διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου P' . Τοιοῦτοτρόπως, ἐὰν ἐκ τοῦ P ἀναχωρή ἡ κωνικὴ δέσμη ἀποκλίνουσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ φακοῦ, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς θέλει μετατραπῇ εἰς κωνικὴν δέσμην συγκλίνουσαν, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ σημείου P' . Τὸ σημεῖον P' καλεῖται **συζυγὴς ἐστία** τοῦ P , διότι, ἂν ἀντιστρέφωσιν τὸ φωτοβόλον σημεῖον τεθῇ εἰς τὸ P' , ἡ συζυγὴς αὐτοῦ ἐστία σχηματίζεται εἰς τὸ P . Καὶ πράγματι, ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων ἀντιστρέφεται, καὶ αἱ πρότερον διαθλώμεναι ἀκτῖνες γίνονται τώρα προσ-

πίπτουσαι, αἱ δὲ πρότερον προσπίπτουσαι γίνονται διαθλώμεναι. Αἱ συζυγεῖς ἐστὶν εἶναι πραγματικά, διότι εἰς αὐτὰς συγγεντρώνονται αὐταὶ αὐταὶ αἱ διαθλώμεναι ἀκτῖνες, ὅπως συμβαίνει καὶ κατὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν κυρίων ἐστιῶν.

95. 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, ἢ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστία πλησιάζει πρὸς τὴν ἑτέραν κυρίαν ἐστίαν, τὴν εὐρισκομένην ὀπισθεν τοῦ φακοῦ, καὶ ἐπομένως πλησιάζει πρὸς τὸν φακόν, εἶναι δὲ αὕτη πραγματική.

2ον. Ἐὰν τὸ P πλησιάζει πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, ἢ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστία ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ εἶναι πραγματική.

3ον. Ἐὰν τὸ P συμπέσῃ μὲ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, συ-



Σχ. 80. Τρόπος σχηματισμοῦ συζυγοῦς ἐστίας κατ' ἔμφασιν.

ζυγῆς ἐστία δὲν ὑφίσταται πλέον, διότι αἱ ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἔξοδόν των, βαίνουνσαι παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι δὲν δύνανται νὰ συναντήσωσιν αὐτὸν πρὸς σχηματισμὸν συζυγοῦς ἐστίας.

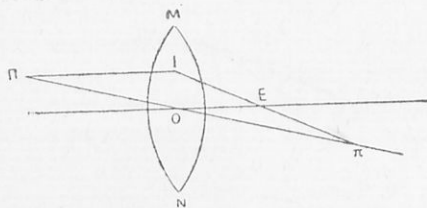
4ον. Ἐὰν τὸ P τεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ (σχ. 80), αἱ ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ, βαίνουνσαι ἀποκλίνουσαι ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ κατ' ἀκολουθίαν δὲν δύνανται νὰ συναντηθῶσι πρὸς τὸ μέρος τοῦτο τοῦ φακοῦ καὶ νὰ σχηματίσωσι συζυγῇ ἐστίαν καθ' ὑπόστασιν. Ἐὰν ὅμως αὗται 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 πλησιάζῃ πρὸς τὸν φακόν 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 ἕτερον μέρος τοῦ φακοῦ, ἡ συζυγῆς ἐστία θὰ σχηματισθῇ πάλιν ὀπισθεν τοῦ φακοῦ καὶ τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα μένουσιν ἀκριβῶς τὰ αὐτά.

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

96. — Δευτερεύουσαι κύριαι ἐστίαὶ καὶ συζυγεῖς ἐστία. Ἐὰν ἀντὶ τοῦ κυρίου ἄξονος θεωρήσωμεν ἓνα οἰονδήποτε δευτερεύοντα, καὶ φωτεινὰς ἀκτῖνας προσπιπτούσας παραλλήλως τῷ δευτερεύοντι τούτῳ ἄξονι, αὗται μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ διέρχονται πᾶσαι διὰ τινος σημείου, ὅπερ καλεῖται *κυρία*



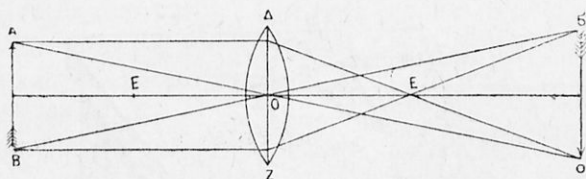
Σχ. 81. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς συζυγοῦς ἐστίας.

ἐστία τοῦ φακοῦ ὡς πρὸς τὸν δευτερεύοντα τοῦτον ἄξονα. Ἐὰν δὲ θεωρήσωμεν φωτοβόλον σημεῖον κείμενον ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος τοῦτου 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*. 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.

97. Γεωμετρικὸς προσδιορισμὸς τῆς συζυγοῦς ἐστίας. Ἐστω Π (σχ. 81) φωτοβόλον σημεῖον. Λαμβάνομεν ἐκ

τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων αὐτοῦ δύο : α) τὴν ὀδεύουσαν κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα Ποπ. Αὕτη διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ ἐξέρχεται σχεδὸν ἄνευ διαθλάσεως (πρὸ πάντων ὅταν ὁ δευτερεύων ἄξων σχηματίζει μετὰ τοῦ κυρίου ἄξονος μικρὰν γωνίαν) καὶ β) τὴν ὀδεύουσαν παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι τὴν ΠΙ. Αὕτη ἐξέρχομένη ἐκ τοῦ φακοῦ θέλει διέλθει διὰ τῆς κυρίας ἐστίας Ε. Αἱ δύο αὗται ἐξερχόμεναι ἀκτίνες τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον π, ὅπερ εἶναι ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ Π. Οὕτω ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ Π εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ.

98. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων. Ἵνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου εὐρισκομένου ἐνώπιον ἀμφικύρτου φακοῦ, ἀρκεῖ νὰ εὕρωμεν τὴν συζυγῇ ἐστίαν ἐκάστου σημείου αὐτοῦ, ἢ



Σχ. 82. Σχηματισμὸς εἰδώλου δι' ἀμφικύρτου φακοῦ.

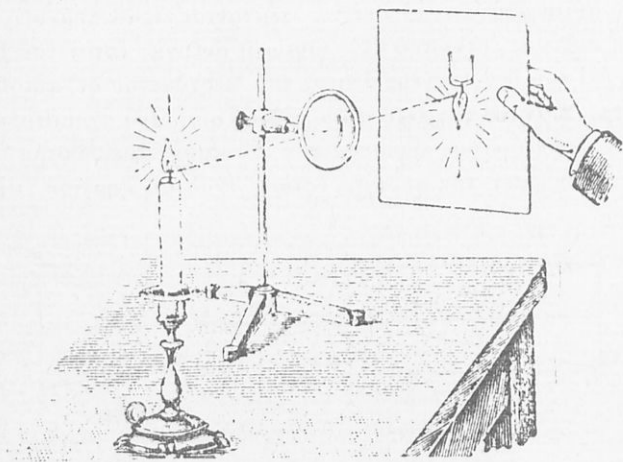
τοῦλάχιστον τῶν κυριωτέρων, ὅποια εἶναι τὰ ἄκρα σημεῖα αὐτοῦ. Πρὸς τοῦτο μεταχειριζόμεθα τὴν γεωμετρικὴν μέθοδον, τὴν ὁποίαν ἄνωτέρω περιεγράψωμεν. Ἐστω φωτοβόλον ἀντικείμενον, λ, χ. βέλος AB (σχ. 82), κάθετον τῷ κυρίῳ ἄξονι. Ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ σημείου Α θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος ΑΟα, τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον α. Ὡσαύτως ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ σημείου Β θέλει σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ σημεῖον β. Οὕτω παράγεται ἐν τῷ ἄερι καὶ εἰς τὸ ἀντίθετον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον μέρος τοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον αβ, ὅπερ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου χάρτου.

99. Σχετικὰ μεγέθη εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου. **Εἶδωλα πραγματικὰ καὶ φανταστικά.** Ἐὰν μεταθέτωμεν κηρίον ἐνώπιον φακοῦ καὶ δεχώμεθα ἐπὶ φύλλου χάρτου τὸ εἶδωλον αὐτοῦ (σχ. 83) θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἐπόμενα.

1ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῇ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ μεγαλυ-

τέραν 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 εἶναι μικρότερον, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν.

2ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῇ εἰς ὁπόσταςιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἴσην ἀκριβῶς μὲ τὸ διπλάσιον τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδω-



Σχ. 83. Εἶδωλον ἀντικειμένου δι' ἀμφικύρτου φακοῦ.

λόν του σχηματίζεται εἰς ἴσην ἀπόστασιν καὶ εἶναι ἰσομέγεθες, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν. Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο ἐπιτρέπει νὰ μετρήσωμεν τὴν κυρίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φακοῦ τινος.

3ον. Ἐὰν τὰ κηρίον τεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ σημείου τοῦ ἀπέχοντος ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἀπόστασιν ἴσην μὲ τὸ διπλάσιον τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τοῦ διπλασίου τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶναι μεγαλύτερον, ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν,

4ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῇ ἀκριβῶς ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, τὸ εἶδωλόν του εἶναι παμμέγιστον καὶ λίαν μακρόν, ἀδυνατοῦμεν δὲ νὰ διακρίνωμεν τὴν μορφήν του, διότι αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἔξοδόν των καθίστανται παράλληλοι τῷ κυρίῳ ἄξονι.

5ον. Ἐὰν τὸ κηρίον τεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ, εἶναι ἀδύνατον νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ χαρτου εἶδωλον πραγματικόν τοῦ κηρίου. Ἐὰν ὅμως ὁ ὀφθαλμὸς τοποθετηθῇ ὅπι-

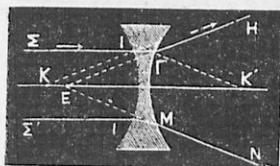
σθεν τοῦ φακοῦ ἐπὶ τῆς πορείας τῶν ἐξερχομένων ἀκτίνων, θέλει παρατηρήσει εἶδωλον *κατ' ἔμφασιν*, εὗρισκόμενον πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, πρὸς τὸ ὁποῖον καὶ τὸ ἀντικείμενον, θὰ εἶναι δὲ ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου, καὶ τοσούτῳ μεγαλύτερον ὅσῳ πλησιέστερον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ κεῖται τὸ κηρίον. Τὴν περίπτωσιν ταύτην παρατηροῦμεν εἰς τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον.

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

Β') Ἀμφίκυκλος φακός.

100. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων. — Κυρία ἐστία. Ἐὰν φωτειναὶ ἀκτίνες ΣΙ καὶ Σ'Γ' (σχ. 84) προσπέσωσιν

ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐπιφανείας, λ. χ. τῆς ἀριστερᾶς ἀμφικυκλίου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι, αὗται μετὰ τὴν ἐκ τοῦ φακοῦ ἔξοδόν των βαίνουνσαν ἀποκλίνουσαι ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ λαμβάνουσι τὰς διευθύνσεις ΓΗ καὶ ΜΝ. Αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τούτων συναν-



Σχ. 84. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων.

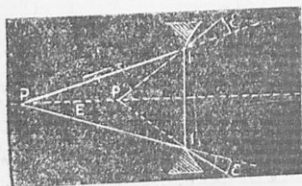
τώνται εἰς τὸ αὐτὸ περίπου σημεῖον Ε, ὅπερ κεῖται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τοιουτοτρόπως ἡ δέσμη ἡ παράλληλος τῷ κυρίῳ ἄξονι, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ φακοῦ μετατρέπεται εἰς κωνικήν-δέσμην, ἀποκλίνουσαν, ἣτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου Ε. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται *κυρία ἐστία* τοῦ φακοῦ καὶ 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' ἔμφασιν*, διότι εἰς αὐτὰς δὲν συναντῶνται αὐταὶ αὗται αἱ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, ἀλλ' αἱ προεκτάσεις αὐτῶν.

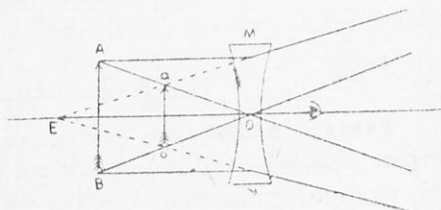
Μηχανισμὸς ἀποκεντρώσεως τῶν ἀκτίνων. Καὶ ὁ ἀμφί-

κοίλος φακός δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σύνολον πρισμάτων ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας αποτελουμένων, τῶν ὁποίων αἱ βάσεις στρέφονται πρὸς τὰ πέρατα τοῦ φακοῦ. Ἐκ τούτου ἐννοοῦμεν διατὶ ὁ ἀμφικόλιος φακός ἀπομακρύνει τὰς δι' αὐτοῦ διερχομένας ἀκτῖνας ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τὸ αὐτὸ δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν καὶ διὰ τὸν ἐπιπεδόκοilon καὶ τὸν κοιλόκυρτον φακόν.

101. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἁκτίνων. Συζυγεῖς ἐστῖναι.—Ἐστω φωτοβόλον σημεῖον P (σχ. 85) εὕρισκόμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἀμφικοίλου φακοῦ καὶ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας.



Σχ. 85. Διάθλασις ἀποκλινουσῶν ἁκτίνων.



Σχ. 86. Σχηματισμός εἰδώλου δι' ἀμφικοίλου φακοῦ.

Μία τῶν ἁκτίνων 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 ἁκτίς μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς θέλει διέλθει διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου P'. Τοιοιουτοτρόπως ἐὰν ἐκ τοῦ P ἀναχωρήσῃ κωνικὴ δέσμη ἀποκλίνουσα καὶ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ φακοῦ, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς θέλει μετατραπῇ εἰς κωνικὴν δέσμην ἐπὶ ἀποκλίνουσαν, ἥτις φαίνεται προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου P'. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται *συζυγῆς ἐστία* τοῦ P, καὶ εἶναι *κατ' ἔμφασιν*.

102. Σχηματισμός τῶν εἰδώλων. Ἰνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου, λ.χ. βέλους AB (σχ. 86), κειμένου ἐνώπιον ἀμφικοίλου φακοῦ, ἐργαζόμεθα καὶ ἐνταῦθα διὰ τῆς γεωμετρικῆς μεθόδου, ὅπως καὶ εἰς τοὺς ἀμφικύρτους φακοὺς. Οὕτω εὕρισκόμεν εἶδωλον, ὅπερ σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ καὶ μεταξὺν φακοῦ καὶ κυρίας ἐστίας. Εἶναι δὲ τοῦτο ὀρθόν, πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ κατ' ἔμφασιν, ἐπομένως δὲν δυνάμεθα νὰ τὸ δεχθῶμεν ἐπὶ φύλλου χάρτου, τὸ βλέπομεν ὅμως ἐὰν

τοποθετήσωμεν τὸν ὀφθαλμόν μας ὀπίσθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἐξερχομένων ἀκτίνων. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸν φακόν, καὶ τὸ εἶδωλον πλησιάζει πρὸς αὐτὸν καὶ βαίνει μεγεθυνόμενον, μένει ὅμως πάντοτε μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἀντιστρόφως, ἐὰν τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ φακοῦ, καὶ τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ βαίνει σμικρυνόμενον.

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

103. Ἐφαρμογὰὶ τῶν φακῶν. Οἱ ἀμφίκυρτοι φακοὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς πάντα σχεδὸν τὰ ὀπτικά ὄργανα (τηλεσκόπια, μικροσκόπια, φωτογραφικαὶ μηχαναί, κινηματογράφοι κ.λ.π.) τῶν ὁποίων ἀποτελοῦσι τὸ οὐσιωδέστερον μέρος. Ὡσαύτως χοισιμοποιοῦνται εἰς τοὺς προβολεῖ τῶν φάρων, καὶ εἰς τὰ ὁμματοῦάλια τῶν πρεσβυῶλων καὶ ὑπερμετροῶπων ὀφθαλμῶν. Οἱ ἀμφίκυρτοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ὁμματοῦάλια τῶν μυῶπων ὀφθαλμῶν καὶ ἐν συνδυασμῷ τῶν ἀμφίκυρτων φακῶν εἰς τινὰ ὀπτικά ὄργανα πρὸς διόρθωσιν ἀτελειῶν τινῶν τὰς ὁποίας παρουσιάζουσιν οἱ ἀμφίκυρτοι φακοί.

104. Συγκεντρωτικὴ καὶ ἀποκεντρωτικὴ δύναμις τῶν φακῶν. Ἡ συγκεντρωτικὴ ἢ ἀποκεντρωτικὴ δύναμις τῶν φακῶν καλεῖται καὶ *ισχύς* αὐτῶν. Ἡ ἰσχὺς φακοῦ τινος παρίσταται διὰ τοῦ ἀντιστρόφου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως ε αὐτοῦ, λογιζομένης εἰς μέτρα, ἥτοι $\text{ισχύς} = \frac{1}{\varepsilon}$. 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 σειρὰν, ἔχουσιν ἰσχὺν -2 , -4 , -5 διοπτριῶν.

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

104α. Τύποι τῶν φακῶν. Ἐὰν π εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου φακοῦ συγκλίνοντος ἢ ἀποκλίνοντος, π' ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου του, πραγματικοῦ ἢ φανταστικοῦ, ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ σημείου, καὶ ε ἡ 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 λαμβάνεται **θετικὸν** μὲν διὰ τὸ πραγματικὸν ἀντικείμενον, **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 καὶ ἐνταῦθα ὁρίζεται ὥπως καὶ ἐν τῇ περιπτώσει τῶν κατόπτρων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

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

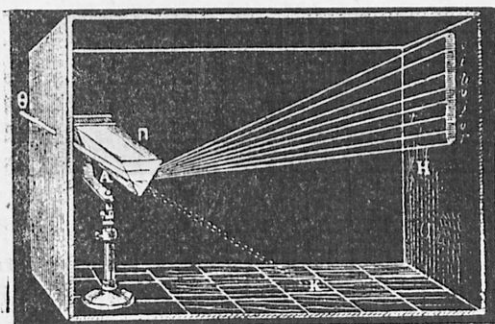
2) Ἀντικείμενον μήκους 10 ἑκατοστ. παρατηρεῖται διὰ μέσου φακοῦ συγκλίνοντος, ὅστις ἀπέχει 75 ἑκατοστ. ἀπ' αὐτοῦ. Νὰ εὗρεθῇ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ εἶναι — 4 διοπτρίων. (Ἀπόκρισις 2,5 ἑκατοστ.).

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'.

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

105. Πείραμα ἡλιακόν. Πείραμα. Ἐὰν δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων ΘΑ (σχ. 87) εἰσέλθῃ διὰ τινος κυκλικῆς ὀπῆς ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, αὕτη θὰ προχωρήσῃ εὐθυγράμμως καὶ θὰ σχηματίσῃ κατὰ τὸ Κ λευκὸν φωτεινὸν δίσκον, ὅστις θὰ εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ Ἡλίου. Ἐὰν ὅμως ἡ δέσμη αὕτη προσπέσῃ ἐπὶ πρίσματος Π, ὁρίζοντίως τοποθετημένου καὶ μὲ τὴν ἀκμὴν πρὸς τὰ κάτω, θὰ



Σχ. 87. Ἀνάλυσις ἡλιακοῦ φωτός.

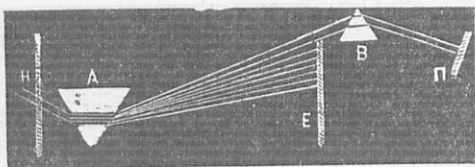
παρατηρήσωμεν ὅτι αὕτη, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ πρίσματος, ἐξαπλοῦται ἐλαφρῶς ἐν εἵδει διπιδίου (βενιάλιας) καὶ προσπίπτουσα ἐπὶ μεμακρυσμένου πετάσματος Η σχηματίζει ἐπ' αὐτοῦ φωτεινὴν ταινίαν κατακόρυφον καὶ ἐπιμήκη, κεχρωματισμένην μὲ τὰ διάφορα χρώματα τοῦ οὐρανίου τόξου. Τὰ χρώματα τῆς ταινίας ταύτης εἶναι κυρίως 7, καὶ εἶναι τεταγμένα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω κατὰ τὴν ἑξῆς σειρὰν: *ερυθρόν, πορτογαλλιοχρουν, κίτρινον, πράσινον, ἀνοικτὸν κυανοῦν, βαθύ κυανοῦν καὶ ἰώδες*. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *ἀνάλυσις τοῦ φωτός*⁽¹⁾, ἡ δὲ ταινία καλεῖται *φάσμα ἡλιακόν*.

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

Συμπέρασμα. Τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι ἀπλῶν, ἀλλὰ *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 πορτογαλλιοχρὸν καὶ τὴν μεγαλυτέραν τὸ ἰώδες, τὸ δὲ ζωηρότερον πάντων εἶναι τὸ κίτρινον.

106. Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ. Πείραμα. Ῥίπτωμεν τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐπὶ τινος διαφράγματος E (σχ. 88) ὅπερ νὰ παρὰ μολιζῇ τὴν δίοδον πασῶν τῶν ἀκτίνων πλὴν τῶν ἰωδῶν λ. χ. Ἐὰν τὰς ἀκτίνας ταύτας διαβιβά-

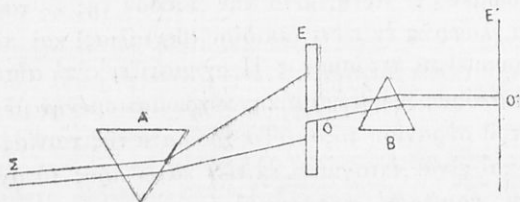


Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ.

σωμεν διὰ δευτέρου πρίσματος B, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι αὐταὶ ἐξερχόμεναι ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος ὑφίστανται μὲν νέαν διαθλασιν, διατηροῦσιν ὅμως τὸ αὐτὸ χρῶμα.

Συμπέρασμα. Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ.

107. Ἐξήγησις τῆς ἀνκλύσεως τοῦ ἡλιακοῦ φω-



Σχ. 89. Ἀνίσος ἐκτροπὴ τῶν 7 χρωμάτων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

τὸς. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ἐξηγεῖται διὰ τῆς ἐπομένης ὑποθέσεως, ἡ 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.** Ῥίπτωμεν τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐπὶ

πετάσματος Ε (σχ. 89) ἔχοντος στενὴν ὀπὴν Ο διὰ τῆς ὁποίας ἀφί-
νομεν νὰ διέλθωσιν αἱ ἐρυθραὶ λ. χ. ἀκτῖνες. Αὗται προσπίπτουσαι
ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Β καὶ ἐξερχόμεναι ὑφίστανται νέαν διάθλασιν,
ἐκτρέπόμεναι πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος Β. Ἐὰν ἤδη στρέψω-
μεν τὸ πρῶτον πρίσμα οὕτως, ὥστε αἱ διάφοροι ἀκτῖνες τοῦ φά-
σματος νὰ διέλθωσι διαδοχικῶς διὰ τῆς ὀπῆς Ο καὶ νὰ προσπέσωσιν
ἐπὶ τοῦ δευτέρου πρίσματος, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι αὗται ἐκτρέ-
πονται ἀνίσως ὑπὸ τοῦ πρίσματος, καὶ μάλιστα αἱ ἰώδεις ἀκτῖνες
ἐκτρέπονται περισσότερον τῶν ἐρυθρῶν.

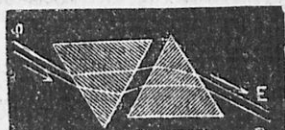
Συμπέρασμα. Τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος ἐκτρέπον-
ται ἀνίσως καὶ ἐπομένως ἔχουσι διάφορον δείκτην διαθλάσεως, ἥτοι
εἶναι ἀνίσως διαθλαστά.

Ὁ δείκτης διαθλάσεως ἀρξάνεται 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,
ἔνεκα τοῦ διαφόρου μήκους τοῦ κύματος αὐτῶν. Αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖ-
νες ἔχουσι μῆκος κύματος ἐν τῷ κενῷ καὶ ἐν τῷ ἀέρι 0,8 τοῦ μικροῦ
(1 μικρὸν = $\frac{1}{1000}$ τοῦ χιλιοστομέτρου), αἱ δὲ ἰώδεις 0,4 τοῦ μικροῦ.
Αἱ λοιπαὶ ἀκτῖνες ἔχουσι μῆκος κύματος περιλαμβανόμενον μεταξὺ
τῶν δύο ἀνωτέρω τιμῶν.

108 Ἀντισυνθέσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ὅτι τὸ λευ-
κὸν φῶς σύγκειται ἐξ ἀπλῶν χρωμάτων
ἀποδεικνύεται καὶ διὰ τῆς ἀντισυνθέσεως
αὐτῶν. Αὕτη δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ κατὰ
πολλοὺς τρόπους.

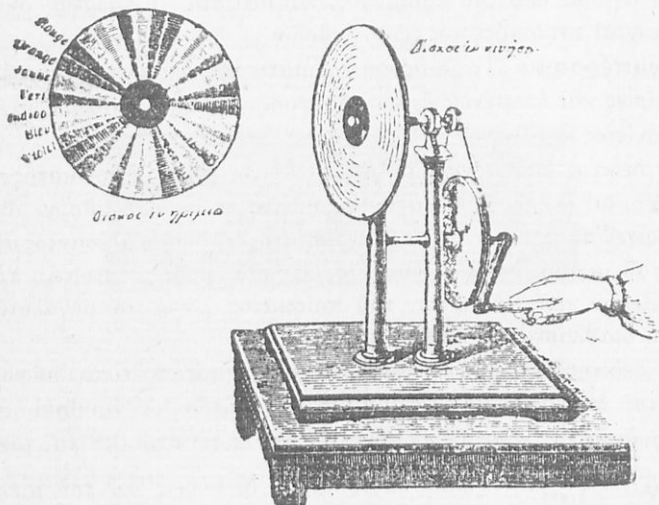
α) **Διὰ τῶν ἀντιστρόφων πρισμά-
των.** Ἐὰν τὰς ἀναλυθείσας ἡλιακὰς ἀκτῖ-
νας δεχθῶμεν ἐπὶ δευτέρου πρίσματος
(σχ. 90), ἐντελῶς ὁμοίου πρὸς τὸ πρῶτον,
ἀλλ' ἀντιστρόφως τοποθετουμένου, ἥτοι αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι τῶν
δύο πρισμάτων νὰ εἶναι ἀντίθετοι, αἱ δὲ πλευραὶ αὐτῶν παράλλη-



Σχ. 90. Ἀντιστρόφα
πρίσματα.

λοι, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος ἐξέρχεται **λευκὸν** φῶς, διότι τὰ 7 χρώματα συνηνώθησαν.

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.



Σχ. 91. Δίσκος Νεύτωνος.

γ) **Διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Νεύτωνος.** Οὗτος εἶναι δίσκος κυκλικός, κινητὸς περὶ ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ καὶ χρωματισμένος ἀκτινοειδῶς μὲ τὰ 7 χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος (σχ. 91). Τὰ χρώματα τοῦ δίσκου δεόν νὰ εἶνε διατεταγμένα καθ' ἣν σειρὰν εὐρίσκονται 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 συνεννοῦνται.

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

109. Χρῶμα τῶν σωμάτων. Ἐποθέσει τοῦ Newton. Καλεῖται *φυσικὸν χρῶμα* σώματος τινος τὸ χρῶμα ἐκεῖνο ὑπὸ τὸ ὁποῖον φαίνεται τὸ σῶμα, ὅταν φωτίζεται ὑπὸ καθαροῦ λευκοῦ φωτός, ὅπως εἶναι τὸ ἡλιακὸν φῶς. Τὸ φυσικὸν χρῶμα τῶν σωμάτων ἐξηγεῖται διὰ τῆς ἐπομένης υποθέσεως τοῦ Newton. Τὸ ἡλιακὸν φῶς, ὅταν προσπίπτῃ ἐπὶ τῶν σωμάτων, ἀποσυντίθεται ὑπ' αὐτῶν εἰς τὰ 7 ἀπλὰ χρώματα, καὶ ἐξ αὐτῶν ἄλλα μὲν ἀπορροφῶνται, ἄλλα δὲ ἐκπέμπονται ὑπὸ τῶν σωμάτων, ἢ διέρχονται δι' αὐτῶν. Τὸ χρῶμα τοῦτο δεχόμενος ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ σῶμα ὑπὸ τοῦτο ἢ ἐκεῖνο τὸ χρῶμα.

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

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

πράσινον λ. χ., θὰ μᾶς φανῇ μέλαν, ἔνεκα ἀπορροφήσεως τοῦ χρώματος αὐτοῦ ὑπὸ τῆς ἐρυθρᾶς ὑάλου.

Συμπέρασμα. Τὸ χρῶμα τῶν σκιερῶν ἢ διαφανῶν σωμάτων δὲν εἶναι ἰδικόν των, ἀλλὰ προέρχεται εἴτε ἐκ τοῦ ἐνὸς χρώματος ὅπερ ἐκπέμπεται ἢ διέρχεται δι' αὐτῶν, εἴτε ἐκ πλειόνων χρωμάτων, ἅτινα ὡσαύτως ἐκπέμπονται ἢ διέρχονται δι' αὐτῶν.

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

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

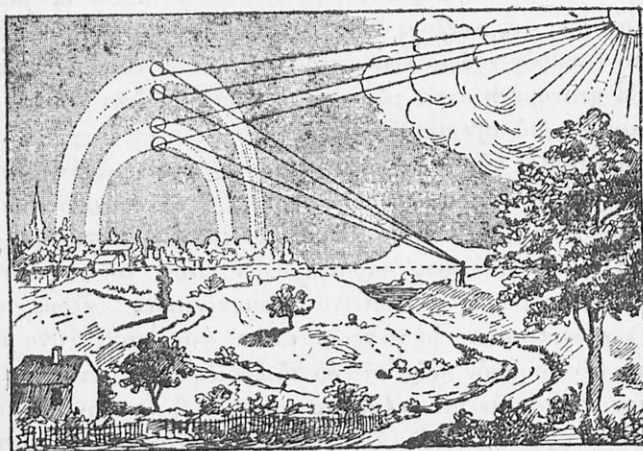
Συμπέρασμα. Τὸ λευκὸν καὶ τὸ ἐρυθρὸν σῶμα δὲν δύναται νὰ διατηρήσῃ τὸ αὐτὸ χρῶμα εἰς τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος, καὶ ἐπομένως τὸ χρῶμα των δὲν εἶναι ἰδικόν των.

ΠΟ. Χρώματα συμπληρωματικά. Καλοῦνται *συμπληρωματικά* χρώματα κατὰ τὸν Newton τὰ χρώματα ἑκείνα, ἅτινα διὰ τῆς συμείξεως ἢ ἐπιθέσεως ἐπ' ἄλληλα παράγουσι τὸ λευκὸν φῶς. Ἐκ τῶν ἀπλῶν χρωμάτων συμπληρωματικά εἶναι τὸ πράσινον καὶ τὸ ἐρυθρὸν, τὸ κυανοῦν καὶ τὸ προτογαλλιόχρουν, τὸ ἰώδες καὶ τὸ κίτρινον. Ἐὰν τὰ 7 χρώματα τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος χωρίσωμεν, ὁπωσδήποτε, εἰς δύο ομάδας καὶ ἐνώσωμεν ἰδιαίτερος τὰ χρώματα ἑκατέρας ομάδος, λαμβάνομεν δύο μεκτὰ χρώματα, ἅτινα εἶναι συμπληρωματικά, διότι, ἐὰν ἐνωθῶσιν, ὀφείλουσι νὰ παραγάγῃσι λευκὸν φῶς. Τὰ συμπληρωματικά, λοιπόν, χρώματα δύναται καὶ ταῦτα νὰ εἶναι ἀπλᾶ, ἢ σύνθετα.

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

III. Φωτεινὰ μετέωρα. 1ον. *Οὐράνιον τόξον.* Πολύλακας, κατὰ τὸν χειμῶνα, παρατηροῦμεν ἐν τῇ οὐρανῷ, συνήθως τὴν πρωίαν ἢ τὴν ἑσπέραν, ἥτοι ὅταν ὁ ἥλιος εὐρίσκεται πλησίον τοῦ

ὄριζοντος, φωτεινὴν ταινίαν ἐν εἶδει τόξου, ζωηρῶς κεχρωματισμένην μὲ τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **οὐράνιον τόξον** (σχ. 92). Καὶ τὸ μὲν ἐρυθρὸν χρῶμα αὐτοῦ εὐρίσκεται πρὸς τὰ ἔσω, τὸ δὲ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω, μεταξὺ δὲ αὐτῶν εὐρίσκονται καὶ τὰ λοιπὰ χρώματα τοῦ φάσματος. Ἵνα παρατηρηθῇ τὸ οὐράνιον τόξον πρέλει 1) νὰ ἔχωμεν ἔμπροσθεν ἡμῶν νέφος ἑτοιμον νὰ μεταβληθῇ εἰς βροχήν, καὶ 2) τὸ ὕψος τοῦ Ἡλίου ὑπὲρ τὸν ὄριζοντα νὰ εἶναι μικρότερον τῶν 42° . Ὅσῳ δὲ πλησιέστερον πρὸς



Σχ. 92. Τρόπος σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανίου τόξου.

τὸν ὄριζοντα εὐρίσκεται ὁ Ἡλιος, τόσῳ μεγαλύτερον μέρος τοῦ οὐρανίου τόξου εἶναι ὁρατόν, σμικρύνεται δέ, ὅσῳ ὁ Ἡλιος εὐρίσκεται ὑψηλότερον, καὶ ἔξαφανίζεται καθ' ὁλοκληρίαν, ὅταν εὐρεθῇ 42° ὑπεράνω τοῦ ὀρίζοντος. 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 ἔσω.

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 νῶτά 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 ὁσθενοῦς 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 διπλῇ, ἥτοι παρουσιάζει δύο κύκλους ὁμοκέντρους. Εἰς ἀμφοτέρως τὰς περιπτώσεις τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα εὐρίσκεται πρὸς τὰ ἔσω τὸ δὲ ἰώδες πρὸς τὰ ἔξω. Ἡ φαινομένη ἀκτίς τῶν κύκλων τούτων εἶναι 23° διὰ τὴν μικράν, καὶ 46° διὰ τὴν μεγάλην ἄλω.

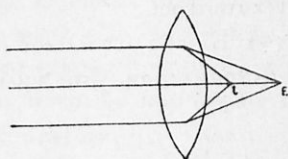
Ὁ σχηματισμὸς τῆς ἄλως ὀφείλεται εἰς τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀνάλυσιν τοῦ ἡλιακοῦ ἢ σεληνιακοῦ φωτὸς ἐπὶ τῶν μικρῶν πρισματικῶν παγοκρυστάλλων, οἵτινες αἰωροῦνται ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.

3ον. **Στέμμα**. Πολλάκις παρατηροῦμεν πέριξ 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 διέρχωνται 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 ἐπικεῖται βροχή, ὅταν βλέπωμεν ὅτι ἡ διάμετρος τῶν στεμμάτων σμικρύνεται.

112. Παρακτροπὴ φωτός, ἀχρωστικοὶ φακοί. Ἐὰν τὸ λευκὸν φῶς προσπέσῃ ἐπὶ ἀμφικύρτου φακοῦ παραλλήλως τῷ κυρίῳ ἄξονι καὶ διέλθῃ δι' αὐτοῦ, θέλει ὑποστῇ ἀνάλυσιν (σχ. 93), καὶ αἱ μὲν ἐρυθραὶ ἀκτῖνες, ὡς ἔχουσιν τὸν μικρότερον δείκτην διαθλάσεως, συνέρχονται εἰς τι σημεῖον ε τοῦ κυρίου ἄξονος, αἱ δὲ ἰώδεις, ὡς ἔχουσιν τὸν μεγαλύτερον 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 ἀφρεστιάσις** τοῦ φωτός. Ἔνεκα τοῦ φαινομένου τούτου, ἐὰν δι' ἀπλοῦ φακοῦ ἀμφικύρτου παραγάγωμεν ἐπὶ πετάσματος τὸ πραγματικὸν εἶδωλον λευκοῦ τινος ἀντικειμένου, θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι ἡ περίμετρος τοῦ εἰδώλου ἐμφανίζεται κεχρωματισμένη διὰ τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Τὸ μειονέκτημα τοῦτο τοῦ φακοῦ θεραπεύεται διὰ τῶν **ἀχρω-**



Σχ. 93. Παρεκτροπὴ φωτός διὰ τοῦ φακοῦ.

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

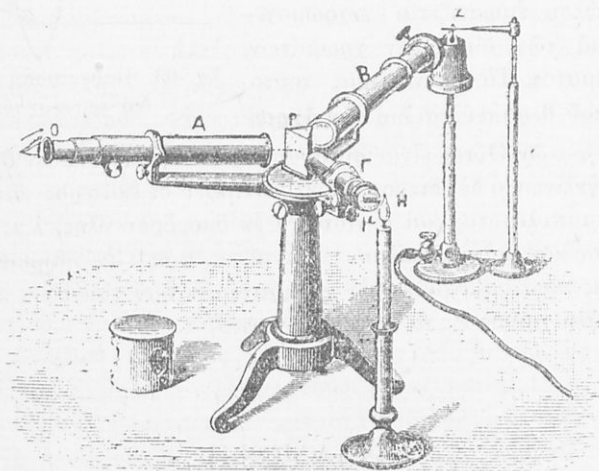
113. Ὅρισμός. Καλεῖται **φασματοσκοπία** τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον ἐξετάζει τὰ φάσματα τῶν διαφόρων φωτεινῶν πηγῶν. Διὰ τὴν ἐξέτασιν τούτων χρησιμοποιοῦνται κατάλληλα ὄργανα καλούμενα φασματοσκόπια.

114. Φασματοσκόπιον. Α) **Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἑξῆς μερῶν 1) ἐξ ἑνὸς πρίσματος P (σχ. 94) ἐκ μολυβδυσάλου. Τοῦτο τοποθετεῖται ἐπὶ ὁριζοντίου δίσκου, ἐστρεωμένου εἰς τὸ ἄνωτερον ἄκρον τοῦ μεταλλίνου ὑποστηρίγματος τοῦ ὄργανου καὶ οὕτως, ὥστε ἡ ἀκμὴ αὐτοῦ νὰ εἶναι κατακόρυφος. Χρησιμεύει δὲ ὅπως ἀναλύσῃ τὸ φῶς τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ παραγάγῃ τὸ φάσμα αὐτῆς.

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

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

4) Ἐξ ἑνὸς μεταλλικοῦ σωλῆνος Γ, ὅστις φέρει εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ τὸ *μικροόμετρον*, ἥτοι ὑαλίνην πλάκα, ἐφ' ἧς ὑπάρχει κεκαραγμένη



Σχ. 94. Φασματοσκόπιον.

κλίμαξ χιλιοστομέτρων. Αὕτη χρησιμεύει διὰ νὰ καθορίζωμεν τὴν θέσιν τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος καὶ τῶν γραμμῶν ἢ ῥαβδώσεων αὐτοῦ. Καὶ οἱ τρεῖς οὗτοι σωλῆνες στηρίζονται ἐπὶ τοῦ υποστηρίγματος τοῦ ὁργάνου.

Β) Λειτουργία. Θέτομεν τὸ πρὸς ἀνάλυσιν φῶς εἰς τὸ Z. Τοῦτο εἰσερχόμενον διὰ τῆς σχισμῆς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ πρίσματος καὶ ἐξερχόμενον σχηματίζει τὸ φάσμα αὐτοῦ. Τοῦ φάσματος τούτου παρατηροῦμεν τὸ εἶδωλον διὰ τῆς διόπτρας Α. Συγχρόνως τοποθετοῦμεν βοηθητικὴν τινα φλόγα ἔμπροσθεν τοῦ μικρομέτρου διὰ νὰ φωτίσῃ τοῦτο. Τὸ εἶδωλον τοῦ μικρομέτρου σχηματίζεται τότε παραπλεύρως τοῦ εἰδώλου τοῦ φάσματος, καὶ οὕτω διὰ τῆς αὐτῆς διόπτρας παρατηροῦμεν ταυισχρόνως τὸ εἶδωλον τοῦ φάσματος καὶ τοῦ μικρομέτρου. Οὕτω δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος, καὶ τῶν ῥαβδώσεων ἢ γραμμῶν αὐτοῦ.

113. Φάσματα έκπομπῆς. Πλὴν τοῦ ἡλιακοῦ φωτός καὶ τὸ φῶς τῶν διαφόρων φωτεινῶν πηγῶν, στερεῶν, ὑγρῶν, ἢ ἀερίων διαπύρων, παρέχουσι φάσματα. Τὰ φάσματα ταῦτα καλοῦνται γενικῶς **φάσματα έκπομπῆς**, εἴτε στερεαί, εἴτε ὑγραί, εἴτε ἀέριοι εἶναι αἱ φωτειναὶ πηγαί. Τὰ φάσματα έκπομπῆς 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.
Ὅταν αὐξάνεται βαθμὴδὸν ἡ θερμοκρασία στερεοῦ τινος σώματος, τὸ σῶμα ἀρχίζει νὰ εκπέμπῃ φωτεινὰς ἀκτῖνας μόνον ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ πλησιάσῃ τοὺς 600°. Κάτω τῶν 600° τὸ σῶμα εκπέμπει μόνον θερμοαντικὰς ἀκτῖνας. Ἐὰν ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται βαθμὴδὸν ἄνω τῶν 600°, αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες αἵτινες ἐμφανίζονται κατὰ πρῶτον εἶναι αἱ ἐρυθραί, κοτόπιν ἐμφανίζονται ἀλληλοδιαδόχως καὶ τὰ λοιπὰ χρώματα κατὰ σειρὰν μέχρι τοῦ ἰώδους, ὅπερ ἐμφανίζεται τελευταῖον εἰς θερμοκρασίαν 1000°. Τὰ φαινόμενα ταῦτα παρατηροῦμεν, ἔαν πρὸ τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου θέσωμεν ἓνα ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, οὗτινος ἡ ἔντασις νὰ αὐξάνεται βαθμιαίως. Θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι τὸ φάσμα αὐτοῦ ἀρχεται ἐμφανιζόμενον ἀπὸ τοῦ ἐρυθροῦ χρώματος καὶ συμπληροῦται βαθμὴδὸν μέχρι τοῦ ἰώδους, ὅποτε 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 συνεχῆ.

Πάντα τὰ διάπυρα στερεὰ ἢ ὑγρά σώματα παρέχουσι φάσμα συνεχές.

Β) Φάσμα τῶν διαπύρων ἀτμῶν καὶ ἀερίων. Ἐὰν ἀερίον τι σῶμα πυρακτωθῇ, εκπέμπει ἀριθμὸν τινα μόνον ἀπλῶν χρωμάτων. Ἐπομένως τὸ ἀερίον τοῦτο παρέχει φάσμα, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται οὐχὶ ἐξ ὅλων τῶν χρωμάτων, ἀλλ' ἐκ τινων μόνων γραμμῶν ἢ ὑαβδώσεων.

φωτεινῶν καὶ λαμπρῶν, αἵτινες ἐμφανίζονται ἐπὶ βάθους σκοτεινοῦ. Τὸ τοιοῦτον φάσμα καλεῖται **ἄσυννεχές**.

Πάντες οἱ διάπυροι ἄτμοι καὶ τὰ ἀέρια παρέχουσι φάσμα ἄσυννεχές.

Διὰ τὴν διαπύρωσιν τῶν αἰρίων ἢ τῶν ἀτμῶν μεταχειριζόμεθα διαφόρους τρόπους τοὺς ἑξῆς. 1ον. Ἐὰν τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν σῶμα εἶναι στερεὸν ἐν τῇ συνήθει θερμοκρασίᾳ, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, διὰ νὰ λάβωμεν ἀτμοὺς αὐτοῦ διαπύρους εἰσάγομεν διὰ σύρματος ἐκ λευκοχρύσου ἐντὸς τῆς ὠχρᾶς καὶ θερμοτάτης φλογὸς τοῦ λύχνου τοῦ Bunsen τεμάχιον ἐξαερουμένου εὐκόλως ἄλατος, περιέχοντος τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν μέταλλον. Τοιαῦτα ἄλατα εἶναι τὰ χλωριοῦχα. Θέλομεν ἶδει ἀμέσως, ὅτι ἡ φλὸξ χρωματίζεται ζωηρῶς ἐκ τῆς παρουσίας διαπύρων ἀτμῶν τοῦ μετάλλου, οἵτινες προῆλθον ἐκ τῆς μερικῆς ἀποσυνθέσεως τοῦ ἄλατος, ἕνεκα τῆς ἰσχυρᾶς θερμάνσεως. Οὕτω ἄλας νατρίου, λ. χ. χλωριοῦχον νάτριον (μαγειρικὸν ἄλας), χρωματίζει τὴν φλόγα ζωηρῶς κιτρίνῃ. Ἐὰν δὲ τὸ μέταλλον ἐξατμίζεται εἰς λίαν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, τοποθετοῦμεν τεμάχιον τούτου ἐπὶ ἐνὸς τῶν ἀνθρώκων τοῦ βολταϊκοῦ τόξου, ἢ κατασκευάζομεν δύο σύρματα ἐκ τοῦ μετάλλου τούτου, καὶ παράγομεν σπινθῆρας μεταξὺ τῶν ἄκρων αὐτῶν. Ἐξετάζοντες τὴν παραγομένην φλόγα ἢ τοὺς σπινθῆρας διὰ τοῦ φασματοσκοπίου, θὰ ἔχωμεν τὸ φάσμα τῶν διαπύρων ἀτμῶν τοῦ μετάλλου.

2ον. Ἐὰν τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν σῶμα εἶναι ἀέριον εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, ἐγκλείομεν αὐτὸ ἐντὸς υαλίνων σωλῆνων ὑπὸ πίεσιν χιλιοστῶν τινων (σωλῆνες Plücker), οἵτινες φέρουσι κατὰ τὰ ἅκρα τῶν 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 αἰρίου.

Ὁ ἐπόμενος πίναξ περιλαμβάνει τὸ ἄσυννεχές φάσμα διαπύρων τινῶν αἰρίων ἢ ἀτμῶν.

Ἀέριον ἢ ἀτμός	Ἀριθμός καὶ χρώμα γραμμῶν ἢ ῥαβδώσεων
Νάτριον	2 ῥαβδώσεις κίτριναί
Κάλιον	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \end{array} \right.$ » ἐρυθρὰ
Λίθιον	1 » ἰόχρους
Θάλλιον	1 » ἐρυθρὰ
Υδρογόνον	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right.$ » πρασίνη
	» ἐρυθρὰ
	» κυανῇ ἀνοικτῇ
	» κυανῇ βαθέως
	» ἰόχρους.

Τοιοιτοτρόπως τὰ πλεῖστα τῶν μετάλλων παρουσιάζουσιν ἐν τῷ φασματοσκοπίῳ μίαν ἢ περισσοτέρας λαμπρὰς ῥαβδώσεις, αἵτινες δὲν εἶναι αἱ ἴδιαι δι' ὅλα τὰ μέταλλα. Αἱ τοῦ νατρίου διαφέρουσι τῶν τοῦ καλίου, αἱ ὅποιαί πάλιν διαφέρουσι τῶν τοῦ λιθίου, θαλίου κ.λ.π. Ὁ ἀριθμὸς καὶ τὸ χρῶμα τῶν λαμπρῶν τούτων γραμμῶν ἢ ῥαβδώσεων **χαρακτηρίζουσι** τὸ διάπυρον ἀερώδες σῶμα.

116. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταφαίνεται ὅτι τὸ φασματοσκόπιον παρέχει εἰς ἡμᾶς ἀσφαλὲς μέσον ὅπως ἀνακαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἀπλοῦ τινος σώματος καὶ ἰδίως μετάλλου ἐν τινι διαλύματι ἢ οὐσίᾳ. Πρὸς τοῦτου ἀρκεῖ νὰ διαπυρρώσωμεν ἐλάχιστον ποσὸν τοῦ διαλύματος ἢ τῆς οὐσίας διὰ τινος τῶν ἀνωτέρω τρόπων, καὶ νὰ ἐξετάσωμεν τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπ' αὐτῶν φῶς διὰ τοῦ φασματοσκοπίου. Παρατηροῦμεν ἔπειτα ἐν τῷ παραγομένῳ φάσματι, ἐὰν περιλαμβάνονται ἅπασαι αἱ χαρακτηριστικαὶ ῥαβδώσεις τοῦ ζητουμένου μετάλλου. Ἐὰν π.χ. τὸ φάσμα περιλαμβάνει δύο κίτρινας γραμμάς, 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 ἐμφάνισεως ἐν τῷ φάσματι οὐσιῶν περιεχουσῶν τὰ μέταλλα ταῦτα, νέων γραμμῶν ἀγνώστων ἕως τότε.

Λι' ὁμοίας μεθόδου ἠδυνήθησαν νὰ ἐξετάσωσι τὴν σύστασιν τῶν ἄστρον. Οὕτω ἡ ἐμφάνισις ἐν τῷ φάσματι τοῦ Ἡλίου καὶ τῶν ἀστέρων μιᾶς λαμπρᾶς γραμμῆς, ἤγαγεν εἰς τὴν παραδοχὴν νέου στοιχείου ὅπερ ἐκλήθη Ἡλιον.

117. Μελανὰ ῥαβδώσεις ἐν τῷ συνεχεῖ φάσματι.
Πείραμα. Ἐὰν τὴν σχισμὴν τοῦ φασματοσκοπίου φωτίσωμεν δι' ἠλεκτρικοῦ φωτός, θέλομεν λάβει, ὅπως ἀνωτέρω εἶπομεν, φάσμα συνεχές. Ἐὰν ὁμως μεταξὺ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου παρενθέσωμεν φλόγα ἐμπεριέχουσαν ἁτμοὺς νατρίου, τὸ πρότερον συνεχές φάσμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ φωτός θέλει μεταβληθῇ. Καὶ πράγματι, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ φάσμα δὲν εἶναι πλέον συνεχές, ἀλλὰ παρουσιάζει **ῥαβδώσιν μελανὴν** εἰς τὴν κιτρίνην χώραν τοῦ συνεχοῦς φάσματος καὶ ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τῶν κιτρίνων ῥαβδώσεων τὰς ὁποίας θὰ μᾶς ἔδιδεν ἡ φλόξ τῶν ἁτμῶν τοῦ νατρίου, ἐὰν αὕτη μόνη ἐφώτιζε τὴν σχισμὴν. Ἐὰν δέ, ἀντὶ τῆς φλογὸς τῶν ἁτμῶν νατρίου, ἔχωμεν φλόγα ἁτμῶν καλίου, θέλομεν παρατηρήσει ἐν τῷ φάσματι ῥαβδώσιν μελανὴν, ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τῆς ἐρυθρᾶς ῥαβδώσεως, τὴν ὁποίαν θὰ μᾶς ἔδιδεν ἡ φλόξ τῶν ἁτμῶν τοῦ λιθίου, ἐὰν αὕτη μόνη ἐφώτιζε τὴν σχισμὴν.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐξηγοῦνται ὥς ἑξῆς. Ἡ φλόξ τῶν ἁτμῶν νατρίου ἢ λιθίου ἀπερρόφησεν ἐκ τῶν ἀκτίνων τοῦ ἠλεκτρικοῦ φωτός, αἵτινες διήλθον δι' αὐτῆς, μόνον τὰς κιτρίνας ἀκτῖνας (φλόξ νατρίου), ἢ τὰς ἐρυθρὰς (φλόξ λιθίου). Ἀλλὰ γνωρίζομεν, ὅτι οἱ μὲν ἁτμοὶ τοῦ νατρίου ἐκπέμπουσι κιτρίνας ἀκτῖνας, οἱ δὲ τοῦ λιθίου ἐρυθρὰς. Ἐπομένως τὸ νάτριον καὶ τὸ λίθιον ἀπερρόφησαν ἐκεῖνας μόνον τὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας ἐκάτερον τούτων δύναται νὰ ἐκπέμψῃ.

Συμπέρασμα. Ἡ ἐμφάνισις τῶν μελανῶν ῥαβδώσεων ἐν τῷ φάσματι τοῦ ἠλεκτρικοῦ φωτός ὀφείλεται εἰς τὴν ἀπορρόφησιν ἀκτίνων τινῶν τούτου ὑπὸ τῶν διαπύρων ἁτμῶν τοῦ νατρίου ἢ τοῦ λιθίου.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν. Πάντα τὰ ἀέρια καὶ οἱ ἁτμοί, ὅταν διαπερῶνται ὑπὸ φωτός, ὅπερ παρέχει φάσμα συνεχές, ἀπορροφῶσιν ἐξ αὐτοῦ ἀριθμὸν τινα ἀκτίνων, αἵτινες εἶναι αἱ αὐταὶ μὲ τὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας δύνανται νὰ ἐκπέμψωσι τὰ σώματα, ὅταν πυρακτωθῶσι. Τὸ τοιοῦτον φάσμα, ὅπερ παρουσιάζει μελανὰς ῥαβδώσεις καλεῖται **φάσμα ἀπορροφῆσεως**. Τινὰ τῶν φασμάτων τού-

των εἶναι χαρακτηριστικά διὰ τὰ σώματα ἅτινα τὰ παρήγαγον, ὅπως εἶναι τὸ τοῦ ἀνθρώπινου αἵματος λ. χ. διὰ τοῦ ὁποίου ἀναγνωρίζεται ἡ φύσις τῶν κηλίδων τοῦ αἵματος καὶ παρέχει πολῦτιμον ὑπηρεσίαν εἰς τὴν ἰατροδικαστικὴν.

118. Μελανὴ ῥαβδώσεις ἐν τῷ ἡλιακῷ φάσματι.
Ἐὰν ἐξετάσωμεν διὰ τοῦ φασματοσκοπίου τὸ ἡλιακὸν φῶς, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ φάσμα του δὲν εἶναι συνεχές, ἀλλὰ διακόπτεται ὑπὸ μεγάλου ἀριθμοῦ μελανῶν ῥαβδώσεων, αἵτινες εὐρίσκονται εἰς διαφόρους ἀπ' ἀλλήλων θέσεις. Δι' ἰσχυρῶν φασματοσκοπίων θέλομεν διακρίνει ὑπὲρ τὰς χιλίας τοιαύτας ἐν τῷ ὁρατῷ τμήματι τοῦ φάσματος. Πρῶτος ὁ Wollaston παρετήρησε τὰς ῥαβδώσεις ταύτας τῷ 1802, ὁ δὲ Fraunhofer, τῷ 1815, ἐξετάσας καὶ περιγράφας ταύτας μετὰ προσοχῆς ἐσημείωσε τὰς κυριωτέρας ἐξ αὐτῶν διὰ τῶν γραμμάτων Α, Β, C, D, E, F, G, H. Αὗται διατηροῦσιν ὁρισμένην ἐν τῷ φάσματι θέσιν καὶ καλοῦνται ῥαβδώσεις τοῦ Fraunhofer. Αἱ περισσότεραι τῶν μελανῶν τούτων ῥαβδώσεων ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς λαμπρὰς ῥαβδώσεις γνωστῶν μετάλλων. Ἡ ῥαβδωσις D λ. χ. ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν κυτρίνην ῥαβδωσιν τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου.

Συμπέρασμα. Ἡ ἐμφάνις τῶν μελανῶν ῥαβδώσεων ἐν τῷ ἡλιακῷ φάσματι δεικνύει, ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι **φάσμα ἀπορροφῆσεως.**

119. Σύστημα τῆς ἀτμοσφαιρῆς τοῦ Ἡλίου.— Τὸ φάσμα ἀπορροφῆσεως 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 αερίων διαπύρων, ἅτινα παρεντίθενται μεταξὺ τῆς χώρας ἐκείνης καὶ τοῦ φασματοσκοπίου, ὑφίσταται ἀπορροφῆσιν ἀκτίνων τινῶν αὐτοῦ, καὶ παρουσιάζονται οὕτω αἱ μελαναὶ ῥαβδώσεις.

Τοιοιουτρόπως ἐθεώρησαν ὅτι ὁ Ἡλιος ἀποτελεῖται ἐκ πυρῆνος διαπύρου, ὅστις θὰ παρῆχε φάσμα συνεχές καὶ καλεῖται **φωτόσφαιρα**. Ὁ πυρὴν οὗτος περιβάλλεται ὑπὸ αερώδους στρώματος λίαν ὑψηλῆς θερμοκρασίας, ὅπερ καλεῖται **χρωμόσφαιρα**. Ἡ χρωμόσφαιρα αὕτη περιλαμβάνει ἐν καταστάσει ἀτμῶν τὰ πλεῖστα τῶν σωμάτων τῶν εὐρισκομένων ἐπὶ τῆς γῆς. Ἐν τῇ χρωμοσφαίρᾳ ταύτῃ ἀπορροφῶνται κατὰ τὴν δίοδόν των ἀκτίνες τινες τοῦ φωτός τῆς

φωτοσφαίρας καὶ παρουσιάζονται οὕτω αἱ μελαναὶ ῥαβδώσεις ἐν τῷ ἥλιακῷ φάσματι, αἱ πλείσται τῶν ὁποίων ἀντιστοιχοῦσιν ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τῶν λαμπρῶν ῥαβδώσεων τῶν μετᾶλλων.

Παρατηρήθη ὅτι μία μελανὴ ῥαβδωσις δὲν ἀντεστοίχει εἰς οὐδὲν τῶν γνωστῶν ἡμῖν σωμάτων. Ταύτην ἀπέδωκαν εἰς τὴν ὑπαρξίν ἐπὶ τοῦ Ἥλιου ἀερίου τινὸς λίαν ἐλαφροῦ, μὴ ὑπάρχοντος ἐπὶ τῆς γῆς καὶ τὸ ὁποῖον ὠνόμασαν **Ἥλιον**. Βραδύτερον ὅμως ἀνεκαλύφθη τὸ ἀέριον τοὔτο καὶ ἐπὶ τῆς γῆς. Τοιοῦτοτρόπως τὸ φασματοσκοπίον παρέχει σπουδαίαν ὑπηρεσίαν εἰς τὸν ἀστρονόμον, ὅστις κατώρθωσε δι' αὐτοῦ νὰ προσδιορίσῃ τὰ συστατικὰ τῶν οὐρανίων σωμάτων καὶ νὰ ἀνεύρῃ ὅτι ταῦτα εἶναι ἀκριβῶς ὅμοια μὲ τὰ τῆς γῆς.

Σημειώσεις. Τινὲς τῶν μελανῶν ῥαβδώσεων τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος δέον νὰ ἀποδοθῶσι καὶ εἰς τὴν ἀπορροφητικὴν δύναμιν τῆς ἀτμοσφαίρας τῆς γῆς.

120. Ἀόρατοι ἀκτῖνες. Πειράματα. 1ον. Ἐὰν θερμόμετρον λίαν εὐαίσθητον μεταφέρωμεν εἰς τὰς διαφόρους χώρας τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος, θέλομεν ἀνεύρει ὅτι αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες εἶναι κατὰ πολὺ θερμότεραι τῶν ἰωδῶν καὶ ὅτι καὶ ἐντεῦθεν τῆς ἐρυθρᾶς χώρας ὑφίσταται θερμότης, καίτοι δὲν παρατηρεῖται ἐκεῖ φῶς. Συνάγωμεν λοιπὸν ὅτι καὶ ἐντεῦθεν τῶν ἐρυθρῶν ἀκτίνων ὑπάρχουσιν ἀκτῖνες ἀόρατοι, αἵτινες ἔχουσιν ἰδιότητα θερμαντικᾶς. Αὗται ἐκλήθησαν **ὑπέρυθροι**.

2ον. Ἐὰν τὸ ἥλιακὸν φάσμα προσπέσῃ ὁλόκληρον ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῆς θέλομεν παρατηρήσει, μετὰ τὴν ἐμφάνισιν αὐτοῦ (βλέπε κατωτέρω περὶ φωτογραφίας), ὅτι εἰς τὸ μέρος τῆς πλακῆς ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσέπεσαν ὑπέρυθροι ἀκτῖνες 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 ὑπάρχουν ἀκτῖνες ἀόρατοι, αἵτινες ἔχουσιν ἰδιότητας χημικᾶς, ἥτοι δύνανται νὰ προσβάλλωσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας καὶ νὰ προκαλῶσι χημικὰς συνθέσεις διαφόρων ἀπλῶν σωμάτων (ὕδρογόνου καὶ χλωρίου π. χ.) καὶ ἀποσυνθέσεις συνθέτων σωμάτων. Αὗται ἐκλήθησαν **ὑπεριώδεις**.

Συμπέρασμα. 1ον. Τὸ ἥλιακὸν φάσμα ἐκτείνεται καὶ ἐντεῦθεν τῶν ἐρυθρῶν (ὑπέρυθροι ἀκτῖνες) καὶ πέραν τῶν ἰωδῶν (ὑπεριώ-

δεις ἀκτίνες). 2^ο. Αἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος διαιροῦνται εἰς τρεῖς κατηγορίας : α') φωτεινάς (ἐρυθραὶ-ιώδεις), β') θερμαντικὰς (ὕπερυθροι) καὶ γ') χημικὰς (ὕπεριώδεις).

Σημείωσις. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες χρησιμοποιοῦνται λόγῳ τῶν χημικῶν αὐτῶν ιδιοτήτων εἰς τὴν φωτογραφίαν, πρὸς δὲ καὶ εἰς τὴν ἡλιοθεραπείαν, διότι κέκτῃνται καὶ μικροβιοκτόνους ιδιότητες. Τοῦτου ἕνεκα μεταχειρίζονται ταύτας καὶ πρὸς ἀποστείρωσιν τοῦ ὕδατος. Λαμβάνουσι δὲ σήμερον τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας τεχνητῶς δι' εἰδικῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων, οἵτινες ὀνομάζονται *λαμπτήρες δι' αὐτῶν ὕδραργύρου*. Τὸ περίβλημα τῶν λαμπτήρων τούτων συνίσταται ἐκ χαλαζίου καὶ οὐχὶ ἐξ ὑάλου, ὅτι ἡ ὑάλος ἀπορροφᾷ ἰσχυρῶς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

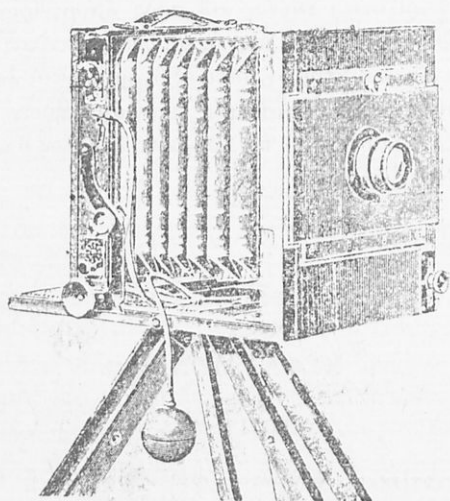
121. Ὅρισμός. Καλεῖται *φωτογραφία* ἡ τέχνη διὰ τῆς ὁποίας λαμβάνομεν εἰκόνας διαφόρων ἀντικειμένων τῇ ἐνεργείᾳ τοῦ λευκοῦ φωτός. Αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τῶν χημικῶν ιδιοτήτων τοῦ λευκοῦ φωτός, τὰς ὁποίας ἀνωτέρω εἶδομεν.

122. Ὅργανα καὶ σκεύη. Τὰ ἀπαραίτητα ὄργανα καὶ σκεύη τῆς φωτογραφίας εἶναι τὰ ἑξῆς.

Α) Ἡ *φωτογραφικὴ μηχανή*. Αὕτη (σχ. 95) εἶναι εἶδος σκοτεινοῦ θαλάμου, ὅστις φέρει ἐπὶ τῆς προσθίας πλευρᾶς του ὀρει-κάλκινον σωλήνα, ὠπλισμένον δι' ἀχρωστικοῦ φακοῦ, ὅστις χρησιμεύει ἵνα συγκεντρώσῃ τὰς ἀκτίνας τοῦ ἑξωτερικοῦ ἀντικειμένου καὶ σχηματίσῃ τὸ εἶδωλόν του, ὅπερ δέον νὰ εἶναι πραγματικόν. Ὁ φακὸς συνοδεύεται καὶ ὑπὸ διαφράγματος, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ κανονίζωμεν τὸ ποσὸν τοῦ εἰσερχομένου φωτός. Ἀπέναντι τοῦ φακοῦ ὑπάρχει λευκὴ ἡμιδιαφανὴς πλάξ κινητή, τὴν ὁποίαν διὰ κοχλίου πλησιάζομεν ἢ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, μέχρις ὅτου

τὸ εἶδωλον σχηματισθῇ ἐπ' αὐτῆς εὐκρινές. (Δυνατὸν ἢ πλάξ αὕτη νὰ εἶναι ἀκίνητος, ὅποτε ὁ φακὸς θὰ εἶναι κινητός).

Β) Ἡ φωτογραφικὴ πλάξ. Αὕτη εἶναι ὑαλίνη πλάξ, τῆς ὁποίας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει ἐπιχρισθῇ ἐν τῷ σκότει ἢ ἐν τῷ ἐρυθρῷ φωτὶ δι' εὐαισθήτου χημικῆς οὐσίας, ἥτις εἶναι μείγμα ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου.



Σχ. 95. Φωτογραφικὴ μηχανή.

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

123. Φωτογράφησις ἀντικειμένου α) Τρόπος χρήσεως τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς. Τοποθετοῦμεν ἔμπροσθεν τοῦ ἀντικειμένου τὴν φωτογραφικὴν μηχανὴν καὶ μεταθέτοντες τὴν ἡμιδιαφανῇ πλάκα ζητοῦμεν νὰ εὗρωμεν τὴν θέσιν ἐκείνην, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον νὰ φαίνεται εὐκρινές. Καλύπτομεν κατόπιν τὸν φακὸν διὰ καλύμματος ὁδιαφανοῦς, ἀφαιροῦμεν μετὰ προσοχῆς τὴν ἡμιδιαφανῇ πλάκα, καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτῆς τοποθετοῦμεν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα, ἥτις εὐρίσκετο κεκλεισμένη ἐντὸς πλαισίου πρὸς προφύλαξιν αὐτῆς ἀπὸ τοῦ φωτός. Ἀποκαλύ-

πομεν τὸν φακόν, ἵνα εἰσέλθωσι φωτειναὶ ἀκτῖνες καὶ προσπέσω-
σιν ἐπὶ τῆς πλακὸς ἐπὶ τινα χρόνον, ὅστις εἶναι διάφορος κατὰ τὰς
διαφόρους περιστάσεις, καὶ ἀμέσως καλύπτομεν τὸν φακόν.

β) Κατεργασία τῆς φωτογραφικῆς πλακός. Ἐὰν τὴν φω-
τογραφικὴν ταύτην πλάκα φέρωμεν εἰς τὸ σκότος καὶ τὴν ἐξετάσω-
μεν δι' ἔρυνθρου φωτός, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι οὐδὲν ἔχνος εἰδώ-
λου τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζει αὕτη εἰς ἡμᾶς. Ἐν τούτοις ὁ βρω-
μιούχος ἀργυρος ἡλλοιώθη εἰς τὰ σημεῖα ἐκεῖνα, ἅτινα ὑπέστησαν
τὴν ἐπενέργειαν τοῦ φωτός. Τὴν ἁλλοίωσιν ταύτην θέλομεν παρα-



(α) ἀρνητική

(β) θετική

Σχ. 96. Φωτογραφικαὶ εἰκόνες.

τηρήσει, ἂν ἐμβαπτίσωμεν τὴν πλάκα ἐπὶ τινα χρόνον ἐντὸς διαλύ-
ματος ἀναγωγικοῦ (τοιαῦτα ὑπάρχουσι πολλά), ὁπότε τὰ μέρη τῆς
πλακός, ἅτινα ὑπέστησαν τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτός, θέλουσι καλυφθῇ
ὑπὸ μέλανος μεταλλικοῦ ἀργύρου, ἕνεκα τῆς ἀποσυνθέσεως τοῦ βρω-
μιούχου ἀργύρου ὑπὸ τοῦ φωτός. Οὕτω ἐπὶ τῆς πλακός ἐμφανίζεται
ἡ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὰ λευκὰ μέρη τοῦ ἀντικει-
μένου παρουσιάζονται ὡς μελανὰ, τὰ δὲ μελανὰ ὡς λευκὰ. Ἐνεκα
τούτου ἡ εἰκὼν αὕτη καλεῖται **ἀρνητική**, (σχ. 96, α) ἡ δὲ κατερ-
γασία διὰ τῆς ὁποίας ἐμφανίζεται ἡ εἰκὼν καλεῖται **ἐμφάνις**.

Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν ἐμβαπτίζεται ἡ πλάξ ἐντὸς διαλύματος ὑπο-
φειώδους νατρίου, διὰ τοῦ ὁποίου ἀφαιρεῖται ὁ μὴ ἁλλοιωθεὶς ὑπὸ
Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τοῦ Ἰνστιτούτου Ἑκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

τοῦ φωτός βρωμιούχος ἄργυρος, πλύνεται καλῶς δι' ὕδατος, ἵνα ἀφαιρεθῇ πᾶν ἔγχος ὑποθειώδους νατρίου, καὶ ξηραίνεται. Ἡ τοιαύτη κατεργασία καλεῖται **στερέωσις**.

γ) **Παραγωγή θετικῶν εἰκόνων.** Διὰ τῆς ἀρνητικῆς πλακὸς δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὅσαοδήποτε θέλομεν **θετικὰς** εἰκόνας (σχ. 96, β), ἥτοι εἰκόνας, ἐπὶ τῶν ὁποίων τὰ λευκὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζονται ὡς λευκά, τὰ δὲ μελανὰ ὡς μελανὰ. Αἱ θετικαὶ εἰκόνες λαμβάνονται ἐπὶ τοῦ φωτοπαθοῦς χάρτου. Πρὸς τοῦτο ἐφαρμόζομεν καλῶς τὸ φύλλον τοῦ χάρτου τούτου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς πλακός, ἐφ' ἧς ὑπάρχει ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν, καὶ ἐκθέτομεν εἰς τὸν ἥλιον. Αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες διερχόμεναι διὰ τῆς ἀρνητικῆς πλακὸς ἐπιδρῶσιν ἐπὶ τοῦ χάρτου καὶ ἀποσυνθέτουσι τὴν ἐπ' αὐτοῦ εὐαίσθητον ἔνωσην τοῦ ἀργύρου καὶ τοιουτοτρόπως ὁ χάρτης παρουσιάζεται μέλας ὀπισθεν τῶν λευκῶν μερῶν τῆς πλακός, διατηρεῖ δὲ τὴν λευκότητά του ὀπισθεν τῶν μελανῶν μερῶν. Οὕτω ἐπὶ τοῦ χάρτου παράγεται ἡ θετικὴ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. Μετὰ ταῦτα ὁ χάρτης ἐμβαπτίζεται κατὰ πρῶτον εἰς διάλυμα γλωριόχου χρυσοῦ, ἵνα ἡ εἰκὼν ἀποκτήσῃ χρῶμα λαμπρότερον, ἔπειτα εἰς διάλυμα ὑποθειώδους νατρίου καὶ τέλος πλύνεται καλῶς διὰ ζέοντος ὕδατος καὶ ξηραίνεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι'.

ΟΡΑΣΙΣ.—ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

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

1) Ὁ **σκληρωτικός.** Οὗτος (σχ. 97) ἀποτελεῖ τὸ ἐξωτερικὸν περίβλημα τοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ εἶναι λευκός, σκληρὸς καὶ ἀδιαφανής. Τὸ λευκὸν μέρος τοῦ ὀφθαλμοῦ, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ὑπὸ τῶν βλεφάρων, ἀνήκει εἰς τὸν χιτῶνα τοῦτον. Ὁ σκληρωτικὸς χιτῶν ἔμπροσθεν γίνεται κυρτότερος, ἄχρους καὶ διαφανής, τὸ μέρος δὲ τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν καλούμενον **κερατοειδῆ χιτῶνα**.

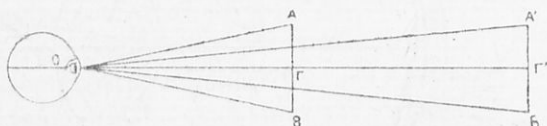
2) Ὁ **χοριοειδής.** Οὗτος εἶναι πλοσυρώτατος εἰς αἰμοφόρον

καὶ πληροὶ τὸν χῶρον τὸν εὐρισκόμενον μεταξὺ τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ τῆς ἱριδος ἀφ' ἑνός, καὶ τὸν μεταξὺ ταύτης καὶ τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ ἀφ' ἑτέρου.

4) **Τὸ ὑαλῶδες ὕγρὸν.** Τοῦτο εἶναι ὕγρὸν πηκτωματῶδες καὶ διαφανές καὶ πληροὶ 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 κρυσταλλῶδός φακὸς μὲ τὸν φακὸν αὐτοῦ καὶ ὁ ἀμφιβληστροειδὴς χιτῶν μὲ τὴν φωτογραφικὴν πλάκα.

123. Μηχανισμὸς τῆς ὁράσεως. Ὅταν πρὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ὑπάρχῃ φωτεινὸν ἀντικείμενον, αἱ ὑπ' αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες



Σχ. 98. Φαινόμενη διάμετρος ἀντικειμένου.

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 παραγεται τὸ αἶσθημα τῆς ὁράσεως.

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

Φαινόμενη διάμετρος ἀντικειμένου. Καλοῦμεν *φαινομένην διάμετρον* ἀντικειμένου τινὸς AB (σχ. 98) τὴν γωνίαν AOB 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 αὐξανόμενου τοῦ μεγέθους τοῦ ἀντικειμένου (διὰ τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν) καὶ ἐλαττοῦται αὐξανομένης τῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου (διὰ τὸ αὐτὸ ἀντικείμενον). Τοῦτο καταφαίνεται, ἐὰν τὸ ἀντικείμενον ΑΒ μετατεθῇ εἰς τὴν θέσιν Α'Β', ὁπότε ἡ γωνία ΑΟΒ γίνεται Α'ΟΒ', ἥτοι μικροτέρα. Ἐνεκα τούτου ἀντικείμενον φαίνεται μεγεθυνόμενον, ὅταν πλησιάσῃ πρὸς ἡμᾶς, διότι ἡ φαινόμενη διάμετρος αὐτοῦ αὐξάνεται, καὶ σμικρυνόμενον, ὅταν ἀπομακρύνεται ἀπ' ἡμῶν, διότι ἡ φαινόμενη διάμετρος ἐλαττοῦται.

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

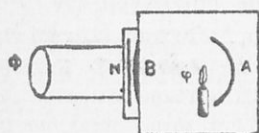
β) **Μύωψ ὀφθαλμός.** Καλεῖται **μύωψ** ὀφθαλμὸς ἐκεῖνος, ὅστις δὲν βλέπει εὐκρινῶς τὰ μακρὰ εὐρισκόμενα ἀντικείμενα, διότι τὸ εἶδωλον τούτων σχηματίζεται ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος καὶ ἐντὸς τοῦ υαλώδους ὕγρου. Ἀλλ' ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν, τὸ εἶδωλόν του ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ διὰ τινὰ 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 ὀλιγότερον. Πρὸς διόρθωσιν τῆς μυωπίας μεταχειρίζονται ὀφθαλμοῦάγια με φακοὺς ἀποκεντρωτικούς.

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

δ) **Πρεσβύωψ ὀφθαλμός.** Καλεῖται **πρεσβύωψ** ὀφθαλμὸς ἐκεῖνος, ὅστις δὲν βλέπει εὐκρινῶς τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διακρίνει ὁμως τὰ μακρὰ. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι προϊούσης τῆς ἡλικίας, ὁ μὲν φακὸς χάνει τὴν

ελαστικότητά 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 εὐκρι οὗς ὁράσεως δύναται νὰ εἶναι 80 ἐκατοστομέτρων ἢ καὶ περισσότερον. Πρὸς διόρθωσιν τῆς πρεσβυωπίας μεταχειρίζονται ὀφθαλμοῦντα μὲ φακοὺς συγκεντρωτικούς.

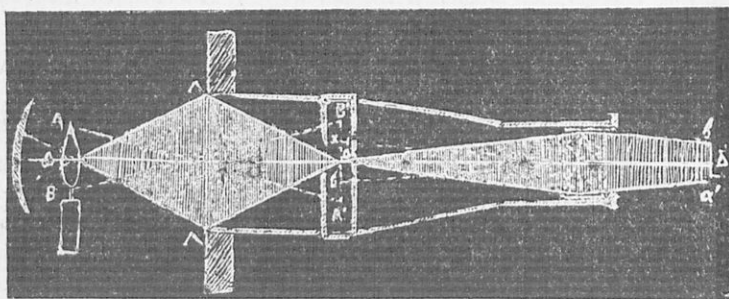
127. Προβολεύς. Καλεῖται *προβολεύς* συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας προβάλλονται ἐν σκοτεινῷ θαλάμῳ ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος



Σχ. 99. Προβολεύς.

διαφανεῖς εἰκόνες διαφόρων ἀντικειμένων. Αἱ εἰκόνες αὗται σχεδιάζονται συνήθως ἐπὶ ὑαλίνων πλακῶν ὅπως εἶναι αἱ ἐπὶ ὑάλου φωτογραφίαι καὶ χρωματίζονται πολλάκις καὶ διὰ διαφόρων χρωμάτων.

Α) Περιγραφή. Οὗτος (σχ. 99) ἀποτελεῖται ἐκ κιβωτίου κλειστοῦ πανταχόθεν καὶ ἀδιαφανοῦς, ἐνὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει φωτεινὴ πηγὴ. Αὕτη δύναται νὰ εἶναι φλόξ λαμπάδος φ, ἢ λύχνου πετρελαίου ἢ ἐλαίου, εἴτε, ὅπερ συνηθέστερον,



Σχ. 99α. Προβολεύς.

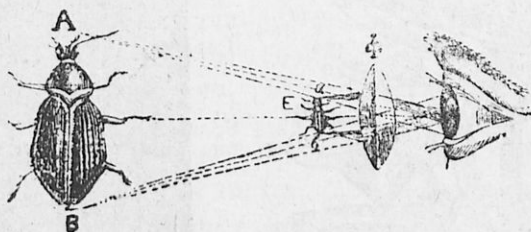
φῶς τοῦ Drummond, ἢ ἠλεκτρικὸν φῶς καὶ τοποθετεῖται ἔμπροσθεν κοίλου κατόπτρου Α καὶ ἐπὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος αὐτοῦ. Ἐπὶ τῆς προσθίας ἑδρας τοῦ κιβωτίου στερεώνονται δύο συγκεντρωτικοὶ φακοί, ἀχρωστικοί, Β καὶ Φ.

Ἐκ τούτων ὁ Β χρησιμεύει, ἵνα συγκεντρώσῃ τὰς ἀκτῖνας τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἐπὶ τῆς πρὸς προβολὴν εἰκόνος Ν καὶ εἶναι ἀκίνητος, ὁ δὲ Φ χρησιμεύει διὰ τὴν προβολὴν τῆς εἰκόνος ἐπὶ τοῦ πετάσματος καὶ δύναται νὰ πλησιάζῃ ἢ νὰ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ πρώτου τῇ βοήθειᾳ κοχλίου.

Β) Λειτουργία. Ἡ ὑαλίνη πλάξ, ἡ φέρουσα τὴν πρὸς προβολὴν εἰκόνα, τοποθετεῖται μεταξὺ τῶν δύο φακῶν ΛΛ' καὶ ΚΚ' (σχ. 99α) εἰς τὴν θέσιν Α'Β'. Ἡ εἰκὼν αὕτη διὰ μὲν τοῦ φακοῦ ΛΛ' φωτίζεται ἰσχυρῶς καὶ χρησιμεύει ὡς φωτοβόλον ἀντικείμενον, διὰ δὲ τοῦ φακοῦ ΚΚ' σχηματίζεται τὸ εἶδωλόν της ἐπὶ τινος λευκοῦ πετάσματος καταλλήλως τοποθετουμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον. Τὸ μέγεθός του κανονίζεται τῇ βοηθείᾳ τοῦ κοχλίου, ὅστις μετακινεῖ τὸν φακὸν ΚΚ'. Διὰ νὰ παραχθῇ δὲ τὸ εἶδωλον τῆς εἰκόνης ὀρθόν, δεόν νὰ τοποθετήσωμεν ταύτην ἀνεστραμμένην ἐντὸς τοῦ προβολέως.

128. Μικροσκοπία. Ὑπάρχουσιν ἀντικείμενα, ἅτινα καίτοι εὐρίσκωνται πλησίον ἡμῶν, ἐν τούτοις δὲν εἶναι ὁρατὰ διὰ τοῦ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ἔνεκα τῆς σμικρότητός των. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει μεταχειρίζομεθα τὰ μικροσκοπία. **Ὁρισμός.** Καλοῦνται **μικροσκοπία** τὰ ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν τὰ σμικρότατα ἀντικείμενα, ἅτινα διαφεύγουσι τὸν γυμνὸν ὀφθαλμόν. Τὰ μικροσκοπία εἶναι **ἀπλᾶ** καὶ **σύνθετα**.

129. Ἀπλοῦν μικροσκοπίον. Τοῦτο εἶναι ὄργανον διὰ

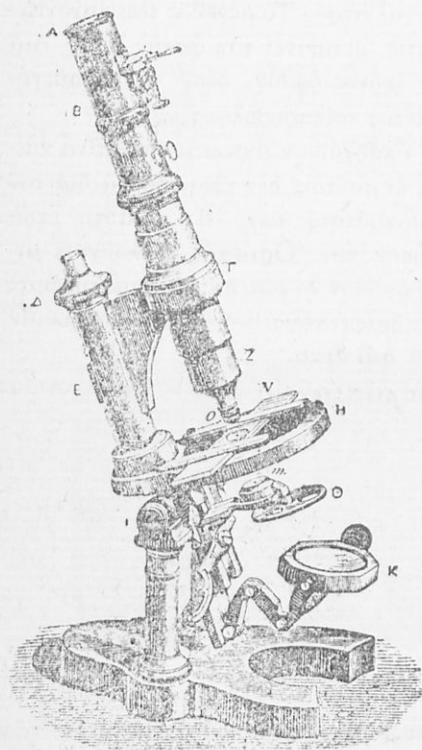


Σχ. 100. Ἀπλοῦν μικροσκοπίον.

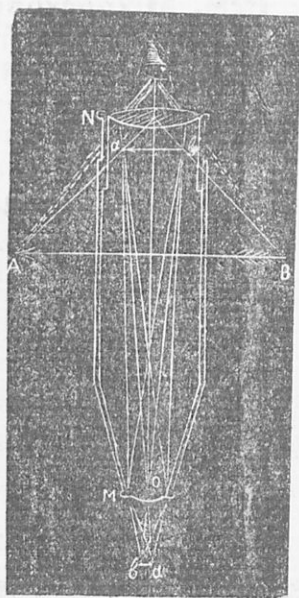
τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν τὰ μικρὰ ἀντικείμενα, τῶν ὁποίων αἱ λεπτομέρειαι διαφεύγουσι τὸν γυμνὸν ὀφθαλμόν. Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς ἀμφικύρτου φακοῦ Φ (σχ. 100) λίαν συγκεντρωτικοῦ, ἥτοι ἔχοντος βραχεῖαν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν. Τὸ ἀντικείμενον ἀβ τοποθετεῖται μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ Ε, ὃ δὲ ὀφθαλμός εἰς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ καὶ πολὺ πλησίον αὐτοῦ. Παρατηροῦντες διὰ μέσου τοῦ φακοῦ βλέπομεν τὸ εἶδωλον ΑΒ τοῦ ἀντικειμένου, ὅπερ εἶναι ὀρθόν, φανταστικόν καὶ μεγαλύτερον. Τοιούτοτρόπως 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 τοιοῦτον ὄργανον ὁπλίζομεν τὸν ὀφθαλμὸν ἡμῶν ὁσάκις θέλομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰς λεπτομερεῖας ἀντικειμένων τινός, λ.χ. ὥρολογίου, εἰκόνας κλπ.

130. Σύνθετον μικροσκόπιον. Τοῦτο (σχ. 101) εἶναι



Σχ. 101. Σύνθετον μικροσκόπιον.



Σχ. 102. Σύνθετον μικροσκόπιον.

ὄργανον, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν τὰς λεπτομερεῖας μικροτάτων ἀντικειμένων εὐκρινέστερον ἢ διὰ τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ δύο συγκεντρωτικῶν ἀφ᾽ ἑαυτῶν ἀχρωστικῶν Μ καὶ Ν (σχ. 102), οἵτινες στερεώνονται κατὰ τὰ δύο ἄκρα τοῦ αὐτοῦ σωλῆνος καὶ οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν

νά συμπίπτωσι. Ἐκ τῶν δύο φακῶν ὁ μὲν εἰς Μ ἔχει βραχυίαν ἐστία-
κὴν ἀπόστασιν, ἥτοι εἶναι λίαν συγκεντρωτικὸς καὶ ὀνομάζεται **ἀντο-
φθάλμιος** ἢ **ἀντικειμενικός**, διότι εἶναι ἐστραμμένος πρὸς τὸ ἀντι-
κείμενον, ὁ δὲ ἕτερος Ν εἶναι ὀλιγώτερον συγκεντρωτικὸς καὶ ὀνομά-
ζεται **προσοφθάλμιος**, διότι κεῖται πλησίον τοῦ ὀφθαλμοῦ.

Β) Λειτουργία. Τὸ ἀντικείμενον αβ τοποθετεῖται πολὺ πλη-
σίον τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ καὶ ὀλίγον πέραν τῆς κυρίας ἐστίας
αὐτοῦ. Ὁ φακὸς οὗτος θέλει σχηματίσει τότε τὸ πραγματικὸν εἶδω-
λον α'β', ὅπερ εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμέ-
νου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται μετὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ φα-
κοῦ Ν καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Ὁ φακὸς λοιπὸν οὗτος ἐνεργεῖ ὡς
ἀπλοῦν μικροσκοπίον καὶ σχηματίζει τὸ εἶδωλον ΑΒ, ὅπερ εἶναι φαν-
ταστικόν, ἀκόμη μεγαλύτερον τοῦ πρώτου εἰδώλου α'β' καὶ ὀρθὸν
ὡς πρὸς αὐτό, ἐπομένως ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον.
Τὸ εἶδωλον τοῦτο ΑΒ βλέπει ὁ ὀφθαλμός, ὅταν τοποθετῇται πλη-
σίον τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ.

Γ) Σημασία. Διὰ τοῦ πολυτίμου τούτου ὄργανου ἠρευνήθη-
σαν σώματα ἀπειρώς μικρά, ἅτινα ἦσαν τελείως ἀόρατα εἰς τὸν γυ-
μνὸν ὀφθαλμόν. Σήμερον τὸ ὄργανον χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς
ἐπιστήμας (ιατρικὴν, φυσικὴν, χημείαν, ζωολογίαν, φυτολογίαν κλπ.),
καὶ εἰς πολλὰς βιομηχανίας (κατασκευὴ ζύθου, οἶνονπνευμάτων, οἶνον
κλπ.), εἰς τὰς ὁποίας παρέχει σπουδαίας ὑπηρεσίας, πρὸς δὲ καὶ εἰς
τὴν ἐξέτασιν τῶν μετάλλων καὶ τῶν μεταλλικῶν κραμάτων.

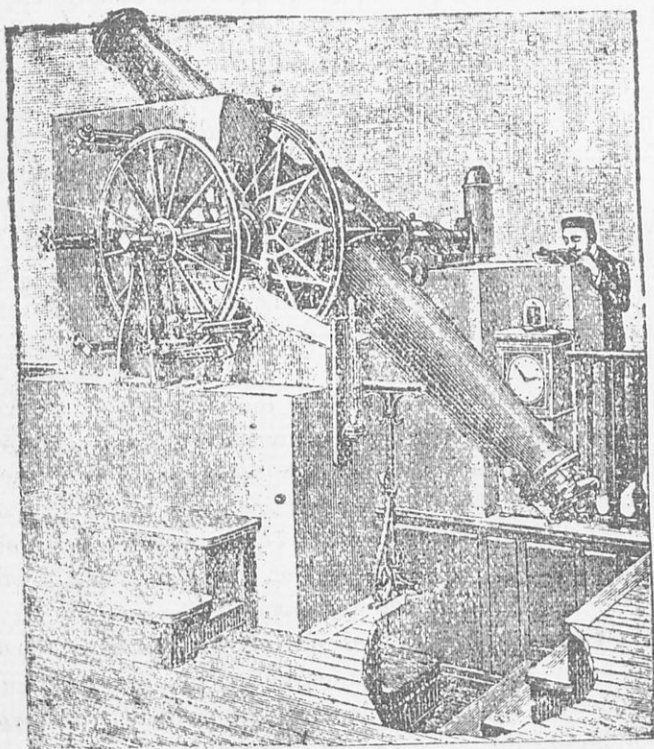
131. Τηλεσκόπια.— Καλοῦνται **τηλεσκόπια** τὰ ὄργανα,
διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ παρατηρῶμεν ἀντικείμενα κείμενα
πολὺ μακρὰν ἀφ' ἡμῶν. Τὰ τηλεσκόπια διαιροῦνται εἰς **διοπτρικά**
καὶ **κατοπτρικά**. Καὶ διοπτρικά μὲν λέγονται ἐκεῖνα, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ
εἶδωλα σχηματίζονται τῇ βοηθείᾳ φακῶν, τοιαῦτα δὲ εἶναι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

132. Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.—Τοῦτο (σχ. 103)
χρησιμεύει πρὸς παρατήρησιν τῶν οὐρανίων σωμάτων.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν συγκεντρωτικῶν

Μ καὶ Ν (σχ. 104) οἷτινες στερεώνονται κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ αὐτοῦ σωλῆνος καὶ οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ συμπέτωσιν. Ἐκ τούτων ὁ μὲν Μ στρέφεται πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ἥτοι εἶναι ἀντικειμενικός, καὶ ἔχει μεγάλην τὴν ἐστιακὴν αὐτοῦ ἀπόστασιν, ὁ δὲ Ν στρέ-



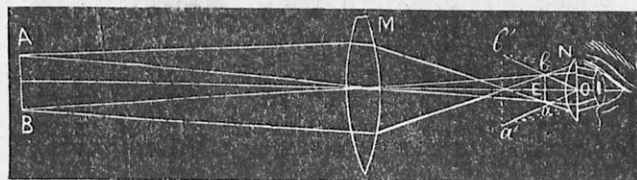
Σχ. 103. Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.

φεται πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, ἥτοι εἶναι προσοφθάλμιος, καὶ ἔχει βραχεῖαν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν καὶ ἐπομένως εἶναι συγκεντρωτικώτερος τοῦ πρώτου.

Β) Λειτουργία. Ὁ πρὸς τὸ ἀντικείμενον ΑΒ φακὸς Μ σχηματίζει τὸ εἶδωλον αὐτοῦ αβ, 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 α'β'.

Μεγέθυσις. Ἐὰν παρατηρήσωμεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ τοῦ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, βλέπομεν αὐτὸ ὑπὸ μικρὰν φαινομένην διάμετρον $AOB = \alpha'$. Ἀλλ' ἔὰν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρήσῃ διὰ μέσου τοῦ ὀργάνου, βλέπει τὸ δι' αὐτοῦ σχηματιζόμενον εἶδωλον α'β' ὑπὸ μεγαλύτεραν φαινομένην διάμετρον $\alpha'O\beta' = \alpha$. Ἐνεκα τούτου τὸ ἀντικείμενον φαίνεται μεγαλύτερον καὶ ἐπομένως πλησιέστερον πρὸς ἡμᾶς.



Σχ. 104. Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον.

Ὁ λόγος $\frac{\alpha}{\alpha'}$ καλεῖται μεγέθυσις τοῦ τηλεσκοπίου. — **Ὁρισμός.**

Καλεῖται **μεγέθυσις** 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

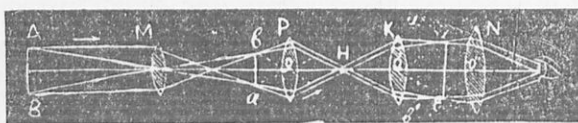
$$\text{Μεγέθυσις} = \frac{\text{φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου}}{\text{φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου}}$$

133. Τηλεσκόπιον τῶν ἐπιγείων. — Τοῦτο χρησιμεύει πρὸς παρατήρησιν τῶν γήινων ἀντικειμένων καὶ πρέπει νὰ παρέχῃ εἶδωλα ὀρθά, καὶ οὐχὶ ἀντεστραμμένα, ὅπως συμβαίνει ἐν τῷ ἀστρονομικῷ τηλεσκοπίῳ.

A) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν συγκεντρωτικῶν M καὶ N (σχ. 104α), οἵτινες στερεώνονται κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ αὐτοῦ σωλῆνος ρύτῳ, ὥστε οἱ ἄξονες τῶν νὰ συμπίπτωσι. Καὶ ὁ μὲν M εἶναι ἀντικειμενικός, ὁ δὲ N προσοφθαλμῖος. Μεταξὺ τῶν φακῶν τούτων τοποθετεῖται σωλὴν, ἐγκλείων δύο φακοὺς συγκεντρωτικούς

P καὶ K, οὔτινες εἶναι τῆς αὐτῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ καλοῦνται **ἀνορθωτικὸν σύστημα** τοῦ ὀργάνου.

Β) Λειτουργία. Διὰ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ M σχηματίζεται εἶδωλον πραγματικόν, μικρόν (διατί), καὶ ἀνεστραμμένον, τὸ αβ. Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου τοῦ φακοῦ P, καὶ ἐπομένως πάντα τὰ σημεῖά του θὰ εὕρισκωνται ἐπὶ τῶν κυρίων ἐστιῶν διαφόρων δευτερευόντων ἀξόνων τοῦ φακοῦ τούτου. Αἱ ἀκτῖνες λοιπόν, αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐξ ἐκάστου σημείου τοῦ εἰδώλου τούτου, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ P, μεταβάλλονται



Σχ. 104α. Τηλεσκόπιον τῶν ἐπιγείων.

ἐκάστη εἰς δέσμην παράλληλον πρὸς τὸν δευτερεύοντα τοῦ φακοῦ P, τὸν διερχόμενον διὰ τοῦ θεωρουμένου σημείου. Αἱ παράλληλοι αὗται δέσμαι, διασταυρούμεναι πᾶσαι κατὰ τὸ H, προσπίπτουσιν ἐπὶ τοῦ φακοῦ K, ὅστις τὰς συγκεντρώνει ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου του, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ εἶδωλον α'β', τὸ ὁποῖον εἶναι ἰσομέγεθες πρὸς τὸ εἶδωλον αβ, ἀλλ' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς αὐτό, καὶ ἐπομένως **ὀρθόν** ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον.

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

Μεγέθυσις. Ἡ μεγέθυσις τοῦ ὀργάνου τούτου καθορίζεται ὥπως καὶ ἐν τῷ ἀστρονομικῷ τηλεσκοπίῳ.

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

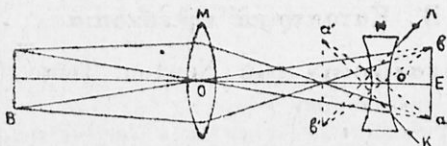
Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ δύο φακῶν, ἑνὸς ἀντικειμενικοῦ Φ (σχ. 105), ὅστις εἶναι συγκεντρωτικὸς καὶ ἀχρωστικός, καὶ

ἐνὸς προσοφθαλμίου Φ, ὅστις εἶναι ἀποκεντρωτικός καὶ ἀχρω-
στικός. Ἐκ τούτων ὁ ἀντικειμενικός φακὸς στερεώνεται εἰς τὸ
ἄκρον σωλῆνος Σ, ὅστις, εἶναι βραχὺς καὶ παχὺς καὶ ἀποτελεῖ τὸ
σῶμα τῆς διόπτρας, ἐντὸς δὲ τοῦ σωλῆνος τού-
του δύναται νὰ ὀλισθαίνει τῇ βοηθείᾳ κοχλίου
ἑτεροῦ σωλῆν Κ, ὅστις φέρει εἰς τὸ ἐξωτερικὸν
αὐτοῦ ἄκρον τὸν προσοφθαλμίου φακόν.

Β) Λειτουργία. Ὁ ἀντικειμενικός φακὸς
Μ (σχ. 106) ἐὰν ἦτο μόνος, θὰ ἐσχημάτιζε τὸ
εἶδωλον αβ, ὅπερ θὰ ἦτο πραγματικόν, ἀνε-
στραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ μακρὰν κειμέ-
νου ἀντικειμένου ΑΒ. Ἀλλ' αἱ ἐκ τοῦ ἀντικει-
μένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες πρὶν ἢ σχηματί-
σῃ τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ τὸ
εἶδωλον αβ, συναντῶσι τὸν προσοφθαλμίου φα-
κὸν Ν, ὅστις τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ἡ κυ-
ρία ἐστία αὐτοῦ νὰ κεῖται πρὸ τοῦ εἰδώλου αβ.
Τοιοῦτοτρόπως αἱ ἀκτῖνες, διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ τούτου, βαί-
νουσιν ἀποκλίνουσαι, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς δεχόμενος ταύτας βλέπει διὰ



Σχ. 105. Διόπτρα
τοῦ Galilée ἀπλῇ.



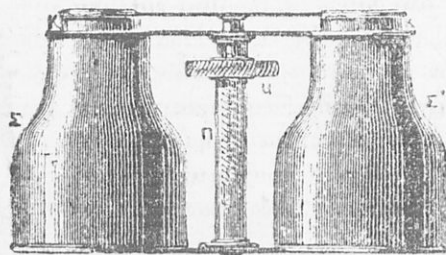
Σχ. 106. Διόπτρα Galilée.

μέσου τοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον α'β', ὅπερ εἶναι φανταστικόν καὶ ὀρθόν.

Σημείωσις. Ἡ διόπτρα τοῦ Galilée εἶναι συνήθως διπλῇ
(σχ. 107), ἥτοι συνίσταται ἐκ δύο ἀπλῶν διοπτρῶν, ὡς ἡ περιγρα-
φεῖσα ἄνωτέρω, τῶν ὁποίων οἱ ἐξωτερικοὶ σωλῆνες εἶναι διατετα-
γμένοι παραλλήλως καὶ πλησίον ἀλλήλων οὕτως, ὥστε νὰ βλέπωμεν
συγχρόνως καὶ διὰ τῶν δύο ὀφθαλμῶν. Ὑπὸ τοιαύτην μορφήν πα-
ρουσιάζονται σήμερον αἱ διόπτραι τῶν θεάτρων. Ἡ ἀπόστασις τῶν
δύο φακῶν εἰς τὴν διπλῇ διόπτρᾳ κανονίζεται τῇ βοηθείᾳ κοχλίου,
υἰάρχοντος μεταξὺ τῶν δύο σωλῆνων.

133. Τηλεσκόπιον πρισματικόν. — Εἰς τὸ τηλεσκόπιον
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ, Κ. Σαμωτάκη, δ' Ἰουν. ἐκδ: α'.

τῶν ἐπιγείων δυνάμεθα νὰ ἀντικαταστήσωμεν τοὺς δύο συγκεντρο-
τικούς φακοὺς, οἵτινες παρεντίθενται μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ
τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, διὰ δύο πρίσματων ὀλίκῃς ἀνακλάσεως.
Τὰ πρίσματα ταῦτα, τοποθετούμενα καταλλήλως ἐν τῷ σωλήνι τοῦ

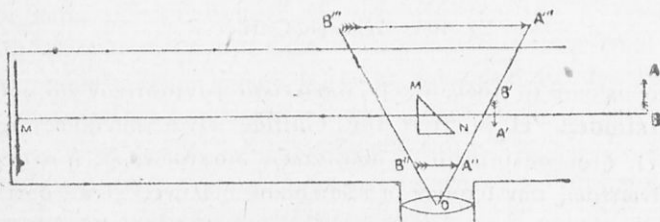


Σχ. 107. Διόπτρα τοῦ Galilée διπλῇ.

τηλεσκοπίου, παρέχουσι τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα τὸ ὁποῖον καὶ οἱ δύο
οὔτοι φακοί, ἥτοι συντελοῦσιν εἰς τὸν σχηματισμὸν ὀρθοῦ εἰδώλου.
Τὰ οὗτω κατασκευαζόμενα τηλεσκόπια καλοῦνται **πρισματικά**. Μέγα
πλεονέκτημα τῶν πρισματικῶν τηλεσκοπίων εἶναι, ὅτι ἔχουσι μικρὸν
μῆκος καὶ εἶναι εὐμετακόμιστα.

Β'. Κατοπτρικά τηλεσκόπια.

136. Τηλεσκόπιον τοῦ Newton. Τοῦτο εἶναι ὁ τύπος
τῶν κατοπτρικῶν τηλεσκοπίων.



Σχ. 108. Τηλεσκόπιον τοῦ Newton.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατό-
πτρου Μ (σχ. 108), τὸ ὁποῖον στερεοῦται εἰς τὸ βάθος κοίλου ὀρει-
χαλκίνου σωλήνος. Τὸ κάτοπτρον τοῦτο ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν ἀντικει-
μενικὸν φακὸν τῶν διοπτρικῶν τηλεσκοπίων.

Β) Λειτουργία. Αἱ ἀκτῖνες τοῦ παρατηρουμένου ἀντικειμένου AB προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλῶνται καὶ σχηματίζουν τὸ εἶδωλον Α'Β', τὸ ὁποῖον εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μικρότατον. Ἔνεκα ὁμως τῆς παρενθέσεως ἑνὸς πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως MN αἱ ὑπὸ τοῦ κατόπτρου ἀνακλῶμεναι ἀκτῖνες τρεῖς ἢ σχηματίσωσι τὸ εἶδωλον Α'Β' συναντῶσαι τὸ πρῖσμα 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 ἐνεργεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκοπίον. Τοιουτοτρόπως βλέπομεν τὸ εἶδωλον Α'''Β''', τὸ ὁποῖον εἶναι φανταστικόν καὶ πολὺ μεγαλύτερον.

Σημείωσις. Ὁ Foucault βραδύτερον ἐτελειοποίησε τὸ τηλεσκόπιον τοῦτο, ἐπινοήσας ὑάλινα κάτοπτρα ἐπάργυρα. Διὰ τούτων αὐξάνεται ἡ λαμπρότης τοῦ εἰδώλου, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἀνακλαστικῆς δυνάμεως αὐτῶν. Τὸ μέγα τηλεσκόπιον τοῦ Ἀστεροσκοπείου τῶν Παρισίων περιέχει ὑάλινον κάτοπτρον ἐπάργυρον, διαμέτρου 1,20 μέτρων καὶ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 7,20 μέτρων.

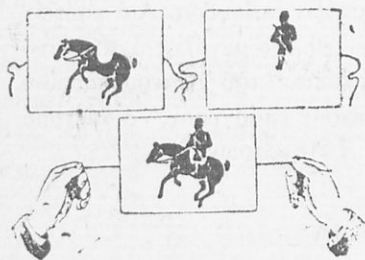
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'.

ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ

137. Περὶ τὴν κίνησιν τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐν τῷ ὀφθαλμῷ, ἢ μεταίεσθην. Πειράματα. 1ον. Διάπυρος ἀνθραξ στρεφόμενος κυκλικῶς καὶ ταχέως ἐν τῷ ἀέρι, καὶ μάλιστα κατὰ τὴν νύκτα, φαίνεται ὡς πυρίνη ταινία κυκλοτερής. 2ον. Ἡ τεταμένη χορδή, ὅταν πάλλεται, παρουσιάζει σχῆμα ἀτρακτοειδές. 3ον. Ὁ δίσκος τοῦ Newton ὁ φέρων τὰ ἑπτὰ χρώματα, ὅταν στρέφεται ταχέως, φαίνεται λευκός. 4ον. Ἐὰν πρὸ τῶν ὀφθαλμῶν ὑπάρχῃ βιβλίον καὶ κινῶμεν πρὸ αὐτοῦ τὴν χεῖρά μας παλμικῶς, ὀριζοντίως καὶ ταχέως, δυνάμεθα νὰ ἀναγινώσκωμεν ἄνευ διακοπῆς, καίτοι ἡ χεὶρ ἐπανειλημμένως διέρχεται πρὸ τῶν ὀφθαλμῶν μας καὶ ἀποκρύπτει τὰ γράμματα. 5ον. Αἱ πίπτουσαι σταγόνες τῆς βροχῆς φαίνονται ὡς σειρὰ ὑδατίνων νημάτων. 6ον. Ἐπὶ τεμαχίον χάρτου ἀπεικονίζομεν ἐπὶ τῆς μιᾶς μὲν πλευρᾶς ἵππον ἐπὶ τῆς ἄλλης δὲ ἵππεα

(σχ. 109). Ἐὰν περιστρέψωμεν τὸ τεμάχιον τοῦτο ταχέως τῇ βοήθειά δύο νημάτων, ἅτινα εἶναι προσδεδεμένα ἐπ' αὐτοῦ καὶ τὰ ὁποῖα κρατοῦμεν τεταμένα μεταξὺ τοῦ ἀντίχειρος καὶ τοῦ δείκτου καὶ τὰ περιστρέφωμεν, θὰ βλέπωμεν καὶ τὰς δύο εἰκόνας ὁμοῦ, ἥτοι τὸν ἱππέα ἐπὶ τοῦ ἵπλου.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐξηγοῦνται ὡς ἑξῆς. Ὁ ὀφθαλμὸς ἡμῶν εἶναι οὕτω πῶς κατεσκευασμένος, ὥστε ἡ φωτεινὴ ἐντύπωσις παραμένει ἐν αὐτῷ καὶ μετὰ τὴν ἑξαφάνισιν ἢ μετατόπισιν τοῦ ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον τὴν παρήγαγε. Ἡ παραμονὴ αὕτη τῆς ἐντυπώσεως εἶναι βραχυτάτη, ἀνερχομένη εἰς $\frac{1}{30}$ τοῦ δευτερολέπτου περίπου. Βλέπομεν λοιπὸν τὴν κυκλοτερῆ πυρίνην ταινίαν, τὸ ἀτρακτοειδὲς σχῆμα τῆς χορδῆς, τὸν δίσκον τοῦ Newton, τὰ γρόμματα



Σχ. 109.

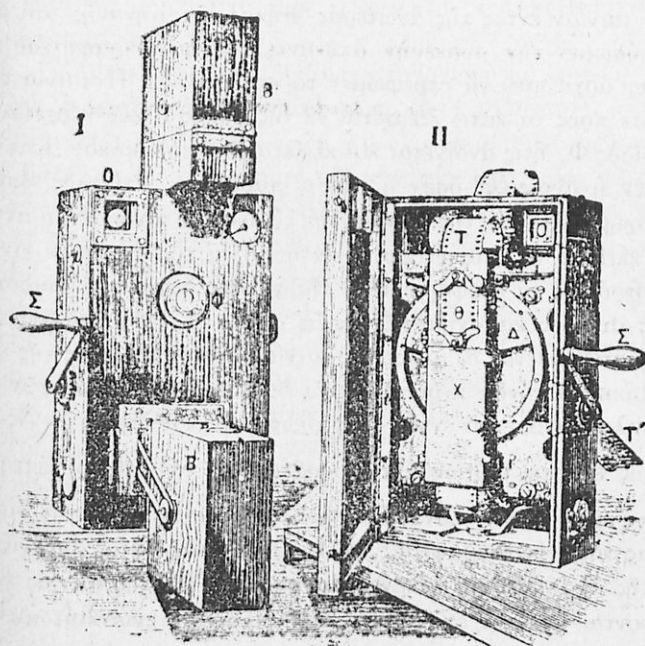
τοῦ βιβλίου, τὰ ὑδάτινα νήματα καὶ τὸν ἱππέα ἐπὶ τοῦ ἵπλου, ἔνεκα τῆς παραμονῆς τῆς ἐντυπώσεως ἐν τῷ ὀφθαλμῷ κατὰ τὴν μετάθεσιν τοῦ ἀνθρώπου, τῆς χορδῆς, τῶν χρωμάτων τοῦ δίσκου, τῆς χειρὸς μας, τῶν σταγόνων τῆς βροχῆς, καὶ τοῦ χάριτος. Ἐπὶ τῆς παραμονῆς τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐν τῷ ὀφθαλμῷ στηρίζεται ὁ κινηματογράφος.

138. Κινηματογράφος. Οὗτος εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας προβάλλονται ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος εἰκόνες ἀντικειμένων ἐν κινήσει, ληθφεῖσαι ἐκ τοῦ φυσικοῦ.

Α) Περιγραφή. Ἡ κινηματογραφικὴ συσκευή περιλαμβάνει τὰ ἑξῆς μέρη.

1) **Τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν.** Αὕτη χρησιμεύει διὰ νὰ λαμβάνωμεν ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας διαδοχικὰς εἰκόνας τοῦ κινουμένου ἀντικειμένου, καὶ εἶναι εἶδος θαλάμου κλειστοῦ παντιχόθεν, τοῦ ὁποίου ἡ μία πλευρὰ φέρει θυρίδα Φ (σχ. 110, 1), ἐπὶ τῆς ὁποίας ὑπάρχει συγκεντροτικός φακός. Πλησίον καὶ ἀπέναντι τῆς θυρίδος περιστρέφεται κυκλικὸς δίσκος μετάλλινος, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἑλλεῖπει εἰς κυκλικὸς τομεὺς, καὶ τοιοῦτοτρόπως ἡ θυρίς ἀνοίγεται καὶ κλείεται ἐναλλάξ κατὰ χρονικὰ διαστήματα μικρότατα

καὶ κανονικά. Ἡ περιστροφή τοῦ δίσκου ἐπιτυγχάνεται διὰ καταλήλου μηχανισμοῦ, ὅστις κινεῖται διὰ στροφάλον. Διὰ τοῦ μηχανισμοῦ τούτου κινεῖται συγχρόνως καὶ ἡ ταινία ἐντὸς τῆς μηχανῆς οὕτως, ὥστε ἡ κίνησίς της νὰ γίνεται ἐπίσης κατὰ χρονικὰ διαλείμματα μικρότατα καὶ κανονικά. Τοιοῦτοτρόπως ἡ ταινία, κατὰ τὴν κίνησιν της, ὑφίσταται τιναγμοὺς ἐλαφροῦς, κανονικοῦς καὶ ταχεῖς, δια-



Σχ. 110

κοπομένους κατὰ μικρότατα χρονικὰ διαλείμματα. Ὑπεράνω δὲ καὶ ὑποκάτω τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς εὗρισκονται θῆκαι Β καὶ Β', κλεισταὶ παντάχθεν, χρησιμεύουσαι διὰ τὴν τοποθέτησιν τῆς ταινίας.

2) **Τὸν προβολέα.** Οὗτος (σχ. 110, II) χρησιμεύει διὰ νὰ προβάλλωμεν τὴν ταινίαν ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος, καὶ εἶναι ὅμοιος σχεδὸν μὲ τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν, ἀπὸ τὴν ὁποίαν διαφέρει μόνον κατὰ τὸ ὅτι δὲν εἶναι κλειστὸς πανταχόθεν ὅπως ἐκείνη.

3) **Τὴν ταινίαν.** Ἐπ' αὐτῆς λαμβάνομεν τὰς διαδοχικὰς εἰκόνας ἐκ τοῦ φυσικοῦ, ἀντικειμένων ἐν κινήσει εὗρισκομένων. Ἡ ταινία

νία εἶναι ὑμενώδης, διαφανὴς καὶ εὐκαμπτος, ἐπιχειροσμένη κατὰ τὴν μίαν ὄψιν δι' εὐαισθήτου οὐσίας καὶ ἔχει πλάτος μὲν 3,5 ἑκατοστομέτρων, μῆκος δὲ πολλῶν μέτρων, καὶ φέρει ἑκατέρωθεν αὐτῆς ὁπὰς, αἵτινες χρησιμεύουσι διὰ τὴν κίνησίν της.

Β) Λειτουργία. Κατὰ πρῶτον λαμβάνομεν ἐπὶ τῆς ταινίας τὰς διαδοχικὰς εἰκόνας τοῦ κινουμένου ἀντικειμένου. Πρὸς τοῦτο θέτομεν τὴν ταινίαν ἐντὸς τῆς ἀνωτέρας θήκης τῆς μηχανῆς καὶ ἀφ' οὗ τοποθετήσωμεν τὴν συσκευὴν ἀπέναντι τοῦ φωτογραφητέου ἀντικειμένου, ἀρχίζομεν νὰ στρέφωμεν τὸ στρόφαλον. Ἡ ταινία συρμένῃ τότε πρὸς τὰ κάτω ἐξέρχεται ἐκ τῆς θήκης Β καὶ διέρχεται πρὸ τῆς θυρίδος Φ, ἣτις ἀνοίγεται καὶ κλείεται διὰ τοῦ δίσκου. Καὶ ἀνοίγεται μὲν ἡ θυρὶς ἐφ' ὅσον ἡ ταινία παραμένει ἀκίνητος, ὁπότε ὁ φακὸς σχηματίζει ἐπὶ τῆς ταινίας τὴν εἰκόνα τοῦ κινουμένου ἀντικειμένου, κλείεται δὲ ἡ θυρὶς ἐφ' ὅσον ἡ ταινία εὐρίσκεται ἐν κινήσει. Τοιοῦτοτρόπως τὰ διάφορα μέρη τῆς ταινίας διέρχονται διαδοχικῶς πρὸ τῆς θυρίδος καὶ σχηματίζεται ἐπ' αὐτῶν ἡ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου, τὸ κατερχόμενον δὲ μέρος τῆς ταινίας εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς κατωτέρας θήκης Β', ἔνθα περιτυλίσσεται ἐκ νέου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰκόνων τῶν λαμβανομένων ἐντὸς ἑνὸς πρώτου λεπτοῦ ἀνέρχεται εἰς 960, ἐπομένως ἑκάστη τούτων ἀντιστοιχεῖ εἰς $\frac{1}{16}$ τοῦ δευτερολέπτου.

Μετὰ τὴν λήψιν τῶν εἰκόνων ὑποβάλλεται ἡ ταινία εἰς τὰς συνήθεις τοῖς φωτογραφείοις κατεργασίας καὶ οὕτω ἐμφανίζονται ἐπ' αὐτῆς αἱ ληφθεῖσαι εἰκόνες **ἀρνητικαί**. Ἐκ τῆς ταινίας ταύτης λαμβάνονται κατόπιν ἐπὶ ἑτέρας ὁμοίας ταινίας εὐαισθήτου εἰκόνες θετικαὶ καὶ οὕτω κατασκευάζεται ἡ κινηματογραφικὴ ταινία ἡ θετικὴ ΤΤ' (σχ. 110), τὴν ὁποίαν κατόπιν προβάλλομεν ἐπὶ τοῦ λευκοῦ πετάσματος.

Διὰ νὰ προβάλλωμεν τὴν ταινίαν τοποθετοῦμεν ταύτην ἀνεστραμμένην ἐντὸς τοῦ προβολέως καὶ ἀρχίζομεν νὰ στρέφωμεν τὸ στρόφαλον. Ἡ ταινία ὑφίσταται τότε πάλιν τιναγμοὺς ἐλαφροῦς, κανονικοῦς καὶ ταχεῖς καὶ διέρχεται πρὸ τῆς θυρίδος Θ, ἣτις διὰ τοῦ δίσκου Δ ἀνοίγεται καὶ κλείεται στιγμιαίως. Καὶ ἀνοίγεται μὲν ἡ θυρὶς ἐφ' ὅσον ἡ ταινία παραμένει ἀκίνητος, ὁπότε φωτιζομένη ἰσχυρῶς ἐκ τῶν ὀπισθεν ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς τοῦ προβολέως προβάλλεται διὰ τοῦ φακοῦ αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ λευκοῦ πετάσματος, κλείε-

ται δὲ ἡ θυρίς ἐφ' ὅσον ἡ ταινία εὐρίσκεται ἐν κινήσει, ὁπότε ἔρχεται πρὸ τῆς θυρίδος ἡ ἀμέσως ἐπομένη εἰκὼν, ἥτις θέλει προβληθῇ ὅταν θὰ ἀνοίξῃ πάλιν ἡ θυρίς καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιοῦτοτρόπως αἱ διάφοροι εἰκόνες τῆς ταινίας διέρχονται διαδοχικῶς, ἡ μία μετὰ τὴν ἄλλην, πρὸ τῆς θυρίδος καὶ προβάλλονται ἐπὶ τοῦ πετάσματος, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς διατηρεῖ τὴν συνέχειαν τῶν προβαλλομένων εἰκόνων, ἔνεκα τῆς παραμονῆς τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων καὶ βλέπει τὴν μεταμόρφωσιν αὐτῶν.

Σημειώσεις. Διὰ τοῦ κινηματογράφου κατώρθωσεν ὁ ἄνθρωπος νὰ ἐξερευνήσῃ τὸ βάδισμα καὶ τὸ ἄλμα τοῦ ἵππου, τὴν πτῆσιν 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 μεγέθυνσιν τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, θὰ δυνηθῶμεν νὰ ἐξερευνήσωμεν τὰς κινήσεις τῶν μικροσκοπικῶν ὄντων. Σήμερον ὁ κινηματογράφος ἐφαρμόζεται εἰς τοὺς διαφόρους κλάδους τῆς διδασκαλίας.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΑΓΝΗΤΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΗΓΝΗΤΙΣΕΩΣ

139. Όρισμοί. Καλοῦνται **μαγνήται** σώματά τινα, ἔχοντα τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκωσι τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου καὶ ἄλλων μετάλλων, λ. χ. νικελίου, κοβαλτίου, μαγγανίου κ. λ. π. Ἡ ιδιότης αὕτη καλεῖται **μαγνητισμός** καὶ παρατηρήθη τὸ πρῶτον ἐπὶ τινος ὄρυκτοῦ τοῦ σιδήρου (μαγνητικὸν ὀξείδιον τοῦ σιδήρου).

140. Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνήται. — Οἱ μαγνήται διαίρουνται εἰς φυσικοὺς καὶ τεχνητοὺς. Οἱ **φυσικοὶ** μαγνήται ἅπαντῶσιν ἕιοιμοι ἐν τῇ φύσει καὶ τοιοῦτοι εἶναι τὸ μαγνητικὸν ὀξείδιον τοῦ σιδήρου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἀφθόνως ἐν τῇ φύσει καὶ ἰ ῶς ἐν τῇ Σουηδία καὶ Νορβηγία. Οἱ **τεχνητοὶ** μαγνήται κατασκευάζονται ἐκ χάλυβος διὰ καταλλήλων μεθόδων, τὸς ὁποίας κατωτέρω θὰ γνωρίσωμεν, καὶ ἔχουσιν ὅλας τὰς ιδιότητας τῶν φυσικῶν μαγνητῶν. Οἱ τεχνητοὶ μαγνήται εἶναι οἱ μόνοι χρησιμοποιούμενοι. Τεχνητὸς μαγνήτης εἶναι ἡ μαγνητικὴ βελόνη.

141. Πόλοι καὶ οὐδετέρη ζώνη. — **Πείραμα.** Ἐντὸς



Σχ. 111. Σχηματισμός θυσάνου ἐκ ῥινημάτων σιδήρου.

ῥινημάτων σιδήρου βυθίζομεν μαγνήτην, τὸν ὁποῖον κυλίομεν ἐντὸς αὐτῶν. Ἐὰν κατόπιν ἀνασύρωμεν τὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς μὲν τὰ ἄκρα αὐτοῦ προσκολ-

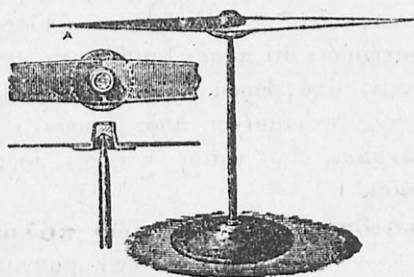
λῶνται πολλὰ ῥινήματα ἐν εἵδει θυσάνου (σχ. 111), ἐνῶ, καθόσον προχωροῦμεν πρὸς τὸ μέσον, ἡ ποσότης τῶν ῥινημάτων ἐλαττοῦται καὶ περὶ τὸ μέσον δὲν προσκολλῶνται τοιαῦτα.

Συμπέρασμα. Ὁ μαγνήτης δὲν ἔχει εἰς πάντα τὰ σημεῖα αὐτοῦ

τὴν αὐτὴν ἐλκτικὴν δύναμιν. Αὕτη εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰ ἄκρα τοῦ μαγνήτου καὶ βαίνει ἐλαττουμένη ἐκ τῶν ἄκρων πρὸς τὸ μέσον, ἔνθα οὐδεμία ἐλκτικὴ δύναμις ἐμφανίζεται.

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

142. Μαγνητικὴ βελόνη.—Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἶναι μαγνήτης τεχνητός, ἔχων σχῆμα στενοῦ, ἐπιμήκους καὶ λεπτοῦ ὅρι-



Σχ. 112. Μαγνητικὴ βελόνη.

βου (σχ. 112). Εἰς τὸ κέντρον βάρους αὐτῆς φέρει μικρὰν κοιλότητα, διὰ τῆς ὁποίας δύναται νὰ στηριχθῇ ἐπὶ κατακορύφου καὶ ὀξέος ἄξονος. Τοιοῦτοτρόπως ἡ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ὡς κινητὸς μαγνήτης.

143. Προσανατολισμὸς τῶν πόλων. Βόρειος καὶ νότιος πόλος.—**Πείραμα.** Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, τὴν ὁποίαν στηρίζομεν ἐπὶ κατακορύφου καὶ ὀξέος ἄξονος καὶ κατόπιν τὴν ἀφίνομεν ἐλευθέραν. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὕτη, μετὰ τινὰς ταλαντεύσεις, ἡρεμεῖ ἀφ' ἑαυτῆς καὶ λαμβάνει ὠρισμένην διεύθυνσιν πρὸς τὸν ὀρίζοντα, ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον περίπου. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, μετὰ τινὰς ταλαντεύσεις, ἐπανέρχεται εἰς αὐτὴν ἀφ' ἑαυτῆς. Ἐν τῇ θέσει τῆς ἡρεμίας τῆς βελόνης παρατη-

ροῦμεν ὅτι ὁ αὐτὸς πάντοτε πόλος στρέφεται πρὸς τὸ αὐτὸ σημεῖον τοῦ ὀριζήσαντος.

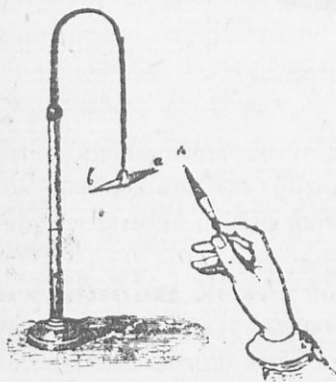
Συμπέρασμα. Οἱ πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης προσανατολίζονται ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον περίπου.

Τὴν αἰτίαν τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν πόλων θέλομεν ἶδει κατωτέρω.

Ὁ πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὁ διευθυνόμενος πάντοτε πρὸς βορρᾶν καλεῖται **βόρειος** ⁽¹⁾, ὁ δὲ διευθυνόμενος πάντοτε πρὸς νότον καλεῖται **νότιος**. Ἡ εὐθεῖα ἡ ἐνώνουσα τοὺς δύο πόλους μαγνητικῆς βελόνης καλεῖται **μαγνητικὸς ἄξων** αὐτῆς.

Ἐὰν λάβωμεν δύο ἢ καὶ περισσότερας μαγνητικὰς βελόνας καὶ στηρίξωμεν αὐτὰς ἐπὶ τραπέζης ἄλλ' εἰς τινὰ ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι πᾶσαι λαμβάνουσι μετὰ τὴν ἡρεμίαν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον περίπου. Οἱ πόλοι οἱ πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος ἐστραμμένοι, πρὸς βορρᾶν λ. χ., ἢ πρὸς νότον, λέγονται **ὁμώνυμοι**, οἱ δὲ νότιοι ἐν σχέσει πρὸς τοὺς βορείους, λέγονται **ἐτερόνυμοι**.

144. Ἀποδείξις ἐνέργειας τῶν πόλων. Πείραμα.



Σχ. 113. Ἐνέργεια τῶν πόλων.

Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, τὴν ὁποίαν στηρίζομεν ἐπὶ κατακορύφου καὶ ὀξέος ἄξονος, ἢ ἑξαοτῶμεν διὰ λεπτοῦ νήματος ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς, καὶ ἀφίνομεν νὰ ἡρεμήσῃ. Ἐὰν νῦν πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον Α εἰς τινὰ μαγνητικῆς βελόνης, τὴν ὁποίαν κρατοῦμεν εἰς τὴν χεῖρά μας, εἰς τὸν βόρειον πόλον α (σχ. 113), θέλομεν παρατηρήσει ζωηρὰν ἄπωσιν. Ἐὰν τοῦναντίον πλησιάσωμεν τὸν αὐτὸν βόρειον πόλον Α εἰς τὸν νότιον πό-

λον β τῆς μαγνητικῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ζωηρὰν ἑλξιν. Ὡσαύτως ὁ νότιος πόλος τῆς κρατουμένης βελόνης ἀπωθεῖ τὸν νότιον τῆς κινητῆς βελόνης καὶ ἑλκει τὸν βόρειον.

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

Συμπέρασμα. Οἱ ὁμώνυμοι πόλοι τῶν μαγνητῶν ἀπωθοῦνται, οἱ δὲ ἑτερόνυμοι ἔλκονται.

145. Μαγνητικὴ μᾶζα καὶ μονὰς αὐτῆς. Ἡ ποσό-
της τοῦ μαγνητισμοῦ ἢ ἡ μαγνητικὴ μᾶζα τῶν πόλων δύναται νὰ
καθορισθῇ *ὑπὸ τῶν δυνάμεων αἵτινες ἐξασκοῦνται* μεταξὺ αὐ-
τῶν. Δύο πόλοι μαγνητικοὶ λέγομεν ὅτι ἔχουσιν *ἴσας ποσότητες*
μαγνητισμοῦ ἢ ἴσας μαγνητικὰς μάζας, ἐὰν, τιθέμενοι εἰς τὴν αὐ-
τὴν ἀπόστασιν 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 μάζης
ἄλλου πόλου Π', ἐὰν ὁ πόλος Π ἔλκῃ ἢ ἀπωθῇ τρίτον τινὰ πόλον
μετὰ δυνάμεως διπλασίας ἢ τριπλασίας τῆς τοῦ ἄλλου Π', τῆς ἀπο-
στάσεως οὔσης πάνποτε 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 βο-
ρείου πόλου ὡς *θετικὴ* καὶ παρίσταται διὰ τοῦ σημείου +, ἡ δὲ
μαγνητικὴ μᾶζα τοῦ νοτίου πόλου ὡς *ἀρνητικὴ* καὶ παρίσταται
διὰ τοῦ σημείου —.

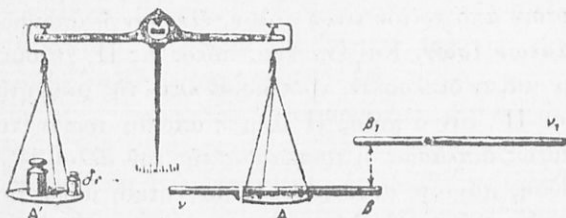
Πρὸς μέτρησιν τῶν μαγνητικῶν μαζῶν λαμβάνομεν ὁρισμένην
μαγνητικὴν μᾶζαν ὡς μονάδα καὶ πρὸς αὐτὴν συγκρίνομεν τὰς
ἄλλας. Ὡς μονὰς μαγνητικῆς μάζης ἐλήφθη εἰς τὸ σύστημα C.G.S.
ἡ μαγνητικὴ μᾶζα πόλου, ὅστις τιθέμενος εἰς ἀπόστασιν 1
ἐκατοστομέτρου ἀπὸ ἄλλον πόλον, ἔχοντα ἴσην μαγνητικὴν
μᾶζαν, ἀπωθεῖ τοῦτον μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1 δύννη.

146. Νόμοι τῶν μαγνητικῶν ἑλξεων καὶ ὤσεων.
Πειράματα. 1ον. Ἐπὶ τοῦ ἐνὸς δίσκου ζυγοῦ εὐπαθοῦς (') θέτομεν
μακρὰν μαγνητικὴν βελόνην νβ (σχ. 113α), τὴν ὁποίαν ἰσορροποῦ-
μεν διὰ σταθμῶν ἐπὶ τοῦ ἄλλου δίσκου. Ὑπεράνω ταύτης τοποθε-
τοῦμεν ὁμοίαν μαγνητικὴν βελόνην β₁ν, οὕτως, ὥστε οἱ βόρειοι πόλοι
β καὶ β₁ νὰ εὐρίσκωνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου. Ἐὰν ἡ με-
ταξὺ τῶν πόλων τούτων ἀπόστασις γίνῃ ὑρκούντως μικρά, ὁ πόλος
β ἀπωθεῖται, καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸν δίσκον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου
εὐρίσκεται ἡ βελόνη. Θέτοντες ἐπὶ τοῦ ἑτέρου δίσκου καὶ ἄλλα
σταθμὰ δ, ἐπαναφέρομεν τὴν φάλαγγα εἰς τὴν ὀρθικὴν θέσιν τῆς

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

ἰσορροπίας. Τὰ σταθμὰ ταῦτα παριστῶσι τὴν τιμὴν ἀπόσεως τοῦ πόλου β διὰ τὴν ἀπόστασιν θ π. χ.

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα μὲ ἑτέραν μαγνητικὴν βελόνην $\beta_2 \nu_2$ τῆς ὁποίας ὁ βόρειος πόλος νὰ ἔχη μαγνητικὴν μᾶζαν διπλασίαν τῆς βν. Θέτοντες τὸν βόρειον πόλον τῆς νέας βελόνης εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν θ καὶ μετροῦντες διὰ σταθμῶν τὴν τιμὴν τῆς ἀπόσεως, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ νέα σταθμὰ εἶναι διπλάσια τῶν δι.



Σχ. 113α. Πειραματικὴ ἀπόδειξις μαγνητικῶν νόμων.

Ἡ τιμὴ τῆς ἀπόσεως 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 $\beta_1 \nu_1$ θέτοντες τοὺς πόλους εἰς ἀπόστασιν 2 θ. εὐρίσκομεν τότε ὡς τιμὴν τῆς ἀπόσεως $\frac{\delta_1}{4}$ δηλ. ὑποτετραπλασίαν. Ἐὰν δὲ ἡ ἀπόστασις γίνῃ $\frac{\theta}{2}$ ἡ τιμὴ τῆς ἀπόσεως γίνεται $4\delta_1$, δηλαδή τετραπλασία.

Ἡ τιμὴ τῆς ἀπόσεως λοιπὸν ὑποτετραπλασιάζεται, ὅταν ἡ ἀπόστασις διπλασιασθῇ, καὶ τετραπλασιάζεται, ὅταν ἡ ἀπόστασις ὑποδιπλασιασθῇ. Ἐπομένως ἡ ἀπώσις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν πόλων. Ὅμοιαν σχέσιν εὐρίσκομεν καὶ ἐν τῇ περιπτώσει τῆς ἑλξεως.

Νόμοι. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων συνάγομεν τοὺς ἑξῆς νόμους τῶν μαγνητικῶν ἑλξεων καὶ ὤσεων.

Πρῶτος νόμος. Ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἀπώσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μαγνητικὴν μᾶζαν τῶν πόλων. Δηλ. ἐὰν ἡ μαγνητικὴ μᾶζα διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κλπ., ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἀπώσις διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ.

Δεύτερος Νόμος. Ἡ ἐλξις ἢ ἡ ἀπωσις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν πόλων. Ἀπλ. εἰναι ἡ ἀίστασις διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ, κλπ. ἢ ἐλξις ἢ ἡ ἀπωσις ὑποτετραπλασιάζεται, ὑποεννεαπλασιάζεται κ.λ.π.

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

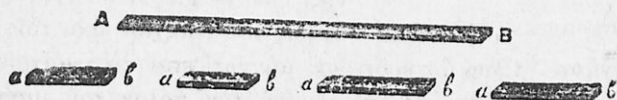
$$\Delta = + \frac{\mu \cdot \mu'}{a^2} \text{ δύνας } (^1)$$

ἐνθα Δ παριστᾷ τὴν δύναμιν (ἐλκτικὴν ἢ ὠστικὴν), μ καὶ μ' τὴν μαγνητικὴν μᾶζαν τῶν πόλων καὶ α τὴν ἀπόστασιν μεταξὺ αὐτῶν εἰς ἑκατοστομέτρα.

Παράδειγμα. Ἐστωσαν $\mu = + 3$, $\mu' = + 4$ καὶ $a = 2$. Τότε θὰ ἔχωμεν :

$$\Delta = \frac{3 \cdot 4}{2^2} = 3 \text{ δύνας.}$$

147. Θραύσις μαγνήτου. Πειράματα. 1ον. Μαγνητικὴν ῥάβδον ΑΒ (σχ. 114) θραύομεν κατὰ τὸ μέσον αὐτῆς εἰς δύο τμήματα. Ἐκαστον τμήμα παρουσιάζεται ὡς τέλειος μαγνήτης ἔχων τοὺς δύο ἐτερωνύμους πόλους εἰς τὰ ἄκρα του καὶ τὴν οὐδετέραν ζώνην.



Σχ. 114. Θραύσις μαγνήτου.

εἰς τὸ μέσον. Οὕτω κατὰ τὸ μέρος τῆς διαιρέσεως ἀναφαίνονται δύο νέοι καὶ ἀντίθετοι πόλοι. Ἐὰν δὲ ἕκαστον τμήμα θραύσωμεν ἐκ νέου εἰς δύο ἴσα μέρη ἀνευρίσκομεν ὅτι ἕκαστον μέρος εἶναι τέλειος μαγνήτης. Τὸ αὐτὸ θὰ ἐξακολουθῇ νὰ συμβαίνει ὅσονδήποτε καὶ ἂν προχωρήσωμεν διαιροῦντες τὰ προκύπτοντα τμήματα.

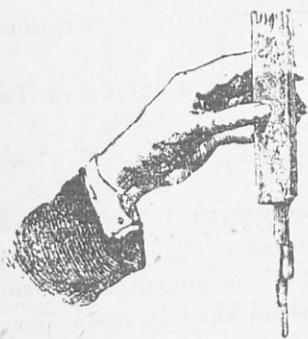
2ον. Ἀντιστρόφως, εἰναι φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰ ἄκρα τῶν παραχθέντων τεμαχίων διατηροῦντες τὴν σχετικὴν αὐτῶν θέσιν οὕτως, ὥστε νὰ ἀνασηματισθῇ ὁ ἀρχικὸς μαγνήτης, ἀνευρίσκομεν ὅτι οὗτος παρυσιάζει πάλιν δύο ἐτερωνύμους πόλους εἰς τὰ ἄκρα του. ἐνῷ εἰς τὰ μέρη τῆς ἐνώσεως δὲν παρατηρεῖται ἐλκτικὴ δύναμις.

Συμπεράσματα. 1ον. Οἱ πόλοι τῶν μαγνητῶν δὲν εἶναι δυνα-

(1) Τὸ σημεῖον + εἶναι ἐν περιπτώσει ἀπόσεως καὶ τὸ — ἐν περιπτώσει ἐλξεως.

τὸν νὰ ἀπομονωθῶσι. 2ον. Δύο ἀντίθετοι πόλοι τιθέμενοι εἰς ἐπαφήν ἐξουδετεροῦσιν ἀλλήλους καὶ 3ον. Ἐκαστος μαγνήτης εἶναι ἄθροισμα πολλῶν μικρῶν μαγνητῶν, οἵτινες ἔχουσι προσανατολισθῆ ὁμοιομόρφως.

148. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως.—Πείραμα. Τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου ἢ χάλυβος θέτομεν πλησίον μαγνήτου οὕτως, ὥστε τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ νὰ εὐρίσκεται ἀπλῶς πλησίον τοῦ ἐνὸς πόλου τοῦ μαγνήτου (σχ. 115). Ἀνευρίσκομεν τότε ὅτι τὸ τεμάχιον



τοῦτο καθίσταται μαγνήτης τέλειος, καὶ ἔλκει διὰ τοῦ ἐτέρου ἄκρου του ὀνύματα ἢ καὶ τεμάχια σιδήρου. Καὶ ἐὰν τὸ τεμάχιον εὐρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου λ. χ. πόλου τοῦ μαγνήτου, τὸ μὲν πλησιέστερον ἄκρον του γίνεται νότιος πόλος, τὸ δὲ ἁπώτερον ἄκρον βορείος πόλος, ὡς δυνάμεθα περὶ τούτου νὰ βεβαιωθῶμεν διὰ μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Ὅσοι δὲ μικροτέρα εἶναι ἡ ἀπό-

στασις τοῦ τεμαχίου ἀπὸ τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, τόσο ἰσχυρότερον μαγνητίζεται τὸ τεμάχιον, καὶ ὅταν τὸ τεμάχιον ἔλθῃ εἰς ἐπαφήν μὲ τὸν πόλον τοῦ μαγνήτου, τότε ἡ μαγνήτισις αὐτοῦ γίνεται μεγίστη.

Συμπέρασμα. Τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου ἢ χάλυβος μαγνητίζεται, ὅταν ἔλθῃ ἀπλῶς πλησίον εἴτε καὶ εἰς ἐπαφήν μὲ τὸν πόλον τοῦ μαγνήτου.

Ὁ τρόπος οὗτος τῆς μαγνητίσεως ἐξ ἀποστάσεως ἢ δι' ἐπαφῆς μετὰ μαγνήτου καλεῖται **μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως**. Διὰ τῆς τοιαύτης μαγνητίσεως δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν καὶ τὸν σχηματισμὸν τῶν ἐκ ὀνυμάτων σιδήρου θυσάνων ἐπὶ τῶν πόλων μαγνήτου.

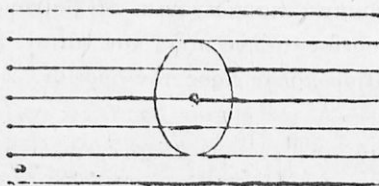
149. Μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου καὶ τοῦ χάλυβος.—Ἐὰν τὸ λαμβανόμενον τεμάχιον εἶναι μαλακὸς σίδηρος, ἡ μαγνήτισις διαρκεῖ ἔφ' ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ ἐπίδρασις τοῦ μαγνήτου, εὐθὺς ὅμως ὡς ἡ ἐπίδρασις αὕτη παύσῃ, ὁ μαλακὸς σίδηρος χάνει τὴν μαγνητικὴν του δύναμιν. Ἐὰν ὅμως τὸ τεμάχιον εἶναι χάλυψ, τοῦτο διατηρεῖ μέγα μέρος τῆς μαγνητικῆς του δυνάμεως

καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ μαγνήτου. Ἐνεκα τῆς ιδιότητος ταύτης τοῦ χάλυβος χρησιμοποιεῖται πάντοτε οὗτος καὶ μάλιστα βεβαυμένος πρὸς κατασκευὴν μονίμων μαγνητῶν.

Συμπέρασμα. Ὁ μὲν μαλακὸς σιδήρεος μαγνητίζεται προσκαίρως, ὁ δὲ χάλυψ μονίμως.

130. Μαγνητικὸν πεδίον μαγνήτου.—Πειράματα.

1ον. Ἐὰν τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τεθῇ πλησίον μαγνήτου καὶ εἰς οἵανδήποτε θέσιν περὶ αὐτοῦ, τοῦτο, καθὼς εἶδομεν, μεταβάλλε-



Σχ. 115α. Μαγνητικὴ ῥοή.

ται εἰς τέλειον μαγνήτην. Ἐὰν ὁ μαγνήτης ἀπομακρυνθῇ, τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου χάνει τὰς μαγνητικὰς του ιδιότητας.

2ον. Ἐὰν μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτή περὶ κατακόρυφον ἄξονα ἢ ἐξηρησμένη διὰ νήματος, τεθῇ πλησίον μαγνήτου, λαμβάνει ὠρισμένην διεύθυνσιν. Ἐὰν δὲ ἡ βελόνη τεθῇ εἰς ἄλλην θέσιν ὥς πρὸς τὸν μαγνήτην, ἡ διεύθυνσις αὐτῆς θέλει μεταβληθῇ. Ἡ παρουσία λοιπὸν τοῦ μαγνήτου προσέδωκεν εἰς τὸν περὶ αὐτοῦ χώρον ιδιότητας τὰς ὁποίας οὗτος δὲν εἶχε πρότερον.

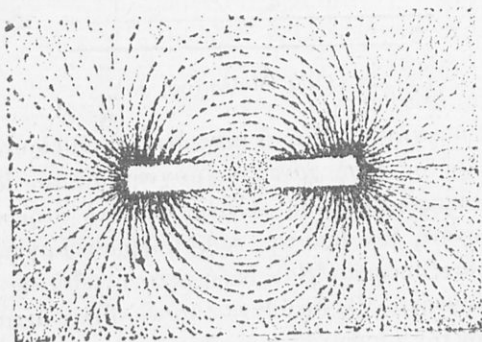
Συμπέρασμα. Περὶ ἐκάστου μαγνήτου ὑπάρχει χώρος τις ἐν τῷ τοῦ ὁποίου ἐξασκεῖται ἡ μαγνητικὴ αὐτοῦ ἐπίδρασις.

Ὁ χώρος οὗτος καλεῖται **μαγνητικὸν πεδίον** καὶ ἀναπτύσσεται περὶ παντὸς μαγνήτου. Θεωρητικῶς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐκτείνεται εἰς μεγάλην ἀπὸ τοῦ μαγνήτου ἀπόστασιν, πρακτικῶς ὁμως τοῦτο περιορίζεται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν, ἣτις ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μαγνητικῆς δυνάμεως τοῦ μαγνήτου. Ἡ ὑπαρξίς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καταφαίνεται ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

131. Μαγνητικὸν φῶμα.—Πείραμα. Μαγνητισμένην ῥάβδον θέτομεν ἐπὶ τραπέζης καὶ καλύπτομεν διὰ λευκοῦ καὶ λεπτοῦ χαρτονίου. Ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ῥίπτομεν διὰ κοσκίνου λεπτὰ ὀνύματα σιδήρου καὶ κατόπιν δίδομεν εἰς αὐτὸ ἐλαφρὰ κτυπήματα

διὰ τοῦ δακτύλου μας. Τὰ ὁινήματα ἀναπηδῶντα πίπτουσι καὶ τοποθετοῦνται ἀφ' ἑαυτῶν ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου εἰς καμπύλας συμμετρικάς, αἵτινες ἄρχονται ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸν ἕτερον (σχ. 116). Συγχρόνως ἐπὶ τοῦ χαρτονίου διαγράφεται καὶ ὁ κάτωθεν μαγνήτης. Τὸ οὕτω διὰ τῶν ὁινημάτων τοῦ σιδήρου σχηματιζόμενον σχῆμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ συμμετρικαὶ καμπύλαι, καθ' ἃς τοποθετοῦνται τὰ ὁινήματα, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαὶ**.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ παραδέχονται ὅτι βαίνουσιν ἐκτὸς τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου πρὸς τὸν νότιον, ἐντὸς δὲ τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τοῦ νοτίου πόλου πρὸς τὸν βόρειον.



Σχ. 116. Τρόπος σχηματισμοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Ἐκαστον τεμαχίδιον τῶν ὁινημάτων, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου μεταβάλλεται εἰς μικροτάτην μαγνητικὴν βελόνην καὶ προσανατολίζεται οὕτως, ὥστε ἡ μεγαλύτερα αὐτοῦ διάμετρος νὰ λάβῃ αὐτὴν ταύτην τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως τὴν ὁποίαν ὁ μαγνήτης ἐκσχεῖ ἐπ' αὐτοῦ.

Συμπέρασμα. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα δεικνύει ὅτι περίε τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει πράγματι μαγνητικὸν πεδίον, ἥτοι χώρος ἐν τῷ ὁποίῳ ἐκδηλοῦται ἡ δύναμις τοῦ μαγνήτου.

131α. Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου.— Θεωρήσωμεν οἷονδῆποτε μαγνητικὸν πεδίον, καὶ ἔστω Α σημείον τι αὐτοῦ. Εἰς

τὸ σημεῖον τοῦτο ὑποθέσωμεν ὅτι εὑρίσκεται βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ἔχων μᾶζαν ἴσην πρὸς 1. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἔξασκει ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς ταύτης μᾶζης δυνάμιν τινα, τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐν τῷ σημείῳ αὐτοῦ Α.

Ὁρισμός. Καλεῖται **ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου** εἷς τι σημεῖον αὐτοῦ Α, ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως, ἥτις θὰ ἐξησκειτο ἐπὶ βορείου μαγνητικοῦ πόλου, ἔχοντος μᾶζαν, ἴσην πρὸς 1 καὶ εὐρισκομένου εἰς τὸ σημεῖον Α.

Ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως ταύτης εἶναι καὶ ἡ διεύθυνσις τοῦ πεδίου.

Ὡς μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου λαμβάνεται ἡ καλουμένη Gauss (¹), ἥτις εἶναι ἡ ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπὶ βορείου μαγνητικοῦ πόλου ἔχοντος μᾶζαν ἴσην πρὸς 1 ἔξασκει δύναμιν ἴσην πρὸς μίαν δύνην.

Ἐὰν μ εἶναι μᾶζα μαγνητικοῦ πόλου, εὐρισκομένου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἐν σημείῳ ὅπου ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι φ, ἡ δύναμις Δ ἡ ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ πόλου παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου

$$\Delta = \mu \cdot \varphi \text{ δύνας.}$$

Ἐὰν ὁ πόλος εἶναι νότιος, θὰ ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ δύναμις ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν προηγουμένην.

Μαγνητικὸν τι πεδίον καλεῖται **ὁμοιόμορφον** ἢ **ὁμαλόν**, ὅταν ἡ ἔντ. σὺς του εἶναι σταθερὰ κατ' ἔντασιν καὶ διεύθυνσιν εἰς πάντα τὰ σημεία αὐτοῦ. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι.

151β. Μαγνητικὴ ῥοή.— Θεωρήσωμεν μαγνητικὸν πεδίον ὁμαλὸν καὶ ἐπιφάνειαν (σχ. 115α) ἐντὸς αὐτοῦ κάθετον ἐπὶ τὸς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Ἐὰν φ εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου τούτου καὶ Ε ἡ ἔκτασις τῆς ἐπιφανείας, τὸ γινόμενον Ε φ καλεῖται **μαγνητικὴ ῥοή**, δηλαδή:

μαγνητικὴ ῥοή = ἔντασις πεδίου × ἐπιφάνειαν.

152. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.— Ἐκ τοῦ προσανατολισμοῦ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἥτις εἶναι ἐστηριγμένη ἐπὶ κατακορύφου ἄξονος, ἡ ἐξηρητημένη διὰ νήματος ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς, συνάγομεν ὅτι περίε τῆς γῆς ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν

(1) Gauss (1777—1855), Γερμανὸς ἀστρονόμος καὶ μαθηματικός.

πεδίου. Τὸ πεδίου τοῦτο καλεῖται *γῆινον μαγνητικὸν πεδίου*. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἔντασις αὐτοῦ εἶναι λίαν ἀσθενής, διὰ τοῦτο ἀποβαίνει δυσχερὴς ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

153. Διευθυντηρίᾳ ἐνέργειᾳ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου. Πειράματα. 1ον. Εἶδομεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ λαμβάνει ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου διεύθυνσιν ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον περίπου.

2ον. Ῥάβδος χαλυβδίνη, ζυγίζομένη πρὸ τῆς μαγνητίσεως καὶ μετ' αὐτὴν παρουσιάζει τὸ αὐτὸ βάρος.

3ον. Ἐπὶ τῆς ἡρεμούσης ἐπιφανείας ὕδατος ἐντὸς λεκάνης, θέτομεν τεμάχιον φελλοῦ καὶ ἐπὶ τούτου μαγνητικὴν βελὸνὴν ἐλευθέραν. Παρατηροῦμεν, ὅταν ἀφήσωμεν τὴν μαγνητικὴν βελὸνὴν ἐλευθέραν, ὅτι αὕτη ἀπλῶς προσανατολίζεται ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον, στρεφομένη μετὰ τοῦ φελλοῦ, χωρὶς ὅμως καὶ νὰ μετατοπίζεται οὔτε πρὸς βορρᾶν οὔτε πρὸς νότον.

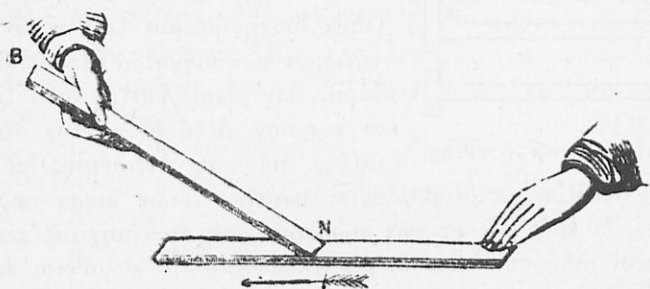
Συμπέρασμα. Ἡ ἐνέργεια τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου δὲν εἶναι ἐκτοπιστικὴ οὔτε ὀριζοντίως οὔτε κατακορύφως, ἀλλ' εἶναι καθαρῶς διευθυντηρία.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι παράλληλοι καὶ διευθύνονται ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον.

154. Αἵτις τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου. Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου παρομοίασαν κατ' ἀρχὰς τὴν γῆν μὲ πελώριον μαγνήτην, τοῦ ὁποίου οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πλησίον τῶν γεωγραφικῶν πόλων, ἀλλὰ δὲν ταυτίζονται μετ' αὐτῶν. Ἡ ὑπόθεσις ὅμως αὕτη βραδύτερον ἐγκαταλειφθεῖσα ἀντικατεστάθη ὑπὸ ἄλλης, καθ' ἣν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς κυκλοφοροῦσιν ἠλεκτρικὰ ρεύματα βαίνοντα ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμᾶς. Τούτων τὴν αἰτίαν ἀπέδωκαν εἰς τὸν ἥλιον, ὅστις καθὼς παρεδέχθησαν ἐσχάτως ἐκπέμπει ἢτε καθοδικὰς ἀκτῖνας, ἢτε ἠλεκτρομαγνητικὰς κυμάνσεις, εἴτε καὶ ἀμφοτέρω.

155. Κατασκευὴ μαγνητῶν. Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν μαγνήτην μόνιμον τῇ βοηθείᾳ ἐνὸς μόνον μαγνήτου, ἐργαζόμεθα ὥς ἑξῆς. Λαμβάνομεν ῥάβδον ἐκ χάλυβος βεβαμμένου, τὴν ὁποίαν θέτομεν ἐπὶ τραπέζης καὶ ἔπειτα προστρίβομεν τὸ ἐν ἡμῖς αὐτῆς διὰ τοῦ ἐνὸς τῶν πόλων, λ. χ. τοῦ νοτίου N, τοῦ μαγνήτου (σχ. 117), ἀπὸ τοῦ μέσου μέχρι τοῦ ἐνὸς ἄκρου αὐτοῦ. Τὸν μαγνήτην κρατοῦμεν πλαγίως καὶ

ἀναστροφήμεν αὐτόν, ὅταν ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ ἄκρου τῆς ῥάβδου. Ἐπαναφέροντες δὲ τὸν αὐτὸν πόλον τοῦ μαγνήτου ἐπὶ τοῦ μέσου τῆς ῥάβδου, ἐπαναλαμβάνομεν πολλάκις τὰς αὐτὰς προστριβάς. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον προστριβομεν καὶ τὸ ἕτερον ἡμῖς τῆς ῥάβδου ἀλλὰ διὰ τοῦ ἑτέρου πόλου τοῦ μαγνήτου. Τοιοῦτοτρόπως ἡ ῥάβδος μαγνητίζεται, καὶ τὸ



Σχ. 117. Κατασκευή μαγνήτου δι' ἑνὸς μαγνήτου.

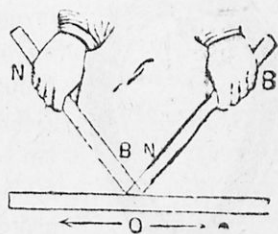
μὲν ἄκρον τὸ προστριβέν διὰ τοῦ νοτίου πόλου τοῦ μαγνήτου γίνεται βόρειος πόλος, τὸ δὲ προστριβέν διὰ τοῦ βορείου πόλου γίνεται νότιος.

Ἐὰν δὲ ἔχωμεν δύο μαγνήτας ἰσοδυνάμους, προστριβομεν συγχρόνως καὶ ἐπανειλημμένως τὰ δύο ἡμίση τῆς ῥάβδου διὰ τῶν ἑτερονόμων πόλων τῶν δύο μαγνητῶν, καθ' ὃν τρόπον καὶ διὰ τοῦ ἑνὸς μόνον μαγνήτου (σχ. 118).

Ἀλλὰ καὶ ἀπλῇ ἐπαφῇ τῶν ἄκρων τῆς χαλυβδίνης ῥάβδου μετὰ τῶν δύο πόλων τοῦ μαγνήτου ἀρκεῖ ὅπως ἡ ῥάβδος μαγνητισθῇ. Κατὰ τὴν στοιχειώδη ταύτην μέθοδον κατασκευάζοντο αἱ μαγνητικαὶ βελόναι τῶν πυξίδων κατὰ τὸν 12ον αἰῶνα. Ἀλλὰ ταχέως κατεννοήθη ὅτι ἡ μαγνήτισις ἐνισχύεται κατὰ πολὺ διὰ τῆς τριβῆς.

Σήμερον αἱ βελόναι τῶν πυξίδων καὶ οἱ ἄλλοι τεχνητοὶ μαγνήται κατασκευάζονται διὰ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ περὶ ἑαυτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

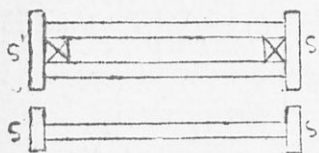
136. Σχήμα μαγνητῶν. Οἱ μαγνήται ἔχουσι συνήθως σχῆμα ἐπιμήκους καὶ πεπλατυσμένου πρίσματος, καὶ καλοῦνται *εὐθδεῖς* (σχ. 119). Πολλάκις ὅμως εἰς τοὺς μαγνήτας δίδουσι τὸ σχῆμα ἱππείου



Σχ. 118. Κατασκευή μαγνήτου διὰ δύο μαγνητῶν.

πετάλων. Οὗτοι καλοῦνται **πεταλοειδεῖς** (σχ. 120), ὁπότε οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πλησίον ἀλλήλων καὶ δύνανται νὰ ἐνεργῶσι ταυτοχρόνως.

137. Διατήρησις μαγνητῶν. Ὀπλισμός.



Σχ. 119. Μαγνήται εἰθεῖς.

τηρηθῇ, ὅτι ὁ μαγνήτης, ἐὰν ἀφεθῇ καθ' ἑαυτόν, τείνει νὰ ἀπομαγνητισθῇ. Ὅπως διατηρήσωμεν λοιπὸν τὸν μαγνητισμὸν τῶν μαγνητῶν τοποθετοῦμεν αὐτούς, ἐὰν εἶναι εἰθεῖς, κατὰ ζεύγη καὶ πλησίον ἀλλήλων, ἐντὸς θήκης ξυλίνης, μὲ τοὺς ἀντιθέτους πόλους ἀπέναντι ἀλλήλων, παρεμβάλλοντες μεταξὺ αὐτῶν μικρὰ τεμάχια ξύλου, εἰς δὲ τοὺς πόλους τῶν προσαρμόζομεν δύο παχείας πλάκας ἐκ μαλακοῦ σιδήρου **σ'** (σχ. 119). Αἱ πλάκες αὗται καλοῦνται **ὄπλισμοί**, καὶ ἔχουσι σκοπὸν ὃχι μόνον νὰ μὴ ἀφίνωσι νὰ ἐλαττοῦται ἡ



Σχ. 120. Πεταλοειδῆς μαγν. Μαγνητικὴ δέσμη.

ὑπαρξῖν δύο ἁβαρῶν μαγνητικῶν ῥευστῶν, ἅτινα ἐκαλοῦντο τὸ μὲν **βόρειον** τὸ δὲ **νότιον**. Ἐκάτερον τῶν ῥευστῶν τούτων ἐνήργει ἀπωστικῶς μὲν ἐφ' ἑαυτοῦ, ἐλκτικῶς δὲ ἐπὶ τοῦ ἑτέρου, καὶ συνεννοούμενα παρῆγον τὸ **οὐδέτερον μαγνητικὸν ῥεῦ-**

μαγνητισμὸν τῶν μαγνητῶν τοποθετοῦμεν αὐτούς, ἐὰν εἶναι εἰθεῖς, κατὰ ζεύγη καὶ πλησίον ἀλλήλων, ἐντὸς θήκης ξυλίνης, μὲ τοὺς ἀντιθέτους πόλους

μαγνητικῇ δυνάμει τῶν μαγνητῶν, ἀλλὰ καὶ νὰ ἀδξάνωσι διαρκῶς αὐτὴν μέχρι οὐρίου. Ἐν δὲ οἱ μαγνήται εἶναι πεταλοειδεῖς, προσαρμόζομεν ἀπλῶς εἰς τοὺς πόλους αὐτῶν ὄπλισμούς.

138. Μαγνητικὰ δέσματα.

Μαγνήται ἰσχυρότατοι κατασκευάζονται οὐχὶ ἐκ μιᾶς συμπαγοῦς καὶ χονδρᾶς χαλυβδίνης ῥάβδου, ἀλλ' ἐκ δέσμης πολλῶν καὶ λεπτῶν ἐλασμάτων ἐκ χάλυβος, ἅτινα, ἀφοῦ ἐμαγνητίσθησαν κατ' ἰδίαν καὶ ἐφηρμόσθησαν ἐπ' ἀλλήλων οὕτως, ὥστε οἱ ὁμώνυμοι πόλοι νὰ εὐρίσκωνται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος, ἐκάμφθησαν ἔπειτα ἐν σχήματι ἱππείου πετάλου. Οἱ οὕτω πῶς κατασκευαζόμενοι μαγνήται καλοῦνται **μαγνητικὰ δέσματα** (σχ. 120).

139. Θεωρεῖται περὶ μαγνητισμοῦ.

Πρὸς ἐξήγησιν τῶν μαγνητικῶν φαινομένων ἰδρύθη τὸ πρῶτον ἡ **ὑπόθεσις τῶν μαγνητικῶν ῥευστῶν**. Κατ' αὐτὴν παρεδέχθησαν τὴν

σπόν. Πρὸ τῆς μαγνητίσεως τοῦ χάλυβος τὰ ῥευστὰ ταῦτα ἦσαν συνηνωμένα εἰς οὐδέτερον μαγνητικὸν ῥευστὸν περὶ ἕκαστον μόνιον τοῦ χάλυβος. Ὅταν ὁμως ἐπὶ τοῦ οὐδετέρου ῥευστοῦ ἐνεργήσῃ ἐξωτερικῶς μαγνήτης, τὰ δύο μαγνητικὰ ῥευστὰ ἀποχωρίζονται καὶ προσανατολίζονται περὶ ἕκαστον μόνιον τῆς ῥάβδου.

Ἄλλ' ἡ ὑπόθεσις αὕτη τῶν μαγνητικῶν ῥευστῶν, σήμερον ἱστορικὸν μόνον ἐνδιαφέρον παρουσιάζει. Ἀντ' αὐτῆς παραδέχονται τὴν **θεωρίαν τοῦ Ampère**, ἣτις στηρίζεται ἐπὶ τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἠλεκτρικῶν ῥευμάτων, καὶ τὴν ὁποίαν κατωτέρω θέλομεν περιγράψαι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'.

ΑΠΟΚΛΙΣΙΣ ΚΑΙ ΕΓΚΛΙΣΙΣ

160 Ἀπόκλισις.— Καλεῖται **ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ** τόπου τινὸς τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ μαγνητικοῦ ἄξονος τῆς μαγνητικῆς βελόνης. **Γωνία ἀποκλίσεως** ἢ ἀπλῶς **ἀπόκλισις** ἐν 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.

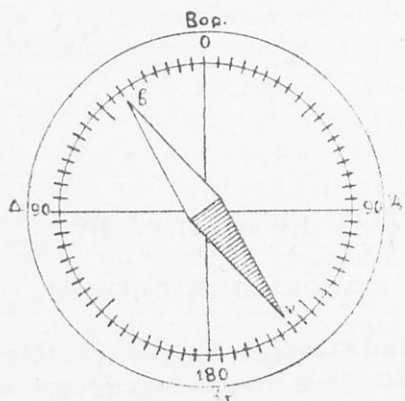
161. Προσδιορισμὸς τῆς ἀποκλίσεως. Πρὸς προσδιορισμὸν τῆς ἀποκλίσεως ἐν τινι τόπῳ, γίνεται χρῆσις ὀργάνου, ὃπερ καλεῖται **πυξίς ἀποκλίσεως**. (σχ. 121).

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ μαγνητικῆς βελόνης βν, ἣτις στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἐστερεωμένον καθέτως εἰς τὸ κέντρον ὀριζοντίου ὀρειχαλκίνου δίσκου.

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

Β) Τρόπος χρήσεως. Κατὰ πρῶτον προσδιορίζομεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου, οὗτινος ζητεῖται

ἢ ἀπόκλισις. Τοποθετοῦμεν κατόπιν τὴν πυξίδα ὁριζοντίως, καὶ στρέφωμεν αὐτὴν οὕτως, ὥστε ἡ διάμετρος 0—180 τοῦ ὑποδιηρημένου δίσκου νὰ ταυτισθῇ μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, τοῦ ὁ ἐστραμμένου πρὸς βορρᾶν. Ἡ μαγνητικὴ βελὼνὴ λαμβάνει μετὰ τὴν ἡρεμίαν αὐτῆς ὁρισμένην διεύθυνσιν. Ἡ γωνία δὲ τὴν ὁποίαν τότε σχηματίζει μετὰ τῆς διαμέτρου 0—180 τοῦ δίσκου εἶναι ἡ ζη-



Σχ. 121. Πυξὶς ἀποκλίσεως.

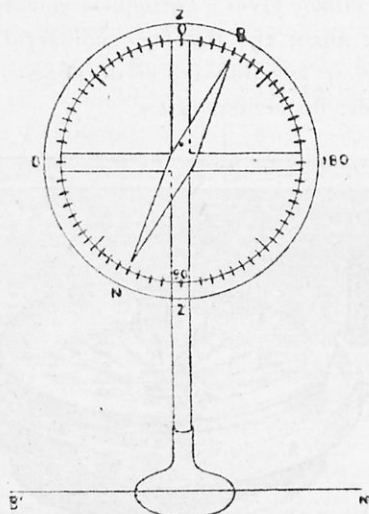
τουμένη γωνία τῆς ἀποκλίσεως. Καὶ ἐὰν μὲν ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελὼνης εὐρίσκεται πρὸς ἀνατολὰς τῆς διαμέτρου 0—180, ἡ ἀπόκλισις θὰ εἶναι ἀνατολική, ἐὰν δὲ εὐρίσκεται πρὸς δυσμὰς, ἡ ἀπόκλισις θὰ εἶναι δυτικὴ.

Ἡ ἀπόκλισις ἐν Ἀθήναις εἶναι δυτικὴ, ἡ δὲ τιμὴ αὐτῆς, κατὰ τὸ 1912, ἦτο 4° καὶ $30'$.

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 Ἀμερικὴν. Ἀλλὰ καὶ εἰς ἓνα καὶ τὸν αὐτὸν τόπον ἡ ἀπόκλισις δὲν μένει σταθερά, ἀλλὰ παρουσιάζει σὺν τῷ χρόνῳ πολλὰς μεταβολάς. Ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλαι μὲν εἶναι κανονικαί, ἔχουσαι περίοδον εἴτε ἐνὸς αἰῶνος (αἰῶνιαι), εἴτε ἐνὸς ἔτους (ἐτήσιαι), εἴτε μιᾶς ἡμέρας (ἡμερήσιαι), 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 διαφόρων φαινομένων, ὅπως εἶναι τὸ βόρειον σέλος, αἱ ἠφαίστειοι ἐκρήξεις καὶ οἱ σεισμοί.

162. "Εγκλίσις. Καλεῖται *γωνία ἐγκλίσεως*, ἢ ἀπλῶς *ἐγκλίσις* τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐν τινι τόπῳ, ἡ γωνία τὴν ὁποίαν



Σχ. 122. Πυξὶς ἐγκλίσεως.

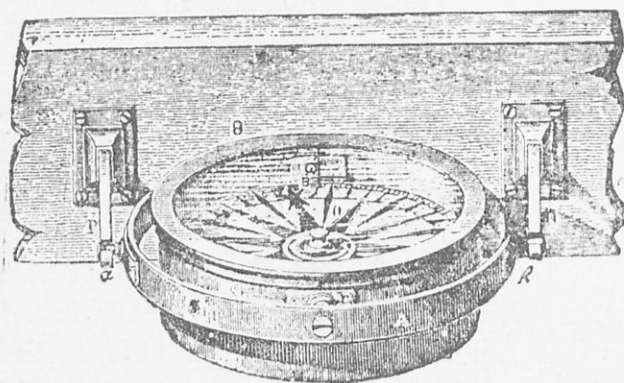
σχηματίζει ὁ μαγνητικὸς ἄξων αὐτῆς μετὰ τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ ἐγκλίσις εἶναι βόρεια, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται ὑποκάτω τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἢ νοτία καθ' ὅσον ἐκτρέπεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος ὁ νότιος.

163. Προσδιορισμὸς τῆς ἐγκλίσεως. Πρὸς προσδιορισμὸν τῆς γωνίας ἐγκλίσεως ἐν τινι τόπῳ, γίνεται χρῆσις ὀργάνου, ὅπερ καλεῖται *πυξὶς ἐγκλίσεως* (σχ. 122).

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ μαγνητικῆς βελόνης BN, ἥτις στρέφεται ἐλευθέρως περὶ ὁριζόντιον ἄξονα, ἐστερεωμένον καθέτως εἰς τὸ κέντρον κατακορύφου ὀρειχαλκίνου δίσκου. Ἡ περιφέρεια τοῦ δίσκου εἶναι ὑποδιηρημένη εἰς μοίρας, ἐνώπιον τῶν ὁποίων κινοῦνται οἱ πόλοι τῆς βελόνης.

Β) Τρόπος χρήσεως. Κατὰ πρῶτον τοποθετοῦμεν τὴν πυξίδα κατακορύφως, καὶ κατόπιν στρέφομεν αὐτὴν οὕτως, ὥστε τὸ ἐπί-

πεδον τοῦ δίσκου νὰ εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ Β'Ν', ὅπερ κατορθοῦται τῇ βοηθείᾳ ἄλλης μαγνητικῆς βελόνης, ἡ δὲ διάμετρος 0—180 νὰ εἶναι ὁριζοντία. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη λαμβάνει μετὰ τὴν ἡρεμίαν αὐτῆς ὁρισμένην κλίσιν. Ἡ γωνία δὲ τὴν ὁποίαν τότε σχηματίζει μετὰ τῆς ὁριζοντίας διαμέτρου 0—180 τοῦ δίσκου εἶναι ἡ ζητούμενη γωνία τῆς ἐγκλίσεως. Καὶ ἐὰν μὲν ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης εὐρίσκεται ὑποκάτω τῆς ὁριζοντίας διαμέτρου, ἡ ἐγκλισις θὰ εἶναι βορρεία, ἐὰν δὲ εὐρίσκεται ὁ νότιος, ἡ ἐγκλισις θὰ εἶναι νοτία.



Σχ. 123. Ναυτικὴ πυξίς.

Ἡ ἐγκλισις ἐν Ἀθήναις εἶχε τιμὴν, κατὰ τὸ 1912, 52° περίπου.

Ἡ ἐγκλισις μεταβάλλεται ἀπὸ τόπον εἰς τόπον. Ἀλλὰ καὶ εἰς ἓνα καὶ τὸν αὐτὸν τόπον ἡ ἐγκλισις δὲν μένει σταθερά, ἀλλὰ παρῶν σιάζει σὺν τῷ χρόνῳ πολλὰς μεταβολάς, ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλαι εἶναι κανονικαὶ (αἰῶναι, ἐτήσιαι, ἡμερήσιαι), ἄλλαι δὲ εἶναι ἀνώμαλοι καὶ αἰφνίδιοι (διαταράξεις), ὀφειλόμεναι εἰς τὰς αὐτὰς αἰτίας εἰς τὰς ὁποίας καὶ αἱ διαταράξεις τῆς γωνίας ἀποκλίσεως.

164. Ναυτικὴ πυξίς. Ἡ ναυτικὴ πυξίς (σχ. 123) εἶναι πυξίς ἀποκλίσεως καὶ χρησιμοποιεῖται ὑπὸ τῶν ναυτιλλομένων, ὅπως δι' αὐτῆς κανονίζωσι τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως τῶν πλοίων.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ κυλινδρικοῦ χαλκίνης θήκης, ἣτις ἐρματίζεται ἐν τῷ πυθμένι διὰ μολύβδου καὶ ἐξαορτᾶται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ πυξίς διατηρεῖται ὁριζοντία καὶ ὅταν ἀκόμη

τὸ πλοῖον εὐρίσκεται ἐν σάλῳ. Εἰς τὸν πυθμένα τῆς θήκης στερεώ-
νεται κατακόρυφως ἄξων, ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται ἡ μαγνητικὴ
βελόνη. Εἰς τῆς μαγνητικῆς βελόνης προσκολλᾶται ἐλαφρότατος δι-
σκος ἐκ μαρμαρυγίου, ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ ὁποίου χαράσσονται
αἱ μοῖραι καὶ αἱ 32 διευθύνσεις τῶν ἀνέμων. Ὁ δίσκος οὗτος ὀνο-
μάζεται **ἀνεμολόγιον**. Μία τῶν διευθύνσεων τούτων Β, φέρουσα
βέλος ἢ ἀστερίσκον, δεικνύει τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Ἐπὶ τῶν
ἐσωτερικῶν τοιχωμάτων τῆς θήκης χαράσσεται γραμμὴ συμπίπτουσα
μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς τροπίδος τοῦ πλοίου. Ἡ γραμμὴ αὕτη καλεῖται
γραμμὴ πίστεως. Τοποθετεῖται δὲ ἡ πυξὶς εἰς τὸ μεσαῖον μέρος
τοῦ πλοίου ἐνώπιον τοῦ πηδαλιούχου.

Β) Χρησις. Κατὰ πρῶτον ὁ πλοίαρχος χαράσσει ἐπὶ ναυτικοῦ
τινος χάρτου τὴν καλουμένην **γωνίαν τῆς πλεύσεως**, ἥτοι τὴν γω-
νίαν, τὴν ὁποίαν ἡ μαγνητικὴ βελόνη ὀφείλει νὰ σχηματίσῃ διαρκῶς
μετὰ τῆς γραμμῆς πίστεως. Τὴν γωνίαν ταύτην δίδει εἰς τὸν πηδα-
λιούχον, ὅστις στρέφει τὸ πηδάλιον ἕως ὅτου ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνε-
μολογίου, ἡ φέρουσα τὸ βέλος, σχηματίσῃ μετὰ τῆς γραμμῆς πίστεως
τὴν προσδιορισθεῖσαν γωνίαν, ἣτις δέον νὰ τηρῇται ἀμετάβλητος
καθ' ὅλον τὸν πλοῖον.

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

168. Πυξίδες κοιναί. Αἱ κοιναί ἢ αἱ χωρομετρικαὶ πυ-
ξίδες χρησιμεύουσι 1ον) διὰ νὰ ἀνευρίσκωμεν εὐκόλως τὴν διεύθυν-
σιν τοῦ βορρᾶ ἐν τινι τόπῳ, οὗτινος γνωρίζομεν τὴν γωνίαν ἀπο-
κλίσεως καὶ 2ον) διὰ νὰ κανονίζωμεν τὴν διεύθυνσιν ἡμῶν ἐν τινι
τόπῳ. Ἀποτελοῦνται ἐκ μαγνητικῆς βελόνης, ἣτις στρέφεται ἐλευθέ-
ρως ἐν ὀριζοντίῳ ἐπιπέδῳ περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ὅστις στερεώ-
νεται καθέτως εἰς τὸ κέντρον ὀριζοντίου κύκλου, οὗτινος ἡ περιφέ-
ρεια εἶναι βεβαθμολογημένη.

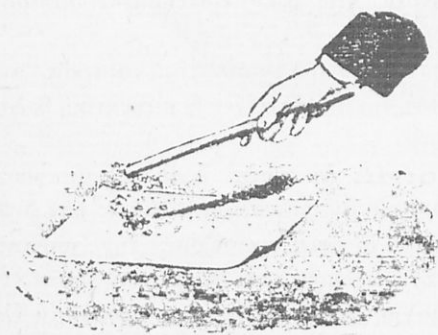
ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΓΕΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

166. Όροιμοί.— Ἀπὸ τῆς ἀρχαιότητος εἶχε παρατηρηθῆναι ὅτι τὸ ἡλεκτρον (κ. κεχοιμπάρι) προστριβόμενον διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος, ἢ διὰ δέρματος γαλῆς, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἑλαφρά τινα σώματα, π.χ. μικρὰ τεμάχια χάρτου, τρίχας, προιονίδια κ.λ.π. Βραδύτερον παρατηρήθη ὅτι καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα,



Σχ. 124. Ἀνάπτυξις ἡλεκτρισμοῦ.

ὥς ὁ ἰσπανικὸς κηρός, ὁ ἐβονίτης (σχ. 124), ἡ ῥαλος, τὸ θεῖον, ἡ ῥητίνη, ἡ μέταξα κλπ. δύνανται ἐπίσης νὰ ἀποκτιῶσι τὴν ἰδίαν ιδιότητα διὰ τῆς προστριβῆς. Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου τούτου παρεδέχθησαν, ὅτι διὰ τῆς προστριβῆς ἀναπτύσσε-

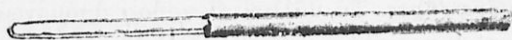
ται ἐπὶ τῶν σωμάτων δύναμις τις, ἣτις ἐκλήθη **ἡλεκτρισμός**.⁽¹⁾ Τὰ ἔλκοντα σώματα λέγονται **ἡλεκτρισμένα**, ὁ δὲ τρόπος οὗτος τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων λέγεται **ἡλέκτρισις διὰ τριβῆς**.

167. Στατικὸς καὶ δυναμικὸς ἡλεκτρισμός.—Τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα διαιροῦνται συνήθως εἰς φαινόμενα τοῦ **στατι-**

(1) Ἡ πρώτη τοιαύτη παρατήρησις ἀποδίδεται εἰς τὸν Θαλῆν τὸν Μιλήσιον (640 π. Χ.) καὶ ἐγένετο ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροῦ (ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα ἡλεκτρισμός).

κοῦ ἡλεκτρισμοῦ καὶ εἰς φαινόμενα **δυναμικοῦ ἡλεκτρισμοῦ**. Εἰς τὴν **πρώτην κατηγορίαν ὑπάγονται** τὰ φαινόμενα, ἅτινα παράγει ὁ ἡλεκτρισμός, εὐρισκόμενος ἐν στάσει (ἡρεμία, ἰσορροπία), ἐπὶ τῶν σωμάτων, εἰς δὲ τὴν δευτέραν κατηγορίαν ὑπάγονται τὰ φαινόμενα, ἅτινα παράγει ὁ ἡλεκτρισμός, εὐρισκόμενος ἐν κινήσει, ἐπὶ τῶν σωμάτων.

168.—Εὐηλεκτροαγωγὰ καὶ δυσηλεκτροαγωγὰ σώματα.— Πειράματα. 1ον. Ῥάβδον σιδηρᾶν κρατοῦμεν ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρός μας καὶ τὴν προστριβόμεν διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος. Παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη δὲν δύναται νὰ ἐλκύσῃ ἐλαφρὰ σώματα καὶ ἐπομένως δὲν ἡλεκτρίσθῃ. Ἐν τούτοις ἡ ῥάβδος ἡλεκτρίσθῃ, ἀλλ' ὁ ἡλεκτρισμός διὰ τοῦ σώματός μας διωχθεύθη ὁλόκληρος εἰς τὴν Γῆν καὶ διεχύθῃ ἐντὸς αὐτῆς. Ὅμοιον φαινόμενον παρατηροῦμεν εἰς οἵανδήποτε μεταλλίνην ῥάβδον.



Σχ. 125. Μεταλλίνη ῥάβδος μεμονωμένη.

2ον. Τὴν μεταλλίνην ῥάβδον στηρίζομεν ἐπὶ λαβῆς ἐξ ὑάλου (σχ. 125). Ἐὰν κρατήσωμεν τὴν λαβὴν εἰς τὴν χειρὰ μας καὶ προστριψώμεν τὴν μεταλλίνην ῥάβδον, θέλομεν παρατηρήσῃ ὅτι ἡ ῥάβδος ἔλκει ἐλαφρὰ σώματα καὶ ἐπομένως ἡλεκτρίσθῃ. Ὁ ἡλεκτρισμός δὲ αὐτῆς ἀναφαίνεται ὅχι μόνον εἰς τὰ προστριβέντα σημεῖα, ἀλλὰ καθ' ὅλην αὐτῆς τὴν ἐπιφάνειαν.

3ον. Ῥάβδον ἐξ ὑάλου κρατοῦμεν ἀπ' εὐθείας διὰ τῆς χειρός μας καὶ τὴν προστριβόμεν. Αὕτη εἰς τὰ προστριβέντα σημεῖα ἔλκει ἐλαφρὰ σώματα καὶ ἐπομένως ἡλεκτρίσθῃ. Ὁ ἡλεκτρισμός ὅμως αὐτῆς παραμένει μόνον εἰς τὰ προστριβέντα σημεῖα, μὴ δυνάμενος νὰ ἐξαπλωθῇ καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν της. Ἰδιότητα ὁμοίαν μὲ τὴν ὑἄλον παρουσιάζει καὶ ῥάβδος ἐκ θείου, ἢ ἐκ ρητίνης.

Συμπέρασμα. Εἰς τὰ μέταλλα καὶ τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου ὁ ἡλεκτρισμός μεταδίδεται εὐκόλως καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν των, ἐνῶ εἰς τὴν ὑἄλον, τὴν ρητίνην καὶ τὸ θεῖον αὗτος παραμένει μόνον εἰς τὰ προστριβόμενα σημεῖα, μὴ δυνάμενος νὰ μεταδοθῇ καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν. Τὰ διάφορα λοιπὸν σώματα δὲν παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς ἡλεκτρικὰς ἰδιότητας.

Ἔνεκα τούτου διήρσαν τὰ σώματα εἰς δύο κατηγορίας· εἰς **εὐηλεκτραγωγὰ**, ἐπὶ τῶν ὁποίων ὁ ἡλεκτρισμὸς μεταδίδεται εὐκόλως καθ' ὅλην τὴν ἔκτασίν των, καὶ εἰς **δυσηλεκτραγωγὰ**, ἐπὶ τῶν ὁποίων ὁ ἡλεκτρισμὸς μεταδίδεται δυσκόλως. Εὐηλεκτραγωγὰ εἶναι πάντα τὰ μέταλλα, τὸ ἀνθρώπινον σῶμα, ἡ γῆ, ὁ συμπαγὴς ἀνθραξ, ὁ γραφίτης, τὰ λινὰ ἢ καννάβινα νήματα, τὰ διαλύματα τῶν ἀλάτων καὶ τῶν ὁξέων κλπ. Δυσηλεκτραγωγὰ δὲ εἶναι ἡ ὕαλος, ἡ ὀητίνη, τὸ θεῖον, ἡ πορσελάνη ἢ μέταξα, ἡ γουταπέροκη, τὸ ἐλαστικὸν κόμι, ὁ ἔβονίτης, ὁ ἀτμοσφαιρικός. ἀήρ, ὅταν εἶναι ξηρὸς κλπ.

169. Μονωτῆρες.—Πάντα τὰ σώματα ἡλεκτρίζονται διὰ τῆς προστριβῆς. Διὰ νὰ διατηρήσωμεν ὅμως τὸν ἡλεκτρισμὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων, πρέπει νὰ στηρίζωμεν αὐτὰ ἐπὶ σώματος δυσηλεκτραγωγοῦ, τὸ ὁποῖον τοιοιτοτρόπως **ἀπομονώνει** τρόπον τινὰ τὰ εὐηλεκτραγωγὰ σώματα ἀπὸ τῆς Γῆς. Ἔνεκα τούτου τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα ἐκλήθησαν καὶ **ἀπομονωτικά** ἢ **μονωτῆρες**. Τὰ μᾶλλον ἐν χρήσει ἀπομονωτικά σώματα εἶναι ἡ ὕαλος, ἡ πορσελάνη, ἡ μέταξα, ὁ ἔβονίτης, ἡ παραφφίνη καὶ ἡ διηλεκτρίνη ἥτις εἶναι μείγμα θείου καὶ παραφφίνης.

Ἐν τούτοις, διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὸν ἡλεκτρισμὸν ἐπὶ τινος εὐηλεκτραγωγοῦ σώματος, δὲν ἀρκεῖ νὰ τὸ στηρίζωμεν ἐπὶ μονωτήρος, ἀλλὰ καὶ νὰ τὸ θέσωμεν ἐν χώρῳ δυσηλεκτραγωγῷ, ὅπως εἶναι ὁ ξηρὸς ἀήρ.

Διὰ νὰ χάσῃ δὲ τὸν ἡλεκτρισμὸν τοῦ σώματι ἀπομεμονωμένον, ἀρκεῖ νὰ τὸ φέρωμεν εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς Γῆς, εἴτε διὰ τοῦ δακτύλου μας, εἴτε δι' ἑτέρου εὐηλεκτραγωγοῦ σώματος.

170. Ἡλέκτρισις δι' ἐπαφῆς.—**Πείραμα.** Θέτομεν εἰς ἐπαφὴν δύο σώματα εὐηλεκτραγωγὰ καὶ μεμονωμένα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν μόνον νὰ εἶναι ἡλεκτρισμένον. Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ μὴ ἡλεκτρισμένον σῶμα ἔλκει τώρα ἑλαφρὰ σώματα, ἐπομένως ἡλεκτρίσθῃ, καὶ μάλιστα ὁ ἡλεκτρισμὸς του ἐξαπλοῦται καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ. Ἐὰν τὸ μὴ ἡλεκτρισμένον σῶμα εἶναι δυσηλεκτραγωγόν, θέλει μὲν ἡλεκτρισθῇ, ἀλλ' ὁ ἡλεκτρισμὸς θὰ παραμείνῃ μόνον εἰς τὰ σημεῖα αὐτοῦ, ἅτινα ἦλθον εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ ἡλεκτρισμένον σῶμα.

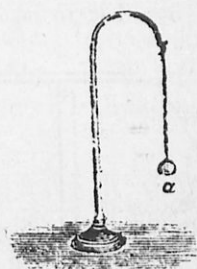
Συμπέρασμα. Σῶμα τι μεμονωμένον ἡλεκτρίζεται, ὅταν ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετὰ σώματος ἡλεκτρισμένου.

Ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἡλεκτροίσεως τῶν σωμάτων καλεῖται *ἡλεκτρισμός ἐξ ἐπαφῆς*. Ἐάν τὸ μὴ ἡλεκτρισμένον σῶμα ἔχῃ τὰς αὐτὰς διαστάσεις μὲ τὸ ἡλεκτρισμένον, τότε ἑκάτερον θὰ φέρῃ τὸ ἥμιον τοῦ ὅλου ἡλεκτρισμοῦ. Ἐάν ὅμως τὸ μὴ ἡλεκτρισμένον σῶμα ἔχῃ διαστάσεις διπλασίας, τριπλασίας, κλπ. τοῦ ἑτέρου, τότε τοῦτο μὲν θὰ διατηρήσῃ τὸ ἥμισυ, τὸ τρίτον κλπ. τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸν ὁποῖον ἔφερεν, ἐκεῖνο δὲ θὰ λάβῃ τὸ ὑπόλοιπον. Ἐάν λοιπὸν τὸ μὴ ἡλεκτρισμένον σῶμα ἔχῃ διαστάσεις παμμεγίστας, σχετικῶς πρὸς ἕτερον σῶμα ἡλεκτρισμένον καὶ συγκοινωνοῦν μετ' αὐτοῦ, τότε τὸ ἡλεκτρισμένον σῶμα ἀποβάλλει σχεδὸν ὁλόκληρον τὸν ἡλεκτρισμὸν τὸν ὁποῖον ἔφερε. Ἐνεκα τούτου ὁ ἡλεκτρισμὸς σώματός τινος εὐηλεκτρωγοῦ, τεθέντος εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς Γῆς, ἐκρέει καὶ διαχέεται ἐντὸς αὐτῆς. Διὰ τοῦτο ἡ Γῆ ἐκλήθη *κοινὸν δοχεῖον τοῦ ἡλεκτρισμοῦ*.

§ 1. Ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές.—Τὸ ὄργανον τοῦτο (σχ. 126), χρησιμεύει ὥπως ἀνευρίσκωμεν ἐὰν σῶμά τι εἶναι ἡλεκτρισμένον ἢ ὄχι. (1)

A) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ μικροῦ καὶ ἐλαφροῦ σφαιριδίου α ἐξ ἐντερειώνης ἀκτέας (κ. κουφοξυλιάς), τὸ ὁποῖον προσδένεται εἰς τὸ ἐν ἄκρον λεπτοῦ νήματος ἐκ μετάξης (ἀντὶ σφαιριδίου δυνάμεθα νὰ προσδέσωμεν καὶ μικρὸν πύλον). Τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ νήματος προσδένεται εἰς τὸ ἐπικαμπὲς ἄκρον μεταλλίνου στελέχους, στηριζομένου ἐπὶ ἀπομονωτικοῦ ὑποστηρίγματος. Τοιοῦτοτρόπως τὸ σφαιρίδιον εἶναι καλῶς μεμονωμένον ἀπὸ τοῦ ἐδάφους.

B) Τρόπος χρήσεως. Πλησιάζομεν εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ὑποβέτασιν σῶμα. Ἐάν μὲν τὸ σῶμα εἶναι ἡλεκτρισμένον, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς θὰ ἔλκεται ὅπ' αὐτοῦ, ἐὰν δὲ τοῦτο δὲν εἶναι ἡλεκτρισμένον, τὸ σφαιρίδιον θὰ παραμένῃ ἀκίνητον. Ἐπομένως ἐκ τῆς ἑξέως ἢ ἀκινήσεως τοῦ σφαιριδίου συμπεραίνομεν ὅτι τὸ σῶμα εἶναι ἡλεκτρισμένον ἢ ὄχι.



Σχ. 126. Ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμές.

(1) Πρὸς τὸν αὐτὸν σκοπὸν χρησιμεύει καὶ ἕτερον ὄργανον, καλούμενον *ἡλεκτροσκοπίον*, τὸ ὁποῖον περιγράφωμεν κατωτέρω.

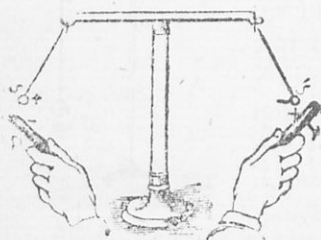
“Ὅταν σῶμά τι δὲν εἶναι ἠλεκτρισμένον, λέγομεν ὅτι εὐρίσκεται ἐν **οὐδετέρᾳ καταστάσει**.

172. Θετικός καὶ ἀρνητικός ἠλεκτρισμός. Πειράματα. 1ον. Εἰς τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς πλησιάζομεν ὑαλίνην ῥάβδον προστριβεῖσαν διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον κατ’ ἀρχῆς μὲν **ἐλκεται**, μόλις ὅμως ἐγγίσει αὐτήν, ἠλεκτριζέται δι’ ἐπαφῆς καὶ **ἀπωθεῖται** ζωηρῶς.

2ον. Ὅμοια φαινόμενα παρατηροῦμεν καὶ διὰ ῥάβδον ἐκ ῥητίνης, τὴν ὁποίαν προσετρίψαμεν κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον καὶ ἐπλησιάσαμεν εἰς τὸ σφαιρίδιον ἐτέρου ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ἐκ τῶν δύο τούτων πειραμάτων φαίνεται ἐκ πρώτης ὄψεως, ὅτι ὁ ἐπὶ τῆς ὑάλου διὰ τῆς τριβῆς ἀναπτυχθεὶς ἠλεκτρισμός ἐστὶν ὁμοιος μὲ τὸν ἐπὶ τῆς ῥητίνης ἀναπτυχθέντα. Καὶ ὅμως οἱ ἠλεκτρισμοὶ τῶν δύο τούτων σωμάτων διαφέρουσιν ἀλλήλων, καθὼς ἀποδεικνύει τὸ ἐπόμενον πείραμα.

3ον. Εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ἐλθὼν εἰς ἐποφὴν μὲ τὴν ἠλεκτρισμένην ὑαλίνην ῥάβδον πλησιάζομεν τὴν ἐκ ῥητίνης ἠλεκτρισμένην ῥάβδον.



Σχ. 127. Θετικός καὶ ἀρνητικός ἠλεκτρισμός.

Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον ἐλκεται ὑπὸ τῆς ἐκ ῥητίνης ῥάβδου ζωηρῶς (σχ. 127). Ζωηράν ἔλξιν παρατηροῦμεν καὶ εἰς τὸ σφαιρίδιον τὸ ἐλθὼν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐκ ῥητίνης ἠλεκτρισμένην ῥάβδον, ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τοῦτο τὴν ἠλεκτρισμένην ὑαλίνην ῥάβδον. Οἱ ἠλεκτρισμοὶ λοιπὸν τῆς ὑάλου

καὶ τῆς ῥητίνης δὲν εἶναι ὅμοιοι πρὸς ἀλλήλους, ἀλλὰ διαφέρουσι. Ὁ ἐπὶ τῆς ὑάλου ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμός ἐκλήθη **θετικός**, ὁ δὲ ἐπὶ τῆς ῥητίνης **ἀρνητικός**.

Συμπεράσματα. 1ον. Ὑπάρχουσι δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ· ὁ θετικός, ὅστις ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς (λείας) ὑαλίνης ῥάβδου, προστριβομένης διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, καὶ ὁ ἀρνητικός (1) ὅστις ἀνα-

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

πιύσσεται ἐπὶ τῆς ἐκ ῥητίνης ῥάβδου, προστριβομένης ὁμοίως.

2ον. Δύο σώματα ἠλεκτρισμένα ὁμωνύμως (διὰ τοῦ αὐτοῦ εἶδους ἠλεκτρισμοῦ) ἀπωθοῦνται ἀμοιβαίως, ἠλεκτρισμένα δὲ ἐτερονύμως (τὸ ἐν διὰ θετικοῦ καὶ τὸ ἕτερον δι' ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ) ἔλκονται ἀμοιβαίως.

Κατὰ τὴν προστριβὴν τῶν διαφόρων σωμάτων διὰ τοῦ μαλλίνου ὑφάσματος, ἄλλα μὲν ἀποκτιῶσι τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμόν, ἄλλα δὲ τὸν ἀρνητικόν.

173. Συγχρόνως ἀνάπτυξις καὶ τῶν δύο εἰδῶν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο δίσκους, οἵτινες συνίστανται ἐκ διαφόρων οὐσιῶν καὶ φέρουσιν ὑαλίνας λαβάς. Ἐὰν προστριψωμεν αὐτοὺς τὸν ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου καὶ κατόπιν τοὺς ἀποχωρίσωμεν, θέλομεν ἀνεύρει διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἔκκρεμοῦς ὅτι ἀμφοτέροι ἠλεκτρίσθησαν καὶ μάλιστα ἐτερονύμως. Ὁμοίως κατὰ τὴν προστριβὴν τῆς ὑαλίνης ῥάβδου διὰ τοῦ μαλλίνου ὑφάσματος ἀμφοτέρα τὰ σώματα ἠλεκτρίζονται καὶ μάλιστα ἡ μὲν ὑαλὸς θετικῶς τὸ δὲ ὑφάσμα ἀρνητικῶς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν.

Συμπέρασμα. Κατὰ τὴν προστριβὴν δύο διαφόρων κατ' οὐσίαν σωμάτων, ἀναπτύσσονται συγχρόνως καὶ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἐν παραμένει ἐπὶ τοῦ προστριβέντος σώματος, τὸ δὲ ἕτερον ἐπὶ τοῦ προστριβομένου.

Τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸ ὁποῖον λαμβάνει σῶμά τι, ἐξαορτᾶται ἀφ' ἐνὸς ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς καταστάσεως τῆς ἐπιφανείας του. Οὕτω ἡ ὑαλὸς, προστριβομένη διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, ἠλεκτρίζεται θετικῶς μὲν ὅταν εἶναι λεία, ἀρνητικῶς δὲ ὅταν εἶναι τραχεῖα. Πρὸς τοῦτοις τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐξαορτᾶται καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος μετὰ τοῦ ὁποίου προστριβεται. Οὕτω τὸ μαλλινὸν ὑφάσμα ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς μὲν ὅταν προστριβῇ τὴν λείαν ὑαλὸν, θετικῶς δὲ ὅταν προστριβῇ τὴν ῥητίνην.

174. Γὰ δύο εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὰ συγχρόνως ἀναπτυσσόμενα εἶναι ἰσοδύναμα. — Πείραμα. Τοὺς ἀνωτέρω δύο δίσκους φέρομεν εἰς ἐπαφὴν καὶ προστριβομεν τὸν ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου, ὁπότε ἠλεκτρίζονται, ὁ μὲν θετικῶς, ὁ δὲ ἀρνητικῶς. Πλησιάζοντες τὸν ἓνα μόνον ἐξ αὐτῶν εἰς τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς παρατηροῦμεν ἔλξιν. Ἐὰν ὁμοῦ εἰς τὸν δίσκον τοῦτον πλησιάσω-

μεν τὸν ἄλλον, μετὰ τοῦ ὁποίου προσετρίβη, παραιοῦμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς καιαπίπτει, τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ὁ πρῶτος δίσκος οὐδεμίαν πλέον ἐπίδρασιν δύναται νὰ ἐξασκήσῃ ἐπὶ τοῦ σφαιριδίου. Οἱ ἠλεκτρισμοὶ λοιπὸν τῶν δύο δίσκων ἐξουδεροῦσιν ἀλλήλους, καὶ ἐπομένως εἶναι ἰσοδύναμοι.

Συμπέρασμα. Τὰ δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ τὰ συγχρόνως ἀναπτυσσόμενα ἐπὶ τῶν προστριβομένων σωμάτων εἶναι ἰσοδύναμα.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι μερικὴ περίπτωσις τῆς ἀρχῆς, ἣτις καλεῖται *ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τοῦ ἠλεκτρισμοῦ*, κατὰ τὴν ὁποίαν: *Ὅσάκις ἓν τινι φαινομένῳ ἀναπτύσσεται ποσότης τῆς θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ταυτοχρόνως ἀναπτύσσεται καὶ ἰσοδύναμος ποσότης ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.*

178. Ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ μονὰς αὐτοῦ. Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρισμένων σωμάτων δύναται νὰ καθορισθῇ διὰ τῶν δυνάμεων, αἵτινες ἐξασκοῦνται ὑπὸ τῶν σωμάτων τούτων ὑπὸ τοὺς αὐτοὺς ὄρους.

Δύο ἠλεκτρισμένα σώματα, λέγομεν ὅτι ἔχουσιν *ἴσα ἠλεκτρικὰ φορτία*, ἐὰν τιθέμενα εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τρίτου τινὸς σώματος ἔλκουσιν ἢ ἀπωθοῦσιν 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 ἔλκῃ ἢ ἀπωθῇ τρίτον τι σῶμα μετὰ δυνάμεως διπλασίας, τριπλασίας κλπ. τῆς τοῦ ἄλλου.

Πρὸς μέτρησιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου σώματός τινος λαμβάνομεν ὡρισμένον ἠλεκτρικὸν φορτίον ὡς μονάδα καὶ πρὸς αὐτὸ συγκρίνομεν τὰ ἄλλα. Ὡς μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐλήφθη εἰς τὸ σύστημα C.G.S. *τὸ ποσὸν τοῦ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὅπερ τιθέμενον εἰς ἀπόστασιν 1 ἐκατοστομέτρου ἀπὸ ἴσου ποσοῦ, ἀπωθεῖ τοῦτο μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1 δύννην.*

Ἄλλ' ἡ μονὰς αὕτη εἶναι λίαν μικρὰ διὰ τὰς βιομηχανικὰς ἀνάγκας καὶ διὰ τοῦτο λαμβάνεται ἐτέρα πρακτικὴ μονάς, ἡ καλουμένη coulomb (πρὸς τιμὴν τοῦ Coulomb) (1), ἣτις εἶναι 3×10^9 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς πρώτης, ἥτοι $1 \text{ coulomb} = 3 \times 10^9$ δύννας.

(1) Ὁ Coulomb (1736—1806) ἦτο Γάλλος μαθηματικὸς καὶ φυσικὸς. Εἶναι γνωστός ἐκ τῶν ἐργασιῶν του ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν καὶ τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων. Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

176. Νόμοι τῶν ἡλεκτρικῶν ἑλξεων καὶ ὤσεων.
Ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἄπωσις (ἀναλόγως τοῦ εἶδους τοῦ ἡλεκτρισμοῦ) ἥτις ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν ἡλεκτρισμένων σωμάτων, ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους.

Πρῶτος νόμος. Ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὴν ὁποίαν φέρουσι τὰ ἡλεκτρισμένα σώματα. Ἦτοι ἐὰν ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κλπ. ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἄπωσις διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ.

Δεύτερος νόμος. Ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἄπωσις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν σωμάτων. Ἦτοι ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σωμάτων διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κλπ. ἡ ἑλξις ἢ ἡ ἄπωσις ὑποτετραπλασιάζεται, ὑποεννεαπλασιάζεται κλπ.

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

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

ἐνθα Δ παριστᾷ τὴν δύναμιν (ἑλκτικὴν ἢ ὠστικὴν), μ καὶ μ' τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τῶν σωμάτων καὶ a τὴν ἀπόστασιν μεταξὺ αὐτῶν εἰς ἑκατοστόμετρα.

Παράδειγμα. Ἐστώσαν μ καὶ $\mu' = + 1$ coulomb, καὶ $a = 1$ χιλιόμετρον ($= 10^5$ ἑκατοστόμετρα), θὰ ἔχωμεν

$$\Delta = \frac{1 \times 1}{(10^5)^2}$$

$$\text{ἢτοι } \Delta = \frac{(3 \cdot 10^9) \cdot (3 \cdot 10^9)}{(10^5)^2} = \frac{(3 \cdot 10^9)^2}{(10^5)^2} = 9 \cdot 10^8 \text{ δύνας.}$$

177. Ῥυθμίσεις τῶν ἡλεκτρικῶν ρευστῶν. — Πρὸς ἐξήγησιν τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων παραδέχονται ὅτι πᾶν σώμα εὐρισκόμενον ἐν οὐδέτερᾳ καταστάσει φέρει εἰς ἴσας ποσότητας καὶ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐν εἴδει ρευστῶν, ἅτινα εἶναι συνηγμένα καὶ ἀποτελοῦσι τὸ οὐδέτερον ἡλεκτρικὸν ρευστόν. Διὰ τῆς

ἡλεκτρικῶν δυνάμεων. Οὗτος ἵδρυσεν τοὺς νόμους τῶν μαγνητικῶν καὶ τῶν ἡλεκτρικῶν ἑλξεων καὶ ὤσεων, καὶ ἔδωκε τὸ ὄνομά του εἰς τὴν πρακτικὴν μονάδα τῆς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

(1) Τὸ σημεῖον $+$ εἶναι ἐν περιπτώσει ἀπόσεως καὶ τὸ $-$ ἐν περιπτώσει ἑλξεως.

προστριβῆς δὲ τῶν δύο σωμάτων τὸ οὐδέτερον τοῦτο ρευστὸν ἀποσυντίθεται εἰς θετικὸν καὶ εἰς ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμόν, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ μὲν εἰς παραμένει ἐπὶ τοῦ ἐνὸς σώματος ὁ δὲ ἄλλος ἐπὶ τοῦ ἐτέρου. Ἐὰν δὲ ἐνωθῶσιν οἱ δύο οὗτοι ἀντίθετοι ἡλεκτρισμοί, παράγεται καὶ πάλιν τὸ οὐδέτερον ρευστόν, ὅποτε τὸ σῶμα ἐπανέρχεται εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Δύο σφαιρίδια ἴσα ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας, ἡλεκτρισμένα θετικῶς, ἀποθιῶνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 5 δύνاس, ὅταν ἡ μεταξὺ τῶν κέντρων αὐτῶν ἀπόστασις εἶναι ἴση πρὸς 3 ἑκατοστόμετρα. Νὰ εὗρεθῇ ἡ ἀπόστασις εἰς τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ τεθῶσι τὰ κέντρα αὐτῶν, ἵνα τὰ σφαιρίδια ἀποθῶνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 12 δύνας. (Ἀποκρ. 1,93 ἑκατοστόμ.).

2) Δύο σημεῖα A καὶ B ἀπέχοντα ἀπ' ἀλλήλων 14,14 ἑκατοστόμετρα, εἶναι ἡλεκτρισμένα ἀντιθέτως. Διπλασιάζομεν τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ A καὶ ὑποτετραπλασιάζομεν τὸ τοῦ B. Πῶς πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις, ἵνα ἡ ἀμοιβαία ἑλξις αὐτῶν διατηρησῇ τὴν αὐτὴν τιμὴν; (Ἀποκρ. 10 ἑκατοστόμετρα).

3) Δύο σφαιρίδια ἴσα, ἡλεκτρισμένα ἑτερονόμως, εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 4 ἑκατοστομέτρων ἀπ' ἀλλήλων. Ἐκ τούτων τὸ μὲν ἔν φέρει +24 μονάδας C. G. S. ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ, τὸ δὲ ἕτερον — 8 τοιαύτας μονάδας. Πόση εἶναι ἡ δύναμις μετὰ τῆς ὁποίας ἔλκονται ταῦτα; (Ἀποκρ. 12 δύναι).

ΚΕΦ. ΛΑΙΟΝ Β'

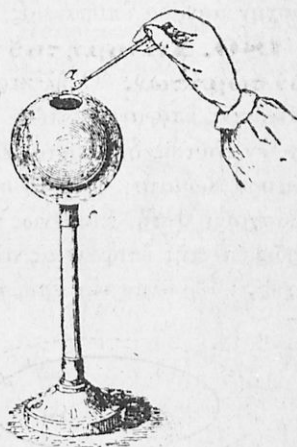
ΔΙΑΤΑΞΙΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

178. Διάταξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῶν εὐήλεκτραγωγῶν σωμάτων. Πείραμα. Σφαῖραν μεταλλίνην κοίλην φέρουσαν ἄνωθεν ὀπὴν, στηρίζομεν ἐπὶ ὑαλίνου ὑποστηρίγματος (σχ. 128) καὶ κατόπιν τὴν ἡλεκτριζομεν. Εἰσάγομεν ἔπειτα ἐντὸς αὐτῆς τὸ λεγόμενον *δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον*, ὅπερ εἶναι μικρὸς καὶ λεπτὸς μετάλλινος δίσκος α' προσκεκολλημένος εἰς τὸ ἄκρον μικρᾶς ῥάβδου ἐξ ἀπομονωτικῆς οὐσίας, καὶ τὸ φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν ἐσωτερικῶν τοιχωμάτων τῆς σφαίρας. Ἐὰν μετὰ ταῦτα

εἰνασύρωμεν τοῦτο, ἀνευρίσκομεν διὰ τοῦ ἔκκρεμοῦς ὅτι δὲν εἶναι ἠλεκτρισμένον, ἐπομένως καὶ τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τῆς σφαίρας δὲν ἦσαν ἠλεκτρισμένα. Ἐὰν ὅμως τὸ δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας, ἀνευρίσκομεν διὰ τοῦ ἔκκρεμοῦς ὅτι τοῦτο εἶναι ἠλεκτρισμένον, ἐπομένως καὶ ἡ ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς σφαίρας ἦτο ἠλεκτρισμένη.

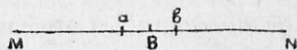
Συμπέρασμα. Ὁ ἠλεκτρισμὸς πα-
ραμένει πάντοτε ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπι-
φανείας τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμά-
των.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ἀμοιβαίαν ἀπωσιν τῶν μορίων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἔνεκα τῆς ὁμοίας ταῦτα ἀπωθούμενο φέρονται μέχρι τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος. Ἐκεῖ ὅμως συγκρατοῦνται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ περιβάλλοντος ἀέρος, ὅστις εἶναι σῶμα ἀπομονωτικόν. Ἐν τούτοις, πολλὰκις τὰ μόρια τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὑπερνικῶντα τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, ἐκφεύγουσιν ἐκ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.



Σχ. 128. Διάταξις τοῦ ἠλε-
κτρισμοῦ.

179. Ἡλεκτρικὴ πυκνότης. Καλεῖται *ἠλεκτρικὴ πυκνότης* εἰς τι σημεῖον Α τῆς ἐπιφανείας σώματος ὁμοιομερῶς ἠλεκτρισμένον (π. χ. σφαίρας μεταλλί-
νης), τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον φέρει μικρὸν τμήμα τῆς ἐπι-



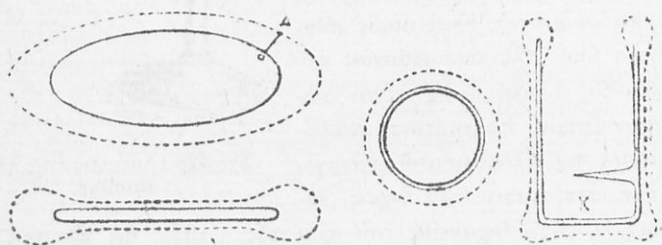
Σχ. 129. Ἡλεκτρικὴ πυκνότης.

φανείας ταύτης ἴσον μὲ 1 τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον λαμβανόμενον περίξ τοῦ σημείου τούτου. Ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης οὕτω πῶς καθοριζομένη θὰ εἶναι λοιπὸν ἡ αὐτὴ εἰς πάντα τὰ σημεία ἠλεκτρισμένης σφαίρας ἢ ἠλεκτρισμένου ἐπίπεδου, ὅπερ εἶναι ἀπεριόριστον.

Προκειμένου ὅμως περὶ σώματος ἀνομοιομερῶς ἠλεκτρισμένου, ἢ *ἠλεκτρικὴ πυκνότης* περὶ τι σημεῖον Β τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ καθορίζεται ὡς ἑξῆς. Περὶ τὸ σημεῖον Β (σχ. 129) θεωρήσωμεν

μικρὸν τμήμα αβ, καὶ ἔστω ε ἡ ἐπιφάνεια τοῦ τμήματος τούτου καὶ φ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον αὐτοῦ. Τὸ πληκόν $\frac{\phi}{\epsilon}$ θὰ ἐκφράζη τὴν ἡλεκτρικὴν πυκνότητα περὶ τὸ σημεῖον Β, καὶ ἐπομένως ἡ ἡλεκτρικὴ πυκνότης θὰ παριστᾷ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς ἑκάστην μονάδα ἐπιφανείας.

180. Διανομὴ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων. Ὁ ἡλεκτρισμὸς παραμένει μὲν πάντοτε ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν μεμονωμένων εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων, ἐν τούτοις διανέμεται ἐπ' αὐτῆς κατὰ τρόπον διάφορον εἰς τὰ διάφορα σώματα. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι σφαιρικόν, ἡ πυκνότης εἶναι πανταχοῦ ἡ αὐτή, ἐπομένως τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον διανέμεται ὁμοιομερῶς ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ καὶ σχηματίζει στρῶμα τοῦ αὐτοῦ πάχους καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειάν του. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι ἑλλειψο-



Σχ. 130. Γραφικὴ παράστασις τῆς διανομῆς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

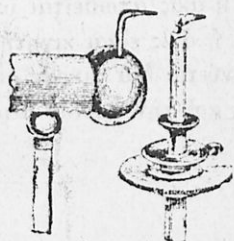
ειδές, ἡ πυκνότης εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα σημεῖα, ἐπομένως τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον διανέμεται ἀνομοιομερῶς ἐπὶ τῇ ἐπιφανείας αὐτοῦ καὶ σχηματίζει στρῶμα, οὗτινος τὸ πάχος εἶναι με αὐτερον κατὰ τὰ ἄκρα καὶ μικρότερον κατὰ τὸ μέσον αὐτοῦ. Ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι κυλινδρικόν, περατούμενον ἑκατέρωθεν εἰς ἡμισφαίρια, τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον συσσωρεύεται κατὰ τὸ πλεῖστον ἐπὶ τῶν ἡμισφαιρικῶν περάτων. Ἐὰν δὲ τὸ σῶμα φέρῃ ἀκμὰς ἢ γωνίας, τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον συσσωρεύεται κατὰ τὸ πλεῖστον εἰς τὰ πέλματα.

Συμπέρασμα. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον διανέμεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων κατὰ τρόπον, ὅστις ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος.

181. Γραφικὴ παράστασις τῆς διανομῆς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Διὰ νὰ παραστήσωμεν γραφικῶς τὴν διανομὴν τοῦ Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἑκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

ἤλεκτρισμοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σώματός τινος, ὑψοῦμεν ἐν ἐκάστῳ σημείῳ αὐτῆς κάθετον καὶ ἐπὶ τῆς καθέτου λαμβάνομεν μῆκος ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐν τῷ σημείῳ τούτῳ ἤλεκτρικὴν πυκνότητα. Τὸ σύνολον τῶν ἄκρων τῶν καθέτων τούτων σχηματίζει περὶ τὸ σῶμα ἐπιφανείαν τινα, ἣτις δεικνύει εἰς ἡμᾶς τὸν τρόπον τῆς διανομῆς τοῦ ἤλεκτρικοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος (σχ. 130).

182. Δύναμις τῶν ἀκίδων. Πειράματα. 1ον. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας εὐήλεκτροαγωγοῦ καὶ μεμονωμένου σώματος στρεφόμενον ὀξεῖαν μεταλλικὴν ἀκίδα καὶ πλησίον αὐτῆς τοποθετοῦμεν ἀνημμένον κηρίον οὕτως, ὥστε ἡ φλὸξ αὐτοῦ νὰ εὐρίσκειται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος μὲ τὴν ἀκίδα καὶ πολὺ πλησίον αὐτῆς. Ἐὰν θέσωμεν τὸ σῶμα εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τινος ἤλεκτρικῆς πηγῆς (λ.χ. λειτουργοῦσης ἤλεκτροστατικῆς μηχανῆς Kamsden ἢ Wunschnrst), παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλὸξ τοῦ κηρίου ἀποκλίνει, καὶ εἶναι δυνατόν καὶ νὰ σβεσθῇ. (σχ. 130α).



Σχ. 130α. Ἠλεκτρικὸν φύσημα.

2ον. Ἀπομακρύνομεν τὸ κηρίον καὶ πλησιάζομεν εἰς τὴν ἀκίδα τὴν χεῖρά μας· θέλομεν αἰσθανθῇ ἐπ' αὐτῆς ἐλαφρὸν φύσημα ἀέρος.

Ἡ ἀπόκλισις τῆς φλογὸς καὶ τὸ φύσημα τοῦ ἀέρος ἐπὶ τῆς χειρός μας ἐξηγοῦνται ὡς ἑξῆς. Τὸ ἤλεκτρικὸν φορτίον συσσωρεύεται σχεδὸν ὁλόκληρον ἐπὶ τῆς ἀκίδος καὶ κατορθώνει νὰ ἐκφύγῃ ἐκεῖθεν ὑπερπικρὴν τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Τότε καὶ τὰ μόρια τοῦ ἀέρος τὰ εὐρισκόμενα εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἀκίδος, ἤλεκτριζόμενα ὁμωνύμως ἀπωθοῦνται ζωηρότατα ὑπ' αὐτῆς καὶ παράγουσι ἐλαφρὸν φύσημα. Τὸ φύσημα τοῦτο καλεῖται **ἤλεκτρικὸν φύσημα** καὶ εἶναι ἡ αἰτία, ἣτις προκαλεῖ τὴν ἀπόκλισιν τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου καὶ τὸ φύσημα τοῦ ἀέρος ἐπὶ τῆς χειρός μας.

Συμπέρασμα. Αἱ μεταλλικαὶ ἀκίδες ἔχουσι τὴν ιδιότητα νὰ συσσωρεύωσιν ἐπ' αὐτῶν τὸν ἤλεκτρισμὸν καὶ νὰ ἀφίνωσι νὰ ἐκφύγῃ οὗτος ἀπ' αὐτῶν εἰς τὸν πέριξ ἀέρα.

Ὅταν λοιπὸν θέλωμεν εὐήλεκτροαγωγόν τι σῶμα μεμονωμένον νὰ χάσῃ ταχέως τὸ ἤλεκτρικὸν φορτίον αὐτοῦ, πρέπει νὰ ὀπλίσωμεν τὸ σῶμα διὰ μεταλλικῆς ἀκίδος. Τοῦναντίον, ὅταν θέλωμεν νὰ διατη-

ρήση τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, δὲν πρέπει τὸ σῶμα νὰ φέρῃ ἀκίδας ἢ ἀκμάς. Ἡ ἐκροή τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐκ τῶν ἀκίδων συνοδεύεται καὶ ὑπὸ φωτεινοῦ φαινομένου. Τοιοῦτοτρόπως ἐν τῷ σκότει βλέπομεν ἐπὶ τῆς ἀκίδος φωτεινὸν μὲν θύσανον, ἐὰν ὁ ἐκρέων ἡλεκτρισμὸς εἶναι θετικὸς, φωτεινὸν δὲ σημεῖον, ἐὰν οὗτος εἶναι ὀρνητικὸς.

Ἡ ιδιότης αὕτη τῶν μεταλλικῶν ἀκίδων καλεῖται **δύναμις τῶν ἀκίδων**.

Σημειώσεις. Οὐ μόνον ὁ ἀὴρ ἀπωθεῖται ὑπὸ τῆς ἀκίδος, ἀλλὰ καὶ ἡ ἀκὶς ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ ἀέρος μετ' ἴσης δυνάμεως. Ἐὰν λοιπὸν ἡ ἀκὶς εἶναι κινητή, αὕτη θέλει τεθῇ εἰς κίνησιν. Τοῦτο ἀποδεικνύεται διὰ μικρᾶς συσκευῆς, ἣτις καλεῖται **ἡλεκτρικὸς σφόβιλος**, καὶ τὴν ὁποίαν περιγράφομεν κατωτέρω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ

183. Ἡλεκτρικὸν πεδίον. Πείραμα. Ἐὰν ἐκκρεμές ἡλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον τεθῇ πλησίον σώματος ἐπίσης ἡλεκτρισμένου, καὶ εἰς οἵανδήποτε θέσιν πέριξ αὐτοῦ, ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν ἡλεκτρικῆς δυνάμεως (ἐλξεως ἢ ὥσεως). Ἐὰν τὸ ἡλεκτρισμένον σῶμα ἀπομακρυνθῇ, τὸ ἐκρεμές παύει ὑφιστάμενον τὴν ἐνέργειαν τῆς ἐλκτικῆς ἢ ἀπωστικῆς δυνάμεως. Ἡ παρουσία λοιπὸν τοῦ ἡλεκτρισμένου σώματος προσέδωκεν εἰς τὸν πέριξ αὐτοῦ χώρον ιδιότηας τὰς ὁποίας οὗτος δὲν εἶχε πρότερον.

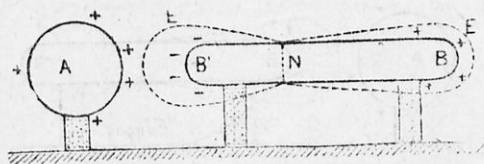
Συμπέρασμα Πέριξ τοῦ ἡλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει χώρος τις, ἐν τῷ ὁποίῳ ἐκδηλοῦται ἡ ἡλεκτρικὴ αὐτοῦ δύναμις.

Ὁ χώρος οὗτος καλεῖται **ἡλεκτρικὸν πεδίον** καὶ ἀναπτύσσεται πέριξ παντὸς ἡλεκτρισμένου σώματος.

184. Θεμελιῶδες φαινόμενον. Πείραμα. Μετάλλινον κύλινδρον BB' (σχ. 131), μεμονωμένον καὶ μὴ ἡλεκτρισμένον, τοποθετοῦμεν πλησίον μεταλλίνης σφαίρας A, μεμονωμένης καὶ ἡλεκτρισμένης, π.χ. θετικῶς, οὕτως, ὥστε ὁ κύλινδρος νὰ εὑρίσκηται ἐν τῷ ἡλεκτρικῷ πεδίῳ τῆς ἡλεκτρισμένης σφαίρας. Διὰ τοῦ δοκιμαστικοῦ ἐπιπέδου δυνάμεθα νὰ βεβαιωθῶμεν ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτρίζεται.

καὶ ὅτι τὰ μὲν μέρη τοῦ Β', τὰ εὐρισκόμενα πλησίον τῆς σφαίρας, ἠλεκτρίζονται ἀρνητικῶς, τὰ δὲ μέρη Β, τὰ εὐρισκόμενα μακρὰν αὐτῆς, ἠλεκτρίζονται θετικῶς. Πλὴν τούτου, ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχει χώρα τις κατὰ τὸ Ν, ἐπὶ τῆς ὁποίας δὲν ὑφίσταται οὐδὲν ἔχνος ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Ἡ χώρα αὕτη καλεῖται **οὐδετέρα ζώνη**. Ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης εἰς τὰ ἠλεκτρισμένα μέρη τοῦ κυλίνδρου δὲν εἶναι ὁμοιομεροῦς, ἀλλὰ βαίνει αὐξανομένη συνεχῶς ἀπὸ τῆς οὐδετέρας ζώνης, ἔνθα αὕτη εἶναι μηδέν, μέχρι τῶν ἄκρων Β καὶ Β', ἔνθα γίνεται μεγίστη καὶ μάλιστα κατὰ τὸ ἄκρον τὸ πλησιέστερον πρὸς τὴν σφαῖραν.

Συμπέρασμα. Σῶμά τι εὐηλεκτραγωγὸν καὶ μεμονωμένον, τιθέ-



Σχ. 131. Ἡλεκτρισὶς ἐξ ἐπιδράσεως.

μενον ἀπλῶς πλησίον ἠλεκτρισμένου σώματος, ἠλεκτρίζεται καὶ ἐμφανίζονται ἐπ' αὐτοῦ δύο ἠλεκτρικὰ φορτία ἀντίθετα.

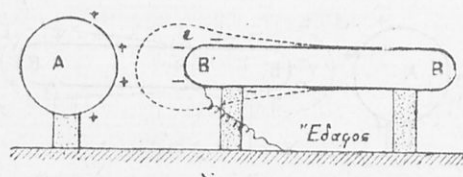
Ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἠλεκτρίσεως ἑνὸς σώματος ἐξ ἀποστάσεως καλεῖται **ἠλεκτρισὶς ἐξ ἐπιδράσεως** καὶ ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς τῆς σφαίρας ἀνέλυσεν ἐξ ἀποστάσεως τὸ οὐδέτερον ἠλεκτρικὸν θενυστὸν τοῦ κυλίνδρου εἰς θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν, καὶ τὸν μὲν θετικὸν ὡς ὁμώνυμον ἀπόθησεν εἰς τὸ ἀπώτερον ἄκρον τοῦ κυλίνδρου, τὸν δὲ ἀρνητικὸν ὡς ἐτερόνυμον εἴλκυσεν εἰς τὸ πλησιέστερον ἄκρον.

Ἐὰν ἡ σφαῖρα ἀπομακρυνθῇ ἀπὸ τὸν κύλινδρον, οἱ δύο ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ ἐνώνονται καὶ ἀποτελοῦσι πάλιν τὴν οὐδέτερον ἠλεκτρικὸν θενυστὸν, οὕτω δὲ ὁ κύλινδρος ἐπανέρχεται εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν καὶ οὐδὲν ἔχνος ἠλεκτρισμοῦ διατηρεῖται ἐπ' αὐτοῦ. Τοῦτο σημαίνει, ὅτι τὸ θετικὸν καὶ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ κυλίνδρου εἶναι ἰσοδύναμα πρὸς ἀλλήλα.

183. Ἡλεκτρισὶς εὐηλεκτραγωγοῦ σώματος ἐξ ἐπιδράσεως. Πείραμα. Ἀς θέσωμεν τὸν κύλινδρον ΒΒ' (σχ. 132) εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς γῆς, ἐγγίζοντες αὐτὸν π. χ. διὰ τοῦ

δακτύλου μας, ἢ ἐνώνοντες αὐτὸν διὰ μεταλλίνου σώματος μετὰ τοῦ ἐδάφους. Οἷονδῆποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ σημεῖον τὸ ὁποῖον ἐγγίζομεν, ἔστω καὶ αὐτῆς τῆς ἀρνητικῆς ἡλεκτρισμένης χώρας, ὁ μὲν θετικὸς ἡλεκτρισμὸς, ὡς ἀπωθούμενος, διοχετεύεται καθ' ὁλοκληρίαν εἰς τὴν γῆν καὶ διαχέεται ἐντὸς αὐτῆς, ὁ δὲ ἀρνητικὸς παραμένει ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου καὶ συσσωρεύεται πρὸς τὸ ἄκρον Β', ἕνεκα τῆς ἔλξεως αὐτοῦ ὑπὸ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτρισμοῦ τῆς σφαίρας.

Ἐὰν ἤδη πρῶτον διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν τοῦ κυλίνδρου μετὰ τῆς γῆς καὶ ἔπειτα ἀπομακρύνωμεν τὴν ἐπιδρωσαν σφαῖραν, ὁ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμὸς τοῦ κυλίνδρου ἐξαπλοῦται εἰς πᾶσαν τὴν ἐπιφάνειάν του καὶ μάλιστα συσσωρεύεται ἀφθονώτερος, κατὰ τὰ δύο



Σχ. 132. Ἠλεκτρίσις ἐξ ἐπιδράσεως.

ἄκρα του. Τοιοῦτοτρόπως ὁ κύλινδρος μένει πεφορτισμένος μὲ ἀρνητικὸν μόνον ἡλεκτρισμόν, ἥτοι ἀντίθετον πρὸς ἐκεῖνον τὸν ὁποῖον ἔχει τὸ ἐπιδρῶν σῶμα.

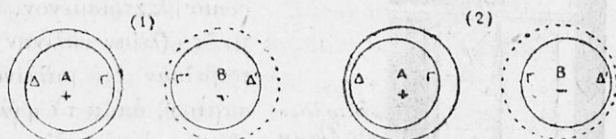
Συμπέρασμα. Σῶμα τι εὐηλεκτραγωγὸν καὶ μεμονωμένον, ἡλεκτρίζεται μὲ φορτίον ἀντίθετον πρὸς ἕτερον ἡλεκτρισμένον σῶμα, ἐὰν συγκοινωνήσῃ μετὰ τοῦ ἐδάφους καὶ ἔλθῃ ἔπειτα πλησίον τοῦ ἡλεκτρισμένου, ἔπειτα διακοπῇ ἡ συγκοινωνία μετὰ τῆς γῆς καὶ ἀπομακρυνθῇ ἀπὸ τοῦ ἡλεκτρισμένου σῶμα.

186. Ἠλεκτρίσις δυσηλεκτραγωγοῦ σώματος ἐξ ἐπιδράσεως. Ἐὰν ἐν τῷ ἡλεκτρικῷ πεδίῳ ἡλεκτρισμένου σώματος τεθῇ σῶμα δυσηλεκτραγωγόν, τοῦτο θέλει μὲν ἡλεκτρισθῇ, ἀλλὰ τὸ φαινόμενον δὲν εἶναι τόσον σαφές, ὅπως συμβαίνει ἐπὶ τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Καὶ ἐὰν μὲν τὸ ἡλεκτρισμένον σῶμα ἐπιδράσῃ ἐπ' ὀλίγον μόνον χρόνον καὶ ἔπειτα ἀπομακρυνθῇ, τὸ δυσηλεκτραγωγὸν σῶμα οὐδὲν ἴχνος ἡλεκτρισμοῦ διατηρεῖ ἐπ' αὐτοῦ, ἐὰν ἄμως ἐπιδράσῃ ἐπὶ περισσότερον χρόνον, τὸ δυσηλεκτραγωγὸν σῶμα διατηρεῖ τὸν ἡλεκτρισμόν του.

187. Ἐπίδρασις ἐπὶ σώματος ἡλεκτρισμένου. Ἐὰν σῶμα A (σχ. 133,1) ἡλεκτρισμένον, π.χ. θετικῶς, τεθῇ πλησίον ἐτέρου σώματος B ἡλεκτρισμένου ὡσαύτως θετικῶς, ἡ ἡλεκτρικὴ πυκνότης τοῦ δευτέρου ἐλαττοῦται κατὰ τὴν χώραν Γ' καὶ αὐξάνεται κατὰ τὴν Δ'. Καὶ ἐὰν τὸ σῶμα A ἔλθῃ πολὺν πλησίον πρὸς τὸ B, ἡ ἡλεκτρικὴ πυκνότης τοῦ B κατὰ τὸ Γ' δύναται νὰ γίνῃ μηδέν. Ὁμοίως μεταβολὰς παρατηροῦμεν καὶ ἐπὶ τῆς ἡλεκτρικῆς πυκνότητος τοῦ A.

Τοῦναντίον, ἐὰν τὸ B εἶναι ἡλεκτρισμένον ἀρνητικῶς (σχ. 133,2) ἡ ἡλεκτρικὴ πυκνότης αὐτῶν αὐξάνεται μὲν εἰς τὴν χώραν Γ' καὶ Γ, ἐλαττοῦται δὲ εἰς τὴν Δ' καὶ Δ.

188. Ἡλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων. Τοῦτο εἶναι



Σχ. 133. Ἀλληλεπίδρασις ἡλεκτρισμένων σωμάτων.

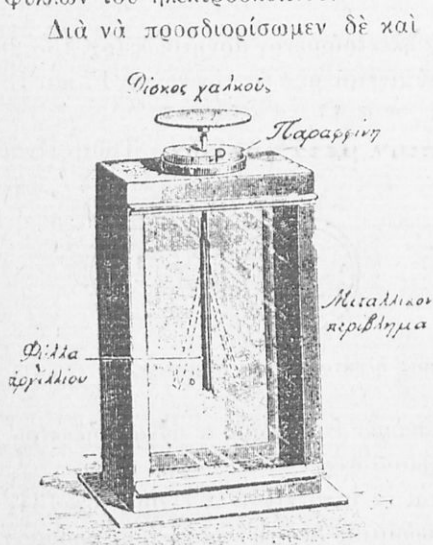
ὄργανον διὰ τοῦ ὁποίου ἀνευρίσκομεν ἐὰν σῶμά τι εἶναι ἡλεκτρισμένον καὶ ποῖον εἶδος ἡλεκτρισμοῦ φέρει.

A) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλίνου στελέχους (σχ. 134) τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου σώματος δυσηλεκτραγωγοῦ, προσαρμοζομένου εἰς τὸ ἄνω μέρος μεταλλίνης θήκης.

Καὶ τὸ μὲν ἔξωτερικὸν ἄκρον αὐτοῦ ἀπολήγει εἰς μικρὸν δίσκον μεταλλινόν, ἡ μικρὰν μεταλλίνην σφαῖραν, τὸ δὲ ἐσωτερικὸν φέρει ἐξηρητημένα δύο λεπτότατα ταινιοειδῆ φύλλα ἐκ χρυσοῦ, ἡ κάλλιον ἐξ ἀργυρίου. Τοιοῦτοτρόπως τὰ δύο φύλλα προστατεύονται ἐντὸς τῆς θήκης ἀπὸ τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος. Ἵνα δὲ παρατηρῶμεν ταῦτα ἡ μία πλευρὰ τῆς θήκης φέρει θυρίδα, κλειομένην διὰ πλακὸς βελίνης.

B) Χρῆσις. Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν ἐὰν σῶμά τι εἶναι ἡλεκτρισμένον ἢ ὄχι, φέρομεν αὐτὸ εἰς ἐπαφὴν, εἴτε ἀμέσως, εἴτε ἐμμέσως μὲ τὸν δίσκον τοῦ ὄργανου. Τότε, ἐὰν μὲν τὸ σῶμα δὲν εἶναι ἡλεκτρισμένον, τὰ φύλλα τοῦ ἡλεκτροσκοπίου παραμένονσι κατακόρυφα, ἐὰν δὲ τὸ σῶμα εἶναι ἡλεκτρισμένον, τὰ φύλλα ἀποκλίνουνσι, καθ' ὅσον ὁ ἡλεκτρισμὸς, τὸν ὁποῖον δι' ἐπαφῆς μετεδώκαμεν εἰς τὸν δίσκον.

σκον, διεχύθη καὶ ἐπὶ τῶν φύλλων, ἅτινα ὁμώνυμως ἠλεκτριζόμενα ἀπωθοῦνται. Δυνάμεθα τὸ σῶμα νὰ φέρωμεν καὶ ἀπλῶς πλησίον εἰς τὸν δίσκον. Τότε τὸ στέλεχος ἠλεκτριζέται ἐξ ἐπιδράσεως μὲ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, καὶ τὰ δύο φύλλα αὐτοῦ ἀποκλίνουν καὶ πάλιν, ὡς ὁμώνυμως ἠλεκτριζόμενα πρὸς ἀλλήλα. Τοιουτοτρόπως τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα ἀναγνωρίζεται ἐκ τῆς ἀποκλίσεως τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου.



Σχ. 134 Ἠλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων.

Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν δὲ καὶ τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ σώματος, ἠλεκτρίζομεν κατὰ πρῶτον τὸ ὄργανον θετικῶς, ἢ ἀρνητικῶς. Πρὸς τοῦτο πλησιάζομεν εἰς τὸν δίσκον σῶμα ἠλεκτρισμένον, π. χ. θετικῶς (λείαν ὑαλίνην ράβδον τριβεῖσαν διὰ μαλλίνου ὑφάσματος), ὅποτε τὰ φύλλα ἀποκλίνουν, ὡς ἠλεκτρισθέντα ἐξ ἐπιδράσεως ὁμώνυμως (θετικῶς ἐνταῦθα). Ἐὰν ἤδη ἐπιθέσωμεν ἐπὶ τοῦ δίσκου τὸν δάκτυλον ἡμῶν, ὁ μὲν θετικὸς ἠλεκτρισμὸς φεύγει διὰ τοῦ σώματός μας εἰς τὸ ἔδαφος καὶ τὰ φύλλα καταπίπτουσιν, ὁ δὲ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς συσσωρεύεται ἐπὶ τοῦ δίσκου. Ἐὰν κατόπιν ἀπομακρύνωμεν κατὰ πρῶτον μὲν τὸν δάκτυλον ἡμῶν, ἔπειτα δὲ καὶ τὴν ράβδον, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς, ὁ μέχρῃ τῆς στιγμῆς ἐκείνης συγκρατούμενος ἐπὶ τοῦ δίσκου κατέρχεται καὶ ἐπὶ τῶν φύλλων, τὰ ὁποῖα ἐκ νέου ἀποκλίνουν, ἠλεκτριζόμενα τώρα ἀρνητικῶς. Οὕτω τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἠλεκτρίσθη διὰ γνωστοῦ εἶδους ἠλεκτρισμοῦ, ἀρνητικοῦ, καὶ οὕτω κατασκευασθὲν δύναται νὰ μᾶς χρησιμεύσῃ πρὸς προσδιορισμὸν καὶ τοῦ εἶδους τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἠλεκτρισμένου τινὸς σώματος. Πρὸς τοῦτο πλησιάζομεν τὸ σῶμα εἰς τὸν δίσκον τοῦ ὄργανου, καὶ ἐὰν μὲν τὰ φύλλα αὐτοῦ ἀποκλίνωσιν ἔτι μᾶλλον, τότε τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον ὁμώνυμως, ἥτοι ἀρνητικῶς, ἐὰν δὲ τὰ φύλλα

καταπίπτωσι, τότε τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον ἑτερονύμως, ἥτοι θετικῶς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ

189. Ἐξήγησις τῆς ἑλξεως καὶ ὤσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς. Διὰ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπιδράσεως ἐξηγεῖται τώρα εὐχερῶς ἡ ἑλξις καὶ ἡ ἄπωσις τοῦ σφαιριδίου τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς, ὡς ἐξῆς. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς τῆς ὑαλίνης ῥάβδου ἀναλύει τὸ οὐδέτερον ἠλεκτρικὸν ὕψιστον τοῦ σφαιριδίου εἰς ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν, ὅστις συσσωρεύεται εἰς τὰ πλησιέστερα πρὸς τὴν ῥάβδον σημεῖα τοῦ σφαιριδίου, καὶ εἰς θετικόν, ὅστις συσσωρεύεται εἰς τὰ ἀπώτερα σημεῖα αὐτοῦ. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἑλξις ὑπερνικᾷ τὴν ἄπωσιν (ἐνεκα τῆς μικροτέρας ἀποστάσεως τῶν ἑτερονύμως ἠλεκτρισμένων σημείων τοῦ σφαιριδίου ἀπὸ τῆς ῥάβδου), τὸ σφαιρίδιον ἐλκόμενον ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ῥάβδου, ὁπότε ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς αὐτοῦ ἐξουδετεροῦται, ἐνῶ ἀφ' ἑτέρου πληροῦται δι' ὁμωνύμου ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἀμέσως ἀπωθεῖται.

190. Ἐνέργεια σώματος ἠλεκτρισμένου ἐπὶ σώματος εὐρισκόμενου ἐντὸς αὐτοῦ. Πείραμα. Ἐντὸς μεταλλίνου κυλίνδρου κοίλου καὶ μεμονωμένου τοποθετοῦμεν ἠλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων. Ἠλεκτρίζοντες ἰσχυρῶς τὸν κύλινδρον παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου οὐδὲν ὅλως ἀποκλίνουνσι. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρατηρεῖται, ἐὰν ὁ κύλινδρος ἀντὶ νὰ εἶναι συνεχῆς παρουσιάζῃ ὅπας κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον μεγάλας, εἴτε ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλίνου πλέγματος σχηματίζων εἶδος κλωβοῦ. Τὸ ἠλεκτρικὸν λοιπὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον φέρει ἑξωτερικῶς ὁ κύλινδρος, οὐδεμίαν ἠλεκτρικὴν ἐπίδρασιν ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ἐν τῷ ἐσωτερικῷ αὐτοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι καὶ ἐὰν τὸ σῶμα τὸ εὐρισκόμενον ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου εἶναι ἠλεκτρισμένον, τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ κυλίνδρου οὐδεμίαν ἐνέργειαν θὰ ἐξασκῇ ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου.

Συμπέρασμα. Εὐηλεκτραγωγὸς ἐπιφάνεια κλειστή, μεμονωμένη καὶ ἠλεκτροισμένη δὲν δύναται νὰ ἐξασκήσῃ οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἐν τῷ ἐσωτερικῷ αὐτῆς.

191. Ἡλεκτρικὰ διαφράγματα. Πείραμα. Ἐντὸς εὐηλεκτραγωγοῦ κλωβοῦ, μεμονωμένου, τοποθετοῦμεν ἠλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλον καὶ πλησιάζομεν ἔπειτα εἰς τὸν κλωβὸν σῶμα τι ἠλεκτροισμένον ἰσχυρῶς. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ὄργάνου οὐδόλως ἀποκλίνουνσι, ἐπομένως τὸ σῶμα οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρατηροῦμεν καὶ ἐὰν ὁ κλωβὸς συγκοινωνήσῃ μετὰ τοῦ ἑδάφους.

Συμπέρασμα. Εὐηλεκτραγωγὸς ἐπιφάνεια κλειστή προφυλάσσει ἀπὸ τὰς ἐξωτερικὰς ἠλεκτρικὰς ἐπιδράσεις πᾶν σῶμα εὐρισκόμενον ἐντὸς αὐτῆς.

Λέγομεν λοιπόν, ὅτι ἡ κλειστή εὐηλεκτραγωγὸς ἐπιφάνεια ἀποτελεῖ **ἠλεκτρικὸν διάφραγμα** δι' ὅλα τὰ σημεῖα τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς αὐτῆς.

Παρατήρησις. Δὲν εἶναι ἀνάγκη νὰ περιβάλωμεν τελείως τὸ ἠλεκτροσκόπιον διὰ τῆς εὐηλεκτραγωγοῦ ἐπιφανείας. Πράγματι, ἐὰν πλησιάζωμεν εἰς τὸν δίσκον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ῥάβδον ὑαλίνην, προστριβεῖσαν, τὰ φύλλα τοῦ ὄργάνου ἀμέσως ἀποκλίνουνσι. Ἐὰν ὁμως παρεμβάλωμεν μεταξὺ τῆς ῥάβδου καὶ τοῦ δίσκου πλατὺ μεταλλικὸν πλέγμα, ὅπερ κρατοῦμεν εἰς τὴν χεῖρά μας, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀμέσως καταπίπτουσι.

192. Ἐξριμογὰν τῶν ἠλεκτρικῶν διαφραγμάτων. 1ον. Διὰ νὰ παρακωλύσωμεν τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν δύο ἠλεκτροισμένων σωμάτων, ἀρκεῖ νὰ παρενθῶμεν μεταξὺ αὐτῶν μεταλλικὴν πλάκα, ἢ μεταλλικὸν πλέγμα συγκοινωνοῦν μετὰ τοῦ ἑδάφους. 2ον. Διὰ νὰ προφυλάξωμεν ἠλεκτρικὸν τι ὄργανον εὐπαθὲς ἀπὸ τὰς ἐξωτερικὰς ἠλεκτρικὰς ἐπιδράσεις, ἀρκεῖ νὰ ἐγκλείσωμεν αὐτὸ ἐντὸς μεταλλίνης θήκης. Τοιοῦτοτρόπως ἐν τῷ ἠλεκτροσκοπίῳ μετὰ φύλλον, κατὰ τὴν προσέγγισιν ἠλεκτροισμένου σώματος, ἡ ἐπίδρασις γίνεται μόνον ἐπὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ δίσκου τοῦ ὄργάνου, οὐχὶ δὲ καὶ ἐπὶ τῶν φύλλον, ἔνεκα τῆς παρουσίας τῆς μεταλλίνης θήκης.

193. Ἐνέργεια τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα, ἀντιθέτως πρὸς τὰ εὐηλεκτραγωγὰ, δὲν ἀποτελοῦσιν ἠλεκτρικὰ διαφράγματα, καθ' ὅσον διὰ μέσου αὐτῶν

δύναται νά γίνη ηλεκτρική ἐπίδρασις, καθὼς ἀποδεικνύει τὸ ἐξῆς πείραμα.

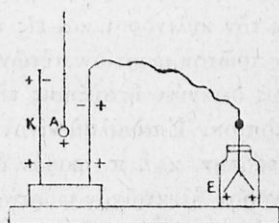
Πείραμα. Ἀνωθεν τοῦ δίσκου τοῦ ηλεκτροσκοπίου θέτομεν πλάκα ἐξ ὑάλου, ἢ ἐκ παραφίνης, καὶ ἄνωθεν ταύτης φέρομεν σῶμα ηλεκτρισμένον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ηλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουσιν, ἐπομένως τὸ ηλεκτρισμένον σῶμα ἐξασκεῖ ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ ὀργάνου. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρατηροῦμεν καὶ ἐὰν ὁλόκληρον τὸ ηλεκτροσκόπιον καλυφθῇ δι' ὑαλίνου κώδωνος.

Συμπέρασμα. Τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα οὐδόλως παρεμποδίζουν τὴν ἐπίδρασιν τῶν ηλεκτρισμένων σωμάτων ἐπ' ἄλλων. Ἔνεκα τούτου τὰ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα ὀνομάσθησαν καὶ *διηλεκτρικά*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ. — ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΝ

194. Κύλινδρος τοῦ Faraday. Α) Περιγραφή. Θεωρήσωμεν μεταλλινὸν κύλινδρον Κ (σχ. 135) κοῖλον, ὅστις εἶναι μεμονωμένος ἐπὶ πλακὸς ἐκ παραφίνης καὶ συγκοινωνεῖ διὰ μακροῦ σύρματος μετὰ τοῦ στελέχους ηλεκτροσκοπίου μετὰ φύλλων Ε, οὗτινος ἡ μεταλλίνη θήκη συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἐδάφους. Ὅπισθεν τῶν φύλλων τοῦ ηλεκτροσκοπίου ὑπάρχει κλίμαξ μὲ διαίρεσεις, διὰ νὰ προσδιορίζωμεν τὸ μέγεθος τῆς γωνίας, καθ' ἣν ἀποκλίνουσιν τὰ φύλλα. Τὸ σύνολον τῆς διατάξεως ταύτης ἀποτελεῖ τὸν *κύλινδρον τοῦ Faraday*.¹⁾



Σχ. 135.

Κύλινδρος τοῦ Faraday.

(1) Faraday (1791 — 1867). Ἀγγλὸς φυσικὸς καὶ χημικὸς. Ἐκάμε πολλὰς ἐργασίας ἐπὶ τοῦ ηλεκτρομαγνητισμοῦ καὶ ἀνεκάλυψε τὰ φαινόμενα τῆς ἐπαγωγῆς, ἔδωκε δὲ τὸ ὄνομα farad εἰς τὴν μονάδα τῆς ηλεκτροχωρητικότητος.

Β) Λειτουργία. Ἐὰν σῶμά τι Α εὐηλεκτραγωγόν, μεμονωμένον καὶ ἠλεκτρισμένον, π. χ. θετικῶς, εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου καὶ τὸ φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν ἐσωτερικῶν τοιχωμάτων τούτου, ὁ ἠλεκτρισμὸς τοῦ σώματος θέλει ἐμφανισθῇ ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου (καθ' ὅσον ὁ ἠλεκτρισμὸς δὲν δύναται νὰ παραμείνῃ ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλου ἀγωγοῦ) καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἠλεκτριζόμενα ὁμωνύμως ἀποκλίνουν. Ἐὰν ἀνασύρωμεν κατόπιν τὸ σῶμα ἀπὸ τὸν κύλινδρον, ἀνευρίσκομεν ὅτι δὲν εἶναι πλέον ἠλεκτρισμένον. Ὁ ἠλεκτρισμὸς τοῦ λοιποῦ μετεδόθη εἰς τὸν κύλινδρον καὶ τὸ ἠλεκτροσκόπιον. Ὅμοια φαινόμενα παρατηροῦμεν καὶ μὲ σῶμα ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς.

195. Πρόσθεσις τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday εἰσάγομεν μικρὰν σφαῖραν Α ἠλεκτρισμένην, π. χ. θετικῶς, τὴν ὁποίαν κρατοῦμεν διὰ λαβῆς ἀπομονωτικῆς, καὶ τὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ κυλίνδρου. Ἡ σφαῖρα θὰ ἀποβάλλῃ τότε τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον της, ὅπερ μεταδίδεται εἰς τὸν κύλινδρον καὶ εἰς τὸ ἠλεκτροσκόπιον, τοῦ ὁποῦ τοῦ φύλλα ἀποκλίνουν. Ἡλεκτριζομεν ἔκ νέου τὴν σφαῖραν Α κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον καὶ διὰ τοῦ αὐτοῦ εἶδους ἠλεκτρισμοῦ, καὶ εἰσάγομεν αὐτὴν καὶ πάλιν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, μέχρις ὅτου ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτοῦ. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῆς σφαίρας μεταδίδεται καὶ πάλιν εἰς τὸν κύλινδρον καὶ εἰς τὸ ἠλεκτροσκόπιον, καὶ ἐπιπροστίθεται εἰς τὸ πρῶτον φορτίον αὐτῶν, τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως αὐξάνεται, καθὼς δεικνύει ἡ αὐξησης τῆς ἀποκλίσεως τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Ἐπανάλαμβάνοντες τὴν αὐτὴν ἐργασίαν καὶ τρίτην καὶ τετάρτην, κ. λ. π. φορὰν δυνάμεθα νὰ ἐπισσώρεύσωμεν εἰς τὸν κύλινδρον ἠλεκτρικὸν φορτίον τριπλάσιον, τετραπλάσιον κ. λ. π. τοῦ πρῶτου φορτίου. Τὰ προστιθέμενα εἰς τὸν κύλινδρον ἠλεκτρικὰ φορτία δύνανται νὰ εἶναι θετικὰ καὶ ἀρνητικά. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ ἡ αὐξησης ἢ ἡ ἐλάττωσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ὑποδεικνύεται διὰ τῆς αὐξήσεως ἢ ἐλαττώσεως τῆς ἀποκλίσεως τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου.

196. Μέτρησις τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Διὰ τῆς ἀποκλίσεως τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου δυνάμεθα νὰ προσδι-

θορίσωμεν τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον ἀγωγοῦ τινός. Πρὸς τοῦτο δέον προηγουμένως νὰ βαθμολογήσωμεν τὸ ὄργανον.

Α) Βαθμολόγησις τοῦ ἡλεκτροσκοπίου. Λαμβάνομεν μικρὰν μεταλλίνην σφαῖραν, μεμονωμένην, τὴν ὁποίαν ἡλεκτρίζομεν, π. χ. θετικῶς, καὶ θεωροῦμεν τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον αὐτῆς ὡς μονάδα. Τὴν σφαῖραν ταύτην εἰσάγομεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ὅπως ἐπράξαμεν ἀνωτέρω. Τὰ φύλλα τοῦ ὄργάνου ἀποκλίνουν, σχηματίζοντα γωνίαν τινά, τὴν ὁποίαν σημειοῦμεν ἐπὶ τόξου κύκλου εὐρισκομένου ἐνώπιον τῶν φύλλων γράφοντες ἐκεῖ τὸν ἀριθμὸν 1. Ἐξάγομεν ἔπειτα τὴν σφαῖραν καί, ἀφοῦ ἡλεκτρίσωμεν αὐτὴν ἐκ νέου κατὰ τὸν αὐτὸν ὡς καὶ πρότερον τρόπον καὶ διὰ τοῦ αὐτοῦ εἴδους ἡλεκτρισμοῦ, τὴν εἰσάγομεν πάλιν εἰς τὸν κύλινδρον. Τὰ φύλλα τοῦ ἡλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουν, τώρα περισσότερον, σχηματίζοντα μεγαλύτεραν γωνίαν, τὴν ὁποίαν σημειοῦμεν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ τόξου διὰ τοῦ 2. Καθ' ὅμοιον τρόπον σημειοῦμεν καὶ τὰς γωνίας 3, 4, Τοιοῦτοτρόπως θὰ ἔχωμεν μίαν κλίμακα γωνιῶν 1, 2, 3, αἱτινες ἀντιστοιχοῦσιν εἰς 1, 2, 3, φορτία θετικοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἐπισσφρευθέντα ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου. Τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κατακόρυφον θέσιν τῶν φύλλων τοῦ ὄργάνου (').

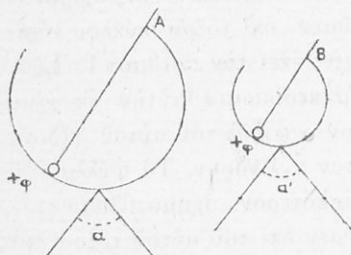
Ἡ αὕτη βαθμολογία ἰσχύει καὶ διὰ τὰ φορτία τοῦ ἀρνητικοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Πράγματι ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων εἶναι ἡ αὐτή, ὅταν, ἀντὶ ἡλεκτρικοῦ τινος φορτίου $+φ$, ληφθῇ τὸ ἴσον καὶ ἀντίθετον $-φ$.

Β) Χρῆσις τοῦ ἡλεκτροσκοπίου. Ἵνα προσδιορίσωμεν τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον ἀγωγοῦ τινος, φέρομεν κατὰ πρῶτον τὸ ἡλεκτροσκοπίον εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν. Πρὸς τοῦτο ἐγγίζομεν διὰ τοῦ δακτύλου τὸ στέλεχος, ὅτε χάνει τὸν ἡλεκτρισμὸν του, ἐὰν ἔφερε τοιοῦτον. Κατόπιν εἰσάγομεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τὸν ἀγωγόν, μέχρις ὅτου ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου, ὅποτε τὰ φύλλα τοῦ ἡλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουν ὑπὸ γωνίαν 3 π.χ. Ἡ ἀπόκλισις αὕτη δεικνύει ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀγω-

(1) Εἶναι προτιμότερον τὸ ἐν φύλλον τοῦ ὄργάνου νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ ἐλάσματος ἀκινήτου, ὅποτε τοῦτο θὰ παραμῆνῃ πάντοτε εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος, ἐνῶ τὸ ἄκρον τοῦ κινητοῦ φύλλου θὰ μετακινῆται ἐνώπιον τῆς κλίμακος.

γοῦ εἶναι τριπλάσιον τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου, ὅπερ ἐχρησίμευσε διὰ τὴν βαθμολογίαν τοῦ δογάνου.

197. Ἡλεκτροδυναμικόν. Καλοῦμεν *ἡλεκτροδυναμικόν* ἢ ἀπλῶς *δυναμικόν* ἄγωγοῦ τινος κατὰ τινά στιγμὴν, τὴν ἡλεκτρικὴν κατάστασιν αὐτοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην. Ἵνα προσδιορίσωμεν τὸ ἡλεκτροδυναμικόν ἄγωγοῦ τινος, δὲν ἀρκεῖ νὰ γνω-



Σχ. 136 Πειραματικὴ ἀπόδειξις διαφορᾶς ἡλεκτροδυναμικοῦ.

ρίζωμεν μόνον τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον. Πράγματι, δύο ἄγωγοι Α καὶ Α' δυνατόν νὰ ἔχωσι τὸ αὐτὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, ἐν τούτοις τὸ ἡλεκτροδυναμικόν αὐτῶν νὰ μὴ εἶναι τὸ αὐτὸ ἀλλὰ διάφορον, ὅποτε λέγομεν ὅτι οἱ ἄγωγοι ἔχουσι *διάφορον ἡλεκτροδυναμικόν*.

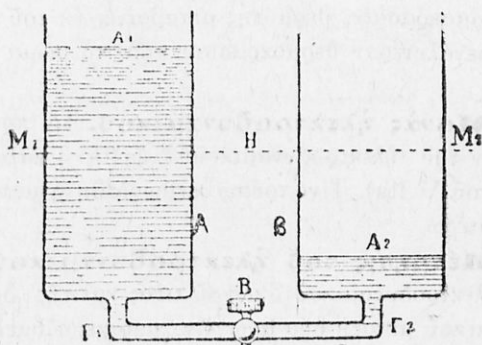
198. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς διαφορᾶς τοῦ

ἡλεκτροδυναμικοῦ. Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο μεταλλίνας σφαῖρας Α καὶ Β (σχ. 136) μεμονωμένας, αἱτίνες ἔχουσι διαφορὰς ἀκτῖνας καὶ συγκοινωνοῦσι μὲ δύο ἐντελῶς ὅμοια ἡλεκτροσκόπια. Ἐὰν μεταδώσωμεν εἰς ἀμφοτέρας τὸ αὐτὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Φ, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα τῶν ἡλεκτροσκοπίων δὲν δεικνύουσι τὴν αὐτὴν ἀπόκλισιν.

Συμπέρασμα. Αἱ δύο σφαῖραι, καίτοι φέρουσι τὸ αὐτὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον ἐν τούτοις δὲν ἔχουσι τὸ αὐτὸ ἡλεκτροδυναμικόν ἀλλὰ διάφορον.

199. Ὁμοιότης τῆς διαφορᾶς τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης καὶ πρὸς τὴν διαφορὰν θερμοκρασίας. Ἐστῶσαν δύο δοχεῖα Α καὶ Β (σχ. 137) περιέχοντα ὕδωρ καὶ συγκοινωνοῦντα μεταξύ των διὰ σωλῆνος μικρᾶς διαμέτρου. Ἐὰν τὸ ὕδωρ εὑρίσκηται ὑψηλότερον ἐν τῷ δοχείῳ Α καὶ χαμηλότερον ἐν τῷ δοχείῳ Β, θέλει παραχθῇ ἐν τῷ σωλῆνι ῥεῦμα ὕδατος βαῖνον ἐκ τοῦ δοχείου Α πρὸς τὸ δοχεῖον Β, διότι ἡ *πίεσις* τοῦ ὕδατος ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὀριζοντίου πυθμένος εἰς τὰ δύο δοχεῖα εἶναι διάφορος. Τὸ ῥεῦμα θὰ ἐξακολουθήσῃ μέχρις ὅτου τὸ ὕδωρ εἰς τὰ δύο δοχεῖα εὑρεθῇ εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, ὅποτε θέλει καταπαύσει. Τουναντίον, ἐὰν τὸ ὕδωρ εὑρίσκηται ἀρχικῶς εἰς τὸ αὐτὸ

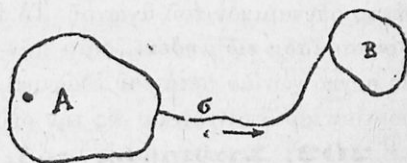
ὑψος καὶ εἰς τὰ δύο δοχεῖα, δὲν θέλει παραχθῇ ἐν τῷ σωλῆνι ῥεῦμα ὕδατος, διότι ἡ πίεσις τοῦ ὕδατος εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὰ δύο δοχεῖα. Τοιοῦτοτρόπως, ἵνα σχηματισθῇ ῥεῦμα ὕδατος ἀπὸ τινος δοχείου εἰς ἕτερον, δέον νὰ ὑπάρχῃ μεταξὺ αὐτῶν διαφορὰ στάθμης (διαφορὰ ὑψους τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὕδατος). Τὸ παραγόμενον δὲ τότε ῥεῦμα θὰ ἔχῃ ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐξίσωσιν τῆς στάθμης τοῦ ὕδατος



Σχ. 137. Ὁμοίωτης διαφορᾶς ἠλεκτροδυναμικοῦ πρὸς διαφορὰν στάθμης.

εἰς τὰ δύο δοχεῖα, καὶ ἐπομένως τὴν ἀποκατάστασιν τῆς ἰσορροπίας τοῦ ὕδατος.

Πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης δυνάμεθα νὰ παραβάσωμεν καὶ τὴν διαφορὰν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ. Ἐστῶσαν A καὶ B (σχ. 138) δύο σώματα μεμονωμένα καὶ ἠλεκτρισμένα, ἅτινα συνδέονται μεταξὺ τῶν διὰ μεταλλίνου σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ. Ἐὰν ἐν τῷ σύρματι παραχθῇ μετάθεσις ἠλεκτρισμοῦ, θέλομεν εἶπει ὅτι τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τῶν δύο ἀγωγῶν δὲν εἶναι τὸ αὐτό, καὶ ἐπομένως ὅτι ὑφίσταται μεταξὺ αὐτῶν διαφορὰ ἠλεκτροδυναμικοῦ. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ μεγαλύτερον ἠλεκτροδυναμικὸν θὰ ἔχῃ ὁ ἀγωγὸς ἐκ τοῦ ὁποῖου ἀναχωρεῖ τὸ ῥεῦμα. Τοῦναντίον, ἐὰν ἐν τῷ σύρματι δὲν παραχθῇ μετάθεσις ἠλεκτρισμοῦ, τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τῶν δύο ἀγωγῶν εἶναι τὸ αὐτό.



Σχ. 138. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ προκαλεῖ μετάθεσιν ἠλεκτρισμοῦ.

Ἡ διαφορὰ λοιπὸν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὥς τι ὅμοιον πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης. Ἐνεκα τῆς ὁμοιότητος ταύτης τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν καλεῖται καὶ **ἠλεκτρικὴ στάθμη**. Λέγεται ἐπίσης καὶ **τάσις** ἢ **πίεσις**, διότι ὁ ἠλεκτρικὸς ἀγωγὸς παραβάλλεται πρὸς δοχεῖον περιέχον ὕδωρ ὑπὸ μεγάλην πίεσιν.

Ἀνάλογον φαινόμενον παρουσιάζει καὶ ἡ θερμότης. Ὄταν συνδέωνται μεταξύ των διὰ μεταλλίνου σύρματος δύο σώματα μὴ ἔχοντα τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, θερμότης μεταβαίνει ἐκ τοῦ σώματος τοῦ ἔχοντος τὴν μεγαλυτέραν θερμοκρασίαν πρὸς τὸ σῶμα τὸ ἔχον τὴν μικροτέραν.

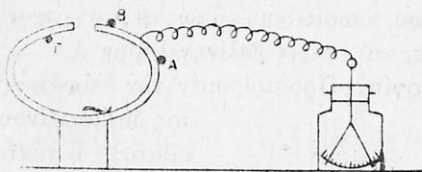
200. Μονὰς ἠλεκτροδυναμικοῦ. Ὡς πρακτικὴ μονὰς πρὸς μέτρησιν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ ἐλήφθη ἡ καλουμένη volt (πρὸς τιμὴν τοῦ Volta). Τίνι τρόπῳ καθωρίσθη ἡ μονὰς αὕτη θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

201. Μέτρησις τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ. Πρὸς μέτρησιν τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ ἀγωγοῦ τινος καὶ τῆς διαφορᾶς τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ μεταξύ δύο ἀγωγῶν μεταχειριζόμεθα εἰδικὰ ὄργανα, ἅτινα καλοῦνται **ἠλεκτρόμετρα**. Εἰς ἠλεκτρόμετρον μετατρέπεται τὸ ἠλεκτροσκοπίον μετὰ φύλλων, ὅταν ὀπισθεν τῶν φύλλων τοῦ τοποθετήσωμεν πλάκα καὶ ἐπ' αὐτῆς χαράξωμεν κλίμακα, τῆς ὁποίας αἱ διαιρέσεις νὰ παριστῶσι μονάδας volt. Ἐὰν ἀγωγὸς τις μεμονωμένος καὶ ἠλεκτρισμένος συγκοινωνήσῃ μετὰ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου τούτου, ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων θέλει δείξει εἰς ἡμᾶς τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τῆς γῆς λαμβάνεται ἴσον **τῷ μηδενί**, διότι πᾶν σῶμα ἠλεκτρισμένον, τιθέμενον εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους ἀποβάλλει τὸ ἠλεκτρικὸν αὐτοῦ φορτίον καὶ ἐπανέρχεται εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν.

202. Στεθερότης τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ. Πείραμα. Λαμβάνομεν ἀγωγὸν οἰοῦντὸς σχήματος, π. χ. ῥοειδοῦς (σχ. 139), μεμονωμένον καὶ ἠλεκτρισμένον, τοῦ ὁποίου ἐν σημεῖον φέρομεν εἰς συγκοινωνίαν, διὰ μεταλλίνου σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ, μετὰ τινος ἠλεκτρομέτρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων τοῦ ὀργάνου εἶναι ἡ αὐτή, ὅπουδῆποτε τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἂν λαμβάνεται τὸ σημεῖον, εἴτε εἰς τὴν χώραν Α ἔνθα ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης εἶναι μεγίστη, εἴτε εἰς τὴν

χώραν Β ἔνθα ἡ πυκνότης εἶναι ἐλαχίστη, εἴτε εἰς τὴν χώραν Γ ἔνθα ἡ πυκνότης εἶναι μηδέν.

Συμπέρασμα. Καθ' ὅλην τὴν ἑκτασιν ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ ἀγωγοῦ



Σχ. 139. Σταθερότης τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ.

οὐδεμία διαφορὰ ἡλεκτροδυναμικοῦ ὑφίσταται, καὶ ἐπομένως τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν εἶναι σταθερόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

203. Ὅρισμός. Καλοῦνται *ἡλεκτροστατικάι μηχαναί*, μηχαναὶ αἵτινες δύνανται νὰ παράγωσι συνεχῶς ἡλεκτρισμὸν ὑψηλοῦ δυναμικοῦ. Ὁ ἡλεκτρισμὸς παράγεται ἐν αὐταῖς εἴτε διὰ *τριβῆς*, εἴτε δι' *ἐπιδράσεως*, συνήθως ὅμως παράγεται διὰ τριβῆς ἅμα καὶ ἐπιδράσεως. Ἐκ τούτων περιγράφομεν τὰς ἑξῆς.

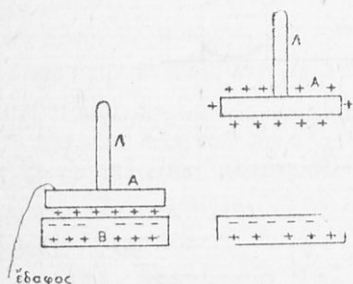
204. Ἡλεκτροφόρον τοῦ Volta (1). Ἡ ἀπλουστάτη πῶν ἡλεκτροστατικῶν μηχανῶν εἶναι ἡ καλουμένη *ἡλεκτροφόρον τοῦ Volta*.

A) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται (1ον) ἐξ ἑνὸς πλακοῦντος Β (σχ. 140) ὅστις εἶναι κατεσκευασμένος ἐκ ῥητίνης καὶ ἔχει χυθῆ ἑντὸς τύπου

(1) Volta (1745—1827). Ἰταλὸς σοφὸς ἀσχοληθεὶς ἰδίως εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα καὶ ἐπινοήσας τὸ ἡλεκτροφόρον, τὸ ἡλεκτροσκόπιον καὶ τὴν ἡλεκτρικὴν στήλην. Ἔδωκε τὸ ὄνομα volt εἰς τὴν μονάδα τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ καὶ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.

μεταλλικοῦ συγκοινωνοῦντος μετὰ τοῦ ἑδάφους δι' ἀλύσεως, καὶ 2ον) ἐξ ἑνὸς δίσκου ξυλίνου Α, ὅστις εἶναι κεκαλυμμένος πανταχόθεν διὰ φύλλου κασσιτέρου, ὅπως ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ καταστήῃ εὐηλεκτροαγωγός, καὶ φέρει ὑαλίνην λαβὴν Λ.

Β) Λειτουργία. Προστροίβομεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ πλακοῦν-



Σχ. 140. Ἡλεκτροφόρον Volta.

τος διὰ μαλλίνου καὶ ξηροῦ ὑφάσματος, ἢ τύπτομεν αὐτὴν διὰ δέσματος γαλῆς, ὅποτε ὁ πλακοῦς ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς καὶ διατηρεῖ τὸν ἠλεκτρισμὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του ἐπὶ μακρότατον χρόνον. Ἐὰν τότε ἐπὶ τοῦ πλακοῦντος θέσωμεν τὸν δίσκον, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς τοῦ πλακοῦντος ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ δίσκου,

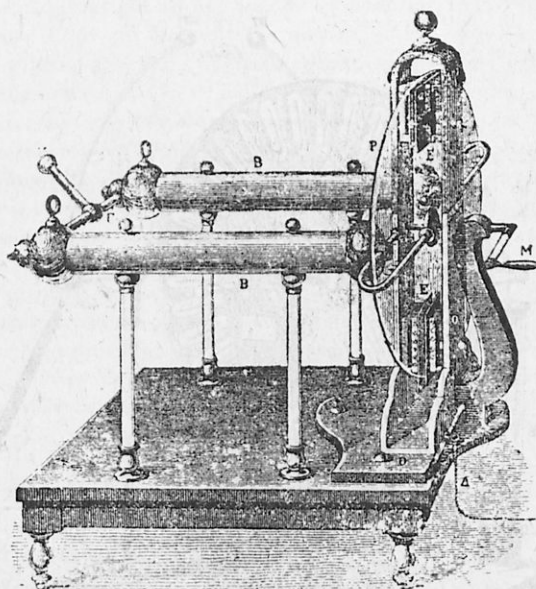
ὅστις τοιοῦτοτρόπως ἠλεκτρίζεται θετικῶς μὲν ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας του, ἀρνητικῶς δὲ ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας. Ἐὰν ἤδη ἐγγίσωμεν διὰ τοῦ δακτύλου τὸν δίσκον, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς αὐτοῦ διοχετεύεται εἰς τὸ ἑδάφος καὶ ὁ δίσκος μένει ἠλεκτρισμένος θετικῶς, ἀλλὰ τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν αὐτοῦ εἶναι μηδέν. Ἐὰν δὲ κατὰ πρῶτον ἀπομακρύνωμεν τὸν δάκτυλόν μας καὶ κατόπιν ἀνυψώσωμεν τὸν δίσκον διὰ τῆς ὑαλίνης λαβῆς, τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν αὐτοῦ αὐξάνεται καὶ ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς διαχέεται εἰς τὴν ἐπιφάνειάν του.

203. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Ramsden. Α)

Περιγραφή. Ἀποτελεῖται 1ον) ἐκ τοῦ τριβομένου σώματος, ὅπερ εἶναι δίσκος ὑαλίνος P (σχ. 141) δυνάμενος νὰ περιστρέφεται, τῇ βοηθείᾳ στροφάλου, περὶ ὀριζόντιον ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ· 2ον) ἐκ τοῦ τρίβοντος σώματος, ὅπερ ἀποτελεῖται ἐκ τεσσάρων δερματίνων προσκεφαλαίων Ε ἐμπεριεχόντων τριχάς. Τὰ προσκεφάλαια συγκοινωνοῦσι μετὰ τοῦ ἑδάφους δι' ἀλύσεως Λ καὶ εὐρίσκονται τὰ δύο πρὸς τὸ ἄνω ἄκρον μιᾶς κατακορύφου διαμέτρου τοῦ δίσκου καὶ τὰ ἕτερα δύο πρὸς τὸ κάτω, καὶ 3ον) ἐκ τοῦ ἄγωγου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐπισσωρεύεται ὁ ἠλεκτρισμὸς. Τὸν ἄγωγόν τοῦτον ἀποτελοῦσι δύο κοῖλοι ὀρειχάλκινοι κύλινδροι Β καὶ Β, οἵτινες στηρίζονται ἐπὶ ὑαλίνων ποδῶν καὶ φέρουσι κατὰ μὲν τὸ ἓν ἄκρον, τὸ

πρὸς τὸν δίσκον, ἐπικαμπεῖς μεταλλίνοις σωλῆνας, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον συνδέονται διὰ λεπτοτέρου σωλῆνος. Ὁ δίσκος διέρχεται μεταξὺ τῶν σκελῶν τῶν ἐπικαμπῶν σωλῆνων ἅτινα φέρουσι πρὸς τὸ μέρος τοῦ δίσκου σειρὰν μεταλλίνων ἀκίδων ἐν εἴδει κτενῶν.

Β) Λειτουργία. Κατὰ τὴν στροφὴν τοῦ ὑαλίνου δίσκου, οὗτος προστριβόμενος μεταξὺ τῶν προσκεφαλαίων ἠλεκτρίζεται θετικῶς.

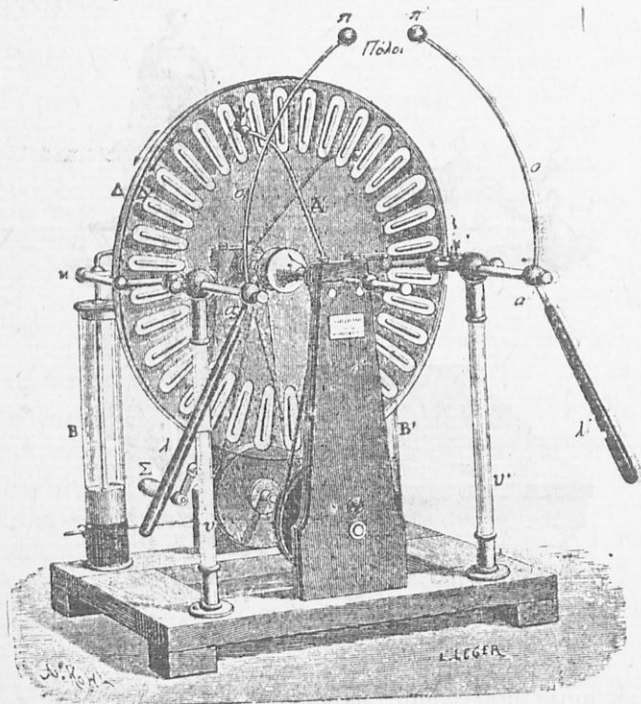


Σχ. 141. Ἡλεκτροστατική μηχανὴ Ramsden.

Ὁ θετικὸς οὗτος ἠλεκτρισμός, φερόμενος διὰ τῆς στροφῆς τοῦ δίσκου ἐνώπιον τῶν κτενῶν, ἀναλύει τὸ ὑψέτερον ἠλεκτρικὸν θευστὸν τῶν μεταλλίνων ἀκίδων, καὶ ἀπωθεῖ μὲν τὸν ὁμώνυμον ἠλεκτρισμὸν πρὸς τὸ ἀπώτερον ἄκρον τῶν κυλίνδρων, ἔλκει δὲ τὸν ἐτερόνυμον 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.

206. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimschurst. Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται (ὅν) ἐκ δύο κυκλικῶν δίσκων Δ καὶ Δ' (σχ. 142) ἐξ ὑάλου ἢ

ἐξ ἐβονίτου. Οὗτοι τοποθετοῦνται κατακορυφως παραλλήλως, εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν, καὶ εἶναι ἡλεκτρικῶς μεμονωμένοι μεταξύ των. Ἐπὶ τῶν ἐξωτερικῶν ἐπιφανειῶν καὶ πλησίον τῆς περιφερείας αὐτῶν φέρουσι προσκεκολλημένας ἀκτινηδὸν μικρὰς ταινίας ἐκ κασιτέρου καὶ δύνανται νὰ στραφῶσι διὰ στροφάλου περὶ τὸν αὐτὸν μὲν ὀριζόντιον ἄξονα, ἀλλὰ κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις.



Σχ. 142. Ἡλεκτροστατική μηχανὴ τοῦ Wimshurst.

2ον) Ἐκ δύο διαμετρικῶν μεταλλίνων ἀγωγῶν Α'. Οὗτοι τοποθετοῦνται ὁ εἰς ἔμπροσθεν τοῦ ἑνὸς δίσκου καὶ ὁ ἕτερος ὀπισθεν τοῦ ἄλλου, καὶ οὕτως ὥστε νὰ εἶναι κάθετοι πρὸς ἀλλήλους καὶ νὰ σχηματίζωσι γωνίαν 15° μετὰ τοῦ ὀρίζοντος. Τὰ ἄκρα τούτων φέρουσι ψήκτρας μεταλλίνας, αἵτινες ἐγγίζουσι τὰς ταινίας τοῦ κασιτέρου.

3ον) Ἐκ δύο μεταλλίνων ἐπικαμπῶν σωλῆνων x καὶ x'. Οὗτοι τοποθετοῦνται κατὰ τὰ ἄκρα μιᾶς ὀριζοντίας διαμέτρου τῶν δίσκων, ὁ εἰς πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ ὁ ἕτερος πρὸς τὰ ἀριστερά, καὶ οὕτως, ὥστε οἱ δίσκοι νὰ διέρχονται διὰ τῶν σκελῶν αὐτῶν. Τὰ σκέλη ταῦτα φέρουσι πρὸς τὸ μέρος τῶν δίσκων σειρὰν μεταλλίνων ἀκίδων ἐν εἴδει κτενῶν καὶ συγκοινωνοῦσι μετὰ

δύο μεταλλίνων τόξων σ και σ', καταληγόντων εἰς μικρὰς σφαίρας π καὶ π'. Αὗται ἀποτελοῦσι τοὺς δύο πόλους τῆς μηχανῆς καὶ δύνανται νὰ πλησιάζωσι ἢ νὰ ἀπομακρύνωνται ἀπ' ἀλλήλων διὰ λαβῶν ἀπομονωτικῶν λ καὶ λ'. Δύο συμπτυκνῶται Β καὶ Β' (περὶ τούτων βλέπε κατωτέρω) εὐθισζόμενοι εἰς τὸ βάθρον τῆς μηχανῆς συγκοινωνοῦσι μὲ τοὺς πόλους αὐτῆς.

Β) **Δειτουργία.** Κατὰ τὴν στροφὴν τῶν δίσκων αἱ ταινίαι τοῦ κασιτέρου, ἠλεκτριζόμεναι διὰ τριβῆς καὶ δι' ἐπιδράσεως, ἔρχονται εἰς μὲν τὸν ἓνα 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 ἠλεκτρισμὸς, ὅστις ἐξουδετερώνει τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμόν τῶν ταινιῶν, ἐπὶ δὲ τοῦ πόλου τοῦ συγκοινωνοῦντος μετὰ τοῦ κτενός συσσωρεύεται θετικὸς ἠλεκτρισμὸς. Ὅμοιως ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἐτέρου κτενός, καὶ ἐκ μὲν τῶν ἀκίδων τοῦ ἐκρέει θετικὸς ἠλεκτρισμὸς, ὅστις ἐξουδετερώνει τὸν ἀρνητικὸν τῶν ταινιῶν, ἐπὶ δὲ τοῦ πόλου τοῦ συγκοινωνοῦντος μετὰ τοῦ κτενός συσσωρεύεται ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς.

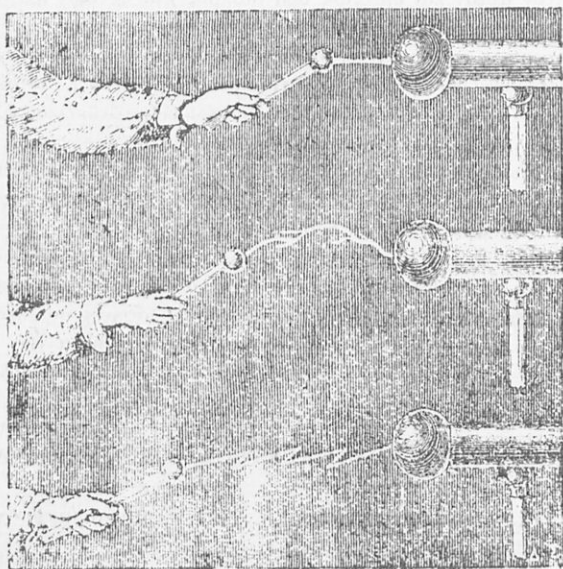
Ὅταν ἡ μηχανὴ λειτουργῇ καὶ οἱ πόλοι αὐτῆς δὲν συγκοινωνοῦσι μετὰ τῶν συμπτυκνῶτων, ἐκρήγνυνται μετὰ τῶν πόλων, ὅταν οὗτοι εὐρίσκωνται πλησίον ἀλλήλων, σπινθήρες μικροὶ καὶ ἀφανεῖς, οἵτινες διαδέχονται ἀλλήλους ταχέως. Ὅταν ὅμως οἱ πόλοι συγκοινωνήσωσι μετὰ τῶν συμπτυκνῶτων, οἱ ἐκρηγνύμενοι σπινθήρες εἶναι ἀραιαί, λαμπροὶ καὶ μεγάλοι.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

1ον). **Ἡλεκτρικὸς σπινθῆρ.** Ἐὰν πλησιάζωμεν πρὸς ἀλλήλους τοὺς δύο πόλους λειτουργούσης μηχανῆς τοῦ Wimschurst, βλέπομεν ὅτι παράγεται μετὰ τῶν φωτεινῶν φαινόμενον ὁμοιάζον μὲ γραμμὴν, 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 ἓνα πόλον τῆς μηχανῆς. Ἐν γένει ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ ἐκρήγνυται μετὰ τῶν δύο ἀγωγῶν, ὅταν οὗτοι εὐρίσκωνται ὑπὸ διάφορον ἠλεκτροδυναμικόν. Τὸ μῆκος τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ δυναμικοῦ τῶν ἀγωγῶν, τὸ δὲ σχῆμα ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν (σχ. 143).

Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ, ἐκτὸς τοῦ φωτὸς τὸ ὁποῖον μᾶς παρουσιάζει, 1) ἀναφλέγει εὐφλεκτα σώματα, π. χ. αἰθέρα, οἰνόπνευμα, πυρίτιδα, 2) συνθέτει καὶ ἀποσυνθέτει διάφορα σώματα, π. χ. δύο ὄγκοι ὕδρογόνου καὶ ἑνὸς ὀξυγόνου ἐννοῦνται μετ' ἐκπυροσφορῆ-

σεως τῇ βοηθείᾳ ἡλεκτρικοῦ σπινθῆρος, ἡ δὲ ἀερώδης ἀμμωνία ἀποσυντίθεται ὑπ' αὐτοῦ. 3) Ἐπιφέρει ἐλαφρὸν νυγμὸν εἰς τὸ σημεῖον τοῦ δακτύλου ὅπου παρήχθη, συντιναγμὸν ἰσχυρὸν εἰς τὸ σῶμα, ἀναισθησίαν, παράλυσιν καὶ αὐτὸν τὸν θάνατον εἰς τὰ μικρὰ ζῷα, καὶ 4) σχίζει, θραύει, διατρυνπᾷ στερεὰ σώματα δυσηλεκτραγωγὰ, π. χ. πλάκα ὑαλίνην, φύλλον χάρτου κ. λ. π.



Σχ. 143. Ἡλεκτρικὸς σπινθῆρ.

Συμπέρασμα. Ὁ ἡλεκτρικὸς σπινθῆρ παρουσιάζει ἀποτελέσματα φωτεινά, θερμαντικά, χημικά, φυσιολογικά καὶ μηχανικά.

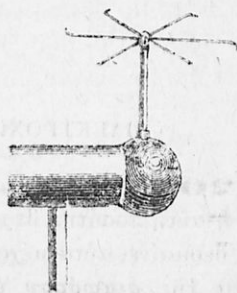
2ον). **Ἡλέκτρισις θύσανου ἐκ ταινιῶν χάρτου.** Ἐπὶ τοῦ ἑνὸς ἅκρου στελέχους μεταλλίνου καὶ ἀπομεμονωμένου προσδένομεν λεπτὰς ταινίας ἐκ χάρτου. Συγκοινωνοῦντες τὸ στέλεχος δι' ἀλύσεως μὲ τὸν ἓνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ θύσανος διανοίγεται. (Διατί;) Ἐὰν ὁ θύσανος ἀντικατασταθῇ δι' ἀνθρώπου ἵσταμένου ἐπὶ θρανίου, ἔχοντος ὑαλίνους πόδας, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι αἱ τρίχες αὐτοῦ ἀνορθοῦνται.

3ον). **Ἡλεκτρικὸς χορδός.** Ἐπὶ μεταλλίνου δίσκου θέτομεν

σφαιρίδια ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας, ἔπειτα κρατοῦντες τὸν δίσκον διὰ τῆς χειρὸς φέρομεν αὐτὸν ὑπὸ τὸν ἕνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς. Θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ σφαιρίδια ἀναπηδῶσιν ἐπανειλημμένως ἐκ τοῦ δίσκου πρὸς τὸν πόλον, ἐκτελοῦντα εἶδος χοροῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται διὰ τῆς ἑλξεως καὶ ὥσεως τῶν σφαιριδίων, ἅτινα ἠλεκτρίζονται ἐξ ἐπιδράσεως.

4ον). **Ἡλεκτρικὸν κωδώνισμα.** Μεταξὺ δύο κωδωνίων ἄνευ πλήκτρον, κρεμῶμεν διὰ νήματος ἐκ μετάξης μετάλλινον σφαιρίδιον. Ἐὰν δι' ἀλύσεως θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν τὸ ἐν κωδώνιον μετὰ τῆς γῆς, τὸ δὲ ἕτερον μετὰ τοῦ ἑνὸς πόλου λειτουργούσης μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει, ὅτι τὸ σφαιρίδιον κρούει ἐπανειλημμένως τὰ κωδώνια καὶ παράγει οὕτω κωδωνοκρουσίαν. Αὕτη ἐξηγεῖται διὰ τῆς ἑλξεως καὶ ὥσεως τοῦ σφαιριδίου, ὅπερ ἠλεκτρίζεται ἐξ ἐπιδράσεως.

5ον). **Ἡλεκτρικὸς στρόβιλος.** Ὁ στρόβιλος κατασκευάζεται ἐκ τριῶν ἢ καὶ περισσοτέρων μεταλλίνων συρμάτων, συνδεδεμένων πρὸς ἄλληλα ἐν εἴδει ἀστέρος (σχ. 144) καὶ τῶν ὁποίων τὰ ἐλεύθερα ἄκρα εἶναι κεκαμμένα κατ' ἀντιθέτους φορὰς καὶ ἀπολήγουσιν εἰς ἀκίδας. Ἐν τῷ μέσῳ τοῦ στρόβιλου ὑπάρχει μικρὰ κοιλότης, ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσάγεται ἡ ὀξεῖα ἀκμὴ κατακορύφου ἄξονος καὶ οὕτω δύναται οὗτος νὰ στραφῇ ἐν ὀριζοντίῳ ἐπιπέδῳ. Ἐὰν ὁ στρόβιλος συγκοινωνήσῃ μὲ τὸν ἕνα πό-



Σχ. 144. Ἡλεκτρικὸς στρόβιλος.

λον λειτουργούσης μηχανῆς, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τίθεται εἰς ταχυτάτην περιστροφικὴν κίνησιν, κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς τῶν ἀκίδων. Ἡ κίνησις αὕτη ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς.

Ὁ ἠλεκτρισμός, ἐκρέων ἐκ τῶν ἀκίδων, ἠλεκτρίζει ὁμωνύμως τὰ περὶ αὐτὰς μόρια τοῦ ἀέρος, ἅτινα ἀπωθοῦνται ζωηρῶς, συγχρόνως ὅμως αἱ ἀκίδες ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ ἀέρος μετὰ δυνάμεως ἴσης. Ἐνεκα τῆς ἀπώσεως ταύτης τῶν ἀκίδων ὁ στρόβιλος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

6ον). **Πίναξ σπινθηροβόλος.** Οὗτος κατασκευάζεται μὲ πλάκα ἐξ ὑάλου ἢ ἐξ ἐβονίτου. ἥτις φέρει ἐπὶ τῆς μιᾶς ὀψεως προσκεκολλη-

αὐξάνεται τόσῳ περισσότερον, ὅσῳ πλησιέστερον πρὸς τὸν πρῶτον ἄγωγὸν ἔρχεται ὁ δεύτερος. Ἡ ἡλεκτροχωρητικότητα θέλει αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον, ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ἄγωγων παρεντεθῇ σῶμα δυσηλεκτραγωγόν π. χ. πλάξ ἐξ ὑάλου, ἢ παραφφίνης, ἢ ἐβονίτου.

210. Συμπύκνωσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.— Ἐκ τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν $M = X \cdot \Delta$, ἥτοι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον ἄγω-
γού τινος ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἡλεκτροχωρητικότητος ἐπὶ τὸ
ἡλεκτροδυναμικὸν αὐτοῦ. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι εἶναι δυνατόν
διὰ τῆς αὐτῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς νὰ αὐξήσωμεν τὸ ἡλεκτρικὸν φορ-
τίον ἄγωγου, ἀρκεῖ νὰ αὐξήσωμεν τὴν ἡλεκτροχωρητικότητα αὐτοῦ,
ὅπερ ἐπιτυγχάνεται ὅπως ἀνωτέρω εἶπομεν, ἥτοι ἐὰν πλησιάσωμεν
πρὸς αὐτὸν ἕτερον ἄγωγὸν μὴ ἡλεκτρισμένον καὶ συγκοινωνοῦντα
μετὰ τοῦ ἐδάφους, καὶ μάλιστα ἐὰν παρενθέσωμεν καὶ σῶμα δυση-
λεκτραγωγὸν μεταξὺ αὐτῶν. Οὕτω, ἐὰν ἡ ἡλεκτροχωρητικότης τοῦ
ἄγωγου αὐξηθῇ καὶ γίνῃ 100 π. χ. φορὰς μεγαλυτέρα, τότε τὸ ἡλε-
κτρικὸν φορτίον, ὅπερ δέχεται ἐκ τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς, γίνεται
 $M = 100 \cdot X \cdot \Delta$. Λέγομεν τότε ὅτι γίνεται *συμπύκνωσις* τοῦ ἡλε-
κτρισμοῦ ἐπὶ τοῦ ἄγωγου, διότι συσσωρεύεται ἐπ' αὐτοῦ μέγα ἡλε-
κτρικὸν φορτίον.

211. Συμπυκνωτή.— Καλοῦνται *συμπυκνωταὶ* ὄργανα
διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ συσσωρεύσωμεν ἐπὶ ἐπιφανειῶν σχε-
τικῶς μικρῶν μέγα ἡλεκτρικὸν φορτίον, θετικὸν καὶ ἀρνητικόν. Ἐκα-
στος συμπυκνωτῆς ἀποτελεῖται ἐκ δύο σωμάτων εὐηλεκτραγωγῶν,
ἅτινα χωρίζονται ἀπ' ἀλλήλων διὰ σώματος ἀπομονωτικοῦ. Ἔνεκα
τῆς διατάξεως ταύτης τὰ δύο εὐηλεκτραγωγὰ σώματα παρουσιάζουσι
μεγάλην ἡλεκτροχωρητικότητα, καλοῦνται δὲ ταῦτα *ὄπλισμοι* τοῦ
συμπυκνωτοῦ.

Εἰς τοὺς συμπυκνωτὰς δίδουσι διάφορα σχήματα, δι' ὃ καὶ κα-
λοῦνται οὗτοι *ἐπιπέδοι*, ὅταν οἱ ὄπλισμοὶ τῶν εἶναι παράλληλοι, καὶ
κλειστοί, ὅταν ὁ εἰς ὄπλισμὸς περιβάλλῃ καθ' ὁλοκληρίαν τὸν ἕτερον.

Κατασκευὴ συμπυκνωτοῦ.— Πρὸς κατασκευὴν ἀπλουστάτου
συμπυκνωτοῦ ἐπιπέδου λαμβάνομεν ὑαλίνην πλάκα καὶ προσκολλῶ-
μεν καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν αὐτῆς δύο φύλλα ἐκ κασιτέρου
οὕτως, ὥστε ἡ πλάξ νὰ μείνῃ γυμνὴ πέριξ τῶν φύλλων τοῦ κασι-
τέρου, χάριν ἀπομονώσεως αὐτῶν. Πρὸς τελειότεραν δὲ ἀπομόνωσιν
καλύπτεται τὸ γυμνὸν μέρος τῆς πλακὸς διὰ στρώματος γοιμαλάκας.

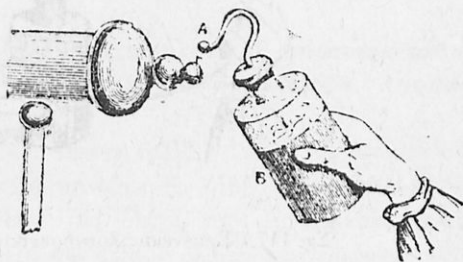
ἥτις παρεμποδίζει τὴν ἐναπόθεσιν στρώματος ὑγρασίας ἐκ τοῦ ἀέρος. Τὰ δύο φύλλα τοῦ κασσιτέρου ἀποτελοῦσι τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ συμπυκνωτοῦ.

Συνήθως κατασκευάζονται συμπυκνωταὶ κλειστοί, ὅπως εἶναι ἡ καλουμένη λουγδουνικὴ λάγηνος, ἥτις εἶναι καὶ ὁ ἀρχαιότερος τῶν συμπυκνωτῶν.

212. Λουγδουνικὴ λάγηνος.— Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνης φιάλης (σχ. 145) ἐχούσης τοιχώματα λεπτὰ καὶ μέγεθος διάφορον, ἀναλόγως τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον θέ-



Σχ. 145. Λουγδουνικὴ
λάγηνος.



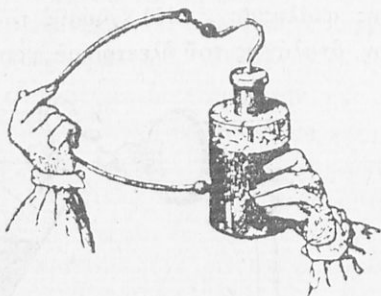
Σχ. 146. Πλήρωσις λουγδουνικῆς
λαγίνου.

λομεν νὰ συσσωρεύσωμεν ἐν αὐτῇ. Καὶ ἐπὶ μὲν τῆς βάσεως καὶ τῆς ἑξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς φιάλης προσκολλᾶται φύλλον κασσιτέρου, ὅπερ ἀφίνει γυμνὸν μόνον τὸ ἄνω μέρος, τὸ δὲ ἐσωτερικὸν τῆς φιάλης πληροῦται διὰ φύλλων κασσιτέρου. Τὰ ἐσωτερικὰ φύλλα ἀποτελοῦσι τὸν **ἐσωτερικὸν ὀπλισμὸν** τῆς λουγδουνικῆς λαγίνου, τὸ δὲ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας φύλλον ἀποτελεῖ τὸν **ἐξωτερικὸν ὀπλισμὸν** αὐτῆς. Εἰς τὸ στόμιον τῆς φιάλης προσαρμόζεται πῶμα ἐκ φελλοῦ διατρήτου, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται στέλεχος ὀρειχάλκινον ἀγκιστροειδές, ἀπολήγον ἐξωτερικῶς εἰς σφαῖραν, ἥτις, ὥς συγκοινωνοῦσα μετὰ τῶν ἐσωτερικῶν φύλλων τοῦ κασσιτέρου, ἀποτελεῖ τὸν ἐσωτερικὸν ὀπλισμὸν. Τοιοῦτοτρόπως ἡ λουγδουνικὴ λάγηνος εἶναι **κλειστός** συμπυκνωτής.

Β) Πλήρωσις. Λαμβάνομεν εἰς τὴν χεῖρά μας τὴν λουγδουνικὴν λάγηνον διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὀπλισμοῦ Β (σχ. 146) καὶ φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὸν ἐσωτερικὸν ὀπλισμὸν Α μετὰ τὸν ἓνα πόλον λειτουργούσης μηχανῆς. Τότε ὁ ἠλεκτρισμὸς συσσωρεύεται βαθμηδὸν ἐπὶ

τοῦ ἐσωτερικοῦ ὀπλισμοῦ, ἐπιδρῶν δὲ διὰ μέσου τῆς ὑάλου ἐπὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὀπλισμοῦ συσσωρεύει ἐπ' αὐτοῦ ἀντίθετον ἠλεκτρισμόν. Οὕτω ἐπὶ τῶν δύο ὀπλισμῶν συσσωρεύονται ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοί, οἵτινες δὲν δύνανται νὰ ἐνωθῶσιν, ἔνεκα τῶν τοιχωμάτων τῆς λαγήνου. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ λουγδουνικὴ λάγηνος πληροῦται ἠλεκτρισμοῦ.

Γ) Ἐκκένωσις. Διὰ τὴν ἐκκένωσιν πεπληρωμένης λουγδουνικῆς λαγήνου μεταχειρίζομεθα τὸν *ἐκκενωτήν*. Οὗτος (σχ. 147) ἀπο-



Σχ. 147. Ἐκκένωσις λουγδουνικῆς λαγήνου.

τελεῖται ἐκ δύο μεταλλίνων τόξων, αἵτινα συνδέονται κατὰ τὸ ἐν ἄκρον ἀρθρωτῶς, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον ἀπολήγουσιν εἰς σφαίρας, αἵτινες δύνανται νὰ πλησιάζωσι καὶ νὰ ἀπομακρύνωνται ἀπ' ἀλλήλων. Εἴς τινας 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 ὀπλισμόν τὴν μίαν σφαῖραν τοῦ ἐκκενωτοῦ, τὴν δὲ ἑτέραν πλησιάζομεν εἰς τὴν σφαῖραν τῆς λαγήνου (εἰς τὸν ἐσωτερικὸν δηλ. ὀπλισμόν). Τότε ὀλίγον πρὸ τῆς ἐπαφῆς τῶν δύο σφαιρῶν ἐκρήγνυται μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικὸς σπινθήρ καὶ ἡ λουγδουνικὴ λάγηνος ἐκκενοῦται αὐτοστιγμεί.

Ἡ ἐκκένωσις τῆς λαγήνου θέλει γίνεαι διὰ τοῦ σώματός μας, ἔὰν κρατοῦντες αὐτὴν διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς ἐπιχειρήσωμεν νὰ ἐγγίσωμεν διὰ τῆς ἄλλης τὸν ἐσωτερικὸν ὀπλισμόν.

213. Νόμοι τῆς ἠλεκτροχωρητικότητος τῶν συμπυκνωτῶν.— Ἡ ἠλεκτροχωρητικότης τῶν συμπυκνωτῶν ἀκούεται τοῦς ἑξῆς τρεῖς νόμους.

Πρώτος νόμος. *Ἡ ἡλεκτροχωρητικότητα συμπυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ.* Ἦτοι ἡ ἡλεκτροχωρητικότητα αὐξάνεται, ὅταν καὶ ἡ ἐπιφάνεια τῶν ὀπλισμῶν αὐξάνεται. Ἐφαρμογὴν τοῦ νόμου τούτου ἔχομεν εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς ἡλεκτρικῆς συστοιχίας.

Δεύτερος νόμος. *Ἡ ἡλεκτροχωρητικότητα συμπυκνωτοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ πάχους του.* Ἦτοι ἡ ἡλεκτροχωρητικότητα αὐξάνεται, ὅσω πλησιέστερον πρὸς ἀλλήλους εὐρίσκονται οἱ ὀπλισμοὶ καὶ ἐπομένως, ὅσω λεπτότερον εἶναι τὸ ἀπομονωτικὸν σῶμα τοῦ συμπυκνωτοῦ. Ἐνεκα τούτου διὰ τὴν κατασκευὴν λουγδουνικῶν λαγήνων λαμβάνονται φιάλαι ἔχουσαι λεπτὰ τοιχώματα.

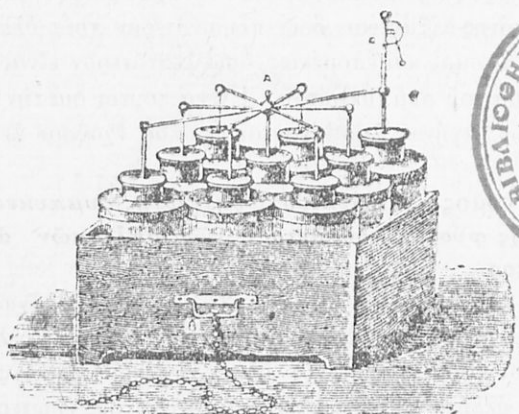
Τρίτος νόμος. *Ἡ ἡλεκτροχωρητικότητα συμπυκνωτοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἀπομονωτικοῦ σώματος.*

214. Ἡλεκτρικὴ συστοιχία.— Διὰ νὰ ἔχωμεν συμπυκνωτὴν μεγάλης ἡλεκτροχωρητικότητος, λαμβάνομεν πολλοὺς συμπυκνωτὰς καὶ συνδέομεν ἅψ' ἑνὸς ὅλους τοὺς ἐξωτερικοὺς ὀπλισμοὺς αὐτῶν πρὸς ἀλλήλους, καὶ ἅψ' ἑτέρου ὅλους τοὺς ἐσωτερικοὺς ὀπλισμοὺς. Ἡ τοιαύτη σύνδεσις πολλῶν συμπυκνωτῶν καλεῖται *ἡλεκτρικὴ συστοιχία*. Ἡ ἡλεκτροχωρητικότητα τῆς ἡλεκτρικῆς συστοιχίας ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἡλεκτροχωρητικότητων τῶν συμπυκνωτῶν ἐξ ὧν ἀποτελεῖται.

Πρὸς σχηματισμὸν ἡλεκτρικῆς συστοιχίας, ἐὰν οἱ συμπυκνωταὶ εἶναι ἐπίπεδοι τοποθετοῦμεν αὐτοὺς κατακορύφως, εἴτε ὀριζοντίως καὶ παραλλήλως πρὸς ἀλλήλους, καὶ ἔπειτα συνδέομεν ἅψ' ἑνὸς μὲν τὸν ἕνα ὀπλισμὸν ἐκάστου συμπυκνωτοῦ μετ' ἀγωγοῦ Α, καὶ ἅψ' ἑτέρου τὸν ἕτερον ὀπλισμὸν αὐτῶν μετ' ἑτέρου ἀγωγοῦ Β. Ἡ πλήρωσις τῆς συστοιχίας ταύτης γίνεται, τιθεμένου εἰς συγκοινωνίαν τοῦ ἀγωγοῦ Α π. χ. μετὰ τοῦ ἐδάφους, τοῦ δὲ ἀγωγοῦ Β μετὰ τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς.

Ἐὰν δὲ οἱ συμπυκνωταὶ εἶναι λουγδουνικαὶ λαγῆνοι, πρὸς σχηματισμὸν ἡλεκτρικῆς συστοιχίας ἐργαζόμεθα ὡς ἐξῆς. Θέτομεν τὰς λαγῆνας ἐντὸς ξυλίνου κιβωτίου (σχ. 148), οὔτινος ὁ πυθμὴν καὶ τὰ πλάγια τοιχώματα καλύπτονται ἐσωτερικῶς διὰ φύλλου κασσιτέρου. Οὕτω οἱ ἐξωτερικοὶ ὀπλισμοὶ τῶν λουγδουνικῶν λαγῆνων συνδέονται

μετ' ἀλλήλων. Ἀφ' ἑτέρου συνδέομεν πρὸς ἀλλήλας τὰς μεταλλίνας σφαίρας αὐτῶν, ἥτοι τοὺς ἐσωτερικοὺς ὀπλισμοὺς, διὰ μεταλλίνων στελεχῶν. Ἡ πλήρωσις τῆς συστοιχίας ταύτης γίνεται, τιθεμένων εἰς συγκοινωνίαν τῶν ἐξωτερικῶν ὀπλισμῶν μετὰ τοῦ ἐδάφους, τῶν δὲ ἐσωτερικῶν μετὰ τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς.



Σχ. 148. Ἡλεκτριζή συστοιχία διὰ λουγδουρικῶν λαγήνων.

Διὰ τὴν ἐκκένωσιν πεπληρωμένης ἡλεκτρικῆς συστοιχίας γίνεται χρῆσις πάντοτε τοῦ ἐκκενωτοῦ.

213. Πειράματα διὰ τῶν συμπυκνωτῶν. 1ον. Ἐὰν πληρώσωμεν ἡλεκτρισμοῦ συμπυκνωτὴν καὶ κατόπιν ἐκκενώσωμεν αὐτὸν δι' εὐφλέκτου οὐσίας, λ. χ. αἰθέρος, οἶνοπνεύματος κ. τ. λ. παρατηροῦμεν ὅτι ἡ οὐσία ἀναφλέγεται. 2ον. Ἐὰν ἐκκενώσωμεν πεπληρωμένον συμπυκνωτὴν διὰ λεπτοῦ μεταλλίνου σύρματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σύρμα θερμαίνεται μέχρι πυρακτώσεως, ἢ τήξεως, ἢ ἑξαερώσεως. 3ον. Ἐὰν ἡ ἐκκένωσις γίνῃ δι' ὑαλίνης πλακός, κειμένης μεταξὺ δύο μεταλλίνων ἀκίδων, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ ὑαλος διατρυνᾶται ὑπὸ τοῦ σπινθῆρος. 4ον. Ἐὰν συμπυκνωτὴς ἐκκενωθῇ διὰ τοῦ σώματος ἑνὸς ἀνθρώπου, οὗτος θέλει αἰσθανθῇ τιναγμοὺς εἰς τὰς ἀρθρώσεις τῶν χειρῶν του. Τὸ πείραμα τοῦτο γίνεται πολλάκις ὡς ἐξῆς. Πολλοὶ ἄνθρωποι συνάπτουσι τὰς χεῖράς των οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίσωσιν ἄλυσιν, καὶ ἔπειτα ὁ πρῶτος λαμβ

βάνει εἰς τὴν χεῖρά του πεπληρωμένον συμπυκνωτὴν διὰ τοῦ ἑξωτερικοῦ ὀπλισμοῦ, ὃ δὲ τελευταῖος πλησιάζει τὴν χεῖρά του εἰς τὸν ἑσωτερικὸν ὀπλισμόν. Ὅλιγον πρὸ τῆς ἐπαφῆς ἐκρήγνυται ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ, ὁπότε ἡ ἐκκένωσις γίνεται διὰ τοῦ σώματος ὅλων τῶν ἀνθρώπων καὶ ἐπιφέρει τιναγμοὺς εἰς τὰς ἀρθρώσεις τῶν χειρῶν αὐτῶν. Ἐκκένωσις ὅμως ἰσχυρᾶς ἠλεκτρικῆς συστοιχίας διὰ τοῦ σώματος ἑνὸς μόνου ἀνθρώπου ἢ ζώου ἐπιφέρει ἢ παροδικὴν ἀναισθησίαν, ἢ παράλυσιν, ἢ καὶ αὐτὸν τὸν θάνατον ἀκαριαίως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

216. Ἡλέκτρισις τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ τῶν νεφῶν.—Ἡ ἀτμόσφαιρα φέρει πάντοτε ἠλεκτρισμόν. Τοῦτο ἀνεκάλυψε πρῶτος ὁ Franklin (1) ἐν Φιλαδελφείᾳ τῆς Β. Ἀμερικῆς διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος. Ἐν ὥρᾳ καταιγίδος ἀνύψωσε διὰ νήματος ἐκ καννάβεως χαρταετόν, τὸν ὁποῖον ὥπλισε διὰ μεταλλίνης ἀκίδος. Εἰς τὸ νῆμα εἶχε προσδέσει κλειδα καὶ εἰς ταύτην νῆμα ἐκ μετάξης πρὸς ἀπομόνωσιν τοῦ χαρταετοῦ. Καὶ κατ' ἀρχὰς μὲν πλησιάζων εἰς τὴν κλειδα τὸν δάκτυλόν του οὐδένα σπινθῆρα κατόρθωνε νὰ ἀποσπᾷσῃ ἐξ αὐτῆς. Ἀλλὰ μετ' ὀλίγον ἐπελθούσης λεπτῆς βροχῆς τὸ νῆμα ὑγρᾶνθη καὶ ἐγένετο εὐηλεκτροαγωγότερον, ὁπότε ἠδύνατο νὰ ἀποσπᾷ ἐκ τῆς κλειδὸς πλῆθος σπινθῆρων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται διὰ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπιδράσεως, τὴν ὁποίαν ἐξήσκησεν ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ἐπὶ τοῦ χαρταετοῦ καὶ τοῦ νήματος.

Δυνάμεθα δὲ νὰ ἀνεύρωμεν ἂν ἡ ἀτμόσφαιρα φέρῃ πάντοτε ἠλεκτρισμόν καὶ ποίου εἶδους, διὰ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου μετὰ φύλλων. Πρὸς τοῦτο ἀνυψώνομεν κατακορύφως ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ μακρὰν μεταλλίνην ῥάβδον ἀπολήγουσαν εἰς ἀκίδα κατὰ τὸ ἀνώτερον ἄκρον,

(1) Franklin (1706—1790). Ἀμερικανὸς φιλόσοφος καὶ φυσικός. Ἀνεῦρε τὴν ὁμοιότητα τοῦ κεραυνοῦ πρὸς τὸν ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα τῶν ἠλεκτροστατικῶν μηχανῶν καὶ ἀνεκάλυψε τὸ ἀλεξικέραυνον, τὸ ὁποῖον ἔλαβε τὸ ὄνομά του.

καὶ συγκοινωνοῦσαν κατὰ τὸ κατώτερον μετὰ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ὁπότε θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ὄργανου ἀποκλίνουσιν. Ἡ ἀπόκλισις ἐξηγεῖται διὰ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπιδράσεως. Ἐὰν δὲ πλησιάσωμεν εἰς τὸ ἠλεκτροσκόπιον σῶμα φέρον γνωστὸν εἶδος ἠλεκτρισμοῦ, ἀνευρίσκωμεν ποῖον εἶδος ἠλεκτρισμοῦ φέρει τὸ ὄργανον, ἐπομένως καὶ ἡ ἀτμόσφαιρα. Διὰ τοιούτων πειραμάτων εὗρέθη ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα φέρει πάντοτε ἠλεκτρισμὸν καὶ συνήθως **θετικόν**.

Τὸ ἀνωτέρω πείραμα τοῦ Franklin διὰ τοῦ χαρταετοῦ ἀποδεικνύει ὅτι τὰ νέφη εἶναι ἠλεκτρισμένα. Ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ἀτμοσφαιρας καὶ τῶν νεφῶν ὀνομάζεται ἐν γένει **ἀτμοσφαιρικὸς ἠλεκτρισμός**.

217. Αἷτια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. —

Ὡς αἷτια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἠλεκτρισμοῦ θεωροῦνται τὰ ἑξῆς :

1) Ἡ τριβὴ τοῦ ἀέρος μετὰ τοῦ ἐδάφους. Ὅταν πνέῃ ξηρὸς βορρᾶς, οὗτος προστριβεται ζωηρῶς μετὰ τοῦ ἐδάφους καὶ ἐκ τῆς προστριβῆς ταύτης ὁ μὲν αἶρ ἠλεκτρίζεται θετικῶς, τὸ δὲ ἔδαφος ἀρνητικῶς.

2) Ἡ τριβὴ τῶν σταγονιδίων τοῦ ὕδατος μετὰ τοῦ ἀέρος. Τὰ μικρὰ σταγονίδια τοῦ ὕδατος ἐξ ὧν ἀποτελοῦνται τὰ νέφη, κατερχόμενα ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ, ἐνεκα τοῦ βάρους των προστριβονται μετὰ τοῦ ἀέρος. Ἐκ τῆς προστριβῆς ταύτης τὰ μὲν σταγονίδια (ἐπομένως τὰ νέφη) ἠλεκτρίζονται θετικῶς, ὁ δὲ αἶρ ἀρνητικῶς καὶ

3) Ἡ ἐξάτμισις τοῦ θαλασσίου ὕδατος.

Ἄλλα πλὴν τούτων ὑπάρχουσι πιθανῶς καὶ ἄλλα αἷτια ἄγνωστα μέχρι τοῦδε.

Παρατήρησις. Νέφος τι δύναται νὰ ἠλεκτρισθῇ καὶ ἐξ ἐπιδράσεως ὑπὸ τοῦ ἐδάφους, ὅπερ, ὥς ἀνωτέρω εἵπομεν, εἶναι ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς. Τότε τὸ μὲν κατώτερον μέρος τοῦ νέφους θὰ ἠλεκτρισθῇ θετικῶς, τὸ δὲ ἀνώτερον ἀρνητικῶς. Ἐὰν δὲ ἐπὶ τοῦ νέφους τούτου προσπέσῃ ρεῦμα ἀέρος, ἥτοι ἄνεμος, δυνατόν τὸ νέφος νὰ διαχωρισθῇ εἰς δύο ἄλλα μικρότερα καὶ νὰ προκύψωσιν οὕτω δύο νέφη κεχωρισμένα καὶ ἠλεκτρισμένα ἀντιθέτως.

218. Ἀστραπή-βροντή. — Ἡ ἀστραπή εἶναι μέγας ἠλεκτρικὸς σπινθῆρ, ὅστις ἐκρήγνυται μεταξὺ δύο νεφῶν ἠλεκτρισμένων ἀντιθέτως. Ἦτοι κατὰ τὰς θυελλώδεις ἡμέρας τὰ νέφη ἠλεκτρίζονται ἰσχυρῶς, τὰ μὲν θετικῶς τὰ δὲ ἀρνητικῶς. Ὅταν δὲ δύο

νέφη ἠλεκτρισμένα ἀντιθέτως πλησιάζουσιν ἀρκούντως πρὸς ἄλληλα, οἱ ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ αὐτῶν ἐνοῦνται καὶ παράγεται τότε ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, ὅστις ἐμφανίζεται εἰς ἡμᾶς ὑπὸ μορφὴν ἰσχυρᾶς λάμψεως, ἣτις εἶναι ἡ **ἀστραπή**. Μετὰ τινος δὲ στιγμᾶς ἀκούεται συνήθως καὶ κρότος τις, ὅστις καλεῖται **βροντή**. Ἡ βροντὴ ὀφείλεται εἰς τὴν βιαίαν δόνησιν, εἰς τὴν ὁποίαν τίθεται ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀῖρ κατὰ τὴν ἔκρηξιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ σπινθήρος.

Ἡ ἀστραπή καὶ ἡ βροντὴ παράγονται πάντοτε ταυτοχρόνως. Ἔνεκα ὅμως τῆς μεγαλυτέρας παχύτητος τοῦ φωτὸς ἡμεῖς πρῶτον βλέπομεν τὴν λάμψιν, ἥτοι τὴν ἀστραπήν, καὶ κατόπιν ἀκούομεν τὴν βροντὴν.

Τὸ μῆκος τῆς ἀστραπῆς εἶναι πολλάκις πολλῶν χιλιομέτρων. Τὸ σχῆμα αὐτῆς εἶναι συνήθως τεθλασμένη γραμμὴ ἢ καμπύλη μετὰ πολλῶν διακλαδώσεων, ἡ δὲ διάρκειά εἶναι ἐλαχίστη, μικροτέρα τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ δευτερολέπτου.

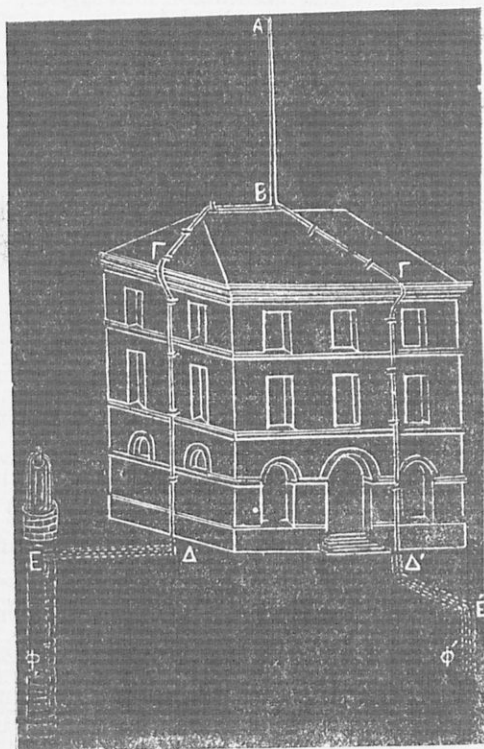
Ἐνίοτε κατὰ τὰς ἀνεφέλους νύκτας τοῦ θέρους παρατηροῦνται ἀστραπαὶ μὴ συνοδευόμεναι ὑπὸ βροντῆς. Αὗται καλοῦνται **ἀστραπαὶ θερμότητος** καὶ εἶναι κοινὰ ἀστραπαὶ παραγόμεναι ὑπὸ νεφῶν εὐρισκομένων ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα καὶ εἰς τοσαύτην ἀπόστασιν, ὥστε ἡ βροντὴ νὰ μὴ εἶναι δυνατόν νὰ γίνῃ ἀκουστή.

219. Κεραυνός.—Καὶ ὁ κεραυνὸς εἶναι μέγας ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, ὅστις ὅμως ἐκρήγνυται μεταξὺ νέφους καὶ ἐδάφους. Ἦτοι τὸ ἐδάφος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἰσχυρῶς ἠλεκτρισμένου νέφους δύναται νὰ ἠλεκτρισθῇ ἑτερονύμως, καὶ ἐὰν ἡ ἀπόστασις τοῦ νέφους ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἐλαττωθῇ ἀρκούντως, οἱ ἀντίθετοι ἠλεκτρισμοὶ αὐτῶν ἐνοῦνται πρὸς ἀλλήλους καὶ παράγεται ἠλεκτρικὸς σπινθήρ. Λέγομεν τότε ὅτι **πίπτει κεραυνός**. Ὁ κεραυνὸς πίπτει συνήθως ἐπὶ τῶν πλησιεστέρων πρὸς τὸ νέφος σημείων τοῦ ἐδάφους, διότι παῦτα ἀποτελοῦσιν ἀκίδας, οὕτως εἰπεῖν, τοῦ ἐδάφους, ἐκ τῶν ὁποίων ἐκρέει ὁ ἠλεκτρισμὸς αὐτοῦ. Ἔνεκα τούτου ὁ κεραυνὸς προσβάλλει συνήθως τὰ ὑψηλὰ οἰκοδομήματα, τὰ κωδωνοστάσια καὶ τὰ ὑψηλὰ δένδρα.

Τὰ ἀποτελέσματα τοῦ κεραυνοῦ εἶναι ποικίλα καὶ ὅμοια πρὸς τὰ πῶν ἠλεκτρικῶν σπινθήρων. Ἦτοι δύναται νὰ θερμάνῃ καὶ νὰ τήξῃ μετάλλινα ἀντικείμενα, νὰ ἀναφλέξῃ εὐφλέκτους ὕλας, νὰ θραύσῃ ἢ νὰ διασχίσῃ δυσηλεκτραγωγὰ σώματα, νὰ καύσῃ ξύλινα ἀντικείμενα,

καὶ νὰ φονεύσῃ ἀνθρώπους καὶ ζῷα. Διὰ τοῦτο φρόνιμον εἶναι νὰ μὴ καταφεύγωμεν ἐν καιρῷ καταιγίδος ὑπὸ τὰ δένδρα, καὶ μάλιστα ἐὰν ταῦτα εὗρισκῶνται μεμονωμένα ἐν πεδιάδι.

220. Ἀλεξικέραυνον.—Τὸ ἀλεξικέραυνον εἶναι ὄργανον προωρισμένον ὅπως προστατεύῃ τὰ οἰκοδομήματα ἀπὸ τοῦ κε-



Σχ. 149. Ἀλεξικέραυνον Franklin.

ραυνοῦ. Τοῦτο ἐπενοήθη ὑπὸ τοῦ Franklin δι' ὃ καὶ *ἀλεξικέραυνον τοῦ Franklin* καλεῖται.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μέρη: α) ἀπὸ τὸν *κοντιόν* ΑΒ (σχ. 149). Οὗτος εἶναι ῥάβδος εὐθεῖα ἐκ σιδήρου γαλβανισμένου, ἔχουσα μῆκος 6 περίπου μέτρων καὶ ἀπολήγουσα εἰς ὀξεῖαν ἀκίδα ἐκ λευκοχρύσου, ἢ ἐκ χαλκοῦ ἐπιχρυσωμένου. Τοποθε-

τεῖται δὲ οὗτος κατακορύφως εἰς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τοῦ οἰκοδομήματος, τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ προστατεύσῃ ἀπὸ τοῦ κεραυνοῦ. β) ἀπὸ τὸν **ἄγωγόν** ΒΓΔ. Οὗτος εἶναι καλὸδιον ἐκ χαλκοῦ ἢ ἐκ σιδήρου γαλβανισμένου, ὅπερ ἀναχωρεῖ ἀπὸ τῆς βάσεως τοῦ κοντοῦ καὶ καταλήγει εἰς πλάκα χαλκίνην, βυθιζομένην ἐντὸς τοῦ ὕδατος φρέατος, ἢ ἐντὸς ἐδάφους ὑγροῦ.

Β) Λειτουργία. Ὅταν νέφος τι ἠλεκτρισμένον διέλθῃ ἄνωθεν τοῦ ἀλεξικεραυνοῦ, ὁ ἠλεκτρισμὸς τοῦ νέφους ἐπιδρῶ ἐπὶ τοῦ οὐδετέρου ῥευστοῦ τοῦ οἰκοδομήματος καὶ τὸ ἀναλύει εἰς θετικὸν καὶ εἰς ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν, καὶ τὸν μὲν ὁμώνυμον ἀπωθεῖ πρὸς τὸ ἔδαφος ἐνθα οὗτος διαχέσται, τὸν δὲ ἑτερόνυμον ἔλκει μέχρι τῆς ἀκίδος τοῦ κοντοῦ, ἐξ ἧς ἐκρέει συνεχῶς καὶ ἐξουδετερώνει τὸν ἠλεκτρισμόν τοῦ νέφους. Τοιοῦτοτρόπως δὲν ἐκρῆγνυται ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ μεταξὺ νέφους καὶ ἐδάφους, ἥτοι δὲν πίπτει κεραυνός. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ ἀλεξικέραυνον ἐνεργεῖ προληπτικῶς. Ἐὰν δὲ ποτε πέσῃ κεραυνός, οὗτος κατὰ προτίμησιν θέλει πλήξῃ τὴν ἀκίδα τοῦ κοντοῦ, ὥς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τοῦ οἰκοδομήματος, ὅποτε διὰ τοῦ κοντοῦ καὶ τοῦ ἀγωγοῦ θέλει διοχετευθῇ εἰς τὸ ἔδαφος, ἄνευ δυστυχήματός τινος. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὸ ἀλεξικέραυνον ἐνεργεῖ προφυλακτικῶς. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω βλέπομεν ὅτι ἡ λειτουργία τοῦ ἀλεξικεραυνοῦ στηρίζεται ἐπὶ τῆς δυνάμεως τῶν ἀκίδων.

Παραδέχονται ὅτι τὸ ἀλεξικέραυνον προφυλάσσει ἀπὸ τοῦ κεραυνοῦ κυκλικὴν ἐπιφάνειαν, ἔχουσαν κέντρον μὲν τὸ κατώτερον ἄκρον τοῦ κοντοῦ, ἀκτίνα δὲ ἴσην πρὸς τὸ διπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ κοντοῦ.

221. Ἀλεξικέραυνον τοῦ Melsen. — Ἀπὸ τινος χρόνου χρησιμοποιεῖται τὸ ἀλεξικέραυνον τοῦ Melsen. Ἐν τῷ συστήματι τούτῳ τὸ προφυλακτέον οἰκοδόμημα περιβάλλεται ὑπὸ δικτύου αποτελουμένου ἐκ πολλῶν συρμάτων σιδηρῶν ἐπιψευδαργυρωμένων, ἅτινα συννεοῦνται μεταξὺ τῶν καὶ μετὰ τοῦ ἐδάφους. Εἰς τὴν κορυφὴν δὲ τοῦ οἰκοδομήματος τοποθετοῦνται πολλαὶ πολλὰ ἀκίδες ἀπὸ τοῦ ἀπλοῦ κοντοῦ τοῦ Franklin. Διὰ τῶν ἀκίδων τούτων ἐκρέει ὁ δι' ἐπιδράσεως ἀναπτυχθεὶς ἠλεκτρισμὸς καὶ ἐξουδετερώνει τὸν ἠλεκτρισμόν τοῦ νέφους, διὰ δὲ τῶν σιδηρῶν συρ-

μάτων διοχετεύεται πρὸς τὸ ἔδαφος ὁ κεραυνὸς κατὰ τὴν πτώσιν αὐτοῦ.

222. Πολικὸν σέλας.— Τὸ πολικὸν σέλας εἶναι φαινόμενον φωτεινόν, παρατηρούμενον συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας. Καὶ ὅταν μὲν παράγεται ἐν τῷ βορείῳ ἡμισφαιρίῳ καλεῖται **βόρειον πολικὸν σέλας**, ὅταν δὲ ἐν τῷ νοτίῳ καλεῖται **νότιον πολικὸν σέλας**. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρουσιάζεται ὑπὸ μορφὴν φωτεινῶν παραπετασμάτων, ἢ φωτεινῶν τόξων, ἅτινα ἐξακοντίζουν τὰς ἀκτῖνας αὐτῶν πρὸς τὴν γῆν. Αἰτία τῆς παραγωγῆς αὐτοῦ εἶναι ὁ ἀτμόσφαιρικός ἡλεκτρισμός, διότι ἔχει παρατηρηθῇ ὅτι ἡ ἐμφάνις τοῦ πολικοῦ σέλαος ἐπιφέρει διαταραξεῖς ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν βελονῶν.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΔΑΝΑΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

223. Όρισμός.— Εἶδομεν ὅτι, ὅταν δύο σώματα ἠλεκτρι-
σμένα συνδέωνται μεταξύ των διὰ μεταλλίνου σύρματος, λαμβάνει
χώραν μετάθεσις ἠλεκτρισμοῦ ἐκ τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον ἔχει τὸ
μεγαλύτερον ἠλεκτροδυναμικὸν πρὸς τὸ ἕτερον. Ἡ μετάθεσις τοῦ
ἠλεκτρισμοῦ θέλει ἐξακολουθήσῃ ἐφ' ὅσον διατηρεῖται καὶ ἡ δια-
φορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ μεταξύ τῶν δύο σωμάτων. Ἡ μετά-
θεσις αὕτη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καλεῖται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. **Όρισμός.**
Καλεῖται *ἠλεκτρικὸν ρεῦμα* πᾶσα μετάθεσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

224. Ἡλεκτρισμὸς ἐκ χημικῆς δράσεως.— Πεί-
ραμα. Ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ἀραιὸν θεικὸν ὀξὺ ἐμβαπτίζομεν
δύο ῥάβδους μεταλλίνας Z καὶ X (σχ. 150), ἐξ ὧν ἡ μία Z εἶναι ἐκ
ψευδαργύρου (τζίγκου) καὶ ἡ ἄλλη X ἐκ χαλκοῦ. Ἀμφότεραι αἱ
ῥάβδοι ἠλεκτροῖζονται καὶ μάλιστα ἡ μὲν *ῥάβδος τοῦ ψευδαργύρου*
ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς, ἡ δὲ ῥάβδος τοῦ χαλκοῦ θετικῶς. Ἡ
ἠλέκτρισις αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν τοῦ θεικοῦ
ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, καθ' ἣν ὁ ψευδάργυρος μετατρέπεται
εἰς θεικὸν ψευδάργυρον, ὕδρογόνον δὲ ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφὴν
φυσαλίδων ἐπὶ τῆς ῥάβδου τοῦ χαλκοῦ (').

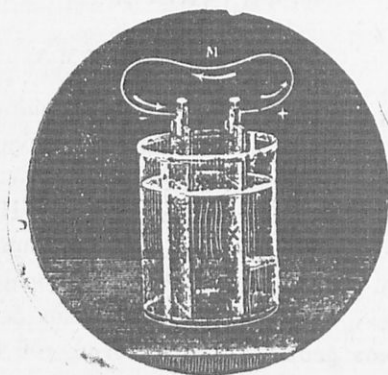
Συμπέρασμα. Ἡ χημικὴ δράσις ὀξέος τινὸς ἐπὶ μετάλλου ἀνα-
πτύσσει ἠλεκτρισμόν.

Ὁ διὰ χημικῆς δράσεως παραγόμενος ἠλεκτρισμὸς ἐκλήθη *δυ-
ναμικὸς ἠλεκτρισμός.*

(1) Ἡ ἀντίδρασις παρίσταται ὑπὸ τῆς χημικῆς ἐξισώσεως
$$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn} = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons$$

θεικὸν ὀξὺ + ψευδάργυρος = θεικὸς ψευδάργυρος + ὕδρογόνον

Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν τοῦ χαλκοῦ καὶ τοῦ ψευδαργύρου εὐρίσκομεν ὅτι δὲν εἶναι τὸ αὐτό, ἤτοι μεταξὺ τῶν δύο ῥάβδων ὑφίσταται διαφορὰ ἠλεκτροδυναμικοῦ. Ἔνεκα τούτου, ἐὰν ἐνώσωμεν τὰς δύο ῥάβδους ἐξωτερικῶς διὰ σύρματος, θέλει παραχθῇ ἐν αὐτῷ ρεῖσμα βαῖνον ἐκ τῆς ῥάβδου ἣτις ἔχει τὸ μεγαλύτερον ἠλεκτροδυναμικόν, πρὸς τὴν ῥάβδον ἣτις ἔχει τὸ μικρότερον. Τοιοῦτο τρόπον ἡ ἀνωτέρω συσκευή ἀποτελεῖ πηγὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 150. Δυναμικὸς ἠλεκτρισμός.

225. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον.—Ἡ ἀνωτέρω συσκευή, ἡ ἀποτελουμένη ἐκ τῶν ῥάβδων τοῦ χαλκοῦ καὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ ἐκ τοῦ ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος καλεῖται ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἐν γένει τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἑτερογενῶν μετάλλων ἐμβεβαπτισμένων ἐντὸς ὑγροῦ, ὅπερ προσβάλλει μόνον τὸ ἓν μέταλλον.

Αἱ μέταλλιναι ῥάβδοι φέρουσιν ἐπὶ τῶν ἐξωτερικῶν ἄκρων αὐτῶν προσηρμοσμένα σύρματα ἢ κοιλίας. Καὶ αἱ μὲν ῥάβδοι καλοῦνται **ἠλεκτροδία**, τὰ δὲ σύρματα ἢ οἱ κοιλίαὶ καλοῦνται **πόλοι**. Τὸ σύρμα τὸ συνδέον τοὺς δύο πόλους καλεῖται **ἄγωγος** ἢ **ῥοηφόρος**, τὸ δὲ σύνολον τῶν ἠλεκτροδίων μετὰ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ ἀγωγοῦ καλεῖται **ἠλεκτρικὸν κύκλωμα**. Καὶ ὅταν μὲν ὁ ἄγωγος συνδέῃ καὶ τοὺς δύο πόλους, τὸ κύκλωμα καλεῖται **κλειστόν**, ὅταν δὲ δὲν συνδέῃ αὐτοὺς, καλεῖται **ἀνοικτόν**. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖσμα παράγεται, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, καὶ παύει, ὅταν τοῦτο εἶναι ἀνοικτόν.

Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ὑπῆρξεν ἡ πρώτη πηγὴ ἠλεκτρικοῦ

πνεύματος. Σήμερον ὁμως ὑπάρχουσι πλὴν τούτου καὶ ἄλλαι, ὅπως εἶναι αἱ ἠλεκτρομηχαναὶ καὶ οἱ συσσωρευταί, περὶ τῶν ὁποίων κατωτέρω γίνεται λόγος.

226. Ἐφυδραργύρωσις ψευδαργύρου.— Εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα δέον νὰ γίνεται χρησὶς χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου, καθ' ὅσον οὗτος προσβάλλεται ὑπὸ τοῦ θεικοῦ ὀξέος **μόνον** ὅταν τὸ κύκλωμα κλεισθῇ. Τοῦναντίον, ἀγοραῖος (ἀκάθαρτος) ψευδάργυρος προσβάλλεται **πάντοτε** ὑπὸ τοῦ θεικοῦ ὀξέος. Δυνάμεθα ὁμως ἀντὶ τοῦ χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου νὰ μεταχειρισθῶμεν καὶ τὸν ἀγοραῖον—ἀλλ' ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει εἶναι ἀνάγκη νὰ τὸν **ἐφυδραργυρώσωμεν**, ἵτοι νὰ καλύψωμεν τὴν ἐπιφανείαν του δι' ἀμαλγάματος ψευδαργύρου (κράματος ὑδραργύρου καὶ ψευδαργύρου).

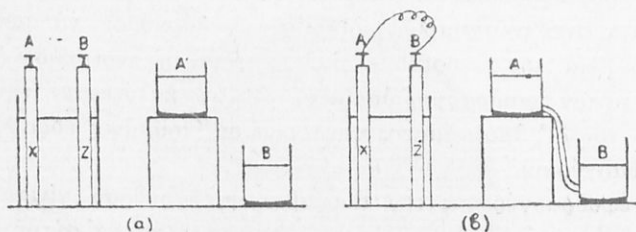
Ἡ ἐφυδραργύρωσις τοῦ ἀγοραίου ψευδαργύρου γίνεται ὡς ἑξῆς. Χύνομεν ἐπὶ πινακίου ὀλίγον ὑδράργυρον καὶ ἐπ' αὐτοῦ ὑδροχλωρικὸν ἢ θεικὸν ὀξύ, καὶ διὰ ψήκτρας προστρίβομεν τὸν ψευδάργυρον ὀρίπτοντες ἐπ' αὐτοῦ τὸν ὑδράργυρον μετὰ τοῦ ὀξέος. Τότε σχηματίζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ψευδαργύρου ἀμάλγαμα, ὅπερ ἐν τῷ ἠλεκτρικῷ στοιχείῳ ἔχει ὅλας τὰς ιδιότητας τοῦ χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου.

227. Διαφορὰ τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.—Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ ἠλεκτροδυναμικὸν εἰς τοὺς δύο πόλους ἠλεκτρικοῦ στοιχείου θέλομεν εὑρεῖν ὅτι δὲν εἶναι τὸ αὐτό, ἵτοι εἰς τοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου ὑφίσταται διαφορὰ ἠλεκτροδυναμικοῦ. Ἡ διαφορὰ αὕτη προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι τὸ ὑγρὸν τοῦ στοιχείου ἑξασκεῖ διάφορον χημικὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῶν δύο ἠλεκτροδίων, τοῦ ἐνὸς τούτων προσβαλλομένου ἰσχυρῶς, τοῦ δὲ ἑτέρου ἢ οὐδόλως ἢ ἀσθενέστατα.

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ παραβάλλωμεν τοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου μὲ δύο δοχεῖα περιέχοντα ὕδωρ καὶ εὐρισκόμενα εἰς ὕψη διάφορα (σχ. 151, α). Πράγματι, ὅπως τὰ δοχεῖα ταῦτα παρουσιάζουσι διαφορὰν στάθμης, οὕτω καὶ οἱ δύο πόλοι παρουσιάζουσι διαφορὰν ἠλεκτροδυναμικοῦ ἢ διαφορὰν ἠλεκτρικῆς στάθμης. Καὶ ὅπως, ἐὰν ἐνώσωμεν διὰ σωλῆνος τὰ δύο ταῦτα δοχεῖα (σχ. 151, β) παράγεται ρεῦμα ὕδατος ἐκ τοῦ ὑψηλοτέρου δοχείου πρὸς τὸ χαμηλότερον, οὕτω, ἐὰν ἐνώσωμεν καὶ τοὺς δύο πόλους διὰ σύρματος, θέλει πα-

ραχθῇ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, βαῖνον ἐκ τοῦ πόλου ὅστις ἔχει τὸ μεγαλύτερον ἡλεκτροδυναμικόν, πρὸς τὸν πόλον ὅστις ἔχει τὸ μικρότερον. Ἡ παραγωγή λοιπὸν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅταν κλείωμεν τὸ κύκλωμα τοῦ στοιχείου, ὀφείλεται εἰς τὴν διαφορὰν τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους αὐτοῦ.

Καὶ ὁ μὲν πόλος ὁ ἡλεκτρισμένο θετικῶς καὶ ἔχων τὸ μεγαλύτερον ἡλεκτροδυναμικὸν καλεῖται **θετικός**, ὁ δὲ ἕτερος ὁ ἡλεκτρισμένος ἀρνητικῶς καὶ ἔχων τὸ μικρότερον ἡλεκτροδυναμικὸν καλεῖ-



Σχ. 151. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους ἡλεκτρικοῦ στοιχείου παραβάλλεται πρὸς τὴν διαφορὰν στάθμης.

ται **ἀρνητικός**. Ὡσαύτως καὶ τὰ ἡλεκτρόδια καλοῦνται ἀντιστοίχως: **θετικὸν ἡλεκτρόδιον** καὶ **ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον**. Ἐὰν ὁ εἰς πόλος στοιχείου συγκοινωνήσῃ μετὰ τῆς γῆς, τότε τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν τούτου γίνεται ἴσον τῷ μηδενί, ἀλλὰ τότε τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν τοῦ ἑτέρου πόλου αὐξάνεται οὕτως, ὥστε ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους νὰ παραμένῃ ἡ αὐτή. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ μεγέθους καὶ τοῦ σχήματος τοῦ στοιχείου καὶ τῆς ἀποστάσεως τῶν ἡλεκτροδίων, ἐξαρτᾶται δὲ μόνον ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἡλεκτροδίων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ υγροῦ.

Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους στοιχείου καλεῖται **ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου, εἶναι δὲ πάντοτε ἡ αὐτὴ δι' ἓν καὶ τὸ αὐτὸ στοιχεῖον. Τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν θεμελιώδη ιδιότητα τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τούτου, ὅταν οἱ πόλοι δὲν συνδέωνται μεταξὺ των δι' ἄγωγον, ἥτοι ὅταν τὸ κύκλωμα τοῦ στοιχείου εἶναι ἀνοικτόν. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκφράζεται εἰς volt ὅπως καὶ ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ.

228. Γνωρίσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—

Τὸ σύρμα τὸ συνδέον τὸν χαλκὸν καὶ τὸν ψευδάργυρον τῆς ἀνωτέρω ἡλεκτρικῆς πηγῆς παρουσιάζει νέας ιδιότητες, τὰς ὁποίας δὲν εἶχε πρότερον, καὶ αἵτινες καταφαίνονται διὰ τῶν ἑξῆς πειραμάτων.

1ον. Ἐὰν ἡ ἡλεκτρικὴ πηγὴ εἶναι ἰσχυρὰ καὶ συνδέσωμεν τοὺς δύο πόλους αὐτῆς διὰ σύρματος λεπτοτάτου αβ (σχ. 152), θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τὸ σύρμα θερμαίνεται κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον, καὶ ὅτι ἡ θέρμανσις αὕτη δύναται νὰ εἶναι τόσῳ ἰσχυρὰ, ὥστε τὸ σύρμα δυνατόν καὶ νὰ πυρακτωθῇ, ἢ νὰ τακῇ, ἢ καὶ νὰ ἐξαερωθῇ. Τὰ φαινόμενα ταῦτα ὀφείλονται εἰς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 152. Γνωρίσματα ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

2ον. Ἐὰν τὸ σύρμα τεθῇ παραλλήλως καὶ πλησίον μαγνητικῆς βελόνης βν, ἥτις εἶναι στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον ἄξονα καὶ ἔχει διεύθυνσιν ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἀναγκάζει τὴν μαγνητικὴν βελόνην νὰ ἐκτραπῇ ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας της καὶ νὰ λάβῃ νέαν διεύθυνσιν. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη προέρχεται ἐκ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσεται πέριξ τοῦ σύρματος.

3ον. Ἐὰν κόψωμεν τὸ σύρμα καὶ ἐμβαπτίσωμεν τὰ προκύψαντα ἄκρα αὐτοῦ Α καὶ Β ἐντὸς ὕδατος ἑλαφρῶς ὠξινομένου (ἵνα γίνῃ εὐηλεκτραγωγόν), θέλομεν παρατηρήσει ὅτι εἰς τὰ ἄκρα ταῦτα ἐμφανίζονται φυσαλίδες ὀξυγόνου καὶ ὑδρογόνου. Τὰ ἀέρια ταῦτα προέρχονται ἐκ τῆς ἀποσυνθέσεως τοῦ ὕδατος, καὶ δύνανται νὰ συλλεγῶσιν ἐντὸς σωλῆνων, καθὼς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Συμπέρασμα. Τὸ σύρμα τὸ συνδέον τοὺς δύο πόλους τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς παρουσιάζει ιδιότητες θερμαντικὰς, μαγνητικὰς καὶ χημικὰς. Αὗται ὀφείλονται εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ διερχόμενον δι' αὐτοῦ.

“Όταν ἄγωγός τις δύναται νὰ ἀποκτήσῃ τὰς ἀνωτέρω τρεῖς ἰδιότητας (καὶ ἄλλας, τὰς ὁποίας κατωτέρω θὰ ἴδωμεν), λέγομεν ὅτι διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

229. Φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—Πείραμα.

Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην στρεπτὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα καὶ ἔχουσαν διεύθυνσιν ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον καὶ τοποθετοῦμεν ἄνωθεν αὐτῆς καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσίν της χάλκινον ἄγωγόν. Ἐὰν τὰ ἄκρα τούτου συνδέσωμεν μὲ τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικοῦ στοιχείου ἀποτελουμένου ἐκ χαλκοῦ, ψευδαργύρου καὶ ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐκτρέπεται ἐκ τῆς ὀριζικῆς 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 ἐκτρέπεται κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς προηγουμένης.

Συμπέρασμα. Ἡ φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐν τῷ σύρματι εἶναι κατὰ τὴν δευτέραν περίπτωσιν ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν αὐτοῦ κατὰ τὴν πρώτην περίπτωσιν.

Παραδέχθησαν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐν τῷ σύρματι βαίνει ἐκ τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸν ψευδάργυρον καὶ ὅτι ὁ **χαλκὸς** ἔξ οὗ ἀναχωρεῖ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ὁ **θετικὸς πόλος** τοῦ στοιχείου, ὁ δὲ **ψευδάργυρος** εἶναι ὁ **ἀρνητικὸς πόλος** αὐτοῦ. Τοῦναντίον, ἐντὸς τοῦ στοιχείου τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα βαίνει ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικόν.

Ὅμοια φαινόμενα παρατηροῦνται εἰς πᾶσαν πηγὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐκάστη τούτων παρουσιάζει δύο πόλους, τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικόν· ἐὰν δὲ οἱ πόλοι οὗτοι συνδεθῶσι διὰ σύρματος, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐν μὲν τῷ σύρματι θὰ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικόν, ἐντὸς δὲ τῆς πηγῆς ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'.

ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΤΗΛΗ.

230. Πόλωση τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου.—Τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον τὸ ἀποτελούμενον ἐκ δύο ἑτερογενῶν μετάλλων, π. χ. χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου, ἐμβεβαπτισμένων ἐντὸς ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ ὕγρου, παρατηρήθη ὅτι δὲν ἔχει μεγάλην διάρκειαν. Ἦτοι τὸ δι' αὐτοῦ παραγόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐξασθενεῖται ταχέως. Ἡ ἐξασθένεισις αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸ κατὰ τὴν χημικὴν ἐπίδρασιν τοῦ θεικοῦ ὀξέος ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου παραγόμενον ὕδρογόνον, ὅπερ προσκολλᾶται ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ (καὶ ἐν γένει ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου). Τὸ ὕδρογόνον τοῦτο, ἀφ' ἑνὸς μὲν παρεμποδίζει, ὥς σῶμα δυσῆλεκτραγωγόν, τὴν δίοδον τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀφ' ἑτέρου δὲ παράγει δευτερεῦον ρεῦμα, φορᾶς ἀντιρρόπου τῷ κυρίῳ ρεύματι. Οὕτω τὸ κύριον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐξουδετεροῦται ἐν μέρει, ἢ καθ' ὅλοκληρίαν.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς προσκολλήσεως τοῦ ὕδρογόνου ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου ἐκλήθη **πόλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου**. Ἵνα ἔχωμεν λοιπὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα σταθερὸν καὶ διαρκές, ἀνάγκη νὰ παρεμποδίζωμεν τὴν προσκόλλησιν τοῦ ὕδρογόνου, ἥτοι νὰ καταστρέφωμεν τὴν πόλωσιν. Τοῦτο κατορθώθη εἰς πολλὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, διὰ τῆς χρήσεως καταλλήλων οὐσιῶν, αἵτινες καλοῦνται **ἀντιπολωτικά**. Ἐκ τῶν ἡλεκτρικῶν τούτων στοιχείων περιγράφομεν τὰ κυριώτερα.

231. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Daniell. Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐκ 4 μερῶν. 1) Ἐξ ἑνὸς δοχείου Ρ (σχ. 153) ὑαλίνου ἢ πηλίνου. 2) Ἐξ ἑνὸς κοίλου κυλίνδρου Α ἐκ ψευδαργύρου ἐφυδαργυρωμένου, ἀνοικτοῦ ἐκατέρωθεν καὶ ἐσχισμένου κατὰ μῆκος. 3) Ἐξ ἑνὸς κυλινδρικοῦ δοχείου Β πορώδους, κατεσκευασμένου ἐξ ἀργίλου. 4) Ἐκ μιᾶς πρισματικῆς ῥάβδου Γ ἐκ χαλκοῦ. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου τοῦ ψευδαργύρου προσκολλᾶται ταινία ἐκ χαλκοῦ ἀποτελοῦσα τὸν ἀρνη-



Σχ. 153.

Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Daniell.

τικὸν πόλον τοῦ στοιχείου, ἐπὶ δὲ τῆς χαλκίνης ῥάβδου προσκολλᾶται ἑτέρα ὁμοία ταινία ἀποτελοῦσα τὸν θετικὸν πόλον. Πολλάκις ὅμως αἱ ταινίαι ἀντικαθίστανται ὑπὸ μεταλλίνων πιεστικῶν κοχλιῶν α καὶ β. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 153, ἥτοι ἐν τῷ ὑαλίνῳ δοχείῳ τίθεται ὁ κύλινδρος τοῦ ψευδαργύρου, ἐντὸς αὐτοῦ τίθεται τὸ πορώδες δοχεῖον καὶ ἐντὸς τούτου ἡ ῥάβδος τοῦ χαλκοῦ.

Β) Πλήρωσις. Μετὰ τὴν ὡς ἄνω διάταξιν χύνομεν, ἐν μὲν τῷ ὑαλίνῳ δοχείῳ θεικὸν ὀξὺ προαραιωθὲν διὰ δεκαπλασίου ὄγκου ὕδατος, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν δρᾶσιν, ἐν δὲ τῷ πορώδει δοχείῳ διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως. (1)

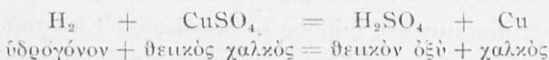
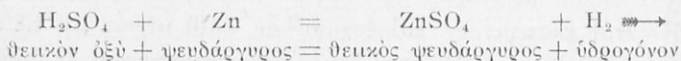
Γ) Λειτουργία. Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἥτοι οἱ δύο πόλοι τοῦ στοιχείου δὲν ἐνοῦνται διὰ σύρματος, τὸ στοιχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἀμέσως ἄρχεται ἡ χημικὴ δρᾶσις καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

Σημείωσις. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου τοῦ Daniell παριστᾷ τὴν μονάδα volt, τὴν ὁποῖαν εἶδομεν ἀνωτέρω.

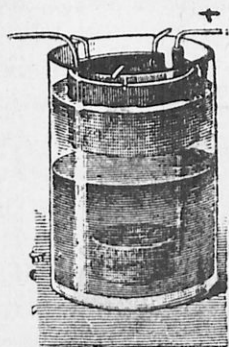
232. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Callaud.—Τοῦτο εἶναι τροποποίησις τοῦ προηγούμενου στοιχείου ὑπὸ τοῦ Callaud.

Α) Περιγραφὴ. Ἀποτελεῖται ἐκ 3 μερῶν. 1) Ἐξ ἐνὸς δοχείου ὑαλίνου (σχ. 154). 2) Ἐξ ἐνὸς κοίλου κυλίνδρου ἐκ ψευδαργύρου ἐφυδραργυρωμένον, 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 περιστραμμένης, ἐπὶ τῆς ὁποίας εἶναι προσκεκολλημένον σύρμα χάλκινον, μεμονωμένον διὰ γοντιαπέρκης. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου τοῦ ψευδαργύ-

(1) Αἱ ἀντιδράσεις παρίστανται ὑπὸ τῶν χημικῶν ἐξισώσεων



ρου προσκολλᾶται ταινία ἐκ χαλκοῦ ἢ στερεώνεται πιεστικὸς κο-
χλίας, ὅστις ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ στοιχείου. Τὸν θετι-
κὸν πόλον ἀποτελεῖ τὸ ἐξωτερικὸν ἄκρον τοῦ χαλκίνου σύρματος
τῆς ταινίας. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται ὡς ἐξῆς. Ἐπὶ τοῦ πυθμέ-



Σχ. 154. Ἡλεκτρικὸν
στοιχεῖον Callaud.

νος τοῦ δοχείου τίθεται ἡ χαλκίνη ταινία οὗ-
τως, ὥστε τὸ χαλκίνον σύρμα αὐτῆς νὰ ἐξέρ-
χεται τοῦ ποτηρίου, ἐπὶ δὲ τῶν χειλέων αὐ-
τοῦ στηρίζεται ὁ κύλινδρος τοῦ ψευδαργύ-
ρου.

Β) Πλήρωσις. Μετὰ τὴν ὡς ἄνω διά-
ταξιν ῥίπτομεν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου
κρυστάλλους θεικοῦ χαλκοῦ καὶ ἔπειτα ἐπι-
χύνομεν ὕδωρ ὠξυνισμένον, μέχρι σημείου
ὀλίγον κατωτέρου τῶν χαλκίνων ἀγκίστρων.
Μετ' ὀλίγον σχηματίζεται κεκορεσμένον διά-
λυμα θεικοῦ χαλκοῦ, ὅπερ παραμένει εἰς τὸν
πυθμένα τοῦ δοχείου, ὡς πυκνότερον τοῦ
ὑπερκειμένου ὑγροῦ. Καὶ τὸ μὲν ὠξυνισμένον ὕδωρ χρησιμεύει διὰ
τὴν χημικὴν δρᾶσιν, τὸ δὲ διάλυμα τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ διὰ τὴν κα-
ταστροφὴν τῆς πολώσεως (1).

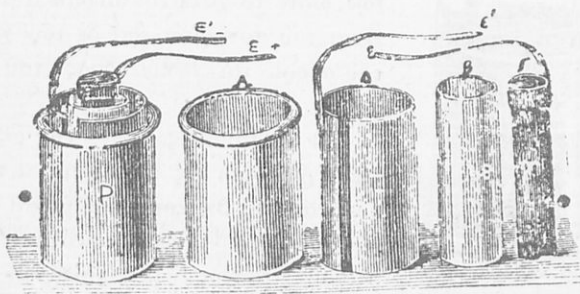
Γ) Λειτουργία. Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, τὸ στοι-
χεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἀμέσως
ἄρχεται ἡ χημικὴ δρᾶσις καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύμα-
τος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικόν.

233. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Bunsen.—**Α) Περι-
γραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ 4 μερῶν. 1) Ἐξ ἑνὸς δοχείου Α (σχ. 155)
ὑαλίνου ἢ πηλίνου. 2) Ἐξ ἑνὸς κοίλου κυλίνδρου Δ ἐκ ψευδαργύ-
ρου ἐφυδραργυρωμένου, ἀνοικτοῦ ἐκατέρωθεν καὶ ἐσχισμένου κατὰ
μῆκος. 3) Ἐξ ἑνὸς κυλινδρικοῦ δοχείου πορώδους Β. 4) Ἐκ μιᾶς
πρισματικῆς ῥάβδου Γ ἐξ ἀνθρακος συμπαγοῦς. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου
τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ἐπὶ δὲ τῆς ῥάβδου
τοῦ ἀνθρακος ὁ θετικὸς. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται ὅπως δει-
κνύει τὸ σχ. 155, Ρ, ἥτοι ἐν τῷ ὑαλίνῳ δοχείῳ τίθεται ὁ κύλιν-

(1) Αἱ ἀντιδράσεις παρίστανται ὑπὸ τῶν αὐτῶν χημικῶν ἐξισώσεων, ὑπὸ
τῶν ὁποίων καὶ αἱ τοῦ στοιχείου Daniell.

δρος τοῦ ψευδαργύρου, ἐντὸς αὐτοῦ τίθεται τὸ πορῶδες δοχεῖον καὶ ἐντὸς τούτου ἡ θάβδος τοῦ ἀνθρακος.

Β) Πλήρωσις. Μετὰ τὴν ὥς ἄνω διάταξιν χύνομεν, ἐν μὲν τῷ ὑαλίνῳ δοχείῳ θετικὸν ὀξὺ προαραιωθὲν διὰ δεκαπλασίου ὄγκου ὕδατος, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν χημικὴν δρᾶσιν, ἐν δὲ τῷ πορῶ-



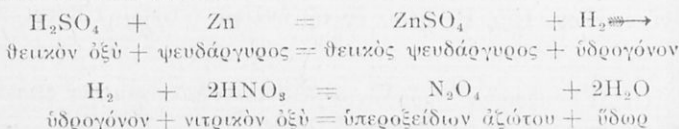
Σχ. 155. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Βουνσεν.

δει δοχείῳ νιτρικὸν ὀξὺ, ὅπερ χρησιμεύει διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως (1).

Γ) Λειτουργία. Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, τὸ στοιχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἀμέσως ἄρχεται ἡ χημικὴ δρᾶσις καὶ ἡ παραγωγή τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

234. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Grenet.— **Α) Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μερῶν. 1) Ἐκ μιᾶς ὑαλίνης φιάλης σφαιροειδοῦς (σχ. 156), ἣτις φέρει πῶμα ἢ κάλυμμα ἐξ ἐβονίτου. 2) Ἐκ δύο πλακῶν ἐξ ἀνθρακος συμπαγοῦς, α καὶ α', αἵτινες στερεοῦνται παραλλήλως πρὸς ἀλλήλας ἐπὶ τῆς κάτω ἐπιφανείας τοῦ καλύμματος ἐξ ἐβονίτου καὶ συνδέονται μεταξὺ των διὰ χαλκίνου ἐλάσματος καὶ 3) ἐκ μιᾶς πλακὸς ἐκ ψευδαργύρου Z ἐφ' ὑδροαργυρω-

(1) Αἱ ἀντιδράσεις παρίστανται ὑπὸ τῶν χημικῶν ἐξισώσεων

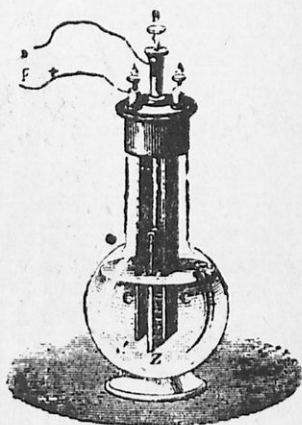


μένον, ἥτις κεῖται μεταξύ τῶν δύο ἀνθρώκων καὶ ἔχει πλάτος μὲν ἴσον πρὸς τὸ τῶν ἀνθρώκων, μῆκος δὲ ἴσον πρὸς τὸ ἥμισυ μόνον τοῦ μήκους ἐκείνων. Ὁ ψευδάργυρος οὗτος προσκολλᾶται ἐπὶ μεταλλίνου στελέχους, διερχομένου μετ' ἡπίας τριβῆς δι' ὁπῆς, τὴν ὁποίαν φέρει τὸ κάλυμμα τοῦ ἔβονί-
του, οὕτω δὲ δυνάμεθα κατὰ βούλη-
σιν νὰ ἐμβαπτίζομεν τὸν ψευδάργυρον ἐν τῷ ὑγρῷ τοῦ στοιχείου, ἢ νὰ ἐξά-
γωμεν αὐτόν. Ἐπὶ τοῦ καλύμματος τοῦ ἔβοντίου ὑπάρχουσι δύο μετάλ-
λινοι πιεστικοὶ κοχλῖαι, ἐξ ὧν, ὁ μὲν εἰς συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἀνθρακος καὶ ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ στοιχείου, ὁ δὲ ἕτερος μὲ τὸν ψευδάργυ-
ρον καὶ ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον.

Β) Πλήρωσις. Ἐν τῇ φιάλῃ χύ-
νομεν μείγμα ὕδατος, θεικοῦ ὀξέος καὶ διχρωμικοῦ καλίου. Καὶ τὸ μὲν θεικὸν ὀξύ χρησιμοποιεῖ διὰ τὸν χημι-
κὴν δρᾶσιν, τὸ δὲ διχρωμικὸν κάλιον διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως.

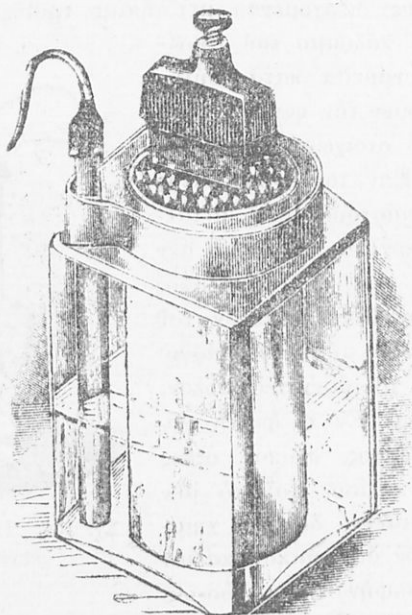
Γ) Λειτουργία. Ἐμβαπτίζομεν τὸν ψευδάργυρον ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ τῆς φιάλης καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα. Ἀμέσως τότε ἄρχεται ἡ χημικὴ δρᾶσις καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαί-
νει ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρ-
ματος.

235. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Leclanché. — **Α) Περιγραφή.** Ἀποτελεῖται ἐκ 3 μερῶν. 1) Ἐξ ἐνὸς ὑαλίνου δοχείου ἀποστενουμένου περὶ τὸ στόμιον (σχ. 157). 2) Ἐκ μιᾶς ῥάβδου ἐκ ψευδαργύρου ἐψυδραργυρωμένου. 3) Ἐξ ἐνὸς δοχείου πορώδους, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει πρισματικὴ ῥάβδος ἐξ ἀνθρακος συμπα-
γοῦς καὶ μείγμα ἐξ ἴσων μερῶν διοξειδίου τοῦ μαγγανίου (πυρο-
λουσίτου) καὶ συμπαγοῦς ἀνθρακος. Καὶ ἐπὶ μὲν τοῦ ψευδαργύρου εὐρίσκεται ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ἐπὶ δὲ τοῦ ἀνθρακος ὁ θετικός. Τὰ μέρη ταῦτα διατάσσονται, ἐὰν ἐν τῷ ὑαλίνῳ δοχείῳ τεθῇ ἡ ῥάβδος τοῦ ψευδαργύρου καὶ τὸ πορώδες δοχεῖον.



Σχ. 156. Ἡλεκτρικὸν στοι-
χεῖον Grenet.

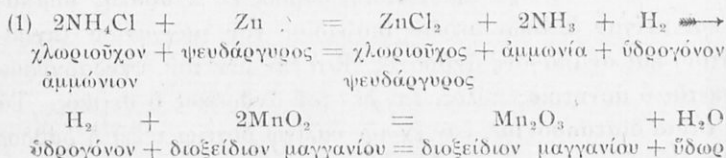
Β) Πλήρωσις. Μετὰ τὴν ὥς ἄνω διάταξιν χύνομεν ἐν τῷ ὑαλίνῳ δοχείῳ μέχρι τοῦ μέσου αὐτοῦ κεκορεσμένου διαλύμα χλωριούχου ἀμμωνίου (νισαντῆρι), ἢ διάλυμα μαγειρικοῦ ἁλάτος, ὅπερ χρη-



Σχ. 157. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Leclanché.

σιμεύει διὰ τὴν χημικὴν δρᾶσιν. Διὰ τὴν καταστροφὴν τῆς πολώσεως χρησιμεύει τὸ διοξειδίου τοῦ μαγγανίου τὸ εὑρισκόμενον ἐν τῷ πόρῳ τοῦ δοχείου (').

Γ) Λειτουργία. Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν τὸ δοχεῖον μένει ἀδρανές. Μόλις ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, ἄρχεται ἡ χημικὴ δρᾶσις καὶ ἡ παραγωγὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν διὰ μέσου τοῦ σύρματος.

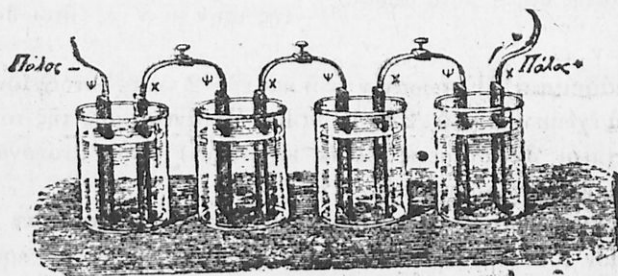


Αἱ ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις τῶν ἀνωτέρω ἡλεκτρικῶν στοιχείων εἶναι αἱ ἑξῆς.

Daniell	1 volt
Callaud	1 »
Bunsen	1,8 »
Grenet	2 »
Leclanché	1,5 »

236. Ξηρὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω περιγραφέντων ἡλεκτρικῶν στοιχείων κατασκευάζονται καὶ στοιχεῖα καλούμενα **ξηρά**. Εἰς ταῦτα τὰ ὑγρὰ παραμένουσιν ἀκίνητα κατὰ τὰς διαφόρους μεταθέσεις τῶν στοιχείων, ἔνεκα τῆς παρουσίας καταλλήλων ὀυσιῶν, αἵτινες ἔχουσιν ἀπορροφήσει τὰ ὑγρὰ. Ξηρὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι τὰ χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων τῆς τσέπης, καθὼς καὶ τῶν τηλεφωνικῶν ἐγκαταστάσεων.

237. Ἡλεκτρικὴ στήλη.—Καλεῖται ἡλεκτρικὴ στήλη πρὸ σύνολον δύο ἢ περισσοτέρων ἡλεκτρικῶν στοιχείων, τῶν ὁποίων



Σχ. 158. Ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν.

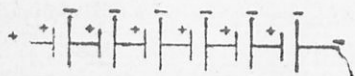
οἱ πόλοι συνηνώθησαν μὲ τ' ἀλλήλων δι' ἀγωγῶν. Δοθέντος ἀριθμοῦ τινος στοιχείων δυνάμεθα νὰ συνενώσωμεν αὐτὰ πρὸς σχηματισμὸν ἡλεκτρικῆς στήλης κατὰ τρεῖς διαφόρους τρόπους.

1ον. Συνένωσις κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ τάσιν. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον ἐνώνομεν τὸν θετικὸν π. χ. πόλον τοῦ πρώτου στοιχείου μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ δευτέρου, τὸν θετικὸν τοῦ δευτέρου μὲ τὸν ἀρνητικὸν τοῦ τρίτου, τὸν θετικὸν τοῦ τρίτου μὲ τὸν ἀρνητικὸν τοῦ τετάρτου καὶ οὕτω καθεξῆς μέχρι τοῦ τελευταίου στοιχείου. Οὕτω παράγεται ἡλεκτρικὴ στήλη, ἐν τῇ ὁποίᾳ ἀρνητικὸς μὲν πόλος

εἶναι ὁ ἐλεύθερος ἀρνητικὸς πόλος τοῦ πρῶτου στοιχείου, θετικὸς δὲ ὁ ἐλεύθερος ἀρνητικὸς πόλος τοῦ τελευταίου (σχ.158). Ἡ τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖται ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ τάσιν.

Ὅρισμός. Καλεῖται *ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ κατὰ τάσιν* ἐκείνη, ἐν τῇ ὁποῖα τὰ στοιχεῖα ἔχουσι συνενωθῇ διὰ τῶν ἑτερονύμων πόλων.

Τοιαύτην ἡλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα 159. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς τοιαύτης στήλης εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων. Οὕτω ἐὰν εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ ἑνὸς μόνον στοιχείου καὶ ν



Σχ. 159. Συμβολικὴ παράστασις ἡλεκτρικῆς στήλης κατὰ σειρὰν.

ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶναι ὅμοια μεταξὺ τῶν), ἡ στήλη θὰ παρουσιάσῃ διαφορὰν ἡλεκτροδυναμικοῦ E εἰς τοὺς δύο πόλους τῆς ἴσην μὲ ν . ε., ἥτοι θὰ ἔχω-

μεν $E = ν . ε.$

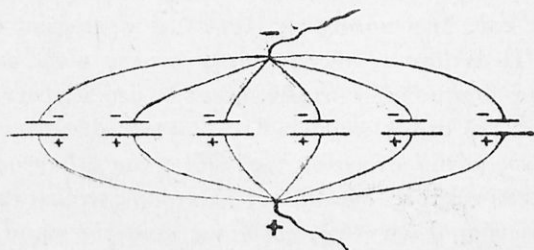
Παράδειγμα. Ἐστώσαν $ν = 5$ καὶ $ε = 2$ volts (στοιχεῖον Grenet), θὰ ἔχωμεν $E = 5 . 2 = 10$ volts. Ἡ ἀντίστασις τῆς τοιαύτης στήλης (περὶ ἀντιστάσεως βλέπε κατωτέρω) εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων αὐτῆς.

2ον. **Συνένωσις κατὰ ποσότητα ἢ κατ' ἐπιφάνειαν.** Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον συνενώνομεν τὰ στοιχεῖα ὅπως καὶ τὰς λουγδονικὰς λαγήνους πρὸς σχηματισμὸν ἡλεκτρικῆς συστοιχίας, ἐν τῇ ὁποῖα θετικὸς μὲν πόλος εἶναι τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον συνενοῦνται οἱ θετικοὶ πόλοι πάντων τῶν στοιχείων, ἀρνητικὸς δὲ πόλος τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον συνενοῦνται οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι αὐτῶν. Ἡ τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖται ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ ποσότητα ἢ ἐπιφάνειαν.

Ὅρισμός. Καλεῖται *ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ ποσότητα ἢ ἐπιφάνειαν* ἐκείνη, ἐν τῇ ὁποῖα τὰ στοιχεῖα ἔχουσι συνενωθῇ διὰ τῶν ὁμωνύμων πόλων.

Τοιαύτην ἡλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα 160. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς τοιαύτης στήλης εἶναι ἴση πρὸς τὴν διαφορὰν τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ

μεταξὺ τῶν δύο πόλων ἑνὸς μόνον στοιχείου αὐτῆς. Οὕτω εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ ἑνὸς μόνον στοιχείου, καὶ ν ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶναι ὅμοια μεταξὺ τῶν), ἡ στήλη θὰ παρουσιάζῃ διαφορὰν ἡλεκτροδυναμικοῦ E εἰς

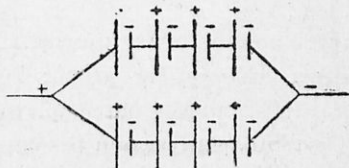


Σχ. 160. Συμβολικὴ παράστασις ἡλεκτρικῆς στήλης κατὰ ποσότητα.

τοὺς δύο πόλους τῆς ἴσην μὲ e , ἥτοι θὰ ἔχωμεν $E = e$. Ἡ ἀντίστασις τῆς τοιαύτης στήλης εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων αὐτῆς.

3ον. Συνένωσις μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειράς. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον διατροῦμεν τὰ στοιχεῖα εἰς 2, 3, 4, . . . ομάδας καὶ κατόπιν ἐνώνομεν τὰ στοιχεῖα ἐκάστης ομάδος διὰ τῶν ἐτερονύμων πόλων αὐτῶν πρὸς σχηματισμὸν στηλῶν κατὰ σειρὰν ἢ πάσιν, τὰς δὲ οὕτω προκρυπτούσας μερικὰς στήλας ἐνώνομεν μεταξὺ τῶν διὰ τῶν ὁμωνύμων πόλων πρὸς σχηματισμὸν τῆς τελικῆς στήλης κατὰ ποσότητα ἢ ἐπιφάνειαν. Ἡ τοιαύτη συνένωσις τῶν στοιχείων καλεῖται ἡλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειράς.

Ὁρισμός. Καλεῖται *ἡλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειράς* ἐκείνη, ἐν τῇ ὁποίᾳ τὰ στοιχεῖα ἔχουσι συνενωθῇ ἄλλα μὲν διὰ τῶν ἐτερονύμων ἄλλα δὲ διὰ τῶν ὁμωνύμων πόλων αὐτῶν.



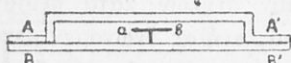
Σχ. 161. Συμβολικὴ παράστασις ἡλεκτρικῆς στήλης μεικτῆς.

Τοιαύτην ἡλεκτρικὴν στήλην παριστᾷ συμβολικῶς τὸ σχῆμα 161. Ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους τῆς τελικῆς στήλης ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ μεταξὺ

τῶν πόλων μιᾶς μερικῆς στήλης. Οὕτω ἐὰν εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ ἑνὸς μόνον στοιχείου καὶ v ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων ἐκάστης μερικῆς στήλης (ὑποτίθεται ὅτι ταῦτα εἶναι ὅμοια μετὰξὺ των), ἡ τελικὴ στήλη θὰ παρουσιάζῃ διαφορὰν ἡλεκτροδυναμικοῦ E εἰς τοὺς δύο πόλους της ἴσην μὲ $v \cdot \epsilon$, ἥτοι θὰ ἔχωμεν $E = v \cdot \epsilon$. Ἡ ἀντίστασις τῆς τοιαύτης στήλης εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σειρῶν, ἥτοι τῶν μερικῶν στηλῶν αὐτῆς.

Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη παρουσιάζει ιδιότητες ἀναλόγους πρὸς τὰς ιδιότητες ἑνὸς μόνου στοιχείου της. Οὕτω ἐὰν ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικῆς στήλης εἶναι E volt καὶ συγκοινωνήσῃ ὁ ἀρνητικὸς πόλος της μετὰ τῆς γῆς, τότε τὸ ἡλεκτροδυναμικὸν τοῦ μὲν ἀρνητικοῦ πόλου γίνεται 0 τοῦ δὲ θετικοῦ 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 περιλαμβάνῃ 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.

238. Θερμοηλεκτρικὰ ρεύματα.—Πείραμα. Λαμ-



Σχ. 162. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

βάνομεν δύο ἑτερογενῆ μέταλλα ἐκ χαλκοῦ $A A'$ καὶ βισμουθίου $B B'$ (σχ. 162) καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα αὐτῶν οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῇ πλήρης κύκλωμα. Ἐν τῇ ἐσωτερικῇ

αὐτοῦ τοποθετοῦμεν μαγνητικὴν βελόνην κινητὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν διὰ τῆς φλογὸς λύχνου οἰνοπνεύματος θερμάνωμεν τὴν μίαν τῶν ἐπαφῶν διατηροῦντες τὴν ἄλλην ψυχράν, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὼν ἑκτρέπεται ἐκ τῆς ἀρχικῆς αὐτῆς θέσεως. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη δεικνύει τὴν διόδον ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπερ βαίνει ἐκ τῆς θερμῆς ἐπαφῆς πρὸς τὴν ψυχράν, διὰ μέσου τοῦ χαλκοῦ. Ἡ ἰσχὺς τοῦ παραγομένου 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 ρεῦμα.

Τὸ οὕτω παραγόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα**.

239. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον καὶ θερμοηλεκτρικὴ στήλη. Καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον** τὸ σύστημα τὸ ἀποτελούμενον ἐκ δύο ἑτερογενῶν μετάλλων συγκεκολλημένων κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν. Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις ἑνὸς μόνου τοιούτου στοιχείου εἶναι λίαν μικρά. Δυνάμεθα ὅμως, ἐνώνοντες πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα κατὰ σειρὰν, νὰ ἀποτελέσωμεν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** μεγάλης ἠλεκτρογενετικῆς δυνάμεως. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη εἶναι καὶ ὁ καλούμενος **θερμοπολλαπλασιαστὴς τοῦ Melloni**, ὅστις σύγκειται ἐκ πολλῶν στοιχείων βισμούθιου καὶ ἀντιμονίου συνηνωμένων κατὰ σειρὰν καὶ ἀποτελούντων ἐν τῷ συνόλῳ τῶν σχῆμα κύβου ΡΔ (σχ. 163).



Σχ. 163. Θερμοπολλαπλασιαστὴς τοῦ Melloni.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.—ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ.

240. Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ μονὰς ἐντάσεως.—Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ διαρρέον ἀγωγὸν τινα λέγομεν ὅτι ἔχει **ἐντασιν** κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον μεγάλην, ὅταν τὰ ἀποτελέσματα αὐτοῦ, θερμοαντικὰ, μαγνητικὰ καὶ χημικὰ εἶναι κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἰσχυρά. Τὸ μέγεθος δὲ τῶν ἀποτελεσμάτων τούτων προφανῶς ἑξαρτᾶται ἐκ τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὅστις διαρρέει τὸν ἀγωγὸν ἐν ὁρισμένῳ χρόνῳ. Διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρι-**

σμοῦ, ἥτις διέρχεται διὰ τινος τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἐν τῇ μονάδι τοῦ χρόνου (δευτερόλεπτον). Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ αὐτὴ καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ.

Ὡς μονὰς ἐντάσεως λαμβάνεται τὸ *ampère* (πρὸς τιμὴν τοῦ *Ampère*). Τὸ *ampère* παριστᾷ τὴν ἔντασιν ρεύματος συνεχοῦς, ὅπερ μεταφέρει ἓνα *coulomb* κατὰ δευτερόλεπτον. Τίνι τρόπῳ καθωρίσθη ἡ μονὰς *ampère*, θέλομεν ἴδει κατωτέρω.

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται δι' ἰδιαιτέρων ὀργάνων, ἅτινα καλοῦνται **ἀμπερόμετρα**.

241. Ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ καὶ μονὰς ἀντιστάσεως.— Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος ἀγωγόν τινα μεταβάλλεται, ὅταν μεταβάλλεται ἡ φύσις καὶ αἱ διαστάσεις τοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο λέγομεν ὅτι προέρχεται ἐκ τῆς διαφόρου ἀντιστάσεως τοῦ μεταβαλλομένου ἀγωγοῦ. Οὕτω τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παρουσιάζει μικρὰν μὲν ἔντασιν, ὅταν διέρχεται δι' ἀγωγῶν οἵτινες εἶναι μακροὶ καὶ λεπτοί, μεγάλην δὲ ἔντασιν, ὅταν διέρχεται δι' ἀγωγῶν οἵτινες εἶναι παχεῖς καὶ βραχεῖς. Λέγομεν τότε ὅτι οἱ μακροὶ καὶ λεπτοὶ ἀγωγοὶ παρουσιάζουσι μεγάλην ἀντίστασιν, τοῦναντίον δὲ οἱ παχεῖς καὶ βραχεῖς παρουσιάζουσι μικρὰν ἀντίστασιν.

Ὡς μονὰς ἀντιστάσεως λαμβάνεται τὸ *ohm* (πρὸς τιμὴν τοῦ *Ohm*). Τὸ *ohm* παριστᾷ τὴν ἀντίστασιν ἀγωγοῦ, ὅστις διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος 1 *ampère* παρουσιάζει μεταξὺ τῶν ἄκρων του διαφορὰν ἡλεκτροδυναμικοῦ 1 *volt*. Ἀντίστασιν ἴσην πρὸς 1 *ohm* παρουσιάζει *στήλη ὕδραργύρου ὑπὸ θερμοκρασίαν 0° ἔχουσα τομὴν 1 τετραγ. χιλιοστομέτρου καὶ μῆκος 106,3 ἑκατοστομέτρων*.

Αἱ πολὺ μικραὶ ἀντιστάσεις μετροῦνται δι' ἑτέρας μικροτέρας τῆς *ohm* μονάδος, ἥτις καλεῖται *microhm*. Τὸ *microhm* ἰσοδυναμεῖ πρὸς τὸ ἑκατομμυριοστὸν τῆς *ohm*. Αἱ πολὺ μεγάλαι ἀντιστάσεις μετροῦνται δι' ἑτέρας μεγαλυτέρας τῆς *ohm* μονάδος, ἥτις καλεῖται *megohm*. Τὸ *megohm* ἰσοδυναμεῖ πρὸς ἓν ἑκατομμύριον *ohm*. Ἐπομένως ἔχομεν :

$$1 \text{ ohm} = 1000000 \text{ microhm.}$$

$$1 \text{ megohm} = 1000000 \text{ ohm.}$$

242. Νόμοι τῆς ἀντιστάσεως.— Ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ

διαρροεομένου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς νόμους.

Πρῶτος νόμος. *Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος τοῦ μήκους αὐτοῦ.* Ἦτοι διπλασιαζομένου, τριπλασιαζομένου κλπ. τοῦ μήκους τοῦ ἀγωγοῦ, ἡ ἀντίστασις του διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ.

Δεύτερος νόμος. *Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἐγκαρσίας τομῆς αὐτοῦ.* Ἦτοι διπλασιαζομένης, τριπλασιαζομένης κλπ. τῆς ἐγκαρσίας τομῆς (τοῦ πάχους) τοῦ ἀγωγοῦ, ἡ ἀντίστασις του ὑποδιπλασιάζεται, ὑποτριπλασιάζεται κλπ.

Τρίτος νόμος. *Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως αὐτοῦ, ἥτοι ἐκ τῆς ὕλης ἐξ ἧς συνίσταται.* Οὕτω ἀγωγοὶ ἔχοντες τὸ αὐτὸ μήκος καὶ τὴν αὐτὴν ἐγκαρσίαν τομὴν, ἀλλὰ συγκεείμενοι ἐκ διαφόρων μετάλλων παρουσιάζουν διάφορον ἀντίστασιν.

Εἰδικὴ ἀντίστασις ἀγωγοῦ. Καλεῖται *εἰδικὴ ἀντίστασις* ἀγωγοῦ τινος ἡ ἀντίστασις εἰς μονάδας ohm λογιζομένη, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει κύλινδρος ἐκ τῆς οὐσίας ταύτης, ἔχων ἐγκαρσίαν τομὴν 1 τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου καὶ μήκος 1 ἑκατοστομέτρου.

Ἡ ἀντίστασις κυλινδρικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως τῆς οὐσίας του ἐπὶ τὸ μήκος αὐτοῦ, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἐγκαρσίας τομῆς αὐτοῦ. Ἦτοι:

$$\text{ἀντίστασις} = \frac{\text{εἰδικὴ ἀντίστασις} \times \text{μήκος}}{\text{ἐγκαρσία τομῆς}}$$

Ἡ σχέσις αὕτη δύναται νὰ παρασταθῇ διὰ τοῦ τύπου

$$P = \rho \cdot \frac{\mu}{\tau} \quad (1)$$

ἐνθα P παριστᾷ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, ρ τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ, μ τὸ μήκος καὶ τ τὴν ἐγκαρσίαν τομὴν αὐτοῦ.

Διὰ τοῦ τύπου (1) δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν κυλινδρικοῦ ἀγωγοῦ, ὅταν γνωρίζωμεν τὰς διαστάσεις αὐτοῦ καὶ τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν τῆς οὐσίας ἐκ τῆς ὁποίας συνίσταται.

243. Νόμος τοῦ Ohm.⁽¹⁾ — Περίπτωσις κλειστοῦ κυ-

(1) Ohm (1787—1854). Γερμανὸς φυσικὸς ἀσχοληθεὶς κυρίως ἐπὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ καὶ ἀνακαλύψας τὸν νόμον ὅστις φέρει τὸ ὄνομά του.

κλώματος. Ἐὰν τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικοῦ στοιχείου ἐνώσωμεν δι' ἀγωγοῦ, θέλει σχηματισθῇ κλειστὸν κύκλωμα διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ κλειστὸν τοῦτο κύκλωμα παρουσιάζει ὀλικὴν ἀντίστασιν P , ἀποτελουμένην ἐκ τῆς ἀντιστάσεως ρ_1 τοῦ ἀγωγοῦ, ἣτις καλεῖται *ἐξωτερικὴ ἀντίστασις*, καὶ ἐκ τῆς ἀντιστάσεως ρ_2 τοῦ στοιχείου, ἣτις καλεῖται *ἐσωτερικὴ ἀντίστασις*, ἥτοι ἔχομεν $P = \rho_1 + \rho_2$. Τὸ ρεῦμα λοιπὸν τὸ διαρρεόν κλειστὸν κύκλωμα συναντᾷ δύο ἀντιστάσεις, τὴν ἐξωτερικὴν καὶ τὴν ἐσωτερικὴν.

Εἰς πᾶν κύκλωμα κλειστὸν, διαρρεόμενον ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐφαρμόζεται ὁ ἐξῆς νόμος τοῦ Ohm. *Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἡλεκτρικὴν δύναμιν τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος.* Ἦτοι

$$\text{έντασις} = \frac{\text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις}}{\text{ὀλικὴ ἀντίστασις}}$$

Ὁ νόμος οὗτος ἐκφράζεται διὰ τοῦ τύπου

$$I = \frac{E}{P} \quad (1)$$

ἐνθα I = ἔντασις ρεύματος, E = ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς πηγῆς καὶ P = ὀλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος.

244. Σταθεραὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου.—Ἐκαστον ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον καὶ ἐν γένει ἐκάστη ἡλεκτρικὴ πηγὴ παρουσιάζει δύο σταθεράς, τὴν *ἡλεκτρικὴν δύναμιν* καὶ τὴν *ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν*. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου ἐξαρτᾶται, καθὼς εἶδομεν, ἀφ' ἐνὸς ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἡλεκτροδίων, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ὑγροῦ. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου ἐξαρτᾶται ἀφ' ἐνὸς ἐκ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἡλεκτροδίων αὐτοῦ καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ αὐτῶν. Εἶναι δὲ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου τοσοῦτω μικροτέρα, ὅσῳ μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφάνεια τῶν ἡλεκτροδίων του καὶ ὅσῳ μικροτέρα 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 ἔντασιν, ὅταν ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου κλείεται ἐξωτερικῶς τὸ κύκλωμα εἶναι ἀσήμεντος, διότι τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυ-

κλώματος ανάγεται μόνον εἰς τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν τοῦ στοιχείου. Πράγματι, ἐὰν τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον ἔχη ἡλεκτρογερετικήν δύναμιν 2 volts καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 2 ohms, τὸ παραγόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θὰ ἔχη κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm ἔντασιν ἴσην πρὸς $2 : 2 = 1$ ampère, ἥτις 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, ὅταν τὸ κύκλωμα τῶν ὁργάνων τούτων κλείεται ἐξωτερικῶς δι' ἀγωγοῦ μικρᾶς ἀντιστάσεως (ὅτε σχηματίζεται τὸ καλούμενον βραχὺ κύκλωμα) παράγεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον ἀποβαίνει ἐπιβλαβὲς εἰς αὐτά.

245. Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς στήλας. 1ον. Ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ σειρὰν ἢ τάσιν.—Ἐστώσαν v ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων τῆς στήλης (ὑποτιθεμένων ὁμοίων), ϵ ἡ ἡλεκτρογερετικὴ δύναμις ἐκάστου καὶ ρ_1 ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ. Ἡ ἡλεκτρογερετικὴ δύναμις (ὀλική) τῆς στήλης εἶναι ἴση πρὸς $v \cdot \epsilon$. Ἐὰν λοιπὸν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως ρ_2 (αὕτη θὰ παριστᾷ τὴν ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν τῆς στήλης), ἡ ἔντασις I τοῦ παραγομένου ρεύματος δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου (1), ἥτοι ἔχομεν

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{v \cdot \rho_1 + \rho_2} \quad (2)$$

Παράδειγμα. Ἐὰν $v = 10$, $\epsilon = 2$ volts, $\rho_1 = 0,2$ ohms καὶ $\rho_2 = 5$ ohms, θὰ ἔχομεν

$$I = \frac{10 \times 2}{10 \times 0,2 + 5} = \frac{20}{2 + 5} = \frac{20}{7} = 2,85 \text{ περίπου ampères.}$$

Παρατηρήσεις. 1ον. Ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις ρ_2 εἶναι λίαν μικρὰ, ὥστε νὰ δύναται αὕτη νὰ παραλειφθῇ, ὁ τύπος (2) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \epsilon}{v \cdot \rho_1} = \frac{\epsilon}{\rho_1}$$

ἥτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης *ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐνδὸς μόνον στοιχείου αὐτῆς.*

2ον. Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις Q_2 εἶναι λίαν μεγάλη, ὥστε τὸ $v \cdot Q_1$ νὰ δύναται νὰ παραλειφθῇ, ὁ τύπος (2) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \varepsilon}{Q_2}$$

ἥτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης εἶναι *ν φορές μεγαλύτερα τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐνὸς μόνου στοιχείου αὐτῆς*. Συμφέρει λοιπὸν νὰ συνενώνωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ σειράν, ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι μεγάλη σχετικῶς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν.

2ον. Ἡλεκτρικὴ στήλη κατὰ ποσότητα ἢ ἐπιφάνειαν. Ἐστώσαν v ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων τῆς στήλης (ὑποτιθεμένων ὁμοίων), ε ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκάστου καὶ Q_1 ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (ὀλική) τῆς στήλης εἶναι ἴση πρὸς ε , ἡ δὲ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις (ὀλική) αὐτῆς εἶναι ἴση πρὸς $\frac{Q_1}{v}$. Ἐὰν λοιπὸν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης δι' ἄγωγον ἀντιστάσεως Q_2 , ἡ ἔντασις I τοῦ ρεύματος δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου (1) ἥτοι ἔχομεν

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{Q_1}{v} + Q_2} = \frac{v \cdot \varepsilon}{Q_1 + v \cdot Q_2} \quad (3)$$

Παράδειγμα. Ἐὰν $v = 10$, $\varepsilon = 2$ volts, $Q_1 = 0,5$ ohms καὶ $Q_2 = 5$ ohms, θὰ ἔχομεν

$$I = \frac{10 \times 2}{0,5 + 10 \times 5} = \frac{20}{50,5} = 0,4 \text{ περίπου ampères.}$$

Παρατηρήσεις. 1ον. Ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις Q_2 εἶναι λίαν μεγάλη, ὥστε τὸ Q_1 νὰ δύναται νὰ παραλειφθῇ, ὁ τύπος (3) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \varepsilon}{v \cdot Q_2} = \frac{\varepsilon}{Q_2}$$

ἥτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης *ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐνὸς μόνου στοιχείου αὐτῆς*.

2ον. Ἀντιθέτως, ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις Q_2 εἶναι λίαν μικρά, ὥστε τὸ $v \cdot Q_2$ νὰ δύναται νὰ παραλειφθῇ, ὁ τύπος (3) γίνεται

$$I = \frac{v \cdot \varepsilon}{Q_1}$$

ἥτοι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης εἶναι *ν φορὰς μεγαλυτέρα τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐνδὸς μόνου στοιχείου αὐτῆς*. Συμφέρει λοιπὸν νὰ συνενώσωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ ποσότητα, ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι λίαν μικρὰ σχετικῶς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν.

3ον Ἡλεκτρικὴ στήλη μεικτὴ ἢ κατὰ παραλλήλους σειρᾶς. Ἐστῶσαν ν ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων τῆς στήλης (ὑποτιθεμένων ὁμοίων), ε ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις ἐκάστου καὶ ϱ_1 ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ. Τὰ στοιχεῖα δυνάμεθα νὰ τὰ διαιρέσωμεν εἰς σ σειρὰς ἢ ὁμάδας, ἐκάστη τῶν ὁποίων θὰ περιλαμβάνῃ μ στοιχεῖα, ἐπομένως θὰ ἔχωμεν $\sigma \cdot \mu = \nu$. Ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις (ὀλική) τῆς στήλης θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἠλεκτρογεωρητικὴν δύναμιν μιᾶς μόνον σειρᾶς, ἥτοι ἴση πρὸς $\mu \cdot \varepsilon$, ἡ δὲ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις (ὀλική) τῆς στήλης θὰ εἶναι σ φορὰς μικροτέρα τῆς ἀντιστάσεως $\mu \cdot \varrho_2$ μιᾶς μόνον σειρᾶς, ἥτοι θὰ εἶναι ἴση πρὸς $\frac{\mu \cdot \varrho_2}{\sigma}$. Ἐὰν λοιπὸν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως ϱ_2 , ἡ ἔντασις I τοῦ ρεύματος τῆς στήλης δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου (1), ἥτοι ἔχομεν :

$$I = \frac{\mu \cdot \varepsilon}{\frac{\mu \cdot \varrho_2}{\sigma} + \varrho_2}$$

$$\text{ἢ } I = \frac{\sigma \cdot \mu \cdot \varepsilon}{\mu \cdot \varrho_2 + \sigma \cdot \varrho_2} = \frac{\nu \cdot \varepsilon}{\mu \cdot \varrho_2 + \sigma \cdot \varrho_2}$$

Παράδειγμα. Ἐὰν $\nu = 10$, $\varepsilon = 2$ volts, $\varrho_1 = 0,5$ ohms, $\sigma = 2$, $\mu = 5$ καὶ $\varrho_2 = 5$ ohms, θὰ ἔχωμεν

$$I = \frac{10 \times 2}{5 \times 0,5 + 2 \times 5} = \frac{20}{12,5} = 1,6$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις σύρματος χαλκίνου μήκους 3 χιλιομέτρων καὶ τομῆς 3 τετραγ. χιλιοστομέτρων εἰδικῆς ἀντιστάσεως $\varrho = 1,8$ microhm; (Ἀπόκρ. 18 ohms).

2) Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος τηλεγραφικοῦ σύρματος, διαμέτρου 4 χιλιοστομέτρων, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῖμα ἐντάσεως 0,025 ampère, ὅταν συνδεθῇ μὲ ἠλεκτρικὴν στήλην ἠλεκτρογεωρητικῆς δυνάμεως 117 volts.

καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 32 ohms ; εἰδικὴ ἀντίστασις σύρματος $\rho = 15,33$ microhms (Ἀπόκρ. 381 περίπου χιλιώμετρα).

3) Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 15 ohms καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ὑπάρχει διαφορὰ ἡλεκτροδυναμικοῦ 45 volts ; (Ἀπόκρ. 3 ampères).

4) Ποία εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ ἡλεκτροδυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 7,5 ohms, ἵνα διέλθῃ διὰ τοῦ ἀγωγοῦ τούτου ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 ampères ; (Ἀπόκρ. 12,25 volts).

5) Ποία ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ, ὅταν διὰ διαφορᾶς ἡλεκτροδυναμικοῦ 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 χιλιοστομέτρ., εἰδ. ἀντίστασις $\rho = 0,000009$ ohms (Ἀπόκρ. 716 ohms).

7) Ἐν τινὶ κυκλώματι ἡ ἀντίστασις τῆς στήλης εἶναι 5 ohms ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτῆς 2 volts καὶ ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι 24 ohms. Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ; (Ἀπόκρ. 0,069 ampères).

8) 5 ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα ὅμοια ἀποτελοῦσιν ἡλεκτρικὴν στήλην. τῆς ὁποίας τὸ κύκλωμα κλείεται ἐξωτερικῶς δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 0,25 ohms. Νὰ εὗρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ταύτης α') ὅταν τὰ στοιχεῖα συνεννοῦνται κατὰ σειρὰν καὶ β') ὅταν συνεννοῦνται κατὰ ποσότητα. Σταθεραὶ ἐκάστου στοιχείου : ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις = 1,07 volts καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις = 0,4 ohms (Ἀπόκρ. α') 2,38 ampères καὶ β') 3,24 ampères).

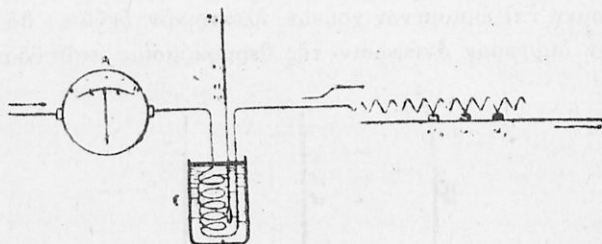
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΩΤΕΙΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

**246. Θέρμανσις τῶν ἀγωγῶν διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ
ρεύματος.**— Εἶδομεν ὅτι, ὅταν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται δι'
ἀγωγοῦ λεπτοτάτου, ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ἐκδηλοῦται διὰ τῆς θερ-
μάνσεως, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ ἀγωγὸς οὗτος Ἡ θέρμανσις τοῦ
ἀγωγοῦ δύναται νὰ εἶναι τόσον ἰσχυρά, ὥστε οὗτος δυνατόν νὰ πυ-
ρακτωθῇ, εἴτε νὰ τακῇ, εἴτε καὶ νὰ ξαερωθῇ. Τὰ τοιαῦτα ἀποτε-
λέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται *θερμαν-
τικά*.

Ἐκ τῶν συνήθων μετάλλων εὐκολώτερον πυρακτοῦνται ὁ σίδηρος καὶ ὁ λευκόχρυσος, ὥς μέταλλα παρουσιάζοντα μικρὰν ἀντίστασιν.

247. Νόμοι τοῦ Joule.⁽¹⁾ — Πειράματα. 1ον Ἐντὸς τοῦ ὕδατος θερμοδόμετρον⁽²⁾ βυθίζομεν λεπτὸν μεταλλινὸν ἀγωγὸν (σχ. 163α) περιτυλιγμένον σπειροειδῶς, καὶ θερμομέτρον πρὸς προσδιορισμὸν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος. Ἐὰν διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διαβιβασθῇ ἐπὶ ὠρισμένον χρόνον, π.χ. χ δευτερόλεπτα, ἡλεκτρικὸν ρεῦμα,



Σχ. 163α. Πειραματικὴ ἀπόδειξις νόμων Joule.

θὰ παρατηρήσωμεν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος, ἔνεκα τῆς ἐν τῷ ἀγωγῷ ἀναπτυσσομένης θερμότητος κατα τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος. Ἐκ τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυχθείσης θερμότητος. Διαβιβάζοντες διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀγωγοῦ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπὶ χρόνον διπλάσιον, τριπλάσιον, τετραπλάσιον κλπ., εὐρίσκομεν ἕκ τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας ποσὸν θερμότητος ἀναπτυσσομένης ἐν τῷ ἀγωγῷ 2πλάσιον, 3πλάσιον, 4πλάσιον κλπ. Τὸ ποσὸν λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον τοῦ χρόνου.

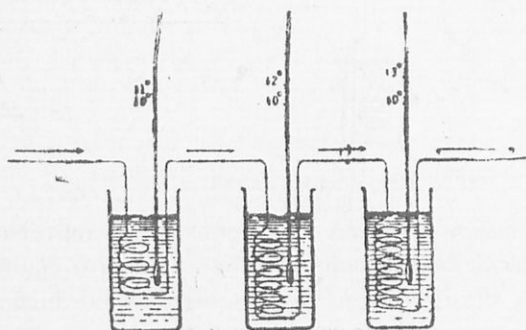
2ον. Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα μὲ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 2πλασίας, 3πλασίας, 4πλασίας κλπ., τὸ ὁποῖον διαβιβάζομεν πάλιν ἐπὶ χ δευτερόλεπτα. Παρατηροῦμεν ἑκάστοτε νέαν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἕκ τῆς ὁποίας ἀνευρίσκομεν ὅτι ἀνεπτύχθη ποσὸν θερμότητος 4πλάσιον, 9πλάσιον, 16πλάσιον κλπ. Τὸ πο-

(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.

σὸν λοιπὸν τῆς θερμότητος διὰ τὸν αὐτὸν χρόνον εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

3ον. Λαμβάνομεν τρεῖς διαφόρους ἀγωγούς, τῶν ὁποίων αἱ ἀντιστάσεις νὰ βαίνουνσιν ὥς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3 λ.χ. Τούτους περιτυλίσσομεν σπειροειδῶς καὶ βυθίζομεν ἀνὰ ἓνα ἐντὸς τριῶν θερμοδομέτρων (σχ. 163β), τὰ ὁποῖα νὰ περιέχωσιν ὕδωρ τοῦ αὐτοῦ βάρους καὶ θερμομέτρα. Τοὺς τρεῖς ἀγωγούς συνδέομεν κατὰ τὰ ἄκρα των οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελέσωσιν ἓνα συνεχῆ ἀγωγόν. Ἐὰν δι' αὐτοῦ διαβιβάσωμεν ἐπὶ ὁρισμένον χρόνον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, θὰ παρατηρήσωμεν διάφορον ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος ἐν



Σχ. 163β. Νόμοι Joule.

ἐκάστῳ θερμοδομέτρῳ. Προσδιορίζοντες δὲ ἐκ ταύτης τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυχθείσης θερμότητος ἐν τῷ ἀγωγῷ ἐκάστου θερμοδομέτρου, εὐρίσκομέν ὅτι τοῦτο εἶναι, 2πλάσιον ἐν τῷ ἀγωγῷ, οὗτινος ἡ ἀντίστασις εἶναι 2, καὶ 3πλάσιον 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 ἐξῆς νόμους τοὺς ὁποίους ἀνεκάλυψεν ὁ Joule,

Πρώτος νόμος. *Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον τοῦ χρόνου καθ' ὃν διέρχεται τὸ ρεῦμα (διὰ τὴν αὐτὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ).* Δηλ. ἐὰν ὁ χρόνος διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ, κλπ., τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυσσόμενης θερμότητος διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ.

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). Δηλ. ἐὰν ἡ ἔντασις διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κλπ., τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος τετραπλασιάζεται, ἑννεαπλασιάζεται κλπ.

Τρίτος νόμος. *Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ* (διὰ τὸν αὐτὸν χρόνον καὶ τὴν αὐτὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος). Δηλ. ἐὰν ἡ ἀντίστασις διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ, κλπ., τὸ ποσὸν τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κλπ.

Οἱ νόμοι τοῦ Joule περιλαμβάνονται ἐν τῷ τύπῳ

$$\Theta = P \cdot I^2 \cdot X \text{ joules} \quad (1)$$

ἐνθα Θ = θερμότης ἀναπτυσσομένη ἐντὸς χρόνου X δευτερολέπτων, P = ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ, I = ἔντασις καὶ X = χρόνος εἰς δευτερόλεπτα.

Ἐπειδὴ δὲ $4.18 \text{ joules} = I$ μικρὰ θερμὴς, ὁ ἀνωτέρω τύπος (1) γίνεται

$$\Theta = \frac{P \cdot I^2 \cdot X}{4.18} = 0.24 \cdot P \cdot I^2 \cdot X \text{ θερμίδες}$$

248. Ἴσχυς ἡλεκτρικῆς πηγῆς. Μονὰς ἰσχύος καὶ ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. Καλεῖται *ἰσχύς* ἡλεκτρικῆς πηγῆς, *τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας, ἢ τὸ ποσὸν τοῦ ἔργου, ὅπερ δύναται νὰ παράσχη αὕτη ἐντὸς 1 δευτερολέπτου*. Πρὸς εὐρεσιν τῆς ἰσχύος μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς πολλαπλασιάζομεν τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν αὐτῆς ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ἥτοι.

$$\text{ἰσχύς} = \text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις} \times \text{ἐντασις}$$

Ἡ σχέσηις αὕτη παρίσταται συμβολικῶς ὡς ἑξῆς·

$$\Delta = E \cdot I$$

ἐνθα Δ = ἰσχύς, E = ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις καὶ I = ἔντασις.

Ὡς μονὰς ἰσχύος λαμβάνεται τὸ watt (πρὸς τιμὴν τοῦ Watt) (1).

(1). Watt (1736 — 1819). Σκωτὸς μηχανικός, ὅστις ἐτροποποίησε τὴν ἀτμομηχανὴν ἐπὶ τὸ πρακτικώτερον. Ἐπενόησε τὸν ἀτμονόμον σύρτην αὐτῆς, τὸν συμπυκνωτήν, τὸν φυγοκεντρικὸν ρυθμιστὴν καὶ ἔδωκε τὸ ὄνομα watt εἰς τὴν μονάδα τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Ἐπειδὴ δὲ ἡ μονὰς αὕτη εἶναι λίαν μικρά, διὰ τοῦτο λαμβάνον-
ται πολλαπλάσια τῆς μονάδος ταύτης, ἅτινα εἶναι

$\text{tò hectowatt} = 100 \text{ watts}$

$\text{tò kilowatt} = 1000 \text{ watts}$

Παράδειγμα. Ἐστω 10 ampères ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος
καὶ 120 volts ἡλεκτρογενετική δύναμις· ἡ ἰσχὺς τῆς μηχανῆς θὰ εἶναι

$$\Delta = 10 \cdot 120 = 1200 \text{ watts} = 1,2 \text{ kilowatts}.$$

Μονάδες ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. Πρὸς τὰς μονάδας ἰσχύος
watt, hectowatt καὶ kilowatt ἀντιστοιχοῦσιν ὡς μονάδες ἡλετρι-
κῆς ἐνεργείας ἡ ἔργον τὸ watt - heure τὸ hectowatt - heure καὶ τὸ
kilowatt - heure. Αἱ μονάδες αὗται παριστῶσι τὴν ἐνέργειαν, ἡ τὸ
ἔργον, ὅπερ παρέχει ἡλεκτρικὴ πηγὴ ἰσχύος 1 watt, ἡ 1 hectowatt,
ἡ 1 kilowatt, λειτουργοῦσα ἐπὶ μίαν ὥραν. Αἱ μονάδες αὗται χοη-
σιμοποιοῦνται σήμερον εἰς τὴν πώλησιν τῆς ποσότητος τῆς ἡλετρι-
κῆς ἐνεργείας, προσδιορίζονται δὲ διὰ καταλλήλων ὁργάνων, καλου-
μένων *βατιομέτρων*.

249.—Ἡλεκτρικὸς φωτισμός. — Μία τῶν σπουδαιο-
τέρων ἐφαρμογῶν τῶν θερμαντικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ
ρεύματος εἶναι ὁ ἡλεκτρικὸς φωτισμός. Πρὸς παραγωγὴν ἡλετρι-
κοῦ φωτὸς χρησιμοποιοῦνται δύο μέθοδοι· α) *ἡ τῆς πυρακτώσεως*
καὶ β) *ἡ τοῦ βολταικοῦ τόξου*.

α) **Λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως.** Α) *Περιγραφή.* Οἱ λαμ-
πτήρες οὗτοι ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνου δοχείου σφαιρικοῦ ἢ ῥοει-
δοῦς, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐγκλείεται ἄγωγος αβ, συνιστάμενος ἐκ λε-
πτοῦ νήματος ἀνθρακος καὶ κεκαμμένος ἐν σχήματι ἱππείου πετάλ-
λου (σχ. 164). Τὰ ἄκρα τοῦ ἄγωγου τούτου συνάπτονται μετὰ δύο
συρμάτων ἐκ λευκοχρύσου, ἅτινα εἶναι ἐμπειρηγότα διὰ τήξεως ἐν
τῇ ὑάλῳ καὶ συγκοινωνοῦσι μετὰ δύο μεταλλικῶν πιεστικῶν κοχλιῶν,
ἐπὶ τῶν ὁποίων στερεοῦνται οἱ ἄγωγοί τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.
Τὸ ὑαλινὸν δοχεῖον κενοῦται ὥσθ' τὸ δυνατόν τελείως τοῦ ἀέρος,
καὶ ἔπειτα κλείεται ἀεροστεγῶς. Οἱ διὰ νήματος ἐξ ἀνθρακος κατα-
σκευαζόμενοι λαμπτήρες καλοῦνται **λαμπτήρες τοῦ Edison**.

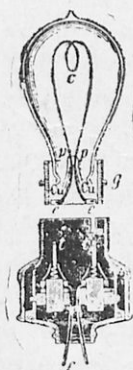
Β') **Λειτουργία.** Ἐὰν διὰ τοῦ νήματος τοῦ ἀνθρακος διαβι-
βασθῇ ἡλεκτρικὴ δύναμις ἀπὸ τοῦ ἰσχυροῦ Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς
ἢ ἀπὸ τοῦ ἰσχυροῦ Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

ται μὲν καὶ ἐκπέμπει λαμπρὸν φῶς, ἀλλὰ δὲν καίεται, ἔνεκα τῆς ἐλλείψεως ὀξυγόνου ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ δοχείου.

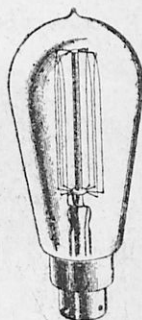
Μεταλλικοί λαμπτήρες. Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη οἱ λαμπτήρες δι' ἄνθρακος ἀντικατεστήθησαν δι' ἑτέρων εἰς τοὺς ὁποίους ὁ ἄγωγος συνίσταται οὐχὶ ἐξ ἄνθρακος, ἀλλ' ἐκ λεπτοτάτου μεταλλίνου σύρματος (ἐξ ὀσμίου, τανταλίου, βολφραμίου). Καὶ ἐπειδὴ τὸ μεταλλινόν σύρμα εἶναι εὐηλεκτραγωγότερον τοῦ ἄνθρακος, κατα-



Σχ. 164. Λύχνος
Ἐδίσσων



Σχ. 165. Μεταλλικοί λαμπτήρες.



σκευάζεται τοῦτο λεπτότερον καὶ ἐπιμηκέστερον. Οἱ τοιοῦτοι λαμπτήρες καλοῦνται **μεταλλικοί**, καὶ εἶναι οἰκονομικότεροι τῶν προηγουμένων (σχ. 165)

Οἱ λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν φωτισμὸν οἰκιῶν, πλοίων, σιδηροδρόμων κλπ.

β) Λαμπτήρες διὰ βολταϊκοῦ τόξου. Πείραμα τοῦ Davy.
Ὁ Davy κατὰ τὸ 1813 ἐξέτελεσε τὸ ἐξῆς πείραμα. Ἔλαβε δύο ῥαβδία ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς καὶ συνέδεσε τὸ ἐν ἄκρον αὐτῶν διὰ μεταλλικῶν ἄγωγων μὲ τοὺς δύο πόλους ἰσχυρᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς. Ἐπειτα ἔθεσεν 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 ῥα-

βδίων καὶ σχηματίζουνσιν ἄλυσιν μεταξὺ αὐτῶν. Διὰ τῆς ἀλύσεως ταύτης διέρχεται τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ οὕτω λευκοπυροῦται ἡ ἄλυσις καὶ ἐκπέμπει λαμπρὸν φῶς. Ἐὰν τὰ δύο ῥαβδία ἀπομακρυνθῶσιν ἀρκοῦντως καὶ ἡ ἄλυσις διασπασθῇ, τὸ φῶς σβέννυται, καὶ διὰ νὰ παραχθῇ ἐκ νέου πρέπει οἱ ἄνθρακες νὰ ἔλθωσι 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**.



Σχ. 166. Βολταϊκὸν τόξον.

Ἀμφότερα τὰ ῥαβδία τοῦ ἄνθρακος φθείρονται καίόμενα. Καὶ τὸ μὲν ἀρνητικὸν ῥαβδίον ἤτοι τὸ μετὰ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου συγκοινωνοῦν, φθείρεται βραδύτερον, ἐνῶ τὸ θετικὸν ῥαβδίον φθείρεται πολὺ ταχύτερον. Ἐκτὸς τούτου τὸ ἄκρον τοῦ ἀρνητικοῦ ῥαβδίου ἀπολήγει πάντοτε εἰς ἀκίδα, ἐνῶ τὸ τοῦ θετικοῦ κοιλοῦται ἐν εἴδει κρατῆρος (σχ. 166), ὅστις ἀποτελεῖ τὸ λαμπρότερον μέρος τοῦ ὅλου τόξου. Ἔνεκα τῶν φαινομένων τούτων τὸ θετικὸν ῥαβδίον κατασκευάζεται πάντοτε παχύτερον τοῦ ἀρνητικοῦ καὶ τοποθετεῖται κατακορύφως καὶ ὑπεράνω αὐτοῦ, διὰ νὰ διευθύνεται τὸ φῶς πρὸς τὰ κάτω. Διὰ πολλῶν θερμομετρικῶν ἐρευνῶν προσδιωρίσθη ἡ θερμοκρασία τοῦ βολταϊ-

κοῦ τόξου εἰς 3500° , ἤτοι εὐρέθη ἀνωτέρα πασῶν τῶν θερμοκρασιῶν, τὰς ὁποίας ὁ ἄνθρωπος ἠδυνήθη νὰ παραγάγῃ.

Σήμερον τὰ δύο ῥαβδία τοῦ ἄνθρακος ἐγκλείονται ἐντὸς μεγάλων σφαιρικῶν δοχείων, κατεσκευασμένων ἐξ ὑάλου γαλακτοχρόου, καὶ οὕτω ἀποτελοῦνται οἱ καλούμενοι **λαμπτήρες διὰ βολταϊκοῦ τόξου**. Οὗτοι, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἐντάσεως τοῦ παραγομένου φωτός, χρησιμοποιοῦνται σήμερον εἰς τὸν φωτισμὸν τῶν πόλεων, τῶν καταστημάτων κ. λ. π. Τὸ βολταϊκὸν τόξον χρησιμοποιεῖται ἐπίσης εἰς τοὺς προβολεῖς τῶν κινηματογράφων, εἰς τοὺς μεγάλους φάρους καὶ ἐν τῷ στρατῷ καὶ ναυτικῷ, τόσον διὰ τοὺς προβολεῖς ὅσον καὶ διὰ τὸν ὀπτικὸν τηλεγράφον.

230. — Πλεονεκτήματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ φωτισμοῦ. Ὁ ἡλεκτρικὸς φωτισμὸς εἶναι οἰκονομικώτερος τοῦ διὰ φωταερίου φωτισμοῦ, εἴτε δι' ἀπλῆς καύσεως παράγεται οὗτος εἴτε διὰ πυρακτώσεως κωνικοῦ πλέγματος (σύστημα Auer). Ἐκτὸς τούτου ὁ ἡλεκτρικὸς φωτισμὸς ὑπερέχει τοῦ διὰ τοῦ φωταερίου φωτισμοῦ καὶ ἀπὸ ὑγιεινῆς ἀπόψεως. Πράγματι ὁ ἡλεκτρικὸς φωτισμὸς, καὶ μάλιστα ὅταν χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως, οὐδὲν λως μολύνει τὸν ἀέρα τῶν φωτιζόμενων οἰκιῶν.

231. Ἡλεκτρικὴ κάμινος. — Ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία τοῦ βολταϊκοῦ τόξου ἐχρησιμοποιήθη ὑπὸ τοῦ Moissan εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς *ἡλεκτρικῆς καμίνου*.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐξ ὀγκώδους τεμαχίου ἄσβεστολίθου, τὸ ὁποῖον ἐσωτερικῶς εἶναι κοῖλον καὶ εἰς τὰ πλάγια τοιχώματα φέρεי δύο ὁπὰς. Ἡ κοιλότης καλύπτεται διὰ στρώματος συμπαγοῦς ἄνθρακος καὶ ἐντὸς αὐτῆς εὐρίσκονται τὰ ἄκρα δύο παχέων ῥαβδίων ἐξ ἄνθρακος, διερχομένων διὰ τῶν δύο ὁπῶν τοῦ ἄσβεστολίθου.

Β) Λειτουργία. Ἐὰν διὰ τῶν δύο ῥαβδίων διαβιβασθῇ ἰσχυρὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, θέλει παραχθῇ ἡλεκτρικὸν τόξον μεταξὺ αὐτῶν λίαν ὑψηλῆς θερμοκρασίας. Οὕτω ἡ κάμινος αὕτη ἀποτελεῖ ἰσχυρὰν θερμαντικὴν πηγὴν, ἐν τῇ ὁποίᾳ καὶ αἱ μᾶλλον δύστηκτοι οὐσίαι τήκονται καὶ ἐξαεροῦνται.

Γ) Ἐφαρμογαί. Σήμερον ἡ κάμινος αὕτη χρησιμοποιεῖται πρὸς παρασκευὴν τοῦ *ἀνθρακασβεστίου*, ὅπερ χρησιμεύει εἰς τὴν παραγωγὴν τῆς ἀσετυλίνης, πρὸς *ἀναγωγὴν*, ἥτοι ἀποξειδῶσιν μονίμων μεταλλικῶν ὀξειδίων, πρὸς παρασκευὴν τοῦ ἀργιλίου κλπ.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 0,5 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 ἡλεκτρικῆς λυχνίας πυρακτώσεως, ἥτις παρουσιάζει ἀντίστασιν 200 ohms καὶ τροφοδοτεῖται διὰ ρεύματος 0,5 ampères (ὑποτίθεται ὅτι ὁλόκληρος ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμότητα). (Ἀπόκρ. 43020 θερμίδες).

3) Ἡλεκτρικὴ στήλη ἀποτελεῖται ἐκ 10 ἡλεκτρικῶν στοιχείων, ἅτινα σχηματίζουσι 2 ὁμάδας, ἐκάστη τῶν ὁποίων περιλαμβάνει 5 στοιχεῖα συννηωμένα κατὰ σειρὰν. Ἡ ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου εἶναι 1,9 volts καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ 0,8 ohms, ἡ δὲ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις (ὀλική) εἶναι 15 ohms. Νὰ εὑρεθῶσι α) ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ρεύματος, β) ἡ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος καὶ γ) ὁ ἀριθμὸς τῶν μικρῶν θερμίδων, αἵτινες ἀναπτύσσονται ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ. (Ἀπόκρ. α) 0,559 ampères, β) 5,31 watts καὶ γ) 537,9 θερμίδες).

ΚΕΦΑΛΙΟΝ Ε΄.

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ. — ΓΑΛΒΑΝΟΜΕΤΡΑ

252. Φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.— Πειράματα. 1ον. Ἐὰν λάβωμεν εἰς τὰς χεῖράς μας τοὺς δύο πόλους μεγάλης ἡλεκτρικῆς στήλης, αἰσθανόμεθα τιναγμοὺς κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἰσχυροῦς, οἵτινες δύνανται νὰ ἐπιφέρωσι παράλυσιν, ἢ καὶ αὐτὸν τὸν θάνατον, ἀναλόγως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

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.

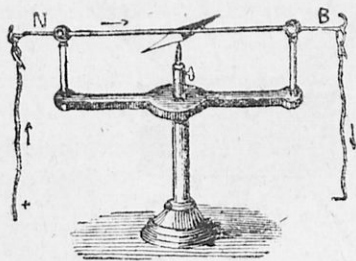
Συμπέρασμα. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐνεργεῖ διαφοροτρόπος ἐπὶ τῶν διαφόρων ὀργάνων τοῦ σώματος τῶν ζώων. Τὰ τοιαῦτα ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται *φυσιολογικά*.

253. Ἐνέργεια τῶν ρευμάτων ἐπὶ τῶν μαγνητῶν καὶ ἀντιατρόφως.— Πείραμα τοῦ Oersted. Ὁ Oersted τῷ 1820 ἐξετέλεσε τὸ ἐξῆς πείραμα. Ὑπεράνω μαγνητικῆς βελόνης

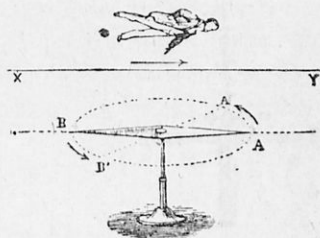
στρεπτής περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἔτεινεν ὁριζοντίως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ ἄξονος τῆς β λόνης καὶ πλησίον αὐτῆς χάλκινον σύρμα εὐθύγραμμον NB (σχ. 167). Ἐφ' ὅσον διὰ τοῦ σύρματος δὲν διήρχετο ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ βελόνη παρόμενεν ἀκίνητος καὶ παράλληλος πρὸς αὐτό. Μόλις ὅμως διήρχετο τὸ ρεῦμα, ἡ βελόνη ἀμέσως ἀπέκλινε τῆς ἀρχικῆς θέσεως καὶ ἐλάμβανε νέαν δέυσθυσιν.

Συμπέρασμα. Πέριξ τοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται ἡλεκτρικὸν πεδίον,⁽¹⁾ ὅπερ ἐνεργεῖ ἐπὶ τὴν μαγνητικὴν βελόνην.

Τὰ τοιαῦτα ἀποτελέσματα τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται **μαγνητικά**.



Σχ. 167. Ἐνέργεια ρεύματος ἐπὶ μαγνητικὴν βελόνην.



Σχ. 168. Φορὰ ἐκτροπῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Κανὼν τοῦ Ampère ⁽²⁾. Ἡ φορὰ τῆς ἐκτροπῆς τῆς βελόνης ἐξαρτᾶται ἀφ' ἑνὸς ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ρεύματος, ἥτοι ἐὰν τοῦτο διέρχεται ὑπεράνω ἢ ὑποκάτω τῆς βελόνης, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐκ τῆς φορᾶς αὐτοῦ. Προσδιορίζεται δὲ ἡ φορὰ τῆς ἐκτροπῆς, εἰς πάσας τὰς περιπτώσεις, διὰ τοῦ ἑξῆς κανόνος τοῦ Ampère ⁽²⁾.

Ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ (σχ. 168) **ὅστις ὑποτίθεται κλειμένως ἐπὶ τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ εἰσέρχε-**

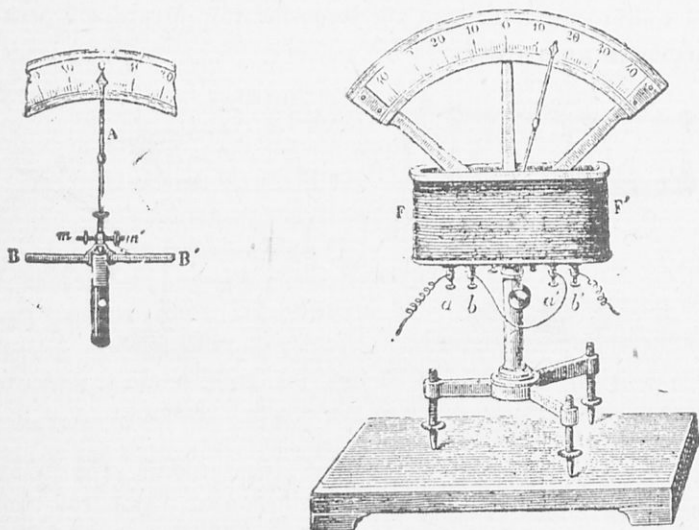
(1) Ἡ ὕπαρξις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος ἀποδεικνύεται καὶ διὰ τῶν φασμάτων, ὅπως εἶδομεν καὶ διὰ τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῶν μαγνητῶν.

(2) Ampère (1775 - 1836) Γάλλος σοφός, σπουδασὰς κυρίως τὰ ἡλεκτρικὰ φαινόμενα. Ἀνεκάλυψε τὴν ἀμοιβαίαν ἐνέργειαν τῶν μαγνητικῶν καὶ τῶν ἡλεκτρικῶν πεδίων. Πρὸς τιμὴν αὐτοῦ ὠνομάσθη ampère ἡ μονὰς τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

ται διὰ τῶν ποδῶν του καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῆς κεφαλῆς του, νὰ ἔχη δὲ οὗτος τὸ πρόσωπόν του ἐστραμμένον πρὸς τὴν βελόνην.

Ἐνέργεια τῶν μαγνητῶν ἐπὶ τῶν ρευμάτων. Ὅπως τὸ ἀκίνητον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐκτρέπει τὴν κινητὴν μαγνητικὴν βελόνην, οὕτω καὶ ἀκίνητος μαγνήτης ἐκτρέπει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κινητόν.

§ 4. Γαλβανόμετρον. — Ἐπὶ τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρι-



Σχ. 169. Γαλβανόμετρον.

κοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν μαγνητικὴν βελόνην στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ **γαλβανομέτρου** (σχ. 169), διὰ τοῦ ὁποίου προσδιορίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται 1) ἐκ τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ 2) ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἡ μαγνητικὴ βελὼν B B' εἶναι στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον (ἢ ὀριζόντιον) ἄξονα καὶ φέρει ἐστερεωμένον καθέτως δείκτην A, οὗτινος τὸ ἄκρον κινεῖται ἐνώπιον τόξου βεβαθμολογημένου. Ὁ δὲ ἀγωγὸς E E' εἶναι μετάλλινον σύρμα μεμονωμένον, τουτέστι κεκαλυμμένον διὰ μετάξης, τὸ ὁποῖον περιτυλίσσεται πολλὰς κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν ἐπὶ ξυλίνου πλαισίου καὶ τὰ ἄκρα του

καταλήγουσιν εἰς δύο πιεστικούς κοιλίας αβ'. Διὰ τῆς περιτυλίξεως τοῦ ἀγωγοῦ πολλαπλασιάζεται ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν μαγνητικὴν βελόνην. Ἐντὸς τοῦ πλαισίου τούτου κεῖται ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ἥτις κινεῖται ἐν ὀριζοντίῳ (ἢ κατακορύφῳ) ἐπιπέδῳ. Ἐνεκα τούτου τὸ γαλβανόμετρον καλεῖται **ὀριζόντιον ἢ κατακορύφον**.

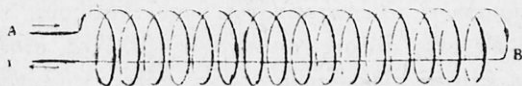
Β) Λειτουργία. Κανονίζομεν τὸ ὄργανον οὕτως, ὥστε ὁ δείκτης αὐτοῦ νὰ δείξῃ τὸ μηδὲν τοῦ βεβαθμολογημένου τόξου, ὅταν δὲν διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Μόλις ὅμως διέλθῃ διὰ τοῦ ὀργάνου ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ βελόνη ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ὅπερ σχηματίζεται πέριξ τοῦ ρεύματος καὶ ἐκτρέπεται ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεως. Οὕτω τὸ ἄκρον τοῦ δείκτη δεικνύει νέαν διαίρεσιν ἐκ τοῦ βεβαθμολογημένου τόξου.

Γ) Χρησιμότης. Διὰ τοῦ γαλβανομέτρου δυνάμεθα α) νὰ διαγνώσωμεν ἐὰν διὰ τινος ἀγωγοῦ διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, β) νὰ καταμετρήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ γ) νὰ ἀνεύρωμεν τὴν φορὰν αὐτοῦ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ.
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

§ 335. Ὅρισμός.—Καλεῖται **σωληνοειδὲς ρεῦμα**, ἢ καὶ ἀπλῶς **σωληνοειδές**, σειρὰ κυκλικῶν ρευμάτων, ὁμορρόπων καὶ ἀπεί-

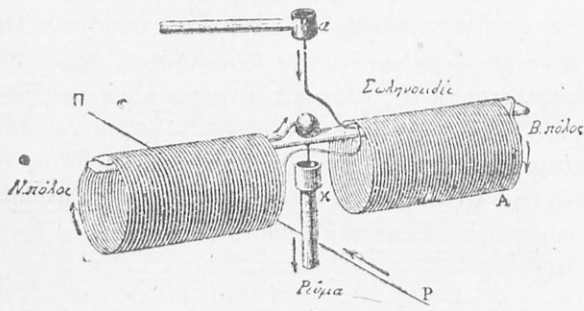


Σχ. 170. Σωληνοειδὲς ρεῦμα.

ὥς μικρῶν, διατεταγμένων κατὰ μῆκος γραμμῆς τινος οὕτως, ὥστε τὰ ἐπίπεδά των νὰ εἶναι κάθετα ἐπὶ τὴν γραμμὴν ταύτην καὶ τὰ κέντρα των νὰ κεῖνται ἐπ' αὐτῆς. Ἐν τῇ πράξει τὸ σωληνοειδὲς ἀποτελεῖται ἀπὸ μετάλλινον σύρμα μεμονωμένον, τὸ ὁποῖον περιτυλίσσεται εἰς κανονικὰς σπείρας πυκνὰς (οὕτως, ὥστε τὰ ἐπίπεδα ἐκάστης

σπείρας νὰ εἶναι παράλληλα πρὸς ἄλληλα) καὶ διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 170). Ἐὰν τὸ μεμονωμένον σύρμα, περιτυλισσόμενον σπειροειδῶς, ἀποτελέσῃ πολλὰ στρώματα ἁλλεπάλληλα, θὰ ἔχωμεν τὸ καλούμενον *ἡλεκτρικὸν πηνίον* ἢ καὶ ἀπλῶς *πηνίον*.

256. Ἰδιότητες τῶν σωληνοειδῶν. Πειράματα. — 1ον. Ἐὰν λάβωμεν σωληνοειδές, στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἄξονα, καὶ τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι τοῦτο προσανατολίζεται ἄφ' ἑαυτοῦ καὶ λαμβάνει διεύθυνσιν σχεδὸν ἀπὸ



Σχ. 171. Τὰ σωληνοειδῆ παρουσιάζουσι τὰς ιδιότητας μαγνήτου.

βορρᾶ πρὸς νότον, ὅπως καὶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Καὶ τὸ μὲν ἄκρον αὐτοῦ τὸ ἐστραμμένον πρὸς βορρᾶν λέγεται *βόρειος πόλος*, τὸ δὲ ἐστραμμένον πρὸς νότον καλεῖται *νότιος πόλος* (σχ. 171). *Βόρειος* δὲ πόλος τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι τὸ ἄκρον αὐτοῦ τὸ εὐρισκόμενον πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ampère, ὅστις εἶναι κεκλιμένος εἰς ἓνα οἰονδήποτε ἔλιγμον τῆς σπείρας καὶ οὕτως, ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τῶν ποδῶν καὶ νὰ ἐξέρχεται ἐκ τῆς κεφαλῆς, καὶ παρατηρεῖ τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς.

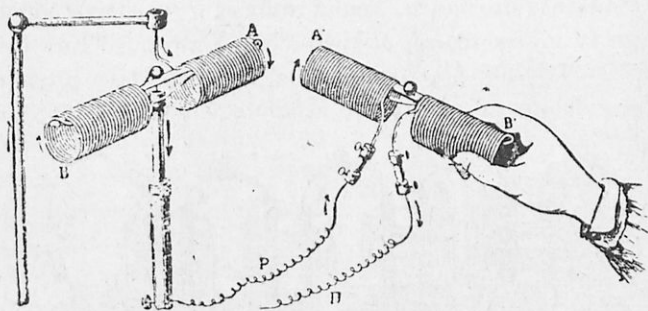
2ον. Ἐὰν εἰς τοὺς πόλους μαγνητικῆς βελόνης, στρεπτῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα, πλησιάσωμεν τοὺς πόλους σωληνοειδοῦς, τὸ ὅποιον κρατοῦμεν εἰς τὴν χεῖρά μας, θέλομεν παρατηρήσει ἔλξιν μὲν μεταξὺ τῶν ἐτερονύμων πόλων, ἄπωσιν δὲ μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων.

3ον. Ἀνάλογον φαινόμενον θέλομεν παρατηρήσει, ἐὰν ἡ κινητὴ μαγνητικὴ βελόνη ἀντικατασταθῇ ὑπὸ σωληνοειδοῦς, στρεπτοῦ περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 172).

4ον. Ἐὰν παραγάγωμεν τὸ μαγνητικὸν φᾶσμα σωληνοειδοῦς, θέ-

λομεν παρατηρήσει ὅτι τοῦτο παρουσιάζει μεγάλην ὁμοιότητα πρὸς τὸ φάσμα τῶν εὐθυγράμμων μαγνητῶν.

Συμπέρασμα. Τὰ σωληνοειδῆ παρουσιάζουσιν ὅλας τὰς ιδιότητας τῶν μαγνητῶν.



Σχ. 172. Τὰ σωληνοειδῆ παρουσιάζουσι τὰς ιδιότητας μαγνήτου.

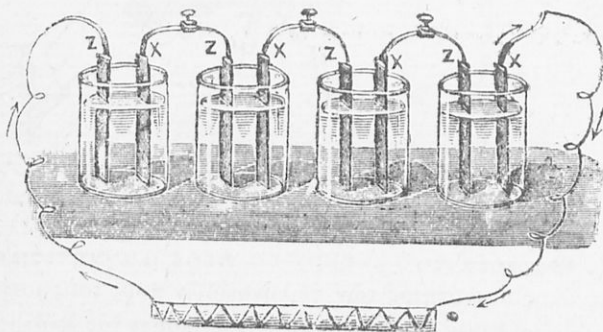
257. Θεωρία τοῦ Ampère περὶ μαγνητισμοῦ.—

Ἐκ τῆς μεγάλης ὁμοιότητος τῶν σωληνοειδῶν πρὸς τοὺς μαγνήτας, ὁ Ampère συνεπέρανεν, ὅτι οἱ μαγνήται ὀφείλουσι τὰς ιδιότητας αὐτῶν εἰς κλειστὰ ἡλεκτρικὰ ρεύματα, ἅτινα κυκλοφοροῦσι περὶ πάντα τὰ μέρη αὐτῶν καὶ εἶναι ὁμόρροπα, παράλληλα καὶ κάθετα ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ μαγνήτου. Τὰ ρεύματα ταῦτα ὑφίστανται κατὰ τὸν Ampère καὶ πρὸ τῆς μαγνητίσεως ἐν τῷ μαλακῷ σιδήρῳ καὶ τῷ χάλυβι, ἀλλ' ἔχουσι διάφορον φοράν καὶ διεύθυνσιν. Μετὰ τὴν μαγνήτισιν ὅμως, τὰ στοιχειώδη ταῦτα ρεύματα προσανατολίζονται οὕτως, ὥστε πάντα νὰ ἔχωσι τὴν αὐτὴν φοράν καὶ διεύθυνσιν. Τοιοῦτοτρόπως οἱ μαγνήται ἀνάγονται εἰς τὰ σωληνοειδῆ καὶ ὁ μαγνητισμὸς εἶναι ἡλεκτρικῆς φύσεως.

258. Ἐξήγησις τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ διὰ τῆς θεωρίας τοῦ Ampère.—Ὁ γήινος μαγνητισμὸς καὶ ἡ διευθυντηρία ἐνέργεια τῆς γῆς ἐπὶ τοὺς μαγνήτας, δύνανται νὰ ἐξηγηθῶσι, ἐὰν παραδεχθῶμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς κυκλοφοροῦσι θερμοηλεκτρικὰ ρεύματα, βαίνοντα ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμὰς καὶ καθετῶς τῷ μαγνητικῷ μεσημβρινῷ. Τὰ ρεύματα ταῦτα προέρχονται ἐκ τῆς ἡλιακῆς θερμότητος, διότι καὶ θερμότητα, καθὼς εἴδομεν, δύναται νὰ παραγάγῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

259. Μαγνήτισις διὰ ρευμάτων.—Πειράματα. 1ον.

Λαμβάνομεν ῥάβδον ἐκ χάλυβος καὶ περιτυλίσσομεν ἐπ' αὐτῆς σπειροειδῶς σύρμα χάλκινον μεμονωμένον, τουτέστι κεκαλυμμένον διὰ μετάξης (σχ. 173), καὶ οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῶσι ἐν ἡ περισσώτερα ἀλλεπάλληλα στρώματα. Τοιουτοτρόπως ἡ χαλυβδίνη ῥάβδος θὰ εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐσωτερικῷ σωληνοειδοῦς ἡ πηνίου. Ἐὰν διὰ τοῦ σύρματος διαβιβασθῇ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ῥάβδος θέλει μαγνητισθῇ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ δύ-



Σχ. 173. Μαγνήτισις διὰ ρευμάτων.

ναι νὰ ἐλκύσῃ ῥινήματα ἢ καὶ τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου. Ἐὰν τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίου ἐξαφανισθῇ, διακοπτομένου τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ ῥάβδος θέλει ἐξακολουθήσει νὰ εἶναι μαγνήτης.

2ον. Ἐὰν ὑποβάλωμεν εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς ῥάβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι καὶ αὕτη μαγνητίζεται ὅπως καὶ ἡ χαλυβδίνη. Ἐὰν ὅμως τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίου ἐξαφανισθῇ, ἡ ῥάβδος αὐτοστιγμὴ ἀπομαγνητίζεται. Τοιουτοτρόπως ὁ μαλακὸς σίδηρος καθίσταται προσωρινῶς μόνον μαγνήτης.

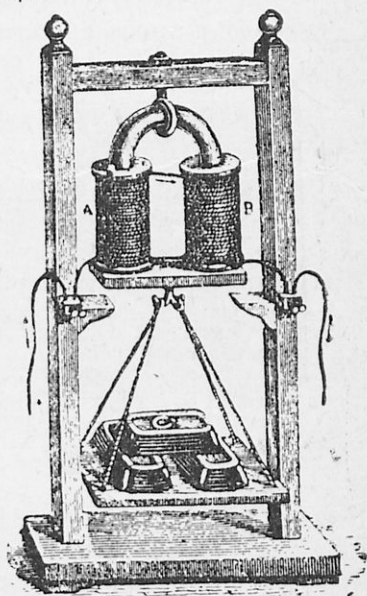
Συμπέρασμα. Καὶ ὁ μαλακὸς σίδηρος καὶ ὁ χάλυψ μαγνητίζονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, ἀλλ' ἐνῶ ὁ χάλυψ ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ μαγνήτης καὶ μετὰ τὴν ἐξαφάνισιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ὁ μαλακὸς σίδηρος ἀπομαγνητίζεται ἅμα τῇ ἐξαφάνισι τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἔνεκα τῆς ιδιότητος ταύτης ὁ μαλακὸς σίδηρος χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.

Διὰ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου μαγνητίζονται σήμερον αἱ βελόναι τῶν πυξίδων καὶ αἱ ῥάβδοι τὰς ὁποίας μεταχειρίζομεθα εἰς τὰ πειράματα, ἥτοι οἱ τεχνητοὶ μαγνήται.

260. Ἡλεκτρομαγνήτης.— Καλεῖται *ἡλεκτρομαγνήτης* ἡ συσκευή ἡ ἀποτελουμένη ἐκ ῥάβδου μαλακοῦ σιδήρου, περὶ τὴν ὁποίαν περιτυλίσσεται σπειροειδῶς χάλκινον σύρμα μεμονωμένον οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελέσῃ πολλὰ στρώματα. Καὶ ὁ μὲν μαλακὸς σίδηρος καλεῖται *πυρὴν* τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, τὸ δὲ σύρμα καλεῖται *ἄγωγος* αὐτοῦ.

Α) Περιγραφή. Εἰς ἕκαστον ἡλεκτρομαγνήτην διακρίνομεν τὸν ἄγωγόν καὶ τὸν πυρῆνα. Ὁ ἄγωγος εἶναι χάλκινον σύρμα ἀπομονωμένον, ἥτοι κεκαλυμμένον διὰ μετάξης, ὁ δὲ πυρὴν εἶναι ῥάβδος μαλακοῦ σιδήρου, εἴτε εὐθεῖα εἴτε κεκαμμένη ἐν σχήματι ἱπλείου πετάλου (σχ. 174). Καὶ ὅταν μὲν ὁ πυρὴν εἶναι εὐθύς, ὁ ἄγωγος περιτυλίσσεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος αὐτοῦ, ὅταν δὲ οὗτος κάμπεται ἐν σχήματι ἱπλείου πετάλου, ὅπως συνήθως συμβαίνει, τότε ὁ ἄγωγος περιτυλίσσεται ἐπὶ τῶν σκελῶν τοῦ πυρῆνος σπειροειδῶς καὶ εἰς πλῆθὸς ἀλλεπάλληλα 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. Ἐμπροσθεν τῶν ἄκρων τοῦ πυρῆνος εὐρίσκεται τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, ὅπερ καλεῖται *ὀπλισμός*.

Β) Λειτουργία. Διαβιβάζομεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τοῦ ἄγωγου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Τότε ὁ πυρὴν αὐτοῦ, μαγνητίζεται καὶ ἀναφαίνονται εἰς τὰ ἅκρα του δύο πόλοι ἐτερόνυμοι, οὔτενες ἔλκουσι

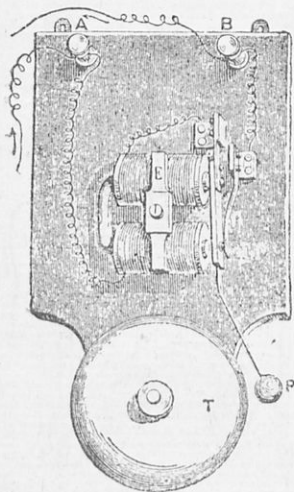


Σχ. 174. Ἡλεκτρομαγνήτης πεταλοειδής.

τὸν ὀπλισμὸν μέχρις ἐπαφῆς. Διακοπτομένου τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὁ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται καὶ ὁ ὀπλισμὸς πίπτει.

Αἱ ἐφαρμογαὶ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου εἶναι πολυάριθμοι. Ἀποτελεῖ τὸ οὐσιωδέστερον μέρος τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος, τοῦ ἡλεκτρικοῦ τηλεγράφου, τῶν ἡλεκτροκινήτων ὥρολογίων, τῶν θυμιστῶν τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ βολταϊκοῦ τόξου κλπ.

Ἡλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος χρησιμεύει εἰς τὰς οἰκίας, τὰ καταστήματα κλπ. ἵνα εἰδοποιῇται ὁ ὑπάλληλος.



Σχ. 175. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

Α) Περιγραφή. Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς πεταλοειδοῦς ἡλεκτρομαγνήτου E (σχ. 175), ὅστις εἶναι τὸ κυριώτερον μέρος τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος. Ἐμπροσθεν καὶ πλησίον τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου εὐρίσκεται ὁ ὀπλισμὸς α, ἥτοι τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, τὸ ὁποῖον κατὰ μὲν τὸ ἓν ἄκρον προσκολλᾶται ἐπὶ εὐκρίπτου χαλυβδίνου ἐλάσματος, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον φέρει μικρὰν σφῆραν P, ἔμπροσθεν τῆς ὁποίας ὑπάρχει κωδώνιον T. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης καὶ τὸ κωδώνιον στερεώνονται ἐπὶ σανίδος, ἐπὶ τῆς ὁποίας

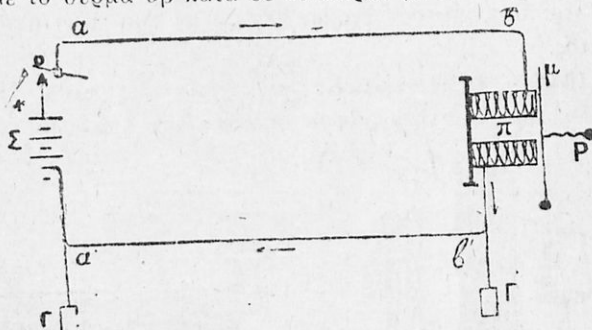
εὐρίσκονται καὶ δύο πιεστικοὶ κοχλίας, A καὶ B. Ἐκ τούτων ὁ μὲν εἷς συγκοινωνεῖ μὲ τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, ὁ δὲ ἕτερος συγκοινωνεῖ μὲ ἔλασμα μετάλλινον Γ, τὸ ὁποῖον ἐπακουμβᾷ ἐπὶ τοῦ ὀπλισμοῦ καὶ διὰ μέσου αὐτοῦ συγκοινωνεῖ μὲ τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ.

Β) Λειτουργία. Συνδέομεν τοὺς δύο πιεστικοὺς 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 διακοπῶν καὶ ἀποκαταστάσεων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, αἵτινες ἐπιφέρουσι διακεκομμένας ἑλξεις τοῦ ὀπλισμοῦ.

261. Ἀρχὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ τηλεγράφου τοῦ

Morse (1). Ὁ ἠλεκτρικὸς τηλέγραφος μᾶς χρησιμεύει ἵνα μεταβιβάσωμεν συνθήματα εἰς μεγάλας ἀποστάσεις μετὰ καταπληκτικῆς ταχύτητος, τῇ βοηθείᾳ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Τὸ συνηθέστερον σύστημα παρ' ἡμῖν εἶναι τὸ τοῦ Morse, τὸ ὁποῖον στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἑξῆς ἀρχῆς.

Ἐστω διπλοῦν σύρμα μεταλλινὸν αβ καὶ α' β' (σχ. 176) τὸ ὁποῖον συνδέει δύο τόπους. Εἰς τὸν ἓνα τόπον ὑποθέσωμεν ὅτι ὑπάρχει ἠλεκτρομαγνήτης π, οὗτινος ὁ ἄγωγος συνδέεται κατὰ μὲν τὸ ἓν ἄκρον μὲ τὸ σύρμα αβ κατὰ δὲ τὸ ἕτερον μὲ τὸ σύρμα α' β'.



Σχ. 176. Ἀρχή, ἐφ' ἧς στηρίζεται ὁ τηλέγραφος τοῦ Μόρσου.

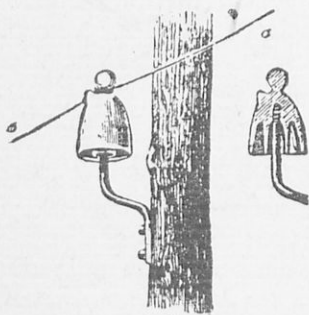
προσθεν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου θεωρήσωμεν τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου μ, τὸ ὁποῖον διά τινος ἐλατηρίου P τηρεῖται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑποθέσωμεν ὅτι ὑπάρχει ἠλεκτρικὴ στήλη Σ. Ἐὰν τὸν θετικὸν πόλον ταύτης συνδέσωμεν μὲ τὸ ἓν σύρμα αβ π. χ., τὸν δὲ ἀρνητικὸν μὲ τὸ ἄλλο σύρμα α' β', τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θέλει διέλθει διὰ τοῦ ἄγωγου τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Ὁ πυρὴν λοιπὸν αὐτοῦ θὰ μαγνητισθῇ καὶ θὰ ἐλκύσῃ τὸν ὀπλισμόν, ὅστις θὰ μείνῃ προσκεκολλημένος ἐφ' ὅσον χρόνον διέρχεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἐὰν ὁμοῦς τὸ ἠλεκτρικὸν

(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 συνεζήτη ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ πλοίου μετὰ τοῦ Morse, περὶ τῆς δυνατῆς ἐφαρμογῆς τῶν ιδιοτήτων τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν καὶ ἐπεδείκνυε συγχρόνως σχέδια καὶ μικρὸν ἠλεκτρομαγνήτην μετὰ μικρᾶς ἠλεκτρικῆς στήλης. Τὴν ιδέαν ταύτην τοῦ Jackson ἐπραγματοποίησε πρῶτος ὁ Morse.

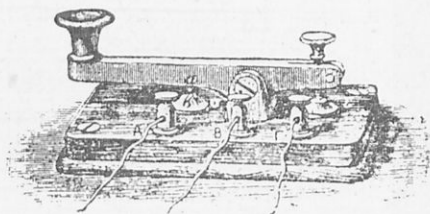
ῥεύμα διακοπῇ, ὃ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται καὶ ὁ ὀπλισμὸς δυνάμει τοῦ ἑλατηρίου ἀπομακρύνεται. Ἐὰν καὶ πάλιν διαβιβάσωμεν ἤλεκτρικόν ῥεύμα διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ὁ ὀπλισμὸς ἔλκεται ἐὰν δὲ τὸ διακόψωμεν ἀπομακρύνεται κ. ο. κ.

Δύο λοιπὸν ἄνθρωποι, εὗρισκόμενοι ὁ μὲν εἰς τὸν ἓνα τόπον ὁ δὲ εἰς τὸν ἕτερον, δύνανται νὰ συνεννοηθῶσι διὰ προσυμπεφωνημένων σημείων. Πρὸς τοῦτο ὅμως ἀπαιτοῦνται δύο σύρματα, ἓν διὰ τὴν μετάβασιν τοῦ ῥεύματος καὶ ἕτερον διὰ τὴν ἐπάνοδον αὐτοῦ. Βραδύτερον ὅμως τὸ δεύτερον σύρμα ἀντικατεστάθη διὰ τῆς γῆς καὶ τοιοῦτοτρόπως σήμερον ἔχομεν ἓν μόνον διὰ τὴν μετάβασιν τοῦ ῥεύματος.

262. Ἡλεκτρικὸς τηλεγράφος τοῦ Morse.—Τὰ οὐσιώδη μέρη τοῦ τηλεγράφου τούτου εἶναι 4 κυρίως, τὰ ἑξῆς.



Σχ. 177. Τηλεγραφικὴ γραμμὴ.



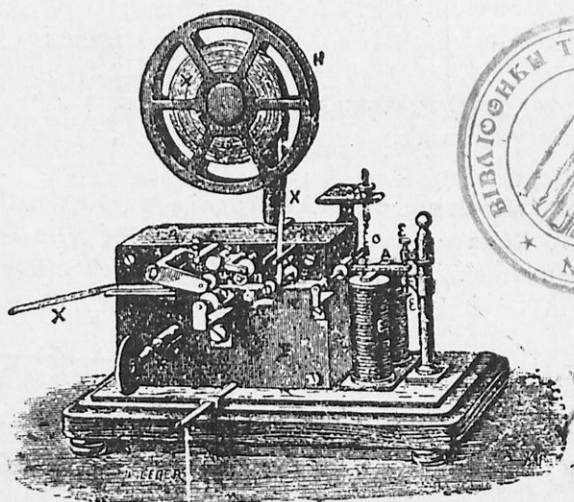
Σχ. 178. Πομπὸς Μόρσου.

Α) Ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη. Αὕτη χρησιμεύει διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ῥεύματος. καὶ ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα Leclanché, συνηγμένα κατὰ σειρὰν ἢ τάσιν.

Β) Ἡ τηλεγραφικὴ γραμμὴ. Αὕτη συνδέει τοὺς τηλεγραφικούς σταθμούς μετ' ἀλλήλων, καὶ ἄλλοτε μὲν εὗρίζεται ἐν τῷ ἀέρι (ἐναέριος) ἄλλοτε δὲ ἐντὸς τῆς γῆς (ὑπόγειος) καὶ ἄλλοτε ἐντὸς τῆς θαλάσσης (ὑποβρύχιος). Αἱ ἐναέριοι γραμμαὶ ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ σύρμα σιδηροῦν γαλβανισμένον πρὸς ἀποφυγὴν τῆς ὀξειδώσεως. Τὸ σύρμα στηρίζεται κατὰ διαστήματα 50-100 μέτρων ἐπὶ κωδόνων ἢ ποτηρίων ἐκ πορσελάνης (σχ. 177) τοὺς ὁποίους φέρουσι ξύλινοι στύλοι.

Γ) Ὁ πομπός. Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ διακόπτωμεν κατὰ

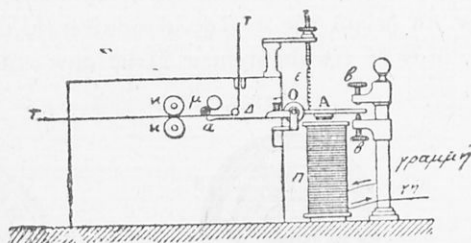
ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ βούλησιν καὶ ἐπὶ μακρὸν ἢ βραχὺ χρονικὸν διάστημα. Ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλινὸν μοχλὸν (σχ. 178), ὅστις περιστρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα καὶ φέρει ὑποκάτω καὶ τῶν δύο ἄκρων του ἀνὰ μίαν ἀκίδα μεταλλίνην, ἄνωθεν δὲ τοῦ ἐνὸς μόνον ἄκρου λαβὴν ξυλίνην ἢ ὀστεῖνν. Ὅταν πιέζωμεν τὴν λαβὴν, τὸ ρεῦμα τῆς στήλης μεταβαίνει εἰς τὴν τηλεγραφικὴν γραμμὴν, ὅταν δὲ τὴν ἀφήνωμεν ἐλευθέραν, τὸ ρεῦμα διακόπτεται.



Σχ. 179. Δέκτης τοῦ Morse.

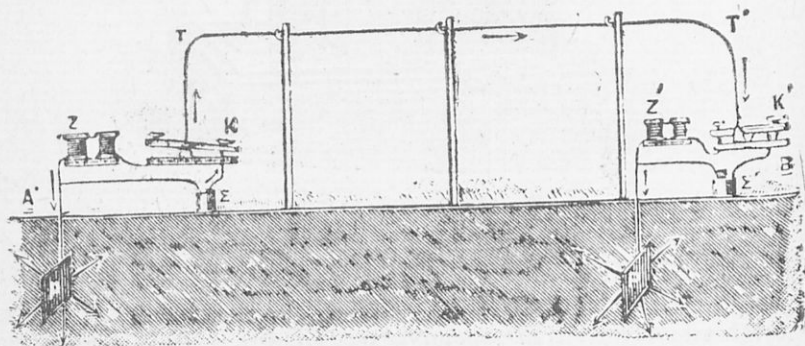
Δ) Ὁ δέκτης. Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ δεχώμεθα ἐπὶ χαρτίνης ταινίας τὰ ἀποστελλόμενα συνθήματα. Τὸ κυριώτερον μέρος τοῦ δέκτου εἶναι εἰς ἠλεκτρομαγνήτης ΕΕ (σχ. 179). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων αὐτοῦ ὑπάρχει ὁ ὀπλισμὸς Α, προσκεκολλημένος εἰς τὸ ἐν ἄκρον μοχλοῦ, οὗτινος τὸ ἕτερον ἄκρον εἶναι κεκαμμένον πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἀπολήγει εἰς ἀκίδα. Ὑπεράνω τῆς ἀκίδος ὑπάρχει χαρτίνη ταινία ΧΧ, ἣτις κινεῖται πρὸς τὰ πρόσω τῇ βοηθείᾳ δύο κυλίνδρων, κινουμένων δι' ὥρολογιακοῦ μηχανισμοῦ. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ ταινία κινεῖται. Ἐὰν τώρα διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ αἰχμὴ τοῦ μοχλοῦ ἀνυψοῦται καὶ ὠθεῖ τὴν ταινίαν πρὸς τὰ ἄνω. Αὕτη ἀνυψουμένη ἐγγίζει μικρὸν τροχὸν φέ-

ροντα μελάνην καὶ οὕτω χαράσσεται ἐπὶ τῆς ταινίας **στιγμὴ** μὲν ἔάν τὸ ρεῦμα εἶναι ἀκαριαῖον, **γραμμὴ** δὲ ἔάν εἶναι διαρκέστερον, Αἱ στιγμαὶ αὗται καὶ αἱ γραμμαὶ, συνδυαζόμεναι καταλλήλως, παριστώσι τὰ γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τὰ ἀριθμητικὰ ψηφία.



Σχ. 179α. Δέκτης τοῦ Morse.

263. Σύνδεσις τῆς ἡλεκτρικῆς στήλης τοῦ πομποῦ, τοῦ δέκτου καὶ τῆς τηλεγραφικῆς γραμμῆς. Τὸ σχῆμα 180 παριστᾷ τὴν σύνδεσιν τῶν 4 μερῶν τοῦ τηλεγράφου δύο σταθμῶν Α καὶ Β. Ἐν τῷ σχήματι τούτῳ Σ καὶ Σ' παριστώσι τὰς



Σχ. 180. Σύνδεσις τῶν 4 μερῶν τοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse.

στήλης τῶν δύο σταθμῶν, Κ καὶ Κ' τοὺς πομπούς, Ζ καὶ Ζ' τοὺς δέκτας καὶ ΤΤ' τὴν τηλεγραφικὴν γραμμὴν. Παρατηροῦμεν λοιπὸν 1) ὅτι οἱ δύο πομποὶ τῶν σταθμῶν συνδέονται διαρκῶς μετ' ἀλλήλων διὰ τῆς τηλεγραφικῆς γραμμῆς, 2) ὅτι τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν καὶ οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν στήλῶν συνδέονται διὰ σύρματος μετὰ χαλκίνων πλακῶν Ρ καὶ Ρ, αἵτινες ἐμβαπτίζονται εἰς τὴν γῆν, καὶ 3) ὅτι τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ

των ἡλεκτρομαγνητῶν καὶ οἱ θετικοὶ πόλοι τῶν στηλῶν συνδέονται μετὰ τοῦ πομποῦ.

Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ τοῦ σταθμοῦ Α πιάζεται ἐπὶ μίαν χρονικὴν στιγμήν· τὸ ἐκπεμπόμενον ἡλεκτρικὸν ῥεῦμα θὰ εἶναι ἀκαριαῖον καὶ ἐπομένως ἐπὶ τῆς ταινίας τοῦ δέκτου τοῦ ἄλλου σταθμοῦ 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 ὅμως ἡ λαβὴ τοῦ πομποῦ πιεσθῇ ἐπὶ περισσότερον χρόνον, τὸ ἐκπεμπόμενον ἡλεκτρικὸν ῥεῦμα θὰ εἶναι διαρκέστερον καὶ ἐπομένως ἐπὶ τῆς ταινίας θὰ τυπωθῇ μία γραμμὴ. Ὡστε ἐὰν συμφωνήσωμεν μία γραμμὴ νὰ παριστᾷ τὸ γράμμα τ, θὰ ἔχωμεν ἐπὶ τῆς ταινίας γεγραμμένον συνθηματικῶς τὸ γράμμα τοῦτο. Δυνάμεθα λοιπὸν ἐκ τοῦ σταθμοῦ Α νὰ ἀποστέλλωμεν συνθήματα πρὸς τὸν σταθμὸν Β. Τὸ αὐτὸ δυνάμεθα νὰ κάμνωμεν καὶ ἐκ τοῦ σταθμοῦ Β πρὸς τὸν σταθμὸν Α.

Μορσικὸν ἀλφάβητον

α. —	ι . .	ρ
β	κ	σ . . .
γ	λ	τ —
δ . . .	μ —	υ
ε .	ν —	φ
ζ	ξ	χ
η	ο — . . .	ψ
θ	π	ω

Μορσικὰ ψηφία

0 —	5
1	6
2	7
3	8
4	9

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 παρουσιάσῃ διακοπὴν τινα.

2) Τὸ **ἀλεξικέραυνον**. Τοῦτο χρησιμεύει, ἵνα προστατεύονται ἐν καιρῷ θυέλλης ἀπ' ἐνὸς αἱ συσκευαὶ τοῦ σταθμοῦ, καὶ ἀπ' ἑτέρου οἱ τὰς συσκευὰς ταύτας χειριζόμενοι ὑπάλληλοι. Πράγματι ἐν καιρῷ θυέλλης αἱ τηλεγραφικαὶ γραμμαί, ἠλεκτρίζονται ἐξ ἐπιδράσεως, διαρρέονται αἰφνιδίως ὑπὸ ἰσχυροτάτων ρευμάτων, ἅτινα καὶ τὰς συσκευὰς δύνανται νὰ 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 ὁποῖον ἐνεργεῖ ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ δέκτου τοῦ σταθμοῦ. Οὕτω 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 ὁποῖον ἀποστέλλεται τὸ τηλεγράφημα.

265. Τυπωτικὸς τηλεγράφος τοῦ Hughes (1). Τὸ σύστημα τοῦ Morse παρουσιάζει πολλὰ ἑλαττώματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ σπουδαιότερον εἶναι, ὅτι πρὸς μετάδοσιν τοῦ τηλεγραφήματος ἀπαιτεῖται χρόνος κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥτιον μακρός, ἐνεκα τῆς συνθηματικῆς γραφῆς τῶν γραμμάτων καὶ τῶν ἀριθμῶν. Ἐνεκα τούτου ἐπεδίωξαν νὰ εὗρωσιν ἕτερον σύστημα, ἐν τῷ ὁποίῳ τὰ λαμβανόμενα τηλεγραφήματα νὰ καταγράφονται ἐπὶ τῆς ταινίας ἀμέσως διὰ τῶν κοινῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τῶν ἀριθμητικῶν ψηφίων. Τοιουτοτρόπως κατεσκευάσθησαν οἱ καλούμενοι **τυπωτι-**

(1) Hughes (1831 - 1900). Ἕλληνας φυσικός, ἀνακαλύψας καὶ τὸ μικροφῶνον.

κοι τηλεγράφοι, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ μᾶλλον ἐν χρήσει εἶναι ὁ τοῦ Hughes. Ἐν τῷ συστήματι τούτῳ τὰ γράμματα ἐκτυποῦνται συγχρόνως ἐπὶ τῆς ταινίας καὶ εἰς τοὺς δύο σταθμούς, ἡ δὲ ταινία αὕτη προσκολλᾶται ἐπὶ φύλλον χάρτου καὶ δίδεται πρὸς διανομήν (1).

266. Μηχανικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—Ἐκ τῶν ἐλξεων καὶ ὥσεων, αἵτινες ὑφίστανται μεταξὺ τῶν πόλων δύο πηνίων, καθὼς εἶδομεν προηγουμένως, συνάγομεν ὅτι καὶ τὰ πηνία εἶναι δυνατόν νὰ τεθῶσιν εἰς κίνησιν ὅπως καὶ οἱ μαγνήται. Ἀλλὰ καὶ ὀρθογώνιον κύκλωμα στρεπτόν περὶ κατακύρυστον ἄξονα εἶναι δυνατόν νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν, ἐὰν πλησιάζωμεν εἰς αὐτὸ ἕτερον ὀρθογώνιον κύκλωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'.

ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

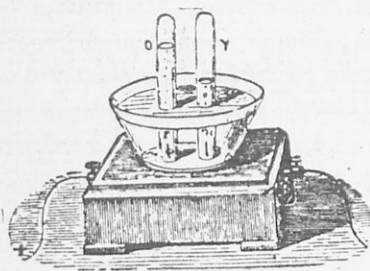
267. Ἡλεκτρολύσεις.—Ὅταν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται δι' ὕδατος ὠξυνισμένου, ἢ διὰ διαλύματος θεικοῦ χαλκοῦ ἐν ὕδατι, ἢ καὶ διὰ τινων συνθέτων σωμάτων ὑγρῶν καὶ εὐηλεκτρωγῶν, παρατηροῦμεν ὅτι ἐπέρχεται ἀποσύνθεσις τοῦ ὑγροῦ σώματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἡλεκτρολύσις. **Ὁρισμός.** Καλεῖται **ἡλεκτρολύσις** τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον σῶμά τι ἀποσυντίθεται τῇ βοήθειᾳ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Τὰ σώματα τὰ ὑφιστάμενα τὴν ἡλεκτρολύσιν καλοῦνται **ἡλεκτρολύται**. Τὰ μόνα σώματα ἅτινα ἔχουσι τὴν ιδιότητα νὰ εἶναι ἡλεκτρολύται εἶναι τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα. Τοιοτοτρόπως τὸ οἶνόπνευμα, ὁ αἰθέρ, ἡ βενζίνη καὶ τὸ καθαρὸν ὕδωρ δὲν εἶναι ἡλεκτρολύται. Ἰνα δὲ συμβῇ ἡλεκτρολύσις, πρέπει ὁ ἡλεκτρολύτης νὰ εὕρισκεται ἐν ὑγρᾷ καταστάσει (εἴτε διὰ τῆς τήξεως, εἴτε διὰ τῆς διαλύσεως αὐτοῦ ἐν τῷ ὕδατι).

(1) Κατωτέρω περιγράφομεν καὶ ἕτερον σύστημα τηλεγράφου, ἐν τῷ ὁποίῳ δὲν γίνεται χρῆσις τηλεγραφικοῦ σύρματος (γραμμῆς), δι' ὃ καὶ **ἀσύρματος τηλεγράφος** καλεῖται.

268. Βολτάμετρον.—Ἰνα διαβιβάσωμεν τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τινος ὑγροῦ ἡλεκτρολύτου, θέτομεν συνήθως τοῦτον ἐντὸς συσκευῆς, ἣτις καλεῖται **βολτάμετρον** (σχ. 181).

Περιγραφή. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνης λεκάνης, διὰ τοῦ



Σχ. 181. Βολτάμετρον.

πυθμένος τῆς ὁποίας διέρχονται δύο λεπτὰ ἐλάσματα ἐκ λευκοχρύσου, ἅτινα συγκοινωνοῦσι μετὰ δύο μεταλλίνων πιεστικῶν κοχλιῶν, εὐρισκομένων ἐκατέρωθεν τῆς λεκάνης. Τὰ δύο ἐλάσματα καλοῦνται **ἡλεκτρόδια**. Καὶ τὸ μὲν ἡλεκτρόδιον τὸ εἰσάγον τὸ ρεῦμα εἰς τὸν ἡλεκτρολύτην (τὸ συν-

δεόμενον μετὰ τοῦ θετικοῦ πόλου τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς) καλεῖται **θετικὸν ἡλεκτρόδιον**, ἢ **ἀνόδος**, τὸ δὲ ἡλεκτρόδιον τὸ ἀπάγον τὸ ρεῦμα ἐκ τοῦ ἡλεκτρολύτου (τὸ συνδεόμενον μετὰ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου) καλεῖται **ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον**, ἢ **κάθοδος**. Ἡ λεκάνη συνοδεύεται καὶ ὑπὸ δύο ὑαλίνων κυλινδρικών σωλῆνων κλειστῶν κατὰ τὸ ἐν ἄκρον καὶ ἀνοικτῶν κατὰ τὸ ἕτερον.

269. Νόμοι ποιοτικοὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως.—Εἰς πᾶσαν ἡλεκτρόλυσιν παρατηρεῖται ὅτι:

1ον. **Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐκλύονται πάντοτε ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων οὐδέποτε δὲ μεταξὺ αὐτῶν, ἥτοι ἐντὸς τῆς μάξης τοῦ ἡλεκτρολύτου.**

2ον. **Τὸ χημικὸν μόριον τοῦ ἡλεκτρολύτου σχάζεται εἰς δύο μέρη, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἐν ἐκλύεται ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου (ἀνόδου), τὸ δὲ ἕτερον ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ ἡλεκτροδίου (καθόδου).**

Τὰ δύο μέρη, εἰς τὰ ὁποῖα σχάζεται ἕκαστον χημικὸν μόριον τοῦ ἡλεκτρολύτου καλοῦνται **ἰόντα**. Καὶ τὰ μὲν ἰόντα τὰ ἐκλυόμενα ἐπὶ τῆς καθόδου (ἀρνητικοῦ ἡλεκτροδίου) καλοῦνται **κατιόντα**, τὰ δὲ ἰόντα τὰ ἐκλυόμενα ἐπὶ τῆς ἀνόδου (θετικοῦ ἡλεκτροδίου) καλοῦνται **ἀνιόντα**. Κατιόντα εἶναι πάντοτε τὸ ὕδρογόνον ἢ τὸ μέταλλον τοῦ ἡλεκτρολύτου, καὶ ἀνιόντα τὸ ἐπίλοιπον τμήμα τῶν μορίων αὐτοῦ. Τοιοῦτοτρόπως κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τοῦ τετηκότος χλωριούχου

νατρίου (NaCl) τὸ μὲν νάτριον (Na) ἐκλύεται ἐπὶ τῆς καθόδου, ἄρα ἀποτελεῖ τὸ κατιόν, τὸ δὲ χλώριον (Cl) ἐκλύεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου, ἄρα ἀποτελεῖ τὸ ἀνιόν. Ἐπίσης κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν τοῦ ὕδρο-
χλωρικοῦ ὀξέος (HCl) ἔχομεν ὡς κατιὸν τὸ ὕδρογόνον (H), καὶ ὡς
ἀνιὸν τὸ χλώριον (Cl). Ἐπίσης κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν τοῦ θεικοῦ
χαλκοῦ (CuSO₄), ἥτοι διαλύματος θεικοῦ χαλκοῦ ἐν ὕδατι, ἔχομεν
ὡς κατιὸν τὸν χαλκὸν (Cu), καὶ ὡς ἀνιὸν τὴν ῥίζαν (τὸ ἐπίλοιπον
τιμῆμα) SO₄.

<i>Ἡλεκτρολύται</i>	<i>Ἵόντα</i>	<i>Κατιόντα</i>	<i>Ἀνιόντα</i>
HCl (ὕδροχλωρικὸν ὀξύ)	H καὶ Cl	H	Cl
H ₂ O (ὕδωρ)	H καὶ O ₂	H	O ₂
CuSO ₄ (θεικὸς χαλκός)	Cu καὶ SO ₄	Cu	SO ₄
KOH (καυστικὸν κάλι)	K καὶ OH	K	OH

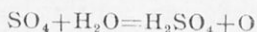
270. Δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις.— Οἱ πλεῖστοι ἠλε-
κτρολύται κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν παρουσιάζουν φαινόμενα, ἅτινα
καθιστῶσιν αὐτὴν πολὺπλοκον. Αἰτία τούτου εἶναι ὅτι τὰ προκύ-
πτοντα δύο ἰόντα δὲν δύνανται πάντοτε νὰ διατηρηθῶσιν ἐν τῇ
καταστάσει ὑπὸ τὴν ὁποίαν ἐνεφανίσθησαν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων.
Πράγματι, τὸ κατιὸν μέταλλον δυνατόν νὰ ἐνωθῇ, εἴτε μὲ τὴν κάθο-
δον ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐκλύεται, εἴτε καὶ μὲ τὸν ἠλεκτρολύτην ἐντὸς τοῦ
ὁποίου βυθίζεται ἡ κάθοδος. Ἐπίσης καὶ τὸ ἀνιὸν (ῥίζα) δὲν δια-
τηρεῖται πάντοτε ὅπως ἐκλύεται. Οὕτω τὸ ἀνιὸν (SO₄) τοῦ θεικοῦ
χαλκοῦ, μὴ δυνάμενον νὰ διατηρηθῇ ὑπὸ τὴν μορφήν ταύτην, ἀπο-
συντίθεται εἰς SO₃+O. Ἐκτὸς τούτου ὅμως τὸ ἀνιὸν δυνατόν νὰ
ἐνωθῇ, εἴτε μὲ τὸ μέταλλον τὸ ἀποτελοῦν τὴν ἀνοδον, εἴτε καὶ μὲ
τὸν ἠλεκτρολύτην.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα καλοῦνται *δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις*,
αἵτινες ὅσον καὶ ἂν καθιστῶσι πολὺπλοκον τὴν ἠλεκτρολύσιν ἐν
τούτοις ἐξηγοῦνται πάντοτε διὰ σχηματισμοῦ τῶν ἰόντων.

**Παραδείγματα ἠλεκτρολύσεων μετὰ δευτερευουσῶν ἀντι-
δράσεων.** Α) *Ἡλεκτρολύσις ὠξυνισμένου ὕδατος. Πείραμα.*
Πληροῦμεν τὴν λεκάνην δι' ὕδατος ἐλαφρῶς ὠξυνισμένου διὰ θει-
κοῦ ὀξέος καὶ ἀναστρέφομεν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων τοὺς δύο ὑαλί-
νους σωλῆνας, πεπληρωμένους ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ. Μόλις κλείσωμεν
τὸ κύκλωμα, βλέπομεν ὅτι ἐκ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων ἐκ-
λύονται ἀέρια ἐν εἴδει φυσαλίδων, ἅτινα συλλέγονται ἐντὸς τῶν σω-

λήνων. Τὰ ἀέρια ταῦτα εἶναι ὀξυγόνον ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ ὕδρογόνον ἐπὶ τῆς καθόδου, οὗτινος ὁ ὄγκος εἶναι διπλάσιος τοῦ ὀξυγόνου.

Τὸ ὕδωρ λοιπὸν φαίνεται ὅτι ἀποσυντίθεται εἰς τὰ δύο συστατικά αὐτοῦ, ὀξυγόνον καὶ ὕδρογόνον. Ἀλλὰ τὸ χημικῶς καθαρὸν ὕδωρ δὲν εἶναι εὐηλεκτραγωγόν, ἐπομένως δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἀποσυντεθῇ ὑπὸ τοῦ ρεύματος. Πῶς λοιπὸν τότε νὰ ἐξηγήσωμεν τὴν ἀποσύνθεσιν τοῦ ὠξυνισμένου ὕδατος; Παραδεχόμεθα ὅτι τὸ θεικὸν ὀξύ (H₂SO₄) ἀποσυντίθεται εἰς δύο ἰόντα· εἰς τὸ ὕδρογόνον (H₂) ὅπερ ἐκλύεται ἐπὶ τῆς καθόδου (κατιόν), καὶ εἰς τὴν ῥίζαν SO₄ ἣτις ἐκλύεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου (ἀνιόν). Τὸ ἀνιὸν τοῦτο (SO₄), μὴ ὑφιστάμενον ἐν ἐλευθέρῳ καταστάσει, ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ὕδατος (H₂O) καὶ παράγει ἀφ' ἑνὸς θεικὸν ὀξύ (H₂SO₄) καὶ ἀφ' ἑτέρου ὀξυγόνον (O), ὅπερ καὶ ἐκλύεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου. Τοιοῦτοτρόπως ἔχομεν τὴν δευτερεύουσαν ἀντίδρασιν.



Συμπέρασμα. Ἡ ἡλεκτρόλυσις τοῦ ὠξυνισμένου ὕδατος εἶναι πρᾶγματι ἡλεκτρόλυσις τοῦ ἐν αὐτῷ διαλελυμένου θεικοῦ ὀξέος, καὶ οὐχὶ τοῦ καθαροῦ ὕδατος.

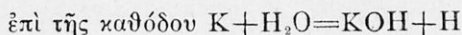
B) **Ἡλεκτρόλυσις θεικοῦ χαλκοῦ. Πείραμα.** Πληροῦμεν τὴν λεκάνην μὲ διάλυμα θεικοῦ χαλκοῦ ἐν ὕδατι καὶ διαβιβάζομεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα. Θέλομεν λάβει ἐπὶ μὲν τῆς καθόδου μεταλλικὸν χαλκόν, ἐπὶ δὲ τῆς ἀνόδου ὀξυγόνον. Πρὸς ἐξήγησιν τούτου παραδεχόμεθα, ὅτι ὁ θεικὸς χαλκὸς (CuSO₄) ἀποσυντίθεται εἰς δύο ἰόντα, εἰς τὸν χαλκόν (Cu), ὅστις ἐμφανίζεται ἐπὶ τῆς καθόδου (κατιόν) καὶ σχηματίζει ἐπ' αὐτῆς ἐρυθρὸν ἀπόθεμα, καὶ εἰς τὴν ῥίζαν (SO₄), ἣτις ἐκλύεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου (ἀνιόν). Τὸ ἀνιὸν τοῦτο (SO₄) ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ὕδατος, δι' ὃν λόγον εἴπομεν ἄνωτέρω, καὶ παρέχει θεικὸν ὀξύ καὶ ὀξυγόνον. Τοιοῦτοτρόπως ἔχομεν τὴν δευτερεύουσαν ἀντίδρασιν.



Συμπέρασμα. Ἡ ἡλεκτρόλυσις τοῦ διαλύματος τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ εἶναι πραγματικὴ ἡλεκτρόλυσις τοῦ ἐν αὐτῷ διαλελυμένου θεικοῦ χαλκοῦ.

Γ) **Ἡλεκτρόλυσις καυστικοῦ νάτρου. Πείραμα.** Πληροῦ-

μεν τὴν λεκάνην διὰ διαλύματος καυστικοῦ νάτρου (NaOH) καὶ διαβιβάσαμεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα. Θέλομεν λάβει ἐπὶ μὲν τῆς καθόδου ὑδρογόνον, ἐπὶ δὲ τῆς ἀνόδου ὀξυγόνον. Πρὸς ἐξήγησιν τούτου παραδεχόμεθα, ὅτι τὸ καυστικὸν νάτρον ἀποσυντίθεται εἰς δύο ἰόντα, τὸ νάτριον (Na), ὅπερ ἐμφανίζεται εἰς τὴν κάθοδον (κατιόν), καὶ τὴν ὀξίαν (OH), ἣτις ἐμφανίζεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου (ἀνιόν). Ἄλλὰ τὸ μὲν νάτριον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ὕδατος καὶ τὸ ἀποσυνθίεται, σχηματίζον ἀφ' ἐνὸς καυστικὸν νάτρον καὶ ἀφ' ἐτέρου ὑδρογόνον, ὅπερ ἐκλύεται ἐπὶ τῆς καθόδου, ἡ δὲ ὀξία (OH), μὴ δυναμένη νὰ ὑπάρξῃ ἐν ἐλευθέρῳ καιαστάσει, μετασχηματίζεται εἰς ὕδωρ καὶ ὀξυγόνον, ὅπερ ἐκλύεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου. Τοιουτοτρόπως ἔχομεν τὴν δευτερεύουσαν ἀντίδρασιν



Συμπέρασμα. Ἡ ἡλεκτρόλυσις τοῦ διαλύματος τοῦ καυστικοῦ νάτρου εἶναι πράγματι ἡλεκτρόλυσις τοῦ ἐν αὐτῷ καυστικοῦ νάτρου.

271. Θεωρία τῆς ἡλεκτρολύσεως.—Πρὸς ἐξήγησιν τῶν φαινομένων τῆς ἡλεκτρολύσεως προϋτάθησαν διάφοροι ὑποθέσεις, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μᾶλλον παραδεδεγμένη εἶναι ἡ τοῦ Σουηδοῦ φυσικοῦ Arrhenius. Κατὰ ταύτην πᾶς ἡλεκτρολύτης διαλυόμενος ἐν τινι ὑγρῷ ἢ τηκόμενος ἀποσυντίθεται, τοῦλάχιστον ἐν μέρει, εἰς τὰ ἰόντα του (ἀνιόντα καὶ κατιόντα), ἥτοι *ἀφεταιριρίζεται*, ἔστω καὶ ἂν οὗτος δὲν διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πλὴν τούτου τὰ ἰόντα φέρουσι καὶ ἡλεκτρισμόν, τὰ μὲν κατιόντα θετικόν, τὰ δὲ ἀνιόντα ἀρνητικόν.

Ὅταν λοιπὸν διὰ τοιούτου διαλύματος, ἀφεταιρισμένου ἐν μέρει εἰς τὰ ἰόντα αὐτοῦ, διέλθῃ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, τὰ ἐλεύθερα ἰόντα, ἐπειδὴ εἶναι ἡλεκτρισμένα, τίθενται εἰς κίνησιν· καὶ τὰ μὲν θετικὰ ἰόντα (κατιόντα) βαίνουνσιν ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον (καθ' ὅσον ταῦτα ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῆς ἀνόδου, ἥτοι τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου, καὶ ἔλκονται ὑπὸ τῆς καθόδου, ἥτοι τοῦ ἀρνητικοῦ ἡλεκτροδίου), τὰ δὲ ἀρνητικὰ ἰόντα (ἀνιόντα) βαίνουνσιν κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν, ἥτοι ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἀνοδον (καθ' ὅσον ταῦτα ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῆς καθόδου καὶ ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου). Ὅταν δὲ τὰ ἰόντα ἔλθωσιν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν ἡλεκτροδίων, ἐκλύονται ἐπ' αὐ-

τῶν, ἐγκαταλείποντα τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον των, καὶ οὕτω ἐξαφανίζονται. Συγχρόνως ὅμως καὶ ἀκέραια μόρια τοῦ ἠλεκτρολύτου, ἀποσυντιθέμενα, παρέχουσι νέα ἰόντα, ἅτινα μετατίθενται καὶ αὐτὰ πρὸς τὰ σχετικὰ ἠλεκτρόδια, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐγκαταλείπουν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ οὕτω καθεξῆς. Τοιουτοτρόπως τὰ ἰόντα εἶναι οἱ μόνοι φορεῖς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρολύτου.

Κατὰ τὴν θεωρίαν λοιπὸν ταύτην εἰς πᾶν διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl) π. χ., δέον νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι ὑπάρχουσιν ἀπ' ἑνὸς ἀκέραια μόρια χλωριούχου νατρίου, καὶ ἀπ' ἑτέρου ἰόντα νατρίου (Na) καὶ ἰόντα χλωρίου (Cl), ἥτοι ἀποσυντεθειμένα μόρια χλωριούχου νατρίου, ἠλεκτρισμένα, τὰ μὲν θετικῶς (ἰόντα νατρίου), τὰ δὲ ἀρνητικῶς (ἰόντα χλωρίου). Μετὰ τὴν δίοδον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὰ μὲν θετικὰ ἰόντα τοῦ νατρίου βαίνουνσι πρὸς τὴν κάθοδον, ἐπὶ τῆς ὁποίας καὶ ἐγκαταλείπουν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον αὐτῶν, τὰ δὲ ἀρνητικὰ ἰόντα τοῦ χλωρίου βαίνουνσι πρὸς τὴν ἄνοδον, ἐπὶ τῆς ὁποίας καὶ ταῦτα ἐγκαταλείπουν τὸ φορτίον των καὶ οὕτω καθεξῆς. Ἀπ' ἑτέρου καὶ ἀκέραια μόρια τοῦ χλωριούχου νατρίου, ἀποσυντιθέμενα, παρέχουσι νέα ἰόντα, ἅτινα κινοῦνται ὅπως καὶ τὰ προηγούμενα καὶ οὕτω καθεξῆς.

272. Καθορισμὸς τῶν μονάδων coulomb καὶ ampère.—Διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου (Congrè international de Chicago 1893) καθωρίσθησαν οἱ μονάδες coulomb καὶ ampère ὡς ἑξῆς.

Ἡ μονὰς coulomb εἶναι τὸ ποσὸν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὅπερ διερχόμενον διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐν ὕδατι, ἐναποθέτει ἐπὶ τῆς καθόδου $\frac{1}{893,3} = 0,0011195$ γραμμάρια ἀργύρου.

Ἡ μονὰς ampère εἶναι ἡ ἔντασις ρεύματος σταθεροῦ καὶ συνεχοῦς, ὅπερ διερχόμενον διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ἐν ὕδατι, ἐναποθέτει ἐπὶ τῆς καθόδου $\frac{1}{893,3} = 0,0011195$ γραμμάρια ἀργύρου ἐν ἐνὶ δευτερολέπτῳ.

273. Ἡλεκτρολυτικὴ μέτρησις τῆς ἐντάσεως ρεύματός τινος.—Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου ἐν ὕδατι, διαβιβάζομεν τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τοῦτο ἀποσυνθέτει τὸν νιτρικὸν ἄργυρον καὶ προκαλεῖ τὴν

ἐναπόθεσιν ἀργύρου ἐπὶ τῆς καθόδου. Ἐὰν π εἶναι τὸ βάρος τοῦ ἐναποτεθέντος ἀργύρου (αὔξησης τοῦ βάρους τῆς καθόδου, τὴν ὁποίαν ἐξυγίσσαμεν προηγουμένως) καὶ ὁ χρόνος (εἰς δευτερόλεπτα) καθ' ὃν ἐγένετο ἡ ἐναπόθεσις, θὰ ἔχωμεν

$$\text{ποσὸν ἡλεκτρισμοῦ (coulomb)} = \frac{\pi}{0,0011195}$$

$$\text{καὶ ἔντασις ρεύματος (ampère)} = \frac{\text{ποσὸν ἡλεκτρισμοῦ}}{\chi \text{ δευτερόλεπτα}}$$

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 ampère.

274. Ἐφαρμογὰς τῆς ἡλεκτρολύσεως.— Α) **Ἐπιμετάλλωσις.** Καλεῖται **ἐπιμετάλλωσις** ἡ τέχνη, διὰ τῆς ὁποίας περικαλύπτομεν τὴν ἐπιφάνειαν ἀντικειμένου τινὸς διὰ λεπτοῦ στρώματος μετάλλου, καὶ συνήθως διὰ χαλκοῦ, νικελίου, ἀργύρου, χρυσοῦ καὶ λευκοχρύσου. Τὸ ἀντικείμενον, ἀφοῦ πρῶτον καθαρισθῇ ἐπιμελῶς ἀπὸ τὰ ὀξεῖδια καὶ τὰ λιπαρὰ σώματα, ἅτινα φέρει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, λαμβάνεται ὡς ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον (ἦτοι συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον ἡλεκτρικῆς στήλης) καὶ ἐμβαπτίζεται ἐντὸς καταλλήλου **λουτροῦ**, ὅπερ ἀποτελεῖται ἐκ διαλύσεως μεταλλικοῦ 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 ἐπιχρυσώσις καὶ ἡ ἐπιλευκοχρυσώσις ἀντικειμένου τινός.

Β) **Γαλβανοπλαστική.** Καλεῖται **γαλβανοπλαστική** ἡ τέχνη, διὰ τῆς ὁποίας ἀναπαράγομεν ἀντίτυπα διαφόρων ἀντικειμένων, λ. 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 μαλακώνεται καὶ καθίσταται πλαστική, τότε δὲ ἐφαρμόζεται καλῶς ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου. Κατόπιν ἀποσπᾶ-

ται ὁ τύπος καὶ ἐπιχρίεται ἐσωτερικῶς διὰ λεπτοτάτης κόνεως γραφίτου, ὅπως καταστῇ εὐηλεκτρωγός. Μετὰ ταῦτα ὁ τύπος συνδέεται διὰ χαλκίνου σύρματος μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς ἡλεκτρικῆς στήλης καὶ ἐμβαπτίζεται ἐντὸς λουτροῦ, ἀποτελουμένου ἐκ θειικοῦ χαλκοῦ (ἐὰν θέλωμεν νὰ ἐναποτεθῇ ἐπ' αὐτοῦ μεταλλικὸς χαλκός), ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐμβαπτίζεται καὶ πλᾶξ ἐκ καθαροῦ χαλκοῦ, συνδεομένη μὲ τὸν θετικὸν πόλον. Μετὰ τινὰ χρόνον, ὅταν σχηματισθῇ εἰς τὸ κοῖλον τοῦ τύπου στρῶμα ἐκ χαλκοῦ ἱκανοῦ πάχους, ἐξάγεται ὁ τύπος ἐκ τοῦ λουτροῦ, μαλακώνεται διὰ θερμάνσεως ἢ γουτταπέρικα, καὶ ἀποσπᾶται μετὰ προσοχῆς τὸ μεταλλικὸν στρῶμα, ὅπερ παρουσιάζει ἀκριβῶς τὸ σχῆμα τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀντικειμένου.

Γ) **Ἡλεκτρομεταλλουργία.** Διὰ τῆς ἡλεκτρολύσεως ἀποκαθαίρονται τὰ μέταλλα τὰ ἐξαγόμενα διὰ τῶν μεταλλουργικῶν μεθόδων ἐκ τῶν ὀρυκτῶν αὐτῶν καὶ λαμβάνονται καθαρώτατα. Ἡ τοιαύτη μέθοδος καλεῖται **ἡλεκτρομεταλλουργία.**

Δ) **Ἡλεκτροχημεία.** Διὰ τῆς ἡλεκτρολύσεως παρασκευάζονται ἀπὸ τινων ἐτῶν καὶ τινὰ μέταλλα, ὥς τὸ νάτριον, τὸ κάλιον, τὸ ἀσβέστιον, τὸ μαγνήσιον, τὸ ἀργίλιον, πρὸς δὲ καὶ τὰ ὑποχλωριώδη ἄλατα, ἅτινα ἔχουσι λευκαντικὰς ιδιότητας.

275. Ἀρχὴ τῶν συσσωρευτῶν.—Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα ἡλεκτρικῆς στήλης παρενθέτομεν βολτάμετρον, μὲ ἡλεκτρόδια ἐκ λευκοχρύσου, περιέχον ὕδωρ ὠξυνισμένον διὰ θειικοῦ ὀξέος καὶ γαλβανόμετρον. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ βολταμέτρου ἀποσυνθίεται τὸ ὕδωρ, καὶ οὕτω, ἐπὶ μὲν τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου ἐκλύεται ὀξυγόνον, ἐπὶ δὲ τοῦ ἀρνητικοῦ ὕδρογόνον. Ἐὰν ἐπὶ τινὰ μόνον χρόνον ἐνεργήσῃ τὸ ρεῦμα ἐπὶ τοῦ βολταμέτρου καὶ κατόπιν ἀφαιρέσωμεν τὴν στήλην καὶ κλείσωμεν τὸ κύκλωμα τοῦ γαλβανομέτρου καὶ βολταμέτρου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελὼν τῆς γαλβανομέτρου ἀποκλίνει, καὶ μάλιστα κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον ἐκείνης, τὴν ὁποίαν εἶχε τὸ ρεῦμα τῆς στήλης. Τὸ γαλβανόμετρον λοιπὸν δεικνύει τὴν δίοδον νέου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος παραγομένου ὑπὸ τοῦ βολταμέτρου, ὅπερ οὕτω ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὴν πηγὴν, τῆς ὁποίας θετικὸς πόλος εἶναι τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον καὶ ἀρνητικὸς τὸ ἀρνητικόν.

Τὸ νέον τοῦτο ρεῦμα καλεῖται **δυτερεῦον**, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὸ ἀρχικόν, ὅπερ καλεῖται **πρωτεῦον**, τὸ δὲ βολτάμετρον καλεῖται

δευτερεύουσα ηλεκτρική στήλη, ἐνῷ ἡ ἀρχικὴ καλεῖται **πρωτεύουσα**. Μετὰ τινα χρόνον λειτουργίας τοῦ βολταμέτρου τὸ ρεῦμα καταπαύει, ἵνα δὲ ἐκ νέου παραχθῇ, πρέπει καὶ πάλιν ἡ ηλεκτρικὴ στήλη νὰ ἐνεργήσῃ ἐπὶ τοῦ βολταμέτρου.

Τὸ δευτερεῦον ρεῦμα ὀφείλεται εἰς τὴν παρουσίαν τῶν ἀερίων ὀξυγόνου καὶ ὑδρογόνου ἐπὶ τῶν ηλεκτροδίων καὶ ἡ ὁποία ἐκλήθη **πόλωσις τῶν ηλεκτροδίων**. Τὸ φαινόμενον τοῦτο δὲν ὀφείλεται εἰς τὴν ηλεκτρολύσιν μόνον τοῦ ὠξυνισμένου ὕδατος, καθ' ὅσον δύναται νὰ παρατηρηθῇ καὶ εἰς βολτάμετρον περιέχον οἶονδῆποτε ηλεκτρολύτην. Ἐὰν τὰ ηλεκτρόδια συνίστανται ἐκ μολύβδου, τὸ δευτερεῦον ρεῦμα εἶναι ἐντατικώτερον καὶ διαρκέστερον. Τοῦτο δεικνύει ὅτι τὰ ἐκ μολύβδου ηλεκτρόδια παρουσιάζουσι **χωρητικότητα** μεγαλυτέραν τῆς τῶν ηλεκτροδίων ἐκ λευκοχρύσου.

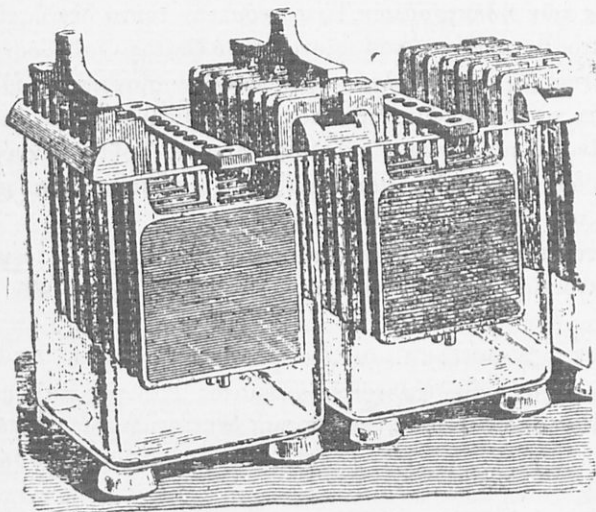
Συμπέρασμα. Ἡ μετατροπὴ τοῦ βολταμέτρου εἰς δευτερεύουσαν ηλεκτρικὴν στήλην ὀφείλεται εἰς τὴν πόλωσιν τῶν ηλεκτροδίων.

276. Συσσωρευταί.— Ἐπὶ τοῦ ἀνωτέρω φαινομένου, ἥτοι τῆς παραγωγῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ τῆς πόλωσης τῶν ηλεκτροδίων, στηρίζεται ἡ κατασκευὴ δευτερευουσῶν στηλῶν, αἵτινες ἐπενοήθησαν ὑπὸ τοῦ Planté καὶ καλοῦνται **συσσωρευταί**. (σχ. 182).

Α) Περιγραφή. Ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνου δοχείου περιέχοντος ἀραιὸν θεικὸν ὀξύ, ἐν τῷ ὁποίῳ ἐμβαπτίζονται τὰ ηλεκτρόδια. Ταῦτα κατασκευάζονται ἐκ μολυβδίνων πλακῶν, αἵτινες τοποθετοῦνται παραλλήλως πρὸς ἀλλήλας καὶ χωρίζονται ἀπ' ἀλλήλων διὰ μικρῶν διαφραγμάτων δυσηλεκτραγωγῶν. Καὶ αἱ μὲν ἀρτίας τάξεως πλάκες συγκοινωνοῦσι μετ' ἀλλήλων καὶ ἀποτελοῦσι τὸ θετικὸν λ. χ. ηλεκτρόδιον, ὅπερ θὰ εἶναι ὁ θετικὸς πόλος τοῦ συσσωρευτοῦ, αἱ δὲ περιττῆς τάξεως ἀποτελοῦσι τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον, ὅπερ θὰ εἶναι ὁ ἀρνητικὸς πόλος. Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης ὁ συσσωρευτὴς παρουσιάζει μεγάλην ἐπιφάνειαν ἐν χώρῳ σχετικῶς μικρῷ.

Β) Πλήρωσις. Θέτομεν εἰς συγκοινωνίαν τὰ δύο ηλεκτρόδια τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ τοὺς δύο πόλους ηλεκτρικῆς τινος πηγῆς. Τότε αἱ μὲν θετικαὶ πλάκες **ὀξειδοῦνται** κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον βαθέως ὑπὸ τοῦ ἐκλυομένου ὀξυγόνου, αἱ δὲ ἀρνητικαὶ **ἀνάγονται** (ἀποξειδοῦνται) ὑπὸ τοῦ ἐκλυομένου ὑδρογόνου.

Όταν ἴδωμεν ὅτι τὰ ἐκλυόμενα αἲρια, ἀντὶ νὰ συγκρατῶνται ἐπὶ τῶν πλακῶν ἀναθρόσκουσιν ἐν εἴδει φουσαλίδων ἐκ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ, διακόπτομεν τὴν διοχέτευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, διότι ἡ πλήρωσις συνετελέσθη. Τοιοῦτοτρόπως ἡ πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων ἐκ μολύβδου δὲν ὀφείλεται εἰς μόνην τὴν παραγωγὴν τῶν αἰρίων ὑδρογόνου καὶ ὀξυγόνου, ἀλλὰ εἰς ἐνώσεις χημικάς, τὰς



Σχ. 182. Συσσωρευτής.

ὁποίας τὰ αἲρια ταῦτα σχηματίζουνσι καὶ ἀποθέτουσιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ μολύβδου.

Γ) Ἐκκένωσις. Συνδέομεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια τοῦ συσσωρευτοῦ διὰ χαλκίνου σύρματος, ὁπότε διέρχεται δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα βαίνον ἀντιθέτως τῷ πρωτεύοντι ρεύματι, ἥτοι ἐκ τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου, ὅπερ καθίσταται *θετικὸς πόλος*, πρὸς τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον, ὅπερ καθίσταται *ἀρνητικὸς πόλος*. Κατὰ τὴν ἐκκένωσιν, αἱ μὲν θετικαὶ πλάκες *ἀνάγονται*, αἱ δὲ ἀρνητικαὶ *ὀξειδοῦνται*, ἥτοι κατὰ τὴν ἐκκένωσιν γίνεται τὸ ἀντίθετον. Ἡ ἐκκένωσις παρουσιάζει δύο φάσεις: τὴν *πρώτην*, καθ' ἣν ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ συσσωρευτοῦ παραμένει σχεδὸν σταθερὰ καὶ ἴση πρὸς 2 volts, καὶ τὴν *δευτέραν*, καθ' ἣν ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐ-

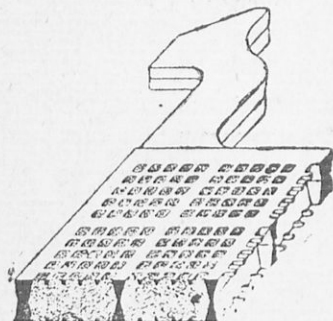
τοῦ ἀρχίζει νὰ πίπτῃ. Ἡ δευτέρα φάσις εἶναι καταστρεπτική διὰ τὸν συσσωρευτὴν καὶ δέον νὰ τὴν ἀποφεύγωμεν. Πρὸς τοῦτο προβαίνομεν εἰς τὴν ἐκ νέου πλήρωσιν αὐτοῦ εὐθὺς ὥς ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις φθάσῃ εἰς 1,8 volts. Εἰς τοὺς καλοὺς συσσωρευτὰς ἀνευρίσκομεν κατὰ τὴν ἐκκένωσίν των τὰ $\frac{90}{100}$ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἐδαπανήσαμεν κατὰ τὴν πλήρωσιν.

Σχηματισμὸς τοῦ συσσωρευτοῦ. Ὄταν τὰ ἠλεκτρόδια ἀποτελῶνται ἐκ χυτοῦ μολύβδου, ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευστοῦ εἶναι λίαν μικρά. Ὁ Planté ὅμως ἀνεῦρεν ὅτι ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ αὐξάνεται, ἐὰν ὑποβληθῇ οὗτος εἰς σειρὰν ἀλλεπαλλήλων πληρώσεων καὶ ἐκκενώσεων. Καὶ καθ' ἑκάστην μὲν πλήρωσιν τοῦ συσσωρευτοῦ ἡ ἐκ μολύβδου ἄνοδος (θετικαὶ πλάκες) ὀξειδοῦται καὶ ἐπιφάνειαν ὑπὸ τοῦ ἐκλυομένου ὀξυγόνου, καθ' ἑκάστην δὲ ἐκκένωσιν ἡ ὀξειδωθεῖσα ἄνοδος ἀνάγεται ὑπὸ τοῦ ἐκλυομένου ὕδρογόνου. Ἔνεκα τῶν χημικῶν τούτων φαινομένων ἡ ἐπιφάνεια τῶν μολυβδίνων πλακῶν καθίσταται σπογγώδης καὶ σχηματίζονται ἐπ' αὐτῆς στρώματα πορώδη, καλούμενα *ἐνεργὰ στρώματα* τοῦ συσσωρευτοῦ. Τὰ ἐνεργὰ ταῦτα στρώματα ἔχουσι τὴν ἰκανότητα νὰ συγκρατῶσι τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως εἰς μεγάλην ποσότητα. Ἡ τοιαύτη μετατροπὴ τῆς ἐπιφανείας τῶν μολυβδίνων πλακῶν εἰς πορώδη στρώματα καλεῖται *σχηματισμὸς* τοῦ συσσωρευτοῦ καὶ ἐπενοήθη τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Planté. Ἵνα δὲ ἀμφότεραι αἱ πλάκες (θετικαὶ καὶ ἀρνητικαὶ) σχηματισθῶσιν, αἱ πληρώσεις τοῦ συσσωρευτοῦ γίνονται, ὅτε μὲν κατὰ μίαν διεύθυνσιν, ὅτε δὲ κατ' ἀντίθετον, τοῦθ' ὅπερ ἐπιτυγχάνεται δι' ἐναλλαγῆς τῶν πόλων αὐτοῦ.

Ἄλλ' ὁ τοιοῦτος τρόπος σχηματισμοῦ τῶν συσσωρευτῶν ἀπαιτεῖ ἀφ' ἑνὸς χρόνον μακρὸν καὶ ἀφ' ἑτέρου ποσότητα ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μεγάλην. Ἔνεκα τούτου ἐγκατελείφθη, καὶ σήμερον ἐφαρμόζεται ἕτερος τρόπος σχηματισμοῦ τῶν συσσωρευτῶν, ὁ καλούμενος *τεχνητός*, τὸν ὁποῖον ἐπενόησεν ὁ Faure, ἐτελειοποίησαν δὲ ὁ Wollckar καὶ ὁ Sellon. Κατὰ τοῦτον γίνεται χρῆσις ἐτοίμου ἐνεργοῦ οὐσίας, ἣτις τοποθετεῖται ὑπὸ πίεσιν ἐντὸς μικρῶν ὀπῶν διαφόρου σχήματος, τὰς ὁποίας φέρουσιν αἱ μολύβδιναι πλάκες τοῦ συσσωρευτοῦ (σχ. 182α). Ὡς ἐνεργὸς οὐσία λαμβάνεται ὁ *λιθάρι-*

γυρος (PbO) διὰ τὰς **ἀρνητικὰς** πλάκας, αἵτινες θὰ ἀποτελέσωσι τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ, καὶ τὸ **μίνιον** (Pb_3O_4) διὰ τὰς **θετικὰς** πλάκας, αἵτινες θὰ ἀποτελέσωσι τὸν θετικὸν πόλον.

Συσσωρευταὶ τοῦ Edison. Ὁ Edison ἐξήτησε νὰ ἀντικα-



Σχ. 182α. Μολυβδίνη πλάξ συσσωρευτοῦ.

ταστήσῃ τὸν μόλυβδον τῶν συσσωρευτῶν δι' ἄλλου μετάλλου ἐλαφροτέρου καὶ ὡς τοιοῦτον μετεχειρίσθῃ τὸν χάλυβα. Τὰ ἤλεκτροδιαλοιπὸν κατασκευάζονται ἐκ χαλυβδίνων πλακῶν ἐπινικελωμένων, αἵτινες φέρουσιν ὁπᾶς, εἰς τὰς ὁποίας τοποθετεῖται ὑπὸ πίεσιν ἡ ἐνεργὸς οὐσία. Ἡ ἐνεργὸς οὐσία εἶναι μείγμα καθαροῦ σιδήρου καὶ πρωτοξειδίου τοῦ σιδήρου (Fe_2O_3) διὰ τὰς ἀρνητικὰς πλάκας καὶ μείγμα

καθαροῦ νικελίου καὶ ὀξειδίου τοῦ νικελίου (Ni_2O_3) διὰ τὰς θετικὰς πλάκας. Αἱ πλάκες αὗται βυθίζονται ἐντὸς διαλύματος καυστικοῦ κάλεος (KOH) 20 τοῖς 100 ἐντὸς ἀπεσταγμένου ὕδατος. Τὸ διάλυμα τοῦτο ἔχει τὸ πλεονέκτημα νὰ μὴ ἀναδίδῃ ἀτμοὺς ὀξίνους, ὅπως συμβαίνει μὲ τὸ ὠξυνισμένον ὕδωρ.

Σημειώσεις. Διὰ τῶν συσσωρευτῶν δυνάμεθα νὰ σχηματίσωμεν καὶ ἡλεκτρικὰς στήλας, ἐὰν συνδέσωμεν καταλλήλως τοὺς πόλους πολλῶν ἐξ αὐτῶν.

277. Χρήσεις τῶν συσσωρευτῶν. Οἱ συσσωρευταὶ δύνανται νὰ ἀντικαταστήσωσι τὰς συνήθεις ἡλεκτρικὰς στήλας καὶ νὰ παραγάγωσιν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντατικὸν καὶ σταθερόν, ὅπερ χρησιμοποιεῖται ποικιλοτρόπως, π. χ. εἰς τὸν ἡλεκτρικὸν φωτισμόν, τὸν ἡλεκτρικὸν τηλέγραφον, τὰ ἐπαγωγικὰ πηνία, τὰ ἡλεκτρικὰ αὐτοκίνητα, τοὺς ἡλεκτρικοὺς τροχιοδρόμους 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 σειράν, παρέχει ἐπὶ 9 ὥρας ρεῦμα ἐντάσεως 20 ampères. Πόση εἶναι ἡ ὅλική ἐνέργεια εἰς watts

heures τῆς συστοιχίας ταύτης κατὰ τὸν ἄνω χρόνον; Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκάστου συσσωρευτοῦ = 2 volts. (Ἀπόκρ. 72,000 watts-heures).

3) Συσσωρευτὴς ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν ἀσήμαντον καὶ ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2 volts. Τὸ κύκλωμα τούτου κλείομεν δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως δ ohms. Ζητεῖται α) πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ρεύματος καὶ β) πόση γίνεται ἡ ἔντασις αὕτη, ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ σύρμα νὰ θερμανθῇ μέχρι 60°, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ αὐξάνεται δι' ἕκαστον βαθμὸν θερμοκρασίας κατὰ $\frac{1}{300}$ τῆς ἀρχικῆς τιμῆς. (Ἀπόκρ. α) 0,4 καὶ β) 0,33 ampères).

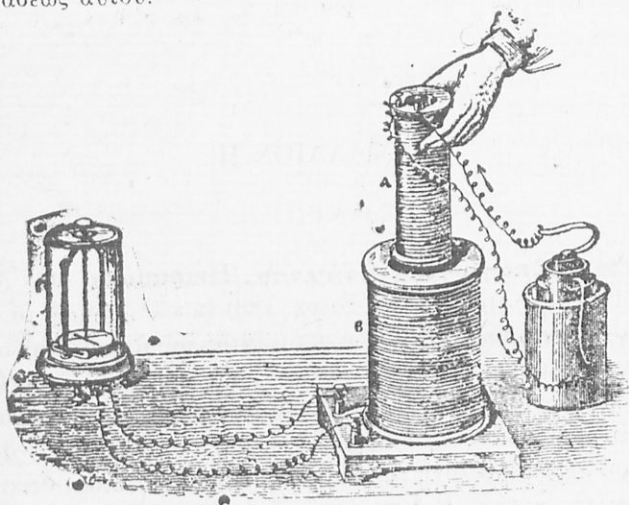
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'.

ΕΠΙΛΟΓΗ

278. Ἐπιγωγικὰ ρεύματα. Πειράματα. 1ον Λαμβάνομεν δύο κοῖλα πηνία Α καὶ Β (σχ. 183) ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἐν (ἐνταῦθα τὸ Α) νὰ δύναται νὰ εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ ἄλλου. Καὶ τοῦ μὲν Β τὰ ἄκρα θέτομεν εἰς συγκοινωνίαν μετὰ γαλβανομέτρου Γ, τοῦ δὲ Α μετὰ τῶν δύο πόλων ἠλεκτρικοῦ στοιχείου. Ἐὰν εἰσαγάγωμεν διὰ ταχείας κινήσεως τὸ πηνίον Α ἐντὸς τοῦ πηνίου Β, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ βελὸν ἡ τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει, δεικνύουσα οὕτω ὅτι τὸ πηνίον Β διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο εἶναι στιγμιαίον, διότι διαρκεῖ ἐφ' ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ κίνησις τοῦ πηνίου Α ἐντὸς τοῦ πηνίου Β, καὶ καταπαύει, ὅταν τὸ πηνίον Α σταματήσῃ. Τὸ καλοῦμεν δὲ **ἀντίρροπον**, διότι ἡ φορὰ αὐτοῦ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος, ἥτοι τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλοφοροῦντος ἐν τῷ πηνίῳ Α. Τούναντίον, ἐὰν διὰ ταχείας κινήσεως ἀνασύρωμεν τὸ πηνίον Α ἐκ τοῦ Β, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ βελὸν ἡ τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει, καὶ μάλιστα ἀντιθέτως, δεικνύουσα ὅτι καὶ πάλιν τὸ πηνίον Β διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος στιγμιαίου. Καὶ τὸ ρεῦμα τοῦτο διαρκεῖ, ἐφ' ὅσον διαρκεῖ ἡ κίνησις τοῦ πηνίου Α, τὸ καλοῦμεν δὲ **δμόρροπον**, διότι ἔχει τὴν αὐτὴν φορὰν πρὸς τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα.

2ον Τὸ ἀνωτέρω πείραμα δυνάμεθα νὰ τροποποιήσωμεν ὡς **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**, Κ. Σαμωτάκη, δ' Γυμν. ἐκδ. α'. 18

ἐξῆς. Θέτομεν τὸ πηνίον Α ἐντὸς τοῦ πηνίου Β ἀκίνητον, καὶ κατόπιν διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα, ἢ αὐξάνομεν καὶ ἐλαττώνομεν τὴν ἐντάσιν αὐτοῦ. Τὸ πηνίον Β θὰ διαρρέεται καὶ πάλιν ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος στιγμιαίου, τὸ ὁποῖον θὰ εἶναι ἀντίρροπον μὲν κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος, ἢ κατὰ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ, ὁμόρροπον δὲ κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος, ἢ κατὰ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ.



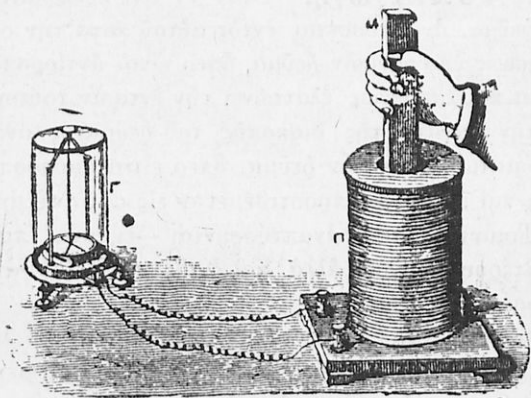
Σχ. 183. Ἐπιγωγικά ρεύματα διὰ πηνίου.

Συμπέρασμα. Διὰ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον Α (ταχείας μετακινήσεως τοῦ πηνίου Α, διακοπῆς καὶ ἀποκαταστάσεως τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος, αὐξήσεως καὶ ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ) παράγονται ἐν τῷ μεταλλίνῳ ἀγωγῷ, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὸ πηνίον Β, ἡλεκτρικὰ ρεύματα στιγμιαῖα.

Τὰ στιγμιαῖα ταῦτα ρεύματα ἐκλήθησαν *ἐπαγωγικά*, ὑπὸ τοῦ ἀνακαλύψαντος ταῦτα Faraday. Τὸ δὲ φαινόμενον τῆς παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων ἐκλήθη *ἐπαγωγή*.

279. Μέθοδοι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. Αὗται εἶναι τρεῖς: α) *Ἐπαγωγή διὰ πηνίου*, ὁποῖα εἶναι ἡ ἀνωτέρω περιγραφεῖσα, β) *ἐπαγωγή διὰ μαγνήτου*, καὶ γ) *ἐπαγωγή διὰ πηνίου μετὰ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου*.

Ἐπαγωγή διὰ μαγνήτου. Πειράματα. 1ον. Τὰ ἄκρα κοίλου πηνίου θέτομεν εἰς συγκοινωνίαν μετὰ γαλβανομέτρου Γ (σχ. 184). Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἀκίνητεϊ, δεικνύουσα οὕτω ὅτι τὸ πηνίον δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν εἰσαγάγωμεν διὰ ταχείας κινήσεως μαγνήτην ἐντὸς τοῦ πηνίου, θέλομεν παρατηρήσει ὅτι ἡ βελόνη ἀποκλίνει δεικνύουσα ὅτι τὸ πηνίον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο διαρκεῖ, ἐφ' ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ κίνησις τοῦ μαγνήτου. Τὸ καλοῦμεν **ἀντίρροπον**, διότι ἔχει φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον, κατὰ τὴν θεωρίαν τοῦ Ampère, κυκλοφορεῖ ἐν τῷ μαγνήτῃ. Τοῦναντίον, ἐὰν ἀνασύρωμεν τὸν μαγνήτην, τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει ὅτι τὸ πηνίον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος **ὁμορρόπου** τῷ τοῦ μαγνήτου.



Σχ. 184. Ἐπαγωγικά ρεύματα διὰ μαγνήτου.

2ον Εἰσάγωμεν εἰς τὸ πηνίον ῥάβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, τὴν ὁποίαν ἀφίνομεν ἀκίνητον. Ἐὼν διαδοχικῶς πλησιάζωμεν εἰς αὐτὴν καὶ ἀπομακρύνωμεν διὰ ταχείας κινήσεως μαγνήτην, ὁ μαλακὸς σίδηρος διαδοχικῶς μαγνητίζεται καὶ ἀπομαγνητίζεται, καὶ οὕτω παράγονται ἐν τῷ πηνίῳ δύο ρεύματα, τὸ μὲν **ὁμόρροπον**, τὸ δὲ **ἀντίρροπον**. Δυνάμεθα ἀντὶ τοῦ μαλακοῦ σιδήρου νὰ εἰσαγάγωμεν εἰς τὸ πηνίον τὸν μαγνήτην, καὶ νὰ πλησιάζωμεν εἰς αὐτὸν καὶ νὰ ἀπομακρύνωμεν διαδοχικῶς τὸν μαλακὸν σίδηρον.

Ἐπαγωγή διὰ πηνίου μετὰ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Εἰσάγωμεν ἐντὸς τοῦ πηνίου Α τοῦ σχήματος 183 ῥάβδον ἐκ

μαλακοῦ σιδήρου καὶ θέτομεν τὸ πηνίον τοῦτο μετὰ τοῦ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἀκίνητον ἐν τῷ πηνίῳ B. Ἐὰν διαδοχικῶς διακόπτωμεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα ἢ αὐξάνωμεν καὶ ἐλαττώνωμεν τὴν ἔντασιν αὐτοῦ, παράγονται ἐν τῷ πηνίῳ B ρεύματα ἰσχυρότερα τῶν δι' ἄπλοῦ πηνίου, ἤτοι ἄνευ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, παραγομένων. Καὶ πράγματι, τὸ ρεῦμα τὸ διαρρέον τὸ πηνίον A οὐ μόνον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ πηνίου B, ἀλλὰ καὶ μαγνῆτιζει τὸν μαλακὸν σίδηρον, ὅστις οὕτω ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ πηνίου B καὶ παράγει ἐν αὐτῷ ρεῦμα ὁμόρροπον τῷ πρώτῳ. Τὰ δύο ταῦτα ρεύματα, προστιθέμενα, παράγουσιν ἐν ρεῦμα πολὺ ἰσχυρότερον.

Συμπέρασμα. Ἡ παρουσία τοῦ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἐν τῷ πηνίῳ αὐξάνει τὴν ἔντασιν τῶν φαινομένων τῆς ἐπαγωγῆς.

280. Αὐτεπαγωγή. Ὅταν ἐν τινι κυκλώματι ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα, ἀναπτύσσεται ἐντὸς αὐτοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀποκαταστάσεως 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 ἐτέρου ἄγωγου, ἀλλὰ καὶ ἐντὸς τοῦ ἰδίου ἄγωγου τὸν ὅποιον διαρρέει τὸ ρεῦμα.

Τὰ ρεύματα ταῦτα καλοῦνται **ἐπιρρεύματα** καὶ λέγομεν ὅτι προέρχονται ἐξ **αὐτεπαγωγῆς**. Τὰ ἐπιρρεύματα εἰς μὲν τὰ εὐθύγραμμα κυκλώματα εἶναι ἄσθενῆ, εἰς τὰ πηνία ὅμως, καὶ μάλιστα εἰς τὰ μετὰ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, εἶναι ἰσχυρά. Εἰς τὰ ἐπιρρεύματα ὀφείλονται οἱ σπινθῆρες οἱ παραγόμενοι εἰς τὰ κυκλώματα τὰ περιλαμβάνοντα πηνία μετὰ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς διακοπῆς τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'.

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΑΙ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

281. Ὅρισμοί. Καλοῦνται *ἡλεκτρομηχαναί*, μηχαναὶ αἵτινες μετατρέπουσι τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν διὰ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς. Αὗται διαίρουνται εἰς *δυναμοηλεκτρικὰς* μηχανὰς ἢ ἁπλῶς *δυναμό*, ὅταν ἡ ἐπαγωγή γίνεται δι' ἡλεκτρομαγνητῶν, καὶ εἰς *μαγνητοηλεκτρικὰς* μηχανὰς ἢ ἁπλῶς *μαγνητό*, ὅταν ἡ ἐπαγωγή γίνεται διὰ μονίμων μαγνητῶν. Ἐκ τῶν δύο τούτων τύπων τῶν ἡλεκτρομηχανῶν χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐν τῇ βιομηχανίᾳ αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναί. Αὗται παρέχουσιν ἡλεκτρικὰ ρεύματα, εἴτε *συνεχῇ*, ρεύματα δηλ. διατηροῦντα διεύθυνσιν καὶ ἔντασιν σταθεράν, ὅπως εἶναι τὰ ὑπὸ τῶν ἡλεκτρικῶν στηλῶν καὶ τῶν συσσωρευτῶν παραγόμενα ρεύματα, εἴτε *ἐναλλασσόμενα*, ρεύματα δηλ. μεταβάλλοντα ἐναλλάξ διεύθυνσιν καὶ ἔντασιν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ χρόνου. Αἱ πρῶται ἡλεκτρομηχαναὶ κατεσκευάσθησαν ὑπὸ τοῦ Gramme (1).

Καλοῦνται *ἡλεκτροκίνητηρες*, μηχαναί, αἵτινες μετατρέπουσι τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν. Μία καὶ ἡ αὐτὴ ἡλεκτρομηχανὴ δύναται νὰ χρησιμεύσῃ εἴτε ὥς *γεννήτρια* (μετατρέπουσα τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν), εἴτε ὥς *ἡλεκτροκίνητηρ* (μετατρέπων τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν).

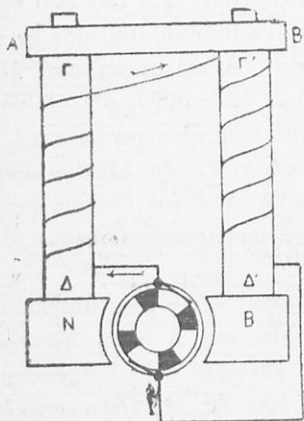
282. Περιγραφή δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς ρεύματος συνεχοῦς.—Πᾶσα τοιαύτη ἡλεκτρομηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία κύρια μέρη ἢ συστήματα, ἅτινα εἶναι : 1ον. Ὁ *ἐπαγωγεὺς*. 2ον. Ὁ *ἐπαγωγίμος*. 3ον. Ὁ *συλλέκτης*.

1ον. *Ἐπαγωγεὺς*. Οὗτος χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀποτελεῖται δὲ ἐξ ἑνὸς (ἢ περισσοτέρων) ἡλεκτρομαγνήτου πεταλοειδοῦς, ἐν τῷ ὁποίῳ διακρίνομεν τὰ ἑξῆς τρία μέρη : α) τὸν *συνδετήρα* ΑΒ (σχ. 185), β) τοὺς πυρῆνας ΓΔ καὶ Γ'Δ' ἐπὶ τῶν ὁποίων περιτυλίσσεται σπειροειδῶς χάλκινος ἀγωγὸς μεμωμένος, ὅστις μαγνητίζει τοὺς πυρῆνας ὁσάκις διαρρέεται ὑπὸ

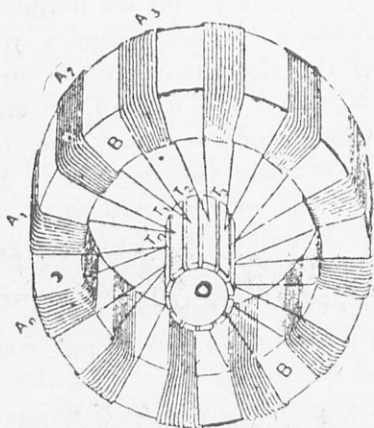
(1) Gramme (1826—1901). Βέλγος μηχανικός.

ηλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ γ) τὰ **πολικὰ τεμάχια** N καὶ B, ἅτινα χρησιμεύουσι διὰ τὴν συγκέντρωσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἔχουσι κοιλανθῇ κατ' ἐπιφάνειαν κυλινδρικήν. Καὶ τὰ τρία ταῦτα μέρη τοῦ ἐπαγωγέως συνίστανται ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὅταν ὁ ἐπαγωγεὺς ἀποτελῇται ἐξ ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου (δύο πόλων), ἡ μηχανὴ καλεῖται **διπολική**, ὅταν ἀποτελῇται ἐκ δύο ἡλεκτρομαγνητῶν (τεσσάρων πόλων) ἡ μηχανὴ καλεῖται **τετραπολική**, ὅταν ἐκ τριῶν (ἐξ πόλων) καλεῖται **ἐξαπολική**. Αἱ μηχαναὶ μεγάλης ἰσχύος εἶναι πολυπολικά.

2ον. **Ἐπαγωγίμος**. Οὗτος χρησιμεύει, ἵνα παράγονται ἐντὸς



Σχ. 185. Δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ τοῦ Gramme.



Σχ. 186. Ἐπαγωγίμος δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς.

αὐτοῦ ἐπαγωγικά ρεύματα κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐνώπιον τοῦ ἐπαγωγέως. Ἐν τῷ ἐπαγωγίμῳ (σχ. 186) διακρίνομεν τὰ ἑξῆς δύο μέρη: α) τὸν **πυρῆνα** BB, ὅστις συνίσταται ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ β) τὸν **ἀγωγόν**. Οὗτος εἶναι χάλκινον σύρμα λεπτὸν καὶ μεμονωμένον, ὅπερ περιτυλίσσεται εἰς τὸν πυρῆνα 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. Ἀπαντὰ τὰ πηνία ταῦτα συνδέονται μεταξὺ των καὶ ἀποτελοῦσιν οὕτω περὶ τὸν πυρῆνα ἓν κύκλωμα κλειστόν. Ὁ ἐπαγωγίμος δύναται νὰ εἶναι, εἴτε δακτυλοειδῆς (πυρῆν ἐν εἵδει

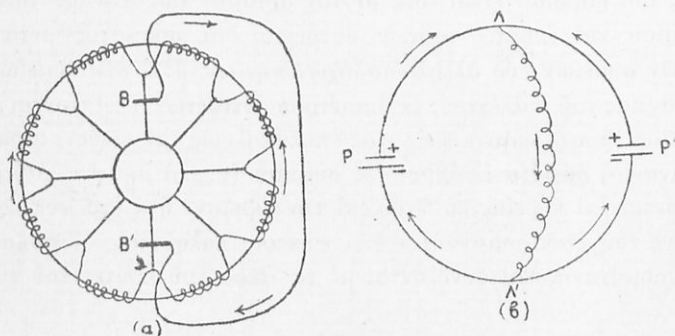
δακτυλίου), εἴτε κυλινδρικός ἢ τυμπανοειδὴς (πυρὴν ἐν εἵδει κυλίνδρου), στερεώνεται δὲ καλῶς ἐπὶ στρεπτοῦ ὀριζοντίου ἄξονος Ο.

3ον. Συλλέκτης. Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ συλλέγῃ τὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα. Ἀποτελεῖται ἐκ χαλκίνων ῥαβδίων $T_1, T_2, T_3, \dots$, ἅτινα προσαρμόζονται εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτόν. Οὕτω περὶ τὸν ἄξονα περιστροφῆς τὰ ῥαβδία ἀποτελοῦσιν εἶδος θήκης, εἶναι δὲ πάντα ἠλεκτρικῶς μεμονωμένα καὶ ἀπ' ἀλλήλων καὶ ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ῥαβδίων εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου, καὶ ἕκαστον τούτων συνδέεται διὰ σύρματος μετὰ τῶν κοινῶν σημείων δύο ἀλληλοδιαδόχων πηνίων. Ἐπὶ δύο σημείων τῆς ἐπιφανείας τοῦ συλλέκτου, ἐκ διαμέτρου ἀντιθέτων, ἐφάπτονται διαρκῶς δύο (ἢ περισσότεραι εἰς τὰς πολυπολικὰς μηχανὰς) **ψῆκτραι** χάλκιναι, ἢ **ῥαβδία** ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς. Τὰ σημεῖα ταῦτα εὐρίσκονται ἐπὶ εὐθείας καθέτου ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν, ἣτις ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Αἱ ψῆκτραι καλοῦνται καὶ **πόλοι** τῆς ἠλεκτρομηχανῆς καὶ συνδέονται μὲ τὰ ἄκρα τοῦ ἑξωτερικοῦ κυκλώματος.

283. Λειτουργία τῆς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς ὡς γεννητρίας. Ἵνα δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ λειτουργήσῃ ὡς γεννήτρια, πρέπει ὁ ἐπαγωγίμος αὐτῆς νὰ τεθῇ εἰς ἰσοταχὴ περιστροφικὴν κίνησιν περὶ τὸν ἄξονά του καὶ τότε αὕτη θέλει διεγερθῇ ἀφ' ἑαυτῆς. Πράγματι, οἱ πυρῆνες τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν φέρουσι πάντοτε ἵκνος τι μαγνητισμοῦ, ἕνεκα τοῦ ὁποίου ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίον ἀσθενές. Εὐθύς ὅμως ὡς ἀρχίσῃ ἡ περιστροφή τοῦ ἐπαγωγίμου, τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἀναπτύσσει εἰς ὅλας τὰς σπείρας, ἕνεκα τῆς μεταθέσεώς των, ἐπαγωγικὰ ρεύματα μικρᾶς κατ' ἀρχὰς ἐντάσεως, τὰ ὁποῖα διαρρέοντα τοὺς ἄγωγους τῶν πηνίων τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν, μαγνητίζουν τοὺς πυρῆνας αὐτῶν ἰσχυρότερον. Οὕτω, τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καθισταμένου ἰσχυροτέρου, ἀναπτύσσονται εἰς τὰς σπείρας ἐπαγωγικὰ ρεύματα ὁλονὲν ἰσχυρότερα, μέχρις ὅτου ἡ μηχανὴ ἀποκτήσῃ τὴν κανονικὴν αὐτῆς κίνησιν, ὁπότε καὶ τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα θέλουσιν ἀποκτήσῃ σταθερὰν ἔντασιν. Αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ λοιπὸν μηχαναὶ εἶναι **αὐτουργοῦσαι** ἢ **αὐτοδιεγερόμεναι**.

Κατὰ τὴν περιστροφήν τοῦ ἐπαγωγίμου ἀναπτύσσονται καθ'

ἐκάστην στιγμήν εἰς τὰ δύο ἡμίση τῶν σπειρῶν (πηνίων) αὐτοῦ ἐπαγωγικά ρεύματα, ἅτινα εἶναι ἴσα καὶ ἀντίθετα, καθὼς δεικνύει τὸ σχῆμα 187 (α). Ἐὰν λοιπὸν θεωρήσωμεν τὸ κλειστὸν κύκλωμα ὅλων τῶν σπειρῶν τοῦ ἐπαγωγίμου, τοῦτο παραβάλλεται μὲ τὸ κύκλωμα δύο ἡλεκτρικῶν στηλῶν P καὶ P', αἵτινες ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἡλεκτρογεωτρικὴν δύναμιν καὶ εἶναι συνηνωμένα κατὰ ποσότητα, καθὼς δεικνύει τὸ σχ. 187 (β). Καὶ ὅπως οὐδὲν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλο-



Σχ. 187.

φορεῖ ἐν τῷ κυκλώματι τῶν στηλῶν τούτων, τοιουτοτρόπως οὐδὲν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ καὶ ἐν τῷ κυκλώματι τῶν σπειρῶν (πηνίων) τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἐὰν ὅμως ἐνώσωμεν διὰ σύρματος ἐν εἵδει γεφύρας τὰ σημεῖα Λ καὶ Λ' τοῦ κυκλώματος τῶν στηλῶν, ἐν τῷ σύρματι τούτῳ θέλει κυκλοφορεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Πρὸς τὴν γεφύραν ταύτην παραβάλλεται ἀκριβῶς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα τῆς μηχανῆς, χάρις εἰς τὰς ψήκτρας, αἵτινες ἐπακουμβῶσι διαρκῶς εἰς δύο σημεῖα τοῦ συλλέκτου, ἐκ διαμέτρου ἀντίθετα, καὶ ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὰ σημεῖα Λ καὶ Λ' τοῦ κυκλώματος τῶν στηλῶν. Τοιουτοτρόπως, τῇ βοήθειᾳ τοῦ συλλέκτου καὶ τῶν ψηκτρῶν, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἐν τῷ ἐξωτερικῷ κυκλώματι τῆς μηχανῆς τὰ ρεύματα, ἅτινα ἦσαν ἀντίθετα ἐν τῷ ἐπαγωγίμῳ αὐτῆς.

284. Λειτουργία τῆς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς ὡς κινητήρος.—Ἵνα δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ λειτουργήσῃ ὡς κινητήρ, πρέπει νὰ θέσωμεν εἰς συγκοινωνίαν τοὺς δύο πόλους αὐτῆς μὲ τοὺς δύο πόλους ἡλεκτρικῆς στήλης, ἥ ἐτέρας μηχανῆς γεννη-

τρίας, καὶ τότε ὁ ἐπαγώγιμος αὐτῆς, διαρρεόμενος ὑπὸ τοῦ διοχετευομένου ρεύματος θέλει τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, ἣτις διαρκεῖ ὅσον καὶ τὸ ρεῦμα. Τὴν κίνησιν ταύτην δυνάμεθα τώρα νὰ χρησιμοποιήσωμεν πρὸς παραγωγὴν ἔργου σχεδὸν ἰσοδυνανάμου πρὸς τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν διοχετευθεῖσαν εἰς τὴν μηχανήν. Οὕτω ἡ δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ δύναται νὰ μετατρέψῃ τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν. Ἡ ἀπόδοσις δύναται νὰ ἀνέλθῃ εἰς τὰ 90 %.

Εἰς πᾶσαν δυναμοηλεκτρικὴν μηχανὴν παρατηρεῖται ἡ ιδιότης αὕτη, καθ' ἣν τιθεμένη εἰς κίνησιν παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα (μηχανὴ γεννήτρια), καὶ δεχομένη ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τίθεται εἰς κίνησιν (μηχανὴ κινητήρ). Ἡ ιδιότης αὕτη ἀποτελεῖ τὴν καλουμένην **ἀναστρεπτικότητα** τῆς μηχανῆς. Ἡ ἀναστρεπτικότης ἀποτελεῖ πολὺτιμον ιδιότητα ἀπὸ βιομηχανικῆς ἀπόψεως, καθ' ὅσον ἐπιτρέπει τὴν μεταβίβασιν κινητηρίου δυνάμεως εἰς μεγάλην ἀπόστασιν.

283. Χρήσεις τῶν δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν, —

Αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ χρησιμοποιοῦνται ποικιλοτρόπως, ἀναλόγως δὲ τοῦ προορισμοῦ των ὁ ἐπαγώγιμος λαμβάνει διάφορον μορφήν καὶ κατασκευὴν. Οὕτω χρησιμεύουσι :

1ον. Διὰ τὸν ἠλεκτρικὸν φωτισμόν, διαβιβαζομένου τοῦ ὑπ' αὐτῶν παραγομένου ρεύματος διὰ καταλλήλων ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων.

2ον. Διὰ τὴν μεταβίβασιν κινητηρίου δυνάμεως διὰ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, καὶ μάλιστα φυσικῶν δυνάμεων, λ.χ. πίπτοντος ὕδατος, αἰτνες ἄλλως θὰ ἔμενον ἀχρησιμοποίητοι. Τὸ πρόβλημα τοῦτο ἐλύθη διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τῆς ἀναστρεπτικότητος τῶν δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν. Οὕτω ὑποθέσωμεν π.χ. ὅτι θέλομεν νὰ χρησιμοποιήσωμεν εἰς λίαν μεμακρυσμένην ἀπόστασιν τὴν δύναμιν τοῦ πίπτοντος ὕδατος. Ὑπὸ τὸ πίπτον ὕδωρ θὰ τοποθετήσωμεν ὑδραυλικὴν μηχανήν, ἣτις θὰ θέσῃ εἰς κίνησιν παρακειμένην δυναμοηλεκτρικὴν μηχανήν (γεννήτριαν). Τὸ ὑπὸ ταύτης παραγόμενον ρεῦμα, διοχετευόμενον δι' ἀγωγοῦ εἰς ἑτέραν μηχανήν (ἠλεκτροκινητήρα) κειμένην ἐν τινι ἐργοστασίῳ λ.χ., θέτει αὐτὴν εἰς κίνησιν καὶ δι' αὐτῆς τὰ ποικίλα μηχανήματα. Τοιουτοτρόπως ἡ βιομηχανία ἠδυνήθη νὰ χρησιμοποιήσῃ ἐπωφελῶς ἰσχυρὰς πτώσεις ὑδάτων, πλησίον τῶν ὁποίων δὲν ἦτο δυνατόν νὰ ἰδρυθῶσιν ἐργαστάσια.

3ον. Διὰ τὴν ἔξλιν τῶν σιδηροδρόμων καὶ τῶν τροχιοδρόμων, τῇ βοηθείᾳ ἠλεκτρικῶν κινητήρων εὐρισκομένων ὑποκάτω αὐτῶν.

Ὁ ἐπαγωγίμος τῶν κινητήρων τούτων στερεώνεται ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν ἀξόνων τῆς ἀμάξης καὶ κινεῖται ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ παραγομένου ἐν τινι κεντρικῷ ἢ ηλεκτρικῷ ἐργοστασίῳ ὑπὸ ἰσχυρᾶς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς. Τῆς μηχανῆς ταύτης ὁ μὲν εἰς πόλος τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῶν σιδηρῶν ῥάβδων τῆς γραμμῆς, ὁ δὲ ἕτερος μετὰ **μεμονωμένου ἀγωγοῦ**, ἑναερίου ἢ ὑπογείου, ὅστις τοποθετεῖται παραλλήλως πρὸς τὴν γραμμὴν καὶ καθ' ὅλον τὸ μήκος αὐτῆς. Ἐκ τοῦ ηλεκτροφόρου ἀγωγοῦ τὸ ρεῦμα διοχετεύεται εἰς τὸν ηλεκτροκινητήρα, εἴτε διὰ ῥάβδων καλουμένων **κεραιῶν** (τροχιόδρομοι), εἴτε διὰ σιδηρῶν πλακῶν καλουμένων **πεδίλων** (σιδηρόδρομοι) ἅτινα ἐφάπτονται διαρκῶς τοῦ ηλεκτροφόρου ἀγωγοῦ καὶ παραλαμβάνουσι τοιοῦτοτρόπως τὸ ρεῦμα. Ὁ ἐπαγωγίμος τοῦ ηλεκτροκινητήρος, περιστρεφόμενος, συμπαρασύρει μεθ' ἑαυτοῦ καὶ τὸν ἄξονα τῆς ἀμάξης, ἣτις οὕτω τίθεται εἰς κίνησιν. Τὸ ρεῦμα ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ ηλεκτροκινητήρος μεταβαίνει εἰς τὰς σιδηρὰς ῥάβδους τῆς γραμμῆς καὶ δι' αὐτῶν ἐπανέρχεται εἰς τὸν ἕτερον πόλον τῆς μηχανῆς καὶ οὕτω κλείεται τὸ κύκλωμα. Ἡλεκτρικὸς σιδηρόδρομος λειτουργεῖ μεταξὺ Ἀθηνῶν καὶ Πειραιῶς καὶ δι' αὐτοῦ κυρίως γίνεται ἡ συγκοινωνία τῶν δύο πόλεων. Ἡλεκτρικοὶ δὲ τροχιόδρομοι λειτουργοῦσιν ἐν Ἀθήναις, Πειραιεῖ, Φαλήρῳ, Πάτραις καὶ Θεσσαλονίκῃ.

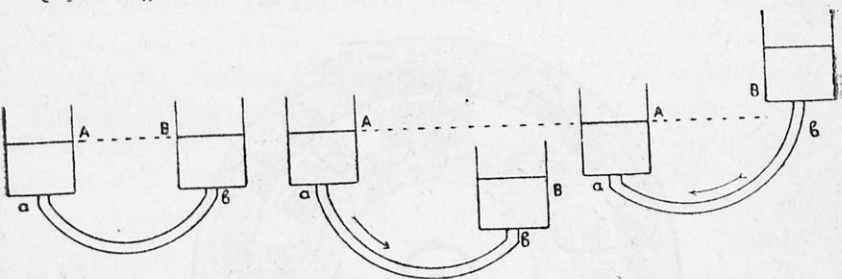
4ον. Εἰς τὴν διανομὴν κινητηρίου δυνάμεως ἔκ τινος κεντρικοῦ ἐργοστασίου εἰς διάφορα ἄλλα ἐργοστάσια, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἐγκατάστασις ἀτμομηχανῶν θὰ ἀπέβαινε δυσχερῆς καὶ δαπανηρά.

5ον. Εἰς τὴν κίνησιν τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εὐρίσκωνται ὑπὸ τὴν θάλασσαν, εἰς τὴν κίνησιν τῶν ἀνεμιστήρων κ. λ. π.

286. Ἐναλλασσόμενα ρεύματα. Διὰ τῶν φαινομένων τῆς ἐπαγωγῆς δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν ἐν τινι κυκλώματι ἢλεκτρικὰ ρεύματα, τῶν ὁποίων ἡ ἔντασις καὶ ἡ διεύθυνσις νὰ μεταβάλλεται ἐναλλάξ καὶ ὁμοίως ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ χρόνου. Τὰ τοιαῦτα ρεύματα καλοῦνται **ἐναλλασσόμενα**, ὁ δὲ χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου μεταβάλλεται ἡ ἔντασις καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτῶν, καλεῖται **περίοδος** καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν περιόδων κατὰ δευτερόλεπτον καλεῖται **συχνότης** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα κατανοοῦμεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος τῆς ὑδροστατικῆς.

Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο δοχεῖα Α καὶ Β (σχ. 188) συγκοινωνοῦντα κάτωθεν μεταξὺ 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 σωλῇνι θὰ ἰσορροπῇ. Ἐὰν ὅμως τὸ δοχεῖον, λ. γ. τὸ Α, ἀφήσωμεν ἀκίνητον, τὸ δὲ ἕτερον Β μεταθέσωμεν κάτωθεν τοῦ πρώτου, τὸ ὕδωρ θέλει κινηθῇ ἐν τῷ σωλῇνι, ἔνεκα τῆς διαφορᾶς ὕψους τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὕδατος εἰς τὰ δύο δοχεῖα, 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 σωλῇνι θέλει κινηθῇ ἐκ τοῦ δοχείου Β πρὸς τὸ δοχεῖον Α. Τοιοῦτοτρόπως ἐν τῷ σωλῇνι παράγεται ρεῦμα ὕδατος, ὅτε μὲν πρὸς τὸ δοχεῖον Β, ὅτε δὲ πρὸς τὸ δοχεῖον Α. Καὶ ἐὰν μεταθέτωμεν τὸ δοχεῖον Β ὡς πρὸς τὸ δοχεῖον



Σχ. 188. Ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὕδατος.

Α ἐπανελημμένως καὶ ἐντὸς ἴσων χρόνων, θὰ ἔχωμεν ἐν τῷ σωλῇνι σειρὰν ρευμάτων ὕδατος, ἅτινα θὰ βαίνωσιν ἐναλλάξ ἐκ τοῦ ἐνὸς δοχείου πρὸς τὸ ἕτερον. Τὰ τοιαῦτα ρεύματα τοῦ ὕδατος, ἅτινα βαίνουνσιν, ὅτε μὲν κατὰ μίαν διεύθυνσιν, ὅτε δὲ κατ' ἀντίθετον, καλοῦνται **ἐναλλασσόμενα**.

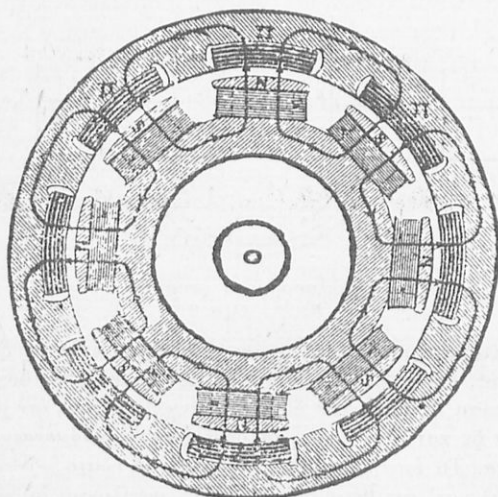
Συμπέρασμα. Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα τοῦ ὕδατος εἶναι ρεύματα κινούμενα ἐναλλάξ κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις, ὁφείλονται δὲ εἰς τὴν διαφορὰν πίεσεως τοῦ ὕδατος εἰς τὰ δύο δοχεῖα, ἥτις ἐνεργεῖ ἐναλλάξ κατ' ἀντιθέτους φορὰς.

Ὅμοια ἐναλλασσόμενα ρεύματα παράγονται καὶ ἐν τῷ ἐξωτερικῷ κυκλώματι δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, ὅταν ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐνεργεῖ, ὅτε μὲν κατὰ μίαν διεύθυνσιν, ὅτε δὲ κατ' ἀντίθετον. Αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναί, αἱ παράγουσαι ἐναλλασσόμενα ρεύματα καλοῦνται **δυναμοηλεκτρικαὶ καὶ μηχαναὶ** ρεύματος **ἐναλλασσομένου**, ἢ ἐιδικώτερον **ἐναλλακτῆρες**.

287. Βιομηχανικοὶ ἐναλλακτῆρες.—Α) Περιγραφὴ. Εἰς πάντα βιομηχανικὸν ἐναλλακτῆρα διακρίνομεν δύο κύρια μέρη ἢ συστήματα, ἅτινα εἶναι : 1ον ὁ **ἐπαγωγὺς** καὶ 2ον ὁ **ἐπαγωγίμος**.

1ον. **Ἐπαγωγὺς.** Οὗτος χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Αποτελεῖται ἐκ μεγάλου σιδηροῦ δακτυλίου, ὅστις φέρει ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς περιφερείας του μεγάλας προεξοχὰς Ν, S, Ν, S..... (σχ. 189) ἐν εἴδει ὀδόντων. Οἱ ὀδόντες εἶναι ἄρτιοι τὸ

πλῆθος, ἀπέχουσιν ἰσάκεις ἀπ' ἀλλήλων καὶ περιτυλίσσονται διὰ χαλκίνου σύρματος συνεχοῦς καὶ μεμονωμένου οὕτως, ὥστε εἰς δύο παρακειμένους ὁδόντας ἢ περιτύλιξις αὐτοῦ νὰ γίνεται κατ' ἀντίθετον φοράν. Τοιουτοτρόπως ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ δακτυλίου σχηματίζονται πηνία μετὰ πυρήνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς εἶναι ἄρτιος. Τὰ ἄκρα τῶν πυρήνων τούτων κατὰ τὴν δίοδον ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ τοῦ σύρματος θὰ γίνωσιν ἐναλλάξ βόρειοι καὶ νότιοι μαγνητικοὶ πόλοι, ἔνεκα τῆς κατ' ἀντίθετον φοράν



Σχ. 189. Βιομηχανικὸς ἐναλλακτήρ.

περιτύλιξεως τοῦ σύρματος ἐπὶ τῶν πυρήνων. Ὁ δακτύλιος μετὰ τῶν πηνίων τίθεται εἰς ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν περὶ ὀριζόντιον ἄξονα Ο, διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ, τῇ βοηθεῖᾳ ἀτμομηχανῆς.

2ον. Ἐπαγωγίμος. Οὗτος χρησιμεύει, ἵνα παράγονται ἐντὸς αὐτοῦ τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα. Ἀποτελεῖται ἐκ μεγάλου σιδηροῦ δακτυλίου, ὅστις περιβάλλει τὸν ἐπαγωγέα καὶ φέρει ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς περιφερείας του πηνία μετὰ πυρήνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ἅτινα εἶναι ἰσάριθμα πρὸς τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγέως. Ὁ ἐξωτερικὸς δακτύλιος μετὰ τῶν πηνίων εἶναι τελείως ἀκίνητος, τὰ δὲ ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ δακτυλίου τούτου καταλήγουσιν ἀπ' εὐθείας εἰς δύο μεταλλίνους πιεστικὸν κοχλίας, οἵτινες ἀποτελοῦσι τοὺς δύο πόλους

τοῦ ἐναλλακτῆρος. Τοιοῦτοτρόπως εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας ἑλλείπουν ὁ συλλέκτης καὶ αἱ ψῆκται.

Β) Λειτουργία. Συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τῆς μηχανῆς δι' ἄγωγου καὶ διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα συνεχὲς διὰ τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγέως πρὸς διέγερσιν αὐτοῦ. Τὰ ἅκρα τῶν πυρῆνων τῶν πηνίων θέλουσι γίνεαι ἐναλλάξ βόρειοι καὶ νότιοι μαγνητικοὶ πόλοι. Ἐὰν τώρα θέσωμεν τὸν ἐπαγωγέα εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, οἱ ἐναλλάξ ἀντίθετοι μαγνητικοὶ πόλοι αὐτοῦ θὰ διέρχωνται διαδοχικῶς πρὸ ἐκάστου πηνίου τοῦ ἐξωτερικοῦ δακτυλίου καὶ θὰ μαγνητίζωσι τοὺς πυρῆνας αὐτῶν οὕτως, ὥστε τὸ ἅκρον ἐκάστου πυρῆνος θὰ γίνεται ἐναλλάξ βόρειος καὶ νότιος μαγνητικὸς πόλος. Ἐνεκα τούτου εἰς τὰ πηνία τοῦ ἐξωτερικοῦ δακτυλίου θὰ γεννῶνται ρεύματα ἐναλλασσόμενα, ἅτινα θὰ διαρρέωσι τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα τῆς μηχανῆς. Ἐὰν δὲ οἱ πόλοι τῆς μηχανῆς δὲν συνδέωνται μετ' ἀλλήλων δι' ἄγωγου, θὰ παράγεται μετὰ αὐτῶν διαφορὰ δυναμικοῦ, ἥτις θὰ μεταβάλλεται ἐναλλάξ εἰς τοὺς δύο πόλους, καὶ οὕτω ἐκάτερος πόλος θὰ καθίσταται ἀλληλοδιαδόχως θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς.

Παρατηρήσεις. α) Τὸ συνεχὲς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν διέγερσιν τοῦ ἐπαγωγέως, παρέχεται συνήθως ὑπὸ μικρᾶς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ὁποία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ ἐπαγωγέως καὶ στρέφεται μετ' αὐτοῦ. Πολλάκις ὅμως ὁ ἐπαγωγεὺς διεγείρεται δι' ἰδιαίτερας μικρᾶς μηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος, τὴν ὁποίαν κινεῖ ἰδίᾳ κινητήριος μηχανή.

β) Πρὸς παραγωγὴν ἐναλλασσομένων ρευμάτων ὑψηλῆς τάσεως, ἢ δυναμικοῦ, ὁ ἐπαγωγεὺς τῶν ἐναλλακτῆρων κατασκευάζεται μετὰ μεγάλης διαμέτρου καὶ πολλῶν πηνίων.

288. Ἐφαρμογαὶ ἐναλλασσομένων ρευμάτων. Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἔχουσι μικρὰν ἔντασιν καὶ ὑψηλὴν τάσιν, ἢ δυναμικόν, καὶ δύνανται νὰ θερμαίνωσι τοὺς ἄγωγους διὰ τῶν ὁποίων διέρχονται. Ἐνεκα τούτου τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν ἠλεκτρικὸν φωτισμόν, ὅπως καὶ τὰ συνεχῆ ρεύματα, δὲν δύνανται ὅμως νὰ χρησιμοποιηθῶσιν εἰς τινὰς ἠλεκτρικὰς ἐργασίας, ὅπως εἶναι ἡ πλήρωσις τῶν συσσωρευτῶν, ἢ ἐπιμετάλλωσις, ἢ γαλβανοπλαστικὴ καὶ ἄλλαι, καθ' ὅσον ταῦτα δὲν δύνανται νὰ ἀποσυνθέτωσι τοὺς ἠλεκτρολύτας. Προσέτι τὰ ἐναλλασ-

σόμενα ρεύματα χρησιμοποιούνται καὶ πρὸς παραγωγὴν μηχανικοῦ ἔργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι΄.

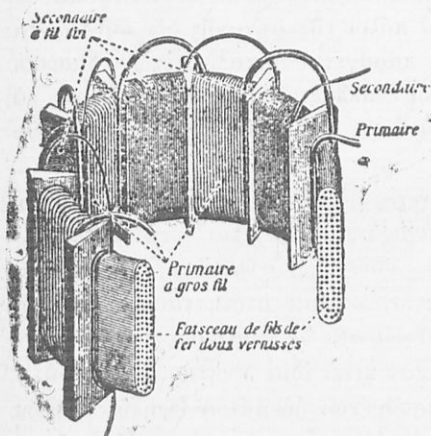
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΤΑΙ ΚΑΙ ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΠΗΝΙΑ

289. Ὅρισμός. Καλοῦνται **μεταμορφωταί**, ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως νὰ μετατρέψωμεν εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τά-

σεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως, ἢ καὶ ἀντιστρόφως.

290. Περιγραφή καὶ λειτουργία μεταμορφωτοῦ. Α) Περιγραφή. Εἰς πάντα βιομη-

χανικὸν μεταμορφωτὴν διακρίνομεν κυρίως δύο μέρη: α) τὸν **πυρῆνα** καὶ β) τὰ **πηνία**. Ὁ πυρὴν κατασκευάζεται ἐκ δακτυλιοειδῶν ἐλασμάτων ἢ συρμάτων (σχ. 189α) ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, μεμονωμένων ἀπ' ἀλλήλων,



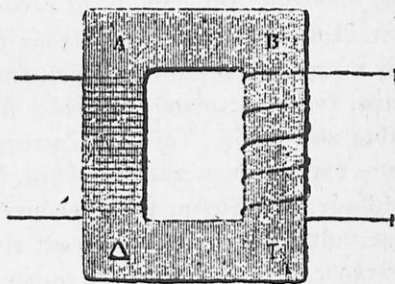
Σχ. 189α. Βιομηχανικὸς μεταμορφωτής.

των συρμάτων καλῶς μεμονωμένων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἐν εἶναι παχὺ καὶ βραχὺ, 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 ἐναλλάσσωνται μεταξύ των, ἥτοι νὰ εἶναι διατεταγμένα κατὰ τὴν ἐξῆς σειράν: τὸ πρῶτον πηνίον νὰ εἶναι ἐκ χονδροῦ λ. χ. σύρματος, τὸ δεύτερον ἐκ λεπτοῦ, τὸ τρίτον ἐκ χονδροῦ, τὸ τέταρτον ἐκ λεπτοῦ κ. ο. κ. Καὶ τὰ μὲν πηνία τὰ ἐκ

χνοδροῦ σύρματος συγκείμενα ἔχουσιν ἕκαστον ὀλίγας σπείρας καὶ ἀποτελοῦσι τὸ καλούμενον **πρωτεῦον κύκλωμα**, τὰ δὲ πηνία τὰ ἐκ λεπτοῦ σύρματος ἔχουσιν ἕκαστον πολλὰς σπείρας καὶ ἀποτελοῦσι τὸ καλούμενον **δευτερεῦον κύκλωμα**. Τὰ ἄκρα ἑκατέρου τῶν κυκλωμάτων ἀπολήγουσιν εἰς δύο μεταλλίνοις πιεστικοῦς κοχλίας, εὗρισκομένους ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος τοῦ ὀργάνου.

Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα τοῦ μεταμορφωτοῦ (190) ὁ πυρὴν αὐτοῦ ἔχει σχῆμα τετραπλεύρου, τὰ δὲ πηνία εὗρίσκονται εἰς δύο ἀπέναντι αὐτοῦ πλευράς.

Β) Λειτουργία. Ἐὰν διὰ τοῦ πρωτεύοντος κυκλώματος (χονδροῦ σύρματος) διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως, ἐν τῷ δευτερεῦντι κυκλώματι (λεπτῷ σύρματι) θέλει παραχθῇ ἕξ ἐπαγωγῆς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως.



Σχ. 190. Μεταμορφωτής.

Ὅσῳ δὲ περισσότεραι εἶναι αἱ σπείραι τοῦ δευτερεῦντος κυκλώματος, τόσῳ καὶ ἡ τάσις τοῦ ἐν αὐτῷ παραγομένου ρεύματος εἶναι ὑψηλοτέρα. Ἀντιστρόφως, ἐὰν διὰ τοῦ δευτερεῦντος κυκλώματος διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρᾶς ἐντάσεως, ἐν τῷ πρωτεύοντι κυκλώματι θέλει παραχθῇ ἕξ ἐπαγωγῆς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως. Ὅσῳ δὲ ὀλιγώτεραι εἶναι αἱ σπείραι τοῦ πρωτεύοντος κυκλώματος, τόσῳ καὶ ἡ τάσις τοῦ ἐν αὐτῷ παραγομένου ρεύματος εἶναι χαμηλοτέρα.

Ἡ μεταμόρφωσις αὕτη τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων γίνεται σχεδὸν ἄνευ ἀπωλείας ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, καθ' ὅσον ἀνευρίσκομεν μετὰ τὴν μεταμόρφωσιν τὰ 95 % τῆς ἀρχικῆς ἐνεργείας. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπωμεν, ὅτι ἀμφότερα τὰ ρεύματα, τὸ τε παρεχόμενον εἰς τὸν μεταμορφωτὴν (**πρωτεῦον ρεῦμα**) καὶ τὸ ἀποδιδόμενον ὑπ' αὐτοῦ (**δευτερεῦον ρεῦμα**), ἔχουσι τὴν αὐτὴν ἰσχύν. Ἦτοι, ἐὰν E_1 καὶ E_2 εἶναι αἱ τάσεις καὶ I_1 καὶ I_2 αἱ ἐντάσεις τῶν δύο ρευμάτων

θὰ ἔχωμεν

$$E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2$$

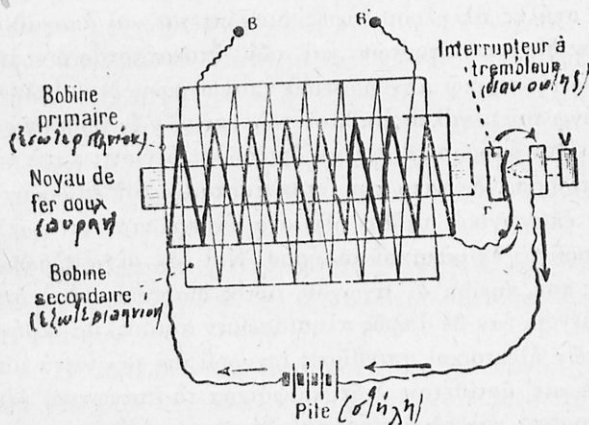
Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι, *πᾶσα ἀνύψωσις τῆς τάσεως τοῦ ρεύματος θὰ συνεπιφέρει καὶ ἀνάλογον ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ καὶ ἀντιστρόφως, ἡ ἐνέργεια ὁμῶς αὐτοῦ θὰ παραμείνῃ ἡ αὐτή.*

291. Ἐφαρμογαὶ τῶν μεταμορφωτῶν. Ἡ μεταβίβασις τῆς ἠλεκτρικῆς 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 ὥς ἑξῆς. Εἰς τινὰ τόπον ὅπου ὑπάρχουσι πίπτοντα ὕδατα, ἢ εἰς τινὰ κεντρικὸν ἠλεκτρικὸν σταθμὸν, παράγονται ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὑψηλῆς τάσεως (χιλιάδων volts) καὶ μικρᾶς ἐντάσεως, εἴτε ἀμέσως διὰ καταλλήλου ἐναλλακτῆρος, εἴτε συνηθέστερον ἐμμέσως διὰ μεταμορφωτοῦ, ὅστις ἀνυψώνει ἐπὶ τόπου τὴν τάσιν τοῦ παραγομένου ρεύματος. Τὰ ρεύματα ταῦτα διοχετεύονται δι' ἐναερίου ἢ ὑπογείου γραμμῆς, ἣτις δύναται νὰ εἶναι λεπτὸν σύρμα (ἐπομένως εὐθηνὸν) διότι ἡ ἔντασις των εἶναι μικρά, μέχρι τοῦ τόπου τῆς χρησιμοποιήσεώς των. Ἐκτὸς μὴ δυνάμενα τὰ ρεύματα ταῦτα νὰ χρησιμοποιηθῶσιν ἀπ' εὐθείας, ἕνεκα τῶν κινδύνων τοὺς ὁποίους ἐγκλείουσι, μετατρέπονται τῇ βοηθείᾳ δευτέρου μεταμορφωτοῦ εἰς ἐναλλασσόμενα ρεύματα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως, ἅτινα χρησιμοποιοῦνται ἀκινδύνως. Τοιοῦτοτρόπως, χάρις εἰς τοὺς μεταμορφωτάς, μεταβιβάζομεν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις διὰ τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων.

Αἱ γραμμαὶ διὰ τῶν ὁποίων διοχετεύονται τὰ ὑψηλῆς τάσεως ἐναλλασσόμενα ρεύματα πρέπει νὰ εἶναι καλῶς μεμονωμένα, ἀφ' ἑνὸς ἵνα μὴ διαφεύγῃ καθ' ὁδόν ὁ ἠλεκτρισμὸς καὶ ἐπέρχωνται οὕτω ἀπώλειαι τῆς ἐνεργείας αὐτοῦ, καὶ ἀφ' ἑτέρου χάριν ἀσφαλείας τῶν ἀνθρώπων. Πράγματι αἱ ὑψηλαὶ τάσεις εἶναι ἐπικίνδυναι, καὶ ἀπλῇ ἐπαφῇ μετὰ τῶν γραμμῶν τούτων δύναται νὰ ἐπιφέρῃ τὸν θάνατον.

292. Ἐπαγωγικά πηνία.—Καλοῦνται *ἐπαγωγικά πηνία* εἰδικοί μεταμορφωταί, οἵτινες μετατρέπουν συνεχές ῥεῖμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως (*πρωτεύον ῥεῖμα*) εἰς ἐναλλασσόμενον ῥεῖμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ μικρῆς ἐντάσεως (*δευτερεύον ῥεῖμα*). Τὸ πρῶτον ἐπαγωγικὸν πηνίον κατασκευάσθη ὑπὸ τοῦ Ruhmkorff, τοῦ ὁποίου φέρει καὶ τὸ ὄνομα.

293.— Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff.—**Α)** Περιγραφή. Τοῦτο (σχ. 191) ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ τριῶν μερῶν : α)



Σχ. 191. Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff.

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 ἀριθμὸν, τὸ ἐσωτερικὸν καὶ τὸ ἐξωτερικόν, καὶ συνίστανται ἐκ χαλκίνου σύρματος καλῶς μεμονωμένου. Καὶ τοῦ μὲν ἐσωτερικοῦ πηνίου (ἐπαγωγέως) τὸ σύρμα εἶναι χονδρὸν καὶ βραχὺ (40—50 μέτρα) καὶ περιτυλίσσεται σπειροειδῶς ἐπὶ τοῦ πυρῆνος οὕτως, ὥστε νὰ σχηματισθῶσιν ὀλίγα 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 εὐκάμπτου μεταλλίνου ἐλάσματος

τος Γ, τὸ ὁποῖον ἀπολήγει εἰς τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, εὗρισκό-
μενον ἐνώπιον τοῦ πυρῆνος τοῦ πηνίου, καὶ ἐπακουμβᾷ εἰς τὴν ἀκίδα
μεταλλίνου κοχλίου V. Ὁ διακόπτης χρησιμεύει διὰ τὰς ἀλληλοδιαδό-
χους διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἐπιδρωῆτος (ἀρχικοῦ) ρεύ-
ματος.

Β) Λειτουργία. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον διαβιβάζομεν συνε-
χὲς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπως εἶναι τὸ ρεῦμα ἡλεκτρικῆς στήλης, καὶ
ἀμέσως ἀρχεται ἡ λειτουργία τοῦ διακόπτου. Τοιουτοτρόπως τὸ
ρεῦμα τῆς στήλης ἀλληλοδιαδόχως διακόπτεται καὶ ἀποκαθίσταται.
Ἔνεκα τῶν διακοπῶν τούτων καὶ τῶν ἀποκαταστάσεων ἀναπτύτ-
σεται ἐν τῷ ἐξωτερικῷ πηνίῳ σειρὰ ἐπαγωγικῶν ρευμάτων ὑψηλῆς
τάσεως, λόγῳ τοῦ μεγάλου ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν ἐν τῷ πηνίῳ τούτῳ,
ἅτινα θὰ εἶναι ὁμόρροπα μὲν τῷ ἐπιδρωῆντι ρεύματι κατὰ τὴν δια-
κοπὴν, ἀντίρροπα δὲ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ἐπιδρωῆτος ρεύ-
ματος. Τὰ ἐπαγωγικά ταῦτα ρεύματα ἐνισχύονται ἔτι μᾶλλον καὶ
ὑπὸ τοῦ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Καὶ ἐὰν μὲν ἐνώσωμεν τοὺς
δύο πόλους τοῦ πηνίου δι' ἄγωγον, οὗτος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος
ἐναλλασσομένου, ἐὰν δὲ ἀπλῶς πλησιάσωμεν αὐτούς, θὰ ἐκρήγνυνται
μεταξὺ αὐτῶν ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες ἰσχυροί, ὅτε μὲν κατὰ μίαν φο-
ρὰν, ὅτε δὲ κατ' ἀντίθετον, διότι ἀμφοτέρω τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα,
καὶ τὰ ὁμόρροπα καὶ τὰ ἀντίρροπα, δύνανται νὰ διέρχωνται. Ἐὰν
ὅμως αὐξήσωμεν τὴν ἀπόστασιν, θὰ διέρχωνται μόνον τὰ ὁμόρ-
ροπα (ὡς ἰσχυρότερα τῶν ἀντιρρόπων), ὅποτε οἱ σπινθῆρες θὰ ἐκ-
ρήγνυνται κατὰ τὴν αὐτὴν πάντοτε φορὰν. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ
τὸ πηνίον παρουσιάζει δύο πόλους ὠρισμένους, θετικὸν καὶ ἀρνητι-
κόν, ἥτοι ἄνοδον καὶ κάθοδον.

294. — Χρήσεις τῶν ἐπαγωγικῶν πηνίων. Τὰ ἐπα-
γωγικά πηνία χρησιμεύουσι διὰ ποικίλους σκοπούς: διὰ τὴν παρα-
γωγὴν τῶν ἡλεκτρικῶν κυμάτων ἐν τῷ ἀσυρμάτῳ τηλεγράφῳ, διὰ
τὴν παραγωγὴν σπινθέρων πρὸς σύνθεσιν καὶ ἀποσύνθεσιν ἀερίων
καὶ πρὸς ἀνάφλεξιν ἐκρηκτικῶν ὑλῶν, καὶ ἐν τῇ ἱατρικῇ διὰ τὴν
πρόκλησιν ἐλαφρῶν τιναγμῶν πρὸς ἐνδυνάμωσιν τοῦ νευρικοῦ συστή-
ματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'.

ΤΗΛΕΦΩΝΑ

295. Ὑποκιβάνισμός.—Καλεῖται *τηλέφωνον*, συσκευὴ διὰ τῆς ὁποίας μεταβιβάζομεν τὴν φωνὴν ἢ τοὺς ἤχους εἰς μεγάλας ἀποστάσεις δι' ἡλεκτρικῶν ῥευμάτων. Ἡ συσκευὴ αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς, καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανή. Ὑπάρχουσι δύο τύποι τηλεφώνων· α) τὸ **μαγνητικὸν τηλέφωνον** καὶ β) τὸ **τηλέφωνον μετὰ στήλης**. Ἐκ τούτων σήμερον ἐν χρήσει εἶναι τὸ τηλέφωνον μετὰ στήλης, τὸ ὁποῖον καὶ περιγράφομεν.

296.—Περιγραφὴ τηλεφωνικῆς συσκευῆς.—Εἰς πᾶσαν τηλεφωνικὴν συσκευὴν συνήθως διακρίνομεν 4 μέρη, ἅτινα εἶναι τὰ ἑξῆς :

1ον. Ἡ **ἡλεκτρικὴ στήλη**. Αὕτη χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ῥεύματος καὶ ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ ξηρὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.

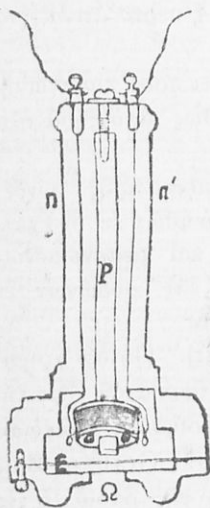
2ον. Ἡ **τηλεφωνικὴ γραμμὴ**. Αὕτη χρησιμεύει πρὸς σύνδεσιν τῶν σταθμῶν μεταξύ των καὶ ἀποτελεῖται συνήθως ἐκ δύο χαλκίνων συρμάτων εὐρισκομένων πλησίον ἀλλήλων καὶ μεμονωμένων ἀπὸ τῆς γῆς. Ἔνεκα τούτου ταῦτα στηρίζονται ἐπὶ κωδῶνων ἐκ πορσελάνης, τοὺς ὁποίους φέρουσι ξύλινοι στῦλοι.

3ον. Ὁ **τηλεφωνικὸς δέκτης**. (φωνοδέκτης). Οὗτος χρησιμεύει πρὸς μετάδοσιν τῆς φωνῆς εἰς τὸ οὖς τοῦ ἀκροατοῦ. Ὡς τηλεφωνικὸς δέκτης χρησιμεύει τὸ ὄργανον τὸ καλούμενον **τηλέφωνον**. Τὸ πρῶτον τηλέφωνον τὸ ἐκινήθη ἐν τῷ Graham Bell ἀποτελεῖται ἐκ μαγνητικῆς ῥάβδου P (σχ. 192) τῆς ὁποίας ὁ εἰς πόλος περιτυλίσσεται ὑπὸ χαλκίνου σύρματος λεπτοῦ καὶ μεμονωμένου, σχηματίζοντος μικρὸν πηνίον π. Ἐὰν ὁ μαγνήτης εἶναι πεταλοειδής, ἀμφότεροι οἱ πόλοι αὐτοῦ περιτυλίσσονται ὑπὸ σύρματος συνεχοῦς καὶ σχηματίζονται οὕτω δύο πηνία. Ὁ μαγνήτης μετὰ τῶν πηνίων του ἐγκλείεται ἐντὸς περιβλήματος ΠΠ' κοίλου καὶ κυλινδρικοῦ ἐκ ξύλου ἢ ἐξ ἐβονίτου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὑπάρχουσι τρεῖς κοιλίαι. Ἐκ τούτων ὁ εἰς χρησιμεύει ἵνα συγκρατῇ τὸν μαγνήτην, οἱ δὲ ἑτεροὶ δύο ἵνα καταλήγωσιν εἰς αὐτοὺς τὰ ἅκρα τῶν πηνίων.

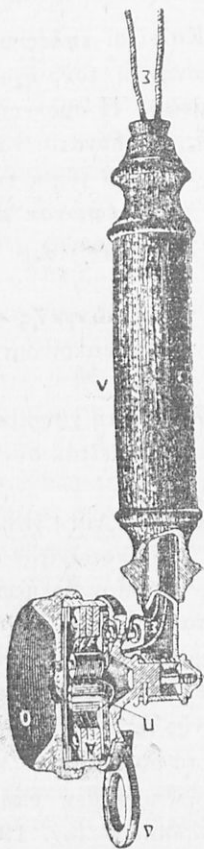
Ἐμπροσθεν καὶ πολὺ πλησίον τῶν πηνίων, χωρὶς ὅμως καὶ νὰ ἐπακουμβᾷ ἐπὶ τῶν πυρῆνων αὐτῶν, εὐρίσκεται λεπτοτάτη καὶ εὐκαμptos κυκλικὴ πλάξ Εἰς μαλακοῦ σιδήρου, τῆς ὁποίας τὰ πέρατα

στηρίζονται εἰς τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὅλμου Ω, ἐκ ξύλου ἢ ἐξ ἐβονίτου, τὸν ὁποῖον φέρει τὸ κυλινδρικὸν περίβλημα κατὰ τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ. Τὸ πρῶτον λοιπὸν τηλέφωνον ἦτο μαγνητικόν. Τοῦτο ἐτελειοποιήθη βραδύτερον, καὶ σήμερον εἶναι ἐν χρήσει εἰς τὰς τηλεφωνικὰς συσκευὰς τὸ τηλέφωνον τοῦ Ader.

Τὸ τηλέφωνον τοῦ Ader (σχ. 193) εἶναι ἐπίσης μαγνητικόν. Ὁ μαγνήτης εἰς τοὺς νεωτάτους τύπους τοῦ τηλεφώνου τούτου ἔχει μορφήν δακτυλίου Α, καὶ ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν χαλυβδίνων δακτυλίων, κειμένων τῶν μὲν ἐπὶ τῶν δέ. Οἱ πόλοι τοῦ μαγνήτου εὐρίσκονται εἰς τὰ δύο ἄκρα μιᾶς διαμέτρου τοῦ δακτυλίου καὶ ἐκ τούτων ἀναχόρουσι δύο ἐλάσματα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ἅτινα κάμπτονται καὶ ἀποτελοῦσι



Σχ. 192.
Τηλέφωνον τοῦ
Graham Bell.

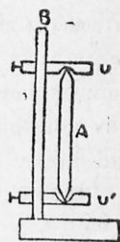


Σχ. 193.
Τηλέφωνον τοῦ
Ader.

τοὺς πυρῆνας δύο πηνίων. Ἴνα δὲ τὰ ἀποτελέσματα τῶν πηνίων ἐνδυναμώνωσιν 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 ὅλμου. Ἐπὶ τῆς πλακὸς εὐρίσκεται δακτύλιος ἐκ μα-

λακοῦ σιδήρου, ὅστις χρησιμεύει ὡς ὄπλισμός τοῦ μαγνήτου. Τὸ τηλέφωνον τοῦ Ader φέρει δακτύλιον Δ πρὸς ἐξάρτησιν, καὶ λαβὴν Λ, διὰ τῆς ὁποίας διέρχονται δύο σύρματα συνδεόμενα μετὰ τῶν δύο ἄκρων τῶν πηνίων.

4ον. Ὁ τηλεφωνικὸς πομπὸς (φωνοπομπός). Οὗτος χρησιμεύει, ἵνα δέχεται τὴν φωνὴν τοῦ λαλοῦντος. Ὡς τηλεφωνικὸς πομπὸς χρησιμεύει τὸ ὄργανον τὸ καλούμενον **μικροφῶνον**. Τὸ πρῶτον μικροφῶνον, τὸ ἐπινοηθὲν ὑπὸ τοῦ Hughes⁽¹⁾ ἀποτελεῖται ἐκ κυλινδρικοῦ ῥαβδίου Α ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς, τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα ἀπολήγουσιν εἰς ὀξὺ καὶ εἰσέρχονται ἄνευ πίεσεως ἐντὸς μικρῶν κοιλοτήτων, τὰς ὁποίας φέρουσι δύο τεμάχια ν καὶ ν' ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς (σχ. 194). Τὰ τεμάχια τοῦ ἄνθρακος εἶναι ἐστηρικμένα ἐπὶ εὐλίνου ὑποστηρίγματος Β, τὸ δὲ ῥαβδίον τοποθετεῖται κατακορύφως μεταξὺ αὐτῶν καὶ δύναται νὰ κινηθῇ ἐλευθέρως, παρουσιάζον οὕτω ἀσταθῆ ἰσορροπίαν. Αἱ ἐπαφαὶ λοιπὸν τῶν ἀνθράκων εἶναι **ἀτελεῖς**. Τὸ πρῶτον τοῦτο μικροφῶνον ἐτελειοποιήθη βραδύτερον ὑπὸ τοῦ Ader.



Σχ. 194.
Μικροφῶνον
Hughes.

Τὸ μικροφῶνον τοῦ Ader εἶναι **πολλαπλοῦν μικροφῶνον**, συγκείμενον ἐκ πολλῶν κυλινδρικῶν ῥαβδίων ἐκ συμπαγοῦς ἄνθρακος, ἅτινα τοποθετοῦνται ὀπισθεν λεπτοτάτης σανίδος ἐκ ξύλου ἐλάτης. Τὰ ῥαβδία διατάσσονται παραλλήλως πρὸς ἄλληλα καὶ μεταξὺ τριῶν πρισματικῶν ῥαβδίων, αἵτινες φέρουσιν ἐπὶ τῶν πλαγίων ἐδρῶν τῶν μικρᾶς ὀπᾶς, ἐντὸς τῶν ὁποίων εἰσέρχονται τὰ ὀξέα ἄκρα τῶν κυλινδρικῶν ῥαβδίων. Τοιουτοτρόπως τὸ σύνολον τῶν ῥαβδίων ἀποτελεῖ εἶδος μικρᾶς διπλῆς ἐσχάρας. Τὸ μικροφῶνον ὅμως τοῦτο σχεδὸν ἐγκατελείφθη, καὶ σήμερον εἶναι ἐν χρήσει εἰς τὰς τηλεφωνικὰς συσκευὰς τὸ μικροφῶνον τοῦ Bailleux.

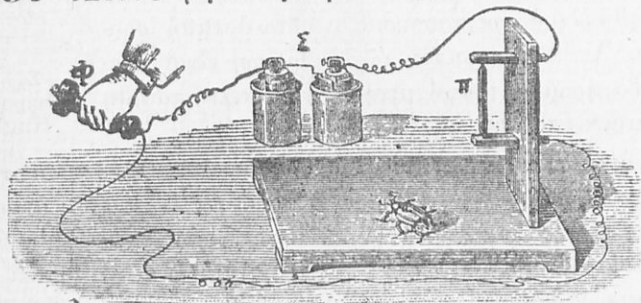
Τὸ μικροφῶνον τοῦ Bailleux σύγκεται ἐκ μεμβράνης ἐξ ἄνθρακος συμπαγοῦς, ἣτις ἀποτελεῖ τὸ σπουδαιότερον μέρος τοῦ ὁργάνου. Ἡ μεμβράνη στηρίζεται εἰς τὸν πιθμένα κωνικοῦ ὀλμου καὶ ἐπακουμβᾶ κάτωθεν ἐπὶ μικρῶν σφαιριδίων ἐκ συμπαγοῦς ἄνθρακος,

(1) Hughes (1831—1900) Ἀγγλὸς φυσικὸς. Ἐπενόησε τὸν τυποτικὸν τηλεγράφον καὶ ἀνεκάλυψε τὸ μικροφῶνον.

ἄτινα εὐρίσκονται ἐντὸς μικρᾶς λεκάνης ἐξ ἐβονίτου. Τοιοῦτοτρόπως μεταξὺ τῆς μεμβράνης καὶ τῶν σφαιριδίων γεννῶνται πολυάριθμοι μικροφωνικαὶ ἐπαφαὶ **ἀτελεῖς**. Κάτωθεν τοῦ ὄργανου εὐρίσκονται δύο σύρματα, ἅτινα συνδέονται τὸ μὲν ἐν μετὰ τῆς μεμβράνης τὸ δὲ ἕτερον μετὰ τῶν σφαιριδίων.

Σημείωσις. Πολλάκις ὁ δέκτης (τηλέφωνον) καὶ ὁ πομπὸς (μικροφῶνον) 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 ἐν ἄκρον του τὸν δέκτην, εἰς δὲ τὸ ἕτερον τὸν πομπόν, ἐκ τοῦ ὄργανου ἐξέρχονται τέσσαρα σύρματα μεμονωμένα, ἐκ τῶν ὁποίων τὰ δύο ἀνήκουσιν εἰς τὸν δέκτην καὶ τὰ ἕτερα δύο εἰς τὸν πομπόν. Τὰ τέσσαρα ταῦτα σύρματα εἶναι συνηνωμένα εἰς ἓν καὶ μόνον σῶμα.

297. Λειτουργία τηλεφωνικῆς συσκευῆς.— Ὑποθέ-



Σχ. 195. Συνδεομολογία φωνοπομποῦ καὶ φωνοδέκτου.

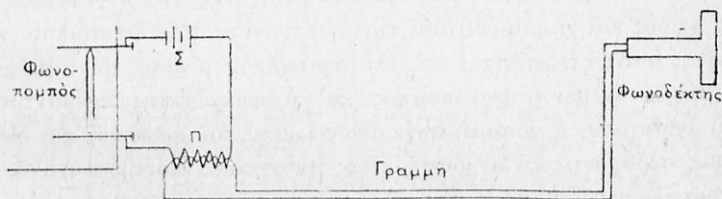
σωμεν ὅτι εἰς τὸ κύκλωμα ἡλεκτρικῆς στήλης Σ (σχ. 195) παρενθέντομεν κατὰ σειρὰν τὸν φωνοπομπὸν Π (μικροφῶνον) καὶ τὸν φωνοδέκτην Φ (τηλέφωνον). Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα λαμβάνομεν χάριν ἀπλοποιήσεως τῆς συσκευῆς ὡς φωνοδέκτην τὸ τηλέφωνον τοῦ Graham Bell καὶ ὡς φωνοπομπὸν τὸ μικροφῶνον τοῦ Hughes. 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 ῥαβδίον τοῦ φωνοπομποῦ εἶναι τελείως ἀκίνητον, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ κύκλωμα

εἶναι σταθερὰ καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἡ ἔλξις τοῦ μαγνήτου τοῦ φωνοδέκτου ἐπὶ τῆς σιδηρᾶς πλακὸς μένει ἀμετάβλητος. Ἡ πλᾶξ λοιπὸν τοῦ φωνοδέκτου μένει τελείως ἀκίνητος καὶ οὐδὲν ἀκούομεν ἐν αὐτῷ. Ἐὰν τὸν θέσωμεν εἰς τὸ οὗς ἡμῶν. "Όταν ὅμως ὁμιλῶμεν πλησίον τοῦ φωνοπομποῦ, τὸ ῥαβδίον αὐτοῦ ὑφίσταται κραδασμούς, ἔστω καὶ ἐλαχίστους, οἵτινες μεταβάλλουσι τὰ σημεῖα ἐπαφῆς τοῦ ῥαβδίου καὶ τῶν ὑποστηριγμάτων, καὶ ἔνεκα τούτου τροποποιεῖται λίαν ὀυσιωδῶς 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 πλᾶξ 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 ἢ τὸ βάδισμα ἐντόμου, δύνανται νὰ ἀκουσθῶσιν ἐν τῷ φωνοδέκτῃ ἐκ μεγάλης ἀποστάσεως.

298. Τελειοποιήσις τηλεφωνικῆς συσκευῆς ὑπὸ



Σχ. 196. Τηλεφωνικὴ συσκευή περιλαμβάνουσα καὶ ἐπαγωγικὸν πηνίον.

Edison. Εἰς τὰς μεγάλας τηλεφωνικὰς γραμμάς, αἱ μεταβολαὶ τῆς ἀντιστάσεως ἐν τῷ φωνοπομπῷ παράγουσιν ἀσθενέστατα ρεύματα, ἅτινα ὥς ἐκ τούτου ἀδυνατοῦσι νὰ θέσωσιν εἰς λειτουργίαν τὸν φωνοδέκτην. Τὴν ἀτέλειαν ταύτην τῆς τηλεφωνικῆς συσκευῆς ἐθεράπευσεν ὁ Edison ὡς ἐξῆς. Ἀντὶ νὰ ἀποστείλῃ ἀπ' εὐθείας τὸ ἥλεκτρικὸν ρεῦμα τῆς στήλης, μεταχειρίζεται ἐπαγωγικὸν πηνίον Π ἄνευ δισκόπου (σχ. 196). Τούτου τὸ μὲν παχὺ ἐσωτερικὸν σύρμα εἰσάγεται εἰς κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν ἡλεκτρικὴν στήλην Σ καὶ τὸν φωνοπομπὸν ἐν ἐκάστῳ σταθμῷ, τὸ δὲ λεπτὸν ἐξωτερικὸν σύρμα εἰσάγεται εἰς ἕτερον κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν τηλεφωνικὴν γραμμὴν καὶ τοὺς φωνοδέκτας τῶν δύο σταθμῶν.

Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης αἱ μεταβολαὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τῆς στήλης, αἱ προκαλούμεναι ἐν τῷ φωνοπομπῷ, παράγουσιν ἐν τῷ ἔξωτερικῷ κυκλώματι τοῦ πηνίου ἑπαγωγικὰ ρεύματα ἰσχυρά, ἅτινα, διαδιδόμενα διὰ τῆς γραμμῆς μέχρι τοῦ φωνοδέκτον, δύνανται νὰ θέσωσι τοῦτον εἰς λειτουργίαν. Τοιουτοτρόπως 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.

299. 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 ἑξαορτᾶται δι' ἀγκίστρου ἐκ τινος κιβωτίου. Ἐν τῷ ἔσωτερικῷ τοῦ κιβωτίου ὑπάρχουσιν ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη, 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 τὸ 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 δέκτης τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὴν γραμμὴν καὶ μὲ τὸ ἑξωτερικὸν σύρμα τοῦ ἑπαγωγικοῦ πηνίου, ὁ δὲ φωνοπομπὸς μὲ τὴν στήλην καὶ μὲ τὸ ἑσωτερικὸν σύρμα τοῦ αὐτοῦ πηνίου. Οὕτω δυνάμεθα οὐ μόνον νὰ ἀκούωμεν τὴν φωνὴν τοῦ ὁμιλοῦντος ἐν τῷ ἄλλῳ σταθμῷ, ἀλλὰ καὶ νὰ ἀκούμεθα ὑπ' αὐτοῦ.

Οἱ τηλεφωνικοὶ σταθμοί, εἰς τὰς πόλεις, συνδέονται μεταξὺ των οὐχὶ ἀπ' 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 διακόπῃ τὴν συγκοινωνίαν των μετὰ τὸ πέρας τῆς συνδιαλέξεως.

Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ὑπάρχουσιν ἐν τῷ τηλεφωνικῷ κέντρῳ εἰδικὰ ὄργανα, καλούμενα *πίνακες*, τὰ ὁποῖα χειρίζονται αἱ τηλεφωνήτριαι.

Σημειώσεις. Πλὴν τοῦ συνήθους τηλεφώνου ἐπενοήθησαν κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη τὸ *αὐτόματον* καὶ τὸ *ἀσύρματον* τηλεφώνον. Διὰ τοῦ αὐτομάτου ἡ σύνδεσις καὶ ἡ διακοπὴ δύο συνδρομητῶν ἐπιτυγχάνεται αὐτομάτως, ἄνευ τῆς μεσολαβήσεως τηλεφωνητοῦ ἐν τῷ τηλεφωνικῷ κέντρῳ, δι' ὀλίγων καὶ ἀπλουστάτων χειρισμῶν, τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖ ὁ καλῶν συνδρομητῆς ἐπὶ τινος ἡριθμημένου δίσκου εὗρισκομένου ἐπὶ τοῦ τηλεφώνου του. Διὰ τοῦ ἀσυρμάτου δὲν παρίσταται ἀνάγκη τηλεφωνικῆς γραμμῆς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ IB'.

ΕΚΚΕΝΩΣΕΙΣ ΕΝ ΤΟΙΣ ΗΡΑΙΩΜΕΝΟΙΣ ΑΕΡΙΟΙΣ.

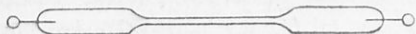
AKTINES KATHOMIKAI KAI AKTINES X "H AKTINES RÖNTGEN.

300. Σπουδὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ σπινθῆρος.—Ἰνα παραχθῇ ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν, πρέπει οὗτοι νὰ ἀποκτήσωσιν ὠρισμένην διαφορὰν δυναμικοῦ. Τὸ μέγιστον δὲ μῆκος τοῦ ἡλεκτρικοῦ σπινθῆρος, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὑπὸ τὴν διαφορὰν ταύτην τοῦ δυναμικοῦ, καλεῖται *ἐκκρηκτικὴ ἀπόστασις*. Ἡ ἐκκρηκτικὴ ἀπόστασις ἐν τινι ἀερίῳ μεταβάλλεται πολὺ, ὅταν καὶ ἡ ἀραιώσις ὑπὸ τὴν ὁποίαν εὗρίσκεται τὸ ἀέριον μεταβάλλεται. Τὴν ἡλεκτρικὴν ἐκκένωσιν ἐν τοῖς ἡραιωμένοις ἀερίοις ἐξετάζομεν τῇ βοηθείᾳ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff καὶ σωλῆνων ὑαλίνων, περιεχόντων λίαν ἀραιὰ ἀέρια ἢ ἀτμοὺς, ὁποῖοι εἶναι οἱ σωλῆνες τοῦ Geissler καὶ τοῦ Crookes.

301.—Σωλῆνες τοῦ Geissler.⁽¹⁾ — Α) Περιγραφὴ. Οὗτοι (σχ. 197) εἶναι σωλῆνες ὑαλῖνοι κλεισθέντες ἑκατέρωθεν διὰ

(1) Geissler (1814—1879) Γερμανὸς μηχανικὸς καὶ φυσικὸς ἐπινοήσας τοὺς σωλῆνας οὗτινες φέρουσι τὸ ὄνομά του καὶ χρησιμεύουσι διὰ τὰς ἡλεκτρικὰς ἐκκενώσεις ἐν τοῖς ἡραιωμένοις ἀερίοις.

συντήξεως καὶ πλήρεις αερίου ἢ ἀτμοῦ ὑπὸ πίεσιν ἴσην πρὸς $\frac{1}{1000}$ περίπου τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν εἶναι συντετηγμένα δύο σύρματα ἐκ λευκοχρύσου, ἅτινα χρησιμεύουσι διὰ νὰ διαβιβάζωμεν τὰς ἠλεκτρικὰς ἐκκενώσεις. Ἐὰν οἱ σωλῆνες τοῦ Geissler φέρωσιν εἰς τὸ μέσον τμήμα στενόν, ὀνομάζονται σωλῆνες τοῦ Plücker καὶ χρησιμεύουσιν εἰς τὴν φασματοσκοπίαν.



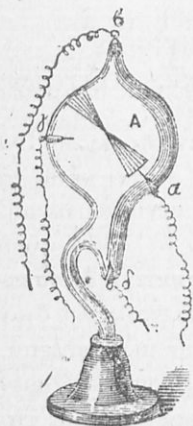
Σχ. 197. Σωλὴν Geissler.

Β) Λειτουργία. Συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff μὲ τὰ δύο σύρματα σωλῆνος, τοῦ σωλῆνος τοῦ Geissler καὶ θέτομεν τὸ πηνίον εἰς λειτουργίαν. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις γίνεται τότε διὰ μέσου τοῦ ἐγκλεισμένου αερίου καὶ προκαλεῖ ζοηράν φωσφόρησιν αὐτοῦ, τῆς ὁποίας τὸ χροῶμα ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ αερίου. Τὸ φαινόμενον καθίσταται ἔτι λαμπρότερον, ἐὰν

εἰς τὴν ὕαλον τοῦ σωλῆνος ἔχη εἰσαχθῇ καὶ ἔνωσις οὐρανίου, ὁπότε οὐ μόνον τὸ αἶριον, ἀλλὰ καὶ αὕτῃ ἡ ὕαλος φωσφορίζει κατὰ τὴν ἐκκένωσιν.

302. Σωλῆνες τοῦ Crookes⁽¹⁾

Α) Περιγραφή. Οὗτοι εἶναι δοχεῖα ὑάλινα συνήθως σφαιρικά κλειστὰ πανταχόθεν καὶ πλήρη αερίου ἢ ἀτμοῦ, φέρουσι δὲ συντετηγμένα τέσσαρα σύρματα α, β, γ, δ, ἐκ λευκοχρύσου, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἑν α φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικόν του ἄκρον μικρὸν κοῖλον δισκίον ἐκ λευκοχρύσου. Τὸ αἶριον ἢ ὁ ἀτμός εἰς τοὺς σωλῆνας τοῦ Crookes εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν πολὺ μικροτέραν καὶ ἴσην πρὸς $\frac{1}{1000000}$ περίπου τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως.



Σχ. 198. Σωλῆνες τοῦ Crookes.

Β) Λειτουργία. Συνδέομεν δύο σύρματα σωλῆνος τοῦ Crookes μὲ τοὺς δύο πόλους ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff οὗ-

(1) Crookes. Ἀγγλος φυσικὸς ἀνακαλύψας τὰς ιδιότητες τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων. Ἐπενόησε τοὺς σωλῆνάς, οἵτινες φέρουσι τὸ ὄνομά του καὶ χρησιμεύουσι διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων X.

τως, ὥστε ὁ ἀρνητικὸς πόλος τοῦ πηνίου ἢ ἡ κάθοδος, νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὸ σύρμα τὸ φέρον τὸ δισκάριον, (ἐνεκα τούτου τὸ δισκάριον καλεῖται καὶ αὐτὸ κάθοδος). Ὅταν τὸ πηνίον ἀρχίσῃ νὰ λειτουργῇ, παρατηροῦμεν εἰς τὸ ἀπέναντι τοῦ δισκαρίου, 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 εὑρίσκεται ἡ ἄνοδος τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου.

303. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες καὶ καθοδικὰ σωμάτια.

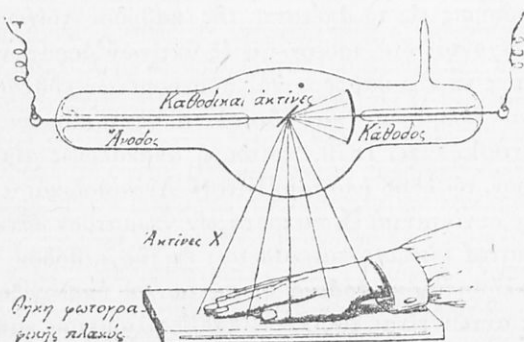
— Ἡ φωσφόρησις εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλῆνος παραδέχονται ὅτι προέρχεται ἐξ ἀκτίνων ἀοράτων, ἐκπεπομένων καθέτως ἐκ τῆς καθόδου καὶ πορευομένων εὐθυγράμμως. Αἱ ἀκτῖνες αὗται ἐκλήθησαν **καθοδικαὶ**· αἱ ἐξητάσθησαν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Crookes τῷ 1879, καίτοι ἡ ἀνακάλυψις αὐτῶν ἐγένετο πολὺ πρότερον, τῷ 1868 ὑπὸ τοῦ Hittorf. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ὑποθέτουσιν ὅτι συνίστανται ἐκ σμικροτάτων σωματίων ἠλεκτρισμένων ἀρνητικῶς, ἅτινα ἐκπέμπονται καθέτως ἐκ τῆς καθόδου. Τὰ σωμάτια ταῦτα ἐκλήθησαν **καθοδικὰ σωμάτια** καὶ ὑπολογίζουσιν ὅτι ἡ μὲν ταχύτης αὐτῶν εἶναι 10000—100000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον, ἡ δὲ μᾶζα ἐκάστου 2000 φορὰς μικροτέρα τῆς μᾶζης ἐνὸς ατόμου ὕδρογόνου.

Σημείωσις. Τὰ καθοδικὰ σωμάτια συνίστανται πιθανώτατα ἐξ ὕδρογόνου, διότι ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ὑάλου ἐναποτεθῶσι μεταλλικὰ ὀξεῖδια, ταῦτα **ἀνάγονται**, ἥτοι ἀποξειδοῦνται, καὶ ἐπανέρχονται εἰς τὴν μεταλλικὴν τὴν κατάστασιν.

304. Ὑπόθεσις τῶν ἠλεκτριόντων.— Ἵνα ἐξηγήσωσι τὴν γένεσιν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, παρεδέχθησαν ὅτι τὰ χημικὰ ἄτομα τοῦ ἠραιωμένου αἰρίου ἐν τῷ σωλῆνι τοῦ Crookes ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως **ἀφεταιρίζονται**, ἥτοι ἀποσυντίθενται εἰς σωμάτια 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 **ἠλεκτριόντα**.

308. Ἀκτῖνες X ἢ ἀκτῖνες τοῦ Röntgen⁽¹⁾. — Ὁ Röntgen, κατὰ τὸ 1895 ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοῖ-
χωμα τοῦ δοχείου, ἐπὶ τοῦ ὁλοίου προσπίπτουσιν αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖ-
νες, καθίσταται κέντρον ἐκπομπῆς νέου εἶδους 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 ὑά-



Σχ. 199. Τρόπος παραγωγῆς ἀκτίνων τοῦ Röntgen.

λινα δοχεῖα συνήθως σφαιρικά (σχ. 199), εἰς τὰ ὁποῖα ἡ πίεσις τοῦ
αερίου εἶναι $\frac{1}{1000000}$ τῆς ἀτμοσφ. πίεσεως (σωλῆνες Crookes). Ὡς
κάθοδος χρησιμεύει μικρὸν κοῖλον δισκάριον ἐκ λευκοχρύσου καὶ ὡς
ἄνοδος λεπτὸν ἔλασμα ἐπίσης ἐκ λευκοχρύσου, ὅπερ τοποθετεῖται
ἀπέναντι τῆς καθόδου εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος αὐτῆς καὶ ὑπὸ
κλίσιν 45° ὡς πρὸς τὸν ἄξονά της. Τὸ ἔλασμα τοῦτο καλεῖται ἀντι-
κάθοδος. Τοιουτοτρόπως αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες, ἀναχωροῦσαι ἐκ τῆς
καθόδου συγκεντροῦνται διὰ τοῦ δισκαρίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου,
ἐνθα προκαλοῦσι τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen. Τὰ
δοχεῖα ταῦτα τίθενται εἰς λειτουργίαν διὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου
τοῦ Runkorff.

(1) Röntgen. Γερμανὸς φυσικὸς γεννηθεὶς τῷ 1845, γνωστὸς κυρίως ἐκ
τῆς ἀνακαλύψεως τῶν ἀκτίνων X, αἵτινες φέρουσι τὸ ὄνομά του.

306. Ἰδιότητες τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες παρουσιάζουσι τὰς ἐξῆς σπουδαιοτάτας ιδιότητας.

1ον. *Μεταδίδονται εὐθύγραμμως καὶ ἐκπέμπονται καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς καθόδου.*

2ον. *Μεταφέρουσιν ἡλεκτρισμὸν ἀρνητικόν.*

3ον. *Ἐκτρέπονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μαγνήτου ἢ ἡλεκτρικοῦ σώματος.*

4ον. *Μεταφέρουσιν ἐνέργειαν, ἣτις ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρων μορφῶν ἐπὶ τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουσι (φωσφόρησις, θέρμανσις, κίνησις).*

5ον. *Καθιστῶσι τὸν περίξ ἀέρα εὐηλεκτραγωγὸν καὶ ἀπηλεκτρίζουσι τὰ ἡλεκτρισμένα σώματα, καὶ*

6ον. *Προσπίπτουσαι ἐπὶ σωμάτων καθιστῶσιν αὐτὰ πηγὴν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen.*

307. Ἰδιότητες τῶν ἀκτίνων Röntgen.—Αἱ ἀκτίνες Röntgen παρουσιάζουσι τὰς ἐξῆς σπουδαιοτάτας ιδιότητας.

1ον. *Μεταδίδονται πάντοτε εὐθύγραμμως, χωρὶς ποτὲ νὰ ἀνακλῶνται ἢ νὰ διαθλῶνται.*

2ον. *Δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μαγνήτου ἢ ἡλεκτρικοῦ σώματος.*

3ον. *Καθιστῶσι τὸν περίξ ἀέρα εὐηλεκτραγωγὸν καὶ ἀπηλεκτρίζουσι τὰ ἡλεκτρισμένα σώματα.*

4ον. *Προσβάλλουσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας.*

5ον. *Προκαλοῦσι τὴν φωσφόρησιν σωμάτων τινῶν καὶ ἰδίως τοῦ κυανιοῦχου βαρυσλευκοχρύσου. Οὕτω διάφραγμα ἐκ χάρτου κεκαλυμμένου διὰ κυανιοῦχου βαρυσλευκοχρύσου, ἐκτιθέμενον ἐν τῷ σκότει εἰς τὰς ἀκτίνας τοῦ Röntgen φωσφορίζει ζωηρῶς ⁽¹⁾ 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.*

308. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen.—Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ιδιοτήτων τῶν ἀκτίνων Röntgen αἱ τορεῖς τελευταῖαι

(1) Αἱ ἰδιότητες 4 καὶ 5 συνετέλεσαν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen.

ἐφαρμόζονται σήμερον εἰς τὴν ἀκτινοσκοπίαν καὶ τὴν ἀκτινογραφίαν.

α) **Ἀκτινοσκοπία.** Ἐὰν μετὰ τοῦ δοχείου τοῦ ἐκπέμποντος τὰς ἀκτῖνας Röntgen καὶ τοῦ διαφράγματος μὲ τὸν κυανιοῦχον βαρουλενοχόχρουν παρανθέσωμεν σῶμα μὴ περατὸν ὑπὸ τῶν ἀκτίνων



Σχ. 200. Ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία χειρός.

τοῦ Röntgen, θὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος ἡ σκιά τούτου, ἐνῶ τὸ λοιπὸν μέρος τοῦ διαφράγματος θὰ φωσφορίζῃ. Οὕτω, ἐὰν παρανθέσωμεν π. χ. τὴν χειρὰ μας, σχηματίζεται ἡ σκιά μόνον τῶν ὀστέων αὐτῆς οὐχὶ δὲ καὶ ἡ τῶν σαρκῶν (σχ. 200), διότι αἱ σάρκες εἶναι περαταὶ ὑπὸ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ τοιαύτη μέθοδος, καθ' ἣν ἐξετάζονται τὰ ἀντικείμενα δι' αἰέσου παρατηρήσεως τῶν εἰκόνων αὐτῶν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος τοῦ κυανιοῦχου βαρουλενοχόχρου, καλεῖται **ἀκτινοσκοπία**.

β) **Ἀκτινογραφία.** Ἐπὶ τραπέζης τοποθετοῦμεν φωτογραφικὴν πλάκα, εὗρισκομένην ἐντὸς ξυλίνης θήκης ἢ περιβεβλημένην καλῶς διὰ μέλανος χάρτου (διότι τὰ σώματα ταῦτα εἶναι περατὰ ὑπὸ τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen), ἐπ' αὐτῆς ἐφαρμόζομεν τὴν χειρὰ μας (σχ. 199) καὶ ἐκθέτομεν ἔπειτα ἐπὶ τινι δευτερόλεπτα εἰς τὴν ἐπίδρασιν 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 ἐξετάζονται τὰ ἀντικείμενα διὰ τῆς φωτογραφήσεως αὐτῶν καλεῖται **ἀκτινογραφία**.

Ἡ ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία ἀποτελοῦσι σήμερον ἰδιαίτερον κλάδον ἐν τῇ ἱατρικῇ, ὅστις καλεῖται **ἀκτινολογία**. Αὕτη μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐξετάζωμεν τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος καὶ νὰ ἀνακαλύπτωμεν ἐν αὐτῷ ἀνωμαλίας, ὀφειλομένας εἰς ἀσθένειαν, ἢ δυστύχημα, ἢ τραῦμα. Οὕτω 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 ὀρίπτουσι. Ἐὰν δὲ ὁστοῦν τι

ἔχη ποσὴν θραύσιν, ἢ εἰκὼν παρουσιάζει λύσιν τῆς συνεχείας αὐτοῦ καὶ μᾶς γνωρίζει τὰς λεπτομερείας τοῦ δυστυχήματος.

γ) **Ἀκτινοθεραπεία.** Αἱ ἀκτίνες 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 δέρμα εἰς τὴν ἐνέργειαν τῶν ἀκτίνων τούτων, δύνатаι νὰ ἐπιφέρῃ καὶ σοβαρώτατα δυστυχήματα, δι' ὃ καὶ πειραματισταὶ ἐκτιθέμενοι ἐπὶ μακρὸν χρόνον εἰς τὴν ἐνέργειαν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἔπασαν θύματα τῆς ἀκτινοθεραπείας.

309. Ἀκτινεέργεια. Σώματα ἀκτινεργά.— Μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen ὁ Becquerel (¹) τῷ 1896 ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ στοιχεῖον **οὐράνιον**, τὰ ὀρυκτὰ ἐξ ὧν ἐξάγεται τοῦτο, καθὼς καὶ αἱ ἐνώσεις αὐτοῦ, ἐκπέμπουσιν αὐτομάτως ἀκτῖνας ἀοράτους, αἵτινες παρουσιάζουσιν ιδιότητας ἀναλόγους πρὸς τὰς τῶν ἀκτίνων τοῦ Röntgen, ἥτοι προσβάλλουσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, διαπερῶσι σκιερὰ σώματα, ἀπληκτρίζουσιν ἠλεκτρισμένα σώματα κλπ. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου καὶ ἕτερον στοιχεῖον, καλούμενον **θόριον**, εὗρέθη ὅτι ἐκπέμπει παρομοίας ἀκτῖνας.

Τὰς ἐρεῦνας τοῦ Becquerel ἐπεξέτεινε κατόπιν ὁ Γάλλος φυσικὸς Curie (²) καὶ ἡ κυρία του, οἵτινες ἀνεκάλυψαν ὅτι τὸ ὀρυκτὸν πισσουρανίτης (ἐξ οὗ ἐξάγεται τὸ οὐράνιον) εἶναι σχετικῶς περισσότερον ἀκτινεργὸν τοῦ οὐρανίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀπέδωκαν εἰς τὴν ὑπαρξίν ἄλλων ἀκτινεργῶν σωμάτων ἐν τῷ πισσουρανίτῃ, καὶ ἡσχολήθησαν ἐπὶ μακρὸν χρόνον εἰς τὸν ἀποχωρισμὸν αὐτῶν. Οὕτω ἀνεκάλυψαν ἐν τῷ πισσουρανίτῃ δύο νέα στοιχεῖα, ἅτινα ἐκάλεσαν τὸ μὲν **πολώνιον**, τὸ δὲ **ράδιον**. Ἐν τῷ αὐτῷ ὀρυκτῷ ἀνευρέθη καὶ ἕτερον ἀκτινεργὸν στοιχεῖον, κληθὲν **ἀκτίνιον**.

(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 συγγράφας ἀξιολόγους ἐργασίας περὶ ῥαδίου.

Ἡ ιδιότης αὕτη, τὴν ὁποίαν ἔχουσι σώματά τινα νὰ ἐκπέμπουσιν αὐτομάτως ἀκτῖνας ἀοράτους, ἐκλήθη **ἀκτινενέργεια**, τὰ δὲ σώματα, ἅτινα ἔχουσι τοιαύτην ιδιότητα ἐκλήθησαν **ἀκτινεργά**. Τοιαῦτα σώματα εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ θόριον, τὸ πολώνιον, τὸ ῥάδιον, τὸ ἀκτίνιον καὶ ἄλλα. Ἐκ τούτων τὸ μᾶλλον ἀξιοσημεῖωτον εἶναι τὸ ῥάδιον, ὅπερ εἶναι 300.000 φορές ἀκτινεργώτερον τοῦ οὐρανίου.

310. Ἰδιότητες τοῦ ῥαδίου. Τὸ ῥάδιον ἐν καθαρᾷ καταστάσει ἀπεμονώθη τῷ 1910 ὑπὸ τῆς κ. Curie καὶ τοῦ Debierne διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως χλωριούχων ἀλάτων αὐτοῦ. Τοιοτοτρόπως εὐρέθη, ὅτι τὸ ῥάδιον εἶναι μέταλλον διατομικόν, ἀνάλογον πολὺ πρὸς τὸ βάριον. Αἱ ὑπ' αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες παρουσιάζουσι τὰς ἐξῆς ιδιότητας· προσβάλλουσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, ἐπιφέρουσι χημικὰς δράσεις, προκαλοῦσι τὴν φωσφόρησιν καὶ τὴν χρῆσιν διαφόρων σωμάτων, καὶ ἐπιδρῶσιν ἐπὶ τῶν ὀργανικῶν ἰσθῶν, τοὺς ὁποίους καὶ καταστρέφουσιν, ἔνεκα τῆς διεισδυτικῆς ἱκανότητος αὐτῶν. Ἡ τελευταία αὕτη ιδιότης τῶν ἀκτίνων τοῦ ῥαδίου χρησιμοποιεῖται σήμερον ἐν τῇ θεραπευτικῇ (ῥαδιοθεραπεία). Ἀξιοσημεῖωτος εἶναι καὶ ἡ διαρκὴς ἀνάπτυξις θερμότητος ὑπὸ τοῦ ῥαδίου, ἣτις ἀνέρχεται εἰς 120 περίπου θερμίδας ἀνὰ γραμμάριον ῥαδίου καὶ καθ' ὥραν.

Αἱ ἀκτῖνες τοῦ ῥαδίου δὲν εἶναι ὁμογενεῖς, ἀλλὰ σύνθετοι, ἀποτελούμεναι ἐκ τριῶν διαφόρων εἰδῶν ἀκτίνων, αἷτινες ἐκλήθησαν **ἀκτῖνες α**, **ἀκτῖνες β**, καὶ **ἀκτῖνες γ**. Ἐκ τούτων αἱ ἀκτῖνες α συνίστανται ἐκ μικροτάτων σωματίων ἠλεκτρισμένων θετικῶς, αἱ ἀκτῖνες β ἐκ σωματίων ἠλεκτρισμένων ἀρνητικῶς καὶ ἐπομένως εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας, καὶ τέλος αἱ ἀκτῖνες γ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτῖνας τοῦ Röntgen.

Ἡ περαιτέρω μελέτη καὶ ἔρευνα τοῦ στοιχείου τούτου ἀνεκάλυψε καὶ νέας ιδιότητας αὐτοῦ. Οὕτως εὐρέθη ὅτι τὸ ῥάδιον ἐκπέμπει ὑπὸ μορφήν ἀερίου σῶμα ἀκτινεργόν, ὅπερ ἐκλήθη **ἐκπομπή** ἢ **αἰγλοβολία**. Ἡ ἐκπομπὴ αὕτη, καθὼς παρετήρησεν ὁ Ramsay ⁽¹⁾, μετὰ τινος ἡμέρας μεταβάλλεται εἰς νέον στοιχεῖον, τὸ **ἥλιον**. Ὁμοίως ἀνεῦρεν ὅτι ἡ ἐκπομπή, ἐπιδρῶσα ἐπὶ διαφόρων σωμάτων

(1) Ramsay. Ἀγγλος χημικὸς γεννηθεὶς τῷ 1852. Ἀνεκάλυψε ἐν τῷ αέρι τὴν ὑπαρξίν νέον στοιχείον (ἡλίου, ἀργοῦ, κρυπτοῦ).

δύνανται νὰ παραγάγῃ νέα στοιχεῖα, ὅπως λ. χ. τὸ **ἀργόν**, τὸ **νέον** καὶ τὸ **λίθιον**. Οὕτω διὰ τῆς ἐνεργείας τοῦ ῥαδίου εἶναι δυνατὴ ἡ μεταστοιχείωσις πολλῶν στοιχείων.

311. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων τοῦ ῥαδίου. Α)
Ῥαδιοθεραπεία. Αἱ ἀκτίνες τοῦ ῥαδίου ἔχουσι τὴν ιδιότητα νὰ προσβάλλωσι τὰ ζωικὰ κύτταρα, ἰδίᾳ τὰ ἐπιδερμικά, καὶ νὰ προκαλῶσι δερματίτιδας διαφόρων βαθμῶν, αἷτινες καταλλήλως κατανισζόμεναι δύνανται νὰ ἐπιφέρωσιν τὴν θεραπείαν, ἢ τὴν βελτίωσιν σοβαρῶν τινῶν νόσων καὶ κυρίως τοῦ lupus καὶ τοῦ καρκίνου τοῦ δέρματος. Ἡ τοιαύτη μέθοδος θεραπείας καλεῖται **ῥαδιοθεραπεία**, καὶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν **ἀκτινοθεραπείαν**. Πρὸς ἐφαρμογὴν τῆς ῥαδιοθεραπείας γίνεται χρῆσις ἀλάτων τοῦ ῥαδίου, ἅτινα ἐγκλείονται ἐντὸς ὑαλίνου σωλῆνος.

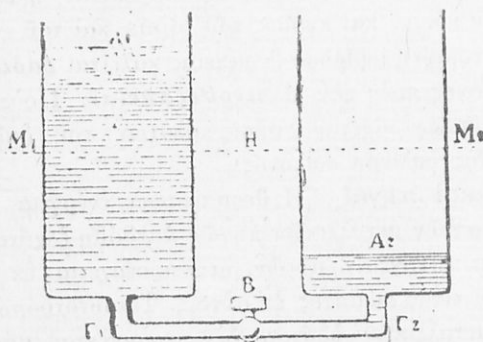
Β) Ἰαματικαὶ πηγαί. Ἡ θεραπευτικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχουσι τὰ ὕδατα τῶν μεταλλικῶν πηγῶν ἀπεδόθη ἐσχάτως ὑπὸ πολλῶν εἰς τὴν ἀκτινενέργειαν αὐτῶν, ἣτις προέρχεται ἐκ τῆς παρουσίας ἀκτινεργοῦ τινος σώματος ἐν αὐτοῖς. Τοιουτοτρόπως σήμερον ἡ ἔρευνα τῶν μεταλλικῶν ὑδάτων δὲν περιορίζεται μόνον εἰς τὸν καθορισμὸν τῆς χημικῆς συστάσεως αὐτῶν, ἀλλὰ καὶ τοῦ βαθμοῦ τῆς ἀκτινεργείας αὐτῶν. Ἀκτινενέργειαν κέκτηνται πολλαὶ τῶν ἐν Ἑλλάδι πηγῶν καὶ μάλιστα τῆς Αἰδηψοῦ καὶ τοῦ Λουτρακίου, αἷτινες δύνανται νὰ συγκριθῶσι κατὰ τοῦτο πρὸς τὰς πεφημισμένας ἑνάς ἱαματικὰς πηγάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ. — ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ

312. Παλμικὴ ἐκκένωσις πυκνωτοῦ. Α) Ὑδραυλικά φαινόμενα. Θεωρήσωμεν δύο δοχεῖα M_1 καὶ M_2 (σχ. 201) ἅτινα συγκοινωνοῦσι μεταξύ των διὰ **χονδροῦ καὶ βραχέος** σωλῆνος κλειομένου διὰ στρόφιγγος, καὶ περιέχουσιν ὕδωρ εἰς ὑψηλὰ διάφορα. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα ἀποτόμως, τὸ ὕδωρ θέλει ἐκτελέσει σειρὰν μεταγγίσεων ἐκ τοῦ ἑνὸς δοχείου πρὸς τὸ ἕτερον, **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**, Κ. Σαμωτάκη δ' Γυμν. ἔκδ. α'

καὶ θὰ ῥέῃ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ὅτε κατὰ τὴν μίαν διεύθυνσιν, ὅτε κατὰ τὴν ἄλλην, ἥτοι θὰ σχηματισθῇ ἐν τῷ σωλῆνι ῥεῖμα ὕδατος, τὸ ὁποῖον θὰ εἶναι **ἐναλλασσόμενον**. Ἐὰν δὲ παρατηρήσωμεν τὰς ἐλευθέρως ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ εἰς τὰ δύο δοχεῖα, θὰ ἴδωμεν ὅτι αὗται 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 μᾶλ-



Σχ. 201. Παλμικὴ κίνησις ὕδατος.

λον καὶ μᾶλλον ἐλαττούμενον. Ἡ τοιαύτη κίνησις τοῦ ὕδατος δύναται νὰ ὀνομασθῇ **παλμική**.

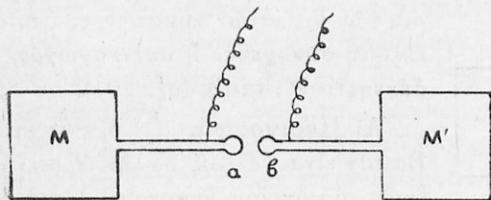
Β) **Ἡλεκτρικὰ φαινόμενα**. Ἀνάλογον φαινόμενον συμβαίνει πολλάκις καὶ κατὰ τὴν ἐκκένωσιν συμπυκνωτοῦ, καθὼς ἀπέδειξε τὸ πρῶτον ὁ Feddersen. Πράγματι, ἐὰν ἐνώσωμεν διὰ **χονδροῦ καὶ βραχέος** ἀγωγοῦ τοὺς δύο ὀπλισμοὺς συμπυκνωτοῦ, πεπληρωμένου ἡλεκτρικῶς, ὁ ἀγωγὸς θὰ διαρρέεται ὑπὸ ῥεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ εἶναι ἐναλλασσόμενον. Ἴνα δὲ παρακολουθήσωμεν τὰς ἐναλλαγὰς τοῦ ῥεύματος, πρέπει ὁ ἀγωγὸς νὰ ἔχῃ μικρὰν διακοπὴν. Ἐν τῇ διακοπῇ ταύτῃ θὰ ἐκρήγνυνται σπινθῆρες κατὰ τὴν ἐκκένωσιν τοῦ συμπυκνωτοῦ, τοὺς ὁποίους, ἐὰν ἐξετάσωμεν διὰ περιστρεφομένου κατόπτρου καὶ διὰ τῆς φωτογραφήσεως, θὰ ἀνεύρωμεν ὅτι δὲν εἶναι εἰς καὶ μόνον σπινθῆρ, ἀλλὰ **σειρὰ** μικρῶν σπινθῆρων, οἵτινες εἶναι ἐναλλασσόμενοι καὶ ἀνάλογοι πρὸς τὰς παλμικὰς κινήσεις παλλομένου ἐλάσματος καὶ πρὸς τὰς αἰωρήσεις κινουμένου ἐκκρεμοῦς.

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 δευτερόλεπτον δύναται νὰ εἶναι μέγιστος, ἑκατομμύρια ὁλόκληρα (λίαν ὕψισυχα ρεύματα).

313. Πειράματα τοῦ Hertz. Ἡλεκτρικὰ κυμάνσεις. Ὁ Hertz ⁽¹⁾ κατώρθωσε νὰ παραγάγῃ λίαν ὕψισυχα ρεύματα δι' εἰδικῆς συσκευῆς, ἀποτελουμένης ἐκ δύο ἴσων μεταλλίνων σφαιρῶν ἢ πλακῶν M καὶ M' (σχ. 202), αἵτινες συνεδέοντο διὰ στελέχους εὐηλεκτραγωγοῦ. Εἰς τὸ μέσον τοῦ στελέχους τούτου ὑπῆρχε



Σχ. 202. Ἐκκενωτὴς τοῦ Hertz.



Σχ. 203. Ἡλεκτρικὸς συντονιστὴς τοῦ Hertz.

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 *ἐκκενωτὴς* τοῦ Hertz. Ἐξετάζων δὲ τὸ περίεξ τοῦ ἐκκενωτοῦ διάστημα διὰ μεταλλίνου δακτυλίου (σχ. 203) ἔχοντος μικρὰν διακοπὴν εἰς τι σημεῖον, καὶ τοῦ ὁποίου τὸ μὲν ἓν ἄκρον ἔφερε μεταλλινὸν σφαιρίδιον τὸ δὲ ἕτερον ἀκίδα, ἥτις τῇ βοηθείᾳ κοιλίου ἠδύνατο νὰ πλησιάζῃ ἢ νὰ ἀπομακρύνεται τοῦ σφαιριδίου, παρετήρει ὅτι ἐν τῇ διακοπῇ παρήγοντο ἠλεκτρικοὶ σπινθήρες. Ὁ δακτύλιος οὗτος ἐκλήθη *ἠλεκτρικὸς συντονιστὴς*, καὶ ἐδείκνυε διὰ τῶν σπινθήρων τὴν ὑπαρξίν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐν τῷ δακτυλίῳ.

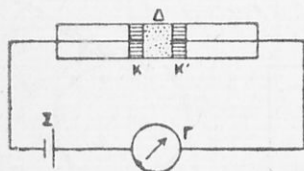
Πρὸς ἐξήγησιν τῶν φαινομένων τούτων ὁ Hertz παρεδέχθη, ὅτι

(1) Hertz (1857—1894). Γερμανὸς σοφός, ὅστις κατέδειξε τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν διάδοσιν τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάνσεων, αἵτινες ἐκ τοῦ ὀνόματός του καλοῦνται καὶ ἑρτζιανὰ κύματα.

κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἔκκενωτοῦ παράγονται περίξ 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 αὐταὶ κυμάνσεις καλοῦνται καὶ *ἐρτζιανὰ κύματα*, πρὸς τιμὴν τοῦ Hertz, ὁ δὲ περίξ τοῦ ἔκκενωτοῦ χώρος, ἐν τῷ ὁποίῳ ἐκδηλοῦται ἡ ἐνέργεια αὐτῶν, ἐκλήθη *ἐρτζιανὸν πεδίον*.

Συμπέρασμα. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἔκκενωτοῦ τοῦ Hertz παράγονται εἰς τὸν περίξ αὐτοῦ χώρον ἠλεκτρικαὶ κυμάνσεις ἢ ἐρτζιανὰ κύματα.

314. Δέκτης τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων ὑπὸ Branly.
— Ὁ Branly (1) ἐπενόησεν ὄργανον λίαν εὐπαθὲς διὰ τὴν ἀνίχνευ-



Σχ. 204. Δέκτης τοῦ Branly

σιν τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη *συννοχέως*, ἢ *ἀκτιναγωγός*, ἢ *δέκτης* τοῦ Branly (σχ. 204).

Α) Περιγραφή. Ὁ δέκτης τοῦ Branly εἶναι ὑάλινος σωλὴν Δ, στενός, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχουσι λεπτὰ ῥιζήματα μετάλλου (νικελίου ἢ ἀργύρου), ἐλάχιστον ὥξειδωμένα 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 ῥιζήματα παρουσιάζουσιν ἀτελεῖς ἐπαφάς. Τὸ ὄργανον τοῦτο παρουσιάζει λίαν περιέργους ιδιότητες, τὰς ὁποίας θὰ γνωρίσωμεν 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 οὕτω ὅτι τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τῆς στήλης τῶν ῥιζημάτων, καίτοι ἕκαστον τεμάχιον ταύτης εἶναι εὐηλεκτραγωγόν. Ἡ στήλη λοιπὸν τῶν ῥιζημάτων παρουσιάζει μεγάλην ἀντίστασιν. Ἐὰν ὁμως εἰς τινα ἀπόστασιν λειτουργήσῃ ἔκκενωτὴς τοῦ Hertz καὶ παραγάγῃ ἠλεκτρικὰς κυμάνσεις, αὐτοστιγμὴ ἡ βελὼνὴ τοῦ γαλ-

(1) Branly. Γάλλος φυσικὸς γεννηθεὶς τῷ 1846. Ἀνεκάλυψε τὸν ἀκτιναγωγὸν ἢ *συννοχέα*, ὅστις ἔλαβε τὸ ὄνομά του.

βανομέτρου ἐκτρέπεται, δεικνύουσα οὕτω τὴν δίοδον ῥεύματος. Ἡ ἀντίστασις λοιπὸν τῆς στήλης ἡλαττώθη σημαντικῶς. Ἡ δίοδος τοῦ ῥεύματος ἐξακολουθεῖ καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τῶν ἡλεκτρικῶν κυμάνσεων. Ἐὰν ὅμως κρούσωμεν ἀποτόμως τὸν σωλῆνα τῶν ῥινημάτων, ταῦτα ἀναλαμβάνουσιν ἀμέσως τὴν προτέραν ιδιότητα αὐτῶν, ἥτοι παρουσιάζουσι πάλιν ἀντίστασιν, καὶ τὸ ῥεῦμα διακόπτεται.

Συμπέρασμα. Τὰ μεταλλικὰ ῥινήματα, ὅταν δέχωνται ἡλεκτρικὰς κυμάνσεις, παρουσιάζουσιν ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα, τὴν ὁποίαν διατηροῦσι καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τῶν κυμάνσεων, ἀποβάλλουσι δὲ ταύτην, ὅταν κρούεται ὁ σωλὴν.

Σημείωσις. Πλὴν τοῦ δέκτου τοῦ Branly ἐπενοήθησαν καὶ ἄλλοι δέκται τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων, λίαν εὐπαθεῖς, οἵτινες χρησιμοποιοῦνται ἰδίᾳ εἰς τὰς μεγάλας ἀποστάσεις (τοιοῦτος εἶναι ὁ καλούμενος *ἡλεκτρολυτικὸς δέκτης*). Εἰς τοὺς δέκτας τούτους προστίθεται καὶ τηλεφώνον, ἔνεκα τοῦ ὁποίου καὶ *τηλεφωνικοὶ δέκται* καλοῦνται. Εἰς τούτους τὰ σημεῖα τοῦ Morse, τὰ εἰς τὸν πομπὸν διὰ τῶν ἡλεκτρικῶν σπινθήρων παραγόμενα, γίνονται ἀντιληπτὰ τῇ βοήθειᾳ τοῦ τηλεφώνου, τὸ ὁποῖον ἐφαρμοζόμεν εἰς τὰ ὧτά μας.

315. — Ἰδιότητες τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων. Τὰ ἐρτζιανὰ κύματα παρουσιάζουσι τὰς ἐξῆς ιδιότητας :

1ον. Διαδίδονται μετὰ ταχύτητος ἴσης πρὸς τὴν τοῦ φωτός (300000 χιλιόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον).

2ον. Δύνανται νὰ ὑποστῶσιν ἀνάκλασιν ὅπως καὶ τὸ φῶς.

3ον. Δύνανται νὰ ὑποστῶσιν διάθλασιν ὅπως καὶ τὸ φῶς.

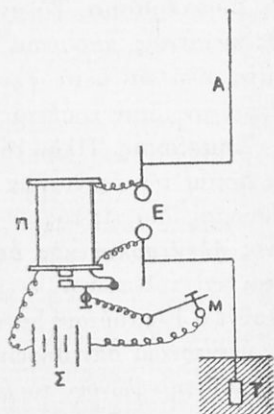
4ον. Διαδίδονται διὰ μέσου τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων, καθ' ὅσον τοῖχος ἐκ λίθων οὐδόλως σταματᾷ αὐτά, τοῦναντίον μεταλλικὴ ἐπιφάνεια, ἔστω καὶ λεπτοτάτη, διακόπτει τὴν περαιτέρω πορείαν αὐτῶν.

Τὰ ἐρτζιανὰ λοιπὸν κύματα παρουσιάζουν ιδιότητας ἀναλόγους πρὸς τὰς τοῦ φωτός. Τὰ κύματα ταῦτα εἶναι, ὅπως καὶ τὸ φῶς, παλμικαὶ κινήσεις τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος, αἵτινες παρουσιάζουσι μῆκος κύματος μεγαλύτερον ἐν τῇ περιπτώσει τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων παρὰ ἐν τῇ περιπτώσει τοῦ φωτός.

316. — Ἀσύρματος τηλεγράφος. — Α) Περιγραφή. Ὁ ἀσύρματος τηλεγράφος εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ συνεννοώμεθα ἐξ ἀποστάσεως ἄνευ τηλεγραφικῆς γραμμῆς. Ἀνε-

καλύφθη τῷ 1896 ὑπὸ τοῦ Marconi ⁽¹⁾ δι' ὃ καὶ τηλέγραφος τοῦ Marconi καλεῖται, καὶ βασίζεται, ἀφ' ἑνὸς ἐπὶ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων καὶ ἀφ' ἑτέρου ἐπὶ τῶν ιδιοτήτων τοῦ δέκτου τοῦ Branly. Ἐκαστος σταθμὸς ἀσυρμάτου τηλεγράφου περιλαμβάνει δύο κυρίως μέρη· τὸν πομπὸν καὶ τὸν δέκτην.

Πομπός. Οὗτος χρησιμεύει πρὸς παραγωγὴν τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων καὶ ἀποτελεῖται ἐξ ἐπαγωγικοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff Π (σχ 205), εἰς τὸ ὁποῖον εἰσάγομεν τὸ ἡλεκτρικὸν ῥεῦμα συστοιχίας συσσωρευτῶν Σ διὰ τινος χειριστηρίου Μ, ὁμοίου πρὸς τὸ τοῦ τηλεγράφου τοῦ Morse. Οἱ πόλοι τοῦ πηνίου συνδέονται μετὰ τῶν σφαιρῶν ἑνὸς ἔκκενωτοῦ τοῦ Hertz Ε. Ἰνα δὲ τὰ ἐρτζιανὰ κύματα ἀποστέλλωνται εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, ἡ μία τῶν σφαιρῶν τοῦ ἔκκενωτοῦ συγκοινωνεῖ μετὰ τῆς γῆς Τ, ἡ δὲ ἑτέρα μεθ' ἑνὸς ἱστοῦ Α. Ὁ ἀπλούστερος τῶν ἱστῶν ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς μεταλλικοῦ σύρματος, ὅπερ ἀνυψοῦται κατακορύφως ἐν τῷ αἰέρι καὶ εἶναι ἡλεκτρικῶς μεμονωμένον ἀπὸ τῆς γῆς. Τὸ μῆκος τοῦ ἱστοῦ ἔχει σπουδαίαν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς ἀκτίνος ἐνεργείας τοῦ σταθμοῦ, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἰσχὺς τῶν μηχανημάτων τοῦ σταθμοῦ.



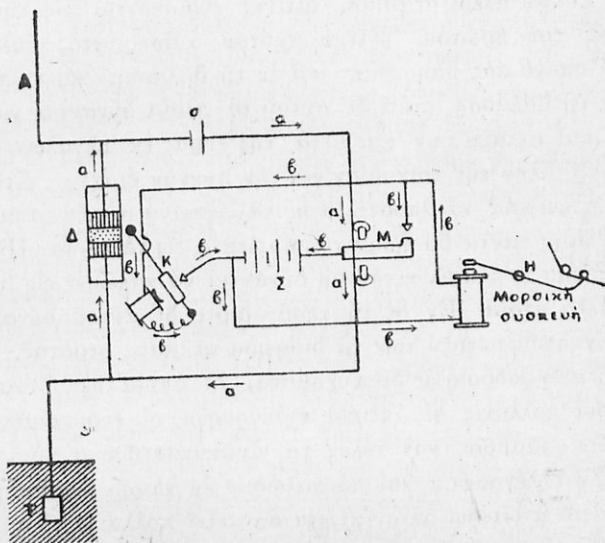
Σχ. 205. Πομπὸς ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

Δέκτης. Οὗτος χρησιμεύει πρὸς παραλαβὴν τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων καὶ ἀποτελεῖται κυρίως ἐξ ἑνὸς δέκτου τοῦ Branly Δ (σχ. 206), οὗτινος τὸ ἐν ἡλεκτροδίων συγκοινωνεῖ μετὰ τῆς γῆς Τ, καὶ τὸ ἕτερον μὲθ' ἑνὸς κατακορύφου ἱστοῦ Α, ὅστις συλλέγει τὰ κύματα καὶ τὰ διοχετεύει εἰς τὸν δέκτην τοῦ Branly. Ὁ δέκτης οὗτος παρεντίθεται εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον μικρὰν ἡλεκτρικὴν στήλην σ καὶ μικρὸν ἡλεκτρομαγνήτην Μ, ὅστις χρησιμεύει διὰ νὰ κλείῃ τὸ κύκλωμα δευτέρας τοπὶ ἧς στήλης ἰσχυρᾶς Σ, διὰ τῆς ὁποίας λειτουργεῖ, ἀφ' ἑνὸς πλήρης Μορσικὴ συσκευή Η καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡλεκτρι-

(1) Marconi. Ἰταλὸς ἡλεκτρολόγος γεννηθεὶς τῷ 1875, διάσημος διὰ τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

κὸς κώδων K με πλῆκτρον, τὸ ὁποῖον κρούει τὸν σωλῆνα τοῦ δέκτου τοῦ Branly.

Β) Λειτουργία. Ὑποθέσωμεν ὅτι πιέζεται ἡ λαβὴ τοῦ χειριστηρίου τοῦ πομποῦ. Ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες ἐναλλασσόμενοι θέλουσι παραχθῇ τότε μεταξὺ τῶν σφαιρῶν τοῦ ἐκκενωτοῦ, οἷτινες θὰ παραγάγωσιν ἡλεκτρικὰς κυμάνσεις. Αὗται ἐκπέμπονται ἐκ τοῦ



Σχ. 206. Δέκτης ἀσυρμάτων τηλεγράφου.

ἄκρον τοῦ ἱστοῦ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, συναντῶσι τὸν ἴστον τοῦ ἄλλου σταθμοῦ συλλαβάνονται ὑπ' αὐτοῦ καὶ διοχετεύονται εἰς τὸν δέκτην τοῦ Branly, οὔτινος τὰ ῥινῆματα ἀποκτῶσι τότε ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα. Τότε ὅμως κλείεται τὸ κύκλωμα τῆς δευτέρας τοπικῆς στήλης Σ, ἣτις θέτει εἰς λειτουργίαν τὴν Μορσικὴν συσκευὴν καὶ τὸν κώδωνα με τὸ πλῆκτρον. Τοιοῦτο τρόπον ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας καταγράφεται μία στιγμή καὶ τὸ πλῆκτρον ἐπιφέρει μίαν κροῦσιν, ἐὰν ἡ λαβὴ τοῦ χειριστηρίου ἐπιέσθῃ ἐπὶ μίαν χρονικὴν στιγμὴν, τοῦναντίον, ἐὰν αὕτη ἐπιέσθῃ ἐπὶ περισσότερον χρόνον, καταγράφεται ἐπὶ τῆς ταινίας σειρὰ στιγμῶν, κειμένων λίαν πλησίον ἀλλήλων, καὶ τὸ πλῆκτρον ἐπιφέρει ἐπανειλημμένας κρούσεις. Τοιοῦτοτρόπως ἐν τῷ ἀσυρμάτῳ τηλεγράφῳ δυνά-

μεθὰ νὰ ἀναπαραγάγωμεν τὰ συνθηματικά σημεῖα τοῦ Μορσικοῦ ἀλφαβήτου.

317. Πλεονεκτήματα καὶ μειονεκτήματα ἀσυρμάτου τηλεγράφου. Μέγα πλεονέκτημα τοῦ ἀσυρμάτου τηλεγράφου εἶναι, ὅτι τὰ ἐρτζιανὰ κύματα ἐνὸς σταθμοῦ μεταδίδονται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ τὰ δεχθῶσι συγχρόνως πολλοὶ ἄλλοι σταθμοί, οἵτινες εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀκτῖνα ἐνεργείας τοῦ πρώτου. Ἐνεκα τούτου ὁ ἀσύρματος τηλεγράφος παρέχει σπουδαίας ὑπηρεσίας καὶ ἐν τῇ θαλάσῃ καὶ ἐν τῇ ξηρᾷ. Ἐν μὲν τῇ θαλάσῃ, διότι δι' αὐτοῦ τὰ πλοῖα δύνανται νὰ ἐπικοινωνῶσι καὶ μεταξύ των καὶ μετὰ τῆς ξηρᾶς ἐκ μεγάλων ἀποστάσεων, παρ' ὅλην τὴν τρικυμίαν καὶ τὴν πυκνὴν ὁμίχλην, ἣτις ἐμποδίζει τοὺς φάρους νὰ ἀποστέλλωσι τὰ φωτεινὰ αὐτῶν σημεῖα, καὶ μάλιστα ὅταν ταῦτα θὰ ἦσαν χρησιμώτατα εἰς τὰ πλοῖα. Πλὴν τούτου τὰ πλοῖα ἐν καιρῷ κινδύνου δύνανται νὰ καλῶσιν εἰς βοήθειαν αὐτῶν ἄλλα πλοῖα. Ἐν δὲ τῇ ξηρᾷ, διότι δι' αὐτοῦ δύνανται νὰ ἐπικοινωνήσωσι μεταξύ των τὰ διάφορα τμήματα στρατοῦ, νὰ προλάβωσι σιδηροδρομικὰ δυστυχήματα, τὰ ὁποῖα δὲν δύνανται νὰ προλάβωσι πολλάκις οἱ ὀπτικοὶ τηλεγράφοι, οἱ εὐρισκόμενοι κατὰ μῆκος τῶν γραμμῶν, καὶ τέλος νὰ ἀντικαταστήσωσι τὸν συνήθη ἠλεκτρικὸν τηλεγράφον 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 δεόν νὰ παραμένωσιν αὐτηρῶς 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*.

318. Συντονισμός. Δύο σταθμοὶ λέγονται ὅτι 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 ἀντηχήσεως ἐν τῇ ἀκουσικῇ. Ἐπιτυγχάνεται δὲ ὁ συντονισμὸς δύο σταθμῶν ἔαν ὁ πομπὸς καὶ ὁ δέκτης αὐτῶν κανονισθῶσι κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἀμφότεροι οἱ σταθμοὶ νὰ ἐκπέμπωσι κύματα τοῦ αὐ-

τοῦ μήκους. Πρὸς ἐπιτυχίαν τούτου γίνεται χρῆσις εἰδικοῦ ὄργάνου, τὸ ὁποῖον καλεῖται *κυματομέτρον*.

319. Ἐφαρμογὰὶ ἀσυρμάτου τηλεγράφου.—Ὁ ἀσύρματος τηλεγράφος χρησιμοποιεῖται σήμερον διὰ ποικίλους σκοποῦς.

1ον. Διὰ τὴν συνεννόησιν τῶν πλοίων (ἐμπορικῶν ἢ πολεμικῶν) μεταξύ των, καθὼς καὶ διὰ τὴν συνεννόησιν τούτων μετὰ τῆς ξηρᾶς.

2ον. Διὰ τὴν συνεννόησιν διαφόρων στρατιωτικῶν σωμάτων μεταξύ των καὶ μάλιστα ἐν καιρῷ ἐκστρατείας, καθὼς καὶ διὰ τὴν συνεννόησιν ἀεροπλάνων ἢ ἀεροστάτων μετὰ τοῦ στρατοῦ.

3ον. Διὰ τὴν μεταβίβασιν τοῦ χρόνου τοῦ πρώτου μεσημβρινοῦ, ὅστις εἶναι ἀπαραίτητος εἰς τοὺς ναυτικούς διὰ νὰ προσδιορίζωσι 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 γεωγραφικὸν μήκος μέχρι πρό τιнос χρόνου εὐρίσκετο τῇ βοηθείᾳ χρονομέτρων, τὰ ὁποῖα οἱ ναυτικοὶ ἔφερον μεθ' ἑαυτῶν, καὶ τὰ ὁποῖα ἐκανόνιζον οὕτως, ὥστε νὰ δεικνύωσι τὸν χρόνον τοῦ πρώτου μεσημβρινοῦ. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ πορεία αὐτῶν δὲν εἶναι τελείως κανονικὴ, παρουσιάζονται πολλάκις σφάλματα ὀλίγων δευτερολέπτων, ἔνεκα τῶν ὁποίων ἡ θέσις τοῦ πλοίου μεταβάλλεται κατὰ ὀλόκληρα χιλιόμετρα. Σήμερον ὁ προσδιορισμὸς τῶν μηκῶν γίνεται διὰ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων. Πρὸς τοῦτο ὑπάρχουσι σταθμοὶ μεγάλης ἐντάσεως (ὅπως εἶναι ὁ τοῦ πύργου Eiffel ἐν Παρισίοις), οἵτινες ἐξαποστέλλουσιν εἰς ὠρισμένας στιγμὰς ἐκάστης ἡμέρας σήματα, δεικνύοντα τὸν ἀκριβῆ χρόνον τοῦ πρώτου μεσημβρινοῦ, καὶ τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ δεχθῶσι τὰ πλοῖα, ὅπουδῆποτε καὶ ἂν εὐρίσκωνται ταῦτα, ἀρκεῖ νὰ εἶναι ἐφωδιασμένα μὲ συσκευὴν ἀσυρμάτου τηλεγράφου.

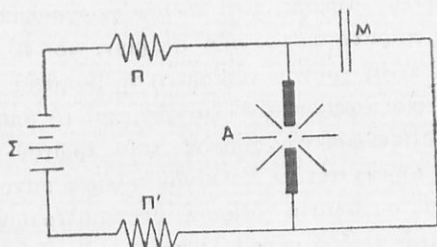
4ον. Διὰ τὴν ἀντικατάστασιν τῶν συνήθων μέσων τῆς τηλεγραφικῆς συγκοινωνίας (τηλέγραφος τοῦ Morse καὶ ὑποβρύχια καλώδια).

5ον. Διὰ τὴν τηλεμηχανικὴν, ἥτοι τὴν ἐξ ἀποστάσεως παραγωγὴν μηχανικῶν ἀποτελεσμάτων (ἀνάφλεξιν λυχνιῶν, ὑπονόμων, κίνησιν ἡλεκτρικῶν ὥρολογίων καὶ τορπιλλῶν κ.λ.π.

320. **Ἀσύρματον τηλέφωνον.** Τοῦτο εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δύναμεθα νὰ μεταβιβάζωμεν τὴν φωνὴν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις διὰ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων. Ἀλλὰ τὰ συνήθη ἐρτζιανὰ κύματα εἶναι ἀκατάλληλα διὰ τὸν σκοπὸν τοῦτον, διότι ταῦτα, ἀφ' ἑνὸς ἀφίνουσι μεταξύ των κενὰ διαστήματα, καὶ ἀφ' ἑτέρου, διότι ἀποσβέννυνται πολὺ ταχέως. Πράγματι, πολλὰ πειράματα ἀποδεικνύουσιν, ὅτι οἱ σπινθῆρες οἱ παραγόμενοι μεταξύ τῶν σφαιρῶν τοῦ ἐκκενωτοῦ τοῦ Hertz παράγουσιν ἠλεκτρικὰ κύματα, ἅτινα δὲν εἶναι συνεχῆ, ἀλλ' ἀποτελοῦνται ἐκ σειρᾶς διαδοχικῶν ομάδων. Αἱ ομάδες αὗται παρακολουθοῦσιν ἢ μία τὴν ἄλλην κατὰ χρονικὰ διαστήματα περίπου ἴσα πρὸς $\frac{1}{100}$ τοῦ δευτερολέπτου, καὶ ἐπομένως ἀπέχουσιν ἀπ' ἀλλήλων

κατὰ πολλὰ χιλιόμετρα (διότι ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὴν τοῦ φωτός). Ἐκάστη δὲ ομάδα περιλαμβάνει ὀλίγα τὸν ἀριθμὸν κύματα, τὰ ὁποῖα ἀποσβέννυνται πολὺ ταχέως, ἕνεκα τῆς ταχείας ἐλαττώσεως τοῦ πλάτους αὐτῶν.

Τὰ ἐρτζιανὰ λοιπὸν κύματα δὲν εἶναι οὔτε συνεχῆ οὔτε σταθερᾶς ἐντάσεως, καὶ ὥς τοιαῦτα εἶναι ἀκατάλληλα διὰ τὸ ἀσύρματον τηλέφωνον, εἰς τὸ



Σχ. 207. Ἄδον τόξον Duddell-Poulsen.

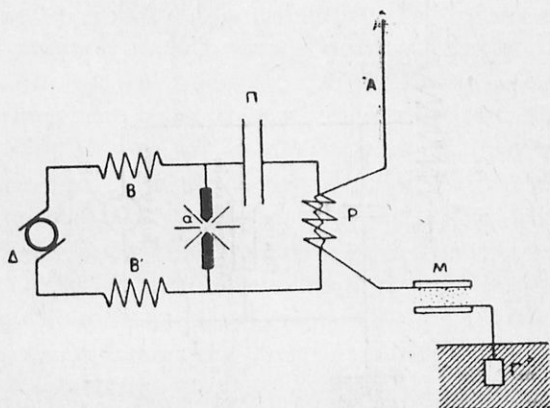
ὁποῖον τὰ κύματα πρέπει νὰ εἶναι συνεχῆ, ἄνευ διακοπῆς καὶ σταθερᾶς ἐντάσεως. Συνεχῆ ἠλεκτρικὰ κύματα παράγονται σήμερον διὰ τοῦ **ἄδοντος βολταϊκοῦ τόξου**, τὸ ὁποῖον ἐπενόησεν ὁ σοφὸς Ἕλληνας Duddell, ἐτέλειοποίησε δὲ ὁ Δανὸς φυσικὸς Poulsen.

Ἄδον τόξον τοῦ Duddell-Poulsen. Ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχυρᾶς ἠλεκτρικῆς στήλης Σ (σχ. 207) παρενθέτομεν βολταϊκὸν τόξον Α, δύο πηνία Π καὶ Π', καὶ ἓνα συμπυκνωτὴν Μ. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τῆς στήλης φορτῶνει τὸν συμπυκνωτὴν, ὅστις ἐκκενοῦται μεταξύ τῶν δύο ῥαβδίων τοῦ ἀνθρακὸς καὶ παράγει τὸ βολταϊκὸν τόξον. Ἡ ἐκκένωσις ὁμως τοῦ συμπυκνωτοῦ εἶναι, ὥς γνωστόν, παλμική, καὶ ἐπομένως ἡ φλόξ τοῦ βολταϊκοῦ τόξου θέλει καταστῇ κέντρον ταχυτάτων παλμικῶν κινήσεων (30000 κατὰ δευτερόλεπτον), ἕνεκα τῶν ὁποίων θέλει παραχθῇ συνεχὴς μουσικὸς ἤχος, ὅστις εἶναι ἀκουστός ἐκ μικρᾶς ἀποστάσεως. Ἐνεκα τούτου τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐκλήθη **ἄδον τόξον**. Ἀλλὰ πλὴν τοῦ μουσικοῦ ἤχου ἡ

φλόξ εκπέμπει καὶ ἡλεκτρικὰ κύματα, ἅτινα εἶναι συνεχῇ καὶ σταθερᾶς ἐντάσεως (ἔνεκα τῆς συνεχοῦς ἐπικοινωνίας τοῦ συμπυκνωτοῦ μετὰ τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς) καὶ ἐπομένως κατάλληλα διὰ τὸ ἀσύρματον τηλεφώνον.

Τοιοιούτρόπως διὰ τοῦ ἄδοντος βολταϊκοῦ τόξου μετατρέπεται τὸ συνεχὲς ρεῦμα τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς εἰς ἐναλλασσόμενα ρεύματα μεγάλης συχνότητος, ἥτοι εἰς ἡλεκτρικὰ κύματα.

Βραδύτερον ὁ Poulsen ἠῤῥησε τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμῶν τοῦ τόξου (500000 κατὰ δευτερόλεπτον) διὰ μεθόδου, ἥτις 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 τελειο-



Σχ. 208. Πομπὸς ἀσύρματου τηλεφώνου.

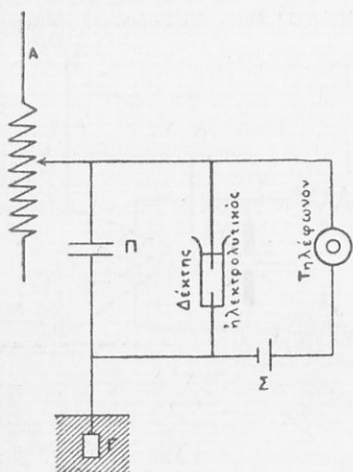
ποιήσεως δὲ ταύτης χρονολογοῦνται καὶ αἱ πρακτικαὶ δοκιμαὶ διὰ τὴν μεταβίβασιν τῆς φωνῆς εἰς ἀποστάσεις διὰ τῶν ἐρτζιανῶν κυμάτων.

Πομπὸς ἀσύρματου τηλεφώνου. Οὗτος χρησιμεύει διὰ νὰ δέχεται τὴν φωνὴν τοῦ λαλοῦντος. Ὡς τοιοῦτος χρησιμεύει τὸ ἄδον τόξον τοῦ Poulsen, εἰς τὸ ὁποῖον παρεντίθεται καὶ μικροφῶνον ἐξ ἄνθρακος, τὸ ὁποῖον, ὡς γνωστόν, παρουσιάζει μεταβλητὴν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν. Καὶ τὸ μὲν κύκλωμα τοῦ ἄδοντος τόξου παρεντίθεται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον ἐνὸς μεταμορφωτοῦ P (σχ. 208), τὸ δὲ μικροφῶνον M παρεντίθεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον τοῦ μεταμορφωτοῦ, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν κεραίαν A, τὸ μικροφῶνον M καὶ τὴν γῆν Γ.

Ὅταν ὁμιλῇ τις ἐνώπιον τοῦ μικροφώνου, τότε εἰς τὰ διὰ τοῦ ἄδοντος τόξου παραγόμενα συνεχῇ κύματα ἐπιπροστίθενται καὶ τὰ ἡλεκτρικὰ κύματα τὰ παραγόμενα τῇ βοήθειᾳ τοῦ μικροφώνου, διὰ τῆς φωνῆς τοῦ λαλοῦντος. Τὰ τελευταῖα ταῦτα κύματα τροποποιοῦσι τὰ πρῶτα καὶ οὕτω προκύπτουσι σύνθετα κύματα μικροτέρας συχνότητος (100—3000 κατὰ δευτερόλεπτον).

αίτινα εκπέμπονται ἐκ τοῦ ἄκρου τῆς κεραίας καὶ εἶναι δυνατόν νὰ τὰ συλλάβῃ κατάλληλος δέκτης.

Δέκτης ἀσυρμάτου τηλεφώνου. Οὗτος χρησιμεύει διὰ τὴν μετάδοσιν τῆς φωνῆς εἰς τὸ οὖς τοῦ ἀκροατοῦ. Ὡς τοιοῦτος χρησιμεύει πάντοτε τηλεφωνικὸς δέκτης λίαν εὐπαθὴς, τοῦ ὁποῖου τὸ κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν κεραίαν Α καὶ τὴν γῆν Γ (σχ. 209). Καὶ ἐφ' ὅσον μὲν τὰ διὰ τοῦ ἔδοντος τόξου ἐκπεμπόμενα κύματα δὲν τροποποιοῦνται διὰ τοῦ μικροφώνου, τὸ ἔλασμα ἢ ἡ μεμβράνα τοῦ τηλεφώνου παραμένει ἐν ἡρεμίᾳ. Μόλις ὅμως ὁμι-



Σχ. 209. Δέκτης ἀσυρμάτου τηλεφώνου.

λήσῃ τις πρὸ τοῦ μικροφώνου τοῦ πομποῦ, τὰ κύματα, τροποποιούμενα, θέτουσιν εἰς κραδασμὸν τὸ ἔλασμα τοῦ τηλεφώνου, τὸ ὁποῖον ἀναπαράγει πᾶσαν φωνὴν παραγομένην πρὸ τοῦ μικροφώνου μετὰ μεγάλης εὐκρινείας καὶ μετὰ τῆς αὐτῆς χροιάς.

Πλεονεκτήματα ἀσυρμάτου τηλεφώνου. Τὸ ἀσύρματον τηλέφωνον παρουσιάζει σπουδαῖα πλεονεκτήματα. Πράγματι, 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 τὸν ἀσύρματον τηλέγραφον. Πλὴν τούτου ὁ ἦχος μεταβιβάζεται διὰ τοῦ ἀσυρμάτου τηλεφώνου εὐκρινέστερον παρὰ διὰ τοῦ κοινοῦ τηλεφώνου. Οὐδεμία λοιπὸν ἀμφιβολία, ὅτι εἰς τὸ μέλλον τὸ ἀσύρματον τηλέφωνον θὰ ἀντικαταστήσῃ τὸ κοινὸν τηλέφωνον.

321. Ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός. — (Θεωρία Maxwell). Ἡ μεγάλη ὁμοιότης τῶν ἡλεκτρικῶν καὶ τῶν

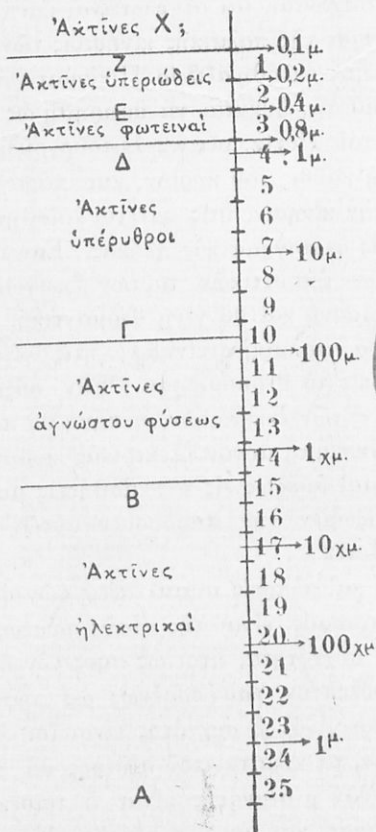
φωτεινῶν κυμάνσεων, τὴν ὁποίαν εἶδομεν ἄνωτέρω, ἐπεβεβαίωσε τὴν περίφημον θεωρίαν, τὴν ὁποίαν ἴδρυσεν ὁ Maxwell τῷ 1873, καὶ κατὰ τὴν ὁποίαν ἀμφότερα τὰ φαινόμενα, φωτεινὰ καὶ ἠλεκτρικὰ ἀποδίδονται εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν αἰτίαν.

Σήμερον παραδέχονται, ὅτι αἱ φωτειναὶ καὶ ἠλεκτρικαὶ κυμάνσεις εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παλμικῆς κινήσεως τῶν μορίων μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς οὐσίας, ἣτις ἐκλήθη *αἰθέρ*. Πράγματι, μία φωτεινὴ πηγὴ, π. χ. κηρίον ἀνημμένον, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἄθροισμα μικροτάτων ἐκκενωτῶν τοῦ Hertz, οἵτινες λειτουργοῦσιν ἀδιακόπως, ἐφ' ὅσον διατηρεῖται ἡ καῦσις τοῦ κηρίου, καὶ παράγουσιν εἰς τὸν περίξ αἰθέρα παλμικὴν κίνησιν, ἣτις γίνεται αἰσθητὴ εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας καὶ εἰς τὰς φωτογραφικὰς πλάκας. Ἐὰν αὐξήσωμεν ὀλίγον τὰς διαστάσεις τῶν ὑποθετικῶν τούτων ἐκκενωτῶν, ἡ πηγὴ θὰ παύσῃ νὰ εἶναι φωτεινὴ καὶ θὰ γίνῃ θερμαντικὴ, ἥτοι θὰ παράγῃ εἰς τὸν περίξ αἰθέρα παλμικὴν κίνησιν, ἣτις γίνεται αἰσθητὴ εἰς τὴν ἀφὴν μας καὶ εἰς τὸ θερμόμετρον. Ἐὰν αὐξήσωμεν περισσότερον τὰς διαστάσεις τῶν ἐκκενωτῶν, ἡ πηγὴ θὰ παύσῃ νὰ ἐκπέμπῃ θερμότητα καὶ θὰ ἐκπέμπῃ μόνον ἠλεκτρικὰς κυμάνσεις, αἵτινες δὲν γίνονται μὲν αἰσθηταὶ ἀμέσως εἰς τὰς αἰσθήσεις μας, ἐν τούτοις δυνάμεθα νὰ καταδείξωμεν τὴν παρουσίαν αὐτῶν διὰ τοῦ γνωστοῦ συντονιστοῦ τοῦ Hertz.

Τοιουτοτρόπως καὶ αἱ τρεῖς αὗται τάξεις τῶν φαινομένων, φῶς, θερμότης καὶ ἠλεκτρισμός, εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως καὶ διαφέρουσι μόνον ὡς πρὸς τὴν συχνότητα, ἥτοι ὡς πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν κυμάτων κατὰ δευτερόλεπτον, καὶ ἐπομένως ὡς πρὸς τὸ μῆκος κύματος. Τοιουτοτρόπως, ἐὰν ἡ συχνότης εἶναι ἴση ἢ κατωτέρα τῶν 50 δισεκατομμυρίων, τὰ κύματα τοῦ αἰθέρος θὰ παριστῶσιν ἠλεκτρικὰς κυμάνσεις· ἐὰν ἡ συχνότης εἶναι 5 τρισεκατομμυρίων, θὰ παριστῶσι θερμαντικὰς, καὶ ἐὰν ἡ συχνότης εἶναι 500 τρισεκατομμυρίων, θὰ παριστῶσι φωτεινὰς κυμάνσεις. Πέραν τῶν 750 ἢ 800 τρισεκατομμυρίων αἱ φωτειναὶ κυμάνσεις ἐξαφανίζονται καὶ ἐμφανίζονται αἱ χημικαὶ ἀκτῖνες, καὶ ἐὰν ἡ συχνότης γίνῃ ἀκόμη μεγαλύτερα, ἐμφανίζονται αἱ ἀκτῖνες X, ἢ αἱ ἀκτῖνες τοῦ Röntgen.

Αἱ παλμικαὶ λοιπὸν κινήσεις τοῦ αἰθέρος εἰς ἕκαστον τῶν ἄνωτέρω φαινομένων ἔχουσι διάφορον συχνότητα καὶ ἐπομένως διάφορον μῆκος κύματος· ἐν τούτοις πᾶσαι διαδίδονται μετὰ τῆς αὐ-

τῆς ταχύτητος. Τοῦτο κατανοοῦμεν διὰ τοῦ ἑξῆς παραδείγματος. Θεωρήσωμεν ἵππον τρέχοντα καὶ παρακολουθούμενον κατὰ πόδα ὑπὸ κυνός. Τὰ πηδήματα τοῦ κυνός εἶναι μικρότερα τῶν πηδημάτων τοῦ ἵππου, ἐν τούτοις ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἶναι ἡ αὐτὴ πρὸς



Σχ. 210. Ταξινομήσεις τῶν ἀκτίνων ἀναλόγως τοῦ μήκους κύματος.

τὴν τοῦ ἵππου. Ἐνταῦθα τὰ μὲν πηδήματα τοῦ κυνός παριστῶσι τὰ φωτεινὰ κύματα (ἅτινα ἔχουσι μικρὸν μῆκος), τὰ δὲ τοῦ ἵππου παριστῶσι τὰ ἠλεκτρικὰ κύματα (ἅτινα ἔχουσι μέγα μῆκος).

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ κατατάξωμεν τὰ κύματα τοῦ αἰθέρος, ἀναλόγως τοῦ μήκους αὐτῶν, εἰς διαφόρους κατηγορίας, καθὼς δεικνύει

τὸ παρατιθέμενον σχῆμα 210, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει πλὴν τοῦ μή-
κους κύματος καὶ τὰ ὀνόματα τῶν ἀντιστοιχῶν κυμάνσεων. Εἰς τὸ
σχῆμα τοῦτο τὸ τμήμα ΔΕ ἀνήκει εἰς τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, τῶν
ὁποίων τὸ μήκος ποικίλει ἀπὸ 0,4 τοῦ **μικροῦ** ($1 \text{ μικρὸν} = \frac{1}{1000}$
τοῦ χιλιοστομέτρου) διὰ τὰς ἱσχυροῦς ἀκτῖνας, μέχρι 0,8 τοῦ μι-
κροῦ διὰ τὰς ἐρυθράς. Τὸ τμήμα ΕΖ ἀνήκει εἰς τὰς ὑπεριώδεις
ἀκτῖνας, τῶν ὁποίων τὸ μήκος κυμαίνεται ἀπὸ 0,1 — 0,4 τοῦ μι-
κροῦ. Τὸ ἄνωθεν τοῦ ΕΖ τμήμα ἀνήκει εἰς τὰς ἀκτῖνας Χ ἢ ἀκτῖ-
νας τοῦ Röntgen. Τὸ τμήμα ΔΓ ἀνήκει εἰς τὰς ὑπερύθρους ἀκτῖ-
νας. Τὸ τμήμα ΓΒ ἀνήκει εἰς ἀκτῖνας ἀγνώστου φύσεως μέχρι σή-
μερον, καὶ τέλος τὸ τμήμα ΒΑ ἀνήκει εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς ἀκτῖνας.

Τ Ε Λ Ο Σ

Δ Ι Ο Ρ Θ Ω Τ Ε Α

- Σελίς 4 στίχ. 23 ἀντὶ ἁρμονίαν γράφε: ἁρμοσίαν.
- » 7 » 34 ἀντὶ διαδίδουσι τὸν ἦχον καλύτερον τοῦ ἀέρος γράφε:
διαδίδουσι τὸν ἦχον καὶ μάλιστα καλύτερον τοῦ ἀέρος.
- » 13 » 23 ἀντὶ Τὸ αὐτὸ πείραμα ἐξετελεῖτο ἔπειτα καὶ ἀντιστρόφως
γράφε: Τὸ πείραμα ἐξετελεῖτο καὶ εἰς τοὺς δύο σταθμούς.
- » 18 » 29 ἀντὶ ὧτα ἡχῶν γράφε: ὧτα ἡμῶν.
- » 19 » 7 ἀντὶ ἀντηχητικαὶ καὶ ὅταν εἶναι γυμναὶ γράφε: ἀντηχη-
τικαὶ ὅταν εἶναι γυμναί.
- » 23 » 9 ἀντὶ κορυφῆς ὄρους γράφε: κορυφῆς ὑψηλοῦ ὄρους.
- » 25 » 26 ἀντὶ βαρηζόου γράφε: βαρυηζόου.
- » 26 » 25 ἀντὶ ἁρμονικοὶ τοῦ ν θεμελιώδους γράφε: οἱ ἁρμονικοὶ
τοῦ θεμελιώδους.
- » 32 » 12 ἀντὶ τῆς ἀντηχήσεως γράφε: τῆς συνηχήσεως.
- » 32 » 30 ἀντὶ ἁρμονίαν γράφε: ἁρμοσίαν.
- » 56 » 34 ἀντὶ 235000 γράφε: 225000.
- » 57 » 4 ἀντὶ 23468 γράφε: 23468 περίπου.
- » 67 » 16—17 ἢ φράσις: καθὼς ἀπεδείχθη διὰ τοῦ πειράματος τῆς
παραγράφου 54: νὰ διαγραφῇ ὁλόκληρος.
- » 67 » 18 ἀντὶ πειθόμεθα καὶ διὰ τοῦ ἐξῆς ἀπλουστεροῦ πειράματος
γράφε: πειθόμεθα διὰ τοῦ ἐξῆς πειράματος.
- » 68 » 16 ἢ φράσις: καθὼς ἀποδεικνύει τὸ πείραμα τῆς παραγρά-
φου 54: νὰ διαγραφῇ ὁλόκληρος.

Σελ. 69 Στίχ. 12 κακῶς γίνεται παραπομπή εἰς τὸ πείραμα τῆς παραγράφου 54.

- » 76 » 24 ἀντὶ τὸν ἄξονα τοῦτον γράφε : τὸν κύριον ἄξονα.
- » 81 » 4—5 ἀντὶ Ἐὰν τοῦναντίον τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ὡσαύτως γράφε : Ἐὰν τοῦναντίον τὸ ἀντικείμενον ἀπουα-
κρύνεται ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ ἀπομα-
κρύνεται ὡσαύτως.
- » 81 » 13 ἀντὶ τοῦ εἰδώλου τοῦ πραγματικοῦ ἢ φανταστικοῦ γράφε :
τοῦ εἰδώλου του, πραγματικοῦ ἢ φανταστικοῦ.
- » 113 » 18 ἀντὶ ἐν συνδυασμῷ τῶν ἀμφικύρτων φακῶν γράφε : ἐν
συνδυασμῷ μετὰ τῶν ἀμφικύρτων φακῶν.
- » 114 » 23 ἀντὶ συγκλίνοντος φακοῦ γράφε : συγκλίνοντος φακοῦ τοῦ
ὁποίου ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις εἶναι 40 ἑκατοστόμετρα.
- » 114 » 27 ἀντὶ φακοῦ συγκλίνοντος γράφε : φακοῦ ἀποκλίνοντος.
- » 126 » 16—17 ἀντὶ ἐξατμίζεται γράφε : ἐξαερωταί.
- » 134 » 19 ἀντὶ ζέοντος ὕδατος γράφε : ῥέοντος ὕδατος.
- » 144 » 10 ἀντὶ δευτερεύοντα τοῦ φακοῦ γράφε : δευτερεύοντα ἄξονα
τοῦ φακοῦ.
- » 144 » 29 ἀντὶ Φ γράφε : Φ₁.
- » 158 » 1 ἀντὶ ἀντίθετοι πόλοι γράφε : ἀντίθετοι πόλοι ἰσοδύναμοι
- » 158 » 26 ἀντὶ τοῦ μαγνήτου γράφε : μαγνήτου.
- » 177 » 22 ἀντὶ $\Delta = \frac{1 \times 1}{(10^5)^2}$ γράφε : $\Delta = \frac{1 \times 1}{(10^5)^2}$ Coulombs
- » 184 » 3 ἀντὶ ἀρνητικῆς γράφε : ἀρνητικῶς.
- » 186 » 32 ἀντὶ κατασκευασθὲν γράφε : παρασκευασθὲν.
- » 199 » 11 ἀντὶ μετὰ τοῦ κτενὸς γράφε : μετὰ τοῦ κτενὸς τούτου.
- » 208 » 19 ἀντὶ πολλάκις γράφε : συνήθως.
- » 210 » 9 ἀντὶ τὰ νέφη γράφε : καὶ τὰ νέφη.
- » 226 » 12 ἀντὶ Mn_2O_8 γράφε : Mn_2O_8
διοξειδίου μαγγανίου ὀξειδίου μαγγανίου
- » 228 » 2 ἀντὶ ἀρνητικὸς πόλος γράφε : θετικὸς πόλος.
- » 234 » 11 ἀντὶ ἡλεκτρικὴν δύναμιν γράφε : ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν.
- » 234 » 20 ἀντὶ ἡλεκτρικὴν δύναμιν γράφε : ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν.
- » 237 » 9 ἀντὶ Τὰ στοιχεῖα γράφε : Τὰ ν στοιχεῖα.
- » 237 » 14 ἀντὶ μ_0 γράφε : μ_0 .
- » 237 » 23 ἀντὶ 1,6 γράφε : 1,6 ampères.
- » 239 » 2 ἀντὶ ὡς μέταλλα παρουσιάζοντα μικρὰν ἀντίστασιν γράφε :
ὡς μέταλλα παρουσιάζοντα μεγάλην ἀντίστασιν, ἐνῷ ὁ
ἄργυρος καὶ ὁ χαλκὸς δυσκόλως πυρακτοῦνται ὡς παρου-
σιάζοντα μικρὰν ἀντίστασιν.
- » 245 » 19 ἀντὶ ἡλεκτρικὸν τόξον γράφε : βολταϊκὸν τόξον.
- » 249 » 13 ἀντὶ ἐκ τοῦ γράφε : ἐπὶ τοῦ.
- » 251 » 23 ἀντὶ καὶ θερμότητα γράφε : καὶ ἡ θερμότης.
- » 256 » 25 ἀντὶ κᾶνα γράφε : καὶ νᾶ.
- » 263 » 10 ἀντὶ O_2 γράφε : O .
- » 265 » 2 ἀντὶ διαβιβάζαμεν γράφε : διαβιβαζόμενον.
- » 273 » 2 ἀντὶ 72.000 γράφε : 7200.



1941

1941

1941

1941

1941

1941

1941

1941

1941

1941

Ἀριθ. { Πρωτ. 21009.
Διεκπ.

Ἐν Ἀθήναις τῇ 7 Ἰουνίου 1927

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΝ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

Πρὸς τὸν κ. Κ. Σαμιωτάκη, καθηγητὴν.

Ἀνακοινοῦμεν ὑμῖν, ὅτι δι' ἡμετέρας πράξεως τῇ 9ῃ τοῦ ἱσταμένου μηνὸς ἐκδοθείσης καὶ τῇ 18ῃ τοῦ αὐτοῦ δημοσιευθείσης ἐν τῷ ὑπ' ἀριθ. 38 φύλλῳ τῆς Ἐφημερίδος τῆς Κυβερνήσεως, ἐνεκρίθη τὸ βιβλίον ὑμῶν «*Στοιχεῖα Φυσικῆς*» τόμ. Β'. διὰ τὴν Δ'. τάξιν τῶν τετραταξίων καὶ τὴν ἀντίστοιχον τάξιν τῶν πενταταξίων καὶ ἑξαταξίων Γυμνασίων διὰ μίαν δεκαετίαν, λογιζομένην ἀπὸ τοῦ σχολικοῦ ἔτους 1927—1928, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅπως πρὸ τῆς ἐκτυπώσεως τοῦ βιβλίου συμμορφωθῇτε πρὸς τὰς ἐν ταῖς σχετικαῖς ἐκδόσεσιν ὑποδείξεις τῆς κριτικῆς ἐπιτροπείας.

Ἐντολὴ τοῦ Ὑπουργοῦ

Ὁ Διευθυντὴς

Ε. ΚΑΚΟΥΡΟΣ



ΕΡΓΑ ΤΟΥ ΑΥΤΟΥ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΣ

ΠΩΛΟΥΜΕΝΑ ΕΝ Τῷ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙῳ ΤΗΣ ἙΣΤΙΑΣ

Στοιχεῖα Χημείας πρὸς χρῆσιν τῶν Γυμνασίων (Τρίτης καὶ Τετάρτης τάξεως τεταξίων) ἐγκριθέντα διὰ μίαν δεκαετίαν λογιζομένην ἀπὸ τοῦ σχολικοῦ ἔτους 1927—1928.

Στοιχεῖα Φυσικῆς καὶ Χημείας διὰ τὴν Τρίτην τάξιν τοῦ Ἑλληνικοῦ σχολείου ἐγκριθέντα διὰ μίαν δεκαετίαν λογιζομένην ἀπὸ τοῦ σχολικοῦ ἔτους 1920—1921.

Ἐγχειρίδιον πρακτικῆς σαπωνοποιΐας ὑπὸ Κ. Σαμιωτάκη καὶ Ι. Βαμβακά χημικοῦ. Ἐκδόσις 1926.

Συνεπεῖα τῆς ὑπ' ἀριθ. 51739 τῆς 17 Σεπτεμβρίου 1926 πράξεως τοῦ Ὑπουργείου τῆς Παιδείας καὶ τῶν Θρησκευμάτων αὐξάνεται ἡ τελικὴ τιμὴ τῶν διδασκτικῶν βιβλίων τῶν σχολείων τῆς μέσης καὶ δημοτικῆς ἐκπαιδεύσεως κατὰ 20%, ἐφ' ὅσον ταῦτα μεταφέρονται ἐκ τῆς πόλεως, ἐν ᾗ ἐξεδόθησαν, εἰς ἄλλας πόλεις.



0020523244
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

