

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ

*Ε. α. τ. φ. ε. κ.*  
*Διον. Π. Λεονταρίτου*

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ ΣΤ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ



Ο

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ  
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ  
1949



ΦΥΣΙΚΗ ΣΤ/Γ = 240

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

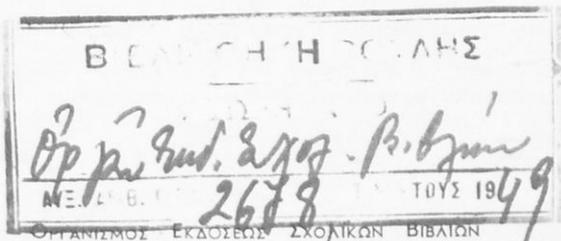


Ε 1 ΦΕΚ.  
ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ

Κουτάρια (β. η.)

# ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ ΣΤ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ



ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ

1949

002  
WRE  
ET2B  
1587

ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΕΒΑΣΤΗΡΙΑ  
1950-51

## 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 αἴτιον, τὸ ὁποῖον παράγει τὰ φαινόμενα ταῦτα.

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

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

Τὰ μὴ φωτεινά σώματα εἶναι **σκοτεινά**.

Τὸ φῶς, ὡς θὰ μάθωμεν κατωτέρω, εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα τῶν ἐξόχως ταχειῶν παλμικῶν κινήσεων, μετρομένων εἰς τρισεκατομμύρια

κατὰ δευτερόλεπτον, τὴς 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 ἀτμοσφαιράς. Ἀλλὰ βλέπομεν αὐτά, καὶ ἐὰν μεταξὺ αὐτῶν καὶ τοῦ ὀφθαλμοῦ παρενθέσωμεν λεπτὴν ὑαλίνην πλάκα ἑπίσης δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν τοὺς χάλικας εἰς τὸν πυθμένα τοῦ ποταμοῦ. Ὁ ἄηρ, ἢ ὕαλος, τὸ διανγὲς ὕδωρ, τὰ ὁποῖα ἀφήνουν νὰ διέρχεται δι' αὐτῶν τὸ φῶς, λέγονται σώματα διαφανῆ.

**Διαφώτιστα σώματα.** Ἡ γαλακτόχρους ὑαλίνη σφαιρα, ἡ ὁποία περικαλύπτει τοὺς ἠλεκτροικὺς 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 ἔν τούτοις παρατηροῦντες διὰ μέσου αὐτῶν δὲν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν τὸ σχῆμα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται ὀπίσθεν αὐτῶν. Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος, ἢ 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 ὀπίσθεν αὐτῶν εὑρισκομένων 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.

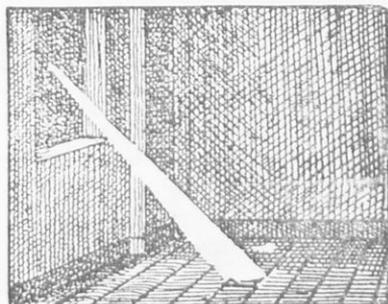
**Σημείωσις.** Ἐν τῇ πραγματικότητι, ἐκτὸς τοῦ κενοῦ, δὲν ἐπάρχουν σώματα ἀπολύτως διαφανῆ. Σῶμά τι ἀπορροφᾷ πάντοτε ὀλίγον φῶς καὶ ἢ ἀπορροφῆσις αὕτη, ἢ ὁποῖα ἀξιάγεται μετὰ τοῦ πάχους τοῦ σώματος, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ φῶς, δύναται νὰ γίνῃ ὀλικῆ διὰ πάχος ἐπαρκῶς μέγα. Διὰ τοῦτο τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν φθάνει εἰς τὰ μεγάλα ἐπιβρυχία βάρθη, ἢ δὲ σκιερότης αὐτῶν ἀραιοῦται μόνον ἀπὸ τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ ὄρισμένους ἰχθῦς.

Ἀντιστρόφως σῶμά τι συνήθως σκιερόν δύναται νὰ καταστή διαφανὲς ἢ διαφώτιστον, ὅταν ληφθῇ εἰς φύλλα ἐπαρκῶς λεπτά οὕτω φύλ-

λον χρυσοῦ, πάχους ἑνὸς χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου, διατηρούμενον μεταξὺ δύο υαλίνων πλακῶν, ἀφήγει νὰ εἰσδύῃ ἐντὸς αὐτοῦ πρᾶσινοπὸν φῶς.

**3. Φωτεινὰ ἀκτίνες. Φωτεινὰ δέσματα.**—Ἐντὸς τῶν ὁμοιομερῶν (\*) διαφανῶν σωμάτων, τοῦ ἀέρος π.χ., ἢ ἐντὸς τοῦ κενοῦ, τὸ φῶς διαδίδεται κατ' εὐθείαν γραμμὴν. Δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν τοῦτο ἐντὸς τοῦ ἀέρος διὰ τῶν ἑξῆς παρατηρήσεων :

α') Ἐπὶ ὀριζοντίου τεμαχίου χαρτονίου στερεώνομεν δύο καρφίδας A καὶ B εἰς ἀπόστασιν 15 ἑκατοστομέτρων τὴν μίαν ἀπὸ τῆς ἄλλης· κατόπιν παρατηροῦμεν κατὰ τὴν διεύθυνσιν BA καὶ ἀνορθοῦμεν τὰς καρφίδας μέχρις ὅτου ἡ B καλύψῃ τὴν A· παρενθέντομεν ἔπειτα τρίτην καρφίδα Γ μεταξὺ τῶν δύο ἄλλων καὶ τὴν τοποθετοῦμεν οὕτως, ὥστε ἡ B νὰ καλύψῃ τὴν A καὶ τὴν Γ. Ἀφαιροῦμεν τὰς καρφίδας ταύτας καὶ διαπιστοῦμεν διὰ κανόνος ὅτι τὰ ἴχνη τῶν καρφίδων ἐπὶ τοῦ χαρτονίου εὐρίσκονται ἐπ' εὐθείας.



Σχ. 1

β') Ἐὰν τὸ ἡλιακὸν φῶς ἢ τὸ φῶς βολταϊκοῦ τόξου εἰσέρχεται ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου διὰ μικρᾶς ὀπῆς, φωτίζει κατὰ τὴν δίοδόν του τὸν ἐλαφρὸν κονιοτρότον, ὁ ὁποῖος αἰωρεῖται εἰς τὸν ἀέρα, καὶ ἡ δίοδος αὕτη σημειοῦται τοιοῦτοτρόπως ὑπὸ φωτεινοῦ κώνου λίαν ἐπιμήκους μὲ γενετείρις τελείως εὐθύγραμμους (σχ. 1).

Καλοῦμεν **φωτεινὴν ἀκτίναν** πᾶσαν εὐθείαν, ἢ ὁποία ἄρχεται ἐξ οἰουδήποτε σημείου τοῦ φωτεινοῦ σώματος, καὶ ἢ ὁποία φαίνεται, ὅτι εἶναι ἡ τροχιά, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς. Σημειωτέον, ὅτι ἡ εὐθεῖα αὕτη παριστᾷ μόνον τὴν διεύθυνσιν, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια κατὰ τὴν διάδοσίν της.

Ἐν τῇ πράξει, θεωροῦμεν πολλάκις ὁμάδα φωτεινῶν ἀκτίνων, τὸ σύνολον τῶν ὁποίων ἀποτελεῖ **φωτεινὴν δέσμη**ν. Δέσμη τις δύνα-

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

ται νὰ ἀποτελῆται ἀπὸ ἀκτῖνας παραλλήλους, συγκλινούσας ἢ ἀποκλινούσας.

**Σημείωσις.** Ὑποθέσωμεν, ὅτι δεχόμεθα ἡλιακὰς ἀκτῖνας ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 2). Αἱ ἀκτῖνες αὗται, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἡλίου, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς **παραλλήλοι**. Ἀφοῦ διέλθουν διὰ τοῦ φακοῦ, αἱ ἀκτῖνες αὗται τείνουν νὰ συναντηθοῦν εἰς ἓν σημεῖον, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται πλησίον τοῦ φακοῦ, **σχηματίζουσαι οὕτω δέσμην συγκλίνουσαν**. Τέλος, αἱ ἀκτῖνες αὗται, ἀφοῦ διασταυρωθοῦν εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, βαίνουν πάντοτε ἀπομακρυνόμεναι ἀπ' ἀλλήλων. **Σχηματίζουσι τότε δέσμην ἀποκλίνουσαν.**



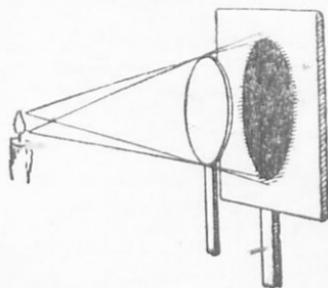
Σχ. 2

**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 σκιάς 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**.

**Σημείωσις.** Δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν εὐκρινῶς τὸν σχηματισμὸν τῆς σκιάς καὶ τοῦ ὑποσκιάσματος, 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 τορεῖς χώρας, μίαν κεντρικὴν **τελειῶς σκοτεινὴν**, τοῦ αὐτοῦ σχήματος μὲ τὸν δίσκον· περὶ τὴν σκιὰν ταύτην ἐν **ὑποσκίασμα**,

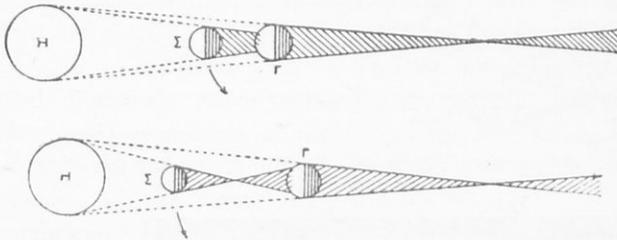


Σχ. 3

εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις τοῦ φωτὸς ἀυξάνεται βαθμηδὸν ἀπὸ τῆς σκιᾶς πρὸς τὴν περιφέρειαν· τέλος, ἐκτὸς τῶν δύο τούτων χωρῶν, μίαν ζωοφαν φωτιζομένην ὑπὸ τῆς φλογὸς ὀλοκλήρου.

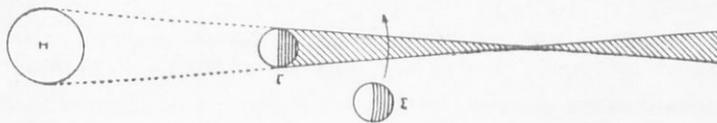
Ἐφαρμογαί: Α') Ἐκλείψεις. Ἡ θεωρία τῶν σκιῶν ἐξηγεῖ τὸ φαινόμενον τῶν ἐκλείψεων.

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



Σχ. 4

σκιᾶς καὶ τοῦ ὑποσκιάσματος τῆς Σελήνης συναντήσουν τὴν Γῆν, ὑπάρχει ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου διὰ τοὺς τόπους τοὺς εὐρισκομένους ἐντὸς τῶν κῶνων τούτων τῆς σκιᾶς (σχ. 4). Ἡ ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου δύναται νὰ εἶναι μερικὴ, ὀλικὴ ἢ δακτυλιοειδῆς εἰς τινὰ τόπον, καθ' ὅσον ὁ τόπος οὗτος εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὑποσκιάσματος, ἐντὸς τοῦ κῶνου τῆς σκιᾶς ἢ ἐντὸς τῆς προεκτάσεως τοῦ κῶνου τούτου τῆς σκιᾶς.



Σχ. 5

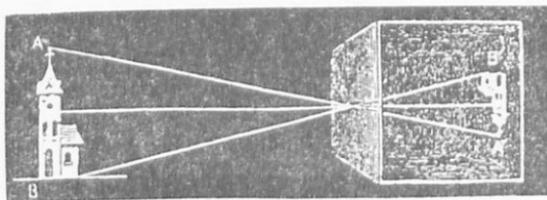
Ἐκλείψεις τῆς Σελήνης. Ἐὰν κατὰ τὴν ἐποχὴν τῆς πανσελήνου ὁ κῶνος τῆς σκιᾶς τῆς Γῆς συναντήσῃ τὴν Σελήνην, ὑπάρχει ἔκλειψις τῆς Σελήνης, ὀλικὴ ἢ μερικὴ (σχ. 5).

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

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 ἐξωτερικῶν ἀντικειμένων ἐπὶ λευκοῦ διαφράγματος, τοποθετημένου ἀπέναντι τῆς ὀπῆς. Αἱ εἰκόνες αὗται διατηροῦν τὰ χρώματα τῶν παριστωμένων ἀντικειμένων, εἶναι ἀνεστραμμέναι 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 εὐθείαν



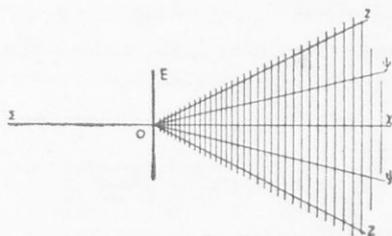
Σχ. 6

ἀποκλίνουσαν, ἣ ὁποῖα 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 ἄρκετὰ μικρὰ καὶ τὸ ἀντικείμενον εἶναι ἄρκετὰ ἀπομακρυσμένον, αἱ φωτεινὰ δέσματα, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ διάφορα σημεῖα τοῦ ἀντικειμένου, ἀνάγονται ἐκάστη αἰσθητικῶς εἰς φωτεινὴν ἀκτῖνα καὶ ἐκάστη τῶν ἀντιστοιχῶν 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 τόσον εὐχρινεστέρα, ὅσον τὸ ἀντικείμενον εἶναι ἀπομακρυσμένον, καὶ ὅσον ἡ ὀπὴ εἶναι μικροτέρα.

**Σημείωσις.** Ἐὰν ἡ ὀπὴ εἶναι μεγάλη, ἡ τομὴ τοῦ διαφράγματος καὶ τῆς κωνικῆς δέσμης, τῆς ἐχούσης κορυφὴν σημεῖόν τι τοῦ ἀντικειμένου, ἔχει αἰσθητὰς διαστάσεις· συνεπῶς καὶ αἱ φωτιζόμεναι μικρὰ ἐπιφάνεια αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τοῦ ἀντικειμένου ἐπιτίθενται ἐπ' ἀλλήλων καὶ καθιστῶσι τὴν εἰκόνα συγκεχυμένην.

5. Ἐξαιρέσεις εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός. Παράθλασις.—Ἡ φωτεινὴ δέσμη, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται ὑπὸ τῆς πηγῆς  $\Sigma$  καὶ διέρχεται διὰ τῆς ὀπῆς  $O$ , φαίνεται ὅτι ἔχει ὡς ὄριον τὴν φωτεινὴν ἀκτίνα, ὅταν τὰ  $\Sigma$  καὶ  $O$  τείνουν ἕκαστον πρὸς σημείον. Φαίνεται λοιπὸν ἐκ πρώτης ὄψεως, ὅτι θὰ δυνηθῶμεν πειραματικῶς νὰ πλησιάσωμεν ὅσον θέλομεν πρὸς τὴν φωτεινὴν ἀκτίνα, ἐὰν ἐλαττώσωμεν βαθμηδὸν τὴν διάμετρον τῆς ὀπῆς καὶ τὰς διαστάσεις τῆς πηγῆς. Τὸ πείραμα ἐν τούτοις δὲν ἐπιτυγχάνει, καὶ τὸ ἀποτέλεσμα, εἰς τὸ ὁποῖον φθάνομεν, εἶναι τὸ ἑξῆς: Ἐὰν πολὺ μικρὰ φωτεινὴ πηγὴ  $\Sigma$  (σχ. 7) φωτίξῃ πολὺ στενὴν ὀπὴν  $O$ , ἡ φωτεινὴ δέσμη πέραν τοῦ  $O$

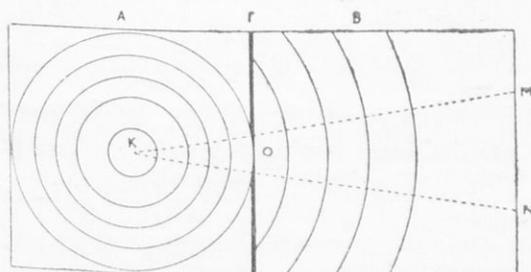


Σχ. 7

δὲν ἀκολουθεῖ ἀποκλειστικῶς τὴν ὁδὸν  $Oz$ , ἥτις θὰ ἦτο ἡ προέκτασις τῆς  $\Sigma O$ , ἀλλ' ἐξαπλοῦται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις  $O\psi$ ,  $Oz$  κτλ., ὡσεὶ τὸ σημείον  $O$  ἦτο κέντρον ἐκπομπῆς φωτός. Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς ἐκτροπῆς τοῦ φωτός ἐκ τῆς διευθύνσεως, τὴν ὁποίαν ἐθεωροῦμεν ὡς κανονικὴν, καλεῖται **παράθλασις τοῦ φωτός**.

Ἡ παράθλασις τοῦ φωτός ἔχει ὡς αἰτίαν τὸν τρόπον τῆς διαδόσεώς του διὰ κυμάτων.

Ἐστω λεκάνη πλήρης ὕδατος χω-



Σχ. 8

ριζομένη διὰ διάφραγματος  $\Gamma$  εἰς δύο διαμερίσματα. Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος τὸ διάφραγμα φέρει ὀπὴν  $O$  (σχ. 8). Λι' ἐνὸς διαπασῶν παλλομένου πλήττομεν περιοδικῶς τὸ κέντρον  $K$  τῆς ὑγρᾶς ἐπιφανείας τοῦ διαμερίσματος  $A$ . Παράγονται τότε διαδοχικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς τὴν κορυφὴν  $O$ . Τὰ κύματα ταῦτα διέρχονται διὰ τῆς ὀπῆς  $O$  ἀλλ' ἀντὶ νὰ περιορίζωνται ἐντὸς τῆς γωνίας  $MKN$ ,

ἥτις ἔχει ὡς ἀνοίγμα ὀπὴν  $O$ , σχηματίζονται εἰς τὸ διαμέρισμα  $B$ , ὥσει μὴ ὑπῆρχε καθόλου τὸ διάφραγμα καὶ ὥσει τὰ κύματα ἐξεπορεύοντο ἐκ τοῦ σημείου  $O$ .

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

### Ἀσκήσεις καὶ προβλήματα.

1ον. Ἐξηγήσατε τὸν σχηματισμὸν τῆς σκιᾶς:  $a'$ ) εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν τὸ σκιερὸν σῶμα καὶ ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι δύο ἴσαι σφαῖραι  $\beta'$ ) εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν τὸ σκιερὸν σῶμα εἶναι σφαῖρα καὶ ἡ φωτεινὴ πηγὴ σφαῖρα μεγαλύτερας ἀκτῖνος.

2ον. Ποῖον τὸ ὕψος πύργου ὀπίσθεντος σκιὰν  $\bar{\mu}$  μήκους 38 μέτρων, καθ' ἣν στιγμὴν κατακόρυφος κανὼν ὕψους 1,50 μετρ. ὀπίτει σκιὰν μήκους 95 ἑκατοστομέτρων;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

### ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

6. Ὁρισμός.—Ἡ μετάδοσις τοῦ φωτός δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἡ κίνησις τῆς μεταδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ὀμαλή. Συνεπῶς: ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι τὸ διάστημα τὸ ὁποῖον διανύει τοῦτο εἰς ἓν δευτερόλεπτον. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ  $\delta$  τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον εἰς  $\chi$  δευτερόλεπτα, ἡ ταχύτης  $\nu$  δίδεται τότε ὑπὸ τοῦ τύπου ( $\nu = \frac{\delta}{\chi}$ ).

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ ταχύτης εἶναι τὸ πηλίκον τοῦ διανυθέντος διαστήματος διὰ τοῦ χρόνου, καθ' ὃν τοῦτο διηγυῖται.

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 διηνύθη ὑπὸ τοῦ φωτός.

Αἱ συνήθειαι 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 εἰδικίας, διὰ τῶν ὁποίων ἠδυνήθησαν νὰ προσδιορίσων ταύτην.

**7. Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός.**— Α') Μέθοδος ἀστρονομική. Κατὰ τὸ 1675 ὁ Δανὸς ἀστρονόμος Roemer ἐκ παρατηρήσεων ἐπὶ τῶν ἐκλείψεων τοῦ πρώτου δορυφόρου τοῦ Διὸς ὑπέλογισε τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ φῶς, διὰ νὰ διανύσῃ τὴν διάμετρον τῆς τροχιάς 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 (\*).

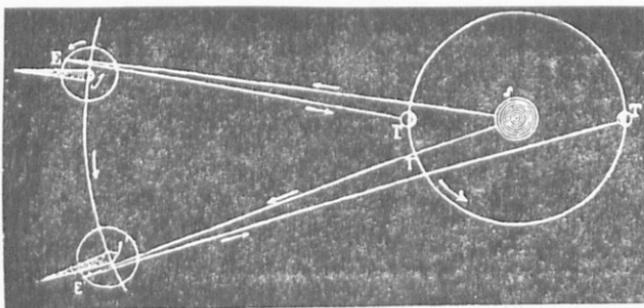
α') Μέθοδος τοῦ Roemer. Ὁ πλανήτης Ζεὺς χρειάζεται περίπου 12 ἔτη διὰ νὰ ἐκτελέσῃ τὴν περὶ τὸν ἥλιον περιφορὰν του, ἐνῶ ἡ Γῆ ἐκτελεῖ ταύτην εἰς ἓν ἔτος. Συνεπῶς εἰς 6 μῆνας ἢ μὲν Γῆ διανύει τὸ ἥμισυ τῆς τροχιάς της, ἐνῶ ὁ Ζεὺς τὸ  $\frac{1}{24}$  περίπου τῆς τροχιάς του. Ἐὰν λοιπὸν τὰ δύο ταῦτα σώματα, κατὰ τινὰ χρονικὴν στιγμήν, εὗρισκονται εἰς συζυγίαν, μετὰ 6 μῆνας θὰ εὗρεθοῦν εἰς ἀντιζυγίαν, δηλ. ἡ ἀπόστασις των θὰ αἰξηθῆ σχεδὸν κατὰ τὴν διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς.

Ἄφ' ἑτέρου εἶναι γνωστόν, ὅτι οἱ δορυφόροι στρέφονται περὶ τὸν Δία, ὅπως ἡ Σελήνη περὶ τὴν Γῆν. Τὰ ἐπίπεδα τῶν τροχιῶν τοῦ Διὸς καὶ τῶν δορυφόρων του σχεδὸν συμπίπτουν. Ὁ πλησιέστερος εἰς τὸν Δία δορυφόρος (πρῶτος δορυφόρος) διασχίζει εἰς ἑκάστην περιφορὰν του τὸν κῶνον τῆς σκιᾶς τοῦ Διὸς καὶ ἔξαφανίζεται ἐπὶ τινὰ

(\*) 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.

χρόνον. Ὁ χρόνος  $\theta$ , ὁ ὁποῖος χωρίζει δύο καταδύσεις εἰς τὴν σκιὰν (ἐνάροξεις δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων), ἢ ἡ διάρκεια τῆς περὶ τὸν Δία περιφορᾶς τοῦ δορυφόρου τούτου εἶναι 42 ὥρ. 22' 35''.

Ἐάν λοιπὸν μία κατάδυσις συμβῆ κατὰ τὸν χρόνον  $\chi$ , ὅταν ἡ Γῆ Τ εὐρίσκηται σχεδὸν εἰς συζυγίαν μετὰ τοῦ Διὸς εὐρισκομένου εἰς τὸ  $j$  (σχ. 9), δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸν χρόνον τῆς  $\nu+1$  καταδύσεως, ἣτις θὰ συμβῆ μετὰ  $6$  περίπου μῆνας, ὅταν ἡ Γῆ θὰ εὐρίσκηται εἰς τὸ Τ', ἐν ἀντιζυγίᾳ μετὰ τοῦ Διὸς εὐρισκομένου εἰς τὸ  $j'$ . Ὁ χρόνος οὗτος θὰ ἦτο  $\chi+\nu\theta$ , ἂν ἡ Γῆ 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 λεπτὰ



Σχ. 9

καὶ 26 δευτερόλεπτα. Ἡ ἐπιβράδυνσις αὕτη μετρεῖ προφανῶς τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ φῶς διὰ νὰ διανύσῃ τὴν διάμετρον ΤΤ' τῆς τροχιάς τῆς Γῆς. Διότι, ἂν ἡ πρώτη κατάδυσις ἐγένετο εἰς χρόνον  $\kappa$ , ὅτε ἡ Γῆ εὐρίσκητο εἰς τὸ Τ καὶ ὁ Ζεὺς εἰς τὸ  $j$  (συζυγία), αὕτη ἐγένετο ὄρατὴ εἰς χρόνον  $\chi = \kappa + \frac{\Delta}{T}$ , ἔνθα  $\Delta$  ἡ ἀπόστασις Τ $j$  καὶ  $T$  ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς (δηλ.  $\frac{\Delta}{T}$  ὁ χρόνος καθ' ὃν τὸ φῶς διήνυσεν τὴν ἀπόστασιν Τ $j$ ). Ἡ δευτέρα κατάδυσις ἐγένετο εἰς χρόνον  $\kappa+\theta$ , ἐγένετο δὲ ὄρατὴ εἰς χρόνον  $\kappa+\theta + \frac{\Delta+\delta}{T}$ , ἔνθα  $\delta$  ἡ ἀψήσις τῆς ἀποστάσεως Τ $j$  εἰς χρόνον  $\theta$ . Ἡ τρίτη κατάδυσις συνέβη εἰς χρόνον  $\kappa+2\theta$ , ἐγένετο δὲ ὄρατὴ εἰς χρόνον  $\kappa+2\theta + \frac{\Delta+\delta'}{T}$ , ἔνθα  $\delta'$  ἡ

αὔξεις τῆς ἀποστάσεως, καὶ ἡ  $v+1$  κατάδυσις (ἀντιζυγία), ἥτις ἐγένετο εἰς χρόνον  $\kappa+v\theta$ , ἐγένετο ὁρατὴ εἰς χρόνον  $\chi'=\kappa+v\theta+\frac{\Delta+\Delta'}{T}$ , ἔνθα  $\Delta'$  ἡ διάμετρος τῆς τροχιάς τῆς  $\Gamma$  ἦς.

Ἄρα μεταξὺ τῆς πρώτης καταδύσεως καὶ τῆς  $v+1$  παρήλθε χρόνος  $\chi'-\chi=\kappa+v\theta+\frac{\Delta+\Delta'}{T}-\kappa-\frac{\Delta}{T}=v\theta+\frac{\Delta'}{T}$ , ἐνῶ ἔπρεπε νὰ παρέλθῃ χρόνος  $v\theta$ . Ἡ ἐπιβράδυνσις  $\frac{\Delta'}{T}$  ἰσοῦται, ὡς εἴπομεν, μὲ  $16''$  καὶ  $26''$  ἢ

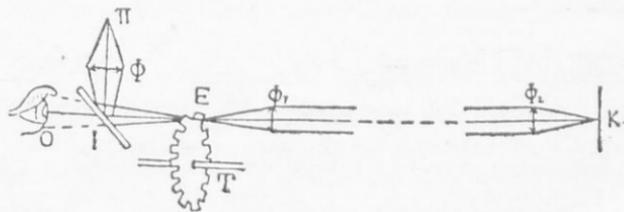
$986''$ . Καὶ ἐπειδὴ ἡ  $\Delta'$  εἶναι γνωστὴ, ἔχομεν  $\frac{\Delta'}{T}=986$  ἢ  $T=\frac{\Delta'}{986}$ .

Σημείωσις. 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.

β') Μέθοδος φυσικῆ τοῦ Fizeau. Τὰ πειράματα τοῦ Fizeau ἐξετελέσθησαν κατὰ τὸ 1848 μεταξὺ Suresnes καὶ Montmartre ἡ ἀπόστασις τῶν δύο σταθμῶν ἦτο ἀκριβῶς γνωστὴ.

Εἰς τὸν σταθμὸν τῆς Suresnes φωτεινὴ δέσμη ἐκπεμπομένη ὑπὸ πηγῆς Π (σχ. 10) καὶ ἀνακλωμένη ἐπὶ ὑαλίνης πλακῶς διαφανοῦς I ἀποστέλλεται ὀριζοντιῶς, διερχομένη διὰ κενοῦ E περιλαμβανομένου



Σχ. 10

μεταξὺ δύο ὁδόντων ὀδοντωτοῦ τροχοῦ T. Ἡ δέσμη αὕτη διαδίδεται ἐλευθέρως μέχρι τοῦ σταθμοῦ τῆς Montmartre.

Ἐκεῖ ἡ δέσμη ἀνακλᾶται καθέτως ἐπὶ κατόπτρου K καὶ διανύει κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν τὴν αὐτὴν τροχίαν, ἣν καὶ κατὰ τὴν μετάβασιν. Ἐὰν ὁ τροχὸς μένῃ ἀκίνητος, ἡ δέσμη διερχομένη διὰ τοῦ αὐτοῦ κενοῦ, δι' οὗ διήλθε καὶ κατὰ τὴν ἀναχώρησιν, θὰ φθάσῃ εἰς παρατηρήτην εὐρισκόμενον ὀπισθεν τῆς ὑαλίνης πλακῶς. Ὁ ὀφθαλμὸς τοῦ

παρατηρητοῦ Ο θὰ δεχθῆ τὸ τῆς ἐπιστροφῆς φῶς, χωρὶς νὰ ἴδῃ εἰς τὸ Ε τὰς ἀκτῖνας τῆς ἀναχωρήσεως.

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

Ἐὰν κατὰ τὸν χρόνον ὃν χρειάζεται ἡ φωτεινὴ δέσμη διὰ νὰ μεταδοθῆ ἐκ τοῦ Ε εἰς τὸ Κ καὶ νὰ ἐπιστρέψῃ εἰς τὸ Ε, τὸ πλῆρες ἐνὸς ὀδόντος ἀντικαταστήσῃ ἀκριβῶς τὸ κενόν, ἡ δέσμη ἐμποδίζεται κατὰ τὴν ἐπιστροφήν. 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 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 περιγραφεῖσαν ἔκλειψιν τοῦ φωτός, Μ ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀδόντων, συνελπῶς 2Μ ὁ ἀριθμὸς τῶν διαστημάτων (πλήρων καὶ κενῶν), τὰ ὁποῖα διαδέχονται ἀλλήλα κατὰ μίαν στροφήν τοῦ τροχοῦ. Εἰς ἓν δευτερόλεπτον διέρχονται 2ΜΝ διαστήματα διὰ τοῦ Ε. Ἀφοῦ λοιπὸν 2ΜΝ διαστήματα διέρχονται διὰ τοῦ Ε εἰς ἓν δευτερόλεπτον, ἡ διάρκεια  $\chi$  τῆς διόδου ἐνὸς διαστήματος θὺ εἶναι  $\frac{1}{2ΜΝ}$ . Ἄλλ' ἡ διάρκεια αὕτη ἰσοῦται μὲ τὸν

χρόνον, ὃν χρειάζεται τὸ φῶς διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν 2.ΕΚ = 2δ (ἐὰν ΕΚ = δ) ἔχομεν λοιπὸν  $\chi = \frac{1}{2ΜΝ}$  (1). Ἀφ' ἑτέρου, ἐπειδὴ ἡ κίνησις τῆς μεταδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ὁμαλή, ἔχομεν 2δ = T· $\chi$ ,

ἐνθα T ἡ ζητουμένη ταχύτης τοῦ φωτός καὶ συνελπῶς  $\chi = \frac{2δ}{T}$  (2).

Ἐκ τῶν (1) καὶ (2) λαμβάνομεν  $\frac{1}{2ΜΝ} = \frac{2δ}{T}$ , ἐξ ἧς T = 4ΜΝδ.

**Σημείωσις.** Ὁ ὀπτικὸς καροποισμός πειράματος χρησιμοποιοῦντος τόσον μεγάλας ἀποστάσεις παρουσιάζει εἰδικὰς δυσκολίας. Τὸ σῆμα 10 δεικνύει, 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 Ε ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ τροχοῦ. Τὸ φωτεινὸν λοιπὸν σημεῖον Ε εἶναι πρᾶγματι εἶδωλον. Οἱ φακοὶ Φ<sub>1</sub> καὶ Φ<sub>2</sub> ἐμποδίζουν τὰς ἀκτῖνας νὰ ἀπομακρυνθῶν—καὶ κατὰ τὴν μετάβασιν καὶ

Διον. Π. Λεονταρίτου

κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν—ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν ΕΚ τέλος ἡ πλάξ, ἣτις εἶναι κοινὴ ὕαλος, ἐπιτρέπει νὰ διέλθουν ἐπαρκεῖς ἀκτίνες κατὰ τὴν ἐπιστροφὴν.

**Ἀποτελέσματα.** Αἱ ἀνωτέρω μέθοδοι, καὶ ἄλλαι, ἔδωσαν ὡς ταχύτητα τοῦ φωτὸς εἰς τὸν ἀέρα 300.000 χιλιόμετρα περίπου κατὰ δευτέρον λεπτόν.

Εἰς τὸ κενόν, ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἶναι ἡ αὐτὴ. 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 Ἡλίου, τῆς ἀποστάσεως τῆς Γῆς ἀπὸ τοῦ Ἡλίου οὕσης 150.000.000 χιλιόμετρα.

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

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄

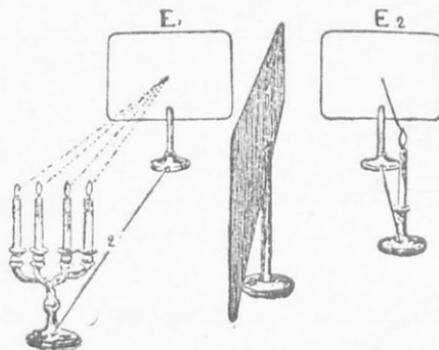
### ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

8. Ὅρισμοί.—Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι ὁ παραγόμενος φωτισμὸς ἐπὶ δοθείσης ἐπιφανείας ὑπὸ φωτεινῆς πηγῆς ἔξαρτᾶται συγχρόνως ἐκ τῆς ἀποστάσεως τῆς πηγῆς ἀπὸ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας, ἐκ τῆς κλίσεως τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῆς πηγῆς. Λέγομεν ὅτι δύο πηγαὶ ἔχουν τὴν αὐτὴν **ἐντάσιν**, ἐὰν φωτίζουν ἐξ ἴσου ἀπὸ τὴν μονάδα τῆς ἀποστάσεως δύο ἐπιφανείας ἴσας, δεχομένας τὰς ἀκτίνας καθέτως. Ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ ἐκτιμῆσῃ μὲ ἀρκετὴν ἀκριβείαν τὴν ἰσότητά τῶν φωτισμῶν, ἐὰν αἱ πρὸς σύγκρισιν πηγαὶ 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 αὐτὰ παράγουν.

**9. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως τῆς πηγῆς.**—Λαμβάνομεν δύο ἴσα διαφώτιστα διαφράγματα, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦμεν κατακορύφως, τὰ  $E_1$  καὶ  $E_2$  (σχ. 11). Πρὸ τοῦ  $E_2$  καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ ἑνὸς 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 ὀλικοῦ φωτισμοῦ τοῦ προερχομένου ἐκ τῶν 4 κηρίων, συνάγομεν, ὅτι ὁ φωτισμὸς τοῦ ἑνὸς κηρίου εἰς τὴν ἀπόστασιν τῶν 2 μέτρων ἐγένετο 4 φορὰς μικρότερος ἀπὸ ὅσος ἦτο εἰς τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἑνὸς μέτρου.



Σχ. 11

Θὰ εὑρωμεν, ἐπίσης, ὅτι πρέπει νὰ θέσωμεν 9 κηρία εἰς ἀπόστασιν 3 μέτρων, διὰ νὰ παραγάγομεν 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  $\varphi$  καὶ  $\varphi'$  οἱ παραγόμενοι φωτισμοὶ ὑπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἀπὸ τῶν ἀποστάσεων  $a$  καὶ  $a'$ , θὰ ἔχωμεν  $\frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{a^2}{a'^2}$ .

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.

Συνεπώς πηγή έντασης  $E$  θα παράγει φωτισμόν  $E$  από απόστασιν  $1$  εκατοστομέτρου.

Εάν υποθέσωμεν, ότι η αὐτὴ πηγή παράγει φωτισμόν  $\varphi$  ἀπὸ ἀποστάσεως  $a$  ἐκατ., θὰ ἔχωμεν κατὰ τὸν ἀνωτέρω νόμον  $\frac{\varphi}{E} = \frac{1}{a^2}$ , ὅθεν

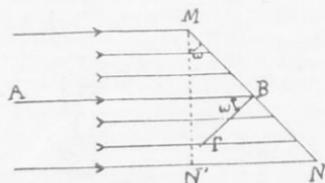
$$\varphi = \frac{E}{a^2}. \quad (1)$$

Ἐκ τούτου ἔπεται, ὅτι ὁ φωτισμὸς ὁ παραγόμενος καθέτως ἀπὸ ἀποστάσεως  $a$  ὑπὸ τῆς πηγῆς έντασεως  $E$  μετρεῖται ὑπὸ τοῦ πηλί-

$$\text{κου } \frac{E}{a^2}.$$

**10. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς κλίσεως τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας.**—Θεωρήσωμεν δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτουσαν πλαγίως ἐπὶ ἐπιπέδου ἐπιφανείας  $MN$ , ἔμβραδου  $\epsilon'$

(σχ. 12), καὶ ἔστω  $MN'$  ἡ κάθετος τομῆ, ἔμβραδου  $\epsilon$ , τοῦ κυλίνδρου τοῦ σχηματιζομένου ὑπὸ τῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ ποσότης τοῦ φωτὸς  $\Phi$ , τὴν ὁποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια  $MN$ , εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν ποσότητα, τὴν ὁποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια  $MN'$ . Συνεπὸς ἡ



Σχ. 12

ποσότης  $\varphi'$  τοῦ φωτὸς, τὴν ὁποίαν δέχεται ἑκάστη μονὰς ἐπιφανείας τῆς  $MN$ , θὰ εἶναι  $\varphi' = \frac{\Phi}{\epsilon'}$  καὶ ἡ ποσότης τοῦ φωτὸς  $\varphi$ , τὴν ὁποίαν δέ-

χεται ἑκάστη μονὰς ἐπιφανείας τῆς  $MN'$ , θὰ εἶναι  $\varphi = \frac{\Phi}{\epsilon}$ . Διαιροῦν-

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

Ἄλλ' ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου  $MNN'$  ἔχομεν  $\epsilon = \epsilon' \sin \omega$ .

Συνεπὸς  $\frac{\epsilon}{\epsilon'} = \sin \omega$  καὶ ἐπομένως  $\frac{\varphi'}{\varphi} = \sin \omega$  καὶ  $\varphi' = \varphi \sin \omega$  (2).

Ἄρα ἡ ποσότης τοῦ φωτὸς, τὴν ὁποίαν δέχεται πλαγίως μία ἐπιφάνεια, καὶ συνεπὸς ὁ φωτισμὸς τῆς, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ συνημίτονον τῆς γωνίας, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ προσπίπτουσαι φωτειναὶ ἀκτίνες μετὰ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν

**ἐπιφάνειαν** (διότι γωνία  $N'MN = \text{γωνία } \angle AB\Gamma$ , ὡς ὀξεῖαι ἔχουσαι τὰς πλευρὰς καθέτους).

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

**11. Σχέσις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν.**— Ὑποθέσωμεν, ὅτι φωτεινὴ πηγὴ ἐντάσεως  $E$ , τοποθετημένη εἰς ἀπόστασιν  $a$  ἀπὸ διαφωγίματος, παράγει ἐπ' αὐτοῦ καθέτως τὸν αὐτὸν φωτισμόν, ὃν καὶ δευτέρα πηγὴ ἐντάσεως  $E'$  παράγει καθέτως ἐπίσης ἀλλὰ τοποθετημένη εἰς ἀπόστασιν  $a'$ .

Καθὼς ἐμάθομεν, ὁ φωτισμὸς ὁ παραγόμενος ὑπὸ τῆς πρώτης πηγῆς ἰσοῦται μὲ  $\frac{E}{a^2}$ , ὁ δὲ φωτισμὸς ὁ παραγόμενος ὑπὸ τῆς δευ-

τέρας πηγῆς ἰσοῦται μὲ  $\frac{E'}{a'^2}$ . Καὶ ἐπειδὴ οἱ δύο φωτισμοὶ εἶναι ἴσοι, ἔχομεν  $\frac{E}{a^2} = \frac{E'}{a'^2}$ , ἢ  $\frac{E}{E'} = \frac{a^2}{a'^2}$ .

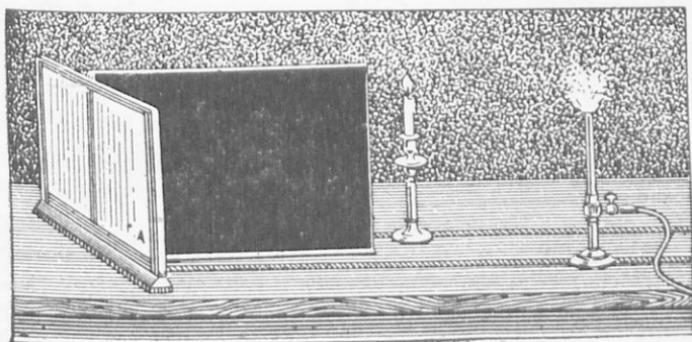
Παρατηροῦμεν λοιπόν, ὅτι αἱ ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων αὐτῶν ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας, τὴν ὁποίαν ἐξ ἴσου φωτίζουν.

*Σημείωσις.* Εἶναι φανερόν, 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 χρησιμεύουν 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 κενωρισμένως 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  $\frac{E}{E'} = \frac{a^2}{a'^2}$ .

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

**Φωτομετρον τοῦ Bouguer.** Τὸ φωτόμετρον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ καταχορύφου ἡμιδιαφανοῦς ὑαλίνης πλακῶς Α, ἣτις διὰ διαφράγματος σκιεροῦ, στερεωμένου καθέτως εἰς τὸ μέσον αὐτῆς, χωρίζεται εἰς δύο ἴσα μέρη (σχ. 13). Ἐκατέρωθεν τοῦ διαφράγματος τοποθετοῦνται αἱ δύο φωτειναὶ πηγαί, εἰς τοιαύτας ἀποστάσεις ἀπὸ τῆς ὑαλίνης πλακῶς, ὥστε τὰ δύο τμήματα αὐτῆς νὰ φωτίζωνται ἐξ ἴσου.



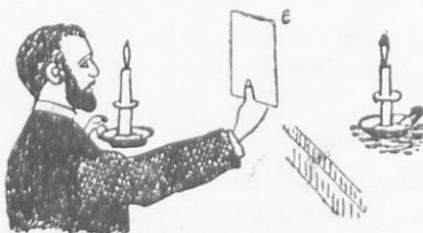
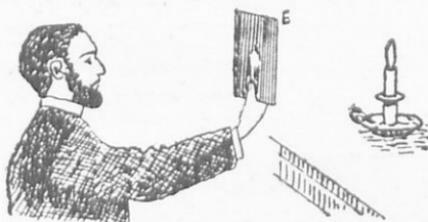
Σχ. 13

Τότε ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῶν τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων τούτων ἀπὸ τῆς ὑαλίνης πλακῶς.

**Φωτόμετρον τοῦ Bunsen.** Ἐπὶ τεμαχίον λευκοῦ χάρτου σχηματίζομεν διὰ σταγόνης ἐλαίου κηλῖδα. Τὸ μέρος τοῦ χάρτου, εἰς τὸ ὅποion ἐγένετο ἡ κηλῖς, καθίσταται περισσότερο διαφώτιστον ἀπὸ τὸ ἄλλο. Ἐάν, κρατοῦντες διὰ τῆς χειρὸς τὸν χάρτην καταχορύφον, ὥστε ἡ κηλῖς νὰ εὐρίσκειται εἰς τὸ ὕψος τῶν ὀφθαλμῶν, φωτίσωμεν διὰ κηρίου ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου τὴν ἀντίθετον πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν ὄψιν τοῦ χάρτου (σχ. 14), ἡ κηλῖς φαίνεται φωτεινὴ, ὁ δὲ λοιπὸς χάρτης σκιερὸς, διότι ἡ κηλῖς φωτίζεται περισσότερο ὑπὸ τοῦ διερχομένου φωτός. Ἐὰν φωτίσωμεν τὴν ὄψιν τοῦ χάρτου τὴν ἐστραμμένην πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν, ἡ κηλῖς φαίνεται σκοτεινὴ, ἐνῶ ὁ λοιπὸς χάρτης φωτεινός, διότι οὗτος ἀνακλᾷ τὸ πλεῖστον μέρος τοῦ προσπί-

ποντος φωτός, ἐνῶ διὰ τῆς κηλίδος διέρχεται τὸ πλείστον μέρος τοῦ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτοντος φωτός.

Ἐὰν φωτίσωμεν ἐξ ἴσου τὰς δύο ὕψεις τοῦ χάρτου, ἡ κηλὶς ἐξαφανίζεται. Διότι τότε ἡ κηλὶς φωτίζεται [ἀπὸ τὸ ἐν μέρος τόσον, ὅσον φωτίζεται ὁ ὑπόλοιπος χάρτης ἀπὸ τὸ ἄλλο μέρος.



Σχ. 14

ἐπιτυγχάνομεν νὰ ἐξαφανισθῇ ἡ κηλὶς. Τότε ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο πηγῶν ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῶν τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων τούτων ἀπὸ τοῦ χάρτου.

**13. Φωτομετρικαὶ μονάδες.**—α) Φωτεινῆς ἐντάσεως. Ἐάν, ἀντὶ νὰ συγκρίνωμεν τὰς ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν, θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὰς ἐντάσεις ταύτας κατ' ἀπόλυτον τιμὴν, πρέπει νὰ τὰς

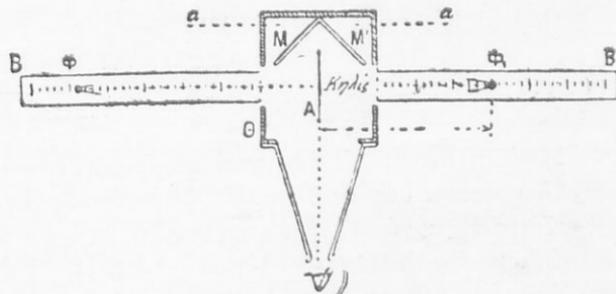
Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς ταύτης στηρίζεται τὸ φωτόμετρον τοῦ Bunsen (σχ. 15).

Διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ διάφραγμα τοῦ χάρτου τὸ φέρον τὴν κηλίδα, διαβρέχομεν τὴν κεφαλὴν κοχλίου (βίδας) διὰ τετηγμένης παραφφίνης καὶ τὴν ἐφαρμόζομεν ἐπὶ φύλλου χάρτου. Τείνομεν κατόπιν τὸν χάρτην τοῦτον ἐντὸς πλαισίου ἐφοδιασμένου διὰ στελέχους, τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει κατὰ μῆκος κανόνος διηρημένου. Συνήθως τοποθετοῦν ἐκατέρωθεν τοῦ διαφράγματος δύο μικρὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα ὑπὸ κλίσιν  $45^\circ$ , ὥστε ὁ παρατηρητὴς νὰ βλέπῃ συγχρόνως καὶ τὰς δύο ὕψεις τοῦ χάρτου, αἱ ὁποῖαι φωτίζονται ὑπὸ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, τὰς ὁποίας πρόκειται νὰ συγκρίνωμεν. Μετακινούντες τὴν μίαν τούτων,

συγκρίνωμεν πρὸς τὴν ἔντασιν ὠρισμένης πηγῆς, ἡ ὁποία παραμένει ἀμετάβλητος καὶ ἡ ὁποία λαμβάνεται ὡς μονάς.

Ἡ μόνη σταθερὰ μονάς εἶναι τὸ πρότυπον Violle. Τὸ violle εἶναι ἡ φωτεινὴ ἔντασις (μετρούμενη κατὰ τὴν κάθετον διεύθυν-

σιν) ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστοῦ τῆς ἐπιφανείας τετηγμένου λευκοχρύσου. Ἐπειδὴ ἡ μονάς αὕτη εἶναι πολὺ μεγάλη, λαμβάνεται ὡς



Σχ. 15

πρακτικὴ μονάς τὸ δεκαδικὸν κηρίον, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μετὰ τὸ  $\frac{1}{20}$  τοῦ violle. Ἄλλοτε ἐχρησιμοποιοῦν ὡς μονάδα ἐντάσεως τὸ carcel, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μετὰ 10 κηρία περίπου.

β) **Φωτισμοῦ.** Ὡς ἀπόλυτος μονάς φωτισμοῦ λαμβάνεται ὁ φωτισμός, τὸν ὁποῖον παράγει ἐν violle ἀπὸ ἀποστάσεως 1 ἑκατοστομέτρου ἐπὶ ἐπιφανείας καθέτου πρὸς τὰς ἀκτῖνας (violle cm.). Πρακτικὴ μονάς φωτισμοῦ εἶναι τὸ lux ἢ κηρίον-μέτρον (bougie-mètre). Τοῦτο εἶναι ὁ φωτισμός, τὸν ὁποῖον παράγει ἐν δεκαδικὸν κηρίον ἐπὶ ἐπιφανείας καθέτου πρὸς τὰς ἀκτῖνας, τοποθετημένης εἰς ἀπόστασιν 1 μέτρον.

### Προβλήματα

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 ἐν πολὺ μικρὸν διάφραγμα. Νὰ ὑπολογισθοῦν οἱ φωτισμοὶ τῶν δύο ὄψεων τοῦ διαφράγματος.

2ον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ διαφράγματος πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν κηρίον, ἵνα λαμπτῆρ τριπλασίας ἐντάσεως, τοποθετούμενος 0,6 μ. ἀπωτέρω, παράγῃ τὸν αὐτὸν φωτισμόν;

3ον. Ἐν σκοτεινῷ θαλάμῳ λαμπτῆρ 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 ἴσα, ἵνα αἱ δύο αὐτοῦ ἐπιφάνειαι φωτίζονται ἐξ ἴσου ὑφ' ἑκατέρου τῶν φώτων, γνωστοῦ ὄντος, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ λαμπτήρος εἶναι 64 φορές μεγαλύτερα τῆς τοῦ κηρίου ;

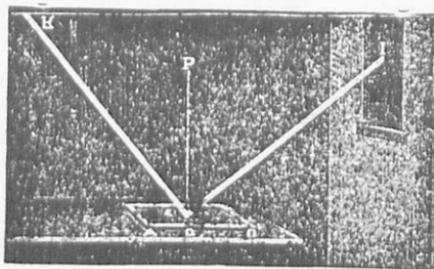
## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

### ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. — ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

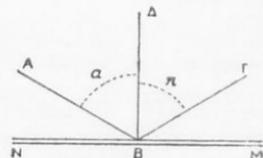
**14. Ὅρισμοί.**—Ὅταν φωτεινὴ δέσμη συναντᾷ πλαγίως στιλπνὴν ἐπιφάνειαν σώματος, τελείως λείαν, ὅπως π.χ. τὴν ἐπιφάνειαν ἡρεμοῦντος ὑδροαργύρου, ἐκπέμπεται πάλιν πρὸ τῆς ἐπιφανείας ταύτης καθ' ὄρισμαμένην διεύθυνσιν. Λέγομεν τότε, ὅτι αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὴν δέσμη, **ἀνακλῶνται** (σχ. 16).

Ἄρα τὰ στιλπνὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἀνακλῶσι τὸ φῶς, λέγονται **κάτοπτρα**.

Ἐστω NM ἐπίπεδος ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια (σχ. 17). Καλοῦμεν **προσπίπτουσαν ἀκτῖνα** τὴν διεύθυνσιν ΓΒ, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς πίπτει ἐπὶ τῆς ΝΜ, καὶ **ἀνακλωμένην ἀκτῖνα** τὴν νέαν διεύθυνσιν ΒΑ, τὴν



Σχ. 16

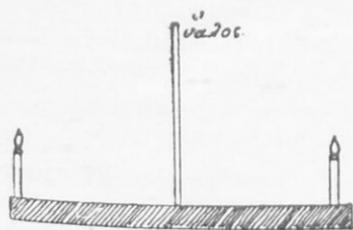


Σχ. 17

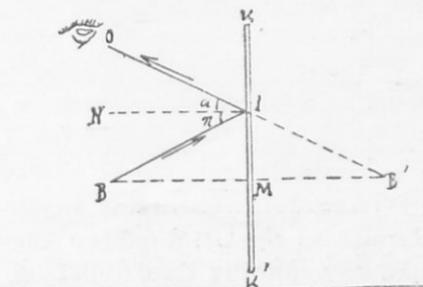
ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς μετὰ τὴν ἀνάκλασίν του. Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως Β νοήσωμεν τὴν κάθετον ΔΒ ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, αὕτη μετὰ τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος ὀρίζει ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, τὸ **ἐπίπεδον προσπτώσεως**. Ἡ γωνία, ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος ΓΒ καὶ τῆς καθέτου ΔΒ, εἶναι ἡ **γωνία προσπτώσεως**. Ἡ γωνία τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος ΒΑ μετὰ τῆς καθέτου ΔΒ εἶναι ἡ **γωνία τῆς ἀνακλάσεως**.

**15. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως.**—Τοποθετοῦμεν δύο ὅμοια κη-  
 ρία τοῦ αὐτοῦ μήκους ἐκατέρωθεν διαφανοῦς ὑαλίνης πλακὸς κατα-  
 κορύφου καὶ συμμετρικῶς ὡς πρὸς ταύτην (σχ. 18). Ἐὰν ἀνάψωμεν  
 τὸ κηρίον, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν τῆς πλακὸς, τὸ δεύτερον  
 κηρίον εἰς παρατηρητὴν εὐρισκόμενον ἔμπροσθεν τῆς πλακὸς, εἰς οἷαν-  
 δήποτε θέσιν, φαίνεται ἀνημμένον.

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



Σχ. 18



Σχ. 19

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

Συνεπῶς: πᾶσα φωτεινὴ ἀκτὶς ἐκπεμπομένη ἀπὸ τὸ ση-  
 μεῖον B ἀνακλάται οὕτως, ὥστε νὰ φαίνεται ὅτι προέρχεται  
 ἀπὸ τὸ συμμετρικὸν αὐτοῦ B' ὡς πρὸς τὴν ἀνακλώσαν ἐπι-  
 φάνειαν.

Ἐκ τῆς ιδιότητος ταύτης συνάγομεν εὐκόλως τοὺς νόμους τῆς  
 ἀνακλάσεως. Ἄγομεν εἰς τὸ I τὴν κάθετον IN ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν  
 KK'. Τὸ τρίγωνον BIB' εἶναι ἰσοσκελές, διότι τὰ σημεῖα B καὶ B'  
 εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν KK', συνεπῶς αἱ εἰς τὸ B  
 καὶ B' γωνίαι εἶναι ἴσαι. Ἀφ' ἑτέρου ἡ μὲν γωνία IBM ἰσοῦται μετ'  
 τὴν γωνίαν τῆς προσπτώσεως π (ἐντὸς ἐναλλάξ κλπ.), ἡ δὲ γωνία IB'M

ἴσονται μὲ τὴν γωνίαν τῆς ἀνακλάσεως  $\alpha$  (ἐνὸς ἐκτὸς τῶν παραλλήλων κτλ.). Καὶ ἐπειδὴ αἱ γωνίαι  $IB'M$  καὶ  $IBM$  εἶναι ἴσαι, ἔχομεν  $\alpha = \pi$ .

Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ λοιπὸν τοὺς ἐξῆς δύο νόμους :

α) Ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς, ἢ κάθετος καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον.

Διότι ἡ κάθετος  $IN$  εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο ἀκτίνων, ὡς παράλληλος τῆς  $BB'$ , ἥτις εὐρίσκεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τούτῳ.

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

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

Ἐπὶ πλέον οἱ νόμοι οὗτοι ἐφαρμόζονται ἐπίσης εἰς τὴν ἀνάκλασιν τοῦ φωτὸς ἐπὶ σημείου λείας ἐπιφανείας, οἷα σδήποτε μορφῆς. Ἄρχεῖ νὰ φέρωμεν διὰ τοῦ σημείου τούτου τὸ ἐφαπτόμενον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ταύτην ἐπίπεδον, ἵνα ἡ προσηγουμένη ἀπόδειξις ἐφαρμοσθῇ εἰς γενικὴν περίπτωσιν.

Τέλος, δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι, ἐὰν φωτεινὴ ἀκτίς διαδίδεται κατὰ τὴν  $OI$ , ἀνακλᾶται προφανῶς κατὰ τὴν  $IB$ . Ἡ τροχιά δηλ., τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς, εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φορᾶς τῆς διαδόσεως αὐτοῦ (ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς ἐπιστροφῆς τοῦ φωτός).

**16. Ἀκανόνιστος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις.**—Ὅταν τὸ φῶς, ἀντὶ νὰ συναντήσῃ ἐπιφάνειαν τελείως λείαν, προσπίπτῃ ἐπὶ ἐπιφανείας μᾶλλον ἢ ἥττον τραχείας, π.χ. ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοίχου ἢ φύλλου χάρτου, ἀνακλᾶται ἐπὶ πολυαρίθμων προεξοχῶν πολλῶν μικρῶν, τὰς ὁποίας παρουσιάζει μία τοιαύτη ἐπιφάνεια, καὶ αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτίνες 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 πλᾶξ ὑαλίνῃ τελείως λεία τοποθετημένη εἰς φωτιζόμενον μέρος εἶναι ἀόρατος εἰς παρατηρητήν, 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, ἕνεκα τοῦ κοριοτοῦ, ὅστις αἰωρεῖται εἰς τὸν ἄερα· ἄνευ τοῦ κοριοτοῦ τούτου ὁ παρατηρητὴς θὰ ἔβλεπε τὴν δέσμην, μόνον ἐὰν ἔθιτε τὸν ὀφθαλμὸν κατὰ τὴν προέκτασίν της.

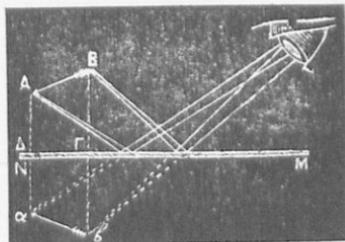
### ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

#### 17. Εἶδωλα παρεχόμενα ὑπὸ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων.

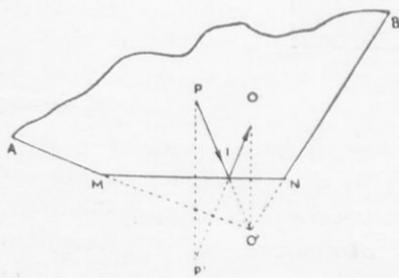
— Ἐπίπεδον λέγεται τὸ κάτοπτρον, τοῦ ὁποίου ἡ ἀνακλῶσα

ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος. Τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον ἀποτελεῖται συνήθως ἐκ διαφανοῦς υαλίνης πλακός, τελείως λείας, ἡ ὁποία εἰς τὸ ὀπίσθιον αὐτῆς μέρος φέρει λεπτὸν στρώμα ἀργύρου.

Ἐναντιούμενον, οἰοῦντιδήποτε σχήματος, τοποθετούμενον πρὸ ἐπιπέδου κατόπτρου, δίδει εἶδωλον (δηλ. εἰκόνα αὐτοῦ), τὸ ὁποῖον δὲν ἐφίσταται πραγματικῶς εἰς τὸ διάστημα καὶ δὲν δύναται νὰ ληφθῇ ἐπὶ διαφράγματος· τὸ εἶδωλον τοῦτο καλεῖται **φανταστικὸν ἢ κατ' ἔμφασιν**, εἶναι δὲ συμμετρικὸν τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον, διότι ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ συνόλου τῶν εἰδώλων ὅλων τῶν σημείων του, τὰ ὁποῖα, ὡς ἐμάθομεν, εἶναι συμμετρικὰ τῶν σημείων τούτων ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον (σχ. 20).



Σχ. 20



Σχ. 21

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 ὅρια τοῦ πεδίου κατόπτρου MN προσ-

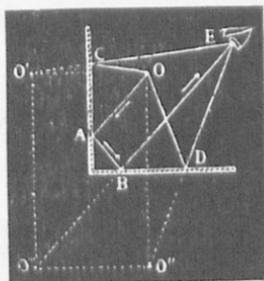
**Πεδίον ἐπιπέδου κατόπτρου** διὰ δοθεῖσαν θέσιν τοῦ



νου, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει μίαν κυρίαν ὄψιν καὶ μίαν ἀντίθετον (ἀνάποδην), τὰ διαδοχικὰ εἶδωλα θὰ παρουσιάζουν ἀλληλοδιαδόχως τὴν ἀντίθετον καὶ τὴν κυρίαν ὄψιν. Τοιαῦτα εἶδωλα παρατηροῦνται εἰς αἰθούσας, τῶν ὁποίων οἱ ἀπέναντι τοῖχοι καλύπτονται ὑπὸ κατόπτρων.

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

Θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν ταῦτα ἀποτελοῦν γωνίαν ὀρθήν. Αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ὑπὸ φωτεινοῦ σημείου  $O$ , (σχ. 23) ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $A$ , δίδουν εἶδωλον  $O'$ , συμμετρικὸν τοῦ  $O$  ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον τοῦτο. Αἱ ἀνακλώμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $B$  δίδουν εἶδωλον  $O''$ , συμμετρικὸν τοῦ  $O$  ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον τοῦτο. Ἐκτὸς τῶν δύο τούτων εἰδώλων, τῶν παραγομένων ὑπὸ τῶν ἀκτῖνων, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται μίαν μόνον ἀνάκλασιν, σχηματίζεται καὶ εἶδωλον  $O'''$ , παραγόμενον ὑπὸ τῶν ἀκτῖνων, αἱ ὁποῖαι φθάνουν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ μετὰ δύο διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν τῶν κατόπτρων.

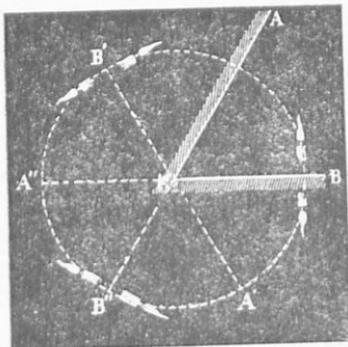


Σχ. 23

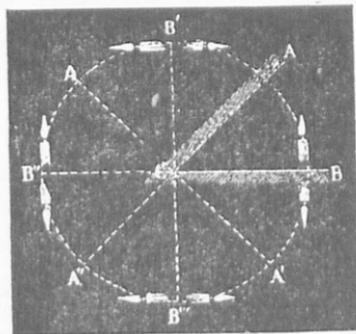
Θεωρήσωμεν πρᾶγματι μικρὰν δέσμην ἐκπεμπομένην ἀπὸ τοῦ  $O$  καὶ προσπίπτουσαν κατὰ πρῶτον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $A$ . Ἡ δέσμη αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς φαίνεται ὅτι ἐκπέμπεται ἐκ τοῦ σημείου  $O'$  ἐπὶ τοῦ κατόπτρου  $B$ . Ἀνακλᾶται κατόπιν ἐπὶ τούτου καὶ φαίνεται ὅτι ἐκπέμπεται ἐκ τοῦ σημείου  $O''$ , συμμετρικοῦ τοῦ  $O'$  ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον  $B$ . Ἐπίσης μικρὰ δέσμη, ἣ ὁποία ὑφίσταται πρῶτην ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ  $B$ , δίδει ἐν 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  $90^\circ$ , τὸ σημεῖον τοῦτο ταυτίζεται μετὰ τοῦ σημείου  $O'''$ . Τέλος, αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι ὑπέστησαν δύο διαδοχικὰς ἀνακλάσεις, δὲν δύνανται νὰ δώσωσιν 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 κα-

τόπτρων είναι  $60^\circ$  (σχ. 24), ἑπτὰ δὲ ἂν εἶναι  $45^\circ$  (σχ. 25). Ὅλα τὰ εἴδωλα ταῦτα σχηματίζονται κατ' ἔμφασιν καὶ ἀπέχουν ἀπὸ τῆς τομῆς



Σχ. 24



Σχ. 25

τῶν κατόπτρων ὅσον ἀπέχει τὸ φωτεινὸν ἀντιζείμενον ἀπὸ ταύτης.

**20. Ἐφαρμογή. — Καλειδοσκόπιον.** Τὸ ἀπλούστερον ὑπόδειγμα καλειδοσκοπίου ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς σωλήνος ἔκ γάρτου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένα δύο κάτοπτρα ὑπὸ κλίσειν  $60^\circ$ , τῶν ὁποίων ἡ τομὴ διευθύνεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωλήνος. Μεταξὺ τῶν κατόπτρων τούτων εὐρίσκονται χρωματιστὰ τεμάχια ὑάλου, σχηματίζοντα πέντε εἴδωλα ὅμοια, τὰ ὁποῖα μετὰ τῶν ἀντικειμένων ἀποτελοῦν ἑξαγωνικὸν ρόδακα (σχ. 26), λαμβάνοντα ὄψιν διακοσμητικὴν λόγῳ τῆς συμμετρίας. Τὸ καλειδοσκόπιον χρησιμεύει ὡς παίγιον τῶν παιδίων. Οἱ σχεδιάζοντες ἐπὶ ὑφασμά-



Σχ. 26

των τὸ χρησιμοποιοῦν διὰ νὰ λαμβάνουν συνδυασμοὺς σχεδίων καὶ χρωμάτων.

### Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

Ιον. Νὰ κατασκευασθῇ γεωμετρικῶς: α) τὸ εἶδωλον ὀριζοντίας εὐθείας κειμένης πρὸς ἐπιπέδον κατόπτρων σχηματίζοντος γωνίαν  $45^\circ$

μετὰ τοῦ ὁρίζοντος; β) τὸ εἶδωλον κατακορύφου εὐθείας κειμένης πρὸ τοῦ ἀνωτέρω κατόπτρου.

20. Ἐπίπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατὰ γωνίαν  $\alpha$ . Νὰ εὗρεθῇ ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ δύο ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες κατὰ τὰς δύο θέσεις τοῦ κατόπτρου, δεδομένου ὄντος ὅτι ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς παραμένει σταθερά.

30. Ποῖον πρέπει νὰ εἶναι τὸ ὕψος ἐπιπέδου κατόπτρου τοποθετημένου κατακορύφως, ἵνα παρατηρητῆς πρὸ αὐτοῦ ἰσάμενος διηθηθῇ νὰ ἴδῃ δλόκληρον τὸ εἶδωλόν του.

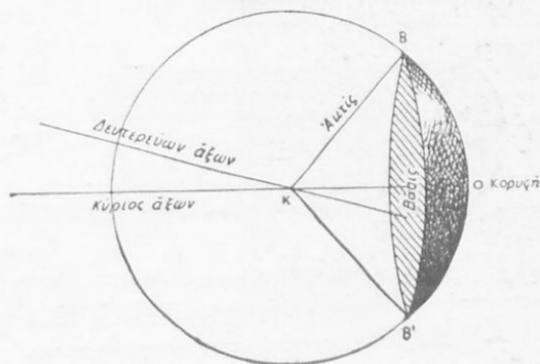
## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄

### ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

21. Ὅρισμοί. — Σφαιρικὰ λέγονται τὰ κάτοπτρα, τῶν ὁποίων ἡ ἀνακλώσα ἐπιφάνεια εἶναι μέρος σφαιρικῆς ἐπιφανείας. Καὶ εἶναι κοῖλα μὲν, ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἡ ἔσωτερικὴ τῆς σφαίρας, κυρτὰ δέ, ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἡ ἔξωτερικὴ τῆς σφαίρας. Συνήθως ἔχουν σχῆμα σφαιρικῆς ζώνης μὲ μίαν βᾶσιν.

Κέντρον καμπυλότητος τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου καλεῖται τὸ κέντρον  $K$  τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, ἀκτῖς δὲ καμπυλότητος ἡ ἀκτὶς 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 ἀνακλώσαν ἐπιφάνειαν, λέ-



Σχ. 27

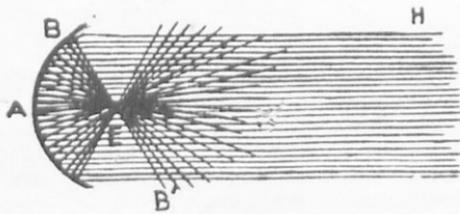
γεται κορυφή τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα εὐθεΐα, ἣτις διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, χωρὶς νὰ διέρχεται διὰ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, εἶναι δευτερεύων ἄξων. Τέλος, πᾶσα ἐπίπεδος τομὴ διερχομένη διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος καλεῖται κυρία τομὴ τοῦ κατόπτρου.

Διὰ νὰ μελετήσωμεν τὰς ιδιότητες τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων, ὑποθέτομεν ὅτι τὸ ἄνοιγμα ἢ πλάτος ΒΚΒ' τοῦ κατόπτρου εἶναι ὀλίγων μοιρῶν καὶ ὅτι τὸ κατόπτρον δεχεται ἀκτίνας ὀλίγων κεκλιμένας πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

*Σημείωσις.* Οἱ νόμοι τῆς ἀνακλάσεως ἐφαρμόζονται καὶ εἰς τὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Ἐπειδὴ μία σφαιρικὴ ἐπιφάνεια δύναται νὰ θεωρηθῆ, ὅτι ἀποτελεῖται ἐξ ἀπείρων μικρῶν στοιχείων ἐπιπέδων, πᾶσα ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπὶ τιαύτης ἐπιφανείας ἀνακλᾶται, ὥσει 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 ἠλιακῶν ἀκτίνων (1), παρατηροῦμεν ὅτι πᾶσαι αἱ ἀνακλόμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀκτίνες διέρχονται διὰ τινος σημείου Ε (σχ. 28), πάντοτε τοῦ αὐτοῦ,



Σχ. 28

ὅπου δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ἐπὶ λευκοῦ χαρτονίου μικρὸν πολὺ λαμπρὸν εἶδωλον τοῦ Ἡλίου.

Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι πολὺ θερμὸν, διότι ἡ ἠλιακὴ 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 πυρείου ἀναφλέγονται τιθέμενα εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

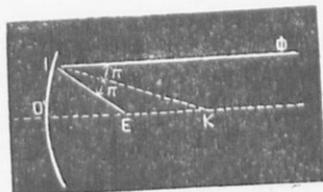
Τὸ σημεῖον αὐτὸ καλεῖται κυρία ἐστία τοῦ κατόπτρου καὶ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ

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

κατόπτρου Α αἰσθητῶς ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότη-  
τος. Ἡ ἀπόστασις αὕτη  $AE = \frac{\alpha}{2}$  ( $\alpha =$  ἀκτίς καμπυλότητος) καλεῖται

**κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις** καὶ παρίσταται διὰ τοῦ γράμματος φ.

**Σημείωσις.** Ἐστω φωτεινὴ ἀκτίς παράλληλος πρὸς τὸν κύ-  
ριον ἄξονα, προσπίπτουσα ἐπὶ κοίλου κατόπτρου εἰς τὸ σημεῖον I  
(σχ. 29). Ἡ κάθετος εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ ἀκτίς καμπυλότη-  
τος KI. Ἐὰν σχηματίσωμεν γωνίαν ἀνακλάσεως ἴσην μὲ τὴν γωνίαν  
τῆς προσπίπτουσας λαμβάνομεν τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα IE, ἣτις τέμνει  
τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ E. Αἱ γωνίαι IKE καὶ ΦIK εἶναι ἴσαι (ὡς  
ἐντὸς ἐναλλάξ κτλ.), καὶ ἐπειδὴ ΦIK = KIE, ἔχομεν KIE = IKE. Τὸ  
τρίγωνον IKE εἶναι λοιπὸν ἰσοσκελὲς καὶ IE = EK. Ἀλλὰ διὰ κά-  
τοπτρον μικροῦ πλάτους ἡ IE εἶναι αἰσθητῶς ἴση τῇ OE διὰ πᾶσαν  
προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν, ὅτι OE = EK, τὸσον  
δὲ ἀκριβέστερον, ὅσον τὸ σημεῖον I εἶναι  
πλησιέστερον εἰς τὴν κορυφὴν O. Ἐπο-  
μένως, πᾶσαι αἱ παράλληλως πρὸς τὸν  
κύριον ἄξονα προσπίπτουσαι ἀκτῖνες  
διέρχονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν διὰ τοῦ  
σημεῖου E, οἷονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ  
σημεῖον τῆς προσπίπτουσας.



Σχ. 29

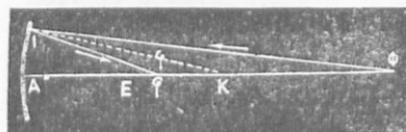
Ἡ κυλινδρική δέσμη ἢ παράλληλος  
πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καθίσταται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν κωνικὴ δέσμη  
κορυφῆς E (σχ. 28). Ἀντιστρόφως, ἂν φωτεινὸν σημεῖον τεθῆ εἰς τὸ  
E, πᾶσαι αἱ ἀκτῖνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐκ τοῦ σημείου τούτου καὶ  
συναντῶσαι τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται παράλληλως πρὸς τὸν κύριον  
ἄξονα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

**Δευτερεύουσα ἐστία.** Ἐστιακὸν ἐπίπεδον. Ἐὰν δέσμη  
ἀκτίνων προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παράλληλως πρὸς δευτερεύ-  
οντα ἄξονα, ἀποδεικνύεται, ὡς ἀνωτέρω, ὅτι αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν  
δίδει κωνικὴν δέσμη, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ E, κεῖται ἐπὶ τοῦ ἄξο-  
νος τούτου εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ κατόπτρου ἴσην πρὸς  
 $\frac{\alpha}{2}$ . Τὸ σημεῖον E, καλεῖται **δευτερεύουσα ἐστία**. Εἰς δευτερεύοντα

ἄξονα ὀλίγον κεκλιμένους ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, αἱ δευτερεύουσαι  
ἐστῖαι εὐρίσκονται ἐπὶ μικρᾶς σφαιρικῆς ζώνης κέντρου K καὶ ἀκτίνος

$\frac{\alpha}{2}$ . Ἀντὶ 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 κέντρον Κ καὶ κορυφῆς Α, πέραν τοῦ κέντρου Κ (σχ. 30) καὶ ΦΙ οἰαδήποτε προσπίπτουσα ἀκτίς ΚΙ εἶναι ἢ κάθετος ἐπὶ τὸ κατόπτρον εἰς τὸ σημεῖον Ι. Γωνία προσπτώσεως εἶναι ἢ γωνία ΦΙΚ. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς Ιφ ὀρίζεται ὑπὸ τῆς ἰσότητος, ἢ ὁποία πρέπει νὰ ὑφίσταται μεταξύ τῆς γωνίας ἀνακλάσεως ΚΙφ καὶ τῆς γωνίας προσπτώσεως ΦΙΚ. Αὕτη τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον φ, τὸ ὁποῖον κεῖται μεταξύ κυρίας ἐστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος, διότι ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως ΦΙΚ εἶναι μικροτέρα τῆς γωνίας, ἣν σχηματίζει ἢ προσπίπτουσα εἰς τὸ Ι παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.



Σχ. 30

Συνεπῶς καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως ΚΙφ θὰ εἶναι μικροτέρα τῆς ΚΙΕ. Συνεπῶς τὸ φ θὰ εὑρίσκεται ἐντεῦθεν τοῦ Ε καὶ οὐχὶ πέραν τοῦ Κ (διότι ἄλλως αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως θὰ εὑρίσκωνται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τῆς καθέτου). Εἰς τὸ τρίγωνον ΦΙφ ἢ ΙΚ διχοτομεῖ τὴν γωνίαν τῆς κορυφῆς Ι· συνεπῶς διαιρεῖ τὴν πλευρὰν φΦ εἰς μέρη ἀνάλογα πρὸς τὰς προσκειμένας εἰς ταῦτα πλευρὰς αὐτῆς,

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

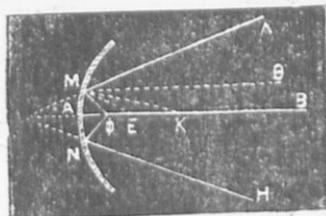
Ἐπειδὴ τὸ πλάτος τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρόν, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν αἰσθητῶς  $\Phi I = \Phi A$  καὶ  $\varphi I = \varphi A$ . Καὶ ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν (1), λαμβάνομεν :

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

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  $\varphi$  εἶναι ἄσχετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπίπτουσας καὶ σταθερά, ἐπομένως πᾶσαι αἱ ἀκτῖνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ὑπὸ τοῦ  $\Phi$  μετὰ τὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου διέρχονται αἰσθητῶς διὰ τοῦ σημείου  $\varphi$ , τὸ ὁποῖον συνεπῶς εἶναι εἶδωλον τοῦ  $\Phi$  καὶ καλεῖται **συζυγῆς ἐστία** αὐτοῦ. Καλεῖται δὲ οὕτω, διότι ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὸ  $\varphi$ , τὸ εἶδωλον, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς τοῦ φωτὸς ἐπιστροφῆς, θὰ σχηματισθῇ εἰς τὸ  $\Phi$ . Δηλ. ἕκαστον τῶν σημείων  $\Phi$  καὶ  $\varphi$  εἶναι συζυγῆς ἐστία τοῦ ἄλλου.

**Διερεύνησις τῆς θέσεως τοῦ εἰδώλου.** Ἐὰν τὸ σημεῖον  $\Phi$  πλησιάσῃ πρὸς τὸ κέντρον  $K$ , ἡ γωνία τῆς προσπίπτουσας ἐλαττωταί. Συνεπῶς, ἐλαττωταί καὶ ἡ γωνία ἀνακλάσεως καὶ τὸ εἶδωλον πλησιάζει πρὸς τὸ κέντρον  $K$ . Ἐὰν τὸ σημεῖον  $\Phi$  ἀπομακρύνεται τοῦ κέντρου, ἡ γωνία τῆς προσπίπτουσας ἀυξάνεται, ἐπομένως ἀυξάνεται καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως καὶ τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται τοῦ κέντρου, διαμένον πάντοτε μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας. Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον  $\Phi$  συμπέσῃ μετὰ τοῦ κέντρου, ἡ γωνία προσπίπτουσας μηδενίζεται, μηδενίζεται ἐπομένως καὶ ἡ γωνία ἀνακλάσεως, καὶ τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κέντρου.



Σχ. 31

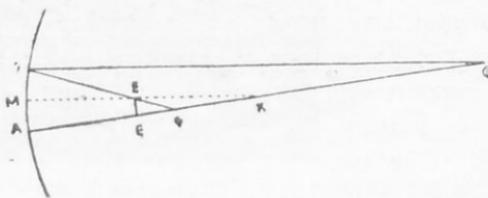
Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον  $\Phi$  ὑπερβῇ τὸ κέντρον καὶ πλησιάσῃ πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πρὸς τὸ ἕτερον μέρος τοῦ κέντρου, ἀπομακρυνόμενον τούτου ἐφ' ὅσον τὸ  $\Phi$  πλησιάζει πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν.

Ὅταν τὸ  $\Phi$  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 προσπίπτουσας  $\Phi MK$ , τὴν ὁποίαν σχηματίζει τυχούσα ἀκτις  $\Phi M$  (σχ. 31), εἶναι μεγαλύτερα τῆς γωνίας  $EMK$ , ἣν σχηματίζει ἡ ἐκ τῆς κυρίας ἐστίας προσπίπτουσα ἀκτις  $EM$ . Συνεπῶς καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως

ΚΜΑ θὰ εἶναι μεγαλύτερα τῆς ΚΜΘ καὶ ἐπομένως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς βαίνει ἀποκλίνουσα τοῦ κυρίου ἄξονος. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ διὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτίνα ἐκ τοῦ Φ ἐκπεπομένην καὶ προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου. Ἐὰν δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ τὰς ἀνακλωμένας ταύτας ἀκτίνες, 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 ἐστίαί φωτεινῶν σημείων, κειμένων πέραν τῆς κυρίας ἐστίας), τὰ ὁποῖα, ὡς θὰ ἴδωμεν, εἶναι **πραγματικά**.

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



Σχ. 32

**24. Εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου οἴου δήποτε.**—Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον δὲν εὐρίσκειται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος,

ἀλλ' ἀπέχει ὀλίγον τούτου, τὸ εἶδωλόν του θὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ φωτεινοῦ τούτου σημείου. Ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος τούτου ἄξονος, ὅστις γεωμετρικῶς οὐδὲν δόλως διαφέρει τοῦ κυρίου ἄξονος, δυνάμεθα νὰ ἐπαναλάβωμεν τὰ αὐτὰ ἀκριβῶς, τὰ ὁποῖα εἶπομεν καὶ διὰ τὸν κύριον ἄξονα.

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

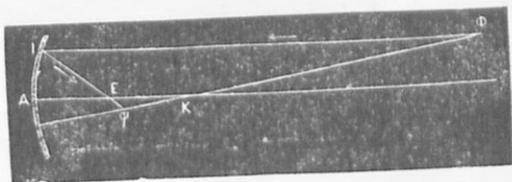
α) Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Φ εὐρίσκειται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, φέρομεν τυχούσαν προσπίπτουσαν, τὴν ΦΙ (σχ. 32), καὶ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα ΚΜ, τὸν παράλληλον πρὸς τὴν ΦΙ. Ὑποϋντες τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον  $EE_1$ , προσδιορίζομεν τὴν ἐστίαν  $E_1$  τοῦ ἄξονος τούτου, διὰ τῆς ὁποίας θὰ διέλθῃ ἡ ἀνακλωμένη.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

β) Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον  $\Phi$  εὐρίσκειται ἐκτὸς τοῦ κηρίου ἄξονος (σχ. 33), ἄγομεν τὴν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα προσπίπτουσαν ἀκτῖνα  $\Phi I$ . Αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν διέρχεται διὰ τῆς κυρτίας ἐστίας  $E$ . Τὸ σημεῖον  $\phi$  τῆς τομῆς τῆς  $IE$  καὶ τῆς κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα  $\Phi K$  προσπιπτούσης (ἢ μὴ ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν) ὀρίζει τὴν συζυγῆ ἐστίαν τοῦ  $\Phi$ .

**25. Εἶδωλα ἀντικειμένων.**—Τὰ κοίλα κάτοπτρα δίδουν εἶδωλα τῶν πρὸ αὐτῶν εὐρισκομένων ἀντικειμένων εἴτε **πραγματικά** εἴτε **φανταστικά**. Τὰ πραγματικά εἶδωλα σχηματίζονται ὑπ' αὐτῶν τοῦτων 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 ἐν τὸς τοῦ κατόπτρου.

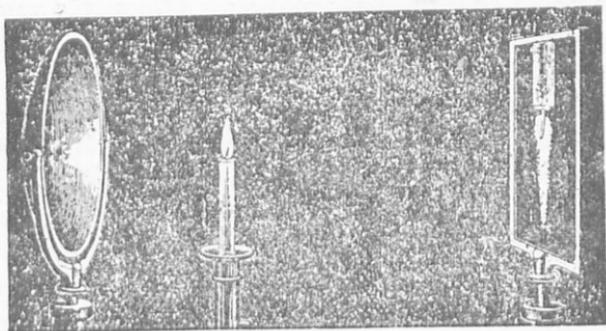
Διὰ νὰ μελετήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τῶν εἰδῶλων εἰς ἓν κοῖλον κάτοπτρον, τοποθετοῦμεν ἐν τὸς σκοτεινοῦ δωματίου κηρίον ἀνημμένον ἔμπροσθεν τοῦ κατόπτρου καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ καὶ οὕτως, ὥστε τὸ μέσον τῆς φλογὸς νὰ εὐρίσκειται περίπου ἐπὶ τοῦ κηρίου ἄξονος. Διὰ μικροῦ δὲ λευκοῦ διαφράγματος, τὸ ὁποῖον μετακινούμεν καταλλήλως, ζητοῦμεν τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς κρινέστερον.

α') Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται πέραν τῆς κυρτίας ἐστίας. Τοποθετοῦμεν κατὰ πρῶτον τὸ κηρίον εἰς μεγάλην σχετικῶς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου· παρατηροῦμεν τότε, ὅτι σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος (μεταξὺ τῆς κυρτίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου τῆς καμπυλότητος) εἶδωλον τοῦ κηρίου ἀνεστραμμένον, πολὺ μικρὸν καὶ πολὺ λαμπρὸν. Ἐφ' ὅσον πλησιάζομεν τὸ κηρίον πρὸς τὸ κάτοπτρον, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ κατόπτρου μεγεθυνόμενον, καὶ ὅταν τὸ κηρίον φθάσῃ εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἢ φλόξ καὶ τὸ εἶδωλόν της εἶναι ἴσα καὶ εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον. Ὅταν τὸ κηρίον ὑπερβῇ τὸ κέντρον, τὸ εἶδωλον εἶναι ἀκόμη ἀνεστραμμένον, ἀλλὰ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ



Σχ. 33

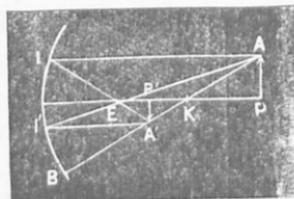
σχηματίζεται πέραν τοῦ κέντρου (σχ. 34). Ἐὰν τὸ κηρίον φθάσῃ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τὸ εἶδωλον ἔξαφανίζεται, διότι ἀπομακρύνεται εἰς τὸ ἄπειρον.



Σχ. 34

**Σημείωσις.** Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος συνάγομεν, ὅτι τὸ εἶδωλον ἀντικείμενον κάθετον πρὸς τὸν ἄξονα εἶναι ἐπίσης κάθετον πρὸς αὐτόν.

**Πορεία τῶν ἀκτίνων.** Ἐξετάσωμεν τὴν ἀπλουστέραν περίπτωσιν, καθ' ἣν τὸ ἀντικείμενον εἶναι εὐθεῖα  $AP$  κάθετος ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ φθάνει μέχρις αὐτοῦ (σχ. 35). Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον



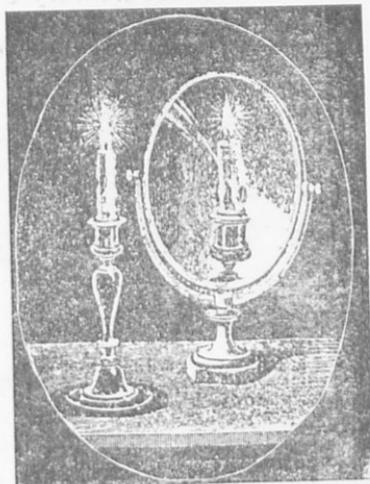
Σχ. 35

εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, καὶ τὸ εἶδωλον θὰ εἶναι κάθετον ἐπ' αὐτόν. Συνεπὸς ἀρκεῖ νὰ προσδιορίσωμεν, ὡς ἐμάθομεν ἀνωτέρω, τὴν συζυγῆ ἐστίαν  $A'$  τοῦ φωτεινοῦ σημείου  $A$ . Ἀγομεν τότε κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ ἔχομεν τὸ εἶδωλον  $A'P'$ , ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον, μικρότερον τοῦ ἀντικείμενου εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος (διότι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται 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 εἶδωλον εἶναι ἀκόμη πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, ἀλλὰ ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Ἐὰν τέλος τὸ ἀντικείμενον  $AP$  τοποθετηθῇ μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ ἐστίας εὐρίσκομεν εὐκόλως, ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι

πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ πέραν τοῦ κέντρου.

β') Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξύ κυρίας ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου. Ὄταν, εἰς τὸ ἀνωτέρω πεί-

ραμα, τὸ κηρίον ὑπερβῆ τὴν ἐστίαν (σχ. 36), δὲν δεχόμεθα πλέον εἶδωλον ἐπὶ τοῦ διαφράγματος, ἀλλὰ βλέπομεν ἐντὸς τοῦ κατόπτρου εἶδωλον φανταστικὸν τῆς φλογὸς ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον ταύτης, τὸ ὁποῖον συγκρίνεται πλησιάζον πρὸς τὸ κατόπτρον, ἐφ' ὅσον τὸ κηρίον ἀπομακρύνεται τῆς κυρίας ἐστίας πλησιάζον πρὸς τὸ κατόπτρον.

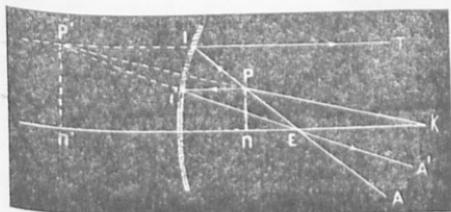


Σχ. 36

**Πορεία τῶν ἀκτίνων.** Ἐστω ΡΠ τὸ ἀντικείμενον μεταξύ 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.

Ἔχομεν 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 (φά-

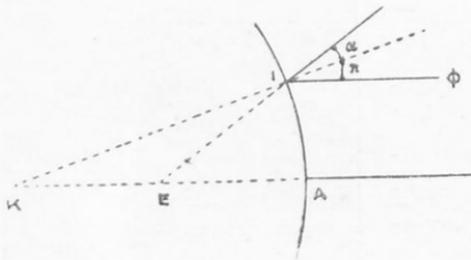


Σχ. 37

ροι αὐτοκινήτων), εἴτε διὰ νὰ φωτίσωμεν ἰσχυρῶς πλησίον κείμενα 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 τηλε-

## ΚΥΡΤΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

**26. Κυρία έστία.** — Φωτειναι άκτινες προσπίπτουσαι παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον άξονα κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, μετὰ τὴν ανάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου βαίνουν ἀποκλίνουσαι τοῦ κυρίου άξο-

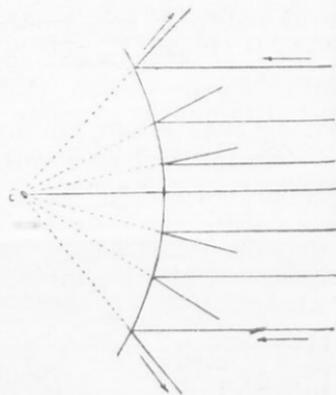


Σχ. 38

νος καὶ φαίνονται, ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἓν σταθερὸν σημεῖον E, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ **κυρία έστία** τοῦ κατόπτρου τούτου (σχ. 38). Ἐστὼ φωτεινὴ άκτις ΦΙ προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον άξονα. Ἡ ἀνακλωμένη άκτις σχηματίζει μετὰ τῆς καθέ-

του ΚΙ γωνίαν ἀνακλάσεως ἴσην τῇ γωνίᾳ βαίνει ἀποκλίνουσα τοῦ κυρίου άξονος ἢ ἀντιᾶ αὐτὸν (†) εἰς τὸ σημεῖον E (σχ. 38). ΚΙΕ καὶ ἡ γωνία τῆς προσπίπτουσας εἰς τὸ I εἶναι ἴσαι λόγῳ τῶν παραλλήλων ἂφ' ἑτέρου, ἡ γωνία ΚΙΕ καὶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλάσεως εἰς τὸ I εἶναι ἴσαι ὡς κατὰ κορυφήν. Ἐπειδὴ δὲ ἡ γωνία τῆς προσπίπτουσας ἰσοῦται μετὰ τὴν γωνίαν τῆς ἀνακλάσεως, καὶ αἱ γωνίαι Κ καὶ ΚΙΕ εἶναι ἴσαι. Τὸ τρίγωνον λοιπὸν ΚΕΙ εἶναι ἰσοσκελὲς καὶ  $ΚΕ = ΕΙ$ . Ἐπειδὴ δὲ τὸ πλάτος τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρόν, ἡ ΕΙ εἶναι αἰσθητῶς ἴση τῇ ΕΑ καὶ ἔχομεν  $ΚΕ = ΕΑ$ .

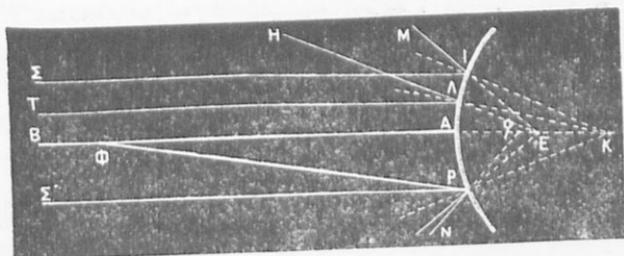
Δηλ. ἡ κυρία έστία ἀπέχει ἐξ ἴσου ἐκ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καὶ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, εἶναι δὲ **φανταστικὴ**.



Σχ. 39

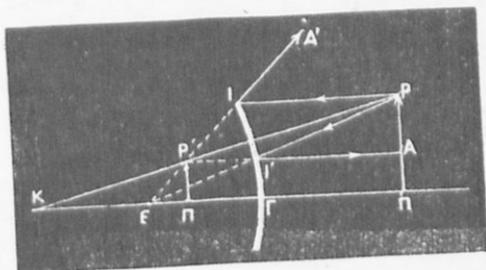
(†) Διότι τὸ ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τῆς προσπίπτουσας καὶ τοῦ κυρίου άξονος περιέχει τὴν κάθετον, συνεπῶς εἶναι τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπίπτουσας, τὸ ὁποῖον περιέχει καὶ τὴν ἀνακλωμένην.

Τοιουτοτρόπως δέσμη ακτίνων προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα σχηματίζει μετὰ τὴν ἀνάκλασιν κοινικὴν δέσμην ἀποκλίνουσαν, κορυφῆς  $E$  (σχ. 39). Ἀντιστρόφως, δέσμη ακτίνων, αἱ ὁποῖα 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  $\Phi$  (σχ. 40) κεῖται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, ἡ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστία  $\phi$  σχηματίζεται μετὰ  $E$  καὶ  $A'$  β) ὅτι, ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον  $P$  (σχ. 41) εὐρίσκεται ἔκτος τοῦ κυρίου ἄξονος, ἡ συζυγῆς αὐτοῦ ἐστία  $P'$  σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ δευτερευόντος ἄξονος  $PK$ , ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου, κατ' ἔμφασιν (φανταστική).



Σχ. 41

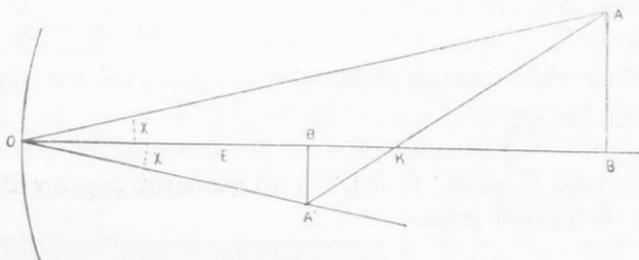
**28. Εἶδωλα ἀντικειμένων.**— Ἐὰν ἔμπροσθεν σφαιρικοῦ δοχείου, τοῦ ὁποίου ἡ ἐπιφάνεια εἶναι λεία καὶ

στιλπνὴ (φιάλης π.χ. σφαιρικῆς περιεχοῦσης μέλαν ὑγρὸν), θέσωμεν ἀντικείμενόν τι, βλέπομεν ἐντὸς αὐτοῦ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ὄρθιον καὶ πολὺ μικρόν. Τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα δίδουν λοιπὸν πάντοτε εἶδωλα κατ' ἔμφασιν, ὄρθια καὶ μικρότερα τοῦ ἀντικειμένου.

**Σημείωσις.** Διὰ τὰ σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἄντικειμένου πρὸς, π.χ. τῆς εὐθείας  $PII$  καθέτου ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, σχηματίζομεν κατὰ πρόωτον τὸ εἶδωλον τοῦ  $P$  (σχ. 41). Πρὸς τοῦτο ἄγομεν τὴν κατὰ

τὸν δευτερεύοντα ἄξονα  $PK$  προσπίπτουσιν ἀκτῖνα, ἥτις ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν κατόπιν δὲ τὴν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα προσπίπτουσιν, ἥτις μετὰ τὴν ἀνάκλασιν λαμβάνει τοιαύτην διεύθυνσιν  $IA'$ , ὥστε ἡ προέκτασίς της νὰ διέρχεται διὰ τῆς κορυφῆς ἐστίας. Αἱ δύο αὗται ἀνακλῶμεναι ἀκτῖνες φαίνονται ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημείου  $\pi$   $P'$ , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ  $P$ . Τέλος ἐκ τοῦ  $P'$  φέρομεν κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, καὶ ἔχομεν τὸ εἶδωλον  $P''H'$  τοῦ  $PH$ . Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι φανταστικόν, ὄρθιον, μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ εὐρίσκεται μεταξὺ κορυφῆς ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου.

29. Τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—Ἐστω  $AB$  (σχ. 42) ἀντικείμενον κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα κοίλου σφαιρικοῦ κατό-



Σχ. 42

πτρου πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος. Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ εἶδωλον αὐτοῦ, προσδιορίζομεν τὴν σύζυγῃ ἐστίαν  $A'$  τοῦ σημείου  $A$  διὰ τῆς τομῆς δύο ἀνακλῶμενων: τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὴν καθέτως προσπίπτουσαν  $AK$ , ἡ ὁποία ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, καὶ τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὴν προσπίπτουσαν εἰς τὴν κορυφὴν  $O$ , ἥτις ἀνακλῶμενὴ θὰ σχηματίσῃ μετὰ τῆς καθέτου  $OK$  γωνίαν ἀνακλάσεως ἴσην μὲ τὴν γωνίαν τῆς προσπτώσεως. Ἐκ τοῦ  $A'$  ἄγομεν τὴν κάθετον  $A'B'$  ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ ἔχομεν τὸ εἶδωλον τοῦ  $AB$ .

Καλοῦμεν  $\pi$  τὴν ἀπόστασιν  $OB$  τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου,  $\pi'$  τὴν ἀπόστασιν  $OB'$  τοῦ εἰδώλου καὶ  $2\varphi$  τὴν ἀκτῖνα  $OK$ .

Ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων  $KAB$  καὶ  $KA'B'$  ἔχομεν:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{B'K}{BK} \quad (1)$$

Ἐπίσης ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων  $ABO$  καὶ  $A'B'O$  ἔχομεν :

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

ἐκ τῆς (1) καὶ (2) λαμβάνομεν :

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

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

καὶ διαιροῦντες ἀμφότερα 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 κοίλα καὶ εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα, ἀρκεῖ νὰ θεωρήσωμεν τὰς τιμὰς τῶν  $\pi$ ,  $\pi'$  καὶ  $\varphi$  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  $\pi'$  ἀρνητικόν.

Ἐπίσης διὰ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα θὰ ἔχωμεν  $\pi'$  ἀρνητικόν καὶ  $\varphi$  ἀρνητικόν, διότι καὶ τὸ εἰδῶλον καὶ ἡ ἐστία εἶναι φανταστικά. Συνε-

πῶς ὁ τύπος γίνεται  $\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$  ἢ  $-\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$ . (5)

**Σημείωσις.** Ἀντιστρόφως, ἐὰν κατὰ τὸν ὑπολογισμὸν διὰ τοῦ γενικοῦ τύπου (3) εὑρωμεν ἀρνητικὴν τιμὴν διὰ τὸ  $\pi'$ , 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 κοίλα κάτοπτρα καὶ εἰς τὰ κυρτὰ.

**Σημείωσις.** α') Τὸ εἰδῶλον εἶναι ἀνεστραμμένον, ὅταν  $\frac{\pi'}{\pi}$

εἶναι θετικόν ὁρθιον δέ, ὅταν  $\frac{\pi'}{\pi}$  εἶναι ἀρνητικόν.

β') Το φωτεινόν σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλόν του κινουῦνται σταθερῶς κατ' ἀντίθετον φορᾶν. Συναρτῶνται δὲ δῖς, εἰς τὸ κέντρον καὶ εἰς τὴν κορυφήν.

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

Ἡ ἀπόστασις  $\pi$  τοῦ ἀντικειμένου δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου  $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$ , ἔξ οὗ λαμβάνομεν  $\frac{1}{\pi} = \frac{1}{\varphi} - \frac{1}{\pi'}$  ἢ  $\frac{1}{\pi} = \frac{\pi' - \varphi}{\pi' \varphi}$   
ἢ  $\pi = \frac{\pi' \varphi}{\pi' - \varphi}$ .

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

$$\pi' = +50 \text{ καὶ } \pi = \frac{50 \cdot 30}{50 - 30} = \frac{1500}{20} = 75 \text{ ἐκ.}$$

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

$$\pi' = -50 \text{ καὶ } \pi = \frac{-50 \cdot 30}{-50 - 30} = \frac{-1500}{-80} = +19 \text{ ἐκ. περίπου.}$$

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

Β) 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:

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

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

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

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

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{\pi' + \pi}{\pi' \pi} \quad \text{ἢ} \quad \varphi = \frac{\pi \pi'}{\pi + \pi'} = \frac{30 \cdot 10}{30 + 10} = \frac{300}{40} = 7,5 \text{ ἐκ.}$$

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

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

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

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

### Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ποία ἡ ἀκτίς καμπυλότητος κοίλου κατόπτρου, εἰς τὸ ὁποῖον φωτοβόλον σημεῖον τιθέμενον εἰς ἀπόστασιν 0,5 μ. ἀπὸ τῆς κυρίας ἐστίας σχηματίζει τὸ καθ' ὑπόστασιν εἶδωλόν 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 εἰδωλοῦ 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) τετρακίς μεγαλύτερον τοῦ ἀντικείμενου, β) τετρακίς 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 φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικείμενου.

5ον. Δύο κοῖλα κάτοπτρα, ὧν αἱ ἀκτῖνες εἶναι 1 μ. καὶ 1.50 μ., κείνται ἀπέναντι ἀλλήλων οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ συμπέτουν. 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 συμπέτουν. 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 συμπέτωσιν.

7ον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ κυρτοῦ κατόπτρου πρέπει νὰ τεθῇ

φωτεινὸν ἀντικείμενον, ἵνα τὸ εἶδωλόν του εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἡμῖσιν τοῦ ἀντικειμένου ;

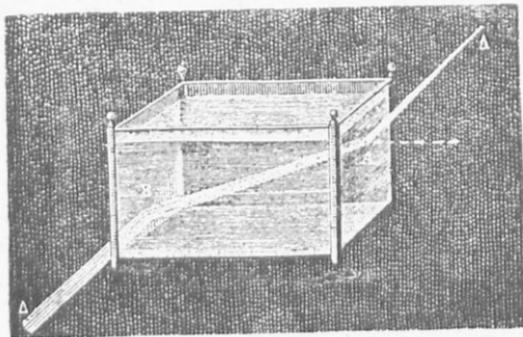
δov. Ἀντικείμενον ὕψους 4 ἑκατ. τίθεται καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα κυρτοῦ κατόπτρου ἐστιακῆς ἀποστάσεως 30 ἑκατ. εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ 10 ἑκατ. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

### ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

**30. Προκαταρκτικαὶ ἔννοιαι.** Ὅταν φωτεινὴ ἀκτίς μεταβαίη πλαγίως ἐξ ἑνὸς διαφανοῦς μέσου εἰς ἄλλο διαφόρου φύσεως, ἀλλάσσει 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 ἀκτίς, ὅταν διέρχεται διὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ δύο διαφανῶν μέσων, καλεῖται διάθλασις.

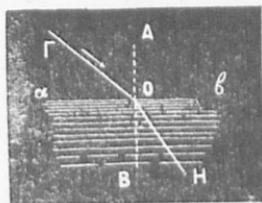


Σχ. 43

Διὰ νὰ δεῖξωμεν τὸ φαινόμενον τῆς διάθλασεως, ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ δέσμη ἀκτίνων προσερχομένων ἐκ τοῦ ἡλίου ἢ ἐκ βολταϊκοῦ τόξου ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου. Παρενθέντομεν 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 ὑγροῦ δια-

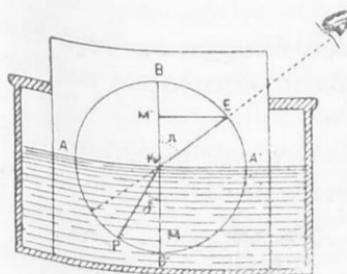
θλάται κατόπιν, ξεροχομένη εκ του ύδατος εις τον αέρα, διαθλάται κατ' αντίστροφον φοράν και λαμβάνει διεύθυνσιν παράλληλον προς την αρχικήν.

Ἐστω  $\alpha\beta$  ἡ ἐπιφάνεια τοῦ χωρισμοῦ δύο διαφανῶν μέσων διαφόρου φύσεως, π. χ. αέρος και ὕδατος (σχ. 44). Ἀκτίς τις προσπίπτουσα, π. χ. ἡ  $GO$ , ἡ ὁποία συναντᾷ πλαγίως τὴν ἐπιφάνειαν ταύτην, εισέρχεται ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ πλησιάζουσα πρὸς τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου  $AO$ . Καλοῦμεν **ἐπίπεδον προσπτώσεως** τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον προσδιορίζεται ὑπὸ τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος  $GO$  και τῆς καθέτου  $AO$  εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως. **Γωνία προσπτώσεως** εἶναι ἡ γωνία  $GOA$  τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος μετὰ τῆς καθέτου. **Γωνία δὲ διαθλάσεως** εἶναι ἡ γωνία  $HOB$  τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος  $OH$  μετὰ τῆς καθέτου  $OB$ .



Σχ. 44

**31. Ἀντίστροφος ἐπάνοδος τοῦ φωτός.** Ἐὰν δι' ἐπιπέδου κατόπτρου ἀποστείλωμεν πάλιν τὴν φωτεινὴν δέσμη ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου κατὰ τὴν  $HO$ , θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι αὕτη ἀκολουθεῖ εἰς τὸ πρῶτον μέσον τὴν διεύθυνσιν  $OG$ . Δηλ. ἡ τροχιά, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ τὸ φῶς, δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φορᾶς τῆς διαδόσεως και ἡ ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς ἐπανόδου τοῦ φωτός ἐφαρμόζεται εἰς τὴν διάθλασιν, ὅπως και εἰς τὴν ἀνάκλασιν.



Σχ. 45

περιφέρειαν με δύο διαμέτρους καθέτους πρὸς ἀλλήλας  $AA'$  και  $BB'$ . Προσηλώνομεν μίαν καρφίδα εἰς τὸ κέντρον  $K$  και ὁμοίαν καρφίδα εἰς ἓν οἰονδήποτε σημεῖον  $P$  τῆς περιφερείας (σχ. 45) κάτωθεν τῆς διαμέτρου  $AA'$ . Βυθίζομεν κατόπιν τὴν σανίδα ἐντὸς τοῦ ὕδατος

### 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 ὁποῖου χαράσομεν

λεκάνης, μέχρις ὅτου ἡ διάμετρος  $AA'$  εὐρεθῆ εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος.

Ὁ ὀφθαλμός, τοποθετηθεὶς ἐντὸς τῆς γωνίας  $BKA'$ , βλέπει τὴν καρφίδα  $P$  εἰς τὴν φαινομένην θέσιν της. Προσηλώνομεν τότε ὁμοίαν καρφίδα εἰς τὸ σημεῖον  $E$ , εἰς τὸ ὁποῖον ἡ εὐθεία ἢ ἐνοῦσα τὸν ὀφθαλμὸν μετὰ τῆς καρφίδος  $P$  τέμνει τὴν περιφέρειαν.

Αἱ κεφαλαὶ τῶν καρφίδων  $K$  καὶ  $E$  καθὼς καὶ ἡ γραμμὴ  $KP$  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  $P$ ,  $K$  καὶ  $E$  δὲν εὐρίσκονται ἐπ' εὐθείας. Σύρομεν τὴν ἀκτῖνα  $EK$  (προσπίπτουσα ἀκτῖς) καὶ τὴν ἀκτῖνα  $PK$  (διαθλωμένη ἀκτῖς). Ἡ γωνία  $BKE$  εἶναι ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως  $\pi$ , ἡ δὲ γωνία  $PKB'$  εἶναι ἡ γωνία τῆς διαθλάσεως  $\delta$ . Ἐὰν φέρωμεν ἐκ τῶν σημείων  $E$  καὶ  $P$  καθέτους ἐπὶ τὴν  $BB'$ , διαπιστοῦμεν, ὅτι τὰ μήκη  $M'E$  καὶ  $PM$  τῶν καθέτων τούτων (ἡμίτονα τῶν δύο γωνιῶν) εὐρίσκονται ὑπὸ τὴν σχέσιν  $4 : 3$ . Ἡ σχέσηὶς αὕτη καλεῖται **δείκτης διαθλάσεως** τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα (εἶναι δὲ ἡ αὐτή, οἷονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ σημεῖον  $P$  τῆς περιφερείας).

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως:

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

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

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

**33. Περίπτωσης, καθ' ἣν τὸ φῶς διέρχεται ἀπὸ ἐνὸς μέσου εἰς ἄλλο διαθλαστικώτερον.**—Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτῖς διέρχεται ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὴν ὕαλον ἢ εἰς τὸ ὕδωρ, ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως εἶναι μεγαλύτερα τῆς γωνίας τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτῖς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον. Λέγομεν τότε, ὅτι τὸ δεύτερον μέσον εἶναι

διαθλαστικώτερον τοῦ πρώτου. Ὁ δείκτης τῆς διαθλάσεως  $v$  εἶναι ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ μεγαλύτερος τῆς μονάδος. Τοῦτο π.χ. συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς διέρχεται ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ ( $v = \frac{4}{3}$ ) ἢ ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὴν ὕαλον ( $v = \frac{3}{2}$ ).

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

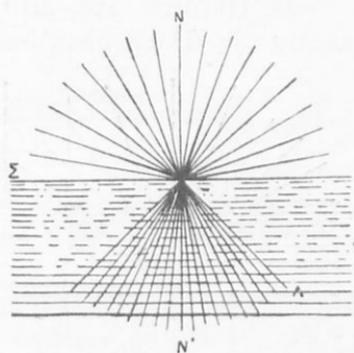
Ἐκ τῶν στερεῶν, τὰ διαθλαστικώτερα εἶναι : ὁ ἀδάμας, ὁ φωσφόρος, τὸ θεῖον καὶ οἱ πολύτιμοι λίθοι (ρομβίνιον, τοπάξιον κτλ.), τελευταῖος δὲ ὁ πάγος.

Τὸ σχῆμα 46 παριστᾷ τὴν διάθλασιν προσπίπτουσῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖα διέρχονται ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ. Ἡ ἀκτὶς NI, κάθετος εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χωρισμοῦ, συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον πορείαν της. Πᾶσα ἀκτὶς πλαγία ἀνακλᾶται ἐν μέρει καὶ τὸ μὴ ἀνακλώμενον φῶς διαθλάται πλησιάζον πρὸς τὴν κάθετον.

Ἡ ἀκτὶς ΣΙ, ἡ ὁποία εἶναι πολὺ πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν ΙΛ, ἣτις, καθὼς θὰ μάθωμεν βραδύτερον, ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν διαθλάσεως περίπου  $48^\circ$ . Ἡ γωνία αὕτη τῶν  $48^\circ$  καλεῖται **ὄρικη 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 ΝΙΣ, ἀνακλᾶται ἐν μέρει καὶ ἐν μέρει διαθλάται· τὸ τελευταῖον τοῦτο μέρος συγκεντρώνεται ἐντὸς τῆς ὀξείας γωνίας Ν'ΙΛ, ἣτις ἰσοῦται μὲ  $48^\circ$ . 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 ὀρικῆς γωνίας Ν'ΙΛ.

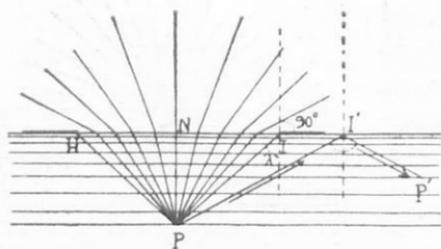
Στοιχεία Φυσικῆς (Ἔκδοσις 1949)



Σχ. 46

Σημείωσις. Ἡ ὀρθὴ γωνία  $\Delta$  ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν προσπίπτουσας  $90^\circ$ , τῆς ὁποίας τὸ ἡμίτονον εἶναι 1. Ἐχομεν λοιπὸν  $\frac{1}{\eta\mu\Delta} = v$ , ἐξ 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  $48^\circ$ . Διὰ τὴν διάθλασιν ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὴν ὕαλον,  $v = \frac{3}{2}$  καὶ  $\eta\mu\Delta = \frac{2}{3}$ , ὅπερ εἶναι ἡμίτονον τῆς γωνίας  $42^\circ$ .

34. Περίπτωσις, καθ' ἣν τὸ φῶς διέρχεται ἀπὸ ἐνὸς μέσου εἰς ἄλλο ὀλιγώτερον διαθλαστικόν.—Ὀλικὴ ἀνά-



Σχ. 47

κλασις. Ὄταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διέρχεται ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα ἢ ἐκ τῆς ὕαλου εἰς τὸν ἀέρα, ἡ γωνία τῆς προσπίπτουσας εἶναι μικροτέρα τῆς γωνίας τῆς διαθλάσεως καὶ αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται ἐκ τοῦ ὕδατος ἢ τῆς ὕαλου, ἀπομακρύνονται τῆς

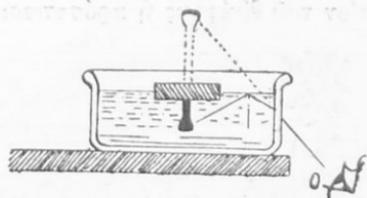
καθέτου. Λέγομεν τότε, ὅτι τὸ δεύτερον μέσον, δηλ. ὁ ἀήρ, εἶναι ὀλιγώτερον διαθλαστικόν ἀπὸ τὸ πρῶτον.

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

Μία ἀκτὶς, ὡς π.χ. ἡ PI, ἡ ὁποία σχηματίζει μετὰ τῆς καθέτου γωνίαν  $48^\circ$ , ἐξέρχεται ἐφαπτομένη τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ. Πᾶσα ἀκτὶς PI', πέραν τῆς PI, προσπίπτει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χωρισμοῦ ὑπὸ γωνίαν προσπίπτουσας μεγαλυτέραν τῶν  $48^\circ$ . 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  $PI'$  ἀνευρίσκειται εἰς τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα  $I'P'$ .

**Πείραμα.** Τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν δεικνύομεν διὰ τοῦ ἐξῆς πειράματος: Κάτωθεν δίσκου ἐκ φελλοῦ ἔχοντος ἀκτίνα 45 περίπου χιλιοστών ἐμπηγνύομεν ἥλον κατακορύφως εἰς τὸ κέντρον τοῦ δίσκου οὕτως, ὥστε τὸ ἐκτὸς τοῦ φελλοῦ μέρος τοῦ ἥλου νὰ ἔχη μῆκος περίπου 35 χιλιοστών, καὶ ἀφήνομεν τὸν φελλὸν νὰ ἐπιπλῆ 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 ἐκπεμπόμεναι ὑπὸ τοῦ ἥλου καὶ συναντῶσαι τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος ἐκτὸς τοῦ δίσκου, σχηματίζουν γωνίας προσπτώσεως μεγαλυτέρας τῆς ὀρικῆς ( $48^\circ$ ) συνεπῶς εἶναι ἀδύνατον νὰ ἴδωμεν τὸν ἥλον διὰ διαθλάσεως, ὁποιαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θέσις τοῦ ὀφθαλμοῦ ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Ἄλλ' ἐὰν φέρωμεν τὸν ὀφθαλμὸν κάτωθεν τῆς ἐπιφανείας ταύτης, π.χ. εἰς τὸ  $O$ , θὰ δεχθῶμεν τὰς ἀκτίνας, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται τὴν ὀλικὴν ἀνάκλασιν, καὶ θὰ ἴδωμεν δι' ἀνακλάσεως ὑπεράνω τοῦ δίσκου εἶδωλον τοῦ ἥλου κατ' ἔμφασιν.



Σχ. 48

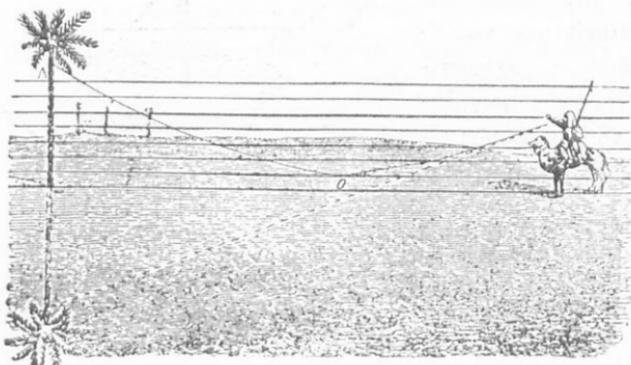
**35. Ἀτμοσφαιρικὸς κατοπτρισμός.**—Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς κατοπτρισμὸς εἶναι ὀπτική ἀπάτη, ἔνεκα τῆς ὁποίας βλέπομεν τὰ εἶδωλα ἀπομακρυσμένων ἀντικειμένων ἀνεστραμμένα. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς θερμὰς χώρας καὶ ἰδίως εἰς τὰς ἀμμόδεις πεδιάδας τῆς Αἰγύπτου· τὸ ἔδαφος φαίνεται τότε ὡς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

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

Ὅταν ὁ ἀήρ εἶναι ἥρεμος, τὰ ἀεριοῦδη στρώματα, θερμαινόμενα ὑπὸ τοῦ καυστικοῦ ἐδάφους, δύνανται νὰ λάβουν μέχρις ὀρισμένου

ὕψους πυκνότητα καὶ διαθλαστικότητα, αἱ ὁποῖαι εἶναι μικρότεροι τῆς τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων καὶ αἱ ὁποῖαι ἐλαττοῦνται ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.

Παρατηρητῆς εὐρισκόμενος εἰς τοιοῦτον μέρος βλέπει ἐν σημείῳ Α ἀντικείμενον τινὸς ἀπ' εὐθείας (σχ. 49). Αἱ ἀκτῖνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐκ τοῦ σημείου τούτου Α, αἱ ὁποῖαι 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 ἀρχετὰ πλαγία, ὥστε νὰ συμβῇ



.Σχ. 49

ὀλικὴ ἀνακλάσις εἰς τὸ Ο. Τότε ἡ ἀνακλάσις αἰσθητὴ δέσμη ἀνορθοῦται, ἀκόλουθον τῆς τροχίαν σχεδὸν συμμετρικὴν τῆς πρώτης ὡς πρὸς τὴν κατακόρυφον τοῦ σημείου Ο. Τοιοῦτο ὁ

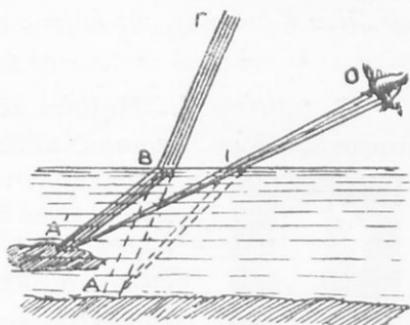
πως φθάνει εἰς τὸν παρατηρητήν, τὸν ὁποῖον ἡ θέα τοῦ σημείου Α καὶ τοῦ συμμετρικοῦ εἰδώλου του Α' κάμνει νὰ πιστεύσῃ, ὅτι εὐρισκείται πρὸ ὕψους ἀνακλώσεως ἐπιφανείας.

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

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

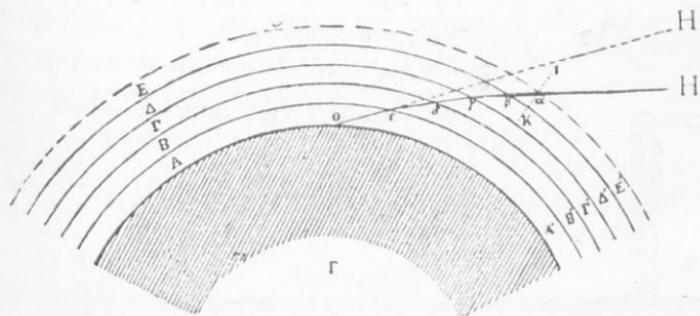
Ἔστω π.χ. ράβδος βυθισμένη εἰς τὸ ὕδωρ (σχ. 50) καὶ θεωρή-

σσωμεν δέσμη φωτεινὴν ἐκλεπτομένην ἐκ σημείου Α τοῦ βυθισμένου αὐτῆς μέρους. Αἱ ἀκτίνες, αἱ ὁποῖαι συνιστοῦν τὴν δέσμη ταύτην, ἔξερχόμενα ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα, ἀπομακρύνονται τῆς καθέτου καὶ αἱ προεκτάσεις τῶν διαθλωμένων ἀκτίνων τέμνονται εἰς τι σημεῖον Α', τὸ ὁποῖον ἀπέχει ἀπὸ τῆν 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.



Σχ. 50

β) Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις. Εἶναι γνωστόν, 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 αερίου. Ἐκ τούτου προκύπτει, ὅτι ἀκτῖς τις, ἐκλεπτομένη ὑπὸ ἀστέρος (σχ. 51), ὑφίσταται, διαδιδομένη ἐντὸς τῆς



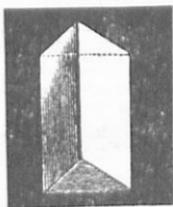
Σχ. 51

ἀτμοσφαιρας, σειρὰν ἐκτροπῶν, αἱ ὁποῖα τὴν πλησιάζουν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὴν καθέτον. Ἔνεκα τούτου παρατηρητῆς εὐρισκόμενος εἰς τὸ Ο βλέπει τὸν ἀστέρα κατὰ τὴν διεύθυνσιν Οε τῆς τελευταίας διαθλωμένης ἀκτίνος. Οἱ ἀστέρες ἐμφανίζονται λοιπὸν εἰς τὸν ὀριζῶντα μᾶλλον ἀνυψωμένοι ἀπὸ ὅ,τι πράγματι εἶναι.

**Σημείωσις.** Ἔνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως βλέπομεν κατὰ τὴν ἀνατολὴν τὸν ἥλιον δόλοκληρον, προτοῦ ἀκόμη τὸ ἀνώτερον μέρος του ἀναδύσῃ ὑπὲρ τὸν ὁρίζοντα. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον καὶ κατὰ τὴν δύσιν, ἐνῶ ὁ ἥλιος εὐρίσκεται ὑπὸ τὸν ὁρίζοντα, φαίνεται ἐπὶ ὠρισμένον χρόνον ὑπεράνω αὐτοῦ. Διὰ τῶν δύο τούτων ἀνυψώσεων τοῦ ἡλίου ἡ διάρχεια τῆς ἡμέρας ἀξιάναται.

#### 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 ἀκμὴ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ὑπ' αὐτῶν σχηματιζομένη διέδρος γωνία εἶναι ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος. Ἡ τρίτη ἔδρα, κατασκευαζομένη παράλληλος πρὸς τὴν διαθλαστικὴν ἀκμὴν, εἶναι ἡ βᾶσις τοῦ πρίσματος. Δύο ἔδραι κάθετοι πρὸς τὰς ἀκμὰς περατοῦν τὸ πρίσμα (σχ. 52).



Σχ. 52

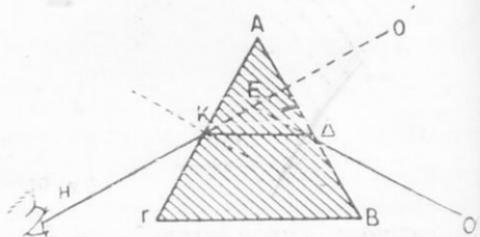
Πᾶσα τομὴ κάθετος ἐπὶ τῆς διαθλαστικῆς ἀκμῆς τοῦ πρίσματος καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ πρίσματος.



Σχ. 53

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

**38. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τοῦ πρίσματος.**—Ἐστω  $ΑΒΓ$  κυρία τομὴ τοῦ πρίσματος.



Σχ. 54

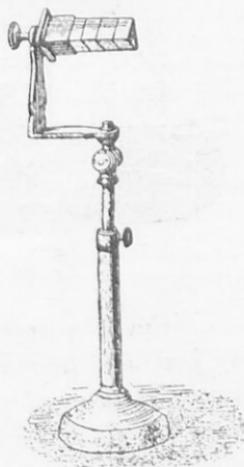
(σχ. 54) καὶ  $ΟΔ$  προσπίπτουσα ἀκτίς. Ἡ ἀκτίς αὕτη, εἰσδύουσα εἰς τὴν ἕαλον, ἡ ὁποία εἶναι διαθλαστικωτέρα τοῦ ἀέρος, διαθλάται

πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον καὶ λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν ΔΚ.  
 Εἰς τὸ Κ, ἐὰν ἡ ἀκτὶς σχηματίζῃ μετὰ τῆς καθέτου γωνίαν μικροτέραν τῆς ὀρικῆς ( $42^\circ$ ), ὑφίσταται νέαν διάθλασιν· καὶ ἐπειδὴ διεύρεται εἰς μέσον ὀλιγώτερον διαθλαστικόν, ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου καὶ λαμβάνει τὴν διεύθυνσιν ΚΗ.

Αἱ ἀκτῖνες λοιπὸν διερχόμεναι διὰ τοῦ πρίσματος διαθλῶνται δις πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Ἐκ τούτου προκύπτει, ὅτι ὁ ὀφθαλμὸς, ὅστις θὰ δεχθῇ τὰς ἐξερχομένας ἀκτῖνας, θὰ ἴδῃ τὸ σημεῖον Ο ἔξω εἰς τὸ Ο' ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῶν διαθλωμένων ἀκτῖνων καὶ ἀνυψωμένον πρὸς τὴν διαθλαστικὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Τὸ σημεῖον Ο' εἶναι τὸ **κατ' ἔμφασιν** εἶδωλον τοῦ σημείου Ο.  
 Ἡ γωνία ΟΕΟ' ἢ σχηματιζομένη ὑπὸ τῆς προεκτάσεως τῆς ἐξερχομένης ἀκτίνος ΚΗ μετὰ τῆς προεκτάσεως τῆς προσπιπτούσης ΟΔ καλεῖται **ἐκτροπή**.

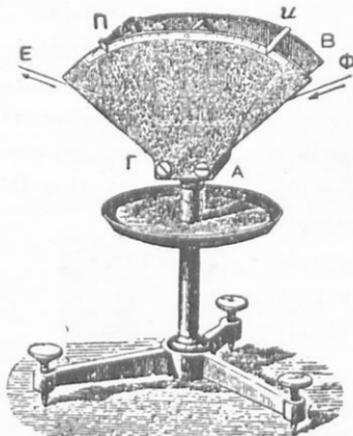
39. **Μεταβολαὶ τῆς ἐκτροπῆς.**—α) Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου τῆς διαθλάσεως. **Πολύπρισμα.** Οὗτω καλεῖται πρίσμα, τὸ ὁποῖόν συνίσταται ἐκ πολλῶν μικρῶν πρισμάτων τῆς αὐτῆς διαθλαστικῆς γωνίας, ἠνωμένων διὰ τῶν κυρίων αὐτῶν τομῶν (σχ. 55). Τὰ πρίσματα ταῦτα ἀποτελοῦνται ἔξ οὐσιῶν ἀνίσως διαθλαστικῶν: **ύαλου, μολυβδύαλου, ὀρείας 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.

β) Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος. **Πρίσμα μεταβλητῆς γωνίας.** Ἐπιποδὸς φέροντος ἰσοπεδωτικοῦ κοχλίας στηρίζονται δύο ὀρειχάλκινα τριγωνικὰ ἐλάσματα Β καὶ Γ (σχ. 56), παράλληλα, μεταξὺ τῶν ὁποίων δύνανται νὰ ὀλισθαίνουν καλῶς ἐφαρμοζόμεναι δύο ὑαλινῶν πλάκες Π καὶ κ. Χύνοντες μεταξὺ τῶν δύο τούτων πλακῶν διαφανές τι ὑγρὸν καὶ κλίνοντες αὐτὰς περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον, λαμβάνομεν **πρίσμα μεταβλητῆς γωνίας**. Ἐὰν δεχθῶμεν φωτεινὴν



Σχ. 55

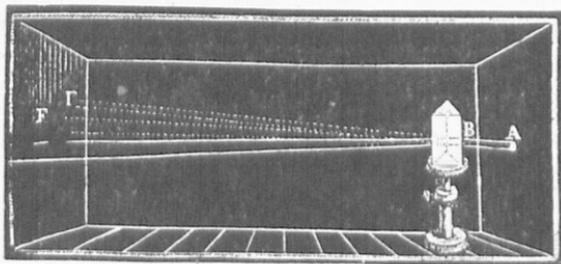
τινα ἀκτῖνα Φ ἐπὶ τῆς μιᾶς τῶν δύο τούτων πλακῶν, κλίνωμεν δὲ περισσότερον ἢ ὀλιγότερον τὴν ἄλλην, βλέπομεν ὅτι, ὅταν ἡ γωνία τοῦ πρίσματος τοιοιτοτρόπως αὐξάνεται, καὶ ἡ ἐκτροπὴ συναυξάνεται.



Σχ. 56

γ) Ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς μεταβάλλεται μετὰ τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως. Ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ εἰς σκοτεινὸν θάλαμον διὰ κατακορύφου σχισμῆς δέσμη ἀκτῶν μονοχρόου φωτὸς ΑΒ (φωτὸς π.χ. ἡλιακοῦ διαπερῶντος ἐρυθρὸν ὕαλον) (σχ. 57), αὕτη σχηματίζει ἐπὶ πετάσματος εἰδῶλον τῆς σχισμῆς εἰς τὸ Γ. Ἐὰν ὅμως παρενθέσωμεν εἰς τὴν δίοδον αὐτῆς 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 Ε τοῦ εἰδῶλου ἐξακολουθήσωμεν ἐλαττοῦντες τὴν γωνίαν τῆς προσπτώσεως, θὰ ἴδωμεν τὴν δέσμην ἐπιστρέφουσαν πάλιν πρὸς τὸ σημεῖον Δ. Ἡ ἐκτροπὴ λοιπὸν γίνεται ἐλάχιστη δι' ὀρισμένην τιμὴν τῆς



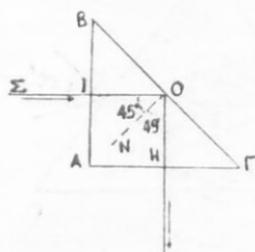
Σχ. 57

γωνίας προσπτώσεως. Εὐρίσκεται δὲ καὶ πειραματικῶς καὶ διὰ τοῦ ὑπολογισμοῦ, ὅτι ἡ ἐκτροπὴ γίνεται ἐλάχιστη, ὅταν ἡ γωνία τῆς προσπτώσεως π ἐξισωθῇ πρὸς τὴν γωνίαν τῆς ἀναδύσεως π'. Ἡ θέσις, τὴν



ἐκτροπή αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος. Δεικνύει ἐπίσης, ὅτι, διὰ πρίσματα τῆς αὐτῆς διαθλαστικῆς γωνίας καὶ διὰ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπίπτουσας, ἡ ἐκτροπή αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου τῆς διαθλάσεως.

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



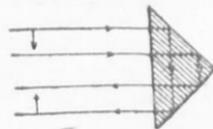
Σχ. 59

Ταῦτα εἶναι πρίσματα ἐξ ὕαλου, τῶν ὁποίων ἡ κυρία τομὴ εἶναι τρίγωνον ὀρθογώνιον ἰσοσκελές (σχ. 59). Θεωρήσωμεν φωτεινὴν ἀκτῖνα ΣΙ προσπίπτουσαν καθέτως ἐπὶ τῆς ἕδρας AB. Αὕτη εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα ἄνευ ἐκτροπῆς καὶ συνεχίζει τὴν εὐθύγραμμον πορείαν της μέχρι τῆς ὑποτείνουσας ΒΓ. Ἐκεῖ σχηματίζει μετὰ τῆς καθέτου ON γωνίαν προσπίπτουσας  $45^\circ$  (διότι ἡ γωνία προσπίπτουσας  $\Sigma ON = B = 45^\circ$ , ὡς ἔχουσαι τὰς πλευρὰς καθέτους καὶ οὔσαι ἀμφοτέρωθεν ὀξεῖαι), ἡ ὁποία εἶναι μεγαλυτέρα τῆς **ὀριζικῆς** γωνίας τῶν δυναμένων νὰ διαθλασθοῦν εἰς τὸν ἀέρα ἀκτίνων, ἧτις εἶναι περίπου  $42^\circ$ . Ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται συνελπῶς ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐπειδὴ λαμβάνει διεύθυνσιν OH κάθετον ἐπὶ τὴν ἕδραν AG (διότι γωνία IOH =  $90^\circ$ ), ἐξέρχεται ἄνευ ἐκτροπῆς. Συνελπῶς βλέπομεν τὸ εἶδωλον τοῦ Σ κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς HO εἰς σημεῖον συμμετρικὸν σχεδὸν τοῦ Σ ὡς πρὸς τὴν ἕδραν ΒΓ τοῦ πρίσματος.

Παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς τοιοῦτον πρίσμα τὸ ἐπίπεδον τῆς ἕδρας 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 ἐποφελῶς τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα εἰς τοὺς φάρους, εἰς τὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα προβάλλουν τὰ εἶδωλα διαφανῶν εἰκόνων τοποθετηομένων ὀριζοντίως κτλ.



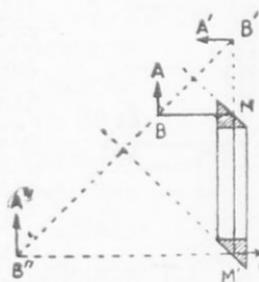
Σχ. 60

## ΠΕΡΙΣΚΟΠΙΟΝ

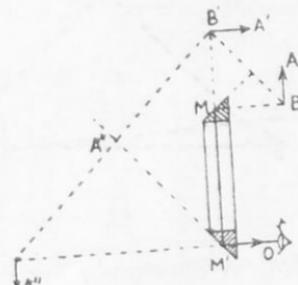
Τὸ **περισκόπιον** εἶναι ἐφαρμογὴ τοῦ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως καὶ ἀποτελεῖ τρόπον τινὰ τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ ὑποβρυχίου. Πράγματι, διὰ τῆς συσκευῆς ταύτης δύνανται οἱ ἐντὸς τοῦ ὑποβρυχίου, ἐν καταδύσει εὐρισκομένοι, νὰ βλέπουν τὰ ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης συμβαίνοντα.

Τὸ περισκόπιον περιλαμβάνει κυρίως δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως  $M$  καὶ  $M'$  (σχ. 61), τοποθετημένα κατὰ τὰ δύο ἄκρα κατακο-

ρύφου σωλῆνος, ὕψους 6 περίπου μέτρων καὶ τομῆς 10 περίπου τετρ. ἑκατοστομέτρων, τοῦ ὁποίου τὸ μὲν ἄνωτατον ἄκρον ἐξέρχεται ἐκ τὸς τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης, τὸ δὲ κατώτατον κατα-



Σχ. 61.



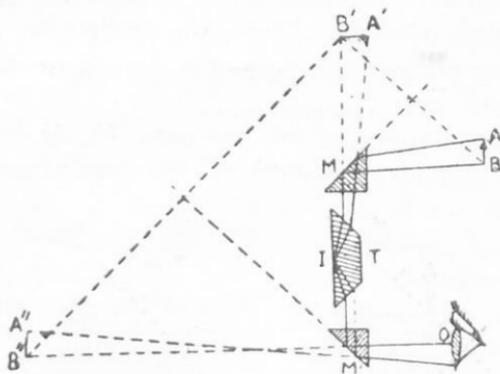
Σχ. 62

λήγει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ὑποβρυχίου. Ὁ σωλὴν οὗτος δύναται συμπυκνῶμενος, ὅπως οἱ σωλῆνες τῶν τηλεσκοπίων, νὰ ἀποκρύψῃ τὴν κορυφὴν αὐτοῦ, οὗτω δὲ ἀποκρύπτεται καὶ τοῦ ὄλου ὑποβρυχίου ἡ παρουσία.

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

Παρίσταται ὅμως ἀνάγκη νὰ κατοπτρευθῇ ὄλος ὁ ὀρίζων. Πρὸς τοῦτο, ἂν μόνη ἡ ἀνωτέρω συσκευὴ διατίθεται, θὰ ἔπρεπε νὰ μετακινῆται αὕτη ὀλόκληρος, τῆς κινήσεως δὲ ταύτης νὰ μετέχη καὶ ὁ παρατηρητής. Ἐντὶ 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 εἴ-

δωλα τῶν ἀντικείμενων στρέφονται κατὰ τὴν αὐτὴν γωνίαν μετὰ τοῦ Μ. Διὰ περιστροφήν  $90^\circ$ , ἡ γραμμὴ τοῦ ὀρίζοντος ἐμφανίζεται κατακόρυφος· διὰ περιστροφήν  $180^\circ$ , τὰ κατακόρυφα ἀντικείμενα ἐμφανίζονται ἀνεστραμμένα,



Σχ. 63

ὅπως εἰς τὸ σχ. 62 φαίνεται.

Πρὸς διόρθωσιν τοῦ ἀτόπου τούτου, παρεντίθεται ἐντὸς τοῦ σωλήνος **τετραεδρικὸν πρίσμα** Γ (σχ. 63), τὸ ὁποῖον ἀνακλᾷ ὀλικῶς τὸ φῶς ἐπὶ τῆς κατακόρυφου αὐτοῦ ἕδρας I καὶ συντελεῖ εἰς τὸ νὰ παρουσιασθῇ τὸ κατα-

κόρυφον ἐξωτερικὸν ἀντικείμενον AB ἀνωρθωμένον κατὰ τὸ Α'Β'.

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

### Προβλήματα.

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

2ον. Ζητεῖται ὁ δείκτης τῆς διαθλάσεως τῆς οὐσίας πρίσματος, γνωστοῦ ὄντος, ὅτι ἡ διαθλαστικὴ γωνία εἶναι  $60^\circ$  καὶ ἡ γωνία τῆς ἐλαχίστης ἐκτροπῆς (διὰ προσπίπτουσαν φωτ. ἀκτῖνα) ἰσοῦται μὲ  $30^\circ$ .

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

4ον. Πρίσμα ABΓ, τοῦ ὁποίου ἡ διαθλαστικὴ γωνία εἶναι  $33^\circ$ , δέχεται καθέτως ἐπὶ μιᾶς τῶν ἕδρῶν τοῦ AB φωτεινὴν ἀκτῖνα ΦΙ. Ἡ ἐξιοῦσα ἀκτὶς σχηματίζει μετὰ τῆς προσπίπτουσας γωνίαν

13°. Ποῖος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑλῆς τοῦ πρίσματος ;  
 5ον. Εἰς τὴν κυρίαν τομὴν πρίσματος διαθλαστικῆς γωνίας  $60^\circ$   
 προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων ὑπὸ γωνίαν  $45^\circ$ . Ὁ δείκτης  
 διαθλάσεως τῆς οὐσίας τοῦ πρίσματος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι  $\sqrt{2}$ .  
 Πόσων μοιρῶν θὰ εἶναι ἡ γωνία τῆς ἐκτροπῆς ;

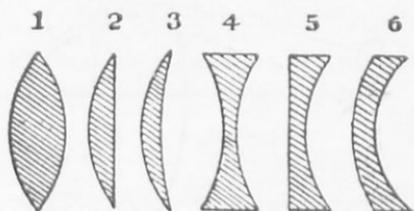
Φ Α Κ Ο Ι

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

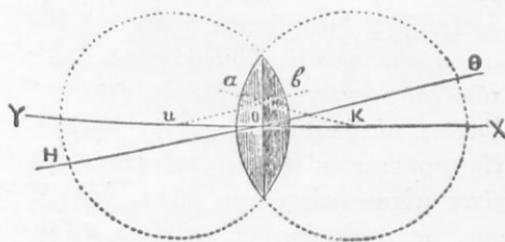
Οἱ φακοὶ διαιροῦνται εἰς δύο κατηγορίας : εἰς **συγκλίνοντας**,  
 οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ  
 συγκεντρώνουν τὰς δι' αὐτῶν δι-  
 ερχομένας ἀκτίνες, καὶ εἰς **ἀπο-  
 κλίνοντας**, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὴν  
 ιδιότητα νὰ ἀποκεντρώνουν τὰς  
 δι' αὐτῶν διερχομένας ἀκτίνες.

Οἱ συγκλίνοντες εἶναι πα-  
 χύτεροι περὶ τὸ μέσον καὶ λε-  
 πτότεροι πρὸς τὰ ἄκρα, περι-  
 λαμβάνουν δὲ τρεῖς τύπους (σχ. 64) : τὸν **ἀμφίκυρτον** (1), τὸν **ἐπι-  
 πεδόκυρτον** (2) καὶ τὸν **συγκλίνοντα μηνίσκον** (3).

Οἱ ἀποκλίνοντες εἶναι παχύτεροι πρὸς τὰ ἄκρα καὶ λεπτότεροι  
 περὶ τὸ μέσον, περιλαμβάνουν δ' ἐπίσης τρεῖς τύπους : τὸν **ἀμφί-  
 κοίλον** (4), τὸν **ἐπιπεδό-  
 κοίλον** (5) καὶ τὸν **ἀπο-  
 κλίνοντα μηνίσκον** (6).



Σχ. 64



Σχ. 65

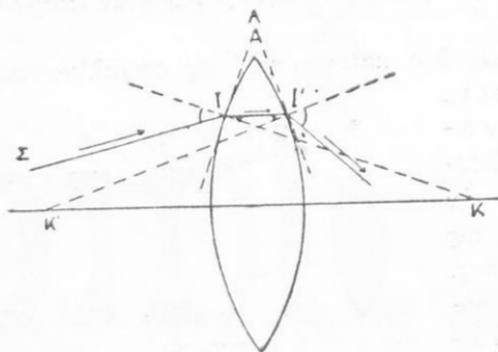
Εἰς τὸν ἐπιπεδόκυρτον καὶ τὸν ἐπιπεδόκοιλον φακὸν κύριος ἄξων εἶναι  
 ἡ κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν ἢ διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου  
 τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας.

Κύριος ἄξων τοῦ  
 φακοῦ καλεῖται ἡ εὐθεῖα,  
 ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν  
 κέντρων τῶν δύο σφαιρι-  
 κῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φα-  
 κοῦ (σχ. 65, εὐθεῖα γχ).

**Κυρία τομή** 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 ἀμφικύρτον φακοῦ καὶ εὐρισκομένην ἐν τῇ κυρίᾳ τομῇ τοῦ φακοῦ (σχ. 66). Ἡ ἀκτίς αὕτη εἰσερχομένη ἐντὸς τοῦ φακοῦ διαθλάται πλησιάζουσα πρὸς



Σχ. 66

τὴν κάθετον ΙΚ' ἀναδυομένη δὲ εἰς τὸ Ι' διαθλάται καὶ πάλιν καὶ ἀπομακρύνεται τῆς κάθετου Ι'Κ'. Αἱ δύο αὐταὶ 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 πρῶσιμα ΙΑΙ' (σχ. 66).

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

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

Εἰς ἀμφικύρτον ἢ ἀμφίκυλλον φακόν, τοῦ ὁποίου αἱ ἀκτῖνες καμπτύτητος εἶναι ἴσαι, τὸ ὀπτικὸν κέντρον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ εἰς ἴσας ἀποστάσεις ἀπὸ τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν.

Πᾶσα εὐθεΐα, ἣτις διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, ἐκτὸς τοῦ κυρίου ἄξονος, καλεῖται **δευτερεύων ἄξων** τοῦ φακοῦ.

Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν φακῶν παραδεχόμεθα, ὅτι οὗτοι εἶναι **ἀπειρώως 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.

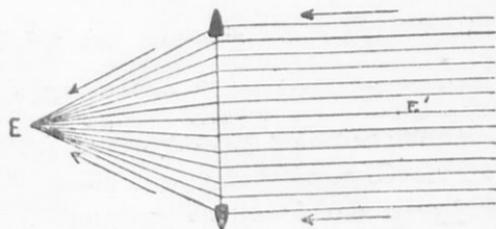


Σχ. 67

*Σημείωσις.* Τὸν λεπτὸν συγκλίνοντα φακὸν θὰ παριστώμεν δι' ἄλλης εὐθείας γραμμῆς περατουμένης εἰς δύο αἰχμὰς βέλους, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα (σχ. 67), καὶ θὰ σημειώσωμεν εἰς τὸ μέσον αὐτῆς τὸ ὀπτικὸν κέντρον  $O$ .

**45. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων.**—Ὅταν συγκλίνων φακὸς δεχθῆ δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι αὗται μετὰ τὴν διάθλασιν συνέρχονται εἰς τι σημεῖον  $E$  τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 68). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ **κυρία ἔστια**, καὶ ἡ ἀπόστασις τῆς ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου εἶναι ἡ **κυρία ἔστιακὴ ἀπόστασις**.

Ἐπειδὴ αἱ παράλληλοι ἀκτίνες δύνανται νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἢ τῆς ἄλλης ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, ὑπάρχουν **δύο κύριαι ἔστιαι**. Αἱ ἔστιαι αὗται εἶναι καθ' ὑπόστασιν (πραγματικαί) καὶ εὐρίσκονται ἑκατέρωθεν τοῦ φακοῦ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν.



Σχ. 68

Ἀντιστρόφως, ἐὰν τεθῆ φωτεινὸν σημεῖον εἰς τὸ  $E$  ἢ τὸ  $E'$ , αἱ ἀκτίνες, αἵτινες προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φακοῦ, ἀναδύονται ἐκ τοῦ ἀντιθέτου πρὸς τὸ φωτεινὸν σημεῖον μέρους καὶ σχηματίζουν δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

**46. Ἴσχυς φακοῦ.**—Καλοῦμεν ἰσχὺν ἢ συγκεντρωτικὴν δύναμιν φακοῦ τὸ ἀντίστροφον  $\frac{1}{\varphi}$  τῆς ἑστιακῆς αὐτοῦ ἀποστάσεως.

Ἡ ἰσχὺς αὕτη ὑπολογίζεται εἰς **διοπτρίας**.

**Διοπτρία** εἶναι ἡ ἰσχὺς φακοῦ ἔχοντος κυρίαν ἑστιακὴν ἀπόστασιν 1 μέτρου. Κατὰ ταῦτα, ἡ ἰσχὺς συγκλίνοντος φακοῦ ἔχοντος 0,10μ. ἑστιακὴν 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 ἑστιακῆς ἀποστάσεως φακοῦ.**—Ἀποδεικνύεται, ὅτι μεταξὺ τῆς κυρίας ἑστιακῆς ἀποστάσεως  $\varphi$  φακοῦ, τοῦ δείκτου τῆς οὐσίας αὐτοῦ  $n$  καὶ τῶν ἀκτίνων τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν  $a$  καὶ  $a'$ , ὑπὸ τῶν ὁποίων περιορίζεται, ἰσχύει ἡ σχέσις :

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

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

Ἐὰν  $n = \frac{3}{2}$ , ἔχομεν  $\varphi = \frac{a}{2 \cdot \frac{1}{2}} = a$ .

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

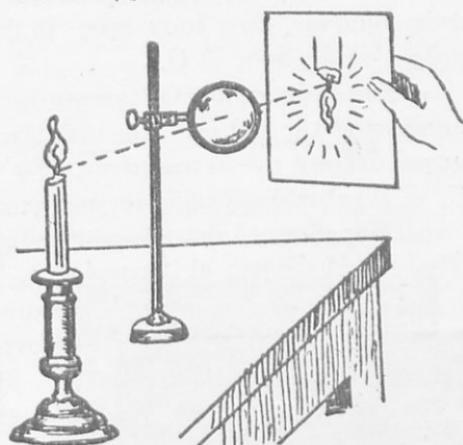
**48. Εἶδωλα παρεχόμενα ὑπὸ τῶν συγκλινόντων φακῶν.**—Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ δίδουν, ὅπως καὶ τὰ κοίλα κάτοπτρα, εἶδωλα εἴτε καθ' ὑπόστασιν (πραγματικά) εἴτε καθ' ἔμφασιν (φανταστικά).

Διὰ τὴν ἐξετάσωμεν τὸν σχηματισμὸν τῶν εἰδῶλων, χρησιμοποιοῦμεν λευκὸν σκιερὸν διάφραγμα καὶ φωτεινὴν πηγὴν οἰανδήποτε ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου.

α) Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἑστίας. Ἀφοῦ τοποθετήσωμεν τὴν φλόγα κηρίου καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συγκλίνοντος φακοῦ καὶ οὕτως, ὥστε τὸ μέσον αὐτοῦ νὰ εὐρίσκεται αἰσθητῶς ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, ἀναζητοῦμεν, μεταξὺ

νοῦντες τὸ διάφραγμα πρὸς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ, τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν σχηματίζεται τὸ εἶδωλον εὐκρινέστατον (σχ. 69). Παρατηροῦμεν οὕτω ὅτι, ἐὰν ἡ φλόξ ἀπέχη ἀρκετὰ ἀπὸ τοῦ φακοῦ, τὸ εἶδωλον τὸ σχηματιζόμενον ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἶναι μικρὸν καὶ

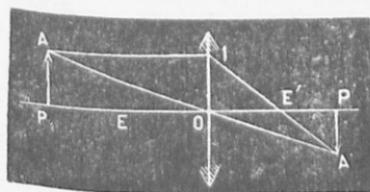
ἀνεστραμμένον. Ἐὰν πλησιάσωμεν τὴν φλόγα μέχρι τοῦ διπλασίου τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι ἰσομέγεθες μὲ τὸ ἀντικείμενον καὶ συμμετρικὸν αὐτῷ ὡς πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Πλησιάζοντες κατόπιν βραδέως τὴν φλόγα πρὸς τὴν ἐστίαν, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ διαφράγματος ἀπὸ τοῦ φακοῦ πρέπει νὰ εἶναι μεγαλυτέρα τοῦ διπλα-



Σχ. 69.

σίου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, διὰ νὰ ἔχωμεν εἶδωλον εὐκρινές, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ μεγεθυμένον.

**Σ η μ ε ί σ ι ς.** Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος συνάγομεν, ὅτι τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου καθέτον πρὸς τὸν ἄξονα εἶναι ἐπίσης κάθετον πρὸς αὐτόν.



Σχ. 70

**Πορεία τῶν ἀκτίνων.** Θεωρήσωμε τὴν ἀπλουσιέραν περίπτωσιν, καθ' ἣν τὸ ἀντικείμενον εἶναι μικρὰ εὐθεῖα  $AP$  κάθετος ἐπὶ τὸν κ. ἄξονα (σχ. 70) καὶ περατουμένη εἰς τοῦτον ( $OP > 2.OE$ ). Λαμβάνομεν εὐκόλως τὸ εἶδωλον τῆς  $AP$ ,

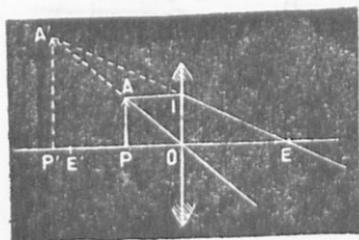
φέροντες κατὰ πρῶτον τὸν δευτερεύοντα ἄξονα  $AO$ , ἔπειτα δὲ τὴν ἐκ τοῦ  $A$  παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα προσπίπτουσαν ἀκτῖνα  $AI$ . Αὕτη μετὰ διάθλασιν διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας  $E'$ . Ἡ τομὴ αὐτῆς  $A'$  μετὰ τοῦ ἄξονος  $AO$  εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου  $A$ . Φέροντες ἐκ τοῦ  $A'$  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  $2.EO$ , κατασκευὴ 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  $OP$  γίνῃ μικρότερα τῆς  $2.EO$ , ἀλλὰ παραμένῃ μεγαλύτερα τῆς  $EO$ , τὸ εἶδωλον εἶναι πάλιν ἀνεστραμμένον, ἀλλὰ **μεγαλύτερον** τοῦ ἀντικείμενου. Ἐφ' ὅσον ἡ  $AP$  πλησιάζει πρὸς τὸ  $E$ , τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται τοῦ φακοῦ μεγεθυνόμενον.

Τέλος, ὅταν τὸ ἀντικείμενον τεθῇ ἐπὶ τοῦ  $E$ , δὲν ὑπάρχει πλέον εἶδωλον. Αἱ ἀκτῖνες αἱ ἐκπεμπόμεναι ἐκ τοῦ  $A$  ἀναδύονται ἐκ τοῦ



Σχ. 71

φακοῦ παραλλήλως πρὸς τὸν δευτερεύοντα ἄξονα τοῦ σημείου τούτου.

β) Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ φακοῦ καὶ κυρίας ἐστίας. Ὅταν ἡ ἀπόστασις τῆς εὐθείας ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶναι μικρότερα τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, δὲν σχηματίζεται πλέον πραγματικόν εἶδωλον· ἀλλ' ὁ ὀφθαλμὸς, δεχόμενος τὰς ἀποκλινοῦσας ἀκτῖνας βλέπει

εἶδωλον κατ' ἔμφασιν ὄρθιον καὶ ἐν μεγεθύνσει (σχ. 71).

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

Παραστήσωμεν διὰ  $\pi$  καὶ  $\pi'$  τὰς ἀποστάσεις  $OP$  καὶ  $OP'$  τοῦ ἀντικείμενου καὶ τοῦ εἰδώλου του ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ  $\varphi$  τὴν κυρίαν τοῦ φακοῦ ἐστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 72). Ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων  $IOE'$  καὶ  $E'P'A'$  ἔχομεν :

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

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  $\pi' \pi - \varphi \pi = \varphi \pi'$  καὶ  $\pi' \pi = \varphi \pi' + \varphi \pi$ .  
Διαιροῦντες δὲ ἀμφοτέρω τὰ μέλη διὰ  $\pi' \varphi$ , λαμβάνομεν :

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

Ἐὰν πρόκειται περὶ εἰδώλου κατ' ἔμφασιν (σχ. 71) ἀναλόγως ἐργαζόμενοι εὐρίσκομεν :

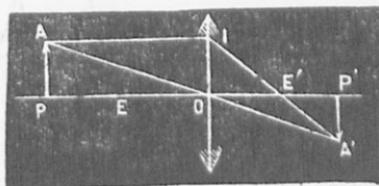
$$\frac{1}{\varphi} = \frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} \quad (4)$$

Δηλ. ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ 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 διαστάσεις εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, λαμβάνομεν

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



Σχ. 72

**50. Ἐφαρμογαὶ τῶν συγκλινόντων φακῶν.**—Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ ἀποτελοῦν τὸ οὐσιῶδες μέρος ὅλων σχεδὸν τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων (μικροσκόπια, διόπτραι, ὕαλοι ὑπερμετροπικαὶ καὶ προεσφυπικαί, προβολεῖς, μηχαναὶ φωτογραφικαὶ κτλ.). Χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης διὰ τὴν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον συγκέντρωσιν τῆς ἡλιακῆς θερμότητος καὶ εἰς τοὺς φάρους διὰ τὴν ἀποστολὴν παραλλήλων ἀκτίνων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.

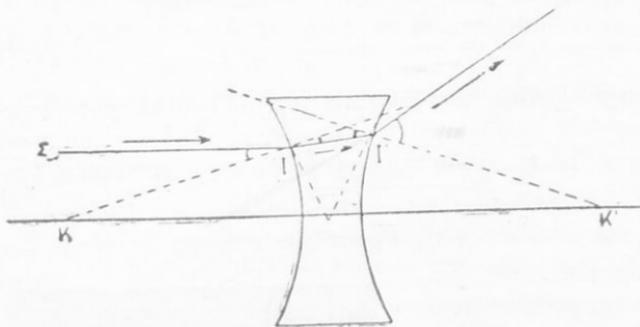
**ΦΑΚΟΙ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ**

**51. Πορεία φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ φακοῦ ἀποκλίνοντος.**—Θεωρήσωμεν φωτεινὴν ἀκτῖνα ΣΙ προσπίπτουσαν ἐπὶ ἀποκλίνοντος φακοῦ καὶ εὐρίσκομένην ἐν τῇ κυρίᾳ τομῇ τοῦ φακοῦ (σχ. 73). Ἡ ἀκτίς αὕτη εἰσερχομένη εἰς τὸν φακὸν διαθλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον ΚΙ, ἐξερχομένη δὲ εἰς τὸν ἀέρα διαθλάται καὶ πάλιν ἀπομακρυνομένη τῆς καθέτου Κ'Ι'. Αἱ δύο αὗται διαδοχικαὶ διαθλάσεις ἀπομακρύνουν τὴν ἀκτῖνα ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος. Δηλ. ὁ φακὸς παράγει ἐπὶ τῆς ἀκτίνος ΣΙ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὅπερ καὶ τὸ πρίσμα τὸ



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

Σημείωσις. Τὸν λεπτόν ἀποκλίνοντα φακὸν θὰ παριστώμεν δι' ἀπλῆς εὐθείας γραμμῆς, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 74.

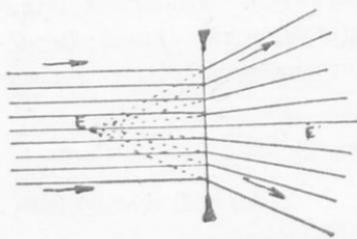


Σχ. 73



Σχ. 74

52. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων.—“Ὅταν ἀποκλίνων φακὸς δεχθῇ δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτὰ 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, εὗρισκόμενον εἰς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον καὶ αἱ προσπίπτουσαι. Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κατ' ἔμφασιν κυρία ἐστία. Ἡ δὲ ἀπόστασις



Σχ. 75

της ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶναι ἡ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις.

Διὰ νὰ διαπιστώσωμεν τὴν ὑπαρξίν των κυρίων φανταστικῶν ἐστιῶν στρέφομεν τὸν φακὸν οὕτως, ὥστε ὁ κύριος ἄξων του νὰ διέρχεται αἰσθητικῶς διὰ τοῦ κέντρου τοῦ ἡλίου. Ἐὰν τότε θέσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν ἐντὸς τῆς δέσμης, ἥτις ἐξέρχεται ἐκ τοῦ φακοῦ

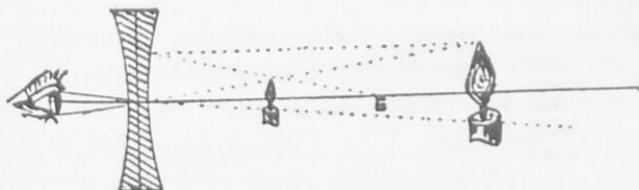
βλέπομεν μικρὸν κύκλον πολὺ λαμπρὸν πρὸς τὸ μέρος τῆς εἰσόδου τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

Ἡ ἰσχὺς τῶν ἀποκλινόντων φακῶν ὀρίζεται ὡς καὶ τῶν συνκλινόντων, ἀλλὰ θεωροῦμεν τὴν κυρίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν ὡς ἀρνητικὴν. Οὕτω π.χ. φακὸς ἀποκλίνων κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως

ΐσης πρὸς 0,1 μέτρα ἔχει ἰσχὴν  $\frac{1}{\varphi} = \frac{1}{0,1} = -10$  διοπτρῶν.

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

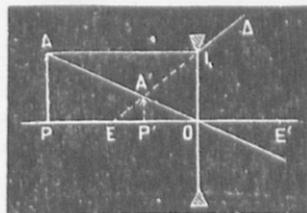
**53. Εἶδωλα παρεχόμενα ὑπὸ τῶν ἀποκλινόντων φακῶν.**—Πᾶν φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετούμενον πρὸ ἀποκλίνοντος



Σχ. 76

φρακοῦ δίδει εἶδωλον κατ' ἔμφασιν, ὄρθιον καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο φαίνεται, ὅτι σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς ἐστίας τῆς εὐρισκομένης πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος μετὰ τοῦ ἀντικειμένου. Διὰ νὰ ἴδωμεν δὲ τὸ εἶδωλον, πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀναδυμένων ἀκτίνων (σχ. 76). Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸν φακόν, καὶ τὸ εἶδωλόν του πλησιάζει ἐπίσης.

**Πορεία τῶν ἀκτίνων.** Ἐστω  $AP$  εὐθεῖα κάθετος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 77). Ἐκ τοῦ σημείου  $A$  φέρομεν τὸν δευτερεύοντα ἄξονα  $AO$ , κατόπιν δὲ ἀκτῖνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τὴν  $AI$ , ἢ ὁποία μετὰ τὴν διάθλασιν ἀποκλίνει ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα οὕτως, ὥστε ἡ προέκτασις τῆς νὰ συναντᾷ αὐτὸν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν  $E$ . Ἡ τομὴ  $A'$  τῆς  $IE$  καὶ τῆς  $AO$  εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ  $A$ . Φέροντες κατόπιν τὴν κάθετον  $A'P'$  ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, λαμβάνομεν τὸ εἶδωλον  $A'P'$  τῆς  $AP$ .



Σχ. 77

**54. Τύποι.**—Ἐάν δεχθῶμεν κατὰ συνθήκην τὴν ἀπόστασιν τοῦ

ειδώλου καὶ τὴν κυρίαν ἑστιακὴν ἀπόστασιν ὡς ἀρνητικὰς, δηλ.  $(-\pi')$  καὶ  $(-f)$ , λαμβάνομεν ἐκ τοῦ τύπου τῶν συγκλινόντων φακῶν τὸν τύπον τῶν ἀποκλινόντων :

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

Ἐπίσης εἰς τοὺς ἀποκλινόντας φακοὺς ἰσχύει ἡ σχέσις  $\frac{M'}{M} = \frac{\pi'}{\pi}$ .

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

Ἐπειδὴ ἡ εὐθεῖα εὗρίζεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τοῦ  $2f$ , τὸ εἶδωλον θὰ εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, καὶ θὰ εὗρίζεται πρὸς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ, μεταξὺ  $f$  καὶ  $2f$ .

Ἐκ τοῦ τύπου  $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{f}$  λαμβάνομεν  $\pi' = \frac{\pi f}{\pi - f}$

καὶ  $\pi' = \frac{90 \cdot 30}{90 - 30} = 45$  ἐκ.

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

β) Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις ἀποκλινόντος φακοῦ εἶναι 25 ἐκ. Ποῦ πρέπει νὰ θέσωμεν μικρὰν εὐθεῖαν καθέτως πρὸς τὸν κ. ἄξονα, ἵνα τὸ εἶδωλὸν τῆς ἔχη μῆκος ἴσον μὲ τὸ  $\frac{1}{6}$  τοῦ μήκους τῆς :

Θὰ ἔχομεν  $\frac{\pi'}{\pi} = \frac{M'}{M} = \frac{1}{6}$ , συνεπῶς  $\pi' = \frac{\pi}{6}$ .

Ἀντικαθιστῶντες δὲ εἰς τὸν τύπον  $-\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{f}$

ἔχομεν  $-\frac{1}{\pi} + \frac{6}{\pi} = \frac{1}{25}$  ἢ  $\frac{5}{\pi} = \frac{1}{25}$  καὶ  $\pi = 125$  ἐκ.

55. Ἐφαρμογαί τῶν ἀποκλινόντων φακῶν.—Οἱ ἀποκλινόντες φακοὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τινὰ ὀπτικά ὄργανα, ὅπως εἶναι ἡ διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου, αἱ διπλαῖ διόπτραι τοῦ θεάτρου, ὡς ἐπίσης καὶ εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν διοπτρῶν διὰ τοὺς μύωπας. Τοὺς ἀποκλινόντας φακοὺς προσκολλοῦν μὲ τοὺς συγκλινόντας, διὰ νὰ σχηματίσονται συστήματα, καλούμενα ἀντιχρωστικά, διὰ τῶν ὁποίων διερχόμενα αἱ λευκαὶ ἀκτίνες διαθλῶνται, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν ἀνάλυσιν. Τέλος

χρησιμοποιοῦνται καὶ διὰ τὴν διόρθωσιν διαφόρων ἀτελειῶν τῶν ἁπλῶν φηκῶν.

### Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α .

1ον. Εἰς ποίαν θέσιν ἐνώπιον ἀμφικύρτου φακοῦ, συγκεντρωτικῆς δυνάμεως 10 διοπτριῶν, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ὄρθιον φωτοβόλον ἀντικείμενον, ὕψους 5 ἐκ., διὰ νὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλόν του πρὸς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ, εἰς ἀπόστασιν 50 ἐκ. ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ αὐτοῦ κέντρον ; Καὶ ποῖον θὰ εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ εἶδωλου ;

2ον. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ συγκεντρωτικὴ δύναμις ἀμφικύρτου φακοῦ, ἐνώπιον τοῦ ὁποῖου φωτοβόλον σημειῶν, τιθέμενον εἰς ἀπόστασιν 7,5 ἐκ. ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρον, σχηματίζει τὸ καθ' ὑπόστασιν εἶδωλόν του εἰς ἀπόστασιν 15 ἐκ. ἀπὸ τοῦ αὐτοῦ ὀπτικοῦ κέντρον.

3ον. Μικρὰ φωτεινὴ εὐθεῖα εὐρισκομένη πρὸ ἀμφικύρτου φακοῦ καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ εἰς ἀπόστασιν 3 ἐκ. ἀπὸ τοῦ φακοῦ δίδει εἶδωλον καθ' ἔμφασιν 3 φορὰς μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Ποία ἢ κρούα ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ τούτου ;

4ον. Κηρίον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν δ ἀπὸ σταθεροῦ διαφράγματος. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν χ ἀπὸ τοῦ κηρίου πρέπει νὰ τεθῇ φακὸς συγκλίνων, διὰ νὰ λάβωμεν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εὐκρινὲς εἶδωλον τοῦ κηρίου ;

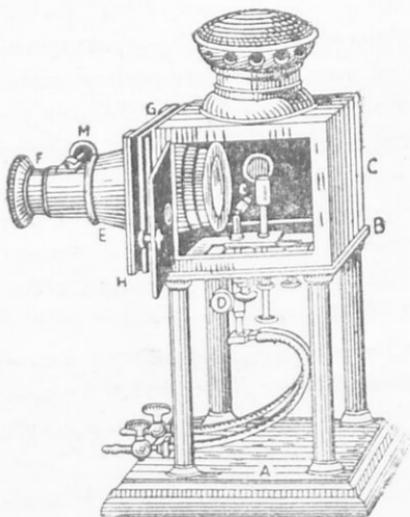
5ον. Κηρίον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν Δ ἀπὸ διαφράγματος, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου σχηματίζομεν τὸ εἶδωλόν του διὰ συγκλίνοντος φακοῦ. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι αἱ δύο θέσεις τοῦ φακοῦ, διὰ τὰς ὁποίας ἐπιτυγχάνομεν εὐκρινὲς εἶδωλον τοῦ κηρίου, ἀπέχουν ἀπ' ἀλλήλων α. Ποία εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ ;

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'

#### ὈΡΓΑΝΑ ΠΡΟΒΟΛΗΣ. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

56. Προβολεύς.—Εἰς τὴν συσκευὴν ταύτην (σχ. 78) τὸ οὐσιῶδες μέρος εἶναι συγκλίνων φακὸς Ο (σχ. 79), ὁ ὁποῖος δίδει ἐπὶ διαφράγματος εἶδωλον μικροῦ διαφανοῦς ἀντικειμένου καθ' ὑπόστασιν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγεθυσμένον. Τὸ ἀντικείμενον τίθεται εἰς τὸ

ΑΒ, εις απόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ Ο μικροτέρην τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς του ἀποστάσεως, ἵνα δώσῃ εἶδωλον μεγεθυμένον. Ὁ φακὸς Ο δύναται νὰ μετατίθεται διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ οὕτως ὥστε τὸ εἶδωλον νὰ σχηματίζεται εὐκρινές ἐπὶ τοῦ διαφράγματος.

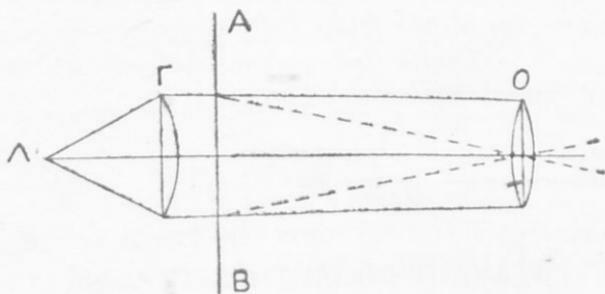


Σχ. 78

διὰ τὴν μεγέθυνσιν τῶν φωτογραφιῶν. Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ νὰ ἀντικατασταθῇ τὸ σύνθηδες διάφραγμα δι' εἰδικοῦ εὐπαθοῦς χάρτου, δηλ.

Ὁ φωτισμὸς τοῦ εἰδώλου ἐξασθενεῖ, διότι τὸ φῶς τοῦ ἀντικειμένου διανέμεται ἐπὶ εἰδώλου μεγαλύτερου. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιεῖται καὶ δεύτερος συγκλίνων φακὸς Γ, ὁ ὁποῖος συγκεντρώνει ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου τὰς ἀκτίνες ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς Λ. Τὸ πρὸς προβολὴν ἀντικείμενον (φωτογραφία ἐπὶ ὑάλου) τίθεται ἀνεστραμμένον, ἵνα τὸ εἶδωλὸν του σχηματισθῇ ὀρθιον.

**Θάλαμος φωτογραφικῆς μεγεθύνσεως.** Αἱ συσκευαὶ προβολῆς χρησιμοποιοῦνται συνήθως



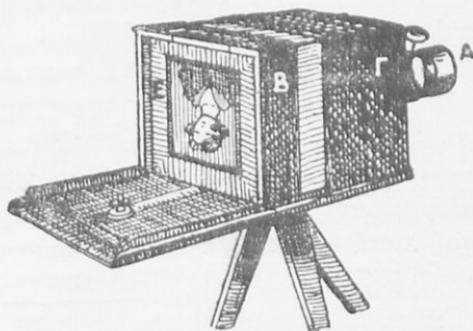
Σχ. 79

χάρτου προσβαλλομένου ὑπὸ τοῦ φωτός. Ἐπὶ τοῦ χάρτου τούτου προβάλλεται ἐπὶ ὄρισμένον χρόνον τὸ μεγεθυμένον εἶδωλον τῆς φωτογραφικῆς πλακῆς. Ὁ ὑπὸ τοῦ φωτός προσβληθεὶς χάρτης ὑποβάλλεται

κατόπιν εις σειράν χημικῶν κατεργασιῶν, πρὸς ἐμφάνισιν καὶ στερέωσιν τῆς εἰκόνας.

**57. Φωτογραφικὴ συσκευή.**—Ἡ φωτογραφικὴ συσκευή συνίσταται ἐκ σκοτεινοῦ θαλάμου, ὁ ὁποῖος φέρει πρὸς τὰ ἔμπρὸς (σχ. 80) ὄρεχάλκινον στόμιον Α. Ἐπὶ τοῦ στομίου τούτου ἐφαρμόζεται φακὸς συγκλίνων, ὅστις σχηματίζει τὰ εἶδωλα τῶν ἐξωτερικῶν ἀντικειμένων ἐπὶ ἡμιδιαφανοῦς ὑαλίνης πλακῶς, εὐρισκομένης ἐπὶ τῆς ἀπέναντι τοῦ φακοῦ πλευρᾶς τοῦ θαλάμου. Ἡ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ ἀπὸ τῆς ὑαλίνης πλακῶς δύναται νὰ μεταβάλλεται, μετακινουμένου τοῦ φακοῦ διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζεται ἐπὶ τῆς πλακῶς τὸ εἶδωλον εὐκρινές. Ἐπειδὴ τὰ πρὸς φωτογράφησιν ἀντικείμενα τοποθετοῦνται πάντοτε πέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ φακοῦ, τὰ εἶδωλα εἶναι πάντοτε μικρότερα τῶν ἀντικειμένων τούτων.

**Φωτογραφία.** Ὄταν ἐπιτευχθῇ ἡ εὐκρίνεια τοῦ εἰδώλου, ἀντικαθίσταται ἡ ἡμιδιαφανὴς ὑαλινὴ πλάξ διὰ τῆς φωτογραφικῆς πλακῶς. Αἱ φωτογραφικαὶ πλάκες παρασκευάζονται ἐπιχρισμένων εἰς τὸ σκότος

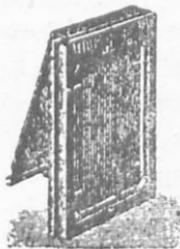


Σχ. 80

ὑαλίνων πλακῶν διὰ ζελατινο-βρωμιούχου ἀργύρου. Αἱ ἐκ τοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτίνες προσβάλλουν τὸ ἅλας τοῦτο τοῦ ἀργύρου. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτίνες 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 ἐξετασθῇ, οὐδόλως διακρίνεται ἐπ' αὐτῆς ἢ ὡς ἀνωτέρω προσβολὴ αὐτῆς ὑπὸ τοῦ φωτός. Ἐν τούτοις τὸ ἅλας τοῦ ἀργύρου ἐτροποποιήθη ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ φωτός. Πράγματι, ἐὰν ἡ πλάξ βυθισθῇ ἐντὸς διαλύματος οὐσίας ἀναγωγικῆς, τὸ ἅλας τοῦ ἀργύρου ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα τὰ ση-

μεῖο, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσέπεσαν φωτεινὰ ἀκτῖνες, καὶ σχηματίζεται ἐπ' αὐτῶν μεταλλικὸς ἀργυρὸς ἀδιαφανής.

Ἡ εἰκὼν αὕτη λέγεται **ἀρνητικὴ**, διότι εἰς αὐτὴν τὰ μὲν φωτεινότερα μέρη τοῦ ἀντικειμένου φαίνονται σκοτεινὰ, τὰ δὲ ὀλιγότερα φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου, φωτεινὰ καὶ ἡμιδιαφανῆ. Τοιοῦτοτρόπως ἐγένετο ἡ **ἐμφάνισις τῆς εἰκόνος**.



Σχ. 81

Κατόπιν ἐμβαπτίζεται ἡ πλάξ ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὁποῖον διαλύει καὶ ἀφαιρεῖ τὸ μὴ προσβληθὲν ὑπὸ τοῦ φωτὸς μέρος τοῦ ἁλατος τοῦ ἀργύρου. Ἡ ἐργασία αὕτη ἀποτελεῖ τὴν **στερέωσιν** τῆς εἰκόνος.

Προσαρμόζεται ἔπειτα ἐπὶ τῆς πλευρᾶς τῆς πλακῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας ὑπάρχει ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν, ἓν καταλλήλῳ πλαισίῳ (σχ. 81) φύλλον χάριτον κεκαλυμμένον ὑπὸ εὐπαθοῦς στρώματος ἁλατος τοῦ ἀργύρου καὶ ἐκτίθεται εἰς τὸ ἥλιακὸν φῶς. Εἶναι φανερόν, ὅτι τὰ μέρη τοῦ χάριτον τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινότερα καὶ ἡμιδιαφανῆ μέρη τῆς πλακῆς, θὰ προσβληθοῦν περισσότερο, τὰ δὲ εἰς τὰ σκοτεινὰ μέρη ὀλιγότερον. Ἐὰν τότε ἐμβαπτισθῇ ὁ χάριτης εἰς τὰ αὐτὰ ἀναγωγικὰ διαλύματα καὶ πλυθῇ κατόπιν δι' ἀφθόνον ὕδατος, θὰ ἐμφανισθῇ ἐπ' αὐτοῦ πιστὴ ἡ **θετικὴ** εἰκὼν τοῦ φωτογραφηθέντος ἀντικειμένου.

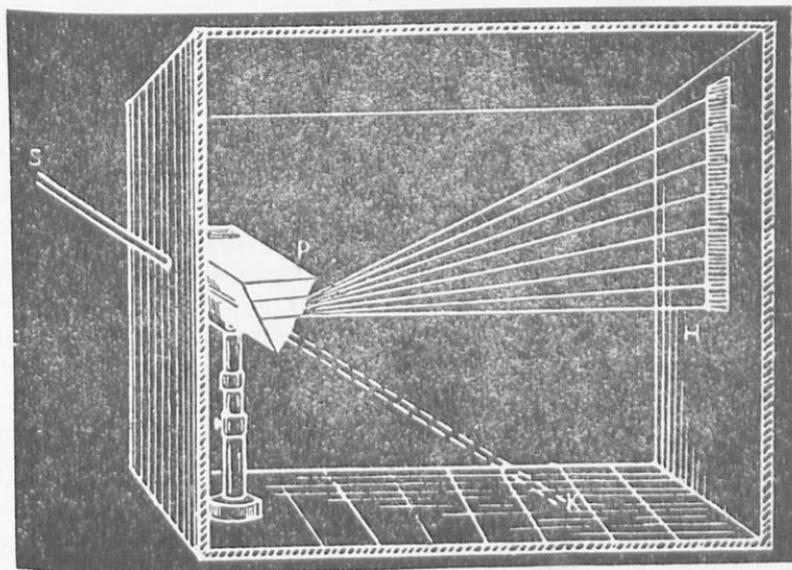
## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η΄

### ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

#### 58. Ἀποσύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἡλιακὸν φάσμα

Ἐὰν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ διὰ στενῆς κυκλικῆς ὀπῆς κυλινδρική δέσμη ἥλιακῶν ἀκτῖνων (σχ. 82), ἡ δέσμη αὕτη θὰ δώσῃ ἐπὶ διαφράγματος κυκλικὸν καὶ λευκὸν εἶδωλον Κ. Ἐὰν ὅμως παρενθέσωμεν ἐπὶ τῆς τροχιάς τῶν ἀκτῖνων ὑάλινον πρῖσμα Ρ οὕτως, ὥστε ἡ ἀκμὴ του νὰ εἶναι ὀριζοντία καὶ νὰ διαθλήσῃ τὴν δέσμην ἐν τῇ κυρίᾳ αὐτοῦ τομῇ, θὰ παρατηρήσωμεν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἶδωλον ἐκτραπέζομενον πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος καὶ ἐπιμηκυνόμενον κατακορύφως, δηλ. καθέτως πρὸς τὴν διαθλαστικὴν

ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Τὸ εἶδωλον τοῦτο, καλούμενον ἡλιακὸν φάσμα, παρουσιάζει χρώματα, τὰ ὁποῖα ἐμπλέκονται ἀνεπαισθήτως τὰ μὲν μετὰ τῶν δέ, ὥστε νὰ μὴ φαίνωνται χωρισμένα ἀπ' ἀλλήλων. Ἐκ

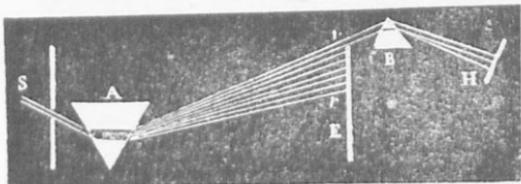


Σζ. 82

τούτων διακρίνονται ἑπτὰ κύρια, τὰ ὁποῖα διαδέχονται ἄλληλα κατὰ τὴν ἑξῆς σειρὰν (ἐὰν ἀρχίσωμεν ἀπὸ τὸ μᾶλλον ἐκτροπέμενον): ἰώδες, βαθὺ κυανοῦν ἢ ἰνδικόν, κυανοῖν, πράσινον, κίτρινον, πορτοκάλινον, ἔρυθρόν.

59. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ καὶ ἀνίσως διαθλαστά.—Τὸ λευκὸν φῶς εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συμπίσεως ἀπλῶν ἀκτίνων διαφόρως κεχρωσμένων καὶ ἀνίσως διὰ τοῦ αὐτοῦ διαφανοῦς μέσου διαθλαστών. Πράγματι, ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ πρίσματος A ἔχοντος ἀκμὴν ὀριζοντιαν δέσμη παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτίνων, λαμβάνομεν φάσμα, τὸ ὁποῖον ἐκτείνεται κατακορύφως ἐπὶ διαφράγματος E. Μέρος ἕξ ἑνὸς χρώματος τοῦ φάσματος τούτου ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ διὰ στενῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος E καὶ δεχόμεθα τὰς ἀκτίνας ταύτας ἐπὶ δευτέρου πρίσματος B

ἔχοντος ἐπίσης ἀκμὴν ὀριζοντίαν (σχ. 83). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι συμβαίνει νέα ἐκτροπή. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πρῶμα Α περὶ τὴν ἀκμὴν τοῦ οὕτως, ὥστε νὰ δεχθῶμεν διαδοχικῶς ἐπὶ τῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος Ε τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος, τὰ χρώματα ταῦτα φθάνουν ἐπὶ τοῦ δευτέρου πρίσματος Β ἐπὶ τὴν αὐτὴν πρόσπλευσιν.



Σχ. 83

τὸ ὁποῖον ἔχει προσπέσει ἐπὶ τῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος Ε. Συνεπῶς, ἕκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλοῦν, δηλ. δὲν δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς ἄλλα.

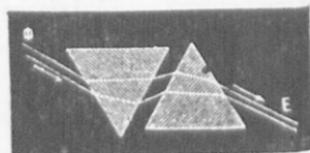
Ἡ ἐκτροπὴ ἀφ' ἑτέρου ἢ παραγομένη ὑπὸ τοῦ πρίσματος Β ἀνξάνεται, ὅταν τὰ χρώματα τὰ προσπίπτοντα ἐπὶ τῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος Ε διαδέχονται ἄλληλα ἀπὸ τοῦ ἐρυθροῦ πρὸς τὸ ἰώδες· συνεπῶς διὰ τῆς αὐτῆς διαφανοῦς οὐσίας ἀκτίνες διαφόρων χρωμάτων ὑφίστανται ἀνίσους ἐκτροπάς.

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

Ἐνεκα λοιπὸν τῆς διαφορῆς αὐτῶν διαθλαστικότητος τὰ χρώματα ταῦτα χωρίζονται, ὅταν τὸ λευκὸν φῶς διαπερῇ τὸ πρῶμα.

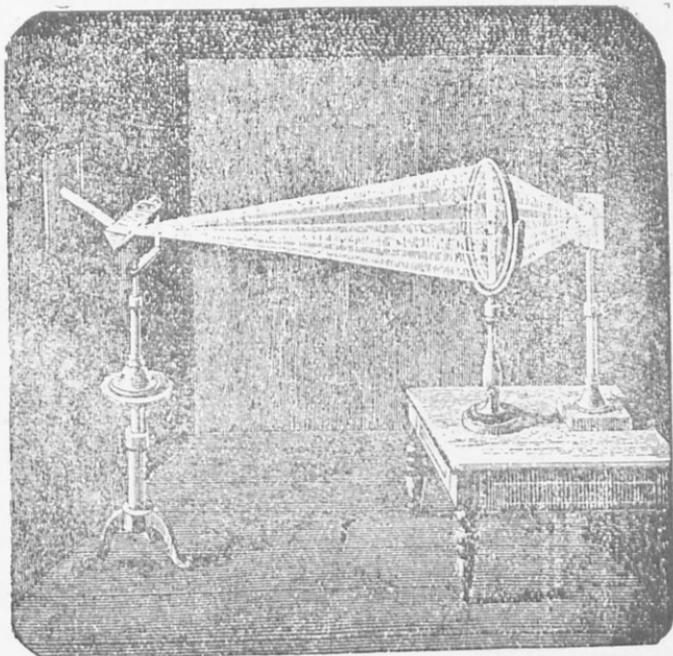
**60. Σύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.**—Ἐὰν ἐπαναφέρωμεν εἰς παραλληλισμὸν τὰς διασκεδασθεῖσας ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸ ἡλιακὸν φάσμα, ἢ ἐὰν τὰς συγκεντρώσωμεν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, ἢ σύμπτωσις τῶν ἐντυπώσεων δίδει τὸ αἶσθημα τοῦ λευκοῦ.

α) Σύνθεσις διὰ πρίσματος. Δέσημην ἡλιακῶν ἀκτίνων, διασκεδασθεῖσαν ὑπὸ τινος πρίσματος, δεχόμεθα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας καὶ τῆς αὐτῆς διαθλαστικῆς



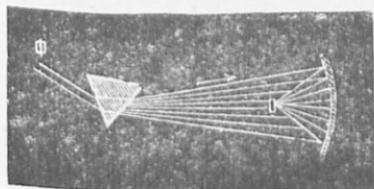
Σχ. 84

γωνίας, ἀλλὰ τοποθετημένου ἀντιστρόφως (σχ. 84). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ δέσμη, ἡ ὁποία ἐξέρχεται ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος, δίδει



Σχ. 85

ἐπὶ διαφράγματος εἰδώλον λευκόν, πλὴν τοῦ ἀνωτέρου καὶ κατωτέρου μέρους τοῦ εἰδώλου, τὰ ὁποῖα εἶναι κεχρωσμένα.



Σχ. 86

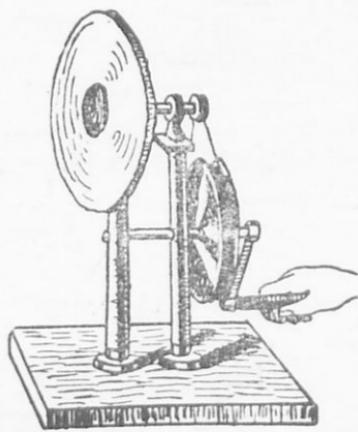
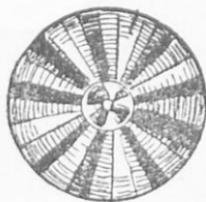
β) Σύνθεσις διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἢ κοίλου κατόπτρου.

Ἐὰν διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἢ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου συγκεντρώσωμεν ἐπὶ λευκοῦ διαφράγματος τὰς κεχρωσμένας ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖα ἐξέρχονται ἐκ τοῦ πρίσματος,

παρατηροῦμεν, ὅτι σχηματίζεται εἶδώλον λευκόν (σχ. 85 καὶ 86).

γ) Σύνθεσις διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Νεύτωνος. Οὗτος εἶναι δίσκος κυκλικός, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι προσκολλημένοι τομεῖς κεχρω-

σμένοι με τὰ ἑπτὰ χρώματα τοῦ φάσματος, ὅσον τὸ δυνατόν προσεγγίζοντα πρὸς τὰ φυσικὰ (σχ. 87). Ἡ σχετικὴ ἔκτασις τῶν διαφόρων τομέων ἔχει ληφθῆ σχεδὸν ἴση πρὸς τὴν τῶν ἀντιστοιχοῦντων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Ὅταν ὁ δίσκος οὗτος, φωτιζόμενος ὑπὸ λευκοῦ φωτός, στρέφεται ταχέως περὶ ἄξονα κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδόν του καὶ



Σχ. 87

διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου του, φαίνεται λευκός. Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο ἐπέρχεται, ἔνεκα τῆς ἐπὶ τινὰ χρόνον παραμονῆς τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων (μεταίσθημα). Ἐπομένως, ἐὰν τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος διέρχονται ταχέως ἐνώπιον τοῦ ὀφθαλμοῦ, οὗτος δέχεται συγχρόνως τὰς ἐντυ-

πώσεις τῶν ἐπὶ χρωμάτων καὶ ὁ δίσκος φαίνεται λευκός.

**61. Κατάταξις τῶν χρωμάτων.**—Χρώματα ἀπλᾶ. Χρῶμα τι καλεῖται ἀπλοῦν, ὅταν ἡ διόδός του διὰ πρίσματος οὐδόλως τὸ μεταβάλλῃ.

**Χρώματα σύνθετα.** Χρῶμα 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 σύνθεσις δίδει τὸ λευκόν, λέγονται συμπληρωματικά. Ἐὰν κατὰ τὴν σύνθεσιν τοῦ λευκοῦ φωτός παραλείψωμεν χρώματά τινα, ἡ ἔνωσις τῶν διατηρουμένων χρωμάτων παρουσιάζει χροιάν σύνθετον. Ἡ ἔνωσις ἀφ' ἑτέρου τῶν παραλειφθέντων χρωμάτων παρουσιάζει ἄλλην σύνθετον χροιάν. Ἐὰν ἀναμιξέωμεν 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 ἀνακλᾶται ἐπ' αὐτοῦ. Τὸ χρῶμα σώματος διαφανοῦς προκύπτει ἐκ τῆς ἀπορροφήσεως, τὴν ὁποίαν τοῦτο ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ δι' αὐτοῦ διερχομένου φωτός. Εἶναι ἄχρουν ἐὰν ἀφήνη νὰ διέλθουν δι' αὐτοῦ ἕξ ἴσου ὅλα τὰ χρώματα. Εἶναι κεχρωσμένον, ἐὰν ἀφήνη νὰ διέλθουν δι' αὐτοῦ ὀρισμένα χρώματα, ἀπορροφᾷ δὲ τὰ ἄλλα. Οὕτως, ὕαλος πρασίνῃ ἢ κυανῇ παρατηρούμενη διὰ ἐρυθρᾶς ὕαλου φαίνεται μέλαινα, διότι ἡ ἐρυθρὰ ὕαλος ἀφήνει καὶ διέρχονται μόνον αἱ ἐρυθροὶ ἀκτῖνες, ἀπορροφᾷ δὲ τὰς λοιπὰς.

Σῶμα τι ἀδιαφανὲς φαίνεται λευκόν, ἐὰν διαχέη ἕξ ἴσου ὅλας τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸ λευκὸν φῶς. Εἶναι ἄορατον, ἐὰν ἀπορροφᾷ ὅλας. Φαίνεται δὲ κεχρωσμένον διὰ τῶν χρωμάτων, τὰ ὁποῖα διαχέει.

Εἰς τὸ ἐρυθρὸν φῶς, ὕφασμα λευκὸν ἢ ἐρυθρὸν φαίνεται ἐρυθρόν, ἐνῶ πράσινον ὕφασμα φαίνεται μέλαν, διότι τοῦτο ἀπορροφᾷ τὸ ἐρυθρὸν (\*). Ὅπως τὰ τεχνητὰ φῶτα παρουσιάζουν μεγαλύτεραν ἔντασιν εἴτε τοῦ ἐρυθροῦ (λαμπτήρες δι' ἐλαίου ἢ φωταερίου) εἴτε τοῦ κυανοῦ (ἠλεκτρικὸν τόξον), οὕτω καὶ τὰ κεχρωσμένα ὑφάσματα 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, εὗρισκόμενα εἰς διαφόρους ἀποστάσεις ἀπ' ἀλλήλων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ραβδώσεις τοῦ Fraunhofer, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ φυσικοῦ, ὅστις πρῶτος κατέδειξε τὴν σημασίαν αὐτῶν.

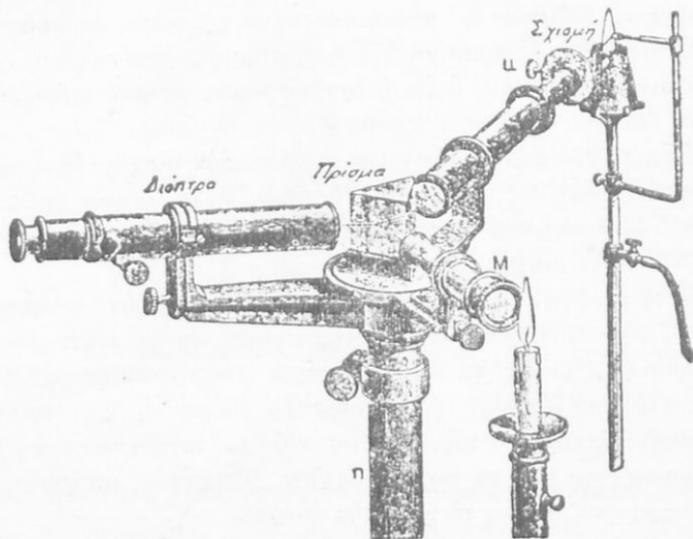
Ὁ Fraunhofer διέκρινε 10 ὁμάδας κυριωτέρων ραβδώσεων, αἱ ὁποῖαι σημειοῦνται διὰ τῶν γραμμάτων Α, Β, C, D, E, F, G, H καὶ α, β.

**64. Φασματοσκόπιον.**—Τὸ φασματοσκόπιον (σχ. 88), ἐπινοη-

(\*) Τὰ πειράματα γίνονται ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου.

θὲν ὑπὸ τῶν φυσικῶν Bunsen καὶ Kirchoff, εἶναι ὄργανον, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὴν ἀκριβῆ παρατήρησιν τοῦ φάσματος. Ἄπὸ τελεῖται ἐκ τεσσάρων κυρίως μερῶν, ἥτοι ἐξ ἑνὸς ὑαλίνου πρίσματος P καὶ τριῶν διοπτρῶν A, B, Γ (σχ. 89).

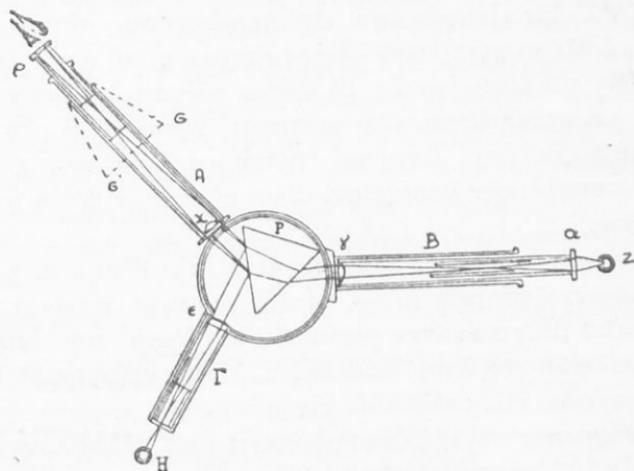
Ἡ διόπτρα B εἶναι σωλήν, ὅστις φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του στήλην α φωτιζομένην ὑπὸ τῆς πηγῆς Z, τῆς ὁποίας πρόκειται νὰ ἐξετασθῇ τὸ φάσμα. Ἡ σχισμὴ αὕτη εὐρίσκεται εἰς τὴν κυρίαν ἑστιασὴν συγκλίνοντος φακοῦ γ, ὃ ὁποῖος εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ σω-



Σχ. 88

λήνος. Αἱ ἀκτῖνες διερχόμεναι διὰ τοῦ φακοῦ ἐξερχονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ καὶ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ πρίσματος P τοῦ ὁποίου αἱ ἄκμαι εἶναι παράλληλοι πρὸς τὰ χεῖλη τῆς σχισμῆς. Αἱ διαθλασθεῖσαι ὑπὸ τοῦ πρίσματος ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φακοῦ (γ) εὐρισκομένου εἰς τὸ ἄκρον τῆς διόπτρας A. 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 A), διὰ τοῦ ὁποίου παρατηροῦμεν τὸ εἶδωλον τοῦτο μεγεθυμένον εἰς τὸ σσ'.

Ἡ τρίτη διόπτρα Γ φέρει εἰς τὸ ἄκρον αὐτῆς μικρόμετρον ἀποτελούμενον ἕξ ὑαλίνης πλακός, ἐπὶ τῆς ὁποίας εἶναι κεκαραγμένη κλίμαξ χιλιοστομέτρων. Τὸ μικρόμετρον τοῦτο, κείμενον εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν 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



Σχ. 89

πρὸς τὴν διόπτραν Α, προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φακοῦ x 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 ἄνθρακες τοῦ βολταϊκοῦ τόξου, τὰ διάπυρα σύματα τῶν ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων παρέχουν φάσματα συνεχῆ. Ἡ φλόξ τοῦ φωταερίου, τοῦ ἐλαίου, τοῦ κηρίου δίδει φάσμα συνεχές, τὸ ὁποῖον ὀφείλεται εἰς τὸν **διάπυρον ἄνθρακα**, 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 αερίων διασχιζομένων ὑπὸ ἠλεκτρικῶν σπινθήρων καὶ τὰ φάσματα τῶν μεταλλικῶν ἀτμῶν. Ἐὰν π. χ. φωτίσωμεν τὴν σγισμὴν τοῦ φασματοσκοπίου διὰ τῆς ἐξόχως θεομῆς καὶ ὀλίγον ὄρατῆς φλόγος τοῦ λύχνου τοῦ Bunsen, δὲν παρατηροῦμεν φάσμα. Ἄλλ' ἐὰν εἰσαγάγωμεν εἰς τὴν φλόγα διὰ σύρματος ἐκ λευκοχρῶσου διάλυμα μεταλλικοῦ ἄλατος πτητικοῦ, τὸ ἄλλας ἀποσυντίθεται ἐν μέρει καὶ δίδει ἀτμούς. Τὸ φάσμα τῶν ἀτμῶν τούτων δὲν εἶναι συνεχές καὶ σχηματίζεται ἀπὸ φωτεινὰς γραμμὰς, αἱ ὁποῖαι εἶναι ὅμοιαι διὰ τὰ διάφορα ἄλατα τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ χαρακτηρίζουν τὸ μεταλλικὸν στοιχεῖον. Σημειοῦμεν τὴν θέσιν των διὰ τοῦ μικρομέτρου.

Εἰς τὸ φωτεινὸν μέρος τοῦ φάσματος, τὰ ἄλατα π. χ. τοῦ νατρίου παρουσιάζουν μίαν μόνον διπλῆν γραμμὴν κιτρινῆν, τὰ ἄλατα τοῦ θαλλίου μίαν πρασίνην γραμμὴν, τὰ ἄλατα τοῦ λιθίου μίαν ἐρυθρὰν καὶ μίαν κιτρινῆν, τὰ ἄλατα τοῦ στρόντιου πολλὰς ἐρυθρὰς καὶ μίαν κυανὴν κτλ.

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

Τὸ φάσμα τῶν μὴ διαλυτῶν νεφελωμάτων σχηματίζεται ἐκ φωτεινῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ἐμφαίνουσι διάπτρα αέρια.

**66. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.**—Μεῖγμα ἀλάτων πολλῶν μετάλλων παρέχει φάσμα, τὸ ὁποῖον περιέχει ὅλας τὰς γραμμὰς τῶν μετάλλων τούτων, τὰς παρατηρουμένας κεχωρισμένως. Ἡ ἐντὸς τῆς φλόγος 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 ἀνα-

κάλυψιν τῶν νέων μετάλλων: **καισίου, 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 ἀπορροφῶντι τινὰ τῶν ἀπλῶν χρωμάτων αὐτοῦ, λαμβάνομεν φάσμα ἀπορροφήσεως. Τοῦτο εἶναι φάσμα συνεχές, ἀπὸ τοῦ ὁποῖου ὁμως ἔλλείπουν αἱ ἀπορροφηθεῖσαι ἀκτινοβολαίαι. Οὕτως ἐὰν ὕαλον χρωσθεύσῃσαν ἐρυθρὰν δι’ ὀξειδίου τοῦ χαλκοῦ παρενθέσωμεν μεταξὺ τοῦ φασματοσκοπίου καὶ πηγῆς λευκοῦ φωτὸς παρεχούσης φάσμα συνεχές, θὰ παρατηρήσωμεν φάσμα ἀποτελούμενον ἐκ μιᾶς μόνον ταινίας ἐρυθρᾶς, καθ’ ὅσον αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολαίαι ἀπερροφήθησαν ὑπὸ τῆς ὕαλου.

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

**68. Ἀπορρόφῃσις ὑπὸ τῶν μεταλλικῶν ἀτμῶν.**—Ἐὰν λευκὸν φῶς, παρέχον φάσμα συνεχές, διαβιβάσωμεν διὰ μεταλλικῶν ἀτμῶν καὶ κατόπιν ἐξετάσωμεν 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 συνεχές φάσμα σχισμῆς φωτιζομένης διὰ φωτὸς τοῦ Drummond. Ἐὰν ἐντὸς φλογὸς Bunsen τοποθετήσῃσι πρὸ τῆς σχισμῆς καίσωμεν τεμάχιον νατρίου (ὁπότε ἡ φλόξ παρέχει ζοηρὸν κίτρινον φῶς), παρατηροῦμεν, ὅτι ἐμφανίζεται εἰς τὸ συνεχές 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 ἀπερροφῆσε τὴν κίτρινην, ἢ ὁποία εἶναι ἀκριβῶς ἡ ἀκτινοβολία τῆς φλογὸς.

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

**69. Ἐξήγησις τῶν ραβδώσεων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος**

τος.—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 σωμάτων.

Ἡ χρωμοσφαῖρα, παρατηρουμένη μεμονωμένως (π.χ. κατὰ τὰς ὀλικὰς ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου, ὅποτε ἀποκρύπτεται ὁ λαμπρὸς πυρῆν), δίδει φάσμα μὲ φωτεινὰς γραμμὰς, αἱ ὁποῖαι ὀφείλονται εἰς τοὺς ἀτμοὺς, τοὺς ὁποίους περιέχει. Οἱ ἀτμοὶ οὗτοι ἀπορροφῶν ἐκείνας τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ πυρῆνος, τὰς ὁποίας αὐτοὶ οὗτοι ἐκλέμπουν. Τοιοῦτοτρόπως ἀναφαίνονται εἰς τὸ φάσμα μέλαινα ραβδώσεις εἰς τὴν θέσιν ἀκριβῶς τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας παρέχει τὸ φάσμα τῆς χρωμοσφαίρας.

Ἐκ τῆς συμπτώσεως, λοιπόν, ραβδώσεών τινων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος μετὰ διαφόρων φωτεινῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι χαρακτηρίζουν ὀρισμένον ἀεριῶδες σῶμα, δυνάμεθα νὰ βεβαιωθῶμεν περὶ τῆς παρουσίας τοῦ σώματος τούτου εἰς τὴν χρωμοσφαῖραν. Οὕτως εὐρέθη ὅτι ἐπὶ τοῦ Ἡλίου ὑπάρχουν πλεῖστα τῶν ἐπὶ τῆς Γῆς στοιχείων, π.χ. ὑδρογόνον, νικέλιον, ἀσβέστιον, χαλκὸς κτλ.

**70. Ἰδιότητες τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.**—Ἡ φωτεινὴ ἔντασις τῶν διαφόρων μερῶν τοῦ φάσματος εἶναι μεταβλητὴ· τὸ μέγιστον τοῦ φωτισμοῦ εὐρίσκεται περὶ τὸ μέσον τοῦ κίτρινου. Ἐὰν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος περιφέρωμεν εὐαἰσθητὸν θερμομετρικὴν συσκευήν, παρατηροῦμεν εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἢ ὁποία ἀυξάνεται ἐκ τοῦ ἰώδους πρὸς τὸ ἐρυθρὸν. Τὸ θερμομετρικὸν ἀποτέλεσμα ἐλεγκτεῖνεται εἰς τὸ πρὸ τοῦ ἐρυθροῦ μέρος τοῦ φάσματος δι' **ἀοράτων ἀκτίνων**, ὀλιγώτερον διαθλαστῶν τῶν ἐρυθρῶν. Ἐπίσης ἀνευρίσκομεν εἰς τὸ μέρος τοῦτο (θερμικὸν φάσμα) **πλήθος ραβδώσεων**, χωρῶν δηλ. ἀνευ θερμομετρικοῦ ἀποτελέσματος.

Ἐφ' ἐτέρου αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν **ἀντιδράσεις χημικὰς** ἐπὶ διαφόρων οὐσιῶν. Οὕτω τὸ ἡλιακὸν φῶς προκαλεῖ τὴν σύνθεσιν τοῦ ὑδρογόνου μετὰ τοῦ χλωρίου, μετατρέπει τὸν λευκὸν φωσφόρον εἰς ἐρυθρὸν, ἀποσυνθέτει τὰ ἅλατα τοῦ ἀργύρου· φύλλον χάρτου κεκαλυμμένον διὰ λεπτοῦ στρώματος χλωριούχου ἀργύρου με-

λανοῦται ὑπὸ τοῦ φάσματος ἀπὸ τοῦ κίτρινου μέχρι τοῦ ἰώδους, ἐνῶ αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες καὶ αἱ πρὸ τοῦ ἐρυθροῦ (ὑπερέρυθροι) οὐδόλως ἐπιδροῦν ἐπ' αὐτοῦ. Ἡ ἀποσύνθεσις τοῦ ἁλατος 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 ιδιότητες τοῦ φωτός.** Τὸ φῶς ἐπισπεύδει τὰς ἀναπνευστικὰς καύσεις τῶν ζώων. Ἡ στέρησις φωτός ἐπιβραδύνει τὴν θρέψιν, προκαλεῖ πολυσαρκίαν κλπ.

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

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

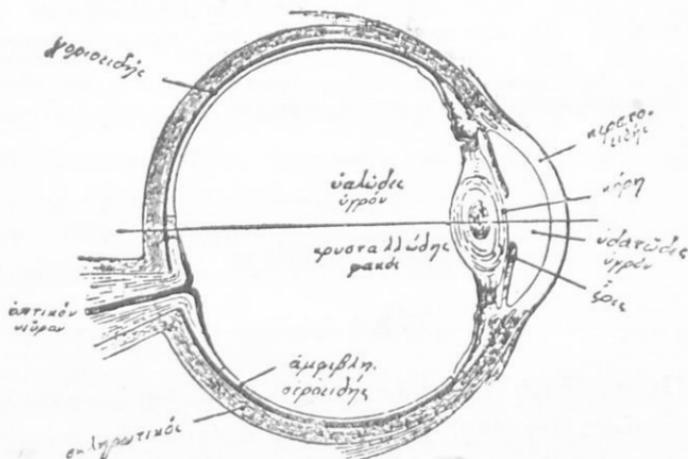
## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

### ΟΡΑΣΙΣ

71. Περιγραφή τοῦ ὀφθαλμοῦ.—Τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως, δηλ. ὁ ὀφθαλμὸς (σχ. 90), εἶναι βολβὸς σφαιροειδῆς, κινητὸς ἐντὸς ὀστεώδους κοιλότητος τοῦ κρανίου, ἣτις καλεῖται **κόγχη**. Ἐξωτερικῶς περιβάλλεται ὁ ὀφθαλμὸς ὑπὸ λευκῆς μεμβράνης ἀδιαφανοῦς, ἣ ὁποῖα καλεῖται **σκληρωτικὸς χιτῶν**. Ἐπὶ τῆς μεμβράνης ταύτης 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 ἐμπρὸς δὲ καθίσταται κυρτότερος καὶ διαφανῆς κατὰ τὸ μέρος τοῦτο καὶ καλεῖται **κερατοειδῆς χιτῶν**. Ἐσωθεν τοῦ σκληρωτικοῦ κεῖται ὁ **χοριοειδῆς χιτῶν**, λῖαν ἀγγειοβριθῆς καὶ μέλας. Ἐπὶ τούτου δὲ ἐξαπλοῦται λεπτὴ μεμβράνη διαφανῆς, ὁ **ἀμφιβληστροειδῆς χιτῶν**, ἀποτελούμενος ἐκ τῶν διακλαδώσεων τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου. Οὗτος παρουσιάζει, εἰς ὁ σημεῖον εἰσέρχεται τὸ ὀπτικὸν νεῦρον, προεξοχὴν καλουμένην **τυφλὸν σημεῖον**, τελείως ἀναίσθητον εἰς τὸ φῶς. Πλησίον τοῦ σημείου τού-

του εύρίσκεται μικρά χώρα, ἡ ὁποία ἔχει τὴν μεγαλυτέραν εὐπάθειαν καὶ καλεῖται **ὠχρὰ κηλὶς**. Εἰς τὸ μέσον δὲ τῆς ὠχροῦς κηλίδος ὑπάρχει τὸ **κεντρικὸν βοθρίον**, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει τὴν μεγίστην εὐπάθειαν. Ὁ χοριοειδῆς χιτῶν πρὸς τὰ ἔμπρὸς σχηματίζει διάφραγμα κυκλικόν, τὴν **ἴριδα**, ποικίλως χρωματισμένην, ἣτις φέρει εἰς τὸ μέσον ὀπὴν, τὴν **κόρην**, διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχονται αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες. Ἡ κόρη εὐρύνεται ἢ σμικρύνεται διὰ κυκλικῶν καὶ ἀκτινοειδῶν ἰνῶν τῆς ἴριδος, οὕτω δὲ ρυθμίζεται ἑκάστοτε ἡ ποσότης τῶν εἰσερχομένων ἀκτίνων.

Τὸ διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ τῆς ἴριδος καὶ τοῦ κε-



Σχ. 90

ρατοειδοῦς χιτῶνος, ἔχον σχῆμα συγκλίνοντος μηνίσκου, εἶναι ὁ **προσθίος θάλαμος** τοῦ ὀφθαλμοῦ. Οὗτος εἶναι πλήρης διαφανοῦς ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ἔχει σχεδόν, ὅπως καὶ ὁ κερατοειδῆς, τὸν δεικτικὴν διαθλάσεως τοῦ ὕδατος καὶ τὸ ὁποῖον καλεῖται **ὕδατῶδες ὑγρόν**.

Ἀμέσως ὀπισθεν τῆς ἴριδος εύρίσκεται ὁ **κρυσταλλῶδης φακός**, ἀμφίκυρτος καὶ διαφανής, διαθλαστικώτερος τοῦ ὕδατῶδους ὑγροῦ. Ὁ κρυσταλλῶδης φακός ἔχει τὴν προσθίαν αὐτοῦ ἐπιφάνειαν ὀλιγώτερον κυρτὴν ἀπὸ τὴν ὀπισθίαν καὶ συγκρατεῖται διὰ τῆς περιεπιπέδου ἀκτινοειδοῦς ζώνης, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ ἐξωτερικὴ προέκτασις τοῦ χοριοειδοῦς. Ὅλον τὸ διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον

μεταξὺ τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ καὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, τὸ ὁποῖον εἶναι ὁ ὀπίσθιος θάλαμος τοῦ ὀφθαλμοῦ, εἶναι πλήρως ὑγροῦ πηκτώδους καὶ διαφανοῦς, τοῦ ὁποῦ οὗ δὲ δείκτης ὀλίγον διαφέρει ἀπὸ τὸν δείκτην τοῦ ὑδατώδους ὑγροῦ καὶ τὸ ὁποῖον καλεῖται **υἰαλώδες ὑγρὸν**. Ἡ εὐθεΐα, 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 ὁποῦ τὸν συγκλίνοντα φακὸν ἀποτελοῦν τὰ διαθλαστικὰ μέσα τοῦ ὀφθαλμοῦ. Αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ἔξω-τερικὰ ἀντικείμενα, εἰσερχόμεναι εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ὑφίστανται μίαν πρῶτην ἐκτροπὴν πρὸς τὸν ἄξονα, διερχόμεναι διὰ τοῦ ὑδατώδους 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 συγκέντρωσίν των, ὑφίστανται μίαν τελευταίαν ἐκτροπὴν ἐντὸς τοῦ υἰαλώδους ὑγροῦ καὶ τέλος προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ὁ χιτὼν οὗτος, ὅστις εἶναι εὐαίσθητος εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ φωτός, δέχεται τρόπον τινὰ φωτογραφικὴν ἀποτύπωσιν, ἡ ὁποία παράγει τὸ φωτεινὸν αἶσθημα.

**72. Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.**—Κατὰ τὰ προηγούμενα, ὁ ὀφθαλμὸς πρέπει νὰ δώσῃ εἰδῶλα 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 βοός, ἀπὸ τοῦ ὁποῦ ἀφηρέσαμεν τὸν σκληρωτικὸν καὶ χοριοειδῆ εἰς τὸ ὀπίσθιον ἡμισυ, παρατηροῦμεν, ὅτι διαγράφεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς τὸ ἀνεστραμμένον εἶδῶλον τοῦ κηρίου. Διὰ νὰ εἶναι τὰ εἰδῶλα εὐκρινῆ, πρέπει νὰ σχηματίζονται **ἀκριβῶς** ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Συνεπῶς, ἐπειδὴ ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶναι ἀμετάβλητος, ἔπρεπε τὸ εἶδῶλον νὰ σχηματίζεται εὐκρινῆς ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς μόνον ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται εἰς ὀρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, πάντοτε τὴν

αὐτὴν διὰ τὸ αὐτὸ ἄτομον. Ἐπομένως εἰς μικροτέραν ἀπόστασιν τὸ εἶδωλον ἔπρεπε νὰ σχηματισθῇ ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, εἰς μεγαλύτεραν δὲ ἔμπροσθεν αὐτοῦ, ὅποτε κατ' ἀμφοτέρας 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, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς ἐνεργείας τῆς ἀκτινοειδοῦς ζώνης. Ὄταν 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 **ἐμμέτρωψ**, ὅταν δίδῃ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, **ἄνευ προσαρμογῆς**, εὐκρινές εἶδωλον ἀντικειμένου **ἀπομεμακρυσμένου**, **μετὰ προσαρμογῆς** δὲ δύναται νὰ ἴδῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα ἀπέχοντα περίπου 25 ἑκατοστόμετρα.

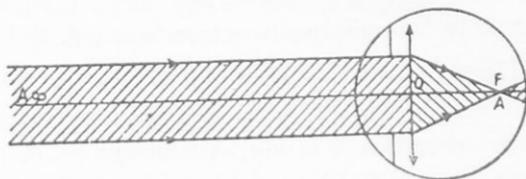
Οὕτω διὰ κανονικὸν ὀφθαλμόν, τοῦ ὁποίου ὁ φακὸς ἔχει τὴν συνήθη κυρτότητα, τὰ λίαν ἀπομεμακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται μὲ σαφῆ ὄρια, οἱ δὲ ἀστέρες ὡς λαμπρὰ σημεῖα. Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει, ἡ ἔμπροσθία ἔδρα τοῦ φακοῦ βαθμηδὸν κυρτοῦται διὰ νὰ ἐμποδίσῃ τὴν μετάθεσιν τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, καὶ τὸ ἀντικείμενον ἔξακολουθεῖ νὰ φαίνεται εὐκρινές. Ἀλλ' 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 25 περιέπου ἑκατ. ὁ ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ τὸ διακρίνῃ εὐκρινῶς. Ἡ ὀρικὴ 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. Ἀφ' ἑτέρου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινουῦς ὁράσεως εἶναι διὰ τὸν μύωπα μικροτέρα τῶν 15 ἑκατ.

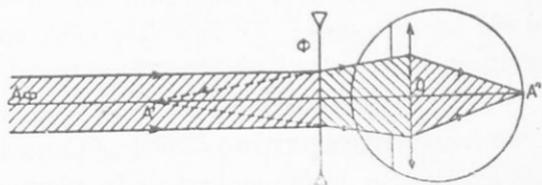
Ἡ μυωπία ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἄξων τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι ὑπὲρ τὸ δέον μακρός. Τὸ εἶδωλον Α ἀπομεμακρυσμένου ἀντικειμένου σχηματίζεται διὰ τοῦτο πρὸ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 91). Τὸ

ἐλάττωμα τοῦτο διορθοῦται διὰ φακοῦ ἀποκλίνοντος, διὰ τοῦ ὁποίου ἐκτροπέμενα αἱ ἀκτῖνες συνάγονται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς,

Σχ. 91



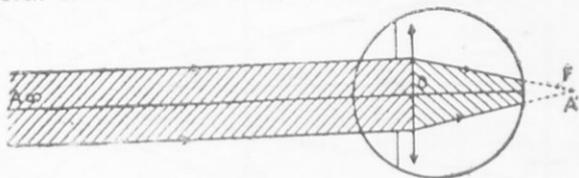
Σχ. 92



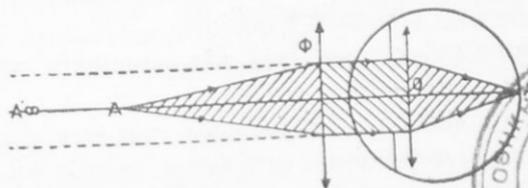
ἐὰν ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ τούτου ἐκλεγῆ καταλλήλως (σχ. 92).

**75. Ὑπερμετρωπία.**—Ἡ ὑπερμετρωπία εἶναι τὸ ἀντίστροφον τῆς μυωπίας. Ὁ ἄξων τοῦ ὑπερμέτρωπος ὀφθαλμοῦ εἶναι ὑπὲρ τὸ δέον βραχύς, ἔνεκα τούτου δὲ τὸ εἶδωλον  $A'$  ἀπομακρυσμένον ἀντικειμένον σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 93). Ἡ

Σχ. 93



Σχ. 94



ἐλάχιστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι τότε ἐλαττωμένη ἀπὸ τῆς τοῦ κανονικοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ ἡ θέα ἀπομακρυσμένων αντικειμένων ἀντικειμένου

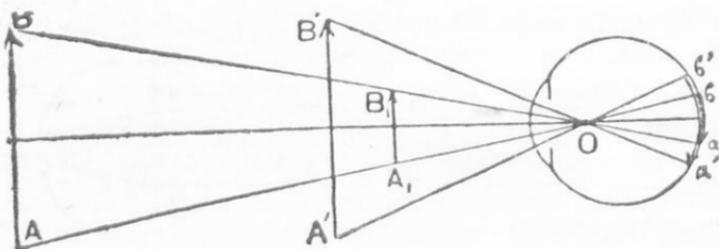


μένων απαιτεί ισχυράν προσαρμογήν. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο διορθοῦται διὰ συγκλίνοντος φακοῦ καταλλήλου ἑστιακῆς ἀποστάσεως. Ὁ φακὸς οὗτος συγκεντρώνει τὰς ἀκτῖνας καὶ ἐπαναφέρει τὸ εἶδωλον ( $A'$ ) πρὸς τὰ ἔμπρὸς ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 94).

**76. Πρεσβυωπία.**—Ἡ πρεσβυωπία εἶναι ἐλάττωμα τῆς προσ-  
αρμογῆς, ὀφειλόμενον εἰς τὴν χαλάρωσιν τῆς ἀκτινοειδοῦς ζώνης.  
Καθ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ἡλικία, ἡ προσαρμοστικὴ ἰκανότης ἐλαττοῦ-  
ται, ἔνεκα τούτου δὲ ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις τῆς εὐκρinoῦς ὁράσεως  
αὐξάνεται. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο διορθοῦται διὰ συγκλίνοντος φακοῦ,  
ὅπως καὶ τῆς ὑπερμετωπίας. Ὁ πρεσβύωψ θέτει πρὸ τῶν ὀφθαλμῶν  
τοὺς φακοὺς, ὅταν πρόκειται νὰ ἴδῃ τὰ πλησίον ἀντικείμενα, καὶ  
ἀφαιρεῖ αὐτοὺς, ὅταν πρόκειται νὰ ἴδῃ τὰ μακρὰν.

**77. Φαινομένη διάμετρος.**—Τὰ διαθλαστικὰ μέσα τοῦ ὀφθαλ-  
μοῦ ἐν τῷ συνόλῳ τῶν ἰσοδυναμοῦν πρὸς ἓν σύστημα συγκλίνον, ἔχον  
τὸ ὀπτικὸν κέντρον του εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ὀπισθίας ἐπι-  
φανεῖας τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ.

Καλοῦμεν **φαινομένην διάμετρον** γραμμικῆς διαστάσεως  $AB$   
ἀντικειμένου τινός, εἰς ὀρισμένην θέσιν, τὴν γωνίαν, ἡ ὁποία σχη-  
ματίζεται ὑπὸ τῶν εὐθειῶν, αἵτινες ἄγονται ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρον



Σχ. 95

τοῦ ὀφθαλμοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμικῆς ταύτης διαστάσεως  
(σχ. 95).

Ὅταν ἡ διάστασις  $AB$  πλησιάζῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, ἡ φαινο-  
μένη διάμετρος τῆς βαθμηδὸν αὐξάνεται, καθὼς καὶ τὸ μέγεθος τοῦ  
ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς σχηματιζομένου εἰδώλου, αἱ δὲ λεπτομέ-  
ρειαι τῆς  $AB$  καθίστανται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον εὐκρινεῖς. Κατὰ  
ταῦτα, διὰ νὰ παρατηρήσωμεν ἀντικείμενόν τι ὀρισμένον μέγεθος,

ὅσον τὸ δυνατόν λεπτομερέστερον, πρέπει νὰ τὸ θέσωμεν εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Ὅσον ἡ ἀπόστασις αὕτη εἶνε μικροτέρα, τόσον λεπτομερέστερον διακρίνομεν τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τοῦτο ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει τὰ μικρὰ ἀντικείμενα μεγαλύτερα ἀπὸ ὅσον τὰ βλέπει ὀφθαλμὸς κανονικός.

**78. Παραμονὴ τῶν φωτεινῶν ἐντύπώσεων 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 ἀλλήλα κατὰ χρονικὰ διαστήματα μικρότερα τοῦ  $\frac{1}{12}$  τοῦ δευτερολέ-

πτου θὰ ἔχωμεν τὴν ἐντύπωσιν φωτὸς συνεχοῦς. Ἐὰν π. γ. διάπυρον ἄνθρακα περιστρέψωμεν ταχέως, βλέπομεν ὁλόκληρον φωτεινὴν περιφέρειαν. Τροχός, ὁ ὁποῖος φέρει ἀκτῖνας, στρεφόμενος ταχέως φαίνεται ὡς συνεχῆς δίσκος. Αἱ πίπτουσαι σταγόνας τῆς βροχῆς φαίνονται ὡς σειρὰ ὑδατίνων νημάτων. Ἐὰν κινῶμεν τὴν χεῖρά μας ταχέως καὶ ὀριζοντίως ἔμπροσθεν βιβλίου, δυνάμεθα νὰ ἀναγιγνώσκωμεν αὐτὸ ἄνευ διακοπῆς κτλ.



Σχ. 96

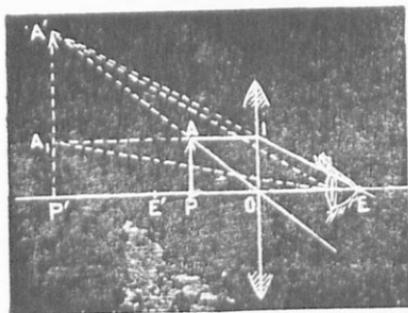
Ἐπὶ τῆς ιδιότητος ταύτης στηρίζεται ὁ **κινηματογράφος**.

**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. γ. τῆς χειρὸς, 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

Διὰ τὴν χρησιμοποιήσωμεν τὸ ἀπλοῦν μικροσκοπίον, τὸ θέτομεν πρὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, κατόπιν δὲ ἐλαττοῦμεν βαθμηδὸν τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ μικροσκοπίου, ἕως ὅτου τὸ εἶδωλον φανῇ 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  $\delta$ ).

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.



Σχ. 99.

λόγω τῆς σμικρότητός της, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν τὴν ἐφαπτομένην της, ὁπότε θὰ ἔχωμεν:

$$\text{Ἰσχύς} = \text{ἐφαπτ. } IEO = \frac{IO}{OE} = \frac{AP}{OE} = \frac{1}{\varphi} \quad (\text{διότι } IO = AP).$$

Μεγέθυνσις. Μεγέθυνσις ἀπλοῦ μικροσκοπίου δι' ὠρὶ σμένον παρατηρητὴν εἶναι ὁ λόγος  $M$  τῶν φαινομένων διαμέτρων, ὑπὸ τὰς ὁποίας ὁ παρατηρητὴς οὗτος βλέπει δύο ὁμοίους λόγους διαστάσεις τοῦ εἰδώλου (\*) καὶ τοῦ ἀντικειμένου (\*\*), ἀμφοτέρων ἐξεταζομένων εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως ( $\delta = 25$  ἐκ. ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ =  $EP'$  εἰς τὸ σχῆμα). Ἦτοι  $M = \frac{A'EP'}{A,EP'} = \frac{\delta}{\varphi}$ .

\* Δηλ. διὰ τοῦ φακοῦ.

\*\* Δηλ. διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ.

Διότι ἡ γωνία  $A'EP' = \text{γωνία } IEO = \frac{IO}{OE}$  (λαμβάνομένης, ἀντὶ τῆς γωνίας  $IEO$ , τῆς ἐφαπτομένης τῆς). Καὶ ἐπειδὴ  $IO = AP$  καὶ  $OE = \varphi$ , ἔχομεν γωνία  $A'EP' = \frac{AP}{\varphi}$ . (1)

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

(διότι  $A_1P' = AP$ ).

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

$$M = \frac{A'EP'}{A_1EP'} = \frac{AP}{\varphi} : \frac{AP}{\delta} = \frac{AP}{\varphi} \cdot \frac{\delta}{AP} = \frac{\delta}{\varphi}$$

Ἦτοι ἡ μεγέθυνσις ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἰσχύος  $\frac{1}{\varphi}$  ἐπὶ τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν  $\delta$  τῆς εὐκρῖνου ὁρσίσεως.

<sup>2</sup>Α ρ ι θ μ. ἔ φ α ρ μ ο γ ή. Ἐὰν  $\delta = 0,30$  μ. καὶ  $\varphi = 0,10$  μ.

$$M = \frac{30}{10} = 3. \quad \text{Ἐὰν } \delta = 0,30 \text{ μ. καὶ } \varphi = 0,05, \quad M = \frac{30}{5} = 6.$$

**Σ η μ ε ί ω σ ι ς.** Παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ μεγέθυνσις εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον τὸ  $\delta$  εἶναι μεγαλύτερον. Ἐπομένως ὀφθαλμὸς ὑπερμέτρωψ κερδίζει περιοσότερον ἀπὸ ὀφθαλμὸν ἐμμέτρωπα ἢ μύωπα, χρησιμοποιῶν τὸ μικροσκόπιον.

<sup>2</sup>Ε φ α ρ μ ο γ α ί. Τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον χρησιμοποιεῖται πολὺ εἰς τὴν Βοτανικὴν καὶ τὴν Ὄρνυτολογίαν. Ἐπίσης εἰς τὴν ὥρολογιοποιάν καὶ τὴν χαρακτικὴν τῶν μετάλλων, καθὼς καὶ διὰ τὴν ἀνάγνωσιν τῶν χαρτῶν, διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν μικρογραφιῶν, διὰ τὴν μέτρησιν τῶν νημάτων τῶν ὑφασμάτων κτλ.

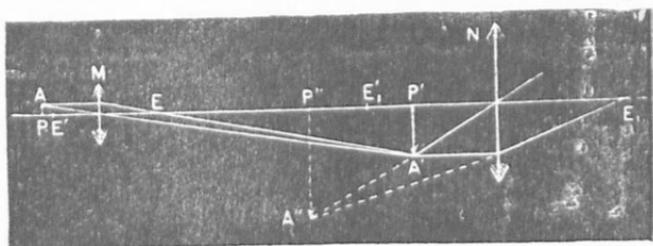
**80. Σύνθετον μικροσκόπιον.**—Τοῦτο χρησιμεύει, καθὼς καὶ τὸ ἀπλοῦν, διὰ νὰ παρατηρῶμεν ὑπὸ μεγέθυνσιν πολὺ μικρὰ ἀντικείμενα καὶ διακρίνωμεν τὰς λεπτομερείας τῶν καλύτερον παρὰ διὰ τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.

Τὸ σύνθετον μικροσκόπιον συνίσταται κυρίως ἀπὸ δύο ὀπτικὰ συστήματα :

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

β) Τὸ προσοφθάλμιον, τὸ ὁποῖον εἶναι ἄπλοῦν μικροσκόπιον, διὰ τοῦ ὁποῖου ἐξετάζομεν τὸ εἶδωλον τοῦτο.

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



Σχ. 100

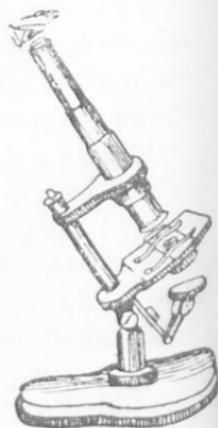
ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ M ὀλίγον μεγαλύτεραν τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεώς του, δίδει εἶδωλον πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον P'A' πολὺ μεγεθυσμένον ἐντὸς τῆς κυρίας ἐστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ προσοφθαλμοῦ συστήματος. Τὸ προσοφθάλμιον σύστημα, λειτουργοῦν τότε ὡς ἄπλοῦν μικροσκόπιον, μεταφέρει τὸ εἶδωλον εἰς τὸ P'A'', μεγεθύνον αὐτό. Μεταθέτοντες τὸν σωλῆνα ὀλόκληρον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε τὸ φανταστικὸν εἶδωλον P'A'' νὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινουῆς ὁράσεως, ὁπότε καθίσταται εὐκρινέστατον. Ἴνα δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δεχθῇ ὅσον τὸ δυνατόν περισσοτέρας ἀκτίνας, πρέπει νὰ τεθῇ εἰς τὴν ἐστίαν E<sub>1</sub> τοῦ προσοφθαλμοῦ.

Τὸ σχῆμα 101 παριστᾷ σύνθετον μικροσκόπιον.

Σημείωσις. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ συνθέτου μικροσκοπίου δι' ὀρισμένον παρατηρητὴν ὁρίζεται ὅπως καὶ ἡ τοῦ ἄπλοῦ, δηλ. ὡς ἡ σχέση τῶν φαινομένων διαμέτρων, ἐπὶ τὰς ὁποίας ὁ παρατηρητὴς οὕτως βλέπει τὸ εἶδωλον καὶ τὸ ἀντικείμενον, ἀμφοτέρων ἐξεταζομένων εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινουῆς ὁράσεως.

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

Ἐφαρμογὰί. Τὸ σύνθετον μικροσκόπιον χρησιμοποιεῖται εἰς



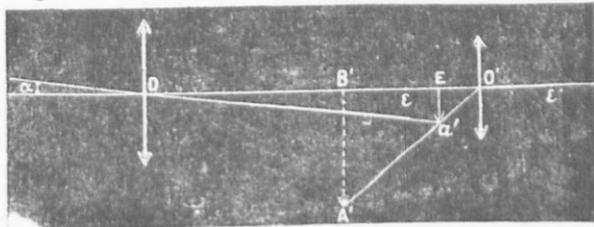
Σχ. 101

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

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

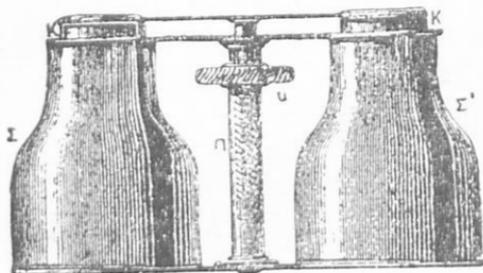
Ἔνεκα τῆς μεγάλης ἀποστάσεώς του, εἰς ἀστήρ  $AB$  (ὅστις δὲν παρίσταται εἰς τὸ σχῆμα) δίδει εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ ἀντικειμενικοῦ συ-



Σχ. 102

στήματος εἰδῶλον  $A'E$ , πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον. Τὸ προσοφθαλμικὸν σύστημα  $O'$ , βραχείας ἔστιακῆς ἀποστάσεως καὶ συνελπῶς διαμέτρου πολὺ μικροτέρας τῆς τοῦ ἀντικειμενικοῦ, ἐνεργεῖ ὡς ἁπλοῦν μικροσκόπιον (διότι ἡ κυρία ἔστια του  $E$  εὐρίσκεται ὀλίγον πρὸς τὰ ἀριστερὰ τῆς κυρίας ἔστιας  $E$  τοῦ ἀντικειμενικοῦ) καὶ παρέχει νέον εἰδῶλον τοῦ  $A'E$ , φανταστικὸν καὶ μεγεθυμένον, τὸ  $A'B'$ , ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον.

τήν παρατήρησιν τῶν ἀστέρων. Ἡ μεγέθυνσίς των εἶναι πάντοτε μικρά. Αἱ διόπτραι τῆς θαλάσσης καὶ αἱ διόπτραι τοῦ θεάτρον, αἱ ὅσαι συν-



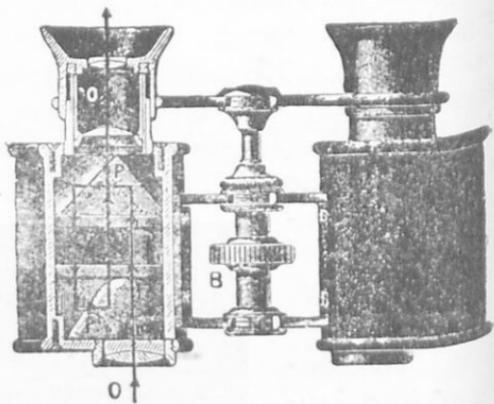
Σχ. 105

ίστανται ἀπὸ δύο διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου (σχ. 105), μεγεθύνουν αἱ μὲν τῆς θαλάσσης 10—20 φορές, αἱ δὲ τοῦ θεάτρον 3—5 φορές μόνον.

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

Ἀπὸ τοῦ 1850 ὁ ὀπτικός Porro ἐσκέφθη γὰρ ἐπιδιώξει τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ εἰδώλου τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας διὰ δύο καταλλήλους

τοποθετημένων πρισματικῶν ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Διὰ τοῦ μέσου τούτου καὶ τὸ μῆκος τῆς ὅλης διόπτρας θὰ περιορίζετο σημαντικῶς. Ἡ ἰδέα αὕτη τοῦ Porro ἠδυνήθη κατὰ τὰ τελευταῖα ταῦτα ἔτη γὰρ πραγματοποιηθῆν κατὰ τρόπον θανάσιον (σχ. 106).



Σχ. 106

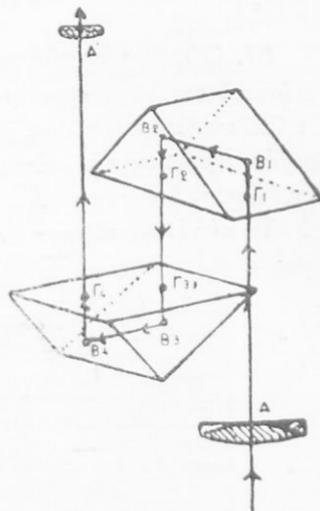
85. Ἀρχὴ τῶν πρισματικῶν διοπτρῶν.—

Ἡ φωτεινὴ ἀκτίς, διερχομένη διὰ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ Α (σχ. 107), προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἑδρας τοῦ ἀνωτέρου πρίσματος· ἀνακλωμένη δὲ ὀλικῶς ἐπὶ τῶν ἑδρῶν αὐτοῦ B<sub>1</sub> καὶ B<sub>2</sub>, προσπίπτει ἐπὶ τῶν ἑδρῶν B<sub>3</sub> καὶ B<sub>4</sub> 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 Α'.

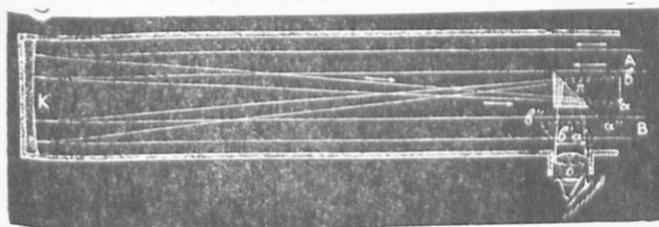
86. Κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.—Τηλεσκόπιον τοῦ Νεύτων

**νος.** Τὰ τηλεσκόπια ταῦτα συνίστανται ἐξ ἑνὸς κοίλου κατόπτρου καὶ ἑνὸς προσοφθαλμίου συστήματος.

Εἰς τὸ τηλεσκόπιον τοῦ Νεύτωνος (σχ. 108), σφαιρικὸν κάτοπτρον κοῖλον  $K$ , τὸ ὁποῖον εἶναι στερεωμένον εἰς τὸν πυθμένα σωλῆνος 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  $K$  θὰ ἐσχημάτιζον εἶδωλον πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον  $αβ$  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  $45^\circ$ , τὸ ὁποῖον δίδει εἰς τὸ  $α'β'$  εἶδωλον πραγματικὸν καὶ συμμετρικὸν τοῦ  $αβ$  ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον ἀντικαθίσταται συνήθως διὰ τῆς ὑποτεινύσης ἕδρας πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως, ὅποτε ἡ ἀπώλεια τοῦ φω-



Σχ. 107



Σχ. 108

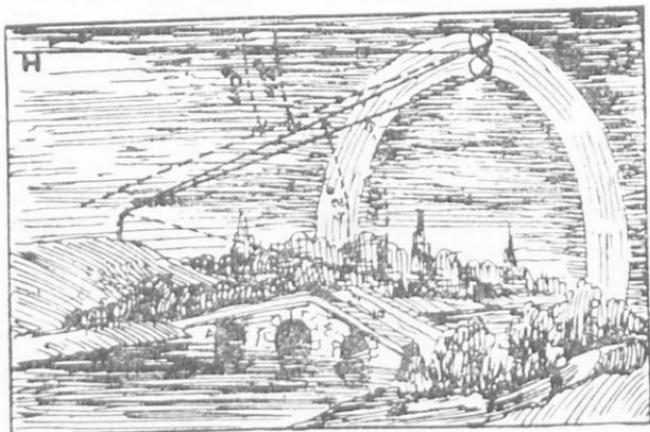
τὸς ἢ ὀφειλομένη εἰς τὴν δευτέραν ταύτην ἀνάκλασιν εἶναι μικρά. Τέλος, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον  $α'β'$ , παρατηρούμενον διὰ τοῦ προσοφθαλμίου  $O$ , παρέχει εἶδωλον  $α''β''$  κατ' ἔμφασιν καὶ μεγεθυμένον.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ΄

## ΦΩΤΕΙΝΑ ΜΕΤΕΩΡΑ

87. Ουράνιον τόξον ἢ ἶρις.—Τὸ γνωστὸν φαινόμενον τοῦ οὐρανόθεν τόξου, τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται, ὅταν, στρέφοντες τὰ νῶτα πρὸς τὸν ἥλιον, παρατηρῶμεν νέφος, καθ' ἣν στιγμὴν τοῦτο ἀναλύεται εἰς βροχὴν, ὀφείλεται εἰς τὸν διασκεδασμὸν τοῦ φωτός ἐντὸς τῶν ὑδροσταγόνων τοῦ νέφους.

Τὸ οὐράνιον τόξον παρατηρεῖται κατὰ τὰς πρωϊνὰς ἢ ἑσπερινὰς ὥρας, ὅποτε τὸ ὕψος τοῦ ἡλίου ὑπὲρ τὸν ὀρίζοντα δὲν ὑπερβαίνει



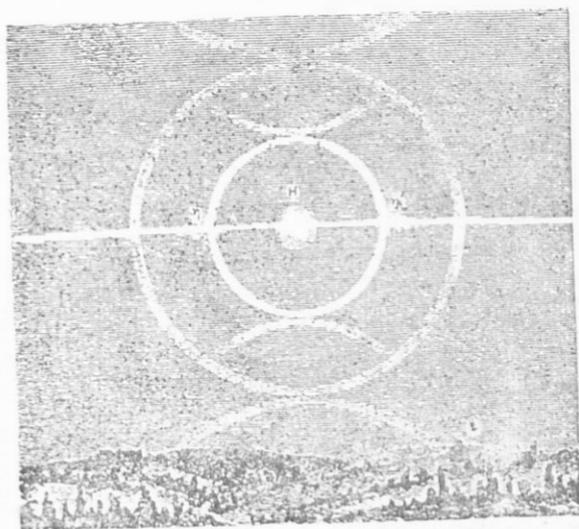
Σχ. 109

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 ἔξω καὶ τὸ ἰώδες πρὸς τὰ ἔσω (σχ. 109).

Ἐνίοτε παρατηρεῖται καὶ δεύτερον τόξον ὀλιγότερον φωτεινόν, ἑξωτερικῶς ὡς πρὸς τὸ πρῶτον, τοῦ ὁποῖου τὰ χρώματα εἶναι διατεθειμένα κατ' ἀντίστροφον φοράν, δηλ. τὸ ἐρυθρὸν πρὸς τὰ ἔσω καὶ τὸ ἰώδες πρὸς τὰ ἔξω.

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

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



Σχ. 110

Αἱ ἀφ' προέρχονται ἐξ ἀναλύσεως τοῦ ἡλιακοῦ φωτός διερχομένου διὰ μικρῶν πηγοκρυστάλλων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται νέφη τινά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ'

### ΦΩΤΕΙΝΑ ΚΥΜΑΤΑ

89. Φύσις τοῦ φωτός.—Τὴν φύσιν τοῦ φωτός δὲν τὴν γνωρίζομεν. Ἐπειδὴ ὁμως, ὡς θὰ μίθωμεν, πραγματοποιοῦνται **φωτεινὰ συμβολαὶ** ὑπὸ συνθήκας ἀναλόγους πρὸς ἐκεῖνας, αἱ ὁποῖαι παράγουν τὰς ἡχητικὰς συμβολάς, διὰ τοῦτο παραδεχόμεθα, ὅτι τὰ μόρια τῶν φωτεινῶν σωμάτων εὐρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν περιοδικήν, ἀνάλογον πρὸς τὴν κίνησιν τῶν μορίων τῶν ἠχογόνων σωμάτων. Τοῦτο εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην εἶναι μία **ὑπόθεσις**, διότι ἡ

παλμική κίνησις τῶν φωτεινῶν μορίων εἶναι πάρα πολὺ ταχεῖα, συνελπῶς δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ παρατηρηθῇ. Παραδεχόμεθα ὅμως ταύτην, διότι ὅλαι αἱ συνέλπειαι αὐτῆς ἐπαληθεύονται ὑπὸ τοῦ πειράματος.

**90. Ὑπόθεσις περὶ τοῦ αἰθέρος.**—Ὅπως πᾶσα παλμική κίνησις, οὕτω καὶ ἡ φωτεινὴ κίνησις, διὰ 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 ἔνωσιν παλμικῶν κινήσεων διαφόρων συχνοτήτων. Αἱ παλμικαὶ αὐταὶ κινήσεις, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται **ἀκτινοβολαίαι**, εἶναι, ὡς ἐμάθομεν, ἑπτὰ κυρίως διάφορα χρώματα, τοποθετημένα πάντοτε κατὰ τὴν αὐτὴν τάξιν: ἐρυθρόν, πορτοκάλινον, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν, βαθὺ κυανοῦν, ἰώδες.

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

**91. Μῆκος κύματος.**—Κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς παλμικῆς κινήσεως ἐνὸς μορίου, αἱ διαδοχικαὶ αὐτοῦ κινήσεις μεταδίδονται κατὰ

τὴν φορὰν τῆς διαδόσεως εἰς ἓν νῆμα μορίων, τὸ μήκος τοῦ ὁποίου καλεῖται **μῆκος κύματος**. Τὸ μήκος τοῦτο λ εἶναι τὸ διάστημα τὸ διανύμενον ὑπὸ τῆς παλμικῆς κινήσεως κατὰ τὴν διάρκειαν τ ἐνὸς πλήρους παλμοῦ.

Ἐκάστη τῶν ἀκτινοβολιῶν, αἱ ὁποῖαι ἠνωμένα ἀποτελοῦν τὸ λευκὸν φῶς, ἔχει διάφορον μῆκος κύματος, ἀπειρώς 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 μήκη κύματος τῶν μεταξὺ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ ἰώδους ἀκτινοβολιῶν παρίστανται δι' ἀριθμῶν ἐνδιαμέσων.

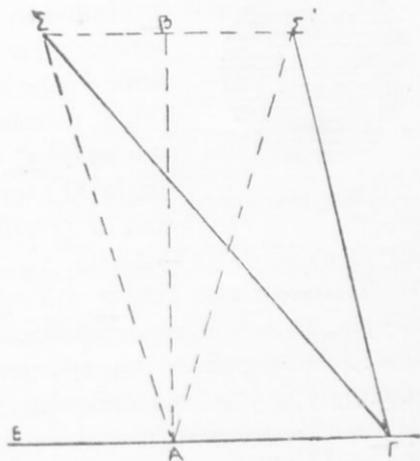
**92. Φαινόμενα συμβολῆς.**—Δύο φωτεινὰ κυμάνσεις, αἱ ὁποῖαι φθάνουν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, διασταυροῦνται· λέγομεν τότε, ὅτι **συμβάλλουν**. Εἰς τὸ σημεῖον τῆς διασταυρώσεως θὰ παραχθῇ ἐνίσχυσις τοῦ φωτὸς ἢ σκότος. Αἱ συνθήκαι συμβολῆς εἶναι διὰ τὸ φῶς αἱ αὐταὶ μὲ τὰς συνθήκας, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται διὰ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

Θεωρήσωμεν π.χ. δύο φωτεινάς πηγὰς  $\Sigma$  καὶ  $\Sigma'$ , τῶν ὁποίων αἱ κυμάνσεις προσπίπτουν ἐπὶ διαφράγματος  $E$  παραλλήλου πρὸς αὐτάς. Ἐνώσωμεν τὰ  $\Sigma$  καὶ τὰ  $\Sigma'$  καὶ ἀπὸ τὸ μέσον  $B$  τῆς  $\Sigma\Sigma'$  καταβιβάσωμεν κάθετον  $BA$  ἐπὶ τοῦ  $E$  (σχ. 111).

Εἰς τὸ σημεῖον  $A$  τὰ κύματα διαδίδονται μὲ συμφώνους περιοδικὰς κινήσεις, ἐπειδὴ ἀναχωροῦντα σύμφωνα ἀπὸ τὰ  $\Sigma$  καὶ  $\Sigma'$  διανύουν τὸ αὐτὸ διάστημα (τρίγωνον  $\Sigma A \Sigma'$  ἰσοσκελές).

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

Θεωρήσωμεν ἓν σημεῖον  $\Gamma$  πρὸς τὰ δεξιὰ τοῦ  $A$ , ὅπου φθάνουν

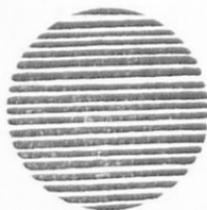


σχ. 111

κύματα αναχωροῦντα ἐκ τῶν Σ καὶ Σ'. Ἐπειδὴ ἡ ΣΓ εἶναι μεγαλύτερα τῆς Σ'Γ ὑπάρχει μεταξύ τῶν κυμάτων διαφορά πορείας.

Ἐάν ἡ διαφορά 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. Ἐάν ἡ διαφορά 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 Α θὰ βλέπωμεν ἓνα θύσανον λάμποντα, ἐναλλάξ δὲ πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ ἀριστερὰ τοῦ σημείου τούτου θυσάνους φωτεινοὺς καὶ σκοτεινοὺς.



Σχ. 112

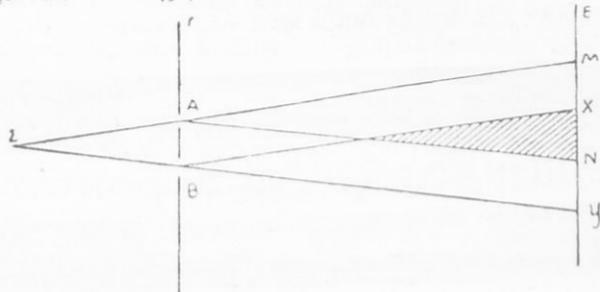
Δηλ. ἀνευρίσκομεν κάποιαν ἀναλογίαν, μὲ ὅσα ἐμάθομεν διὰ τὴν συμβολὴν τῶν ὑγρῶν κυμάτων. Ὅταν κύρτωμα τοῦ κύματος ἑνὸς συστήματος ὑγρῶν κυμάτων συναντᾷ κύρτωμα κύματος ἄλλου συστήματος, τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται εἰς ὕψος ἴσον πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο κυρτωμάτων· ἐάν δὲ τὸ κύρτωμα ἑνὸς κύματος συναντᾷ τὸ ἄντικθον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

**Πείραμα τοῦ Young.** Διὰ τοῦ πειράματος τούτου φαίνεται κατὰ ἴσους 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), ἀπὸ τελευτῆς ἀπὸ ραβδώσεις ἐναλλάξ φωτεινὰς καὶ σκοτεινὰς. Εἶναι οἱ θύσανοι, περὶ τῶν ὁποίων εἶπομεν, οἱ ὀφειλόμενοι εἰς τὰς φωτεινὰς ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι συμβάλλουν, διότι αἱ δύο φωτειναὶ δέσμαι αἱ ἐκτεθειμέναι ὑπὸ ἐκάστης ὀπῆς ἐπιτίθενται ἢ μία ἐπὶ τῆς ἄλλης. Ὁ κεντρικὸς λαμπρὸς θύσανος εἶναι ὁ ζωηρότερος ὄλων.

Ἐάν καλύψωμεν τὴν μίαν ὀπὴν καὶ παρατηρήσωμεν τὸ νόμισμα ἀπὸ τῆς ἄλλης ὀπῆς, τὸ νόμισμα φαίνεται ὁμαλῶς φωτισμένον, διότι δὲν παράγεται πλέον συμβολή, ἐπειδὴ ὑπάρχει μία μόνον φωτεινὴ πηγή.

Ἐστω  $\Sigma$  φωτεινὴ πηγὴ (σχ. 113) τοποθετημένη ἔμπροσθεν τοῦ χαρακτονίου  $\Gamma$  διατρυπημένου εἰς τὰ  $A$  καὶ  $B$ . Αἱ ὀπαὶ  $A$  καὶ  $B$  συνενεπῶς φωτίζονται. Ἐπίσης μία φωτεινὴ δέσμη ἀναχωρεῖ ἀπὸ ἐκάστην



Σχ. 113

τῶν ὀπῶν τούτων καὶ προσπίπτει εἰς διάφραγμα  $E$ . Ὅπως βλέπομεν εἰς τὸ σχῆμα, ἡ δέσμη  $MAN$  ἐπιτίθεται καθαρὰ ἐπὶ τῆς δέσμης  $XBy$ . Ἐπίσης παρατηροῦμεν, ὅτι εἰς τὸ διάφραγμα ἔμφανίζονται εἰς τὸ  $XN$  ραβδώσεις ἐναλλὰξ φωτειναὶ καὶ σκοτειναί.

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'

## ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

### Ι. ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ

93. Ὅρισμοί.—Διπλῆ διάθλασις λέγεται τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὅποιον πολυάριθμοι κρύσταλλοι, λεγόμενοι διὰ τοῦτο **διπλοθλαστικοί**, παρέχουν ἐκ μιᾶς καὶ μόνης προσπιπτούσης δύο διαθλωμένας ἀκτῖνας. Τοῦτο π.χ. παρατηρεῖται ἐπὶ τῆς **ἰσλανδικῆς κρυστάλλου**, διὰ μέσου τῆς ὁποίας ὁρώμενα τὰ ἀντικείμενα φαίνονται διπλᾶ (σχ. 114).

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

Τὰ ἀπλοθλαστικὰ εἶναι σώματα **ἰσότροπα**, δηλ. εἰς ἕκαστον σημεῖον ἔχουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς ἰδιότητας 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 ἀνισό-

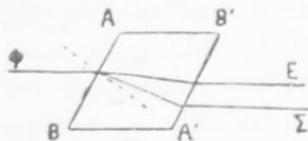


Σχ. 114

τροπα σώματα ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διευθύνσεως τῶν φωτεινῶν κραδασμῶν, ἐνῶ εἰς τὰ ισότροπα ἡ ταχύτης δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ ταύτης.

**94. Κρύσταλλοι μονάξονες.**—Εἰς διπλοθλαστικὸν κρύσταλλον ὑπάρχουν πάντοτε **μία** ἢ **δύο** διευθύνσεις, κατὰ τὰς ὁποίας παρατηρεῖται μόνον ἀπλὴ διάθλασις, καθ' ἧς δηλονότι τὰ διὰ τοῦ κρυστάλλου δρώμενα ἀντικείμενα φαίνονται ἀπλᾶ. Αἱ διευθύνσεις αὗται καλοῦνται **ὀπτικοὶ** τοῦ κρυστάλλου **ἄξονες**. Καὶ οἱ μὲν μίαν μόνον τοιαύτην διεύθυνσιν παρουσιάζοντες κρύσταλλοι καλοῦνται **μονάξονες**, οἱ δὲ **δύο** **διάξονες**. Οἱ συνηθέστερον χρησιμοποιούμενοι ἐν τῇ Ὀπτικῇ **μονάξονες** κρύσταλλοι εἶναι ἡ **ἰσλανδικὴ κρύσταλλος**, ἡ **ὄρεία κρύσταλλος** καὶ ὁ **τουρμαλίνης**.

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



Σχ. 115

**95. Ἀκτὶς συνήθης καὶ ἀκτὶς ἑκτακτος.**—Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων, τὰς ὁποίας παρέχουν οἱ μονάξονες κρύσταλλοι, ἡ μία

ἀκολουθεῖ πάντοτε τοὺς νόμους τῆς ἀπλῆς διαθλάσεως, ἡ ἄλλη δὲ δὲν ὑπακούει εἰς τοὺς νόμους τούτους. Ἡ πρώτη τούτων καλεῖται **συν-**

ήθης άκτις, ή έτέρα έκτακτος. Καί τά αντίστοιχοῦντα δέ εἰς αὐτάς εἶδωλα διακρίνονται εἰς τὸ σύννηθες καί τὸ έκτακτον (σχ. 115).

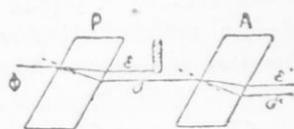
## 2. ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

96. Πειραματικός όρισμός τής πολώσεως.—Ο Huygens πρώτος απέδειξεν, ότι αἱ δύο άκτίνες αἱ προσερχόμεναι ἐκ τής διαθλάσεως μιᾶς καί τής αὐτῆς πρόσπιπτούσης ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου άκτίνος ἔχουν ιδιότητας διαφόρους τῶν άκτίνων τοῦ συνήθους φωτός.

Υποθέσωμεν, ότι αφήνομεν νά προσπέση φωτεινὴ άκτις Φ (σχ. 116) ἐπὶ πρώτης τινὸς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου Ρ καί ὅτι κατὰ τὴν ἔξοδον σταματῶμεν τὴν έκτακτον άκτινα ε διὰ διαφράγματος. Ἐάν αφήσωμεν δέ κατόπιν νά προσπέση ἡ συνήθης άκτις σ ἐπὶ δευτέρας ἰσλανδικῆς κρυστάλλου Α. Καί αὕτη ἐπίσης θὰ δώσῃ μίαν συνήθη άκτινα σ' καί μίαν έκτακτον ε', τὰς ὁποίας δυνάμεθα νά ρίψωμεν ἐπὶ πετάσματος.

Ἀντιθέτως ὁμως πρὸς ὅ,τι συμβαίνει διὰ τὸ φυσικόν φῶς, τὰ δύο εἶδωλα σ' καί ε' δὲν ἔχουν ἓν γένει τὴν αὐτὴν ἔντασιν, ὅταν ἡ κυρία τομὴ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου Α εἶναι τοποθετημένη κατὰ τρόπον οἰονδήποτε. Ἐάν στρέψωμεν τὴν ἰσλανδικὴν κρυστάλλου Α περὶ τὴν άκτινα σ, ὁ φωτισμὸς τῶν εἰδώλων σ' καί ε' ἀλλάσσει.

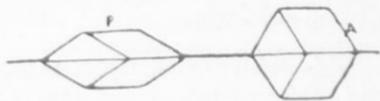
Ὅταν αἱ κύριαι τομαὶ τῶν δύο ἰσλανδικῶν κρυστάλλων εἶναι παράλληλοι (σχ. 117), τὸ μὲν εἶδωλον σ' ἀποκτιᾶ τὴν με-



Σχ. 116



Σχ. 117



Σχ. 118

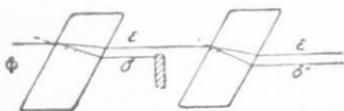
γίστην αὐτοῦ λαμπρότητα, ἐνῶ τὸ ε' σβέννυται. Τοῦναντίον, ὅταν αἱ κύριαι τομαὶ τῶν δύο κρυστάλλων εἶναι κάθετοι (σχ. 118), τὸ μὲν εἶδωλον σ' ἀποσβέννυται, τὸ δὲ ε' φθάνει εἰς τὸ μέγιστον τῆς λαμπρότητός του.

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

**97. Πεπολωμένον φῶς.**—Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος πρόκειται 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), βεβαιούμεθα, ὅτι καὶ αὕτη παρέχει ὁμοίως δύο ἀκτῖνας σ' καὶ ε'. Ἄλλ' ἐὰν περιστρέψωμεν τὴν δευτέραν ἰσλανδικὴν κρυστάλλου, ἡ ἀκτὶς σ' ἀποκτῇ τὴν μεγίστην αὐτῆς λαμπρότητα, ἐνῶ



Σχ. 119

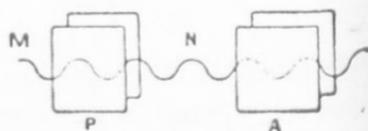
ἡ ε' σβέννυται, ὅταν αἱ δύο κύριαι τομαὶ εἶναι κάθετοι. Τοῦναντίον, ἡ συνήθης ἀκτὶς σ' σβέννυται καὶ ἡ ἔκτακτος ε' παρουσιάζει τὸ μέγιστον τῆς λαμπρότητος, ὅταν αἱ δύο κύριαι τομαὶ εἶναι παράλληλοι.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου δέον 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 κρυστάλλος 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**.

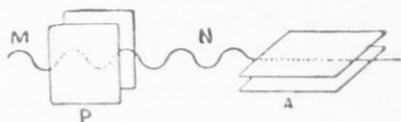
**99. Ἐξηγήσεις τῆς πολώσεως.**—Ἡ πόλωσις τοῦ φωτὸς παράγεται, διότι τὰ μόρια τοῦ αἰθέρος ἐκτελοῦν παλμικὰς κινήσεις ἐγκλωσίας, καθέτους δηλ. πρὸς τὴν ἀκτῖνα.

Δυνάμεθα νὰ παραβιάσωμεν πεπολωμένην φωτεινὴν ἀκτῖνα πρὸς χορδὴν ἐκτελοῦσαν κραδασμοὺς ἐγκλωσίους εἰς δεδομένον ἐπίπεδον. Ὑποθέσωμεν λοιπόν, ὅτι διαβιβάζομεν τὴν χορδὴν μεταξὺ δύο ἐλασμάτων παραλλήλων P (σχ. 120), κατακρούφων, καὶ κραδαίνομεν αὐτὴν κατὰ τὸ M διὰ τῆς χειρὸς. Τοιοῦτο



Σχ. 120

τρόπως οἱ κραδασμοί, μετὰ τὴν διάβασιν αὐτῶν ἐκ τοῦ P, συνεχίζονται κατ' ἀνάγκην εἰς ἐπίπεδον κατακόρυφον. Ἐάν ἤδη διαβιβάσωμεν τὴν χορδὴν διὰ δευτέρου ὁμοίου συστήματος A, τοῦτο θὰ ἀφήσῃ μὲν ἐλευθέραν τὴν δίοδον τῶν κραδασμῶν, ἂν ἐπίσης εἶναι κατακόρυφον, παράλληλον δηλ. πρὸς τὸ P (σχ. 120), θὰ ἀποσβέσῃ δὲ τοὐναντίον τούτους, ἂν εἶναι ὀριζόντιον (σχ. 121), δηλ. κάθετον πρὸς τὸ P.



Σχ. 121

Διὰ τὰ ἐξηγήσωμεν τὰς ἰδιότητας τοῦ φυσικοῦ φωτός,

παραδεχόμεθα, ὅτι εἰς τοῦτο αἱ παλμικαὶ κινήσεις εἶναι μὲν κάθετοι πρὸς τὴν ἀκτῖνα, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον, εἰς τὸ ὁποῖον παράγονται, ἀλλάσσει διαρκῶς διεύθυνσιν. Ἐνῶ διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, ὡς εἴπομεν, διατηρεῖ ὠρισμένην διεύθυνσιν.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ  
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

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

α') Λέγομεν, ὅτι τὰ θυελλώδη νέφη εἶναι ἠλεκτρισμένα, ὅταν ἀναπηδοῦν ἀπὸ αὐτὰ ἀστραπαί, αἱ ὁποῖαι φωτίζουν τὸν οὐρανόν, ἀκούονται βρονταί, αἱ ὁποῖαι συνταράσσουν τὴν ἀτμόσφαιραν, πτόν κεραινοί, οἱ ὁποῖοι σχίζον τὰ δένδρα, καταστρέφουν τὰς οἰκοδομὰς κλπ. Τὰ φαινόμενα ταῦτα εἶναι προφανῶς μορφαὶ τῆς ἐνεργείας.

β') Ἐὰν προστρίψωμεν τὸν ἐκ σκληροῦ καουτσούκ κονδυλοφόρον μας διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, οὗτος ἠλεκτριζέται. Ἀποκτᾶ τότε τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη καὶ νὰ ἀνυψώνη μικρὰ σώματα παρὰ τὸ βῆρος των, δηλ. νὰ ἐκτελῇ μηχανικὸν ἔργον.

Ὁ ἠλεκτρισμένος λοιπὸν κονδυλοφόρος μας κατέστη πηγὴ ἐνεργείας.

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

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

Λογ. Π. Ασπταρίτου

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 ἀποσυνθῆται τὸ ὕδωρ εἰς τὰ συστατικά του ἢ κινεῖ τοὺς τροχιοδρόμους 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 πτώσις ὕδατος (μηχανικὴ ἐνέργεια) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Ἡ ἠλεκτρικὴ αὕτη 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 παραγάγουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καλοῦνται **πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ**. Διὰ νὰ θέσωμεν μίαν πηγὴν ἠλεκτρισμοῦ εἰς λειτουργίαν, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν ἐνέργειαν. Τοιαῦτα πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι αἱ ἠλεκτρικαὶ μηχαναί, αἱ ἠλεκτρικαὶ στήλαι, καθὼς καὶ οἱ συσσωρευταί.

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

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

Διὰ νὰ ἐκδηλωθῶν τὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸ δίκτυον δὲν πρέπει νὰ εἶναι διακεκομμένον· πρέπει νὰ ἀποτελῇ ἐν **κύκλωμα κλειστόν**. Ἀφ' 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 ἄγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ**).

Τὰ μέταλλα καὶ εἰδικῶς ὁ χαλκὸς εἶναι καλοὶ ἄγωγοί. Τὸ ξύλον, ἢ πορσελάνη, ἢ ὕαλος δὲν ἄγουν καλῶς τὸν ἠλεκτρισμόν (**κακοὶ ἄγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ**) καὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς **μονωτῆρες**.

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

Ἡ ἐνέργεια ἐνὸς συστήματος μετρεῖται 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 δύννη, μεταθέτουσα τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κατὰ ἓν ἑκατοστόμετρον.

Ἐπίσης, εἰς τὸ αὐτὸ σύστημα μονὰς ἐνεργείας εἶναι ἡ joule, ἥτις 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 χιλιογραμμομέτρον κατὰ δευτέρον λεπτόν καὶ ἰσοδυναμεῖ μὲ 735,75 watts.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

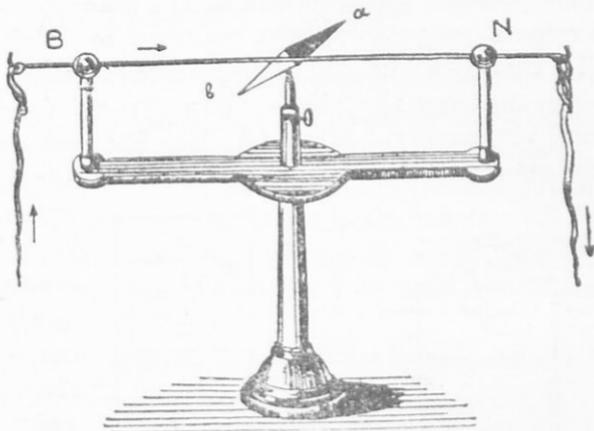
### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

**104.** Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δὲν τὸ ἀντιλαμβάνομεθα, ὅπως ἀντιλαμβάνομεθα 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 (στήλης λάμπας τῆς τσέπης) μὲ σιδηροῦν σύρμα λεπτόν 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. Πρά-

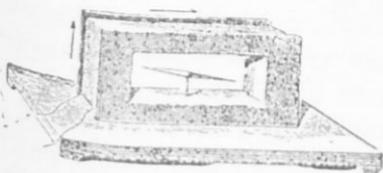
γματι, ἐὰν ἀνωθεν μαγνητικῆς βελόνης τείνωμεν χάλκινον σύρμα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη δὲν ἐκτρέπεται τῆς θέσεώς της. Ἐὰν ὁμοῦ συνδέσωμεν τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος μὲ τοὺς δύο πόλους τῆς ὡς ἀνωτέρω στήλης, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ βελόνη ἐκτρέπεται τῆς θέσεώς της καὶ τείνει νὰ διασταυρωθῇ μετὰ τοῦ σύρματος (σχ. 122).



Σχ. 122

Σημείωσις. Ἡ ἐκτροπή τῆς βελόνης θὰ εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα, ἐὰν περισπῶμεν τὸ σύρμα περὶ τὴν μαγνητι-

κὴν 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.



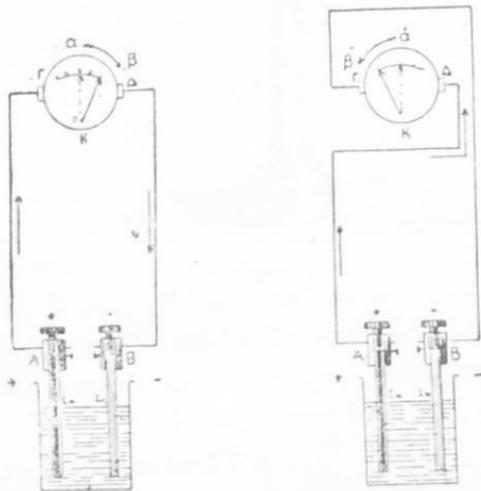
Σχ. 123

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

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 ὠξιτισμένον διὰ θεικοῦ ὀξέος. Βυθίζομεν δὲ ἐντὸς τοῦ ὕδατος αὐτοῦ ἓν ἔλασμα Α ἐκ χαλκοῦ καὶ ἓν ἄλλο Β ἐκ ψευδαργύρου. Ἔχομεν τοιοῦτοτρόπως παρασκευά-

σει μίαν ηλεκτρικήν πηγήν, ἐν στοιχείον στήλης τοῦ Βόλτα, εἰς τὸ ὁποῖον τὰ ἐλάσματα Α καὶ Β ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τοῦ στοιχείου. Συνδέομεν τοὺς πόλους τοῦ στοιχείου διὰ σύρματος, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου παρεμβάλλομεν γαλβανόμετρον Κ. Τὸν πόλον Α συνδέομεν μὲ τὸν συναπτήρα Γ τοῦ γαλβανομέτρου καὶ τὸν πόλον Β μὲ τὸν συναπτήρα Δ. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ βελὸν ἔκτρέπεται· συνεπῶς ηλεκτρικὸν ρεῦμα διατρέχει τὸ κύκλωμα. Ἔστω, ὅτι ἡ ἔκτροπή τῆς βελόνης ἔγινε 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 παρατηρή-



Σχ. 124

σωμεν, ὅτι τὸ ρεῦμα διέρχεται ἀκόμη, ἀλλ' ἡ βελὸν ἔκτρέπεται κατ' ἀντίθετον φοράν, δηλ. κατὰ τὴν φοράν τοῦ βέλους α' β'.

Ἐὰν εἰπωμεν τότε, ὅτι ἡ φορά τοῦ ρεύματος μετεβλήθη.

Τὸ πείραμα τοῦτο δεικνύει: α) ὅτι οἱ πόλοι μιᾶς πηγῆς δὲν εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν ηλεκτρικὴν κατάστασιν, β) ὅτι τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει φοράν, ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν φοράν τῆς ἔκ-

τροπῆς τοῦ γαλβανομέτρου.

Διακρίνομεν τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς σημειοῦντες τὸν μὲν εἰς τὸν σημεῖον +, τὸν δὲ ἄλλον διὰ τοῦ σημεῖου. — Ὁ πρῶτος ἀπὸ τὸν ὁποῖον φαίνεται ὅτι ἐξέρχεται ρεῦμα, λέγεται θετικὸς πόλος, ὁ ἄλλος ἀρνητικὸς.

Σημείωσις. Εἴπομεν, ὅτι οἱ δύο πόλοι μιᾶς πηγῆς εὐρίσκονται εἰς διάφορον ηλεκτρικὴν κατάστασιν. Διὰ τὴν ἐκφράσωμεν τὴν διάφοράν ταύτην, λέγομεν, ὅτι ὁ μὲν πόλος Α φέρει θετικὸν ηλεκτρικὸν φορτίον, ὁ δὲ πόλος Β ἴσην ποσότητα ἀρνητικὸν ηλεκτρικὸν φορτίον.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

106. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων.—Λέγομεν, ὅτι δύο σημεία Α καὶ Β παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ, εἴαν, 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) 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 μεταξὺ 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. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἠλεκτρικῆς πηγῆς.—Γνωρίζομεν, ὅτι δύναμις καλεῖται πᾶσα αἰτία, ἡ ὁποία δύναται νὰ παραγάγῃ τὴν κίνησιν μιᾶς μάζης. Κατ' ἀναλογίαν, θὰ καλέσωμεν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν μιᾶς οἰασδήποτε ἠλεκτρικῆς πηγῆς τὴν αἰτίαν, ἡ ὁποία δύναται νὰ θέσῃ εἰς κίνησιν τὸν ἠλεκτρομόν εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον τὴν πηγὴν.

**Μονὰς τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.** Ὡς μονὰς τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως λαμβάνεται ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐνὸς στοιχείου τῆς στήλης τοῦ Βόλτα. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται volt.

**Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις καὶ διαφορὰ δυναμικοῦ.** Ὅταν οἱ πόλοι μιᾶς πηγῆς δὲν εἶναι συνδεδεμένοι δι' ἀγωγοῦ, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἔχει ἀποκλειστικῶς ὡς ἀποτέλεσμα νὰ διατηρῇ μίαν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τούτων. Ἐπειδὴ ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἐξαρτᾶται προφανῶς ἐκ τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ ἀντιστρόφως ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις καὶ ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ μετροῦνται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ εἰς volts. Λέγομεν ἀδιαφόρως, ὅτι

μεταξὺ δύο σημείων ἢ ἠλεκτρογεφυρτικῆ δύναμις ἢ ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἶναι π.χ. 7 volts.

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

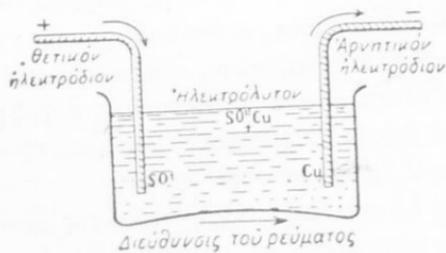
**Σημείωσις.** Ἡ «ἠλεκτρογεφυρτικῆ δύναμις» δὲν εἶναι δύναμις, δὲν δύνανται γὰρ ὑπολογισθῆ εἰς δύνας ἢ χιλιόγραμμα. Εἶναι ἐν ἠλεκτροκόν ποσόν, τὸ ὁποῖον δὲν δυνάμεθα γὰρ ἐκφράσωμεν διὰ ποσοῦ μηχανικοῦ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

### ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

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

Ὁ ἠλεκτρολύτης περιέχεται εἰς δοχεῖον μὲ τοιχώματα δυσἠλεκτραγωγὰ (σχ. 125), ἐντὸς αὐτοῦ δὲ βυθίζονται δύο μετάλλινα ἐλάσματα ἢ σύρματα ἢ καὶ ράβδοι ἐξ ἄνθρακος, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **ἠλεκτρόδια**.



Σχ. 125

κὸν ἠλεκτρόδιον ἢ **κάθοδος**.

Τὰ προϊόντα τῆς ἀποσυνθέσεως καλοῦνται **ἰόντα**. Ταῦτα ἀναφέρονται εἰς τὰ σημεῖα τῆς ἐπαφῆς τῶν ἠλεκτροδίων 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 οἱ **βάσεις**, ἐν ὑγρῇ καταστάσει, τὸ ὁποῖον ἐπιτυγχάνεται διὰ διαλύσεως αὐτῶν εἰς τὸ ὕδωρ ἢ καὶ διὰ τήξεως. Διὰ τῶν σωμάτων τούτων διε-

Ζεται ἐνκόλως τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ προκαλεῖ πάντοτε τὴν ἀποσύνθεσιν αὐτῶν.

**Νόμος.** Τὸ μόριον τοῦ ἠλεκτρολύτου κατὰ τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος ἀποσυντίθεται εἰς δύο ἰόντα: ἀφ' ἐνὸς 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 ὁμως παράγονται δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι καλύπτουν τὴν ἀπλότητα τῆς ἀνωτέρω ἀρχικῆς ἀντιδράσεως.

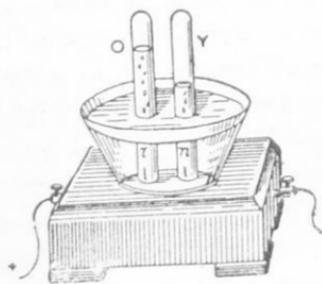
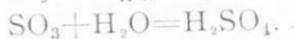
**109. Θεωρία τῶν ἰόντων.**—Παραδεχόμεθα, ὅτι ὁ ἠλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα, τὸ ὁποῖον περιέχει μόρια **ἀκέραια** (ὁλόκληρα) καὶ μόρια **ιοντωμένα**, δηλ. χωρισμένα εἰς δύο μέρη, τὰ **ἰόντα**. Τὰ ἰόντα εἶναι φορτισμένα μὲ ἴσα καὶ ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὸ ἄθροισμα τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων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

\*Ἄς διαλύσωμεν π.χ. χλωριούχον νάτριον, διὰ νὰ σχηματίσωμεν ἠλεκτρολύτην. Ἐκτὸς τῶν ὁλοκλήρων μορίων  $\text{NaCl}$ , τὸ διάλυμα περιέχει ἐπίσης ἰόντα  $\text{Na}$  καὶ ἰόντα  $\text{Cl}$  χωρισμένα. Τὰ ἰόντα  $\text{Na}$  εἶναι φορτισμένα διὰ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὰ ἰόντα  $\text{Cl}$  δι' ἀρνητικοῦ. Ὄταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, τὰ ἰόντα  $\text{Na}$  διευθύνονται πρὸς τὴν κάθodon, τὰ ἰόντα  $\text{Cl}$  πρὸς τὴν ἀνοδον. Ὄταν τὰ ἰόντα ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῶν ἠλεκτροδίων, ἀπαλλάσσονται τοῦ φορτίου των καὶ συνεπῶς ἐξουδετερῶνουν ἴσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὁποῖον ἢ ἠλεκτρικὴ πηγὴ ἀνανεώνει 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 νὰ σχηματίσουν ἄλλα ἰόντα, καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς.

**110. Παράδειγμα ἠλεκτρολύσεως.**—α) Ἠλεκτρόλυσις 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,  $\text{NaCl} = \text{Na} + \text{Cl}$ .

**Σημείωσις.** Προηγουμένως όμως πρέπει να διατάξωμε καταλλήλως την συσκευήν, ὥστε να μὴ δύνανται τὰ ἰόντα να ἐνωθῶν, ὁπότε οὐδεμία δευτερεύουσα ἀντίδρασις θὰ παραχθῇ. Ὡς ἄνοδον χρησιμοποιοῦμεν ράβδον ἐξ ἀνθρακος, ὡς κάθοδον δὲ ἔλασμα σιδηροῦν.

**β) Ἀποσύνθεσις τῶν ἰόντων. Ἡλεκτρόλυσις τοῦ ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος.** Ὡς ἠλεκτρόδια χρησιμοποιοῦμεν σύρματα ἐκ λευκοχρύσου καὶ ὡς ἠλεκτρολύτην ὕδωρ ὠξινισμένον διὰ θεικοῦ ὀξέος. Τὸ θεικὸν ὀξὺ ἀποσυντίθεται εἰς τὸ κατιὸν  $H_2$  (τὸ ὁποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν κάθοδον) καὶ εἰς τὸ ἀνιὸν  $SO_4$ , τὸ ὁποῖον ἀποσυντίθεται εἰς  $SO_2$  καὶ  $O$ . Τὸ  $O$  ἐκλύεται περὶ τὴν ἄνοδον. Συντελεῖα ἑτέρας δευτερεύουσας ἀντιδράσεως τὸ  $SO_2$  μετὰ τοῦ ὕδατος ἀνασχηματίζει θεικὸν ὀξὺ



Σχ. 126

Τοιουτοτρόπως 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 να ἀποσυνθέσωμεν ἄπειρον ποσότητα ὕδατος.

**γ) Προσβολὴ τῶν ἠλεκτροδίων. Ἡλεκτρόλυσις τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ μετὰ ἄνοδον ἐκ χαλκοῦ.** Διαβιβάζομεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ διαλύματος θεικοῦ χαλκοῦ ἐντὸς ὕδατος. Ὁ θεικὸς χαλκὸς ἀποσυντίθενται 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  $SO_4 + Cu = CuSO_4$  (σχ. 125).

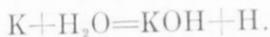
Ὁ θεικὸς χαλκὸς ἀποσυντίθεται κ.ο.κ., ὥστε τελικῶς φαίνεται, ὅτι γίνεται μεταφορὰ τοῦ χαλκοῦ ἀπὸ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθοδον.

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

**Ἐπιχάλκωσις - Ἐπαργύρωσις - Ἐπιχρῶσις - Ἐπινικέλωσις.** Ἐὰν ὡς κάθοδον θέσωμεν ἀντικείμενόν τι εὐηλεκτραγωγόν, τὸ ἀντικείμενον τοῦτο θὰ καλυφθῇ ὑπὸ στρώματος χαλκοῦ ἢ ἀργύρου ἢ χρυσοῦ ἢ νικελίου κτλ. Ἐννοεῖται, ὅτι ἡ ἐργασία αὕτη εἶναι

πολύ λεπτή. Διὰ τὴν λάβωμεν στρώμα κανονικὸν καὶ ὁμογενές, πρέπει ἢ 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 πείρα.

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



Τὸ  $\text{H}$  ἐκλύεται. Εἰς τὴν ἀνόδον παράγεται ἄλλη δευτερεύουσα ἀντίδρασις : Τὸ ἰὸν  $\text{OH}$  ἀποσυντίθεται κατὰ τὸν τύπον  $\text{OH} = \frac{1}{2}\text{O} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  καὶ ἐκλύεται ὀξυγόνον.

Τελικῶς λαμβάνομεν ὀξυγόνον καὶ ὕδρογόνον, ἀποσυντίθεται δηλ. τὸ ὕδωρ. Ὡς ἠλεκτρόδια χρησιμοποιοῦμεν ἐλάσματα ἐκ λευκοχρύσου.

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

Ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ κατάλληλον κυκλοφοροῦν, τὸ χλώριον καὶ τὸ καυστικὸν κάλι ἀντιδρῶν καὶ σχηματίζου ὑποχλωριούχον ἢ χλωρικὸν κάλιον.

111. Ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.—Ἐντασις 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 ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Εἰς κύκλωμα παρεμβάλλομεν συσκευὴν ἠλεκτρολύσεως περιέχουσαν ὕδρω ὠξινισμένον διὰ θεικοῦ ὀξέος (βολτάμετρον) καὶ συλλέγομεν τὸ ἐκλυόμενον ὑδρογόνον.

Ὅταν ἡ ποσότης τοῦ συλλεγέντος ὑδρογόνου εἶναι  $\frac{1}{96600}$  γραμ. λέγομεν, ὅτι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διήλθε διὰ τῆς συσκευῆς, εἶναι ἐν coulomb. Ὅταν ἡ ποσότης τοῦ συλλεγέντος ὑδρογόνου εἶναι  $\frac{2}{96600}$  γραμ.,  $\frac{3}{96600}$  γραμ., κλπ., λέγομεν, ὅτι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἥτις διήλθε 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 δευτερόλεπτον. 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 ἔχωμεν  $E = \frac{\Pi}{\chi}$  καὶ  $\Pi = E\chi$ .

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

$$\text{Ἔχομεν } \Pi = E\chi \quad E = 0,5 \quad \chi = 4.60.60 = 14400.$$

$$\Pi = 0,5.14400 = 7200 \text{ coulombs.}$$

Κατὰ τὰ ἀνωτέρω, μονὰς τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι τὸ coulomb, ἥτοι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία ἐκλύει

$$\frac{1}{96600} \text{ γραμ. ὑδρογόνου.}$$

(Ὅθεν ἀπαιτοῦνται 96600 coulombs πρὸς ἐκλυσιν 1 γραμ. ὑδρογόνου).

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

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

*Σημείωσις.* Ἐὰν εἰς διάφορα σημεῖα κυκλώματος ἄνευ διακλαδώσεων παρεμβάλωμεν περισσότερα βολτάμετρα περιέχοντα ὕδρω μετὰ θεικοῦ ὀξέος, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς ὅλα τὰ σημεῖα εἶναι ἡ αὐτή. Ἐὰν ὑπάρχον διακλαδώσεις, ἡ ἔντασις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων εἰς τὰς διαφόρους διακλαδώσεις.

**Νόμος τοῦ Faraday.** Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἥτις ἐκλύει ἓν γραμμάριον ὑδρογόνου (δηλ. τὸ γραμμοάτομον αὐτοῦ), ἐλευθερώνει βάρος οἰουδήποτε μετάλλου ἴσον πρὸς τὸ γραμμοάτομον 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 ἀραιοῦ θεικοῦ ὀξέος, νιτρικοῦ ἀργύρου, θεικοῦ χαλκοῦ (ὁ ἀργυρὸς εἶναι μονοσθενῆς καὶ τὸ ἀτομικὸν αὐτοῦ βάρος εἶναι 108, ὁ χαλκὸς δισθενῆς καὶ τὸ ἀτομικὸν του βάρος 63,6), βεβαιωνόμεθα, ὅτι, ἂν τὸ ρεῖμα διατηρηθῆ, ἐφ' ὅσον χρόνον ἀπαιτεῖται ἵνα ἐκλυθῆ 1 γρ. ὑδρογόνου, θὰ ἔχουν κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον ἀποτεθῆ ἀργύρου μὲν 108 γρ., χαλκοῦ δὲ  $\frac{63,6}{2} = 31,8$  γρ. Κατὰ ταῦτα 96600 coulombs καθιστῶσιν ἐλεύθερα 1 γρ. ὑδρογόνου, 108 γρ. ἀργύρου, 31,8 γρ. χαλκοῦ, κτλ.. Ἡ : 1 coulombs ἐκλύει  $\frac{1}{96600} = 0,00001035$  γραμμ. ὑδρογόνου,  $0,00001035 \times 108 = 0,001118$  γρ. ἀργύρου,  $0,00001035 \times 31,8 = 0,00033$  γρ. χαλκοῦ.

**Ἠλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα.** Καλοῦμεν ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον σώματός τινος οἰουδήποτε, τὸ βάρος τοῦ σώματος τούτου, τὸ ὁποῖον κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐλευθερώνεται διὰ τῆς διόδου ἐνὸς coulomb.

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

**112. Ἡλεκτρολυτικὴ μέτρησις 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 πολὺν εὐκόλον νὰ προσδιορισθῇ ἡ ἐντασις τοῦ ἐνεργήσαντος ρεύματος.

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

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

Σημείωσις. Τὸ ρεῦμα ὑποτίθεται, ὅτι διατηρεῖ ἐντασιν σταθεράν.

### Προβλήματα

1ον. Πόσα coulombs χρειάζονται διὰ τὴν δι' ἠλεκτρολύσεως παρασκευὴν 1 κυβ. μέτρον ὑδρογόνου; Πόσος δὲ χρόνος θὰ χρειασθῇ πρὸς τοῦτο, ἂν ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 100 ampères; (Μία κυβ. παλάμη ὑδρογόνου ἔχει βάρος 0,1 γρ. περίπου).

2ον. Ρεῦμα διακλαδίζεται εἰς δύο βραχίονας, εἰς ἕκαστον τῶν ὁποίων παρεμβάλλεται βολτάμετρον. Συνλέγονται δὲ εἰς 10 πρῶτα λεπτά 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 στήλαι** εἶναι, ὅπως εἴπομεν, πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ. Ὅνομαζονται δὲ στήλαι ἀπὸ τὴν πρώτην συσκευὴν τοῦ εἶδους αὐτοῦ, ἣ

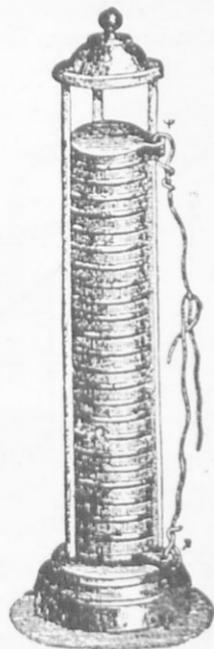
ὅποια ἐπενοήθη ὑπὸ τοῦ Volta κατὰ τὸ ἔτος 1800. Αὕτη συνίστατο ἀπὸ σειρὰν στοιχείων, τὰ ὅποια ἔκειντο τὸ ἓν ἐπὶ τοῦ ἄλλου κατὰ τὴν ἰδίαν τάξιν (σχ. 127). Ἐκαστον στοιχεῖον ἀποτελεῖτο ἐξ ἑνὸς δίσκου ἐκ χαλκοῦ, ἑνὸς δίσκου ἐκ ψευδαργύρου καὶ ἑνὸς κυκλικοῦ τεμαχίου ἐριουῦ-χου (τσόγας) ἐμποτισμένον δι' ὕδατος ὠξινισμένου διὰ θεικοῦ ὀξέος.

Ἔνεκα τῆς τοιαύτης διατάξεως ἔλαβεν ἡ ὅλη συσκευὴ τὸ ὄνομα **στήλη**, τὸ ὁποῖον διετήρησεν, ἂν καὶ μετὰ ταῦτα τὸ σχῆμά της μετεβλήθη ριζικῶς.

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

Διὰ τοῦ **βολτομέτρου** βεβαιωνόμεθα, ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πόλων ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ τιμὴ τῆς διαφορᾶς ταύτης, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἐκφράζει τὴν **ἠλεκτρογεωρητικὴν δύνάμιν τοῦ στοιχείου**. Ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ 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 ὑπάρῃ ὅμως διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πόλων, πρέπει τὰ ἠλεκτροδία νὰ εἶναι διαφόρου φύσεως. Ἄν ἦσαν καὶ τὰ δύο π.χ. ἐκ ψευδαργύρου, ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις θὰ ἦτο ἴση μὲ τὸ μηδὲν καὶ τὸ στοιχεῖον δὲν θὰ παρῆιχε ρεῦμα.

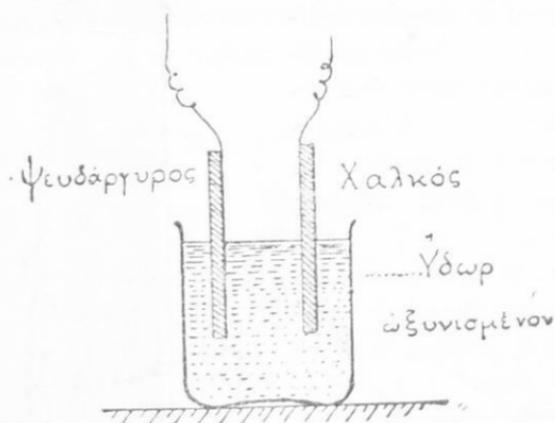
Εἰς τὸ στοιχεῖον τοῦ Volta (σχ. 128) ὁ ἠλεκτρολύτης εἶναι ὕδωρ ὠξινισμένον διὰ θεικοῦ ὀξέος. Τὸ θετικὸν ἠλεκτροδῖον ἀποτελεῖται ἐκ χαλκοῦ, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἐκ ψευδαργύρου. Ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 1 volt.



Σχ. 127

**114. Χημικά φαινόμενα ἐντὸς τῶν στοιχείων.**—Ὅταν συνδέσωμεν διὰ σύρματος τοὺς πόλους ἡλεκτρικοῦ στοιχείου, τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διέρχεται ἐξωτερικῶς διὰ τοῦ σύρματος, μεταβαῖνον ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου εἰς τὸν ἀρνητικόν, συνεχίζει τὴν κίνησίν του καὶ ἐντὸς τοῦ στοιχείου ἀπὸ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικόν καὶ τοιοῦτοτρόπος τὸ κύκλωμα κλείεται.

Πράγματι, παρατηροῦμεν, ὅτι τὰ ὑγρά τοῦ στοιχείου ἀποσυντίθενται, ὅπως ὁ ἡλεκτρολύτης ἡλεκτρολυτικῆς συσκευῆς καὶ κατὰ τοὺς αὐτοὺς νόμους. Τὸ ὑδρογόνον ἢ τὸ ἐλευθερούμενον μέταλλον ἐκλύεται



Σχ. 128.

ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου **τῆς ἐξόδου** ἐκ τοῦ στοιχείου (δηλ. ἐνταῦθα ἐπὶ τοῦ θετικοῦ πόλου, ὅστις καθίσταται **κάθοδος**), τὸ δὲ ὑπόλοιπον τοῦ ἀποσυντεθέντος μορίου ἐκλύεται ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου **τῆς εἰσόδου** (δηλ. ἐπὶ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου, ὅστις καθίσταται **ἄνοδος**). Οὕτω π.χ.

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

Τὸ Ἴον  $H_2$  φέρεται ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ, ὅπου ἐκλύεται.

Τὸ δὲ Ἴον  $SO_4$  φέρεται ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ προσβάλλει αὐτὸν παρέχον θεικὸν ψευδάργυρον, ὅστις διαλύεται ἐντὸς τοῦ ὠξεινωμένου ὕδατος (\*).

*Σημειώσεις.* Αὐτὴ ἀκριβῶς ἢ χημικὴ ἐνέργεια διατηρεῖ τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ καὶ μετατρέπεται εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

(\*) 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  $H_2O$ .

**115. Πόλωσις τοῦ στοιχείου τοῦ Βόλτα.**—Εἶναι εὐκόλον νὰ ἐπαληθεύσωμεν (π.χ. με ἓνα ἠλεκτρικὸν κώδωνα), ὅτι τὸ ρεῦμα τοῦ στοιχείου τοῦ Βόλτα ἐξασθενεῖ τάχιστα. Λέγομεν τότε, ὅτι τὸ στοιχεῖον **ἐπολώθη**.

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

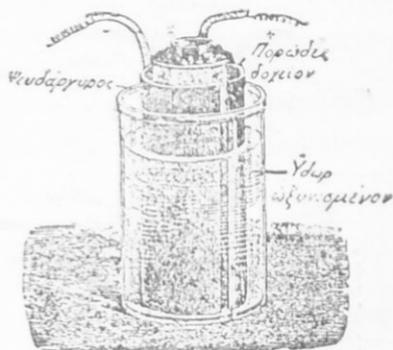
Τὸ διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως δηλ. παραχθὲν ὑδρογόνον προσφύεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χαλκοῦ καὶ τοιουτοτρόπως ἡ σειρὰ τῶν ἀγωγῶν τοῦ στοιχείου ἀντὶ νὰ εἶναι: ψευδάργυρος-ὔδωρ ὠξεινισμένον-χαλκός, γίνεται: ψευδάργυρος-ὔδωρ ὠξεινισμένον-ὑδρογόνον-χαλκός, τῆς ὁποίας ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις εἶναι πολὺ μικροτέρα.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

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

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

Διὰ τοῦτο κατασκευάζονται στοιχεῖα με σταθερὰν ἠλεκτρογενετικὴν 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 ἐξαφανίζει τὸ ὑδρογόνον. Θὰ ἐξετάσωμεν τὴν ἀρχὴν τῶν στοιχείων τούτων ἐπὶ τῶν ἐπομένων παραδειγμάτων:

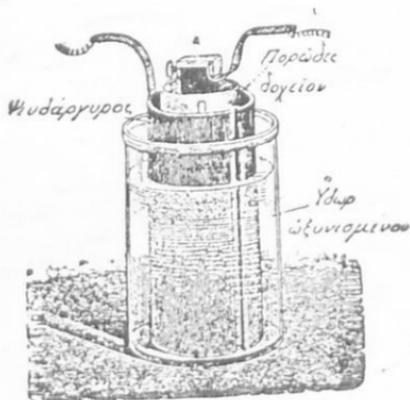
α') **Στοιχεῖον Daniell.** Τὸ στοιχεῖον τοῦτο (σχ. 129) συνίσταται ἐξ ὑαλίνου δοχείου χωριζομένου εἰς δύο διαμερίσματα δι' ἑτέρου δοχείου πορώδους. Τὸ ἐξωτερικὸν διαμέρισμα περιέχει ὕδωρ ὠξεινισμένον, ἐν αὐτῷ δὲ ἐμβαπτίζεται κυλινδρικὸν ἔλασμα ψευδαργύρου,



Σχ. 129

τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτροδίδιον. Τὸ πορῶδες δοχεῖον περιέχει διάλυμα **θεικοῦ χαλκοῦ**, τὸ ὁποῖον διατηροῦμεν κεκορησμένον προσθέτοντες εἰς αὐτὸ κρυστάλλους τοῦ αὐτοῦ ἄλατος. Τέλος, ἐντὸς τοῦ διαλύματος τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ ἐμβαπτίζεται χαλκοῦν ἔλασμα  $\chi$  ἀποτελοῦν τὸ θετικὸν ἠλεκτροδίδιον.

**Χημικαὶ ἀντιδράσεις.** Ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, οἱ δύο ἠλεκτρολύται  $H_2SO_4$  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 ὁποῖου παράγει  $ZnSO_4$ . Τὸ  $H_2$  φέρεται πρὸς τὸ πορῶδες δοχεῖον. Ἄφ' 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 συντίθεται μετὰ τοῦ  $H_2$  καὶ παράγεται θεικὸν ὄξύ, ὃ



Σχ. 130

δὲ  $Cu$  φέρεται καὶ ἐπιτίθεται ἐπὶ τοῦ ἐλάσματος τοῦ χαλκοῦ. Τοιοῦτοτρόπως τὸ στοιχεῖον δὲν πολοῦται καὶ δίδει ρεῖμα σταθερόν.

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

Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ 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) ἓν ἐξωτερικὸν δοχεῖον (σχ. 130) ἐξ ὑάλου, περιέχον ὕδωρ ὠξυνομένον διὰ θεικοῦ ὀξέος (10:1).

β) εἷς κοίλος κύλινδρος ἐκ ψευδαργύρου.

γ) ἓν πορῶδες δοχεῖον Π, περιέχον ἀγοραῖον νιτρικὸν ὄξύ, καὶ

δ) μία πρισματικὴ ράβδος Α ἐξ ἀνθρακος τῶν ἀποστακτήρων.

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

**Χημικαὶ ἀντιδράσεις.** Εἰς τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ἀντιπολωτικὸν

εἶναι τὸ νιτρικὸν ὀξύ. Ὄταν κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, ἀποσυντίθεται ἐν μόριον  $\text{H}_2\text{SO}_4$  καὶ δύο μόρια  $\text{HNO}_3$ . Τὸ ἰὸν  $\text{SO}_4^{2-}$  φέρεται ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, μετὰ τοῦ ὁποίου συντίθεται. Τὰ δύο ἰόντα  $\text{H}_2$  καὶ  $2\text{NO}_3$  συντίθενται ἐπὶ τοῦ πορώδους δοχείου διὰ νὰ ἀνασηματίσουν νιτρικὸν ὀξύ. Τέλος, τὰ δύο ἰόντα  $\text{H}_2$  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 νιτροῦδη ἀέρια δυσάρεστα εἰς τὴν ἀναπνοὴν καὶ ἐπιβλαβῆ εἰς τὴν ὑγίειαν.

Ἡ ἠλεκτρογενητικὴ 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 ἀντιπρωτοκίον. Ὁ ἠλεκτρολύτης δὲ ἀποτελεῖται ἐκ διαλύματος χλωριούχου ἀμμωνίου ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

**Χημικαὶ ἀντιδράσεις.** Κλεισμένου τοῦ κυκλώματος, τὸ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ἀποσυντίθεται εἰς  $\text{NH}_3$  καὶ  $\text{Cl}$ . Καὶ τὸ μὲν  $\text{Cl}$  φέρεται πρὸς τὸν ψευδαργυρον, μετὰ τοῦ ὁποίου σχηματίζει χλω-

ριούχον ψευδάργυρον, ὅστις διαλύεται εἰς τὸ ὕδωρ, τὸ δὲ  $\text{NH}_3$  φέρεται ἐπὶ τοῦ ἀνθρακος, ὅπου ἀποσυντίθεται εἰς ἀμμωνίαν ( $\text{NH}_3$ ), ἣτις διαλύεται εἰς τὸ ὕδωρ, καὶ εἰς  $\text{H}$ , 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 χοῆσις,



Σχ. 131

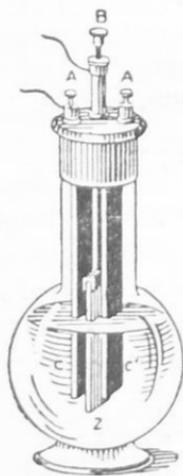
ὅταν δὲν ἀπαιτῆται ἀδιαλείπτως συνεχὲς ρεῦμα, ὅπως π.χ. διὰ τούτους ἠλεκτρικούς κώδωνας, τὰ τηλέφωνα, τὸν τηλέγραφον.

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

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

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

Ἡ ἠλεκτρογενετική δύναμις τοῦ στοιχείου τούτου εἶναι περίπου 2 volts.



Σχ. 132

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

Ὅταν τὸ στοιχεῖον εἶναι ἀνοικτόν, 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 ἀνοικτόν, ἀλλὰ μόνον ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα καὶ διέρχεται ρεῦμα. Διὰ τοῦτο εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα χρησιμοποιοῦμεν ψευδάργυρον ἐφυδραργυρωμένον.

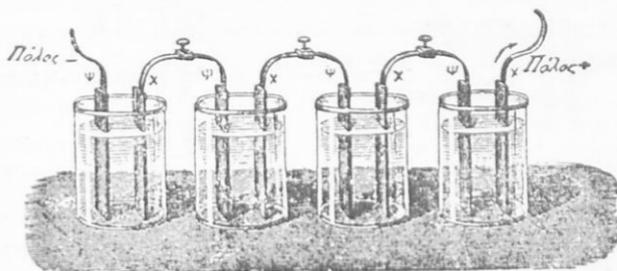
*Σημείωσις.* Εἰς τὸ διὰ διχρωμικοῦ καλίου στοιχεῖον καὶ ὁ ἐφυδραργυρωμένος ψευδάργυρος προσβάλλεται ὑπὸ τοῦ ὀξίνου διαλύματος. Διὰ τοῦτο, ὅταν τὸ στοιχεῖον δὲν λειτουργῇ, πρέπει ὁ ψευδάργυρος νὰ σφραγίσθῃ πρὸς τὰ ἄνω διὰ νὰ ἐξάγεται ἐκ τοῦ διαλύματος.

**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 ὕδατος κεκαλυμμένου μετὰ στρώμα ὕδροχλωρικοῦ ὀξέος, τὸ ὁποῖον καθαρίζει τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ψευδαργύρου κατὰ τὴν ἐμβάπτισιν.

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

α) Κατὰ τάσιν. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον συνδέομεν τὰ στοι-



Σχ. 133

χεῖα διὰ τῶν ἑτερονόμων αὐτῶν πόλων (σχ. 134). Ὁ θετικὸς πόλος τοῦ πρώτου στοιχείου καὶ ὁ ἀρνητικὸς τοῦ τελευταίου, οἱ ὁποῖοι ἀφή-  
νονται ἐλεύθεροι, ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς στήλης.

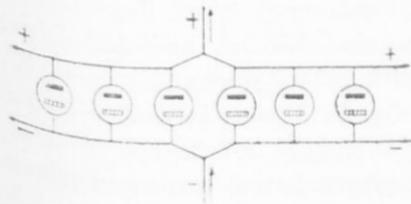
Ἐὰν προσδιορίσω-  
μεν τὴν διαφορὰν τοῦ  
δυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο  
πόλους τῆς στήλης ταύ-



Σχ. 134

της, θὰ ἴδωμεν, ὅτι αὕτη εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων.  
Ἐὰν δηλ. ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἶναι 1 volt μεταξύ τῶν πόλων  
τοῦ ἑνὸς στοιχείου, ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πό-

λους στήλης ἀποτελουμέ-  
νης ἐκ  $n$  στοιχείων τῆς  
αὐτῆς συστάσεως θὰ εἶναι  
 $n$  volts.



Σχ. 135

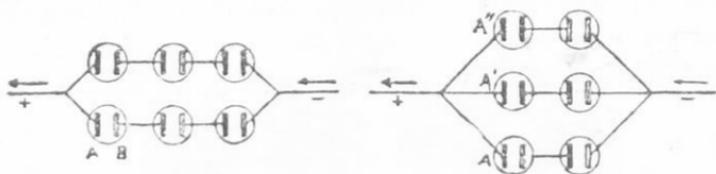
ἑτέρου δὲ ὅλους τοὺς ἀρνητικούς (σχ. 135).

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.

β) Κατὰ ποσότητα.

Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον συν-  
δέομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλους  
τοὺς θετικούς πόλους, ἀφ'

γ) **Μεικτῶς.** Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον σχηματίζομεν ομάδας ἐκ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ στοιχείων καὶ ἐνοῦμεν τὰ στοιχεῖα ἐκάστης ὁμάδος κατὰ τάσιν οὕτως, ὥστε ἐκάστη ὁμάς νὰ ἀποτελῇ μίαν στήλην κατὰ



Σχ. 136

τάσιν. Ἐπειτα ἐνόνομεν 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.

#### ἘΠΡΑΙ ΣΤΗΛΑΙ

**120. Ξηρὰς** λέγομεν τὰς στήλας, εἰς τὰς ὁποίας τὸ ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν παραμένει ἀκίνητον, τῇ βοήθειᾳ 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, συγκροτοῦσα μόνον αὐτὸ ὡς σπόγγος.

Αἱ μετὰ στερεοῦ ἀντιπολωτικοῦ στηλῆαι 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 *A* (σχ. 137), ἀνοικτὸν πρὸς τὰ ἄνω. Ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου αὐτοῦ καλύπτεται ἐσωτερικῶς διὰ δίσκου ἐκ χαρτονίου *B* παραφινωμένον, διὰ τοῦ ὁποίου ἀπομονοῦται ὁ ἐκ ψευδαργύρου πυθμὴν.

Ὡς ἀντιπολωτικὸν σῶμα χρησιμεῖει δεύτερος κύλινδρος *Γ* ἀποτελούμενος ἐξ ὁμοιομεροῦς μείγματος ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου, ἀνθρακος, ἀνθρακικοῦ μολύβδου, γραφίτου καὶ χλωριούχου ἀμμωνίου. Ὁ κύλινδρος οὗτος περιβάλλεται διὰ ἀραιοῦ βαμβακεροῦ ὑφάσματος (τὸ ὑφάσμα εἰς τὸ σχῆμα παρίσταται διὰ ἐστιγμένης γραμμῆς)

και είναι τοποθετημένος εντός του εκ ψευδαργύρου κυλίνδρου, χωρίς να εφάπτεται αὐτοῦ. Μεταξὺ τῶν δύο κυλίνδρων ἀφήνεται μικρὸν διάστημα (ὅπου αἱ κατακόρυφοι γραμμαὶ εἰς τὸ σχῆμα), τὸ ὁποῖον πληροῦται διὰ μείγματος ἀμύλου, χλωριούχου ψευδαργύρου, διχλωριούχου ἰδραργύρου καὶ κεκορεσμένου διαλύματος χλωριούχου ἀμμωνίου (ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν ἀκίνητοποιηθὲν). Ὁ θετικὸς πόλος εἶναι ράβδος K ἐξ ἄνθρακος τῶν ἀποστακτήρων, τοποθετουμένη κατὰ τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου Γ.

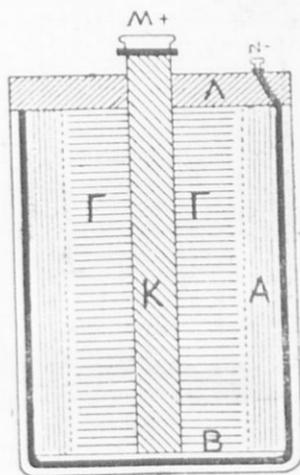
Ἡ ὅλη συσκευὴ εἰσάγεται εἰς θήκην ὀλίγον ὑψηλοτέραν καὶ φράσσεται ἀνωθεν διὰ στρώματος κηροῦ Λ.

Εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς ράβδου τοῦ ἄνθρακος K προσαρμύζεται χαλκινὸς 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' ἄρκετόν. Ὄταν κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, ὁ ψευδαργυρος προσβάλλεται ὑπὸ τοῦ χλωριούχου ἀμμωνίου καὶ ἡ στήλη παρέχει ρεῦμα.

Αἱ ξηραὶ στήλαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τοὺς τηλεγράφους, τὰ τηλεφῶνα καὶ ἐνίοτε διὰ τὴν ἀνάφλεξιν εἰς τοὺς δι' ἐκρήξεον κινητήρας.

Ἡ ξηρὰ στήλη ἢ προωρισμένη πρὸς φωτισμὸν (στήλη λάμπας τῆς τρέπης) εἶναι πεπλατυσμένη, ἀποτελεῖται δὲ ἐκ τριῶν στοιχείων ἠνωμένων κατὰ τάσιν. Ἡ στήλη αὕτη παρέχει ρεῦμα 4,5 volts, τὸ ὁποῖον διαρρέον μικρὸν λαμπτήρα δύναται νὰ παράγῃ συνεχῆ φωτισμὸν ἐπὶ τρεῖς περίπου ὥρας.

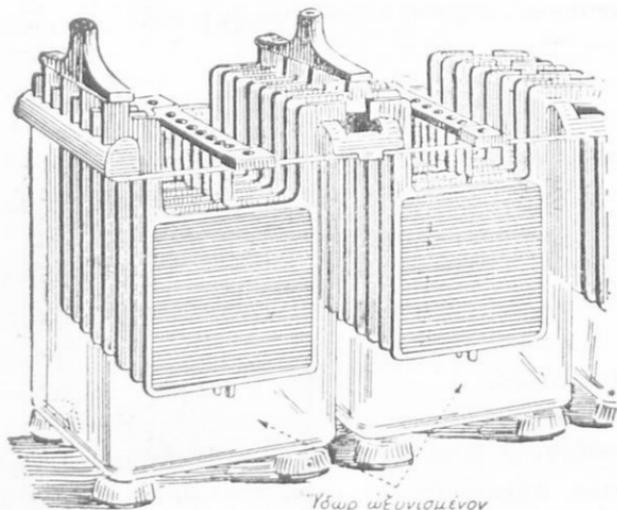


Σχ. 137

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

## ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

121. Ἀρχὴ τῶν συσσωρευτῶν.—Ὁ συσσωρευτῆς (σχ. 138) εἶναι πηγὴ ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν ὡς ἑξῆς :



Ὑδωρ ὠξεισμένον

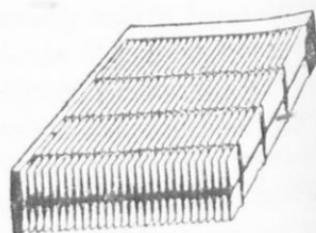
Σχ. 138

Ἐντὸς δοχείου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδωρ ὠξεισμένον διαθεικοῦ ὀξέος (10:1), ἐμβαπτίζομεν δύο ἠλεκτροδία ἑξ ὀξειδίου τοῦ μολύβδου (PbO), συγκροτημένον διὰ σκελετοῦ ἐκ μολύβδου (σχ. 139 καὶ 140).

Ἐπειδὴ τὰ ἠλεκτροδία ταῦτα

εἶναι ὅμοια, κατ' ἀρχὰς οὐδεμίαν διαφορὰν δυναμικοῦ παρουσιάζουν. Ἴνα τὸ ὄργανον καταστῇ πηγὴ ἠλεκτρισμοῦ, πρέπει νὰ πληρωθῇ.

**Πλήρωσις.** Διὰ νὰ πληρώσωμεν τὸν συσσωρευτὴν, παρεμβάλλομεν αὐτὸν εἰς κύκλωμα περιέχον ἠλεκτρικὴν πηγὴν. Τότε τὸ ὄργανον λειτουργεῖ ὡς ἠλεκτρολυτικὴ συσκευή. Τὸ διὰ θεικοῦ ὀξέος ὠξεισμένον ὕδωρ ἀποσυντίθεται, ἀλλὰ τὸ ὀξυγόνον καὶ τὸ ὑδρογόνον δὲν ἐκλύονται· τὰ αἶρια ταῦτα ἀντιδρῶν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ **πολοῦσιν** αὐτά.



Σχ. 139

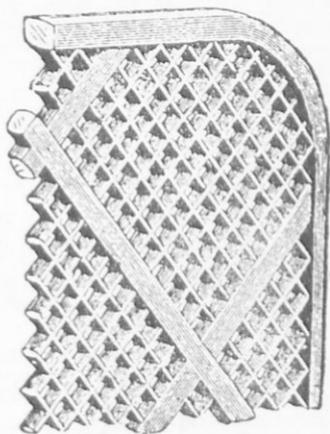
Καὶ τὸ μὲν ὑδρογόνον φέρεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐκεῖ ἀνάγει τὸ PbO εἰς μεταλλικὸν Pb:  $(\text{PbO} + 2\text{H} = \text{Pb} + \text{H}_2\text{O})$ , τὸ δὲ ὀξυγόνον

φερόμενον εις την άνοδον σχηματίζει μετά του PbO διοξειδίου του μολύβδου  $PbO_2$  ( $PbO + O = PbO_2$ ).

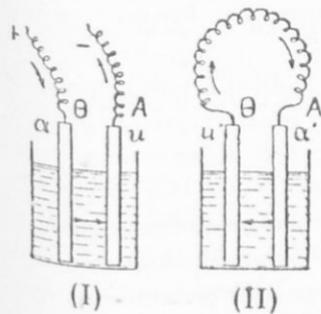
Την αλλοίωσιν ταύτην των ηλεκτροδίων δυνάμεθα να διακρίνωμεν διά της αλλαγής της χροιάς των. Το θετικόν ηλεκτρόδιον λαμβάνει την υπέρυθρον χροιάν του διοξειδίου του μολύβδου, τὸ δὲ ἕτερον τὴν φαιοκυανὴν χροιάν του μολύβδου.

Ἐννοοῦμεν, ὅτι συνετελέσθη ἡ πλήρωσις, ὅταν τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ ὀξυγόνον, μηδόλως πλέον ἐπιδρῶντα, ἐκλύωνται ἐν ἀφθονία.

Ἔνεκα τῆς ὡς ἄνω αλλοιώσεως, τὴν ὁποίαν υπέστησαν τὰ ηλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα ἀρχικῶς ἦσαν ὅμοια, κατέστησαν διάφορα καὶ τοιοῦτοτρόπως ἐσηματίσθη ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον, τοῦ ὁποῖου ἡ ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις εἶναι περίπου 2 volts. Θετικὸς πόλος εἶναι ὁ πόλος, ὅστις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ διοξειδίου του μολύβδου.



Σχ. 140



Σχ. 141

Ἐφεξῆς τὸ ὄργανον δύναται νὰ λειτουργήσῃ ὡς πηγὴ ἡλεκτρική.

**Ἐκκένωσις.** Ἐὰν συνδέσωμεν διὰ σύρματος τοὺς πόλους πεπληρωμένου συσσωρευτοῦ, ἡ ἡλεκτρογενετικὴ του δύναμις παράγει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα φορᾶς ἀντιθέτου πρὸς τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐξορσίμευσε διὰ τὴν πλήρωσιν, καὶ ὁ συσσωρευτὴς ἐκκενοῦται (σχ. 141).

Τὸ ρεῦμα τῆς ἐκκενώσεως παράγει ἐντὸς τοῦ συσσωρευτοῦ δράσεις χημικὰς ὁμοίας πρὸς τὰς παραγομένας ἐντὸς ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ στοιχείου. Τὸ μόριον τοῦ ὕδατος ἀποσυντίθεται. Καὶ τὸ μὲν ὑδρογόνον φέρεται εἰς τὸ ἡλεκτρόδιον τῆς ἐξόδου καὶ ἐκεῖ ἀνάγει τὸ διοξειδίου του μολύβδου εἰς ὀξείδιον:  $PbO_2 + H_2 = PbO + H_2O$ , τὸ δὲ ὀξυ-

γόνον φέρεται εἰς τὸ ἠλεκτροδίδιον τῆς εἰσόδου, ὀξειδώνει τὸν μόλυβδον καὶ μετατρέπει αὐτὸν εἰς ὀξειδίου:  $Pb+O=PbO$ .

Δηλ. τὸ ρεῦμα τῆς ἐκκενώσεως καταστρέφει ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον εἶχε δημιουργήσει τὸ ρεῦμα τῆς πληρώσεως.

Τὸ ρεῦμα τῆς ἐκκενώσεως σταματᾷ, ὅταν τὰ δύο ἠλεκτρόδια γίνον ἄλλοι 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 πράξιν ὅμως, ἡ πλήρης θεωρία τῆς πληρώσεως καὶ ἐκκενώσεως τοῦ συσσωρευτοῦ παρεμβάλλει καὶ τὸ θεικὸν ὀξύ, τὸ ὁποῖον ἀντιδρᾷ ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων.

**Συμπεράσματα.** Ὁ συσσωρευτὴς εἶναι, ὅπως καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, μεταμορφωτῆς ἐνεργείας. Κατὰ τὴν πλήρωσιν λειτουργεῖ ὡς ἠλεκτρολυτικὸς δέκτης ἀπορροφᾷ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν τοῦ παρέχει ἐξωτερικὴ 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, ὅποτε αἱ ἠλεκτρογεγενηταὶ τῶν δυνάμεις προστίθενται. Οὕτω μία συστοιχία (batterie) ἐκ 30 π.χ. συσσωρευτῶν παρουσιάζει ἠλεκτρογεγενητὴν δυνάμιν  $2,1 \times 30 = 63$  volts. Δυνάμεθα οὕτω νὰ πραγματοποιήσωμεν οἰανδήποτε ἠλεκτρογεγενητὴν δυνάμιν, ἣτις ἔχει τὸ πλεονέκτημα νὰ μένη σταθερά. Διὰ τοῦτο γίνεται συχνὸτάτη 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 τροχιοδρομοὺς, ἠλεκτρικὰ αὐτοκίνητα κτλ. Τέλος χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἐκκίνησιν καὶ τὸν φωτισμὸν τῶν αὐτοκινήτων κτλ.

## 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 ἀγωγόν, ὃ ὁποῖος συνδέει τὰ σημεῖα ταῦτα :

Ἐνάλογος ἐρώτησις εἰς τὴν ὑδροδυναμικὴν εἶναι ἡ ἐξῆς : Ἡ ἑλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος εἰς δύο δεξαμενάς παρουσιάζει διαφορὰν ὕψους π.χ. 10 μέτρων. Ἐὰν συνδέσωμεν τὰς δεξαμενάς 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 γνωστόν, 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 μήκος καὶ τὴν τομὴν του.

Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ εἰς τὸν ἠλεκτρισμόν. Δηλ. ἡ ἔντασις  $E$  τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ εἰς τὸν ἀγωγόν, δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν διαφορὰν  $B$  τοῦ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ ἀγωγοῦ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸ μήκος  $\mu$  τοῦ ἀγωγοῦ, τὴν τομὴν του  $e$  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 ἐνὸς συσσωρευτοῦ λάβωμεν 2, 3... κτλ. καὶ συνδέσωμεν αὐτοὺς κατὰ τάσιν, θὰ ἔχωμεν διαφορὰν δυναμικοῦ 4 volts, 6 volts... κτλ.

Παραμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα καὶ ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον μῆς δίδει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι διαδοχικῶς π.χ. 1,2,3... amperes, ὅταν παραμβάλλωμεν εἰς τὸ κύκλωμα 1,2,3... συσσωρευτάς. Δηλαδή ἡ ἔντασις καθίσταται 2,3... φορές μεγαλυτέρα, ὅταν ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ

εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἄγωγου 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' ἄλλου σύρματος ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς, ἀλλὰ διπλασίον μήκους, δηλ. ἑνὸς μέτρου. Παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 1 ampère. Δηλ. ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑποδιπλασιάζεται, ὅταν τὸ μήκος τοῦ ἄγωγου διπλασιάζεται. Ἄρα:

**Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος τοῦ ἄγωγου.**

**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 καθ' ἑξῆς, 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 τομὴν τοῦ ἄγωγου.**

**Νόμος Δ'.** Ἐπαναλαμβάνομεν ἀπᾶς ἔτι τὸ ἀνωτέρω πείραμα, χρησιμοποιοῦντες σύρματα τῶν αὐτῶν διαστάσεων, ἀλλ' ἐκ 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  $\mu$  (εἰς ἑκατοστόμετρα) τοῦ ἄγωγου, ἀνάλογος πρὸς τὴν τομὴν  $\epsilon$  (τετραγωνικὰ ἑκατ.) καὶ ὅτι μεταβάλλεται

μετὰ τοῦ ἀριθμητικοῦ συντελεστοῦ  $\rho$ , 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 :

$$A = \rho \frac{\mu}{\varepsilon}. \quad (3)$$

Δηλ. διὰ τὴν αὐτὴν τιμὴν τοῦ  $B$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττοῦται, ὅταν ἡ ἀντίστασις αὐξάνεται.

Ὁ τύπος (3) δεικνύει, ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται τὸ μῆκος του καὶ ὅταν ἡ τομὴ ἐλαττοῦται. Πραγματοποιούμεν λοιπὸν μεγάλας μὲν ἀντιστάσεις διὰ συρμάτων μακρῶν καὶ λεπτῶν, μικρὰς δὲ διὰ χονδρῶν καὶ βραχέων ἑλασμάτων.

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος ἐξαρτᾶται προσέτι καὶ ἐκ τοῦ μετάλλου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον τοῦτο ἔχει κατασκευασθῆ. Τοῦτο ἐκφράζει ὁ συντελεστὴς  $\rho$ .

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 ὄλων 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 volt. Ἡ μονὰς αὕτη ἐκλήθη Ohm.

Ἡ μονὰς αὕτη παριστάται διὰ τῆς ἀντιστάσεως, τὴν ὁποῖαν

παρουσιάζει εις 0<sup>ο</sup> στήλη ύδραργύρου τομῆς 1 τετρ. χλσ. καὶ μήκους 106,3 ἑκατ.

Ὁ νόμος τοῦ Ohm δύναται λοιπὸν νὰ γραφῆ:

$$E = \frac{B}{A} \quad \text{ἢ} \quad B = E \cdot A, \quad \text{ἤτοι:}$$

Ἡ ἔντασις (εἰς ampères) τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος ἀγωγὸν 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.

$$\text{Ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον } A = \rho \frac{\mu}{\varepsilon} \quad \rho = 1,6 \cdot 10^{-6} = \frac{1,6}{10^6} \text{ ohms}$$

$$\mu = 1 \text{ μέτρο.} = 100 = 10^2 \text{ ἑκατοστόμ.}$$

$$\varepsilon = \pi \frac{\delta^2}{4} \quad \pi = 3,14 \quad \delta = 1 \text{ χλσ.} = 0,1 \text{ ἑκατ.} \quad \varepsilon = 3,14 \cdot \frac{0,01}{4}$$

$$A = \frac{1,6 \cdot 10^2 \cdot 4}{10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,01} = \frac{1,6 \cdot 10^4 \cdot 4}{10^6 \cdot 3,14} = \frac{1,6 \cdot 4}{10^2 \cdot 3,14} =$$

$$= \frac{6,4}{314} = \frac{64}{3140} = \frac{16}{785} = \frac{1}{50} \text{ ohms περίπου.}$$

Ἀπαιτοῦνται λοιπὸν 50 μέτρα τοιοῦτου σύρματος διὰ νὰ πραγματοποιηθῆ 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.

$$\text{Ἐκ τοῦ τύπου } A = \rho \frac{\mu}{\varepsilon} \text{ λαμβάνομεν } \rho = \frac{A \cdot \varepsilon}{\mu}$$

$$A = 1 \text{ ohm}$$

$$\varepsilon = 1 \text{ τετρ. χλσ.} = 0,01 \text{ τετρ. ἑκατ.}$$

$$\mu = 106,3 \text{ ἑκ.}$$

$$\rho = \frac{1 \cdot 0,01}{106,3} = \frac{100}{106,3 \cdot 10^4} = \frac{100}{1,063 \cdot 10^6} = \frac{94}{10^6} \text{ ohms} =$$

$$= 94 \text{ microhms περίπου.}$$

Τὸ microhm εἶναι τὸ ἑκατομμυριοστὸν τοῦ ohm.

**126. Νόμος του 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.

$$E = \frac{H}{A} \quad \eta \quad H = E \cdot A$$

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 ἐκτὸς τῆς πηγῆς ἀγωγοῦ, ὅστις συνδέει τοὺς δύο πόλους (ἔξωτερικὴ ἀντίστασις), ἥτοι  $A = a' + a$ .

**Παραδείγματα.** Α') 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.

Β') Οἱ δύο πόλοι συσσωρευτοῦ, τοῦ ὁποῖου 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.

**Σημείωσις.** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων παρατηροῦμεν, ὅτι συσσωρευτικῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 2,1 volts παράγει μεταξὺ τῶν πόλων του διαφορὰν δυναμικοῦ 2 volts ἔνεκα τῆς ἔσωτερικῆς ἀντιστάσεως.

Ἄν ἡ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις ἦτο 0, ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων θὰ ἦτο ἴση πρὸς τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν του δύναμιν.

Γ') Συστοιχία (batterie) 60 συσσωρευτῶν συνηνωμένων κατὰ τὰς οἰκιστικὰς τροφοδοτεῖ λαμπτήρα, τοῦ ὁποῖου ἡ ἀντίστασις εἶναι 240 ohms.

Γνωστοῦ ὄντος, ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ δὲν ὑπολογίζεται ἀπέναντι τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως τοῦ λαμπτήρος, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος. Ἔχομεν :

$$H=B=2,1.60=126 \text{ volts} \quad A=240 \text{ ohms.}$$

$$\text{Συνεπῶς } E = \frac{126}{240} = 0,525 \text{ ampères.}$$

**Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm εἰς ἠλεκτρικὴν στήλην ἐκ ν στοιχείων.**— α) **Συνδυασμὸς κατὰ τάσιν.** Ἐὰν  $H$  ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις ἐνὸς στοιχείου, ἡ ὀλικὴ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις τῆς στήλης θὰ εἶναι  $\nu.H$ . Ἐὰν δὲ  $\alpha'$  ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἐκάστου στοιχείου καὶ  $\alpha$  ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις, ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις θὰ εἶναι :

$$\nu\alpha' + \alpha \text{ καὶ } E = \frac{\nu.H}{\nu\alpha' + \alpha}.$$

β) **Συνδυασμὸς κατὰ ποσότητα.** Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ ἐνὸς καὶ μόνου στοιχείου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται (κατὰ τὸν συνδυασμὸν τοῦτον) ἐξ ὄλων τῶν στοιχείων τῆς στήλης, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἐλασμάτων. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια αὕτη εἶναι ἐνταῦθα  $\nu$  φορὰς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἐλασμάτων ἐνὸς ἀπλοῦ στοιχείου, τοῦ ὁποῖου ἡ ἀντίστασις εἶναι  $\alpha'$ , ἡ ἀντίστασις τῆς στήλης θὰ εἶναι  $\frac{\alpha'}{\nu}$ . Ἐὰν δὲ  $\alpha$  ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις, ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης θὰ εἶναι  $\frac{\alpha'}{\nu} + \alpha$  καὶ συνεπῶς :

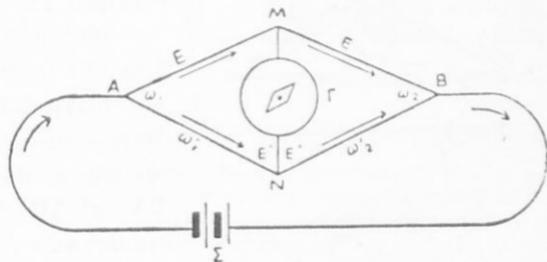
$$E = \frac{H}{\frac{\alpha'}{\nu} + \alpha} = \frac{\nu H}{\alpha' + \nu\alpha}$$

γ) **Συνδυασμὸς μεικτός.** Ἐὰν  $\nu$  ὁ ὀλικὸς ἀριθμὸς τῶν στοιχείων,  $\mu$  ὁ ἀριθμὸς τῶν ομάδων, ἐκάστης τῶν ὁποίων τὰ στοιχεῖα ἠνώθησαν κατὰ τάσιν, καὶ  $\kappa$  ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων ἐκάστης ομάδος, τοιοῦτος ὥστε  $\kappa.\mu = \nu$ , τότε ἡ ὀλικὴ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις ἰσοῦται πρὸς τὴν ἠλεκτρογενετικὴν δύναμιν μιᾶς ομάδος, ἡ ὁποία εἶναι  $\kappa.H$ , ἡ δὲ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἐκάστης ομάδος εἶναι  $\kappa\alpha'$ . Συνεπῶς, κατὰ τὸν ἄνω τύπον, ἐὰν  $\alpha$  ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις, θὰ ἔχωμεν :

$$E = \frac{\kappa.H}{\frac{\kappa\alpha'}{\mu} + \alpha} = \frac{\mu.\kappa.H}{\kappa\alpha' + \mu\alpha} = \frac{\nu H}{\kappa\alpha' + \mu\alpha} \quad (\text{διότι } \kappa\mu = \nu).$$

127. Μέτρησις τῶν ἀντιστάσεων.—Γέφυρα τοῦ Wheatstone. Ἡ μέτρησις τῶν ἀντιστάσεων γίνεται συνήθως διὰ τῆς συσκευῆς, ἣτις εἶναι γνωστὴ ὑπὸ τὸ ὄνομα «γέφυρα τοῦ Wheatstone». Ἡ συσκευή αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἀκολουθοῦσας ἀρχῆς:

Φαντασθῶμεν, ὅτι τὸ ρεῦμα στήλης τινὸς  $\Sigma$  (σχ. 142) κατανέμεται μεταξὺ δύο διακλαδώσεων AMB καὶ ANB. Ἄν ἐνώσωμεν δύο σημεῖα M καὶ N, τὰ ὁποῖα λαμβάνομεν ἀνὰ ἓν ἐφ' ἑκατέρας τῶν διακλαδώσεων, διὰ κυκλώματος ἢ γεφύρου MN περιλαμβανούσης καὶ γαλβανόμετρον, τὸ κύκλωμα τοῦτο θὰ διαρρέεται βεβαίως ὑπὸ



Σχ. 142

ρεύματος καὶ τὸ γαλβανόμετρον θὰ παρουσιάσῃ ἐκτροπὴν. Δὲν θὰ διέλθῃ ὁμοῦς ρεῦμα, ἂν ὁ λόγος τῶν ἀντιστάσεων τῶν τμημάτων AM, MB ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ἀντιστάσεων AN, NB.

**Ἀπόδειξις.** Ὑποθέσωμεν, 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. Ἐστώσαν πρὸς τούτους  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\omega'_1$  καὶ  $\omega'_2$  αἱ ἀντιστάσεις τῶν τεσσάρων τμημάτων τοῦ κυκλώματος AM, MB, AN καὶ NB. Ἀφοῦ 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  $\omega_1 \cdot E = \omega'_1 \cdot E'$  (ἔδ. 125).

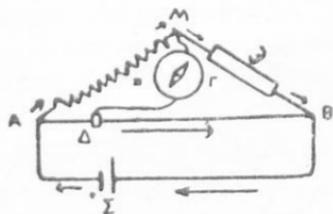
Ὅμοίως ἡ μεταξὺ M καὶ B διαφορὰ δυναμικοῦ ἰσοῦται μὲ τὴν μεταξὺ N καὶ B. Ἐπομένως ἔχομεν:

$$\omega_2 E = \omega'_2 E'$$

Διαιροῦντες τὰς ἰσότητας αὐτὰς κατὰ μέλη ἔχομεν:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\omega'_1}{\omega'_2}, \quad \text{ὅ. ἔ. δ.}$$

**Χρήσις τῆς γεφύρας τοῦ Wheatston.**—Τὸ τμήμα AM (σχ. 143) ἀποτελεῖται ἐκ τῆς μετρητέας ἀντιστάσεως  $x$ . Εἰς τὸ MB θέτομεν γνωστὴν ἤδη ἀντίστασιν  $\omega$ . Τὸ AB εἶναι σύρμα μεταλλικόν, ἰσοπαχὲς καὶ ὁμοιομερές. Κατὰ τὸ Δ τοποθετοῦμεν δρομέα, ὅστις δύναται νὰ ὀλισθαίνει κατὰ μῆκος τοῦ σύρματος. Συνδέομεν δὲ τὰ M καὶ Δ διὰ σύρματος περιλαμβάνοντος καὶ γαλβανόμετρον Γ.



Σχ. 143

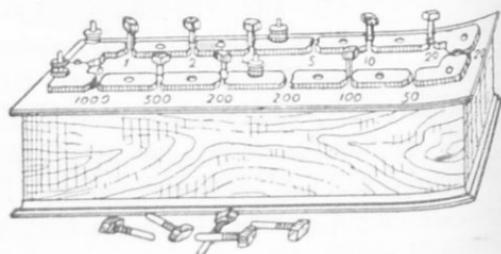
Μεταθέτομεν τὸν δρομέα Δ, ἕως ὅτου ἡ βελὸν τῷ γαλβανόμετρον παραμείνῃ ἀκίνητος. Τότε ὁ λόγος τῶν ἀντιστάσεων AM καὶ MB ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῶν μηκῶν τῶν τμημάτων ΑΔ καὶ ΔΒ τοῦ σύρματος (αἱ ἀντιστάσεις τῶν ΑΔ καὶ ΔΒ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ μήκη αὐτῶν). Ἔχομεν δηλαδή:  $\frac{x}{\omega} = \frac{A\Delta}{\Delta B}$ .

$$\text{Ὅθεν } x = \omega \cdot \frac{A\Delta}{\Delta B}.$$

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 MB (σχ. 143), περιέχονται εἰς τὰ «κιβώτια ἀντιστάσεων». Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ ξυλίνου κυτίου, τοῦ ὁποίου τὸ κάλυμμα εἶναι πλάξ ἐξ ἔβροντιου.

Ἐπὶ τῆς πλάκῃ ταύτῃ εἶναι προσκολλημένα πλακίδια ἐξ ὄρειγάλου (σχ. 144), τὰ ὁποία εἶναι μὲν χωρισμένα ἀπ' ἀλλήλων, ἀλλὰ δύναται νὰ τεθοῦν εἰς συγκοινωνίαν διὰ μεταλλικῶν σφηνῶν Σ (σχ. 145), οἱ ὁποῖοι εἰσέρχονται εἰς κυκλικὰς ὀπὰς εὗρισκομένας μεταξὺ τῶν πλακιδίων. Εἰς τὰ πλακίδια ταῦτα προσκολλῶνται κάτωθεν τὰ ἄκρα σφηνμάτων λεπτῶν, τῶν ὁποίων ἡ φύσις καὶ αἱ διαστάσεις εἶναι τοιαῦται,

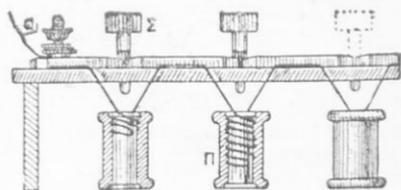


Σχ. 144

Διον. Π. Λεονταρίτου

ώστε νὰ παρουσιάζουν ἀντιστάσεις ἴσας πρὸς 1, 2, 2, 5, 10, 20, 20, 50, 100, 100, 200, 200 κτλ. μονάδας ohms.

Ἐὰν διαβιβασθῇ τὸ ρεῦμα, ἀφοῦ προηγουμένως εἰσαχθῶσιν εἰς ὅλας τὰς ὁπὰς οἱ σφῆνες, θὰ διέλθῃ ἄνευ αἰσθητῆς ἀντιστάσεως διὰ τῶν πλακιδίων, τῶν ὁποίων ἡ τομὴ εἶναι μεγάλη καὶ τὸ μῆκος μικρόν. Ἄν ὅμως ἀφαιρέσωμεν ἓνα ἢ περισσοτέρους σφῆνας, τὸ ρεῦμα εἶναι ὑποχρεωμένον νὰ διέλθῃ διὰ τῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τότε γνωστὴν ἀντίστασιν.



Σχ. 145

### Προβλήματα

1ον. Ποῖον μῆκος σύρματος πλατίνης, διαμέτρου 1 χμ., ἀπαιτεῖται δι' ἀντίστασιν 1 ohm ;

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τῆς πλατίνης εἶναι  $11 \cdot 10^{-6}$  ohms. ΣΜ

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, συνδρασμένων 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 ἀσχηκοῦ κυκλώματος, β') ἡ ἠλεκτρογεωτρικὴ δύναμις ἐκάστου στοιχείου.

4ον. Στήλη τις ἀποτελεῖται ἐκ 10 στοιχείων συνδρασμένων κατὰ τάσιν. Ἐκάστου τῶν στοιχείων τούτων ἡ μὲν ἠλεκτρογεωτρικὴ δύναμις εἶναι 1,8 volts, ἡ δὲ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις 0,5 ohms. Ποία ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος, ἂν ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τῆς ἐν λόγῳ στήλης παραγομένου ρεύματος εἶναι 1,2 ampères ;

5ον. Στήλη τις σύγκειται ἐκ 10 στοιχείων συνδρασμένων κατὰ τάσιν. Ἐκάστου στοιχείου τῆς στήλης ταύτης ἔχει ἠλεκτρογεωτρικὴν δύναμιν 1,8 volts. Ποία ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἐκάστου τῶν στοιχείων

τούτων, ἂν ἡ μὲν ἔξωτερική 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, ἔσωτερικὴν δὲ ἀντίστασιν 0,5 ohms, ἐνῶ ἡ ἔξωτερική ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι 10 ohms. Ὁ συνδυασμὸς τῶν στοιχείων ἔχει γίνεαι κατὰ τάσιν. 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 τάσιν. Ποία εἶναι ἡ ἔσωτερική ἀντίστασις τῆς στήλης, τῆς ἀντιστάσεως ἐκάστου στοιχείου οὔσης 1,5 ohms ;

8ον. Κύκλωμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἔξωτερική ἀντίστασις εἶναι 1 ohm, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 5 στοιχείων ὁμοίων συνδυασμένων κατὰ τάσιν. Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἂν ἡ μὲν ἀντίστασις ἐκάστου στοιχείου εἶναι 0,4 ohms, ἡ δὲ διαφορὰ δυναμικοῦ 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 διαρρέῃ ἔξωτερικὸν κύκλωμα 20 ohms, 8 ampères μὲ ἀντίστασιν 40 ohms, καὶ 9 ampères διὰ μέσον σύρματος ἀντιστάσεως ἀγνώστου.

Ἐῤῥεῖν τὴν ἀντίστασιν α' τῆς στήλης καὶ τὴν ἀντίστασιν χ τοῦ τοῦτου σύρματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

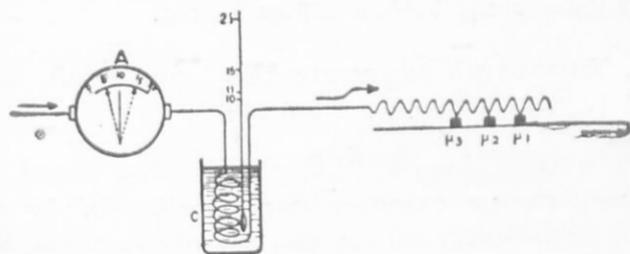
### ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ JOULE — ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

128. Θερμαντικὴ ἐνέργεια παραγομένη ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.—Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνει τὸν ἄγωγόν, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται : Οὕτω π.χ. εἶναι γνωστόν, ὅτι οἱ κοινοὶ ἠλεκτρικοὶ λαμπτήρες φωτοβολοῦν, ὅταν διαβιβάσωμεν δι' αὐτῶν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα· παύουν δὲ νὰ ἐκπέμπουν φῶς, εὐθύς ὡς διακόψωμεν τὸ ρεῦμα.

Ἐὰν ἐντὸς ὑαλίνου ποτηρίου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδωρ, θέσωμεν σπείραν μεταλλικὴν καὶ διαβιβάζωμεν διὰ τῆς σπείρας ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ ὕδωρ θερμαίνεται. Δύναται δὲ νὰ τεθῆ εἰς βρασμὸν ἐντὸς ὀλίγων λεπτῶν, ἐὰν 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 ὠρισμένον χρόνον. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται π.χ. κατὰ  $1^\circ$ . Διαβιβάζομεν κατόπιν ρεῦμα διπλασίας ἐντάσεως ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον καὶ παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία



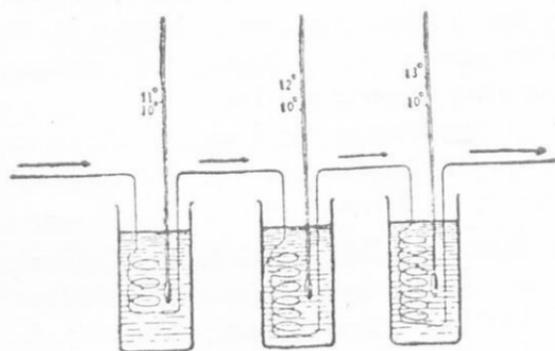
Σχ. 146

ἀνέρχεται κατὰ  $4^\circ$ . Ἐὰν διαβιβάζωμεν ρεῦμα τριπλασίας ἐντάσεως ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται κατὰ  $9^\circ$  κ.ο.κ. Συνεπῶς:

**Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία δημιουργεῖται εἰς ὠρισμένον χρόνον ἐπὶ τινος ἀγωγοῦ, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.**

β') Ἐντὸς τριῶν ὁμοίων θερμομέτρων (σχ. 147) βυθίζομεν τρεῖς σπείρας ἀντιστάσεως 1, 2, 3 ohms καὶ θερμομέτρα. Αἱ σπείραι συνδέονται μεταξύ των ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα. Ἐὰν κατόπιν διαβιβάζωμεν τὸ ρεῦμα δι' αὐτῶν, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι, ὅταν τὸ πρῶτον θερμομέτρον δείξῃ ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ  $1^\circ$ , τὸ δεύτερον θὰ δείξῃ ἀνύψωσιν κατὰ  $2^\circ$  καὶ τὸ τρίτον κατὰ  $3^\circ$ , ἦτοι: ἡ πο-

σότης τῆς θερμότητος ἢ δημιουργουμένη εἰς ὠρισμένον χρόνον ἐπὶ τινος ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ.



Σχ. 147

γ) Ἐὰν 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 ἐπὶ τινος ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον τῆς διόδου τοῦ ρεύματος.

130. Ἀναλυτικὴ ἔκφρασις τῶν νόμων τοῦ Joule.—Οἱ νόμοι τοῦ Joule ἐκφράζονται διὰ τοῦ τύπου:

$$\Theta = K \cdot E^2 \cdot A \cdot \chi$$

ἐνθα  $K$  ἀριθμητικὸς συντελεστής, ὅστις ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων, τὰς ὁποίας θὰ ἐκλέξωμεν διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ποσῶν,  $\Theta$  ἡ ποσότης τῆς θερμότητος εἰς θερμίδας,  $E$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς ampères,  $A$  ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ohms καὶ  $\chi$  ὁ χρόνος τῆς διόδου τοῦ ρεύματος εἰς δευτέρα λεπτά.

Ἀκριβεῖς μετρήσεις ἀπέδειξαν, ὅτι ἡ διόδος ἐπὶ ἓν δευτερόλεπτον ρεύματος ἐντάσεως ἑνὸς ampère δι' ἀντιστάσεως ἑνὸς ohm δημιουργεῖ ὑπὸ μορφήν θερμότητος ποσότητα ἑνεργείας μιᾶς joule, δηλ. ἐκλύει ποσότητα θερμότητος ἴσην μὲν  $\frac{1}{4,18}$  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 εἰπώμεν, ὅτι ἡ θερμαντικὴ ἐνέργεια ἡ παρα-  
γομένη εἰς  $\chi$  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 εἰπώμεν, ὅτι ἡ ἰσχὺς, τὴν ὁποίαν τὸ ρεῖμα  
δαπανᾷ εἰς θερμότητα (διὰ  $\chi=1$ ), ἰσοῦται μὲ  $AE^2$  watts.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἐντὸς θερμιδομέτρου περιέχον-  
τος 200 γρ. ὕδατος βυθίζεται σύρμα μεταλλικόν, διὰ τοῦ ὁποίου διέρ-  
χεται ρεῖμα ἐντάσεως ἐνός ampère ἐπὶ 2 λεπτά. Ἡ ἀρχικὴ θερμοκρα-  
σία  $\theta_a$  τοῦ ὕδατος εἶναι 17,8, ἡ δὲ τελικὴ  $\theta_\tau = 18,8$  βαθμῶν. Ποία  
ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος; Ἴσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ θερμιδομέ-  
τρου = 30 γρ.

Ἡ ποσότης  $\Theta$  τῆς ἐκλυθείσης θερμότητος εἶναι :

$$\Theta = (B + \beta)(\theta_\tau - \theta_a) = (200 + 30)(18,8 - 17,8) = 230 \cdot 1 = 230 \text{ θερμίδες.}$$

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. Ἴσχυς ρεύματος.**—Ἴσχυς ρεύματος διαρρέοντος ἀγωγόν  
εἶναι τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας, τὸ ὁποῖον παρέχει τοῦτο εἰς ἓν δευτέρον  
λεπτόν. Αὕτη ἐκφράζεται εἰς watts, δηλ. εἰς joules κατὰ δευτερόλε-  
πτον, καὶ ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς διαφορᾶς  $B$  τοῦ δυναμικοῦ  
εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ τὴν ἔντασιν  $E$  τοῦ ρεύματος Ἦτοι :

$$\text{Ἴσχυς} = B \cdot E \text{ watts.} \quad (1)$$

Π.χ. Ἠλεκτρικὴ πηγὴ, ἣτις παρέχει 50 ampères ὑπὸ τάσιν  
(διαφορὰν δυναμικοῦ) 100 volts, ἔχει ἰσχὺν  $50 \cdot 100 = 5000$  watts =  
= 5 kilowatts.

Ἡ ἐκφρασις αὕτη τῆς ἰσχύος ἀποδεικνύεται εὐκόλως εἰς τὴν  
περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κύκλωμα δὲν περιέχει δέκτην. Τότε  
ὅλη ἡ ἰσχὺς δαπανᾶται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος εἰς τὸ κύκλωμα.  
Συνεπῶς κατὰ τὰ ἀνωτέρω θὰ ἔχωμεν :

$$\text{Ἴσχυς} = AE^2 \text{ watts}$$

Καὶ ἐπειδὴ κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm :

$$B = A \cdot E, \text{ ἔπεται ὅτι } BE = AE^2$$

$$\text{Συνεπῶς ἰσχὺς} = BE.$$

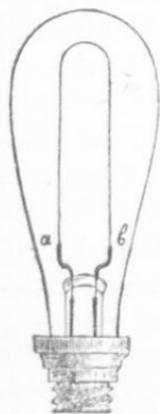


**132. Ἐφαρμογαί. — Ἀσφάλεια.** Πρὸς ἀποσόβησιν τῶν κινδύνων πυρκαϊᾶς ἐκ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἐξασφάλισιν τῶν συσκευῶν, παρεισάγεται εἰς τὸ κύκλωμα σύρμα ἐξ εὐτήκτου κράματος μολύβδου καὶ κασιτέρου ἢ καὶ ἐκ καθαροῦ κασιτέρου ἐντὸς θήκης ἀκαύστου ἐκ πορσελάνης, τὸ ὁποῖον τήκεται, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἀξήθη 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** (ἠλεκτρικὰ μαγειρεῖα, συσκευαὶ παρασκευῆς τείου, σίδηρα σιδηρώματος κτλ.). Αἱ θερμαινόμεναι συσκευαὶ εἶναι δύο εἰδῶν : Ἄλλαι μὲν ἐκ τούτων εἶναι πεπλατυσμέναι καὶ περιέχουν λεπτὸν μεταλλικὸν σύρμα περιτυλιγμένον σπειροειδῶς καὶ πεπιεσμένον μεταξὺ δύο ἀπομονωτικῶν πλακῶν ἐκ μαρμαρυγίου ἢ ἀμιάντου· ἄλλαι δὲ εἶναι κυλινδρικαὶ (συσκευὴ π.χ. παρασκευῆς τείου) περιέχουσαι σύρμα περιτυλιγμένον ἐλικοειδῶς ἐπὶ μεταλλικοῦ κυλίνδρου μεμονωμένου διὰ μαρμαρυγίου, φέρον δὲ ἐξωτερικῶς περιβλήμα ἐπίσης ἀπομονωτικόν.



Σχ. 148

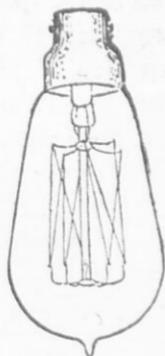
**133. Φωτισμὸς. — Λαμπτήρ διὰ διαπυρρῶσεως.** Ὁ λαμπτήρ οὗτος, ἐφευρεθεὶς ὑπὸ τοῦ Edision, συνίσταται ἐκ νήματος ἄνθρακος, τὸ ὁποῖον ἔχει καμφθῆ εἰς σχῆμα ἱππέου πετάλου καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου κενοῦ ἀέρος. Τὸ νῆμα τοῦτο ὅταν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, λευκοπυροῦται, ἕνεκα ὅμως τῆς ἐλλείψεως ὀξυγόνου δὲν δύναται νὰ καίῃ (σχ. 148).

Λαμβάνομεν τοιαῦτα νήματα ἄνθρακος διαπυρρῶντες λεπτοτάτας ἵνας ἰνδικοῦ καλάμου εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν ἐντὸς χώρου κλειστοῦ.

Εἰς τὸν λαμπτήρα τοῦ Edision τὸ ἄπληθροποιημένον νῆμα, τὸ ὁποῖον ἔχει τὸ πάχος τριχῶς ἱπποῦ, προσκολλᾶται κατὰ τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἐπὶ δύο λεπτῶν

συρμάτων ἐκ λευκοχρόσου. Τὰ σύρματα ταῦτα διαπε-  
ροῦν τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου καὶ καταλήγουν εἰς  
δύο μεταλλικοὺς κοιλίας. Ἐπὶ τούτων στερεοῦνται  
τὰ σύρματα, τὰ ὅποια φέρουν τὸ ρεῦμα.

**Λαμπτήρες μετὰ νήματος μεταλλικοῦ.** Ἀπό  
τινων ἐτῶν ἀντικατεστάθησαν σχεδὸν παντοῦ οἱ δι'  
ἄνθρακος λαμπτήρες δι' ἄλλων, εἰς τοὺς ὁποίους τὸ  
νήμα ἀποτελεῖται ἐκ μετάλλου λίαν δυστήκτου, τοῦ  
**βολφραμίου** (σχ. 149). Ἡ ἀπόδοσις τῶν λαμπτή-  
ρων τούτων εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀπόδοσιν  
τῶν μετὰ νήματος ἄνθρακος.



Σχ. 149

**131. Βολταϊκὸν τόξον.**—Τὸ φαινόμενον τοῦ  
**βολταϊκοῦ τόξου** παρατηρήθη τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Davy. Προσ-  
δέσας οὗτος δύο μικρὰς ράβδους ἐξ ἄνθρακος (σχ. 150) εἰς τοὺς  
πόλους στήλης ἐκ 2000 στοιχείων καὶ ἀπομακρύνας αὐτοὺς, ἀφοῦ  
πρῶτον τοὺς ἔθεσεν εἰς ἐπαφήν, εἶδε νὰ ἀναλάμψη μεταξὺ αὐτῶν  
ζωηρότατον φωτεινὸν τόξον, τὸ ὁποῖον ὠνόμασε  
**βολταϊκὸν τόξον**. Τὸ φῶς τοῦτο διητηρεῖτο μέχρι  
10 ἑκατοστομέτρων πέραν ὅμως τῆς ἀποστάσεως  
ταύτης ἐσβέννυτο. Διὰ νὰ παραχθῇ ἐκ νέου, ἔπρεπε  
νὰ ἀχθοῦν καὶ πάλιν οἱ ἄνθρακες εἰς ἐπαφήν.



Σχ. 150

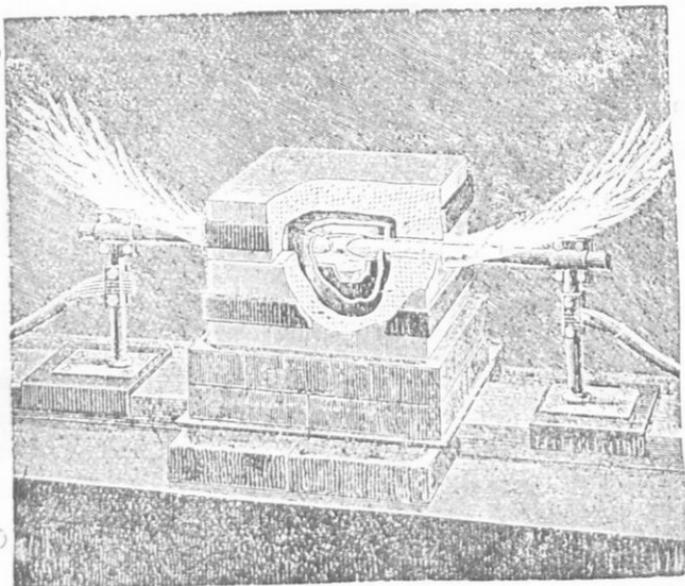
Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγοῦμεν ὡς ἑξῆς: Καθ'  
ἦν στιγμήν οἱ ἄνθρακες ἐφάπτονται διὰ τινων μόνων  
σημείων, διαπυροῦνται ἰσχυρῶς εἰς τὰ σημεία ταῦτα  
τῆς ἐπαφῆς, ὅπου μεγίστη παρουσιάζεται ἀντίστασις·  
ὡς ἐκ τούτου καὶ ὁ περιβάλλων ἀήρ ὑπερβολικῶς θερ-  
μαίνεται. Ἐπειδὴ δὲ ὁ θερμοὺς ἀήρ εἶναι εὐηλεκτρα-  
γωγός, τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ διέρχεται καὶ μετὰ  
τὴν ἀπομάκρυνσιν τῶν ἀνθράκων, ἐφ' ὅσον ἡ ἀπό-  
στασις αὐτῶν διατηρεῖται μικρά.

Πρὸς ἐκτέλεσιν τοῦ πειράματος τούτου ἀπαιτεῖ-  
ται ρεῦμα 35-80 volts, ἐντάσεως 10 περίπου ampères.

**Ἡλεκτρικὴ κάμινος.** Ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία τοῦ βολταϊκοῦ  
τόξου, ἡ μεγίστη ἀπὸ ὅλας τὰς θερμοκρασίας, τὰς ὁποίας ἠδυνήθη-  
σαν νὰ παραγάγουν (ὑπὲρ τοὺς 3000°), ἐχρησιμοποιήθη εἰς τὴν κατα-

σκευὴν τῆς ἠλεκτρικῆς καμίνου. Ἡ κάμινος αὕτη συνίσταται ἐκ περιβόλου ἐξ ἄνθρακος, ὅστις εἶναι τοποθετημένος ἐντὸς ὀγκώδους τεμαχίου ἄσβεστολίθου καὶ διαπερᾶται ὑπὸ δύο παχέων ἠλεκτροδίων ἐξ ἄνθρακος. Μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων τούτων σχηματίζεται τὸ βολταϊκὸν τόξον (σχ. 151).

Εἰς τὰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας τὰς παρεχομένας ὑπὸ τῆς ἠλεκτρι-



Σχ. 151

κῆς καμίνου, αἱ μᾶλλον δύστηνοι οὐσίαι, τὸ πυριτικὸν ὄξυ καὶ αὕτη ἢ ἄσβεστος, τήκονται καὶ ἐξαεριοῦνται· τὰ ὀξειδία τὰ μάλ-  
λον μόνιμα, ὡς τὰ τοῦ χρωμίου καὶ τοῦ μαγνησίου, ἀνάγονται ὑπὸ  
τοῦ ἄνθρακος· τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ ἐπὶ τοῦ ἄσβεστολίθου, ὅστις  
μετατρέπεται εἰν ἀνθρακασβέστιον χρησιμοποιούμενον, ὡς γνω-  
στόν, πρὸς παραγωγὴν τοῦ ὀξυλενίου (ἀσετυλίνης).

### Προβλήματα

1ον. Ρεῦμα 1,5 ampères διέρχεται ἐπὶ 15 λεπτά διὰ μεταλλικοῦ  
σώματος ἀντίστασεως 3 ohms, βυθισμένον ἐντὸς 300 γρ. ὕδατος.  
Ποία θὰ εἶναι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος;

2ον. Ἀφήγομεν νὰ διέλθῃ ἐπὶ 5 λεπτὰ ρεῦμα 0,75 ampères διὰ στήλης ὑδροαγύρου, τῆς ὁποίας ἡ ἀντίστασις εἶναι 0,47 ohms. Βάρος ὑδροαγύρου=20,25 γρ. Εἰδικὴ θερμοτῆς ὑδροαγύρου=0,0322. Ποία θὰ εἶναι ἡ ὕψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὑδροαγύρου;

3ον. Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διέλθῃ ρεῦμα 4,8 ampères δι' ἀντιστάσεως 24 ohms, διὰ νὰ φέρῃ μίαν κυβικὴν παλάμην ὕδατος εἰς τὸ σημεῖον τῆς ζέσεώς του; Ἀρχικὴ θερμοκρασία ὕδατος 15°.

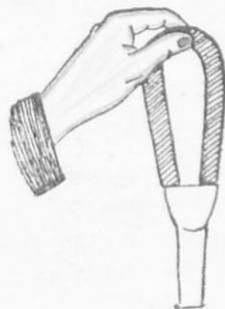
## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

### ΜΑΓΝΗΤΑΙ—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

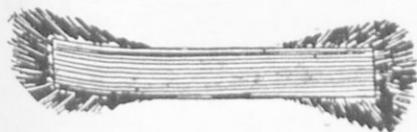
135. Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνήται.—Μαγνήται λέγονται σώματά τινα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκουν τὸν σίδηρον καὶ ἄλλα τινὰ μέταλλα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται σώματα μαγνητικά. Τοιαῦτα εἶναι τὸ νικέλιον, τὸ κοβάλλιον, τὸ μαγγάνιον καὶ τὸ χρώμιον. Τὴν ἰδιότητα ταύτην ἔχουν καὶ τινὰ ὄρυκτὰ καὶ ἰδίως εἶδος τι σιδηρολίθου, ὅστις καλεῖται φυσικὸς μαγνήτης. Ἡ δὲ αἰτία τῆς ἐλξεως ταύτης ἐκλήθη μαγνητισμός.

Οἱ τεχνητοὶ μαγνήται εἶναι ράβδοι ἐκ βαμμένου γάλυβος, διαφόρων σχημάτων (σχ. 152), εἰς τὰς ὁποίας μεταδίδουν διὰ διαφόρων μεθόδων τὰς ιδιότητας τῶν φυσικῶν μαγνητῶν.

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 αὐτῆ τῶν ρινισμάτων ἐλαττοῦται ἀπὸ τῶν ἄκρων πρὸς τὸ μέσον τοῦ μαγνήτου, ἐκλείπει δὲ σχεδὸν τελείως εἰς τὸ μέσον.



Σχ. 152



Σχ. 153

ρος τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ ὁποῖον οὐδεμία παρατηρεῖται ἑλκτική δύναμις, καλεῖται **οὐδετέρα χώρα**, αἱ δὲ δύο χώραι, εἰς τὰς ὁποίας ἐκδηλοῦται τὸ μέγιστον τῆς ἑλξέως, καλοῦνται **πόλοι** τοῦ μαγνήτου.

**Διάκρισις τῶν πόλων.** Ἐὰν ἐξαρθήσωμεν μαγνήτην ἀπὸ τοῦ



Σχ. 154

μέσου του οὕτως, ὥστε νὰ δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως ἐν ἐπιπέδῳ ὀριζοντίῳ, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι οὗτος μετὰ σειρὰν ταλαντεύσεων ἤρξεται, λαμβάνων ὀρισμένην διεύθυνσιν, ἡ ὁποία εἶναι σχεδὸν ἡ ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν αὐτὸν ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης, ἐπανέρχεται πάλιν μόνος του εἰς αὐτήν.

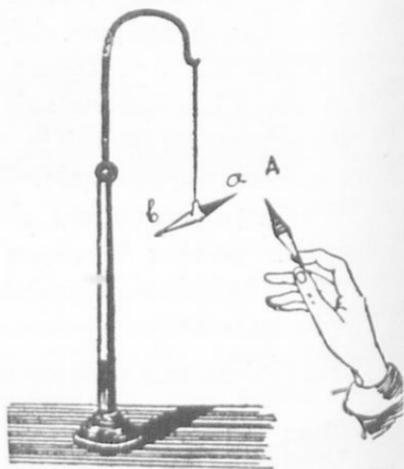
Παρατηροῦμεν πρὸς τούτοις, ὅτι τὸ αὐτὸ ἄκρον τοῦ μαγνήτου στρέφεται πάντοτε πρὸς βορρᾶν, ὅπερ ἀπο-

δεικνύει 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 πολὺν εὐκόλως μὲ μαγνήτην ἑλαφρὸν καὶ ἐπιμήκη, κινητὸν περὶ κατακόρυφον ἕποστήριγμα, ὃ ὁποῖος καλεῖται **μαγνητικὴ βελόνη** (σχ. 154). Ἡ εὐθεία, ἡ ἐνοῦσα τοὺς δύο πόλους μαγνητικῆς βελόνης, καλεῖται **ἄξων** αὐτῆς.

**Νόμος τῆς ἀμοιβαίας ἐνεργείας τῶν πόλων.** Ἐὰν ἐξαρθήσωμεν μαγνητικὴν βελόνην αβ (σχ.



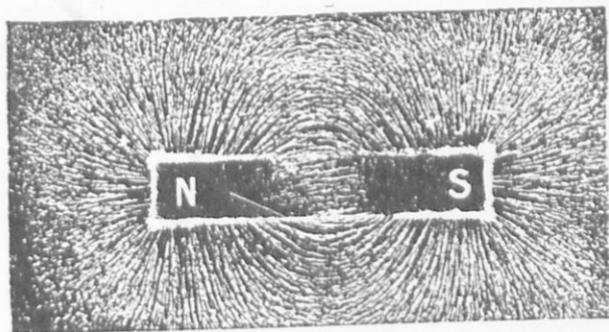
Σχ. 155

155) διὰ νήματος ἐκ μετάξης 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 ἀπομακρύνοντες θὰ παρατηρήσωμεν καὶ ἐὰν πλησιάσωμεν τοὺς νοτίους πόλους.

Ἐὰν ὅμως προσεγγίσωμεν τὸν βόρειον πόλον Α εἰς τὸν νότιον πόλον Β τῆς κινητῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ζωηρὰν ἔλξιν. Ἄρα :

**Δύο πόλοι ὁμώνυμοι ἀπωθοῦνται, δύο πόλοι ἑτερόνυμοι ἔλκονται.**

**137. Μαγνητικὸν πεδίον.—Μαγνητικὸν φάσμα.** Ἐπὶ μαγνήτου εὐθυγραμμοῦ θέτομεν ὀριζοντίως φύλλον χάρτου καὶ ἐπ' αὐτοῦ διασκορπίζομεν ὁμαλῶς τῇ βοήθειᾳ μικροῦ κοσκίνου ρινίσματα σιδήρου. Ἐὰν κτυπήσωμεν ἑλαφρῶς τὸν χάρτην, διὰ τὴν καταστήσωμεν τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου εὐκίνητα, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ταῦτα διατίθενται κατὰ γραμμάς, αἱ ὁποῖαι ἄρχονται ἀπὸ τὸ ἐν ἄκρον τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸ ἄλλο, καὶ πρὸς τούτοις, ὅτι ἐπὶ τοῦ χάρτου διαγράφεται ἡ εἰκὼν τοῦ μαγνήτου. Τὸ διάγραμμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ χάρτου καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**. Γὰρ σχήματα 156, 157, 158 παριστοῦν διάφορα φάσματα. Τὸ μαγνητικὸν



Σχ. 156

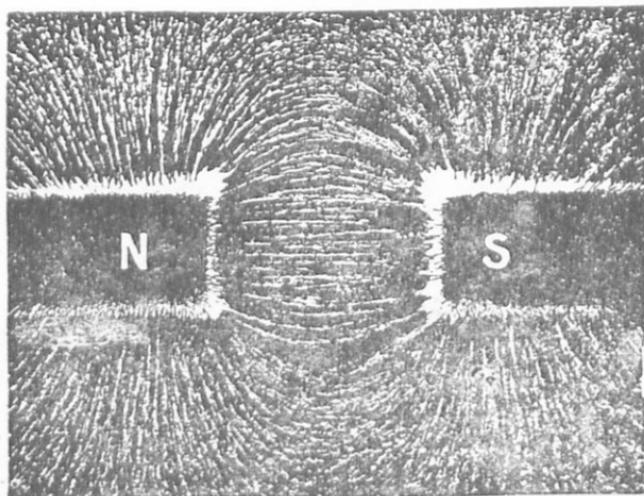
φάσμα, ὀφειλόμενον εἰς τὴν παρουσίαν μαγνήτου, δεικνύει κατὰ ποῖον τρόπον ἡ ἑλκτική ἰδιότης τοῦ μαγνήτου ἔκτείνεται εἰς τὸ περιβάλλον αὐτὸν διάστημα καὶ πρὸς τούτοις, ὅτι αὕτη ἔξασκεῖται καὶ διὰ μέσου τοῦ χάρτου.

**Σημείωσις.** Ἡ ἐνέργεια αὕτη τοῦ μαγνήτου ἔξασκεῖται ἐπίσης καὶ διὰ μέσον οἰουδήποτε ἄλλου σώματος ἐκτὸς τοῦ σιδήρου καὶ τοῦ χάλυβος.

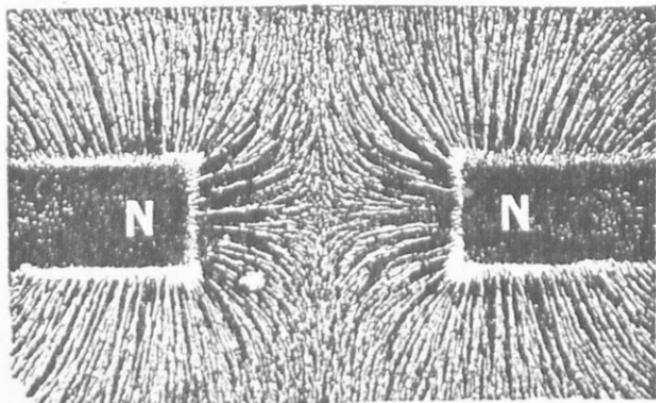
**Μαγνητικὸν πεδίον** τοῦ μαγνήτου καλεῖται τὸ διάστημα, εἰς τὸ ὁποῖον ἔκτείνεται ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνήτου τούτου. Τοῦτο ἀποκαλύπτεται ἐνταῦθα διὰ τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου.

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 ἄκρι-



Σχ. 157



Σχ. 158

βῶς 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 ἑτεροπύμων πόλων. Αἱ δυ-

ναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἀπὸ τοῦ ἐνὸς πόλου καὶ φθάνουν εἰς τὸν ἄλλον.

Τὸ σχῆμα 158 δίδει τὸ φάσμα δύο πόλων ὁμωνύμων. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ αἱ ἐκπορευόμεναι ἐκ τοῦ ἐνὸς πόλου φαίνονται, ὅτι ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ ἄλλου πόλου.

Τὸ σύνολον τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ἀναχωροῦν ἐξ ἐνὸς πόλου, καλεῖται **μαγνητικὴ ροή**.

Ἐὰν θέσωμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην κινητὴν εἰς τὴν χώραν 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 ἑλπίς ἢ ἡ ἀπωσις, ἥτις ἐξασκεῖται μεταξὺ δύο πόλων μαγνητῶν, μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

Δηλ. ἐὰν ἡ ἀπόστασις δύο μαγνητικῶν πόλων γίνῃ δύο, τρεῖς... φορὰς μεγαλυτέρα, ἡ ἐλκτικὴ ἢ ἡ ὠστικὴ δύναμις, τὴν ὁποίαν ὁ εἶς ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ἄλλου, γίνεται τέσσαρας, ἑννέα... φορὰς μικροτέρα.

**139. Ἔντασις πόλου. Μονὰς πόλου.**—Λέγομεν, ὅτι δύο πόλοι εἶναι ἴσοι ἢ ὅτι αἱ ἐντάσεις τῶν εἶναι ἴσαι ἢ ὅτι κατέχουν τὴν αὐτὴν μαγνητικὴν μάζαν, ὅταν ἐξασκοῦν τὴν αὐτὴν ἑλπίσιν ἢ ἀπωσιν διαδοχικῶς 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 μάζα), 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 πόλων ὁμωνύμων ἡ δύναμις εἶναι ὠστικὴ καὶ τὸ δ  
θετικόν. Μεταξὺ ἑτερονύμων πόλων ἡ δύναμις εἶναι ἑλκτικὴ καὶ τὸ δ  
ἀρνητικόν.

*Σημείωσις:* Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι δύο πόλοι τοῦ αὐτοῦ μα-  
γνήτου ἑξασκοῦν πάντοτε ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας ἐπὶ τῶν ἄλλων μα-  
γνητῶν 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. Σημειού-  
μεν τὴν ἔντασιν τοῦ βορείου πόλου μὲ τὸ + καὶ τὴν τοῦ νοτίου μὲ τὸ -.

**140 Ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου. Μονάς.**—Ἐντασις μα-  
γνητικοῦ πεδίου εἰς τι σημεῖον *A* εἶναι ἡ ἔντασις εἰς δύνας τῆς δυνά-  
μεως, ἡ ὁποία ἑξασκεῖται ἐπὶ βορείου μαγνητικοῦ πόλου ἴσου πρὸς  
τὴν μονάδα, εὗρισκομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

*Σημείωσις:* Ἡ διεύθυνσις καὶ φορὰ τῆς δυνάμεως ταύτης  
εἶναι διεύθυνσις καὶ φορὰ τοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον *A*.

**Μονὰς ἐντάσεως.** Μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ  
σύστημα C.G.S. εἶναι ἡ ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἑξασκεῖ-  
ται ἐπὶ δύναμιν 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  $\Delta$  δύναμι, θὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι ἴση μὲ  $\Delta$   
μονάδας gauss.

## Π ρ ο β λ ῆ μ α τ α

1ον. Ποία ἡ δύναμις, ἣτις ἑξασκεῖται μεταξὺ δύο πόλων μαγνη-  
τικῶν μαζῶν 32 καὶ 40 ἐξ ἀποστάσεως 10 ἑκατοστομέτρων;

2ον. Πόλος μάζης μαγνητικῆς 90 ἔλκει ἕτερον πόλον τοποθετη-  
μένον εἰς ἀπόστασιν δύο ἑκατοστομέτρων μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1  
γραμμάριον. Ποία ἡ μᾶζα τοῦ δευτέρου πόλου;

3ον. Ποῖον τὸ πλῆθος τῶν μαγνητικῶν μονάδων πόλου, ὅστις ἀπω-  
θεῖται μετὰ δυνάμεως 9 δυνῶν, ὅταν τοποθετῆται ἐν μαγνητικῷ πεδίῳ  
ἐντάσεως 0,18;

## 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 βᾶρος 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.

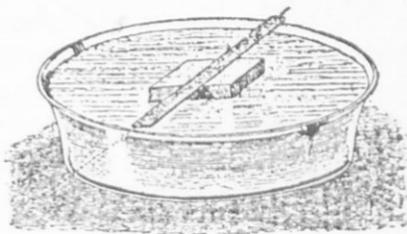
Ἡ ἐνέργεια τῆς Γῆς δὲν ὀφείλεται εἰς μίαν μόνην δύναμιν, διότι ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ἡ δύναμις αὕτη θὰ ἠδύνατο νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο ἄλλας συνιστώσας, μίαν ὀριζοντίαν καὶ μίαν κατακόρυφον.

**Ἄριζοντία συνιστώσα δὲν ὑπάρχει.** 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 τοῦ κέντρου αὐτοῦ καὶ προσανατολίζεται οὕτως, ὥστε ὁ μαγνήτης νὰ λάβῃ διεύθυνσιν ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον περίου, ἀλλὰ ὁ φελλὸς οὐδεμίαν ὑφίσταται μετὰθεσιν κατὰ τὴν ὀριζοντίαν φορᾶν.

**Κατακόρυφος συνιστώσα δὲν ὑπάρχει.** Διότι δι' ἀκριβῶν σταθμίσεων ἔχει ἀποδειχθῆ, ὅτι τὸ βᾶρος ράβδου ἐκ χάλυβος εἶναι τὸ αὐτὸ καὶ πρὸ τῆς μαγνητίσεως καὶ μετ' αὐτήν. Ἄν ἐπὶ τῆς μαγνητισμένης ράβδου ἐπέδρα δύναμις κατακόρυφος, ἔπρεπεν αὕτη νὰ προστεθῇ εἰς τὸ βᾶρος τῆς ράβδου ἢ νὰ ἀφαιρεθῇ ἀπ' αὐτοῦ καὶ ἐπομένως τοῦτο νὰ μεταβληθῇ μετὰ τὴν μαγνήτισιν.

**142. Γήινον ζεῦγος.**—Ἀφοῦ λοιπὸν ἡ μαγνητισμένη ράβδος



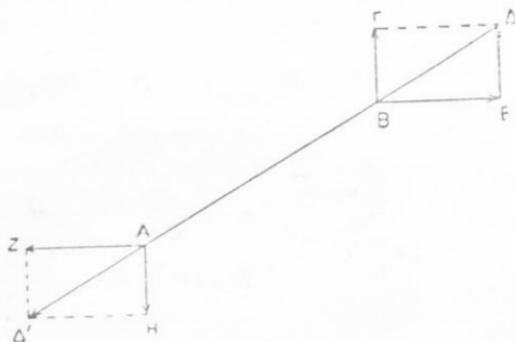
Σχ. 159

στρέφεται, χωρίς να υφίσταται μετάθεσιν, τούτο σημαίνει, ὅτι υφίσταται τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων παραλλήλων, ἴσων καὶ ἀντιρροπῶν, δηλ. τὴν ἐνέργειαν ζεύγους. Ἡ ἐνέργεια λοιπὸν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι μόνον **διευθυντηρία**.

Ἐποθέσωμεν, ὅτι ἐκρεμάσαμεν εἰς τὸ διάστημα μαγνητισμένην ράβδον ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους της. Θὰ δυναθῇ τότε αὕτη νὰ λάβῃ ὅλας τὰς διευθύνσεις, διότι εἶναι ἐλευθέρη. Ἀφοῦ αἰωρηθῇ ἐπὶ τινὰς 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 εὐθύνονται κατ' ἀνάγκην ἐπ' εὐθείας γραμμῆς



Σχ. 160

μετὰ τῆς ράβδου, διότι ἄλλως αὕτη δὲν θὰ ἰσορροποῦσε. Τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ περιέχον τὴν AB, λέγεται ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ.

Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα εἰς διάφορα σημεία κείμενα πλησίον ἀλλήλων, ἢ

ράβδος μένει εἰς τὴν ἰδίαν θέσιν. Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι αἱ δυνάμεις καὶ γραμμᾶι τοῦ γήινου πεδίου εἶναι παραλλήλοι.

Ἄς ἀναλύσωμεν τὴν δύναμιν ΒΔ εἰς δύο ἄλλας: μίαν κατακόρυφον ΒΓ καὶ ἄλλην ὀριζοντιάν ΒΕ. Ἀναλύομεν ἐπίσης καὶ τὴν ΑΔ' εἰς τὴν ΑΗ κατακόρυφον καὶ τὴν ΑΖ ὀριζοντιάν. 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 ζεύγος τείνει νὰ στρέψῃ τὴν ράβδον οὕτως ὥστε νὰ κλινῇ αὕτη ὡς πρὸς τὸν ὀριζόντα· ἀλλὰ δυνάμεθα νὰ μηδενίσωμεν τὴν ἐνέργειάν του ταύτην, καθιστῶντες τὸ ἓν ἡμισὺ τῆς ράβδου ΑΒ βαρύτερον ἀπὸ τὸ ἄλλο, ὥστε ἡ ράβδος νὰ διατηρῆται πάντοτε ὀριζοντιάν. Τότε ἡ ράβδος θὰ διευθύνεται μόνον ἀπὸ τὸ ὀριζόντιον ζεύγος καὶ θὰ ἰσορροπήσῃ, ὅταν θὰ εὐρεθῇ εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν δυνάμεων τοῦ ζεύγους.

δηλ. όταν θὰ εὐρεθῆ εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ.

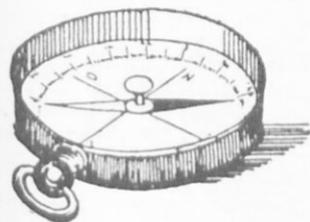
**143. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.**—Μαγνητικὴ ἀπόκλισις ἐνὸς τόπου λέγεται ἡ διέδρος γωνία, ἡ ὁποία σχηματίζεται ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου. Δυναμέθα ἀκόμη νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ ἀπόκλισις μετρεῖται ὑπὸ τῆς ἐπιπέδου γωνίας τῆς ἀντιστοιχούσης πρὸς τὴν ρηθεῖσαν διέδρον, δηλ. ὑπὸ τῆς γωνίας  $MOB$  (σχ. 161).

Ἡ ἀπόκλισις εἶναι ἀνατολικὴ ἢ δυτικὴ, ἐφ' ὅσον τὸ βόρειον μέρος τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ εὐρίσκεται πρὸς ἀνατολὰς ἢ πρὸς δυσμὰς τοῦ βορείου μέρους 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 κατακορύφου ἄξονος, περὶ τὸν ὁποῖον δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως ἐν ὀριζοντίῳ ἐπιπέδῳ. Διὰ καταλλήλου ἀντιβάρου τὸ πρὸς βορρᾶν ἄκρον τῆς δὲν κλίνει κάτω τοῦ ὀρίζοντος. Ὁ ἄξων οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον ὀριζοντιοῦ κυκλικοῦ δίσκου, τοῦ ὁποίου ἡ περιφέρεια εἶναι ὑποδιηρημένη εἰς μοίρας (σχ. 162). Στρέφωμεν 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 ἀπό-

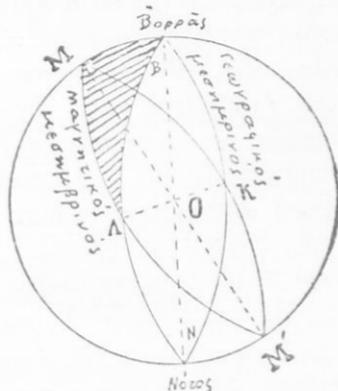


Σχ. 162

κλισιν. Τὸ βόρειον ἄκρον τῆς βελόνης (τὸ ὁποῖον συνήθως ἔχει χροῶμα βαθύ κυανοῦν) σταματᾷ ἐπὶ τῆς διαιρέσεως, ἣτις δίδει τὴν ἀπόκλισιν.

Ἐπάρχουν πίνακες, οἱ ὁποῖοι δίδουν τὰς ἀποκλίσεις τῶν κυριωτέρων τόπων τῆς Γῆς.

Ἐποθέσωμεν, ὅτι ἡ ἀπόκλισις ἐνὸς τόπου εἶναι  $30^{\circ}$  δυτικὴ. Διὰ



Σχ. 161

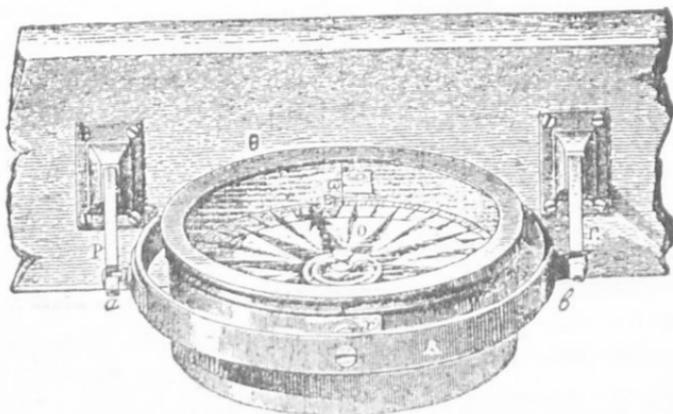
νά εὔρωμεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ βορρᾶ, θέτομεν τὴν πυξίδα οὕτως ὥστε ἡ διάμετρος  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$  νά σχηματίζῃ μετὰ τῆς βελόνης γωνίαν  $30^{\circ}$  πρὸς δυσμάς. Τότε ἡ διεύθυνσις τῆς διαμέτρου  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$  εἶναι ἡ διεύθυνσις ἀπὸ βορρᾶ πρὸς νότον.

**Μεταβολαὶ τῆς ἀποκλίσεως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς.**  
Ἡ ἀπόκλισις δὲν εἶναι ἡ αὐτὴ εἰς ὅλους τοὺς τόπους. Οὕτως, εἶναι μηδὲν ἐπὶ τινος γραμμῆς κλειστῆς, ἡ ὁποία διαφεύγει τὴν Γῆν εἰς δύο ἄνισα μέρη. Εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τῆς γραμμῆς ταύτης ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ 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 δυτικὴ. Ἐκτὸς αὐτῆς εἶναι ἀνατολικὴ (Ἀμερικὴ, Εἰρηνικὸς ὠκεανός, Ἀσία, πλὴν ἐλλειψοειδοῦς τινος χώρας παρὰ τὸ Πεκῖνον περιλαμβανούσης καὶ τὰς Ἰαπωνικὰς νήσους).

Ἡ ἀπόκλισις ἐν Ἀθήναις εἶναι δυτικὴ —  $2^{\circ}13',6$ .

**Σημείωσις.** Ἡ ἀπόκλισις καὶ εἰς τὸν αὐτὸν τόπον δὲν μένει σταθερά, ἀλλ' ὑφίσταται πάντοτε μεταβολάς, ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλαι μὲν εἶναι αἰώνιαι, ἄλλαι δὲ ἐτήσιαι καὶ ἄλλαι ἡμερήσιαι.

**144. Ναυτικὴ πυξίς.**—Ἡ ναυτικὴ πυξίς εἶναι πυξίς ἀποκλίσεως, τὴν ὁποίαν μεταχειρίζονται οἱ ναυτιλλόμενοι, ὅπως δι' αὐτῆς

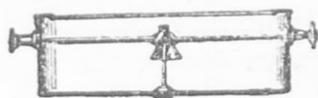


Σχ. 163

κανονίζουσι τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως τῶν πλοίων.

Ἡ ναυτικὴ πυξίς συνίσταται ἐκ κυλινδρικοῦ χαλκίνης θήκης

Θ (σχ. 163) ἐρματισμένης κατὰ τὸ κατώτερον μέρος αὐτῆς διὰ μολύβδου καὶ ἐξηρητημένης κατὰ τὴν μέθοδον τοῦ Cardan. Διὰ τῆς ταύτης ἐξαορήσεως ἢ πυξίς, ταλαντευομένη περὶ δύο καθέτως διασταυρουμένους ἄξονας, διατηρεῖται ὀριζοντία, ὅσονδήποτε σαλευομένου τοῦ πλοίου. Εἰς τὸ βάθος τῆς θήκης εἶναι προσηλωμένος κατακόρυφος ἄξων, ἐπὶ τοῦ ὁποίου στηρίζεται (σχ. 164) μικρὰ μαγνητικὴ ράβδος, ἡ **βελόνη** τῆς πυξίδος. Ἡ βελόνη αὕτη



Σχ. 164.

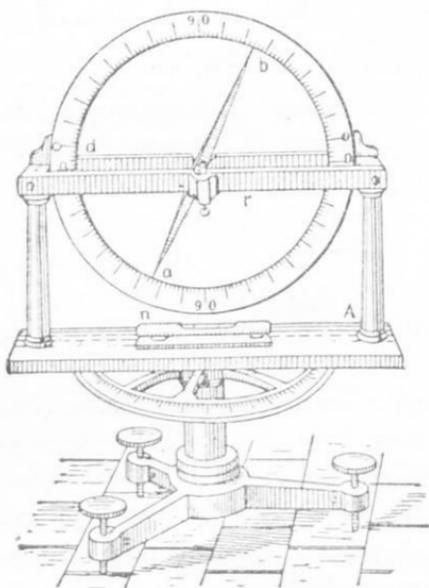
ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας αὐτῆς ἐπιφανείας φέρει δίσκον ἐκ μαρμαρυγίου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι προσκολλημένος ἕτερος δίσκος Ο χαρτινός (σχ. 163), ὁ ὁποῖος φέρει χαραγμένα ἀκτινοειδῶς τὰ 32 σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος. Μία τῶν ἀκτίνων τούτων καταλήγει εἰς ἀστερίσκον καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ γράμματος Β. Ἡ ἀκτίς αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ράβδον, ἣτις ὑπάσχει ὑπὸ τὸν δίσκον καὶ δεικνύει τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν.

**Χρῆσις.** Ἡ πυξίς τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς γεφύρας τοῦ πλοίου ἐνώπιον τοῦ πηδαλιούχου. Ἀναζητεῖ κατὰ πρῶτον ὁ πλοίαρχος ἐπὶ ναυτικοῦ τινος χάρτου καὶ ὀρίζει κατὰ ποίαν ἀκτίνα τοῦ δίσκου (ἀνεμολογίου) δεόν νὰ διευθυνθῇ τὸ πλοῖον. Τότε δὲ ὁ πηδαλιούχος στρέφει τὸν μοχλὸν τοῦ πηδαλίου, ἕως ὅτου ἡ ὀρισθεῖσα ἀκτίς, ἣτις καὶ σημειοῦται ἐπὶ τοῦ ἀνεμολογίου, συμπέσῃ **μετὰ τῆς γραμμῆς πίστεως τοῦ πλοίου**. Οὕτω καλεῖται ἡ γραμμὴ, ἣτις διέρχεται δι' ὀρισμένου σημείου π σημειομένου ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ τοιχώματος τῆς θήκης Θ εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὸ ἐπίπεδον τὸ διὰ τῆς γραμμῆς ταύτης καὶ τῆς αἰχμῆς τοῦ κατακορύφου ἄξονος τῆς βελόνης διερχόμενον νὰ εἶναι παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλοίου.

**145. Μαγνητικὴ ἔγκλισις.** — Μαγνητικὴ βελόνη κρεμαμένη ἐλευθέρως ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τῆς προσανατολίζεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ ὁ βόρειος πόλος τῆς (ὁ ὁποῖος διευθίνεται πρὸς βορρᾶν) κατέρχεται — εἰς τὰς χώρας μας — κάτωθεν τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τῆς βελόνης. Τοῦναντίον, ὁ νότιος πόλος τῆς βελόνης (ὁ ὁποῖος διευθίνεται πρὸς νότον) 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 ἐπιπέ-

δου, είναι ἡ γωνία τῆς ἐγκλίσεως. Αὕτη μετρεῖται ἀπὸ τοῦ ὀρίζοντος ἀπὸ  $0^\circ$  ἕως  $+90^\circ$ , ὅταν τὸ βόρειον ἄκρον εἶναι κάτωθεν τοῦ ὀρίζοντος· καὶ ἀπὸ  $0^\circ$  ἕως  $-90^\circ$ , ὅταν τοῦτο εὑρίσκηται ἄνωθεν.

**Μέτρησις τῆς ἐγκλίσεως.** Ἡ ἐγκλισις μετρεῖται διὰ μαγνητικῆς βελόνης κρεμαμένης ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους της ἐν κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ, ἐν τῷ ὁποίῳ κινεῖται ἐλευθέρως, ἐναντι κατα-



Σχ. 165

κορύφου κύκλου βαθμολογημένου (σχ. 165). Ὁ κύκλος οὗτος στηρίζεται ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου κύκλου ὀριζοντίου. Ὁ κατακόρυφος κύκλος προσανατολίζεται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζῃ μετὰ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου γωνίαν ἴσην μετὰ τὴν ἀπόκλισιν τοῦ τόπου. Ἡ βελὸν εὑρίσκηται τότε εἰς τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν ὁ ἄξων αὐτῆς σχηματίζει μετὰ τῆς ὀριζοντίας διαμέτρου τοῦ κατοκορύφου κύκλου, εἶναι ἡ μαγνητικὴ ἐγκλισις τοῦ τόπου.

Ἡ ἐγκλισις εἶναι μεταβλητή, ὅπως καὶ ἡ ἀπόκλισις, κατὰ πρῶτον εἰς τὸν αὐτὸν τόπον ἀναλόγως τῆς ἐποχῆς καὶ κατόπιν εἰς διαφόρους τόπους τῆς Γῆς κατὰ τὴν αὐτὴν ἐποχὴν.

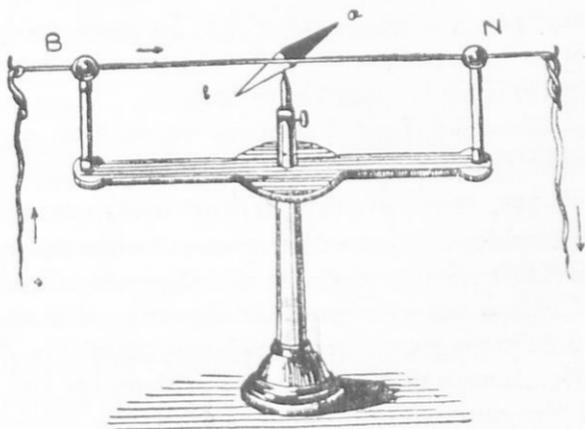
Ἡ ἐγκλισις ἐν Ἀθήναις εἶναι  $52^\circ 54', 7$ .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ'

### ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

145. Πείραμα τοῦ Oersted.—Ὑπεράνω μαγνητικῆς βελόνης κινητῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα τείνομεν ὀριζοντίως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ σύρμα ἐκ χαλκοῦ (σχ. 166). Ἐφ'

ὅσον τὸ σύρμα δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἡ βελὸνὴ παραμένει παράλληλος πρὸς αὐτό· μόλις ὅμως διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σύρματος ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, βλέπομεν τὴν βελὸνὴν ἐκτρέπομένην καὶ λαμβάνουσαν διεύθυνσιν τοσούτω μᾶλλον πλησιάζουσαν πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ ρεῦμα, ὅσῳ μεγαλύτερα εἶναι τοῦ ρεύματος τούτου ἡ ἔντασις.

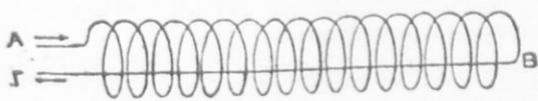


Σχ. 166

Τὸ πείραμα τοῦτο δεικνύει, ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου, τοῦ ὁποῖου ἡ ἐνέργεια ἐπιπροστίθεται εἰς τὴν τοῦ γῆινου 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 ὅποιον φανταζόμεθα ἐξηπλωμένον ἐπὶ τοῦ σύρματος οὕτως, ὥστε νὰ βλέπῃ πρὸς τὴν βελὸνὴν καὶ τὸ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τῶν ποδῶν αὐτοῦ καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῆς κεφαλῆς (παρατηρητῆς τοῦ Ampère).

148. Πηνίον ἢ σωληνοειδές.—Εἰς τὴν προᾶξιν πολλὰκις τυλίσσομεν σπειροειδῶς εἰς πηνία τὰ κυκλώματα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιου-



Σχ. 167

μεν διὰ τὴν παραγωγὴν μαγνητικῶν πεδίων, καὶ αὐτὴν περιπτώσιν θὰ ἐξετάσωμεν (σχ. 167).

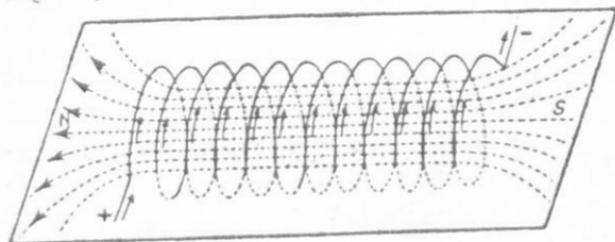
Πραγματοποιούμεν πηνίον ἢ σωληνοειδές, τυλίσσοντες εἰς αὐτὸς



σπείρας ἐπὶ σωληνῶς υἰαλίνου, ξυλίνου κτλ., σύρμα μεμονωμένον. Ὄταν 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 ἢ αὐτὴ δι' ὅλας τὰς σπείρας.

Συνεπῶς, ὅταν διέλθῃ τὸ ρεῦμα, ὅλαι αἱ σπείραι διαρρέονται κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν.

**149. Μαγνητικὸν πεδίου 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 λεπτὸν 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:



Σχ. 168

Ἔντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς τὸ πεδίου εἶναι ὁμαλὸν καὶ διευθύνεται κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ.

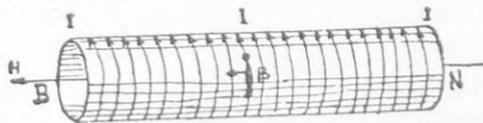
Παρατηροῦμεν ἐπίσης, ὅτι πλησίον τῶν ἄκρων τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ παύουν νὰ εἶναι εὐθύγραμμοι καὶ ἀνοίγονται, ἐξερχόμενοι ἐξ αὐτοῦ, καὶ ὅτι τὸ ἔξωτερικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὸ φάσμα μαγνήτου.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἐκ τοῦ σωληνοειδοῦς ἀπὸ τῶν ἄκρων αὐτοῦ τοῦ εὐρισκόμενου πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ καὶ εἰσέρχονται διὰ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ ἄκρον αὐτοῦ. Ἐπομένως τὸ σωληνοειδές ἔχει ἓνα βόρειον πόλον καὶ ἓνα νότιον.

Ἡ φορὰ τοῦ πεδίου δίδεται ὑπὸ τοῦ κανόνος τοῦ Ampère. Εἰδικῶς, ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς τὸ πεδίου διευθύνεται πρὸς τὰ ἀρι-

στερὰ παρατηρητοῦ ἐξηπλωμένου ἐπὶ τινός σπείρας κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος καὶ βλέποντος πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς.

Εἰς τὸ σχῆμα 169 ὁ παρατηρητὴς τοῦ Ampère, παρατηρῶν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, ἐκτείνει τὸν ἀριστερὸν βραχίονα καὶ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου  $H$ .



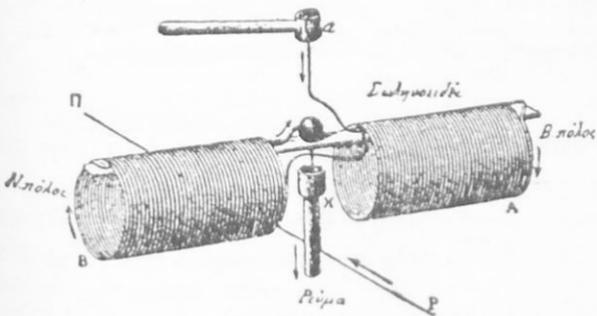
Σχ. 169

Ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκος τοῦ σωληνοειδοῦς (μετρούμενου ἐπὶ τοῦ ἄξονος αὐτοῦ),

150. Τὰ σωληνοειδῆ ἔχουν ὅλας τὰς ἰδιότητες τῶν μαγνητῶν.—Ἐξαρθῶντες σωληνοειδῆς οὕτως, ὥστε νὰ δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα, δυνάμεθα νὰ βεβαιωθῶμεν, ὅτι τοῦτο πράγματι ἔχει ὅλας τὰς ἰδιότητες τῶν μαγνητῶν.

Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον μεταχειριζόμεθα τὴν ἐν σχ. 170 παριστωμένην συσκευήν. Ἐν αὐτῇ τὸ σωληνοειδῆς δύναται νὰ στραφῇ

περὶ ἄξονα ἀποτελούμενον ἐκ δύο χαλυβδίνων ἀκίδων, συνδεομένων μετὰ τῶν πόλων τῆς στήλης.



Σχ. 170

ειδοῦς. Ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τοῦ γήινου πεδίου τὸ σωληνοειδῆς προσανατολίζεται οὕτως, ὥστε τὸ ἐπίπεδον ἑκάστου ρεύματος νὰ τίθεται καθέτως πρὸς τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν, τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς διευθυνόμενον κατὰ τὸν μεσημβρινὸν τοῦτον.

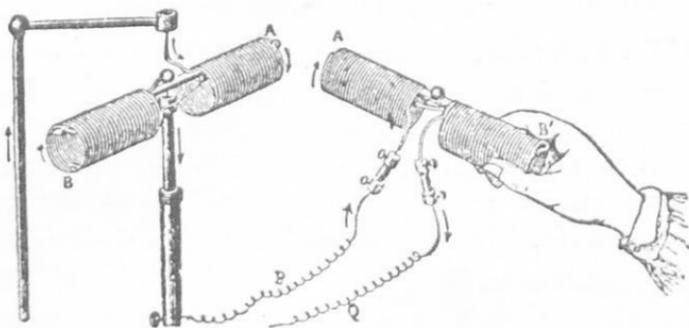
Τὸ ἄκρον τοῦ σωληνοειδοῦς τὸ διευθυνόμενον πρὸς βορρᾶν καλοῦμεν, ὅπως καὶ εἰς τοὺς μαγνήτας, **βόρειον πόλον**, τὸ δὲ διευθυνόμενον πρὸς νότον **νότιον πόλον** τοῦ σωληνοειδοῦς.

Α') Ἐνέργειαι τῆς Γῆς ἐπὶ σωληνοειδοῦς.

Β') Ἐνέργειαι ρεύματος ἐπὶ σωληνοειδοῦς. Τὸ κινητὸν σωληνοειδὲς τείνει νὰ τοποθετηθῆ σταυροειδῶς μετὰ προσεγγιζομένου εὐθυγράμμου ρεύματος ΠΡ, τοῦ βορείου πόλου Α τοῦ σωληνοειδοῦς φερομένου πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ ρεύματος, συμφώνως μὲ τὸν κανόνα τοῦ Ampère (σχ. 170).

Γ') Ἐνέργειαι μαγνήτου ἐπὶ τοῦ σωληνοειδοῦς. Ὁ βόρειος πόλος μαγνήτου ἀπωθεῖ τὸν ὁμώνυμον πόλον σωληνοειδοῦς, ἔλκει δὲ τὸν ἑτερόνυμον.

Δ') Ἀμοιβαία ἐνέργεια δύο σωληνοειδῶν. Τὰ ὁμώνυμα ἄκρα δύο σωληνοειδῶν ἀπωθοῦνται (σχ. 171), ἐνῶ τὰ ἑτερόνυμα ἔλκονται.



Σχ. 171

151. Θεωρία τοῦ Ampère περὶ τοῦ μαγνητισμοῦ. — Ἡ μεγάλη ὁμοιότης τῶν σωληνοειδῶν πρὸς τοὺς μαγνήτας ἤγαγε τὸν Ampère εἰς τὴν διατύπωσιν θεωρίας, καθ' ἣν οἱ μαγνήται ὀφείλουν τὰς ιδιότητες αὐτῶν εἰς κλειστὰ ρεύματα κυκλοφοροῦντα περὶ τὰ μόριά των.

Κατὰ τὸν Ampère, τὰ ρεύματα ταῦτα ὑφίστανται καὶ πρὸ τῆς μαγνητίσεως, καὶ εἰς τὸν μαλακὸν σίδηρον καὶ εἰς τὸν γάλυβα, ἀλλὰ προσανατολισμένα κατὰ διευθύνσεις διαφόρους. Διὰ τῆς ἐπιδράσεως ὅμως μαγνήτου ἢ ἰσχυροῦ ρεύματος, τὰ στοιχειώδη ταῦτα ρεύματα λαμβάνουν προσανατολισμὸν ὄρισμένον, καθ' ὃν οἱ ἄξονες αὐτῶν ἔχουν πάντες μίαν καὶ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. Αποτελοῦνται οὕτω στενωτάτα σωληνοειδῆ παρουσιάζοντα πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ μαγνήτου τοὺς βορείους αὐτῶν πόλους, τοὺς πόλους δηλονότι ἐκείνους, καθ'

οὗς βλέπομεν τὸ ρεῦμα κυκλοφοροῦν κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον πρὸς τὴν τῶν δεικτῶν τοῦ ὥρολογίου. X

**152. Γαλβανόμετρον.**—Τὸ γαλβανόμετρον συνίσταται κυρίως ἐκ καταχορύφου πλαισίου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τυλίσσεται πολλὰκις σύρμα μεμονωμένον (σχ. 172). Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πλαισίου, τοποθετουμένου κατὰ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, εὑρίσκειται μαγνητικὴ βελόνη κινητὴ ἐν ὀριζοντίῳ ἐπιπέδῳ περὶ καταχορύφον ἄξονα. Ὄταν τὸ σύρμα δὲν διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὁ ἄξων τῆς βελόνης εὑρίσκειται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἐνθὺς ὁμοῦ ὡς διέληθ' 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.

Τὸ γαλβανόμετρον εἶναι τόσον εὐαισθητότερον, ὅσον ἡ γωνία καθ' ἣν ἐκτρέπεται ἡ βελόνη εἶναι διὰ τὴν αὐτὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος μεγα-

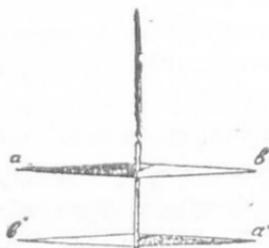
Σχ. 172

λυτέρα. Συνεπῶς δυνάμεθα νὰ καταστήσωμεν αὐτὸ εὐαισθητότερον 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 σύρματος. Διότι ὅλα τὰ ρεύματα τὰ διατρέχοντα τὰς σπείρας τείνουσι νὰ ἐκτρέψουν τὴν βελόνην, συμφώνως πρὸς τὸν κανόνα τοῦ Ampère, κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Τὴν ἐνέργειαν τοῦ γήινου πεδίου ἐλαττοῦμεν ἀντικαθιστώντες τὴν μαγνητικὴν βελόνην διὰ συστήματος ἀστατικοῦ.

**Ἄστατικὸν σύστημα** καλεῖται σύστημα δύο μαγνητικῶν βελόνων σχεδὸν ὁμοίων  $\alpha\beta$  καὶ  $\alpha'\beta'$  (σχ. 173), συνηγμένων ἀμεταθέτως μὲ τοὺς ἀντιθέτους πόλους ἀπέναντι ἀλλήλων. Ἐπειδὴ οἱ δύο οὗτοι

μαγνήται είναι σχεδόν ὅμοιοι, αἱ κατ' ἀντίθετον φορὰν ἐνέργειαι τοῦ γήινου πεδίου ἐπὶ τῶν ἀντιθέτων πόλων ἔχουν πολὺ μικρὰν ἐπίδρασιν ἐπὶ τοῦ συνόλου.

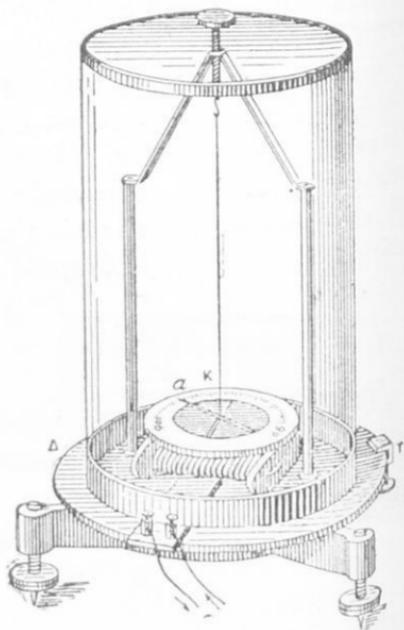


Σχ. 173

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 ἢλεκτρικὸν ρεῦμα. Πρὸς ἴσχυροσ παρεμβάλλομεν τὸ γαλβανόμετρον εἰς τὸν ἐξεταζόμενον ἀγωγόν, ὁπότε ἡ βελὸνὴ ἐκτρέπεται, ἐὰν διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται ρεῦμα.

β') Νὰ μετρήσωμεν, ὡς εἶδομεν, τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ μεγέθους τῆς γωνίας καθ' ἣν ἐκτρέπεται ἡ βελὸνὴ.

γ') Νὰ εὑρωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος σημειοῦντες ἐκ τῶν προτέρων τὴν φορὰν καθ' ἣν ἐκτρέπεται ἡ βελὸνὴ, ὅταν διοχετεύωμεν εἰς τὸ γαλβανόμετρον ρεῦμα γνωστῆς φορᾶς, π.χ. τὸ ρεῦμα ἢλεκτρικοῦ στοιχείου.



Σχ. 174

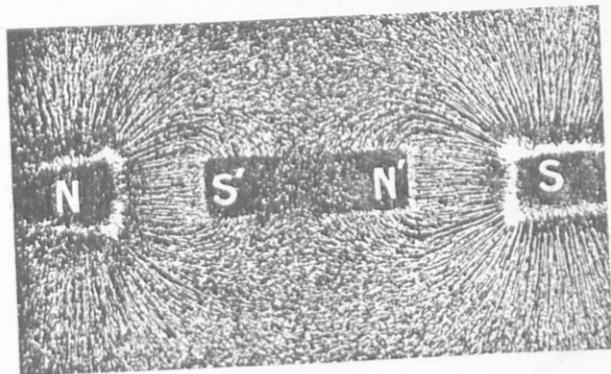
## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'

### ΜΑΓΝΗΤΙΣΙΣ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

153. Μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου. — Ὁ μαλακὸς σίδηρος τιθέμενος 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' ἐσχηματίσθησαν μα-

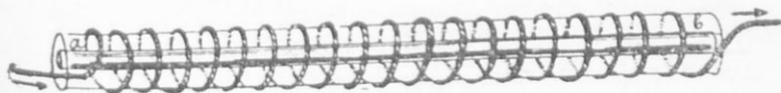
γνητικοὶ πόλοι, διότι εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα παρουσιάζονται πρὸ πάντων τὰ ἐκ ρινοσμάτων νήματα. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ, αἱ ὁποῖαι ἀναχωροῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου N, εἰσέρχονται



Σχ. 175

κατὰ τὸ S' εἰς τὸν σίδηρον, ὅπως ἀκριβῶς εἰσέρχονται εἰς τὸν νότιον πόλον ἄλλου μαγνήτου· συνεπῶς εἰς τὸ S' ἐσχηματίσθη νότιος πόλος. Ἐξερχόμεναι ἐκ τοῦ σιδήρου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουν εἰς τὸν νότιον πόλον S τοῦ δευτέρου μαγνήτου· ἐπομένως εἰς τὸ N' ἐσχηματίσθη βόρειος πόλος.

**Μαγνήτισις τοῦ σιδήρου διὰ σωληνοειδοῦς.** Ἐὰν θέσωμεν ἐντὸς σωληνοειδοῦς ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ διαβιβάσωμεν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τοῦ σύματος τοῦ σωληνοειδοῦς, θὰ παρα-



Σχ. 176

τηρήσωμεν, 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).

Όταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διακοπῇ, ὁ μαλακὸς σίδηρος ἀκαριαίως ἀπομαγνητίζεται. Συνεπῶς οἱ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου μαγνῆται εἶναι μαγνῆται πρόσκαιροι.

Ἐὰν ὅμως 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 χρῆσιμοποιούμεν εἰς τὰ πειράματα.

Σημείωσις. α) Δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν, ὅτι ἡ εἰσαγωγὴ τοῦ σιδήρου ἐντὸς τοῦ σωληροειδοῦς, ἣτις δὲν μετέβαλε τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, ἠῤῥηξε σημαντικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου. Πράγματι, ἐὰν πλησιάζωμεν μαγνητικὴν βελόνην, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι αὕτη ταλαντεύεται πολὺ ταχύτερον, ὅταν τὸ σωληροειδὲς περιέχῃ τὸν σίδηρον. Τοῦτο ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ δύναμις, ἣτις παράγει τὴν ταλάντευσιν ταύτην, ἠῤῥηθήη κατὰ πολὺ.

β) Εἰς τὰ πειράματα τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος οἱ κόκκοι τῶν οἰνισμάτων προσανατολίζονται, διότι μαγνητίζονται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, εἰς ὃ τίθενται. Σχηματίζονται τότε νήματα συγκολλώμενα πρὸς ἄλληλα διὰ τῶν ἐτερονώμων 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 ἐτερόνυμον, ὅστις ἔλκεται.

154. Ἠλεκτρομαγνήται. — Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης εἶναι μαγνήτης πρόσκαιρος, ὅστις ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τυλίσσεται σύρμα χάλκινον μεμώμενον.

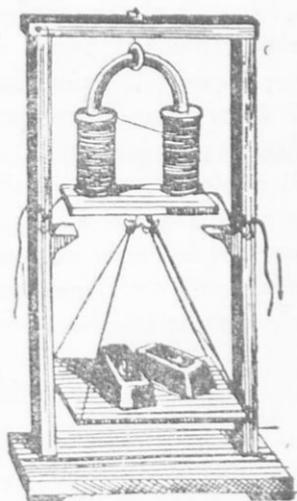
Όταν διέλθῃ διὰ τοῦ σύρματος ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁ πυρῆν μαγνητίζεται ἀπομαγνητίζεται δέ, εὐθὺς ὡς διακοπῇ τὸ ρεῦμα.

Συνήθως εἰς τοὺς ἠλεκτρομαγνήτας δίδουν σχῆμα ἱπλείου πετάλου (σχ. 177). Τὸ σύρμα τυλίσσεται ἐπὶ ἐκάστου βραχίονος καὶ μεταβαίνει ἀπὸ τοῦ ἐνὸς 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 ἐτερόνυμοι.

Οι ηλεκτρομαγνήται μαγνητίζονται ισχυρότερον τῶν ἐκ χάλυβος μαγνητῶν καὶ δημιουργοῦν ισχυρότερα μαγνητικὰ πεδία. Τὸν μαγνητισμὸν τῶν δυνάμεθα νὰ μεταβάλωμεν κατὰ βούλησιν, ἀνοίγοντες ἢ κλείοντες ἢ ἐλαττοῦντες ἢ αὐξάνοντες ἢ ἀναστρέφοντες τὸ ρεῦμα.

Τὴν ἰσχὺν τῶν μαγνητῶν δεικνύομεν ἐφαρμόζοντας ἐπὶ τῶν δύο πόλων τεμάχιον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (ὄπλισμὸν) ἐπὶ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ προσθέσωμεν κατὰ τὴν μαγνήτισιν διάφορα βάρη (σχ. 177).

**155. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν.**—Ἐνεκα τῆς ιδιότητος, τὴν ὁποίαν ἔχουν οἱ ἠλεκτρομαγνήται νὰ μαγνητίζονται κατὰ τὴν διόδον τοῦ ρεύματος καὶ νὰ ἀπομαγνητίζονται κατὰ τὴν

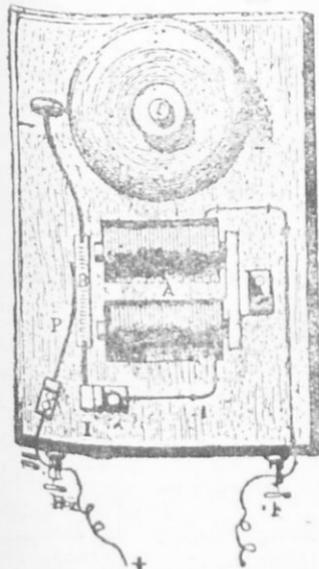


Σχ. 177

διακοπὴν αὐτοῦ, χρησιμοποιοῦνται εἰς πλῆθος πρακτικῶν ἐφαρμογῶν.

#### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΩΔΩΝ

Ο ἠλεκτρικὸς κώδων ἀποτελεῖται ἐξ ἠλεκτρομαγνήτου καὶ ὄπλισμοῦ μετὰ σφύρας, ἥτις δύναται νὰ κτυπᾷ κώδωνα (σχ. 178). Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης Α εἶναι προσηλωμένος ἐπὶ μικρᾷ σανίδος. Ἀπέναντι τῶν πόλων του εὐρίσκειται ὄπλισμὸς ἐκ σιδήρου Β, ὅστις φέρεται ἐπὶ ἐλαστικοῦ μεταλλικοῦ ἐλάσματος. Ὁ ὄπλισμὸς προεκτείνεται διὰ στελέχους ἐφοδιασμένον με σφύραν. Κατὰ τὴν ἠρεμίαν τὸ ἐλαστικὸν ἔλασμα διατηρεῖ τὸν ὄπλισμὸν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἐλατηρίου Ρ, τὸ ὁποῖον συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἑνὸς τῶν πόλων στήλης. Τὸ δὲ ἐλαστικὸν ἔλασμα συγκοινωνεῖ



Σχ. 178

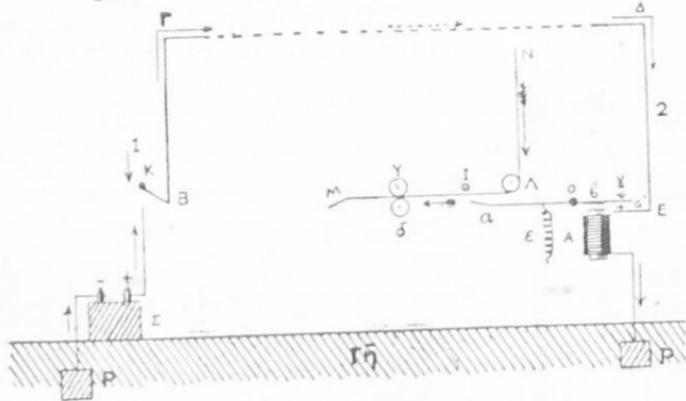
κατὰ τὸ Ι μετὰ τοῦ ἄλλου πόλου διὰ τοῦ σύματος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου.

**Λειτουργία.** Όταν κλεισθῆ τὸ κύκλωμα τῆς στήλης, τὸ ρεῦμα φθάνει εἰς τὸν συναπτήρα Ε, διαρρέει τὸ ἐλατήριο Ρ, διέρχεται εἰς τὸν ὄπλισμὸν Β, ἔπειτα διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ ἐλάσματος καὶ τοῦ σύρματος Ι φθάνει εἰς τὸν ἠλεκτρομαγνήτην Α, μεθ' ὃ διὰ τοῦ συναπτήρος F ἐπιστρέφει εἰς τὴν στήλην. Ἡ δίοδος τοῦ ρεύματος διεγείρει τὸν ἠλεκτρομαγνήτην, καὶ ὁ ὄπλισμὸς Β ἐλκόμενος ἀπομακρύνεται τοῦ ἐλατηρίου Ρ, συνεπῶς τὸ ρεῦμα διακόπτεται, ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀπομαγνητίζεται καὶ ἡ ἔλξις παύει. Τότε τὸ ἐλαστικὸν ἐλασμα, ἐπαναφέρει τὸν ὄπλισμὸν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἐλατηρίου Ρ, κλείει ἔν νέου τὸ κύκλωμα κ.ο.κ. Τοιοῦτοτρόπως 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 ὁποῖα μεταβιβάζονται ἠλεκτρικῶς καὶ παριστοῦν συμβατικὸν ἀλφάβητον.

**Ἄρχή.** Ὁ πομπός, ὅστις παράγει τὰ σημεῖα εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀναχωρήσεως 1 (σγ. 179), ἀποτελεῖται ἐκ διακόπτου Κ, διὰ τοῦ ὁποίου ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ εἰς τὸ σύρμα τῆς γραμμῆς ΒΓΔΕ κατὰ διαστήματα καὶ μετ' ἀνάλογον διάρκειαν



Σγ. 179

τὸ ρεῦμα τῆς στήλης Σ. Εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀφίξεως 2 εὐρίσκειται δέκτης, ὅστις δέχεται τὰ σημεῖα ταῦτα. Τὸ οὐσιώδες ὄργανον τοῦ δέκτου τούτου εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης Α, ὅστις δύναται νὰ ἔλκῃ τὸν ὄπλισμὸν β. Τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος τῆς γραμμῆς εἶναι συνδεδεμένα μετ' ἀλλήλων μετὰ μεταλλικὰς πλάκας Ρ ἐγκλωσμένας βαθέως εἰς τὸ ἔδαφος, οὕτω δὲ

τὸ κύκλωμα κλείεται διὰ τοῦ ἑδάφους. Χάρις εἰς τὴν διάταξιν ταύτην ἡ γραμμὴ περιλαμβάνει ἓν μόνον σύρμα ἀντὶ δύο, ὅπερ ἐλαττώνει εἰς τὸ ἥμισυ τὴν ἀντίστασίν του.

**Λ ε ι τ ο υ ρ γ ί α.** Ὄταν καταβιβασθῇ ὁ διακόπτης  $K$ , γίνεται ἐκπομπὴ ρεύματος. Ἡ ἐκπομπὴ δύναται νὰ εἶναι μακρὰ ἢ βραχεῖα. Ἡ μακρὰ ἐκπομπὴ ἔχει διάρκειαν τρεῖς περίπου φορές μεγαλύτεραν τῆς βραχείας.

Διὰ καταλλήλου συνδυασμοῦ μακρῶν καὶ βραχειῶν ἐκπομπῶν δύνανται νὰ παρασταθοῦν ὅλα τὰ γράμματα συμβατικῶς.

Εἰς ἐκάστην ἐκπομπὴν ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἔλκει τὸν ὄπλισμόν του, τὸν ὁποῖον ἀνταγωνιστικὸν ἐλατήριον ἐπαναφέρει 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 αοβ κινήτῶν περὶ τὸ σημεῖον  $O$ · εἰς ἐκάστην ἔλξιν, τὸ ἄκρον  $a$  ἀνυψούμενον πιέζει ἐπὶ μελανωτικοῦ κυλίνδρου  $i$  ταινίαν ἐκ χάρτου  $NAM$ , τὴν ὁποίαν ἐκτυλίσσει ὁρολογιακὸς μηχανισμὸς. Αἱ βραχεῖαι καὶ μακρὰ ἐκπομπὰ ἐκφράζονται διὰ διαδοχῆς στιγμῶν καὶ γραμμῶν.

**Σ η μ ε ι ω σ ι ς.** Εἰς τὴν προᾶξιν ἕκαστος σταθμὸς ἔχει πομπὸν καὶ δέκτην καὶ αἱ συνδέσεις ἔχουν ἀποκατασταθῆ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὅστε τὰ τηλεγραφήματα νὰ δύνανται νὰ ἀποσιτέλλονται καὶ κατὰ τὰ δύο φορές ἐπὶ τῆς γραμμῆς.

## Τ Η Λ Ε Φ Ω Ν Ο Ν

157. Τὸ **τηλέφωνον** εἶναι συσκευὴ μεταβιβάζουσα ἠλεκτρικῶς τὴν φωνὴν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.

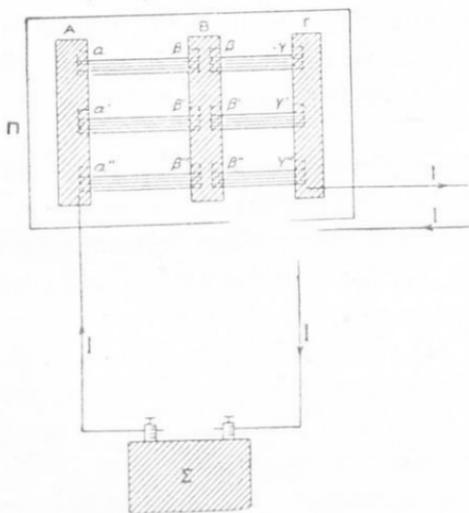
**Ἀρχή.** Οἱ δύο σταθμοὶ συνδέονται διὰ κλειστοῦ κυκλώματος. Τὸ κύκλωμα τοῦτο περιλαμβάνει στήλην καὶ **πομπὸν** εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀναχωρήσεως, **δέκτην** δὲ εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀφίξεως.

Σήμερον γενικῶς χρησιμοποιεῖται ὡς πομπὸς τὸ **μικρόφωνον**.

Τὸ μικρόφωνον περιλαμβάνει κυρίως ἔλασμα ἐκ ξύλου ἐλάτης  $\Pi$  ἐνώπιον τοῦ ὁποῖου ὁμιλοῦμεν.

Ὀπισθεν τοῦ ἐλάσματος τούτου (σχ. 180) εἶναι στερεωμένα δύο ἢ τρεῖς πλάκες ἐξ ἀνθρακος  $A, B, \Gamma$ , αἱ ὁποῖαι φέρουν πλαγίως μικρὰς κοιλότητας, ἐντὸς τῶν ὁποίων εἰσέρχονται τελείως ἐλεύθερα τὰ ἄκρα

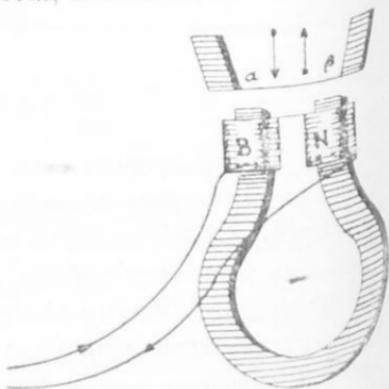
ραβδίων ἐξ ἄνθρακος (αβ, α'β' κτλ.) διαφόρου ἀριθμοῦ. Ἡ συσκευὴ αὕτη παρεντίθεται εἰς τὸ κύκλωμα τῆς στήλης Σ οὕτως, ὥστε τὸ ρεῦμα, διὰ νὰ μεταβῇ εἰς τὸ σύρμα τῆς γραμμῆς, πρέπει νὰ διέλθῃ διὰ τῶν



Σχ. 180.

στάσεως, αἱ ὁποῖα ἀκολουθοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς φωνῆς, παράγουν ἀντιστοίχους μεταβολὰς εἰς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ἢ ὁποῖα αὐξάνεται μὲν ὅταν ἡ ἀντίστασις ἐλαττωθῆ, ἐλαττωθῆ δὲ ὅταν ἡ ἀντίστασις αὐξάνεται.

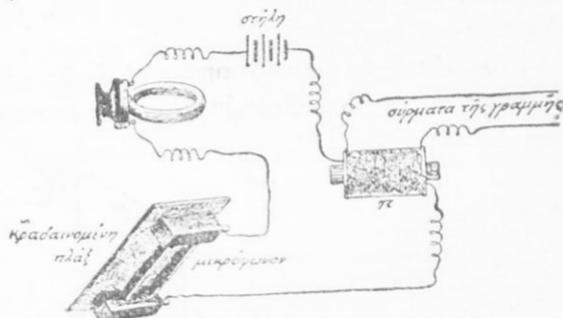
Ὁ δέκτης, ὅστις δέχεται τὸ ρεῦμα, ἀποτελεῖται ἐκ πετλοειδοῦς ἠλεκτρομαγνήτου (σχ. 181), τοῦ ὁποῖου ὁ πυρῆν εἶναι χάλυψ μαγνητισμένος. Αἱ μεταβολαὶ τοῦ ρεύματος, μεταβιβάζονται διὰ τοῦ σύρματος τῆς γραμμῆς εἰς τὰ πηνία Ν καὶ Β τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου τούτου, ἐπιφέρουν μεταβολὰς εἰς τὸν μαγνητισμὸν τοῦ πυρῆνος. Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου εὐρίσκεται λεπτὸν ἔλασμα αβ ἐκ σιδήρου, στερεωμένον εἰς τὸν πυρῆνα μικροῦ ὄλμου, τοῦ ὁποῖου τὸ ἄνοιγμα ἐφαρμόζεται εἰς τὸ οὖς. Ἐνεκα τῶν μεταβολῶν, τὰς ὁποῖας, ὡς εἶδομεν, ὑφίσταται ὁ μα-



Σχ. 181

γνητισμός τοῦ πυρήνος, τὸ λεπτὸν ἔλασμα ὑφίσταται ἑλξεις μεταβλητάς, συνεπεία τῶν ὁποίων τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἡ παλμικὴ αὕτη κίνησις ρυθμίζεται ἐκ τῶν μεταβολῶν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ συνεπῶς ἐκ τῆς φωνῆς τοῦ ὑμιλοῦντος εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀναχωρήσεως ἀναπαράγει ἐπομένως τὴν φωνὴν ταύτην.

Εἰς τὴν πράξιν ἕκαστος σταθμὸς ἔχει μικρόφωνον καὶ δέκτην εἰς τρόπον, ὥστε νὰ δύναται καὶ νὰ ἐκπέμπῃ τηλεφωνήματα καὶ νὰ δέχεται τοιαῦτα. Αἱ συνδέσεις γίνονται τοιούτοτρόπως, ὥστε τὸ κύκλωμα νὰ κλείεται



Σχ. 182

καὶ συνεπῶς ἡ στήλη νὰ λειτουργῇ μόνον ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν θὰ ἀποκρεμασθῇ ὁ δέκτης ἐκ τοῦ ἀγκίστρου ἀπὸ τοῦ ὁποίου κρέματα.

Γιὰ τὴν ἀπὸ μεγάλας ἀποστάσεις ἐπικοινωνίαν χρησιμοποιοῦνται εἰδικαὶ διατάξεις, διὰ τῶν ὁποίων ἐνισχύεται σημαντικῶς ἡ ἔντασις τοῦ τηλεφωνικοῦ ρεύματος (σχ. 182).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΔ'

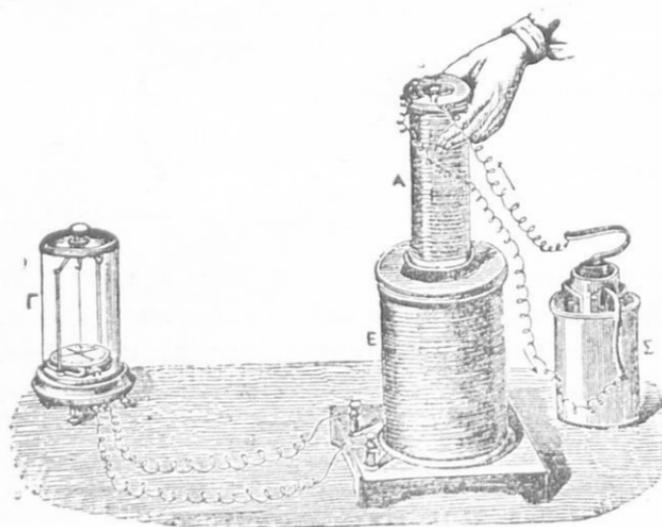
### ΕΠΑΓΩΓΗ

158. Ἐπαγωγή.—Ἠλεκτρικὰ ρεύματα δύναται νὰ παραχθοῦν εἰς ἀγωγόν, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μαγνητικῶν συστημάτων μεταβλητῶν (ρευσμάτων ἢ μαγνητῶν). Τὸ μαγνητικὸν σύστημα, τὸ ὁποῖον παράγει ρεῦμα, καλεῖται ἐπαγωγέυς, τὸ δὲ παραγόμενον ρεῦμα καλεῖται ἐπαγωγικόν.

159. Ἐπαγωγή διὰ τῶν ρευμάτων.—Λάβωμεν δύο πηνία Α καὶ Β (σχ. 183) καὶ τὰ μὲν πέρατα τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ πηνίου Α συνάψωμεν μετὰ τῶν δύο πόλων ἠλεκτρικοῦ στοιχείου Σ, τὰ δὲ τοῦ πηνίου Β μετὰ τῶν συναπτήρων γαλβανομέτρου Γ.

A) Ἐὰν εἰσαγάγωμεν ταχέως τὸ πηνίον A ἐντὸς τοῦ πηνίου E, παρατηροῦμεν, ὅτι παράγεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ πηνίου E ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἀκαριαῖον καὶ ἀντίρροπον (δηλ. ἀντιθέτου φορᾶς) πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως. Ἐὰν ἐξαγάγωμεν ταχέως τὸ πηνίον A, παρατηροῦμεν, ὅτι παράγεται πάλιν ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ πηνίου E ἀκαριαῖον, ἀλλὰ ὁμόρροπον (δηλ. τῆς αὐτῆς φορᾶς) πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως.

B) Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ πηνίον A ἐντὸς τοῦ E καὶ διακόψωμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ A ἢ ἐλαττώσωμεν τὴν ἔντασίν του, θὰ παρατηρή-



Σχ. 183

σωμεν, ὅτι ρεῦμα ἐπαγωγικὸν θὰ κυκλοφορήσῃ εἰς τὸν ἀγωγὸν τοῦ πηνίου E, βραχυτάτον καὶ ὁμόρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως. Ἐὰν δὲ κλείσωμεν τὸ κύκλωμα τοῦ A, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς θὰ κυκλοφορή-

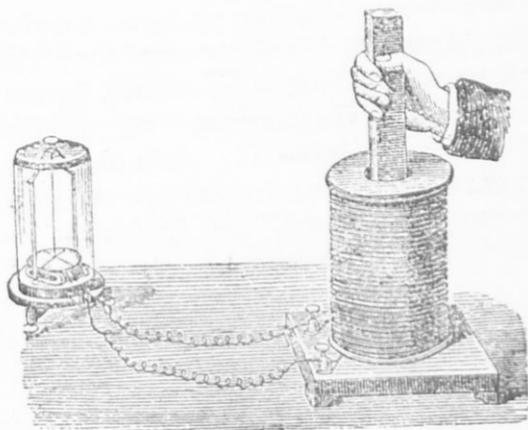
ση εἰς τὸν ἀγωγὸν τοῦ πηνίου E, ἀκαριαῖον καὶ ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως, καὶ τὸ γαλβανόμετρον θὰ ἐκτραπῇ στιγμιαίως καὶ θὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὸ 0, ὅπου θὰ παραμείνῃ, ἐφ' ὅσον τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως θὰ παραμείνῃ σταθερὸν εἰς τὸ κύκλωμα A. Τὰ αὐτὰ θὰ παρατηρήσωμεν, καὶ ἐὰν αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ A.

Δηλαδή: Πᾶν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἄρχεται ἢ ἐνισχύεται ἢ πλησιάζει, γεννᾷ εἰς γειτονικὸν κύκλωμα ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ἀντίρροπον πρὸς ἑαυτό. Πᾶν δὲ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παύει ἢ ἐξασθενεῖ ἢ ἀπομακρύνεται, γεννᾷ εἰς τὸ γειτονικὸν κύκλωμα ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ὁμόρροπον.

**160. Ἐπαγωγή διὰ μαγνητῶν.** — Ἐπειδὴ ὁ μαγνήτης ἐνεργεῖ ὡς σωληνοειδές, εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ ἐπαγωγή δύναται νὰ γίνῃ καὶ διὰ μαγνητῶν.

A) Ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἀποτόμως μαγνήτην εἰς κοῖλον πηνίον, τοῦ ὁποίου τὸ κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνει γαλβανόμετρον (σχ. 184), θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ ἀγωγὸς τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀκαριαίως ὑπὸ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἀντιρρόπου πρὸς τὰ ρεύματα τοῦ Ἀμπερέ, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν κυκλοφοροῦντα εἰς τὸν μαγνήτην (λόγῳ τῆς ὁμοιότητος τῶν μαγνητῶν πρὸς τὰ σωληνοειδῆ). Τοῦναντίον, ἐὰν ἐξαγάγωμεν ἀποτόμως τὸν μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ ἀγωγὸς τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀκαριαίως ὑπὸ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ὁμορρόπου πρὸς τὸ τοῦ μαγνήτου.

B) Ἐπαγωγικὸν ρεῦμα γεννᾶται, ὅταν μαγνητίζωμεν πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος καταλαμβάνει τὸν ἄξονα πηνίου. Ὁ πυρῆν δύναται νὰ μαγνητισθῇ, ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς ἓν τῶν ἄ-



Σχ. 184

κλων τοῦ ἓνα ἐκ τῶν πόλων μαγνήτου· τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα θὰ εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὰ ὑποθετικὰ ρεύματα τοῦ πυρῆνος. Τοῦναντίον, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, γεννᾶται ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ὁμορρόπον.

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 μαγνητισμὸς τοῦ 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 ὁμόροπον. Τὰ ρεύματα ταῦτα, τὰ ὁποῖα σημειοῖ τὸ γαλβανόμετρον, εἶναι πολὺ βραχέα, ὅπως καὶ αἱ κινήσεις ἐκ τῶν ὁποίων γεννῶνται.

**161. Αὐτεπαγωγή.**— Ὄταν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μεταβάλλεται κατὰ τὴν ἔντασιν, ἐξασκεῖ ἐπαγωγὴν ὄχι μόνον εἰς γειτονικὸν κύκλωμα ἀλλὰ καὶ ἐπὶ τοῦ ἰδίου κυκλώματος.

Ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἄρχεται, γεννᾷ δι' ἐπαγωγῆς εἰς τὸ κύκλωμά του ρεῦμα ἀντίροπον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς**. Τὸ ρεῦμα τοῦτο ἐπιβραδύνει τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ κυρίου ρεύματος.

Ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διακόπτεται, παράγει εἰς τὸ κύκλωμά του ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς ὁμόροπον, τὸ ὁποῖον ἐνισχύει τὸ κύριον ρεῦμα.

Ἀνάλογον ὑδραυλικὸν φαινόμενον εἶναι τὸ ἑξῆς: Ὄταν σχηματίζεται ρεῦμα ὕδατος ἐντὸς σωλῆνος, χρειάζεται ὄρισμένος 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 κοροῦσιν ἐπὶ τοῦ σωλῆνος. Ἡ κοροῦσις αὕτη ἀνυψοῖ στιγμιαίως μέρος τοῦ ὑγροῦ ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος ἐν τῇ δεξαμενῇ ἐξ ἧς προέρχεται.

**Ἀποτελέσματα τῶν ρευμάτων αὐτεπαγωγῆς.** Ἡ ἐνίσχυσις τοῦ σπινθῆρος ἢ ὁ κλονισμὸς τὸν ὁποῖον αἰσθανόμεθα, ὅταν διακόπτομεν κύκλωμα περιλαμβάνον πηνίον, ὀφείλεται εἰς τὸ ἐξ αὐτεπαγωγῆς παραγόμενον κατὰ τὴν διακοπὴν ὁμόροπον ρεῦμα.

Ἐὰν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ σύρμα τεταμένον μεταξὺ τῶν πόλων στήλης, ὁ σπινθὴρ τῆς διακοπῆς εἶναι ἀνεπαίσθητος. Ἐὰν ὅμως τὸ σύρμα ἔχη **τυλιχθῆ** σπειροειδῶς, ἡ ἀντίστασις του δὲν μεταβάλλεται, ἀλλ' ὁ σπινθὴρ τῆς διακοπῆς εἶναι ἐνισχυμένος.

Ἐὰν μετὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ἀνωτέρου κυκλώματος λάβωμεν διὰ τῶν χειρῶν τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος καί, ἀφοῦ τὰ φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν, τὰ ἀπομακρύνωμεν ἀποτόμως, αἰσθανόμεθα κλονισμόν, 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 τετῆ πυρὴν ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

**162. Ἐπαγωγικὸν πηνίον ἢ πηνίον τοῦ Ruhmkorff.**— Τὸ

πηνίον του Rumkorff είναι πηγή επαγωγικών ρευμάτων ύψηλου δυναμικού, οφειλομένων εις τὰς ταχείας μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἠλεκτρομαγνήτου. Ἀποτελεῖται ἐκ δύο πηνίων ΔΔ καὶ ΒΒ (σχ. 185). Τὸ πηνίον ΔΔ, μικρᾶς διαμέτρου, φέρει κατὰ τὸν ἄξονά του δέσμην συρμάτων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου περιβαλλομένην ὑπὸ χαλκίνου σύρματος παχέος, μεμονωμένου καὶ μικροῦ μήκους.

Πέριξ τοῦ κεντρικοῦ τούτου πηνίου καὶ χωριζόμενον ἀπὸ τούτου διὰ σωλήνος ἐξ ἔβονιτου, περιελίσσεται σύρμα χαλκοῦν λεπτότατον, μεμονωμένον, μεγάλου μήκους, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ΒΒ.

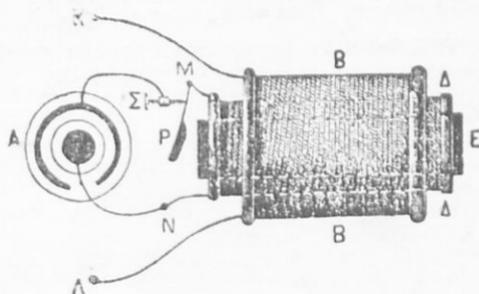
Τὸ ἐσωτερικὸν πηνίον ΔΔ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος στήλης Α, τὸ ὁποῖον διακόπτεται καὶ ἀποκαθίσταται τῇ βοηθείᾳ τοῦ διακόπτου ΜΡ, τοῦ ὁποῖου ἡ λειτουργία εἶναι ὁμοία πρὸς τὴν τῶν ἠλεκτρικῶν κωδῶνων.

Εἰς ἐκάστην ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος τούτου γεννᾶται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν πηνίον ρεῦμα ἐξ επαγωγῆς ἀντίρροπον πρὸς τὸ ἐπιδρῶν, εἰς ἐκάστην δὲ διακοπὴν γεννᾶται ρεῦμα ἐξ επαγωγῆς ὁμόροπον. Τὰ ρεύματα ταῦτα ἐνισχύονται ὑπὸ τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου πυρήνος.

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.

Ἀμφοτέρωτα τὰ διαδοχικά ταῦτα ρεύματα, δηλ. καὶ τὸ ἀντίρροπον καὶ τὸ ὁμόροπον, παράγουν κενωρισμένως ἐκτροπὰς τοῦ γαλβανο-



Σχ. 185

μέτρου ἴσας καὶ ἀντιθέτους, ἢ διαφορὰ ὅμως τοῦ μεγίστου δυναμικοῦ εἶναι μεγαλυτέρα διὰ τὸ ὁμόρροπον ρεῦμα. Διότι ἡ ἀποκλίσεις τοῦ ἐπιδρωῶντος ρεύματος ἐπιβραδύνεται, ὅταν κλείεται τὸ κύκλωμα, λόγῳ τῆς αὐτεπαγωγῆς, παρατείνεται δὲ οὕτω τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα. Ἐνῶ τὸ κατὰ διακοπὴν (ὁμόρροπον) παραγόμενον ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα εἶναι πολὺ σύντομον.

Ἐὰν πλησιάσωμεν τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ ἐξωτερικοῦ πηνίου, χωρὶς νὰ τὰ φέρωμεν εἰς ἐλαφὴν, 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 ἐπιδρωῶντος 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, δηλαδὴ 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 ρεῦματα συνεχῆ (σχ. 186).

Σκοπὸς ταύτης εἶναι νὰ μετατρέπη τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν, καὶ ἀντιστρόφως τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν.

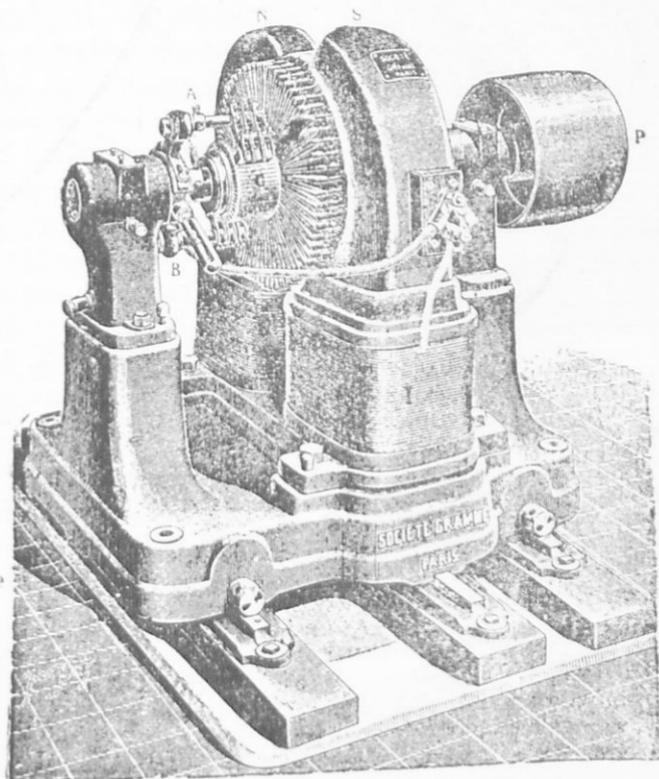
Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν λέγομεν, ὅτι ἡ μηχανὴ εἶναι **δέκτρια**, διότι δέχεται ρεῦμα, ἢ ὅτι ἀποτελεῖ **κινητῆρα**, διότι παρέχει ἔργον.

Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν ἢ αὐτὴ μηχανὴ **καταναλίσκει** τὸ μηχανικὸν ἔργον τὸ παραγόμενον ὑπὸ οἰουδήποτε κινητῆρος 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

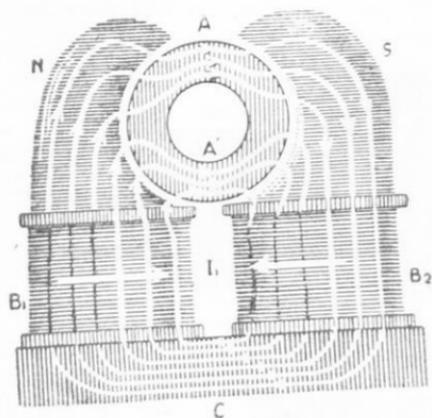
μαγνητικοῦ πεδίου, β') τὸ ἐπαγωγίμον. Τοῦτο εἶναι πηνίον στρεφόμενον ἐντὸς τοῦ ὡς ἄνω μαγνητικοῦ πεδίου, ὁπότε παράγονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ ἐπαγωγικὰ ρεύματα.



Σχ. 186

164. Ἐπαγωγεὺς.—Οὗτος δύναται νὰ εἶναι μαγνήτης, ὁπότε ἡ μηχανὴ λέγεται *μαγνητοηλεκτρικὴ* ἢ *magneto* ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ὅμως ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης καὶ ἡ μηχανὴ τότε λέγεται *δυναμοηλεκτρικὴ* ἢ *dynamo*. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ ἐπαγωγεὺς συνίσταται ἐκ δύο πηνίων κατακορύφων  $B_1$  καὶ  $B_2$  (σχ. 187) με πυρῆνας ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Οἱ πυρῆνες οὗτοι εἶναι συνδεδεμένοι με τὸν σιδηροῖν *συνδετῆρα*  $C$  καὶ προεκτεινόμενοι πρὸς τὰ ἄνω ἀπο-

τελοῦν τὰ **πολικὰ** τεμάχια N καὶ S, τὰ ὁποῖα ἀφήνουν μεταξύ των κυλινδρικὸν ἄνοιγμα.

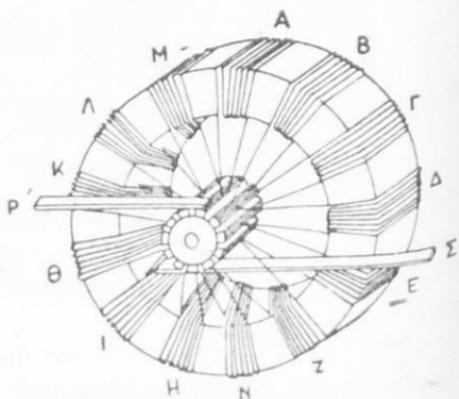


Σχ. 187

Τὸ σύνολον τοῦ ὄπλισμοῦ καὶ τῆς σπείρας ἀποτελεῖ τὸν **δακτύλιον τοῦ Gramme** (σχ. 189). Ὁ δακτύλιος οὗτος εἶναι κινητὸς περὶ ἄξονα ὁριζώντιον, ὁ ὁποῖος διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον του καὶ εὐρίσκειται μεταξύ τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἐντὸς τοῦ κυλινδρικοῦ ἀνοίγματος, τὸ ὁποῖον καὶ καταλαμβάνει ὁλόκληρον. Τὸ διάστημα μεταξύ 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 γραμμαί, αἱ ὁποῖα ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, διχάζονται οὕτως, ὥστε τὸ ἕμισυ αὐτῶν νὰ διαρρέῃ τὸ ἄνω μέρος τοῦ δακτυλίου καὶ τὸ ἄλλο ἕμισυ τὸ κάτω μέρος αὐτοῦ. Κατόπιν εἰσέρχονται εἰς τὸν νότιον πόλον.

**165. Ἐπαγωγίμον.**—Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἀπὸ ὄπλισμὸν ἐκ μαλακοῦ σιδήρου AA', ὁ ὁποῖος εἶναι κοῖλος κύλινδρος (σχ. 188), καὶ ἀφ' ἑτέρου ἀπὸ ἀτέρμονα σπείραν ἐκ χαλκί-νου λεπτοῦ καὶ μεμονωμένου 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.



Σχ. 188

Ἀπὸ τὸ ἐσωτερικὸν κενὸν τοῦ δακτυλίου καμμία δυναμικὴ γραμμὴ δὲν διέρχεται (σχ. 187).

Εἰς τὸ διάστημα λοιπὸν μεταξύ 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 ἐξῆς:

Τὸ ἄκρον τοῦ σύρματος, εἰς τὸ ὁποῖον τελειώνει

τὸ πηνίον Α καὶ τὸ ἄκρον τοῦ σύρματος, ἀπὸ

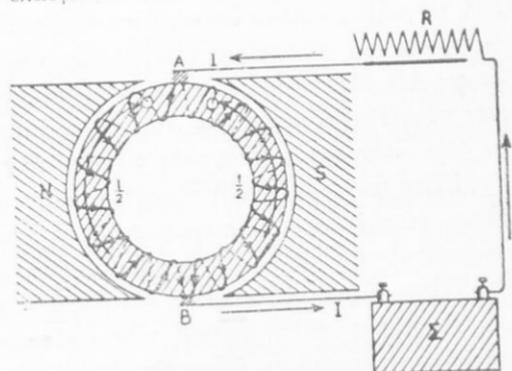
τοῦ ὁποῖου ἀρχεται τὸ πηνίον Β, εἶναι στερεωμένα ἐπὶ ἐλάσματος. Τὸ

ἄκρον τοῦ σύρματος εἰς τὸ ὁποῖον τελειώνει τὸ πηνίον Β καὶ τὸ ἄκρον τοῦ σύρματος ἀπὸ

τοῦ ὁποῖου ἀρχίζει τὸ πηνίον Γ εἶναι στερεωμένα εἰς τὸ ἐπόμενον ἐλάσμα καὶ οὕτω καθ' ἐξῆς. Τοιοιτοτρόπως 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 συναπτήρας, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς. Αἱ δύο ψήκτραι προστρέβονται 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 πεδίον καὶ ὅτι οἱ συναπτήρες 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 διανε-



Σχ. 189

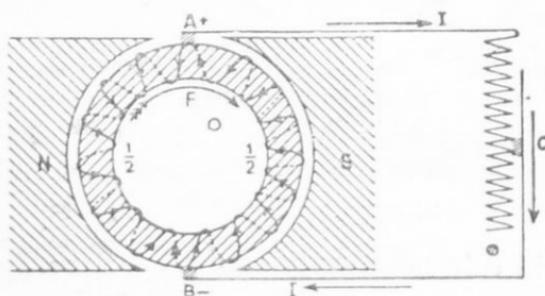
μηθῆ ἐξ ἴσων μεταξὺ τῶν σπειρῶν τῶν πρὸς τὰ δεξιὰ τῆς διαμέτρου AB καὶ τῶν πρὸς τὰ ἀριστερά. Ὁ δακτύλιος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς τὸν ἄξονά του, καὶ ἡ μηχανὴ εἶναι **κινητῆρ**, τοῦ ὁποίου κανονίζομεν τὴν ἰσχύν, μεταβάλλοντες καταλλήλως τὸ ρεῦμα.

Ἡ περιστροφή τοῦ δακτυλίου παράγεται ὑπὸ τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται μεταξὺ τῶν πόλων ταῦ ἐπαγωγέως καὶ τῶν σπειρῶν τοῦ ἐπαγωγίμου, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἰσοδυναμεῖ πρὸς τέλειον μαγνήτην. Ἄνευ ἐτέρας ἀναλύσεως τῶν δυνάμεων τούτων ἐννοοῦμεν, ὅτι ἐὰν αἱ σπεῖραι αἱ εὐρισκόμεναι πρὸς τὰ ἀριστερά τῆς διαμέτρου AB ἔλκωνται πρὸς τὰ ἄνω, αἱ πρὸς τὰ δεξιὰ θὰ ἔλκωνται πρὸς τὰ κάτω, οὕτως, ὥστε ὅλαι αἱ δράσεις νὰ τείνουν νὰ στρέψουν τὸν δακτύλιον κατὰ τὴν φοράν τῶν δεικτῶν ὡρολογίου.

Εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ στροφή ἀλλάσσει φοράν, εἴτε ὅταν ἀναστρέψωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως, εἴτε ὅταν ἀναστρέψωμεν 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 ἰσχὺς τοῦ κινητῆρος καθίσταται μεγαλυτέρα.

**167. Λειτουργία τῆς μηχανῆς ὡς γεννητρίας.**—Διὰ τὴν λειτουργίην ἡ μηχανὴ τοῦ Gramme ὡς γεννήτρια, ἐξαποστέλλομεν ρεῦμα εἰς τὸν ἐπαγωγέα, ἵνα δημιουργηθῆ τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἠθέτομεν



Σχ. 190

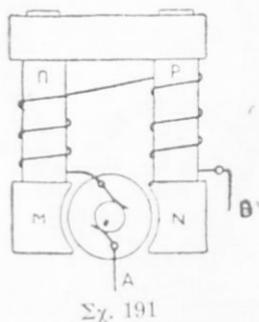
διὰ τινος κινητῆρος εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἐπαγωγίμου κατὰ τὴν φοράν τοῦ βέλους F π.χ. (σχ. 190) καὶ συνδέομεν τοὺς πόλους A καὶ B τοῦ ἐπαγωγίμου διὰ τινος ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος διαρρέεται τότε ὑπὸ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντάσεως E. Τὸ ρεῦμα τοῦτο ὀφείλεται εἰς δύο ἐπαγωγικά ρεύματα ἐντάσεως  $\frac{E}{2}$ , τὰ

ὅποια γεννῶνται εἰς τὰ δύο ἡμίση τοῦ δακτυλίου καὶ τὰ ὅποια προστίθενται εἰς τὸν ἔξωτερικὸν ἀγωγόν, ὅπου ἡ ἔντασις λαμβάνει τὴν τιμὴν  $E$ . Διότι εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῖμα εἶναι ἀντίρροπον τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ ἔπρεπε νὰ τροφοδοτήσῃ τὴν μηχανήν, ὅταν αὕτη λειτουργῇ ὡς κινητήρ, διὰ νὰ στραφῇ ὁ δακτύλιος κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν  $F$ . Ὡς δὲ ἐμάθομεν, τὸ ρεῖμα τοῦτο διανέμεται ἐξ ἴσου μεταξὺ τῶν σπειρῶν τῶν δύο ἡμίσεων τοῦ δακτυλίου· συνεπῶς καὶ τὰ ἐξ ἐπαγωγῆς παραγόμενα ἤδη ρεύματα θὰ ἀποτελοῦνται ἐκ τῆς συνένωσης δύο τοιούτων ἡμίσεων.

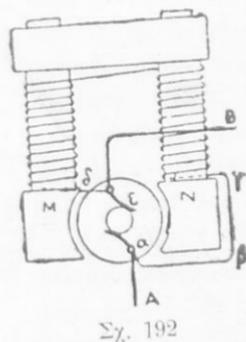
**168. Διέγερσις τοῦ ἐπαγωγέως.**—Διὰ νὰ δημιουργηθῇ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, πρέπει νὰ διεγερθῇ ὁ ἐπαγωγέως, δηλ. νὰ διοχετευθῇ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα εἰς τὰ πηνία αὐτοῦ. Ἀναλόγως τῆς προελεύσεως τοῦ ρεύματος τούτου διακρίνομεν:

α') **Διέγερσιν ἀνεξάρτητον.** Κατ' αὐτήν, τὸ ρεῖμα προέρχεται ἐκ πηγῆς οἰασδήποτε, ξένης ὡς πρὸς τὴν μηχανήν, π. χ. ἠλεκτρικῆς στήλης ἢ συσσωρευτοῦ ἢ ἄλλης μηχανῆς.

β') **Διέγερσιν κατὰ σειράν.** Κατὰ τὸν τρόπον τούτον τῆς διε-



Σχ. 191

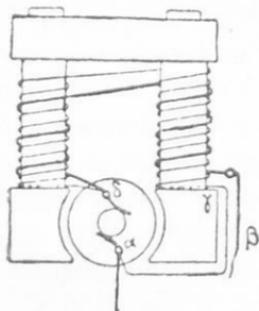


Σχ. 192

γέσεως, συνδέομεν τὴν μίαν ψήκτραν μὲ τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σύρματος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Τότε τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνεται μεταξὺ τοῦ ἄλλου ἄκρου  $B$  τοῦ σύρματος (σχ. 191) καὶ τῆς ἄλλης ψήκτρας  $A$ . Πῶλοι τῆς μηχανῆς εἶναι οἱ  $A$  καὶ  $B$ . Ἡ διέγερσις τότε γίνεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ ἐπαγωγίμου, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγέως.

γ') **Διέγερσιν κατὰ διακλάδωσιν.** Κατ' αὐτήν, τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου συνδέονται ἕκαστον μὲ μίαν ἀπὸ

τὰς ψήκτρας. Δύο ἄλλα σύρματα Α καὶ Β (σχ. 192) ἀναχωροῦν ἀπὸ τὰς ψήκτρας καὶ ἀποτελοῦν τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ὁ ἐπαγωγὸς τροφοδοτεῖται ὑπὸ μέρους τοῦ ρεύματος τοῦ ἐπαγωγίμου.

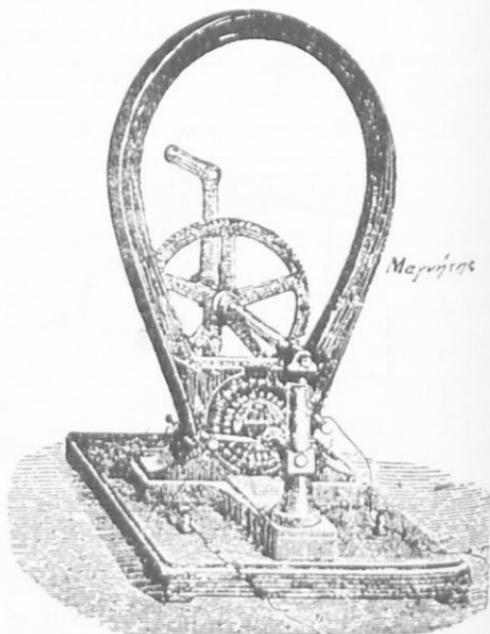


Σχ. 193

Κατὰ τοὺς δύο τούτους τελευταίους τροπους διεγέρσεως ἡ μηχανὴ ἐνεργοῦσα ὡς γεννήτρια πρέπει νὰ διεγερθῇ μόνη της, ὅποτε λέγομεν, ὅτι λειτουργεῖ δι' αὐτοδιεγέρσεως. Ἡ αὐτοδιέγερσις ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι οἱ πυρῆνες τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν, ἀπαξ μαγνητισθέντες δι' ἐξωτερικοῦ ρεύματος, διατηροῦν πάντοτε ἴσχυ μαγνητισμοῦ, τὰ ὁποῖα ἀρκοῦν νὰ δημιουργήσουν εἰς τὸ ἐπαγωγίμιον ἀσθενὲς ρεῦμα. Τοῦτο δέ, διερχόμενον ὁλόκληρον ἢ ἐν μέρει διὰ τοῦ ἐπαγωγέως, αὐξάνει τὸ μαγνητικὸν πεδίου· τὸ ρεῦμα τοῦ ἐπαγωγέως αὐξάνεται τότε καὶ οὕτω ἡ μηχανὴ διεγείρεται.

δ') Διέγερσιν μεικτὴν. 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).

ε') Εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦν μικρὰς μηχανὰς τοῦ Gramme μαγνητοηλεκτρικὰς (magneto), εἰς τὰς ὁποίας δηλαδὴ ὁ ἐπαγωγὸς εἶναι μόνιμος μαγνήτης.



Σχ. 194

Τὸ σχῆμα 194 παριστᾷ συνήθη μαγνητο-ηλεκτρικὴν μηχανήν.

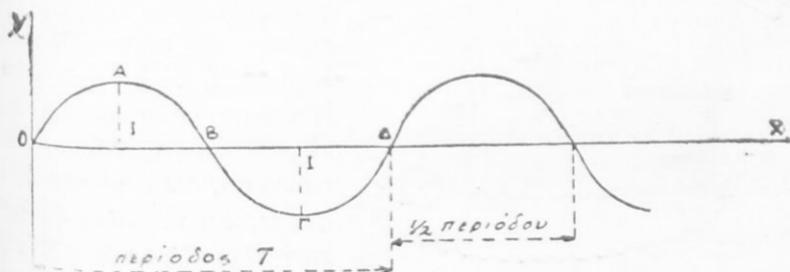
Ὁ δακτύλιος, ὅστις στρέφεται μεταξύ τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου, τίθεται εἰς κίνησιν διὰ στροφάλου καὶ ὀδοντωτοῦ τροχοῦ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΣΤ'

## ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

169. Ὅρισμοί. — Ἐν μεταβλητὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα λέγεται **περιοδικόν**, ἐὰν ἡ ἔντασις του ἀναλαμβάνῃ 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  $N \cdot T = 1$ , ἔξ ἧς  $N = \frac{1}{T}$ .

Τὸ περιοδικὸν ρεῦμα εἶναι **ἐναλλασσόμενον**, ἐὰν ἔχη ὡρι-



Σχ. 195

σμένην φοράν κατὰ τὸ ἓν μέρος τῆς περιόδου καὶ τὴν ἀντίθετον φοράν κατὰ τὸ ὑπόλοιπον.

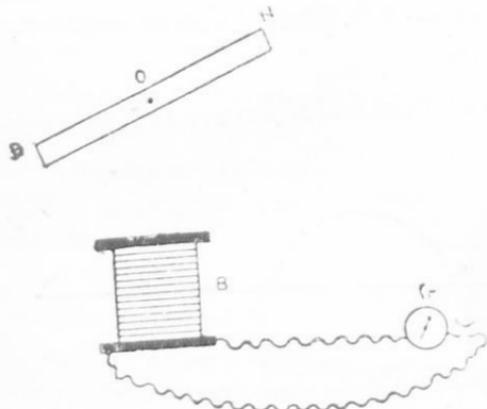
Λάβωμεν δύο ἄξονας ὀρθογωνίους (σχ. 195): τὸν  $OX$ , ὅστις εἶναι ὁ ἄξων τῶν χρόνων, καὶ τὸν  $OY$ , ὅστις εἶναι ὁ ἄξων τῶν ἐντάσεων.

Τὸ ρεῦμα μεταβαίνει κατὰ μίαν φοράν ἔχει ἔντασιν, ἡ ὁποία ἀρχεται ἐκ τοῦ μηδενὸς (ἀρχὴ 0), αὐξάνεται βαθμηδὸν καὶ φθάνει εἰς μίαν τιμὴν μεγίστην (σημεῖον  $A$ ). Κατόπιν ἐλαττοῦται καὶ μηδενίζεται (σημεῖον  $B$ ). Μετὰ ταῦτα, τοῦ ρεύματος μεταβαίνοντος κατ' ἀντίθετον φοράν, ἡ ἔντασις του θεωρεῖται ὡς ἀρνητικὴ. Αὕτη διέρχεται διὰ τῶν αὐτῶν ἀπολύτων τιμῶν, διὰ τῶν ὁποίων καὶ πρὸ ὀλίγου, καὶ οὕτω κατ' ἔξῃς.

Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα παράγονται διὰ δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **ἐναλλακτῆρες**.

**170. Ἀρχὴ τῶν ἐναλλακτῆρων.**— Θεωρήσωμεν μαγνήτην BN (σχ. 196) τοποθετημένον εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος καὶ κινήσῃ τὸν περὶ ἄξονα O διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου του, τοῦ ἄξονος ὄντος καθέτου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος. Ὁ μαγνήτης οὗτος εὐρίσκεται ὑπεράνω πηνίου B μὲ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου οὕτως, ὥστε, ὅταν στρέφεται περὶ τὸν ἄξονα, οἱ πόλοι του νὰ ψαύουν ἐναλλάξ τὸ πηνίον.

Ἐφ' ὅσον ὁ πόλος B πλησιάζει πρὸς τὸ πηνίον, ἡ μαγνήτισις τοῦ πυρῆνος βαίνει ἀύξανομένη. Συνεπῶς παράγεται εἰς τὸν ἄγωγόν τοῦ πηνίου ρεῦμα ἐπαγωγικὸν κατὰ τινὰ φοράν. Ὅταν ὁ πόλος B ἀπομακρύνεται, τὸ ἀντίθετον φαινόμενον παράγεται, καὶ εἰς τὸν ἄγωγὸν παράγεται ρεῦμα ἐπαγωγικὸν φορᾶς ἀντιθέτου πρὸς τὴν τοῦ πρώτου καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Ἐπίσης ἡ δίοδος τοῦ πόλου N τοῦ μαγνήτου πρὸς τὸ πηνίον θὰ παράγῃ ἀνάλογα ἀποτελέσματα, ἀλλὰ μὲ τὴν διαφοράν, ὅτι τὸ ρεῦμα θὰ ἔχη ὅταν πλησιάζῃ ὁ πόλος N, τὴν φοράν ἣν εἶχεν ὅτε ἀπεμακρύνετο ὁ πόλος B. Ἐὰν τὰ



Σχ. 196

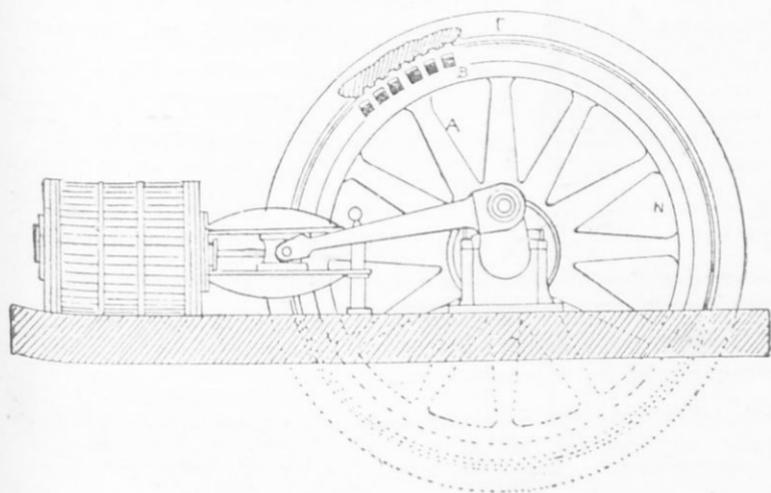
δύο ἄκρα τοῦ ἄγωγου τοῦ πηνίου συνδεθῶσιν μετὰ τῶν συναπτήρων γαλβανομέτρου Γ, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ἡ βελὸνῃ αὐτοῦ αἰωρεῖται κατὰ τὰς δύο φοράς, ἔφ' ὅσον ἡ ταχύτης τῆς περιστροφῆς τοῦ μαγνήτου δὲν εἶναι μεγάλη. Εἰς τὴν περίπτωσιν πολὺ ταχείας περιστροφῆς, ἡ βελὸνῃ δὲν θὰ ἔχη τὸν χρόνον νὰ μετατίθεται οὔτε κατὰ τὴν μίαν φοράν 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.

**Σημειώσεις.** Ἀντὶ νὰ στρέφεται ὁ μαγνήτης, δύναται νὰ στρέ-

φεται τὸ πηρίον. Ἐπίσης, ἀντὶ ἐνὸς πηρίου καὶ ἐνὸς μαγνήτου, δύναται νὰ χρησιμοποιηθοῦν πολλὰ πηρία καὶ ἰσάριθμοι μαγνήται.

**171. Ἐναλλακτὴρ μετ' ἐπαγωγίμου ἀκινήτου.**—Εἰς τοὺς βιομηχανικοὺς ἐναλλακτῆρας γίνεται κανονικὴ σχετικὴ μετὰθεσις ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ συστήματος καὶ ἐνὸς συστήματος ἐπαγωγίμου. Εἶναι ἀδιάφορον ποῖον ἐκ τῶν δύο μετατίθεται· εἰς τὰς μηχανὰς ὁμως μεγάλῃς ἰσχύος προτιμῶνται σταθερὰ ἐπαγωγίμα, ἵνα ἐπιτυγχάνωνται πολὺ ὑψηλὰ δυναμικὰ μετὰ μεγαλυτέρας ἀσφαλείας διὰ τὴν ἀπομόνωσιν. Τὸ ἐπαγωγίμον οὐδὲν ἔχει τότε τεμάχιον κινήτων καὶ τὰ ρεύματα συλλέγονται ἐπὶ δύο σταθερῶν συναπτήρων.

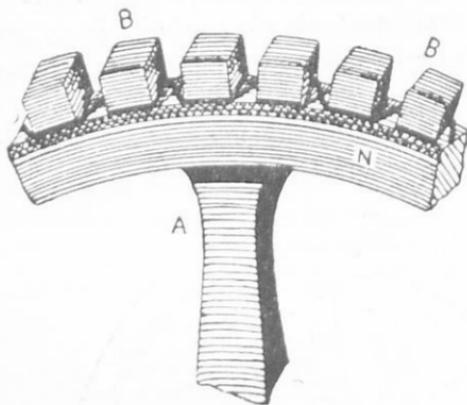


Σχ. 197

**Ἐπαγωγεύς.** Οὗτος συνίσταται ἐκ τροχοῦ A, ἐπὶ τῆς περιφερείας N τοῦ ὁποίου εἶναι προσηρμοσμένοι ἠλεκτρομαγνήται μετὰ πυρήνων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου διευθυνόμενοι κατὰ ἀκτῖνας ἰσάκεις ἀπεχούσας ἀπ' ἀλλήλων (σχ. 197). Ὁ τροχὸς οὗτος στρέφεται διὰ κινήτηρος. Ἐπὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν ἔχει περιτυλιχθῆ ὁ αὐτὸς μεμονωμένος ἀγωγός. Ἡ δὲ φορὰ τῆς περιτυλίξεως εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἐπὶ διαδοχικῶν πυρήνων οἱ ἔξωτερικοὶ πόλοι νὰ εἶναι ἐναλλάξ βόρειοι καὶ νότιοι (σχ. 198). Ὁ ἀγωγὸς τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν τούτων διαρρέεται ὑπὸ συνεχοῦς ρεύματος παρεχομένου ὑπὸ ἀνεξαρτήτου δυναμοηλεκτρι-

κῆς μηχανῆς. Τὸ ρεῦμα τοῦτο φθάνει διὰ δύο ψηκτρῶν, αἱ ὁποῖαι προστρίβονται ἐπὶ δύο μεμονωμένων ραβδίων στερεωμένων ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ καὶ συνδεδεμένων εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν.

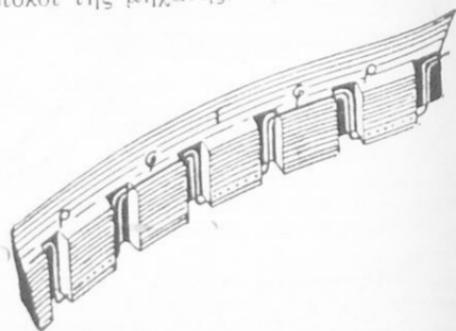
**Ἐπαγωγίμον.** Πέριξ τοῦ κινητοῦ τούτου τροχοῦ εὐρίσκεται ἀκίνητος σιδηροῦς δακτύλιος Γ ὁμόκεντρος μετὰ τοῦ τροχοῦ, φέρων ἐσωτερικῶς ἐσκαμμένην ἐγκοπὰς Ρ ἰσάκεις ἀπεχούσας ἀπ' ἀλλήλων, αἱ ὁποῖαι ἐπιτρέπουν τὴν περιτύλιξιν σύρματος καὶ σχηματίζουν τόσα πηνία (σχ. 199), ὅσοι ἠλεκτρομαγνηταὶ ὑπάρχουν εἰς τὸν ἐπαγωγέα. Ἀπὸ τοῦ ἑνὸς πηνίου εἰς τὸ ἐπόμενον, ἡ περιτύλιξις τοῦ σύρματος ἔχει γίνεαι κατὰ φορὰν ἀντί-



Σχ. 198

θετον. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος καταλήγουν εἰς δύο ἐξωτερικοὺς συναπτήρας, οἱ ὁποῖοι εἶναι οἱ πόλοι τῆς μηχανῆς.

**Λειτουργία.** Ὅταν ὁ ἐπαγωγεὺς τεθῆ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, κατὰ πᾶσαν στιγμὴν εἰς βόρειος πόλος ἑνὸς τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν τοῦ θὰ πλησιάζῃ πρὸς ἓν οἰονδήποτε πηνίον τοῦ ἐπαγωγίμου καὶ εἰς νότιος θὰ ἀπομακρύνεται τούτου καὶ ἀντιστρόφως. Ἔνεκα τούτου θὰ παράγονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ πηνίου δύο ρεύματα, τὰ ὁποῖα προστίθενται. Εἰς τὸν ἀγωγὸν δύο διαδοχικῶν πηνίων θὰ παράγονται ρεύματα ἀντιθέτων φορῶν, ἔπειδὴ ἡ περιτύλιξις τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ τῶν δύο τούτων πηνίων ἔχει γίνεαι κατ' ἀντιθέτους φορὰς, ἔπεται, ὅτι ὅλον τὸ ἐπαγωγίμον κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος τῆς αὐτῆς φορᾶς.



Σχ. 199

Τὸ ρεῦμα τοῦτο ἀλλάσσει φορᾶν, ὅταν ἐν πηνίον διέρχεται ἀπὸ ἑνὸς βορείου πόλου πρὸ τοῦ ἐπομένου νοτίου καὶ τἀνάπαλιν.

**172. Ἰδιότητες τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων.**— Δι' ἐναλλασσομένου ρεύματος δυνάμεθα νὰ ἐπαναλάβωμεν τὰ πειράματα, τὰ ὁποῖα ἐκτελοῦμεν συνήθως διὰ συνεχοῦς ρεύματος :

α') Ὅταν κλείωμεν τὸ κύκλωμα ἐναλλακτῆρος 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 ἐναλλάξ ἄνοδος καὶ κάθοδος.

β') Ἐπειδὴ ἡ μέση ἔντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι μηδέν, τὸ ρεῦμα τοῦτο δὲν ἐκτρέπει τὴν βελόνην τοῦ **γαλβανομέτρου**. Ἀπλῶς θέτει αὐτὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν.

γ') Ὅταν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, ὁ πυρὴν αὐτοῦ μαγνητίζεται.

δ') Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα **ἀποσυνθῆτει** τὰς ἐνώσεις, δι' ὧν διέρχεται, ἀλλὰ **δὲν τὰς χωρίζει** εἰς τὰ συστατικά των· δὲν δύναται λοιπὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν, τὴν γαλβανοπλαστικὴν, τὴν πλήρωσιν ουσσωρευτῶν. Κατὰ τὴν δίοδον τοιοῦτου ρεύματος διὰ τοῦ ὕδατος, τὸ ἀέριον τῆς ἀποσυνθέσεως εἶναι **μεῖγμα** ὕδρογόνου καὶ ὀξυγόνου.

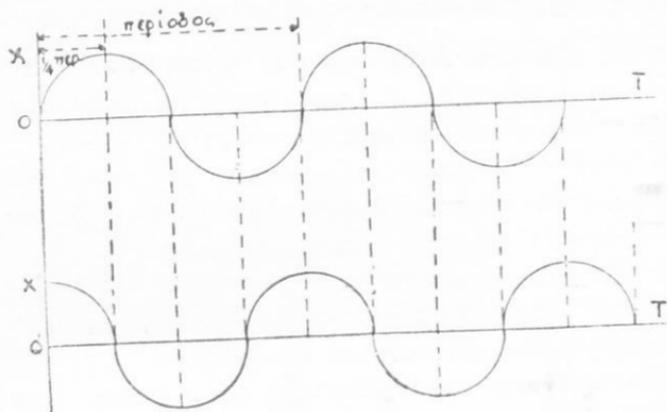
ε') Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα παρὰ γοῦν ἀποτελέσματα ἐπαγωγῆς.

**173. Πολυφασικὰ ρεύματα.**— Καλοῦμεν **πολυφασικὰ ρεύματα** σύνολον περιοδικῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ τῆς αὐτῆς μεγίστης ἐντάσεως, ἀλλὰ τὰ ὁποῖα ἔχουν διαφορὰν φάσεως, διὰ τὰ ὁποῖα δηλ. αἱ ἐντάσεις π.χ. δὲν μηδενίζονται κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμήν, ἀλλὰ 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  $O\Gamma$  καὶ  $O\Gamma'$  (σχ. 200) οἱ ἄξονες τῶν χρόνων,  $OX$  δὲ καὶ  $O'X'$  οἱ ἄξονες τῶν ἐντάσεων. Σύρωμεν τὰς γραμμὰς, αἱ ὁποῖα φανερώουν τὰς μεταβολὰς τῶν ἐντάσεων. Ὡς εἶναι φανερὸν ἐκ τοῦ

σχήματος, όταν τὸ πρῶτον ρεῦμα εἰς δοθεῖσαν στιγμὴν ἔχη ἔντασιν ἴσην πρὸς τὸ μηδέν, τὸ δευτερον ρεῦμα θὰ ἔχη τὴν μεγίστην τοῦ ἔντασιν κατ'ἀπολύτον τιμὴν καὶ τὰνάπαλιν μετὰ  $\frac{1}{4}$  περιόδου.



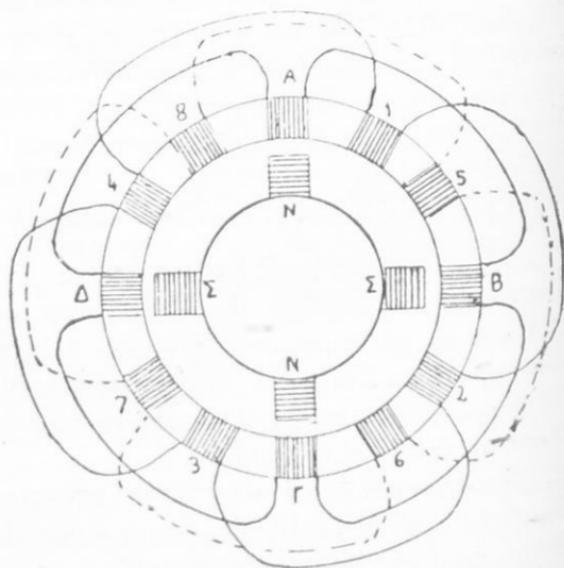
Σχ. 200

φάσεως εἶναι ἴση πρὸς τρίτον περιόδου. Τότε ὑπάρχουν τρία ρεύματα.

#### 174. Ἐναλλακτῆρες μετὰ τριφασικὰ ρεύματα.— Διὰ τὰ με-

τατρέφωμεν ἓνα ἑναλλακτῆρα μονοφασικὸν εἰς τριφασικόν, ἀρκεῖ νὰ τριπλασιάσωμεν ἐπὶ τοῦ ἐπαγωγίμου τὸν ἀριθμὸν τῶν πηνίων κατὰ πόλον τοῦ ἐπαγωγέως. Θὰ ἔχωμεν τότε τρεῖς σειρὰς πηνίων μετὰ τρία διάφορα ρεύματα:

Τὴν σειρὰν ΑΒΓΔ (σχ. 201) ἀποτελουμένην ἐκ τοῦ αὐτοῦ σύρματος, τοῦ ὁποίου ἡ περιτύλιξις, ὡς ἔχομεν ἤδη εἶπει, ἀλλάσσει φορὰν εἰς ἕκαστον πηνίον, ἐκ τοῦ Α εἰς τὸ Β,



Σχ. 201

ἐκ τοῦ Β εἰς τὸ Γ καὶ ἐκ τοῦ Γ εἰς τὸ Δ. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τούτου συνδέονται μὲ 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 ἐνὸς πηνίου εἰς τὸ ἄλλο. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τούτου συνδέονται ἐπίσης μὲ 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 μὲ τὰ σύρματα τῆς γραμμῆς.

Ἐπειδὴ ἐκάστη σειρὰ πηνίων ἔχει ἓν σύρμα διὰ νὰ διαβιβάσῃ τὸ ρεῦμα εἰς τὸν κινητήρα 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 λοιπὸν τὰ τρία σύρματα τῆς ἐπιστροφῆς καὶ τὸ ἓν ἐκ τῶν τριῶν συρμάτων τῆς μεταβιβάσεως χρησιμεύει διὰ τὴν ἐπιστροφὴν τῶν δύο ἄλλων.

**175. Μεταμορφωταί.**—Ἐν ρεῦμα ἐναλλασσόμενον παρᾶγει ἕνεκα τῶν μεταβολῶν του, ἄνευ διακόπτου, ἀποτελέσματα ἐπαγωγῆς ἐπὶ γειτονικοῦ κυκλώματος.

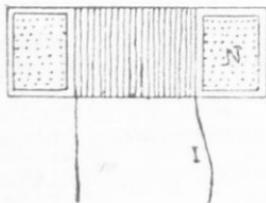
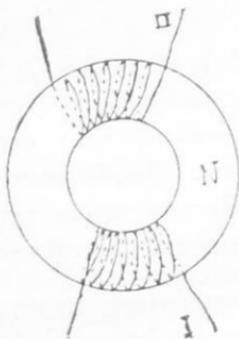
Αὐτὸ τοῦτο τὸ ἕξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα εἶναι ἐναλλασσόμενον καὶ τῆς αὐτῆς περιόδου μὲ τὸ ἐπιδρῶν ρεῦμα, ἀλλὰ παρουσιάζει μετ' αὐτοῦ διαφορὰν φάσεως ἐνὸς τετάρτου περιόδου, διότι τὸ μέγιστον αὐτοῦ ἐμφανίζεται καθ' ἣν στιγμὴν τὸ ἐπιδρῶν μηδενίζεται καὶ μηδενίζεται, ὅταν τὸ ἐπιδρῶν παρουσιάσῃ τὴν μέγιστην τιμὴν του. Τὰ ἀποτελέσματα ταῦτα τῆς ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς ἐφαρμόζονται ἐπιφανεῶς εἰς τοὺς μεταμορφωτάς διὰ τὴν διὰ τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων μεταβίβασιν τῆς ἐνεργείας.

Ὁ μεταμορφωτῆς εἶναι ἐπαγωγικὸν πηνίον ἄνευ διακόπτου, ἀποτελούμενον ἐκ δύο διακεκριμένων κυκλωμάτων περιτυλιγμένων ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος. Πολλάκις ἡ περιτύλιξις γίνεται ἐπὶ πυρῆνος Ν 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 ἀνωτέρω μεταμορφωτοῦ, ὅταν τὸ πρωτεῖον κύκλωμα I διαρρέεται ὑπὸ περιοδικῷ ρεύματι, ἀναπτύσσεται μαγνητικὴ ροὴ μεταβλητῆ τῆς αὐτῆς περιόδου, ἡ ὁποία παράγει εἰς τὸ δευτερεῖον κύκλωμα II ἠλεκτρογεφυρικὴν ἐξ ἐπαγωγῆς δύναμιν τῆς αὐτῆς περιόδου.

**Τρόποι ἐνεργείας τῶν μεταμορφωτῶν.** α') Ὅταν τὸ πρωτεῖον κύκλωμα εἶναι παχὺ καὶ βραχὺ σύρμα καὶ τὸ δευτερεῖον λεπτὸν καὶ μακρὸν σύρμα, ἐν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως καὶ μικρᾶς διαφορᾶς δυναμικοῦ, διαρρέον τὸ πρωτεῖον, παράγει εἰς τὸ δευτερεῖον κύκλωμα ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς μικρᾶς ἐντάσεως καὶ μεγάλης διαφορᾶς δυναμικοῦ, ὅπως εἰς τὸ πηνίον τοῦ Ruhmkorff.



Σχ. 202

β') Ὅταν πρωτεῖον κύκλωμα εἶναι λεπτὸν καὶ μακρὸν σύρμα, ἐν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα μικρᾶς ἐντάσεως καὶ μεγάλης διαφορᾶς δυναμικοῦ, διαρρέον αὐτό, παράγει εἰς τὸ δευτερεῖον κύκλωμα ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἐπίσης ἐναλλασσόμενον, μεγάλης ἐντάσεως καὶ μικρᾶς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Διότι τὰ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματα, ὀφειλόμενα εἰς τὰς πολυπληθεῖς σπείρας τοῦ μακροῦ σύρματος, προστίθενται εἰς ἐκάστην σπείραν τοῦ βραχέος σύρματος, ὅπερ παράγει σπουδαίαν ἀπόδοσιν. Ἄλλ' ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ἠλεκτρογεφυρικὴ δύναμις εἶναι μικρὰ, διότι αὕτη εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν διαφορῶν τοῦ δυναμικοῦ εἰς μικρὸν ἀριθμὸν σπειρῶν.

Κατὰ τοὺς δύο τούτους τρόπους, τὸ αὐτὸ κύκλωμα ὑπῆρξε διαδοχικῶς πρωτεῖον καὶ δευτερεῖον.

Ὁ μεταμορφωτὴς χρησιμεύει λοιπὸν διὰ νὰ μεταβάλλῃ τὰ δύο χαρακτηριστικὰ H καὶ E (ἠλεκτρογεφυρικὴν δύναμιν καὶ ἐντασιν) ἐνὸς πρωτεῦοντος ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς δύο ἄλλα H' καὶ E' ἐνὸς δευτερεῦοντος ἐναλλασσομένου ρεύματος, χωρὶς ἢ ἐνέρι γεια νὰ μεταβληθῇ ἐπαισθητῶς.

176. Ἐφαρμογαὶ τῶν μεταμορφωτῶν. — Μεταφορὰ τῆς

**ἐνεργείας.** Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια, ἡ παραγομένη ὑπὸ μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς ἢ ὑπὸ μιᾶς φυσικῆς δυνάμεως, π.χ. ἀνέμου, πτώσεως ὕδατος, δὲν χρησιμοποιεῖται πάντοτε εἰς τὸν τόπον τῆς παραγωγῆς. Πολλάκις μεταφέρουν τὴν ἐνέργειαν ταύτην εἰς πολὺν μεγάλην ἀποστάσεις. Ἡ μεταφορὰ γίνεται διὰ δύο δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ 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 χρησιμοποίησώς της, ὅπου ἡ ἄλλη δυναμοηλεκτρικὴ μηχανή, ἐνεργοῦσα ὡς δέκτρια, τὴν μετατρέπει πάλιν εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἀλλά, ὅπως ἐμάθομεν, τὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διαρρέουν τοὺς ἀγωγούς, θερμαίνουσι αὐτοὺς μᾶλλον ἢ ἦπτον. Ἡ οὕτω ἐπὶ τῶν τοιούτων ἀγωγῶν παραγομένη θερμότης, ἐπειδὴ δὲν χρησιμοποιεῖται, ἀποτελεῖ ἐνέργειαν ἢ ὁποία χάνεται. Κατὰ τὴν μεταφορὰν λοιπὸν τῆς ἐνεργείας ἀπὸ τῆς γεννητρίας 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 δυνατόν μικρότερα.

Ἀυξάνοντες τὴν τομὴν τοῦ σύρματος τῆς γραμμῆς ἠμποροῦμεν νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ  $A$ . Ἄλλ' εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν αυξάνεται τὸ βάρος τοῦ σύρματος καὶ ἡ ἀξία αὐτοῦ. Πρέπει λοιπὸν πρὸ πάντων νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἔντασιν  $E$ .

Ἐὰν καταστήσωμεν τὴν ἔντασιν 10 φορὰς π.χ. μικροτέραν, ἡ ἀπώλεια κατὰ μῆκος τῆς γραμμῆς καθίσταται 100 φορὰς μικροτέρα. Ἄφ' ἑτέρου ὅταν ἡ ἔντασις  $E$  γίνῃ 10 φορὰς μικροτέρα, διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν ἰσχὴν τοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ  $E \cdot B$  (ἐδ. 131), πρέπει νὰ δεκαπλασιάσωμεν τὸ  $B$ , δηλ. τὴν τάσιν τοῦ ρεύματος (διαφορὰ ἠλεκτροδυναμικοῦ).

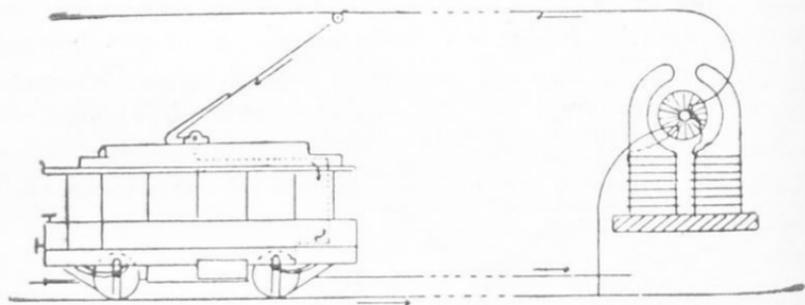
Ἐκ τούτων προκύπτει, ὅτι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας πρέπει νὰ δίδωμεν εἰς αὐτὴν μικρὰν ἔντασιν καὶ μεγάλην τάσιν.

Ἄλλ' ἡ τάσις τῶν μηχανῶν τοῦ Gramme μὲ συνεχῆς ρεῖμα δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ τὰ 500 περίπου volts ἄνευ βλάβης τοῦ συλλέκτου,

ἐνῶ οἱ ἐναλλακτῆρες μὲ σταθερὸν ἐπαγωγίμον ὑπερβαίνουν σημαντικῶς τὴν τάσιν ταύτην.

Παράγεται λοιπὸν εἰς τὸν σταθμὸν τῆς ἀναχωρήσεως ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως, εἴτε ἀμέσως ὑπὸ ἐναλλακτῆρος, εἴτε διὰ τῆς μεσολαβήσεως μεταμορφωτοῦ, ἀνηψοῦντος ἐπὶ τόπου τὴν τάσιν τοῦ ρεύματος τοῦ ἐναλλακτῆρος. 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 λεπτόν καὶ μακρὸν σύρμα μεταμορφωτοῦ καὶ λαμβάνεται εἰς τοὺς συναπτήρας τοῦ παχέος καὶ βραχέος σύρματος ρεῦμα ἐναλλασσόμενον μεγάλῃς ἐντάσεως καὶ μικρᾶς τάσεως, τὸ ὁποῖον ἔδύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ.



Σχ. 203

Σημείωσις α'. Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεῦματα χρησιμοποιοῦνται σήμερον σχεδὸν πάντοτε διὰ τὰς μεταφορὰς τῆς ἐνεργείας καὶ παρέχονται εἰς τοὺς καταναλωτὰς διὰ τὸν φωτισμόν. Ἀλλὰ διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν κινητῶν προτιμῶνται τὰ συνεχῆ ρεῦματα. Ἀφ' ἑτέρου ἢ πλήρωσις τῶν συσσωρευτῶν καὶ αἱ διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως ἀπαιτοῦν ρεῦμα συνεχές ἢ τοῦλάχιστον ρεῦμα σταθερᾶς φορᾶς. Διὰ τοῦτο κατασκευάζουν εἰδικοὺς μεταμορφωτὰς, οἵτινες μετατρέπουν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές.

Σημείωσις β'. Τὰ ἠλεκτρικὰ τρᾶμ κινοῦνται διὰ μεταφορᾶς ἐνεργείας. Μία ἰσχυρὰ δυναμοῦλεκτρικὴ μηχανὴ εἰς τὸν κεντρικὸν σταθμὸν διανέμει τὴν ἐνέργειαν εἰς τὰ ὄχηματα, τὰ ὁποῖα κυκλοφοροῦν ἐπὶ τῶν διαφόρων γραμμῶν. Ἐκαστὸν ὄχημα ἔχει μίαν ἢ δύο δυναμοῦλεκτρικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν ὡς δέκτριαι (κινητῆρες) καὶ

αἱ ὁποῖαι στρέφουν τὸν ἄξονα τῶν τροχῶν. Εἷς ἐκ 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 κινήτηρος τοῦ ὀχήματος, διὰ τῆς τριβῆς τροχαλίας ἐξ ὀρειγάλκου (τρολλές) τοποθετημένης εἰς τὸ ἄκρον μεταλλίνου ἴσοῦ μεμονωμένου, τὸν ὁποῖον τὸ ὄχημα παρασύρει κατὰ τὴν κίνησιν (σχ. 203).

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον κινεῖνται 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

**177. Ἡλεκτροδυναμική - Ἡλεκτροστατική.**—Εἰς τὰ προηγουμένα κεφάλαια ἐγνωρίσαμεν τὸν ἠλεκτρισμόν, ὅστις κυκλοφορεῖ εἰς τοὺς ἀγωγοὺς παράγων ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καὶ ἐσπουδάσαμεν τὰς ιδιότητας τοῦ ρεύματος χωρὶς νὰ ζητήσωμεν νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἠλεκτρισμόν τοῦτον. Ἡ οὕτω γενομένη σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀποτελεῖ τὴν **ἠλεκτροδυναμικήν**. Εἰς τὸ μέρος τοῦτο θὰ δειξώμεν, ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀκίνητοποιήσωμεν τὸν ἠλεκτρισμόν καὶ νὰ τὸν κάμωμεν νὰ ρεῖσῃ κατόπιν κατὰ βούλησιν, διὰ νὰ ἀνεύρωμεν καὶ πάλιν τὰς ιδιότητας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ σπουδὴ τῶν νέων ἰδιοτήτων τοῦ οὕτω ἀκίνητοποιηθέντος ἠλεκτρισμοῦ ἀποτελεῖ τὴν **ἠλεκτροστατικήν**.

**178. Κυριώτεροι 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. Ἡ τρίτη, ἣτις ἐπιτυγχάνει καὶ ἐπὶ τῶν εὐηλεκτραγωγῶν, χρησιμοποιεῖται κυρίως ἐπὶ τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων.

**179. Ἡλέκτρισις διὰ συγκοινωνίας μετὰ ἠλεκτρικῆς πηγῆς.**—Συνδέομεν μεταλλικῶς τὸν πρὸς ἠλέκτρισιν ἀγωγὸν μετὰ τοῦ ἑνὸς τῶν πόλων μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς, ἐνῶ τὸν ἄλλον πόλον αὐτῆς φέρομεν εἰς συγκοινωνίαν μὲ τὸ ἔδαφος. Ἄν ὁ ἀγωγὸς συνδεθῇ μὲ τὸν θετικόν

πόλον, ἠλεκτριζέται θετικῶς. Ἡ ἠλέκτρισις δὲ εἶναι τόσον ἀξιολογώτερα καὶ παράγει μηχανικὰ ἀποτελέσματα τόσον αἰσθητότερα, ὅσον ἡ ἠλεκτρογενετική δύναμις τῆς πηγῆς εἶναι σημαντικώτερα. 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.

**180. Ἐπιδράσεις δι' ἐπιδράσεως.**—Εἰς ἀγωγὸς ἠλεκτριζέται δι' ἐπιδράσεως, ὅταν τὸν θέσωμεν πλησίον σώματος ἠλεκτρισμένου. Θὰ μελετήσωμεν λεπτομερῶς τὸ φαινόμενον τοῦτο κατωτέρω.

**181. Ἐπιδράσεις διὰ τριβῆς.**—Ὅταν προστρίβωμεν ράβδον ἐξ ὑάλου ἢ ἰσπανικοῦ κηροῦ ἢ ρητίνης ἢ θείου ἢ ἠλέκτρον κτλ. διὰ δέρματος γαλῆς ἢ καὶ διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, ἡ ράβδος αὕτη ἠλεκτριζέται. Πράγματι, ἔαν τὴν πλησιάσωμεν εἰς ἐλαφρὰ σώματα, π.χ. εἰς τεμάχια χάρτου, τρίχας κτλ., ἠλεκτριζοῦντα ταῦτα ἐξ ἐπιδράσεως καὶ τὰ ἔλκει (σχ. 204). Ἐπειδὴ δὲ τὰ σώματα ταῦτα, τὰ ὁποῖα προσετρίψαμεν, εἶναι δυσῆλεκτραγωγὰ, ὁ ἠλεκτρισμὸς μένει ἐντοπισμένος ἐκεῖ ὅπου ἀνεπτύχθη διὰ τῆς τριβῆς. Δὲν δυνάμεθα νὰ τὸν διαβιβάσωμεν διὰ σώματος εἰς γαλιβανόμετρον.



Σχ. 204

Σημείωσις. Τὸ φαινόμενον τοῦτο περιέγραψε διὰ πρώτην φοράν ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος (600 π. Χ.) εἰς τὸ ἠλεκτρον (ἐξ οὗ καὶ ἠλεκτρισμός).

Δυνάμεθα ἐπίσης νὰ ἠλεκτρίσωμεν ράβδον μεταλλικὴν προστρίβοντες αὐτὴν διὰ δέρματος γαλῆς, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅμως νὰ κρατῶμεν τὸ μέταλλον δι' ὑαλίνης λαβῆς.

Μεταλλικὴ ράβδος κρατούμενη διὰ τῆς χειρὸς δὲν ἠλεκτριζέται.

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.

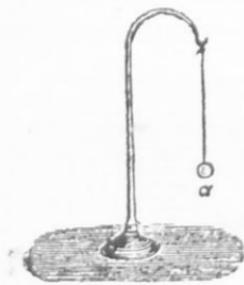
Εἰς τὴν προᾶξιν ἠλεκτρίζομεν πρὸ πάντων τοὺς καλοὺς ἀγωγούς (εὐηλεκτραγωγὰ σώματα). Ἴνα ἡ ἠλέκτρισις ἐνὸς ἀγωγοῦ διαρκῆ, πρέπει ὁ ἀγωγὸς οὗτος νὰ εἶναι ἀπομονωμένος, δηλ. νὰ χωρίζεται ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τὸ ὁποῖον εἶναι εὐηλεκτραγωγόν, διὰ καταλλήλου **μονωτήρος.**

Πλᾶξ ἐκ καθαρᾶς παραφίνης, ἐπὶ τῆς ὁποίας τίθεται ὁ ἀγωγός, ἀποτελεῖ τέλειον μονωτήρα.

Στήλη ἐκ **καθαρᾶς** καὶ **ξηρᾶς** ὑάλου, πλᾶξ ἐκ πορσελάνης ἢ ἐξ ἔβονίτου, πλακοῦς ἐκ ρητίνης ἢ κηροῦ, νῆμα ἐκ μετάξης, εἶναι ἐπίσης καλοὶ μονωτήρες.

Ὁ ἀῆρ ὑπὸ τὰς κανονικὰς συνθήκας εἶναι ἐπίσης ἐξαιρετὸς μονωτήρ.

**182. Ἐλεκτρικὸν ἔκκρεμὲς συγκοινωνοῦν μετὰ τοῦ ἐδάφους.**—Τὸ ἔκκρεμὲς τοῦτο χρησιμεύει, ὅπως διακρίνωμεν δι' αὐτοῦ ἂν σῶμα τι εἶναι ἠλεκτρισμένον. Συνίσταται ἐκ μικροῦ σφαιριδίου α ἐξ ἐντεριώνης ἀκταίας, κουφοτάτου, ἐξηρητημένου ἀπὸ μεταλλικοῦ ὑποστηρίγματος διὰ μακροῦ καὶ λεπτοῦ λινοῦ νήματος.



Σχ. 205

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 ἔκκρεμὲς τοῦτο **ἔλκεται πάντοτε** ὑπὸ τῶν ἠλεκτρισμένων σωματίων, τὰ ὁποῖα φέρομεν πλησίον αὐτοῦ ὅταν δὲ ἡ ἀπόστασις γίνῃ ἰκανῶς μικρά, ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τούτων. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, ἐὰν μὲν τὰ ἠλεκτρισμένα σώματα τυγχάνουν εὐηλεκτραγωγὰ, ὡς τιθέμενα εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους, χάνουν ὀλόκληρον αὐτῶν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, καὶ τὸ ἔκκρεμὲς τότε καταπίπτει ἐκ νέου ἂν δὲ εἶναι δυσηλεκτραγωγὰ, ὁ ἠλεκτρισμὸς μόνον ἀπὸ τοῦ

ἐπιφανοσθέντος σημείου ἐξαφανίζεται τὸ σφαιρίδιον ὅμως τοῦ ἔκκρεμοῦς, ἐλκόμενον ὑπὸ τῶν παρακειμένων σημείων, παραμένει ἐπὶ μακρὸν προσκεκολλημένον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος.

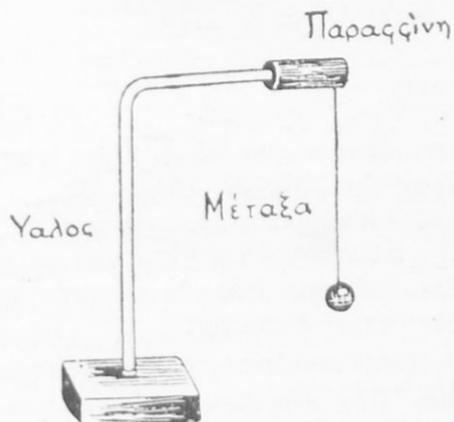
**183. Ἐκκρεμές μεμονωμένον.— Θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς.** Τὸ ἔκκρεμές τοῦτο συνίσταται ἐκ μικροῦ σφαιριδίου ἐξ ἐντεριώνης ἀκταίως ἐξηρητημένον διὰ μεταξίνου νήματος ἀπὸ μικροῦ κυλίνδρου παραφίνης, ὁ ὁποῖος εἶναι προσηρητημένος εἰς τὸ ἄκρον ὑαλίνου στηρίγματος (σχ. 206).

Ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὴν συσκευὴν ταύτην ὑαλινὴν 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 της, **ἀπωθεῖται** ζωηρῶς. Τὰ αὐτὰ ἀποτελέ-

σματα προκύπτουν καὶ διὰ ράβδου ἐκ ρητίνης, ἢ ὁποία κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον προστριβῆ. 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 ζωη-

ρὰν ἔλξιν· ἐπίσης, ἐὰν εἰς τὸ ὑπὸ ἠλεκτρισμένης ρητίνης ἀπωθοῦμενον σφαιρίδιον ἀ' τῆς ἐντεριώνης πλησιάσωμεν τὴν προστριβεῖσαν ὑάλον, παρατηροῦμεν ἰσχυρὰν ἔλξιν (σχ. 207).

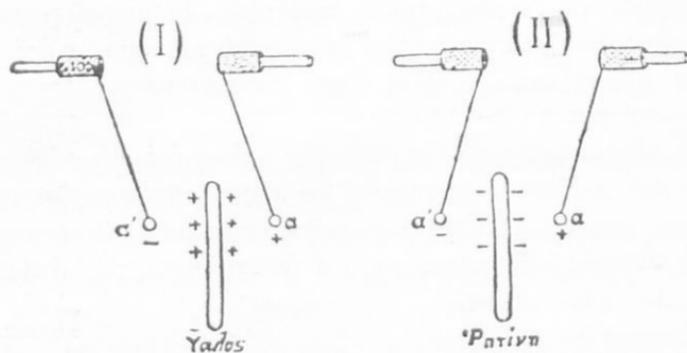
Ἡ ἠλεκτρικὴ ἄρα κατάστασις τῆς ὑάλου εἶναι διάφορος ἀπὸ τῆς ρητίνης, ἀφ' οὗ ἡ ἐνέργεια αὐτῆς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἠλεκτρισμένου ἔκκρεμοῦς εἶναι ἀντίθετος. Διὰ τὴν ἐκφράσωμεν τὴν διαφορὰν ταύτην καλοῦμεν **θετικὸν** μὲν τὸν ἠλεκτρισμὸν τὸν ἀναπτυσσόμενον ἐπὶ τῆς λεῖας ὑάλου προστριβομένης διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, **ἀρνητικὸν** δὲ τὸν ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας ἀναπτυσσόμενον ἐπὶ τῆς ρητίνης.



σχ. 206

Ἐκ δὲ τῶν λοιπῶν σωμάτων ἄλλα μὲν ἀποκτοῦν διὰ τῆς τριβῆς τὴν ἠλεκτρικὴν κατάστασιν τῆς ὑάλου, ἄλλα δὲ τὴν τῆς ρητίνης, εἰς τρόπον ὥστε μόνον δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ ὑπάρχουν.

Αἱ ἐνέργειαι τῶν ἠλεκτρισμένων σωμάτων εἶναι πάντοτε ἀμοιβαῖαι. Ἐὰν δηλ. τὸ σῶμα Α ἔλκη ἢ ἀπωθῆ τὸ Β μετὰ τινος δυνά-



Σχ. 207

μεως, ἀντιστρόφως τὸ Β ἔλκει ἢ ἀπωθεῖ τὸ Α μετὰ δυνάμεως ἴσης καὶ κατ' εὐθειαν ἀντιθέτου.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν πρὸς τούτοις, ὅτι:

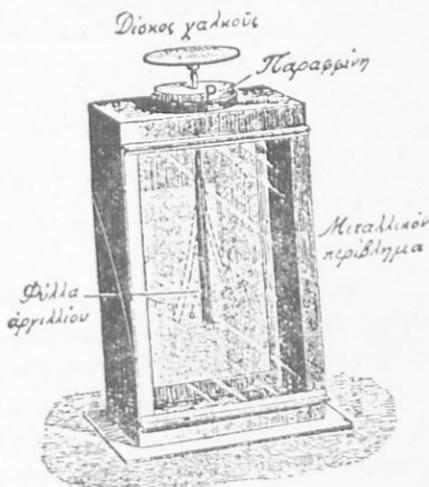
Δύο σώματα φορτισμένα μετὰ τὸ αὐτὸ εἶδος ἠλεκτρισμοῦ ἀπωθοῦνται, δύο δὲ σώματα φορτισμένα δι' ἠλεκτρισμῶν ἀντιθέτων ἔλκονται.

184. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρικῶν ὤσεων. — Ἡλεκτροσκόπια. Ἡ ἄπωσις μεταξὺ δύο σωμάτων φορτισμένων μετὰ τὸ αὐτὸ εἶδος ἠλεκτρισμοῦ ἐφηρομόσθη εἰς τὴν κατασκευὴν ἀπλουστάτων καὶ εὐαίσθητοιῶν ὀργάνων, διὰ τῶν ὁποίων βεβαιούμεθα, ἂν σῶμα τι εἶναι ἠλεκτρισμένον. Τὰ ὄργανα ταῦτα λέγονται ἠλεκτροσκόπια.

Ἡλεκτροσκόπιον μετὰ φύλλων. Ἡ συσκευή 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, ἥτις, ἐκτὸς τῶν ἄλλων ἀποτελεσμάτων, προστατεύει αὐτὰ ἀπὸ τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος. Ὁ ἀπομονωτικὸς ἐκ παραφίνης πλακοῦς εἶναι προσηρμοσμένος εἰς τὸ κάλυμμα τῆς θήκης, ἢ ὁποία κλείεται ἔμπροσθεν δι'

υαλίνης πλακός. Τέλος, τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ χαλκίνου στελέχους φέρει μικρὸν δίσκον ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου.

Ὅταν φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ δίσκου ἐν ἠλεκτρισμένον σῶμα, ὁ ἠλεκτρισμὸς του μεταδίδεται εἰς τὸν δίσκον καὶ ἐκεῖθεν διαχέεται ἐπὶ τῶν φύλων ταῦτα δέ, ἠλεκτριζόμενα διὰ τοῦ αὐτοῦ εἴδους ἠλεκτρισμοῦ, ἀπωθοῦνται καὶ ἀποκλίνουν, πίπτουν δὲ ἐκ νέου κατακόρυφα, ἐὰν ἐγγίσωμεν τὸν δίσκον διὰ τοῦ δακτύλου.

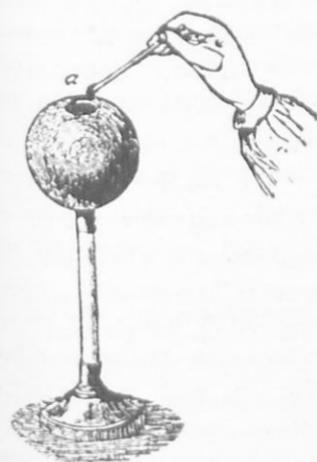


Σχ. 208

185. Ὁ ἠλεκτρισμὸς φέρεται εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀγωγῶν.—

Πᾶν ἠλεκτραγωγὸν σῶμα, πλη-

ρες 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 αἱ ἐν δοκιμαστικὸν ἐπίπεδον. Τοῦτο εἶναι μικρὸς δίσκος μεταλλίνος προσηλωμένος εἰς τὸ ἄκρον μονωτικῆς λαβῆς. Ἀφοῦ φέρωμεν τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας, τὸ πλησιάζομεν εἰς τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι τὸ σφαιρίδιον μένει



• Σχ. 209

ἀκίνητον. Ἐὰν ὁμοίως φέρωμεν τὸ ἐπίπεδον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας καὶ πλησιάσωμεν αὐτὸ εἰς τὸ ἠλε-

πτρικόν ἐκκρεμές, θὰ παρατηρήσωμεν ἔλξιν. Συνεπῶς τὸ δοκιμαστικόν ἐπίπεδον ἠλεκτριζέται, ἂν τεθῆ εἰς ἐπαφὴν μόνον μετὰ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

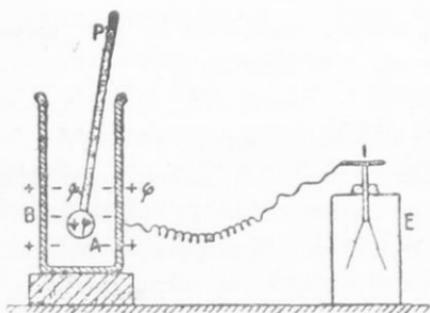
### ΠΟΣΟΤΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

#### ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΤΟΥ FARADAY

186. Ὅρισμός τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Κύλινδρος τοῦ Faraday.— Οὗτος εἶναι μεταλλικὸς κύλινδρος Β (σχ. 210), κοῖλος καὶ βαθύς, στηριζόμενος ἐπὶ πλάκῃ ἐκ παραφίνης.

Ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τούτου μικρὰν σφαιρὰν Α ἠλεκτρισμένην, κρατοῦντες αὐτὴν διὰ λαβῆς ἀπομονωτικῆς, καὶ τὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἐσωτερικῆς παρεῖας τοῦ κυλίνδρου, ὅλος ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς σφαίρας φέρεται, ὡς ἐμάθομεν, εἰς τὴν ἐξω-

τερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κυλίνδρου. Ἐὰν τότε ἠλεκτροσκόπιον Ε τεθῆ εἰς συγκοινωνίαν διὰ σύρματος μετὰ τοῦ κυλίνδρου, τὰ φύλλα του ἀποκλίνουν.



Σχ. 210

λάβωμεν τὴν αὐτὴν ἀπόκλισην 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 αὕτη ποσότης φέρεται μετὰ τὴν ἐπαφὴν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου καὶ προστίθεται εἰς τὴν πρῶτην διανεμομένη ὅπως ἐκεῖνη. Ἡ νέα ἀπόκλιση τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀντιστοιχεῖ εἰς διπλὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ κυλίν-

δρου. Δυνάμεθα τὴν πρώτην ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ κυλίνδρου νὰ τριπλασιάσωμεν, τετραπλασιάσωμεν κτλ.

γ') Δύο ποσότητες ἠλεκτρισμοῦ ἀντίθετοι λέγονται ἴσαι, ἐὰν παράγουν χωριστὰ τὴν αὐτὴν ἀπόκλιση. Ἡ τελικὴ ἀπόκλιση εἶναι μηδέν, ἐὰν εἰσαγάγωμεν διαδοχικῶς δύο ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ ἴσας ἀλλ' ἀντιθέτους. Αἱ ποσότητες λοιπὸν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ προστίθενται ἀλγεβρικῶς.

δ') Ἡ τελικὴ ἀπόκλιση θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ, εἴτε αἱ ποσότητες τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι διαδοχικαί, εἴτε εἶναι σύγχρονοι.

*Σημείωσις.* Αἱ ποσότητες τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὀνομάζονται καὶ ἠλεκτρικαὶ μᾶζαι ἢ ἠλεκτρικὰ φορτία.

187. Μέτρησις τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.—Ἐὰν λάβωμεν ὡς μονάδα τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποίαν φέρει ἢ ὡς ἀνωτέρω σφαῖρα A, βαθμολογοῦμεν τὸ ἠλεκτροσκόπιον εἰσάγοντες εἰς τὸν κύλινδρον διαδοχικῶς ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ ἴσας πρὸς τὴν τῆς σφαίρας A. Λαμβάνομεν τοιουτοτρόπως τὰς ἀποκλίσεις τὰς ἀντιστοιχοῦσας εἰς 1, 2, 3, . . . μονάδας ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ. Τὸξον κύκλου, ἐνώπιον τοῦ ὁποίου ἀποκλίνουν τότε τὰ φύλλα, βαθμολογεῖται διὰ τῶν ἀριθμῶν 1, 2, 3, . . .

Διὰ νὰ μετρήσωμεν μίαν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ οἵανδήποτε, καταβιβάζομεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τὸ σῶμα, τὸ ὁποῖον φέρει αὐτὴν, καὶ τὸ θέτομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κυλίνδρου. Ἐὰν ἡ ἀπόκλιση τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου φθάσῃ εἰς τὴν διαίρεσιν π. χ. 4, τὸ σῶμα φέρει ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην μὲ 4 μονάδας. Ἀλλὰ θὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ ποσότης εἶναι  $+4$ , ἐὰν τὸ σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον θετικῶς  $-4$  δέ, ἐὰν εἶναι ἠλεκτρισμένον 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 ἔχῃ ἑκάτερα ἐκ δύο ὁμοίων μικρῶν σφαιρῶν ἀβαρῶν, ἵνα τιθέμενα εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων ἴσην μὲ ἓν ἑκατοστόμετρον ἀπωθῶνται (εἰς τὸ κενόν) μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς μίαν δύννην.

Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται ἠλεκτροστατική μονὰς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ μονὰς αὕτη εἶναι πολὺ μικρά, εἰς τὴν προᾶξιν λαμβάνεται ἡ coulomb (ἔδ. 111), ἣτις ἰσοδυναμεῖ μὲ  $3 \times 10^9$  ἠλεκτροστατικὰς μονάδας.

188. Νόμος τοῦ Coulomb. — Ὁ νόμος οὗτος ἀνεκαλύφθη πειραματικῶς ὑπὸ τοῦ Γάλλου φυσικοῦ Coulomb. Κατ' αὐτόν :

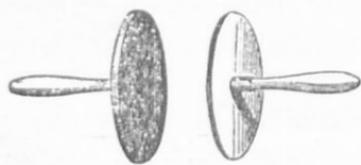
Δύο ἠλεκτρισμένα σημεῖα (δηλ. σώματα, τῶν ὁποίων αἱ διαστάσεις δὲν ὑπολογίζονται) ἔλκονται ἢ ἀπωθοῦνται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐνούσης ταῦτα εὐθείας, ἀναλόγως τῶν ποσοτήτων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ των καὶ κατὰ λόγον ἀντίστροφον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεώς των.

Ἐὰν  $\Delta$  δύναμι εἶναι ἡ ἑλκτική ἢ ὠστική δύναμις,  $\pi$  καὶ  $\pi'$  αἱ ποσότητες τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῶν δύο σωμάτων εἰς ἠλεκτροστατικὰς μονάδας καὶ  $a$  ἑκατοστόμετρα ἡ 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  $\Delta$  εἶναι θετικὸν καὶ ἡ δύναμις ὠστική. Ἐὰν εἶναι ἐτερόσημοι, τὸ  $\Delta$  εἶναι ἀρνητικὸν καὶ ἡ δύναμις ἑλκτική.

189. Σύγχρονος ἀνάπτυξις τῶν δύο εἰδῶν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς ποσότητας ἰσοδυνάμους. Ὄταν προστριβόμεν 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.



Σχ. 211

Ἀποδεικνύομεν τοῦτο διὰ δίσκου ξυλίνου κεκαλυμμένου δι' ὑφάσματος καὶ ἑτέρου δίσκου ὑάλινου, τοῖς ὁποίοις προστριβόμεν τὸν ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου, κρατοῦντες αὐτοὺς ἀπὸ τὰς μονωτικὰς λαβὰς (σχ. 211). Ἡ ὑάλος τότε ἠλεκτρίζεται θετικῶς, τὸ δὲ ὑφασμα ἀρνητικῶς. Πράγματι, πλησιάζοντες τὸν ὑάλινον δίσκον εἰς τὸ σφαιρίδιον ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσαμεν προηγουμένως θετικῶς, παρατηροῦμεν ἄπωσιν, ἐνῶ τοῦναντίον, ἂν πλησιάσωμεν τὸ ὑφασμα, 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 ὡς ἑξῆς: Ἄφ' οὗ προστριψωμεν τοὺς δίσκους, θέτομεν κατὰ πρῶτον τὸν ἓνα ἐξ αὐτῶν, π.χ. 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 δύν προστριβομένων σωμάτων εἶναι ἀκριβῶς ἰσοδύναμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΣ—ΔΥΝΑΜΙΣ ΤΩΝ ΑΚΙΔΩΝ

190. Ἡλεκτρικὴ πυκνότης.—Ἐπὶ σφαίρας μεμονωμένης ἢ ἠλεκτρικὴ πυκνότης, δηλ. ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ κατὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον, εἶναι σταθερά. Ἡ διανομὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἐπὶ ἐπιφανείας σφαίρας εἶναι ὁμαλή.

Ἐὰν  $\Pi$  ἢ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς σφαίρας,  $a$  ἑκατ. ἢ ἀκτίς τῆς καὶ  $\sigma$  ἢ πυκνότης τῆς, θὰ ἔχωμεν  $\Pi = 4\pi a^2 \cdot \sigma$ , ἕξ ἧς

$$\sigma = \frac{\Pi}{4\pi a^2}.$$

Ἐπὶ ἀγωγῷ μὴ σφαιρικῷ ἢ διανομὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ δὲν εἶναι ὁμαλή. Καλοῦμεν τότε **πυκνότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ** εἰς τι ση-

μεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος τὸν λόγον  $\frac{\Pi}{\epsilon}$  τῆς ποσότητος  $\Pi$  τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μᾶς πολὺ μικρᾶς ἐπιφανείας περὶ τὸ σημεῖον τοῦτο πρὸς τὴν ἕκτασιν  $\epsilon$  τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

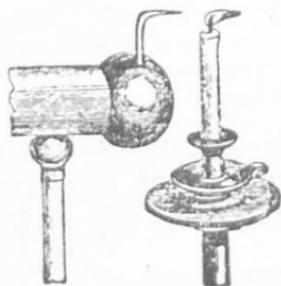


Σχ. 212

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), κρατούμενον 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.

### 191. Δύναμις τῶν ἀκίδων.—



Σχ. 213

Ἐἰς ἕκαστον σημεῖον ἠλεκτρισμένου ἀγωγοῦ ὁ ἠλεκτρισμὸς ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ ὁμοσήμου ἠλεκτρισμοῦ τῶν παρακειμένων σημείων καὶ τείνει νὰ ἐγκαταλείψῃ τὸν ἀγωγόν. Διατηρεῖται ὁμοῦ ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ διὰ τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος, ὅστις, ὅταν εἶναι ξηρὸς, εἶναι πολὺ καλὸς μονωτήρ. Ἄλλ' ἢ ἀντίστασις αὕτη δὲν εἶναι ἀπεριόριστος, διότι, ὡς δεικνύει τὸ πείραμα, ὅταν πολὺς ἠλεκτρισμὸς συσσωρεύεται ἐπὶ ἀκίδων ἀγωγοῦ τινος, ἐκφεύγει μεταπηδῶν εἰς τὰ πέριξ μόρια τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα, ὡς ἠλεκτριζόμενα ὁμώνυμως, ἀποθιῶνται ζωηρῶς.

Οὕτω, ἐὰν θέσωμεν ἀκίδα ἐπὶ ἠλεκτρικῆς μηχανῆς (σχ. 213), ἣτις παρέχει διαρκῶς ἠλεκτρισμόν, καὶ πλησιάσωμεν τὴν χεῖρα εἰς τὴν ἀκίδα ταύτην, αἰσθανόμεθα ἐλαφρὰν πνοὴν ὀφειλομένην εἰς τὴν ἄπωσιν τῶν ἐξ ἐπαφῆς ὁμώνυμως ἠλεκτριζομένων μορίων τοῦ ἀέρος. Ἡ πνοὴ αὕτη, καλουμένη ἠλεκτρικὸς ἄνεμος, δύναται νὰ κλίνη ἢ καὶ νὰ σβέσῃ τὴν φλόγα λαμπάδος (σχ. 213).

Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει, πρὸ πάντων, ὅταν ἡ ἀκίς παρέχῃ θετικὸν ἠλεκτρισμόν. Με ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμόν,



Σχ. 214

ἢ φλόξ ἐνίοτε ἔλκεται, διότι περιέχει ἐλευθέρας ποσότητας θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Ἄλλὰ καὶ ἡ ἀκίς ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ ὁμωνύμως ἠλεκτριζομένου ἀέρος. Τοῦτο ἐξηγεῖ τὸ πείραμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ στροβίλου, ὅστις στρέφεται κατὰ φοράν ἀντίθετον πρὸς τὴν τῶν ἀκίδων του (σχ. 214).

Ἡ ἀπώλεια αὕτη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διὰ τῶν ἀκίδων συνοδεύεται ὑπὸ φωτεινῶν ἰοχρόων θυσάνων, ὁρατῶν εἰς τὸ σκότος.

Ἡ ἰδιότης αὕτη τῶν ἀκίδων, νὰ ἀφήνουν νὰ ἐκρέη δι' αὐτῶν ὁ ἠλεκτρισμός, καλεῖται **δύναμις τῶν ἀκίδων**.

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ - ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ

**192. Ἐλεκτρικὸν πεδίον.**—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 ἑτεροπύμως ἠλεκτρισμένα ἔλκονται ἐπίσης, τὰ δὲ ὁμωνύμως ἀπωθεοῦνται.

Καλοῦμεν **ἠλεκτρικὸν πεδίον** τὸ σύνολον τῶν σημείων τοῦ διαστήματος, εἰς τὰ ὁποῖα αἱ δράσεις αὗται γίνονται αἰσθηταί.

**193. Δυναμικόν.**—Ἐν ἠλεκτρισμένῳ σῶμα, τὸ ὁποῖον ἐγκλείει ποσότητά τινα ἠλεκτρισμοῦ, δύναται νὰ παραβληθῇ μὲ σῶμα, τὸ ὁποῖον ἐγκλείει ποσότητά τινα θερμότητος. Ἀλλὰ, ὡς ἐμάθομεν, ἡ ποσότης τῆς θερμότητος δὲν ἀρκεῖ διὰ νὰ χαρακτηρίσῃ τὴν θερμοκρασίαν κατάστασιν τοῦ σώματος· πρέπει νὰ γνωρίζωμεν ἐπίσης καὶ τὴν **θερμοκρασίαν του**. Καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ δι' ἕν ἠλεκτρισμένῳ σῶμα, ἐκτὸς τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ του, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν καὶ τὸ **δυναμικὸν αὐτοῦ**.

Ἡ ἐννοία 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, ὅποιοιδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ σημεῖον τοῦ

ἀγωγού, εἰς τὸ ὁποῖον προσεδέθη τὸ σύρμα. Τότε, ἐπειδὴ ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης **δύναται νὰ μεταβάλλεται** εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τοῦ ἀγωγού, ἡ σταθερὰ ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου καθιστᾷ φανερὰν μίαν **ἠλεκτρικὴν κατάστασιν**, κοινὴν εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ ἀγωγού. Ἡ ἠλεκτρικὴ αὕτη κατάστασις καλεῖται **δυναμικόν**. Τὸ δυναμικόν εἶναι **θετικόν** μὲν, ἐὰν τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου εἶναι θετικόν, **ἀρνητικόν** δέ, ἐὰν τὸ φορτίον εἶναι ἀρνητικόν.

α) Δύο ἀγωγοί, τῶν ὁποίων αἱ διαστάσεις καὶ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία δύναται νὰ εἶναι πολὺ διάφορα, ἔχουν τὸ αὐτὸ δυναμικόν, ἐὰν δίδουν χωριστὰ φορτία **ἴσα καὶ ὁμόσημα** εἰς ἠλεκτροσκοπίον, μετὰ τοῦ ὁποῖου 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 ἀγωγού καὶ εἰς δύο διάφορα σημεῖα τοῦ ἄλλου, **πρὸ τῆς συγκοινωνίας καὶ μετ' αὐτήν** θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ταῦτα δὲν μεταβάλλονται.

Ἐπίσης καὶ τὰ φορτία των, μετρούμενα πρὸ τῆς συγκοινωνίας τῶν ἀγωγῶν τούτων καὶ μετ' αὐτήν, δὲν μεταβάλλονται.

β) Τὸ δυναμικόν ἑνὸς ἀγωγού Α εἶναι μεγαλύτερον τοῦ δυναμικοῦ ἄλλου ἀγωγού Β, ἐὰν τὸ φορτίον ἠλεκτροσκοπίου συνδεθέντος ἀπὸ ἀποστάσεως μετὰ τοῦ Α εἶναι **μεγαλύτερον** τοῦ φορτίου τοῦ αὐτοῦ ἠλεκτροσκοπίου συνδεθέντος μὲ 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 τῆς καὶ μετ' αὐτήν**, ἔχουν χωριστὰ μεταβληθῆ, ἀλλὰ τὸ ἄθροισμά των μένει σταθερόν.

**194. Σύγκρισις τῶν δυναμικῶν.**— Πᾶς ἀγωγὸς ἠλεκτρισμένου, τιθέμενος εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους, ἀπληκτριζέται, καθὼς

καὶ τὸ ἠλεκτροσκόπιον μετὰ τοῦ ὁποίου εἶναι συνδεδεμένος. Τὸ δυναμικὸν τοῦ 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' ἄγωγόν δυναμικοῦ  $B$  volts, ἡ 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 δια τριβῆς ἀναπτυσσομένου ἠλεκτρισμοῦ, λαμβάνεται ὡς ἠλεκτροστατικὴ μονὰς δυναμικοῦ τὸ δυναμικὸν σφαίρας ἀκτίνος ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, ἐχούσης ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς τὴν μονάδα τῆς ποσότητος.

Ἡ μονὰς αὕτη ἰσοδυναμεῖ μὲ 300 volts.

**195. 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 ἄγωγου, μετὰ τοῦ ὁποίου θὰ τεθῇ εἰς συγκοινωνίαν ἀπὸ ἀποστάσεως.

**196. Ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ των.**—Διὰ νὰ γίνῃ κίνησις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν, πρέπει οἱ ἀγωγοὶ οὗτοι νὰ ἔχουν διάφορον δυναμικόν. Ἡ διαφορὰ αὕτη τοῦ δυναμικοῦ καλεῖται, ὡς ἐμάθομεν, ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Τὸ σύστημα δύο ἀγωγῶν, οἱ ὁποιοὶ ἔχουν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἐγκλείει ἐνέργειαν δυναμικὴν, διότι ἡ ἀποκατάστασις του εἰς κοινὸν δυναμικὸν ἀναπτύσσει ἔργον.

#### ΗΛΕΚΤΡΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ

**197. Ὅρισμός.**—Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι, ἐὰν εἰσαγάγωμεν εἰς

τὸν αὐτὸν μεμονωμένον ἄγωγὸν φορτία  $\pi, 2\pi, 3\pi, \dots$  τὸ δυναμικὸν τοῦ ἄγωγου τοῦτου λαμβάνει τὰς τιμὰς  $B, 2B, 3B, \dots$  Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι τὸ δυναμικὸν ἄγωγου μεμονωμένου εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ φορτίον του.

Ἐὰν συνεπῶς  $\Pi$  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 μεταξύ τοῦ φορτίου του καὶ τοῦ δυναμικοῦ του.

Ἐὰν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον θέσωμεν  $B=1$  volt, θὰ ἔχωμεν  $X=\Pi$ . Δηλ. ἠλεκτροχωρητικότης ἄγωγου εἶναι τὸ φορτίον, ὅπερ 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

$$\text{farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}} = \frac{3 \cdot 10^9}{1} = 3^2 \cdot 10^{11} \text{ ἠλεκτροστατικὰς μονάδας.}$$

Πολλάκις χρησιμοποιεῖται ὡς μονὰς τὸ microfarad, τὸ ὅποιον ἴσούται μὲ τὸ ἑκατομμυριοστὸν τοῦ farad. Ἐν microfarad  $= 3^2 \cdot 10^9$  ἠλεκτροστατικὰς μονάδας.

Σημειώσεις. Ὡς ἠλεκτροστατικὴ μονὰς χωρητικότητος λαμβάνεται ἡ χωρητικότης σφαιρας, ἀκτίνος ἑνὸς ἑκατοστομέτρου. Συνεπῶς ἡ χωρητικότης σφαιρας εἰς ἠλεκτροστατικὰς μονάδας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτῖνα αὐτῆς, δηλ. μετρεῖται διὰ τῆς ἀκτίνος αὐτῆς ἐκπεφρασμένης εἰς ἑκατοστά.

### Π ρ ο β λ ἦ μ α τ α

1ον. Ποῖον φορτίον πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς σφαιραν διαμέτρου 3 ἑκατοστομέτρων, διὰ νὰ εἶναι ἡ πικνότης αὐτῆς 7;

2ον. Δύο μικρὰ σφαῖραι ἔχουν ἠλεκτρικὰ φορτία +12 καὶ -8. Μετὰ ποίας δυνάμεως αἱ δύο αὗται σφαῖραι ἔλκονται ἐξ ἀποστάσεως 2 ἑκατοστομέτρων;

3ον. Σφαῖρα ἀκτῖνος 14 ἑκατοστομέτρων εἶναι ἠλεκτροισμένη καὶ ἡ πυκνότης αὐτῆς εἶναι 10. Ποῖον εἶναι τὸ δυναμικὸν τῆς σφαίρας ταύτης;

4ον. Δύο σφαῖραι, πεφορτισμένοι ἑκατέρω δι' ἐνὸς coulomb θετικῶν ἠλεκτρισμοῦ, ἀφίστανται ἀλλήλων κατὰ 10 μέτρα. Ποία ἡ ἀμοιβαία ὁστικὴ δύναμις;

5ον. Ποῖον φορτίον πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς χωρητικότητα 100 microfarads, ἵνα ὑψώσωμεν τὸ δυναμικὸν αὐτῆς εἰς 50 volts;

6ον. Ἀγωγὸς χωρητικότητος 10 ἠχθῆ εἰς δυναμικὸν 30. Ποῖον τὸ φορτίον αὐτοῦ;

7ον. Ποία ἡ ἀκτίς σφαίρας, ἣς ἡ χωρητικότης εἶναι 1 microfarad;

8ον. Δύο σφαῖραι μεμονωμένοι, ὧν αἱ ἀκτῖνες εἶναι μεταξὺ των ὡς 7 καὶ 11, φέρουσι τὴν αὐτὴν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ. Εἰς ποίαν σχέσιν εὐρίσκονται αἱ πυκνότητες αὐτῶν;

9ον. Σφαῖρα ἠλεκτροισμένη ἀκτῖνος 120 δακτύλων ἔχει δυναμικὸν 10. Ἄλλη σφαῖρα ἠλεκτροισμένη ἀκτῖνος 20 δακτύλων ἔχει δυναμικὸν 4. Θέτομεν αὐτὰς εἰς συγκοινωνίαν διὰ σύρματος λεπτοῦ καὶ μακροῦ, χωρητικότητος ἀσημάντων. Ποῖον τὸ τελικὸν δυναμικὸν τοῦ συστήματος;

10ον. Μικρὰ σφαῖρα ἠλεκτροισμένη 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 ἄπωση 9 δυνῶν. Ποῖον τὸ ἀρχικὸν φορτίον τῆς ἠλεκτροισμένης σφαίρας;

11ον. Δύο μικρὰ σφαῖραι ἀπέχουν ἀπ' ἀλλήλων κατὰ 5 ἑκατοστομέτρα. Ἡ μία ἐξ αὐτῶν ἔχει φορτίον 40 μονάδων. Ποῖον πρέπει νὰ εἶναι τὸ φορτίον τῆς ἑτέρας, ἵνα μεταξὺ αὐτῶν ἀσκήται ἄπωση ἴση πρὸς 5 χιλιοστόγραμμα;

12ον. Δύο σφαῖραι, ἔχουσαι ἡ μὲν μία ἀκτῖνα 1 ἑκατοστομέτρον, ἡ δὲ ἄλλη 2, συνεδέθησαν πρὸς στιγμήν διὰ μακροῦ σύρματος καὶ εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δυναμικὸν 40. Ἡ ὁστικὴ δύναμις, ἣτις ἀσκεῖται νῦν μεταξὺ τούτων, εἶναι 4 δυνῶν. Ποία ἡ χωρίζουσα ταύτας ἀπόστασις;

13ον. Δύο σφαῖραι εὐηλεκτραγωγοί, ἠλεκτροισμένοι, ἔχουσαι ἀκτῖνας 5 χ. μ. καὶ 1 ἐκ., συνεδέθησαν διὰ σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ, ἠλεκτροχωρητικότητος ἀσημάντων. Τῆς συγκοινωνίας διακοπήσας

αί δύο σφαιραι 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 ἐκ., ἔχει δυναμικὸν 10. Συνδέομεν αὐτὰς διὰ σύρματος μακροῦ καὶ λεπτοῦ. Ποῖον γίνεται τὸ κοινὸν δυναμικὸν τῶν δύο σφαιρῶν ;

15ον. Σφαιρα εὐηλεκτραγωγός, ἀκτῖνος 50 ἑκατοστομέτρων, εἶναι ἠλεκτρισομένη εἰς δυναμικὸν 200. Θέτομεν αὐτὴν εἰς συγκοινωνίαν μετ' ἄλλον ἄγωγου, χωρητικότητος ἀγνώστου. Τὸ δυναμικὸν πίπτει εἰς 20. Ποία ἡ χωρητικότης τοῦ δευτέρου τούτου ἄγωγου ;

16ον. Δύο σφαιραι ἴσαι, ἠλεκτρισομένη καὶ μεμονωμένη, ἀπέχουσαι ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν  $\chi$ , ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 1. Ἐάν τις φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν καὶ κατόπιν τὰς ἀπομακρύνωμεν ἀπ' ἀλλήλων εἰς ἀπόστασιν ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς προηγουμένης, ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς 4,5. Ζητεῖται ὁ λόγος τῶν ἀγωγικῶν ἠλεκτρικῶν μαζῶν τῶν δύο σφαιρῶν.

17ον. Δύο μικραὶ χάλκινα σφαιραι A καὶ B, ἀκίνητοι καὶ ἴσαι, εὐρίσκονται ἐπὶ μεμονωμένου ἐπιπέδου εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας AB, μήκους 10 ἐκ. Ἐκ τούτων ἡ μὲν A εἶναι ἠλεκτρισομένη, ἡ δὲ B ἀηλέκτριστος.

Φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὴν A μετ' τρίτην ἴσην χαλκίνην καὶ μεμονωμένην σφαιραν Γ, εἶτα δὲ φέρομεν εἰς ἐπαφὴν καὶ τὴν B πρὸς τὴν Γ.

Εἰς ποῖον σημεῖον τῆς εὐθείας AB δεόν νὰ θέσωμεν τὴν Γ, ἵνα ὑπάρξῃ ἰσορροπία ;

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

### ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΔΙ' ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ

198. Ἡλεκτρικὴ ἐπίδρασις. — Πᾶς ἄγωγός τιθέμενος ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἠλεκτρίζεται καὶ τροποποιεῖ τὸ πεδίων περὶ αὐτόν. Ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἠλεκτρίσεως καλεῖται ἠλέκτρισις δι' ἐπίδρασεως.

Π ε ἶ ρ α μ α. Ἐάν εἰς μεταλλικὴν σφαιραν μεμονωμένην καὶ ἠλεκτρισομένην π. χ. θετικῶς πλησιάσωμεν μεταλλικὸν κύλινδρον AB

μεμονωμένον καὶ ἐν οὐδετέρῳ καταστάσει, ὁ κύλινδρος ἠλεκτρίζεται (σχ. 215).

Ἐὰν ὁ κύλινδρος φέρῃ διπλῶ ἔκκρεμῇ ἀποτελούμενα ἀπὸ σφαιρίδια ἐξ ἐντεριώνης, ἐξηρημένα δι' εὐηλεκτραγωγῶν νημάτων, τὰ ἔκκρεμῇ ταῦτα ἀποκλίνουν. Τὸ ἄκρον δὲ Α, τὸ πλησιέστερον πρὸς τὴν σφαῖραν, παρουσιάζει ἠλεκτρισμὸν ἐτερόσημον πρὸς τὸν τῆς σφαιράρας. Πράγματι, ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὸ παρὰ τὸ Α ἔκκρεμὲς ράβδον ἐκ ρητίνης, τραβῆσαι διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, ἢ ράβδος αὐτὴ τὸ ἀπωθεῖ. Ἡ αὐτὴ ράβδος ἔλκει τὸ ἔκκρεμὲς τοῦ ἄκρου Β. Τὸ ἄκρον λοιπὸν τοῦ κυλίνδρου τὸ μαῖλλον ἀπομακρυσμένον ἀπὸ τὴν σφαῖραν ἠλεκτρίσθη ὁμοσήμως πρὸς αὐτήν.

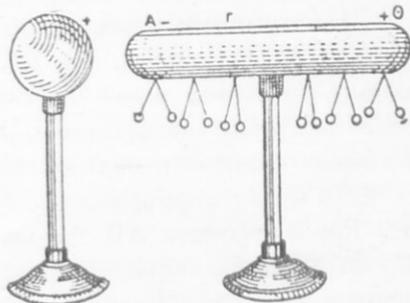
Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν σφαῖραν ὅλα τὰ ἔκκρεμῇ τοῦ κυλίνδρου καταπίπτουν. Οἱ ἀντίθετοι λοιπὸν ἠλεκτρισμοὶ οἱ ἀναπτυσθέντες ἐξ ἐπιδράσεως ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου εὐρίσκοντο εἰς ἴσας ποσότητας, διότι ἐξουδετερώθησαν μόλις ἔπαυσεν ἡ ἐπίδρασις.

Τὰ ἐξ ἐπιδράσεως ἀναπτυσσόμενα φορτία αὐξάνονται, ὅταν αὐξάνεται τὸ φορτίον τοῦ ἐπιδρώντος σώματος καὶ ὅταν ἡ ἀπόστασις του 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 ἐπιδρώντος σώματος χωρίζεται ἐπὶ τοῦ δεχομένου τὴν ἐπίδρασιν σώματος ἴσας ποσότητας ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν. Ὁ ἀρνητικός, ἐλκόμενος, φέρεται πρὸς τὸ ἄκρον τοῦ κυλίνδρου τὸ πλησιέστερον πρὸς τὴν σφαῖραν, ὁ δὲ θετικός, ἀπωθούμενος, ἀναφαίνεται εἰς τὸ ἄκρον τὸ μαῖλλον ἀπομακρυσμένον ἀπὸ τῆς σφαιράρας.

**Συγκοινωνία τοῦ κυλίνδρου μετὰ τοῦ ἐδάφους.** Ἐὰν προεκτείνωμεν τὸν κύλινδρον ΑΒ δι' ἐνὸς ἄλλου ἀγωγοῦ, ἢ ἀπόκλισις τοῦ ἔκκρεμοῦς αὐξάνεται εἰς τὸ Α. Ἐὰν συνδέσωμεν μετὰ τοῦ ἐδά-



Σχ. 215

φους οιονδήποτε σημειον του κυλίνδρου AB, ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς διοχετεύεται εἰς τὸ ἔδαφος καὶ τὸ ἔκκρεμὸς τοῦ ἄκρου B καταπίπτει.

**Ἡλέκτρισις δι' ἐπιδράσεως.** Ἐὰν διακόψωμεν, διαρκοῦσης τῆς ἐπιδράσεως, τὴν συγκοινωνίαν τοῦ κυλίνδρου AB μετὰ τοῦ ἐδάφους καὶ ἀπομακρύνωμεν ἔπειτα τὴν ἐπιδρωσαν σφαιραν ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς, ὅστις μόνος ὑφίσταται ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου AB, διαχέεται ἐπ' αὐτοῦ ἔλευθέρως· ὅλα τὰ ἔκκρεμῆ διίστανται· ῥάβδος δὲ ἐκ ρητίνης τριβεῖσα διὰ μαλλίνου ὑφάσματος τὰ ἀπωθεῖ. **Ἡλεκτροῖσμεν τοιουτοτρόπως δι' ἐπιδράσεως ἀγωγὸν μεμονωμένον, ἄνευ τριβῆς καὶ ἄνευ ἐπαφῆς,** δι' ἐπιδρωστος ἀγωγοῦ, τοῦ ὁποῖου τὸ φορτίον ἔχει μείνει σταθερόν. Ὁ τὴν ἐπίδρασιν δεχθεὶς ἀγωγὸς ἠλεκτροῖσθη δι' ἠλεκτρισμοῦ ἀντιθέτου πρὸς τὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ ἐπιδρωσαντος ἀγωγοῦ.

**Ἡλέκτρισις δι' ἐπαφῆς.** Ἐὰν πλησιάζωμεν μέχρις ἐπαφῆς τὸν κύλινδρον AB (φέροντα καὶ τὰ δύο εἶδη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ) εἰς τὴν σφαιραν, ἓν μέρος μόνον τοῦ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ τῆς σφαίρας 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 ἀρχικόν θετικὸν φορτίον τῆς σφαίρας. 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.

**199. Ἡλεκτρικὰ διαφράγματα.**—Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐπίδρασις ἐξασκεῖται διὰ μέσον τῶν δυσἠλεκτραγωγῶν σωμάτων, διὰ μέσον τοῦ ἀέρος π.χ. ὅπως εἰς τὰ προηγουμένα πειράματα. Τοῦναντίον τοίχωμα εὐἠλεκτραγωγὸν κλειστῆς κοιλότητος σταματᾷ τελείως τὴν ἐπίδρασιν καὶ ἀποτελεῖ ἀληθῆς **διάφραγμα** μετὰ τοῦ ἐσωτερικοῦ καὶ ἐξωτερικοῦ ὑπὸ τὰς ἐξῆς συνθήκας:

α') Τὸ τοίχωμα πρέπει νὰ εὑρίσκειται εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ ἐδάφους, ἐὰν θέλωμεν νὰ προστατεύσῃ τὸ ἐξωτερικὸν ἐναντίον τῆς ἐπιδράσεως ἠλεκτρικοῦ φορτίου εὑρισκομένου εἰς τὸ ἐσωτερικόν.

β') Τὸ τοίχωμα δύναται νὰ εἶναι μεμονωμένον, ἐὰν πρόκειται νὰ προστατεύσῃ τὸ ἐσωτερικὸν ἐναντίον τῆς ἐπιδράσεως ἐξωτερικῶν φορτίων.

Ἡ πρώτη ιδιότης ἀποδεικνύεται, ἐὰν θέσωμεν εἰς τὸ ἔδαφος

κύλινδρον τοῦ Faraday καὶ ἐντὸς αὐτοῦ εἰσαγάγωμεν σῶμα ἠλεκτρι-  
σμένον καὶ μεμονωμένον, τοῦ ὁποίου τὸ φορτίον ἔστω  $+π$ . Ὁ κύλιν-  
δρος ἠλεκτριζέται ἐξ ἐπιδράσεως, ἀλλὰ χάνει τὸ ἐξωτερικόν του φορ-  
τίον, τὸ ὁποῖον ἐξαφανίζεται εἰς τὸ ἔδαφος, καὶ διατηρεῖ μόνον τὸ  
ἐσωτερικόν —  $π$ , τὸ ὁποῖον συγκρατεῖται διὰ τῆς ἔλξεως τοῦ ἠλεκτρι-  
σμένου σώματος. Τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου καταπίπτουν καὶ τί-  
ποτε δὲν φανερώνει πλέον πρὸς τὰ ἐκτὸς τὸ ἐσωτερικόν ἠλεκτρικόν  
φορτίον τοῦ κυλίνδρου.

Ἡ περίπτωση αὕτη πραγματοποιεῖται ὑπὸ τῶν εὐἠλεκτραγωγῶν  
τοιχωμάτων αἰθούσης, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐγκαθιστῶμεν ἠλεκτρισμένα  
σώματα.

Ἡ δευτέρα ιδιότης προκύπτει ἐκ τοῦ ἀποδειχθέντος ἤδη, ὅτι, ἐὰν  
ἠλεκτρίσωμεν ἐξωτερικῶς εὐἠλεκτραγωγὸν σῶμα μεμονωμένον ἢ μὴ,  
τὸ ἠλεκτρικὸν πεδῖον εἰς τὸ ἐσωτερικὸν εἶναι μηδέν.

**200. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἐπιδράσεως.** — α') Ἐλξίς τῶν ἑλα-  
φρῶν σωμάτων. Τὰ ἑλαφρὰ σώματα ἔλκονται ὑπὸ ἠλεκτρισμένου  
σώματος, διότι ἠλεκτριζοῦνται δι' ἐπιδράσεως καὶ παρουσιάζουν εἰς τὸ  
μέρος των τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα ἠλεκτρισμὸν  
ἐτερόνυμον πρὸς τὸν ἐπιδρῶντα.

β') **Λειτουργία τοῦ ἠλεκτροσκοπίου.** Ἐὰν πλησιάσωμεν  
ἠλεκτρισμένον σῶμα εἰς τὴν σφαῖραν τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ὁ ἀγωγὸς  
ὁ ἀποτελούμενος ὑπὸ τῆς σφαίρας, τοῦ στελέχους καὶ τῶν φύλλων  
ἠλεκτριζέται δι' ἐπιδράσεως, ὁ ἐτερόνυμος ἠλεκτρισμὸς ἔλκεται πρὸς  
τὴν σφαῖραν καὶ ὁ ὁμόνυμος ἀπωθεῖται εἰς τὰ φύλλα. Ταῦτα δὲ ὡς  
φορτιζόμενα διὰ τοῦ αὐτοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἀποκλίνουιν.

Ἐὰν, κρατοῦντες τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα πλησίον τῆς σφαίρας,  
ἐγγίσωμεν αὐτὴν διὰ τοῦ δακτύλου, τὰ φύλλα καταπίπτουν, διότι ἀἠ-  
λεκτριζοῦνται ἢ σφαῖρα μόνη μένει ἠλεκτρισμένη. Ἐὰν ἤδη ἀποσύρω-  
μεν τὸν δάκτυλον καὶ κατόπιν ἀπομακρύνωμεν τὸ ἐπιδρῶν σῶμα, ὁ  
ἠλεκτρισμὸς τῆς σφαίρας διαχέεται καὶ εἰς τὰ φύλλα, τὰ ὁποῖα πάλιν  
ἀποκλίνουιν.

Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης δυνάμεθα νὰ ἠλεκτρίσωμεν τὸ ἠλεκτρο-  
σκόπιον διὰ γνωστοῦ εἶδους ἠλεκτρισμοῦ. Τὸ τοιοῦτοτρόπως ἠλεκτρι-  
σθὲν ἠλεκτροσκόπιον δύνата νὰ χρησιμεύσῃ διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τοῦ  
εἶδους τοῦ ἠλεκτρισμοῦ οἴουδήποτε σώματος.

Ὑποθέσωμεν π.χ., ὅτι εἰς ἠλεκτροσκόπιον, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη θετικῶς, πλησιάζομεν σῶμα ἠλεκτρισμένον, ἐπίσης θετικῶς. Τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἠλεκτρίζεται ἕξ ἐπιδράσεως· ὁ οὕτω ἀναπτυσσόμενος θετικὸς ἠλεκτρισμὸς ἀπωθιέται πρὸς τὰ φύλλα, ὅπου προστίθεται εἰς τὸν ὑπάρχοντα ἐκεῖ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ **αὐξάνει τὴν ἀπόκλισιν τῶν φύλλων.**

Σῶμα ἠλεκτρισμένον ἀρνητικῶς παράγει ἀντίθετον ἀποτελεσμα, δηλ. ἐλαττώνει τὴν ἀπόκλισιν, διότι ὁ ἠλεκτρισμὸς, τὸν ὁποῖον ἡ ἐπίδρασις ἀναπτύσσει εἰς τὰ φύλλα, εἶναι ἑτερόνυμος πρὸς τὸν ὑπάρχοντα ἐκεῖ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ συνεπῶς ἐξουδετερώνει αὐτὸν μερικῶς.

*Σημείωσις.* Εἰς τὴν τελευταίαν ταύτην περίπτωσιν πρέπει τὸ ἠλεκτρισμένον 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 ἠλεκτρισμὸς δύναται νὰ φθάσῃ εἰς πολὺ μεγάλην ποσότητα, ἀρκοῦσαν ὄχι 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 ἐξήγησιν τοῦ ἀποτελέσματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

**201. Πηγαὶ ἠλεκτρισμοῦ.**—Αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διαίροῦνται εἰς τρεῖς κλάσεις :

α') Εἰς **ἠλεκτροστατικὰς μηχανάς**, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν καὶ δίδουν **ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ μικράς, ἀλλὰ δυναμικοῦ ὑψηλοῦ.**

β') Εἰς **στήλας**, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν, ὡς ἐμάθομεν, τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν καὶ δίδουν **μεγάλας ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ εἰς πολὺ μικρὸν δυναμικόν.**

γ') **Τὰς δι' ἐπαγωγῆς μηχανάς**, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν καὶ δίδουν γενικῶς μεγάλην ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ εἰς δυναμικὸν μεταβλητὸν ἀπὸ 0 μέχρι χιλιάδων βόλτ.

**202. 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 εἷς τῶν πόλων συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἐδάφους, ὅπου διοχετεύεται ὁ ἀντίστοιχος ἠλεκτρισμὸς.

Αἱ ἠλεκτροστατικαὶ μηχαναὶ διακρίνονται εἰς μηχανὰς **διὰ τριβῆς** καὶ μηχανὰς **δι' ἐπίδρασεως**. Πράγματι ὅμως, ἡ ἐπίδρασις ἐξασκειται εἰς ὅλας τὰς ἠλεκτροστατικὰς μηχανὰς.

**203. Ἡλεκτροφόρος.**—Ἡ ἀπλουστέρα τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν εἶναι ἡ **ἠλεκτροφόρος**, ἐν συνδυασμῷ μετὰ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday. Αὕτη συνίσταται ἐκ δίσκου ἐξ ἔβονίτου καὶ ἐξ ἐλαφροῦ μεταλλικοῦ δίσκου (τὸν ὁποῖον σήμερον κατασκευάζουν ἐξ ἀργιλίου) φέροντος μονωτικὴν λαβὴν (σχ. 216). Ἐὰν ὁ ἔβονίτης προστριβῆ διὰ δέρματος γαλῆς, ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς. Ἐπὶ τοῦ οὕτω ἠλεκτρισθέντος ἔβονίτου ἐφαρμόζομεν τὸν μεταλλικὸν δίσκον. Ἐπειδὴ πολὺ λεπτὸν στρώμα ἀέρος χωρίζει τὸν ἔβονίτην ἀπὸ τοῦ μετάλλου, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς τοῦ ἔβονίτου ἐνεργεῖ **δι' ἐπίδρασεως** 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 τοῦ διαχέεται ἐλευθέρως ἐπὶ τῶν δύο ὄψεων τοῦ δίσκου. Ὁ δίσκος, τοῦ ὁποῖου ἡ χωρητικότης ἠλαττώθη (μετὰ τὴν διακοπὴν τῆς συγκοινωνίας μετὰ τοῦ ἐδάφους), λαμβάνει δυναμικὸν  $B$ , τὸ ὁποῖον κατὰ τὴν σχέσιν  $\Pi = X \cdot B$  (ἐδ. 197) αὐξάνεται καὶ δύναται τότε νὰ ἀσκήσῃ ἐπίδρασιν ἐπὶ ἄλλου ἀγωγοῦ. Πράγματι, πλησιάζοντες τὸν δάκτυλον εἰς τὸν δίσκον ἀποσπῶμεν σπινθῆρα.



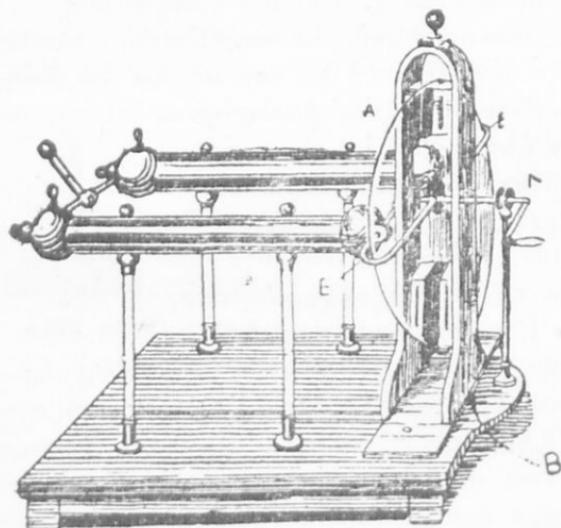
Σχ. 216

Ἐὰν, πρὶν ἀποσπῶμεν 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.

*Σημείωσις.* Ὅταν ἀνυψῶμεν τὸν δίσκον, ἐκτὸς τοῦ ἀναγκαίου μηχανικοῦ ἔργου διὰ τὴν ἀνύψωσιν αὐτοῦ, δαπανῶμεν ἔργον διὰ νὰ ὑπερικήσωμεν τὴν ἕλξιν, ἣτις ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν ἀντιθέτων φορτίων τοῦ ἐβροντίου καὶ τοῦ δίσκου. Τὸ τελευταῖον τοῦτο ἔργον, ἀνυψοῦν τὸ δυναμικὸν τοῦ δίσκου, μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἣτις ἐξαφανίζεται κατόπιν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν.

**204. Μηχανὴ τοῦ Ramsden.**—Ἡ μηχανὴ τοῦ Ramsden (σλ. 217) συνίσταται ἐκ μεγάλου ὑαλίνου δίσκου A, ὅστις φέρεται μεταξὺ δύο κατακορύφων σανίδων καὶ διὰ στροφάλου N δύναται νὰ τεθῆ εἰς



Σλ. 217

κίνησιν περὶ τὸν ἄξονά του. Κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην ὁ δίσκος προστρίβεται ἐπὶ δύο ξυγῶν δερματίνων προσκεφαλαίων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἐν κείτῃ 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, ἐπὶ τοῦ ὁποίου φέρονται ταῦτα. Κατὰ

τὴν ὀριζοντίαν διάμετρον ὁ δίσκος διέρχεται μεταξὺ δύο ὀρειχαλκίνων σωλήνων ὑσοειδῶν E, οἱ ὁποῖοι καλοῦνται κτένες, ἕνεκα τῶν ἀκίδων, τὰς ὁποίας φέρουν ἐσωτερικῶς. Τέλος, οἱ κτένες συνδέονται μὲ δύο

μεγάλους κοίλους ορειχαλκίνους κυλίνδρους. Οί δύο οὔτοι κύλινδροι, παράλληλοι μεταξύ των, είναι μεμονωμένοι διὰ ὑαλίνων ποδῶν στερεωμένων ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἡ ὁποία φέρει τὸ βῆθρον τῶν προσκεφαλαίων. Τὰ δύο ἄκρα τῶν κυλίνδρων συνδέονται μεταξύ των διὰ σωλήνος ὀριζοντίου ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου.

**Λειτουργία.** 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 οὐδέτεραν κατάστασιν. Συνεχιζομένης τῆς στροφῆς ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς τοῦ πρώτου καὶ τρίτου τεταρτοκυκλίου διερχόμενος πρὸ τῶν κτενῶν ἀναλῦει 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 οὐδέτεραν κατάστασιν. Ὁ δίσκος, συνεχίζων τὴν στροφὴν του, ἠλεκτρίζεται ἐκ νέου καὶ νέα ποσότης θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἀπωθεῖται ἐπὶ τῶν κυλίνδρων καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς.

Κατὰ τὴν στροφὴν, τὰ προσκεφάλαια ἠλεκτρίζονται ἀρνητικῶς· ἀλλ' ἐπειδὴ συγκοινωνοῦν μετὰ τοῦ ἐδάφους, ὁ ἠλεκτρισμὸς οὗτος διοχετεύεται εἰς τὸ ἔδαφος.

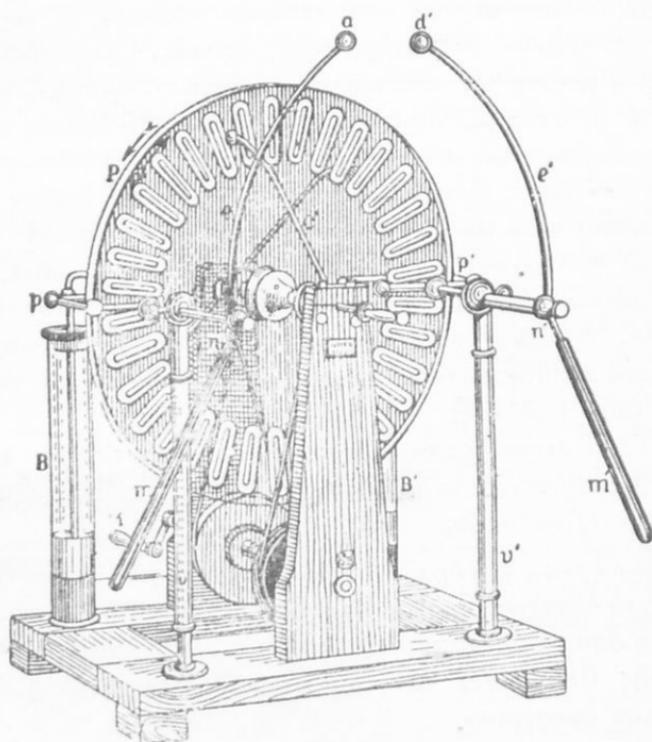
**Σημείωσις.** Πηγὴ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἶναι τὸ μηχανικὸν ἔργον, τὸ δαπανώμενον διὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῶν θετικῶν φορτίων τοῦ δίσκου ἀπὸ τὰ ἀρνητικὰ φορτία τῶν προσκεφαλαίων. Τὸ ἔργον τῆς τριβῆς θερμαίνει τὸν δίσκον καὶ δὲν μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν,

**205. Μηχανὴ τοῦ Wimshurst.**—Ἡ μηχανὴ αὕτη συνίσταται ἐκ δύο δίσκων ὁμοίων καὶ παραλλήλων PP' (σχ. 218), ἐξ ὑάλου ἢ ἔξ 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 μεγαλύτερας τροχαλίας ὑπαρχούσης ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ στροφάλου. Οἱ δίσκοι στρέφονται κατ' ἀντιθέτους

φοράς, διότι τὸ ἐν τῶν λωρίων, ἀντὶ νὰ παρουσιάσῃ δύο κλάδους 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 βραχυτάτων χρόνων διὰ διαμετρικοῦ ἀγωγοῦ φέροντος εἰς ἕκαστον τῶν ἄκρων του μεταλλικὴν ψήκτραν.

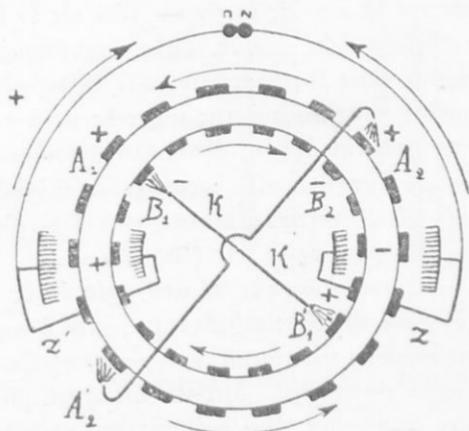
Ἐκαστος δίσκος ἔχει τὸν διαμετρικόν του ἀγωγὸν μετὰ τῶν ψήκτρων του. Οἱ δύο ἀγωγοὶ εἶναι κεκλιμένοι ὁ μὲν εἰς πρὸς τὸ δεξιόν, ὁ δὲ ἄλλος πρὸς τὰ ἀριστερὰ περίπου κατὰ  $45^\circ$  ἐπὶ τῆς κατακορύφου οὕτως, ὥστε νὰ διασταυρῶνται. Εἰς τὰ δύο ἄκρα τῆς ὀριζοντίας δια-

Διον. Π. Λεονταρίτου

μέτρου του οἱ δίσκοι διέρχονται μεταξύ δύο ὑοειδῶν κτενῶν  $pp'$ . Οἱ κτένες οὗτοι συνδέονται μετὰ δύο μεταλλικῶν τόξων καταληγόντων εἰς μικρὰς σφαίρας  $\alpha$  καὶ  $\alpha'$ , 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  $\alpha$  καὶ  $\alpha'$  νὰ δύνανται τῇ βοήθειᾳ τούτων νὰ πλησιάζουν ἢ νὰ ἀπομακρύνονται κατὰ βούλησιν.

(Ἡ χωρητικότης τῶν πόλων αὐξάνεται διὰ δύο λουγδουνικῶν λαγῆνων  $B$  καὶ  $B'$ , περὶ τῶν ὁποίων θὰ ὁμιλήσωμεν κατωτέρω καὶ τῶν ὁποίων οἱ ἔξωτερικοὶ ὄπλισμοὶ συγκοινωνοῦν μεταξύ των, ἐνῶ οἱ ἔσωτετικοὶ δύνανται νὰ συνδεθοῦν διὰ χαλκίνων στελεχῶν μὲ τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς).

**206. Λειτουργία τῆς μηχανῆς.**—Τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς ἔξηγεῖ τὸ σχῆμα 219, εἰς τὸ ὁποῖον οἱ δίσκοι παρίστανται ὑπὸ δύο συγκεντρικῶς περιστρεφομένων τυμπάνων. Ὑποθέτομεν κατ' ἀρχάς, ὅτι τὸ ἔξωτερικὸν τύμπανον ἠρεμεῖ καὶ ὅτι ὁ τομεὺς  $A_1$  ἔχει, ἕνεκα οἰασδῆποτε 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 ἔξουδετεροῖ τὸν ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν τοῦ τομέως, ἔπειτα δὲ πληροῖ τούτον διὰ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ὁμοίως φθάνει ὁ θετικῶς ἠλεκτρισμένος τομεὺς  $B_1$  εἰς



Σχ. 219

τὸν κτένα  $z'$ , ἐκφοροῦται ἐκεῖ καὶ πληροῦται δι' ἀρνητικοῦ ἤλεκτροσμοῦ, ἐνῶ ὁ ἐξ ἐπιδράσεως ἀναπτυχθεὶς θετικὸς ἤλεκτροσμός ἀπωθεῖται πρὸς τὸν πόλον Π.

Ἐὰν ὅμως περιστρέφεται ἐπίσης καὶ ὁ ὀπίσθιος δίσκος (ἔξωτερικὸν τύμπανον) κατ' ἀντίθετον φορᾶν, ὁ τομεὺς  $A_2$  ἠλεκτριζέται θετικῶς δι' ἐπιδράσεως τοῦ ἀρνητικοῦ ἤλεκτροσμοῦ 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  $B_1$ . Ἔνεκα τούτου τὸ ὅλον ἐναεῖον φορτίον τῶν τομέων φθάνει μέχρις ἑνὸς ὁρίου, ἐξαερωμένου ἐκ τῆς ἀπομονωτικῆς ἰκανότητος τῶν δίσκων καὶ ἐκ τῶν ἀτμοσφαιρικῶν συνθηκῶν. Ὅταν τοιοῦτοτρόπως 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 μετὰ τῶν δύο πόλων. Τοὺς σπινθήρας τούτους καθιστῶμεν ἀραιότερους ἀλλὰ λαμπροτέρους καὶ θορυβωδεστερούς, θέτοντες εἰς συγκοινωνίαν τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς μετὰ τῶν λουγδονικῶν λαγῆνων.

Διὰ τὴν ἀρχὴν, ἀρκεῖ ἐλάχιστον φορτίον ἐπὶ ἑνὸς τῶν τομέων, τὸ ὁποῖον συνήθως εἶτε προέρχεται ἐξ ἰχνῶν φορτίου, τὸ ὁποῖον διατηροῦν οἱ ἐξ ἐβονίτου δίσκοι, εἶτε ἀναπτύσσεται διὰ τῆς τριβῆς τῶν μεταλλικῶν ψηκτρῶν ἐπὶ τῶν τομέων.

*Σημείωσις.* Ἡ ἀναγκαία ἰσχὺς διὰ νὰ θέσωμεν εἰς περιστροφὴν τοὺς δίσκους αὐξάνεται, ὅταν ἡ μηχανὴ λειτουργῇ· διότι ἡ ἀναπιεσσομένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια πηγάζει ἐκ τοῦ μηχανικοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον δαπανῶμεν διὰ νὰ ὑπερνικήσωμεν τὴν ἀμοιβαίαν ἔλξιν τῶν ὀργάνων τῶν πεφορτισμένων δι' ἀντιθέτων ἠλεκτροσμῶν.

207. Ἀντιστρεπτικότης τῆς μηχανῆς.—Ἐὰν συνδέσωμεν μὲ τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς λειτουργούσης τοὺς πόλους ἄλλης μηχανῆς μικροτέρας (ἀπαλλαγείσης τῶν λωρίων τῆς, διὰ νὰ εἶναι μᾶλλον εἰκίνητος), οἱ δίσκοι τῆς δευτέρας ταύτης μηχανῆς τίθενται εἰς κίνησιν. Οἱ πόλοι τῆς πρώτης ἐκφορτίζονται θέτοντες εἰς κίνησιν τὴν δευτέ-

ραν. Ἡ πρώτη μετατρέπει τὸ ἔργον εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἡ δευτέρα μετατρέπει ταύτην εἰς ἔργον.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'

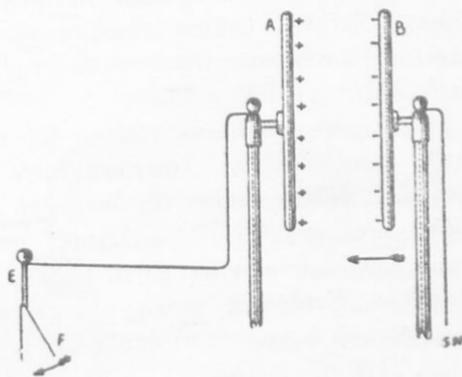
### ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

#### 208. Μεταβολαὶ τῆς χωρητικότητος ἀγωγοῦ.—Πείραμα.

Ὁ ἀγωγὸς A (σχ. 220), ὅστις εἶναι π.χ. μεταλλικὴ πλάξ, ἠλεκτρίζεται θετικῶς δι' ἐπαφῆς μετὰ τοῦ θετικοῦ πόλου ἠλεκτρικῆς τινος πηγῆς. Τὸ ἠλεκτροσκόπιον E μετρεῖ τὸ δυναμικόν, τὸ ὁποῖον τοιοιτοτρόπως ἀπέκτησεν ὁ A. Ἐστω τοῦτο Δ.

Ἀφοῦ διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν τοῦ A μετὰ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς, πλησιάζομεν πρὸς αὐτὸν τὸν δίσκον B, ὅστις συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἐδάφους.

Διαπιστοῦμεν τότε ἐκ τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἀποκλίσεως τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ A καταπίπτει. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ δίσκος B, ὅστις ἠλεκτρίσθη ἀρνητικῶς δι' ἐπιδράσεως, ἔλκει μέγα μέρος τοῦ φορτίου τοῦ A καὶ τοῦ E ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ A τῆς πρὸς τὸν B.



Σχ. 220

Ἐὰν θέσωμεν τότε πάλιν τὸν A εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τῆς πηγῆς, ἡ ὁποία ἀποκαθιστᾷ ἐπὶ τοῦ A τὸ δυναμικὸν Δ, ὁ ἀγωγὸς A παραλαμβάνει ἀπὸ τὴν πηγὴν νέαν ποσότητα θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Διὰ τὸ αὐτὸ λοιπὸν δυναμικὸν Δ, ὁ ἀγωγὸς A λαμβάνει μεγαλύτερον φορτίον ἐπὶ παρουσίᾳ τοῦ ἀγωγοῦ B παρὰ ὅταν ἦτο μόνος. Ἄρα ἡ χωρητικότης αὐτοῦ ηὔξηθη. Διότι ἐκ τῆς σχέσεως  $\Pi = X \cdot \Delta$  (ἐδ. 197) εἶναι φανερόν, ὅτι, διὰ νὰ αὐξηθῇ τὸ  $\Pi$ , τοῦ Δ μένοντος σταθεροῦ, πρέπει νὰ αὐξηθῇ τὸ X.

Είναι φανερόν, ὅτι αὐξάνεται ἡ ἐπίδρασις καὶ συνεπῶς τὸ φῶσ-  
τιον ἐπὶ τοῦ Α, αὐξανομένης τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν Α καὶ Β  
καὶ ἐλαττουμένης τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

Ἐπίσης ἡ ἐπίδρασις αὐξάνεται περισσότερον, ἐὰν μεταξὺ τῶν  
ἀγωγῶν παρενθεῖ ἡ σῶμα στερεὸν δυσηλεκτραγωγόν.

**209. Συμπυκνωταί.**— Ὁ συμπυκνωτής εἶναι συσκευή μεγάλης  
ἡλεκτροχωρητικότητος, ἀποτελου-  
μένη ἐκ δύο εὐηλεκτραγωγῶν ἐπι-  
φανειῶν παραλλήλων, χωριζομένων  
διὰ λεπτοῦ ἐλάσματος ἀπομονω-  
τικοῦ.



Σχ. 221

Αἱ δύο εὐηλεκτραγωγοὶ ἐπιφά-  
νεια λέγονται ὀπλισμοὶ τοῦ συμπυκνωτοῦ.

**Παραδείγματα συμπυκνωτῶν.** α') Ὁ ἀπλούστατος τῶν συμπυ-  
κνωτῶν εἶναι ὁ ἐπίπεδος συμπυκνωτής (σχ. 221).  
Κατασκευάζομεν τοιοῦτον συμπυκνωτήν, προσκο-  
λῶντες φύλλον ἐκ κασσιτέρου ἐπὶ ἐκάστης τῶν ὄψεων  
πλακῶς ὑαλίνης.

β') Εἰς τὰ πειράματα τῶν σχολείων μεταχειρι-  
ζόμεθα συνήθως τὴν λουγδουνικὴν λάγηνον.  
Αὕτη εἶναι ὑαλινὴ φιάλη, τῆς ὁποίας τὸ πῶμα δια-  
περᾶται 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 ἀπο-



Σχ. 222

τελοῦν τὸν ἐσωτερικὸν  
ὀπλισμὸν τοῦ πυκνω-  
τοῦ (σχ. 222).

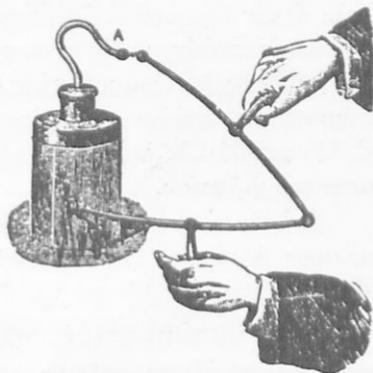
Ὁ ἐξωτερικὸς ὀ-  
πλισμὸς ἀποτελεῖται ἐκ  
φύλλου κασσιτέρου, τὸ  
ὁποῖον καλύπτει ἐξωτε-  
ρικῶς τὸν πυθμένα καὶ  
τὴν κυρτὴν ἐπιφάνειαν



Σχ. 223

τῆς φιάλης μέχρις ὀρισμένης ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ στομίου.

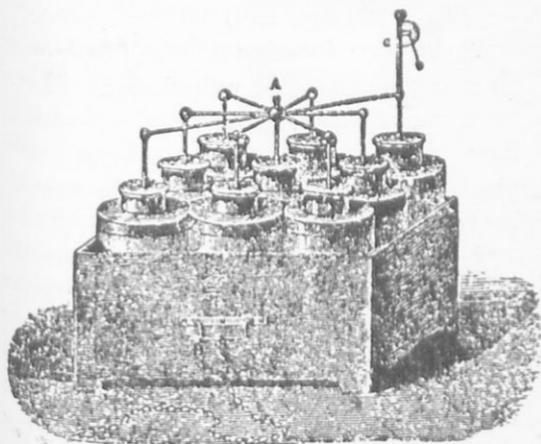
**Πλήρωσις τῆς λαγίνου.** Διὰ νὰ πληρώσωμεν τὴν λαγίνον, τὴν λαμβάνομεν διὰ τῆς χειρὸς ἀπὸ τὸ μέρος τὸ καλυπτόμενον ὑπὸ τοῦ κασιτέρου. Τοιουτοτρόπως ὁ ἔξωτερικὸς ὄπλισμός διὰ τοῦ σώματός μας συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἐδάφους. Φέρομεν κατόπιν εἰς ἐπαφὴν τὸ σφαιρίδιον μὲ ἠλεκτρικὴν τινὰ μηχανὴν λειτουργοῦσαν (σχ. 223). Ὁ ἔσωτερικὸς ὄπλισμός φορτίζεται τότε π.χ. διὰ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὁ ὁποῖος τῷ παρέχει τὸ δυναμικὸν τῆς μηχανῆς, ἐνῶ ὁ ἔξωτερικὸς φορτίζεται ἔξ ἐπιδράσεως δι' ἴσης ποσότητος ἀρνητικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.



Σχ. 224

**Ἐκκένωσις τῆς λαγίνου.** Ἡ ἐκκένωσις τῆς λαγίνου γίνεται διὰ τοῦ ἐκκενωτοῦ (σχ. 224). Τὸ ὄργανον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὀρειχαλκίνων τόξων, καταληγόντων εἰς σφαιρίδια καὶ ἐνουμένων διὰ ἀρθρώσεως.

Τὰ τόξα ταῦτα φέρουν ὑάλιναν λαβάν. Ἐὰν ἐγγίσωμεν διὰ τοῦ ἐνὸς τῶν σφαιριδίων τὸν ἓνα ὄπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ καὶ πλησιάσωμεν τὸ ἄλλο σφαιρίδιον εἰς τὸν δεύτερον ὄπλισμὸν, πρὸ τῆς ἐπαφῆς ἐκρήννυται σπινθήρ καὶ ὁ πυκνωτὴς ἐκκενοῦται ἀκαριαίως.



Σχ. 225

Δυνάμεθα ὁμῶς

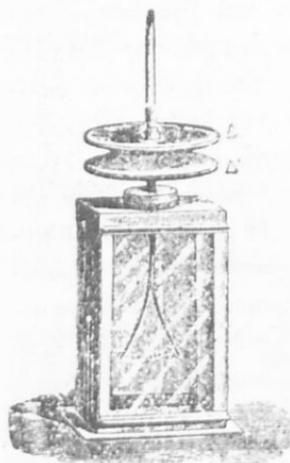
νὰ ἐκκενώσωμεν βραδέως τὴν λαγίνον θέτοντες αὐτὴν ἐπὶ μονωτικῷ ὑποστηρίγματος καὶ ἐγγίζοντες ἐναλλάξ διὰ τοῦ δακτύλου τὸν ἔξωτερικὸν ὄπλισμὸν καὶ τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐσωτερικοῦ ὄπλισμοῦ.

**210. Ἡλεκτρικὴ συστοιχία.**—Πολλάκις, ἀντὶ μιᾶς μεγάλης  
Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

λουγδονικῆς λαγῆνου, ἡ ὁποία θὰ ἦτο δύσχρηστος, προτιμῶμεν συστοιχίαν ἀποτελουμένην ἐκ πολλῶν λαγῆνων συνδεομένων κατ' ἐπιφάνειαν. Δηλ. οἱ μὲν ἐσωτερικοὶ ὄπλισμοὶ συνδέονται διὰ μεταλλικῶν στελεχῶν, τὰ ὁποῖα καταλήγουν εἰς κεντρικὴν σφαιρᾶν Α, αἱ δὲ λάγῆνοι τοποθετοῦνται ἐντὸς ξυλίνου κιβωτίου (σχ. 225), τοῦ ὁποίου ὁ πυθμὴν, καλυπτόμενος ὑπὸ φύλλου κασσιτέρου, συνδέει τοὺς ἐξωτερικοὺς ὄπλισμοὺς μὲ δύο μεταλλικὰς λαβὰς (Β) προσηλωμένας εἰς τὰ ἐξωτερικὰ τοιχώματα τοῦ κιβωτίου.

Διὰ νὰ πληρώσωμεν τὴν συστοιχίαν, συνδέομεν τὴν μὲν κεντρικὴν σφαιρᾶν Α μὲ τὸν ἓνα τῶν πόλων ἠλεκτρικῆς μηχανῆς, τὴν μίαν δὲ τῶν ἐξωτερικῶν λαβῶν μὲ τὸν ἄλλον πόλον ἢ μετὰ τοῦ ἐδάφους.

**211. Συμπυκνωτικὸν ἠλεκτροσκόπιον.**—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 πλατὴν δίσκον ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ δεύτερος δίσκος μεταλλινὸς τῆς αὐτῆς διαμέτρου φέρον μω-  
νωτικὴν λαβὴν (σχ. 226).



Σχ. 226

Αἱ ἀπέναντι ἐπιφάνειαι τῶν δύο δίσκων εἶναι ἐπιχρισμένα διὰ γοιμαλάκας. Τοιοῦτοτρόπως τὰ δύο στρώματα τῆς γοιμαλάκας ἀποτελοῦν τὸ δυσηλεκτραγωγὸν στερεὸν τοῦ συμπυκνωτοῦ, ὁ ὁποῖος ἔχει τοὺς δύο δίσκους ὡς ὄπλισμοὺς.

**Χρῆσις.** Τὸ ὄργανον τοῦτο χρησιμεύει ὅπως ἐξελέγχωμεν δι' αὐτοῦ τὴν ἠλεκτρισιν τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα, μολονότι ἔχουν ἀσθενὲς δυναμικόν, δύναται ἐν τῷτοις νὰ παρέχουν μεγάλας ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ.

Ἡ εὐαίσθησις δ' αὐτοῦ διὰ τὴν τοιαύτην  
χορῆσιν εἶναι πολὺ ἀνωτέρα τῆς τοῦ κοινοῦ ἠλεκτροσκοπίου.

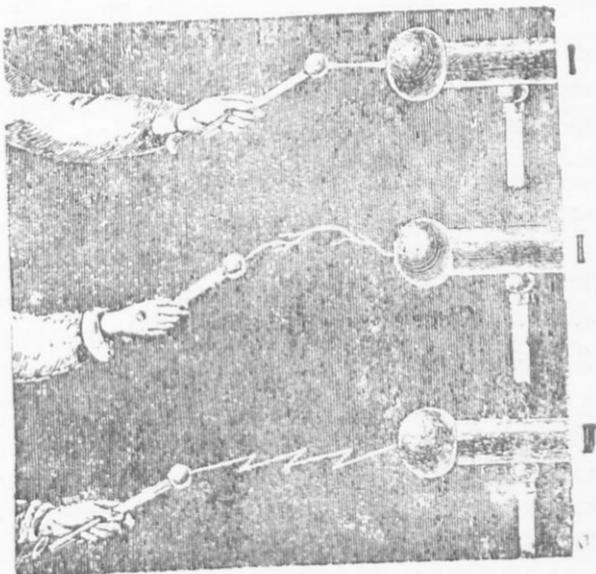
Ἐὰν ἐγγίσωμεν διὰ τοῦ δακτύλου τὸν ἀνώτερον δίσκον, θέτο-  
μεν τὸν κατώτερον εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τινος σώματος, τοῦ ὁποῖου  
τὸ δυναμικὸν εἶναι ἀνεπαίσθητον, ἀλλὰ τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παράσχη  
σημαντικὰς ποσότητας ἠλεκτρισμοῦ. Ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας τὰ  
φύλλα θὰ παραμείνουν εἰς τὸ μηδέν.

Ἐὰν ὁμως, ἀφοῦ διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν μεταξύ τοῦ κατωτέρου δίσκου καὶ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος, ἀνυψώσωμεν τὸν ἀνώτερον δίσκον, τὸ μὲν φορτίον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου μένει τὸ αὐτό, ἀλλ' ἡ ἠλεκτροχωρητικότης 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 ἀυξάνεται κατὰ πολὺ καὶ προκαλεῖ ἰσχυρὰν τῶν φύλλων ἀπόκλισιν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ

212. Διάφορα ἀποτελέσματα τῆς ἐκκενώσεως. — Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία δαπανᾶται κατὰ τὴν ἠλέκτρισιν ἐνὸς ἀγωγοῦ, μετατρέπεται ἐπ' αὐτοῦ εἰς δυναμικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν ἐκκένωσιν ἡ ἐνέργεια αὕτη παράγει διάφορα ἀποτελέσματα: φωτεινὰ, θερμαντικά, χημικά, μηχανικά, φυσιολογικά.



Σχ. 227

213. Ἀποτελέσματα φωτεινὰ. — Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθήρ εἶναι φωτεινὸν ἀποτέλεσμα.

Ἐὰν πλησιάσωμεν ἀρκετὰ δύο ἀγωγοὺς φορτισμένους δι' ἀντιθέτων ἠλεκτρισμῶν ἢ ἀπλοῦστερον παρουσιάζοντας διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ἀμοιβαία ἐλξις

τῶν δύο ἠλεκτρισμῶν δύναται νὰ ὑπερικήσῃ τὴν ἀντίστασιν τοῦ αἴερος. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, οἱ δύο ἠλεκτρισμοὶ συντίθενται παράγοντες φωτεινὴν γραμμὴν καὶ μικρὸν ξηρὸν κρότον. Ὁ σπινθὴρ ὀφείλεται εἰς τὴν διὰ τῆς ἐκκενώσεως θέρμανσιν τοῦ χωρίζοντος τοὺς δύο ἀγωγοὺς αἴερος, εἶναι δηλ. ἀποτέλεσμα τῆς μετατροπῆς τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς φῶς καὶ θερμότητα.

Τὸ **μῆκος** τοῦ σπινθῆρος αὐξάνεται μετὰ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ τῶν ἀγωγῶν. Μεταξὺ ἀγωγῶν μεγάλῃς χωρητικότητος ὁ σπινθὴρ 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 σπινθῆρος εἶναι ἀπείρως μικρά, τὸ δὲ **χρῶμα** αὐτοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἐκ τῶν ἀγωγῶν ἀποσπασμένων καὶ διὰ τῆς ἐκκενώσεως διαπυρουμένων μορίων. Τὸ φάσμα τοῦ σπινθῆρος παρουσιάζει συγχρόνως τὰς γραμμὰς τοῦ αἴερος καὶ τὰς γραμμὰς τῶν ἀτμῶν τοῦ μετάλλου τῶν ἀγωγῶν.

*Σημείωσις.* Ὁ ἠλεκτρισμὸς, 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).

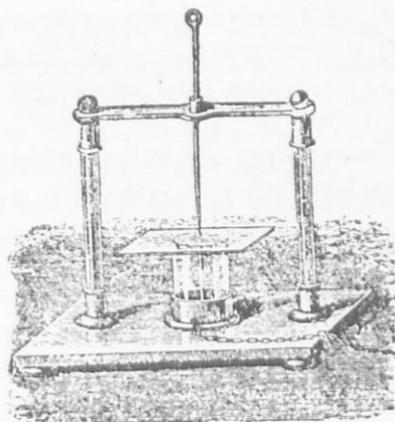
**214. Ἀποτελέσματα θερμαντικά.**—Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ ἀναφλέγει οὐσίας τινὰς ἐξόχως εὐφλέκτους. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνάφλεξιν τῆς πυρίτιδος τῶν ὑπονόμων ἢ ἀεριωδῶν μειγμάτων, ὅπως π. χ. μείγματος ὑδρογόνου καὶ ὀξυγόνου. Ἐπίσης ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις θερμαίνει μέχρι τήξεως σῆμα συνδέον τὰ σφαιρίδια ἐκκενωτοῦ.

**215. Ἀποτελέσματα χημικά.**—Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις μετατρέπει τὸ ὀξυγόνον τοῦ αἴερος εἰς ὄζον. Ἐντὸς αἰθούσης, εἰς τὴν ὁποίαν λειτουργεῖ μηχανὴ τοῦ Wimshurst, αἰσθανόμεθα εἰδικὴν ὁσμὴν, ὀφειλομένην εἰς μικρὰν ποσότητα ὄζοντος παραγομένου ὑπὸ τῶν σπινθῆρων τῆς μηχανῆς.

**216. Ἀποτελέσματα μηχανικά.**—Τὰ μηχανικὰ ἀποτελέσματα ἐκδηλοῦνται πρὸ πάντων ἐπὶ τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Ἐάν παρενθέσωμεν ὑαλίνην πλάκα μεταξὺ δύο ἀκίδων, ἐξ ὧν ἡ μὲν μία

συγκοινωνεῖ μετὰ ἠλεκτρικῆς μηχανῆς, ἢ δὲ ἄλλη μετὰ τοῦ ἐδάφους, ἢ ἐκκένωσις δύναται νὰ διαρρηθῆσιν τὴν πλάκα (σχ. 228).

**217. Ἀποτελέσματα φυσιολογικὰ.**—Ἐὰν πλησιάζωμεν τὴν χεῖρα εἰς ἠλεκτρισμένον ἄγωγόν, ἐκρήγνυται σπινθήρ μετὰ τοῦ ἄγωγου καὶ τῆς χειρὸς μας. Αἰσθανόμεθα τότε μικρὸν νυγμόν. Ἐὰν θέσωμεν τὴν μίαν χεῖρα ἐπὶ τοῦ ἐξωτερικοῦ ὀπλισμοῦ λουγδονικῆς λαγῆνου



Σχ. 228

πεπληρωμένης καὶ ἐγγίσωμεν διὰ τῆς ἄλλης χειρὸς τὸ σφαιρίδιον, αἰσθανόμεθα κλονισμόν ἀρκετὰ ἰσχυρόν. Τὸ πείραμα τοῦτο καθίσταται ἐπικίνδυνον ἐπαναλαμβανόμενον διὰ συστοιχίας συμπυκνωτῶν.

Οἱ ἰατροὶ χρησιμοποιοῦν τὸν στατικὸν ἠλεκτρισμόν διὰ τὴν θεραπείαν ὀρισμένων ἀσθενειῶν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

### ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

**218. Ἡ ἀτμόσφαιρα εἶναι ἠλεκτρικὸν πεδίου.**—Ἐὰν, ἐν καιρῷ αἰθρίας, τοποθετήσωμεν ἐν τῇ ἀτμόσφαιρᾳ 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 πεδίου, διότι ὁ ἄγωγός ὑφίσταται ἐντὸς αὐτῆς ἠλεκτρικὴν ἐπίδρασιν. Τὸ πεδίου τοῦτο



Σχ. 229

παράγεται ὑπὸ τῶν **θετικῶν φορτίων** τῆς ἀτμοσφαιράρας. Ταῦτα ἀναλύουν τὸν οὐδέτερον ἠλεκτρισμὸν τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ἔλκουν πρὸς τὴν ἀκίδα τὸν ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ ἀπωθοῦν πρὸς τὰ φύλλα τὸν θετικόν.

Ἀνάλογα πειράματα ἐγένοντο διὰ πρώτην φορὰν τῷ 1852 ὑπὸ τοῦ Dalibard ἐν Γαλλίᾳ καὶ ὑπὸ τοῦ Franklin ἐν Ἀμερικῇ. Ὁ τελευταῖος οὗτος ἐχρησιμοποίησε χαρταετὸν μὲ πλάισιον μεταλλικόν.

**219. Ἄστραπὴ — Βροντὴ — 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 ἐτερονύμους, εἴρεθοῦν εἰς κατάλληλον ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν, οἱ ἠλεκτρισμοὶ τῶν συντίθενται παράγοντες ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα καὶ δυνατὸν κρότον. Ὁ σπινθῆρ εἶναι ἡ **ἀστραπή**, ὁ κρότος δὲ ἡ **βροντὴ**.

Ὅταν ὁ σπινθῆρ ἐκρήγνυται μεταξὺ νέφους καὶ σημείου τινὸς τοῦ ἐδάφους ἠλεκτρισμένον μὲ ἐτερονύμους ἠλεκτρισμοὺς, λέγομεν, ὅτι **πίπτει κεραυνός**. Οὗτος προσβάλλει κατὰ προτίμησιν τὰ προεξέχοντα σημεῖα, ἐνθα συσσωρεύεται ἀντίθετος ἠλεκτρισμός, ἐλκόμενος ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τοῦ νέφους, ὅπως π.χ. εἶναι τὰ ὄρη, τὰ ὑψηλὰ οἰκοδομήματα, αἱ κορυφαὶ τῶν δένδρων κτλ.

Τὰ ἀποτελέσματα τοῦ κεραυνοῦ εἶναι τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἐκκενώσεων τῶν συστοιχιῶν, ἀλλ' ἀσυνγκρίτως ἰσχυρότερα: α') **ἀποτελέσματα μηχανικά**: εἰδικῶς ἐπὶ τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων, κατακορήμνις οἰκιῶν, θραῦσις δένδρων κτλ., β') **ἀποτελέσματα θερμαντικά**: πυρκαϊαὶ δι' ἀναφλέξεως ἀναφλεξίμων οὐσιῶν, τήξεις καὶ ἐξαερίωσις μετάλλων, γ') **ἀποτελέσματα χημικά**: σχηματισμὸς νιτρικοῦ ὀξέος, ὄζοντος, δ') **κλονισμοὶ** θανατηφόροι ἐπὶ ζῶων καὶ ἀνθρώπων. Οἱ κλονισμοὶ οὔτοι δύνανται νὰ ἐπέλθουν, καὶ ἀν-ἀκόμη ὁ κεραυνὸς δὲν πέσῃ ἐπὶ τοῦ ζῶου, ἀλλὰ εἰς μικρὰν ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν. Διότι πρὸ τῆς πτώσεως τοῦ κεραυνοῦ τὸ ζῶον θὰ ἔχη ἠλεκτρισητῆ ἕξ ἐπιδράσεως ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρισμένου νέφους, μετὰ δὲ τὴν πτώσιν τοῦ κεραυνοῦ τοῦτο ἐπανέρχεται ἀποτόμως εἰς τὴν οὐδέτερον κατάστασιν, διότι ἐξέλιπεν ἡ αἰτία τῆς ἠλεκτρίσεως· ἀλλὰ τοῦτο ἐπιφέρει ἰσχυρὸν κλονισμόν, πολλάκις θανατηφόρον (πλῆγμα ἕξ ἐπιτροφῆς).

220. Ἀλεξικέραυνον.—Τὸ ἀλεξικέραυνον χρησιμεύει διὰ τὴν προφύλαξιν τῶν οἰκοδομημάτων ἀπὸ τῶν κεραυνῶν ἵστηται δὲ ἐπὶ τῆς δυνάμεως τῶν ἀκίδων. Ἀποτελεῖται ἐκ σιδηρᾶς ράβδου, μήκους 5—10 μέτρων, ἣ ὁποία τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς στέγης τοῦ οἰκοδομήματος κατακορύφως καὶ καταλήγει πρὸς τὰ ἄνω εἰς κωνικὴν ἀκίδα ἐκ χαλκοῦ ἐπιχρυσωμένου. Ἡ ράβδος αὕτη τίθεται εἰς συγκοινωνίαν



Σχ. 230

μετὰ τοῦ ἐδάφους διὰ παχέος ἀγωγοῦ ἐκ σιδηρῶν συρμάτων (σχ. 230), ὅστις κατέρχεται κατὰ μήκος τοῦ οἰκοδομήματος καὶ εἰσδύει εἰς τὸ ὕδωρ φορέας.

Τὸ ἀλεξικέραυνον ἐπιφέρει διπλοῦν ἀποτέλεσμα: πρῶτον μὲν ἐλαττώνει τὸν ἀριθμὸν τῶν κεραυνῶν ἐπὶ τοῦ οἰκοδομήματος καὶ δεύ-  
τερον καθιστᾷ αὐτοὺς ἀβλαβεῖς. Πράγματι, ἐὰν νέφος ἠλεκτρισμένον

π.χ. θετικῶς διέλθη ἄνωθεν τοῦ οἰκοδομήματος τοῦ προστατευομένου ὑπὸ τοῦ ἀλεξικεραύνου, 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 ὁμώνυμος πρὸς τὸν τοῦ νέφους, ἀπωθεῖται πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἐὰν τὸ νέφος ἀηλεκτρισηθῇ τοιοῦτοτρόπως ἀρκετὰ ταχέως, ἢ πτώσις τοῦ κερανοῦ ἔχει ἀποφευχθῆ. Ἐὰν ὅμως πέσῃ ὁ κεραυνός, οὗτος προσβάλλει τὴν ἐξέχουσαν ἀκίδα καὶ διοχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἔδαφος ὡς μᾶλλον εὐηλεκτραγωγόν.

Διὰ τὰ εἶναι ἀποτελεσματικὸν τὸ ἀλεξικέρανον, πρέπει νὰ εἶναι συνδεδεμένον μεταλλικῶς μὲ ὅλας τὰς εὐηλεκτροαγωγούς μάζας τοῦ οἰκοδομήματος, π.χ. σιδηρᾶς δοκούς, ὑδραγωγούς ἢ ἀεριοαγωγούς σωλῆνας κτλ., διὰ τὰ δύναται ὁ ἐπ' αὐτῶν δι' ἐπιδράσεως ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς νὰ διασκορπίζεται εὐκόλως.

Εἰδικὰ ἀλεξικέρανα προφυλάσσουν ἀπὸ τοὺς κεραυνούς τὰς σινηθεις τηλεγραφικὰς γραμμὰς, τὰς συσκευὰς τῆς ἀσφραγίστου τηλεγραφίας κτλ.

## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

#### ΕΚΚΕΝΩΣΙΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΗΡΑΙΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

221. Ἠλεκτρικὸν ψόν.—Γνωρίζομεν, ὅτι εἰν ἀποκαταστήσωμεν ἐπαρκῆ διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν κειμένων πλησίον ἀλλήλων, παράγεται ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις ὑπὸ μορφήν σπινθήρος.

Ὁ σπινθήρ δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς ἀποστάσεως, ἣτις χωρίζει τοὺς δύο ἀγωγούς, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς πίεσεως τοῦ ἀέρος ἢ τοῦ αερίου, ὅπερ περιβάλλει τοὺς ἀγωγούς. Οὕτω, ὅταν ἡ ἐκκένωσις γίνεται ἐντὸς ἠραιωμένου αερίου, δὲν παράγεται πλέον σπινθήρ, ἀλλὰ λάμψις τοῦ αερίου συνεχής.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ψοῦ. Τοῦτο εἶναι ψοιδὲς ὑάλινον δοχεῖον φερόμενον ἐπὶ ὀρειχαλκίνου ποδὸς καὶ διαπερόμενον εἰς τὰ ἄκρα του ὑπὸ δύο μεταλλικῶν στελεχῶν, τὰ ὁποῖα καταλήγουν ἐντὸς τοῦ δοχείου εἰς σφαίρας. Τὸ ἀνώτερον στέλεχος εἶναι κινητὸν ἐντὸς ὀρειχαλκίνου περιβλήματος οὕτως, ὥστε αἱ δύο σφαῖραι νὰ δύνανται νὰ πλησιάζουν ἢ νὰ ἀπομακρύνονται ἀπ' ἀλλήλων. Ὁ ψοὸς φέρει στρόφιγγα 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 μετὰλλικὰ στελέχη μὲ τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς μηχανῆς τοῦ Wimshurst ἢ καλλίτερον μὲ τοὺς πόλους πηνίου τοῦ Ruhmkorff.

Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι :

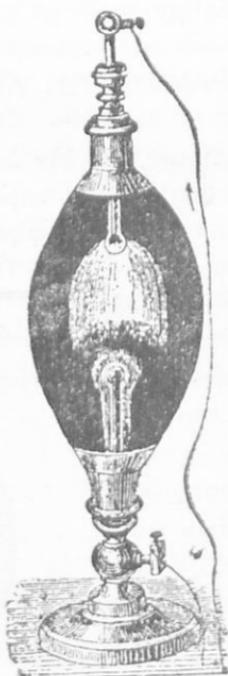
α') Ὅταν ὁ αἰρ τῆς συσκευῆς εὑρίσκεται ὑπὸ πίεσιν ὀλίγον



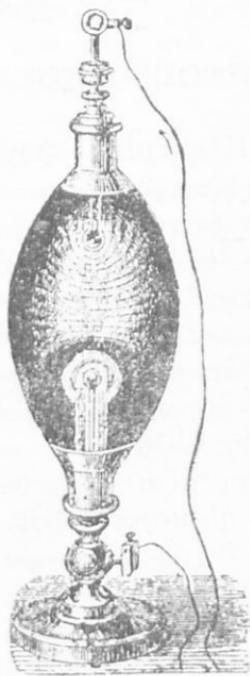
Σχ. 231

μικροτέραν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, οἱ σπινθῆρες ἐκρήγνυνται ἀπὸ ἀποστάσεως μεγαλυτέρας, ὑπὸ μορφὴν ἑνὸς ἢ περισσοτέρων φωτεινῶν νημάτων περισσότερον ἢ ὀλιγότερον κυματοειδῶν, τὰ ὁποῖα βαίνουν ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἠλεκτροδίου εἰς τὸ ἄλλο.

β') Ὄταν ἡ πίεσις κατέλθῃ μέχρι 4 ἢ 5 ἑκατοστομέτρων ὑδρογύρου, ἡ ἐκκένωσις ἐκδηλοῦται ὑπὸ μορφὴν ἐρυθρογχοῦ καὶ συνεχοῦς



Σχ. 232



Σχ. 233

φωτός, τὸ ὁποῖον πληροῖ τὸν σωλῆνα καὶ καλεῖται θετικὴ στήλη (σχ. 232).

γ') Ὄταν ἡ πίεσις κατέλθῃ μέχρις ἑνὸς ἑκατοστομέτρου ὑδρογύρου, ἡ θετικὴ στήλη δὲν εἶναι πλέον ὁμογενῆς· διαιρεῖται εἰς ζώνας παραλλήλους ἐναλλὰς φωτεινὰς καὶ σκοτεινὰς. Ἡ στήλη συμπίεζεται πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ ἀφήνει μεταξὺ αὐτῆς καὶ τῆς καθόδου σκοτεινὸν διάστημα. Ἡ δὲ κάθοδος περιβάλλεται ὑπὸ φωτεινοῦ περιβλήματος (σχ. 233).

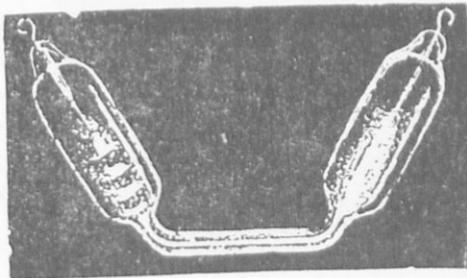
δ') Ὄταν ἡ πίεσις κατέλθῃ ἀκόμη περισσότερον, μέχρις  $\frac{1}{10}$

τοῦ χιλιοστομέτρου ὑδραργύρου, τὸ φωτεινὸν περίβλημα τῆς καθόδου ἐγκαταλείπει ταύτην καὶ μετασχηματίζεται εἰς φωτεινὴν ζώνην μεμονωμένην μεταξὺ δύο σκιερῶν διαστημάτων. Συγχρόνως ἡ θετικὴ στήλη συγκεντρῶνται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ ὀλίγον κατ' ὀλίγον ἐξαφανίζεται.

**222. Σωλῆνες τοῦ Geissler.**—Τὰς ἀνωτέρω μορφὰς τῆς ἐκκενώσεως παρατηροῦμεν εἰς τοὺς σωλῆνας τοῦ Geissler (σχ. 234). Οὗτοι εἶναι σωλῆνες ὑάλινοι κλεισθέντες εἰς τὰ δύο ἄκρα των διὰ συντήξεως,

οἵτινες περιέχουν ἀέρια περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον ἠραιωμένα.

Ἐκαστὸν ἄκρον τοῦ σωλῆνος διαπερῶνται κατὰ τὴν σύντηξιν ὑπὸ σύρματος ἐκ λευκοχρύσου, τοῦ ὁποίου τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἄκρον ἀποτελεῖ εἰς ἑκάστην πλευρὰν ἐν ἠλεκτροδίων. Τὰ ἐξωτε-



Σχ. 234

ρικά ἄκρα τῶν δύο τούτων συρμάτων συνδέονται μὲ τοὺς πόλους τοῦ πηνίου τοῦ Ruhmkorff ἢ τῆς μηχανῆς τοῦ Wimshurst, διὰ τῶν ὁποίων παράγονται αἱ ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις.

Οἱ σωλῆνες οὗτοι, διαφόρων σχημάτων, εἶναι πεπληρωμένοι ἕκαστος διὰ διαφόρου αερίου, τὸ ὁποῖον δίδει εἰς τὸ καταυγάζον αὐτὸν φῶς εἰδικὸν χρωματισμόν.

Τὸ ὑδρογόνον π.χ. δίδει ἐρυθρὸν χρωματισμόν, τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος ὑποκίανον.

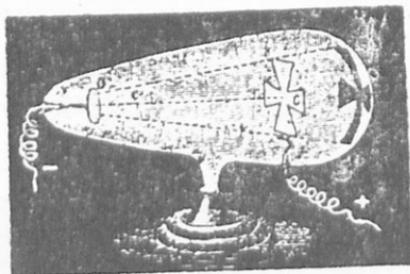
Οἱ χρωματισμοὶ οὗτοι εἶναι λαμπρότεροι εἰς τὰ στενὰ μέρη τοῦ σωλῆνος.

**223. Σωλῆνες τοῦ Crookes.**—Ἐὰν ἡ ἀραίωσις παραταθῇ σχεδὸν μέχρι χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ὑδραργύρου, ἡ λάμψις ἢ καταυγάζουσα τὸν σωλῆνα ἐκλείπει τελείως, ἐκτὸς ἀσθενοῦς τινος αἴγλης περὶ τὴν ἄνοδον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ὁ σωλῆν καλεῖται **σωλῆν τοῦ Crookes.**

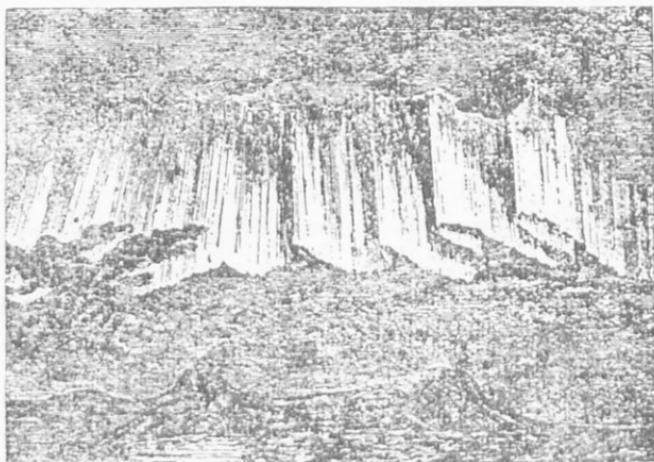
**224. Καθοδικαὶ ἀκτίνες.**—Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτροδία ἑνὸς τοιούτου σωλῆνος μετὰ τῶν πόλων πηνίου τοῦ Ruhmkorff, θὰ

παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ τοίχωμα τοῦ σωλήνος τὸ εὐρισκόμενον ἀπέναντι τῆς καθόδου καθίσταται φθορίζον, ἐμφανίζον ὄραϊον πράσινον χροῶμα. Ἐκ τῆς καθόδου δηλ. ἐκπέμπονται ἀκτίνες ἀόρατοι, αἱ ὁποῖαι διαδίδονται εὐθυγράμμως ἐντὸς τοῦ σωλήνος καὶ συναντῶσαι τὴν ὕαλον προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν αὐτῆς. Αἱ ἀκτίνες αὗται καλοῦνται **καθοδικαί**.



Σχ. 235

τῆς καθόδου σταυρὸν ἐξ ἀργιλίου (σχ. 235), θὰ παρατηρήσωμεν τὴν σκιάν τοῦ σταυροῦ διαγραφομένην μέλαιναν ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος τοιχώματος τοῦ σωλήνος.



Σχ. 236

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν ὄραϊους φθορισμοὺς ἐπὶ διαφόρων ἀνοργάνων οὐσιῶν, π.χ. ἀδάμαντος, μεταλλικῶν ὀξειδίων, φθορίου, οὐχοῦ ψευδαργύρου, κιμωλίας κτλ., ὅταν προσπίπτουν ἐπ' αὐτῶν. Ὁ φθορισμὸς οὗτος, τοῦ ὁποῖου τὸ χροῶμα ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ

σώματος, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ παρακολουθήσωμεν τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας.

Ἐπίσης αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ καὶ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

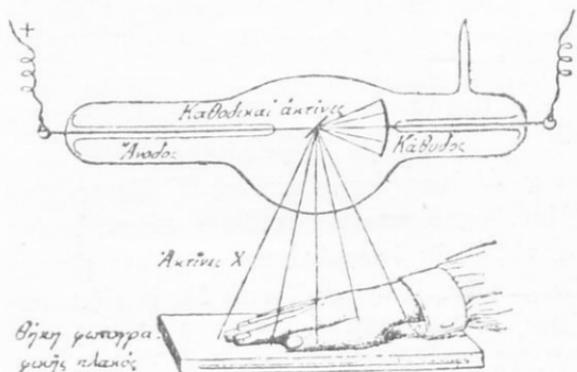
Ἡ ὕπαρξις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος περιεχόμενον ἀέριον συνίσταται ἐξ ἀτόμων, τὰ ὁποῖα κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκκενώσεως διαιροῦνται εἰς ἰόντα. Τὰ ἰόντα φορτίζονται ἄλλα μὲν θετικῶς, ἄλλα δὲ ἀρνητικῶς. Τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα (ἠλεκτρονία), ἀπωθούμενα τότε ὑπὸ τῆς καθόδου, ἀποτελοῦν τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας.

Εἰς τοιαύτας καθοδικὰς ἀκτῖνας, ἀποτελουμένας ἐξ ἠλεκτρονίων ἐκπεμπομένων ὑπὸ τοῦ ἡλίου, ὀφείλονται τὰ **πολικὰ σέλα**. Ταῦτα εἶναι φωτεινὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἀναφαίνονται συχνάκις εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν τῶν πολικῶν χωρῶν. Παρουσιάζονται δὲ ἐν εἴδει πολλακρίθμων φωτεινῶν τόξων, τὰ ὁποῖα ἐξακοντίζουσι τὰς ἀκτῖνας αὐτῶν πρὸς τὴν γῆν (σχ. 236). Τὸ φῶς των παράγεται ἐκ τῶν συγκρούσεων τῶν ἠλεκτρονίων ἐπὶ τῶν μορίων τοῦ ἀέρος.

**225. Ἀκτῖνες Röntgen ἢ ἀκτῖνες X.**—Κατὰ τὸ ἔτος 1895, ὁ φυσικὸς Röntgen παρατήρησεν, ὅτι διάφραγμα κεκαλυμμένον διὰ κυανιοῦχου **βαριολενκοχρύσου** καθίστατο φθορίζον, ὅτε εὐρίσκετο πλησίον σωλῆνος τοῦ Crookes λειτουργοῦντος ἐντὸς κτιοῦ ἐκ χαρτονίου. Εἶναι φανερόν, ὅτι αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι παρῆγον τὸν φθορισμὸν τοῦτον, δὲν ἦσαν αἱ καθοδικαί, διότι αὐταὶ δὲν διέρχονται διὰ τῆς ὕαλου, τὸ δὲ πρᾶσινον φῶς, μὲ τὸ ὁποῖον λάμπει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ σωλῆνος ἢ ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐμποδίζεται ὑπὸ τοῦ χαρτονίου νὰ διέλθῃ. Πρόκειται λοιπὸν προφανῶς περὶ μιᾶς νέας ἀκτινοβολίας ἀοράτου, ἣτις προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν τοῦ διαφράγματος.

Πράγματι, τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς **εἰδικὰς** ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἐκπέμπονται ὑπὸ τοῦ τοιχώματος τοῦ σωλῆνος 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 ἀκτῖνες X διεγείρουσι τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, προσβάλλουσι τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, ἀπληκτρίζουσι τὰ ἠλεκτριζόμενα σώματα, διότι καθίστουσι εὐηλεκτραγωγὸν τὸν ἀέρα. Δὲν ἐκτρέπονται δὲ ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου (διαφορὰ ἀπὸ τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας).

Ἐπίσης διέρχονται ἄνευ ἐκτροπῆς διὰ τοῦ ξύλου, τοῦ χάρτου, τῶν σαρκῶν, ἀλλὰ δὲν διαπεροῦν τὰ σκληρὰ σώματα, ὅπως π. χ. τὰ ὀστέα, τὰ μέταλλα κτλ. Διαδίδονται δὲ μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος, μεθ' ἧς καὶ τὸ φῶς.



Σχ. 237

Ὅταν αἱ καθοδικαὶ αἰκτίνες συναντήσουν οἰονδήποτε σῶμα, μετατρέπονται εἰς αἰκτίνες Χ. Τὰς αἰκτίνας ταύτας παράγομεν ἐντὸς εἰδικοῦ σωλῆνος ὑαλίνου, ἐν τῷ ὁποίῳ αἱ καθοδικαὶ αἰκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ μικροῦ ἐλάσματος ἐκ λευκοχρόσου (σχ. 237) κεκλιμένον κατὰ  $45^\circ$  ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ σωλῆ-

νος. Τὸ ἐλάσμα τοῦτο καλοῦμεν **ἀντικαθόδον**.

Αἱ αἰκτίνες Χ γεννῶνται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ἀντικαθόδου καὶ προβάλλονται ἐπὶ τοῦ μέρους τοῦ σωλῆνος τοῦ εὐρισκομένου ἀπέναντι ταύτης. Διαδίδονται δὲ κατόπιν εὐθυγράμμως ἄνευ διαθλάσεως ἢ ἀνακλάσεως

**226. Ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία.**—Ἡ ἀκτινοσκοπία καὶ ἀκτινογραφία εἶναι μέθοδοι ἐφαρμογῆς τῶν ἰδιοτήτων τῶν αἰκτίνων Χ. Ἐὰν παρενθέσωμεν τὴν παλάμην ἀνοικτὴν μεταξὺ τοῦ σωλῆνος 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 ὀστέα, καὶ φωτεινὰ μέρη, τὰ ὁποῖα ὀρίζουν τὰς σάρκας. Ἐχομεν τοιοῦτοτρόπως **τὴν ἀκτινοσκοπίαν**. Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφραγμα διὰ φωτογραφικῆς πλακῆς, ἀφοῦ προηγουμένως τὴν περιτυλίξωμεν διὰ μέλανος χάρτου, ὅστις θὰ τὴν προφυλάξῃ ἀπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ φωτός, ἀλλὰ θὰ ἀφήσῃ νὰ διέλθουν αἱ αἰκτίνες, καὶ ἐφαρμόσωμεν ἐπ' αὐτοῦ τὴν παλάμην, μετὰ τινα χρόνον ἢ πλάξ θὰ ἔξῃ προσβληθῆ, δηλ. θὰ ἔξῃ σχηματισθῆ ἐπ' αὐτῆς ἡ εἰκὼν τῆς παλάμης. Ἐχομεν οὕτω μίαν

φωτογραφίαν, εἰς τὴν ὁποίαν διακρίνονται τὰ ὀστᾶ καὶ αἱ σάρκες. Αὕτη εἶναι ἡ **ἄκτινογραφία**.

**227. Φυσιολογικὴ ἐνέργεια τῶν ἀκτίνων X.**—Οἱ ἀκτινογράφοι εἶναι ἐκτεθειμένοι ἔνεκα τῶν ἀκτίνων X εἰς σοβαροὺς κινδύνους. Ἐντὸς ὀλίγων μηνῶν δύνανται αἱ τρίχες καὶ οἱ ὄνυχές των νὰ γίνουσι εὐθραστοὶ καὶ νὰ πέσουν. Τὸ δέριμα ἐπίσης δύναται νὰ



Σχ. 238

προσβληθῆ. Πόσοι πειραματιστὰὶ κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς ἐφαρμογῆς τῶν ἀκτίνων X δὲν ἔχασαν τοὺς δακτύλους καὶ αὐτὴν ἀκόμη τὴν ὄρασιν! Σήμερον λαμβάνουσι αὐστηρὰς προφυλάξεις· πειραματίζονται διὰ μέσου διαφράγματος, καλύπτουσι τοὺς ὀφθαλμοὺς διὰ διοπτρῶν καὶ φοροῦν χειροκίτια ἐκ καουτσούκ.

**228. Οὐσίαι ἀκτινενεργοί.**—Ὁρισμένα μέταλλα, τὸ οὐράνιον, τὸ θόριον καὶ πρὸ πάντων τὸ ράδιον, ἐκπέμπουσι καθοδικὰς ἀκτίνας καὶ ἀκτίνας X ἄνευ μεσολαβήσεως ἠλεκτρικῆς πηγῆς, ἥτις εἶναι ἀπαραίτητος διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος τοῦ Crookes. Αἱ οὐσίαι αὗται καλοῦνται **ἀκτινενεργοί**.

**229. Φωτισμὸς διὰ ἠραιωμένων ἀερίων.**—Φωτεινὴ ἐνέργεια. Μέχρι τινὸς ἐφαίνετο, ὅτι ὁ φωτισμὸς ἠδύνατο νὰ πραγματο-

ποιηθῆ μόνον 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 περιβάλλουν τὴν φωτεινὴν πηγὴν διὰ σφαιράς διαφωτίστου. Ἄλλὰ τοιοῦτοτρόπως χάνονται περίπου τὰ  $\frac{40}{100}$  τοῦ παραγομένου φωτός.

Ἄντι λοιπὸν νὰ ἀφήσουν νὰ διαιρεθῆ ἡ δαπανωμένη ἐνέργεια εἰς θεرمότητα 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 ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι φθάνουν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, συμβαίνει νὰ εὐρίσκωνται ὅλαι εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα, ἡ φωτεινὴ ἀπόδοσις τοῦ ἀερίου, διὰ τοῦ ὁποῖου πειραματιζόμεθα, εἶναι καλύτερα, 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.

**230. Φωτισμὸς δι' ἄζωτου.**—Ὁ φωτισμὸς Moore πραγματοποιεῖται ὡς ἑξῆς: Πλησίον τῆς ὀροφῆς τοποθετοῦνται μακροὶ σωλῆνες ὑάλινοι, διαμέτρου 3—4 ἑκατ., πλήρεις ἄζωτου, ὑπὸ πίεσιν 0,1 γλσ. ὕδραργύρου. Εἰς ἕκαστον ἄκρον τοῦ σωλῆνος εἶναι συντετηγμένα ἠλεκτροδία ἐκ γραφίτου, μήκους 15—20 ἑκ. ἕκαστον. Ὁ λαμπτήρ εἶναι ἐγκατεστημένος ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος 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.

**231. Φωτισμὸς διὰ νέου.**—Οἱ σωλῆνες εἶναι πλήρεις νέου ὑπὸ πίεσιν 0,1 γλσ. Ὁ λαμπτήρ εἶναι ἐγκατεστημένος, καθὼς ὁ σωλῆν Moore, ἐπὶ τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος μεταμορφωτοῦ, ὅστις ἀνυ-

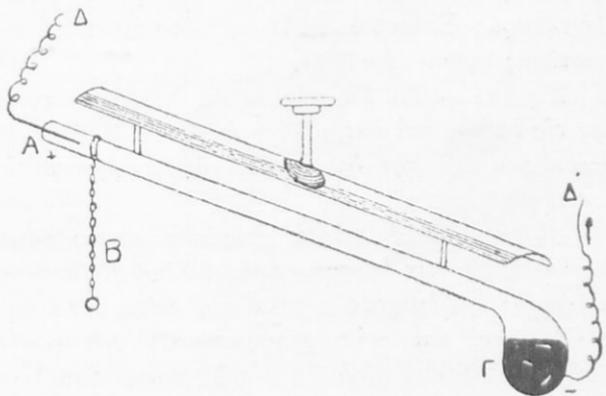
Ψοὶ τὴν τάσιν. Τὰ ἠλεκτροδία, μήκους 20 ἑκατ., εἶναι ἐκ χαλκοῦ. Οἱ σωλῆνες δύνανται νὰ ἔχουν μῆκος τὸ πολὺ μέχρι 5 μέτρων. Τὸ διὰ νέου φῶς εἶναι ἐρυθρόν. Τὸ φάσμα παρουσιάζει ὠραίας γραμμὰς ἐρυθρῆς καὶ κίτρινας, ἀλλ' οὐδεμίαν ἄλλην ἀκτινοβολίαν. Οὔτε κωνῆν οὔτε ἰώδη. Δύνεται νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔλλειψις αὕτη, ἐὰν πλησίον τοῦ σωλῆνος τοῦ περιέχοντος τὸ νέον τεθῇ σωλῆν με ἀτμούς ὑδραργύρου. Ὁ διὰ νέου φωτισμὸς εἶναι ἐξαιρετος διὰ τὴν ὕρασιν.

### 232. Φωτισμὸς διὰ λαμπτήρος με ἀτμούς ὑδραργύρου.—

Ὁ λαμπτήρ οὗτος συνίσταται ἐξ ὑαλίνου σωλῆνος (σχ. 239), ἐξωγκωμένου κατὰ τὸ ἄκρον του Γ. Εἰς τὸ ἐξωγκωμένον τοῦτο ἄκρον περιέχεται μικρὰ ποσότης ὑδραργύρου, ἣτις ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον. Σύρμα Δ', τὸ ὁποῖον συγκοινωνεῖ με τὴν κάθοδον, εἶναι συντετηγμένον εἰς τὸ ἄκρον τοῦ σωλῆνος. Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον Α τοῦ σωλῆνος εἶναι συντετηγμένον ἔλασμα ἐκ σιδήρου συνδεδεμένον με σύρμα Δ. Τὸ ἔλασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν ἀνοδον.

Ὁ σωλῆν εἶναι ἐξηρημέυτος ἀπὸ τῆς ὕροφης, ὅπου διατηρεῖται εἰς θέσιν πλάγιαν, με 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 ὑδραργύρου κυλίεται τότε ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἀνοδον καὶ παράγει βραχὺ κύκλωμα, ὅπερ διαρκεῖ ἐφ' ὅσον ὁ λαμπτήρ εὑρίσκειται εἰς θέσιν συμμετρικὴν πρὸς τὴν τοῦ σχήματος. Ὅταν ὁ λαμπτήρ



Σχ. 239.

ἀναλάβη τὴν θέσιν του, τὸ ἐξ 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 ὑδράργυρος ἐξατμίζεται, συμπυκνοῦται ἔπειτα εἰς τὰ ψυχρότερα μέρη τοῦ σωλῆνος καὶ κατέρχεται πάλιν πρὸς τὴν κάθodon.

Ὁ σχηματισμὸς τοῦ τόξου ἔχει σκοπὸν νὰ παραγάγῃ τὴν **ἰόντωσιν** τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὑδραργύρου. Ὅταν ἀερίον τι καθίσταται εὐπλεκτραγωγόν, λέγομεν, ὅτι ἔχει **ἰοντωθῆ**, δηλ. τὰ ἄτομα 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 ἀποδιδόμενων εἰς τὸ φῶς τοῦτο τῶν ἐρυθρῶν ἀκτινοβολιῶν. Πρὸς τοῦτο τίθεται ἐντὸς καταλλήλου ἀνακλαστήρος ὕφασμα ἐρυθρόν.

*Σημείωσις.* Τὸ φῶς τοῦ λαμπτήρος τούτου δίδει φάσμα πλούσιον εἰς ἰώδεις καὶ ὑπεριώδεις ἀκτῖνας. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες εἶναι επικίνδυνοι διὰ τὴν ὄρασιν, ἀλλ' ἀπορροφῶνται ὑπὸ τῆς ὕλης τοῦ λαμπτήρος.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες φονεύουν τὰ μικροβία καὶ ἐμποδίζουν τὴν ἀνάπτυξιν τῶν σπορίων των. Διὰ τοῦτο κατασκευάζουν τοιοῦτους λαμπτήρας διὰ διαφανοῦς χαλαζίου, ὅστις δὲν ἀπορροφᾷ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, καὶ τοὺς χρησιμοποιοῦν διὰ τὴν ἀποστείρωσιν τοῦ ὕδατος, ἐκθέτοντες αὐτὸ εἰς τὸ φῶς των.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

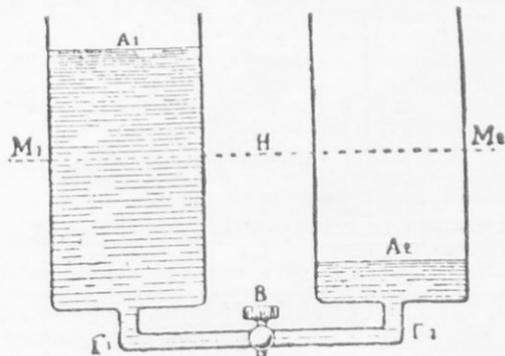
### ΡΕΥΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΟΣ

**223. Μέγιστον τῆς συχνότητος εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας.**— Οἱ βιομηχανικοὶ ἐναλλακτῆρες ἔχουν συχνότητα μεταβαλλομένην μόνον μεταξὺ 10 καὶ 100 περιόδων κατὰ δευτερόλεπτον, ὥρισμένοι δὲ ἐναλλακτῆρες τῶν ἐργαστηρίων φθάνουν τὰς 1000 περιόδους. Καὶ τοῦτο

διότι ἀφ' ἑνὸς μὲν δὲν δυνάμεθα νὰ αὐξήσωμεν πέραν ὀρισμένου ὄριου 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.

Λιὰ νὰ λάβουν ὑψηλὰς συχνότητας, χρησιμοποιοῦν νέαν μέθοδον, τῆς ὁποίας τὴν ἀρχὴν θὰ ἐννοήσωμεν εὐκόλως χάρις εἰς τὴν ἐξῆς ἀναλογίαν πρὸς φαινόμενον ὑδραυλικόν :

**234. Παλμικὴ κίνησις ὑγροῦ.**— Θεωρήσωμεν δύο δοχεῖα  $M_1$  καὶ  $M_2$  (σχ. 240) συγκοινωνοῦντα διὰ σωλῆνος ὀριζοντίου 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 τὸ  $M_1$  μέχρις ὀρισμένου ὕψους. Ἀνοίγοντες ἔπειτα ἀποτόμως τὴν στρόφιγγα τοῦ σωλῆνος, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ ὕδωρ κατέρχεται εἰς τὸ  $M_1$  καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸ  $M_2$  εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος· τὸ ὑπερβαίνει ὅμως ὀλίγον ἔνεκα τῆς κτηθείσης ἐνεργείας. Ἡ κίνησις γίνεται κατόπιν κατ' ἀντίθετον φορὰν, δηλ. ἐκ τοῦ  $M_2$  πρὸς τὸ  $M_1$ , κατόπιν πάλιν ἐκ τοῦ  $M_1$  πρὸς τὸ  $M_2$  καὶ



Σχ. 240

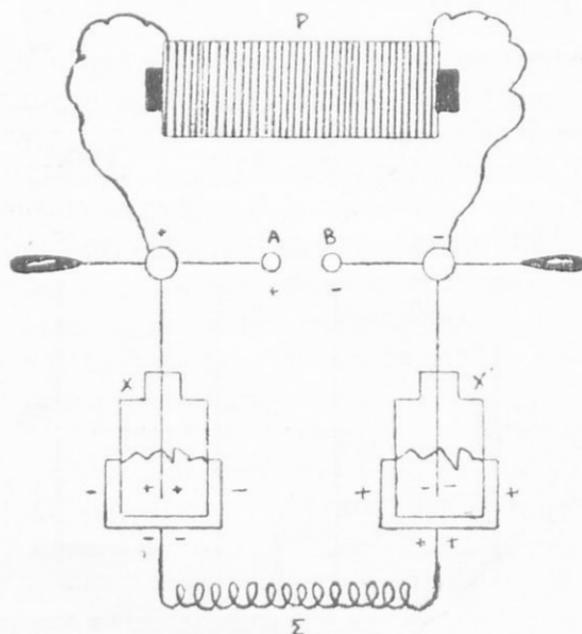
οὕτω καθ' ἑξῆς. Παράγεται λοιπὸν παλμικὴ κίνησις τοῦ ὕδατος, τῆς ὁποίας τὸ πλάτος ἐλαττοῦται ταχέως, ἔνεκα τῶν τριβῶν τῶν ὑγρῶν μορίων ἐπ' ἀλλήλων καὶ ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου.

Ἐὰν ἀνοίξωμεν βραδέως τὴν στρόφιγγα, τὸ ὕδωρ ρέον εὐρίσκει μεγάλην ἀντίστασιν εἰς τὴν στρόφιγγα καὶ ἡ ἐπιφάνειά του  $A_2$  φθάσει εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος μὲ τὴν  $A_1$  ἀνευ παλμικῆς κινήσεως.

**235. Ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις παλμικῆ.**— Παράγωμεν 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 **σπινθήριστοῦ** AB (σχ. 241), κατόπιν δὲ μετὰ τῶν ἐσωτερικῶν ὄπλισμῶν δύο συμπυκνωτῶν XX', π.χ. λουγδουνικῶν λαγῆνων. 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



Σχ. 241

μεγάλῃ διὰ τὴν ἀπόστασιν AB, ἐκρήγνυται σπινθήρ μεταξὺ A καὶ B. Τὸ νῆμα τοῦ ἀέρος, τὸ ὁποῖον χωρίζει τὸ A καὶ B, δύναται τότε νὰ ἐξομοιωθῇ πρὸς ἄγωγόν 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 συμπυκνωτῶν ἐκεῖνος, ὁ ὁποῖος ἦτο κατ' ἀρχὰς θετικός, καθίσταται ἀρνητικός, κατόπιν πάλιν θετικός καὶ οὕτω

καθ' ἑξῆς. Αἱ μεταβολαὶ αὗται τοῦ σημείου τοῦ ἤλεκτρισμοῦ γίνονται τόσον ταχέως, ὥστε δὲν διακρίνομεν τὴν διαδοχὴν τῶν σπινθήρων κατὰ τὴν μίαν φορὰν καὶ κατόπιν κατὰ τὴν ἄλλην. Φαίνονται ὡς εἷς μόνον σπινθήρ. Αἱ παλμικαὶ ἐκκενώσεις φθάνουν μέχρι τοῦ ἑκατομμυρίου. Ἐὰν μεταξὺ τῶν A καὶ B περάσωμεν ἀστραπιαίως τεμάχιον γάστρου, τοῦτο διατρύπεται εἰς πλῆθος μικροτάτων ὀπῶν πλησιέστατα πρὸς ἀλλήλας κειμένων. Αἱ ὀπαὶ αὗται εἶναι τὰ ἴχνη τῶν διελθόντων σπινθήρων.

### 236. Ἀποτελέσματα τῶν ρευμάτων ὑψηλῆς συχνότη-

τος.—Ἐὰν ἐγγίσωμεν τὸ πηνίον αὐτεπαγωγῆς, οὐδὲν αἰσθανόμεθα ἄλλος, ἢ καὶ διὰ τοῦ σώματός μας διῆλθε ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ τάσις εἶναι ἐκτάκτως ὑψηλή: π. γ. 50.000 volts. Τοιαῦτα ρεύματα ὑπὸ μικρὰν συχνότητα θὰ ἦσαν κεραυνοβόλα. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγοῦμεν παραδεχόμενοι, ὅτι τὰ αἰσθητικὰ νεῦρα δὲν ἐρεθίζονται ὑπὸ συχνότητος ὑπερβαίνουσας 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 συνελῶς πολὺ μεγάλα τὰ ἀποτελέσματα ἐπαγωγῆς· ὅλα τὰ πέριξ μεταλλικὰ ἀντικείμενα ἠλεκτροίζονται καὶ δυνάμεθα νὰ ἀποσπᾶσωμεν ἀπ' αὐτῶν σπινθηῆρας. Ἐπίσης δυνάμεθα νὰ ἀνάψωμεν ἠλεκτρικὴν λυχνίαν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

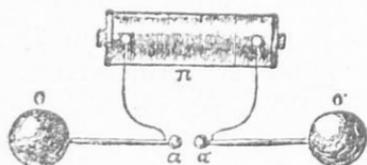
### ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

**237. Ταχύτης τῆς διαδόσεως.**—Πᾶσα πηγὴ ἠχητικὴ ἢ φωτεινὴ παράγει, ὡς ἐμάθομεν, παλμικὰς κινήσεις. Τὴν αὐτὴν ιδιότητα ἔχουν αἱ παλμικαὶ ἐκκενώσεις αἱ παραγόμεναι ὑπὸ τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων. Δημιουργοῦν δηλ. ἠλεκτρικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται κατόπιν ὅπως μία παλμικὴ κίνησης.

Ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὴν τοῦ φωτός, δηλ. 300.000 χιλιόμετρα κατὰ δεῦτερον λεπτόν.

**238. Διεγέρτης τοῦ Hertz** (σπινθηριστής).—Ἐὰν ἐλαττώσωμεν τὴν χωρητικότητα τῶν πυκνωτῶν  $X X'$  εἰς τὸ ὄργανον, τὸ ὁποῖον ἐχρησίμευσε διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν παλμικῶν ἐκκενώσεων (σχ. 241) καὶ ἀφαιρέσωμεν τὸ πηνίον αὐτεπαγωγῆς  $\Sigma$ , ἡ συχνότης ἀξιάναται. Εἰς τὸν διεγέρτην τοῦ Hertz τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος τοῦ πηνίου Ruhmkorff (σχ. 242) συνδέονται μὲ στελέχη μεταλλικά, τὰ ὁποῖα καταλήγουν ἕκαστον ἀπ' ἑνὸς μὲν εἰς πυκνωτὴν  $O$  καὶ  $O'$  (πλάκας ἢ σφαίρας μεταλλικάς), ἀπ' ἑτέρου δὲ εἰς μικρὸν σφαι-

ρίδιον  $\alpha$ ,  $\alpha'$ . Όταν τὸ πηνίον τεθῆ εἰς ἐνέργειαν, ἐκρήγνυνται παλμικοὶ σπινθῆρες κατὰ τρόπον συνεχῆ μεταξὺ τῶν σφαιριδίων  $\alpha$  καὶ  $\alpha'$ .

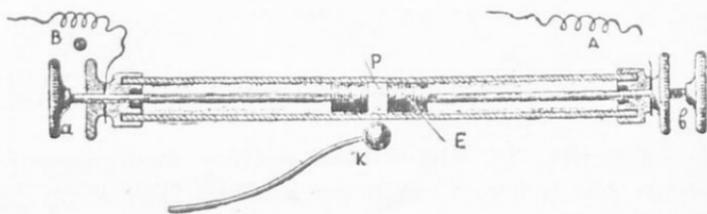


Σχ. 242

Τὸ διάστημα  $\alpha$ ,  $\alpha'$  καθίσταται τότε κέντρον ἠλεκτρικῶν κυμάνσεων, αἱ ὁποῖαι διαδίδονται ἄνευ διακοπῆς καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὰ κύματα ταῦτα διαδίδονται καὶ διὰ μέσου τῶν δυσηλεκτραγωγῶν σωμάτων. Τοῖχος ἐκ λίθων οὐδόπως σταματᾷ αὐτά.

Διὰ τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz ἡ συχνότης φθάνει μέχρι τοῦ διασεκατομμυρίου.

**239. Συνοχεύς.**—Ὁ Γάλλος φυσικὸς Branly ἀπέδειξεν, ὅτι, ἐὰν εἰς κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει στήλην καὶ γαλβανόμετρον, παρενθέσωμεν μικρὰν μᾶζαν μεταλλικῶν ρινισμάτων  $P$  ἑλαφρῶς πιεσμένων ἐντὸς σωλῆνος μεταξὺ δύο εὐηλεκτραγωγῶν ἐμβόλων (σχ. 243), τὸ ρεῦμα διακόπτεται ὑπὸ τῶν ρινισμάτων. Τοῦτο συμβαίνει, διότι



Σχ. 243

ταῦτα παρουσιάζουν σημαντικὴν ἀντίστασιν. Εὐθὺς ὅμως ὡς τὰ ρινίσματα διαπεραστοῦν ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ κύματος, ἡ ἀντίστασις τῶν παύει ἢ τοῦλάχιστον ἐλαττοῦται, οὕτω δὲ τὸ ρεῦμα ἀποκαθίσταται. Τοῦτο ἀποδεικνύεται διὰ τοῦ γαλβανομέτρου.

Διὰ νὰ ἀποδοθῆ τότε εἰς τὰ ρινίσματα ἡ ἀντίστασις τῶν καὶ νὰ διακοπῆ ἐκ νέου τὸ ρεῦμα, ἀρκεῖ ἑλαφρὰ κροῦσις ἐπὶ τοῦ σωλῆνος.

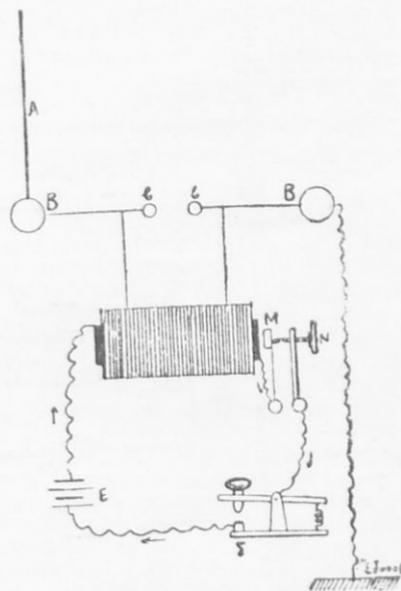
**240. Ἀσύρματος τηλεγραφία.**—Σταθμὸς ἐκπομπῆς. Ὁ σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει κυρίως ἠλεκτρικὴν πηγὴν  $E$ , σπινθηριστὴν, χειριστήριον (διακόπτην) Morse καὶ κεραίαν  $A$ .

Ὁ θετικὸς πόλος τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς  $E$  (σχ. 244) εἶναι συνδε-

δεμένος με τὸ πηνίον Ruhmkorff, ὃ δὲ ἀρνητικὸς πόλος με τὸν συναπτήρα  $\Sigma$  τοῦ χειριστήριου. Ὁ πὸς τοῦ κοιλίου  $N$ , ὅστις ἐφάπτεται τῆς σφύρας  $M$ , συνδέεται με τὸ χειριστήριον. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον, ὅταν τὸ χειριστήριον εἶναι ἀνυψωμένον, τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται. Ὅταν ὅμως τὸ χειριστήριον ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν με τὸν συναπτήρα  $\Sigma$ , τὸ κύκλωμα ἀποκαθίσταται.

Τὸ ρεῦμα, ἀναχωροῦν ἐκ τῆς πηγῆς, διαπερᾷ τὸ πηνίον, τὸν κοιλίαν, τὸ χειριστήριον καὶ ἐπανερχεται εἰς τὴν πηγὴν.

Ὅταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, ἐκρήγνυνται οἱ παλμικοὶ σπινθήρες μεταξὺ τῶν σφαιρῶν  $\beta\beta'$ . Ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἐκδηλοῦνται εἰς τὴν κεραιάν  $A$  καὶ προκαλοῦν εἰς τὸ πέριξ διάστημα ἠλεκτρικὰ κύματα. Τὰ κύματα ταῦτα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται μέχρις 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.



Σχ. 244

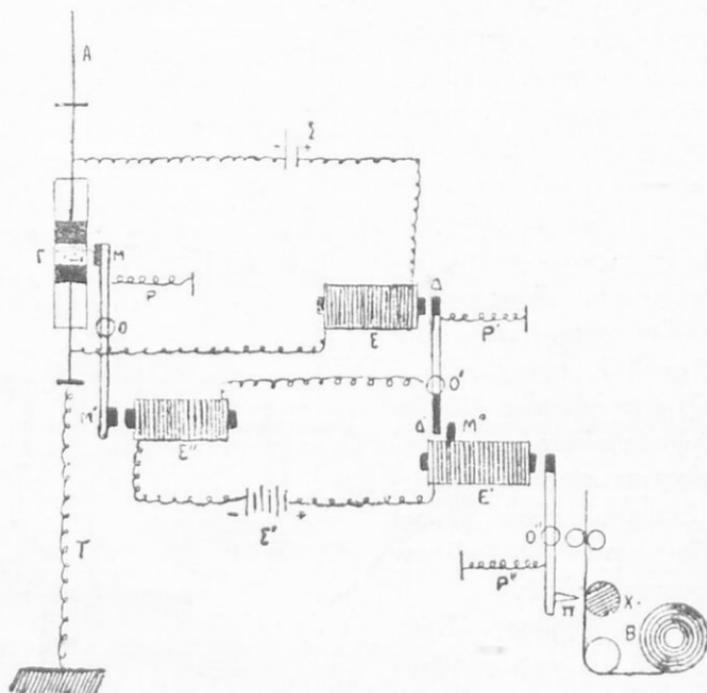
**Σταθμὸς λήψεως.** Ἐπειδὴ τὸ ρεῦμα τὸ προσωρισμένον νὰ θέσῃ εἰς λειτουργίαν τὸν δέκτην τοῦ Morse πρέπει νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυρόν, δὲν πρέπει νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ συνοχέως, ὅστις εἶναι συσκευὴ εὐαίσθητος. Διὰ τοῦτο διαθέτουν δύο κυκλώματα, τὸ ἓν διὰ τὸν συνοχέα, τὸ δὲ ἕτερον διὰ τὸν δέκτην Morse.

Τὸ πρῶτον κύκλωμα περιλαμβάνει μικρὰν ἠλεκτρικὴν πηγὴν  $\Sigma$  (σχ. 245), τὸν συνοχέα  $\Gamma$  καὶ ἠλεκτρομαγνήτην  $E$ .

Τὸ δεύτερον κύκλωμα περιλαμβάνει ἠλεκτρικὴν πηγὴν  $\Sigma'$  ἰσχυρότεραν τῆς πρώτης καὶ δύο ἠλεκτρομαγνήτας  $E'$  καὶ  $E''$ .

Μεταξὺ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου  $E$  τοῦ πρώτου κυκλώματος καὶ τοῦ

ηλεκτρομαγνήτου  $E'$  τοῦ δευτέρου κυκλώματος, εὐρίσκεται ἔλασμα ἐξ ἔβρονίτου κινητὸν περὶ τὸ  $O'$ , διατηρούμενον εἰς τὴν θέσιν του δι' ἀνταγωνιστικοῦ ἔλατηρίου  $P'$ . Εἰς τὸ ἄκρον  $\Delta$  τοῦ ἔλασματος εἶναι προσηλωμένον μικρὸν τεμάχιον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου δυνάμενον νὰ ἔλκεται ὑπὸ τοῦ  $E$ , ὅταν διέρχεται ρεῦμα. Ἀπὸ τοῦ σημείου  $O'$  μέχρι τοῦ ἄλλου ἄκρου  $\Delta'$  τὸ ἔλασμα περιβάλλεται διὰ χαλκοῦ. Ὅταν τὸ  $\Delta$  ἔλκεται ὑπὸ τοῦ  $E$ , τὸ  $\Delta'$  ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ συναπτήρος  $M''$



Σχ. 245

ὅστις συνδέεται μὲ τὸ ἐν ἄκρον τοῦ σύρματος τοῦ ηλεκτρομαγνήτου  $E'$ .

Ὁ ηλεκτρομαγνήτης  $E'$  ἀποτελεῖ μέρος τοῦ δέκτου τοῦ Morse. Εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ κινητοῦ περὶ τὸ  $O''$  εὐρίσκεται ἀκίς  $\Pi$ . Ταινία ἐκ χάρτου ἐκτυλίσσεται ἐκ τοῦ  $B$  ἔμπροσθεν ὀδοντωτοῦ τροχίσκου  $X$ . Ὁ μοχλὸς διατηρεῖται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἀνταγωνιστικοῦ ἔλατηρίου  $P'$ .

Ὑποθέσωμεν ἤδη, ὅτι σταθμὸς τις ἐκπομπῆς ἐκτελεῖ βραχεῖαν

έκπομπήν 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 ΣΕΓ. Ἀλλὰ τότε ὁ ἠλεκτρομαγνήτης Ε ἔλκει τὸν ὄπλισμὸν Δ. Συνεπῶς τὸ Δ' ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ Μ' καὶ τὸ ρεῦμα διέρχεται εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα Σ'Ο'Ε'. Τότε ὁ ἠλεκτρομαγνήτης Ε' ἔλκει τὸν μοχλὸν τοῦ δέκτου τοῦ Morse, ἡ ἀκίς Π πιέζει τὴν ἐκτυλισσομένην ταινίαν τοῦ χάρτου καὶ τοιουτοτρόπως σημειοῦται ἐπ' αὐτῆς στιγμῆ.

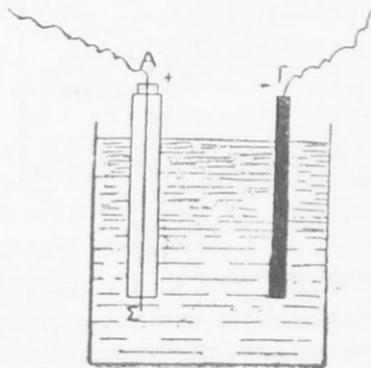
Ἀφ' ἑτέρου ὁ ἠλεκτρομαγνήτης Ε'' ἔλκει τὸ Μ' καὶ ἡ σφῆρα Μ κτυπᾷ τὸν συνοχέα. Ἀμέσως τότε τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα διακόπτεται. Ἐκ τούτου προκύπτει, ὅτι τὸ ἔλασμα Δ ἐπανερχεται εἰς τὴν θέσιν του, ἐπαφὴ δὲν ὑπάρχει πλέον μεταξὺ Δ' καὶ Μ' καὶ ὡς ἐκ τούτου τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα. Συνεπῶς τὸ Μ' ἐγκαταλείπει τὸ Ε'', δηλ. ἡ σφῆρα Μ ἐπανερχεται εἰς τὴν θέσιν της.

Ὅταν ἡ ἐκπομπὴ κυμάτων εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς εἶναι μακρά, ἡ 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.

**241. Φωραταὶ κυμάτων.**—Ὁ **φωρατῆς** κυμάτων, δηλ. ὁ σιλλέκτης, τὸ ὄργανον λήψεως τῶν κυμάτων, ἡ συσκευή ἣτις τὰ ἀνακαλύπτει κατὰ τὴν διάβασίν των, δύναται νὰ εἶναι ὁ **συνοχεὺς τοῦ Branly** δι' ἀποστάσεις μικροτέρας τῶν 1000 χιλιομέτρων. Διὰ μεγάλας ὅμως ἀποστάσεις οὗτος εἶναι ἀνεπαρκής. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει γίνεται προσφυγὴ εἰς ἄλλους φωρατάς.

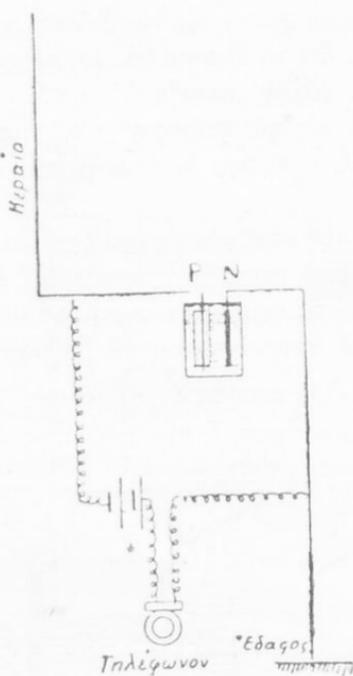
**Ἡλεκτρολυτικὸς φωρατῆς.** Οὗτος συνίσταται ἐξ ὑποδοχέως περιέχοντος ὕδωρ ὠξινοσμένον, ἐντὸς τοῦ ὁποῦ εἶναι ἐμβαπτισμένα δύο ἠλεκτρόδια Α καὶ Γ (σχ. 246).

Τὸ ἐν τούτων, ἡ ἀνόδος, εἶναι ἔλασμα ἐκ μολύβδου ἢ ἐκ λευκοχρύσου Γ. Ἡ δὲ ἀνόδος εἶναι λεπτὸν σύρμα ἐκ λευκοχρύσου Α. Τὸ

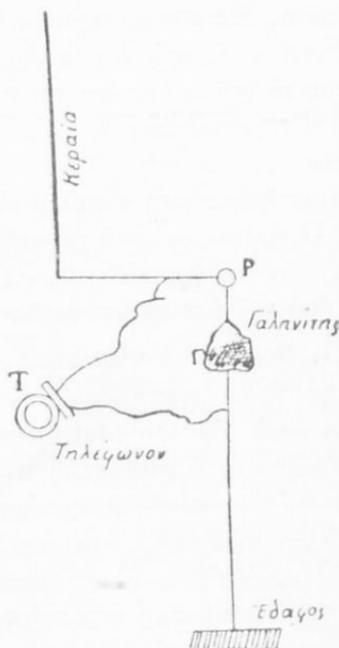


Σχ. 246

σύρμα τούτο περιβάλλεται ὑπὸ μικροῦ ὑαλίνου σωλῆνος, τὸν ὁποῖον ὑπερβαίνει κατὰ τὸ ἄκρον του, εἰς τὸ Σ, κατὰ 0,5 χμ. περίπου. Τὸ ὄργανον παρεμβάλλεται εἰς ἑξωτερικὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει στήλην, τῆς ὁποίας ἡ ἠλεκτρογεωρητικὴ δύναμις μόλις ὑπερβαίνει τὴν ἀντιηλεκτρογεωρητικὴν. Ἔνεκα 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).



Σχ. 247



Σχ. 248

Ἐφ' ὅσον ἡ κεραία 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 ἡχος. Ὅταν τὰ ἠλεκτρικὰ κύματα δὲν ἐκδηλοῦνται πλέον, ἡ πόλωσις τοῦ Σ ἐπανέρχεται καὶ οὕτω καθεξῆς. Ἐὰν ἡ ἐκπομπὴ τῶν κυμάτων εἶναι βραχεῖα, ὁ ἡχος εἶναι βραχύς· ἐὰν ἡ ἐκπομπὴ εἶναι

μακρά, ὁ ἦχος εἶναι μακρός. Τοιουτοτρόπως, ἀντὶ νὰ ἀναγινώσκωμεν τὸ ἀλφάβητον εἰς τὴν ταινίαν, ἀκούομεν αὐτὸ εἰς τὸ τηλέφωνον.

**Κρυσταλλικὸς φωρατῆς.** Οὗτος εἶναι ἀπλοῦστατα ἐν τεμάχιον κρυσταλλικοῦ γαληνίτου Γ (θειούχου μολύβδου) τοποθετημένον οὕτως, ὥστε μία ἀκμή του φυσικῆ (ὄχι ρῆγμα) νὰ εὐρίσκεται εἰς ἐλαφρὰν ἐπαφήν μετὰ αἰχμῆς ἐκ λευκοχρύσου Ρ. Ὅπως δὲ καὶ εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, εἰς τὸ κύκλωμα εἶναι παρεμβεβλημένον τηλέφωνον (σχ. 248).

Ἄν καὶ δὲν ὑπάρχει ἐνταῦθα στήλη ἠλεκτρικῆ, ὁσάκις ὁ φωρατῆς οὗτος προσβάλλεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ κύματος, ἐκδηλοῦται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἀκούεται ἦχος εἰς τὸ τηλέφωνον.

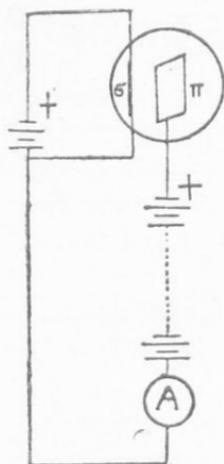
Ὁ κρυσταλλικὸς φωρατῆς παρουσιάζει πολὺν μεγαλυτέραν τῶν ἄλλων φωρατῶν εὐαισθησίαν. Ἔχει ὅμως τὸ μειονέκτημα, ὅτι δὲν ρυθμίζεται εὐκόλως. Τὸ σημεῖον δηλ. τῆς ἐπαφῆς τοῦ ἐκ λευκοχρύσου σύρματος μετὰ τῆς ἀκμῆς δὲν δύναται νὰ εἶναι οἰονδήποτε, ἀλλὰ πρέπει καθε φορὰν νὰ ἀναζητῆται διὰ δοκιμῶν.

*Σημείωσις.* Αἱ εἰς τὰ προηγούμενα ἐδάφια ἀναφερόμενα διατάξεις ἐκπομπῆς καὶ λήψεως, δηλ. ὁ διεγέρτης τοῦ **Branly** ὁ συνοχεὺς τοῦ **Hertz** καὶ ὁ ἠλεκτρολυτικὸς φωρατῆς ἐχρησιμοποιοῦντο κατὰ τὰ πρῶτα ἔτη τῆς ἐφαρμογῆς τοῦ ἀσφράμιου. Τώρα ἔχον πλῆρως ἀντικατασταθῆ ἀπὸ τὴν λυχνίαν τῶν τριῶν ἢ δύο ἠλεκτροδίων, χρησιμοποιουμένην ὅσον εἰς τὴν ἐκπομπὴν ὅσον καὶ εἰς τὴν λήψιν διὰ τοὺς πολὺν μικροὺς δὲ δέκτας τοπικῶν πομπῶν ἀπὸ τὸν κρυσταλλικὸν φωρατῆν.

**242. Ἡλεκτρονικοὶ σωλῆνες.**— Λυχνία μὲ δύο ἠλεκτρόδια. Μία ἠλεκτρικὴ λυχνία διαπυρώσεως μετατρέπεται εἰς λυχνίαν μὲ δύο ἠλεκτρόδια διὰ μεταλλικῆς πλακός, ἡ ὁποία τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου δοχείου, ὅπως καὶ τὸ νῆμα (σύρμα) αὐτῆς (σχ. 249). Τὸ νῆμα τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἐκ **βολφραμίου**, ἡ δὲ πλάξ ἐκ **νικελίου**.

Ἄν τὸ ὑαλινὸν δοχεῖον εἶναι ἐπαρκῶς κενὸν αἲρος, τὸ νῆμα διαπυρούμενον διὰ τῆς διόδου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια. Συνεπῶς, ἐὰν ἠλεκτροισθῇ ἡ 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 ἠλε-

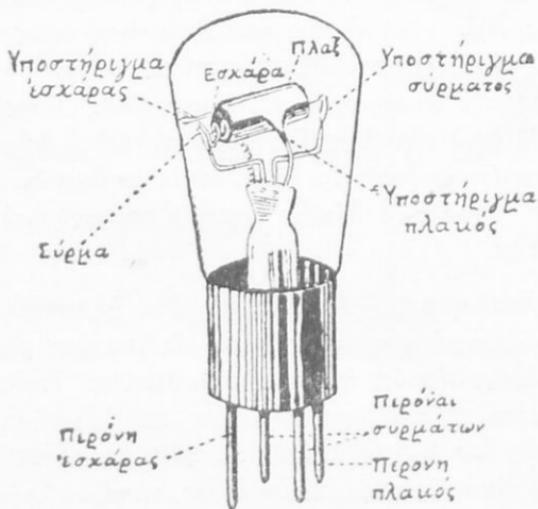
κράτομα. Τοιουτοτρόπος τὸ κενὸν τοῦ δοχείου, τὸ περιλαμβανό-



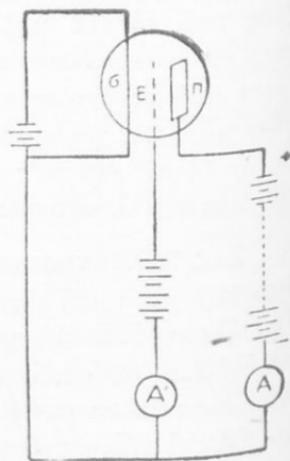
Σχ. 249

μενον μεταξὺ τῆς πλακῆς καὶ τοῦ νήματος, φέρεται ὡς ἀγωγὸς μεγάλης ἀντιστάσεως, τὸν ὁποῖον διαρρέει ρεῦμα διενδυνόμενον ἀπὸ τῆς πλακῆς πρὸς τὸ νῆμα. Ἀντιθέτως, ἂν ἡ πλάξ ἠλεκτρι-σθῆ ἀρνητικῶς, ἐπειδὴ τότε ἀπωθεῖ τὰ ἠλεκτρόνια, οὐδὲν ρεῦμα θὰ διέλθῃ μεταξὺ πλακῆς καὶ νήματος.

Ἐὰν ἤδη ἀντικαταστήσωμεν τὴν στήλην, ἣτις φορτίζει τὴν πλάκα δι' ἠλεκτρισμοῦ, διὰ πηγῆς παρεχούσης ρεῦμα ἐναλλασσόμενον, εἶναι φανερὸν ὅτι (ὅταν τὸ νῆμα εἶναι διαπυρωμένον), τὸ κενὸν τοῦ δοχείου μεταξὺ πλακῆς καὶ νήματος θὰ διαπερᾶται ὑπὸ ρεύματος μόνον κατὰ τὴν ἐναλλαγὴν ἐκείνην, ἣ ὁποία φορτίζει τὴν πλάκα θετικῶς. Ἡ λυχνία μὲ δύο ἠλεκτροδία ἐνεργεῖ τότε ὡς ἀνοσφωτῆς, μετατρέπει δηλ. τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές. Δύναται ἐπομένως, ἐκτὸς τῶν ἄλλων αὐτῆς χρήσεων, νὰ χρησιμοποιηθῆ καὶ διὰ τὴν πλήρωσιν συσσωρευτῶν (δι' ἐναλλασσομένου ρεύματος).



Σχ. 250



Σχ. 251

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 ἠλεκτρόδιον τοῦτο παρουσιάζει κενὰ διαστήματα, διὰ μέσου τῶν ὁποίων ἡ θετικῶς ἠλεκτρισμένη πλάξ ἔξακολουθεῖ νὰ ἔξασκῆ τὴν εἰδικὴν αὐτῆς δρασὶν ἐπὶ τοῦ νήματος. Διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐσχάρα** (ἢ **πλέγμα** ἢ **διάφραγμα**) (σχ. 251, Ε).

Ἐὰν ἡ ἐσχάρα μένῃ ἐντὸς τοῦ δοχείου ἐλευθέρῃ, μεμονωμένη ἀπὸ παντὸς ἔξωτερου ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἡ λυχνία ἔξακολουθεῖ νὰ λειτουργῆ ὡς λυχνία μὲ δύο ἠλεκτρόδια. Ἄν ὅμως συνδεθῆ μὲ τὸν θετικὸν πόλον ἔξωτερικῆς στήλης, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος πλακός νήματος αὐξάνεται.

Τοῦναντίον, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου ἐλαττοῦται, ἐὰν ἡ ἐσχάρα φορτισθῆ ἀρνητικῶς. Εἰς **ἀνεπαισθήτους** μεταβολὰς τοῦ φορτίου τῆς ἐσχάρᾳ ἀντιστοιχοῦν **σημαντικαὶ** μεταβολαὶ τοῦ ρεύματος πλακός-νήματος. Ἐπειδὴ οὕτω μικραὶ μεταβολαὶ τοῦ φορτίου τῆς ἐσχάρᾳ προκαλοῦν σημαντικὰς μεταβολὰς τοῦ ρεύματος πλακός, λέγομεν, ὅτι τὸ ρεῦμα τῆς πλακός ἐνισχύεται ἀπὸ τὰς μεταβολὰς τοῦ φορτίου τῆς ἐσχάρᾳ.

Ἀφαιρέσωμεν ἤδη τὴν στήλην τῆς ἐσχάρᾳ καὶ ἀντ' αὐτῆς θέσωμεν πηνίον, τοῦ ὁποίου ὁ εἷς 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 κεραΐαν. Ὅταν ἡ κεραΐα προσβληθῆ ὑπὸ ἠλεκτρικῶν κυμάτων, γεννᾶται ἐξ ἐπαγωγῆς εἰς τὸ πηνίον τῆς ἐσχάρᾳ ρεῦμα ἐναλλασσόμενον. Συνεπῶς ἡ ἐσχάρα φορτίζεται ἐναλλὰξ διὰ θετικοῦ καὶ ἀρνητικοῦ φορτίου, ἐπομένως καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος πλακός-νήματος μεταβάλλεται ἀναλόγως.

Ἡ μεταβαλλομένη αὕτη ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς πλακός (τὸ ὁποῖον εἶναι συνεχές) παράγει ἀνάλογον παλμικὴν κίνησιν εἰς τὸ ἔλασμα τηλεφώνου (τὸ ὁποῖον ἔχει παρεμβληθῆ εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακός) καὶ ἀκούεται οὕτω ἤχος.

*Σημείωσις.* Ἡ λυχνία αὕτη ὡς φωρατὴς εἶναι ἀσυγκρίτως περιεσσότερον τοῦ κρυσταλλικοῦ φωρατοῦ εὐαίσθητος.

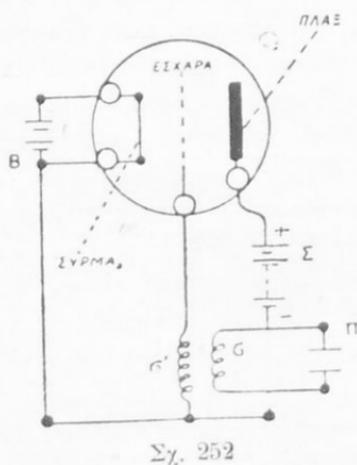
#### ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ ΔΙΑ ΛΥΧΝΙΩΝ

243. Ὁ πρῶτος ἀσύρματος τηλεγράφος, τὸν ὁποῖον περιεγράψαμεν ἀνωτέρω, ἦτο **τηλέγραφος διὰ σπινθήρων**.

Εἰς τὸν τηλεγράφων αὐτὸν δὲν ἐκπέμπονται συνεχῶς ἠλεκτρικὰ κύματα, ἀλλὰ ομάδες κυμάτων, μεταξὺ τῶν ὁποίων μεσολαβοῦν χρονικὰ διαστήματα, κατὰ τὰ ὁποῖα οὐδεμία ἐκπομπὴ κυμάτων γίνεται. Ἐκτὸς τούτου, καὶ ἐκάστης ομάδος τὰ κύματα δὲν εἶναι ἐξ ἴσου ἰσχυρά, ἀλλ' εὐθὺς ἀπὸ τοῦ δευτέρου κύματος ἀρχίζει κάποια ἐξασθένησις, ἣτις βαθμηδὸν μηδενίζει τὰ κύματα (κύματα ἀποσβεννύμενα ἢ φθίνοντα). Διὰ τοῦτο ἤχθησαν νὰ προκαλέσουν εἰς τὰς κεραίας ταλαντώσεις συνεχεῖς, ὁμοίας μὲ τὰς ταλαντώσεις ἤχου σταθεροῦς ἐντάσεως καὶ τοιαύτας, ὥστε ἡ μέση ἰσχύς τῆς ἐκπομπῆς νὰ εἶναι πολὺ ἠϋξημένη (κύματα συντηρούμενα).

Πρὸς τοῦτο ἐχρησιμοποιοῦν παλαιότερον τοὺς ἐναλλακτῆρας ὑψηλῆς συχνότητος, οἱ ὁποῖοι παράγουν ἀπ' εὐθείας συντηρούμενα κύματα. Σήμερον εἰς ὅλους τοὺς σταθμοὺς χρησιμοποιοῦν τὰς λυχνίας τῶν τριῶν ἠλεκτροδίων.

**244. Λυχνία γεννήτρια συντηρουμένων κυμάτων.**—Διὰ νὰ καταστήσωμεν τὴν λυχνίαν ταύτην πηγὴν ἠλεκτρικῶν κυμάτων, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλάκος κύκλωμα παλλόμενον περιλαμβάνον αὐτεπαγωγὴν  $\sigma$  καὶ πυκνωτὴν  $\Pi$ , καὶ εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ἐσχάρας αὐτεπαγωγὴν  $\sigma'$  τοποθετημένη οὕτως, ὥστε αἱ δύο αὐτεπαγωγαὶ  $\sigma$  καὶ  $\sigma'$  νὰ ἐνεργοῦν ἢ μία ἐπὶ τῆς ἄλλης δι' ἐπαγωγῆς (σχ. 252).



Ὅταν τὸ νῆμα διαπυρῶθῃ, τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα τοῦτο ἐκπέμπει, ἐλκόμενα ὑπὸ τῆς πλάκος (τῆς ὁποίας τὸ δυναμικὸν πρέπει νὰ εἶναι ἀνώτερον τοῦ δυναμικοῦ τοῦ νήματος), γεννοῦν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλάκος, ὅποτε τὸ κύκλωμα  $\Pi\sigma$  πάλλεται. Ρεῦμα μεταβλητὸν συνεπῶς διέρχεται διὰ τῆς αὐτεπαγωγῆς  $\sigma$  καὶ ἐνεργεῖ ἐξ ἐπαγωγῆς ἐπὶ τῆς αὐτεπαγωγῆς  $\sigma'$ . Δημιουργεῖται τότε εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ἐσχάρας ἠλεκτρογερετική δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς, ἡ ὁποία διὰ τῆς μεσολαβήσεως τῆς ἐσχάρας τροποποιεῖ τὴν ροὴν τῶν ἠλεκτρονίων πρὸς τὴν πλάκα

καὶ συνεπῶς καὶ τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος τῆς πλακός. Αἱ μεταβολαὶ αὗται τοῦ ρεύματος τῆς πλακός παράγουν αὔξησιν τῶν παλμικῶν ρευμάτων εἰς τὸ Πσ, μέχρις ὅτου ἐπιτευχθῆ ἰσόνομος κατάστασις.

Τὸ κύκλωμα Πσ δύναται νὰ ἀντικατασταθῆ διὰ κεραίας μετ' αὐτεπαγωγῆς καταλλήλου, καὶ ἡ διάταξις ἠμπορεῖ τότε νὰ χρησιμεύσῃ διὰ τὴν ἐκπομπὴν συντηρουμένων κυμάτων. Διὰ νὰ λάβουν δὲ κύματα ἀκούοντως ἔντονα, συνδέουν παραλλήλως πολλὰς λυχνίας.

**245. 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 φωρατὴς 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 ὠρισμένον μῆκος κύματος, νὰ ἀποκλείῃ δὲ ὅσον τὸ δυνατόν τὰς ἐκπομπὰς τῶν ἄλλων σταθμῶν, ὧν τὸ μῆκος κύματος διαφέρει κατὰ τι.

#### ΑΣΥΡΜΑΤΟΝ ΤΗΛΕΦΩΝΟΝ

**246.** 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 στιγμιαίος βόμβος, ἐνῶ ἡ γραμμὴ διαρκεῖ τριπλάσιον χρόνον. Εἰς τὴν ραδιοτηλεφωνίαν ἐν μικρόφωνον τροποποιεῖ, χωρὶς νὰ διακόπτῃ, τὸ πλάτος τῶν

παλμῶν, ἀναμειγνύον μὲ αὐτοὺς μεταβολὰς ὀφειλομένας εἰς τὴν φωνήν.

Εἰς τὴν ραδιοτηλεφωνίαν χρησιμοποιεῖται ἡ λυχνία τῶν τριῶν ἠλεκτροδίων 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 συνδιαλέξεως. Τὸ μικρόφωνον εἶναι τοποθετημένον κατὰ διακλάδωσιν ἐπὶ τινῶν σπειρῶν τῆς αὐτεπαγωγῆς τῆς κεραίας. Ἐὰν τὸ μικρόφωνον ἡρεμῇ, τὰ παλμικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα κυκλοφοροῦν εἰς τὴν κεραίαν, διατηροῦν ἀμετάβλητον τὴν περιόδον τῶν καὶ τὰ πλάτη τῶν. Ἄν ὅμως ὁμιλήμεν πρὸ τοῦ μικροφώνου, τοῦτο διὰ τῆς τρομώδους κινήσεώς του τροποποιεῖ τὰ ἐξ ἐπαγωγῆς παλμικὰ ρεύματα εἰς τὴν κεραίαν τῆς ἐκπομπῆς. Αἱ τροποποιήσεις αὗται εἰσαχθεῖσαι εἰς τὴν ἐκπομπὴν ὑπὸ τοῦ μικροφώνου συνοδεύουσιν τὰς ἠλεκτρικὰς ταλαντεύσεις, αἱ ὁποῖαι τὰς φέρουσιν 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 τηλεγράφων. 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 ἀκουστικὸν τὰς ὁμιλίας, αἱ ὁποῖαι ἀπηγγέλθησαν πρὸ τοῦ μικροφώνου ἐκπομπῆς.

#### ΡΑΔΙΟΦΩΝΟΝ

247. Τὸ ραδιόφωνον εἶναι δέκτης τηλεφωνικός, ὁ ὁποῖος ἐπὶ πλέον εἶναι ἐφωδιασμένος μὲ μεγάφωνον. Τὸ μεγάφωνον εἶναι ὅμοιον μὲ τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τηλεφώνου, ἀποτελεῖται δηλ. ἀπὸ ἕνα πεταλοειδῆ ἠλεκτρομαγνήτην, ἔμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ὁποῦ εὐρίσκεται μεταλλικὴ μεμβράνη. Τὸ σύρμα τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου συνδέεται μὲ τὸν φωρατήν. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τότε τοῦ ρεύματος μεταβλητῆς ἐντάσεως τῆς κεραίας, ἡ μαγνητικὴ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου αὐξομενοῦται ἀναλόγως καὶ θέτει τὴν μεμβράνην εἰς παλμικὴν κίνησιν, ὁμοίαν μὲ τὴν παλμικὴν κίνησιν, τὴν ὁποίαν προεκάλεσε 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 ἑξῆς ὄργανα :

α) **Τὴν κεραΐαν.** Αὕτη ἀποτελεῖται: 1) **Ἀπὸ τὸν ἀγωγόν,** δηλ. ἀπὸ ἓν ἢ περισσότερα σύρματα, τὰ ὁποῖα τείνονται ὀριζοντίως μεταξὺ 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 κάθοδον,** δηλ. ἀπὸ σύρμα μεμονωμένον, διὰ τοῦ ὁποίου φέρονται εἰς τὸν 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 σωλήνας τῆς οἰκίας).

β) **Τὸ κύκλωμα συντονισμοῦ.** Δι' αὐτοῦ κτιορθώνομεν 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 μεταδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν κυμάτων ( $\lambda = \frac{T}{N}$ ). Οὕτω π. χ. ἡ συχνότης τοῦ σταθμοῦ Ἀθηνῶν εἶναι 601000 (601 χιλιοπερίοδοι ἢ 601 χιλιοκύκλοι). Συνεπῶς τὸ μήκος κύματος

$$\lambda = \frac{300.000.000}{601.000} = 499 \text{ μέτρα περίπου. Ἐπειδὴ δὲ οἱ ραδιοφωνικ-$$

καὶ 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 megacycloi).

Εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ κεραΐα θὰ δεχθῇ 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 ἑκάστη κεραΐα ἔχει ὠρισμένην συχνό-

τητα, ἥτις ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν αὐτεπαγωγὴν καὶ τὴν χωρητικότητά της. Ὅταν λοιπὸν ἡ συχνότης τῆς κεραίας εἶναι ἴση μὲ τὴν 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 ἴση μὲ τὴν συχνότητα τοῦ σταθμοῦ, μετὰ τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ συνδεθῶμεν. Τοῦτο κατορθοῦται μὲ 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 λυχνία τῶν τριῶν ἠλεκτροδίων, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς εἶναι μεταβλητὸς (κανονίζων καὶ τὴν ἀξίαν τοῦ ραδιοφώνου). Σήμερον ὑπάρχουν ραδιόφωνα μὲ 8—9 ἐνισχυτρίαις λυχνίας. Μὲ ἀπλούστατον χειρισμὸν (στροφὴν ἑνὸς κομβίου) δυνάμεθα νὰ ἀυξομειώσωμεν τὸ δυναμικὸν τῶν ἐσχαρῶν τῶν λυχνιῶν καὶ συνεπῶς καὶ τὴν ἐνισχυτικὴν δύναμιν τοῦ μηχανήματος (ἀυξομειώσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἤχου).

δ') **Τὴν λυχνίαν φωράσεως**. Αὕτη ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον εἶναι λυχνία τῶν δύο ἠλεκτροδίων, διὰ τῆς ὁποίας τὸ ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητος μετατρέπεται εἰς ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἐπιδράσῃ εἰς τὸ μεγάφωνον.

ε') **Τὰς λυχνίας ἐνισχύσεως τῶν ρευμάτων χαμηλῆς συχνότητος**. Αὗται εἶναι μία ἢ περισσότεραι λυχνίαί τῶν τριῶν ἠλεκτροδίων, διὰ τῶν ὁποίων τὸ ρεῦμα γίνεται ἐντατικώτερον καὶ οὕτω ἐπιτυγχάνεται καλύτερα λειτουργία τοῦ μεγαφώνου.

στ') **Τὸ μεγάφωνον ἢ τὰ ἀκουστικά**. Τὸ μεγάφωνον ἢ εἰσφύεται εἰς τὸ αὐτὸ κυτίον μετὰ τοῦ δέκτου ἢ συνδέεται μετ' αὐτοῦ διὰ σύρματος καὶ οὕτω μεταφέρεται εὐκόλως εἰς ἄλλο δωμάτιον. Δύνανται ἐπίσης νὰ τοποθετηθοῦν καὶ δύο μεγάφωνα εἰς τὸν αὐτὸν δέκτην.

#### ΤΗΛΕΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΤΗΛΕΟΡΑΣΙΣ

248. Ἐὰν ἐξετάσωμεν διὰ φακοῦ εἰκόνα τινά, θὰ διαπιστώσωμεν, ὅτι αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ μέγαν ἀριθμὸν σημείων διαφόρου φωτει-

νόητος, λευκῶν, φαιοχρόων, μελανῶν κτλ., τὸ σύνολον τῶν ὁποίων ἀποτελεῖ τὴν εἰκόνα.

Τόσον ἡ **τηλεφωτογραφία**, ὅσον καὶ ἡ **τηλεόρασις**, σκοποῦν ἔχουν τὴν δι' ἠλεκτρικῆς ὁδοῦ ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος εἰς τὰ σημεῖα, ἐκ τῶν ὁποίων αὕτη συντίθεται, τὴν μεταφορὰν ἐκάστου ἕξ αὐτῶν ἐκ τοῦ τόπου ἐκπομπῆς εἰς τὸν τόπον λήψεως καὶ τὴν ἀνασύνθεσιν ἔπειτα ἐκεῖ τῶν οὕτω μεταφερομένων σημείων εἰς ἓν πλῆρες σύνολον, ὅμοιον ἀκριβῶς πρὸς τὸ ἀρχικόν.

Διὰ νὰ ἐννοήσωμεν καλλίτερον τὸ σύστημα τῆς τηλεδιαβίβασεως, ἃς χρησιμοποιήσωμεν τὸ κάτωθι παράδειγμα :

Εἶναι γνωστόν, ὅτι αἱ ψηφιδωταὶ εἰκόνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ πλῆθος ἰσομεγέθων περιῶν καὶ ποικιλοχρῶμων ψηφίδων.

Ἔστω, ὅτι ἐπιθυμοῦμεν ν' ἀναπαραστήσωμεν ἐν Θεσσαλονίκῃ ψηφιδωτόν, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἕξ ἰσομεγέθων καὶ τετραγώνων ψηφίδων καὶ τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ Βυζαντινὸν Μουσεῖον τῶν Ἀθηνῶν. Πρὸς τοῦτο συνδεόμεθα τηλεφωνικῶς μετὰ εἰδικοῦ περὶ τὴν κατασκευὴν ψηφιδωτῶν καλλιτέχνου 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 καθεξῆς μέχρι τῆς τελευταίας σειρᾶς καὶ ψηφίδος.

Αἱ ὁδηγίαι δηλαδὴ αἱ διδόμεναι τηλεφωνικῶς πρὸς τὸν ἐν Θεσσαλονίκῃ καλλιτέχνην θὰ εἶναι περιῶν τοιαύτης μορφῆς :

«Πρώτη σειρὰ, πρώτη ψηφίς : μελανή. Δευτέρα ψηφίς : μελανή. Τρίτη ψηφίς : φαιοχρῶνος. Τετάρτη ψηφίς : λευκή» καὶ οὕτω καθεξῆς μέχρι τῆς τελευταίας ψηφίδος τῆς πρώτης σειρᾶς. Ἔπειτα : «Δευτέρα 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 μετὰ τὴν ἐν Ἀθήναις εὐρισκομένην.

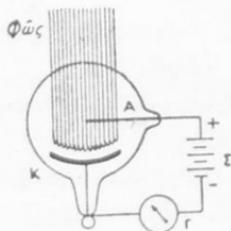
Ὁ αὐτὸς τρόπος ἀναλύσεως καὶ συνθέσεως τῶν διαφόρων εἰκό-

νων ακολουθεῖται 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 σκιναὶ τοῦ καθ' ἡμᾶς βίου. Σημειωτέον μάλιστα, ὅτι κατὰ τὰ τελευταῖα μόνον ἔτη κατώρθωσαν νὰ διαβιβάσουν ζώσας εἰκόνας, καθόσον τὰ πρότερον ὡς «συσκευαὶ τηλεοράσεως» χαρακτηριζόμενα μηχανήματα δὲν διεβίβαζον παρὰ κινηματογραφικὴν ταινίαν (πάλιν ἐπομένως εἰκόνας), ἣ ὁποία ἐλαμβάνετο καὶ ἐνεφανίζετο ἀμέσως. Ἐπήρχετο ἐπομένως, ὅσονδήποτε ταχεῖα 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

**249.** Τὸ εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν καὶ τηλεόρασιν χρησιμοποιούμενον βασικὸν μηχανήμα εἶναι κυρίως τὸ «φωτοηλεκτρικὸν στοιχεῖον» ἢ ἀπλῶς «φωτοκύτταρον».

Τοῦτο μετατρέπει τὸ φῶς εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ἀντίστροφον δηλαδὴ ἀπὸ ὅ,τι γίνεται εἰς τὰς συνήθεις ἠλεκτρικὰς λυχνίας, εἰς τὰς ὁποίας γίνεται μετατροπὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς φῶς.



Σχ. 253

Τὸ φωτοκύτταρον (σχ. 253) ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνης σφαίρας κενῆς ἀέρος, ἐντὸς τῆς ὁποίας εὐρίσκονται δύο μεταλλικαὶ πλάκες Κ καὶ Α, συνδεόμεναι ἐξωτερικῶς μὲ τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς στήλης Σ. Ἡ πλάξ Κ, 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 Α (ἀνόδος) συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς ἰδίας στήλης.

Ὅταν προσπέσουν ἐπὶ τῆς κοίλης ἐπιφανείας τῆς καθόδου φωτεινὰ ἀκτῖνες, τὸ ὑπ' αὐτῶν προσβαλλόμενον κάλιο ἔχει τὴν ιδιότητα 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 ἕξ ἠλεκτρονίων γέφυραν ταύτην, καὶ ρεῦμα διαρρέει αὐτό, ὅπως δεικνύει τὸ παρεμβλλόμενον γαλβανόμετρον Γ.

Ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος τούτου εἶναι ἀνάλογος τῆς φωτεινῆς ἐντάσεως τῶν ἐπὶ τῆς καθόδου Κ προσπιπτουσῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

Ἐὰν διὰ καταλλήλου διατάξεως τὰ ἀπειροπληθῆ σημεῖα μιᾶς εἰκόνας ἐπιδράσουν ἀλληλοδιαδόχως διὰ τῆς διαφόρου φωτεινότητός των ἐπὶ τῆς καθόδου τοῦ φωτοκυττάρου, θὰ δημιουργήσουν ἐπ' αὐτοῦ διαδοχικὰ ρεύματα ἐντάσεως ἀναλόγου ἐκάστοτε πρὸς τὴν φωτεινότητα. Δηλαδή τὰ σκοτεινὰ σημεῖα τῆς εἰκόνας θὰ δημιουργήσουν ρεύματα ἐλαχίστης ἐντάσεως, τὰ φλόχροα μεγαλυτέρας, τὰ δὲ λευκά, ὡς φωτεινὰ, ἔτι μεγαλυτέρας.

Τὰ οὕτω πως λοιπὸν δημιουργούμενα ρεύματα μεταβλητῆς ἐντάσεως δυνάμεθα νὰ διαβιβάσωμεν εἰς κεραιάν 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.

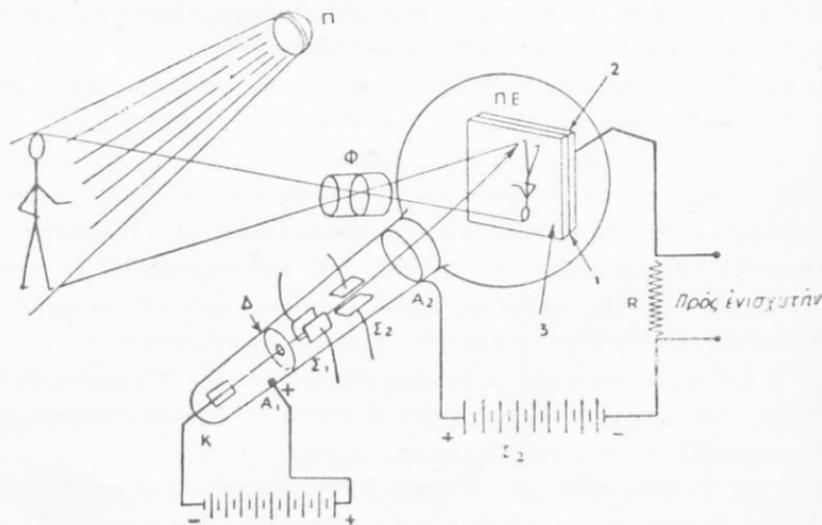
Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν διὰ τὴν ἐπίδρασιν τῶν διαφόρου φωτεινότητος σημείων τῆς ὑπὸ ἐκπομπὴν εἰκόνας ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου χρησιμοποιεῖται ἡ ἀκόλουθος διάταξις :

Ἡ εἰκὼν προσαρμόζεται ἐπὶ κυλίνδρου οὗ μόνον περιστροφόμενου δι' ἠλεκτροκινητήρος, ἀλλὰ καὶ προωθουμένου συγχρόνως. Κατὰ τὴν περιστροφὴν καὶ προώθησιν ταύτην τοῦ κυλίνδρου, ἄρα καὶ τῆς ἐπ' αὐτοῦ εἰκόνας, ἅπαντα τὰ σημεῖα ταύτης διέρχονται πρὸ φωτεινῆς ἀκτίνος λεπτοτάτης, ἀλλὰ ἐντατικῆς, παραγομένης ὑπὸ προβολέως. Οὕτω τὰ διάφορα σημεῖα, ἀναλόγως τοῦ χρωματισμοῦ των, ἀπορροφῶσιν ἢ ἀνακλῶσιν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς. Πρὸ αὐτῶν ὅμως εὐρίσκεται καὶ φωτοκύτταρον, τὸ ὅποιον ἐηθεάζετα ἀπὸ τὴν φωτεινότητα τῶν σημείων τούτων καὶ δημιουργεῖ ἐπομένως ρεύματα μεταβλητῆς ἐντάσεως, ἅτινα, ὅπως εἴπομεν ἄνωτέρω, τροποποιοῦν τὰ ρεύματα τῆς κεραιᾶς ἐκπομπῆς.

Εἰς τὴν τηλεόρασιν διὰ τὴν ἐκπομπὴν ἐχρησιμοποιεῖτο κατ' ἀρχὰς τὸ φωτοκύτταρον ἐν συνδυασμῷ μὲ τὸν «δίσκον τοῦ Νίπκωβ», ὅστις ἐχρησίμευε διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνας εἰς σημεῖα.

Μεγάλην ὅμως ὄθησιν εἰς τὴν ἐξέλιξιν τοῦ τρόπου ἐκπομπῆς ἐν τῇ τηλεοράσει ἔδωσε τὸ ὑπὸ τοῦ Ρώσου Ντζβόρουκιν ἐπινοηθὲν «εἰκονοσκόπιον».

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνου σωλήνος κενοῦ ἀέρος καταλήγοντος εἰς σφαῖραν (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



Σχ. 254

στρώμα, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ μικροσκοπικώτατα ἐπιμελῶς μεμονωμένα ἀπ' ἀλλήλων σταγονίδια ἐξ ὀξειδίου τοῦ καισίου. Τὰ σταγονίδια ταῦτα ἀποτελοῦν ἐν ἑκαστῶν μικροσκοπικὰ φωτοκύτταρα. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐπὶ τῆς ὡς ἄνω πλακὸς (15×15 ἑκατ.) σταγονιδίων αὐτῶν δύναται νὰ φθάσῃ τὰ τρία ἑκατομύρια.

Εἰς ὀρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς πλακὸς εἰδώλου ὑπάρχει ἡ ἄνοδος  $A_2$ . Μεταξὺ ταύτης καὶ τῆς πλακὸς εἰδώλου ὑπάρχει ὑψηλὴ τάσις χορηγομένη ὑπὸ τῆς στήλης  $\Sigma_2$ . Εἰς τὸ οὗτω σχηματιζόμενον κύκλωμα παρεμβάλλεται ἐν σειρᾷ καὶ ἡ ἀντίστασις  $R$ .

Ἡ διάταξις αὕτη λειτουργεῖ ὡς ἐξῆς:

Ἡ πρὸς διαβίβασιν εἰκόν, φωτιζομένη ἰσχυρῶς ὑπὸ τοῦ προβο-

λέως Π, προβάλλεται τῇ βοηθείᾳ φακοῦ Φ ἐπὶ τοῦ στρώματος τῶν φωτοκυττάρων τῆς πλακῶς εἰδώλου. Ὡς ἐκ τούτου ἕκαστον φωτοκύτταρον προσβάλλεται ἀπὸ ὀρισμένην ποσότητα φωτός, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν φωτεινότητα τοῦ προβαλλομένου σημείου τῆς εἰκόνος. Τὰ ἐλευθερούμενα ἕφ' ἑνὸς ἑκάστου τῶν φωτοκυττάρων ἠλεκτρονία φέρονται πρὸς τὴν ἄνοδον  $A_2$ , ἣτις εἶναι συνδεδεμένη μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς στήλης  $\Sigma_2$ .

Τὰ σταγονίδια ὅμως τοῦ ὀξειδίου τοῦ καισίου τοῦ στρώματος ὅ ἀποτελοῦν, μὲ τὸ μεταλλικὸν ἐπίστρωμα 2 καὶ μὲ τὸ μονωτικὸν στρώμα τοῦ μαρμαρυγίου 1, συμκνωτάτους συμπκνωτάς. Λόγω τῆς ἐπὶ τῆς ἄνοδου  $A_2$  ἔλξεως τῶν ἠλεκτρονίων τὸ κύκλωμα τῆς στήλης  $\Sigma_2$  κλείεται καὶ οἱ συμπκνωταὶ πληροῦνται. Εἶναι δὲ εὐνόητον, ὅτι τὸ φορτίον αὐτῶν θὰ εἶναι τόσον μεγαλύτερον, ὅσον περισσότερον φῶς προσβάλλει τὰ φωτοκύτταρα. Τὰ ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὴν ἐκάστοτε φωτεινότητα τῆς εἰκόνος ἀνομοιόμορφα ταῦτα φορτία τῶν συμπκνωτῶν ἐξακολουθοῦν ὑφιστάμενα, ἕφ' ὅσον δὲν ἐκκενοῦμεν τοὺς συμπκνωτάς, καὶ ἂν ἔτι ἀποτρέψωμεν τὴν προβολὴν τῆς εἰκόνος. Ὅπως ἀντιλαμβανόμεθα, τὸ φῶς «ἐναποθηκεύεται» ὑπὸ μορφήν ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐντὸς τῶν συμπκνωτῶν.

Ἀπομένει τώρα ἡ διὰ τρόπον τινὸς ἐκκένωσις τῶν συμπκνωτῶν αὐτῶν καὶ ἡ διὰ τῶν ρευμάτων ἐκκενώσεώς των τροποποίησις τῶν ὑψηλῆς συχνότητος παλμικῶν ρευμάτων τῆς κεραίας. Ὁ τρόπος οὗτος εἶναι καὶ πάλιν ἠλεκτροικῆς φύσεως. Πρὸς κατανόησιν ὅμως αὐτοῦ, δεόν ν' ἀναφέρωμεν τὴν ἀρχὴν, ἕφ' 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.

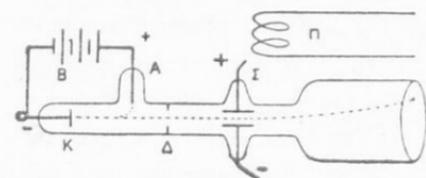
**Σημείωσις.** Ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου στηρίζονται καὶ αἱ ἠχητικαὶ ταινίαι τοῦ κινηματογράφου. Κατὰ τὴν λήψιν δηλ. τῆς ταινίας, τὰ ρεύματα τῶν μικροφώνων, ἐνώπιον τῶν ὁποίων ὀμιλοῦμεν ἢ ᾄδομεν, ἐπενεργοῦσιν ἐπὶ τῆς φωτιστικῆς ἐντάσεως εἰδικῆς λυχνίας. Λόγω τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως ταύτης σχηματίζονται ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας κατὰ τὴν λήψιν τῆς γραμματῆ ἀνομοιόμορφον φωτεινότητα καὶ μεγέθους. Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας αἱ γραμματῆ αὗται, ἐπενεργοῦσαι ἐπὶ φωτοκυττάρου, δημιουργοῦν ρεύματα μεταβλητῆς ἐντάσεως



σεως, ἅτινα διαβιβάζονται εἰς μεγάφωνον καὶ ἀναπαράγουν οὕτω τοὺς διαφοροὺς ἤχους.

**250. Λυχνία τοῦ Μπράουν.**— Ἐντὸς λυχνίας, ἐν τῇ ὁποίᾳ ἔδημιουργήθη ὑψηλὸν κενόν, ὑπάρχουν δύο ἠλεκτροδία Κ καὶ Α (σχ. 255), εὐρισκόμενα ὑπὸ λίαν ὑψηλὴν τάσιν χορηγουμένην ὑπὸ πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος Β. Ἐν τῷ οὕτω σχηματιζόμενῳ κύκλωματι ρέει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καθόσον τὸ κύκλωμα θεωρεῖται κλειόμενον ἐντὸς τοῦ κενοῦ τῆς λυχνίας ὑπὸ δέσμης ἠλεκτρονίων κατευθυνομένων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτροδίου Κ (καθόδου) πρὸς τὸ θετικὸν Α (ἄνοδον).

Μέρος ὅμως τῆς δέσμης τῶν ἠλεκτρονίων κατευθύνεται παραδόξως πρὸς καὶ πρὸς τὸ δεξιὰ εὐρισκόμενον ὑάλινον τοίχωμα τῆς λυχνίας, ἐφ' οὗ προσπίπτον προκαλεῖ φωσφορισμόν. Ἐὰν γυν τοποθετήσωμεν ἐντὸς τοῦ λαιμοῦ τῆς λυχνίας μεταλλικὸν δίσκον Δ (διάφραγμα), φέροντα εἰς τὸ μέσον ὀπῆν, ὁ δίσκος οὗτος ἐπιτρέπει τὴν διὰ τῆς ὀπῆς διόδον μιᾶς λεπτοτάτης μόνον ἀκτίνος ἐξ ἠλεκτρονίων, ἣτις προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ ὑαλίνου τοιχώματος δημιουργεῖ φωσφορίζουσαν κηλίδα πάχους ἀναλόγου μετὰ τῆς ἀκτίνος.



Σχ. 255

Ἐπειδὴ ἡ ἀκτίς αὕτη δὲν εἶναι παρὰ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐκτὸς παντὸς ἀγωγοῦ, ὑφίσταται,

ὡς καὶ τὸ διαρρέον τοὺς ἀγωγοὺς ρεῦμα, τὰς συνεπείας τῆς ἐπ' αὐτοῦ ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Πράγματι, ἐὰν τοποθετήσωμεν ἐντὸς τοῦ λαιμοῦ καὶ συμπυκνωτὴν Σ κατὰ τρόπον, ὥστε ἡ ὡς ἄνω ἠλεκτρονικὴ ἀκτίς νὰ διαπερῇ τὸ διηλεκτρικὸν αὐτοῦ, τότε φορτίζοντες τὸν συμπυκνωτὴν ἀναγκάζομεν τὴν ἠλεκτρονικὴν ἀκτίνα νὰ ἀποκλίνῃ. Ἄν ὁ κάτω ὀπλισμὸς τοῦ συμπυκνωτοῦ συνεδέθῃ μετὰ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς φορτιζούσης τὸν συμπυκνωτὴν πηγῆς καὶ ὁ ἕτερος ὀπλισμὸς μετὰ τὸν θετικὸν πόλον, τότε ἡ ἠλεκτρονικὴ ἀκτίς, ὡς ἀποτελουμένη ἐκ τῶν φύσει ἀρνητικῶν ἠλεκτρονίων, ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ κάτω ἀρνητικοῦ ὀπλισμοῦ 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 πηγῆς Π διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἢ πρὸς τὰ ἄνω ἀπόκλισις θὰ ἐπιτευχθῆ, ἔαν τοῦ πηνίου εὐρισκομένου ὀπισθεν ἀκριβῶς τοῦ λαιμοῦ τῆς λυχνίας παρουσιασθῆ, λόγῳ τῆς φορᾶς τῶν σπειρῶν τούτου καὶ τῆς ἐν αὐτῷ διευθύνσεως τοῦ ρεύματος, ὃ βόρειος πόλος πρὸς ἡμᾶς.

Ἐὰν τόσον ὁ συμπυκνωτής ὅσον καὶ τὸ πηνίον ἀλλάξωσι πολικότητα, τότε ἡ ἀκτίς θὰ κατευθυνθῆ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Εἶναι εὐνόητον, ὅτι ἡ ἀπόκλισις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῶν πεδίων αὐτῶν.

Διὰ τοποθετήσεως ἐπὶ τοῦ λαιμοῦ καὶ δευτέρου συμπυκνωτοῦ, οὕτινος ὅμως τὸ πεδῖον νὰ εἶναι κάθετον εἰς τὸ πεδῖον τοῦ πρώτου, ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀπόκλισις τῆς ἀκτίνος καθ' ὀριζοντίαν πλεόν καὶ οὐχὶ κατακόρυφον φορᾶν.

Οὕτω διὰ τοποθετήσεως δύο συμπυκνωτῶν καθέτων πρὸς ἀλλήλους καὶ διὰ καταλλήλου φορτίσεως αὐτῶν, δυνάμεθα νὰ μετατοπίσωμεν τὴν ἠλεκτρονικὴν ἀκτίνα κατὰ βούλησιν.

Καὶ νῦν ἐπαλέθωμεν εἰς τὸ εἰκονοσκόπιον (σχ. 254).

Ἐπὶ τοῦ κυλινδρικοῦ ὀπισθίου του μέρους τὸ εἰκονοσκόπιον εἶναι καθ' ὅλα ὁμοιον μὲ τὴν λυχνίαν τοῦ Μπράουν. Ἡ ἠλεκτρονικὴ ὅμως ἀκτίς προσπίπτει οὐχὶ ἐπὶ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ εὐρισκομένου ὑαλίνου τοιχώματος, ἀλλὰ ἐπὶ τῆς πλακὸς εἰδώλου, διότι αὕτη εὐρίσκεται πρὸ τοῦ τοιχώματος.

Ἀναγκάζοντες διὰ τοῦ ἐκ τῶν δύο συμπυκνωτῶν  $\Sigma_1$  καὶ  $\Sigma_2$  (σχ. 254) συστήματος τὴν ἠλεκτρονικὴν ἀκτίνα νὰ περιτρέξῃ τοὺς ἐπὶ τῆς πλακὸς εἰδώλου πεπληρωμένους συμπυκνωτὰς ἐκκενοῦμεν τῇ βοήθειᾳ ταύτης αὐτούς. Τὸ κύκλωμα ἐπομένως: πλάξ εἰδώλου—στήλη  $\Sigma_2$ —ἄνοδος  $A_2$  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 συναπτήρων ταύτης πλεόν διαβιβάζομεν τὰς τάσεις αὐτὰς πρὸς ἐνίσχυσιν εἰς ἐνίσχυτὰς καὶ εἶτα εἰς κεραίαν ἐκπομπῆς παλμικῶν ρευμάτων, τροποποιούντες οὕτω τὰ συντηρούμενα ρεύματά της.

#### Λ Η Ψ Ι Σ

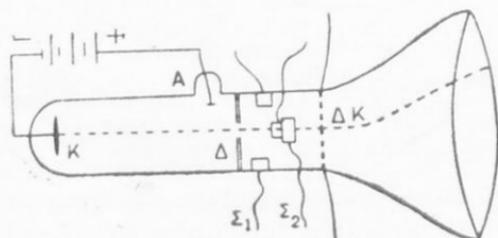
**251.** Τὰ ὑπὸ τῆς κεραίας λήψεως λαμβανόμενα ρεύματα μεταβλητῆς ἐντάσεως τῶν πομπῶν τηλεφωτογραφίας διαβιβάζονται μετὰ

τήν φώρασιν αὐτῶν εἰς εἰδικὴν λυχνίαν, ἧς ἀξομειοῦσι τὴν φωτιστικὴν ἔντασιν. Ἐκτίς 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 προσβάλλονται κατὰ σειρὰν ἐν πρὸς ἐν ὑπὸ τῆς ἀκτίνος.

Εἶναι εὐνόητον, ὅτι ἀναλόγως τῆς φωτεινότητος τῆς ἀκτίνος ταύτης θὰ δημιουργηθῶν, ὡς καὶ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός, σημεῖα ἀνομοιομόρφου φωτισμοῦ. Ὁ χάρτης οὗτος ὑφιστάμενος εἶτα τὴν σχετικὴν κατεργασίαν καὶ ἐμφάνισιν μᾶς παρέχει τὴν διαβιβασθεῖσαν εἰκόνα.

**252.** 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



Σχ. 256

τῆς ἀκτίνος καὶ τοῦ τοιχώματος παρεντίθεται διάφραγμα ΔΚ (σχ. 256), ὁμοίον πρὸς τὸ διάφραγμα Δ, εἰς ὃ διαβιβάζονται τὰ ἐκ τῆς κεφαλῆς λήψεως λαμβανόμενα ρεύματα, ἀφ' οὗ κατὰ πρῶτον ἐνισχυθῶν δι' ἐνισχυτικῶν λυ-

χνιῶν. Τὸ διάφραγμα ἐπομένως ΔΚ φορτίζεται ἀντιστοίχως. Ἐὰν τὸ φορτίον αὐτοῦ εἶναι θετικόν, ἐπιτρέπει τὴν διὰ τῆς εἰς τὸ μέσον αὐτοῦ ὑπαρχούσης ὀπῆς δίοδον περισσοτέρων ἠλεκτρονίων. Ἡ ἐπὶ τοῦ τοιχώματος ἐπομένως παρουσιαζομένη ὡς φωσφορίζουσα κηλὶς εἶναι φωτεινότερα. Ἐὰν τοῦναντίον τὸ φορτίον γίνῃ ἀρνητικόν, τὸ διάφραγμα ΔΚ ἀποτρέπει τὴν ἐξ αὐτοῦ δίοδον πολλῶν ἠλεκτρονίων ἢ ἀκτίς λοιπὸν καθίσταται ἀσθενεστέρα, ἄρα καὶ ἡ κηλὶς μᾶλλον σκοτεινὴ.

Οὕτω ἀναλόγως τοῦ φορτίου τοῦ διαφράγματος ἔχομεν διαφόρου φωτεινότητος σημεῖα ἐπὶ τοῦ ἑαλίνου τοιχώματος, ἅτινα μᾶς 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 Ντζιβόρουκιν, ὅσον καὶ εἰς τὴν διὰ τὴν λήψιν χρησιμοποιουμένην λυχνίαν τοῦ Μπράουν, δέον νὰ ὑπάρχῃ, καὶ ὑπάρχει, ἀπόλυτος συγχρονισμός. Οὗτος ἐπιτυγχάνεται διὰ καταλλήλου τροφοδοτήσεως τῶν συμπυκνωτῶν αὐτῶν.

Ὁ αὐτὸς συγχρονισμὸς δέον ὡσαύτως νὰ ὑφίσταται καὶ εἰς τοὺς μετακινουῦντας τὰς εἰκόνας ἢ τὸν χάρτην ἐφ' οὗ ἐμφανίζονται αὐταὶ κυλίνδρους, εἰς τὰ μηχανήματα τῆς ἐκπομπῆς τηλεφωτογραφίας.

Διευθ. Η. Λεονταρίτου

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

### ΟΠΤΙΚΗ

#### ΚΕΦ. Α'. — ΦΩΣ. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΦΩΤΕΙΝΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ

	Σελ.
Όρισμοί . . . . .	5
Σώματα φωτεινά, διαφανή, διαφώτιστα, σκιερά . . . . .	5-7
Φωτειναι άκτινες. Φωτειναι δέσμαι . . . . .	7
Σκιαί: Έκλείψεις (σ. 9), προσδιορισμός του ύψους διαφόρων αντίκει- μένων (σ. 9), εικόνες διδόμεναι υπό των μικρών όπών (σ. 10) .	8-10
Έξαιρέσεις εις την εύθύγραμμον διάδοσιν του φωτός . . . . .	11
Προβλήματα . . . . .	12

#### ΚΕΦ. Β'. — ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Όρισμός . . . . .	12
Μέτρησις της ταχύτητος του φωτός: Μέθοδος άστρονομική (σ. 13), μέθοδοι φυσικαι (σ. 13) . . . . .	13-17
Προβλήματα . . . . .	17

#### ΚΕΦ. Γ'. — ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

Όρισμοί . . . . .	17
Μεταβολή του φωτισμού μετά της άποστάσεως της πηγής . . . . .	18
Μεταβολή του φωτισμού μετά της κλίσεως της φωτιζομένης έπι- φανείας . . . . .	19
Σχέσις των εντάσεων δύο φωτεινών πηγών . . . . .	20
Φωτόμετρα: Φωτομετρικαι μονάδες (σ. 22), προβλήματα (σ. 24) . .	20-24

#### ΚΕΦ. Δ'. — ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Όρισμοί . . . . .	24
Νόμοι της ανάκλασεως . . . . .	25
Ακανόνιστος ανάκλασις ή διάχυσις . . . . .	26
Έπίπεδα κάτοπτρα: Είδωλα παρεχόμενα υπό έπιπέδων κατόπτρων (σ. 27), πεδίων έπιπέδου κατόπτρου (σ. 27), ανάκλασις επί δύο	

	Σελ.
παραλλήλων κατόπτρων (σ. 28), ανάκλασις ἐπὶ δύο συγκλινόντων κατόπτρων (σ. 29), καλειδοσκόπιον (σ. 30), προβλήματα (σ. 30)	27-31

### ΚΕΦ. Ε'. — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Ὅρισμοί . . . . .	31
Κοῖλα κάτοπτρα: Ἀνάκλασις παραλλήλων ἀκτίνων (σ. 32), εἰδωλον φωτεινοῦ σημείου κειμένου ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος (σ. 34), εἰδωλον φωτεινοῦ σημείου οἰουδήποτε (σ. 36), εἰδωλα ἀντικειμένων (σ. 37), ἐφαρμογαί (σ. 39) . . . . .	32-39
Κυρτὰ κάτοπτρα: Κυρία ἐστία (σ. 40), συζυγεῖς ἐστίαί (σ. 41), εἰδωλα ἀντικειμένων (σ. 41), τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων (σ. 42), προβλήματα (σ. 45) . . . . .	40-46

### ΚΕΦ. ΣΤ'. — ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Προκαταρκτικαὶ ἔννοιαι . . . . .	46
Νόμοι τῆς διαθλάσεως . . . . .	47
Περίπτωσις, καθ' ἣν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ἐνὸς μέσου εἰς ἄλλο διαθλαστικώτερον . . . . .	48
Περίπτωσις, καθ' ἣν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ἐνὸς μέσου εἰς ἄλλο ὀλιγώτερον διαθλαστικόν . . . . .	50
Ἀτμοσφαιρικὸς κατοπτρισμὸς . . . . .	51
Κυριώτερα φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὴν διάθλασιν . . . . .	52
Πρίσματα: Ὅρισμοί (σ. 54), πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τοῦ πρίσματος (σ. 54), μεταβολαί τῆς ἐκτροπῆς (σ. 55), τύποι τοῦ πρίσματος (σ. 57), ἐφαρμογαί τῶν πρισμάτων, πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως (σ. 58), περισκόπιον (σ. 59), προβλήματα (σ. 60) . . . . .	54-61
Φακοί: Ὅρισμοί (σ. 61), συγκλίνοντες φακοί (σ. 62), ὀπτικὸν κέντρον, δευτερεύοντες ἄξονες (σ. 62), διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων (σ. 63), ἰσχὺς φακοῦ (σ. 64), τύπος τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως φακοῦ (σ. 64), εἰδωλα παρεχόμενα ὑπὸ τῶν συγκλινόντων φακῶν (σ. 64), τύποι τῶν συγκλινόντων φακῶν (σ. 66), ἐφαρμογαί (σ. 67) . . . . .	61-67
Φακοὶ ἀποκλίνοντες: Πορεία φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ φακοῦ ἀποκλίνοντος (σ. 67), διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων (σ. 68), εἰδωλα παρεχόμενα ὑπὸ ἀποκλινόντων φακῶν (σ. 69), τύποι (σ. 69), ἐφαρμογαί (σ. 70), προβλήματα (σ. 71) . . . . .	67-71

### ΚΕΦ. Ζ'. — ὈΡΓΑΝΑ ΠΡΟΒΟΛΗΣ. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

Προβολεὺς . . . . .	71
Φωτογραφικὴ συσκευὴ . . . . .	73

Σελ.

## ΚΕΦ. Η'. — ΔΙΑΣΚΕΔΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ἀποσύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός: Ἡλιακὸν φάσμα (σ. 76), τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ καὶ ἀνίσως διαθλαστά (σ. 75), σύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός (σ. 76), κατάταξις τῶν χρωμάτων (σ. 78), χρῶμα τῶν σωμάτων (σ. 79), ραβδώσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος (σ. 79), φασματοσκόπιον (σ. 79), διάφοροι τύποι φασμάτων (σ. 81), φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις (σ. 82), φάσματα ἀπορροφῆσεως (σ. 83), ἀπορρόφησις ὑπὸ τῶν μεταλλικῶν ἀτμῶν (σ. 83), ἐξήγησις τῶν ραβδώσεων τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος (σ. 83), ιδιότητες τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος (σ. 84) . . . . .	74-85
---	-------

## ΚΕΦ. Θ'. — ΟΡΑΣΙΣ

Περιγραφή τοῦ ὀφθαλμοῦ . . . . .	85
Σχηματισμὸς τῶν εἰδώλων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς: Κανονικὸς ὀφθαλμὸς (σ. 88), μυωπία (σ. 88), ὑπερμετροπία (σ. 89), πρεσβυωπία (σ. 90), φαινομένη διάμετρος (σ. 90) . . . . .	87-91
Παραμονὴ τῶν φωτεινῶν ἐντυπώσεων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς: Κινηματογράφος (σ. 91) . . . . .	91-93

## ΚΕΦ. Ι'. — ΚΥΡΙΩΤΕΡΑ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Ἀπλοῦν μικροσκόπιον: Ἴσχυς αὐτοῦ (σ. 94), μεγέθυνσις (σ. 94) . . . . .	93-95
Σύνθετον μικροσκόπιον . . . . .	95
Τηλεσκόπια: Διοπτρικὰ τηλεσκόπια (σ. 97), διόπτρα τῶν ἐπιγείων (σ. 98), διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου (σ. 99), ἀρχὴ τῶν πρισματικῶν διοπτρῶν (σ. 100), κατοπτρικὰ τηλεσκόπια (σ. 100) . . . . .	97-101

## ΚΕΦ. ΙΑ'. — ΦΩΤΕΙΝΑ ΜΕΤΕΩΡΑ

Οὐράνιον τόξον . . . . .	102
Ἄλωγ . . . . .	102

## ΚΕΦ. ΙΒ'. — ΦΩΤΕΙΝΑ ΚΥΜΑΤΑ

Φύσις τοῦ φωτός: Ὑπόθεσις περὶ τοῦ αἰθέρος (σ. 104), μήκος κύματος (σ. 104), φαινόμενα συμβολῆς (σ. 105) . . . . .	103-107
--	---------

## ΚΕΦ. ΙΓ'. — ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ὅρισμοὶ . . . . .	107
Κρύσταλλοι μονάξονες: Ἀκτὶς συνήθης καὶ ἀκτὶς ἑκτακτος . . . . .	108
Πόλωσις τοῦ φωτός: Πεπολωμένον φῶς (σ. 110), πόλωσις τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος (σ. 110), ἐξήγησις τῆς πολώσεως (σ. 110) . . . . .	109-111

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦ. Α'. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ὁ ἠλεκτρισμὸς εἶναι μορφή ἐνεργείας: Πηγαὶ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας (σ. 113), μονάδες ἐνεργείας (σ. 113), μονάδες ἰσχύος (σ. 114) 112-114

ΚΕΦ. Β'. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα: Φορὰ τοῦ ρεύματος (σ. 115) . . . . . 114-116

ΚΕΦ. Γ'. — ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων: Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἠλεκτρικῆς πηγῆς (σ. 117) . . . . . 117-118

ΚΕΦ. Δ'. — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

Ἡλεκτρόλυσις: Θεωρία τῶν ἰόντων (σ. 119) παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως (σ. 119) . . . . . 118-121

Ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ: Μονὴς ἐντάσεως (σ. 123), ἠλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα (σ. 123), ἠλεκτρολυτικὴ μέτρησης τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος (σ. 124) . . . . . 121-124

ΚΕΦ. Ε'. — ΣΤΗΛΑΙ

Ἡλεκτρικαὶ στήλαι: Στήλη τοῦ Βόλτα (σ. 125), χημικὰ φαινόμενα ἐντὸς τῶν στοιχείων (σ. 126), πόλωσις τοῦ στοιχείου τοῦ Βόλτα (σ. 127), στοιχείον Daniell (σ. 127), στοιχείον Bunsen (σ. 128), στοιχείον Leclanché (σ. 129), στοιχείον διὰ διχρωμικοῦ καλίου (σ. 130), χρῆσις ἐφυδραργυρωμένου ψευδαργύρου (σ. 130), ἠλεκτρικὴ στήλη (σ. 130), ξηραὶ στήλαι (σ. 132) . . . . . 124-135

ΚΕΦ. ΣΤ'. — ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

Συσσωρευταὶ . . . . . 134-136

ΚΕΦ. Ζ'. — ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΟΗΜ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ

Σκοπὸς τῶν νόμων τοῦ Ohm: Νόμοι τοῦ Ohm, πειραματικὴ ἔρευνα (σ. 137), ἀναλυτικὴ ἔκφρασις τῶν νόμων τοῦ Ohm (σ. 138), ἀντίστασις ἀγωγῶν (σ. 139), νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα (σ. 141), μέτρησις τῶν ἀντιστάσεων (γέφυρα τοῦ Wheatston) (σ. 143), προβλήματα (σ. 145) . . . . . 137-146

## ΚΕΦ. Η'. — ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ JOULE

Θερμαντική ενέργεια παραγομένη υπό του ηλεκτρικού ρεύματος: Πειραματική έρευνα (σ. 147), αναλυτική έκφρασις τῶν νόμων τοῦ Joule (σ. 148), ἰσχύς τοῦ ρεύματος (σ. 149), ἐφαρμογαί (ἀσφάλεια, ηλεκτρικὴ θέρμανσις) (σ. 150) . . . . .	146-150
Φωτισμός. Λαμπτήρες. (σ. 150), βολταϊκὸν τόξον (σ. 151), ηλεκτρικὴ ζάμινος (σ. 151), προβλήματα (σ. 152) . . . . .	150-153

## ΚΕΦ. Θ'. — ΜΑΓΝΗΤΑΙ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνήται: Πόλοι τῶν μαγνητῶν (σ. 153), ἀμοι- βαῖται ἐνέργειαι τῶν πόλων (σ. 154), μαγνητικὸν πεδίου (σ. 155)	153-157
--	---------

## ΚΕΦ. Ι'. — ΜΑΓΝΗΤΙΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Νόμος τοῦ Coulomb: Ἐντασις πόλου (σ. 157), μονὰς πόλου (σ. 157), ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου (σ. 158), μονὰς ἐντάσεως (σ. 158), προβλήματα (σ. 158) . . . . .	157-158
---	---------

## ΚΕΦ. ΙΑ'. — ΓΗΙΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Γήινον μαγνητικὸν πεδίου: Γήινον ζεύγος (σ. 159), μαγνητικὴ ἀπό- κλισις (σ. 161), ναυτικὴ πυξίς (σ. 162), μαγνητικὴ ἐγκλισις (σ. 163) . . . . .	159-164
---	---------

## ΚΕΦ. ΙΒ'. — ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Πείραμα τοῦ Oersted . . . . .	164
Φορὰ τοῦ πεδίου . . . . .	165
Σωληνοειδές: Μαγνητικὸν πεδίου σωληνοειδοῦς (σ. 166), τὰ σωληνο- ειδῆ ἔχουν ὅλας τὰς ιδιότητες τῶν μαγνητῶν (σ. 167), θεωρία τοῦ Ampère περὶ τοῦ μαγνητισμοῦ (σ. 168), γαλβανόμετρον (σ. 169) . . . . .	165-170

## ΚΕΦ. ΙΓ'. — ΜΑΓΝΗΤΙΣΙΣ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ

Μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου: Ἡλεκτρομαγνήται (σ. 172), ἐφαρ- μογαί τῶν ηλεκτρομαγνητῶν (ἠλεκτρικὸς κώδων, ἠλεκτρικὸς τη- λέγραφος, τηλεφῶνον) . . . . .	170-177
--	---------

## ΚΕΦ. ΙΔ'. — ΕΠΑΓΩΓΗ

Ἐπαγωγή: Ἐπαγωγή διὰ τῶν ρευμάτων (σ. 177), ἐπαγωγή διὰ μα- γνητῶν (σ. 179), αὐτεπαγωγή (σ. 180), πηνίον τοῦ Ruhmkorff (σ. 180) . . . . .	177-182
---	---------

## ΚΕΦ. ΙΕ'. — ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ GRAMME

Σκοπὸς τῆς μηχανῆς τοῦ Gramme: Ἐπαγωγέως (σ. 183), ἐπαγωγίμων (σ. 185), λειτουργία τῆς μηχανῆς ὡς δεκτρίας (σ. 185), λειτουρ- γία τῆς μηχανῆς ὡς γεννητρίας (σ. 186), διέγερσις τοῦ ἐπαγω- γέως (σ. 187) . . . . .	182-189
---	---------

## ΚΕΦ. ΙΣΤ'. — ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

'Ορισμοί . . . . .	189
'Αρχὴ τῶν ἐναλλακτῆρων: 'Εναλλακτῆρ μετ' ἐπαγωγίμου ἀκινήτου (σ. 191), ιδιότητες τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων (σ. 193), πολυφασικά ρεύματα (σ. 193), ἐναλλακτῆρες μετ' τριφασικά ρεύματα (σ. 194), μεταμορφωταί (σ. 195), ἐφαρμογαί τῶν μεταμορφωτῶν (σ. 196) . . . . .	190-199

## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

## ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

## ΚΕΦ. Α'. — ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ

'Ηλεκτροδυναμική — 'Ηλεκτροστατική: Κυριώτεραι μέθοδοι ἡλεκτρίσεως (σ. 200), ἡλεκτρικὸν ἐκκρεμῆς συγκοινωνοῦν μετὰ τοῦ ἐδάφους (σ. 202), ἐκκρεμῆς μεμονωμένον, θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμὸς (σ. 203), ἡλεκτροσκοπίον (σ. 204), ὁ ἡλεκτρισμὸς φέρεται εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀγωγῶν (σ. 205) . . . . .	200-206
---	---------

## ΚΕΦ. Β'. — ΠΟΣΟΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΤΟΥ FARADAY

'Ορισμὸς τῆς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ: Μέτρησις τῆς ποσότητος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ (σ. 207), Νόμος τοῦ Coulomb (σ. 208), σύγκριστος ἀνάπτυξις τῶν δύο εἰδῶν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ (σ. 208), . . . . .	206-209
---	---------

## ΚΕΦ. Γ'. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΣ. ΔΥΝΑΜΙΣ ΤΩΝ ΑΚΙΔΩΝ

'Ηλεκτρικὴ πυκνότης: Δύναμις τῶν ἀκίδων (σ. 210) . . . . .	209-211
--	---------

ΚΕΦ. Δ'. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ. ΗΛΕΚΤΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΝ.  
ΗΛΕΚΤΡΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ

'Ηλεκτρικὸν πεδίων: Δυναμικὸν (σ. 211), σύγκρισις τῶν δυναμικῶν (σ. 212), βαθμολογία τοῦ ἡλεκτροσκοπίου εἰς volts (σ. 213), ἡ κίνησις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαφορᾶς τοῦ δυναμικοῦ τῶν (σ. 213), ἡλεκτροχωρητικότης (σ. 214), προβλήματα (σ. 214) . . . . .	211-216
--	---------

## ΚΕΦ. Ε'. — ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΔΙ' ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ

'Ηλεκτρικὴ ἐπίδρασις: 'Ηλεκτρικά διαφωράγματα (σ. 218), ἐφαρμογαί τῆς ἐπιδράσεως (σ. 219) . . . . .	216-220
---	---------



0020557684

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

Σελ.

## ΚΕΦ. ΣΤ'. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

Πηγαι ήλεκτρισμού: Ήλεκτροστατικά μηχαναί (σ. 221), ήλεκτροφόρος (σ. 221), μηχανή του Ramsden (σ. 222), μηχανή του Wimshurst (σ. 223) . . . . .	220-227
---	---------

## ΚΕΦ. Ζ'. — ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Μεταβολαί τής χωρητικότητος άγωγού: Συμπυκνωταί (σ. 227) ήλεκτρική συστοιχία (σ. 229), συμπυκνωτικόν ήλεκτροσκόπιον (σ. 231)	227-231
--	---------

## ΚΕΦ. Η'. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΚΚΕΝΩΣΕΩΝ

Διάφορα άποτελέσματα τής έκκενώσεως: Άποτελέσματα φωτεινά (σ. 231), άποτελέσματα θερμαντικά (σ. 232), άποτελέσματα χημικά (σ. 232), άποτελέσματα μηχανικά (σ. 232), άποτελέσματα φυσιολογικά (σ. 233) . . . . .	231-233
---	---------

## ΚΕΦ. Θ'. — ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ή άτμόσφαιρα είναι ήλεκτρικόν πεδión: Άστραπή, βροντή, κεραυνός (σ. 234), άλεξιέκρανον (σ. 235) . . . . .	233-236
---	---------

## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

## ΚΕΦ. Α'. — ΕΚΚΕΝΩΣΙΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΗΡΑΙΩΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Ήλεκτρικόν φόν . . . . .	237
Σωλήνες του Geissler . . . . .	239
Σωλήνες του Crookes: Καθοδικαί άκτίνες (σ. 239), άκτίνες Röntgen (σ. 241), άκτινοσκοπία καί άκτινογραφία (σ. 242), φυσιολογική ένεργεια τών άκτίνων X (σ. 243) . . . . .	239-243
Ούσιαι άκτινενεργοί . . . . .	243
Φωτισμός δι' ήραιωμένων αερίων: Φωτεινή ένεργεια (σ. 243), φωτισμός δι' άζώτου (σ. 244), φωτισμός διά νέου (σ. 244), φωτισμός διά λαμπτήρος με άτμούς ύδραργύρου (σ. 245) . . . . .	243-246

## ΚΕΦ. Β'. — ΡΕΥΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΟΣ

Μέγιστον τής συχνότητος εις τούς έναλλακτῆρας: (σ. 246), Παλμική κίνησις ύγρου (σ. 247), ήλεκτρική έκκένωσις παλμική (σ. 247), άποτελέσματα τών ρευμάτων ύψηλής συχνότητος (σ. 248) . . .	246-249
---	---------

## ΚΕΦ. Γ'. — ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Ταχύτης τῆς διαδόσεως . . . . .	249
Διεγέρτης τοῦ Hertz: Συνοχεύς (σ. 250) . . . . .	249-250
Ἄσύρματος τηλεγραφία . . . . .	250-253
Φωραταὶ κυμάτων: (ἠλεκτρολυτικὸς φωρατῆς - κρυσταλλικὸς φωρατῆς)	253-255
Ἡλεκτρονικοὶ σωλῆνες: Λυχνία μὲ δύο ἠλεκτροδία (σ. 255), λυχνία μὲ τρία ἠλεκτροδία (σ. 256) . . . . .	255-257
Ἄσύρματος τηλεγράφος διὰ λυχνιῶν (σ. 257): Λυχνία γεννήτρια συν- τηρουμένων κυμάτων (σ. 258), δέκτης (σ. 259) . . . . .	257-259
Ἄσύρματον τηλεφώνον . . . . .	259
Ραδιόφωνον . . . . .	260
Τηλεγραφία - Τηλεόρασις (σ. 262): Ἐκπομπὴ (φωτοκύτταρον) (σ. 264), εἰκονοσκόπιον (σ. 266), λυχνία τοῦ Μπράουν (σ. 268), λήρις (σ. 269) . . . . .	264-272

## ΠΑΡΟΡΑΜΑΤΑ

Σελίς 35. Τὸ σχῆμα 31 ἐκ παραδρομῆς ἐτέθη ἀνάποδα.

- » 43, σειρὰ 2. Ἡ ἰσότης (2) νὰ γραφῆ ὡς ἑξῆς:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OB'}{OB}$$

- » 151. Τὸ σχῆμα 149 ἐτέθη ἀνάποδα.

- » 214, σειρὰ 19. Ἡ ἰσότης νὰ γραφῆ ὡς ἑξῆς:

$$\text{farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}} = \frac{3 \cdot 10^9}{300} = 3^2 \cdot 10^{11}$$

- » 255, σειρὰ 19. Ἐντί: «ὁ διεγέρτης τοῦ Branly ὁ συνοχεύς τοῦ Hertz κτλ.» νὰ γραφῆ: «ὁ διεγέρτης τοῦ Hertz, ὁ συνοχεύς τοῦ Branly κτλ.»

---

Ἀνάδοχος ἐκτυπώσεως - βιβλιοδετήσεως:  
Τυπογραφικὰ καταστήματα Μ. & Π. Γ. ΜΠΕΤΣΑΚΟΥ, Σόλωνος 100