

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΕΝ ΤΩ ΠΡΑΚΤΙΚΩ ΛΥΚΕΙΩ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ ΣΤ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΠΑΛΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
1940

17.805

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΟΝ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΟΝ
ΕΡΕΥΝΑΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΟΝ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΟΝ



17940

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΕΝ ΤΩ ΠΡΑΚΤΙΚΩ Ι ΛΥΚΕΙΩ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ ΣΤ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΠΑΛΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ

Σπύρος Ι. Παπασπύρου
Ζωγράφος
Καθηγητής Εφαρμογών ΤΕΙ/ΗΠ.

ΟΕΣΒ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
1940

ΣΧΗΜΑΤΑ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ Α

Εκδόσεις 1998

0778

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

1998

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄.

ΦΩΣ - ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ - ΦΩΤΕΙΝΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ

1. **Όρισμοί.**—**Όπτική** λέγεται τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν σπουδὴν τῶν **φωτεινῶν φαινομένων**, δηλ. τῶν φαινομένων, τὰ ὁποῖα διεγείρουν τὴν ὄρασιν. **Φῶς** δὲ καλοῦμεν τὸ αἶτιον, τὸ ὁποῖον παράγει τὰ φαινόμενα ταῦτα.

2. **Σώματα φωτεινά, διαφανῆ, διαφώτιστα, σκιερὰ.**—**Σώματα φωτεινά.** Ὁ ἥλιος μᾶς φωτίζει κατὰ τὴν ἡμέραν λαμπτῆρ ἀνημμένος, εὐρισκόμενος ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου, φωτίζει τοὺς τοίχους τοῦ δωματίου καὶ τὰ ἐντὸς αὐτοῦ ἀντικείμενα. Τὰ τοιουτοτρόπως φωτιζόμενα ἀντικείμενα, οἱ λευκοὶ τοῖχοι, ὁ λευκὸς καταυγαστῆρ (ἀμπαξοῦρ) λαμπτήρος κτλ. δύνανται καὶ αὐτὰ νὰ φωτίζουν ἄλλα ἀντικείμενα. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἥλιος, ὁ ἀνημμένος λαμπτήρ, ὁ λευκὸς τοῖχος, ὁ λευκὸς καταυγαστῆρ, εἶναι σώματα **φωτεινά**.

Ὡστε τὰ διάφορα σώματα δύνανται νὰ εἶναι φωτεινά, δηλ. νὰ φαίνωνται, κατὰ δύο τρόπους· ἢ ὅπως ὁ ἥλιος, ἡ φλόξ κηρίου, ἡ φλόξ λαμπτήρος, τὰ ὁποῖα **ἐκπέμπουν ἰδικόν των φῶς** καὶ καλοῦνται **πηγαὶ φωτὸς ἢ αὐτόφωτα σώματα**, ἢ ὅπως οἱ τοῖχοι δωματίου, ὁ λευκὸς καταυγαστῆρ, τὰ διάφορα ἀντικείμενα κτλ. τὰ ὁποῖα καθίστανται φωτεινὰ καὶ ὄρατά, ὅταν φωτίζωνται ὑπὸ πηγῆς φωτὸς, διότι ἐκπέμπουν τότε ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον δέχονται, καὶ καλοῦνται **ἐτερόφωτα σώματα**.

Τὰ μὴ φωτεινὰ σώματα εἶναι **σκοτεινά**.

Τὸ φῶς, ὡς θὰ μάθωμεν κατωτέρω, εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα τῶν ἐξόχως ταχειῶν παλμικῶν κινήσεων, μετρουμένων εἰς τρισεκατομμύρια κατὰ δευτερόλεπτον, τὰς ὁποίας ἐκτελοῦν τὰ μόρια τῶν φωτεινῶν σωμάτων. Ἡ περιοδικὴ παλμικὴ κίνησις φωτεινοῦ σώματος γεννᾷ φωτεινὰ **κύματα**, διαδιδόμενα διὰ μέσου ἀβαροῦς ρευστοῦ, **τοῦ αἰθέρος**

ὅστις πληροῖ τὸ διάστημα, τοὺς μοριακοὺς πόρους τῶν σωμάτων καὶ αὐτὸ τὸ κενόν.

Σώματα διαφανῆ.—Τὰ διάφορα ἀντικείμενα φαίνονται διὰ μέσου τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἄλλὰ βλέπομεν αὐτά, καὶ ἐὰν μεταξὺ αὐτῶν καὶ τοῦ ὀφθαλμοῦ παρενθέσωμεν λεπτὴν ὑαλίνην πλάκα· ἐπίσης δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν τοὺς χάλικας εἰς τὸν πυθμένα τοῦ ποταμοῦ. Ὁ ἀήρ, ἡ ὑαλος, τὸ διανγὲς ὕδωρ, τὰ ὁποῖα ἀφήνουν νὰ διέρχεται δι' αὐτῶν τὸ φῶς, λέγονται σώματα διαφανῆ.

Διαφώτιστα σώματα.—Ἡ γαλακτόχρους ὑαλίνη σφαῖρα, ἡ ὁποία περικαλύπτει τοὺς ἠλεκτρικοὺς λαμπτήρας, ἐπιτρέπει νὰ διέρχεται δι' αὐτῆς τὸ ἠλεκτρικὸν φῶς. Ἐπίσης τὸ φῶς τῆς ἡμέρας εἰσέρχεται εἰς τὸ δωμάτιον διὰ μέσου λεπτῶν πλακῶν ἐκ πορσελλάνης ἢ διὰ μέσου λευκοῦ χάρτου· ἐν τούτοις παρατηροῦντες διὰ μέσου αὐτῶν δὲν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν τὸ σχῆμα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῶν. Ἡ γαλακτόχρους ὑαλος, ἡ πορσελλάνη, τὸ φύλλον τοῦ χάρτου κτλ. τὰ ὁποῖα ἀφήνουν νὰ διέρχεται δι' αὐτῶν τὸ φῶς, ἀλλὰ διὰ μέσου τῶν ὁποίων δὲν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν εὐκρινῶς τὸ σχῆμα τῶν ὀπισθεν αὐτῶν εὐρισκομένων ἀντικειμένων, λέγονται σώματα **διαφώτιστα**.

Σκιερὰ σώματα.—Τέλος, ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τοὺς ὑαλοπίνακας δωματίου διὰ πλακῶν ἐκ μετάλλου ἢ ξύλου ἢ χαρτονίου ἀρκετοῦ πάχους, ἢ διὰ μέλανος χάρτου, θὰ ἴδωμεν, ὅτι τὸ δωμάτιον δὲν φωτίζεται. Τὰ μέταλλα, τὸ ξύλον, ὁ μέλας χάρτης, οἱ τοῖχοι, τὰ ὁποῖα δὲν ἀφήνουν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῶν τὸ φῶς, λέγονται σώματα **σκιερὰ**.

Σημ. Ἐν τῇ πραγματικότητι, ἐκτὸς τοῦ κενοῦ δὲν ὑπάρχουν σώματα ἀπολύτως διαφανῆ. Σῶμά τι ἀπορροφᾷ πάντοτε ὀλίγον φῶς καὶ ἢ ἀπορρόφησης αὕτη, ἢ ὁποία ἀνξάνεται μετὰ τοῦ πάχους τοῦ σώματος διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ φῶς, δύναται νὰ γείνη ὀλικὴ διὰ πάχος ἐπαρκῶς μέγα. Διὰ τοῦτο τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν φθάνει εἰς τὰ μεγάλα ὑποβρύχια βάρη, ἢ δὲ σκιερότης αὐτῶν θολοῦται μόνον ἀπὸ τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ ὠρισμένους ἰχθύς.

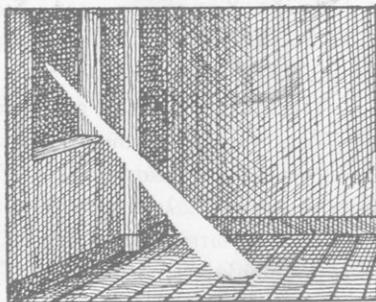
Ἀντιστρόφως, σῶμά τι συνήθως σκιερὸν δύναται νὰ καταστῇ διαφανὲς ἢ διαφώτιστον, ὅταν ληφθῇ εἰς φύλλα ἐπαρκῶς λεπτά· οὕτω φύλλον χρυσοῦ, πάχους ἑνὸς χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου, διατηρούμενον μεταξὺ δύο ὑαλίνων πλακῶν, ἀφήγει νὰ εἰσδύῃ ἐντὸς αὐτοῦ πρασινωπὸν φῶς.

3. Φωτεινὰ ἀκτίνες. Φωτεινὰ δέσμαι.—'Εντὸς τῶν ὁμοιομερῶν (*) διαφανῶν σωμάτων, τοῦ ἀέρος π. χ., ἡ ἐντὸς τοῦ κενοῦ, τὸ φῶς διαδίδεται κατ' εὐθείαν γραμμὴν. Δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν τοῦτο ἐντὸς τοῦ ἀέρος διὰ τῶν ἐξῆς παρατηρήσεων :

α) Ὃ ἐπὶ ὀριζοντίου τεμαχίου χαρτονίου στερεώνομεν δύο καρφίδας Α καὶ Β εἰς ἀπόστασιν 15 ἑκατόστομέτρων τὴν μίαν ἀπὸ τῆς ἄλλης· κατόπιν παρατηροῦμεν κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΒΑ καὶ ἀνορθοῦμεν τὰς καρφίδας μέχρις ὅτου ἡ Β καλύψῃ τὴν Α· παρενθέτομεν ἔπειτα τρίτην καρφίδα Γ μετὰξὺ τῶν δύο ἄλλων καὶ τὴν τοποθετοῦμεν οὕτως, ὥστε ἡ Β νὰ καλύψῃ τὴν Α καὶ τὴν Γ.

Ἐφαιροῦμεν τὰς καρφίδας ταύτας καὶ διαπιστοῦμεν διὰ κανόνος, ὅτι τὰ ἴχνη τῶν καρφίδων ἐπὶ τοῦ χαρτονίου εὐρίσκονται ἐπ' εὐθείας.

β) Ἐὰν τὸ ἡλιακὸν φῶς ἢ τὸ φῶς βολταικικοῦ τόξου εἰσέρχεται ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου διὰ μικρᾶς ὀπῆς, φωτίζει κατὰ τὴν δίοδόν του τὸν ἐλαφρὸν κονιορτόν, ὃ ὁποῖος αἰωρεῖται εἰς τὸν ἀέρα, καὶ ἡ δίοδος αὕτη σημειοῦται τοιοντοτρόπως ὑπὸ φωτεινοῦ κώνου λίαν ἐπιμήκους μὲ γενετείρας τελείως **εὐθυγραμμους** (σχ. 1).



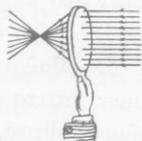
Σχ. 1.

Καλοῦμεν **φωτεινὴν ἀκτίνα** πᾶσαν εὐθείαν, ἢ ὁποία ἄρχεται ἐξ οἰοῦδηποτε σημείου τοῦ φωτεινοῦ σώματος καὶ ἢ ὁποία φαίνεται, ὅτι εἶναι ἡ τροχία, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς. Σημειωτέον ὅτι αἱ φωτεινὰ ἀκτίνες δὲν ὑφίστανται πραγματικῶς, καὶ ὅτι ἡ εὐθεῖα αὕτη παριστᾷ μόνον τὴν διεύθυνσιν, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια κατὰ τὴν διάδοσιν τῆς.

Ἐν τῇ πράξει, θεωροῦμεν πολλάκις ὁμάδα φωτεινῶν ἀκτίνων, τὸ σύνολον τῶν ὁποίων ἀποτελεῖ **φωτεινὴν δέσμη**ν. Δέσμη τις δύναται νὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνας παραλλήλους, συγκλινούσας ἢ ἀποκλινούσας.

(*) Ὅμοιομερῆ λέγονται τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα καθ' ὅλα τὰ μέρη αὐτῶν παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς ιδιότητες.

Σημ. Ὑποθέσωμεν ὅτι δεχόμεθα ἡλιακὰς ἀκτῖνας ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 2). Αἱ ἀκτῖνες αὗται ἔνεκα τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἥλιου δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς **παράλληλοι**. Ἀφοῦ διέλθουν διὰ τοῦ φακοῦ, αἱ ἀκτῖνες αὗται τείνουν νὰ συναντηθοῦν εἰς ἓν σημεῖον,



Σχ. 2.

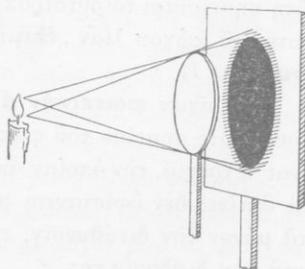
τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται πλησίον τοῦ φακοῦ, σχηματίζουσαι οὕτω δέσμη **συγκλίνουσαν**. Τέλος, αἱ ἀκτῖνες αὗται, ἀφοῦ διασταυρωθοῦν εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, βαίνουν πάντοτε ἀπομακρυνόμεναι ἀπ' ἀλλήλων. Σχηματίζουν τότε δέσμη **ἀποκλίνουσαν**.

4. **Σκιαί.** — Συνέπεια τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ὁ σχηματισμὸς τῶν σκιῶν ὑπὸ τῶν σκιερῶν σωμάτων.

Ὅταν σκιερὸν σῶμα εὐρίσκεται ἔμπροσθεν φωτεινῆς πηγῆς, σταματᾷ ὅλας τὰς ἐπ' αὐτοῦ προσπιπτούσας ἀκτῖνας καὶ ἀφήνει ὀπισθεν αὐτοῦ ὠρισμένον διάστημα, εἰς τὸ ὁποῖον δὲν εἰσέρχεται τὸ φῶς· τὸ διάστημα τοῦτο καλεῖται **σκιά τοῦ σώματος**.

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχη αἰσθητὰς διαστάσεις, ὅπερ ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον συμβαίνει, ἡ μετάβασις ἐκ τῆς σκιᾶς εἰς τὸ φῶς δὲν γίνεται ἀποτόμως· ὑπάρχει τότε περὶ τὴν σκιὰν χῶρος, ὅστις φωτίζεται ὑπὸ μέρους μόνον τῆς φωτεινῆς πηγῆς· ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται **ὑποσκίασμα**.

Σημ. Δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν ἐνκρινῶς τὸν σχηματισμὸν τῆς σκιᾶς καὶ τοῦ υποσκιάσματος, λαμβάνοντες ὡς φωτεινὴν πηγὴν τὴν φλόγα κηρίου καὶ ὡς σκιερὸν σῶμα δίσκον ἐκ χονδροῦ χάρτου, τὸν ὁποῖον διατηροῦμεν κατακόρυφον εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ τοίχου σκοτεινοῦ δωματίου (σχ. 3), μεταξὺ τούτου καὶ τοῦ κηρίου. Παρατηροῦμεν τότε ἐπὶ τοῦ τοίχου τρεῖς χῶρας, μίαν κεντρικὴν **τελειῶς σκοτεινὴν**, τοῦ αὐτοῦ σχήματος μὲ τὸν δίσκον· περὶ τὴν σκιὰν ταύτην ἐν **ὑποσκίασμα**, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις τοῦ φωτός αὐξάνεται βαθμηδὸν ἀπὸ

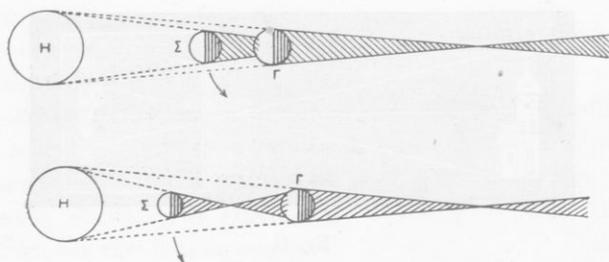


Σχ. 3.

τῆς σκιάς πρὸς τὴν περιφέρειαν· τέλος, ἔκτος τῶν δύο τούτων χωρῶν, μίαν χώραν φωτιζομένην ὑπὸ τῆς φλογὸς ὀλοκλήρου.

Ἐφαρμογὰί: Α' Ἐκλείψεις. Ἡ θεωρία τῶν σκιῶν ἐξηγεῖ τὸ φαινόμενον τῶν ἐκλείψεων.

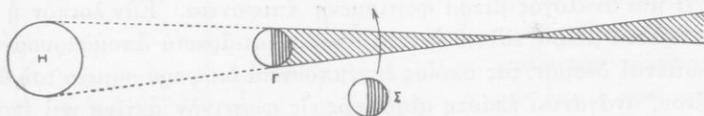
Ἐκλείψεις τοῦ Ἑλλίου.—Ἐὰν κατὰ τινὰ τῶν διαβάσεων τῆς Σελήνης μεταξὺ τοῦ Ἑλλίου καὶ τῆς Γῆς (Νέα Σελήνη), οἱ κῶνοι



Σχ. 4.

τῆς σκιάς καὶ τοῦ ὑποσκιάσματος τῆς Σελήνης συναντήσουν τὴν Γῆν, ὑπάρχει ἐκλείψις τοῦ Ἑλλίου διὰ τοὺς τόπους τοὺς εὐρισκομένους ἐντὸς τῶν κῶνων τούτων τῆς σκιάς (σχ. 4). Ἡ ἐκλείψις τοῦ Ἑλλίου δύναται νὰ εἶναι **μερική, ὀλική** ἢ **δακτυλιοειδής** εἰς τινὰ τόπον, καθ' ὅσον ὁ τόπος οὗτος εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὑποσκιάσματος, ἐντὸς τοῦ κῶνου τῆς σκιάς ἢ ἐντὸς τῆς προεκτάσεως τοῦ κῶνου τούτου τῆς σκιάς.

Ἐκλείψεις τῆς Σελήνης.—Ἐὰν κατὰ τὴν ἐποχὴν τῆς παν-



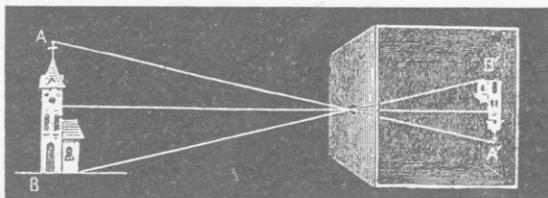
Σχ. 5.

σελήνου ὁ κῶνος τῆς σκιάς τῆς Γῆς συναντήσῃ τὴν Σελήνην, ὑπάρχει **ἐκλείψις τῆς Σελήνης, ὀλική** ἢ **μερική** (σχ. 5).

Β' Προσδιορισμὸς τοῦ ὕψους διαφόρων ἀντικειμένων.—Τὸ ὕψος ἀντικειμένου τινὸς φωτιζομένου ὑπὸ τοῦ Ἑλλίου δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν κατὰ προσέγγισιν, μετροῦντες τὸ μῆκος τῆς ὑπ' αὐτοῦ ριπτομένης σκιάς καὶ συγκρίνοντες αὐτὸ πρὸς τὸ μῆκος τῆς σκιάς

τῆς ριπτομένης κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν ὑπὸ κατακορύφου κανόνος γνωστοῦ μήκους.

Γ' Εἰκόνες διδόμεναι ὑπὸ τῶν μικρῶν ὀπῶν.—Ἐὰν ἀνοίξωμεν μικρὰν ὀπὴν εἰς μίαν τῶν ἐδρῶν θαλάμου κλειστοῦ πανταχόθεν καὶ σκοτεινοῦ (σχ. 6), παρατηροῦμεν, ὅτι σχηματίζονται αἱ εἰκόνες τῶν ἑξωτερικῶν ἀντικειμένων ἐπὶ λευκοῦ διαφράγματος, τοποθετημένου



Σχ. 6.

ἀπέναντι τῆς ὀπῆς. Αἱ εἰκόνες αὗται διατηροῦν τὰ χρώματα τῶν περιστωμένων ἀντικειμένων, εἶναι ἀνεστραμμένα καὶ τὸ σχῆμά των εἶναι ἀνεξάρτητον τοῦ σχήματος τῆς ὀπῆς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

Πράγματι, θεωρήσωμεν ἓν σημεῖον Α φωτεινοῦ ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ σύνολον τῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἐκπέμπονται ὑπὸ τοῦ σημείου τούτου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ θαλάμου, σχηματίζει δέσμην εὐθεῖαν ἀποκλίνουσαν, ἣ ὁποία φωτίζει μικρὰν ἐπιφάνειαν εἰς τὸ Α' τοῦ διαφράγματος. Εἰς ἕκαστον σημεῖον τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ ἀντιστοιχεῖ μία ἀνάλογος μικρὰ φωτισμένη ἐπιφάνεια. Ἐὰν λοιπὸν ἡ ὀπὴ εἶναι ἀρκετὰ μικρὰ καὶ τὸ ἀντικείμενον εἶναι ἀρκετὰ ἀπομακρυσμένον, αἱ φωτεινὰ δέσμαι, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ διάφορα σημεῖα τοῦ ἀντικειμένου, ἀνάγονται ἐκάστη αἰσθητῶς εἰς φωτεινὴν ἀκτίνα καὶ ἐκάστη τῶν ἀντιστοίχων φωτιζομένων μικρῶν ἐπιφανειῶν δύναται νὰ ἑξομοιωθῇ πρὸς σημεῖον. Τὸ σύνολον λοιπὸν τῶν σημείων τούτων θὰ ἀναπαραγάγῃ τὸ σχῆμα καὶ τὴν ὄψιν τοῦ ἀντικειμένου.

Κατὰ ταῦτα, ἡ εἰκὼν εἶναι τόσοσ εὐκρινεστέρα, ὅσον τὸ ἀντικείμενον εἶναι ἀπομακρυσμένον καὶ ὅσον ἡ ὀπὴ εἶναι μικροτέρα.

Σημ. Ἐὰν ἡ ὀπὴ εἶναι μεγάλη, ἡ τομὴ τοῦ διαφράγματος καὶ τῆς κωνικῆς δέσμης, τῆς ἐχούσης κορυφὴν σημεῖόν τι τοῦ ἀντικειμένου ἔχει

ρίσματος Α. Παράγονται τότε διαδοχικά κύματα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς τὴν κορυφὴν Ο. Τὰ κύματα ταῦτα ὑπερπηδοῦν τὴν ὀπὴν Ο' ἀλλ' ἀντὶ νὰ περιοριζῶνται ἐντὸς τῆς γωνίας ΜΚΝ, ἥτις ἔχει ὡς ἄνοιγμα τὴν ὀπὴν Ο, σχηματίζονται εἰς τὸ διαμέρισμα Β, ὥσει μὴ ὑπῆρχε καθόλου τὸ διάφραγμα καὶ ὥσει τὰ κύματα ἐξεπορευόντο ἐκ τοῦ σημείου Ο.

Ἡ παράθλασις εἶναι γενικὸν φαινόμενον καὶ αἱ εὐθύγραμμοι φωτειναὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦν παράστασιν πολὺ ἀπλοποιημένην τοῦ τρόπου τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἐν τούτοις τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα θὰ περιγράψωμεν καὶ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν, ἔχουν ἐκλεγῆ τοιουτοτρόπως, ὥστε ἡ ὑπόθεσις αὕτη τῶν εὐθυγράμμων φωτεινῶν ἀκτῖνων, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὰς δέσμας, νὰ ἀρκῆ πρὸς ἐξήγησιν αὐτῶν.

Ἀσκήσεις καὶ προβλήματα.

1ον. Ἐξηγήσατε τὸν σχηματισμὸν τῆς σκιᾶς α) εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν τὸ σκιερὸν σῶμα καὶ ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι δύο ἴσαι σφαῖραι β) εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν τὸ σκιερὸν σῶμα εἶναι σφαῖρα καὶ ἡ φωτεινὴ πηγὴ σφαῖρα μεγαλυτέρας ἀκτῖνος.

2ον. Ποῖον τὸ ὕψος πύργου ῥίπτοιτος σκιὰν μήκους 38 μέτρων, καθ' ἣν στιγμὴν κατακόρυφος κανὼν ὕψους 1,50 μ. ῥίπτει σκιὰν μήκους 95 ἑκατοστομέτρων;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'.

ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

6. Ὅρισμός.— Ἡ μετάδοσις τοῦ φωτός δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἡ κίνησις τῆς μεταδόσεως τοῦ φωτός εἶναι δμαλή. Συνεπῶς : ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει τοῦτο εἰς ἓν δευτερόλεπτον. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ δ τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον εἰς χ δευτερόλεπτα, ἡ ταχύτης τ δίδεται τότε ὑπὸ τοῦ τύπου $\tau = \frac{\delta}{\chi}$.

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ ταχύτης εἶναι τὸ πηλίκον

τοῦ διανυθέντος διαστήματος διὰ τοῦ χρόνου, καθ' ὃν τοῦτο διηγύθη.

Ἐκ τοῦ ὀρισμοῦ τούτου προκύπτει ὅτι, διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρέπει κατ' ἀνάγκην νὰ προσδιορίσωμεν ἓν διάστημα καὶ τὸν χρόνον, καθ' ὃν τὸ διάστημα τοῦτο διηγύθη ὑπὸ τοῦ φωτός.

Αἱ συνήθεις παρατηρήσεις δὲν μᾶς βοηθοῦν εἰς τὸν προσδιορισμὸν τῆς τιμῆς τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός, διότι ἔνεκα τῆς μεγάλης ταχύτητος αὐτοῦ αἱ ἐπὶ τῆς Γῆς ἀποστάσεις διανύονται σχεδὸν ἀκαριαίως. Διὰ τοῦτο ἐπενόησαν μεθόδους εἰδικάς, διὰ τῶν ὁποίων ἠδυνήθησαν νὰ προσδιορίσουν ταύτην.

7. Μέτρησης τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός.— α) *Μέθοδος ἀστρονομική*. Κατὰ τὸ 1675 ὁ Δανὸς ἀστρονόμος Roemer ἐκ παρατηρήσεων ἐπὶ τῶν ἐκλείψεων τοῦ πρώτου δορυφόρου τοῦ Διδὸς ὑπέλογισε τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ φῶς διὰ νὰ διανύσῃ τὴν διάμετρον τῆς τροχιᾶς τῆς Γῆς.

β) *Μέθοδοι φυσικαί*.— Διὰ τῶν μεθόδων τούτων δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὸν ἐκτάκτως μικρὸν χρόνον, ὃν χρειάζεται τὸ φῶς διὰ νὰ διανύσῃ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἀπόστασιν χιλιομέτρων τινῶν (*).

Α) Μέθοδος τοῦ Roemer. Ὁ πλανήτης Ζεὺς χρειάζεται περίπου 12 ἔτη διὰ νὰ ἐκτελέσῃ τὴν περὶ τὸν ἥλιον περιφορὰν του, ἔνῳ ἡ Γῆ ἐκτελεῖ ταύτην εἰς ἓν ἔτος. Συνεπῶς εἰς 6 μῆνας ἢ μὲν Γῆ διανύει τὸ ἥμισυ τῆς τροχιᾶς της, ἔνῳ ὁ Ζεὺς τὸ $\frac{1}{24}$ περίπου τῆς τροχιᾶς του.

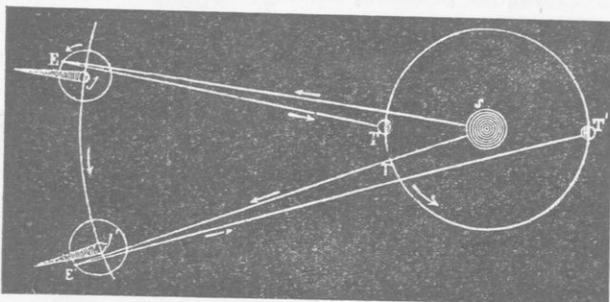
Ἐὰν λοιπὸν τὰ δύο ταῦτα σώματα, κατὰ τινὰ χρονικὴν στιγμήν, εὐρίσκωνται εἰς συζυγίαν, μετὰ 6 μῆνας θὰ εὐρεθοῦν εἰς ἀντιζυγίαν, δηλ. ἡ ἀπόστασις των θὰ ἀυξηθῇ σχεδὸν κατὰ τὴν διάμετρον τῆς τροχιᾶς τῆς Γῆς.

Ἄφ' ἑτέρου εἶναι γνωστόν, ὅτι οἱ δορυφόροι στρέφονται περὶ τὸν Δία, ὅπως ἡ Σελήνη περὶ τὴν Γῆν. Τὰ ἐπίπεδα τῶν τροχιῶν τοῦ Διδὸς καὶ τῶν δορυφόρων του σχεδὸν συμπίπτουν. Ὁ πλησιέστερος εἰς τὸν

(*) Εἰς τὰς ἀστρονομικὰς μεθόδους, ὁ χρόνος λαμβάνεται μετ' ἀκριβείας, ἀλλὰ τὸ διάστημα εἶναι ὀλιγώτερον ὠρισμένον. Εἰς τὰς φυσικὰς μεθόδους ἡ ἀπόστασις εἶναι ἀκριβῶς ὠρισμένη, ἀλλ' ὁ χρόνος ἐκτάκτως βραχύς, μετρεῖται ὀλιγώτερον ἀκριβῶς.

Δία δορυφόρος (πρῶτος δορυφόρος) διασχίζει εἰς ἐκάστην περιφορὰν του τὸν κῶνον τῆς σκιάς τοῦ Διὸς καὶ ἔξαφανίζεται ἐπὶ τινὰ χρόνον. Ὁ χρόνος θ , ὃ ὁποῖος χωρίζει **δύο καταδύσεις** (ἐνάρξεις δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων) ἢ ἡ διάρκεια τῆς περὶ τὸν Δία περιφορᾶς τοῦ δορυφόρου τούτου εἶναι 42 ὥρ. 22' 35''.

Ἐὰν λοιπὸν μία κατάδυσις συμβῆ κατὰ τὸν χρόνον χ , ὅταν ἡ $\Gamma\eta$ εὑρίσκεται σχεδὸν **εἰς συζυγίαν** μετὰ τοῦ Διὸς εὐρισκομένου εἰς τὸ j (σχ. 9), δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸν χρόνον τῆς $n + 1$ καταδύσεως, ἣτις θὰ συμβῆ μετὰ δ περίπου μῆνας, ὅταν ἡ $\Gamma\eta$ θὰ εὐρίσκεται



Σχ. 9.

εἰς τὸ T' , **ἐν ἀντιζυγίᾳ** μετὰ τοῦ Διὸς εὐρισκομένου εἰς τὸ j' . Ὁ χρόνος οὗτος θὰ ἦτο $\chi + n\theta$, ἂν ἡ $\Gamma\eta$ παρέμενεν εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ Διός, εἰς ἣν καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς πρώτης καταδύσεως. Ἄλλ' ἡ παρατήρησις διεπίστωσεν ἐπιβράδυνσιν κατὰ 16 πρῶτα λεπτά καὶ 26 δευτέρα. **Ἡ ἐπιβράδυνσις αὕτη μετρεῖ προφανῶς τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ φῶς διὰ νὰ διανύσῃ τὴν διάμετρον TT' τῆς τροχιάς τῆς $\Gamma\eta$.** Διότι, ἂν ἡ πρώτη κατάδυσις ἐγένετο εἰς χρόνον κ , ὅτε ἡ $\Gamma\eta$ εὐρίσκετο εἰς τὸ T καὶ ὁ Ζεὺς εἰς τὸ j (συζυγία), αὕτη ἐγένετο ὄρατὴ εἰς χρόνον $\chi = \kappa + \frac{\Delta}{T}$, ἔνθα Δ ἡ ἀπόστασις Tj καὶ T ἡ ταχύτης τοῦ φωτός (δηλ. $\frac{\Delta}{T}$ ὁ χρόνος καθ' ὃν τὸ φῶς διήνυσεν τὴν ἀπόστασιν Tj). Ἡ δευτέρα κατάδυσις ἐγένετο εἰς χρόνον $\kappa + \theta$, ἐγένετο δὲ ὄρατὴ εἰς χρόνον $\kappa + \theta + \frac{\Delta + \delta}{T}$, ἔνθα δ ἡ ἀύξησις τῆς

ἀποστάσεως T_j εἰς χρόνον θ . Ἡ τρίτη κατάδυσις συνέβη εἰς χρόνον $\kappa + 2\theta$, ἐγένετο δὲ ὄρατὴ εἰς χρόνον $\kappa + 2\theta + \frac{\Delta + \delta'}{T}$, ἔνθα δ' ἡ ἀΐξις τῆς ἀποστάσεως, καὶ ἡ $\nu + 1$ κατάδυσις (ἀντιζυγία), ἥτις ἐγένετο εἰς χρόνον $\kappa + \nu\theta$, ἐγένετο ὄρατὴ εἰς χρόνον $\chi' = \kappa + \nu\theta + \frac{\Delta + \Delta'}{T}$, ἔνθα Δ' ἡ διάμετρος τῆς τροχιάς τῆς Γ ἤς.

Ἐὰν μεταξὺ τῆς πρώτης καταδύσεως καὶ τῆς $\nu + 1$ παρήλθε χρόνος $\chi' - \chi = \kappa + \nu\theta + \frac{\Delta + \Delta'}{T} - \kappa - \frac{\Delta}{T} = \nu\theta + \frac{\Delta'}{T}$ ἐνῶ ἔπρεπε νὰ παρέλθῃ χρόνος $\nu\theta$. Ἡ ἐπιβράδυνσις $\frac{\Delta'}{T}$ ἰσοῦται, ὡς εἶπομεν, μὲ $16'$ καὶ $26''$ ἢ $986''$. Καὶ ἐπειδὴ ἡ Δ' εἶναι γνωστή, ἔχομεν $\frac{\Delta'}{T} = 986$ ἢ $T = \frac{\Delta'}{986}$.

Σημ. Ἐὰν θέσωμεν κατὰ προσέγγισιν $\frac{\Delta'}{T} = 1000''$ καὶ $\Delta' = 300 \cdot 10^6$ χιλιόμετρα, θὰ ἔχομεν $T = \frac{300 \cdot 10^6}{10^3} = 300 \cdot 10^3$ Χμ.

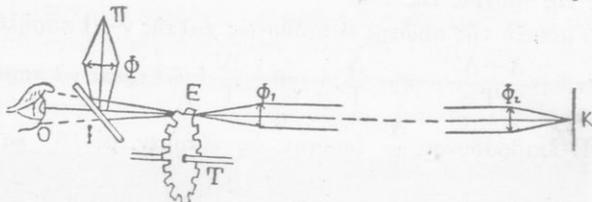
B) Μέθοδος φυσικῆ τοῦ Fizeau.—Τὰ πειράματα τοῦ Fizeau ἐξετελέσθησαν κατὰ τὸ 1848 μεταξὺ Suresnes καὶ Montmartre ἡ ἀπόστασις τῶν δύο σταθμῶν ἦτο ἀκριβῶς γνωστή.

Εἰς τὸν σταθμὸν τῆς Suresnes φωτεινὴ δέσμη ἐκπεμπομένη ὑπὸ πηγῆς Π (σχ. 10) καὶ ἀνακλωμένη ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς διαφανοῦς I ἀποστέλλεται ὀριζοντίως, διερχομένη διὰ κενοῦ E περιλαμβανομένου μεταξὺ δύο ὀδόντων ὀδοντωτοῦ τροχοῦ T. Ἡ δέσμη αὕτη διαδίδεται ἐλευθέρως μέχρι τοῦ σταθμοῦ τῆς Montmartre.

Ἐκεῖ ἡ δέσμη ἀνακλᾶται καθέτως ἐπὶ κατόπρου K καὶ διανύει κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν τὴν αὐτὴν τροχίαν, ἦν καὶ κατὰ τὴν μετάβασιν. Ἐὰν ὁ τροχὸς μένῃ ἀκίνητος, ἡ δέσμη διερχομένη διὰ τοῦ αὐτοῦ κενοῦ, δι' οὗ διῆλθε καὶ κατὰ τὴν ἀναχώρησιν, θὰ φθάσῃ εἰς παρατηρητὴν εὐρισκόμενον ὀπισθεν τῆς ὑαλίνης πλακὸς. Ὁ ὀφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ O θὰ δεχθῇ τὸ τῆς ἐπιστροφῆς φῶς, **χωρὶς νὰ ἴδῃ εἰς τὸ E τὰς ἀκτῖνας τῆς ἀναχωρήσεως.**

Διὰ ὥρολογιακοῦ μηχανισμοῦ, ὁ τροχὸς στρέφεται περὶ τὸν ἄξονά του.

Ἐὰν κατὰ τὸν χρόνον, ὃν χρειάζεται ἡ φωτεινὴ δέσμη διὰ νὰ μεταδοθῆ ἔκ τοῦ Ε εἰς τὸ Κ καὶ νὰ ἐπιστρέψῃ εἰς τὸ Ε, τὸ πλήρες ἐνὸς ὀδόντος ἀντικαταστήσῃ ἀκριβῶς τὸ κενόν, ἡ δέσμη ἐμποδίζεται κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν. Τὸ αὐτὸ θὰ συμβῆ δι' ὅλας τὰς δέσμας, αἱ ὁποῖαι θὰ διέλθουν διὰ τῶν ἐπομένων κενῶν, διότι τὰ κενὰ καὶ τὰ πλήρη τῶν ὀδόντων τοῦ τροχοῦ εἶναι τετράγωνα τοῦ αὐτοῦ πλάτους. *Μὲ τὴν*



Σχ. 10.

ταχύτητα λοιπὸν ταύτην τοῦ τροχοῦ, ὁ παρατηρητὴς δὲν δέχεται τὸ φῶς τῆς ἐπιστροφῆς.

Ἐστω Ν ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν τοῦ τροχοῦ κατὰ δευτερόλεπτον, ὅταν ἐπιτύχωμεν τὴν περιγραφείσαν *ἔκλειψιν* τοῦ φωτός, Μ ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀδόντων, συνεπῶς 2Μ ὁ ἀριθμὸς τῶν διαστημάτων (πλήρων καὶ κενῶν), τὰ ὁποῖα διαδέχονται ἄλληλα κατὰ μίαν στροφήν τοῦ τροχοῦ. Εἰς ἓν δεῦτερον λεπτὸν διέρχονται 2ΜΝ διαστήματα διὰ τοῦ Ε. Ἐὰν λοιπὸν 2ΜΝ διαστήματα διέρχονται διὰ τοῦ Ε εἰς ἓν δεῦτερον λεπτόν, ἡ διάρχεια χ τῆς διόδου ἐνὸς διαστήματος θὰ εἶναι $\frac{1}{2ΜΝ}$. Ἄλλ' ἡ διάρχεια αὕτη ἰσοῦται μὲ τὸν χρόνον, ὃν χρειάζεται τὸ φῶς διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν 2.ΕΚ = 2δ. (ἐὰν ΕΚ = δ). Ἐχομεν λοιπὸν $\chi = \frac{1}{2ΜΝ}$ (1). Ἐφ' ἐτέρου, ἐπειδὴ ἡ κίνησις τῆς μεταδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ὁμαλή, ἔχομεν 2δ = Τ.χ, ἔνθα Τ ἡ ζητουμένη ταχύτης τοῦ φωτός, συνεπῶς $\chi = \frac{2δ}{Τ}$ (2)

ἐκ τῶν (1) καὶ (2) λαμβάνομεν $\frac{1}{2ΜΝ} = \frac{2δ}{Τ}$, ἔξ ἧς Τ = 4ΜΝδ.

Σημ. Ὁ ὀπτικὸς κανονισμὸς πειράματος χρησιμοποιοῦντος τὸσον μεγάλας ἀποστάσεις παρουσιάζει εἰδικὰς δυσκολίας. Τὸ σχῆμα 10 δει-

κνύει, ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ Π, τοποθετημένη πλαγίως, ἐκπέμπει δέσμην, τὴν ὁποίαν ὁ φακὸς Φ συγκεντρώνει, καὶ ἡ πλάξ I ἐνεργοῦσα ὡς κάτοπτρον φέρει εἰς τὸ E ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ τροχοῦ. Τὸ φωτεινὸν λοιπὸν σημεῖον E εἶναι πράγματι εἶδωλον. Οἱ φακοὶ Φ₁ καὶ Φ₂ ἐμποδίζουσι τὰς ἀκτῖνας νὰ ἀπομακρυνθῶν—καὶ κατὰ τὴν μετάβασιν καὶ κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν—ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν ΕΚ· τέλος, ἡ πλάξ, ἥτις εἶναι κοινὴ ὕαλος, ἐπιτρέπει νὰ διέλθουν ἐπαρκεῖς ἀκτῖνες κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν.

Ἀποτελέσματα.—Αἱ ἀνωτέρω μέθοδοι, καὶ ἄλλαι, ἔδωσαν ὡς ταχύτητα τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα 300.000 χιλιόμετρα περίπου κατὰ δεύτερον λεπτόν.

Εἰς τὸ κενόν, ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι ἡ αὐτή. Εἰς τὸ ὕδωρ ἡ ταχύτης εἶναι τὰ $\frac{3}{4}$ ταύτης, δηλ. 225.000 χιλιόμετρα. Εἰς τὴν ὕαλον εἶναι τὰ $\frac{2}{3}$ τῆς εἰς τὸν ἀέρα, δηλ. 200.000 χιλιόμετρα.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. *Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος, τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ φῶς διὰ νὰ φθάσῃ εἰς ἡμᾶς ἀπὸ τοῦ Ἥλιου, τῆς ἀποστάσεως τῆς Γῆς ἀπὸ τοῦ Ἥλιου οὔσης 150.000.000 χιλιόμετρα.*

2ον. *Ποία ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τῆς Γῆς ἀστέρος, τοῦ ὁποῖου τὸ φῶς χρειάζεται 1 ἔτος, διὰ νὰ φθάσῃ μέχρις ἡμῶν ;*

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

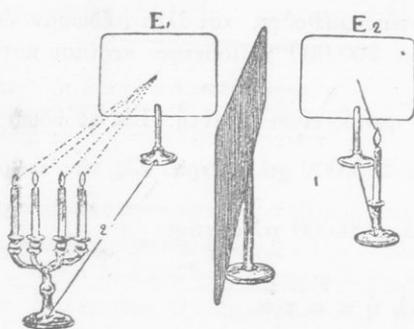
ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

8. **Ὁρισμοί.**—Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι ὁ παραγόμενος φωτισμὸς ἐπὶ δοθείσης ἐπιφανείας ὑπὸ φωτεινῆς πηγῆς ἐξαρτᾶται συγχρόνως ἐκ τῆς ἀποστάσεως τῆς πηγῆς ἀπὸ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας, ἐκ τῆς κλίσεως τῶν φωτεινῶν ἀκτῖνων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῆς πηγῆς. Λέγομεν ὅτι δύο πηγαὶ ἔχουν τὴν αὐτὴν *ἐνταση*, ἐὰν φωτίζουν ἐξ ἴσου ἀπὸ τὴν μονάδα τῆς ἀποστάσεως δύο ἐπιφανείας ἴσας, δεχομένας τὰς ἀκτῖνας καθέτως. Ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ ἐκτιμήσῃ μὲ ἀρκετὴν

ἀκρίβειαν τὴν ἰσότητα τῶν φωτισμῶν, ἔαν αἱ πρὸς σύγκρισιν πηγὰι ἔχουν τὸ αὐτὸ χρῶμα. **Κατὰ συνθήκην**, αἱ ἐντάσεις δύο πηγῶν ὁμοίως διατεταγμένων ὡς πρὸς διαφράγματα ὅμοια εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς φωτισμοὺς τῶν διαφραγμάτων τούτων.

Ἡ φωτομετρία ἔχει ὡς σκοπὸν τὴν μέτρησιν **τῆς ἐντάσεως** τῶν διαφόρων φωτεινῶν πηγῶν καὶ τῶν φωτισμῶν, τοὺς ὁποίους αὐταὶ παράγουν.

9. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως τῆς



Σχ. 11.

πηγῆς.— Λαμβάνομεν δύο ἴσα διαφώτιστα διαφράγματα, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦμεν κατακορυφως, τὰ E_1 καὶ E_2 (σχ. 11). Πρὸ τοῦ E_2 καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ ἐνὸς μέτρου θέτομεν 1 κηρίον· πρὸ δὲ τοῦ E_1 καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ 2 μέτρων θέτομεν 4 ὅμοια κηρία, τὰ ὁποῖα χωρίζομεν ἀπὸ τοῦ πρώτου διὰ μέλανος σκιεροῦ διαφράγματος,

καθέτου ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τῶν E_1 καὶ E_2 . Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι οἱ φωτισμοὶ τῶν δύο διαφραγμάτων εἶναι ἴσοι. Ἐπειδὴ ἕκαστον τῶν 4 κηρίων δίδει φωτισμὸν ἴσον πρὸς τὸ $\frac{1}{4}$ τοῦ ὀλίκοῦ φωτισμοῦ τοῦ προερχομένου ἐκ τῶν 4 κηρίων, συνάγομεν ὅτι ὁ φωτισμὸς τοῦ ἐνὸς κηρίου εἰς τὴν ἀπόστασιν τῶν 2 μέτρων ἐγένετο 4 φορὰς μικρότερος ἀπὸ ὅσος ἦτο εἰς τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἐνὸς μέτρου.

Θὰ εὐρωμεν ἐπίσης ὅτι πρέπει νὰ θέσωμεν 9 κηρία εἰς ἀπόστασιν 3 μέτρων διὰ νὰ παραγάγωμεν τὸν αὐτὸν φωτισμὸν, τὸν ὁποῖον παράγει ἓν κηρίον εἰς ἀπόστασιν 1 μέτρου.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν, ὅτι **ὁ ὑπὸ τινος φωτεινῆς πηγῆς ἐπὶ ἐπιφανείας δεχομένης καθέτως τὸ φῶς παραγόμενος φωτισμὸς, μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τῆς πηγῆς ἀπὸ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας.**

Κατὰ ταῦτα, ἐὰν φ καὶ φ' οἱ παραγόμενοι φωτισμοὶ ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἀπὸ τῶν ἀποστάσεων α καὶ α' , θὰ ἔχωμεν $\frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{\alpha^2}{\alpha'^2}$.

Αἱ μονάδες ἐντάσεως καὶ φωτισμοῦ ἔχουν ἐκλεγῆ οὕτως, ὥστε φωτεινὴ πηγὴ ἐντάσεως 1 (δηλ. ἴσης μὲ τὴν μονάδα τῆς ἐντάσεως) νὰ παράγῃ φωτισμὸν 1 (δηλ. τὴν μονάδα τοῦ φωτισμοῦ) ἀπὸ ἀποστάσεως 1 ἑκατοστομέτρου.

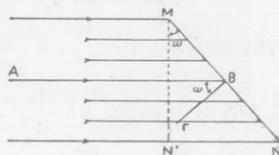
Συνεπῶς πηγὴ ἐντάσεως E θὰ παράγῃ φωτισμὸν E ἀπὸ ἀποστάσεως 1 ἑκατοστομέτρου.

Ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ αὐτὴ πηγὴ παράγῃ φωτισμὸν φ ἀπὸ ἀποστάσεως α ἑκατ., θὰ ἔχωμεν κατὰ τὸν ἀνωτέρω νόμον $\frac{\varphi}{E} = \frac{1}{\alpha^2}$, ὅθεν $\varphi = \frac{E}{\alpha^2}$. (1)

Ἐκ τούτου ἔπεται ὅτι ὁ φωτισμὸς ὁ παραγόμενος καθέτως ἀπὸ ἀποστάσεως α ὑπὸ τῆς πηγῆς ἐντάσεως E μετρεῖται ὑπὸ τοῦ πηλικοῦ $\frac{E}{\alpha^2}$.

10. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς κλίσεως τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας.— Θεωρήσωμεν

δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτουσαν πλαγίως ἐπὶ ἐπιπέδου ἐπιφανείας MN , ἔμβραδου ϵ' (σχ. 12), καὶ ἔστω MN' ἡ κάθετος τομῆ, ἔμβραδου ϵ , τοῦ κυλίνδρου τοῦ σχηματιζομένου ὑπὸ τῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ ποσότης τοῦ φωτὸς Φ , τὴν ὁποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια MN ,



Σχ. 12.

εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν ποσότητα, τὴν ὁποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια MN' . Συνεπῶς ἡ ποσότης φ' τοῦ φωτὸς, τὸ ὁποῖον δέχεται ἑκάστη μονὰς ἐπιφανείας τῆς MN , θὰ εἶναι $\varphi' = \frac{\Phi}{\epsilon'}$, καὶ ἡ ποσότης φ , τὴν ὁποίαν δέχεται ἑκάστη μονὰς ἐπιφανείας τῆς MN' , θὰ εἶναι $\varphi = \frac{\Phi}{\epsilon}$. Διαι-

ροῦντες κατὰ μέλη, λαμβάνομεν $\frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{\epsilon}{\epsilon'}$.

Ἄλλ' ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου MNN' ἔχομεν $\varepsilon = \varepsilon'$ συν ω .
 Συνεπῶς $\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = \text{συν } \omega$ καὶ ἐπομένως $\frac{\varphi'}{\varphi} = \text{συν } \omega$ καὶ $\varphi' = \varphi \text{ συν } \omega$ (2).

Ἄρα ἡ ποσότης τοῦ φωτός, τὴν ὁποίαν δέχεται πλαγίως μία ἐπιφάνεια, καὶ συνεπῶς ὁ φωτισμὸς τῆς, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ συνημίτονον τῆς γωνίας, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ προσπίπτουσαι φωτειναὶ ἀκτῖνες μετὰ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν (διότι γωνία $N'MN = \text{γωνία } AB\Gamma$, ὡς ὀξεῖται ἔχουσαι τὰς πλευρὰς καθέτους).

Σημ. Θέτοντες εἰς τὴν (2) ἀντὶ φ τὴν τιμὴν του ἐκ τῆς (1), λαμβάνομεν τὸν γενικὸν τύπον $\varphi' = \frac{E}{\alpha^2} \text{ συν } \omega$, ὅστις ἐκφράζει ἀμφοτέρους τοὺς νόμους τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας τινὸς (διότι διὰ $\omega = 0$ ἔχομεν $\text{συν } \omega = 1$ καὶ συνεπῶς $\varphi' = \frac{E}{\alpha^2}$).

11. **Σχέσις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν.**—Ὑποθέσωμεν ὅτι φωτεινὴ πηγὴ ἐντάσεως E , τοποθετημένη εἰς ἀπόστασιν α ἀπὸ διαφράγματος, παράγει ἐπ' αὐτοῦ καθέτως τὸν αὐτὸν φωτισμὸν, ὃν καὶ δευτέρᾳ πηγῇ ἐντάσεως E' παράγει καθέτως ἐπίσης ἀλλὰ τοποθετημένη εἰς ἀπόστασιν α' .

Καθὼς ἐμάθομεν, ὁ φωτισμὸς ὁ παραγόμενος ὑπὸ τῆς πρώτης πηγῆς ἰσοῦται μὲ $\frac{E}{\alpha^2}$, ὁ δὲ φωτισμὸς ὁ παραγόμενος ὑπὸ τῆς δευτέρας πηγῆς ἰσοῦται μὲ $\frac{E'}{\alpha'^2}$. Καὶ ἐπειδὴ οἱ δύο φωτισμοὶ εἶναι ἴσοι,

$$\text{ἔχομεν } \frac{E}{\alpha^2} = \frac{E'}{\alpha'^2} \quad \eta \quad \frac{E}{E'} = \frac{\alpha^2}{\alpha'^2}.$$

Παρατηροῦμεν λοιπὸν ὅτι **αἱ ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων αὐτῶν ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας, τὴν ὁποίαν ἐξ ἴσου φωτίζουν.**

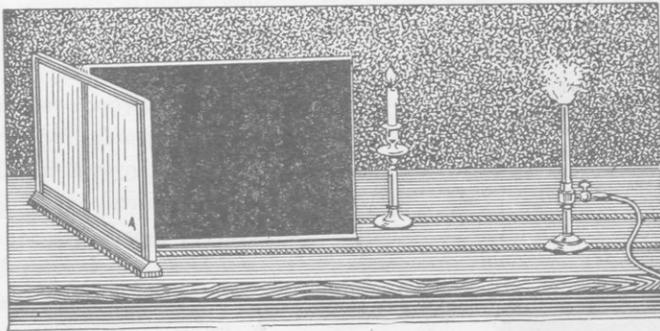
Σημ. Εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ σχέσις αὕτη ἐφαρμόζεται καὶ εἰς δύο ἴσας ἐπιφανείας, φωτιζομένας ὑπὸ τὴν αὐτὴν κλίσιν, διότι αἱ ἐπιφάνειαι αὗται ἔχουν ὡς προβολὰς ἐπιφανείας ἴσας, φωτιζομένας καθέτως καὶ δεχομένας τὴν αὐτὴν μὲ αὐτὰς ποσότητα φωτός.

12. **Φωτόμετρα.**—Τὰ φωτόμετρα εἶναι ὄργανα, τὰ ὁποῖα χρησι-

μείουν διὰ τὴν σύγκρισιν τῶν φωτεινῶν ἐντάσεων διαφόρων πηγῶν φωτός. Τὰ ὄργανα ταῦτα στηρίζονται ἐπὶ τῆς προηγουμένης σχέσεως. Τοποθετοῦμεν τὰς πρὸς σύγκρισιν δύο φωτεινὰς πηγὰς οὕτως, ὥστε νὰ φωτίζουν κεχωρισμένως καὶ ἐξ ἴσου (ὑπὸ τὴν αὐτὴν κλίσιν) δύο ὁμοίας ἐπιφανείας κειμένας πλησίον ἀλλήλων· κατόπιν μετροῦμεν τὰς ἀποστάσεις a καὶ a' ἐκάστης τῶν πηγῶν τούτων ἀπὸ τὰς φωτιζομένας ταύτας ἐπιφανείας· τέλος δὲ ἐφαρμόζομεν τὴν σχέσιν $\frac{E}{E'} = \frac{a^2}{a'^2}$.

Σημ. Ἐὰν $a'=1$ καὶ $E'=1$, δηλ. ἐὰν θέσωμεν τὴν πηγὴν, τῆς ὁποίας τὴν φωτεινὴν ἐντάσιν χρησιμοποιοῦμεν ὡς μονάδα ἐντάσεως, εἰς ἀπόστασιν ἴσην μὲ τὴν μονάδα, θὰ ἔχωμεν $E=a^2$.

Φωτόμετρον τοῦ Bouguer.—Τὸ φωτόμετρον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ κατακορύφου ἡμιδιαφανοῦς ὑαλίνης πλακὸς A , ἥτις διὰ δια-

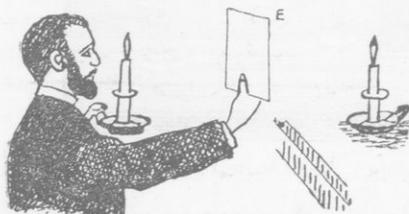
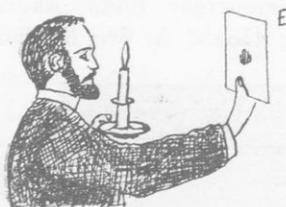
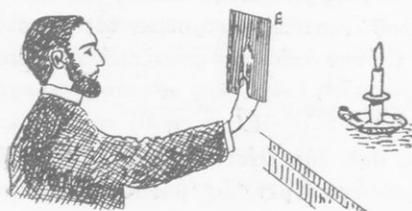


Σχ. 13.

φράγματος σκιεροῦ στερεωμένου καθέτως εἰς τὸν μέσον αὐτῆς χωρίζεται εἰς δύο ἴσα μέρη (σχ. 13). Ἐκατέρωθεν τοῦ διαφράγματος τοποθετοῦνται αἱ δύο φωτειναὶ πηγαί, εἰς τοιαύτας ἀποστάσεις ἀπὸ τῆς ὑαλίνης πλακός, ὥστε τὰ δύο τμήματα αὐτῆς νὰ φωτίζονται ἐξ ἴσου. Τότε ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῶν τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων τούτων ἀπὸ τῆς ὑαλίνης πλακός.

Φωτόμετρον τοῦ Bunsen.—Ἐπὶ τεμαχίου λευκοῦ χάρτου σχηματίζομεν διὰ σταγόνος ἐλαίου κηλίδα. Τὸ μέρος τοῦ χάρτου, εἰς τὸ

ὁποῖον ἐγένετο ἡ κηλὶς, καθίσταται περισσότερο διαφώτιστον ἀπὸ τὸ ἄλλο. Ἐάν, κρατοῦντες διὰ τῆς χειρὸς τὸν χάρτην κατακόρυφον, ὥστε ἡ κηλὶς νὰ εὐρίσκειται εἰς τὸ ὕψος τῶν ὀφθαλμῶν, φωτίσωμεν διὰ κηρίου



Σχ. 14.

ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου τὴν ἀντίθετον πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν ὄψιν τοῦ χάρτου (σχ. 14), ἡ κηλὶς φαίνεται φωτεινὴ, ὁ δὲ λοιπὸς χάρτης σκιερὸς, διότι ἡ κηλὶς φωτίζεται περισσότερο ὑπὸ τοῦ διερχομένου φωτός. Ἐάν φωτίσωμεν τὴν ὄψιν τοῦ χάρτου τὴν ἐστραμμένην πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν, ἡ κηλὶς φαίνεται σκοτεινὴ, ἐνῶ ὁ λοιπὸς χάρτης φωτεινός, διότι οὗτος ἀνακλᾷ τὸ πλεῖστον μέρος τοῦ προσπίπτοντος φωτός, ἐνῶ διὰ τῆς κηλίδος διέρχεται τὸ πλεῖστον μέρος τοῦ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτοντος φωτός.

Ἐάν φωτίσωμεν ἐξ ἴσου τὰς δύο ὀψεις τοῦ χάρτου, ἡ κηλὶς ἐξαφανίζεται. Διότι τότε ἡ κηλὶς φωτίζεται ἀπὸ τὸ ἓν μέρος τόσον, ὅσον φωτίζεται ὁ ὑπόλοιπος χάρτης ἀπὸ τὸ ἄλλο μέρος.

Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς ταύτης στηρίζεται τὸ φωτόμετρον τοῦ Bunsen (σχ. 15).

Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ διάφραγμα τοῦ χάρτου τὸ φέρον τὴν κηλίδα, διαβρέχομεν τὴν κεφαλὴν κοχλίου (βίδας) διὰ τετηγμένης παραφίνης καὶ τὴν ἐφαρμόζομεν ἐπὶ φύλλον χάρτου. Τείνομεν κατόπιν τὸν χάρτην τοῦτον ἐντὸς πλαισίου ἐφωδιασμένου διὰ στελέχους, τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει κατὰ μῆκος κανόνος διηρημένου. Συνήθως τοποθετοῦν ἐ-

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Εἰς τὰς τρεῖς κορυφὰς ἰσοπλευροῦ τριγώνου εὐρίσκονται φωτεινὰ σημεῖα ἴσης ἐντάσεως. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ τριγώνου καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν μίαν τῶν πλευρῶν, εὐρίσκεται ἓν πολὺ μικρὸν διάφραγμα. Νὰ ὑπολογισθοῦν οἱ φωτισμοὶ τῶν δύο ὄψεων τοῦ διαφράγματος.

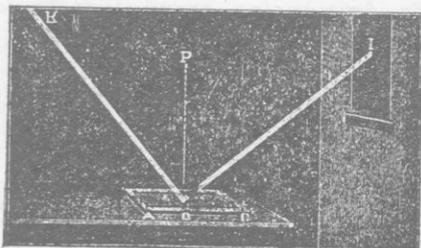
2ον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ διαφράγματος πρέπει νὰ τοποθετησῶμεν κηρίον, ἵνα λαμπτήρ τριπλασίας ἐντάσεως, τοποθετούμενος 0,6 μ. ἀπωτέρω, παραγγῆ τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ;

3ον. Ἐν σκοτεινῷ θαλάμῳ λαμπτήρ καὶ κηρίον εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 9 μ. ἀπ' ἀλλήλων. Εἰς ποίαν θέσιν μεταξὺ τῶν δύο τούτων φώτων καὶ ἐπὶ τῆς ἐνούσης ταῦτα εὐθείας πρέπει νὰ τεθῆ πέτασμα, ἵνα αἱ δύο αὐτοῦ ἐπιφάνειαι φωτίζονται ἐξ ἴσου ὑφ' ἑκατέρου τῶν φώτων, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἐντασις τοῦ λαμπτήρος εἶναι 64 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς τοῦ κηρίου ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὅρισμοί.— Ὅταν φωτεινὴ δέσμη συναντᾷ πλαγίως στυλπνὴν ἐπιφάνειαν σώματος, τελείως λείαν, ὅπως π. χ. τὴν ἐπιφάνειαν ἠρεμοῦντος ὕδατος, ἐκπέμπεται πάλιν πρὸς τῆς ἐπιφανείας ταύτης καθ' ὠρισμένην διεύθυνσιν. Λέγομεν τότε ὅτι αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὴν δέσμην, **ἀνακλῶνται** (σχ. 16).

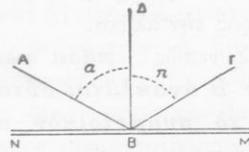


Σχ. 16.

Ὅλα τὰ στυλπνὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἀνακλῶσι τὸ φῶς, λέγονται **κάτοπτρα**.

Ἐστω NM ἐπίπεδος ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια (σχ. 17). Καλοῦμεν **προσπίπτουσαν ἀκτίνα** τὴν διεύθυνσιν ΓΒ, κατὰ τὴν ὁποίαν

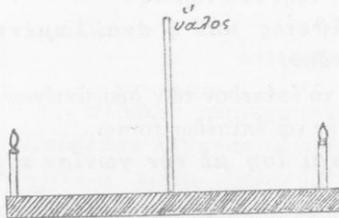
τὸ φῶς πίπτει ἐπὶ τῆς NM , καὶ **ἀνακλωμένην ἀκτίνα** τὴν νέαν διεύθυνσιν BA τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς μετὰ τὴν ἀνάκλασίν του. Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπίπτουσης B νοήσωμεν τὴν κάθετον ΔB ἐπὶ τὴν ἀνακλώσαν ἐπιφάνειαν, αὕτη μετὰ τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος ὀρίζει ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν ἀνακλώσαν ἐπιφάνειαν, τὸ **ἐπίπεδον προσπίπτουσης**.



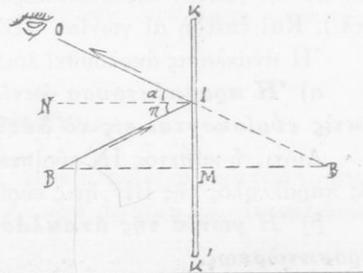
Σχ. 17.

Ἡ γωνία ἢ σχηματιζομένη ὑπὸ τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος GB καὶ τῆς καθέτου ΔB εἶναι ἡ **γωνία προσπίπτουσης**. Ἡ γωνία τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος BA μετὰ τῆς καθέτου ΔB εἶναι ἡ **γωνία τῆς ἀνακλάσεως**.

15. **Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως**.—Τοποθετοῦμεν δύο ὅμοια κηρία τοῦ αὐτοῦ μήκους ἐκατέρωθεν διαφανοῦς ὑαλίνης πλακῶς κατακορύ-



Σχ. 18.



Σχ. 19.

φου καὶ συμμετρικῶς ὡς πρὸς ταύτην (σχ. 18). Ἐὰν ἀνάψωμεν τὸ κηρίον, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν τῆς πλακῶς, τὸ δεύτερον κηρίον εἰς παρατηρητὴν εὐρισκόμενον ἔμπροσθεν τῆς πλακῶς, εἰς οἰανδήποτε θέσιν, φαίνεται ἀνημμένον.

Τὸ πείραμα τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς : Ἐν οἰονδήποτε σημείον B τοῦ κηρίου ἐκπέμπει φωτεινὰς δέσμας καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Μία ἐκ τούτων φθάνει ἀπ' εὐθείας εἰς τὸν ὀφθαλμὸν O τοῦ παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος βλέπει εἰς τὸ B τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Μία ἄλλη δέσμη BIO (σχ. 19) φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, ἀφοῦ ἀνακλασθῆ ἐπὶ τῆς ὑαλίνης πλακῶς KK' . Καὶ ὁ παρατηρητὴς νομίζει ὅτι

βλέπει τὸ φωτεινὸν σημεῖον εἰς τὸ Β', διότι ἡ ἀνακλωμένη δέσμη φαίνεται ὅτι προέρχεται ἀπὸ τὸ Β', τὸ ὁποῖον ἐλήφθη συμμετρικὸν τοῦ Β ὡς πρὸς τὴν πλάκα.

Συνεπῶς : *πᾶσα φωτεινὴ ἀκτὶς ἐκπεμπομένη ἀπὸ τὸ σημεῖον Β ἀνακλᾶται οὕτως, ὥστε νὰ φαίνεται ὅτι προέρχεται ἀπὸ τὸ συμμετρικὸν αὐτοῦ Β' ὡς πρὸς τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν.*

Ἐκ τῆς ἰδιότητος ταύτης συνάγομεν εὐκόλως τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως. Ἄγομεν εἰς τὸ Ι τὴν κάθετον ΙΝ ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν ΚΚ'. Τὸ τρίγωνον ΒΙΒ' εἶναι ἰσοσκελές, διότι τὰ σημεῖα Β καὶ Β' εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν ΚΚ', συνεπῶς αἱ εἰς τὸ Β καὶ Β' γωνίαι εἶναι ἴσαι. Ἄφ' ἐτέρου ἡ μὲν γωνία ΙΒΜ ἰσοῦται μὲ τὴν γωνίαν τῆς προσπτώσεως π (ἐντὸς ἐναλλάξ κτλ.), ἡ δὲ γωνία ΙΒ'Μ ἰσοῦται μὲ τὴν γωνίαν τῆς ἀνακλάσεως α (ἐντὸς ἐκτὸς τῶν παραλλήλων κτλ.). Καὶ ἐπειδὴ αἱ γωνίαι ΙΒ'Μ καὶ ΙΒΜ εἶναι ἴσαι, ἔχομεν $\alpha = \pi$.

Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ λοιπὸν τοὺς ἐξῆς δύο νόμους :

α) *Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς, ἡ κάθετος καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον.*

Διότι, ἡ κάθετος ΙΝ εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο ἀκτίνων, ὡς παράλληλος τῆς ΒΒ' ἣτις εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τούτῳ.

β) *Ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν τῆς προσπτώσεως.*

Σημειωτέον ὅτι, ἐὰν δοθοῦν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς καὶ ἡ κάθετος εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως, οἱ δύο οὗτοι νόμοι ὁρίζουν τελείως εἰς τὸ διάστημα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος.

Ἐπὶ πλέον οἱ νόμοι οὗτοι ἐφαρμοζοῦνται ἐπίσης εἰς τὴν ἀνάκλασιν τοῦ φωτὸς ἐπὶ σημείου λείας ἐπιφανείας *οἰαζδῆποτε μορφῆς*. Ἀρκεῖ νὰ φέρωμεν διὰ τοῦ σημείου τούτου τὸ ἐφαπτόμενον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ταύτην ἐπίπεδον, ἵνα ἡ προηγουμένη ἀπόδειξις ἐφαρμοσθῇ εἰς γενικὴν περίπτωσιν.

Τέλος, δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐὰν φωτεινὴ ἀκτὶς διαδίδεται κατὰ τὴν ΟΙ, ἀνακλᾶται προφανῶς κατὰ τὴν ΙΒ. *Ἡ τροχιά δηλ., τὴν ὁποῖαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς, εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φορᾶς τῆς διαδόσεως αὐτοῦ* (ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς ἐπιστροφῆς τοῦ φωτός).

16. Ἀκανόνιστος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις. — Ὄταν τὸ φῶς,

ἀντὶ νὰ συναντήσῃ ἐπιφάνειαν τελείως λείαν, προσπίπτῃ ἐπὶ ἐπιφανείας μᾶλλον ἢ ἦττον τραχείας, π.χ. ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοίχου ἢ φύλλου χάρτου, ἀνακλᾶται ἐπὶ πολυαρίθμων προεξοχῶν πολὺ μικρῶν, τὰς ὁποίας παρουσιάζει μία τοιαύτη ἐπιφάνεια, καὶ αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες διασπείρονται κατὰ πᾶσαν διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τῆς διασπορᾶς ταύτης τοῦ φωτὸς καλεῖται **διάχυσις ἢ ἀκανόνιστος ἀνάκλασις**.

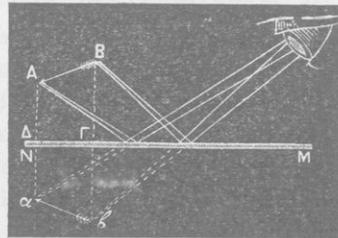
Ἔνεκα τῆς διαχύσεως ταύτης τοῦ φωτὸς διακρίνομεν τὴν ἐπιφάνειαν σωμάτων, τὰ ὁποῖα δὲν εἶναι πηγαὶ φωτός. Τοιουτοτρόπως πλάξ ὑαλίνη τελείως λεία τοποθετημένη εἰς φωτιζόμενον μέρος εἶναι ἀόρατος εἰς παρατηρητὴν, ὅστις τὴν παρατηρεῖ ἀπὸ ἀπέναντι, ἐκτὸς ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς ταύτης φέρῃ κόνιν κατάλληλον νὰ διαχέῃ μέρος τοῦ προσπίπτοντος φωτός.

Διακρίνομεν πλαγίως δέσμην ἡλιακῶν ἀκτίνων, ἡ ὁποία εἰσέρχεται ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου διὰ μικρᾶς ὀπῆς, ἔνεκα τοῦ κοριοροῦ ὅστις αἰωρεῖται εἰς τὸν ἀέρα· ἄνευ τοῦ κοριοροῦ τούτου ὁ παρατηρητὴς θὰ ἔβλεπε τὴν δέσμην, μόνον ἂν ἔθετε τὸν ὀφθαλμὸν κατὰ τὴν προέκτασίν της.

ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

17. **Εἶδωλα παρεχόμενα ὑπὸ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων.** — **Ἐπίπεδον λέγεται τὸ κάτοπτρον, τοῦ ὁποίου ἡ ἀνακλώσα ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος.** Τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον ἀποτελεῖται συνήθως ἐκ διαφανοῦς ὑαλίνης πλακὸς, τελείως λείας, ἡ ὁποία εἰς τὸ ὀπίσθιον αὐτῆς μέρος φέρει λεπτὸν στρώμα ἀργύρου.

Ἐντικείμενον οἰουδήποτε σχήματος τοποθετούμενον πρὸ ἐπιπέδου κατόπτρου δίδει εἶδωλον (δηλ. εἰκόνα αὐτοῦ), τὸ ὁποῖον δὲν ὑφίσταται πραγματικῶς εἰς τὸ διάστημα καὶ δὲν δύναται νὰ ληφθῇ

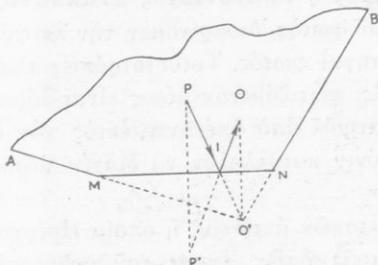


Σχ. 20.

ἐπὶ διαφράγματος· τὸ εἶδωλον τοῦτο καλεῖται **φανταστικὸν ἢ κατ' ἔμφασιν**, εἶναι δὲ συμμετρικὸν τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτο-

πτρον, διότι ἀποτελείται ἐκ τοῦ συνόλου τῶν εἰδώλων ὄλων τῶν σημείων του, τὰ ὁποῖα, ὡς ἐμάθομεν (ἔδαφ. 18), εἶναι συμμετρικὰ τῶν σημείων τούτων ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον (σχ. 20).

Πεδίον ἐπιπέδου κατόπτρου διὰ δοθεῖσαν θέσιν τοῦ ὀφθαλμοῦ O (σχ. 21) εἶναι τὸ μέρος τοῦ διαστήματος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου πρέπει νὰ εὑρίσκειται φωτεινὸν σημεῖον, ἵνα τὸ εἶδωλόν του εἶναι ὄρατὸν ὑπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τὰ ὄρια τοῦ πεδίου κατόπτρου MN προσδιορίζομεν εὐκόλως διὰ δοθεῖσαν θέσιν τοῦ ὀφθαλμοῦ O , ἐὰν ἀναζητήσωμεν τὰς τελευταίας ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι, προσπίπτουσαι ἐπὶ τῶν χειλέων τοῦ κατόπτρου, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν διέρχονται διὰ τοῦ O .



Σχ. 21.

Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς ἐπιστροφῆς τοῦ φωτός, αἱ ἀκτίνες αὗται εἶναι αἱ ἀνακλόμεναι αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὰς προσπιπτούσας ἀκτίνες OM καὶ ON . Αὗται, ὡς ἐμάθομεν, φαίνονται ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ O' συμμετρικὸν τοῦ O ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

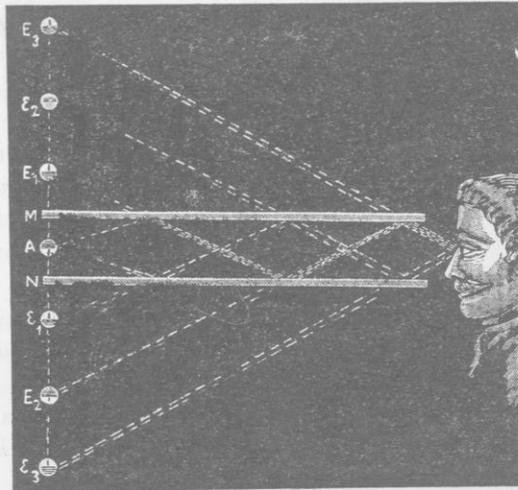
Τὸ πεδίον λοιπὸν θὰ περιορίζεται ὑπὸ τῆς πρὸ τοῦ κατόπτρου κωνικῆς ἐπιφανείας, ἡ ὁποία ἔχει ὡς κορυφὴν τὸ σημεῖον O' καὶ ὡς διευθυντηρίαν τὴν περίμετρον τοῦ κατόπτρου.

18. **Ἀνάκλασις ἐπὶ δύο παραλλήλων κατόπτρων.**—Πᾶν σημεῖον φωτεινὸν εὐρισκόμενον μεταξὺ δύο ἐπιπέδων παραλλήλων κατόπτρων δίδει ὀπισθεν ἐκάστου τούτων **ἄπειρον** σειρὰν εἰδώλων. Ἡ λαμπρότης τῶν εἰδώλων τούτων ἔξασθενεῖ βαθμηδόν, ἔνεκα τῆς ἀπώλειας τοῦ φωτός διὰ τῆς διαχύσεως, ἡ ὁποία συνοδεύει ἐκάστην ἀνάκλασιν. Π. χ. τὸ φωτεινὸν σημεῖον A τὸ εὐρισκόμενον μεταξὺ τῶν παραλλήλων κατόπτρων M καὶ N ρίπτει ἐπὶ τοῦ M δέσμη ἀκτίνων, ἡ ὁποία ἀνακλᾶται, πίπτει ἐπὶ τοῦ N , ἀνακλᾶται πάλιν, ἐπανέρχεται ἐπὶ τοῦ M κτλ. Εἰς τὴν δέσμη ταύτην ἀντιστοιχεῖ ἡ σειρὰ τῶν εἰδώλων E_1, E_2, E_3 κτλ. (σχ. 22).

Ἡ ἄλλη ὄψις τοῦ A ἐκπέμπει δέσμη, ἡ ὁποία συναντᾷ κατὰ

πρῶτον τὸ Ν, ἐπανερχεται ἐπὶ τοῦ Μ κτλ. Εἰς τὴν δέσμη ταύτην ἀντιστοιχεῖ δευτέρα σειρὰ εἰδώλων $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ κτλ.

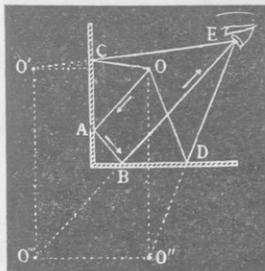
Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ σημεῖον Α διὰ φωτεινοῦ ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει μίαν κυρίαν ὄψιν καὶ μίαν ἀντίθετον (ἀνάποδην), τὰ διαδοχικὰ εἰδῶλα θὰ παρουσιάζουν ἀλληλοδιαδόχως τὴν ἀντίθετον καὶ τὴν κυρίαν ὄψιν. Τοιαῦτα εἰδῶλα παρατηροῦνται εἰς αἰθούσας, τῶν ὁποίων οἱ ἀπέναντι τοῖχοι καλύπτονται ὑπὸ κατόπτρων.



Σχ. 22.

19. Ἀνά-

κλασις ἐπὶ δύο συγκλινόντων κατόπτρων.—Ὅταν φωτεινὸν σημεῖον εὐρίσκεται μεταξὺ δύο κατόπτρων, τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα ἀποτελοῦν γωνίαν, παράγεται **ὠρισμένος** ἀριθμὸς εἰδώλων.



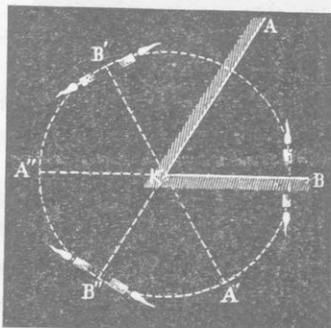
Σχ. 23.

Θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν ταῦτα ἀποτελοῦν γωνίαν ὀρθήν. Αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ὑπὸ φωτεινοῦ σημείου Ο (σχ. 23) ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Α δίδουν εἶδῶλον Ο' συμμετρικὸν τοῦ Ο ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον τοῦτο. Αἱ ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Β δίδουν εἶδῶλον Ο'', συμμετρικὸν τοῦ Ο ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον τοῦτο. Ἐκτὸς τῶν δύο τούτων εἰδώλων, τῶν παραγομένων ὑπὸ τῶν ἀκτί-

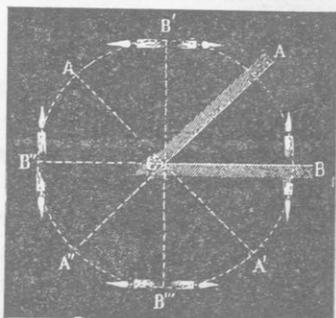
νων, αἱ ὁποῖα ὑφίστανται μίαν μόνον ἀνάκλασιν, σχηματίζεται καὶ εἶδωλον O''' παραγόμενον ὑπὸ τῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖα φθάνουν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ μετὰ δύο διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν τῶν κατόπτρων.

Θεωρήσωμεν πράγματι μικρὰν δέσμην ἐκπεπομένην ἀπὸ τοῦ O καὶ προσπίπτουσαν κατὰ πρῶτον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου A . Ἡ δέσμη αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς φαίνεται ὅτι ἐκπέμπεται ἐκ τοῦ σημείου O' ἐπὶ τοῦ κατόπτρου B . Ἀνακλᾶται κατόπιν ἐπὶ τούτου καὶ φαίνεται ὅτι ἐκπέμπεται ἐκ τοῦ σημείου O''' συμμετρικοῦ τοῦ O' ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον B . Ἐπίσης μικρὰ δέσμη, ἡ ὁποία ὑφίσταται πρῶτην ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ B , δίδει ἓν πρῶτον εἶδωλον O'' , κατόπιν μετὰ ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ A θὰ δώσῃ δεύτερον εἶδωλον εἰς ἓν σημεῖον συμμετρικὸν τοῦ O'' ὡς πρὸς τὸ A . Ἐπειδὴ ἡ γωνία τῶν κατόπτρων εἶναι 90° , τὸ σημεῖον τοῦτο ταυτίζεται μετὰ τοῦ σημείου O''' . Τέλος, αἱ ἀκτίνες, αἱ ὁποῖα ὑπέστησαν δύο διαδοχικὰς ἀνακλάσεις, δὲν δύνανται νὰ δώσωσι εἶδωλα, διότι δὲν συναντοῦν πλέον τὰ κατόπτρα.

Γενικῶς, ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων αὐξάνεται μετὰ τῆς κλίσεως τῶν κατόπτρων. Οὕτω σχηματίζονται πέντε εἶδωλα, ἐὰν ἡ γωνία τῶν



Σχ. 24.



Σχ. 25.

κατόπτρων εἶναι 60° (σχ. 24), ἐπὶ δὲ ἐὰν εἶναι 45° (σχ. 25). Ὅλα τὰ εἶδωλα ταῦτα σχηματίζονται *κατ' ἔμφασιν* καὶ ἀπέχουν ἀπὸ τῆς τομῆς τῶν κατόπτρων ὅσον ἀπέχει τὸ φωτεινὸν ἀντικείμενον ἀπὸ ταύτης.

20. Ἐφαρμογή.— *Καλειδοσκόπιον*. Τὸ ἀπλούστερον ὑπόδειγμα

καλειδοσκοπίου αποτελείται ἐξ ἑνὸς σωλήνος ἐκ χάρτου ἐντὸς τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένα δύο κάτοπτρα ὑπὸ κλίσιν 60° , τῶν ὁποίων ἡ τομὴ διευθύνεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωλήνος. Μεταξὺ τῶν κατόπτρων τούτων εὐρίσκονται χρωματιστὰ τεμάχια ὑάλου, σχηματίζοντα πέντε εἶδωλα ὅμοια, τὰ ὁποῖα μετὰ τῶν ἀντικειμένων ἀποτελοῦν ἐξαγωνικὸν ρόδακα (σχ. 26) λαμβάνοντα ὄψιν διακοσμητικὴν λόγῳ τῆς συμμετρίας. Τὸ καλειδοσκόπιον χρησιμεύει ὡς παίγνιον τῶν παιδίων. Οἱ σχεδιάζοντες ἐπὶ ὑφασμάτων τὸ χρησιμοποιοῦν διὰ νὰ λαμβάνουν συνδυασμοὺς σχεδίων καὶ χρωμάτων.



Σχ. 26.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Νὰ κατασκευασθῇ γεωμετρικῶς α) τὸ εἶδωλον ὀριζοντίας εὐθείας κειμένης πρὸ ἐπιπέδου κατόπτρου σχηματίζοντος γωνίαν 45° μετὰ τοῦ ὀριζοντιοῦ, β) τὸ εἶδωλον κατακορύφου εὐθείας κειμένης ἄνωθεν ἐπιπέδου κατόπτρου ὀριζοντιοῦ.

✦ 2ον. Ἐπίπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατὰ γωνίαν α . Νὰ εὐρεθῇ ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ δύο ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες κατὰ τὰς δύο θέσεις τοῦ κατόπτρου, δεδομένου ὄντος ὅτι ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς παραμένει σταθερά.

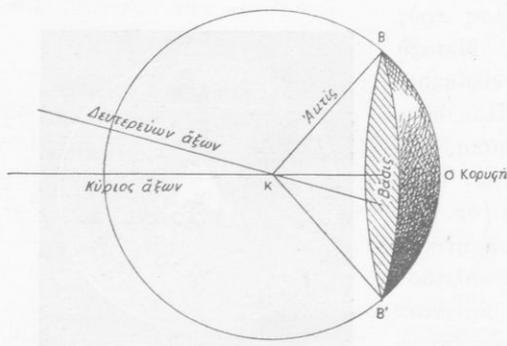
6 3ον. Ποῖον πρέπει νὰ εἶναι τὸ ὕψος ἐπιπέδου κατόπτρου τοποθετημένου κατακορύφως, ἵνα παρατηρητῆς πρὸ αὐτοῦ ἰστάμενος δυνθῆναι νὰ ἴδῃ ὀλόκληρον τὸ εἶδωλόν του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

21. Ὅρισμοί.— Σφαιρικὰ λέγονται τὰ κάτοπτρα, τῶν

ὁποίων ἢ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι μέρος σφαιρικῆς ἐπιφανείας. Καὶ εἶναι κοίλα μὲν ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ τῆς σφαίρας, **κυρτὰ** δὲ ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἡ ἐξωτερικὴ τῆς σφαίρας.



Σχ. 27.

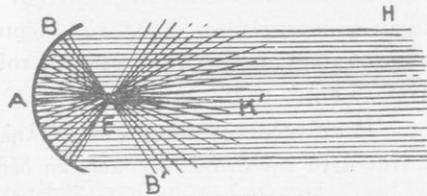
Κέντρον καμπυλότητος τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας καλεῖται τὸ κέντρον K τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κέντρον, **ἀκτίς** δὲ **καμπυλότητος** ἡ ἀκτίς τῆς σφαίρας ταύτης (σχ. 27). Ἡ εὐθεῖα, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τοῦ κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι κάθετος εἰς τὸ ἐπίπεδον τῆς βάσεως τῆς σφαιρικῆς ζώνης, εἶναι **ὁ κύριος ἄξων** τοῦ κατόπτρου. Τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ὁ κύριος ἄξων συναντᾷ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, λέγεται **κορυφή** τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα εὐθεῖα, ἣτις διέρχεται διὰ τοῦ κέντρον καμπυλότητος, χωρὶς νὰ διέρχεται διὰ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, εἶναι **δευτερεύων ἄξων**. Τέλος, πᾶσα ἐπίπεδος τομὴ διερχομένη διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ κατόπτρου.

Διὰ νὰ μελετήσωμεν τὰς ιδιότητας τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων, ὑποθέτομεν **ὅτι τὸ ἀνοῖγμα ἢ πλάτος BKB' τοῦ κατόπτρου εἶναι ὀλίγων μοιρῶν καὶ ὅτι τὸ κατόπτρον δέχεται ἀκτῖνας ὀλίγων κεκλιμένας πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.**

Σημ. — Οἱ νόμοι τῆς ἀνακλάσεως ἐφαρμόζονται καὶ εἰς τὰ σφαιρικὰ κατόπτρα. Ἐπειδὴ μία σφαιρικὴ ἐπιφάνεια δύναται νὰ θεωρηθῇ, ὅτι ἀποτελεῖται ἐξ ἀπειρῶν μικρῶν στοιχείων ἐπιπέδων, πᾶσα ἀκτίς προσπίπτουσα ἐπὶ τοιαύτης ἐπιφανείας ἀνακλᾶται, ὡσεὶ προσέπιπεν ἐπὶ τοῦ μικροῦ ἐπιπέδου στοιχείου τοῦ ἐφαπτομένου τῆς ἐπιφανείας ταύτης εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως.

ΚΟΙΛΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

22. **Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων.**—Ἐὰν δεχθῶμεν ἐπὶ κοίλου κατόπτρου καταλλήλως τοποθετημένου δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων (1), παρατηροῦμεν ὅτι πᾶσαι αἱ ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀκτίνες διέρχονται διὰ τινος σημείου Ε (σχ. 28), πάντοτε τοῦ αὐτοῦ, ὅπου δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπὶ λευκοῦ χαρτονίου μικρὸν πολὺ λαμπρὸν εἶδωλον τοῦ Ἡλίου.



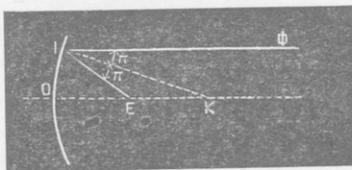
Σχ. 28.

Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι πολὺ θερμὸν, διότι ἡ ἡλιακὴ θερμότης, ἣν δέχεται τὸ κάτοπτρον, ἀνακλᾶται ἐπίσης μετὰ τοῦ φωτὸς καὶ συγκεντροῦται εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον· τὸ χαρτόνιον ἀπανθρακοῦται ταχέως· τεμάχιον ἀγαρικοῦ (ἴσκας) καθὼς καὶ ἡ κεφαλὴ πυρελοῦ ἀναφλέγονται, τιθέμενα εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

Τὸ σημεῖον αὐτὸ καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου καὶ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου Α αἰσθητῶς ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος.

Ἡ ἀπόστασις αὕτη $AE = \frac{a}{2}$ (a = ἀκτίς καμπυλότητος) καλεῖται **κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις** καὶ παρίσταται διὰ τοῦ γράμματος φ.

Σημ. Ἐστω φωτεινὴ ἀκτίς παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, προσπίπτουσα ἐπὶ κοίλου κατόπτρου εἰς τὸ σημεῖον I (σχ. 29). Ἡ κάθετος εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ ἀκτίς καμπυλότητος ΚΙ. Ἐὰν σχηματίσωμεν γωνίαν ἀνακλάσεως ἴσην μὲ τὴν γωνίαν τῆς προσπτώσεως, λαμβάνομεν τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα ΙΕ, ἣτις τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ Ε. Αἱ γωνίαι ΙΚΕ καὶ ΦΙΚ εἶναι ἴσαι (ὡς ἐντὸς ἐναλλάξ



Σχ. 29.

(1) Αἱ ἀκτίνες αὗται ἔνεκα τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἡλίου δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς **παράλληλοι**.

κτλ), και ἐπειδὴ ΦΙΚ=ΚΙΕ, ἔχομεν ΚΙΕ=ΙΚΕ. Τὸ τρίγωνον ΙΕΚ εἶναι λοιπὸν ἰσοσκελὲς καὶ ΙΕ=ΕΚ. Ἐπιπλέον διὰ κάτοπτρον μικροῦ πλάτους ἡ ΙΕ εἶναι αἰσθητῶς ἴση τῇ ΟΕ διὰ πᾶσαν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ὅτι ΟΕ=ΕΚ, τόσον δὲ ἀκριβέστερον, ὅσον τὸ σημεῖον Ι εἶναι πλησιέστερον εἰς τὴν κορυφὴν Ο. Ἐπομένως, πᾶσαι αἱ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα προσπίπτουσαι ἀκτίνες διέρχονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν διὰ τοῦ σημείου Ε, οἷονδὴποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως.

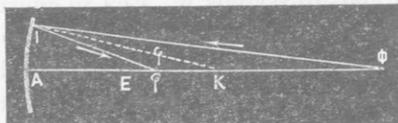
Ἡ κυλινδρική δέσμη ἢ παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καθίσταται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν κωνική δέσμη κορυφῆς Ε (σχ. 28). Ἐναντιστρόφως, ἂν φωτεινὸν σημεῖον τεθῆ εἰς τὸ Ε, πᾶσαι αἱ ἀκτίνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐκ τοῦ σημείου τούτου καὶ συναντῶσαι τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς ἐπιστροφῆς τοῦ φωτός).

Δευτερεύουσα ἐστία. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.—Ἐὰν δέσμη ἀκτίνων προσπίτῃ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ἀποδεικνύεται, ὡς ἀνωτέρω, ὅτι αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν δίδει κωνικὴν δέσμη, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ Ε₁ κεῖται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τούτου εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ κατόπτρου ἴσην πρὸς $\frac{a}{2}$. Τὸ σημεῖον Ε₁ καλεῖται **δευτερεύουσα ἐστία**. Εἰς δευτερεύοντα ἄξονα δλίγον κεκλιμένους ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, αἱ δευτερεύουσαι ἐστία εὐρίσκονται ἐπὶ μικρᾶς σφαιρικῆς ζώνης κέντρου Κ καὶ ἀκτίνος $\frac{a}{2}$.

Ἐναντὶ τῆς ζώνης ταύτης λαμβάνομεν τὸ ἐφαπτόμενον εἰς αὐτὴν ἐπίπεδον εἰς τὸ σημεῖον Ε. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, τὸ κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ ἀγόμενον διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, καλεῖται **ἐστιακὸν ἐπίπεδον**. Ἡ τομὴ παντὸς δευτερεύοντος ἄξονος καὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου ὀρίζει τὴν ἐστίαν τοῦ ἄξονος τούτου.

23. Εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου κειμένου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου κατόπτρου.—Ἐστω φωτεινὸν σημεῖον Φ ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου κατόπτρου κέντρου Κ καὶ κορυφῆς Α, πέραν τοῦ κέντρου Κ (σχ. 30) καὶ ΦΙ οἰαδήποτε προσπίπτουσα ἀκτίς ΚΙ εἶναι ἡ κάθετος ἐπὶ τὸ κάτοπτρον εἰς τὸ σημεῖον Ι. Γωνία προσπτώσεως εἶναι

ἡ γωνία ΦΙΚ. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΙΦ ὁρίζεται ὑπὸ τῆς ἰσότητος, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ὑφίσταται μεταξὺ τῆς γωνίας ἀνακλάσεως ΚΙφ καὶ τῆς γωνίας προσπτώσεως ΦΙΚ. Αὕτη τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον φ, τὸ ὁποῖον κεῖται



Σχ. 30.

μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος, διότι ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως ΦΙΚ εἶναι μικροτέρα τῆς γωνίας, ἣν σχηματίζει ἡ προσπίπτουσα εἰς τὸ Ι παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Συνεπῶς καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως ΚΙφ θὰ εἶναι μικροτέρα τῆς ΚΙΕ. Συνεπῶς τὸ φ θὰ εὐρίσκειται ἐντεῦθεν τοῦ Ε καὶ οὐχὶ πέραν τοῦ Κ (διότι ἄλλως αἱ γωνίαί προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως θὰ εὐρίσκωνται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τῆς καθέτου). Εἰς τὸ τρίγωνον ΦΙφ ἡ ΙΚ διχοτομεῖ τὴν γωνίαν τῆς κορυφῆς Ι· συνεπῶς διαιρεῖ τὴν πλευρὰν φΦ εἰς μέρη ἀνάλογα πρὸς τὰς προσκειμένας εἰς ταῦτα πλευρὰς αὐτῆς,

$$\text{ἢτοι } \frac{\Phi I}{\varphi I} = \frac{K\Phi}{K\varphi} \quad (1)$$

Ἐπειδὴ τὸ πλάτος τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρὸν, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν αἰσθητῶς $\Phi I = \Phi A$ καὶ $\varphi I = \varphi A$. Καὶ ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν (1), λαμβάνομεν:

$$\frac{\Phi A}{\varphi A} = \frac{K\Phi}{K\varphi} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\Phi A}{K\Phi} = \frac{\varphi A}{K\varphi} \quad (2)$$

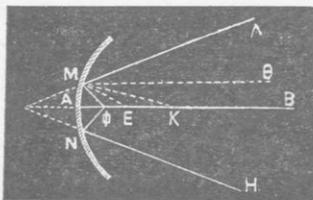
Καὶ ἐπειδὴ ὁ λόγος $\frac{\Phi A}{K\Phi}$ εἶναι σταθερὸς (διότι τὰ σημεῖα Φ, Κ, Α εἶναι σταθερά), πρέπει καὶ ὁ λόγος $\frac{\varphi A}{K\varphi}$ νὰ εἶναι σταθερός. Οὕτω ἡ θέσις τοῦ σημείου φ εἶναι ἄσχετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης καὶ σταθερά, ἐπομένως πᾶσαι αἱ ἀκτίνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ὑπὸ τοῦ Φ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου διέρχονται αἰσθητῶς διὰ τοῦ σημείου φ, τὸ ὁποῖον συνεπῶς εἶναι εἶδωλον τοῦ Φ καὶ καλεῖται **συζυγῆς ἐστία** αὐτοῦ. Καλεῖται δὲ οὕτω, διότι ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῆ εἰς τὸ φ, τὸ εἶδωλον, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς τοῦ φωτὸς ἐπιστροφῆς, θὰ σχηματισθῆ εἰς τὸ Φ. Δηλ. ἕκαστον τῶν σημείων Φ καὶ φ εἶναι ἡ συζυγῆς ἐστία τοῦ ἄλλου.

Διερεύνησις τῆς θύσεως τοῦ εἰδώλου. Ἐὰν τὸ σημεῖον Φ πλησιάσῃ πρὸς τὸ κέντρον K , ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως ἐλαττοῦται. Συνεπῶς, ἐλαττοῦται καὶ ἡ γωνία ἀνακλάσεως καὶ τὸ εἶδωλον πλησιάζει πρὸς τὸ κέντρον K . Ἐὰν τὸ σημεῖον Φ ἀπομακρύνεται τοῦ κέντρου, ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως αὐξάνεται, ἐπομένως αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως καὶ τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται τοῦ κέντρου, διαμένον πάντοτε μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας. Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Φ συμπέσῃ μετὰ τοῦ κέντρου, ἡ γωνία προσπτώσεως μηδενίζεται, μηδενίζεται ἐπομένως καὶ ἡ γωνία ἀνακλάσεως, καὶ τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κέντρου.

Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Φ ὑπερβῇ τὸ κέντρον καὶ πλησιάσῃ πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πρὸς τὸ ἕτερον μέρος τοῦ κέντρου, ἀπομακρυνόμενον τούτου ἐφ' ὅσον τὸ Φ πλησιάζει πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν.

Ὅταν τὸ Φ συμπέσῃ μετὰ τῆς κυρίας ἐστίας, αἱ ἀκτῖνες, ὡς ἐμάθομεν, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν βαίνουν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ συνεπῶς τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται εἰς τὸ ἄπειρον.

Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον ὑπερβῇ τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ τεθῇ μεταξὺ ταύτης καὶ τοῦ κατόπτρου, τότε ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως ΦMK , τὴν ὁποίαν σχηματίζει τυχούσα ἀκτὶς ΦM (σχ. 31), εἶναι μεγαλύτερα τῆς γωνίας EMK , ἣν σχηματίζει ἡ ἐκ τῆς κυρίας ἐστίας προσπίπτουσα ἀκτὶς EM . Συνεπῶς καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως KML θὰ εἶναι μεγαλύτερα τῆς $KM\Theta$ καὶ ἐπομένως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς βαίνει ἀποκλί-



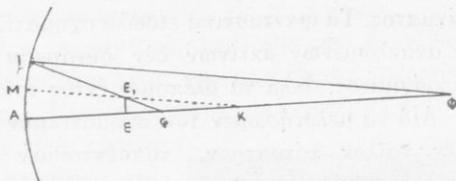
Σχ. 31.

νουσα τοῦ κυρίου ἄξονος. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ διὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτῖνα ἐκ τοῦ Φ ἐκπεπομένην καὶ προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου. Ἐὰν δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ τὰς ἀνακλωμένας ταύτας ἀκτῖνας, νομίζει, ὅπως καὶ εἰς τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα, ὅτι προέρχονται ἐκ τινος σημείου ϕ τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς τὸ ὁποῖον τέμνονται αἱ προεκτάσεις τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων. Τὸ σημεῖον ϕ λοιπὸν εἶναι εἶδωλον **κατ' ἔμφασιν τοῦ Φ** , κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὰ ἄλλα εἶδωλα, τὰ ὁποῖα ἐγνωρίσαμεν

(κυρία ἐστία, συζυγεῖς ἐστίαι φωτεινῶν σημείων, κειμένων πέραν τῆς κυρίας ἐστίας), τὰ ὁποῖα, ὡς θὰ ἴδωμεν, εἶναι **πραγματικά**.

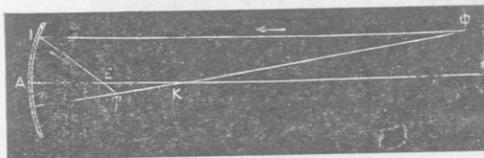
Σημ.— Εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα θὰ μάθωμεν ὅτι, ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Φ (σχ. 31) τεθῆ εἰς τὸ φ , τὸ κατ' ἔμφασιν εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ Φ . Διὰ τοῦτο τὸ σημεῖον φ εἰς τὴν ἀνωτέρω περιπτώσιν καλεῖται **κατ' ἔμφασιν συζυγῆς ἐστία τοῦ Φ** .

24. Εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου οἰουδήποτε.— Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον δὲν εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, ἀλλ' ἀπέχει ὀλίγον τούτου, τὸ εἶδωλον τοῦ θὰ σχηματισθῆ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ φωτεινοῦ τούτου σημείου. Ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος τούτου ἄξονος, ὅστις γεωμετρικῶς οὐδόπως διαφέρει τοῦ κυρίου ἄξονος, δυνάμεθα νὰ ἐπαναλάβωμεν τὰ αὐτὰ ἀκριβῶς, τὰ ὁποῖα εἴπομεν καὶ διὰ τὸν κύριον ἄξονα.



Σχ. 32.

Σημ.— Τὴν συζυγῆ ἐστίαν φωτεινοῦ σημείου δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν διὰ γεωμετρικῆς κατασκευῆς, προσδιορίζοντες τὸ σημεῖον συναντήσεως δύο μόνον ἐκ τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων, ὡς ἐξῆς :



Σχ. 33.

α) Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Φ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, φέρομεν τυχούσαν προσπίπτουσαν, τὴν ΦI (σχ. 32), καὶ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα KM , τὸν παράλληλον πρὸς τὴν ΦI . Ὑψοῦντες τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον EE_1 , προσδιορίζομεν τὴν ἐστίαν E_1 τοῦ ἄξονος τούτου, διὰ τῆς ὁποίας θὰ διέλθῃ ἡ ἀνακλωμένη. Ἡ τομὴ φ τῆς IE_1 μετὰ τοῦ κυρίου ἄξονος ὁρίζει τὴν συζυγῆ ἐστίαν Φ .

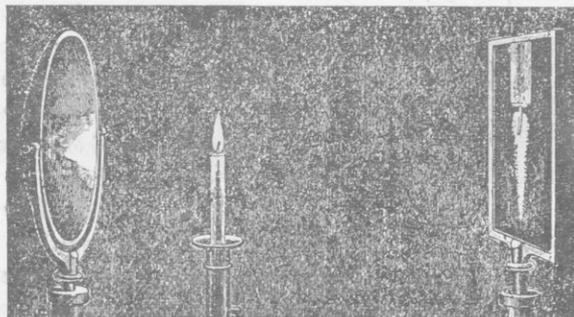
β) Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Φ εὐρίσκεται ἐκτὸς τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 33), ἄγομεν τὴν παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα προσπί-

πουσαν ἀκτίνα ΦΙ. Αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας Ε. Τὸ σημεῖον φ τῆς τομῆς τῆς ΙΕ καὶ τῆς κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα ΦΚ προσπιπτούσης (ἣτις ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν) ὀρίζει τὴν συζυγῆ ἐστίαν τοῦ Φ.

25. **Εἶδωλα ἀντικειμένων.**—Τὰ κοῖλα κάτοπτρα δίδουν εἶδωλα τῶν πρὸ αὐτῶν εὐρισκομένων ἀντικειμένων εἴτε **πραγματικά** εἴτε **φανταστικά**. Τὰ πραγματικά εἶδωλα σχηματίζονται ὑπ' αὐτῶν τούτων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων, δυνάμεθα δὲ νὰ δεχθῶμεν ταῦτα ἐπὶ διαφράγματος. Τὰ φανταστικά εἶδωλα σχηματίζονται ὑπὸ τῶν προεκτάσεων τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων, δὲν δυνάμεθα δὲ νὰ δεχθῶμεν ταῦτα ἐπὶ διαφράγματος, ἀλλὰ τὰ βλέπομεν ἐντὸς τοῦ κατόπτρου.

Διὰ νὰ μελετήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τῶν πραγματικῶν εἰδώλων εἰς ἓν κοῖλον κάτοπτρον, τοποθετοῦμεν ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου κηρίον ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ καὶ οὕτως ὥστε τὸ μέσον τῆς φλογὸς νὰ εὐρίσκεται περίπου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Διὰ μικροῦ δὲ λευκοῦ διαφράγματος, τὸ ὁποῖον μετακινουῦμεν καταλλήλως, ζητοῦμεν τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εὐκρινέστερον.

α) *Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας*



Σχ. 34.

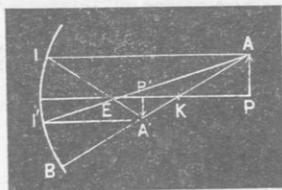
ἐστίας.—Τοποθετοῦμεν κατὰ πρῶτον τὸ κηρίον εἰς μεγάλην σχετικῶς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου· παρατηροῦμεν τότε ὅτι σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος (μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου τῆς

καμπυλότητας) εἰδωλον τοῦ κηρίου ἀνεστραμμένον, πολὺ μικρὸν καὶ πολὺ λαμπρὸν. Ἐφ' ὅσον *πλησιάζομεν τὸ κηρίον πρὸς τὸ κατόπτρον*, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ εἰδωλον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ κατόπτρου μεγαθυνόμενον, καὶ ὅταν τὸ κηρίον φθάσῃ εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἢ φλόξ καὶ τὸ εἰδωλὸν τῆς εἶναι ἴσα καὶ εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον. Ὅταν τὸ κηρίον ὑπερβῇ τὸ κέντρον, τὸ εἰδωλον εἶναι ἀκόμῃ ἀνεστραμμένον, ἀλλὰ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ σχηματίζεται πέραν τοῦ κέντρου (σχ. 34). Ἐὰν τὸ κηρίον φθάσῃ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τὸ εἰδωλον ἐξαφανίζεται, διότι ἀπομακρύνεται εἰς τὸ ἄπειρον.

Σημ.— Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος συνάγομεν, ὅτι τὸ εἰδωλον ἀντικειμένου κάθετου πρὸς τὸν ἄξονα εἶναι ἐπίσης κάθετον πρὸς αὐτόν.

Πορεία τῶν ἀκτίνων. Ἐξετάσωμεν τὴν ἀπλουστέρην περίπτωσιν, καθ' ἣν τὸ ἀντικείμενον εἶναι εὐθεῖα AP κάθετος ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ φθάνει μέχρις αὐτοῦ (σχ. 35). Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, καὶ τὸ εἰδωλον θὰ εἶναι κάθετον ἐπ' αὐτόν. Συνεπῶς ἀρκεῖ νὰ προσδιορίσωμεν, ὡς ἐμάθομεν ἀνωτέρω, τὴν συζυγῆ ἐστίαν A' τοῦ φωτεινοῦ σημείου A . Ἄγομεν τότε κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ ἔχομεν τὸ εἰδωλον $A'P'$, ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον, μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος (διότι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τοῦ κέντρου) καὶ μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κέντρου. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς ἐπίπεδον κάθετον διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, ἀνάλογος κατασκευὴ θὰ μᾶς δείξῃ, ὅτι τὸ εἰδωλον εἶναι ἀκόμῃ πραγματικόν, ἀνεστραμμένον ἀλλὰ ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Ἐὰν τέλος τὸ ἀντικείμενον AP τοποθετηθῇ μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ ἐστίας, εὐρίσκομεν εὐκόλως, ὅτι τὸ εἰδωλον εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ πέραν τοῦ κέντρου.

β) **Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου.** Ὅταν εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα, τὸ κηρίον ὑπερβῇ τὴν ἐστίαν (σχ. 36), δὲν δεχόμεθα πλέον εἰδωλον ἐπὶ τοῦ διαφράγματος, ἀλλὰ βλέπομεν ἐντὸς τοῦ κατόπτρου εἰδωλον φαντασι-



Σχ. 35.

κόν τῆς φλογὸς ὄρθιον καὶ μεγαλείτερον ταύτης, τὸ ὁποῖον σμικρύνεται πλησιάζον πρὸς τὸ κάτοπτρον, ἔφ' ὅσον τὸ κηρίον ἀπομακρύνεται τῆς κυρίας ἐστίας πλησιάζον πρὸς τὸ κάτοπτρον.

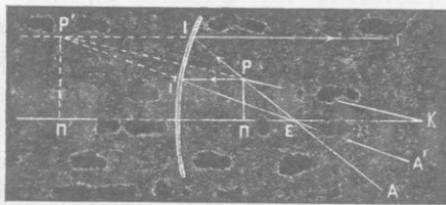


Σχ. 36.

ἀντικείμενα (προβολεῖς). Ἀντικείμενα (προβολεῖς). Κατὰ τὰς δύο ταύτας περιπτώσεις, ἡ φωτεινὴ πηγὴ τίθεται εἰς τὴν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα χρησιμεύουν ἐπίσης εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν τηλεσκοπίων. Ἀκόμη χρησιμεύονται καὶ διὰ τὸν καλλωπισμὸν. Ὁ παρατηρητὴς τοποθετηθεὶς μεταξὺ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἐστίας του βλέπει εἶδωλον τοῦ προσώπου του φανταστικὸν καὶ ἐν μεγεθύνσει.

Πορεία τῶν ἀκτίνων. Ἐστω ΡΠ τὸ ἀντικείμενον μεταξὺ κατόπτρου καὶ κυρίας ἐστίας (σχ. 37). Προσδιορίζομεν τὴν συζυγῆ ἐστίαν Ρ' τοῦ φωτεινοῦ σημείου Ρ καὶ ἄγομεν ἐκ τοῦ Ρ' τὴν Ρ'Π' κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα. Ἐχομεν τότε τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

Ἐφαρμογαὶ τῶν κοίλων κατόπτρων. Τὰ κοῖλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦμεν εἴτε διὰ νὰ προβάλωμεν τὸ φῶς εἰς ἀπόστασιν (φάροι αὐτοκινήτων), εἴτε διὰ νὰ φωτίσωμεν ἰσχυρῶς πλησίον κείμενα



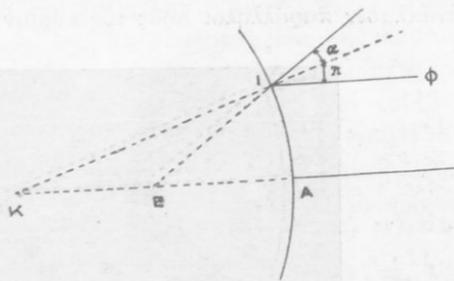
Σχ. 37.

ΚΥΡΤΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

26. **Κυρία ἐστία.**—Φωτεινὰ ἀκτῖνες προσπίπτουσαι παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, μετὰ τὴν ἀνά-

κλασίν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου βαίνουν ἀποκλίνουσαι τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ φαίνονται ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἓν σταθερὸν σημεῖον E , τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου τούτου (σχ. 38).

Ἐστω φωτεινὴ ἀκτὶς ΦI προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς σχηματίζει μετὰ τῆς καθέτου KI γωνίαν ἀνακλάσεως ἴσην τῇ γωνίᾳ τῆς προσπτώσεως, συνεπῶς βαίνει ἀποκλίνουσα τοῦ κυρίου ἄξονος· ἡ προέκτασις τῆς ὁμῶς συναντᾷ αὐτὸν ⁽¹⁾ εἰς τὸ σημεῖον E (σχ. 38). Ἡ γωνία K τοῦ τριγώνου KIE καὶ ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως εἰς τὸ I εἶναι ἴσαι λόγῳ τῶν παραλλήλων· ἀφ' ἑτέρου,



Σχ. 38.

ἡ γωνία KIE καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως εἰς τὸ I εἶναι ἴσαι ὡς κατὰ κορυφήν. Ἐπειδὴ δὲ ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως ἰσοῦται μὲ τὴν γωνίαν τῆς ἀνακλάσεως, καὶ αἱ γωνίαι K καὶ KIE εἶναι ἴσαι. Τὸ τρίγωνον λοιπὸν KIE εἶναι ἰσοσκελὲς καὶ $KE = EI$. Ἐπειδὴ δὲ τὸ πλάτος τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρόν, ἡ EI εἶναι αἰσθητῶς ἴση τῇ EA καὶ ἔχομεν $KE = EA$.

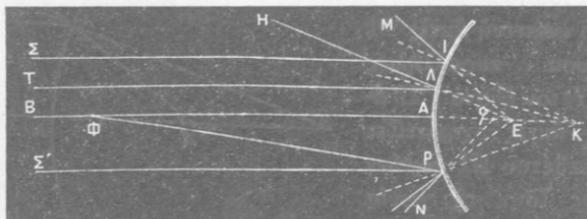
Δηλ. ἡ κυρία ἐστία ἀπέχει ἕξ ἴσου ἐκ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καὶ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, εἶναι δὲ **φαντα-**

στικῆ.

Τοιοιτοτρόπως δέσμη ἀκτίνων προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα σχηματίζει μετὰ τὴν ἀνάκλασιν κωνικὴν δέσμη

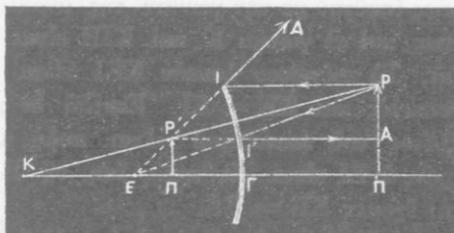
(1) Διότι τὸ ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τῆς προσπιπτούσης καὶ τοῦ κυρίου ἄξονος περιέχει τὴν κάθετον, συνεπῶς εἶναι τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον περιέχει καὶ τὴν ἀνακλωμένην.

ἀποκλίνουσιν, κορυφῆς E (σχ. 39). Ἀντιστρόφως, δέσμη ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν διευθυνόμεναι πρὸς τὸ E , καθίστανται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.



Σχ. 40.

27. **Συζυγεῖς ἐστίαι.**—Ἐργαζόμενοι ὅπως καὶ ἐπὶ τῶν κοίλων κατόπτρων, εὐκόλως εὐρίσκομεν: α) ὅτι, ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Φ (σχ. 40) κεῖται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, ἡ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστὶ φ σχηματίζεται μετὰ E καὶ A . β) ὅτι ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον P (σχ. 41) εὐρίσκεται ἐκτὸς τοῦ κυρίου ἄξονος, ἡ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστὶ P' σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος PK , ὅπισθεν τοῦ κατόπτρου, κατ' ἔμφασιν (φανταστικόν).



Σχ. 41.

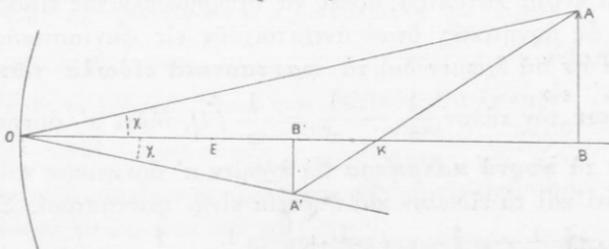
περιεχοῦσης μέλαν ὑγρὸν), θέσωμεν ἀντικείμενόν τι, βλέπομεν ἐντὸς αὐτοῦ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ὄρθιον καὶ πολὺν μικρόν. Τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα δίδουν λοιπὸν πάντοτε εἶδωλα κατ' ἔμφασιν, ὄρθια καὶ μικρότερα τοῦ ἀντικειμένου.

Σημ.—Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου τινὸς π.χ. τῆς εὐθείας PII καθέτου ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, σχηματίζομεν κατὰ πρῶτον τὸ εἶδωλον τοῦ P (σχ. 41). Πρὸς τοῦτο ἄγομεν τὴν κατὰ τὸν

28. **Εἶδωλα ἀντικειμένων.**—Ἐὰν ἔμπροσθεν σφαιρικοῦ δοχείου, τοῦ ὁποίου ἡ ἐπιφάνεια εἶναι λεία καὶ στιλπνὴ (φιάλης π. χ. σφαιρικῆς

δευτερεύοντα ἄξονα ΡΚ προσπίπτουσιν ἀκτῖνα, ἧτις ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν· κατόπιν δὲ τὴν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα προσπίπτουσιν, ἧτις μετὰ τὴν ἀνάκλασιν λαμβάνει τοιαύτην διεύθυνσιν ΙΑ', ὥστε ἡ προέκτασις τῆς νὰ διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας. Αἱ δύο αὗται ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες φαίνονται ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημείου τι Ρ', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ Ρ. Τέλος, ἐκ τοῦ Ρ' φέρομεν κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ ἔχομεν τὸ εἶδωλον Ρ'Π' τοῦ ΡΠ. Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι **φανταστικόν, ὀρθιον, μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου** καὶ εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου.

29. **Τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.**—Ἐστω ΑΒ (σχ. 42) ἀντικείμενον κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου



Σχ. 42.

πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος. Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ εἶδωλον αὐτοῦ, προσδιορίζομεν τὴν συζυγῆ ἐστίαν Α' τοῦ σημείου Α διὰ τῆς τομῆς δύο ἀνακλωμένων : τῆς ἀντιστοιχοῦσης εἰς τὴν καθέτως προσπίπτουσιν ΑΚ, ἡ ὁποία ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, καὶ τῆς ἀντιστοιχοῦσης εἰς τὴν προσπίπτουσιν εἰς τὴν κορυφὴν Ο, ἧτις ἀνακλωμένη θὰ σχηματίσῃ μετὰ τῆς καθέτου ΟΚ γωνίαν ἀνακλάσεως ἴσην μὲ τὴν γωνίαν τῆς προσπτώσεως. Ἐκ τοῦ Α' ἄγομεν τὴν κάθετον Α'Β' ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ ἔχομεν τὸ εἶδωλον τοῦ ΑΒ.

Καλοῦμεν π τὴν ἀπόστασιν ΟΒ τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, π' τὴν ἀπόστασιν ΟΒ' τοῦ εἰδώλου, καὶ 2φ τὴν ἀκτῖνα ΟΚ.

Ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων ΚΑΒ καὶ ΚΑ'Β' ἔχομεν :

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{Β'Κ}{ΒΚ} \quad (1)$$

Ἐπίσης ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων ΑΒΟ καὶ Α'Β'Ο ἔχομεν :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OB'}{OB} \quad (2)$$

ἐκ τῆς (1) καὶ (2) λαμβάνομεν :

$$\frac{B'K}{BK} = \frac{OB'}{OB} \quad \eta \quad \frac{OK-OB'}{OB-OK} = \frac{OB'}{OB} \quad \eta$$

$$\frac{2\varphi-\pi'}{\pi-2\varphi} = \frac{\pi'}{\pi}, \quad \xi \eta \text{ς } 2\varphi\pi-\pi'\pi = \pi\pi'-2\varphi\pi' \quad \eta \quad 2\varphi\pi+2\varphi\pi' = 2\pi\pi'$$

καὶ διαιροῦντες ἀμφοτέρω τὰ μέλη διὰ $2\pi\pi'$, λαμβάνομεν :

$$\frac{1}{\pi'} + \frac{1}{\pi} = \frac{1}{\varphi}. \quad (3)$$

Ὁ τύπος οὗτος εἶναι γενικὸς καὶ ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὰ κοῖλα καὶ εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα, ἀρκεῖ νὰ θεωρήσωμεν τὰς τιμὰς τῶν π , π' καὶ φ ὡς ἀρνητικὰς, ὅταν ἀντιστοιχοῦν εἰς φανταστικὰς ἐστίας ἢ εἰδῶλα. Τότε θὰ ἔχωμεν διὰ τὰ **φανταστικὰ εἰδῶλα τῶν κοίλων κατόπτρων** τὸν τύπον $\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$ (4), διότι π' ἀρνητικόν. Ἐ-

πίσης διὰ τὰ **κυρτὰ κάτοπτρα** θὰ ἔχωμεν π' ἀρνητικόν καὶ φ ἀρνητικόν, διότι καὶ τὸ εἰδῶλον καὶ ἡ ἐστία εἶναι φανταστικά. Συνεπῶς ὁ τύπος γίνεται $\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$ ἢ $-\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$ (5)

Σημ.— Ἀντιστρόφως, ἐὰν κατὰ τὸν ὑπολογισμὸν διὰ τοῦ γενικοῦ τύπου (3) εὑρωμεν ἀρνητικὴν τιμὴν διὰ τὸ π' , τοῦτο δεικνύει ὅτι τὸ εἰδῶλον εἶναι φανταστικόν.

Σχέσις τῶν μεγεθῶν εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου.— Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως (2), θέτοντες $A'B' = M'$ καὶ $AB = M$ (ἐνθα M καὶ M' παριστοῦν δύο ὁμολόγους διαστάσεις τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου), ἔχομεν :

$$\frac{M'}{M} = \frac{\pi'}{\pi} \quad (6)$$

Ὁ τύπος οὗτος εἶναι γενικὸς καὶ ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὰ κοῖλα κάτοπτρα καὶ εἰς τὰ κυρτὰ.

Σημ.— α') Τὸ εἰδῶλον εἶναι ἀνεστραμμένον, ὅταν $\frac{\pi'}{\pi}$ εἶναι θετικόν· ὀρθιον δέ, ὅταν $\frac{\pi'}{\pi}$ εἶναι ἀρνητικόν.

β) Τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλὸν του κινουῦνται σταθερῶς κατ' ἀντίθετον φορᾶν. Συναντῶνται δὲ δις, εἰς τὸ κέντρον καὶ εἰς τὴν κορυφήν.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί.—*A)* *Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἐστιακῆς ἀποστάσεως 30 ἐκ. πρέπει νὰ τεθῆ ἀντικείμενον, ἵνα τὸ εἶδωλὸν του σχηματισθῆ εἰς ἀπόστασιν 50 ἐκ. ἀπὸ τοῦ κατόπτρου ;*

Ἡ ἀπόστασις π τοῦ ἀντικειμένου δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \text{ἔξ οὗ λαμβάνομεν } \frac{1}{\pi} = \frac{1}{\varphi} - \frac{1}{\pi'} \quad \text{ἢ } \frac{1}{\pi} = \frac{\pi' - \varphi}{\pi' \varphi}$$

$$\text{ἢ } \pi = \frac{\pi' \varphi}{\pi' - \varphi}$$

α') Ἐὰν τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν, θὰ ἔχωμεν :

$$\pi' = +50 \quad \text{καὶ} \quad \pi = \frac{50 \cdot 30}{50 - 30} = \frac{150}{2} = 75 \text{ ἐκ.}$$

β') Ἐὰν τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν, θὰ ἔχωμεν :

$$\pi' = -50 \quad \text{καὶ} \quad \pi = \frac{-50 \cdot 30}{-50 - 30} = \frac{-150}{-80} = +1,9 \text{ ἐκ. περιλίπον.}$$

Ὅστε τὸ ἀντικείμενον πρέπει νὰ τεθῆ ἢ εἰς ἀπόστασιν 75 ἐκ. ἢ εἰς ἀπόστασιν 19 ἐκ. ἀπὸ τοῦ κατόπτρου.

B) *Εἰς ἀπόστασιν 30 ἐκ. ἀπὸ σφαιρικοῦ κατόπτρου εὐρίσκειται φωτεινὸν ἀντικείμενον, τοῦ ὁποίου τὸ κάτοπτρον δίδει εἶδωλον τρεῖς φορὰς μικρότερον. Ζητεῖται τὸ εἶδος καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου.*

Ὁ τύπος τῶν σχετικῶν μεγεθῶν δίδει :

$$\frac{\pi'}{\pi} = \frac{M'}{M} = \frac{1}{3} \quad (\text{διότι } M' = \frac{M}{3} \text{ συνεπῶς } \frac{M'}{M} = \frac{1}{3}).$$

$$\text{ἔξ οὗ λαμβάνομεν } \pi' = \frac{\pi}{3} = \frac{30}{3} = 10.$$

α') Ἐὰν τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν, θὰ ἔχωμεν :

$$\pi' = +10, \quad \text{καὶ ἔκ τοῦ τύπου } \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} \text{ λαμβάνομεν}$$

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{\pi' + \pi}{\pi' \pi} \quad \text{ἢ } \varphi = \frac{\pi \pi'}{\pi + \pi'} = \frac{30 \cdot 10}{30 + 10} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ ἐκ.}$$

Τὸ κάτοπτρον δηλ. εἶναι κοῖλον καὶ ἡ ἐστιακὴ του ἀπόστασις εἶναι 7,5 ἐκ.

β') Ἐάν τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν, θὰ ἔχωμεν :

$$\pi' = -10 \quad \text{καὶ} \quad \varphi = \frac{-10 \cdot 30}{-10 + 30} = \frac{-30}{2} = -15 \text{ ἐκ.}$$

Τὸ κάτοπτρον τότε εἶναι κυρτὸν καὶ ἡ ἐστιακὴ του ἀπόστασις εἶναι 15 ἐκατ.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ποία ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος κοίλου κατόπτρου, εἰς τὸ ὁποῖον φωτοβόλον σημεῖον τιθέμενον εἰς ἀπόστασιν 0,5 μ. ἀπὸ τῆς κυρίας ἐστίας σχηματίζει τὸ καθ' ὑπόστασιν εἶδωλὸν του εἰς ἀπόστασιν 12,5 μ. ἀπὸ τῆς κυρίας ἐστίας ;

2ον. Φωτοβόλον σημεῖον κεῖται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου κατόπτρου, εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ τετραπλασίαν τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος. Ποῖος ὁ λόγος τῆς ἀπὸ τοῦ κατόπτρου ἀποστάσεως τοῦ εἰδώλου αὐτοῦ πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν ;

3ον. Δίδεται κάτοπτρον σφαιρικὸν κοῖλον, ἀκτίνος 5 μ. Εἰς ποίαν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου τούτου ἀπόστασιν πρέπει νὰ θέσωμεν φωτοβόλον ἀντικείμενον, διὰ νὰ ἔχωμεν πραγματικὸν εἶδωλον α) τετράκις μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου, β) τετράκις μικρότερον ;

4ον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις κοίλου κατόπτρου, γνωστοῦ ὄντος ὅτι μικρὰ φωτεινὴ εὐθεῖα κάθετος ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ 15 ἐκ. ἀπὸ τοῦ κατόπτρου ἀπέχουσα παρέχει εἶδωλον φανταστικὸν 6 φορὰς μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

5ον. Δύο κοῖλα κάτοπτρα, ὧν αἱ ἀκτῖνες εἶναι 1 μ. καὶ 1,50 μ., κεῖνται ἀπέναντι ἀλλήλων οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ συμπίπτουν. Ἡ ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασις τῶν κατόπτρων τούτων εἶναι 3 μ. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ σημεῖον τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ τεθῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον, ἵνα τὰ καθ' ὑπόστασιν εἶδωλα τὰ ὑπὸ τῶν ἐν λόγῳ κατόπτρων παρεχόμενα εἶναι ἴσα.

6ον. Ἐχομεν ἔναντι ἀλλήλων δύο κάτοπτρα κοῖλα, τῆς αὐτῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως φ ἐκ, ὧν οἱ κύριοι ἄξονες συμπίπτουν. Αἱ κορυφαὶ τῶν κατόπτρων τούτων ἀπέχουν ἀπ' ἀλλήλων δ ἐκ. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις, εἰς ἣν πρέπει νὰ τεθῇ φωτεινὸν σημεῖον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, ἵνα τὰ δύο αὐτοῦ εἶδωλα τὰ σχηματιζόμενα ὑπὸ τῶν δύο τούτων κατόπτρων συμπίπτωσιν.

7ον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ κυρτοῦ κατόπτρου πρέπει νὰ τεθῆ φωτεινὸν ἀντικείμενον, ἵνα τὸ εἶδωλόν του εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἡμισυ τοῦ ἀντικειμένου ;

8ον. Ἀντικείμενον ὕψους 4 ἑκατ. τίθεται καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα κυρτοῦ κατόπτρου ἐστιακῆς ἀποστάσεως 30 ἑκατ, εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ 10 ἑκατ. Νὰ εὐρεθῆ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

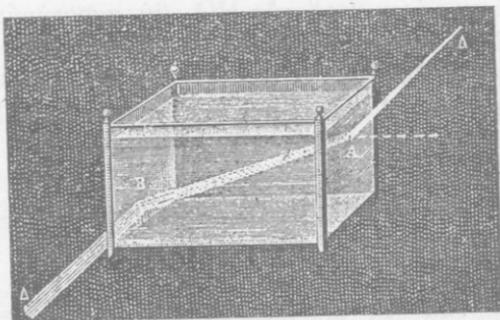
ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

30. Προκαταρκτικαὶ ἔννοιαι.— Ὅταν φωτεινὴ ἀκτὶς μεταβαίη πλαγίως ἐξ ἑνὸς διαφανοῦς μέσου εἰς ἄλλο διαφόρου φύσεως, ἀλλάζει ἀποτόμως διεύθυνσιν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο μέσων. Αἱ δύο πορεῖαι τοῦ φωτός, αἱ ὁποῖαι εἰς ἕκαστον μέσον εἶναι *κεχωρισμένως εὐθύγραμμοι*, δὲν εὐρίσκονται ἐπ' εὐθείας.

Ἡ ἀπότομος μεταβολὴ τῆς διευθύνσεως, ἣν ὑφίσταται φωτεινὴ ἀκτὶς, ὅταν διέρχεται διὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ δύο διαφανῶν μέσων, καλεῖται *διάθλασις*.

Διὰ νὰ δείξωμεν τὸ φαινόμενον τῆς διάθλασεως, ἀφήνομεν νὰ εισέλθῃ δέσμη ἀκτίνων προερχομένων ἐκ τοῦ ἡλίου ἢ ἐκ βολταϊκοῦ τόξου ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου.

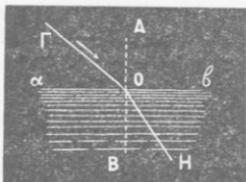
Παρενθέτομεν δὲ εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης ταύτης ὑαλίνην λεκάνην πλήρη ὕδατος οὕτως, ὥστε ἡ δέσμη νὰ προσπίπτῃ ἐπὶ ταύτης πλαγίως (σχ. 43). Ἡ δέσμη φωτίζει τὸν αἰωρούμενον εἰς τὸν ἀέρα κονιορτὸν καὶ σημειώνει τοιοῦτοτρόπως τὴν ὁδὸν τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αὕτη εἰσερχομένη ἐντὸς τοῦ ὕγρου διαθλάται κατόπιν, ἐξερχομένη ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν



Σχ. 43.

ἀέρα, διαθλάται κατ' ἀντίστροφον φοράν καὶ λαμβάνει διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὴν ἀρχικὴν.

Ἐστω $\alpha\beta$ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ χωρισμοῦ δύο διαφανῶν μέσων διαφόρου φύσεως, π. χ. ἀέρος καὶ ὕδατος (σχ. 44). Ἀκτὶς τις προσπίπτουσα, π.χ. ἡ $\Gamma\Theta$, ἡ ὁποία συναντᾷ πλαγίως τὴν ἐπιφάνειαν ταύτην, εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ πλησιάζουσα πρὸς τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου AO . Καλοῦμεν **ἐπίπεδον προσπίπτουσης** τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον προσδιορίζεται ὑπὸ τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος $\Gamma\Theta$ καὶ τῆς καθέτου AO εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπίπτουσης. **Γωνία προσπίπτουσης** εἶναι ἡ γωνία $\Gamma O A$ τῆς προσπι-



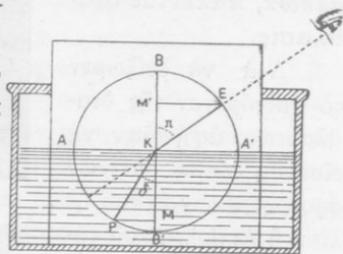
Σχ. 44.

πτούσης ἀκτίνος μετὰ τῆς καθέτου. **Γωνία δὲ διαθλάσεως** εἶναι ἡ γωνία $H O B$ τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος $O H$ μετὰ τῆς καθέτου $O B$.

31. **Ἀντίστροφος ἐπάνοδος τοῦ φωτός.**—Ἐὰν δι' ἐπίπεδου κατόπτρου ἀποστειλώμεν πάλιν τὴν φωτεινὴν δέσμην ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου κατὰ τὴν $H O$, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὕτη ἀκολουθεῖ εἰς τὸ πρῶτον μέσον τὴν διεύθυνσιν $O \Gamma$. Δηλ. **ἡ τροχιά, τὴν ὁποῖαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς, δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φορᾶς τῆς διαδόσεως** καὶ ἡ ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς ἐπανόδου τοῦ φωτός ἐφαρμόζεται εἰς τὴν διάθλασιν, ὅπως καὶ εἰς τὴν ἀνάκλασιν.

32. **Νόμοι τῆς διαθλάσεως.**—Τὸ φαινόμενον τῆς διαθλάσεως ὑπόκειται εἰς δύο νόμους.

Διὰ νὰ μελετήσωμεν τοὺς νόμους τούτους, χρησιμοποιοῦμεν ἓν φύλλον χαρτονίου λευκοῦ ἐφηρμοσμένου ἐπὶ σανίδος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου χαράσσομεν περιφερειαν μὲ δύο διαμέτρους καθέτους πρὸς ἀλλήλας AA' καὶ BB' . Προσηλώνομεν μίαν καρφίδα εἰς τὸ κέντρον K καὶ ὁμοίαν καρφίδα εἰς ἓν **οιονδήποτε σημεῖον** P τῆς περιφερείας (σχ. 45) κάτωθεν τῆς διαμέτρου AA' . Βυθίζομεν κατόπιν τὴν σανίδα ἐντὸς τοῦ ὕδατος λεκάνης, μέχρις ὅτου ἡ διάμετρος AA' εὐρε-



Σχ. 45.

θῆ εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος.

Ὁ ὀφθαλμός, τοποθετηθεὶς ἐντὸς τῆς γωνίας ΒΚΑ', βλέπει τὴν καρφίδα Ρ εἰς τὴν **φαινομένην** θέσιν τῆς. Προσηλώνομεν τότε ὁμοίαν καρφίδα εἰς τὸ σημεῖον Ε, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ εὐθεῖα ἡ ἐνοῦσα τὸν ὀφθαλμὸν μετὰ τῆς καρφίδος Ρ τέμνει τὴν περιφέρειαν.

Αἱ κεφαλαὶ τῶν καρφίδων Κ καὶ Ε καθὼς καὶ ἡ γραμμὴ ΚΡ εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου καὶ φαίνονται ὅτι εὐρίσκονται ἐπ' εὐθείας. Ἐξάγομεν κατόπιν τὴν σανίδα ἐκ τοῦ ὕδατος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι αἱ κεφαλαὶ τῶν τριῶν καρφίδων Ρ, Κ καὶ Ε δὲν εὐρίσκονται ἐπ' εὐθείας. Σύρομεν τὴν ἀκτῖνα ΕΚ (προσπίπτουσα ἀκτίς) καὶ τὴν ἀκτῖνα ΡΚ (διαθλωμένη ἀκτίς). Ἡ γωνία ΒΚΕ εἶναι ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως π, ἡ δὲ γωνία ΡΚΒ' εἶναι ἡ γωνία τῆς διαθλάσεως δ. Ἐὰν φέρωμεν ἐκ τῶν σημείων Ε καὶ Ρ καθέτους ἐπὶ τὴν ΒΒ', διαπιστοῦμέν ὅτι τὰ μήκη Μ'Ε καὶ ΡΜ τῶν καθέτων τούτων (ἡμίτονα τῶν δύο γωνιῶν) εὐρίσκονται ὑπὸ τὴν σχέσιν 4 : 3. Ἡ σχέση αὕτη καλεῖται **δείκτης διαθλάσεως** τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα (εἶναι δὲ ἡ αὐτή, οἷονδῆποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ σημεῖον Ρ τῆς περιφέρειας).

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως :

Α' νόμος.— *Ἡ διαθλωμένη ἀκτίς εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπτώσεως.*

Β' νόμος.— *Διὰ δύο ὠρισμένα μέσα ὑπάρχει σταθερὰ σχέση μεταξὺ τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως.*

Ἡ σταθερὰ αὕτη σχέση, ἣτις, ὡς εἶπομεν, καλεῖται καὶ **δείκτης διαθλάσεως** τοῦ δευτέρου μέσου ὡς πρὸς τὸ πρῶτον, παρίσταται διὰ τοῦ γράμματος ν. Ἐχομεν λοιπὸν $\frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu\delta} = \nu$ ἢ $\eta\mu\pi = \nu \cdot \eta\mu\delta$.

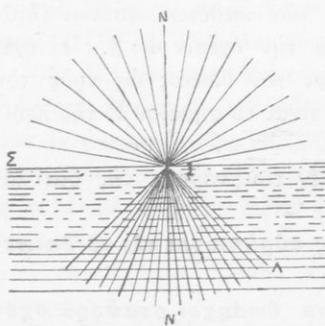
33. **Περίπτωσις, καθ' ἣν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ἐνὸς μέσου εἰς ἄλλο διαθλαστικώτερον.**—Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτίς μεταβαίνει ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὴν ὕαλον ἢ εἰς τὸ ὕδωρ, ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως εἶναι μεγαλυτέρα τῆς γωνίας τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον. Λέγομεν τότε ὅτι τὸ δεύτερον μέσον εἶναι **διαθλαστικώτερον** τοῦ πρώτου. Ὁ δείκτης τῆς διαθλάσεως ν εἶναι

ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ μεγαλύτερος τῆς μονάδος. Τοῦτο π. χ. συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ ($v = \frac{4}{3}$), ἢ ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὴν ὑάλον ($v = \frac{3}{2}$).

Ἐκ τῶν ὑγρῶν τὰ διαθλαστικώτερα εἶναι : ὁ τετηγμένος φωσφόρος, ὁ θειοῦχος ἄνθραξ, ἡ ἀνιλίνη, ἡ φαινόλη, ἡ βενζόλη, τὸ οἰνόπνευμα, ὁ αἰθὴρ καὶ τέλος τὸ ὕδωρ.

Ἐκ τῶν στερεῶν, τὰ διαθλαστικώτερα εἶναι : ὁ ἀδάμας, ὁ φωσφόρος, τὸ θεῖον καὶ οἱ πολύτιμοι λίθοι (ρουβίνιον, τοπάζιον κτλ.), τελευταῖος δὲ ὁ πάγος.

Τὸ *σχῆμα 46* παριστᾷ τὴν διάθλασιν προσπίπτουσῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ. Ἡ ἀκτίς NI, κάθετος



Σχ. 46.

εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χωρισμοῦ, συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον πορείαν της. Πᾶσα ἀκτίς πλαγία ἀνακλᾶται ἐν μέρει καὶ τὸ μὴ ἀνακλόμενον φῶς διαθλάται πλησίον πρὸς τὴν κάθετον. Ἡ ἀκτίς SI, ἡ ὁποῖα εἶναι πολὺ πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν ΙΛ, ἥτις, καθὼς θὰ μάθωμεν βραδύτερον, ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν διαθλάσεως περίπου 48° . Ἡ γωνία αὕτη τῶν 48° καλεῖται **δρικὴ γωνία** τῶν ἀκτίνων, αἵτινες εἰσέρχονται εἰς τὸ ὕδωρ.

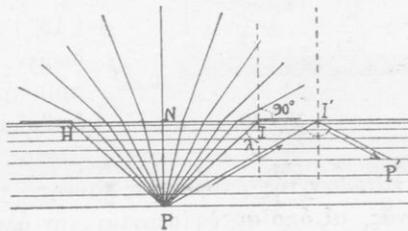
Μὲ ἄλλους λόγους, τὸ εἰς τὸ σημεῖον I προσπίπτον φῶς, τὸ ὁποῖον εἰς τὸν ἀέρα περιλαμβάνεται ἐντὸς τῆς ὀρθῆς γωνίας NIS, ἀνακλᾶται ἐν μέρει καὶ ἐν μέρει διαθλάται· τὸ τελευταῖον τοῦτο μέρος συγκεντρώνεται ἐντὸς τῆς ὀξείας γωνίας N'IA, ἥτις ἴσουςται μὲ 48° . Ἐὰν στρέψωμεν τὸ σχῆμα περὶ τὴν κάθετον NN', τὰ αὐτὰ ἀποτελέσματα ἐπαναλαμβάνονται εἰς ὅλας τὰς θέσεις καὶ δυνάμεθα νὰ συναγάγωμεν, ὅτι ἡ ποσότης τοῦ φωτός, τοῦ προσπίπτοντος εἰς τὸ I καὶ εἰσδύοντος εἰς τὸ ὕδωρ, συγκεντρώνεται εἰς τὸν κῶνον τὸν γραφόμενον ὑπὸ τῆς ὀρθικῆς γωνίας N'IA.

Σημ. — Ἡ δρικὴ γωνία Δ ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν προσπτώσεως

90° , τῆς ὁποίας τὸ ἡμίτονον εἶναι 1. Ἔχομεν λοιπὸν $\frac{1}{\eta\mu\Delta} = v$, ἔξ ἧς $\eta\mu\Delta = \frac{1}{v}$. Εἰς τὴν προηγουμένην μερικὴν περίπτωσιν διαθλάσεως ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ, $v = \frac{4}{3}$ καὶ συνεπῶς $\eta\mu\Delta = \frac{3}{4}$, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡμίτονον τῆς γωνίας 48° . Διὰ τὴν διάθλασιν ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὴν ὑάλον, $v = \frac{3}{2}$ καὶ $\eta\mu\Delta = \frac{2}{3}$, ὅπερ εἶναι ἡμίτονον τῆς γωνίας 42° .

34. Περίπτωσις καθ' ἣν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ἐνὸς μέσου εἰς ἄλλο ὀλιγότερον διαθλαστικόν. — Ὀλικὴ ἀνάκλασις.

Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὴ μεταβαίνει ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα ἢ ἐκ τῆς ὑάλου εἰς τὸν ἀέρα, ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως εἶναι μικροτέρα τῆς γωνίας τῆς διαθλάσεως καὶ αἱ ἀκτίνες, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται ἐκ τοῦ ὕδατος ἢ τῆς ὑάλου ἀπομακρύνονται τῆς καθέτου. Λέγομεν τότε, ὅτι τὸ δεύτερον μέσον, δηλ. ὁ ἀήρ, εἶναι ὀλιγότερον διαθλαστικόν ἀπὸ τὸ πρῶτον.



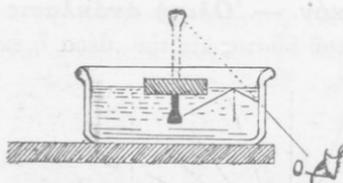
Σχ. 47.

Ἐστω φωτεινὸν σημεῖον P (σχ. 47) ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Ἐκ τῶν ἀκτίνων τῶν ἐκπεπομένων ἐκ τοῦ P, ἡ ἀκτὴ PN, ἥτις ἀκολουθεῖ τὴν κάθετον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χωρισμοῦ τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ ἀέρος, ἐξέρχεται ἀνευ ἐκτροπῆς. Αἱ ἀκτίνες αἱ ὀλίγον πλαγίως προσπίπτουσαι ὑφίστανται συγχρόνως μερικὴν ἀνάκλασιν ἐντὸς τοῦ ὕδατος καὶ μερικὴν διάθλασιν εἰς τὸν ἀέρα μετὰ ἐκτροπῆς.

Μία ἀκτὴς, ὡς π. χ. ἡ PI, ἡ ὁποία σχηματίζει μετὰ τῆς καθέτου PN γωνίαν $\Delta = 48^\circ$, ἐξέρχεται ἐφαπτομένη τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ. Πᾶσα ἀκτὴς PI', πέραν τῆς PI, προσπίπτει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χωρισμοῦ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως μεγαλυτέραν τῶν 48° . Αὕτη δὲν δύναται νὰ διαθλασθῇ εἰς τὸν ἀέρα καὶ ἀνακλᾶται ἐξ ὀλοκλήρου, ὅπως ἐπὶ τελείως ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀκολουθοῦσα τοὺς νόμους τῆς

κανονικῆς ἀνακλάσεως· λέγομεν τότε ὅτι αὕτη ὑφίσταται **ὀλικὴν ἀνάκλασιν**, διότι ὅλον τὸ φῶς τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος ΠΙ' ἀνευρίσκειται εἰς τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα Ι'Ρ'.

Πείραμα.—Τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν δεικνύομεν διὰ τοῦ ἐξῆς πειράματος: Κάτωθεν δίσκου ἐκ φελλοῦ ἔχοντος ἀκτίνα 45 περίπου χιλιοστῶν ἐμπηγνύομεν ἥλον κατακορύφως εἰς τὸ κέντρον τοῦ δίσκου οὕτως, ὥστε τὸ ἐκτὸς τοῦ φελλοῦ μέρος τοῦ ἥλου νὰ ἔχη μῆκος περίπου 35 χιλιοστῶν, καὶ ἀφήνομεν τὸν φελλὸν νὰ ἐπιπλέῃ ἐπὶ ὕδατος περιεχομένου εἰς ὑαλίνην λεκάνην (σχ. 48). Συμφώνως πρὸς τὰς ἀνωτέρω διαστάσεις (ὑπολογιζομένου εἰς 5 χιλιοστά τοῦ πάχους τοῦ βυθιζομένου μέρους τοῦ φελλοῦ) αἱ ἀκτίνες, αἱ ἐκπεμπόμενα ὑπὸ τοῦ ἥλου καὶ συ-



Σχ. 48.

ναντῶσαι τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος ἐκτὸς τοῦ δίσκου, σχηματίζουν γωνίας προσπτώσεως μεγαλυτέρας τῆς ὀρικῆς (48°)· συνεπῶς εἶναι ἀδύνατον νὰ ἴδωμεν τὸν ἥλον διὰ διαθλάσεως, ὅποιαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θέσις τοῦ ὀφθαλμοῦ ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Ἄλλ' ἐὰν φέρωμεν τὸν ὀφθαλ-

μὸν κάτωθεν τῆς ἐπιφανείας ταύτης, π.χ. εἰς τὸ Ο, θὰ δεχθῶμεν τὰς ἀκτίνες, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ θὰ ἴδωμεν δι' ἀνακλάσεως ὑπεράνω τοῦ δίσκου εἶδωλον τοῦ ἥλου κατ' ἔμφασιν.

35. Ἀτμοσφαιρικὸς κατοπτρισμός.—Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς κατοπτρισμὸς εἶναι ὀπτική ἀπάτη, ἔνεκα τῆς ὁποίας βλέπομεν τὰ εἶδωλα ἀπομακρυσμένων ἀντικειμένων ἀνεστραμμένα. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς θερμὰς χώρας καὶ ἰδίως εἰς τὰς ἀμμόδεις πεδιάδας τῆς Αἰγύπτου· τὸ ἔδαφος φαίνεται τότε ὡς λίμνη, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀνακλῶνται τὰ δένδρα καὶ τὰ πέριξ τοῖα.

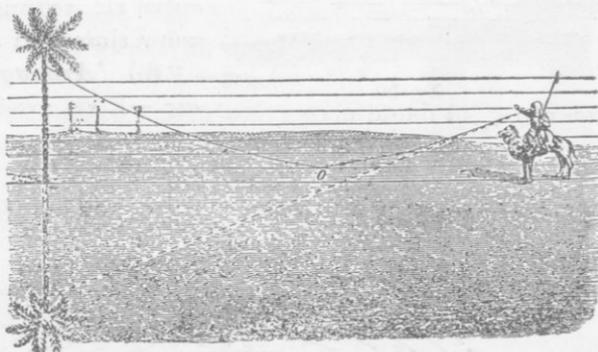
Τὸ φαινόμενον τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ κατοπτρισμοῦ προέρχεται ἐξ ὀλικῆς ἀνακλάσεως, παραγομένης ἐπὶ τῶν στρωμάτων τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα εὗρίσκονται πλησίον τοῦ ἐδάφους καὶ τὰ ὁποῖα ἔχουν ἰσχυρῶς θερμανθῆ ὑπὸ τοῦ ἡλίου.

Ὅταν ὁ ἀήρ εἶναι ἥρεμος, τὰ ἀεριώδη στρώματα, θερμαινόμενα ὑπὸ τοῦ καυστικοῦ ἐδάφους, δύνανται νὰ λάβουν μέχρις ὀρισμένου ὕψους πυκνότητα καὶ διαθλαστικότητα, αἱ ὁποῖαι εἶναι μικρότεραι τῆς

τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων καὶ αἱ ὁποῖα *ἐλαττοῦνται ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω*.

Παρατηρητῆς εὐρισκόμενος εἰς τοιοῦτο μέρος βλέπει ἓν σημεῖον Α ἀντικειμένον τινὸς ἀπ' εὐθείας (σχ. 49). Αἱ ἀκτῖνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐκ τοῦ σημείου τούτου Α, αἱ ὁποῖα προσπίπτουν πλαγίως ἐπὶ τῶν ὀλιγώτερον διαθλαστικῶν στρωμάτων ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, ἀπομακρύνονται βαθμηδὸν τῶν καθέτων εἰς τὰ σημεῖα τῆς προοπτικῆς.

Ἔνεκα τούτου ἡ τροχιά τῆς δέσμης γίνεται καμπύλη, ἔχουσα τὴν κοιλότητα ἐστραμμένην πρὸς τὰ ἄνω. Ἐπὶ στρώματος εὐρισκομένου πλησίον τοῦ ἐδάφους ἡ πρόσπτωσης εἶναι ἀρκετὰ πλαγία, ὥστε νὰ συμβῇ ὀλικὴ ἀνάκλασις εἰς τὸ Ο. Τότε ἡ ἀνακλασθεῖσα δέσμη ἀνορθοῦται, ἀκολουθοῦσα τροχίαν σχεδὸν συμμετρικὴν τῆς πρώτης ὡς πρὸς τὴν κατακόρυφον τοῦ σημείου



Σχ. 49.

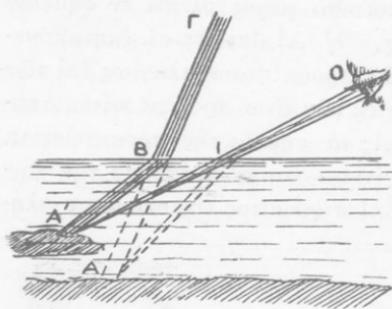
Ο. Τοιουτοτρόπως φθάνει εἰς τὸν παρατηρητήν, τὸν ὁποῖον ἡ θέα τοῦ σημείου Α καὶ τοῦ συμμετρικοῦ εἰδώλου του Α' κάμνει νὰ πιστεύσῃ, ὅτι εὐρίσκεται πρὸ ὑγρᾶς ἀνακλώσεως ἐπιφανείας.

Ὁ κατοπτρισμὸς παρατηρεῖται καὶ ἐπὶ τῆς θαλάσσης, ὅταν ἀῆθ ἤρεμος θερμαίνεται ἐξ ἐπαφῆς μετὰ τοῦ ὕδατος.

36. **Κυριώτερα φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὴν διάθλασιν.**—*α' Φαινομένη ἀνύψωσις τῶν ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἐμβαπτισμένων σωμάτων.* Συνεπεία τῆς διαθλάσεως, ἀντικειμένον τι, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος, φαίνεται γενικῶς πλησιέστερον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν ἀπὸ ὅσον εἶναι πραγματικῶς.

Ἔστω π. χ. ράβδος βυθισμένη εἰς τὸ ὕδωρ (σχ. 50) καὶ θεωρήσωμεν δέσμη φωτεινὴν ἐκπεμπομένην ἐκ σημείου Α τοῦ βυθισμένου αὐτῆς μέρους. Αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖα συνιστοῦν τὴν δέσμην ταύτην,

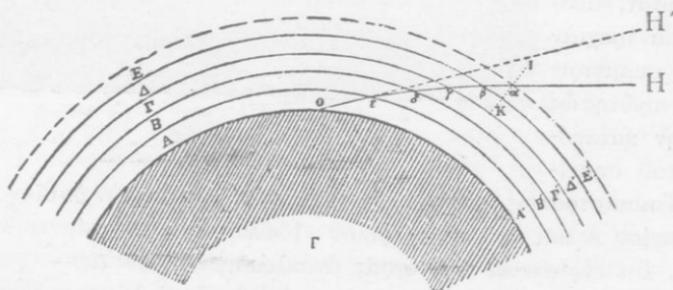
ἔξερχόμενοι ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα ἀπομακρύνονται τῆς καθέτου καὶ αἱ προεκτάσεις τῶν διαθλωμένων ἀκτίνων τέμνονται εἰς τι σημεῖον



Σχ. 50.

Α', τὸ ὁποῖον ἀπέχει ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν ὀλιγώτερον ἀπὸ τὸ σημεῖον Α. Ἐπειδὴ δὲ ἕκαστον σημεῖον τοῦ βυθισμένου μέρους φαίνεται καθ' ὅμοιον τρόπον εὐρισκόμενον πλησιέστερον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος, ἡ ράβδος φαίνεται ὡς θραυσμένη εἰς τὸ σημεῖον, κατὰ τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται εἰς τὸ ὕδωρ.

β') **Ἀτμοσφαιρική διάθλασις.**—Εἶναι γνωστὸν ὅτι τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα συνιστοῦν τὴν ἀτμόσφαιραν, εἶναι τόσον πυκνότερα, ὅσον πλησιέστερον εὐρίσκονται πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ ὅτι ἡ διάθλασις αὐξάνεται μετὰ τῆς πυκνότητος τοῦ ἀερίου. Ἐκ τούτου προ-



Σχ. 51.

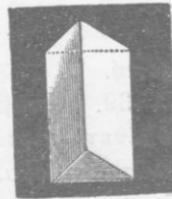
κύπτει ὅτι ἀκτίς τις, ἐκπεμπομένη ὑπὸ ἀστέρος (σχ. 51) ὑφίσταται διαδομένη ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, σειράν ἐκτροπῶν αἱ ὁποῖαι τὴν πλησιάζουν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὴν κάθετον. Ἐνεκα τούτου παρατηρητὴς εὐρισκόμενος εἰς τὸ Ο βλέπει τὸν ἀστέρα κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΟΕ τῆς τελευταίας διαθλωμένης ἀκτίνος. Οἱ ἀστέρες ἐμφανίζονται λοιπὸν εἰς τὸν ὀρίζοντα μᾶλλον ἀννηφόμενοι ἀπὸ ὅτι πράγματι εἶναι.

Σημ.—Ἐνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως βλέπομεν κατὰ τὴν

ἀνατολήν τὸν ἥλιον ὀλόκληρον, προτοῦ ἀκόμη τὸ ἀνώτερον μέρος του ἀναδύση ὑπὲρ τὸν ὀρίζοντα. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον καὶ κατὰ τὴν δύσιν, ἐνῶ ὁ ἥλιος εὐρίσκεται ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα, φαίνεται ἐπὶ ὀρισμένον χρόνον ὑπεράνω αὐτοῦ. Διὰ τῶν δύο τούτων ἀνηψώσεων τοῦ ἥλιου ἡ διάρκεια τῆς ἡμέρας αὐξάνεται.

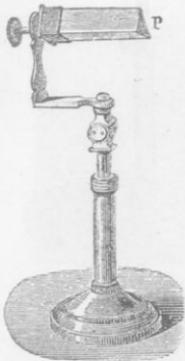
ΠΡΙΣΜΑΤΑ

37. Ὅρισμοί. — Πρίσμα καλοῦμεν εἰς τὴν Ὀπτικὴν πᾶν διαφανὲς μέσον, περιοριζόμενον ὑπὸ δύο ἐπιπέδων ἐδρῶν μὴ παραλλήλων. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιπέδων ἐδρῶν εἶναι ἡ *διαθλαστικὴ ἀκμή* τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ὑπ' αὐτῶν σχηματιζομένη διέδρος γωνία εἶναι ἡ *διαθλαστικὴ γωνία* τοῦ πρίσματος. Ἡ τρίτη ἔδρα, κατασκευαζομένη παράλληλος πρὸς τὴν διαθλαστικὴν ἀκμήν, εἶναι ἡ *βάσις* τοῦ πρίσματος. Δύο ἔδραι κάθετοι πρὸς τὰς ἀκμὰς περατοῦν τὸ πρίσμα (σχ. 52).



Σχ. 52.

Πᾶσα τομὴ κάθετος ἐπὶ τῆς διαθλαστικῆς ἀκμῆς τοῦ πρίσματος καλεῖται *κνρία τομὴ* τοῦ πρίσματος.



Σχ. 53.

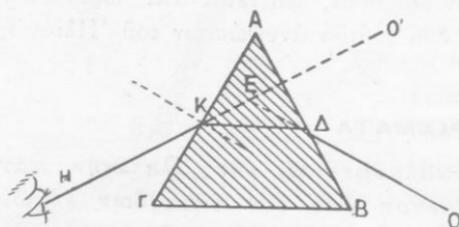
Τὰ πρίσματα συναρμόζονται συνήθως ἐπὶ ὑποστηρίγματος οὕτως, ὥστε νὰ δυνάμεθα νὰ δώσωμεν εἰς αὐτὰ οἰανδήποτε θέσιν (σχ. 53).

38. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τοῦ πρίσματος. — Ἐστω $AB\Gamma$ κνρία τομὴ τοῦ πρίσματος (σχ. 54) καὶ $ΟΔ$ προσπίπτουσα ἀκτίς. Ἡ ἀκτίς αὕτη, εἰσδύουσα εἰς τὴν ὑἄλον, ἡ ὁποία εἶναι διαθλαστικώτερα τοῦ ἀέρος, διαθλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον καὶ λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν ΔK .

Εἰς τὸ K , ἐὰν ἡ ἀκτίς σχηματίζη μετὰ τῆς καθέτου γωνίαν μικροτέραν τῆς ὀρικῆς (42°), ὑφίσταται νέαν διάθλασιν καὶ ἐπειδὴ μεταβαίνει εἰς μέσον ὀλιγώτερον διαθλαστικόν, ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου καὶ λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν KH .

Αἱ ἀκτίνες λοιπὸν διερχόμεναι διὰ τοῦ πρίσματος διαθλῶνται δις πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Ἐκ τούτου προκύπτει, ὅτι ὁ ὀφθαλμός,

ὅστις θὰ δεχθῆ τὰς ἐξερχομένας ἀκτίνας, θὰ ἴδῃ τὸ σημεῖον O εἰς τὸ O' ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῶν διαθλωμένων ἀκτίνων καὶ ἀνυψωμένον



Σχ. 54.

πρὸς τὴν διαθλαστικὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Τὸ σημεῖον O' εἶναι τὸ *κατ' ἔμφασιν* εἶδωλον τοῦ σημείου O . Ἡ γωνία OEO' ἢ σχηματιζομένη ὑπὸ τῆς προεκτάσεως τῆς ἐξερχομένης ἀκτίνος KH μετὰ τῆς προεκτάσεως τῆς προσπιτούσης OD καλεῖται *ἐκ-*

τροπή.

39. *Μεταβολαὶ τῆς ἐκτροπῆς.*— α) Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς *αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτη τοῦ διαθλάσεως. Πολύπρισμα.* Οὕτω

καλεῖται πρίσμα, τὸ ὁποῖον συνίσταται ἐκ πολλῶν μικρῶν πρισματίων τῆς αὐτῆς διαθλαστικῆς γωνίας, ἠνωμένων διὰ τῶν κυρίων αὐτῶν τομῶν (σχ. 55). Τὰ πρίσματα ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐξ οὐσιῶν ἀνίσως διαθλαστικῶν: *ύάλου, μολυβδύαλου, ὀρειᾶς κρυστάλλου* κτλ. Παρατηροῦντες εὐθεῖαν γραμμὴν διὰ μέσου τοῦ πολυπρίσματος, βλέπομεν τὰ μέρη αὐτῆς εἰς ὕψη διάφορα. Τὴν μεγίστην ἐκτροπὴν παρέχει ἡ μολυβδύαλος, τῆς ὁποίας καὶ ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι ὁ μέγιστος.



Σχ. 55.

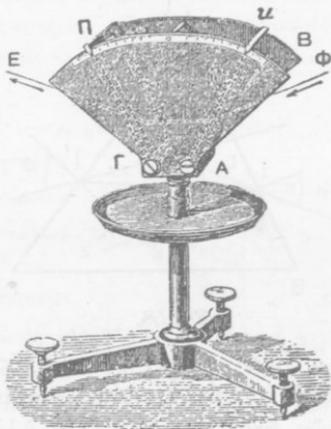
β) Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς *αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.*— *Πρίσμα μεταβλητῆς γωνίας.* Ἐπὶ ποδὸς φέροντος ἰσοπεδωτικούς κοχλίας στηρίζονται δύο ὀρειχάλκινα τριγωνικὰ ἐλάσματα B καὶ Γ (σχ. 56) παράλληλα, μετὰ τῶν ὁποίων δύνανται νὰ ὀλισθαίνουν καλῶς ἐφαρμοζόμενα δύο ὑάλινοι πλάκες π καὶ κ . Χύνοντες μετὰ τῶν δύο τούτων πλακῶν διαφανές τι ὑγρὸν καὶ κλίνοντες αὐτὰς περισσότερον ἢ ὀλιγότερον, λαμβάνομεν *πρίσμα γωνίας μεταβλητῆς*. Ἐὰν δεχθῶμεν φωτεινὴν τινα ἀκτῖνα Φ ἐπὶ τῆς μιᾶς τῶν δύο τούτων πλακῶν, κλίνομεν

δὲ περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον τὴν ἄλλην, βλέπομεν ὅτι, ὅταν ἡ γωνία τοῦ πρίσματος τοιοῦτοτρόπως ἀυξάνεται, καὶ ἡ ἐκτροπὴ συναυξάνεται.

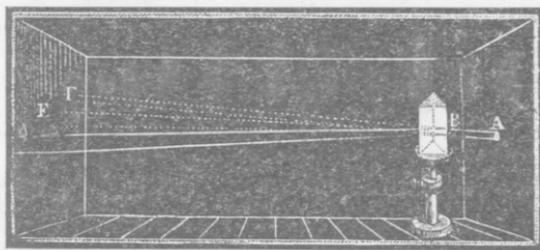
γ) Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς μεταβάλλεται μετὰ τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως.—Ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ εἰς σκοτεινὸν θάλαμον διὰ κατακόρυφον σχισμῆς δέσμη ἀκτίνων **μονοχρόου φωτὸς** AB (φωτὸς π. χ. ἡλιακοῦ διαπερῶντος ἐρυθρὰν ὑάλου) (σχ. 57), αὕτη σχηματίζει ἐπὶ πετάσματος εἰδῶλον τῆς σχισμῆς εἰς τὸ Γ. Ἐὰν ὅμως εἰς τὴν δίοδον αὐτῆς παρενθῶμεν κατακόρυφον πρίσμα, ἡ δέσμη ἐξερχομένη τοῦ πρίσματος ἐκτρέπεται πρὸς τὴν βάσιν αὐτοῦ, σχηματίζουσα τὸ εἰδῶλον τῆς ὀπῆς εἰς τὸ Δ. Ἡ ἀπόστασις ΓΔ παριστᾷ ἐνταῦθα τὴν ἐκτροπὴν.

Ἐὰν ἤδη στρέψωμεν τὸ ὑποστήριγμα τοῦ πρίσματος οὕτως, ὥστε νὰ ἐλαττωθῇ μικρὸν κατὰ μικρὸν ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως, θὰ ἴδωμεν τὸ εἰδῶλον πλησιάζον βαθμηδὸν πρὸς τὸ Γ. Ἐὰν ὅμως ἀπὸ τινος θέσεως E τοῦ εἰδῶλου ἐξακολουθήσωμεν ἐλαττοῦντες τὴν γωνίαν τῆς προσπτώσεως, θὰ ἴδωμεν τὴν δέσμην ἐπιστρέφουσαν πάλιν πρὸς τὸ σημεῖον Δ. Ἡ ἐκτροπὴ λοι-

πὸν γίνεται **ἐλαχίστη** διὰ ὀρισμένην τιμὴν τῆς γωνίας προσπτώσεως. Εὐρίσκεται δὲ καὶ πειραματικῶς καὶ διὰ τοῦ ὑπολογισμοῦ ὅτι ἡ ἐκτροπὴ γίνεται ἐλαχίστη, ὅταν ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως π ἐξισωθῇ πρὸς τὴν γωνίαν τῆς ἀναδύσεως π'. Ἡ θέσις, τὴν ὁποίαν λαμβάνει τότε τὸ πρίσμα, καλεῖται **Νευτωνικὴ θέσις τοῦ πρίσματος**.



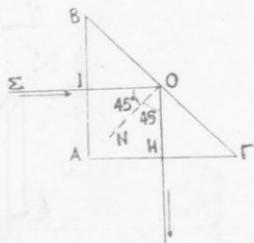
Σχ. 56.



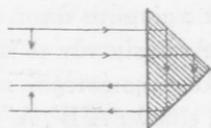
Σχ. 57.

41. **Ἐφαρμογαὶ τῶν πρισμάτων.**—Τὰ πρίσματα χρησιμοποιοῦνται εἰς πλείστα ὀπτικά ὄργανα· ἀποτελοῦν π. χ. τὸ οὐσιῶδες μέρος τῶν **φωτεινῶν θαλάμων** τῶν σχεδιαστῶν, τῶν **φασματοσκοπίων**, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν διὰ τὴν μελέτην τῆς ἀποσυνθέσεως τοῦ φωτὸς διαφόρων φωτεινῶν πηγῶν κτλ.

Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.—Ταῦτα εἶναι πρίσματα ἐξ ὑάλου, τῶν ὁποίων ἡ κυρία τομὴ εἶναι τρίγωνον ὀρθογώνιον ἰσοσκελὲς (σχ. 59). Θεωρήσωμεν φωτεινὴν ἀκτῖνα ΣΙ προσπίπτουσαν καθέτως ἐπὶ τῆς ἔδρας ΑΒ. Αὕτη εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα ἄνευ ἐκτροπῆς καὶ συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον πορείαν της μέχρι τῆς ὑποτείνουσας ΒΓ. Ἐκεῖ σχηματίζει μετὰ τῆς καθέτου ΟΝ γωνίαν προσπτώσεως 45° [διότι ἡ γωνία προσπτώσεως $\Sigma ΟΝ = B = 45^\circ$, ὡς ἔχουσαι τὰς πλευρὰς καθέτους καὶ οὔσαι ἀμφοτέραι ὀξεῖαι], ἡ ὁποία εἶναι μεγαλυτέρα τῆς **ὀρικῆς** γωνίας τῶν δυναμένων νὰ διαθλασθοῦν εἰς τὸν ἀέρα ἀκτῖνων, ἣτις εἶναι περίπου 42° . Ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται συνεπῶς ὀλικὴν ἀνάκλασιν· καὶ ἐπειδὴ λαμβάνει διεύθυνσιν ΟΗ κάθετον ἐπὶ τὴν ἔδραν ΑΓ (διότι γωνία $ΙΟΗ = 90^\circ$), ἐξέρχεται ἄνευ ἐκτροπῆς.



Σχ. 59.



Σχ. 60.

Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τοιοῦτον πρίσμα τὸ ἐπίπεδον τῆς ἔδρας ΒΓ χρησιμεύει ὡς **ἐπίπεδον** κάτοπτρον.

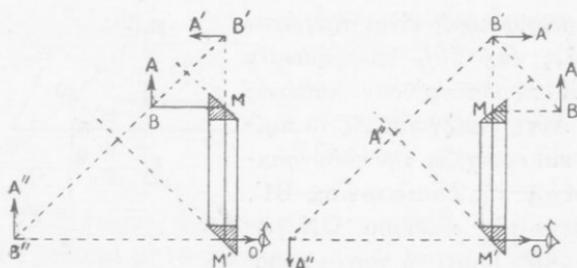
Τὸ σχῆμα 60 δεικνύει πῶς ἐνεργεῖ τοιοῦτον πρίσμα διὰ διπλῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως ἀναστρέφον τὸ εἶδωλον.

Τὰ πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως ἀντικαθιστοῦν ἐπωφελῶς τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα εἰς τοὺς φάρους, εἰς τὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα προβάλλουν τὰ εἶδωλα διαφανῶν εἰκόνων τοποθετουμένων ὀριζοντιῶς κτλ.

ΠΕΡΙΣΚΟΠΙΟΝ

Τὸ **περισκόπιον** εἶναι ἐφαρμογὴ τοῦ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως καὶ ἀποτελεῖ τρόπον τινὰ τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ ὑποβρυχίου. Πράγματι, διὰ τῆς συσκευῆς ταύτης δύναται τὸ ὑποβρυχίου ἐν καταδύσει εὐρισκόμενον νὰ βλέπῃ τὰ ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης συμβαίνοντα.

Τὸ περισκόπιον περιλαμβάνει κυρίως δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως M καὶ M' (σχ. 61), τοποθετημένα κατὰ τὰ δύο ἄκρα κατακόρυφου σωλῆνος, ὕψους 6 περίπου μέτρων καὶ τομῆς 10 περίπου ἑκατοστομέτρων, τοῦ ὁποίου τὸ μὲν ἀνώτατον ἄκρον ἐξέρχεται ἐκτὸς τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης, τὸ δὲ κατώτατον καταλήγει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν



Σχ. 61.

Σχ. 62.

τοῦ ὑποβρυχίου. Ὁ σωλῆν οὗτος δύναται συμπυκνῶμενος, ὅπως οἱ σωλῆνες τῶν τηλεσκοπίων, νὰ ἀποκρύψῃ τὴν κορυφὴν αὐτοῦ, οὗτω δὲ ἀποκρύπτεται καὶ τοῦ ὅλου ὑποβρυχίου ἢ πα-

ρουσία.

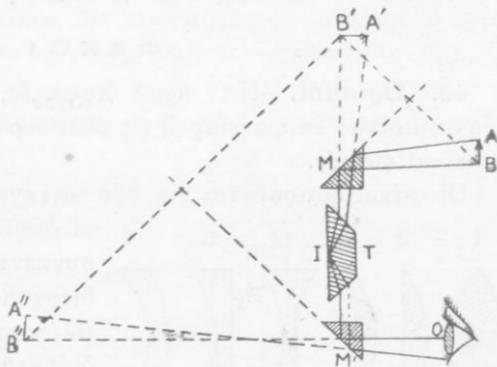
Ὑποθέσωμεν κατὰ πρῶτον, ὅτι τὰ δύο ταῦτα πρίσματα ἀποτελοῦν τὸν ὅλον ὀπτικὸν μηχανισμόν τοῦ περισκοπίου. Ἀντικείμενόν τι κατακόρυφον AB (εἰς τὸ σχῆμα εὐρίσκεται τοῦτο πολὺ πλησιέστερον παρὰ εἰς τὴν πραγματικότητα) θὰ παρῆχε διαδοχικῶς τὰ εἶδωλα $A'B'$, $A''B''$, τὸ τελευταῖον τῶν ὁποίων θὰ ἴδῃ ὁ παρατηρητής, ὁ ὀφθαλμὸς τοῦ ὁποίου τίθεται κατὰ τὸ O .

Παρίσταται ὅμως ἀνάγκη νὰ κατοπτρευθῇ ὅλος ὁ ὀρίζων. Πρὸς τοῦτο, ἂν μόνη ἡ ἀνωτέρω συσκευὴ διετίθεται, θὰ ἔπρεπε νὰ μετακινήται αὕτη ὀλόκληρος, τῆς κινήσεως δὲ ταύτης νὰ μετέχη καὶ ὁ παρατηρητής. Ἀντὶ τούτου ὅμως ἐθεωρήθη πρακτικώτερον νὰ στρέφεται μόνον τὸ ἀνώτερον μέρος περὶ τὸν ἄξονα τοῦ σωλῆνος, τὸ δὲ κατώτερον πρίσμα M' νὰ παραμένῃ ἀκίνητον. Καὶ ὁ παρατηρητής δὲ ὁμοίως δύναται τότε νὰ παραμένῃ ἀκίνητος. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει τὰ εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων στρέφονται κατὰ τὴν αὐτὴν γωνίαν μετὰ τοῦ M . Διὰ περιστροφὴν 90° , ἡ γραμμὴ τοῦ ὀρίζοντος ἐμφανίζεται κατακόρυφος· διὰ περιστροφὴν 180° , τὰ κατακόρυφα ἀντικείμενα ἐμφανίζονται ἀνεστραμμένα, ὅπως εἰς τὸ σχ. 62 φαίνεται.

Πρὸς διόρθωσιν τοῦ ἀτόπου τούτου, παρεντίθεται ἐντὸς τοῦ σω-

λήνος τετραεδρικὸν πρίσμα T (σχ. 63), τὸ ὁποῖον ἀνακλᾷ ὀλικῶς τὸ φῶς ἐπὶ τῆς κατακόρυφου αὐτοῦ ἕδρας I καὶ συντελεῖ εἰς τὸ νὰ παρουσιασθῇ τὸ κατακόρυφον ἐξωτερικὸν ἀντικείμενον AB ἀνωρθωμένον κατὰ τὸ $A'B'$.

Τέλος, διὰ καταλλήλου προσθήκης φακῶν ἀπετελέσθη ἡ **περισκοπικὴ διόπτρα**, διὰ τῆς ὁποίας δύνανται νὰ κατοπτρεύουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν.



Σχ. 63.

Προβλήματα

1ον. Πρίσμα διαθλαστικῆς γωνίας 60° ἔχει δείκτην διαθλάσεως $\sqrt{2}$. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ τῆς μιᾶς ἕδρας τοῦ πρίσματος τούτου ὑπὸ γωνίαν προσπίπτουσας 45° . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία τῆς ἀναδύσεως καὶ ἡ ἐκτροπὴ τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος.

2ον. Ἐχομεν πρίσμα διαθλαστικῆς γωνίας $A = 60^\circ$. Ζητεῖται ὁ δείκτης τῆς διαθλάσεως τῆς οὐσίας τοῦ πρίσματος, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἀκτὶς ἥτις προσπίπτει ἐπὶ τῆς μιᾶς ἕδρας ὑπὸ γωνίαν 45° ἐξέρχεται ἐκ τῆς ἄλλης ἕδρας ὑπὸ γωνίαν ἀναδύσεως 45° .

3ον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλαχίστη ἐκτροπὴ πρίσματος ἐξ ὕψους, τοῦ ὁποῖου ἡ διαθλαστικὴ γωνία $A = 60^\circ$ καὶ ὁ δείκτης διαθλάσεως $n = \frac{3}{2}$ (Δίδεται $\frac{3}{4} = \eta\mu. 48,5$).

4ον. Πρίσμα $AB\Gamma$, τοῦ ὁποῖου ἡ διαθλαστικὴ γωνία εἶναι 33° , δέχεται καθέτως ἐπὶ μιᾶς τῶν ἐδρῶν του AB φωτεινὴν ἀκτῖνα ΦI . Ἡ ἐξιούσα ἀκτὶς $H\Lambda$ σχηματίζει μετὰ τῆς προσπιπτούσης ΦK γωνίαν 13° . Ποῖος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ πρίσματος;

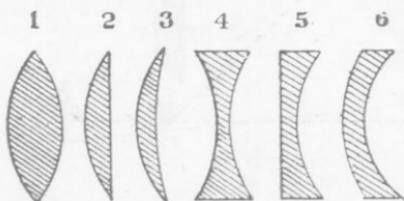
5ον. Εἰς τὴν κυρίαν τομὴν πρίσματος διαθλαστικῆς γωνίας 60° προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων ὑπὸ γωνίαν 45° . Ὁ δείκτης δια-

θλάσεως τῆς οὐσίας τοῦ πρίσματος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι $\sqrt{2}$. Πόσων μοιρῶν θὰ εἶναι ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ;

Φ Α Κ Ο Ι

42. Ὅρισμοί.—Πάν σῶμα διαφανές, τὸ ὁποῖον περατοῦται εἰς δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἢ εἰς μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπίπεδον, καλεῖται **φακός**.

Οἱ φακοὶ διαιροῦνται εἰς δύο κατηγορίας : εἰς **συγκλίνοντας**,



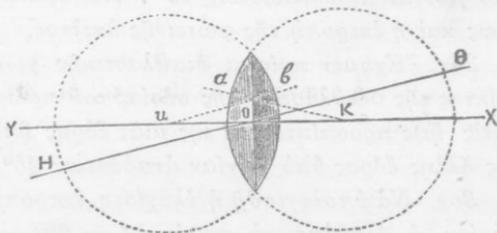
Σχ. 64.

οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ συγκεντρώνουν τὰς δι' αὐτῶν διερχομένας ἀκτίνες, καὶ εἰς **ἀποκλίνοντας**, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ ἀποκεντρώνουν τὰς δι' αὐτῶν διερχομένας ἀκτίνες.

Οἱ συγκλίνοντες εἶναι παχύτεροι περὶ τὸ μέσον καὶ λεπτότεροι πρὸς

τὰ ἄκρα, περιλαμβάνουν δὲ τρεῖς τύπους (σχ. 64) : τὸν **ἀμφίκυρτον** (1), τὸν **ἐπιπεδόκυρτον** (2) καὶ τὸν **συγκλίνοντα μηνίσκον** (3).

Οἱ ἀποκλίνοντες εἶναι παχύτεροι πρὸς τὰ ἄκρα καὶ λεπτότεροι περὶ τὸ μέσον, περιλαμβάνουν δ' ἐπίσης τρεῖς τύπους : τὸν **ἀμφίκοιλον** (4), τὸν **ἐπιπεδόκοιλον** (5) καὶ τὸν **ἀποκλίνοντα μηνίσκον** (6).



Σχ. 65.

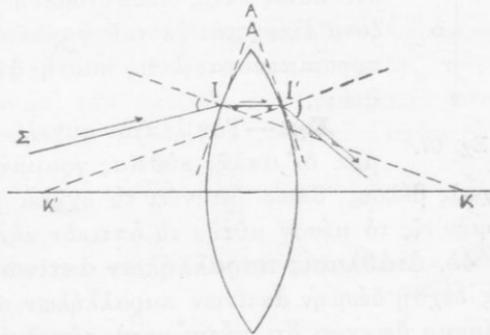
Κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ καλεῖται ἡ εὐθεῖα, ἣ ὁποία διέρχεται

διὰ τῶν κέντρων τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ (σχ. 65). Εἰς τὸν ἐπιπεδόκυρτον καὶ τὸν ἐπιπεδόκοιλον φακὸν κύριος ἄξων εἶναι ἡ κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν ἢ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας.

Κυρία τομὴ τοῦ φακοῦ καλεῖται πᾶσα τομὴ αὐτοῦ διερχομένη διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος.

ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

43. Πορεία φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ συγκλίνοντος φακοῦ. — Θεωρήσωμεν φωτεινὴν ἀκτῖνα ΣΙ προσπίπτουσαν ἐπὶ ἀμφικύρτου φακοῦ καὶ εὐρισκομένην ἐν τῇ κυρίᾳ τομῇ τοῦ φακοῦ (σχ. 66). Ἡ ἀκτίς αὕτη εἰσέρχομένη ἐντὸς τοῦ φακοῦ διαθλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον ΙΚ' ἀναδυομένη δὲ εἰς τὸ Ι' διαθλάται καὶ πάλιν καὶ ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου Ι'Κ'. Αἱ δύο αὗται διαδοχικαὶ διαθλάσεις πλησιάζουν συνεπῶς τὴν διαθλωμένην ἀκτῖνα πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ὁ φακὸς παράγει λοιπὸν ἐπὶ τῆς ἀκτίνος ΣΙ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὅπερ καὶ τὸ πρίσμα ΙΑΙ' (σχ. 66).



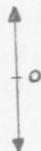
Σχ. 66.

Ἐὰν εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, ἢ προσπίπτουσα ἀκτίς καταλήγη κάτωθεν τοῦ κυρίου ἄξονος, ἢ ἀναδυομένη ἐκτρέπεται ἐπίσης πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δηλ. κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς πρώτης.

44. Ὀπτικὸν κέντρον. Δευτερεύοντες ἄξονες. — Εἰς οἰονδήποτε φακὸν ἢ φωτεινὴ ἀκτίς, ἣτις διευθύνεται κατὰ τὸν κύριον ἄξονα, εἶναι ἡ μόνη ἣτις διαπερᾷ τὸν φακὸν εὐθυγράμμως, διότι ὡς προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν του δὲν ὑφίσταται διάθλασιν. Ὑπάρχουν ἐπίσης ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται *παράλληλως* πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης, ὑφιστάμεναι πλαγίαν μόνον μετατόπισιν. Αἱ ἀκτῖνες αὗται διέρχονται πᾶσαι διὰ τινος σταθεροῦ σημείου τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ ὁποῖον καλεῖται *οπτικὸν κέντρον*.

Εἰς ἀμφικύρτου ἢ ἀμφίκουλου φακόν, τοῦ ὁποῖου αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος εἶναι ἴσαι, τὸ οπτικὸν κέντρον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ εἰς ἴσας ἀποστάσεις ἀπὸ τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν. Πᾶσα εὐθεῖα ἣτις διέρχεται διὰ τοῦ οπτικοῦ κέντρου, ἐκτὸς τοῦ κυρίου ἄξονος, καλεῖται *δευτερεύων ἄξων* τοῦ φακοῦ.

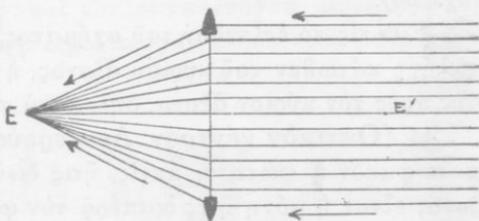
Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν φακῶν παραδεχόμεθα, ὅτι οὗτοι εἶναι **ἀπείρως λεπτοί**, δηλ. ἄνευ πάχους, καὶ ὅτι προσπίπτουν ἐπ' αὐτῶν **ἀκτίνες κεντρικαί**, δηλ. ἀκτίνες ἀπέχουσαι ὀλίγον ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα καὶ ὑπὸ μικρὰν κλίσιν πρὸς αὐτόν. Εἰς τοὺς φακοὺς τούτους ἡ πλαγία μετατόπισις ἀκτίνος διερχομένης διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου εἶναι ἀνεπαίσθητος. Ἐπομένως παραδεχόμεθα ὅτι πᾶσα ἀκτίς διευθυνομένη κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα ἐξέρχεται ἐκ τοῦ φακοῦ ἄνευ ἐκτροπῆς, δηλ. ὅτι ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς καὶ ἡ ἀναδυομένη κεῖνται ἐπ' εὐθείας.



Σχ. 67.

Σημ.—Τὸν λεπτὸν συγκλίνοντα φακὸν θὰ παριστῶμεν δι' ἀπλῆς εὐθείας γραμμῆς περατουμένης εἰς δύο αἰχμὰς βέλους, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα [σχ. 67], καὶ θὰ σημειώωμεν εἰς τὸ μέσον αὐτῆς τὸ ὀπτικὸν κέντρον Ο.

45. **Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων.**—Ὅταν συγκλίνων φακὸς δεχθῇ δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι αὗται μετὰ τὴν διάθλασιν συνέρχονται εἰς τι σημεῖον Ε τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 68). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ **κυρία ἐστία**, καὶ ἡ ἀπόστασις τῆς ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου εἶναι ἡ **κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις**. Ἐπειδὴ αἱ παράλληλοι ἀκτίνες δύνανται νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἢ τῆς ἄλλης ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, ὑπάρχουν **δύο κύρια ἐστία**. Αἱ ἐστία αὗται εἶναι καθ' ὑπόστασιν (πραγματικαί) καὶ εὐρίσκονται ἐκατέρωθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν.



Σχ. 68.

Ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, ὑπάρχουν **δύο κύρια ἐστία**. Αἱ ἐστία αὗται εἶναι καθ' ὑπόστασιν (πραγματικαί) καὶ εὐρίσκονται ἐκατέρωθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν.

Ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, ὑπάρχουν **δύο κύρια ἐστία**. Αἱ ἐστία αὗται εἶναι καθ' ὑπόστασιν (πραγματικαί) καὶ εὐρίσκονται ἐκατέρωθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν.

Ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, ὑπάρχουν **δύο κύρια ἐστία**. Αἱ ἐστία αὗται εἶναι καθ' ὑπόστασιν (πραγματικαί) καὶ εὐρίσκονται ἐκατέρωθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν.

Ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, ὑπάρχουν **δύο κύρια ἐστία**. Αἱ ἐστία αὗται εἶναι καθ' ὑπόστασιν (πραγματικαί) καὶ εὐρίσκονται ἐκατέρωθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν.

Ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, ὑπάρχουν **δύο κύρια ἐστία**. Αἱ ἐστία αὗται εἶναι καθ' ὑπόστασιν (πραγματικαί) καὶ εὐρίσκονται ἐκατέρωθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν.

46. **Ἴσχυς φακοῦ.**—Καλοῦμεν **ἰσχὴν** ἢ **συγκεντρωτικὴν δύναμιν** φακοῦ, τὸ ἀντίστροφον $\frac{1}{f}$ τῆς ἐστιακῆς αὐτοῦ ἀποστάσεως.

Ἡ ἰσχὺς αὐτῆ ὑπολογίζεται εἰς **διοπτρίας**.

Διοπτρία εἶναι ἡ ἰσχὺς φακοῦ ἔχοντος κυρίαν ἔστιακὴν ἀπόστασιν 1 μέτρου. Κατὰ ταῦτα, ἡ ἰσχὺς συγκλίνοντος φακοῦ ἔχοντος

0,10 μ. ἔστιακὴν ἀπόστασιν εἶναι $\frac{1}{0,10} = 10$ διοπτριῶν. Ἐὰν $\varphi =$

0,5 μ, ἡ ἰσχὺς εἶναι $\frac{1}{0,5} = 2$ διοπτριῶν κτλ.

47. Τύπος τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως φακοῦ.—Ἀποδεικνύεται ὅτι μεταξὺ τῆς κυρίας ἔστιακῆς ἀποστάσεως φ φακοῦ, τοῦ δείκτου τῆς οὐσίας αὐτοῦ ν καὶ τῶν ἀκτίνων τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν α καὶ α' , ὑπὸ τῶν ὁποίων περιορίζεται, ἰσχύει ἡ σχέσηις :

$$\frac{1}{\varphi} = (\nu - 1) \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha'} \right).$$

Ἐὰν $\alpha = \alpha'$, ὁ τύπος γίνεται $\frac{1}{\varphi} = (\nu - 1) \cdot \frac{2}{\alpha}$, ἄρα $\varphi = \frac{\alpha}{2(\nu - 1)}$.

Ἐὰν $\nu = \frac{3}{2}$, ἔχομεν $\varphi = \frac{\alpha}{2 \cdot \frac{1}{2}} = \alpha$.

ἦτοι εἰς φακὸν ἀμφίκυρτον, τοῦ ὁποίου αἱ ἐπιφάνειαι ἔχουν τὴν αὐτὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος καὶ τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης εἶναι $\frac{3}{2}$, αἱ

ἔστια συμπίπτουν μὲ τὰ κέντρα καμπυλότητος.

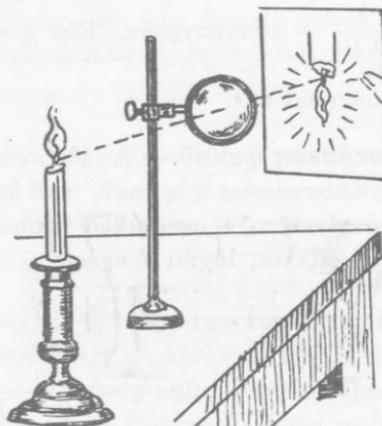
48. Εἶδωλα παρεχόμενα ὑπὸ τῶν συγκλινόντων φακῶν.—

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ δίδουν, ὅπως καὶ τὰ κοῖλα κάτοπτρα, εἶδωλα εἴτε καθ' ὑπόστασιν (πραγματικά) εἴτε κατ' ἔμφασιν (φανταστικά).

Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὸν σχηματισμὸν τῶν πραγματικῶν εἰδώλων, χρησιμοποιοῦμεν λευκὸν σκιερὸν διάφραγμα καὶ φωτεινὴν πηγὴν οἰανδήποτε.

α) Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἔστιας.— Ἀφοῦ τοποθετήσωμεν τὴν φλόγα κηρίου καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συγκλίνοντος φακοῦ καὶ οὕτως, ὥστε τὸ μέσον αὐτῆς νὰ εὐρίσκεται αἰσθητῶς ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, ἀναζητοῦμεν, μετακινοῦντες τὸ διάφραγμα πρὸς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ,

τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν σχηματίζεται τὸ εἶδωλον εὐκρινέστατον. Παρατηροῦμεν τοιοῦτοτρόπως ὅτι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ἀρκετὰ τὴν φλόγα, τὸ εἶδωλον τὸ σχηματιζόμενον ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἶναι



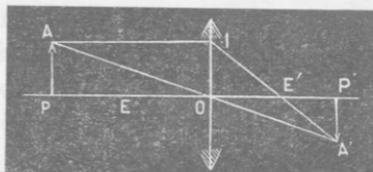
Σχ. 69.

μικρὸν καὶ ἀνεστραμμένον (σχ. 69). Ἐὰν πλησιάσωμεν τὴν φλόγα μέχρι τοῦ διπλασίου τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι ἰσομέγεθες μὲ τὸ ἀντικείμενον καὶ συμμετρικὸν αὐτῷ ὡς πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Πλησιάζοντες κατόπιν βραδέως τὴν φλόγα πρὸς τὴν ἐστίαν, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ διαφράγματος ἀπὸ τοῦ φακοῦ

πρέπει νὰ εἶναι μεγαλειτέρα τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, διὰ νὰ ἔχωμεν εἶδωλον εὐκρινές, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ μεγεθυμένον.

Σημ.—Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος συνάγομεν ὅτι τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου καθέτου πρὸς τὸν ἄξονα εἶναι ἐπίσης κάθετον πρὸς αὐτόν.

Πορεία τῶν ἀκτίνων.—Θεωρήσωμεν τὴν ἀπλουστεράν περιπτώσιν, καθ' ἣν τὸ ἀντικείμενον εἶναι μικρὰ εὐθεῖα AP κάθετος ἐπὶ τὸν κ. ἄξονα (σχ. 70) καὶ περατουμένη εἰς τοῦτον ($OP > 2 \cdot OE$). Λαμβάνομεν εὐκόλως τὸ εἶδωλον τῆς AP , φέροντες κατὰ πρῶτον τὸν δευτερεύοντα ἄξονα AO , ἔπειτα δὲ τὴν ἐκ τοῦ A παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα προσπίπτουσαν ἀκτῖνα AI . Αὕτη μετὰ τὴν διάθλασιν διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας E' . Ἡ τομὴ αὐτῆς A' μετὰ τοῦ ἄξονος AO εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου A . Καταβιβάζοντες ἐκ τοῦ A' κάθετον ἐπὶ



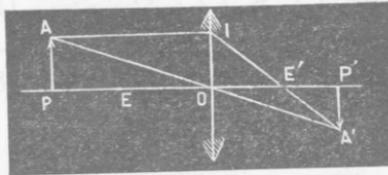
Σχ. 70.

τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸν δευτερεύοντα ἄξονα AO , ἔπειτα δὲ τὴν ἐκ τοῦ A παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα προσπίπτουσαν ἀκτῖνα AI . Αὕτη μετὰ τὴν διάθλασιν διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας E' . Ἡ τομὴ αὐτῆς A' μετὰ τοῦ ἄξονος AO εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου A . Καταβιβάζοντες ἐκ τοῦ A' κάθετον ἐπὶ

τὸν κύριον ἄξονα, λαμβάνομεν τὸ εἶδωλον $A'P'$ τῆς εὐθείας AP . Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι *πραγματικόν, ἀνεστραμμένον* καὶ *μικρότερον* τῆς AP .

Ἐὰν ἡ ἀπόστασις OP εἶναι ἴση μὲ $2.EO$, κατασκευῆ ἀνάλογος πρὸς τὴν προηγουμένην δεικνύει ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι *πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, ἀλλὰ ἴσον* πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ *συμμετρικόν* πρὸς αὐτὸ ὡς πρὸς τὸ O .

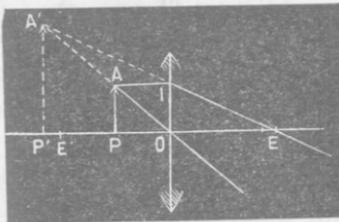
Ἐὰν ἡ ἀπόστασις OP γείνη μικροτέρα τῆς $2.EO$, ἀλλὰ διαμένη μεγαλυτέρα τῆς EO , τὸ εἶδωλον εἶναι πάλιν ἀνεστραμμένον, ἀλλὰ *μεγαλύτερον* τοῦ ἀντικειμένου. Ἐφ' ὅσον ἡ AP πλησιάζει πρὸς τὸ E , τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται τοῦ φακοῦ μεγεθυνόμενον.



Σχ. 71.

Τέλος, ὅταν τὸ ἀντικείμενον τεθῆ ἐπὶ τοῦ E , δὲν ὑπάρχει πλέον εἶδωλον. Αἱ ἀκτῖνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐκ τοῦ A ἀναδύονται ἐκ τοῦ φακοῦ παραλλήλως πρὸς τὸν δευτερεύοντα ἄξονα τοῦ σημείου τούτου.

β') Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξὺ φακοῦ καὶ κυρίας ἐστίας. — Ὅταν ἡ ἀπόστασις τῆς φλογὸς ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶναι μικροτέρα τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, δὲν σχηματίζεται πλέον *πραγματικόν εἶδωλον* ἀλλ' ὁ ὀφθαλμός, δεχόμενος τὰς ἀποκλινοῦσας ἀκτῖνας, βλέπει εἶδωλον *κατ' ἔμφασιν*, ὄρθιον καὶ ἐν μεγεθύνσει (σχ. 72).



Σχ. 72.

49. Τύποι τῶν συγκλινόντων φακῶν. — Διὰ τοὺς συγκλινόντας φακοὺς λαμβάνομεν τύπους ὁμοίους πρὸς τοὺς εὐρεθέντας διὰ τὰ κοίλα κάτοπτρα καὶ διὰ τῆς αὐτῆς μεθόδου.

Παραστήσωμεν διὰ π καὶ π' τὰς ἀποστάσεις OP καὶ OP' τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου του ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ φ τὴν κυρίαν

τοῦ φακοῦ ἔστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 71). Ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων IOE' καὶ E'P'A' ἔχομεν :

$$\frac{A'P'}{IO} = \frac{E'P'}{OE'} \quad \eta \text{ (διότι } IO = AP) \quad \frac{A'P'}{AP} = \frac{E'P'}{OE'} \quad (1)$$

Ἐπίσης ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων OAP καὶ OA'P' ἔχομεν :

$$\frac{A'P'}{AP} = \frac{OP'}{OP} \quad (2)$$

Ἐκ τῶν (1) καὶ (2) λαμβάνομεν $\frac{E'P'}{OE'} = \frac{OP'}{OP}$ ἢ $\frac{\pi' - \varphi}{\varphi} = \frac{\pi'}{\pi}$

(διότι $E'P' = OP' - OE'$) ἢ $\pi' - \varphi \pi = \varphi \pi'$ καὶ $\pi' \pi = \varphi \pi' + \varphi \pi$.
Διαιροῦντες δὲ ἀμφότερα τὰ μέλη διὰ $\pi' \varphi$, λαμβάνομεν

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} \quad (3)$$

Ἐὰν πρόκειται περὶ εἰδώλου κατ' ἔμφασιν σχ. (72), ἀναλόγως ἐρ-
γαζόμενοι εὐρίσκομεν :

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} \quad (4)$$

Δηλ. ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἐν τῇ περιπτώσει ταύτη παρίσταται
διὰ τοῦ σημείου — εἰς τὸν τύπον (3).

Σχέσις τῶν μεγεθῶν τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου.—

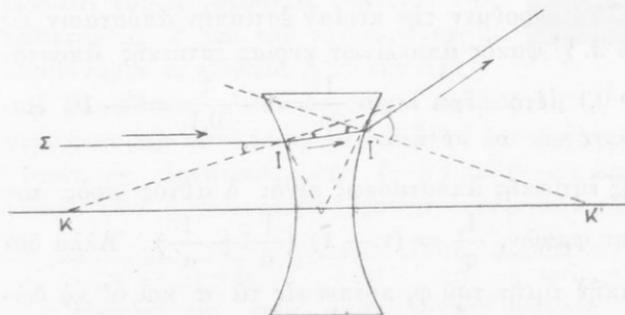
Ἐκ τῆς σχέσεως (2), παριστῶντες διὰ M' καὶ M δύο ὁμολόγους δια-
στάσεις εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, λαμβάνομεν $\frac{M'}{M} = \frac{\pi'}{\pi}$.

50. **Ἐφαρμογαὶ τῶν συγκλινόντων φακῶν.**—Οἱ συγκλίνον-
τες φακοὶ ἀποτελοῦν τὸ οὐσιῶδες μέρος ὅλων σχεδὸν τῶν ὀπτικῶν
ὀργάνων (μικροσκόπια, διόπτραι, ὕαλοι ὑπερμετροπικαὶ καὶ πρε-
σβυωπικαί, προβολεῖς, μηχαναὶ φωτογραφικαὶ κτλ.). Χρησιμοποιοῦν-
ται ἐπίσης διὰ τὴν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον συγκέντρωσιν τῆς ἥλιακῆς
θερμότητος, καὶ εἰς τοὺς φάρους διὰ τὴν ἀποστολὴν παραλλήλων
ἀκτίνων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.

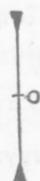
ΦΑΚΟΙ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ

51. Πορεία φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ φακοῦ ἀποκλίνοντος.—
Θεωρήσωμεν φωτεινὴν ἀκτῖνα ΣΙ προσπίπτουσαν ἐπὶ ἀποκλίνοντος

φακοῦ καὶ εὐρισκομένην ἐν τῇ κυρία τομῇ τοῦ φακοῦ (σχ. 73). Ἡ ἀκτίς αὕτη εἰσερχομένη εἰς τὸν φακὸν διαθλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον KI , ἐξερχομένη δὲ εἰς τὸν ἀέρα διαθλάται καὶ πάλιν ἀπομακρυνομένη τῆς καθέτου $K'I'$. Αἱ δύο αὗται διαδοχικαὶ διαθλάσεις ἀπομακρύνουν τὴν ἀκτίνα ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος. Δηλ. ὁ φακὸς παράγει ἐπὶ τῆς ἀκτίνος ΣI τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα,



Σχ. 73.

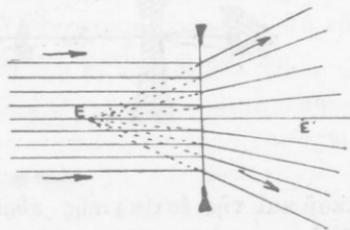


Σχ. 74.

ὅπερ καὶ τὸ πρίσμα τὸ σχηματιζόμενον ὑπὸ τῶν ἐφαπτομένων εἰς τὰ σημεῖα I καὶ I' ἐπιπέδων.

Σημ.— Τὸν λεπτὸν ἀποκλίνοντα φακὸν θὰ παριστῶμεν δι' ἀπλῆς εὐθείας γραμμῆς, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 74.

52. **Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων.**— Ὅταν ἀποκλίνων φακὸς δεχθῇ δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, αὗται μετὰ τὴν διάθλασιν ἐξέρχονται ἐκ τοῦ φακοῦ ἀποκλίνουσαι ἀπὸ τοῦ ἄξονος τούτου (σχ. 75). Αἱ προεκτάσεις τῶν ἀναδυομένων ἀκτίνων συναντοῦν τὸν κύριον ἄξονα εἰς τι σημεῖον E , εὐρισκόμενον εἰς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον καὶ αἱ προσπίπτουσαι. Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ *κατ' ἔμφασιν κυρία ἐστία*. Ἡ δὲ ἀπόστασίς της ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶναι ἡ *κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις*.



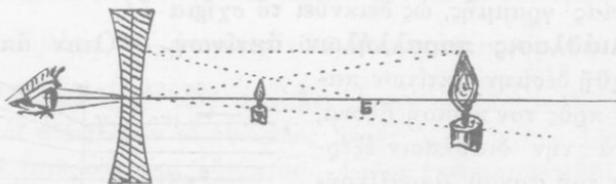
Σχ. 75.

Διὰ νὰ διαπιστώσωμεν τὴν ὕπαρξιν τῶν κυρίων φανταστικῶν ἐστιῶν, στρέφομεν τὸν φακὸν οὕτως, ὥστε ὁ κύριος ἄξων του νὰ διέρχεται αἰσθητῶς διὰ τοῦ κέντρου τοῦ Ἡλίου. Ἐὰν τότε θέσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν ἐντὸς τῆς δέσμης, ἣτις ἐξέρχεται ἐκ τοῦ φακοῦ, βλέπομεν μικρὸν κύκλον πολὺ λαμπρὸν πρὸς τὸ μέρος τῆς εἰσόδου τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

Ἡ *ἰσχὺς* τῶν ἀποκλινόντων φακῶν ὀρίζεται ὅπως καὶ τῶν συγκλινόντων, ἀλλὰ θεωροῦμεν τὴν κυρίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν ὡς ἀρνητικὴν. Οὕτω π. χ. φακὸς ἀποκλίνων κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως ἴσης πρὸς 0,1 μέτρα ἔχει ἰσχὺν $\frac{1}{\varphi} = -\frac{1}{0,1} = -10$ διοπτρῶν.

Ὁ τύπος τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως εἶναι ὁ αὐτὸς πρὸς τὸν τῶν συγκλινόντων φακῶν, $\frac{1}{\varphi} = (n - 1) \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} \right)$. Ἀλλὰ διὰ νὰ ἔχωμεν ἀρνητικὴν τιμὴν τοῦ φ , πρέπει εἰς τὰ a καὶ a' νὰ δώσωμεν ἀρνητικὰς τιμάς.

53. **Εἶδωλα παρεχόμενα ὑπὸ τῶν ἀποκλινόντων φακῶν.**— Πᾶν φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετούμενον πρὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ δίδει εἶδωλον *κατ' ἔμφασιν, ὄρθιον* καὶ *μικρότερον* τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο φαίνεται ὅτι σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ

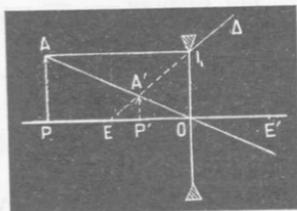


Σχ. 76.

φακοῦ καὶ τῆς ἐστίας τῆς εὗρισκομένης πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος μετὰ τοῦ ἀντικειμένου. Διὰ νὰ ἴδωμεν δὲ τὸ εἶδωλον, πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀναδυομένων ἀκτίνων (σχ. 76). Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸν φακόν, καὶ τὸ εἶδωλὸν του πλησιάζει ἐπίσης.

Πορεία τῶν ἀκτίνων.— Ἐστω AP εὐθεῖα κάθετος πρὸς τὸν

κύριον ἄξονα (σχ. 77). Ἐκ τοῦ σημείου Α φέρομεν τὸν δευτερεύοντα ἄξονα ΑΟ, κατόπιν δὲ ἀκτῖνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τὴν ΑΙ, ἣ ὁποία μετὰ τὴν διάθλασιν ἀποκλίνει ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα οὕτως, ὥστε ἡ προέκτασίς της γὰ συναντᾷ αὐτὸν εἰς τὴν κυρίαν ἔστιαν Ε. Ἡ τομὴ Α' τῆς ΙΕ καὶ τῆς ΑΟ εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ Α. Φέροντες κατόπιν τὴν κάθετον Α' Ρ' ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, λαμβάνομεν τὸ εἶδωλον Α' Ρ' τῆς ΑΡ.



Σχ. 77.

54. **Τύποι.**—Ἐὰν δεχθῶμεν κατὰ συνθήκην τὴν ἀπόστασιν τοῦ εἰδώλου καὶ τὴν κυρίαν ἔστιακὴν ἀπόστασιν ὡς ἀρνητικὰς, δηλ. $(-π')$ καὶ $(-φ)$, λαμβάνομεν ἕκ τοῦ τύπου τῶν συγκλινόντων φακῶν τὸν τύπον τῶν ἀποκλινόντων :

$$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi} \quad \eta \quad -\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}.$$

Ἐπίσης εἰς τοὺς ἀποκλινόντας φακοὺς ἰσχύει ἡ σχέσις

$$\frac{M'}{M} = \frac{\pi'}{\pi}.$$

Ἐφαρμογαί. α) Εὐθεῖα μήκους 10 ἕκ. κάθετος πρὸς τὸν κ. ἄξονα συγκλινόντος φακοῦ ἀπέχει ἀπ' αὐτοῦ 90 ἕκ. Ζητεῖται ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καὶ τὸ μέγεθος αὐτοῦ. Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι 30 ἕκ.

Ἐπειδὴ ἡ εὐθεῖα εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τοῦ 2φ , τὸ εἶδωλον θὰ εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, καὶ θὰ εὐρίσκειται πρὸς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ, μεταξὺ φ καὶ 2φ .

Ἐκ τοῦ τύπου $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$ λαμβάνομεν $\pi' = \frac{\pi\varphi}{\pi - \varphi}$
καὶ $\pi' = \frac{90 \cdot 30}{90 - 30} = 45$ ἕκ.

Καὶ ἕκ τοῦ τύπου $\frac{M'}{M} = \frac{\pi'}{\pi}$ ἔχομεν $\frac{M'}{10} = \frac{45}{90}$ ἢ $M' = 5$ ἕκ.

β') Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις ἀποκλινόντος φακοῦ εἶναι 25 ἕκ. Ποῦ πρέπει νὰ θέσωμεν μικρὰν εὐθεῖαν καθέτως πρὸς τὸν κ. ἄξο-

να, ἵνα τὸ εἶδωλὸν τῆς ἔχη μῆκος ἴσον μὲ τὸ $\frac{1}{6}$ τοῦ μήκους τῆς ;

Θὰ ἔχωμεν $\frac{\pi'}{\pi} = \frac{M'}{M} = \frac{1}{6}$, συνεπῶς $\pi' = \frac{\pi}{6}$. Ἀντικαθι-
στῶντες δὲ εἰς τὸν τύπον $-\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$, ἔχομεν $-\frac{1}{\pi} + \frac{6}{\pi} =$
 $= \frac{1}{25}$ ἢ $\frac{5}{\pi} = \frac{1}{25}$ καὶ $\pi = 125$ ἐκ.

55. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀποκλινόντων φακῶν.— Οἱ ἀποκλί-
νοντες φακοὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τινὰ ὀπτικά ὄργανα, ὅπως εἶναι
ἡ διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου, αἱ διπλαῖ διόπτραι τοῦ θεάτρου, ὡς ἐπί-
σης καὶ εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν διοπτρῶν διὰ τοὺς μύωπας. Τοὺς
ἀποκλίνοντας φακοὺς προσκολλοῦν μὲ τοὺς συγκλίνοντας, διὰ τὰ
σηματίσουν συστήματα, καλούμενα *ἀντιχρωστικά*, διὰ τῶν ὁποί-
ων διερχόμεναι αἱ λευκαὶ ἀκτῖνες διαθλῶνται, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν
ἀνάλυσιν. Τέλος, χρησιμοποιοῦνται καὶ διὰ τὴν διόρθωσιν διαφό-
ρων ἀτελειῶν τῶν ἀπλῶν φακῶν.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

13 1ον. Εἰς ποίαν θέσιν ἐνώπιον ἀμφικύρτου φακοῦ, συγκεντρωτι-
κῆς δυνάμεως 10 διοπτρῶν, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ὄρθιον φωτο-
βόλον ἀντικείμενον, ὕψους 5 ἐκ. διὰ νὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλὸν του
πρὸς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ, εἰς ἀπόστασιν 50 ἐκ. ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ
αὐτοῦ κέντρου ; Καὶ ποῖον θὰ εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ;

2ον. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ συγκεντρωτικὴ δύναμις ἀμφικύρτου φα-
κοῦ, ἐνώπιον τοῦ ὁποίου φωτοβόλον σημεῖον, τιθέμενον εἰς ἀπόστασιν
7,5 ἐκ. ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, σχηματίζει τὸ καθ' ὑπόστασιν εἶδω-
λὸν του εἰς ἀπόστασιν 15 ἐκ. ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ ὀπτικοῦ κέντρου ;

3ον. Μικρὰ φωτεινὴ εὐθεῖα εὗρισκομένη πρὸ ἀμφικύρτου φακοῦ
καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ εἰς ἀπόστασιν 3 ἐκ. ἀπὸ τοῦ φακοῦ
δίδει εἶδωλον κατ' ἔμφρασιν τρεῖς φορὰς μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.
Ποία ἡ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ τούτου ;

14 4ον. Κηρίον εὗρσκεται εἰς ἀπόστασιν δ ἀπὸ σιαθεροῦ διαφρά-
γματος. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν χ ἀπὸ τοῦ κηρίου πρέπει νὰ τεθῇ φακὸς

συγκλίνων, διὰ νὰ λάβωμεν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος *εὐκρινές* εἶδωλον τοῦ κηρίου ;

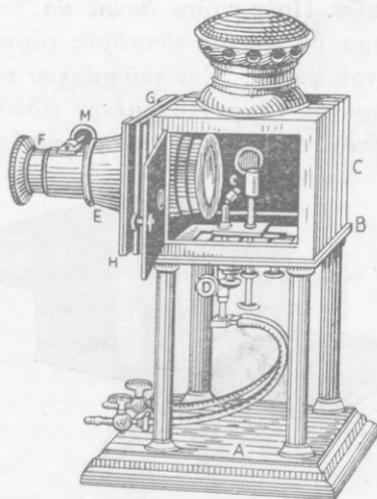
15 5ον. Κηρίον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν Δ ἀπὸ διαφράγματος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζομεν τὸ εἶδωλόν του διὰ συγκλίνοντες φακοῦ. Παραιοῦμεν τότε ὅτι αἱ δύο θέσεις τοῦ φακοῦ, διὰ τὰς ὁποίας ἐπιτυγχάνομεν *εὐκρινές* εἶδωλον τοῦ κηρίου, ἀπέχουν ἀπ' ἀλλήλων α . Ποία εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄.

ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΒΟΛΗΣ. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

56. Προβολεύς (σχ. 78).—Εἰς τὴν συσκευὴν ταύτην τὸ οὐσιῶδες μέρος εἶναι συγκλίνων φακὸς O (σχ. 79), ὁ ὁποῖος δίδει ἐπὶ διαφράγματος εἶδωλον μικροῦ διαφανοῦς ἀντικειμένου *καθ' ὑπόστασιν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγεθυσμένον*. Τὸ ἀντικείμενον τίθεται εἰς τὸ AB , εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ O μικροτέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς του ἀποστάσεως, ἵνα δώσῃ εἶδωλον μεγεθυσμένον. Ὁ φακὸς O δύναται νὰ μετατίθεται διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ οὕτως, ὥστε τὸ εἶδωλον νὰ σχηματίζεται *εὐκρινές* ἐπὶ τοῦ διαφράγματος.

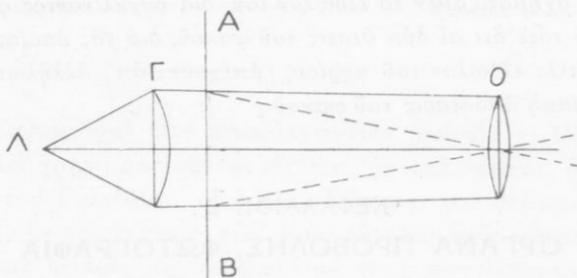
Ὁ φωτισμὸς τοῦ εἰδώλου ἔξασθενεῖ, διότι τὸ φῶς τοῦ ἀντικειμένου διανέμεται ἐπὶ εἰδώλου μεγαλειτέρου. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιεῖται καὶ δεύτερος συγκλίνων φακὸς Γ , ὁ ὁποῖος συγκεντρώνει ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου τὰς ἀκτῖνας ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς Λ . Τὸ πρὸς προβολὴν ἀντι-



Σχ. 78.

κείμενον (φωτογραφία ἐπὶ ὑάλου) τίθεται ἀνεστραμμένον, ἵνα τὸ εἶδωλὸν του σχηματισθῆ ὄρθιον.

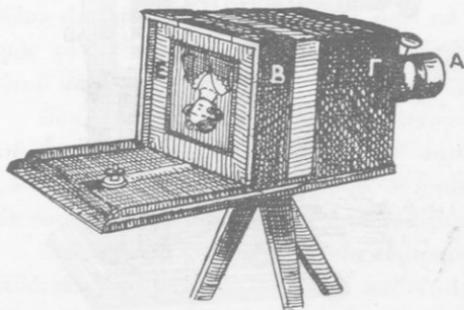
Θάλαμος φωτογραφικῆς μεγεθύνσεως.—Αἱ συσκευαὶ προ-



Σχ. 79.

βολῆς χρησιμοποιοῦνται συνήθως διὰ τὴν μεγέθυνσιν τῶν φωτογραφιῶν. Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ νὰ ἀντικατασταθῆ τὸ σύνηθες διάφραγμα δι' εἰδικοῦ εὐπαθοῦς χάρτου, δηλ. χάρτου προσβαλλομένου ὑπὸ τοῦ φωτός. Ἐπὶ τοῦ χάρτου τούτου προβάλλεται ἐπὶ ὄρισμένον χρόνον τὸ μεγεθυσμένον εἶδωλον τῆς φωτογραφικῆς πλακός.

Ὁ ὑπὸ τοῦ φωτός προσβληθεὶς χάρτης ὑποβάλλεται κατόπιν εἰς σειρὰν χημικῶν ἐργασιῶν πρὸς ἐμφάνισιν καὶ στερέωσιν τῆς εἰκόνος.



Σχ. 80.

εἶδωλα τῶν ἐξωτερικῶν ἀντικειμένων ἐπὶ ἡμιδιαφανοῦς ὑαλίνης πλακός, εὐρισκομένης ἐπὶ τῆς ἀπέναντι τοῦ φακοῦ πλευρᾶς τοῦ θαλάμου. Ἡ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ ἀπὸ τῆς ὑαλίνης πλακός δύναται

57. Φωτογραφικὴ συσκευή.—Ἡ φωτογραφικὴ συσκευὴ συνίσταται ἐκ σκοτεινοῦ θαλάμου, ὃ ὁποῖος φέρει πρὸς τὰ ἔμπρὸς (σχ. 80) ὀρειγάλινον στόμιον Α. Ἐπὶ τοῦ στόμιου τούτου ἐφαρμόζεται φακὸς συγκλίνων, ὅστις σχηματίζει τὰ

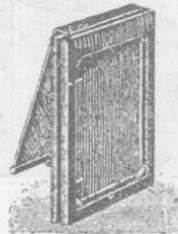
νά μεταβάλλεται, μετακινουμένου τοῦ φακοῦ διὰ καταλλήλου μηχανισμού οὕτως, ὥστε νά σχηματίζεται ἐπὶ τῆς πλακῶς τὸ εἶδωλον εὐκρινές. Ἐπειδὴ τὰ πρὸς φωτογραφίαν ἀντικείμενα τοποθετοῦνται πάντοτε πέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ φακοῦ, τὰ εἶδωλα εἶναι πάντοτε μικρότερα τῶν ἀντικειμένων τούτων.

Φωτογραφία.—Ὅταν ἐπιτευχθῇ ἡ εὐκρίνεια τοῦ εἰδώλου, ἀντικαθίσταται ἡ ἡμιδιαφανῆς ὑαλίνη πλάξ διὰ τῆς φωτογραφικῆς πλακῶς. Αἱ φωτογραφικαὶ πλάκες παρασκευάζονται ἐπιχειρομένων εἰς τὸ σκότος ὑαλίνων πλακῶν διὰ ζελατινο-βρωμιούχου ἀργύρου. Αἱ ἐκ τοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες προσβάλλουν τὸ ἄλλας τοῦτο τοῦ ἀργύρου. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες αὗται δὲν εἶναι ἴσης ἐντάσεως, προσβάλλουν διαφόρως τὴν πλάκα κατὰ τὰ ἀντίστοιχα μέρη αὐτῆς, περισσότερον μὲν τὰ ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὰ φωτεινότερα μέρη τοῦ ἀντικειμένου, ὀλιγώτερον δὲ τὰ ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὰ σκοτεινότερα. Ἐὰν μετὰ τινὰ χρόνον ἀφαιρεθῇ ἡ πλάξ ἐκ τῆς συσκευῆς καὶ ἔξετασθῇ, οὐδόλως διακρίνεται ἐπ' αὐτῆς ἡ ὡς ἀνωτέρω προσβολὴ αὐτῆς ὑπὸ τοῦ φωτός. Ἐν τούτοις τὸ ἄλλας τοῦ ἀργύρου ἐτροποποιήθη ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ φωτός. Πράγματι, ἐὰν ἡ πλάξ βυθισθῇ ἐντὸς διαλύματος οὐσίας ἀναγωγικῆς, τὸ ἄλλας τοῦ ἀργύρου ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα τὰ σημεῖα, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσέπεσαν φωτεινὰ ἀκτῖνες καὶ σχηματίζεται ἐπ' αὐτῶν μεταλλικὸς ἄργυρος ἀδιαφανής.

Ἡ εἰκὼν αὕτη λέγεται **ἀρνητικῆ**, διότι εἰς αὐτὴν τὰ μὲν φωτεινότερα μέρη τοῦ ἀντικειμένου φαίνονται σκοτεινά, τὰ δὲ ὀλιγώτερον φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου, φωτεινὰ καὶ ἡμιδιαφανῆ. Τοιοῦτοτρόπως ἐγένετο ἡ **ἐμφάνισις τῆς εἰκόνας**.

Κατόπιν ἐμβαπτιζεται ἡ πλάξ ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὁποῖον διαλύει καὶ ἀφαιρεῖ τὸ μὴ προσβληθὲν ὑπὸ τοῦ φωτός μέρος τοῦ ἄλλας τοῦ ἀργύρου. Ἡ ἐργασία αὕτη ἀποτελεῖ τὴν **στερέωσιν** τῆς εἰκόνας.

Προσαρμόζεται ἔπειτα ἐπὶ τῆς πλευρᾶς τῆς πλακῶς ἐπὶ τῆς ὁποίας ὑπάρχει ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν, ἐν καταλλήλῳ πλαισίῳ (σχ. 81), φύλλον χάρτου κεκαλυμμένου ὑπὸ εὐπαθοῦς στρώματος ἄλλας τοῦ

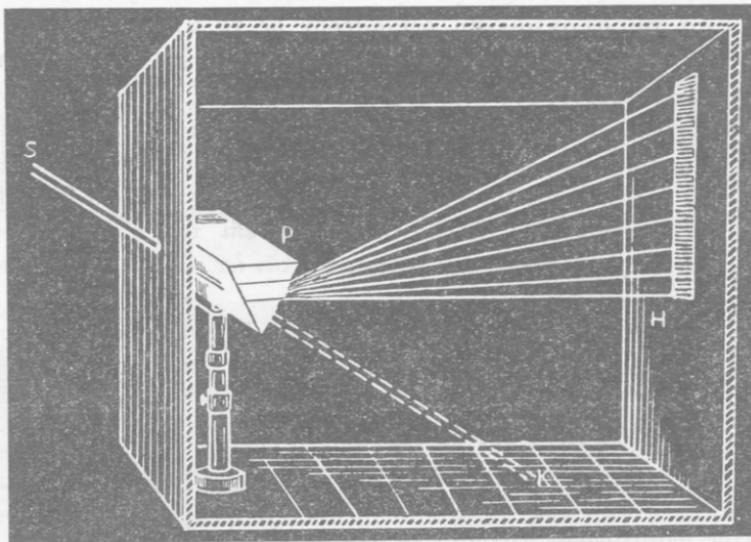


Σχ. 81.

ἀργύρου καὶ ἐκτίθεται εἰς τὸ ἥλιακὸν φῶς. Εἶναι φανερὸν ὅτι τὰ μέρη τοῦ χάρτου, τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινότερα καὶ ἡμιδιαφανῆ μέρη τῆς πλακός, θὰ προσβληθοῦν περισσότερον, τὰ δὲ εἰς τὰ σκοτεινὰ μέρη ὀλιγώτερον. Ἐὰν τότε ἐμβαπτισθῇ ὁ χάρτης εἰς τὰ αὐτὰ ἀναγωγικὰ διαλύματα καὶ πλυθῇ κατόπιν δι' ἀφθόου ὕδατος, θὰ ἐμφανισθῇ ἐπ' αὐτοῦ πιστὴ ἢ *θετικὴ* εἰκὼν τοῦ φωτογραφηθέντος ἀντικειμένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η΄.
ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

58. Ἀποσύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἡλιακὸν φάσμα. — Ἐὰν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ διὰ στενῆς



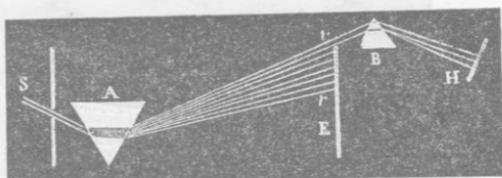
Σχ. 82.

κυκλικῆς ὀπῆς κυλινδρική δέσμη ἥλιακῶν ἀκτίνων (σχ. 82), ἡ δέσμη αὕτη θὰ δώσῃ ἐπὶ διαφράγματος κυκλικὸν καὶ λευκὸν εἶδωλον Κ. Ἐὰν ὅμως παρενθέσωμεν ἐπὶ τῆς τροχιάς τῶν ἀκτίνων ὕαλινον πρίσμα Ρ οὕτως, ὥστε ἡ ἀκμὴ του νὰ εἶναι ὄριζοντία καὶ νὰ διαθλᾷ

τὴν δέσμη ἐν τῇ κυρία αὐτοῦ τομῇ, θὰ παρατηρήσωμεν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἰδῶλον ἐκτρεπόμενον πρὸς τὴν βᾶσιν τοῦ πρίσματος καὶ ἐπιμηκνύμενον κατακορύφως, δηλ. καθέτως πρὸς τὴν διαθλαστικὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Τὸ εἰδῶλον τοῦτο, καλούμενον **ἡλιακὸν φάσμα**, παρουσιάζει χρώματα, τὰ ὁποῖα ἐμπλέκονται ἀνεπιστήτως τὰ μὲν μετὰ τῶν δέ, ὥστε νὰ μὴ φαίνονται χωρισμένα ἀπ' ἀλλήλων. Ἐκ τούτων διακρίνονται ἑπτὰ κύρια, τὰ ὁποῖα διαδέχονται ἀλλήλα κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν (ἐὰν ἀρχίσωμεν ἀπὸ τὸ μᾶλλον ἐκτρεπόμενον) : ἰώδες, βαθὺ κυανοῦν ἢ ἰνδικόν, κυανοῦν, πράσινον, κίτρινον, πορτοκάλινον, ἐρυθρόν.

59. **Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ καὶ ἀνίσως διαθλαστά.**—Τὸ λευκὸν φῶς εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συμπτώσεως ἀπλῶν ἀκτίνων διαφόρως κεχρωσμένων καὶ ἀνίσως διὰ τοῦ αὐτοῦ διαφανοῦς μέσου διαθλασιῶν. Πράγματι, ἐὰν ἀφήσωμεν

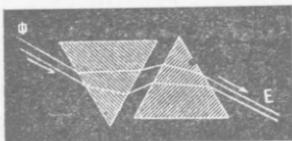
νὰ προσπέσῃ ἐπὶ πρίσματος A ἔχοντος ἀκμὴν ὀριζοντίαν δέσμη παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτίνων, λαμβάνομεν φάσμα, τὸ ὁποῖον ἐκτείνεται κατακορύφως ἐπὶ διαφράγματος E. Μέ-



Σχ. 83.

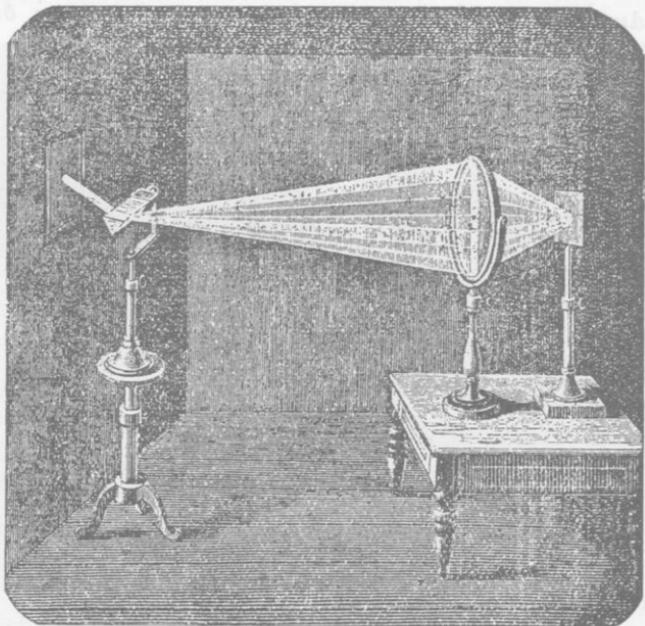
ρος ἐξ ἑνὸς χρώματος τοῦ φάσματος τούτου ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ διὰ στενῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος E καὶ δεχόμεθα τὰς ἀκτῖνας ταύτας ἐπὶ δευτέρου πρίσματος B ἔχοντος ἐπίσης ἀκμὴν ὀριζοντίαν (σχ. 83). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι συμβαίνει νέα ἐκτροπή. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πρίσμα A περὶ τὴν ἀκμὴν του οὕτως, ὥστε νὰ δεχθῶμεν διαδοχικῶς ἐπὶ τῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος E τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος, τὰ χρώματα ταῦτα φθάνουν ἐπὶ τοῦ δευτέρου πρίσματος B ὑπὸ τὴν αὐτὴν πρόσπτωσιν. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ ἐπὶ τοῦ δευτέρου διαφράγματος λαμβανόμενον εἰδῶλον μετὰ τὴν δίοδον τῶν ἀκτίνων διὰ τοῦ πρίσματος B **διατηρεῖ τὸ χρῶμα** τοῦ μέρους τοῦ φάσματος, τὸ ὁποῖον ἔχει προσπέσει ἐπὶ τῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος E. Συνεπῶς, ἕκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος **εἶναι ἀπλοῦν**, δηλ. δὲν δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς ἄλλα.

Ἡ ἐκτροπή ἀφ' ἑτέρου ἢ παραγομένη ὑπὸ τοῦ πρίσματος Β αὐξάνεται, ὅταν τὰ χρώματα τὰ προσπίπτοντα ἐπὶ τῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος Ε διαδέχονται ἄλληλα ἀπὸ τοῦ ἐρυθροῦ πρὸς τὸ ἰώδες· συνεπῶς διὰ τῆς αὐτῆς διαφανοῦς οὐσίας ἀκτῖνες διαφόρων χρωμάτων *ὕφίστανται ἀνίσους ἐκτροπᾶς.*



Σχ. 84.

Ἐν διαφανῆς μέσον παρουσιάζει δι' ἕκαστον χρῶμα ἰδιαίτερον δείκτην διαθλάσεως, ὁ ὁποῖος αὐξάνεται, ὅπως καὶ ἡ ἐκτροπή, ἀπὸ τοῦ ἐρυθροῦ πρὸς τὸ ἰώδες.



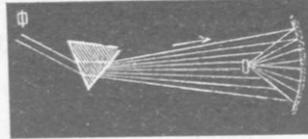
Σχ. 85.

Ἐνεκα λοιπὸν τῆς διαφόρου αὐτῶν διαθλαστικότητος τὰ χρώματα ταῦτα χωρίζονται, ὅταν τὸ λευκὸν φῶς διαπερᾷ τὸ πρίσμα.

60. **Σύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.**—Ἐὰν ἐπαναφέρωμεν εἰς

παράλληλισμόν τὰς διασκεδασθείσας ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸ ἡλιακὸν φάσμα, ἢ ἐὰν τὰς συγκεντρώσωμεν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, ἢ σύμπτωσης τῶν ἐντυπώσεων δίδει τὸ αἴσθημα τοῦ λευκοῦ.

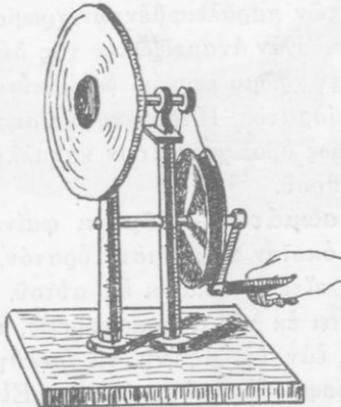
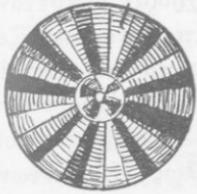
α') **Σύνθεσις διὰ πρίσματος.**—Δέσμη ἡλιακῶν ἀκτῖνων, διασκεδασθεῖσαν ὑπὸ τινος πρίσματος, δεχόμεθα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας καὶ τῆς αὐτῆς διαθλαστικῆς γωνίας, ἀλλὰ τοποθετημένον ἀντιστρόφως (σχ. 84). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ δέσμη, ἢ ὁποία ἐξέρχεται ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος, δίδει ἐπὶ διαφράγματος εἶδωλον λευκόν, πλὴν τοῦ ἀνωτέρου καὶ κατωτέρου μέρους τοῦ εἰδώλου, τὰ ὁποῖα εἶναι κεχρωσμένα.



Σχ. 86.

β') **Σύνθεσις διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἢ κοίλου κατόπτρου.**—Ἐὰν διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἢ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου συγκεντρώ-

σωμεν ἐπὶ λευκοῦ διαφράγματος τὰς κεχρωσμένας ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται ἐκ τοῦ πρίσματος, παρατηροῦμεν ὅτι σχηματίζεται εἶδωλον λευκόν (σχ. 85 καὶ 86).



Σχ. 87.

γ') **Σύνθεσις διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Νεύτωνος** (σχ. 87). Οὗτος εἶναι δίσκος κυκλικός, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου

εἶναι προσκολλημένοι τομεῖς κεχρωσμένοι μὲ τὰ ἑπτὰ χρώματα τοῦ φάσματος, ὅσον τὸ δυνατὸν προσεγγίζοντα πρὸς τὰ φυσικά. Ἡ σχετικὴ ἔκτασις τῶν διαφόρων τομέων ἔχει ληφθῆ σχεδὸν ἴση πρὸς τῆν τῶν ἀντιστοιχούντων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Ὄταν ὁ δίσκος οὗτος, φωτιζόμενος ὑπὸ λευκοῦ φωτός, στρέφεται ταχέως περὶ ἄξονα

κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδόν του καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου του, φαίνεται λευκός. Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο ἐπέρχεται, ἔνεκα τῆς ἐπὶ τινα χρόνον παραμονῆς τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων (μεταίσθημα). Ἐπομένως ἐὰν τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος διέρχονται ταχέως ἐνώπιον τοῦ ὀφθαλμοῦ, οὗτος δέχεται συγχρόνως τὰς ἐντυπώσεις τῶν ἐπτά χρωμάτων καὶ ὁ δίσκος φαίνεται λευκός.

61. **Κατάταξις τῶν χρωμάτων.**—**Χρώματα ἀπλά.** Χρῶμά τι καλεῖται *ἀπλοῦν*, ὅταν ἡ δίοδος του διὰ πρίσματος οὐδόλως τὸ μεταβάλλῃ.

Χρώματα σύνθετα.—Χρῶμά τι, τὸ ὁποῖον ἀποσυντίθεται ὑπὸ τοῦ πρίσματος, λέγεται *σύνθετον*. Τὰ φυσικὰ χρώματα ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον εἶναι σύνθετα.

Χρώματα συμπληρωματικά.—Δύο χρώματα, τῶν ὁποίων ἡ σύμπτωσις δίδει τὸ λευκόν, λέγονται *συμπληρωματικά*. Ἐὰν κατὰ τὴν σύνθεσιν τοῦ λευκοῦ φωτὸς παραλείψωμεν χρώματά τινα, ἡ ἔνωσις τῶν διατηρουμένων χρωμάτων παρουσιάζει χροιάν σύνθετον. Ἡ ἔνωσις ἀφ' ἑτέρου τῶν παραλειφθέντων χρωμάτων παρουσιάζει ἄλλην σύνθετον χροιάν. Ἐὰν ἀναμείξωμεν τὰς δύο ταύτας συνθέτους χροιάς, λαμβάνομεν χρῶμα λευκόν, διότι αὐταὶ περιλαμβάνουν ὅλα τὰ στοιχεῖα τοῦ φάσματος. Παράγεται ἐπίσης τὸ αἶσθημα τοῦ λευκοῦ διὰ τῆς ἐνώσεως δύο χρωμάτων καταλλήλως ἐκλεγέντων, π. χ. πρασίνου καὶ ἐρυθροῦ.

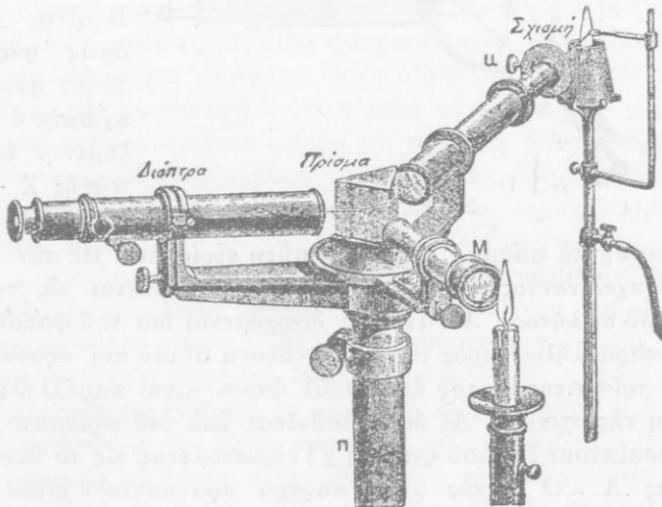
62. **Χρῶμα τῶν σωμάτων.**—Σῶμά τι φαίνεται κεχρωσμένον διὰ τοῦ χρώματος τὸ ὁποῖον τὸ καθιστᾷ ὄρατόν, εἴτε τοῦτο διέρχεται διὰ τοῦ σώματος εἴτε ἀνακλάται ἐπ' αὐτοῦ. Τὸ χρῶμα σώματος διαφανοῦς προκύπτει ἐκ τῆς ἀπορροφήσεως, τὴν ὁποίαν τοῦτο ἐνεργεῖ. Εἶναι σκιερόν, ἐὰν δὲν ἀφήνῃ νὰ διέλθῃ δι' αὐτοῦ κανὲν χρῶμα, ἐὰν δηλ. ἀπορροφᾷ ὅλα τὰ χρώματα. Εἶναι *ἄχρουν*, ἐὰν ἀφήνῃ νὰ διέλθουν δι' αὐτοῦ ἐξ ἴσου ὅλα τὰ χρώματα. Εἶναι *κεχρωσμένον*, ἐὰν ἀφήνῃ νὰ διέλθουν δι' αὐτοῦ ὀρισμένα χρώματα. Οὕτω ὕαλος πρασίνῃ ἢ κυανῇ παρατηρουμένη διὰ ἐρυθρᾶς ὑάλου φαίνεται μέλαινα, διότι ἡ ἐρυθρὰ ὕαλος ἀφήνει καὶ διέρχονται μόνον αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες, ἀπορροφᾷ δὲ τὰς λοιπὰς.

Σῶμά τι ἀδιαφανὲς φαίνεται λευκόν, ἐὰν διαχέῃ ἐξ ἴσου ὅλας τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸ λευκὸν φῶς. Εἶναι

άορατον, ἐὰν ἀπορροφᾷ ὅλας. Φαίνεται δὲ κεχρωσμένον διὰ τῶν χρωμάτων, τὰ ὅποια διαχέει.

Εἰς τὸ ἐρυθρὸν φῶς, ὕφασμα λευκὸν ἢ ἐρυθρὸν φαίνεται ἐρυθρὸν, ἐνῶ πρᾶσινον ὕφασμα φαίνεται μέλαν, διότι τοῦτο ἀπορροφᾷ τὸ ἐρυθρὸν (*). Ὅπως τὰ τεχνητὰ φῶτα παρουσιάζουν μεγαλυτέραν ἔντασιν εἴτε τοῦ ἐρυθροῦ (λαμπτήρες δι' ἐλαίου ἢ φωταερίου) εἴτε τοῦ κυανοῦ (ἠλεκτρικὸν τόξον), οὕτω καὶ τὰ κεχρωσμένα ὕφασματα δὲν παρουσιάζουν εἰς τὰ τεχνητὰ φῶτα τὰς αὐτὰς ἀποχρώσεις, τὰς ὁποίας παρουσιάζουν εἰς τὸ φῶς τῆς ἡμέρας.

63. **Ραβδώσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.**—*Τὸ ἡλιακὸν φάσμα δὲν εἶναι συνεχές.* Παρουσιάζει διαστήματα μέλανα, πολὺ στενὰ καὶ πολυπληθῆ, εὐρισκόμενα εἰς διαφόρους ἀποστάσεις ἀπ' ἀλλή-



Σχ. 88.

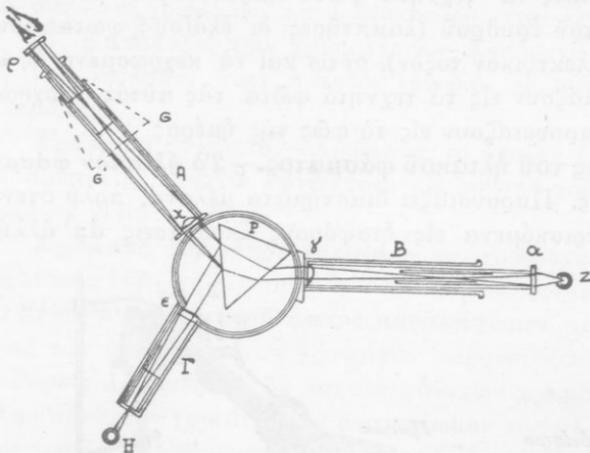
λων, τὰ ὅποια καλοῦνται **ραβδώσεις** τοῦ Fraunhofer, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ Φυσικοῦ, ὅστις πρῶτος κατέδειξε τὴν σημασίαν αὐτῶν.

Ὁ Fraunhofer διέκρινε 10 ὁμάδας κυριωτέρων ραβδώσεων,

(* Τὰ πειράματα γίνονται ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου.

αἱ ὁποῖα σημειοῦνται διὰ τῶν γραμμάτων Α, Β, C, D, E, F, G, Η καὶ α, β.

64. **Φασματοσκόπιον.**—Τὸ φασματοσκόπιον (σχ. 88), ἐπινοηθὲν ὑπὸ τῶν φυσικῶν Runsen καὶ Kirchoff, εἶναι ὄργανον τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὴν ἀκριβῆ παρατήρησιν τοῦ φάσματος. Ἀπο-



Σχ. 89.

τελεῖται ἐκ τεσσάρων κυρίως μερῶν, ἤτοι ἐξ ἑνὸς ὑαλίνου πρίσματος P καὶ τριῶν διοπτρῶν Α, Β, Γ (σχ. 89).

Ἡ διόπτρα Β εἶναι σωλήν, ὅστις φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του σχισμὴν α φωτιζομένην ὑπὸ τῆς πηγῆς Z, τῆς ὁποίας πρόκειται

νὰ ἐξετασθῇ τὸ φάσμα. Ἡ σχισμὴ αὕτη εὐρίσκεται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν συγκλίνοντος φακοῦ γ, ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ σωλήνος. Αἱ ἀκτίνες διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ ἐξέρχονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ καὶ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ πρίσματος P, τοῦ ὁποίου αἱ ἀκμαὶ εἶναι παράλληλοι πρὸς τὰ χεῖλη τῆς σχισμῆς. Αἱ διαθλασθεῖσαι ὑπὸ τοῦ πρίσματος ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φακοῦ (χ) εὐρισκομένου εἰς τὸ ἄκρον τῆς διόπτρας Α. Ὁ φακὸς οὗτος παρέχει πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ φάσματος τῆς πηγῆς Z ἐντὸς τῆς κυρίας ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ φακοῦ ρ (εὐρισκομένου εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τῆς διόπτρας Α), διὰ τοῦ ὁποίου παρατηροῦμεν τὸ εἶδωλον τοῦτο μεγεθυσμένον εἰς τὸ σ'.

Ἡ τρίτη διόπτρα Γ φέρει εἰς τὸ ἄκρον αὐτῆς μικρόμετρον ἀποτελούμενον ἐξ ὑαλίνης πλακός, ἐπὶ τῆς ὁποίας εἶναι κεχαραγμένη κλίμαξ χλιοστομέτρων. Τὸ μικρόμετρον τοῦτο, κείμενον εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν τοῦ φακοῦ ε, φωτίζεται ὑπὸ τῆς πηγῆς Η, αἱ δὲ ὑπ'

αὐτοῦ ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ ε καὶ ἀνακλώμεναι ἐν μέρει ἐπὶ τῆς ἕδρας τοῦ πρίσματος τῆς ἐστραμμένης πρὸς τὴν διόπτραν Α, προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φακοῦ χ τῆς διόπτρας Α κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, καθ' ἣν καὶ αἱ διὰ τοῦ πρίσματος διαθλασθεῖσαι ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τῆς πηγῆς Ζ. Ὁ παρατηρητὴς συνεπῶς βλέπει συγχρόνως, τὸ ἐν ἐπὶ τοῦ ἄλλου, τὸ μικρόμετρον καὶ τὸ φάσμα τῆς πηγῆς Ζ καὶ σημειώνει τὰς διαιρέσεις τοῦ μικρομέτρου, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰς ραβδώσεις τοῦ φάσματος.

65. **Διάφοροι τύποι φασμάτων.** — Διακρίνομεν τρεῖς κυρίως τύπους φασμάτων. α) **Φάσματα συνεχῆ ἄνευ ραβδώσεων.** — Τοιαῦτα εἶναι τὰ φάσματα τῶν διαπύρων στερεῶν καὶ ὑγρῶν. Οἱ διάπυροι ἀνθρακες τοῦ βολταϊκοῦ τόξου, τὰ διάπυρα σύρματα τῶν ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων παρέχουν φάσματα συνεχῆ. Ἡ φλόξ τοῦ φωταερίου, τοῦ ἐλαίου, τοῦ κηρίου δίδει φάσμα συνεχές, τὸ ὁποῖον ὀφείλεται εἰς τὸν **διάπυρον ἀνθρακα**, ὅστις αἰωρεῖται ἐντὸς τῆς φλογός.

β) **Φάσματα μὴ συνεχῆ.** — Αἱ φλόγες αἱ ὁποῖαι δὲν περιέχουν στερεὰ μόρια παρουσιάζουν φάσμα μὴ συνεχές, ἀποτελούμενον ἐκ φωτεινῶν γραμμῶν χωριζομένων διὰ σκοτεινῶν διαστημάτων. Τοιαῦτα εἶναι τὰ φάσματα τῶν ἠραιωμένων ἀερίων διασχιζομένων ὑπὸ ἠλεκτρικῶν σπινθήρων καὶ τὰ φάσματα τῶν μεταλλικῶν ἀτμῶν. Ἐὰν π. χ. φωτίσωμεν τὴν σχισμὴν τοῦ φασματοσκοπίου διὰ τῆς ἐξόχως θερμῆς καὶ ὀλίγον ὄρατῆς φλογός τοῦ λύχνου τοῦ Bunsen, δὲν παρατηροῦμεν φάσμα. Ἄλλ' ἐὰν εἰσαγάγωμεν εἰς τὴν φλόγα διὰ σύρματος ἐκ λευκοχρύσου διάλυμα μεταλλικοῦ ἄλατος πτητικοῦ, τὸ ἅλας ἀποσυντίθεται ἐν μέρει καὶ δίδει ἀτμούς. Τὸ φάσμα τῶν ἀτμῶν τούτων δὲν εἶναι **συνχεές** καὶ σχηματίζεται ἀπὸ φωτεινάς γραμμάς, αἱ ὁποῖαι εἶναι ὅμοιαι διὰ τὰ διάφορα ἅλατα τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ **χαρακτηρίζουν τὸ μεταλλικὸν στοιχεῖον.** Σημειοῦμεν τὴν θέσιν των διὰ τοῦ μικρομέτρου.

Εἰς τὸ φωτεινὸν μέρος τοῦ φάσματος, τὰ ἅλατα π. χ. τοῦ **νατρίου** παρουσιάζουν μίαν μόνον διπλὴν γραμμὴν κιτρίνην, τὰ ἅλατα τοῦ **θαλλίου** μίαν πρασίνην γραμμὴν, τὰ ἅλατα τοῦ **λιθίου** μίαν ἐρυθρὰν καὶ μίαν κιτρίνην, τὰ ἅλατα τοῦ **στρόντιου** πολλὰς ἐρυθρὰς καὶ μίαν κυανθὴν κτλ.

γ) *Φάσματα συνεχῆ διασχιζόμενα ὑπὸ μελαινῶν γραμμῶν* (ραβδώσεων).—Τὸ ἥλιακὸν φάσμα εἶναι φάσμα συνεχές, διασχιζόμενον ὑπὸ λεπτῶν μελαινῶν καὶ πολυπληθῶν γραμμῶν. Τὸ φῶς τῆς Σελήνης καὶ τῶν πλανητῶν εἶναι τὸ ἥλιακὸν φῶς ἀνακλώμενον ἐπὶ τῶν σωμάτων τούτων, παρέχον τὸ ἥλιακὸν φάσμα μετὰ τῶν ραβδώσεων του. Οἱ ἀστέρες, ἀκριβῶς εἰπεῖν, παρουσιάζουν φάσματα συνεχῆ, διασχιζόμενα ὑπὸ σκιερῶν γραμμῶν ἀναλόγων πρὸς τὰς ἥλιακὰς, ἀλλὰ διαφόρων θέσεων.

Τὸ φάσμα τῶν μὴ διαλυτῶν νεφελωμάτων σχηματίζεται ἐκ φωτεινῶν γραμμῶν, τὸ ὁποῖον ἐμφαίνει διάπυρα ἀέρια.

66. *Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις*.—Μεῖγμα ἀλάτων πολλῶν μετάλλων παρέχει φάσμα, τὸ ὁποῖον περιέχει ὅλας τὰς γραμμάς τῶν μετάλλων τούτων, τὰς παρατηρουμένας κεχωρισμένως. Ἡ ἐν τὸς τῆς φλογὸς παρουσία μικρᾶς ποσότητος μεταλλικοῦ ἄλατος προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν εἰς τὸ φάσμα τῶν χαρακτηριστικῶν γραμμῶν τοῦ μεταλλικοῦ τούτου στοιχείου. Ἐκ τούτου προκύπτει μέθοδος ἀναλύσεως καλουμένη *φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις*.

Ἡ ἐμφάνισις ἀγνώστων γραμμῶν ἔδωκεν ἀφορμὴν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τῶν νέων μετάλλων : *καισίον, ρουβιδίου, θαλλίου, γαλλίου*. Τὸ ράδιον ἔχει εἰδικὸν φάσμα· τὰ ἀέρια *ἀργόν, νέον, ἥλιον* διαπυρούμενα ἔχουν ἐπίσης χαρακτηριστικὰ φάσματα.

67. *Φάσματα ἀπορροφήσεως*.—Ὅταν λευκὸν φῶς παρέχον φάσμα συνεχές διαβιβάσωμεν διὰ σωμάτων τὰ ὁποῖα ἀπορροφῶν τινὰ τῶν ἀπλῶν χρωμάτων αὐτοῦ, λαμβάνομεν φάσμα *ἀπορροφήσεως*. Τοῦτο εἶναι φάσμα συνεχές, ἀπὸ τοῦ ὁποῖου ὅμως ἐλλείπουν αἱ ἀπορροφηθεῖσαι ἀκτινοβολαί. Οὕτω ἐὰν ὕalon χρωσθεῖσαν ἐρυθρὰν δι' ὄξειδίου τοῦ χαλκοῦ παρενθέσωμεν μετὰ τοῦ φασματοσκοπίου καὶ πηγῆς λευκοῦ φωτὸς παρεχούσης φάσμα συνεχές, θὰ παρατηρήσωμεν φάσμα ἀποτελούμενον ἐκ μιᾶς μόνον ταινίας ἐρυθρᾶς, καθ' ὅσον αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολαί ἀπερροφήθησαν ὑπὸ τῆς πλακός.

Τὰ πλείστα τῶν κεχρωσμένων σωμάτων δίδουν φωτεινὰς ταινίας εἰς διαφόρους χώρας τοῦ φάσματος· τὸ χρῶμα τῆς ταινίας εἶναι τὸ χρῶμα τοῦ μείγματος τῶν χρωμάτων, τὰ ὁποῖα διέρχονται.

68. *Ἀπορρόφησις ὑπὸ τῶν μεταλλικῶν ἀτμῶν*.—Ἐὰν

λευκὸν φῶς παρέχον φάσμα συνεχῆς διαβιβάσωμεν διὰ μεταλλικῶν ἀτμῶν καὶ κατόπιν ἔξετάσωμεν τὸ φάσμα διὰ τοῦ φασματοσκοπίου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι *ὁ μεταλλικὸς ἀτμὸς ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτῖνας, τὰς ὁποίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἐκπέμπῃ*, ἀφήνει δὲ τὰς λοιπὰς νὰ διέλθουν (ἀρχὴ τοῦ Kirchoff). Διὰ νὰ δεῖξωμεν τοῦτο, σχηματίζομεν ἐπὶ διαφράγματος τὸ συνεχῆς φάσμα σχισμῆς φωτιζομένης διὰ φωτὸς τοῦ Drummond. Ἐὰν ἐντὸς τῆς φλογὸς Bunsen τοποθετηθῆις πρὸ τῆς σχισμῆς καύσωμεν τεμάχιον νατρίου (ὁπότε ἡ φλὸξ παρέχει ζωηρὸν κίτρινον φῶς), παρατηροῦμεν ὅτι ἐμφανίζεται εἰς τὸ συνεχῆς φάσμα μία μέλαινα γραμμὴ εἰς τὴν αὐτὴν ἀκριβῶς θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἐμφανίζεται ἡ κίτρινη γραμμὴ τοῦ νατρίου, τὴν ὁποίαν λαμβάνομεν ὅταν φωτίσωμεν τὴν σχισμὴν διὰ φλογὸς νατρίου. Δηλ. μεταξὺ ὄλων τῶν ἀκτινοβολιῶν τὰς ὁποίας ἐκπέμπει τὸ λευκὸν φῶς, ὁ ἀτμὸς τοῦ νατρίου ἀπερρόφησε τὴν κίτρινην, ἢ ὁποία εἶναι ἀκριβῶς ἡ ἀκτινοβολία τῆς φλογός.

Τὸ πείραμα τοῦτο πραγματοποιοῖ τὸ φαινόμενον, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν *ἀντιστροφὴν τῆς ραβδώσεως τοῦ νατρίου*.

69. Ἐξήγησις τῶν ραβδώσεων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.— Πρὸς ἐξήγησιν τῶν ραβδώσεων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος παραδεχόμεθα, ὅτι ὁ Ἥλιος ἀποτελεῖται ἐκ διαπύρου πυρῆνος (φωτοσφαίρας), ὅστις ἐκπέμπει ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας αἱ ὁποῖαι παρέχουν φάσμα συνεχές. Ὁ πυρὴν οὗτος περιβάλλεται ὑπὸ ἀτμοσφαίρας (τῆς *χρωμοσφαίρας*), τῆς ὁποίας ἡ θερμοκρασία εἶναι ταπεινότερα τῆς θερμοκρασίας τοῦ πυρῆνος καὶ περιέχει διαπύρους ἀτμοὺς διαφόρων σωματίων.

Ἡ χρωμόσφαιρα, παρατηρουμένη μεμονωμένως (π. χ. κατὰ τὰς ὀλικὰς ἐκλείψεις τοῦ ἡλίου, ὁπότε ἀποκρύπτεται ὁ λαμπρὸς πυρὴν), δίδει φάσμα μὲ φωτεινὰς γραμμάς, αἱ ὁποῖαι ὀφείλονται εἰς τοὺς ἀτμοὺς τοὺς ὁποίους περιέχει. Οἱ ἀτμοὶ οὗτοι ἀπορροφῶν ἐκεῖνας τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ πυρῆνος, τὰς ὁποίας αὐτοὶ οὗτοι ἐκπέμπουν. Τοιοῦτοτρόπως ἀναφαίνονται εἰς τὸ φάσμα μέλαινα ραβδώσεις εἰς τὴν θέσιν ἀκριβῶς τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας παρέχει τὸ φάσμα τῆς χρωμοσφαίρας.

Ἐκ τῆς συμπτώσεως λοιπῶν ραβδώσεων τινων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος μετὰ διαφόρων φωτεινῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι χαρακτη-

ρίζουν ώρισμένον άεριώδες σώμα, δυνάμεθα νά βεβαιωθώμεν περί τῆς παρουσίας τοῦ σώματος τούτου εἰς τὴν χρωμόσφαιραν. Οὕτως εὗρέθη ὅτι ἐπὶ τοῦ Ἡλίου ὑπάρχουν πλεῖστα τῶν ἐπὶ τῆς Γῆς στοιχείων, π. χ. ὕδρογόνον, νικέλιον, άβέστιον, χαλκός κτλ.

70. Ἰδιότητες τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.— Ἡ *φωτεινὴ* ἔντασις τῶν διαφόρων μερῶν τοῦ φάσματος εἶναι μεταβλητὴ· τὸ μέγιστον τοῦ φωτισμοῦ εὗρίζεται περί τὸ μέσον τοῦ κίτρινου. Ἐάν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος περιφέρωμεν εὐαίσθητον θερμομετρικὴν συσκευὴν, παρατηροῦμεν εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία αὐξάνεται ἐκ τοῦ ἰώδους πρὸς τὸ ἐρυθρόν. Τὸ θερμομαντικὸν ἀποτέλεσμα ἐπεκτείνεται εἰς τὸ πρὸ τοῦ ἐρυθροῦ μέρος τοῦ φάσματος *δι' ἀοράτων ἀκτίνων* ὀλιγώτερον διαθλαστικῶν τῶν ἐρυθρῶν. Ἐπίσης ἀνευρίσκομεν εἰς τὸ μέρος τοῦτο (θερμικὸν φάσμα) *πληθὺς ραβδώσεων*, χωρῶν δηλ. ἄνευ θερμομαντικοῦ ἀποτέλεσματος.

Ἄφ' ἑτέρου αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν *ἀντιδράσεις χημικὰς* ἐπὶ διαφόρων οὐσιῶν. Οὕτω τὸ ἡλιακὸν φῶς προκαλεῖ τὴν σύνθεσιν τοῦ ὕδρογόνου μετὰ τοῦ χλωρίου, μετατρέπει τὸν λευκὸν φωσφόρον εἰς ἐρυθρόν, ἀποσυνθέτει τὰ ἄλατα τοῦ ἀργύρου· φύλλον χάρτου κεκαλυμμένον διὰ λεπτοῦ στρώματος χλωριούχου ἀργύρου μελανοῦται ὑπὸ τοῦ φάσματος ἀπὸ τοῦ κίτρινου μέχρι τοῦ ἰώδους, ἐνῶ αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες καὶ αἱ πρὸ τοῦ ἐρυθροῦ (ὑπερέρυθροι) οὐδόλως ἐπιδροῦν ἐπ' αὐτοῦ. Ἡ ἀποσύνθεσις τοῦ ἄλατος τοῦ ἀργύρου ἐπεκτείνεται πέραν τοῦ ἰώδους, εἰς μέρος *ἀόρατον* τοῦ φάσματος, καλούμενον *ὑπεριώδες*. Τὸ μέρος τοῦτο τοῦ φάσματος (*χημικὸν φάσμα*) παρουσιάζει *ραβδώσεις*, αἱ ὁποῖαι διαγράφονται *λευκαὶ* ἐπὶ μέλανος βάθους ἀλλοιωθέντος ὑπὸ τῶν ἐνεργῶν ἀκτίνων.

Φυσιολογικαὶ ἰδιότητες τοῦ φωτός.— Τὸ φῶς *ἐπισπεύδει τὰς ἀναπνευστικὰς καύσεις τῶν ζώων* ἢ στέρησις φωτός ἐπιβραδύνει τὴν θρέψιν, προκαλεῖ πολυσαρκίαν κτλ.

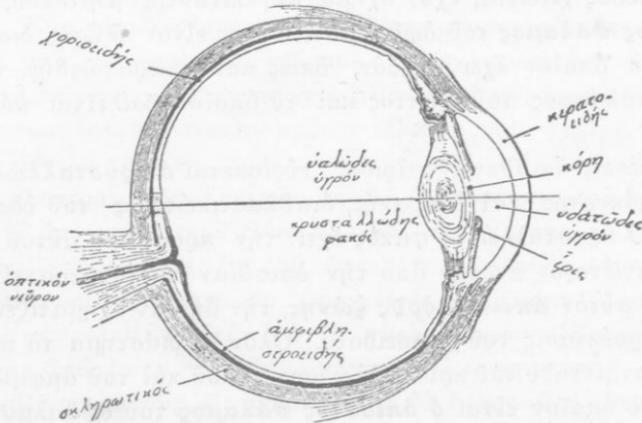
Ἡ μικροβιοκτόνος δράσις τῶν λίαν διαθλαστικῶν ἀκτίνων χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν φωτοθεραπείαν καὶ εἰς τὴν ἀποστείρωσιν τοῦ ὕδατος.

Ἡ ἀφομοίωσις τῶν φυτῶν γίνεται ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτός κτλ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'.

ΟΡΑΣΙΣ

71. Περιγραφή τοῦ ὀφθαλμοῦ (σχ. 90).—Τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως, δηλ. ὁ ὀφθαλμὸς, εἶναι βολβὸς σφαιροειδῆς, κινητὸς ἐντὸς ὀστεώδους κοιλότητος τοῦ κρανίου, ἣτις καλεῖται *κόγχη*. Ἐξωτερικῶς περιβάλλεται ὁ ὀφθαλμὸς ὑπὸ λευκῆς μεμβράνης ἀδιαφανοῦς, ἣ ὁποία καλεῖται *σκληρωτικὸς χιτῶν*. Ἐπὶ τῆς μεμβράνης ταύτης



Σχ. 90.

παρεμβάλλονται οἱ μύες οἱ παράγοντες τὰς κινήσεις τοῦ ὀφθαλμοῦ. Ὁ σκληρωτικὸς χιτῶν πρὸς τὰ ὀπίσω μὲν παρουσιάζει ὀπὴν διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται τὸ ὀπτικὸν νεῦρον, πρὸς τὰ ἔμπρὸς δὲ καθίσταται κυρτότερος καὶ διαφανῆς κατὰ τὸ μέρος τοῦτο καὶ καλεῖται *κερατοειδῆς χιτῶν*. Ἐσῶθεν τοῦ σκληρωτικοῦ κεῖται ὁ *χοριοειδῆς χιτῶν*, λίαν ἀγγειοβριθῆς καὶ μέλας. Ἐπὶ τούτου δὲ ἐξαπλοῦται λεπτὴ μεμβρᾶνα διαφανῆς, ὁ *ἀμφιβληστροειδῆς χιτῶν*, ἀποτελούμενος ἐκ τῶν διακλαδώσεων τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου. Οὗτος παρουσιάζει, εἰς τὸ σημεῖον εἰσέρχεται τὸ ὀπτικὸν νεῦρον, προεξοχὴν καλουμένην *τυφλὸν σημεῖον*, τελείως ἀναίσθητον εἰς τὸ φῶς. Πλησίον τοῦ σημείου τούτου εὐρίσκεται μικρὰ χώρα, ἣ ὁποία ἔχει τὴν μεγαλύτεραν εὐπάθειαν καὶ καλεῖται *ὠχρὰ κηλὶς*. Εἰς τὸ μέσον δὲ τῆς

ὠχρᾶς κηλίδος ὑπάρχει τὸ *κεντρικὸν βοθρίον*, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει τὴν μεγίστην εὐπάθειαν. Ὁ χοριοειδῆς χιτῶν πρὸς τὰ ἔμπροσθεν σχηματίζει διάφραγμα κυκλικόν, τὴν *ἴριδα*, ποικίλως χρωματισμένην, ἣτις φέρει εἰς τὸ μέσον ὀπήν, τὴν *κόρην*, διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχονται αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες. Ἡ κόρη εὐρύνεται ἢ σμικρύνεται διὰ κυκλικῶν καὶ ἀκτινοειδῶν ἰνῶν τῆς ἴριδος, οὕτω δὲ ρυθμίζεται ἐκάστοτε ἡ ποσότης τῶν εἰσερχομένων ἀκτίνων.

Τὸ διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ τῆς ἴριδος καὶ τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος, ἔχον σχῆμα συγκλίνοντος μηνίσκου, εἶναι ὁ *πρόσθιος θάλαμος* τοῦ ὀφθαλμοῦ. Οὗτος εἶναι πλήρης διαφανοῦς ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ἔχει σχεδόν, ὅπως καὶ ὁ κερατοειδῆς, τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ ὕδατος καὶ τὸ ὁποῖον καλεῖται *ὕδατῶδες ὑγρόν*.

Ἀμέσως ὀπισθεν τῆς ἴριδος εὐρίσκεται ὁ *κρυσταλλώδης φακός*, ἀμφικυρτός καὶ διαφανής, διαθλαστικώτερος τοῦ ὕδατῶδους ὑγροῦ. Ὁ κρυσταλλώδης φακός ἔχει τὴν προσθίαν αὐτοῦ ἐπιφανείαν ὀλιγώτερον κυρτὴν ἀπὸ τὴν ὀπισθίαν καὶ συγκρατεῖται διὰ τῆς περὶ αὐτὸν *ἀκτινοειδοῦς ζώνης*, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ ἔξωτερικὴ προέκτασις τοῦ χοριοειδοῦς. Ὅλον τὸ διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ καὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, τὸ ὁποῖον εἶναι ὁ *ὀπίσθιος θάλαμος* τοῦ ὀφθαλμοῦ, εἶναι πλήρης ὑγροῦ πηκτώδους καὶ διαφανοῦς, τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης ὀλίγον διαφέρει ἀπὸ τὸν δείκτην τοῦ ὕδατῶδους ὑγροῦ καὶ τὸ ὁποῖον καλεῖται *ὕαλῶδες ὑγρόν*. Ἡ εὐθειᾶ, ἡ ὁποία συνδέει τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ μὲ τὸ κεντρικὸν βοθρίον, ὀνομάζεται *ὀπτικὸς ἄξων* τοῦ ὀφθαλμοῦ.

Ὁ ὀφθαλμὸς ὁμοιάζει πρὸς σκοτεινὸν φωτογραφικὸν θάλαμον, τοῦ ὁποίου τὸν συγκλίνοντα φακὸν ἀποτελοῦν τὰ διαθλαστικὰ μέσα τοῦ ὀφθαλμοῦ. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ἔξωτερικὰ ἀντικείμενα εἰσερχόμενα εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ὑφίστανται μίαν πρῶτην ἐκτροπὴν πρὸς τὸν ἄξωνα, διερχόμενα διὰ τοῦ ὕδατῶδους ὑγροῦ τὸ ὁποῖον εἶναι διαθλαστικώτερον τοῦ ἀέρος. Αἱ μᾶλλον ἀποκλίνουσαι ἀκτῖνες ἐμποδίζονται ὑπὸ τῆς ἴριδος νὰ εἰσέλθουν, αἱ δὲ ὑπόλοιποι διέρχονται διὰ τῆς κόρης, συναντοῦν τὸν κρυσταλλώδη φακόν, ὅστις αὐξάνει ἀκόμη περισσότερον τὴν συγκέντρωσιν

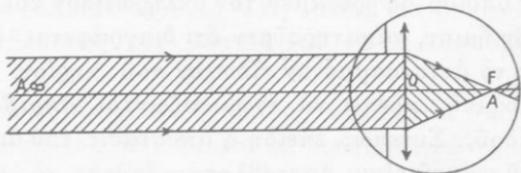
των, υφίστανται μίαν τελευταίαν ἐκτροπήν ἐντὸς τοῦ ὑαλώδους ὑγροῦ καὶ τέλος προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ὁ χιτὼν οὗτος, ὅστις εἶναι εὐαίσθητος εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ φωτός, δέχεται τρόπον τινὰ φωτογραφικὴν ἀποτύπωσιν, ἢ ὁποῖα παράγει τὸ φωτεινὸν αἴσθημα.

72. **Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.**—Κατὰ τὰ προηγούμενα, ὁ ὀφθαλμὸς πρέπει νὰ δώσῃ εἶδωλα τῶν ἔξωτερικῶν ἀντικειμένων πραγματικὰ καὶ ἀνεστραμμένα, τὰ ὁποῖα θὰ σχηματισθοῦν ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, ἐὰν ὁ ὀφθαλμὸς εἶναι καλῶς διαμορφωμένος. Τοῦτο ἐπαληθεύεται διὰ τοῦ πειράματος. Ἐὰν τοποθετήσωμεν κηρίον ἀνημμένον ἀπέναντι ὀφθαλμοῦ βόως, ἀπὸ τοῦ ὁποῖου ἀφηρέσαμεν τὸν σκληρωτικὸν καὶ χοριοειδῆ εἰς τὸ ὀπίσθιον ἡμισυ, παρατηροῦμεν ὅτι διαγράφεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς τὸ ἀνεστραμμένον εἶδωλον τοῦ κηρίου. Διὰ νὰ εἶναι τὰ εἶδωλα εὐκρινῆ, πρέπει νὰ σχηματίζονται *ἀκριβῶς* ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Συνεπῶς, ἐπειδὴ ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶναι ἀμετάβλητος, ἔπρεπε τὸ εἶδωλον νὰ σχηματίζεται εὐκρινές ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, μόνον ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, πάντοτε τὴν αὐτὴν διὰ τὸ αὐτὸ ἄτομον. Ἐπομένως εἰς μικροτέραν ἀπόστασιν τὸ εἶδωλον ἔπρεπε νὰ σχηματισθῇ ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, εἰς μεγαλυτέραν δὲ ἔμπροσθεν αὐτοῦ, ὅποτε κατ' ἀμοιτέρας ταύτας τὰς περιπτώσεις τὸ εἶδωλον δὲν θὰ εἶναι εὐκρινές. Οὐδὲν ὅμως ἐκ τούτων συμβαίνει, καθ' ὅσον ὁ ὀφθαλμὸς ἔχει τὴν ιδιότητα *νὰ προσαρμόζεται* πρὸς τὰς διαφόρους ἀποστάσεις τῶν ἀντικειμένων. Ἡ προσαρμογὴ δὲ αὕτη συνίσταται εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς καμπυλότητος τῆς ἔμπροσθίας ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, ἢ ὁποῖα ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς ἐνεργείας τῆς ἀκτινοειδοῦς ζώνης. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον προσεγγίξῃ, αὕτη συστέλλεται, τότε δὲ ὁ φακὸς καθίσταται κυρτότερος καὶ τὸ εἶδωλον πλησιάζον πίπτει ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

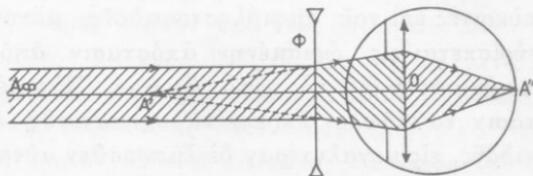
73. **Κανονικὸς ὀφθαλμὸς.**—Ὁ ὀφθαλμὸς καλεῖται *κανονικὸς* ἢ *ἐμμέτρως*, ὅταν δίδῃ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, *ἀνευ προσαρμογῆς*, εὐκρινές εἶδωλον ἀντικειμένου *ἀπομακρυσμένου*,

μετὰ προσαρμογῆς δὲ δύναται νὰ ἴδῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα ἀπέχοντα περίπου 25 ἑκατοστόμετρα.

Οὕτω διὰ κανονικὸν ὀφθαλμὸν, τοῦ ὁποίου ὁ φακὸς ἔχει τὴν συνήθη του κυρτότητα, τὰ λίαν ἀπομακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται μὲ σαφῆ ὄρια, οἱ δὲ ἀστέρες ὡς λαμπρὰ σημεῖα. Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει, ἡ ἔμπροσθία ἕδρα τοῦ φακοῦ βαθμηδὸν κυρτοῦται, διὰ νὰ ἐμποδίσῃ τὴν μετάθεσιν τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, καὶ τὸ ἀντικείμενον ἐξακολουθεῖ νὰ φαίνεται εὐκρινές. Ἄλλ' ὑπάρχει ὄριον εἰς τὴν προσαρμογὴν. Ἡ κυρτότης τοῦ φακοῦ δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ ὀρισμένην τιμὴν, καὶ ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρεθῇ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ μικροτέραν τῶν



Σχ. 91.



Σχ. 92.

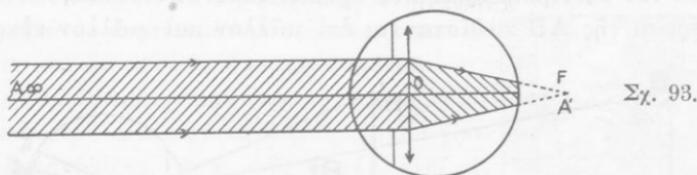
25 περίπου ἑκατ. ὁ ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ τὸ διακρίνῃ εὐκρινῶς. Ἡ ὀρική αὕτη ἀπόστασις τῶν 25 ἑκατ. καλεῖται **ἐλαχίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινουῦς ὁράσεως**.

74. **Μυωπία**.—Λέγομεν ὅτι ὀφθαλμὸς τις εἶναι **μύωψ**, ὅταν δὲν βλέπῃ εὐκρινῶς πέραν μέτρων τινῶν. Ἄφ' ἑτέρου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινουῦς ὁράσεως εἶναι διὰ τὸν μύωπα μικροτέρα τῶν 15 ἑκατ.

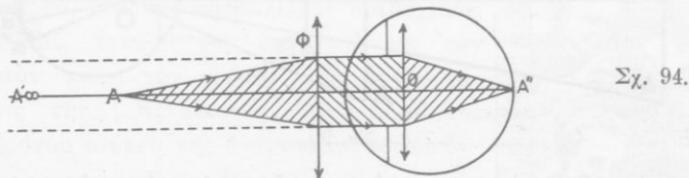
Ἡ μυωπία ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἄξων τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι ὑπὲρ τὸ δέον μακρὸς. Τὸ εἶδωλον Α ἀπομακρυσμένου ἀντικείμενου σχηματίζεται διὰ τοῦτο πρὸ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 91). Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο διορθοῦται διὰ φακοῦ ἀποκλίνοντος, διὰ τοῦ ὁποίου ἐκτρεπόμενα αἱ ἀκτῖνες συνάγονται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς,

ἐὰν ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ τούτου ἐκλεγῆ καταλλήλως (σχ. 92).

75. **Ὑπερμετροπία.**— Ἡ ὑπερμετροπία εἶναι τὸ ἀντίστροφον τῆς μυωπίας. Ὁ ἄξων τοῦ ὑπερμέτρωπος ὀφθαλμοῦ εἶναι ὑπὲρ τὸ δέον βραχύς, ἔνεκα τούτου δὲ τὸ εἶδωλον A' ἀπομακρυσμένον ἀντικειμένου σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 93). Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι τότε μεγαλύτερα τῆς τοῦ κανονικοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ ἡ θέα ἀπομακρυσμένων ἀντικειμένων ἀπαιτεῖ ἰσχυρὰν προσαρμογὴν. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο διορ-



Σχ. 93.



Σχ. 94.

θοῦται διὰ συγκλίνοντος φακοῦ καταλλήλου ἔστιακῆς ἀποστάσεως. Ὁ φακὸς οὗτος συγκεντρώνει τὰς ἀκτῖνας καὶ ἐπαναφέρει τὸ εἶδωλον (A'') πρὸς τὰ ἔμπρὸς ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 94).

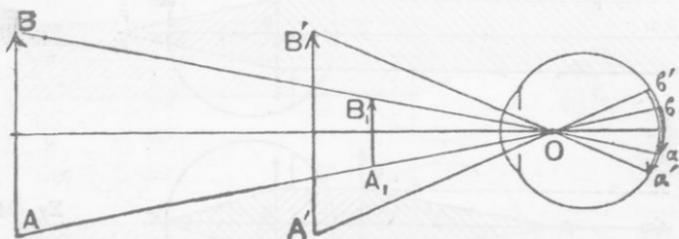
75. **Προσβυωπία.**— Ἡ προσβυωπία εἶναι ἐλάττωμα τῆς προσαρμογῆς, ὀφειλόμενον εἰς τὴν χαλάρωσιν τῆς ἀκτινοειδοῦς ζώνης. Καθ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ἡλικία, ἡ προσαρμοστικὴ ἰκανότης ἐλαττοῦται, ἔνεκα τούτου δὲ ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως ἀξάνεται. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο διορθοῦται διὰ συγκλίνοντος φακοῦ, ὅπως καὶ τὸ τῆς ὑπερμετροπίας. Ὁ προσβύωψ θέτει πρὸ τῶν ὀφθαλμῶν τοὺς φακοὺς, ὅταν πρόκειται νὰ ἴδῃ τὰ πλησίον ἀντικείμενα καὶ ἀφαιρῆ αὐτούς, ὅταν πρόκειται νὰ ἴδῃ τὰ μακρὰν.

77. **Φαινόμενη διάμετρος.**— Τὰ διαθλαστικὰ μέσα τοῦ ὀφθαλμοῦ ἐν τῷ συνόλῳ τῶν ἰσοδυναμοῦν πρὸς ἓν σύστημα συγκλίνον,

ἔχον τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ὀπτικής ἐπιφανείας τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ.

Καλοῦμεν *φαινομενικὴν διάμετρον* γραμμικῆς διαστάσεως AB ἀντικειμένου τινός, εἰς ὠρισμένην θέσιν, τὴν γωνίαν ἣ ὅποια σχηματίζεται ὑπὸ τῶν εὐθειῶν αἵτινες ἄγονται ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου O τοῦ ὀφθαλμοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμικῆς ταύτης διαστάσεως (σχ. 95).

Ὅταν ἡ διάστασις AB πλησιάσῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, ἡ φαινομένη διάμετρος τῆς βαθμηδὸν αὐξάνεται, καθὼς καὶ τὸ μέγεθος τοῦ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς σχηματιζομένου εἰδώλου, αἱ δὲ λεπτομέρειαι τῆς AB καθίστανται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον εὐκρινεῖς.



Σχ. 95.

Κατὰ ταῦτα, διὰ νὰ παρατηρήσωμεν ἀντικείμενόν τι ὠρισμένου μεγέθους ὅσον τὸ δυνατὸν λεπτομερέστερον, πρέπει νὰ τὸ θέσωμεν εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Ὅσον ἡ ἀπόστασις αὕτη εἶναι μικροτέρα, τόσοι λεπτομερέστερον διακρίνομεν τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τοῦτο ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει τὰ μικρὰ ἀντικείμενα μεγαλύτερα ἀπὸ ὅσον τὰ βλέπει ὀφθαλμὸς κανονικός.

78. *Παραμονὴ τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἢ μεταίσθημα.*—Ἡ ἐπίδρασις τοῦ φωτὸς ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς δύναται νὰ εἶναι πολὺ βραχεῖα ἢ ἐντύπωσις ὅμως, τὴν ὅποιαν αὕτη παράγει, παραμένει ἐπὶ $\frac{1}{12}$ τοῦ δευτερολέπτου μετὰ τὴν ἔκλειψιν τοῦ φωτεινοῦ σώματος.

Ἐὰν συνεπῶς τὰ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς εἶδωλα διαδέχονται ἄλληλα κατὰ χρονικὰ διαστήματα μικρότερα τοῦ $\frac{1}{12}$ τοῦ δευτε-

ρολέπτου, θὰ ἔχωμεν τὴν ἐντύπωσιν φωτὸς συνεχοῦς. Ἐὰν π.χ. διαπυρον ἄνθρακα περιστρέψωμεν ταχέως, βλέπομεν δόλοκληρον φωτεινὴν περιφέρειαν. Τροχὸς ὁ ὁποῖος φέρει ἀκτῖνας στρεφόμενος ταχέως φαίνεται ὡς συνεχῆς δίσκος. Αἱ πίπτουσαι σταγόνες τῆς βροχῆς φαίνονται ὡς σειρὰ ὑδατίνων νημάτων. Ἐὰν κινῶμεν τὴν χεῖρά μας ταχέως καὶ ὀριζοντίως ἔμπροσθεν βιβλίου, δυνάμεθα νὰ ἀναγινώσκωμεν αὐτὸ ἄνευ διακοπῆς κτλ.

Ἐπὶ τῆς ιδιότητος ταύτης στηρίζεται ὁ **κινηματογράφος**.

Κινηματογράφος.—Οὗτος εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας προβάλλονται ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος φωτογραφικαὶ εἰκόνες ἀντικειμένων εὐρισκομένων ἐν κινήσει καὶ ἐν κινήσει ἀπεικονιζομένων.

Ἐὰν λάβωμεν σειρὰν φωτογραφικῶν εἰκόνων ἐκ τοῦ φυσικοῦ κατὰ πολὺ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα, π. χ. τῆς χειρός, ἐνῶ πίπτει, (σχ. 96) καὶ τὰς προβάλωμεν διαδοχικῶς ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος, διακόπτοντες τὸν φωτισμὸν κατὰ τὸν χρόνον τῆς ἀντικαταστάσεως τῆς μιᾶς εἰκόνος διὰ τῆς ἄλλης (τοῦ χρόνου τούτου τῆς ἀντικαταστάσεως ὄντος μικροτέρου τοῦ $\frac{1}{12}$ τοῦ δευτερολέπτου), θὰ βλέπωμεν τὴν χεῖρα πίπτουσαν, ὅπως εἰς τὴν πραγματικότητα.



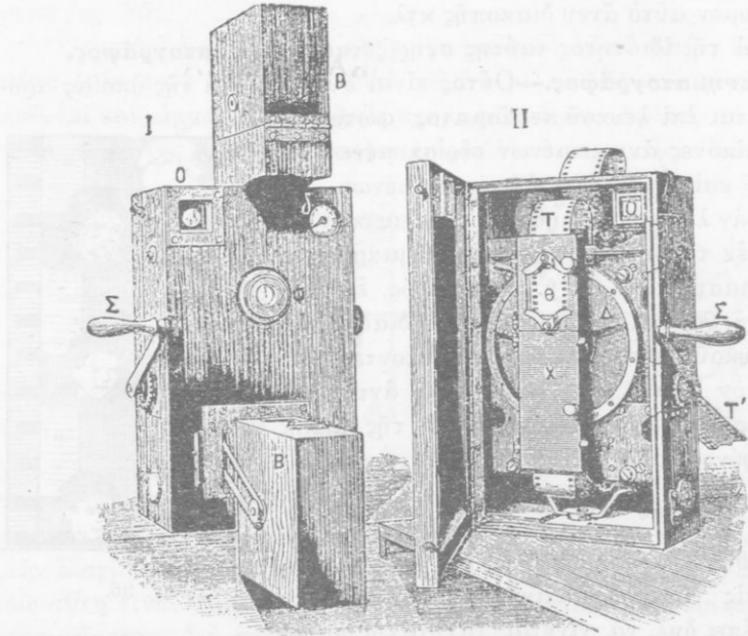
Σχ. 96.

Πρέπει δηλ. νὰ γίνεταί ταχυτάτη διαδοχικῶς ἀλλαγὴ τῶν εἰκόνων καὶ ἔκλειψις τοῦ φωτὸς κατὰ τὸν χρόνον τῆς ἀλλαγῆς τῆς εἰκόνος.

Πρὸς τοῦτο αἱ εἰκόνες λαμβάνονται ἐπὶ εὐκάμπτου ταινίας ἐκ κυτταρινοῖδης (σχ. 96). Ἡ ταινία αὕτη (φίλμ) τίθεται ἐντὸς προβολέως (T, σχ. 97, II) καὶ κινεῖται οὕτως, ὥστε αἱ εἰκόνες νὰ διέρχονται πρὸ μικρᾶς ὀπῆς Θ, ἣτις ἀνοίγεται στιγμιαίως, ὅταν ἡ εἰκὼν φθάσῃ πρὸ αὐτῆς, καὶ οὕτω φωτιζομένη ἰσχυρῶς προβάλλεται ἐπὶ λευκοῦ πετάσματος. Κατόπιν ἡ ὀπή κλείεται στιγμιαίως, κατὰ τὸν χρόνον δὲ τοῦτον ἡ εἰκὼν ἀντικαθίσταται διὰ τῆς ἀμέσως ἐπομένης κ.ο.κ.

Ἡ ταινία ἴσεται ἀκίνητος ἐπὶ ἐλάχιστον χρόνον, ὡσάκεις προβάλλεται ἐκάστη εἰκὼν τῆς.

Σημ.— Πρὸ ὀλίγων ἐτῶν εἰσήχθη ὁ *ἤχητικός* καὶ ὁ *ὀμιλῶν* κινηματογράφος, ὁ ὁποῖος μετὰ τῶν εἰκόνων ἀποδίδει συγχρόνως καὶ ἤχον ἢ ὀμιλίαν. Ἡ σύγχρονος μετὰ τῶν εἰκόνων ἀπόδοσις τοῦ ἤχου ἐπιτυγχάνεται κατὰ δύο τρόπους. α) Διὰ συνδυασμοῦ κινημα-



Σχ. 97.

τογράφου καὶ φωνογράφου, β) δι' ἐδικῆς ταινίας, ἐπὶ τῆς ὁποίας πλαγίως τῶν εἰκόνων ἀποτυποῦνται ὑπὸ μορφὴν γραμμῶν διαφόρου σκιερότητος αἱ ἤχητικαὶ κυμάνσεις, ἀφοῦ μετατραποῦν καταλλήλως εἰς φωτεινάς (*).

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας ταύτης, αἱ μὲν εἰκόνες προβάλλονται ἐπὶ τῆς ὀθόνης, τὸ δὲ ἤχητικὸν μέρος αὐτῶν, φωτιζόμε-

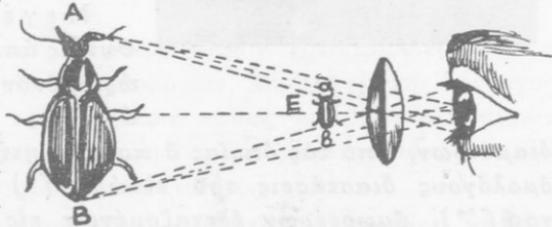
(*) Βλέπε «φωτοκύτταρον».

νον ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς προκαλεῖ, διερχόμενον πρὸ καταλλήλου ἠλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως, αὔξησιν ἢ ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀναλόγως τῆς σκιερότητος τῶν γραμμῶν τοῦ διερχομένου μέρους τῆς ταινίας. Αἱ αὐξομειώσεις αὗται τοῦ ρεύματος προκαλοῦν τὴν ἀναπαραγωγὴν τοῦ ἤχου εἰς μεγάφωνον καταλλήλως παρεμβεβλημένον εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι΄.

ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

79. Ἄπλοῦν μικροσκόπιον.— Τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον εἶναι φακὸς συγκλίνων μὲ βραχεῖαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, διὰ τοῦ ὁποίου λαμβάνομεν μεγεθυ-
σμένα φανταστικὰ εἶ-
δωλα μικρῶν ἀντικει-
μένων, καὶ δυνάμεθα
οὕτω νὰ διακρίνωμεν
καλλίτερον τὰς λεπτο-
μερείας τῶν ἀντικειμέ-
νων τούτων.



Σχ. 98.

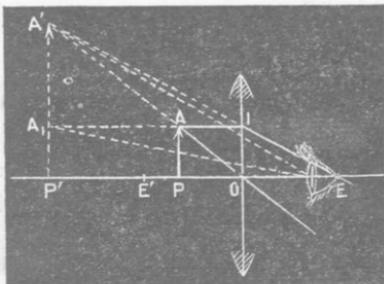
Τὸ ἀντικείμενον τίθεται μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ μιᾶς τῶν ἐστιῶν του (σχ. 98), ὁπότε, καθὼς ἐμάθομεν, δίδει εἶδωλον φανταστικόν, μεγεθυσμένον καὶ ὄρθιον.

Διὰ νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον, τὸ θέτομεν πρὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, κατόπιν δὲ ἐλαττοῦμεν βαθμηδὸν τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ μικροσκοπίου, ἕως ὅτου τὸ εἶδωλον φανῆ ὅσον τὸ δυνατὸν εὐκρινέστερον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι τότε ἐπαισθητῶς ἴση πρὸς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως (τὴν ὁποίαν θὰ παριστῶμεν διὰ τοῦ δ).

Ἰσχύς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.— Ἰσχύς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου καλεῖται ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν δι' αὐτοῦ τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου ἔχοντος μῆκος ἴσον μὲ τὴν μονάδα.

Ἐὰν ὁ ὀφθαλμὸς K εὐρίσκειται ἀκριβῶς εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E (σχ. 99) τοῦ φακοῦ, ἡ ἰσχὺς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου θὰ ἴσουςται πρὸς $\frac{1}{\varphi}$.

Σημ.— Διότι, ἐὰν $AP=I$, ἰσχὺς = γωνία $A'EP' =$ γωνία IEO .



Σχ. 99.

Ἄλλ' ἀντὶ τῆς γωνίας IEO , λόγῳ τῆς σμικρότητός της, δυναμέθα νὰ λάβωμεν τὴν ἔφαπτομένην της, ὅποτε θὰ ἔχωμεν.

$$\begin{aligned} \text{Ἰσχὺς} &= \text{ἔφαπτ. } IEO = \frac{IO}{OE} \\ &= \frac{AP}{OE} = \frac{1}{\varphi} \quad (\text{διότι } IO = AP). \end{aligned}$$

Μεγέθυνσις.— **Μεγέθυνσις ἀπλοῦ μικροσκοπίου δι' ὠρισμένον παρατηρητὴν εἶναι ὁ λόγος M τῶν φαινομένων**

διαμέτρων, ὑπὸ τὰς ὁποίας ὁ παρατηρητὴς οὗτος βλέπει δύο ὁμολόγους διαστάσεις τοῦ εἰδώλου (*) καὶ τοῦ ἀντικειμένου (), ἀμφοτέρων ἐξεταζομένων εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς δράσεως ($\delta = 25$ ἐκ. ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ = EP' εἰς τὸ σχῆμα). Ἦτοι $M = \frac{A'EP'}{A_1EP'} = \frac{\delta}{\varphi}$.**

$$\text{Διότι γωνία } A'EP' = \text{γωνία } IEO = \frac{IO}{OE} \quad (1)$$

(λαμβάνομένης, ἀντὶ τῆς γωνίας IEO , τῆς ἔφαπτομένης της). Καὶ ἐπειδὴ $IO = AP$ καὶ $OE = \varphi$, ἔχομεν γωνία $A'EP' = \frac{AP}{\varphi}$.

$$\text{Ἐπίσης γωνία } A_1EP' = \varepsilon\varphi A_1EP' = \frac{A_1P'}{P'E} = \frac{AP}{\delta} \quad (2)$$

(διότι $A_1P' = AP$).

Διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς (1) καὶ (2), λαμβάνομεν :

(*) Δηλ. διὰ τοῦ φακοῦ.

(**) Δηλ. διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ.

$$M = \frac{A'EP'}{A_1 EP'} = \frac{AP}{\varphi} : \frac{AP}{\delta} = \frac{AP}{\varphi} \cdot \frac{\delta}{AP} = \frac{\delta}{\varphi}.$$

Ἦτοι ἡ μεγέθυνσις ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἰσχύος $\frac{1}{\varphi}$ ἐπὶ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν δ τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Ἐφαρμογή.—Ἐὰν $\delta = 0,30 \mu.$ καὶ $\varphi = 0,10 \mu.,$ $M = \frac{30}{10} = 3.$

Ἐὰν $\delta = 0,30 \mu.$ καὶ $\varphi = 0,05,$ $M = \frac{30}{5} = 6.$

Σημ.—Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μεγέθυνσις εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον τὸ δ εἶναι μεγαλιέτερον. Ἐπομένως ὀφθαλμὸς ὑπερμέτρωψ κερδίζει περισσότερον ἀπὸ ὀφθαλμὸν ἐμμέτρωπα ἢ μύωπα, χρησιμοποιοῦν τὸ μικροσκόπιον.

Ἐφαρμογαί.—Τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον χρησιμοποιεῖται πολὺ εἰς τὴν Βοτανικὴν καὶ τὴν Ὄρυκτολογίαν. Ἐπίσης εἰς τὴν ὥρολογιοποιίαν καὶ χαρακτηριστικὴν τῶν μετάλλων, καθὼς καὶ διὰ τὴν ἀνάγνωσιν τῶν χαρτῶν, διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν μικρογραφιῶν, διὰ τὴν μέτρησιν τῶν νημάτων τῶν ὑφασμάτων κτλ.

80. **Σύνθετον μικροσκόπιον.** — *Τοῦτο χρησιμεύει, καθὼς καὶ τὸ ἀπλοῦν, διὰ νὰ παρατηρῶμεν ὑπὸ μεγέθυνσιν πολὺ μικρὰ ἀντικείμενα καὶ διακρίνωμεν τὰς λεπτομερείας τῶν καλλιτέτερον παρὰ διὰ τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.*

Τὸ σύνθετον μικροσκόπιον συνίσταται κυρίως ἀπὸ δύο ὀπτικά συστήματα :

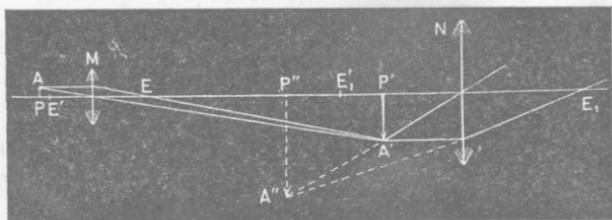
α) Τὸ **ἀντικειμενικόν**, τὸ ὁποῖον εἶναι σύστημα συγκλίνον βραχείας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, δίδον εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου πραγματικὸν καὶ πολὺ μεγεθυμένον.

β) Τὸ **προσοφθάλμιον**, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀπλοῦν μικροσκόπιον, διὰ τοῦ ὁποίου ἐξετάζομεν τὸ εἶδωλον τοῦτο.

Τὸ ἀντικειμενικὸν καὶ τὸ προσοφθάλμιον σύστημα φέρονται εἰς τὰ δύο ἄκρα σωλήνος σταθεροῦ μήκους καὶ **ἔχουν τὸν αὐτὸν κύριον ἄξονα.**

Πορεία τῶν ἀκτίνων. — Μία μικρὰ γραμμικὴ διάστασις AP τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 100), τοποθετημένη εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἀν-

τικειμενικοῦ M ὀλίγον μεγαλυτέραν τῆς κυρίας ἑστιακῆς ἀποστάσεώς του, δίδει εἶδωλον πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον $P' A'$ πολὺ μεγαθυμένον ἐντὸς τῆς κυρίας ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ προσοφθαλμίου συστήματος. Τὸ προσοφθάλμιον σύστημα, λειτουργοῦν τότε ὡς ἀ-



Σχ. 100.

πλοῦν μικροσκοπίον, μεταφέρει τὸ εἶδωλον εἰς τὸ $P'' A''$ μεγεθῦνον αὐτό. Μεταθέτοντες τὸν σωλήνα ὀλόκληρον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $P'' A''$ νὰ σχηματισθῆ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως, ὁπότε καθίσταται εὐκρινέστατον. Ἴνα δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῆ ὅσον τὸ δυνατόν περισσοτέρας ἀκτῖνας, πρέπει νὰ τεθῆ εἰς τὴν ἑστίαν E_1 τοῦ προσοφθαλμίου.

Τὸ σχῆμα 101 παριστᾷ σύνθετον μικροσκοπίον.



Σχ. 101.

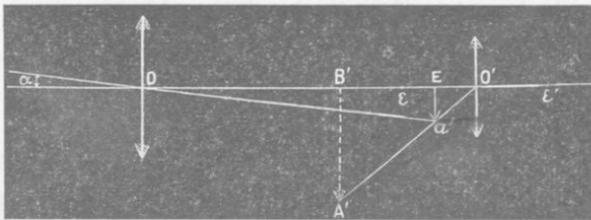
Σημ.—Ἡ μεγέθυνσις τοῦ συνθέτου μικροσκοπίου δι' ὠρισμένον παρατηρητὴν ὀρίζεται ὅπως καὶ ἡ τοῦ ἀπλοῦ, δηλ. ὡς ἡ σχέση τῶν φαινομένων διαμέτρων ὑπὸ τὰς ὁποίας ὁ παρατηρητὴς οὗτος βλέπει τὸ εἶδωλον καὶ τὸ ἀντικείμενον, ἀμφοτέρων ἕξισταζομένων εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Ἡ μεγέθυνσις αὕτη ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς μεγεθύνσεως τοῦ ἀντικειμενικοῦ ἐπὶ τὴν μεγέθυνσιν τοῦ προσοφθαλμίου.

Ἐφαρμογαί.—Τὸ σύνθετον μικροσκοπίον χρησιμοποιεῖται εἰς

δλας τὰς συνήθεις ἐρεῦνας τῆς Βοτανικῆς, τῆς Ἱστολογίας καὶ τῆς Ἱατροδικαστικῆς. Χρησιμοποιεῖται ἐπίσης διὰ τὴν μελέτην τῶν βακτηριδίων καὶ τὴν παρατήρησιν τῶν ἐντόμων καὶ ζουφίων ὡς καὶ διὰ τὴν ἀνεύρεσιν τῶν νοθειῶν τῶν ἀλεύρων, τοῦ ἀμύλου, τοῦ τεῖου κτλ. Οἱ μεταλλουργοὶ τὸ χρησιμοποιοῦν ἀπὸ τινων ἐτῶν διὰ νὰ ἐξάγουν συμπεράσματα περὶ τῆς ποιότητος τοῦ χάλυβος.

81. **Τηλεσκόπια.**—Τὰ τηλεσκόπια εἶναι ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων παρατηροῦμεν ἀντικείμενα πολὺ ἀπομακρυσμένα. Διακρίνονται δὲ εἰς **διοπτρικά**, τῶν ὁποίων τὸ ἀντικειμενικὸν σύστημα συνίσταται ἐκ συγκλινόντων φακῶν, καὶ εἰς **κατοπτρικά** εἰς τὰ ὁποῖα



Σχ. 102.

τὸ ἀντικειμενικὸν σύστημα ἀποτελεῖται ἐκ σφαιρικοῦ (ἢ παραβολικοῦ) κατόπτρου.

82. **Διοπτρικά τηλεσκόπια. Ἀστρονομικὴ δίοπτρα.**—Ἡ ἀστρονομικὴ δίοπτρα, χρησιμοποιουμένη διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἀστέρων, συνίσταται ἐκ τῶν αὐτῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὁποίων καὶ τὸ σύνθετον μικροσκόπιον. Δηλ. ἐξ ἐνὸς ἀντικειμενικοῦ συστήματος καὶ ἐνὸς προσοφθαλμίου, ἀμφοτέρων συγκλινόντων καὶ ἐχόντων **τὸν αὐτὸν κύριον ἄξονα**. Τὸ ἀντικειμενικὸν *Ο* (σχ. 102) ἔχει μεγάλην ἐπιφάνειαν καὶ μακρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν.

Ἔνεκα τῆς μεγάλης ἀποστάσεώς του, εἷς ἀστὴρ *ΑΒ* (ὅστις δὲν παρίσταται εἰς τὸ σχῆμα) δίδει εἰς τὸ κύριον ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ ἀντικειμενικοῦ συστήματος εἶδωλον *α'Ε*, πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον. Τὸ προσοφθαλμικὸν σύστημα *Ο'*, βραχείας ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ συνεπῶς διαμέτρου πολὺ μικροτέρας τῆς τοῦ ἀντικειμενικοῦ, ἐνεργεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον (διότι ἡ κυρία ἐστία του

ε εὐρίσκεται ὀλίγον πρὸς τὰ ἀριστερὰ τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ) καὶ παρέχει νέον εἶδωλον τοῦ α' E, φανταστικὸν καὶ μεγεθυσμένον, τὸ A'B', ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον.

Σημ.— Τὸ προσοφθάλμιον σύστημα εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄκρον σωλῆνος, ὅστις δύναται νὰ μετατίθεται ἐντὸς ἐτέρου εὐρύτερου σωλῆνος, φέροντος εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον του τὸ ἀντικειμενικὸν σύστημα. Πλησιάζοντες ἢ ἀπομακρύνοντες τὸ προσοφθάλμιον σύστημα ἀπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, ἐπιτυγχάνομεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Μεγέθυνσις.— Ἡ *μεγέθυνσις* M ἀστρονομικῆς διόπτρας εἶναι ὁ λόγος τῆς φαινομένης διαμέτρου β μιᾶς γραμμικῆς διαστάσεως A'B' τοῦ εἰδώλου ὁρωμένου ἐντὸς τῆς διόπτρας πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον α τῆς ὁμολόγου διαστάσεως AB τοῦ ἀντικειμένου ὁρωμένου διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ.

Ἡ μεγέθυνσις αὕτη ἴσοῦται μὲ τὸν λόγον τῶν ἐστιακῶν ἀποστάσεων τοῦ ἀντικειμενικοῦ συστήματος καὶ τοῦ προσοφθαλμίου. Ἦτοι $M = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\Phi}{\varphi}$, ἔνθα Φ καὶ φ αἱ ἐστιακαὶ ἀποστάσεις τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου συστήματος.

Σημ.— Διότι $\beta = \gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha B'O'A' = \gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha EO'a'$. Συνεπῶς $\beta = \epsilon\varphi\beta = \frac{\alpha'E}{EO'}$ (διότι τὸ εἶδωλον α'E, εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως εὐρίσκεται σχεδὸν εἰς τὴν ἐστίαν τοῦ προσοφθαλμίου). Ἡ γωνία $\alpha = \gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha \alpha'OE = \epsilon\varphi \alpha'OE = \frac{\alpha'E}{EO} = \frac{\alpha'E}{\Phi}$.

$$\text{Συνεπῶς } M = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\alpha'E}{\varphi} \cdot \frac{\Phi}{\alpha'E} = \frac{\Phi}{\varphi}.$$

83. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.— Ἡ οὐσιώδης διαφορὰ ἀπὸ ὀπτικῆς ἀπόψεως μεταξὺ τῆς διόπτρας τῶν ἐπιγείων καὶ τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας ἔγκειται εἰς τὸ προσοφθάλμιον σύστημα. Τὸ προσοφθάλμιον τῆς διόπτρας τῶν ἐπιγείων εἶναι μικροσκοπικὸν μικρᾶς μεγεθύνσεως. Ὁ κύριος προορισμὸς του εἶναι ἡ ἀνόρθωσις τῶν εἰδώλων, τὸ ὁποῖον εἶναι οὐσιῶδες διὰ τὰ ἐπὶ γῆς ἀντικείμενα.

Τὸ σχῆμα 103 παριστᾷ διόπτραν τῶν ἐπιγείων, ἡ ὁποία φέρει μεταξὺ τοῦ προσοφθαλμίου καὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ ἀνορθωτικὸν

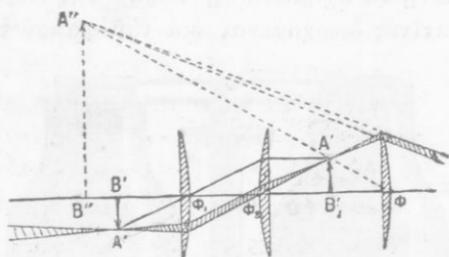
σύστημα αποτελούμενον ἐκ δύο συγκλινόντων φακῶν Φ_1 καὶ Φ_2 , οἱ ὁποῖοι μετὰ τοῦ προσοφθαλμίου Φ αποτελοῦν ἓν σύστημα.

Τὸ καθ' ὑπόστασιν εἶδωλον $A'B'$ τὸ παρεχόμενον ὑπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ συστήματος

σχηματίζεται σχεδὸν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν αὐτοῦ, ἢ ὁποία συμπίπτει μὲ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ Φ_1 .

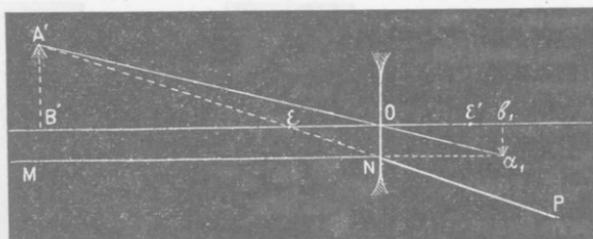
Ἐπομένως αἱ ἀκτῖνες μετὰ τὴν διόδον των διὰ τοῦ φακοῦ Φ_1 καθίστανται παράλληλοι καὶ διερχόμενοι διὰ τοῦ φακοῦ Φ_2 , τοῦ ὁποῖου

ἡ κυρία ἐστία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ Φ_1 , σχηματίζουν τὸ ἀνωρθωμένον εἶδωλον $A_1 B_1$ εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ φακοῦ Φ_2 . Τὸ εἶδωλον τοῦτο παρατηρούμενον διὰ τοῦ προσοφθαλμίου Φ παρέχει τὸ τελικὸν εἶδωλον $A''B''$.



Σχ. 103.

84. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—Εἰς τὴν διόπτραν ταύτην, ἡ ἀ-



Σχ. .104.

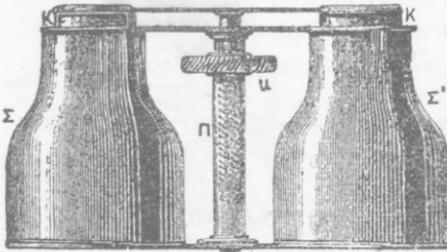
νόρθωσις τοῦ εἰδώλου ἐπιτυγχάνεται δι' ἀπλοῦ προσοφθαλμίου συστήματος ἀποκλίνοντος.

Αὕτη (σχ. 104) συνίσταται ἐξ ἀντικειμενικοῦ συστήματος συγκλίνοντος, μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως, καὶ τοῦ προσοφθαλμίου O ἀποκλίνοντος, εὐρισκομένων εἰς τὰ δύο ἄκρα μεταλλικοῦ σωλη-
νος, οὕτως ὥστε οἱ κύριοι ἄξονες των νὰ συμπίπτουν.

Τὸ ἀντικειμενικὸν σύστημα θὰ δώσῃ εἰς τὸ $\alpha_1 \beta_1$ εἶδωλον πρα-

γματικόν και άνεστραμμένον άντικειμένον τινός ΑΒ, εάν αί συγκλίνουσαι εις τὸ $\alpha_1 \beta_1$ ἀκτίνες δὲν συναντήσουν τὸν ἀποκλίνοντα φακὸν Ο.

Ἐάν ὁμως παρεντεθῆ ὁ φακὸς Ο οὕτως, ὥστε τὸ εἶδωλον $\alpha_1 \beta_1$ νὰ τείνη νὰ σχηματισθῆ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ ε', τότε αί ἀκτίνες διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ Ο ἀποκλίνουν τοῦ κυρίου ἄξου-



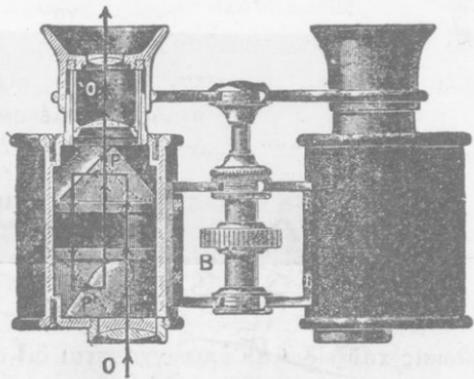
Σχ. 105.

ποῖαι συνίστανται ἀπὸ δύο διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου (σχ. 105), μεγεθύνουν αί μὲν τῆς θαλάσσης 10 - 20 φορές, αί δὲ τοῦ θεάτρου 3 - 5 φορές μόνον.

Ἡ διόπτρα τῶν ἐπιγείων, παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα, ὅτι εἶναι πολὺ μακρὰ καὶ δύσχρηστος.

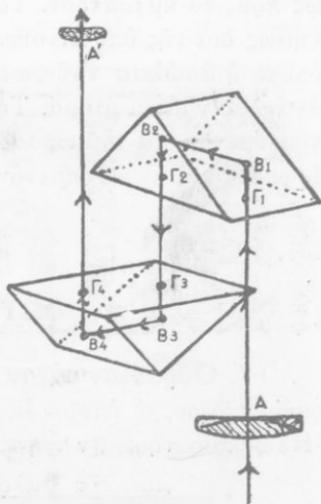
Ἀπὸ τοῦ 1850 ὁ ὀπτικὸς Porro ἐσκέφθη νὰ ἐπιδιώξῃ τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ εἰδώλου τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας διὰ δύο καταλλήλως τοποθετημένων πρισμα-

των ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Διὰ τοῦ μέσου τούτου καὶ τὸ μῆκος τῆς ὄλης διόπτρας θὰ περιορίζετο σημαντικῶς. Ἡ ἰδέα αὕτη τοῦ Porro ἠδυνήθη κατὰ τὰ τελευταῖα ταῦτα ἔτη νὰ πραγματοποιηθῆ κατὰ τρόπον θαυμάσιον (σχ. 106).



Σχ. 106.

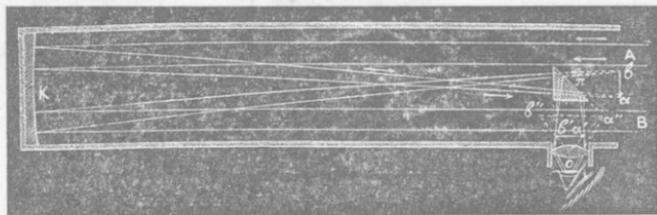
85. Ἀρχὴ τῶν πρισματικῶν διοπτρῶν.—Ἡ φωτεινὴ ἀκτίς, διερχομένη διὰ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ A (σχ. 107), προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἑδρας τοῦ ἀνωτέρου πρίσματος ἀνακλωμένη δὲ ὀλικῶς ἐπὶ τῶν ἑδρῶν αὐτοῦ B_1 καὶ B_2 , προσπίπτει ἐπὶ τῶν ἑδρῶν B_3 καὶ B_4 τοῦ κατωτέρου πρίσματος, ἐφ' ὧν καὶ πάλιν ἀνακλᾶται ὀλικῶς, ἐπιτυγχανομένης οὕτω τῆς ἀνορθώσεως τοῦ εἰδώλου. Ἐξερχομένη τέλος ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος ἡ φωτεινὴ ἀκτίς, καταλήγει εἰς τὸν προσοφθάλμιον φακὸν A' .



Σχ. 107.

86. Κατοπτρικὰ τηλεσκόπια. Τηλεσκόπιον τοῦ Νεύτωνος.—Τὰ τηλεσκόπια ταῦτα συνίστανται ἐξ ἑνὸς κοίλου κατόπτρου καὶ ἑνὸς προσοφθαλμίου συστήματος.

Εἰς τὸ τηλεσκόπιον τοῦ Νεύτωνος (σχ. 108), σφαιρικὸν κάτοπτρον κοίλον K , τὸ ὁποῖον εἶναι στερεωμένον εἰς τὸν πυθμένα σωλήνος ἀνοικτοῦ εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον, στρέφεται πρὸς τὸ παρατηρούμενον μέρος τοῦ διαστήματος. Αἱ ἀκτῖνες ἀπομακρυσμένου ἀντικειμένου AB , καθέτου πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἀνακλασθεῖσαι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου



Σχ. 108.

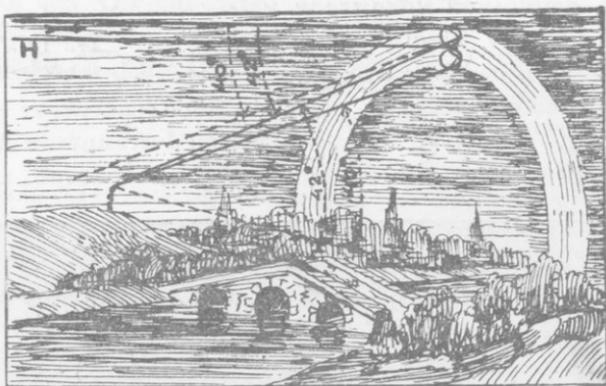
K θὰ ἐσχημάτιζον εἶδωλον πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον $\alpha\beta$ μεταξὺ τοῦ κέντρου καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ πολὺ πλησίον πρὸς τὴν ἐστίαν. Ἐπὶ τῆς

τροχιᾶς τῶν *συγκλινουσῶν* ἀνακλωμένων ἀκτίνων παρεντίθεται *ἐπίπεδον κάτοπτρον* κεκλιμένον ὑπὸ γωνίαν 45° , τὸ ὁποῖον δίδει εἰς τὸ α'β' εἶδωλον *πραγματικὸν* καὶ *συμμετρικὸν* τοῦ αβ ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον ἀντικαθίσταται συνήθως διὰ τῆς ὑποτεινούσης ἕδρας πρίσματος *ὀλικῆς ἀνακλάσεως*, ὁπότε ἡ ἀπώλεια τοῦ φωτὸς ἡ ὀφειλομένη εἰς τὴν δευτέραν ταύτην ἀνάκλασιν εἶναι μικρά. Τέλος, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον α'β', παρατηρούμενον διὰ τοῦ *προσοφθαλμίου* O, παρέχει εἶδωλον α''β'' κατ' ἔμφασιν καὶ μεγεθυμένον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'.

ΦΩΤΕΙΝΑ ΜΕΤΕΩΡΑ

87. *Οὐράνιον τόξον ἢ ἴρις.* — Τὸ γνωστὸν φαινόμενον τοῦ οὐρανόυ τόξου, τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται ὅταν στρέφοντες τὰ νῶτα πρὸς τὸν ἥλιον παρατηρῶμεν νέφος, καθ' ἣν στιγμὴν τοῦτο ἀναλύεται εἰς βρο-



Σχ. 109.

χὴν, ὀφείλεται εἰς τὸν διασκεδασμὸν τοῦ φωτὸς ἐντὸς τῶν ὑδροσταγόνων τοῦ νέφους.

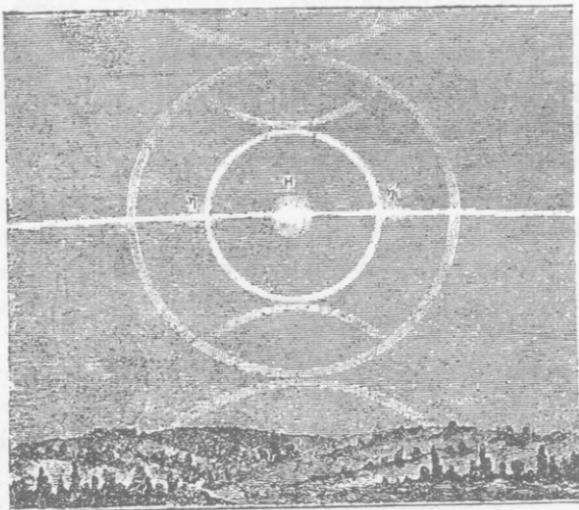
Τὸ οὐράνιον τόξον παρατηρεῖται κατὰ τὰς πρωινὰς ἢ ἑσπερινὰς ὥρας, ὁπότε τὸ ὕψος τοῦ ἥλιου ὑπὲρ τὸν ὀρίζοντα δὲν ὑπερβαίνει

τὰς 40°. Φαίνεται τότε ἐπὶ τοῦ νέφους φωτεινὴ ταινία ἀποτελουμένη ἐκ συγκεντρικῶν τόξων, τῶν ὁποίων τὰ χρώματα ἔχουν τὴν τάξιν τῶν χρωμάτων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, μὲ τὸ ἐρυθρὸν πρὸς τὰ ἔσω καὶ τὸ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω (σχ. 109).

Ἐνίοτε παρατηρεῖται καὶ δεύτερον τόξον ὀλιγώτερον φωτεινόν, ἔξωτερικῶς ὡς πρὸς τὸ πρῶτον, τοῦ ὁποίου τὰ χρώματα εἶναι διατεθειμένα κατ' ἀντίστροφον φοράν, δηλ. τὸ ἐρυθρὸν πρὸς τὰ ἔσω καὶ τὸ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω.

88. Ἄλωσ.

— Αἱ ἄλω (σχ. 110) εἶναι δακτύλιοι χρωματιστοί, οἱ ὁποῖοι ἀναφαίνονται ἐνίοτε περὶ τὸν ἥλιον ἢ τὴν Σελήνην καὶ εἶναι



Σχ. 110.

ὁμόκεντροι πρὸς τὰ σώματα ταῦτα. Οἱ δακτύλιοι οὗτοι ἄλλοτε μὲν εἶναι εἷς, ἄλλοτε δὲ δύο. Εἰς ἀμφοτέρας ὁμως τὰς περιπτώσεις, τὸ ἐρυθρὸν εἶναι πρὸς τὰ ἔσω καὶ τὸ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω.

Αἱ ἄλω προέρχονται ἐξ ἀναλύσεως τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς διερχομένου διὰ μικρῶν παγοκρυστάλλων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται νέφη τινά.

ΦΩΤΕΙΝΑ ΚΥΜΑΤΑ

89. Φύσις τοῦ φωτός.— Τὴν φύσιν τοῦ φωτὸς δὲν τὴν γνωρίζομεν. Ἐπειδὴ ὁμως, ὡς θὰ μάθωμεν, πραγματοποιοῦνται **φωτεινὰ συμβολαί** ὑπὸ συνθήκας ἀναλόγουσ πρὸς ἐκείνας, αἱ ὁποῖαι παράγουν τὰς ἡχητικὰς συμβολάς, διὰ τοῦτο παραδεχόμεθα, ὅτι τὰ μόρια τῶν φωτεινῶν σωμάτων εὐρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν περιοδικήν, ἀνά-

λογον πρὸς τὴν κίνησιν τῶν μορίων τῶν ἠχογόνων σωμάτων. Τοῦτο εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην εἶναι μία *ὑπόθεσις*, διότι ἡ παλμικὴ κίνησις τῶν φωτεινῶν μορίων εἶναι παραπολύ ταχεῖα, συνεπῶς δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ παρατηρηθῇ. Παραδεχόμεθα ὅμως ταύτην, διότι ὅλαι αἱ συνέπειαι αὐτῆς ἐπαληθεύονται ὑπὸ τοῦ πειράματος.

90. *Ἐπιπέδου περὶ τοῦ αἰθέρου.*—Ὅπως πᾶσα παλμικὴ κίνησις, οὕτω καὶ ἡ φωτεινὴ κίνησις, διὰ τὸ νὰ διαδοθῇ, ἔχει ἀνάγκην ἐνὸς μέσου, τὸ ὁποῖον νὰ τίθεται καὶ αὐτὸ εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἐπειδὴ τὸ φῶς διασχίζει τὸ κενὸν καὶ τὰ οὐράνια διαστήματα, ἡ πυκνότης τοῦ μέσου τῆς διαδόσεώς του πρέπει νὰ εἶναι πολὺ μικροτέρα ἀπὸ τὴν πυκνότητα καὶ τῶν ἀραιότερων ἀερίων.

Τὸ μέσον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη *αἰθήρ* καὶ τὸ ὁποῖον καταλαμβάνει ὅλον τὸ διάστημα, θὰ διέρχεται δι' ὅλων τῶν σωμάτων, διότι σώματά τινα, τὰ ὁποῖα εἶναι σκιερὰ διὰ τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὁποίας δέχεται ὁ ὀφθαλμὸς μας, εἶναι διαφανῆ δι' ἄλλας ἀκτινοβολίας τῆς αὐτῆς φύσεως.

Αἱ παλμικαὶ κινήσεις τῶν φωτεινῶν μορίων μεταδίδονται εἰς τὸν αἰθέρα καὶ ἡ διάδοσις γίνεται ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου *διὰ κυμάτων*, χωρὶς μεταφορὰν ὕλης, ὅπως διαδίδονται τὰ ὑγρά κύματα, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται ὑπὸ τῆς πτώσεως λίθου ἐντὸς τοῦ ὕδατος.

Ἐνῶ αἱ ἠχητικαὶ παλμικαὶ κινήσεις γίνονται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεώς των, αἱ φωτειναὶ παλμικαὶ κινήσεις εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως. Αὗται διαδίδονται ὅπως τὰ ὑγρά κύματα, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται ὑπὸ τῆς πτώσεως λίθου ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Τὸ λευκὸν φῶς δὲν ὀφείλεται εἰς μίαν παλμικὴν κίνησιν, ἀλλ' εἰς τὴν ἕνωσιν παλμικῶν κινήσεων διαφόρων συχνοτήτων. Αἱ παλμικαὶ αὗται κινήσεις, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται *ἀκτινοβολίαι*, εἶναι, ὡς ἐμάθομεν, ἐπὶ κυρίως διάφορα χρώματα, τοποθετημένα πάντοτε κατὰ τὴν αὐτὴν τάξιν: ἐρυθρὸν, πορτοκάλινον, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν, βαθὺ κυανοῦν, ἰώδες.

Μία δέσμη λευκοῦ φωτὸς ὀφείλεται *εἰς τὴν σύμπτωσιν ἀπλῶν (μονοχρῶμων) ἀκτινοβολιῶν*. Ὁ ὀφθαλμὸς διεγείρεται συγχρότως ὑπὸ ὅλων τῶν ἀκτινοβολιῶν. Ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας.

91. *Μήκος κύματος.*—Κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς παλμικῆς κί-

νήσεως ἑνὸς μορίου, αἱ διαδοχικαὶ αὐτοῦ κινήσεις μεταδίδονται κατὰ τὴν φορὰν τῆς διαδόσεως εἰς ἓν νῆμα μορίων, τὸ μῆκος τοῦ ὁποῖου καλεῖται **μῆκος κύματος**. Τὸ μῆκος τοῦτο λ εἶναι τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπὸ τῆς παλμικῆς κινήσεως κατὰ τὴν διάρκειαν τ ἑνὸς πλήρους παλμοῦ.

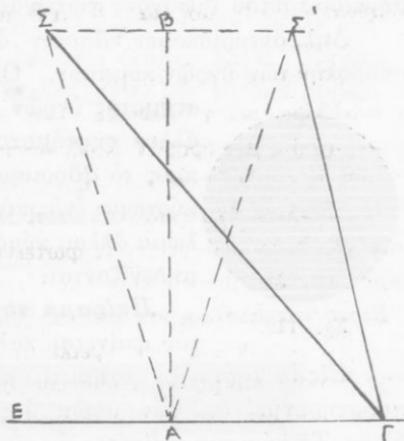
Ἐκάστη τῶν ἀκτινοβολιῶν, αἱ ὁποῖαι ἠνωμένοι ἀποτελοῦν τὸ λευκὸν φῶς, ἔχει διάφορον μῆκος κύματος, ἀπείρως μικρόν, μικρότερον ἀπὸ ἓν **μικρόν** (χιλιοστὸν τοῦ χιλιοστομέτρου). Οὕτω τὸ μῆκος κύματος τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι περίπου 0,8 τοῦ μικροῦ, τοῦ δὲ ἰώδους 0,4 τοῦ μικροῦ. Τὰ μῆκη κύματος τῶν μεταξὺ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ ἰώδους ἀκτινοβολιῶν παρίστανται δι' ἀριθμῶν ἐνδιαμέσων.

92. **Φαινόμενα συμβολῆς**.—Δύο φωτειναὶ κυμάνσεις, αἱ ὁποῖαι φθάνουν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, διασταυροῦνται· λέγομεν τότε ὅτι **συμβάλλουν**. Εἰς τὸ σημεῖον τῆς διασταυρώσεως θὰ παραχθῇ ἐνίσχυσις τοῦ φωτὸς ἢ σκότος. Αἱ συνθῆκαι συμβολῆς εἶναι διὰ τὸ φῶς αἱ αὐταὶ μετὰ τὰς συνθήκας, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται διὰ τὰ ὑγρά κύματα καὶ τὰ ἠχητικά.

Θεωρήσωμεν π. χ. δύο φωτεινὰς πηγὰς Σ καὶ Σ', τῶν ὁποίων αἱ κυμάνσεις προσπίπτουν ἐπὶ διαφράγματος Ε παραλλήλου πρὸς αὐτάς. Ἐνώσωμεν τὰ Σ καὶ Σ' καὶ ἀπὸ τὸ μέσον Β τῆς ΣΣ' καταβιβάσωμεν κάθετον ΒΑ ἐπὶ τοῦ Ε (σχ. 111.)

Εἰς τὸ σημεῖον Α τὰ κύματα διαδίδονται μετὰ συμφώνους περιοδικὰς κινήσεις, ἐπειδὴ ἀναχωροῦντα σύμφωνα ἀπὸ τὰ Σ καὶ Σ' διανύουν τὸ αὐτὸ διάστημα (τρίγωνον ΣΑΣ' ἰσοσκελές).

Λέγομεν ὅτι δύο κύματα εἶναι **σύμφωνα**, ὅταν τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα διανύουν, εἶναι ἴσα ἢ διαφέρουν εἴτε κατὰ ἀκέραιον ἀριθμὸν μηκῶν κύματος εἴτε κατὰ ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμι-μηκῶν κύματος. Ἄλλως εἶναι **ἀσύμφωνα**.



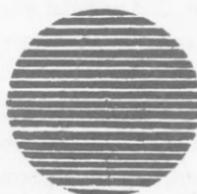
Σχ. 111.

Θεωρήσωμεν ἓν σημεῖον Γ πρὸς τὰ δεξιὰ τοῦ A , ὅπου φθάνουν κύματα ἀναχωροῦντα ἐκ τῶν Σ καὶ Σ' . Ἐπειδὴ ἡ $\Sigma\Gamma$ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς $\Sigma'\Gamma$, ὑπάρχει μεταξύ τῶν κυμάτων διαφορὰ πορείας.

Ἐὰν ἡ διαφορὰ πορείας τῶν δύο ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι συμβάλλουν εἰς τὸ σημεῖον Γ εἶναι ἴση μὲ ἀκέραιον ἀριθμὸν μηκῶν κύματος, αἱ μετατοπίσεις, αἱ ὁποῖαι μεταδίδονται καθ' ἑκάστην στιγμὴν εἰς τὸ μόριον Γ προστίθενται καὶ ὁ φωτισμὸς ἐκεῖ γίνεται ἐντατικώτερος. Ἐὰν ἡ διαφορὰ εἶναι ἴση μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος, αἱ μετατοπίσεις, αἱ ὁποῖαι μεταδίδονται εἰς τὸ Γ εἶναι ἀντίθετοι καὶ ἐξουδετεροῦνται. Συνεπῶς τὸ μόριον Γ τοῦ αἰθέρος παραμένει ἀκίνητον. Ἐπομένως εἰς τὸ Γ **παράγεται σκότος**. Τοῦτο κυρίως καλεῖται **συμβολή**.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω λοιπὸν προκύπτει ὅτι εἰς μὲν τὸ A θὰ βλέπομεν ἓνα θύσανον λάμποντα, ἐναλλάξ δὲ πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ ἀριστερὰ τοῦ σημείου τούτου θυσάνους φωτεινοὺς καὶ σκοτεινοὺς.

Δηλ. ἀνευρίσκομεν κάποιαν ἀναλογίαν μὲ ὅσα ἐμάθομεν διὰ τὴν συμβολὴν τῶν ὑγρῶν κυμάτων. Ὄταν κύρτωμα τοῦ κύματος ἐνὸς συστήματος ὑγρῶν κυμάτων συναντᾷ κύρτωμα κύματος ἄλλου συστήματος, τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται εἰς ὕψος ἴσον πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο κυρτωμάτων· ἐὰν δὲ τὸ κύρτωμα ἐνὸς κύματος συναντᾷ τουναντίον τὸ κοίλωμα ἄλλου κύματος, τὸ κύρτωμα καὶ τὸ κοίλωμα μηδενίζονται.



Σχ. 112.

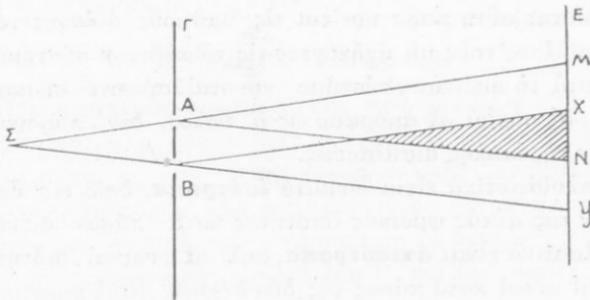
Πείραμα τοῦ Young. Διὰ τοῦ πειράματος τούτου φαίνεται καλῶς τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς.

Εἰς ἓν χαρτόνιον σχηματίζομεν δύο ὀπὰς πλησίον ἀλλήλων καὶ παρατηροῦμεν διὰ τῶν ὀπῶν ἀργυροῦν νόμισμα ἐκτεθειμένον εἰς τὸν ἥλιον. Τὸ νόμισμα φαίνεται ὡς φωτεινὴ κηλὶς (σχ. 112) ἀποτελουμένη ἀπὸ ραβδώσεις ἐναλλάξ φωτεινὰς καὶ σκοτεινὰς. Εἶναι οἱ θύσανοι, περὶ τῶν ὁποίων εἶπομεν, οἱ ὀφειλόμενοι εἰς τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι συμβάλλουν, διότι αἱ δύο φωτειναὶ δέσμαι αἱ ἐκπεμπόμεναι ὑπὸ ἐκάστης ὀπῆς ἐπιτίθενται ἢ μία ἐπὶ τῆς ἄλλης. Ὁ κεντρικὸς λαμπρὸς θύσανος εἶναι ὁ ζωηρότερος ὢλων.

Ἐὰν καλύψωμεν μίαν ὀπὴν καὶ παρατηρήσωμεν τὸ νόμισμα ἀπὸ τὴν ἄλλην ὀπὴν, τὸ νόμισμα φαίνεται ὁμαλῶς φωτισμένον, διότι δὲν

παράγεται πλέον συμβολή, ἔπειδὴ ὑπάρχει μία μόνον φωτεινὴ πηγὴ.

Ἐστω Σ φωτεινὴ πηγὴ τοποθετημένη ἔμπροσθεν τοῦ χαρτονίου Γ διατροπημένου εἰς τὰ A καὶ B . Αἱ ὁπαὶ A καὶ B συνεπῶς φωτι-



Σχ. 113.

ζονται. Ἐπίσης μία φωτεινὴ δέσμη ἀναχωρεῖ ἀπὸ ἐκάστην τῶν ὁπῶν τούτων καὶ προσπίπτει εἰς διάφραγμα E . Ὅπως βλέπομεν εἰς τὸ σχῆμα, ἡ δέσμη MAN ἐπιτίθεται καθαρὰ ἐπὶ τῆς δέσμης $XB\Psi$. Ἐπίσης παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς τὸ διάφραγμα ἐμφανίζονται εἰς τὸ XN ραβδώσεις ἐναλλάξ φωτειναὶ καὶ σκοτειναί.

ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ι. ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ

93. Ὅρισμοί.—*Διπλὴ διάθλασις* λέγεται τὸ φαινόμενον, κατὰ



Σχ. 114.

τὸ ὁποῖον πολυάριθμοι κρύσταλλοι, λεγόμενοι διὰ τοῦτο *διπλοθλασι-*

κοί, παρέχουν ἐκ μιᾶς καὶ μόνης προσπιπτούσης δύο διαθλωμένας ἀκτίνας. Τοῦτο π. χ. παρατηρεῖται ἐπὶ τῆς *ισλανδικῆς κρυστάλλου*, διὰ μέσου τῆς ὁποίας ὁρώμενα τὰ ἀντικείμενα φαίνονται διπλᾶ (σχ. 114).

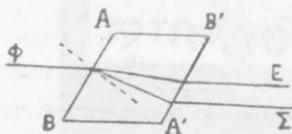
Ἡ ιδιότης αὕτη παρατηρεῖται εἰς βαθμοὺς ἀνίσους εἰς πάντας τοὺς κρυστάλλους τοὺς μὴ ἀνήκοντας εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα. Τουναντίον, τὰ κατὰ τὸ κυβικὸν σύστημα κρυσταλλούμενα σώματα, καθὼς καὶ πᾶσαι αἱ οὐσαὶ αἱ ἄμορφοι ὡς ἡ ὕαλος, δὲν παρουσιάζουν τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως.

Τὰ ἀπλοθλαστικά εἶναι σώματα *ισότροπα*, δηλ. εἰς ἕκαστον σημεῖον ἔχουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς ιδιότητες κατὰ πᾶσαν διεύθυνσιν· τὰ δὲ διπλοθλαστικά εἶναι *ἀνισότροπα*, δηλ. αἱ φυσικαὶ ιδιότητες δὲν παραμένουν αἱ αὐταὶ κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις πέριξ σημείου τινὸς τοῦ σώματος.

Ἐξηγοῦμεν τὴν διπλὴν διάθλασιν, ὑποθέτοντες ὅτι εἰς τὰ ἀνισότροπα σώματα ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διευθύνσεως τῶν φωτεινῶν κραδασμῶν, ἐν ᾧ εἰς τὰ *ισότροπα* ἡ ταχύτης δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ ταύτης.

94. **Κρυστάλλοι μονάξονες.**—Εἰς διπλοθλαστικὸν κρυστάλλον ὑπάρχουν πάντοτε *μία* ἢ *δύο* διευθύνσεις, κατὰ τὰς ὁποίας παρατηρεῖται μόνον ἀπλῆ διάθλασις, καθ' ἧς δηλονότι τὰ διὰ τοῦ κρυστάλλου ὁρώμενα ἀντικείμενα φαίνονται ἀπλᾶ. Αἱ διευθύνσεις αὗται καλοῦνται *οπτικοὶ* τοῦ κρυστάλλου *ἄξονες*. Καὶ οἱ μὲν μίαν μόνον τοιαύτην διεύθυνσιν παρουσιάζοντες κρυστάλλοι καλοῦνται *μονάξονες*, οἱ δὲ δύο *διάξονες*. Οἱ συνηθέστερον χρησιμοποιούμενοι ἐν τῇ Ὀπτικῇ μονάξονες κρυστάλλοι εἶναι ἡ *ισλανδικὴ κρυστάλλος*, ἡ *ὄρειά κρυστάλλος* καὶ ὁ *τουρμαλλίνης*.

Κυρία τομὴ μονάξονος κρυστάλλου.— Οὕτω καλοῦμεν πᾶν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τοῦ οπτικοῦ ἄξονος τοῦ κρυστάλλου ἢ ἀπλῶς παράλληλον πρὸς αὐτόν.



Σχ. 115.

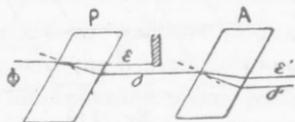
95. **Ἀκτὶς συνήθης καὶ ἀκτὶς ἕκτακτος.**—Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων, τὰς ὁποίας παρέχουν οἱ μονάξονες κρυστάλλοι, ἡ μία ἀκολουθεῖ πάντοτε τοὺς νόμους τῆς ἀπλῆς διαθλάσεως, ἡ ἄλλη ὅμως δὲν ὑπακούει εἰς

τοὺς νόμους τούτους. Ἡ πρώτη τούτων καλεῖται *συνήθης ἀκτίς*, ἡ ἕτερα *ἔκτακτος*. Καὶ τὰ ἀντιστοιχοῦντα δὲ εἰς αὐτὰς εἶδωλα διακρίνονται εἰς τὸ *συνήθες* καὶ τὸ *ἔκτακτον* (σχ. 115).

2. ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

96. Πειραματικὸς ὁρισμὸς τῆς πολώσεως.— Ὁ Huygens πρῶτος ἀπέδειξεν, ὅτι αἱ δύο ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τῆς διαθλάσεως μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς προσπιπτούσης ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίνος ἔχουν ἰδιότητος διαφορὸς τῶν ἀκτίνων τοῦ συνήθους φωτός.

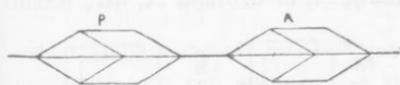
Ἐπιθέσωμεν, ὅτι ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ φωτεινὴ ἀκτίς Φ (σχ. 116) ἐπὶ πρώτης τινὸς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου P καὶ ὅτι κατὰ τὴν ἔξοδον σταματῶμεν τὴν ἔκτακτον ἀκτῖνα ϵ διὰ διαφράγματος. Ἄς ἀφήσωμεν δὲ κατόπιν νὰ προσπέσῃ ἡ συνήθης ἀκτίς σ ἐπὶ δευτέρας ἰσλανδικῆς κρυστάλλου A. Καὶ αὕτη ἐπίσης θὰ δώσῃ μίαν συνήθη ἀκτῖνα σ' καὶ μίαν ἔκτακτον ϵ' , τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ρίψωμεν ἐπὶ πετάσματος.



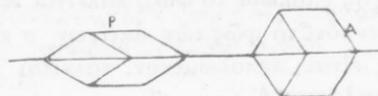
Σχ. 116.

Ἀντιθέτως ὅμως πρὸς ὅ,τι συμβαίνει διὰ τὸ φυσικὸν φῶς, τὰ δύο εἶδωλα σ' καὶ ϵ' δὲν ἔχουν ἐν γένει τὴν αὐτὴν ἔντασιν, ὅταν ἡ κυρία τομὴ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου A εἶναι τοποθετημένη κατὰ τρόπον οἰονδήποτε. Ἄν στρέψωμεν τὴν ἰσλανδικὴν κρυστάλλου A περὶ τὴν ἀκτῖνα σ , ὁ φωτισμὸς τῶν εἰδώλων σ' καὶ ϵ' ἀλλάσσει.

Ὅταν αἱ κύριαι τομαὶ τῶν δύο ἰσλανδικῶν κρυστάλλων



Σχ. 117.



Σχ. 118.

εἶναι παράλληλοι (σχ. 117), τὸ μὲν εἶδωλον σ' ἀποκτᾷ τὴν μέγιστην αὐτοῦ λαμπρότητα, ἐνῶ τὸ ϵ' σβέννυται.

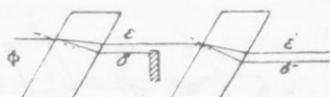
Τουναντίον, ὅταν αἱ κύριαι τομαὶ τῶν δύο κρυστάλλων εἶναι κάθετοι (σχ. 118), τὸ μὲν εἶδωλον σ' ἀποσβέννυται, τὸ δὲ ϵ' φθάνει εἰς τὸ μέγιστον τῆς λαμπρότητός του.

Διὰ τὰς θέσεις τὰς συμμετρικὰς πρὸς τὰς δύο ἀνωτέρω ἐκάτερον τῶν εἰδώλων ἀποκτῆ τὴν αὐτὴν ἔντασιν.

97. **Πεπολωμένον φῶς.**—Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος πρέπει νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι τὸ συνιστῶν τὴν ἀκτῖνα σ φῶς δὲν εἶναι φῶς φυσικόν. Λέγομεν ὅτι εἶναι **φῶς πεπολωμένον**.

Καλεῖται δὲ **ἐπίπεδον πολώσεως τῆς συνήθους ἀκτίνος σ τὸ ἐπίπεδον τῆς κυρίας τομῆς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου P, ἐκ τῆς ὁποίας ἡ ἀκτὶς αὕτη προέρχεται**.

98. **Πόλωσις τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος.**—Ἄν ἀντιστρόφως εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα ἐμποδίσωμεν τὴν συνήθη ἀκτῖνα σ καὶ ἀφήσωμεν τὴν ἔκτακτον ε νὰ πέσῃ ἐπὶ τῆς δευτέρας ἰσλανδικῆς κρυστάλλου



Σχ. 119.

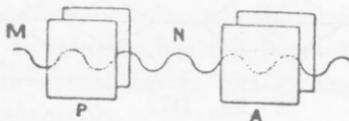
(σχ. 119), βεβαιούμεθα, ὅτι καὶ αὕτη παρέχει ὁμοίως δύο ἀκτῖνας σ' καὶ ε'. Ἄλλ' ἐὰν περιστρέψωμεν τὴν δευτέραν ἰσλανδικὴν κρυστάλλου, ἡ ἀκτὶς σ' ἀποκτῆ τὴν μέγιστην αὐτῆς λαμπρότητα, ἐνῶ ἡ ε' σβέννυται,

ὅταν αἱ δύο κύριαι τομαὶ εἶναι κάθετοι. Ἐναντίον, ἡ συνήθης ἀκτὶς σ' σβέννυται καὶ ἡ ἔκτακτος ε' παρουσιάζει τὸ μέγιστον τῆς λαμπρότητος, ὅταν αἱ δύο κύριαι τομαὶ εἶναι παράλληλοι.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου δεόν νὰ συμπεράνωμεν ὅτι καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς ε εἶναι ἀκτὶς φωτὸς πεπολωμένου, ἀλλ' ὅτι τὸ ἐπίπεδον πολώσεως αὐτῆς εἶναι κάθετον πρὸς τὸ τῆς σ.

Πολωτῆς καὶ ἀναλύτης.—Ἡ πρώτη ἰσλανδικὴ κρυστάλλου P, ἣτις ἐπόλωσε τὸ φῶς, καλεῖται **πολωτῆς**· ἡ δὲ δευτέρα A, ἣτις ἀπέδειξεν ὅτι τὸ φῶς τῶν ἀκτίνων σ καὶ ε εἶναι πεπολωμένον, καλεῖται **ἀναλύτης**.

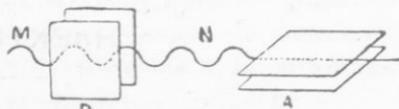
99. **Ἐξήγησις τῆς πολώσεως.**—Ἡ πόλωσις τοῦ φωτὸς παράγεται, διότι τὰ μόρια τοῦ αἰθέρος ἐκτελοῦν παλμικὰς κινήσεις ἐγκαρσίας, καθέτους δηλ. πρὸς τὴν ἀκτῖνα.



Σχ. 120.

Δυνάμεθα νὰ παραβάλωμεν πεπολωμένην φωτεινὴν ἀκτῖνα πρὸς χορδὴν ἐκτελοῦσαν κραδασμοὺς ἐγκαρσίους εἰς **δεδομένον ἐπίπεδον**.

Ἐπιθέσωμεν λοιπόν, ὅτι διαβιβάζομεν τὴν χορδὴν μεταξὺ δύο ἔλασμα-
των παραλλήλων P (σχ. 120), κατακόρυφων, καὶ κραδαίνομεν αὐτὴν
κατὰ τὸ M διὰ τῆς χειρὸς. Τοιοῦτοτρόπως οἱ κραδασμοὶ μετὰ τὴν διά-
βασιν αὐτῶν ἐκ τοῦ P συνεχίζονται κατ' ἀνάγκην εἰς ἐπίπεδον κατα-
κόρυφον. Ἄν ἤδη διαβιβάσωμεν τὴν χορδὴν διὰ δευτέρου ὁμοίου συ-
στήματος A, τοῦτο θὰ ἀφήσῃ μὲν
ἐλευθέραν τὴν δίοδον τῶν κραδα-
σμῶν, ἂν ἐπίσης εἶναι κατακόρυ-
φον, παράλληλον δηλ. πρὸς τὸ P
(σχ. 120), θὰ ἀποσβέσῃ δὲ του-
ναντίον τούτους, ἂν εἶναι ὀριζόντιον (σχ. 121), δηλ. κάθετον πρὸς τὸ P.



σχ. 121.

Διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν τὰς ιδιότητες τοῦ **φυσικοῦ φωτός**, παραδε-
χόμεθα ὅτι εἰς τοῦτο αἱ παλμικαὶ κινήσεις εἶναι μὲν κάθετοι πρὸς τὴν
ἀκτίνα, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον, εἰς τὸ ὁποῖον παράγονται, ἀλλάζει διαρκῶς
διεύθυνσιν. Ἐνῶ διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, ὡς εἴ-
πομεν, διατηρεῖ ὠρισμένην διεύθυνσιν.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

100. Ὁ ἠλεκτρισμός εἶναι μορφή τῆς ἐνεργείας.—Ὅλα τὰ συνήθη ἠλεκτρικὰ φαινόμενα, τὰ ὅποια εἶναι εἰς ὅλους γνωστά, παρουσιάζουν ἓνα κοινὸν χαρακτήρα: Εἶναι δηλ. πάντα **μορφαὶ τῆς ἐνεργείας**. Οὕτω π. χ. :

α') Λέγομεν ὅτι τὰ θυελλώδη νέφη εἶναι **ἠλεκτρισμένα**, ὅταν ἀναπηδοῦν ἀπὸ αὐτὰ ἀστραπαί, αἱ ὅποιαι φωτίζουν τὸν οὐρανόν, ἀκούονται βρονταί, αἱ ὅποιαι συνταράσσουν τὴν ἀτμόσφαιραν, πίπτουν κεραυνοί, οἱ ὅποιοι σχίζουσι τὰ δένδρα, καταστρέφουσι τὰς οἰκοδομὰς κλπ. Τὰ φαινόμενα ταῦτα εἶναι προφανῶς μορφαὶ τῆς ἐνεργείας.

β') Ἐὰν προστρίψωμεν τὸν ἐκ σκληροῦ καουτσούκ κονδυλοφόρο μας διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, οὗτος **ἠλεκτριζέται**. Ἀποκτῶ τότε τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκη καὶ νὰ ἀνυψώνη μικρὰ σώματα παρὰ τὸ βάρος των, δηλ. νὰ ἐκτελῇ μηχανικὸν ἔργον.

Ὁ ἠλεκτρισμένος λοιπὸν κονδυλοφόρος μας κατέστη πηγὴ ἐνεργείας.

γ') Ὁ ἠλεκτρισμός, τὸν ὅποιον χρησιμοποιοῦμεν εἰς τοὺς ἠλεκτρικοὺς τηλεγράφους καὶ τοὺς ἠλεκτρικοὺς κώδωνας τῶν οἰκιῶν μας, παράγεται, ὅπως ὅλοι γνωρίζομεν, διὰ στηλῶν. Ὅπως θὰ μάθωμεν κατωτέρω, εἰς τὰς στηλάς δαπανᾶται χημικὴ ἐνέργεια διὰ τὴν παραγωγὴν ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ παραγόμενος ἠλεκτρισμός μεταφέρεται μὲ σύρματα εἰς τὸν κώδωνα, ὅπου κινεῖ τὸ ρόπτρον αὐτοῦ, παρέχει δηλ. μηχανικὴν ἐνέργειαν.

δ') Τέλος, εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ ἐργοστάσια δαπανᾶται θερμαντικὴ ἢ

μηχανική ἐνέργεια διὰ τὴν κίνησιν τῶν μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι παρέχουν τὸν ἠλεκτρισμόν.

Καὶ ὁ ἠλεκτρισμὸς αὐτός, ὁ ὁποῖος διαπυρῶνει τὰ σύρματα τῶν ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων, ὅταν διέρχεται δι' αὐτῶν, ἢ ἀποσυνθέτει τὸ ὕδωρ εἰς τὰ συστατικά του ἢ κινεῖ τοὺς τροχοιοδρόμους κτλ. παρέχει προφανῶς *ἐνέργειαν* (φωτεινὴν, θερμαντικὴν, χημικὴν, μηχανικὴν).

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς καὶ εἰδικῶς ὁ ἐν κινήσει ἠλεκτρισμὸς (ἠλεκτρικὸν ρεῦμα) παρουσιάζεται ὡς μία δύναμις *μετατροπῆς καὶ μεταφορᾶς τῆς ἐνεργείας*.

Οὕτω π. χ. μία πῶσις ὕδατος (μηχανικὴ ἐνέργεια) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Ἡ ἠλεκτρικὴ αὐτὴ ἐνέργεια διὰ συρμάτων μεταφέρεται εἰς διαφόρους συσκευάς, ὅπου καταναλίσκεται καὶ παρέχει τὴν ἐπιθυμητὴν ἐνέργειαν (φωτεινὴν, θερμαντικὴν, χημικὴν, μηχανικὴν).

101. Πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ (γεννήτριαι). — Τὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα εἶναι ἱκανὰ νὰ παράγουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καλοῦνται *πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ*. Διὰ νὰ θέσωμεν μίαν πηγὴν ἠλεκτρισμοῦ εἰς λειτουργίαν, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν ἐνέργειαν. Τοιαῦται πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι αἱ ἠλεκτρικαὶ μηχαναί, αἱ ἠλεκτρικαὶ στήλαι, καθὼς καὶ οἱ συσσωρευταί.

Οἱ συσσωρευταὶ εἶναι στήλαι εἰδικοῦ τύπου, τὰς ὁποίας πληροῦμεν ἠλεκτρισμοῦ διὰ τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν.

Πᾶσα πηγὴ ἔχει *δύο πόλους*, μὲ τοὺς ὁποίους συνδέονται τὰ ἄκρα τοῦ δικτύου (ἀγωγοῦ), τὸ ὁποῖον τὸ ρεῦμα πρέπει νὰ διατρέξῃ.

Διὰ νὰ ἐκδηλωθοῦν τὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸ δίκτυον δὲν πρέπει νὰ εἶναι διακεκομμένον· πρέπει νὰ ἀποτελῇ ἓν *κύκλωμα κλειστόν*. Ἄφ' ἐτέρου ἢ ὕλη, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ἀποτελεῖται τὸ δίκτυον, πρέπει νὰ ἄγῃ καλῶς τὸν ἠλεκτρισμόν. Νὰ δύναται δηλ. ἐπ' αὐτῆς ὁ ἠλεκτρισμὸς νὰ κινῆται (*καλὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ*).

Τὰ μέταλλα καὶ εἰδικῶς ὁ χαλκὸς εἶναι καλοὶ ἀγωγοί. Τὸ ξύλον, ἡ πορσελλάνη, ἡ ὕαλος δὲν ἄγουν καλῶς τὸν ἠλεκτρισμόν (κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ) καὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς μονωτήρες.

102. *Μονάδες ἐνεργείας*. — Ὅπως ἐμάθομεν κατὰ τὸ προηγουμένον ἔτος, λέγομεν ὅτι ἐν σῶμα ἢ ἐν σύστημα σωμάτων ἐνέχει ἐνέργειαν, ὅταν εἶναι ἱκανὸν νὰ ἐκτελέσῃ μηχανικὸν ἔργον.

Ἡ ἐνέργεια ἐνὸς συστήματος μετᾶται διὰ τῆς ποσότητος τοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παράσχη τὸ σύστημα αὐτό.

Αἱ μονάδες ἐνεργείας εἶναι λοιπὸν αἱ αὐταὶ μὲ τὰς μονάδας τοῦ ἔργου.

Μονὰς C. G. S. ἐνεργείας εἶναι τὸ erg, δηλ. τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ μία δύνη, μεταθέτουσα τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κατὰ ἓν ἑκατοστόμετρον.

Ἐπίσης, εἰς τὸ αὐτὸ σύστημα μονὰς ἐνεργείας εἶναι ἡ joule, ἣτις ἰσοδυναμεῖ μὲ 10^7 ergs.

Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα ὡς μονὰς ἐνεργείας λαμβάνεται τὸ **χιλιογραμμόμετρον** = 9,81 joules.

103. **Μονάδες ἰσχύος.**—**Ἴσχυς** μιᾶς μηχανῆς εἶναι ἡ ποσότης τῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν αὕτη παρέχει εἰς ἓν δευτέρον λεπτόν.

Ἡ μονὰς C. G. S. τῆς ἰσχύος εἶναι τὸ **κατὰ δευτερόλεπτον** erg. Ἐπίσης τὸ watt, δηλ. ἡ ἰσχύς μηχανῆς, ἡ ὁποία ἐκτελεῖ ἔργον μιᾶς joule κατὰ δευτερόλεπτον, καὶ τὸ πολλαπλάσιόν της kilowatt = 1000 watts.

Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα μονὰς ἰσχύος εἶναι ὁ **ἵππος**, δηλ. ἡ ἰσχύς μηχανῆς, ἡ ὁποία ἐκτελεῖ ἔργον 75 χιλιογραμμομέτρων κατὰ δευτέρον λεπτὸν καὶ ἰσοδυναμεῖ μὲ 735,75 watts.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

104. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δὲν τὸ ἀντιλαμβανόμεθα, ὅπως ἀντιλαμβανόμεθα ἓν ρεῦμα ὕδατος ἢ ἓν ρεῦμα ἀέρος. Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἀναγνωρίσωμεν τὴν ὑπαρξίν του **ἐκ τῶν ἀποτελεσμάτων του.**

α') **Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνει τοὺς ἀγωγούς, διὰ τῶν ὁποίων διέρχεται.** Πράγματι, ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς δύο πόλους μιᾶς ξηρᾶς στήλης (στήλη λάμπας τῆς τσέπης) μὲ σιδηροῦν σύρμα λεπτὸν καὶ βραχύ, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ σύρμα τοῦτο θερμαίνεται τόσον πολὺ, ὥστε νὰ μὴ δυνάμεθα νὰ τὸ ἐγγίσωμεν διὰ τῶν δακτύλων.

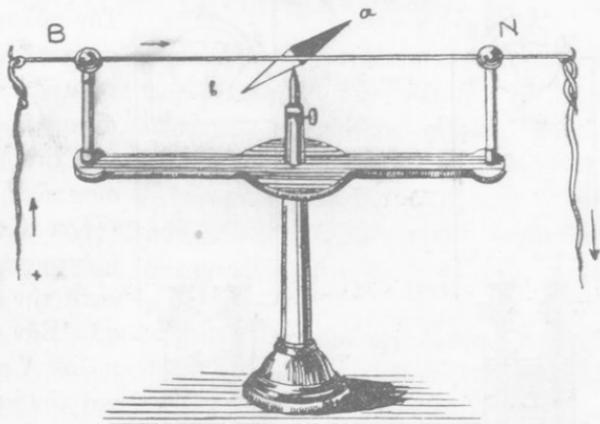
β') **Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐκτρέπει τοὺς μαγνήτας.**— Πράγματι, ἐὰν ἄνωθεν μαγνητικῆς βελόνης τεινώμεν χάλκινον σύρμα, πα-

πατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη δὲν ἐκτρέπεται τῆς θέσεώς της. Ἐὰν ὅμως συνδέσωμεν τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος μὲ τοὺς δύο πόλους τῆς ὡς ἀνωτέρω στήλης, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη ἐκτρέπεται τῆς θέσεώς της καὶ τείνει νὰ διασταυρωθῇ μετὰ τοῦ σύρματος [σχ. 122].

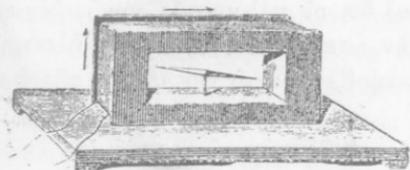
Σημ. — Ἡ ἐκτροπὴ τῆς βελόνης θὰ εἶναι πολὺ μεγαλύτερα, ἐὰν περιτυλίξωμεν τὸ σύρμα περὶ τὴν μαγνητικὴν βελόνην, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 123.

Τὸ σύνολον τότε ἀποτελεῖ ὄργανον,

τὸ ὁποῖον λέγεται **γαλβανόμετρον**. Μὲ τὸ ὄργανον αὐτὸ ἀναγνωρίζομεν τὴν δίοδον ρεύματος διὰ τινος ἀγωγοῦ.



Σχ. 122.



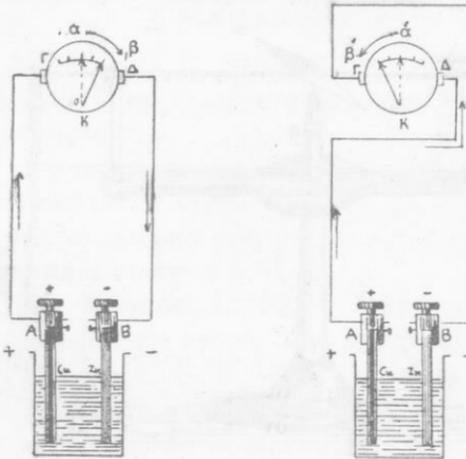
Σχ. 123.

Τὰ τρία ταῦτα ἀποτελέσματα: **θερμαντικά, μαγνητικά, χημικά**, προσδιορίζουν τὴν δίοδον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ τινος ἀγωγοῦ.

105. **Φορὰ τοῦ ρεύματος. Διάκρισις τῶν πόλων.**— Ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου [σχ. 124] ρίπτομεν ὕδωρ ὠξυνισμένον διὰ θεικοῦ ὀξέος. Βυθίζομεν δὲ ἐντὸς τοῦ ὕδατος αὐτοῦ ἐν ἔλασμα A ἐκ χαλκοῦ καὶ ἐν ἄλλο B ἐκ ψευδαργύρου. Ἔχομεν τοιοῦτοτρόπως παρασκευάσει μίαν ἠλεκτρικὴν πηγὴν, ἐν στοιχείον στήλης τοῦ Βόλτα, εἰς τὸ ὁποῖον

γ) **Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει χημικὰς ἀποσυνθέσεις.**— Πράγματι, ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ διὰ διαλύματος ἁλατός τινος, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τοῦτο ἀποσυντίθεται.

τὰ ἐλάσματα Α καὶ Β ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τοῦ στοιχείου. Συνδέομεν τοὺς πόλους τοῦ στοιχείου διὰ σύρματος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου παρεβάλλομεν γαλβανόμετρον Κ.



Σχ. 124.

Τὸν πόλον Α συνδέομεν μὲ τὸν συναπτήρα Γ τοῦ γαλβανομέτρου καὶ τὸν πόλον Β μὲ τὸν συναπτήρα Δ. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ βελὸν ἔκτροπέται· συνεπῶς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διατρέχει τὸ κύκλωμα. Ἐστω ὅτι ἡ ἔκτροπή τῆς βελόνης ἔγεινε κατὰ τὴν φοράν τοῦ βέλους αβ. Ἐὰν ἤδη συνδέσωμεν τὸν πόλον Α μὲ τὸν συναπτήρα Δ καὶ τὸν πόλον Β μὲ τὸν συναπτήρα Γ, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα διέρχεται ἀκόμη, ἀλλ' ἡ βελὸν ἔκτροπέται κατ'

ἀντίθετον φοράν, δηλ. κατὰ τὴν φοράν τοῦ βέλους αβ'. Θὰ εἴπωμεν τότε ὅτι **ἡ φορά τοῦ ρεύματος μετεβλήθη.**

Τὸ πείραμα τοῦτο δεικνύει α) ὅτι οἱ πόλοι μᾶς πηγῆς δὲν εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν, β) ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει φοράν, ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν φοράν τῆς ἔκτροπῆς τοῦ γαλβανομέτρου.

Διακρίνομεν τοὺς πόλους μᾶς πηγῆς σημειοῦντες τὸν μὲν ἓνα διὰ τοῦ σημείου +, τὸν δὲ ἄλλον διὰ τοῦ σημείου -. Ὁ πρῶτος, ἀπὸ τὸν ὁποῖον φαίνεται ὅτι ἐξέρχεται τὸ ρεῦμα, λέγεται **θετικὸς πόλος**, ὁ ἄλλος **ἀρνητικὸς**.

Σημ.—Εἴπωμεν ὅτι οἱ δύο πόλοι μᾶς πηγῆς εὐρίσκονται εἰς διάφορον ἠλεκτρικὴν κατάστασιν. Διὰ νὰ ἐκφράσωμεν τὴν διαφορὰν ταύτην, λέγομεν ὅτι ὁ μὲν πόλος Α φέρει θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἢ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, ὁ δὲ πόλος Β ἴσην ποσότητα ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ἴσον ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

106. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ δύο σημείων.—Λέγομεν ὅτι δύο σημεία Α καὶ Β παρουσιάζουν *διαφορὰν δυναμικοῦ*, ἔάν, ὅταν τὰ συνδέσωμεν διὰ σύρματος, διέρχεται διὰ τούτου ρεῦμα. Ἐάν τὸ ρεῦμα διευθύνεται ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Β, θὰ εἴπωμεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ Α εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ δυναμικὸν τοῦ Β.

Παραδείγματα.—1) Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς ἀνοικτῆς παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ, διότι ἀρκεῖ νὰ τοὺς συνδέσωμεν διὰ νὰ σχηματισθῇ ρεῦμα.

2) Δύο σημεία Α καὶ Β τοῦ σύρματος, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ ρεῦμα π. χ. στήλης, παρουσιάζουν ἐπίσης διαφορὰν δυναμικοῦ, διότι ρεῦμα διέρχεται εἰς τὸ σύρμα τοῦτο μεταξύ τῶν σημείων Α καὶ Β.

Ἐάν τὸ ρεῦμα διευθύνεται κατὰ τὴν φορὰν ΑΒ, τὸ δυναμικὸν τοῦ Α εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ δυναμικὸν τοῦ Β.

107. Ἡλεκτρογερετική δύναμις ἠλεκτρικῆς πηγῆς.—Γνωρίζομεν ὅτι *δύναμις* καλεῖται πᾶσα αἰτία, ἣ ὁποία δύναται νὰ παραγάγῃ τὴν κίνησιν μιᾶς μάζης. Κατ' ἀναλογίαν, θὰ καλέσωμεν *ἠλεκτρογερετικὴν δύναμιν μιᾶς οἰασθῆποτε ἠλεκτρικῆς πηγῆς τὴν αἰτίαν, ἣ ὁποία δύναται νὰ θέσῃ εἰς κίνησιν τὸν ἠλεκτρισμὸν εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον τὴν πηγὴν*.

Μονὰς τῆς ἠλεκτρογερετικῆς δυνάμεως.—Ὡς μονὰς τῆς ἠλεκτρογερετικῆς δυνάμεως λαμβάνεται ἡ ἠλεκτρογερετικὴ δύναμις ἐνὸς στοιχείου τῆς στήλης τοῦ Βόλτα. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται *volt*.

Ἡλεκτρογερετικὴ δύναμις καὶ διαφορὰ δυναμικοῦ.—Ὅταν οἱ πόλοι μιᾶς πηγῆς δὲν εἶναι συνδεδεμένοι δι' ἀγωγοῦ, ἡ ἠλεκτρογερετικὴ δύναμις ἔχει ἀποκλειστικῶς ὡς ἀποτέλεσμα νὰ διατηρῇ μίαν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξύ τῶν πόλων τούτων. Ἐπειδὴ ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἐξαρτᾶται προφανῶς ἐκ τῆς ἠλεκτρογερετικῆς δυνάμεως, καὶ ἀντιστρόφως ἡ ἠλεκτρογερετικὴ δύναμις ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ, ἡ ἠλεκτρογερετικὴ δύναμις καὶ ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ μετρῶνται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ εἰς volts. Λέγομεν ἀδιαφόρως ὅτι μεταξύ δύο σημείων ἡ ἠλεκτρογερετικὴ δύναμις ἢ ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἶναι π.χ. 7 volts.

Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ, ὅπως καὶ ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις, μετρεῖται δι' εἰδικῶν ὀργάνων, τὰ ὁποῖα λέγονται **βολτόμετρα**.

Σημ.—Ἡ «ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις» δὲν εἶναι **δύναμις**, δὲν δύναται νὰ ὑπολογισθῇ εἰς δύνας ἢ χιλιόγραμμα. Εἶναι ἓν ἠλεκτρικὸν ποσόν, τὸ ὁποῖον δὲν δυνάμεθα νὰ ἐκφράσωμεν διὰ ποσοῦ μηχανικοῦ.

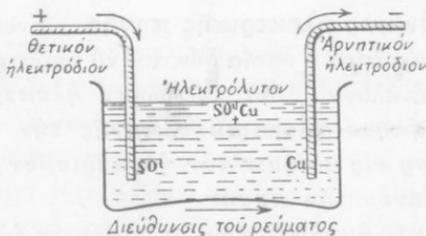
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

108. Ἡλεκτρόλυσις.— Ἡλεκτρόλυσις εἶναι ἡ διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος χημικὴ ἀποσύνθεσις ὀρισμένων ὑγρῶν, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ἠλεκτρολύται**.

Ὁ ἠλεκτρολύτης περιέχεται εἰς δοχεῖον μὲ τοιχώματα δυσηλεκτρογῶγὰ (σχ. 125), ἐντὸς αὐτοῦ δὲ βυθίζονται δύο μέταλλα ἐλάσματα ἢ σύρματα ἢ καὶ ράβδοι ἐξ ἀνθρακος, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **ἠλεκτροόδια**.

Τὰ ἠλεκτροόδια συνδέονται μὲ τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς καὶ τὸ



Σχ. 125.

μὲν ἠνωμένον μετὰ τοῦ θετικοῦ πόλου (διὰ τοῦ ὁποίου εἰσέρχεται τὸ ρεῦμα) καλεῖται **θετικὸν ἠλεκτροόδιον ἢ ἄνοδος**, τὸ δὲ ἠνωμένον μετὰ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου (διὰ τοῦ ὁποίου ἐξέρχεται τὸ ρεῦμα) **ἀρνητικὸν ἠλεκτροόδιον ἢ κάθοδος**.

Τὰ προϊόντα τῆς ἀποσύνθεσεως καλοῦνται **ἰόντα**. Ταῦτα ἀναφαίνονται εἰς τὰ σημεῖα τῆς ἐπαφῆς τῶν ἠλεκτροοδίων μετὰ τοῦ ἠλεκτρολύτου, τὸ μὲν **ἀνιόν** εἰς τὴν ἄνοδον, τὸ δὲ **κατιόν** εἰς τὴν κάθοδον.

Οἱ μόνον γνωστοὶ ἠλεκτρολύται εἶναι τὰ **ἅλατα**, τὰ **ὀξέα** καὶ αἱ **βάσεις** ἐν ὑγρῇ καταστάσει, τὸ ὁποῖον ἐπιτυγχάνεται διὰ διαλύσεως αὐτῶν εἰς τὸ ὕδωρ ἢ καὶ διὰ τήξεως. Διὰ τῶν σωμάτων τούτων διέρχεται εὐκόλως τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ προκαλεῖ πάντοτε τὴν ἀποσύνθεσιν αὐτῶν.

Νόμος.— **Τὸ μόριον τοῦ ἠλεκτρολύτου κατὰ τὴν δίοδον**

τοῦ ρεύματος ἀποσυντίθεται εἰς δύο ἰόντα: ἀφ' ἑνὸς εἰς τὸ μέταλλον ἢ τὸ ὑδρογόνον, τὸ ὁποῖον ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς καθόδου (κατιόν), ἀφ' ἑτέρου εἰς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον ἀναφαίνεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου (ἀνιόν).

Πολλάκις ὅμως παράγονται δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι καλύπτουν τὴν ἀπλότητα τῆς ἀνωτέρω ἀρχικῆς ἀντιδράσεως.

109. Θεωρία τῶν ἰόντων.— Παραδεχόμεθα ὅτι ὁ ἠλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα, τὸ ὁποῖον περιέχει μόρια ἄκέραια (δλόκληρα) καὶ μόρια *ιοντωμένα*, δηλ. χωρισμένα εἰς δύο μέρη, τὰ *ἰόντα*. Τὰ ἰόντα εἶναι φορτισμένα μὲ ἴσα καὶ ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὸ ἄθροισμα τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων ἰσοῦται μὲ τὸ μηδέν· οὕτω ἐξηγεῖται διατὶ ἠλεκτρολύτης, ὁ ὁποῖος δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, δὲν φανερώνει κανὲν φορτίον ἐλεύθερον.

Ἐὰς διαλύσωμεν π.χ. χλωριούχον νάτριον, διὰ τὰ σχηματίσωμεν ἠλεκτρολύτην. Ἐκτὸς τῶν ὁλοκλήρων μορίων NaCl , τὸ διάλυμα περιέχει ἐπίσης ἰόντα Na καὶ ἰόντα Cl χωρισμένα. Τὰ ἰόντα Na εἶναι φορτισμένα διὰ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὰ ἰόντα Cl δι' ἀρνητικοῦ. Ὄταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, τὰ ἰόντα Na διευθύνονται πρὸς τὴν κάθodon· τὰ ἰόντα Cl πρὸς τὴν ἀνοδον. Ὄταν τὰ ἰόντα ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν ἠλεκτροδίων, ἀπαλλάσσονται τοῦ φορτίου των καὶ συνεπῶς ἐξουδετερώνουν ἴσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὁποῖον ἢ ἠλεκτρικὴ πηγὴ ἀναεώνει πάραυτα. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον, τὰ ἠλεκτρόδια δέχονται διαρκῶς ἠλεκτρικὰ φορτία ἀντίθετα. Τὰ ἰόντα εἶναι οἱ φορεῖς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ὄταν τὰ ἰόντα ἀπαλλαγῶν τοῦ φορτίου των, γίνονται πάλιν ἐλεύθερα, μεταπίπτουν εἰς τὴν κατάστασιν χημικῶν στοιχείων καὶ ἀποτίθενται ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων. Ἄλλα μόρια τοῦ ἠλεκτρολύτου διαλύονται τότε, διὰ τὰ σχηματίσουν ἄλλα ἰόντα καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς.

110. Παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως. α) *Ἡλεκτρόλυσις τοῦ τετηγμένου χλωριούχου νατρίου*.— Ἐὰν τήξωμεν χλωριούχον νάτριον καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ χλωριούχον νάτριον ἀποσυντίθεται εἰς *χλώριον*, τὸ ὁποῖον ἀναδίδεται περὶ τὴν ἀνοδον, καὶ εἰς *νάτριον*, τὸ ὁποῖον συναθροίζεται τετηγμένον περὶ τὴν κάθodon, $\text{NaCl} = \text{Na} + \text{Cl}$.

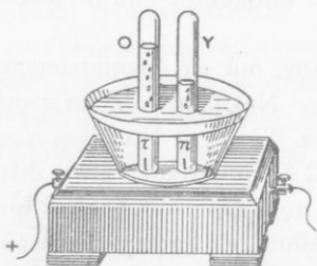
Σημ.—Προηγουμένως ὅμως πρέπει νὰ διατάξωμεν καταλλήλως τὴν συσκευήν, ὥστε νὰ μὴ δύνανται τὰ ἰόντα νὰ ἐνωθοῦν, ὁπότε οὐ-

δεμία δευτερεύουσα αντίδρασις θὰ παραχθῆ. Ὡς ἄνοδον χρησιμοποιοῦμεν ράβδον ἐξ ἄνθρακος, ὡς κάθοδον δὲ ἔλασμα σιδηροῦν.

β') **Ἀποσύνθεις τῶν ἰόντων. Ἡλεκτρόλυσις τοῦ ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος.**—Ὡς ἠλεκτρόδια χρησιμοποιοῦμεν σύρματα ἐκ λευκοχρύσου καὶ ὡς ἠλεκτρολύτην ὕδωρ ὠξυνομισμένον διὰ θεικοῦ ὀξέος. Τὸ θεικὸν ὄξυς ἀποσυντίθεται εἰς τὸ κατιὸν H_2 (τὸ ὁποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν κάθοδον) καὶ εἰς τὸ ἀνιὸν SO_4 , τὸ ὁποῖον ἀποσυντίθεται εἰς SO_3 καὶ O . Τὸ O ἐκλύεται περὶ τὴν ἄνοδον. Συνεπεία ἐτέρας δευτερευούσης ἀντιδράσεως τὸ SO_3 μετὰ τοῦ ὕδατος ἀνασχηματίζει θεικὸν ὄξυς



Τοιοῦτοτρόπως συλλέγομεν H εἰς τὴν κάθοδον καὶ O εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 126). Ὁ ὄγκος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι διπλάσιος τοῦ ὄγκου τοῦ ὀξυγόνου. Τελικῶς πράγματι ἀποσυντίθεται τὸ ὕδωρ, καὶ μὲ ὠρισμένην ποσότητα θεικοῦ ὀξέος δυνάμεθα νὰ ἀποσυνθέσωμεν ἄπειρον ποσότητα ὕδατος.



Σχ. 126.

γ') **Προσβολὴ τῶν ἠλεκτροδίων. Ἡλεκτρόλυσις τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ μὲ ἄνοδον ἐκ χαλκοῦ.**— Διαβιβάζομεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ διαλύματος θεικοῦ χαλκοῦ ἐντὸς ὕδατος. Ὁ θεικὸς χαλκὸς ἀποσυντίθεται εἰς τὰ ἰόντα SO_4 καὶ Cu . $CuSO_4 = Cu + SO_4$. Τὸ ἰὸν Cu ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς καθόδου, ἀλλὰ τὸ ἰὸν SO_4 προσβάλλει τὴν ἄνοδον καὶ ἀνασυνιστᾷ θεικὸν χαλκὸν $SO_4 + Cu = CuSO_4$.

Ὁ θεικὸς χαλκὸς ἀποσυντίθεται κ.ο.κ., ὥστε τελικῶς φαίνεται, ὅτι γίνεται μεταφορὰ τοῦ χαλκοῦ ἀπὸ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθοδον.

Τοῦ αὐτοῦ εἴδους φαινόμενον παράγεται, ἐὰν ἠλεκτρολύσωμεν ἄλλας τοῦ ἀργύρου μετὰ ἀνόδου ἐξ ἀργύρου ἢ ἄλλας τοῦ χρυσοῦ μετὰ ἀνόδου ἐκ χρυσοῦ κτλ.

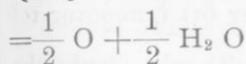
Ἐπιχάλκωσις-Ἐπαργύρωσις-Ἐπιχρῶσις-Ἐπινικέλωσις.—Ἐὰν ὡς κάθοδον θέσωμεν ἀντικείμενόν τι εὐηλεκτραγωγόν, τὸ ἀντικείμενον τοῦτο θὰ καλυφθῆ ὑπὸ στρώματος χαλκοῦ ἢ ἀργύρου ἢ χρυσοῦ ἢ νικελίου κτλ. Ἐννοεῖται ὅτι ἡ ἐργασία αὕτη εἶναι πολὺ λεπτή. Διὰ νὰ λάβωμεν στρῶμα κανονικὸν καὶ ὁμογενές, πρέπει ἡ ἐπιφάνεια

τοῦ ἀντικειμένου νὰ ὑποστῇ εἰδικὸν καθαρισμόν, ἢ δὲ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἢ σύνθεσις καὶ ἢ θερμοκρασία τοῦ ἠλεκτρολύτου νὰ ἐκπληροῦν λεπτὰς συνθήκας, τὰς ὁποίας ὑποδεικνύει ἡ πεῖρα.

δ') **Προσβολὴ τοῦ διαλύματος.**— **Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικοῦ κάλεως ἐν ὕδατι.**—Εὐθὺς ὡς διέλθῃ τὸ ρεῦμα, τὸ καυστικὸν κάλι ἀποσυντίθεται εἰς τὰ ἰόντα του: $\text{KOH} = \text{K} + \text{OH}$. Τὸ ἰὸν K φέρεται εἰς τὴν κάθοδον, ὅπου ἀποσυνθέτει τὸ ὕδωρ:



Τὸ H ἐκλύεται. Εἰς τὴν ἀνοδὸν παράγεται ἄλλη δευτερεύουσα ἀντίδρασις: Τὸ ἰὸν OH ἀποσυντίθεται καὶ ἐκλύεται ὀξυγόνον: $\text{OH} =$



Τελικῶς λαμβάνομεν ὀξυγόνον καὶ ὑδρογόνον, ἀποσυντίθεται δηλ. τὸ ὕδωρ.

γ) **Τὰ ἰόντα ἀντιδρῶν πρὸς ἀλλήλα.**— **Ἡλεκτρόλυσις τοῦ χλωριούχου καλίου.**—Ὑποβάλλομεν εἰς ἠλεκτρόλυσιν διάλυμα χλωριούχου καλίου ἐντὸς ὕδατος, χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρόδια ἐξ ἄνθρακος ἢ ἐκ λευκοχρῶσου. Εὐθὺς ὡς διέλθῃ τὸ ρεῦμα, τὸ χλωριούχον κάλιον ἀποσυντίθεται εἰς τὰ ἰόντα του: $\text{KCl} = \text{K} + \text{Cl}$. Εἰς τὴν κάθοδον παράγεται δευτερεύουσα ἀντίδρασις: $\text{K} + \text{H}_2\text{O} = \text{KOH} + \text{H}$.

Ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ κατάλληλον κυκλοφορίαν, τὸ χλωρίον καὶ τὸ καυστικὸν κάλι ἀντιδρῶν καὶ σχηματίζουν ὑποχλωριούχον ἢ χλωρικὸν κάλιον.

111. **Ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.** — **Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.** - *Coulomb.* - *Ampère.* Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δύναται νὰ συγκριθῇ πρὸς ρεῦμα ὕδατος, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ ἐντὸς σωλῆνος. Ὅπως ἐν ρεῦμα ὕδατος χαρακτηρίζεται διὰ τῆς ἀποδόσεώς του, δηλ. διὰ τῆς ποσότητος τοῦ ὕδατος, ἢ ὁποία διέρχεται διὰ τινος κυρίας τομῆς τοῦ σωλῆνος ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου, τοιοῦτοτρόπως καὶ ἐν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα χαρακτηρίζεται διὰ τῆς ἐντάσεώς του, δηλ. διὰ τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία διέρχεται διὰ τινος κυρίας τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ εἰς 1 δευτερολέπτου.

Ἡ ἠλεκτρόλυσις, τῆς ὁποίας τὰ ἀποτελέσματα παρατηροῦνται εὐκόλως καὶ μετροῦνται μετ' ἀκριβείας, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ μετρήσωμεν

τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ συνεπῶς τὴν ἔντασιν ἐνὸς ἠλεκτροῦ
κοῦ ρεύματος.

Εἰς κύκλωμα παρεμβάλλομεν συσκευὴν ἠλεκτρολύσεως περιέχου-
σαν ὕδρωρ ὠξυνισμένον διὰ θειικοῦ ὀξέος (βολτάμετρον) καὶ συλλέγομεν
τὸ ἐκλύομενον ὕδρογόνον.

Ἐὰν ἡ ποσότης τοῦ συλλεγέντος ὕδρογόνου εἶναι $\frac{1}{96600}$ γρ.
λέγομεν ὅτι **ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ**, ἡ ὁποία διῆλθε διὰ τῆς
συσκευῆς εἶναι ἐν *coulomb*. Ἐὰν ἡ ποσότης τοῦ συλλεγέντος ὕδρο-
γόνου εἶναι $\frac{2}{96600}$ γρ., $\frac{3}{96600}$ γρ... κλπ., λέγομεν ὅτι ἡ ποσότης τοῦ
ἠλεκτρισμοῦ, ἥτις διῆλθε διὰ τῆς συσκευῆς εἶναι 2, 3... κλπ. *coulombs*.

Τὸ πηλίκον τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διὰ τοῦ χρόνου (εἰς
δευτερόλεπτα) τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη αὕτη διὰ νὰ διέλθῃ παριστᾷ
κατὰ τὰ ἀνωτέρω τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος.

**Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν ἴσην μὲ τὴν μονάδα, ὅταν διὰ τῆς
κυρίας τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται ἐν *coulomb* κατὰ δευτερό-
λεπτον.** Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται *ampère*.

Ἐὰν π. χ. 1 *coulomb* διέρχεται εἰς 30 δευτερόλεπτα, ἡ ἔντασις
θὰ εἶναι $\frac{1}{30}$ τοῦ *ampère*. Καὶ γενικῶς, ἐὰν E ἡ ἔντασις εἰς *ampères*,
χ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα καὶ Π ἡ ποσότης εἰς *coulombs*, θὰ ἔχω-
μεν $E = \frac{\Pi}{\chi}$ καὶ $\Pi = E\chi$.

Ἐφαρμογή.—Ποία ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διῆλθε
διὰ τοῦ νήματος λαμπτήρος, διατρεχομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,5
ampères, μετὰ 4 ὥρας φωτισμοῦ ;

$$\text{Ἔχομεν } \Pi = E\chi \quad E = 0,5 \quad \chi = 4.60 \cdot 60 = 14400.$$

$$\Pi = 0,5 \cdot 14400 = 7200 \text{ coulombs.}$$

Κατὰ τὰ ἀνωτέρω, **μονὰς τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶ-
ναι τὸ *coulomb***, ἥτοι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία ἐκλύει

$$\frac{1}{96600} \text{ γρ. ὕδρογόνου.}$$

(Ὅθεν ἀπαιτοῦνται 96600 *coulombs* πρὸς ἔκλυσιν 1 γρ. ὕδρο-
γόνου).

**Μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἶναι τὸ ampère, ἥτοι ἡ ἐν-
τασις ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐκλύει $\frac{1}{96600}$ γρ. ὑδρογόνου εἰς
ἐν δευτερόλεπτον.**

Τὰς ἐντάσεις τῶν ἠλεκτρικῶν ρευμάτων μετροῦμεν δι' εἰδικῶν ὄρ-
γάνων, τὰ ὁποῖα λέγονται **ἀμπερόμετρα**.

Σημ.—Ἐὰν εἰς διάφορα σημεῖα κυκλώματος ἄνευ διακλαδώσεων
παρεμβάλωμεν περισσότερα βολτάμετρα περιέχοντα ὕδωρ μετὰ θειικοῦ
ὀξέος, διαπιστοῦμεν ὅτι **ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἰς ὅλα τὰ ση-
μεῖα εἶναι ἡ αὐτή**. Ἐὰν ὑπάρχουν διακλαδώσεις, **ἡ ἐντασις τοῦ
κυρίου ρεύματος εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμά-
των εἰς τὰς διαφόρους διακλαδώσεις**.

Νόμος τοῦ Faraday. Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἥτις ἐκ-
λύει ἐν γραμμάριον ὑδρογόνου (δηλ. τὸ γραμμοάτομον αὐτοῦ),
ἐλευθερώνει βάρος οἰουδήποτε μετάλλου ἴσον πρὸς τὸ γραμμο-
άτομον τοῦ μετάλλου τούτου διαιρηθὲν διὰ τοῦ σθένους του.

Αἱ μετρήσεις ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ποσότης αὐτὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ
εἶναι περίπου 96600 coulombs.

Πράγματι, ἂν παρεμβάλωμεν εἰς τὸ αὐτὸ κύκλωμα διαλύματα ἀ-
ραιοῦ θειικοῦ ὀξέος, νιτρικοῦ ἀργύρου, θειικοῦ χαλκοῦ (ὁ ἀργυρος
εἶναι μονοθενὴς καὶ τὸ ἀτομικὸν αὐτοῦ βάρος εἶναι 108, ὁ χαλκὸς
δισθενὴς καὶ τὸ ἀτομικὸν του βάρος 63,6) βεβαιωνόμεθα ὅτι, ἂν τὸ
ρεῦμα διατηρηθῆ, ἐφ' ὅσον χρόνον ἀπαιτεῖται, ἵνα ἐκλυθῆ 1 γρ. ὑδρο-
γόνου, θὰ ἔχουν κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον ἀποτεθῆ ἀργύρου μὲν 108 γρ,
χαλκοῦ δὲ $\frac{63,6}{2} = 31,8$ γρ. Κατὰ ταῦτα 96.600 coulombs καθιστῶ-
σιν ἐλεύθερα 1 γρ. ὑδρογόνου, 108 γρ. ἀργύρου, 31,8 γρ. χαλκοῦ, κτλ.

Ἡ : 1 coulomb ἐκλύει $\frac{1}{96.600} = 0,00001035$ γραμ. ὑδρογόνου,
 $0,00001035 \times 108 = 0,001118$ γρ. ἀργύρου, $0,00001035 \times 31,6 =$
 $0,00033$ γρ. χαλκοῦ.

Ἡλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα.—Καλοῦμεν **ἠλεκτροχημικὸν ἰ-
σοδύναμον** σώματός τινος οἰουδήποτε, τὸ βάρος τοῦ σώματος τούτου,
τὸ ὁποῖον κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐλευθερώνεται διὰ τῆς διόδου ἑνὸς
coulomb.

Π.χ. τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ ἀργύρου εἶναι 0,001118, τοῦ χαλκοῦ 0,00033, τοῦ ὑδρογόνου 0,00001035.

112. Ἡλεκτρολυτικὴ μέτρησης τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. —Τὸ βάρος τοῦ ἀργύρου τοῦ ἐκλυομένου ὑπὸ ρεύματος ἐπὶ χρόνον δεδομένον εἶναι εὐκολώτερον νὰ προσδιορισθῇ παρὰ τὸ ἀντίστοιχον βάρος τοῦ ὑδρογόνου. Διὰ τοῦ βάρους δὲ τοῦ ἐκλυομένου ἀργύρου εἶναι πολὺ εὐκόλον νὰ προσδιορισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἐνεργήσαντος ρεύματος.

Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ νὰ παρεμβάλωμεν εἰς τὸ ὑπὸ τοῦ ρεύματος διαρρέομενον κύκλωμα διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου καὶ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ βάρος τοῦ ἀργύρου τὸ ἀποτεθὲν εἰς ὥρισμένον χρόνον. Ἐν εἰς διάστημα χ δευτερολέπτων ἀπετέθησαν M γραμ. ἀργύρου, δέον νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι διήλθον $\frac{M}{0,001118}$ coulombs. Ἔχομεν λοιπὸν :

$$(ἐδ. 111) \quad E \cdot \chi = \frac{M}{0,001118}, \quad \text{ὅθεν } E = \frac{M}{0,001118 \cdot \chi}$$

Σημ.— Τὸ ρεῦμα ὑποτίθεται ὅτι διατηρεῖ ἔντασιν σταθεράν.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Πόσα coulombs χρειάζονται διὰ τὴν δι' ἠλεκτρολύσεως παρασκευὴν 2 κυβ. μέτρων ὑδρογόνου ; Πόσος δὲ χρόνος θὰ χρειασθῇ πρὸς τοῦτο, ἂν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 10 ampères ; (Μία κυβ. παλάμη ὑδρογόνου ἔχει βάρος 0,1 γρ. περίπου).

2ον. Ρεῦμα διακλαδίζεται εἰς δύο βραχίονας, εἰς ἕκαστον τῶν ὁποίων παρεμβάλλεται βολτάμετρον. Συλλέγονται δὲ εἰς 10 πρῶτα λεπτὰ εἰς μὲν τὸ πρῶτον βολτάμετρον 100 κυβ. ἑκατοστά ὑδρογόνου, εἰς δὲ τὸ δεύτερον 150 κυβ. ἑκατοστά. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἐντάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τοὺς δύο βραχίονας καὶ εἰς τὸ κύριον κύκλωμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

ΣΤΗΛΑΙ

113. Αἱ στῆλαι εἶναι, ὅπως εἶπομεν, πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ. Ὀνομάζονται δὲ *στῆλαι* ἀπὸ τὴν πρώτην συσκευὴν τοῦ εἴδους αὐτοῦ, ἡ ὁποία ἐπενοήθη ὑπὸ τοῦ Volta κατὰ τὸ ἔτος 1800. Αὕτη συνίστατο

ἀπὸ σειρὰν στοιχείων, τὰ ὅποια ἔκειντο τὸ ἓν ἐπὶ τοῦ ἄλλου κατὰ τὴν ἰδίαν τάξιν (σχ. 127). Ἐκαστον στοιχεῖον ἀποτελεῖτο ἐξ ἑνὸς δίσκου ἐκ χαλκοῦ, ἑνὸς δίσκου ἐκ ψευδαργύρου καὶ ἑνὸς κυκλικοῦ τεμαχίου ἐριούχου (τσόχας) ἐμποτισμένου δι' ὕδατος ὠξυνισμένου.

Ἐνεκα τῆς τοιαύτης διατάξεως ἔλαβεν ἡ ὄλη συσκευή τὸ ὄνομα *στήλη*, τὸ ὅποιον διετήρησεν, ἂν καὶ μετὰ ταῦτα τὸ σχῆμά της μεταβλήθη ριζικῶς.

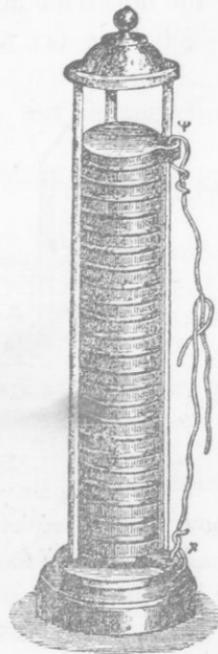
Στήλη τοῦ Βόλτα.— Γενικῶς, ἕκαστον στοιχεῖον στήλης συνίσταται ἐκ δοχείου ὑαλίνου, περιέχοντος ἠλεκτρολύτην, ἐντὸς τοῦ ὁποίου βυθίζονται δύο διάφορα ἐλάσματα εὐηλεκτραγωγὰ, τὰ ὅποια καλοῦνται *ἠλεκτρόδια*. Δύο σύρματα ἐκ χαλκοῦ προσκολλημένα ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων ἀποτελοῦν *τοὺς πόλους* τοῦ στοιχείου.

Διὰ τοῦ *βολταμέτρου* βεβαιωνόμεθα ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πόλων ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ τιμὴ τῆς διαφορᾶς ταύτης, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἐκφράζει τὴν *ἠλεκτρογενετικὴν δύναμιν τοῦ στοιχείου*. Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις ἑνὸς στοιχείου εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ σχήματος καὶ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ, ἐξαρτᾶται δὲ μόνον ἀπὸ τὴν χημικὴν φύσιν τῶν οὐσιῶν, ἐκ τῶν ὁποίων συνίσταται τὸ στοιχεῖον. Ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, δηλ. ὅταν συνδέσωμεν τοὺς πόλους διὰ σύρματος, διέρχεται δι' αὐτοῦ ρεῦμα. Διὰ νὰ ὑπάρχη ὁμοίως διαφορὰ δυναμικῶν μεταξὺ τῶν δύο πόλων, πρέπει τὰ ἠλεκτρόδια νὰ εἶναι διαφόρου φύσεως. Ἄν ἦσαν καὶ τὰ δύο π. χ. ἐκ ψευδαργύρου, ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις θὰ ἦτο ἴση μὲ τὸ μηδὲν καὶ τὸ στοιχεῖον δὲν θὰ παρῆιχε ρεῦμα.

Εἰς τὸ στοιχεῖον τοῦ Volta (σχ. 128) ὁ ἠλεκτρολύτης εἶναι ὕδωρ ὠξυνισμένον διὰ θεικοῦ ὀξέος. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον ἀποτελεῖται ἐκ χαλκοῦ, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἐκ ψευδαργύρου.

Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 1 volt.

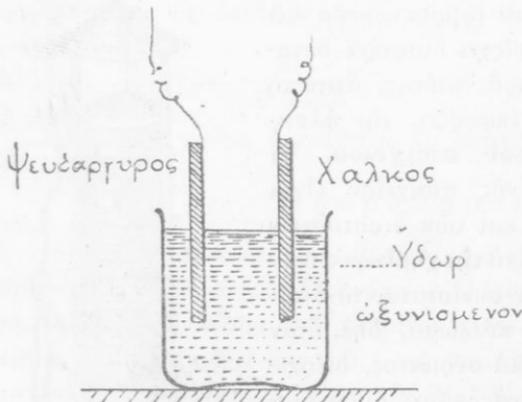
114. **Χημικὰ φαινόμενα ἐντὸς τῶν στοιχείων.**— Ὅταν συν-



Σχ. 127.

δέσωμεν διὰ σύρματος τοὺς πόλους ἠλεκτρικοῦ στοιχείου, τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διέρχεται ἑξωτερικῶς διὰ τοῦ σύρματος, μεταβαίνειν ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου εἰς τὸν ἀρνητικόν, συνεχίζει τὴν κίνησίν του καὶ ἐντὸς τοῦ στοιχείου ἀπὸ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικόν καὶ τοιοῦτοτρόπως τὸ κύκλωμα κλείεται.

Πράγματι, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ὑγρά τοῦ στοιχείου ἀποσυντίθενται, ὅπως ὁ ἠλεκτρολύτης ἠλεκτρολυτικῆς συσκευῆς καὶ κατὰ τοὺς αὐτοὺς νόμους. Τὸ ὑδρογόνον ἢ τὸ ἐλευθερούμενον μέταλλον ἐκλύεται ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου *τῆς ἐξόδου* ἐκ τοῦ στοιχείου (δηλ. ἐνταῦθα ἐπὶ τοῦ θετικοῦ πόλου, ὅστις καθίσταται *κάθοδος*), τὸ δὲ ὑπόλοιπον τοῦ ἀποσυντεθέντος μορίου ἐκλύεται ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου *τῆς εἰσόδου* (δηλ. ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου, ὅστις καθίσταται *ἀνοδος*). Οὕτω π.χ. εἰς τὸ



Σχ. 128.

στοιχείῳ τοῦ Βόλτα, ὅταν κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, τὸ ρεῦμα διέρχεται, διαπερᾶ τὸ ὑγρὸν ἀπὸ τοῦ ψευδαργύρου πρὸς τὸν χαλκὸν καὶ ἀποσυνθέτει τὸ θεικὸν ὄξύ.

Τὸ ἰὸν H_2 φέρεται ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ, ὅπου καὶ ἐκλύεται.

Τὸ δὲ ἰὸν SO_4 φέρεται ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ προσβάλλει αὐτὸν παρέχον θεικὸν ψευδάργυρον,

ὅστις διαλύεται ἐντὸς τοῦ ὠξυνισμένου ὕδατος (*).

Σημ.—Αὐτὴ ἀκριβῶς ἢ χημικὴ ἐνέργεια διατηρεῖ τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ καὶ μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

115. Πόλωσις τοῦ στοιχείου τοῦ Βόλτα.—Εἶναι εὐκόλον νὰ ἐπαληθεύσωμεν (π.χ. μὲ ἓνα ἠλεκτρικὸν κώδωνα), ὅτι τὸ ρεῦμα τοῦ στοι-

(*) Πράγματι, τὸ φαινόμενον δὲν εἶναι τόσο ἀπλοῦν. Τὸ SO_4 μετὰ τοῦ H_2O δίδει H_2SO_4 μετ' ἐκλύσεως O . Τὸ O μετὰ τοῦ Zn παράγει ZnO , τὸ ὁποῖον μετὰ τοῦ H_2SO_4 δίδει $ZnSO_4$ καὶ H_2O .

χείου τοῦ Βόλτα ἔξασθενεὶ τάχιστα. Λέγομεν τότε ὅτι τὸ στοιχεῖον *ἐπολώθη*.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἐπιπολαίαν ἀλλοίωσιν τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ χαλκοῦ.

Τὸ διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως δηλ. παραχθὲν ὑδρογόνον προσφύεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χαλκοῦ καὶ τοιουτοτρόπως ἡ σειρὰ τῶν ἀγωγῶν τοῦ στοιχείου, ἀντὶ νὰ εἶναι : ψευδάργυρος-ὔδωρ ὠξυνισμένον-χαλκός, γίνεται : ψευδάργυρος-ὔδωρ ὠξυνισμένον-ὑδρογόνον-χαλκός, τῆς ὁποίας ἡ ἠλεκτρογερετική δύναμις εἶναι πολὺ μικροτέρα. Διότι ἡ παρουσία τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ δημιουργεῖ ἠλεκτρογερετικὴν δύναμιν, ἡ ὁποία, ἂν ἦτο μόνη, θὰ παρήγε ρεῦμα ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὸ τοῦ στοιχείου (*ἀντι-ἠλεκτρογερετικὴ δύναμις*).

Πράγματι, ἐὰν προστρίψωμεν μὲ ξυλίνην ἢ ὑαλίνην ράβδον τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ, διὰ νὰ ἔξαφανίσωμεν τὰς φυσαλίδας τοῦ ὑδρογόνου, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἀναλαμβάνει τὴν προηγουμένην ἰσχύν του.

Ἔνεκα τῆς ἔξασθενήσεως ταύτης τὸ στοιχεῖον τοῦ Βόλτα εἶναι ἀκατάλληλον διὰ τὰς πρακτικὰς χρήσεις.

Διὰ τοῦτο κατασκευάζονται στοιχεῖα μὲ σταθερὰν ἠλεκτρογερετικὴν δύναμιν, ἀποσοβουμένης τῆς ἐκλύσεως τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ θετικοῦ πόλου. Πρὸς τοῦτο ἡ χρησιμοποιεῖται ἄλλας τι ἀντὶ ὀξέος ἢ περιβάλλεται ὁ θετικὸς πόλος δι' ὀξειδωτικοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον ἔξαφανίζει τὸ ὑδρογόνον. Θὰ ἐξετάσωμεν τὴν ἀρχὴν τῶν στοιχείων τούτων ἐπὶ τῶν ἐπομένων παραδειγμάτων :

α') *Στοιχεῖον Daniell*.—(σχ. 129). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο συνίσταται ἐξ ὑαλίνου δοχείου χωριζομένου

εἰς δύο διαμερίσματα δι' ἐτέρου δοχείου πορώδους. Τὸ ἐξωτερικὸν διαμερίσμα περιέχει ὔδωρ ὠξυνισμένον, ἐν αὐτῷ δὲ ἔμβαπτίζεται κυλινδρικὸν ἔλασμα ψευδαργύρου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκ-

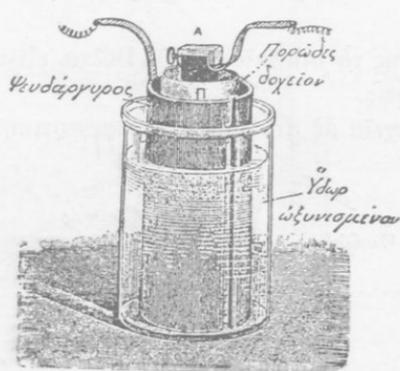


Σχ. 129.

τρόδιον. Τὸ πορῶδες δοχεῖον περιέχει διάλυμα **θεικοῦ χαλκοῦ**, τὸ ὁποῖον διατηροῦμεν κεκορεσμένον προσθέτοντες εἰς αὐτὸ κρυστάλλους τοῦ αὐτοῦ ἄλατος. Τέλος, ἐντὸς τοῦ διαλύματος τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ ἐμβαπτίζεται χαλκοῦν ἔλασμα X ἀποτελοῦν τὸ θετικὸν ἤλεκτροδίου.

Χημικαὶ ἀντιδράσεις.—Ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, οἱ δύο ἤλεκτρολύται H_2SO_4 καὶ $CuSO_4$ ἀποσυντίθενται ὑπὸ τοῦ ρεύματος. Τὸ H_2SO_4 δίδει τὰ ἰόντα SO_4 καὶ H_2 . Τὸ SO_4 φέρεται ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, μετὰ τοῦ ὁποίου παράγει $ZnSO_4$. Τὸ H_2 φέρεται πρὸς τὸ πορῶδες δοχεῖον. Ἐξ ἑτέρου ἐντὸς τοῦ πορῶδους δοχείου ὁ $CuSO_4$ δίδει τὰ δύο ἰόντα SO_4 καὶ Cu . Τὸ SO_4 φέρεται πρὸς τὸ πορῶδες δοχεῖον, ὅπου συντίθενται μετὰ τοῦ H_2 καὶ παράγεται θεικὸν ὀξύ, ὃ δὲ Cu φέρεται καὶ ἐπιτίθεται ἐπὶ τοῦ ἐλάσματος τοῦ χαλκοῦ. Τοιοῦτοτρόπως τὸ στοιχεῖον δὲν πολοῦται καὶ δίδει ρεῦμα σταθερόν.

Τὸ διάλυμα τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ, τὸ ὁποῖον προστατεύει τὸ στοιχεῖον ἀπὸ τῆς πολώσεως, καλεῖται **ἀντιπολωτικὸν ὑγρὸν**.



Σχ. 130.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου τοῦ Daniell εἶναι περίπου 1 volt.

β') Στοιχεῖον Bunsen.—Τὸ στοιχεῖον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ τεσσάρων μερῶν, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ τεθῶσι τὸ ἓν ἐντὸς τοῦ ἄλλου. Τὰ μέρη ταῦτα εἶναι τὰ ἑξῆς : α') ἐν ἐξωτερικὸν δοχεῖον (σχ. 130) ἐξ ὑάλου, πληρούμενον δι' ὕδατος περιέχοντος ὀλίγον θεικὸν ὀξύ (10:1).

β') εἰς κοῖλος κύλινδρος ἐκ ψευδαργύρου·

γ') ἐν πορῶδες δοχεῖον Π, πληρούμενον δι' ἀγοραίου νιτρικοῦ ὀξέος, καὶ

δ') μία πρισματικὴ ράβδος A ἐξ ἄνθρακος τῶν ἀποστακτήρων.

Θέτομεν πρῶτον ἐν τῷ ὑάλινῳ δοχείῳ τὸν ψευδάργυρον, κατόπιν τὸ πορῶδες δοχεῖον καὶ εἰς τὸ κέντρον τὸν ἄνθρακα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα.

Χημικαὶ ἀντιδράσεις.—Εἰς τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ἀντιπολωτικὸν

είναι τὸ νιτρικὸν ὀξύ. Ὄταν κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, ἀποσυντίθεται ἐν μόριον H_2SO_4 καὶ δύο μόρια HNO_3 . Τὸ ἰὸν SO_4 φέρεται ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, μετὰ τοῦ ὁποίου συντίθεται. Τὰ δύο ἰόντα H_2 καὶ 2NO_3 συντίθενται ἐπὶ τοῦ πορώδους δοχείου διὰ νὰ ἀνασχηματίσουν νιτρικὸν ὀξύ. Τέλος, τὰ δύο ἰόντα H τοῦ νιτρικοῦ ὀξέος φέρονται ἐπὶ τοῦ ἀνθρακος, ὅπου ἀνάγουν τὸ νιτρικὸν ὀξύ καὶ παρέχουν ὑπεροξειδίον τοῦ ἀζώτου καὶ ὕδωρ: $\text{H} + \text{HNO}_3 = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

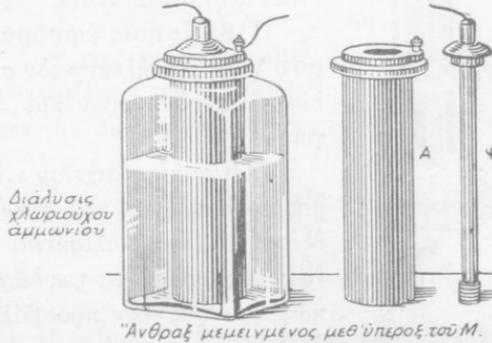
Τὸ στοιχεῖον τοῦτο ἀφήνει λοιπὸν νὰ ἐκλύωνται νιτρώδη ἀέρια δυσάρεστα εἰς τὴν ἀναπνοὴν καὶ ἐπιβλαβῆ εἰς τὴν ὑγείαν.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου τοῦ Bunsen εἶναι 1,8 volts.

116. **Ἄλλα στοιχεῖα.**—**Στοιχεῖον Leclanché** (σχ 131). Κατὰ τὴν τελευταίαν μορφήν τοῦ στοιχείου τούτου, τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον εἶναι ράβδος ἐκ ψευδαργύρου διατηρουμένη διὰ μονωτήρων εἰς τὸν ἄξονα κοίλου κυλίνδρου. Ὁ κύλινδρος οὗτος, ὁ ὁποῖος εἶναι τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον, ἀποτελεῖται ἐξ ἀνθρακος τῶν ἀποστακτῆρων ζυμωθέντος ἐν καταστάσει κόνεως μετὰ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ ἀντιπλωτικόν. Ὁ ἠλεκτρολύτης δὲ ἀποτελεῖται ἐκ διαλύματος χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl).

Χημικαὶ ἀντιδράσεις.—Κλειομένου τοῦ κυκλώματος, τὸ NH_4Cl ἀποσυντίθεται εἰς NH_4 καὶ Cl . Καὶ τὸ μὲν Cl φέρεται πρὸς τὸν ψευδάργυρον, μετὰ τοῦ ὁποίου σχηματίζει χλωριούχον ψευδάργυρον, ὅστις διαλύεται εἰς τὸ ὕδωρ, τὸ δὲ NH_4 φέρεται ἐπὶ τοῦ ἀνθρακος, ὅπου ἀποσυντίθεται εἰς ἀμμωνίαν (NH_3), ἥτις διαλύεται εἰς τὸ ὕδωρ, καὶ εἰς H τὸ ὁποῖον ὀξειδοῦται ὑπὸ τοῦ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου εἰς ὕδωρ.

Ἡ ὀξειδωσις ὅμως αὕτη, συντελουμένη ὑπὸ σώματος στερεοῦ, προβαίνει βραδέως. Διὰ τοῦτο, τοῦ στοιχείου τούτου γίνεται χρῆσις,

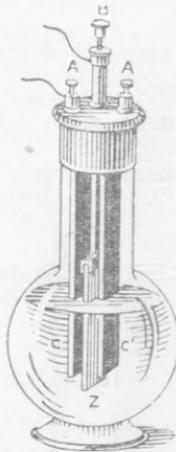


Σχ. 131.

ὅταν δὲν ἀπαιτῆται ἀδιαλείπτως συνεχὲς ρεῦμα, ὅπως π.χ. διὰ τοὺς ἠλεκτρικοὺς κώδωνας, τὰ τηλέφωνα, τὸν τηλέγραφον.

Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου τούτου εἶναι 1,46 volts.

117. **Στοιχεῖον διὰ διχρωμικοῦ καλίου.**— Τὸ στοιχεῖον τοῦτο περιέχει ἓν μόνον ὑγρὸν. Τὸ ὑγρὸν τοῦτο εἶναι ὠξυσισμένον ὕδωρ περιέχον **διχρωμικὸν κάλιον**, τὸ ὁποῖον εἶναι σῶμα ὀξειδωτικὸν καὶ χρησιμεύει ὡς ἀντιπολωτικόν.



Σχ. 132.

Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον συνίσταται (σχ. 132) ἐκ δύο πλακῶν ἐξ ἄνθρακος, μεταξὺ τῶν ὁποίων εὐρίσκεται τὸ ἄρνητικὸν ἠλεκτρόδιον ἐκ ψευδαργύρου.

Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου τούτου εἶναι περίπου 2 volts.

118. **Χρῆσις ἐφυδραργυρωμένου ψευδαργύρου*.**— Ἐν ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον κλειστὸν καταναλίσκει ψευδάργυρον καὶ παρέχει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ὅταν τὸ στοιχεῖον εἶναι ἀνοικτὸν, ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται καὶ τότε ὑπὸ τοῦ ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος καὶ καταναλίσκεται ματαίως. Τοῦναντίον ὁ ἐφυδραργυρωμένος ψευδάργυρος, καθὼς καὶ ὁ χημικῶς καθαρὸς δὲν προσβάλλεται, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν, ἀλλὰ μόνον ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα καὶ διέρχεται τὸ ρεῦμα. Διὰ τοῦτο εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα χρησιμοποιοῦμεν ψευδάργυρον ἐφυδραργυρωμένον.

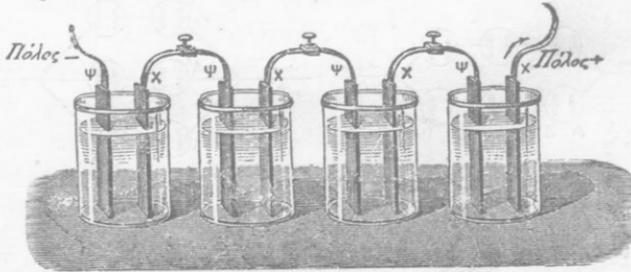
Σημ.— Εἰς τὸ διὰ διχρωμικοῦ καλίου στοιχεῖον καὶ ὁ ἐφυδραργυρωμένος ψευδάργυρος προσβάλλεται ὑπὸ τοῦ ὀξίνου διαλύματος. Διὰ τοῦτο ὅταν τὸ στοιχεῖον δὲν λειτουργῇ, πρέπει ὁ ψευδάργυρος νὰ σύρεται πρὸς τὰ ἄνω διὰ νὰ ἐξάγεται ἐκ τοῦ διαλύματος.

119. **Ἡλεκτρικὴ στήλη.**— **Ἡλεκτρικὴ στήλη** λέγεται τὸ σύνολον δύο ἢ περισσοτέρων στοιχείων, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι ἠνώθησαν

* Διὰ νὰ ἐφυδραργυρώσωμεν τὸν ψευδάργυρον, τὸν βυθίζομεν ἐντὸς ὑδραργύρου κεκαλυμμένου με στρῶμα ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος, τὸ ὁποῖον καθαρίζει τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ψευδαργύρου κατὰ τὴν ἐμβάπτισιν.

δι' ἀγωγῶν (σχ. 133). Ἡ σύνδεσις αὕτη δύναται νὰ γείνη κατὰ τρεῖς τρόπους :

α') **Κατὰ τάσιν.** - Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον συνδέομεν τὰ στοιχεῖα διὰ τῶν ἑτερονόμων αὐτῶν πόλων (σχ. 134). Ὁ θετικὸς πόλος τοῦ

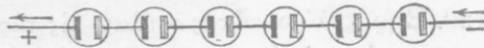


Σχ. 133.

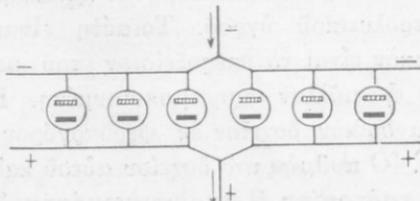
πρώτου στοιχείου καὶ ὁ ἀρνητικὸς τοῦ τελευταίου οἱ ὁποῖοι ἀφήνονται ἐλεύθεροι, ἀποτελοῦν τοὺς **πόλους τῆς στήλης.**

Ἐὰν προσδιορίσωμεν τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης ταύτης, θὰ ἴδωμεν ὅτι αὕτη εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων.

Ἐὰν δηλ. ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἶναι 1 volt μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἑνὸς στοιχείου, ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους στήλης ἀποτελουμένης ἐκ n στοιχείων τῆς αὐτῆς συστάσεως θὰ εἶναι n volts.



Σχ. 134.

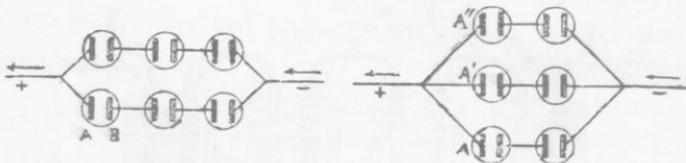


Σχ. 135.

β') **Κατὰ ποσότητα.** - Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον συνδέομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλους τοὺς θετικὸς πόλους, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὅλους τοὺς ἀρνητικὸς (σχ. 135).

Κατὰ τὸν τοιοῦτον συνδυασμὸν ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους ἑνὸς καὶ μόνου στοιχείου.

γ') *Μεικτῶς*.—Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον σχηματίζομεν ομάδας ἐκ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ στοιχείων καὶ ἐνοῦμεν τὰ στοιχεία ἐκάστης ομάδος κατὰ τάσιν οὕτως, ὥστε ἐκάστη ὁμάς νὰ ἀποτελῇ μίαν στήλην κατὰ τά-



Σχ. 136.

σιν. Ἐπειτα ἐνώνομεν τὰς σχηματισθείσας στήλας κατὰ ποσότητα (σχ. 136).

Κατὰ τὸν συνδυασμὸν τοῦτον, ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ μιᾶς τῶν συνιστωσῶν στηλῶν.

ΞΗΡΑΙ ΣΤΗΛΑΙ

120. Ξηρὰς λέγομεν τὰς στήλας, εἰς τὰς ὁποίας τὸ ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν *παραμένει ἀκίνητον*, τῇ βοηθείᾳ οὐσιῶν τινῶν, αἱ ὁποῖαι δίδουν εἰς αὐτὸ σύστασιν πηκτώδη.

Δηλ. τὸ ὑγρὸν μέσον δὲν παραλείπεται καὶ ἡ οὐσία, ἡ ὁποία τὸ καθιστᾷ ἀκίνητον πρέπει νὰ εἶναι *χημικῶς ἀδρανῆς* ὡς πρὸς τὸ ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν, συγκρατοῦσα μόνον αὐτὸ ὡς σπόγγος.

Αἱ μετὰ στερεοῦ ἀντιπολωτικοῦ στήλαι εἶναι αἱ μόναι κατάλληλοι διὰ τὴν ἀκίνητοποίησιν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ. Τοιαύτη εἶναι ἡ στήλη, εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιπολωτικὸν εἶναι τὸ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου. Ἡ στήλη αὕτη εἶναι καὶ ἡ μᾶλλον χρησιμοποιουμένη. Εἰς αὐτὴν ἀρνητικὸς πόλος εἶναι κυλινδρικὸν δοχεῖον ἐκ ψευδαργύρου Α (σχ. 137), ἀνοικτὸν πρὸς τὰ ἄνω. Ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου αὐτοῦ καλύπτεται ἐσωτερικῶς διὰ δίσκου *ἐκ χαρτονίου Β παραφινωμένου*, διὰ τοῦ ὁποίου ἀπομονοῦται ὁ ἐκ ψευδαργύρου πυθμὴν.

Ὡς ἀντιπολωτικὸν σῶμα χρησιμεύει δεύτερος κύλινδρος Γ ἀποτελούμενος ἐξ ὁμοιομεροῦς μείγματος ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου, ἀνθρακός, ἀνθρακικοῦ μολύβδου, γραφίτου καὶ χλωριούχου ἀμμωνίου.

Ὁ κύλινδρος οὗτος περιβάλλεται διὰ ἀραιοῦ βαμβακεροῦ ὑφάσματος (τὸ ὑφασμα εἰς τὸ σχῆμα παρίσταται διὰ ἐστιγμένης γραμμῆς) καὶ εἶναι τοποθετημένος ἐντὸς τοῦ ἐκ ψευδαργύρου κυλίνδρου, χωρὶς νὰ ἐφάπτεται αὐτοῦ. Μεταξὺ τῶν δύο κυλίνδρων ἀφήνεται μικρὸν διάστημα, τὸ ὁποῖον πληροῦται διὰ μείγματος ἀμύλου, χλωριούχου ψευδαργύρου, διχλωριούχου ὑδραργύρου καὶ κεκορεσμένου διαλύματος χλωριούχου ἀμμωνίου (ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν ἀκίνητοποιηθέν). Ὁ θετικὸς πόλος εἶναι ράβδος K ἐξ ἄνθρακος τῶν ἀποστακτήρων, τοποθετημένη κατὰ τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου Γ.

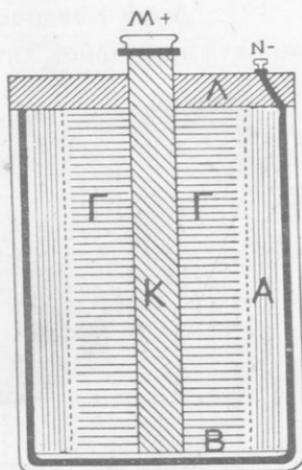
Ἡ ὅλη συσκευή εἰσάγεται εἰς θήκην ὀλίγον ὑψηλοτέραν καὶ φράσσεται ἄνωθεν διὰ στρώματος κηροῦ Α.

Εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς ράβδου τοῦ ἄνθρακος K προσαρμόζεται χάλκινος συναπτήρ Μ. Εἰς ἄλλος δὲ συναπτήρ Ν ἐπίσης ἐκ χαλκοῦ συγκοινωνεῖ διὰ χαλκίνου ἐλάσματος μετὰ τοῦ ἐκ ψευδαργύρου κυλίνδρου Α.

Μία ξηρὰ στήλη καλῶς κατεσκευασμένη εἶναι τελείως ἀδρανής, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Δύναται ἐπομένως νὰ διατηρηθῇ ἐπ' ἀρκετόν. Ὄταν κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, ὁ ψευδαργυρὸς προσβάλλεται ὑπὸ τοῦ χλωριούχου ἀμμωνίου καὶ ἡ στήλη παρέχει ρεῦμα.

Αἱ ξηραὶ στήλαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τοὺς τηλεγράφους, τὰ τηλέφωνα καὶ ἐνίοτε διὰ τὴν ἀνάφλεξιν εἰς τοὺς δι' ἐκρήξεων κινητήρας.

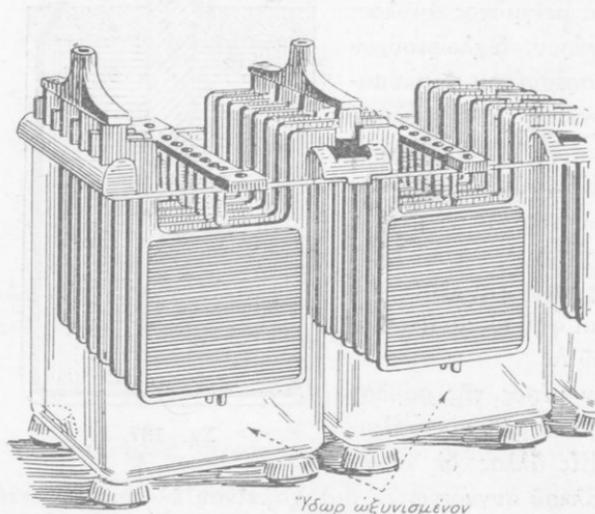
Ἡ ξηρὰ στήλη ἢ προωρισμένη πρὸς φωτισμὸν (στήλη λάμπας τῆς τσέπης) εἶναι πεπλατυσμένη, ἀποτελεῖται δὲ ἐκ τριῶν στοιχείων ἐνωμένων κατὰ τάσιν. Ἡ στήλη αὕτη παρέχει ρεῦμα 4,5 volts, τὸ ὁποῖον διαρρέον μικρὸν λαμπτήρα δύναται νὰ παράγῃ συνεχῆ φωτισμὸν ἐπὶ τρεῖς περίπου ὥρας.



Σχ. 137.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

121. Ἀρχὴ τῶν συσσωρευτῶν.—Ὁ συσσωρευτῆς (σχ. 138) εἶναι πηγὴ ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν

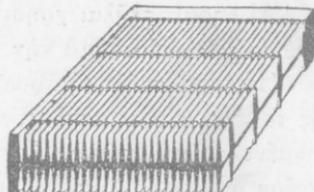


Σχ. 138.

ἄρχὰς οὐδεμίαν διαφορὰν δυναμικοῦ παρουσιάζουν. Ἴνα τὸ ὄργανον καταστῆ πηγὴ ἠλεκτρισμοῦ, **πρέπει νὰ πληρωθῆ.**

Πλήρωσις.— Διὰ νὰ πληρώσωμεν τὸν συσσωρευτὴν, παρεμβάλλομεν αὐτὸν εἰς κύκλωμα περιέχον ἠλεκτρικὴν πηγὴν. Τότε τὸ ὄργανον λειτουργεῖ ὡς ἠλεκτρολυτικὴ συσκευή. Τὸ διὰ θειικοῦ ὀξέος ὠξυνισμένον ὕδωρ ἀποσυντίθεται, ἀλλὰ τὸ ὀξυγόνον καὶ τὸ ὑδρογόνον δὲν ἐκλύονται· τὰ ἀέρια αὐτὰ ἀντιδροῦν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ **πολοῦσιν** αὐτά.

Καὶ τὸ μὲν ὑδρογόνον φέρεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐκεῖ ἀνάγει τὸ PbO εἰς μεταλλικὸν Pb : $(PbO + 2H = Pb + H_2O)$,



Σχ. 139.

ὡς ἐξῆς :

Ἐντὸς δοχείου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδωρ ὠξυνισμένον διὰ θειικοῦ ὀξέος (10 : 1), ἐμβαπτίζομεν δύο ἠλεκτροδία ἐξ ὀξειδίου τοῦ μολύβδου (PbO), συγκρατούμενου διὰ σκελετοῦ ἐκ μολύβδου σχ. (139 καὶ 140).

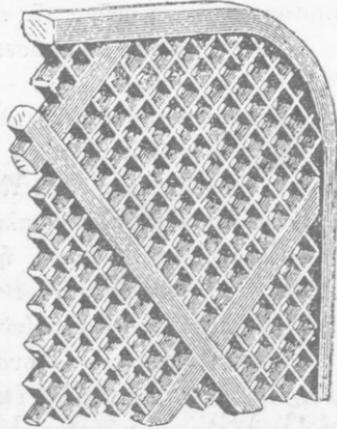
Ἐπειδὴ τὰ ἠλεκτροδία ταῦτα εἶναι ὅμοια, κατ'

τὸ δὲ ὀξυγόνον φερόμενον εἰς τὴν ἄνοδον σχηματίζει μετὰ τοῦ PbO διοξειδίου τοῦ μολύβδου PbO_2 ($PbO + O = PbO_2$).

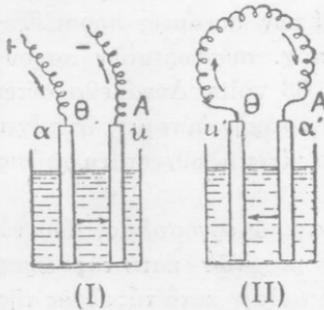
Τὴν ἀλλοίωσιν ταύτην τῶν ἠλεκτροδίων δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν διὰ τῆς ἀλλαγῆς τῆς χροιάς των. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον λαμβάνει τὴν ὑπέρουθρον χροίαν τοῦ διοξειδίου τοῦ μολύβδου, τὸ δὲ ἔτερον τὴν φαιοκυανῆν χροίαν τοῦ μολύβδου.

Ἐννοοῦμεν ὅτι συνετελέσθη ἡ πλήρωσις, ὅταν τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ ὀξυγόνον, μηδόλως πλέον ἐπιδρῶντα, ἐκλύωνται ἐν ἀφθονίᾳ.

Ἐνεκα τῆς ὡς ἄνω ἀλλοιώσεως, τὴν ὁποίαν ὑπέστησαν τὰ ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα ἀρχικῶς ἦσαν ὅμοια, κατέστησαν διάφορα καὶ τοιοῦτοτρόπως ἐσχηματίσθη ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, τοῦ ὁποίου ἡ ἠλεκτρογενετική δύναμις εἶναι περίπου 2 volts. Θετικὸς πόλος εἶναι ὁ πόλος, ὅστις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ διοξειδίου τοῦ μολύβδου.



Σχ. 140.



Σχ. 141.

Ἐφεξῆς τὸ ὄργανον δύναται νὰ λειτουργήσῃ ὡς πηγὴ ἠλεκτρική.

Ἐκκένωσις.— Ἐὰν συνδέσωμεν διὰ σύρματος τοὺς πόλους πεπληρωμένον συσσωρευτοῦ, ἡ ἠλεκτρογενετική του δύναμις παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα φορᾶς ἀντιθέτου πρὸς τὴν φορᾶν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐχρησίμευσε διὰ τὴν πλήρωσιν, καὶ ὁ συσσωρευτὴς ἐκκενοῦται (σχ. 141).

Τὸ ρεῦμα τῆς ἐκκενώσεως παράγει ἐντὸς τοῦ συσσωρευτοῦ δράσεις χημικὰς ὁμοίας πρὸς τὰς παραγομένας ἐντὸς ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου. Τὸ μόριον τοῦ ὕδατος ἀποσυντίθεται. Καὶ τὸ μὲν ὑδρογόνον φέρεται εἰς τὸ ἠλεκτρόδιον τῆς **ἐξόδου** καὶ ἐκεῖ ἀνάγει τὸ διοξειδίου τοῦ μολύβδου εἰς ὀξείδιον: $PbO_2 + H_2 = PbO + H_2O$, τὸ δὲ

όξυγόνον φέρεται εἰς τὸ ἠλεκτροδῖον τῆς *εἰσόδου*, ὀξειδώνει τὸν μόλυβδον καὶ μετατρέπει αὐτὸν εἰς ὀξειδῖον : $Pb + O = PbO$.

Δηλ. τὸ ρεῦμα τῆς ἐκκένωσης καταστρέφει ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον εἶχε δημιουργήσει τὸ ρεῦμα τῆς πληρώσεως.

Τὸ ρεῦμα τῆς ἐκκένωσης σταματᾷ, ὅταν τὰ δύο ἠλεκτρόδια γίνουν πάλιν ὅμοια.

Εἶναι φανερόν, κατὰ τὰ ἀνωτέρω, ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν coulombs τὰ ὁποῖα ἀποδίδονται κατὰ τὴν ἐκκένωσιν εἶναι, θεωρητικῶς τοῦλάχιστον, ἀκριβῶς ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν coulombs, τὰ ὁποῖα ἐχρησιμοποιήθησαν κατὰ τὴν πλήρωσιν.

Εἰς τὴν προᾶξιν ὅμως, ἡ πλήρης θεωρία τῆς πληρώσεως καὶ ἐκκένωσης τοῦ συσσωρευτοῦ παρεμβάλλει καὶ τὸ θεικὸν ὀξύ, τὸ ὁποῖον ἀντιδρᾷ ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων.

Συμπέρασμα.—Ὁ συσσωρευτὴς εἶναι, ὅπως καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, μεταμορφωτῆς ἐνεργείας. Κατὰ τὴν πλήρωσιν λειτουργεῖ ὡς ἠλεκτρολυτικὸς δέκτης· ἀπορροφᾷ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν τοῦ παρέχει ἑξωτερικὴ ἠλεκτρικὴ πηγὴ καὶ τὴν μετατρέπει εἰς ἐνέργειαν χημικὴν. Κατὰ τὴν ἐκκένωσιν λειτουργεῖ ὡς πηγὴ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἐκτελεῖ τὴν ἀντίθετον μετατροπὴν.

Χρήσεις τῶν συσσωρευτῶν.—Γενικῶς συνδέουν τοὺς συσσωρευτὰς κατὰ τάσιν, ὁπότε αἱ ἠλεκτρεγερτικαὶ τῶν δυνάμεις προστίθενται. Οὕτω μία συστοιχία (batterie) ἐκ 30 π. χ. συσσωρευτῶν παρουσιάζει ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν $2,1 \times 30 = 63$ volts. Δυνάμεθα οὕτω νὰ πραγματοποιήσωμεν οἰανδήποτε ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν, ἣτις ἔχει τὸ πλεονέκτημα νὰ μένῃ σταθερά. Διὰ τοῦτο γίνεται συχνωτάτη χρῆσις τῶν συσσωρευτῶν.

Οὕτω χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ ἐργοστάσια, διὰ νὰ ἀπορροφῶν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν τῶν μηχανῶν κατὰ τὰς ὥρας τῆς μικρᾶς καταναλώσεως καὶ νὰ ἀποδίδουν ταύτην κατὰ τὰς ὥρας τῆς ἀνάγκης. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται εἰς μεγάλας ἐγκαταστάσεις διὰ τὸν φωτισμὸν ἢ ὡς κινητήριος δυνάμιν ἐν περιπτώσει διακοπῆς τοῦ ρεύματος τοῦ παρεχομένου ὑπὸ τοῦ ἐργοστασίου. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἔλξιν· π. χ. εἰς τὰ ὑποβρύχια, εἰς τροχιοδρόμους, ἠλεκτρικὰ αὐτοκίνητα κτλ. Τέλος, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἐκκίγησιν καὶ τὸν φωτισμὸν τῶν αὐτοκινήτων κτλ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'.

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΟΗΜ. - ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ

122. Σκοπὸς τῶν νόμων τοῦ Ohm. — Ἐὰν μεταξὺ δύο σημείων ἀποκαταστήσωμεν διαφορὰν δυναμικοῦ B, ποία θὰ εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ κυκλοφορήσῃ εἰς ἄγωγόν, ὁ ὁποῖος συνδέει τὰ σημεῖα ταῦτα ;

Ἐνάλογος ἐρώτησις εἰς τὴν ὑδροδυναμικὴν εἶναι ἡ ἑξῆς : Ἡ ἔλευθέρᾳ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος εἰς δύο δεξαμενὰς παρουσιάζει διαφορὰν ὕψους π. χ. 10 μέτρων. Ἐὰν συνδέσωμεν τὰς δεξαμενὰς ταύτας διὰ σωλῆνος, ποίαν ἀπόδοσιν θὰ ἔχωμεν ; (δηλ. ποῖον ποσὸν ὕδατος θὰ διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου διὰ τῆς κυρίας τομῆς τοῦ σωλῆνος ;)

Εἶναι γνωστὸν ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἀπόδοσις δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν διαφορὰν τοῦ ὕψους τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὕδατος, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸν σωλῆνα καὶ εἰδικῶς ἀπὸ τὸ μῆκος καὶ τὴν τομὴν του.

Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ εἰς τὸν ἠλεκτρισμόν. Δηλ. ἡ ἔντασις E τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ εἰς τὸν ἄγωγόν, δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν διαφορὰν B τοῦ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ ἀγωγοῦ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸ μῆκος μ τοῦ ἀγωγοῦ, τὴν τομὴν του ϵ καὶ ἀπὸ τὴν φύσιν του.

Οἱ νόμοι τοῦ Ohm σκοπὸν ἔχουν νὰ ὑπολογίσουν τὰς σχέσεις ταύτας.

123. Νόμοι τοῦ Ohm.— Πειραματικὴ ἔρευνα. Νόμος Α') Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων συσσωρευτοῦ εἶναι περίπου 2 volts, καὶ ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν.

Ἐὰν ἀντὶ ἑνὸς συσσωρευτοῦ λάβωμεν 2, 3... κτλ. καὶ συνδέσωμεν αὐτοὺς κατὰ τάσιν, θὰ ἔχωμεν διαφορὰν δυναμικοῦ 4 volts, 6 volts... κτλ.

Παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα καὶ ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον μᾶς δίδει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι διαδοχικῶς 1, 2, 3... ampères, ὅταν παρεμβάλλωμεν εἰς τὸ κύκλωμα 1, 2, 3... συσσωρευτάς. Δηλ. ἡ ἔντασις καθίσταται

2, 3 . . . φορές μεγαλύτερα, όταν η διαφορά τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ γίνεται 2, 3 . . . φορές μεγαλύτερα. Ἄρα :

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ.

Νόμος Β') Συνδέομεν τοὺς δύο πόλους ἑνὸς συσσωρευτοῦ διὰ σύρματος μήκους 0,50 μέτρων καὶ σημειώνομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Ἐστω π.χ. αὕτη 2 ampères. Ἐπαναλαμβάνομεν κατόπιν τὸ πείραμα ἀντικαθιστῶντες τὸ σύρμα δι' ἄλλον σύρματος ἕκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς, ἀλλὰ διπλασίου μήκους, δηλ. ἑνὸς μέτρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 1 ampère. Δηλ. ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑποδιπλασιάζεται, ὅταν τὸ μήκος τοῦ ἀγωγοῦ διπλασιάζεται. Ἄρα :

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος τοῦ ἀγωγοῦ.

Νόμος Γ') Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ προηγούμενον πείραμα, διατηροῦντες τὸ μήκος τοῦ σύρματος εἰς 1 μέτρον, ἀλλὰ χρησιμοποιοῦμεν κατὰ πρῶτον ἓν μόνον σύρμα, κατόπιν δύο ὅμοια σύρματα ὁμοῦ, ἔπειτα τρία ὅμοια σύρματα ὁμοῦ καὶ οὕτω καθεξῆς, τὸ ὅποιον διπλασιάζει, τριπλασιάζει κτλ. τὴν τομῆν. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι αἱ ἐντάσεις θὰ εἶναι διαδοχικῶς 1, 2, 3 . . . ampères. Ἄρα :

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τομῆν τοῦ ἀγωγοῦ.

Νόμος Δ') Ἐπαναλαμβάνομεν ἅπαξ ἔτι τὸ ἀνωτέρω πείραμα, χρησιμοποιοῦντες σύρματα τῶν αὐτῶν διαστάσεων, ἀλλ' ἕκ διαφόρων μετάλλων. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι :

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ μετάλλου.

124. Ἀναλυτικὴ ἔκφρασις τῶν νόμων τοῦ Ohm.— Ἐκ τῶν ἀνωτέρω νόμων ἐξάγομεν τὸν τύπον :

$$E = \frac{B}{\rho \frac{\mu}{\epsilon}} = \frac{B\epsilon}{\rho\mu} \quad (1)$$

ὅστις ἐκφράζει ὅτι ἡ ἔντασις E τοῦ ρεύματος (εἰς ampères) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν B τοῦ δυναμικοῦ (εἰς volts), ἀντιστρόφως δ' ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος μ (εἰς ἑκατοστόμετρα) τοῦ ἀγωγοῦ, ἀνάλο-

γος πρὸς τὴν τομὴν ϵ (εἰς τετραγωνικά ἑκατ.) καὶ ὅτι μεταβάλλεται μετὰ ἀριθμητικοῦ συντελεστοῦ ρ , ὅστις ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ μετάλλου.

125. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ.— Ἀντίστασις ἀγωγοῦ εἶναι ὁ ἀριθμὸς A , διὰ τοῦ ὁποίου πρέπει νὰ διαιρέσωμεν τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ B , διὰ νὰ ἔχωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, Ἦτοι :

$$E = \frac{B}{A} \quad (2)$$

Συνεπῶς ἐκ τοῦ τύπου (1) προκύπτει ὅτι :

$$A = \rho \frac{\mu}{\epsilon} \quad (3)$$

Δηλ. διὰ τὴν αὐτὴν τιμὴν τοῦ B ἢ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔλαττοῦται, ὅταν ἡ ἀντίστασις αὐξάνεται.

Ὁ τύπος (3) δεικνύει ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται τὸ μῆκός του καὶ ὅταν ἡ τομὴ ἔλαττοῦται. Πραγματοποιούμεν λοιπὸν μεγάλας μὲν ἀντιστάσεις διὰ συρμάτων μακρῶν καὶ λεπτῶν, μικρὰς δὲ διὰ χονδρῶν καὶ βραχέων ἔλασμάτων.

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος ἐξαρτᾶται προσέτι καὶ ἐκ τοῦ μετάλλου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον τοῦτο συνίσταται. Τοῦτο ἐκφράζει ὁ συντελεστὴς ρ .

Ὁ συντελεστὴς οὗτος καλεῖται *εἰδικὴ ἀντίστασις* τοῦ μετάλλου, παριστᾷ δὲ τὴν ἀντίστασιν ἀγωγοῦ ἐκ τοῦ μετάλλου τούτου ἔχοντος μῆκος 1 ἑκατ. καὶ τομὴν 1 τετρ. ἑκατ.

Ἐξ ὅλων τῶν χρησιμοποιουμένων μετάλλων, ὁ χαλκὸς ἔχει τὴν μικροτέραν εἰδικὴν ἀντίστασιν.

Μονὰς ἀντιστάσεως. Ohm.—Ἐκ τοῦ τύπου $E = \frac{B}{A}$ λαμβάνομεν $A = \frac{B}{E}$. Ἐὰν $B = 1$ volt καὶ $E = 1$ ampère, θὰ ἔχωμεν $A = 1$.

Μονὰς ἀντιστάσεως εἶναι λοιπὸν ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ, ὅστις διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐνὸς ampère παρουσιάζει μεταξὺ τῶν δύο αὐτοῦ ἄκρων διαφορὰν δυναμικοῦ 1 voll. Ἡ μονὰς αὕτη ἐκλήθη ohm.

Ἡ μονὰς αὕτη παρίσταται διὰ τῆς ἀντιστάσεως, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει εἰς 0° στήλη ὑδραργύρου τομῆς 1 τετρ. χλσ. καὶ μήκους 106,3 ἑκατ.

Ὁ νόμος τοῦ Ohm δύναται λοιπὸν νὰ γραφῆι :

$$E = \frac{B}{A} \quad \eta \quad B = E.A \quad \eta \text{τοι} :$$

Ἡ ἔντασις (εἰς ampères) τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος ἀγωγόν τινα, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ (εἰς volts), ἣτις ὑφίσταται μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ ἀγωγοῦ τούτου, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς ohms). (Νόμος τοῦ Ohm δι' ἀγωγόν).

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί.—1) Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις σύρματος ἐκ χαλκοῦ, μήκους ἑνὸς μέτρου καὶ διαμέτρου $\delta = 1$ χιλιοστοῦ τοῦ μέτρου. Εἰδικὴ ἀντίστασις χαλκοῦ = $1,6 \cdot 10^{-6}$ ohms.

Ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον $A = \rho \frac{\mu}{\varepsilon}$ $\rho = 1,6 \cdot 10^{-6} = \frac{1,6}{10^6}$ ohms

$$\mu = 1\mu = 100 = 10^2 \text{ ἑκατοστόμ.}$$

$$\varepsilon = \pi \frac{\delta^2}{4} \quad \pi = 3,14 \quad \delta = 1 \text{ χλσ.} = 0,1 \text{ ἑκατ.} \quad \varepsilon = 3,14 \cdot \frac{0,01}{4}$$

$$A = \frac{1,6 \cdot 10^2 \cdot 4}{10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,01} = \frac{1,6 \cdot 10^4 \cdot 4}{10^6 \cdot 3,14} = \frac{1,6 \cdot 4}{10^2 \cdot 3,14} = \frac{6,4}{314} = \frac{64}{3140} = \frac{16}{785} = \frac{1}{50} \text{ ohms περίπου.}$$

Ἀπαιτοῦνται λοιπὸν 50 μέτρα τοιοῦτου σύρματος διὰ νὰ πραγματοποιηθῆι ἀντίστασις ἑνὸς ohm περίπου.

2) Ποία εἶναι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ὑδραργύρου, γνωστοῦ ὄντος, ὅτι στήλη ὑδραργύρου τομῆς ἑνὸς τετρ. χιλιοστοῦ καὶ ὕψους 106,3 ἑκατ. ἔχει ἀντίστασιν ἑνὸς ohm.

Ἐκ τοῦ τύπου $A = \rho \frac{\mu}{\varepsilon}$ λαμβάνομεν $\rho = \frac{A \cdot \varepsilon}{\mu}$

$$A = 1 \text{ ohm}$$

$$\varepsilon = 1 \text{ τετρ. χλσ.} = 0,01 \text{ τετρ. ἑκατ.}$$

$$\mu = 106,3 \text{ ἑκ.}$$

$$\rho = \frac{1 \cdot 0,01}{106,3} = \frac{100}{106,3 \cdot 10^4} = \frac{100}{1,063 \cdot 10^6} = \frac{94}{10^6} = 94 \cdot 10^{-6}$$

ohms = 94 microhms περίπου.

Τὸ microhm εἶναι τὸ ἑκατομμυριοστὸν τοῦ ohm.

126. **Νόμος τοῦ Ohm** διὰ κλειστὸν κύκλωμα.—Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον δὲν περιλαμβάνει δέκτην (δηλ. ἀποτελούμενον μόνον ἐκ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς καὶ τοῦ ἀγωγοῦ) ἡ ἔντασις **E** τοῦ ρεύματος (εἰς ampères) ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως **H** τῆς πηγῆς (εἰς volts) διὰ τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως **A** (εἰς ohms) τοῦ κυκλώματος.

$$E = \frac{H}{A} \quad \eta \quad H = E, A$$

Διότι γνωρίζομεν ὅτι εἰς κλειστὸν κύκλωμα τὸ ρεῦμα δὲν διαρρέει μόνον τὸ ἔξωτερικὸν σύρμα· διαρρέει ἐπίσης τὴν πηγὴν ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικὸν καὶ κλείει ἀφ' ἑαυτοῦ τὸ κύκλωμα.

Ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις λοιπὸν λαμβάνεται, ἐὰν προστεθοῦν ἡ ἀντίστασις τῆς πηγῆς a' (ἔσωτερικὴ ἀντίστασις) καὶ ἡ ἀντίστασις a τοῦ ἔκτος τῆς πηγῆς ἀγωγοῦ, ὅστις συνδέει τοὺς δύο πόλους (ἔξωτερικὴ ἀντίστασις), ἦτοι $A = a' + a$.

Παραδείγματα.— A' .) Οἱ δύο πόλοι συσσωρευτοῦ συνδέονται διὰ σύρματος ἀντιστάσεως 1 ohm. Γνωστοῦ ὄντος, ὅτι ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν 2 ἄκρων τοῦ σύρματος εἶναι 2 volts, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Ἔχομεν $B = 2$ volts, $A = 1$ ohm. Συνεπῶς $E = \frac{2}{1} = 2$ ampères.

B' .) Οἱ δύο πόλοι συσσωρευτοῦ, τοῦ ὁποίου ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι 0,05 ohms συνδέονται ἔξωτερικῶς διὰ σύρματος ἀντιστάσεως 1 ohm. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι 2,1 volts, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Ἔχομεν $H = 2,1$ volts, $A = 1 + 0,05 = 1,05$ ohms.

Συνεπῶς $E = \frac{2,1}{1,05} = 2$ ampères.

Σημ.—Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων παρατηροῦμεν ὅτι συσσωρευτῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 2,1 volts παράγει μεταξὺ τῶν

πόλων του διαφορὰν δυναμικοῦ 2 volts ἕνεκα τῆς ἑσωτερικῆς ἀντιστάσεως.

Ἄν ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις ἦτο 0, ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων θὰ ἦτο ἴση πρὸς τὴν ἠλεκτρογεωρητικὴν του δύναμιν.

Γ.) Συστοιχία (batterie) 60 συσσωρευτῶν συνηνωμένων κατὰ τάσιν τροφοδοτεῖ λαμπτήρα, τοῦ ὁποῖου ἡ ἀντίστασις εἶναι 240 ohms. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ δὲν ὑπολογίζεται ἀπέναντι τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως τοῦ λαμπτήρος, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος. Ἔχομεν :

$$H = B = 2,1.60 = 126 \text{ volts} \qquad A = 240 \text{ ohms.}$$

$$\text{Συνεπῶς } E = \frac{126}{240} = 0,525 \text{ ampères.}$$

Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm εἰς ἠλεκτρικὴν στήλην ἐκ ν στοιχείων.— α') Συνδυασμὸς κατὰ τάσιν.— Ἐὰν H ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις ἑνὸς στοιχείου, ἡ ὀλικὴ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις τῆς στήλης θὰ εἶναι ν. H. Ἐὰν δὲ α' ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις ἐκάστου στοιχείου καὶ α ἡ ἑξωτερικὴ ἀντίστασις, ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις θὰ εἶναι

$$\text{να}' + \alpha \text{ καὶ } E = \frac{\nu \cdot H}{\text{να}' + \alpha}.$$

β') Συνδυασμὸς κατὰ ποσότητα.— Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ ἑνὸς καὶ μόνου στοιχείου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται (κατὰ τὸν συνδυασμὸν τοῦτον) ἐξ ὄλων τῶν στοιχείων τῆς στήλης, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἔλασμάτων. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια αὕτη εἶναι ἐνταῦθα ν φορὰς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἔλασμάτων ἑνὸς ἀπλοῦ στοιχείου, τοῦ ὁποῖου ἡ ἀντίστασις εἶναι α', ἡ ἀντίστασις τῆς στήλης θὰ εἶναι $\frac{\alpha'}{\nu}$. Ἐὰν δὲ α ἡ ἑξωτερικὴ ἀντίστασις,

ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης θὰ εἶναι $\frac{\alpha'}{\nu} + \alpha$ καὶ συνεπῶς :

$$E = \frac{H}{\frac{\alpha'}{\nu} + \alpha} = \frac{\nu H}{\alpha' + \nu \alpha}.$$

γ') **Συνδυασμὸς μεικτός.**— Ἐὰν ν ὁ ὀλικὸς ἀριθμὸς τῶν στοιχείων, μ ὁ ἀριθμὸς τῶν ομάδων, ἐκάστης τῶν ὁποίων τὰ στοιχεῖα ἠνώθησαν κατὰ τάσιν, καὶ κ ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων ἐκάστης ομάδος,

τοιούτος ὥστε $\kappa \cdot \mu = \nu$, τότε ἡ ὀλικὴ ἠλεκτρογεωμετρικὴ δύναμις ἰσοῦται πρὸς τὴν ἠλεκτρογεωμετρικὴν δύναμιν μιᾶς ὁμάδος, ἡ ὁποία εἶναι $\kappa \cdot H$, ἡ δὲ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἐκάστης ὁμάδος εἶναι $\kappa \alpha'$. Συνεπῶς, κατὰ τὸν ἄνω τύπον, ἐὰν α ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις, θὰ ἔχωμεν :

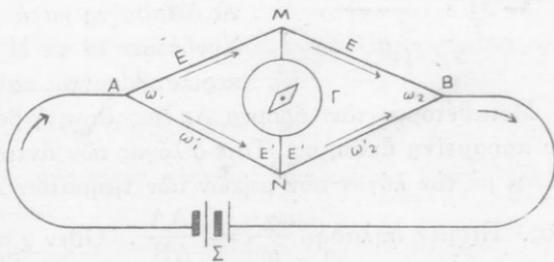
$$E = \frac{\kappa \cdot H}{\kappa \alpha' + \alpha} = \frac{\mu \cdot \kappa \cdot H}{\kappa \alpha' + \mu \alpha} = \frac{\nu H}{\kappa \alpha' + \mu \alpha} \quad (\text{διότι } \kappa \mu = \nu).$$

μ

127. Μέτρησις τῶν ἀντιστάσεων.—Γέφυρα τοῦ Wheatston.

Ἡ μέτρησις τῶν ἀντιστάσεων γίνεται συνήθως διὰ τῆς συσκευῆς, ἣτις εἶναι γνωστὴ ὑπὸ τὸ ὄνομα «*γέφυρα τοῦ Wheatston*». Ἡ συσκευή αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἀκολουθοῦντος ἀρχῆς :

Φαντασθῶμεν ὅτι τὸ ρεῦμα στήλης τινὸς Σ (σχ. 142) κατανέμεται μεταξὺ δύο διακλαδώσεων AMB , ANB . Ἐάν ἐνώσωμεν δύο σημεῖα, M καὶ N , τὰ ὁποῖα λαμβάνομεν ἀνά ἓν ἐφ' ἐκατέρας τῶν διακλαδώσεων διὰ κυκλώματος ἢ *γεφύρας* MN περιλαμβανούσης καὶ γαλβανόμετρον, τὸ κύκλωμα τοῦτο θὰ διαρρέεται βεβαίως ὑπὸ ρεύματος καὶ τὸ γαλβανόμετρον θὰ παρουσιάσῃ ἐκτροπὴν. Δὲν θὰ διέλθῃ ὁμοῦς ρεῦμα, ἀν ὁ λόγος τῶν ἀντιστάσεων τῶν τμημάτων AM , MB ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ἀντιστάσεων AN , NB .



Σχ. 142.

Ἐὰν ἐνώσωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα στήλης τινὸς Σ (σχ. 142) κατανέμεται μεταξὺ δύο διακλαδώσεων AMB , ANB . Ἐάν ἐνώσωμεν δύο σημεῖα, M καὶ N , τὰ ὁποῖα λαμβάνομεν ἀνά ἓν ἐφ' ἐκατέρας τῶν διακλαδώσεων διὰ κυκλώματος ἢ *γεφύρας* MN περιλαμβανούσης καὶ γαλβανόμετρον, τὸ κύκλωμα τοῦτο θὰ διαρρέεται βεβαίως ὑπὸ ρεύματος καὶ τὸ γαλβανόμετρον θὰ παρουσιάσῃ ἐκτροπὴν. Δὲν θὰ διέλθῃ ὁμοῦς ρεῦμα, ἀν ὁ λόγος τῶν ἀντιστάσεων τῶν τμημάτων AM , MB ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ἀντιστάσεων AN , NB .

Ἀπόδειξις.—Ἐπιποθέσωμεν ὅτι δὲν διέρχεται ρεῦμα ἐκ τοῦ M πρὸς τὸ N τότε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ κατὰ τὸ AM καὶ κατὰ τὸ MB , ἔστω δὲ E ἡ ἔντασις αὕτη. Ἐπίσης, ἔστω E' ἡ ἔντασις ἐπὶ τῶν δύο τμημάτων AN καὶ NB . Ἐστωσαν πρὸς τούτοις ω_1 , ω_2 , ω_1' καὶ ω_2' αἱ ἀντιστάσεις τῶν τεσσάρων τμημάτων τοῦ κυκλώματος AM , MB , AN , NB . Ἐφ' οὗ οὐδὲν ρεῦμα ὑπάρχει ἐπὶ τοῦ MN , τὸ δυναμικὸν τοῦ M εἶναι ἴσον μὲ τὸ δυναμικὸν τοῦ N . Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ A καὶ M ἰσοῦται λοιπὸν πρὸς τὴν μεταξὺ A καὶ N . Ὅθεν ἔχομεν $\omega_1 E = \omega_1' E'$ (ἐδ. 125).

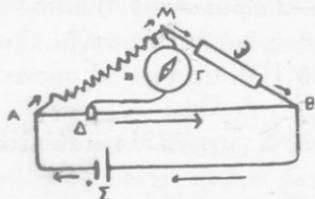
Ὅμοιως, ἡ μεταξὺ Μ καὶ Β διαφορά δυναμικοῦ ἰσοῦται μὲ τὴν μεταξὺ Ν καὶ Β. Ἐπομένως ἔχομεν :

$$\omega_2 E = \omega_2' E'.$$

Διαιροῦντες τὰς ἰσότητες αὐτὰς κατὰ μέλη, ἔχομεν :

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\omega'_1}{\omega'_2}.$$

Χρῆσις τῆς γεφύρας τοῦ Wheatston.—Τὸ τμήμα ΑΜ (σχ. 143)



Σχ. 143.

ἀποτελεῖται ἐκ τῆς μετρητέας ἀντιστάσεως χ. Εἰς τὸ ΜΒ θέτομεν γνωστὴν ἤδη ἀντίστασιν ω . Τὸ ΑΒ εἶναι σύρμα μεταλλικόν, ἰσοπαχὲς καὶ ὁμοιομερές. Κατὰ τὸ Δ τοποθετοῦμεν δρομέα, ὅστις δύναται νὰ ὀλισθαίη κατὰ μῆκος τοῦ σύρματος. Συνδέομεν δὲ τὰ Μ καὶ Δ διὰ σύρματος περιλαμβάνοντος καὶ γαλβανόμετρον Γ.

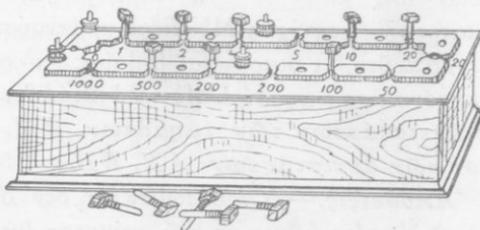
Μεταθέτομεν τὸν δρομέα Δ, ἕως ὅτου ἡ βελὸν τῶν γαλβανομέτρου παραμείνῃ ἀκίνητος. Τότε ὁ λόγος τῶν ἀντιστάσεων ΑΜ καὶ ΜΒ ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῶν μηκῶν τῶν τμημάτων ΑΔ καὶ ΔΒ τοῦ σύρματος. Ἐχομεν δηλαδή :

$$\frac{\chi}{\omega} = \frac{ΑΔ}{ΔΒ}.$$

Ὅθεν $\chi = \omega \cdot \frac{ΑΔ}{ΔΒ}$.

Πρὸς μέτρησιν τῶν μηκῶν ΑΔ καὶ ΔΒ, θέτομεν ὑπὸ τὸ σύρμα κανόνα διηρημένον εἰς χιλιοστόμετρα.

Κιβώτια ἀντιστάσεων.—Αἱ γνωσταὶ ἀντιστάσεις, τὰς ὁποίας θέτομεν κατὰ τὸ ΜΒ



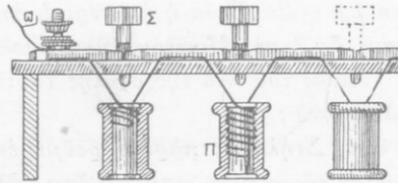
Σχ. 144.

(σχ. 143), περιέχονται εἰς τὰ «κιβώτια ἀντιστάσεων». Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ ξυλίνου κυτίου, τοῦ ὁποίου τὸ κάλυμμα εἶναι πλᾶξ ἕξ ἔβονίτου. Ἐπὶ τῆς πλακῶς ταύτης εἶναι προσκολλημένα πλακίδια ἕξ ὀρειχάλκου (σχ. 144), τὰ ὁποῖα εἶναι μὲν χωρισμένα ἀπ' ἀλλήλων, ἀλλὰ δύναται νὰ τεθοῦν εἰς συγκοινωνίαν διὰ μεταλλικῶν σφηνῶν Σ (σχ. 145), οἱ ὁποῖοι εἰσέρχονται εἰς κυκλικὰς ὀπὰς εὐρισκομέ-

νας μεταξύ τῶν πλακιδίων. Εἰς τὰ πλακίδια ταῦτα προσκολλῶνται κά-
τωθεν τὰ ἄκρα συρμάτων λεπτῶν, τῶν ὁποίων ἡ φύσις καὶ αἱ διαστά-
σεις εἶναι τοιαῦται, ὥστε νὰ
παρουσιάζουν ἀντιστάσεις ἴ-
σας πρὸς 1, 2, 2, 5, 10, 20,
20, 50, 100, 100, 200, 200
κτλ. μονάδας ohms.

Ἐὰν διαβιβασθῇ τὸ ρεῦ-
μα, ἀφοῦ προηγουμένως εἰ-
σαχθῶσιν εἰς ὅλας τὰς ὁπὰς οἱ

σφῆνες, θὰ διέλθῃ ἄνευ αἰσθητῆς ἀντιστάσεως διὰ τῶν πλακιδίων,
τῶν ὁποίων ἡ τομὴ εἶναι μεγάλη καὶ τὸ μῆκος μικρὸν. Ἄν ὅμως ἀ-
φαιρέσωμεν ἓνα ἢ περισσοτέρους σφῆνας, τὸ ρεῦμα εἶναι ὑποχρεω-
μένον νὰ διέλθῃ διὰ τῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τότε
γνωστὴν ἀντίστασιν.



Σχ. 145.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ποῖον μῆκος σύρματος πλατίνης, διαμέτρου 1 χμ. ἀπαιτεῖ-
ται δι' ἀντίστασιν 1 ohm ;

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τῆς πλατίνης εἶναι $11 \cdot 10^{-6}$ ohms.

2ον. Οἱ πόλοι στοιχείου συνδέονται διὰ σύρματος, ἀντιστάσεως 30
ohms, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 15 ampères. Ἀντικαθιστῶμεν
τὸ σύρμα τοῦτο δι' ἄλλον, τοῦ ὁποίου ἡ ἀντίστασις εἶναι 1,5 ohms, καὶ
ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι τότε 40 ampères. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἐσωτερικὴ
ἀντίστασις τοῦ στοιχείου.

3ον. Στήλη ἐκ 10 στοιχείων ὁμοίων, συνδυασμένων κατὰ τάσιν,
παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως 0,75 ampères. Εἰσάγομεν εἰς τὸ κύκλωμα
συμπληρωματικὴν ἀντίστασιν 5 ohms καὶ τὸ ρεῦμα ἔχει τότε ἔντασιν
0,60 ampères. Νὰ προσδιορισθῇ α') ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀρχικοῦ
κύκλωματος, β') ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου.

4ον. Στήλη τις ἀποτελεῖται ἐκ 10 στοιχείων συνδυασμένων κατὰ
σειράν. Ἐκάστου τῶν στοιχείων τούτων ἡ μὲν ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις
εἶναι 1,8 volts, ἡ δὲ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις 0,5 ohms. Ποία ἡ ἐξωτερικὴ
ἀντίστασις τοῦ κύκλωματος, ἂν ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τῆς ἐν λόγῳ στήλης
παραγομένου ρεύματος εἶναι 1,2 ampères ;

5ον. Στήλη τις σύγκειται ἐκ 10 στοιχείων συνδυασμένων κατὰ σειράν. Ἐκαστον στοιχεῖον τῆς στήλης ταύτης ἔχει ἠλεκτρογεωμετρικὴν δύναμιν 1,8 volts. Ποία ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἐκάστου τῶν στοιχείων τούτων, ἂν ἡ μὲν ἐξωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι 10 ohms, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τῆς στήλης ταύτης παρεχομένου ρεύματος εἶναι 1,2 ampères ;

6ον. Στήλη τις παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως 1,8 ampères. Ἐκαστον στοιχεῖον τῆς στήλης ταύτης ἔχει ἠλεκτρογεωμετρικὴν μὲν δύναμιν 1,8 volts, ἐσωτερικὴν δὲ ἀντίστασιν 0,5 ohms, ἐν ᾧ ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι 10 ohms. Ὁ συνδυασμὸς τῶν στοιχείων ἔχει γίνεαι κατὰ σειράν. Πόσα τὰ στοιχεῖα τὰ ἀποτελοῦντα τὴν στήλην ;

7ον. Στήλη ἔχει 120 στοιχεῖα. Ἀποτελεῖται δὲ ἐκ δύο ομάδων συνηνωμένων κατὰ ποσότητα. Ἐκατέρα τῶν ομάδων τούτων ἔχει 60 στοιχεῖα συνδυασμένα κατὰ σειράν. Ποία εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης, τῆς ἀντιστάσεως ἐκάστου στοιχείου οὔσης 1,5 ohms ;

8ον. Κύκλωμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι 1 ohm, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 5 στοιχείων ὁμοίως συνδυασμένων κατὰ σειράν. Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἂν ἡ μὲν ἀντίστασις ἐκάστου στοιχείου εἶναι 0,4 ohms, ἡ δὲ διαφορὰ δυναμικῶν 1,8 volts ;

9ον. Ἐν τῷ ἀνωτέρω προβλήματι ποία θὰ εἶναι ἡ ἔντασις, ἂν τὰ στοιχεῖα εἶναι συνδυασμένα κατὰ ποσότητα ;

10ον. Τὸ ρεῦμα στήλης σταθερᾶς εἶναι 10 ampères, ὅταν διαρρῆῃ ἐξωτερικὸν κύκλωμα 20 ohms, 8 ampères μὲ ἀντίστασιν 40 ohms, καὶ 9 ampères διὰ μέσου σύρματος ἀντιστάσεως ἀγνώστου.

Εὐρεῖν τὴν ἀντίστασιν R' τῆς στήλης καὶ τὴν ἀντίστασιν χ τοῦ τριῶνου σύρματος.

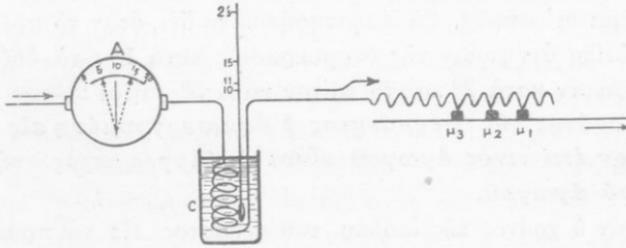
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η΄.

ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΖΟΥΛΕ—ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

128. Θερμαντικὴ ἐνέργεια παραγομένη ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.—Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνει τὸν ἀγωγὸν διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται: Οὕτω π. χ. εἶναι γνωστόν, ὅτι οἱ κοινοὶ ἠλεκτρικοὶ λαμπτήρες φωτοβολοῦν, ὅταν διαβιβάσωμεν δι' αὐτῶν τὸ ἠλεκτρικὸν

ρεύμα· παύουν δὲ νὰ ἐκπέμπουν φῶς, εὐθὺς ὡς διακόψωμεν τὸ ρεῦμα.

Ἐάν ἐντὸς ὑαλίνου ποτηρίου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδωρ, θέσωμεν σπείραν μεταλλικὴν καὶ διαβιβάσωμεν διὰ τῆς σπείρας ἤλεκτρικὸν ρεῦμα (σχ. 146), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ὕδωρ θερμαίνεται. Δύναται

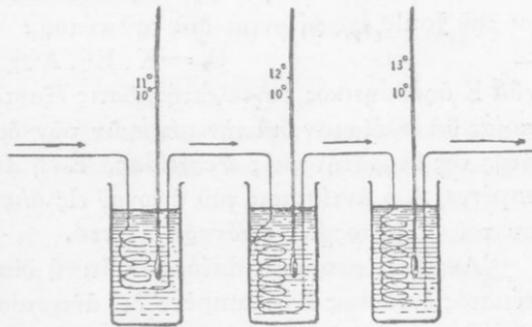


Σχ. 146.

δὲ νὰ τεθῆ εἰς βρασμὸν ἐντὸς ὀλίγων λεπτῶν, εἰάν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ ἀντίστασις τῆς σπείρας εἶναι ἐπαρκῶς μεγάλαι.

Διὰ τῶν νόμων τοῦ Joule μανθάνομεν πῶς ἡ ποσότης τῆς ἐκλυομένης θερμότητος ἐπὶ τινος ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἐκ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀγωγοῦ.

129. Πειραματικὴ ἔρευνα.— *Νόμοι τοῦ Joule.* α) Ἐντὸς τοῦ ὕδατος θερμομέτρου βυθίζομεν σπείραν μεταλλικὴν (σχ. 146) καὶ θερμομέτρον. Κατόπιν διαβιβάζομεν ρεῦμα γνωστῆς ἐντάσεως ἐπὶ ὄρισμένον χρόνον.



Σχ. 147.

Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται π.χ. κατὰ 1° . Διαβιβάζομεν κατόπιν ρεῦμα διπλασίας ἐντάσεως ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται κατὰ 4° . Ἐάν διαβιβάσωμεν ρεῦμα τριπλασίας ἐντάσεως ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται κατὰ 9° κ.ο.κ. Συνεπῶς :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία δημιουργεῖται εἰς

ώρισμένον χρόνον επί τινος άγωγού, είναι ανάλογος προς τὸ τετράγωνον τῆς έντάσεως τοῦ ρεύματος.

β) Ἐντὸς τριῶν ὁμοίων θερμοδομέτρων (σχ. 147) βυθίζομεν τρεῖς σπείρας άντιστάσεων 1, 2, 3 ohms καὶ θερμομέτρα. Αἱ σπείραι συνδέονται μεταξύ των ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα. Ἐάν κατόπιν διαβιβάσωμεν τὸ ρεῦμα δι' αὐτῶν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ὅταν τὸ πρῶτον θερμομέτρον δείξῃ άνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ 1°, τὸ δεύτερον θὰ δείξῃ άνύψωσιν κατὰ 2° καὶ τὸ τρίτον κατὰ 3°, ἦτοι :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ δημιουργουμένη εἰς ὠρισμένον χρόνον επί τινος άγωγού εἶναι ανάλογος προς τὴν αντίστασιν τοῦ άγωγού.

γ) Ἐάν ὁ χρόνος τῆς διόδου τοῦ ρεύματος εἰς τὰ προηγούμενα πειράματα διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κτλ. παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ποσότης τῆς δημιουργουμένης θερμότητος γίνεται διπλασία, τριπλασία κτλ. Ἐπομένως: **ἡ ποσότης τῆς θερμότητος τῆς δημιουργουμένης επί τινος άγωγού εἶναι ανάλογος προς τὸν χρόνον τῆς διόδου τοῦ ρεύματος.**

130. Ἀναλυτικὴ έκφρασις τῶν νόμων τοῦ Joule.— Οἱ νόμοι τοῦ Joule έκφράζονται διὰ τοῦ τύπου :

$$\Theta = K \cdot E^2 \cdot A \cdot \chi$$

ἔνθα K αριθμητικὸς συντελεστής, ὅστις ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων, τὰς ὁποίας θὰ ἐκλέξωμεν διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ποσῶν, Θ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος εἰς **θερμίδας**, E ἡ έντασις τοῦ ρεύματος εἰς *ampères*, A ἡ αντίστασις τοῦ άγωγού εἰς *ohms* καὶ χ ὁ χρόνος τῆς διόδου τοῦ ρεύματος **εἰς δεύτερα λεπτά.**

Ἄκριβεῖς μετρήσεις ἀπέδειξαν ὅτι ἡ διόδος ἐπὶ ἓν δευτερόλεπτον ρεύματος έντάσεως ἑνὸς *ampère* δι' άντιστάσεως ἑνὸς *ohm*, δημιουργεῖ ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ποσότητα ἑνεργείας μιᾶς joule, δηλ. ἐκλύει ποσότητα θερμότητος ἴσην μὲ $\frac{1}{4,18}$ θερμίδας (4,18 = μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος).

Ἐχομεν λοιπὸν $K = \frac{1}{4,18}$ καὶ συνεπῶς :

$$\Theta = \frac{E^2 \cdot A \cdot \chi}{4,18} \text{ θερμίδες.}$$

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ θερμαντικὴ ἐνέργεια ἡ παραγομένη εἰς χ δευτέρα λεπτά ὑπὸ E ampères εἰς A ohms ἰσοῦται μὲ $\frac{E^2 A \chi}{4,18}$ θερμίδας ἢ $AE^2 \chi$ joules.

Ἐπίσης δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ ἰσχὺς, τὴν ὁποίαν τὸ ρεῦμα δαπανᾷ εἰς θερμότητα (διὰ $\chi = 1$), ἰσοῦται μὲ AE^2 watts.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή.—Ἐντὸς θερμιδομέτρου περιέχοντος 200 γρ. ὕδατος βυθίζεται σύρμα μεταλλικόν, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως ἑνὸς ampère ἐπὶ 2 λεπτά. Ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία θ_a τοῦ ὕδατος εἶναι 17,8 ἢ δὲ τελικὴ $\theta_t = 18,8$ βαθμῶν. Ποία ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος; Ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου = 30 γρ.

Ἡ ποσότης Θ τῆς ἐκλυθείσης θερμότητος εἶναι :

$\Theta = (B + \beta) (\theta_t - \theta_a) = (200 + 30) (18,8 - 17,8) = 230 \cdot 1 = 230$ θερμίδες.

Ἐκ τοῦ τύπου $\Theta = \frac{E^2 \cdot A \cdot \chi}{4,18}$ λαμβάνομεν $A = \frac{4,18 \cdot \Theta}{E^2 \cdot \chi}$

Διὰ $\chi = 2.60 = 120$ δευτέρα λεπτά, $\Theta = 230$ θερμίδες καὶ $E = 1$ ampère,

ἔχομεν : $A = \frac{4,18 \cdot 230}{120 \cdot 1} = 8$ ohms περίπου.

131. **Ἰσχὺς ρεύματος.**—**Ἰσχὺς ρεύματος** διαρρέοντος ἀγωγόν τινα καλεῖται, ὡς ἐμάθομεν, τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας, τὸ ὁποῖον παρέχει τοῦτο εἰς ἓν δευτέρον λεπτόν.

Ἡ ἰσχὺς ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς διαφορᾶς B τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ τὴν ἔντασιν E τοῦ ρεύματος. Ἦτοι :

$$\text{Ἰσχὺς} = B \cdot E \text{ watts} \quad (1)$$

Π.χ. Ἡλεκτρικὴ πηγὴ, ἣτις παρέχει 50 ampères ὑπὸ τάσιν (διαφορὰν δυναμικοῦ) 100 volts ἔχει ἰσχὺν $50 \cdot 100 = 5000$ watts = 5 kilowatts.

Ἡ ἔκφρασις αὕτη τῆς ἰσχύος ἀποδεικνύεται εὐκόλως εἰς τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κύκλωμα δὲν περιέχει δέκτην. Τότε ὅλη ἡ ἰσχὺς δαπανᾶται ὑπὸ μορφήν θερμότητος εἰς τὸ κύκλωμα. Συνεπῶς κατὰ τὰ ἀνωτέρω θὰ ἔχωμεν :

$$\text{Ἰσχὺς} = AE^2 \text{ watts.}$$

$$W = I \cdot V t.$$

$$W_{\text{σχ}} = I \cdot V t$$

$$W_{\text{σχ}} = \frac{W}{t} \quad I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{Q}{t} \quad Q = I t$$

Καὶ ἐπειδὴ κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm :

$$B = A \cdot E, \text{ ἔπεται ὅτι } BE = AE^2.$$

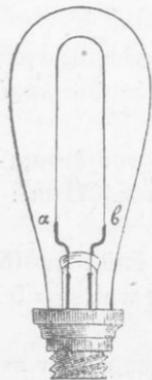
Συνεπῶς ἰσχύς = BE.

132. **Ἐφαρμογαί.—Ἀσφάλεια.** Πρὸς ἀποσόβησιν τῶν κινδύνων πυρκαϊᾶς ἐκ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἐξασφάλισιν τῶν συσκευῶν, παρεισάγεται εἰς τὸ κύκλωμα σύρμα ἐξ εὐτήκτου κράματος μολύβδου καὶ κασσιτέρου ἢ καὶ ἐκ καθαροῦ κασσιτέρου ἐντὸς θήκης ἀκαύστου ἐκ πορσελάνης, τὸ ὁποῖον τήκεται, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἀξηθῇ ὑπερβολικῶς. Ἡ τήξις τῆς ἀσφαλείας συνεπάγεται ἄμεσον διακοπὴν τοῦ ρεύματος.

Ἡλεκτρικὴ θέρμανσις.— Ἡ διὰ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ θέρμανσις εἶναι ἡ μᾶλλον ὑγιεινὴ, διότι κατὰ ταύτην οὐδὲν ἐκλύεται ἀέριον. Τοιαύτη θέρμανσις γίνεται :

1ον) **Εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς θερμάστρας.**— Αὗται περιέχουν μεταλλικὰς ἀντιστάσεις, τὰς ὁποίας διαπερᾷ τὸ ρεῦμα.

2ον) **Εἰς διαφόρους συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως.**— (Ἡλεκτρικὰ μαγειρεῖα, συσκευαὶ παρασκευῆς τείου, σίδηρα σιδηρώματος κτλ.). Αἱ θερμαινόμεναι συσκευαὶ εἶναι δύο εἰδῶν : Ἄλλαι μὲν ἐκ τούτων εἶναι πεπλατυσμένα καὶ περιέχουν λεπτὸν μεταλλικὸν σύρμα περιτυλιγμένον σπειροειδῶς καὶ πιεσμένον μεταξὺ δύο ἀπομονωτικῶν πλακῶν ἐκ μαρμαρυγίου ἢ ἀμιάντου· ἄλλαι δὲ εἶναι κυλινδρικαὶ (συσκευὴ π.χ. παρασκευῆς τείου) περιέχουσαι σύρμα περιτυλιγμένον ἑλικοειδῶς ἐπὶ μεταλλικοῦ κυλίνδρου μεμονωμένον διὰ μαρμαρυγίου, φέρον δὲ ἐξωτερικῶς περίβλημα ἐπίσης ἀπομονωτικόν.



Σχ. 148.

133. **Φωτισμός. Λαμπτήρ διὰ διαπυρώσεως.**— Ὁ λαμπτήρ οὗτος, ἐφευρεθεὶς ὑπὸ τοῦ Edison, συνίσταται ἐκ νήματος ἀνθρακος, τὸ ὁποῖον ἔχει καμφθῆ εἰς σχῆμα ἱππέου πετάλλου καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου κενοῦ ἀέρος. Τὸ νήμα τοῦτο, ὅταν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, λευκοπυροῦται, ἐνεκα ὅμως τῆς ἐλλείψεως ὀξυγόνου δὲν δύναται νὰ καῖ [σχ. 148].

Λαμβάνομεν τοιαῦτα νήματα ἀνθρακος διαπυροῦντες λεπτοτάτας ἵνας ἰνδικοῦ καλάμου εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν ἐντὸς χώρου κλειστοῦ.

Εἰς τὸν λαμπτήρα τοῦ Edison τὸ ἀπανθρακωμένον νῆμα, τὸ ὁποῖον ἔχει τὸ πάχος τριχὸς ἵππου, προσκολλᾶται κατὰ τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἐπὶ δύο λεπτῶν συρμάτων ἐκ λευκοχρύσου. Τὰ σύρματα ταῦτα διαπεροῦν τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου καὶ καταλήγουν εἰς δύο μεταλλικοὺς κοχλίας. Ἐπὶ τούτων στερεοῦνται τὰ σύρματα, τὰ ὁποῖα φέρουν τὸ ρεῦμα.

Λαμπτήρες μετὰ νήματος μεταλλικοῦ.—

Ἀπὸ τινων ἐτῶν ἀντικατεστάθησαν σχεδὸν παντοῦ οἱ δι' ἀνθρακος λαμπτήρες δι' ἄλλων, εἰς τοὺς ὁποίους τὸ νῆμα ἀποτελεῖται ἐκ μετάλλου λίαν δυστήκτου, τοῦ **βολφραμίου** (σχ. 149). Ἡ ἀπόδοσις τῶν λαμπτήρων τούτων εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀπόδοσιν τῶν μετὰ νήματος ἀνθρακος.

134. **Βολταϊκὸν τόξον.**—Τὸ φαινόμενον τοῦ **βολταϊκοῦ τόξου** παρατηρήθη τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Davy. Προσδέσας οὗτος δύο μικρὰς ράβδους ἐξ ἀνθρακος (σχ. 150) εἰς τοὺς πόλους στήλης ἐκ 2000 στοιχείων καὶ ἀπομακρύνας αὐτούς, ἀφ' οὗ πρῶτον τοὺς ἔθεσεν εἰς ἐπαφήν, εἶδε νὰ ἀναλάμψη μετὰξὺ αὐτῶν ζωηρότατον φωτεινὸν τόξον, τὸ ὁποῖον ὠνόμασε **βολταϊκὸν τόξον**. Τὸ φῶς τοῦτο διατηρεῖτο μέχρι 10 ἑκατοστομέτρων πέραν ὅμως τῆς ἀποστάσεως ταύτης ἐσβέννυτο. Διὰ νὰ παραχθῇ ἐκ νέου, ἔπρεπε νὰ ἀχθοῦν καὶ πάλιν οἱ ἀνθρακες εἰς ἐπαφήν.



Σχ. 149.

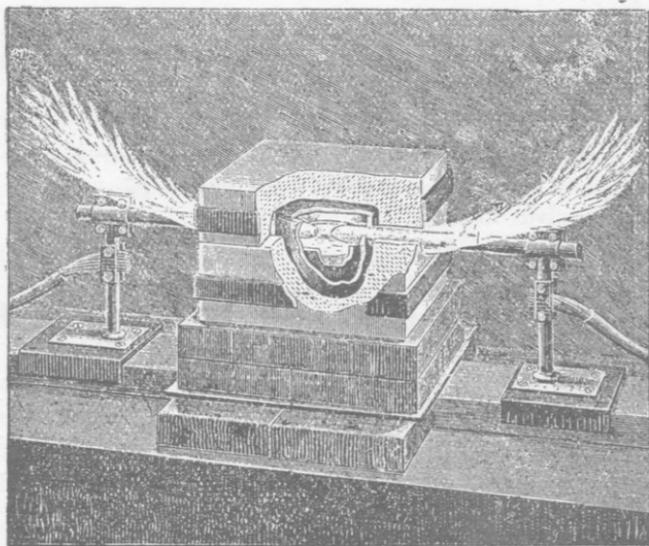


Σχ. 150.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγοῦμεν ὡς ἐξῆς : Καθ' ἣν στιγμήν οἱ ἀνθρακες ἐφάπτονται διὰ τινων μόνων σημείων, διαπυροῦνται ἰσχυρῶς εἰς τὰ σημεία ταῦτα τῆς ἐπαφῆς, ὅπου μεγίστη παρουσιάζεται ἀντίστασις ὡς ἐκ τούτου καὶ ὁ περιβάλλον ἀήρ ὑπερβολικῶς θερμαίνεται. Ἐπειδὴ δὲ ὁ θερμὸς ἀήρ εἶναι εὐηλεκτροαγωγός, τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ διέρχεται καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῶν ἀνθράκων, ἐφ' ὅσον ἡ ἀπόστασις αὐτῶν διατηρεῖται μικρά.

Πρὸς ἐκτέλεσιν τοῦ πειράματος τούτου ἀπαιτεῖται ρεῦμα 35 - 80 volts, ἐντάσεως 10 περίπου ampères.

Ἡλεκτρικὴ κάμινος.—Ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία τοῦ βολταϊκοῦ τόξου, ἡ μεγίστη ἀπὸ ὅλας τὰς θερμοκρασίας, τὰς ὁποίας ἠδυνήθησαν νὰ παραγάγουν (ὑπὲρ τοὺς 3000°), ἐχρησιμοποιήθη εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς **ἡλεκτρικῆς καμίνου**. Ἡ κάμινος αὕτη συνίσταται ἐκ περιβάλου ἕξ ἀνθρακος, ὅστις εἶναι τοποθετημένος ἐντὸς ὀγκώδους τεμαχίου ἀσβε-



Σχ. 151.

στολίθου καὶ διαπερᾶται ὑπὸ δύο παχέων ἡλεκτροδίων. Μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων τούτων σχηματίζεται τὸ βολταϊκὸν τόξον (σχ. 151).

Εἰς τὰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας τὰς παρεχομένας ὑπὸ τῆς ἡλεκτρικῆς καμίνου, αἱ μᾶλλον δύστητοι οὐσίαι, **τὸ πυριτικὸν ὀξὺν** καὶ αὐτὴ **ἡ ἀσβεστος, τήκονται** καὶ ἐξαεριοῦνται· **τὰ ὀξειδία τὰ μᾶλλον μόλιμα**, ὡς τὰ τοῦ χρωμίου καὶ τοῦ μαγνησίου, ἀνάγονται ὑπὸ τοῦ ἀνθρακος· τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ ἐπὶ τοῦ ἀσβεστολίθου, ὅστις μετατρέπεται εἰς **ἀνθρακασβέστιον**, χρησιμοποιούμενον, ὡς γνωστόν, πρὸς παραγωγὴν τοῦ **ὀξυλενίου (ἀσετυλίνης)**.

Προβλήματα

1ον. Ρεῦμα 1,5 ampères διέρχεται ἐπὶ 15 λεπτά διὰ μεταλλικοῦ σώματος ἀντιστάσεως 3 ohms, βυθισμένου ἐντὸς 300 γρ. ὕδατος. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος ;

2ον. Ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ ἐπὶ 5 λεπτά ρεῦμα 0,75 ampères διὰ στήλης ὑδραργύρου, τῆς ὁποίας ἡ ἀντίστασις εἶναι 0,47 ohms. Βάρος ὑδραργύρου=20,25 γρ. Εἰδικὴ θερμοότης ὑδραργύρου=0,0322. Ποία θὰ εἶναι ἡ ὑψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὑδραργύρου ;

3ον. Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διέλθῃ ρεῦμα 4,8 ampères δι' ἀντιστάσεως 24 ohms, διὰ νὰ φέρῃ μίαν κυβ. παλάμην ὕδατος εἰς τὸ σημεῖον τῆς ζέσεώς του ; Ἀρχικὴ θερμοκρασία ὕδατος 15°.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ΄.

ΜΑΓΝΗΤΑΙ - ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

135. Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνήται.— *Μαγνήται* λέγονται σώματά τινα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκουν τὸν σίδηρον καὶ ἄλλα τινὰ μέταλλα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται *σώματα μαγνητικά*. Τοιαῦτα εἶναι τὸ νικέλιον, τὸ κοβάλτιον, τὸ μαγγάνιον καὶ τὸ χρώμιον. Τὴν ιδιότητα ταύτην ἔχουν καὶ τινὰ ὄρυκτά καὶ ἰδίως εἶδος τι σιδηρολίθου, ὅστις καλεῖται *φυσικὸς μαγνήτης*. Ἡ δὲ αἰτία τῆς ἔλξεως ταύτης ἐκλήθη *μαγνητισμός*.

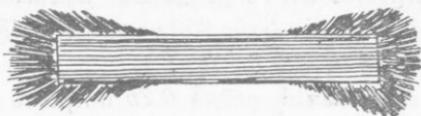
Οἱ *τεχνητοὶ μαγνήται* εἶναι ράβδοι ἐκ βαμμένου χάλυβος, διαφόρων σχημάτων (σχ. 152), εἰς τὰς ὁποίας μεταδίδουν διὰ διαφόρων μεθόδων τὰς ιδιότητας τῶν φυσικῶν μαγνητῶν.



Σχ. 152.

136. Πόλοι τῶν μαγνητῶν.— Ἐὰν βυθίσωμεν μαγνήτην ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου καὶ κατόπιν τὸν ἐξαγάγωμεν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἔχουν προσκολληθῆ ἄφθονα ρινίσματα, σχηματίζοντα θυσάνους (σχ. 153) καὶ ὅτι ἡ προσκόλλησις αὕτη τῶν ρινισμάτων ἐλαττοῦται ἀπὸ τῶν ἄκρων πρὸς τὸ μέσον τοῦ

μαγνήτου, εκλείπει δὲ σχεδὸν τελείως εἰς τὸ μέσον. Τὸ μέρος τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ ὁποῖον οὐδεμία παρατηρεῖται ἑλκτική δύναμις, καλεῖται **οὐδεντέρα χώρα**· αἱ δὲ δύο χῶραι, εἰς τὰς ὁποίας ἐκδηλοῦται τὸ μέγιστον τῆς ἕλξεως, καλοῦνται **πόλοι** τοῦ μαγνήτου.



Σχ. 153.

Διάκρισις τῶν πόλων.

— Ἐὰν ἐξαρθήσωμεν μαγνήτην ἀπὸ τοῦ μέσου του οὕτως, ὥστε νὰ δύνανται νὰ στρέφεται ἑλευθέρως ἐν ἐπιπέδῳ ὀριζοντίῳ, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι οὗτος μετὰ σειρὰν ταλαντεύσεων ἡρεμεῖ, λαμβάνων ὄρισμένην διεύθυνσιν, ἣ ὁποία εἶναι σχεδὸν ἡ ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν αὐτὸν ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης, ἐπανέρχεται πάλιν μόνος του εἰς αὐτήν.

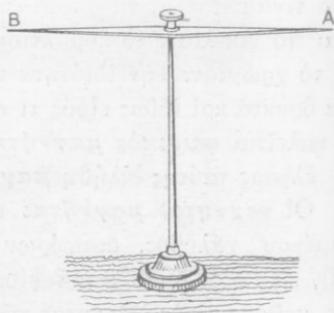
Παρατηροῦμεν πρὸς τούτοις, ὅτι τὸ αὐτὸ ἄκρον τοῦ μαγνήτου στρέφεται πάντοτε πρὸς βορρᾶν, ὅπερ ἀποδεικνύει, ὅτι τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου δὲν εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως.

Καλοῦμεν **βόρειον πόλον** τὸ ἄκρον τοῦ μαγνήτου, τὸ ὁποῖον στρέφεται πρὸς βορρᾶν. Τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον καλοῦμεν **νότιον πόλον**.

Τὸ ἀνωτέρω πείραμα γίνεται πολὺ εὐκόλως μὲ μαγνήτην ἑλαφρὸν καὶ ἐπιμήκη, κινητὸν περὶ κατακόρυφον ὑποστήριγμα, ὃ ὁποῖος καλεῖται **μαγνητικὴ βελόνη** (σχ. 154). Ἡ εὐθεῖα, ἣ ἐνοῦσα τοὺς δύο πόλους μαγνητικῆς βελόνης, καλεῖται **ἄξων** αὐτῆς.

Νόμος τῆς ἀμοιβαίας ἐνεργείας τῶν πόλων.— Ἐὰν ἐξαρθήσωμεν μαγνητικὴν βελόνην αβ (σχ. 155) διὰ νήματος ἐκ μετᾶξης καὶ

πλησιάζωμεν εἰς τὸν βόρειον πόλον αὐτῆς α τὸν βόρειον πόλον Α ἄλλης τινὸς μαγνητικῆς βελόνης, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι οἱ δύο πόλοι ἀπωθοῦνται ζωηρῶς. Ἐπίσης ἀπωσιν θὰ παρατηρήσωμεν, καὶ ἐὰν πλησιάζωμεν τοὺς νοτίους πόλους. Ἐὰν ὁμως προσεγγίσωμεν τὸν βόρειον

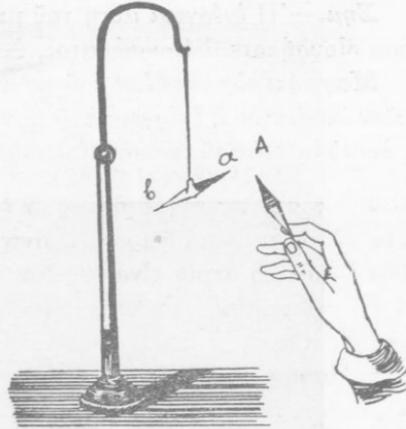


Σχ. 154.

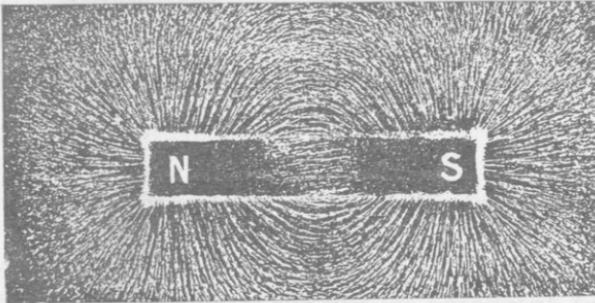
πόλον Α εἰς τὸν νότιον πόλον β τῆς κινητῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ζωηρὰν ἔλξιν. Ἄρα :

Δύο πόλοι δμώνυμοι ἀπωθοῦνται, δύο πόλοι ἑτερόνυμοι ἔλκονται.

137. **Μαγνητικὸν πεδίου. Μαγνητικὸν φάσμα.**
— Ἐπὶ μαγνήτου εὐθυγράμμου θέτομεν ὀριζοντίως φύλλον χάρτου καὶ ἐπ' αὐτοῦ διασκορπίζομεν ὁμαλῶς τῇ βοήθειᾳ μικροῦ κοσκίνου ρινίσματα σιδήρου. Ἐὰν κτυπήσωμεν ἑλαφρῶς τὸν χάρτην, διὰ νὰ καταστήσωμεν τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου εὐκίνητα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ταῦτα διατίθενται κατὰ γραμμάς, αἱ ὁποῖαι ἄρχονται ἀπὸ τὸ ἓν ἄκρον τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουν εἰς τὸ ἄλλο, καὶ πρὸς τού-



Σχ. 155.



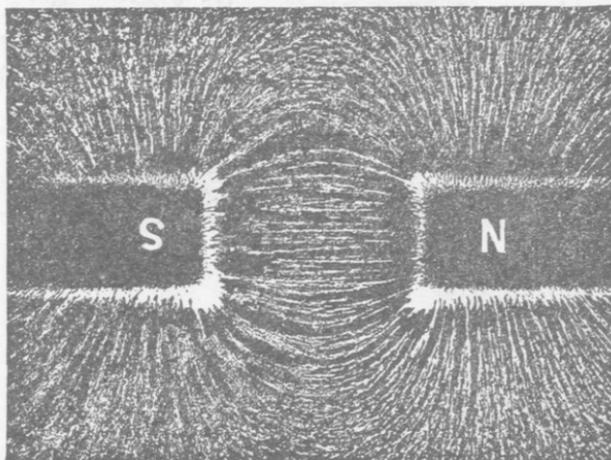
Σχ. 156.

τοῖς ὅτι ἐπὶ τοῦ χάρτου διαγράφεται ἡ εἰκὼν τοῦ μαγνήτου. Τὸ διάγραμμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ χάρτου, καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**. Τὰ σχήματα 156, 157, 158 παριστοῦν διάφορα φάσματα. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα, ὀφειλόμενον εἰς τὴν παρουσίαν μαγνήτου,

δεικνύει κατὰ ποῖον τρόπον ἡ ἑλκτική ιδιότης τοῦ μαγνήτου ἐκτείνεται εἰς τὸ περιβάλλον αὐτὸν διάστημα καὶ πρὸς τούτοις ὅτι αὕτη ἔξασκεῖται καὶ διὰ μέσου τοῦ χάρτου.

Σημ.—Ἡ ἐνέργεια αὕτη τοῦ μαγνήτου ἔξασκεῖται ἐπίσης καὶ διὰ μέσου οἰουδήποτε ἄλλου σώματος, ἐκτὸς τοῦ σιδήρου καὶ τοῦ χάλυβος.

Μαγνητικὸν πεδίου τοῦ μαγνήτου καλεῖται τὸ διάστημα, εἰς τὸ ὁποῖον ἐκτείνεται ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνήτου τούτου. Τοῦτο ἀποκαλύπτεται ἐνταῦθα διὰ τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου.



Σχ. 157.

Αἱ γραμμαί, ἐπὶ τῶν ὁποίων διατίθενται τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ πεδίου**.

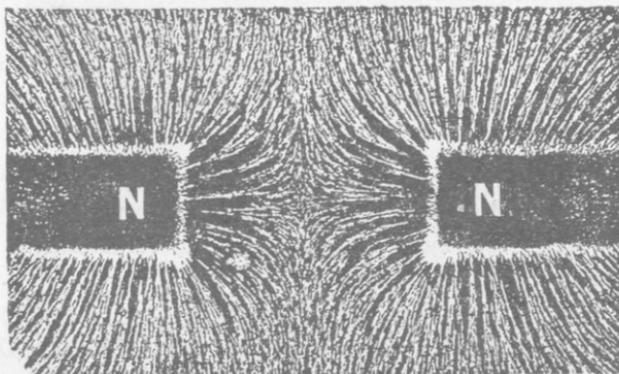
Εἰς τὸ σχῆμα 156 παρατηροῦμεν ὅτι οἱ δύο πόλοι παράγουν ἀκριβῶς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα ἐπὶ τῶν ρινισμάτων καὶ ὅτι τὸ φάσμα εἶναι συμμετρικὸν ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ μαγνήτου.

Τὸ σχῆμα 157 δίδει τὸ φάσμα δύο ἐτερονύμων πόλων. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἀπὸ τοῦ ἑνὸς πόλου καὶ φθάνουν εἰς τὸν ἄλλον.

Τὸ σχῆμα 158 δίδει τὸ φάσμα δύο ὁμωνύμων. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ αἱ ἐκπορευόμεναι ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου φαίνονται ὅτι ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ ἄλλου πόλου.

Τὸ σύνολον τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ἀναχωροῦν ἐξ ἐ-
νὸς πόλου, καλεῖται **μαγνητικὴ ροή**.

Ἐὰν θέσωμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην κινητὴν εἰς τὴν χώραν



Σχ. 158.

τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καὶ διαδοχικῶς εἰς διάφορα σημεῖα αὐτῶν, ὁ
ἄξων τῆς βελόνης θὰ λάβῃ τὴν διεύθυνσιν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἢ
ἀκριβέστερον θὰ ἐφάπτεται τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι΄.

ΜΑΓΝΗΤΙΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

138. **Νόμος τοῦ Coulomb.**—Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι: ἡ ἔλ-
ξις ἢ ἡ ἀπωσις, ἣτις ἐξασκεῖται μεταξὺ δύο πόλων μαγνητῶν,
μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον τοῦ τετραγώνου τῆς
ἀποστάσεως αὐτῶν.

Δηλ. ἐὰν ἡ ἀπόστασις δύο μαγνητικῶν πόλων γείνη δύο, τρεῖς . . .
φορὰς μεγαλυτέρα, ἢ ἑλκτικὴ ἢ ἡ ὠστικὴ δύναμις, τὴν ὁποίαν ὁ εἰς
ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ἄλλου, γίνεται τέσσαρας, ἑννέα . . . φορὰς μικροτέρα.

139. **Ἔντασις πόλου. Μονὰς πόλου.**—Λέγομεν ὅτι δύο πό-
λοι εἶναι ἴσοι ἢ ὅτι αἱ ἐντάσεις των εἶναι ἴσαι ἢ ὅτι κατέχουν τὴν αὐ-
τὴν μαγνητικὴν μᾶζαν, ὅταν ἐξασκοῦν τὴν αὐτὴν ἔλξιν ἢ ἀπωσιν δια-

δοχικῶς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ τρίτου πόλου, ἀπὸ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως.

Μονὰς πόλου.—Εἰς τὸ σύστημα C.G.S. ἐλήφθη ὡς μονὰς πόλου (ἢ μονὰς μαγνητικῆς μάζης), ὁ πόλος (ἢ ἡ μαγνητικὴ μᾶζα) ὅστις ἀπωθεῖ ἴσον πόλον ἀπὸ ἀποστάσεως ἐνὸς ἑκατοστομέτρου διὰ δυνάμεως μιᾶς δύνης.

Τύπος.—Γενικῶς, ἐὰν δύο πόλοι ἴσοι μὲ μ καὶ μ' μονάδας ἀπέχουν ἀπ' ἀλλήλων α ἑκατοστόμετρα, ἔλκονται ἢ ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως :

$$\delta = \frac{\mu \cdot \mu'}{\alpha^2} \text{ δυνῶν.}$$

Μεταξὺ δύο πόλων ὁμωνύμων ἡ δύναμις εἶναι ὠστικὴ καὶ τὸ δ θετικόν. Μεταξὺ ἑτερονύμων πόλων ἡ δύναμις εἶναι ἑλκτικὴ καὶ τὸ δ ἀρνητικόν.

Σημ.—Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι οἱ δύο πόλοι τοῦ αὐτοῦ μαγνήτου ἑξασκοῦν πάντοτε ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας ἐπὶ τῶν ἄλλων μαγνητῶν δυνάμεις τοῦ αὐτοῦ μεγέθους, ἀλλ' ἀντιθέτου φορᾶς. Ἡ ἔντασις λοιπὸν τοῦ ἐνὸς πόλου μαγνήτου εἶναι ἴση κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἀλλὰ μὲ ἀντίθετον σημεῖον πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ἄλλου πόλου του. Σημειοῦμεν τὴν ἔντασιν τοῦ βορείου πόλου μὲ τὸ + καὶ τὴν τοῦ νοτίου μὲ τὸ —.

140. **Ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου. Μονὰς.**—Ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τι σημεῖον Α εἶναι ἡ ἔντασις εἰς δύνας τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἑξασκεῖται ἐπὶ βορείου μαγνητικοῦ πόλου ἴσου πρὸς τὴν μονάδα, εὐρισκομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

Σημ.—Ἡ διεύθυνσις καὶ φορὰ τῆς δυνάμεως ταύτης εἶναι διεύθυνσις καὶ φορὰ τοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α.

Μονὰς ἐντάσεως.—**Μονὰς ἐντάσεως** μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σύστημα C. G. S. εἶναι ἡ ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἑξασκεῖ δυνάμιν μιᾶς δύνης ἐπὶ βορείου πόλου ἴσου μὲ τὴν μονάδα.

Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται gauss.

Ἐὰν λοιπὸν ἡ ἑξασκουμένη δύναμις ἐπὶ τῆς μονάδος τοῦ πόλου εἶναι Δ δύναμι, θὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι ἴση μὲ Δ μονάδας gauss.

Προβλήματα

1ον. Ποία ἡ δύναμις, ἣτις ἐξασκεῖται μεταξὺ δύο πόλων μαγνητικῶν μαζῶν 32 καὶ 40 ἐξ ἀποστάσεως 10 ἑκατοστομέτρων ;

2ον. Πόλος μάξης μαγνητικῆς 90, ἔλκει ἕτερον πόλον τοποθετημένον εἰς ἀπόστασιν δύο ἑκατοστομέτρων μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1 γραμμάριον. Ποία ἡ μᾶζα τοῦ δευτέρου πόλου ;

3ον. Ποῖον τὸ πλῆθος τῶν μαγνητικῶν μογᾶδων πόλου, ὅστις ἀπωθεῖται μετὰ δυνάμεως 9 δυνῶν, ὅταν τοποθετῆται ἐν μαγνητικῷ πεδίῳ ἐντάσεως 0,18 ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ΄.

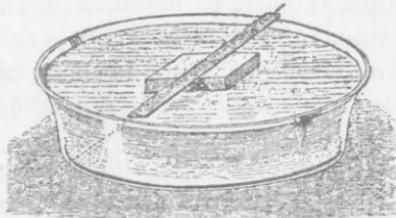
ΓΗΙΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

141. **Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.**— Ἐὰν κρεμάσωμεν χαλυβδίνην ράβδον μὴ μαγνητισμένην ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους της, θὰ ἴδωμεν ὅτι μένει ἀκίνητος εἰς ὅλας τὰς θέσεις, τὰς ὁποίας θὰ δώσωμεν εἰς αὐτήν, διότι τὸ βάρος της ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ σημείου τῆς ἐξαρτήσεως. Ἐὰν ὅμως κρεμάσωμεν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μαγνητισμένην ράβδον, αὕτη μετὰ τινὰς αἰωρήσεις, στρέφει πάντοτε τὸ αὐτὸ ἄκρον της πρὸς βορρᾶν, δηλ. προσανατολίζεται. Ἡ μαγνητισμένη ράβδος ὑφίσταται λοιπὸν τὴν ἐνέργειαν καὶ ἄλλων δυνάμεων ἐκτὸς τῆς βαρύτητος. Αἱ δυνάμεις αὗται ἀποδίδονται εἰς τὴν μαγνητικὴν ἐνέργειαν τῆς γῆς.

Ἡ ἐνέργεια τῆς γῆς δὲν ὀφείλεται εἰς μίαν μόνην δύναμιν, διότι ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ἡ δύναμις αὕτη θὰ ἠδύνατο νὰ ἀναλυθῆ εἰς δύο ἄλλας συνιστώσας, μίαν ὀριζοντίαν καὶ μίαν κατακόρυφον.

Ὅριζοντία συνιστώσα δὲν ὀ-

πάρχει.— Διότι ἐὰν θέσωμεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἠρεμοῦντος ὕδατος τεμάχιον φελλοῦ (σχ. 159) καὶ ἐπ' αὐτοῦ μαγνήτην, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ φελλὸς στρέφεται ἀπλῶς περὶ τὴν κατακόρυφον τὴν διερχομένην διὰ

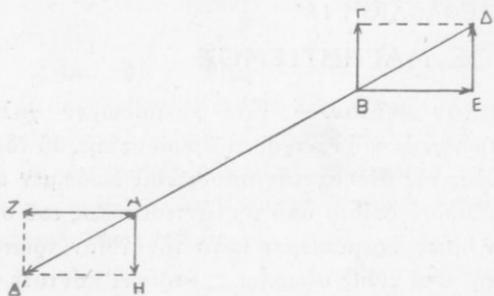


Σχ. 159.

τοῦ κέντρου αὐτοῦ καὶ προσανατολίζεται οὕτως, ὥστε ὁ μαγνήτης νὰ λάβῃ διεύθυνσιν ἀπὸ βορρᾶ πρὸν νότον περίπου, ἀλλὰ ὁ φελλὸς οὐδεμίαν ὑφίσταται μετάθεσιν κατὰ τὴν ὀριζοντίαν φορᾶν.

Κατακόρυφος συνιστώσα δὲν ὑπάρχει.— Διότι δι' ἀκριβῶν σταθμῆσεων ἔχει ἀποδειχθῆ ὅτι τὸ βάρος ράβδου ἐκ χάλυβος εἶναι τὸ αὐτὸ καὶ **πρὸ τῆς μαγνητίσεως καὶ μετ' αὐτήν.** Ἄν ἐπὶ τῆς μαγνητισμένης ράβδου ἐπέδρα δύναμις κατακόρυφος, ἔπρεπε νὰ προστεθῆ εἰς τὸ βάρος τῆς ράβδου ἢ νὰ ἀφαιρεθῆ ἀπ' αὐτοῦ καὶ ἐπομένως τοῦτο νὰ μεταβληθῆ μετὰ τὴν μαγνήτισιν.

142. **Γήινον ζεύγος.**— Ἀφοῦ λοιπὸν ἡ μαγνητισμένη ράβδος



Σχ. 160.

στρέφεται, χωρὶς νὰ ὑφίσταται μετάθεσιν, τοῦτο σημαίνει ὅτι ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων παραλλήλων, ἴσων καὶ ἀντιρροπῶν, δηλ. τὴν ἐνέργειαν **ζεύγους.** Ἡ ἐνέργεια λοιπὸν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι μόνον **διευθυντηρία.**

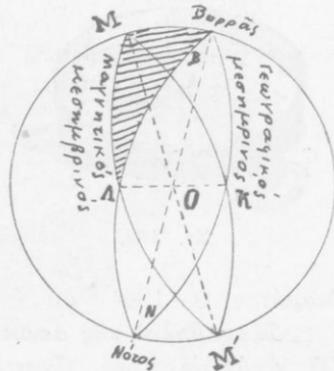
Ὑποθέσωμεν ὅτι ἐκρεμάσαμεν εἰς τὸ διάστημα μαγνητισμένην ράβδον ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους της. Θὰ δυνηθῆ τότε αὕτη νὰ λάβῃ ὅλας τὰς διευθύνσεις, διότι εἶναι ἐλευθέρη. Ἀφοῦ αἰωρηθῆ ἐπὶ τινος στιγμᾶς, θὰ λάβῃ μίαν τελικὴν διεύθυνσιν, ἣτις θὰ μᾶς δώσῃ τὴν **διεύθυνσιν τοῦ γήινου ζεύγους.**

Ἐστω AB (σχ. 160) ἡ θέσις αὕτη τῆς ἰσορροπίας.

Αἱ δυνάμεις ΒΔ καὶ ΑΔ' τοῦ γήινου μαγνητικοῦ ζεύγους εὐρίσκονται κατ' ἀνάγκην ἐπ' εὐθείας γραμμῆς μετὰ τῆς ράβδου, διότι ἄλλως αὕτη δὲν θὰ ἰσορροπῆ. Τὸ κατακόρυφον τότε ἐπίπεδον τὸ περιέχον τὴν ΑΒ λέγεται ἐπίπεδον τοῦ **μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ.**

Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα εἰς διάφορα σημεῖα κείμενα πλησίον ἀλλήλων, ἡ ράβδος μένει εἰς τὴν ἰδίαν θέσιν. Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γήινου πεδίου εἶναι παράλληλοι.

Ἐὰς ἀναλύσωμεν τὴν δύναμιν ΒΔ εἰς δύο ἄλλας: μίαν κατακόρυφον ΒΓ καὶ ἄλλην ὀριζοντίαν ΒΕ. Ἀναλύομεν ἐπίσης καὶ τὴν ΑΔ' εἰς τὴν ΑΗ κατακόρυφον καὶ τὴν ΑΖ ὀριζοντίαν. Θὰ ἔχωμεν τότε δύο ζεύγη: ἓν κατακόρυφον ἀποτελούμενον ἐκ τῆς ΒΓ καὶ τῆς ΑΗ, καὶ ἓν ὀριζόντιον ἀποτελούμενον ἐκ τῆς ΒΕ καὶ τῆς ΑΖ. Τὸ κατακόρυφον ζεῦγος τείνει νὰ στρέψῃ τὴν ράβδον οὕτως, ὥστε νὰ κλίνη αὕτη πρὸς τὸν ὀρίζοντα· ἀλλὰ δυνάμεθα νὰ μηδενίσωμεν τὴν ἐνέργειάν του ταύτην, καθιστώντες τὸ ἓν ἡμισυ τῆς ράβδου ΑΒ βαρύτερον ἀπὸ τὸ ἄλλο, ὥστε ἡ ράβδος νὰ διατηρηθῇ πάντοτε ὀριζοντία. Τότε ἡ ράβδος θὰ διευθύνεται μόνον ἀπὸ τὸ ὀριζόντιον ζεῦγος καὶ θὰ ἰσορροπήσῃ, ὅταν θὰ εὐρεθῇ εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν δυνάμεων τοῦ ζεύγους, δηλ. ὅταν θὰ εὐρεθῇ εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ.



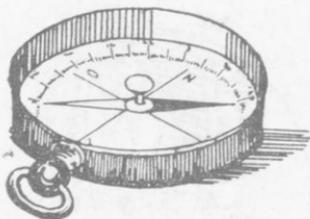
Σχ. 161.

143. **Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.**—**Μαγνητικὴ ἀπόκλισις ἐνὸς τόπου λέγεται ἡ διέδρος γωνία, ἡ ὁποία σχηματίζεται ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.** Δυνάμεθα ἀκόμη νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ ἀπόκλισις μετρεῖται ὑπὸ τῆς ἐπιπέδου γωνίας τῆς ἀντιστοιχούσης πρὸς τὴν ρηθεῖσαν διέδρον, δηλ. ὑπὸ τῆς γωνίας ΜΟΒ (σχ. 161).

Ἡ ἀπόκλισις εἶναι **ἀνατολικὴ ἢ δυτικὴ**, ἔφ' ὅσον τὸ βόρειον μέρος τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ εὐρίσκεται πρὸς ἀνατολὰς ἢ πρὸς δυσμὰς τοῦ βορείου μέρος τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ.

Μέτρησις τῆς ἀποκλίσεως.—Πρὸς μέτρησιν τῆς ἀποκλίσεως χρησιμοποιεῖται ἡ **πυξὶς ἀποκλίσεως**. Αἱ συνήθεις πυξίδες ἀποτελοῦνται ἐκ μαγνητικῆς βελόνης, ἡ ὁποία στηρίζεται κατὰ τὸ μέσον αὐτῆς ἐπὶ κατακόρυφου ἄξονος, περὶ τὸν ὁποῖον δύναται νὰ στραφῇ ἔλευθέρως ἐν ὀριζοντίῳ ἐπιπέδῳ. Διὰ καταλλήλου ἀντιβάρου τὸ πρὸς βορρᾶν ἄκρον τῆς δὲν κλίνει κάτω τοῦ ὀριζοντος. Ὁ ἄξων οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον ὀριζοντίου κυκλικοῦ δίσκου,

τοῦ ὁποίου ἡ περιφέρεια εἶναι ὑποδιηρημένη εἰς μοίρας (σχ. 162). Στρέφομεν κατὰ πρῶτον τὴν πυξίδα οὕτως, ὥστε ἡ διάμετρος $0^{\circ} - 180^{\circ}$ τοῦ δίσκου νὰ λάβῃ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν ἀπόκλισιν. Τὸ βόρειον ἄκρον τῆς βελόνης (τὸ ὁποῖον συνήθως ἔχει χρῶμα βαθύ κυανοῦν) σταματᾷ ἐπὶ τῆς διαιρέσεως, ἣτις δίδει τὴν ἀπόκλισιν.



Σχ. 162.

Ἐπὶ τῆς ἀπόκλισης εἶναι πίνακες, οἱ ὁποῖοι δίδουν τὰς ἀποκλίσεις τῶν κυριωτέρων τόπων τῆς γῆς.

Ἐπιπέδωμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις ἐνὸς τόπου εἶναι 30° δυτικῆ. Διὰ νὰ εὑρωμεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ βορρᾶ, θέτομεν τὴν πυξίδα οὕτως, ὥστε ἡ διάμετρος $0 - 180$ νὰ σχηματίζῃ μετὰ τῆς βελόνης γωνίαν 30° πρὸς δυσμάς. Τότε ἡ διεύθυνσις τῆς

διαμέτρου $0 - 180^{\circ}$ εἶναι ἡ διεύθυνσις ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον.

Μεταβολαὶ τῆς ἀποκλίσεως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς.—

Ἡ ἀπόκλισις δὲν εἶναι ἡ αὐτὴ εἰς ὅλους τοὺς τόπους. Οὕτως εἶναι μὴδὲν ἐπὶ τινος γραμμῆς κλειστῆς, ἡ ὁποία διαιρεῖ τὴν Γῆν εἰς δύο ἄνισα μέρη. Εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τῆς γραμμῆς ταύτης ἡ μαγνητικὴ βελόνη διευθύνεται κατὰ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν καὶ δεικνύει ἀκριβῶς τὸν γεωγραφικὸν βορρᾶν. Ἐντὸς τῆς γραμμῆς ταύτης, ἡ ὁποία ἐγκλείει τὸν Ἀτλαντικὸν ὠκεανόν, τὴν Εὐρώπην καὶ τὴν Ἀφρικὴν, ἡ ἀπόκλισις εἶναι δυτικῆ. Ἐκτὸς αὐτῆς εἶναι ἀνατολικῆ (Ἀμερικῆ, Εἰρηνικὸς ὠκεανός, Ἀσία, πλὴν ἐλλειψοειδοῦς τινος χώρας παρὰ τὸ Πεκῖνον περιλαμβανούσης καὶ τὰς Ἰαπωνικὰς νήσους).

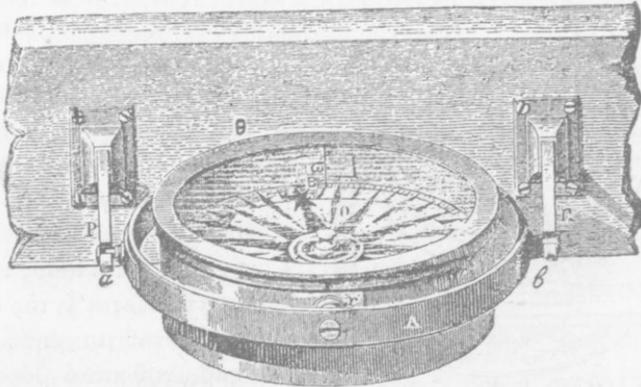
Ἡ ἀπόκλισις ἐν Ἀθήναις εἶναι δυτικῆ — $2^{\circ} 13', 6$.

Σημ.—Ἡ ἀπόκλισις καὶ εἰς τὸν αὐτὸν τόπον δὲν μένει σταθερὰ, ἀλλ' ὑφίσταται πάντοτε μεταβολάς, ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλαι μὲν εἶναι αἰώνιαι, ἄλλαι ἐτήσιαι καὶ ἄλλαι ἡμερήσιαι.

144. **Ναυτικὴ πυξίς.**—Ἡ **ναυτικὴ πυξίς** εἶναι πυξίς ἀποκλίσεως, τὴν ὁποίαν μεταχειρίζονται οἱ ναυτιλλόμενοι, ὅπως δι' αὐτῆς κανονίζουσι τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως τῶν πλοίων.

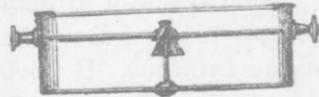
Ἡ ναυτικὴ πυξίς συνίσταται ἐκ κυλινδρικῆς χαλκίνης θήκης

Θ (σχ. 163) ἐρματισμένης κατὰ τὸ κατώτερον μέρος αὐτῆς διὰ μόλυβδου καὶ ἐξηρητημένης κατὰ τὴν μέθοδον τοῦ Cardan. Διὰ τῆς τοιαύτης ἐξαρθήσεως κατορθώνει ἡ πυξίς, ταλαντευομένη περὶ δύο καθέτως διασταυρουμένους ἄξονας, νὰ διατηρῆται ὀριζοντία, ὅσον-δήποτε σαλευομένου τοῦ πλοίου. Εἰς τὸ βάθος τῆς θήκης εἶναι



Σχ. 163.

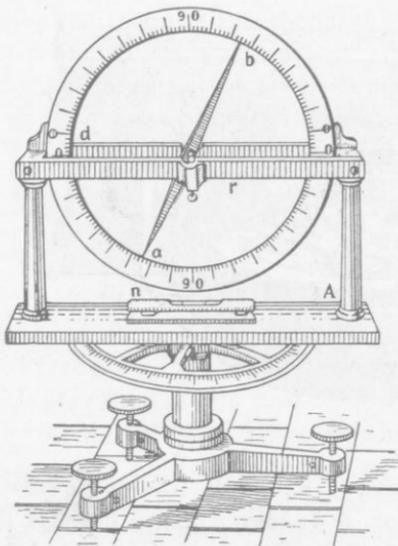
προσηλωμένος κατακόρυφος ἄξων, ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται (σχ. 164) μικρὰ μαγνητικὴ ράβδος, ἡ **βελόνη** τῆς πυξίδος. Ἡ βελόνη αὕτη ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας αὐτῆς ἐπιφανείας φέρει δίσκον ἐκ μαρμαρυγίου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι προσκολλημένος ἕτερος δίσκος Ὁ χάρτινος (σχ. 163), ὁ ὁποῖος φέρει χαραγμένα ἀκτινοειδῶς τὰ 32 σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος. Μία τῶν ἀκτίνων τούτων καταλήγει εἰς ἀστερίσκον καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ γράμματος Β. Ἡ ἀκτίς αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ράβδον, ἣτις ὑπάρχει ὑπὸ τὸν δίσκον καὶ δεικνύει τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν.



Σχ. 164.

Χρῆσις.— Ἡ πυξίς τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς γαφύρας τοῦ πλοίου ἐνώπιον τοῦ πηδαλιούχου. Ἀναζητεῖ κατὰ πρῶτον ὁ πλοίαρχος ἐπὶ ναυτικοῦ τινος χάρτου καὶ ὀρίζει κατὰ ποίαν ἀκτίνα τοῦ δίσκου (ἀνεμολογίου) δέον νὰ διευθυνθῇ τὸ πλοῖον. Τότε δὲ ὁ πηδαλιούχος, στρέφει τὸν μοχλὸν τοῦ πηδαλίου, ἕως ὅτου

ἡ ὀρισθεῖσα ἀκτίς, ἣτις καὶ σημειοῦται ἐπὶ τοῦ ἀνεμολογίου, συμπέση *μετὰ τῆς γραμμῆς πίστεως τοῦ πλοίου*. Οὕτω καλεῖται ἡ γραμμὴ, ἣτις διέρχεται δι' ὄρισμένον σημεῖον π σημειουμένου ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ τοιχώματος τῆς θήκης Θ εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὸ ἐπίπεδον τὸ διὰ τῆς γραμμῆς ταύτης



Σχ. 165.

νης. Τοῦναντίον, ὁ νότιος πόλος τῆς βελόνης (ὁ ὁποῖος διευθύνεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τῆς γῆς) ἀνυψοῦται ἄνωθεν τοῦ αὐτοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν τότε σχηματίζει ὁ ἄξων τῆς βελόνης μετὰ τῆς προβολῆς του ἐπὶ τοῦ ὡς ἄνω ὀριζοντίου ἐπιπέδου, εἶναι ἡ *γωνία τῆς ἐγκλίσεως*. Αὕτη μετρεῖται ἀπὸ τοῦ ὀριζοντος ἀπὸ 0° ἕως $+90^\circ$, ὅταν τὸ βόρειον ἄκρον εἶναι κάτωθεν τοῦ ὀριζοντος· καὶ ἀπὸ $0^\circ - 90^\circ$, ὅταν τοῦτο εὗρισκεται ἄνωθεν.

Μέτρησης τῆς ἐγκλίσεως. — Ἡ ἐγκλίσις μετρεῖται διὰ μαγνητικῆς βελόνης κρεμαμένης ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τῆς ἐν κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται ἐλευθέρως, ἔναντι κατακορύφου κύκλου βαθμολογημένου (σχ. 165). Ὁ κύκλος οὗτος

καὶ τῆς αἰχμῆς τοῦ κατακορύφου ἄξονος τῆς βελόνης διερχόμενον νὰ εἶναι παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλοίου.

145. **Μαγνητικὴ ἐγκλίσις.** — Μαγνητικὴ βελὸνη κρεμαμένη ἐλευθέρως ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τῆς προσανατολίζεται ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ ὁ βόρειος πόλος τῆς (ὁ ὁποῖος διευθύνεται πρὸς τὸν βόρειον πόλον τῆς γῆς) κατέρχεται—εἰς τὰς χώρας μας—κάτωθεν τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τῆς βελό-

στηρίζεται ἐπὶ ἑνὸς ἄλλου κύκλου ὀριζοντίου. Ὁ κατακόρυφος κύκλος προσανατολίζεται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίξη μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου γωνίαν ἴσην μὲ τὴν γωνίαν τῆς ἀποκλίσεως τοῦ τόπου. Ἡ βελὸνῃ εὐρίσκεται τότε εἰς τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν ὁ ἄξων αὐτῆς σχηματίζει μετὰ τῆς ὀριζοντίας διαμέτρου, εἶναι *ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις τοῦ τόπου*.

Ἡ ἔγκλισις εἶναι μεταβλητὴ, ὅπως καὶ ἡ ἀπόκλισις, κατὰ πρῶτον εἰς τὸν αὐτὸν τόπον ἀναλόγως τῆς ἐποχῆς, καὶ κατόπιν εἰς διαφόρους τόπους τῆς γῆς κατὰ τὴν αὐτὴν ἐποχὴν.

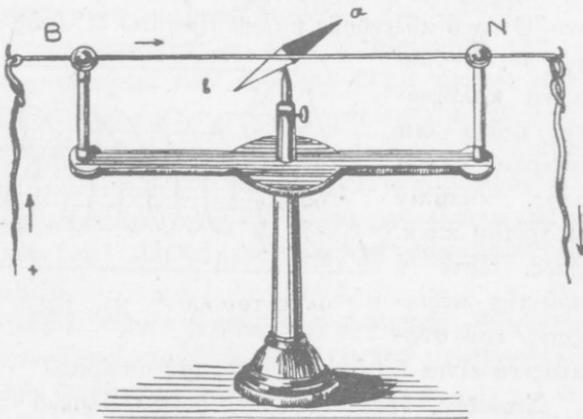
Ἡ ἔγκλισις ἐν Ἀθήναις εἶναι $52^{\circ} 54', 7$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ'.

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

146. Πείραμα τοῦ *Oerstedt*.— Ὑπεράνω μαγνητικῆς βελόνης κινητῆς περὶ κατακόρυφον ἄξωνα τείνομεν ὀριζοντίως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ σύρμα ἐκ χαλκοῦ (σχ. 166).

Ἐφ' ὅσον τὸ σύρμα δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἡ βελὸνῃ παραμένει παράλληλος πρὸς αὐτό· μόλις ὅμως διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σύρματος ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, βλέπομεν τὴν βελὸνῃ ἐκτραπομένην καὶ λαμβάνουσαν διεύθυνσιν τοσοῦτα



Σχ. 166.

Ε C

μᾶλλον πλησιάζουσαν πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ ρεῦμα, ὅσα μεγαλύτερα εἶναι τοῦ ρεύματος τούτου ἡ ἔντασις.

Τὸ πείραμα τοῦτο δεικνύει, ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὁποῖου ἡ ἐνέργεια ἐπιπροστίθεται εἰς τὴν τοῦ γήινου πεδίου.

147. **Φορὰ τοῦ πεδίου.**— **Κανὼν τοῦ Ampère.** Ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται πάντοτε πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ ρεύματος, δηλ. πρὸς τὰ ἀριστερὰ παρατηρητοῦ τὸν ὁποῖον



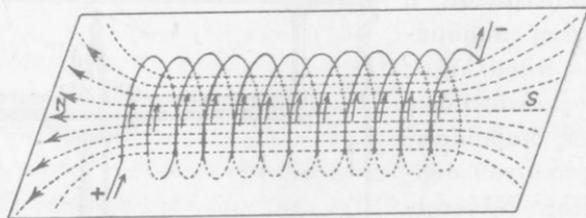
Σχ. 167.

φανταζόμεθα ἐξηπλωμένον ἐπὶ τοῦ σύρματος οὕτως, ὥστε νὰ βλέπη πρὸς τὴν βελόνην καὶ τὸ ρεῦμα νὰ

εἰσέρχεται διὰ τῶν ποδῶν αὐτοῦ καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῆς κεφαλῆς (παρατηρητῆς τοῦ Ampère).

148. **Πηνίον ἢ σωληνοειδές.**— Εἰς τὴν προῆξιν πολλάκις τυλίσσομεν σπειροειδῶς εἰς πηνία τὰ κυκλώματα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν παραγωγὴν μαγνητικῶν πεδίων, καὶ αὐτὴν μόνην τὴν περίπτωσιν θὰ ἐξετάσωμεν (σχ. 167).

Πραγματοποιοῦμεν πηνίον ἢ σωληνοειδές, τυλίσσοντες εἰς στενὰς σπείρας ἐπὶ σωλῆνος ὑαλίνου, ξυλίνου κτλ. σύρμα μεμονωμένον. Ὅταν ὁ κύλινδρος καλυφθῇ οὕτω δι' ἑνὸς πρώτου στρώματος σπειρῶν, δυνάμεθα νὰ καλύψωμεν τοῦτο διὰ δευτέρου στρώματος, κατόπιν διὰ τρίτου κ.ο.κ. οὕτως, ὥστε ἡ φορὰ τῆς περιελίξεως τοῦ σύρματος νὰ εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλας τὰς σπείρας.



Σχ. 168.

Συνεπῶς, ὅταν διέλθῃ τὸ ρεῦμα, ὅλαι αἱ σπείραι διαρρέονται κατὰ τὴν αὐτὴν φορᾶν.

149. **Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.**— **Διεύθυνσις τοῦ πεδίου. Πείραμα μαγνητικοῦ φάσματος.**— Διὰ νὰ γίνῃ τὸ πείραμα εὐκόλως, κατασκευάζομεν τὸ σωληνοειδές, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 168,

δι' ὀλίγων σπειρῶν ἀραιῶν ἐκ σύρματος, αἱ ὁποῖαι διαπεροῦν λεπτόν καὶ ἐπίπεδον χαρτόνιον εὐρισκόμενον κατὰ τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς. Διασκορπίζομεν ρινίσματα σιδήρου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου, κατόπιν δὲ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ σύρματος ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἐπιφέρομεν ἑλαφρὰ κτυπήματα ἐπὶ τοῦ χαρτονίου. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι τὰ ρινίσματα ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς διατίθενται κατὰ γραμμὰς παραλλήλους πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς. Συνεπῶς :

Ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς τὸ πεδίον εἶναι ὁμαλὸν καὶ διευθύνεται κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ.

Παρατηροῦμεν ἐπίσης ὅτι πλησίον τῶν ἄκρων τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ παύουν νὰ εἶναι εὐθύγραμμοι καὶ ἀνοίγονται, ἐξερχόμενοι ἐξ αὐτοῦ, καὶ ὅτι τὸ ἔξωτερικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὸ φάσμα μαγνήτου.



Σχ. 169.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξερχονται ἐκ τοῦ σωληνοειδοῦς ἀπὸ τοῦ ἄκρου αὐτοῦ τοῦ εὐρισκομένου πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ καὶ εἰσέρχονται διὰ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ ἄκρου αὐτοῦ. Ἐπομένως τὸ σωληνοειδὲς ἔχει ἓνα βόρειον πόλον καὶ ἓνα νότιον.

Ἡ φορά τοῦ πεδίου δίδεται ὑπὸ τοῦ κανόνος τοῦ Ampère. Εἰδικῶς, ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς τὸ πεδίον διευθύνεται πρὸς τὰ ἀριστερὰ παρατηρητοῦ *ἐξηπλωμένου ἐπὶ τινος σπείρας κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος, καὶ βλέποντος πρὸς τὸ ἔσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς.*

Εἰς τὸ σχῆμα 169 ὁ παρατηρητὴς τοῦ Ampère, παρατηρῶν πρὸς τὸ ἔσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, ἐκτείνει τὸν ἀριστερὸν βραχίονα καὶ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου H.

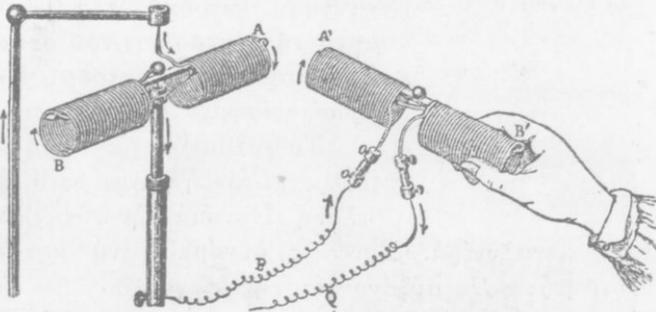
Ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους τοῦ σωληνοειδοῦς (μετρούμενου ἐπὶ τοῦ ἄξονος αὐτοῦ).

150. *Τὰ σωληνοειδῆ ἔχουν ὅλας τὰς ιδιότητες τῶν μαγνη-*

γάλη ομοιότης τῶν σωληνοειδῶν πρὸς τοὺς μαγνήτας ἤγαγε τὸν Ampère εἰς τὴν διατύπωσιν θεωρίας, καθ' ἣν οἱ μαγνήται ὀφείλουν τὰς ιδιότητας αὐτῶν εἰς κλειστὰ ρεύματα κυκλοφοροῦντα περὶ τὰ μέρη τῶν.

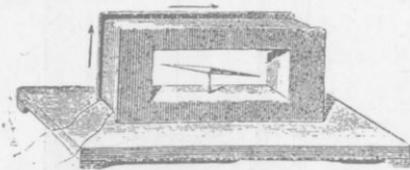
Κατὰ τὸν Ampère, τὰ ρεύματα ταῦτα ὑφίστανται καὶ πρὸ τῆς

μαγνητίσεως, καὶ εἰς τὸν μαλακὸν σίδηρον καὶ εἰς τὸν χάλυβα, ἀλλὰ προσανατολισμένα κατὰ διευθύνσεις διαφόρους. Διὰ τῆς ἐπιδράσεως ὅμως μα-



Σχ. 171.

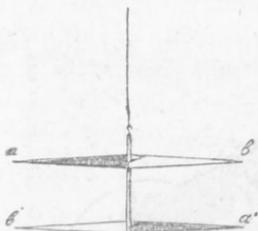
γνήτου ἢ ἰσχυροῦ ρεύματος, τὰ στοιχειώδη ταῦτα ρεύματα λαμβάνουν προσανατολισμὸν ὄρισμένον, καθ' ὃν οἱ ἄξονες αὐτῶν ἔχουν πάντες μίαν καὶ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. Ἀποτελοῦνται οὕτω στενωτάτα σωληνοειδῆ παρουσιάζοντα πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ μαγνήτου τοὺς βορείους αὐτῶν πόλους, τοὺς πόλους δηλονότι ἐκείνους, καθ' οὓς βλέπομεν τὸ ρεῦμα κυκλοφοροῦν κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον πρὸς τὴν τῶν δεικτῶν τοῦ ὥρολογίου.



Σχ. 172.

152. Γαλβανόμετρον.—Τὸ γαλβανόμετρον συνίσταται κυρίως ἐκ κατακορύφου πλαισίου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τυλίσσεται πολλάκις σύρμα μεμονωμένον (σχ. 172). Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πλαισίου, τοποθετουμένον κατὰ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, εὐρίσκειται μαγνητικὴ βελὸνῃ κινητῇ ἐν ὀριζοντίῳ ἐπιπέδῳ περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ὄταν τὸ σύρμα δὲν διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὁ ἄξων τῆς βελόνῃς εὐρίσκειται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ

μεσημβρινοῦ. Εὐθύς ὅμως ὡς διέλθη τὸ ρεῦμα, ἡ βελόνη ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν ὄχι μόνον τοῦ γήινου πεδίου, ἀλλὰ καὶ τοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος καὶ συνεπῶς ἐκτρέπεται λαμβάνουσα τὴν διεύθυνσιν τῆς συνισταμένης τῶν δύο τούτων δυνάμεων. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ ἡ ἐκτροπὴ τῆς βελόνης αὐξάνεται **μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος** τὸ μέγεθος συνεπῶς τῆς ἐκτροπῆς μᾶς ἐπιτρέπει νὰ προσδιορίσωμεν **τὴν ἔντασιν** τοῦ ρεύματος.



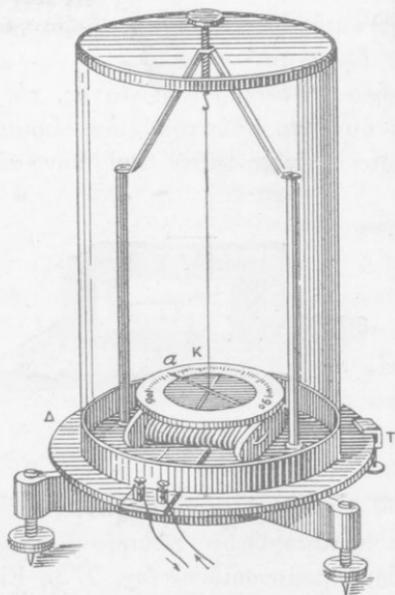
Σχ. 173.

Τὸ γαλβανόμετρον εἶναι τόσον εὐαίσθητότερον, ὅσον ἡ γωνία καθ' ἣν ἐκτρέπεται ἡ βελόνη εἶναι διὰ τὴν αὐτὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος μεγαλύτερα. Συνεπῶς δυνάμεθα νὰ καταστήσωμεν αὐτὸ εὐαίσθητότερον αὐξάνοντες τὴν ἐνέργειαν τοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος καὶ ἐλαττοῦντες τὴν ἐνέργειαν τοῦ γήινου πεδίου.

Τὴν ἐνέργειαν τοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος αὐξάνομεν, αὐξάνοντες τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τοῦ σύματος. Διότι ὅλα τὰ ρεύματα τὰ διατρέχοντα τὰς σπείρας τείνουσιν ἀεκτρέψουν τὴν βελόνην, συμφώνως πρὸς τὸν κανόνα τοῦ Ampère, κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν. Τὴν ἐνέργειαν τοῦ γήινου πεδίου ἐλαττοῦμεν ἀντικαθιστῶντες τὴν μαγνητικὴν βελόνην διὰ **συστήματος ἀστατικοῦ**.

Ἀστατικὸν σύστημα καλεῖται σύστημα δύο μαγνητικῶν βελονῶν σχεδὸν ὁμοίων $\alpha\beta$ καὶ $\alpha'\beta'$ (σχ. 173), συνηνωμένων ἀμεταθέτως

μὲ τοὺς ἀντιθέτους πόλους ἀπέναντι ἀλλήλων. Ἐπειδὴ οἱ δύο οὔτοι μαγνηταὶ εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι, αἱ κατ' ἀντίθετον φορὰν ἐνέρ-

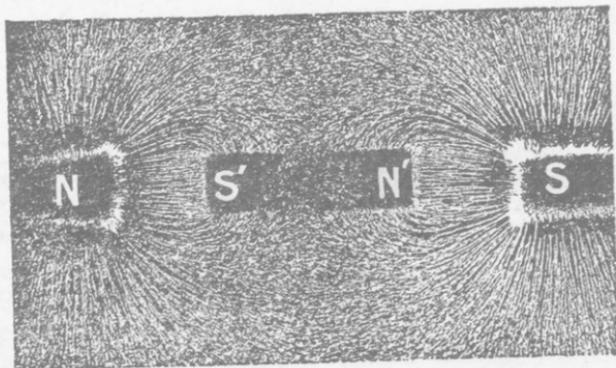


Σχ. 174.

γειαί τοῦ γήινου πεδίου ἐπὶ τῶν ἀντιθέτων πόλων ἔχουν πολὺ μικρὰν ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ συνόλου.

Ἐκ τῶν βελονῶν τούτων ἡ μὲν μία τίθεται ἐντὸς τοῦ πλαισίου, ἡ δὲ ἄλλη ὑπεράνω ταύτης καὶ ἐκτὸς τοῦ πλαισίου (σχ. 174).

Διὰ τοῦ ὄργάνου τούτου δυνάμεθα: α) νὰ ἐννοήσωμεν ἐὰν διὰ ἀγωγοῦ τινος διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Πρὸς τοῦτο παρεμβάλλομεν τὸ γαλβανόμετρον εἰς τὸν ἐξεταζόμενον ἀγωγόν, ὁπότε ἡ βελὸν ἔκτρέπεται, ἐὰν διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται ρεῦμα.



Σχ. 175.

β) Νὰ μετρήσωμεν, ὡς εἶδομεν, τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ μεγέθους τῆς γωνίας καθ' ἣν ἔκτρέπεται ἡ βελὸν.

γ) Νὰ εὑρωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, σημειοῦντες ἐκ τῶν προτέρων τὴν φορὰν καθ' ἣν ἔκτρέπεται ἡ βελὸν, ὅταν διοχετεύωμεν εἰς τὸ γαλβανόμετρον ρεῦμα γνωστῆς φορᾶς π. χ. τὸ ρεῦμα ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'.

ΜΑΓΝΗΤΙΣΙΣ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

153. **Μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου.**— Ὁ μαλακὸς σίδηρος τίθεται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου μαγνητίζεται, δηλ. καθίσταται ἱκανὸς νὰ ἔλκη ρινίσματα σιδήρου.

Μαγνήτισις τοῦ σιδήρου διὰ τῶν μαγνητῶν.— Ἐὰν μεταξὺ δύο ἑτερονόμων μαγνητικῶν πόλων N καὶ S θέσωμεν τεμάχιον

μαλακοῦ σιδήρου καὶ σχηματίσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα τοῦ συνόλου (σχ. 175), τὸ σχῆμα τοῦ φάσματος τούτου δεικνύει, ὅτι ὁ σίδηρος ἔμαγνητίσθη καὶ ὅτι εἰς τὰ σημεῖα S' καὶ N' ἔσχηματίσθησαν μαγνητικοὶ πόλοι, διότι εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα παρουσιάζονται πρὸ πάντων τὰ ἐκ ρινισμάτων νήματα. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαί, αἱ ὁποῖαι ἀναχωροῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου N εἰσέρχονται κατὰ τὸ S' εἰς τὸν σίδηρον, ὅπως ἀκριβῶς εἰσέρχονται εἰς τὸν νότιον πόλον ἄλλου μαγνήτου· συνεπῶς εἰς τὸ S' ἔσχηματίσθη νότιος πόλος. Ἐξε-



Σχ. 176.

χόμεναι ἐκ τοῦ σιδήρου αἱ δυναμικαὶ γραμμαί καταλήγουν εἰς τὸν νότιον πόλον S τοῦ δευτέρου μαγνήτου· ἐπομένως εἰς τὸ N' ἔσχηματίσθη βόρειος πόλος.

Μαγνήτισις τοῦ σιδήρου διὰ σωληνοειδοῦς.—Ἐὰν θέσωμεν ἐντὸς σωληνοειδοῦς ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ διαβιβάσωμεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τοῦ σύρματος τοῦ σωληνοειδοῦς, θὰ παρατηρήσωμεν, πλησιάζοντες μαγνητικὴν βελόνην, ὅτι ἡ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἔμαγνητίσθη καὶ ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς εὐρίσκεται πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ampère, δηλ. κατὰ τὴν ἔξοδον τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (σχ. 176).

Ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διακοπῇ, ὁ μαλακὸς σίδηρος ἀκαριαίως ἀπομαγνητίζεται. Συνεπῶς οἱ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου μαγνήται εἶναι μαγνήται **πρόσκαιροι**.

Ἐὰν ὁμως ἡ ράβδος εἶναι ἐκ βαμμένου χάλυβος, βεβαιούμεθα, ὅτι εἰς ταύτην παραμένει **μέγα μέρος τοῦ μαγνητισμοῦ καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος**. Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης μαγνητίζονται σήμερον αἱ βελόναι τῶν πυξίδων καὶ αἱ ράβδοι τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰ πειράματα.

Σημ.—α') Δυναμέθα νὰ διαπιστώσωμεν, ὅτι ἡ εἰσαγωγή τοῦ σιδήρου ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς, ἣτις δὲν μετέβαλε τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, ἠῤῥησε σημαντικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου. Πράγματι, ἐὰν πλησιάσωμεν μαγνητικὴν βελόνην, θὰ παρατηρήσω-

μεν ὅτι αὕτη ταλαντεύεται πολὺ ταχύτερον, ὅταν τὸ σωληνοειδὲς περιέχῃ τὸν σίδηρον. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἡ δύναμις ἣτις παράγει τὴν ταλάντωσιν ταύτην ἠϋξήθη κατὰ πολὺ.

β') Εἰς τὰ πειράματα τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος οἱ κόκκοι τῶν ριניσμάτων προσανατολίζονται, διότι μαγνητίζονται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ὃ τίθενται. Σχηματίζουν τότε νήματα συγκολλώμενα πρὸς ἄλληλα διὰ τῶν ἑτερώνυμων πόλων των.

γ') Ἡ ἔλξις τοῦ σιδήρου ὑπὸ μαγνήτου προκύπτει ἐκ τοῦ ὅτι ὁ σίδηρος μαγνητίζεται ἐν τῷ πεδίῳ τοῦ μαγνήτου καὶ παρουσιάζει πρὸς τὸν πόλον τοῦ μαγνήτου πόλον ἑτερώνυμον, ὅστις ἔλκεται.

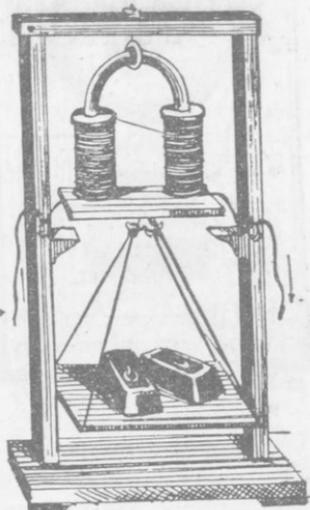
154. Ἡλεκτρομαγνήται.—Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης εἶναι **μαγνήτης πρόσκαιρος**, ὅστις ἀποτελεῖται ἀπὸ **πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τυλίσσεται σύρμα χάλκινον μεμονωμένον.**

Ὅταν διέλθῃ διὰ τοῦ σύρματος ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁ πυρὴν μαγνητίζεται· ἀπομαγνητίζεται δέ, ἐνθὺς ὡς διακοπῇ τὸ ρεῦμα.

Συνήθως εἰς τοὺς ἠλεκτρομαγνήτας δίδουν σχῆμα ἰσπίου πετάλου (σχ. 177). Τὸ σύρμα τυλίσσεται ἐπὶ ἐκάστου βραχίονος καὶ μεταβαίνει ἀπὸ τοῦ ἑνὸς βραχίονος εἰς τὸν ἄλλον, χωρὶς νὰ καλύψῃ τὸ κυρτὸν μέρος. Ἡ περιτύλιξις τοῦ σύρματος γίνεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ πυρῆνος νὰ σχηματίζονται πόλοι ἑτερώνυμοι.

Οἱ ἠλεκτρομαγνήται μαγνητίζονται ἰσχυρότερον τῶν ἐκ χάλυβος μαγνητῶν καὶ δημιουργοῦν ἰσχυρότερα μαγνητικὰ πεδία. Τὸν μαγνητισμὸν των δυνάμεθα νὰ μεταβάλωμεν κατὰ βούλησιν, ἀνοίγοντες ἢ κλείοντες ἢ ἐλαττοῦντες ἢ αὐξάνοντες ἢ ἀναστρέφοντες τὸ ρεῦμα.

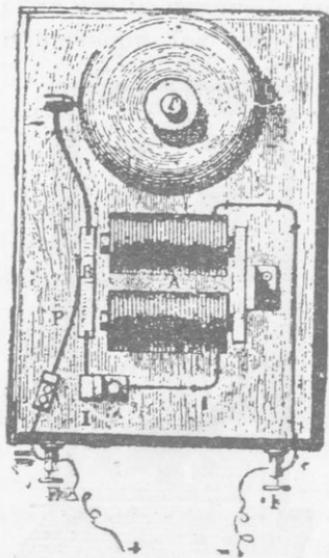
Τὴν ἰσχὺν τῶν μαγνητῶν δεικνύομεν ἐφαρμόζοντες ἐπὶ τῶν



Σχ. 177.

δύο πόλων τεμάχιον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (*ὄπλισμόν*), ἐπὶ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ προσθέσωμεν κατὰ τὴν μαγνήτισιν διάφορα βάρη (σχ. 177.)

155. **Ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν.**— Ἐνεκα τῆς ἰδιότητος, τὴν ὁποίαν ἔχουν οἱ ἠλεκτρομαγνήται νὰ μαγνητίζονται κατὰ τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος καὶ νὰ ἀπομαγνητίζονται κατὰ τὴν διακοπὴν αὐτοῦ, χρησιμοποιοῦνται εἰς πλῆθος πρακτικῶν ἐφαρμογῶν.



σχ. 178.

Ἡλεκτρικὸς κώδων (σχ. 178).— Ὁ ἠλεκτρικὸς κώδων ἀποτελεῖται ἐξ ἠλεκτρομαγνήτου καὶ ὄπλισμοῦ μετὰ σφύρας, ἥτις δύναται νὰ κτυπᾷ κώδωνα. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης A εἶναι προσηλωμένος ἐπὶ μικρᾷ σανίδος. Ἀπέναντι τῶν πόλων του εὐρίσκειται ὄπλισμὸς ἐκ σιδήρου B, ὅστις φέρεται ἐπὶ ἐλαστικοῦ μεταλλικοῦ ἐλάσματος. Ὁ ὄπλισμὸς προεκτείνεται διὰ στελέχους ἐφωδιασμένου μὲ σφύραν. Κατὰ τὴν ἠρεμίαν τὸ ἐλαστικὸν ἔλασμα διατηρεῖ τὸν ὄπλισμὸν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἐλατηρίου P, τὸ ὁποῖον συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἑνὸς τῶν πόλων στήλης. Τὸ δὲ ἐλαστικὸν ἔλασμα συγκοινωνεῖ κατὰ τὸ I μετὰ τοῦ ἄλλου πόλου διὰ τοῦ σύρματος

τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου.

Δειτουργία — Ὄταν κλεισθῇ τὴ κύκλωμα τῆς στήλης, τὸ ρεῦμα φθάνει εἰς τὸν συναπτήρα E, διαρρέει τὸ ἐλατήριον P, διέρχεται εἰς τὸν ὄπλισμὸν B, ἔπειτα διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ ἐλάσματος καὶ τοῦ σύρματος I φθάνει εἰς τὸν ἠλεκτρομαγνήτην A, μεθ' ὃ διὰ τοῦ συναπτήρος F ἐπιστρέφει εἰς τὴν στήλην. Ἡ δίοδος τοῦ ρεύματος διεγείρει τὸν ἠλεκτρομαγνήτην, καὶ ὁ ὄπλισμὸς B ἐλκόμενος ἀπομακρύνεται τοῦ ἐλατηρίου P· συνεπῶς τὸ ρεῦμα διακόπτεται, ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀπομαγνητίζεται καὶ ἡ ἕλξις παύει. Τότε τὸ ἐλαστικὸν ἔλασμα, ἐπαναφέρον τὸν ὄπλισμὸν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἐλατηρίου P, κλείει ἐκ

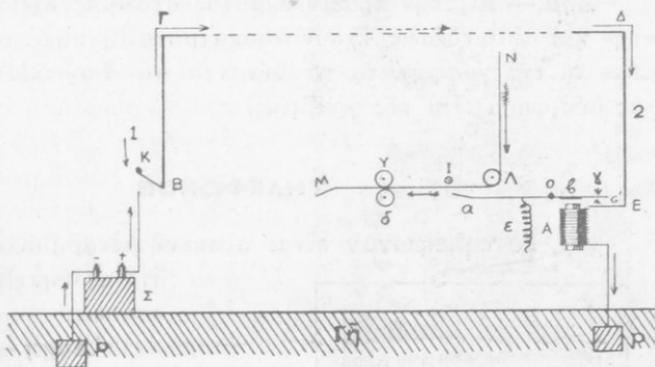
νέου τὸ κύκλωμα κ.ο.κ. Τοιουτοτρόπως διαδοχικὰ κτυπήματα ἐπιφέρονται ὑπὸ τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ

156. Διὰ τοῦ τηλεγράφου ἀποκαθιστῶμεν συνεννόησιν μεταξὺ δύο ἀπομακρυσμένων ἀπ' ἀλλήλων σταθμῶν διὰ σημείων, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται ἠλεκτρικῶς καὶ παριστοῦν συμβατικὸν ἀλφάβητον.

Ἄρχή.—Ὁ πομπός, ὅστις παράγει τὰ σημεῖα εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀναχωρήσεως 1 (σχ. 179) ἀποτελεῖται ἐκ διακόπτου K, διὰ τοῦ

ὁποίου ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ εἰς τὸ σύρμα τῆς γραμμῆς ΒΓΔΕ κατὰ διαστήματα καὶ μὲ ἀνάλογον διάρκειαν τὸ ρεῦμα τῆς στήλης Σ. Εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀφίξεως 2 εὐ-



Σχ. 179.

ρίζκεται δέκτης, ὅστις δέχεται τὰ σημεῖα ταῦτα. Τὸ οὐσιῶδες ὄργανον τοῦ δέκτου τοῦτου εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης A, ὅστις δύναται νὰ ἔλκῃ τὸν ὀπλισμὸν β. Τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος τῆς γραμμῆς εἶναι συνδεδεμένα μὲ μεταλλικὰς πλάκας P ἐγκεχωσμένως βαθέως εἰς τὸ ἔδαφος, οὕτω δὲ τὸ κύκλωμα κλείεται διὰ τοῦ ἐδάφους. Χάρις εἰς τὴν διάταξιν ταύτην, ἡ γραμμὴ περιλαμβάνει ἓν μόνον σύρμα ἀντὶ δύο, ὅπερ ἐλαττώνει εἰς τὸ ἥμισυ τὴν ἀντίστασίν του.

Λειτουργία.—Ὅταν καταβιβασθῇ ὁ διακόπτης K, γίνεται ἐκπομπὴ ρεύματος. Ἡ ἐκπομπὴ δύναται νὰ εἶναι μακρὰ ἢ βραχεῖα, Ἡ μακρὰ ἐκπομπὴ ἔχει διάρκειαν τρεῖς περίπου φορὰς μεγαλυτέραν τῆς βραχείας.

Διὰ καταλλήλου συνδυασμοῦ μακρῶν καὶ βραχειῶν ἐκπομπῶν δύνανται νὰ παρασταθοῦν ὅλα τὰ γράμματα συμβατικῶς.

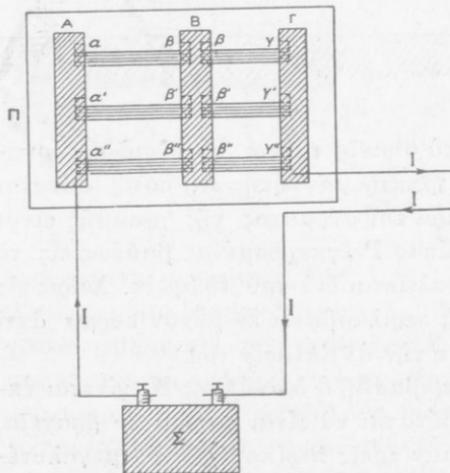
Εἰς ἐκάστην ἐκπομπὴν ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἔλκει τὸν ὀπλισμὸν

του, τὸν ὁποῖον ἀνταγωνιστικὸν ἐλατήριοι εἰ ἀπαναφέρει πρὸς τὰ ὀπίσω εἰς ἐκάστην διακοπὴν τοῦ ρεύματος. Τὴν διπλὴν ταύτην κίνησιν τοῦ ὄπλισμοῦ χρησιμοποιοῦν διὰ νὰ δεχθοῦν τὰ σημεῖα. Π. χ. εἰς τὸν δέκτην τοῦ Morse ὁ ὄπλισμὸς εἶναι συνδεδεμένος μὲ μοχλὸν αὐθ κινήτων περὶ τὸ σημεῖον O · εἰς ἐκάστην ἔλξιν, τὸ ἄκρον α ἀνυψούμενον πιέζει ἐπὶ μελανωτικοῦ κυλίνδρου ι ταινίαν ἐκ χάρτου ΝΛΜ, τὴν ὁποίαν ἐκτυλίσσει ὥρολογιακὸς μηχανισμὸς. Αἱ βραχεῖαι καὶ μακρὰι ἐκπομπὰι ἐκφράζονται διὰ διαδοχῆς στιγμῶν καὶ γραμμῶν.

Σημ.— Εἰς τὴν πρᾶξιν ἕκαστος σταθμὸς ἔχει πομπὸν καὶ δέκτην καὶ αἱ συνδέσεις ἔχουν ἀποκατασταθῆ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὰ τηλεγραφήματα νὰ δύνανται νὰ ἀποστέλλωνται καὶ κατὰ τὰς δύο φορὰς ἐπὶ τῆς γραμμῆς.

ΤΗΛΕΦΩΝΟΝ

157. Τὸ τηλέφωνον εἶναι συσκευὴ μεταβιβάζουσα ἠλεκτρικῶς τὴν φωνὴν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.



Σχ. 180.

τὴν φωνὴν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.

Ἄρχη.— Οἱ δύο σταθμοὶ συνδέονται διὰ κλειστοῦ κύκλωματος. Τὸ κύκλωμα τοῦτο περιλαμβάνει στήλην καὶ **πομπὸν** εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀναχωρήσεως, **δέκτην** δὲ εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀφίξεως.

Σήμερον γενικῶς χρησιμοποιεῖται ὡς πομπὸς τὸ **μικρόφωνον**.

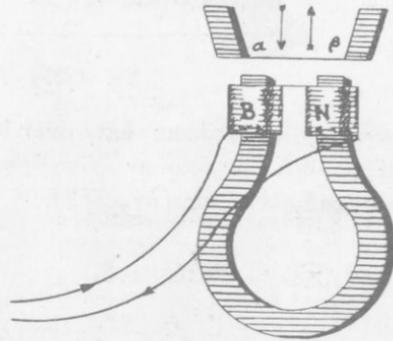
Τὸ μικρόφωνον περιλαμβάνει κυρίως ἔλασμα ἐκ ξύλου ἐλάτης Π, ἐνώπιον τοῦ ὁποῖου ὁμιλοῦμεν.

Ἐπισθεν τοῦ ἐλάσματος τούτου (σχ. 180) εἶναι στερεωμένα

δύο ἢ τρεῖς πλάκες ἐξ ἄνθρακος A, B, Γ αἱ ὁποῖαι φέρουν πλαγίως μικρὰς κοιλότητας, ἐντὸς τῶν ὁποίων εἰσέρχονται τελείως ἐλεύθερα τὰ ἄκρα ραβδίων ἐξ ἄνθρακος (αβ, α' β' κτλ.) διαφόρου ἀριθμοῦ. Ἡ συσκευὴ αὕτη παρεντίθεται εἰς τὸ κύκλωμα τῆς στήλης Σ οὕτως ὥστε τὸ ρεῦμα, διὰ νὰ μεταβῇ εἰς τὸ σύρμα τῆς γραμμῆς, πρέπει νὰ διέλθῃ διὰ τῶν ἐξ ἄνθρακος ραβδίων.

Ὅταν ὁμιλῶμεν πρὸς τῆς πλακὸς Π, αἱ παλμικαὶ κινήσεις αὐτῆς μεταβιβάζονται εἰς τὰ ἐξ ἄνθρακος ραβδία, ἔνεκα τούτου δὲ προκύπτουν σημαντικαὶ μεταβολαὶ εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος, καθ' ὅσον τὰ ἄκρα τῶν ἐξ ἄνθρακος ραβδίων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐλεύθερα, μετακινούμενα μεταβάλλουν τὰ σημεῖα τῆς ἐπαφῆς των ἐντὸς τῶν κοιλοτήτων. Αἱ μεταβολαὶ αὗται τῆς ἀντιστάσεως, αἱ ὁποῖαι ἀκολουθοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς φωνῆς, παράγουν ἀντιστοίχους μεταβολὰς εἰς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία αὐξάνεται μὲν ὅταν ἡ ἀντίστασις ἐλαττοῦται, ἐλαττοῦται δὲ ὅταν ἡ ἀντίστασις αὐξάνεται.

Ὁ δέκτης, ὅστις δέχεται τὸ ρεῦμα, ἀποτελεῖται ἐκ πεταλοειδοῦς ἠλεκτρομαγνήτου (σχ. 181), τοῦ ὁποίου ὁ πυρῆν εἶναι χάλυψ μαγνητισμένος. Αἱ μεταβολαὶ τοῦ ρεύματος, μεταβιβαζόμεναι διὰ τοῦ

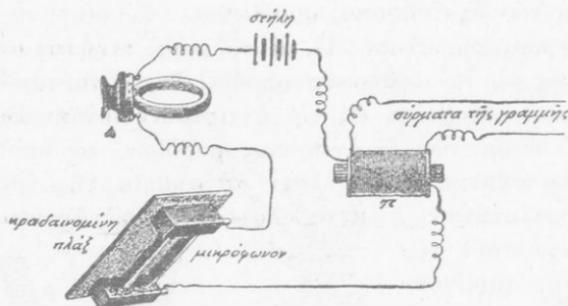


Σ. 181.

σύρματος τῆς γραμμῆς εἰς τὰ πηνία N καὶ B τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου τούτου, ἐπιφέρουν μεταβολὰς εἰς τὸν μαγνητισμὸν τοῦ πυρῆνος. Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου εὐρίσκεται λεπτὸν ἔλασμα αβ ἐκ σιδήρου, στερεωμένον εἰς τὸν πυθμένα μικροῦ ὄλμου, τοῦ ὁποίου τὸ ἄνοιγμα ἐφαρμόζεται εἰς τὸ οὖς. Ἐνεκα τῶν μεταβολῶν, τὰς ὁποίας, ὡς εἶδομεν, ὑφίσταται ὁ μαγνητισμὸς τοῦ πυρῆνος, ἡ πλάξ ὑφίσταται ἕλξεις μεταβλητάς, συνεπεῖα τῶν ὁποίων τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἡ παλμικὴ αὕτη κίνησις ρυθμίζεται ἐκ τῶν μεταβολῶν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ συνεπῶς ἐκ τῆς φωνῆς

τοῦ ὀμιλοῦντος εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀναχωρήσεως ἀναπαράγει ἐπομένως τὴν φωνὴν ταύτην.

Εἰς τὴν πρᾶξιν ἕκαστος σταθμὸς ἔχει μικρόφωνον καὶ δέκτην εἰς τρόπον, ὥστε νὰ δύναται καὶ νὰ ἐκπέμπῃ τηλεφωνήματα καὶ νὰ δέχεται τοιαῦτα. Αἱ δὲ συνδέσεις γίνονται τοιουτοτρόπως, ὥστε τὸ



Σχ. 182.

κύκλωμα νὰ κλείεται καὶ συνεπῶς ἡ στήλη νὰ λειτουργῇ μόνον ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν θὰ ἀποκρεμασθῇ ὁ δέκτης ἐκ τοῦ ἀγκίστρου ἀπὸ τοῦ ὁποίου κρέματαί.

Διὰ τὴν ἀπὸ

μεγάλαις ἀποστάσεσι ἐπικοινωνίαν χρησιμοποιοῦνται εἰδικαὶ διατάξεις, διὰ τῶν ὁποίων ἐνισχύεται σημαντικῶς ἡ ἔντασις τοῦ τηλεφωνικοῦ ρεύματος (σχ. 182).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΔ'.

ΕΠΑΓΩΓΗ

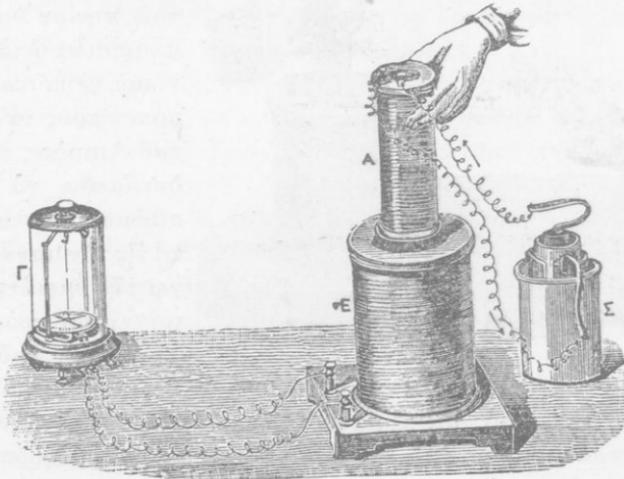
158. Ἐπαγωγή.— Ἡλεκτρικὰ ρεύματα δύναται νὰ παραχθοῦν εἰς ἄγωγόν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μαγνητικῶν συστημάτων μεταβλητῶν (ρευμάτων ἢ μαγνητῶν). Τὸ μαγνητικὸν σύστημα, τὸ ὁποῖον παράγει ρεῦμα, καλεῖται *ἐπαγωγεὺς*, τὸ δὲ οὕτω παραγόμενον ρεῦμα καλεῖται *ἐπαγωγικόν*.

159. Ἐπαγωγή διὰ τῶν ρευμάτων.— Λάβωμεν δύο πηνία Α καὶ Β (σχ. 183) καὶ τὰ μὲν πέρατα τοῦ ἄγωγου τοῦ πηνίου Α συνάψωμεν μετὰ τῶν δύο πόλων ἠλεκτρικοῦ στοιχείου Σ, τὰ δὲ τοῦ πηνίου Ε μετὰ τῶν συναπτήρων γαλβανομέτρου Γ.

Α') Ἐὰν εἰσαγάγωμεν ταχέως τὸ πηνίον Α ἐντὸς τοῦ πηνίου Ε, παρατηροῦμεν ὅτι παράγεται ἐπὶ τοῦ ἄγωγου τοῦ πηνίου Ε ρεῦμα

ἐξ ἐπαγωγῆς ἀκαριαῖον καὶ ἀντίρροπον (δηλ. ἀντιθέτου φορᾶς) πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως. Ἐὰν ἐξαγάγωμεν ταχέως τὸ πηνίον Α, παρατηροῦμεν ὅτι παράγεται πάλιν ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ πηνίου Ε ἀκαριαῖον, ἀλλὰ ὁμόρροπον (δηλ. τῆς αὐτῆς φορᾶς) πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως.

Β') Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ πηνίον Α ἐντὸς τοῦ Ε καὶ διακόψωμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ Α ἢ ἐλαττώσωμεν τὴν ἔντασίν του, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ρεῦμα ἐπαγωγικὸν θὰ κυκλοφορήσῃ εἰς τὸν ἀγωγὸν τοῦ πηνίου Ε, βραχυτάτον καὶ ὁμόρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγω-



Σχ. 183.

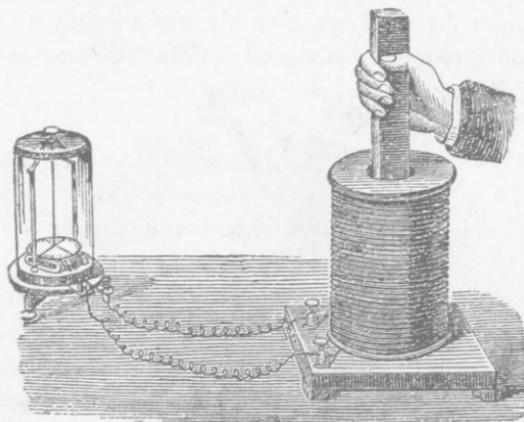
γέως. Ἐὰν δὲ κλείσωμεν τὸ κύκλωμα τοῦ Α, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς θὰ κυκλοφορήσῃ εἰς τὸν ἀγωγὸν τοῦ πηνίου Ε, ἀκαριαῖον καὶ ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τὸ γαλβανόμετρον θὰ ἐκτραπῇ στιγμιαίως καὶ θὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὸ Ο, ὅπου θὰ παραμείνῃ, ἐφ' ὅσον τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως θὰ παραμένῃ **σταθερὸν** εἰς τὸ κύκλωμα Α. Τὰ αὐτὰ θὰ παρατηρήσωμεν, καὶ ἐὰν αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Α.

Δηλαδή: **Πᾶν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἀρχεται ἢ ἐνισχύεται ἢ πλησιάζει, γεννᾷ εἰς γειτονικὸν κύκλωμα ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ἀντίρροπον πρὸς ἑαυτό. Πᾶν δὲ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παύει ἢ ἐξασθε-**

νεῖ ἢ ἀπομακρύνεται, γεννᾶ εἰς γειτονικὸν κύκλωμα ρεῦμα ἑπαγωγικὸν ὁμόρροπον.

160. Ἐπαγωγή διὰ μαγνητῶν.— Ἐπειδὴ ὁ μαγνήτης ἐνεργεῖ ὡς σωληνοειδές, εἶναι φανερόν ὅτι ἡ ἑπαγωγή δύναται νὰ γίνῃ καὶ διὰ μαγνητῶν.

Α') Ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἀποτόμως μαγνήτην εἰς κοῖλον πηνίου, τοῦ ὁποίου τὸ κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνει γαλβανόμετρον



Σχ. 184.

(σχ. 184), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ ἄγωγὸς τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀκαριαίως ὑπὸ ἑπαγωγικοῦ ρεύματος ἀντιρρόπου πρὸς τὰ ρεύματα τοῦ Ampère, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν κυκλοφοροῦντα εἰς τὸν μαγνήτην (λόγῳ τῆς ὁμοιότητος τῶν μαγνητῶν πρὸς τὰ σωληνοειδῆ). Τοῦναντίον, ἂν ἐξαγάγωμεν ἀπο-

τόμως τὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ ἄγωγὸς τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀκαριαίως ὑπὸ ἑπαγωγικοῦ ρεύματος ὁμορρόπου πρὸς τὸ τοῦ μαγνήτου.

Β') Ἐπαγωγικὸν ρεῦμα γεννᾶται, ὅταν μαγνητίζωμεν πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος καταλαμβάνει τὸν ἄξονα πηνίου. Ὁ πυρῆν δύναται νὰ μαγνητισθῇ, ἂν πλησιάσωμεν εἰς ἓν τῶν ἄκρων του ἓνα ἐκ τῶν πόλων μαγνήτου· τὸ ἑπαγωγικὸν ρεῦμα θὰ εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὰ ὑποθετικὰ ρεύματα τοῦ πυρῆνος. Τοῦναντίον, ἂν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, γεννᾶται ρεῦμα ἑπαγωγικὸν ὁμόρροπον.

Γ') Ἐὰν ἐντὸς κοίλου πηνίου, τοῦ ὁποίου τὸ κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνει γαλβανόμετρον, θέσωμεν μαγνήτην καὶ πλησιάσωμεν ταχέως εἰς τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου μέχρις ἐπαφῆς, ὁ μαλακὸς σίδηρος μαγνητίζεται καὶ ὁ μαγνη-

τισμός του ἐνισχύει δι' ἀντιδράσεως τὸν μαγνητισμὸν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου. Ἐκ τούτου γεννᾶται εἰς τὸ πηνίον ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἀντίρροπον πρὸς τὰ ρεύματα τοῦ μαγνήτου. Τοῦναντίον, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ταχέως ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου τὸν μαλακὸν σίδηρον, παράγεται εἰς τὸ πηνίον ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ὁμόρροπον. Τὰ ρεύματα ταῦτα, τὰ ὁποῖα σημειοῖ τὸ γαλβανόμετρον, εἶναι πολὺ βραχέα, ὅπως καὶ αἱ κινήσεις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, ἐκ τῶν ὁποίων γεννῶνται.

161. **Αὐτεπαγωγή.**—Ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μεταβάλλεται κατὰ τὴν ἔντασιν, ἔξασκεῖ ἐπαγωγὴν ὄχι μόνον εἰς γειτονικὸν κύκλωμα, ἀλλὰ καὶ ἐπὶ τοῦ ἰδίου κυκλώματος.

Ὅταν τὸ ρεῦμα ἄρχεται, γεννᾶ δι' ἐπαγωγῆς εἰς τὸ κύκλωμά του ρεῦμα ἀντίρροπον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς**. Τὸ ρεῦμα τοῦτο ἐπιβραδύνει τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ κυρίου ρεύματος.

Ὅταν τὸ ρεῦμα διακόπτεται, παράγει εἰς τὸ κύκλωμά του ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς ὁμόρροπον, τὸ ὁποῖον ἐνισχύει τὸ κύριον ρεῦμα.

Ἀνάλογον ὑδραυλικὸν φαινόμενον εἶναι τὸ ἑξῆς : Ὅταν σχηματίζεται ρεῦμα ὕδατος ἐντὸς σωλῆνος, χρειάζεται ὠρισμένος χρόνος ἵνα ἡ ροὴ λάβῃ τὴν κανονικὴν τῆς ταχύτητα. Ἐὰν ἡ ροὴ διακοπῇ ἀποτόμως, τὸ ρεῦμα δὲν παύει ἀκαριαίως, ἡ δὲ κτηθεῖσα ταχύτης παράγει ἰσχυρὰν κροῦσιν ἐπὶ τοῦ σωλῆνος. Ἡ κροῦσις ἀνυψοῖ στιγμιαίως μέρος τοῦ ὑγροῦ ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος ἐν τῇ δεξαμενῇ ἕξ ἧς προέρχεται.

Ἀποτελέσματα τῶν ρευμάτων αὐτεπαγωγῆς.—Ἡ ἐνίσχυσις τοῦ σπινθῆρος ἢ ὁ κλονισμὸς τὸν ὁποῖον αἰσθανόμεθα, ὅταν διακόπτωμεν κύκλωμα περιλαμβάνον πηνίον, ὀφείλεται εἰς τὸ ἕξ αὐτεπαγωγῆς παραγόμενον κατὰ τὴν διακοπὴν ὁμόρροπον ρεῦμα.

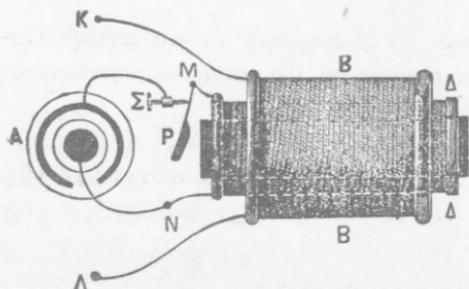
Ἐὰν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ σύρμα τεταμένον μεταξὺ τῶν πόλων στήλης, ὁ σπινθὴρ τῆς διακοπῆς εἶναι ἀνεπαίσθητος. Ἐὰν ὅμως τὸ σύρμα ἔχῃ **τυλιχθῆ** σπειροειδῶς, ἡ ἀντίστασις του δὲν μεταβάλλεται, ἀλλ' ὁ σπινθὴρ τῆς διακοπῆς εἶναι ἐνισχυμένος.

Ἐὰν μετὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ἀνωτέρω κυκλώματος λάβωμεν διὰ τῶν χειρῶν τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος καί, ἀφοῦ τὰ φέρωμεν εἰς ἐπαφήν, τὰ ἀπομακρύνωμεν ἀποτόμως, αἰσθανόμεθα κλονισμὸν,

ὁ ὁποῖος εἶναι ἀνεπαίσθητος, ὅταν τὸ σύρμα δὲν ἔχη τυλιχθῆ σπειροειδῶς.

Ἡ ἐνίσχυσις τοῦ σπινθῆρος καὶ ὁ κλονισμὸς κατὰ τὴν διακοπὴν εἶναι μεγαλύτερα, ὅταν ἐντὸς τῆς σπείρας ἔχη τεθῆ πυρὴν ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

162. Ἐπαγωγικὸν πηνίον ἢ πηνίον τοῦ *Ruhmkorff*.—Τὸ πηνίον τοῦ *Ruhmkorff* εἶναι πηγὴ ἐπαγωγικῶν ρευμάτων ὑψη-



Σχ. 185.

λοῦ δυναμικοῦ ὀφειλομένων εἰς τὰς ταχείας μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἠλεκτρομαγνητοῦ. Ἀποτελεῖται ἐκ δύο πηνίων ΔΔ καὶ ΒΒ (σχ. 185). Τὸ πηνίον ΔΔ, μικρῶς διαμέτρου, φέρει κατὰ τὸν ἄξονά του δέσμην συρμάτων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου περιβαλλομένην ὑπὸ χαλκίνου σύρματος παχέος, με-

μονωμένου καὶ μικροῦ μήκους.

Περίξ τοῦ κεντρικοῦ τούτου πηνίου καὶ χωριζόμενον ἀπὸ τούτου διὰ σωλῆνος ἐξ ἔβονίτου, περιελίσσεται σύρμα χαλκοῦν λεπτότατον, μεμονωμένον, μεγάλου μήκους, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ΒΒ.

Τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον ΔΔ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος στήλης Α, τὸ ὁποῖον διακόπτεται καὶ ἀποκαθίσταται τῇ βοηθείᾳ τοῦ διακόπτου ΜΡ, τοῦ ὁποίου ἡ λειτουργία εἶναι ὁμοία πρὸς τὴν τῶν ἠλεκτρικῶν κωδῶνων.

Εἰς ἐκάστην ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος τούτου γεννᾶται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἀντίρροπον πρὸς τὸ ἐπιδρῶν, εἰς ἐκάστην δὲ διακοπὴν γεννᾶται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ὁμόροπον. Τὰ ρεύματα ταῦτα ἐνισχύονται ὑπὸ τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου πυρῆνος.

Τοιουτοτρόπως διὰ τῶν διαδοχικῶν ἀποκαταστάσεων καὶ διακοπῶν τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος παράγονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ρεύματα ἐπαγωγικά, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶναι πολὺ βραχύ.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ἄκρα Κ καὶ Λ τοῦ σύρματος τοῦ ἐξωτερικοῦ πηνίου καί, ἀφοῦ κλείσωμεν τὸ κύκλωμα τοῦ ἐσωτερικοῦ πηνίου, ἀμέσως διακόψωμεν αὐτό, τὸ σύρμα τοῦ ἐξωτερικοῦ πηνίου διαρρέεται διαδοχικῶς ὑπὸ δύο παροδικῶν ρευμάτων, ἀντιθέτου φορᾶς, αἱ ποσότητες τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῶν ὁποίων εἶναι ἴσαι. Διότι τὰ δύο ταῦτα ρεύματα ὀφείλονται εἰς τὴν ἐμφάνισιν καὶ ἐξαφάνισιν τῆς αὐτῆς αἰτίας.

Ἀμφότερα τὰ διαδοχικὰ ταῦτα ρεύματα, δηλ. καὶ τὸ ἀντίρροπον καὶ τὸ ὁμόρροπον, παράγουν κεχωρισμένως ἐκτροπὰς τοῦ γαλβανομέτρου ἴσας καὶ ἀντιθέτους, ἢ διαφορὰ ὅμως τοῦ μεγίστου δυναμικοῦ εἶναι μεγαλυτέρα διὰ τὸ ὁμόρροπον ρεῦμα. Διότι ἡ ἀποκατάστασις τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος ἐπιβραδύνεται, ὅταν κλείεται τὸ κύκλωμα, λόγῳ τῆς αὐτεπαγωγῆς, παρατείνεται δὲ οὕτω τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα. Ἐνῶ τὸ κατὰ τὴν διακοπὴν (ὁμόρροπον) παραγόμενον ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα εἶναι πολὺ σύντομον.

Ἐὰν πλησιάσωμεν τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ ἐξωτερικοῦ πηνίου, χωρὶς νὰ τὰ φέρωμεν εἰς ἐπαφήν, βλέπομεν νὰ ἀναπηδῶσι μεταξὺ αὐτῶν εἰς ἐκάστην διακοπὴν καὶ ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος *σπινθῆρες ἠλεκτρικοί*. Ἐν τούτοις ἔνεκα τῆς σχετικῶς μικρᾶς διαφορᾶς δυναμικοῦ τῶν ἀντιρρόπων ἐξ ἐπαγωγῆς ρευμάτων, *οἱ σπινθῆρες παράγονται μόνον κατὰ τὰς διακοπὰς τοῦ ἐπιδρῶντος ρεύματος*, εὐθὺς ὡς ἡ ἀπόστασις τῶν ἄκρων Κ καὶ Λ τοῦ σύρματος αὐξηθῆ ὀλίγον. Τότε τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα διέρχεται κατὰ τὴν μίαν μόνον φορᾶν, δηλ. παρουσιάζει *σταθερὰν διεύθυνσιν*.

Διακρίνομεν ἐπομένως εἰς τὸ ὄργανον *θετικὸν* καὶ *ἀρνητικὸν* πόλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΕ΄.

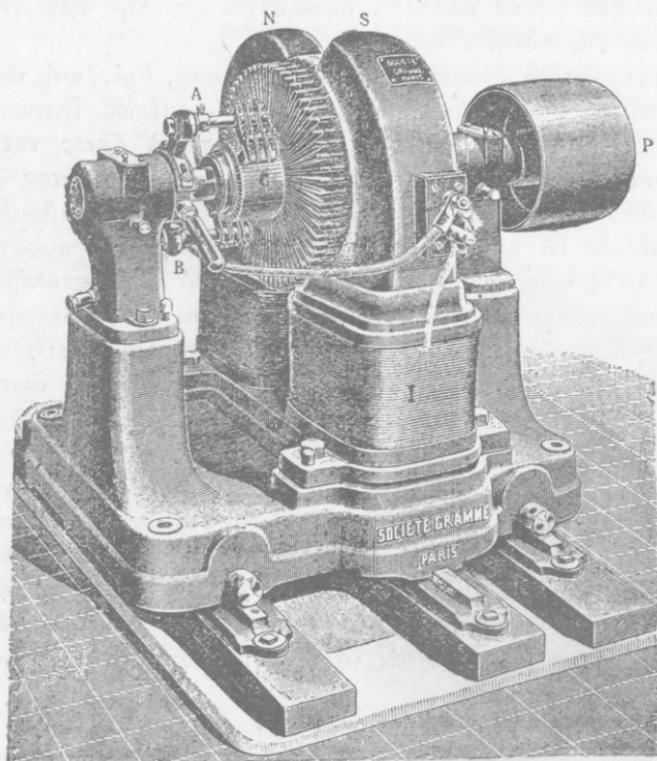
ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ GRAMME

163. **Σκοπὸς τῆς μηχανῆς τοῦ Gramme.**— Ἡ μηχανὴ τοῦ Gramme εἶναι ὁ τύπος τῶν βιομηχανικῶν μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι παρέχουν ρεύματα συνεχῆ (σχ. 186).

Σκοπὸς ταύτης εἶναι νὰ μετατρέπη τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν

εις μηχανικήν, καὶ ἀντιστρόφως τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν.

Εἰς τὴν πρώτην περιπτώσιν, λέγομεν ὅτι ἡ μηχανὴ εἶναι **δέκτρια**, διότι δέχεται ρεῦμα, ἢ ὅτι ἀποτελεῖ **κινητήρα**, διότι παρέχει ἔργον.



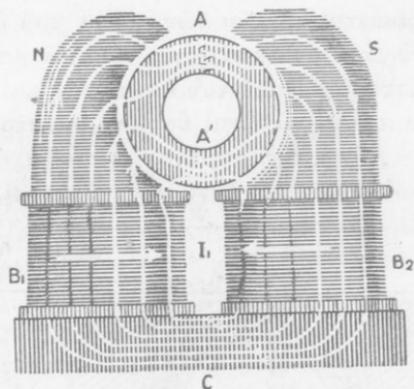
Σχ. 186.

Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν, ἡ αὐτὴ μηχανὴ **καταναλίσκει** τὸ μηχανικὸν ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ οἰουδήποτε κινητήρος καὶ **παρέχει** ρεῦμα. Λέγομεν τότε, ὅτι αὐτὴ λειτουργεῖ ὡς **γεννήτρια** ἠλεκτρισμοῦ.

Ἡ μηχανὴ τοῦ Gramme περιλαμβάνει δύο κυρίως συστήματα :

α') τὸν *ἐπαγωγέα*, ὅστις χρησιμεύει διὰ τὴν παραγωγὴν σταθεροῦ μαγνητικοῦ πεδίου, β') τὸ *ἐπαγωγίμον*. Τοῦτο εἶναι πηνίον στρεφόμενον ἐντὸς τοῦ ὡς ἄνω μαγνητικοῦ πεδίου, ὅποτε παράγονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ ἐπαγωγικά ρεύματα.

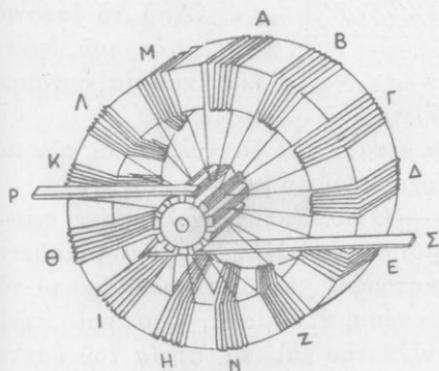
164. Ἐπαγωγεύς.—Οὗτος δύναται νὰ εἶναι μαγνήτης, ὅποτε ἡ μηχανὴ λέγεται *μαγνητοηλεκτρικὴ* ἢ *magneto* ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ὅμως ὁ ἐπαγωγεύς εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης καὶ ἡ μηχανὴ τότε λέγεται *δυναμοηλεκτρικὴ* ἢ *dynamo*. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ ἐπαγωγεύς συνίσταται ἐκ δύο πηνίων κατακορύφων B_1 καὶ B_2 (σχ. 187) μὲ πυρῆνας ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Οἱ πυρῆνες οὗτοι εἶναι συνδεδεμένοι μὲ τὸν σιδηροῦν *συν-*



Σχ. 187.

δετήρα C καὶ προεκτεινόμενοι πρὸς τὰ ἄνω ἀποτελοῦν τὰ *πολικὰ* τεμάχια N καὶ S, τὰ ὁποῖα ἀφήνουν μεταξὺ των κυλινδρικὸν ἄνοιγμα.

165. Ἐπαγωγίμον.—Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἀπὸ ὄπλισμόν ἐκ μαλακοῦ σιδήρου AA', ὁ ὁποῖος εἶναι κοῖλος κύλινδρος (σχ. 188), καὶ ἀφ' ἑτέρου ἀπὸ ἀτέρμονα σπειραν ἐκ χαλκί-
νου λεπτοῦ καὶ μεμονωμένον

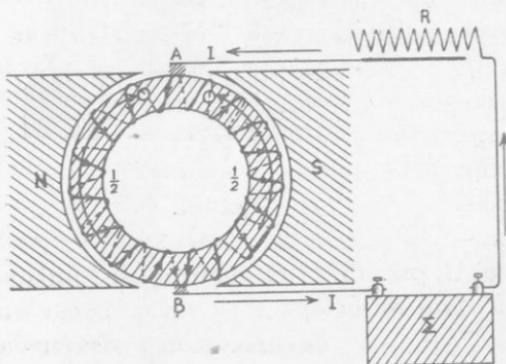


Σχ. 188.

σύρματος, περιτυλιγμένην ἐπὶ τοῦ ὄπλισμοῦ τούτου. Τὸ σύρμα τοῦτο σχηματίζει μικρὰ πηνία χωρισμένα A, B, Γ... Ἐπὶ τοῦ σύρματος τῶν πηνίων αὐτῶν ἀναπτύσσονται τὰ ἐπαγωγικά ρεύματα.

Τὸ σύνολον τοῦ ὄπλισμοῦ καὶ τῆς σπείρας ἀποτελεῖ τὸν **δακτύλιον τοῦ Gramme** (σχ. 189). Ὁ δακτύλιος οὗτος εἶναι κινητὸς περὶ ἄξονα ὀριζόντιον, ὁ ὁποῖος διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον του καὶ εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἐντὸς τοῦ κυλινδρικοῦ ἀνοίγματος, τὸ ὁποῖον καὶ καταλαμβάνει ὁλόκληρον. Τὸ διάστημα μεταξὺ τοῦ δακτυλίου καὶ τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου πρέπει νὰ εἶναι ὅσον τὸ δυνατόν ἐλάχιστον.

Λόγω τῆς μεγάλης διαπερατότητος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, σχεδὸν ὅλαι αἱ δυναμικαὶ γραμμαῖαι, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν



Σχ. 189.

γραμμὴ δὲν διέρχεται (σχ. 187).

Εἰς τὸ διάστημα λοιπὸν τὸ μεταξὺ τοῦ δακτυλίου καὶ τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει ἰσχυρὸν μαγνητικὸν πεδίον.

Συλλέκται καὶ ψήκτραι — Ὁ συλλέκτης περιλαμβάνει σειρὰν χαλκίνων ἐλασμάτων μεμονωμένων ἀπ' ἀλλήλων καὶ τοποθετημένων ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς τοῦ δακτυλίου κατὰ τὰς γενετείρας αὐτοῦ. Ὑπάρχουν δὲ τόσα ἐλάσματα, ὅσα καὶ πηνία (σχ. 188). Τὰ ἐλάσματα τοῦ συλλέκτου καὶ τὰ πηνία τοῦ δακτυλίου εὐρίσκονται εἰς ἐπικοινωνίαν ὡς ἑξῆς: Τὸ ἄκρον τοῦ σύρματος εἰς τὸ ὁποῖον τελειώνει τὸ πηνίον Α καὶ τὸ ἄκρον τοῦ σύρματος ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἄρχεται τὸ πηνίον Β εἶναι στερεωμένα ἐπὶ ἐλάσματος. Τὸ ἄκρον τοῦ σύρματος εἰς τὸ ὁποῖον τελειώνει τὸ πηνίον Β καὶ τὸ ἄκρον τοῦ σύρματος ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἀρχίζει τὸ πηνίον

βόρειον πόλον τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, διχάζονται οὕτως, ὥστε τὸ ἕμισυ αὐτῶν νὰ διαρρέη τὸ ἄνω μέρος τοῦ δακτυλίου καὶ τὸ ἄλλο ἕμισυ τὸ κάτω μέρος αὐτοῦ. Κατόπιν εἰσέρχονται εἰς τὸν νότιον πόλον.

Ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸν κενὸν τοῦ δακτυλίου καμμία δυναμικὴ

νίον Γ εἶναι στερεωμένα εἰς τὸ ἐπόμενον ἔλασμα καὶ οὕτω καθ' ἐξῆς. Τοιουτοτρόπως τὰ πηνία καὶ τὰ ἐλάσματα ἀποτελοῦν συνεχῆς κύκλωμα.

Αἱ *ψήκτραι* εἶναι ἐλάσματα Ρ καὶ Σ, (σχ. 188) (Α καὶ Β, εἰς τὸ σχ. 189) ἐκ μετάλλου ἢ ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ραβδία ἐξ ἄνθρακος, τὰ ὁποῖα συνδέονται μεταλλικῶς μὲ δύο συναπτῆρας, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς. Αἱ δύο ψήκτραι προστρίβονται ἐπὶ τοῦ συλλέκτου εἰς τὰ ἄκρα διαμέτρου κατακορύφου.

166. Λειτουργία τῆς μηχανῆς ὡς δεκτρίας.—Ἐστω ὅτι ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαβιβαζόμενον εἰς τὰ πηνία B_1 καὶ B_2 τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου δημιουργεῖ τὸ μαγνητικὸν πεδῖον καὶ ὅτι οἱ συναπτῆρες τῆς μηχανῆς ἠνώθησαν δι' ἀγωγῶν μὲ τοὺς δύο πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς Σ (σχ. 189). Τὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς ταύτης φθάνει εἰς τὸν δακτύλιον διὰ τῆς ψήκτρας Α π. χ. καὶ ἐξέρχεται διὰ τῆς ψήκτρας Β, ἀφοῦ διανεμηθῆ ἔξ ἴσου μεταξὺ τῶν σπειρῶν τῶν πρὸς τὰ δεξιὰ τῆς διαμέτρου ΑΒ καὶ τῶν πρὸς τὰ ἀριστερά. Ὁ δακτύλιος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς τὸν ἄξονά του, καὶ ἡ μηχανὴ εἶναι *κινητῆς*, τοῦ ὁποίου κανονίζομεν τὴν ἰσχύν, μεταβάλλοντες καταλλήλως τὸ ρεῦμα.

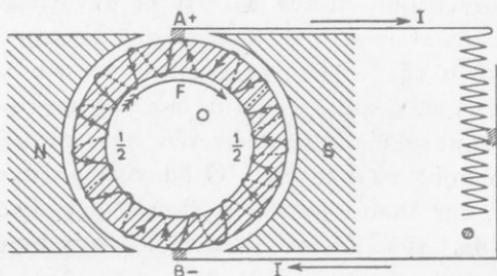
Ἡ περιστροφή τοῦ δακτυλίου παράγεται ὑπὸ τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τῶν σπειρῶν τοῦ ἐπαγωγίμου, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἰσοδυναμεῖ πρὸς τέλειον μαγνήτην. Ἄνευ ἐτέρας ἀναλύσεως τῶν δυνάμεων τούτων ἐννοοῦμεν, ὅτι ἐὰν αἱ σπείραι αἱ εὐρισκόμεναι πρὸς τὰ ἀριστερά τῆς διαμέτρου ΑΒ ἔλκωνται πρὸς τὰ ἄνω, αἱ πρὸς τὰ δεξιὰ θὰ ἔλκωνται πρὸς τὰ κάτω, οὕτω δὲ ὅλαι αἱ δράσεις θὰ τείνουν νὰ στρέψουν τὸν δακτύλιον κατὰ τὴν φορὰν τῶν δεικτῶν ὥρολογίου.

Εἶναι φανερόν ὅτι ἡ στροφή ἀλλάζει φορὰν, εἴτε ὅταν ἀναστρέφωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως, εἴτε ὅταν ἀναστρέφωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ δακτυλίου.

Τέλος, ὅταν ἀυξάνεται ἡ ἔντασις τῶν ρευμάτων τούτων, αὐξάνεται προφανῶς καὶ ἡ ἔντασις τῶν δράσεων, τὰς ὁποίας οἱ διάφοροι οὔτοι ἠλεκτρομαγνήται ἐξασκοῦν ἐπ' ἀλλήλων, καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ ἰσχύς τοῦ κινητῆρος καθίσταται μεγαλυτέρα.

167. Λειτουργία τῆς μηχανῆς ὡς γεννητρίας.—Διὰ τὰ λει-

τουργήση ἢ μηχανὴ τοῦ Gramme ὡς γεννήτρια, ἔξαποστέλλομεν ρεῦμα εἰς τὸν ἔπαγωγέα, ἵνα δημιουργηθῇ τὸ μαγνητικὸν πεδίο· θέτομεν διὰ τινος κινητήρος εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἔπαγωγίμον κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους F π. χ. (σχ. 190) καὶ συνδέομεν τοὺς πόλους A καὶ B τοῦ ἔπαγωγίμου διὰ τινος ἔξωτερικοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος διαρρέεται τότε ὑπὸ ἔπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντάσεως E. Τὸ ρεῦμα τοῦτο ὀφείλεται εἰς δύο ἔπαγωγικά ρεύματα ἐντάσεως $\frac{E}{2}$, τὰ ὁποῖα γεννῶνται εἰς τὰ δύο ἡμίση τοῦ δακτυλίου καὶ τὰ ὁποῖα προστίθενται εἰς τὸν ἔξωτε-



Σχ. 190.

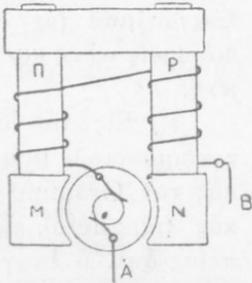
κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν F. Ὡς δὲ ἐμάθομεν, τὸ ρεῦμα τοῦτο διανέμεται ἔξ ἴσου μεταξὺ τῶν σπειρῶν τῶν δύο ἡμίσεων τοῦ δακτυλίου. Συνεπῶς καὶ τὰ ἔξ ἔπαγωγῆς παραγόμενα ἤδη ρεύματα θὰ ἀποτελοῦνται ἐκ τῆς συνενώσεως δύο τοιούτων ἡμίσεων.

168. **Διέγερσις τοῦ ἔπαγωγέως.**— Διὰ νὰ δημιουργηθῇ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, πρέπει νὰ διεγερθῇ ὁ ἔπαγωγεύς, δηλ. νὰ διοχετευθῇ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὰ πηνία αὐτοῦ. Ἀναλόγως τῆς προελεύσεως τοῦ ρεύματος τούτου διακρίνομεν:

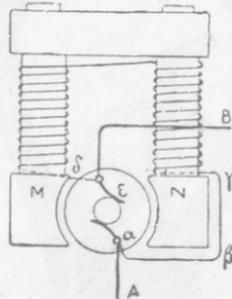
α') **Διέγερσιν ἀνεξάρτητον.**— Κατ' αὐτήν, τὸ ρεῦμα προέρχεται ἐκ πηγῆς οἰασδήποτε, ξένης ὡς πρὸς τὴν μηχανήν, π. χ. ἠλεκτρικῆς στήλης ἢ συσσωρευτοῦ ἢ ἄλλης μηχανῆς.

β') **Διέγερσιν κατὰ σειρὰν.**— Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον τῆς διεγέρσεως, συνδέομεν τὴν μίαν ψήκτραν μὲ τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σύρματος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Τότε τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει-

ται μεταξὺ τοῦ ἄλλου ἄκρου B τοῦ σύρματος (σχ. 191) καὶ τῆς ἄλλης ψήκτρας A. Πόλοι τῆς μηχανῆς εἶναι οἱ A καὶ B. Ἡ διεγερσις τότε γίνεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ ἐπαγωγίμου, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγέως.

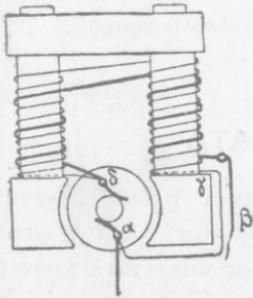


Σχ. 191.



Σχ. 192.

γ') **Διέγερσιν κατὰ διακλάδωσιν.**— Κατ' αὐτήν, τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου συνδέονται ἕκαστον μὲ μίαν ἀπὸ τὰς ψήκτρας. Δύο ἄλλα σύρματα A καὶ B (σχ. 192) ἀναχωροῦν ἀπὸ τὰς ψήκτρας καὶ ἀποτελοῦν τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ὁ ἐπαγωγεὺς τροφοδοτεῖται ὑπὸ μέρους τοῦ ρεύματος τοῦ ἐπαγωγίμου.



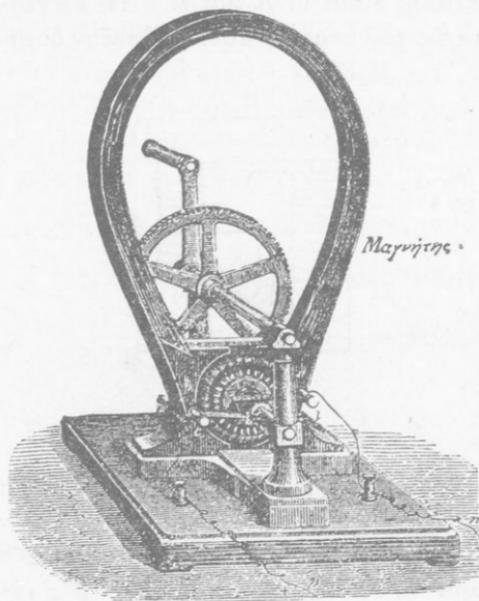
Σχ. 193.

Κατὰ τοὺς δύο τούτους τελευταίους τρόπους διεγέρσεως ἡ μηχανὴ ἐνεργοῦσα ὡς γεννήτρια πρέπει νὰ διεγερθῇ μόνη της, ὁπότε λέγομεν ὅτι λειτουργεῖ δι' **αὐτοδιέγερσεως**. Ἡ αὐτοδιέγερσις ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι οἱ πυρῆνες τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν, ἅπαξ μαγνητισθέντες δι' ἐξωτερικοῦ ρεύματος, διατηροῦν πάντοτε ἴχνη μαγνητισμοῦ, τὰ ὁποῖα

ἀρκοῦν νὰ δημιουργήσουν εἰς τὸ ἐπαγωγίμον ἀσθενὲς ρεῦμα. Τοῦτο δέ, διερχόμενον ὀλόκληρον ἢ ἐν μέρει διὰ τοῦ ἐπαγωγέως, αὐξάνει τὸ μαγνητικὸν πεδίου· τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως αὐξάνεται τότε καὶ οὕτω ἡ μηχανὴ διεγείρεται.

δ') **Διέγερσις μεικτῆ.**— Κατ' αὐτήν, τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγέως

ἀποτελοῦνται ἐκ δύο στρωμάτων· τὸ ἓν ἐκ χονδροῦ σύρματος συνδέεται κατὰ σειρὰν μετὰ τοῦ ἐπαγωγίμου· τὸ ἄλλο ἐκ λεπτοῦ σύρματος συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν ἐπὶ τοῦ ἐπαγωγίμου (σχ. 193). Ἡ διέγερσις αὕτη καλεῖται **μεικτή**.



Σχ. 194.

ε') Εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦν μικρὰς μηχανὰς τοῦ Gramme μαγνητικὰς (magneto), εἰς τὰς ὁποίας δηλ. ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι **μόνιμος μαγνήτης**.

Τὸ σχῆμα 194 παριστᾷ συνήθη μαγνητο-ηλεκτρικὴν μηχανήν. Ὁ δακτύλιος, ὅστις στρέφεται μετὰ τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου, τίθεται εἰς κίνησιν διὰ τροφάλου καὶ ὀδοντωτοῦ τροχοῦ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΣΤ΄.

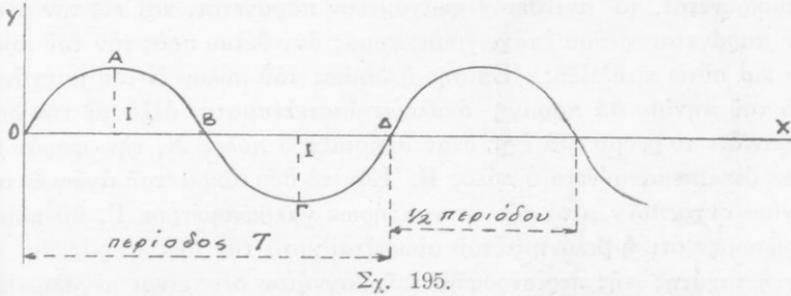
ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

169. Ὅρισμοί.—Ἐν μεταβλητὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα λέγεται **περιοδικόν**, ἔαν ἡ ἔντασις του ἀναλαμβάνη τὴν αὐτὴν τιμὴν κατὰ ἴσα χρονικὰ διαστήματα. **Περίοδος τοῦ ρεύματος** καλεῖται ὁ χρόνος T , ὅστις χωρίζει δύο ἴσας τιμὰς τῆς ἐντάσεως. Ὁ δὲ ἀριθμὸς N τῶν περιόδων κατὰ δευτερόλεπτον καλεῖται **συχνότης**. Ἐχομεν λοιπὸν τὴν σχέσιν $N \cdot T = 1$ ἢ ἡς $N = \frac{1}{T}$.

Τὸ περιοδικὸν ρεῦμα εἶναι **ἐναλλασσόμενον**, ἔαν ἔχη μίαν ὀρισμένην φορὰν κατὰ τὸ ἓν μέρος τῆς περιόδου καὶ τὴν ἀντίθετον φορὰν κατὰ τὸ ὑπόλοιπον.

Λάβωμεν δύο ἄξονας ὀρθογωνίους (σχ. 195): τὸν ΟΧ ὅστις εἶναι ὁ ἄξων τῶν χρόνων, καὶ τὸν ΟΨ ὅστις εἶναι ὁ ἄξων τῶν ἐντάσεων.

Τὸ ρεῦμα μεταβαίνειν κατὰ μίαν φοράν ἔχει ἐντάσιν, ἢ ὁποῖα ἀρχε-



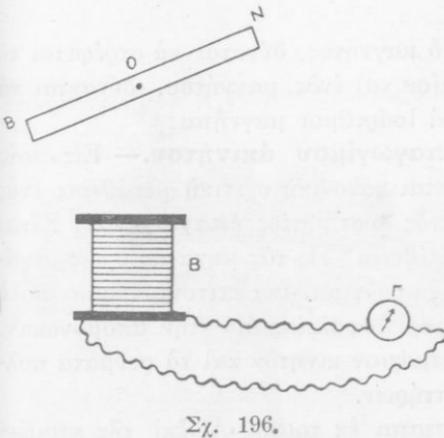
ται ἐκ τοῦ μηδενὸς (ἀρχὴ 0), ἀυξάνεται βαθμηδὸν καὶ φθάνει εἰς μίαν τιμὴν μεγίστην (σημεῖον Α). Κατόπιν ἐλαττοῦται καὶ μηδενίζεται (σημεῖον Β). Μετὰ ταῦτα, τοῦ ρεύματος μεταβαίνοντος κατ' ἀντίθετον φοράν, ἢ

ἐντάσις του θεωρεῖται ὡς ἀρνητική. Αὕτη διέρχεται διὰ τῶν αὐτῶν ἀπολύτων τιμῶν, διὰ τῶν ὁποίων καὶ πρὸ δλίγου, καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς.

Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα παράγονται διὰ δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **ἐναλλακτῆρες**.

197. **Ἀρχὴ τῶν ἐναλλακτῆρων.** — Θεωρήσωμεν μαγνήτην ΒΝ (σχ. 196) τοποθετημένον εἰς τὸ ἐπίπεδον

τοῦ σχήματος καὶ κινητὸν περὶ ἄξονα Ο διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου του, τοῦ ἄξονος ὄντος καθέτου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος. Ὁ μαγνήτης οὗτος εὐρίσκεται ὑπεράνω πηνίου Β μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου οὕτως ὥστε, ὅταν στρέφεται περὶ τὸν ἄξονα, οἱ πόλοι του νὰ ψαύουν ἐναλλάξ τὸ πηνίον.



Ἐφ' ὅσον ὁ πόλος Β πλησιάζει πρὸς τὸ πηνίον, ἡ μαγνήτις τοῦ πυρῆνος βαίνει αὐξανόμενη. Συνεπῶς παράγεται εἰς τὸν ἀγωγὸν τοῦ πηνίου ρεῦμα ἐπαγωγικὸν κατὰ τινὰ φορὰν. Ὄταν ὁ πόλος Β ἀπομακρύνεται, τὸ ἀντίθετον φαινόμενον παράγεται, καὶ εἰς τὸν ἀγωγὸν παράγεται ρεῦμα ἐπαγωγικὸν φορᾶς ἀντιθέτου πρὸς τὴν τοῦ πρώτου καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Ἐπίσης ἡ δίοδος τοῦ πόλου Ν τοῦ μαγνήτου πρὸ τοῦ πηνίου θὰ παράγῃ ἀνάλογα ἀποτελέσματα, ἀλλὰ μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ ρεῦμα θὰ ἔχῃ, ὅταν πλησιάζῃ ὁ πόλος Ν, τὴν φορὰν ἣν εἶχεν ὅτε ἀπεμακρύνετο ὁ πόλος Β. Ἐὰν τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ πηνίου συνδεθοῦν μετὰ τῶν συναπτήρων γαλβανομέτρου Γ, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ βελόνη αὐτοῦ αἰωρεῖται κατὰ τὰς δύο φορὰς, ἐφ' ὅσον ἡ ταχύτης τῆς περιστροφῆς τοῦ μαγνήτου δὲν εἶναι μεγάλη. Εἰς τὴν περίπτωσιν πολὺ ταχείας στροφῆς, ἡ βελόνη δὲν θὰ ἔχῃ τὸν χρόνον νὰ μετατίθεται οὔτε κατὰ τὴν μίαν φορὰν οὔτε κατὰ τὴν ἄλλην.

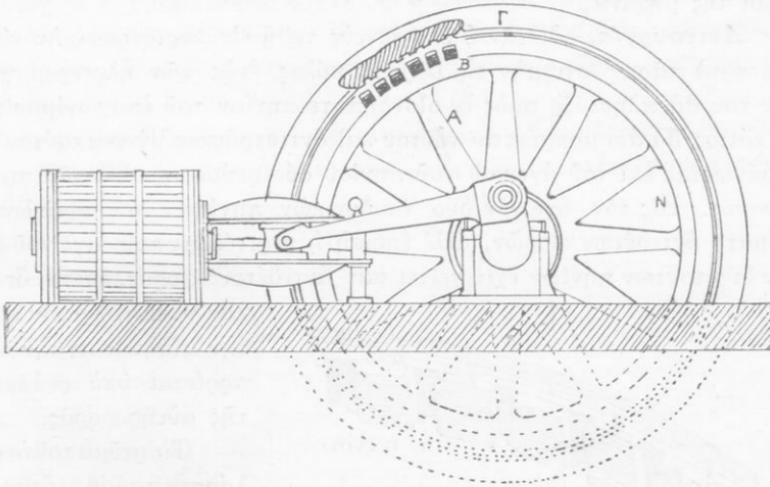
Ἡ περίοδος τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι ἡ διάρκεια τῆς περιστροφῆς τοῦ μαγνήτου καὶ ἡ συχνότης εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν κατὰ δευτερόλεπτον.

Σημ.— Ἀντὶ νὰ στρέφεται ὁ μαγνήτης, δύναται νὰ στρέφεται τὸ πηνίον. Ἐπίσης, ἀντὶ ἑνὸς πηνίου καὶ ἑνὸς μαγνήτου, δύναται νὰ χρησιμοποιηθοῦν πολλὰ πηνία καὶ ἰσάριθμοι μαγνήται.

198. **Ἐναλλακτῆρ μετ' ἐπαγωγίμου ἀκινήτου.**— Εἰς τοὺς βιομηχανικοὺς ἐναλλακτῆρας γίνεται κανονικὴ σχετικὴ μετάθεσις ἑνὸς **ἐπαγωγικοῦ** συστήματος καὶ ἑνὸς συστήματος **ἐπαγωγίμου**. Εἶναι ἀδιάφορον ποῖον ἐκ τῶν δύο μετατίθεται· εἰς τὰς μηχανὰς ὅμως μεγάλης ἰσχύος προτιμῶνται σταθερὰ ἐπαγώγιμα, ἵνα ἐπιτυγχάνωνται πολὺ ὑψηλὰ δυναμικὰ μετὰ μεγαλειτέρας ἀσφαλείας διὰ τὴν ἀπομόνωσιν. Τὸ ἐπαγώγιμον οὐδὲν ἔχει τότε τεμάχιον κινητὸν καὶ τὰ ρεύματα συλλέγονται ἐπὶ δύο σταθερῶν συναπτήρων.

Ἐπαγωγεύς.— Οὗτος συνίσταται ἐκ τροχοῦ Α, ἐπὶ τῆς περιφερείας Ν τοῦ ὁποίου εἶναι προσηρμοσμένοι ἠλεκτρομαγνήται μετὰ πυρῆνων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου διευθυνόμενοι κατὰ ἀκτῖνας ἰσάκεις ἀπεχούσας ἀπ' ἀλλήλων (σχ. 197). Ὁ τροχὸς οὗτος στρέφεται διὰ κινητήρος. Ἐπὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν ἔχει περιτυλιχθῆ ὁ αὐτὸς μεμονωμένος ἀγωγός. Ἡ δὲ φορὰ τῆς περιτυλίξεως εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἐπὶ τῶν διαφορικῶν πυρῆνων οἱ ἐξωτερικοὶ πόλοι νὰ εἶναι ἐναλλάξ βόρειοι καὶ νό-

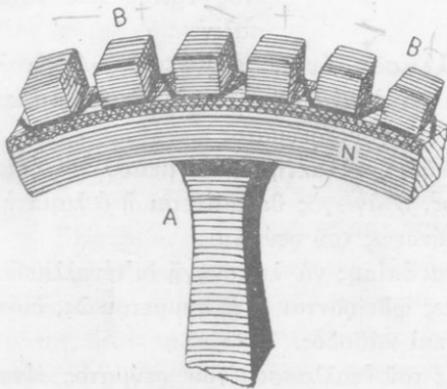
τιοι (σχ. 198). Ὁ ἀγωγὸς τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν τούτων διαρρέεται ὑπὸ συνεχοῦς ρεύματος παρεχομένου ὑπὸ ἀνεξαρτήτου δυναμοηλεκτρι-



Σχ. 197.

κῆς μηχανῆς. Τὸ ρεῦμα τοῦτο φθάνει

διὰ δύο ψηκτρῶν αἱ ὁποῖαι προστρίβονται ἐπὶ δύο ραβδίων στερεωμένων ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ καὶ συνδεδεμένων εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν.



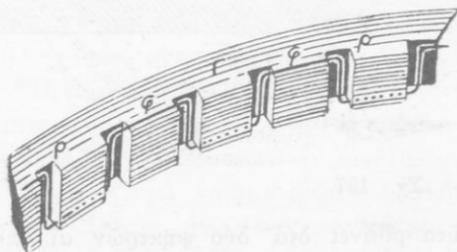
Σχ. 198.

σχηματίζουσαν τόσα πηνία (σχ. 199), ὅσοι ἠλεκτρομαγνηταὶ ὑπάρχουσι εἰς τὸν ἐπαγωγέα. Ἀπὸ τοῦ ἑνὸς πηνίου εἰς τὸ ἐπόμενον, ἡ περιτύλιξις

Ἐπαγωγίμων.— Πέριξ τοῦ κινητοῦ τούτου τροχοῦ εὐρίσκειται ἀκίνητος σιδηροῦς δακτύλιος Γ ὁμόκεντρος μετὰ τοῦ τροχοῦ, φέρων ἐσωτερικῶς ἑσκαμμένας ἐγκοπὰς P ἰσάκεις ἀπεχούσας ἀπ' ἀλλήλων, αἱ ὁποῖαι ἐπιτρέπουσιν τὴν περιτύλιξιν σύρματος καὶ

τοῦ σύρματος ἔχει γείνει κατὰ φοράν ἀντίθετον. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος καταλήγουν εἰς δύο ἑξωτερικούς συναπτήρας, οἱ ὅποιοι εἶναι οἱ πόλοι τῆς μηχανῆς.

Διευκρίνιση.—“Ὅταν ὁ ἐπαγωγὸς τεθῆ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, κατὰ πᾶσαν στιγμὴν εἰς βόρειος πόλος ἑνὸς τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν τοῦ θὰ πλησιάζῃ πρὸς ἕν οἰονδήποτε πηνίον τοῦ ἐπαγωγίμου καὶ εἰς νότιος θὰ ἀπομακρύνεται τούτου καὶ ἀντιστρόφως. Ἔνεκα τούτου θὰ παράγονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ πηνίου δύο ρεύματα, τὰ ὅποια προστίθενται. Εἰς τὸν ἀγωγὸν δύο διαδοχικῶν πηνίων θὰ παράγονται ρεύματα ἀντιθέτων φορῶν, ἀλλ’ ἐπειδὴ ἡ περιτύλιξις τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ τῶν δύο τούτων πηνίων ἔχει γείνει κατ’ ἀντιθέτους φοράς, ἔπεται ὅτι ὁ



Σχ. 199.

λόγον τὸ ἐπαγωγίμον κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν διασφραγίζεται ὑπὸ ρεύματος τῆς αὐτῆς φορᾶς.

Τὸ ρεῦμα τοῦτο ἀλλάσσει φοράν, ὅταν ἕν πηνίον διέρχεται ἀπὸ ἑνὸς βορείου πόλου πρὸ ἑνὸς νοτίου καὶ τὰν ἀπάλιν.

199. Ἰδιότητες τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων.—Δι’ ἐναλλασσομένου ρεύματος δυνάμεθα νὰ ἐπαναλάβωμεν τὰ πειράματα, τὰ ὅποια ἐκτελοῦμεν συνήθως διὰ συνεχοῦς ρεύματος :

α’) Ὅταν κλείωμεν τὸ κύκλωμα ἐναλλακτικῆρος διὰ μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ ἢ δι’ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, ὁ ἀγωγὸς θερμαίνεται ἢ ὁ λαμπτήρ φωτίζει, ἀνεξαρτήτως τῆς διευθύνσεως τοῦ ρεύματος.

Τὸ ἠλεκτρικὸν τόξον δύναται ἐπίσης νὰ λειτουργῇ δι’ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οἱ δύο ἄνθρακες φθείρονται τότε συμμετρικῶς, διότι ἕκαστος γίνεται ἐναλλὰξ ἄνοδος καὶ κάθοδος.

β’) Ἐπειδὴ ἡ μέση ἔντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι μηδέν, τὸ ρεῦμα τοῦτο δὲν ἐκτρέπει τὴν βελόνην τοῦ **γαλβανόμετρον**. Ἀπλῶς θέτει αὐτὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν.

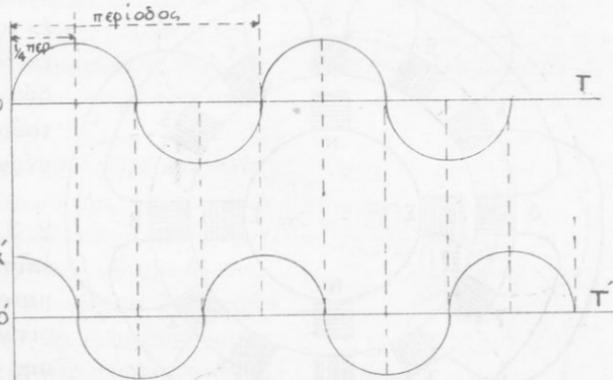
γ’) Ὅταν ἐναλλασσομένου ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, ὁ πυρὴν αὐτοῦ μαγνητίζεται.

δ') Το ἐναλλασσόμενον ρεύμα **ἀποσυνθέτει** τὰς ἐνώσεις δι' ὧν διέρχεται, ἀλλὰ **δὲν τὰς χωρίζει** εἰς τὰ συστατικά των· δὲν δύναται λοιπὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν ἤλεκτρούλυσιν, τὴν γαλβανοπλαστικὴν, τὴν πλήρωσιν συσσωρευτῶν. Κατὰ τὴν δίοδον τοιοῦτου ρεύματος διὰ τοῦ ὕδατος, τὸ ἀέριον τῆς ἀποσυνθέσεως εἶναι **μεῖγμα** ὑδρογόνου καὶ ὀξυγόνου.

ε') Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα παράγουν ἀποτελέσματα ἐπαγωγῆς.

200. **Πολυφασικὰ ρεύματα.**—Καλοῦμεν **πολυφασικὰ ρεύματα** σύνολον περιο-

δικῶν ἐναλλασσο-
μένων ρευμάτων
τῆς αὐτῆς περιό-
δου καὶ τῆς αὐτῆς
μεγίστης ἐντάσε-
ως, ἀλλὰ τὰ ὅποια
ἔχουν διαφορὰν
φάσεως, διὰ τὰ ὅ-
ποια δηλ. αἱ ἐν-
τάσεις δὲν μηδενί-
ζονται π. χ. κατὰ
τὴν αὐτὴν χρονι-
κὴν στιγμὴν, ἀλλὰ



Σχ. 200.

κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς τὸ ἥμισυ, τὸ τρίτον κλπ. περιόδου.

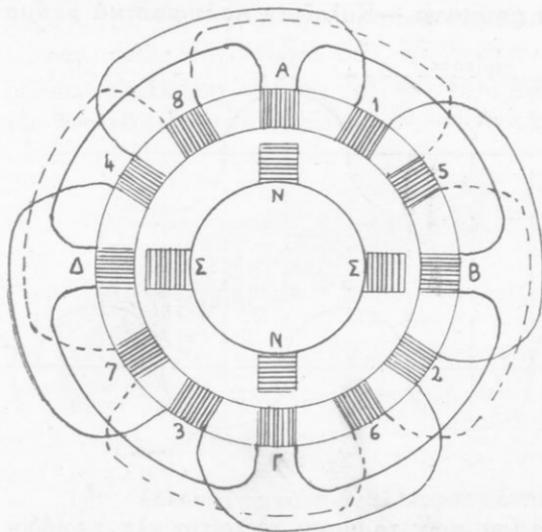
Θεωρήσωμεν δύο ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ τῆς αὐτῆς μεγίστης ἐντάσεως· ἐὰν ἡ διαφορὰ των φάσεως εἶναι τέταρτον περιόδου, λέγονται **διφασικά**.

Ἐστώσαν ΟΤ καὶ Ο'Τ' (σχ. 200) οἱ ἄξονες τῶν χρόνων, ΟΧ δὲ καὶ Ο'Χ' οἱ ἄξονες τῶν ἐντάσεων. Σύρομεν τὰς γραμμάς, αἱ ὅποια φανερώουν τὰς μεταβολὰς τῶν ἐντάσεων. Ὡς εἶναι φανερὸν ἐκ τοῦ σχήματος, ὅταν τὸ πρῶτον ρεῦμα εἰς δοθεῖσαν στιγμὴν ἔχη ἔντασιν ἴσην πρὸς τὸ μηδέν, τὸ δεύτερον ρεῦμα θὰ ἔχη τὴν μεγίστην του ἔντασιν κατ' ἀπόλυτον τιμὴν καὶ τὰνάπαλιν μετὰ $\frac{1}{4}$ περιόδου.

Εἰς τὰ **τριφασικά** ρεύματα ἡ διαφορὰ φάσεως εἶναι ἴση πρὸς τρίτον περιόδου. Τότε ὑπάρχουν τρία ρεύματα.

201. Ἐναλλακτῆρες με̄ τριφασικὰ ρεύματα.— Διὰ νὰ μετατρέψωμεν ἓνα ἑναλλακτῆρα μονοφασικὸν εἰς τριφασικόν, ἀρκεῖ νὰ τριπλασιάσωμεν ἐπὶ τοῦ ἑπαγωγίμου τὸν ἀριθμὸν τῶν πηνίων κατὰ πόλον τοῦ ἑπαγωγῆως. Θὰ ἔχωμεν τότε τρεῖς σειρὰς πηνίων με̄ τρία διάφορα σύρματα :

α') Τὴν σειρὰν ΑΒΓΔ (σχ. 201), ἀποτελουμένην ἐκ τοῦ αὐτοῦ σύρματος, τοῦ ὁποίου ἡ περιτύλιξις, ὡς ἔχομεν ἤδη εἶπει, ἀλλάσσει



Σχ. 201.

φορὰν εἰς ἕκαστον πηνίον, ἐκ τοῦ Α εἰς τὸ Β, ἐκ τοῦ Β εἰς τὸ Γ καὶ ἐκ τοῦ Γ εἰς τὸ Δ. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τούτου συνδέονται με̄ τὰ σύρματα τῆς γραμμῆς.

β') Τὴν σειρὰν 1, 2, 3, 4 ἀποτελουμένην ἐπίσης ἐκ τοῦ αὐτοῦ σύρματος, τοῦ ὁποίου ἡ περιτύλιξις ἀλλάσσει ἐπίσης φορὰν ἀπὸ τοῦ ἑνὸς πηνίου εἰς τὸ ἄλλο. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τούτου συνδέονται ἐπίσης με̄ τὰ σύρματα τῆς γραμμῆς.

γ') Τὴν σειρὰν 5, 6, 7, 8, ὁμοίαν πρὸς τὰς δύο προηγουμένας. Καὶ τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος τῆς σειρᾶς ταύτης συνδέονται ὁμοίως με̄ τὰ σύρματα τῆς γραμμῆς.

Ἐπειδὴ ἑκάστη σειρὰ πηνίων ἔχει ἓν σύρμα διὰ νὰ διαβιβάσῃ τὸ ρεῦμα εἰς τὸν κινητῆρα καὶ ἓν ἄλλο διὰ νὰ τὸ ἐπαναφέρῃ εἰς τὴν γεννήτριαν, θὰ ἔχωμεν ἕξ σύρματα. Ἄλλ' ὡς ἀποδεικνύεται, τρία σύρματα ἀρκοῦν, διὰ νὰ ἀποκατασταθῇ ἡ μεταβίβασις, Παραλείπονται λοιπὰν τὰ τρία σύρματα τῆς ἐπιστροφῆς καὶ τὸ ἓν ἐκ τῶν τριῶν συρμάτων τῆς μεταβίβασεως χρησιμεύει διὰ τὴν ἐπιστροφῆν τῶν δύο ἄλλων.

202. Μεταμορφωταί.— Ἐν ρεῦμα ἑναλλασσόμενον παράγει ἕ-

νεκα τῶν μεταβολῶν του ἄνευ διακόπτου ἀποτελέσματα ἐπαγωγῆς ἐπὶ γειτονικοῦ κυκλώματος.

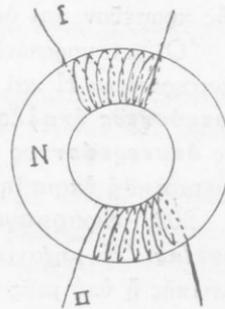
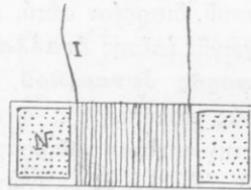
Αὐτὸ τοῦτο τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα εἶναι *ἐναλλασσόμενον* καὶ τῆς αὐτῆς περιόδου μετ' τοῦ ἐπιδρόν ρεῦμα, ἀλλὰ παρουσιάζει μετ' αὐτοῦ *διαφορὰν φάσεως ἐνὸς τετάρτου περιόδου*, διότι τὸ μέγιστον αὐτοῦ ἐμφανίζεται καθ' ἣν στιγμὴν τὸ ἐπιδρὸν μηδενίζεται· καὶ μηδενίζεται, ὅταν τὸ ἐπιδρὸν παρουσιάσῃ τὴν μέγιστην τιμὴν του. Τὰ ἀποτελέσματα ταῦτα τῆς *ἀμοιβαίας* ἐπαγωγῆς ἐφαρμόζονται ἐπιφθῶς εἰς τοὺς *μεταμορφωτὰς* διὰ τὴν διὰ τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων μεταβίβασιν τῆς ἐνεργείας.

Ὁ *μεταμορφωτὴς* εἶναι ἐπαγωγικὸν πηνίον ἄνευ διακόπτου, ἀποτελούμενον ἐκ δύο διακεκριμένων κυκλωμάτων περιτυλιγμένων ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος. Πολλάκις ἡ περιτύλιξις γίνεται ἐπὶ πυρῆνος N ἀποτελουμένου ἐκ συρμάτων μαλακοῦ σιδήρου. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, ἄλλοτε μὲν τὸ ἐν κύκλωμα εὐρίσκειται ἐπὶ τοῦ ἄλλου, ὅπως εἰς τὰ συνήθη πηνία ἐπαγωγῆς, ἄλλοτε δὲ ἕκαστον κύκλωμα καλύπτει διάφορον μέρος τοῦ πυρῆνος (σχ. 202).

Τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καλεῖται *πρωτεῦον*, τὸ δὲ τοῦ ἐπαγωγίμου *δευτερεῦον*.

Εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἄνωτέρω μεταμορφωτοῦ, ὅταν τὸ πρωτεῦον κύκλωμα I διαρρέεται ὑπὸ περιοδικῶς ρεύματος, ἀναπτύσσεται μαγνητικὴ ροὴ μεταβλητῆ τῆς αὐτῆς περιόδου, ἡ ὁποία παράγει εἰς τὸ δευτερεῦον κύκλωμα II ἠλεκτρεγερτικὴν ἐξ ἐπαγωγῆς δύναμιν τῆς αὐτῆς περιόδου.

Τρόποι ἐνεργείας τῶν μεταμορφωτῶν.— α') Ὅταν πρωτεῦον κύκλωμα εἶναι τὸ παχὺ καὶ βραχὺ σύρμα, ἐν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως καὶ μικρᾶς διαφορᾶς δυναμικοῦ διαρρέον αὐτὸ πα-



Σχ. 202.

ράγει εἰς τὸ δευτερεῦον κύκλωμα *ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς μικρᾶς ἐντάσεως καὶ μεγάλης διαφορᾶς δυναμικοῦ*, ὅπως εἰς τὸ πηνίον τοῦ Ruhmkorff (ἐδ. 162).

β') Ὅταν πρωτεῦον κύκλωμα εἶναι τὸ λεπτόν καὶ μακρὸν σύρμα, ἔν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα μικρᾶς ἐντάσεως καὶ μεγάλης διαφορᾶς δυναμικοῦ, διαρρέον αὐτό, παράγει εἰς τὸ δευτερεῦον κύκλωμα ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἐπίσης *ἐναλλασσόμενον, μεγάλης ἐντάσεως καὶ μικρᾶς διαφορᾶς δυναμικοῦ*. Διότι τὰ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματα, ὀφειλόμενα εἰς τὰς πολυπληθεῖς σπειρας τοῦ μακροῦ σύρματος, προστίθενται εἰς ἐκάστην σπειραν τοῦ βραχέος σύρματος, ὅπερ παράγει σπουδαίαν ἀπόδοσιν. Ἄλλ' ἢ ἐξ ἐπαγωγῆς ἠλεκτρογερετικῆς δύναμις εἶναι μικρά, διότι αὕτη εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν διαφορῶν τοῦ δυναμικοῦ εἰς μικρὸν ἀριθμὸν σπειρῶν.

Κατὰ τοὺς δύο τούτους τρόπους, τὸ αὐτὸ κύκλωμα ὑπῆρξε διαδοχικῶς πρωτεῦον καὶ δευτερεῦον.

Ὁ μεταμορφωτῆς χρησιμεύει λοιπὸν διὰ νὰ μεταβάλλῃ τὰ δύο χαρακτηριστικὰ Η καὶ Ε (ἠλεκτρογερετικὴν δύναμιν καὶ ἔντασιν) *ἐνὸς πρωτεῦοντος ἐναλλασσομένου ρεύματος* εἰς δύο ἄλλα Η' καὶ Ε' *ἐνὸς δευτερεῦοντος ἐναλλασσομένου ρεύματος*, χωρὶς ἢ ἐνέργεια νὰ μεταβληθῇ ἔπαισθητῶς.

203. Ἐφαρμογαὶ τῶν μεταμορφωτῶν.—*Μεταφορὰ τῆς ἐνεργείας*. Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια ἢ παραγομένη ὑπὸ μιᾶς θερμοκῆς μηχανικῆς ἢ ὑπὸ μιᾶς *φυσικῆς δυνάμεως*, π. χ. ἀνέμου, πτώσεως ὕδατος, δὲν χρησιμοποιεῖται πάντοτε εἰς τὸν τόπον τῆς παραγωγῆς. Πολλάκις *μεταφέρουν* τὴν ἐνέργειαν ταύτην εἰς πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταφορὰ γίνεται διὰ δύο δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἢ μία ἐνεργοῦσα ὡς γεννήτρια εἰς τὸν τόπον τῆς παραγωγῆς μετατρέπει τὴν μηχανικὴν αὐτὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν. Ἡ ἠλεκτρικὴ αὕτη ἐνέργεια δι' ἀγωγοῦ φέρεται εἰς τὸν τόπον τῆς χρησιμοποίησεώς της, ὅπου ἢ ἄλλη δυναμοηλεκτρικὴ μηχανή, ἐνεργοῦσα ὡς δέκτρια, τὴν μετατρέπει πάλιν εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἄλλά, ὅπως ἐμάθομεν, τὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διαρρέουν τοὺς ἀγωγούς, θερμαίνουσι αὐτοὺς μᾶλλον ἢ ἥττον. Ἡ οὕτω ἐπὶ τῶν τοιούτων ἀγωγῶν παραγομένη θερμότης, ἐπειδὴ δὲν χρησιμοποιεῖται, ἀποτελεῖ ἐνέργειαν ἢ ὁποία χάνεται. Κατὰ τὴν μεταφορὰν λοι-

πὸν τῆς ἐνεργείας ἀπὸ τῆς γεννητορίας μηχανῆς μέχρι τῆς δεκτρίας, μέρος ταύτης *ἀπόλλυται* ἐπὶ τῆς γραμμῆς ὑπὸ μορφὴν θερμότητος.

Κατὰ τὸν νόμον τοῦ Joule (ἐδ. 130) ἡ ἀπώλεια αὕτη εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν A τῆς γραμμῆς καὶ πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως E τοῦ ρεύματος. Πρέπει λοιπὸν νὰ καταστήσωμεν τὰ A καὶ E ὅσον τὸ δυνατὸν μικρότερα.

Αὐξάνοντες τὴν τομὴν τοῦ σύρματος τῆς γραμμῆς ἠμποροῦμεν νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ A . Ἄλλ' εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν αὐξάνεται τὸ βᾶρος τοῦ σύρματος καὶ ἡ ἀξία αὐτοῦ. Πρέπει λοιπὸν πρὸ πάντων νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἔντασιν E .

Ἐὰν καταστήσωμεν τὴν ἔντασιν 10 φορὰς π. χ. μικρότεραν, ἡ ἀπώλεια κατὰ μῆκος τῆς γραμμῆς καθίσταται 100 φορὰς μικρότερα. Ἄφ' ἑτέρου ὅταν ἡ ἔντασις E γείνη 10 φορὰ μικρότερα, διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν ἰσχὺν τοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ $E \cdot B$ (ἐδ. 131), πρέπει νὰ δεκαπλασιάσωμεν τὸ B , δηλ. τὴν τάσιν τοῦ ρεύματος (διαφορὰ ἠλεκτροδυναμικοῦ).

Ἐκ τούτων προκύπτει, ὅτι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας πρέπει νὰ δίδωμεν εἰς αὐτὴν μικρὰν ἔντασιν καὶ μεγάλην τάσιν.

Ἄλλ' ἡ τάσις τῶν μηχανῶν τοῦ Gramme μὲ συνεχῆς ρεῦμα δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ τὰ 500 περίπου volts ἄνευ βλάβης τοῦ συλλέκτου, ἐνῶ οἱ ἐναλλακτικῆρες μὲ σταθερὸν ἐπαγωγίμον ὑπερβαίνουν σημαντικῶς τὴν τάσιν ταύτην.

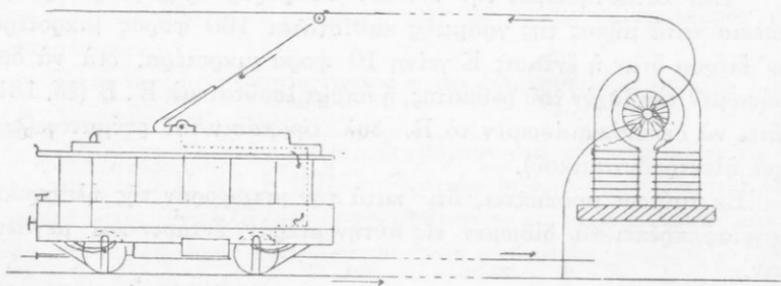
Παράγεται λοιπὸν εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀναχωρήσεως ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως, εἴτε ἀμέσως ὑπὸ ἐναλλακτικῆρος, εἴτε διὰ τῆς μεσολαβήσεως μεταμορφωτοῦ, ἀνυψούντος ἐπὶ τόπου τὴν τάσιν τοῦ ρεύματος τοῦ ἐναλλακτικῆρος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο μεταβιβάζεται δι' ἀγωγοῦ μικρᾶς τομῆς, τελείως ἀπομονωμένου.

Εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀφίξεως τὸ ρεῦμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐπικίνδυνον λόγῳ τῆς μεγάλης τάσεώς του, διαβιβάζεται εἰς τὸ λεπτὸν καὶ μακρὸν σύρμα μεταμορφωτοῦ καὶ λαμβάνεται εἰς τοὺς συναπτήρας τοῦ παχείος καὶ βραχείος σύρματος ρεῦμα ἐναλλασσόμενον μεγάλης ἐντάσεως καὶ μικρᾶς τάσεως, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ.

Σημ. α'.—Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα χρησιμοποιοῦνται σήμερον σχεδὸν πάντοτε διὰ τὰς μεταφορὰς τῆς ἐνεργείας καὶ παρέχονται εἰς

τοὺς καταναλωτὰς διὰ τὸν φωτισμόν. Ἐπὶ τὴν λειτουργίαν τῶν κινητῶν προτιμῶνται τὰ συνεχῆ ρεύματα. Ἐξ ἑτέρου ἢ πλήρωσις τῶν συσσωρευτῶν καὶ αἱ διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως ἀπαιτοῦν ρεῦμα συνεχές ἢ τοῦλάχιστον ρεῦμα σταθερᾶς φορᾶς. Διὰ τοῦτο κατασκευάζουν εἰδικούς μεταμορφωτὰς, οἵτινες μετατρέπουν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές.

Σημ. β'.— Τὰ ἠλεκτρικὰ τρᾶμ κινοῦνται διὰ μεταφορᾶς ἐνεργείας. Μία ἰσχυρὰ δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ εἰς τὸν κεντρικὸν σταθμὸν διανέμει τὴν ἐνέργειαν εἰς τὰ ὄχημα, τὰ ὅποια κυκλοφοροῦν ἐπὶ τῶν διαφόρων γραμμῶν. Ἐκαστὸν ὄχημα ἔχει μίαν ἢ δύο δυνα-



Σχ. 203.

μοηλεκτρικὰς μηχανὰς, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν ὡς δέκτρια (κινητῆρες) καὶ αἱ ὁποῖαι στρέφουν τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν. Εἰς ἕκ τῶν ἀγωγῶν, ὁ ὁποῖος συνδέει τὴν γεννήτριαν μὲ τὴν δέκτριαν, εἶναι ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον **ἐναέριος** καὶ φέρεται ἐπὶ στύλων. Μία διαρκῆς ἐπαφὴ ὑπάρχει μεταξὺ τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ καὶ τοῦ κινητῆρος τοῦ ὀχήματος, διὰ τῆς τριβῆς τροχαλίας ἐξ ὀρειχάλκου (τρολλὲς) τοποθετημένης εἰς τὸ ἄκρον μεταλλίνου ἰσοῦ μεμονωμένου, τὸν ὁποῖον τὸ ὄχημα παρασύρει κατὰ τὴν κίνησίν του (σχ. 203).

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον κινοῦνται καὶ οἱ ἠλεκτρικοὶ σιδηρόδρομοι. Ἐπίσης τὰ πλεῖστα τῶν ἐργοστασίων δέχονται κατὰ τὴν ἰδίαν μέθοδον τὴν ἐνέργειαν, τῆς ὁποίας ἔχουν ἀνάγκην.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'.

ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ

204. **Ἡλεκτροδυναμική - Ἡλεκτροστατική.**—Εἰς τὰ προηγούμενα κεφάλαια ἐγνωρίσαμεν τὸν ἠλεκτρισμὸν, ὅστις κυκλοφορεῖ εἰς τοὺς ἀγωγοὺς παράγων ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἐσπουδάσαμεν τὰς ιδιότητας τοῦ ρεύματος, χωρὶς νὰ ζητήσωμεν νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦτον. Ἐ οὕτω γενομένη σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀποτελεῖ τὴν **ἠλεκτροδυναμικὴν**. Εἰς τὸ μέρος τοῦτο θὰ δεῖξωμεν, ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀκίνητοποιήσωμεν τὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ νὰ τὸν κάμωμεν νὰ ρεῦσῃ κατόπιν κατὰ βούλησιν, διὰ νὰ ἀνεύρωμεν καὶ πάλιν τὰς ιδιότητας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐ σπουδὴ τῶν νέων ιδιοτήτων τοῦ οὕτω ἀκίνητοποιηθέντος ἠλεκτρισμοῦ ἀποτελεῖ τὴν **ἠλεκτροστατικὴν**.

161. **Κυριώτεραι μέθοδοι ἠλεκτρίσεως.**—Αἱ κυριώτεραι μέθοδοι ἠλεκτρίσεως εἶναι αἱ ἑξῆς:

α') Ἡλέκτρισις διὰ συγκοινωνίας μετὰ ἠλεκτρικῆς πηγῆς.

β') Ἡλέκτρισις δι' ἐπιδράσεως.

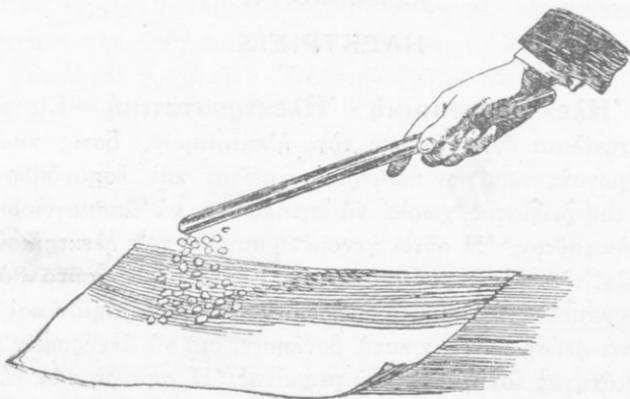
γ') Ἡλέκτρισις διὰ τριβῆς.

Αἱ δύο πρῶται μέθοδοι ἐπιτυγχάνουν κυρίως ἐπὶ τῶν εὐηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Ἐ τρίτη, ἣτις ἐπιτυγχάνει καὶ ἐπὶ τῶν εὐηλεκτραγωγῶν, χρησιμοποιεῖται κυρίως ἐπὶ τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων.

205. **Ἡλέκτρισις διὰ συγκοινωνίας μετὰ πηγῆς.**—Συνδέομεν μεταλλικῶς τὸν πρὸς ἠλέκτρισιν ἀγωγὸν μετὰ τοῦ ἑνὸς τῶν πόλων μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς, ἐνῶ τὸν ἄλλον πόλον αὐτῆς φέρομεν εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τὸ ἔδαφος. Ἐν ὅ ἀγωγὸς συνδεθῆ μετὰ τὸν θετικὸν πόλον, ἠλεκτριζέται θετικῶς. Ἐ ἠλέκτρισις δὲ εἶναι τόσον ἀξιολογώτερα καὶ παράγει μηχανικὰ ἀποτελέσματα τόσον αἰσθητότερα, ὅσον ἡ ἠλεκτρο-

γεφυρική δύναμις τῆς πηγῆς εἶναι σημαντικωτέρα. Συνήθως εἰς τὰ πειράματα τῶν μαθημάτων χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν ἠλέκτρισιν τῶν ἀγωγῶν τὰς *ἠλεκτρικὰς μηχανάς*, τὰς ὁποίας θὰ γνωρίσωμεν κατωτέρω, ὡς καὶ συστοιχίας πολλῶν μικρῶν συσσωρευτῶν.

206. *Ἡλέκτρισις δι' ἐπιδράσεως* — Εἰς ἀγωγὸς ἠλεκτριζέται δι' ἐπιδράσεως, ὅταν τὸν θέσωμεν πλησίον σώματος ἠλεκτρισμένου. Θὰ μελετήσωμεν λεπτομερῶς τὸ φαινόμενον τοῦτο κατωτέρω.



Σχ. 204.

207. *Ἡλέκτρισις διὰ τριβῆς*. — Ὅταν προστριβῶμεν ράβδον ἐξ ὑάλου ἢ ἰσπανικοῦ κηροῦ ἢ ρητίνης ἢ θείου ἢ ἠλέκτρου κτλ. διὰ δέρματος γαλῆς ἢ καὶ διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, ἡ ράβδος αὕτη ἠλεκτριζέται. Πράγματι, ἐὰν τὴν πλησιάσωμεν εἰς ἕλαφρὰ σώματα, π. χ. εἰς τεμάχια χάρτου, τρίχας κτλ. ἠλεκτριζοῦντα αὐτὰ ἐξ ἐπιδράσεως καὶ τὰ ἔλκει (σχ. 204). Ἐπειδὴ δὲ τὰ σώματα ταῦτα, τὰ ὁποῖα προσετριβόμεν, εἶναι δυσηλεκτραγωγά, ὁ ἠλεκτρισμὸς μένει ἐντοπισμένος ἐκεῖ ὅπου ἀνεπτύχθη διὰ τῆς τριβῆς. Δὲν δυνάμεθα νὰ τὸν διαβιβάσωμεν διὰ σύρματος εἰς γαλβανόμετρον.

Σημ.—Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατήρησε διὰ πρώτην φοράν ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος (600 π. Χ.) εἰς τὸ ἠλεκτρον (ἐξ οὗ καὶ *ἠλεκτρισμός*).

Δυνάμεθα ἐπίσης νὰ ἠλεκτρίσωμεν ράβδον μεταλλικὴν προστριβόντες αὐτὴν διὰ δέρματος γαλῆς, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅμως νὰ κρατῶμεν τὸ μέταλλον δι' ὑαλίνης λαβῆς.

Μεταλλική ράβδος κρατούμενη διὰ τῆς χειρὸς δὲν ἠλεκτρίζεται. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μέταλλον εἶναι εὐηλεκτραγωγὸν καὶ συνεπῶς ὁ ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς διασκορπίζεται εἰς ὅλην αὐτοῦ τὴν ἔκτασιν, κατόπιν δὲ διανέμεται εἰς τὸ σῶμα τοῦ πειραματιζομένου καὶ εἰς τὸ ἔδαφος, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐπίσης εὐηλεκτραγωγὰ.

208. **Ἀπομόνωσις.**— Εἰς τὴν πράξιν ἠλεκτρίζομεν πρὸ πάντων τοὺς καλοὺς ἀγωγούς (εὐηλεκτραγωγὰ σώματα). Ἴνα ἡ ἠλέκτρισις ἐνὸς ἀγωγοῦ διαρκῆ, πρέπει ὁ ἀγωγὸς οὗτος νὰ εἶναι ἀπομονωμένος, δηλ. νὰ χωρίζεται ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τὸ ὁποῖον εἶναι εὐηλεκτραγωγόν, διὰ καταλλήλου **μονωτήρος**.

Πλὰξ ἐκ καθαρᾶς παραφίνης, ἐπὶ τῆς ὁποίας τίθεται ὁ ἀγωγός, ἀποτελεῖ τέλειον μονωτήρα.

Στήλη ἐκ **καθαρᾶς** καὶ **ξηρᾶς** ὑάλου, πλὰξ ἐκ πορσελάνης ἢ ἐξ ἐβονίτου, πλακοῦς ἐκ ρητίνης ἢ κηροῦ, νῆμα ἐκ μετάξης, εἶναι ἐπίσης καλοὶ μονωτήρες.

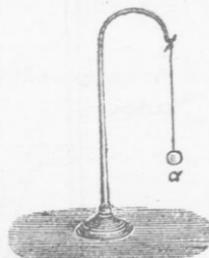
Ἐὰν ὁ ἀπὸ τὰς κανονικὰς συνθήκας εἶναι ἐπίσης ἔξαιρέτος μονωτήρ.

Κατὰ τὰς ὑγρὰς ἐποχὰς σώματά τινα, ὅπως ἡ ὑάλος, ἀπομονοῦσι πολὺ κακῶς, διότι καλύπτονται ὑπὸ στρώματος ὑγρασίας, ἧτις εἶναι μετρίως καλὸς ἀγωγός· ὁ ἠλεκτρισμὸς τότε διαδίδεται δι' αὐτῆς βραδέως καὶ χάνεται ὀλίγον κατ' ὀλίγον εἰς τὸ ἔδαφος.

209. **Ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμὲς συγκοινωνοῦν μετὰ τοῦ ἐδάφους.**— Τὸ ἐκκρεμὲς ταῦτο χρησιμεύει, ὅπως διακρίνωμεν δι' αὐτοῦ ἂν σῶμά τι εἶναι ἠλεκτρισμένον. Συνίσταται ἐκ μικροῦ σφαιριδίου α ἐξ ἐντεριώνης ἀκταίας, κουφοτάτου, ἐξηρητημένου ἀπὸ μεταλλικοῦ ὑποστηρίγματος διὰ μακροῦ καὶ λεπτοῦ λινοῦ νήματος.

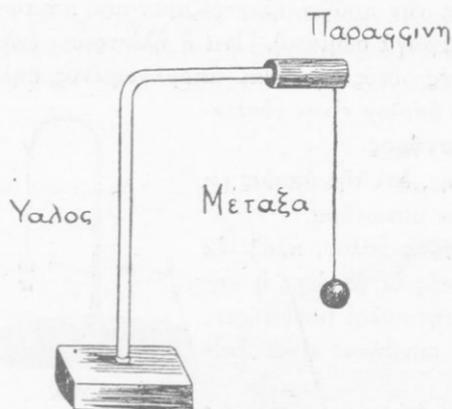
Ἡ συσκευή αὕτη εἶναι λίαν εὐαίσθητος, διότι ἡ ἐλαχίστη ὀριζοντία δύναμις εἶναι ἰκανὴ νὰ ἀπομακρύνῃ τὸ σφαιρίδιον ἀπὸ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας. Τὸ ἐξ ἐντεριώνης σφαιρίδιον διὰ τοῦ λινοῦ νήματος καὶ τοῦ μεταλλικοῦ ὑποστηρίγματος εὐρίσκεται εἰς διαρκῆ μετὰ τοῦ ἐδάφους συγκοινωνίαν (σχ. 205).

Τὸ ἐκκρεμὲς τοῦτο **ἔλκεται πάντοτε** ὑπὸ τῶν ἠλεκτρισμένων σωμάτων, τὰ ὁποῖα φέρομεν πλησίον αὐτοῦ· ὅταν δὲ ἡ ἀπόστασις γείνη ἰκανῶς μικρά, ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τούτων. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, ἐὰν μὲν τὰ ἠλεκτρισμένα σώματα τυγχάνουν εὐηλεκτραγωγὰ,



Σχ. 205.

ὡς τιθέμενα εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους, χάνουν δολόκληρον αὐτῶν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, καὶ τὸ ἔκκρεμὸς τότε καταπίπτει ἐκ νέου· ἔάν δὲ εἶναι δυσηλεκτραγωγά, ὁ ἠλεκτρισμὸς μόνον ἀπὸ τοῦ ἐπιψαυσθέντος σημείου ἐξαφανίζεται· τὸ σφαιρίδιον ὅμως τοῦ ἔκκρεμοῦς ἐλκόμενον ὑπὸ τῶν παρακειμένων σημείων παραμένει ἐπὶ μακρὸν προσ-



Σχ. 206.

κολλημένον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος.

210. Ἐκκρεμὸς μεμωμένος. **Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς.**— Τὸ ἔκκρεμὸς τοῦτο συνίσταται ἐκ μικροῦ σφαιριδίου ἐξ ἐντεριώνης ἀκταίας ἐξηρητημένου διὰ μεταξίνου νήματος ἀπὸ μικροῦ κυλίνδρου παραραφίνης, ὁ ὁποῖος εἶναι προσηρητημένος εἰς τὸ ἄκρον ὑαλίνου στηρίγματος (σχ. 206).

Ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὴν συσκευὴν ταύτην ὑαλίνην ράβδον προστριβεῖσαν διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον κατ' ἀρχὰς μὲν **ἔλκεται**· μόλις ὅμως ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτῆς καὶ συνεπῶς λάβῃ μέρος ἐκ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς, **ἀπωθεῖται** ζωηρῶς. Τὰ αὐτὰ ἀποτελέσματα προκύπτουν καὶ διὰ ράβδου ἐκ ρητίνης, ἣ ὁποία κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον προσετριβῆ. Ἐκ πρώτης λοιπὸν ὄψεως φαίνεται, ὅτι ὁ ἐπὶ τῆς ὑάλου ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς εἶναι ὅμοιος μὲ τὸν ἐπὶ τῆς ρητίνης· ἀλλ' ἔάν, ἐνῶ τὸ σφαιρίδιον ἀπωθεῖται ὑπὸ τῆς ἠλεκτρισμένης ὑάλου, πλησιάσωμεν πρὸς αὐτὸ τὴν προστριβεῖσαν ρητίνην, παρατηροῦμεν ζωηρὰν ἔλξιν ἐπίσης ἔάν εἰς τὸ ὑπὸ ἠλεκτρισμένης ρητίνης ἀπωθούμενον σφαιρίδιον ἀ' τῆς ἐντεριώνης πλησιάσωμεν τὴν προστριβεῖσαν ὑάλον, παρατηροῦμεν ἰσχυρὰν ἔλξιν (σχ. 207).

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἄρα κατάστασις τῆς ὑάλου εἶναι διάφορος ἀπὸ τὴν τῆς ρητίνης, ἀφ' οὗ ἡ ἐνέργεια αὐτῆς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἠλεκτρισμένου ἔκκρεμοῦς εἶναι ἀντίθετος. Διὰ νὰ ἐκφράσωμεν τὴν διαφορὰν ταύτην, καλοῦμεν **θετικὸν** μὲν τὸν ἠλεκτρισμὸν τὸν ἀναπτυσσόμενον ἐπὶ τῆς

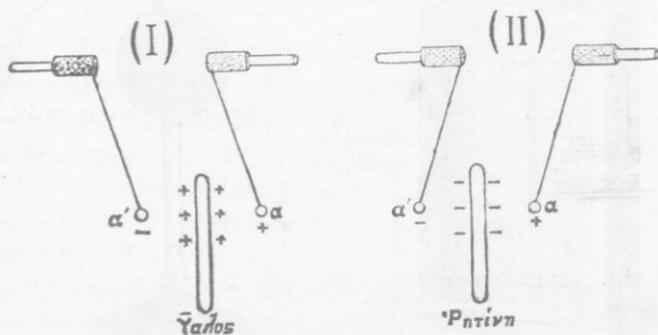
λείας ύαλου προστριβομένης διὰ μαλλίνου ύφάσματος, *ἀρνητικὸν* δὲ τὸν ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας ἀναπτυσσόμενον ἐπὶ τῆς ρητίνης.

Ἐκ δὲ τῶν λοιπῶν σωμάτων ἄλλα μὲν ἀποκοτῶν διὰ τῆς τριβῆς τὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν τῆς ύαλου, ἄλλα δὲ τὴν τῆς ρητίνης, εἰς τρόπον ὥστε **μόνον δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ ὑπάρχουν.**

Αἱ ἐνέργειαι τῶν ἠλεκτρισμένων σωμάτων εἶναι πάντοτε ἀμοιβαῖαι. Ἐάν δηλ. τὸ σῶμα Α ἔλκη ἢ ἀπωθῆ τὸ Β μετὰ τινος δυνάμεως, ἀντιστρόφως τὸ Β ἔλκει ἢ ἀπωθεῖ τὸ Α μετὰ δυνάμεως ἴσης καὶ κατ' εὐθεῖαν ἀντιθέτου.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν πρὸς τούτοις ὅτι :

Δύο σώματα φορτισμένα μὲ τὸ αὐτὸ εἶδος ἠλεκτρισμοῦ ἀ-



Σχ. 207.

πωθοῦνται, δύο δὲ σώματα φορτισμένα δι' ἠλεκτρισμῶν ἀντιθέτων ἔλκονται.

211. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρικῶν ὤσεων.—*Ἠλεκτροσκόπια.* Ἡ ἀπώσις μεταξὺ δύο σωμάτων φορτισμένων μὲ τὸ αὐτὸ εἶδος ἠλεκτρισμοῦ ἐφηρομόσθη εἰς τὴν κατασκευὴν ἀπλουστάτων καὶ εὐαισθητοτάτων ὄργάνων, διὰ τῶν ὁποίων βεβαιούμεθα, ἂν σῶμα τι εἶναι ἠλεκτρισμένον. Τὰ ὄργανα ταῦτα λέγονται *ἠλεκτροσκόπια.*

Ἠλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων.—Ἡ συσκευὴ αὕτη (σχ. 208) συνίσταται ἐκ χαλκίνου στελέχους μεμονωμένου διὰ πλακοῦντος ἐκ παραφίνης, τὸ ὁποῖον εἰς τὸ κατώτερον αὐτοῦ ἄκρον φέρει ἐξηρητημένα δύο στενά, μακρὰ καὶ ἐξόχως λεπτὰ φύλλα ἐκ χρυσοῦ ἢ ἐξ ἀργιλίου. Τὰ φύλλα ταῦτα εὐρίσκονται ἐντὸς *μεταλλικῆς* θήκης, ἣτις, ἐκτὸς

τῶν ἄλλων ἀποτελεσμάτων, προστατεύει αὐτὰ ἀπὸ τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος. Ὁ ἀπομονωτικὸς ἐκ παραφρίνης πλακοῦς εἶναι προσηρμοσμένος εἰς τὸ κάλυμμα τῆς θήκης, ἢ ὁποία κλείεται *ἔμπροσθεν* δι' ὑαλίνης πλακός. Τέλος, τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ χαλκίνου στελέχους φέρει μικρὸν δίσκον ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου.

Ὅταν φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ δίσκου ἓν ἠλεκτρισμένον σῶμα, ὁ ἠλεκτρισμὸς του μεταδίδεται εἰς τὸν δίσκον καὶ ἐκεῖθεν διαχέεται ἐπὶ τῶν φύλλων· ταῦτα δέ, ἠλεκτριζόμενα διὰ τοῦ αὐτοῦ εἴδους ἠ-



Σχ. 208.



Σχ. 209.

λεκτρισμοῦ, ἀπωθοῦνται καὶ ἀποκλίνουν, πίπτουν δὲ ἐκ νέου κατακόρυφα, ἐὰν ἐγγίσωμεν τὸν δίσκον διὰ τοῦ δακτύλου.

212. Ὁ ἠλεκτρισμὸς φέρεται εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀγωγῶν.— Πᾶν ἠλεκτραγωγὸν σῶμα, πλήρες ἢ κοῖλον, φορτίζεται δι' ἠλεκτρισμοῦ μόνον *εἰς τὴν ἐξωτερικὴν του ἐπιφάνειαν*, τὸ δὲ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ παραμένει εἰς οὐδετέραν κατάστασιν. Ἀποδεικνύομεν τοῦτο διὰ κοίλης μεταλλίνης σφαίρας, μεμονωμένης δι' ὑαλίνου ποδός (σχ. 209). Ἀφοῦ ἠλεκτρίσωμεν τὴν σφαῖραν, εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτῆς δι' ὀπῆς α ἓν *δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον*. Τοῦτο εἶναι μικρὸς δίσκος μεταλλίνος προσηλωμένος εἰς τὸ ἄκρον μονωτικῆς λαβῆς. Ἀφοῦ φέρωμεν τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἐσωτερι-

κῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας, τὸ πλησιάζομεν εἰς τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἔκκρεμοῦς. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι τὸ σφαιρίδιον μένει ἀκίνητον. Ἐὰν ὁμως φέρωμεν τὸ ἐπίπεδον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας καὶ πλησιάσωμεν αὐτὸ εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, θὰ παρατηρήσωμεν ἕλξιν. Συνεπῶς τὸ δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον ἠλεκτρίζεται, ἂν τεθῆ εἰς ἐπαφὴν μόνον μετὰ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄.

ΠΟΣΟΤΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΤΟΥ FARADAY

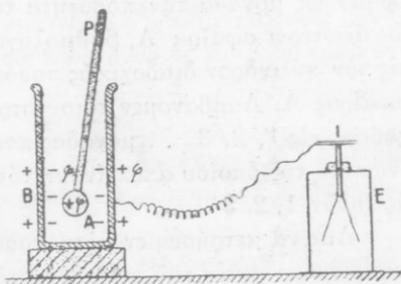
213. Ὅρισμός τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Κύλινδρος τοῦ Faraday.— Οὗτος εἶναι μεταλλικὸς κύλινδρος B (σχ. 210) κοίλος καὶ βαθύς, στηριζόμενος ἐπὶ πλακὸς ἐκ παραφίνης.

Ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τούτου μικρὰν σφαῖραν A ἠλεκτρισμένην, κρατοῦντες αὐτὴν διὰ λαβῆς ἀπομονωτικῆς, καὶ τὴν φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἐσωτερικῆς παρεῖας τοῦ κυλίνδρου, ὅλος ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς σφαίρας φέρεται, ὡς ἐμάθομεν, εἰς τὴν **ἐξωτερικὴν** ἐπιφάνειαν τοῦ κυλίνδρου.

Ἐὰν τότε ἠλεκτροσκόπιον E τεθῆ εἰς συγκοινωνίαν διὰ σύρματος μετὰ τοῦ κυλίνδρου, τὰ φύλλα του ἀποκλίνουν.

α') Ἀφοῦ ἀηλεκτρίσωμεν τὸν κύλινδρον καὶ τὸ ἠλεκτροσκόπιον, εἰσάγωμεν ἄλλο σῶμα ἠλεκτρισμένον. Ἐὰν λάβωμεν τὴν αὐτὴν ἀπόκλισιν τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, θὰ εἴπωμεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο ἔχει τὴν αὐτὴν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ μὲ τὸ πρῶτον.

β') Ἐάν, χωρὶς νὰ ἀηλεκτρίσωμεν τὸν κύλινδρον, εἰσαγάγωμεν ἐντὸς αὐτοῦ ἄλλο σῶμα ἠλεκτρισμένον μὲ τὴν αὐτὴν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ, καὶ ἡ δευτέρα αὐτὴ ποσότης φέρεται μετὰ τὴν ἐπαφὴν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου καὶ προστίθεται εἰς τὴν πρῶτην,



Σχ. 210.

διανεμομένη ὅπως ἐκείνη. Ἡ νέα ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀντιστοιχεῖ εἰς *διπλῆν* ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ κυλίνδρου. Δυνάμεθα τὴν πρώτην ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ κυλίνδρου νὰ τριπλασιάσωμεν, τετραπλασιάσωμεν κτλ.

γ') Δύο ποσότητες ἠλεκτρισμοῦ ἀντίθετοι λέγονται *ἴσαι*, ἐὰν παράγουν χωριστὰ τὴν αὐτὴν ἀπόκλισιν. Ἡ τελικὴ ἀπόκλισις εἶναι μηδέν, ἐὰν εἰσαγάγωμεν διαδοχικῶς δύο ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ ἴσας, ἀλλ' ἀντιθέτους. Αἱ ποσότητες λοιπὸν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ προστίθενται ἀλγεβρικῶς.

δ') Ἡ τελικὴ ἀπόκλισις θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ, εἴτε αἱ ποσότητες τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι διαδοχικαί, εἴτε εἶναι σύγχρονοι.

Σημ.—Αἱ ποσότητες τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὀνομάζονται καὶ *ἠλεκτρικαὶ μᾶζαι* ἢ *ἠλεκτρικὰ φορτία*.

214. **Μέτρησις τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.**—Ἐὰν λάβωμεν ὡς μονάδα τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποίαν φέρει ἡ ὡς ἀνωτέρω σφαῖρα Α, βαθμολογοῦμεν τὸ ἠλεκτροσκόπιον εἰσάγοντες εἰς τὸν κύλινδρον διαδοχικῶς ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ ἴσας πρὸς τὴν τῆς σφαίρας Α. Λαμβάνομεν τοιουτοτρόπως τὰς ἀποκλίσεις τὰς ἀντιστοιχούσας εἰς 1, 2, 3 . . . μονάδας ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ. Τόξον κύκλου, ἐνώπιον τοῦ ὁποίου ἀποκλίνουν τότε τὰ φύλλα, βαθμολογεῖται διὰ τῶν ἀριθμῶν 1, 2, 3 . . .

Διὰ νὰ μετρήσωμεν μίαν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ οἶανδήποτε, καταβιβάζομεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τὸ σῶμα, τὸ ὁποῖον φέρει αὐτήν, καὶ τὸ θέτομεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἐσωτερικῆς παρειᾶς τοῦ κυλίνδρου. Ἐὰν ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου φθάσῃ εἰς τὴν διαίρεσιν π. χ. 4, τὸ σῶμα φέρει ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην με 4 μονάδας. Ἀλλὰ θὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ ποσότης εἶναι +4, ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτριζόμενον θετικῶς—4 δέ, ἐὰν εἶναι ἠλεκτριζόμενον ἀρνητικῶς.

Μονὰς τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.—Ἡ θεωρητικὴ μονὰς τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς τὸ σύστημα C. G. S. ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

Μονὰς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι ἡ ποσότης τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ ἔχη ἑκατέρωθεν δύο ὁμοίων μικρῶν σφαιρῶν ἀβαρῶν, ἵνα τιθέμεναι εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων ἴσην

μὲ ἐν ἑκατοστόμετρον, ἀπωθῶνται (εἰς τὸ κενόν) μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς μίαν δύννην.

Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται *ἠλεκτροστατική μονὰς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ*. Ἐπειδὴ ὁμως ἡ μονὰς αὕτη εἶναι πολὺ μικρά, εἰς τὴν πρᾶξιν λαμβάνεται ἡ coulomb (ἔδ. 111), ἥτις ἰσοδυναμεῖ μὲ 3×10^9 ἠλεκτροστατικὰς μονάδας.

215. **Νόμος τοῦ Coulomb.**—Ὁ νόμος οὗτος ἀνεκαλύφθη πειραματικῶς ὑπὸ τοῦ Γάλλου Φυσικοῦ Coulomb. Κατ' αὐτόν,

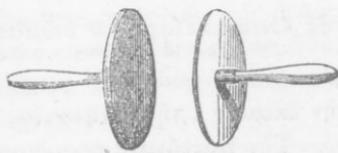
Δύο ἠλεκτρισμένα σημεῖα (δηλ. σώματα τῶν ὁποίων αἱ διαστάσεις δὲν ὑπολογίζονται) *ἔλκονται ἢ ἀπωθοῦνται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐνούσης ταῦτα εὐθείας, ἀναλόγως τῶν ποσοτήτων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ των καὶ κατὰ λόγον ἀντίστροφον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεώς των.*

Ἐὰν Δ δύναμι εἶναι ἡ ἑλκτική ἢ ὠστική δύναμις, π καὶ π' αἱ ποσότητες τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῶν δύο σωμάτων εἰς ἠλεκτροστατικὰς μονάδας καὶ α ἑκατοστόμετρα ἢ ἀπόστασις των, ὁ νόμος τοῦ Coulomb ἐκφράζεται διὰ τοῦ τύπου :

$$\Delta = \frac{\pi\pi'}{a^2} \text{ δύναμι.}$$

Ἐὰν αἱ ποσότητες τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι ὁμόσημοι, τὸ Δ εἶναι θετικόν καὶ ἡ δύναμις ὠστική. Ἐὰν εἶναι ἑτερόσημοι, τὸ Δ εἶναι ἀρνητικόν καὶ ἡ δύναμις ἑλκτική.

216. **Σύγχρονος ἀνάπτυξις τῶν δύο εἰδῶν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς ποσότητας ἰσοδυνάμους.**—Ὅταν προστρίβωμεν δύο σώματα ἐκ διαφόρων οὐσιῶν τὸ ἓν ἐπὶ τοῦ ἄλλου, τὰ *δύο εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἀναφαίνονται εἰς ποσότητας ἰσοδυνάμους*. Ἡ μία τότε ἐκ τῶν δύο οὐσιῶν ἠλεκτρίζεται *θετικῶς*, ἡ ἄλλη *ἀρνητικῶς*. Ἀποδεικνύομεν τοῦτο διὰ δίσκου ξυλίνου κεκαλυμμένου δι' ὑφάσματος καὶ ἑνὸς δίσκου ὑαλίνου, τοὺς ὁποίους προστρίβωμεν τὸν ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου, κρατοῦντες αὐτοὺς ἀπὸ τὰς μονωτικὰς των λαβὰς (σχ. 211). Ἡ ὑαλος τότε ἠλεκτρίζεται θετικῶς, τὸ δὲ ὑφασμα ἀρνητικῶς. Πράγματι, πλησιάζοντες τὸν ὑάλινον δίσκον εἰς τὸ σφαιρίδιον ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον ἠλεκ-



σχ. 211.

τρίσαμεν προηγουμένως θετικῶς, παρατηροῦμεν ἄπωσιν, ἐνῶ τούναντιον, ἂν πλησιάζωμεν τὸ ὕφασμα, παρατηροῦμεν ἔλξιν.

Τὸ φαινόμενον παράγεται πάντοτε, ὅταν τὰ δύο προστριβόμενα σώματα εἶναι διαφόρου φύσεως. Τὸ ἐν ἠλεκτρίζεται θετικῶς, τὸ ἄλλο ἀρνητικῶς.

Ὅτι δὲ τὰ δύο ταῦτα εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι ἰσοδύναμα, ἀποδεικνύομεν ὡν ἕξις : Ἐφ' οὗ προστρίψωμεν τοὺς δίσκους, θέτομεν κατὰ πρῶτον τὸν ἕνα ἐξ αὐτῶν, οἷον τὸν ἀποτελούμενον ἐξ ὑάλου, ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Τὰ φύλλα τότε ἀποκλίνουν. Καταπίπτουν ὅμως πάλιν ἀμέσως, μόλις θέσωμεν καὶ τὸν δεύτερον δίσκον πλησίον τοῦ πρώτου. Ἐκ τούτου λοιπὸν συμπεραίνομεν, ὅτι τὰ φορτία τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐπὶ δύο προστριβομένων σωμάτων εἶναι ἀκριβῶς **ἰσοδύναμα**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΣ — ΔΥΝΑΜΙΣ ΤΩΝ ΑΚΙΔΩΝ

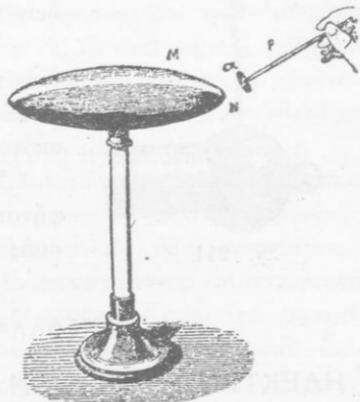
217. Ἡλεκτρικὴ πυκνότης. — Ἐπὶ σφαίρας μεμονωμένης ἢ ἠλεκτρικῆς *πυκνότης*, δηλ. ἢ *ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ κατὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον*, εἶναι σταθερά. Ἡ διανομὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ ἐπιφανείας σφαίρας εἶναι *ὀμαλή*.

Ἐάντα ἢ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς σφαίρας, α ἑκατ. ἢ ἀκτίς τῆς καὶ σ ἢ πυκνότης τῆς, θὰ ἔχωμεν $\alpha = 4 \pi a^2 \cdot \sigma$, ἕξ ἧς $\sigma = \frac{\alpha}{4 \pi a^2}$.

Ἐπὶ ἀγωγῶ μὴ σφαιρικῶ ἢ διανομὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ δὲν εἶναι ὀμαλή. Καλοῦμεν τότε *πυκνότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς τι σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος* τὸν λόγον $\frac{\pi}{\epsilon}$ τῆς ποσότητος π τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μίᾳ πολὺ μικρᾷ ἐπιφανείᾳ περὶ τὸ σημεῖον τοῦτο πρὸς τὴν ἕκτασιν ϵ τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

Τὴν πυκνότητα προσδιορίζομεν πειραματικῶς διὰ ἰδιαίτερου *δοκιμαστικοῦ ἐπιπέδου* καὶ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday. Τὸ δοκιμαστικὸν τοῦτο ἐπίπεδον εἶναι δίσκος μεταλλικὸς μικρῶν διαστάσεων, π.χ. 1 τετρ. ἐκ. (σχ. 212), κρατούμενος διὰ λαβῆς ἀπομονωτικῆς καθέτου ἐπ' αὐτόν.

Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὸν δίσκον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, οὗτος ὑποκαθίσταται εἰς τὸ στοιχεῖον τῆς ἐπιφανείας, τὸ ὁποῖον καλύπτει, καὶ συναποφέρει τὸ φορτίον τοῦ στοιχείου τούτου, ὅταν τὸν ἀπομακρύνωμεν ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ φορτίον τοῦτο μετροῦμεν κατόπιν διὰ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday.

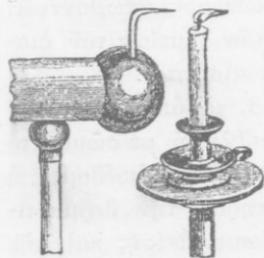


Σχ. 212.

218. Δύναμις τῶν ἀκίδων.

—Εἰς ἕκαστον σημεῖον ἠλεκτρισμένου ἀγωγοῦ, ὁ ἠλεκτρισμὸς ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ ὁμοσήμου ἠλεκτρισμοῦ τῶν παρακειμένων σημείων καὶ τείνει νὰ ἐγκαταλείψῃ τὸν ἀγωγόν. Διατηρεῖται ὅμως ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ διὰ τῆς μεγάλης ἀντιτάσεως τοῦ ἀέρος, ὅστις, ὅταν εἶναι ξηρός, εἶναι πολὺ καλὸς μονωτήρ. Ἄλλ' ἢ ἀντίστασις

αὕτη δὲν εἶναι ἀπεριόριστος, διότι, ὡς δεικνύει τὸ πείραμα, ὅταν πολλὸς ἠλεκτρισμὸς συσσωρεύεται ἐπὶ ἀκίδων ἀγωγοῦ τινος, ἐκφεύγει μεταπηδῶν εἰς τὰ πέριξ μόρια τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα, ὡς ἠλεκτριζόμενα ὁμωνύμως, ἀπωθοῦνται ζωηρῶς.

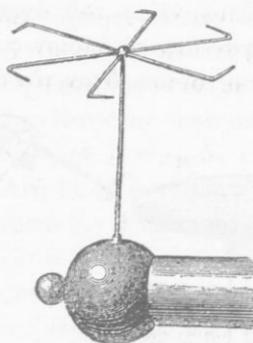


Σχ. 213.

Οὕτω, ἐὰν θέσωμεν ἀκίδα ἐπὶ ἠλεκτρικῆς μηχανῆς (σχ. 213) ἣτις παρέχει διαρκῶς ἠλεκτρισμόν, καὶ πλησιάσωμεν τὴν χεῖρα εἰς τὴν ἀκίδα ταύτην, αἰσθανόμεθα ἑλαφρὰν πνοὴν ὀφειλομένην εἰς τὴν ἄπωσιν τῶν ἐξ ἐπαφῆς ὁμωνύμως ἠλεκτριζομένων μορίων τοῦ ἀέρος. Ἡ πνοὴ αὕτη, καλουμένη **ἠλεκτρικὸς ἀνεμὸς**, δύναται νὰ κλίνη ἢ καὶ νὰ σβέσῃ τὴν φλόγα λαμπάδος (σχ. 213).

Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει, πρὸ πάντων ὅταν ἡ ἀκὴ παρέχῃ θετικὸν ἠλεκτρισμόν. Μὲ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν, ἡ φλὸξ ἐνίστε ἔλκεται, διότι περιέχει ἐλευθέρως ποσότητος θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Ἄλλὰ καὶ ἡ ἀκὴ ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ ὁμωνύμως ἠλεκτριζομένου



Σχ. 214.

ἄερος. Τοῦτο ἐξηγεῖ τὸ πείραμα τοῦ *ἠλεκτρικοῦ στροβίλου*, ὅστις στρέφεται κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν τῶν ἀκίδων του (σχ. 214).

Ἡ ἀπώλεια αὕτη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διὰ τῶν ἀκίδων συνοδεύεται ὑπὸ φωτεινῶν ἰσχυρῶν θυσάνων, ὄρατῶν εἰς τὸ σκότος.

Ἡ ιδιότης αὕτη τῶν ἀκίδων, νὰ ἀφήνουν νὰ ἐκρέη δι' αὐτῶν ὁ ἠλεκτρισμὸς καλεῖται *δύναμις τῶν ἀκίδων*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ - ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΝ ΗΛΕΤΡΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ

219. *Ἡλεκτρικὸν πεδίων*. — Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἠλέκτρισις σώματός τινος ἐκδηλοῦται διὰ τῶν μηχανικῶν δράσεων, τὰς ὁποίας τὸ σῶμα παράγει περὶ αὐτό. Π. χ. τὰ οὐδέτερα σώματα ἔλκονται, τὰ ἐτερονύμως ἠλεκτρισμένα ἔλκονται ἐπίσης, τὰ δὲ ὁμωνύμως ἀπωθοῦνται.

Καλοῦμεν *ἠλεκτρικὸν πεδίων* τὸ σύνολον τῶν σημείων τοῦ διαστήματος, εἰς τὰ ὁποῖα αἱ δράσεις αὗται γίνονται αἰσθηταί.

220. *Δυναμικόν*. — Ἐν ἠλεκτρισμένῳ σῶμα, τὸ ὁποῖον ἐγκλείει *ποσότητά τινα ἠλεκτρισμοῦ*, δύναται νὰ παραβληθῇ μὲ σῶμα, τὸ ὁποῖον ἐγκλείει *ποσότητά τινα θερμότητος*. Ἀλλά, ὡς ἐμάθομεν, ἡ ποσότης τῆς θερμότητος δὲν ἀρκεῖ διὰ νὰ χαρακτηρίσῃ τὴν θερμαντικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος· πρέπει νὰ γνωρίζωμεν ἐπίσης καὶ τὴν *θερμοκρασίαν του*. Καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ δι' ἓν ἠλεκτρισμένον σῶμα, ἐκτὸς τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ του, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν καὶ τὸ *δυναμικὸν αὐτοῦ*.

Ἡ ἔννοια τοῦ *δυναμικοῦ* εἰσάγεται πειραματικῶς.

Ὅταν ἠλεκτρισμένος ἀγωγὸς τεθῇ εἰς *συγκοινωνίαν ἀπὸ ἀποστάσεως* μετὰ ἠλεκτροσκοπίου *διὰ σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ*, τὸ ἠλεκτροσκόπιον φορτίζεται δι' ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἡ *ἀπόκλισις του*

παραμένει σταθερά, ὅποιονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ σημεῖον τοῦ ἀγωγοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον προσεδέθη τὸ σύρμα. Τότε, ἐπειδὴ ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης *δύναται νὰ μεταβάλλεται* εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ, ἡ σταθερὰ ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου καθιστᾷ φανερὰν μίαν *ἠλεκτρικὴν κατάστασιν* κοινὴν εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἡ ἠλεκτρικὴ αὕτη κατάστασις καλεῖται *δυναμικόν*. Τὸ δυναμικόν εἶναι *θετικόν* μὲν, ἔὰν τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου εἶναι θετικόν· *ἀρνητικόν* δέ, ἔὰν τὸ φορτίον εἶναι ἀρνητικόν.

α') Δύο ἀγωγοί, τῶν ὁποίων αἱ διαστάσεις καὶ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία δύνανται νὰ εἶναι πολὺ διάφορα, ἔχουν τὸ αὐτὸ δυναμικόν, ἔὰν δίδουν χωριστὰ φορτία *ἴσα καὶ ὁμόσημα* εἰς ἠλεκτροσκόπιον μετὰ τοῦ ὁποίου ἐτέθησαν διαδοχικῶς *ἀπὸ ἀποστάσεως* εἰς συγκοινωνίαν.

Ἐὰν τοὺς ἀγωγούς τούτους συνδέσωμεν διὰ σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ, ἀφοῦ προηγουμένως θέσωμεν ἕκαστον ἐξ αὐτῶν ἀπὸ ἀποστάσεως εἰς συγκοινωνίαν μετὰ ἠλεκτροσκοπίου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ἀποκλίσεις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου τούτου δὲν μεταβάλλονται. Ἐὰν μετρήσωμεν ἐπίσης τὰς πυκνότητας εἰς δύο διάφορα σημεῖα τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ καὶ εἰς δύο διάφορα σημεῖα τοῦ ἄλλου, *πρὸ τῆς συγκοινωνίας καὶ μετ' αὐτήν*, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὗται δὲν μεταβάλλονται.

Ἐπίσης καὶ τὰ φορτία των, μετρούμενα πρὸ τῆς συγκοινωνίας τῶν ἀγωγῶν τούτων καὶ μετ' αὐτήν δὲν μεταβάλλονται.

β') Τὸ δυναμικόν ἑνὸς ἀγωγοῦ Α εἶναι μεγαλύτερον τοῦ δυναμικοῦ ἄλλου ἀγωγοῦ Β, ἔὰν τὸ φορτίον ἠλεκτροσκοπίου συνδεδέντος ἀπὸ ἀποστάσεως μετὰ τοῦ Α εἶναι *μεγαλύτερον* τοῦ φορτίου τοῦ αὐτοῦ ἠλεκτροσκοπίου συνδεδέντος μετὰ τὸ Β (ὑπολογιζομένου καὶ τοῦ σημείου, π. χ. $5 > 2$, — $2 > -5$).

Ὅταν συνδεθοῦν οἱ ὡς ἀνωτέρω ἀγωγοὶ Α καὶ Β διὰ σύρματος, *θετικὸς ἠλεκτρισμὸς* διέρχεται ἀπὸ τοῦ Α εἰς τὸ Β, αἱ πυκνότητες ἐλαττοῦνται ἐπὶ τοῦ Α καὶ αὐξάνονται ἐπὶ τοῦ Β. Οἱ δύο ἀγωγοὶ λαμβάνουν *κοινὸν δυναμικόν*, ἐνδιάμεσον μεταξὺ τῶν δύο ἀρχικῶν δυναμικῶν.

Τὰ φορτία τῶν δύο τούτων ἀγωγῶν, μετρούμενα διὰ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday, *πρὸ τῆς συγκοινωνίας των καὶ μετ' αὐτήν*, ἔχουν χωριστὰ μεταβληθῆ, ἀλλὰ τὸ ἄθροισμά των μένει σταθερόν.

221. Σύγκρισις τῶν δυναμικῶν.—Πᾶς ἀγωγὸς ἠλεκτρισμένος,

τιθέμενος εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους, ἀηλεκτρίζεται, καθὼς καὶ τὸ ἠλεκτροσκόπιον μετὰ τοῦ ὁποίου εἶναι συνδεδεμένος. **Τὸ δυναμικὸν του τότε καθίσταται ἴσον μὲ τὸ δυναμικὸν τοῦ ἐδάφους** καὶ τῶν μὴ ἠλεκτρισμένων σωμάτων. Τὸ δυναμικὸν τοῦτο ἐλήφθη κατὰ συνθήκην ὡς δυναμικὸν **μηδέν**.

Διὰ νὰ ὑπολογίσουν τὰ δυναμικά, ἐξέλεξαν μονάδα, ἣτις, ὡς ἐμάθομεν, καλεῖται volt. Δι' ἀγωγὸν δυναμικοῦ B volts, ἢ **διαφορὰ** μεταξὺ τοῦ δυναμικοῦ του καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἐδάφους εἶναι B volts.

Ἐπειδὴ ἡ μονὰς αὕτη εἶναι πολὺ μικρὰ ὡς πρὸς τὰ δυναμικά τοῦ διὰ τριβῆς ἀναπτυσσομένου ἠλεκτρισμοῦ, **λαμβάνεται ὡς ἠλεκτροστατικὴ μονὰς δυναμικοῦ τὸ δυναμικὸν σφαίρας ἀκτίνος ἐνὸς ἑκατοστομέτρου, ἐχούσης ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς τὴν μονάδα τῆς ποσότητος.**

Ἡ μονὰς αὕτη ἰσοδυναμεῖ μὲ 300 volts.

222. **Βαθμολογία τοῦ ἠλεκτροσκοπίου εἰς volts.**—Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν τὸ ἠλεκτροσκόπιον εἰς volts., συνδέομεν τὸν δίσκον αὐτοῦ διαδοχικῶς μὲ τὸν θετικὸν πόλον στήλης 100, 200, 300 volts, τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου τῆς στήλης καὶ τῆς θήκης τοῦ ἠλεκτροσκοπίου τιθεμένων εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους. Ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ θετικοῦ πόλου ἐκάστης στήλης καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἐδάφους εἶναι 100, 200, 300....volts. Σημειοῦμεν δὲ 100, 200, 300.... ἐπὶ τόξου πρὸ τῶν διαδοχικῶν θέσεων τῶν φύλλων.

Τὸ οὕτω βαθμολογούμενον ἠλεκτροσκόπιον δίδει εἰς volts τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ, μετὰ τοῦ ὁποίου θὰ τεθῆ εἰς συγκοινωνίαν ἀπὸ ἀποστάσεως.

223. **Ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ των.**— Διὰ νὰ γείνη κίνησις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν, πρέπει οἱ ἀγωγοὶ οὗτοι νὰ ἔχουν διάφορον δυναμικόν. Ἡ διαφορὰ αὕτη τοῦ δυναμικοῦ καλεῖται, ὡς ἐμάθομεν, **ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις**. Τὸ σύστημα δύο ἀγωγῶν, οἱ ὁποῖοι ἔχουν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἐγκλείει **ἐνέργειαν δυναμικὴν**, διότι ἡ ἀποκατάστασις του εἰς κοινὸν δυναμικὸν ἀναπτύσσει ἔργον.

ΗΛΕΚΤΡΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ

224. **Όρισμός.**—Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι, ἐὰν εἰσαγάγωμεν εἰς τὸν αὐτὸν μεμονωμένον ἄγωγὸν φορτία π , 2π , 3π ..., τὸ δυναμικὸν τοῦ ἄγωγου τούτου λαμβάνει τὰς τιμὰς B , $2B$, $3B$... Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι τὸ **δυναμικὸν ἄγωγου μεμονωμένου εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ φορτίον του.**

Ἐὰν συνεπῶς Π τὸ φορτίον τοῦ ἄγωγου καὶ B τὸ δυναμικὸν του, θὰ ἔχωμεν $\frac{\Pi}{B} = X$ ἢ $\Pi = X \cdot B$

Ἡ σταθερὰ X καλεῖται **ἠλεκτροχωρητικότης τοῦ ἄγωγου.**

ἠλεκτροχωρητικότης, λοιπόν, ἄγωγου μεμονωμένου καλεῖται ἡ σταθερὰ σχέσις, ἣτις ὑφίσταται μεταξὺ τοῦ φορτίου του καὶ τοῦ δυναμικοῦ του.

Ἐὰν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον θέσωμεν $B = 1$ volts, θὰ ἔχωμεν $X = \Pi$. Δηλ. **ἠλεκτροχωρητικότης ἄγωγου εἶναι τὸ φορτίον, ὄπερ ἀνυψοῖ τὸ δυναμικὸν αὐτοῦ κατὰ 1 volt.**

Μονὰς ἠλεκτροχωρητικότητος.—Ἐὰν εἰς τὸν τύπον $\Pi = X \cdot B$ θέσωμεν $\Pi = 1$ coulomb καὶ $B = 1$ volt, θὰ ἔχωμεν $X = 1$.

Μονὰς ἠλεκτροχωρητικότητος εἶναι λοιπόν ἡ **ἠλεκτροχωρητικότης ἄγωγου, ὅστις ὑπὸ φορτίον ἑνὸς coulomb λαμβάνει δυναμικὸν ἑνὸς volt.**

Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται *farad*. Πολλάκις χρησιμοποιεῖται ὡς μονὰς τὸ *microfarad*, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ τὸ ἑκατομμυριοστὸν τοῦ *farad*.

Σημ.—Ὡς ἠλεκτροστατικὴ μονὰς χωρητικότητος λαμβάνεται ἡ χωρητικότης σφαιράς, ἀκτίνος ἑνὸς ἑκατοστομέτρου. Συνεπῶς ἡ χωρητικότης σφαιράς εἰς ἠλεκτροστατικὰς μονάδας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτῖνα αὐτῆς, δηλ. μετρεῖται διὰ τῆς ἀκτίνος αὐτῆς ἐκπεφρασμένης εἰς ἑκατοστά.

Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α.

1ον. Ποῖον φορτίον πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς σφᾶϊραν διαμέτρου 3 ἑκατοστομέτρων, διὰ νὰ εἶναι ἡ πυκνότης αὐτῆς 7 ;

2ον. Δύο μικραὶ σφαῖραι ἔχουν ἠλεκτρικὰ φορτία $+12$ καὶ -8 . Μετὰ ποίας δυνάμεως αἱ δύο αὐταὶ σφαῖραι ἔλκονται ἐξ ἀποστάσεως 2 ἐκ. ;

3ον. Σφαῖρα ἀκτίνος 14 ἑκατοστομέτρων εἶναι ἠλεκτρισμένη καὶ ἡ πυκνότης αὐτῆς εἶναι 10 . Ποῖον εἶναι τὸ δυναμικὸν τῆς σφαίρας ταύτης ;

4ον. Δύο σφαῖραι, πεφορτισμένοι ἑκατέρα δι' ἑνὸς coulomb θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἀφίστανται ἀλλήλων κατὰ 10 μέτρα. Ποία ἡ ἀμοιβαία ὠστική δύναμις ;

5ον. Ποῖον φορτίον πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς χωρητικότητα 100 microfarads, ἵνα ὑψώσωμεν τὸ δυναμικὸν αὐτῆς εἰς 50 volts ;

6ον. Ἄγωγος χωρητικότητος 10 ἤχηθῃ εἰς δυναμικὸν 30 . Ποῖον τὸ φορτίον αὐτοῦ ;

7ον. Ποία ἡ ἀκτίς σφαίρας, ἥς ἡ χωρητικότης εἶναι 1 microfarad ;

8ον. Δύο σφαῖραι μεμονωμένα, ὧν αἱ ἀκτῖνες εἶναι μεταξὺ των ὡς 7 καὶ 11 , φέρουσι τὴν αὐτὴν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ. Εἰς ποίαν σχέσιν εὐρίσκονται αἱ πυκνότητές αὐτῶν ;

9ον. Σφαῖρα ἠλεκτρισμένη ἀκτίνος 120 δακτύλων, ἔχει δυναμικὸν 10 . Ἄλλη σφαῖρα ἠλεκτρισμένη, ἀκτίνος 20 δακτύλων, ἔχει δυναμικὸν 4 . Θέτομεν αὐτὰς εἰς συγκοινωνίαν διὰ σύρματος λεπτοῦ καὶ μακροῦ, χωρητικότητος ἀσημάντου. Ποῖον τὸ τελικὸν δυναμικὸν τοῦ συστήματος ;

10ον. Μικρὰ σφαῖρα ἠλεκτρισμένη τίθεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ ἴσης σφαίρας ἐν οὐδετέρῳ καταστάσει εὐρισκομένης, κατόπιν δὲ ἀποχωρίζεται ταύτης. Ἐξ ἀποστάσεως τότε 10 ἑκατοστομέτρων αἱ δύο σφαῖραι ἐξασκοῦν ἐπ' ἀλλήλων ἄπωσιν 9 δυνῶν. Ποῖον τὸ ἀρχικὸν φορτίον τῆς ἠλεκτρισμένης σφαίρας ;

11ον. Δύο μικραὶ σφαῖραι ἀπέχουν ἀπ' ἀλλήλων κατὰ 5 ἑκατοστόμετρα. Ἡ μία ἐξ αὐτῶν ἔχει φορτίον 40 μονάδων. Ποῖον πρέπει νὰ εἶναι τὸ φορτίον τῆς ἐτέρας, ἵνα μεταξὺ αὐτῶν ἀσκηθῇ ἄπωσιν ἴση πρὸς 5 χιλιοστίγραμμα ;

12ον. Δύο σφαῖραι, ἔχουσαι ἢ μὲν μία ἀκτῖνα 1 ἑκατοστομέτρον, ἢ δὲ ἄλλη 2 , συνεδέθησαν πρὸς σιγμὴν διὰ μακροῦ σύρματος καὶ εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δυναμικὸν 40 . Ἡ ὠστικὴ δύναμις, ἣτις ἀσκεῖται νῦν μεταξὺ τούτων, εἶναι 4 δυνῶν. Ποία ἡ χωρίζουσα ταύτας ἀπόσταςις ;

13ον. Δύο σφαῖραι εὐηλεκτραγωγοί, ἠλεκτρισμένοι, ἔχουσαι ἀκτῖνας

5 χ. μ. και 1 εκ., συνεδέθησαν δια σύρματος μακροῦ και λεπτοῦ, ἤλεκτροχωρητικότητος ἀσημάντου. Τῆς συγκοινωνίας διακοπέισης, αἱ δύο σφαιραὶ ἐτέθησαν εἰς ἀπόστασιν 5 ἑκατοστομέτρων ἀπ' ἀλλήλων. Παρατηρεῖται τότε ἄπωσις 8 δυνῶν. Ποῖον τὸ κοινὸν δυναμικὸν τῶν δύο σφαιρῶν ;

14ον. Σφαιρα εὐηλεκτραγωγός, ἀκτῖνος 5 ἑκατοστομέτρων, ἔχει δυναμικὸν 5. Ἐτέρα σφαιρα, ἀκτῖνος 10 εκ., ἔχει δυναμικὸν 10. Συνδέομεν αὐτὰς διὰ σύρματος μακροῦ και λεπτοῦ. Ποῖον γίνεται τὸ κοινὸν δυναμικὸν τῶν δύο σφαιρῶν ;

15ον. Σφαιρα εὐηλεκτραγωγός, ἀκτῖνος 50 ἑκατοστομέτρων, εἶναι ἤλεκτρισιμένη εἰς δυναμικὸν 200. Θέτομεν αὐτὴν εἰς συγκοινωνίαν μετ' ἄλλου ἀγωγοῦ, χωρητικότητος ἀγνώστου. Τὸ δυναμικὸν πίπτει εἰς 20. Ποία ἡ χωρητικότης τοῦ δευτέρου τούτου ἀγωγοῦ ;

16ον. Δύο σφαιραὶ ἴσαι, ἤλεκτρισιμέναι και μεμονωμέναι, ἀπέχουσαι ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν χ, ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1. Ἄν τὰς φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν και κατόπιν τὰς ἀπομακρύνωμεν ἀπ' ἀλλήλων εἰς ἀπόστασιν ἴσην πρὸς τὸ ἡμισυ τῆς προηγουμένης, ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 4,5. Ζητεῖται ὁ λόγος τῶν ἀρχικῶν ἤλεκτρικῶν μαζῶν τῶν δύο σφαιρῶν.

17ον. Δύο μικραὶ χάλκινα σφαιραὶ Α και Β, ἀκίνητοι και ἴσαι, εὐρίσκονται ἐπὶ μεμονωμένου ἐπιπέδου εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας ΑΒ, μήκους 10 εκ. Ἐκ τούτων ἡ μὲν Α εἶναι ἤλεκτρισιμένη, ἡ δὲ Β ἀνηλέκτριστος.

Φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὴν Α μετ' ἐπίτην ἴσην χαλκίνην και μεμονωμένην σφαιραν Γ, εἶτα δὲ φέρομεν εἰς ἐπαφὴν και τὴν Β πρὸς τὴν Γ.

Εἰς ποῖον σημεῖον τῆς εὐθείας ΑΒ δέον νὰ θέσωμεν τὴν Γ, ἵνα ὑπάρξῃ ἰσορροπία ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄.

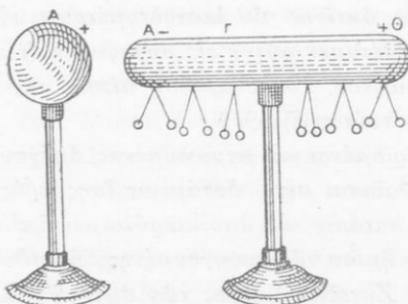
ἨΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΔΙ' ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ

225. Ἠλεκτρικὴ ἐπίδρασις. — Πᾶς ἀγωγὸς τιθέμενος ἐντὸς ἤλεκτρικοῦ πεδίου, ἤλεκτριζεται και τροποποιεῖ τὸ πεδίου περὶ αὐτόν. Ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἤλεκτρίσεως καλεῖται ἤλεκτρισις δι' ἐπιδράσεως.

Πείραμα. — Ἐὰν εἰς μεταλλικὴν σφαιραν Σ μεμονωμένην και ἡ-

λεκτρισμένην π. γ. θετικῶς πλησιάζωμεν μεταλλικὸν κύλινδρον AB μεμονωμένον καὶ ἐν οὐδετέρᾳ καταστάσει, ὁ κύλινδρος *ἠλεκτριζέται* (σχ. 215).

Ἐὰν ὁ κύλινδρος φέρῃ διπλᾶ ἔκκρεμῆ ἀποτελούμενα ἀπὸ σφαιρίδια ἐξ ἐντεριώνης, ἐξηρητημένα δι' εὐηλεκτραγωγῶν νημάτων, τὰ ἔκκρεμῆ ταῦτα ἀποκλίνουν. Τὸ ἄκρον δὲ A τὸ πλησιέστερον πρὸς τὴν σφαῖραν, παρουσιάζει ἠλεκτρισμὸν *ἐτερόσημον πρὸς τὸν τῆς σφαίρας*. Πράγματι, ἐὰν πλησιάζωμεν εἰς τὸ παρὰ τὸ A ἔκκρεμὲς ράβδον ἐκ ρητίνης, τριβεῖσαν διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, ἡ ράβδος αὕτη τὸ ἀ-



Σχ. 215.

πωθεῖ. Ἡ αὕτη ράβδος ἔλκει τὸ ἔκκρεμὲς τοῦ ἄκρου B. *Τὸ ἄκρον λοιπὸν τοῦ κυλίνδρου τὸ μᾶλλον ἀπομακρυσμένον ἀπὸ τὴν σφαῖραν ἠλεκτριζέσθαι ὁμοσήμως πρὸς αὐτήν.*

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν σφαῖραν Σ, ὅλα τὰ ἔκκρεμῆ τοῦ κυλίνδρου καταπίπτουν. Οἱ ἀντίθετοι λοιπὸν ἠλεκτρι-

σμοὶ οἱ ἀναπτυχθέντες ἐξ ἐπιδράσεως ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου εὐρίσκοντο εἰς ἴσας ποσότητας, διότι ἐξουδετερώθησαν μόλις ἔπαυσεν ἡ ἐπίδρασις.

Τὰ ἐξ ἐπιδράσεως ἀναπτυσσόμενα φορτία αὐξάνονται, ὅταν αὐξάνεται τὸ φορτίον τοῦ ἐπιδρωῶντος σώματος καὶ ὅταν ἡ ἀπόστασις των ἀπὸ τοῦ δεχομένου τὴν ἐπίδρασιν σώματος ἐλαττοῦται.

Ἡ ἐπίδρασις ἐξασκεῖται *ἐπὶ σώματος ἠλεκτρισμένου ὅπως ἐπὶ σώματος οὐδετέρου*· ὁ ἐξ ἐπιδράσεως ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς προστίθεται εἰς ἕκαστον σημεῖον εἰς τὸν ἠλεκτρισμὸν, τὸν ὁποῖον κατεῖχεν ἤδη ὁ δεχόμενος τὴν ἐπίδρασιν ἀγωγός.

Ἐξήγησις.—Ὁ ἠλεκτρισμὸς τοῦ ἐπιδρωῶντος σώματος χωρίζει ἐπὶ τοῦ δεχομένου τὴν ἐπίδρασιν σώματος *ἴσας ποσότητας* ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν. Ὁ ἀρνητικός, ἐλκόμενος, φέρεται πρὸς τὸ ἄκρον τοῦ κυλίνδρου τὸ πλησιέστερον πρὸς τὴν σφαῖραν Σ, ὁ δὲ θετικὸς ἀπωθούμενος ἀναφαίνεται εἰς τὸ ἄκρον τὸ μᾶλλον ἀπομακρυσμένον ἀπὸ τῆς σφαίρας Σ.

Συγκοινωνία τοῦ κυλίνδρου μετὰ τοῦ ἐδάφους.— Ἐὰν προεκτείνωμεν τὸν κύλινδρον AB δι' ἑνὸς ἄλλου ἀγωγοῦ, ἢ ἀπόκλισις τοῦ ἔκκρεμοῦς αὐξάνεται εἰς τὸ A. Ἐὰν συνδέσωμεν μετὰ τοῦ ἐδάφους **οἰονδήποτε** σημεῖον τοῦ κυλίνδρου AB, ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς διοχετεύεται εἰς τὸ ἔδαφος καὶ τὸ ἔκκρεμὸς τοῦ ἄκρου B καταπίπτει.

Ἠλέκτρισις δι' ἐπιδράσεως.— Ἐὰν διακόψωμεν, **διαρκούσης τῆς ἐπιδράσεως**, τὴν συγκοινωνίαν τοῦ κυλίνδρου AB μετὰ τοῦ ἐδάφους καὶ ἀπομακρύνωμεν **ἔπειτα** τὴν ἐπιδρωσαν σφαῖραν Σ, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς, ὅστις μόνος ὑφίσταται ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου AB, διαχέεται ἐπ' αὐτοῦ ἐλευθέρως· ὅλα τὰ ἔκκρεμῆ δίστανται· ῥάβδος δὲ ἐκ ρητίνης τριβείσα διὰ μαλλίνου ὑφάσματος τὰ ἀπωθεῖ. **Ἠλεκτρίσαμεν** τοιοῦτοτρόπως **δι' ἐπιδράσεως** ἀγωγὸν μεμονωμένον, **ἀνευ τριβῆς καὶ ἀνευ ἐπαφῆς**, δι' ἐπιδρωστος ἀγωγοῦ, τοῦ ὁποίου τὸ φορτίον ἔχει μείνει σταθερόν. Ὁ τὴν ἐπίδρασιν δεχθεὶς ἀγωγὸς ἠλεκτρίσθη δι' ἠλεκτρισμοῦ ἀντιθέτου πρὸς τὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ ἐπιδρᾶσαντος ἀγωγοῦ.

Ἠλέκτρισις δι' ἐπαφῆς.— Ἐὰν πλησιάσωμεν μέχρις ἐπαφῆς τὸν κύλινδρον AB (φέροντα καὶ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ) εἰς τὴν σφαῖραν Σ, **ἐν μέρος** μόνον τοῦ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς σφαίρας Σ θὰ ἐξουδετερωθῇ ὑπὸ τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ κυλίνδρου AB, καὶ τὸ σύνολον, σφαῖρα δηλ. καὶ κύλινδρος, θὰ μείνουν ἠλεκτρισμένα θετικῶς. Τὸ ὅλικόν φορτίον εἶναι τὸ ἀρχικὸν θετικὸν φορτίον τῆς σφαίρας Σ. Ἐὰν ὁ κύλινδρος AB ἀπομακρυνθῇ, μένει ἠλεκτρισμένος θετικῶς. **Δι' ἐπαφῆς** λοιπόν, ὁ ἠλεκτρισμὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ εἶναι τελικῶς ὁμόσημος πρὸς τὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ σώματος, ὅπερ τὸν ἠλεκτρίζει.

226. **Ἠλεκτρικὰ διαφράγματα.**— Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐπίδρασις ἐξασκεῖται διὰ μέσου τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων, διὰ μέσου τοῦ ἀέρος π.χ. ὅπως εἰς τὰ προηγούμενα πειράματα. Τοῦναντίον, τοίχωμα εὐηλεκτραγωγὸν κλειστῆς κοιλότητος σταματᾷ τελείως τὴν ἐπίδρασιν καὶ ἀποτελεῖ ἀληθῆς **διάφραγμα** μετὰ τοῦ ἐσωτερικοῦ καὶ ἐξωτερικοῦ ὑπὸ τὰς ἐξῆς συνθήκας: α') Τὸ τοίχωμα πρέπει νὰ εὐρίσκεται εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους, ἂν θέλωμεν νὰ προστατεύσῃ τὸ ἐξωτερικὸν ἐναντίον τῆς ἐπιδράσεως ἠλεκτρικοῦ φορτίου εὐρισκομένου εἰς τὸ ἐσωτερικόν.

β') Τὸ τοίχωμα δύναται νὰ εἶναι μεμονωμένον, ἂν πρόκειται νὰ

προστατεύση τὸ ἐσωτερικὸν ἐναντίον τῆς ἐπιδράσεως ἑξωτερικῶν φορτίων.

Ἡ πρώτη ιδιότης ἀποδεικνύεται, ἐὰν θέσωμεν εἰς τὸ ἔδαφος κύλινδρον τοῦ Faraday καὶ ἐντὸς αὐτοῦ εἰσαγάγωμεν σῶμα ἠλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον, τοῦ ὁποῦ τοῦ φορτίου ἔστω $+π$. Ὁ κύλινδρος ἠλεκτρίζεται ἕξ ἐπιδράσεως, ἀλλὰ χάνει τὸ ἑξωτερικὸν του φορτίον, τὸ ὁποῖον ἐξαφανίζεται εἰς τὸ ἔδαφος, καὶ διατηρεῖ μόνον τὸ ἐσωτερικὸν $-π$, τὸ ὁποῖον συγκρατεῖται διὰ τῆς ἕλξεως τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος. Τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου καταπίπτουν καὶ τίποτε δὲν φανερώνει πλεόν πρὸς τὰ ἔκτος τὸ ἐσωτερικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ κυλίνδρου.

Ἡ περίπτωσις αὕτη πραγματοποιεῖται ὑπὸ τῶν εὐηλεκτραγωγῶν τοιχωμάτων αἰθούσης, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐγκαθιστῶμεν ἠλεκτρισμένα σώματα.

Ἡ δευτέρα ιδιότης προκύπτει ἐκ τοῦ ἀποδειχθέντος ἤδη ὅτι, ἐὰν ἠλεκτρίσωμεν ἑξωτερικῶς εὐηλεκτραγωγὸν σῶμα μεμονωμένον ἢ μὴ, τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον εἰς τὸ ἐσωτερικὸν εἶναι μηδέν.

227. **Ἐφαρμογαὶ τῆς ἐπιδράσεως.** α') *Ἐλξις τῶν ἐλαφρῶν σωμάτων.*—Τὰ ἐλαφρὰ σώματα ἔλκονται ὑπὸ ἠλεκτρισμένου σώματος, διότι ἠλεκτρίζονται δι' ἐπιδράσεως καὶ παρουσιάζουν εἰς τὸ μέρος των τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα ἠλεκτρισμὸν ἐτερόσημον πρὸς τὸν ἐπιδρῶντα.

β') *Δειτουργία τοῦ ἠλεκτροσκοπίου.*—Ἐὰν πλησιάσωμεν ἠλεκτρισμένον σῶμα εἰς τὴν σφαῖραν τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ὁ ἀγωγὸς ὁ ἀποτελούμενος ὑπὸ τῆς σφαίρας, τοῦ στελέχους καὶ τῶν φύλλων ἠλεκτρίζεται δι' ἐπιδράσεως, ὁ ἐτερόσημος ἠλεκτρισμὸς ἔλκεται πρὸς τὴν σφαῖραν καὶ ὁ ὁμόσημος ἀποθιθεῖται εἰς τὰ φύλλα. Ταῦτα δὲ ὡς φορτιζόμενα διὰ τοῦ αὐτοῦ ἠλεκτρισμοῦ δίστανται.

Ἐάν, κρατοῦντες τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα πλησίον τῆς σφαίρας, ἐγγίσωμεν αὐτὴν διὰ τοῦ δακτύλου, τὰ φύλλα καταπίπτουν, διότι ἀηλεκτρίζονται· ἡ σφαῖρα μόνη μένει ἠλεκτρισμένη. Ἐὰν ἤδη ἀποσύρωμεν τὸν δάκτυλον καὶ κατόπιν ἀπομακρύνωμεν τὸ ἐπιδρῶν σῶμα, ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς σφαίρας διαχέεται καὶ εἰς τὰ φύλλα, τὰ ὁποῖα πάλιν δίστανται.

Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης δυνάμεθα νὰ ἠλεκτρίσωμεν τὸ ἠλεκτρο-

σκόπιον διὰ γνωστοῦ εἶδους ἠλεκτρισμοῦ. Τὸ τοιοῦτοτρόπως ἠλεκτρι-
σθὲν ἠλεκτροσκόπιον δύναται νὰ χρησιμεύσῃ διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τοῦ
εἶδους τοῦ ἠλεκτρισμοῦ οἰοῦδήποτε σώματος.

Ὑποθέσωμεν, π. χ. ὅτι εἰς ἠλεκτροσκόπιον, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη
θετικῶς, πλησιάζομεν σῶμα ἠλεκτρισμένον ἐπίσης θετικῶς. Τὸ ἠλε-
κτροσκόπιον ἠλεκτρίζεται ἐξ ἐπιδράσεως· ὁ οὕτως ἀναπτυσσόμενος θετι-
κὸς ἠλεκτρισμὸς ἀπωθεῖται πρὸς τὰ φύλλα, ὅπου προστίθεται εἰς τὸν
ὑπάρχοντα ἐκεῖ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ **αὐξάνει τὴν ἀπόκλισιν
τῶν φύλλων.**

Σῶμα ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς παράγει ἀντίθετον ἀποτέλεσμα,
δηλ. ἐλαττώνει τὴν ἀπόκλισιν, διότι ὁ ἠλεκτρισμὸς τὸν ὁποῖον ἢ ἐπί-
δρασις ἀναπτύσσει εἰς τὰ φύλλα εἶναι ἐτερόσημος πρὸς τὸν ὑπάρχοντα
ἐκεῖ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ συνεπῶς ἐξουδετερώνει αὐτὸν μερικῶς.

Σημ.— Εἰς τὴν τελευταίαν ταύτην περίπτωσιν πρέπει τὸ ἠλεκτρι-
σμένον σῶμα νὰ πλησιάζῃ βραδέως, διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν πρώτην
κίνησιν τῶν φύλλων. Ἐὰν πλησιάζῃ πολὺ ταχέως ἢ ἐὰν τὸ σῶμα ἔλθῃ
πολὺ πλησίον, ὁ δι' ἐπιδράσεως ἀναπτυσσόμενος εἰς τὰ φύλλα ἠλεκτρι-
σμὸς δύναται νὰ φθάσῃ εἰς πολὺ μεγάλην ποσότητα, ἀρκοῦσαν ὅχι μόνον
διὰ νὰ ἐξουδετερώσῃ τὴν ὑπάρχουσαν ἐκεῖ θετικὴν ποσότητα, ἀλλὰ
καὶ νὰ παραχωρήσῃ εἰς τὰ φύλλα ἀντίθετον φορτίον ἰσχυρότερον, τὸ
ὁποῖον αὐξάνει τὴν ἀπόκλισιν τῶν φύλλων καὶ μᾶς ἀπατᾷ εἰς τὴν ἐξή-
γησιν τοῦ ἀποτελέσματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

228. Πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ.— Αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διαι-
ροῦνται εἰς τρεῖς κλάσεις: α') εἰς **ἠλεκτροστατικὰς μηχανάς**, αἱ ὁ-
ποῖαι μετατρέπουν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν καὶ δίδουν **ποσότητας ἠ-
λεκτρισμοῦ μικράς**, ἀλλὰ **δυναμικοῦ ὑψηλοῦ.**

β') Εἰς **στήλας**, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν, ὡς ἐμάθομεν, τὴν χημι-
κὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν καὶ δίδουν **μεγάλας ποσότητας** ἠλεκτρι-
σμοῦ εἰς **πολὺ μικρὸν δυναμικόν.**

γ') **Τὰς δι' ἐπαγωγῆς μηχανάς**, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν μη-

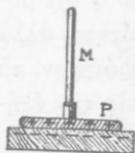
χανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν καὶ δίδουν γενικῶς μεγάλην ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ εἰς δυναμικὸν μεταβλητὸν ἀπὸ 0 μέχρι χιλιάδων βόλτ.

229. **Ἡλεκτροστατικά μηχαναί.**—Αἱ μηχαναὶ αὗται ἀποσυνθέτουν τὸν οὐδέτερον ἠλεκτρισμὸν εἰς ἴσας ποσότητας θετικοῦ καὶ ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς φέρεται ἐπὶ ἀγωγοῦ καλουμένου **θετικοῦ πόλου** τῆς μηχανῆς, ὁ δὲ ἀρνητικὸς φέρεται ἐπὶ δευτέρου ἀγωγοῦ καλουμένου **ἀρνητικοῦ πόλου**.

Ἐνίοτε ὁ εἰς τῶν πόλων συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἐδάφους, ὅπου διοχετεύεται ὁ ἀντίστοιχος ἠλεκτρισμὸς.

Αἱ ἠλεκτροστατικά μηχαναὶ διακρίνονται εἰς μηχανὰς διὰ **τριβῆς** καὶ μηχανὰς **δι' ἐπιδράσεως**. Πράγματι ὅμως, ἡ ἐπίδρασις ἐξασκεῖται εἰς ὅλας τὰς ἠλεκτροστατικάς μηχανάς.

230. **Ἡλεκτροφόρος.**—Ἡ ἀπλουστέρα τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν εἶναι ἡ **ἠλεκτροφόρος**, ἐν συνδυασμῷ μετὰ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday. Αὕτη συνίσταται ἐκ δίσκου ἐξ ἔβονίτου καὶ ἐξ ἑλαφροῦ μεταλλικοῦ δίσκου (τὸν ὁποῖον σήμερον κατασκευάζουν ἐξ ἀργιλίου) φέροντος μονωτικὴν λαβὴν (σχ. 216). Ἐὰν ὁ ἔβονίτης προστριβῇ διὰ δέρματος γαλῆς, ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς. Ἐπὶ τοῦ οὕτω ἠλεκτρισθέντος ἔβονίτου ἐφαρμόζομεν τὸν μεταλλικὸν δίσκον.



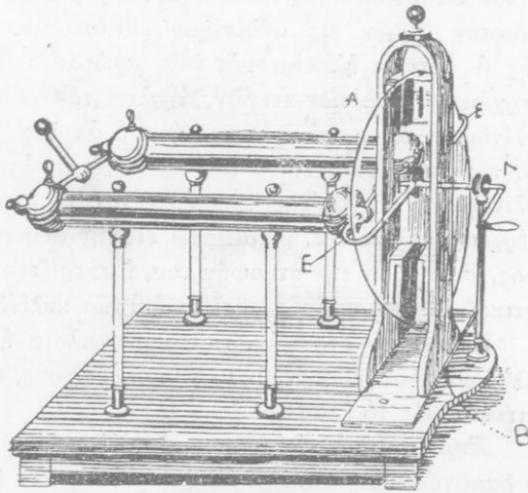
Σχ. 216.

Ἐπειδὴ πολὺ λεπτὸν στρώμα ἀέρος χωρίζει τὸν ἔβονίτην ἀπὸ τοῦ μετάλλου, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς τοῦ ἔβονίτου ἐνεργεῖ **δι' ἐπιδράσεως** ἐπὶ τοῦ δίσκου καὶ ἔλκει τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ἀπωθεῖται ὁ ἀρνητικὸς. Ἐπιθέτοντες τότε τὸν δάκτυλον ἐπὶ τοῦ δίσκου, διοχετεύομεν τὸν ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν εἰς τὸ ἔδαφος. Τὸ δυναμικὸν τοῦ δίσκου κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην εἶναι μηδέν. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν δάκτυλον καὶ ἀνυψώσωμεν τὸν δίσκον κρατοῦντες αὐτὸν διὰ τῆς μονωτικῆς λαβῆς, ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς του διαχέεται ἐλευθέρως ἐπὶ τῶν δύο ὄψεων τοῦ δίσκου. Ὁ δίσκος, τοῦ ὁποῖου ἡ χωρητικότης ἡλαττώθη (μετὰ τὴν διακοπὴν τῆς συγκοινωνίας μετὰ τοῦ ἐδάφους), λαμβάνει δυναμικὸν B , τὸ ὁποῖον κατὰ τὴν σχέσιν $\Pi = X \cdot B$ (ἐδ. 224) αὐξάνεται καὶ δύναται τότε νὰ ἀσκήσῃ ἐπίδρασιν ἐπὶ ἄλλου ἀγωγοῦ. Πράγματι, πλησιάζοντες τὸν δάκτυλον εἰς τὸν δίσκον ἀποσπῶμεν σπινθῆρα.

Ἐὰν, πρὶν ἀποσπάσωμεν τὸν σπινθῆρα, μεταφέρωμεν τὸν δίσκον

ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday καὶ θέσωμεν αὐτὸν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν τοιχωμάτων αὐτοῦ, ὅλος ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς τοῦ δίσκου διαχέεται εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κυλίνδρου. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα πολλάκις, δυνάμεθα θεωρητικῶς νὰ συσσωρεύσωμεν μέγα φορτίον ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου. Ἀλλὰ πραγματικῶς τὸ φορτίον τοῦ κυλίνδρου χάνεται ὀλίγον κατ' ὀλίγον εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα.

Σημ.—Ὅταν ἀνυψῶμεν τὸν δίσκον, ἐκτὸς τοῦ ἀναγκαίου μηχανικοῦ ἔργου διὰ τὴν ἀνύψωσιν αὐτοῦ, δαπανῶμεν ἔργον διὰ νὰ ὑπερνικήσωμεν τὴν ἔλξιν, ἣτις ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν ἀντιθέτων φορτίων τοῦ ἔβονίτου καὶ τοῦ δίσκου. Τὸ τελευταῖον τοῦ ἔργου, ἀνυψοῦν τὸ δυναμικὸν τοῦ δίσκου, μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἣτις ἐξαφανίζεται κατόπιν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν.



Σχ. 217.

231. Μηχανὴ τοῦ Ramsden.—Ἡ μηχανὴ τοῦ Ramsden (σχ. 217) συνίσταται ἐκ μεγάλου ὑαλίνου δίσκου A, ὅστις φέρεται μεταξὺ δύο κατακορύφων σανίδων καὶ διὰ στροφάλου N δύναται νὰ τεθῆ εἰς κίνησιν περὶ τὸν ἄξονά του. Κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην ὁ δίσκος προστίβεται ἐπὶ δύο ζευγῶν δερματίνων προσκεφαλαίων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἐν κεῖται πρὸς τὸ ἄνω ἄκρον τῆς κατακορύφου διαμέτρου του, τὸ δὲ ἄλλο πρὸς τὸ κάτω. Τὰ προσκεφάλαια συγκοινωνοῦν μετὰ τοῦ ἐδάφους διὰ μεταλλικῆς ἀλύσεως συνδεδεμένης μετὰ τοῦ ξυλίνου βάρθρου B, ἐπὶ τοῦ ὁποίου φέρονται ταῦτα. Κατὰ τὴν ὀριζοντίαν διάμετρον ὁ δίσκος διέρχεται μεταξὺ δύο ὄρειχαλκίνων σωλήνων ὑοειδῶν E, οἱ ὁποῖοι καλοῦνται *κτένες* ἕνεκα τῶν ἀκίδων τὰς ὁποίας φέρουν ἐσωτερικῶς. Τέλος, οἱ κτένες συνδέονται με

δύο μεγάλους κοίλους ὀρειχαλκίλους κυλίνδρους. Οἱ δύο οὔτοι κύλινδροι, παράλληλοι μεταξύ των, εἶναι μεμονωμένοι διὰ ὑαλίνων ποδῶν στερεωμένων ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἣ ὁποία φέρει τὸ βάθρον τῶν προσκεφαλαίων. Τὰ δύο ἄκρα τῶν κυλίνδρων συνδέονται μεταξύ των διὰ σωλῆνος ὀριζοντίου ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου.

Δειτουργία.—Ἡ διάμετρος τῶν προσκεφαλαίων καὶ ἡ τῶν κτενῶν διαιροῦν τὸν δίσκον εἰς τέσσαρα τεταρτοκύκλια.

Ὅταν ὁ δίσκος στραφῆ κατὰ τέταρτον στροφῆς, τὸ πρῶτον καὶ τὸ τρίτον τεταρτοκύκλιον ἠλεκτρίζονται θετικῶς, ἐνῶ τὸ δεύτερον καὶ τὸ τέταρτον μένουσιν εἰς οὐδετέραν κατάστασιν. Συνεχιζομένης τῆς στροφῆς ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς τοῦ πρώτου καὶ τρίτου τεταρτοκυκλίου διερχόμενος πρὸ τῶν κτενῶν, ἀναλύει τὸν οὐδέτερον ἠλεκτρισμὸν τῶν κυλίνδρων, ἔλκει τὸν ἀρνητικόν, ὁ ὁποῖος ἐκρέων διὰ τῶν ἀκίδων ἐνοῦται μετὰ τοῦ θετικοῦ τοῦ δίσκου, καὶ ἀπωθεῖ τὸν θετικὸν ἐπὶ τῶν κυλίνδρων. Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι τὸ μέρος τοῦ δίσκου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ κτενός, μεταπίπτει εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν. Ὁ δίσκος, συνεχίζων τὴν στροφήν του, ἠλεκτρίζεται ἐκ νέου καὶ νέα ποσότης θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἀπωθεῖται ἐπὶ τῶν κυλίνδρων καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς.

Κατὰ τὴν στροφήν, τὰ προσκεφάλαια ἠλεκτρίζονται ἀρνητικῶς· ἀλλ' ἐπειδὴ συγκοινωνοῦν μετὰ τοῦ ἑδάφους, ὁ ἠλεκτρισμὸς οὗτος διοχετεύεται εἰς τὸ ἔδαφος.

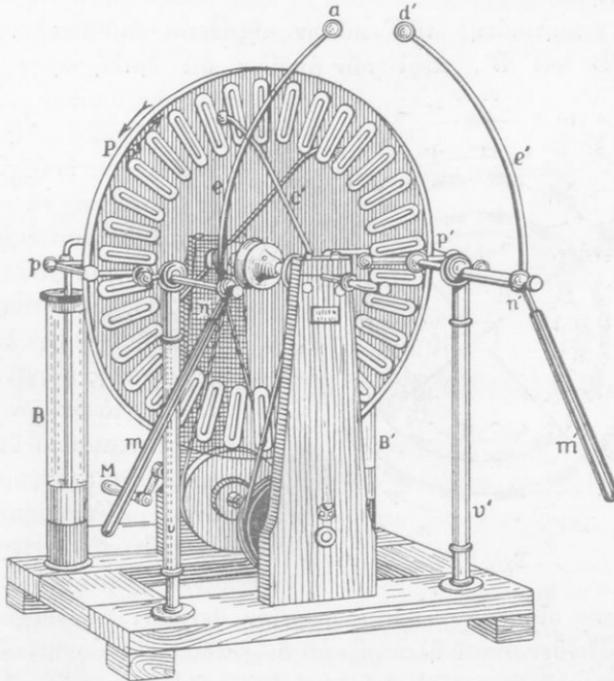
Σημ.—Πηγὴ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἶναι τὸ μηχανικὸν ἔργον, τὸ δαπανώμενον διὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῶν θετικῶν φορτίων τοῦ δίσκου ἀπὸ τὰ ἀρνητικὰ φορτία τῶν προσκεφαλαίων. *Τὸ ἔργον τῆς τριβῆς θερμαίνει τὸν δίσκον καὶ δὲν μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.*

232. **Μηχανὴ τοῦ Wimshurst.**—Ἡ μηχανὴ αὕτη συνίσταται ἐκ δύο δίσκων ὁμοίων καὶ παραλλήλων PP' (σχ. 218), ἕξ ὑάλου ἢ ἕξ ἔβονίτου. Οἱ δίσκοι οὔτοι δέχονται διὰ μέσου λωρίων καὶ τροχαλιῶν τὴν κίνησιν τοῦ αὐτοῦ ἄξονος, στρεφομένου διὰ τοῦ στροφάλου M. Ἐκαστος δηλ. δίσκος εἶναι στερεωμένος διὰ τοῦ κέντρου του ἐπὶ τοῦ ἄξονος τροχαλίας, διὰ τῆς αὐλακὸς τῆς ὁποίας διέρχεται λωρίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται ἐπίσης διὰ μεγαλειτέρας τροχαλίας ὑπαρχούσης ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ στροφάλου. Οἱ δίσκοι στρέφονται κατ' ἀντιθέτους φορὰς, διότι τὸ ἐν τῶν λωρίων, ἀντὶ νὰ παρουσιάζῃ δύο κλά-

δους παραλλήλους, ὅπως τὸ ἄλλο, διασταυροῦται, παρουσιάζει δηλ. τὸ σχῆμα τοῦ ἀριθμοῦ ὀκτώ (8).

Ἐκαστος δίσκος φέρει προσκολλημένας ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας του καὶ πλησίον τῆς περιφερείας μικροὺς λεπτοὺς τομεῖς ἐκ κασσιτέρου.

Ὅταν οἱ δίσκοι στρέφονται, δύο τομεῖς ἐκ κασσιτέρου, ἐκ **δια-**



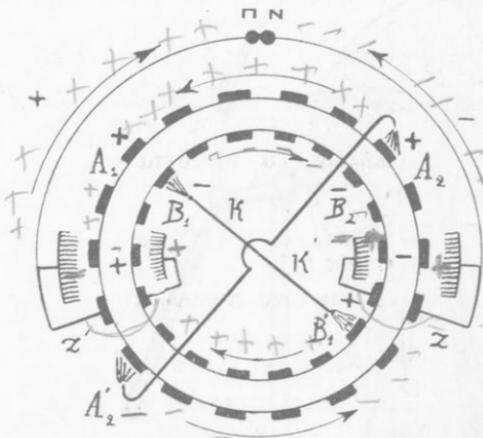
Σχ. 218.

μέτρου ἀντίθετοι, τίθενται εἰς συγκοινωνίαν ἐπὶ βραχύτατον χρόνον διὰ διαμετρικοῦ ἄγωγου φέροντος εἰς ἕκαστον τῶν ἄκρων του μεταλλικὴν ψήκτραν.

Ἐκαστος δίσκος ἔχει τὸν διαμετρικὸν του ἄγωγὸν μετὰ τῶν ψήκτρων του. Οἱ δύο ἄγωγοι εἶναι κεκλιμένοι ὁ μὲν εἰς πρὸς τὰ δεξιὰ, ὁ δὲ ἄλλος πρὸς τὰ ἀριστερὰ περίπου κατὰ 45° ἐπὶ τῆς κατακορύφου οὔρου, ὥστε νὰ διασταυρῶνται. Εἰς τὰ δύο ἄκρα τῆς ὀριζοντίας δια-

μέτρου των οἱ δίσκοι διέρχονται μεταξύ δύο ὑσειδῶν κτενῶν pp' . Οἱ κτένες οὗτοι συνδέονται μετὰ δύο μεταλλικῶν τόξων καταληγόντων εἰς μικρὰς σφαίρας α καὶ α' , αἱ ὁποῖαι εἶναι οἱ πόλοι τῆς μηχανῆς. Τὰ τόξα ταῦτα, ἀρθρούμενα πλησίον τῶν κτενῶν, φέρουν μονωτικὰς λαβὰς m καὶ m' εἶναι δὲ οὕτω διευθετημένα, ὥστε αἱ σφαῖραι α καὶ α' νὰ δύνανται τῇ βοηθείᾳ τούτων νὰ πλησιάζουν ἢ νὰ ἀπομακρύνωνται κατὰ βούλησιν.

(Ἡ χωρητικότης τῶν πόλων αὐξάνεται διὰ δύο λουγδουρικῶν λαγῆνων B καὶ B' , περὶ τῶν ὁποίων θὰ ὁμιλήσωμεν ἑκατέρω



Σχ. 219.

καὶ τῶν ὁποίων οἱ ἐξωτερικοὶ ὄπλισμοὶ συγκοινωνοῦν μεταξύ των, ἐνῶ οἱ ἐσωτερικοὶ δύνανται νὰ συνδεθοῦν διὰ χαλκίνων στελεχῶν μετὰ τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς).

233. Λειτουργία τῆς μηχανῆς.— Τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς ἐξηγεῖ τὸ σχῆμα 219, εἰς τὸ ὁποῖον οἱ δίσκοι παρίστανται ὑπὸ δύο συγκεντρικῶς περιστρεφόμενων τυμπάνων. Ὑποθέτομεν κατ' ἀρχὰς ὅτι τὸ ἐξωτερικὸν τύμπανον ἡρεμεῖ καὶ ὅτι ὁ τομεὺς

A_1 ἔχει ἔνεκα οἰασθήποτε αἰτίας φορτίον θετικόν. Εἰς τομεὺς B_1 , διερχόμενος κάτωθεν αὐτοῦ ἠλεκτρίζεται δι' ἐπιδράσεως ἀρνητικῶς, ἐνῶ διὰ τοῦ διαμετρικοῦ ἀγωγοῦ K διέρχεται ἐπὶ τοῦ B'_1 , φορτίον θετικόν. Ὁ τομεὺς B_1 μένει τότε ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένος, μέχρις ὅτου φθάσῃ μετὰ τῶν σκελῶν τοῦ κτενὸς z , τὸν ὁποῖον ἠλεκτρίζει ἐξ ἐπιδράσεως. Καὶ τὸν μὲν ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν αὐτοῦ ἀπωθεῖ πρὸς τὸν πόλον N , τὸν δὲ θετικὸν ἔλκει πρὸς τὰς ἀκίδας, διὰ τῶν ὁποίων ἐκρέων οὗτος κατὰ πρῶτον μὲν ἐξουδετεροῖ τὸν ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ τομέως, ἔπειτα δὲ πληροῖ τοῦτον διὰ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ὁμοίως φθάνει ὁ θετικῶς ἠλεκτρισμένος τομεὺς B'_1 εἰς τὸν κτένα z' , ἐκφοροῦται ἐκεῖ καὶ πληροῦται δι' ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐνῶ ὁ ἐξ ἐπιδράσεως ἀνα-

πυχθείς θετικός ηλεκτρισμός απωθείται πρὸς τὸν πόλον Π.

Ἐὰν ὅμως περιστρέφεται ἐπίσης καὶ ὁ ὀπίσθιος δίσκος (ἔξωτερον τύμπανον) κατ' ἀντίθετον φοράν, ὁ τομεὺς A_2 ἠλεκτρίζεται θετικῶς δι' ἐπιδράσεως τοῦ ἀρνητικοῦ ηλεκτρισμοῦ τοῦ τομέως B_2 , ἐνῶ διὰ τοῦ διαμετρικοῦ ἀγωγοῦ K' τὸ ἀρνητικὸν φορτίον μεταβιβάζεται ἐπὶ τοῦ A'_2 . Ὁ τομεὺς A_2 μένει θετικῶς ἠλεκτρισμένος, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸν κτένα Z' , ὅπου παράγονται τὰ αὐτά, ὅπως πρὸ ὀλίγου διὰ τοῦ B'_1 . Ὁ ἄλλος τομεὺς, δηλ. ὁ A'_2 , μένει ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένος, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸν κτένα Z , ὅπου παράγει τὴν αὐτὴν ἐνέργειαν, ἣν πρὸ ὀλίγου ὁ B_1 . Ἐνεκα τούτου τὸ ὅλον ἐν αὐξανόμενον φορτίον τῶν τομέων φθάνει μέχρις ἑνὸς ὀρίου, ἐξαρτωμένου ἐκ τῆς ἀπομονωτικῆς ἰκανότητος τῶν δίσκων καὶ ἐκ τῶν ἀτμοσφαιρικῶν συνθηκῶν. Ὄταν τοιούτοτρόπως ἐπιτευχθῇ ἰσχυρὸν φορτίον τῶν τομέων, δύνανται οἱ πόλοι Π καὶ Ν νὰ ἀπομακρυνθοῦν ἀπ' ἀλλήλων. Τὰ ἀντίθετα φορτία, τὰ ὁποῖα ὠθοῦνται ἀπὸ τῶν κτενῶν πρὸς τοὺς πόλους Π καὶ Ν ἐνοῦνται τότε εἰς ἓν βομβοῦν ρεῦμα σπινθήρων μεταξὺ τῶν δύο πόλων. Τοὺς σπινθήρας τούτους καθιστῶμεν ἀραιότερους ἀλλὰ λαμπροτέρους καὶ θορυβωδεστέρους, θέτοντες εἰς συγκοινωνίαν τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς μετὰ τῶν λουγδουνικῶν λαγῆνων.

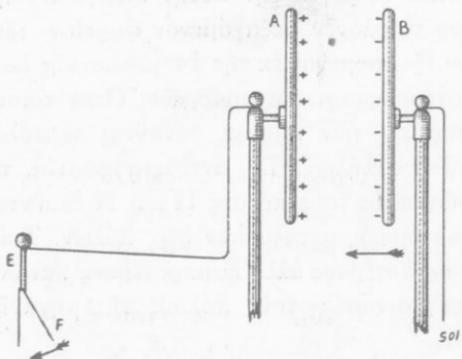
Διὰ τὴν ἀρχήν, ἀρκεῖ ἐλάχιστον φορτίον ἐπὶ ἑνὸς τῶν τομέων, τὸ ὁποῖον συνήθως εἶτε προέρχεται ἐξ ἰχνῶν φορτίου, τὸ ὁποῖον διατηροῦν οἱ ἐξ ἔβρονίτου δίσκοι, εἶτε ἀναπτύσσεται διὰ τῆς τρίβῆς τῶν μεταλλικῶν ψηκτρῶν ἐπὶ τῶν τομέων.

Σημ.—Ἡ ἀναγκαία ἰσχὺς διὰ νὰ θέσωμεν εἰς περιστροφήν τοὺς δίσκους αὐξάνεται, ὅταν ἡ μηχανὴ λειτουργῇ· διότι ἡ ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια πηγάζει ἐκ τοῦ μηχανικοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον δαπανῶμεν διὰ νὰ ὑπερνικήσωμεν τὴν ἀμοιβαίαν ἔλξιν τῶν ὀργάνων τῶν πεφορτισμένων δι' ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν.

234. Ἀντιστρεπτικότητα τῆς μηχανῆς.—Ἐὰν συνδέσωμεν μετὰ τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς λειτουργούσης τοὺς πόλους ἄλλης μηχανῆς μικροτέρας (ἀπαλλαγείσης τῶν λωρίων της, διὰ νὰ εἶναι μᾶλλον εὐκίνητος), οἱ δίσκοι τῆς δευτέρας ταύτης μηχανῆς τίθενται εἰς κίνησιν. Οἱ πόλοι τῆς πρώτης ἐκφορτίζονται θέτοντες εἰς κίνησιν τὴν δευτέραν. Ἡ πρώτη μετατρέπει τὸ ἔργον εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἡ δευτέρα μετατρέπει τὴν ἐνέργειαν ταύτην εἰς ἔργον.

ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

235. **Μεταβολαὶ τῆς χωρητικότητος ἀγωγού.**— *Πείραμα.*
 Ὁ ἀγωγὸς Α (σχ. 220), ὅστις εἶναι π. χ. μεταλλικὴ πλάξ, ἠλεκτρίζεται θετικῶς δι' ἐπαφῆς μετὰ τοῦ θετικοῦ πόλου ἠλεκτρικῆς τινος πηγῆς. Τὸ ἠλεκτροσκόπιον Ε μετρεῖ τὸ δυναμικόν, τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως ἀπέκτησεν ὁ Α. Ἐστω τοῦτο Δ.



Σχ. 220.

Ἀφοῦ διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν τοῦ Α μετὰ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς, πλησιάζομεν πρὸς αὐτὸν τὸν δίσκον Β, ὅστις συγκοινώνει μετὰ τοῦ ἑδάφους.

Διαπιστοῦμεν τότε ἐκ τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἀποκλίσεως τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ Α καταπίπτει. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ δίσκος Β, ὅστις ἠλεκτρίσθη ἀρνητικῶς δι' ἐπίδρασεως, ἔλκει μέγα μέρος

τοῦ φορτίου τοῦ Α καὶ τοῦ Ε ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ Α τῆς πρὸς τὸν Β.

Ἐὰν θέσωμεν τότε πάλιν τὸν Α εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς πηγῆς, ἢ ὁποία ἀποκαθιστᾷ ἐπὶ τοῦ Α τὸ δυναμικὸν Δ, ὁ ἀγωγὸς Α παραλαμβάνει ἀπὸ τὴν πηγὴν νέαν ποσότητα θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Διὰ τὸ αὐτὸ λοιπὸν δυναμικὸν Δ, ὁ ἀγωγὸς Α λαμβάνει μεγαλύτερον φορτίον ἐπὶ παρουσίᾳ τοῦ ἀγωγοῦ Β παρὰ ὅταν ἦτο μόνος. Ἐὰρ ἡ χωρητικότης αὐτοῦ ἠῤῥῆθη. Διότι ἐκ τῆς σχέσεως $\Pi = X \cdot \Delta$ (ἐδ. 224) εἶναι φανερὸν ὅτι, διὰ νὰ αὔξηθῇ τὸ Π , τοῦ Δ μένοντος σταθεροῦ, πρέπει νὰ αὔξηθῇ τὸ X .

Εἶναι φανερὸν ὅτι αὐξάνεται ἡ ἐπίδρασις καὶ συνεπῶς τὸ φορτίον ἐπὶ τοῦ Α, αὐξανομένης τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν Α καὶ Β καὶ ἐλαττουμένης τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

Ἐπίσης ἡ ἐπίδρασις αὐξάνεται περισσότερον, ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν παρεντεθῆ σῶμα στερεὸν δυσηλεκτραγωγόν.

236. Συμπυκνωταί. — Ὁ *συμπυκνωτής* εἶναι συσκευή μεγάλης ἡλεκτροχωρητικότητος, ἀποτελουμένη ἐκ δύο εὐηλεκτραγωγῶν ἐπιφανειῶν παραλλήλων, χωριζομένων διὰ λεπτοῦ ἐλάσματος ἀπομονωτικοῦ.

Αἱ δύο εὐηλεκτραγωγοὶ ἐπιφάνειαι λέγονται *ὄπλισμοι* τοῦ συμπυκνωτοῦ.

Παραδείγματα συμπυκνωτῶν. — α') Ὁ ἀπλούστατος τῶν συμπυκνωτῶν εἶναι ὁ *ἐπίπεδος συμπυκνωτής*

(σχ. 221). Κατασκευάζομεν τοιοῦτον συμπυκνωτήν, προσκολλῶντες φύλλον ἐκ κασιτέρου ἐπὶ ἐκάστης τῶν ὄψεων πλακὸς ὑαλίνης.

β') Εἰς τὰ πειράματα τῶν σχολείων μεταχειριζόμεθα συνήθως τὴν *λουγδουνικὴν λάγηνον*. Αὕτη εἶναι ὑαλινὴ φιάλη, τῆς ὁποίας τὸ πῶμα διαπερᾶται ὑπὸ μεταλλικοῦ στελέχους ἀγκιστροειδῶς κεκαμμένου, τὸ ὁποῖον καταλήγει πρὸς τὰ ἔξω εἰς σφαιρίδιον. Ἐντὸς τῆς φιάλης τὸ στέλεχος τοῦτο βυθίζεται εἰς λεπτὰ φύλλα χρυσοῦ ἢ χαλκοῦ, τὰ ὁποῖα πληροῦν ταύτην καὶ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὸν *ἔσωτερικὸν ὄπλισμόν* τοῦ πυκνωτοῦ.

Ὁ *ἔξωτερικὸς ὄπλισμός* ἀποτελεῖται ἐκ φύλλου κασιτέρου, τὸ ὁποῖον καλύπτει ἐξωτερικῶς τὸν πυθμένα καὶ τὴν κυρτὴν ἐπιφάνειαν τῆς φιάλης μέχρῃς ὠρισμένης ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ στομίου (σχ. 222).

Πλήρωσις τῆς λάγηνου. — Διὰ νὰ πληρώσωμεν τὴν λάγηνον, τὴν λαμβάνομεν διὰ τῆς χειρὸς ἀπὸ τὸ μέρος τὸ καλυπτόμενον ὑπὸ τοῦ κασιτέρου. Τοιουτοτρόπως ὁ ἔξωτερικὸς ὄπλισμός διὰ τοῦ σώματός μας συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἑδάφους. Φέρομεν κατόπιν εἰς ἐπαφὴν τὸ σφαιρίδιον μὲ ἡλεκτρικὴν τινα μηχανὴν λειτουργοῦσαν (σχ. 223). Ὁ ἔσωτερικὸς ὄπλισμός φορτίζεται τότε διὰ θετικοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ὁ ὁποῖος τῷ παρέχει τὸ δυναμικὸν τῆς μηχανῆς, ἐνῶ ὁ ἔξωτερικὸς φορτίζεται ἔξ ἐπιδράσεως δι' ἴσης ποσότητος ἀρνητικοῦ ἡλεκτρισμοῦ.



Σχ. 221.



Σχ. 222.

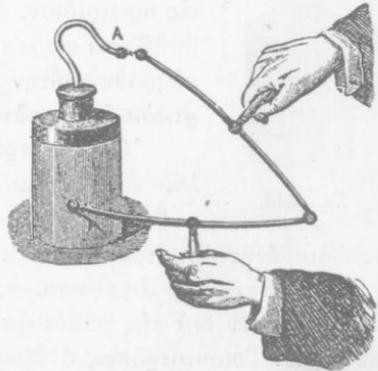
Ἐκκένωσις τῆς λαγῆνου.—Ἡ ἐκκένωσις τῆς λαγῆνου γίνεται διὰ τοῦ **ἐκκενωτοῦ** (σχ. 224). Τὸ ὄργανον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὄρειχαλκίνων τόξων, καταληγόντων εἰς σφαιρίδια καὶ ἐνουμένων διὰ ἀρθρώσεως. Τὰ τόξα ταῦτα φέρουν ὑαλίνας λαβὰς. Ἐὰν ἐγγίσωμεν διὰ τοῦ ἑνὸς τῶν σφαιριδίων τὸν ἕνα ὄπλισμόν τοῦ πυκνωτοῦ καὶ πλησιάσωμεν τὸ ἄλλο σφαιρίδιον εἰς τὸν δεύτερον ὄπλισμόν, πρὸ τῆς ἐπαφῆς ἐκρήγνυται σπινθήρ καὶ ὁ πυκνωτὴς ἐκκενοῦται ἀκαριαίως.



Σχ. 223.

Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἐκκενώσωμεν βραδέως τὴν λάγηνον, θέτοντες αὐτὴν ἐπὶ μονωτικοῦ ὑποστηρίγματος καὶ ἐγγίζοντες ἑναλλάξ διὰ τοῦ δακτύλου τὸν ἔξωτερικὸν ὄπλισμόν καὶ τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐσωτερικοῦ ὄπλισμοῦ.

237. Ἡλεκτρικὴ συστοιχία.— Πολλάκις, ἀντὶ μιᾶς μεγάλης λουγδουρικῆς λαγῆνου, ἡ ὁποία θὰ ἦτο δύσσχηστος, προτιμῶμεν συστοιχίαν ἀποτελουμένην ἐκ πολλῶν λαγῆνων συνδεομένων κατ' ἐπιφάνειαν. Δηλ. οἱ μὲν ἐσωτερικοὶ ὄπλισμοὶ συνδέονται διὰ μεταλλικῶν στελεχῶν, τὰ ὁποῖα καταλήγουν εἰς κεντρικὴν σφαιρᾶν A, αἱ δὲ λάγηνοι τοποθετοῦνται ἐντὸς ξυλίνου κιβωτίου (σχ. 225), τοῦ ὁποίου ὁ πυθμῆν, καλυπτόμενος ὑπὸ φύλλου κασσιτέρου, συνδέει τοὺς ἔξωτερικοὺς ὄπλισμούς με δύο μεταλλικὰς λαβὰς (B) προσηλωμένας εἰς τὰ ἔξωτερικὰ τοιχώματα τοῦ κιβωτίου.

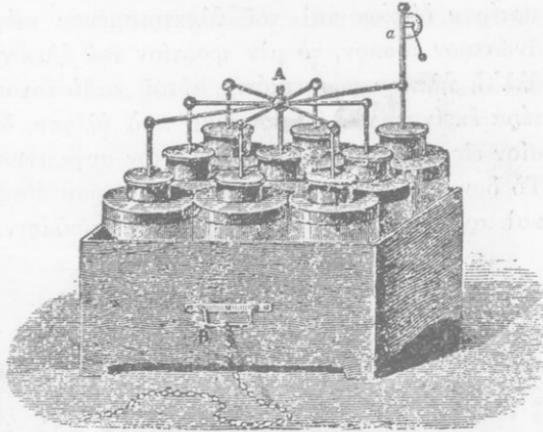


Σχ. 224.

Διὰ νὰ πληρώσωμεν τὴν συστοιχίαν, συνδέομεν τὴν μὲν κεντρικὴν σφαιρᾶν A με τὸν ἕνα τῶν πόλων ἡλεκτρικῆς μηχανῆς, τὴν μίαν δὲ τῶν ἔξωτερικῶν λαβῶν με τὸν ἄλλον πόλον ἢ μετὰ τοῦ ἔδαφους.

238. **Συμπυκνωτικὸν Ἡλεκτροσκόπιον.**—Τοῦτο εἶναι κοινὸν μετὰ φύλλων ἠλεκτροσκόπιον, τὸ ὁποῖον κατέστη πολὺ εὐαίσθητον διὰ τῆς προσθήκης συμπυκνωτοῦ. Τὸ στέλεχος δηλ. τὸ φέρον τὰ φύλλα καταλήγει εἰς τὸ ἀνώτερον αὐτοῦ ἄκρον εἰς πλατὺν δίσκον ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ δεύτερος δίσκος μετάλλινος τῆς αὐτῆς διαμέτρου φέρων μονωτικὴν λαβὴν (σχ. 226).

Αἱ ἀπέναντι ἐπιφάνειαι τῶν δύο δίσκων εἶναι ἐπιχρισμέναι διὰ γομμαλάκας. Τοιοῦτοτρόπως τὰ δύο στρώματα τῆς γομμαλάκας ἀποτελοῦν



Σχ. 225.

τὸ δυσηλεκτραγωγὸν στερεὸν τοῦ συμπυκνωτοῦ, ὃ ὁποῖος ἔχει τοὺς δύο δίσκους ὡς ὄπλισμούς.

Χρῆσις.—Τὸ ὄργανον τοῦτο χρησιμεύει ὅπως ἐξελέγχωμεν δι' αὐτοῦ τὴν ἠλέκτρισιν τῶν σωμάτων τὰ ὁποῖα, μολονότι ἔχουν ἀσθενὲς δυναμικόν, δύναται ἐν τούτοις νὰ παρέχουν μεγάλας ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ. Ἡ εὐαίσθησις δ' αὐτοῦ διὰ τὴν τοιαύτην χρῆσιν εἶναι πολὺ ἀνωτέρα τῆς τοῦ κοινοῦ ἠλεκτροσκοπίου.

Ἐὰν οὖν ἐγγίσωμεν διὰ τοῦ δακτύλου τὸν ἀνώτερον δίσκον, θέτομεν τὸν κατώτερον εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τινος σώματος, τοῦ ὁποῖου τὸ δυναμικὸν εἶναι ἀνε-



Σχ. 226.

παίσθητον, ἀλλὰ τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παράσχη σημαντικὰς ποσότητας

ἤλεκτρισμοῦ. Ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας τὰ φύλλα θὰ παραμείνουν εἰς τὸ μηδέν.

Ἐὰν ὁμως, ἀφοῦ διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν μεταξὺ τοῦ κατωτέρου δίσκου καὶ τοῦ ἤλεκτρισμένου σώματος, ἀνυψώσωμεν τὸν ἀνώτερον δίσκον, τὸ μὲν φορτίον τοῦ ἤλεκτροσκοπίου μένει τὸ αὐτό, ἀλλ' ἡ ἤλεκτροχωρητικότης αὐτοῦ καθίσταται ἤδη κατὰ πολὺ μικρότερα ἐκείνης, τὴν ὁποίαν εἶχε πρὸ ὀλίγου, ὅτε εὐρίσκετο τόσον πλησίον εἰς τὸν μεταλλικὸν δίσκον τὸν συγκοινωνοῦντα μετὰ τοῦ ἐδάφους. Τὸ δυναμικὸν ἐπομένως τοῦ κατωτέρου δίσκου αὐξάνεται κατὰ πολὺ καὶ προκαλεῖ ἰσχυρὰν τῶν φύλλων ἀπόκλισιν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ

239. **Διάφορα ἀποτελέσματα τῆς ἐκκενώσεως.**—Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία δαπανᾶται κατὰ τὴν ἤλεκτρισιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, μετατρέπεται ἐπ' αὐτοῦ εἰς δυναμικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν ἐκκένωσιν ἡ ἐνέργεια αὕτη παράγει διάφορα ἀποτελέσματα: **φωτεινά, θερμομαντικά, χημικά, μηχανικά, φυσιολογικά.**

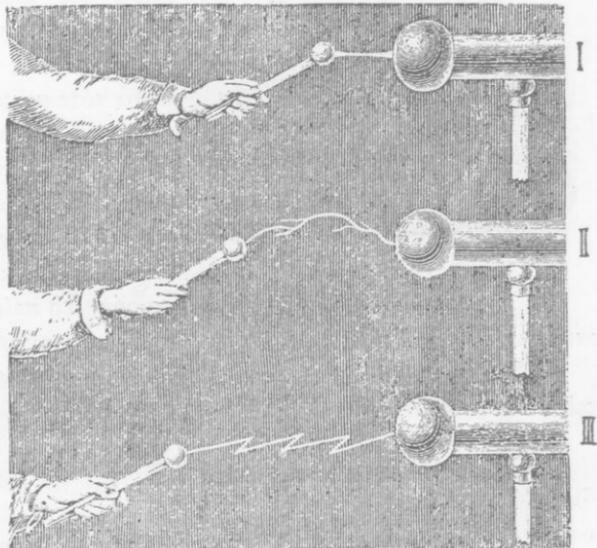
240. **Ἀποτελέσματα φωτεινά.**— Ὁ ἤλεκτρικὸς σπινθῆρ εἶναι φωτεινὸν ἀποτέλεσμα. Ἐὰν πλησιάσωμεν ἀρκετὰ δύο ἀγωγούς φορτισμένους δι' ἀντιθέτων ἤλεκτρισμῶν ἢ ἀπλούστερον παρουσιάζοντας διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ἀμοιβαία ἔλξις τῶν δύο ἤλεκτρισμῶν δύναται νὰ ὑπερνηκίση τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, οἱ δύο ἤλεκτρισμοὶ συντίθενται παράγοντες φωτεινὴν γραμμὴν καὶ μικρὸν ξηρὸν κρότον. Ὁ σπινθῆρ ὀφείλεται εἰς τὴν διὰ τῆς ἐκκενώσεως θέρμανσιν τοῦ χωρίζοντος τοὺς δύο ἀγωγούς ἀέρος, εἶναι δηλ. ἀποτέλεσμα τῆς μετατροπῆς τῆς ἤλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς φῶς καὶ θερμότητα.

Τὸ **μῆκος** τοῦ σπινθῆρος αὐξάνεται μετὰ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ τῶν ἀγωγῶν. Μεταξὺ ἀγωγῶν μεγάλης χωρητικότητος ὁ σπινθῆρ ἔχει τὴν μορφήν εὐθυγράμμου χονδροῦ σχοινίου (σχ. 227 I). Ἐφ' ὅσον ἡ χωρητικότης τῶν ἀγωγῶν ἐλαττοῦται, τὸ σχοινίον καθίσταται λεπτόν, ἑλικοειδὲς καὶ διακλαδισμένον (σχ. 227 II, III).

Ἡ **διάρκεια** τοῦ σπινθήρος εἶναι ἀπείρως μικρά, τὸ δὲ **χρῶμα** αὐτοῦ ἐξαεῖται ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἐκ τῶν ἀγωγῶν ἀποσπασμένων καὶ διὰ τῆς ἐκκενώσεως διαπυρουμένων μορίων. Τὸ φάσμα τοῦ σπινθήρος παρουσιάζει συγχρόνως τὰς γραμμὰς τοῦ ἀέρος καὶ τὰς γραμμὰς τῶν ἀτμῶν τοῦ μετάλλου τῶν ἀγωγῶν.

Σημ.—Ὁ ἠλεκτρισμός, ὅστις ἐκρέει ἐκ τινος ἀκίδος, παρουσιάζει εἰς τὸ σκότος ἰώδη χροιάν μὲ μορφήν μεταβαλλομένην μετὰ τοῦ εἶδους τοῦ ἐκρέοντος ἠλεκτρισμοῦ (θύσανοι ἐπὶ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, λαμπρὸν σημεῖον ἐπὶ ἀρνητικοῦ).

241. **Ἀποτελέσματα θερμομαντικά.**—Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθήρ ἀναφλέγει οὐσίας τινὰς ἐξόχως εὐφλέκτους. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνά-



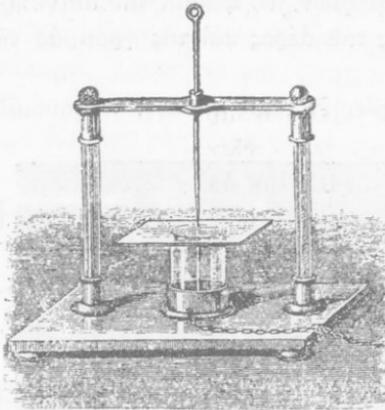
Σχ. 227.

φλεξιν τῆς πυρίτιδος τῶν ὑπονόμων ἢ ἀεριωδῶν μειγμάτων, ὅπως π. χ. μείγματος ὕδρογόνου καὶ ὀξυγόνου. Ἐπίσης ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις θερμαίνει μέχρι τήξεως σύρμα συνδέον τὰ σφαιρίδια ἐκκενωτοῦ.

242. **Ἀποτελέσματα χημικά.**—Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις μετατρέπει τὸ ὀξυγόνον τοῦ ἀέρος εἰς ὄζον. Ἐντὸς αἰθούσης, εἰς τὴν ὁποίαν λειτουργεῖ μηχανὴ τοῦ Wimshurst, αἰσθανόμεθα εἰδικὴν ὁσμὴν, ὀφειλομένην εἰς μικρὰν ποσότητα ὄζοντος παραγομένου ὑπὸ τῶν σπινθήρων τῆς μηχανῆς.

243. **Ἀποτελέσματα μηχανικά.**—Τὰ μηχανικὰ ἀποτελέσματα ἐκδηλοῦνται πρὸ πάντων ἐπὶ τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Ἐὰν

παρενθέσωμεν υαλίνην πλάκα μεταξὺ δύο ἀκίδων, ἐξ ὧν ἡ μὲν μία συγκοινωνεῖ μετὰ ἠλεκτρικῆς μηχανῆς ἢ δὲ ἄλλη μετὰ τοῦ ἐδάφους, ἢ ἐκκένωσις δύναται νὰ διατροπήσῃ τὴν πλάκα (σχ. 228).



Σχ. 228.

244. **Ἀποτελέσματα φυσιολογικά.**— Ἐὰν πλησιάσωμεν τὴν χεῖρα εἰς ἠλεκτρισμένον ἄγωγόν, ἐκρήγνυται σπινθὴρ μεταξὺ τοῦ ἄγωγου καὶ τῆς χειρὸς μας. Αἰσθανόμεθα τότε μικρὸν νυγμόν. Ἐὰν θέσωμεν τὴν μίαν χεῖρα ἐπὶ τοῦ ἔξωτερικοῦ ὀπλισμοῦ λουγδουნიκῆς λαγῆνου πεπληρωμένης καὶ ἐγγίσωμεν διὰ τῆς ἄλλης χειρὸς τὸ σφαιρίδιον, αἰσθανόμεθα κλονισμὸν ἀρκετὰ ἰσχυρόν. Τὸ πείραμα τοῦτο καθίσταται

ἐπικίνδυνον ἐπαναλαμβανόμενον διὰ συστοιχίας συμπυκνωτῶν.

Οἱ ἱατροὶ χρησιμοποιοῦν τὸν στατικὸν ἠλεκτρισμὸν διὰ τὴν θεραπείαν ὠρισμένων ἀσθενειῶν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ΄.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

245. **Ἡ ἀτμόσφαιρα εἶναι ἠλεκτρικὸν πεδίον.**— Ἐὰν ἐν καιρῷ αἰθρίας τοποθετήσωμεν ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ μακρὸν μεταλλικὸν στέλεχος καταλήγον εἰς ἀκίδα καὶ μεμονωμένον, συνδέσωμεν δ' αὐτὸ μεταλλικῶς μετὰ τῆς σφαίρας ἠλεκτροσκοπίου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὰ φύλλα διίστανται (σχ. 229), δυνάμεθα δὲ νὰ βεβαιωθῶμεν ὅτι ταῦτα ἔχουν φορτισθῆ διὰ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ἡ ἀτμόσφαιρα εἶναι λοιπὸν ἠλεκτρικὸν πεδίον, διότι ὁ ἄγωγός ὑφίσταται ἐντὸς αὐτῆς ἠλεκτρικὴν ἐπίδρασιν. Τὸ πεδίον τοῦτο παράγεται ὑπὸ τῶν **θετικῶν φορτίων** τῆς ἀτμοσφαίρας. Ταῦτα ἀναλύουν τὸν οὐδέτερον ἠλεκτρισμὸν τοῦ ἄγωγου καὶ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ἔλκουν πρὸς τὴν ἀκίδα τὸν ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ ἀπωθοῦν πρὸς τὰ φύλλα τὸν θετικόν.

Ἀνάλογα πειράματα ἐγένοντο διὰ πρώτην φοράν τῷ 1752 ὑπὸ τοῦ Dalibard ἐν Γαλλίᾳ καὶ ὑπὸ τοῦ Franklin ἐν Ἀμερικῇ. Ὁ τελευταῖος οὗτος ἐχρησιμοποίησε χαρταετὸν μὲ πλαίσιον μεταλλικόν.

246. **Ἀστραπή—Βροντή—Κεραυνός.**—Χρησιμοποιοῦντες ὡς ἀνωτέρω τὸ ἠλεκτροσκόπιον, βεβαιούμεθα ὅτι κατὰ τὰς θυέλλας τὰ νέφη εἶναι ἠλεκτρισμένα, ἄλλα μὲν θετικῶς, ἄλλα δὲ ἀρνητικῶς. Τότε, ἐὰν δύο νέφη ἠλεκτρισμένα μὲ ἠλεκτρισμοὺς ἕτεροσήμους εὗρεθοῦν εἰς κατάλληλον ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν, οἱ ἠλεκτρισμοὶ των συντίθενται παράγοντες ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα καὶ δυνατόν κρότον. Ὁ σπινθῆρ εἶναι ἡ **ἀστραπή**, ὁ κρότος δὲ ἡ **βροντή**.

Ὅταν ὁ σπινθῆρ ἐκρηγνύεται μεταξὺ νέφους καὶ σημείου τινὸς τοῦ ἐδάφους ἠλεκτρισμένων μὲ ἕτεροσήμους ἠλεκτρισμούς, λέγομεν ὅτι **πίπτει κεραυνός**. Οὗτος προσβάλλει κατὰ προτίμησιν τὰ προεξέχοντα σημεῖα, ἔνθα συσσωρεύεται ἀντίθετος ἠλεκτρισμός, ἐλκόμενος ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ νέφους, ὅπως π. γ. εἶναι τὰ ὄρη, τὰ ὑψηλὰ οἰκοδομήματα, αἱ κορυφαὶ τῶν δένδρων κτλ.

Τὰ ἀποτελέσματα τοῦ κεραυνοῦ εἶναι τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐκκένωσης τῶν συστοιχιῶν, ἀλλ' ἀσυγκρίτως ἰσχυρότερα: α') **ἀποτελέσματα μηχανικά**: εἰδικῶς ἐπὶ τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων, κατακρήμνισις οἰκιῶν, θραύσις δένδρων κτλ. β') **ἀποτελέσματα θερμομαντικά**: πυρκαϊαὶ δι' ἀναφλέξεως ἀναφλεξίμων οὐσιῶν, τῆξις καὶ ἐξαερίωσις μεταλλῶν, γ') **ἀποτελέσματα χημικά**: σχηματισμὸς νιτρικοῦ ὀξέος, ὄζοντος, δ') **κλονισμοὶ** θανατηφόροι ἐπὶ ζώων καὶ ἀνθρώπων.

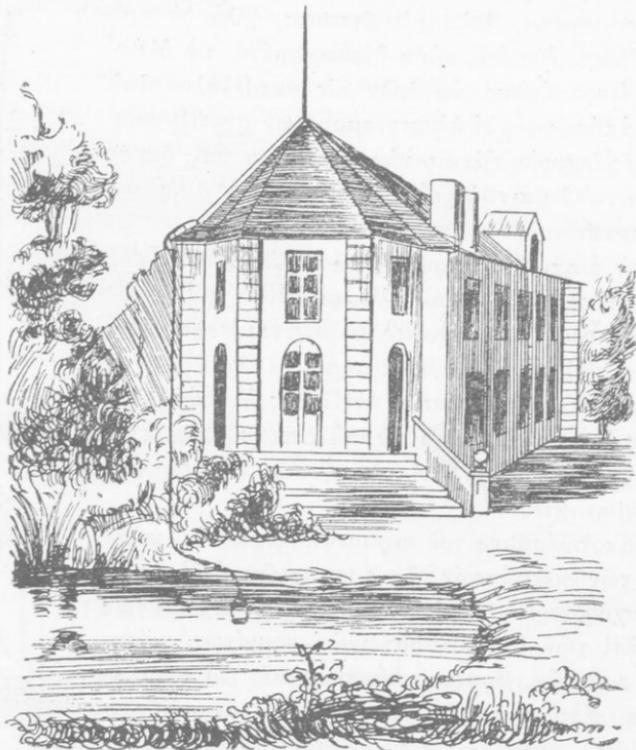
Οἱ κλονισμοὶ οὗτοι δύνανται νὰ ἐπέλθουν, καὶ ἂν ἀκόμη ὁ κεραυνὸς δὲν πέσῃ ἐπὶ τοῦ ζώου, ἀλλὰ εἰς μικρὰν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν. Διότι πρὸ τῆς πτώσεως τοῦ κεραυνοῦ τὸ ζῶον θὰ ἔχη ἠλεκτρισθῆ ἕξ ἐπιδράσεως ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρισμένου νέφους, μετὰ δὲ τὴν πτώσιν τοῦ κεραυνοῦ τοῦτο ἐπανέρχεται ἀποτόμως εἰς τὴν οὐδετέραν κατάστασιν, διότι ἐξέλιπεν ἡ αἰτία τῆς ἠλεκτρίσεως· ἀλλὰ τοῦτο ἐπι-



Σχ. 229.

φέρει ἰσχυρὸν κλονισμόν, πολλάκις θανατηφόρον (πλήγμα ἐξ ἐπιστροφῆς).

247. Ἐλεξικέραυνον.— Τὸ ἄλεξικέραυνον χρησιμεύει διὰ τὴν προφύλαξιν τῶν οἰκοδομημάτων ἀπὸ τῶν κεραυνῶν· στηρίζεται δὲ ἐπὶ τῆς δυνάμεως τῶν ἀκίδων. Ἀποτελεῖται ἐκ σιδηρᾶς ράβδου, μήκους 5—10 μέτρων, ἣ ὁποία τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς στέγης τοῦ οἰκοδο-



Σχ. 230.

μήματος κατακορύφως καὶ καταλήγει πρὸς τὰ ἄνω εἰς κωνικὴν ἀκίδα ἐκ χαλκοῦ ἐπιχρυσωμένου. Ἡ ράβδος αὕτη τίθεται εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους διὰ παχέος ἀγωγῶ ἐκ σιδηρῶν συρμάτων (σχ. 230), ὅστις κατέρχεται κατὰ μήκος τοῦ οἰκοδομήματος καὶ εἰσδύει εἰς τὸ ὕδωρ φρέατος.

Τὸ ἄλεξικέραυνον ἐπιφέρει διπλοῦν ἀποτέλεσμα: πρῶτον μὲν

ἐλαττώνει τὸν ἀριθμὸν τῶν κεραυνῶν ἐπὶ τοῦ οἰκοδομήματος καὶ δευτέρου καθιστᾷ αὐτοὺς ἀβλαβεῖς. Πράγματι, ἐὰν νέφος ἠλεκτρισμένον π.χ. θετικῶς διέλθῃ ἄνωθεν τοῦ οἰκοδομήματος τοῦ προστατευομένου ὑπὸ τοῦ ἀλεξικεραυνοῦ, ἠλεκτρίζει τοῦτο ἐξ ἐπιδράσεως. Ὁ ἀρνητικὸς τότε ἠλεκτρισμὸς, ὅστις συρρέει πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐκρέει δι' αὐτῆς συνεχῶς πρὸς τὸ νέφος καὶ ἐξουδετεροῖ ὀλίγον κατ' ὀλίγον μερικῶς τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ νέφους, ἐνῶ ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς τοῦ οἰκοδομήματος, δηλ. ὁ ὁμόσημος πρὸς τὸν τοῦ νέφους, ἀπωθεῖται πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἐὰν τὸ νέφος ἀηλεκτρισθῇ τοιουτοτρόπως ἀρκετὰ ταχέως, ἢ πτώσις τοῦ κεραυνοῦ ἔχει ἀποφευχθῆ. Ἐὰν ὅμως πέσῃ ὁ κεραυνός, οὗτος προσβάλλει τὴν ἐξέχουσαν ἀκίδα καὶ διοχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἔδαφος ὡς μᾶλλον εὐηλεκτραγωγόν.

Διὰ νὰ εἶναι ἀποτελεσματικὸν τὸ ἀλεξικέραυνον, πρέπει νὰ εἶναι συνδεδεμένον μεταλλικῶς μὲ ὅλας τὰς εὐηλεκτραγωγὰς μάζας τοῦ οἰκοδομήματος, π.χ. σιδηρᾶς δοκούς, ὑδραγωγούς ἢ ἀεριαγωγούς σωλῆνας κτλ., διὰ νὰ δύναται ὁ ἐπ' αὐτῶν δι' ἐπιδράσεως ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς νὰ διασκορπίζεται εὐκόλως.

Εἰδικὰ ἀλεξικέραυνα προφυλάσσουν ἀπὸ τοὺς κεραυνοὺς τὰς συνήθεις τηλεγραφικὰς γραμμάς, τὰς συσκευὰς τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας κτλ.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄.

ΕΚΚΕΝΩΣΙΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΗΡΑΙΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

248. **Ἡλεκτρικὸν φῶν.**—Γνωρίζομεν ὅτι ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν ἐπαρκῆ διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν κειμένων πλησίον ἀλλήλων, παράγεται ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις ὑπὸ μορφὴν σπινθήρος. Ὁ



Σχ. 231.

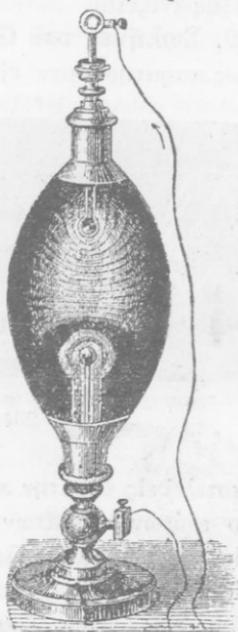
σπινθήρ δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς ἀποστάσεως, ἥτις χωρίζει τοὺς δύο ἀγωγούς, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς πίεσεως τοῦ ἀέρος ἢ τοῦ αερίου ὅπερ περιβάλλει τοὺς ἀγωγούς. Οὕτω, ὅταν ἡ ἐκκένωσις γίνεται ἐντὸς ἡραιωμένου αερίου, δὲν παράγεται πλέον σπινθήρ, ἀλλὰ λάμπρις τοῦ αερίου συνεχῆς. Τὰ φαινόμενα ταῦτα δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν διὰ τοῦ **ἠλεκτρικοῦ φῶς**. Τοῦτο εἶναι φοειδὲς ὑάλινον δοχεῖον φερόμενον ἐπὶ ὄρειχαλκίνου ποδὸς καὶ διαπερώμενον εἰς τὰ ἄκρα του ὑπὸ δύο μεταλλικῶν στελεχῶν, τὰ ὅποια καταλήγουν ἐντὸς τοῦ δοχείου εἰς σφαίρας. Τὸ ἀνώτερον στέλεχος εἶναι κινητὸν ἐντὸς ὄρειχαλκίνου περιβλήματος οὕτως, ὥστε αἱ δύο σφαῖραι νὰ δύνανται νὰ πλησιάζουν ἢ νὰ ἀπομακρύνωνται ἀπ' ἀλλήλων. Ὁ πούς φέρει στροφίγγα καὶ δύναται νὰ κοχλιωθῇ εἰς ἀεραντλίαν, ὥστε νὰ δυνάμεθα νὰ ἀραιώσωμεν τὸν ἐντὸς τοῦ δοχείου ἀέρα (σχ. 231). Μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν προκαλοῦμεν τὴν ἐκκένωσιν συνδέοντες τὰ μεταλλικὰ στελέχη μὲ τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς μηχανῆς τοῦ Wimshurst ἢ καλλίτερον μὲ τοὺς πόλους πηνίου τοῦ Ruhmkorff. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι :

α'). Όταν ὁ ἀήρ τῆς συσκευῆς εὐρίσκεται ὑπὸ πίεσιν ὀλίγον μικροτέραν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, οἱ σπινθῆρες ἐκρήγνυνται ἀπὸ ἀποστάσεως μεγαλυτέρας, ὑπὸ μορφὴν ἑνὸς ἢ περισσοτέρων φωτεινῶν νημάτων περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον κυματοειδῶν, τὰ ὁποῖα βαίνουν ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἠλεκτροδίου εἰς τὸ ἄλλο.

β'). Όταν ἡ πίεσις κατέλθῃ μέχρι 4 ἢ 5 ἑκατοστομέτρων ὑδραργύ-



Σχ. 232.



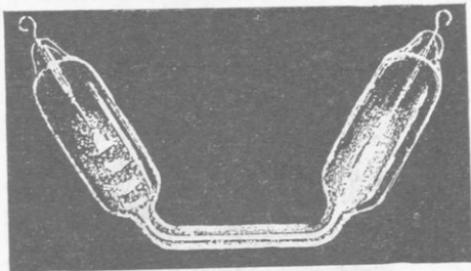
Σχ. 233.

ρου, ἡ ἐκκένωσις ἐκδηλοῦται ὑπὸ μορφὴν ζερυθροχρόου καὶ συνεχοῦς φωτός, τὸ ὁποῖον πληροῦ τὸν σωλῆνα καὶ καλεῖται **θετικὴ στήλη** (σχ. 232).

γ'). Όταν ἡ πίεσις κατέλθῃ μέχρις ἑνὸς ἑκατοστομέτρου ὑδραργύρου, ἡ θετικὴ στήλη δὲν εἶναι πλέον ὁμογενής· διαιρεῖται εἰς ζώνας παραλλήλους, ἐναλλάξ φωτεινὰς καὶ σκοτεινὰς. Ἡ στήλη συμπιέζεται πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ ἀφήνει μεταξὺ αὐτῆς καὶ τῆς καθόδου σκοτεινὸν διάστημα. Ἡ δὲ κάθοδος περιβάλλεται ὑπὸ φωτεινοῦ περιβλήματος (σχ. 233).

δ'.) Ὄταν ἡ πίεσις κατέλθῃ ἀκόμη περισσότερον, μέχρις $\frac{1}{10}$ τοῦ χιλιοστομέτρου ὑδραργύρου, τὸ φωτεινὸν περίβλημα τῆς καθόδου ἐγκαταλείπει ταύτην καὶ μετασχηματίζεται εἰς φωτεινὴν ζώνην μεμονωμένην μεταξὺ δύο σκιερῶν διαστημάτων. Συγχρόνως ἡ θετικὴ στήλη συγκεντροῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ ὀλίγον κατ' ὀλίγον ἐξαφανίζεται.

249. **Σωλήνες τοῦ Geissler.**—Τὰς ἀνωτέρω μορφὰς τῆς ἐκκενώσεως παρατηροῦμεν εἰς τοὺς σωλήνας τοῦ *Geissler*.



Σχ. 234.

σωλήνες ὑάλινοι κλεισθέντες εἰς τὰ δύο ἄκρα των διὰ συντήξεως, οἵτινες περιέχουν ἀέρια περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον ἤραιομένα. Ἐκαστον ἄκρον τοῦ σωλήνος διαπερᾶται κατὰ τὴν σύντηξιν ὑπὸ σύρματος ἐκ λευκοχρῦσου, τοῦ ὁποίου τὸ ἐντὸς τοῦ σωλήνος ἄκρον ἀποτελεῖ εἰς ἐκάστην πλευρὰν ἓν ἠλεκτρόδιον. Τὰ ἐξωτερικὰ ἄκρα τῶν δύο τούτων συρμάτων συνδέονται μὲ τοὺς πόλους τοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff, ἢ τῆς μηχανῆς τοῦ Wimhurst, διὰ τῶν ὁποίων παράγονται αἱ ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις.

Οἱ σωλήνες οὗτοι, διαφόρων σχημάτων, εἶναι πεπληρωμένοι ἕκαστος διὰ διαφόρου ἀερίου, τὸ ὁποῖον δίδει εἰς τὸ κατανυγάζον αὐτὸν φῶς εἰδικὸν χρωματισμόν.

Τὸ ὑδρογόνον π. χ. δίδει ἐρυθρὸν χρωματισμόν, τὸ διοξειδίον τοῦ ἄνθρακος ὑποκίανον.

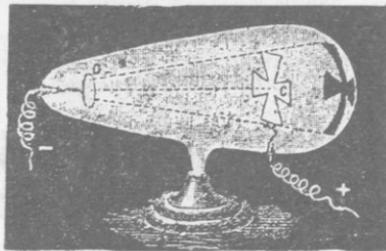
Οἱ χρωματισμοὶ οὗτοι εἶναι λαμπρότεροι εἰς τὰ στενὰ μέρη τοῦ σωλήνος.

250. **Σωλήνες τοῦ Crookes.** — Ἐὰν ἡ ἀραιώσις παραταθῆ σχεδὸν μέχρι χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ὑδραργύρου, ἡ λάμψις ἢ κατανυγάζουσα τὸν σωλήνα ἐκλείπει τελείως, ἐκτὸς ἀσθενοῦς τινος αἴγλης περὶ τὴν ἄνοδον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ὁ σωλήν καλεῖται *σωλήν τοῦ Crookes*.

251. **Καθοδικαὶ ἀκτίνες.**—Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια ἐνὸς τοιούτου σωλῆνος μετὰ τῶν πόλων πηνίου τοῦ Ruhmkorff, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος τὸ εὐρισκόμενον ἀπέναντι τῆς καθόδου καθίσταται φθορίζον, ἐμφανίζον ὠραῖον πράσινον χρῶμα. Ἐκ τῆς καθόδου δηλ. ἐκπέμπονται ἀκτίνες ἀόρατοι, αἱ ὁποῖαι διαδίδονται εὐθυγράμμως ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ συναντῶσαι τὴν ὕαλον προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν αὐτῆς. Αἱ ἀκτίνες αὗται καλοῦνται **καθοδικαί**.

Σῶμα στερεὸν δυσηλεκτραγωγὸν ἢ εὐηλεκτραγωγὸν σταματᾷ τὰς καθοδικὰς ἀκτίνας ὡς διάφραγμα. Ἐὰν θέσωμεν ἐντὸς σωλῆνος τοῦ Crookes ἀπέναντι τῆς καθόδου σταυρὸν ἐξ ἀργιλίου (σχ. 235), θὰ παρατηρήσωμεν τὴν σκίαν τοῦ σταυροῦ διαγραφομένην μέλαιναν ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος τοιχώματος τοῦ σωλῆνος.



Σχ. 235.

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν ὠραίους φθορισμοὺς ἐπὶ διαφόρων ἀνοργάνων οὐσιῶν, π. χ. ἀδάμαντος, μεταλλικῶν ὀξειδίων, θειούχου ψευδαργύρου, κιμωλίας κτλ., ὅταν προσπίπτουν ἐπ' αὐτῶν. Ὁ φθορισμὸς οὗτος, τοῦ ὁποῖου τὸ χρῶμα ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ παρακολουθήσωμεν τὰς καθοδικὰς ἀκτίνας.

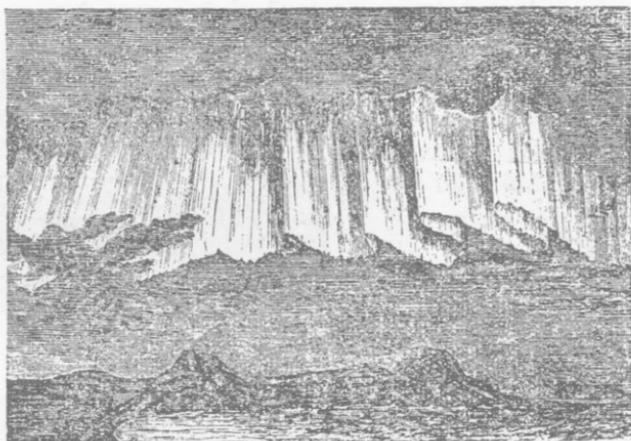
Ἐπίσης αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ καὶ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἡ ὕπαρξις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς: Τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος περιεχόμενον ἀέριον συνίσταται ἐξ ἀτόμων, τὰ ὁποῖα κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκκενώσεως διαιροῦνται εἰς ἰόντα. Τὰ ἰόντα φορτίζονται ἄλλα μὲν θετικῶς, ἄλλα δὲ ἀρνητικῶς. Τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα (ἠλεκτρόνια), ἀπωθούμενα τότε ὑπὸ τῆς καθόδου, ἀποτελοῦν τὰς καθοδικὰς ἀκτίνας.

Εἰς τοιαύτας καθοδικὰς ἀκτίνας, ἀποτελουμένας ἐξ ἠλεκτρονίων ἐκπεμπομένων ὑπὸ τοῦ ἡλίου, ὀφείλονται τὰ **πολικὰ σέλα**. Ταῦτα εἶναι

φωτεινά φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἀναφαίνονται συχνάκις εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν τῶν πολικῶν χωρῶν. Παρουσιάζονται δὲ ἐν εἴδει πολυαρίθμων φωτεινῶν τόξων, τὰ ὁποῖα ἐξακοντίζουν τὰς ἀκτῖνας αὐτῶν πρὸς τὴν γῆν (σχ. 236). Τὸ φῶς των παράγεται ἐκ τῶν συγκρούσεων τῶν ἠλεκτρονίων ἐπὶ τῶν μορίων τοῦ ἀέρος.

252. Ἄκτινες Röntgen ἢ ἀκτῖνες X.— Κατὰ τὸ ἔτος 1895, ὁ φυσικὸς Röntgen παρετήρησεν ὅτι διάφραγμα κεκαλυμμένον διὰ



Σχ. 236.

κβανιούχου *βαριολευκοχρῆσου*, καθίστατο φθορίζον, ὅτε εὗρισκετο πλησίον σωλήνος τοῦ Crookes λειτουργοῦντος ἐντὸς κυτίου ἐκ χαρτονίου. Εἶναι φανερόν ὅτι αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι παρήγον τὸν φθορισμὸν τοῦτον, δὲν ἦσαν αἱ καθοδικαί, διότι αὐταὶ δὲν διέρχονται διὰ τῆς ὑάλου, τὸ δὲ πράσινον φῶς, μὲ τὸ ὁποῖον λάμπει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ σωλήνος ἢ ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐμποδίζεται ὑπὸ τοῦ χαρτονίου νὰ διέλθῃ. Πρόκειται λοιπὸν προφανῶς περὶ μιᾶς νέας ἀκτινοβολίας ἀόρατου, ἣτις προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν τοῦ διαφράγματος.

Πράγματι, τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς *εἰδικὰς* ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἐκπέμπονται ὑπὸ τοῦ τοιχώματος τοῦ σωλήνος τοῦ Crookes, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου προσπίπτουν αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Αἱ ἀόρατοι αὐταὶ ἀκτῖνες, καλούμεναι ἀκτῖνες Röntgen ἢ *ἀκτῖνες X*, διαδίδονται πρὸς

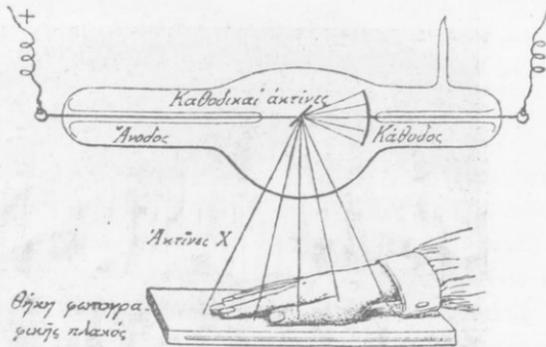
τὰ ἔξω καὶ διέρχονται διὰ τοῦ χαρτονίου. Αἱ ἀκτίνες X διεγείρουν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, προσβάλλουν τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, ἀπληκτρίζουν τὰ ἠλεκτρισμένα σώματα, διότι καθιστοῦν εὐηλεκτραγωγὸν τὸν ἀέρα. Δὲν ἐκτρέπονται δὲ ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου (διαφορὰ ἀπὸ τὰς καθοδικὰς ἀκτίνες). Ἐπίσης διέρχονται ἄνευ ἐκτροπῆς διὰ τοῦ ξύλου, τοῦ χάρτου, τῶν σαρκῶν, ἀλλὰ δὲν διαπεροῦν τὰ σκληρὰ σώματα, ὅπως π.χ. τὰ ὀστᾶ, τὰ μέταλλα κτλ. Διαδίδονται δὲ μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος, μεθ' ἧς καὶ τὸ φῶς.

Ὅταν αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες συναντήσουν οἰονδήποτε σῶμα, μετατρέπονται εἰς ἀκτίνες X. Τὰς ἀκτίνες ταύτας παράγομεν ἐντὸς

εἰδικοῦ σωλήνος ὑαλίνου, ἐν τῷ ὁποίῳ αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ μικροῦ ἐλάσματος ἐκ λευκοχρόσου (σχ. 237) κεκλιμένου κατὰ 45° ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ σωλήνος. Τὸ ἐλάσμα τοῦτο καλοῦμεν **ἀντικαθόδον**.

Αἱ ἀκτίνες X γεννῶνται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ἀντικαθόδου καὶ προβάλλονται ἐπὶ τοῦ μέρους τοῦ σωλήνος τοῦ εὐρισκομένου ἀπέναντι ταύτης. Διαδίδονται δὲ κατόπιν εὐθυγράμμως ἄνευ διαθλάσεως ἢ ἀνακλάσεως.

253. **Ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία.**— Ἡ ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία εἶναι μέθοδοι ἐφαρμογῆς τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀκτίνων X. Ἐὰν παρενθέσωμεν τὴν παλάμην ἀνοικτὴν μεταξὺ τοῦ σωλήνος καὶ ἐνὸς διαφράγματος ἐκ κυανιοῦχου βαριολευκοχρόσου, παρατηροῦμεν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος τὴν σκιὰν τῆς παλάμης (σχ. 238). Ἡ σκιά αὕτη παρουσιάζει μέρη σκιερά, τὰ ὁποῖα διαγράφουν τὰ ὀστᾶ, καὶ φωτεινὰ μέρη τὰ ὁποῖα ὀρίζουν τὰς σάρκας. Ἐχομεν τοιοῦτοτρόπως τὴν **ἀκτινοσκοπίαν**. Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφρα-



Σχ. 237.

γμα διὰ φωτογραφικῆς πλακός, ἀφοῦ προηγουμένως τὴν περιτυλίξω-
 μεν διὰ μέλανος χάρτου ὅστις θὰ τὴν προφυλάξῃ ἀπὸ τὴν ἐπίδρασιν
 τοῦ φωτὸς ἀλλὰ θὰ ἀφήσῃ νὰ διέλθουν αἱ ἀκτῖνες καὶ ἐφαρμόσωμεν
 ἐπ' αὐτοῦ τὴν παλάμην, μετὰ τινα χρόνον ἢ πλάξ θὰ ἔχῃ προσβληθῆ,



Σχ. 238.

δηλ. θὰ ἔχῃ σχηματισθῆ ἐπ' αὐτῆς ἡ εἰκὼν τῆς παλάμης. Ἐχομεν
 οὕτω μίαν φωτογραφίαν, εἰς τὴν ὁποίαν διακρίνονται τὰ ὀστέα καὶ αἱ
 σάρκες. Αὕτη εἶναι ἡ **ἀκτινογραφία**.

254. **Φυσιολογικὴ ἐνέργεια τῶν ἀκτίνων X.**—Οἱ ἀκτινο-
 γράφοι εἶναι ἐκτεθειμένοι ἔνεκα τῶν ἀκτίνων X εἰς σοβαροὺς κινδύ-
 νους. Ἐντὸς ὀλίγων μηνῶν δύνανται αἱ τρίχες καὶ οἱ ὄνυχές των νὰ
 γείνουν εὐθραστοὶ καὶ νὰ πέσουν. Τὸ δέρμα ἐπίσης δύναται νὰ
 προσβληθῆ. Πόσοι πειραματισταὶ κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ἐφαρμογῆς τῶν
 ἀκτίνων X δὲν ἔχασαν τοὺς δακτύλους καὶ αὐτὴν ἀκόμη τὴν ὄρασιν!
 Σήμερον λαμβάνουν αὐστηρὰς προφυλάξεις· πειραματίζονται διὰ μέ-
 σου διαφράγματος, καλύπτουν τοὺς ὀφθαλμοὺς διὰ διοπτρῶν καὶ φο-
 ροῦν χειρόκτια ἐκ καουτσούκ.

255. **Οὐσίαι ἀκτινενεργοί.**—Ὡρισμένα μέταλλα, τὸ **οὐράνιον**,
 τὸ **θόριον** καὶ πρὸ πάντων τὸ **ράδιον**, ἐκπέμπουν καθοδικὰς ἀκτῖνας
 καὶ ἀκτῖνας X **ἀνευ μεσολαβήσεως ἠλεκτρικῆς πηγῆς**, ἥτις εἶναι
 ἀπαραίτητος διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος τοῦ Crookes.

Αἱ οὐσίαι αὗται καλοῦνται *ἀκτινενεργοί*.

256. **Φωτισμὸς διὰ ἠραιωμένων ἀερίων.**—*Φωτεινὴ ἐνέργεια.*

Μέχρι τινὸς ἐφαίνετο ὅτι ὁ φωτισμὸς ἠδύνατο νὰ πραγματοποιηθῆ ἰσχυρῶς διὰ τῆς καύσεως ἢ καὶ διὰ τῆς ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας σωμάτων τινῶν. Καὶ ἐφρόνουν εὐλόγως ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ φωτισμοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θερμοκρασίας τοῦ φωτίζοντος σώματος. Ἄλλὰ τὸ φῶς καταπονεῖ τὴν ὄρασιν τόσον περισσότερον, ὅσον ἡ θερμοκρασία τοῦ φωτίζοντος σώματος εἶναι ὑψηλότερα. Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς τοιαύτης καταπονήσεως περιβάλλον τὴν φωτεινὴν πηγὴν διὰ σφαίρας διαφωτίστου. Ἄλλὰ τοιοῦτοτρόπως χάνονται περίπου τὰ $\frac{40}{100}$ τοῦ παραγομένου φωτός.

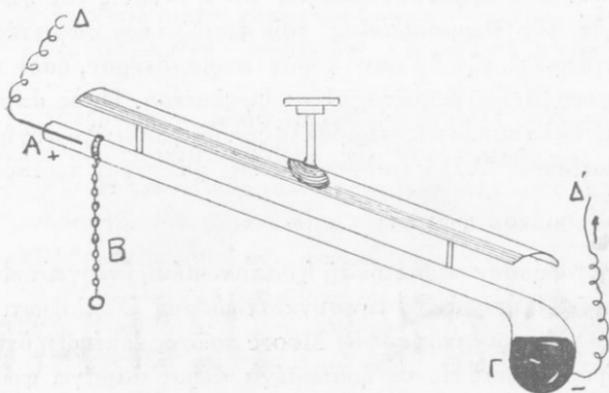
Ἄντι λοιπὸν νὰ ἀφήσουν νὰ διαιρεθῆ ἡ δαπανωμένη ἐνέργεια εἰς θερμότητα καὶ εἰς φῶς, ἐζήτησαν νὰ τὴν συγκεντρώσουν ὀλοκληρωτικῶς ἐπὶ τοῦ φωτός. Ὁ Ἀμερικανὸς σοφὸς Moore πρῶτος ἐσκέφθη ὅτι, ἐπειδὴ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις εἰς τὰ ἠραιωμένα ἀέρια παράγει φωτεινὰ φαινόμενα, ἐνῶ ὁ σωλὴν μένει σχετικῶς ψυχρὸς, ἡ λύσις τοῦ προβλήματος ἔπρεπε νὰ ζητηθῆ πρὸς τὸ μέρος τοῦτο. Παρατήρησεν ὅτι ὅταν αἱ ἀκτινοβολαίαι, αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ ἐπιδράσῃ ἐπὶ τοῦ ὀφθαλμοῦ μας, συμβαίνει νὰ εὐρίσκωνται ὅλαι εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα, ἢ φωτεινὴ ἀπόδοσις τοῦ ἀερίου, διὰ τοῦ ὁποίου πειραματίζομεθα, εἶναι καλυτέρα, ὅπως π. χ. εἰς τὸ ἄζωτον. Ἐὰν τοῦναντίον τὸ πλεῖστον τῶν ἀκτινοβολιῶν εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀόρατον φάσμα, δηλ. ἐντεῦθεν τοῦ ἐρυθροῦ καὶ πέραν τοῦ ἰώδους, ἡ φωτεινὴ ἀπόδοσις εἶναι μικρά, ὅπως συμβαίνει εἰς τὸ ὕδρογόνον.

257. **Φωτισμὸς δι' ἄζωτου.**—Ὁ φωτισμὸς οὗτος πραγματοποιεῖται ὡς ἐξῆς : Πλησίον τῆς ὀροφῆς τοποθετοῦνται μακροὶ σωλῆνες ὑάλινοι, διαμέτρου 3—4 ἑκατ., πλήρεις ἄζωτου ὑπὸ πίεσιν 0,1 χλσ. ὕδραργύρου. Εἰς ἕκαστον ἄκρον τοῦ σωλῆνος εἶναι συντετηγμένα ἠλεκτροδία ἐκ γραφίτου, μήκους 15—20 ἑκ. ἕκαστον. Ὁ λαμπτήρ εἶναι ἐγκατεστημένος ἐπὶ τοῦ δευτερευόντος κυκλώματος μεταμορφωτοῦ, ὅστις ἀνυψοῖ τὴν τάσιν.

Τὸ ἄζωτον δίδει φῶς χρυσοκίτρινον.

Τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος παράγει φῶς προσομοιάζον πρὸς τὸ τῆς ἡμέρας. Μὲ ἀέρα λαμβάνομεν φῶς ροδόχρουν.

258. **Φωτισμός διὰ νέου.**— Οἱ σωλῆνες εἶναι πλήρεις νέου ὑπὸ πίεσιν 0,1 χλσ. Ὁ λαμπτήρ εἶναι ἐγκατεστημένος ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος μεταμορφωτοῦ, ὅστις ἀνυψοῖ τὴν τάσιν. Τὰ ἠλεκτρόδια, μήκους 20 ἑκατ., εἶναι ἐκ χαλκοῦ. Οἱ σωλῆνες δύνανται νὰ ἔχουν μήκος τὸ πολὺ μέχρι 5 μέτρων. Τὸ διὰ νέου φῶς εἶναι ἐρυ-



Σχ. 239.

θρόν. Τὸ φάσμα παρουσιάζει ὠραίας γραμμὰς ἐρυθρὰς καὶ κιτρίνας, ἀλλ' οὐδεμίαν ἄλλην ἀκτινοβολίαν. Οὔτε κνανῆν οὔτε ἰώδη. Δύναται νὰ ἐλαττωθῇ ἢ ἐλλειψίς αὕτη, εἰὰν πλησίον τοῦ σωλῆνος τοῦ περιέ-

χοντος τὸ νέον, τεθῇ σωλῆν μὲ ἀτμοὺς ὕδραργύρου. Ὁ διὰ νέου φωτισμός εἶναι ἐξαίρετος διὰ τὴν ὄρασιν.

259. **Φωτισμός διὰ λαμπτήρος μὲ ἀτμοὺς ὕδραργύρου.**— Ὁ λαμπτήρ οὗτος συνίσταται ἐξ ὑαλίνου σωλῆνος (σχ. 239) ἐξωγκωμένου κατὰ τὸ ἄκρον του Γ. Εἰς τὸ ἐξωγκωμένον τοῦτον ἄκρον περιέχεται μικρὰ ποσότης ὕδραργύρου, ἣτις ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον. Σύρμα Δ', τὸ ὁποῖον συγκοινωνεῖ μὲ τὴν κάθοδον, εἶναι συντετηγμένον εἰς τὸ ἄκρον τοῦ σωλῆνος. Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον Α τοῦ σωλῆνος εἶναι συντετηγμένον ἔλασμα ἐκ σιδήρου συνδεδεμένον μὲ σύρμα Δ. Τὸ ἔλασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν ἀνοδον.

Ὁ σωλῆν εἶναι ἐξηρημένος ἀπὸ τῆς ὀροφῆς, ὅπου διατηρεῖται εἰς θέσιν πλαγίαν μὲ τὸ ἐξωγκωμένον ἄκρον πρὸς τὰ κάτω.

Τὸ ρεῦμα εἰσέρχεται διὰ τοῦ σύρματος Δ, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, καὶ ἐξέρχεται διὰ τοῦ σύρματος Δ'.

Διὰ νὰ διεγείρωμεν τὸν λαμπτήρα τοῦτον, κλείομεν τὸ κύκλωμα καί, ἀφοῦ διὰ τῆς ἀλύσεως Β θέσωμεν εἰς αἰώρησιν τὸν λαμπτήρα, τὸν ἀφήνομεν νὰ ἀναλάβῃ μόνος τὴν θέσιν του. Νῆμα ἐξ ὕδραργύ-

ρου κυλίεται τότε ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἀνοδὸν καὶ παράγει βραχὺ κύκλωμα, ὅπερ διαρκεῖ ἕφ' ὅσον ὁ λαμπτήρ εὐρίσκεται εἰς θέσιν συμμετρικὴν πρὸς τὴν τοῦ σχήματος. Ὄταν ὁ λαμπτήρ ἀναλάβῃ τὴν θέσιν του, τὸ ἕξ ὑδραργύρου νῆμα θραύεται καὶ τόξον ἀναπηδᾷ μεταξὺ τῆς τομῆς. Ὁ σχηματιζόμενος μεταλλικὸς ἀτμὸς θερμαίνεται, καθίσταται ἀγωγὸς καὶ τὸ τόξον πληροῖ ὅλον τὸν σωλῆνα.

Ἐφ' ὅσον ὁ λαμπτήρ λειτουργεῖ, δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου τῆς καθόδου μικρὸν κρατῆρα ἔνθα ὁ ὑδραργύρος ἑξατμίζεται, συμπυκνοῦται ἔπειτα εἰς τὰ ψυχρότερα μέρη τοῦ σωλῆνος καὶ κατέρχεται πάλιν πρὸς τὴν κάθοδον.

Ὁ σχηματισμὸς τοῦ τόξου ἔχει σκοπὸν νὰ παραγάγῃ τὴν *ἰόντωσιν* τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὑδραργύρου. Ὄταν ἀερίον τι καθίσταται εὐηλεκτραγωγόν, λέγομεν ὅτι ἔχει *ιοντωθῆ*, δηλ. τὰ άτομα αὐτοῦ θραύονται ὑπὸ τοῦ σπινθῆρος εἰς *ἰόντα* θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ.

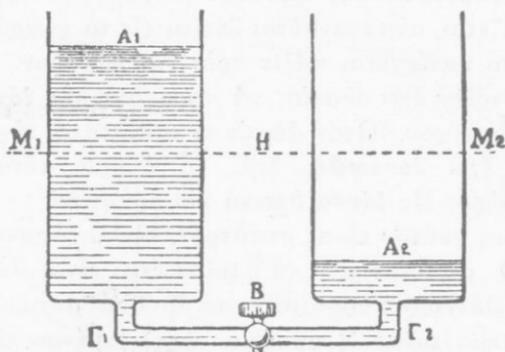
Τὸ φῶς τοῦ λαμπτήρος τούτου εἶναι σταθερόν, δὲν καταπονεῖ δὲ τὴν ὄρασιν. Τὸ μόνον μειονέκτημα τὸ ὁποῖον ἔχει εἶναι ὅτι, ἐπειδὴ στερεῖται ἐρυθρῶν ἀκτίνων παρουσιάζει τὰ ἐρυθρὰ ἀντικείμενα μέλανα. Τὸ μειονέκτημα τοῦτο διορθοῦται ἀποδιδομένων εἰς τὸ φῶς τοῦτο τῶν ἐρυθρῶν ἀκτινοβολιῶν. Πρὸς τοῦτο τίθεται ἐντὸς καταλλήλου ἀνακλαστήρος ὕφασμα ἐρυθρόν.

Σημ.—Τὸ φῶς τοῦ λαμπτήρος τούτου δίδει φάσμα πλούσιον εἰς ἰώδεις καὶ ὑπεριώδεις ἀκτίννας. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες εἶναι ἐπικίνδυνοι διὰ τὴν ὄρασιν, ἀλλ' ἀπορροφῶνται ὑπὸ τῆς ὑάλου τοῦ λαμπτήρος.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες φονεύουν τὰ μικρόβια καὶ ἐμποδίζουν τὴν ἀνάπτυξιν τῶν σπορίων των. Διὰ τοῦτο κατασκευάζουν τοιούτους λαμπτήρας διὰ διαφανοῦς χαλαζίου, ὅστις δὲν ἀπορροφᾷ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίννας, καὶ τοὺς χρησιμοποιοῦν διὰ τὴν ἀποστείρωσιν τοῦ ὕδατος, ἐκθέτοντες αὐτὸ εἰς τὸ φῶς των.

ΡΕΥΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΟΣ

260. **Μέγιστον τῆς συχνότητος εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας.**—Οἱ βιομηχανικοὶ ἐναλλακτῆρες ἔχουν συχνότητα μεταβαλλομένη μόνον μεταξύ 10 καὶ 100 περιόδων κατὰ δευτερόλεπτον, ὠρισμένοι δὲ ἐναλλακτῆρες τῶν ἐργαστηρίων φθάνουν τὰς 1000 περιόδους. Καὶ τοῦτο διότι ἀφ' ἑνὸς μὲν δὲν δυνάμεθα νὰ αὐξήσωμεν πέραν ὠρισμένου ὁρίου τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων ἐναλλακτῆρος, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ δευτερόλεπτον στροφῶν δὲν δύναται νὰ εἶναι μεγαλύτερος τῶν 50 περίπου, χωρὶς νὰ κινδυνεύσῃ νὰ θραυσθῇ ὁ ἐναλλακτῆρ, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.



Σχ. 240.

Διὰ νὰ λάβουν ὑψηλὰς συχνότητας, χρησιμοποιοῦν νέαν μέθοδον, τῆς ὁποίας τὴν ἀρχὴν θὰ ἐννοήσωμεν εὐκόλως χάρις εἰς τὴν ἐξῆς ἀναλογίαν πρὸς φαινόμενον ὑδραυλικόν :

261. **Παλμικὴ κίνησις ὑγροῦ.**—Θεωρήσωμεν δύο δοχεῖα M_1 καὶ M_2 σχ. (240) συγκοινωνοῦντα διὰ σωλῆνος ὁριζοντίου μεγάλης διαμέτρου, παρουσιάζοντος ἐπομένως μικρὰν ἀντίστασιν εἰς τὴν ροὴν τοῦ ὕδατος ἀπὸ τοῦ ἑνὸς δοχείου εἰς τὸ ἄλλο. Κλείομεν τὴν στρόφιγγα B τοῦ σωλῆνος καὶ χύνομεν ὕδωρ εἰς τὸν A_1 μέχρις ὠρισμένου ὕψους. Ἄνοιγοντες ἔπειτα ἀποτόμως τὴν στρόφιγγα τοῦ σωλῆνος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὕδωρ κατέρχεται εἰς τὸ A_1 καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸ A_2 εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος· τὸ ὑπερβαίνει ὅμως ὀλίγον ἕνεκα τῆς κτηθείσης ἐνεργείας. Ἡ κίνησις γίνεται κατόπιν κατ' ἀντίθετον φοράν, δηλ. ἐκ τοῦ A_2 πρὸς τὸ A_1 κατόπιν πάλιν ἐκ τοῦ A_1 πρὸς τὸ A_2 καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Παράγεται λοιπὸν παλμικὴ κίνησις τοῦ

ὑδατος, τῆς ὁποίας τὸ πλάτος ἐλαττοῦνται ταχέως, ἔνεκα τῶν τριβῶν τῶν ὑγρῶν μορίων ἐπ' ἀλλήλων καὶ ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου.

Ἐὰν ἀνοίξωμεν **βραδέως** τὴν στρόφιγγα, τὸ ὕδωρ ρέον εὐρίσκει μεγάλην ἀντίστασιν εἰς τὴν στρόφιγγα καὶ ἡ ἐπιφάνειά του εἰς τὸ A_2 φθάνει εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος μὲ τὴν ἐν τῷ A_1 ἄνευ παλμικῆς κινήσεως.

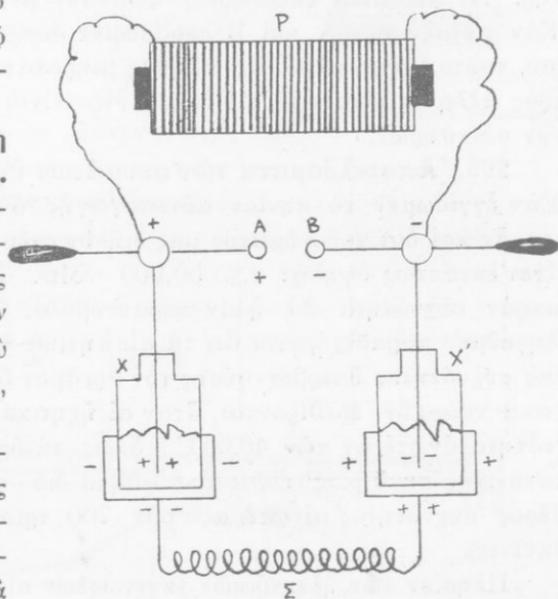
262. Ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις παλμική.

— Παράγομεν παλμικὰς ἠλεκτρικὰς ἐκκενώσεις ἀναλόγους πρὸς τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν ὑγρῶν, ἀλλὰ πολὺ μεγάλης συχνότητος, ὡς ἐξῆς :

Τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος σύρματος τοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff P συγκοινωνοῦμεν κατὰ πρῶτον μετὰ τοῦ **σπινθηριστοῦ** AB (σχ. 241), κατόπιν δὲ

μετὰ τῶν ἐσωτερικῶν ὄπλισμῶν δύο συμπυκνωτῶν XX, π.χ. λουγδουνικῶν λαγίνων. Τοὺς δὲ ἐξωτερικοὺς ὄπλισμοὺς συνδέομεν πρὸς ἀλλήλους διὰ σωληνοειδοῦς Σ , τὸ ὁποῖον καλεῖται **πηνίον αὐτεπαγωγῆς**.

Ὅταν ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ μεταξὺ A καὶ B καταστῇ ἀρκετὰ μεγάλη διὰ τὴν ἀπόστασιν AB, ἐκρήγνυται σπινθήρ μεταξὺ A καὶ B. Τὸ νῆμα τοῦ ἀέρος, τὸ ὁποῖον χωρίζει τὰ A καὶ B, δύναται τότε νὰ ἐξομοιωθῇ πρὸς ἀγωγὸν καί, ἐὰν ἡ ἀντίστασις του δὲν εἶναι πολὺ μεγάλη, ρεύματα παλμικὰ πολὺ μεγάλης συχνότητος παράγονται μεταξὺ A καὶ B. Ἐκ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἑκατέρου τῶν



Σχ. 241.

συμπυκνωτῶν ἐκεῖνος, ὁ ὁποῖος ἦτο κατ' ἀρχὰς θετικός, καθίσταται ἀρνητικός, κατόπιν πάλιν θετικός καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Αἱ μεταβολαὶ αὗται τοῦ σημείου τοῦ ἠλεκτρισμοῦ γίνονται τόσοσιν ταχέως, ὥστε δὲν διακρίνομεν τὴν διαδοχὴν τῶν σπινθήρων κατὰ τὴν μίαν φορὰν καὶ κατόπιν κατὰ τὴν ἄλλην. Φαίνονται ὡς εἰς μόνον σπινθήρ. Αἱ παλμικαὶ ἐκκενώσεις φθάνουν μέχρι τοῦ ἑκατομμυρίου. Ἐὰν μεταξὺ τῶν Α καὶ Β περάσωμεν ἀστραπιαίως τεμάχιον χάρτου, τοῦτο διατρυπᾶται εἰς πλῆθος μικροτάτων ὀπῶν πλησιέστατα πρὸς ἀλλήλας κειμένων. Αἱ ὀπαι αὗται εἶναι τὰ ἴχνη τῶν διελθόντων σπινθήρων.

263. Ἀποτελέσματα τῶν ρευμάτων ὑψηλῆς συχνότητος.—

Ἐὰν ἐγγίσωμεν τὸ πηνίον αὐτεπαγωγῆς, οὐδὲν αἰσθανόμεθα ἄλλο, ἂν καὶ διὰ τοῦ σώματός μας διῆλθε ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ τάσις εἶναι ἐκτάκτως ὑψηλή: π.χ. 50.000 volts. Τοιαῦτα ρεύματα ὑπὸ μικρὰν συχνότητα θὰ ἦσαν κεραυνοβόλα. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγοῦμεν παραδεχόμενοι ὅτι τὰ αἰσθητικὰ νεῦρα δὲν ἐρεθίζονται ὑπὸ συχνότητος ὑπερβαίνουσης τὸν ἀριθμὸν 50.000, ὅπως τὰ ἀκουστικὰ νεῦρα δὲν ἐρεθίζονται, ὅταν αἱ ἠχητικαὶ κυμάνσεις ἔχουν συχνότητα ἀνωτέραν τῶν 40.000, ἢ ὅπως τὰ ὀπτικά νεῦρα ὑπὸ τὰς κανονικὰς συνθήκας εἶναι ἀναίσθητα διὰ τὰς κυμάνσεις τοῦ αἰθέρος συχνότητος ἀνωτέρας τῶν 700 τρισεκατομμυρίων (ἰώδεις ἀκτῖνες).

Πλησίον τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων αἱ μεταβολαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι τάχιστα καὶ συνεπῶς πολὺ μεγάλα τὰ ἀποτελέσματα ἐπαγωγῆς· ὅλα τὰ περίξ μεταλλικὰ ἀντικείμενα ἠλεκτρίζονται καὶ δυνάμεθα νὰ ἀποσπᾶσωμεν ἀπ' αὐτῶν σπινθήρας. Ἐπίσης δυνάμεθα νὰ ἀνάψωμεν ἠλεκτρικὴν λυχνίαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄.

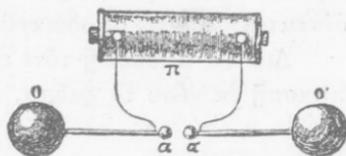
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

264. Ταχύτης τῆς διαδόσεως.—Πᾶσα πηγὴ ἠχητικὴ ἢ φωτεινὴ παράγει, ὡς ἐμάθομεν, παλμικὰς κινήσεις. Τὴν αὐτὴν ιδιότητα ἔχουν αἱ παλμικαὶ ἐκκενώσεις αἱ παραγόμεναι ὑπὸ τῶν ἐναλ-

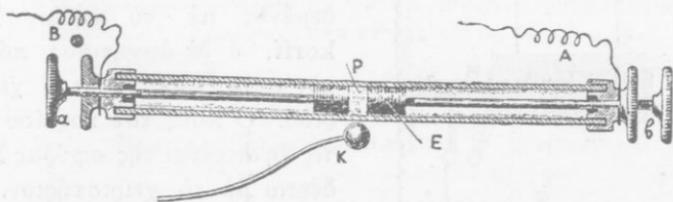
λασσομένων ρευμάτων. Δημιουργοῦν δηλ. ἠλεκτρικὰ κύματα, τὰ ὅποια διαδίδονται κατόπιν ὅπως μία παλμικὴ κίνησις.

Ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὴν τοῦ φωτός, δηλ. 300.000 χιλιόμετρα κατὰ δευτέρον λεπτόν.

265. **Διεγέρτης τοῦ Hertz** (σπινθηριστής). — Ἐὰν ἐλαττώσωμεν τὴν χωρητικότητα τῶν πυκνωτῶν X X εἰς τὸ ὄργανον, τὸ ὁποῖον ἐχρησίμευσε διὰ τὴν παραγωγήν τῶν παλμικῶν ἐκκενώσεων (σχ. 241) καὶ ἀφαιρέσωμεν τὸ πηνίον αὐτεπαγωγῆς Σ, ἡ συχνότης αὐξάνεται. Εἰς τὸν διεγέρτην τοῦ Hertz τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος τοῦ πηνίου Ruhmkorff (σχ. 242) συνδέονται μὲ στελέχη μεταλλικά, τὰ ὅποια καταλήγουν ἕκαστον ἀφ' ἑνὸς μὲν εἰς πυκνωτὴν O καὶ O' (πλάκας ἢ σφαίρας μεταλλικὰς), ἀφ' ἑτέρου δὲ εἰς μικρὸν σφαιρίδιον α, α'. Ὅταν τὸ πηνίον τεθῆ εἰς ἐνέργειαν,



Σχ. 242.



Σχ. 243.

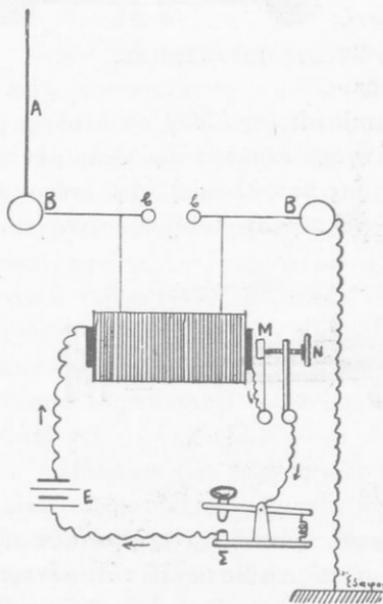
ἐκρήγνυνται παλμικοὶ σπινθῆρες κατὰ τρόπον συνεχῆ μεταξύ τῶν σφαιριδίων α καὶ α'. Τὸ διάστημα α, α' καθίσταται τότε κέντρον ἠλεκτρικῶν κυμάνσεων, αἱ ὅποια διαδίδονται ἄνευ διακοπῆς καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὰ κύματα ταῦτα διαδίδονται καὶ διὰ μέσου τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Τοῖχος ἐκ λίθων οὐδόλως σταματᾷ αὐτά.

Διὰ τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz ἡ συχνότης φθάνει μέχρι τοῦ δισεκατομμυρίου.

266. **Συνοχεύς.** — Ὁ Γάλλος φυσικὸς Branly ἀπέδειξεν ὅτι, ἐὰν εἰς κύκλωμα τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει στήλην καὶ γαλβανόμετρον παρενθέσωμεν μικρὰν μᾶζαν μεταλλικῶν ρινισμάτων P ἐλαφρῶς

πιεσμένων ἐντὸς σωλῆνος μεταξύ δύο εὐηλεκτραγωγῶν ἐμβόλων (σχ. 243), τὸ ρεῦμα διακόπτεται ὑπὸ τῶν ρινισμάτων. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ταῦτα παρουσιάζουν σημαντικὴν ἀντίστασιν. Εὐθὺς ὅμως ὡς τὰ ρινίσματα διαπεραστοῦν ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ κύματος, ἡ ἀντίστασις των παύει ἢ τοῦλάχιστον ἐλαττοῦται, οὕτω δὲ τὸ ρεῦμα ἀποκαθίσταται. Τοῦτο ἀποδεικνύεται διὰ τοῦ γαλβανομέτρου.

Διὰ νὰ ἀποδοθῆ τότε εἰς τὰ ρινίσματα ἡ ἀντίστασις των καὶ νὰ διακοπῆ ἐκ νέου τὸ ρεῦμα, ἀρκεῖ ἐλαφρὰ *κροῦσις* ἐπὶ τοῦ σωλῆνος.



Σχ. 244.

267. Ἀσύρματος τηλεγραφία.— *Σταθμὸς ἐκπομπῆς.* Ὁ σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει κυρίως ἡλεκτρικὴν πηγὴν E, σπινθηριστὴν, χειριστήριον (διακόπτην) Morse καὶ κεραίαν A.

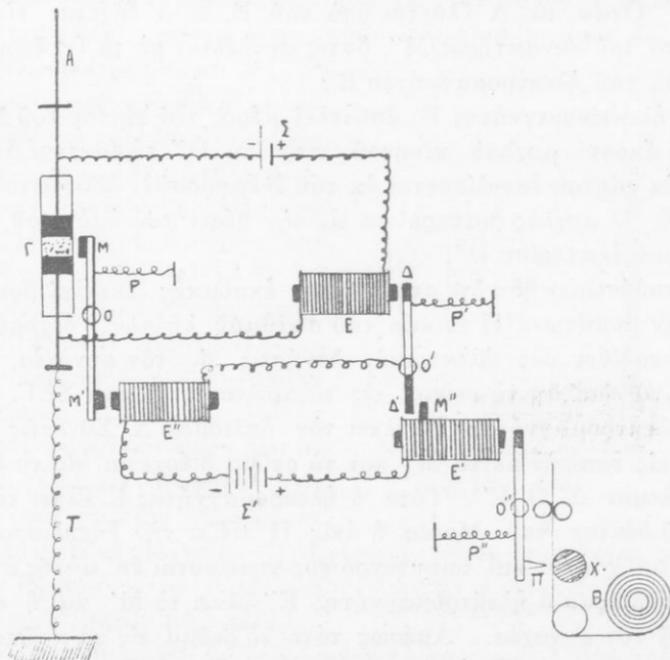
Ὁ θετικὸς πόλος τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς E (σχ. 244) εἶναι συνδεδεμένος μὲ τὸ πηνίον Ruhmkorff, ὃ δὲ ἀρνητικὸς πόλος μὲ τὸν συναπτήρα Σ τοῦ χειριστήριου. Ὁ πούς τοῦ κοιλίου N, ὅστις ἐφάπτεται τῆς σφύρας M, συνδέεται μὲ τὸ χειριστήριον. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον, ὅταν τὸ χειριστήριον εἶναι ἀνυψωμένον, τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται. Ὅταν ὅμως τὸ χειριστήριον ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν συναπτήρα Σ, τὸ κύκλωμα ἀποκαθίσταται.

Τὸ ρεῦμα, ἀναχωροῦν ἐκ τῆς πηγῆς, διαπερᾷ τὸ πηνίον, τὸν κοιλίαν, τὸ χειριστήριον καὶ ἐπανέρχεται εἰς τὴν πηγὴν.

Ὅταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, ἐκρήγνυνται οἱ παλμικοὶ σπινθηῆρες μεταξύ τῶν σφαιρῶν ββ'. Ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἐκδηλοῦνται εἰς τὴν κεραίαν A καὶ προκαλοῦν εἰς τὸ περίεξ διάστημα ἡλεκτρικὰ κύματα. Τὰ κύματα ταῦτα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται μέχρι ἑκατοντάδων τινῶν χιλιομέτρων, φθάνουν μέχρι τοῦ συνοχέως τοῦ σταθμοῦ τῆς

λήψεως. Ἡ ἐκπομπὴ τῶν κυμάτων διαρκεῖ ἐφ' ὅσον διέρχεται τὸ ρεῦμα· συνεπῶς αἱ ἐκπομπαὶ εἶναι μακρὰ ἢ βραχεῖαι κατὰ τὴν βούλησιν τοῦ ἐνεργοῦντος αὐτάς.

Σταθμὸς λήψεως. Ἐπειδὴ τὸ ρεῦμα τὸ προωρισμένον νὰ θέσῃ εἰς λειτουργίαν τὸν δέκτην τοῦ Morse πρέπει νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυρὸν, δὲν πρέπει νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ συνοχέως ὅστις εἶναι συσκευὴ εὐαί-



Σχ. 245.

σθητος. Διὰ τοῦτο διαθέτουν δύο κυκλώματα, τὸ ἓν διὰ τὸν συνοχέα, τὸ δὲ ἕτερον διὰ τὸν δέκτην Morse.

Τὸ πρῶτον κύκλωμα περιλαμβάνει μικρὰν ἠλεκτρικὴν πηγὴν Σ (σχ. 245), τὸν συνοχέα Γ καὶ ἠλεκτρομαγνήτην Ε.

Τὸ δεύτερον κύκλωμα περιλαμβάνει ἠλεκτρικὴν πηγὴν Σ' ἰσχυροτέραν τῆς πρώτης καὶ δύο ἠλεκτρομαγνήτας Ε' καὶ Ε''.

Μεταξὺ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου Ε τοῦ πρώτου κυκλώματος καὶ

τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου E' τοῦ δευτέρου κυκλώματος, εὐρίσκεται ἔλασμα ἐξ ἔβονίτου κινητὸν περὶ τὸ O' , διατηρούμενον εἰς τὴν θέσιν του δι' ἀνταγωνιστικοῦ ἑλατηρίου P' . Εἰς τὸ ἄκρον Δ τοῦ ἐλάσματος εἶναι προσηλωμένον μικρὸν τεμάχιον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου δυνάμενον νὰ ἔλκεται ὑπὸ τοῦ E , ὅταν διέρχεται ρεῦμα. Ἀπὸ τοῦ σημείου O' μέχρι τοῦ ἄλλου ἄκρου Δ' τὸ ἔλασμα περιβάλλεται διὰ χαλκοῦ. Ὄταν τὸ Λ ἔλκεται ὑπὸ τοῦ E , τὸ Δ' ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ συναπτήρος M'' , ὅστις συνδέεται μὲ τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σύρματος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου E' .

Ἐπιπλέον ἠλεκτρομαγνήτης E' ἀποτελεῖ μέρος τοῦ δέκτου τοῦ Morse. Εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ κινητοῦ περὶ τὸ O'' εὐρίσκεται ἀκίς Π . Ταινία ἐκ χάρτου ἐκτυλίσσεται ἐκ τοῦ B ἔμπροσθεν ὀδοντωτοῦ τροχίσκου X . Ὁ μοχλὸς διατηρεῖται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἀνταγωνιστικοῦ ἑλατηρίου P'' .

Ἐπιπλέον ὑποθέσωμεν ἤδη ὅτι σταθμὸς τις ἐκπομπῆς ἐκτελεῖ βραχεῖαν ἐκπομπὴν κυμάτων. Ἡ κεραία τοῦ σταθμοῦ λήψεως, δεχομένη τὸ κύμα, μεταδίδει τὰς ἠλεκτρικὰς δονήσεις εἰς τὸν συνοχέα, ὅστις ἀφήνει νὰ διέλθῃ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα $\Sigma E \Gamma$. Ἀλλὰ τότε ὁ ἠλεκτρομαγνήτης E ἔλκει τὸν ὀπλισμὸν Δ . Συνεπῶς τὸ Δ' ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ M'' καὶ τὸ ρεῦμα διέρχεται εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα $\Sigma' O' E''$. Τότε ὁ ἠλεκτρομαγνήτης E' ἔλκει τὸν μοχλὸν τοῦ δέκτου τοῦ Morse, ἢ ἀκίς Π πιέζει τὴν ἐκτυλισσομένην ταινίαν τοῦ χάρτου καὶ τοιοῦτοτρόπως σημειοῦται ἐπ' αὐτῆς στιγμῆ.

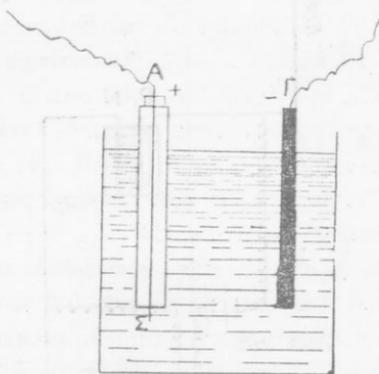
Ἐπιπλέον ἄφ' ἑτέρου ὁ ἠλεκτρομαγνήτης E'' ἔλκει τὸ M' καὶ ἡ σφῦρα M κτυπᾷ τὸν συνοχέα. Ἀμέσως τότε τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα διακόπτεται. Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι τὸ ἔλασμα Δ ἐπανερχεται εἰς τὴν θέσιν του, ἐπαφὴ δὲν ὑπάρχει πλέον μετὰ Δ' καὶ M'' καὶ ὡς ἐκ τούτου τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα. Συνεπῶς τὸ M' ἐγκαταλείπει τὸ E'' , δηλ. ἡ σφῦρα M ἐπανερχεται εἰς τὴν θέσιν της.

Ἐπιπλέον ὅταν ἡ ἐκπομπὴ κυμάτων εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς εἶναι μακρά, ἢ ἀκίς Π γράφει ἐπὶ τοῦ χάρτου ἀντὶ στιγμῆς γραμμὴν. Ἡ διαδοχὴ τῶν στιγμῶν καὶ γραμμῶν ἀποτελεῖ τὰ γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου τοῦ Morse, διὰ τοῦ ὁποῦ δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν τὸ τηλεγράφημα.

268. **Φωραταὶ κυμάτων.**—Ὁ **φωρατῆς** κυμάτων, δηλ. ὁ συλλέκτης, τὸ ὄργανον λήψεως τῶν κυμάτων, ἢ συσκευὴ ἣτις τὰ ἀνακαλύπτει κατὰ τὴν διάβασίν των, δύναται νὰ εἶναι ὁ **συνοχεύς τοῦ Branly** δι' ἀποστάσεις μικροτέρας τῶν 1000 χιλιομέτρων. Διὰ μεγάλας ὅμως ἀποστάσεις οὗτος εἶναι ἀνεπαρκής. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει γίνεται προσφυγὴ εἰς ἄλλους φωρατάς.

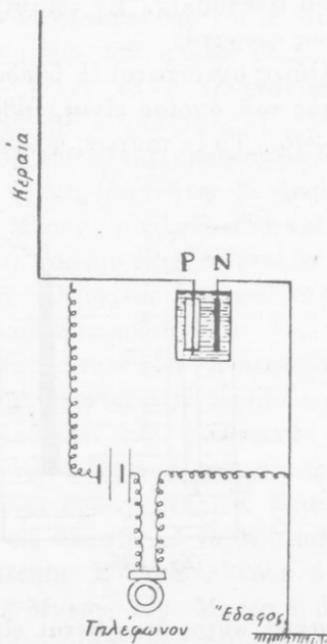
Ἡλεκτρολυτικὸς φωρατῆς.—Οὗτος συνίσταται ἐξ ὑποδοχέως περιέχοντος ὕδωρ ὠξυνισμένον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εἶναι ἐμβαπτισμένα δύο ἠλεκτρόδια Α καὶ Γ (σχ. 246). Τὸ ἐν τούτων, ἢ κάθοδος, εἶναι ἔλασμα ἐκ μολύβδου ἢ ἐκ λευκοχρύσου Γ. Ἡ δὲ ἀνοδος εἶναι λεπτὸν σύρμα ἐκ λευκοχρύσου Α. Τὸ σύρμα τοῦτο περιβάλλεται ὑπὸ μικροῦ ὑαλίνου σωλῆνος, τὸν ὁποῖον ὑπερβαίνει κατὰ τὸ ἄκρον του, εἰς τὸ Σ, κατὰ 0,5 χμ. περίπου. Τὸ ὄργανον παρεμβάλλεται εἰς ἐξωτερικὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει στήλην, τῆς ὁποίας ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μόλις ὑπερβαίνει τὴν ἀντιηλεκτρεγερτικὴν. Ἐνεκα τούτου παράγεται ἀσθενεστάτη ἠλεκτρόλυσις. Ὁ φωρατῆς οὗτος διατίθεται εἰς τὸν σταθμὸν λήψεως κατὰ διακλάδωσιν ἐπὶ τῶν συρμάτων P, N, ὅπως ὁ δέκτης τοῦ Branly (σχ. 247).

Ἐφ' ὅσον ἡ κεραία ἢ συνδεδεμένη μὲ τὸ σύρμα Σ δὲν προσβάλλεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ κύματος, τὸ σύρμα Σ μένει πεπολωμένον. Μόλις ὅμως αὕτη προσβληθῇ ὑπὸ σειρᾶς ἠλεκτρικῶν κυμάτων, ἡ πόλωσις διακόπτεται καὶ εἰς τηλέφωνον παρεμβεβλημένον εἰς τὸ κύκλωμα ἀκούεται τότε ἦχος. Ὅταν τὰ ἠλεκτρικὰ κύματα δὲν ἐκδηλοῦνται πλέον, ἡ πόλωσις τοῦ Σ ἐπανέρχεται καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Ἐὰν ἡ ἐκπομπὴ τῶν κυμάτων εἶναι βραχεῖα, ὁ ἦχος εἶναι βραχύς· ἐὰν ἡ ἐκπομπὴ εἶναι μακρά, ὁ ἦχος εἶναι μακρός. Τοιοῦτοτρόπως, **ἀντὶ νὰ ἀναγινώσκωμεν τὸ ἀλφάβητον εἰς τὴν ταινίαν, ἀκούομεν αὐτὸ εἰς τὸ τηλέφωνον.**

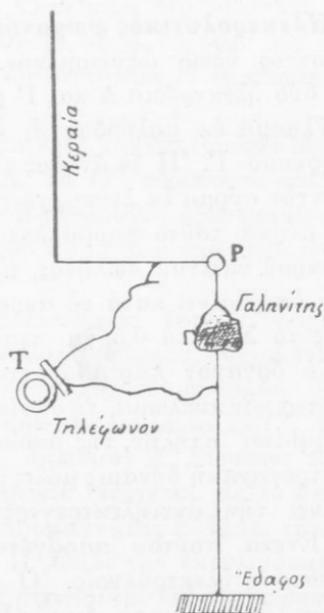


Σχ. 246.

Κρυσταλλικός φωρατής.—Ούτος είναι απλούστατα ἐν τεμάχιον κρυσταλλικοῦ γαλνίτου Γ (θειούχου μολύβδου) τοποθετημένον οὕτως, ὥστε μία ἀκμὴ του **φυσικῆ** (ὄχι ρήγμα) νὰ εὐρίσκεται εἰς ἐλαφρὰν ἐπαφὴν μετὰ αἰχμῆς ἐκ λευκοχρύσου P. Ὅπως δὲ καὶ



Σχ. 247.



Σχ. 248.

εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, εἰς τὸ κύκλωμα εἶναι παρεμβεβλημένον τηλέφωνον (σχ. 248).

Ἄν καὶ δὲν ὑπάρχει ἐνταῦθα στήλη ἠλεκτρικῆ, ὅσάκις ὁ φωρατὴς οὗτος προσβάλλεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ κύματος, ἐκδηλοῦται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἀκούεται ἦχος εἰς τὸ τηλέφωνον.

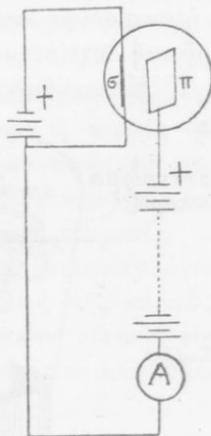
Ὁ κρυσταλλικὸς φωρατὴς παρουσιάζει πολὺ μεγαλυτέραν τῶν ἄλλων φωρατῶν εὐαισθησίαν. Ἐχει ὅμως τὸ μειονέκτημα ὅτι δὲν ρυθμίζεται εὐκόλως. Τὸ σημεῖον δηλ. τῆς ἐπαφῆς τοῦ ἐκ λευκοχρύσου σύρματος μετὰ τῆς ἀκμῆς δὲν δύναται νὰ εἶναι οἰονδίποτε, ἀλλὰ πρέπει κάθε φοράν νὰ ἀναζητῆται διὰ δοκιμῶν.

Σημ.— Αί εις τὰ προηγούμενα ἐδάφια ἀναφερόμεναι διατάξεις ἐκπομπῆς καὶ λήψεως, δηλ. **ὁ διεγέρτης τοῦ Hertz, ὁ συνεχὴς τοῦ Branly καὶ ὁ ἠλεκτρολυτικὸς φωρατῆς** ἐχρησιμοποιοῦντο κατὰ τὰ πρῶτα ἔτη τῆς ἐφαρμογῆς τοῦ ἀσυρμάτου. Τώρα ἔχουν πλήρως ἀντικατασταθῆ **ἀπὸ τὴν λυχνίαν τῶν τριῶν ἢ δύο ἠλεκτροδίων**, χρησιμοποιουμένην τόσον εἰς τὴν ἐκπομπὴν ὅσον καὶ εἰς τὴν λήψιν· διὰ τοὺς πολὺ μικροὺς δὲ δέκτας τοπικῶν πομπῶν **ἀπὸ τὸν κρυσταλλικὸν φωρατῆν.**

269. **Ἡλεκτρονικοὶ σωλῆνες. Λυχνία μὲ δύο ἠλεκτρόδια.**— Μία ἠλεκτρικὴ λυχνία διαπυρώσεως μετατρέπεται εἰς **λυχνίαν μὲ δύο ἠλεκτρόδια** διὰ μεταλλικῆς πλακός, ἢ ὁποία τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου δοχείου, ὅπως καὶ τὸ νῆμα (σύρμα) αὐτῆς (σχ. 249). Τὸ νῆμα τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἐκ **βολφραμίου**, ἢ δὲ πλάξ ἐκ **νικελίου**.

Ἄν τὸ ὑαλινὸν δοχεῖον εἶναι ἐπαρκῶς κενὸν ἀέρος, τὸ νῆμα διαπυρούμενον διὰ τῆς διόδου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια. Συνεπῶς ἐὰν ἠλεκτρισθῇ ἢ πλάξ θετικῶς ἔξωθεν τοῦ δοχείου ὑπὸ τοῦ θετικοῦ πόλου στήλης ἧς ὁ ἀρνητικὸς εἶναι συνδεδεμένος μὲ τὸ νῆμα, θὰ ἔλξη τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα, ὡς γνωστόν, εἶναι ἀρνητικὰ ἠλεκτρόδια. Τοιοῦτοτρόπως **τὸ κενὸν τοῦ δοχείου** τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ τῆς πλακός καὶ τοῦ νήματος **φέρεται ὡς ἀγωγὸς μεγάλης ἀντιστάσεως**, τὸν ὁποῖον διαρρέει ρεῦμα διευθυνόμενον ἀπὸ τῆς πλακός πρὸς τὸ νῆμα. Ἀντιθέτως, ἂν ἢ πλάξ ἠλεκτρισθῇ ἀρνητικῶς, ἐπειδὴ τότε ἀπωθεῖ τὰ ἠλεκτρόνια, οὐδὲν ρεῦμα θὰ διέλθῃ μεταξὺ πλακός καὶ νήματος.

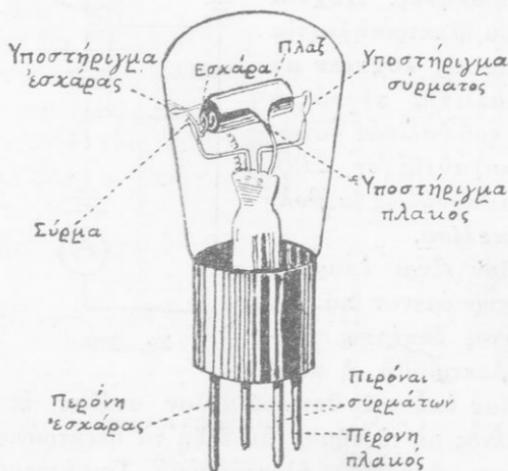
Ἐὰν ἤδη ἀντικαταστήσωμεν τὴν στήλην, ἥτις φορτίζει τὴν πλάκα δι' ἠλεκτρισμοῦ, διὰ πηγῆς παρεχούσης ρεῦμα ἐναλλασσόμενον, εἶναι φανερόν ὅτι (ὅταν τὸ νῆμα εἶναι διαπυρωμένον), τὸ κενὸν τοῦ δοχείου μεταξὺ πλακός καὶ νήματος θὰ διαπερᾶται ὑπὸ ρεύματος μόνον κατὰ τὴν ἐναλλαγὴν ἐκείνην, ἢ ὁποία φορτίζει τὴν



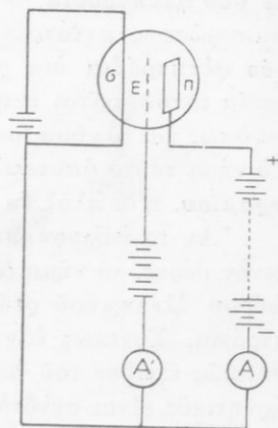
Σχ. 249.

πλάκα θετικῶς. Ἡ λυχνία μὲ δύο ἠλεκτροδία ἐνεργεῖ τότε ὡς ἀνορθωτῆς, μετατρέπει δηλ. τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές. Δύναται ἐπομένως, ἐκτὸς τῶν ἄλλων αὐτῆς χρήσεων, νὰ χρησιμοποιηθῆ καὶ διὰ τὴν πλήρωσιν συσσωρευτῶν (δι' ἐναλλασσομένου ρεύματος).

Λυχνία μὲ τρία ἠλεκτροδία (σχ. 250). Αἱ ἐφαρμογαὶ τῆς μετὰ δύο ἠλεκτροδίων λυχνίας ἐπεξετάθησαν διὰ τῆς εἰσαγωγῆς ἐντὸς τοῦ κενοῦ τοῦ δοχείου καὶ τρίτου ἠλεκτροδίου μεταξὺ νήματος καὶ πλακός. Τὸ ἠλεκτροδίου τοῦτο παρουσιάζει κενὰ διαστήματα, διὰ μέσου



Σχ. 250.



Σχ. 251.

τῶν ὁποίων ἡ θετικῶς ἠλεκτρισμένη πλάξ ἐξακολουθεῖ νὰ ἐξασκῆ τὴν εἰδικὴν αὐτῆς δράσιν ἐπὶ τοῦ νήματος. Διὰ τοῦτο καλεῖται **ἔσχάρα** (ἢ **πλέγμα** ἢ **διάφραγμα**) (σχ. 251, E).

Ἐὰν ἡ ἔσχάρα μένη ἐντὸς τοῦ δοχείου ἐλευθέρως, μεμονωμένη ἀπὸ παντὸς ἐξωτερικοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἡ λυχνία ἐξακολουθεῖ νὰ λειτουργῆ ὡς λυχνία μὲ δύο ἠλεκτροδία. Ἄν ὅμως συνδεθῆ μετὸν θετικὸν πόλον ἐξωτερικῆς στήλης, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος πλακός - νήματος αὐξάνεται.

Τοῦναντίον, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου ἐλαττοῦται, ἐὰν ἡ ἔσχάρα φορτισθῆ ἀρνητικῶς. Εἰς **ἀνεπαισθήτους** μεταβολὰς τοῦ

φορτίου τῆς ἐσχάρας ἀντιστοιχοῦν **σημαντικαί** μεταβολαὶ τοῦ ρεύματος πλακὸς - νήματος. Ἐπειδὴ οὕτω μικραὶ μεταβολαὶ τοῦ φορτίου τῆς ἐσχάρας προκαλοῦν σημαντικὰς μεταβολὰς τοῦ ρεύματος πλακὸς, λέγομεν ὅτι τὸ ρεῦμα τῆς πλακὸς ἐνισχύεται ἀπὸ τὰς μεταβολὰς τοῦ φορτίου τῆς ἐσχάρας.

Ἀφαιρέσωμεν ἤδη τὴν στήλην τῆς ἐσχάρας καὶ ἀντ' αὐτῆς θέσωμεν πηνίον, τοῦ ὁποίου ὁ εἰς πόλος συνδέεται μὲ τὴν ἐσχάραν, ὁ δὲ ἄλλος μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης τοῦ νήματος, καὶ θέσωμεν τὸ πηνίον τοῦτο ὑπὸ τὴν ἐπαγωγικὴν ἐπίδρασιν ἄλλου πηνίου, τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ τὴν κεραίαν. Ὄταν ἡ κεραία προσβληθῇ ὑπὸ ἠλεκτρικῶν κυμάτων, γεννᾶται ἐξ ἐπαγωγῆς εἰς τὸ πηνίον τῆς ἐσχάρας ρεῦμα ἐναλλασσόμενον. Συνεπῶς ἡ ἐσχάρα φορτίζεται ἐναλλάξ διὰ θετικοῦ καὶ ἀρνητικοῦ φορτίου, ἐπομένως καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος πλακὸς - νήματος μεταβάλλεται ἀναλόγως.

Ἡ μεταβαλλομένη αὕτη ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς πλακὸς (τὸ ὁποῖον εἶναι συνεχὲς) παράγει ἀνάλογον παλμικὴν κίνησιν εἰς τὸ ἔλασμα τηλεφώνου (τὸ ὁποῖον ἔχει παρεμβληθῇ εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς) καὶ ἀκούεται οὕτω ἤχος.

Σημ. Ἡ λυχνία αὕτη ὡς φωρατῆς εἶναι ἀσυγκρίτως περισσότερον τοῦ κρυσταλλικοῦ φωρατοῦ εὐαίσθητος.

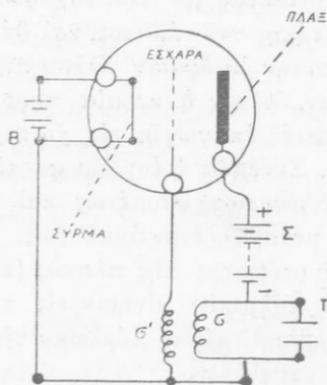
ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ ΔΙΑ ΛΥΧΝΙΩΝ

270. Ὁ πρῶτος ἀσύρματος τηλεγράφος, τὸν ὁποῖον περιεγράψαμεν ἀνωτέρω, ἦτο **τηλέγραφος διὰ σπινθήρων**.

Εἰς τὸν τηλεγράφον αὐτὸν δὲν ἐκπέμπονται συνεχῶς ἠλεκτρικὰ κύματα, ἀλλὰ ομάδες κυμάτων, μεταξὺ τῶν ὁποίων μεσολαβοῦν χρονικὰ διαστήματα, κατὰ τὰ ὁποῖα οὐδεμίαν ἐκπομπὴν κυμάτων γίνεται. Ἐκτὸς τούτου, καὶ ἐκάστης ομάδος τὰ κύματα δὲν εἶναι ἐξ ἴσου ἰσχυρά, ἀλλ' εὐθύς ἀπὸ τοῦ δευτέρου κύματος ἀρχίζει κάποια ἐξασθένεισις, ἣτις βαθμηδὸν μηδενίζει τὰ κύματα (κύματα **ἀποσβεννύμενα** ἢ **φθίνοντα**). Διὰ τοῦτο ἤχθησαν νὰ προκαλέσουν εἰς τὰς κεραίας ταλαντώσεις συνεχεῖς, ὁμοίας μὲ τὰς ταλαντώσεις ἤχου σταθερᾶς ἐντάσεως καὶ τοιαύτας, ὥστε ἡ μέση ἰσχύς τῆς ἐκπομπῆς νὰ εἶναι πολὺν ἠϋξημένη (κύματα **συντηρούμενα**).

Πρὸς τοῦτο ἐχρησιμοποιοῦν παλαιότερον *τοὺς ἐναλλακτικῆς ὑψηλῆς συχνότητος*, οἱ ὅποιοι παράγουν ἀπ' εὐθείας συντηρούμενα κύματα. Σήμερον εἰς ὅλους τοὺς σταθμοὺς *χρησιμοποιοῦν τὰς λυχνίαν τῶν τριῶν ἠλεκτροδίων*.

271. *Λυχνία γεννήτρια συντηρουμένων κυμάτων*.—Διὰ νὰ καταστήσωμεν τὴν λυχνίαν ταύτην πηγὴν ἠλεκτρικῶν κυμάτων, πα-



Σχ. 252.

ρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς κύκλωμα παλλόμενον περιλαμβάνον αὐτεπαγωγὴν σ καὶ πυκνωτὴν π , καὶ εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ἐσχάρας αὐτεπαγωγὴν σ' τοποθετημένην οὕτως, ὥστε (σχ. 252) αἱ δύο αὐτεπαγωγαὶ σ καὶ σ' νὰ ἐνεργοῦν ἢ μία ἐπὶ τῆς ἄλλης δι' ἐπαγωγῆς.

Ὅταν τὸ νῆμα διαπυρωθῇ, τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὅποια τοῦτο ἐκπέμπει, ἐλκνόμενα ὑπὸ τῆς πλακὸς (τῆς ὁποίας τὸ δυναμικὸν πρέπει νὰ εἶναι ἀνώτερον τοῦ δυναμικοῦ τοῦ νήματος), γεννοῦν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς, ὅποτε τὸ κύκλωμα $\sigma\pi$ πάλλεται. Ρεῦμα μεταβλητὸν συνεπῶς διέρχεται διὰ τῆς αὐτεπαγωγῆς σ καὶ ἐνεργεῖ ἐξ ἐπαγωγῆς ἐπὶ τῆς αὐτεπαγωγῆς σ' . Δημιουργεῖται τότε εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ἐσχάρας ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς, ἢ ὁποία διὰ τῆς μεσολαβήσεως τῆς ἐσχάρας τροποποιεῖ τὴν ροὴν τῶν ἠλεκτρονίων πρὸς τὴν πλάκα καὶ συνεπῶς καὶ τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος τῆς πλακὸς. Αἱ μεταβολαὶ αὗται τοῦ ρεύματος τῆς πλακὸς παράγουν αὔξησιν τῶν παλμικῶν ρευμάτων εἰς τὸ $\sigma\pi$, μέχρις ὅτου ἐπιτευχθῇ μόνιμος κατάστασις.

Τὸ κύκλωμα $\sigma\pi$ δύναται νὰ ἀντικατασταθῇ διὰ κεραίας μετ' αὐτεπαγωγῆς καταλλήλου, καὶ ἡ διάταξις ἠμπορεῖ τότε νὰ χρησιμεύσῃ διὰ τὴν ἐκπομπὴν συντηρουμένων κυμάτων. Διὰ νὰ λάβουν δὲ κύματα ἀρκούντως ἔντονα, συνδέουν παραλλήλως πολλὰς λυχνίας.

272. *Δέκτης*.—Ὁ δέκτης τοῦ μετὰ λυχνιῶν ἀσυρμάτου ἀποτελεῖται :

α') *Ἐκ τοῦ κυκλώματος κεραίας*, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν κεραίαν, τὸ πηνίον αὐτεπαγωγῆς καὶ τὴν γῆν.

β') *Ἐκ τοῦ κυκλώματος φωρατοῦ καὶ ἀκουστικῶν*. Ὡς φωρατῆς χρησιμοποιεῖται συνήθως ἡ λυχνία τῶν τριῶν ἤλεκτροδίων ἢ κρύσταλλος γαληνίτου.

γ') *Ἐκ τοῦ κυκλώματος ἐνισχύσεως*. Τοῦτο περιλαμβάνει μίαν ἢ περισσοτέρας λυχνίας τῶν τριῶν ἤλεκτροδίων.

δ') *Ἐκ τῶν κυκλωμάτων συντονισμοῦ*. Ταῦτα περιλαμβάνουν πηνία αὐτεπαγωγῆς καὶ μεταβλητοὺς συμπυκνωτάς. Τῇ βοήθειᾳ τούτων τὸ σύστημα τῆς κεραίας συντονίζεται, ἤτοι ρυθμίζεται κατὰ τρόπον, ὥστε νὰ δέχεται τὰς ἐκπομπὰς τοῦ ἀνταποκρινομένου σταθμοῦ, αἵτινες ἔχουν ὀρισμένον μῆκος κύματος, νὰ ἀποκλείη δὲ ὅσον τὸ δυνατὸν τὰς ἐκπομπὰς τῶν ἄλλων σταθμῶν, ὧν τὸ μῆκος κύματος διαφέρει κατὰ τι.

ΑΣΥΡΜΑΤΟΝ ΤΗΛΕΦΩΝΟΝ

273. Ἡ ἀσύρματος τηλεφωνία (ραδιοτηλεφωνία) διακρίνεται ἀπὸ τὴν ἀσύρματος τηλεγραφίαν (ραδιοτηλεγραφίαν) διὰ τοῦ τρόπου, κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ πλάτος τῶν παλμῶν τῶν παλμικῶν ρευμάτων ὑψηλῆς συχνότητος τροποποιεῖται εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἐκπομπῆς.

Εἰς τὴν ραδιοτηλεγραφίαν διακόπτομεν καὶ κλείομεν πάλιν τὸ κύκλωμα κατὰ βούλησιν καὶ τοιοῦτοτρόπως ἐπιτυγχάνομεν νὰ ἀποστέλλωμεν τμήματα χωρισμένα παλμικῶν ρευμάτων σταθεροῦ πλάτους, μικρᾶς ἢ μεγάλης διαρκείας, δηλ. στιγμᾶς ἢ γραμμᾶς, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸ ἀλφάβητον τοῦ Μόρς. Ἡ στιγμὴ ἀκούεται εἰς τὸν δέκτην ὡς στιγμιαῖος βόμβος, ἐνῶ ἡ γραμμὴ διαρκεῖ τριπλάσιον χρόνον. Εἰς τὴν ραδιοτηλεγραφίαν ἐν μικρόφωνον τροποποιεῖ, χωρὶς νὰ διακόπτη, τὸ πλάτος τῶν παλμῶν, ἀναμειγνύον μὲ αὐτοὺς μεταβολὰς ὀφειλομένας εἰς τὴν φωνήν.

Εἰς τὴν ραδιοτηλεφωνίαν χρησιμοποιεῖται ἡ λυχνία τῶν τριῶν ἤλεκτροδίων ὡς πηγὴ συντηρουμένων κυμάτων. Ἡ κεραία τῆς ἐκπομπῆς φέρει αὐτεπαγωγὴν συνδυασμένην ἐπαγωγικῶς μὲ ἄλλην αὐτεπαγωγὴν, εἰς τὴν ὁποίαν κυκλοφορεῖ παλμικὸν ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητος, διατηρούμενον καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς συνδιαλέ-

ξεως. Τὸ μικρόφωνον εἶναι τοποθετημένον κατὰ διακλάδωσιν ἐπὶ τινων σπειρῶν τῆς αὐτεπαγωγῆς τῆς κεραίας. Ἐὰν τὸ μικρόφωνον ἡρεμῇ, τὰ παλμικὰ ρεύματα τὰ ὁποῖα κυκλοφοροῦν εἰς τὴν κεραίαν διατηροῦν ἀμετάβλητον τὴν περιόδον των καὶ τὰ πλάτη των. Ἄν ὅμως ὁμιλῶμεν πρὸ τοῦ μικροφώνου, τοῦτο διὰ τῆς τρομῶδους κινήσεώς του τροποποιεῖ τὰ ἐξ ἐπαγωγῆς παλμικὰ ρεύματα εἰς τὴν κεραίαν τῆς ἐκπομπῆς. Αἱ τροποποιήσεις αὗται αἱ εἰσαχθεῖσαι εἰς τὴν ἐκπομπὴν ὑπὸ τοῦ μικροφώνου συνοδεύουν τὰς ἠλεκτρικὰς ταλαντεύσεις, αἱ ὁποῖαι τὰς φέρουν κατὰ πρῶτον μὲν εἰς τὴν κεραίαν τοῦ σταθμοῦ λήψεως, κατόπιν δὲ εἰς τὸ κύκλωμα λήψεως, ὅπου εὐρίσκεται τὸ ἀκουστικόν. Ὁ σταθμὸς λήψεως εἶναι ὅμοιος μὲ τὸν σταθμὸν λήψεως δι' ἤχου εἰς τὸν ἀσύρματον τηλεγράφον. Αἱ μεταβολαὶ λήψεως *μουσικῆς συχνότητος* μετατρέπονται διὰ τινος φωρατοῦ εἰς ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητος, τὸ ὁποῖον ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀκουστικοῦ. (Τὰ παλμικὰ ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος δὲν ἐνεργοῦν ἐπὶ τοῦ ἀκουστικοῦ λόγῳ τῆς ἀδρανείας τῆς μεμβράνης). Ἀκούομεν τότε εἰς τὸ ἀκουστικόν τὰς ὁμιλίας, αἱ ὁποῖαι ἀπηγγέλθησαν πρὸ τοῦ μικροφώνου ἐκπομπῆς.

Ρ Α Δ Ι Ο Φ Ω Ν Ο Ν

274. Τὸ ραδιόφωνον εἶναι δέκτης τηλεφωνικός, ὁ ὁποῖος ἐπὶ πλεόν *εἶναι ἐφωδιασμένος μὲ μεγάφωνον*. Τὸ μεγάφωνον εἶναι ὅμοιον μὲ τὸ ἀκουστικόν τοῦ τηλεφώνου, ἀποτελεῖται δηλ. ἀπὸ ἕνα πεταλοειδῆ ἠλεκτρομαγνήτην, ἔμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται μεταλλικὴ μεμβράνη. Τὸ σύρμα τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου συνδέεται μὲ τὸν φωρατὴν. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τότε τοῦ ρεύματος μεταβλητῆς ἐντάσεως τῆς κεραίας, ἡ μαγνητικὴ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου αὐξομειοῦται ἀναλόγως καὶ θέτει τὴν μεμβράνην εἰς παλμικὴν κίνησιν, ὁμοίαν μὲ τὴν παλμικὴν κίνησιν τὴν ὁποίαν προσεκάλεσε τὸ μικρόφωνον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς φωνῆς εἰς τὸν πομπόν. Παράγει συνεπῶς ἤχους ὁμοίους μὲ τοὺς παραχθέντας πρὸ τοῦ μικροφώνου εἰς τὸν πομπόν.

Ἐκαστον ραδιόφωνον περιλαμβάνει τὰ ἐξῆς ὄργανα :

α') *Τὴν κεραίαν*. Αὕτη ἀποτελεῖται 1) ἀπὸ τὸν ἀγωγόν, δηλ. ἀπὸ ἓν ἢ περισσότερα σύρματα, τὰ ὁποῖα τείνονται ὀριζοντίως με-

ταξὺ δύο ὑποστηριγμάτων ξυλίνων, ἀπομονούμενα ἀπ' αὐτῶν διὰ μονωτήρων ἐκ πορσελάνης. Ἐπὶ τῶν συρμάτων τούτων προσκρούοντα τὰ ἠλεκτρικὰ κύματα τὰ ἐκπεμπόμενα ὑπὸ τοῦ πομποῦ δημιουργοῦν ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος. 2) **Ἀπὸ τὴν κἀθοδον**, δηλ. ἀπὸ σύρμα μεμονωμένον, διὰ τοῦ ὁποίου φέρονται εἰς τὴν δέκτην (ραδιόφωνον) τὰ δημιουργηθέντα εἰς τὸν ἀγωγὸν ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος. 3) **Ἀπὸ τὴν προσγείωσιν**, δηλ. ἀπὸ τὸ σύρμα τὸ ὁποῖον συνδέει τὸν δέκτην μὲ τὴν γῆν (συνήθως τὸ σύρμα τοῦτο συνδέεται μὲ τοὺς ὑδραγωγοὺς σωλῆνας τῆς οἰκίας).

β') **Τὸ κύκλωμα συντονισμοῦ.** Δι' αὐτοῦ κατορθώνομεν νὰ εἰσέλθουν εἰς τὸν δέκτην κύματα ὠρισμένου μήκους, δηλ. νὰ συνδεθῶμεν μὲ ὠρισμένον σταθμὸν ἐκπομπῆς.

Ἐκαστος ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει κύματα διαφόρου μήκους, τὸ ὁποῖον, ὡς ἐμάθομεν, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς συχνότητός του καὶ τῆς ταχύτητος τῆς μεταδόσεων τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάτων ($\lambda = \frac{T}{N}$). Οὕτω π. χ. ἡ συχνότης τοῦ σταθμοῦ Ἀθηνῶν εἶναι 601000 (601 χιλιοπερίοδοι ἢ 601 χιλιοκύκλοι). Συνεπῶς τὸ μῆκος κύματος $\lambda = \frac{300.000.000}{601.000} = 499$ μέτρα περίπου. Ἐπειδὴ δὲ οἱ ραδιοφωνικοὶ σταθμοὶ εἶναι πολλοί, κατατάσσουν αὐτοὺς εἰς τρεῖς κατηγορίας:

Πρῶτον, εἰς σταθμοὺς ἐκπέμποντας κύματα μεγάλου μήκους, δηλ. 2000—666 μέτρων (συχνότης 150—450 χιλιοκύκλοι).

Δεύτερον, εἰς σταθμοὺς ἐκπέμποντας κύματα μεσαίου μήκους δηλ. 600—200 μέτρων (συχνότης 500—1500 χιλιοκύκλοι).

Τρίτον, εἰς σταθμοὺς ἐκπέμποντας κύματα βραχείου μήκους, δηλ. 13—49 μέτρων (συχνότης 21.000.000—6.000.000 περιόδων ἢ 21—6 μεγαπερίοδοι ἢ 21—6 megacycles).

Εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ κεραία θὰ δεχθῆ συγχρόνως ἠλεκτρικὰ κύματα πολλῶν σταθμῶν. Συνεπῶς καὶ ἐπ' αὐτῆς θὰ κυκλοφορήσουν ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος διαφόρων συχνοτήτων, τὰ ὁποῖα ἐδημιουργήθησαν ἀπὸ τὰ προσκρούσαντα ἐπ' αὐτῆς κύματα τῶν διαφόρων σταθμῶν. Ἀλλὰ καὶ ἐκάστη κεραία ἔχει ὠρισμένην συχνότητα, ἣτις ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀντεπαγωγὴν καὶ τὴν χωρητικότητά της. Ὅταν λοιπὸν ἡ συχνότης τῆς κεραίας εἶναι ἴση

μέ την συχνότητα ὀρισμένου σταθμοῦ, τότε ἐνισχύει τὰ κύματα μόνον τοῦ σταθμοῦ τούτου, συνεπῶς τὸν σταθμὸν αὐτὸν θὰ ἀκούσωμεν ἰσχυρότερον ἀπὸ ὅλους τοὺς ἄλλους.

Ἐπομένως πρέπει ἐκάστοτε νὰ δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν τὴν συχνότητα τῆς κεραίας, ὥστε νὰ καθιστῶμεν αὐτὴν ἴσην μετὰ τὴν συχνότητα τοῦ σταθμοῦ, μετὰ τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ συνδεθῶμεν. Τοῦτο κατορθοῦται μετὰ ἀπλούστατον χειρισμὸν (στροφὴ ἑνὸς ἢ δύο κομβίων), διὰ καταλλήλου διατάξεως ὀργάνων (πηνία αὐτεπαγωγῆς, μεταβλητοὶ συμπυκνωταί).

γ') **Τὰς λυχνίας ἐνισχύσεως τῶν ρευμάτων τῆς ὑψηλῆς συχνότητος**, διὰ τῶν ὁποίων ἐνισχύεται τὸ εἰσελθὸν εἰς τὸ ραδιόφωνον ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητος. Αὗται εἶναι λυχνίαι τῶν τριῶν ἤλεκτροδίων, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς εἶναι μεταβλητὸς (κανονίζων καὶ τὴν ἀξίαν τοῦ ραδιοφώνου). Σήμερον ὑπάρχουν ραδιόφωνα μετὰ 8—9 ἐνισχυτρίαις λυχνίας. Μετὰ ἀπλούστατον χειρισμὸν (στροφὴν ἑνὸς κομβίου) δυνάμεθα νὰ ἀυξομειώσωμεν τὸ δυναμικὸν τῶν ἐσχαρῶν τῶν λυχνιῶν καὶ συνεπῶς καὶ τὴν ἐνισχυτικὴν δύναμιν τοῦ μηχανήματος (ἀυξομείωσις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου).

δ') **Τὴν λυχνίαν φωράσεως**. Αὕτη ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον εἶναι λυχνία τῶν δύο ἤλεκτροδίων, διὰ τῆς ὁποίας τὸ ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητος μετατρέπεται εἰς ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἐπιδράσῃ εἰς τὸ megάφωνον.

ε') **Τὰς λυχνίας ἐνισχύσεως τῶν ρευμάτων χαμηλῆς συχνότητος**. Αὗται εἶναι μία ἢ περισσότεραι λυχνίαι τῶν τριῶν ἤλεκτροδίων, διὰ τῶν ὁποίων τὸ ρεῦμα γίνεται ἐντατικώτερον καὶ οὕτω ἐπιτυγχάνεται καλυτέρα λειτουργία τοῦ megάφωνου.

στ') **Τὸ megάφωνον ἢ τὰ ἀκουστικά**. Τὸ megάφωνον ἢ εὐρίσκειται εἰς τὸ αὐτὸ κυτίον μετὰ τοῦ δέκτου ἢ συνδέεται μετ' αὐτοῦ διὰ σύρματος καὶ οὕτω μεταφέρεται εὐκόλως εἰς ἄλλο δωμάτιον. Δύναται ἐπίσης νὰ τοποθετηθοῦν καὶ δύο megάφωνα εἰς τὸν αὐτὸν δέκτην.

ΤΗΛΕΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΤΗΛΕΟΡΑΣΙΣ

275. Ἐὰν ἐξετάσωμεν διὰ φακοῦ εἰκόνα τινά, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ μέγαν ἀριθμὸν σημείων διαφόρου

φωτεινότητος, λευκῶν, φαιοχρόων, μελανῶν κτλ, τὸ σύνολον τῶν ὁποίων ἀποτελεῖ τὴν εἰκόνα.

Τόσον ἡ **τηλεφωτογραφία**, ὅσον καὶ ἡ **τηλεόρασις** σκοπὸν ἔχουν τὴν δι' ἠλεκτρικῆς ὁδοῦ ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνης εἰς τὰ σημεῖα, ἐκ τῶν ὁποίων αὕτη συντίθεται, τὴν μεταφορὰν ἐκάστου ἐξ αὐτῶν ἐκ τοῦ τόπου ἐκπομπῆς εἰς τὸν τόπον λήψεως καὶ τὴν ἀνασύνθεσιν ἔπειτα ἐκεῖ τῶν οὕτω μεταφερομένων σημείων εἰς ἓν πλήρες σύνολον, ὅμοιον ἀκριβῶς πρὸς τὸ ἀρχικόν.

Διὰ τὰ ἐννοήσωμεν καλλίτερον τὸ σύστημα τῆς τηλεδιαβιβάσεως, ἃς χρησιμοποιήσωμεν τὸ κάτωθι παράδειγμα:

Εἶναι γνωστὸν ὅτι αἱ ψηφιδωταὶ εἰκόνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ πλῆθος ἰσομεγέθων περιῶπων καὶ ποικιλοχρόμων ψηφίδων.

Ἐστω ὅτι ἐπιθυμοῦμεν ν' ἀναπαραστήσωμεν ἐν Θεσσαλονίκῃ ψηφιδωτόν, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐξ ἰσομεγέθων καὶ τετραγώνων ψηφίδων καὶ τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ Βυζαντινὸν Μουσεῖον τῶν Ἀθηνῶν. Πρὸς τοῦτο συνδεόμεθα τηλεφωνικῶς μετὰ εἰδικοῦ περὶ τὴν κατασκευὴν ψηφιδωτῶν καλλιτέχου εὐρισκομένου ἐν Θεσσαλονίκῃ, ὅστις προειδοποιηθεὶς ἔχει ἅπαντα τὰ ἀπαιτούμενα διὰ τὴν ἐργασίαν ταύτην ὑλικά, τετραγώνους δηλ. ψηφίδας ὁμοίας πρὸς τὰς τοῦ ἐν Ἀθήναις μωσαϊκοῦ κτλ. Ἡ ἐργασία θὰ ἀρχίσῃ ἐκ τῆς ἄνω ἀριστερᾶς γωνίας τοῦ ψηφιδωτοῦ καὶ ἀφοῦ τελειώσωμεν τὴν ψηφίδα πρὸς ψηφίδα περιγραφὴν τῆς πρώτης σειρᾶς, ἀρχίζομεν τὴν ἰδίαν ἐργασίαν διὰ τὴν δευτέραν σειρὰν καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς μέχρι τῆς τελευταίας σειρᾶς καὶ ψηφίδος.

Αἱ ὁδηγίαι δηλαδή αἱ διδόμεναι τηλεφωνικῶς πρὸς τὸν ἐν Θεσσαλονίκῃ καλλιτέχνην θὰ εἶναι περιῶπων τοιαύτης μορφῆς:

«Πρώτη σειρὰ, πρώτη ψηφίς: μελανή. Δεύτερα ψηφίς: μελανή. Τρίτη ψηφίς: φαιοχρόου. Τετάρτη ψηφίς: λευκή» καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς μέχρι τῆς τελευταίας ψηφίδος τῆς πρώτης σειρᾶς. Ἐπειτα: «Δεύτερα σειρὰ, πρώτη ψηφίς: μελανή» κ.ο.κ. ὡς ἄνω.

Ὁ καλλιτέχνης, συμφώνως πρὸς τὰς ὁδηγίας ἡμῶν, τοποθετεῖ ἐπὶ τοῦ ἀντιστοίχου πλαισίου τὰς ψηφίδας, μίαν πρὸς μίαν.

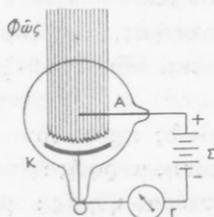
Εἶναι φανερόν ὅτι εὐθὺς ὡς ἡ ἐργασία περατωθῆ, ἡ ἐν Θεσσαλονίκῃ οὕτω πως κατασκευασθεῖσα εἰκὼν θὰ εἶναι πανομοιότυπος μὲ τὴν Ἀθήναις εὐρισκομένην.

Ὁ αὐτὸς τρόπος ἀναλύσεως καὶ συνθέσεως τῶν διαφόρων εἰκό-
νων ἀκολουθεῖται καὶ εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν καὶ τηλεόρασιν. Ἡ
διαφορὰ μεταξύ τηλεφωτογραφίας καὶ τηλεοράσεως ἔγκειται εἰς τὸ
ὅτι κατὰ μὲν τὴν τηλεφωτογραφίαν διαβιβάζονται εἰκόνες, ἐνῶ
κατὰ τὴν τηλεόρασιν ζῶσαι πλέον σκηναὶ τοῦ καθ' ἡμᾶς βίου. Ση-
μειωτέον μάλιστα ὅτι κατὰ τὰ τελευταῖα μόνον ἔτη κατώρθωσαν νὰ
διαβιβάζουν ζώσας εἰκόνας, καθόσον τὰ πρότερον ὡς «συσκευαὶ τη-
λεοράσεως» χαρακτηριζόμενα μηχανήματα δὲν διεβίβαζον παρὰ κι-
νηματογραφικὴν ταινίαν (πάλιν ἐπομένως εἰκόνας), ἡ ὁποία ἐλαμβά-
νετο καὶ ἐνεφανίζετο ἀμέσως. Ἐπήρχετο ἐπομένως, ὅσονδήποτε τα-
χεῖα καὶ ἂν ἐγίνετο ἡ λήψις καὶ ἐμφάνισις τῆς κινηματογραφικῆς
ταινίας, κάποια καθυστέρησις μεταξύ τῶν συμβαινόντων καὶ τῆς
ἀναπαραστάσεως αὐτῶν ἐπὶ τοῦ δέκτου τῆς τηλεοράσεως.

ΕΚΠΟΜΠΗ

276. Τὸ εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν καὶ τηλεόρασιν χρησιμοποι-
ούμενον βασικὸν μηχανήμα εἶναι κυρίως τὸ «φωτοηλεκτρικὸν στοι-
χεῖον» ἢ ἀπλῶς «φωτοκύτταρον».

Τοῦτο μετατρέπει τὸ φῶς εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ἀντίστρο-
φον δηλαδὴ ἀπὸ ὅ,τι γίνεται εἰς τὰς συνήθεις ἠλεκτρικὰς λυχνίας,
εἰς τὰς ὁποίας γίνεται μετατροπὴ τοῦ ἠλε-
κτρικοῦ ρεύματος εἰς φῶς.



Σχ. 253.

Τὸ φωτοκύτταρον (σχ. 253) ἀποτελεῖ-
ται ἐξ ὑαλίνης σφαιρας κενῆς ἀέρος, ἐντὸς
τῆς ὁποίας εὐρίσκονται δύο μεταλλικαὶ πλά-
κες K καὶ A, συνδεδεμένα ἐξωτερικῶς μὲ
τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς στήλης Σ. Ἡ πλάξ
K, κοίλη κατὰ τὸ σχῆμα (κάθοδος), φέρει
ἐπὶ τῆς κοίλης ἐπιφανείας αὐτῆς στρωμὰ ἐκ
καλίου, συνδέεται δὲ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης Σ.

Ἡ πλάξ A (ἄνοδος) συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς ἰδίας
στήλης.

Ὅταν προσπέσουν ἐπὶ τῆς κοίλης ἐπιφανείας τῆς καθόδου φω-
τειναὶ ἀκτῖνες, τὸ ὑπ' αὐτῶν προσβαλλόμενον κάλιον ἔχει τὴν ιδιό-
τητα νὰ ἐλευθερώη μέρος τῶν ἠλεκτρονίων του, ὅπως ἀκριβῶς τὸ

ἐν πυρακτώσει εὐρισκόμενον νῆμα λυχνίας τῶν δύο ἢ τριῶν ἠλεκτροδίων.

Τὰ ἠλεκτρόνια ταῦτα, ἐλκόμενα ὑπὸ τῆς ἀνόδου, κατευθύνονται πρὸς αὐτήν, ἀναπληρούμενα συνεχῶς ἐν τῇ καθόδῳ λόγῳ τῆς συνδέσεως ταύτης μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης Σ, καὶ οὕτω τὸ κύκλωμα τῆς στήλης κλείεται ἐντὸς τοῦ φωτοκυττάρου χάρις εἰς τὴν ἐξ ἠλεκτρονίων γέφυραν ταύτην, καὶ ρεῦμα διαρρέει αὐτό, ὅπως δεικνύει τὸ παρεμβαλλόμενον γαλβανόμετρον Γ.

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου εἶναι ἀνάλογος τῆς φωτεινῆς ἐντάσεως τῶν ἐπὶ τῆς καθόδου Κ προσπιπτουσῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

Ἐὰν διὰ καταλλήλου διατάξεως τὰ ἀπειροπληθῆ σημεῖα μιᾶς εἰκόνος ἐπιδράσουν ἀλληλοδιαδόχως διὰ τῆς διαφόρου φωτεινότητος τῶν ἐπὶ τῆς καθόδου τοῦ φωτοκυττάρου, θὰ δημιουργήσουν ἐπ' αὐτοῦ διαδοχικὰ ρεύματα ἐντάσεως ἀναλόγου ἐκάστοτε πρὸς τὴν φωτεινότητα. Δηλαδή τὰ σκοτεινὰ σημεῖα τῆς εἰκόνος θὰ δημιουργήσουν ρεύματα ἐλαχίστης ἐντάσεως, τὰ φαιόχροα μεγαλυτέρας, τὰ δὲ λευκά, ὡς φωτεινά, ἔτι μεγαλυτέρας.

Τὰ οὕτω πως λοιπὸν δημιουργούμενα ρεύματα μεταβλητῆς ἐντάσεως δυνάμεθα νὰ διαβιβάσωμεν εἰς κεραίαν ἐκπομπῆς παλμικῶν ρευμάτων ὑψηλῆς συχνότητος καὶ νὰ τροποποιήσωμεν τὰ ἐν αὐτῇ συντηρουμένου πλάτους ρεύματα, ὅπως τροποποιούμεν ταῦτα καὶ διὰ τῶν μικροφωνικῶν ρευμάτων εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς πομπούς.

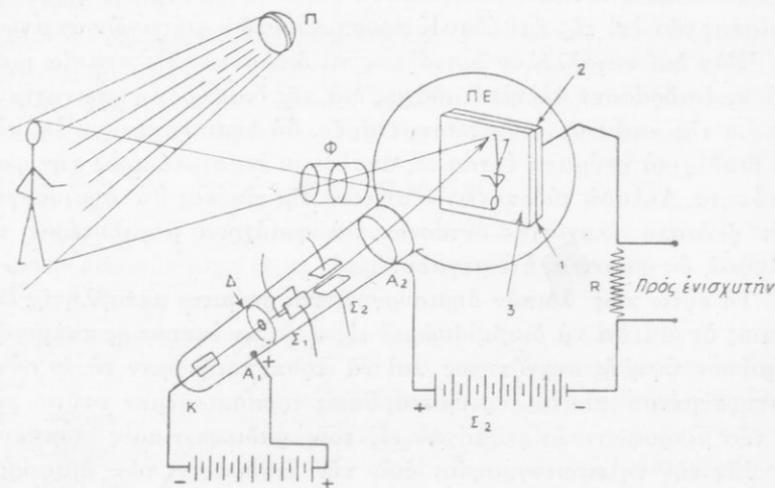
Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν διὰ τὴν ἐπίδρασιν τῶν διαφόρου φωτεινότητος σημείων τῆς ὑπὸ ἐκπομπῆν εἰκόνος ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου χρησιμοποιεῖται ἡ ἀκόλουθος διάταξις :

Ἡ εἰκὼν προσαρμόζεται ἐπὶ κυλίνδρου οὐ μόνον περιστρεφόμενου δι' ἠλεκτροκινητήρος, ἀλλὰ καὶ προωθουμένου συγχρόνως. Κατὰ τὴν περιστροφήν καὶ προώθησιν ταύτην τοῦ κυλίνδρου, ἄρα καὶ τῆς ἐπ' αὐτοῦ εἰκόνος, ἅπαντα τὰ σημεῖα ταύτης διέρχονται πρὸ φωτεινῆς ἀκτίνος λεπτοτάτης, ἀλλὰ ἐντατικῆς, παραγομένης ὑπὸ προβολέως. Οὕτω τὰ διάφορα σημεῖα, ἀναλόγως τοῦ χρωματισμοῦ των, ἀπορροφῶσιν ἢ ἀνακλῶσι κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς. Πρὸ αὐτῶν ὅμως εὐρίσκεται καὶ φωτοκύτταρον, τὸ ὁποῖον ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὴν φωτεινότητα τῶν σημείων τούτων καὶ δημιουργεῖ ἐπομένως ρεύματα μεταβλητῆς ἐντά-

σεως, ἄτινα, ὅπως εἶπομεν ἀνωτέρω, τροποποιοῦν τὰ ρεύματα τῆς κεραίας ἐκπομπῆς.

Εἰς τὴν τηλεόρασιν διὰ τὴν ἐκπομπὴν ἐχρησιμοποιεῖτο κατ' ἀρχὰς τὸ φωτοκύτταρον ἐν συνδυασμῶ μετὸν «δίσκον τοῦ Νίπκωβ», ὅστις ἐχρησίμευε διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνης εἰς σημεῖα.

Μεγάλην ὁμως ὥθησιν εἰς τὴν ἐξέλιξιν τοῦ τρόπου ἐκπομπῆς ἐν τῇ τηλεοράσει ἔδωσε τὸ ὑπὸ τοῦ Ρώσου Ντζβόρουκιν ἐπινοηθὲν «εἰκονοσκόπιον».



Σχ. 254.

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνου σωλῆνος κενοῦ ἀέρος καταλήγοντος εἰς σφαιρὰν (σχ. 254), ἐντὸς τῆς ὁποίας ὑπάρχει πλάξ ΠΕ (πλάξ εἰδώλου), ἣτις ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ τριῶν στρωμάτων. Τὸ ἐξ αὐτῶν ὑπ' ἀριθ. 1 εἶναι πλάξ ἐκ μαρμαρυγίου. Τὸ ὑπ' ἀριθ. 2 εἶναι λεπτότατον μεταλλικὸν ἐπίχρισμα ἐπὶ τῆς ὀπισθίας πλευρᾶς τοῦ μαρμαρυγίου· ἐπὶ τῆς ἐμπροσθίας δὲ πλευρᾶς αὐτοῦ εἶναι τὸ ὑπ' ἀριθ. 3 στρώμα, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ μικροσκοπικώτατα ἐπιμελῶς μεμονωμένα ἀπ' ἀλλήλων σταγονίδια ἐξ ὀξειδίου τοῦ καισίου. Τὰ σταγονίδια ταῦτα ἀποτελοῦν ἐν ἑκάστον μικροσκοπικὰ φωτοκύτταρα. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐπὶ τῆς ὡς ἄνω πλακὸς (15×15

έκατ.) σταγονιδίων αυτών δύναται νὰ φθάσῃ τὰ τρία ἑκατομμύρια.

Εἰς ὥρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς πλακὸς εἰδώλου ὑπάρχει ἡ ἄνοδος A_2 . Μεταξὺ ταύτης καὶ τῆς πλακὸς εἰδώλου ὑπάρχει ὑψηλὴ τάσις χορηγουμένη ὑπὸ τῆς στήλης Σ_2 . Εἰς τὸ οὕτω σχηματιζόμενον κύκλωμα παρεβάλλεται ἐν σειρᾷ καὶ ἡ ἀντίστασις R.

Ἡ διάταξις αὕτη λειτουργεῖ ὡς ἑξῆς :

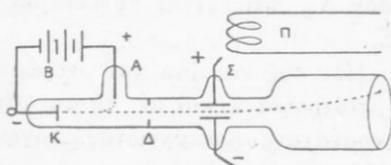
Ἡ πρὸς διαβίβασιν εἰκόν, φωτιζομένη ἰσχυρῶς ὑπὸ τοῦ προβολέως Π, προβάλλεται τῇ βοηθείᾳ φακοῦ Φ ἐπὶ τοῦ στρώματος τῶν φωτοκυττάρων τῆς πλακὸς εἰδώλου. Ὡς ἐκ τούτου ἕκαστον φωτοκύτταρον προσβάλλεται ἀπὸ ὥρισμένην ποσότητα φωτός, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν φωτεινότητα τοῦ προβαλλομένου σημείου τῆς εἰκόνος. Τὰ ἐλευθερούμενα ὑφ' ἑνὸς ἑκάστου τῶν φωτοκυττάρων ἠλεκτρονία φέρονται πρὸς τὴν ἄνοδον A_2 , ἣτις εἶναι συνδεδεμένη μετὸν θετικὸν πόλον τῆς στήλης Σ_2 .

Τὰ σταγονίδια ὅμως τοῦ ὀξειδίου τοῦ καισίου τοῦ στρώματος 3 ἀποτελοῦν, μετὸ μεταλλικὸν ἐπίστρωμα 2 καὶ μετὸ μονωτικὸν στρώμα τοῦ μιγμαρυγίου 1, σμικροτάτους συμπυκνωτάς. Λόγω τῆς ὑπὸ τῆς ἀνόδου A_2 ἔλξεως τῶν ἠλεκτρονίων τὸ κύκλωμα τῆς στήλης Σ_2 κλείεται καὶ οἱ συμπυκνωταὶ πληροῦνται. Εἶναι δὲ ἐνδόνητον ὅτι τὸ φορτίον αὐτῶν θὰ εἶναι τόσον μεγαλύτερον, ὅσον περισσότερον φῶς προσβάλλει τὰ φωτοκύτταρα. Τὰ ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὴν ἑκάστοτε φωτεινότητα τῆς εἰκόνος ἀνομοιόμορφα ταῦτα φορτία τῶν συμπυκνωτῶν ἐξακολουθοῦν ὑφιστάμενα, ἐφ' ὅσον δὲν ἐκκενοῦμεν τοὺς συμπυκνωτάς, καὶ ἂν ἔτι ἀποτρέψωμεν τὴν προβολὴν τῆς εἰκόνος. Ὅπως ἀντιλαμβανόμεθα, τὸ φῶς «ἐναποθηκεύεται» ὑπὸ μορφήν ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐντὸς τῶν συμπυκνωτῶν.

Ἀπομένει τώρα ἡ διὰ τρόπου τινὸς ἐκκένωσις τῶν συμπυκνωτῶν αὐτῶν καὶ ἡ διὰ τῶν ρευμάτων ἐκκενώσεώς των τροποποιήσις τῶν ὑψηλῆς συχνότητος παλμικῶν ρευμάτων τῆς κεραίας. Ὁ τρόπος οὗτος εἶναι καὶ πάλιν ἠλεκτρικῆς φύσεως. Πρὸς κατανόησιν ὅμως αὐτοῦ, δέον ν' ἀναφέρωμεν τὴν ἀρχὴν, ἐφ' ἣς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς λυχνίας, ἣν ἐπενόησεν ὁ Γερμανὸς Μπράουν. Ἡ ἐξέτασις τῆς ἀρχῆς ταύτης τυγχάνει ἐξ ἄλλου ἀπαραίτητος, διότι εἰς τοὺς συγχρόνους δέκτας τηλεοράσεως χρησιμοποιεῖται ἡ ἰδία λυχνία τοῦ Μπράουν.

Σημ.—Ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου στηρίζονται καὶ αἱ ἠχητικαὶ ταινίαι τοῦ κινηματογράφου. Κατὰ τὴν λήψιν δηλ. τῆς ταινίας, τὰ ρεύματα τῶν μικροφῶνων, ἐνώπιον τῶν ὁποίων ὀμιλοῦμεν ἢ ἄνομεν, ἐπενεργοῦσιν ἐπὶ τῆς φωτιστικῆς ἐντάσεως ειδικῆς λυχνίας. Λόγω τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως ταύτης σχηματίζονται ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας κατὰ τὴν λήψιν τῆς γραμμαὶ ἀνομοιομόρφου φωτεινότητος καὶ μεγέθους. Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας αἱ γραμμαὶ αὗται, ἐπενεργοῦσαι ἐπὶ φωτοκυττάρου, δημιουργοῦν ρεύματα μεταβλητῆς ἐντάσεως, ἅτινα διαβιβάζονται εἰς μεγάλῳνον καὶ ἀναπαράγουν οὕτω τοὺς διαφόρους ἤχους.

277. Λυχνία τοῦ Μπράουν.—Ἐντὸς λυχνίας, ἐν τῇ ὁποίᾳ ἐδημιουργήθη ὑψηλὸν κενόν, ὑπάρχουν δύο ἠλεκτροδία K καὶ A



Σχ. 255.

(σχ. 255), εὐρισκόμενα ὑπὸ λίαν ὑψηλὴν τάσιν χορηγομένην ὑπὸ πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος B. Ἐν τῷ οὕτω σχηματιζομένῳ κυκλώματι ρεεὶ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καθόσον τὸ κύκλωμα θεωρεῖται

κλειόμενον ἐντὸς τοῦ κενοῦ τῆς λυχνίας, ὑπὸ δέσμης ἠλεκτρονίων κατευθυνομένων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτροδίου K (καθόδου) πρὸς τὸ θετικὸν A (ἄνοδον).

Μέρος ὅμως τῆς δέσμης τῶν ἠλεκτρονίων κατευθύνεται παράδοξως πρὸς καὶ πρὸς τὸ δεξιὰ εὐρισκόμενον ὑάλινον τοίχωμα τῆς λυχνίας, ἐφ' οὗ προσπίπτον προκαλεῖ φωσφορισμόν. Ἐὰν νῦν τοποθετήσωμεν ἐντὸς τοῦ λαιμοῦ τῆς λυχνίας μεταλλικὸν δίσκον Δ, φέροντα εἰς τὸ μέσον ὀπῆν (διάφραγμα), ὁ δίσκος οὗτος ἐπιτρέπει τὴν διὰ τῆς ὀπῆς διέλευσιν μιᾶς λεπτοτάτης μόνον ἀκτίνος ἕξ ἠλεκτρονίων, ἥτις προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ ὑαλίνου τοιχώματος δημιουργεῖ φωσφορίζουσαν κηλίδα πάχους ἀναλόγου μὲ τὸ τῆς ἀκτίνος.

Ἐπειδὴ ἡ ἀκτὶς αὕτη δὲν εἶναι παρὰ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐκτὸς παντὸς ἀγωγοῦ, ὑφίσταται, ὡς καὶ τὸ διαρρέον τοὺς ἀγωγούς ρεῦμα, τὰς συνεπειὰς τῆς ἐπ' αὐτοῦ ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Πράγματι, εάν τοποθετήσωμεν ἐντὸς τοῦ λαιμοῦ καὶ συμπυκνωτὴν Σ κατὰ τρόπον ὥστε ἢ ὡς ἄνω ἠλεκτρονικὴ ἀκτὶς νὰ διαπερᾶ τὸ διηλεκτρικὸν αὐτοῦ, τότε φορτίζοντες τὸν συμπυκνωτὴν ἀναγκάζομεν τὴν ἠλεκτρονικὴν ἀκτῖνα νὰ ἀποκλίνη. Ἐὰν ὁ κάτω ὄπλισμὸς τοῦ συμπυκνωτοῦ συνεδέθη μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς φορτιζούσης τὸν συμπυκνωτὴν πηγῆς καὶ ὁ ἕτερος ὄπλισμὸς μὲ τὸν θετικὸν πόλον, τότε ἡ ἠλεκτρονικὴ ἀκτῖς, ὡς ἀποτελουμένη ἐκ τῶν φύσει ἀρνητικῶν ἠλεκτρονίων, ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ κάτω ἀρνητικοῦ ὄπλισμοῦ τοῦ συμπυκνωτοῦ, ἔλκεται δὲ ὑπὸ τοῦ θετικοῦ. Ἄρα ἀποκλίνει ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ὡς ἐν τῷ σχήματι 255 φαίνεται.

Παρομοίαν ἀπόκλισιν ἐπιτυγχάνομεν διὰ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλουμένου ὑπὸ πηνίου Π διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἢ πρὸς τὰ ἄνω ἀπόκλισις θὰ ἐπιτευχθῆ, εἰς τὸν πηνίου εὐρισκομένου ὀπισθεν ἀκριβῶς τοῦ λαιμοῦ τῆς λυχνίας παρουσιασθῆ, λόγῳ τῆς φορᾶς τῶν σπειρῶν τούτου καὶ τῆς ἐν αὐτῷ διευθύνσεως τοῦ ρεύματος, ὁ βόρειος πόλος πρὸς ἡμᾶς.

Ἐὰν τόσον ὁ συμπυκνωτὴς ὅσον καὶ τὸ πηνίον ἀλλάξωσι πολικότητα, τότε ἡ ἀκτῖς θὰ κατευθυνθῆ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς κάτω. Εἶναι εὐνόητον, ὅτι ἡ ἀπόκλισις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῶν πεδίων αὐτῶν.

Διὰ τοποθετήσεως ἐπὶ τοῦ λαιμοῦ καὶ δευτέρου συμπυκνωτοῦ, οὔτινος ὅμως τὸ πεδίου νὰ εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ πεδίου τοῦ πρώτου, ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀπόκλισις τῆς ἀκτίνος καθ' ὄριζοντίαν πλέον καὶ οὐχὶ κατακόρυφον φορᾶν.

Οὕτω διὰ τοποθετήσεως δύο συμπυκνωτῶν καθέτων πρὸς ἀλλήλους καὶ διὰ καταλλήλου φορτίσεως αὐτῶν, δυνάμεθα νὰ μετατοπίσωμεν τὴν ἠλεκτρονικὴν ἀκτῖνα κατὰ βούλησιν.

Καὶ νῦν ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ εἰκονοσκόπιον (σχ. 254).

Ἐπὶ τοῦ κυλινδρικοῦ ὀπισθίου τοῦ μέρους τὸ εἰκονοσκόπιον εἶναι καθ' ὅλα ὅμοιον μὲ τὴν λυχνίαν τοῦ Μπράουν. Ἡ ἠλεκτρονικὴ ὅμως ἀκτῖς προσπίπτει οὐχὶ ἐπὶ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ εὐρισκομένου ὑαλίνου τοιχώματος, ἀλλὰ ἐπὶ τῆς πλακὸς εἰδώλου, διότι αὕτη εὐρίσκειται πρὸ τοῦ τοιχώματος.

Ἄναγκάζοντες διὰ τοῦ ἐκ τῶν δύο συμπυκνωτῶν Σ₁ καὶ Σ₂ (σχ. 254) συστήματος τὴν ἠλεκτρονικὴν ἀκτῖνα νὰ περιτρέξῃ τοὺς

ἐπὶ τῆς πλακὸς εἰδώλου πεπληρωμένους συμπυκνωτάς, ἐκκενουῖμεν τῇ βοθηεῖα ταύτης αὐτούς. Τὸ κύκλωμα ἐπομένως: πλάξ εἰδώλου—στίλη Σ_2 —ἀνοδος A_2 διαρρέεται ὑπὸ μεταβλητῶν ρευμάτων ἀναλόγων πρὸς τὰ ἐκκενούμενα φορτία τῶν μικροσκοπικῶν συμπυκνωτῶν τῆς πλακὸς εἰδώλου, τὰ ρεύματα δὲ ταῦτα προκαλοῦν ἀντιστοίχους πτώσεις τάσεως κατὰ μῆκος τῆς ἀντιστάσεως R . Ἐκ τῶν συναπτῆρων ταύτης πλέον διαβιβάζομεν τὰς τάσεις αὐτάς πρὸς ἐνίσχυσιν εἰς ἐνίσχυτὰς καὶ εἶτα εἰς κεραίαν ἐκπομπῆς παλμικῶν ρευμάτων, τροποποιοῦντες οὕτω τὰ συντηρούμενα ρεύματά της.

Λ Η Ψ Ι Σ

278. Τὰ ὑπὸ τῆς κεραίας λήψεως λαμβανόμενα ρεύματα μεταβλητῆς ἐντάσεως τῶν πομπῶν τηλεφωτογραφίας διαβιβάζονται μετὰ τὴν φώρασιν αὐτῶν εἰς εἰδικὴν λυχνίαν, ἧς ἀὔξομειοῦσι τὴν φωτιστικὴν ἔντασιν. Ἄκτις τις ἐκπορευομένη ἐκ τῆς λυχνίας ταύτης προσβάλλει διὰ καταλλήλου διατάξεως χάρτην εὐαίσθητον εἰς τὸ φῶς, φερόμενον ἐπὶ κυλίνδρου ὁμοίου πρὸς τὸν διὰ τὴν ἐκπομπὴν χρησιμοποιούμενον καὶ οὐ μόνον περιστρεφόμενον ἀλλὰ καὶ προωθούμενον κατὰ τρόπον, ὥστε ἅπαντα τὰ σημεῖα τοῦ ἐπ' αὐτοῦ χάρτου νὰ προσβάλλωνται κατὰ σειρὰν ἐν πρὸς ἐν ὑπὸ τῆς ἀκτίνος.

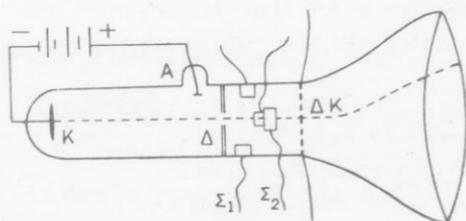
Εἶναι εὐνόητον ὅτι ἀναλόγως τῆς φωτεινότητος τῆς ἀκτίνος ταύτης θὰ δημιουργηθοῦν, ὡς καὶ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακὸς, σημεῖα ἀνομοιομόρφου φωτισμοῦ. Ὁ χάρτης οὗτος ὑφιστάμενος εἶτα τὴν σχετικὴν κατεργασίαν καὶ ἐμφάνισιν μᾶς παρέχει τὴν διαβιβασθεῖσαν εἰκόνα.

279. Διὰ τὴν λήψιν *εἰς τὴν τηλεόρασιν* χρησιμοποιεῖται, ὡς προελέχθη, ἡ λυχνία τοῦ Μπράουν. Εἰς αὐτὴν τὸ τοίχωμα, ἐφ' οὗ προσκρούει ἡ ἠλεκτρονικὴ ἀκτίς, ἐπαλείφεται ἐσωτερικῶς διὰ καταλλήλου οὐσίας καθιστώσης τὸν ἐκ τῆς προσπτώσεως τῆς ἀκτίνος προκαλούμενον φωσφορισμὸν ἐντατικώτερον.

Ἐπὶ πλέον ἐντὸς τοῦ λαιμοῦ τῆς ἰδίας λυχνίας καὶ μεταξὺ τοῦ συστήματος τῶν συμπυκνωτῶν τῶν προκαλούντων τὴν μετατόπισιν τῆς ἀκτίνος καὶ τοῦ τοιχώματος παρεντίθεται διάφραγμα ΔΚ (σχ. 253), ὁμοιον πρὸς τὸ διάφραγμα Δ, εἰς ὃ διαβιβάζονται τὰ ἐκ τῆς κεραίας λήψεως λαμβανόμενα ρεύματα, ἀφ' οὗ κατὰ πρῶτον

ένισχυθούσιν δι' ένισχυτικῶν λυχνιῶν. Τὸ διάφραγμα ἐπομένως ΔΚ φορτίζεται ἀντιστοιχῶς. Ἐὰν τὸ φορτίον αὐτοῦ εἶναι θετικόν, ἐπιτρέπει τὴν διὰ τῆς εἰς τὸ μέσον αὐτοῦ ὑπαρχούσης ὀπῆς διέλευσιν περισσοτέρων ἠλεκτρονίων. Ἐὰν ἐπὶ τοῦ τοιχώματος ἐπομένως παρουσιαζομένη ὡς φωσφορίζουσα κηλὶς εἶναι φωτεινότερα. Ἐὰν τοῦναντίον τὸ φορτίον γείνη ἀρνητικόν, τὸ διάφραγμα ΔΚ ἀποτρέπει τὴν ἐξ αὐτοῦ διέλευσιν πολλῶν ἠλεκτρονίων· ἢ ἀκτὶς λοιπὸν καθίσταται ἀσθενεστέρα, ἄρα καὶ ἡ κηλὶς μᾶλλον σκοτεινὴ.

Οὕτω ἀναλόγως τοῦ φορτίου τοῦ διαφράγματος ἔχομεν διαφορὸν φωτεινότητος σημεῖα ἐπὶ τοῦ ὑαλίνου τοιχώματος, ἅτινα μᾶς



Σχ. 256.

παρέχουν καὶ τὰ χαρακτηριστικὰ τῶν ἐκπεμπομένων παραστάσεων.

Εἶναι αὐτονόητον ὅτι μεταξὺ τῶν ἐκ συμπυκνωτῶν συστημάτων τῶν προκαλούντων τὴν μετατόπισιν τῆς ἠλεκτρονικῆς ἀκτίνος, τόσον εἰς τὸ εἰκονοσκόπιον τοῦ Ντζβόρσκιν, ὅσον καὶ εἰς τὴν διὰ τὴν λήψιν χρησιμοποιουμένην λυχνίαν τοῦ Μπράουν, δέον νὰ ὑπάρχη, καὶ ὑπάρχει, ἀπόλυτος συγχρονισμός. Οὗτος ἐπιτυγχάνεται διὰ καταλλήλου τροφοδοτήσεως τῶν συμπυκνωτῶν αὐτῶν.

Ὁ αὐτὸς συγχρονισμὸς δέον ὡσαύτως νὰ ὑφίσταται καὶ εἰς τοὺς μετακινούντας τὰς εἰκόνας ἢ τὸν χάρτην ἐφ' οὗ ἐμφανίζονται αὗται κυλίνδρους, εἰς τὰ μηχανήματα τῆς ἐκπομπῆς τηλεφωτογραφίας.

Ημερομηνία: 15/11/2011
Αριθμός: 1111/11
Προς: Υπουργό Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων
Από: Διευθυντή Γραφείου



Ο παραπάνω πίνακας αφορά στην εξέλιξη της απόδοσης των δύο ομάδων κατά τη διάρκεια της έρευνας. Η ομάδα Α παρουσιάζει σταθερότητα στην απόδοσή της, ενώ η ομάδα Β παρουσιάζει βελτίωση με την πάροδο του χρόνου.

Επισημαίνεται ότι η απόδοση της ομάδας Β έχει φτάσει στο επίπεδο της ομάδας Α, γεγονός που υποδηλώνει ότι η παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα Β ήταν αποτελεσματική.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦ. Α'—ΦΩΣ. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΦΩΤΕΙΝΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ

	Σελ.
Όρισμοί	5
Σώματα φωτεινά, διαφανή, διαφώτιστα, σκιερά	5-7
Φωτειναί ακτίνες	7
Σκιαί: Έκλειψεις (σ. 9), προσδιορισμός τοῦ ὕψους διαφόρων ἀντικειμένων (σ. 9), εἰκόνες διδόμεναι ὑπὸ τῶν μικρῶν ὀπῶν (σ. 10)	9-11
Ἐξαιρέσεις εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός	11
Προβλήματα	12

ΚΕΦ. Β'—ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Όρισμός (σ. 12): Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός (σ. 13), προβλήματα (σ. 17).	12-17
--	-------

ΚΕΦ. Γ'. — ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

Όρισμοί	17
Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως τῆς πηγῆς	18
Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς κλίσεως τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας	19
Σχέσις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν	20
Φωτόμετρα: Φωτομετρικαὶ μονάδες (σ. 23), προβλήματα (σ. 24)	20-24

ΚΕΦ. Δ' — ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ
ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

*Ορισμοί	24
Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως	25
*Ακανόνιστος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις	26
*Ἐπίπεδα κάτοπτρα : Εἶδωλα παρεχόμενα ὑπὸ ἐπιπέδων κατόπτρων (σ. 27), πεδῖον ἐπιπέδου κατόπτρου (σ. 28), ἀνάκλασις ἐπὶ δύο παραλλήλων κατόπτρων (σ. 28), ἀνάκλασις ἐπὶ δύο συγκλίνοντων κατόπτρων (σ. 29), καλειδοσκόπιον (σ. 30), προβλήματα (σ. 31)	27-31

ΚΕΦ. Ε'—ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

*Ορισμοί	31
Κοῖλα κάτοπτρα : *Ανάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων (σ. 33), εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου κειμένου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος (σ. 34), εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου οἰουδήποτε (σ. 37), εἶδωλα ἀντικειμένων (σ. 38), ἐφαρμογαὶ (σ. 40)	33-47
Κυρτὰ κάτοπτρα : Κυρία ἐστία (σ. 41), συζυγεῖς ἐστίαι (σ. 42), εἶδωλα ἀντικειμένων (σ. 42), τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων (σ. 43), προβλήματα (σ. 46)	40-47

ΚΕΦ. ΣΤ'.—ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Προκαταρκτικαὶ ἔννοιαι	47
Νόμοι τῆς διαθλάσεως	48
Περίπτωσις, καθ' ἣν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ἐνὸς μέσου εἰς ἄλλο διαθλαστικώτερον	49
Περίπτωσις, καθ' ἣν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ἐνὸς μέσου εἰς ἄλλο ὀλιγώτερον διαθλαστικόν	51
*Ἀτμοσφαιρικὸς κατοπτρισμός	52
Κυριώτερα φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὴν διάθλασιν	53
Πρίσματα : *Ορισμοὶ (σ. 55), πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τοῦ πρίσματος (σ. 55), μεταβολαὶ τῆς ἐκτροπῆς (σ. 56), τύποι τοῦ πρίσματος (σ. 58), ἐφαρμογαὶ τῶν πρισμάτων : πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως, περισκόπιον (σ. 59), προβλήματα (σ. 61)	55-62
Φακοί : *Ορισμοὶ (σ. 62), συγκλίνοντες φακοὶ (σ. 63), ὀπτικὸν κέντρον, δευτερεύοντες ἄξονες (σ. 63), διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων (σ. 64), ἰσχύς φακοῦ (σ. 64), τύπος τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως	

φακοῦ (σ. 65), εἰδωλα παρεχόμενα ὑπὸ συγκλινόντων φακῶν (σ. 65), τύποι συγκλινόντων φακῶν (σ. 67), ἐφαρμογαὶ (σ. 68).	62-68
Φακοὶ ἀποκλίνοντες: πορεία φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ φακοῦ ἀποκλίνοντος (σ. 68), διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων (σ. 69), εἰδωλα παρεχόμενα ὑπὸ ἀποκλινόντων φακῶν (σ. 70), τύποι (σ. 71), ἐφαρμογαὶ (σ. 72), προβλήματα (σ. 72)	

ΚΕΦ. Ζ'.—ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΒΟΛΗΣ. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

Προβολεὺς	73
Φωτογραφικὴ συσκευή	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'.—ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ἀποσύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἡλιακὸν φάσμα (σ. 76): τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ καὶ ἀνίσως διαθλαστά (σ. 77), σύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός (σ. 78), κατάταξις τῶν χρωμάτων (σ. 80), χρῶμα τῶν σωμάτων (σ. 80), ραβδώσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος (σ. 81), φασματοσκόπιον (σ. 82), διάφοροι τύποι φασμάτων (σ. 83), φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις (σ. 84), φάσματα ἀπορροφήσεως (σ. 84), ἀπορρόφησις ὑπὸ τῶν μεταλλικῶν ἀτμῶν (σ. 84), ἐξήγησις τῶν ραβδώσεων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος (σ. 85), ιδιότητες τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος (σ. 86)	76-86
---	-------

ΚΕΦ. Θ'.—ΟΡΑΣΙΣ

Περιγραφή τοῦ ὀφθαλμοῦ	87
Σχηματισμὸς τῶν εἰδῶλων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς: κανονικὸς ὀφθαλμὸς (σ. 89), μυωπία (σ. 90), ὑπερμετροπία (σ. 91), πρεσβυωπία (σ. 91), φαινομένη διάμετρος (σ. 91)	89-92
Παραμῶν τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς: κινηματογράφος (σ. 93)	92-94

ΚΕΦ. Ι'.—ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Ἀπλοῦν μικροσκόπιον: Ἴσχυς αὐτοῦ (σ. 95), μεγέθυνσις (σ. 96)	95-97
Σύνθετον μικροσκόπιον.	97
Τηλεσκόπια: Διοπτρικά τηλεσκόπια (σ. 99), διόπτρα τῶν ἐπιγείων (σ. 100), διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου (σ. 101), ἀρχὴ τῶν πρισματικῶν διοπτρῶν (σ. 103), κατοπτρικά τηλεσκόπια (σ. 103)	99-104

ΚΕΦ. ΙΑ'. — ΦΩΤΕΙΝΑ ΜΕΤΕΩΡΑ

Ουράνιον τόξον	104
"Αλως	105

ΚΕΦ. ΙΒ' (*) ΦΩΤΕΙΝΑ ΚΥΜΑΤΑ

Φύσις τοῦ φωτός : Ὑπόθεσις περὶ τοῦ αἰθέρος (σ. 106), μήκος κύματος (σ. 106), φαινόμενα συμβολῆς (σ. 107)	105-107
---	---------

ΚΕΦ. ΙΓ' (*) ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ὅρισμοί	109
Κρύσταλλοι μονάξονες : Ἀκτὶς συνήθης καὶ ἀκτὶς ἔκτακτος	110
Πόλωσις τοῦ φωτός : Πεπολωμένον φῶς (σ. 112), πόλωσις τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος (σ. 112), ἐξήγησις τῆς πολώσεως (σ. 112)	109-113

ΜΕΡΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦ. Α' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ὁ ἠλεκτρισμὸς εἶναι μορφή ἐνεργείας: Πηγαὶ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας (σ. 115), μονάδες ἐνεργείας (σ. 115), μονάδες ἰσχύος (σελ. 116)	114-116
---	---------

ΚΕΦ. Β' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα: Φορὰ τοῦ ρεύματος (σ. 117)	116-119
--	---------

ΚΕΦ. Γ' — ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων: Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἠλεκτρικῆς πηγῆς (σ. 119)	119-120
--	---------

(*) Εἰς τὸ κείμενον ἐκ παραδρομῆς παρελείφθησαν αἱ λέξεις: ΚΕΦ. ΙΒ' καὶ ΚΕΦ. ΙΓ'.

ΚΕΦ. Δ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

Ἡλεκτρόλυσις: Θεωρία τῶν ἰόντων (σ. 121), παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως (σ. 121)	120-123
Ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ: Μονάς ἐντάσεως (σ. 125), ἠλεκτροχημικά ἰσοδύναμα (σ. 125), ἠλεκτρολυτική μέτρησης τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος (σ. 126).	123-126

ΚΕΦ. Ε' — ΣΤΗΛΛΑΙ

Ἡλεκτρικαὶ στήλαι: Στήλη τοῦ Βόλτα (σ. 127), χημικά φαινόμενα ἐντὸς τῶν στοιχείων (σ. 127), πόλωσις τοῦ στοιχείου τοῦ Βόλτα (σ. 128), στοιχεῖον Daniell (σ. 128), στοιχεῖον Bunsen (σ. 130), στοιχεῖον Leclaché (σ. 131), στοιχεῖον διὰ διχρωμικοῦ καλίου (132), χρῆσις ἐφρυδραγυρωμένου ψευδαργύρου (σ. 132), ἠλεκτρικὴ στήλη (σ. 132), ξηραὶ στήλαι (σ. 134)	126-135
--	---------

ΚΕΦ. ΣΤ' — ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

Συσσωρευταί:	136-138
------------------------	---------

ΚΕΦ. Ζ' — ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΟΗΜ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ

Σκοπὸς τῶν νόμων τοῦ Ohm: Νόμοι τοῦ Ohm, πειραματικὴ ἔρευνα (σ. 139), ἀναλυτικὴ ἔκφρασις τῶν νόμων τοῦ Ohm (σ. 140), ἀντίστασις ἀγωγοῦ (σ. 141), νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα (σ. 143), μέτρησης τῶν ἀντιστάσεων (γέφυρα τοῦ Wheatston) (σ. 145), προβλήματα (σ. 147)	139-148
---	---------

ΚΕΦ. Η' — ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ JOULE

Θερμαντικὴ ἐνέργεια παραγομένη ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος: Πειραματικὴ ἔρευνα (σ. 149), ἀναλυτικὴ ἔκφρασις τῶν νόμων τοῦ Joule (σ. 150), ἰσχὺς τοῦ ρεύματος (σ. 151), ἐφαρμογαὶ (ἀσφάλεια, ἠλεκτρικὴ θέρμανσις) σ. 152	148-152
Φωτισμός. Λαμπτήρες (σ. 152), βολταϊκὸν τόξον (σ. 153), ἠλεκτρικὴ κάμινος (σ. 154), προβλήματα (σ. 155).	152-155

ΚΕΦ. Θ' — ΜΑΓΝΗΤΑΙ - ΜΑΡΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

Φυσικοί και τεχνητοί μαγνήται: Πόλοι τῶν μαγνητῶν (σ. 155), ἀμοιβαῖαι ἐνέργειαι τῶν πόλων (σ. 156), μαγνητικὸν πεδίου (σ. 157)	155-159
--	---------

ΚΕΦ. Ι' — ΜΑΓΝΗΤΙΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Νόμος τοῦ Coulomb: Ἐντασις πόλου (σ. 159), μονάς πόλου (σ. 160), ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου (σ. 160), μονάς ἐντάσεως (σελ. 160), προβλήματα (σ. 161)	159-161
---	---------

ΚΕΦ. ΙΑ'—ΓΗΙΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Γήινον μαγνητικὸν πεδίου: Γήινον ζεύγος (σ. 162), μαγνητικὴ ἀπόκλισις (σ. 163), ναυτικὴ πυξίς (σ. 164), μαγνητικὴ ἔγκλισις (σ. 166)	161-167
---	---------

ΚΕΦ. ΙΒ'—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Πείραμα τοῦ Oerstedt	167
Φορὰ τοῦ πεδίου	168
Σωληνοειδές: μαγνητικὸν πεδίου σωληνοειδοῦς (σ. 168), τὰ σωληνοειδῆ ἔχουν ὅλας τὰς ιδιότητας τῶν μαγνητῶν (σ. 170), θεωρία τοῦ Ampère περὶ τοῦ μαγνητισμοῦ (σ. 170), γαλβανόμετρον (σ. 171)	167-173

ΚΕΦ. ΙΓ'—ΜΑΓΝΗΤΙΣΙΣ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

Μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου: Ἡλεκτρομαγνήται (σ. 175), ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν (ἠλεκτρικὸς κώδων, ἠλεκτρικὸς τηλεγράφος, τηλεφῶνον)	173-180
--	---------

ΚΕΦ. ΙΔ'—ΕΠΑΓΩΓΗ

Ἐπαγωγή: Ἐπαγωγή διὰ τῶν ρευμάτων (σ. 180), ἐπαγωγή διὰ μαγνητῶν (σ. 182), αὐτεπαγωγή (σ. 183), πηνίον τοῦ Ruhmkorff (σ. 184)	180-185
---	---------

ΚΕΦ. ΙΕ'—ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ GRAMME

Σκοπὸς τῆς μηχανῆς τοῦ Gramme: Ἐπαγωγεὺς (σ. 187), ἐπα-	
---	--

γώγιμον (σ. 187), λειτουργία τῆς μηχανῆς ὡς δεκτρίας (σ. 189), λειτουργία τῆς μηχανῆς ὡς γεννητρίας (σ. 189), διέγερσις τοῦ ἐπαγωγέως (σ. 190)	185-192
--	---------

ΚΕΦ. ΙΣΤ'—ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Ὅρισμοί	192
Ἄρχῃ τῶν ἐναλλακτῆρων : Ἐναλλακτῆρ μετ' ἐπαγωγίμου ἀκινή- του (σ. 194), ιδιότητες τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων (σ. 196), πολυφασικά ρεύματα (σ. 197), ἐναλλακτῆρες μετ' τριφασικά ρεύ- ματα (σ. 198), μεταμορφωταί (σ. 198), ἐφαρμογαί τῶν μετα- μορφωτῶν (σ. 200)	192-202

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦ. Α' — ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ

Ἡλεκτροδυναμική—Ἡλεκτροστατική : Κυριώτεροι μέθοδοι ἡ- λεκτρίσεως (σ. 203), ἀπομόνωσις (σ. 205), ἡλεκτρικὸν ἐκκρε- μὲς συγκοινωνοῦν μετὰ τοῦ ἐδάφους (σ. 205), ἐκκρεμὲς μεμο- νωμένον, θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμὸς (σ. 206), ἡλεκτρο- σκόπιον (σ. 207), ὁ ἡλεκτρισμὸς φέρεται εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀγωγῶν (σ. 208)	203-209
--	---------

ΚΕΦ. Β' — ΠΟΣΟΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΤΟΥ FARADAY

Ὅρισμὸς τῆς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ : Μέτρησις τῆς πο- σότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ (σ. 210), Νόμος τοῦ Golomb (σ. 211), σύγχρονος ἀνάπτυξις τῶν δύο εἰδῶν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ (σ. 211)	209-212
---	---------

ΚΕΦ. Γ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΣ. ΔΥΝΑΜΙΣ ΤΩΝ ΑΚΙΔΩΝ

Ἡλεκτρικὴ πυκνότης : Δύναμις τῶν ἀκίδων (σ. 213)	212-214
--	---------

ΚΕΦ. Δ'.—ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ. ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΝ.
ΗΛΕΚΤΡΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ

Ἡλεκτρικὸν πεδίων : Δυναμικὸν (σ. 214), σύγκρισις τῶν δυναμικῶν (σ. 215), βαθμολογία τοῦ ἠλεκτροσκοπίου εἰς volts (σ. 216), ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ των (σ. 216), ἠλεκτροχωρητικότης (σ. 217), προβλήματα (σ. 217). 214-219

ΚΕΦ. Ε'.—ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΔΙ' ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ

Ἡλεκτρικὴ ἐπίδρασις : Ἡλεκτρικὰ διαφράγματα (σ. 221), ἐφαρμογὴ τῆς ἐπίδρασεως (σ. 222) 219-223

ΚΕΦ. ΣΤ'.—ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

Πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ : Ἡλεκτροστατικαὶ μηχαναὶ (σ. 224), ἠλεκτροφόρος (σ. 224), μηχανὴ τοῦ Ramsden (σ. 225), μηχανὴ τοῦ Wimshurst (σ. 226) 223-229

ΚΕΦ. Ζ'.—ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Μεταβολαὶ τῆς χωρητικότητος ἀγωγοῦ : Συμπυκνωταὶ (σ. 231), ἠλεκτρικὴ συστοιχία (σ. 232), συμπυκνωτικὸν ἠλεκτροσόδιον (σ. 233) 230-234

ΚΕΦ. Η' ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ

Διάφορα ἀποτελέσματα τῆς ἐκκενώσεως : Ἀποτελέσματα φωτεινὰ (σ. 234), ἀποτελέσματα θερμαντικὰ (σ. 235), ἀποτελέσματα χημικὰ (σ. 235), ἀποτελέσματα μηχανικὰ (σ. 235), ἀποτελέσματα φυσιολογικὰ (σ. 236). 234-236

ΚΕΦ. Θ'—ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ἡ ἀτμόσφαιρα εἶναι ἠλεκτρικὸν πεδῖον : Ἄστραπή, βροντή, κεραυνός (σ. 237), ἀλεξικέραυνον (σ. 238)	236-239
---	---------

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΚΕΦ. Α'—ΕΚΚΕΝΩΣΙΣ

ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΗΡΑΙΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Ἡλεκτρικὸν φῶν	240
Σωλῆνες τοῦ Geissler	242
Σωλῆνες τοῦ Crookes : Καθοδικαὶ ἀκτῖνες (σ. 243), ἀκτῖνες Röntgen (σ. 244), ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία (σ. 245), φυσιολογικὴ ἐνέργεια τῶν ἀκτῖνων X (σ. 246)	242-246
Οὐσαὶ ἀκτινενεργοί	246
Φωτισμὸς δι' ἠραιωμένων ἀερίων : Φωτεινὴ ἐνέργεια (σ. 247), φωτισμὸς δι' ἀζώτου (σ. 247), φωτισμὸς διὰ νέου (σ. 248), φωτισμὸς διὰ λαμπτήρος μὲ ἀτμοὺς ὕδραργύρου (σ. 248)	247-249

ΚΕΦ. Β'—ΡΕΥΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΟΣ

Μέγιστον τῆς συχνότητος εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας (σ. 250) : παλμικὴ κίνησις ὑγροῦ (σ. 250), ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις παλμικὴ (σ. 251), ἀποτελέσματα τῶν ρευμάτων ὑψηλῆς συχνότητος (σ. 252)	250-252
---	---------

ΚΕΦ. Γ'—ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Ταχύτης τῆς διαδόσεως	253
Διεγέρτης τοῦ Hertz : Συνοχεὺς (σ. 253)	253-254
Ἀσύρματος τηλεγραφία	254-257
Φωραταὶ κυμάτων : (ἠλεκτρολυτικὸς φωρατής, κρυσταλλικὸς φωρατής)	257-259

Ἡλεκτρονικοί σωλήνες : Λυχνία μὲ δύο ἠλεκτροδία (σ. 259), λυχνία μὲ τρία ἠλεκτροδία (σ. 260)	259-261
Ἀσύρματος τηλεγράφος διὰ λυχνιῶν : (σ. 260). Λυχνία γεννήτρια συντηρουμένων κυμάτων (σ. 262), δέκτης (σ. 262)	261-263
Ἀσύρματον - τηλέφωνον	263
Ραδιόφωνον	264
Τηλεφωτογραφία - Τηλεόρασις (σ. 266) : Ἐκπομπή (φωτοκύτταρον σ. 268, εἰκονοσκόπιον σ. 270, λυχνία τοῦ Μπράουν σ. 272), λήψις (σ. 274)	266-275

*Ανάδοχος έκτυπώσεως και βιβλιοδετήσεως: *Αριστομένης Γ. Παπανικολάου,
δδός Ντέκα 15 - Τηλέφωνον 23.737

Επιμέλεια: Π. Γ. Καραγιάννης, Διευθυντής Κέντρου Μεταπτυχιακών Σπουδών
Εκδόσεις: 2011

ΔΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΦ. ΔΙΟΙΚΗΣΕΩΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΗΣ

ΔΡΧ. 55.—

ΔΙΑ ΤΑΣ ΕΠΑΡΧΙΑΣ ΔΡΧ. 60.50