

Ε'

71

Παλαιολόγος (Κ.Θ.) Περιστέρας

ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ - ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ

ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΩΤΑΤΩΝ ΣΧΟΛΩΝ



ΟΠΤΙΚΗ

72

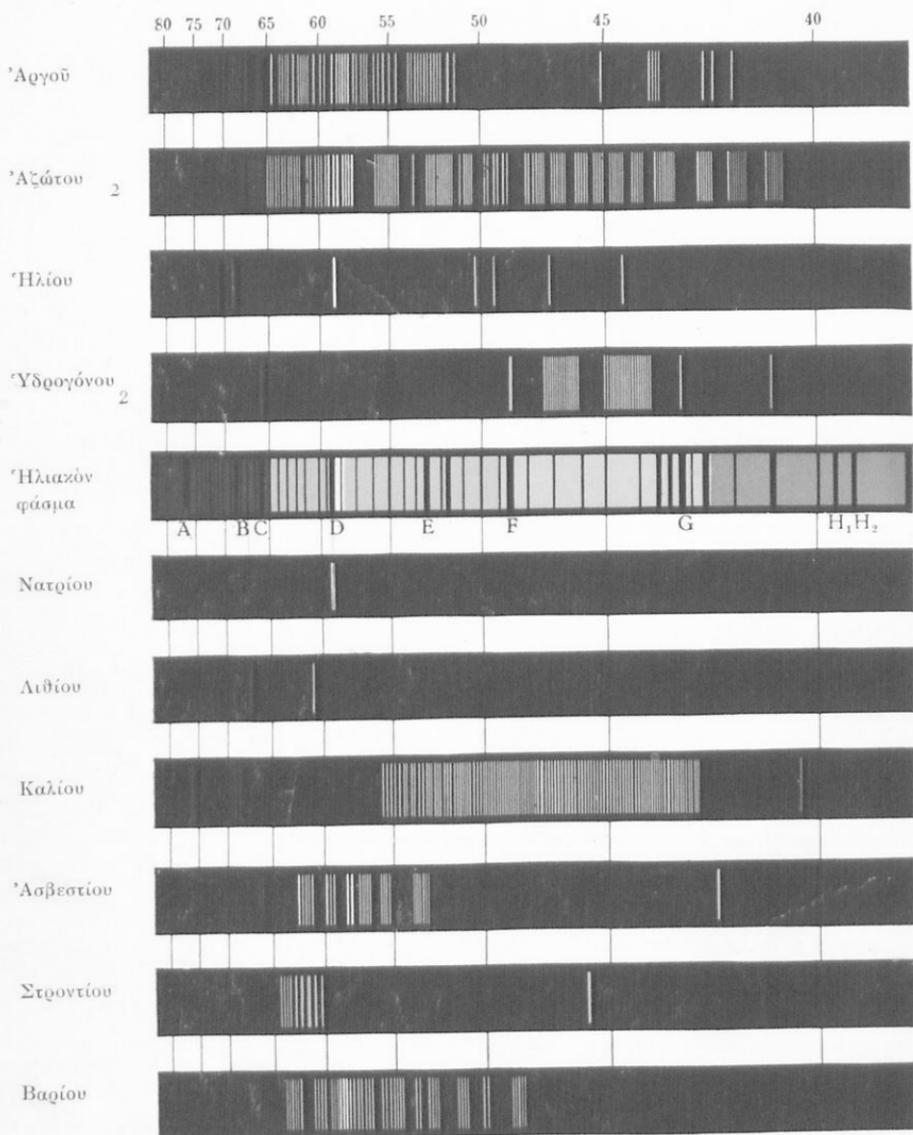
ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
ΡΟΥΣΣΕΑΤ 56 - ΑΘΗΝΑΙ

ΦΥΣΙΚΗ





ΠΙΝΑΞ ΦΑΣΜΑΤΩΝ



*Από το βιβλίο «PHYSICS» του F. ROBESON, Έκδοσις MACMILLAN COMPANY, New York

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Φ Υ Σ Ι Κ Η

ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΣΤΟΥΔΑΣΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΩΤΑΤΩΝ ΣΧΟΛΩΝ

Ὑπὸ

Κ. Δ. ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ

Καθηγητοῦ τῆς Φυσικῆς εἰς τὴν
Σχολὴν Ἰκάρων (Β. Ἀεροπορίας).

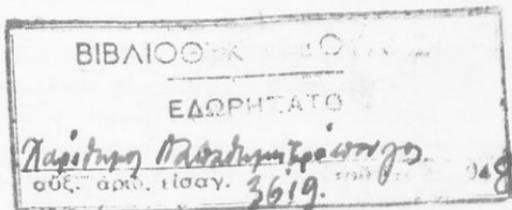
καὶ

Σ. Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

Ἐπιμελητοῦ Ἐργαστηρίου Φυσι-
κῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

ΤΟΜΟΣ II

Ὀ Π Τ Ι Κ ῆ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟΝ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ
ΧΑΡΙΑΝΜΟΥ Ι. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
56 ΟΔΟΣ ΡΟΥΖΒΕΛΤ 56 (ΠΡΩΗΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ) ΑΘΗΝΑΙ

1948

002
ΚΜΕ
ΕΤ3
146

COPYRIGHT BY C. PALAIOLOGOS AND S. PERISTERAKIS

Τύποις Ἑλληνικῆς Ἐκδοτικῆς Ἐταιρείας Α.Ε.—Τεχν. Διεύθ. Ι.Μ. Σκαζίκη—Ἀθήναι, ὄδ. Παλαδιαμαντοπούλου 44

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ὁ δεύτερος τόμος τοῦ συγγράμματος ἡμῶν **Φυσικὴ** περιλαμβάνει τὴν ἀνάπτυξιν τῆς Ὀπτικῆς, ἢ ὅποια ὑποδιαιρεῖται εἰς τρία μέρη: εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν, τὴν Φυσιολογικὴν Ὀπτικὴν καὶ τὴν Φυσικὴν Ὀπτικὴν.

Κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν καὶ κατὰ τὴν ἀνάταξιν τῆς ἕλης ἐπεκράτησαν αἱ αὐταὶ ἀκριβῶς σκέψεις αἱ ὁποῖαι ἐκτίθενται καὶ εἰς τὸν πρόλογον τοῦ πρώτου βιβλίου. Ἐνεκα τοῦ λόγου τούτου περιοριζόμεθα κυρίως εἰς τὰ γενικὰ θέματα καὶ δὲν ὑπεισεοχόμεθα εἰς λεπτομερειακὰ τοιαῦτα, τὰ ὅποια ὁ σπουδαστής, ἐὰν ἤθελε νὰ ἐγκύψῃ βαθύτερον, δύναται νὰ ἀναζητήσῃ εἰς τὰ παρ' ἡμῶν κυκλοφοροῦντα ἀνώτερα συγγράμματα Φυσικῆς.

Ὅσον ἀφορᾷ ἰδίως τὴν Φυσικὴν Ὀπτικὴν, κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν αὐτῆς διετηρήσαμεν τὴν ἔννοιαν τοῦ αἰθέρος, ὡς καὶ τοῦ σωματίου αἰθέρος. Εἶναι ἀληθές ὅτι πολλοὶ τῶν νεωτέρων συγγραφέων ἔχουν ἐγκαταλείψει τὰς ἐννοίας αἰθέρος, σωματίου αἰθέρος, κραδασμοὶ αἰθερίων σωματίων κ.τ.λ., ἀντικαταστήσαντες αὐτὰς δι' ἄλλων ἐννοιῶν, λ.χ. φωτεινὸν ἄνυσμα — τοῦ ὁποίου μάλιστα τὴν φύσιν ἀφήρουν ἀκαθόριστον. Ἐν τούτοις ἡ πείρα κατέδειξεν ὅτι, προκειμένου περὶ στοιχειώδους ἀναπτύξεως τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς, δὲν πρέπει νὰ ἐγκαταλείπεται ἡ μηχανικὴ εἰκὼν, δηλ. τῆς διαδόσεως κύματος ἐλαστικότητος, ἢ ἄλλως μηχανικοῦ κύματος, εἰς μέσον ἰσότροπον, δηλ. τὸν αἰθέρα, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς ὡς ἄνω εἰκόνας διευκολύνει πολὺ τὸν ἀρχάριον σπουδαστὴν νὰ κατανοήσῃ καὶ νὰ ἐξηγηθῇ τὰ διάφορα ὀπτικὰ φαινόμενα ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων. Ἄλλως τε καὶ ὁ ἀκριβὴς μηχανισμὸς τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν εἶναι μέχρι σήμερον ἐπακριβῶς γνωστὸς εἰς τὴν Φυσικὴν.

Διάφορα φαινόμενα, ὡς τὸ φαινόμενον Zeeman, Kerr καὶ ἄλλα, δὲν τὰ ἐξετάζομεν εἰς τὴν Ὀπτικὴν, διότι ταῦτα θέλουν ἀναπτυχθῆ εἰς τὸν τρίτον τόμον τοῦ βιβλίου, εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς.

Μεγίστη ἐξ ἄλλου προσοχὴ ἐδόθη εἰς τὴν ἐπιλογὴν τῶν σχημάτων καὶ εἰς τὴν ὅσον τὸ δυνατόν καλντέραν ἀπόδοσιν αὐτῶν, εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἀναγνώστης νὰ ἵποβηθῆται εἰς τὴν κατανόησιν τοῦ κειμένου. Διὰ τὴν εὐχερεστέραν σπουδὴν τῶν φασμάτων παρεντίθεται ἔγχρωμος πίναξ περιέχων ἀριθμὸν τινα τριπλῶν φασμάτων, ὁ ὁποῖος διευκολύνει τὸν σπουδαστὴν εἰς τὴν κατανόησιν τοῦ κεφαλαίου τούτου, ἐνῶ ἕτερος ἔγχρωμος πίναξ δεικνύει εἰς αὐτὸν τὰς φάσεις τῆς ἔγχρωμου τωπογραφίας. Ἀμφότεροι οἱ πίνακες ἐξετυπώθησαν ὑπὸ τοῦ ἐν Ἀμερικῇ Οἴκῳ Macmillan Company, New York.

Ἐπίσης, διὰ πολλῶν ἀριθμητικῶν ἐφαρμογῶν ἐντὸς τοῦ κειμένου, διευκολύνεται ὁ σπουδαστής εἰς τὴν κατανόησιν τῆς πρακτικῆς χρησιμοποίησεως τῶν τύ-

πων, ἐνῶ ἐξ ἄλλων, διὰ τῆς παραθέσεως πολλῶν ζητημάτων εἰς τὸ τέλος ἐκάστου κεφαλαίου, διενκολώνομεν αὐτὸν διὰ τὴν ἐπανάληψιν τῆς ἀντιστοίχου ὕλης.

Εὐελπιστοῦμεν ὅτι καὶ ὁ δεύτερος τόμος τοῦ ἔργου ἡμῶν « Φυσικῆ » θὰ τύχη τῆς αὐτῆς εὐμενοῦς κριτικῆς καὶ ὑποδοχῆς ἐκ μέρους τοῦ ἀναγνωστικοῦ κοινοῦ τῆς ὁποίας ἔτωχεν ὁ πρώτος τόμος.

Ἐκπληροῦντες εὐχάριστον καθήκον, εὐχαριστοῦμεν τὸν Καθηγητὴν τῆς Φυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν κ. Καίσαρα Ἀλεξόπουλον, ὁ ὁποῖος εἶχε καὶ πάλιν τὴν εὐγενῆ καλωσύνην νὰ διεξέλθῃ τὸ ἔργον ἐν χειρογράφῳ καὶ νὰ ὑποδείξῃ τροποποιήσεις διὰ τὴν καλυτέραν ἀνάπτυξιν διαφόρων θεμάτων. Εὐχαριστοῦμεν ἐπίσης τὸν Ὑφηγητὴν τῆς Ὄρνιθολογίας καὶ Πετρολογίας κ. Ι. Παπασταματίου, ὁ ὁποῖος ἀπεδέχθη λίαν εὐγενῶς νὰ διεξέλθῃ τὸ μέρος τοῦ χειρογράφου τὸ ἀναφερόμενον εἰς τὴν Διπλὴν Λιάθλασιν καὶ τὴν Πόλωσιν τοῦ φωτός, τὸν Φυσικὸν κ. Α. Θεοδοσίου, ὁ ὁποῖος μᾶς ἐβοήθησε διὰ πολλῶν κριτικῶν παρατηρήσεων, ὡς ἐπίσης καὶ τὸν κ. Γ. Καλογερόπουλον, διὰ τὴν ἐπιμέλειαν τῶν δοκιμίων.

Τοὺς συντελέσαντας εἰς τὴν κατὰ τὸ δυνατόν ἀριωτέραν ἐμφάνισιν τοῦ βιβλίου κ. Ι. Σκαζίκην, Τεχνικὸν Διευθυντὴν τῆς « Ἑλληνικῆς Ἐκδοτικῆς Ἐταιρείας », κ. Κ. Κεφάλαν, ὁ ὁποῖος διευθύνει τὴν « Ἀθηναϊκὴν Χαροποιεῖαν », τὸν τοιχογράφον κ. Εὐάγγελον Χαλκιόπουλον καὶ τὸν σχεδιαστὴν κ. Φ. Φραντζῆν εὐχαριστοῦμεν καὶ ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης θερμῶς.

Ἀθῆναι, Ἀπριλιος 1948.

ΠΙΝΑΞ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ. ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ. ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Φωτεινά πηγαία σ. 2.—'Ετερόφωτα σώματα σ. 2.— Διαφανή, ήμιδιαφανή και άδιαφανή σώματα σ. 3.— Φωτεινόν σημείον. Δέσμαι φωτεινών ακτίνων σ. 3.— Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός σ. 4.— Σκοτεινὸς θάλαμος σ. 5.— Σκιά. Παρασκιά σ. 5.— 'Εκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης σ. 6.

'Ανάκλασις τοῦ φωτός. Διάχυτος ἀνάκλασις σ. 7.— Κανονικὴ ἀνάκλασις σ. 7.— Νόμοι ἀνακλάσεως σ. 8.— Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως σ. 8.— Ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός σ. 9.— Κάτοπτρον σ. 9.— Ἐπίπεδα κάτοπτρα σ. 9.— Ἀπεικονίσις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου σ. 10.— Ἐφαρμογαὶ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων. Περιστροφή ἐπιπέδου κατόπτρου σ. 10.— Μέτρησις μικρῶν γωνιῶν σ. 11.— Ἐξᾶς. Ἀρχὴ τοῦ ἕξᾶντος σ. 11.— Παράλληλα κάτοπτρα σ. 12.— Κάτοπτρα ὑπὸ γωνίαν σ. 13.— Ἡλιοστάτης σ. 13.— Σφαιρικὰ κάτοπτρα σ. 14.— Σπουδὴ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου σ. 14.— Ἰδιότης κυρίου ἄξονος σ. 15.— Συζυγὴ σημεία σ. 15.— Εὐρεσις τοῦ τύπου σ. 16.— Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου σ. 17.— Θεωρία τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων σ. 18.— Τύπος τοῦ Νεύτωνος σ. 19.— Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου σ. 19.— Σχηματισμὸς εἰδώλου ἀντικειμένου σ. 19.— Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον σ. 20.— Σχηματισμὸς εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου σ. 21.— Σχηματισμὸς εἰδώλου ἀντικειμένου σ. 21.— Ἀνακεφαλαίωσις σ. 22.— Παραδείγματα σ. 22.— Ἐλαττώματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων σ. 23.— Καυστικαὶ ἐπιφάνειαι σ. 23.— Στιγματικὸν κάτοπτρον σ. 23.— Παραβολικὰ κάτοπτρα σ. 24.— Ζητήματα σ. 25.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Νόμοι διαθλάσεως σ. 26.— Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως σ. 27.— Διάθλασις διὰ πλακῶν μὲ παραλλήλους ἕδρας σ. 28.— Ὑπολογισμὸς τῆς παραλλήλου μετατοπίσεως σ. 29.— Ἀπόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως σ. 29.— Συμμετρικὴ ἐξίσωσις διαθλάσεως σ. 30.— Φαινομένη ἀνύψωσις ἀντικειμένου σ. 30.— Ὑπολογισμὸς τῆς φαινομένης

ἀνυψώσεως σ. 31.—'Όριχή γωνία σ. 31.—'Όλική ἀνάκλασις σ. 32.—'Εφαρμογαί τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως σ. 33.— Διαθλασίμετρον Abbe σ. 34.— Διαθλασίμετρον καταδύσεως σ. 35.— Διαθλασίμετρον Pultrich σ. 35.—'Ατμοσφαιρική διάθλασις σ. 36.

Πρίσματα. 'Όπτικον πρίσμα σ. 38.— Σπουδή τῆς διαθλάσεως διὰ πρίσματος σ. 39.—'Εξισώσις τοῦ πρίσματος σ. 39.— Τύπος ὀξέων πρισμάτων σ. 40.— Νόμοι τοῦ πρίσματος σ. 40.—'Απόδειξις τῆς Νευτωνείου συνθήκης τοῦ πρίσματος σ. 42.— Κατοπτρική στέγη καὶ ἀνορθωτικά συστήματα σ. 42.—'Αρχὴ τοῦ Fermat σ. 45.— Ζητήματα σ. 45.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΦΑΚΟΙ

Σφαιρικοὶ φακοὶ σ. 46.—'Όπτικὸν κέντρον. Κύριος ἄξων. Δευτερεύων ἄξων σ. 47.— Κυρία ἐστία. 'Εστιακὴ ἀπόστασις σ. 48.— Συζυγῆ σημεῖα σ. 50.—'Εστιακὸν ἐπίπεδον σ. 50.— Σχηματισμὸς εἰδόλου ἀντικειμένου ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ σ. 50.— Σχηματισμὸς εἰδῶν ἐπὶ ἀποκλίνοντος φακοῦ σ. 52.— Τύποι τῶν φακῶν σ. 53.— Θεωρία τῶν φακῶν σ. 53.— Παρατήρησις σ. 55.—'Εφαρμογαί σ. 56.— Τύπος τοῦ Νεύτωνος σ. 57.—'Ισχὺς φακοῦ σ. 57.— Σύστημα φακῶν σ. 57.— Σπουδὴ παχέος φακοῦ. 'Όπτικὸν κέντρον σ. 58.— Κυρῶδη ἐπίπεδα καὶ κυρῶδη σημεῖα σ. 58.—'Ελαττώματα τῶν φακῶν σ. 60.— Ζητήματα σ. 65.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

'Ανάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος σ. 66.—'Εξηγήσις τοῦ φαινομένου τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός σ. 68.—'Ανασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός σ. 68.— Μίξις χρωμάτων σ. 69.—'Όρατὸν φάσμα σ. 70.— Εἶδη φασμάτων ἐκπομπῆς σ. 71.— Φάσμα ἀπορροφήσεως σ. 72.— Διασκεδασμὸς προζαλούμενος ἐπὶ πρίσματος σ. 74.—'Αχρωματικὸν πρίσμα σ. 76.—'Αχρωματικὸς φακὸς σ. 77.—'Ανώμαλος διασκεδασμὸς σ. 77.— Οὐράνιον τόξον σ. 78.— Κυανὸν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ σ. 80.— Φθορισμὸς καὶ φωσφορισμὸς σ. 81.

Φασματοσκοπία σ. 82.— Φασματοσκόπιον εὐθυσκοπίας σ. 84.— Φασματοσκόπιον σταθερᾶς ἐκτροπῆς σ. 84.— Μονοχρωμάτωρ σ. 85.—'Υπεριώδες φάσμα σ. 86.—'Υπερουθρον φάσμα σ. 88.—'Όρια μετρήσεως σ. 88.—'Αρχὴ Doppler σ. 88.— Ζητήματα σ. 90.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Μεγεθυντικὸς φακὸς σ. 91.— Σύνθετον μικροσκόπιον σ. 92.— Μεγεθύνσις μικροσκοπίου σ. 92.— Προσοφθάλμιος καὶ ἀντοφθάλμιος φακὸς μικροσκοπίου σ. 92.— Προσοφθάλμια συστήματα σ. 94.—'Αντιεμμενικά συστήματα σ. 94.— Καταδυτικὰ ἀντιεμμενικά συστήματα σ. 94.— Εὑρεσις τοῦ τύπου τῆς μεγεθύνσεως τοῦ μικροσκοπίου σ. 96.—'Όπτικὸν πεδίων σ. 97.—'Εφαρμογαί τοῦ μικροσκοπίου σ. 97.— Μέτρησις τῆς μεγεθύνσεως μικροσκοπίου σ. 98.—'Υπερμικροσκόπιον σ. 98.— Μικροφωτογραφία σ. 100.— Τηλεσκοπία σ. 100.—'Αστρονομικὸν τηλεσκόπιον σ. 100.— Φαινόμενη διάμετρος ἀντικειμένου σ. 101.— Μεγεθύνσις τηλεσκοπίου σ. 101.— Δυναμόμετρον Ramsden σ. 102.— Διαχωριστικὴ δύναμις τηλεσκοπίου σ. 102.— Διόπτρα τῶν ἐπιγείων σ. 103.— Πρισματικὴ διόπτρα σ. 104.— Διόπτρα Γα-

λίλαιου σ. 105. — Ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον σ. 106. — Περισκόπιον σ. 107. — Προβολεὺς σ. 108. — Κινηματογράφος σ. 110. — Ζητήματα σ. 111.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ. ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Φωτομετρία σ. 112. — Εἰσαγωγικαὶ γνώσεις σ. 112. — Στερεὰ γωνία σ. 112. — Φωτομετρικὰ μεγέθη καὶ μονάδες αὐτῶν σ. 113. — Μονάδες φωτεινῆς ἐντάσεως σ. 113. — Φωτισμὸς σ. 114. — Λαμπρότης φωτοβολίας σ. 114. — Φωτομετρικοὶ νόμοι. Νόμος τοῦ Lambert σ. 115. — Φωτόμετρο σ. 116. — Φωτόμετρον Rumford σ. 116. — Φωτόμετρον Bunsen σ. 116. — Φωτόμετρον Lummer - Brodhun σ. 117. — Φωτόμετρον διαχυμάνσεως σ. 118. — Μετρηταὶ φωτισμοῦ σ. 119. — Φωτεινὴ ἔνταση κατὰ διαφόρους διευθύνσεις σ. 119. — Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φωτός σ. 121.

Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ μέθοδοι μετρήσεως αὐτῆς. Ἀστρονομικὴ μέθοδος Roemer σ. 121. — Μέθοδος Fizeau σ. 122. — Μέθοδος Foucault σ. 124. — Μέθοδος Michelson σ. 124. — Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς ὕλης καὶ ἐν τῷ κενῷ σ. 125. — Ζητήματα σ. 126.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'

ΟΦΘΑΛΜΟΣ. ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ

Ὄφθαλμὸς σ. 127. — Σπουδὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ ὡς ὀπτικοῦ ὄργανου σ. 129. — Προσαρμογὴ σ. 130. — Διαχωριστικὴ ἰκανότης ὀφθαλμοῦ σ. 130. — Εὐαίσθησία τοῦ ὀφθαλμοῦ σ. 130. — Ἐλατιώματα ὄρασεως σ. 131. — Ὀπτικά ἀπάται σ. 132. — Φαινόμενη ἀπόσταση καὶ μέγεθος σ. 134. — Στερεοσκοπικὴ ὄρασις σ. 134. — Στερεοσκόπιον Brewster σ. 135. — Τηλέμετρα σ. 136.

Θεωρία τῶν χρωμάτων. Ἀντίληψις χρωμάτων σ. 138. — Τύφλωσις χρωματικὴ σ. 139. — Χρῶμα τῶν σωμάτων σ. 139. — Χρῶμα φωτεινῶν πηγῶν σ. 140. — Χρῶμα τῶν σκοτεινῶν σωμάτων σ. 140. — Χρώματα ἐκ προσθέσεως σ. 141. — Χρώματα ἐξ ἀφαίρέσεως. Μίξις χρωστικῶν οὐσιῶν σ. 142. — Μεταλλικὴ στιλνότης σ. 142. — Χρῶμα κόνεων σ. 142. — Χαρακτηριστικὰ χρώματος σ. 143. — Φωτογραφία σ. 143. — Φωτογραφικὸς φακὸς σ. 144. — Φωτεινότης τοῦ φακοῦ σ. 145. — Βάθος ἐστίας σ. 145. — Βάθος τοῦ πεδίου σ. 146. — Ἐγχερωμοσ τυπογραφία σ. 146. — Ἐγχερωμοσ φωτογραφία σ. 146. — Ζητήματα 147.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΦΥΣΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Προεἰσαγωγικαὶ γνώσεις σ. 148. — Θεωρίαι καὶ ὑποθέσεις ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. 1) Θεωρία τοῦ Νεύτωνος, 2) Θεωρία τοῦ Huygens, 3) Ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία, 4) Θεωρία τῶν Quanta σ. 149.

Κυματοοπτική. Ἀνάκλασις καὶ διάθλασις τοῦ φωτός σ. 152.— Συμβολὴ τοῦ φωτός σ. 152.— Πραγματοποιήσις συμφώνων φωτεινῶν πηγῶν σ. 154.— Κάτοπτρα Fresnel σ. 155.— Ἀναλυτικὴ ἔκφρασις τῆς ἐντάσεως τῆς συνισταμένης διαταρᾶξεως σ. 158.— Φαινόμενα σύμβολῆς εἰς ἐπιπεδοπαράλληλον πλάκα σ. 158.— Συμβολὴ διὰ σφηνοειδῶν στρωμάτων σ. 161.— Δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος σ. 161.— Συμβολαὶ μεταξὺ δύο παραλλήλων πλακῶν σ. 162.— Συμβολόμετρον τοῦ Michelson σ. 164.— Συμβολόμετρον Jamín σ. 166.— Φασματοσκοπία συμβολῆς σ. 167.— Συμβολόμετρον Fabry καὶ Perrot σ. 167.— Συμβολόμετρον Lummer καὶ Gehrcke σ. 168.— Κλίμακωτὸν φράγμα Michelson σ. 168.— Στάσιμα φωτεινὰ κύματα σ. 168.— Ζητήματα σ. 169.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Προεισαγωγικαὶ γνώσεις σ. 170.— Περιθλάσις κυμάτων σ. 172.— Περιθλάσις φωτεινῶν κυμάτων σ. 174.— Περιθλάσις τοῦ φωτός δι' ὀπῆς σ. 174.— Ἱστορικὸν πείραμα Young σ. 176.— Περιθλάσις παραγομένη ὑπὸ λεπτοῦ σύρματος σ. 176.— Στοιχειώδης ἀναλυτικὴ σπουδὴ τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως σ. 177.— Περιθλάσις Fresnel καὶ Fraunhofer σ. 178.— Φαινόμενα περιθλάσεως Fraunhofer σ. 178.— Γραφικὸς ὑπολογισμὸς τοῦ φωτισμοῦ σ. 180.— Διαχωριστικὴ ἰκανότης φακοῦ σ. 181.— Περιθλαστικὸν φράγμα σ. 182.— Σπουδὴ τοῦ φράγματος σ. 183.— Ἀνακλαστικὰ φράγματα σ. 185.— Φάσματα λευκοῦ φωτός σ. 185.— Ζητήματα σ. 186.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι'

ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Κρυσταλλικὰ σώματα καὶ κρύσταλλοι σ. 187.— Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός σ. 188.— Ὀπτικὸς ἄξων σ. 189.— Σπουδὴ μονάξωνος κρυστάλλου σ. 189.— Κυρία τομὴ κρυστάλλου σ. 190.— Συνήθης καὶ ἔκτατος ἄκτις σ. 191.— Διάξωνος κρύσταλλοι σ. 192.— Θεωρία τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως σ. 192.— Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τῶν διαθλωμένων ἀκτίνων σ. 193.— Πρίσμα Nicol σ. 194.— Ζητήματα σ. 195.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'

ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Προεισαγωγικαὶ γνώσεις σ. 196.— Βασικὸν πείραμα σ. 196.— Μηχανικὸν ἀνάλογον σ. 197.— Ἐπίπεδον κραδασμῶν καὶ ἐπίπεδον πόλωσεως σ. 199.— Γραμμικὴ ἢ εὐθύγραμμος πόλωσις σ. 199.— Πόλωσις ἐκ διπλῆς διαθλάσεως σ. 200.— Πόλωσις ἐξ ἀνακλάσεως σ. 201.— Πόλωσις ἐκ διαθλάσεως. Νόμος τοῦ Brewster σ. 201.— Νόμος τοῦ Malus διὰ τὴν πόλωσιν ἐξ ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως σ. 202.— Πολωταὶ καὶ ἀναλύται σ. 203.— Πλακίδια τουρμαλίνου σ. 203.— Πολωτικὸν σῶμα (Polaroid) σ. 204.

Χρωματικὴ πόλωσις. Συμβολὴ πεπολωμένων ἀκτίνων σ. 206.— Χρώματα ὀφειλόμενα εἰς λεπτά πλακίδια κρυστάλλων α) Παράλληλον φῶς σ. 207.— β) Συγκλίνον φῶς σ. 208.— Πλακίδια διαφόρου πάχους σ. 209.

Στροφὴ τῆς ἐπιπέδου πόλωσεως σ. 210.— Α. Περίπτωσης ὑγρῶν καὶ διαλυμάτων σ. 210.— Εἰδικὴ στροφικὴ ἰκανότης σ. 210.— Πολωσίμετρον σ. 211.— Πολωσίμετρον Lip-

rich σ. 212.— Β. Περίπτωσης κρυστάλλων σ. 214.— Κυκλικῶς καὶ ἑλλειπτικῶς πεπολωμένον φῶς σ. 215.— Ἐρμηνεία τῆς περιστροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως σ. 216.— Τεχνητὴ ἀνισοτροπία σωμάτων σ. 216.— Πόλωσις ἐκ διαχύσεως σ. 217.— Ζητήματα σ. 218.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ'

ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Θερμικὴ ἀκτινοβολία σ. 219.— Μέλαν σῶμα σ. 219.— Νόμος τοῦ Kirchhoff σ. 220.— Νόμος τοῦ Stefan σ. 221.— Νόμος μετατοπίσεως τοῦ Wien σ. 221.— Θεωρία τῶν κβάντα σ. 221.— Ἀπόδοσις φωτεινῶν πηγῶν σ. 222.— Ζητήματα σ. 223.

Πίνακες φυσικῶν σταθερῶν σ. 224.

Ἄλφαβητικὸν εὑρετήριον σ. 225.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ἡ **Ὀπτική** ἀσχολεῖται εἰδικῶς εἰς τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τοῦ φωτός, ἦτοι, ὑπὸ τὸν στενώτερον ὀρισμὸν τῆς ἐννοίας φῶς, τοῦ αἰτίου ἐκείνου τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως.

Συμφώνως ὁμως πρὸς τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις ἡ ἐννοία φῶς ἔχει γενικωτέραν σημασίαν, διότι περιλαμβάνει τὰς υπερῶδεις ἀκτῖνας, τὰς υπερύθρους ἀκτῖνας, τὰς ἀκτῖνας Röntgen καὶ τὰς ἀκτῖνας γ. Οὕτως, ὑπὸ τὸν ἀνωτέρω γενικώτερον ὀρισμὸν τῆς ἐννοίας φῶς, ἡ Ὀπτικὴ θεωρεῖται σήμερον ὅτι ἀποτελεῖ εἰδικὸν κεφάλαιον τοῦ γενικωτέρου μέρους τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον καλεῖται *Σπουδὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν*, δεδομένου ὅτι καὶ τὸ αἶτιον τὸ ὁποῖον διεγείρει ἀμέσως τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως, ἦτοι τὸ ὄρατὸν φῶς, εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως πρὸς τὰς ἀνωτέρω ἀναφερομένας ἀκτινοβολίας καὶ περιλαμβάνει μόνον τὴν περιοχὴν τῶν ὄρατῶν ἢ φωτεινῶν ἀκτινοβολιῶν, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰς ἄλλας ἀκτινοβολίας αἰ ὅποια δὲν διεγείρουν ἀμέσως τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως.

Ἐν τῇ ἀναπτύξει τῆς ὕλης τῆς Ὀπτικῆς διαιροῦμεν αὐτὴν εἰς τὴν *Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν*, τὴν *Φυσιολογικὴν Ὀπτικὴν* καὶ τὴν *Φυσικὴν Ὀπτικὴν*.

Ἡ **Γεωμετρικὴ Ὀπτικὴ** ἀναπτύσσεται χωρὶς νὰ θέτῃ ὑπόθεσιν τινα ὡς βάσιν, ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τοῦ φωτός, θεμελιουμένη ἀπλῶς ἐπὶ τῆς παραδοχῆς τῆς ἐννοίας τῆς *φωτεινῆς ἀκτῖνος* ἢ ἄλλως τῆς *ἐθνηγραμμῶν διαδόσεως τοῦ φωτός*.

Ἄν καὶ ἡ ἐννοία τῆς ὀπτικῆς ἀκτῖνος, ὡς παραδέχεται αὐτὴν ἡ Γεωμετρικὴ Ὀπτικὴ, ἀπεδείχθη, ὅπως θὰ ἴδωμεν εἰς ἄλλην θέσιν, ἄνευ σημασίας, διότι εἶναι ἀδύνατον ν' ἀπομονώσωμεν μίαν μόνην φωτεινὴν ἀκτῖνα, διατηρεῖται ἐν τούτοις ἡ ἐννοία αὕτη κατὰ τὴν στοιχειώδη ἀνάπτυξιν τῆς Ὀπτικῆς, διότι τοῦτο διευκολύνει καὶ ἀπλοποιεῖ τὴν μελέτην πολλῶν ὀπτικῶν φαινομένων, τὰ δὲ συμπεράσματα εἰς τὰ ὅποια καταλήγομεν εὐρίσκονται ἐν πλήρει συμφωνίᾳ πρὸς τὸ πείραμα.

Ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν, ἡ **Φυσικὴ Ὀπτικὴ** ἀπορρίπτει τὴν ἐννοίαν τῆς ὀπτικῆς ἀκτῖνος, ὡς αὐτὴν παραδέχεται ἡ Γεωμετρικὴ, δίδει δὲ ἐντελῶς ἄλλην σημασίαν εἰς τὴν ἐννοίαν αὐτὴν, ἐνῶν ἐξ ἄλλου ἐπιδιώκει τὴν ἐξηγητιαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἐπὶ τῇ βάσει ὠρισμένων προϋποθέσεων, ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Ἡ Φυσικὴ Ὀπτικὴ εἶναι ὡς ἐκ τούτου πληρεστέρα τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι ἀποτελεῖ τὸ γενικώτερον μέρος τῆς Φυσικῆς τὸ ἀσχολούμενον εἰς τὴν σπουδὴν τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν.

Τέλος, ἡ **Φυσιολογικὴ Ὀπτικὴ** ἐξετάζει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως, ὡς καὶ τὸν μηχανισμόν κατὰ τὸν ὁποῖον μεταβιβάζεται εἰς τὸν ἐγκέφαλον ὁ ἐρεθισμὸς τὸν ὁποῖον προκαλεῖ τὸ φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμόν.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ. ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ. ΚΑΤΟΠΤΡΑ

2. Φωτεινὰ πηγαί. Πᾶν σῶμα, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτῖνας ἢ ἄλλως φῶς, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς *φωτεινὴ πηγὴ*. Ἐν τούτοις ἐπεκράτησε νὰ καλοῦμεν *φωτεινὰς πηγὰς* τὰ σῶματα ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπουν ἀπ' αὐτῶν φῶς, ὡς εἶναι π.χ. ὁ Ἥλιος, οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες καὶ αἱ διαφόρων τύπων λυχνίαι. Αἱ τελευταῖαι ὅμως αὐταὶ ἀποτελοῦν τεχνητὰς πηγὰς φωτός, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸν Ἥλιον καὶ τοὺς ἀπλανεῖς ἀστέρας, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν *φυσικὰς πηγὰς φωτός*. Τὰς τοιαύτας πηγὰς φωτός καλοῦμεν *πολλάκις καὶ αὐτόφωτα* σῶματα.

Εἰς τὰς πλείστας τῶν περιπτώσεων ἡ ἐκπομπὴ φωτός ὑπὸ φωτεινῆς πηγῆς ὀφείλεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτῆς. Οὕτω τὰ στερεὰ σῶματα ἀρχίζουσι νὰ ἐκπέμπουν φῶς ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῶν φθάσῃ τοὺς 550-600 °C, ἀλλὰ τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν εἶναι ἀσθενὲς καὶ χρώματος ἐρυθροῦ. Ἐὰν ὅμως ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἐπέρχεται στιγμή, καθ' ἣν τὸ σῶμα φωτοβολεῖ ἐντόνως, τὸ δὲ χροῖμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτός μεταβάλλεται εἰς λευκόν.

Ἐκτὸς ὅμως τῆς θερμοκρασίας ὑπάρχουσι καὶ ἄλλα αἰτία, τὰ ὁποῖα διεγείρουσι τὴν ἐκπομπὴν τοῦ φωτός, ὡς π.χ. αἱ ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις διὰ μέσου ἠραιωμένων ἀερίων, ὁ φωσφορισμὸς, ὁ φθορισμὸς, αἱ χημικαὶ δράσεις κλπ. Ἐν πάσῃ περιπτώσει τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτεινὰ πηγαί εἶναι ἀνεξάρτητον τοῦ τρόπου τῆς διεγέρσεως αὐτῶν, εἶναι δηλαδὴ τῆς αὐτῆς πάντοτε φύσεως καὶ ἀκολουθεῖ πάντοτε τοὺς αὐτοὺς γενικοὺς νόμους.

3. Ἐτερόφωτα σῶματα. Γνωρίζομεν ἐξ ἄλλου ὅτι ἡ Σελήνη ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτῖνας ἢ φῶς. Ἐν τούτοις τὸ φῶς τοῦτο δὲν προέρχεται ἀπ' εὐθείας ἐκ τῆς Σελήνης, ἀλλ' εἶναι ἡλιακὸν φῶς τὸ ὁποῖον, προσπίπτον ἐπὶ τῆς Σελήνης, ἐπαυκεπέμπεται ἐν μέρει ὑπ' αὐτῆς κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις, οὕτω δὲ αὕτη παρῆχει εἰς ἡμᾶς τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἀποτελεῖ αὐτόφωτον σῶμα ἢ ἄλλως φωτεινὴν πηγὴν. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τοὺς πλανήτας. Οἱ πλανῆται καὶ ἡ Σελήνη καλοῦνται ὡς ἐκ τούτου σῶματα *εἰτερόφωτα*, διότι καθίστανται φωτεινὰ σῶματα μόνον ὅταν φωτίζονται ὑπὸ τοῦ Ἥλιου.

Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται καὶ ἐπὶ ἄλλων σκοτεινῶν σωμάτων. Οὕτω πάντα τὰ ἀντικείμενα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἐν δωματίῳ ἀποτελοῦν σκοτεινὰ σῶματα, διότι καθίστανται φωτεινὰ μόνον ὅταν φωτίζονται ὑπὸ τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἢ ὑπὸ ἄλλης φωτεινῆς πηγῆς, π.χ. ἠλεκτρικῆς λυχνίας.

4. **Διαφανῆ, ἡμιδιαφανῆ καὶ ἀδιαφανῆ σώματα.** Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον τὸ φῶς νὰ διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν, ἀλλ' εἰς τρόπον ὥστε νὰ δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν εὐκρινῶς τὰ διάφορα ἀντικείμενα, καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα. Τοιοῦτο σῶμα εἶναι π.χ. ἡ συνήθης ὕαλος τῶν παραθύρων, ἡ ὁποία διαπεράτῃ ἐξ ἴσου ὑπὸ τοῦ φωτὸς ὅλων τῶν χρωμάτων. Τοῦναντίον, ἐγχρωμοὶ ὕαλοι, ὡς θὰ ἴδωμεν λεπτομερέστερον εἰς ἄλλην θέσιν, διαπερῶνται μόνον ὑπὸ φωτὸς ὀρισμένου χρώματος μὲ τὸ ὁποῖον φαίνονται κεχρωσμένοι.

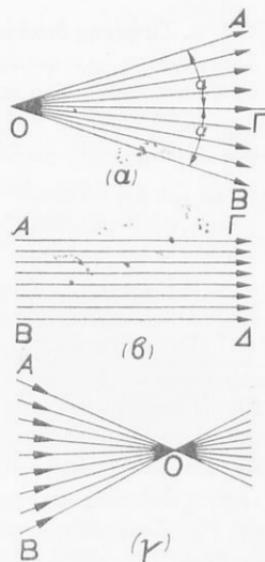
Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν μὲν τὸ φῶς νὰ διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν, δὲν ἐπιτρέπουν ὅμως νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν τὰ διάφορα ἀντικείμενα, καλοῦνται **ἡμιδιαφανῆ** σώματα. Τοιοῦτο π.χ. σῶμα εἶναι ἡ γαλακτοχόρους ὕαλος τῶν παραθύρων, διὰ μέσου τῆς ὁποίας τὸ ἠλιακὸν φῶς διέρχεται καὶ φωτίζει τὸ δωμάτιον, εἶναι ὅμως ἀδύνατον διὰ μέσου αὐτῆς νὰ διακρίνωμεν τὰ ἔξω τοῦ δωματίου εὐρισκόμενα ἀντικείμενα.

Τέλος, τὰ σώματα τὰ ὁποῖα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διόδον τοῦ φωτὸς διὰ μέσου αὐτῶν καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα, ὡς π.χ. τὸ ξύλον, τὰ μέταλλα ὑπὸ σημαντικῶν πάχους κτλ. Ἡ διάκρισις τῶν σωμάτων εἰς διαφανῆ καὶ ἀδιαφανῆ δὲν εἶναι ἀπόλυτος. Πράγματι, τὸ ὕδωρ ὑπὸ λεπτὸν στρώμα εἶναι διαφανές, ἐνῶ ὑπὸ στρώμα μεγάλου πάχους εἶναι ἀδιαφανές. Ἐξ ἄλλου τὰ μέταλλα ὑπὸ σημαντικῶν πάχους εἶναι ἀδιαφανῆ σώματα, ἐνῶ π.χ. φύλλον λεπτότατον χρυσοῦ ἀποτελεῖ σῶμα διαφανές ἢ ἡμιδιαφανές.

5. **Φωτεινὸν σημεῖον. Δέσμαι φωτεινῶν ἀκτίνων.** Ὅταν δὲν λαμβάνωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς διαστάσεις τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἢ ὅταν αὕτη ἔχῃ πολὺ μικρὰς διαστάσεις, λέγομεν ὅτι αὕτη ἀποτελεῖ φωτεινὸν σημεῖον. Ἡ ἔννοια τοῦ φωτεινοῦ σημείου εἶναι ἐντελῶς θεωρητικὴ, διότι, ὁσονδήποτε μικρὰ καὶ ἂν εἶναι ἡ φωτεινὴ πηγὴ, πάντως αὕτη ἔχει διαστάσεις. Οὕτως εἰς τὴν πράξιν ὡς φωτεινὸν σημεῖον δύναται νὰ θεωρηθῇ ὁ κρατὴρ μικροῦ βολταϊκοῦ τόξου, τοῦ ὁποίου αἱ διαστάσεις εἶναι 1-3 mm, ἢ τὸ πυρακτωμένον νῆμα λυχνίων πυρακτώσεως ἐιδικῆς κατασκευῆς. Συνήθως ἐπιτυγχάνομεν φωτεινὴν πηγὴν μικρῶν διαστάσεων ἐὰν ἐγκλείσωμεν τὴν φωτεινὴν πηγὴν ἐντός καταλλήλου μεταλλικοῦ θαλαμίσκου καὶ ἀφήσωμεν εἰς ἓν τῶν τοιχωμάτων αὐτοῦ μικρὰν ὀπλὴν, ἡ ὁποία φωτίζεται ἐκ τῶν ἔσω διὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ὅταν ἡ πηγὴ παρουσιάσῃ διαστάσεις, δεχόμεθα ὅτι αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν φωτεινῶν σημείων.

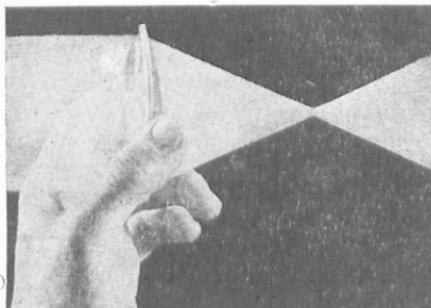
Φωτεινὸν σημεῖον δεχόμεθα ὅτι ἐκπέμπει ἀκτίνας κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις, αἱ ὁποῖαι εἰς τὸ αὐτὸ μέσον εἶναι εὐθεῖαι γραμμῆαι.

Ἐὰν θεωρήσωμεν ὀρισμένην κωνικὴν περιοχὴν τοῦ χώρου (σχ. 1, α) ἔχουσαν κορυφὴν τὸ φωτεινὸν σημεῖον O



Σχ. 1. Εἶδη φωτεινῶν δεσμῶν.

καὶ ἄνοιγμα 2α, τότε ὅλαι αἱ ἀκτῖνες αἱ περιεχόμεναι εἰς τὸν χώρον τοῦτον ἀποτελοῦν *δέσμη*ν φωτεινῶν ἀκτῖνων ἢ ἀπλῶς *φωτεινὴν δέσμη*ν. Αἱ περιορίζουσαι τὴν δέσμη



Σχ. 2. Ἡ παράλληλος δέσμη φωτός μετατρέπεται εἰς συγκλίνουσαν καὶ ἀποκλίνουσαν διὰ φακοῦ.

τὴν γεωμετρικὴν κατασκευὴν ὡς καὶ τὴν μαθηματικὴν ἔρρεναν διαφόρων ὀπτικῶν προβλημάτων. Γεωμετρικῶς παριστῶμεν φωτεινὴν δέσμη

καὶ OB (καθὼς καὶ αἱ κείμεναι ἐπὶ τῆς παραπλεύρου ἐπιφανείας τοῦ κώνου) καλοῦνται *ὀριζαὶ ἀκτῖνες*, ἐνῶ ἡ ἀκτις OΓ καλεῖται *ἄξων τῆς δέσμης*, καὶ ἡ γωνία 2α τῶν δύο ὀριζῶν ἀκτῖνων ἀποτελεῖ τὸ *ἄνοιγμα* τῆς δέσμης. Ἡ φωτεινὴ δέσμη δύναται νὰ εἶναι ἀποκλίνουσα, συγκλίνουσα ἢ παράλληλος (σχ. 1). Ὄταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον εὐρίσκειται εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν, αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες τῆς δέσμης δύναται νὰ θεωρηθοῦν ὡς παράλληλοι.

Φωτεινὸν σημεῖον, φωτεινὴ δέσμη καὶ ἀκτις φωτός ἀποτελοῦν ἐννοίας θεωρητικὰς, αἱ ὁποῖα εἰς τὴν πραγματικότητα δὲν ὑφίστανται, ἀποτελοῦν ὅμως σπουδαιότητας βοθητικὰς ἐννοίας διὰ

τὴν γεωμετρικὴν κατασκευὴν ὡς καὶ τὴν μαθηματικὴν ἔρρεναν διαφόρων ὀπτικῶν προβλημάτων. Γεωμετρικῶς παριστῶμεν φωτεινὴν δέσμη

6. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός. Προκειμένου περὶ φωτεινῆς πηγῆς δεχόμεθα ὅτι αὕτη ἐκπέμπει φωτεινάς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖα διαδίδονται κατ'εὐθείαν γραμμὴν πρὸς πάσας τὰς διευθύνσεις, ἐφ' ὅσον βεβαίως ἡ διάδοσις θεωρεῖται ἀκόλυτος. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐκ διαφόρων μετρήσεων, τὰς ὁποίας θέλομεν σπουδάσει εἰς ἄλλην θέσιν, εὐρέθῃ ἴση πρὸς

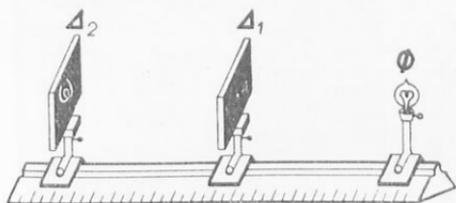
$$3 \cdot 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$$

διὰ τὸν κενὸν συνήθους ὕλης χώρον. Ὡς ἐκ τῆς ἐξόχως μεγάλης ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, δεχόμεθα ὅτι τοῦτο, διὰ τὰς συνήθεις ἐπὶ τῆς Γῆς ἀποστάσεις, διαδίδεται σχεδὸν ἀκαριαίως.

Πρὸς κατανόησιν τοῦ μεγέθους τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, ἀναφέρομεν ὅτι τὸ φῶς εἰς 1 sec δύναται νὰ διανύσῃ 7,5 φορές τὴν περίμετρον τῆς Γῆς. Ἐξ ἄλλου τὸ φῶς τῆς Σελήνης φθάνει εἰς τὴν Γῆν ἐντὸς 1 sec, ἐνῶ τὸ φῶς τοῦ πλησιεστέρου πρὸς τὴν Γῆν ἄπλανοῦς α τοῦ ἀστερισμοῦ τοῦ Κενταύρου φθάνει εἰς τὴν Γῆν ἐντὸς περίπου 4,5 ἐτῶν. Παραδέχονται δὲ οἱ ἀστρονόμοι ὅτι ὑφίστανται ἄπλανεῖς ἀστέρες εὐρισκόμενοι εἰς τοιαύτην παμμεγίστην ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς Γῆς, ὥστε τὸ φῶς αὐτῶν διὰ νὰ φθάσῃ μέχρις ἡμῶν χρειάζεται πολλὰ ἑκατομμύρια ἐτῶν. Ἡ ὡς ἄνω ἀναφερομένη ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός ἰσχύει διὰ τὸν κενὸν συνήθους ὕλης χώρον καὶ κατὰ προσέγγισιν διὰ

τὸν ἀέρα, ἐνῶ εἰς ἄλλα σώματα, ὡς τὴν ὕαλον, τὸ ὕδωρ κτλ., ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι μικροτέρα.

Πειραματικῶς δεικνύμεν τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός διὰ τῆς ἐν

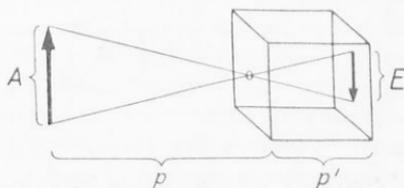


σχ. 3 διατάξεως. Συνήθως ἡλεκτρικὴ λυχνία πυρακτώσεως τοποθετεῖται πρὸ ἀδιαφανοῦς διαφράγματος φέροντος εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ ὀπὴν λίαν μικρᾶς διαμέτρου (ὀπὴ ἴση πρὸς διάμετρον καρφίδος) πέραν δὲ τούτου τοποθετεῖται ἕτερον διάφραγμα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἐπὶ τοῦ δευτέρου διαφράγματος σχηματίζεται ἀντεστραμμένον τὸ εἶδωλον τοῦ νήματος τῆς λυχνίας. Τὸ πείραμα τοῦτο δεικνύει ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ μέσου τῆς ὀπτῆς κατ' εὐθεΐαν γραμμῆν.

Σχ. 3. Τὸ εἶδωλον τοῦ νήματος τῆς λυχνίας Φ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ₂ μέσῳ τῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος Δ₁ ἀντεστραμμένον, λόγῳ τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

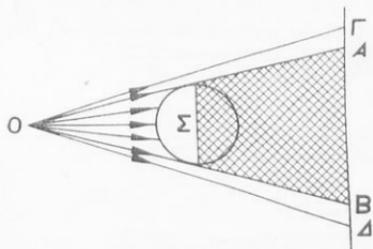
τοῦτο δεικνύει ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ μέσου τῆς ὀπτῆς κατ' εὐθεΐαν γραμμῆν.

7. Σκοτεινὸς θάλαμος. Ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἢ ἄλλως θαλάμου μετὰ ὀπῆς, ὅστις δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 4. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ σκοτεινοῦ θαλάμου φέροντος εἰς τὸ κέντρον τῆς προσθίας ἑδρας μικρὰν ὀπὴν, ἐνῶ ἡ ἀντικείμενη πρὸς τὴν ὀπὴν ἑδρα ἀντικαθίσταται ὑπὸ ἡμιδιαφανοῦς γαλακτοχρόου ὑάλου. Ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Ἐκαστον σημεῖον τῆς ἡμιδιαφανοῦς ὑάλου δέχεται διὰ μέσου τῆς ὀπῆς φῶς μόνον ἐξ ὀρισμένης περιοχῆς τοῦ φωτοβόλου βέλους. Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ σχηματισμὸς τοῦ ἀντεστραμμένου εἰδώλου.

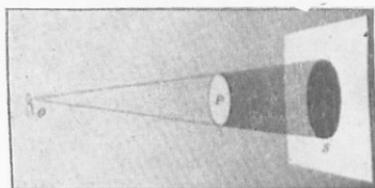


Σχ. 4. Α ἀποτελεῖ τὸ ἀντικείμενον, Ε τὸ εἶδωλον, ὁ λόγος δὲ $E : A = p' : p$ παρέχει τὴν κλίμακα ἀπεικονίσεως ἢ μεγέθυνσιν.

8. Σκιά. Παρασκιά. Ἐτερον φαινόμενον, τὸ ὁποῖον ἐξηγεῖται διὰ τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός, εἶναι ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιάς (σχ. 5 - 6).



Σχ. 5.

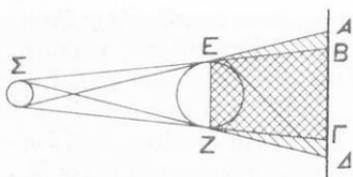


Σχ. 6.

Σχ. 5. Ὄταν ἡ πηγὴ Ο εἶναι φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιά ΑΒ τοῦ σκιεροῦ ἀντικειμένου Σ χωρίζεται σαφῶς ἀπὸ τοῦ ὑπολοίπου φωτεινοῦ χώρου.

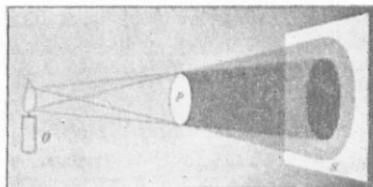
Σχ. 6. Φωτογραφία τοῦ φαινομένου παραγομένου διὰ μικρᾶς φλογὸς κηρίου.

Ὅταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ δὲν ἀποτελῇ φωτεινὸν σημεῖον ἀλλ' ἔχῃ διαστάσεις, ἐκτὸς τῆς σκιᾶς, ἀναφαίνεται καὶ ἡ παρασιὰ (σχ. 7-8-9).



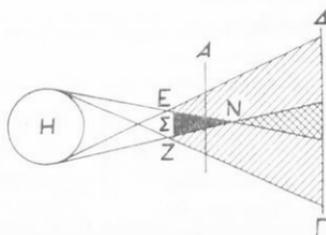
Σχ. 7.

Σχ. 7. Ὅταν ἡ πηγὴ Σ ἔχῃ διαστάσεις ἀλλὰ εἶναι μικροτέρα τοῦ σκιεροῦ σώματος EZ, ἐκτὸς τῆς κυρίως σκιᾶς BΓ ἔχομεν καὶ τὴν παρασιάν, εἰς τὴν ὁποίαν ὁ φωτισμὸς αὐξάνεται βαθμιαίως ἀπὸ τῆς σκιᾶς μέχρι τοῦ τελείως φωτεινοῦ χώρου. Ἡ σκιά BΓ δὲν ἔχει σαφῆ ὅρια ἔνεκα τῆς περιβαλλούσης αὐτὴν παρασιᾶς AB καὶ ΓΔ.



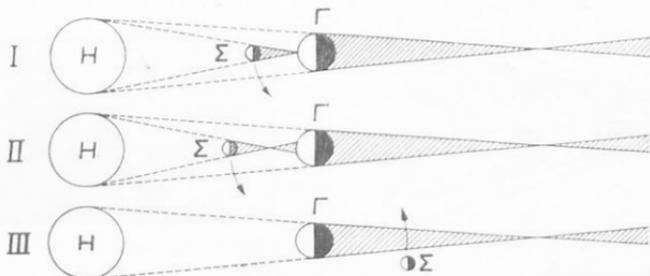
Σχ. 8.

Σχ. 8. Φωτογραφία τοῦ φαινομένου παραγομένου διὰ μεγάλης φλογὸς κηρίου.



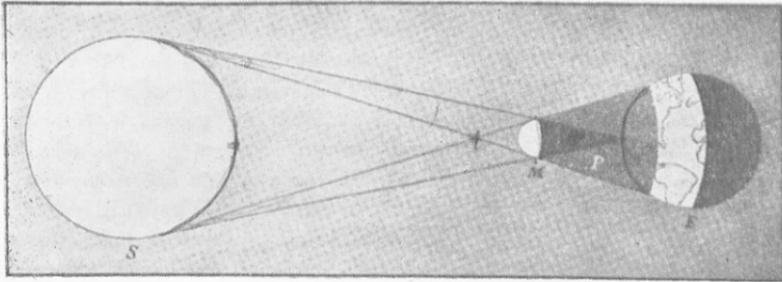
Σχ. 9. Ὅταν ἡ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις μεγαλυτέρας τοῦ σκιεροῦ ἀντικειμένου, παρατηρεῖται σκιά καὶ παρασιὰ. Ὅταν διάφραγμα Α τίθεται πλησίον τοῦ ἀντικειμένου Σ, ὁ χώρος ENZ ἀποτελεῖ τὸν σκιερὸν κώνον. Ἐάν τὸ διάφραγμα τεθῇ εἰς ΔΓ, ἀναφαίνεται διάχυτος σκιά.

9. Ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης. Διὰ τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἐξηγεῖται καὶ τὸ ἀστρονομικὸν φαινόμενον τῶν ἐκλείψεων Ἡλίου καὶ Σελήνης (σχ. 10 καὶ 11).



Σχ. 10.—I, II. Ἐκλείψις Ἡλίου συμβαίνει ὅταν ἡ κορυφὴ τοῦ σκιεροῦ κώνου τῆς Σελήνης Σ, φωταξομένης ἐκ τοῦ Ἡλίου H, πίπτῃ ἐπὶ τῆς Γῆς. III. Ἐκλείψις Σελήνης γίνεται ὅταν ἡ Σελήνη εισχωρῇ ἐντὸς τοῦ σκιεροῦ κώνου τῆς Γῆς.

Εἰς τὸ σχ. 11 δεικνύεται σαφῶς ὅτι ἡ ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου εἶναι ὀλική διὰ μίαν μόνον περιοχὴν τῆς Γῆς. *Γ-ἦς*



Σχ. 11. Ἡ ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου (S) δὲν εἶναι ποτὲ δυνατόν νὰ εἶναι ὀλική δι' ὅλους τοὺς τόπους τῆς Γῆς (E).

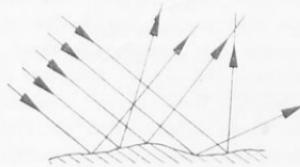
ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

10. Διάχυτος ἀνάκλασις. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι δυνάμεθα νὰ βλέπωμεν τὰ διάφορα ἐντὸς δωματίου πέριξ ἡμῶν ἀντικείμενα, ὅταν αἱ ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα ταῦτα προσερχόμενα ἀκτῖνες εἰσχωροῦν εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας. Αἱ ἐπιφάνειαι ὅμως τῶν μεγάλων ἀντικειμένων εἶναι ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ τραχεῖα καὶ τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς ἐκπέμπεται ἐκ νέου ὑπ' αὐτῶν ὅλως ἀκανονίστως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλοῦμεν *διάχυτον ἀνάκλασιν* ἢ ἀπλῶς *διάχυσιν τοῦ φωτός*. Πράγματι, ἂν εἰς σκοτεινὸν θάλαμον δεχθῶμεν δέσμην ἠλιακῶν ἀκτίνων, αἵτινες εἰσχωροῦν διὰ μικρᾶς ὀπῆς, ἐπὶ φύλλου λευκοῦ χάρτου παρουσιάζοντος ὅμως τραχεῖαν ἐπιφάνειαν, ὡς π.χ. εἶναι τὸ στυλόχαρτον ἢ ὁ εἰδικὸς χάρτης ζωγραφικῆς, βλέπομεν ὅτι ὅλος ὁ θάλαμος φωτίζεται λόγω διαχύτου ἀνακλάσεως.

11. Κανονικὴ ἀνάκλασις. Ἐάν τὴν διὰ τῆς ὀπῆς τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου διερχομένην δέσμην ἠλιακῶν ἀκτίνων δεχθῶμεν ἐπὶ λείας καὶ στιλπνῆς ἐπιφάνειας, π.χ. ἐστιβωμένης ἐπιπέδου μεταλλικῆς πλακός, τὸ φῶς ἐπανεκπέμπεται μόνον καθ' ὄρισημένην διεύθυνσιν, οὗτο δὲ ὁ θάλαμος δὲν φωτίζεται, ὡς εἰς τὴν προη-



Σχ. 12. Κανονικὴ ἀνάκλασις.

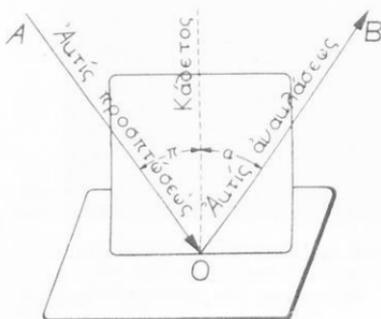


Σχ. 13. Διάχυτος ἀνάκλασις.

γομένην περίπτωσιν· μάλιστα δὲ ἂν δεχθῶμεν τὸ ἐπὶ τῆς πλακὸς ἀνακλασθὲν φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, νομίζομεν ὅτι τοῦτο προέρχεται ἐκ μεμακρυσμένου τινὸς ἀντικειμένου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν *κανονικὴν ἀνάκλασιν* ἢ ἀπλῶς

ἀνάκλασιν τοῦ φωτός. Τὰ σχήματα 12 καὶ 13 δεικνύουν τὴν πορείαν τῶν ἀκτί-
νων εἰς τε τὴν κανονικὴν καὶ τὴν διάχυτον ἀνάκλασιν.

12. Νόμοι ἀνακλάσεως. Εἰς τὸ σχ. 14 ἡ ΑΟ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἐπι-
τῆς λέιας καὶ στιλπνῆς ἐπιπέδου πλακῶς προσπίπτοντος φωτός, ἐνῶ ἡ ΟΒ δεικνύει τὴν



Σχ. 14. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων
τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

διεύθυνσιν καθ' ἣν τοῦτο ἀνακλάται. Ἐφ' ὅσον
εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν δεχόμεθα τὴν
ὑπαρξίν τῆς ἀκτίνος φωτός, ἡ ΑΟ καλεῖται
προσπίπτουσα ἀκτίς, ἡ δὲ ΟΒ ἀνακλωμένη
ἀκτίς. Ἡ γωνία π , τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ
προσπίπτουσα ἀκτίς ΑΟ μετὰ τῆς καθέτου ἐπὶ
τὴν ἀνακλωσαν ἐπιφάνειαν εἰς τὸ σημεῖον προσ-
πτώσεως Ο, καλεῖται *γωνία προσπτώσεως*, ἡ δὲ
γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ ἀνακλωμένη
ἀκτίς ΟΒ μετὰ τῆς αὐτῆς καθέτου καλεῖται *γω-
νία ἀνακλάσεως*. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὁποῖον ὀρί-
ζουν ἡ ΑΟ καὶ ἡ καθῆτος εἰς τὸ Ο ἐπὶ τὴν
ἀνακλωσαν ἐπιφάνειαν καλεῖται *ἐπίπεδον προσ-
πτώσεως*. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ὀρισμῶν

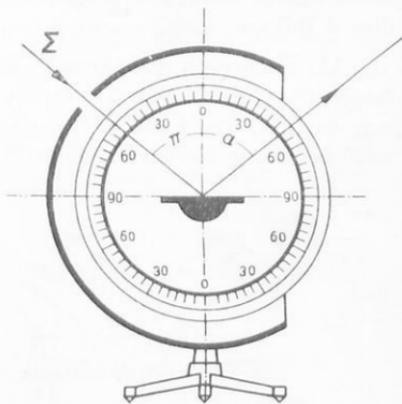
δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦντος νόμους, τοὺς ὁποίους ἀκολουθεῖ τὸ
φαινόμενον τῆς κανονικῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

1ος νόμος. Ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς κεῖνται
ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς προσπτώσεως καθέτω ἐπὶ τὴν ἀνακλωσαν ἐπιφάνειαν.

2ος νόμος. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνα-
κλάσεως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ἐὰν φωτεινὴ ἀκτίς προσπίπτῃ καθέτως
($\pi = 0$), θὰ ἀνακλάται ἐπίσης καθέτως ($\alpha = 0$).

**13. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων
τῆς ἀνακλάσεως.** Εἰς τὸ σχ. 15 δεικνύεται
λίαν ἀπλὴ συσκευή διὰ τῆς ὁποίας εἶναι δυ-
νατὸν ν' ἀποδειχθοῦν οἱ νόμοι τῆς ἀνακλά-
σεως ἰκανοποιητικῶς. Διὰ τῆς ὁπῆς ἀφίνο-
μεν νὰ εἰσέλθῃ φωτεινὴ ἀκτίς Σ, τῆς ὁποίας
τὸ φωτεινὸν ἴχνος σχηματίζεται ἐπὶ λευκοῦ
κατακορυφου δίσκου φέροντος ὑποδιαίρέσεις
εἰς μοίρας κατὰ τὴν περιφέρειαν αὐτοῦ. Ἡ
ἀκτίς προσπίπτει ἐπὶ μικροῦ ἐπιπέδου κατό-
πτρου, ὅτε παρέχει ἀνακλωμένην, τῆς ὁποίας
τὸ φωτεινὸν ἴχνος σχηματίζεται ἐπὶ δίσκου.
Ἐπειδὴ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα δυνάμεθα
νὰ δεχθῶμεν μόνον ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς τεθῇ
εἰς τὴν προέκτασιν τοῦ φωτεινοῦ ἴχνους αὐ-
τῆς, συνάγεται ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἀνακλά-
σεως. Ἐκ τῆς μετρήσεως τῶν γωνιῶν προσ-
πτώσεως καὶ ἀνακλάσεως βλέπομεν ὅτι αὗται
εἶναι ἴσαι.



Σχ. 15. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι 50°
καὶ ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἐπίσης 50° ,
κεῖνται δὲ αἱ ἀκτίνες εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον.

14. Ἄρχη τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός. Ἡ ἀρχὴ αὕτη ἀποτελεῖ μίαν τῶν βασικῶν ἀρχῶν τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς καὶ δύναται νὰ διατυπωθῇ ὡς ἑξῆς: *Ἐὰν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διαδίδεται κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθεΐαν ἀλλὰ κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν ἢ ἄλλη τις ἀκτὶς, τοῦτο θὰ ἰσχύη καὶ εἰς πᾶσαν ἄλλην περιπτώσιν.*

Ἀηλαδὴ ἡ πρώτη ἀκτὶς θὰ ὑφίσταται εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον ἀνακλάσεις ἢ διαθλάσεις καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ ἡ δευτέρα ἀκτὶς, ἀλλὰ πάντοτε κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν.

Οὕτως, ἐὰν εἰς τὸ σχ. 14 ἡ ἀκτὶς ΒΟ θεωρηθῇ ὡς ἀκτὶς προσπτώσεως, τότε ἡ ἀντίστοιχος πρὸς αὐτὴν ἀκτὶς ἀνακλάσεως θὰ εἶναι ἡ ΟΑ.

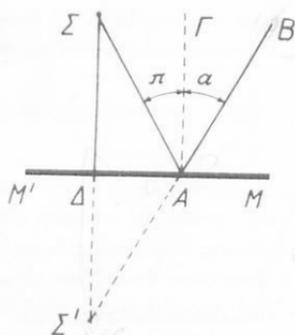
15. **Κάτοπτρον.** Καλοῦμεν ἐν τῇ Φυσικῇ *κάτοπτρον* πᾶσαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν, ἢ ὁποία ἀνακλᾷ τὸ φῶς κατὰ τοὺς γνωστούς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός. Ἀναλόγως τῆς μορφῆς τῆς ἀνακλώσεως ἐπιφανείας διακρίνομεν τὰ κάτοπτρα εἰς διαφόρους τύπους. Οὕτως, ἐὰν ἡ ἀνακλώσα ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος, τὸ κάτοπτρον καλεῖται *ἐπίπεδον κάτοπτρον*. Ἐπὶ παραδείγματι, πλάξ ἐξ ἀργύρου ἐστιλβωμένη κατὰ τὴν μίαν ἐπιφάνειαν ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κάτοπτρον, ὁμοίως ἡ ἑλευθέρα ἐπιφάνεια ὑδραργύρου εὐρισκομένου ἐν ἡρεμίᾳ ἐντὸς λεκάνης ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κάτοπτρον.

Τὰ συνήθη ἐν χρῆσει ἐπίπεδα κάτοπτρα ἀποτελοῦνται ἐξ θαλίνης πλακῶς μὲ παραλλήλους ἔδρας, τῆς ὁποίας ἡ ὀπισθία ἐπιφάνεια καλύπτεται δι' ἀμαλγάματος ὑδραργύρου. Προκειμένου περὶ κατόπτρων ὀπτικῶν ὁργάνων κατασκευάζομεν ταῦτα εἴτε ἐξ ἐπιπέδου θαλίνης πλακῶς, τῆς ὁποίας ἡ προσθία ἐπιφάνεια ἐπαργυροῦται, εἴτε διὰ στιλβώσεως ἐπιπέδου μεταλλικῆς ἐπιφανείας. Ἐὰν ἡ ἀνακλώσα ἐπιφάνεια τοῦ κατόπτρου δὲν εἶναι ἐπίπεδος ἀλλὰ σφαιρικὴ, κυλινδρική, κωνική, παραβολική, τὸ κάτοπτρον καλεῖται ἀντιστοίχως *σφαιρικόν, κυλινδρικόν, κωνικόν, παραβολικόν*. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν κατόπτρων θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων καὶ σφαιρικῶν κατόπτρων.

16. **Ἐπίπεδα κάτοπτρα.** Ἐστω Μ'Μ ἐπίπεδον κάτοπτρον ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ΣΑ προερχομένη ἐκ φωτεινοῦ σημείου Σ (σχ. 16). Ἡ ἀντίστοιχος ἀνακλωμένη ἀκτὶς εἶναι ἡ ΑΒ καὶ θὰ εἶναι $\pi = a$. Ἐπειδὴ ΣΑ καὶ ΑΒ κείνται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον, ἢ ΒΑ προεκβαλλομένη συναντᾷ τὴν προέκτασιν τῆς ἐπὶ τὸ κάτοπτρον καθέτου ΣΔ εἰς τὸ σημεῖον Σ', εἶναι δὲ ΣΔ = Σ'Δ, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, καὶ ἐπομένως τὸ Σ' εἶναι συμμετρικὸν ὡς πρὸς τὸ Σ ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἐπειδὴ δὲ τὰ ἀνωτέρω ἀληθεύουν καὶ δι' οἰανδήποτε ἄλλην ἀκτῖνα ἐκπορευομένην ἐκ τοῦ σημείου Σ καὶ προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ὑπὸ οἰανδήποτε γωνίαν, προκύπτει ὅτι οἰανδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ ἀπόστασις ΑΔ αἱ γεωμετρικαὶ προεκβολαὶ τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων θὰ διέρχονται διὰ τοῦ Σ'.

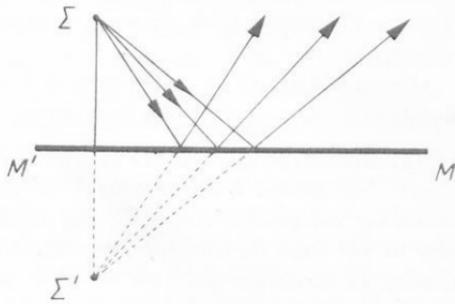
Ἐπειδὴ ὁ ὀφθαλμὸς ἐκ φυσιολογικῆς κατασκευῆς νομίζει ὅτι τὸ φωτοβόλον σῶμα εὐρίσκεται εἰς τὴν προέκτασιν τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν τῶν προσοφθαλμίων ἀκτίνων, δηλ. πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων αἱ ὁποῖαι εἰσχωροῦν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν, ἐὰν τοποθετήσωμεν τὸν ὀφθαλμὸν μας εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ἀνακλω-

μένων ἀκτίνων, νομίζομεν ὅτι τὸ φωτοβόλον σημεῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ Σ' συμμετρικὸν τοῦ Σ ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον $M'M$ (σχ. 17). Τὸ Σ' καλεῖται *φανταστικὸν εἶδωλον*, διότι σχηματίζεται ὄχι ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων ἀλλὰ ὑπὸ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν.



Σχ. 16.

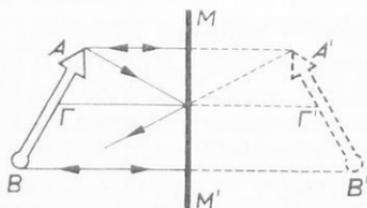
Σχ. 16. Ἐπειδὴ $\pi = \alpha$ καὶ $\gamma\omega\nu\Sigma A\Delta = \gamma\omega\nu B A M$. Ἀλλὰ $\gamma\omega\nu B A M = \gamma\omega\nu\Delta A\Sigma'$, ὅθεν $\gamma\omega\nu\Sigma A\Delta = \gamma\omega\nu\Delta A\Sigma'$. Τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα $\Sigma A\Delta$ καὶ $\Delta A\Sigma'$ εἶναι ἴσα, ὅθεν $\Sigma\Delta = \Sigma'\Delta$.



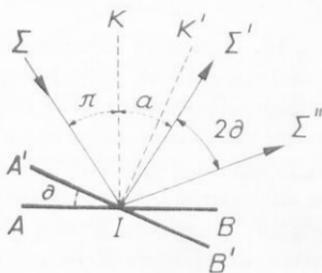
Σχ. 17.

Σχ. 17. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου.

17. Ἀπεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου. Τὸ σχ. 18 δεικνύει τὴν γεωμετρικὴν κατασκευὴν τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου. Ἐκ τοῦ σχήματος δεικνύεται ὅτι τὸ εἶδωλον ἔν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον εἶναι ἐναντιόμορφον, δηλ. μὴ ἐφαρμοσίμοιον, διότι τὸ ἀριστερὸν ἀπεικονίζεται ὡς δεξιὸν καὶ τὰνάπαλιν.



Σχ. 18. Τὸ εἶδωλον $A'B'$ σχηματίζεται εὐκόλως ἐάν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι τὸ εἶδωλον οἰοῦδηποτε σημείου τοῦ ἀντικειμένου AB πρέπει νὰ εἶναι συμμετρικὸν ὡς πρὸς αὐτὸ ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτοπτρον.

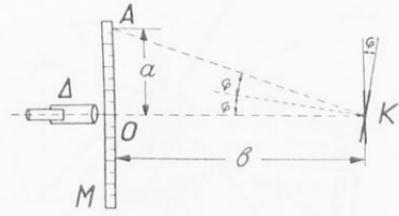


Σχ. 19. Γωνία $\Sigma I\Sigma' = 2\pi$.
Γωνία $\Sigma I\Sigma'' = \pi + 2\theta$.
Γωνία $\Sigma''I\Sigma' = 2\theta$.

18. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων. Περιστροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου. Ὅταν ἐπίπεδον κάτοπτρον στραφῇ κατὰ γωνίαν θ (σχ. 19), ἡ ἀνακλασμένη ἀκτίς στρέφεται κατὰ

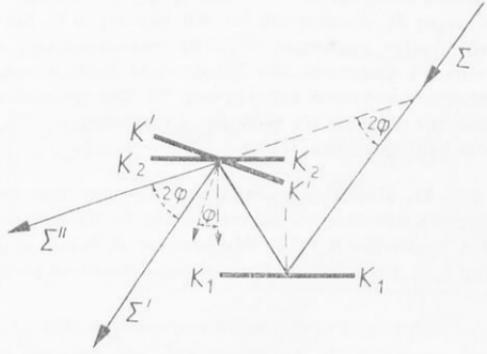
γωνίαν 2φ . Ἡ ἀνωτέρω ιδιότης τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων εὐρίσκει πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς μεταξὺ τῶν ὁποίων θὰ περιγράψωμεν τὴν μέτρησιν μικρῶν γωνιῶν περιστροφῆς ὡς καὶ τὸν ἐξᾶντα.

19. *Μέτρησις μικρῶν γωνιῶν.* Ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τοῦ κινητοῦ συστήματος προσαρμίζεται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον K . Εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὄργανου τοποθετεῖται παρατηρητὴς ἐφωδισσάμενος διὰ δίοπτρας παρατηρήσεως Δ μετὰ κλίμακος M , ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 20. Ἐν ἀρχῇ ὁ παρατηρητὴς σκοπεύει διὰ τῆς δίοπτρας τὸ εἰς τὸ κάτοπτρον εἰδωλὸν τῆς κλίμακος (π.χ. τὴν ὑποδιαίρεσιν O). Ἐὰν τὸ κάτοπτρον στραφῇ κατὰ γωνίαν φ , τότε ὁ παρατηρητὴς βλέπει τὴν ἐκ τοῦ A προερχομένην ὑποδιαίρεσιν. Ἡ AKO παριστᾷ τὴν στροφὴν ἢν ὑπέστη ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς διὰ τῆς στροφῆς τοῦ κατόπτρου κατὰ τὴν γωνίαν φ . Εἶναι δὲ $AKO = 2\varphi$. Ἐκ τοῦ τριγώνου AOK εὐρίσκομεν $\alpha = \beta \cdot \varepsilon\varphi 2\varphi$ ἢ, ἐὰν φ εἶναι μικρὸν, δυνάμεθα νὰ θέσωμεν $\varepsilon\varphi 2\varphi = 2\varphi$ καὶ $\varphi = \frac{\alpha}{2\beta}$ rad ἢ $\varphi^\circ = 57,3 \frac{\alpha}{2\beta}$.



Σχ. 20. Μέθοδος Gauss-Poggendorff μετρήσεως μικρῶν γωνιῶν διὰ κατόπτρου.

20*. Ἐξᾶς. Ἀρχὴ τοῦ ἐξᾶντος. Τὰ δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα K_1K_1 καὶ K_2K_2 (σχ. 21) διατάσσονται οὕτως ὥστε τὰ ἐπίπεδα αὐτῶν νὰ εἶναι παράλληλα, ἔστω δὲ ὅτι ἡ φωτεινὴ ἀκτίς Σ προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_1K_1 ὅτε ἡ ἀνακλωμένη ἐπ' αὐτοῦ ἀκτίς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_2K_2 καὶ παρέχει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα Σ' . Ἐπειδὴ ἡ γωνία προσπίψεως καὶ εἰς τὰ δύο κάτοπτρα εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ αἱ γωνίαι τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων εἶναι ἴσαι, ἡ ἀκτίς Σ' εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ .



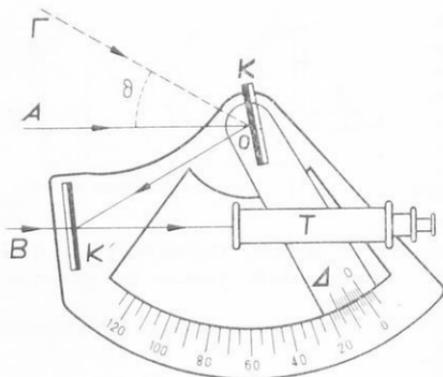
Σχ. 21. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ ἐξᾶντος.

Ἡδὴ περιστρεφόμενον τὸ κάτοπτρον K_2K_2 οὕτως, ὥστε νὰ λάβῃ τὴν θέσιν $K'K'$, ἔστω δὲ φ ἡ γωνία στροφῆς τοῦ κατόπτρου. Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς Σ'' θὰ σχηματίζῃ πρὸς τὴν Σ' γωνίαν 2φ .

Ἡ *Ἐξᾶς* (σχ. 22) πραγματοποιεῖται ὑπὸ κυκλικῷ τομέως τοῦ ὁποίου τὸ τόξον εἶναι ὑποδηρημένον εἰς μοίρας ἢ ἄλλας ὑποδιαίρεσεις, ἔνθα ἡ ἀνάγνωσις δύναται νὰ γίνῃ μετ' ἀκριβείας διὰ βερνιέρου Δ . Ἐπὶ τοῦ κέντρου τοῦ τομέως τοῦ ἐξᾶντος τοποθετεῖται ἐπίπεδον κάτοπτρον K συνδεδεμένον πρὸς μοχλὸν OA , ἐπὶ τοῦ ὁποίου κατὰ τὸ ἕτερον ἄκρον προσαρμίζεται ὁ βερνιέρος τῆς συσκευῆς Δ . Διὰ τοῦ μοχλοῦ τούτου δυνάμεθα νὰ περιστρέψωμεν περὶ ἄξονα τὸ κάτοπτρον K καὶ νὰ μετρώμεν τὴν γωνίαν περιστροφῆς ἐπὶ τῆς κλίμακος τῆ βοήθειά τοῦ βερνιέρου. Ἀπέναντι τοῦ κατόπτρου K τοποθετεῖται ἕτερον κάτοπτρον K' , τὸ ὁποῖον ὁμοῦς παρουσιάζει ἀνακλαστικὴν ἱκανότητα, μόνον κατὰ τὸ κατώτερον ἥμισυ, ὅταν δὲ τὰ δύο κάτοπτρα εἶναι παράλληλα πρὸς τὸ μηδὲν τοῦ βερνιέρου νὰ συμπέτῃ πρὸς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος.

Ἐπὶ τοῦ ἐξᾶντος προσαρμίζεται πρὸς τούτους δίοπτρα σκοπεύσεως T . Ἐὰν διὰ τῆς

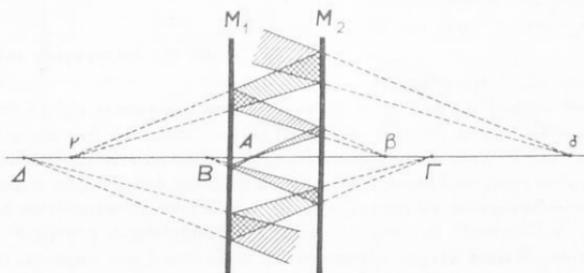
διόπτρας σκοπεύωμεν πρὸς τὸ κάτοπτρον Κ', ὥστε νὰ βλέπωμεν καὶ διὰ τοῦ διαφανοῦς καὶ διὰ τοῦ ἀνακλαστικοῦ μέρους αὐτοῦ, τότε εἰσχωροῦν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας δύο δέσμαι φωτεινῶν ἀκτίνων: μία Β, προερχομένη ἐκ τοῦ διαφανοῦς μέρους τοῦ κατόπτρου Κ', καὶ ἕτερα Α, ἡ ὁποία, ἀνακλωμένη ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Κ καὶ ἀκολουθῶς ἐπὶ τοῦ Κ', εἰσχωρεῖ εἰς τὴν



Σχ. 22. Πλήρης διάταξις συσκευῆς ἑξάντος.

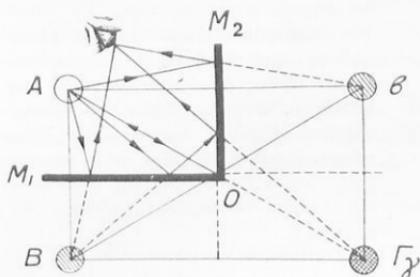
γωνίας κατὰ τὴν ὁποίαν περιστράφη ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς, ἡ προερχομένη ἐκ τοῦ δευτέρου ἀστέρος δι' ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Κ, διὰ νὰ συμπέσῃ πρὸς τὸν πρῶτον ἀστέρα, τὸν ὁποῖον παρατηροῦμεν μέσῳ τοῦ διαφανοῦς μέρους τοῦ κατόπτρου Κ'. Ἐπομένως ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο ἀστέρων ἰσοῦται πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς γωνίας στροφῆς τοῦ κινητοῦ κατόπτρου τοῦ ἑξάντος. Ὁ ἑξᾶς χρησιμεύει τὰ μέγιστα εἰς τὴν ναυτιλίαν, ὡς π.χ. διὰ τὴν μέτρησιν τῆς γωνιακῆς ἀποστάσεως τοῦ Ἡλίου ἀπὸ τοῦ ὀριζήοντος, ἤτοι πρὸς μέτρησιν τοῦ ὕψους τοῦ Ἡλίου.

21. Παράλληλα κάτοπτρα. Ἐστώσαν δύο ἐπίπεδα καὶ παράλληλα κάτοπτρα M_1, M_2 (σχ. 23). Εὐκόλως δεικνύεται διὰ τῆς ἐν τῷ σχήματι δεικνυομένης γεωμετρικῆς κατασκευῆς ὅτι σχηματίζεται δι' ἓν ἀντικείμενον Α διπλὴ σειρὰ εἰδώλων, εἰς ἐκάστην τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων θεωρητικῶς δύναται νὰ εἶναι ἀπειρος.

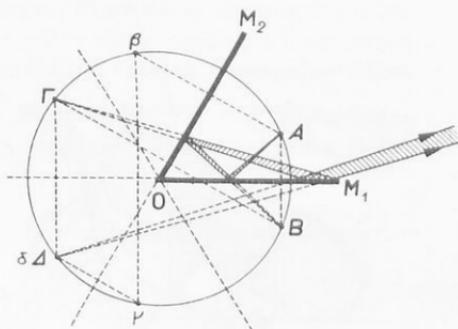


Σχ. 23. Τὸ εἶδωλον τοῦ Α σχηματίζεται εἰς τὸ β ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτοπτρον M_2 . Τὸ β, ἔχον θεοῖν ἀντικείμενον, σχηματίζεται εἰς τὸ γ ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτοπτρον M_1 κ.ο.κ.

22. **Κάτοπτρα ὑπὸ γωνίαν.** Εἰς τὸ σχῆμα 24 δεικνύεται ἡ γεωμετρικὴ κατασκευὴ τῶν εἰδώλων, ἅτινα παρέχει δι' ἓν ἀντικείμενον σύστημα δύο ἐπιπέδων κατόπτρων M_1 καὶ M_2 , τὰ ὁποῖα διατίθενται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν γωνίαν 90° , ὁπότε προκύπτουν τρεῖς εἰδῶλα,



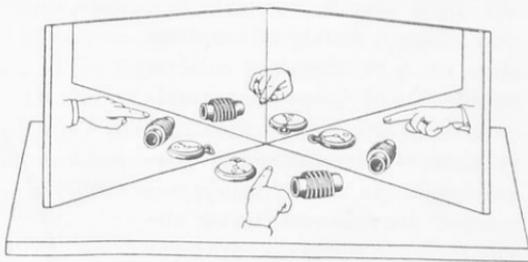
Σχ. 24. Τὸ σύστημα τῶν κατόπτρων παρέχει τρεῖς εἰδῶλα τοῦ ἀντικειμένου A, τὰ ὁποῖα βλέπει ὁ ὀφθαλμὸς ὅταν τοποθετηθῇ εἰς τὴν κατάλληλον θέσιν.



Σχ. 25. Πολλαπλᾶ εἰδῶλα μετὰ σύστημα δύο κατόπτρων ὑπὸ γωνίαν 60° .

ἅτινα, μετὰ τοῦ ἀντικειμένου, κατέχουν τὰς τέσσαρας κορυφὰς ὀρθογωνίου. Διὰ γωνίαν 60° τὰ εἰδῶλα εἶναι πέντε (σχ. 25), διὰ γωνίαν 45° τὰ εἰδῶλα εἶναι ἑπτὰ, ἤτοι ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων βαίνει ἀξανάμενος ἐφ' ὅσον ἡ γωνία τῶν κατόπτρων ἐλαττωταί. Γενικῶς ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων καθορίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $N = 360/\theta$,

ὅπου θ ἡ γωνία τῶν κατόπτρων. Ἐὰν ὁ N εἶναι ἀκέραιος καὶ ἄρτιος, ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων εἶναι $N - 1$, ἐὰν ὁμοῦς ὁ N εἶναι περιττός, τότε ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων ἰσοῦται πρὸς N . Πολλὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα, τοποθετούμενα ἐπὶ τῶν τοίχων πολυγωνικῆς αἰθούσης, παρέχουν πολλαπλὰ εἰδῶλα τῶν ἀντικειμένων τῆς αἰθούσης καὶ δημιουργοῦν οὕτως ὥραιās ὀπτικᾶς ἀπάτας ἢ ἐντυπώσεις.



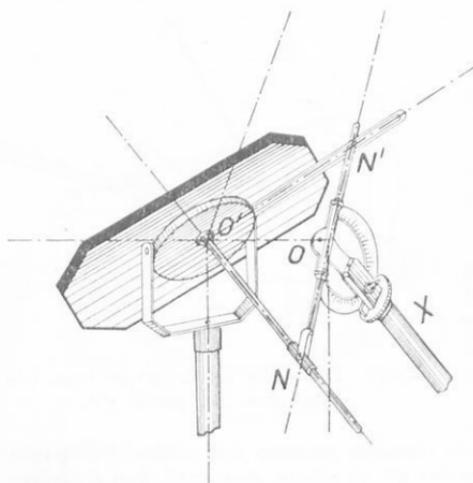
Σχ. 26. Εἰδῶλα διαφόρων ἀντικειμένων (ὄφθαλμοῦ, χεῖρ, κοχλίου) πρὸ δύο κατόπτρων σχηματίζόντων ὀρθὴν γωνίαν. Τὰ εἰδῶλα τὰ προερχόμενα ἐξ ἀπλῆς ἀνακλάσεως εἶναι ἐναντιόμορφα, ἐνῶ τὰ εἰδῶλα τὰ προερχόμενα ἐκ διπλῆς ἀνακλάσεως εἶναι ἐφαρμοσίμα.

Εἰς τὸ σχ. 26 δεικνύεται ἐφαρμογὴ διὰ τοποθετήσεως ἀντικειμένων πρὸ κατόπτρων.

Ἐπίσης εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως κατόπτρων ὑπὸ γωνίαν στηρίζεται ἡ λειτουργία συσκευῆς, ἡ ὁποία καλεῖται *εἰδωλοσκόπιον* (Kaleidoskop). Διὰ τούτου ἐπιτυγχάνομεν διὰ πολλαπλῆς ἀνακλάσεως ἀντικειμένων τὴν ἀνάπτυξιν κεντροσυμμετρικῶν εἰδώλων, τὰ ὁποῖα προκαλοῦν ὅλως περιέργους ἐντυπώσεις.

23*. **Ἡλιοστάτης.** Ἐτέρα ἐργαστηριακὴ ἐφαρμογὴ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων εἶναι ὁ ἡλιοστάτης (σχ. 27). Ἐὰν θέλωμεν ἡ ἀνακλωμένη δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων νὰ διατηρῇ ἀμετάβλητον διεύθυνσιν, μολονότι ἡ προσπίπτουσα δέσμη μεταβάλλει διεύθυνσιν λόγῳ μετα-

τοπίσεως τοῦ Ἡλίου, προσαρμόζομεν τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον ἐπὶ ὥρολογιακοῦ μηχανισμοῦ, ὁ ὁποῖος προσανατολίζει τοῦτο αὐτομάτως κατὰ τὴν διεύθυνσιν ἐν σχέσει πρὸς τὰς

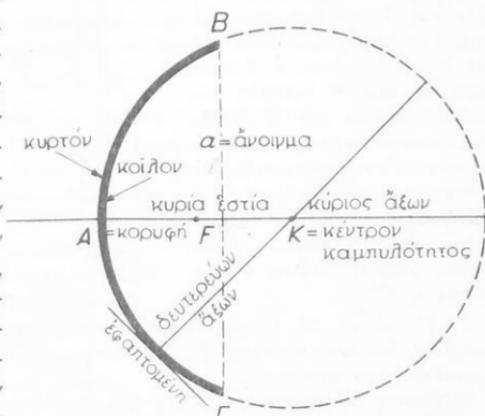


προσπιπτούσας ἡλιακὰς ἀκτῖνας, ὥστε ἢ διεύθυνσις τῆς ἀνακλωμένης δέσμης νὰ παραμένῃ ἀμετάβλητος. Τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον εἶναι στρεπτόν ταυτοχρόνως περὶ ὀριζόντιον καὶ κατακόρυφον ἄξονα, δι' ὥρολογιακοῦ δὲ μηχανισμοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ρυθμισμένος ἐπὶ τῇ βᾶσει ἀστρονομικῶν δεδομένων, προσανατολίζεται τοῦτο αὐτομάτως, ὥστε ἢ διεύθυνσις τῆς ἀνακλωμένης δέσμης νὰ παραμένῃ πάντοτε ἀμετάβλητος.

Σχ. 27. Ἡλιοστάτης Foucault. Ὁ προσανατολισμὸς τοῦ κατόπτρου γίνεται διὰ τῶν ἀξόνων X, NN', NO', οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν κατάλληλον ἀρθρωτικὴν σύζευξιν μεταξύ των.

24. Σφαιρικὰ κάτοπτρα. Ὡς ἀνωτέρω εἶδομεν, ὅταν ἢ ἀνακλωσα ἐπιφάνεια κατόπτρου ἀποτελῇ σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν, τότε τὸ κάτοπτρον καλεῖται σφαιρικόν.

Ἐάν ἢ ἀνακλωσα ἐπιφάνεια εἶναι κοίλη, τὸ κάτοπτρον καλεῖται **κοῖλον**, ἐάν δὲ ἢ ἀνακλωσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή, τότε τὸ κάτοπτρον καλεῖται **κυρτόν**. Γενικῶς, ἢ στοιχειώδης θεωρία τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων ἀναπτύσσεται διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἀποτελεῖται ἐκ συνόλου πολλῶν στοιχειωδῶν ἐπιπέδων κατόπτρων, εἰς ἕκαστον δὲ σημεῖον τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ θεωροῦμεν ὅτι τὸ στοιχειώδες ἐπίπεδον κάτοπτρον συμπίπτει πρὸς τὸ ἐφαπτόμενον ἐπίπεδον τῆς ἐπιφανείας εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον.

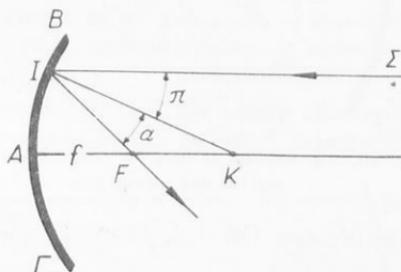


Σχ. 28. Κατακόρυφος τομὴ ΒΑΓ κατόπτρου μετὰ τῶν χαρακτηριστικῶν σημείων καὶ μεγεθῶν αὐτοῦ.

25. Σπουδὴ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἐστω κατακόρυφος τομὴ ΒΑΓ (σχ. 28) κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Τὸ σημεῖον Α καλεῖται **κορυφή** τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ τόξον ΒΑΓ = α, μετροῦμενον εἰς μοίρας, παρέχει τὸ **ἄνοιγμα** τοῦ κατόπτρου. Ἡ ΑΚ ἀποτελεῖ τὴν

ἀκτίνα τῆς σφαιράρας εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καλεῖται δὲ **ἀκτὶς καμπυλότητος** αὐτοῦ καὶ παριστᾶται διὰ R, ἐνῶ τὸ σημεῖον K καλεῖται **κέντρον καμπυλότητος** τοῦ κατόπτρου. Ἡ εὐθεῖα ἡ διερχομένη διὰ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ κατόπτρου, ἐνῶ πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα ἐκπροσωπούμενη ἔκ τινος ἄλλου σημείου τῆς ἐπιφανείας τοῦ κατόπτρου καὶ διερχομένη μόνον διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καλεῖται **δευτερεύων ἄξων**.

26. Ἰδιότης κυρίου ἄξονος. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτὶς ΣΙ (σχ. 29) προσπέσῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα, αὕτη, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της, θὰ διέλθῃ διὰ τινος σημείου F κειμένου εἰς τὸ μέσον περιῶπου τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος AK. Πράγματι, ἂν φέρωμεν τὴν KI, αὕτη εἶναι κάθετος εἰς τὸ σημεῖον I ὡς ἀκτὶς τοῦ κατόπτρου, ἐπομένως ἡ γωνία ΣIK = π παριστᾶ τὴν γωνίαν προσπίπτουσας, ἐνῶ ἡ γωνία KIF = α θὰ παριστᾶ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως. Ἐπειδὴ ἡ γωνία AKI ἰσοῦται μὲ τὴν γωνίαν KIS, ἔπεται ὅτι τὸ τρίγωνον IFK, ὡς ἔχον τὰς παρὰ τὴν βᾶσιν γωνίας ἴσας, εἶναι ἰσοσκελὲς καὶ ἐπομένως FK = FI. Ἐὰν



Σχ. 29. Ἡ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα ἀκτὶς διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν διὰ τῆς κυρίας ἐστίας.

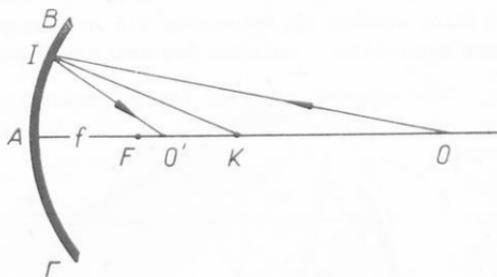
ὅμως δεχθώμεν ὅτι τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου ΒΑΓ δὲν ὑπερβαίνει τὰς 2° ἔως 3°, δυνάμεθα ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος νὰ δεχθώμεν ὅτι ἡ ἀκτὶς τοῦ τόξου AI εἶναι ἡ AF, ἐπομένως θὰ εἶναι AF = IF, ὅτε ἐκ τῆς προηγουμένης ἰσότητος εἶναι AF = FK, ἴητοι τὸ σημεῖον F τὸ ὁποῖον καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου, εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς AK. Ἐὰν καλέσωμεν **ἐστιακὴν ἀπόστασιν** f τὸ μῆκος AF καὶ R τὴν ἀκτίνα καμπυλότητος, ἔχομεν τὴν πρώτην ἐξίσωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων

$$\boxed{f = \frac{R}{2}} \quad (1)$$

Ἐπειδὴ δὲ τὴν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα ΣΙ ἐλάβομεν ὅλως τυχαίως, θὰ ἰσχύη τὸ αὐτὸ καὶ διὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτίνα προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα. Οὕτω συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: Ἐὰν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτῃ δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα, αἱ ἀκτίνες αὗται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου θὰ διέλθουν πᾶσαι διὰ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Ἡ ἀνωτέρω πρότασις ἰσχύει ἐφ' ὅσον τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου δὲν ὑπερβαίνει τὰς 2° ἔως 3°.

27. Συζυγῆ σημεία. Ἐστω ὅτι ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ὑφίσταται φωτοβόλον ἀντικείμενον O (σχ. 30), ἔστω δὲ ὅτι φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου εἰς τὸ σημεῖον I, ὅτε ἡ γωνία OIK θὰ παρι-

στῇ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἡ εἰς I προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλάται σχηματίζουσα γωνίαν ἴσην πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως καὶ συναντῇ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον O', τὸ ὁποῖον καλοῦμεν εἰδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου O. Ἐὰν ἤδη



Σχ. 30. Τὰ σημεῖα O καὶ O' ἀποτελοῦν συζυγῆ σημεῖα τοῦ κατόπτρου.

θεωρήσωμεν καὶ τὴν ἀκτῖνα OA, αὕτη, ἐπειδὴ προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, θὰ ἀνακλασθῇ κατὰ τὴν AO καὶ ἐπομένως, ἐφ' ὅσον τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρόν, ἡ δέσμη τῶν ἀκτίνων ἢ περιεχομένη ἐντὸς τῆς κωνικῆς περιοχῆς IOA, ἢ ὁποῖα εἶναι ἀποκλίνουσα, παρέχει, ὡς ἀνακλωμένην δέσμη, μίαν δέσμη κειμένην εἰς τὴν κωνικὴν περιοχὴν IO'A συγκλίνουσαν πρὸς τὸ σημεῖον O'.

Ἐὰν θέσωμεν $OA = p$, $O'A = p'$, τότε θὰ εἶναι

$$\boxed{\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}} \quad (1)$$

ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν σχέσιν (1) τῆς § 26 θὰ ἔχωμεν

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{2}{R} \quad (2)$$

Ἐπειδὴ τὸ εἰδωλον O' πραγματοποιεῖται ἐκ τῆς συγκεντρώσεως ἢ τομῆς ἐν αὐτῷ πραγματικῶν ἀκτίνων, καλεῖται *πραγματικὸν εἰδωλον*, καὶ διὰ τοιοῦτο εἰδωλον ἰσχύουν οἱ ἀνωτέρω τύποι. Πολλάκις τὰ σημεῖα O καὶ O' καλοῦνται *συζυγῆ σημεῖα* καί, ἐὰν O παριστῇ φωτοβόλον ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἰδωλον αὐτοῦ σχηματίζεται εἰς O', ἐνῶ, ἐὰν εἰς O' εὑρίσκειται τὸ φωτοβόλον σημεῖον, τὸ πραγματικὸν εἰδωλον αὐτοῦ σχηματίζεται εἰς O.

28. Εὐρεσις τοῦ τύπου. Ἐπειδὴ ἡ IK (σχ. 30) εἶναι διχοτόμος τῆς γωνίας εἰς I, ἐκ τοῦ τριγώνου OIO' θὰ ἔχωμεν

$$IO : IO' = OK : O'K$$

Ἐπειδὴ ὁμως τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι λίαν μικρόν, δυνάμεθα ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος νὰ θέσωμεν $OI = OA$ καὶ $O'I = O'A$, ὅτε προκύπτει

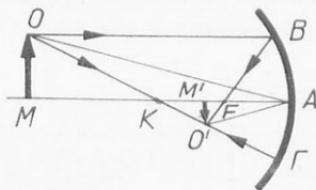
$$OA : O'A = OK : O'K$$

Λαμβανομένου δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι $OA = p$, $O'A = p'$, $OK = p - 2f$ καὶ $O'K = 2f - p'$ προκύπτει

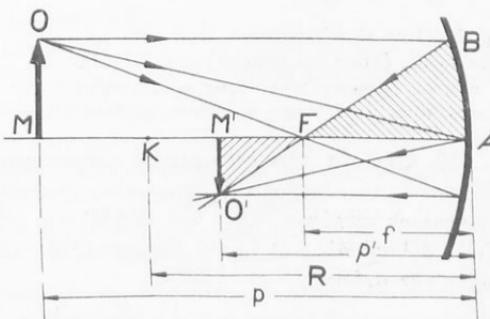
$$\frac{p}{p'} = \frac{p - 2f}{2f - p'}$$

ἐξ ἧς δι' ἀπλοῦ μετασχηματισμοῦ προκύπτει ἡ σχέσις (1) τῆς § 27.

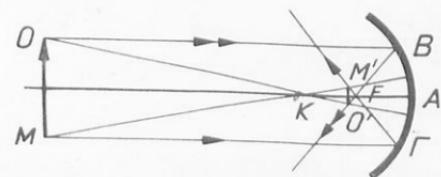
29. Σχηματισμός πραγματικού ειδώλου άντικειμένου. Θεωρήσωμεν ότι πρὸ κοίλου κατόπτρου παρουσιάζοντος μικρὸν ἄνοιγμα τοποθετοῦμεν καθέτως πρὸς τὸν κύριον αὐτοῦ ἄξονα φωτεινὸν βέλος MO (σχ. 31). Ὅπως σχηματίζωμεν τὸ εἶδωλον αὐτοῦ χρησιμοποιοῦμεν δύο βοηθητικὰς ἀκτίνες, μίαν ἐκφεύγουσαν ἐκ τῆς κορυφῆς O τοῦ βέλους καὶ προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου εἰς B παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, καὶ ἑτέραν προερχομένην ἐκ τοῦ αὐτοῦ σημείου O ἀλλὰ διερχομένην διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος K . Εἶναι φανερὸν συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω ὅτι, ἐπειδὴ ἡ πρώτη ἀκτίς προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῆς θὰ διέλθῃ ἐκ τῆς κυρίας ἐστίας F , ἐνῶ ἡ δευτέρα OK , ἐπειδὴ συμπίπτει πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καθέτως καὶ ἀνακλᾶται κατὰ τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν. Ἐπομένως τὸ εἶδωλον O' τοῦ σημείου O τοῦ άντικειμένου θὰ κεῖται εἰς τὸ κοινὸν σημεῖον τομῆς τῶν δύο τούτων ἀκτίνων. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρὸν, ἔφ' ὅσον τὸ άντικείμενον εἶναι κάθειον ἐπὶ τὸ κατόπτρον καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ θὰ εἶναι ἐπίσης κάθειον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, ἦτοι τὸ εἶδωλον τοῦ MO εἶναι τὸ $M'O'$, ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ. Συμφώνως δὲ πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τῶν ἀκτίνων (§ 14),



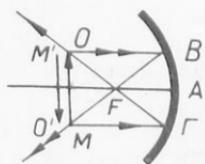
Σχ. 31. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ πραγματικοῦ ειδώλου ὑπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 32. Διάγραμμα διὰ τὴν εὑρεσιν τῶν ἐξισώσεων κοίλου κατόπτρου.



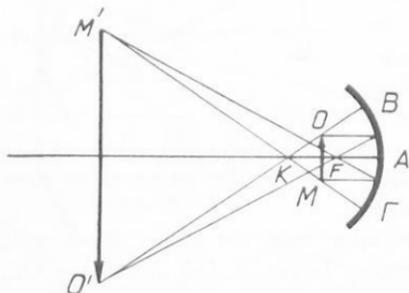
Σχ. 33. Ὅταν τὸ άντικείμενον εὑρίσκειται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον σχηματίζεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, εἶναι δὲ ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ.



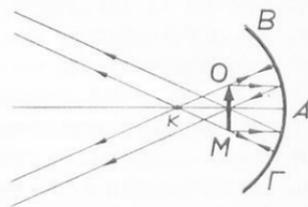
Σχ. 34. Ὅταν τὸ άντικείμενον εὑρίσκειται ἐπὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος ἀνεστραμμένον καὶ ἴσον πρὸς τὸ άντικείμενον.

ἔαν τὸ Μ'Ο' παριστᾷ τὸ ἀντικείμενον, τὸ εἶδωλον αὐτοῦ θὰ σχηματίζεται εἰς ΜΟ.

Τὸ σχῆμα 32 παριστᾷ ἐπίσης γεωμετρικὴν κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου Μ'Ο' ἀντικειμένου ΜΟ. Τὰ σχήματα 33, 34, 35, 36 δεικνύουν γεωμετρικὰς κατασκευὰς τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου εἰς διαφόρους περιπτώσεις.



Σχ. 35. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος μεγαλύτερον καὶ ἀνεστραμμένον.



Σχ. 36. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, εἶδωλον δὲν ὑφίσταται, διότι τοῦτο σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον.

30. Θεωρία τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Ὁ λόγος τοῦ μεγέθους τοῦ εἰδώλου πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καλεῖται *πλευρική μεγέθυνσις*. Ἐκ τῶν ὀρθογωνίων τριγῶνων ΟΑΜ καὶ Ο'ΑΜ' (σχ. 32), τὰ ὁποῖα εἶναι ὅμοια, ἔχομεν Μ'Ο' : ΜΟ = ΑΜ' : ΑΜ, ἔαν δὲ θέσωμεν Ο'Μ' = Ε, ΟΜ = Α, ΑΜ = ρ καὶ ΑΜ' = ρ', ἔχομεν τὴν σχέσιν

$$\boxed{\frac{E}{A} = \frac{\rho'}{\rho}} \quad (1)$$

Ἐξ ἄλλου ἐκ τῶν ὁμοίων τριγῶνων Ο'ΚΜ' καὶ ΟΚΜ (σχ. 31) εὐρίσκομεν

$$Ο'Μ' : ΟΜ = Μ'Κ : ΚΜ,$$

λαμβάνομενον δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι ΚΜ = ρ - 2f καὶ ΚΜ' = 2f - ρ', θὰ ἔχομεν

$$\frac{E}{A} = \frac{2f - \rho'}{\rho - 2f}$$

Ἐξ ἄλλου εἶναι

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

ἐπομένως

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{2f - \rho'}{\rho - 2f}$$

Ἐκ τῆς ὁποίας δι' ἀπλοῦ μετασχηματισμοῦ προκύπτει

$$\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\rho'} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

31. Τύπος του Νεύτωνος. Ἐάν παραστήσωμεν διὰ Z' τὴν ἀπόστασιν $M'F$ (σχ. 32) καὶ διὰ Z τὴν ἀπόστασιν MF , τότε θὰ εἶναι $p = Z + f$ καὶ $p' = Z' + f$. Ἐάν δὲ τὰς τιμὰς ταύτας θέσωμεν εἰς τὸν τύπον (2) τῆς § 30, τότε δι' ἀπλοῦ μετασχηματισμοῦ εὐρίσκομεν

$$Z \cdot Z' = f^2 \quad (1)$$

Ὁ τύπος οὗτος καλεῖται τύπος τοῦ Νεύτωνος.

32. Σχηματισμός φανταστικοῦ ειδώλου φωτεινοῦ σημείου. Θεωρήσωμεν ὅτι φωτοβόλον αντικείμενον O εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀλλὰ μεταξὺ τῆς κορυφῆς αὐτοῦ A καὶ τῆς κυρίας ἐστίας F (σχ. 37).

Ἐάν θεωρήσωμεν φωτεινὴν ἀκτῖνα OI , ἵνα σχηματίσωμεν τὴν ἀνακλωμένην αὐτῆς, πρέπει νὰ φέρωμεν τὴν IK καὶ ἀκολουθῶς νὰ σχηματίσωμεν τὴν γωνίαν KIA ἴσην πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως KIO , ὅτε ἡ ἀκτίς IA θὰ παρέχῃ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα. Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος ἐμφαίνεται, ἡ ἀκτίς IA δὲν συναντᾷ τὸν ἄξονα, συναντᾷ ὅμως τοῦτον ἢ γεωμετρικὴ προεκβολὴ αὐτῆς εἰς τὸ σημεῖον O' . Τὸ σημεῖον O' , τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ σημεῖον συναντήσεως ὅλων τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων τῶν περιεχομένων ἐντὸς τοῦ κώνου IOA , καλεῖται φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου O , διότι σχηματίζεται ὄχι ἐκ τῶν πραγματικῶν ἀκτίνων ἀλλὰ ἐκ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν, ἀποτελεῖ δὲ τὸ συζυγὲς σημεῖον τοῦ O . Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος ἐμφαίνεται, ἡ IK εἶναι ἡ διχοτόμος τῆς γωνίας ΔIO , ἢ ὁποία εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου OIO' , καὶ συμφώνως πρὸς γνωστὸν γεωμετρικὸν θεώρημα θὰ ἰσχύῃ πάλιν ἡ σχέσις $O'I : OI = O'K : OK$. Ἐπειδὴ τὸ κατόπτρον παρουσιάζει μικρὸν ἄνοιγμα, δυνάμεθα νὰ θέσωμεν $O'I = O'A$ καὶ $OI = OA$, ὅτε ἡ σχέσις γράφεται

$$O'A : OA = O'K : OK \quad (1)$$

Ἐάν δὲ πάλιν θέσωμεν $OA = p$ καὶ $O'A = p'$, τότε θὰ εἶναι $OK = 2f - p$ καὶ $O'K = p' + 2f$. Δι' ἀντικαταστάσεως δὲ τῶν ἀνωτέρω τιμῶν εἰς τὸν τύπον (1) προκύπτει

$$\frac{p'}{p} = \frac{p' + 2f}{2f - p}$$

ἐκ τοῦ ὁποίου λαμβάνομεν

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

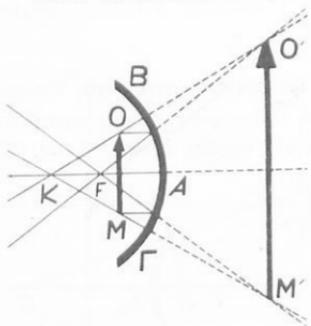
33. Σχηματισμός ειδώλου αντικειμένου. Ἐστω φωτοβόλον αντικείμενον, π.χ. φωτοβόλον βέλος MO (σχ. 38), εὐρισκόμενον μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ κατόπτρου καὶ καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἐάν φέρωμεν πάλιν τὰς δύο βοηθητικὰς ἀκτῖνας, ἥτοι τὴν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἥτις ἀνακλωμένην διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, καὶ τὴν ἀκτῖνα κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα, ἥτις ἀνακλᾶται πάλιν κατὰ τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν, βλέπομεν ὅτι αἱ δύο ἀνακλώ-



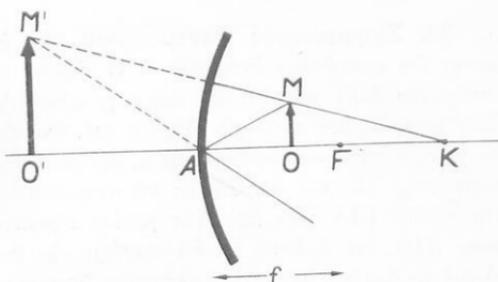
Σχ. 37. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ σχηματισμοῦ φανταστικοῦ συζυγοῦς σημείου.

μεναι ἀκτίνες δὲν συναντῶνται, ἐνῶ συναντῶνται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου αἱ γεωμετρικαὶ προεκβολαὶ αὐτῶν.

Οὕτω τὸ εἶδωλον τοῦ φωτεινοῦ βέλους εἶναι τὸ $M'O'$ ὄρθον καὶ φανταστικόν.



Σχ. 38. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ φανταστικοῦ εἰδώλου.



Σχ. 39. Διὰ τὴν εὐρεσιν τῆς ἐξισώσεως φανταστικοῦ εἰδώλου.

Ὅμοιως τὸ σχ. 39 δεικνύει ἀπλούστερον τρόπον γεωμετρικῆς κατασκευῆς τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου.

Ἐάν θέσωμεν $O'M' = E$, $OM = A$, $AO = p$ καὶ $AO' = p'$, ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων $O'AM'$ καὶ OAM (σχ. 39) προκύπτει εὐκόλως

$$\frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad (1)$$

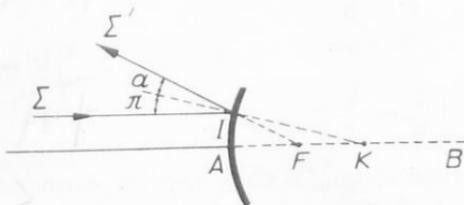
Ἐξ ἄλλου ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων KOM καὶ $KO'M'$ εὐρίσκομεν τὴν σχέσιν

$$\frac{p'}{p} = \frac{p' + 2f}{2f - p}$$

ἐκ τῆς ὁποίας προκύπτει

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

34. Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον. Ἐστω κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον (σχ. 40) καὶ AB ὁ κύριος ἄξων αὐτοῦ. Ἐάν θεωρήσωμεν τὴν ἀκτὴν ΣI προσ-



Σχ. 40. Ἡ κυρία ἐστία εἰς τὴν περίπτωσιν κυρτοῦ κατόπτρου εἶναι φανταστικὴ.

πιπτοῦσαν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα ὑπὸ γωνίαν π , ἵνα εὐρωμεν τὴν ἀνακλωμένην ἀκτὴν ἀρκεῖ νὰ φέρωμεν εἰς I τὴν ἀκτὴν $I\Sigma'$ σχηματίζουσαν γωνίαν ἀνακλάσεως α ἴσην πρὸς τὴν π . Ἡ ἀκτὴς αὕτη δὲν συναντᾷ τὸν κύριον ἄξωνα, ἢ γεωμετρικῆ ὅμως αὐτῆς προεκβολὴ συναντᾷ αὐτὸν εἰς τὸ

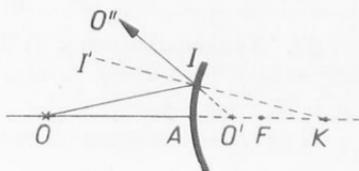
τὸν κύριον ἄξονα, δυνάμεθα καθ' ὅμοιον τρόπον νὰ δείξωμεν ὅτι ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ σημείου F. Ἐκ τούτου προκύπτει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: Ἐὰν ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου προσπίπτῃ δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, αἱ γεωμετρικαὶ προεκβολαὶ τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων διέρχονται διὰ κοινοῦ σημείου F, τὸ ὁποῖον καλεῖται πάλιν κυρία ἐστία τοῦ κατόπτρου καὶ κεῖται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ AK. Ἐπειδὴ ἡ ἐστία εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν σχηματίζεται ὄχι ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων ἀλλὰ ἐκ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν, καλεῖται φανταστικὴ ἐστία.

35. Σχηματισμός ειδώλου φωτεινοῦ σημείου. Ἐστω κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον (σχ. 41) καὶ φωτεινὸν σημεῖον O. Ἴνα σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον αὐτοῦ θεωροῦμεν τὴν τυχοῦσαν ἀκτίνα OI ὅτε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς θὰ εἶναι ἡ IO'', τῆς ὁποίας ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ συναντᾷ τὸν ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον O'. Ἐχόντες ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ γωνία O''IO εἶναι διχοτόμος τῆς ἔξωτερικῆς γωνίας τοῦ τριγώνου O'IO, δυνάμεθα δι' ὁμοίου συλλογισμοῦ ὡς καὶ εἰς τὰς προηγουμένας περιπτώσεις νὰ εὑρωμεν τὴν σχέσιν

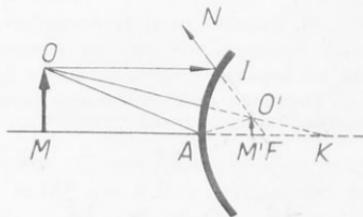
$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{1}{f}$$

ἔνθα p ἡ ἀπόστασις τοῦ αντικειμένου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, p' ἡ ἀπόστασις τοῦ ειδώλου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου καὶ f ἡ κυρία ἐστιακὴ ἀπόστασις. Αἱ p' καὶ f λογιζοῦνται ὡς ἀρνητικαί, διότι μετροῦνται ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν τῆς p.

36. Σχηματισμός ειδώλου ἀντικειμένου. Ἐστω κυρτὸν κάτοπτρον (σχ. 42) καὶ ὅτι καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ τοποθετοῦμεν φωτοβόλον ἀντικείμενον MO. Ὅπως σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον αὐτοῦ φέρομεν ἐκ τοῦ O τὴν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίνα OI, ὁποῖα, ὡς γνωρίζομεν, ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος IN θὰ διέλθῃ διὰ τῆς κυρίας ἐστίας F. Ἐὰν δὲ ἐνώσωμεν τὸ K μὲ τὸ O, τότε, ἐπειδὴ ἡ KO εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ κάτοπτρον, ἀκτίς προερχομένη ἐκ τοῦ O καὶ προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου κατὰ τὴν OK ἀνακλᾶται κατὰ τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν καὶ ἡ γεωμετρικὴ αὐτῆς προεκβολὴ τέμνει τὴν προεκβολὴν τῆς προηγούμενης ἀκτίνος εἰς τὸ σημεῖον O'. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἀντικείμενον εἶναι κάθετον



Σχ. 41. Σχηματισμός συζυγῶν σημείων εἰς κυρτὸν κάτοπτρον.



Σχ. 42. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ φωτεινοῦ ειδώλου ἀντικειμένου OM ὑπὸ κυρτοῦ κατόπτρου.

ἐπὶ τὸν ἄξονα καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ $O'M'$ θὰ εἶναι ἐπίσης κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα καὶ φανταστικόν, διότι δὲν σηματοῦται ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων ἀλλὰ ὑπὸ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν. Ἐκ τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: *Τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου τοῦ ὁποῦν παρέχει κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.* Ὡς εὐκόλως δεικνύεται ἐκ τῶν ὁμοίων τριγῶνων AOM , $AO'M'$ καὶ $KO'M'$, KOM , ἔαν τεθῇ $O'M' = E$, $OM = A$, $AM' = p'$, $AM = p$ καὶ $AF = f$, ἔχομεν

$$\frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad \text{καὶ} \quad \frac{2f - p'}{2f + p} = \frac{E}{A}$$

ἔξ ὧν προκύπτει

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{1}{f}$$

37. Ἀνακεφαλαίωσις. 1) Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα παρέχουν εἶδωλα, εἴτε πραγματικά εἴτε φανταστικά, ἐνῶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα παρέχουν μόνον φανταστικά εἶδωλα.

2) Οἱ γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἶναι

$$f = \frac{R}{2} \quad (1)$$

$$\frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad (2)$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (3)$$

3) Προκειμένου περὶ φανταστικῶν εἰδώλων καὶ φανταστικῆς ἐστίας τὰ ἀντίστοιχα μεγέθη θὰ λαμβάνονται μὲ ἀρνητικὸν σημεῖον.

Παρατήρησις. Οἱ τύποι (1), (2) καὶ (3) δύνανται νὰ χρησιμοποιοῦνται γενικῶς ὑπὸ τῆς ἀκολουθούσης προϋποθέσεως. Θεωροῦμεν τὰ μεγέθη p , p' , f καὶ R ὡς ἀρνητικά ὅταν μετροῦνται κατὰ διεύθυνσιν ἐκ τοῦ κατόπτρου πρὸς τὴν φωτεινὴν πηγὴν, δηλαδὴ κατὰ διεύθυνσιν ἀντίθετον τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός. Τὰ αὐτὰ μεγέθη, ὅταν μετροῦνται ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν, θεωροῦμεν ὡς θετικά.

38. Παραδείγματα. 1) Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου καὶ παρέχει πραγματικὸν εἶδωλον ἐπὶ διαφράγματος ἀπέχοντος 10 m ἀπὸ τοῦ κατόπτρου. Πόση ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις καὶ ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου.

Συμφάνως πρὸς τὴν ἀνωτέρω παραδοχὴν τῶν σημείων εἶναι $p = -2\text{ m}$ καὶ $p' = -10\text{ m}$, ἐπομένως θὰ εἶναι

$$\frac{1}{-2} + \frac{1}{-10} = \frac{1}{f}$$

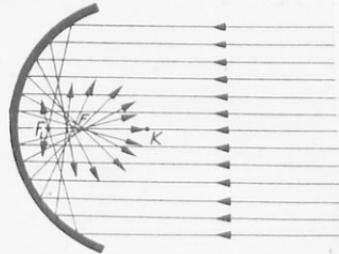
ὅτε $f = -1,67\text{ m}$ καὶ $R = -3,34\text{ m}$.

2) Ποῦ σηματοῦται τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου ὕψους 1 cm , ὅταν τίθεται εἰς ἀπόστασιν 6 cm ἀπὸ κυρτοῦ κατόπτρου ἀκτίνης καμπυλότητος 6 cm . Πόση ἡ μεγέθυνσις αὐτοῦ.

Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν ἡ ἐστία εἶναι φανταστικὴ καὶ τὸ εἶδωλον φανταστικόν, ἐπομένως ἐπειδὴ αἱ ἀποστάσεις ὅταν μετροῦνται ἀπὸ τοῦ κατόπτρου κατὰ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι θετικά, θὰ ἔχομεν $p = -6\text{ cm}$, $f = 6/2 = 3\text{ cm}$, ἐπομένως

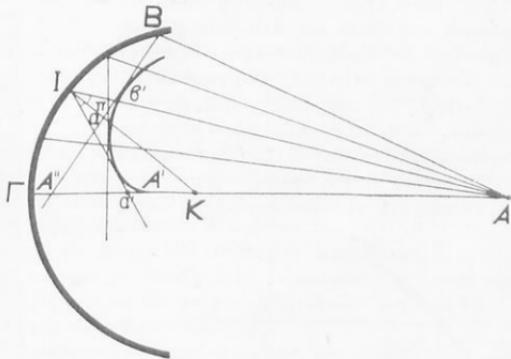
$$\frac{1}{-6} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{3} \quad \text{καὶ} \quad p' = 2\text{ cm}, \quad \text{ἡ δὲ μεγέθυνσις εἶναι} \quad \frac{E}{A} = \frac{1}{3}.$$

39. Ἐλαττώματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Εἰς τὰ προηγουμένα ὑπεθέσαμεν ὅτι τὸ ἄνοιγμα τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι μικρὸν, οὕτως ὥστε νὰ δικαιολογῶνται αἱ ἀνωτέρω θεθεῖσαι προσεγγίσεις διὰ τὴν εὐρεσιν τῶν σχετικῶν τύπων. Ὄταν δὲ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι τάξεως μεγέθους μέχρι 9° , αἱ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσαι ἀκτῖνες παρουσιάζουν μικρὰν κλίσιν πρὸς τὸν ἄξονα, καλοῦνται δὲ αἱ ἀκτῖνες αὗται *κεντρικαί*. Ἐὰν δὲν πληροῦται ἡ ἀνωτέρω συνθήκη, τότε αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτῖνες δὲν διέρχονται ὅλαι διὰ τῆς κυρίας ἐστίας ἀλλὰ αἱ ἀκτῖνες αἱ ἀνακλώμεναι πλησίον τῶν ὁρίων τοῦ κατόπτρου συναντοῦν αὐτὸν εἰς τὸ σημεῖον F_1 , ἐνῶ αἱ ἐσώτεροι ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῶν συναντοῦν τὸν κύριον ἄξονα εἰς ἄλλα σημεῖα μεταξὺ F_1 καὶ F (σχ. 43). Ἡ ἀπόστασις FF_1 καλεῖται *διαμήκης ἐκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος*. Ἐὰν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοποθετήσωμεν διάφραγμα καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τότε παρατηροῦμεν ὅτι σχηματίζεται ἐπ' αὐτοῦ μικρὸς φωτεινὸς κύκλος τοῦ ὁποῦ ἡ φωτεινότης ἐλαττοῦται χατάτατα ἐκ τοῦ κέντρου πρὸς τὴν περιφέρειαν, ἡ δὲ ἀκτὶς αὐτοῦ καλεῖται *κυρία ἐγκαρσία ἐκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος*. Συνελεγεῖ τῶν ἀνωτέρω ἐκτροπῶν τὰ εἰδῶλα τὰ παρεχόμενα ὑπὸ σφαιρικοῦ κατόπτρου μεγάλου ἀνοίγματος στεροῦνται σαφηνείας.



Σχ. 43. Παράλληλοι ἀκτῖνες πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, εἰς διαφόρους ὁμως ἀποστάσεις ἀπ' αὐτοῦ συγκλίνουν πρὸς διαφόρους ἐστίας, ὡς F , F_1 .

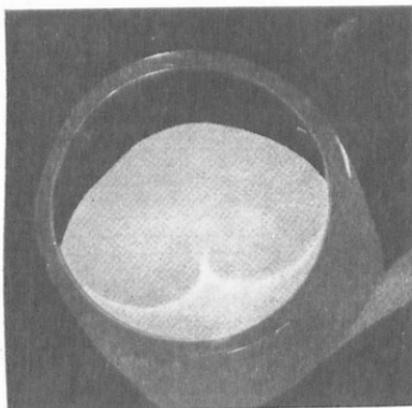
40. Κανστικαὶ ἐπιφάνειαι. Τὸ σύνολον τῶν ἀκτῖνων τῶν προερχομένων ἐκ τινος σημείου A καὶ προσπίπτουσῶν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῶν λαμβάνουν τοιαύτην διεύθυνσιν, ὥστε ὅλαι αἱ ἀκτῖνες νὰ ἔχουν περιβάλλουσαν, δηλ. νὰ ἐφάπτονται εἰς τὰ διάφορα σημεῖα ἐπιφανείας $A'\beta'$. Κατὰ μήκος τῆς ἐπιφανείας ταύτης ἐφ' ὅσον πρόκειται περὶ πραγματικῶν ἀκτῖνων, παρατηρεῖται συγκέντρωσις φωτὸς καὶ θερμότητος, ὡς ἐκ τούτου δὲ ἡ ἐπιφάνεια αὕτη ἐκλήθη *κανστικὴ* ἢ *κατακανστικὴ*. Ἡ ἐν τῷ σχήματι 44 εἰκονιζομένη γραμμὴ $A'\beta'$ παριστᾷ τομὴν τῆς κανστικῆς ἐπιφανείας ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχήματος, ἐνῶ τὸ σχῆμα 45 παριστᾷ τὴν κανστικὴν ἐστίαν κατόπτρου περιλειωμένου ἐντὸς δακτυλίου.



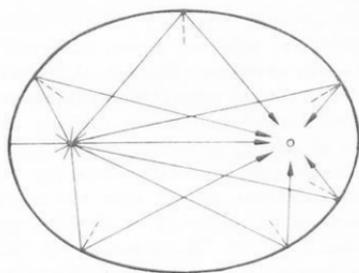
Σχ. 44. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ κανστικῆς ἐπιφανείας.

41*. Στιγματικὸν κάτοπτρον. Ὄταν ἀκτῖνες, προερχόμεναι ἐκ σημειακοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου, προσπίπτουν ἐπὶ κατόπτρου καὶ μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῶν συγκεντροῦνται πᾶσαι ἐπὶ ἑνὸς ἁπλοῦ σημείου, τότε τὸ κάτοπτρον καλεῖται *στιγματικόν*. Ἐξ ὅλων τῶν κατόπτρων μόνον τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι *στιγματικά* δι' οἰανδήποτε θέσιν τοῦ σημειακοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου. Ὄρισμένα κάτοπτρα, ὡς τὰ ἐλλειπτικά, τὰ ὁποῖα γεννῶνται διὰ περιστροφῆς ἐλλείψεως περὶ τὸν ἐστιακὸν αὐτῆς ἄξονα, εἶναι *στιγματικά* μόνον ὅταν τὸ σημειακὸν φωτόβολον ἀντικείμενον εὐρίσκειται ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐστίας, ὅτε αἱ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀνακλώμεναι

ἀκτίνες διέρχονται διὰ τῆς ἐτέρας ἐστίας (σχ. 46). Τὰ σφαιρικά κάτοπτρα εἶναι στιγματικά μόνον διὰ τὸ κέντρον καμπυλότητος αὐτῶν.

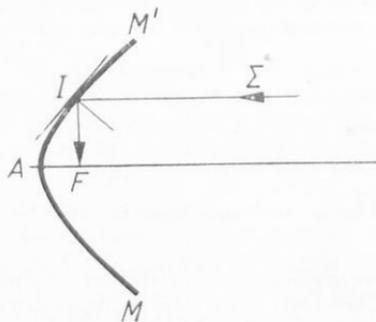


Σχ. 45. Κάτοπτρον δεικνύον σαφῶς τὸν σχηματισμὸν τῆς καυστικῆς ἐστίας.

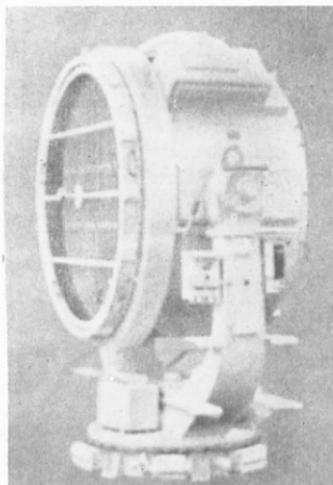


Σχ. 46. Ὄταν εἰς τὴν μίαν ἐστίαν τοῦ ἑλλειπτικοῦ κατόπτρου εὐρίσκειται σημειώδης φωτεινὴ πηγὴ, αἱ ἐξ αὐτῆς προερχόμεναι ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς κατοπτρικῆς ἐπιφανείας συγκεντροῦνται πᾶσαι εἰς τὴν ἐτέραν ἐστίαν.

42. Παραβολικὰ κάτοπτρα. Τὸ παραβολικὸν κάτοπτρον γεννᾶται ἐκ τῆς παραβολῆς ΜΑΜ' ὅταν αὕτη περιστραφῇ περὶ τὸν ἐστιακὸν τῆς ἄξονα (σχ. 47). Ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν ΣΙ παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κατόπτρου καὶ τὴν ΙF διερχομένην διὰ τῆς ἐστίας F τῆς παραβολῆς, τότε, ὡς γνωρίζομεν, ἡ κάθετος εἰς Ι ἐπὶ τῆς παραβολῆς διχοτομεῖ τὴν γωνίαν FΙΣ, ἐπομένως ἐὰν ἡ FΙ παριστᾷ ἀκτὴν προσπίπτουσαν καὶ ἡ ΙΣ θὰ παριστᾷ τὴν ἀνακλωμένην, ἡ ὁποία

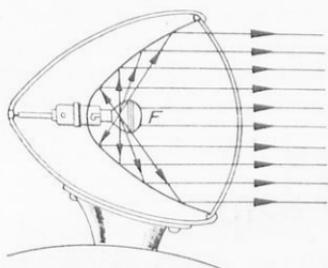


Σχ. 47. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος ὑπὸ παραβολικοῦ κατόπτρου, προσπίπτουσας παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ.



Σχ. 48. Μέγας παραβολικὸς προβολεὺς χρησιμοποιούμενος εἰς τὴν ἀντιαεροπορικὴν ἀμυναν. Διάμετρος κατόπτρου 150 cm, φωτεινὴ ἔντασις 1200 ἑκατομμύρια κηρίων, ὅταν ἡ φωτοβόλος πηγὴ εἶναι βολταϊκὸν τόξον καὶ καταναλίσει 200 Ampère.

εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἐὰν δὲ ἀκτίς ΣΙ προσπίπτῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῆς διέχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας.



Σχ. 49. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ κείται εἰς τὴν ἐστίαν τοῦ παραβολικοῦ κατόπτρου, ἡ ἐξερχομένη δέσμη εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἐφαρμογὴ εἰς φανὸν αὐτοκινήτου.

Ἐφαρμογὴν εὐρίσκουν τὰ κοίλα παραβολικὰ κάτοπτρα εἰς τοὺς προβολεῖς (σχ. 48-49). Οὕτως ἐὰν εἰς τὴν ἐστίαν τοῦ παραβολικοῦ κατόπτρου τοποθετήσωμεν ἰσχυρὰν φωτοβόλον πηγὴν, πᾶσαι αἱ ἐξ αὐτῆς ἐκπορευόμεναι καὶ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσαι ἀκτίνες ἐξέρχονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῶν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Διὰ καταλλήλου δὲ μετατοπίσεως τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἐν σχέσει πρὸς τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων ἢ ἀποκλίνουσαν ἢ συγκλίνουσαν.

Ζητήματα.



Ποῖον τὸ ἀντικείμενον σπουδῆς τῆς Ὀπτικῆς καὶ πῶς αὕτη ὑποδιαιρεῖται.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ Γεωμετρικῆς καὶ Φυσικῆς Ὀπτικῆς. Περιγράψατε διάφορα αὐτόφωτα καὶ ἑτερόφωτα σώματα.

Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ διαφανῶν, ἡμιδιαφανῶν καὶ ἀδιαφανῶν σωμάτων. Ἀναφέρετε διάφορα σώματα ἀνήκοντα εἰς τὰς ἀνωτέρω κατηγορίας.

Τί νοοῦμεν διὰ τὸ ὄρου φωτεινὸν σημεῖον καὶ φωτεινὴ δέσμη, καὶ πόσα εἶδη φωτεινῶν δεσμῶν διακρίνομεν.

Πῶς πραγματοποιοῦνται αἱ ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης καὶ διὰ ποῖον λόγον αἱ ὀλικαὶ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης εἶναι συχνότεραι ἀπὸ τὰς τοῦ Ἡλίου.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως καὶ τοὺς νόμους αὐτῆς.

Εἰς τί συνίσταται ἡ ἀρχὴ τῆς ἀνιστρόφου πορείας τοῦ φωτός.

Δώσατε τὸν ὄρισμόν τοῦ κατόπτρου καὶ πόσα εἶδη κατόπτρων διακρίνομεν.

Κατασκευάσατε γεωμετρικῶς τὸ εἶδωλον: α) σημείου, β) ἀντικειμένου ἐν σχέσει πρὸς ἐπίπεδον κατόπτρου. Τί συμπέρασμα συνάγετε ἐκ τῆς γεωμετρικῆς ταύτης κατασκευῆς.

Ποῖαι αἱ κυριώτεραι ἐφαρμογαὶ τῶν ἐπίπεδων κατόπτρων.

Ποία τὰ χαρακτηριστικὰ μεγέθη κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου καὶ τί καλοῦμεν κύριον ἄξονα καὶ δευτερεύοντα ἄξονα καὶ ποῖαι αἱ ιδιότητες αὐτῶν.

Ποῖαι εἶναι αἱ ἐξισώσεις τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ πραγματικοῦ καὶ φανταστικοῦ εἰδώλου καὶ πότε κοῖλον κατόπτρον παρέχει πραγματικὸν καὶ πότε φανταστικὸν εἶδωλον.

Εἰς ποίας περιπτώσεις τὸ εἶδωλον εἶναι μεγαλύτερον καὶ ἀνεστραμμένον, μικρότερον καὶ ἀνεστραμμένον, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ κοίλου καὶ κυρτοῦ κατόπτρου καὶ ποία ἡ διαφορὰ τῆς ὀπτικῆς ἀπεικονίσεως διὰ τῶν κατόπτρων τούτων.

Ποῖαι αἱ ἐξισώσεις τῶν κυρτῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἐνιαίους τύπους διὰ τὰ κοῖλα καὶ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα;

Ποία τὰ κύρια ἑλαττώματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

43. Όταν δέσημη φωτεινῶν (μονοχρόων) ἀκτίνων προσπίπτῃ πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὀρικῆς ἐπιφανείας τῆς διαχωρίζουσῃς δύο διάφορα μέσα, π.χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἐν μέρος τοῦ φωτὸς ὑφίσταται ἀνάκλασιν, ἐνῶ ἕτερον μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον μέσον, αἱ φωταίαι ὅμως ἀκτίνες δὲν ἀκολουθοῦν ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν ἀλλὰ πλησιάζουν ἢ ἀπομακρύνονται ἀπὸ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ὀρικὴν ἐπιφάνειαν εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως, δυνάμεθα δὲ εὐχερῶς νὰ παρακολουθήσωμεν τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἐὰν χρωματίσωμεν αὐτὸ ἐλαφρῶς δι' ἑωσίνης. Τὸ δεύτερον τοῦτο φαινόμενον καλεῖται **διάθλασις τοῦ φωτός**, θέλομεν δὲ ἤδη σπουδάσει τοῦτο, δεδομένου ὅτι ἡ σπουδὴ τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς ἐγένετο εἰς τὰς προηγουμένας παραγράφους.

44. **Νόμοι διαθλάσεως.** Ἐστω ὅτι φωτεινὴ ἀκτίς ΣΙ (σχ. 50) προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὀρικῆς ἐπιφανείας ΜΜ τῆς διαχωρίζουσῃς δύο διάφορα μέσα (1) καὶ (2). Ἡ ἀκτίς ΣΙ εἰσχωροῦσα εἰς τὸ μέσον (2) δὲν ἀκολουθεῖ τὴν ἰδίαν αὐτῆς διεύθυνσιν ἀλλ' ἐκτρέπεται ἐξ αὐτῆς πλησιάζουσα ἢ ἀπομακρυνομένη τῆς καθέτου. Εἰς περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἀκτίς ΙΣ' κεῖται πλησιέστερα ἐπὶ τῆς καθέτου ἢ ἡ ἀκτίς ΣΙ, τὸ μέσον (2) λέγεται **διαθλαστικώτερον** τοῦ (1) ἢ **ὀπτικῶς πυκνότερον** αὐτοῦ. Ἐάν, τοῦναντίον, ἡ ΙΣ' ἀφίσταται περισσότερο τῆς καθέτου ἢ ἡ ΣΙ, τότε τὸ μέσον (2) εἶναι **ὀπτικῶς ἀραιότερον** τοῦ μέσου (1). Ἡ πρώτη περίπτωσις παρατηρεῖται ὅταν π.χ. τὸ φῶς μεταβαίῃ ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ, ἐνῶ ἡ δευτέρα ὅταν τὸ φῶς μεταβαίῃ ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα. Δέον νὰ τονισθῇ ὅτι ἡ ὀπτικὴ πυκνότης οὐδεμίαν ἔχει σχέσιν μὲ τὴν ὕλικὴν ἢ μηχανικὴν πυκνότητα.

Ἡ ἀκτίς ΣΙ ἀποτελεῖ τὴν *προσπίπτουσαν ἀκτίνα*, ἡ δὲ γωνία αὐτῆς μετὰ τῆς καθέτου ΡΙ ἐπὶ τὴν ΜΜ ἀποτελεῖ τὴν *γωνίαν προσπτώσεως*. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὀριζόμενον ὑπὸ τῆς προσπίπτουσῃς ἀκτίνος ΣΙ καὶ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ὀρικὴν ἐπιφάνειαν ΡΙ ἀποτελεῖ τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως. Ἡ ἀκτίς ΙΣ' καλεῖται *ἀκτίς διαθλωμένη*, ἡ δὲ γωνία δ, τὴν ὁποίαν σχηματίζει μετὰ τῆς καθέτου εἰς Ι, καλεῖται *γωνία διαθλάσεως*. Τὸ φαινόμενον τῆς διαθλάσεως ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς νόμους.

1ος νόμος. *Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτίς κεῖνται ἐν τῷ αὐτῷ ἐπιπέδῳ, ἥτοι τῷ ἐπιπέδῳ προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ὀρικὴν ἐπιφάνειαν.*

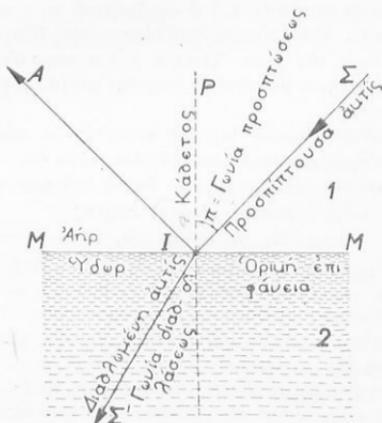
2ος νόμος. *Ὁ λόγος τοῦ ἡμιόνου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι ἀριθμὸς σταθερὸς.*

Ἐάν δηλ. μεταβληθῇ ἡ γωνία προσπίπτουσας (π), τότε μεταβάλλεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως (δ), ὥστε ὁ λόγος τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν τούτων νά διατηρηῇ τὴν αὐτὴν τιμὴν. Ἡ σταθερὰ αὕτη τιμὴ καλεῖται **δείκτης διαθλάσεως** (n) τοῦ μέσου (2) ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέσον (1) καὶ ἀποτελεῖ ἀδιάστατον μέγεθος.

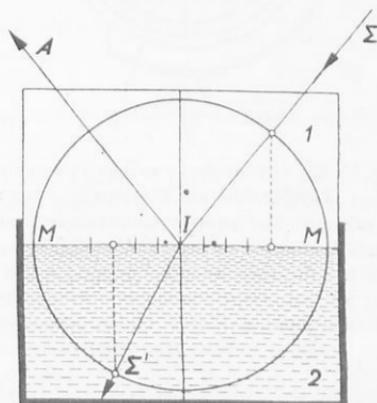
Ἀναλυτικῶς ὁ δεῦτερος νόμος τῆς διαθλάσεως ἐκφράζεται διὰ τοῦ τύπου

$$\frac{\eta\mu \pi}{\eta\mu \delta} = n \quad (1)$$

Ὁ δεῦτερος οὗτος νόμος, ὁ ὁποῖος διευτυπώθη ὑπὸ τοῦ Snelius (1615) ἰσχύει δι' ἰσότροπα μέσα, δηλ. διὰ σώματα παρουσίζοντα κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις τὰς αὐτὰς ἰδιότητος, ὡς δὲ δεικνύεται εἰς τὴν Φυσικὴν Ὀπτικὴν, ὅπου θά ἐξετάσωμεν τὴν θεωρητικὴν



Σχ. 50. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.



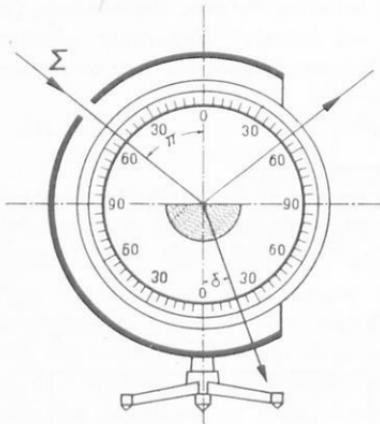
Σχ. 51. Στοιχειώδης διάταξις διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

ἀπόδειξιν τῶν νόμων τούτων, ὁ δείκτης διαθλάσεως ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ μέσον (1) καὶ εἰς τὸ μέσον (2). Ἐπειδὴ δὲ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν κενὸν συνήθους ἕλης χώρον εἶναι μεγαλυτέρα ἢ εἰς οἰονδήποτε ἄλλο μέσον, ἔπεται ὅτι ὅταν τὸ φῶς εἰσχωρῇ ἐκ τοῦ κενοῦ εἰς οἰονδήποτε ἄλλο μέσον, ὁ λόγος c_0 / c , ὅπου c_0 ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὸ κενὸν καὶ c ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὸ ἄλλο μέσον, παρέχει τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ θεωρουμένου μέσου πρὸς τὸ κενόν. Ἐπειδὴ δὲ $c_0 > c$, ἔπεται ὅτι $n > 1$ ($n =$ δείκτης διαθλάσεως). Ἐάν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὸν τύπον (1), θά εἶναι καὶ $\pi > \delta$, ἐπομένως ἡ διαθλωμένη ἀκτίς θά πλησιαῖζῃ πρὸς τὴν κάθετον.

45. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως. Αἱ συσκευαὶ αἱ εἰκονιζόμεναι ὑπὸ τῶν σχ. 51, 52 χρησιμεύουν διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

Εἰς δίσκον μεταλλικὸν χρωματισμένον κατὰ τὴν προσθίαν ἐπιφάνειαν διὰ χρώματος λευκοῦ γράφομεν μὲ κέντρον τὸ I καὶ ἀκτίαν τὴν IM περιφερίαν κύκλου, ἐνῶ κατὰ τὴν διάμετρον MM χαράσσομεν ἰσας ὑποδιαίρεσεις. Ὁ δίσκος ἀκολουθῶς βυθίζεται κατακορυφῶς ἐντὸς ὑάλινης λεκάνης περιεχοῦσης ὕδωρ οὕτως, ὥστε ἡ MM νά παρέχῃ τὴν ὀρικὴν ἐπιφάνειαν (σχ. 51).

Ἐκ καταλλήλου φωτεινῆς πηγῆς Σ ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ εἰς I ἀκτὶς φωτεινῆ, ἡ ὁποία ἀφῆνει τὸ ἴχνος αὐτῆς AI ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δίσκου, ὅτε παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀφῆνει ἐπίσης τὸ ἴχνος αὐτῆς $I\Sigma'$ ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας, ἐξ οὗ συνάγομεν ὅτι ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη κείνται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον.



Σχ. 52. Εἰς τὴν συσκευὴν ταύτην ἡ μέτροσις εἶναι ἀκριβεστέρα καὶ εὐχεροστέρα, διότι ἡ μέτροσις τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως δύναται νὰ γίνῃ ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ βαθμολογημένου κύκλου εἰς μοίρας καὶ διὰ περιστροφῆς αὐτοῦ δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν τοὺς νόμους ὑπὸ διάφορους γωνίας προσπτώσεως.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω πειραματικῆς ἐρευνῆς τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως προκύπτει ὅτι: ὁ δείκτης διαθλάσεως ὁποῖα ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως αὐτῆς καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τῆν γωνίαν προσπτώσεως. Οὕτως ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι πάντοτε 1,33, ἐνῶ ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι 1,5.

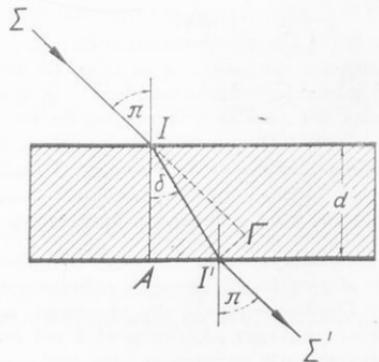
46. Διάθλασις διὰ πλακῶν μὲ παραλλήλους ἑδρας. Ἐστὼ πλάξ μετὰ παραλλήλων ἑδρῶν ἐκ τινος μέσου, π.χ. ὑάλου, πάχους d , περιοριζομένη καὶ ἀπὸ τὰ δύο μέρη ὑπὸ ἐτέρου διαφόρου μέσου, π.χ. ἀέρος (σχ. 53). Ἐπειδὴ ὁ δ . διαθλάσεως τῆς ὑάλου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι περίπου 1,5, εἶναι φανερόν ὅτι ἡ ὑάλος ἀποτελεῖ μέσον ὀπτικῶς πυκνότερον τοῦ ἀέρος. Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι πλαγίως προσπίπτει ἐπὶ τῆς πλακῆς ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως π ἡ ἀκτὶς ΣI , ἥτις εἰσχωροῦσα ἐντὸς τῆς ὑάλου θὰ σχηματίσῃ γωνίαν διαθλάσεως δ μικροτέραν τῆς γωνίας προσ-

Ἐάν δὲ ἐκ τῶν σημείων δ πῶν αἱ ἀκτίνες συναντοῦν τὴν περιφέρειαν τοῦ κύκλου φέρωμεν τὰς καθέτους ἐπὶ τὴν MM καὶ μετρήσωμεν τὰς ἀποστάσεις τῶν ποδῶν αὐτῶν ἀπὸ τοῦ σημείου I , εὐρίσκομεν ὅτι ὁ λόγος αὐτῶν διὰ διαφόρους τιμὰς τῆς γωνίας π καὶ τὰς ἀντιστοιχούσας πρὸς αὐτὴν τιμὰς τῆς γωνίας δ παραμένει σταθερὸς καὶ ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ του παρέχει τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Ἡ τιμὴ τοῦ n παραμένει ἀμετάβλητος μεταβαλλομένης τῆς γωνίας προσπτώσεως.

Ἡ συσκευὴ (σχ. 52) εἶναι ὁμοία πρὸς τὴν προηγουμένην μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ὡς δεῦτερον μέσον χρησιμοῦται ὕαλος ὑπὸ μορφῆν ἡμικυκλικῆς πλακῆς ἀρκετοῦ πάχους.

Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 52, $\pi = 50^\circ$ καὶ $\delta = 20^\circ$, ἄρα $n = \frac{\eta\mu 50^\circ}{\eta\mu 20^\circ} = \frac{0,77}{0,34} = 1,7$ ὁ δ .

διαθλάσεως τοῦ ὑλικοῦ τοῦ προσηρμοσμένου εἰς τὴν συσκευὴν. Ἐν γένει ἡ συσκευὴ αὕτη ὡς ἐκ τῆς κατασκευῆς αὐτῆς παρέχει μεγαλύτεραν ἀκρίβειαν εἰς τὰς πειραματικὰς ἐρεῦνας.



Σχ. 53. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως διὰ πλακῆς μὲ παραλλήλους ἑδρας.

πτώσεως, ἦτοι θὰ πλησιάσῃ πρὸς τὴν κάθετον. Ὄταν ὅμως ἡ διαθλωμένη ἀκτίς Π' φθάσῃ εἰς τὸ σημεῖον Ι', ἐπειδὴ ἐξέρχεται ἐκ τῆς ὑάλου εἰς τὸν ἀέρα, ἦτοι εἰς μέσον ὀπτικῶς ἀραιότερον, εἶναι φανερὸν ὅτι θὰ ἀκολουθήσῃ τὴν πορείαν Ι'Σ', σχηματίζουσα πρὸς τὴν κάθετον εἰς Ι' τὴν γωνίαν π καὶ ἐπομένως ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς Ι'Σ' θὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ΣΙ. Οὕτω παρατηροῦμεν: *ὅτι ἡ διάθλασις τῆς ἀκτίνος ΣΙ διὰ μέσον τῆς υαλίνης πλακὸς δὲν προκαλεῖ γωνιακὴν μετατόπισιν τῆς ἀκτίνος ἀλλὰ μόνον παράλληλον μετατόπισιν αὐτῆς.*

47*. Ὑπολογισμὸς τῆς παραλλήλου μετατόπισεως. Εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ παράλληλος μετατόπισις παρῆχεται ἀπὸ τὴν ΙΓ'. Ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου ΙΓΓ' εὐρίσκομεν

$$ΙΓ' = Π' \cdot \eta\mu (\pi - \delta) \quad (1)$$

Ἐξ ἄλλου, ἐὰν καλέσωμεν δ τὸ πάχος τῆς πλακὸς, ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου ΙΑΙ' θὰ ἔχωμεν

$$d = Π' \cdot \sigma\upsilon\upsilon\delta \quad (2)$$

ἐὰν δὲ τὸν τύπον (2) συνδυάσωμεν πρὸς τὸν (1), εὐρίσκομεν

$$ΙΓ' = d \cdot \eta\mu \frac{(\pi - \delta)}{\sigma\upsilon\upsilon\delta} \quad (3)$$

Ἐὰν πρὸς τούτοις λάβωμεν ἐπ' ὄψιν ὅτι $\eta\mu\pi/\eta\mu\delta = n$ καὶ $\sigma\upsilon\upsilon\delta = \sqrt{1 - \eta\mu^2\delta}$ καὶ ἀναπτύξωμεν τὸν τύπον (3), εὐρίσκομεν εὐκόλως ὅτι

$$ΙΓ' = d \cdot \eta\mu \pi \left(1 - \frac{\sigma\upsilon\upsilon\pi}{\sqrt{n^2 - \eta\mu^2\pi}} \right)$$

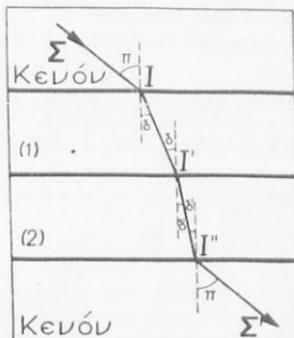
48. Ἀπόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως. Καλοῦμεν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως μέσον τινὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως αὐτοῦ ὡς πρὸς τὸν κενὸν συνήθους ὕλης χώρον ἢ ἄλλως πρὸς τὸ κενόν. Τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως μέσου τινὸς (1), π.χ. ὕδατος, θὰ παριστῶμεν ἀπλῶς διὰ τοῦ συμβόλου n_1 . Προκειμένου περὶ τοῦ σχετικοῦ δείκτην διαθλάσεως, ὁ ὁποῖος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως ἐνὸς μέσου (2), π.χ. ὕδατος, πρὸς ἕτερον μέσον (1), π.χ. τὸν ἀέρα, ἐφ' ὅσον τὸ φῶς εἰσχωρεῖ ἐκ τοῦ μέσου (1) εἰς τὸ (2), θὰ παριστῶμεν αὐτὸν διὰ n_{12} , ἐνῶ ὅταν τὸ φῶς εἰσχωρῇ ἐκ τοῦ μέσου (2) εἰς τὸ (1), θὰ παριστῶμεν αὐτὸν διὰ n_{21} .

Ὁ ἀπόλυτος καὶ ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως συνδέονται διὰ τῆς ἀκολουθοῦσας προτάσεως. Ὁ ἀπόλυτος δείκτης διαθλάσεως μέσου τινὸς (2) ἰσοῦται πρὸς τὸν σχετικὸν δείκτην διαθλάσεως αὐτοῦ πρὸς ἕτερον μέσον (1) πολλαπλασιασθέντα ἐπὶ τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως τοῦ μέσου (1), ἦτοι $n_2 = n_{12} \cdot n_1$.

Ἐστὼ ὅτι τὰ μέσα (1) καὶ (2) πραγματοποιῶνται ὑπὸ δύο πλακῶν μὲ παραλλήλους ἕδρας (σχ. 54) καὶ ὅτι πέριξ αὐτῶν ὑφίσταται κενόν.

Ἡ ἀκτίς ΣΙ εἰσχωροῦσα ἐκ τοῦ κενοῦ εἰς τὸ μέσον (1) καὶ ἀκολουθῶσα εἰς τὸ (2) ὑφίσταται διαδοχικὰς διαθλάσεις καὶ ἐξέρχεται ἐκ νέου εἰς τὸ κενὸν ὀδεύουσα παράλληλως πρὸς τὴν ΣΙ. Συμφωνῶς πρὸς τὸν δευτέρου νόμον τῆς διαθλάσεως θὰ ἔχωμεν

$$\frac{\eta\mu \pi}{\eta\mu \delta} = n_1 \quad \frac{\eta\mu \delta}{\eta\mu \delta'} = n_{12} \quad \frac{\eta\mu \delta'}{\eta\mu \pi} = \frac{1}{n_2}$$



Σχ. 54. Ἐὰν τὸ φῶς διαθλάται διὰ συστήματος παραλλήλων πλακῶν, ἐφ' ὅσον αἱ πλάκες εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ μέσον ἢ ἐξερχομένη ἀκτίς εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν.

ἐκ τῶν σχέσεων δὲ τούτων εὐρίσκομεν εὐκόλως διὰ πολλαπλασιασμοῦ τῶν δύο πρώτων κατὰ μέλη καὶ διὰ συγκρίσεως τοῦ ἐξαγομένου πρὸς τὴν τρίτην

$$n_1 \cdot n_{12} = n_2$$

Ἐὰν τὸ μέσον (1) εἶναι ἀήρ, τότε εἶναι $n_1 = 1,000129$ καὶ λόγῳ τῆς σμικρότητος τοῦ ἀπολύτου δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἀέρος δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος $n_{12} = n_2$, δηλαδὴ ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως οὐσίας τινὸς ὡς πρὸς τὸν ἀέρα συμπίπτει αἰσθητικῶς πρὸς τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως αὐτῆς.

49*. Συμμετρικὴ ἐξίσωσις διαθλάσεως. Εἰς τὰ προηγούμενα εἶδομεν ὅτι

$$n_{12} = \frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} = \frac{c_1}{c_2} \quad (1)$$

ἐνθα c_1 ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ μέσον (1) καὶ c_2 ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ μέσον (2).

Ἐὰν διαιρέσωμεν ἀμφοτέρους τοὺς ὄρους τῆς παραστάσεως c_1/c_2 διὰ c_3 , ὅπου c_3 ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς ἓν οἰονδήποτε μέσον (3), θὰ ἔχωμεν

$$n_{12} = \frac{\frac{c_1}{c_3}}{\frac{c_2}{c_3}} = \frac{c_3}{c_2} \cdot \frac{c_1}{c_3} \quad (2)$$

Ἐὰν δὲ τὴν τιμὴν ταύτην τοῦ n_{12} ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1), λάβωμεν δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι $c_3/c_2 = n_{32}$ καὶ $c_3/c_1 = n_{31}$, θὰ ἔχωμεν

$$\frac{n_{32}}{n_{31}} = \frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} \quad \eta \quad n_{31} \cdot \eta \mu \pi = n_{32} \cdot \eta \mu \delta \quad (3)$$

Ἀλλὰ π εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν παριστᾷ τὴν γωνίαν διαθλάσεως ὅταν τὸ φῶς εἰσχωρῇ ἐκ τοῦ μέσου (3) εἰς τὸ μέσον (1), τὴν ὁποίαν θὰ καλοῦμεν α_1 χάριν συμμετρίας τοῦ τύπου καὶ δ παριστᾷ τὴν γωνίαν διαθλάσεως ὅταν τὸ φῶς εἰσχωρῇ ἐκ τοῦ μέσου (3) εἰς τὸ μέσον (2), τὴν ὁποίαν θὰ καλοῦμεν α_2 , ὅτε ὁ τύπος (3) γράφεται

$$n_{31} \cdot \eta \mu \alpha_1 = n_{32} \cdot \eta \mu \alpha_2 = \text{σταθ.}$$

Ἡ ἐξίσωσις αὕτη καλεῖται *συμμετρικὴ ἐξίσωσις* τοῦ δευτέρου νόμου τῆς διαθλάσεως καὶ ἐκφράζει τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: τὸ γινόμενον τοῦ δείκτου διαθλάσεως ἐπὶ τὴν γωνίαν διαθλάσεως παραμένει κατὰ τὸ φαινόμενον τῆς διαθλάσεως ἀμετάβλητον.

Τὸ γινόμενον τοῦ δείκτου διαθλάσεως ἐπὶ τὸ ἥμιτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως καλεῖται *ἀριθμητικὸν ἀνοιγμα* τῆς ἀκτίνος ὡς πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως καὶ ἐπομένως ἡ τιμὴ αὐτοῦ παραμένει ἀμετάβλητος καὶ ὡς ἐκ τούτου καλεῖται *πολλάκις ὀπτικὴ ἀναλλοίωτος*.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνω σχέσεως δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν τὴν διάδοσιν φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ μέσου παραλλήλων στρωμάτων διαφόρων μέσων. Ἐὰν τὸ μέσον (3) εἶναι κενὸς συνήθους ὕλης χῶρος, τότε $n_{31} = n_1$ καὶ $n_{32} = n_2$ παριστοῦν τοὺς ἀπολύτους δείκτας διαθλάσεως τῶν μέσων (1) καὶ (2) καὶ ἡ συμμετρικὴ ἐξίσωσις γράφεται

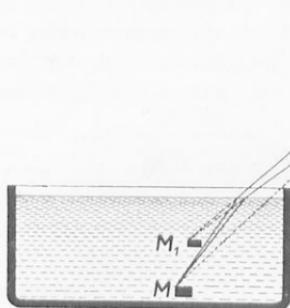
$$n_1 \cdot \eta \mu \alpha_1 = n_2 \cdot \eta \mu \alpha_2$$

Σχ. 55. Τὸ βέλος O' λόγῳ διαθλάσεως ὑφίσταται φαινόμενη ἀνόψωσιν μέχρι O'' .

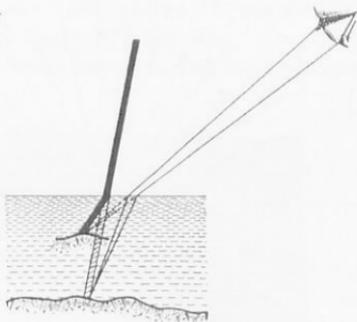
π. χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ. Ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι εἰς βάθος OO' ὑφίσταται ἓν ἀντικείμενον, π. χ. βέλος, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅταν προσβλέπωμεν ὑπὸ μικρὰν γωνίαν κλίσεως πρὸς τὴν

50. Φαινόμενη ἀνόψωσις ἀντικείμενον. Ἐστω MM' ἐπίπεδος ὀρική ἐπιφάνεια, χωρίζουσα δύο διάφορα μέσα,

κάθετον, ότι το αντικείμενον υφίσταται άνύψωσιν, ως δεικνύεται γεωμετρικῶς εἰς τὸ σχ. 55. Τὰ σχ. 56, 57 δεικνύουν ἀνάλογα φαινόμενα πρὸς τὸ προηγούμενον.



Σχ. 56.



Σχ. 57.

Σχ. 56. Φαινόμενη άνύψωσις αντικειμένου εύρισκομένου ἐντός δοχείου, όταν ριψωμεν ὕδωρ ἐντός αὐτοῦ.

Σχ. 57. Λόγω τῆς φαινόμενης άνυψώσεως, ράβδος βυθιζομένη ἐν μέρει εἰς τὸ ὕδωρ φαίνεται ὡς τεθλασμένη.

51*. Ὑπολογισμὸς τῆς φαινόμενης άνυψώσεως. Ἐκ τοῦ σχήματος 55 προκύπτει εὐκόλως ὅτι $AO = OO''$ ἐφ δ καὶ $AO = OO'$ ἐφ π . Ἐπομένως $AO = OO'$ ἐφ $\delta = OO''$ ἐφ π . Ἐπειδὴ ὁμοίως αἱ γωνίαι π καὶ δ εἶναι ἐξ ὑποθέσεως λίαν μικραὶ, ἔπεται ὅτι

$$\text{ἐφ } \pi = \eta \mu \pi \quad \text{καὶ} \quad \text{ἐφ } \delta = \eta \mu \delta, \quad \text{καὶ} \quad \frac{\text{ἐφ } \pi}{\text{ἐφ } \delta} = \frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} = n$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω σχέσεων προκύπτει

$$OO'' = OO' \cdot \frac{\text{ἐφ } \delta}{\text{ἐφ } \pi} = OO' \cdot \frac{\eta \mu \delta}{\eta \mu \pi}, \quad \text{ἐπομένως} \quad OO'' = \frac{OO'}{n}$$

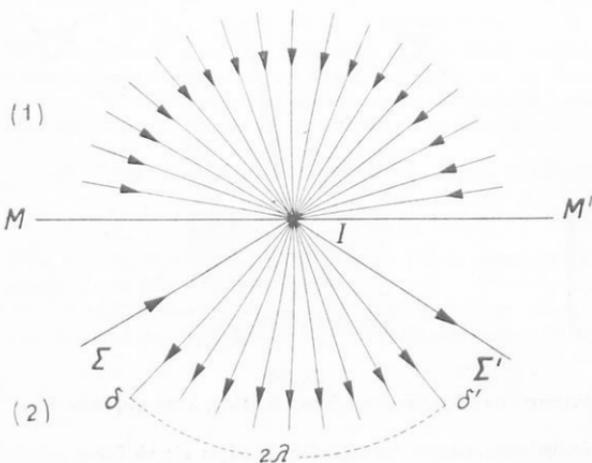
Ἐπειδὴ ἡ OO' εἶναι γνωστὴ, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν φαινόμενην άνύψωσιν. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως παρατηροῦμεν ὅτι ἡ άνύψωσις αὕτη, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία δ εἶναι μικρὰ, εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς τιμῆς αὐτῆς. Διὰ νὰ εὕρωμεν δὲ τὸ ποσοστὸν τῆς άνυψώσεως ἐκπεφρασμένον εἰς τὸ ἀληθὲς βάθος εἰς τὸ ὅποιον εὐρίσκεται τὸ αντικείμενον, ἀρκεῖ νὰ γράψωμεν τὴν σχέσιν

$$\frac{OO' - OO''}{OO'} = \frac{n - 1}{n}$$

Προκειμένου περὶ τοῦ ὕδατος, τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης διαθλάσεως ἰσοῦται πρὸς 1,33, ἡ φαινόμενη άνύψωσις ἀνέρχεται εἰς τὸ $\frac{1}{4}$ τοῦ πραγματικοῦ βάθους. Εἰς τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται ἡ φαινόμενη άνύψωσις τοῦ πυθμένος εἰς τὰ παράλια τῶν θαλασσῶν καὶ ἡ κακὴ ἐκτίμησις τοῦ βάθους τῶν ὑδάτων εἰς δεξαμενὰς ὕδατος.

52. Ὅριση γωνία. Ἐστω ὅτι φωτεινὴ ἀκτίς εἰσχωρεῖ ἐκ τινος μέσου (1) εἰς ἄλλο ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον (2) σχηματίζουσα γωνίαν προσπτώσεως π καὶ γωνίαν διαθλάσεως δ (σχ. 58). Γνωρίζομεν ἐκ τῶν προηγούμενων ὅτι $\delta < \pi$ καὶ $\frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} = n_2$. Αὐξανομένης τῆς γωνίας προσπτώσεως αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως, ἀλλ' αὕτη πάντοτε παραμένει μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἡ μεγίστη ὁμοῦς τιμὴ τὴν ὁποίαν δύναται νὰ λάβῃ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι $\pi = 90^\circ$, ὅποτε

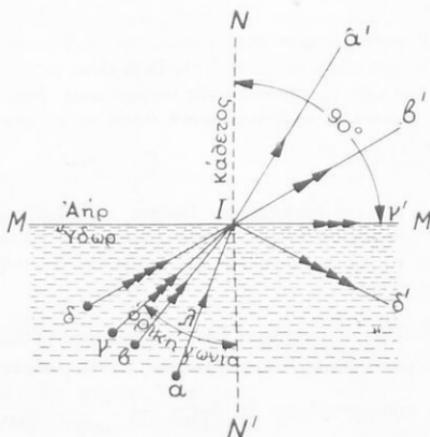
εἰς αὐτὴν θὰ ἀντιστοιχῇ μεγίστη γωνία διαθλάσεως $\lambda < 90^\circ$. Ἡ μεγίστη αὕτη



Σχ. 58. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὀρικῆς γωνίας. Ὅσαι αἱ ἀκτίνες αἰ προσπίπτουσαι ἐκ τοῦ μέσου (1) ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως ἀπὸ 0° μέχρις 90° σχηματίζουν διαθλωμένας ἀκτίνας εἰς τὸ μέσον (2) αἱ ὁποῖαι περιλαμβάνονται ἐντὸς τοῦ κῶνου διδ', τοῦ ὁποίου τὸ ἄνοιγμα ἰσοῦται πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ὀρικῆς γωνίας.

γωνία διαθλάσεως, ἢ ἀντιστοιχοῦσα εἰς γωνίαν προσπτώσεως 90° , καλεῖται **ὀρικὴ γωνία**. Εἶναι δὲ πάντοτε $\frac{\eta\mu 90^\circ}{\eta\mu \lambda} = n_{12}$. Ἐπειδὴ δὲ $\eta\mu 90^\circ = 1$, προκύπτει $\eta\mu \lambda = 1/n_{12}$, ἥτοι τὸ ἡμίτονον τῆς ὀρικῆς γωνίας εἰς τὸ ὕδωρ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀντίστροφον τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Οὕτως ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι $n_{12} = 4/3$ καὶ ἐπομένως $\eta\mu \lambda = 3/4 = 0,75$ καὶ $\lambda = 48^\circ 35'$.

53. Ὀλικὴ ἀνάκλασις. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρεῖται ὅταν τὸ φῶς



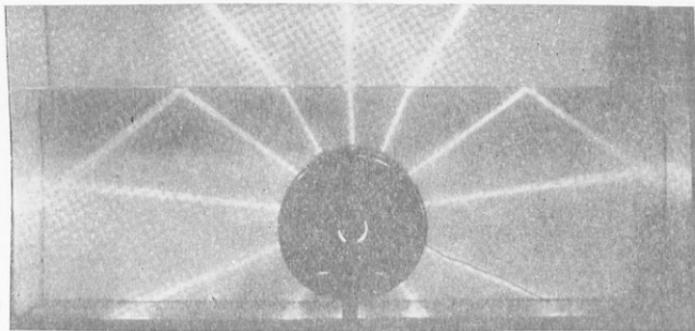
Σχ. 59. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

τὴν ὀρικὴν ἐπιφάνειαν MM, ὡς ἡ Iγ', ὅτε ἡ γωνία διαθλάσεως καθίσταται 90° .

μεταβαίνει ἐκ τινος μέσου εἰς ἕτερον ὀλιγότερον θλαστικόν. Πράγματι, ἐκ τῶν προηγουμένων γνωρίζομεν ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ διαθλωμένη ἀκτίς, εἰσχωροῦσα εἰς τὸ δεύτερον μέσον, ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου σχηματίζουσα γωνίαν διαθλάσεως μεγαλύτεραν τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως. Αὐξανομένης τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως, τοῦ λόγου τοῦ ἡμιτόνου αὐτῶν παραμένοντος πάντοτε σταθεροῦ. Θὰ ἐπέλθῃ ὅμως στιγμή καθ' ἣν δι' ὀρισμένην τιμὴν λ τῆς γωνίας προσπτώσεως, ἢ ὁποῖα εἶναι ἡ ὀρικὴ γωνία, ὡς π.χ. διὰ τὴν ἀκτίνα γ'I (σχ. 59), ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς θὰ ἐξέλθῃ ψαύουσα

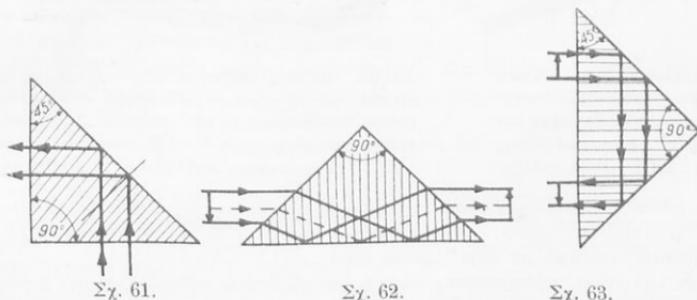
Ἐάν ἡ ἀκτίς προσπίπτῃ ὑπὸ γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς γωνίας, ὡς ἡ ἀκτίς ΔΙ, τότε διαθλωμένη ἀκτίς δὲν ὑφίσταται, ἀλλὰ ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς ἀνακλάται ὀλικῶς ἐπὶ τῆς ὀρικῆς ἐπιφανείας, παρέχουσα τὴν ἀκτίνα Ιδ' καὶ παραμένει εἰς τὸ αὐτὸ μέσον. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὴν ἀκτίνα ΣΙ (σχ. 58).

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ὀλικὴ ἀνάκλασις**, δεικνύεται δὲ πειραματικῶς διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ σχ. 60.



Σχ. 60. Διάθλασις καὶ ὀλικὴ ἀνάκλασις ἐντὸς δοχείου ὕδατος. Ἡ φωτεινὴ πηγὴ εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος καὶ παρέχει δέσμησιν ὑπὸ διαφόρων γωνιῶν προσπτώσεως.

54. **Ἐφαρμογὰί τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.** Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ λειτουργία διαφόρων διατάξεων, ὡς τοῦ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως (σχ. 61), τοῦ πρίσματος Amici (σχ. 62), τοῦ ἀνορθωτικοῦ πρίσματος (σχ. 63) καὶ τοῦ περισκοπίου (βλ. κεφ. Ε', Ὀπτικὰ Ὀργανα).

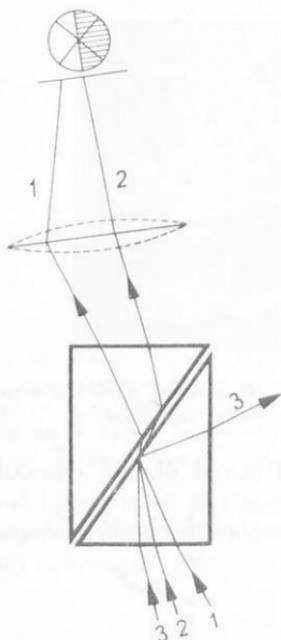


Σχ. 61. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Αἱ ἀκτίνες, προσπίπτουσαι ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἕδρας ὑπὸ γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς, δὲν δύνανται νὰ ἐξέλθουν εἰς τὸν ἀέρα, ἀλλὰ ὑφίστανται ὀλικὴν ἀνάκλασιν, οὗτω δὲ ἐπέρχεται μεταβολὴ τῆς διευσθύνσεως τῶν ἀκτίνων κατὰ 90°.

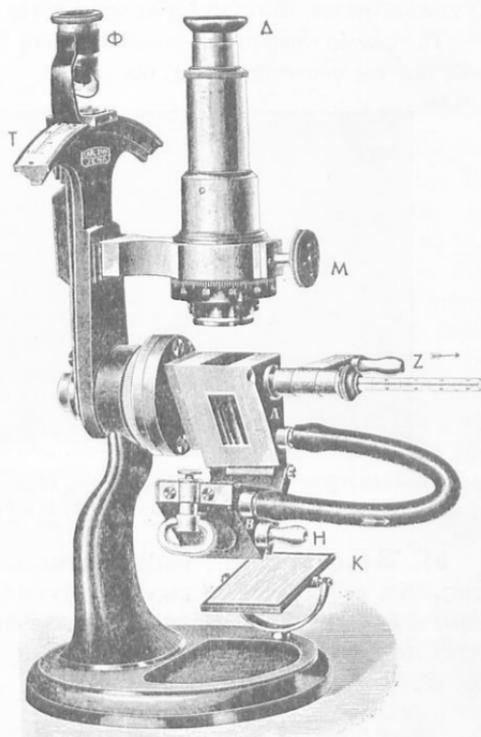
Σχ. 62. Ἀνορθωτικὸν πρίσμα Amici. Μὲ δύο διαθλάσεις καὶ μίαν ὀλικὴν ἀνάκλασιν, προκαλεῖται ἀντιστροφή τοῦ εἰδώλου.

Σχ. 63. Πρίσμα μὲ δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις. Μεταβολὴ τῆς πορείας τῆς δέσμης κατὰ 180°.

55. Διαθλασίμετρον Abbe. Ἡ διάταξις τῶν διαφόρων μερῶν τῆς συσκευῆς, ὡς καὶ ἡ γενικὴ ὄψις αὐτῆς, δεῖκνύεται εἰς τὰ σχήματα 64 καὶ 65. Ὡς ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον διαθλάσεως χρησιμεύει εἰδικὴ βαρεῖα πυριτύαλος, ὑπὸ μορφῆν δύο ὀρθογωνίων πρισμάτων,



Σχ. 64. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ μέσου τοῦ διαθλαστικοῦ συστήματος τοῦ διαθλασίμετρον Abbe, καὶ ἀπεικονίσις τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου.



Σχ. 65. Διαθλασίμετρον Abbe. — Α, Β, τὰ δύο πρίσματα τοῦ ὄργανου. — Δ, διόπτρα σκοπεύσεως. — Φ, φακὸς ἀναγνώσεως τοῦ δείκτη διαθλάσεως ἐπὶ τοῦ κυκλικοῦ τομέως Τ. — Κ, κάτοπτρον φωτισμοῦ. — Ζ, Η, θερμοστατικὴ διάταξις. — Μ, ἀντισταθμιστής.

ἐνῶ, ὡς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον πρὸς πραγματοποίησιν τῆς ὀλικῆς ἀναλάσεως, χρησιμεύει ἡ πρὸς ἐξέτασιν οὐσία, ἡ ὁποία τίθεται μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων, σχηματίζουσα οὕτω λεπτότατον στρώμα μὲ παραλλήλους ἔδρας.

Αἱ ἐκ τῶν κάτω προσπίπτουσαι ἀκτίνες ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας τοῦ πρισματος, ὑπὸ γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς, αἱ ὁποῖαι προέρχονται ἐκ μονοχρωματικῆς φλογὸς Νατρίου, ὑφίστανται ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ στρώματος ὀλικὴν ἀνάκλασιν, ὡς π.χ. ἡ (3), καὶ μόνον αἱ προσπίπτουσαι ὑπὸ γωνίαν ἴσην πρὸς τὴν ὀρικὴν ἢ ὑπὸ ἔτι μικροτέραν, ὡς π.χ. ἡ (2), διέρχονται διὰ τοῦ ὑγροῦ στρώματος, διαθλώνται ἐκ νέου ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας τοῦ δευτέρου πρισματος καὶ, ἀκολουθῶσ, ἐξέρχονται ἐξ αὐτοῦ. Ἐάν εἰς τὴν ἔξοδον τῶν ἀκτίνων τοποθετηθῇ μεταθετὴ διόπτρα πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ ἀριστερά, τότε θὰ εἰσχωρῇ εἰς αὐτὴν φῶς, μόνον μέχρις ὠρισμένης γωνίας μεταξὺ τοῦ ἄξονος τῆς διόπτρας καὶ τῆς ὑποτεινούσης ἐπιφανείας τῶν δύο πρισμάτων.

Ἡ ὀρικὴ αὐτὴ γωνία δύναται νὰ μετρηθῇ τῇ βοηθειᾷ τοῦ σταυρονήματος τῆς διόπτρας Φ καὶ καταλλήλου κλίμακος Τ. Πρὸς τοῦτο, ρυθμίζεται ἡ θέσις τῆς διόπτρας, ὥστε νὰ βλέπωμεν τὸ ὀπτικὸν πεδίον κατὰ τὸ ἐν ἡμῶν φωτεινὸν καὶ κατὰ τὸ ἄλλο σκοτεινόν, ἀλλ' οὕτως ὥστε τὸ κέντρον τοῦ σταυρονήματος νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὴν ὀρικὴν γραμμὴν τοῦ πεδίου, καὶ ἀναγινώσκωμεν τὴν ἀντιστοιχοῦν ὑποδιαίρεσιν ἐπὶ τῆς κλίμακος τοῦ ὄργανου. Πρὸς ἀποφυγὴν ἐπιπόνων ὑπολογισμῶν διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ δείκτην διαθλάσεως, τὸ ὄργανον βαθμολογεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ ἀναγινώσκωμεν ἐπὶ τῆς κλίμακος ἀμέσως τὸν δείκτην διαθλάσεως (σχ. 65).

Συνήθως, τὰ ὄργανα ταῦτα κατασκευάζονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ διόπτρα νὰ παραμένῃ ἀκίνητος, ἐνῶ κινήτων εἶναι τὸ σύστημα τῶν δύο πρισματίων.

Ἐάν ἀντὶ μονοχρωματικοῦ φωτός χρησιμοποιοῦμεν λευκὸν, τότε, ὡς ἐκ τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός ἡ ὁποία προκύπτει λόφῳ τῶν πρισματίων, ἡ ὀρικὴ γραμμὴ τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου δὲν εἶναι σαφής, ἀλλὰ ἀσαφής καὶ ἔγχρωμος. Τὸ μειονέκτημα τοῦτο αἴρεται διὰ χρησιμοποίησιν καταλλήλου ἀντισταθμιστικῆς διατάξεως Μ, εἰς τρόπον ὥστε νὰ δυνάμεθα νὰ ἐργασθῶμεν καὶ μὲ λευκὸν φῶς.

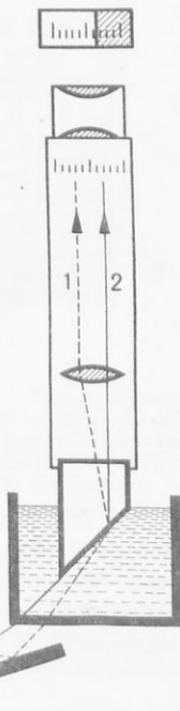
56. Διαθλασίμετρον καταδύσεως. Ἐκτὸς τοῦ ἀνωτέρω περιγραφέντος διαθλασίμετρον, λίαν ἐν χρήσει εἶναι καὶ τὸ διαθλασίμετρον καταδύσεως, τὸ ὁποῖον δεκνύεται εἰς τὸ σχῆμα 66. Τὸ πρίσμα τοῦ ὄργανου τούτου βυθίζεται ἀμέσως ἐντὸς δοξαρίου περιεχομένου τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν ὑγρῶν. Ἐκ τοῦ σχήματος δεκνύεται ὅτι ἡ ὀρικὴ γραμμὴ τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως, ἡ καθοριζομένη ὑπὸ τῆς ἀκτίνος (2), παρέχει, ἐπὶ κλίμακος καταλλήλως βαθμολογημένης καὶ εὐρισκομένης ἐντὸς τοῦ προσοφθαλμίου συστήματος, ἀπ' εὐθείας τὸν δείκτην διαθλάσεως.

57. Διαθλασίμετρον Pulfrich. Ἐπὶ ὑαλίνου κύβου (σχ. 67), ἀποτελουμένου ἐξ ὑάλου ἐχούσης λίαν μεγάλον δείκτην διαθλάσεως, τοποθετοῦμεν ὑάλινον κοίλον κύλινδρον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου θέτομεν τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν ὑγρῶν τοῦ ὁποίου τὸν δείκτην διαθλάσεως καλοῦμεν n_2 . Ὡς πηγὴν φωτός χρησιμοποιοῦμεν μονοχρωματικὴν φλόγα Νατρίου.

Ἐάν ἀφῆσόμεν δέσμην ἀκτίνων ἡ ὁποία νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ὑγροῦ φανόουσα τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κύβου, ἢ ἄλλως ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 90° , αὕτη εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ κύβου σχηματίζουσα, πρὸς τὴν κάθετον, γωνίαν ψ , ἡ ὁποία συμπίπτει πρὸς τὴν ὀρικὴν. Πᾶσαι αἱ ἀκτίνες τῆς δέσμης, εἰσχωροῦσαι ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, ἐξέρχονται, ἀκολούθως, κατόπιν νέας διαθλάσεως ἐπὶ τῆς κατακόρυφου ἕδρας αὐτοῦ εἰς τὸν ἀέρα, καὶ δύναται νὰ προσπέσουν ἐπὶ μεταθετῆς διόπτρας.

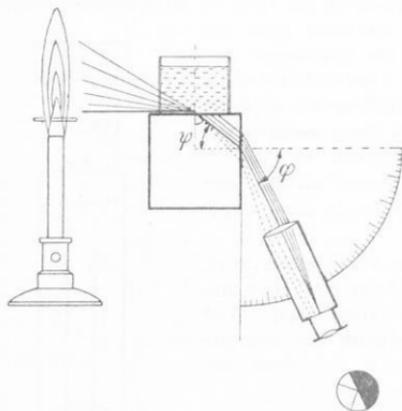
Εἰς τὴν ὀρικὴν γωνίαν ψ , τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν ὀριζοντίαν ἀκτίνα, ἀντιστοιχεῖ ἐπίσης ὠρισμένη γωνία φ μετατοπίσεως τῆς διόπτρας, εἰς τρόπον ὥστε εἰς τὴν θέσιν ταύτην τὸ ὀπτικὸν πεδίον τῆς διόπτρας νὰ φαίνεται κατὰ τὸ ἡμῶν φωτεινὸν καὶ κατὰ τὸ ἔτερον ἡμῶν σκοτεινόν, τοῦ κέντρον τοῦ σταυρονήματος συμπίπτοντος πρὸς τὴν ὀρικὴν γραμμὴν τῶν δύο περιοχῶν τοῦ πεδίου. Ἐκ τῆς τιμῆς τῆς γωνίας φ καὶ ἐκ τοῦ γνωστοῦ δείκτην διαθλάσεως n_1 τῆς ὑάλου, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ ὑγροῦ n_2 ἐκ τῆς σχέσεως:

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - \eta \mu^2 \varphi}$$



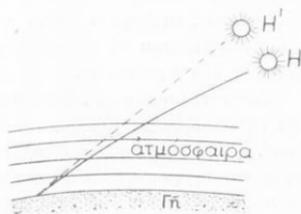
Σχ. 66. Γραμμικὴ πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς διαθλασίμετρον καταδύσεως.

Ἐν τῇ πράξει, χρησιμοποιοῦμεν συνήθως πίνακα δια τῶν ὁποίων, ἐκ τῆς παρατηρουμένης γωνίας φ , γνωστοῦ ὄντος καὶ τοῦ n_1 , παρέχεται ἀμέσως ἡ τιμὴ τοῦ n_2 . Ἐὰν ἡ τιμὴ τοῦ n_1 δὲν εἶναι γνωστὴ, ἐκτελοῦμεν



Σχ. 67. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς διαθλασίμετρον Pulfrich καὶ ἀπεικόνισις τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου.

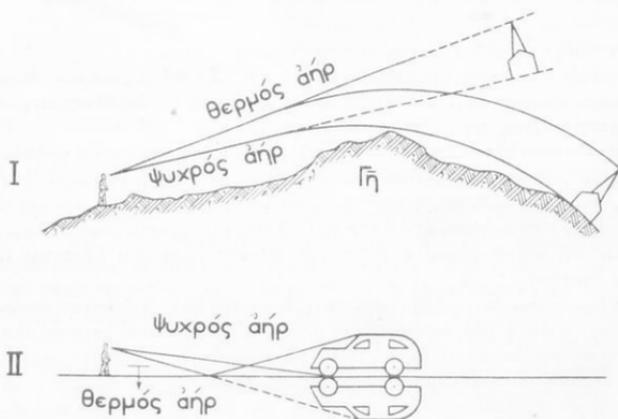
μέτρησιν μὲ ὑγρὸν γνωστοῦ δείκτου διαθλάσεως καὶ, ἀντικαθιστώντες τὴν εὐρεθεῖσαν τιμὴν τοῦ φ εἰς τὸν τύπον, ὑπολογίζομεν ἀκολουθῶς ἐξ αὐτοῦ τὸν δείκτην διαθλάσεως n_1 τοῦ ὑαλίνου κύβου.



Σχ. 68. Λόγφ ὀπτικῆς ἀνομοιογενείας τῆς ἀτμόσφαιρας, ἐνῶ ὁ ἥλιος εὐρίσκεται εἰς θέσιν H, φαίνεται εἰς θέσιν H' ὑψηλοτέραν τῆς πραγματικῆς.

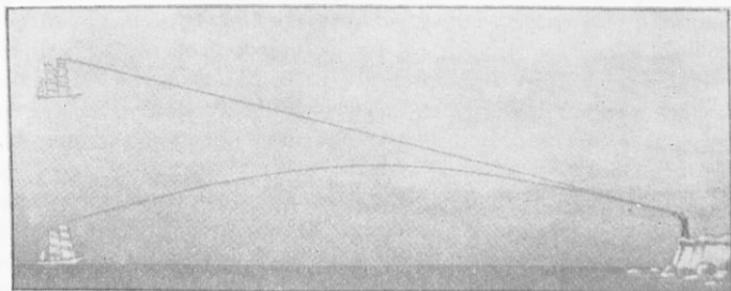
58. Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις. Ὅταν φωτεινὴ ἀκτίς, π.χ. ἡ προσερχομένη

ἐκ τινος ἀστέρος, εἰσχωρῆ ἔντὸς τῆς ἀτμόσφαιρας ὁδεύουσα εἰς στρώματα τῶν ὁποίων ἡ ὀπτικὴ πυκνότης ἀξιάναται συνεχῶς, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀκτίς δὲν παραμένει εὐθεῖα, ἀλλὰ καμπυλοῦται (σχ. 68), καί, ἐπομένως, ἐὰν ἡ ἀκτίς αὕτη εἰσχωρήσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, ἐπειδὴ ἐκ φυσιολογικῆς κατασκευῆς τοῦ ὀφθαλ-



Σχ. 69. Λόγφ ὀπτικῆς ἀνομοιογενείας τοῦ ὑπερκειμένου στρώματος ἀέρος, ὁ οἰκίσκος φαίνεται ὑψηλοτέρον τοῦ ἐδάφους (I). Λόγφ ἀντικατοπτρισμοῦ, τὸ αὐτοκίνητον φαίνεται ἀνεστραμμένον (II).

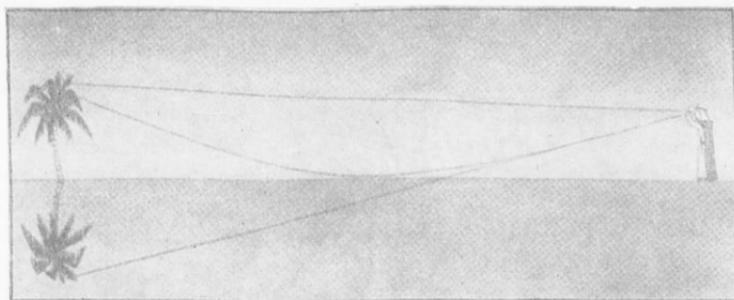
μοῦ νομίζομεν ὅτι τὸ φῶς προέρχεται ἐκ τῆς διευθύνσεως τοῦ προσοφθαλμίου τμήματος τῆς ἀκτίνος, ὃ ἀστὴρ δὲν θὰ φανῆ εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν, ἀλλὰ εἰς διάφορον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γνωστὸν εἰς τοὺς ἀστρονόμους (ἀστρονο-



Σχ. 70. Φωτογραφία ἀνυψώσεως ἀντικειμένου.

μικὴ διάθλασις) οἱ ὅποιοι ἐπιφέρουν τὰς σχετικὰς διορθώσεις εἰς τὰς παρατηρήσεις αὐτῶν. Ἀνάλογον φαινόμενον παρατηρεῖται, ὅταν ὁ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἀῆρ εἶναι ψυχρότερος ἢ εἰς τὰ ἀνώτερα στρώματα, ὅτε εἶναι δυνατόν εἰς παρατηρητὴν εὐρισκόμενον ἐπὶ τοῦ ἐδάφους νὰ βλέπῃ μεμακρυσμένα ἀντικείμενα τὰ ὅποια εὐρίσκονται ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα τοῦ παρατηρητοῦ, ὡς π.χ. τοῦτο δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 69 I. Ἀνάλογον φαινόμενον δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 70.

Ἐπίσης, κατὰ τὰς θερμὰς ἡμέρας τοῦ θέρους, ὃ ἀῆρ εἶναι θερμότερος εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους ἢ ἀμέσως ὑπὲρ τὸ ἔδαφος, ἰδίως εἰς ἀσφαλτοστρωμένους ἐπιμήκεις αὐτοκινητοδρόμους. Ἔνεκα τούτου, τὸ διάχυτον φῶς τοῦ οὐρανοῦ ὑφίσταται, πλησίον τοῦ θερμοῦ στρώματος ἀέρος, ὀλικὴν ἀνάκλασιν, οὕτω δὲ ἡ ἐπιφάνεια



Σχ. 71. Φωτογραφία ἀντικατοπτρισμοῦ.

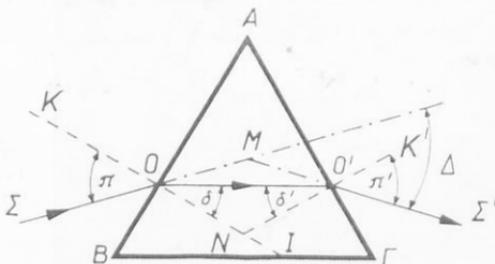
νεια τοῦ αὐτοκινητοδρόμου φαίνεται ὡς ἐὰν ἦτο κεκαλυμμένη ὑπὸ ἀνακλαστικοῦ στρώματος ὕδατος (σχ. 69 II). Λόγω τοῦ αὐτοῦ φαινομένου, ὑπὸ εὐνοϊκὰς συνθήκας, παρατηροῦνται τὰ εἰδῶλα ἀντικειμένων, μὴ εὐρισκομένων μακρὰν τοῦ παρατη-

ρητοῦ, ὡς ἀνεστραμμένα. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται συνήθως **ἀντικατοπιρισμός**. Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται ἀπὸ τοὺς ταξιδεύοντας εἰς ἐρήμους (σχ. 71).

Ἐπίσης τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος τὰ εὐρισκόμενα πλησίον τοῦ ἐδάφους, λόγῳ τῆς θερμοκῆς ἀνομοιογενείας αὐτῶν, καθίστανται ὀπτικῶς ἀνομοιογενῆ, συνεπεία δὲ τούτου τὸ δι' αὐτῶν διερχόμενον φῶς ὑφίσταται ἀκανονίστους καὶ συνεχεῖς διαθλάσεις αἱ ὁποῖα ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα νὰ καθιστοῦν ἀσαφῆ καὶ νὰ διαστρέφουν τὰ διὰ μέσου τοῦ ἀέρος τούτου παρατηρούμενα ἀντικείμενα. Εἰς τὴν ὀπτικὴν ταύτην ἀνομοιογένειαν τοῦ ἀέρος ὀφείλεται καὶ τὸ γνωστὸν φαινόμενον τοῦ λαμπυρισμοῦ (στίλβη), τὸ ὁποῖον μάλιστα δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν καὶ τεχνητῶς κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν διαφόρων πειραμάτων, ὡς π.χ. τὴν φωτογράφησιν ἠχητικῶν κυμάτων διὰ τῆς παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ σπινθήρος. Ἐκ τῆς ὀπτικῆς ἀνομοιογενείας τῆς ἀτμοσφαιράρας, προκύπτει καὶ τὸ γνωστὸν φαινόμενον τοῦ λαμπυρισμοῦ τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων, διότι λόγῳ τῆς ἀνομοιογενείας προέρχονται διαταραξῆς εἰς τὴν διάδοσιν τοῦ φωτός ἐκ τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων μέχρι τῆς Γῆς. Πράγματι, ἐπειδὴ ἡ βῆσις τοῦ κώνου τῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖα εἰσχωροῦν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, ἐλάχιστα διαφέρει τοῦ εὗρους τῆς κόρης τοῦ ὀφθαλμοῦ, προκύπτουν λόγῳ μεταβολῆς τοῦ ποσοῦ τοῦ φωτός τοῦ εἰσχωροῦντος εἰς τὸν ὀφθαλμὸν, τὰ φαινόμενα τοῦ λαμπυρισμοῦ τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων (κ. τρεμούλιασμα τῶν ἀστέρων). Τὸ φαινόμενον τοῦτο δὲν παρατηρεῖται εἰς τοὺς πλανήτας, διότι ἡ βῆσις τοῦ κώνου τῆς δέσμης τῆς προερχομένης ἐξ αὐτῶν ἔχει εὖρος κατὰ πολὺ μεγαλύτερον καί, ἐπομένως, αἱ μεταβολαὶ τῆς φωτεινότητος ἐξουδετεροῦνται κατὰ μέσον ὅρον.

ΠΡΙΣΜΑΤΑ

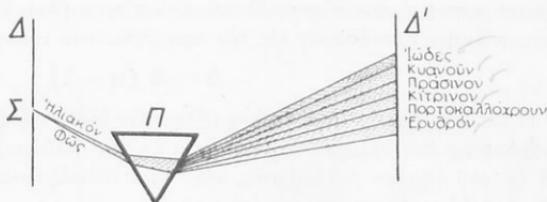
59. Ὀπτικὸν πρίσμα. Καλοῦμεν εἰς τὴν Ὀπτικὴν πρῶτον πρίσμα μέσον διαφανές, περιοριζόμενον ὑπὸ δύο ὀρθῶν ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν, αἱ ὁποῖα νὰ σχηματίζουν γωνίαν. Ἡ εὐθεῖα γραμμὴ, καθ' ἣν τέμνονται αἱ δύο ἐπιπέδοι ὀρθαὶ ἐπιφάνειαι, ἀποτελοῦν τὴν ἀκμὴν, ἡ δὲ ὑπ' αὐτῶν σχηματιζομένη διεδρος γωνία ἀποτελεῖ τὴν **διαθλαστικὴν γωνίαν** τοῦ πρίσματος. Πᾶσα τομὴ κάθετος ἐπὶ τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος καλεῖται **κυρία τομή**. Εἰς τὴν πρᾶξιν, δίδεται τοιαύτη μορφή εἰς τὰ ὀπτικὰ πρίσματα, ὥστε



Σχ. 72. Διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ ὀπτικοῦ πρίσματος.

ἡ κυρία τομὴ αὐτῶν νὰ εἶναι ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ τρίγωνον (σχ. 72). Ἡ ἕδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος ἢ ἀντικείμενη πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ καλεῖται **βῆσις τοῦ πρίσματος**. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι ἐὰν εἰς σκοτεινὸν θάλαμον ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ

δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ δεχθῶμεν αὐτὴν ἐπὶ ὀπτικοῦ πρίσματος, ἢ φωτεινὴ δέσμη, ἐξερχομένη ἐκ τοῦ πρίσματος, ὅχι μόνον ἐκτρέπεται τῆς ἀρχικῆς αὐτῆς διευθύνσεως πρὸς τὴν βῆσιν τοῦ πρίσματος, ἀλλὰ ἐὰν δεχθῶμεν τὸ ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ πρίσματος φῶς ἐπὶ διαφράγματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἐπ' αὐτοῦ δὲν σχηματίζεται ἀπλὴ λευκὴ φωτεινὴ κοιλίς, ἀλλὰ φωτεινὴ ταινία ἐγχρωμοῦς (σχ. 73). Τὸ δεύτερον τοῦτο φαινόμενον, τὸ ὁποῖον ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι ἀπλοῦν ἀλλὰ σύνθετον καὶ ἀποτελεῖται ἐξ ἐτέρων ἀπλῶν ἀκτινοβολιῶν διαφόρων χρωμάτων, δὲν θέλομεν λάβει ὑπ' ὄψιν κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως διὰ μέσου πρίσματος, ἀλλὰ θέλομεν ἐξετάσει εἰδικώτερον τοῦτο εἰς ἄλλην θέσιν.



Σχ. 73. Αἱ ἐπὶ τοῦ πρίσματος Π προσπίπτουσαι ἀκτίνες ὑφίστανται ἀφ' ἑνὸς ἐκτροπῆν καὶ ἀφ' ἑτέρου ἀνάλυσιν.

60. Σπουδὴ τῆς διαθλάσεως διὰ πρίσματος. Θεωρήσωμεν ὅτι ἐπὶ τῆς κυρίας τομῆς ΒΑΓ πρίσματος (σχ. 72) προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτίς ΣΟ ἐπὶ τῆς ἔδρας ΑΒ, ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως π. Ἡ ἀκτίς αὕτη, εἰσχωροῦσα εἰς τὸ πρῶσιμα, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, σχηματίζουσα τὴν γωνίαν διαθλάσεως δ, καὶ ἀκολουθῶς, ὀδεύουσα ἐντὸς τοῦ πρίσματος, προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἐτέρας ἔδρας ΑΓ, ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως δ', ἐξερχομένη δὲ εἰς τὸν ἀέρα ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου, σχηματίζουσα πρὸς αὐτὴν γωνίαν π'. Οὕτω, ἡ ἐξερχομένη ἐκ τοῦ πρίσματος ἀκτίς Ο'Σ' βλέπομεν ὅτι πλησιάζει πρὸς τὴν βῆσιν ΒΓ αὐτοῦ καὶ ὑφίσταται ἐκτροπῆν ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς τῆς διευθύνσεως, καθοριζομένην ὑπὸ τῆς γωνίας Δ.

61. Ἐξισώσεις τοῦ πρίσματος. Ἐπὶ τῇ βῆσει τοῦ δευτέρου νόμου τῆς διαθλάσεως θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu\delta} = n \quad (1) \quad \text{καὶ} \quad \frac{\eta\mu\pi'}{\eta\mu\delta'} = n' \quad (2)$$

ὅπου n ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ πρίσματος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Ἐξ ἄλλου, ἡ γωνία INK' (σχ. 72) καὶ ἡ διαθλαστικὴ γωνία Α τοῦ πρίσματος εἶναι ἴσαι, ὡς ἔχουσαι τὰς πλευράς τῶν καθέτους καί, ἐπειδὴ ἡ INK' ἀποτελεῖ ἐξωτερικὴν γωνίαν τοῦ τριγώνου ONO' , θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν δύο ἐντὸς καὶ ἀπέναντι, ἴτοι:

$$A = \delta + \delta' \quad (3)$$

Ἐξ ἄλλου, ἡ γωνία ἐκτροπῆς Δ, εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου MOO' , ἐπομένως θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο ἐντὸς καὶ ἀπέναντι γωνιῶν αὐτοῦ, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀντιστοίχως $(\pi - \delta)$ καὶ $(\pi' - \delta')$, ἴτοι θὰ εἶναι $\Delta = (\pi - \delta) + (\pi' - \delta') = (\pi + \pi') - (\delta + \delta')$, ἔχοντες δὲ ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν ἐξίσωσιν (3) εὐρίσκομεν:

$$\Delta = \pi + \pi' - A \quad (4)$$

Αἱ σχέσεις (1), (2), (3), (4) ἀποτελοῦν τὰς ἐξισώσεις τοῦ πρίσματος.

62. Τύπος ὀξέων πρισμάτων. Ἐὰν ἡ γωνία A εἶναι πολὺ ὀξεῖα (2° ἕως 3°) καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως π μικρὰ, δυνάμεθα, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ ἀντικαταστήσωμεν εἰς τοὺς τύπους (1) καὶ (2) § 61 τὰ ἡμίτονα διὰ τῶν τόξων, ὅτε θὰ ἔχωμεν $\pi = n \cdot \delta$ καὶ $\pi' = n \cdot \delta'$ καὶ $\pi + \pi' = n (\delta + \delta') = n \cdot A$, ἐὰν δὲ τὴν τιμὴν ταύτην ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὸν προηγούμενον τύπον (4) ἔχομεν :

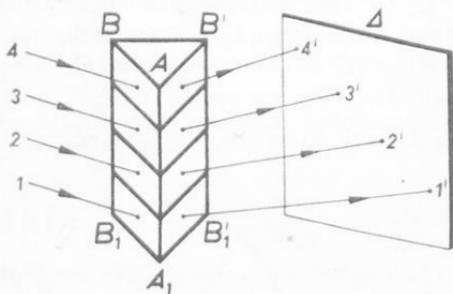
$$\Delta = A (n - 1)$$

Ἐο τύπος οὗτος εἶναι γνωστὸς ὡς τύπος τῶν ὀξέων πρισμάτων. Ἡ ἐκτροπὴ ἀκτίνος, διερχομένης διὰ πρίσματος, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος καὶ ἐκ τοῦ δείκτου διαθλάσεως, αὐξάνεται δὲ αὐξανομένων τῶν δύο τούτων μεγεθῶν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως.

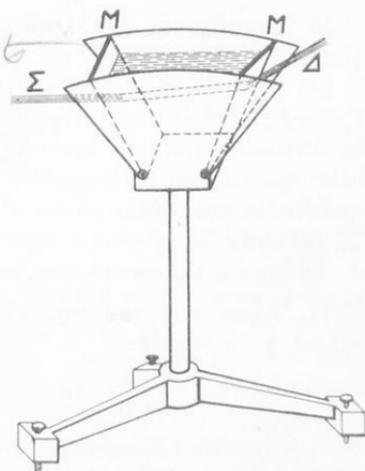
63. Νόμοι τοῦ πρίσματος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω τύπων προκύπτουν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τοῦ πρίσματος :

1. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς Δ αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ πρίσματος. Ὁ νόμος οὗτος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς διὰ τοῦ πολυπρίσματος (σχ. 74).

2. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς Δ αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος. Πειραματικῶς, ὁ νόμος οὗτος ἀποδεικνύεται διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ σχήματος 75.



Σχ. 74. Πολύπρισμα. Αἱ ἐκτροπαὶ τῶν ἀκτίνων 1, 2, 3, 4, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως, ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν ὕλην τῶν διαφόρων πρισμάτων ἀπὸ τὰ ὅποια ἀποτελεῖται τὸ πολύπρισμα.



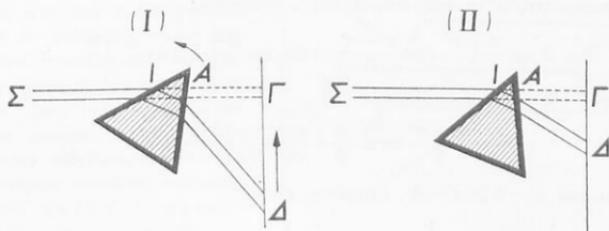
Σχ. 75. Ἡ μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς ἐπιτυγχάνεται διὰ γωνιακῆς μετατοπίσεως τῶν δύο ἐδρῶν τοῦ πρίσματος, εἰς τὸ ὅποιον ὡς διαθλαστικὸν ὑλικὸν χρησιμοποιεῖται ὕδωρ.

3. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς Δ μεταβάλλεται μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Πειραματικῶς, ὁ νόμος οὗτος δεικνύεται ἐὰν ἀφήσωμεν φωτεινὴν δέσμη νὰ προσπέσῃ ἐπὶ πρίσματος στρεπτοῦ περι ἄξονα καὶ δεχθῶμεν τὸ εἶδωλον αὐτῆς ἐπὶ διαφράγματος (σχ. 76).

Ἐλαττωμένης τῆς γωνίας προσπτώσεως ἐλαττοῦται καὶ ἡ γωνία ἐκτροπῆς,

τοῦ εἰδώλου μετατοπιζομένου πρὸς Γ (σχ. 76 I), τοῦτο ὅμως συμβαίνει μόνον μέχρις ὁρισμένης τιμῆς τῆς γωνίας προσπτώσεως.

Πράγματι, ἐὰν ἀπὸ τῆς τιμῆς ταύτης τῆς γωνίας προσπτώσεως, ὡς δεικνύεται εἰς θέσιν τοῦ σχ. 76 II, ἔξακολουθήσωμεν νὰ ἐλαττοῦμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως,



Σχ. 76. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς μεταβολῆς τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἡ θέσις II τοῦ πρίσματος δεικνύει τὴν Νευτώνειον θέσιν αὐτοῦ.

ἡ γωνία ἐκτροπῆς δὲν ἐλαττοῦται, ἀλλ' αὐξάνεται, διότι τὸ Δ' δὲν πλησιάζει πρὸς τὸ Γ ἀλλ' ἀπομακρύνεται αὐτοῦ. Ἡ θέσις τοῦ πρίσματος (σχ. 76 II), ἐν σχέσει πρὸς τὴν προσπίπτουσαν, καλεῖται **θέσις ἐλαχίστης ἐκτροπῆς** ἢ **Νευτώνειος θέσις**. Ὡς ἐκ τοῦ πειράματος καὶ τῆς θεωρίας δεικνύεται, εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς θέσεως τῆς ἐλαχίστης ἐκτροπῆς εἶναι $\pi = \pi'$ ὅτε καὶ $\delta = \delta'$, ἐκ δὲ τῶν ἐξισώσεων τοῦ πρίσματος προκύπτει :

$$A = 2\delta \quad \text{καὶ} \quad \delta = \frac{A}{2}$$

$$\Delta = 2\pi - A \quad \text{καὶ} \quad \pi = \frac{A + \Delta}{2}$$

Ἐὰν δὲ τὰς τιμὰς τῶν π καὶ δ θέσωμεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1) τῆς § 61 προκύπτει :

$$n = \frac{\eta\mu \frac{A + \Delta}{2}}{\eta\mu \frac{A}{2}}$$

Ὁ τύπος οὗτος ἐπιτρέπει τὸν προσδιορισμὸν τοῦ δείκτου διαθλάσεως τῆς οὐσίας ἐκ τῆς ὁποίας ἀποτελεῖται τὸ πρίσμα, διὰ μετρήσεως τῆς διαθλαστικῆς γωνίας καὶ τῆς γωνίας ἐλαχίστης ἐκτροπῆς, ἢ μέτρησις δὲ αὕτη δύναται νὰ γίνῃ μετ' ἀκριβείας διὰ γωνιομέτρου.

Προκειμένου περὶ δείκτου διαθλάσεως στερεᾶς οὐσίας, κατασκευάζομεν ἐξ αὐτῆς πρίσμα καὶ μετροῦμεν διὰ τῆς ἀνωτέρω μεθόδου τὸν δείκτην διαθλάσεως. Προκειμένου περὶ ὑγροῦ, θέτομεν αὐτὸ ἐντὸς κοίλων ὑαλίνων πρισμαίων, τῶν ὁποίων ὅμως αἱ ἔδραι ἀποτελοῦνται ἐκ πλακῶν μετὰ παραλλήλους ἔδρας, διὰ νὰ μὴ προκαλοῦν γωνιακὴν ἐκτροπὴν τῶν ἀκτίνων. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὰ ἀέρια, διὰ τὰ ὁποῖα φροντίζομεν, ὥστε τὸ κοῖλον πρίσμα νὰ ἔχῃ μεγάλην διαθλαστικὴν γωνίαν, ὅπως ἐπιτύχωμεν μεγάλην γωνίαν ἐκτροπῆς, δεδομένου ὅτι ὁ δείκτης διαθλάσεως τῶν ἀερίων εἶναι πολὺ μικρὸς.



64*. Ἀπόδειξις τῆς Νευτωνείου συνθήκης τοῦ πρίσματος. Ἐάν δεχθῶμεν $\pi > \pi'$, θὰ εἶναι $\pi - \pi' > 0$. Ἐξ ἄλλου, ἐκ τῶν σχέσεων $\eta\mu \pi = n \cdot \eta\mu \delta$ καὶ $\eta\mu \pi' = n \cdot \eta\mu \delta'$, διὰ προσθέσεως κατὰ μέλη, λαμβάνομεν:

$$\eta\mu \pi + \eta\mu \pi' = n (\eta\mu \delta + \eta\mu \delta')$$

Ἡ σχέσηις, μετασχηματιζομένη τριγωνομετρικῶς, γράφεται:

$$2 \eta\mu \frac{\pi + \pi'}{2} \text{ συν } \frac{\pi - \pi'}{2} = 2n \eta\mu \frac{\delta + \delta'}{2} \text{ συν } \frac{\delta - \delta'}{2}$$

ἐάν δὲ θέσωμεν $\delta + \delta' = A$, προκύπτει:

$$\eta\mu \frac{\pi + \pi'}{2} = n \frac{A}{2} \cdot \frac{\text{συν } \frac{1}{2} (\delta - \delta')}{\text{συν } \frac{1}{2} (\pi - \pi')} \quad (1)$$

Διὰ $\pi \geq \pi'$ εἶναι καὶ $\pi - \delta \geq \pi' - \delta'$, ἐπομένως εἶναι:

$$\frac{1}{2} (\pi - \pi') \geq \frac{1}{2} (\delta - \delta')$$

καὶ ἐπειδὴ εἰς τὴν μεγαλύτεραν γωνίαν ἀντιστοιχεῖ μικρότερον συνημίτονον, ἔπεται ὅτι:

$$\frac{\text{συν } \frac{1}{2} (\delta - \delta')}{\text{συν } \frac{1}{2} (\pi - \pi')} \geq 1$$

τοῦ σημείου τῆς ἀνισότητος ἰσχύοντος διὰ $\pi > \pi'$ καὶ τῆς ἰσότητος διὰ $\pi = \pi'$ καί, ἐπομένως, τὸ ἀνωτέρω πηλίκον λαμβάνει τὴν ἐλάχιστην τιμὴν διὰ $\pi = \pi'$, ὅτε, πάλιν, τὸ πρῶτον μέλος τῆς σχέσεως (1) λαμβάνει τὴν ἐλάχιστην τιμὴν:

$$\eta\mu \pi = n \eta\mu \frac{A}{2}$$

Ἐάν δεχθῶμεν $\pi \leq \pi'$, τότε θὰ εἶναι $\pi - \pi' \leq 0$ καὶ $\delta - \delta' \leq 0$ καί, δι' ὁμοίον συλλογισμόν ὡς καὶ εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, καταλήγομεν εἰς τὴν αὐτὴν σχέσιν (1), μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν εἶναι:

$$\frac{1}{2} (\pi - \pi') \leq \frac{1}{2} (\delta - \delta')$$

Αἱ δύο αὐταὶ τιμαὶ εἶναι ἀρνητικαί, ἀλλὰ κατ' ἀπόλυτον τιμὴν, ἡ διαφορὰ τῶν γωνιῶν προσπτώσεως εἶναι μεγαλύτερα τῆς διαφορᾶς τῶν γωνιῶν ἀνακλάσεως. Διὰ τὸ πηλίκον ὁμως

$$\frac{\text{συν } \frac{1}{2} (\delta - \delta')}{\text{συν } \frac{1}{2} (\pi - \pi')}$$

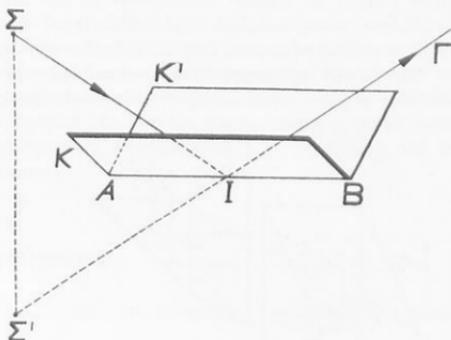
ἐνδιαφέρουν μόνον αἱ ἀπόλυτοι τιμαὶ τῶν γωνιῶν, διότι τὸ συνημίτονον ἀρνητικῆς γωνίας συμπίπτει πρὸς τὸ συνημίτονον ἰσομεγέθους θετικῆς γωνίας καί, ἐπομένως, διὰ τὴν προκειμένην περίπτωσιν θὰ ἰσχύη πάλιν ἡ σχέσις:

$$\frac{\text{συν } \frac{1}{2} (\delta - \delta')}{\text{συν } \frac{1}{2} (\pi - \pi')} \geq 1$$

ἐξ οὗ προκύπτει ὅτι, ὡς καὶ εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, ἡ ἐλάχιστη ἐκτροπὴ πραγματοποιεῖται διὰ $\pi = \pi'$.

65*. Κατοπτρικὴ στέγη καὶ ἀνορθωτικὰ συστήματα. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων γνωρίζομεν ὅτι ταῦτα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ μεταβάλλουν, κατὰ τὴν ἀπεικόνισιν ἀντικειμένου ἢ εἰκόνας, τὸ ἀριστερὸν μέρος εἰς δεξιὸν καὶ τὸ δεξιὸν εἰς ἀριστερὸν, ἀλλ' ἀφ' ἑ-

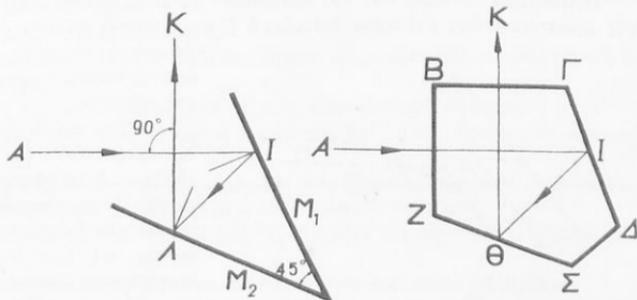
νον το κάτω και άνω μέρος αυτού άμετάβλητον. Ένεκα του λόγου τούτου, έσκέφθησαν να χρησιμοποιήσουν το επίπεδον κάτοπτρον διά την άνορθωσιν των ειδώλων, ή οποία όμως λαμβάνει χώραν μόνον κατά μίαν διεύθυνσιν. Έάν δέ θέλωμεν να προκαλέσωμεν άνορθωσιν τοιαύτην, ώστε να έπέλθη μεταλλαγή της άνω και κάτω θέσεως, δέον προς το έν επίπεδον κάτοπτρον να συνδυάσωμεν καταλλήλως και έτερον κάτοπτρον. Σύστημα δύο κατοπτρών, διατεταγμένων ώστε να σχηματίζουν όρθην διεδρον γωνίαν, επιτρέπει την πλήρη άνορθωσιν ειδώλου, τοιοῦτο δέ σύστημα κατοπτρών καλείται πολλάκις κατοπτρική στέγη ή στεγόμορφον κάτοπτρον (σχ. 77).



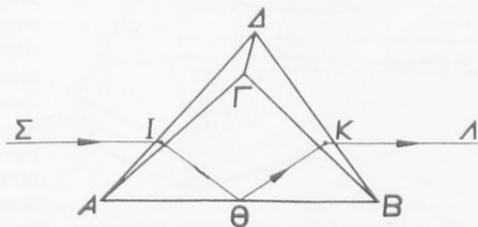
Σχ. 77. Κατοπτρική στέγη. Το ειδωλον του σημείου Σ είναι το Σ', συμμετρικόν ως προς την άκμήν AB.

Έκ των άνωτέρω προκύπτει, ότι διά την πλήρη άνορθωσιν ειδώλου είναι αναγκαίαί τοῦλάχιστον δύο ανακλάσεις. Γενικῶς δέ δεικνύεται ότι άρτιος αριθμός ανακλάσεων προκαλεί πάντοτε πλήρη άντιστροφήν του ειδώλου. Έάν ο αριθμός των ανακλάσεων είναι περιττός, τότε δέν παρατηρείται πλήρης άντιστροφή του ειδώλου, αλλά το είδωλον άντιστρέφεται μόνον έν σχέσει προς το άριστερόν ή δεξιόν μέρος αυτού, είτε έν σχέσει προς το άνω και κάτω. Άντι όμως να χρησιμοποιήσωμεν επίπεδα κάτοπτρα ως ανακλαστικά έπιφανείας, δυνάμεθα να χρησιμοποιήσωμεν πρίσματα (σχ. 78)

τά όποία να παρουσιάζουν ανακλαστικά έπιφανείας. Το σχ. 79 δεικνύει στεγόμορφον άνορθωτικόν πρίσμα. Σύστημα πρισμάτων έχρησιμοποίησε το πρώτον ο Porro (1852), διά την πλήρη άνορθωσιν του ειδώλου το όποίον παρέχει ο αντικειμενικός φακός διόπτρας των επιγείων, εκλήθη δέ ή διάταξις αυτή άνορθωτικόν πρισματικόν σύστημα του Porro. Η διάταξις όμως αυτή ή οποία δέν έχρησιμοποιήθη άρχικῶς



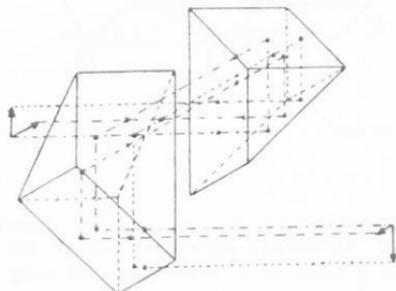
Σχ. 78. Το σύστημα δύο επιπέδων κατοπτρών M_1, M_2 υπό γωνίαν 45° , είναι ισότιμον προς το πενταγωνικόν πρίσμα του οποίου αί έδραι $\Gamma\Delta$ και $Z\Sigma$ είναι επάργυροι.



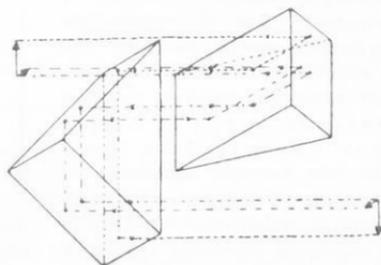
Σχ. 79. Στεγόμορφον πρίσμα χρησιμεῦον προς άνορθωσιν ειδώλων.

εἰς τὰς διόπτρας, βραδύτερον, ὅταν ἐτελειοποιήθη ἡ τεχνικὴ τῆς κατασκευῆς πρισματῶν, ἢ χρησιμοποιοῦν αὐτῆς εἰς τὰς διόπτρας ἐγενικεύθη. Τὸ σχ. 80 δεικνύει τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα Porro, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἰσοσκελῶν ὀρθογωνίων πρισματῶν τὰ ὁποῖα διατίθενται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε αἱ ὑποκείμεναι ἐδραὶ αὐτῶν νὰ εἶναι ἀπέναντι ἀλλήλων καὶ παράλληλοι, ἐνῶ τὰ ἐπίπεδα τῶν ὀρθῶν διέδρων γωνιῶν νὰ εἶναι κάθετα.

Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος 80 δεικνύεται, διὰ τὴν πλήρη ἀντιστροφὴν τοῦ εἰδώλου χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν τέσσαρες ὀλικαὶ ἀνακλάσεις.

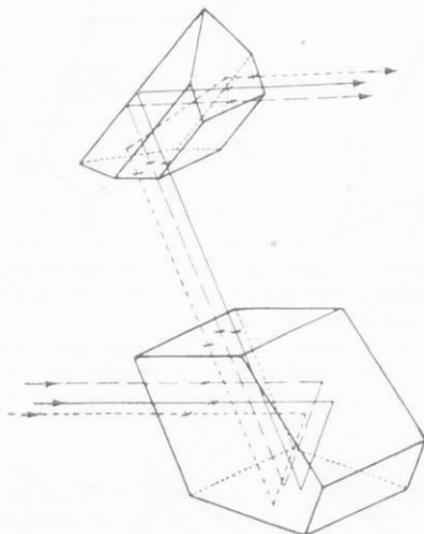


Σχ. 80. Πρώτη διάταξις Porro.



Σχ. 81. Δεύτερα διάταξις Porro.

Ἡ ἀνωτέρω διάταξις τῶν δύο πρισματῶν καλεῖται *πρῶτον σύστημα Porro*. Ἐκτὸς ὅμως αὐτῆς χρησιμοποιεῖται καὶ ἕτερα διάταξις ἢ ὁποῖα καλεῖται *δευτερον σύστημα Porro*, ἢ ὁποῖα δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 81 καὶ διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται, ἐπίσης, πλήρης ἀντιστροφὴ τοῦ εἰδώλου.



Σχ. 82. Συνδυασμὸς πενταγωνικοῦ πρίσματος (κάτω), μετὰ στεγομόρφου πρίσματος Goulier (ἄνω) διὰ τὴν ἀνορθωσιν εἰδώλων.

Μετὰ τὴν διάδοσιν τῶν πρισματικῶν διατάξεων Porro διὰ τὴν ἀντιστροφὴν τῶν εἰδώλων, ἐπενοήθησαν καὶ πλείους ἄλλαι, ἐκ τῶν ὁποίων περιοριζόμεθα νὰ περιγράψωμεν τὴν διάταξιν τοῦ πενταγωνικοῦ πρίσματος τοῦ Goulier ἐν συνδυασμῷ πρὸς στεγομόρφον πρίσμα τύπου Amici (σχ. 82).

Εἰς τὸ πενταγωνικὸν πρίσμα τοῦ Goulier, αἱ δύο ὑπὸ γωνίαν 45° ἀνακλαστικαὶ ἐπιφάνειαι εἶναι ἐπάργυροι, διότι αἱ γωνίαι προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως εἶναι πολὺ μικρότεραι τῆς ὀρθῆς, ὥστε νὰ μὴ εἶναι δυνατόν νὰ πραγματοποιηθῇ ὀλικὴ ἀνάκλασις, ἐνῶ αἱ ἐδραὶ ἀπὸ τῶν ὁποίων εἰσέρχεται καὶ ἐξέρχεται τὸ φῶς εἶναι κάθετοι ἐπ' ἀλλήλας. Εἰς τὸ στεγομόρφον πρίσμα Amici, τόσον ἡ ἐπιφάνεια εἰσόδου ὡσον καὶ ἡ ἐπιφάνεια ἐξόδου τῶν ἀκτίνων εἶναι κάθετοι, ὁμοίως δὲ καὶ αἱ ἐπιφάνειαι τῆς στέγης αὐτοῦ εἶναι ἐπίσης κάθετοι. Ἐκαστον τῶν πρισματῶν ἐκτρέπει τὰς προσπιπτούσας ἀκτίνας κατὰ 90° καί, ἐπομένως, ἡ ἐξερχομένη δέσμη ἀκτίνων ἐκ τοῦ

στεγομόρφου πρίσματος εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ πενταγωνικοῦ πρίσματος.

66. Ἀρχὴ τοῦ Fermat. Αὕτη ἀποτελεῖ θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς καὶ διατυπῶνται ὡς ἑξῆς: Ἐὰν μία φωτεινὴ ἀκτὶς ὑφίσταται κατὰ τὴν διάδοσιν αὐτῆς μεταβολὰς τῆς πορείας αὐτῆς λόγω ἀνακλάσεως ἢ καὶ διαθλάσεως, καὶ θεωρήσωμεν δύο τυχόντα σημεῖα ἐπὶ τῆς πορείας τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, τότε ὁ χρόνος τὸν ὁποῖον χρειάζεται διὰ τὰ νὰ διαδοθῇ τὸ φῶς κατὰ μῆκος τοῦ δρόμου τῆς ἀκτίνος εἶναι, γενικῶς, ὁ ἐλάχιστος.

Ἐὰν δηλ. τὸ φῶς ἀκολουθήσῃ ἄλλην πορείαν, θὰ χρειασθῇ, διὰ τὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τοῦ ἐνὸς σημείου εἰς τὸ ἄλλο, χρόνον μεγαλύτερον.

Ζητήματα.

Εἰς τί συνίσταται ἡ διάθλασις τοῦ φωτός καὶ ποίους νόμους ἀκολουθεῖ τὸ φαινόμενον τοῦτο.

Ποία ἡ σημασία τοῦ δείκτου διαθλάσεως καὶ πότε ἐν μέσων θεωρεῖται ὀπτικῶς πυκνότερον ἐνὸς ἄλλου.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ ἀπολύτου καὶ σχετικοῦ δείκτου διαθλάσεως καὶ ποία ἡ μεταξὺ τῶν σχέσις.

Πῶς ἐξηγεῖται ἡ φαινόμενη ἀνύψωσις τοῦ πυθμένος τῆς θαλάσσης εἰς τὴν περιοχὴν παραλίας.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ὀρτικῆ γωνία.

Πότε λαμβάνει χώραν ὀλικὴ ἀνάκλασις.

Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὀρτικῆς ἐπιφανείας δύο μέσων. Πότε ἡ ἀνάκλασις αὐτῆς εἶναι πλήρης.

Ποίας ἐφαρμογὰς ἔχει τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ἀτμοσφαιρικῆς διάθλασις καὶ ποίας ἐφαρμογὰς ἔχει αὐτὴ εἰς τὴν Ἀστρονομίαν.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ἀντικατοπτρισμὸς καὶ πῶς ἐξηγεῖται τὸ φαινόμενον τοῦτο.

Εἰς ποίαν αἰτίαν ὀφείλεται ὁ λαμπυρισμὸς τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων.

Δώσατε τὸν ὀρισμὸν ὀπτικοῦ πρίσματος καὶ περιγράψατε τὴν πορείαν ἀκτίνος διὰ μέσου πρίσματος.

Τί ὑφίσταται δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων ὅταν διέρχεται διὰ μέσου πρίσματος.

Ποῖοι εἶναι οἱ νόμοι τοῦ πρίσματος.

Ποῖαι αἱ ἐξισώσεις τοῦ πρίσματος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ἐλάχιστὴ ἐκτροπή.

Τί καλοῦμεν ὄξυ πρίσμα καὶ ποία ἡ ἐξίσωσις αὐτοῦ.

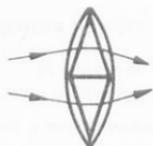
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΦΑΚΟΙ

67. Σφαιρικοί φακοί. Κατά την σπουδὴν γενικῶς τῶν φακῶν, θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν σπουδὴν τῶν σφαιρικῶν φακῶν καὶ μάλιστα θὰ θεωρήσωμεν ὅτι τὸ πάχος αὐτῶν εἶναι πολὺ μικρὸν.

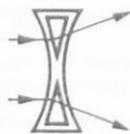
Καλοῦμεν ἓν γένει σφαιρικὸν φακὸν μέσον διαφανὲς τὸ ὁποῖον περατοῦται ὑπὸ σφαιρικῶν ἢ σφαιρικῶν καὶ ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν.

Συνήθως οἱ φακοὶ κατασκευάζονται ἐξ ὕαλου. Ἡ σπουδὴ τοῦ τρόπου τῆς συμπεριφορᾶς ἀκτίνων διερχομένων διὰ φακοῦ γίνεται εὐκόλως, ἐὰν θεωρήσωμεν



Σχ. 83.

Παραστατικὰ διαγράμματα γενέσεως φακῶν διὰ πρίσματος. Σχ. 83 ἀμφικύρτου.



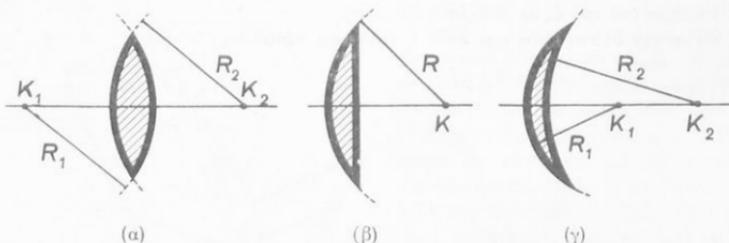
Σχ. 84.

Σχ. 84 ἀμφικοίλου.

ὅτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἐκ συνδυασμοῦ πρίσματος τῶν ὁποίων ἡ διαθλαστικὴ γωνία μεταβάλλεται, εἴτε ἐλαττωμένη ἀπὸ τοῦ μέσου πρὸς τὰ ἄκρα τοῦ φακοῦ, εἴτε ἀξανομένη ἀπὸ τοῦ μέσου πρὸς τὰ ἄκρα. Οὕτω, ἐὰν π.χ. λάβωμεν δύο πρίσματα ὅμοια καὶ τὰ συγκολήσωμεν διὰ τῶν βάσεων αὐτῶν (σχ. 83) καὶ φαντασθῶμεν ὅτι ἐπὶ τῶν πρισμάτων προσπίπτουν δύο ἀκτίνες, αὗται, μετὰ τὴν διόδον αὐτῶν διὰ τοῦ συστήματος, θὰ ἐκτραποῦν πρὸς τὴν κοινὴν βάσιν τῶν πρισμάτων καὶ οὕτω θὰ προκύψουν δύο ἀκτίνες συγκλίνουσαι πρὸς ἓν σημεῖον.

Ἐὰν θεωρήσωμεν ἀκολουθῶς σφαιρικὸν φακὸν (σχ. 83), ὁ ὁποῖος νὰ εἶναι παχὺς

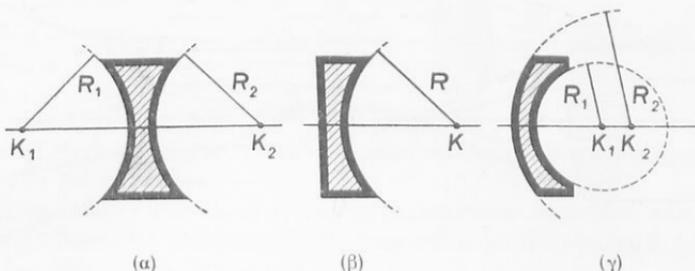
Ἐὰν θεωρήσωμεν ἀκολουθῶς σφαιρικὸν φακὸν (σχ. 83), ὁ ὁποῖος νὰ εἶναι παχὺς



Σχ. 85. Εἶδη συγκλινόντων φακῶν: α) ἀμφικύρτου, β) ἐπιπεδόκυρτου, γ) συγκλίνων μηνίσκου.

εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτὸς εἰς τὰ ἄκρα, καὶ ἀφήσωμεν ἐπ' αὐτοῦ νὰ προσπέσῃ δέσμη ἀκτίνων, γνωρίζομεν ἐκ πείρας ὅτι ἡ δέσμη αὕτη μεταβάλλεται εἰς δέσμην συγκλι-

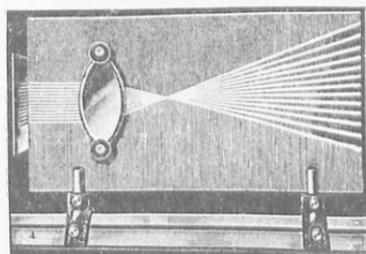
νουσῶν ἀκτίνων. Ἔνεκα τοῦ λόγου τούτου, ὁ φακὸς οὗτος καλεῖται **συγκλίνων** ἢ **ἀμφίκυρτος**. Ἐάν, τοῦναντίον, θεωρήσωμεν δύο πρίσματα τὰ ὁποῖα προσαρμύζομεν διὰ τῶν κορυφῶν αὐτῶν (σχ. 84) καὶ ἀφήσωμεν νὰ προσπέσουν ἐπ' αὐτῶν δύο ἀκτίνες, αὗται, μετὰ τὴν διόδον αὐτῶν ἐκ τῶν πρισμάτων, θὰ ἐκτραποῦν πρὸς τὴν



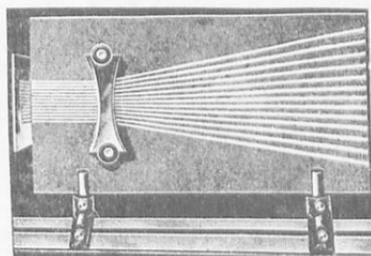
Σχ. 86. Εἶδη ἀποκλινόντων φακῶν: α) ἀμφίκυρτος, β) ἐπιπεδοκύριος, γ) ἀποκλίνων μηνίσκος.

βίασιν αὐτῶν, καὶ αἱ παράλληλοι ἀκτίνες θὰ μετατραποῦν εἰς ἀποκλινούσας. Κατ' ἀνάλογον τρόπον, ἐὰν εἰς σφαιρικὸν φακόν, ὁ ὁποῖος εἶναι λεπτός εἰς τὸ μέσον καὶ παχύτερος κατὰ τὰ ἄκρα, ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων (σχ. 84), ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι ἡ παράλληλος δέσμη τῶν ἀκτίνων μετατρέπεται εἰς ἀποκλινούσαν. Ἔνεκα τούτου, ὁ φακὸς τοῦ τύπου τούτου καλεῖται **ἀποκλίνων** ἢ **ἀμφίκυρτος**. Εἰς τὰ σχήματα 85 καὶ 86, εἰκονίζονται τρία εἶδη συγκλινόντων φακῶν καὶ ἕτερα τρία ἀποκλινόντων φακῶν.

Εἰς τὰ σχ. 87 καὶ 88 δεικνύεται ἡ πορεία φωτεινῆς δέσμης παραλλήλων ἀκτίνων, ὅταν διέρχεται διὰ συγκλινόντος καὶ δι' ἀποκλινόντος φακοῦ.



Σχ. 87. Πορεία παραλλήλων ἀκτίνων εἰς συγκλίνοντα φακόν.

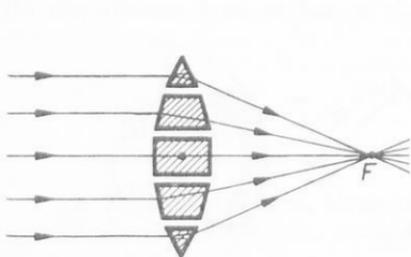


Σχ. 88. Πορεία παραλλήλων ἀκτίνων εἰς ἀποκλίνοντα φακόν.

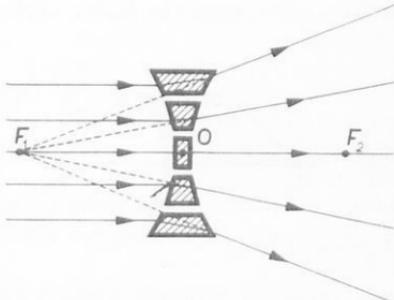
Εἰς τὰ σχ. 89 καὶ 90 δεικνύεται κατὰ τίνα τρόπον δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν φακόν ἀποτελούμενον διὰ τοῦ καταλλήλου συνδυασμοῦ πολλῶν πρισμάτων, ἔχόντων διαθλαστικὴν γωνίαν μεταβλητὴν ἀπὸ πρίσματος εἰς πρίσμα.

68. Ὀπτικὸν κέντρον. Κύριος ἄξων. Δευτερεύων ἄξων. Ἐστω συγκλίνων φακὸς ἀμφίκυρτος (σχ. 91) τοῦ ὁποῖου τὸ πάχος θεωροῦμεν ἀμελητέον.

Καλοῦμεν **οπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ τὸ σημεῖον O εἰς τὸ ὁποῖον, προκειμένου περὶ φακῶν ἀμελητέου πάχους, δεχόμεθα, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, ὅτι συμπίπτουν καὶ αἱ κορυφαὶ τῶν ὀρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ. Τὸ σημεῖον K_1 παριστᾷ τὸ

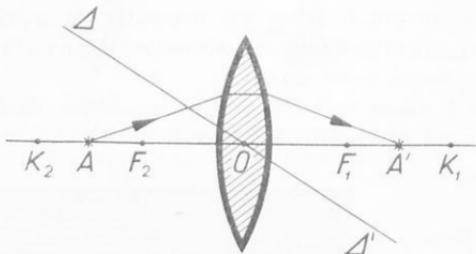


Σχ. 89. Σύνθεσις συγκλίνοντος φακοῦ ἐκ πολλῶν πρισμάτων διαφόρου διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 90. Σύνθεσις ἀποκλίνοντος φακοῦ ἐκ πολλῶν πρισμάτων διαφόρου διαθλαστικῆς γωνίας.

κέντρον καμπυλότητος τῆς μιᾶς τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, τὸ δὲ K_2 τὸ κέντρον καμπυλότητος τῆς ἑτέρας τῶν ἐπιφανειῶν αὐτοῦ. Τὸ τμήμα OK_1 παριστᾷ, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, τὴν **ἀκτίνα καμπυλότητος** τῆς μιᾶς σφαιρικῆς ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, τὸ δὲ τμήμα OK_2 παριστᾷ ἐπίσης, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, τὴν **ἀκτίνα καμπυλότητος** τῆς ἑτέρας τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ. Ἡ εὐθεῖα K_2OK_1 , ἡ ὁποία ἐνώνει τὰ δύο κέντρα καμπυλότητος καὶ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ φακοῦ. Ἡ $\Delta O \Delta'$, ἡ



Σχ. 91. Διὰ τὴν σπουδὴν συγκλίνοντος φακοῦ καὶ σχηματισμὸς συζυγῶν σημείων.

ὁποία διέρχεται μόνον διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, καλεῖται **δευτερεύων ἄξων** τοῦ φακοῦ καὶ παρουσιάζει, προκειμένου περὶ λεπτῶν φακῶν, τὴν ιδιότητα ὅτι φωτεινὴ ἀκτίς, προσπίπτουσα κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξωνα, ἐξέρχεται ἐκ τοῦ φακοῦ χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

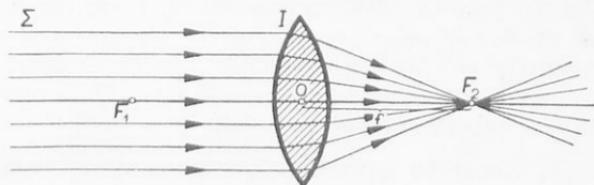
69. Κυρία ἐστία. Ἐστιακὴ ἀπόστασις. Θεωρήσωμεν συγκλίνοντα φακὸν καὶ φαντασθῶμεν ὅτι φωτεινὴ ἀκτίς SI (σχ. 92) προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα τοῦ φακοῦ. Αὕτη, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῆς διὰ τοῦ φακοῦ, θὰ διέλθῃ δι' ἑνὸς σημείου F_2 τὸ ὁποῖον καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ φακοῦ. Ἐὰν θεωρήσωμεν καὶ ἄλλην ἀκτίνα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα, αὕτη, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῆς διὰ τοῦ φακοῦ, θὰ διέλθῃ ἐπίσης διὰ τῆς κυρίας ἐστίας. Οὕτω συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: Ἐὰν δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων

προσπίπτει παράλληλος προς τον κύριον άξονα συγκλίνοντος φακοῦ, πᾶσαι αἱ ἀκτίνες αὐτῆς μετὰ τὴν διάθλασιν διὰ τοῦ φακοῦ συγκεντροῦνται εἰς τὴν κυρίαν έστίαν αὐτοῦ. Ἡ ἀπόστασις $OF_2 = f$

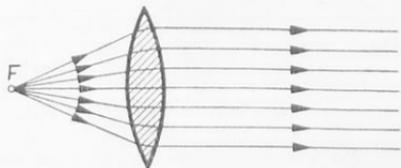
καλεῖται **κυρία έστιακή ἢ ἀπλῶς έστιακή ἀπόστασις** τοῦ φακοῦ. Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα δεχόμεθα ὅτι αἱ ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ

φακοῦ ἐξ ἀριστερῶν. Ἐὰν ὅμως αἱ ἀκτίνες προσπίπτουν ἐκ δεξιῶν, πάλιν αὐται, μετὰ τὴν διάθλασιν διὰ τοῦ φακοῦ, θὰ διέλθουν πᾶσαι διὰ τοῦ σημείου F_1 , τὸ ὁποῖον ἐπίσης ἀποτελεῖ κυρίαν έστίαν τοῦ φακοῦ καὶ εἶναι $OF_2 = OF_1 = f$, τοῦτο δὲ ἰσχύει οἰαδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὰ μεγέθη τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ.

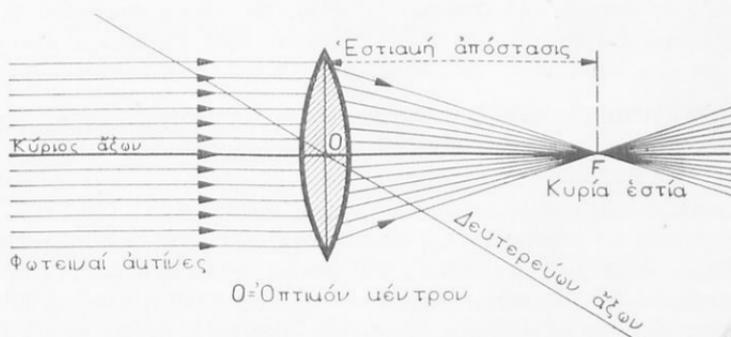
Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τῶν ἀκτίνων (§ 14), ἐὰν φωτοβόλον σημεῖον εὐρίσκειται ἐπὶ τῆς κυρίας έστίας F τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἐξ αὐτοῦ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ ἀκτίνες μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῶν ἐξέρχονται παράλληλως πρὸς τὸν κύριον άξονα αὐτοῦ (σχ. 93).



Σχ. 92. Διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς κυρίας έστίας συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 93. Ἐὰν ἡ πηγὴ εὐρίσκειται εἰς F , αἱ ἀκτίνες ἐξέρχονται παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον άξονα.

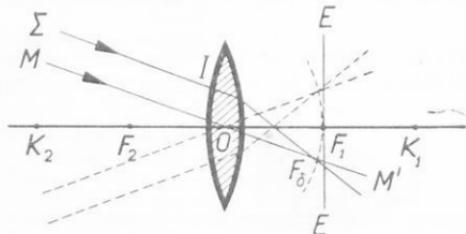


Σχ. 94. Διὰ τὸν καθορισμὸν τῶν διαφορῶν χαρακτηριστικῶν γραμμῶν καὶ μεγεθῶν συγκλίνοντος φακοῦ.

Εἰς τὸ σχ. 94 δεικνύονται παραστατικῶς τὰ χαρακτηριστικὰ σημεία, γραμμὰ καὶ μεγέθη συγκλίνοντος φακοῦ.

70. Συζυγή σημεία. Θεωρήσωμεν φωτοβόλον σημείον ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ φακοῦ, εὐρισκόμενον εἰς A , καὶ φωτεινὴν ἀκτίνα ἐξ αὐτοῦ προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ φακοῦ (σχ. 91). Αὕτη, μετὰ τὴν διάθλασίν της διὰ τοῦ φακοῦ, θὰ διέλθῃ διὰ τινος σημείου A' τοῦ κυρίου ἄξονος, ὅτε λέγομεν ὅτι τὸ σημείον A' ἀποτελεῖ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου A . Ἐὰν δὲ τὸ φωτοβόλον σημείον ὑποτεθῇ εἰς A'' , τὸ εἶδωλον αὐτοῦ θὰ σχηματισθῇ εἰς A' . Ὡς ἐκ τούτου, τὰ σημεία A καὶ A' καλοῦνται *συζυγῆ σημεία* τοῦ φακοῦ.

71. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον. Ἐὰν φαντασθῶμεν ἀκτίνας προσπίπτουσας παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 95, πάλιν αὗται,



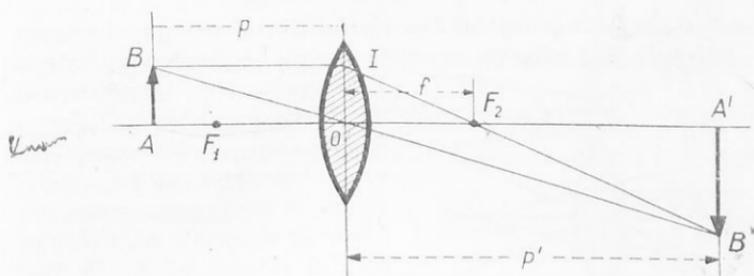
Σχ. 95. Διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου φακοῦ καὶ τῆς καμπυλότητος τοῦ εἰδώλου (βλ. σ. 65).

μετὰ τὴν διάθλασιν, συναντοῦν τοὺς ἀντιστοίχους ἄξονα εἰς ὠρισμένα σημεία τὰ ὁποῖα, πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τῆς κυρίας ἐστίας, καλοῦνται *δευτερεύουσαι ἐστίαι*, ὡς ἡ F_2 , ἀπέχουσαι ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἐξ ἴσου ὅσον καὶ ἡ κυρία ἐστία. Ὁ γεωμετρικὸς τόπος τῶν δευτερευουσῶν ἐστιῶν εἶναι τμήμα ἐπιφανείας σφαιράς. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως ἔνθα αἱ ἀκτίνες παρουσιάζουν μικρὰν κλίσιν ὡς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τὸ τμήμα τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας δύναται, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ ταυτισθῇ πρὸς τὸ ἐφαπτόμενον ἐπίπεδον EE εἰς F_1 , τὸ ὁποῖον καλεῖται *ἐστιακὸν ἐπίπεδον*. Οὕτω, δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῆς θὰ διέλθῃ δι' ἐνὸς σημείου τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι ἐὰν φωτεινὴ ἐπίπεδος ἐπιφάνεια διατίθεται καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτῆς θὰ εἶναι ἐπίσης κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ.

72. Σχηματισμὸς εἰδώλου ἀντικειμένου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ. Ἐστὼ συγκλίνων φακὸς καὶ ὅτι, πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ F_1 , κεῖται φωτεινὸν βέλος AB , τοποθετούμενον καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 96). Πρὸς σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου αὐτοῦ, θεωροῦμεν τὰς ἀκολουθίους βοηθητικὰς ἀκτίνας. 1^{ον}) Γῆν ἐκ τοῦ B παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ὁποία, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῆς, γνωρίζομεν ὅτι θὰ διέλθῃ διὰ τῆς κυρίας ἐστίας F_2 . 2^{ον}) Ἀκτίνα προσπίπτουσαν κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα BO , ὅτε αὕτη (συμφώνως πρὸς τὴν § 68) θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ φακοῦ χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν. Τὸ εἶδωλον ὅθεν τοῦ B πρέπει νὰ κεῖται ἐπὶ τῶν δύο ἀνωτέρω διαθλωμένων ἀκτίνων, καὶ ὡς ἐκ τούτου θὰ συμπλήρῃ πρὸς τὸ κοινὸν σημείον τομῆς αὐτῶν. Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου τὸ φωτεινὸν ἀντικείμενον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ $A'B'$ θὰ εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω γεωμετρικῆς κατασκευῆς προκύπτει ὅτι, ὅταν τὸ ἀντικείμενον κεῖται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὑπὸ αὐτῶν

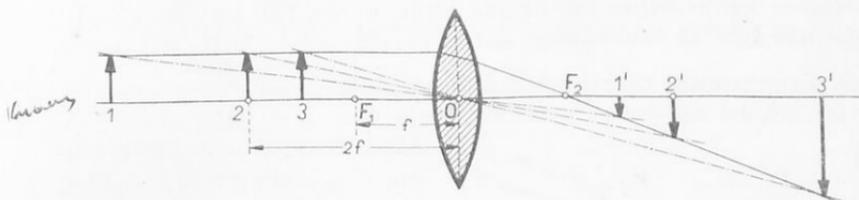
τούτων τῶν διαθλωμένων διὰ τοῦ φακοῦ ἀκτίνων καί, ἐπομένως, εἶναι **πραγματικόν** καὶ **ἀνεστραμμένον**. Διὰ τῆς ἀνωτέρω ἀπλῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς δεικνύεται εὐκόλως (σχ. 96) ὅτι, ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον κεῖται πέραν τῆς κυρίας



Σχ. 96. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ πραγματικῆς εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

ἐστίας, ἀλλ' εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλύτερον αὐτοῦ καὶ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου O , μεγαλυτέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως.

Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται τοῦ φακοῦ, τὸ εἶδωλον πλησιάζει πρὸς τὸν φακὸν (σχ. 97), ἀλλὰ τὸ μέγεθος αὐτοῦ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἐλαττοῦται,



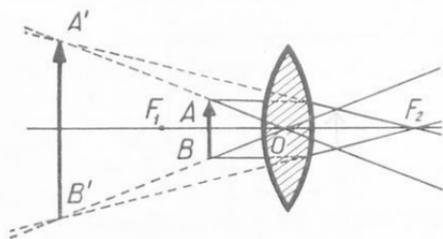
Σχ. 97. Γεωμετρικὴ σπουδὴ διαφόρων περιπτώσεων σχηματισμοῦ πραγματικῆς εἰδώλου. Τὰ εἶδωλα 1', 2', 3' ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου 1, 2, 3.

ὅταν δὲ τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς ἀπόστασιν ἴσην πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον σχηματίζεται εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, τὸ δὲ μέγεθος αὐτοῦ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν ἤδη τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ μεγαλυτέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον σχηματίζεται, πάντοτε, εἰς σημεῖον κείμενον εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ μεγαλυτέραν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ μικροτέραν τοῦ διπλασίου αὐτῆς. Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἔτι περισσότερον, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον πλησιάζει ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν, ὅταν δὲ τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς ἄπειρον ἀπό-

στασιον ἀπὸ τοῦ φακοῦ, εἶδωλον δὲν ὑφίσταται, διότι τοῦτο ἀνάγεται εἰς φωτεινὸν σημεῖον κείμενον εἰς τὴν ἐστίαν τοῦ φακοῦ.

Ἐὰν ἐξ ἄλλου τὸ ἀντικείμενον τοποθετηθῆ ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, πάλιν εἶδωλον δὲν ὑφίσταται, διότι τοῦτο ἐξαφανίζεται εἰς τὸ ἄπειρον.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι τὸ φωτοβόλον ἀντικείμενον τίθεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ (σχ. 98). Ἐὰν πάλιν χρησιμοποιήσωμεν τὰς δύο βοηθητικὰς ἀκτῖνας,

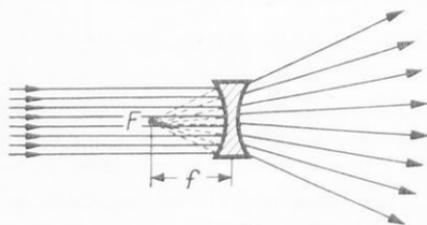


Σχ. 98. AB παριστᾷ ἀντικείμενον μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ φακοῦ, $A'B'$ φανταστικὸν εἶδωλον, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

παρατηροῦμεν ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς ὅτι αἱ δύο διαθλώμεναι ἀκτῖνες εἶναι ἀποκλίνουσαι, ἐπομένως δὲν συναντῶνται, ἐνῶ συναντῶνται αἱ γεωμετρικαὶ προεκβολαὶ αὐτῶν εἰς τὸ σημεῖον A' , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ A . Τὸ αὐτὸ ἰσχύει ἐὰν φέρωμεν τὰς βοηθητικὰς ἀκτῖνας ἐκ τοῦ B , ὅτε εὐρίσκομεν ὡς εἶδωλον τὸ B' . Ἐπειδὴ δὲ εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν τὸ εἶδωλον $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου AB δὲν σχηματίζεται ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων,

ἀλλ' ὑπὸ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν, τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ πραγματικοῦ. Ἐκ τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: **Συγκλίνων φακὸς παρέχει εἶδωλον πραγματικόν, δταν τὸ ἀντικείμενον κεῖται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ, ἐνῶ παρέχει εἶδωλον φανταστικὸν δταν τὸ ἀντικείμενον κεῖται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ φακοῦ.**

73. Σχηματισμὸς εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ. Ἐστω ἀποκλίνων φακὸς (σχ. 99), ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ δέσμη αὕτη, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῆς διὰ τοῦ φακοῦ, μετατρέπεται εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμη ἀκτίνων, τῶν ὁποίων αἱ γεωμετρικαὶ προεκβολαὶ συναντῶνται εἰς τὸ σημεῖον F . Τὸ σημεῖον τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, ἢ ὁποία εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν εἶναι φανταστικὴ, ὡς σχηματιζομένη οὐχὶ ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων, ἀλλὰ ὑπὸ

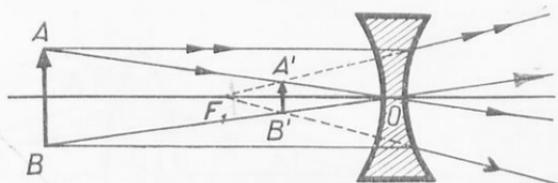


Σχ. 99. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας ἀποκλίνοντος φακοῦ.

γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν. Ἐὰν ὅμως φωτεινὴ ἀκτὴ προσπέσῃ κατὰ τὴν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ φακοῦ χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

Θεωρήσωμεν ἤδη ὅτι πρὸ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ τοποθετοῦμεν φωτοβόλον

ἀντικείμενον AB (σχ. 100). Πρὸς σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου αὐτοῦ, θεωροῦμεν πάλιν τὰς δύο βοηθητικὰς ἀκτῖνας, τὴν παράλληλον ἐξ A πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅτε ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος θὰ διέλθῃ διὰ τῆς κυρίας ἐστίας F_1 , καὶ τὴν ἀκτῖνα AO , ἡ ὁποία, ὡς συμπίπτουσα πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ φακοῦ χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν. Ἐπομένως, τὸ εἶδωλον τοῦ A θὰ εὐρίσκειται εἰς τὸ σημεῖον A' . Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον καὶ τὸ εἶδωλον τοῦ B θὰ εὐρίσκειται εἰς B' ,



Σχ. 100. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ εἰδώλου $A'B'$ ἀντικειμένου AB ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ. Τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.

ἔπομένως, τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου AB εἶναι τὸ $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ. Εὐκόλως δὲ δεκνύεται διὰ τῆς ἀνωτέρω γεωμετρικῆς κατασκευῆς ὅτι, εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ, τὸ εἶδωλον εἶναι πάντοτε φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ.

74. Τύποι τῶν φακῶν. Ἐκ τῆς θεωρίας τῶν φακῶν, δεκνύεται ὅτι ἐὰν καλέσωμεν f τὴν κυρίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, R_1 καὶ R_2 τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τοῦ φακοῦ, p καὶ p' τὰς ἀντιστοιχῶς ἀποστάσεις εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ φακοῦ, E καὶ A τὰ ἀντίστοιχα μεγέθη εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, καὶ n τὸν δείκτην διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ φακοῦ ὡς πρὸς τὸν ἀέρα, μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν, ὑφίστανται αἱ σχέσεις :

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right] \quad (1)$$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (\text{⊕}) \quad (2)$$

$$\frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad (3)$$

Αἱ ἀνωτέρω σχέσεις καλοῦνται **τύποι τῶν φακῶν**.

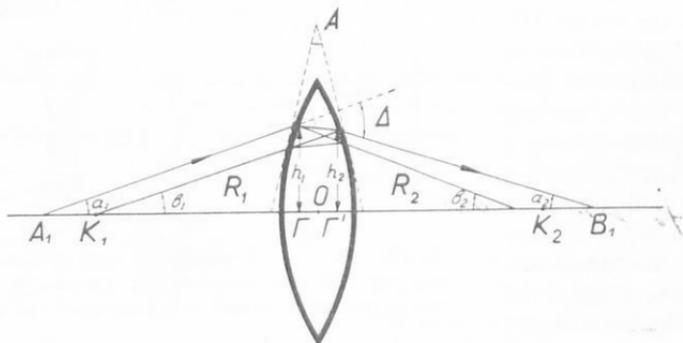
Εἰς τὸν τύπον (2), ἐφ' ὅσον πρόκειται περὶ φανταστικοῦ εἰδώλου, πρέπει ἀντὶ $+1/p'$ νὰ γραφῇ $-1/p'$. Προκειμένου δὲ περὶ φανταστικῆς ἐστίας, ἀντὶ $1/f$ νὰ γραφῇ $-1/f$.

75. Θεωρία τῶν φακῶν. Ἡ στοιχειώδης θεωρία τοῦ φακοῦ γίνεται ἐπὶ τῇ προϋποθέσει, ὅτι ὁ φακὸς ἔχει ἀμελητέον πάχος καὶ ὅτι αἱ ἀκτῖνες τὰς ὁποίας θεωροῦμεν παρουσιάζουν μικρὰν κλίσιν πρὸς τὸν ἄξονα, ἢ ὡς συνήθως λέγομεν, αἱ ἀκτῖνες τὰς ὁποίας θεωροῦμεν ἀποτελοῦν δέσμην κεντρικῶν ἀκτίνων.

Ἐστὼ ἤδη συγκλίνων φακὸς (σχ. 101), τοῦ ὁποίου τὸ πάχος θεωροῦμεν πάντοτε ἀμελητέον, καὶ ὅτι μία ἀκτὶς, προερχομένη ἐκ τοῦ φωτοβόλου σημείου A_1 , προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φακοῦ, σχηματίζουσα λίαν μικρὰν γωνίαν α_1 πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἡ φωτεινὴ αὕτη ἀκτὶς, μετὰ διπλῆν διάθλασιν διὰ τοῦ φακοῦ, ἐξέρχεται καὶ συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον

B_1 , σχηματίζουσα πρὸς αὐτὸν τὴν μικρὰν γωνίαν α_2 . Ἐστώσαν, πρὸς τούτους, R_1 καὶ R_2 αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

Ἐὰν Δ καλέσωμεν τὴν ἐκτροπὴν τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ ἀκτίς λόγῳ διαθλάσεως διὰ



Σχ. 101. Διὰ τὴν εὐρεσιν τοῦ τύπου τοῦ φακοῦ.

τοῦ φακοῦ, ἐπειδὴ αὕτη ἀποτελεῖ ἐξωτερικὴν γωνίαν τριγώνου, ὡς δεικνύεται εὐκόλως ἐκ τοῦ σχήματος, θὰ εἶναι:

$$\Delta = \alpha_1 + \alpha_2 \quad (1)$$

Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου εἰς τὴν θέσιν προσπίπτουσος ὁ φακὸς λειτουργεῖ ὡς πρίσμα διαθλαστικῆς γωνίας A πολὺ μικρᾶς, αἱ ἔδραι τοῦ ὁποίου εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὰς ἀκτίνας τὰς ἀγομένας ἐκ τοῦ K_1 καὶ K_2 πρὸς τὰ σημεῖα τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ, δι' ὧν εἰσερχεται καὶ ἐξερχεται ἡ φωτεινὴ ἀκτίς, θὰ ἔχωμεν, συμφώνως πρὸς τὸν τύπον τῶν ὀξέων πρισματίων:

$$\Delta = (n-1) A = (n-1) (\beta_1 + \beta_2) \quad (2)$$

ὡς τοῦτο εὐκόλως συνάγεται ἐκ τοῦ σχήματος. Λόγῳ ὁμοῦ τῆς μικροτότητος τῶν γωνιῶν α_1, α_2 καὶ β_1, β_2 , δυνάμεθα νὰ γράψωμεν τὰς σχέσεις:

$$\alpha_1 = \epsilon\phi \alpha_1 = \frac{h_1}{p}, \quad \delta\pi\upsilon \rho = \Gamma A_1$$

$$\alpha_2 = \epsilon\phi \alpha_2 = \frac{h_2}{p'}, \quad \delta\pi\upsilon \rho' = \Gamma' B_1$$

$$\epsilon\pi\iota\sigma\eta\varsigma: \quad \beta_1 = \eta\mu \beta_1 = \frac{h_1}{R_1} \quad \text{καὶ} \quad \beta_2 = \eta\mu \beta_2 = \frac{h_2}{R_2}$$

Ἐὰν τὰς ἀνωτέρω τιμὰς τὰς θέσωμεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν:

$$\alpha_1 + \alpha_2 = (n-1) (\beta_1 + \beta_2) \quad (3)$$

ἢ ὁποία προκύπτει ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1) καὶ (2) καὶ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι δυνάμεθα ἀνεύθειν τὸ σφάλμα νὰ θέσωμεν $h_1 = h_2$, προκύπτει ἡ σχέση:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Ἄρα οὗτος τύπος ἀποτελεῖ τὴν ἐξίσωσιν τῶν φακῶν.

Ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι τὸ φωτοβόλον σημεῖον A_1 εὐρίσκεται εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν ἀπὸ

τοῦ φακοῦ, δηλ. ὅτι εἶναι $p = \infty$ καὶ $\frac{1}{p} = 0$, τότε τὸ εἰδωλὸν αὐτοῦ θὰ εὐρίσκειται ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, ὅτε $p' = f$, καὶ ἐπομένως, ὁ ἀνωτέρω τύπος γράφεται :

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

καί :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἐπιλυομένη ὡς πρὸς f παρέχει :

$$f = \frac{(R_1 \cdot R_2)}{(n-1)(R_1 + R_2)}$$

Ἐάν δὲ $2r$ καλέσωμεν τὴν διάμετρον τοῦ φακοῦ, d τὸ πάχος τοῦ φακοῦ κατὰ τὸ μέσον αὐτοῦ, τότε ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, δυνάμεθα νὰ γράψωμεν :

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{2d}{r^2}$$

ὅτε ὁ ἀνωτέρω τύπος γράφεται :

$$f = \frac{1}{n-1} \cdot \frac{r^2}{2d}$$

Ἐξ οὗ συνάγομεν ὅτι : γνωρίζοντες τὸν δείκτην διαθλάσεως, δυνάμεθα διὰ καταμετρήσεως τῶν διαστάσεων τοῦ φακοῦ, νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἐστιακὴν του ἀπόστασιν, ὑπὸ τὸν ὄρον ὁ φακὸς νὰ μὴ εἶναι κυλινδρικοῦς κατηργασμένος κατὰ τὴν περιφέρειαν.

Προκειμένου περὶ ἐπιπεδοκέρτου φακοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον ἢ μία ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος, θὰ εἶναι $R_1 = R$, διὰ τὴν σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν, καὶ $R_2 = \infty$, διὰ τὴν ἐπίπεδον. Ὁ δὲ

τύπος παρέχει : $f = \frac{R}{n-1}$. Ἐάν ὁμοῦς ἀμφοτέραι αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ εἶναι ἴσαι, ἤτοι $R_1 = R_2 = R$, προκύπτει $f = \frac{R}{2(n-1)}$.

Προκειμένου περὶ συνήθων φακῶν, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἐκ συνήθους ὕαλου, δεχόμεθα $n = 1,5$. Τὸ R , προκειμένου περὶ κυρτῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, λογίζεται ὡς θετικόν, προκειμένου δὲ περὶ κοίλων εἶναι ἀρνητικόν. Ὅθεν, ἀμφικούλιος φακὸς ἔχει ἀρνητικὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν.

Θεωρήσωμεν ἤδη ὅτι πρὸ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ.96) τοποθετοῦμεν φωτοβόλον ἀντικείμενον AB . Ὡς γνωστόν, τὸ εἰδωλὸν αὐτοῦ θὰ εἶναι τὸ $A'B'$. Καλοῦμεν $OA = p$ καὶ $OA' = p'$, $AB = A$ καὶ $A'B' = E$, ὅτε ἐκ τῶν ὁμοίων τριγῶνων OAB καὶ $A'OB'$ θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad (1)$$

Ὅμοιως, ἐκ τῶν ὁμοίων τριγῶνων IOF_2 καὶ $A'F_2B'$ εὐρίσκομεν, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι $IO = AB = A$,

$$\frac{E}{A} = \frac{p'-f}{f}$$

Ἐξ ἄλλου εἶναι : $\frac{E}{A} = \frac{p'}{p}$ ἐπομένως : $\frac{p'}{p} = \frac{p'-f}{f}$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης εὐρίσκομεν : $f \cdot p' = (p'-f)p$ ἢ $p'f + pf = pp'$ καὶ διαιροῦντες διὰ $pp'f$ ἀμφοτέρω τὰ μέλη λαμβάνομεν :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

76. Παρατήρησις. Τοὺς ἀνωτέρω τύπους δυνάμεθα νὰ γράψωμεν οὕτως, ὥστε νὰ

ισχύουν διά πάσας τὰς περιπτώσεις, ἐὰν τὰ μεγέθη p, p', R_1, R_2 καὶ f λαμβάνονται ὡς θετικά μὲν ὅταν λογιζῶνται ἐκ τοῦ φακοῦ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ ὡς ἀρνητικά ὅταν λογιζῶνται ἐκ τοῦ φακοῦ κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός.

Ἐκ τοῦ σχ. 101 δεικνύεται ὅτι p καὶ R_1 εἶναι ἀρνητικά, ἐνῶ p', R_2 καὶ f θετικά, ἐπομένως, ἐὰν οἱ τύποι γραφοῦν:

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = (n-1) \left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right]$$

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

θὰ ἰσχύουν εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δι' ἀποκλίνοντα φακὸν ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις f πρέπει νὰ θεωρητῆ ὡς ἀρνητικὴ.

Ἔνεκα τῶν ἀνωτέρω, ὁ *συγκλίνων* φακὸς καλεῖται *πολλάκις* καὶ *θετικός*, ἐνῶ ὁ *ἀποκλίνων* φακὸς καλεῖται *ἀρνητικός*.

Ἐφ' ὅσον ὁ λόγος $E/A = p'/p$ εἶναι ἀρνητικός, τὸ εἰδωλὸν εἶναι πραγματικὸν καὶ σχηματίζεται πρὸς τὸ ἀντίθετον μέρος τοῦ φακοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Ἐὰν ὁμοῦς εἶναι θετικός, τότε τὸ εἰδωλὸν εἶναι φανταστικὸν καὶ σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον.

77. Ἐφαρμογὰί. 1. Ἀμφίκυρτος σφαιρικός φακὸς ἔχει ἀκτίνας $R_2 = 50$ cm καὶ $R_1 = 100$ cm καὶ ἀποτελεῖται ἐξ ὑάλου διὰ τὴν ὁποίαν εἶναι $n = 1,6$. Πόση ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ θὰ σχηματισθῇ τὸ εἰδωλὸν ἀντικειμένου, εὐρισκομένου εἰς ἀπόστασιν 75 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ.

Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν εἶναι $R_2 = 50$ cm, $R_1 = -100$ cm, ὅθεν:

$$\frac{1}{f} = (1,6 - 1) \left[\frac{1}{50} - \frac{1}{-100} \right] = \frac{1,8}{100}$$

καὶ $f = 55,6$ cm.

Ἐπίσης εἶναι $p = -75$ cm, ἐπομένως:

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{-75} = \frac{1}{55,6}$$

ὅθεν $p' = 214$ cm. Ἐπειδὴ δὲ ὁ λόγος p'/p εἶναι ἀρνητικός καὶ ἴσος πρὸς 2,85, συνάγομεν ὅτι τὸ εἰδωλὸν εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου κατὰ 2,85 φορές.

2. Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ θετικοῦ φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἰς τὴν ὁποίαν θὰ σχηματισθῇ τὸ εἰδωλὸν καὶ ἡ μεγέθυνσις αὐτοῦ.

Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν εἶναι: $p = -10$ cm καὶ $f = 15$ cm, ὅθεν:

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{-10} = \frac{1}{15}, \text{ καὶ } p' = -30 \text{ cm.}$$

Ἐξ ἄλλου εἶναι: $\frac{E}{A} = \frac{-30}{-10} = 3$, ἥτοι, τὸ εἰδωλὸν εἶναι φανταστικὸν καὶ ὀρθόν, σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ, πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος ὅπου εὐρίσκεται τὸ ἀντικείμενον καὶ εἶναι 3 φορές μεγαλύτερον τοῦ πραγματικοῦ.

Ἐκ τῆς διερευνησεως τοῦ τύπου τῶν φακῶν καὶ ἐπὶ τῇ βάσει τῶν γενομένων ἐκδοχῶν, ὅσον ἀφορᾷ τὰ σημεῖα, προκύπτει διὰ συγκλίνοντα φακὸν ὁ παρατιθέμενος πίναξ:

Δι' αναλόγου διερευνήσεως τῆς περιπτώσεως ἀποκλίνοντος ἢ ἀρνητικοῦ φακοῦ, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ κυρία ἑστιακὴ ἀπόστασις f εἶναι ἀρνητικὴ, βλέπομεν ὅτι τὸ εἰδωλὸν τὸ ὁποῖον παρέχει εἶναι πάντοτε φανταστικὸν καὶ ὀρθόν.

Ἀπόστ. ἀντικειμένου p	Ἀπόστασις εἰδώλου p'	Εἶδος εἰδώλου	Μεγέθυνσις
Ἀπὸ $-\infty$ μέχρι $-2f$ $-2f$	Ἀπὸ $+f$ μέχρι $+2f$ $+2f$	Πραγματικόν, Ἀνεστραμ.	Ἀπὸ 0 μέχρι 1 1
Ἀπὸ $-2f$ μέχρι $-f$ $-f$	Ἀπὸ $+2f$ μέχρι $+\infty$ $+\infty$	Πραγμ., Ἀνεστραμμένον Πραγμ., Φανταστικόν;	Ἀπὸ 1 μέχρι ∞ ∞
Ἀπὸ $-f$ μέχρι φακοῦ	Ἀπὸ $-\infty$ μέχρι φακοῦ	Φανταστικόν, Ὄρθον	Ἀπὸ $-\infty$ μέχρι 1

78. Τύπος τοῦ Νεύτωνος. Ἐκ τοῦ σχήματος 96 προκύπτουν εὐκόλως αἱ σχέσεις:

$$\frac{E}{A} = \frac{p'-f}{f} = \frac{f}{p-f}$$

καὶ ἐξ αὐτῆς ἢ

$$(p-f)(p'-f) = f^2$$

Ἐάν δὲ διὰ Z καλέσωμεν τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τῆς ἐστίας καὶ διὰ Z' τὴν ἀπόστασιν τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τῆς ἀντιστοίχου ἐστίας, θὰ εἶναι $Z = p - f$ καὶ $Z' = p' - f$, ὅτε ἡ ἄνω σχέσηις γράφεται:

$$ZZ' = f^2$$

Ἡ σχέσηις αὕτη ἐκφράζει τὸν *τύπον τοῦ Νεύτωνος* διὰ τοὺς φακοὺς.

79. Ἴσχυς φακοῦ. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις φακοῦ ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὸν μέγεθος αὐτοῦ, πολλάκις ὅμως, ἀντὶ τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως, θεωροῦμεν τὴν ἀντίστροφον τιμὴν αὐτῆς, καλοῦμεν δὲ τὸ μέγεθος τοῦτο *διαθλαστικὴν δύναμιν* ἢ *ἰσχὺν* τοῦ φακοῦ. Οὕτως, ἐάν καλέσωμεν f τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν, καὶ P τὴν ἰσχύν, ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ αὐτῆς εἶναι:

$$P = \frac{1}{f}$$

Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἰσχύος τῶν φακῶν, ὡς μονὰς χρησιμοποιεῖται ἡ *διοπτρία* εἶναι δὲ μία διοπτρία ἴση πρὸς m^{-1} . Λέγομεν οὕτω ὅτι φακὸς ἔχει ἰσχὺν μίας διοπτρίας, ὅταν ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ ἴσῃται πρὸς ἓν μέτρον. Οὕτω, ἐπὶ παραδείγματι, ἵνα εὗρωμεν τὴν ἰσχὺν φακοῦ ἔχοντος ἑστιακὴν ἀπόστασιν 25 cm, ἐκφράζομεν τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν εἰς μέτρα, ἦτοι 0,25 m, ὅτε ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ εἶναι $\frac{1}{0,25} = 4$ διοπτρία.

80. Σύστημα φακῶν. Καλοῦμεν σύστημα φακῶν τὸ σύνολον πολλῶν φακῶν συνδυαζομένων κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ κύριοι ἄξονες αὐτῶν νὰ κείνται ἐπ' εὐθείας. Προκειμένου περὶ συστήματος φακῶν, ἰσχύει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: Ἡ ἰσχὺς συστήματος φακῶν ἴσῃται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἰσχύων τῶν ἀποτελούντων τὸ σύστημα φακῶν. Συνήθως εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην θεωροῦμεν τὰς ἑστιακὰς ἀποστάσεις τῶν συγκλινόντων φακῶν ὡς θετικὰς καὶ τὰς τῶν ἀποκλίνοντων ὡς ἀρνητικὰς. Ἡ ἄνω πρότασις περιλαμβάνεται εἰς τὴν ἐξίσωσιν:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \dots = \sum \frac{1}{f_n}$$

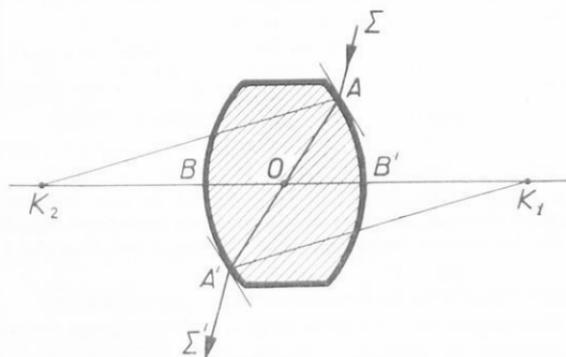
Οὕτως, ἐπὶ παραδείγματι, ἐάν ἔχωμεν σύστημα ἐκ δύο φακῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἰς νὰ εἶναι συγκλίνων, ἑστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, καὶ ὁ ἄλλος ἀποκλίνων, ἑστιακῆς ἀποστάσεως 20 cm, ἡ ἰσχὺς τοῦ συστήματος θὰ εἶναι:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{0,50} - \frac{1}{0,20} = -3$$

ή ισχύς δηλαδή τοῦ συστήματος εἶναι -3 καὶ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ $f = -\frac{1}{3} \text{ m}$ ἢ $-33,3 \text{ cm}$, ἤτοι τὸ σύστημα ἰσοδυναμεῖ πρὸς ἀποκλίνοντα φακὸν τοῦ ὁποῦ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις εἶναι $33,3 \text{ cm}$.

81. Σπουδὴ παχέος φακοῦ. Ὀπτικὸν κέντρον. Μέχρι τοῦδε ὑπεθέσαμεν ὅτι ὁ φακὸς εἶναι πολὺ λεπτός καὶ ὅτι τὸ πάχος του δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν, ἐθεωρήσαμεν δηλ. ἀμελητέαν τὴν πορείαν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος ἐντὸς τοῦ φακοῦ. Ἡδὴ, θὰ ἐξετάσωμεν πῶς συμπεριφέρεται ὁ φακὸς ὅταν τὸ πάχος του δὲν εἶναι ἀμελητέον.

Θεωρήσωμεν φακὸν ὄχι ἀμελητέου πάχους, π.χ. ἀμφίκυρον (σχ. 102) καὶ ἔστω ὅτι ἐπὶ



Σχ. 102. Διὰ τὸν καθορισμὸν ὀπτικῶν κέντρων παχέος φακοῦ.

περιφέρεται ὡς πλᾶξ μὲ παραλλήλους ἑδρας, αἱ ὁποῖαι συμπίπτουν πρὸς τὰ ἐφαπτόμενα ἐπίπεδα τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ εἰς A καὶ A' .

Ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς τέμνει τὴν εὐθεῖαν K_1K_2 τὴν ἐνοῦσαν τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, ἢ ἄλλως, τὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ εἰς ἓν σημεῖον O , τὸ ὁποῖον παραμένει σταθερόν, δηλ. οἰαδήποτε προσπίπτουσα ἀκτὶς, εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ παράλληλος ἐξερχομένη ἐκ τοῦ φακοῦ ἀκτὶς, ὁδεύει ἐντὸς τοῦ φακοῦ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ διέρχεται πάντοτε διὰ τοῦ σημείου O , τὸ ὁποῖον καλεῖται **ὀπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ.

Πράγματι, τὰ τρίγωνα K_2OA καὶ K_1OA' εἶναι ὁμοία, ἐπομένως :

$$\frac{K_1O}{K_2O} = \frac{OA'}{OA} = \frac{R_1}{R_2} \quad (1)$$

ὅπου R_1, R_2 αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος K_1B καὶ K_2B' τοῦ φακοῦ.

Ὅτῳ βλέπομεν ὅτι τὸ σημεῖον O διαιρεῖ τὴν AA' εἰς δύο τμήματα τὰ ὁποῖα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰς ἀκτίνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ, καὶ ἐπομένως, τοῦτο ἀποτελεῖ σταθερὸν σημεῖον ἐπὶ τῆς AA' . Ἐξ ἄλλου, ἐπὶ τῆ βάσει τῆς σχέσεως (1) προκύπτει :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_1 - K_1O}{R_2 - K_2O} = \frac{OB}{OB'}$$

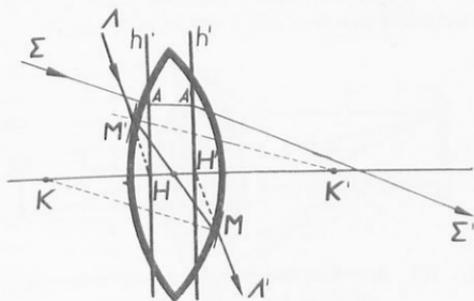
ἤτοι, τὸ σημεῖον O διαιρεῖ καὶ τὸ πάχος τοῦ φακοῦ εἰς δύο τμήματα ἀνάλογα τῶν ἀκτίνων.

Ἐὰν ὁ φακὸς παρουσιάζει μικρὸν πάχος, τότε τὰ σημεῖα B, O , καὶ B' , ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος συμπίπτουν, ἐπίσης δὲ αἱ ἀκτίνες $\Sigma A, AA'$ καὶ $A'\Sigma'$ κείνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας.

82*. Κυριώδη ἐπίπεδα καὶ κυριώδη σημεῖα. Θεωρήσωμεν φακὸν τοῦ ὁποῦ τὸ πάχος δὲν εἶναι ἀμελητέον (σχ. 103), ὅτε ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ φακοῦ δὲν εἶναι ἀμελητέα, ἀλλὰ πρέπει νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν. Ἐν τούτοις καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δυνά-

μεθα νά σπουδάσωμεν γεωμετρικῶς τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἢ, ἄλλως, τὴν ἀπεικόνισιν, ὡς τοῦτο ἐπράξαμεν καὶ εἰς τὴν περιπτώσιν τῶν λεπτῶν φακῶν, ἐάν λογιζώμεν τὰς ἑστιακὰς ἀποστάσεις, ὡς καὶ τὰς ἀποστάσεις ἀντικειμένων καὶ εἰδώλου, οὐχὶ ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ἀλλὰ ἀπὸ δύο χαρακτηριστικῶν ἐπιπέδων h καὶ h' καθέτων ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ φακοῦ, καὶ τὰ ὁποῖα καλοῦνται **κυριώδη ἐπίπεδα**.

Θεωρήσωμεν ἤδη δύο παραλλήλους ἀκτίνας τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, ὡς τὰς KM καὶ $K'M'$, αἱ ὁποῖαι νά συναντοῦν τὰς ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ εἰς τὰ σημεῖα M καὶ M' , ὡς καὶ τὰ ἐφαπτόμενα ἐπίπεδα τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ εἰς M καὶ M' , τὰ ὁποῖα προδήλως θὰ εἶναι παράλληλα, ὡς κάθετα ἐπὶ τῶν θεωρουμένων ἀκτινῶν. Ὡς ἐκ τούτου, ὁ φακός, διὰ πᾶσαν ἀκτίνα ἢ ὁποῖα ὁδεύει ἐντὸς αὐτοῦ κατὰ τὴν M , συμπεριφέρεται ὡς πλᾶξ με παραλλήλους ἑδρας, καὶ ἐπομένως, μία τοιαύτη ἀκτίς ἐξέρχεται ἐκ τοῦ φακοῦ



Σχ. 103. Καθορισμὸς τῶν κυριωδῶν ἐπιπέδων καὶ κυριωδῶν σημείων παχέος φακοῦ καὶ ιδιότητος αὐτοῦ.

χωρὶς νά ὑποστῇ ἐκτροπήν, ἀλλὰ μόνον παράλληλον μετατόπισιν, διότι ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς ἐκ τοῦ φακοῦ εἶναι παράλληλοι. Ἐάν ἤδη προεκτείνωμεν τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα AM' πρὸς τὸ μέρος τοῦ φακοῦ, καθὼς καὶ τὴν ἐξερχομένην MA' , αὗται συναναστῶν τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ εἰς δύο σημεῖα H καὶ H' , δεικνύεται δὲ ὅτι ἡ θέσις τῶν δύο τούτων σημείων εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ ζεύγους τῶν παραλλήλων ἐπιπέδων M, M' καὶ δύο τούτων σημείων εἶναι ἀνεξάρτητα σημεῖα τοῦ φακοῦ καὶ καλοῦνται ἐπομένως τὰ σημεῖα H καὶ H' ἀποτελοῦν χαρακτηριστικὰ σημεῖα τοῦ φακοῦ καὶ καλοῦνται **κυριώδη ἢ δεσμικὰ σημεῖα**, ἐνῶ τὰ ἐπίπεδα h καὶ h' , τὰ κάθετα ἐπὶ τοῦ ἄξονος εἰς τὰ κυριώδη σημεῖα, καλοῦνται **κυριώδη ἐπίπεδα**. Ἡ θέσις τῶν κυριωδῶν ἐπιπέδων ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν ἀκτινῶν καμπυλότητος, τοῦ πάχους τοῦ φακοῦ, καὶ τοῦ δεικνύου διαθλάσεως.

Τὰ κυριώδη ἐπίπεδα καὶ τὰ κυριώδη σημεῖα θεωρήσωμεν δύο σημεῖα A καὶ A' , τὰ ὁποῖα ὁμοῦς νά κείνται εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κυρίου ἄξονος, τότε οἰαδήποτε φωτεινὴ ἀκτίς Σ , τῆς ὁποίας ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου A , διαθλάται ἐντὸς τοῦ φακοῦ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς Σ' προεκβαλλομένη πρὸς τὰ ὀπίσω ἐντὸς τοῦ φακοῦ νά διέρχεται διὰ τοῦ A' . Πράγματι ὁμοῦς ἐντὸς τοῦ φακοῦ ἡ ἀκτίς ὁδεύει κατὰ διάφορον τρόπον, ὡς δεικνύεται εἰς σχ. 103.

Τὰ κυριώδη σημεῖα H καὶ H' , ἐφ' ὅσον ὁ φακός περιβάλλεται ὑπὸ τοῦ αὐτοῦ μέσου, παρουσιάζουν τὴν ιδιότητα ὅτι πᾶσα φωτεινὴ ἀκτίς, τῆς ὁποίας ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ διέρχεται διὰ τοῦ σημείου H , ἐξέρχεται ἐκ τοῦ φακοῦ παράλληλως πρὸς τὴν προσπίπτουσαν, οὕτως ὥστε ἡ γεωμετρικὴ τῆς προεκβολῆς νά διέρχεται διὰ τοῦ σημείου H' . Τὰ σημεῖα F καὶ F' (σχ. 104) ἀποτελοῦν τὰς ἑστίας τοῦ φακοῦ, καὶ ἡ μὲν F ἀναφέρεται εἰς τὸ κυριώδες ἐπίπεδον h καὶ ἡ F' εἰς τὸ h' , αἱ δὲ ἀποστάσεις αὐτῶν ἀπὸ τῶν ἀντιστοίχων κυριωδῶν ἐπιπέδων, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἴσαι, παρέχουν τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ. Αἱ ἑστίας

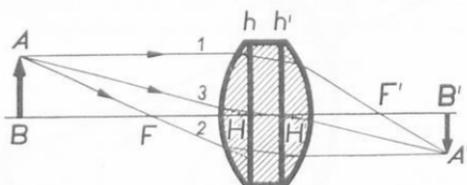


Σχ. 104. Ἰδιότητες τῶν ἑστῶν παχέος φακοῦ, καὶ γεωμετρικὴ κατασκευὴ εἰδώλου.

αὐτῶν ἀπὸ τῶν ἀντιστοίχων κυριωδῶν ἐπιπέδων, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἴσαι, παρέχουν τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ. Αἱ ἑστίας

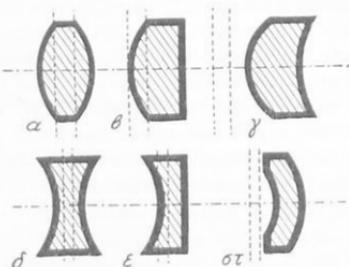
παρουσιάζουν την ακόλουθον ιδιότητα: Ἐάν μία ἀκτίς προσπίπτῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, οὕτως ὥστε ἡ γεωμετρικὴ τῆς προεκβολῆς νὰ διέρχεται τοῦ α, αὕτη ὁδεύει ἐν τῷ φακῷ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς νὰ διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ ἡ γεωμετρικὴ προεκβολῆς αὐτῆς διὰ τοῦ σημείου α'.

Ἐχόντες ὑπ' ὄψιν τ' ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα, δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν γεωμετρικῶς τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου, ἢ ἄλλως, νὰ ἔχωμεν τὴν ἀπεικόνισιν αὐτοῦ. Ἔστω συγκλίτων φακῶς



Σχ. 105. Λεπτομερεστέρα ἀπεικόνισις κατασκευῆς εἰδώλου διὰ παχῆος φακοῦ.

μεῖον. Τὸ ἀντίστοιχον σημεῖον ἐπὶ τοῦ κυριώδους ἐπιπέδου h' εὐρίσκειται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἄξονος, ἢ διαθλωμένη



Σχ. 106. Θέσις κυριώδους ἐπιπέδου εἰς τὰ διάφορα εἶδη φακῶν.

κυριῶδων ἐπιπέδων. Εἰς τὸ σχῆμα 106 δεικνύεται ἡ θέσις τῶν κυριῶδων ἐπιπέδων εἰς τὰ διάφορα εἶδη φακῶν.

83. Ἐλαττώματα τῶν φακῶν. Οἱ φακοὶ παρουσιάζουν τὰ ἀκόλουθα ἔλαττώματα (ἢ σφάλματα), κατὰ τὴν ἀπεικόνισιν ἀντικειμένων ἢ τὴν παρατήρησιν αὐτῶν διὰ τῶν φακῶν. Τὰ ἔλαττώματα αὐτὰ εἶναι τὰ ἀκόλουθα: 1) ἔκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος, 2) κόμη, 3) πιθοειδῆς καὶ μνηνοειδῆς διαστρόφῃ, 4) ἔκτροπὴ χρωματικῆ, 5) ἔκτροπὴ ἀστιγματικῆ, 6) καμπυλότης τοῦ εἰδώλου.

Α'. Ἐκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος. Τὸ σφάλμα τοῦτο προέρχεται, διότι αἱ ἀκτίνες αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τῶν περιφερειακῶν ζωνῶν τοῦ φακοῦ, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῶν συγκεντροῦνται εἰς διάφορον ἐστίαν ἀπὸ ἐκείνην εἰς τὴν ὅποιαν συγκεντροῦνται αἱ ἀκτίνες αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν ζωνῶν τοῦ φακοῦ, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 107. Πράγματι, αἱ ἐπὶ τῶν ἐξωτερικῶν ζωνῶν τοῦ φακοῦ προσπίπτουσαι ἀκτίνες ὑφίστανται μεγαλύτεραν διάθλασιν, διότι ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος, τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὰς περιοχὰς ταύτας τοῦ φακοῦ, εἶναι μεγαλύτερα, ἐνῶ αἱ ἀκτίνες, αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν

τοῦ ὁποίου δίδονται τὰ κυριώδη ἐπιπέδα h καὶ h', τὰ κυριώδη σημεῖα H καὶ H' καὶ αἱ ἐστίας F καὶ F', ἔστω δὲ πρὸς τούτους ὅτι καθέτως πρὸς τὸν ἄξονα φακοῦ τοποθετοῦμεν φωτεινὸν βέλος AB (σχ. 105). Ὅπως σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον αὐτοῦ ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς:

Ἐκ τοῦ A φέρομεν τὴν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίνα (1), ἢ ὁποία προεκβαλλομένη συναντᾷ τὸ κυριώδες ἐπιπέδον h εἰς ἓν σημεῖον, μετὰ τὴν διόδον διὰ τοῦ φακοῦ, πρέπει νὰ διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας F' καὶ τοῦ ἀντιστοίχου σημείου τοῦ κυριώδους ἐπιπέδου h'. Ἐπίσης, ἐάν ἐκ τοῦ A φέρομεν τὴν ἀκτίνα (2) τῆς ὁποίας ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ κυριώδους σημείου H, ἢ διαθλωμένη ἀκτίς ἐξερχεται παραλλήλως πρὸς τὴν προσπίπτουσαν, οὕτως ὥστε ἡ γεωμετρικὴ τῆς προεκβολῆς νὰ διέρχεται διὰ τοῦ κυριώδους σημείου H'. Αἱ ἄνω διαθλωμέναι ἀκτίνες διέρχονται διὰ τοῦ σημείου A' τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ A, ἐνῶ τὸ εἶδωλον τοῦ βέλους εἶναι τὸ A'B'. Ὡς δὲ δεικνύεται, καὶ εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν ἰσχύει ὁ

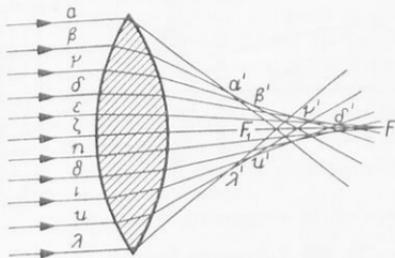
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

τύπος τῶν φακῶν ὑπὸ τὸν ὄρον

ὅτι αἱ ἀποστάσεις p, p' καὶ f λογιζονται ἀπὸ τῶν

εἰς τὸν κύριον ἄξονα ἐπιπέδων εἰς τὰ

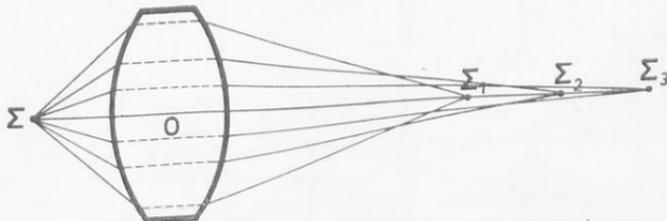
ξωνῶν τοῦ φακοῦ, ὑφίστανται μικροτέραν διάθλασιν, λόγῳ τοῦ ὅτι ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὰς περιοχὰς ταύτας εἶναι μικροτέρα. Γενικῶς δὲ αἱ διαθλώμενα ἀκτίνες σχηματίζουν κωνικὰς ἐπιφανείας τῶν ὁποίων αἱ κορυφαὶ κείνται μεταξύ τῶν F καὶ F_1 . Ἐπὶ τοῦ τμήματος FF_1 (σχ. 107) τοῦ κυρίου ἄξονος ἀναγράφονται μετὰ ἀξονοσκόπου συγκέντρωσις φωτός. Ἐὰν δὲ φαντασθῶμεν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ φακοῦ, αἱ διαθλώμεναι ἀκτίνες ἔχουν πάλιν, ὡς περιβάλλουσαν, ἀνάλογον γραμμὴν κειμένην εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦτο ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσην τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων (βλ. § 40), ἡ ὁποία, διὰ περιστροφῆς τοῦ ἐπιπέδου περὶ τὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ, γεννᾷ ἐπιφανείαν ἀποτελοῦσαν τὴν περιβάλλουσαν ὅλων τῶν διαθλωμένων διὰ τοῦ φακοῦ ἀκτίνων καὶ ἡ ὁποία καλεῖται, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, **κωνοκτική**. Ἡ ἀπόστασις FF_1 καλεῖται *κυρία διαμήκης ἐκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος*, καὶ ἂν εἰς τὸ σημεῖον F_1 τοποθετήσωμεν διάφραγμα κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα, τότε σχηματίζεται ἐπ' αὐτοῦ μικρὸς φωτεινὸς κύκλος ὠρισμένης ἀκτίνος, ἡ ὁποία παρέχει τὴν κυρίαν ἐγκαρσίαν ἐκτροπὴν ἐκ σφαιρικότητος.



Σχ. 107. Αἱ περισσότερον ἀπέχουσαι ἀκτίνες $\alpha, \beta, \gamma, \lambda$ σχηματίζουν τὴν ἐστίαν τῶν πλησιέστερον πρὸς τὸν φακόν, ἡ αἱ κεντρικαὶ ἀκτίνες $\epsilon, \zeta, \eta, \theta$.

Ἀνάλογον φαινόμενον παρατηρεῖται καὶ ὅταν φωτοβόλον σημεῖον δὲν κείται εἰς ἄπειρον, ἀλλ' εἰς πεπερασμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος αὐτοῦ (σχ. 108). Τὸ ἀνωτέρω σφάλμα δύναται νὰ καταστή ἐλάχιστον διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος τοῦ φακοῦ. Πάντως, ἡ τιμὴ τοῦ σφάλματος τούτου ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς ἐπιφανείας ἐκ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται τὸ φῶς εἰς τὸν φακόν, καὶ ὡς ἐκ τούτου εἰς τὰ ὀπτικὰ ὄργανα πρέπει νὰ ἀποφεύγεται ἡ ἀντιμετάθεσις τῶν φακῶν.

Ἐπίσης τὸ σφάλμα ἐλαττοῦται, ἐὰν ἀποκλεισῶμεν τὰς περιφερειακὰς ἀκτίνας διὰ χρησιμοποίησιν κυκλικῶν διαφραγμάτων, τῶν ὁποίων τὸ κέντρον νὰ εὑρίσκειται ἐπὶ τοῦ κυ-



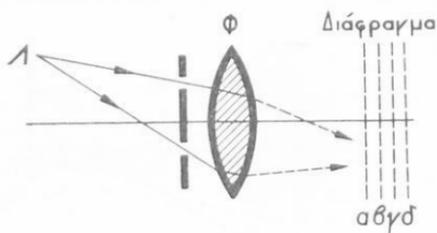
Σχ. 108. Σαφεστερά ἀπεικόνισις τῆς ἐκτροπῆς ἐκ σφαιρικότητος.

ρίου ἄξονος τοῦ φακοῦ, ὅτε αἴρεται ἡ ἐκ τοῦ ἀνωτέρω σφάλματος παρατηρουμένη ἀσάφεια τῶν εἰδώλων.

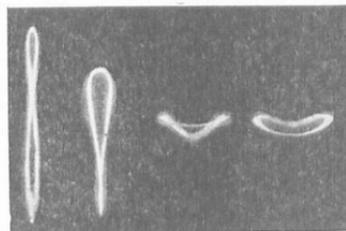
Εἰς τὰς διόπτρας, διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῆς διαμέτρου τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ, ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἐστιακὴν του ἀπόστασιν, ἐλαττοῦται πολὺ τὸ σφάλμα ἐκ σφαιρικότητος, καὶ μάλιστα, ἐὰν ἡ διάμετρος τοῦ φακοῦ εἶναι 12 φορές μικροτέρα τῆς ἐστιακῆς του ἀποστάσεως, τὸ σφάλμα τοῦτο καθίσταται μηδαμινόν.

Β' Κόμη. Διὰ τοῦ ὄρου τούτου νοοῦμεν τὴν διαστροφὴν τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου, ὅταν τοῦτο εὑρίσκειται εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἄξονος

του φακού. Ἐάν π.χ. διὰ καταλλήλου διαφράγματος (σχ. 109), τοποθετουμένου πρὸ τοῦ φακού, ἀφήσωμεν νὰ διέλθουν δι' αὐτοῦ μόνον ἀκτίνες σχηματίζουσαι μεγάλην γωνίαν κλίσεως ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ φακού, τότε τὸ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματιζόμενον εἰδώλον δὲν



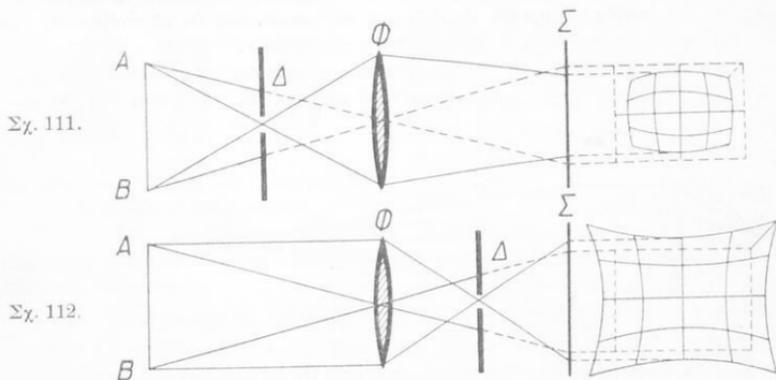
Σχ. 109. Διάγραμμα δεικνὺν τὴν γένεσιν τοῦ σφάλματος κόμα (koma).



Σχ. 110. Ἀναλόγως τῆς θέσεως τοῦ διαφράγματος (α, β, γ, δ) ἐν σχέσει πρὸς τὸν φακόν, ἀναφαίνονται διάφορα σχήματα τοῦ εἰδώλου.

εἶναι φωτεινὸν σημεῖον, ἀλλὰ παρουσιάζει τὴν μορφήν τῆς οὐρᾶς ἢ κόμης κομήτου ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα τῆς διαστρωφῆς ταύτης *κόμη* (koma). Ἡ μορφή τοῦ εἰδώλου μεταβάλλεται μετὰ τῆς ἀποστάσεως τοῦ διαφράγματος ἀπὸ τοῦ φακού, ὡς δεκνύεται εἰς τὸ σχῆμα 110.

Γ' *Πιθσειδῆς καὶ Μηνοειδῆς διαστρωφή*. Τὸ ἀποτελεσμα τῆς ἐκτροπῆς ἐκ σφαιρικοῦ τῆτος συνίσταται εἰς τὴν αὐξῆσιν τῆς διαστρωφῆς τῶν εἰδώλων, ἣ ὅποια καθίσταται τόσον



Σχ. 111.

Σχ. 112.

Σχ. 111, 112. Διαγράμματα ἐπεξηγούντα τὴν πιθσειδῆ καὶ μηνοειδῆ διαστρωφὴν τοῦ εἰδώλου, λόγῳ παρεμβολῆς διαφραγμάτων.

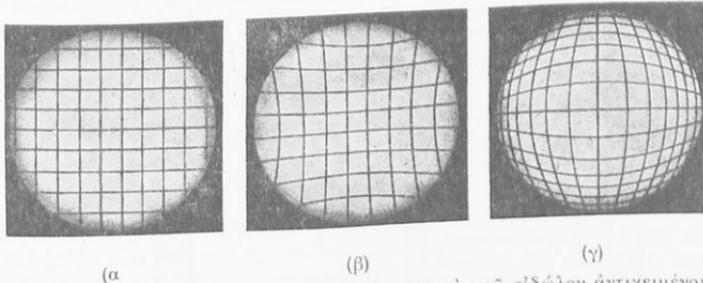
μεγαλύτερα ὅσον τὸ ἀντικείμενον ἀφίσταται περισσότερο ἀπὸ τοῦ ἄξονος τοῦ φακού. Τὸ σφάλμα τοῦτο δύναται νὰ διορθωθῇ, διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας διαφράγματος Δ, μικροῦ ἀνοίγματος, τὸ ὅποιον τοποθετεῖται πολὺ πλησίον τοῦ φακού, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διέρχονται δι' αὐτοῦ μόνον κεντρικαὶ ἀκτίνες, δηλαδὴ ἀκτίνες αἱ ὅποια νὰ παρουσιάζουν μικρὰν κλίσιν ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ φακού (σχ. 111).

Ἡ διάταξις ὁμοῦς αὕτη, ἐνῶ αἶρει τὴν διαστρωφὴν, ἐλαττώνει τὴν φωτεινότητα τοῦ

εἰδώλου. Ἐάν ὅμως τὸ διάφραγμα Δ δὲν τοποθετῆται πλησίον τοῦ φακοῦ Φ, ἀλλὰ μετατοπίξε-
ται πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἀντικειμένου AB, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖται ἐξ ἐπιπέδου ὑαλίνης πλακῶς,
ἐπὶ τῆς ὁποίας διὰ μελάνης ἔχει χαραχθῆ σύστημα ὀρθογωνίως διασταυρουμένων γραμμῶν (σχ.
113α), τότε τὸ εἶδωλον καθίσταται φωτεινότερον. Ἐν τούτοις, ἐπειδὴ εἰς τὴν προκειμένην περί-
πτωσην διέρχονται διὰ τοῦ φακοῦ καὶ ἀκτίνες παρουσιάζουσαι μεγάλην κλίσιν ὡς πρὸς τὸν
ἄξονα, ἤτοι μὴ κεντρικαί, τὸ εἶδωλον ὑφίσταται διαστροφήν καὶ δεικνύει τὴν μορφήν πίθου, ἐξ
ἧς ἀποπροφῆ αὕτη καλεῖται *πιθοειδής*. Πράγματι, εἰς τὸ σχ. 111 βλέπομεν ὅτι τὸ διάφρα-
γμα Δ ἀποκλείει τὰς ἀκτίνας ἐκεῖνας αἱ ὁποῖαι θὰ συνέβαλλον εἰς τὴν πραγματοποιήσασθαι
τοῦ ἀνευ διαστροφῆς ὀρθογωνίου εἰδώλου, καὶ ἀφήνει τουναντίον νὰ διέλθουν αἱ περιμε-
τρικαὶ ἀκτίνες αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν τὴν σφαιρικὴν ἐκτροπὴν διὰ σμικρύνσεως τοῦ εἰδώλου,
οὕτω δέ, ὡς δεικνύεται ἐκ τοῦ σχ. 111, ἐμφανίζεται ἡ πιθοειδὴς μορφή τοῦ εἰδώλου.

Ἐάν, τουναντίον, τὸ διάφραγμα Δ τίθεται ἐπὶ τῆς ἀντιθέτου πλευρᾶς τοῦ φακοῦ, ἀλλὰ
εἰς σημαντικὴν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 112, ἡ ἐπίδρασις τῶν περι-
μετρικῶν ἀκτίνων ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐπέκτασιν τοῦ ἀνευ διαστροφῆς εἰδώλου, οὕτω
δὲ προκύπτει ἄλλου τύπου διαστροφή αὐτοῦ, ἡ ὁποία καλεῖται *μνηοειδής*.

Τὸ σχ. 113 δεικνύει διαστροφὰς τῶν εἰδώλων ἀντικειμένου ἀποτελουμένου ἐξ ὀρθογωνί-
ου πλέγματος.



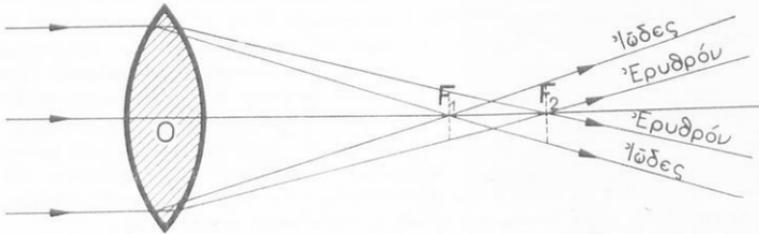
Σχ. 113. Μνηοειδὴς (α) καὶ πιθοειδὴς (γ) διαστροφή τοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου (α),
ἀποτελουμένου ἐξ ὀρθογωνίου πλέγματος.

Ἐάν ὅμως χρησιμοποιούμεν δύο ὁμοίους φακοὺς, τὸ δὲ διάφραγμα Δ τοποθετῆται εἰς
τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ τῶν δύο φακῶν, ἐκάστη τῶν διαστροφῶν τείνει νὰ διορ-
θώσῃ τὴν ἄλλην. Τοῦτο εὐρίσκει πρακτικὴν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν πραγματοποίησιν τῶν φω-
τογραφικῶν φακῶν εἰς τοὺς ὁποίους τὸ διάφραγμα παρεμβάλλεται εἰς κατάλληλον θέσιν
μεταξὺ τῶν φακῶν τοῦ συστήματος.

Δ' Χρωματικὴ ἐκτροπή. Ὡς εἶδομεν εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ πρίσματος (§ 59), τοῦτο
δὲν προκαλεῖ μόνον διάθλασιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ἀλλὰ καὶ ἀνάλυσιν ἢ διασκεδασμὸν τοῦ
φωτὸς αὐτῶν. Τὸ αὐτὸ πρέπει νὰ συμβαίῃ καὶ εἰς τοὺς φακοὺς, οἱ ὁποῖοι, ὡς εἶδομεν, θεω-
ροῦνται ὡς ἀποτελούμενοι ἀπὸ συνδυασμῶν πρισμάτων μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας.
Ὡς ὅμως θέλομεν γνωρίσει, ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ φακοῦ εἶναι διάφορος διὰ
τὰ διάφορα χρώματα καὶ ἔχει ἐλαχίστην μὲν τιμὴν διὰ τὸ ἐρυθρὸν καὶ μείστην διὰ τὸ
ἰώδες. Συνεπείρ τούτου, ὅταν ἐπὶ φακοῦ προσπίπτουν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα
ἀκτίνες λευκοῦ φωτός, ἡ ἑστία τῶν ἰωδῶν ἀκτίνων, ἐπειδὴ διαθλώνται ἐντονότερον διὰ τοῦ
φακοῦ, σχηματίζεται εἰς σημεῖον κείμενον πλησιέστερον πρὸς τὸν φακόν, ἐνθ' αἱ ἐρυθραὶ
ἀκτίνες, ὡς διαθλώνται ὀλιγότερον τῶν ἰωδῶν, συγκεντρώνονται εἰς ἑστίαν, ἡ ὁποία κεῖται
εἰς μεγαλύτεραν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ. Οὕτω, ἐάν ἐπὶ φακοῦ ἀπληραγμένου σφάλματος ἐκ
σφαιρικότητος, προσπίτῃ δέσμη ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, παραλλήλου πρὸς τὸν κύριον ἄξονα

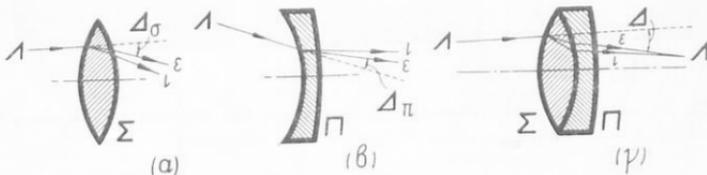
αυτῶν, τότε θὰ προκύψουν δύο ἄκρα ἑστία F_1 καὶ F_2 (σχ. 114), ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία F_1 θὰ ἀντιστοιχῇ εἰς τὰς ἰώδεις ἀκτίνες καὶ ἡ ἄλλη F_2 εἰς τὰς ἐρυθράς, ἐνῶ αἱ ἑστία τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων σχηματίζονται μεταξύ τῶν F_1 καὶ F_2 .

Τὸ μήκος $F_1 F_2$ καλεῖται *διαμήκης χρωματικῆ ἐκτροπῆς*, ἐὰν δὲ τοποθετήσωμεν ἐπίπεδον διάφραγμα κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ κοινῆ κύκλου τῶν



Σχ. 114. Διάγραμμα ἐπεξηγηματικὸν τῆς χρωματικῆς ἐκτροπῆς.

ἰωδῶν καὶ ἐρυθρῶν ἀκτίνων, ἡ ἀκτίς τοῦ κύκλου τούτου καλεῖται *ἐγκαρσία χρωματικῆ ἐκτροπῆς*. Ἀποτέλεσμα τοῦ σφάλματος τούτου εἶναι ὅτι τὰ εἰδῶλα τῶν ἀντικειμένων δὲν εἶναι σαφῆ, ἀλλὰ ἱριδίζοντα. Τὸ σφάλμα τούτο δύναται νὰ διορθωθῇ, ὅτε οἱ χρησιμοποιούμενοι φακοὶ καλοῦνται *ἀχρωματικοὶ* ἢ *ἀποχρωματικοὶ*. Συνήθως, τὸ σφάλμα τῆς χρωματικῆς ἐκτροπῆς διορθοῦται διὰ χρησιμοποίησιν δύο φακῶν, ἐνός ἐκ στεφανιάλου (Crown glass) καὶ ἑτέρου ἐκ πυριτυάλου (Flint glass), συγκολλημένων διὰ βαλσάμου τοῦ Καναδά (σχ. 115). Πάντως, τὸ ἀνωτέρω σφάλμα δὲν αἰρεται τελείως, ἀλλὰ δύναται νὰ μειωθῇ σημαντικῶς.



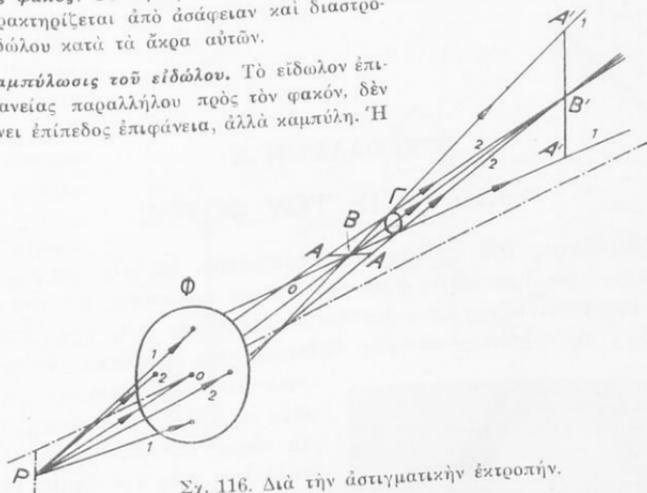
Σχ. 115. Πραγματοποιήσις ἀχρωστικοῦ φακοῦ (Σ ἐκ στεφανιάλου, Π ἐκ πυριτυάλου). Αἱ ἐκτροπαὶ $\Delta\sigma$ καὶ $\Delta\pi$, αἱ προκαλούμεναι ὑπὸ τῶν φακῶν α καὶ β, διὰ συνδυασμοῦ τούτων εἰς γ ἐξουδετερῶνται, ὥστε αἱ ἐρυθραὶ καὶ ἰώδεις ἀκτίνες νὰ παρέχουν κοινὴν ἑστίαν.

Εἶ *Ἐκτροπὴ ἀστigmatικῆς*. Διὰ τὰ σημεῖα τοῦ ἀντικειμένου τὰ κείμενα ἔξω τοῦ ἄξονος τοῦ φακοῦ, ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ ἔχει διάφορον μέγεθος εἰς τὰ διάφορα ἐπίπεδα τὰ διερχόμενα διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ φακοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *ἀστigmatισμός*.

Θεωρήσωμεν φακὸν Φ (σχῆμα 116) καὶ δέσημιν προερχομένην ἐκ τινος σημείου Ρ ἔξω τοῦ κυρίου ἄξονος τοῦ φακοῦ, καὶ προσπίπτουσαν μὲ κλίσιν ὡς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἐὰν πρὸς τὸ ἕτερον μέρος τοῦ φακοῦ τοποθετηθῇ διάφραγμα, δὲν σχηματίζεται ἐπ' αὐτοῦ σαφές εἶδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου. Πράγματι, ἐὰν τὸ διάφραγμα εὐρίσκειται εἰς τὴν κατάλληλον ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, τὸ εἶδῶλον εἶναι μικρὰ εὐθεῖα AA^* , κάθετος ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, ἐνῶ, εἰς μεγαλυτέραν ἀπόστασιν, τὸ εἶδῶλον εἶναι πάλιν εὐθεῖα $A'A'$ κάθετος ὁμοῦ πρὸς τὴν AA^* , ἐνῶ εἰς τὸ ἥμιον περίπου τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο εὐθειῶν εἶναι μικρὸς κύκλος, καὶ τὸ εἶδῶλον τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν μᾶλλον προσεγγίζουσαν πιστὴν ἀπεικόνισιν τοῦ φωτεινοῦ σημείου.

Ἐφ' ὅσον ὁ φακὸς δὲν παρουσιάζει τὸ φαινόμενον τοῦ ἀστιγματισμοῦ καλεῖται *ἀναστιγματικὸς φακός*. Τὸ σφάλμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται ἰδίως εἰς φωτογραφικοὺς φακοὺς, χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἀσάφειαν καὶ διαστρόφας τοῦ εἰδώλου κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν.

Γ'. *Καμπύλωσις τοῦ εἰδώλου*. Τὸ εἶδωλον ἐπιπέδου ἐπιφανείας παραλλήλου πρὸς τὸν φακόν, δὲν εἶναι ἐν γένει ἐπίπεδος ἐπιφάνεια, ἀλλὰ καμπύλη. Ἡ



Σχ. 116. Διὰ τὴν ἀστιγματικὴν ἔκτροπὴν.

καμπυλότης τοῦ εἰδώλου προέρχεται ἐκ τούτου, ὅτι αἱ ἐστίαί τῶν παραλλήλων ἀκτίνων πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα τοῦ φακοῦ δὲν κείνται εἰς τὸ ἐπίπεδον ΕΕ (σχ. 95) ἐπὶ τοῦ ὁποῖου κείται ἡ κυρία ἐστία τοῦ φακοῦ, ἀλλ' ὁ γεωμετρικὸς τόπος αὐτῶν εἶναι τμήμα ἐπιφανείας σφαιρῆς, ὡς δεικνύεται δι' ἐστιγμένης γραμμῆς, δεδομένου ὅτι ὅλαι αἱ ἐστίαί, ὡς π.χ. ἡ Fδ, πρέπει νὰ εὐρίσκωνται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ὡς καὶ ἡ κυρία ἐστία F₁.

Τὸ σφάλμα τοῦτο δύναται νὰ διορθωθῆ εἰς σημαντικὸν βαθμὸν διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσως καταλλήλου συνδυασμοῦ περισσοτέρων φακῶν, τῶν ὁποίων αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος ἐκλέγονται καταλλήλως καὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὕαλον διαφόρου δείκτου διαθλάσεως.

Ζητήματα.

Τί καλοῦμεν φακοὺς καὶ πόσα εἶδη φακῶν διακρίνομεν.

Πότε ὁ φακὸς λέγεται συγκλίνων καὶ πότε ἀποκλίνων, καὶ πῶς ἐξηγοῦμεν τὴν σύγκλισιν καὶ τὴν ἀπόκλισιν τῶν ἀκτίνων ὑπὸ τῶν φακῶν τούτων. Τί καλοῦμεν ὀπτικὸν κέντρον, κύριον ἄξονα καὶ δευτερεύοντα ἄξονα φακοῦ.

Τί καλοῦμεν κυρίαν ἐστίαν καὶ ἐστιακὴν ἀπόστασιν εἰς περιπτώσιν συγκλίνοντος φακοῦ καὶ ποίαν ἰδιότητα παρουσιάζει ὁ δευτερεύων ἄξον τοῦ φακοῦ.

Νὰ κατασκευασθῆ γεωμετρικῶς τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, καὶ εἰς ποίας περιπτώσεις τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν καὶ μεγαλύτερον ἢ μικρότερον τοῦ εἰδώλου καὶ πότε τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

Νὰ δειχθῆ ὅτι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικὴ καὶ ὅτι οὗτος παρέχει πάντοτε φανταστικὰ εἶδωλα. Κατὰ τί διαφέρουν αἱ ἐξισώσεις συγκλίνοντος φακοῦ ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις ἀποκλίνοντος.

Τί καλοῦμεν ἰσὺν φακοῦ καὶ διὰ ποίας μονάδος μετῶνται αὕτη.

Τί καλοῦμεν σύστημα φακῶν καὶ ποία θεμελιώδης πρότασις ἰσχύει διὰ τοῦτο.

Ποῖα τὰ κυριώτερα ἑλαττώματα τῶν φακῶν.

Αφώνισμα
1875

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ΄

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

84. **Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος.** Εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ πρίσματος εἶδομεν ὅτι ὅταν δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ πρίσματος, αὕτη δὲν ὑφίσταται μόνον λόγῳ διαθλάσεως ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βᾶσιν τοῦ πρίσματος, ἀλλὰ ταυτοχρόνως τὸ φῶς ὑφίσταται καὶ ἀνάλυσιν. Οὕτω, εἴαν ἐπὶ



JOSEF FRAUNHOFER (1787 - 1826)

Σημαῖνον Ὀπτικὸς. Ἀπὸ τοῦ 1823 καθήγη-
τὴς εἰς Μόναχον. Κατέστη ὀνομαστός διὰ
τῆς ἀνακαλύψεως τῶν φασματικῶν γραμ-
μῶν, εἰς τὴν ἐργασίαν αὐτοῦ ἐπὶ τῆς περι-
θλάσεως καὶ εἰς τὰς τελειοποιήσεις τὰς ὁ-
ποίας ἐπέφερον εἰς τὰς διόπτρας.

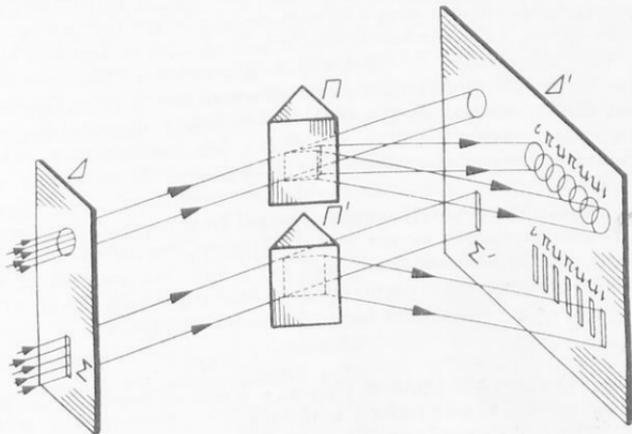
πρίσματος ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ δέ-
σμη παραλλήλων ἀκτίνων, τῆς ὁποίας
τὸ εὖρος περιορίζεται ὑπὸ λεπτῆς πα-
ραλλήλου πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσμα-
τος σχισμῆς, αὕτη ὅταν διέλθῃ διὰ τοῦ
πρίσματος, παρέχει ὡς εἰδωλον ἐπὶ δια-
φράγματος φωτεινὴν ἔγχρωμον ταινίαν,
ἣ ὁποία ἀποτελεῖται, κατὰ σειρᾶν, ἐκ τῶν
ἀκολουθῶν χρωμάτων: *ερυθρόν, πορτο-
καλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, ἀνοι-
κτὸν κυανοῦν, βαθὴν κυανοῦν καὶ ἰώδες*
(σχ. 117). Ἡ διαδοχὴ τῶν χρωμάτων
εἶναι συνεχῆς, χωρὶς οὐδεμίαν νὰ παρατη-
ρῆται διάλειψιν. Τοῦτο, πράγματι, προ-
κειμένον περὶ ἡλιακῶν ἀκτίνων δὲν πα-
ρατηρεῖται, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω,
ἀλλὰ δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τοῦτο εἴαν
πρὸς φωτισμὸν τῆς σχισμῆς χρησιμο-
ποιήσωμεν ὡς πηγὴν βολταϊκὸν τόξον.

Ἐὰν τῇ βοηθείᾳ σκιεροῦ διαφρά-
γματος, παρουσιάξωμεν λεπτὴν σχισμὴν,
ἀπομονώσωμεν ἕνας τὰς ἀκτίνων πλην
ἐνὸς χρώματος, π.χ. τοῦ ἐρυθροῦ, καὶ
διαβιβάσωμεν αὐτὰς δι' ἑτέρου πρίσματος

Π., παρατηροῦμεν ὅτι αἱ ἀκτίνες ἐξέρχονται ἐκ τοῦ πρίσματος, ὑφιστάμεναι
ἀπλῶς ἐκτροπὴν, χωρὶς νὰ παρατηρῆται πλέον ἀνάλυσις αὐτῶν (σχ. 118). Τὸ αὐτὸ
ἰσχύει καὶ διὰ τὰς ἀκτίνων τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων. Ἡ ἔγχρωμος φωτεινὴ ταινία,
ἣ ὁποία σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος, καλεῖται ὄρατον **φάσμα**, αἱ δὲ διαφῶ-

ρου χρώματος ἀκτινοβολία, ἐκ τῶν ὁποίων συντίθεται τὸ λευκὸν φῶς, καλοῦνται **ἀπλαῖ ἀκτινοβολία**, διότι δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἀναλυθοῦν εἰς ἄλλας

ἀπλουστεράς. Ἐὰν πρὸ τοῦ φάσματος λευκοῦ φωτός, τοῦ σχηματιζομένου ἐπὶ διαφράγματος, μετακινήσωμεν φύλλον χάρτου ἔντυπον, παρατηροῦμεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, μόνον ὅταν τοῦτο εὐρίσκειται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κίτρινου, διότι εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην συγκεντρῶνται ἡ μεγάλυ-



Σχ. 117. Ἀνάλυσις δέσμης λευκοῦ φωτός ὑπὸ πρίσματος, εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἡ δέσμη περιορίζεται ὑπὸ κυκλικῆς ὀπῆς καὶ ὑπὸ ὀρθογωνίου σχισμῆς.

τέρα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Τοῦναντίον, εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἐρυθροῦ καὶ εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἰώδους, μετὰ δυσκολίας δυνάμεθα νὰ ἀναγινώσκωμεν τὸ ἔντυπον.

Ἐξ ἄλλου, ἐὰν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος μετακινήσωμεν εὐπαθεῖ θερμοηλεκτρικὴν διάταξιν, αὕτη δεικνύει τὴν ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ἐὰν δὲ δεχθῶμεν τὸ φάσμα ἐπὶ *συνήθους φωτογραφικῆς* πλακῶς

καὶ ἐμφανίσωμεν ἀκολούθως τὴν πλάκα, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη προσβάλλεται καὶ ἐντονώτερον εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἰώδους καὶ οὐδόλως εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἐρυθροῦ, ἐνῶ ἡ προσβολὴ τῆς πλακῶς βαίνει βαθμηδὸν ἐλαττωμένη ἐκ τῆς περιοχῆς τοῦ ἰώδους πρὸς τὴν περιοχὴν τοῦ ἐρυθροῦ. Ἐνεκα ἀκριβῆς τοῦ λόγου



Σχ. 118. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος λευκοῦ φωτός εἶναι ἀπλά.

τούτου, εἰς τὰ φωτογραφικὰ ἐργαστήρια κατὰ τὴν κατεργασίαν τῶν φωτογραφικῶν πλακῶν, χρησιμοποιοῦμεν ἐρυθρὸν φωτισμόν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι αἱ ἀκτίνες, αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἰώδους τοῦ φάσματος, χαρακτηρίζονται ὑπὸ ἐντονωτέρας χημικῆς ἐπενεργείας.

85. Ἐξηγήσις τοῦ φαινομένου τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός. Τὸ φῶς εἰς τὸν κενὸν συνήθους ὕλης χώρον, διαδίδεται μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος, ἀνεξαρτήτως τοῦ χρώματος αὐτοῦ. Ὅταν ὅμως τὸ φῶς διαδίδεται διὰ μέσου τῆς ὕλης, ἡ ταχύτης αὐτοῦ ἐξαρτάται καὶ ἐκ τοῦ χρώματος, καὶ μάλιστα αὕτη αἰξάνεται συνεχῶς ἐκ τοῦ ἐρυθροῦ πρὸς τὸ ἰώδες. Ἐνεκα τοῦ λόγου τούτου, ὁ δείκτης διαθλάσεως, συμφώνως πρὸς τὰ λεγθέντα εἰς τὴν § 41, αἰξάνεται ἐφ' ὅσον προχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἐρυθροῦ πρὸς τὸ ἰώδες. Ἄμεσος συνέπεια τούτου εἶναι ὅτι, ὅταν λευκὸν φῶς διέρχεται διὰ μέσου πρίσματος, ἐπειδὴ τοῦτο, ὡς εἶδομεν, δὲν εἶναι ἄπλουν φῶς, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἑπτὰ κυρίων ἀπλῶν ἀκτινοβολιῶν, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες θὰ ἐκτρέπονται ὀλιγώτερον ὅλων τῶν ἄλλων ὑπὸ τοῦ πρίσματος, ἐνῶ αἱ ἰώδεις ἀκτίνες θὰ ἐκτρέπονται περισσώτερον ὅλων τῶν ἄλλων, οὕτω δὲ τὸ πρίσμα προαλαίει τὴν ἀνάλυσιν τοῦ φωτός.

Κατὰ τὴν ὑπὸ τῶν Huygens - Fresnel διατυπωθεῖσαν θεωρίαν τῶν κυμάτων, ἡ ὁποία ἐξετάζεται λεπτομερῶς εἰς τὴν Φυσικὴν Ὀπτικὴν, δεχόμεθα ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖ κυματικὸν φαινόμενον, δηλαδή διαδίδεται, ὅπως καὶ ὁ ἦχος, διὰ κυμάτων. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν φωτεινῶν κυμάτων εἰς τὸν κενὸν συνήθους ὕλης χώρον ἀνέρχεται εἰς $3 \cdot 10^{10}$ cm · sec⁻¹. Ὅπως δὲ διὰ τὸν ἦχον εἶδομεν ὅτι ἰσχύει ἡ θεμελιώδης σχέσηις:

$$\lambda = c \cdot v \quad \cancel{\lambda = c \cdot v} \quad \lambda = G \cdot v$$

ὅπου λ τὸ μήκος τοῦ ἡχητικοῦ κύματος, c ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἦχου καὶ v ἡ συχνότης, ὁμοίως καὶ διὰ τὸ φῶς ἰσχύει ἡ αὐτὴ σχέσηις.

Ὅπως δ' εἰς τὸν ἦχον εἶδομεν ὅτι ἡ συχνότης ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὕψος τοῦ ἦχου, οὕτω καὶ εἰς τὸ φῶς ἡ συχνότης ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ χρῶμα. Οὕτω, διὰ τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα ἀντιστοιχεῖ συχνότης $375 \cdot 10^{12}$ κύκλοι κατὰ sec, ἐνῶ διὰ τὸ ἰώδες ἡ συχνότης εἶναι ἀκόμη μεγαλυτέρα, ἦτοι: $750 \cdot 10^{12}$ κύκλοι κατὰ sec.

Ἡ συχνότης τοῦ φωτός δὲν μεταβάλλεται ἐκ τῆς μεταβάσεως τοῦ φωτός ἐκ τινος μέσου εἰς ἕτερον, ὡς τοῦτο ἄλλως τε ἰσχύει καὶ διὰ τὸν ἦχον. Ἐάν ὅθεν φῶς συχνότητος v εἰσχωρῇ εἰς δύο μέσα, ὅπου ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ἀντιστοίχως, c_1 καὶ c_2 , τότε εἰς τὰ δύο μέσα θ' ἀντιστοιχοῦν μῆκη κύματος λ_1 καὶ λ_2 , διὰ τὰ ὁποῖα θὰ εἶναι:

$$\lambda_1 = \frac{c_1}{v} \quad \text{καὶ} \quad \lambda_2 = \frac{c_2}{v}$$

Ἐξ ἄλλου, ἐάν καλέσωμεν n_1 καὶ n_2 τοὺς δείκτας διαθλάσεως τῶν δύο μέσων, θὰ ἔχωμεν:

$$n_1 = \frac{c_0}{c_1} \quad \text{καὶ} \quad n_2 = \frac{c_0}{c_2}$$

ὅπου c_0 ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν. Ἐκ τῶν σχέσεων τούτων εὐρίσκομεν εὐκόλως ὅτι εἶναι:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{καὶ} \quad n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2.$$

Οὕτως, ἐπειδὴ ὁ δείκτης διαθλάσεως ἐξαρτάται ἐκ τοῦ χρώματος τῆς ἀκτινοβολίας, δεόν νὰ καθορίζεται πάντοτε τὸ χρῶμα τοῦ φωτός πρὸς τὸ ὁποῖον ἀναφέρεται, ὡς τοιοῦτο δὲ λαμβάνεται συνήθως τὸ κίτρινον χρῶμα, μῆζους κύματος 5890 \AA .

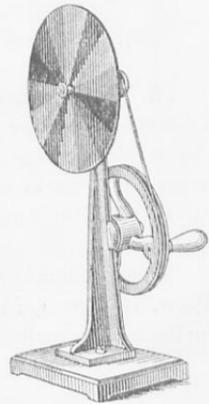
86. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἐάν ἀναμίξωμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασχηματίσωμεν πάλιν τὸ λευκὸν φῶς. Ἡ ἀνάμιξις τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος δύναται νὰ γίνῃ κατὰ ποικίλους τρόπους. Οὕτω, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τοῦτο, ἐάν περιστρέφωμεν λίαν ταχέως τὸ πρίσμα ἐκατέρωθεν τῆς ἀκμῆς αὐτοῦ κατὰ λίαν μικρὰν γωνίαν. Πράγματι, εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος σχηματίζονται συνεχῶς εἰς διαφόρους θέσεις τοῦ διαφράγματος, καὶ ἡ ἀνάμιξις αὐτῶν γίνεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν λόγῳ

$3 \cdot 10^{10}$ cm/sec

τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως, περὶ τῆς ὁποίας θὰ πραγματοποιηθῶμεν εἰς ἄλλην θέσιν, οὕτω δέ, ἀντὶ νὰ βλέπωμεν ἕγχρωμον ταινίαν, παρατηροῦμεν ταινίαν λευκὴν. Δυνάμεθα ἐπίσης νὰ ἐπιτύχωμεν τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ἐὰν περιορίσωμεν τὸ ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτον φῶς, τῇ βοήθειᾳ λεπτῆς σχισμῆς, καὶ δεχθῶμεν, ἐπὶ τοῦ ἐτέρου μέρους, τὸ προκύπτον φάσμα ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ, ὅτε ἐὰν σχη-
ἐπὶ τοῦ ἐτέρου μέρους, τὸ προκύπτον φάσμα ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ, ὅτε ἐὰν σχη-
ἐπὶ τοῦ ἐτέρου μέρους, τὸ προκύπτον φάσμα ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ, ὅτε ἐὰν σχη-
ἐπὶ τοῦ ἐτέρου μέρους, τὸ προκύπτον φάσμα ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ, ὅτε ἐὰν σχη-

87. **Μίξις χρωμάτων.** Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, τὰ ὁποῖα καλοῦνται εἰδι-
κώτερον καθαρὰ φασματικὰ χρώματα, εἶναι ὡς ἀνωτέρω εἶδομεν, ἀπλά-
χρώματα, διότι δὲν εἶναι δυνατόν ν' ἀναλυθῶν εἰς ἄλλα
ἀπλούστερα, διαφέρουν δὲ ταῦτα οὐσιωδῶς τῶν χρωμά-
των τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τεχνητῶς.

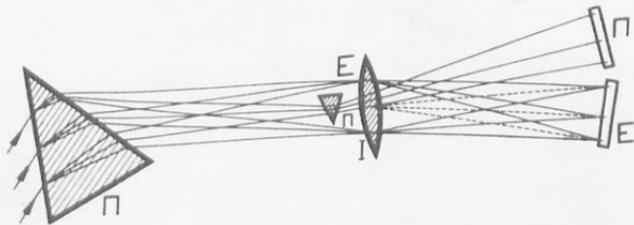
Δύο φασματικὰ χρώματα, τὰ ὁποῖα μὴ γινόμενα πα-
ρέχουν λευκὸν φῶς, καλοῦνται **συμπληρωματικὰ χρώ-
ματα**, τοιαῦτα δὲ εἶναι οἱ ἀκόλουθοι συνδυασμοί: ἐρυ-
θρὸν καὶ πράσινον, κυανὸν καὶ πορτοκαλλόχρουν, κί-
τρινον καὶ ἰώδες. Δυνάμεθα ἐξ ἄλλου διὰ τοῦ πειράμα-
τος νὰ δεῖξωμεν ὅτι τὰ τεχνητὰ χρώματα δὲν συμπίπτουν
τελείως πρὸς τὰ φασματικὰ χρώματα, διότι, ἐὰν ἀναμίξω-
μεν τεχνητὰ χρώματα ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν ὑπὸ τὴν
ὁποίαν εὐρίσκονται τὰ φασματικὰ χρώματα εἰς τὸ λευ-
κὸν φῶς, δὲν παράγεται καθαρὸν λευκὸν φῶς, ὡς π. χ.
τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Νεύτωνος (σχ. 119).



Σχ. 119. Ἡ ἀνάμιξις τῶν χρω-
μάτων γίνεται διὰ περιστρο-
φῆς τοῦ δίσκου.

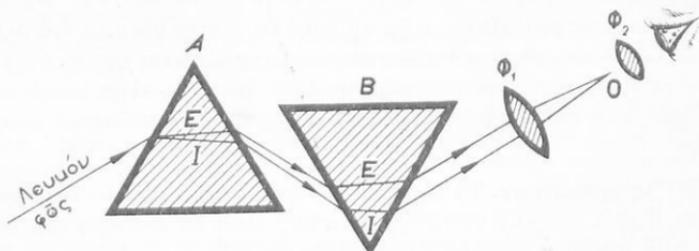
Ἐὰν εἰς τὴν διάταξιν πρίσματος, ἢ ὁποῖα χρησιμοποιεῖται
διὰ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ φωτὸς (σχ. 120), τοποθετήσωμεν εἰς τὴν
περιοχὴν ὅπου σχηματίζεται τὸ φάσμα μικρὸν δξύ πρίσμα, εἰς
τρόπον ὥστε ἐν μέρει τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος νὰ προσπίπῃ
ἐπὶ τοῦ δευτέρου τούτου πρίσματος, τότε τὸ φάσμα, λόγω τῆς μικρᾶς ἐκτροπῆς τὴν ὁποίαν προκαλεῖ τὸ δεύτε-
ρον πρίσμα, διαχω-
ρίζεται εἰς δύο δια-
κεκομμένα μέρη.

Ἐὰν δεχθῶμεν
τὰς ἀκτινοβολίας
ταύτας ἐπὶ συγκλί-
νοντος φακοῦ, τότε
ἐπὶ διαφράγματος
θὰ σχηματισθῶν
δύο εἰδῶλα Π καὶ
Ε, τὰ ὁποῖα ὅμως
θὰ ἔχον διάφορον
χρῶμα, διότι ἐκα-
στον τούτων σχηματίζεται ἐκ τῆς ἀναμίξεως ὁρισμένων μόνων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.
Τὰ χρώματα ταῦτα ἀποτελοῦν ἐκεῖνα ἅτινα προκύπτουν ἐκ τῆς ἀναμίξεως τῶν θεωρουμένων
ἀκτινοβολιῶν, εἶναι δὲ ταῦτα ἐπίσης συμπληρωματικὰ, διότι ἀναμειγνύμενα παρέχουν λευκὸν



Σχ. 120. Διαχωρισμὸς διὰ τοῦ μικροῦ πρίσματος τῶν χρωμάτων
τοῦ φάσματος.

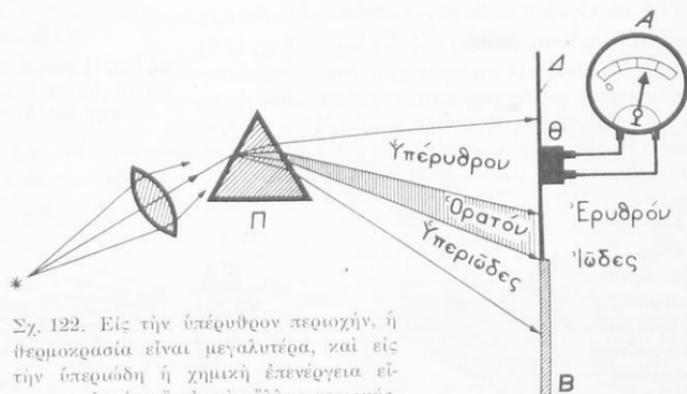
φῶς. Δυνάμεθα ὁμοίως νὰ ἐπιτύχομεν ἀνασύνθεσιν τοῦ λευκοῦ φωτός ἐκ τῶν ἀπλῶν χρωμάτων αὐτοῦ, διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 121.



Σχ. 121. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός εἰς O, ὑπὸ δύο πρισμάτων A καὶ B.

88. Ὅρατὸν φάσμα. Τὸ προηγουμένως ἐξετασθὲν φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ ἀποτελούμενον ἐκ τῶν ἐπὶ ἀπλῶν ἀκτινοβολιῶν, καλεῖται ὁρατὸν φάσμα, διότι αἱ ἀκτινοβολαὶ αὗται διεγείρουν τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως. Ἐν τούτοις, τὸ φάσμα ἐπεκτείνεται καὶ πέραν τῆς ὁρατῆς περιοχῆς, καὶ ἡ μὲν πέραν τοῦ ἐρυθροῦ περιοχῆ καλεῖται **ὑπέρυθρος** (ἢ ὑπερέρυθρος), ἡ δὲ πέραν τοῦ ἰώδους **ὑπεριώδης**.

Ἡ ὑπέρυθρος περιοχὴ ἐξερευνᾶται κυρίως δι' εὐπαθῶν θερμομετρικῶν διατάξεων. Πράγματι, ἐὰν εἰς τὴν ὑπέρυθρον περιοχὴν, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν ἀντιλαμβάνομεθα φῶς, τοποθετήσωμεν εὐπαθῆ θερμομετρικὴν διάταξιν Θ (σχ. 122) παρα-



Σχ. 122. Εἰς τὴν ὑπέρυθρον περιοχὴν, ἡ θερμοκρασία εἶναι μεγαλύτερα, καὶ εἰς τὴν ὑπεριώδη ἢ χημικὴ ἐπενέργεια εἶναι μεγαλύτερα ἢ εἰς τὰς ἄλλας περιοχάς.

τηροῦμεν ὅτι αὕτη δεικνύει ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας. Ἐπίσης, ἐὰν εἰς τὴν μὴ ὁρατὴν ὑπεριώδη περιοχὴν τοῦ φάσματος τοποθετήσωμεν φωτογραφικὴν πλάκα, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη προσβάλλεται. Ὅμοιος, ἐὰν εἰς τὴν ὑπεριώδη περιοχὴν τοποθετήσωμεν ὑάλινην πλάκα χρωματισμένην δι' οὐρανίου ἢ δι' ἄλλης φθοριζούσης οὐσίας, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη φθορίζει.

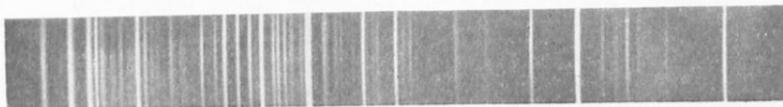
ἐνῶ αἱ διαφοροὶ ὁμάδες ἀφίστανται σημαντικῶς ἀπ' ἀλλήλων. Τυπικὸν φάσμα ταινιῶν δεικνύει τὸ σχ. 124, ἀναφερόμενον εἰς τὸ μοριακὸν φάσμα τοῦ ἄζωτου.

Ἡ γένεσις τῶν φασμάτων ταινιῶν ἐξηγεῖται σήμερον ὡς ἐξῆς: Πολλὰ τῶν ἀερίων ἀποτελοῦνται ἐκ μορίων, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἢ περισσοτέρων ἀτόμων, τὰ ὅποια εἶναι κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον στενῶς συνδεδεμένα μεταξύ των. Οὕτω, τὸ ὑδρογόνον, ὀξυγόνον, ἄζωτον κτλ. εἶναι διατομικὰ ἀέρια, διότι τὸ μόριον αὐτῶν ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἀτόμων.

Ὅταν εἰς σωλῆνα ἠλεκτρικῆς ἐκκένωσης, περιέχοντα π.χ. ὑδρογόνον, ἢ ἐκκένωσις γίνεται ὑπὸ ὑψηλῆν διαφορὰν δυναμικοῦ, τὰ μόρια αὐτοῦ ὑφίστανται διάστασιν, ἢτοι διαχωρίζονται εἰς άτομα, καὶ τὸ φάσμα καλεῖται **ἀτομικόν**. Ἐὰν ὅμως ἡ ἐκκένωσις δὲν γίνεται ὑπὸ ἀρκετῆν διαφορὰν δυναμικοῦ, τότε δὲν παρατηρεῖται διάστασις τῶν μορίων, ὅτε προκύπτει μοριακὸν φάσμα τὸ ὁποῖον εἶναι **φάσμα ταινιῶν**.

Εἰς τὸ σχ. 125 δεικνύεται τὸ φάσμα ἐκπομπῆς ἀτμῶν καλίου, ἐνῶ εἰς τὸ σχ. 127 δεικνύεται τὸ φάσμα ἐκπομπῆς ἀτμῶν σιδήρου.

Σχ. 125.



Σχ. 126.



Σχ. 127.



Σχ. 125. Φάσμα ἐκπομπῆς καλίου, μεταξύ 3000 καὶ 5000 Å.

Σχ. 126. Φάσμα ἀπορροφῆσεως νατρίου, μεταξύ 2400 καὶ 2860 Å.

Σχ. 127. Φάσμα ἐκπομπῆς σιδήρου, μεταξύ 2200 καὶ 5000 Å.

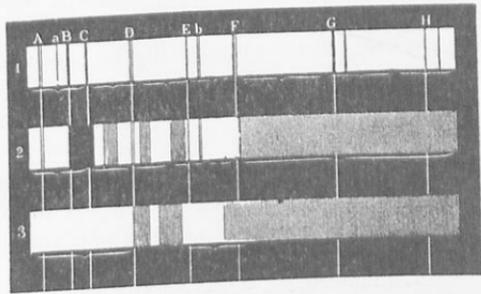
90. Φάσμα ἀπορροφῆσεως. Ἐκτὸς τῶν ἄνω τύπων φασμάτων, διακρίνομεν καὶ τὸ φάσμα ἀπορροφῆσεως, τὸ ὁποῖον προκύπτει ὅταν μεταξύ τοῦ πρίσματος καὶ τῆς πηγῆς λευκοῦ φωτός παρεμβάλωμεν οὐσίαν διαφανῆ. Οὕτω, ὅταν τὸ λευκὸν φῶς διέρχεται διὰ μέσου τῆς οὐσίας, αὕτη ἀπορροφᾷ ὀρισμένας ἀκτινοβολίας, ὅτε τὸ ὑπόλοιπον φῶς, ἀναλυόμενον διὰ τοῦ πρίσματος, δὲν παρέχει συνεχῆ φάσμα, ἀλλὰ εἰς ὀρισμένας περιοχὰς διακόπτεται. Τὸ οὕτω δὲ προκύπτον φάσμα καλεῖται **φάσμα ἀπορροφῆσεως**.

Αἱ περιοχαὶ ἀπορροφῆσεως εἶναι, διὰ τὰ στερεὰ καὶ ὑγρὰ σώματα, ἀρκετοῦ εὗρους, ἐνῶ διὰ τὰ ἀέρια εἶναι λεπταὶ γραμμαί. Οὐσία, αἱ ὅποια δὲν προκαλοῦν ἀπορροφήσιν διὰ τὸ ὄρατον φάσμα ἢ ἔχουν λίαν στενάς περιοχὰς ἀπορροφῆσεως, εἶναι διαφανεῖς ὡς ἡ ὕαλος. Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός δὲν εἶναι τελείως συνεχές, ἀλλὰ διακόπτεται ὑπὸ λεπτῶν σκοτεινῶν γραμμῶν ἢ ραβδώσεων, αἱ ὅποια καλοῦνται **γραμμαὶ Fraunhofer**, αἱ ἐντονώτεραι δὲ τούτων χαρακτηρίζονται διὰ

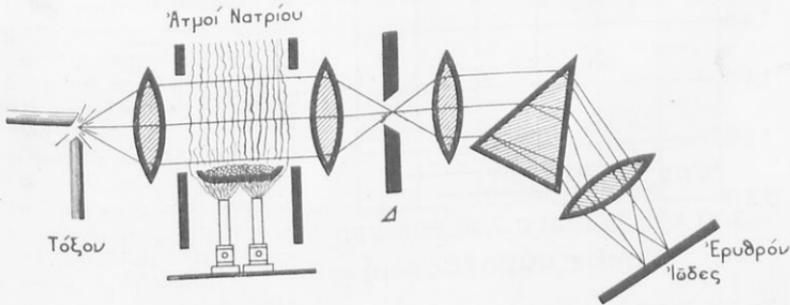
τῶν γραμμῶν Α, Β, C, D, E, F, G, Η (σχ. 128,1). Αἱ γραμμαὶ αὐτὰ ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησην ὠριμένων ἀκτινοβολιῶν ἐκ τοῦ φωτός τοῦ ἐκπεμπομένου ἐκ τῆς διαπύρου ἐπιφανείας τοῦ ἡλιακοῦ πυρήνος (φωτόσφαιρα), ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρας

τοῦ Ἡλίου (χρωμόσφαιρα), ἐνῶ μερικαὶ ἐξ αὐτῶν ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησην ὑπὸ τῆς γῆνης ἀτμοσφαιρας (τελουρικαὶ γραμμαί). Τὸ ἡλιακὸν ὄθεν φάσμα μετὰ τὰς γραμμάς Fraunhofer ἀποτελεῖ τὸ φάσμα ἀπορροφήσεως τῶν ἐν τῇ χρωμοσφαιρᾷ περιεχομένων ἀερίων. Ἐκ τῆς θέσεως δὲ τῶν σκοτεινῶν ραβδώσεων εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα, συνάγεται ἡ ὑπαρξὶς πολλῶν ἐκ τῶν χημικῶν στοιχείων εἰς τὴν χρωμόσφαιραν. Πλήρες ἡλιακὸν φάσμα μετὰ τῶν ραβδώσεων Fraunhofer δεικνύεται εἰς τὸν ἐγχρωμον πίνακα φασμάτων (φάσμα ὄν).

Ἡ ἐξήγησις τῆς γενέσεως τῶν γραμμῶν Fraunhofer εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα ἐγένετο ὑπὸ τοῦ Kirchhoff, ὁ ὁποῖος ἀπέδειξε ὅτι αὐτὰ ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησην τοῦ φωτός ὑπὸ ἀτμῶν ψυχροτέρων, εὐρισκομένων εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν τοῦ Ἡλίου, καὶ διετύπωσε τὴν ἀρχὴν ὅτι: ἀτμός ἢ ἀέριον ἀπορροφᾷ ἐντονώτερον τὸ φῶς τοῦ αὐτοῦ χρώματος ἢ τοῦ αὐτοῦ μήκους κύματος, τὸ ὁποῖον ὁ ἀτμός οὗτος ἐπέμπει διὰ ἀποτελεῖ πηγὴν ἀκτινοβολίας.



Σχ. 128. Φάσματα ἀπορροφήσεως: 1) Ραβδώσεις Fraunhofer τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. 2) Φάσμα ἀπορροφήσεως χλωροφύλλης. 3) Φάσμα ἀπορροφήσεως αἵματος.



Σχ. 129. Πειραματικὴ διάταξις τῆς ἀντιστροφῆς τῶν ραβδώσεων.

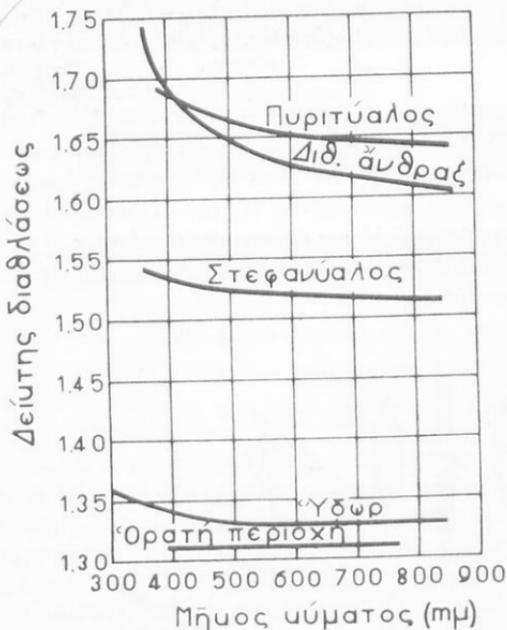
Ἡ ὡς ἄνω ἀρχὴ κατεδείχθη πειραματικῶς ὡς ἀκολουθῶς: Μεταξὺ τῆς φωτεινῆς πηγῆς λευκοῦ φωτός, π.χ. βολταϊκοῦ τόξου, καὶ πρίσματος, τοποθετεῖται λύχνος Bunsen (σχ. 129) εἰς τὸν ὁποῖον εἰσάγομεν καταλλήλως τεμάχιον μεταλλ-

λικού νατρίου, τὸ ὁποῖον οὕτω ἐξαερούται εἰς τὴν φλόγα καὶ ἡ ὁποία ὡς ἐκ τῆς παρουσίας ἀτμῶν νατρίου λαμβάνει χρῶμα κίτρινον. Ἐὰν διαβιβάσωμεν ἀκολούθως τὸ φῶς διὰ πρίσματος καὶ δεχθῶμεν τὸ προκῦπτον φάσμα ἐπὶ διαφράγματος, παρατηρούμεν ὅτι εἰς τὴν θέσιν τῆς κίτρινης περιοχῆς ἀναφαίνεται σκοτεινὴ γράβωσις, προερχομένη ἐξ ἀπορροφῆσεως τῆς ἀντιστοίχου κίτρινης περιοχῆς τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, ὑπὸ τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου, οἱ ὁποῖοι εἶναι ψυχροτεροὶ ἀπὸ τὸ βολταϊκὸν τόξον.

Τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν φαινόμενον καλεῖται εἰδικώτερον **ἀντιστροφή τῶν γαβδώσεων**.

Εἰς τὸ σχ. 128, τὰ φάσματα (2) καὶ (3) δεικνύουσι ἀντιστοίχως φάσματα ἀπορροφῆσεως διαλύματος χλωροφύλλης καὶ αἵματος, ἐνῶ εἰς τὸ σχ. 126 δεικνύεται τὸ πλήρες φάσμα ἀπορροφῆσεως ἀτμῶν νατρίου εἰς τὴν ὑπεριώδη περιοχὴν.

91. Διασκεδασμὸς προκαλούμενος ὑπὸ πρίσματος.



Σχ. 130. Μεταβολὴ τοῦ δείκτη διαθλάσεως μετὰ τοῦ μήκους κύματος.

ὁμαλή, ὡς π.χ. εἰς τὸ ὕδωρ. Οὐσίαι, αἱ ὁποῖαι δεικνύουσι ἀτόμοιον μεταβολὴν τοῦ δείκτη διαθλάσεως, προκαλοῦν μεγάλον διασκεδασμὸν καὶ ἔχουσι συνήθως μέγαν δείκτην διαθλάσεως.

Τὸ μέγεθος τοῦ διασκεδασμοῦ τὸν ὁποῖον προκαλεῖ πρίσμα καθορίζεται ὑπὸ τῆς γωνιακῆς ἀποστάσεως ὀρίσμενον ἀκτινοβολιῶν ἢ χρωμάτων εἰς τὸ φάσμα.

Αἱ διάφοροι ὁραταὶ ἀκτινοβολαί, ὅταν διαδίδονται ἐντὸς τῆς ὕλης, ὑφίστανται μείωσιν τῆς ταχύτητος διαδόσεως αὐτῶν. Ἡ ἰσθὴς ἀκτινοβολία ὑφίσταται τὴν μεγαλύτεραν μείωσιν, καὶ ἡ ἐρυθρὰ τὴν μικροτέραν. Οὕτω, ἡ ἰσθὴς ἀκτινοβολία ὑφίσταται τὴν μεγαλύτεραν ἐξτροπήν, διερχομένη διὰ πρίσματος οὐσίας τίνος, καὶ ἡ ἐρυθρὰ τὴν μικροτέραν.

Ἡ μεταβολὴ τοῦ δείκτη διαθλάσεως μετὰ τοῦ μήκους τοῦ κύματος καλεῖται **οπτικὸς διασκεδασμὸς τῆς οὐσίας**, διὰ μετρήσεως δὲ τοῦ δείκτη διαθλάσεως διὰ τὰ διάφορα μήκη κύματος δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν σχετικὰς καμπύλας, αἱ ὁποῖαι νὰ δεικνύουσιν τὸν νόμον τῆς μεταβολῆς τοῦ δείκτη διαθλάσεως μετὰ τοῦ μήκους κύματος (σχ. 130). Ἐκ τῶν καμπυλῶν τούτων βλέπομεν ὅτι ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι τόσοσιν μεγαλύτερος, ὅσον τὸ μήκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας εἶναι μικρότερον.

Ἡ μεταβολὴ τοῦ δείκτη διαθλάσεως διὰ τὴν ὁρατὴν περιοχὴν τοῦ φάσματος εἶναι εἰς ἄλλας μὲν οὐσίας ἀτόμοτος, ὡς π.χ. εἰς τὸν διθειοῦχον ἄνθρακα, εἰς ἄλλας δὲ

Ὅτι τὸ μέγεθος τοῦ διασζεδασιμοῦ διὰ τὴν ἐρυθρὰν καὶ ἰσθὴν περιοχὴν μετρεῖται ὑπὸ τῆς διαφορᾶς $\Delta_i - \Delta_e$ ἢ ὁποῖα καθορίζει τὴν γωνιακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν, ὅταν τὸ πρίσμα ἔζη τὴν Νευτώνειον θέσιν. Ἐὰν δὲ διὰ ψ καλέσωμεν τὴν γωνιακὴν ἀπόστασιν, θὰ ἔχωμεν:

$$\psi = \Delta_i - \Delta_e \quad (1)$$

Ἐξ ἄλλου, μεταξὺ δεύκτου διαθλάσεως n , διαθλαστικῆς γωνίας A τοῦ πρίσματος καὶ τῆς γωνίας Δ τῆς ἐλαχίστης ἐκτροπῆς, ὑφίσταται ἡ σχέση:

$$n = \frac{\eta\mu \frac{A + \Delta}{2}}{\eta\mu \frac{A}{2}} \quad (2)$$

Ἐὰν δὲ ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος δὲν εἶναι ἀνωτέρω τῶν 30° , δυνάμεθα ἀντὶ τῶν ἡμιτόνων νὰ λάβωμεν ἀνευ αἰσθητοῦ σφάλματος τὰ τόξα, ὅτε προκύπτει:

$$\Delta = A(n - 1) \quad (3)$$

Ἡ προσεγγίζουσα αὕτη σχέση ἐπιτρέπει νὰ εὐρίσκωμεν τὴν τιμὴν τοῦ ὀπτικοῦ διασζεδασιμοῦ δι' ἀκτινοβολίας ὀρισμένων μηχῶν κύματος.

Παράδειγμα. Νὰ εὐρεθῇ ὁ διασζεδασιμὸς διὰ τὴν κυανὴν ἀκτινοβολίαν μήκους κύματος 4681 \AA καὶ τὴν ἐρυθρὰν μήκους κύματος 6563 \AA , τὴν ὁποίαν προζαλεῖ πρίσμα στεφανώλου, διαθλαστικῆς γωνίας $15^\circ = 0,262 \text{ rad}$.

Ἐκ τοῦ τύπου (1) εὐρίσκομεν:

$$\psi = \Delta_x - \Delta_e = A(n_x - 1) - A(n_e - 1) = A(n_x - n_e)$$

Ἐκ τοῦ πίνακος δ. διαθλάσεως ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μηχῶν κύματος εὐρίσκομεν: $n_x = 1,5233$

καὶ $n_e = 1,5146$, ἐπομένως:

$$\psi = 0,262(1,5233 - 1,5146) = 0,00288 \text{ rad} = 7^\circ 8'$$

Παρατήρησις. Συνήθως, τὸ πηλίκον τῆς ἐκτροπῆς ἀκτινοβολίας διὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος καλεῖται *σχετικὴ ἐκτροπή*, παριστᾶται δὲ συνήθως διὰ δ , καὶ ὡς ἐκ τοῦ τύπου (3) συνάγεται, εἶναι:

$$\delta = \frac{\Delta}{A} = n - 1.$$

Προκειμένου δὲ περὶ ὀρισμένων ἀκτινοβολιῶν, ὡς τοιαύτας δὲ συνήθως λαμβάνομεν τὰς ραβδόσεις F καὶ C τοῦ Fraunhofer, καλοῦμεν σχετικὸν διασζεδασιμὸν ($\sigma.δ$) τὴν παρόστασιν:

$$\sigma.δ = \frac{\Delta_F - \Delta_C}{A} = (n_F - 1) - (n_C - 1) = n_F - n_C$$



ROBERT WILHELM BUNSEN
(1811-1899)

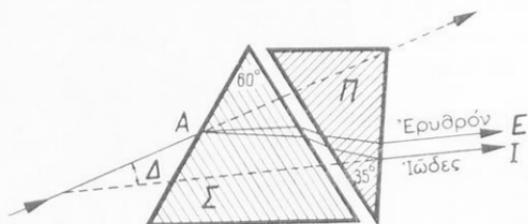
Γερμανὸς Χημικὸς, ὀνομαστὸς διὰ πολυαπλάς ἀναζαλύσεις ἐν τῇ Φυσικῇ (λύχνος Bunsen, στοιχείον Bunsen, θερμιδόμετρον Bunsen). Κατέστη ὅμως ὀνομαστὸς, διότι ἐν συνεργασίᾳ μετὰ τοῦ Kirchhoff ἀποτελεῖ τὸν θεμελιωτὴν τῆς φασματοσκοπικῆς ἀναλύσεως.

Τὸ πληκτικὸν μεταξὺ σχετικῶν διασκεδασμῶν καὶ τῆς σχετικῆς ἐκτροπῆς ἀναφερομένης εἰς τὴν ράβδωσιν D τοῦ νατρίου, ἀποτελεῖ τὴν διασκεδαστικὴν δυνάμιν, καὶ παριστᾶται συνήθως διὰ ω , εἶναι δέ:

$$\omega = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$$

Ἐνίοτε, πρὸς καθορισμὸν τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν, ἀντὶ τῶν γραμμῶν F καὶ C, λαμβάνονται αἱ γραμμαὶ B καὶ H ἢ A καὶ H.

92. Ἀχρωματικὸν πρίσμα. Ἐπειδὴ αἱ διάφοροι ὕλοι δεκνύουσιν διαφορὰς ὡς πρὸς τὰς χαρακτηριστικὰς διασκεδασμῶν αὐτῶν, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν καταλλήλως δύο πρίσματα ἐξ διαφορῶν οὐσιῶν, ὥστε νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὸν διασκεδασμὸν, ἀλλὰ νὰ παραμένῃ ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων.



Σχ. 131. Διάταξις ἀχρωματικῶν πρίσματος ἐκ στεφανυάλου (Σ) καὶ πυριτυάλου (Π).

Γοιοῦτον ἀχρωματικὸν πρίσμα δεκνύει τὸ σχ. 131, πραγματοποιούμενον ἐκ δύο πρισμάτων, ἑνὸς ἐκ στεφανυάλου καὶ ἑτέρου ἐκ πυριτυάλου, παρουσιαζόντων ὀρισμένας διαθλαστικὰς γωνίας καὶ διατεταγμένον ὡς δεκνύεται εἰς τὸ σχῆμα.

Παράδειγμα. Νὰ ὑπολογισθῇ πρίσμα ἐκ πυριτυάλου, τὸ ὁποῖον συνδυαζόμενον πρὸς πρίσμα στεφανυάλου διαθλαστικῆς γωνίας 15° , νὰ παρέχῃ ἀχρωματικὸν πρίσμα δια τὴν κωνίαν γραμμὴν F καὶ τὴν ἐρυθράν C.

Ἐφ' ὅσον τὸ πρίσμα θὰ εἶναι ἀχρωματικόν, πρέπει οἱ ὀπτικοὶ διασκεδασμοὶ ψ_{Π} καὶ ψ_{Σ} νὰ εἶναι ἴσοι, ἤτοι $\psi_{\Pi} = \psi_{\Sigma}$

Ἐάν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς προηγουμένας σχέσεις, θὰ ἔχωμεν:

$$A_{\Pi} (n_F - n_C) = A_{\Sigma} (n'_F - n'_C)$$

Διὰ τὴν στεφανυάλον εἶναι $n_F = 1,5233$ $n_C = 1,5146$

> > πυριτυάλον > $n'_F = 1,6385$ $n'_C = 1,6224$

Ἀντικαθιστώντες τὰς τιμὰς τοῦ A_{Π} καὶ τῶν δεκτικῶν διαθλάσεως εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον, εὐρίσκομεν:

$$A_{\Sigma} = 15^\circ \left(\frac{0,0037}{0,0161} \right) = 8,1^\circ$$

Ἡ ἐκτροπὴ παρέχεται ἀπὸ τὸν τύπον:

$$\Delta_D - \Delta'_D = A_{\Pi} (n_D - 1) - A_{\Sigma} (n'_D - 1)$$

Λαμβανομένου δὲ ὑπ' ὄψιν ὅτι:

$$\text{διὰ τὴν στεφανυάλον εἶναι } n_D = 1,5171$$

$$> > \text{πυριτυάλον } > n'_D = 1,6272$$

προκύπτει:

$$\Delta_D - \Delta'_D = 15^\circ (0,5171) - 8,1^\circ (0,6272) = 2,7^\circ$$

93. Άχρωματικός φακός. Ο φακός συνήθως ύπολογίζεται να είναι άχρωματικός διά δύο ακτινοβολίας, ως τοιαύται δε λαμβάνονται συνήθως αί C και F, διά τας οποίας ο φακός πρέπει να παρουσιάξη την αὐτήν ἐστιακὴν ἀπόστασιν. Ὡς ἐλέχθη, εἰς σελίδα 64, οἱ ἀχρωματικοὶ φακοὶ πραγματοποιοῦνται συνήθως ἐκ δύο φακῶν, ἐνὸς ἐκ στεφανύλου καὶ ἑτέρου ἐκ πυριτυάλου. Ὡς ἐκ τῆς πλήρους θεωρίας τῶν ἀχρωματικῶν φακῶν δεικνύεται, ἐπειδὴ ὁ ἀποχρωματισμὸς, πρέπει ὁ λόγος τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ φακοῦ στεφανύλου $(f_1)_D$ ὡς πρὸς τὴν ἀκτινοβολίαν D, πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν $(f_2)_D$ τοῦ φακανύλου να εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀντίστοιχον λόγον τῆς διασκεδαστικῆς δυνάμεως ω_1 καὶ πυριτυάλου να εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀντίστοιχον λόγον τῆς διασκεδαστικῆς δυνάμεως ω_2 τοῦ στεφανύλου πρὸς τὴν τῆς πυριτυάλου ω_2 με ἀρνητικὸν σημεῖον, ἥτοι:

$$\frac{(f_1)_D}{(f_2)_D} = -\frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Ἐπειδὴ ὁ λόγος τῶν ἐστιακῶν ἀποστάσεων εἶναι ἀρνητικὸς, ἔπεται ὅτι ὁ εἰς τῶν φακῶν πρέπει να εἶναι συγκλίνων καὶ ὁ ἄλλος ἀποκλίνων. Αἱ τιμαὶ τῶν ω_1 καὶ ω_2 ὑπολογίζονται βάσει τῶν δεικτῶν διαθλάσεως ἐκ τοῦ τύπου τοῦ παρέχοντος τὸ ω τῆς σελ. 76.

Παράδειγμα. Συγκλίνων φακὸς ἀπὸ στεφανύλου ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν 35 cm διά φῶς νατρίου. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις φακοῦ ἐκ πυριτυάλου διά φῶς νατρίου, ὁ ὁποῖος, συνδυαζόμενος πρὸς τὸν πρῶτον φακόν, να ἀποτελέσῃ ἀχρωματικόν φακόν. Πόση ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ συστήματος;

Ἐκ τοῦ πίνακος δ, διαθλάσεως, εὐρίσκομεν τὰς τιμὰς τῶν n_C , n_F καὶ n_D καὶ ἐπὶ τῇ βάσει αὐτῶν ὑπολογίζομεν τὰς τιμὰς ω_1 καὶ ω_2 διά τὴν στεφανύλου καὶ πυριτυάλου ὅτε ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ἀνωτέρω τύπου εὐρίσκομεν $(f_2)_D = -65$ cm. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ συστήματος ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου, ἐξ οἷ ἐρίσκομεν $f = 80,3$ cm.

94. Ἀνώμαλος διασκεδασμός. Διὰ τοῦ ὄρου τούτου χαρακτηρίζομεν τὸ ὀπτικὸν φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται ἀνωμαλία ὡς πρὸς τὴν συνήθη τάξιν τῶν χρωμάτων ἐκ τῆς φάσματος, τὸ ὁποῖον σχηματίζομεν διὰ πρίσματος ἐκ διαφόρων οὐσιῶν. Ὀπτῶ παρατηρεῖται ὅτι μέρος τοῦ φάσματος, διὰ τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ μικρὸν μῆκος κύματος, παρουσιάζει μισρὸτερον δείκτην διαθλάσεως ἀπὸ ἄλλην περιοχὴν εἰς τὴν ὁποῖαν ἀντιστοιχεῖ μεγαλύτερον μῆκος κύματος, τοῦτο δ' ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα να προκαλῆ ἀντιστροφὴν τῆς τάξεως τῶν χρωμάτων εἰς τὸ φάσμα διὰ τὰς δύο ταύτας περιοχάς.

Ὁ ἀνώμαλος διασκεδασμός παρατηρήθη διὰ πρῶτην φοράν ὑπὸ τοῦ Talbot, ἐξηγεῖται ὁμοίως ὑπὸ τοῦ Le Roux (1861), ὅστις ἐξηγησε κατὰ τοῦτο κοῖλον ὑάλινον πρίσμα πλῆρες με ἀτμίους ἰωδίου, εὔρε δὲ ὅτι τὸ ἰῶδες ἐκτρέπεται ὀλιγότερον ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸν καὶ ὅτι ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι 1,00205 διὰ τὸ ἐρυθρὸν καὶ 1,00192 διὰ τὸ ἰῶδες. Ἀκολούθως ὁ Christiansen (1870) ἐκ τῆς σπουδῆς τοῦ φάσματος, τὸ ὁποῖον παρέχει κοῖλον ὑάλινον πρίσμα, περιέχον 18% οἰνοπνευματικὸν διάλυμα φουξίνης, παρατήρησεν ὅμοιον φαινόμενον ἀνωμάλου διασκεδασμοῦ.

Ἡ φουξίνη ἀνήκει εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν χρωστικῶν οὐσιῶν ἀνιλίνης, ἔχει χρῶμα ἐρυθρο-ἰῶδες (magenta) εἰς τὸ διερχόμενον φῶς, καὶ χρησιμοποιεῖται πολλάκις διὰ τὴν παρασκευὴν ἐρυθρῆς μελάνης. Φωτιζομένη ὑπὸ ἡλιακοῦ φωτός, δεικνύει χρῶμα κυανοπράσινον, ὀφείλεται δὲ τοῦτο εἰς ἐκλεκτικὴν ἀνάκλασιν.

Τὸ φάσμα τὸ ὁποῖον παρέχει κοῖλον ὑάλινον πρίσμα, πλῆρες οἰνοπνευματικοῦ διαλύ-

ματος φουξίνης, εἴτε ὅξυ πρίσμα ἐκ στερεᾶς φουξίνης, παρουσιάζει τὴν ἀκόλουθον τάξιν χρωμάτων: πρῶτον χρῶμα δὲν εἶναι τὸ ἐρυθρὸν, ἀλλὰ τὸ κυανόν, ἀμέσως ἀκολουθεῖ τὸ ἰώδες, καὶ διακόπτεται κατόπιν ὑπὸ σποτεινῆς ζώνης, ὀφειλομένης εἰς ἀπορρόφησιν, μετὰ δὲ

Ε	Π	Κ	Πρ.	Κυ.	ΒΚ.	Ι	Κανονικόν
Κυ.	ΒΚ.	Ι			Ε	Π	Ἄνωμαλον

Σχ. 132. Ἡ γραμμοσυστασμένη περιοχὴ δηλοῖ ταινίαν ἀπορροφήσεως, ἐκατέρωθεν τῆς ὁποίας προκύπτει ὁ ἀνώμαλος διασκεδασμός.

Τὸ σχ. 132 δεικνύει ἄνωθεν μὲν τὸ κανονικὸν φάσμα, κατόθεν δὲ τὸ ἀνώμαλον φάσμα τὸ παρεχόμενον ὑπὸ πρίσματος φουξίνης.

Βραδύτερον, ἀνεκαλύφθησαν καὶ πλείστα ἄλλα οὐσία εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουν πολλὰ χρωστικὰ οὐσία ἀνίλησις, αἱ ὁποῖαι δεικνύουν τὸ φαινόμενον τοῦ ἀνωμάλου διασκεδασμοῦ, ὡς π.χ. ἡ γλωφοφύλλη, ἔγχρωμοι ὕαλοι διὰ διδυμίον, οὐράνιον ἢ κοβαλτίου, ἀτμοὶ μετὰλλον, ὡς τοῦ νατρίου, καὶ ἀέρια ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας, ὡς π.χ. τοῦτο παρατηρεῖται εἰς τὰς ἥλιακὰς προεξοχάς, τὰς παρατηρούμενας κατὰ τὴν διάρκειαν ἡλιακῶν ἐκλείψεων.

Τὰ φάσματα ὅλων τῶν οὐσιῶν τούτων δεικνύουν ταινίας ἀπορροφήσεως καὶ μάλιστα ἐκατέρωθεν τῆς ταινίας ταύτης παράγεται ὁ ἀνώμαλος διασκεδασμός.

Αἱ αὐταὶ οὐσία, ἐκτός τοῦ ἀνωμάλου διασκεδασμοῦ, δεικνύουν καὶ ἐκλεκτικὴν ἀνάκλασιν, ὀφειλομένην τούτου εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς, τοῦ ὁποίου τὸ μῆκος κύματος κείται ἐντὸς τῆς περιοχῆς τῆς ζώνης ἀπορροφήσεως, ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν δι' ὅλας τὰς τιμὰς τῆς γωνίας προσπτώσεως, περιλαμβανομένης καὶ τῆς γωνίας 0°. Τοῦτο ὑποδηλοῖ ὁμοῦ ἄπειρον τιμὴν διὰ τὸν δείκτην διαθλάσεως, ὡς προκύπτει ἐκ τοῦ τύπου $n = 1/\eta\lambda$, ὅπου λ ἡ ὀριζή γωνία ὅτε διὰ $\lambda = 0$, ἦτοι διὰ κάθετον πρόσπτωσιν εἶναι $\eta\lambda = 0$ καὶ $n = \infty$.

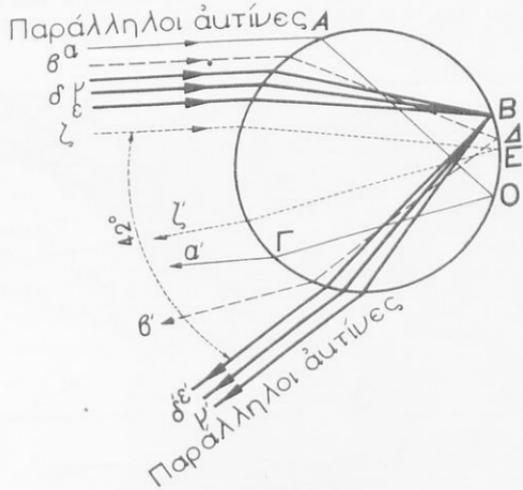
95. Οὐράνιον τόξον. Τοῦτο ἀποτελεῖ ὀπτικὸν φαινόμενον, ὀφειλόμενον εἰς τὴν ἀνάκλασιν καὶ ὀλικὴν ἀνάκλασιν τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων ἐπὶ μικρῶν σφαιρικῶν σταγονιδίων ὕδατος, τὰ ὁποῖα αἰωροῦνται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν ἐν καιρῷ βροχῆς ἢ ὀμίχλης.

Τὸ οὐράνιον τόξον βλέπει ὁ παρατηρητὴς ἐπὶ τῆς Γῆς, ὅταν ὁ ἥλιος εὐρίσκειται κατὰ 42° ὑπεράνω τοῦ ὀρίζοντος, σχηματίζεται δὲ τὸ τόξον πάντοτε πρὸς τὸ μέρος ἐκεῖνο τοῦ παρατηρητοῦ πρὸς τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἡ σκιά του.

Τὸ σχ. 133 δεικνύει τὴν ὀπτικὴν συμπεριφορὰν σταγόνος εἰς τὴν περίπτωσιν παραλλήλων ἐρυθρῶν ἀκτίνων. Οὕτω βλέπομεν ὅτι αἱ παράλληλοι ἀκτίνες γ , δ καὶ ϵ , λόγῳ τῆς συγκεντρωτικῆς ἰκανότητος τῆς σταγόνος, σχηματίζουν ἐστίαν εἰς Β, ἀνακλώμενα δὲ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς σταγόνος εἰς Β, ἐξέρχονται ἀκολουθῶς ἐξ αὐτῆς ὡς παράλληλοι δέσμαι ἀκτίνων γ' , δ' , ϵ' , ἡ δέσμη δὲ αὕτη σχηματίζει, μετὰ τῆς ἀρχικῆς, γωνίαν 42°, καὶ παρατηρητὴς εὐρισκόμενος εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης τῶν ἀκτίνων θὰ βλέπῃ ἐρυθρὸν φῶς. Μόνον ὑπὸ τὴν γωνίαν 42°, ἡ ἐξερχομένη ἐκ τῆς σταγόνος δέσμη εἶναι ἔντονος, ἐνῶν δι' ὅλας τὰς ἄλλας γωνίας εἶναι πολὺ ἀσθενής.

Εἰς τὸ σχ. 134 δεικνύεται ἡ ὀπτικὴ συμπεριφορὰ δύο σταγόνων ὡς πρὸς τὸ

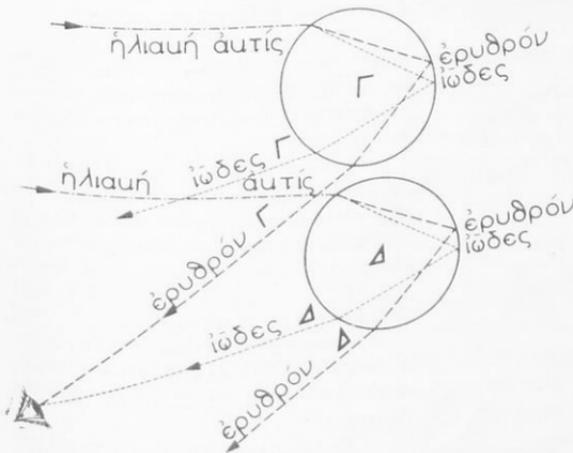
ερυθρὸν καὶ ἰώδες μέρος τῆς ἡλιακῆς ἀκτίνος. Οὕτω, ἡλιακὴ ἀκτὶς εἰσχωροῦσα ἐντὸς τῆς σταγόνος Γ, ὑφίσταται ἀνάλυσιν καί, συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα, ἡ ἀκτὶς ἐρυθροῦ χρώματος θὰ ἐξέλθῃ ἐκ τῆς σταγόνος κατὰ διάφορον διεύθυνσιν ἢ ἡ ἰώδης, τὸ αὐτὸ δὲ ἰσχύει καὶ διὰ τὴν σταγόνα Δ. Οὕτω βλέπομεν ὅτι ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρητοῦ, τιθέμενος εἰς τὴν κατάλληλον θέσιν, βλέπει ἐρυθρὸν φῶς προερχόμενον ἐκ τῆς ἄνω σταγόνος Γ καὶ ἰώδες ἐκ τῆς κάτω σταγόνος Δ. Ἔνεκα τοῦ λόγου τούτου, τὸ ἔξω μέρος τοῦ πρωτεύοντος οὐρανίου τόξου φαίνεται ἐρυθρὸν καὶ τὸ ἔσω ἰώδες, ἐνῶ τὰ ἄλλα χρώματα διαδέχονται ἀλλήλα κατὰ τὴν αὐτὴν τάξιν, ὡς καὶ εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα.



Σχ. 133. Διάθλασις παραλλήλων ἀκτίνων διὰ μιᾶς σταγόνος ὕδατος.

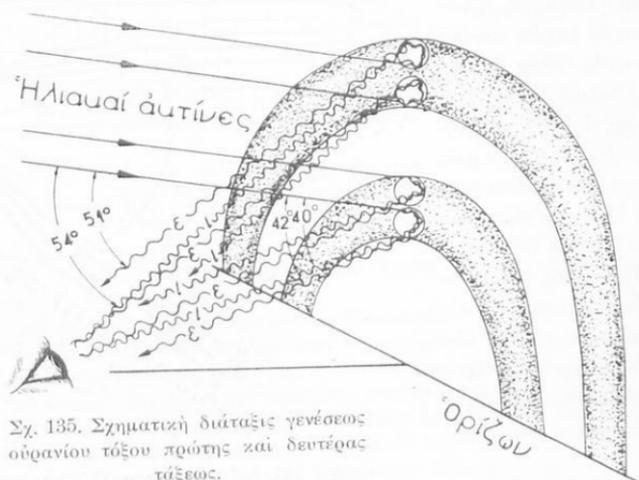
Τὸ σχ. 135, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν προγενεστέρως ἐκτεθέντων, παρέχει τὸν τρόπον τῆς γενέσεως τοῦ πρωτεύοντος οὐρανίου τόξου, εἰς τὸ ὁποῖον, ἐντὸς ἐκάστης σταγόνος, τὸ φῶς ὑφίσταται μίαν μόνον ἀνάκλασιν.

Ἐκτὸς ὁμοῦ τοῦ πρωτεύοντος οὐρανίου τόξου, παρατηρεῖται καὶ τὸ δευτερεῖον τοιοῦτον (ἄνω τόξον σχ.135). Τοῦτο δὲ γεννᾶται ὅταν τὸ φῶς ὑφίσταται δύο διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐντὸς τῆς σταγόνος, διότι αἱ ἡλιακαὶ ἀκτίνες δὲν εἰσχωροῦν εἰς τὴν σταγόνα ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος αὐτῆς, ἀλλὰ ἀπὸ τὸ κάτω. Ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζουν εἰς τὸ πρωτεῦον τόξον αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες, πρὸς τὴν ἀρχικὴν δέσμη, εἶ-



Σχ. 134. Διάταξις διαθλάσεως ἡλιακῶν ἀκτίνων διὰ δύο σταγόνων. Ὁ ὀφθαλμὸς ἐκ τῆς μιᾶς σταγόνος δέχεται ἐρυθρὸν φῶς καὶ ἐκ τῆς ἄλλης ἰώδες.

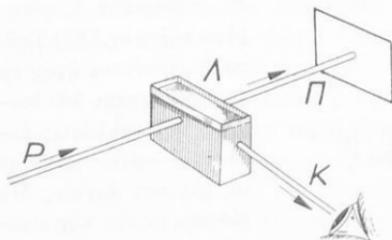
να 42° , ἐνῶ ἡ αὐτὴ γωνία διὰ τὰς ἰώδεις εἶναι 40° εἰς τὸ δευτερεῖον τόξον, τοῦ ὁποίου τὸ ἔξω μέρος εἶναι ἰώδες καὶ τὸ ἔσω μέρος ἐρυθρόν, ἤτοι ἡ τάξις τῶν χρωμάτων εἶναι ἀντίστροφος τῆς τοῦ πρωτεύοντος τόξου. Ἡ γωνία τῶν ἐρυθρῶν ἀκτίνων πρὸς τὴν ἀρχικὴν δέσμην εἶναι 51° καὶ τῶν ἰωδῶν 54° .



Σχ. 135. Σχηματικὴ διάταξις γενέσεως οὐρανίου τόξου πρώτης καὶ δευτέρας τάξεως.

96. Κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ. Ἐν τῇ ἀτμοσφαίρῃ γενικῶς αἰωροῦνται μῦρια ἄλλα σωματίδια τῶν ὁποίων αἱ διαστάσεις εἶναι μικρότεραι ἀπὸ τὸ μεγαλύτερον μῆκος κύματος τοῦ ὁρατοῦ φωτός. Τὰ σωματῖα ὅμως ταῦτα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ προκαλοῦν ἐντονωτέραν διασπορὰν τῶν μικροτέρων μηκῶν κύματος τοῦ ὁρατοῦ φωτός, ὡς δὲ ἐδείχθη ὑπὸ τοῦ Rayleigh, τὸ μέγεθος τῆς διασπορᾶς εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογον τῆς τετάρτης δυνάμεως τοῦ μήκους κύματος.

Οὕτω, ὅταν παρατηροῦμεν δέσμην λευκοῦ φωτός ἐκ τῶν πλαγίων, ἀντισταθμιζόμεθα ὅτι αὐτὴ ἔχει κυανόχρουν χροιάν, λόγῳ τοῦ διασπειρωμένου φωτός κατὰ τὴν διεύθυνσιν ταύτην.



Σχ. 136. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἐκλεκτικῆς διασπορᾶς καὶ τοῦ κυανοῦ χρώματος τοῦ οὐρανοῦ.

Ἐπίσης, τὸ φῶς τὸ ὁποῖον δεχόμεθα ἐκ τοῦ Ἡλίου, ὅταν οὗτος εὐρίσκεται πλησίον τοῦ ὀριζήντος, διανύει ἐντὸς τῆς γῆνης ἀτμοσφαίρας πολὺ μεγαλύτεραν διαδρομὴν ἢ ὅταν οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὸ Ζενίθ.

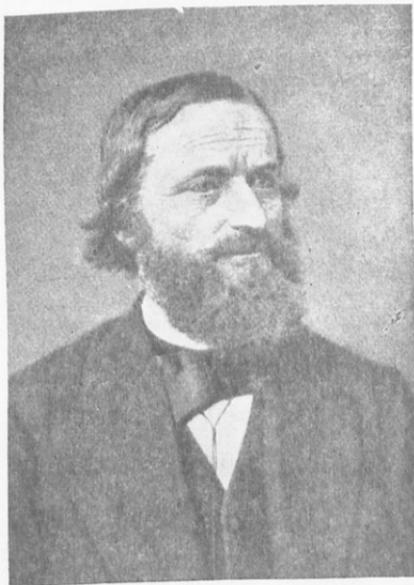
Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἀντίστοιχος διασπορὰ τῶν ἀκτίνων μικροτέρου μήκους κύματος εἶναι ἐντονωτέρα ἢ τῶν ἐρυθρῶν, διὰ τοῦτο ὁ δίσκος τοῦ Ἡλίου φαίνεται ἐρυθροπῶς κατὰ τὰς στιγμὰς τῆς Ἀνατολῆς καὶ τῆς Δύσεως.

Ἐὰν ἐξ ἄλλου παρατηροῦμεν τὸν οὐρανὸν κατὰ διεύθυνσιν ἢ ὁποία νὰ ἀφίσταται ἀπὸ τὸν Ἡλίον, τότε δεχόμεθα διεσπαρμένον φῶς, εἰς τὸ ὁποῖον ἐπικρατοῦν ἀκτίνες μικροῦ μήκους κύματος καί, ὡς ἐκ τούτου, ὁ οὐρανὸς ἔχει τὸ χαρακτηριστικὸν κυανοῦν χρῶμα.

Αυγάμεθα ἄλλως τε ὡς ἀποδείξομεν τὴν ἐκλεκτικὴν διασπορὰν τῶν μικροῦ μήκους κύματος ἀκτίνων δια τῆς ἀζολούθου διατάξεως (σζ. 136). Εἰς παραλληλεπίπεδον ὑαλίνην λεκάνην Λ θέτομεν ὕδωρ εἰς τὸ ὁποῖον προστίθεται ποσότης οἰνοπνευματικοῦ διαλύματος λευκῆς μαστίχης. Ἀζολούθως ἀφίνομεν γὰ διέλιθῃ διὰ τῆς λεκάνης δέσμη ἀκτίνων, λευκοῦ φωτός P , προερχομένη ἐκ λυχνίας βολταϊκοῦ τόξου, ὅτε, ἐὰν σχηματίσωμεν τὸ εἶδοςλον τοῦ κρατήρος ἐπὶ διαφράγματος Π , βλέπομεν ὅτι τοῦτο ἔχει χροῖα πορτοκαλλοχρῶν, λόγῳ τῆς διασπορᾶς τοῦ μικροῦ μήκους κύματος φωτός, ἐνῶ παρατηροῦντες ἀπὸ τῆς πλευρᾶς K , βλέπομεν ὅτι τὸ ὑγρὸν ἔχει κυανοῦν χροῖα, διότι ὁ ὀφθαλμὸς δέχεται ἐν τῇ θέσει ταύτῃ τὸ φῶς ἐκ διασπορᾶς.

97. Φθορισμός καὶ φωσφορισμός. Φθορισμὸν καλοῦμεν τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον οὐσία ἀπορροφᾷ ἀκτινοβολίας, ἢ ἄλλως, φῶς τὸ ὁποῖον ὅμως ἀμέσως ἐπανεκπέμπει, ἀλλὰ ὑπὸ μήκος κύματος μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μήκος κύματος τῆς ἀρχικῆς ἀπορροφηθείσης ἀκτινοβολίας. Συνήθως ὁ ὅρος φθορισμὸς ἀναφέρεται εἰς τὴν ἀόρατον ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ἢ ὅποια ἀπορροφωμένη ὑπὸ οὐσίας φθοριζούσης ἐπανεκπέμπεται ὑπ' αὐτῆς, ἀλλ' ὑπὸ μήκος κύματος μεγαλύτερον, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ὄρατὴν περιοχὴν τοῦ φάσματος. Αἱ συνήθεις φθορίζουσαι λυχνίαί εἶναι λυχνία δι' ἀτιμῶν ὑδραργύρου ὑπὸ χαμηλὴν πίεσιν, οἱ ὁποῖοι ἐν διαπύρῳ καταστάσει παρέχουν φῶς πλουσιώτατον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας (μήκους κύματος 2537 \AA). Ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ σωλῆνος τῆς λυχνίας, περικαλύπτεται ὑπὸ φθοριζούσης οὐσίας, ἢ ὅποια ἀπορροφῶσα τὸ ἀόρατον ὑπεριώδες φῶς ἐπανεκπέμπει τοῦτο ὡς ὄρατον φῶς.

Ἐπάρχουν ὅμως καὶ ὠρισμένα οὐσία, τῶν ὁποίων τὰ μόρια διαταράσσονται τόσον πολὺ ἐκ τῆς ἀπορροφωμένης φωτεινῆς ἐνεργείας, ὥστε ταῦτα δὲν δύνανται νὰ ἐπανέλθουν ἀμέσως εἰς τὴν ἀρχικὴν των κατάστασιν ἰσορροπίας, οὕτω δὲ τὰ σώματα ταῦτα ἐξακολουθοῦν νὰ ἐκπέμπουν φῶς καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς διεγερούσης αὐτὰ πηγῆς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ κρυσταλλοφθορισμὸν, καλεῖται **φωσφορισμός**. Οὕτω, τὸ θειοῦχον βάριον παρατεταμένον φθορισμὸν, καλεῖται **φωσφορισμὸν**, τὰ σώματα δὲ ταῦτα καὶ τὸ θειοῦχον ἀσβέστιον δεικνύουν ἔντονον φωσφορισμὸν, τὰ σώματα δὲ ταῦτα ἐκτιθέμενα εἰς τὸ ἥλιακὸν φῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἡμέρας διεγείρονται τόσον ἔντονως, ὥστε νὰ ἐκπέμπουν εἰς τὸ σκότος φῶς ἐπὶ πολλὰς ὥρας.



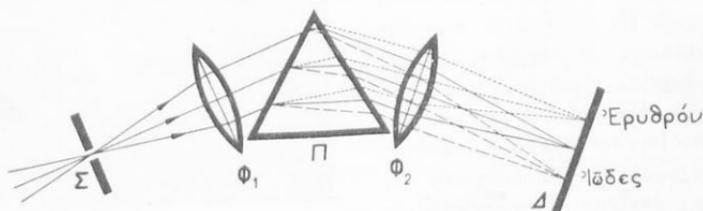
GUSTAV KIRCHHOFF (1824-1887)

Γερμανὸς Φυσικὸς. Καθηγητὴς τοῦ Πανεπιστημίου Heidelberg (1854-1875), ἀπὸ δὲ τοῦ 1875 τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Βερολίνου. Ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεῖνας του εἰς τὴν φασματοσκοπίαν, ἐπὶ τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ (νόμοι τοῦ Kirchhoff) ὡς καὶ ἐπὶ τῆς θερμοκτικῆς ἀκτινοβολίας τῶν σωμάτων.

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

98. Τόσον τὸ φάσμα ἐκπομπῆς, ὅσον καὶ τὸ φάσμα ἀπορροφίσεως στοιχείου τινὸς χαρακτηρίζουν τὸ στοιχεῖον τοῦτο, καὶ ἐπομένως δυνάμεθα ἐκ τῆς σπουδῆς τοῦ φάσματος νὰ ἀποδείξωμεν τὴν ὑπαρξιν τοῦ στοιχείου τούτου. Οἱ πρῶτοι οἱ ὁποῖοι ἐφήρμοσαν τὴν σπουδὴν τῶν φασμάτων πρὸς ἀνίχνευσιν χημικῶν στοιχείων εἶναι οἱ Bunsen καὶ Kirchhoff (1859), οἱ ὁποῖοι διεμόρφωσαν τὴν φασματοσκοπικὴν ἀνάλυσιν, σπουδαιότατον βοηθητικὸν μέσον διὰ τὴν Χημείαν. Μεγίστης ἐπίσης σημασίας εἶναι ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων, διὰ τῆς ὁποίας κατεδείχθη ὅτι ἐπ' αὐτῶν ὑφίστανται ὅλα τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς Γῆς. Ἐπίσης ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν φασμάτων τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων προέκυψαν σπουδαῖα συμπεράσματα ἐπὶ τῆς καταστάσεως, τῆς ἰστορίας, καὶ τῆς ἐξελιξέως αὐτῶν.

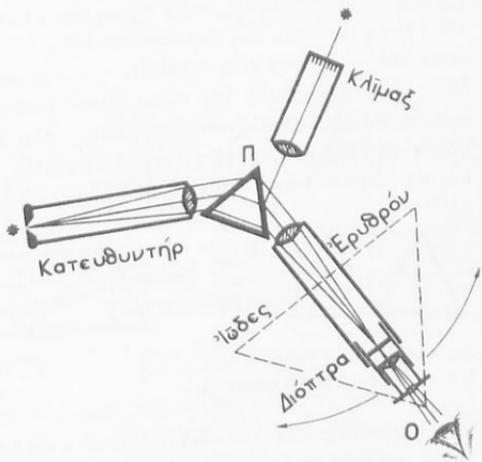
Ὁ κλάδος ὁ ὁποῖος ἀσχολεῖται εἰς τὴν συστηματικὴν σπουδὴν τῶν φασμάτων καλεῖται **φασματοσκοπία**, τὰ δὲ ὄργανα τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον καλοῦνται **φασμασκόπια** ἢ **φασματόμετρα**· ἐὰν δὲ πρὸς τούτοις τὸ ὄργανον φέρῃ διάταξιν, ἡ ὁποία χρησιμεύει καὶ διὰ τὴν φωτογράφησιν τοῦ φάσματος, καλεῖται **φασματογράφος**.



Σχ. 137. Ἀρχὴ τῆς πραγματοποιήσεως φασματοσκοπίου.

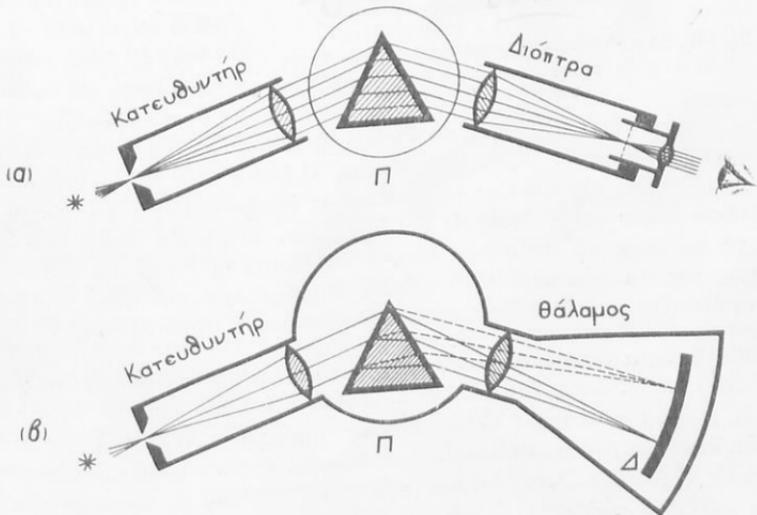
Εἰς τὸ σχῆμα 137 δεικνύεται στοιχειώδης διάταξις φασματοσκοπίου. Τὸ φῶς εἰσχωρεῖ διὰ στενῆς σχισμῆς Σ, εὐρισκομένης εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον συγκλίνοντος φακοῦ Φ₁, ὅτε αἱ ἐκ τοῦ φακοῦ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες ἀποτελοῦν δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων. Ἡ σχισμὴ καὶ ὁ φακὸς τοποθετοῦνται εἰς τὰ ἄκρα μεταλλικοῦ σωλήνων ἀκτίνων. Ἡ σχισμὴ καὶ ὁ φακὸς τοποθετοῦνται εἰς τὰ ἄκρα μεταλλικοῦ σωλήνων ἀκτίνων, ὁ ὁποῖος καλεῖται **κατευθυντήρ**. Ἡ ἐκ τοῦ φακοῦ ἐξερχομένη δέσμη ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ πρίσματος Π, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὸν διασκεδασμὸν τοῦ φωτός, ὅτε αἱ ἐξερχόμεναι ἐξ αὐτοῦ ἑγχρωμοὶ ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ ἐτέρου συγκεντρωτικοῦ φακοῦ Φ₂, ὁ ὁποῖος παρέχει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς σχισμῆς δι' ἐκάστην ἀκτινοβολίαν, οὕτω δὲ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ σχηματίζεται τὸ συνεχές φάσμα, ἐφ' ὅσον πρόκειται περὶ λευκοῦ φωτός. Δυνάμεθα, ἀντὶ νὰ δεχθῶμεν τὸ φάσμα ἐπὶ διαφράγματος, νὰ παρατηρήσωμεν αὐτὸ διὰ μεγεθυντικοῦ φακοῦ, ὅτε τὸ σύστημα τοῦ συγκεντρωτικοῦ καὶ μεγεθυντικοῦ φακοῦ, οἱ ὁποῖοι τοποθετοῦνται εἰς τὰ ἄκρα ἐτέρου σωλήνος, ἀποτελεῖ διόπτραν παρατηρήσεως. Ἐκ τούτου βλέπομεν

ὅτι τὰ κύρια μέρη φασματοσκοπίου εἶναι ὁ **κατευθυντήρ**, τὸ **πρίσμα** καὶ ἡ **διόπτρα** παρατηρήσεως. Τὸ φασματοσκόπιον συμπληροῦνται καὶ διὰ τρίτου σωλῆνος ὁ ὁποῖος εἰς τὸ ἐμπρόσθιον μέρος αὐτοῦ φέρει συγκλίνοντα φακόν, ἐνῶ εἰς τὸ ὀπίσθιον διαφανῆ κλίμακα, ἢ ὁποῖα εὐρίσκεται ἀκριβῶς εἰς τὸ ἔστιαικόν ἐπίπεδον τοῦ φακοῦ τούτου (σχ. 138). Ἡ διαφανῆς κλίμαξ φωτίζεται καταλλήλως, καὶ ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τῆς μιᾶς ἕδρας τοῦ πρίσματος σχηματίζεται εἰς τὸ ὀπτικόν πεδίου τῆς διόπτρας πραγματικὸν εἶδωλον αὐτῆς, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται συγχρόνως μετὰ τοῦ φάσματος διὰ μέσου τοῦ προσοφθαλμίου συστήματος τῆς διόπτρας. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς κλίμακος, δυνάμεθα νὰ βαθμολογήσωμεν τὸ φασματοσκόπιον εἰς μῆκη κύματος. Τὸ σχ. 139 δεικνύει τὰ κύρια μέρη φασματοσκοπίου ὡς καὶ φασματογράφου εἰς τὸν ὁποῖον τὸ προσοφθαλμικὸν σύστημα τοῦ φασματοσκοπίου ἔχει ἀντικατασταθῆ ὑπὸ φωτογραφικῆς διατάξεως.



Σχ. 138. Ἀναλυτικὸν διάγραμμα φασματοσκοπίου μετὰ κλίμακος βαθμολογίας.

Τὸ σχ. 139 δεικνύει τὰ κύρια μέρη φασματοσκοπίου ὡς καὶ φασματογράφου εἰς τὸν ὁποῖον τὸ προσοφθαλμικὸν σύστημα τοῦ φασματοσκοπίου ἔχει ἀντικατασταθῆ ὑπὸ φωτογραφικῆς διατάξεως.

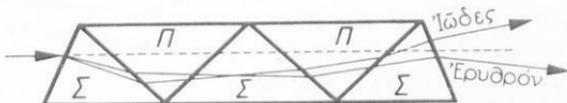


Σχ. 139. Στοιχειώδες ἀναλυτικὸν διάγραμμα φασματοσκοπίου (α) καὶ φασματογράφου (β), δεικνύον τὴν διαφορὰν τῶν δύο συσκευῶν.

99. Φασματοσκόπιον εὐθυσκοπίας. Ἐὰν τρία πρίσματα, δύο ἐκ στεφανυάλου καὶ τὸ ἄλλο ἐκ πυριτυάλου, τοποθετηθῶν τὸ ἓν πλησίον τοῦ ἄλλου (σχ. 140) εἶναι δυνατόν διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῶν διαθλαστικῶν γωνιῶν νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὰς ὑπὸ τῶν πρισματικῶν προκαλουμένας ἐκτροπὰς τῶν ἀκτίνων. Ἐπειδὴ ὁμως ὁ διασκεδασμός τῆς πυριτυάλου εἶναι διπλάσιος τῆς στεφανυάλου, ὁ διασκεδασμός θὰ ἐξακολουθῇ νὰ ὑφίσταται, οὗτω δὲ τὸ κεντρικὸν μέρος τοῦ φάσματος φωτεινῆς δέσμης, π.χ. τὸ κίτρινον, ἐξέρχεται πρακτικῶς κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν τὴν ὁποίαν εἶχεν ὅταν εἰσῆλθε διὰ τοῦ πρίσματος.

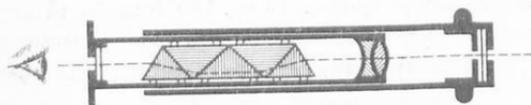


Σχ. 140. Πρίσμα εὐθυσκοπίας διὰ τριῶν πρισματικῶν (Amici).



Σχ. 141. Πρίσμα εὐθυσκοπίας διὰ πέντε πρισματικῶν.

Εἰς τὸ σχ. 141 δεικνύεται πρίσμα εὐθυσκοπίας ἀποτελούμενον ἐκ συνδυασμοῦ πέντε πρισματικῶν (τριῶν ἐκ στεφανυάλου καὶ δύο ἐκ πυριτυάλου). Τὰ φασματοσκόπια τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦν διὰ τὸν διασκεδασμὸν τοῦ φωτός τοιοῦτο πρίσμα καλοῦνται **φασματοσκόπια εὐθυσκοπίας**. Τὸ σχ. 142 δεικνύει μικρὸν φασματοσκόπιον εὐθυσκοπίας, εἰς



Σχ. 142. Στοιχειώδες φασματοσκόπιον εὐθυσκοπίας μετὰ πέντε πρισματικῶν, φακοῦ καὶ σχισμῆς.

τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται πέντε πρίσματα, τρία ἀπὸ στεφανυάλου καὶ δύο ἀπὸ πυριτυάλου. Εἰς τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ μέρος τοῦ σωλήνος τοῦ φασματοσκοπίου ὑπάρχει σχισμὴ

διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται τὸ φῶς τὸ ὁποῖον, τῇ βοήθειᾳ συγκλίνοντος συστήματος φακῶν, μετατρέπεται εἰς παράλληλον δέσμην. Ἡ δέσμη αὕτη διέρχεται ἀκολουθῶς διὰ τοῦ πρίσματος εὐθυσκοπίας καὶ ἀκολουθῶς ἐξερχομένη ἐξ αὐτοῦ εἰσχωρεῖ ἐκ τοῦ ἐτέρου ἄκρου τοῦ σωλήνος εἰς τὸν ὀφθαλμὸν. Ὁ εἰς τῶν σωλήνων ὁ ὁποῖος φέρει τὰ πρίσματα καὶ τὸν φακὸν δύναται νὰ ὀλισθαίνῃ ἐντὸς τοῦ σωλήνος τοῦ φέροντος τὴν σχισμὴν, οὗτω δὲ δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν θέσιν τοῦ φακοῦ, ὥστε αἱ ἐξερχόμενα αὐτοῦ ἀκτίνες νὰ ἀποτελοῦν παράλληλον δέσμην.

100. Φασματοσκόπιον σταθερᾶς ἐκτροπῆς. Τὸ φασματοσκόπιον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ πρίσματος (σχ. 143) τὸ ὁποῖον ἔχει ὑποστῆ τοιαύτην κατασκευασίαν, ὥστε αἱ γωνίαι του νὰ ἔχουν τὰς ἀκολουθούσας τιμὰς: $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 75^\circ$, $\gamma = 135^\circ$, $\delta = 60^\circ$. Ἡ ἐπενέργεια τοιοῦτου πρίσματος δύναται νὰ κατανοηθῇ ἐὰν φέρωμεν τὴν γραμμὴν $αγ$ καὶ τὴν κάθετον ἐπ' αὐτὴν $βε$ ἐκ τῆς κορυφῆς β , ὅτε τὸ πρίσμα ὑποδιαιρεῖται εἰς τρία πρίσματα, τὸ $αβε$, διὰ τὸ ὁποῖον εἶναι $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 30^\circ$ καὶ $\epsilon = 90^\circ$, τὸ $αγδ$ διὰ τὸ ὁποῖον εἶναι $\alpha = 30^\circ$, $\delta = 60^\circ$ καὶ $\gamma = 90^\circ$ καὶ εἰς τὸ πρῶ-

σμα βεγ δια τὸ ὅποιον εἶναι $\beta = 45^\circ$, $\gamma = 45^\circ$ καὶ $\epsilon = 90^\circ$. Τὸ τελευταῖον τοῦτο πρῖσμα χρησιμοποιεῖται ὡς πρῖσμα τῶν ἀκτῖνων δεικνύεται ὅτι ἡ ἐκτροπὴ μεταξὺ τῆς προσοπτικῆς καὶ τῆς ἕξερχομένης ἀκτίνος εἶναι 90° καὶ ὅτι δι' ὅλας τὰς θέσεις τοῦ πρῖσματος ἡ κεντρικὴ ἀκτίς τῆς ἕξερχομένης δέσμης ἔχει τὴν ἐλάχιστην ἐκτροπὴν.

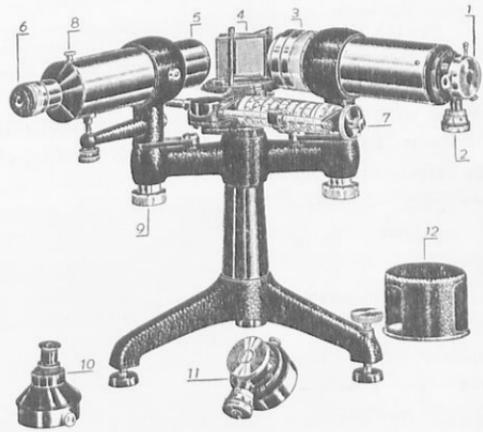


Σχ. 143. Στοιχειώδες διάγραμμα φασματοσκοπίου σταθερᾶς ἐκτροπῆς.

Ἐπὶ τῆς τραπέζης τοῦ πρῖσματος ὑπάρχει κλιμαξ, ἡ ὁποία ἐπιτρέπει νὰ ἔχωμεν δι' ἀμέσου ἀναγνώσεως τὸ μῆκος κύματος τῆς παρατηρουμένης κέντρον τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου τῆς γενικῆν ὄψιν φασματομέτρου ἀκριβείας, σταθερᾶς ἐκτροπῆς.

φασματικῆς γραμμῆς, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται εἰς τὸ πλάξ τῆς διόπτρας παρατηρήσεως. Τὸ σχ. 144 δεικνύει τὴν ἀκριβείας, σταθερᾶς ἐκτροπῆς.

Ἐπίσης τὸ σχ. 145 δεικνύει στοιχειώδως τὴν διάταξιν φασματοσκοπίου μετὰ πολλῶν πρισμάτων διὰ τὴν αὐξησιν τοῦ διασκεδάσμου.



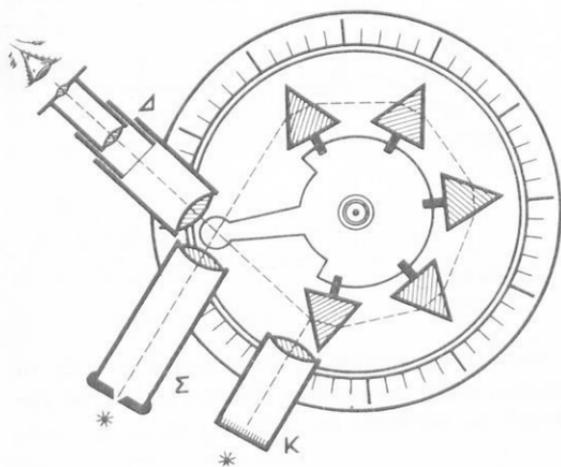
Σχ. 144. Φασματοσκόπιον ἀκριβείας σταθερᾶς ἐκτροπῆς. 1, 2, 3 κατευθυντήρ, 4 πρῖσμα, 5, 8, 6 διόπτρα παρατηρήσεως, 7 μηχανισμὸς μετρήσεως τοῦ μήκους κύματος, 12 προφυλακτικὸν διὰ τὸ φῶς κάλυμμα τοῦ πρισματος, 10 ἀνταλλακτικὸς προσοφθάλμιος τῆς διόπτρας, 11 ἀνταλλακτικὴ σκισμὴ τοῦ κατευθυντήρος.

Εἰς τὸ σχ. 146 δεικνύεται κατὰ τίνα τρόπον φασματομέτρον σταθερᾶς ἐκτροπῆς μετασχηματίζεται εἰς φασματογράφον, ὅπου εἰς τὴν θέσιν τοῦ προσοφθαλμίου τῆς διόπτρας παρατηρήσεως προσαρμόζεται καταλλήλως φωτογραφικὴ διάταξις ἐπιτρέπουσα τὴν ἀπεικόνισιν τοῦ φάσματος ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός.

Τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα φασματοσκόπια καὶ φασματομέτρα χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἐξερεύνησιν κυρίως τῆς ὁρατῆς περιοχῆς τοῦ φάσματος.

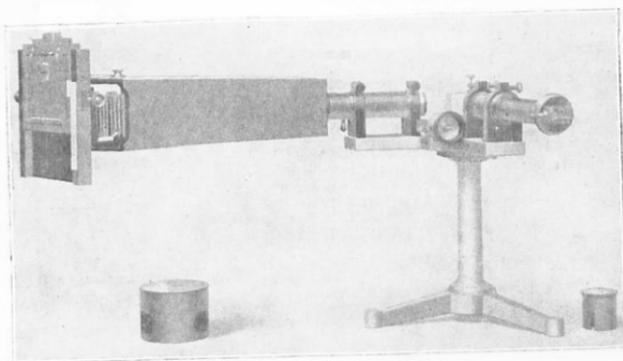
101. Μονοχρωμάτωρ. Οὗτω καλεῖται συσκευή ἡ ὁποία παρέχει ἀκτινοβολίαν ὀρισμένου μήκους κύματος, πρὸς σπουδὴν τῆς ὀπτικῆς συμπεριφορᾶς τῶν σωμάτων. Ἡ ἀρχὴ τῆς συσκευῆς ταύτης στηρίζεται ἐπὶ τῆς διατάξεως τοῦ σχ. 118, ὅπου εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀναστροφῆς δέσμης λευκοῦ φωτός ὑπὸ πρισματος, παρεμβάλλομεν διάφραγμα μετὰ λεπτῆς σχισμῆς διὰ τοῦ ὁποίου ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ φῶς ὀρισμένου μόνον χρώματος.

102. Ὑπεριώδες φάσμα. Διὰ τὴν ἐξερεύνησιν τῆς ὑπεριώδους περιοχῆς τοῦ φάσματος, χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ φασματογράφοι εἰς τοὺς ὁποίους τὸ πρίσμα καὶ οἱ φακοὶ κατασκευάζονται ἐκ χαλαζίου, ὃ ὁποῖος δὲν ἀπορροφᾷ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, ὡς τοῦτο συμβαίνει μετὰ τὴν συνήθη ὕαλον.



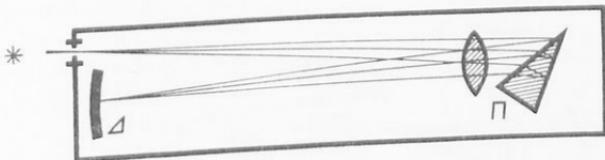
Σχ. 145. Φασματοσκόπιον μετὰ πέντε πρισμαίων.
Σ φατεῦθνητήρ, Δ διόπτρα παρατηρήσεως, Κ κλιμαξί.

ὥστε τὰ μήκη κύματος τῶν διαφόρων γραμμῶν αὐτοῦ νὰ δύνανται νὰ καθορισθοῦν δι' ἀμέσου ἀναγνώσεως. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις, τὸ ἄγνωστον φάσμα φωτογραφεῖται μετὰ ἐτέρου γνωστοῦ φάσματος, καλουμένου προτύπου π. χ. ὕδραργύρου ἢ χαλκοῦ, τὸ δὲ ἄγνωστον μῆκος κύματος τῶν γραμμῶν αὐτοῦ δύναται νὰ καθορισθῇ διὰ συγκρίσεως τῆς θέσεως αὐτῶν ἐπὶ τῆς πλακῆς ἐν σχέσει πρὸς τὰς πλησιεστέρας γνωστὰς γραμμὰς ἢ ραβδώσεις τοῦ προτύπου φάσματος, ὅτε διὰ παρεμβολῆς ὑπολογίζομεν τὸ ἄγνωστον μῆκος κύματος. Διὰ τὴν εὐκολίαν τῆς σπουδῆς τῶν φασμάτων, ὑπάρχουν σήμερον πίνακες αὐτῶν, οἱ ὁποῖοι παρέχουν πλέον τῶν 100000 γνωστῶν γραμμῶν.



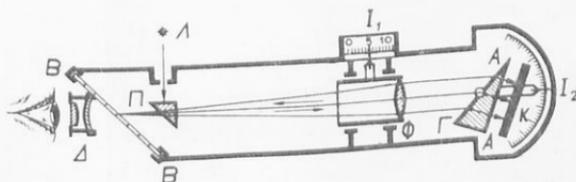
Σχ. 146. Φασματογράφος. Ὁ φωτογραφικὸς θάλαμος εἶναι προσηρμοσμένος εἰς φασματοσκόπιον σταθερᾶς ἐκτροπῆς.

Οί σήμερον χρησιμοποιούμενοι φασματογράφοι διά χαλαζίου είναι τροποποιήσεις του προηγουμένου (σχ. 139, β), ως ἀκολουθῶς. Τὸ ἰσοπλευρον πρίσμα τοιούτου φασματογράφου διαχωρίζεται εἰς δύο ἡμίση, διὰ κατακόρυφον ἐπιπέδου, καὶ ἡ ἐκ τομῆς προκύπτουσα ἕδρα αὐτοῦ ἐπαργυροῦται. Ἐπειδὴ ἡ διάταξις αὕτη ὑπεδείχθη ὑπὸ τοῦ Littrow ἐκλήθη αὕτη φασματογράφος τοῦ Littrow (σχ. 147). Εἰς τὴν περιπτώσιν ταύτην ἡ σχισμὴ καὶ ἡ φωτογραφικὴ πλάξ τοποθετοῦνται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ πρίσματος, εἰς μικρὰν ὁμῶς πλευρικῶς ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν. Τὸ φῶς ἐκ τῆς σχισμῆς διέρχεται διὰ τοῦ φακοῦ καὶ ἀκολουθῶς προσπίπτει εἰς τὸ ἡμίπρισμα Π, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται δίς, λόγῳ ἀνακλάσεως τῆς δέσμης ἐπὶ τῆς κατακόρυφου ἐπαργύρου ἕδρας, οὕτω δὲ ἡ ἐξερχομένη ἐξ αὐτοῦ δέσμη ὑφίσταται τὴν αὐτὴν ἐκτροπὴν καὶ τὸν αὐτὸν διασκεδασμὸν ὡς καὶ εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωση. Ἡ ἐκτραπέζια δέσμη ἀκτίνων διέρχεται ἀκολουθῶς ἐκ νέου διὰ τοῦ φακοῦ καὶ τέλος προσπίπτει ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακῶς Λ. Τὸ πλεονέκτημα τῆς διατάξεως τοῦ Littrow συνίσταται εἰς τὸ ὅτι χρησιμοποιεῖ τὸ ἦμισον τῆς ποσότητος χαλαζίου διὰ τὸ πρίσμα καὶ ἓνα φακόν, τοῦτο δὲ ὑποβιβάζει τὴν ἀξίαν κατασκευῆς τοῦ φασματογράφου.



Σχ. 147. Στοιχειώδης διάταξις φασματογράφου Littrow. Ὁ φακὸς καὶ τὸ πρίσμα (30°) εἶναι ἐκ χαλαζίου.

Τὸ σχῆμα 148 δεικνύει πλήρη διάταξιν φασματογράφου Littrow. Τὸ φῶς εἰσχωρεῖ πλευρικῶς εἰς Λ, προσπίπτει ἐπὶ πρίσματος Π ὀλικῆς ἀνακλάσεως καὶ ἐντεῦθεν διὰ τοῦ φακοῦ Φ φέρεται πρὸς τὸ πρίσμα Α, ὅτε αἱ διαθλώμεναι ἀκτίνες, ἐφ' ὅσον ἡ κάθετος ἕδρα τοῦ πρίσματος δὲν εἶναι ἐπάγυρος, προσπίπτουν

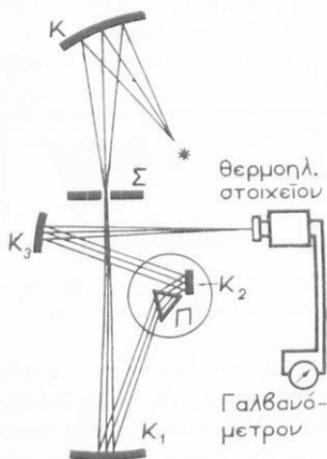


Σχ. 148. Φασματογράφος Littrow. I καὶ II Διατάξεις ρυθμίσεως φακοῦ καὶ πρίσματος.

ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου Κ διατεταγμένον παραλλήλως πρὸς αὐτήν. Αἱ ἐκ τοῦ κατόπτρου ἀνακλώμεναι ἀκτίνες διέρχονται διὰ τοῦ πρίσματος κατ' ἀντίστροφον δρόμον, καὶ μέσῳ τοῦ φακοῦ Φ καὶ τοῦ πρί-

σματος Π, σχηματίζουν τὸ φάσμα αὐτῶν εἰς ΒΒ, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παρατηρηθῆ διὰ προσοφθαλμίου συστήματος Δ. Ἐὰν εἰς ΒΒ τοποθετηθῆ φωτογραφικὴ ρηθὴ διὰ φασματογράφου τοῦ φάσματος. Ὁ φακὸς ὡς καὶ πλάξ, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν φωτογράφειν τὸ φάσμα. Ὁ φακὸς ὡς καὶ πλάξ, δύναται νὰ ὑφίστανται ρυθμίσειν τῆς σχετικῆς θέσεως αὐτῶν, πρὸς τὸ πρίσμα καὶ νὰ ὑφίστανται ρυθμίσειν τοῦ φάσματος. Ἐπίτευξιν σαφηνείας κατὰ τὴν ἀπεικόνισιν τοῦ φάσματος.

103. Ὑπερύθρον φάσμα. Διὰ τὴν ἐξερεῦνήσιν τοῦ ὑπερύθρου φάσματος,

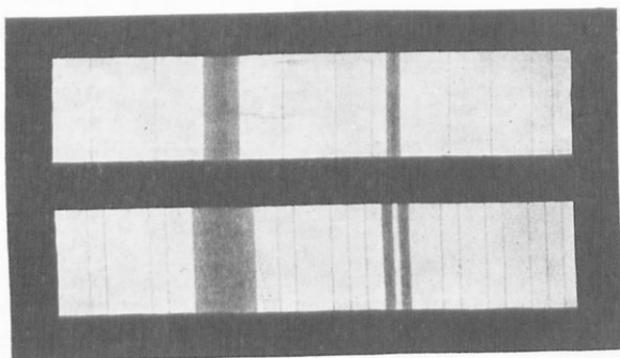


Σχ. 149. Διάταξις σπουδῆς ὑπερύθρου φάσματος.

χρησιμοποιοῦμεν πρίσμα ἀπὸ ὄρυκτὸν ἄλας τὸ ὁποῖον δὲν ἀπορροφᾷ τὰς ὑπερύθρους ἀκτῖνας. Ἐντὶ φακῶν χρησιμοποιοῦμεν κοῖλα κατόπτρα σφαιρικά, ἐντὶ δὲ φωτογραφικῆς πλακῆς θερμοηλεκτρικὴν στήλην. Τὸ σχ. 149 δεικνύει τὴν διάταξιν φασματομέτρου εἰς τὸ ὁποῖον αἱ ἀκτῖνες, ἀφοῦ διέλθουν διὰ λεπτῆς σχισμῆς Σ , προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου K_1 , ὅτε καθίστανται παράλληλοι, διερχόμενοι δὲ διὰ τοῦ πρίσματος Π ὑφίστανται διασκεδασμὸν καὶ ἐκτροπὴν, ἡ δὲ ἐκτραπεῖσα δέσμη προσπίπτει, μέσῳ τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου K_2 , ἐπὶ ἑτέρου κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου K_3 καὶ ἐξ αὐτοῦ προσπίπτει ἐπὶ τῆς θερμοηλεκτρικῆς στήλης ἡ ὁποία, διεγερθεῖσα ὑπὸ τῆς θερμικῆς ἐνεργείας τῆς ὑπερύθρου ἀκτινοβολίας, παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μετρούμενον διὰ καταλλήλου ὄργανου (γαλβανομέτρου).

104. Ὅρια μετρήσεως. Διὰ τῶν ἀνωτέρω περιγραφέντων ὀργάνων δυνατόν νὰ μετρήσωμεν διὰ τοῦ φασματογράφου Littrow μῆκος κύματος ἀπὸ 2000 \AA μέχρι 10000 \AA , ἐνῶ διὰ τοῦ φασματογράφου ὑπερύθρου ἀκτῖνων δυνατόν νὰ μετρήσωμεν μ . κύματος ἀπὸ 3800 \AA μέχρι 17000 \AA .

105*. Ἄρχη Doppler. Ἡ ἀρχὴ Doppler, τὴν ὁποίαν ἐσπουδάσαμεν εἰς τὴν Ἄκουστι-

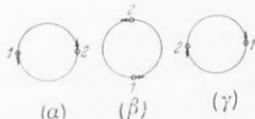


Σχ. 150. Φωτογραφία τοῦ διπλασιαμοῦ τῶν φασματικῶν γραμμῶν διπλῶν ἀστέρων κατὰ τὴν ἀρχὴν Doppler.

κὴν (βλ. τόμ. I § 309), εὐρίσκει ἐπίσης σπουδαιότητα ἐφαρμογὴν εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φωτός, τοῦτο δὲ ἀποτελεῖ σπουδαιότατον ἔρεισμα τῆς θεωρίας, ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται

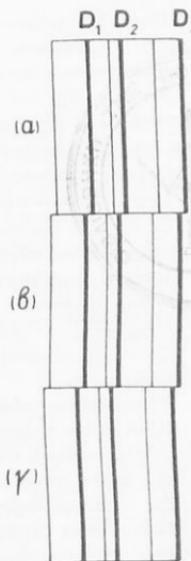
διά κυμάτων. Όταν φωτεινόν σῶμα κινῆται πρὸς παρατηρητήν, οὗτος δέχεται περισσότερα κύματα εἰς ἓν δευτερόλεπτον, ἀπὸ ἐκεῖνα τὰ πραγματικῶς ἐκπέμπει τὸ σῶμα εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, καὶ κατὰ συνέπειαν τὸ μ. κύματος τοῦ φωτὸς τὸ ὁποῖον δέχεται εἶναι βραχύτερον ἢ ἂν τὸ φωτοβόλον σῶμα παρέμενε ἀκίνητον. Τὸ ἀντίστροφον συμβαίνει ὅταν τὸ φωτοβόλον ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ παρατηρητοῦ, ὅτε τὸ μ. κύματος τῆς ἀκτινοβολίας τὴν ὁποίαν δέχεται ὁ παρατηρητὴς καθίσταται μεγαλύτερον. Ἐπειδὴ δὲ ἡ θέσις ἐκάστη γραμμῆς εἰς τὸ φάσμα ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ μήκους κύματος, εἶναι φανερόν ὅτι, ἐὰν σῶμα τὸ ὁποῖον παρέχει φάσμα ἐκ ζωνῶν γραμμῶν πλησιάζῃ πρὸς τὴν Γῆν, ἐκάστη γραμμὴ τοῦ φάσματός θά μετατοπίσῃ ὀλίγον πρὸς τὴν ἰώδη περιοχὴν τοῦ φάσματός, ἐνῶ ἂν ἀπομακρύνεται τῆς Γῆς αἱ γραμμαὶ θά μετατοπίσωνται ἑλαφρῶς πρὸς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ἐκ τοῦ μεγέθους τῆς μετατοπίσεως δύναται νὰ καθορισθῇ ἡ σχετικὴ ταχύτης τῆς φωτεινῆς πηγῆς ὡς πρὸς τὴν Γῆν.

Ἐφαρμογὴν π. χ. τοῦ φαινομένου Doppler συναντῶμεν εἰς τὴν σπουδῆν τῶν διπλῶν ἀστέρων. Οὔτω, αἱ φασματικαὶ γραμμαὶ τῶν διπλῶν ἀστέρων φαίνονται, κατὰ κανονικὰ χρονικὰ διαστήματα, ἄλλοτε μὲν ὡς ἄπλαϊ, ἄλλοτε δὲ ὡς διπλαῖ (σχ. 150). Ὡς γνωστόν, οἱ δύο ἀστέρες 1 καὶ 2 (σχ. 151) περιστρέφονται περὶ τὸ



Σχ. 151. Ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς Doppler εἰς διπλοὺς ἀστέρας.

κοινὸν κέντρον βάρους αὐτῶν, ἐφ' ὅσον δὲ ὁ εἰς τούτων πλησιάζῃ πρὸς τὴν Γῆν, ὁ ἄλλος ἀπομακρύνεται (θέσις α καὶ γ), ὅτε αἱ φασματικαὶ γραμμαὶ καθίστανται διπλαῖ. Μεταξὺ ὁμῶς τῶν ἄνω θέσεων ὑφίσταται μιὰ θέσις (β) κατὰ τὴν ὁποίαν οἱ δύο ἀστέρες δὲν δεῖκνύουσι διαφορὰν ταχύτητος ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἡλιακὸν ἡμῶν σύστημα καὶ αἱ φασματικαὶ γραμμαὶ αὐτῶν φαίνονται ἄπλαϊ. Οὔτω εἰς τὸ σχ. 152 δεῖκνύονται ἡ μετατόπισις φασματικῶν γραμμῶν, ἄνω μὲν (α) δι' ἀστέρα πλησιάζοντα πρὸς τὴν Γῆν μὲ ταχύτητα $100 \text{ km} \cdot \text{sec}^{-1}$, καὶ κάτω (γ) δι' ἀστέρα ἀπομακρυνόμενον μὲ ταχύτητα $100 \text{ km} \cdot \text{sec}^{-1}$, ἐνῶ τὸ μεσαῖον φάσμα (β) ἀποτελεῖ φάσμα συγκρίσεως.



Σχ. 152. Διάγραμμα μετατοπίσεως φασματικῶν γραμμῶν.

Ζητήματα.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός.

Πῶς ἐξηγείται τὸ φαινόμενον τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός.

Πῶς δυνάμεθα ἐκ τῶν ἀπλῶν χρωμάτων τοῦ λευκοῦ φωτός νὰ ἀναπαράγωμεν λευκὸν φῶς.

Πότε δύο χρώματα καλοῦνται συμπληρωματικά, καὶ τί γνωρίζετε ἐν γένει περὶ τῆς μίξεως τῶν χρωμάτων.

Ποῖον χρῶμα προκύπτει ἐκ τῆς ἀναμίξεως φασματικῶν χρωμάτων κυτρίνου καὶ κίτρινου.

Νὰ ἐξηγηθῇ διὰ ποῖον λόγον, ὅταν βλέπομεν λυχνίαν ἐξ ἀνακλάσεως ἀπὸ ἐρυθρᾶς ὑαλίνης πλακός, αὕτη φαίνεται λευκὴ καὶ διατί, ὅταν βλέπομεν τὴν λυχνίαν διὰ μέσου τῆς ὕαλου, φαίνεται ἐρυθρὰ.

Ποία ἡ διακρίσις μεταξὺ ὄρατοῦ, ὑπερύθρου καὶ ὑπεριώδους φάσματος.

Ποία τὰ κυριώτερα εἶδη φασμάτων.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου φασματοσκοπία.

Περιγράψατε σύνθητες φασματοσκόπιον.

Κατὰ τί διαφέρουν τὰ φασματοσκόπια παρατηρήσεως ὑπερύθρου καὶ ὑπεριώδους φάσματος ἀπὸ τὰ συνήθη φασματοσκόπια.

Ἐξηγήσατε τὴν γένεσιν τῶν γραμμῶν Fraunhofer εἰς τὸ ἥλιαζὸν φάσμα.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ἀντιστροφή τῶν ραβδώσεων καὶ πῶς πραγματοποιεῖται πειραματικῶς αὕτη.

Τί καλοῦνται φάσματα ἐκπομπῆς καὶ τί ἀπορροφήσεως.

Κατὰ ποῖον τρόπον δυνάμεθα νὰ πιστοποιήσωμεν τὴν παρουσίαν τοῦ στοιχείου Na ἐντὸς οὐσίας τινός διὰ τῆς χρήσεως φασματοσκοπίου.

Διὰ ποῖων μονάδων μετροῦμεν συνήθως τὰ μήκη κύματος τῶν φασματικῶν γραμμῶν.

Εἰς ποῖαν περιοχὴν μηκῶν κύματος περιλαμβάνεται τὸ ὄρατὸν φάσμα.

Πῶς γίνεται ἀντιληπτὴ διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἡ ὑπεριώδης περιοχὴ τοῦ φάσματος.

Πῶς πρέπει νὰ διεγερθῇ ἐν ἀέριον ὅπως παρατηρηθῇ τὸ φάσμα αὐτοῦ.

Τί εἶδους φάσματα παρέχουν τὰ διάπτρα στερεά, ὑγρά καὶ ἀέρια σώματα.

Πῶς δύνανται νὰ γίνῃ ἡ διάγνωσις τῶν συστατικῶν ἐνὸς μεταλλεύματος διὰ τοῦ φασματογράφου.

Τί εἶδους φάσμα παρέχει τὸ ἥλιαζὸν φῶς καὶ διατί.

Τί εἶδους φάσμα παρέχει φωτοβολῶν ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ, βολταϊκὸν τόξον.

Πῶς δύνανται νὰ ἐξετασθῇ φασματοσκοπικῶς ποσότης ὕδατος, σταγόν ἀίματος, μεταλλικὸν ἰώδιον.

Διὰ ποῖον λόγον ἡ φωτογραφικὴ πλάξ τοποθετεῖται λοξῶς εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων φασματογράφου.

Διὰ ποῖον λόγον τὸ ἐρυθρὸν φῶς ἐκτρέπεται ὀλιγώτερον τοῦ ἰώδους.

Εἰς ποῖαν περιοχὴν τὸ ὄρατὸν φάσμα εἶναι φωτεινότερον.

Ἀπὸ τί ἀποτελεῖται ὁ κατευθυντήρ ἐνὸς φασματογράφου. Σχεδιάσατε τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων ἐντὸς αὐτοῦ.

Ἐάν δύο ραβδώσεις Na, αἱ ὁποῖαι ἔχουν μῆκος κύματος 5880 καὶ 5896 Å, παρατηροῦνται εἰς τὸ φάσμα ἀστέρος ὅτι ἔχουν μῆκος κύματος 5880 καὶ 5886 Å, ὁ ἀστὴρ πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται τῆς Γῆς;

Τί γνωρίζετε περὶ ὀπτικοῦ διασκεδασμοῦ τῶν οὐσιῶν.

Πότε ἓνα πρίσμα καλεῖται ἀχρωματικόν.

Πῶς γεννᾶται τὸ οὐράνιον τόξον.

Πῶς ἐξηγείται τὸ κίτρινον χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ.

Εἰς τί συνίσταται τὸ φαινόμενον τοῦ φθορισμοῦ καὶ φωσφορισμοῦ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων καταλέγονται: ὁ *μεγεθυντικὸς φακὸς* ἢ *ἀπλοῦν μικροσκόπιον*, τὸ *σύνθετον μικροσκόπιον*, τὸ *ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον*, τὸ *γῆϊνον τηλεσκόπιον*, αἱ *πρισματικαὶ διόπτραι*, ἡ *διόπτρα Γαλιλαίου* καὶ ὁ *προβολεὺς*. Γενικῶς δὲ ὅλα τὰ ὄργανα τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦν *κάτοπτρα*, φακούς καὶ πρίσματα ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων.

106. Μεγεθυντικὸς φακός. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ συγκλίνοντος φακοῦ μικρᾶς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, εἰς τὸν ὁποῖον τὸ παρατηρούμενον ἀντικείμενον τίθεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας F καὶ φακοῦ. Τὸ εἶδωλον, ὡς δεικνύεται εἰς σχ. 153, εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ πραγματικοῦ, παρατηρεῖται δὲ διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ τιθεμένου πλησιέστατα πρὸς τὸν φακόν, διότι τότε μόνον ὅλαι αἱ ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τοῦ εἰδώλου εἰσχωροῦν εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Διὰ μετατοπίσεως δὲ τοῦ ἀντικειμένου ἐπιτυγχάνομεν τὴν σαφήνειαν τοῦ εἰδώλου, σχηματιζομένου εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως, τὴν ὁποίαν δεχόμεθα $\Delta = 25$ cm.

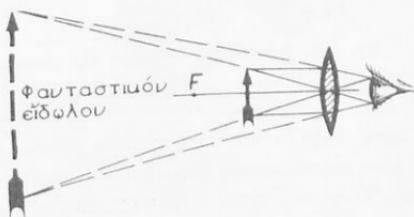
Ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ ὀρίζεται ὡς ὁ λόγος τῆς γωνίας ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον διὰ μέσου τοῦ φακοῦ πρὸς τὴν γωνίαν ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, εὐρισκόμενον εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Δι' ἀπλοῦ ὑπολογισμοῦ ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ τύπου τῶν συγκλινόντων φακῶν, δεικνύεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις M , ἡ ὁποία καλεῖται καὶ *γωνιακὴ μεγέθυνσις*, παρέχεται ἐκ τοῦ τύπου:

$$M = 1 + \frac{\Delta}{f}$$

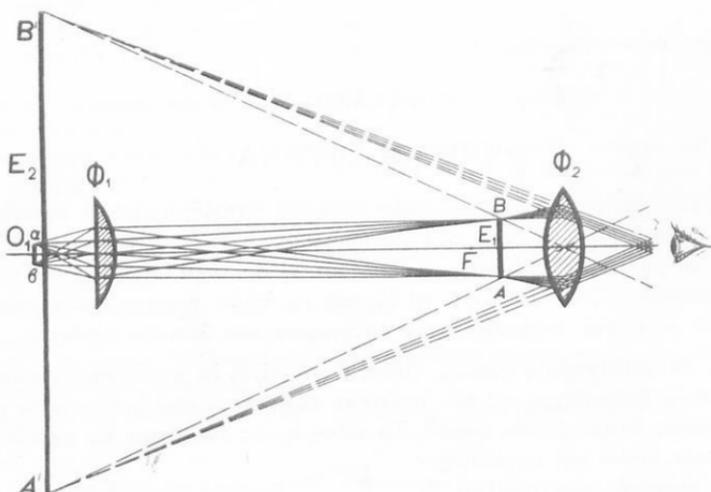
ἐφ' ὅσον καὶ τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Ἐάν ὅμως τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς ἄπειρον εἶναι:

$$M = \frac{\Delta}{f}$$



Σχ. 153. Σχηματισμὸς εἰδώλου μεγεθυντικοῦ φακοῦ.

107. Σύνθετον μικροσκόπιον. Διὰ μεγάλης μεγεθύνσεως χρησιμοποιούμεν τὸ σύνθετον μικροσκόπιον τοῦ ὁποίου τὸ διάγραμμα δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 154.



Σχ. 154. Διάγραμμα δεικνὸν τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων κατὰ τὸν σχηματισμὸν εἰδώλου ὑπὸ συνθέτου μικροσκοπίου.

Τὸ πρὸς μεγέθυνσιν ἀντικείμενον $αβ$ τοποθετεῖται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ λίαν συγκλίνοντος φακοῦ Φ_1 , ὁ ὁποῖος καλεῖται **ἀντικειμενικός** (ἢ **ἀντοφθάλμιος**). Ὁ φακὸς οὗτος, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ διάγραμμα, παρέχει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον $ΑΒ$ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ Φ_2 , ὁ ὁποῖος καλεῖται **προσοφθάλμιος**. Ὁ προσοφθάλμιος φακὸς ἐπέχει διὰ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον $ΑΒ$ τὴν θέσιν μεγεθυντικοῦ φακοῦ, ὁ ὁποῖος οὕτω παρέχει τὸ εἶδωλον $Α'Β'$, τὸ ὁποῖον εἶναι κατὰ πολλὰς φορὰς μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου $αβ$.

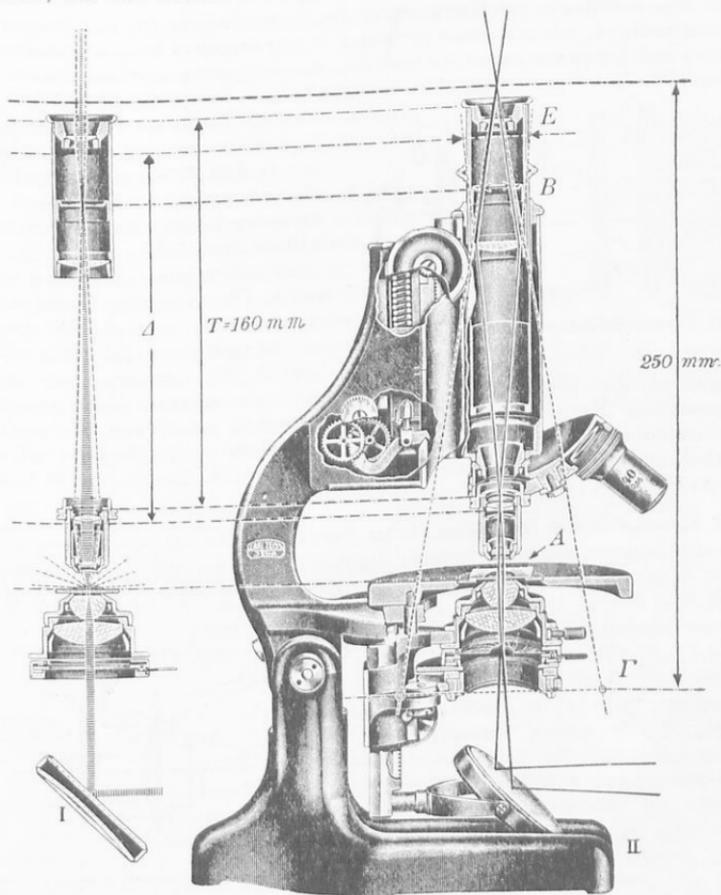
108. Μεγέθυνσις μικροσκοπίου. Ἐπειδὴ ὁ ἀντικειμενικός φακὸς τοῦ μικροσκοπίου σχηματίζει μεγεθυμένον πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον ἀκολούθως παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμίου, ἢ συνολικὴ μεγέθυνσις M τοῦ μικροσκοπίου εἶναι τὸ γινόμενον τῆς πλευρικῆς μεγεθύνσεως m τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἐπὶ τὴν γωνιακὴν μεγέθυνσιν M_1 τοῦ προσοφθαλμίου, ἤτοι :

$$M = m M_1$$

Οἱ κατασκευασταὶ τῶν μικροσκοπίων παρέχουν τὰς μεγεθύνσεις m καὶ M_1 , εἰς τρόπον ὥστε νὰ δυνάμεθα, ἐκ τῶν μεγεθύνσεων τῶν χρησιμοποιουμένων ἐκάστοτε φακῶν, νὰ καθορίζωμεν τὴν συνολικὴν μεγέθυνσιν τοῦ μικροσκοπίου.

109. Προσοφθάλμιος καὶ ἀντοφθάλμιος φακὸς μικροσκοπίου. Τόσον ὁ προσοφθάλμιος ὅσον καὶ ὁ ἀντοφθάλμιος φακὸς συνθέτου μικροσκοπίου δὲν

είναι άπλοι φακοί, αλλά τούναντίον άποτελοϋν συστήματα δύο ή και περισσοτέ-
ρων φακών, δια τών όποίων επιτυγχάνεται άφ' ενός μόν η άρσις τών διαφόρων

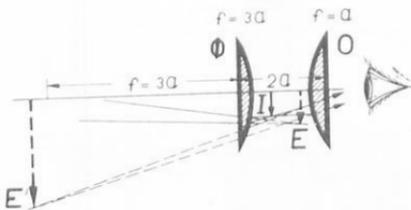


Σχ. 155. Συγκροτήσις συνθέτου μικροσκοπίου. Είς τό σχήμα I δεικνύεται ή πορεία τών ακτίνων δια τόν σχηματισμόν τού ειδώλου ενός σημείου τού αντίκειμένου, κειμένου κατά τόν άξονα. Είς τό σχήμα II, δεικνύεται ή πορεία τών ακτίνων δι' όλην τήν έκτασιν τού όπτικού πεδίου. Α αντίκειμενον, Ε επίπεδον είς τό όποίον σχηματίζεται τό ειδώλον τού αντίκειμένου ύπο τού αντίοφθαλμίου φακού, Γ επίπεδον προβολής τού ειδώλου τού αντίκειμένου δια τού μικροσκοπίου είς τήν άπόστασιν τής εύκρινους όρώσεως 250 mm. Β θέσις τού ένδιαμέσου πραγματικού ειδώλου έντός της προσοφθαλμίου σχισμής, Δ παριστά τό όπτικόν μήκος αύτού.

έλαττωμάτων τών φακών, άφ' έτέρου δέ ή συγκέντρωσις φωτός, ούτως ώστε νά είναι εύκρινώς όρατόν τό παρατηρούμενον μικροσκοπικόν αντίκειμενον.

110. **Προσοφθάλμια συστήματα.** Ὡς τοιαῦτα χρησιμοποιοῦνται δύο: τὸ προσοφθάλμιον σύστημα Huygens καὶ τὸ προσοφθάλμιον σύστημα Ramsden.

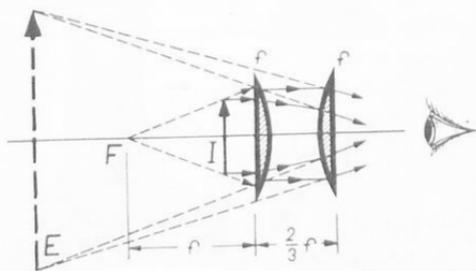
Α' **Προσοφθάλμιον τοῦ Huygens.** Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ δύο συγκλινόντων φακῶν, τοῦ φακοῦ πεδίου Φ, καὶ τοῦ φακοῦ ὀφθαλμοῦ Ο, τῶν ὁποίων αἱ ἑστιακαὶ ἀποστάσεις ἔχουν λόγον 3:1 καὶ ἡ ἀπόστασις μεταξὺ αὐτῶν εἶναι διπλασία τῆς μικροτέρας ἑστιακῆς ἀποστάσεως (σχ. 156). Τὸ σύστημα τοῦτο εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς ἓνα φακὸν τοῦ ὁποίου ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις εἶναι 1,5 φορές μεγαλύτερα τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ Ο, ἔχει δὲ τὸ πλεονέκτημα νὰ εἶναι ἀχρωματικόν, ἐφ' ὅσον ἀμφότεροι οἱ φακοὶ ἔχουν σχηματισθῆ ἀπὸ ὕαλον τοῦ αὐτοῦ δείκτου διαθλάσεως καὶ παρέχει ὀλιγοτέραν διαστροφὴν καὶ ἐκτροπὴν ἢ εἰς ἀπλόους φακός. Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο, αἱ ἐκ τοῦ ἀντοφθαλμοῦ προερχόμενα ἀκτίνες πρὲπει νὰ προσπέσουν ἐπὶ τοῦ φακοῦ-πεδίου πρὶν ἢ αὐτὰ συγκεντρωθῶν εἰς ἑστίαν.



Σχ. 156. Προσοφθάλμιον σύστημα Huygens.

Διὰ προσεγγιζούσας μετρήσεις, τὸ προσοφθάλμιον τοῦτο σύστημα ἐφοδιάζεται πολλαπλασιζόμενα ἐπὶ μικρομετρικὴν κλίμακα ἐπὶ ὕαλον, ἢ ὁποῖα στερεοῦται μεταξὺ τῶν δύο φακῶν, οὕτως ὥστε νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου τὴν ὁποίαν παρέχει ὁ φακὸς πεδίου Φ. Τὸ προσοφθάλμιον τοῦτο σύστημα καλεῖται πολλαπλασιζ ἀρνητικόν. Εἰς τὸ σχ. 156 δεικνύεται ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων.

Β' **Προσοφθάλμιον Ramsden.** Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο συγκλινόντων φακῶν, ὡς καὶ τὸ προηγουμένον, τῆς αὐτῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως, ἐνθ' ἢ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις ἰσοῦται πρὸς τὰ 2/3 τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τῶν φακῶν. Τὸ σύστημα τοῦτο (σχ. 157) τοποθετεῖται ἀμέσως ὀπισθεν τοῦ εἰδώλου I, τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ ἀντικειμενικός, ἀκριβῶς ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν καθ' ἣν χρησιμοποιεῖται εἰς μόνον φακός. Τὸ σύστημα τοῦτο εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς ἄπλοον φακόν, ἑστιακῆς ἀποστάσεως ἴσης πρὸς 3/4 τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ συστήματος τῶν δύο φακῶν καὶ καλεῖται θετικόν, διότι δύναται νὰ χρησιμοποιηθῆ ὡς συνήθης ἀπλόος μεγεθυντικὸς φακός διὰ τὴν μεγέθυνσιν ἐνὸς ἀντικειμένου. Εἶναι σχεδὸν ἀχρωματικόν καὶ παρέχει ὁμαλὸν πεδίων μὲ μικρὰν ἐκτροπὴν (Aberration).

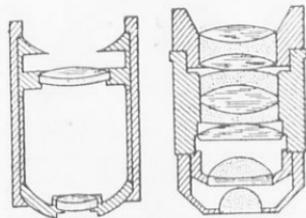


Σχ. 157. Προσοφθάλμιον σύστημα Ramsden.

111. **Ἀντικειμενικὰ συστήματα.** Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ συνδυασμοῦ πολλῶν φακῶν, συνήθως 2-10. Ὁ πλησίον πρὸς τὸ ἀντικείμενον φακός εἶναι ἡμισφαιρικός, καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ στεφανύαλου, ἢ δὲ ἐπίπεδος ἐπιφάνεια αὐτοῦ στρέφεται πρὸς τὸ ἀντικείμενον (σχ. 158). Ὁ φακός οὗτος συμπληροῦται δι' ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἀχρωματικῶν συστημάτων ἐκ δύο φακῶν, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται ὀπισθεν τοῦτου. Αἱ καμπυλότητες τῶν φακῶν καὶ αἱ μεταξὺ αὐτῶν ἀποστάσεις ὑπολογίζονται οὕτως, ὥστε τὸ ἀντικειμενικόν σύστημα νὰ παρέχῃ εἰδῶλον ὅσον τὸ δυνατόν ἀπληλαγμένον ἐκτροπῶν.

112*. **Καταδυτικὰ ἀντικειμενικὰ συστήματα.** Ὁ ἀνθρώπινος ὀφθαλμὸς δύναται νὰ δια-

χωρήση δύο δέσμες, όταν η γωνία των ακτίνων των εισερχομένων εις τὸν ὀφθαλμὸν εἶναι περίπου ἐνὸς πρώτου λεπτοῦ. Δύο πιγαί, εὐρισκόμεναι εἰς ἀπόστασιν 30 cm, συγχέονται πρὸς ἀλλήλας. Διὰ τὴν ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ μεταξύ των εἰς ἀπόστασιν 25 cm) ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ διακρίνη δύο ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς δράσεως (0,1 mm. Ὡς ὅμως προηγουμένως εἰδο-ἀντικείμενα, ὅταν ἡ ἀπόστασις αὐτῶν εἶναι περίπου 0,1 mm. Ὡς ὅμως προηγουμένως εἰδο-ἀντικείμενα, ὅταν ἡ ἀπόστασις αὐτῶν εἶναι περίπου 0,1 mm. Ὡς ὅμως προηγουμένως εἰδο-ἀντικείμενα, ὅταν ἡ ἀπόστασις αὐτῶν εἶναι περίπου 0,1 mm.



Σχ. 158. Σχηματικά διαγράμματα ἀντικειμενικῶν συστημάτων φαζῶν μικροσκοπίου.

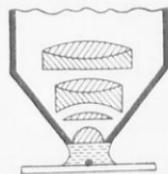
Τοῦτο ὅμως δὲν σημαίνει ὅτι καὶ ἡ διαχωριστικὴ δύναμις ἀυξάνεται καὶ ὅτι διὰ τοῦ μικροσκοπίου θὰ ἠδυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν δύο ἀντικείμενα ἀπέχοντα μεταξύ των κατὰ 1/2000 mm. Πράγματι, λόγῳ φαινομένων περιθλάσεως (βλ. κεφ. Περίθλασις τοῦ φωτός) τὰ ὁποῖα ἀναφαίνονται κατὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν εἰδώλων ἀντικειμένου διὰ μικροσκοπίου καὶ τὰ ὁποῖα ἐμφανίζονται τόσον ἐντονότερα, ὅσον μικρότερον τὸ ἀνοίγμα τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ ὅσον στενωτέρα ἡ δέσμη φωτός, τὰ εἰδῶλα δὲν εἶναι τελείως σαφῆ, καὶ ἐπομένως ἡ διαχωριστικὴ δύναμις μικροσκοπίου θὰ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μεγέθους τῆς γωνίας 2φ τοῦ ἀνοίγματος (σχ. 159). Οἰονόηποτε ὅμως καὶ ἂν εἶναι τὸ ἀνοίγμα, ὑφίσταται ὄριον διὰ τὴν διαχωριστικὴν ἱκανότητά, ὅταν τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καθίσταται τῆς αὐτῆς τάξεως μεγέθους πρὸς τὸ μῆκος κύματος τοῦ φωτός.

Γενικῶς, τὸ ὄριον τῆς διαχωριστικῆς ἱκανότητος d μικροσκοπίου, ὅπου d παριστᾷ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εἰς τὴν ὁποῖαν πρέπει νὰ εὐρίσκωνται δύο μικροσκοπικὰ ἀντικείμενα, διὰ νὰ δύνανται νὰ διακριθοῦν διὰ τοῦ μικροσκοπίου, εἶναι :

$$d = \frac{1/2 \lambda}{\eta \mu \phi} \quad (1)$$

ὅπου 2ϕ ἡ γωνία ἡ ὑποτετινομένη ὑπὸ τοῦ φακοῦ. Ἡ ἀνωτέρω τιμὴ τοῦ d ἰσχύει ὅταν τὸ μικροσκοπικὸν ἀντικείμενον εὐρίσκειται βυθισμένον εἰς τὸν ἀέρα, διὰ τὸν ὁποῖον ὁ δείκτης διαθλάσεως ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα.

Ἐὰν ὅμως βυθίσωμεν τὸ ἀντικείμενον ἐντὸς ὑγροῦ διαφανοῦς (σχ. 160) δείκτον διαθλάσεως n σχεδὸν τοῦ αὐτοῦ μεγέθους πρὸς τὸν τοῦ ἀντικειμενικοῦ, ὅτε μεταξύ ἀντικειμε-



Σχ. 160. Διάταξις καταδυτικοῦ συστήματος.

Σχ. 159. Διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ ἀριθμητικοῦ ἀνοίγματος τοῦ ἀντικειμενικοῦ.

νοῦ καὶ μικροσκοπικοῦ ἀντικειμένου δὲν θὰ ὑφίσταται ὡς μέσον διαδόσεως τοῦ φωτός ἀήρ, ἀλλὰ σῶμα δείκτου διαθλάσεως n , τότε ἐπειδὴ μεταξύ μῆκους κύματος εἰς τὸν ἀέρα (λ ἀήρ) καὶ μῆκους κύματος λ εἰς μέσον δείκτου διαθλάσεως n ὑφίσταται ἡ σχέση

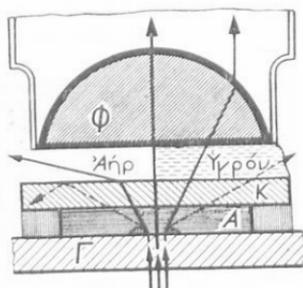
$$\lambda = \frac{\lambda_{\alpha\eta\rho}}{n}, \quad \text{ἢ ἀνωτέρω σχέσις (1) γράφεται:}$$

$$d = \frac{1/2 \lambda_{\alpha\eta\rho}}{n \eta \mu \phi}$$

Τὸ ὡς ἀνωτέρω ἀντικειμενικὸν σύστημα καλεῖται καταδυτικὸν ἢ ὁ ἀντικειμενικὸς φαζὸς καλεῖται φαζὸς καταδύσεως καὶ παρουσιάζει μεγαλύτεραν διαχωριστικὴν δύναμιν ἀπὸ ἄλλων ἀντικειμενικῶν συστημάτων.

Συνήθως, τὸ γινόμενον $n \cdot \eta \cdot \mu \cdot \phi$ καλεῖται ἀριθμητικὸν ἀνοίγμα τοῦ φακοῦ, καὶ δια ξηρὸν ἀντικειμενικὸν σύστημα ἡ τιμὴ αὐτοῦ εἶναι μικρότερα τῆς μονάδος, ἐνῶ διὰ καταδυτικὸν σύστημα δύνανται νὰ λάβῃ τὴν τιμὴν 1,4.

Εἰς τὴν περίπτωσιν καταδυτικῶν συστημάτων, ἀποφεύγεται πρὸς τούτους ἀπόλεια φωτὸς ἐκ διαθλάσεως καὶ ὀλισθῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ τῆς ὀπίστης ἐπιφανείας τῆς καλυπτρίδος, καὶ οὕτω ἡ φωτεινότης τοῦ τελικοῦ εἰδώλου αὐξάνεται. Γενικῶς, τὸ καταδυτικὸν σύστημα παρουσιάζει λίαν μικρὰν ἔστιασιν ἀπόστασιν, ἤτοι περίπου 0,2 ἕως 0,3 mm.



Σχ. 161. Καταδυτικὸν σύστημα μὲ κεδρεῖλαιον. Ἀριστερὰ δεικνύεται ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων ἄνευ καταδυτικοῦ ὑγροῦ.

Εἰς τὸ σχ. 161 δεικνύεται καταδυτικὸν σύστημα πραγματοποιούμενον ὡς ἀκολούθως: Ἄνωθεν τῆς ἀντικειμενοφόρου πλακῶς Γ, ὑφίσταται στρώμα καναδικοῦ βαλσάμου Α, ἄνωθεν τούτου ἡ καλυπτρίς Κ καὶ ἐπὶ ταύτης τίθεται τὸ καταδυτικὸν ὑγρὸν, ἀποτελούμενον ἐξ ὕδατος ἢ κεδρελαίου, πάντοτε δηλαδὴ ἐξ ὑγροῦ παρουσιάζοντος σημαντικὸν δείκτην διαθλάσεως. Εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος δεικνύεται ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων, ὅταν δὲν χρησιμοποιῆται καταδυτικὸν ὑγρὸν, ὅτε ἡ γωνία τῆς κωνικῆς δέσεως, λόγῳ διαθλάσεως καὶ ὀλισθῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ τῆς καλυπτρίδος εἶναι μικρά. Τούναντίον, εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τῆς εἰκόνας, διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τοῦ καταδυτικοῦ ὑγροῦ, αὐξάνεται κατὰ πολὺ ἡ γωνία τῆς κωνικῆς δέσεως, ἡ ὁποία εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ἀντικειμενικὸν φακὸν τοῦ μικροσκοπίου.

113°. Εὐρέσις τοῦ τύπου τῆς μεγεθύνσεως τοῦ μικροσκοπίου. Τὴν μεγέθυνσιν συνδέτου μικροσκοπίου εὐρίσκομεν ἂν γνωρίζωμεν τὴν μεγέθυνσιν m καὶ M_1 τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου. Διὰ τὸν ἀντικειμενικὸν εἶναι:

$$m = \frac{p'}{p} = \frac{p'}{F}$$

καθότι, ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον κεῖται πλησιέστερον πρὸς τὴν ἔστιαν τοῦ ἀντικειμενικοῦ, ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ p ἰσοῦται αἰσθητικῶς πρὸς τὴν ἔστιασιν ἀπόστασιν τούτου. Διὰ τὸ προσοφθαλμικὸν σύστημα, ἡ μεγέθυνσις M_1 εἶναι ὡς ἐλέγχθη (§ 106):

$$M_1 = \frac{\Delta}{f}$$

ὅπου Δ ἡ ἐλαγίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως, ἐπομένως ἡ συνολικὴ μεγέθυνσις M τοῦ μικροσκοπίου εὐρίσκεται ἂν πολλαπλασιασῶμεν τὴν m ἐπὶ τὴν M_1 ἤτοι:

$$M = \frac{p'}{F} \cdot \frac{\Delta}{f}$$

Ὁ ἀνωτέρω τύπος, ἂν τεθῇ κατὰ προσέγγισιν, $p' = T$, ὅπου T τὸ μῆκος τοῦ σωλήνος, γράφεται:

$$M = \frac{\Delta T}{F \cdot f}$$

ἤτοι, ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον τὸ μηχανικὸν μήκος T τοῦ σωλήνος εἶναι μεγαλύτερον καὶ ὅσον αἱ ἐστίαὶ F καὶ f τοῦ προσοφθαλμίου καὶ ἀντικειμενικοῦ εἶναι μικρότεραι.

Διὰ καταδυτικὸν σύστημα μὲ ἔλαιον, ἡ μεγέθυνσις m εἶναι 100 καὶ M_1 εἶναι 10, εἰς τρόπον ὥστε ἡ συνολικὴ μεγέθυνσις M εἶναι περίπου 1000. Διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς συστήματος φακῶν, δυνάμεθα νὰ αὐξήσωμεν ἀπεριορίστως τὴν μεγέθυνσιν, ἀλλὰ πρακτικῶς δὲν εἶναι τοῦτο δυνατόν νὰ γίνῃ, διότι τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἐκ τοῦ μικροσκοπικοῦ ἀντικειμένου θὰ διασκορπίζεται ἐπὶ τόσον μεγάλης ἐπιφανείας, ὥστε τὸ εἶδωλον θὰ ἦτο λίαν ἀμυδρόν. Πρὸς τούτοις, ὑπεισέρχονται φαινόμενα περιθλάσεως, ὀφειλόμενα εἰς τὴν κυματικὴν φύσιν τοῦ φωτός, λόγῳ τῶν ὁποίων τὸ εἶδωλον φωτεινὸν σημείου φαίνεται ὡς φωτεινὸς κύκλος, περιβαλλόμενος ὑπὸ κροσσῶν (βλ. κεφ. Περίθλασις τοῦ φωτός), οὗτω δὲ περιορίζεται ἡ διαχωριστικὴ ἱκανότης τοῦ μικροσκοπίου. Εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως τοῦ φωτός, δεικνύονται τρόποι διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ αὐξήσωμεν τὴν διαχωριστικὴν ἱκανότητα διὰ χρησιμοποίησεως φωτός μικροτέρου μήκους κύματος, ὅτε τὰ φαινόμενα τῆς περιθλάσεως εἶναι κατὰ πολὺ ἀσθενέστερα. Ἄκομη περισσότερον ἐπαιξάνεται ἡ διαχωριστικὴ δύναμις μικροσκοπίου, διὰ τῆς χρησιμοποίησεως ὑπεριώδους φωτός, ἀλλὰ τότε ἀπαιτεῖται ἡ χρησιμοποίησις φακῶν ἐκ χαλαζίου καὶ ἡ παρατήρησις γίνεται εἴτε διὰ φωτογραφικῆς πλακός, εἴτε διὰ φθοριζόντων διαφραγμάτων.

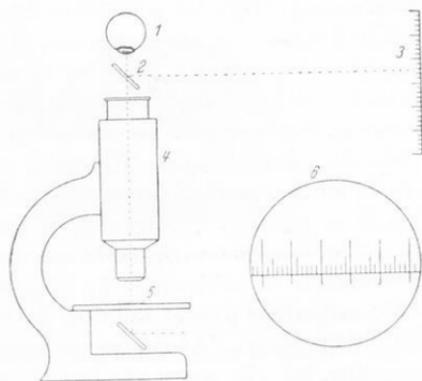
114. Ὀπτικὸν πεδίου. Τὸ ὀπτικὸν πεδίου τοῦ μικροσκοπίου περιλαμβάνει τὴν περιοχὴν ἐκεῖνην, ἐντὸς τῆς ὁποίας εὐρίσκονται ὅλα τὰ σημεία, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ παρατηρηθῶν δι' αὐτοῦ. Συνήθως περιορίζομεν τὸ ὀπτικὸν πεδίου διὰ χρησιμοποίησεως διαφραγμάτων. Ταῦτα φέρουν ὅπασ διαφόρου διαμέτρου, τιθεμένων μεταξὺ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ καὶ τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ ἀντικειμενικός. Εἰς περίπτωσιν χρησιμοποίησεως προσοφθαλμοῦ Huygens τὸ διάφραγμα τίθεται μεταξὺ τῶν δύο φακῶν τοῦ συστήματος.

Διὰ τῆς χρησιμοποίησεως τοῦ διαφράγματος περιορίζομεν τὸ ὀπτικὸν πεδίου εἰς τὴν περιοχὴν ἐκεῖνην εἰς τὴν ὁποίαν δεικνύει τοῦτο ὁμοίμορφον φωτισμὸν καὶ σαφήνειαν. Ἡ φωτεινότης τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου καὶ ἐπομένως τοῦ εἰδώλου καθορίζεται διὰ τοῦ κάτωθεν τῆς τραπέζης τοῦ μικροσκοπίου ὑπάρχοντος συναγωγῶ, διὰ τοῦ ὁποίου ρυθμίζομεν τὴν ποσότητα τοῦ φωτός τὴν εἰσχωροῦσαν εἰς τὸ μικροσκόπιον.

Ἐφαρμογαὶ τοῦ μικροσκοπίου. Τὸ μικροσκόπιον ἔχει σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν Ἰατρικὴν, τὴν Μικροβιολογίαν, τὴν Χημείαν, τὴν Κρυσταλλογραφίαν ὡς καὶ εἰς πολλοὺς ἄλλους πρακτικὸς καὶ βιομηχανικοὺς κλάδους.

Ὅλος ἰδιάζουσαν σημασίαν ἐκ τῶν κλάδων τούτων ἔχει ἡ **μεταλλογραφία**, ἡ ὁποία ἀσχολεῖται εἰς τὴν διὰ τοῦ μικροσκοπίου σπουδὴν τῶν μετάλλων καὶ κράματων. Πρὸς τοῦτο, ἐπὶ λέιας ἐπιφανείας τοῦ μετάλλου ἐπιδρωόμεν δι' ἀντιδραστηρίων, καὶ διὰ παρακολουθήσεως τῆς ἐξελιξέως τῆς ἀντιδράσεως, διὰ τοῦ μικροσκοπίου συνάγονται σπουδαῖα συμπεράσματα διὰ τὴν ὑφὴν αὐτοῦ.

115*. Μέτρησης τῆς μεγεθύνσεως μικροσκοπίου. Πρὸς τοῦτο, παρατηροῦμεν τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντιζεμένου, διὰ μέσου τοῦ μικροσκοπίου, διὰ τοῦ ἐνὸς ὀφθαλμοῦ, χρησιμοποιοῦμεν δὲ ὡς ἀντιζεόμενον ὑαλίνην διαφανή μικρομετρικὴν κλίμακα, φέρουσαν ὑποδιαίρεσεις εἰς 1/100 mm. Ἀκολούθως, παραπλεύρως πρὸς τὸ μικροσκόπιον καὶ εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τοῦ προσοφθαλμοῦ, τοποθετοῦμεν ἄλλην κλίμακα, φέρουσαν διαίρεσεις εἰς mm, τὴν ὁποίαν παρατηροῦμεν ἀπ' εὐθείας διὰ τοῦ ἐτέρου ὀφθαλμοῦ.

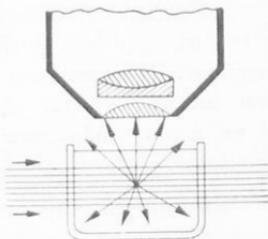


Σχ. 162. Διάταξις διὰ τὴν μέτρησιν τῆς μεγεθύνσεως μικροσκοπίου.

ζατοπτρικῆς βάλου (2) τὸ εἶδωλον τῆς μικρομετρικῆς κλίμακος (5), τὸν ὁποῖον παρέχει τὸ μικροσκόπιον (4). Ἐξ ἄλλου, ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει ταυτοχρόνως τὸ εἶδωλον τῆς κλίμακος (3) ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τῆς ἡμιζατοπτρικῆς βάλου. Οὕτω, εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ὡς εἰκονίζεται εἰς (6), αἱ δύο κλίμακες παρατίθενται ἢ μία ἀμέσως παρὰ τὴν ἄλλην, ἤτοι ζάτω ἢ μεγεθυνθεῖσα καὶ ἄνωθεν αὐτῆς ἢ ὑπὸ σύγκρισιν, οὕτω δὲ δυνάμεθα νὰ διεξαγάγωμεν εὐκολώτερον τὴν μέτρησιν.

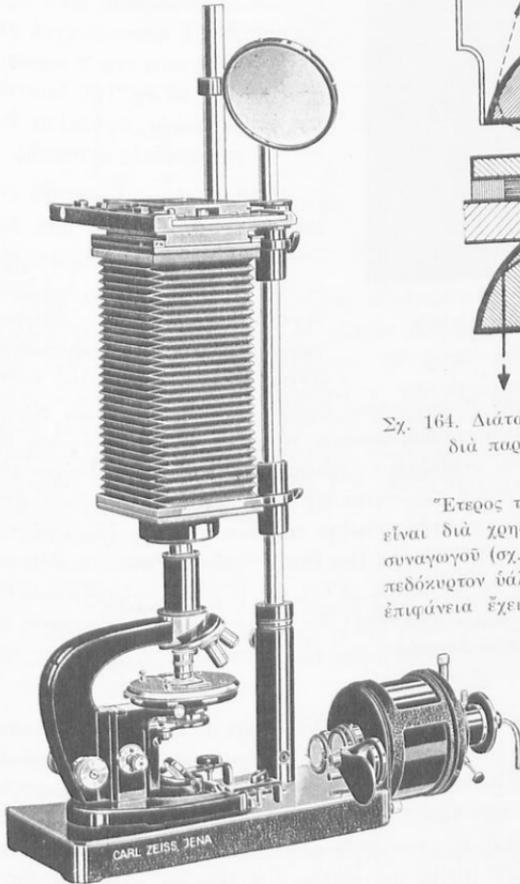
116. Ὑπερμικροσκόπιον. Τὰ ἀντιζεόμενα τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν ὡς σαφῆ εἶδωλα μὲ σῆμα ἐν τῷ ὀπτικῷ πεδίῳ, διὰ τὸν ἄνωτέρω μικροσκοπικῶν διατάξεων, ἔχουν διαστάσεις τάξεως μεγέθους περίπου 1 : 5000 τοῦ mm. Δυνάμεθα ὁμῶς μικρότερα ἀντιζεόμενα, ἐπὶ τὸν ὁποῖον διαχέεται τὸ φῶς, νὰ τὰ παρατηρήσωμεν ὡς ἀπλὰ φωτεινὰ σημεῖα διὰ τῆς χρησιμοποίησης τοῦ ὑπερμικροσκοπίου.

Ἡ διάταξις τοῦ ὑπερμικροσκοπίου δεικνύεται εἰς τὸ σῆμα 163, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ λεκάνης ὑαλίνης, περιεχομένης διαφανὲς ὑγρὸν, π.χ. ἕδωρ, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου αἰωροῦνται τὰ ὑπερμικροσκοπικὰ σωματῖα. Δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων διαβιβάζεται πλαγίως, ὡς ἐν τῷ σῆματι δεικνύεται, ἢ δὲ παρατήρησις γίνεται ἄνωθεν διὰ μικροσκοπίου. Ἐάν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ δὲν ὑφίστανται διαχέοντα τὸ φῶς σωματῖα, τότε ἐν τῷ μικροσκοπίῳ δὲν εἰσέρχεται φῶς, καὶ τὸ ὀπτικὸν αὐτοῦ πεδῖον παραμένει σκοτεινόν. Ἐάν ὁμῶς ὑπάρχουν σωματῖα ἐν αἰωρήσει, τότε τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς διαχέεται καθ' ἀπάσας τὰς διευθύνσεις, καὶ ὡς δεικνύεται ἐν τῷ σῆματι, φῶς εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ μικροσκοπίου καὶ τὸ σωματῖον ἀναφαίνεται ὡς φωτει-



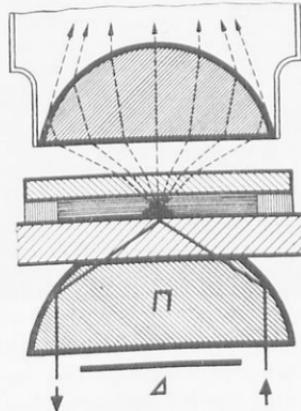
Σχ. 163. Διάταξις δεικνύουσα τὸν πλευρῶν φωτισμὸν καὶ τὰς διερχομένας ἀκτίνων αἱ ὁποῖαι εἰσχωροῦν εἰς τὸ μικροσκόπιον.

νόν σημείον ἢ ἀστὴρ ἐπὶ σκοτεινῆς βάσεως. Ἐκαστὸν τῶν σωματίων τούτων εὐρίσκεται, πρὸς τούτοις, εἰς ἄτακτον καὶ ἀέναον κίνησιν λόγῳ τῆς κινήσεως Brown. Διὰ τοιαύτης διατάξεως τοῦ ὑπερμικροσκοπίου, δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν κολλοειδῆ σωματίδια ἐντὸς κολλοειδῶν διαλυμάτων. Ἔχουν δὲ παρατηρηθῆ κολλοειδῆ σωματίδια χρυσοῦ, ἔχοντα διάμετρον τάξεως μεγέθους 17 \AA , δηλ. τόσον μικρὰ, ὥστε νὰ περιέχουν μόνον 100 ἄτομα χρυσοῦ.



Σχ. 165. Διάταξις μικροφωτογραφικῆς συσκευῆς.

τὴν ὅλην ἀνάγκασιν αὐτῶν ἐπὶ τῆς καλυπτρίδος, συναντήσων ἀντικείμενον, ὑφίστανται πη-
ρίθλασιν, οὗτω δὲ τὸ ἀντικείμενον φαίνεται φωτεινὸν ἐπὶ σκοτεινῆς βάσεως. Διὰ καταλλή-
λου διατάξεως ἐπιτυγχάνεται τὸ μέγιστον τοῦ φωτισμοῦ. Ἐκτὸς τοῦ παραβολοειδοῦς συν-
αγωγοῦ, χρησιμοποιοῦνται πρὸς τὸν αὐτὸν σκοπὸν καὶ ἄλλοι τύποι, ὡς π. γ. ὁ καρδιο-
συναγωγός.



Σχ. 164. Διάταξις φωτισμοῦ ὑπερμικροσκοπίου, διὰ παραβολοειδοῦς συναγωγοῦ Π.

Ἄτερος τρόπος φωτισμοῦ ὑπερμικροσκοπίου εἶναι διὰ χρησιμοποίησεως τοῦ παραβολοειδοῦς συναγωγοῦ (σχ. 164). Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐπι-
πεδόκνητον ὑάλινον σῶμα Π τοῦ ὁποίου ἡ κυρτὴ ἐπιφάνεια ἔχει σχῆμα παραβολοειδοῦς ἐκ περι-
στροφῆς. Αἱ ἀκτίνες ἀνοίγμα-
τος μέχρι 1,1 ἀποκλείονται ὑπὸ τοῦ κεντρικοῦ διαφράγμα-
τος Δ, τὸ ὁποῖον πρὸς τὸ μέ-
ρος τῆς φωτεινῆς πηγῆς εἶναι ἐπαγωγόμενον πρὸς συγκρά-
τησιν τῶν θερμικῶν ἀκτίνων.

Τῇ βοηθείᾳ κερδελαίου, συνδέεται ὁ συναγωγὸς πρὸς τὸ κάτω μέρος τῆς ἀντικειμε-
νοφόρου πλαζῆς, ἡ δὲ πορεία τῶν ἀκτίνων δεικνύεται διὰ βελῶν. Ὅταν αἱ ἀκτίνες, κατὰ

117. Μικροφωτογραφία. Διὰ καταλλήλου συνδυασμοῦ μικροσκοπίου καὶ φωτογραφικῆς μηχανῆς δυνάμεθα νὰ φωτογραφίσωμεν μικροσκοπικὰ ἀντικείμενα μεγεθυνθέντα ὑπὸ τοῦ μικροσκοπίου. Τὸ σχ. 165 δεικνύει τοιαύτην διάταξιν ὅπου,



Σχ. 166. Μικροφωτογραφία δακτυλίου ἀποτυπομάτων.

δεξιὰ παρὰ τὴν βάσιν, δεικνύεται φωτεινὴ πηγὴ (προβολεὺς) διὰ τὸν ζωηρὸν φωτισμόν, ἄνωθεν δέ, ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου, εἶναι προσηροσμένη ἡ φωτογραφικὴ μηχανὴ ὡς καὶ κάτοπτρον παρατηρήσεως. Εἰς τὸ σχ. 166 δεικνύεται φωτογραφία ληφθεῖσα διὰ μικροφωτογραφικῆς συσκευῆς.

118. Τηλεσκόπια. Τὸ τηλεσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα συγκλίνοντα φακόν, ὃ ὁποῖος καλεῖται *ἀντικειμενικός*, καὶ χρησιμεύει διὰ νὰ παρέχῃ πραγματικὸν εἶδωλον μειακροσμένου ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο

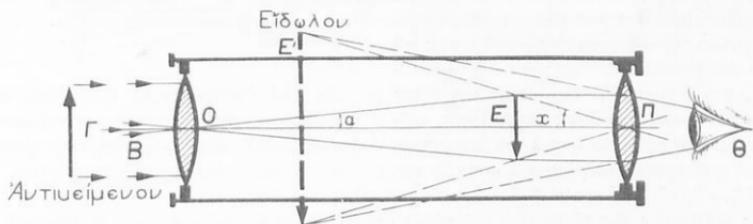
μεγεθύνεται ἀκολούθως δι' ἑτέρου συγκλίνοντος φακοῦ, ὃ ὁποῖος καλεῖται *προσοφθάλμιος*. Ἀντὶ προσοφθαλμίου φακοῦ, δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ, ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μικροσκοπίου, κατάλληλον προσοφθάλμιον σύστημα, ἐπέχον τὴν αὐτὴν θέσιν. Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου σχηματίζεται ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ τούτου καί, ἵνα ἔχωμεν μέγα εἶδωλον καὶ μεγάλην μεγέθυνσιν, ὁ ἀντικειμενικός φακὸς πρέπει νὰ ἔχῃ μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν.

Τηλεσκοπίων διακρίνομεν κυρίως τρία εἶδη: Τὸ *ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον*, τὸ γήϊνον *τηλεσκόπιον* (ἢ *διόπτρα τῶν ἐπιγείων*) καὶ τὸ *τηλεσκόπιον ἢ διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου*.

119. Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ τηλεσκοπικοῦ σωλήνος (σχ. 167), εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ὁποίου τοποθετεῖται ὁ ἀντικειμενικός φακός, ὃ ὁποῖος εἶναι συγκλίνων φακός μεγάλης διαμέτρου καὶ μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως, ἐνῶ εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ τοποθετεῖται ὁ προσοφθάλμιος φακός, ὃ ὁποῖος δύναται νὰ εἶναι εἴτε ἀπλοῦς συγκλίνων φακός ἢ σύστημα φακῶν τύπου Huygens ἢ Ramsden (§ 110). Τὸ μήκος τοῦ σωλήνος ἐκλέγεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ ἀντικειμενικός φακός, νὰ σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ προσοφθαλμίου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ, οὕτω δὲ ὁ προσοφθάλμιος χρησιμεύει ὡς μεγεθυντικός φακὸς παρατηρήσεως τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ ἀντικειμενικός φακός.

Εἰς τὸ ὄργανον τοῦτο, τὸ εἶδωλον εἶναι ἀνεστραμμένον, καὶ ὡς ἐκ τούτου, χρησιμοποιεῖται μόνον δι' ἀστρονομικὰ παρατηρήσεις. Αἱ διάφοροι δέσμαι ἀκτί-

νων, αἱ εἰσερχόμεναι εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ἐκ τῶν διαφόρων μερῶν τοῦ φαντασικοῦ εἰδώλου, συγκεντροῦνται ὅλαι καὶ σχηματίζουν εἰς Θ μίαν λαμπρὰν κηλίδα, ἡ ὁποία καλεῖται *κόρη ἐξόδου* ἢ *προσοφθάλμιος κύκλος*. Ἐὰν δὲ ἡ κόρη τοῦ ὀφθαλμοῦ τοῦ παρατηρητοῦ τοποθετηθῇ εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τότε οὗτος βλέπει ταυτοχρόνως ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ φαντασικοῦ εἰδώλου καὶ τὸ πεδίου ὁράσεως εἶναι εὐρύ, περιοριζόμενον μόνον ὑπὸ τοῦ μεγέθους τοῦ ἀντοφθαλμίου φακοῦ.



Σχ. 167. Πορεία τῶν ἀκτίνων δι' ἀστρονομικοῦ τηλεσκοπίου.

120. Φαινόμενη διάμετρος ἀντικειμένου. Καλοῦμεν φαινομένην διάμετρον ἀντικειμένου, τὴν γωνίαν τὴν σχηματιζομένην ὑπὸ τῶν ἀκτίνων τῶν ἀγομένων ἐκ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ πρὸς τὰ ὄρια τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, τοῦ σχηματιζομένου ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν φαινόμενην διάμετρον τοῦ ἀντικειμένου, καλεῖται δὲ πολλάκις ἡ φαινόμενη διάμετρος καὶ φαινομενικὸν μέγεθος ἀντικειμένου, καὶ μεταβάλλεται ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως.

121. Μεγέθυνσις τηλεσκοπίου. Ἡ ἡμιδιάμετρος τοῦ μειαζυομένου ἀντικειμένου, τὸ ὅποιον βλέπομεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ὑποτείνει τὴν γωνίαν ΓΟΒ, ἡ ὁποία εἶναι ἴση πρὸς τὴν α (σχ. 167), ὅπου ΓΟ εἶναι φωτεινὴ ἀκτὶς προσερχομένη ἐκ τοῦ μέσου τοῦ ἀντικειμένου καὶ ΒΟ φωτεινὴ ἀκτὶς προσερχομένη ἐκ τοῦ ἄκρου αὐτοῦ. Ἡ ἡμιδιάμετρος τοῦ εἰδώλου, τὸ ὅποιον παρατηροῦμεν διὰ τοῦ τηλεσκοπίου, ὑποτείνει τὴν γωνίαν χ . Ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργανου παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$M = \frac{\chi}{\alpha} = \frac{\epsilon\phi \chi}{\epsilon\phi \alpha}$$

λόγῳ τῆς μικρότητος τῶν γωνιῶν χ καὶ α . Ἐπειδὴ ΟΕ ἰσοῦται ἄνεν αἰσθητοῦ σφάλματος πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν F τοῦ ἀντικειμενικοῦ, καὶ ΠΕ εἶναι αἰσθητῶς ἴσον πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν f τοῦ προσοφθαλμίου, ἡ ἐξομεν:

$$\chi = \epsilon\phi \chi = \frac{E}{f} \quad \text{καὶ} \quad \alpha = \epsilon\phi \alpha = \frac{E}{F}$$

ὅπου E παριστᾷ τὸ ἕμισυ τοῦ μήκους τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου, ὅτε ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω τύπων, διὰ διαιρέσεως κατὰ μέλη, εὐρίσκομεν ὅτι ἡ μεγέθυνσις εἶναι:

$$M = \frac{F}{f}$$

ἢτοι: ἡ μεγέθυνσις ἀστρονομικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἴση πρὸς τὸν λόγον τῶν ἐστιακῶν ἀποστάσεων τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου.

122*. Δυναμόμετρον Ramsden. Τοῦτο δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 168 καὶ ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μικρῶν σωλήνων 1, 2, 3, παρουσιάζοντων τηλεσκοπικὴν διάταξιν. Ὁ σωλήν 1 εἶναι ἐμπροσθεν ἀνοικτός, ὁ σωλήν 2 φέρει εἰς τὸ ἐμπροσθίον μέρος διαφανὴ κλίμακα, ὁ δὲ 3 φέρει τὸν φακὸν παρατηρήσεως. Ὁ ἀντικειμενικός φακὸς τοῦ τηλεσκοπίου ἐτέχει διὰ τὸν προσοφθαλμίου αὐτοῦ τὴν θέσιν ἀντικειμένου, τοῦ ὁποίου πραγματικὸν εἰδωλὸν παρέχει ὁ προσοφθαλμῖος ὑπὸ μορφὴν μικροῦ φωτεινοῦ κύκλου καλουμένου *p o s o φ θ α λ μ ί ο υ* κύκλου, τὸν ὁποῖον τὴν διάμετρον μετροῦμεν διὰ τοῦ **δυναμομέτρου Ramsden**. Πρὸς τοῦτο τοποθετοῦμεν τὸν σωλήνα 1 τοῦ δυναμομέτρου, ἐπὶ τοῦ προσοφθαλμίου καὶ ρυθμίζομεν τὸν σωλήνα 3, οὕτως ὥστε νὰ βλέπωμεν ἐνφρῶνός τας διαίρεσεις τῆς κλίμακας, καὶ τέλος μετακινῶμεν ὡς σύνολον τοὺς σωλήνας 2 καὶ 3 μέγιστος ὅπου παρατηρήσομεν σαφῶς τὸν προσοφθαλμῖον κύκλον σχηματιζόμενον ἐπὶ τῆς κλίμακας τοῦ δυναμομέτρου. Ἐάν *D* παριστῇ τὴν διάμετρον τοῦ ἀντικειμενικοῦ, *d* τὴν διάμετρον τοῦ προσοφθαλμίου κύκλου, μετρομένην ἐπὶ τῆς κλίμακας, καὶ θέσομεν $p = F + f$, ἤτοι τὴν ἀπόστασιν ἀντικειμενικοῦ καὶ προσοφθαλμίου, καὶ $p' = f$, εἰρῖσσομεν ἐπὶ τῆ βάσει τῶν τέτων τῶν φακῶν, τὴν μεγέθυνσιν τῆς δίοπτρας:

$$M = \frac{F}{f}$$

123. Διαχωριστικὴ δύναμις τηλεσκοπίου. Ὅσον μεγαλύτερον ἰκανότητα πρὸς σύλληψιν φωτὸς παρουσιάζει τὸ ὄργανον καὶ ἐπομένως τόσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀστέρων τοὺς ὁποίους δυνάμεθα νὰ παρατηρήσομεν διὰ τοῦ ὄργανου. Ἐκ τῆς διαμέτρου ὅμως τοῦ ἀντικειμενικοῦ συστήματος ἐξαρτᾶται καὶ ἡ διαχωριστικὴ δύναμις τηλεσκοπίου, ἥτοι ἡ ἐλαχίστη γωνία τὴν ὁποίαν δεῖν νὰ σχηματίζουν δύο φωτεινὰ σημεῖα, ὥστε νὰ διακρίνονται ὡς ξεχωρισμένα ὑπὸ τοῦ τηλεσκοπίου.

Ἐκ τῆς σπουδῆς τοῦ ζητήματος τούτου, κατεδείχθη ὅτι ἡ ἐλαχίστη γωνία (θ) ἡ καθορίζουσα τὴν διαχωριστικὴν δύναμιν τηλεσκοπίου, παρέχεται εἰς ἀκτίνα ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\theta = \frac{1,22 \cdot \lambda}{d} \quad \text{ἢ κατὰ προσέγγισιν} \quad \theta = \frac{\lambda}{d}$$

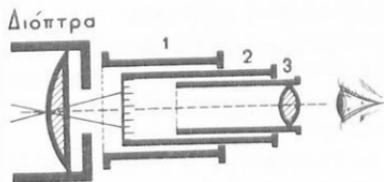
ὅπου λ τὸ μήκος κύματος τοῦ φωτὸς εἰς *cm* καὶ *d* ἡ διάμετρος τοῦ ἀντικειμενικοῦ εἰς *cm*. Ὄφτω, διὰ $\lambda = 56 \cdot 10^{-6}$ *cm* καὶ *d* = 20 *cm* προκύπτει $\theta = 2,8 \cdot 10^{-6}$ rad, ἡ γωνία δὲ αὕτη κατὰ προσέγγισιν εἶναι 0,01 min.

Ἐάν λαβῶμεν ὑπ' ὄψιν τὴν ἀνωτέρω περίπτωσιν εἰς τὴν ὁποίαν ὁ ἀντικειμενικός φακὸς ἔχει διάμετρον 200 mm, ἤτοι ἀκτίνα 100 mm, τότε εἶναι φανερόν ὅτι μετ' ἀντικειμενικῶν φακῶν ἀκτίνος 1 mm τὸ ὄργανον θὰ παρέχῃ διαχωριστικὴν ἰκανότητα 1 λεπτοῦ, καὶ οὕτω συνάγομεν ὅτι δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ ἐκφράσομεν τὴν διαχωριστικὴν δύναμιν τηλεσκοπίου εἰς min, ἤτοι εἰς πρῶτα λεπτὰ μοίρας, διὰ τοῦ ἀντιστρόφου τῆς ἀκτίνος τοῦ ἀντικειμενικοῦ ἐκπεφρασμένης εἰς mm.

Ὄφτως ἡ διαχωριστικὴ δύναμις τηλεσκοπίου, ἔχοντος ἀντικειμενικῶν φακῶν ἀκτίνος 2,5 m = 2500 mm, εἶναι:

$$\theta = \frac{1}{2500} \text{ min ἢ } \frac{1}{40} \text{ δευτεροῦλ. τῆς μοίρας,}$$

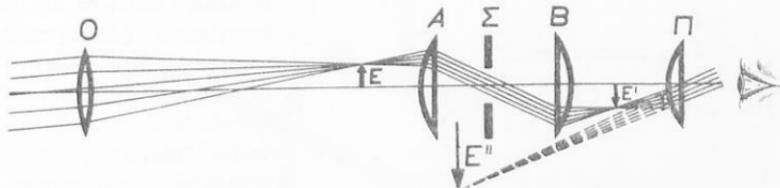
ἡ διαχωριστικὴ δὲ αὕτη δύναμις εἶναι 2500 φορές μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν τοῦ ὀφθαλμοῦ, καὶ διὰ τοιούτου ὄργανον θὰ ἠδυνάμεθα νὰ διακρίνομεν δύο σημεῖα ἀπέχοντα κατὰ 0,2 mm



Σχ. 168. Δυναμόμετρον Ramsden προσηρμοσμένον πρὸς τὴν προσοφθαλμίου δίοπτρας, διὰ τὴν μέτρησιν τῆς διαμέτρου τοῦ προσοφθαλμίου κύκλου.

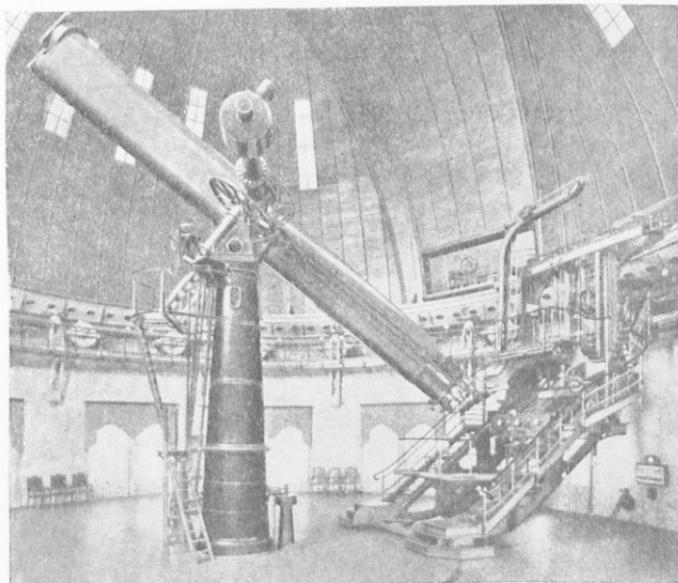
ἀπ' ἀλλήλων ὡς διάκριτα ἐξ ἀποστάσεως ἑνὸς μιλίου (1660 m) ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δὲν ὑφίστανται ἀτμοσφαιρικὰ διαταραχαί.

124. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων. Ὅπως ἐπιτύχουμεν εὐρὴ ὀπτικὸν πεδίου καὶ ταυτοχρόνως ἀνόρθωσιν τοῦ εἰδώλου, χρησιμοποιοῦμεν τὴν διόπτραν τῶν



Σχ. 169. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων, διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται ἀνόρθωσις τοῦ ἀνεστραμμένου εἰδώλου, τὸ ὁποῖον παρέχει ἀστρονομικὴ διόπτρα.

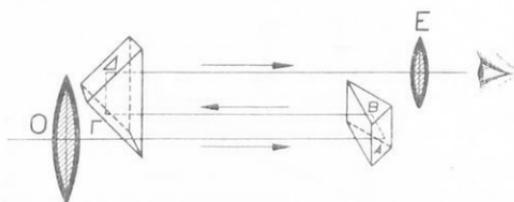
ἐπιγείων. Αὕτη ἀποτελεῖ κατ' ἀρχὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν ἢ τηλεσκόπιον, ἀλλὰ μεταξὺ ἀντικειμενικοῦ καὶ προσοφθαλμίου τοποθετεῖται εἴτε εἰς συγκλίνων φακός, εἴτε σύστημα ἐκ δύο συγκλινόντων φακῶν (σχ. 169). Τὸ πρὸς παρατήρησιν μακρὰν



Σχ. 170. Γενικὴ ὄψις τοῦ ἀστρονομικοῦ τηλεσκοπίου τοῦ Potsdam, μὲ ἀντικειμενικὸν φακὸν διαμέτρου 80 cm.

ἀντικείμενον ὑποτίθεται ὅτι εἶναι βέλος ἀνεστραμμένον, τοῦ ὁποῖου ὁ ἀντικειμενικὸς παρέχει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον εἰς E, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ὀρθόν. Ἀκολουθῶς, τὸ συγκλίνων σύστημα τῶν φακῶν A καὶ B παρέχει τὸ ἀνεστραμμένον εἶδωλον E', τὸ

ὁποῖον εἶναι διατεταγμένον ὡς καὶ τὸ ἀντικείμενον, δηλ. διὰ τοῦ συστήματος τῶν φακῶν Α καὶ Β ἐξουδετερώθη ἡ ἀναστροφή τοῦ εἰδώλου Ε. Τέλος, τὸ εἶδωλον Ε' τὸ ὁποῖον παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Π παρέχει τὸ μεγεθυ-
θὲν εἶδωλον Ε". Ἐνίοτε, ἀντὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ χρησιμοποιοῦμεν προσο-

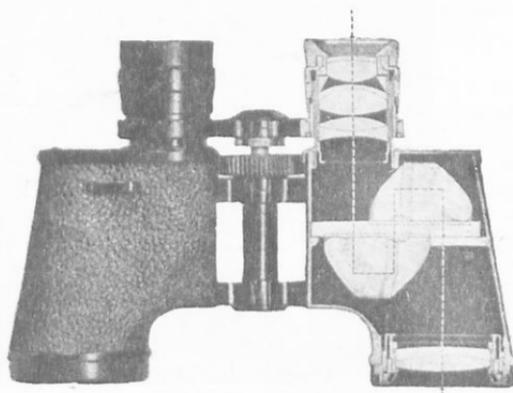


Σχ. 171. Διάταξις διόπτρας μετὰ δύο πρισματίων προσαλοῦντων ἀνορθῶσιν τοῦ εἰδώλου.

φθάλμιον σύστημα π.χ. Huygens, οὗτω δὲ ἐκτὸς τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ὑφίστανται ἐν συνόλῳ καὶ τέσσαρες ἄλλοι φακοί. Ἐπίσης εἰς Σ τοποθετεῖται διάφραγμα φέρον καταλλήλου ἀνοίγματος ὅπῃ εἰς τὸ κέντρον, οὕτως ὥστε νὰ ἐπιτρέπη τὴν διόδον τῶν φωτεινῶν δεσμῶν, αἱ ὁποῖα τέμνον-

ται εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην. Τὸ διάφραγμα τοῦτο χρησιμεύει κυρίως διὰ νὰ ἀπομονώη τὰς παρασίτους φωτεινὰς ἀκτίνες, αἱ ὁποῖα δύνανται νὰ προέλθουν ἀπὸ τυχαίας ἀνακλάσεις ἐπὶ τῶν πλευρικῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλήνος τῆς διόπτρας. Τὸ σχ. 170 παριστᾷ ἐν ἓκ τῶν μεγαλύτερων ἀστρονομικῶν τηλεσκοπίων τοῦ κόσμου.

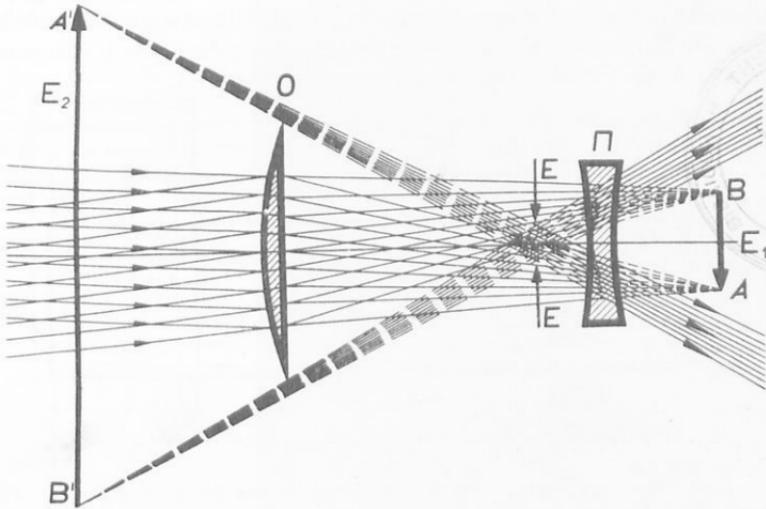
125. Πρισματικὴ διόπτρα. Ἡ διόπτρα τῶν ἐπιγειῶν, διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως πρισματίων δύναται νὰ τροποποιηθῇ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ ἐπιτρέπη μεγάλην μεγέθυνσιν, οἰκονομίαν χώρου καὶ εὐρύτητα ὀπτικοῦ πεδίου. Τοιαῦτα διόπτραι εἶναι αἱ στρατιωτικαὶ (σχ. 172). Εἰς τὴν διόπτραν τοῦ τύπου τούτου ἡ δέσμη τοῦ φωτὸς εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ἀντικειμενικὸν καὶ προσπίπτει ἐπὶ ὑαλίνων πρισματίων καί, μετὰ δύο δὲ ὀλικὰς ἀνακλάσεις εἰς Α καὶ Β (σχ. 171), ἀλλάσσει τὴν πορείαν αὐτῆς καὶ ὁδεύει κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν, ὅτε προσπίπτει ἐπὶ δευτέρου ὀρθογωνίου πρισματός, διατεταγμένου κατ' ὀρθὴν γωνίαν ἐν σχέσει πρὸς τὸν πρῶτον, ὅτε πάλιν διὰ δύο διαδοχικῶν ἀνακλάσεων εἰς Γ καὶ Δ, ἀλλάσσει ἐκ νέου πορείαν καὶ τέλος εἰσχωρεῖ εἰς τὸν προσοφθάλμιον καὶ ἀκολούθως εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Αἱ ἀνακλάσεις ἐπὶ τῶν δύο πρισματίων ἐπιφέρουν τὴν ἀνορθῶσιν τοῦ εἰδώλου καὶ οὕτω δὲν ἀπαιτεῖται ἡ χρησιμοποίησις ἀνορθωτικοῦ φακοῦ, ὡς εἰς τὴν προηγουμένως περιγραφείσαν περίπτωσιν, διότι τὸ ἐν πρίσμα ἐναλλάσσει τὰς δύο πλευρὰς τοῦ εἰδώλου, ἐνῶ τὸ ἄλλο προκαλεῖ τὴν ἀνορθῶσιν αὐτοῦ καὶ ἐπαναφέρει



Σχ. 172. Γενικὴ ὄψις πρισματικῆς διόπτρας.

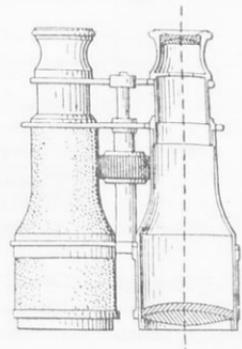
τὸν ἀνορθῶσιν αὐτοῦ καὶ ἐπαναφέρει

αυτό τελικῶς εἰς τὴν φυσικὴν του θέσιν. Ἐξ ἄλλου, λόγῳ τῆς μειώσεως τῆς διαδρομῆς τῶν ἀκτίνων ἀπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ μέχρι τοῦ προσοφθαλμίου, ἢ ἐστιακῆ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ, δύναται νὰ ἐκλεγῇ τρεῖς φορές μεγαλυτέρα ἢ εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, τοῦτο δὲ συντελεῖ εἰς τὴν αὐξησιν τῆς μεγεθύνσεως.



Σχ. 173. Διάγραμμα τῆς πορείας τῶν ἀκτίνων εἰς διόπτρῳ Γαλιλαίου.

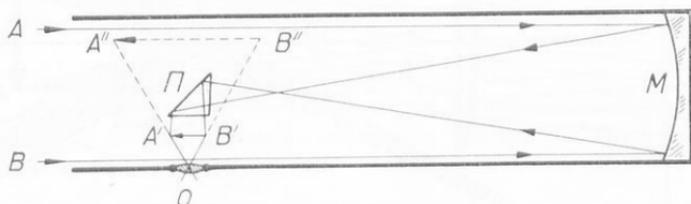
126. Διόπτρα Γαλιλαίου. Εἰς τὴν διόπτρῳ τοῦ Γαλιλαίου, ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς ἀποτελεῖ συγκλίνοντα φακὸν ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας, ἀλλ' ὡς προσοφθαλμῖος χρησιμοποιεῖται ἀποκλίνων φακὸς Π. Ὁ φακὸς οὗτος τοποθετεῖται εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε αἱ ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ νὰ συναντοῦν αὐτὸν πρὶν σχηματίσουν τὸ πραγματικὸν εἶδωλον εἰς AB τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 173). Ἐὰν δὲ ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ καὶ τοῦ εἰδώλου AB εἶναι ὀλίγον μεγαλυτέρα τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, τότε αἱ ἀκτίνες, αἱ ὁποῖα πλησιάζουν τὸ σημεῖον A τοῦ εἰδώλου, ἐκτρέπονται ὑπὸ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ πρὸς τὰ κάτω καὶ ἀποκλίνουν κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὡς εἰάν προήρχοντο ἀπὸ τὸ σημεῖον A'. Οὕτω σχηματίζεται μεγεθυσμένον φανταστικὸν εἶδωλον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παρατηρήσῃ ὁ ὀφθαλμὸς, ὅταν τοποθετηθῇ εἰς θέσιν τοιαύτην, ὥστε νὰ δεχθῇ τὴν ἐξερχομένην ἐκ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ δέσμη. Ἐκ τοῦ σχήματος ὁμως, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δέσμαι, αἱ



Σχ. 174. Γενικὴ ὄψις διόπτρας Γαλιλαίου.

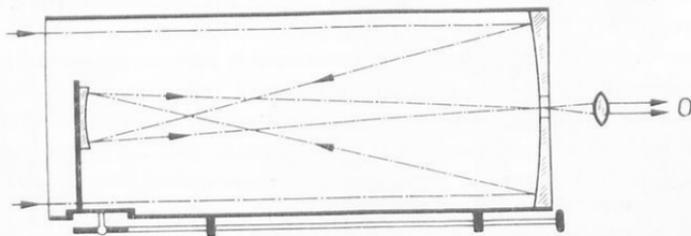
ὁποῖα προέρχονται ἔξ ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἀντικειμένου, φθάνουν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν, ὡς ἂν ἐπέμνοντο εἰς Ε, καὶ ἐπομένως τὸ φανταστικὸν εἶδωλον παρατηρεῖται διὰ μέσον τοῦ μικροῦ ἀνοίγματος Ε. Τοῦτο ὅμως ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα ὅτι περιορίζει τὸ εὖρος τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου. Ὁ περιορισμὸς οὗτος τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου ἀποτελεῖ μέγα μειονέκτημα τῆς διόπτρας τοῦ τύπου τούτου, καὶ περιορίζει τὴν χρησιμοποίησιν αὐτῆς μόνον ὡς διόπτρας θεάτρων (σχ. 174). Πλεονέκτημα ὅμως αὐτῆς εἶναι ὅτι εἶναι βραχυτέρα ἀπὸ ὅλους τοὺς ἄλλους τύπους διοπτρῶν ἢ τηλεσκοπίων, καὶ παρέχει ὀρθὸν εἶδωλον τοῦ μεμακρυσμένου ἀντικειμένου.

127. Ἐνακλαστικὸν τηλεσκόπιον. Εἰς τὰ τηλεσκόπια ταῦτα, ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς ἀντικαθίσταται ὑπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου Μ μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Ἡ διάταξις τοιοῦτου τηλεσκοπίου, ὡς τοῦτο ἐχρησιμοποιήθη ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος, δεῖκνύεται εἰς σχ. 175.



Σχ. 175. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον (Νεύτωνος).

Ἡ ἔξ τοῦ ὑπὸ παρατήρησιν ἀντικειμένου προσερχομένη δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου Μ, καὶ ἀνακλινόμενη ἐπ' αὐτοῦ, προσπίπτει ἀκολούθως ἐπὶ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως Π καὶ σχηματίζει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον Α' Β', τὸ ὁποῖον ἀκολούθως παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμίου συστήματος Ο, διὰ τοῦ ὁποῖου βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἶδωλον Α'' Β''.



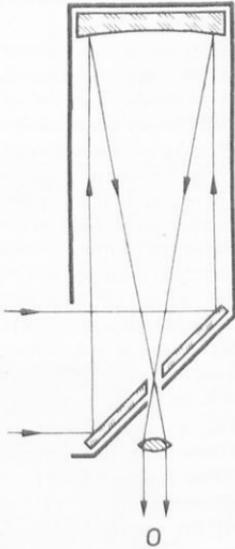
Σχ. 176. Ἐνακλαστικὸν τηλεσκόπιον κατὰ Gregory.

Τὰ σχήματα 176 καὶ 177 δεῖκνουν διαφόρους τύπους κατοπτρικῶν τηλεσκοπίων.

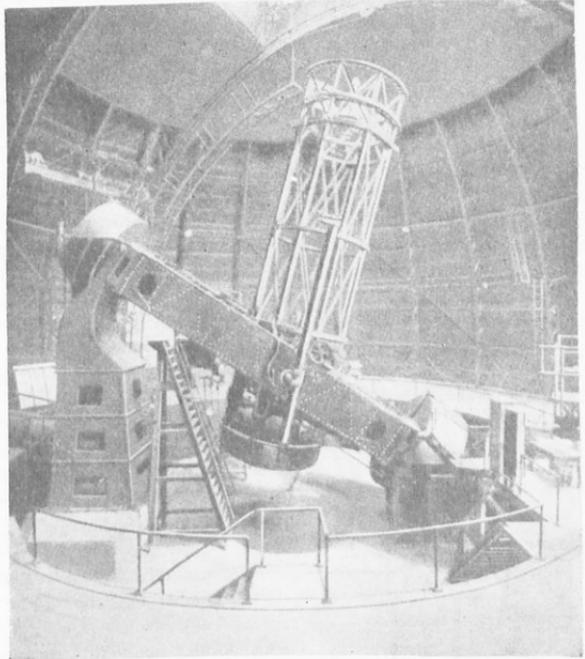
Ἡ χρησιμοποίησις κατόπτρων εἶναι λίαν πλεονεκτικὴ εἰς τὰ μεγάλα τηλεσκόπια, διότι παρέχει εἶδωλον ἐλεύθερον ἀπὸ χρωματικῆν ἐκτροπὴν, διότι ὅλα τὰ μίγη κύματος ἀνακλινῶνται καθ' ὅμοιον τρόπον.

Ἐπίσης, τὸ ἀνακλαστικὸν κάτοπτρον παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι ἔχομεν νὰ καταργασθῶμεν μόνον μίαν ἐπιφάνειαν ἀντὶ δύο. Ἐπίσης, ἡ κατασκευὴ μεγάλων φακῶν παρουσιάζει δυσκολίας μεγάλας, διὰ τὴν ἀποφυγὴν ἀνομαλιῶν ὀφειλομένων εἰς μεταβολὰς τῆς πυκνότητος τῆς ὑάλου.

Το μεγαλύτερον τηλεσκόπιον τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖ ἀντιζευμενίζον φακὸν διαμέτρου 1 μέτρου εἶναι ἐγκατεστημένον εἰς τὸ ἐν Yerkes Ἀστεροσκοπεῖον εἰς William Bay Wisconsin. Τὸ μεγαλύτερον ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖ κάτοπτρον διαμέτρου 2,5 m (σχ. 178) εἶναι ἐγκατεστημένον εἰς τὸ Ἀστεροσκοπεῖον τοῦ ὄρους Wilson, πλησίον τῆς Pasadena (Καλιφόρνια). Τελευταίως ἔχει ἐγκατασταθῆ ἐπὶ τοῦ ὄρους Palomar



Σχ. 177. Ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον κατὰ Martin.



Σχ. 178. Μέγα ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον ἐγκατεστημένον εἰς τὸ ὄρος Wilson.

ἔτι μεγαλύτερον τηλεσκόπιον, τοῦ ὁποῖου τὸ κάτοπτρον ἔχει διάμετρον 5 m. Τὸ κάτοπτρον αὐτὸ ἀποτελεῖται ἐξ ὕλου Pyrex, καθότι παρουσιάζει λιάν μικρὸν συντελεστὴν θερμικῆς διαστολῆς. Ὁ χαλαζίας ἐθεωρήθη ἀρχικῶς ὡς τὸ καταλληλότερον ὑλικόν, ἀλλὰ εἶναι δύσκολον νὰ ἐξευρεθῆ εἰς τοιοῦτον μέγεθος. Τὸ κολλοσιαῖον τοῦτο κάτοπτρον ἔχει ἔμβαδὸν 600000 φορὰς μεγαλύτερον τοῦ ἔμβαδου τῆς κόρης τοῦ ὀφθαλμοῦ πρὸς περισυλλογὴν φωτός. Τὸ κάτοπτρον ἔχει βάρους 20 τόννων, τὸ δὲ συνολικὸν βῆρος τοῦ ὅλου τηλεσκοπίου ὑπολογίζεται εἰς 2000 τόννους.

128. Περισκόπιον. Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων, καταλέγεται καὶ τὸ **περισκόπιον**, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται ὑπὸ τῶν ἐν καταδύσει ὑποβρυχίων πρὸς ἐξερεύνησιν τοῦ ὁρίζοντος. Τὸ περισκόπιον ἀποτελεῖ συνδυασμὸν πρῶτον ὀπτικῆς ἀνακλασεως, ἢ δὲ λειτουργία αὐτοῦ κατανοεῖται εὐκόλως ἐκ τοῦ σχ. 179. Τὸ ἄνωθεν τῆς ἐστιγμένης γραμμῆς κείμενον μέρος τοῦ σωλήνος τῆς συσκευῆς εὐρίσκεται ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θάλασσης, ἐνῶ τὸ κάτω εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὑποβρυχίου, ὃ δὲ ὅλος σωλήν τοῦ περισκοπίου ἔχει τηλεσκοπικὴν διάταξιν, ὥστε τὸ μήκος αὐτοῦ νὰ μεταβάλλεται κατὰ βούλησιν.

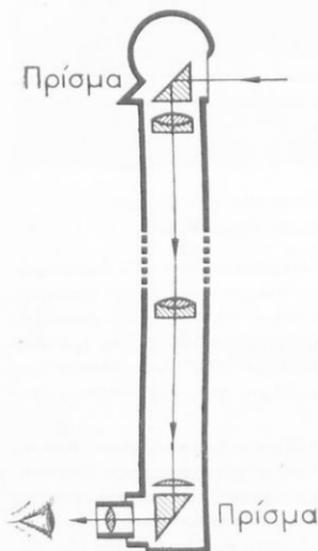
Ἀκτῖνες προσερχόμεναι ἐξ ἀντιζευμενῶν εὐρισκομένων εἰς τὸν ὁρίζοντα, προσπίπτουσαι

ἐπὶ τοῦ ἄνω πρίσματος ὑφίστανται ὀλισκίην ἀνάκλασιν καὶ ἀζολούθως, διερχόμενα διὰ συστήματος φακῶν, προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κάτω πρίσματος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὑφίστανται δευτέραν ὀλισκίην ἀνάκλασιν, καὶ τέλος εἰσχωροῦν εἰς τὸ προσοφθάλμιον σύστημα διὰ μέσου τοῦ ὁποίου γίνεται ἡ παρατήρησις.

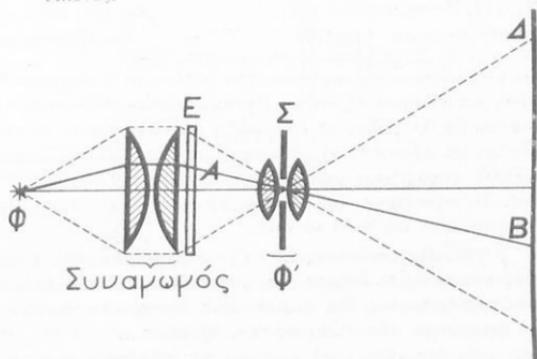
129. Προβολεύς. Ὁ προβολεύς, ἢ ἄλλως συσκευή προβολῆς εἰκόνα, χρησιμεύει ὡς σχηματίζουσα ἰσχυρῶς μεγεθυμένον καὶ ἔντονον φωτεινὸν πραγματικὸν εἰδῶλον ἀντικειμένου ἐπὶ διαφράγματος, εἰς τρόπον ὅστε τοῦτο νὰ εἶναι ὄρατὸν εἰς ὅλας τὰς λεπτομερεῖας αὐτοῦ ἀπὸ μεγάλης ἀποστάσεως καὶ ὑπὸ πολλῶν ταυτοχρόνων παρατηρητῶν. Τοιαύτην διάταξιν προβολῆς εἰκόνων χρησιμοποιοῦμεν κατὰ τὰς διαφόρους διαλέξεις εἰς μεγάλους χώρους, εἰς τὴν διδασκαλίαν, ὡς καὶ εἰς τοὺς κινηματογράφους.

Κατὰ ἓνα τρόπον προβολῆς, τὸ ἀντικείμενον εἶναι ζωγραφισμένον, ὑπὸ μικρᾶς διαστάσεως, ἐπὶ ὑάλου ἢ ἄλλης διαφανοῦς οὐσίας, ὅτε ἡ προβολὴ γίνεται διὰ τοῦ διερχομένου φωτός, ὅποτε λέγεται **διασκοπικὴ**. Εἰς ἄλλας ὁμως περιπτώσεις, δυναμεθὰ νὰ προβάλωμεν ἀπ' εὐθείας εἰκόνας ἀπὸ βιβλίον, ἀρκεῖ ἀπλῶς νὰ φωτίσωμεν αὐτὰς ἰσχυρῶς, ὅτε δια τὴν προβολὴν χρησιμοποιεῖται τὸ ἀνακλόμενον φῶς. Τὸ εἶδος τοῦτο τῆς προβολῆς καλεῖται **ἐπισκοπικὴ**.

Α' Διασκοπικὴ προβολή. Ὁ προβολεύς, εἰς τὴν περιπτώσιν τῆς διασκοπικῆς προβολῆς, ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἀκολούθων μερῶν. α) Ἐκ τῆς *φωτεινῆς ἀηγῆς* Φ , ἢ ὁποία εἶναι συνήθως εἴτε τὸ βολταϊκὸν τόξον εἴτε, κατὰ προτίμησιν, λυχνία πυρακτώσεως εἰδικοῦ τύπου μεγάλης φωτιστικῆς ἐντάσεως. β) Ἐκ τοῦ *συναγωγῶ*, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἰσομεγέθων ἐπιπεδοζώγων φακῶν, διατασσομένων ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 180, καὶ ὅστις χρησιμεύει διὰ νὰ συγκεντρώσῃ ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον φῶς ἐπὶ τῆς ὑπὸ προβολὴν διαφανοῦς εἰκόνας E , ἢ ὁποία τίθεται ἀμέσως μετὰ τὸν συναγωγόν. γ) Ἐκ τοῦ *φακοῦ προβολῆς* ἢ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ, ὁ ὁποῖος συνήθως ἀποτελεῖται ἐκ συστήματος δύο φακῶν συγκλινόντων, μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεντίθεται διάφραγμα Σ , καταλήλου ἀνοίγματος, εἰς τρόπον ὅστε νὰ παρεμποδίσωμεν τὰς περιφερειαζὰς ἀκτίνες, καὶ διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδῶλου νὰ χρησιμοποιηθοῦν μόνον κεντρικαὶ ἀκτίνες, ἀποφευγόμενης οὕτω διαστρωφῆς τοῦ εἰδῶλου ἐξ ἐκτροπῆς ἐκ σφαιρικότητος. δ) Ἐκ τοῦ *διαφράγματος προβολῆς* Δ (ὀθόνη) ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὁ φακὸς προβολῆς παρέχει τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον τῆς εἰκόνας.

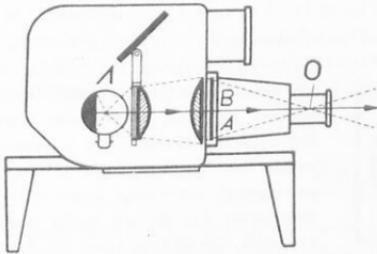


Σχ. 179. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς περισκόπιον.

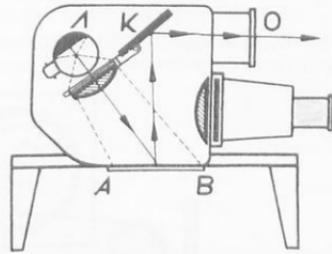


Σχ. 180. Γραμμικὴ πορεία ἀκτίνων εἰς διασκοπικὴν προβολὴν.

Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος δεικνύεται, τὸ σημεῖον Β τοῦ εἰδώλου ἐπὶ τοῦ διαφράγματος ἀντιστοιχεῖ εἰς σημεῖον Α τοῦ ἀντικειμένου. Ἐπειδὴ ὁ ἀντικειμενικός φακός παρέχει ἀνε-



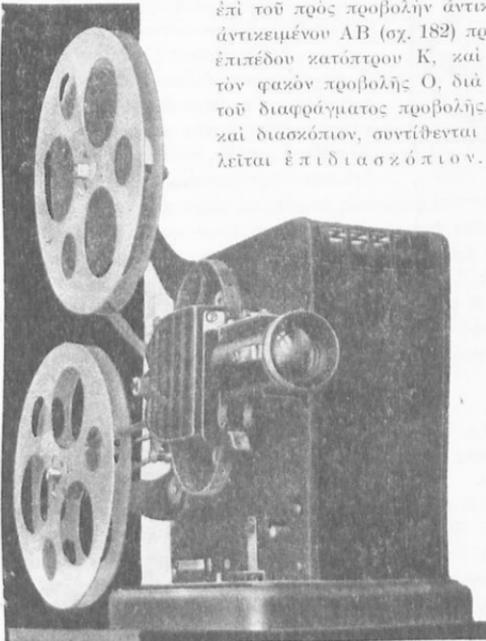
Σχ. 181. Διασκοπιζή προβολή.



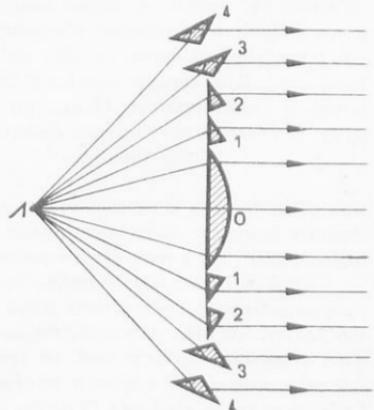
Σχ. 182. Ἐπισκοπική προβολή.

στραμμένον εἶδωλον, ἵνα τὸ εἶδωλον προβάλλεται εἰς τὸ διάφραγμα ὀρθόν, πρέπει ἢ ὑπὸ προβολῆν εἰζόν νά τοποθετηθῆ ἀνεστραμμένη εἰς τὸν προβολέα. Τὸ σχ. 181 δεικνύει προβολέα μὲ διάταξιν διασκοπιζῆς προβολῆς.

Β' Ἐπισκοπική προβολή. Κατὰ τὴν διάταξιν ταύτην, κατὰ τὴν ὁποίαν χρησιμοποιούμεν διὰ τὴν προβολῆν ἀναζλόμενον φῶς, ἡ συσκευή συγκροτεῖται ἐκ τῶν ἀκολούθων μερῶν: α) Ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Λ ἡ ὁποία πάλιν εἶναι εἴτε βολταϊκὸν τόξον, εἴτε λυχνία πυρακτώσεως, μεγάλης φωτιστικῆς ἐντάσεως. β) Ὡς συναγωγὸς χρησιμεύει φακὸς τῆθεμος πλησίον τῆς φωτεινῆς πηγῆς, διὰ τοῦ ὁποίου συγκεντρῶνται τὸ φῶς ἐπὶ τοῦ πρὸς προβολῆν ἀντικειμένου. Αἱ ἐκ τοῦ ἰσχυρῶς φωτιζομένου ἀντικειμένου ΑΒ (σχ. 182) προερχόμεναι ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου Κ, καὶ ἀνακλόμεναι ἐπ' αὐτοῦ, εἰσχωροῦν εἰς τὸν φακὸν προβολῆς Ο, διὰ τοῦ ὁποίου προβάλλομεν τὴν εἰκόνα ἐπὶ τοῦ διαφράγματος προβολῆς. Συνήθως, αἱ δύο συσκευαί, ἐπισκόπιον καὶ διασκοπίον, συντίθενται εἰς μίαν, ὅτε τὸ ὄργανον προβολῆς καλεῖται ἐπιδοπισκόπιον.



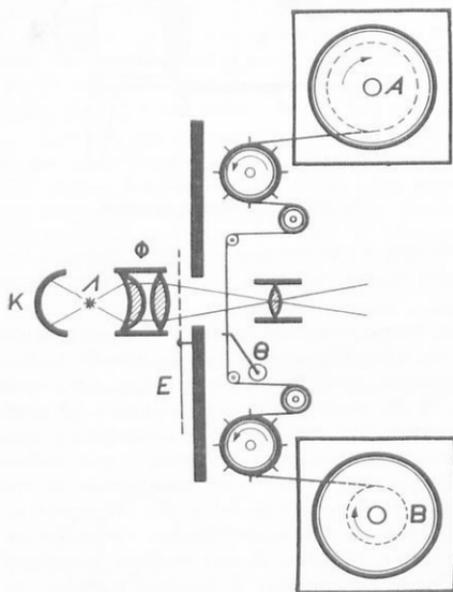
Σχ. 184. Κινηματογραφικὸν μηχανήμα προβολῆς.



Σχ. 183. Προβλεΰς φαρόν.

Προβολεὺς φάρων. Οὗτος πραγματοποιεῖται διὰ συνδυασμοῦ φακῶν καὶ πρισματῶν, ἐκ δὲ τοῦ σχ. 183 κατανοεῖται σαφῶς ἡ πορεία τῆν ὁποῖαν ἀκολουθοῦν αἱ ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Λ .

130. Κινηματογράφος. Ἡ λειτουργία τοῦ κινηματογράφου στηρίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς φωτεινῆς ἐντύπωσης. Οὗτος, ἐάν ἐπὶ διασκόπιατος προβάλλωμεν διαδοχικῶς εἰκόνας, οὕτως ὥστε αὗται νὰ διαδέχονται ἀλλήλας εἰς χρονικὸν διάστημα ἴσον περίπου πρὸς $1/16$ sec, ἔχομεν συνεχῆ ἐντύπωσιν, χωρὶς ν' ἀντιλαμβανώμεθα ὅτι ἡ μία εἰκὼν προβάλλεται μετὰ τὴν ἄλλην, λόγῳ τῆς διαρκείας τῆς φωτεινῆς ἐντύπωσης, ἡ ὁποία ὡς γνωστὸν εἶναι $1/10$ sec.



Σχ. 185. Διάταξις κινηματογραφικῆς ταινίας μετὰ τοῦ συστήματος προβολῆς. Λ τμήσανον ἐκτυλίξεως τῆς ταινίας ἡ ὁποία, διερχομένη διὰ μέσου ὁδηγοῦ συστήματος ἐξ ὀδοντωτῶν τροχῶν καὶ τροχαλιῶν, τυλίσσεται ἐκ νέου εἰς B . Λ φωτεινὴ πηγή, K κάτοπτρον ἀνακλαστικόν, Φ συναγωγός, E περιστρεφόμενον διάφραγμα μετὰ σχιμῶν, Θ σύστημα πρὸς στιγμὴν ἀκίνητοποίησιν τῆς ταινίας.

κῶν φιλμ. Ἐκ τοῦ ἀρνητιζοῦ τούτου φιλμ, δυνάμεθα νὰ ἀναπαράγωμεν σειρὰν ἀντιτίπων θετικῶν διαφανῶν φιλμ, καταλλήλων πρὸς προβολήν, τὰ ὁποῖα φέρονται εἰς τὸ ἐμπόριον περιτυλιγμένα ἐπὶ καταλλήλων τυμπάνων.

Κατὰ τὴν κινηματογραφικὴν λήψιν διὰ τοῦ ἐπὶ τούτῳ μηχανισμοῦ, τὸ περιστροφικὸν διάφραγμα κινεῖται, οὕτως ὥστε τοῦτο νὰ ἀνοίγῃ καὶ νὰ κλίνῃ περίπου 16 φορές κατὰ δευτερόλεπτον. Τὸ φιλμ μετατοπίζεται κατὰ ἓν πεδίου, ἐφ' ὅσον τὸ διάφραγμα εἶναι κλειστὸν, ἀλλὰ παραμένει ἀκίνητον καθ' ὃν χρόνον τὸ διάφραγμα παραμένει ἀνοικτὸν. Ἡ ἐκτύλιξις τοῦ φιλμ γίνεται ὑπὸ ταχύτητα τοιαύτην, ὥστε διὰ τοῦ φωτογραφικοῦ φακοῦ νὰ διέχεται 1 μέτρον τοῦ φιλμ εἰς 1 sec. Ἐν φιλμ μήκους 300 m περιέχει περίπου 16000 εἰκόνας.

Ἡ κινηματογραφικὴ προβολὴ συνίσταται εἰς τὴν διαδοχικὴν προβολήν, τῆ βοηθειᾶ

Ὁ κινηματογράφος πραγματοποιεῖται ὡς ἐξῆς: Τῇ βοηθειᾷ καταλλήλου φωτογραφικῆς μηχανῆς, λαμβάνομεν διαδοχικὴν σειρὰν φωτογραφιῶν κινουμένων ἀντικειμένων ἐπὶ φωτογραφικοῦ φιλμ, κινουμένου ἐν τῷ θαλάμῳ φωτογραφικῆς μηχανῆς ὑπὸ τὴν κατάλληλον ταχύτητα.

Αἱ διαστάσεις τοῦ φιλμ ποικίλλουν ἀναλόγως τοῦ προορισμοῦ τοῦ κινηματογράφου, διὰ συνήθειας δὲ ἐρασιτεχνικοῦς ἢ στοιχειώδους διδασκαλίας κινηματογράφου τοῦτο ἔχει μήκος 300 περίπου μέτρον καὶ πλάτος περίπου 16 mm ἢ 35 mm. Τὸ φιλμ, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὴν λήψιν φωτογραφιῶν ἀντικειμένων ἐν κινήσει, εἶναι περιτυλιγμένον ἐπὶ κυκλικῷ τυμπάνῳ καὶ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς λήψεως φωτογραφιῶν ἐκτυλίσσεται διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ καὶ ἀκολουθῶς περιτυλίσσεται ἐκ νέου ἐπὶ ὁμοίῳ τυμπάνῳ. Μετὰ τὴν λήψιν τῶν φωτογραφιῶν ὑποβάλλομεν τὸ φιλμ εἰς ἐπεξεργασίαν, καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς προκειμένου περὶ συνήθων φωτογραφι-

καταλλήλου προβολέως (σχ. 184), επί διαφράγματος (ὀθόνης) τῶν θετικῶν εἰκόνων τῶν ἀποτυπωμένων ἐπὶ τοῦ θετικοῦ φίλμ. Οὕτω, τὸ ἐπὶ τοῦ τμηπᾶνου περιτυλιγμένον θετικὸν φίλμ τοποθετεῖται εἰς τὴν καταλλήλου θέσιν τῆς συσκευῆς προβολῆς καὶ, ἀκολούθως, διερχόμενον διὰ τοῦ καταλλήλου μηχανισμοῦ ἐκτυλίξεως, ἐκτυλίσσεται καὶ διέρχεται διὰ καταλλήλου θυροῖδος μέσῳ τῆς ὁποίας προβάλλεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος. Τέλος, τὸ διερχόμενον διὰ τῆς θυροῖδος προβολῆς μέρος τῆς ταινίας περιτυλίσσεται ἐπὶ ἄλλον τμηπᾶνον καὶ οὕτω αὕτη διαφυλάσσεται δι' ἄλλην προβολὴν (σχ. 185).

Ζητήματα.

Τί καλοῦμεν ὀπτικά ὄργανα καὶ ποῖα τὰ κυριώτερα τούτων.

Περιγράψατε τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον καὶ πῶς καθορίζεται ἡ μεγέθυνσις αὐτοῦ.

Ποῖα τὰ κύρια μέρη συνθέτου μικροσκοπίου.

Περιγράψατε τὰ διάφορα προσοφθάλμια καὶ ἀντοφθάλμια συστήματα συνθέτου μικροσκοπίου.

Πῶς καθορίζεται ἡ μεγέθυνσις συνθέτου μικροσκοπίου.

Ποῖα ἡ διαφορὰ μικροσκοπίου καὶ ὑπερμικροσκοπίου.

Διὰ ποῖον λόγον χρησιμοποιοῦμεν ἀντοφθάλμια καταδυστικά συστήματα.

Ποῖα τὰ κύρια μέρη τηλεσκοπίου καὶ πόσων εἰδῶν τηλεσκόπια διακρίνομεν.

Ἐκ ποῖων στοιχείων ἐξαρτᾶται ἡ μεγέθυνσις καὶ ἡ διαχωριστικὴ δύναμις τηλεσκοπίου.

Ποῖα ἡ διαφορὰ μεταξὺ τηλεσκοπίου καὶ διόπτρας ἐπιγείου.

Ποῖα ἡ διαφορὰ μεταξὺ μικροσκοπίου καὶ τηλεσκοπίου.

Πῶς πραγματοποιοῦνται αἱ πρισματικαὶ διόπτραι καὶ ποῖα τὰ πλεονεκτήματα αὐτῶν.

Πῶς πραγματοποιεῖται ἡ διόπτρα Γαλλιᾶου καὶ εἰς ποίας περιπτώσεις ἐνδείκνυται ἡ χρησιμοποίησις αὐτῆς.

Διὰ ποῖον λόγον προτιμᾶται εἰς τὰς ἀστρονομικὰς ἐρεῦνας ἡ χρησιμοποίησις ἀνακλαστικῶν τηλεσκοπίων.

Περιγράψατε τὴν λειτουργίαν περισκοπίου.

Περιγράψατε τὰ διάφορα εἶδη τῶν χρησιμοποιουμένων συσκευῶν προβολῆς καὶ τῶν μερῶν ἐκ τῶν ὁποίων αὐταὶ ἀποτελοῦνται.

Πῶς πραγματοποιεῖται ὁ κινηματογράφος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ. ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

131. Εισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἡ φωτομετρία ὡς ἀντικείμενον σπουδῆς ἔχει τὸν καθορισμὸν τῆς ἐντάσεως τῶν φωτεινῶν πηγῶν ὡς καὶ τοῦ φωτισμοῦ τὸν ὁποῖον αὐταὶ προκαλοῦν. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν παρατηροῦμεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ ὑπὸ τὰς αὐτὰς πάντοτε συνθήκας δύο γειτονικὰς ὁμοίας φύσεως ἐπιφανείας, δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν ὅτι αὐταὶ δέχονται τὸν αὐτὸν φωτισμὸν, διότι τότε αὐταὶ παρουσιάζουν τὴν αὐτὴν φωτεινότητα ἢ λαμπρότητα.

Τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως ἔχει, ἐκ φυσιολογικῆς κατασκευῆς, τὴν ἰκανότητα νὰ ἐκτιμᾷ τὴν λαμπρότητα σώματος αὐτοφώτου ἢ ἑτεροφώτου. Προκειμένου ὅμως περὶ ἑτεροφώτου σώματος, ἡ φωτεινότης ἢ λαμπρότης αὐτοῦ δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον τοῦτο δέχεται ἐκ μέρους τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ὡς καὶ ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ὀφθαλμοῦ.

Εἰς τὴν σπουδὴν τῆς φωτομετρίας εἰσάγεται ἡ ἔννοια τῆς ποσότητος τοῦ φωτός κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον.

Ἐκ τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς γνωρίζομεν ὅτι φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἀκτῖνας καθ' ἀπάσας τὰς διευθύνσεις. Αἱ φωτειναὶ ὅμως ἀκτῖνες μεταφέρουν ἐνέργειαν, ἔνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου δυνάμεθα νὰ ὀμιλῶμεν περὶ ποσότητος φωτός, νοοῦντες διὰ τούτου τὴν ποσότητα ἐνεργείας ὑπὸ μορφὴν ὁρατοῦ φωτός, ἢ ὁποῖα μεταφέρεται ἐντὸς ὁρισμένου χρονικοῦ διαστήματος.

132*. Στερεὰ γωνία. Τὸ σύνολον τῶν ἀκτῖνων τῶν συνδεουσῶν ὁρισμένον σημεῖον τοῦ χώρου πρὸς ὅλα τὰ σημεῖα τῆς περιμέτρου τυχούσης ἐπιφανείας λέγομεν ὅτι σχηματίζουεν στερεὰν γωνίαν.

Οὔτω, εἰς τὸ σχ. 186 πᾶσαι αἱ ἀκτῖνες, αἱ συνδέουσαι τὸ σημεῖον O πρὸς τὴν περιμέτρον τοῦ τμήματος S τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας ἀποτελοῦν τὴν στερεὰν γωνίαν ω . Τὸ ἑμβάδον τῆς ἐπιφανείας S εἶναι ἀνάλογον τῆς στερεᾶς γωνίας ω καὶ ἀνάλογον τοῦ τετραγώνου τῆς ἀκτῖνος r , ἥτοι $S = \omega r^2$, ἐκ τῆς σχέσεως δὲ ταύτης εὐρίσκομεν:

$$\omega = \frac{S}{r^2}$$

Ἡ μονὰς τῆς στερεᾶς γωνίας (ω) καλεῖται στερεὰκτίνιον. Οὔτω, ἐὰν λάβωμεν κῶνον ἔχοντα ἀκτίνα $r = 1 \text{ m}$, οὔτως θὰ ἀποκόψῃ ἐπιφάνειαν $S = 1 \cdot 1^2 = 1 \text{ m}^2$. Ἐπειδὴ τὸ μέγεθος τῆς συνολικῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας εἶναι $4\pi r^2$, ἔπεται ὅτι μία πλήρης στερεὰ γωνία

άντιστοιχεί εις 4π στερεακτίνια. Εις επίπεδον διερχόμενον διά τοῦ κέντρου τῆς σφαίρας, ἀντιστοιχεί γωνία 2π στερεακτίνια. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι στερεαί γωνίαί χώρου τοῦ αὐτοῦ μεγέθους δύνανται νά ἔχουν διάφορον μορφήν. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως ὁρισμοῦ τῆς στερεᾶς γωνίας προκύπτει ὅτι αὕτη εἶναι ἀδιάστατον μέγεθος.

133. Φωτομετρικά μεγέθη καί μονάδες αὐτῶν. α) Φωτεινὴ ροή. Καλοῦμεν φωτεινὴν ροὴν (ἢ ρύσιν) τὴν συνολικὴν ποσότητα φωτός, ἢ ἄλλως, φωτεινῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει φωτεινὴ πηγὴ καθ' ἅπασας τὰς διευθύνσεις εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, καὶ παριστῶμεν αὐτὴν διὰ τοῦ συμβόλου Φ .

Ἡ φωτεινὴ ροή, ὡς ἐνέργεια ἀνά μονάδα χρόνου, ἐκφράζεται διὰ τῶν αὐτῶν μονάδων μὲ τὰς ὁποίας ἐκφράζεται καὶ ἡ ἰσχύς. Γενικῶς, ἡ ἐκπομπὴ φωτός καθ' ἅπασας τὰς διευθύνσεις ὑπὸ φωτεινῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἡ ἴδια, ἤτοι ἡ πυκνότης φωτεινῆς ροῆς δὲν εἶναι ἡ αὐτὴ καθ' ἅπασας τὰς διευθύνσεις.

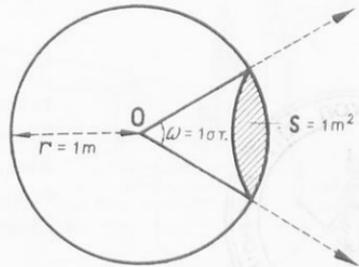
β) Ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς. Καλοῦμεν ἔντασιν φωτεινῆς πηγῆς τὸ μέγεθος

$$I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\omega}$$

ὅπου $\Delta\Phi$ παριστᾷ τὴν φωτεινὴν ροὴν τὴν προκαλουμένην ὑπὸ τῆς πηγῆς ἐντὸς τῆς περὶ αὐτὴν ἀπειροστῆς στερεᾶς γωνίας $\Delta\omega$. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως προκύπτει: $\Delta\Phi = I \cdot \Delta\omega$. Ἐὰν ἡ πυκνότης φωτεινῆς ροῆς εἶναι ἡ αὐτὴ καθ' ἅπασας τὰς διευθύνσεις, δηλ. ἐὰν ἡ πηγὴ ἀκτινοβολεῖ ἐξ ἴσου καθ' ἅπασας τὰς διευθύνσεις, τότε ἡ συνολικὴ φωτεινὴ ροὴ θὰ εἶναι $\Phi = \Sigma(I \cdot \Delta\omega) = I \Sigma(\Delta\omega)$. Ἐπειδὴ δὲ $\Sigma(\Delta\omega) = 4\pi$, προκύπτει $\Phi = 4\pi I$ καὶ ἐπομένως:

$$I = \frac{\Phi}{4\pi}$$

134. Μονάδες φωτεινῆς έντάσεως. Προκειμένου περὶ τῆς έντάσεως φωτεινῆς πηγῆς εἰς τὰ διάφορα κράτη, ἀπὸ παλαιᾶς ἐποχῆς χρησιμοποιοῦνται διάφοροι μονάδες. Οὕτως, ἐν Ἀγγλίᾳ εἶχε θεσπισθῆ ὡς μονὰς φωτεινῆς έντάσεως τὸ **ἀγγλικὸν κηρίον** ἢ **λαμπὰς** (candle), πραγματοποιουμένη ὑπὸ κηρίου ἐκ σπέρματος κήτους καὶ ὑπὸ έντελῶς καθωρισμένης προδιαγραφᾶς (καύσις 100 κόκκων, ἤτοι 6,5 gr καθ' ὥραν ἐκ τοῦ ὕλικου τοῦ κηρίου). Ἐκτὸς ὅμως τῆς μονάδος ταύτης ἐχρησιμοποιήθη καὶ ἡ λυχνία διὰ πεντανίου ἢ ὁποία, καίουσα ὑπὸ ὀρισμένης προδιαγραφᾶς, παρέχει ἰσχὴν 10 κηρίων. Ἡ μονὰς ὅμως αὕτη ἔχει ἤδη καταργηθῆ καὶ ἡ ἤδη χρησιμοποιουμένη μονὰς κηρίου, ἀντεκατεστάθη ὑπὸ σειρᾶς προτύπων λυχνιῶν παρακτώσεως, φυλασσομένων εἰς εἰδικὰ γραφεῖα προτύπων. Ἡ νέα μονὰς ἐκλήθη **διεθνὲς κηρίον**, καὶ εἰσήχθη εἰς Ἀμερικὴν, Ἀγγλίαν καὶ Γαλλίαν. Ἐν Γερμανίᾳ ὡς νομοθετημένη μονὰς φωτεινῆς έντάσεως χρησιμοποιεῖται τὸ **κηρίον Hefner**



Σχ. 186. Διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς στερεᾶς γωνίας.

(HK), πραγματοποιούμενον ὑπὸ λυχνίας διὰ θρυαλλίδος (σχ. 187) χρησιμοποιούσης ὡς καύσιμον ὀξεικὸν ἀμύλιον καὶ λειτουργούσης ὑπὸ ὠρισμένης προδιαγραφᾶς. Εἶναι δέ :



Σχ. 187. Λυχνία Hefner-Alteneck. Ἡ διάμετρος θρυαλλίδος εἶναι 8 mm καὶ τὸ ὕψος τῆς φλογός 40 mm. Σκόπευσις διὰ διώπτρας Δ.

γωνίας ἴσης πρὸς τὴν μονάδα, ἥτις πρὸς ἓν στερεακτίνιον. Ἐφ' ὅσον ὡς μονὰς ἐντάσεως λαμβάνεται τὸ διεθνὲς κηρίον, ἢ μονὰς φωτεινῆς ροῆς καλεῖται **Lumen** (Lm). Οὕτω, πηγὴ φωτεινῆς ἐντάσεως 1 διεθνoῦς κηρίου, ἀκτινοβολοῦσα μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως καθ' ἀπάσας τὰς διευθύνσεις, παρέχει συνολικὴν φωτεινὴν ροὴν 4π Lm.

135. Φωτισμός. Καλοῦμεν φωτισμὸν ἐπιφανείας προκαλούμενον ἔκ τινος φωτεινῆς πηγῆς, τὴν ἐπὶ τῆς μονάδος ἐπιφανείας προσπίπτουσαν φωτεινὴν ροὴν, ἢ ἄλλως, τὴν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης ἀντιστοιχοῦσαν πυκνότητα φωτεινῆς ροῆς. Ἐὰν S παριστᾷ τὴν ἐπιφάνειαν καὶ Φ τὴν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουσαν φωτεινὴν ροὴν, ὁ φωτισμὸς E ὀρίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

Ἐὰν ὡς μονὰς ἐπιφανείας λαμβάνεται τὸ 1 m² καὶ ὡς μονὰς φωτεινῆς ροῆς τὸ Lumen, τότε ἡ μονὰς φωτισμοῦ καλεῖται **Lux**. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lumen} \cdot \text{m}^{-2}$$

δηλ. 1 Lux εἶναι ὁ φωτισμὸς ἐπιφανείας ἀπεχούσης ἀπὸ πηγῆς 1 HK κατὰ 1 m καὶ καθέτου ἐπὶ τὰς ἀκτῖνας τῆς. Ἐὰν ὅμως ὡς μονὰς φωτεινῆς ροῆς λαμβάνεται τὸ Lumen, ὡς μονὰς δ' ἐπιφανείας τὸ cm², τότε ἡ μονὰς φωτισμοῦ καλεῖται Phot εἶναι δέ :

$$1 \text{ Phot} = 1 \text{ Lumen} \cdot \text{cm}^{-2}$$

καὶ

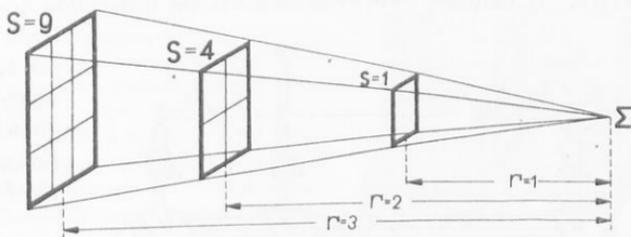
$$1 \text{ Lux} = 10^{-4} \text{ Phot}$$

136*. Λαμπρότης φωτοβολίας. Καλοῦμεν λαμπρότητα φωτοβολίας αὐτοφώτου ἢ ἑτεροφώτου σώματος τὸ ποσὸν τοῦ φωτός τὸ ὅποιον ἐκπέμπεται ὑπὸ ἐπιφανείας 1cm², κατὰ διεύθυνσιν κάθετον ἐπ' αὐτοῦ.

Ἐὰν ὡς μονὰς φωτεινῆς ἐντάσεως λαμβάνεται τὸ διεθνὲς κηρίον, ἢ μονὰς λαμπρότητας φωτοβολίας φωτεινῆς πηγῆς εἶναι 1 κηρίον/cm², καλεῖται δὲ αὕτη **Στίλβη** (Stilb, Sb).

137. Φωτομετρικοί νόμοι. **Νόμος του Lambert.** Ἡ φωτομετρία βασίζεται ἐπὶ τῶν ἀκολουθῶν νόμων. Ὁ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον προκαλεῖ σημειώδης

φωτεινὴ πηγὴ ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσησιν τῶν ἀκτίνων ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῶν ἀποστάσεων τῶν ἐπιφανειῶν τούτων ἀπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Οὕτω, ἐὰν θεωρήσωμεν περὶ



Σχ. 188. Εἰς ἀπόστασιν $r=1$, ἡ φωτεινὴ ροὴ ἀντιστοιχεῖ ἐπὶ ἐπιφανείᾳ $S=1$, εἰς ἀπόστασιν $r=2$ ἡ φωτεινὴ ροὴ ἀντιστοιχεῖ εἰς ἐπιφάνειαν $S=4$, ἤτοι ὁ φωτισμὸς ἐλαττοῦται εἰς τὸ $1/4$ κοκ.

τὴν σημειώδη φωτεινὴν πηγίν, ὡς κέντρον, δύο σφαιρικᾶς ἐπιφανείας ἀκτίνων r_1, r_2 , τότε ἡ στερεὰ γωνία ω ἀποχωρίζη ἀπὸ τῶν σφαιρικῶν τούτων ἐπιφανειῶν τὰ τμήματα $r_1^2 \omega$ καὶ $r_2^2 \omega$, εἰς τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχεῖ ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ Φ . Ἐπομένως, ἐὰν E_1 καὶ E_2 οἱ φωτισμοὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν, θὰ εἶναι:

$$E_1 = \frac{\Phi}{r_1^2 \omega} \quad E_2 = \frac{\Phi}{r_2^2 \omega} \quad (1)$$

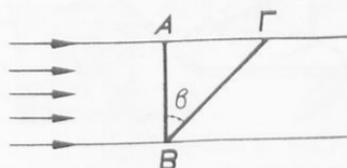
Ἐξ ἄλλου, ἐὰν I καλέσωμεν τὴν φωτεινὴν ἔντασιν τῆς πηγῆς, θὰ εἶναι: $I = \Phi/\omega$, καὶ ἔπομένως:

$$E_1 = \frac{I}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad E_2 = \frac{I}{r_2^2} \quad (2)$$

Ἐκ τῶν δύο τούτων σχέσεων προκύπτει:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (3)$$

Ἡ σχέση (3) ἐκφράζει ἀναλυτικῶς τὸν φωτομετρικὸν νόμον τοῦ Lambert ἢ τὸν νόμον τῶν ἀποστάσεων (σχ. 188).

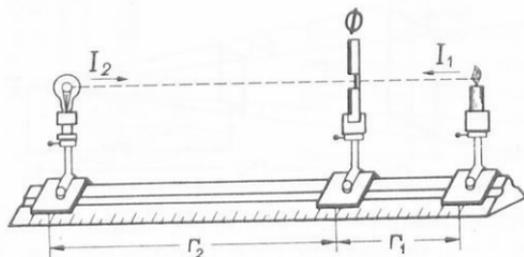


Σχ. 189. Διὰ τὸν νόμον τοῦ συνημιτόνου.

$E_\beta = E \text{ συν } \beta$, ὅπου E ὁ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον δέχεται ἐκ τῆς αὐτῆς πηγῆς ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσησιν.

Ἡ σχέση αὕτη ἀποτελεῖ τὸν νόμον τοῦ συνημιτόνου, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν γενικωτέραν μορφήν τοῦ νόμου τοῦ Lambert.

138. Φωτόμετρα. Διὰ τὴν σύγκρισιν τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὴν Φυσικὴν εἰδικὰς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται φωτόμετρα. Ἡ μέτρησις αὕτη στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἀκολουθοῦντος ἀρχῆς. Ὄταν δύο φωτεινὰ πηγὰ ἐντάσεως I_1 καὶ I_2 προκαλοῦν ἐκάστην τούτων ἀπὸ διαφόρων ἀποστάσεων r_1 καὶ r_2 τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας θὰ εἶναι :



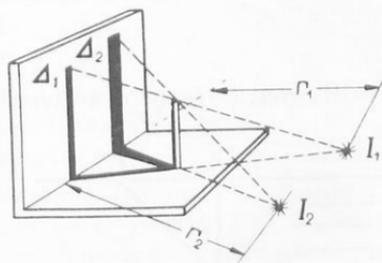
Σχ. 190. Διάταξις φωτομετρικῆς τραπέζης, Φ θέσις φωτομέτρου, I_1 πρότερος λυχνία, I_2 πρὸς μέτρησιν λυχνία.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (1)$$

Πράγματι, ἐκ τοῦ τύπου (2) § 137 εἶναι $E = I_1/r_1^2 = I_2/r_2^2$ ἐξ ὧν προκύπτει ἡ σχέση (1) ἡ ὁποία ἐκφράζει τὸν νόμον τῶν ἴσων φωτισμῶν, δηλ. **αἱ ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἀνάλογοι τῶν τετραγώνων τῶν ἀποστάσεων αὐτῶν ἀπὸ ἐπιφανείας ἐπὶ τῆς ὁποίας προκαλοῦν τὸν αὐτὸν φωτισμὸν.**

Ἐὰν ἡ ἐνταση I_1 τῆς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς εἶναι γνωστή, τότε διὰ μετρήσεως τῶν ἀποστάσεων r_1 καὶ r_2 δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν ἐκ τοῦ ἄνω τύπου τὴν ἐνταση I_2 τῆς ἐτέρας τῶν φωτεινῶν πηγῶν. Ἡ πρὸς τοῦτο χρησιμοποιουμένη διάταξις εἰκονίζεται εἰς τὸ σχ. 190, ὅπου αἱ πρὸς σύγκρισιν φωτεινὰ πηγὰ ἐντάσεων I_1 καὶ I_2 τοποθετοῦνται ἐπὶ καταλλήλου φωτομετρικῆς τραπέζης. Μεταξὺ αὐτῶν τοποθετεῖται φωτόμετρον Φ, τὸ ὁποῖον μετατοπίζεται δεξιὰ ἢ ἀριστερά, μέχρις ὅτου ἐξακριβώσωμεν τὴν ἰσότητα φωτισμοῦ, ὅτε μετροῦμεν τὰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 .

139. Φωτόμετρον Rumford. Ἀπλοῦστατου τύπου φωτόμετρον διὰ τὴν σύγκρισιν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀποτελεῖ τὸ φωτόμετρον διὰ σιαῶς τοῦ Rumford. Σκιερὸν ἀντιχειμενον (π.χ. μολυβδοκόνδυλον) τοποθετεῖται κατακορυφῶς μεταξὺ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, καὶ ὀπισθεν αὐτοῦ τίθεται ἡμιδιαφανὲς διάφραγμα (σχ. 191), εἰς τοιαύτην ὁμῶς ἀπόστασιν, ὅστε αἱ σιαῶι Δ_1 καὶ Δ_2 νὰ εὐρίσκωνται πολὺ πλησίον ἀλλήλων. Ἡ σύγκρισις γίνεται διὰ μεταβολῆς τῶν ἀποστάσεων r_1 καὶ r_2 , μέχρις ὅτου αἱ δύο σιαῶι ἀποκτήσουν τὴν ἰδίαν ἐνταση ἢ τόνον.

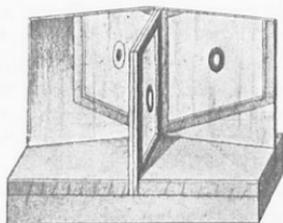


Σχ. 191. Φωτόμετρον Rumford.

140. Φωτόμετρον Bunsen. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ λευκοῦ διαφράγματος, π.χ. ἐκ λευκοῦ χαρτοῦ φέροντος εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ κυκλικὴν κηλίδα ἐκ λιπαρῆς οὐσίας. Ὄταν τοιαύτη λιπαρὰ κηλὶς φωτίζεται ἀπὸ τῆς μιᾶς πλευρᾶς, τότε αὕτη, παρατηρουμένη ἀπὸ τοῦ μέρους τῆς φωτεινῆς πηγῆς, φαίνεται σκοτεινὴ ἐπὶ φωτεινῆς βάσεως, ἐνῶ παρατηρουμένη ἀπὸ τῆς ἐτέρας πλευρᾶς φαίνεται φωτεινὴ ἐπὶ σκοτεινῆς βάσεως. Ἐὰν ἤδη τοποθε-

τήσμον το διάφραγμα μεταξύ δύο φωτεινών πηγών, εις τρόπον ὥστε ἡ κηλὶς νὰ διαπερᾶται καθέτως ὑπὸ τῆς εὐθείας τῆς ἐνούσης τὰς δύο πηγάς, καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε ὁ φωτισμός τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ διαφράγματος νὰ εἶναι ὁ αὐτός, τότε ἡ λιπαρὰ κηλὶς ἐξαφανίζεται σχεδὸν τελείως.

Διὰ τὴν εὐχέρειαν τῆς παρατηρήσεως, τοποθετοῦμεν μεταξύ τοῦ διαφράγματος καὶ ὑπο τὴν κατάλληλον κλίσιν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται ἡ ταυτόχρονος παρατήρησις τῶν δύο πλευρῶν τῆς φωτεινῆς κηλίδος (σχ. 192). Ἐπειδὴ ἡ κηλὶς ποτὲ δὲν ἐξαφανίζεται τελείως, μετατοπιζομεν τὰς πηγάς εἴτε τὸ διάφραγμα μέγχις ὅτου ἐπιτύχωμεν ὥστε αἱ δύο πλευραὶ αὐτῆς νὰ φαίνονται ὅτι φωτίζονται ἐξ ἴσου, ὅτε ὑπολογίζομεν τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἐκ τοῦ τύπου (I) τῆς § 138, ὅπου r_1 καὶ r_2 αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τοῦ διαφράγματος καὶ I_1 ἡ ἔντασις τῆς προτύπου πηγῆς.



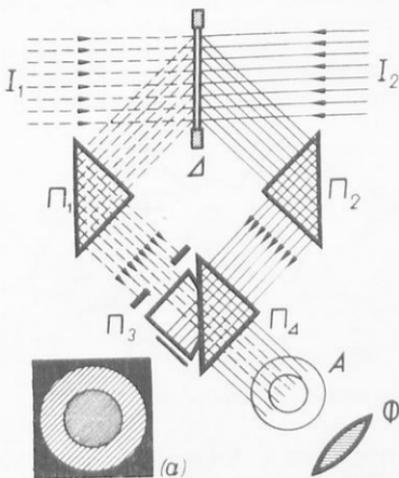
Σχ. 192. Φωτόμετρον Bunsen.

141. Φωτόμετρον Lummer - Brodhun. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγωνικοῦ ὑαλίνου πρίσματος Π_4 καὶ ἐξ ἄλλου ὁμοίου πρίσματος Π_3 , τοῦ ὁποίου ὅμως ἡ ὑποτεινούσα ἔδρα εἶναι σφαιρικὴ καὶ κατεργασμένη, ὥστε μέρος μόνον τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς νὰ εἶναι ἐπίπεδον (σχ. 193). Τὸ πρίσμα Π_4 τίθεται, διὰ τοῦ ἐπιπέδου μέρους τῆς ἐπιφανείας τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας του, εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ πρίσμα Π_3 , καὶ τὰ δύο πρίσματα συμπίπτουν ἰσχυρῶς πρὸς ἀλλήλα, ὥστε νὰ ἐκδιωχθῇ τελείως ὁ ἀέρ ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας ἐπαφῆς, καὶ ἐπομένως εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην τὰ δύο πρίσματα ἀποτελοῦν ἓν ἑνιαῖον ὑαλινὸν σῶμα.

Λί πρὸς σύγκρισιν λυχνίαί τοποθετοῦνται ἐπὶ φωτομετρικῆς τροπέξης καὶ μεταξύ αὐτῶν τίθεται διάφραγμα Δ , τοῦ ὁποίου αἱ δύο ὀψεις ἔχουν κατασταθῆ λευκαὶ διὰ ἐπικαλύψεως αὐτῶν διὰ στρώματος ὀξειδίου τοῦ μαγνησίου ἢ ἀνθρακικοῦ μαγνησίου, τὸ ὁποῖον χρησιμοῦνται διὰ νὰ προκαλῆ διάχυτον ἀνάκλασιν τοῦ φωτός. Οὕτω, τὸ ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς I_1 προερχόμενον φῶς προσπίπτει μέσῳ τοῦ διαφράγματος ἐπὶ τὸ πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως Π_1 , καὶ ἀνακλώμενον ὀλικῶς ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας αὐτοῦ, εἰσχωρεῖ εἰς τὸ πρίσμα Π_3 , ὅτε τὸ μέρος τοῦ φωτός τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπὶ τῆς κοινῆς ἐπιφανείας τῶν δύο πρίσματος ὀδεύει εὐθυγράμμως, καὶ ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ πρίσματος Π_4 , εἰσχωρεῖ εἰς τὴν διόπτραν παρατηρήσεως, οὕτω δὲ καὶ προκαλεῖ τὸν φωτισμὸν τοῦ κεντρικοῦ μέρους τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου. Τὸ ὑπόλοιπον φῶς εἴτε ἀνακλάται εἴτε διαθλάται πλάγιως καὶ ἀπορροφᾶται ὑπὸ στρώματος ἐκ μέλανος χρώματος.

Ἐξ ἄλλου, τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἐκ τῆς πηγῆς I_2 μέσῳ τοῦ διαφράγματος Δ καὶ τοῦ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως Π_2 προσπίπτει ἐπὶ τὸ πρίσμα Π_4 , ὅτε ἐν μέρει αὐτοῦ, τὰ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν σύγχευσης.

Ἐξέρχεται ἀπὸ τοῦ πρίσματος Π_3 καὶ ἀπορροφᾶται ὑπὸ στρώματος ἐκ μέλανος χρώματος, ἐνῶ τὸ ὑπόλοιπον ὑφίσταται ὀλικῆν ἀνάκλασιν καὶ οὕτως εἰσχωρεῖ εἰς τὴν διόπτραν καὶ φωτίζει τὸ ἐξωτερικὸν μέρος τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου.



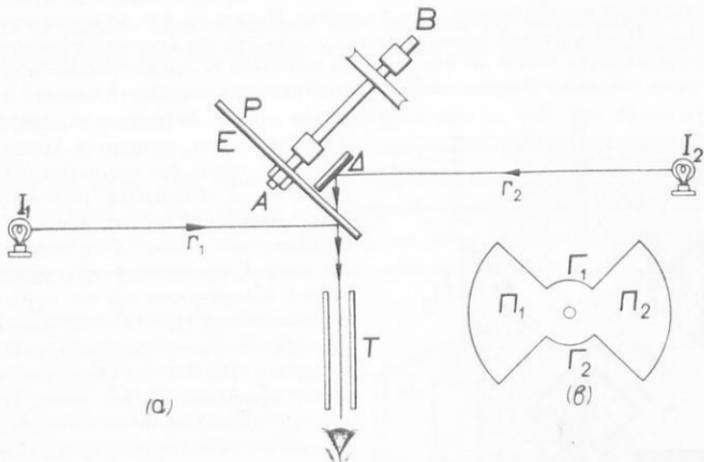
Σχ. 193. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ μέσου φωτομέτρου Lummer-Brodhun. (α) Ὁπτικὸν πεδῖον φωτομέτρου παρατηρούμενον διὰ τοῦ φαзоῦ Φ .

Ὅπῳ, ὅταν παρατηροῦμεν μέσῳ τοῦ φακοῦ Φ, βλέπομεν τὸ ὀπτικὸν πεδίου νὰ παρουσιάσῃ τὴν ἐν σχήματι 193 (α) μορφήν, ὅπου ἡ κεντρικὴ περιοχὴ φωτίζεται ὑπὸ τῆς πηγῆς I_1 καὶ ἡ ἐξωτερικὴ ὑπὸ τῆς πηγῆς I_2 . Ἐάν δὲ τὸ διάφραγμα Δ τοποθετηθῇ οὕτως ὥστε νὰ φωτίζεται ἕξ ἴσου ὑπὸ τῶν δύο πηγῶν, τότε τὸ πεδίου παρουσιάζει ἐντελῶς ὁμοίμορφον φωτισμὸν, χωρὶς νὰ διακρίνονται δύο περιοχαὶ διαφόρου φωτισμοῦ.

Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης, διὰ τῆς ἰσότητος ἐπιτυγχάνομεν ὥστε μία περιοχὴ τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου, φωτιζομένη ὑπὸ τῆς μιᾶς πηγῆς, νὰ περιβάλλεται ὑπὸ ἑτέρας περιοχῆς φωτιζομένης ὑπὸ τῆς ἑτέρας πηγῆς, διευκολύνεται τὰ μέγιστα ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὴν ἐκτίμησιν τῆς ἰσότητος τοῦ φωτισμοῦ καὶ οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ μέτρησις τῆς φωτεινῆς ἐντάσεως μετὰ μεγάλης ἀκριβείας.

Ἐν τούτοις, διὰ τοῦ φωτομέτρου τούτου δὲν δυνάμεθα νὰ συγκρίνομεν δύο φωτεινά, πηγὰς διαφόρου χρώματος, διότι ὁ ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ ἐκτιμῆσῃ τὴν ἰσότητα φωτισμοῦ δύο ἐπιφανειῶν, ἐφ' ὅσον δὲν συμφωνοῦν αὐταὶ ὡς πρὸς τὸ χρῶμα.

142*. Φωτόμετρον διακνύμενως. Ἀπλουστάτην μορφήν τοῦ φωτομέτρου τούτου ἀποτελεῖ τὸ ὑπὸ τοῦ Whitman ἐπινοηθὲν φωτόμετρον. Τὸ φωτόμετρον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς διαφράγματος P, ἔχοντος τὴν ἐν σχήματι 194 (β) μορφήν, καὶ τὸ ὅποιον προσαρμόζεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος κινήσεως, τοῦ ὁποίου ἡ ταχύτης περιστροφῆς δύναται νὰ μεταβάλλεται ἐντὸς μεγάλων ὁρίων.



Σχ. 194. Φωτόμετρον διακνύμενως κατὰ Whitman.

Τὸ διάφραγμα τοποθετεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ ὄψις αὐτοῦ E νὰ σχηματίζῃ γωνίαν 45° πρὸς τὸν φωτομετρικὸν ἄξονα. Πρὸς τούτοις, χρησιμοποιεῖται καὶ ἕτερον μόνιμον διάφραγμα Δ, τὸ ὅποιον σχηματίζει ἐπίσης γωνίαν 45° πρὸς τὸν φωτομετρικὸν ἄξονα, ἀμφότερα δὲ τὰ διαφράγματα εἶναι ἐπιστροφόμενα διὰ λευκοῦ στρώματος ἀπὸ ὀξειδίου μαγνησίου.

Τὸ φῶς τὸ προσερχόμενον ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς I_1 ἀνακλάται καὶ εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν διὰ μέσου τοῦ σωλήνος παρατηρήσεως T, μόνον ὅταν ἔναντι τῆς φωτεινῆς πηγῆς ὕψισταται εἰς ἕκ τῶν τομέων Π_1 ἢ Π_2 τοῦ διαφράγματος, ἐνῶ τὸ φῶς ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς I_2 εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ἐξ ἀνακλάσεως αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ μόνον ὅταν ἔναντι τῆς φωτεινῆς πηγῆς I_2 εὗρίζεται τὸ ἄνοιγμα Γ_1 ἢ Γ_2 τοῦ περιστρεφόμενου διαφράγματος.

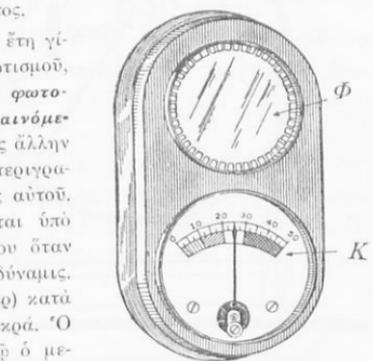
Όττω, όταν ο δίσκος περιστρέφεται, ο όφθαλμός έχει την διπλήν εντύπωση, διακυμάνσεις χρώματος λόγω διαφοράς χρώματος των πηγών, και διακυμάνσεις φωτισμού λόγω της διαφοράς εντάσεως των φωτεινών πηγών.

Αύξανόμενη της ταχύτητας περιστροφής, εξαφανίζεται ή διακίμναισι χρώματος, άλλ' εξακολουθεί παραμένονσα ή διακίμναισι φωτισμού, ή οποία εξαφανίζεται διά καταλλήλου ρυθμίσεως της απόστασεως της μιάς φωτεινής πηγής από του άξονος του σωλήνος παρατηρήσεως. Ή καλύτερα ρύθμισις της ταχύτητας είναι να επιτύχωμεν την ελαχίστην ταχύτητα διά την οποίαν εξαφανίζεται ή διακίμναισι χρώματος.

143*. Μετρητά φωτισμού. Κατά τα τελευταία έτη γίνεται χρήση ειδικών μετρητικών συσκευών τού φωτισμού, των οποίων ή βάσις της λειτουργίας είναι είτε τὸ **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**, είτε τὸ **φωτοβολταϊκὸν φαινόμενον** ἐπὶ των οποίων θά ἐπανελάβομεν λεπτομερῶς εἰς ἄλληλν θέσιν. Ἐπὶ του παρόντος, περιοριζόμεθα εἰς τὴν περιγραφὴν του **φωτρονικῶν στοιχείου** καὶ τῆς λειτουργίας αὐτοῦ.

Δίσκος μεταλλικός ἐκ χαλκοῦ περικαλύπτεται ὑπὸ στρώματος ἕξ ὀξειδίου του χαλκοῦ, ἐπὶ του οποίου ὅταν προσπίτῃ τὸ φῶς ἀναπτύσσεται ἠλεκτρογενετική δύναμις. Αὕτη προκαλεῖ ρεῖμα εντάσεως 120 μΑ (μικροαμπέρ) κατὰ 1 Lumen ἐφ' ὅσον ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι μικρά. Ὁ μεταλλικός δίσκος ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον, ἐνῶ ὁ μεταλλικός δακτύλιος, ἐν ἐπαφῇ πρὸς τὴν φωτοεπαθεῖ οὐσίαν, ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Τὸ ρεῖμα μετρεῖται τῇ βοήθειᾳ μικροῦ ἀμπερομέτρου βαθμολογημένου καταλλήλως.

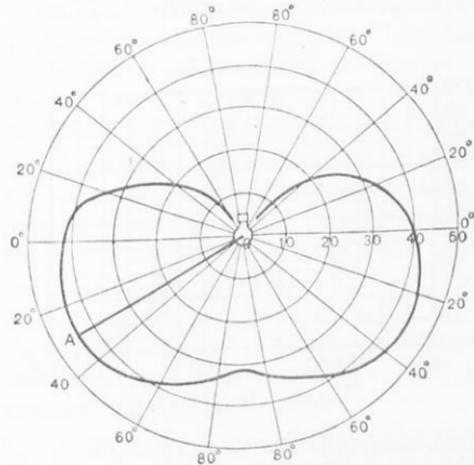
Τὰ μέρη τ' ἀποτελοῦντα τὴν συσκευὴν ταύτην ἐγγυλιούνται ἐντὸς κιβωτίου ἀπὸ βακελίτην καὶ ὑπάρχει μόνον μικρὰ θυρίδι περικαλυπτομένη εἴτε τῆς ὑπὸ ἐξέτασιν ἀκτινοβολίας,



Σχ. 195. Μετρητὴς φωτισμοῦ. Κ μετρητικὸν ὄργανον, Φ φωτοτρονικὸν στοιχείον.

ἠλεκτρονική, χωρὶς νὰ λαμβάνη χώραν οὐδεμίαν χημικὴν ἢ φυσικὴν ἀλλοίωσιν τῆς φωτοεπαθεῖ οὐσίας, εἰς τρόπον ὥστε ἡ διάρκεια ζωῆς τῆς συσκευῆς νὰ θεωρηθῆται ἀπεριόριστος. Παρουσιάζει δὲ ἡ συσκευὴ τὸ πλεονέκτημα ὅτι διὰ τὴν λειτουργίαν της δὲν ἀπαιτεῖ τὴν χρησιμοποίησιν ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.

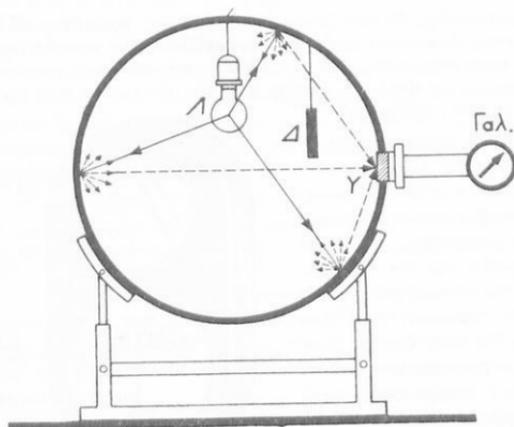
Εἰς τὸ σχῆμα 195 δεῖκνύεται μετρητὴς φωτισμοῦ τοῦ ἀνωτέρου τύπου, λίαν ἐν χρήσει εἰς τὰς φωτομετρικὰς ἐφαρμογὰς, ὡς π.χ. πρὸς ἐκτίμησιν του χῶνου ἐκθέσεως τῆς φωτογραφικῆς πλακῶς καὶ του ἀνοίγματος του διαφράγματος.



Σχ. 196. Διάγραμμα κατανομῆς τῆς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας κατὰ διαφόρους διευθύνσεις, κειμένης ἐπὶ ἑνὸς κατακορύφου ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τῆς λυχνίας.

144. Φωτεινὴ ένταση κατὰ διαφόρους διευθύνσεις. Ἐάν προσδιορίσωμεν τὴν φωτεινὴν έντασιν φωτεινῆς πηγῆς κατὰ διαφόρους διευθύνσεις, δυνάμεθα, ἀναφέροντες τὰς τιμὰς τῆς φωτεινῆς έντάσεως τὰς παρατηρουμένας κατὰ διαφόρους διευθύνσεις, νὰ κατασκευάσωμεν καμπύλην, δεῖκνύουσαν τὴν διανομὴν τῆς φωτεινῆς έντάσεως κατὰ

τὰς διαφόρους διευθύνσεις τὰς κειμένας ἐπὶ ἐνὸς μεσημβρινοῦ ἐπιπέδου, ὡς ἡ τοῦ σχ. 196, ὅπου οἱ κύκλοι παριστοῦν περιοχὰς ἴσης φωτεινῆς ἐντάσεως. Οὕτω τὸ μήκος OA δεικνύει τὴν φωτεινὴν ἐντάσιν, κατὰ διευθύνσιν σχηματίζουσαν γωνίαν 30° πρὸς τὰ κάτω, ἐν σχέσει πρὸς τὴν ὀριζοντιάν.



Σχ. 197. Σφαιρικὸν φωτόμετρον Ulbricht.

χρόματος (ματ). Ἐντὸς τοῦ φωτομέτρου τούτου τοποθετοῦνται διαδοχικῶς δύο λυχνία: μία πρότυπος λυχνία, τῆς ὁποίας εἶναι ἐκ τῶν προτέρων γνωστὴ ἡ μέση σφαιρικὴ ἐντάσις, καὶ ἡ ὑπὸ ἐξέτασιν λυχνία.

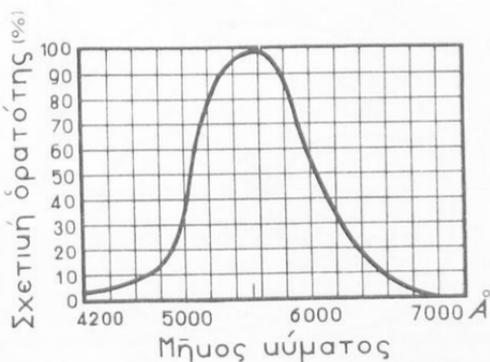
Ἡ μέτρησις διεξάγεται ὡς ἀκολούθως: Ἐπὶ τινος περιοχῆς τοῦ φωτομέτρου τοποθετεῖται, εἰς κατάλληλον θέσιν, δίσκος ἐκ γαλακτοχρόου ὕαλου Y , ὁ ὁποῖος φωτίζεται ἐκ τοῦ διαχύτου φωτὸς τοῦ προερχομένου ἐκ τῶν τοιχωμάτων τοῦ φωτομέτρου, λόγω ἀκανονίστου ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς, ὁ δὲ φωτισμὸς αὐτοῦ καθορίζεται διὰ καταλλήλου φωτοστοιχείου. Πρὸς ἀποφυγὴν τοῦ ἀπ' εὐθείας φωτισμοῦ τοῦ δίσκου ὑπὸ τῆς λυχνίας, τοποθετεῖται εἰς κατάλληλον θέσιν αὐτοῦ διάφραγμα Δ .

Διὰ μετρήσεως τοῦ φωτισμοῦ τοῦ προκαλουμένου ἐπὶ τῆς γαλακτοχρόου πλακῶς ὑπὸ τῆς πρότυπου λυχνίας καὶ ὑπὸ τῆς ὑπὸ μέτρησιν λυχνίας, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν μέσην σφαιρικὴν φωτεινὴν ἐντάσιν τῆς ὑπὸ ἐξέτασιν λυχνίας.

Ἡ λειτουργία τοῦ φωτομέτρου τούτου στηρίζεται εἰς τὴν ιδιότητα τὴν ὁποίαν παρουσιάζει οἰονδήποτε τμήμα τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, νὰ δεικνύη τὸν αὐτὸν φωτισμὸν, ἀνεξαρτήτως τῆς ἀνομοιομόρφου διανομῆς τῆς φωτεινῆς ἐντάσεως τῆς λυχνίας, λόγω τῶν πολλαπλῶν ἀνακλάσεων αἱ ὁποῖαι συμβαίνουν ἐντὸς αὐτοῦ.

Ἐν τοῖτοις, καὶ ἡ ὡς ἄνω καμπύλη δὲν παρέχει τὴν μέσην ἐν τῷ χώρῳ φωτεινὴν ἐντάσιν τῆς πηγῆς, ἢ ἄλλως, τὴν μέσην σφαιρικὴν ἐντάσιν, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν μόνον διὰ τοῦ σφαιρικοῦ φωτομέτρου τοῦ Ulbricht (σχ. 197).

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ κοίλης μεταλλικῆς σφαιρῆς ὑποδιηρημένης εἰς δύο ἡμισφαίρια καὶ ἡ ὁποία, ἀναλόγως τῆς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς, ἔχει διάμετρον ποικίλλουσαν ἀπὸ 50 μέχρις 100 cm. Ἡ εἰσοτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς σφαιρῆς εἶναι χρωματισμένη διὰ λευκοῦ



Σχ. 198. Καμπύλη μεταβολῆς τῆς σχετιῆς ὁρατότητος μετὰ τοῦ μήκους κύματος.

145. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φωτός. Ὡς μηχανικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φωτός καλοῦμεν τὴν ἀκτινοβολουμένην ἰσχὴν εἰς Watt, ἡ ὁποία προκαλεῖ φωτεινὴν ροὴν 1 Lumen. Ἡ ἀντίστροφος τιμὴ τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυναμίου τοῦ φωτός καλεῖται *συντελεστὴς ὁρατότητος* ἢ φωτομετρικὸν ἰσοδύναμον ἀκτινοβολίας, καὶ ἐκφράζεται εἰς Lumen/Watt.

Ἡ ἐλαχίστη τιμὴ τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυναμίου τοῦ φωτός εὐρέθη 0,00162 Watt/Lumen καὶ ἀντιστοιχεῖ εἰς μῆκος κύματος 5576 \AA , ἐνῶ ἡ ὁρατότης ἔχει μεγίστην τιμὴν διὰ τὸ μῆκος κύματος διὰ τὸ ὁποῖον τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φωτός ἔχει τὴν ἐλαχίστην τιμὴν καὶ ἡ μεγίστη τιμὴ αὐτῆς εἶναι $1/0,00162 = 617 \text{ Lumen/Watt}$.

Ὡς *σχετικὴν ὁρατότητα* καλοῦμεν, δι' οἰονδήποτε μῆκος κύματος, τὸν λόγον τοῦ συντελεστοῦ ὁρατότητος διὰ τὸ θεωρούμενον μῆκος κύματος πρὸς τὴν μεγίστην τιμὴν τοῦ συντελεστοῦ ὁρατότητος, ἐκφράζεται δὲ αὕτη ἐπὶ τοῖς ἑκατόν. Ἡ καμπύλη (σχ. 198) δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς σχετικῆς ὁρατότητος μετὰ τοῦ μήκους κύματος.

ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΑΥΤΗΣ

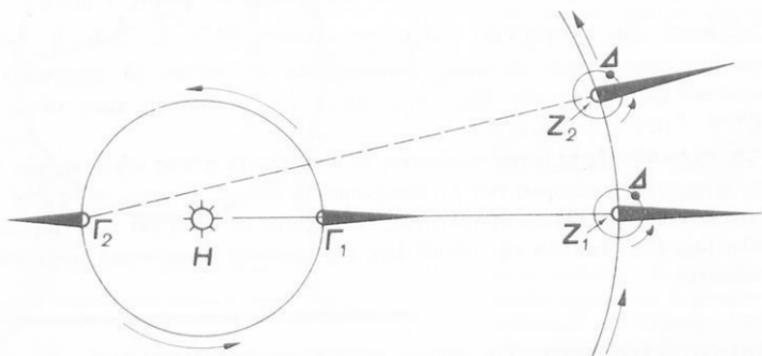
146. Ἀστρονομικὴ μέθοδος Roemer. Πρῶτος ὁ ὁποῖος ἐπέτυχε τὴν μέτρησην τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ὁ Δανὸς Ἀστρονόμος Roemer, ἡ δὲ πρὸς τοῦτο χρησιμοποιηθεῖσα μέθοδος εἶναι ἡ ἀκόλουθος :

Ὁ πρῶτος τῶν δορυφόρων τοῦ πλανήτου Διδὸς εἰσέρχεται εἰς τὴν σκιὰν τοῦ πλανήτου τούτου καὶ ὑφίσταται ἔκλειψιν καθ' ἑκάστην πλήρη περιστροφὴν τοῦ δορυφόρου τούτου περὶ τὸν πλανήτην. Ὀλίγα ὅμως ἔτι πρὸ τῆς μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός ὑπὸ τοῦ Roemer, ὁ Cassini εἶχε καθορίσει ἐπακριβῶς τὴν περίοδον τῆς κινήσεως τοῦ δορυφόρου τοῦ Διδὸς καὶ εἶχεν οὕτω προκαθορίσει κατὰ ποίας ἐποχὰς ἔπρεπε ν' ἀναμένοντα ἔκλειψεις τοῦ δορυφόρου διὰ πολλὰ ἔτη.

Διὰ τῆς συγκρίσεως τῶν πινάκων τούτων τοῦ Cassini, πρὸς τοὺς πίνακας τοὺς περιέχοντας τὰς ἀκριβεῖς ἡμερομηνίας κατὰ τὰς ὁποίας πράγματι παρατηρήθησαν ἔκλειψεις τοῦ δορυφόρου, ὁ Roemer ἀνεκάλυψε ὅτι αἱ ἔκλειψεις παρατηροῦντο ἐνωρίτερον μὲν ἀπὸ τὰς προβλέψεις τοῦ Cassini, ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκετο εἰς τὸ σημεῖον τῆς τροχιάς τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸν πλανήτην, βραδύτερον δὲ ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκετο εἰς τὴν ἀντίθετον θέσιν. Ἐκ τῆς σπουδῆς τοῦ φαινομένου τούτου, ὁ Roemer συνεπέρανε ὅτι ἡ ἀσυμφωνία μεταξύ τῶν προβλέψεων τοῦ Cassini καὶ τῶν παρατηρήσεων ἐπὶ τῶν ἔκλειψεων τοῦ δορυφόρου τοῦ Διδὸς ὄφειλετο εἰς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός.

Θεωρήσωμεν τὸ σχ. 199 ὅπου Η παριστᾷ τὸν Ἥλιον, Γ_1 καὶ Z_1 τὰς θέσεις τῆς Γῆς καὶ τοῦ Διδὸς, καὶ Γ_2 καὶ Z_2 τὰς θέσεις αὐτῶν μετὰ πάροδον 6 μηνῶν. Τὰ χρονικὰ διαστήματα τῶν ἔκλειψεων τοῦ δορυφόρου Δ τοῦ διαγράφοντος περὶ τὸν πλανήτην τὴν ὑπὸ τοῦ μικροῦ κύκλου εἰκονιζομένην τροχίαν, κατὰ τὸν Roemer, μεταβάλλονται καθ' ὅσον ὁ πλανήτης πλησιάζει πρὸς τὴν Γῆν.

Ὄταν ἡ Γῆ εὐρίσκεται εἰς τὴν πλησιεστέραν θέσιν πρὸς τὸν πλανήτην, τὸ χρονικὸν διάστημα μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων εἶναι 42,5 ὥραι, ἐπειδὴ δὲ αὐξανομένης τῆς ἀποστάσεως Διὸς καὶ Γῆς τὸ διάστημα τῆς ἐκλείψεως αὐξάνεται, παρατηρήθη ὅτι ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκεται εἰς Γ_2 καὶ ὁ Ζεὺς εἰς Z_2 , τὸ διάστημα μιᾶς ἐκλείψεως εἶναι κατὰ 16 min καὶ 32 sec μακρότερον τοῦ προβλεφθέντος ὑπὸ τοῦ



Σχ. 199. Μέθοδος Roemer μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.

Cassini. Ὁ Roemer ἐξήγησε τὴν διαφορὰν ταύτην ὡς ἐξῆς: Ὄταν ἡ Γῆ εὐρίσκεται εἰς Γ_2 καὶ ὁ Ζεὺς εἰς Z_2 , τὸ φῶς ἔχει νὰ διανύσῃ ἐπὶ πλέον τὴν ἀπόστασιν $\Gamma_2 Z_2 - \Gamma_1 Z_1$, ἡ ὁποία ἰσοῦται, κατὰ προσέγγισιν, πρὸς τὴν διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς περὶ τὸν ἥλιον. Τὸ φῶς ἐπομένως, διὰ νὰ διατρέξῃ τὴν διάμετρον τῆς Γῆς, χρειάζεται 16 min καὶ 32 sec καὶ ἐπομένως ὅπως τὸ φῶς φθάσῃ ἐκ τοῦ ἥλιου πρὸς τὴν Γῆν χρειάζεται 8 min καὶ 16 sec. Γνωστῆς δὲ οὐσῆς τῆς μέσης ἀποστάσεως τῆς Γῆς καὶ τοῦ ἥλιου ($1,49 \cdot 10^8$ km) εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι κατὰ μέσον ὄρον:

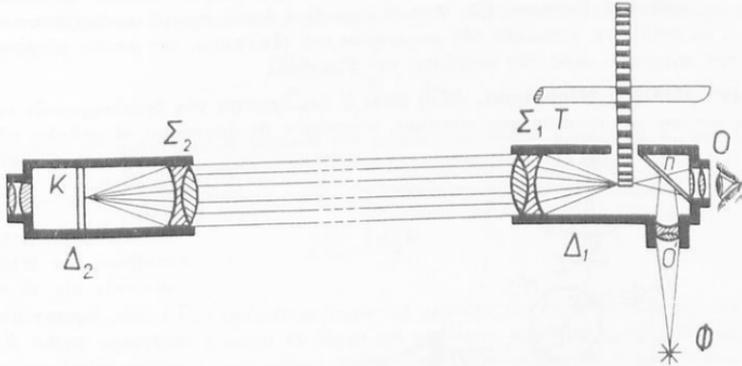
$$300\,000 \text{ km} \cdot \text{sec}^{-1} \quad \eta \quad 3 \cdot 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}.$$

147. Μέθοδος Fizeau. Αὕτη ἀποτελεῖ τὴν πρώτην ἐργαστηριακὴν μέθοδον μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, πραγματοποιηθεῖσαν ὑπὸ τοῦ Fizeau κατὰ τὸ ἔτος 1849.

Τὸ φῶς φωτεινῆς πηγῆς Φ (σχ. 200) συγκεντροῦται τῇ βοηθητικῇ φακῷ O' καὶ προσπίπτει ἐπὶ ἡμιανакλαστικῷ κατόπτρῳ Π , εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐστία νὰ σχηματίζεται εἰς τὸ ἐπίπεδον ὀδοντωτοῦ τροχοῦ φέροντος 720 ὀδόντας. Τὸ φῶς, διερχόμενον διὰ τοῦ μεταξὺ δύο ὀδόντων τοῦ τροχοῦ διακένου, μετατρέπεται τῇ βοηθητικῇ τοῦ συστήματος φακῶν Σ_1 εἰς παράλληλον δέσμη, ἡ ὁποία ὀδεύουσα εἰς τὸν κῶρον προσπίπτει ἐπὶ δευτέρου συστήματος φακῶν Σ_2 , εὐρισκομένου εἰς ἀπόστασιν 8633 m ἀπὸ τοῦ Σ_1 καὶ συγκεντροῦται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K τιθεμένου εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ συστήματος Σ_2 . Τὸ κάτοπτρον K ρυθμίζεται οὕτως ὥστε νὰ ἀνακλᾷ τὸ φῶς κατὰ τρόπον ὥστε τοῦτο νὰ ἐπιστρέφῃ διὰ τῆς ἰδίας τροχιάς, εἰς τρόπον ὥστε διερχόμενον διὰ μέσου τῶν φακῶν Σ_2 καὶ Σ_1 καθὼς καὶ διὰ μέσου τοῦ δια-

κένου του τροχού, να προσπέση επί του κατόπτρου Π. Ἐπειδὴ δὲ τὸ κατόπτρον τοῦτο εἶναι ἡμιανακλαστικόν, δηλαδὴ ἀποτελεῖται ἐξ ὕαλου καὶ ἐπιτρέπει τὴν διόδον ἐξ αὐτοῦ μέρους τοῦ προσπίπτοντος φωτός, παρατηρητῆς τοποθετούμενος ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου τούτου εἰς Ο θὰ δέχεται φῶς.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι θέτομεν τὸν ὀδοντωτὸν τροχὸν εἰς περιστροφικὴν κί-



Σχ. 200. Μέθοδος Fizeau μετρήσεως ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.

νησιν. Τότε ὁ ὀφθαλμὸς θὰ δέχεται φωτεινὰς ἐκλάμψεις, αἱ ὁποῖαι προκύπτουν μόνον ὡσάκις τὸ φῶς ἐκ τοῦ κατόπτρου Π, διερχόμενον διὰ τῶν διακένων τοῦ τροχού καὶ ἀνακλώμενον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Κ, εἰσχωρεῖ ἀκολουθῶς εἰς τὸν ὀφθαλμὸν εἰς Ο. Λόγῳ τῆς μεγάλης ὁμοῦς συχνότητος διαδόσεως τῶν φωτεινῶν ἐκλάμψεων, ὁ ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ ἀντιληφθῇ αὐτὰς ὡς διακρίτους, ἀλλ' ἀντιλαμβάνεται τὸ μέσον ἀποτέλεσμα αὐτῶν.

Ἐὰν ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ τροχού ἀυξηθῇ σημαντικῶς, ὁ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον δέχεται ὁ παρατηρητῆς ἐλαττοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, μέχρις ἐλαχίστης τιμῆς, ἐὰν δὲ ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης διπλασιάζωμεν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς, ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον ἀντιλαμβάνεται ὁ παρατηρητῆς, διέρχεται διὰ μεγίστης τιμῆς.

Εἶναι ὁμοῦς φανερόν ὅτι τὸ ἐλάχιστον τοῦ φωτισμοῦ θὰ τὸ ἀντιλαμβάνεται ὁ παρατηρητῆς, ὅταν τὸ φῶς τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τινος διακένου τοῦ φωτός ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ, ἀκριβῶς κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν καθ' ἣν παρεμβάλλεται ὁ ἀμέσως ἐπόμενος ὀδὸς τοῦ τροχού. Ἡ συνθήκη δὲ ἵνα τοῦτο συμβαῖνῃ ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως:

$$\frac{2l}{c} = \frac{1}{2nN}$$

ὅπου l ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τροχού καὶ κατόπτρου Κ, c ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ ἐπομένως $2l/c$ ὁ χρόνος ὁ απαιτούμενος ἵνα ἐν διάκηνον τοῦ τροχού ἀντικατασταθῇ ὑπὸ τοῦ ἀμέσως ἐπόμενου ὀδόντος. Ὁ αὐτὸς χρόνος, ἐὰν N ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν κατὰ sec τοῦ τροχού καὶ n ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀδόντων, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $1/2nN$. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως ὑπολογίζομεν εὐκόλως τὴν ταχύτητα c διαδόσεως τοῦ φωτός.

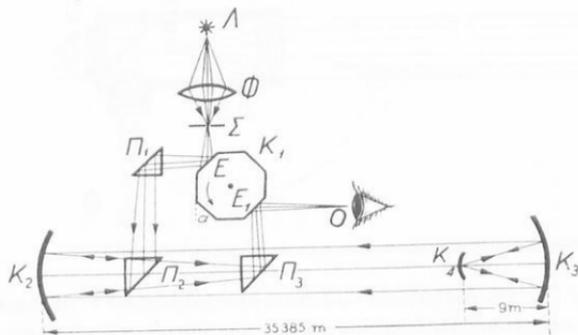
148°. Μέθοδος Foucault. Ὁ Foucault ἐπιτοποίησε τὴν μέθοδον τοῦ Fizeau, ἀντι-καταστήσας τὸν ὀδοντωτὸν τροχὸν διὰ περιστρέψιτον κατόπτρου, ἐκτελοῦντος 800 στροφάς κατὰ δευτερόλεπτον, οἷτω δὲ κατόρθωσε νὰ σμικρύνῃ τὴν ἀπόστασιν εἰς 4,12 m. Ἡ μέτρησις αὕτη τοῦ Foucault, λόγω τῆς σμικρότητος τῆς ἀποστάσεως l δὲν ἴτο ἀκριβής, ἐν τούτοις ὅμως ἐπέτυχεν οὗτος διὰ τῆς μεθόδου τὸν νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ ὕδωρ, τὴν ὁποίαν εἶρε ὅτι εἶναι μικροτέρα τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα.

Τὸ πειραματικὸν τοῦτο ἀποτέλεσμα τοῦ Foucault συνετέλεσε εἰς τὸ νὰ καταπέσῃ ἡ θεωρία ἐκπομπῆς τοῦ Νεύτωνος (βλ. Φυσικὴ ὀπτικὴ), ἡ ὁποία προσέβλεπε ἀντίθετον ἀποτέλεσμα, καὶ νὰ ἐπιβληθῇ ἡ θεωρία τὸν κυμάνσεων τοῦ Huygens, τῆς ὁποίας αἱ προβλέψεις εὐρέθησαν σύμφωνοι πρὸς τὰς μετρήσεις τοῦ Foucault.

149°. Μέθοδος Michelson. Αὕτη εἶναι ἡ ἀκριβεστερα τὸν ἐργαστηριακῶν μεθόδων καὶ διακρίνεται εἰς παλαιάν καὶ νεωτέραν, ἀποτελοῦν δὲ ἀμφότερα αἱ μέθοδοι αὗται τε-

λειοποιήσιν τῆς παλαιότερας μεθόδου τοῦ Foucault.

Τὰ κύρια μέρη τῆς διατάξεως τοῦ Michelson φαίνονται εἰς τὸ σχ. 201. Τὸ φῶς, προερχόμενον ἐκ φωτεινῆς πηγῆς Λ (βολ-ταῖζὸν τόξον), ἀνακεντροῦται διὰ τοῦ φακοῦ Φ ἐπὶ τῆς σχισμῆς Σ καὶ, διερχόμενον δι' αὐτῆς, προσπίπτει ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐπιπέδου ἕδρας E τοῦ ὀκταγωνικοῦ κατόπτρου K_1 , τὸ ὁποῖον δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ ἄξονα. Τὸ ὑπὸ τοῦ κατό-



Σχ. 201. Διάταξις, διὰ τὴν μέθοδον Michelson, μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.

πτρου τούτου ἀνακλόμενον φῶς προσπίπτει ἐπὶ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως Π_1 , καὶ ὑφίστα-μενον ἐν αὐτῷ ὀλικὴν ἀνάκλασιν, προσπίπτει ἀκολούθως ἐπὶ ἑτέρου πρίσματος Π_2 , ὀλικῆς ἐπίσης ἀνακλάσεως, ἐκ τοῦ ὁποίου τὸ φῶς, μετὰ δευτέραν ὀλικὴν ἀνάκλασιν, ἐξέρχεται καὶ προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου K_2 . Τὸ κατόπτρον K_2 τοποθετεῖται εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε, ἐξ ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἐπ' αὐτοῦ νὰ προκύπτῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων ἡ ὁποία, προσπίπτουσα ἐπὶ δευτέρου κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου K_3 τοῦ αὐτοῦ μεγέθους καὶ καμπυλότητος πρὸς τὸ K_2 , παρέχει πραγματικὸν εἰδωλὸν τῆς σχισμῆς ἐπὶ μικροῦ κοίλου κατόπτρου K_4 . Τὸ φῶς, ἀνακλόμενον ἐκ νέου ἀπὸ τοῦ K_4 πρὸς τὸ κατόπτρον K_3 , μετασχηματίζεται πάλιν εἰς παράλληλον δέσμη ἀκτίνων, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_2 , καὶ ἀκολούθως, δι' ὀλικῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ πρίσματος Π_2 , προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἕδρας E_1 τοῦ ὀκταγωνικοῦ κατόπτρου, τέλος δέ, δι' ἀνακλάσεως ἐπ' αὐτῆς, εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν εἰς O ἢ εἰς κατάλληλον προσοφθαλμικὸν σύστημα παρατηρήσεως μετὰ σταυρονήματος.

Αἱ ἀποστάσεις $\Sigma E \Pi_1 \Pi_2 K_2$ καὶ $K_2 \Pi_2 E_1 O$ εἶναι ἴσαι καὶ μήκους 9m περίπου ἐκάστη. Ὄταν τὸ κατόπτρον στρέφεται ὑπὸ μικρῶν ταχύτητων, παρατηρεῖται διαδοχὴ φωτεινῶν εἰδωλῶν ἢ ἀναλαμπῶν, παραγομένης ἐκαστῆς δύο ζεύγη εἰδῶν τοῦ περιστρέψιτου κατόπτρου λαμβάνον τὴν κατάλληλον θέσιν. Αὐξανόμενης ὁμοῦ τῆς ταχύτητος περιστροφῆς τοῦ κατόπτρου K_1 , τοῦτο περιστρέφεται, κατὰ σημαντικὴν ποσότητα, ἐντὸς τοῦ χρονικοῦ διαστήματος κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς μιᾶς ἀνακλάσεως ὀδεύει ἀπὸ E εἰς τὸ κατόπτρον K_3 καὶ ἐπιστρέφει εἰς E_1 , οἷτω δὲ τὸ εἰδωλὸν φαίνεται εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδῖον μετατολισμένον πρὸς τὸ ἐν μέρος τοῦ σταυρονήματος.

Ὁ Foucault εἰς τὴν μέθοδον του ἐμέτρα τὴν μετατόπισιν αὐτήν, ἐνῶ ὁ Michelson ἐπέτυχε, δι' αὐξήσεως τῆς ταχύτητος περιστροφῆς τοῦ κατόπτρου K_1 , νὰ σχηματίζεται τὸ εἶδωλον εἰς τὸ κέντρον τοῦ σταυρονήματος, τοῦτο δὲ ἐπετυγχάνετο ὅταν ἡ ταχύτης τῆς περιστροφῆς ἐρρυθμίζετο κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ διαδοχικὴ κατοπτρικὴ ἔδρα τοῦ K_1 νὰ λαμβάνῃ τὴν θέσιν τῆς E_1 , καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς ἐξετέλει τὴν διαδρομὴν ἐκ τοῦ E πρὸς τὸ K_2 καὶ ἐκ τοῦ K_2 πρὸς τὸ E_1 .

Ἐάν πρὸς τοῦτο ἀπαιτήται ταχύτης N στροφῶν κατὰ δευτερόλεπτον, καὶ α ἡ γωνία μεταξὺ τῶν ἑδρῶν τοῦ περιστρέψτον κατόπτρου, ἐνῶ Δ ἡ ἀπόστασις ἀπὸ E_1 εἰς K_1 , τότε θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις:

$$\frac{2 \Delta}{c} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\alpha}{2\pi}$$

εἰς τὴν ὁποίαν τὸ πρῶτον μέλος παριστᾷ τὸν χρόνον τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ φῶς διὰ νὰ μεταβῇ ἀπὸ E_1 εἰς K_1 καὶ ἐπίανδον αὐτοῦ εἰς E_1 , ἐνῶ τὸ δεύτερον μέλος παριστᾷ τὸν χρόνον τῆς περιστροφῆς τοῦ κατόπτρου κατὰ τὴν γωνίαν α . Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως εὐρίσκομεν:

$$c = \frac{4\pi\Delta N}{\alpha}$$

Ὁ Michelson κατὰ τὴν πραγματοποιήσασιν τῆς μεθόδου του ἐχρησιμοποίησε κάτοπτρα ἀπὸ χάλυβα ἢ ὕαλον περιέχοντα 8 μέχρι 16 ἔδρας καὶ ταχύτητα περιστροφῆς ἀπὸ 264 μέχρι 528 στροφῶν κατὰ δευτερόλεπτον, τοῦ χρόνου περιστροφῆς καθοριζομένου στροβοσκοπικῶς διὰ συγκρίσεως πρὸς διαπασῶν.

Κατὰ τὰ πειράματα αὐτοῦ, ὁ Michelson ἐξέλεξε ὡς ἀπόστασιν τῶν κατόπτρων K_2 καὶ K_1 περίπου 35385 m, τοῦ ἐνὸς κατόπτρου τοποθετηθέντος ἐπὶ τοῦ ὄρους Wilson καὶ τοῦ ἑτέρου ἐπὶ τοῦ ὄρους San Antonio εἰς Καλιφορνίαν, αἱ δὲ μετρήσεις τοῦ ἀπέδωσαν τὴν τιμὴν:

$$c = 2,99974 \cdot 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$$

Βραδύτερον, ὁ Michelson ἐξέτελεσε πειράματα μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντὸς σκληροῦ κενοῦ ἀέρος, ἔχοντος μῆκος 1,6 km.

150. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς ὕλης καὶ ἐν τῷ κενῷ.

Ἐκ τῶν μετρήσεων τοῦ Foucault, καὶ μεταγενεστέρως τοῦ Michelson, κατεδείχθη ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μετὰ μικροτέρας ταχύτητος εἰς τὸ ὕδωρ καὶ εἰς τὸν διηλυθῶνον ἀνθρακᾶ ἢ εἰς τὸν ἀέρα.

Αἱ ὡς ἄνω ὅμως μέθοδοι ἀποτελοῦν ἀμέσους μεθόδους μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, διότι μετροῦμεν ἀπ' εὐθείας τὸν χρόνον, τὸν ὁποῖον χρειάζεται φωτεινὸν σῆμα διὰ νὰ διανύσῃ ὄρισμένον γνωστὸν διάστημα, καὶ ἐκ τούτου εὐρίσκομεν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἐκτὸς ὅμως τῶν ἀνωτέρω ἀμέσων μεθόδων, ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός δύναται νὰ μετρηθῇ καὶ δι' ἐμμέσων μεθόδων, ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς ἄλλην θέσιν.

Διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τοιοῦτων ἐμμέσων μεθόδων εἶναι δυνατόν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν κενὸν συνήθους ὕλης χῶρον, ἐκ τῆς τιμῆς τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα, γνωστῆς ἐκ τῶν μετρήσεων τοῦ Michelson καὶ ἄλλων.

Ἡ ἀστρονομικὴ μέθοδος τοῦ Roemer παρέχει τὴν τιμὴν τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν, καὶ κατὰ τὴν σύγκρισιν τῆς τιμῆς αὐτῆς πρὸς τὴν

τιμὴν τὴν προκύπτουσαν ἐκ τῶν ἐπιγείων μετρήσεων ἀνηγγμένων εἰς τὸ κενόν, εἶτε δι' ἀμέσου μετρήσεως εἰς τὸ κενόν (Michelson), οὐδεμίαν σχεδὸν διαφορὰ παρατηρήθη, οὕτω δὲ σήμερον δεχόμεθα ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν κενὸν συνήθως ὕλης χῶρον ἀποτελεῖ φυσικὴν σταθεράν. Ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ χρώματος, τοῦτο δὲ συνάγεται μετ' ἐξαιρετικῆς ἀκριβείας ἐκ παρατηρήσεων τῶν ἐκλείψεων τῶν μεταβλητῶν ἀστέρων. Οἱ ἀστέρες οὗτοι εἶναι ἀπλοῖ, καὶ δεικνύουν περιοδικὴν μεταβολὴν τῆς λαμπρότητος, ὀφειλομένην εἰς τὴν παρεμβολὴν τοῦ σκοτεινοῦ συντρόφου μεταξὺ τοῦ λαμπροῦ μέρους τοῦ ἀστέρος καὶ τῆς Γῆς. Ἐὰν τὸ φῶς διαφόρων χρωμάτων διεδίδετο μὲ διάφορον ταχύτητα, π. χ. ἐὰν τὸ φῶς ἐρυθροῦ χρώματος διεδίδετο μὲ ταχύτητα μικροτέραν ἢ τὸ κυανοῦν, τότε τὸ μέγιστον τοῦ ἐρυθροῦ χρώματος θὰ ἔφθανεν ἐκ τοιούτου ἀστέρος εἰς ἡμᾶς βραδύτερον ἢ τὸ μέγιστον τοῦ ἰώδους φωτός, τοῦτο ὅμως οὐδέποτε παρατηρήθη. Ἡ ταχύτης ὅμως διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι διάφορος ἐντὸς τῆς ὕλης διὰ τὰ διάφορα χρώματα, καὶ εἶναι μεγαλυτέρα διὰ τὸ ἰώδες καὶ μικροτέρα διὰ τὸ ἐρυθρόν. Τέλος ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ. Σήμερον δεχόμεθα ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν κενὸν συνήθως ὕλης χῶρον εἶναι :

$$c = 2,99974 \cdot 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$$

ἢ κατὰ προσέγγισιν : $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ ἢ $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$

Ζητήματα.

Εἰς τί ἀσχολεῖται ἡ φωτομετρία καὶ τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου στερεὰ γωνία.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου φωτεινὴ ροὴ καὶ ποία ἡ μονὰς αὐτῆς.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου φωτεινὴ ἔντασις καὶ ποία αἱ ἐν χρήσει μονάδες αὐτῆς.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου φωτισμὸς καὶ ποία αἱ μονάδες αὐτοῦ.

Ποιοὶ εἶναι οἱ νόμοι ἐπὶ τῶν ὁποίων βασίζεται ἡ φωτομετρία.

Ποία τὰ κυριώτερα εἶδη φωτομέτρων καὶ ποία ἡ ἀρχὴ ἐπὶ τῆς ὁποίας λειτουργοῦν.

Περιγράψατε τὸ φωτόμετρον Lummer - Brodhun.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μηχανικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φωτός καὶ σχετικὴ ὁρατότης.

Περιγράψατε τὰς μεθόδους μετρήσεως διαδόσεως τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός α) κατὰ τὴν μέθοδον Roemer, β) Fizeau, γ) Foucault, δ) Michelson.

Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ χρώματος αὐτοῦ;

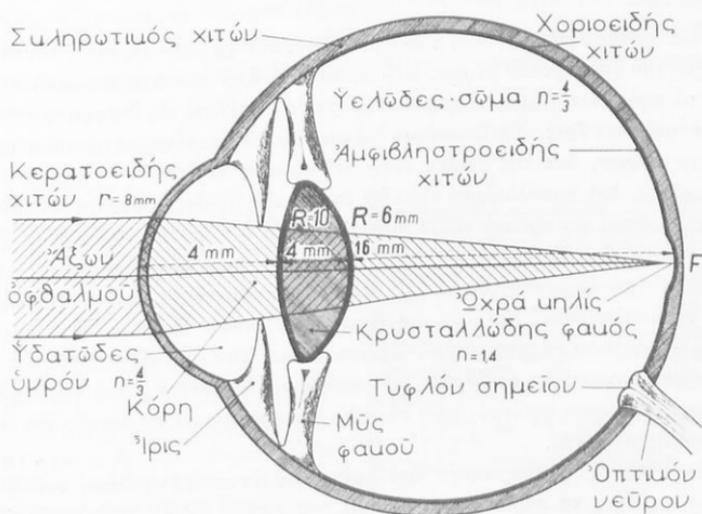
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'

ΟΦΘΑΛΜΟΣ. ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ

151. **Όφθαλμός.** Τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως εἶναι ὁ ὀφθαλμὸς. Τὸ ὄργανον τοῦτο τὸ ἐτοποιήθησεν ἡ φύσις ἐντὸς εἰδικῆς κοιλότητος τοῦ κρανίου, ἢ ὅποια καλεῖται **κόγχη**. Ἐκ τῆς ἀνατομικῆς ἐρεῦνης τοῦ ὀφθαλμοῦ κατεδείχθη ὅτι οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ **βολβοῦ**, ὁ ὅποιος ἀποτελεῖ εἶδος σκοτεινοῦ θαλάμου, ἔχοντος σχῆμα σφαιρικόν, πεπλατυσμένον κατὰ τὸ πρόσθιον μέρος (σχ. 202). Ὁ

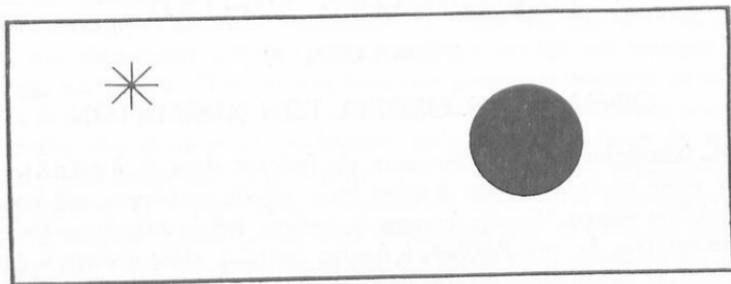


Σχ. 202. Τομή βολβοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ μετὰ τῶν διαφόρων μερῶν ἐκ τῶν ὁποίων οὗτος ἀποτελεῖται.

βολβὸς εἶναι ἐφωδιασμένος διὰ συστήματος ἐπέχοντος τὴν θέσιν ὀπτικοῦ ὄργανου καὶ ἀποτελουμένου ἐκ διαφόρων θλαστικῶν οὐσιῶν. Ὁ βολβὸς συγκροτεῖται ἐπὶ τῆς κόγχης τοῦ κρανίου ὑπὸ ἐξ ἑν ὄψ μυνῶν καὶ κατὰ τρόπον τοιοῦτον, ὥστε νὰ δύναται νὰ στρέφεται καθ' ἄπασας τὰς διευθύνσεις.

Ἐξωτερικῶς, ὁ βολβὸς συγκροτεῖται ὑπὸ εἰδικῶν χιτῶνος, ὁ ὅποιος καλεῖται **σκληρωτικὸς χιτῶν**, καὶ εἶναι λίαν στερεὸς καὶ ἀνθεκτικὸς, χρησιμεύων διὰ τὴν

προφύλαξιν τοῦ ὀφθαλμοῦ ἀπὸ βλαβῶν. Ὁ σκληρωτικὸς χιτὼν εἶναι λευκὸς καὶ ἀδιαφανὴς πρὸς τὸ ὀπίσθεν μέρος αὐτοῦ, ἐνῶ εἰς τὸ πρόσθιον μέρος καθίσταται διαφανής. Τὸ διαφανὲς τοῦτο τμήμα καλεῖται, εἰδικώτερον, **κερατοειδῆς χιτῶν** (cornea). Ἐσωτερικῶς, ὁ σκληρωτικὸς χιτὼν περικαλύπτεται ὑπὸ λεπτοῦ στρώματος σκοτεινοῦ χρώματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **χοριοειδῆς χιτῶν**, ἐντὸς τοῦ ὁποίου



Σχ. 203. Ἀναζήτησις τοῦ τυφλοῦ σημείου.

ἐξαπλοῦνται τὰ αἰμοφόρα ἀγγεῖα τοῦ ὀφθαλμοῦ, καὶ χρησιμεύει, πρὸς τούτοις, πρὸς προφύλαξιν τοῦ ἐσωτερικοῦ μέρους τοῦ ὀφθαλμοῦ ἀπὸ τοῦ διασπειρωμένου φωτός.

Εἰς τὸ πρόσθιον μέρος, ὁ χοριοειδῆς χιτὼν ἀπολήγει εἰς διάφραγμα κυκλικόν, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ἴρις**. Τὸ ἀνωτέρω διάφραγμα εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ φέρει ὀπήν, καλουμένην **κόρην**, διὰ τῆς ὁποίας εἰσχωρεῖ τὸ φῶς ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τὸ εὖρος τῆς κόρης, διὰ καταλλήλων εἰδικῶν μυῶν τῆς ἴριδος, δύναται νὰ αὐξάνεται καὶ νὰ ἐλαττοῦται, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ρυθμίζεται ἡ ποσότης τοῦ φωτός ἢ εἰσχωροῦσα ἐκάστοτε εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Εἰς τὸ ὀπίσθιον μέρος, ὁ χοριοειδῆς χιτὼν περικαλύπτεται ὑπὸ ἐτέρου χιτῶνος, τοῦ **ἀμφιβληστροειδοῦς**, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐξαπλοῦνται αἱ διακλαδώσεις τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου, τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ὀφθαλμόν ἐκ τοῦ ὀπίσθιου μέρους αὐτοῦ. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἀποτελεῖται ἐκ μικροσκοπικῶν **ραβδίων** καὶ **κωνίων** (ἢ **κόνων**), καὶ συμπεριφέρεται κατ' ἀνάλογον περίπου τρόπον πρὸς εὐπαθῆ φωτογραφικὴν πλάκα εἰς τὸν θάλαμον φωτογραφικῆς μηχανῆς.

Ἡ ἀκριβῶς πρὸς τὴν κόρην τοῦ ὀφθαλμοῦ ἀντικειμένη θέσις τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς περιέχει τὰ περισσότερα ραβδία καὶ κωνία, ὡς ἐκ τούτου δὲ τὸ μέρος τοῦτο ἀποτελεῖ τὸ εὐπαθέστερον μέρος τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, καὶ παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέραν διαχωριστικὴν ἰκανότητα, ἐνῶ ἡ πέριξ τῆς θέσεως ταύτης περιοχὴ ἐκλήθη, λόγῳ τοῦ χρώματος αὐτῆς, **ὠχρὰ κηλὶς**.

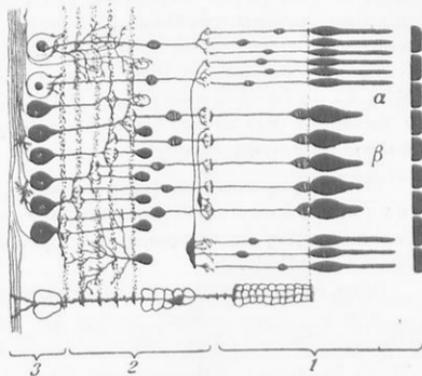
Εἰς τὴν περιοχὴν καθ' ἣν τὸ ὀπτικὸν νεῦρον εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ, ἐπειδὴ εἰς αὐτὴν δὲν ὑφίστανται διακλαδώσεις τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου, αὕτη παραμένει ἀπαθὴς εἰς τὸ φῶς, ὡς ἐκ τούτου δ' ἐκλήθη **τυφλὸν σημεῖον**. Τὴν ὑπαρξίν τοῦ τυφλοῦ σημείου δυνάμεθα ν' ἀναγνωρίσωμεν διὰ τὸ ἀκολούθου πειράματος: Παρατηροῦμεν διὰ τοῦ δεξιοῦ ὀφθαλμοῦ προσεκτικῶς τὸν ἀστερισκόν (σχ. 203), τοῦ ἀριστεροῦ ὀφθαλμοῦ διατηρουμένου κλειστοῦ καὶ τῆς εἰκόνης τιθεμένης εἰς ἀπό-

στασιν περίπου 20 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, ὅτε ὁ πρὸς τὰ δεξιὰ μελανὸς κύκλος ἐξαφανίζεται, διότι σχηματίζεται τὸ εἶδολόν του ἀκριβῶς εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ τυφλοῦ σημείου. Ἐν τούτοις, ἡ ὑπαρξὸς τοῦ τυφλοῦ σημείου δὲν διαταράσσει τὴν ὄρασιν, διότι πάντοτε ἡ παρατήρησις γίνεται ταυτοχρόνως διὰ τῶν δύο ὀφθαλμῶν.

Ἀκριβῶς ὀπισθεν τῆς ἰριδος, κεῖται ὁ **κρυσταλλώδης φακός**, ὁ ὁποῖος εἶναι διαφανὲς κερατοειδὲς σῶμα, ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὁποῖου αὐξάνεται ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω, ἡ δὲ μέση τιμὴ τοῦ δείκτου διαθλάσεως ἀνέρχεται εἰς 1,42. Τὸ σχῆμα τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ εἶναι περίπου ἑλλειψοειδὲς ἐκ περιστροφῆς, καὶ ἡ ἔσωτερικὴ ἐπιφανεία του παρουσιάζει μεγαλυτέραν καμπυλότητα ἢ ἡ ἔσωτερικὴ.

Ὁ φακὸς ὑποδιαιρεῖ τὸν θάλαμον τοῦ ὀφθαλμοῦ εἰς δύο μέρη διαφόρου μεγέθους. Τὸν ἔσωτερικὸν θάλαμον, ὁ ὁποῖος μεταξὺ τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ τοῦ φακοῦ εἶναι πλήρης ἀχρόου καὶ διαφανοῦς ὑγροῦ, τοῦ **ὕδατιώδους ὑγροῦ**, τοῦ ὁποῖου ὁ δείκτης διαθλάσεως συμπίπτει πρὸς τὸν τοῦ ὕδατος. Ὁ ὀπίσθιος χῶρος τοῦ θαλάμου τοῦ ὀφθαλμοῦ, ὁ μεταξὺ φακοῦ καὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος, εἶναι πλήρης πηκτωματώδους διαφανοῦς ὑγροῦ, καλουμένου **υέλώδους σώματος**, ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὁποῖου συμπίπτει ἐπίσης πρὸς τὸν τοῦ ὕδατος. Ἡ εὐθειά, ἡ ἐνοῦσα τὸ κέντρον τῆς κόρης ἢ τὴν κορυφὴν τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος μὲ τὸ κέντρον τῆς ἀπέναντι αὐτῆς περιοχῆς τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, καλεῖται **ἄξων** τοῦ φακοῦ καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ ὅλων τῶν διαθλαστικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὀφθαλμοῦ.

152. Σπουδὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ ὡς ὀπτικοῦ ὄργανου. Ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς εὐρίσκεται ἐν ἡρεμίᾳ καὶ προσπίπτουν ἐπ' αὐτοῦ παράλληλοι ἀκτίνες, αὗται διαθλῶνται ἐπὶ τῶν τριῶν διαθλαστικῶν ἐπιφανειῶν, ἧτοι τοῦ κερατοειδοῦς, τῆς ἐμπροσθίας ἐπιφανείας καὶ τῆς ὀπισθίας ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ καὶ σχηματίζουν συγκλίνουσαν δέσμη, ἡ ὁποία συγκεντρῶται εἰς τὸ ἀπέναντι τοῦ κέντρον τῆς κόρης σημείον F τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 202), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ. Ὁ φθαλμὸς κανονικὸς, ἢ ὡς συνήθως λέγομεν ἐμμετρωψ, ἐφ' ὅσον εὐρίσκεται ἐν ἡρεμίᾳ, βλέπει ἐνερῶς τὰ εἰς λίαν μεγάλην ἀπόστασιν εὐρισκόμενα ἀντιζείμενα. Ἐπειδὴ ὁ δείκτης διαθλάσεως τῶν διαφόρων θλαστικῶν οὐσιῶν τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι σχεδὸν ὁ αὐτός, τῆς τιμῆς αὐτοῦ περιλαμβανομένης μεταξὺ 1,33 καὶ 1,44, αἱ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν εἰσχωροῦσαι ἀκτίνες ὑφίστανται τὴν μεγαλυτέραν διάθλασιν εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος, ἡ ὁποία παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέραν καμπυλότητα. Τὸ εὐπαθέστερον μέρος τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος, ὁ ὁποῖος ἐτέχει διὰ τὸν ὀφθαλμὸν διάφραγμα ἐπὶ τοῦ ὁποῖου σχη-



Σχ. 204. Τὸ ἐκ τοῦ υέλώδους σώματος προερχόμενον φῶς διέρχεται κατ' ἀρχῆς διὰ τοῦ στρώματος 3, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου εὐρίσκονται αἱ νευρικαὶ ἴνες καὶ τὰ νευρικὰ κύτταρα, ἀκολούθως εἰσχωρεῖ εἰς τὸ στρώμα 2, ἀποτελούμενον ἀπὸ τῶν ἔξω καὶ ἔσω δικτυωτῶν στρώμα καὶ τὸ μεταξὺ τούτων μεσαῖον στρώμα, καὶ τέλος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ στρώμα 1, ὅπου εἶναι διεσπαρμένα τὰ ραβδία α καὶ τὰ κωνία β.

ματίζεται τὸ εἶδωλον τῶν παρατηρούμενων ἀντικειμένων, ὡς ἀνωτέρω ἐλέχθη, εἶναι ἡ ὄχρᾴ κηλὶς, ἡ ὁποία εὐρίσκεται παρὰ τὸ τυφλὸν σημεῖον καὶ ἀποτελεῖ περιοχὴν διαμέτρου 0,3 mm τῆς ὁποίας τὸ κέντρον καλεῖται κεντρικὸν βοθρίον. Ἡ εὐθεία ἡ ἐνοῦσα τὸ κέντρον τῆς κόρης καὶ τὸ κεντρικὸν βοθρίον ἀποτελεῖ τὸν ἄξονα τῆς ὁράσεως. Ὅσῳκις παρατηροῦμεν ἀντικειμένον τι διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ, οἱ μύες αὐτοῦ στρέφουν τὸν βολβὸν κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ εἶδωλον νὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ὄχρᾴς κηλίδος, ἡ ὁποία, ὡς εἶδομεν, ἀποτελεῖ τὴν εὐπαθεστέραν περιοχὴν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

Ἐπειδὴ δὲ ὁ ὀφθαλμὸς προκαλεῖ διάθλασιν τῶν ἀκτίνων, ὡς καὶ ὁ ἀπλοῦς συγγκλίνων φακός, εἶναι φανερόν ὅτι τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου θὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἀνεστραμμένον. Ἐν τούτοις, δὲν ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν ταύτην, διότι δι' αὐτομάτου ἐγκεφαλικῆς διεργασίας ἔχομεν τὴν αἰσθησὶν τοῦ ὀρθοῦ.

Ἐν γένει, ὁ ἀμφιβληστροειδὴς χιτὼν ἀποτελεῖται ὑπὸ ἐξῆς ὄργανομένης μεμβράνης, ἐχούσης χροῖμα μέλαν, ἐπὶ τῆς ὁποίας ὑφίστανται μικροσκοπικὰ σωματῖα, τὰ κωνία καὶ τὰ ραβδία, καὶ ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀπολύθουν τὰ ἄκρα τῶν νημάτων τῶν διακλαδώσεων τοῦ ὀπτικῶν νεύρου.

Διὰ τὸν κωνίων βλέπομεν κατὰ τὴν ἡμέραν, διὰ δὲ τῶν ραβδίων εἰς τὸ σκότος ἢ μὲ πολὺ ἀσθενὲς φῶς. Τα κωνία εἶναι εὐπαθεστέρα εἰς τὸ χροῖμα τοῦ φωτός, ἐνῶ τὰ ραβδία δὲν ἐπιρραζονται ὑπὸ τοῦ χρώματος.

Ἐπολογίζεται ὅτι εἰς τὸν ἀμφιβληστροειδῆ ὑφίστανται 130 000 000 ραβδία καὶ 7 000 000 κωνία. Τὸ σχ. 204 δεῖκνύει τομὴν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος.

153. Προσαρμογὴ. Ὄταν οἱ μύες τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ εὐρίσκονται ἐν ἀναπαύσει, εἶδομεν ὅτι τὰ εἶδωλα μεμακρυσμένον ἀντικειμένων σχηματίζονται σαφῆ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ κανονικοῦ ὀφθαλμοῦ. Ὄταν ὁμως πρόκειται περὶ ἀντικειμένων εὐρισκομένων πλησίον τοῦ ὀφθαλμοῦ, τότε διὰ νὰ σχηματισθῶν σαφῆ τὰ εἶδωλα ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, πρέπει νὰ μεταβληθῇ καταλλήλως ἡ καμπύλότης τοῦ φακοῦ, ἡ ἐργασία δὲ αὕτη γίνεται αὐτομάτως ὑπὸ τῶν μυῶν τοῦ φακοῦ, καὶ καλεῖται προσαρμογὴ. Διὰ κανονικὸν ὀφθαλμὸν, ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται εὐκρινὴς ὄρασις εἶναι περίπου 25 cm. Εἰς τὴν ἀπόστασιν δὲ ταύτην ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ πρέπει νὰ τεθῇ σελὶς βιβλίου ἵνα ἀναγινώσκωμεν ἀκόπως, ὡς ἐκ τούτου δὲ ἡ ἀπόστασις αὕτη ἐκλήθη ἐλαχίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινῶς ὁράσεως. Εἰς ὀλίγον μικροτέραν ἀπόστασιν τῶν 25 cm, δυνάμεθα ἐπίσης ν' ἀναγνώσκωμεν εὐκρινῶς, ἀλλ' οἱ μύες τοῦ ὀφθαλμοῦ ὑφίστανται κόπωση.

154. Διαχωριστικὴ ἱκανότης ὀφθαλμοῦ. Καλοῦμεν διαχωριστικὴν ἱκανότητα, ἡ ἄλλως, ὁξύτητα ὁράσεως τοῦ ὀφθαλμοῦ, τὴν γωνιακὴν ἀπόστασιν δύο σημείων τὰ ὁποία δύναται νὰ διακρίνῃ ὡς κεχωρισμένα ὁ ὀφθαλμὸς, εἶναι δὲ αὕτη ἴση πρὸς 1/3000 rad διὰ κανονικὸν ὀφθαλμὸν.

Ὅτῳ, ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ ἀντιληφθῇ ὡς διάκριτα σημεία ἀπέχοντα :

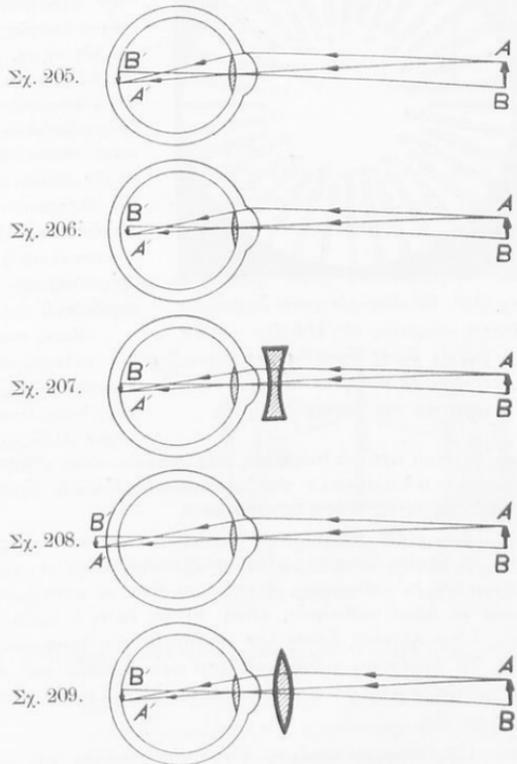
Κατὰ		Ἐξ ἀποστάσεως
1	m	3000 m
0,1	>	300 >
0,01	>	30 >
0,001	>	3 >
0,0001	>	0,3 >

155. Εὐαισθησία τοῦ ὀφθαλμοῦ. Ὁ ὀφθαλμὸς εἶναι εὐπαθεστότατος δέκτης τοῦ φωτός, διότι δύναται νὰ διεγερθῇ ὑπὸ ἐνὸς συνήθους κηρίου ἐξ ἀποστάσεως ἀπὸ 20 - 32 km, ἐφ' ὅσον δὲν ὑφίσταται ἀπορρόφησις εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν. Ἀλλὰ καὶ ἀσθενεστέρα ἀκόμη πηγὴ εἶναι ἀντιληπτὴ, ἐφ' ὅσον ἔχει διαστάσεις τοιαύτας ὥστε νὰ προκαλῆ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς εἶδωλον ἀρκετοῦ μεγέθους. Ἡ εὐαισθησία ὁμοῦ τῶν ὀφθαλμῶν μεταβάλλεται σημαντικῶς μετὰ τοῦ μήκους κύματος καί, ὑπὸ συνήθους συνθήκας, ὁ ὀφθαλμὸς δεῖκνύει τὴν μεγαλυτέ-

σαν εὐαισθησίαν εἰς τὴν περιοχὴν μήκους κύματος $\lambda = 5500 \text{ \AA}$, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς κίτρινο-πρασινὴν περιοχὴν τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἡ εὐαισθησία τοῦ ὀφθαλμοῦ ἐλαττοῦται τὸσον πρὸς τὴν περιοχὴν τοῦ ἰώδους ὅσον καὶ πρὸς τὴν περιοχὴν τοῦ ἐρυθροῦ χρώματος.

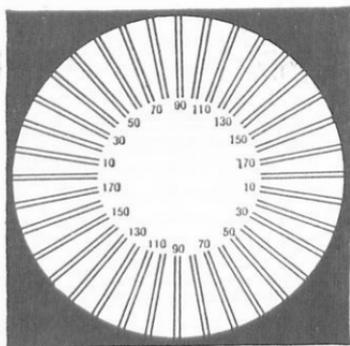
156. Ἐλαττώματα ὁράσεως. Τόσον τὸ μέγεθος τοῦ βολβοῦ ὅσον καὶ ἡ

ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ δὲν ἔχουν πάντοτε τὰς διαστάσεις ἐκεῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν κανονικὸν ὀφθαλμὸν, ἢ ἄλλως, τὸν ἐμμέτρωπα. Ἐὰν π.χ. ὁ φακὸς εἶναι πολὺ κυρτός, δηλαδὴ πολὺ συγκλίνων, τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$ μεμακρυσμένου ἀντικειμένου AB δὲν σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, ὡς συμβαίνει εἰς τὸν ἐμμέτρωπα ὀφθαλμὸν (σχ. 205), ἀλλὰ ὀλίγον πρὸ αὐτοῦ (σχ. 206), ὡς ἐκ τούτου δὲ τὸ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς σχηματιζόμενον εἶδωλον εἶναι ἀσαφὲς καὶ συγκεχυμένον. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο καλεῖται **μυωπία** καὶ ὁ ὀφθαλμὸς μύωψ, καὶ διορθώνεται δι' ἀποκλίνοντος φακοῦ τιθεμένου πρὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ (σχ. 207). Ὁ μύωψ δύναται νὰ βλέπῃ ἄνευ τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ μόνον τὰ λίαν ἐγγὺς πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν εὐρισκόμενα ἀντικείμενα. Ἀντιθέτως, ἐὰν ὁ φακὸς ἔχῃ μεγαλυτέραν ἔστιακὴν ἀπόστασιν τῆς κανονικῆς, τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$ μεμακρυσμένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 208). Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο καλεῖται **ὑπερμετρωπία** καὶ ὁ ὀφθαλμὸς ὑπερμέτρωψ, διορθοῦται δὲ διὰ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 209). Ἀνατομικῶς, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον τὰ ἐλαττώματα ταῦτα τοῦ ὀφθαλμοῦ δὲν ὀφείλονται εἰς ἀνωμαλίαν τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως ἢ τῆς διαθλαστικῆς δυνάμεως τοῦ φακοῦ, ἀλλὰ εἰς διάφορον σχηματισμὸν τοῦ βολβοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ, ὁ ὁποῖος εἰς τὸν ὑπερμέτρωπα ἔχει μεγαλυτέρον βάθος καὶ εἰς τὸν μύωπα μικρότερον τοῦ κανονικοῦ.



Σχ. 205. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Σχ. 206. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς. Σχ. 207. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ. Σχ. 208. Ὑπερμετρωπικὸς ὀφθαλμὸς. Σχ. 209. Διόρθωσις ὑπερμετρωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

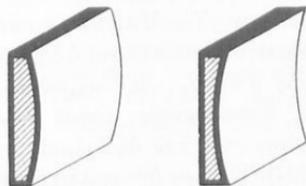
Πολλάκις συμβαίνει ὥστε ὁ φακός τοῦ ὀφθαλμοῦ νὰ μὴ δεῖχνῃ ἀξονικὴν συμμετρίαν, ἀλλὰ κατὰ δύο διευθύνσεις καθέτους πρὸς ἀλλήλας νὰ δεῖχνῃ διάφορον διαθλαστικὴν ἰκανότητα. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, δύο κάθετοι γραμμαὶ εὐρισκόμεναι εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ δὲν διακρίνονται σαφῶς ὑπ' αὐτοῦ. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο καλεῖται ἀστιγματισμός, καὶ ὁ ὀφθαλμὸς ἀστιγματικός. Οὕτω, ὅταν ἀστιγματικός ὀφθαλμὸς προσβλέπῃ πρὸς σύστημα ζευγῶν εὐθειῶν, διατεταγμένων ὡς δεῖχνεῖται εἰς τὸ σχ. 210, δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ σαφῶς ὅτι δι' ὅλα τὰ ζεύγη αἱ εὐθεῖαι ἀπέχουν ἕξ ἴσων, ἀλλὰ δύναται νὰ διακρίνῃ τούτο σαφῶς, μόνον διὰ ζεύγη κείμενα κατὰ τινὰ διεύθυνσιν, ἐνθὺ διὰ τὸ κατὰ τὴν κάθετον διεύθυνσιν κείμενον ζεύγος εὐθειῶν διακρίνῃ ταύτας συγκεχυμένως καὶ ἀσαφῶς.



Σχ. 210. Ὁ ἀστιγματικός ὀφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς τὰς εὐθείας π.χ. 10, 10, βλέπει ὅμως ἀσαφῶς τὰς λοιπὰς εὐθείας, ἡ δὲ ἀσάφεια εἶναι ἐντονωτέρα εἰς τὰς περιοχὰς 90, 90.

Κατὰ τὴν διορθώσιν τοῦ ἐλαττώματος τούτου διὰ κυλινδρικοῦ φακοῦ, μεγίστην σημασίαν ἔχει ὁ προσανατολισμὸς τοῦ γεωμετρικοῦ ἀξονος τοῦ φακοῦ, διότι δυνατόν ὁ φακὸς νὰ ἔχῃ τὴν κατάλληλον ἰσχύν, ἀλλὰ, λόγῳ κακοῦ προσανατολισμοῦ τοῦ ἀξονος, δύναται ἀντὶ νὰ διορθώσῃ τὸ ἐλάττωμα νὰ τὸ ἐνισχύσῃ. Ἐτερον ἐλάττωμα τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι ἡ χαλάρισις τῆς προσαρμογῆς, ἡ ὁποία ὀφείλεται κυρίως εἰς τοὺς μῦς τοῦ φακοῦ.

Διὰ νέους ἀνθρώπους, ἡ πλησιεστέρη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὁποίαν δύναται ὄντιο νὰ βλέπουν, ἀνέρχεται εἰς 10 cm ἐνθὺ δι' ἀνθρώπου 50 ἐτῶν καὶ ἄνω, μὲ κανονικὴν κατὰ τὰ ἄλλα ὀφθαλμὸν, εἶναι 40 cm, διότι ὁ ὀφθαλμὸς, λόγῳ ἡλικίας, ἔχασε τὴν ἰκανότητα τῆς προσαρμογῆς. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο καλεῖται *προεσβωπία* καὶ ὁ ὀφθαλμὸς πρὸς βύψιν, διορθοῦται δὲ διὰ συγκλινόντων φακῶν.



Σχ. 211. Εἶδη κυλινδρικοῦ φακοῦ.

157. Ὀπτικαὶ ἀπάται. Κατὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως καὶ τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως, ἐξητάσαμεν διαφόρους περιπτώσεις ὀπτικῶν ἀπατῶν, ὡς π.χ. ὅταν εὐθεῖα ῥάβδος ἡ ὁποία εἶναι βυθισμένη ἐν μέρει εἰς ὕδωρ, φαίνεται ὡς τεθλασμένη (σχ. 57). Ἐπίσης ἐξητάσαμεν τοιαύτας ὀπτικὰς ἀπάτας καὶ εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διαθλάσιν, ὡς π.χ. τὴν ἀνύψωσιν τοῦ Ἥλιου ἐπὲρ τὸν ὀρίζοντα, τὴν ἀνύψωσιν ἀντιζευξιμένων ὑπὲρ τὸν ὀρίζοντα παρατηρητοῦ (σχ. 68 — 71). Ὅλα τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἀποτελοῦν ὀπτικὰς ἀπάτας, τῶν ὁποίων τὸ αἷτιον εὐρίσκεται ἔξω τοῦ ὀφθαλμοῦ τοῦ παρατηρητοῦ.

Εἰς τὰ σχ. 212—215 δεῖχνονται διάφοροι ὀπτικαὶ ἀπάται. Ἐτερον τύπον ὀπτικῆς ἀπάτης δεῖχνεῖ ἡ ἐν σχήματι 216 διάταξις, ὅπου τὸ φωτεινὸν κηρίον Φ φαίνεται ὅτι παρέχει γλῶγα Φ' ὑπὸ τὸ ὕδωρ. Τοιοῦτοι συνδυασμοὶ χρησιμοποιοῦνται ὑπὸ τῶν φαρματοποιῶν ὡς



Σχ. 212. Αἱ δύο εὐθεῖαι Α καὶ Β εἶναι ἴσαι. Διὰ τῶν προσθηκῶν δὲ εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν φαίνονται ἄνιστοι.

καί εις διαφόρους σκηνοθεσίας. Εις τό σχήμα, τό Δ' άποτελεί ύάλινην πλάκα της όποίας ή προσθήα επιγράνεια έπέχει θέσιν κατόπλου διά τό κηρίον Φ, ό δέ όφθαλμός βλέπει τό ειδώλον Φ' τοϋ κηρίου διά μέσον της ύάλου, ένφ δέν βλέπει τό πραγματικόν κηρίον, ως άποφρασσόμενον υπό τοϋ διαφράγματος Δ. Πάσαι αί άνωτέρω όπτικά άπάται έξηγούνται εκ τοϋ τρόπου κατά τόν όποιον ό όφθαλμός έξετάζει τά θεωρούμενα άντικείμενα, ό όποίος συνίσταται εις τό νά βλέπη διαδοχικώς καί με μεγάλην ταχύτητα τās διαφόρους περιοχάς τοϋ έξεταζομένου άντικειμένου.

Έκτός όμως τών άνωτέρω όπτικων άπατων, ύφίστανται καί άλλαι, όφειλόμεναι εις φυσιολογικά καί ψυχολογικά αίτια, τοιαύτα δέ είναι επί παραδείγματι τά φαινόμενα *αντιθέσεως* καί *επεισάσεως τών ειδώλων* κ. ά. Οϋτω, όταν άντικείμενον φωτεινόν τοποθετήται επί σκοτεινής βάσεως, φαίνεται εις ήμās φωτεινότερον ή εάν τοποθετηθή επί φωτεινής βάσεως.

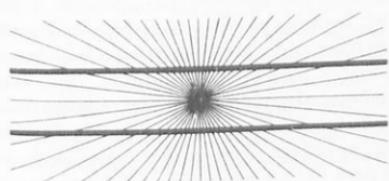
Τό φαινόμενον τούτο έξηγείται, διότι ό άμφιβληστροειδής είναι εύλαθέστερος όταν παρατηρή σκοτεινήν έπιφάνειαν ή όταν παρατηρή φωτεινήν τοιαύτην, όφειλομένου τούτου



Σχ. 213.

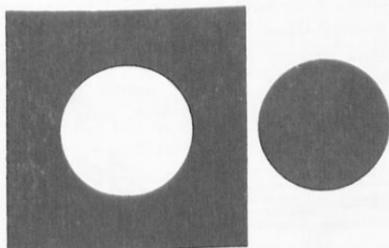
Σχ. 214.

Σχ. 213. Έκ τών δύο ταινιών, μολοντί αύται είναι ίσαι ή γάτω φαίνεται μεγαλύτερα.
Σχ. 214. Αί δύο εϋθείαι έχουν τό αυτό μήκος.



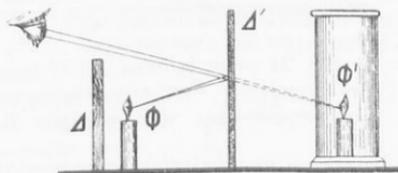
Σχ. 215. Αί δύο εϋθείαι είναι πράγματι παράλληλοι, διά της προσθήκης όμως τών άκτινωτών γραμμών φαίνονται ως μη παράλληλοι.

εις τό γεγονός ότι, όταν ό όφθαλμός παρατηρή φωτεινήν έπιφάνειαν ό άμφιβληστροειδής ύφίσταται ζόπωση.



Σχ. 217. Ό λευκός δίσκος φαίνεται μεγαλύτερος τοϋ μελανού, μολοντί αί διάμετροι αυτών είναι ίσαι.

Η ως άνω έντύπωση σχηματίζεται ύφ' ήμών, διότι έκαστον σημειον τοϋ φωτεινού άντικειμένου άπεικονίζεται εις τόν άμφιβληστροειδή ως μικρός κύκλος, οϋτω δ' έπεκτείνον-



Σχ. 216. Ό όφθαλμός βλέπει τό πραγματικόν κηρίον Φ έντός τοϋ δοχείου πλήρους ύδατος εις θέσιν Φ'.

Εις τήν αυτήν αίτιαν δέν ν' άποδοϋθών καί τά φαινόμενα της χρωματικής αντιθέσεως. Οϋτω, τεμάχιον χάρτου φαίου χρώματος, τιθέμενον επί βάσεως έρυθρού χρώματος, φαίνεται πρασινωπόν, ένφ φαίνεται έρυθροπόλον όταν τίθεται επί πρασίνης βάσεως.

Άνάλογον φαινόμενον παρατηρούμεν, όταν επί διαφράγματος σχηματίζομεν τήν οσιάν πολυβδοκονδύλου δι' έρυθρού φωτός, ότε ή οσιά του έχει χρώμα πράσινον.

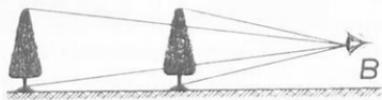
Όταν, έξ άλλου, παρατηρούμεν φωτεινόν άντικείμενον, τοϋ όφθαλμού όμως μη εύρισσομένου έν τελεία προσαρμογή, έχομεν τήν έντύπωσην ότι τούτο είναι μεγαλύτερον ίσομεγέθους σκοτεινού άντικειμένου.

ται τὰ ὄρια τοῦ ἀντικειμένου. Οὕτω, ὅταν ἡ Σελήνη εὐρίσκεται εἰς φάσιν μηνίσκου, ὁ φωτεινὸς μηνίσκος φαίνεται ὅτι ἀνίχει εἰς κύκλον μεγαλύτερον τοῦ κύκλου εἰς τὸν ὁποῖον ἀνίχει τὸ ὑπόλοιπον μέρος τῆς Σελήνης. Ἐπίσης τὸ πυρακτωμένον νῆμα λυχνίας φαίνεται εἰς ἡμᾶς πολὺ παχύτερον παρ' ὅσον πραγματικῶς εἶναι. Ἀνάλογον φαινόμενον δεκνύει τὸ σχ. 217.

Εἰς ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς ἀντιθέσεως, μεγάλην σημασίαν ἔχει καὶ ὁ ψυχολογικὸς παράγον, διότι ὅταν δι' ἀμέσους παρατηρήσεως θέλωμεν νὰ ἐκτιμήσωμεν μικρὰς διαφορὰς, νομίζομεν ὅτι αὐτὰ εἶναι μεγαλύτερα.

158. Φαινόμενη ἀπόστασις καὶ μέγεθος. Τὸ φαινόμενον μέγεθος ἀντικειμένου τινὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μεγέθους τοῦ σχηματιζομένου εἰδώλου ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδῶς, καὶ ἐπομένως, ἐκ τῆς γωνίας ὁράσεως. Ἐκ τοῦ σχ. 218 συνάγεται εὐκόλως ὅτι ἡ γωνία ὁράσεως αὐξάνεται, ὅσον τὸ ἀντικειμενον εὐρίσκεται πλησιέστερον τοῦ ὀφθαλμοῦ.

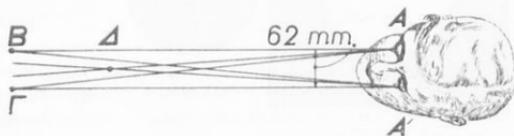
Ἐνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ὅταν παρατηροῦμεν κατὰ μῆκος σιδηροδρομικῆς τροχιάς, ἡ ἀπόστασις τῶν δύο γραμμῶν φαίνεται ἐλαττωμένη ἐφ' ὅσον παρατηροῦμεν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον εἰς μεγαλύτεραν ἀπόστασιν. Τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀνθρώπου εἰς ἀπόστασιν 100 μέτρων εἶναι κατὰ 10 φορές μικρότερον ἢ ὅταν ὁ ἀνθρώπος εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 10 μέτρων.



Σχ. 218. Ἡ γωνία ὁράσεως τοῦ δένδρου εἶναι μεγαλύτερα ὅταν τοῦτο εὐρίσκεται πλησιέστερον πρὸς ὀφθαλμὸν Β.

Πράγματι ὁμως, δὲν ἀποδίδομεν εἰς μεγάλην γωνίαν ὁράσεως ἢ εἰς μέγα εἶδωλον, μέγα μέγεθος ἀντικειμένου, ἀλλ' ἐκ πείρας ἔχομεν συνηθίσει ἐκ τοῦ μεγέθους τοῦ εἰδώλου ἢ τῆς γωνίας ὁράσεως νὰ ἐκτιμῶμεν τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου. Μημαζωσμένα ἀντιείμενα, ὑπὸ καλῆς συνθήκας ὁρατότητος, φαίνονται ὅτι κείνται πλησιέστερον ἢ ὅσον πραγματικῶς εἶναι. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ὑπὸ καλῆς συνθήκας ὁρατότητος, διακρίνομεν τὰ ἀντιείμενα μὲ μεγαλύτεραν σαφήνειαν, εἰς τρόπον ὅστε νὰ βλέπομεν εὐκρινῶς λεπτομερείας αὐτῶν, τὰς ὁποίας δὲν δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν ὑπὸ κακῆς συνθήκας ὁρατότητος, τοῦτο δὲ προκαλεῖ εἰς ἡμᾶς τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τὰ ἀντιείμενα κείνται πλησιέστερον.

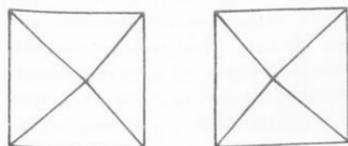
159. Στερεοσκοπικὴ ὁρασις. Ἐάν, κρατοῦντες τὸν ἓνα τῶν ὀφθαλμῶν μας κλειστόν, ἐπιδιώξωμεν νὰ περάσωμεν διὰ τῆς ὀπῆς μικρῆς βελόνης κλωστήν, παρατηροῦμεν ὅτι δυσκόλως κατορθώνομεν τοῦτο. Ἐπίσης, ἐάν θελήσωμεν, εἰς ἀπόστασιν 30-40 cm ἀπὸ τῆς εὐθείας τῆς ἐνοήσεως τοὺς ὀφθαλμούς, νὰ φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν τὰς αἰχμὰς δύο μολυβδοκονδύλων, ἔχοντες ἀνοικτὸν μόνον τὸν ἓνα τῶν ὀφθαλμῶν, δυσκόλως δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τοῦτο. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διὰ μονοφθάλμου ὁράσεως ἐκτίμησις τῆς ἀποστάσεως δὲν εἶναι ἀκριβής. Ἡ ἐκτίμησις τῆς σχετικῆς θέσεως δύο ἀντικειμένων ὀφείλεται κατὰ μέγα μέρος εἰς τὸ γεγονός ὅτι, ἐπειδὴ οἱ δύο ὀφθαλμοὶ ἀπέχουν μεταξύ τῶν κατὰ 62 mm, ἀποκομίζουσι ἐλαφρῶς διαφορὰς ἐντυπώσεις ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν πεδίον, οὕτω δὲ ἀντιείμενα εὐρισκόμενα εἰς διαφορὰς ἀποστάσεις φαίνονται ὑπὸ διάφορον σχέσιν πρὸς ἄλληλα εἰς τὰ εἶδωλα τὰ σχηματιζόμενα ἐπὶ τῶν ἀμφιβληστροειδῶν. Οὕτω, εἰς τὸ σχ. 219, τὸ σημεῖον Δ φαίνεται ὅτι κείνται πλησιέστερον πρὸς τὸ Γ, ὅταν παρατηρήται διὰ τοῦ δεξιοῦ ὀφθαλμοῦ Α, ἐνθ' ἀντιθέτως φαίνεται ὅτι κείνται πλησιέστερον πρὸς τὸ Β, ὅταν παρατηρήται διὰ τοῦ ἀριστεροῦ ὀφθαλμοῦ Α'. Ἐφ' ὅσον τὰ δύο ἀντιείμενα εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς γραμμῆς τῆς ἐνοήσεως τοὺς δύο ὀφθαλμούς, τὰ εἶδωλα αὐτῶν τὰ ὁποία σχηματίζονται ἐπὶ τοῦ κεντρικοῦ βοθρίου ἐκάστου



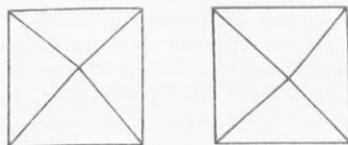
Σχ. 219. Διὰ τὴν στερεοσκοπικὴν ὁρασιν.

τὰ δύο ἀντιείμενα εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς γραμμῆς τῆς ἐνοήσεως τοὺς δύο ὀφθαλμούς, τὰ εἶδωλα αὐτῶν τὰ ὁποία σχηματίζονται ἐπὶ τοῦ κεντρικοῦ βοθρίου ἐκάστου

των ὀφθαλμῶν εἶναι ἐντελῶς ὅμοια, ἐκ τῆς ὁμοιότητος δὲ τῶν εἰδώλων εἰς τὸν ἀμφιβλη-
στροειδῆ συνάγομεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν. Ἐάν ὅμως τὰ
ἀντικείμενα δὲν εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν, τότε τὰ εἴδωλα σχηματίζονται εἰς
διαφόρους θέσεις καί, ἐκ τῆς ἐλαφροῦς ταύτης ἀνομοιότητος τῶν εἰδώλων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβλη-
στροειδοῦς, συνάγομεν ὅτι τ' ἀντικείμενα εὐρίσκονται εἰς διάφορον ἀπόστασιν. Ἡ χαρακτη-



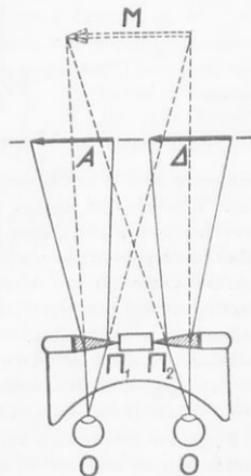
Σχ. 220. Περίπτωσης στερεοσκοπικῆς
ὁράσεως. Πυραμὶς κυρτή.



Σχ. 221. Περίπτωσης στερεοσκοπικῆς
ὁράσεως. Πυραμὶς κοίλη.

ριστικὴ αὐτῆς ἰδιότητος τῆς ὁράσεως διὰ τῶν δύο ὀφθαλμῶν καλεῖται *στερεοσκοπικὴ*,
ἢ δὲ ὁρασις καλεῖται *διόφθαλμος* ἢ *στερεοσκοπικὴ*. Ἐκ τοῦ σχήματος 219 συνάγεται
εὐκόλως ὅτι ἡ ὥς ἄνω ἰδιότης τῆς διοφθάλμου ὁράσεως παύει νὰ ὑφίσταται εἰς ἀποστάσεις
μεγαλύτερας τῶν 300-500 m, καὶ διὰ τὴν ἐκτίμησιν τῆς ἀποστάσεως δέον νὰ χρησιμοποιη-
θοῦν ἄλλα μέσα, ὡς π.χ. τὸ φαινόμενον μέγεθος ἀντικειμένων ἀκριβοῦς γνωστοῦ μεγέθους.
Ἐάν ἤδη, ἀντὶ τῶν δύο ὀφθαλμῶν, χρησιμοποιήσωμεν δύο φωτογραφικὰς μηχανὰς μετὰ δύο φα-
κῶν καὶ θαλάμων καὶ εἰς τρόπον ὅστε ὁ εἰς τῶν φακῶν νὰ ἐπέχη τὴν θέσιν τοῦ δεξιῦ ὀφθαλ-
μοῦ καὶ ὁ ἄλλος τὴν τοῦ ἀριστεροῦ καὶ λάβωμεν φωτογραφίας, τότε ἡ δια τῆς δεξιᾶς μηχανῆς
λαμβανομένη φωτογραφία θὰ εἶναι τὸ εἶδωλον τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβλη-
στροειδοῦς εἰς τὸν δεξιὸν ὀφθαλμὸν, ἐνῶ ἡ φωτογραφία τῆς ἑτέρας μηχανῆς εἶναι ὅμοια πρὸς τὸ
εἶδωλον τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς τοῦ ἀριστεροῦ ὀφθαλ-
μοῦ. Ἐάν ἤδη αἱ ληφθεῖσαι φωτογραφίαι, ἡ δεξιὰ καὶ ἡ ἀριστερά, τοποθετηθοῦν καταλλήλως
(σχ. 222), ὅστε νὰ βλέπομεν αὐτάς ἀντιστοίχως διὰ τοῦ δεξιῦ καὶ ἀριστεροῦ ὀφθαλμοῦ, τότε θὰ ἔχωμεν
ζωηρὰν ἐντύπωσιν τοῦ βάθους τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ ἐντύπωσις αὕτη καλεῖται *στερεοσκοπικὴ ἐντύπωσις*.

Τὰ κάτοπι σχήματα δεκνύουν παραδείγματα στερεοσκοπικῆς ὁράσεως. Οὕτω, εἰς τὸ σχῆμα 220 δεκνύεται ἡ ἐντύπωσις τὴν ὁποίαν ἔχομεν ὅταν παρατηροῦμεν κυρτὴν πυραμίδα, χωριστὰ διὰ τοῦ ἀριστεροῦ καὶ χωριστὰ διὰ τοῦ δεξιῦ ὀφθαλμοῦ. Ἐάν ὅμως παρατηροῦμεν ταυτοχρόνως τὰ δύο σχήματα, τὸ ἀριστερὸν διὰ τοῦ ἀριστεροῦ καὶ τὸ δεξιὸν διὰ τοῦ δεξιῦ ὀφθαλμοῦ, τοποθετοῦντες πρὸς ὑποβοήθησιν τῆς ὁράσεως τεμάχιον χάρτου καθέτως πρὸς τὴν εὐθείαν τὴν ἐνοῦσαν τὰ δύο σχήματα, οὕτως ὅστε τα εἴδωλα αὐτῶν νὰ χωρισθοῦν ἐπὶ συζυγῶν σημείων τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, ἡ συνολικὴ ἐντύπωσις εἶναι ὡς ἐάν ἐβλέπομεν πραγματικὴν κυρτὴν πυραμίδα ἐν τῷ χώρῳ. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ εἰς τὸ σχῆμα 221 εἰς τὸ ὅποιον, ὅταν παρατηροῦμεν τὰ δύο σχήματα κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον, ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν κοίλης πυραμίδος. Αἱ συσκευαὶ αἱ ὅποιαι χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν παρατήρησιν στερεοσκοπικῶν φωτογραφιῶν καλοῦνται *στερεοσκόπια*.

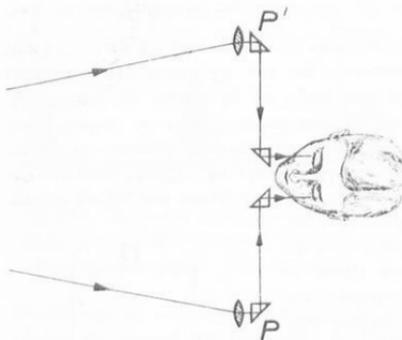


Σχ. 222. Στερεοσκόπιον
Brewster.

160. Στερεοσκόπιον Brewster. Λίαν συνήθης συσκευὴ πρὸς παρατήρησιν στερεοσκο-
πικῶν φωτογραφιῶν εἶναι ἡ εἰς τὸ σχῆμα 222 εἰκονιζομένη, ὅπου Π_1 καὶ Π_2 παριστοῦν δύο

πρίσματα διά μέσου τῶν ὁποίων παρατηροῦμεν διά τῶν δύο ὀφθαλμῶν Ο,Ο τὰς δύο φωτογραφίας Α καὶ Β τοῦ αὐτοῦ ἀντικειμένου, ληφθεῖσας διά στερεοσκοπικῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς, ὅτε ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἡ μία καλύπτει τὴν ἄλλην εἰς τὴν θέσιν Μ. Διὰ τὴν πραγματοποίησιν τῶν πρισμάτων Π₁ καὶ Π₂, χρησιμοποιοῦμεν φαζὸν συγκλίνοντα, τὸν ὁποῖον κόπτομεν εἰς δύο μέρη καὶ διατάσσομεν αὐτὰ οὕτως, ὥστε τὰ ὄξεα αὐτῶν ἄκροα νὰ ἀντίκεινται. Διὰ τοῦ τρόπου τούτου ἐπιτυγχάνομεν καὶ κατάλληλον μεγέθυνσιν, ἡ ὁποία δίδει καλύτεραν ἐντύπωσιν τοῦ βήθους. Κατὰ πολὺ ἐντονότερα στερεοσκοπικὰ ἀποτελέσματα ἐπιτυγχάνομεν, ὅταν αἱ δύο φωτογραφικαὶ μηχαναὶ κείνται εἰς πολὺ μεγαλύτεραν ἀποστάσιν μεταξύ των, ἀπὸ ἐκεῖνην εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκονται οἱ δύο ὀφθαλμοί. Τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα ἐπιτυγχάνεται, ὅταν χρησιμοποιοῦνται δύο φαζοὶ εὐρισκόμενοι εἰς μεγάλην ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν, ὅτε χρησιμεύουν πρὸς συλλογὴν φωτός, τὸ ὁποῖον ἀζολούθως φέρεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τῆ βοήθειά πρισμάτων ὀλιγῆς ἀνακλάσεως.

161*. Τηλέμετρα. Διὰ τὴν ἐκτίμησιν τῶν ἀποστάσεων μεμαζυρομένου ἀντικειμένου χρη-



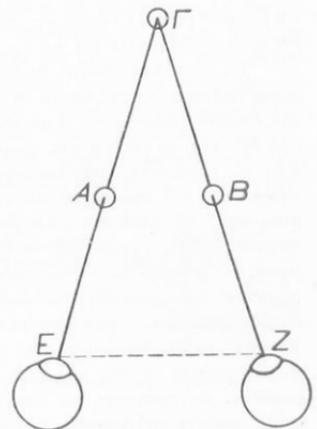
Σχ. 223. Στοιχειώδης διάταξις τηλεμέτρου.

σχήματος 224. Α καὶ Β παριστοῦν δύο κύκλους χαραχθέντας ἐπὶ διαφανοῦς ὑαλίνης πλακῆος. Ἐὰν οἱ δύο κύκλοι παρατηροῦνται τυχαίως διὰ τῶν δύο ὀφθαλμῶν, οὗτοι διακρίνονται ὡς δύο κύκλοι. Ἐὰν ὁμοῦς φροντίζωμεν νὰ παρατηροῦμεν τὸν ἀριστερὸν κύκλον μόνον διὰ τοῦ ἀριστεροῦ ὀφθαλμοῦ καὶ τὸν δεξιὸν μόνον διὰ τοῦ δεξιοῦ, ἀμέσως τότε ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν ἑνὸς μόνου κύκλου. Τὸ στερεοσκοπικὸν τοῦτο ἀποτέλεσμα καλεῖται σύμπτωσις τῶν εἰδῶλων. Εἰς τὸ σχῆμα, οἱ δύο ὀφθαλμοὶ προσβλέπουσιν τοὺς κύκλους Α καὶ Β καί, ὅταν οἱ δύο κύκλοι φαίνονται ὡς εἷς, ἡ θέσις τοῦ μοναδικοῦ τούτου κύκλου πρέπει νὰ εὐρίσκειται εἰς τὸ σημεῖον Γ, ἐκ τοῦ ὁποῖου φαίνεται ὅτι προέρχονται αἱ εἰσχωροῦσαι εἰς τοὺς ὀφθαλμοὺς ἀκτίνες. Ἐὰν αἱ ἀποστάσεις ΕΖ καὶ ΑΒ εἶναι γνωσταὶ ὡς καὶ ἡ ἀπόστασις τῆς ΑΒ ἀπὸ τῆς ΕΖ, ἡ ἀπόστασις τοῦ Γ ἀπὸ τῆς εὐθείας ΕΖ δύναται νὰ ὑπολογισθῇ.

*Υποθέσωμεν ὅτι οἱ δύο κύκλοι Α καὶ Β εἶναι χαραγμένοι ἐπὶ δύο διαφόρων ὑαλίνων πλακῶν, αἱ ὁποῖαι ὁμοῦς τοποθετοῦνται οὕτως ὥστε νὰ κείνται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου, καὶ ὅτι διὰ κατάλληλου μικρομετρικοῦ χοχλίου μεταβάλλομεν τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο κύκλων,

σμοποιοῦνται συσσευαὶ καλούμεναι *τηλέμετρα*. Εἰς τὸ σχῆμα 223 δεικνύεται στοιχειωδῶς ἡ διάταξις τῶν διαφόρων μερῶν τηλεμέτρου νέου τύπου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ πραγματικὴν διόπτραν, τὸ στερεοσκοπικὸν ἀποτέλεσμα τῆς ὁποίας ὀφείλεται ἐν μέρει εἰς τὴν μεγέθυνσιν αὐτῆς καὶ ἐν μέρει εἰς τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο ἀντικειμενικῶν φαζῶν. Οἱ δύο φαζοὶ περισυλλογῆς συλλέγουσιν φῶς καί, διὰ δύο συστημάτων πρισμάτων ὀλιγῆς ἀνακλάσεως, τὸ φῶς φέρεται εἰς τοὺς ὀφθαλμούς, ἡ δὲ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου καθορίζεται διὰ κατάλληλου μηχανισμοῦ, ὁ ὁποῖος μετρᾷ τὴν γωνίαν ὑπὸ τὴν ὁποίαν συγκλίνουν ὡς δύο δέσμαι ἀκτίνων.

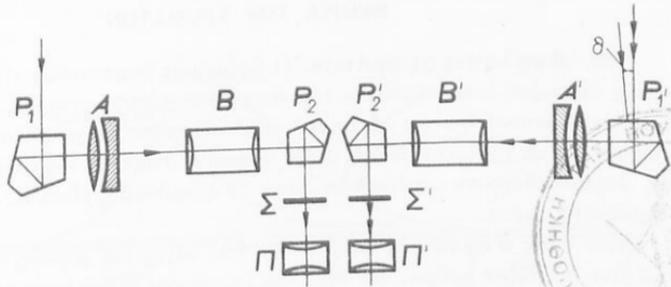
Ὁ τρόπος τοῦ καθορισμοῦ τῆς ἀποστάσεως δύναται νὰ κατανοηθῇ ἐκ τοῦ κατωτέρου



Σχ. 224. Στοιχειώδης ἐξήγησις διατάξεως τηλεμέτρου.

παραμενόντων όμως εις τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον. Τότε μεταβάλλεται καὶ ἡ ἀπόστασις τοῦ σημείου Γ, εἰς τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται σύμπτωσις τῶν εἰδώλων, ὅτε διὰ προγενεστεράς βαθμολογίας τοῦ μικρομετρικοῦ χοχλίου δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν ζητουμένην ἀπόστασιν τοῦ σημείου Γ ὅπου πραγμα-

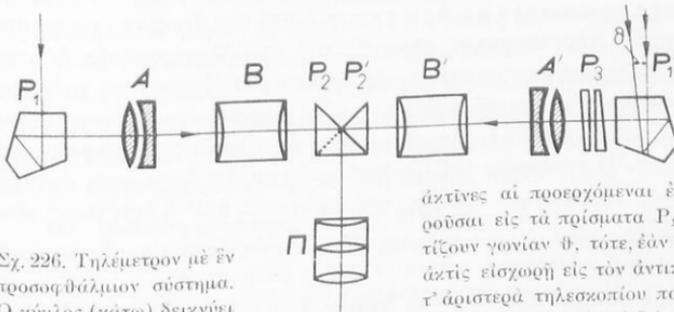
τοποιεῖται ἡ σύμπτωσις τῶν εἰδώλων. Τὸ σχῆμα 225 δεικνύει τηλεσκοπικὸν τηλέμετρον εἰς τὸ ὁποῖον P_1 καὶ P'_1 , P_2 καὶ P'_2 ἀποτελοῦν πενταγωνικά πρίσματα διὰ τὴν μεταβολὴν τῆς πορείας τῶν ἀκτίνων, A καὶ A' τοὺς ἀντι-



Σχ. 225. Τηλέμετρον με δύο προσοφθάλμια συστήματα.

τιξεμενικοὺς καὶ Π καὶ Π' τὰ προσοφθάλμια συστήματα τῶν τηλεσκοπίων τοῦ τηλεμέτρου, ἐνῶ B καὶ B' εἰκονίζουν μέρος μόνον τοῦ τηλεσκοπικοῦ σωλήνος ἐντὸς τοῦ ὁποῖου στηρίζονται τὰ εξαρτήματα. Εἰς Σ καὶ Σ' εὐρίσκονται τὰ σταυρονήματα, τοποθετούμενα εἰς τὴν θέσιν ὅπου σχηματίζεται τὸ πραγματικὸν εἶδωλον ἐν ἑκάστῳ τηλεσκοπίῳ. Τὸ εἰς σχῆμα 226

θέσιν ὅπου σχηματίζεται τὸ πραγματικὸν εἶδωλον ἐν ἑκάστῳ τηλεσκοπίῳ. Τὸ εἰς σχῆμα 226 εἰκονιζόμενον τηλέμετρον εἶναι ὅμοιον πρὸς τὸ πρῶτον, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι φέρει ἕν μόνον προσοφθάλμιον σύστημα Π , καὶ τὰ πενταγωνικά πρίσματα P_2, P'_2 ἔχουν ἀντικατασταθῆ ὑπὸ διπλοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος P_2, P'_2 τὸ ὁποῖον ἀναγκάζει τὰς ἀκτίνες τῶν δύο τηλεσκοπίων εἰς τὸν ὅσον ὥστε νὰ εἰσχωροῦν εἰς κοινὸν προσοφθάλμιον, καὶ ταυτοχρόνως ὑποδιαίρει τὸ ὀπτικὸν πεδῖον εἰς δύο ἡμίση, τὸ ἄνω καὶ κάτω ἡμίση.



Σχ. 226. Τηλέμετρον με ἕν προσοφθάλμιον σύστημα. Ὁ κύκλος (κάτω) δεικνύει τὸ ὀπτικὸν πεδῖον ἐν τῷ ὁποίῳ τὰ δύο ἡμειδίωλα δὲν συμπίπτουν.

Ἐάν ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου εἶναι τοιαύτη, ὥστε αἱ

ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἐξ αὐτοῦ καὶ εἰσχωροῦσαι εἰς τὰ πρίσματα P_1 καὶ P'_1 νὰ σχηματίζουν γωνίαν θ , τότε, ἐάν ἡ πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἀκτὶς εἰσχωρῇ εἰς τὸν ἀντικειμενικὸν τοῦ πρὸς r' ἀριστερὰ τηλεσκοπίου παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ, ἢ πρὸς τὰ δεξιὰ ἀκτὶς θ εἰσχωρῇ εἰς τὸν ἀντικειμενικὸν φακὸν τοῦ δευτέρου τηλεσκοπίου, σχηματίζουσα γωνίαν θ πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ, καὶ ὅτι τὰ δύο ἡμειδίωλα θὰ σχηματίζονται ὄχι εἰς τὰς ἀρμοζούσας θέσεις τοῦ ἄνω καὶ κάτω πεδίου, ἀλλὰ θὰ δεικνύουν

σχετικὴν πλευρικὴν μετατόπισιν, ὡς δεικνύεται ἐκ τοῦ κάτωθι μικροῦ κύκλου. Τοῦτο διορθοῦται διὰ τοῦ συστήματος τῶν δύο πρισμάτων τὰ ὁποῖα περιστρέφονται τὸ ἕν ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἄλλο, κατ' ἀντίθετον φοράν περὶ τὸν ἄξονα τοῦ τηλεσκοπίου, μέχρις ὅτου προκληθῇ ἕκτροπή τῆς δέσμης, ἐν τῷ δευτέρῳ τηλεσκοπίῳ κατὰ τὴν γωνίαν θ , ὅτε ἐπέρχεται σύμπτωσις τῶν δύο εἰδώλων. Ὁ μηχανισμὸς περιστροφῆς τῶν πρισμάτων βαθμολογεῖται προηγου-

μένως, ὥστε ἡ ἀνάγνωσις, ἡ ὁποία γίνεται τὴν στιγμὴν καθ' ἣν ἐπέρχεται σύμπτωσης τῶν δύο ἡμιειδῶλων, νὰ παρέχῃ τὴν ζητούμενην ἀπόστασιν.

ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ

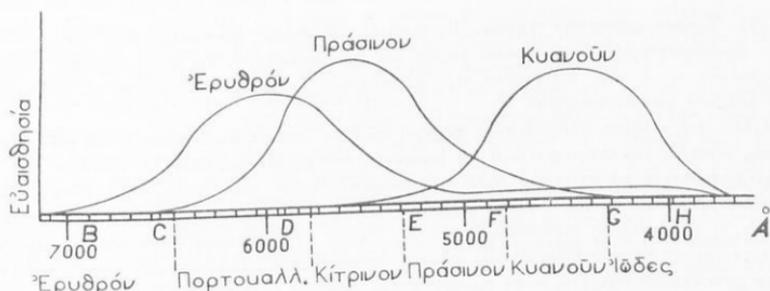
162. Ἀντίληψις χρωμάτων. Ὁ ὀφθαλμὸς παρουσιάζει τὴν ιδιότητα ν' ἀποκομίζῃ διάφορον ἐντύπωσιν ἀπὸ τὰς διαφόρου μήκους κύματος περιοχὰς τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, αἱ ὁποῖα καθ' αἷξουσιν τάξιν μήκους κύματος ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ χρώματα: ἰώδες, βαθὺ κυανοῦν, ἀνοικτὸν κυανοῦν, πράσινον, κίτρινον, πορτοκαλλόχρουν καὶ ἐρυθρὸν, οὕτω δὲ ὁ ὀφθαλμὸς εἶναι εἰς θέσιν νὰ διακρίνῃ τὰ χρώματα ταῦτα.

Ἐὰν ὅμως ὁ ὀφθαλμὸς διεγείρεται ὑπὸ μίγματος μηκῶν κύματος, τὰ ὁποῖα παρέχουν σύνθετον χρῶμα, δὲν ἔχει τὴν ἰκανότητα ν' ἀναλύσῃ τὸ χρῶμα τοῦτο εἰς τὰ ἀπλᾶ χρώματα ἐκ τῶν ὁποίων συντίθεται, διότι ἡ ἐντύπωσις εἶναι ἐνιαία.

Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως ταύτης, ὁ ὀφθαλμὸς ὑστερεῖ τοῦ ὠτός, διότι γνωρίζομεν ὅτι ἐξησκημένον οὕς δύναται νὰ ἀναλύσῃ σύνθετον ἤχον παραγόμενον ὑπὸ πλήρους ὀρχήστρας εἰς τοὺς ἤχους τῶν διαφόρων ὀργάνων, τὰ ὁποῖα ἀπαρτίζουν αὐτὴν. Συνεπεία τούτου, ὑφίσταται ἀπειρος ἀριθμὸς συνδυασμῶν χρωμάτων ἢ μηκῶν κύματος, τὰ ὁποῖα παράγουν δυοδιακρίτους ἐντυπώσεις εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Πῶς αἱ χρωματικαὶ ἐντυπώσεις δημιουργοῦνται εἰς τὸν ὀφθαλμόν δὲν εἶναι γνωστὸν μέχρι σήμερον. Πρὸς τοῦτο, ἔχουν προταθῆ διάφοροι θεωρίαι, ἀλλὰ οὐδεμία ἐξ αὐτῶν δύναται νὰ θεωρηθῆ ὡς ἐπαρκής. Ἐξ ὅλων ὅμως τῶν θεωριῶν τούτων, ἡ μᾶλλον συμφωνοῦσα πρὸς τὴν συμπεριφορὰν τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι ἡ θεωρία τῶν Young καὶ Helmholtz (τ ρ ι χ ρ ω μ α τ ι κ ῆ ς ὀ ρ ἄ σ ε ω ς). Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ τῆς κεντρικῆς περιοχῆς τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, ἡ ὁποία εἶναι εὐπαθὴς εἰς τὰ χρώματα, διεγείρει τρεῖς πρωτεύουσας ἐντυπώσεις χρώματος, ἧτοι ἐρυθροῦ, πρασίνου καὶ κυανοῦ χρώματος, ἡ δὲ συνισταμένη ἐντύπωσις χρώματος ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν σχετικῶν ἐντάσεων τῶν ἀνωτέρω τριῶν πρωτευουσῶν χρωματικῶν ἐντυπώσεων. Ἡ ἐντύπωσις τοῦ ἐρυθροῦ φαίνεται ὅτι διεγείρεται ὑφ' ὅλων τῶν μηκῶν κύματος τῆς ὄρατῆς περιοχῆς τοῦ φάσματος, ἀλλ' ἡ ἐντύπωσις εἶναι ἰσχυροτέρα εἰς τὴν περιοχὴν μήκους κύματος 6000 Å, ὡς δεικνύεται ἐκ τῆς πρὸς τ' ἀριστερὰ καμπύλης (σχ. 227).

Οὕτω, προκειμένου περὶ προσώπου τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ἰκανότητα ν' ἀντιλαμβάνεται τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα, δὲν ἔχει ὅμως τὴν ἰκανότητα ν' ἀντιλαμβάνεται τὸ πράσινον καὶ τὸ κυανοῦν, δι' αὐτὸ τὸ πρόσωπον τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός καθ' ὅλην τὴν ἔκτασίν του θὰ φαίνεται ἐρυθρὸν, μὲ τὴν μεγαλύτεραν λαμπρότητα εἰς τὴν περιοχὴν τῶν μακρῶν κυμάτων, καὶ ἡ ὁποία θὰ βαίῃ ἐλαττωμένη μετὰ τοῦ μήκους κύματος. Αἱ ἄλλαι δύο καμπύλαι εἰς τὸ σχ. 227 δεικνύουσιν, ἀντιστοίχως, πῶς μεταβάλλεται ἡ ἐντύπωσις τοῦ πρασίνου καὶ τοῦ κυανοῦ μετὰ τοῦ μήκους κύματος τῆς διεγερούσης ἀκτινοβολίας. Ὄταν ὁ ὀφθαλμὸς εἶναι εὐπαθὴς εἰς τὰς ἄνω τρεῖς πρωτεύουσας ἀκτινοβολίας, τότε τὸ ἐρυθρὸν θὰ ἐπικρατῆ περισσότερον, εἰς τὴν περίπτωσιν μακρῶν κυμάτων, τὸ πράσινον εἰς τὴν περίπτωσιν βραχυτέρων,

καὶ τὸ κυανοῦν εἰς τὴν περίπτωσιν βραχυτάτων κυμάτων, ἢ δ' ἔντασις τῆς ἐντυπώσεως δι' ἕκαστον μῆκος κύματος θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ὕψος τῆς ἀντιστοιχοῦν καμπύλης τὸ ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὸ δεδομένον μῆκος κύματος.



Σχ. 227. Καμπύλαι δεικνύουσαι τὴν εὐαισθησίαν τοῦ ὀφθαλμοῦ διὰ τὰς τρεῖς πρωτεύουσας ἀκτινοβολίας.

Ἡ ἐντύπωσις τοῦ λευκοῦ φωτός γεννᾶται, ὅταν αἱ τρεῖς πρωτεύουσαι ἐντυπώσεις ὑφίστανται μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως. Ἐκ μετρήσεων κατεδείχθη ὅτι αἱ τρεῖς πρωτεύουσαι ἐντυπώσεις, ἐρυθρά, πρασίνη καὶ κυανή, ἀντιστοιχοῦν εἰς μίλην κύματος 6708, 5250 καὶ 4608 Å, διὰ καταλλήλου δὲ συνδυασμοῦ τῶν τριῶν τούτων χρωμάτων δυνάμεθα ν' ἀναπαραγάγωμεν οἰονδήποτε χρῶμα τοῦ φάσματος. Ὁ Helmholtz, πρὸς ἐξήγησιν τῆς χρωματικῆς ἀντιλήψεως, δέχεται ὅτι, ἐπειδὴ εἰς τὸν ἀμφιβληστροειδῆ μόνον τὰ κωνία εἶναι εὐπαθῆ εἰς τὰ χρώματα, ὑφίστανται τρία εἶδη κωνίων, ἕκαστον δὲ εἶδος τούτων εἶναι εὐπαθὲς διὰ τὴν μίαν μόνον τῶν πρωτεύουσῶν ἀκτινοβολιῶν. Ἀναλόγως δὲ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἐξ ἑκάστου εἶδους κωνίων, τὰ ὁποῖα διεγείρονται ἕκαστοτε ὑπὸ τῆς διεγερούσης τὸν ὀφθαλμὸν ἀκτινοβολίας, σχηματίζεται ἡ ἐντύπωσις τοῦ ἑκάστοτε χρώματος. Ἐν τούτοις, δι' ἀνατομικῆς ὁδοῦ δὲν ἔχει μέχρι σήμερον ἐξακριβωθῆ ἡ ὑπαρξίς τριῶν εἰδῶν κωνίων.

163. Τύφλωσις χρωματικῆ. Πολλοὶ ἄνθρωποι παρουσιάζουν τὴν ιδιότητα νὰ μὴ ἔχουν τὴν ικανότητα ν' ἀντιληφθῶν ὀρισμένα χρώματα, ὅτε οἱ ἄνθρωποι οὗτοι χαρακτηρίζονται ὡς τυφλοὶ διὰ τὰ χρώματα ταῦτα. Ἡ μᾶλλον συνηθεστέρα χρωματικὴ τύφλωσις εἶναι νὰ μὴ γίνεται διάκρισις μεταξὺ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ πρασίνου, εἰς τρόπον ὅστε, εἰς τοιοῦτον ἄνθρωπον, ἐρυθρὰ ταινία τιθεμένη ἐπὶ πρασίνῃς τραπέζης φαίνεται ἔχουσα χρῶμα πράσινον. Ἡ τύφλωσις διὰ τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα καλεῖται δ α λ τ ω ν ι σ μ ὁ ς, διότι ἐξ αὐτῆς πρέφερε καὶ ὁ Dalton. Οὗτοι, ἄνθρωποι ὑποφέροντες ἐκ δαλτωνισμοῦ δὲν δύνανται νὰ διακρίνουν τὰ ἐρυθρὰ σώματα ἀπὸ τῶν πρασίνων. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν Young καὶ Helmholtz, ὁ δαλτωνισμὸς ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι ἐκ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς τοῦ πάσχοντος ἀτόμου ἐλλείπουν τὰ εὐπαθῆ διὰ τὴν ἐρυθρὰν πρωτεύουσαν ἀκτινοβολίαν κωνία.

Ἡ ἀνωτέρω θεωρία ἰσχύει διὰ τὰ φυσικὰ χρώματα, ἤτοι τὰ χρώματα τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός καὶ οὐχὶ διὰ τὰς χρωστικὰς οὐσίας.

164. Χρῶμα τῶν σωμάτων. Τὰ χρώματα τῶν διαφόρων σωμάτων ὀφείλονται, εἴτε εἰς τὸ ὑπ' αὐτῶν ἐκπεμπόμενον φῶς, ἐφ' ὅσον τὸ σῶμα εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, εἴτε ἐκ τῆς ικανότητος ν' ἀνακλῶν ἢ ν' ἀπορροφῶν τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν

φωτειῶν πηγῶν, τὸ χρῶμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν, ὀφείλεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν, ὡς π.χ. εἰς ἐρυθρότερον ἢ λευκότερον σῶμα, εἰς χημικὴν δρασίν, ὡς εἰς τὰς φλόγας, εἰς ἠλεκτρικὴν ἐκκένωσιν καὶ τέλος εἰς φθοροισμὸν ἢ φθορισμὸν. Ἡ τελευταία κατηγορία περιλαμβάνει σώματα εἰς τὰ ὅποια τὸ φῶς προέρχεται ἐξ ἐκλεκτικῆς ἀπορροφήσεως καὶ ἐξ ἐκλεκτικῆς ἀνακλάσεως.

165. Χρῶμα φωτειῶν πηγῶν. Τὸ χρῶμα τοῦ φωτός φωτεινῆς τινος πηγῆς εἶναι τὸ ἅμειον ἀποτελεσμά της ἀκτινοβολίας αὐτῆς ἐπὶ τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τὰ μῆκη κύματος ὅμως τῶν ἀκτινοβολιῶν, αἱ ὁποῖαι διεγείρουν τὴν χρωματικὴν ἐντύπωσιν, δύνανται νὰ καθορισθοῦν μόνον διὰ τοῦ φασματοσκοπίου.

Ὅτῳ π.χ. κίτρινη φλόξ ἀερίου παρέχει φῶς τὸ ὁποῖον, ἀναλυόμενον διὰ τοῦ φασματοσκοπίου, δεῖκνύει ὅτι περιέχει ὅλα τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, ἀλλὰ τὸ κίανον καὶ ἰσδὲς ἀντιπροσωπεύονται μὲ σχετικῶς πολλὰ μικρότεραν ἔντασιν ἀπὸ ἐκείνων τοῦ συναντούμεν εἰς τὸ ἥλιακόν φῶς. Ὡς ἐκ τῆς ἀσθενοῦς ταύτης ἀντιπροσωπεύσεως τῆς κίανης καὶ ἰσδὸς ἀκτινοβολίας, ἡ συνισταμένη ἐντύπωσις ὅλων τῶν ἄλλων ἀκτινοβολιῶν εἶναι κίτρινον χρώματος.

Ἐάν ἐπίσης εἰς τὴν ὀρροζύανον φλόγα λόγῳ Bunsen εἰσαγαγῶμεν καταλλήλως μικρὰ τεμάχια μεταλλικοῦ νατρίου, αὕτη χρωματίζεται ζωηρῶς κίτρινη, τοῦ κίτρινον ὅμως χρώματος ὀφειλόμενον, εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, εἰς ὅλος διάφορον αἰτίαν. Πράγματι, γνωρίζομεν ὅτι τὸ φάσμα φλογός διὰ νατρίου, ἐπειδὴ περιέχει διαπύρους ἀτμοὺς νατρίου, εἶναι φάσμα ραβδόσεων καὶ, ὅταν ἡ ἀνάλυσις γίνεται διὰ συνήθους φασματοσκοπίου, ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν γραμμὴν ἢ ραβδῶσιν κίτρινην (βλ. § 89) ἐνθ, διὰ φασματοσκοπίου ἀκριβείας, ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κίτρινας γραμμὰς, λίαν ὅμως πλησίον ἀλλήλων εὐρισκομένας. Ἐπειδὴ ὄθεν ἔλλειπουν ἀπὸ τὸ φάσμα ὅλαι αἱ ἄλλαι ἀκτινοβολίαι, ἐξαιρέσει ἐκεῖνον ποῦ παρέχουν τὰς δύο κίτρινας ραβδόσεις, ἡ φλόξ φαίνεται κίτρινη, τὸ δὲ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει καλεῖται μονόχροον ἢ μονοχρωματικόν.

166. Χρῶμα τῶν σκοτεινῶν σωμάτων. Ὡς γνωστόν, τὰ σκοτεινὰ σώματα καθίστανται φωτεινά, ὅταν φωτίζονται ὑπὸ φωτεινῆς πηγῆς, ἐπομένως τὸ χρῶμα αὐτῶν προκύπτει ἐκ τοῦ χρώματος φωτός τὸ ὁποῖον φωτίζει αὐτά.

Ἐάν ἀφήσομεν ἥλιακον φῶς νὰ προσπέσῃ ἐπὶ ἐγγρόμου ὑάλου ἢ ἐπὶ δοχείου φέροντος ἴδιον ἰσχυρῶς χρωματισμένον, τότε γνωρίζομεν ὅτι ἐν μέρος τοῦ φωτός θὰ ἀνακλασθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ὑάλου ἢ τοῦ ἐγγρόμου ὕδατος, καὶ ἐπειδὴ τὸ ἀνακλόμενον φῶς παραμένει λευκόν, λέγομεν ὅτι αἱ ἀνωτέρω οὐσίαι ἀνακλῶν ἐξ ἴσου ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὸ φῶς ὅμως τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τῆς ἐγγρόμου ὑάλου ἢ διὰ τοῦ ἐγγρόμου ὕδατος, δὲν παραμένει λευκόν, ἀλλὰ φαίνεται γερωσμένον καὶ, ἐάν ἐξετασθῇ διὰ τοῦ φασματοσκοπίου, δεῖκνύει εὐρείας σκοτεινὰς ταινίας εἰς ὁρισμένας περιοχὰς τοῦ φάσματος, ἐκ τοῦ ὁποῖου συνάγομεν ὅτι ὁρισμένα ἀκτινοβολία τοῦ ἥλιακοῦ φωτός ἐπέστησαν ἰσχυρὰν ἀπορρόφησιν ὑπὸ τῆς οὐσίας.

Ὅτῳ, ὕαλος χρωματισμένην διὰ σοβατίου, ἢ ὁποῖα ἔχει χρῶμα βαθύ κίανον, διαπερᾶται ὑπὸ τῶν πρᾶσιν, κίανον καὶ ἰσδὸν ἀκτίων τοῦ λευκοῦ φωτός, ἐνθ ἀπορροφᾷ ἰσχυρῶς τὰς κίτρινας καὶ πορτοκαλλοχρόους, καὶ εἰς μικρότερον βαθμόν, τὰς ἐρυθρὰς. Ἡ ἀπορρόφησις τοῦ εἶδους τούτου καλεῖται ἐκλεκτικὴ.

Ἐξ ἄλλου, ὅταν σῶμα ὁρισμένου χρώματος, ὡς π.χ. ἐρυθρὸν τεμάχιον χάρτου, φωτίζεται ὑπὸ λευκοῦ φωτός, τὸ πλεῖστον ἐξ αὐτοῦ εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ σώματος, πρὶν ἢ λάβει ἕτεραν ἢ διάχυτος ἀνάκλασις. Κατὰ τὴν περίοδον ὅμως τῆς διεπεδύσεως καὶ τῆς ἐκ νέου ἐπανεκπομπῆς αὐτοῦ ὑπὸ τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων, ὅλαι αἱ ἀκτίνας τοῦ λευκοῦ φωτός ἀπορροφῶνται, ἐξαιρέσει τῶν ἐρυθρῶν, ὅθεν καὶ ἡ περίπτωσις αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς ἐκλεκτικὴν ἀπορρόφησιν.

Προκειμένου περὶ τῶν σκοτεινῶν σωμάτων, τὸ χρῶμα αὐτῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ χρώματος τοῦ φωτός τοῦ φωτίζοντος αὐτά. Ὅτῳ, ἐάν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου διατηρηθῇ εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, φαίνεται ζωηρῶς ἐρυθρόν, ἐάν ὅμως

τοποθετηθῆ εἰς τὴν κίτρινην καὶ πρασίνην περιοχὴν ἢ τὴν κίτρινην περιοχὴν, φαίνεται μελαν, διότι ὁ ἐρυθρὸς χάρτης δύνανται νὰ ἐκπέμπῃ μόνον τὰς ἐρυθρὰς ἀκτίνας τοῦ λευκοῦ φωτός, ἐνθ' ἀπορροφᾷ ἀπάσας τὰς ἄλλας.

Ἐπίσης, κίτρινοὺς χάρτες ἐκπέμπει τὰς ἰώδεις, κίτρινὰς καὶ πρασινὰς ἀκτίνας, ἐπομένως ἐὰν τεθῆ εἰς τὰς περιοχὰς ἐρυθρᾶν, πορτοκαλλόχρουν ἢ κίτρινην τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, θὰ φαίνεται μελά. Ὡς ἐκ τούτου, τὸ χρῶμα ἑνὸς σώματος εἶναι ἐντελὲς διάφορον ὅταν φωτίζεται μὲ λευκὸν φῶς ἢ ὅταν φωτίζεται μὲ φλόγα νατρίου ἢ ἄλλου τεχνητοῦ φωτός. Ὡς χρῶμα δὲ σώματος νοοῦμεν τὸ χρῶμα αὐτοῦ, ὅταν φωτίζεται ὑπὸ τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Ὡς χρῶματα εἶναι δυνατόν νὰ φαίνονται ὡς ὅμοια ὑπὸ ἡλιακῶν φῶς, ἐν τούτοις τοῦτο δύναται νὰ προέξεται ἐκ τῆς μίξεως ὁλως διαφόρων χρωμάτων. Οὕτω π.χ. ὅταν σῶμα φωτίζεται ὑπὸ λευκοῦ φωτός φαίνεται κίτρινον, τοῦτο δὲν σημαίνει ὅτι ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἄλλας ἀκτίνας καὶ ἐκπέμπει μόνον τὰς κίτρινὰς, ἀλλὰ ὅτι ἡ ἐντύποις, ἢ ὅποια δίδεται εἰς τὸν ἀμφιβληστροειδῆ ἐκ τῶν διαφόρων ἀκτίνων τὰς ὁποίας ἐκπέμπει τὸ φῶς, διεγείρει τὴν αὐτὴν ἐντύπωσιν ὡς ἡ κίτρινη περιοχὴ τοῦ φάσματος. Ὅμοίως, ἐρυθρὸν καὶ πρασίνον μίγνυθαι παρῆναι κίτρινον, ἀλλὰ ὁ ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ τὸ χρῶμα τοῦτο ἀπὸ τοῦ φυσικοῦ κίτρινου. Ποῖα ἀκτινοβολία ὅμως προκαλοῦν τὴν ἐντύπωσιν ταύτην τοῦτο δύναται νὰ ἐξακριβωθῆ μόνον διὰ τοῦ φασματοσκοπίου. Οὕτω, δύο χρώματα τὰ ὁποία φαίνονται ὅμοια εἰς τὸ λευκὸν φῶς δύναται νὰ διαφέρουν οὐσιωδῶς ὅταν φωτίζονται ὑπὸ τεχνητοῦ φωτός.

167*. Χρώματα ἐκ προσθέσεως.

Ἡ περίπτωσις αὕτη παρουσιάζεται, ὅταν δέσμοι φωνεῖναι διαφόρων χρωμάτων φωτίζοντα ταυτοχρόνως τὴν αὐτὴν περιοχὴν λευκοῦ διαφράγματος. Οὕτω, φυσικὸν κίτρινον φῶς καὶ κίτρινον, ὑπὸ τὴν κατάλληλον ἀναλογίαν καὶ ἔντασιν ὑπὸ τὴν ὁποίαν εἰσέρχονται εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα, παρέχουν λευκὸν φῶς (ἢ φαίνον, τὸ ὅποion εἶναι λευκὸν μικροτέρας ἐντάσεως).

Ἐξ ἄλλου, γνωρίζομεν ὅτι ἐρυθρὸν καὶ πρασίνον εἰς ὀρισμένας περιπτώσεις παρέχουν λευκὸν φῶς, καὶ ὅτι διάφοροι χρωματικαὶ συνιστώσαι τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, καταλλήλως συνδυαζόμεναι, παρέχουν λευκὸν φῶς.

Τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι καθαρὰ ἢ φυσικὰ χρώματα, εἶναι ὅμως δυνατόν διὰ προσθέσεως αὐτῶν νὰ ἐπιτύχομεν τὴν παραγωγὴν διαφόρων ἄλλων χρωμάτων, τὰ ὁποία δὲν ἀντιπροσωπεύονται εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα, ὡς π.χ. τὸ πορφυρὸν, τὸ ὁποῖον εἶναι μίγμα ἐρυθροῦ καὶ ἰώδους. Ὑφίστανται πολλοὶ συνδυασμοὶ δύο χρωμάτων, οἱ ὁποῖοι δύνανται νὰ παρέχουν λευκὸν φῶς, τοιαῦτα δὲ χρώματα καλοῦνται, ὡς εἶδομεν, **συμπληρωματικά**. Οὕτω διάφοροι χρωματικαὶ περιοχαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, συνδυαζόμεναι πρὸς ἀλλήλας, παρέχουν ἐπίσης φῶς ὀρισμένου χρώματος. Αἱ ὑπόλοιποι περιοχαί, συνδυαζόμεναι πρὸς ἀλλήλας, παρέχουν ἐπίσης φῶς ὀρισμένου χρώματος.

Ἐὰν τὰ κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον προκύπτοντα χρώματα προσθέσωμεν καταλλήλως, προκύπτει λευκὸν φῶς, καὶ ἐπομένως τὰ δύο προστιθέμενα χρώματα χαρακτηρίζονται ὡς συμπληρωματικά. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει ἐὰν τρεῖς ἄλλοι πλάκες, χρωματιομένα ἐκάστη δι' ἑνὸς ἐρυθροῦ, ἄλλου πρασίνου καὶ ἄλλου κίτρινου, προβάλλονται ἐπὶ διαφράγματος διὰ τριῶν



Σχ. 228. Διὰ τὴν ἐξηγήσιν τῶν χρωμάτων ἐκ προσθέσεως.

προβολῆεν λευκοῦ φωτός, καὶ ρυθμισθῆ ἄζολούθως ἢ διατάξεις εἰς τρόπον ὥστε νὰ παρουσιάζουσι αἱ τρεῖς πλάκες κοινὸν μέρος. Ἡ κεντρικὴ περιοχὴ (σχ. 228) εἰς τὴν ὁποίαν προστίθενται τὰ τρεῖς χρώματα τῶν πρωτευουσῶν ἀκτινοβολιῶν, φαίνεται λευκῆ, ἐνῶ αἱ περιοχαὶ ὅπου συμπέτουν δύο μόνον ἐκ τῶν πρωτευουσῶν ἀκτινοβολιῶν δεικνύουσι τὸ χρῶμα τὸ προκύπτον ἐκ τῆς προσθέσεως δύο μόνον ἐκ τῶν πρωτευουσῶν ἀκτινοβολιῶν.

168*. Χρώματα ἐξ ἀφαίρεσεως. Μίξις χρωστικῶν οὐσιῶν. Τὰ τεχνητὰ χρώματα ἢ αἱ χρωστικαὶ οὐσίαι δὲν εἶναι ἀπλᾶ χρώματα, ὡς ἐκ τούτου δὲ ὅταν ἀναμιγνύονται τὰ χρώματα ταῦτα τὸ ἐκ τῆς ἀναμίξεως προκύπτον χρῶμα, ἢ ἄλλως, τὸ συνιστάμενον χρῶμα δὲν συμφωνεῖ πρὸς τὸ μίγμα τῶν χρωμάτων, τὰ ὁποῖα ἀποδίδει μόνον τοῦ ἕκαστου τούτων, ἀλλὰ τὸ προκύπτον χρῶμα ὁφείλεται εἰς τὴν διπλὴν ἀπορρόφησιν τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ φῶς ἐντός τοῦ μίγματος. Ἐπὶ παραδείγματι, τὸ κίτρινον χρῶμα ἐκχυλίσματος τοῦ φυτοῦ Γαρζίνια (*Garcinia*) δὲν εἶναι ἀπλοῦν χρῶμα, ἀλλὰ σύνθετον, διότι ἐὰν διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ λευκὸν φῶς καὶ ἐξετάσωμεν τὸ διερχόμενον φῶς διὰ φασματοσκοπίου βλέπομεν ὅτι ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἀκτίνας, ἐξαιρέσει τὸν κίτρινον καὶ πρασίνον. Ὁμοίως, διάλυμα πρωσσιζοῦ κυανοῦ δεικνύεται, καθ' ὅμοιον τρόπον, ὅτι ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἀκτίνας, ἐξαιρέσει τὸν κυανὸν καὶ πρασίνον. Μίγμα ἐπομένως ἐκ τῶν δύο σωμάτων θὰ διαπεράται μόνον ὑπὸ τῶν πρασίνων ἀκτίνων. Τὴν μέθοδον ταύτην ἀκολουθοῦν οἱ ζωγράφοι πρὸς ἐπιτυχίαν τῶν διαφόρων χρωμάτων. Ἐάν τρεῖς ἔγχρωμοι πλάκες διατεθοῦν, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 228, προβληθῶν δὲ δι' ἐνὸς προβολέως, ἢ κεντρικῆ περιοχῆ θὰ εἶναι σκοτεινῆ.

Πράγματι, ἡ ἐρυθρὰ πλάξ ἀπορροφᾷ ἐκ τοῦ λευκοῦ φωτός τὸ πράσινον καὶ κυανόν, ἢ πρασίνην περιοχὴ ἀπορροφᾷ τὸ κυανόν καὶ ἰσῶδες, καὶ ἡ κυανὴ πλάξ ἀφαίρει τὸ ἐρυθρόν, κίτρινον καὶ ὀλίγον πρασίνον, ἐπομένως οὐδὲν χρῶμα τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός δύναται νὰ ἐέλθῃ ἀπὸ τῶν τριῶν τούτων χρωματικῶν ἡθμῶν ἢ φίλτρων. Εἰς τὰς περιοχὰς ὅπου συμπέτουν δύο μόνον δίσκοι ἐμφανίζεται τὸ ἐξ ἀφαίρεσεως χρῶμα.

Διὰ πολλὰς ἐφαρμογὰς, ὡς εἰς τὴν ἔγχρωμον φωτογραφίαν καὶ τὴν ἔγχρωμον ζωγραφίαν, γίνεται χρῆσις καταλλήλων χρωματικῶν ἡθμῶν.

169*. Μεταλλικὴ στιλπνότης. Τὰ μέταλλα ὁφείλουσι τὴν μεταλλικὴν αὐτῶν στιλπνότητα εἰς τὴν μεγάλην αὐτῶν ἀνακλαστικὴν ἰκανότητα. Οὕτω, στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἀργύρου ἀνακλᾷ τὰ 90% τοῦ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτοντος φωτός, ἐνῶ ὑαλινὴ πλάξ ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν ἀνακλᾷ ὀλιγώτερον τῶν 5% τοῦ προσπίπτοντος φωτός.

Ἐξ ἄλλου, γνωρίζομεν ὅτι τὸ λευκὸν φῶς, ὅταν προσπίπτῃ ἐπὶ ἔγχρωμον π.χ. ὑάλου χρώματος ἐρυθροῦ ἢ κυανοῦ, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτοῦ παρμένει λευκόν. Ἐν τούτοις ὁμως, ὅταν ἀκτὶς λευκοῦ φωτός προσπίπτῃ ἐπὶ φύλλον χρυσοῦ, ἢ ἀνακλωμένη ἀκτὶς δὲν ἔχει χρῶμα λευκόν, ἀλλὰ κίτρινον. Τοῦτο δεικνύει ὅτι τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἐπὶ μεταλλικῶν ἐπιφανειῶν, ὡς π.χ. τοῦ χρυσοῦ, εἶναι ἐκλεκτικόν, διότι ὅλαι αἱ ἀκτινοβολαὶ τοῦ λευκοῦ φωτός δὲν ἀνακλῶνται ἐξ ἴσου, ἀλλὰ δι' ὀριζόμενας ὑφίσταται ἰδιαίτερα προτίμησις, εἰς τὸ φαινόμενον δὲ τοῦτο ὁφείλεται τὸ χρῶμα τῶν μετάλλων.

Ἐάν λευκὸν φῶς διαβιβάσεται διὰ λεπτοῦ φύλλον χρυσοῦ, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖ διαφανὲς σῶμα, τὸ ἐξερχόμενον φῶς δὲν ἔχει χρῶμα κίτρινον, ἀλλὰ πράσινον, ἐξ οὗ συναγομεν ὅτι τὸ φῶς κίτρινον χρώματος, τὸ ὅποιον ἐκπέμπεται ὑπὸ τοῦ φύλλον χρυσοῦ, εἶναι τὸ χρῶμα τοῦ φωτός ἐκεῖνο διὰ τὸ ὅποιον τὸ φύλλον χρυσοῦ παρουσιάζει τὴν μεγαλύτεραν ἀπορρόφησιν.

170*. Χρῶμα κόνεων. Κρύσταλλος ἐκ καθαροῦ θειικοῦ γαλοῦ, φωτιζόμενος ὑπὸ λευκοῦ φωτός, φαίνεται κυανοῦς, διότι τὸ φῶς τὸ προσερχόμενον ἐξ αὐτοῦ στερεῖται τῶν ἐρυθρῶν καὶ κίτρινων ἀκτίνων αἱ ὁποῖαι ἀπερροφήθησαν ὑπὸ τοῦ κρυστάλλου. Τὸ φῶς ὁμως τὸ ὅποιον δέχεται ὁ ὀφθαλμὸς δὲν εἶναι καθαρὸν κυανόν, ἀλλὰ εἶναι ἡραιωμένον διὰ λευκοῦ φωτός, ἀνακλωμένον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου.

Ἐάν θρασώσωμεν τὸν κρύσταλλον εἰς μικρότερα τεμάχια, τότε τὸ πάχος διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ φῶς μέχρις ὅπου συναντήσῃ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνειαν, καθίσταται μικρότερον,

ὡς ἐκ τούτου δὲ ὑφίσταται μικροτέραν ἀπορρόφησιν, καὶ τὸ κυανοῦν χρώμα δὲν εἶναι τόσον ἔντονον ὡς προηγουμένως. Ἐάν τέλος ὁ κρύσταλλος κοριοποιηθῆ, τὸ χρώμα τῆς ζώνεως εἶναι κυανόλευκον, διότι τὸ λευκὸν φῶς εἰσχωρεῖ μόνον εἰς λεπτότατον στρώμα, καὶ ἐπομένως ἢ ἀπορροφῆσιν τὴν ὁποίαν ὑφίσταται εἶναι πολὺ μικρὰ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι πᾶσαι αἱ χρώματις οὐσίαι, ὡς ἡ ἦαλος, ὁ πάγος κτλ., κοριοποιούμεναι παρέχουν λευκὴν κόνιν, διότι τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῶν λευκὸν φῶς ἀνακλάται ἀπορρόφησιν, καὶ ἐπομένως τὸ φῶς τὸ ὁποῖον γενικῶς ἀνακλάται πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν εἶναι τοῦ αὐτοῦ χρώματος πρὸς ἐκεῖνο διὰ τοῦ ὁποῖου φωτίζεται ἡ ζώνη.

171. Χαρακτηριστικὰ χρώματα. Τὰ κύρια χαρακτηριστικὰ χρώματα εἶναι: α) ἡ ἀπόχρωσις, β) ὁ κόρος καὶ γ) ἡ λαμπρότης ἢ λάμψις.

α) *Ἀπόχρωσις.* Ἡ μᾶλλον προσέχουσα ἑξωτερικὴ ἐκδήλωσις χρώματος εἶναι ἡ ἀπόχρωσις, ἡ ὁποία δὲν εἶναι ἐπιδεκτικὴ οὔτε ὀρισμοῦ οὔτε περιγραφῆς οὔτε μετρήσεως, καὶ εἶναι μᾶλλον ποιοτικὴ ἰδιότης παρὰ ποσοτικὴ, εἰς τρόπον ὅστε δύναται νὰ χαρακτηρισθῆ μόνον διὰ τοῦ ὀνόματος αὐτῆς, ὡς π.χ. ἐρυθρὰ, πρασίνη, πορφυρὰ κτλ.

β) *Κόρος.* Ἄλλη ἑξωτερικὴ ἐκδήλωσις χρώματος εἶναι ὁ κόρος, ἡ ἐκδήλωσις δὲ αὕτη δύναται νὰ ὀρισθῆ ποσοτικῶς, ὡς ἡ ἀναλογία τῆς πλήρους καθαρᾶς ἀποχρώσεως τῆς περιεχομένης εἰς τὸ θεωρούμενον χρώμα.

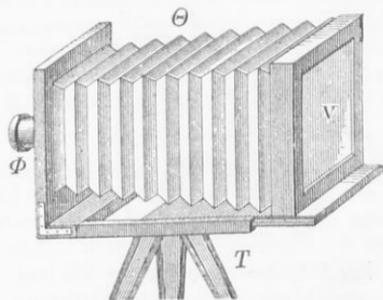
Κεκορεσμένη ἀπόχρωσις δύναται νὰ κατασταθῆ ἀκόρεστος διὰ τῆς προσμίξεως λευκοῦ. Χρώμα σχετικῶς ἀκόρεστον πλησιάζει περισσότερον πρὸς τὸ λευκὸν ἢ κεκορεσμένον χρώμα τῆς αὐτῆς ἀποχρώσεως. Οὕτω, τὸ ροδόχρουν χρώμα εἶναι ἀκόρεστον χρώμα, καὶ δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν τοῦτο δι' ἀναμίξεως λευκοῦ καὶ ἐρυθροῦ χρώματος.

Τὸ λευκὸν χρώμα δὲν ἔχει ἀπόχρωσιν, καὶ ὁ κόρος αὐτοῦ εἶναι μηδέν. Εἰς τὴν περίπτωσιν φωτός, ὁ κόρος αὐτοῦ ἐμφανίζεται ἐκ τοῦ βαθμοῦ ἀνομοιότητος πρὸς λευκὸν φῶς τῆς αὐτῆς λαμπρότητος, ἐνῶ ὁ κόρος χρώματος ἐπιφανείας εἶναι ὁ βαθμὸς ἀνομοιότητος αὐτοῦ πρὸς φαιὰν ἐπιφάνειαν τῆς αὐτῆς φωτεινότητος. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός θεωροῦνται ὡς κεκορεσμένα.

γ) *Λαμπρότης.* Ἐτέρα ἑξωτερικὴ ἐκδήλωσις χρώματος εἶναι ἡ λαμπρότης αὐτοῦ, ἡ ὁποία μολονότι ἀποτελεῖ ὑποκειμενικὴν ποσοτικὴν ἰδιότητα, δύναται ἐν τούτοις νὰ καθορισθῆ ποσοτικῶς.

Ἐκαστον χρώμα παρουσιάζει ὀρισμένον βαθμὸν λαμπρότητος, καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν χροματομετρικῆς μετρήσεως ἐξετάζομεν αὐτὴν ὡς ἐάν ἀπετέλει μέρος τοῦ χρώματος, καὶ φυσικῶς θεωρεῖται ὡς ἀναπόσπαστον μέρος τοῦ ἐρεθισμοῦ τὸν ὁποῖον προκαλεῖ τὸ χρώμα. Ἐν τούτοις, λαμπρότης ὑφίσταται τόσον εἰς τὸ λευκὸν, ὅσον καὶ εἰς τὸ φαιόν, μολονότι διὰ τὰ χρώματα αὐτὰ δὲν ὑφίσταται ἀπόχρωσις καὶ κόρος.

172. Φωτογραφία. Ἡ φωτογραφία ἀποτελεῖ τὴν τέχνην διὰ τῆς ὁποίας, διὰ χρησιμοποίησιν τῆς εὐπαθείας διαφόρων φωτοπαθῶν ὀνισμῶν εἰς τὸ λευκὸν φῶς ἢ εἰς τὰ διάφορα ἀπλὰ χρώματα, ἐπιτυγχάνομεν τὴν ἀπεικόνισιν ἐπὶ καταλλήλου φωτοπαθοῦς χαρτοῦ τολεῖα, ἢ ἄλλου τεχνητοῦ λευκοῦ φωτός. Ἡ φωτογραφία χρησιμοποιεῖ πρὸς τὸν σκοπὸν τούτων τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν, ἡ ὁποία ἀποτε-



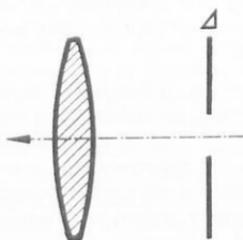
Σχ. 229. Διάταξις φωτογραφικῆς μηχανῆς. Φ θέσις φακοῦ, Θ πτυχτός θάλαμος, V θέσις φωτογραφικῆς πλακῆς, Τ τρίπους στηρίξεως.

λείται ἐκ σκοτεινοῦ θαλάμου, εἰς τὸ πρόσθιον μέρος τοῦ ὁποίου τοποθετεῖται συγκλίνων φακὸς ἢ συγκλίνον σύστημα φακῶν.

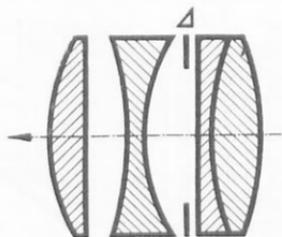
Εἰς τὴν ἀντικειμένην πρὸς τὸν φωτογραφικὸν φακὸν ἔδραν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου, ὑφίσταται γαλακτόχρους ὑαλίνη πλάξ, ἐπὶ τῆς ὁποίας σχηματίζεται τὸ πραγματικὸν εἶδολον τοῦ ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ φωτογραφικὸς φακός.

Ἐπειδὴ τὰ φωτογραφούμενα ἀντικείμενα εὐρίσκονται εἰς διαφόρους ἀποστάσεις ἀπὸ τοῦ φωτογραφικοῦ φακοῦ, ἡ φωτογραφικὴ μηχανὴ κατασκευάζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ μεταβολὴ τῆς ἀποστάσεως φωτογραφικοῦ φακοῦ καὶ πλάκῃς, διὰ σχετικῆς μετατοπίσεως αὐτῶν. Εἰς τὸ σχῆμα 229 δεικνύεται φωτογραφικὴ μηχανὴ συνήθους τύπου, εἰς τὴν ὁποίαν φαίνεται ἡ θέσις τοῦ φωτογραφικοῦ φακοῦ, ὁ φωτογραφικὸς θάλαμος καὶ ἡ θέσις ὅπου τοποθετεῖται ἡ γαλακτόχρους πλάξ ἢ ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.

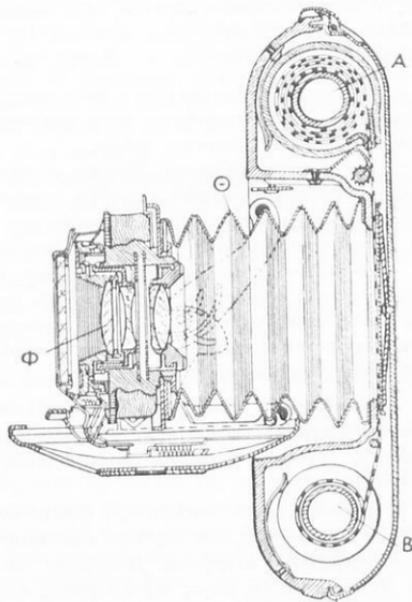
173. Φωτογραφικὸς φακός. Τὸ οὐσιωδέστερον μέρος τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς εἶναι



Σχ. 230. Ἀπλοῦς φωτογραφικὸς φακὸς μετὰ διαφράγματος Δ.



Σχ. 231. Φωτογραφικὸς φακὸς τύπου Tessar μετὰ διαφράγματος Δ.



Σχ. 232. Φωτογραφικὴ μηχανὴ ἀκριβείας. Φ φακοί, Θ πτυχωτὸς θάλαμος. Α, Β θέσεις τοποθετήσεως τοῦ φωτογραφικοῦ φιλμὶ μετὰ διατάξεως ἐκπολίξεως καὶ ἐκ νέου περιτολίξεως.

ὁ φακὸς αὐτῆς, ὅσον δὲ τελειότερος εἶναι ὁ φακός, δηλ. ὅσον περισσότερον εἶναι ἀπληγνόμενος ἀπὸ τὰ ἐλαττώματα τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν οἱ φακοὶ καὶ ὅσον μεγαλύτεραν ἰσχύτητα περισυλλογῆς φωτὸς παρουσιάζει, δηλ. ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ φωτεινότης αὐτοῦ, τόσοον μεγαλύτερα εἶναι ἡ ἀξία τῆς μηχανῆς. Γενικῶς, εἰς τὰς καλὰς φωτογραφικὰς μηχανὰς, ὁ φωτογραφικὸς φακὸς εἶναι σύστημα συγκλίνων ἐκ δύο ἢ περισσοτέρων φακῶν.

Τὸ σχῆμα 230 δεικνύει τὸν φωτογραφικὸν φακὸν συνήθους φωτογραφικῆς μηχανῆς, ἀπο-

τελούμενον εξ ένός μόνον φακού, και έν τω όποιω το διαφράγμα, το όποιον χρησιμεύει προς περιορισμόν του φωτός, τοποθετείται πρό του φακού, ένω εις το σχήμα 231 δεικνύεται φωτογραφικός φακός άκριβείας, άποτελούμενος εκ συστήματος τεσσάρων φακών, του διαφράγματος.

Τά διαφράγματα τά χρησιμοποιούμενα εις τους φωτογραφικούς φακούς άποτελούνται είτε εκ μεταλλικών δίσκων, εις τους όποιους υπάρχουν πολλά όπαι διαφόρων διαμέτρων, είτε έχουν την μορφήν της ίριδος του όφθαλμού, όπου διά καταλλήλου μηχανισμού μεταβάλλεται ή διάμετρος της όπης του διαφράγματος, ή όποία παρέχει και το άνοιγμα του διαφράγματος (σχ. 233).

174. Φωτεινότης του φακού. Η φωτεινότης φωτογραφικού φακού, ή όποία καθορίζει τον φωτισμόν του ειδώλου είναι άνάλογος προς το τετράγωνον του λόγου της διαμέτρου του φακού ή του ανοίγματός του προς την έστιακήν του άπόστασιν, επομένως διά φακούς της αύτης διαμέτρου είναι άντιστρόφως άνάλογος του τετραγώνου της έστιακής άποστάσεως.

Προκειμένου περι φακών φωτογραφικών μεγάλης φωτογραφικής ικανότητος, ως π.χ. ο Tessar, το διαφράγμα κείται έντός του φακού, ούτω δε εις τον καθορισμόν του φωτισμού του ειδώλου υπεισέρχεται το χρώσιμον άνοιγμα, το όποιον καθορίζεται εκ της διαμέτρου της δέσμης των προσπλιτοσών παραλλήλων ακτίνων, ή όποία δύναται να διέλθη διά του διαφράγματος. Προκειμένου περι άλλων φακών, όπου το διαφράγμα ευρίσκεται εμπροσθεν του φακού, το χρώσιμον άνοιγμα συμπίπτει προς το άνοιγμα, ήτοι την διάμετρον της όπης του διαφράγματος, ένω, διά τους συνθέτους φακούς, το χρώσιμον άνοιγμα είναι μεγαλύτερον του άνοίγματος, λόγω της διαθλάσεως των ακτίνων υπό το πρώτου φακού ή συστήματος φακών.

Έπί των φωτογραφικών μηχανών, τά χρησιμοποιούμενα διαφράγματα χαρακτηρίζονται διά του συμβόλου f/n , το όποιον καλεείται *άριθμός διαφράγματος*, όπου f ή έστιακή άπόστασις και n ο λόγος της έστιακής άποστάσεως του φακού προς το χρώσιμον αριθμητικόν άνοιγμα. Ούτω διαφράγμα άριθμού $f/8$ άντιστοιχεί εις διαφράγμα χρώσιμου άνοίγματος ίσον προς το $1/8$ της έστιακής άποστάσεως του φακού.

175*. Βάθος έστιας. Εις την περίπτωσην καλών φωτογραφικών φακών, εις τους όποιους έχουν διορθωθεί το σφάλμα του άστιγματισμού ως και τά άλλα λοιπά σφάλματα, διά να παρατηρήσωμεν ευκρινές το ειδωλον επί της γαλακτοχρόου ήμιδιαφανούς πλακός, πρέπει αύτη να τοποθετηθή εις το επίπεδον όπου σχηματίζεται το πραγματικόν ειδωλον του αντικειμένου. Έάν όμως πλησιάζωμεν ή απομακρύνωμεν την πλάκα από του φακού, τότε το ειδωλον σημειον τινός του αντικειμένου δεν είναι φωτεινόν σημειον, αλλά μεταβάλλεται εις φωτεινήν κηλίδα. Έφ' όσον όμως ή διάμετρος της κηλίδος ταύτης δεν είναι μεγαλύτερα όρι- φωτεινήν κηλίδα. Έφ' όσον όμως ή διάμετρος της κηλίδος ταύτης δεν είναι μεγαλύτερα όρι- σμένης τινός τιμής, ο όφθαλμός εξακολουθει να αντιλαμβάνεται αύτην ως φωτεινόν σημειον, ή όρικη δε αύτη τιμή της διαμέτρου της κηλίδος, έφ' όσον ή πλάξ ευρίσκεται εις άπόστα- ή όρικη δε αύτη τιμή της διαμέτρου της κηλίδος, έφ' όσον ή πλάξ ευρίσκεται εις άπόστα- σιν 30 cm από του φακού, είναι $1/10$ mm, εις την πρᾶξιν όμως δεχόμεθα $1/4$ mm. Η με- στή άπόστασις κατά την όποιαν δυνάμεθα να μεταποίξωμεν την πλάκα, ώστε το εί- δωλον σημειώδους αντικειμένου να εξακολουθή να παραμένη σημειον, καλεείται *βάθος της έστιας*. Το βάθος της έστιας εξαρτάται εκ της έστιακής άποστάσεως του φακού, εκ του αριθ- μού του διαφράγματος και εκ της άποστάσεως του αντικειμένου από του φακού.



Σχ. 233. Διάφραγμα φωτογραφικής μηχανής (Τρις). Διά καταλλήλου μετακινήσεως του μοχλού M, αυξάνομεν ή ελαττούμεν το έφρος του διαφράγματος.

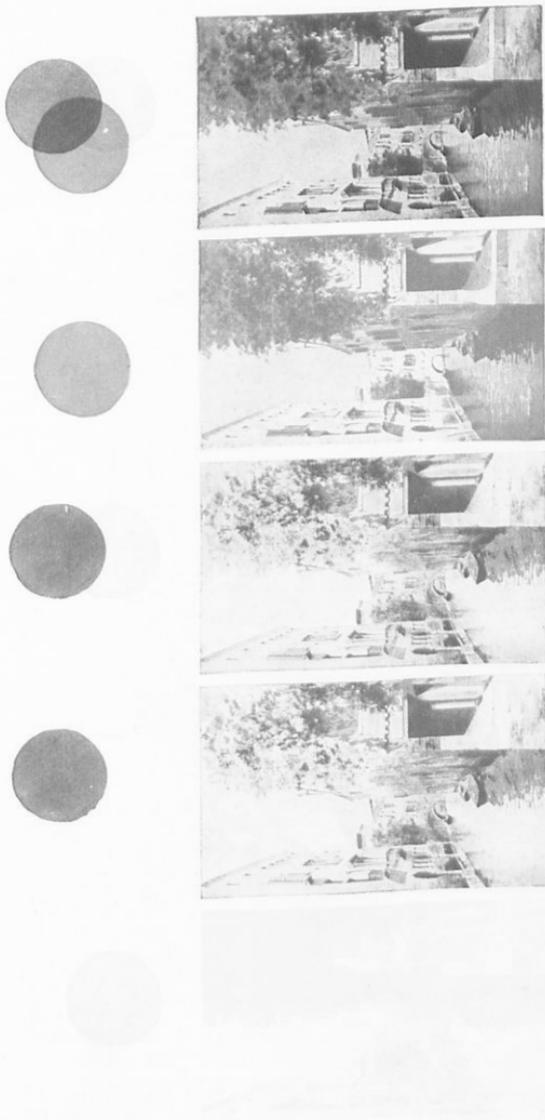
176*. Βάθος τοῦ πεδίου. Ἐστω ὅτι σχηματίζομεν ἐπὶ τῆς πλάκῃς εὐκρινὲς τὸ εἰδῶλον ἀντικειμένου εὐρισκόμενου εἰς ὄρισμαμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ. Ὡς βάθος ὀπτικοῦ πεδίου καλοῦμεν τὴν μεγίστην ἀπόστασιν κατὰ μῆκος τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ μετατοπίσωμεν τὴν πλάκα, ὥστε νὰ ἀρχίσῃ τὸ εἰδῶλον νὰ μὴ σχηματίζεται εὐκρινῶς. Τὸ βάθος τοῦ πεδίου ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως, ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τοῦ διαφράγματος καὶ ἐκ τοῦ βαθμοῦ εὐκρινείας τὸν ὁποῖον δεχόμεθα. Θεωρήσωμεν φακὸν ἑστιακῆς ἀποστάσεως 5 cm, ὅτε ἀντικείμενον εὐρισκόμενον εἰς ἀπειρον ἀπόστασιν θὰ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 5 cm, ἥτοι εἰς τὸ ἑστιακὸν ἐπίπεδον αὐτοῦ. Ἐάν ἤδη θεωρήσωμεν ἀντικείμενον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 5 m ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ δεχθῶμεν ὡς ὄριον βαθμοῦ εὐκρινείας 0,25 m, τότε τῇ βοήθειᾳ τοῦ τύπου τῶν φακῶν θὰ ἴδωμεν ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ εἰδῶλου εἶναι μικροτέρα τοῦ ὄριου βαθμοῦ εὐκρινείας τὸν ὁποῖον ἐδέχθημεν, τοῦτο δὲ ἄλλως τε ἐπαληθεύομεν καὶ διὰ τῆς παρατηρήσεως. Οὕτω βλέπομεν ὅτι διὰ τῆς χρησιμοποίησεως τοῦ ἀνωτέρω φακοῦ καὶ ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ τεθέντος ὄριου βαθμοῦ εὐκρινείας δι' ὅλα τὰ πέραν τῶν 200 m ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἀντικείμενα, δὲν εἶναι ἀνάγκη νὰ μετατοπισθῇ ἀπὸ τῆς θέσεώς της ἡ πλάξ πρὸς ἐπιτυχίαν εὐκρινοῦς εἰδῶλου.

177. Ἐγχρωμος τυπογραφία. Πρακτικὴν ἐφαρμογὴν τῆς θεωρίας τῶν χρωμάτων ἀποτελεῖ ἡ ἔγχρωμος τυπογραφία. Ὡς ἀνωτέρω περιεγράφη, δυνάμεθα νὰ ἀναπαραγάγωμεν οἰοῦνδήποτε χρῶμα διὰ τῆς ἀναμίξεως ὑπὸ τὰς καταλλήλους ἀναλογίας τῶν τριῶν πρωτεύοντων χρωμάτων, δηλ. ἐρυθροῦ, πρασίνου καὶ κυανοῦ. Ἐξ ἄλλου, αἱ πρωτεύουσαι χρωστικαὶ οὐσίαι θεωροῦνται ὡς τὰ συμπληρωματικὰ χρώματα τῶν πρωτεύουσῶν χρωματικῶν ἀκτινοβολιῶν, καὶ ἀποδίδονται εἰς αὐτὰς τὰ ἀκόλουθα χρώματα: ἀπόχρωσις ἰώδους, ἀπόχρωσις ἐρυθροῦ καὶ ἀπόχρωσις ἀνοικτοῦ κατρίνου. Αἱ τρεῖς πρωτεύουσαι ἀκτινοβολίαι, ὅταν ἀναμιγνύονται παρέχουν λευκὸν φῶς, ἐνῶ αἱ τρεῖς πρωτεύουσαι χρωστικαὶ οὐσίαι, ἀναμιγνύομεναι, παρέχουν μέλαν, διότι ἀπορροφοῦν ὅλας ἐν γένει τὰς χρωματικὰς συνιστώσας τοῦ λευκοῦ φωτός.

Ἡ μέθοδος τῆς ἐγχρώμου τυπογραφίας ἔχει ὡς ἐξῆς: Λαμβάνομεν τρεῖς διαφόρους φωτογραφίας ἐγχρώμου ἀντικειμένου μὲ φίλτρα ζελατίνης, χρωματισμένα δι' ἑκάστην φωτογραφίαν μὲ ἓν ἐκ τῶν πρωτεύοντων χρωμάτων. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν φωτογραφιῶν τούτων σχηματίζομεν τρία κλισέ, καὶ τῇ βοήθειᾳ τῶν κλισέ τούτων ἀποτυποῦμεν ἐπὶ λευκοῦ χαρτοῦ τὴν εἰκόνα ὡς ἀκολούθως: Δι' ἕκαστον κλισέ χρησιμοποιοῦμεν μελάνην τῆς ὁποίας τὸ χρῶμα εἶναι τὸ συμπληρωματικὸν τοῦ χρώματος τοῦ ἀντιστοίχου φίλτρου, ἐκ τοῦ ὁποίου ἐσχηματίσθη ἡ πρώτη ἀρνητικὴ φωτογραφία. Αἱ τρεῖς τυπώσεις γίνονται ἢ μία κατόπιν τῆς ἄλλης. Εἰς τὸν παρατιθέμενον ἔγχρωμον πίνακα δεικνύονται αἱ διαδοχικαὶ φάσεις ὑπὸ τὰς ὁποίας πραγματοποιεῖται ἡ ἔγχρωμος τυπογραφικὴ παραγωγή εἰκόνων.

178. Ἐγχρωμος φωτογραφία. Αὕτη πραγματοποιεῖται κατὰ διαφόρους μεθόδους, θὰ περιορισθῶμεν ὁμοίως εἰς τὴν περιγραφὴν μιᾶς ἐκ τούτων, ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ὡς μέθοδος Kodachrome. Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον χρησιμοποιεῖται εἰδικὴ φωτογραφικὴ πλάξ ἢ φιλμ, ἐν συνδυασμῷ πρὸς φακὸν μὲ ἀριθμὸν διαφράγματος 1/2, ἥτοι τοιοῦτον τοῦ ὁποίου τὸ χρέισμον ἀνοίγμα νὰ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ 1/2 τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ φακοῦ. Τὸ φιλμ τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς, συμφώνως πρὸς τὰς ὁδηγίας τοῦ κατασκευαστοῦ, καὶ μετὰ τὴν λήψιν τῆς φωτογραφίας γίνεται ἡ ἐμφάνισις τοῦ φιλμ, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ λίαν πολὺπλοκὸν ἔργασίαν ἐκτελουμένην εἰς εἰδικὸν ἐργαστήριον.

Τὸ οὕτω προκύπτον φιλμ εἶναι διαφανὲς καὶ δύνата νὰ προβληθῇ διασκοπικῶς ἐπὶ



Τρίχρωμες εκτύπωσης φωτογραφίας. — 1. Κιτρίνη εκτύπωση (το άρνητικόν έχει ληφθῆ τῆ βοηθεία ἰσοπορασίου φίλτρου). — 2. Ἐρυθρά εκτύπωση (το άρνητικόν έχει ληφθῆ τῆ βοηθεία ταρινοτρασίου φίλτρου). — 3. Συνδιασμός τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ κιτρίνου. — 4. Κυανὴ εκτύπωση (το άρνητικόν έχει ληφθῆ τῆ βοηθεία ἐρυθροκιτρίνου φίλτρου). — 5. Συνδιασμός κιτρίνου, ἐρυθροῦ καὶ κυανοῦ.

*Απὸ τὸ βιβλίον τῶν BLACK καὶ DAVIS: ELEMENTARY PRACTICAL PHYSICS.
 *Ἐκδόσεις MACMILLAN COMPANY, New York.

διαφράγματος. Ἡ ἀποτύπωση ὅμως ἐπὶ φωτογραφικοῦ χαρτοῦ ἀποτελεῖ ἀκόμη δυσκολιτέραν καὶ δαπανηράν ἐργασίαν, δύνανται ὅμως νὰ γίνῃ εἰς εἰδικὰ ἐργαστήρια.

Τὰ φιλμ, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται πρὸς λήψην ἐγχρωμῶν φωτογραφιῶν, φέρουν τρία λεπτότατα φωτοπαθῆ στρώματα, τὰ ὁποῖα συγκρατοῦνται ὑπὸ ἐνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ φιλμ ἀπὸ celluloid, καὶ διαχωρίζονται ἀπ' ἀλλήλων ὑπὸ λεπτῶν φύλλων ζελατίνης. Τὸ κατώτατον στρώμα ἀποτελεῖται ἀπὸ γαλάκτωμα εὐπαθῆ εἰς τὸ ἐρυθρὸν, καὶ περικαλύπτεται ὑπὸ φύλλου ζελατίνης, τὸ ἀμέσως ἐπόμενον φωτοπαθῆ στρώμα εἶναι εὐπαθῆ εἰς τὸ πρᾶσινον, περικαλύπτεται δὲ καὶ τοῦτο ὑπὸ φύλλου ζελατίνης, τέλος ἐπακολουθεῖ τὸ τρίτον φωτοπαθῆ στρώμα, τὸ ὁποῖον εἶναι εὐπαθῆ εἰς τὸ κυανοῦν. Τὰ τρία αὐτὰ φωτοπαθῆ στρώματα καὶ τὰ δύο φύλλα ζελατίνης ἔχουν πάχος μόλις 0,02 mm. Τὸ κυανοῦν φῶς προσβάλλει τὸ ἀνώτατον στρώμα, καὶ ἀπορροφᾶται εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην, τὸ πρᾶσινον ὅμως διέρχεται διὰ τοῦ πρώτου στρώματος, καὶ προσβάλλει τὸ δεύτερον στρώμα, ἐνῶ τὸ ἐρυθρὸν διέρχεται διὰ τῶν δύο πρώτων καὶ προσβάλλει τὸ τρίτον. Ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς κάτω ἐπιφανείας τοῦ φιλμ ἀποφεύγονται διὰ περικαλύψεως αὐτῆς ὑπὸ στρώματος ἐκ μέλανος χρώματος. Κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον, ἐπὶ ἐκάστου φωτοπαθοῦς στρώματος ἀποτυπῶνται μίαι εἰκὼν ἀντιστοιχοῦσα εἰς ἕναστον τῶν τριῶν χρωμάτων.

Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν τοῦ φιλμ, ἥτις ἀποτελεῖ δυσχερῆ καὶ πολὺπλοκον ἐργασίαν, προκόπτει τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα, τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ὑποστῆ ἀναστροφὴν χρωματίζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ κατώτατον στρώμα νὰ εἶναι κυανοπράσινον, τὸ μεσαῖον ἐρυθροῖδες (magenta) καὶ τὸ κορυφαῖον κίτρινον. Εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ φιλμ, ἣ ὁποῖα ἀντιστοιχεῖ εἰς περιοχὴν τοῦ διαφράγματος, ἐπὶ τῆς ὁποίας πρέπει νὰ ἐμφανισθῆ π.χ. ἐρυθρὸν, δὲν ὑφίσταται χρῶμα, διότι ἡ ἀπόθεσις ἢ ὅποια ἐγένετο ἀρχικῶς, κατὰ τὴν προσβολὴν τοῦ στρώματος τούτου, ἀφῆθη κατὰ τὴν κατεργασίαν τῆς ἀναστροφῆς τοῦ φιλμ, ἐνῶ ἡ κυανοπράσινος βαφὴ ἀφῆθη κατὰ τὴν κατεργασίαν τῆς ἀναστροφῆς τοῦ φιλμ, ἀπὸ τῆς ἀνωτέρας περιοχῆς αὐτοῦ, ἐπὶ τοῦ οὗτως ἐμφανισθέντος καὶ ἀναστραφέντος φιλμ ἀπὸ τῆς ἀνωτέρας περιοχῆς αὐτοῦ, τότε τὸ λευκὸν φῶς διέρχεται διαδοχικῶς ἀπὸ στρωμάτων χρώματος ἐρυθροῖδους τότε (magenta) καὶ κίτρινου, τὰ ὁποῖα διαδοχικῶς ἀπορροφῶν τὸ πρᾶσινον καὶ κυανοῦν, ὁπότε τὸ ἐρυθρὸν, διερχόμενον διὰ τῆς ἀκαλύπτου περιοχῆς τοῦ φιλμ, παρέχει ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἰδῶλον ἐρυθρὸν. Ἡ μέθοδος αὕτη παρέχει ἐξαιρετὰ ἀποτελέσματα, παρουσιάζει ὅμως μεγάλας δυσκολίας, καὶ ἐφαρμόζεται ὑπὸ ἐρασιτεχνῶν, οἱ ὁποῖοι ἐμφανίζουν τὰ φιλμ αὐτῶν εἰς ἐπὶ τοῦτο εἰδικὰ φωτογραφικὰ ἐργαστήρια.

Ζητήματα.

Ἀπὸ ποῖα μέρη συνίσταται ὁ ὀφθαλμὸς.

Πότε ὁ ὀφθαλμὸς λέγεται μυωπικὸς, πότε πρεσβυωπικὸς καὶ πότε ὑπερμετρωπικὸς.

Ποῦ ὀφείλονται τὰ ἐλαττώματα αὐτὰ καὶ πῶς διορθοῦνται.

Περιγράψατε διαφόρους ὀπτικὰς ἀτάκτας καὶ ἐξηγήσατε ποῦ ὀφείλονται αὐταί.

Εἰς τί συνίσταται ἡ στερεοσκοπικὴ ὄρασις. Πῶς πραγματοποιοῦνται τὸ στερεοσκοπίον.

Διὰ ποῖων ὀργάνων μετροῦμεν τὰς ἀποστάσεις, καὶ περιγράψατε ἕνα τύπον ἐξ αὐτῶν.

Ποῖα ἡ θεωρία τῶν Young καὶ Helmholtz ἐπὶ τῆς ἀντίληψως τῶν χρωμάτων.

Κατὰ τί ὑστερεῖ ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὴν ἀντίληψιν τῶν χρωμάτων ἀπὸ τοῦ οὖς εἰς τὴν ἀντίληψιν τοῦ ἤχου. Τί καλοῦμεν χρωματιζὴν τύφλωσιν καὶ ποῦ ὀφείλεται αὕτη.

Ποῦ ὀφείλεται τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου χρῶμα φωτεινῆς πηγῆς.

Πῶς ὀρίζομεν τὸ χρῶμα σκετομικοῦ σώματος.

Τί καλοῦμεν χρώματα ἐξ ἀφαιρέσεως, καὶ τί γνωρίζετε ἐκ τῆς μίξεως τῶν χρωστικῶν οὐσιῶν. Τί καλοῦμεν χρώματα ἐκ προσθέσεως.

Τί γνωρίζετε ἐπὶ τοῦ χρώματος τῶν ζόνων. Ποῖα τὰ χαρακτηριστικὰ χρώματος.

Περιγράψατε τὰ μέρη ἐξ ὧν ἀποτελεῖται φωτογραφικὴ μηχανή.

Τί γνωρίζετε περὶ ἐγχρωμοῦ φωτογραφίας.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΦΥΣΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

179. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἡ Φυσικὴ Ὀπτικὴ ἀποτελεῖ τὸν κλάδον τῆς Ὀπτικῆς, ὃ ὁποῖος ἐξετάζει τὰ ὀπτικά φαινόμενα ἐπὶ τῇ βάσει ὁρισμένων ὑποθέσεων, ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Ἡ Γεωμετρικὴ Ὀπτικὴ, ὡς εἶδομεν, ἐξετάζει τὰ ὀπτικά φαινόμενα χωρὶς νὰ θέτῃ οὐδεμίαν ὑπόθεσιν ἀναφορικῶς πρὸς



CHRISTIAN HUYGENS (1629 - 1695)

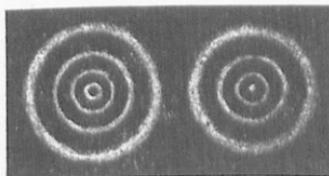
Ὁλλανδὸς Μαθηματικὸς, Φυσικὸς καὶ Ἀστρονόμος. Θεμελιωτὴς τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων. Ἠσχολήθη εἰς ἐρεῦνας ἐπὶ τῆς θεωρίας τῶν πιθανοτήτων, ὡς καὶ εἰς ἀστρονομικὰς ἐρεῦνας.

τὴν φύσιν τοῦ φωτός, ἀλλ' ἀπλῶς μόνον δέχεται τὴν ὑπαρξίν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἢ ἄλλως τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός. Διὰ τῆς ἐννοίας τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, εἶδομεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἐρηηνεύσωμεν πλεῖστα ἐκ τῶν στοιχειωδῶν ὀπτικῶν φαινομένων, ὡς π.χ. τὴν ἀνάκλασιν καὶ διάθλασιν τοῦ φωτός, καὶ πρὸς τοῦτοις νὰ σπουδάσωμεν τὰ κάτοπτρα, τοὺς φακούς, τὸ πρῖσμα ὡς καὶ τὰ ὀπτικά ὄργανα, μὲ ἱκανοποιητικὴν ἀκρίβειαν διὰ τὰς συνήθεις πρακτικὰς ἐφαρμογὰς.

Μὲ τὴν ἐξέλιξιν ὅμως τῆς Ὀπτικῆς, κατεδείχθη ὅτι ἡ παραδοχὴ τῆς ὑπάρξεως τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος δὲν ἀνταποκρίνεται πρὸς τὴν πραγματικότητα, ὡς τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἀκολουθοῦντος πειράματος: Ἀπὸ ὀπῆς, μικρᾶς διαμέτρου, ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, π.χ. ἠλιακοῦ φωτός, ἐὰν δὲ εἰς τὸν δρόμον αὐτῆς, καὶ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως, τοποθετήσωμεν διάφραγμα, παρατηροῦμεν ὅτι σχηματίζεται ἐπὶ τούτου μικρὸς φωτεινὸς κύκλος. Ὁταν σμικρύνωμεν τὴν διάμετρον τῆς ὀπῆς, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὸν αὐτὸν λόγον

σμικρύνεται καὶ ἡ διάμετρος τοῦ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος κύκλου, οὕτω δὲ ἀγόμεθα, κατ' ἐπέκτασιν, εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι διὰ τῆς ἐπ' ἄπειρον σμικρύνσεως τῆς

διαμέτρου τῆς ὀπῆς, θὰ ἦτο δυνατόν νὰ ἀπομονώσωμεν μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα. Ἐν τούτοις, τὸ συμπέρασμα τοῦτο εὐρίσκεται εἰς ἄκραν ἀντίφασιν πρὸς τὸ πείραμα. Διότι ἐάν, διὰ σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς, φωτίσωμεν μικρὸν διάφραγμα, τὸ ὁποῖον νὰ φέρῃ εἰς τὸ μέσον αὐτοῦ μικρὰν ὀπὴν, τοῦ αὐτοῦ μεγέθους πρὸς τὴν ὀπὴν λεπτῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ἐπὶ διαφράγματος τιθεμένου ὀπισθεν τῆς ὀπῆς καὶ εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτῆς ὅτι δὲν σχηματίζεται ἀπλῶς φωτεινὸν εἶδωλον τῆς πηγῆς, ἀλλὰ σύστημα δακτυλίων συγκεντρικῶν, ἐναλλάξ φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν, τῶν ὁποίων τὸ κέντρον, ἀναλόγως τῶν συνθηκῶν τῆς διατάξεως, δύναται νὰ εἶναι φωτεινὸν ἢ σκοτεινὸν (σχ. 234). Ἐπειδὴ δὲ ἡ διάμετρος τῶν φωτεινῶν δακτυλίων εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλύτερα τῆς διαμέτρου τῆς ὀπῆς, ἐξ ἧς προέρχεται ἡ φωτεινὴ δέσμη, ἔπεται ὅτι εἰς τὸ πείραμα τοῦτο παρατηρεῖται φῶς εἰς περιοχὰς ὀπου, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός, ἦτοι ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐννοίας τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, δὲν ἔπρεπε νὰ παρατηρῆται φῶς. Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ὀφείλεται, ὡς θὰ ἴδωμεν περαιτέρω, εἰς τὴν περιῖθλασιν τοῦ φωτός.



Σχ. 234. Ὅταν ἡ ὀπή τοῦ διαφράγματος εἶναι μικρὰ, ἀντὶ μιᾶς φωτεινῆς κηλίδος ἐμφανίζεται σύστημα συγκεντρικῶν δακτυλίων, ἐναλλάξ φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν, μετ' ἐκείνων εἴτε σκοτεινὸν εἴτε φωτεινόν.

180. Θεωρίαι καὶ ὑποθέσεις ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Κατὰ διαφοροὺς ἐποχάς, ἐπροτάθησαν διάφοροι ὑποθέσεις καὶ θεωρίαι ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, ἐν τούτοις ὅμως μῆχρι σήμερον οὐδεμία ἐκ τῶν προταθεισῶν θεωριῶν δύναται νὰ ἐξηγηθῆσιν ἰκανοποιητικῶς ὅλα τὰ ὀπτικά φαινόμενα.

1) **Θεωρία τοῦ Νεύτωνος.** Ἡ θεωρία αὕτη ἡ ὁποία διεμορφώθη ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος (1669) βασίζεται ἐπὶ τῆς ὑποθέσεως ὅτι τὰ φωτοβόλα σώματα ἐκπέμπουν φωτεινὰ σωματῖα ἄνευ βάρους, τὰ ὁποῖα διαδίδονται μετὰ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, προσπίπτοντα δὲ ἐπὶ τῶν σκοτεινῶν σωματίων, καθιστοῦν ταῦτα φωτεινὰ, διότι ἐπανεκπέμπονται ὑπ' αὐτῶν καὶ εἰσχωροῦντα εἰς τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως διεγείρουν τὸ αἶσθημα τοῦ φωτός. Ἡ θεωρία αὕτη τοῦ Νεύτωνος καλεῖται συνήθως **θεωρία τῆς ἐκπομπῆς**.

2) **Θεωρία τοῦ Huygens.** Κατὰ τὴν ἰδέαν τοῦ Huygens (1677) καὶ ἀκολουθῶς ὑπὸ τοῦ Fresnel συμπληρωθεῖσαν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων διὰ τὸ φῶς, δεχόμεθα ὅτι τοῦτο ἀποτελεῖ κυματικὸν φαινόμενον, δηλαδὴ τὸ φῶς διαδίδεται, ὅπως καὶ ὁ ἦχος, διὰ κυμάτων.

Ἀναφορικῶς πρὸς τὸν τρόπον κατὰ τὸν ὁποῖον γεννῶνται τὰ φωτεινὰ κύματα, ἡ Φυσικὴ δὲν εἶναι μῆχρι σήμερον εἰς θέσιν νὰ καθορίσῃ ἀκριβῶς τὸν μηχανισμὸν τῆς γενέσεως τῶν κυμάτων τούτων. Ὄφτω ἐνῶ, προκειμένου περὶ τῶν ἠχητικῶν κυμάτων, γνωρίζομεν ὅτι ταῦτα διαδίδονται μόνον διὰ ὕλικῶν μέσων, — τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν ἀπ' ἑνὸς πυκνότητα καὶ ἀπ' ἑτέρου ἐλαστικότητα, — καὶ ὅτι ὁ ἦχος δὲν διαδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ συνήθους ὕλης χώρου, ἀντιθέτως ἀπὸ παλαιᾶς ἐποχῆς γνωρίζομεν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ συνήθους ὕλης χώρου, ἢ ἄλλως διὰ τοῦ **κενοῦ**, διότι διαφοροτρόπως δὲν θὰ ἦτο δυνατόν νὰ φθάσῃ τὸ φῶς εἰς τὴν Γῆν ἀπὸ οὐράνια σώματα εὐρισκόμενα εἰς τὸν ὑπερπλανητικὸν χώρον, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ χώρον κενόν συνήθους ὕλης.

Τοῦτο ἄγει εἰς σοβαρὰν δυσχέρειαν, διότι δὲν εἶναι δυνατόν νὰ σχηματίσωμεν μηχανικὴν εἰκόνα τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός διὰ κυμάτων, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς διαδόσεως τοῦ ἠχου, δεδομένου ὅτι δὲν εἶναι νοητὴ ἡ ἀντίληψις τῆς γενέσεως κύματος μηχανικοῦ εἰς τὸν κενόν συνήθους ὕλης χώρον.

Ένεκα του λόγου τούτου, εις την εποχὴν τῆς διαμορφώσεως τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων, ὁ Huygens ἠναγκάσθη νὰ δεχθῇ τὴν ὑπαρξίν ἰδιάζοντος μέσου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δημιουργοῦνται τὰ φωτεινά κύματα, καὶ τὸ ὅποιον δέχεται ὅτι παρουσιάζει ἐλαστικότητα καὶ πυκνότητα, ἀλλ' ὅτι ἡ ὕλη τοῦ μέσου τούτου εἶναι ὅλως διάφορος ἀπὸ τὰς συνήθεις γνωστάς μορφάς τῆς ὕλης. Τὸ μέσον τοῦτο ἐκλήθη ὑπὸ τοῦ Huygens *αἰθέρ*.

Με τὴν βοήθειαν τοῦ αἰθέρος, ὁ Huygens καὶ ὁ Fresnel κατώρθωσαν νὰ ἀναπτύξουν τὴν Ἀνωτέραν ἢ Κυματικὴν Ὀπτικὴν, διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὰ φωτοβόλα σώματα δημιουργοῦν κύματα ἐντὸς τοῦ αἰθέρος, ἐντελῶς καθ' ὅμοιον τρόπον, ὡς τὰ ἠχογόνα σώματα δημιουργοῦν ἠχητικὰ κύματα εἰς τὸν ἀέρα, καὶ ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα διαδίδονται εἰς τὸν αἰθέρα μετὰ ταχύτητος ἴσης πρὸς $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec.

Πρὸς τοῦτους, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάτων, τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκόρσια, δηλαδή, τὰ σωματῖα ἢ μόρια τοῦ αἰθέρος ἐκτελοῦν ταλαντώσεις (χραδασμούς) αἱ ὁποῖαι εἶναι κάθετὰ πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως.

Ἀναφορικῶς πρὸς τὸν αἰθέρα, ὁ Huygens δέχεται ὅτι εὐρίσκεται πανταχοῦ ἐν τῇ Φύσει, τῶσον ἐντὸς τοῦ ὑπερπλανητικοῦ χώρου, ὅσον καὶ μεταξὺ τῶν διακένων, τὰ ὅποια ἰστίστανται μεταξὺ τῶν μορίων καὶ ἀτόμων τῶν σωματίων.

Ὅσον ἀφορᾷ τὴν γένεσιν τῶν φωτεινῶν κυμάτων ἐντὸς τοῦ αἰθέρος, ὁ Huygens δέχεται ὅτι εἰς τὰ φωτοβόλα σώματα ὑπόρχουν ὠρισμένα κέντρα αὐτῶν, τὰ ὁποῖα ταλαντεύονται, αἱ δὲ ταλαντώσεις ἢ κραδασμοὶ αὐτῶν ἀποτελοῦν κέντρα δημιουργίας περιοδικῶν διαταράξεων εἰς τὸν αἰθέρα, αἱ ὁποῖαι δεχόμεθα ὅτι εἶναι ἁρμονικὰ κύματα καὶ διαδίδονται ἐν αὐτῷ ὑπὸ ταχύτητά ὡς εἶδομεν $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec.

Μολοντὶ ἡ νεότερα Φυσικὴ δὲν φαίνεται ἀποδεχομένη τὸν αἰθέρα ὑπὸ τὰς ἰδιότητας τὰς ὁποίας ἀπέδιδε εἰς αὐτὸν ὁ Huygens, ἐν τούτοις, διὰ τὴν στοιχειώδη ἀνάπτυξιν τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς ἐξακολουθοῦμεν νὰ διατηροῦμεν τὴν ἀνωτέρω ἐκτεθεισάν μηχανικὴν εἰκόνα διὰ τὴν διάδοσιν τῶν φωτεινῶν κυμάτων, διότι αὕτη διευκολύνει ἐν πολλοῖς τὴν κατανόησιν πολλῶν φαινομένων τῆς Ἀνωτέρας Ὀπτικῆς. Ἐάν ὅθεν θεωροῦμεν τὸ φῶς ὡς μηχανικὸν κυματικὸν φαινόμενον, ἰσχύουν καὶ διὰ τὴν περιπτώσιν τοῦ φωτός ὅσα ἀνεπτύχθησαν εἰς τὸ νεφέλαιον Ταλαντώσεις καὶ Κύματα (βλ. Τόμ. I σελ. 256).

Ἡ ὡς ἄνω μηχανικὴ εἰκὼν τῆς διαδόσεως τῶν φωτεινῶν κυμάτων εἰς τὸν αἰθέρα, ἐνφ' συνέβηκε τὰ μέγιστα εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς, ἐν τούτοις, εὐθύς ἐξ ἀρχῆς προσέκρουσεν εἰς δυσχερείας αἱ ὁποῖαι μὲ τὴν ἀνακάλυψιν νέων φαινομένων καθίστανται ἔτι μεγαλύτεραι.

Αἱ δύο θεωρίαι, τῆς ἐκπομπῆς τοῦ Νεύτωνος καὶ τῶν κυμάτων τοῦ Huygens, διετηρήθησαν, ἐπὶ μακρὸν σχετικῶς χρονικὸν διάστημα, καὶ μεταξὺ τῶν ὁπαδῶν τῶν θεωριῶν τούτων ἀνεπτύχθη μεγάλη διαμάχη, διότι αὐταὶ κατέληγον εἰς συμπεράσματα τὰ ὁποῖα εὐρίσκοντο εἰς ἀντίφασιν μεταξὺ τῶν. Οὕτω, ἐνφ' ἡ θεωρία τοῦ Νεύτωνος προέβλεπε ὅτι τὸ φῶς πρέπει νὰ διαδίδεται μὲ μεγαλύτεραν ταχύτητα εἰς τὸ ὕδωρ ἢ εἰς τὸν ἀέρα, ἡ θεωρία τοῦ Huygens προέβλεπε τὸ ἀντίθετον. Ἐξ ἄλλου, ἐνφ' ἡ θεωρία τῶν κυμάτων προέβλεπε τὸ φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός, δηλαδή, ὅτι φῶς προστιθέμενον εἰς φῶς δύναται νὰ ἔχη ὡς ἀποτέλεσμα σκότος, ἡ θεωρία τοῦ Νεύτωνος δὲν προέβλεπε τὸ φαινόμενον τοῦτο. Μὲ τὴν παρέλευσιν ὁμοῦ τοῦ χρόνου, διὰ τῆς βελτιώσεως τῶν μεθόδων πειραματισμοῦ καὶ τῆς ἐπινοήσεως ἀκριβῶν μεθόδων μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, ὁ Foucault ἐπέτυχε τὴν μέτρησιν τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς τὸ ὕδωρ, εὗρε δὲ αὐτὴν μεγαλυτέραν εἰς τὸν ἀέρα ἢ εἰς τὸ ὕδωρ. Ἐπίσης, διὰ τοῦ περιφήμου πειράματος τῶν κατοπτρῶν τοῦ Fresnel, ἀπεδείχθη πειραματικῶς τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς τῶν κυμάτων, ὡς προέβλεπεν ἡ θεωρία τοῦ Huygens.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀδιαφιλονεικῶν τούτων πειραματικῶν δεδομένων, ἐγκατελείφθη ἡ θεωρία τοῦ Νεύτωνος, ἀντικατασταθεῖσα γενικῶς ὑπὸ τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων τοῦ Huygens.

3) *Ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία*. Μία ἐκ τῶν δυσχερειῶν εἰς τὰς ὁποίας προσέκρουσεν

ή θεωρία των κυμάτων, διά της παροδοχῆς ὡς μέσου τοῦ αἰθέρος, εἶναι ὅτι ὁ αἰθέρης πρέπει νὰ παρουσιάσῃ μέτρον ἑλαστικότητος κατὰ πολὺ ἀνώτερον τοῦ χάλυβος, δηλαδὴ πρέπει νὰ ἀποτελῇ στερεὸν σῶμα. Ἡ παροδοχὴ ὁμῶς αὕτη δὲν συμβιβάζεται πρὸς τὴν ἀντίληψιν ὅτι τῆς κινήσεως τῶν οὐρανίων σωμάτων ἐντὸς τοῦ ὑπερπλανητικοῦ χώρου χωρὶς τριβῆν. Ἐξ ἄλλου, πειραματικὰ ἔρευναί πρὸς διαπίστωσιν τοῦ αἰθέρος ἀπέβησαν ἀρνητικαί.

Ὁ Maxwell, πρὸς ἀπαλλαγὴν ἐν μέρει τῆς Φυσικῆς ἀπὸ τῶν ὡς ἄνω δυσχερειῶν, διεμόρφωσε τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός. Ἐν τῇ νέᾳ του θεωρίᾳ, ὁ Maxwell μόρφωσε τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός. Ἐν τῇ νέᾳ του θεωρίᾳ, ὁ Maxwell μόρφωσε τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός. Ἐν τῇ νέᾳ του θεωρίᾳ, ὁ Maxwell μόρφωσε τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός.

Ἐν τῇ Νεωτέρᾳ Φυσικῇ, ἡ ἔννοια τοῦ αἰθέρος ἀντικαθίσταται διὰ τῆς ἔννοιᾳς τοῦ κενοῦ συνήθους ὕλης χώρου, ἡ ἀπλῶς τοῦ χώρου, ἢ δὲ ἔννοια χώρος δὲν ἀποτελεῖ φιλοσοφικὴν ἔννοιαν, ἀλλ' ἔχει φυσικὴν ὑπόστασιν, διότι θεωρεῖται ὡς ὁ φορεὺς φυσικῶν ιδιοτήτων, π.χ. ὁρμῆς, ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου, κ.τ.λ.

4) **Θεωρία τῶν Quanta.** Ἀλλὰ καὶ ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ Maxwell μὲ τὴν παροδὸν τοῦ χρόνου κατεδείχθη καὶ αὕτη ἀνεπαρκὴς διὰ τὴν ἐξήγησιν νεωτέρων παρατηρηθέντων φαινομένων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἰδιάζουσιν σημασίαν ἔχουν ἡ σπουδὴ τῆς ἐνεργείας θέντων φαινομένων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἰδιάζουσιν σημασίαν ἔχουν ἡ σπουδὴ τῆς ἐνεργείας θέντων φαινομένων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἰδιάζουσιν σημασίαν ἔχουν ἡ σπουδὴ τῆς ἐνεργείας θέντων φαινομένων.

Πρὸς ἀπαλλαγὴν τῆς Φυσικῆς ἀπὸ τῶν νέων τούτων δυσχερειῶν, ὁ Planck διεμόρφωσε τὴν περίφημον **θεωρίαν τῶν κβάντα**, ἡ ὁποία σήμερον δεσπόζει ἐφ' ὅλου τοῦ οἰκοδομήματος τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς. Ἡ θεωρία τῶν κβάντα εἶναι κατ' ἐξοχὴν ριζοσπαστικὴ, διότι ἀπορρίπτει κυρίως τὴν ἀντίληψιν ὅτι ἡ ἐνέργεια παρουσιάζει συνεχὴ ὑφήν, δηλαδὴ ὅτι τὸ ὑπὸ τῶν ἀτόμων τῶν σωμάτων ἐκπεμπόμενον φῶς δύνανται νὰ ἀκτινοβολῆται ὑπὸ τούτων ὑπὸ ὅσον θέλομεν μικρὰς ποσότητας. Τούναντιον, ὁ Planck ἐδέχθη ὅτι ἡ ὑπὸ τῶν σωμάτων ἐκπομπὴ φωτός, ἢ γενικότερον ἀκόμη ἀκτινοβολίας, γίνεται μόνον κατ' ὀρισμένα ὀρισμένης συχνότητος φῶς, ἢ γενικότερον ἀκόμη ἀκτινοβολίας, γίνεται μόνον κατ' ὀρισμένα ὀρισμένης συχνότητος φῶς, ἢ γενικότερον ἀκόμη ἀκτινοβολίας, γίνεται μόνον κατ' ὀρισμένα ὀρισμένης συχνότητος φῶς.

$$e = h \cdot \nu$$

ὅπου h ἀποτελεῖ παγκοσμίαν σταθεράν, ἡ ὁποία καλεῖται **σταθερὰ Planck** ἢ **κβάντουμ δράσεως**, ἢ δὲ ἀρίθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς εἶναι ἴση πρὸς:

$$h = 6,544 \cdot 10^{-27} \text{ erg-sec}$$

Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνωτέρω θεωρίας, προκύπτει ὅτι ὅταν διεγείρωμεν ἄτομον σώματος πρὸς ἐκπομπὴν ἀκτινοβολίας, τοῦτο δὲν δύναται νὰ ἐκπέμψῃ αὐτὴν, παρὰ μόνον ὅταν συγκεντρώσῃ τόσον ποσὴν ἐνεργείας, ὅσον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ φωτόνιον, ὅτε ἐμφανίζεται τοῦτο εἰς τὸν ἔξω κόσμῳ. Ἐπομένως, ἡ ἐκπομπὴ ἀκτινοβολίας ὑπὸ ἀτόμου γίνεται διαλειπὸν καὶ ὑπὸ μορφῆν φωτονίων. Οὕτω παρατηροῦμεν ὅτι διὰ τῆς θεωρίας τοῦ Planck ἐπανερχόμεθα εἰς τὴν παλαιὰν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς τοῦ Νεύτωνος, οὐσιωδῶς ὁμῶς τροποποιημένην.

Ἀλλὰ καὶ ἡ θεωρία τοῦ Planck προσέχρυσσε καὶ αὕτη εἰς δυσχερείας, πρὸς ἀπαλ-

λαγήν δὲ τῆς Φυσικῆς ἀπὸ τῶν νέων δυσχερεῶν, διεμορφώθησαν νεότεραι κβαντικαὶ θεωρίαι εὐρισκόμεναι εἰσέτι ἐν ἐξελίξει. Ἐπὶ τῶν νέων τούτων θεωριῶν, ὡς καὶ ἐπὶ τῆς πρώτης κβαντικῆς θεωρίας τοῦ Planck, θὰ ἐπανεέλθωμεν ἐκτενέστερον κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῶν κεφαλαίων τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς. Ἐνταῦθα, παρατηροῦμεν μόνον ὅτι, ὑπὸ τὴν σύγχρονον ἀνάπτυξιν τῆς Φυσικῆς, πρὸς ἐφημερίαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων διατηροῦμεν δύο θεωρίας :

Ἡ μία βασίζεται ἐπὶ τῆς ἐννοίας τοῦ κύματος, ἢ ἄλλως, τῆς συνεχοῦς ὑφῆς τῆς ἐνεργείας, ὡς δέχονται ταύτην οἱ Huygens καὶ Maxwell, καὶ ἀποτελεῖ ἡ θεωρία αὕτη τὴν **κυματοοπτικήν**, ἐνῶ ἡ ἄλλη θεωρία βασίζεται ἐπὶ τῆς ἀσυνεχοῦς ὑφῆς τῆς ἐνεργείας, ὡς παρεδέχθη ταύτην ὁ Planck, ἀποτελεῖ δὲ αὕτη τὸν κλάδον τῆς **κβαντικῆς ὀπτικῆς**. Ὁ δῦισμός οὗτος ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ὀρισμένα φαινόμενα, τὰ ὅποια ἐξηγοῦνται διὰ τῆς κυματοοπτικῆς, δὲν δύναται νὰ ἐξηγηθοῦν ὑπὸ τῆς κβαντικῆς ὀπτικῆς, ἐνῶ ἄλλα, τὰ ὅποια ἐξηγοῦνται διὰ τῆς κβαντικῆς ὀπτικῆς, δὲν δύναται νὰ ἐξηγηθοῦν διὰ τῆς κυματοοπτικῆς.

Παρατήρησις. Τὸ παράδειγμα τῆς ὀπτικῆς καταδεικνύει κατὰ τὸν σαφέστερον τρόπον τὸν παροδικὸν χαρακτῆρα τὸν ὁποῖον ἔχουν αἱ θεωρίαι εἰς τὴν Φυσικήν, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τ' ἀποτελέσματα, τὰ ὅποια προκύπτουν ἐκ τῶν παρατηρήσεων καὶ τῶν πειραμάτων, τὰ ὅποια ἔχουν μόνιμον χαρακτῆρα καὶ συντελοῦν μάλιστα εἰς τὴν πραγματοποίησιν τεχνικῶν κλάδων συντελούντων τὰ μέγιστα εἰς τὴν ἐξύψωσιν τοῦ ὕλικου καὶ πνευματικοῦ ἐπιπέδου διαβίωσης τοῦ ἀνθρώπου. Παράδειγμα τοιοῦτον ἔστω ἡ Τεχνικὴ Ὀπτικῆ, ἡ ὅποια συνετέλεσεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τελειοτάτων ὀπτικῶν ὀργάνων, τὰ ὅποια χρησιμοποιοῦμεν σήμερον, διὰ τὰς ποικίλας ἡμῶν ἀνάγκας.

ΚΥΜΑΤΟΟΠΤΙΚΗ

Ἡ κυματοοπτικὴ* ἐξετάζει τὰ ἀκόλουθα φαινόμενα : 1. Ἀνάκλασιν τοῦ φωτός. 2. Διάθλασιν τοῦ φωτός. 3. Συμβολήν τοῦ φωτός. 4. Περίθλασιν τοῦ φωτός. 5. Πόλωσιν τοῦ φωτός (χρωματικὴ καὶ περιστροφικὴ πόλωσις). 6. Διπλὴν διάθλασιν τοῦ φωτός.

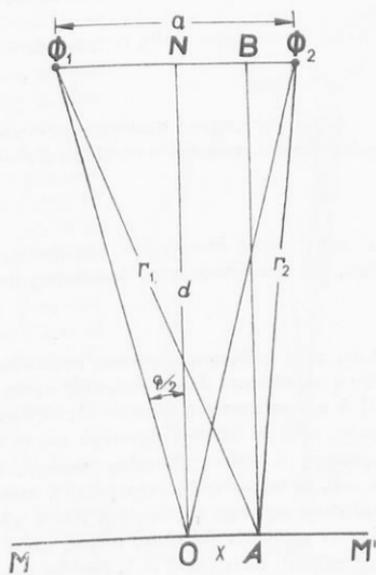
181. Ἀνάκλασις καὶ διάθλασις τοῦ φωτός. Τὰ φαινόμενα τῆς ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως ἐσπουδάσαμεν διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ, εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων (Τόμος I, σελ. 269-271). Ἐπειδὴ δὲ αἱ θεωρητικαὶ ἀποδείξεις εἶναι ἐντελῶς ὅμοιαι, θεωροῦμεν περιττὴν τὴν ἐκ νέου ἀνάπτυξιν αὐτῶν. Παρατηροῦμεν μόνον ἐνταῦθα ὅτι διὰ συγκρίσεως τῶν θεωρητικῶν συμπερασμάτων πρὸς τὰ πειραματικὰ συμπεράσματα, τὰ ὅποια συνηγόμενα κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς, βλέπομεν ὅτι ὑφίσταται πλήρης συμφωνία μεταξὺ τῆς θεωρίας καὶ τοῦ πειράματος. Οὕτω, διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς κυματοοπτικῆς, εὐρίσκομεν τοὺς γνωστοὺς ἤδη νόμους τῆς ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως τοῦ φωτός, τοὺς ὁποίους ἐσπουδάσαμεν εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικήν. Ἐπίσης, δυνάμεθα νὰ ἀνεύρωμεν ὅλους τοὺς τύπους κατόπτρον, φακῶν κ.τ.λ., τοὺς ὁποίους ἤδη γνωρίζομεν ἐκ τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς καὶ τοὺς ὁποίους τότε ἀνεύρομεν, διὰ στοιχειωδῶν γεωμετρικῶν κατασκευῶν, ἀπλῶς ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐννοίας τῆς γεωμετρικῆς ἀκτίνος.

182. Συμβολὴ τοῦ φωτός. Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἠχητικῶν κυμά-

* **Παρατήρησις.** Ἐπειδὴ ἡ κυματοοπτικὴ βασίζεται ἐπὶ τῆς ἐννοίας τοῦ κύματος, συνιστάται εἰς τὸν ἀναγνώστην νὰ ἐπαναλάβῃ τὴν ἀνάγνωσιν τοῦ μέρους **Ταλαντώσεις καὶ Κύματα** τοῦ ἀναπτυσσομένου εἰς τὸν I Τόμον τοῦ βιβλίου σελ. 256, διότι ἔλαι αἱ ἐννοιαὶ καὶ οἱ ὀρολογισμοὶ οἱ ὅποιοι ἐχρησιμοποιήθησαν εἰς τὸ γενικὸν κεφάλαιον τῶν Ταλαντώσεων καὶ Κυμάτων ἐφαρμόζονται ἐντελῶς ὁμοίως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς κυματοοπτικῆς.

των εσπουδάσαμεν τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς, ἀνάλογον φαινόμενον συμβολῆς παρατηρεῖται καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν φωτεινῶν κυμάτων.

Ἐν ἀρχῇ, θέλομεν ἐξετάσει θεωρητικῶς τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς τῶν φωτεινῶν κυμάτων, καὶ ἀκολούθως θὰ ἐξετάσωμεν τίνι τρόπῳ δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν τοῦτο πειραματικῶς, ὡς καὶ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς αὐτοῦ. Θεωρήσωμεν ἤδη ὅτι Φ_1 καὶ Φ_2 (σχ. 235) ἀποτελοῦν δύο φωτοβόλα σημεῖα σύμφωνα, ἤτοι σωμάτια δύο φωτοβόλων πηγῶν εὐρισκόμενα εἰς παλμικὴν κίνησιν τοῦ αὐτοῦ πλάτους, τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ τῆς αὐτῆς φάσεως. Ἐστω δὲ ὅτι εἰς ἀπόστασιν d ἀπὸ τοῦ μέσου N τῆς εὐθείας $\Phi_1\Phi_2$ ὑφίσταται τὸ διάφραγμα εἰκονιζόμενον ὑπὸ τῆς MM' , παραλλήλου πρὸς τὴν $\Phi_1\Phi_2$. Ἐκ τῶν σωμάτων Φ_1 καὶ Φ_2 , ἐκπέμπονται φωτεινὰ κύματα, τὰ ὁποῖα διὰ νὰ φθάσουν εἰς O διανύουν ἴσους δρόμους $\Phi_1O = \Phi_2O$, ἐπομένως φθάνουν εἰς O ὑπὸ τὴν αὐτὴν φάσιν, καὶ ἐπομένως εἰς O ἐνισχύονται ἀμοιβαίως, ὅθεν εἰς O πρέπει ν' ἀναφαίνεται ἔντονον φῶς. Θεωρήσωμεν ἤδη τὸ σημεῖον A πρὸς τὰ δεξιὰ τοῦ O . Εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τὰ κύματα φθάνουν διανύοντα διαφοροὺς δρόμους, οὕτω δὲ τὰ ἐκ τοῦ Φ_1 προερχόμενα διανύουν τὸν δρόμον Φ_1A καὶ τὰ ἐκ τοῦ Φ_2 τὸν δρόμον Φ_2A , εἶναι δὲ $\Phi_1A > \Phi_2A$, καὶ ἐπομένως τὰ κύματα παρουσιάζουν διαφορὰν πορείας $\delta = \Phi_1A - \Phi_2A$, καὶ ὡς ἐκ τούτου εἰς A τὰ κύματα θὰ συμβάλλουν ὑπὸ διαφορὰν φάσεως. Ὡς ὅμως γνωρίζομεν ἐκ τῆς θεωρίας τοῦ φαινομένου τῆς συμβολῆς τῶν κυμάτων (βλ. Τόμ. I § 271) ἐὰν μὲν ἡ διαφορὰ φάσεως εἶναι μηδέν, ἢ ὁποῖα ἀντιστοιχεῖ εἰς διαφορὰν πορείας κατὰ ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος, τὰ κύματα θὰ ἐνισχύονται ἀμοιβαίως, ἐὰν δὲ ἡ διαφορὰ φάσεως εἶναι 180° , ἢ ὁποῖα ἀντιστοιχεῖ εἰς διαφορὰν πορείας κατὰ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος, τὰ κύματα θ' ἀναιροῦνται ἀμοιβαίως. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν θὰ ἔχωμεν μέγιστον ἐντάσεως φωτὸς ἢ φωτισμοῦ, εἰς δὲ τὴν δευτέραν, ἔντασιν φωτὸς μηδέν ἢ σκότος.



Σχ. 235. Διὰ τὴν θεωρητικὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς συμβολῆς.

Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς διαφορᾶς πορείας ἐκ τῶν σταθερῶν τῆς διατάξεως, ὑποθέτομεν $\Phi_1\Phi_2 = a$, ὅτε $\Phi_1N = \Phi_2N = a/2$, $\Phi_1A = r_1$, $\Phi_2A = r_2$ καὶ $OA = NB = x$. Ἐκ τῶν ὀρθογωνίων τριγώνων Φ_1AB καὶ Φ_2AB εὐρίσκομεν:

$$r_1^2 = d^2 + \left(\frac{a}{2} + x\right)^2 \quad \text{καὶ} \quad r_2^2 = d^2 + \left(\frac{a}{2} - x\right)^2$$

Δι' ἀφαίρεσέως τούτων κατὰ μέλη προκύπτει:

$$r_1^2 - r_2^2 = 2ax \quad \text{ἢ} \quad (r_1 + r_2)(r_1 - r_2) = 2ax \quad \text{καὶ} \quad r_1 - r_2 = \frac{2ax}{r_1 + r_2}$$

Ἐπειδὴ δ' ἐν τῇ πράξει r_1 καὶ r_2 εἶναι λίαν μεγάλα ὡς πρὸς a καὶ x , δυνάμεθα ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος νὰ θέσωμεν $r_1 + r_2 = 2d$, ὅτε ὁ ἀνωτέρω τύπος γράφεται :

$$r_1 - r_2 = \frac{a}{d} x$$

Ἀλλὰ ὡς ἀνωτέρω ἐτέθη $r_1 - r_2$ παριστᾶ τὴν διαφορὰν πορείας δ , ἔπομένως θὰ ἔχομεν :

$$\delta = \frac{a}{d} x$$

Ἐκ τῆς γενικῆς σπουδῆς τῆς συμβολῆς κυμάτων, γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἡ διαφορὰ πορείας εἶναι ἄρτιος ἀριθμὸς ἡμιμηκῶν κύματος, ἦτοι :

$$\delta = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

αἱ ταλαντώσεις ἐνισχύονται ἀμοιβαίως, διότι τότε ἡ διαφορὰ φάσεως αὐτῶν εἶναι ἴση πρὸς $2k\pi$, καὶ ὅτι ἀναιροῦνται ἀμοιβαίως, ὅταν εἶναι περιττὸς ἀριθμὸς ἡμιμηκῶν κύματος, ἦτοι :

$$\delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

διότι τότε ἡ διαφορὰ φάσεως αὐτῶν ἰσοῦται πρὸς $(2k + 1)\pi$, ὅπου k δύναται νὰ εἶναι μηδὲν ἢ οἰοσδήποτε ἄλλος ἀξέριος ἀριθμὸς. Οὕτω, διὰ $k = 0$ προκύπτει ἐκ μὲν τοῦ τύπου (1) ἡ πρώτη φωτεινὴ περιοχὴ εἰς O , διὰ $k = 1$ προκύπτει ἡ ἀμέσως ἐπομένη φωτεινὴ περιοχὴ πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ ἀριστερὰ τοῦ O , τὴν ὁποίαν καλοῦμεν πρώτης τάξεως, διὰ $k = 2$ θὰ προκύψῃ ἡ ἀμέσως ἐπομένη περιοχὴ, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν δευτέρας τάξεως κ.ο.κ. Διὰ $k = 0$, ἐν τῷ τύπῳ (2), προκύπτει ἡ πρώτη σκιετὴν περιοχὴ ἐκατέρωθεν τοῦ O , τὴν ὁποίαν καλοῦμεν πρώτης τάξεως, διὰ $k = 1$ προκύπτει ἡ ἀμέσως ἐπομένη σκιετὴν περιοχὴ, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν δευτέρας τάξεως κ.ο.κ. Ἐὰν ὅθεν λ παριστᾶ τὴν φωτεινὴν περιοχὴν πρώτης τάξεως, θὰ εἶναι $\delta = \lambda$, ὅτε θὰ ἔχομεν :

$$\lambda = \frac{a}{d} x \quad (3)$$

Διὰ τὴν φωτεινὴν περιοχὴν τάξεως n , ἀντὶ x δέον νὰ τεθῇ x/n , δεδομένου ὅτι διὰ $k = n$ τὸ $\delta = n\lambda$.

Ἐπειδὴ δὲ $OA = x$, ἦτοι ἡ ἀπόστασις τῆς φωτεινῆς περιοχῆς πρώτης τάξεως ἀπὸ τῆς κεντρικῆς εἰς O εἶναι ἐπιδεκτικὴ μετρήσεως, ἐπίσης τὰ a καὶ d δύναται νὰ μετρηθοῦν, δυνάμεθα ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ μῆκος τοῦ φωτεινοῦ κύματος. Ἐξ ἄλλου, ἐὰν διὰ φ καλέσωμεν τὴν γωνίαν ὑπὸ τὴν ὁποίαν φαίνονται τὰ εἰδῶλα Φ_1 καὶ Φ_2 ἀπὸ τοῦ σημείου O , τότε θὰ εἶναι :

$$\Phi_1 N = NO \cdot \varepsilon\varphi \frac{\varphi}{2}$$

καὶ ἐπειδὴ ἡ γωνία φ εἶναι πολὺ μικρὰ, ὁ ἀνωτέρω τύπος δύναται νὰ γραφῇ :

$$\frac{a}{2} = d \frac{\varphi}{2} \quad \text{καὶ} \quad \frac{a}{d} = \varphi$$

ἔπομένως, ἡ σχέση (3) δύναται νὰ γραφῇ :

$$\lambda = x \cdot \varphi$$

Ἡ γωνία φ δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ τὴν βοήθειαν γωνιομέτρου τιθεμένου εἰς O .

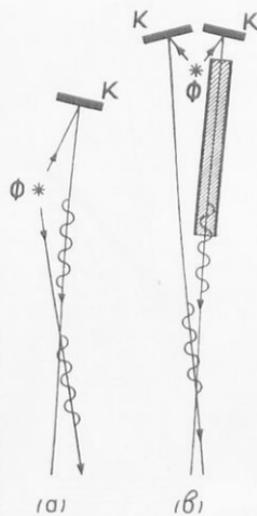
183. Πραγματοποιήσεις συμφώνων φωτεινῶν πηγῶν. Ὅπως ἐπιτύχομεν δύο συμφώνων φωτεινῶν συρμῶν κυμάτων, καταφεύγομεν εἰς τεχνητὰ μέσα. Οὕτω, εἰς τὴν Ἀκουστικὴν εἶδομεν (βλ. Τόμ. I § 291) ὅτι διὰ χρησιμοποίησεως ἑνὸς διαπασῶν ἐπιτυγχάνομεν τὴν ἀνάπτυξιν δύο συμφώνων κυμάτων ἐπιδεκτικῶν συμβολῆς. Κατ' ἀνάλογον τρόπον, εἰς τὴν ὀπτικὴν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχομεν τοῦτο χρησιμοποιοῦντες ὡς κέντρον φωτεινῶν, μίαν πηγὴν,

καί δια καταλλήλου διατάξεως νά ἐπιτύχωμεν τήν ἀνάπτυξιν δύο συμφώνων κυμάτων, τὰ ὅποια νά δεικνύουν φαινόμενα συμβολῆς.

Τοῦτο δεικνύομεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 236 διατάξεως, ὅπου οἱ δύο συρμοὶ οἱ προερχόμενοι ἐκ τοῦ αὐτοῦ κέντρου Φ, εἶναι σύμφωνοι καί δύνανται οὕτω νά παραγάγουν φαινόμενα συμβολῆς εἰς τина περιοχὴν τοῦ χώρου. Δὲν ἀρκεῖ ὁμως μόνον ὁ συγχρονησμός τῶν συρμῶν κυμάτων, πρέπει πρὸς τούτοις καί ἡ διαφορὰ πορείας αὐτῶν μέχρι τῆς περιοχῆς συμβολῆς νά μὴ ὑπερβαίη τὸ μήκος τοῦ συρμοῦ, διότι ἄλλως ὁ εἰς τῶν συρμῶν θὰ ἔζη διέλθει διὰ τῆς περιοχῆς τῆς συμβολῆς πρὶν ἢ ὁ ἄλλος φθάσῃ, καί ἐπομένως δὲν θὰ παρατηρηθοῦν φαινόμενα συμβολῆς (σχ. 236, α). Ἐάν ὁμως ἡ διαφορὰ πορείας εἶναι μικροτέρα τοῦ μήκους τῶν συρμῶν, τότε δύνανται νά παρατηρηθοῦν φαινόμενα συμβολῆς, τὰ ὅποια εἶναι τόσον ἐντονότερα, ὅσον ὀλιγότερον διαφέρουν οἱ δρόμοι τοὺς ὁποίους ἀκολουθοῦν οἱ δύο συρμοὶ μέχρι τῆς περιοχῆς τῆς συμβολῆς αὐτῶν. Ἡ ὀπτική διαφορὰ πορείας, ἢ ὁποία ἐνδιαφέρει ἰδίως τὰ φαινόμενα συμβολῆς, δὲν εἶναι πάντοτε ἰση πρὸς τὴν γεωμετρικὴν διαφορὰν τῶν δρόμων. Ἐάν τὸ μήκος κύματος εἰς τὸ κενὸν εἶναι λ , τότε τὸ μήκος κύματος λ_1 εἰς μέσον, ὅπου ὁ δεξιὴς διαθλάσεως ὡς πρὸς τὸ κενὸν εἶναι n_1 , θὰ παρέχεται ἀπὸ τὴν σχέσιν $\lambda_1 = \lambda/n_1$. Φαντασθώμεν ὅτι ὁ δρόμος ἀκτίνος ἢ συρμοῦ κυμάτων, ἐν τῷ κενῷ, ἀπὸ τῆς πηγῆς ἐκπομπῆς του εἶναι $r_1 = k_1 \lambda$ καί δι' ἕτερον συρμὸν ἐκ τοῦ αὐτοῦ κέντρου εἶναι: $r_2 = k_2 \lambda$. Ἐάν ὁ δευτέρος π.χ. συρμὸς (σχ. 236, β) διέρχεται διὰ μέσον δεξιτοῦ διαθλάσεως n_2 , θὰ εἶναι $\lambda_2 = \lambda/n_2$, καί ἐπομένως $r_2 = k_2 \lambda_2 = k_2 \lambda/n_2$, ἢ δὲ ὀπτική διαφορὰ πορείας θὰ εἶναι: $r_1 - r_2 = k_1 \lambda - k_2 \lambda/n_2$, ἢ ὁποία δὲν συμπλῆτει πρὸς τὴν γεωμετρικὴν διαφορὰν πορείας ἢ ὁποία εἶναι $(k_1 - k_2)$.

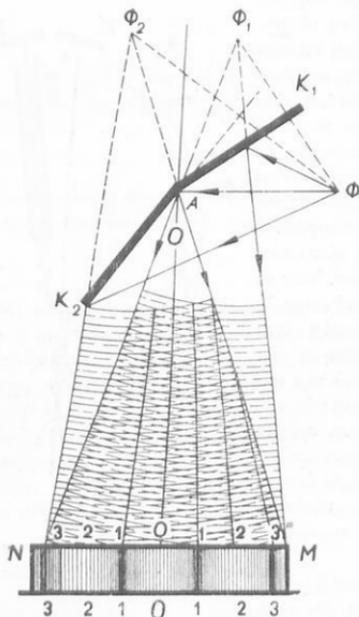
Ἡ πραγματοποιήσις ἐντελῶς συμφώνων ἀκτίνων ἢ κυμάτων, δυναμένων νά προκαλέσουν φαινόμενα συμβολῆς, δὲν εἶναι εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν φωτεινῶν κυμάτων τόσον εὐχερῆς, ὅσον αὕτη εἶναι εἰς τὴν Ἀκουστικὴν. Ἡ δυσχέρεια αὕτη προκύπτει διότι δὲν εἶναι δυνατόν νά ἐπιτύχωμεν δύο φωτεινὰς πηγάς, αἱ ὁποῖαι νά παρέχουν συμφώνους ἀκτίνες ἢ κύματα, ὥστε νά παρατηροῦνται φαινόμενα συμβολῆς. Πράγματι, φωτεινὴ πηγὴ, ὅσον μικρὰ καί ἂν εἶναι, περιλαμβάνει λίαν μεγάλον ἀριθμὸν κέντρων ἐκπομπῆς φωτός, τῶν ὁποίων οἱ κρυσταλλοὶ διαφέρουν τόσον ὡς πρὸς τὴν φάσιν ὅσον καί ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν, καί ἐπομένως δὲν ἀποτελοῦν σύμφωνα κέντρα. Ἐνεκα τοῦ λόγου τούτου, ἐκ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν, παράγεται ἀπειροσ ἀριθμὸς συρμῶν κυμάτων, οἱ ὁποῖοι συντρέχουν εἰς ἓν σημεῖον ὑπὸ ὅλας τὰς δυνατὰς τιμὰς φάσεως, οὕτω δὲ συντιθέμενοι προκαλοῦν εἰς τὴν θεωρουμένην περιοχὴν τοῦ χώρου ἓνα μέσον φωτισμόν. Τοῦτο ἄλλως τε παρατηρεῖται καί κατὰ τὸν φωτισμόν χώρων ὑπὸ πολλῶν φωτεινῶν πηγῶν, ὅτε δὲν παρατηροῦνται φαινόμενα συμβολῆς φωτός. Ὅπως ἐπιτύχωμεν δύο σύμφωνα φωτεινὰ κέντρα, ἐκ τῶν ὁποίων νά προκύπτουν φωτεινὰ ἀκτίνες ἰσχυρομέν δύο σύμφωνα φωτεινὰ κέντρα, ἐκ τῶν ὁποίων νά χρησιμοποιῶμεν εἰδικὰ πρὸς τοῦτο νά νά προκαλέσουν φαινόμενα συμβολῆς ἐν τῷ χώρῳ, χρησιμοποιῶμεν εἰδικὰ πρὸς τοῦτο διατάξεις.

184. Κάτοπτρα Fresnel. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω, προέκυψε ἡ διάταξις τῶν κατοπτρῶν Fresnel, τὴν ὁποίαν περιγράφομεν ἐν συντόμῳ, λόγῳ τῆς μεγάλης ἱστορικῆς σημασίας αὐτῆς, δεδομένου ὅτι αὕτη ἀποτελεῖ μίαν ἐκ τῶν πρώτων πειραματικῶν διατάξεων διὰ τῶν ὁποίων παρατηρήθησαν φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός.

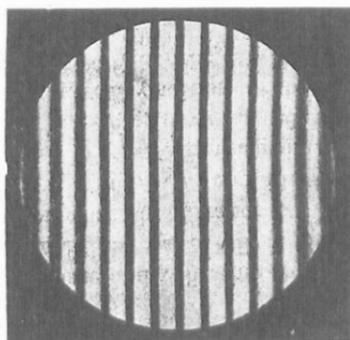


Σχ. 236. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς διαφορᾶς πορείας συρμῶν κυμάτων.

Ἡ διάταξις αὕτη εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 237, ὅπου K_1 καὶ K_2 παριστοῦν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα, σχηματίζοντα μεταξύ των γωνίαν, ἐλάχιστα διαφέρουσαν τῶν 180° , καὶ Φ φωτεινὴν πηγὴν. Τὰ κάτοπτρα παρέχουν τὰ δύο φανταστικὰ εἶδωλα Φ_1 καὶ Φ_2 τῆς φωτεινῆς πηγῆς Φ . Ἐκαστον φωτεινὸν κέντρον τῆς πηγῆς ἐκπέμπει ἓνα *συρμὸν* ἢ *ὀμάδα* κυμάτων, καὶ ἡ ὀποία, δι' ἀνακλάσεως αὐτῆς ἐπὶ τῶν κατόπτρων, διαχωρίζεται εἰς δύο διακριτοὺς ὀμάδας κυμάτων, τῶν ὁποίων τὰ κέντρα εὐρίσκονται εἰς Φ_1 καὶ Φ_2 . Ἐπειδὴ ὁμως αἱ δύο ὀμάδες ἔχουν ὡς πρωταρχικὸν κέντρον ἐκπομπῆς τὸ αὐτὸ σημεῖον τῆς φωτεινῆς πηγῆς Φ , αἱ δύο ὀμάδες δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς σύμφωνοι, καὶ ἐπομένως δύνανται νὰ προκαλέσουν φαινόμενα συμβολῆς.



Σχ. 237. Εἰς τὰ σημεῖα τομῆς δύο κύκλων, διὰ συνεχοῦς γραμμῆς ἢ δύο κύκλων δι' ἐστιγμένης γραμμῆς, λαμβάνει χώραν ἐνίσχυσις (διαφορὰ φάσεως 0°). Εἰς τὰ σημεῖα τομῆς ἐνὸς κύκλου συνεχοῦς γραμμῆς καὶ ἐνὸς δι' ἐστιγμένης, λαμβάνει χώραν ἐξασθένεισις (διαφορὰ φάσεως 180°).



Σχ. 238. Ὅψις τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου, εἰς διόπτραν παρατηρήσεως, τῶν ἐκ συμβολῆς χροσσῶν.

Ὅττω, τὰ εἶδωλα Φ_1 καὶ Φ_2 τῆς φωτεινῆς πηγῆς Φ , συμπεριφέρονται ὡς σύμφωνα κέντρα φωτεινῶν κυμάτων, ἐὰν δὲ εἷς τινὰ περιοχὴν τοῦ χώρου τοποθετήσωμεν διάφραγμα NM , τότε, ἐφ' ὅσον χρησιμοποιοῦμεν μονοχρωματικὸν φῶς, ἦτοι ἐνὸς μόνον μήκους κύματος, θὰ παρατηρήσωμεν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος ἐναλλὰξ φωτεινὰς καὶ σκοτεινὰς περιοχάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται *χροσσοὶ* (σχ. 238). Εἰς τὴν περίπτωσιν λευκοῦ φωτός, ἐπειδὴ τοῦτο περιέχει φῶς διαφόρων χρωμάτων, καὶ ἐπομένως διαφόρου μήκους κύματος, οἱ φωνεινοὶ χροσσοὶ ἐμφανίζονται ἔγχρωμοι, διότι ἡ ἀπόστασις δύο διαδοχικῶν χροσσῶν τοῦ αὐτοῦ χρώματος εἶναι ἀνάλογος τοῦ μήκους κύματος, ὡς τοῦτο δεικνύεται ἐκ τοῦ τύπου (3) τῆς § 182.

Ἡ κεντρικὴ περιοχὴ τοῦ διαφράγματος MN εἶναι πάντοτε φωτεινὴ, καὶ εἰς τὴν περιπτώσιν λευκοῦ φωτὸς εἶναι λευκὴ, διότι αἱ ἐκ τῶν κέντρων Φ_1 καὶ Φ_2 προερχόμεναι ἀκτίνες, καὶ συμβάλλουσαι εἰς O διανύουν ἀκριβῶς τὸν ἴδιον δρόμον, καὶ ἡ διαφορὰ πορείας ὡς καὶ ἡ ἐξ αὐτῆς προερχομένη διαφορὰ φάσεως εἶναι μηδέν. Ἐὰν ἀποφράξωμεν τὸ ἐν τῶν κατόπτρων, τὸ διάφραγμα φαίνεται ὁμοιομόρφως φωτιζόμενον.

Ἡ ρύθμισις τῆς διατάξεως πρὸς παρατήρησιν τοῦ φαινομένου εἶναι ἐξαιρετικῶς λεπτὴ καὶ δυσχερὴς, ὡς ἐκ τούτου δὲ ἡ ὅλη διάταξις προσαρμόζεται ἐπὶ καταλλήλου ὀπτικῆς τραπέζης. Ὡς φωτεινὴ πηγὴ Φ χρησιμοποιεῖται κατακόρυφος λεπτὴ σχισμὴ, ἡ ὁποία φωτίζεται καταλλήλως ὑπὸ ἐντόνου φωτὸς, προερχομένου συνήθως ἐκ βολταϊκοῦ τόξου μετὰ σχισμῆς, καὶ παρέχει οὕτω στενὴν δέσμην ἀκτίνων. Εἰς τὴν καταλλήλῳ ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς σχισμῆς, τοποθετοῦνται τὰ κάτοπτρα Fresnel, ἀποτελούμενα ἐκ δύο ἐπιπέδων κατόπτρων, τῶν ὁποίων ἡ ἀκμὴ τῆς διέδρου γωνίας διατίθεται ὥστε νὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμὴν. Τέλος, εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τῶν κατόπτρων τοποθετεῖται φακὸς παρατηρήσεως ἐν τῷ ὀπτικῷ πεδίῳ, τοῦ ὁποίου παρατηροῦνται οἱ κροσσοί. Διὰ τὴν ἐπιτυχιάν μονοχροοῦ περιῖπου φωτὸς, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰς διατάξεις, ἀπλουστέρα τῶν ὁποίων εἶναι ἡ παρεμβολή, μετὰξὺ τόξου καὶ σχισμῆς, καταλλήλων ἐγχερόμων ὑάλων. Ἡ μέτρησις τῆς ἀποστάσεως τῶν φωτεινῶν κροσσῶν γίνεται τῇ βοηθειᾷ εἰδικοῦ μικρομέτρου, συνδυασμένου πρὸς τὸν φακὸν παρατηρήσεως. Ἡ γωνία φ μετρεῖται τῇ βοηθειᾷ γωνιομέτρου.



AUGUSTIN FRESNEL (1788 - 1827)
Γάλλος Φυσικός, ἐκ τῶν κυριωτέρων θεμελιωτῶν τῆς θεωρίας τῶν κυματισμῶν. Ἀπέδειξε διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ πλείστα τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Εἰς τὴν περιπτώσιν τῆς διατάξεως κατόπτρων Fresnel μὲ μονοχρωματικὸν κίτρινον φῶς, ἡ ἀπόστασις $\Phi_1\Phi_2 = a$ εἶναι 2 mm, ἡ δὲ ἀπόστασις δέκα διαδοχικῶν φωτεινῶν κροσσῶν ἀπὸ τοῦ O, ἐπὶ διαφράγματος εὐρισκομένου εἰς ἀπόστασιν 100 cm ἀπὸ τῶν σχισμῶν, εὐρέθη ἴση πρὸς 2,946 mm. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μῆκος τοῦ κύματος. Ἐκ τῆς σχέσεως: $\lambda = \frac{a}{d} x$, ἐὰν τεθῇ $x = 2,946$ mm, $a = 2$ mm καὶ $d = 1000$ mm, εὐρίσκομεν:

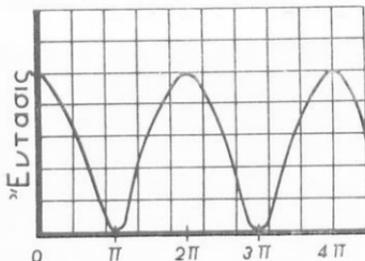
$$\lambda = \frac{2 \cdot 2,946}{10 \cdot 1000} = 0,0005892 \text{ mm ἢ } 5892 \text{ \AA}$$

Ἡ ἀπόστασις a τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν Φ_1 καὶ Φ_2 καθορίζεται μετὰ τὴν βοήθειαν γωνιομέτρου τοποθετουμένου εἰς O, καὶ διὰ τοῦ ὁποίου μετρεῖται ἡ γωνία $\Phi_1O\Phi_2$ (σχ. 235). Οὕτω, εἰς τὴν ἀνωτέρω διάταξιν εἶναι $\varphi = 0,002$ rad, ἐπομένως ἂν τεθῇ $a/d = 0,002$, καὶ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $d = 1000$, προκύπτει $a = 2$ mm.

185. 'Αναλυτική έκφρασις τῆς ἐντάσεως τῆς συνισταμένης διαταράξεως. 'Εάν δεχθῶμεν ὅτι αἱ δύο διαταράξεις, αἱ προερχόμεναι ἐκ τῶν φωτεινῶν πηγῶν, εἶναι ἄρμονικαί, τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ τῆς αὐτῆς περιόδου, συμβάλλουν δὲ ὑπὸ διαφορὰν φάσεως φ , τότε τὸ πλάτος τῆς συνισταμένης διαταράξεως (βλ. Τόμον I σελ. 257) θὰ εἶναι :

$$A^2 = 2a^2(1 + \sin \varphi)$$

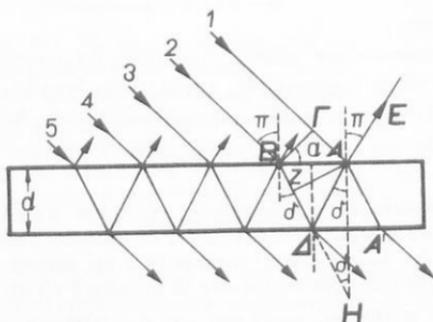
ὅπου A τὸ πλάτος τῶν διαταράξεων εἰς τὸ σημῖον συμβολῆς τῶν προερχομένων ἐκ τῶν συμφώνων φωτεινῶν πηγῶν. 'Εφ' ὅσον δὲ $\varphi = 2k\pi$, ὅπου $k = 0, 1, 2, 3$ κ.τ.λ. $A = 2a$, εἰάν δὲ $\varphi = (2k + 1)\pi$, $A = 0$. 'Επειδὴ δὲ ἡ ἔντασις τῆς συνισταμένης διαταράξεως εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τοῦ πλάτους A , ἦτοι τῆς ἐκφράσεως $2a^2(1 + \sin \varphi)$, διδόντες εἰς τὸ φ διαφορὰς τιμὰς, δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν τὸ διάγραμμα τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τῆς συνισταμένης διαταράξεως, ὡς δεῖκνύεται εἰς τὸ σχῆμα 239, ἐκ τοῦ ὁποῦ καταφαίνεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν συμβολῆς μὲ δύο μόνον δέσμας, τὰ μέγιστα δὲν περιορίζονται εἰς στενάς ταινίας. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν μέγιστα, τὰ ὁποῖα νὰ ἀντιστοιχοῦν εἰς λίαν στενάς ταινίας, ὅτε ἡ σχε-



Σχ. 239. 'Επειδὴ ἡ καμπύλη δὲν παρουσιάζει ὀξείας κορυφὰς καὶ ἐπομένως ἀποτόμους μεταβολὰς τῆς ἐντάσεως, ἔπεται ὅτι τὸ εὐρος τῆς ταινίας, εἰς τὴν ὁποῖαν ἀντιστοιχεῖ μέγιστον φωτεινῆς ἐντάσεως, εἶναι σημαντικόν.

τική παραστατική καμπύλη τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως θὰ παρουσιάσῃ λίαν ὀξείας περιοχὰς, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν πολλὰς δέσμας, τὰς ὁποίας νὰ φέρωμεν εἰς συμβολὴν (βλ. φράγμα).

186. Φαινόμενα συμβολῆς εἰς ἐπιπεδοπαράλληλον πλάκα. Θεωρήσωμεν πλάκα διαφανῆ μὲ παραλλήλους ἕδρας (σχ. 240), ἔστω δὲ n ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς οὐσίας αὐτῆς. 'Ἡ πλοῦξ δεχόμεθα ὅτι περιβάλλεται ὑπὸ ἀέρος καὶ ὅτι ἐπ' αὐτῆς προσπίπτει δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, τῆς ὁποίας αἱ ἀκτίνες 1, 2, 3 κ.τ.λ. ὑφίστανται ἀνακλάσεις καὶ διαθλάσεις, ὡς δεῖκνύεται εἰς τὸ σχ. 240.



Σχ. 240. Διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου συμβολῆς εἰς ἐπιπεδοπαράλληλον πλάκα.

μὴ λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν τὰς ἀκτίνας ταύτας καὶ νὰ περιορισθῶμεν, διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου, εἰς τὰς ἀκτίνας (1) καὶ (2). Εἶναι φανερόν ὅτι, ἀνάλογως τῆς διαφορὰς πορείας ὑπὸ τὴν ὁποῖαν συμβάλλουν αἱ δύο ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τῶν ἀκτίνων (1)

και (2) εις Α, θά ἔχωμεν ἐνίσχυσιν ἢ ἐξασθένεισιν τοῦ φωτός εις τὴν ἐξερχομένην ἀκτίνα Ε.

Ὅπως ὑπολογίσωμεν τὴν διαφορὰν πορείας τῶν ἀκτίνων (1) καὶ (2), παρατηροῦμεν ὅτι αἱ ἀκτίνες αὗται ἐν τῇ ἐπιπέδῳ ΒΓ, τὸ ὁποῖον παριστᾷ τὸ μέτωπον κύματος αὐτῶν, εὐρί-
αἱ ἀκτίνες αὗται ἐν τῇ ἐπιπέδῳ ΒΓ, τὸ ὁποῖον παριστᾷ τὸ μέτωπον κύματος αὐτῶν, εὐρί-
αἱ ἀκτίνες αὗται ἐν τῇ ἐπιπέδῳ ΒΓ, τὸ ὁποῖον παριστᾷ τὸ μέτωπον κύματος αὐτῶν, εὐρί-
αἱ ἀκτίνες αὗται ἐν τῇ ἐπιπέδῳ ΒΓ, τὸ ὁποῖον παριστᾷ τὸ μέτωπον κύματος αὐτῶν, εὐρί-
αἱ ἀκτίνες αὗται ἐν τῇ ἐπιπέδῳ ΒΓ, τὸ ὁποῖον παριστᾷ τὸ μέτωπον κύματος αὐτῶν, εὐρί-

$$\Delta = \delta_2 - \delta_1 = (B\Delta + \Delta\Lambda) n - \Gamma\Lambda + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Ὁ τύπος οὗτος δύναται νὰ τροποποιηθῇ ὡς ἀκολούθως: Ἐκ τοῦ Α φέρομεν τὴν κά-
θετον ἐπὶ τὴν ἀκτίνα ΒΔ, τὴν ΑΖ, ἣ ὁποία παριστᾷ τὸ νέον ἐκ διαθλάσεως μέτωπον κύ-
ματος, ὅτε εἶναι $B\Delta = BZ + Z\Delta$. Ἐπειδὴ ὁμοίως, καθ' ὃν χρόνον τὸ κύμα διαδίδεται ἀπὸ τοῦ
Β εἰς τὸ Ζ ἐντὸς τῆς ὑάλου, κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον τὸ κύμα διαδίδεται ἐκ Γ εἰς Α, θά
εἶναι $\Gamma\Lambda = n \cdot BZ$, καὶ ἐπομένως ἡ διαφορὰ πορείας δύναται νὰ γραφῆ:

$$\Delta = (Z\Delta + \Delta\Lambda) n + \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

Ἐάν ὁμοίως προεκτείνωμεν τὴν ΒΔ, αὕτη συναντᾷ τὴν κάθετον ἐπὶ τῆς πλάκῃς εἰς Α,
εἰς τὸ σημεῖον Η, τὸ δὲ τρίγωνον ΑΗΔ εἶναι ἰσοσκελές, ἐπομένως $\Delta\Lambda = \Delta\text{H}$, καὶ
 $Z\Delta + \Delta\Lambda = Z\Delta + \Delta\text{H} = Z\text{H}$. Ἐξ ἄλλου, ἐκ τοῦ τριγώνου ΑΖΗ, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι
 $\text{A}\text{H} = 2d$, εὐρίσκομεν $Z\text{H} = 2d \sin \delta$, ὅτε ὁ τύπος (2) γράφεται:

$$\Delta = 2nd \sin \delta + \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Ἐκ τῆς θεωρίας τοῦ φαινομένου τῆς συμβολῆς γνωρίζομεν ὅτι θά ἔχωμεν ἐνίσχυσιν
ὅταν:

$$k\lambda = 2nd \sin \delta + \frac{\lambda}{2} \quad (4)$$

καὶ ἐξασθένεισιν ὅταν:

$$(2k + 1) \frac{\lambda}{2} = 2nd \sin \delta + \frac{\lambda}{2} \quad \text{ἢ} \quad k\lambda = 2dn \sin \delta \quad (5)$$

ὅπου k οἰοσδήποτε ἀκέραιος ἀριθμὸς. Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ δια-
θλάμενον φῶς. Ὄψω, ἐάν περιορισθῶμεν εἰς τὰς ἀκτίνας (1) καὶ (2), αἱ ὁποῖαι, λόγῳ τῆς
μεγαλυτέρας ἐνεργείας τῶν συμβαλόντων μερῶν αὐτῶν, καθορίζουν τὸ παρατηρούμενον φαι-
νόμενον, συναγομὲν τὰ ἀκόλουθα. Ἡ διαφορὰ πορείας τῶν συμβαλόντων μερῶν τῶν ἀκτί-
νων (1) καὶ (2) εἰς τὸ σημεῖον Α' εἶναι:

$$\Delta = n(B\Delta + \Delta\Lambda + \text{A}\text{A}') - \Gamma\Lambda + n\text{A}\text{A}' \quad \text{ἢ} \quad \Delta = (B\Delta + \Delta\Lambda) n - \Gamma\Lambda$$

Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν δὲν προκύπτει ἀλματική μεταβολὴ τῆς φάσεως, διότι

δεν λαμβάνει χώραν ανάκλασις, ἐπὶ ὀπτικῶς πυκνότερου μέσου. Οὕτω πάλιν εὐρίσκομεν ὅτι ἡ διαφορὰ πορείας εἶναι :

$$\Delta = 2dn \sin \delta$$

Θὰ ἔχομεν δὲ ἐνίσχυσιν διὰ :

$$kl = 2dn \sin \delta$$

καὶ ἐξασθένεισιν διὰ :

$$(2k+1) \frac{\lambda}{2} = 2dn \sin \delta$$

ὅπου $k = 0, 1, 2, \dots$ Αἱ συνθήκαι δὲ αὗται εἶναι ἐντελῶς ἀντίστροφαι ἀπὸ τὰς συνθήκαι τὰς ὁποίας ἔχομεν εὐρεῖ διὰ τὸ ἀνακλόμενον φῶς. Δηλαδή εἰς τὰς θέσεις ὅπου παρατηρεῖται εἰς ἀνακλόμενον φῶς ἐνίσχυσις, εἰς διερχόμενον φῶς ὑφίσταται ἐξασθένεισις. Τοῦτο ἄλλως τε εἶναι ἄμεσος συνέπεια τοῦ ἀξιώματος τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

Παρατήρησις. Ὁ τύπος $\Delta = 2dn \sin \delta$, ἐάν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $\frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} = n$ καὶ $\sin \delta = \sqrt{1 - \eta \mu^2 \delta}$, δύναται νὰ γραφῆ :

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \eta \mu^2 \pi}$$

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ἐξηγῶνται τὰ χρώματα τὰ παρατηρούμενα ἐπὶ λεπτῶν στρωμάτων ἐλαίου ἢ ἐπὶ φουσαλίδων σάπωνος, ὅταν φωτίζονται διὰ λευκοῦ φωτός.

Πράγματι, τὸ ἐμφανιζόμενον χρῶμα φωτός ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἐκάστοτε ἐξασθενιζομένου χρώματος, λόγῳ συμβολῆς, ἢ ἐξασθένεισις δὲ αὕτη, ὡς δεικνύει ὁ τύπος (5), μεταβάλλεται μετὰ τοῦ πάχους τοῦ στρώματος καὶ τῆς γωνίας προσπτώσεως, ἢ ὁποία πάλιν καθορίζει τὴν γωνίαν διαθλάσεως δ . Οὕτω, ὅταν παρατηροῦμεν διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ, βλέπομεν τὰς διαφόρους περιοχὰς ὑπὸ διάφορον γωνίαν προσπτώσεως, καὶ τὸ μῆκος κύματος τὸ ὁποῖον δὲν ὑφίσταται εἰς τὸ παρατηρούμενον φῶς, ἐνεκα συμβολῆς, μεταβάλλεται μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως, οὕτω δὲ τὸ φῶς τὸ ὁποῖον βλέπομεν θὰ ἔχη εἰς ἐκάστην περιοχὴν τὸ χρῶμα, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ τῆς μίξεως τῶν ἀπομεινόντων χρωμάτων ἐκ τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ χρώματα ἐμφανίζονται τὸσον ζωηρότερα, ὅσον τὸ πάχος τοῦ στρώματος καθίσταται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μικρότερον, εἰς τρόπον ὅστε ὁ k νὰ εἶναι μικρὸς ἀριθμὸς. Τοιαῦτα π.χ. χρώματα παρατηροῦνται ἐπὶ τῶν ὁδοστρωμάτων, εἰς περιοχὰς ἰδίῳ ὅπου σταθμεύουν αὐτοκίνητα. Πράγματι, ἐνεκα τῆς διαρροῆς ἀπὸ τῶν αὐτοκινήτων ὀρυκτελαίου, σχηματίζεται ἐπὶ τῆς ἀσφάλτου λεπτότατον στρῶμα ἐλαίου, εἰς τρόπον ὅστε νὰ δύναται νὰ παρατηρηθῆ τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον συμβολῆς.

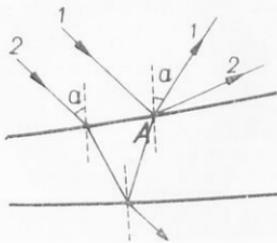
Εἰς περίπτωσιν μεμβρανῶν ἐκ σάπωνος, τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μεμβράνη ἢ ἡ φουσαλίς τείνει νὰ διαρραγῆ, τότε αὕτη ἀναλαμβάνει εἰς τὸ διερχόμενον φῶς τὸ ἀρχικόν τῆς χρώμα, διότι ὅταν ἡ παράστασις $2dn \sin \delta$ κατασταθῆ μικρότερα ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος, δὲν εἶναι δυνατόν νὰ παραχθῆ φαινόμενον συμβολῆς, ἀκόμη καὶ τῆς πρώτης τάξεως, ἐξαιρέσει μόνον τῆς ἀντιστροφῆς φάσεως κατὰ τὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ἄνω ἐπιφανείας, ἢ ὁποία ὁμως λαμβάνει χώραν ἐξ ἴσου δι' ὅλα τὰ χρώματα καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς γωνίας προσπτώσεως, ὡς ἐκ τούτου δὲ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν ἢ φουσαλίς, εἰς ἀνακλόμενον φῶς, φαίνεται σκοτεινὴ.

Πρὶν ἢ ὁμως πραγματοποιηθῆ ἡ ἀνωτέρω συνθήκη, τὸ τελευταῖον χρῶμα τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται εἶναι τὸ ροδόχρουν, παραγόμενον ἐκ τῆς ἐξαφανίσεως τοῦ ἰώδους. Τὸ χρῶμα τοῦτο δεικνύει πρώτης τάξεως συμβολῆν διὰ τὸ ἐλάχιστον πάχος, διότι τὸ μῆκος κύματος μεταβάλλεται μετὰ τοῦ πάχους d , γνωρίζομεν δὲ ὅτι εἰς τὸ ἰῶδες ἀντιστοιχεῖ τὸ μικρότερον μῆκος κύματος.

Εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ στρῶμα ἔχει μεγαλύτερον πάχος ἀπὸ δύο ἢ τρία μῆκη κύματος, δὲν παρατηροῦνται χρώματα, διότι τότε αἱ συνθήκαι συμβολῆς δύναται

νά πραγματοποιούνται ταυτοχρόνως διά πολλά μήκη κύματος, και τὸ ἀποτέλεσμα τῆς μίξεως τῶν χρωμάτων, τὰ ὁποῖα προκύπτουν ἐκ τῆς ἐξασθενίσεως πολλῶν χρωμάτων τῆς ἀνακλωμένης δέσμης, ἀντιστοιχοῦντων εἰς πολλὰ μήκη κύματος, προκαλεῖ τὴν ἐντύπωσιν λευκοῦ φωτός.

187*. Συμβολὴ διὰ σφηνοειδῶν στρωμάτων.
Θεωρήσωμεν ὅτι ἐπὶ σφηνοειδοῦς στρώματος διαφανοῦς οὐσίας, περιβαλλομένης ὑπὸ ἀέρος, προσπίπτει δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων (σχ. 243). Ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων ἐξηγεῖται εὐκόλως ἐκ τοῦ σχήματος, βλέπομεν δὲ ὅτι εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ στρώματος τούτου, ἐφ' ὅσον θεωροῦμεν ἀκτίναν αἰτίνας ἔχουν ὑποστῆ μίαν μόνον ἀνάκλασιν, συμβάλλουν τὰ μέρη τῶν δύο ἀκτίνων (1) καὶ (2) τῆς προσπιπτούσης δέσμης, καὶ ἀναλόγως τῆς διαφορᾶς φάσεως αὐτῶν, εἴτε ἐνισχύονται εἴτε ἐξασθενίζονται.

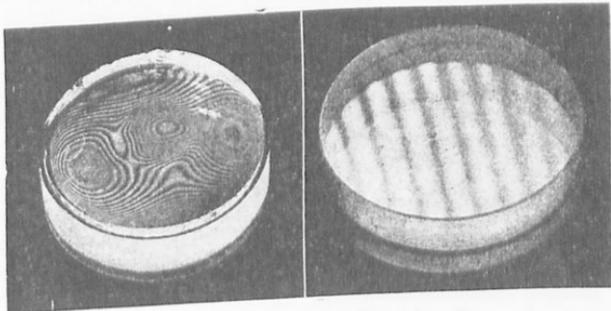


Σχ. 243. Συμβολὴ διὰ σφηνοειδοῦς στρώματος.

οἷτινες ἀφίστανται τόσο περισσότερο ἀπ' ἀλλήλων, ὅσον μικρότερα εἶναι ἡ γωνία τοῦ σφηνοειδοῦς στρώματος.

Ἐπειδὴ δὲ ἕκαστος χροσσοῦ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ πάχος τοῦ σφηνοειδοῦς στρώματος, τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸ σημεῖον καθ' ὃ οὗτος σχηματίζεται, διὰ τοῦτο καὶ τὸ φαινόμενον χαρακτηρίζεται διὰ τοῦ ὄρου *συμβολαὶ ἴσων πάχους*.

188. Δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος. Ἐφαρμογὴν τοῦ φαινομένου τῆς συμβολῆς τοῦ φωτός ἀποτελοῦν οἱ δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος. Τὸ φαινόμενον τῶν δακτυλίων τοῦ Νεύτωνος παράγεται, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ στρώματος ἀέρος, περιεχομένου μεταξὺ ἐπιπέδου πλακοῦ καὶ ἐπιπεδοκέρτου φακοῦ μεγάλης ἀκτίνος καμπυλότητος, διατεταγμένον ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 244.

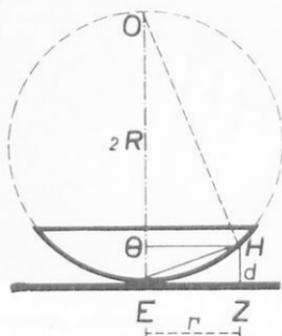


Σχ. 241. Φαινόμενα συμβολῆς παρατηρούμενα διὰ ἐπιπεδο-παραλλήλου πλακοῦ διαχωριζομένης ὑπὸ λεπτοῦ στρώματος ἀέρος.

Σχ. 242. Παράλληλοι χροσσοὶ προέρχονται ἀπὸ ὀπτικῶς ἐπιπεδοπαραλλήλου πλάκας. Οἱ ἀκανόνιστοι χροσσοὶ δεικνύουν ὅτι αἱ πλάκες δὲν εἶναι παράλληλοι.

Ἐπειδὴ ὁμως αἱ συμβάλλουσαι ἀκτίνες εἰς Α, λόγῳ τῆς μὴ παραλληλίας τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ στρώματος, δὲν ἐξέρχονται ὡς παράλληλοι ἀκτίνες, ἀλλ' ὡς ἀποκλινούσαι, ὁ τόπος τῆς συμβολῆς αὐτῶν εἶναι τὸ σημεῖον Α τῆς ἀνω ἐπιφανείας τοῦ στρώματος. Ἐάν ἡ γωνία τοῦ σφηνοειδοῦς στρώματος εἶναι μικρά, αἱ συνθήκαι συμβολῆς εἰς Α εἶναι αἱ αὐταί, ὡς ἐάν ἐπρόκειτο περὶ ἐπιπέδου πλακοῦ μὲ παραλλήλους ἑδρας. Ἐξ ἄλλου δέ, ἐπειδὴ τὸ πάχος τοῦ στρώματος μεταβάλλεται ἀπὸ θέσεως εἰς θέσιν, δεικνύεται ὅτι καὶ ἡ διαφορὰ πορείας τῶν συμβαλλουσῶν ἀκτίνων, ὡς ἐξαχτομένη ἐκ τοῦ πάχους, μεταβάλλεται ἀπὸ θέσεως εἰς θέσιν. Ἐάν δὲ χρησιμοποιοῦμεν μονοχρωματικὸν φῶς, παρατηροῦμεν ὀχρηματιζόμενον σύστημα χροσσοῶν, φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν, ὅσον μικρότερα εἶναι ἡ γωνία τοῦ

Ἐάν φωτίσωμεν διὰ μονοχρωματικοῦ φωτός τὸ σύστημα ἄνωθεν, εἰς τρόπον ὅστε αἱ ἀκτίνες νὰ προσπίπτουν καθέτως, παρατηροῦμεν σχηματιζομένους ἐναλλάξ



Σχ. 244. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν δακτυλίων τοῦ Νεύτωνος.

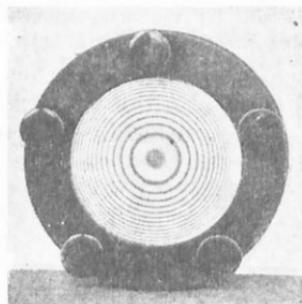
λυτέρου μήκους κύματος πρὸς τὰ ἔξω. Οἱ δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος ἀποτελοῦν συμβολὰς ἴσου πάχους, δύνανται δὲ νὰ χρησιμοποιῶσιν πρὸς μέτρησιν τοῦ μήκους κύματος, ἡ μέθοδος ὅμως αὕτη ἔχει ἐγκαταλειφθῆ σήμερον. Διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν δακτυλίων τοῦ Νεύτωνος καὶ τὴν μέτρησιν τοῦ μήκους κύματος χρησιμοποιεῖ ἡ εἰς τὸ σχῆμα 246 διάταξις, ὅπου Λ παριστᾷ πηγὴν φωτός μονοχρωματικῆν, Φ₁ φακόν, Υ ὑαλίνην πλάκα, Φ καὶ Π τὸ σύστημα πλακῶς καὶ φακοῦ διὰ τὴν πραγματοποίησιν σφηνοειδοῦς στρώματος ἀέρος, καὶ Δ διόπτραν παρατηρήσεως τῶν δακτυλίων τοῦ Νεύτωνος.

189. Συμβολαὶ μεταξὺ δύο παραλλήλων πλακῶν.

Ἐστώσαν δύο παράλληλοι πλάκες, ἀποτελούμεναι ἐκ τῆς αὐτῆς ὕλης καὶ εὐρισκόμεναι εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων. Τοιαύτας πλάκας κατασκευάζομεν ἐάν ὑαλίνην πλάκα μετὰ παραλλήλους ἔδρας σχίσωμεν εἰς δύο ἰσοπαχεῖς τοιαύτας καὶ τοποθετήσωμεν αὐτάς εἰς μικρὰν ἀπόστασιν, ὅστε νὰ εἶναι παράλληλοι (σχ. 247).

Ἐστω ἤδη ὅτι φωτεινὴ ἀκτίς, προσερχομένη ἐκ μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς Φ, προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἄνω πλακῶς Π₁, ὅτε αὕτη ἐπὶ ἐκάστης ὁριζῆς ἐπιφανείας θὰ σχάζεται εἰς ἀνακλώμενον καὶ διαθλώμενον μέρος, ἀλλ' ἐπειδὴ ἡ ἐπίδρασις τῆς διαθλάσεως εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δὲν ἔχει σημασίαν εἰς τὸ φαινόμενον τὸ ὅποιον θὰ ἐξετάσωμεν, δὲν ὑποδηλοῦται αὕτη εἰς τὸ σχῆμα.

Πρὸς περαιτέρω σπουδὴν τοῦ φαινομένου, θὰ ἐξετάσωμεν τὰς ἀκτίνας 1, 2, 3, 4, τῶν ὁποίων ἡ προέλευσις συνάγεται ἐκ τῆς παρακολουθήσεως τοῦ σχήματος. Ἡ ἀκτίς 1 ὑφίσταται δύο ἀνακλάσεις, μίαν εἰς Α καὶ ἑτέραν εἰς Β, ἡ ἀκτίς 2 ὑφίσταται ἀνακλάσεις εἰς Α καὶ Γ, ἡ ἀκτίς 3 εἰς Δ καὶ Ε καὶ τέλος ἡ 4 εἰς Δ καὶ Ζ. Ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ὑπὸ μικρὰν γωνίαν προσπίπτωσας, αἱ ἀκτίνες 1 καὶ 4 εὐρίσκονται εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπ' ἄλ-

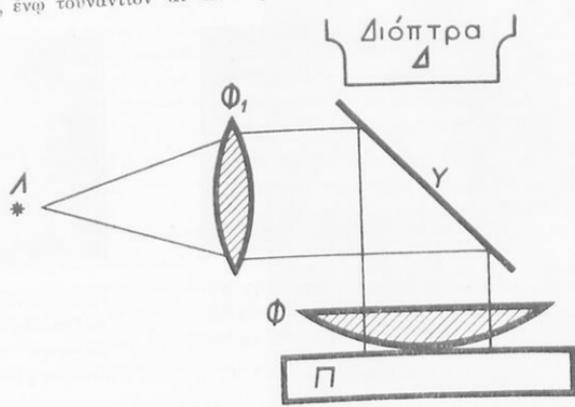


Σχ. 245. Συσκευή παρέχουσα τοὺς δακτυλίους τοῦ Νεύτωνος.

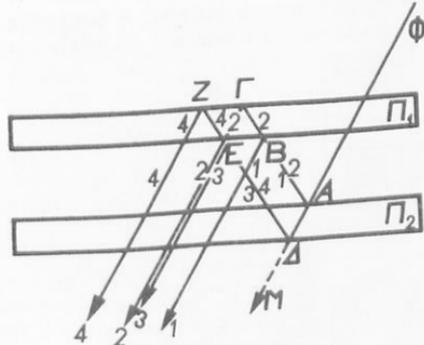
λήλων και παρατηρούμενα δι' ὀφθαλμοῦ προσηρμοσμένου εἰς ἀπειρον ἀπόστασιν, συγκεντρῶνται μετὰ τῶν ἄλλων ἀκτίνων ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Αἱ ἀκτίνες ὁμῶς 2 καὶ 3 συμπίπτουν τελείως πρὸς ἀλλήλας καί, ὡς ἐκ τοῦ σχήματος δεκνύεται, δὲν παρουσιάζουν διαφορὰν πορείας μεταξύ των, ἐνῶ τοῦναντίον αἱ ἀκτίνες 1 καὶ 4 παρουσιάζουν μεγάλην διαφορὰν πορείας ὡς πρὸς αὐτάς. Ἐὰν ὁμῶς αἱ πλάκες παρουσιάζουν ἐλαφρὰν κλίσιν μεταξύ των, τότε ὡς δεκνύεται ἐκ τοῦ σχήματος 248, αἱ ἀκτίνες 2 καὶ 3 δὲν συμπίπτουν. Ἐπειδὴ δὲ αἱ ἀκτίνες αὗται, ὡς προερχόμεναι ἐκ τῆς αὐτῆς πηγῆς, εἶναι σύμφωνοι, ἔπεται ὅτι θὰ δεκνύονιν φαινόμενα συμβολῆς. Ἐὰν δὲ παρατηρήσωμεν τὰς ἀκτίνες 2 καὶ 3 διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ προσηρμοσμένου εἰς ἀπειρον, τότε αὗται συγκεντρῶνται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, οὕτω ἰδὲ

διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ πρέπει νὰ βλέπωμεν χροσσοὺς ἐκ συμβολῆς ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν κατ'ὄψιν Fresnel. Ἐὰν ἀντὶ μιᾶς σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς θεωρήσωμεν περισσοτέρας τοιαύτας διατεταγμένας καθέτως εἰς Φ (π.χ. σχισμὴ), πάλιν αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς αὐτάς ἀκτίνες 2 καὶ 3 θὰ παράγουν ἀντιστοίχους χροσσοὺς. Εἰς τὸ σχῆμα 249 δεκνύονται τοιοῦτοι χροσσοὶ ἐκ συμβολῆς, παρατηρούμενοι διὰ μονοχρωματικοῦ φωτός, οἱ ὁποῖοι εἶναι εὐθύγραμμοι. Ἐφ' ὅσον ὁμοῦ παρουσιάζεται ἐν τῇ διατάξει ἀνομοιομορφία, ἧτοι τὸ σφηνοειδὲς στρώμα δὲν εἶναι ὁμαλόν, οἱ χροσσοὶ δὲν ἀναφαίνονται εὐθύγραμμοι, ἀλλὰ δεκνύονιν διαστροφὴν, ὡς δεκνύεται εἰς τὸ σχῆμα 250.

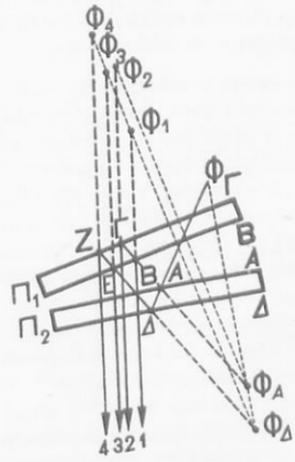
Ἡ διατάξις αὕτη ἐπιτρέπει ἐκ τῆς μορφῆς των



Σχ. 246. Διατάξις παρατηρήσεως τῶν δακτυλίων τοῦ Νεύτωνος.



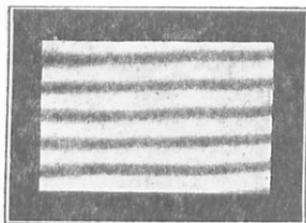
Σχ. 247. Συμβολὴ μεταξύ δύο παραλλήλων πλακῶν.



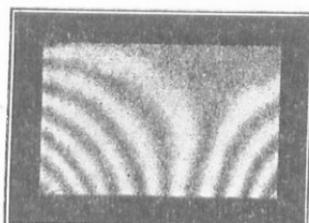
Σχ. 248. Συμβολὴ μεταξύ δύο πλακῶν σχηματιζουσῶν μικρὰν γωνίαν.

παρατηρουμένων χροσσοῶν συμβολῆς νὰ ἐλέγχωμεν ἐὰν ὑἄλιναι πλάκες, μεταξύ των ὁποῖων ἀπομονοῦμεν σφηνοειδὲς στρώμα ἀέρος, εἶναι τελείως παράλληλοι.

190. Συμβολόμετρον τοῦ Michelson. Διὰ τοῦ ὄρου *συμβολόμετρον* νοοῦμεν συσκευήν, ἢ ὅποια ὑπὸ μικρὰς διαστάσεως ἐπιτρέπει μετρήσεις διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως μεθόδων συμβολῆς ὑπὸ διαφορὰν πορείας τῶν συμβαλλουσῶν ἀκτίνων ἀνερχομένην εἰς ση-

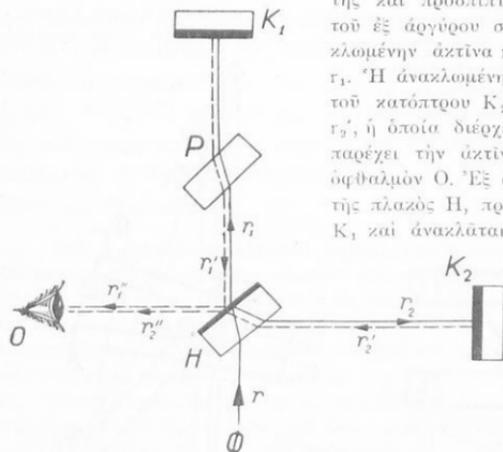


Σχ. 249. Κροσσοὶ συμβολῆς παρατηρούμενοι εἰς σφηνοειδῆ στρώμα. Ἀντιστοιχεῖ εἰς ὁμοίωμορφον σφηνοειδῆ στρώμα.



Σχ. 250. Κροσσοὶ συμβολῆς παρατηρούμενοι εἰς σφηνοειδῆ στρώμα. Ἀντιστοιχεῖ εἰς ἀνομοίωμορφον σφηνοειδῆ στρώμα.

μαντικὸν ἀριθμὸν μηζῶν κύματος. Λιαν διαδεδομένον εἶναι τὸ συμβολόμετρον τοῦ Michelson τὸ ὅποιον ἀπεικονίζεται εἰς τὸ σχ. 251. Τὸ κύριον μέρος τῆς συσκευῆς αὐτῆς εἶναι ἡ ὑαλίνη πλάξ με παραλλήλους ἑδρας H , τῆς ὁποίας ἡ μία ἐπιφάνεια εἶναι ἡμιεπαγωγομένη, ἐκλεγομένη τοῦ πάχους τοῦ στρώματος ἀργύρου κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἐκ τοῦ προσπίπτοντος ἐπ' αὐτοῦ φωτός, τὸ ἕμισον νὰ ἀνακλάται καὶ τὸ ἕτερον ἕμισον νὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ. Ἡ φωτεινὴ πηγὴ εὐρίσκεται εἰς Φ , ὅτε φωτεινὴ ἀκτὶς r , προσερχομένη ἐξ αὐ-



Σχ. 251. Στοιχειώδης διάταξις τοῦ συμβολομέτρου Michelson.

τῆς καὶ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς πλακῆς, διχάζεται ἐπὶ τοῦ ἑξ ἀργύρου στρώματος εἰς δύο μέρη, εἰς τὴν ἀνακλωμένην ἀκτὶνὰ r_2 καὶ εἰς τὴν διερχομένην δι' αὐτοῦ r_1 . Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς r_2 , προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_2 , ἀνακλάται καὶ παρέχει τὴν ἀκτὶνὰ r_2'' , ἢ ὅποια διέρχεται ἐν μέρει διὰ τῆς πλακῆς H καὶ παρέχει τὴν ἀκτὶνὰ r_2'' , καὶ ἡ ὅποια εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν O . Ἐξ ἄλλου, ἡ ἀκτὶς r_1 , ἢ διερχομένη διὰ τῆς πλακῆς H , προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_1 καὶ ἀνακλάται κατὰ τὴν r_1' , προσπίπτουσα δὲ ἐπὶ τῆς ἐπαγωγομένης ἑδρας τῆς πλακῆς H , ἀνακλάται ἐπ' αὐτῆς ἐν μέρει καὶ παρέχει τὴν ἀκτὶνὰ r_1'' , ἢ ὅποια ἐπίσης εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν O . Οὗτω παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς r , ἢ προσερχομένη ἐκ τῆς πηγῆς Φ , ὑποδιαιρεῖται εἰς δύο ἄλλας ἀκτίνες r_1'' , r_2'' αἱ ὁποῖαι, ἀφοῦ διανύσουν διαφόρους δρόμους, εἰσχωρῶν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν. Αἱ ἀκτίνες ὅμως αὗται, ὡς προσερχόμεναι ἐκ τῆς αὐτῆς πηγῆς, εἶναι σύμφωνοι, καὶ ἐπομένως διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ πρέπει νὰ παρατηροῦνται φαινόμενα συμβολῆς. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἀκτὶς r_2 διέρχεται διὰ τῆς πλακῆς H τρεῖς φορές, ἐνῶ ἡ r_1 μόνον μίαν, παρεμβάλλεται εἰς τὸν δρόμον τῶν ἀκτίνων r_1 καὶ r_1'' ἢ πλάξ P ,

ἐντελῶς ὁμοία καὶ ἐκ τῆς αὐτῆς ὑάλου πρὸς τὴν Η, πρὸς ἐξίσωσιν τοῦ ὀπτικῶν δρόμου τῶν ἀκτίνων, ἐντὸς τῆς ὑάλου.

Ἡ διαφορὰ πορείας μεταξύ τῶν δύο ἀκτίνων r_1 καὶ r_2 δύναται νὰ ρυθμισθῇ διὰ μετατοπίσεως τοῦ κατόπτρου K_1 κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον αὐτοῦ, τῇ βοηθείᾳ μικρομετρικῆς διατάξεως, ἡ ὁποία ἐπιτρέπει ταυτοχρόνως καὶ τὴν μέτρησιν τῆς μετατοπίσεως. Τὸ ὀπτικὸν πεδίων δὲν φαίνεται ὁμοιόμορφως φωτεινὸν ἢ σκοτεινόν, ἀλλ' ὅταν ἡ διάταξις εἶναι τελείως συμμετρικῇ, ἀναφαίνονται εἰς τὸ πεδίων συγγεντικοὶ δακτύλιοι ἐναλλάξ φωτεινοὶ καὶ σκοτεινοί.

Τούτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ παρουσιάζει ἔκτασιν, καὶ ἐπὶ τῆς πλακῶς τοῦ συμβολομέτρου προσπίπτουν πολλαὶ δέσμαι παραλλήλων ἀκτίνων ὑπὸ διαφόρους γωνίας προσπτώσεως, οὗτω δὲ ἐν τῷ ὀπτικῷ πεδίῳ ἀναφαίνονται κύκλοι ἴσης κλίσεως. Τὸ σχῆμα 252 δεικνύει τὴν πλήρη διάταξιν τοῦ συμβολομέτρου Michelson.

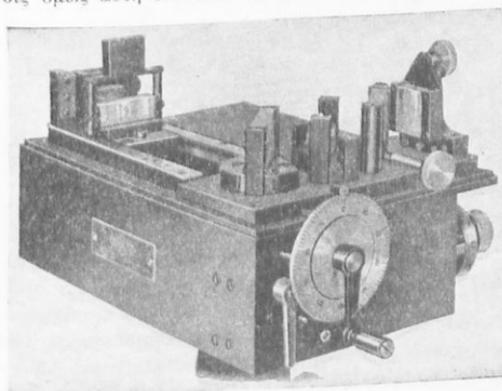
Διὰ τῆς διατάξεως τοῦ συμβολομέτρου δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχομεν τὴν ἀπόλυτον μέτρησιν μήκους κύματος διὰ μετατοπίσεως τοῦ κατόπτρου K_2 , τῇ βοηθείᾳ μικρομετρικοῦ κοιλίου, διὰ τοῦ ὁποίου μετράται ταυτοχρόνως, μετὰ μεγάλης ἀκριβείας, ἡ μετατόπισις αὐτῆ, ὡς καὶ διὰ ταυτοχρόνον μέτρησεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἐναλλαγῶν φωτεινότητος τοῦ πεδίου. Ἐάν οἱ δύο δρόμοι τῶν ἀκτίνων εἶναι ἀκριβῶς ἴσοι, τότε αἱ ἀκτίνες r_1 καὶ r_2 θὰ εὐρίσκονται εἰς ἀντίθεσιν φάσεως, διότι ἡ ἀκτίς r_1 , ἔχει ὑποστῆ ἀνάκλασιν ἐπὶ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσου ἢ ὁ ἀήρ, οὗτω δὲ θὰ πρέπει τὸ ὀπτικὸν πεδίων νὰ φαίνεται ὁμοιομόρφως σκοτεινόν. Ἡ περιπτώσις ὁμοῦ αὐτῆ σπανίως πραγματοποιεῖται, καὶ ὡς ἐκ



ALBERT A. MICHELSON
(1852 - 1931)

Καθηγητῆς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Chicago. Ὄνομαστός διὰ τὰς ἐξόχου ἀκριβείας μετρήσεις του ἐπὶ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ ἐκ τοῦ γνωστοῦ πειράματος Michelson-Morley τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ ἀφετηρίαν τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος.

τούτου, εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδίων ἐμφανίζονται χροσσοὶ ἐναλλάξ φωτεινοὶ καὶ σκοτεινοί. Ὅταν ὁμοῦ τὸ κατόπτρον K_1 εἶναι ἀκριβῶς παράλληλον πρὸς τὴν ἐκ τοῦ κατόπτρου K_2 ἀνακλωμένην δέσμη, οἱ χροσσοὶ ἔχουν σχῆμα οριφερειῆς. Γενικῶς, οἱ παρατηρούμενοι χροσσοὶ εἶναι καμπύλοι, αἱ ὁποῖαι ἀνιχνεύονται εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν κανικῶν τομῶν (π.χ. ἔλλειψις, ὑπερβολὴ ἢ παραβολή), καὶ δι' ἐλαφρᾶς κλίσεως τοῦ κατόπτρου K_2 δύναται νὰ κατασταθοῦν πρακτικῶς εὐθύγραμμοι, ὅτε τὸ ὀπτικὸν πεδίων δεικνύει τὴν εἰς τὸ σχῆμα 253 μορφήν. Διὰ τοῦ συμβολομέτρου ἐπιτυγχάνομεν ἀκριβεστάτας μετρήσεις μήκους κύματος. Οὕτω, ἐάν τὸ κατόπτρον K_1 μετατοπισθῇ κατὰ $\lambda/4$, τὸ μήκος τοῦ δρόμου



Σχ. 252. Γενικὴ ὄψις συσκευῆς πειράματος Michelson.

πρὸς τὴν Η, πρὸς ἐξίσωσιν τοῦ ὀπτικῶν δρόμου τῶν ἀκτίνων, ἐντὸς τῆς ὑάλου.

κατά $\lambda/2$ καί, ἐπομένως, ἐκεῖ ὅπου προηγουμένως εἰς τὸ κέντρον τοῦ σταυρονήματος ὑφίστατο φωτεινὸς χροσός, θὰ σχηματισθῆ σκοτεινὸς χροσός, διότι μεταβολὴ τοῦ δρόμου κατὰ $\lambda/2$ ἀντιστοιχεῖ εἰς μεταβολὴν τῆς φάσεως κατὰ 180° . Ἐάν ἤδη μετατοπίσωμεν πάλιν τὸ κάτοπτρον K_1 κατὰ $\lambda/4$, τότε εἰς τὸ κέντρον τοῦ σταυρονήματος θὰ ἀποκατασταθῆ φωτεινὸς χροσός.



Σχ. 253. Ὅψις τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου παταηρουμένου διὰ διόπτρας.

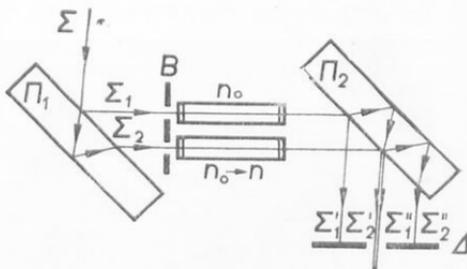
Διὰ τὸν συμβολομέτρον δυνάμεθα πρὸς τούτους, διὰ χρησιμοποίησεως φωτὸς γνωστοῦ μήκους κύματος, νὰ μετρήσωμεν μετὰ μεγάλης ἀκριβείας μῆξη. Οὕτω, ὁ Michelson, διὰ χρησιμοποίησεως ὀρισμένου φασματικῶν γραμμῶν τοῦ καδμίου, κατόρθωσε νὰ ἐκφράσῃ τὸ πρότυπον μέτρον εἰς μῆξη κύματος τῶν φασματικῶν τούτων γραμμῶν, ὡς ἀκολούθως:

Διὰ τὴν ἐρυθρὰν γραμμὴν τοῦ Cd	1 m = 1553164,1 $\lambda_{\epsilon\delta}$.
> > πρᾶσιν	> > > 1 m = 1966249,7 $\lambda_{\pi\rho}$.
> > κυανὴν	> > > 1 m = 2083372,1 $\lambda_{\kappa\nu}$.

ὑπὸ πίεσιν 760 Torr (mm Hg) εἰς ξηρὸν ἀέρα καί θερμοκρασίαν 15° τῆς κλίμακος ἀεριοῦ θερμομέτρου. Ἐπίσης, διὰ χρησιμοποίησεως τοῦ συμβολομέτρου, ὁ Michelson ἐπέτυχε τὴν μέτρησιν τῆς διαμέτρου ἀστέρων.

191. Συμβολόμετρον Jamín. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὑαλίνων πλακῶν Π_1 καὶ Π_2 (σχ. 254) μὲ παραλλήλους ἕδρας, αἱ ὅποια διατίθενται εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων, ὥστε νὰ παρουσιάξουν λιαν μικρὰν κλίσιν. Ἐπὶ τῆς μιᾶς τῶν πλακῶν Π_1 προσπίπτει ἡ ἀκτίς Σ , ἡ ὅποια, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, σγάζεται εἰς τὰς δύο ἀκτίνας Σ_1 καὶ Σ_2 . Ἐκάστη τῶν ἀκτίνων τούτων, προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς πλακῶς Π_2 , σγάζεται ἐπίσης εἰς ἄλλας δύο, οὕτω δὲ προκύπτουν τελικῶς τέσσαρες συμφῶνοι ἀκτίνες, αἱ Σ'_1 , Σ''_1 , Σ'_2 , Σ''_2 .

Διὰ διαφράγματος Δ μετὰ σχισμῆς, ἀπομονοῦμεν τὰς ἀκτίνας Σ'_1 καὶ Σ''_2 , ἐνῶ αἱ ἀκτίνες Σ_2 καὶ Σ'_1 διέρχονται διὰ τῆς σχισμῆς καί, λόγῳ τῆς μικρᾶς κλίσεως τῶν πλακῶν, οἱ ὀπτικοὶ δρόμοι αὐτῶν δὲν εἶναι ἴσοι, ἀλλὰ δεικνύουν μικρὰν διαφορὰν πορείας. Λόγῳ τῆς συμβολῆς τῶν δύο τούτων συμφῶνων ἀκτίνων, παράγονται χροσοὶ συμβολῆς, τῶν ὁποίων ἡ θέσις ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαφορᾶς τῶν ὀπτικῶν δρόμων τῶν ἀκτίνων. Διὰ τῆς διατάξεως ταύτης δυνάμεθα νὰ ἐλέγξωμεν ἐλαχίστας διαφορὰς τοῦ δείκτου διαθλάσεως. Οὕτω, ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων Σ_1 καὶ Σ_2 παρεμβάλωμεν δύο σωλῆνας τοῦ αὐτοῦ ἀκριβοῦς μήκους καὶ πλήρεις ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας, ἡ ὅποια ἔχει ὀρισμένον γνωστὸν δείκτην διαθλάσεως, ἡ θέσις τῶν χροσῶν συμβολῆς παραμένει ἀμετάβλητος. Ἐάν ὅμως ὁ εἰς τῶν σωλῆνων φέρῃ οὐσίαν διαφόρου δείκτου διαθλά-



Σχ. 254. Διάταξις συμβολομέτρου Jamín.

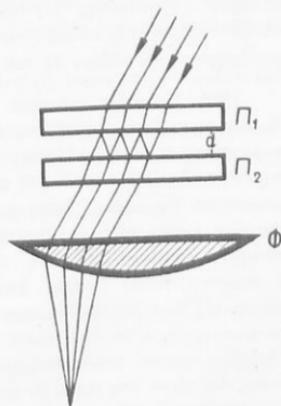
σεως, τότε, επειδή οι οπτικοί δρόμοι των ακτίνων εις τους δύο σωλήνας δεν είναι ίσοι, επέρχεται μεταβολή εις την διαφοράν πορείας των ακτίνων και ούτω οι χροσσοί μετατοπίζονται. Διά καταλλήλου βαθμολογίας τής διατάξεως, δυνάμεθα να μετρήσωμεν μετά μεγάλης ακριβείας τὸν δείκτην διαθλάσεως ἢ καὶ μεταβολὰς αὐτοῦ.

192. Φασματοσκοπία συμβολῆς. Ὁ Fizeau, κατὰ τὰς ἐρευνας αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ φαινομένου των δακτυλίων τοῦ Νεύτωνος διὰ μονοχρωματικῆς φλογὸς νατρίου, παρετήρησεν ὅτι οἱ δακτύλιοι, οἱ ἀντιστοιχοῦντες εἰς μεγαλύτερον πάχος στρώματος ἀέρος, — ἦτοι ὅσον ἀπομακρυνόμεθα περισσότερον ἀπὸ τῆς κεντρικῆς περιοχῆς τῆς διατάξεως, — δεικνύουν μεγάλην σαφήνειαν.

Ἐκ τῆς συστηματικῆς σπουδῆς τοῦ φαινομένου τούτου, κατεδείχθη ὅτι τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς τῆς φλογὸς τοῦ νατρίου δὲν εἶναι τελείως μονόχροον, δηλ. δὲν ἀντιστοιχεῖ εἰς αὐτὸ ἓν μόνον μῆκος κύματος, ἀλλὰ δύο, τὰ ὅποια ἐλάχιστα διαφέρουν μεταξύ των, ἦτοι 5896 \AA καὶ 5890 \AA . Ἐξ ὑπολογισμοῦ, κατεδείχθη ὅτι εἰς τὴν θέσιν τοῦ φωτεινοῦ δακτυλίου τάξεως 500 (πεντακοσιοστοῦ) τῆς μιᾶς ἀκτινοβολίας σχηματίζεται σκοτεινὸς δακτύλιος τῆς ἄλλης, ἐνῶ εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ φωτεινοῦ δακτυλίου τάξεως 1000 (χιλιοστοῦ) σχηματίζεται ἐπίσης φωτεινὸς δακτύλιος τῆς ἄλλης καὶ ἐπομένως οἱ δύο οὔτοι δακτύλιοι ἐνισχύονται.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω δεικνύεται ὅτι, διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως συμβολῶν μεγάλης διαφορᾶς πορείας, δυνάμεθα νὰ ἐλέγξωμεν ἐὰν μία φασματικὴ γραμμὴ, — ἢ ὅποια δεικνύεται διὰ συνήθων φασματοσκοπιῶν ὡς ἀπλή, — εἶναι πράγματι ἀπλή ἢ περιέχονται εἰς αὐτὴν περισσότερα μῆκη κύματος, ἐλάχιστα διαφέροντα μεταξύ των, καὶ τὰ ὅποια δὲν εἶναι δυνατόν νὰ γίνον ἀντιληπτά διὰ τῶν συνήθων φασματοσκοπικῶν ὀργάνων. Οὕτω ἐδημιουργήθη ὁ κλάδος τῆς φασματοσκοπίας συμβολῆς, ὁ ὅποιος συντέλεσε τὰ μέγιστα εἰς τὴν ἔρευναν των φασμάτων καὶ συνέβηλε τὰ μέγιστα εἰς τὴν προαγωγὴν των γνώσεων ἡμῶν ἐπὶ τῆς συγκροτήσεως τοῦ ὕλικου αἰτοῦ.

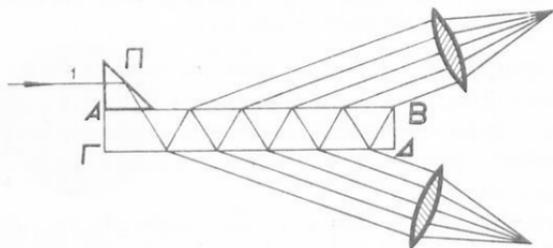
Μεταξὺ των διαφόρων συσκευῶν, αἱ ὅποια ἐχρησιμοποιήθησαν πρὸς πραγματοποιήσιν τῆς φασματοσκοπίας συμβολῆς, θὰ περιγράψωμεν δι' ὀλίγων τὴν συσκευὴν των Fabry καὶ Perrot ὡς καὶ των Lummer καὶ Gehrcke.



Σχ. 255. Συγκέντρωσις ἀκτίνων διὰ φακοῦ εἰς συμβολόμετρον Fabry-Perrot.

193. Συμβολόμετρον Fabry και Perrot. Ἡ συσκευή αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἐλαφρῶς σφηνοειδῶν πλακῶν Π_1 καὶ Π_2 , των ὁποίων αἱ ἀντικείμεναι ἔδραι διατίθενται ὥστε νὰ εἶναι τελείως παράλληλοι, καὶ εἶναι ἐλαφρῶς ἐπαρρωσμένοι ὥστε νὰ κατασταθοῦν ἡμιαφανεῖς. Ἐὰν ἐπὶ τῆς συσκευῆς ἀφίσωμεν νὰ προσέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, αὗται ὑφίστανται, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 255, διαδοχικὰς ἀνακλάσεις καὶ ἐὰν τὰς ἐξερχομένας ἐκ τῆς κάτω πλακῶς ἀκτίνας συγκεντρώσωμεν εἰς ἓν σημεῖον διὰ φακοῦ Φ , τότε παρατηροῦμεν σύστημα χροσσῶν συμβολῆς. Ἐὰν δὲ γνωρίζωμεν τὸ πάχος τοῦ στρώματος ἀέρος καὶ τὴν τάξιν τοῦ χροσσοῦ, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ μῆκος κύματος.

194. Συμβολόμετρον **Lummer και Gehrcke**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνης πλακῶς μὲ παραλλήλους ἑδρας, ἐπὶ τῆς ὁποίας, ὅταν προσπίτῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, αὗται



Σχ. 256. Διάταξις συμβολομέτρου Lummer - Gehrcke.

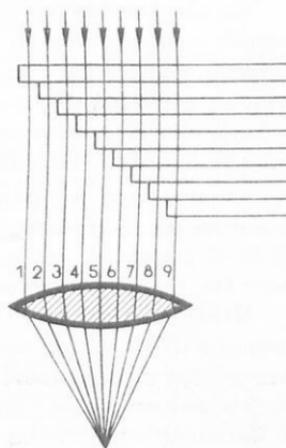
καὶ Perrot, διὰ τὴν ἐξέτασιν τῆς ὕψους τῶν μονοχρωματικῶν φασματικῶν γραμμῶν.

195. Κλιμακωτὸν φράγμα **Michelson**. Ἡ διάταξις αὕτη χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν αὐτὸν σκοπὸν ὡς καὶ αἱ διατάξεις τῶν Fabry - Perrot καὶ Lummer - Gehrcke. Εἰς τὴν

διάταξιν τοῦ Michelson, αἱ φωτεινὰ ἀκτίνες φέρονται εἰς συμβολήν, ἀφοῦ προηγουμένως διέλθουν διὰ διαφόρου πάχους ὑάλου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 257, ἐκάστη δὲ τῶν ἀκτίνων παρουσιάζει, ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἀμέσως προηγουμένην, τὴν αὐτὴν διαφορὰν πορείας, τάξεως μεγέθους $10^4 \lambda$. Παρατηροῦντες δὲ τὴν ἐξεροχόμενην ἐκ τοῦ φράγματος δέσμη ἀκτίνων 1, 2, 3, 4 κ.τ.λ. διὰ δίοπτρας ρυθμισμένης εἰς ἄπειρον, βλέπομεν εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδίου καμπύλας ἴσης κλίσεως, τῶν ὁποίων ἡ διαμόρφωσις ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους κύματος.

196*. Στάσιμα φωτεινὰ κύματα. Ὅταν φωτεινὰ κύματα προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τελείας ἀνακλαστικῆς ἐπιφανείας, τότε ἀνακλῶνται τελείως ἐπ' αὐτῆς, καὶ ἐπομένως ἐάν ἡ διάδοσις τοῦ φωτός ἀποτελῇ κυματικὸν φαινόμενον θὰ πρέπει, λόγῳ συμβολῆς τῶν ἀπ' εὐθείας κυμάτων μετὰ τῶν ἐξ ἀνακλάσεως, νὰ παραγῶνται στάσιμα κύματα δηλ. εἰς ὄρισμένα σημεῖα πρέπει νὰ παρατηροῦνται δεσμοί, ἤτοι ἐλάχιστα φωτισμοῦ ἢ σκότος, εἰς ὄρισμένας δὲ περιοχὰς κοιλία, ἤτοι μέγιστα φωτισμοῦ, ἢ δὲ ἀπόστασις δύο διαδοχικῶν κοιλιῶν ἢ δεσμῶν πρέπει, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάτων, νὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἕμισον μήκους κύματος.

Πρῶτος ὁ Wiener ἐπέτυχε τὴν παραγωγὴν στασίμων κυμάτων μετὰ τὸ φῶς, διὰ τῆς ἀκολουθοῦσας διατάξεως. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑαλίνης πλακῶς ἀποτίθεται λεπτότατον στρώμα κολλοδίου μὲ φωτοπαθῆ χλωριούχον ἄργυρον πάχους $0,00002 \text{ mm}$, ἢ δὲ πλάξ αὕτη τοποθετεῖται πρὸ ἐπιπέδου κατόπτρου, εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίσῃ πρὸς τὴν ἐπίπεδον ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ πολὺ μικρὰν γωνίαν. Ἐάν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουν καθέτως παράλληλοι φωτεινὰ ἀκτίνες, τότε λόγῳ συμβολῆς τῶν ἀπ' εὐθείας καὶ τῶν ἀνακλωμένων κυμάτων παραγῶνται στάσιμα κύματα, αἱ θέσεις δὲ αὗται παρατηροῦνται ἀκολούθως δι' ἐμφανίσεως τῆς πλακῶς.



Σχ. 257. Κλιμακωτὸν φράγμα Michelson.

Εἰς τὴν διάταξιν τοῦ Wiener παρατηρήθη ὅτι ὁ πρῶτος δεσμὸς ἀπέιξε ἀπὸ τοῦ κατόπτρου κατὰ $\lambda/4$, τοῦτο δὲ δηλοῖ ὅτι τὸ φῶς, ἀνακλόμενον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ὑφίσταται ἀλματικὴν μεταβολὴν τῆς φάσεως κατὰ π , ἥτοι προκύπτει ἀπόλεια ἡμίσεος μήκους κύματος καὶ ἐπομένως ἡ περιοχὴ ἀνακλάσεως ἀποτελεῖ δεσμόν.

Τοῦτο εἶδομεν ὅτι συμβαίνει καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων, ὅταν ἀνακλῶνται ἐπὶ στερεοῦ ἀκλονήτου καλύψματος.

Ἐκ τῆς διατάξεως ταύτης τοῦ Wiener προκύπτει ὅτι ἡ διάδοσις τοῦ φωτός ἀποτελεῖ κυματικὸν φαινόμενον.

Ζητήματα.

Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ Γεωμετρικῆς καὶ Φυσικῆς Ὀπτικῆς.

Περιγράψατε τὴν θεωρίαν τοῦ Νεύτωνος καὶ Huygens καὶ ἐξηγήσατε ἐκ ποίων πειραματικῶν δεδομένων ἐλεγχθήσῃ ἡ θεωρία τοῦ Huygens τῆς θεωρίας τοῦ Νεύτωνος.

Ἐκ ποίων λόγων ὀρθώμενος ὁ Maxwell ἐδημιούργησε τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός καὶ ποῖον τὸ περιεχόμενον αὐτῆς.

Ἐκ ποίων λόγων ὀρθώμενος ὁ Planck ἐδημιούργησε τὴν κβαντικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός καὶ ποῖον τὸ περιεχόμενον αὐτῆς.

Κατὰ τί διαφέρουν αἱ θεωρίαι τῶν κυμάνσεων καὶ τῶν κβάντα.

Ποία τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα ἐξετάζει ἡ κυματοοπτικὴ.

Πῶς ἀποδεικνύονται οἱ νόμοι τῆς ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως τοῦ φωτός διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς φωτεινῶν κυμάτων καὶ ἐξηγήσατε διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ τὰ συμπεράσματα τὰ ὁποῖα προκύπτουν ἐκ τοῦ φαινομένου τούτου.

Περιγράψατε τὰ κάτοπτρα Fresnel, καὶ πῶς ταῦτα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μέτρησιν τοῦ μήκους φωτεινοῦ κύματος.

Ποῖαι ἄλλαι διατάξεις ἀνάλογοι πρὸς τὰ κάτοπτρα Fresnel χρησιμοποιοῦνται πρὸς σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς συμβολῆς τοῦ φωτός, καὶ ἐξηγήσατε διὰ διαγράμματος τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς διὰ τῶν ἐν λόγῳ διατάξεων.

Περιγράψατε τὰ φαινόμενα συμβολῆς τὰ παρατηρούμενα εἰς ἐπιπεδοπαράλληλον πλάκα καὶ ποῖα συμπεράσματα συνάγετε.

Ἐξηγήσατε τὸ φαινόμενον τῆς παραγωγῆς χρωμάτων ἐκ λεπτοῦ στρώματος διαφανῶν σωμάτων φωτιζομένων διὰ λευκοῦ φωτός, καὶ διὰ ποῖον λόγον εἰς σώματα μεγάλου πάχους δὲν παρατηροῦνται χρώματα.

Ἐξηγήσατε τὸ φαινόμενον τῆς γενέσεως τῶν δακτυλίων τοῦ Νεύτωνος.

Ἐπὶ ποίας ἀρχῆς στηρίζεται τὸ συμβολόμετρον τοῦ Michelson καὶ ποῖαν ἐφαρμογὴν ἔχει τοῦτο.

Πῶς πραγματοποιεῖται τὸ συμβολόμετρον Jamin.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου φασματοσκοπία συμβολῆς, ποῖαν ἐφαρμογὴν ἔχει αὐτὴ καὶ διὰ ποίων ὀργάνων πραγματοποιεῖται.

Πῶς πραγματοποιεῖται τὸ συμβολόμετρον Fabry - Perrot.

Πῶς πραγματοποιεῖται τὸ συμβολόμετρον Lummer καὶ Gehrcke.

Περιγράψατε τὸ κλιμακωτὸν φράγμα Michelson.

Πῶς πραγματοποιοῦμεν στάσιμα κύματα μετὰ τὸ φῶς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

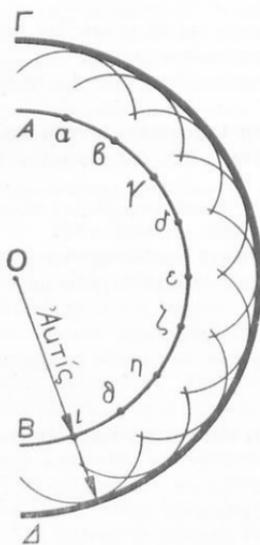
197. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἐν τῇ γενικῇ σπουδῇ τῶν Ταλαντώσεων καὶ Κυμάτων (Τόμ. Ι, σελ. 260) ἐμελετήσαμεν τὴν διάδοσιν κύματος ἐν τῷ χώρῳ, ὅταν αὐτὴ γίνεται ἀκωλύτως, δηλαδὴ εἰς τὸν χώρον ὅπου διαδίδεται τὸ κύμα δὲν παρεμβάλλονται διαφράγματα, ὅπαι ἢ σχισμαί. Οὕτω ἤχθημεν εἰς τὴν διατύπωσιν τῆς περιφίμου ἀρχῆς τοῦ Huygens, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ὁποίας ἀπεδείξαμεν, διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ, τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως τοῦ φωτός, οἱ ὅποιοι ἰσχύουν ὡς ἔχουν καὶ διὰ τὴν περίπτωσιν τῶν φωτεινῶν κυμάτων, ἐφ' ὅσον ἡ διάδοσις αὐτῶν εἶναι ἀκωλύτως. Ἡ ἀρχὴ δὲ τοῦ Huygens, ἡ ὁποία ἰσχύει καὶ διὰ

τὴν περίπτωσιν τοῦ φωτός, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ μέσον διαδόσεως εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν εἶναι ὁ αἰθέρ, ἔχει ἐν συντόμῳ ὡς ἑξῆς :

Φαντασθῶμεν ὅτι σωματίον O τοῦ αἰθέρος, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ μέσον ἰσότροπον, ἐξαναγκάζεται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν ἐξωτερικῆς αἰτίας νὰ ἐκτελῇ ἀρμονικὴν κίνησιν. Ἡ διατάραξις αὕτη τοῦ σωματίου O μεταδίδεται καθ' ἀπάσας τὰς διευθύνσεις καὶ ἐπὶ τῶν γειτονικῶν σωματίων τοῦ μέσου, μετὰ παρέλευσιν δὲ χρονικοῦ τινος διαστήματος ἢ διατάραξις θὰ ἔχη μεταδοθῆ ἐφ' ὅλων τῶν σωματίων τοῦ μέσου, τῶν εὐρισκομένων ἐπὶ σφαιρικῆς ἐπιφανείας AB (σχ. 258) καὶ ἐχούσης κέντρον τὸ σωματίον O , οὕτω δὲ ἅπαντα τὰ σωματῖα αὐτῆς θὰ εὐρίσκωνται ὑπὸ τὴν αὐτὴν φάσιν κινήσεως. Ἡ ὡς ἄνω ἐπιφάνεια καλεῖται **ἐπιφάνεια κύματος** ἢ **κυματοεπιφάνεια**.

Εἶναι δ' ἐξ ἄλλου φανερόν ὅτι ὅλα τὰ σωματῖα τὰ κείμενα ἐπὶ τῆς κυματοεπιφανείας οὐδόλως διαφέρουν, ἀπὸ ἀπόψεως συμπεριφορᾶς, ἀπὸ τοῦ ἀρχικῶς διεγεγυθέντος σωματίου εἰς O , ἐξαιρέσει μόνον ὅτι τὰ σωματῖα ταῦτα τῆς κυματοεπιφανείας διεγείρονται

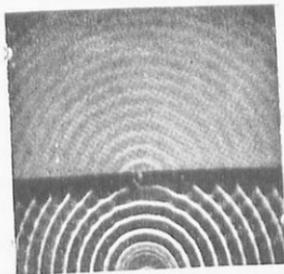
δευτερευόντως ἐκ μέρους τοῦ πρώτου. Πολλάκις, ἀντὶ τοῦ ὅρου κυματοεπιφάνεια, χρησιμοποιεῖται ὁ ὅρος **μέτωπον κύματος** ἢ **ἰσοφασικὴ ἐπιφάνεια**. Ἐνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ὁ Huygens δέχεται, ὅτι ἕκαστον σωματίον, κείμενον ἐπὶ ἐπιφα-



Σχ. 258. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς ἀρχῆς Huygens.

νείας κύματος, συμπεριφέρεται αὐτοτελῶς ὡς τὸ ἀρχικὸν σωματίον O , δηλαδή καθίσταται καὶ τοῦτο κέντρον ἐκπομπῆς κυμάτων τῆς αὐτῆς μορφῆς, ὡς καὶ τὰ ἐκ τοῦ ἀρχικοῦ σωματίου O προερχόμενα. Τὰ κύματα ταῦτα καλοῦμεν **στοιχειώδη κύματα** ἢ **κυματίδια**. Μετὰ παρέλευσιν χρόνου τινὸς ἢ νέα ἐπιφάνεια κύματος θὰ εἶναι ἡ $\Gamma\Delta$, ἡ ὁποία εἶναι ἡ περιβάλλουσα ὅλων τῶν κυματιδίων, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 258, εἰς τὴν περιπτώσιν σφαιρικοῦ κύματος.

Ἡ ἀνωτέρω ἀρχὴ τοῦ Huygens δεικνύεται πειραματικῶς ἐπὶ τῇ βιάσει τοῦ σχήματος 259, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ φωτογραφίαν ἐπιφανειακῶν ὕδατηρῶν ἢ ὕδραγωγικῶν κυμάτων, τὰ ὁποία προέρχονται ἐκ τινος κέντρου, ἐνῶ εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκωλύτως διαδομένων κυκλικῶν ἐπιφανειακῶν κυμάτων παρεμβάλλεται διάφραγμα μετὰ μικρᾶς ὀπῆς, εἰς τρόπον ὥστε, νὰ ἀπομονωθῇ μικρότατον μέρος τῆς κυκλικῆς κυματοεπιφανείας. Οὕτω, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ἐκ τῆς ὀπῆς προερχόμενα κυματίδια διαδίδονται ὡς ἂν τὸ κέντρον αὐτῶν εὐρίσκεται εἰς τὴν ὀπὴν καὶ ὄχι ἐπὶ τοῦ ἀρχικοῦ κέντρου τῆς διαταράξεως. Ἐκ πείρας ὅμως γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἐνέργεια, ἐν



Σχ. 259. Ὡς κέντρον ἐκπομπῆς τῶν κυμάτων ὀπισθεν τοῦ διαφράγματος θεωρεῖται ἡ εἰς αὐτὸ ὑπάρχουσα μικρὰ ὀπή. Ἡ διάδοσις τοῦ κύματος δὲν εἶναι ἀκωλύτως.

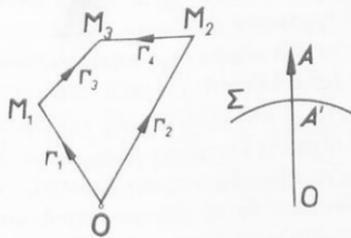
ἰσοτρόπῳ μέσῳ, ἐφ' ὅσον τὸ κύμα διαδίδεται ἀκωλύτως, ἀκολουθεῖ εὐθύγραμμον πρὸς τὰ πρόσω διάδοσιν, ἢ δὲ ὡς ἄνω ἀρχὴ τοῦ Huygens, φαίνεται ἐκ πρώτης ὄψεως ὡς εὐρισκομένη εἰς ἄκραν ἀντίθεσιν πρὸς τὴν ἐμπειρίαν, δεδομένου ὅτι, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τοῦ Huygens, θὰ ἔπρεπε ἡ ἐνέργεια κυματιδίου τινὸς

τῆς κυματοεπιφανείας νὰ διαδίδεται ὄχι μόνον πρὸς τὰ ἐμπρὸς καὶ κατὰ τὴν εὐθείαν τὴν ἐνοῦσαν τὸ ἀρχικὸν κέντρον διαταράξεως πρὸς τὸ θεωρούμενον σωματίον τῆς κυματοεπιφανείας, ἀλλὰ καὶ καθ' ἅπασας τὰς διευθύνσεις περὶξ αὐτοῦ.

Ἀπὸ τῆς δυσχερείας αὐτῆς ἀπύλλαξε τὴν Φυσικὴν ὁ Fresnel, διὰ συμπληρώσεως τῆς ἀρχῆς τοῦ Huygens ὡς ἀκολουθῶς: Θεωρήσωμεν π.χ. ἐν τῇ περιοχῇ σφαιρικοῦ κύματος δύο σημεῖα M_1 καὶ M_2 (σχ. 260) εὐρισκόμενα ἀντιστοίχως εἰς τὰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 ἀπὸ τοῦ κέντρου O προελεύσεως τοῦ κύματος. Εἶναι φανερόν ὅτι λόγω τῆς

διαφόρου ἀποστάσεως τῶν σημείων M_1 καὶ M_2 ἀπὸ τοῦ κέντρου O , ἡ διατάραξις δὲν φθάνει εἰς αὐτὰ ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, ἀλλ' ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ αὐτῶν (Τομ. I § 272) θὰ εἶναι:

$$\delta = 2\pi \frac{r_1 - r_2}{\lambda}$$



Σχ. 260.

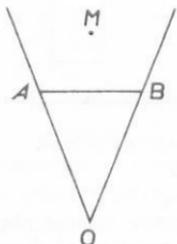
Σχ. 261.

Σχ. 260. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως.

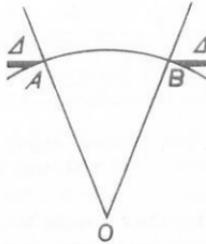
Σχ. 261. Εὐθύγραμμος διάδοσις διαταράξεως.

βάσει τῆς ἀρχῆς Huygens - Fresnel ὡς ἑξῆς: Φαντασθῶμεν ὅτι σφαιρικὸν κύμα συναντᾷ κατὰ τὴν διάδοσιν αὐτοῦ μικρὸν διαφράγμα AB, τοῦ ὁποῖου τὸ εὖρος εἶναι μικρὸν ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος τοῦ κύματος, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 266.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός, δὲν θὰ ἔπρεπε νὰ παρατηρηθῆται διάδοσις τοῦ κύματος εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου AMB τοῦ εὐρισκομένου ὀπισθεν τοῦ διαφράγματος.



Σχ. 266.



Σχ. 267.

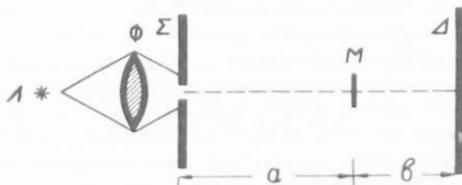
Σχ. 266. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τοῦ φαινομένου περιθλάσεως διὰ μικροῦ διαφράγματος AB.

Σχ. 267. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τοῦ φαινομένου περιθλάσεως διὰ στενῆς σχισμῆς AB.

τοεπιφανείας δὲν δύνανται ἐπὶ τοῦ M νὰ ἀναιροῦνται ἀμοιβαίως ἐκ συμβολῆς, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀκόλυτου διαδόσεως, ἐπομένως ἔνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου δύνανται νὰ παρατηρηθῆ διατόραξις εἰς τὸ σημεῖον M, παραχμπτομένου τοῦ διαφράγματος AB. Ἐπίσης, ἐάν θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τῆς σχισμῆς (σχ. 267), ἢ διατόραξις, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀρχῆς τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως, θὰ ἔπρεπε νὰ περιορίζεται ἐντὸς τῆς περιοχῆς ΔΔ καὶ ἔξω αὐτῆς νὰ μὴ παρατηρηθῆται διάδοσις διαταράξεως.

Ἐν τούτοις, ἡ ἀρχὴ τῶν Huygens - Fresnel δὲν ἀποκλείει τὴν ὑπαρξιν διαταράξεως καὶ ἔξω τοῦ χώρου τῆς ἀνω περιοχῆς. Πράγματι, αἱ ἐκ τῶν διαφόρων σημείων τοῦ μὴ ἀποφρασσομένου τμήματος AB τῆς κυματοεπιφανείας προερχόμεναι διαταράξεις δὲν ἀναιροῦνται πάλιν ἀμοιβαίως ἐπὶ τῶν σημείων τῶν κειμένων εἰς τὰς περιοχὰς ἔξω τῆς ΔΔ, ὡς τοῦτο συμβαίνει κατὰ τὴν ἀκόλυτον διάδοσιν, καὶ ἐπομένως σημεία εὐρισκόμενα ἔξω τῆς περιοχῆς εἶναι δυνατόν νὰ διεγερθοῦν.

199. **Περίθλασις φωτεινῶν κυμάτων.** Μετὰ τὴν παρακολούθησιν τῶν ἀνωτέρω φαινομένων, τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται ἐπὶ ἐπιφανειακῶν ὑδρογυρικών ἢ ὑδατηρῶν κυμάτων, δυνάμεθα ἤδη νὰ προχωρήσωμεν εἰς τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων περιθλάσεως, τῶν παρατηρουμένων διὰ φωτεινῶν κυμάτων. Ἐπειδὴ τὰ μῆκη κύματος τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ ὄρατου φάσματος περιλαμβάνονται ἐντὸς τῶν ὁρίων 8000 Å καὶ 4000 Å, διὰ νὰ παρατηρηθοῦν σαφῆ φαινόμενα περιθλάσεως πρέπει αἱ διαστάσεις τῶν κωλυμάτων, δηλ. σχισμῶν ἢ διαφραγμάτων, νὰ εἶναι τῆς αὐτῆς τάξεως μεγέθους.



Σχ. 268. Πειραματικὴ διάταξις παρατηρήσεως φαινομένων περιθλάσεως.

200. **Περίθλασις τοῦ φωτός δι' ὀπῆς.** Ἐάν εἰς σκοτεινὸν θάλαμον, τῇ βοθηθείᾳ σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς Λ, πραγματοποιουμένης ὑπὸ φωτεινῆς ὀπῆς ἢ

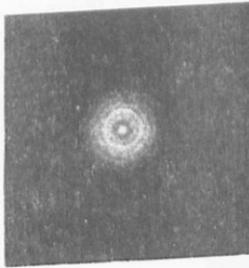
σχισμῆς Σ (σχ. 268), φωτισόμεν μικρὸν διάφραγμα ἢ ἄλλην ὀπὴν Μ, τῶν ὁποίων αἱ διαστάσεις νὰ εἶναι τῆς τάξεως μεγέθους τοῦ χρησιμοποιουμένου μήκους κύματος τοῦ μονοχρωματικοῦ φωτός, τότε ἐπὶ διαφράγματος Δ, τιθεμένου ὀπισθεν τῆς εἰς Μ ὀπῆς ἢ διαφράγματος, σχηματίζονται αἱ εἰς τὰ σχ. 269-272 ὑποδεικνυόμεναι εἰκό-
νες, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **περιθλαστικαὶ σκιαί**.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ὀπῆς, ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως τοῦ διαφράγματος Δ ἀπὸ τῆς ὀπῆς Μ, τὸ κέντρον εἶναι φωτεινὸν ἢ σκοτεινόν, εἰς ἀμφοτέρας δὲ τὰς περιπτώσεις περιβάλλεται τοῦτο ὑπὸ μονοχρωματικῶν συγκεντρι-
κῶν δακτυλίων ἐναλλάξ φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν. Ἐὰν τὸ φῶς δὲν εἶναι μονόχρουν, ἀλλὰ λευκόν, οἱ φωτεινοὶ δακτύλιοι εἶναι ἔγχρωμοι.

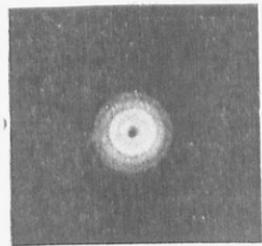
Εἰς τὴν περίπτωσιν διαφράγματος, τὸ κέντρον τῆς σκιάς, ἀνεξαορτήτως τῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ β ἀπὸ τοῦ διαφράγματος ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται ἡ περιθλαστικὴ σκιά, παραμένει πάντοτε φωτεινὸν καὶ περιβάλλεται ὑπὸ δακτυλίων ἐναλλάξ φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν.

Τὸ τελευταῖον τοῦτο φαινόμενον ἔχει ὅπως ἰδιαίττουσαν ἱστορικὴν ἐπιστημονικὴν σημασίαν, διότι ἐπ' αὐτοῦ ἐστήριξε ὁ Poisson τὴν πολεμικὴν του ἐναντίον τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων τοῦ Huygens, δεδομένου ὅτι οὗτος ἦτο ἔνθερμος ὑποστηρικτῆς τῆς θεωρίας τοῦ Νεύτωνος.

Πράγματι, ὁ Poisson εἶχε καταδείξει διὰ τοῦ ὑπολογισμοῦ ὅτι, ἐὰν τὸ φῶς ἀποτελῇ κυματικὸν φαινόμενον, τὸ κέντρον τῆς σκιάς μικροῦ σκοτεινοῦ κυκλικοῦ διαφράγματος θὰ ἔπρεπε νὰ εἶναι φωτεινόν, τοῦτο ὅμως δὲν ἐπληθεύετο ὑπὸ τοῦ πειράματος. Βραδύ-
ῃ ἔπρεπε νὰ εἶναι φωτεινόν, τοῦτο ὅμως δὲν ἐπληθεύετο ὑπὸ τοῦ πειράματος. Βραδύ-
τερον, ὁ Arago κατώρθωσε νὰ παρατηρήσῃ τὸ φαινόμενον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ὡς ἐκ τούτου καλεῖται **πολλάκις φωτεινὴ κηλὶς τοῦ Arago**, οὕτω δὲ αἱ ἀντιρρήσεις τοῦ Poisson κατὰ τῆς θεωρίας τοῦ Huygens μετετρέπησαν εἰς ἐπιχείρημα ὑπὲρ αὐτῆς.

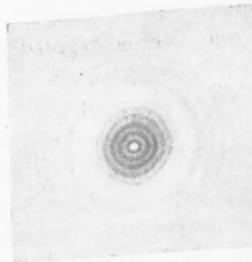


Σχ. 269.

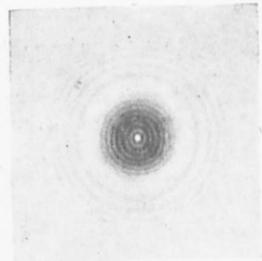


Σχ. 270.

Σχ. 269-270. Περιθλαστικὴ σκιά ὀπῆς. Ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως τῆς ὀπῆς ἀπὸ τοῦ διαφράγματος τὸ κέντρον τῆς σκιάς εἶναι φωτεινόν ἢ σκοτεινόν, εἰς ἀμφοτέρας δὲ τὰς περιπτώσεις περιβάλλεται ὑπὸ δακτυλίων ἐναλλάξ φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν.



Σχ. 271.



Σχ. 272.

Σχ. 271-272. Περιθλαστικὴ σκιά σκιεροῦ διαφράγματος. Τὸ κέντρον τῆς σκιάς εἶναι πάντοτε φωτεινόν καὶ περιβάλλεται ὑπὸ δακτυλίων συγκεντριζῶν ἐναλλάξ φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν.

201. Ἱστορικὸν πείραμα Young. Ὁ ἄγγλος φυσικοφιλόσοφος Young ἐξετέλεσε κατὰ τὸ ἔτος 1801 τὸ πρῶτον ἱστορικὸν πείραμα διὰ τοῦ ὁποίου κατέδειξε



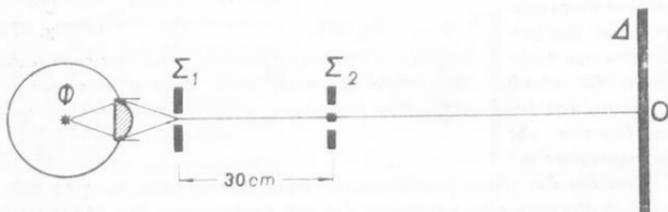
THOMAS YOUNG (1773-1829)

ἄγγλος Φιλόσοφος καὶ Ἰατρός. Ὀνομαστός διὰ τὰς δημοσιεύσεις αὐτοῦ ἐπὶ τῆς φυσικῆς καὶ πειραματικῆς φιλοσοφίας. Ἠσχολήθη εἰς πειράματα ἐπὶ τῆς συμβολῆς καὶ περιθλάσεως τοῦ φωτός καὶ εἰς ἐκ τῶν πρώτων ὁ ὁποῖος ἀνεγνώρισε ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια.

Τὸ σχῆμα 275 δεικνύει τὴν εἰκόνα τὴν παρατηρουμένην ἐπὶ διαφράγματος εἰς τὴν διάταξιν Young, ὅταν χρησιμοποιοῦμεν ἐρυθρὸν φῶς, ὅτε λόγῳ τῶν φαινομένων περιθλάσεως καὶ συμβολῆς ἀναφαίνονται χροσσοὶ ἐναλλάξ φωτεινοὶ καὶ σκοτεινοὶ.

συνδεδασμένα φαινόμενα περιθλάσεως καὶ συμβολῆς τοῦ φωτός.

Ἡ διάταξις τοῦ ἱστορικοῦ τούτου πειράματος ἔχει ὡς ἐξῆς: Πρὸ πηγῆς λευκοῦ φωτός Φ (σχ. 273) τοποθετοῦμεν διάφραγμα Σ_1 μετὰ στενῆς σχισμῆς, ἐνῶ τὸ φῶς τὸ διερχόμενον ἐκ τῆς σχισμῆς ταύτης προσπίπτει ἐπὶ ἐτέρου διαφράγματος Σ_2 φέροντος δύο σχισμὰς παραλλήλους πρὸς τὴν πρώτην. Αἱ δύο σχισμαὶ τοῦ Σ_2 , συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τοῦ Huygens, καθίστανται κέντρα ἐκπομπῆς κυμάτων καί, ἐκτὸς τῶν φαινομένων περιθλάσεως, προκύπτουν καὶ φαινόμενα συμβολῆς, δεδομένου ὅτι αἱ σχισμαὶ εἰς Σ_2 ἀποτελοῦν πηγὰς συμφώνων κυμάτων ἢ ἀκτίνων, καὶ ἐπομένως ἐπιδεικτικῶν συμβολῆς. Οὕτω, εἰς τὸ σχῆμα 274, Α καὶ Β παριστοῦν τὰς δύο δευτερευούσας πηγὰς, τὰς ἀντιστοιχοῦσας εἰς τὰς σχισμὰς τοῦ Σ_2 , καὶ εἰς τὸν ὅπισθεν αὐτῶν χώρον, δεικνύεται δὲ κατὰ ποῖον τρόπον πραγματοποιεῖται τόσον τὸ φαινόμενον περιθλάσεως, ὅσον καὶ τὸ φαινόμενον συμβολῆς. Αἱ ἀκτινοὶ γαμμαὶ δεικνύουν τὴν περιοχὴν συμβολῆς ἐντὸς τῶν ὁποίων παρατηροῦνται μέγιστα διαταραξέως (βλ. καὶ



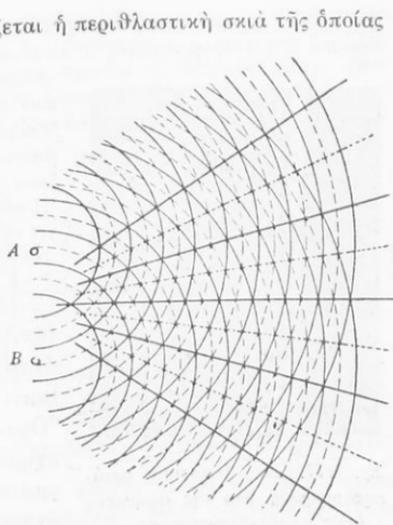
Σχ. 273. Πειραματικὴ διάταξις Young.

202. Περίθλασις παραγομένη ὑπὸ λεπτοῦ σύρματος. Ἐὰν ἀφήσωμεν φωτεινὴν δέσμη ἀκτίνων νὰ προσπέσῃ ἐπὶ λεπτοῦ κωλύματος, πραγματοποιουμένου (π.χ.) ὑπὸ λεπτοῦ σύρματος χαλκοῦ, διαμέτρου περίπου 1 mm, τότε ἐπὶ ἄλλου δια-

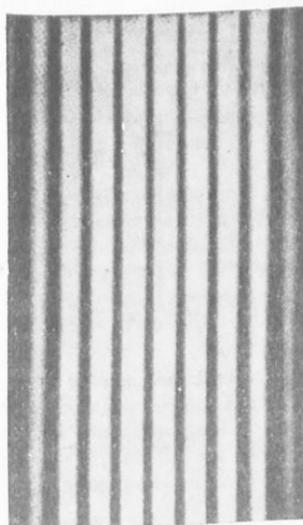
φράγματος τιθεμένου εις απόστασιν, σχηματίζεται η περιθλαστική σκιά της οποίας φωτογραφίαν δεικνύει το σχήμα 276, εκ του οποίου βλέπομεν ότι το κέντρον της σκιάς είναι φωτεινόν. Το σχήμα 277 δεικνύει φαινόμενον περιθλάσεως επί όξείας άκμης (λεπής ξυραφίου), όπου φως παρατηρείται εντός της γεωμετρικής σκιάς.

203. Στοιχειώδης αναλυτική σπουδή του φαινομένου της περιθλάσεως. Έφ' όσον, ως είδομεν, ή σχισμή έχει εύρος άρκετών μικρών κύματος του χρησιμοποιουμένου φωτός, τότε ή φωτεινή περιοχή του διαφράγματος έχει εύρος άκρως ίσον προς εκείνο, το όποιον προκύπτει επί τη βάσει της γεωμετρικής όπτικής εν τη οποία δεχόμεθα την ευθύγραμμον διάδοσιν του φωτός.

Θεωρήσωμεν ήδη ότι ΕΑ παριστά, εις τινα χρονικήν στιγμήν, την κυματοεπιφάνειαν σφαιρικού κύματος προερχομένου εκ της φωτεινής σχισμής Σ (σχ. 278), ή οποία άποτελεί την φωτεινήν πηγήν. Γνωρίζομεν όμως ότι όλα τα σωματία της κυματοεπιφανείας ταύτης καθίστανται κέντρα άλλων κυματιδίων των οποίων ή περιβάλλουσα εις μεταγενεστέραν χρονικήν στιγμήν είναι ή ΓΒ. Έν τή σχήματι, εικονίζεται εν κυματιδίον σφαιρικόν, προερχόμενον εκ του σωματίου (1) της κυ-

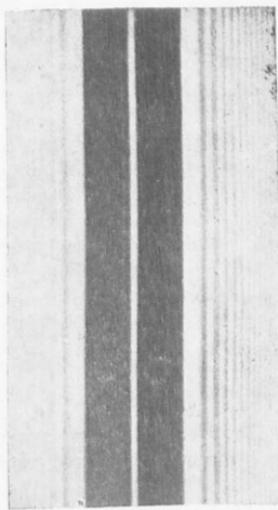


Σχ. 274. Γεωμετρική κατασκευή των κυματοεπιφανειών Α, Β αι όποιαί αντίστοιχούν εις τας δύο σχισμάς Σ. (σχ. 273).



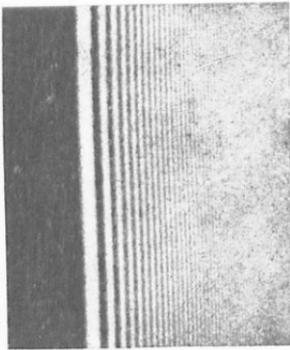
Σχ. 275. Κροσσοί συμβολής παρατηρούμενοι εις την διάταξιν του πειράματος Young.

ματωεπιφανείας ΕΑ, δεχόμεθα δε ότι το πλάτος της διαταράξεως, της προερχομένης εκ του κυματιδίου τούτου, είναι μέγιστον κατά την διεύθυνσιν ΑΒ και ότι ελαττούται αυξανομένης της γωνίας θ, μηδενίζεται δε όταν $\theta = 90^\circ$. Η υπόθεσις αυτή προέρχεται εκ της παρατηρήσεως. Θεωρήσωμεν ήδη ότι φωτεινή πηγή (σχ. 279) πραγματοποιουμένη υπό σχισμής Σ, φωτίζομένη υπό της πηγής Α, άποτελεί άφρητηρίαν φωτεινών κυμάτων και υποθέσωμεν ότι εκ της κυματοεπιφανείας Α, τη βοηθεία σχισμής Σ', άποχωρίζομεν το μέρος ΓΓ' αυτής, ενώ το υπόλοιπον μέρος της κυματοεπιφανείας άποφράσσεται.



Σχ. 276. Περιθλαστική σκιά πραγματοποιουμένη υπό λεπτού κατακορύφου σύματος.

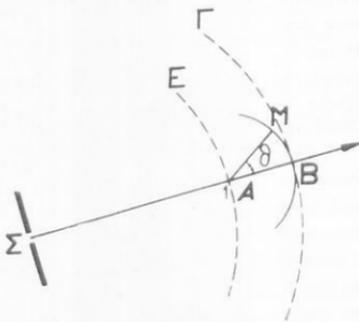
Εἶναι φανερόν ὅτι ἡ ἐπενεργεία τοῦ τμήματος $\Gamma\Gamma'$ τῆς κυματοεπιφανείας ἐπὶ τινος σημείου E τοῦ διαφράγματος Δ θὰ εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν ἐπενεργειῶν ὄλων τῶν στοιχειωδῶν διαταράξεων τῶν προερχομένων ἐκ τῶν διαφόρων σωματίων τοῦ μέρους $\Gamma\Gamma'$ τῆς κυματοεπιφανείας A . Ἐπομένως, τὸ πρόβλημα εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν ἀνάγεται εἰς τὴν πρόσθεσιν μεγάλου ἀριθμοῦ διαταράξεων καὶ ἔπομένως ἀποτελεῖ πρόβλημα συμβολῆς κυμάτων. Ἡ πλήρης ἀναλυτικὴ σπουδὴ τοῦ φαινομένου τούτου ἀπαιτεῖ τὴν χρῆσιν ἀνωτέρων Μαθηματικῶν, τοῦτο ὅμως ἐμπίπτει ἔξω τοῦ πλαισίου τοῦ βιβλίου τούτου.



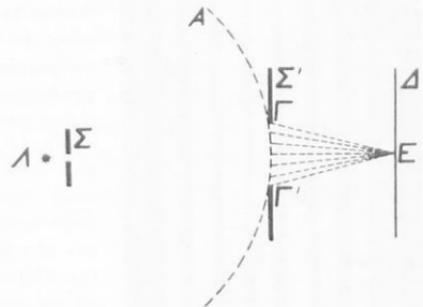
Σχ. 277. Περίθλαστικὴ σκιά προερχομένη ὑπὸ τῆς σφηνοειδοῦς ἀκμῆς διαφράγματος.

Ἡ συνισταμένη τῶν ἐντάσεων τῶν προκαλουμένων ἀπ' εὐθείας ὑπὸ τῶν διαφόρων μερῶν τοῦ θεωρουμένου μέρους τῆς κυματοεπιφανείας, ὅλα δὲ τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα ἐσπουδάσαμεν μέχρι τοῦδε ἀποτελοῦν φαινόμενα Fresnel.

205. Φαινόμενα περιθλάσεως Fraunhofer. Θεωρήσωμεν ὅτι ἀκτίνες προερχόμεναι ἐκ φωτεινῆς πηγῆς Σ (σχ. 280) τῇ βοήθειᾳ φακοῦ Φ , καθίστανται παράλληλοι καὶ ἀκο-



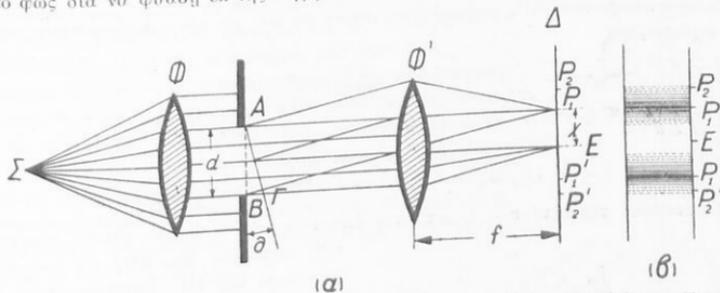
Σχ. 278. Διὰ τὴν στοιχειώδη σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως.



Σχ. 279. Τὸ φωτεινὸν ἀποτέλεσμα εἰς τὸ σημεῖον E ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀθροίσματος ὄλων τῶν ἐπενεργειῶν τῶν προερχομένων ἐκ τῶν διαφόρων σημείων τοῦ μὴ ἀποφραχθέντος στομίου $\Gamma\Gamma'$ τῆς κυματοεπιφανείας A .

λύθως προσπίπτουν ἐπὶ σχισμῆς στενοῦ ὀρθογωνίου ἀνοίγματος AB , τοῦ ὁποίου τὸ εὖρος ἔστω d . Ὁπισθεν τοῦ ἀνοίγματος τούτου ὑπάρχει ἄλλος φακὸς Φ' , ὁ ὁποῖος σχηματίζει ἐπὶ διαφράγματος Δ τὸ εἶδωλον E τῆς φωτεινῆς πηγῆς Σ , τὸ ὁποῖον δεικνύεται ἰδιαίτερως εἰς τὸ (β). Οὕτω βλέπομεν ὅτι τὸ κέντρον τοῦ εἰδώλου εἰς τὴν περίπτωσιν περιθλάσεως

Fraunhofer είναι πάντοτε φωτεινόν, μολονότι αί ακτίνες αί όποια φθάνουν εις E φαίνεται ότι διανύουν διαφόρους δρόμους καί, επομένως, δέν θά έπρεπε ν' αναμένωμεν ότι όλα θά φθάνουν έν συμφωνία φάσεως, ώστε νά ένισχύονται άμυβαίως. Πράγματι όμως, φθάνουν έν συμφωνία φάσεως, διότι κατά την άρχήν του Fermat, ό χρόνος τόν όποιον χρειάζονται τό φώς διά νά φθάση εκ τής πηγής Σ εις E είναι δι' όλας τάς ακτίνας ό αυτός.



Σχ. 280. Πειραματική διάταξις διά την παρατήρησιν φαινομένων περιθλάσεως Fraunhofer.

Αί ακτίνες όμως αί ευρισκόμεναι εις μεγαλύτεραν απόστασιν από του άξονος έχουν πράγματι μεγαλύτεραν πορείαν, αλλά διανύουν μικρότερον πάχος ύάλου. Φωτεινή ακτίς, ή όποία έχει μικρότεραν πορείαν, αλλά διανύει μεγαλύτερον πάχος ύάλου. Η αύξησις του δρόμου ακτίνος τινός διερχομένης διά ύαλίνο στρώματος είναι μεγαλύτερα ή επιβραδύνεται τόσον ολιγώτερον όσον τό πάχος του ύαλίνο στρώματος είναι μικρότερον. Ούτω, ή επιβραδύνσις ακτίνος διερχομένης διά στρώματος ύαλίνο ελαττούται μετά του πάχους του στρώματος, ή δέ ελάττωσις αυτή έξουδετεροῦται δι' αύξησεως του γεωμετρικού δρόμου τής ακτίνος, εις τρόπον ώστε όλαί αί ακτίνες αί συμβάλλουσαι εις E νά έχουν τόν αυτόν όπτικό δρόμον. Θεωρήσωμεν ήδη σημειον τι P₁ εις απόστασιν x από του E καί παραγόμενον χόν δρόμον. Θεωρήσωμεν ήδη σημειον τι P₁ εις απόστασιν x από του E καί παραγόμενον χόν δρόμον. Θεωρήσωμεν ήδη σημειον τι P₁ εις απόστασιν x από του E καί παραγόμενον χόν δρόμον. Η θέσις των σημείων τούτων καθορίζεται εκ τής απόστάσεως αυτών x από του E, ή όποία πάλιν δύναται νά υπολογισθῆ εκ των όμοίων τριγώνων P₁OE καί ΒΑΓ. Πράγματι είναι: ΒΓ = AB · ημ θ, δεδομένου δε ότι AB = d καί ΒΓ = λ προκύπτει:

$$\eta\mu \theta = \frac{\lambda}{d}$$

Έξ άλλου, εάν f παριστῇ τήν έστιακήν απόστασιν του φακοῦ, εκ τής όμοιότητος των άνωτέρω αναφερομένων τριγώνων, είναι κατά μεγάλην προσέγγισιν:

$$\frac{\lambda}{d} = \frac{x}{f} \quad \eta \quad x = f \cdot \frac{\lambda}{d}$$

Έκ τής άνω σχέσεως ευρίσκομεν:

$$\eta\mu \theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{x}{f}$$

Έάν ΒΓ = 3 λ/2, δυνάμεθα νά υποδιαφέσωμεν τό άνοιγμα AB εις τρεις ίσας περιοχάς. Είς τήν περίπτωσιν ταύτην, εις τό σημειον P₂, όπου αί ακτίνες συγκεντροῦνται, οί δρόμοι

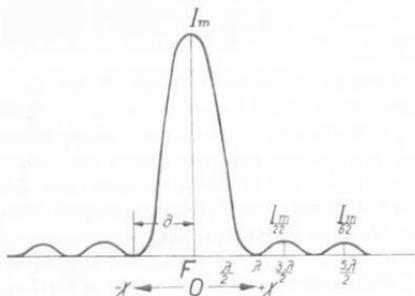
δύο ὁμολόγων ἀκτίνων δύο διαδοχικῶν περιοχῶν παρουσιάζουν διαφορὰν πορείας ἴσην πρὸς $\lambda/2$ καὶ ἐπομένως ἀναιροῦνται εἰς P_2 ἀμοιβαίως, ἀπομένον δὲ αἱ ἀκτίνες αἱ περιεχόμεναι εἰς τὴν τρίτην περιοχὴν, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν τὸ πρῶτον μέγιστον φωτισμοῦ εἰς P_2 , μετὰ τὸ παρατηρούμενον εἰς E. Διὰ τὸν αὐτὸν δὲ λόγον παρατηρεῖται ἐπίσης μέγιστον φωτισμοῦ εἰς P_2' τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ συμμετρικόν τοῦ P_2 ὡς πρὸς τὸ E.

Ἡ ἀπόστασις $x = EP_2$ καθορίζεται πάλιν ὡς καὶ εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν ἐκ τῆς σχέσεως:

$$\eta\mu \theta = \frac{3\lambda}{2d} = \frac{x}{f}$$

$$\text{ἔξ ἧς: } x = \frac{3f\lambda}{2d}$$

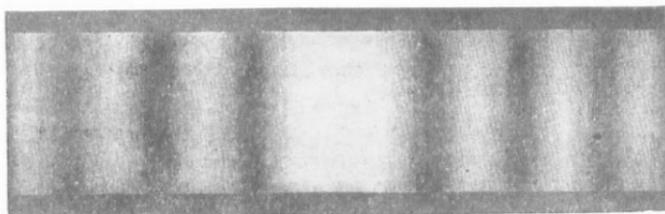
Ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως I μετὰ τῆς ἀποστάσεως x ἀπὸ τοῦ ἄξονος παρέχεται ὑπὸ τῆς καμπύλης (σχ. 281) ὡς καὶ αἱ διάφοροι τιμαὶ τῆς BI, ἐκπεφρασμένης διὰ τοῦ μήκους κύματος λ , δεκνύοντα ἐπίσης εἰς τὸ αὐτὸ σχῆμα. Ἡ κεντρικὴ περιοχὴ τοῦ εἰδώλου εἶναι κατὰ τὸ εὖρος διπλασία ἢ τὰ ἐκατέρωθεν αὐτῆς μέγιστα, διότι σὺτὴ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι προκύπτει ἐκ δύο περιοχῶν κεμένων ἐκατέρωθεν τοῦ ἄξονος (σχ. 282). Τὸ μέγεθος τῆς ἐντάσεως δύναται νὰ ὑπολογισθῇ διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ, καὶ δεικνύεται ὅτι ἡ ἐντασις τῆς πρώτης περιθλαστικῆς ταινίας εἶναι τὸ $1/22$ τοῦ φωτισμοῦ τῆς κεντρικῆς, καὶ τῆς δευτέρας τὸ $1/62$ τῆς ἐντάσεως τῆς κεντρικῆς, καὶ ἐπομένως εἶναι πολὺ ἀσθενεῖς καὶ δυσκόλως παρατηροῦνται. Εἰς τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ὀφείλεται τὸ ὅτι ὅταν παρατηροῦμεν διὰ τηλεσκο-



Σχ. 281. Γραφικὴ παράστασις τῆς διανομῆς τῆς φωτεινῆς ἐντάσεως τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου.

πίου ἀστέρα, τὸ φῶς δὲν συγκεντρῶνται εἰς ἓν σημεῖον, ἀλλὰ τὸ εἶδωλον τοῦ ἀστέρος ἀποτελεῖται ἐκ φωτεινῆς κηλίδος περιβαλλομένης ὑπὸ κροσσῶν.

206*. Γραφικὸς ὑπολογισμὸς τοῦ φωτισμοῦ. Ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 281 δύναται νὰ κατασκευασθῇ διὰ γραφικοῦ ὑπολογισμοῦ κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον: Φαντασθόμεν ὅτι ἐντὸς τοῦ εὖρους τῆς σχισμῆς ἀντιστοιχοῦν ἓν ὄλφ N σωματῖα τοῦ μέσου, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν κέντρα διαταράξεως συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν Huygens (σχ. 283). Ἐάν δια Δs καλέσωμεν τὴν διαφορὰν πορείας μεταξὺ τῶν διατάξεων τῶν προκαλουμένων ὑπὸ δύο γειτονικῶν σωματίων κατὰ τὴν διεύθυνσιν OM, σχημα-



Σχ. 282. Γενικὴ ὄψις τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου εἰς τὴν περίπτωσιν παρατηρήσεως περιθλάσεως Fraunhofer.

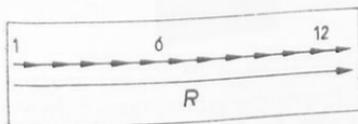
τίζουσαν γωνίαν φ πρὸς τὴν κάθετον ἐπὶ τὴν σχισμὴν, τότε θὰ εἶναι $a\gamma = N\Delta s = a\beta \eta\mu \varphi$, ὅπου $a\gamma$ ἡ διαφορὰ πορείας μεταξὺ τῶν ἄκρων ἀκτίνων τῶν προερχομένων ἐκ τῶν σημείων a καὶ β .

Πρὸς ἀπλοποιήσιν τῶν ὑπολογισμῶν, φανταζόμεθα ὅτι κατὰ μῆκος τῆς $a\beta$ ὑφίστανται ἐν συνόλῳ 12 σωματία ὁμοιόμορφως διατεταγμένα, τοῦτο δὲ παρέχει ἀρκοῦσαν προσέγγισιν εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς. Εἶναι φανερὸν ὅτι εἰς τὸ σημεῖον O τοῦ ἐπιπέδου $O'M$, λόγω τῆς συμμετρίας τῆς διατάξεως, αἱ ἐκ τῶν διαφόρων σωματίων τῆς σχισμῆς προερχόμενα διαταράξεις φθάνουν ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, καὶ ἐπομένως προστίθενται. Ἐὰν δὲ τὸ πλάτος τῆς διατάξεως ἐκάστου σωματίου παριστᾶται ὑπὸ ἀνύσματος ὀρισμένου μήκους, τότε τὸ πλάτος τῆς συνισταμένης διαταράξεως θὰ παριστᾶται ὑπὸ τοῦ ἀθροίσματος 12 ἰσομήκων ἀνυσμάτων, ὡς δεκνύεται εἰς τὸ σχῆμα 284.

Θεωρήσωμεν ἤδη σημεῖον M τοῦ ἐπιπέδου $O'M$, διὰ τὸ ὁποῖον $N\Delta s = a\gamma = \lambda/3$, ὅτε:

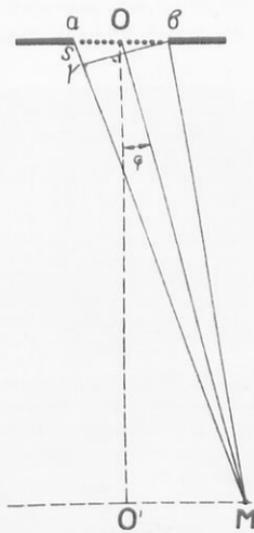
$$\eta\mu \varphi = \frac{\lambda}{3(a\beta)} \quad \text{καὶ} \quad \Delta s = \frac{1}{12} \cdot \frac{\lambda}{3}$$

Ἐπειδὴ εἰς ἓν μῆκος κῆματος ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ φάσεως 360° , ἔπεται ὅτι εἰς διαφορὰν πορείας $\lambda/36$ ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τῶν διαταράξεων τῶν προερχομένων ἐκ δύο διαδοχικῶν σωματίων, ἴση πρὸς $360/36 = 10^\circ$. Κατὰ συνέπειαν, τὸ πλάτος τῆς συνισταμένης διαταράξεως εἰς M θὰ παριστᾶται ὑπὸ τῆς συνισταμένης 12 ἰσομήκων ἀνυσμάτων, ἕκαστον τῶν ὁποίων θὰ παρουσιάζῃ, πρὸς τὸ ἀμέσως προηγούμενον, διαφορὰν φάσεως 10° , τὸ ἄθροισμα δὲ τοῦτο δεκνύεται εἰς τὸ σχῆμα 285. Δι' ἕτερον σημεῖον τοῦ ἐπιπέδου $O'M$, διὰ τὸ ὁποῖον $N\Delta s = a\gamma = 2\lambda/3$, εὐρίσκωμεν καθ' ὅμοιον τρόπον ὅτι ἡ διαφορὰ φάσεως δύο διαδοχικῶν διαταράξεων εἶναι 20° καὶ ἡ συνισταμένη διατάραξις εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον θὰ παριστᾶται ὑπὸ τοῦ ἀνυσματικῶν ἀθροίσματος (σχ. 286). Ἀκολουθῶς, προχωροῦντες καθ' ὅμοιον τρόπον ὑπολογίζομεν γραφικῶς τὴν συνισταμένην τῶν διαταράξεων διὰ διαφόρους τιμὰς τῆς διαφορᾶς φάσεως. Ἐὰν ἀναφέρωμεν εἰς διάγραμμα ὡς τετημενάς τὰς τιμὰς τοῦ $\eta\mu \varphi$ καὶ ὡς τεταγμένας τὰς τιμὰς τῆς συνισταμένης διαταράξεως, καὶ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ ἀνωτέρω κατασκευὴ ἰ-



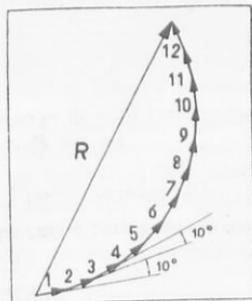
Σχ. 284. Διὰ τὸν γραφικὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἐντάσεως τοῦ φωτός εἰς τὴν περίπτωσιν περιθλάσεως διὰ σχισμῆς. Αἱ διαταράξεις τῶν σωματίων φθάνουν ἐν φάσει.

σχέει ὄχι μόνον διὰ τὰ πρὸς τὰ δεξιὰ τοῦ O' σημεία τοῦ ἐπιπέδου $O'M$, ἀλλὰ καὶ διὰ τὰ πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ O' συμμετρικὰ σημεία τῶν πρώτων, θὰ προκύψῃ καμπύλη ὁμοία ὡς ἢ τοῦ σχήματος 281. Ἡ ἀνωτέρω γραφικὴ κατασκευὴ διευκολύνει τὴν σπουδὴν καὶ πλείστον ἄλλων προβλημάτων.



Σχ. 283. Διὰ τὸν γραφικὸν ὑπολογισμὸν κατασκευῆς τῆς καμπύλης σχ. 281.

τρόπον ὑπολογίζομεν γραφικῶς τὴν συνισταμένην τῶν διαταράξεων διὰ διαφόρους τιμὰς τῆς διαφορᾶς φάσεως. Ἐὰν ἀναφέρωμεν εἰς διάγραμμα ὡς τετημενάς τὰς τιμὰς τοῦ $\eta\mu \varphi$ καὶ ὡς τεταγμένας τὰς τιμὰς τῆς συνισταμένης διαταράξεως, καὶ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ ἀνωτέρω κατασκευὴ ἰ-



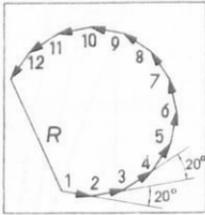
Σχ. 285. Αἱ διαταράξεις τῶν σωματίων παρουσιάζουν διαδοχικῶς ἀνά δύο διαφορὰν φάσεως 10° .

207. Διαχωριστικὴ ἰκανότης φακοῦ. Ἐκ τῆς θεωρίας τοῦ φαινομένου

τῆς περιθλάσεως δεικνύεται ὅτι, ὅταν παρατηροῦμεν διὰ φακοῦ δύο φωτεινὰ σημεῖα, ταῦτα δύνανται νὰ ὑποπέσουν εἰς τὴν ἀντίληψιν ἡμῶν ὡς διάκριτα, ὅταν ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις αὐτῶν α πληροῖ τὴν σχέσιν:

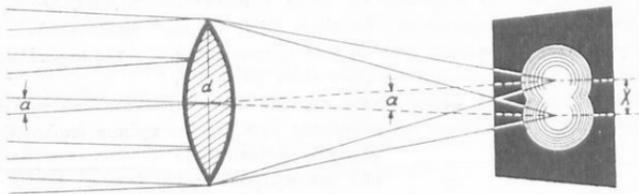
$$\alpha \geq \frac{1,22 \cdot \lambda}{d}$$

ὅπου d τὸ ἄνοιγμα τοῦ φακοῦ. Ἡ ἄνω σχέσις καλεῖται κριτήριον Rayleigh.



Σχ. 286. Ἡ διαφορά φάσεως ἀνά δύο εἶναι 20° . Ἡ συνισταμένη διατάραξις εἶναι τὸ ἀνοσματικὸν ἄθροισμα R τῶν στοιχειωδῶν διαταράξεων.

νατὸν νὰ ἀντιληφθῶμεν ὡς διάκριτα, ἀλλὰ συγχέονται εἰς ἓν εἶδωλον.



Σχ. 287. Διὰ τὴν διαχωριστικὴν ἰκανότητα φακοῦ. Τὰ περιθλαστικὰ εἶδωλα τοῦ παρατηρουμένου σημείου δεικνύουν εἰς τὸ σχῆμα τὸ ὄριον τῆς διαχωριστικῆς ἰκανότητος, ἡ ὁποία καθορίζεται ὅταν τὸ κέντρον τοῦ συστήματος τῶν δακτυλίων τοῦ ἑνὸς σημείου εὐρίσκειται ἐπὶ τοῦ ἑξωτάτου δακτυλίου τοῦ ἑτέρου συστήματος δακτυλίων.

Ἐφαρμογή. Πόση ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις δύο ἀντιγεμμένων ἵνα, παρατηρούμενα ὑπὸ φακοῦ ἀνοίγματος 1 cm, καὶ ὑπὸ κίτρινου φῶς ($\lambda = 5800 \text{ \AA}$) φαίνονται κεχωρισμένα.

$$\alpha = \frac{1,22 \cdot 5800 \cdot 10^{-8}}{1} = 7,07 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

Ἐὰν δὲ τ' ἀντιγεμμένα εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 10 m ἀπὸ τοῦ φακοῦ, ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις αὐτῶν θὰ εἶναι:

$$1000 \cdot 7,07 \cdot 10^{-5} = 0,07 \text{ cm}$$

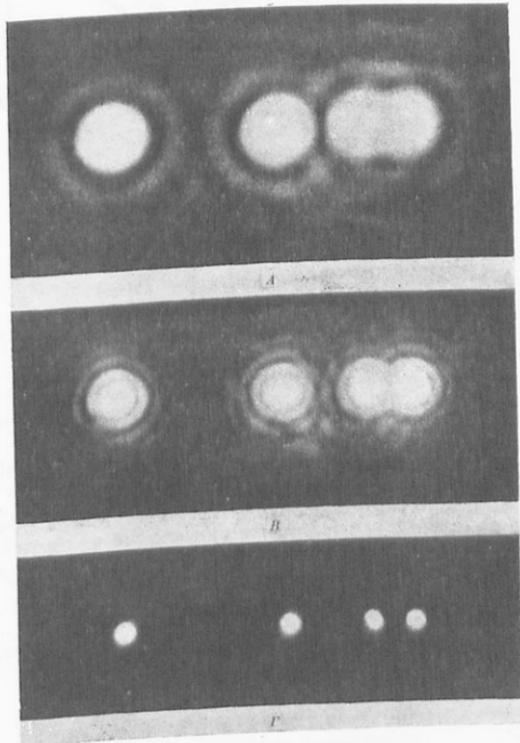
208. Περιθλαστικὸν φράγμα. Γενικῶς εἰς τὴν ὀπτικήν διακρίνομεν δύο εἰδῶν φράγματα, ἥτοι τὰ φράγματα μετὰ διερχόμενον φῶς καὶ τὰ φράγματα μετὰ

ἀνακλώμενον φῶς ἢ καὶ ἄλλως καλούμενα **ἀνακλαστικὰ φράγματα**. Τὰ ἀνακλαστικὰ φράγματα πραγματοποιοῦνται ἐὰν ἐπὶ κατοπτρικῆς μεταλλικῆς ἐπιφανείας χαραξῶμεν δι' ἀδάμαντος πολλὰς παραλλήλους γραμμὰς, εὐρισκομένας εἰς λίαν μικρὰν ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων. Τὸ φῶς, προσπίπτον εἰς τὰς περιοχὰς τῶν χαραχθεῖσων γραμμῶν, ἀνακλᾶται ἀκανονίστως καθ' ἀπάσας τὰς διευθύνσεις, ἢ ἄλλως, ὑφίσταται διάχυτον ἀνάκλασιν, ἐνῶ εἰς τὰς ἐνδιαμέσους περιοχὰς ὑφίσταται κανονικὴν ἀνάκλασιν, οὕτω δὲ αἱ περιοχαὶ αὐταὶ συμπεριφέρονται καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς σύνολον πολλῶν σχισμῶν, διότι καθίστανται κέντρα ἐκπομπῆς κυματιδίων Huygens.

Τοιαῦτα φράγματα εἶναι λίαν δαπανηρά, δυνάμεθα ὅμως νὰ κατασκευάσωμεν, ἐπὶ τῇ βάσει τούτων, ἄλλα εὐθηνότερα διὰ κολλοδίου, ὅτε αἱ χαραγαὶ τοῦ πρώτου φράγματος ἀντιστοιχοῦν ἐπὶ τοῦ δευτέρου φράγματος εἰς ἑξοχὰς, ἐπὶ τῶν ὁποίων τὸ φῶς ὑφίσταται διάχυτον ἀνάκλασιν, ἐνῶ τὸ ὁμαλὸν μέρος μεταξὺ τῶν ἑξοχῶν ἐπενεργεῖ ὡς σύστημα πολλῶν σχισμῶν.

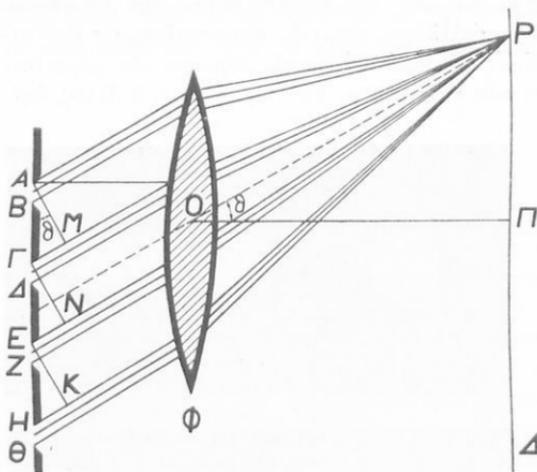
209. Σπουδή τοῦ φράγματος.

Ἐν τῇ σπουδῇ τοῦ φράγματος περιοριζόμεθα εἰς τὴν ἐξέτασιν τοῦ φράγματος μὲ διερχόμενον φῶς, διότι αὕτη εἶναι ἀπλουστερά. Ἐστω ὅτι ἐπὶ φράγματος Λ (σγ. 289), ὑπάρχουν τέσσαρες σχισμαί. Ἐκαστῇ σχισμῇ τοῦ φράγματος, λόγω τοῦ προσπίπτοντος ἐπ' αὐτῆς φωτός, καθίσταται κέντρον ἐκπομπῆς κυματιδίων Huygens, οὕτω δὲ τὸ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτον φῶς ὑφίσταται περιθλάσιν ὑπὸ μεγάλην γωνίαν θ ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἀξονα τῆς προσπίπτουσας δέσμης. Ἐὰν διαφράσωμεν τὸ φράγματος τοποθετήσωμεν τὸν φακόν Φ , θὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Λ καὶ εἰς τὸ σημεῖον Π τὸ φωτεινὸν εἶδωλον τῆς φωτεινῆς πηγῆς (σχισμῆς), ἐκ τῆς ὁποίας προέρχεται ἢ προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φράγματος δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, διότι ὅποιας προέρχεται ἢ προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φράγματος πορείας, δεδομένου ὅτι οἱ ὀπτικοὶ δρόμοι ἐπ' αὐτοῦ ὅλα αἱ ἀκτίνες φθάνουν ἄνευ διαφορᾶς πορείας, δεδομένου ὅτι οἱ ὀπτικοὶ δρόμοι αὐτῶν, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν Fermat, εἶναι ἴσοι. Εἰς τὸ σημεῖον ὅμως P αἱ ἀκτί-



Σγ. 288. Εἶδωλα περιθλάσεως τεσσάρων σημειωδῶν φωτεινῶν πηγῶν μετὰ κυκλικῷ ἀνοίγματι πρὸ τοῦ φακοῦ. Εἰς A τὸ ἀνοῖγμα τῆς ὀπῆς εἶναι τόσο μικρὸν, ὥστε τὰ εἶδωλα πρὸς τὰ δεξιὰ μέρη διαχωρίζονται. Δι' αὐξήσεως τοῦ ἀνοίγματος τῆς ὀπῆς μειοῦνται τὰ φαινόμενα περιθλάσεως ὡς δεικνύεται εἰς B καὶ Γ .

νες συμβάλλουν ὑπὸ διαφορὰν πορείας, διότι αἱ περιθλώμεναι ὑπὸ τῶν διαφορῶν σχισμῶν



Σχ. 289. Διὰ τὴν θεωρητικὴν ἐξήγησιν τοῦ περιθλαστικοῦ διαφανοῦς φράγματος.

τοῦ φράγματος ἀκτίνες δεικνύουν μεταξύ των διαφορὰν πορείας, καὶ ἐπομένως εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα, ἀναλόγως τῶν συνθηκῶν συμβολῆς, θὰ ἔχωμεν φῶς ἢ σκότος. Τὰς συνθήκας συμβολῆς, ὑπὸ τὰς ὁποίας αἱ εἰς P συγκεντροῦμεναι ἀκτίνες ἐνισχύονται ἀμοιβαίως, δυνάμεθα νὰ εὗρωμεν διὰ παρακολουθήσεως τοῦ σχήματος 289. Πράγματι, ἐὰν φέρωμεν ἐκ τῶν σημείων A, Γ, E τὰς καθέτους ἐπὶ τὴν κοινὴν διεύθυνσιν τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων, τότε, ἐὰν $GM = \lambda$, $EN = \lambda$, $HK = \lambda$, κ.ο.κ., τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἐξ οἰασδήποτε σχισμῆς ἐνισχύει τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἐξ οἰασδήποτε ἄλλης σχισμῆς τοῦ φράγματος διότι ἡ διαφορὰ πορείας, ἡ ἀντιστοιχοῦσα μεταξύ δύο ὁμολόγων ἀκτίνων σχισμῆς τινὸς καὶ τῆς ἀμέσως προηγουμένης ἢ τῆς ἀμέ-

σως ἐπομένης πρὸς αὐτὴν, εἶναι ἴση πρὸς λ . Ἐὰν δὲ θέσωμεν $AG = GE = d$ καὶ καλέσωμεν τὴν ἀπόστασιν αὐτὴν *στοιχείον* ἢ *σταθερὰν τοῦ φράγματος*, τότε θὰ παρατηρηθῆται ἐνίσχυσις εἰς P, ὅταν πληροῦται ἡ σχέσηις $d \sin \theta = \lambda$ ἢ 2λ , ἢ γενικῶς $n\lambda$, ὅπου n ἀκεραῖος ἀριθμὸς. Οὕτω, ἡ γενικὴ ἐξίσωσις τοῦ φράγματος εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνίσχύσεως τῶν ἀκτίνων εἶναι:

$$d \sin \theta_n = n\lambda \quad (1)$$

Ἐάν, ἐξ ἄλλου, διὰ N καλέσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν γραμμῶν τοῦ φράγματος εἰς 1cm, τότε εἶναι $d = 1/N$, καὶ ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως λαμβάνομεν:

$$\sin \theta_n = n N \lambda \quad (2)$$

Διὰ $n = 0$ ἔχομεν τὸ κεντρικὸν εἰδώλον, διὰ $n = 1$ ἔχομεν δύο εἰδῶλα ἐκατέρωθεν τοῦ κεντρικοῦ εἰδώλου, τὰ ὁποία καλοῦνται *εἰδῶλα περιθλάσεως πρώτης τάξεως* ἢ καὶ *φάσματα πρώτης τάξεως*, εἶναι δὲ τότε $\sin \theta_n = N\lambda$. Διὰ $n = 2$ ἔχομεν τὰ φάσματα δευτέρας τάξεως, διὰ τὰ ὁποία εἶναι $\sin \theta_2 = 2N\lambda$ κ.ο.κ.

Ἐκ τοῦ τύπου (2) παρατηροῦμεν ὅτι, γνωρίζοντες τὴν τάξιν τοῦ φάσματος, τὴν σταθερὰν d ἢ τὸν ἀριθμὸν τῶν γραμμῶν τοῦ φράγματος κατὰ cm, δυνάμεθα διὰ μετρήσεως τῆς γωνίας θ_n νὰ εὗρωμεν τὸ μῆκος τοῦ κύματος λ . Οὕτω, ἐὰν τὸ φράγμα περιέχῃ 3385 γραμμὰς κατὰ cm, ἡ δὲ γωνία περιθλάσεως διὰ τὸ φάσμα δευτέρας τάξεως τῆς κίτρινης ραβδώσεως τοῦ νατρίου, μετρομένη διὰ γωνιομέτρου εὐρίσκεται ἴση πρὸς $22^\circ 20'$, θὰ εἶναι $\sin \theta_2 = \sin 22^\circ 30' = 0,380$. Δι' ἐφαρμογῆς ὅθεν τοῦ τύπου (2), εἰς τὸν ὁποῖον τίθεται $n = 2$ καὶ $N = 3385$, εὐρίσκομεν

$$\lambda = \sin \theta_2 \frac{1}{N_2} = \frac{0,380}{2 \cdot 3385} = 5893 \cdot 10^{-8} \text{ cm} \quad \text{ἢ} \quad \lambda = 5893 \text{ \AA}$$

Τὴν διάταξιν μετρήσεως μήκους κύματος διὰ φράγματος δεικνύει τὸ σχῆμα 290. Τὸ φράγμα Φ τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς ἐπὶ τοῦτοφ τραπέζης τοῦ γωνιομέτρου καί, τῇ βοήθειά τοῦ κατευθυντήρος K , ἀφ' ἡνόμεν νὰ προσέσῃ ἐπ' αὐτοῦ παράλληλος δέσμη μονοχρωματικῶν ἀκτίνων.

Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν τὰ φάσματα διαφόρων τάξεων μετὰ τοῦ κεντρικοῦ εἰδώλου, μετρεῖται τῇ βοήθειά τῆς διώπτρας Δ τῆς ὁποίας ἡ ἐκάστοτε θέσις καθορίζεται ὑπὸ τοῦ γωνιομετρικοῦ κύκλου τοῦ γωνιομέτρου.

210. Ἀνακλαστικά φράγματα.

Ἐκτός τῶν περιγραφέντων διαφανῶν φραγμάτων εἰς τὰ ὁποία ἐξετάζομεν φαινόμενα περιθλάσεως εἰς διερχόμενον φῶς, χρησιμοποιοῦνται, ἰδίως εἰς τὰς ἐπιστημονικὰς ἐρεῦνας, καὶ τὰ ἀνακλαστικά φράγματα εἰς τὰ ὁποία παρατηροῦνται φαινόμενα περιθλάσεως εἰς ἀνακλόμενον φῶς. Τὰ φράγματα τοῦ τύπου τούτου κατασκευάζονται, ὡς ἤδη ἐλέχθη, διὰ χαραξέως ἐπιπέδου μεταλλικῆς καὶ κατοπτρικῆς ἐπιφανείας διὰ διαιρετικῆς μηχανῆς ἀκριβείας, πολλῶν γραμμῶν ἢ χαραγῶν παράλληλων, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων. Ἐπειδὴ τὰ φράγματα τοῦ τύπου τούτου εἶναι ἐξόχως δαπανηρά, χρησιμοποιοῦνται μόνον εἰς ἐπιστημονικὰς ἐρεῦνας, ἐνῶ διὰ συνήθεις μετρήσεις χρησιμοποιοῦνται τὰ διαφανῆ φράγματα τὰ ὁποῖα ἔχομεν ἤδη περιγράψει.

Ἐκτός τῶν ἐπιπέδων ἀνακλαστικῶν φραγμάτων, χρησιμοποιοῦνται καὶ τὰ **σφαιρικά φράγματα**, ἐπινοηθέντα ὑπὸ τοῦ Rowland.

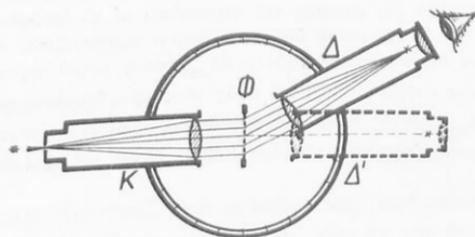
Τὰ φράγματα ταῦτα εἶναι μεγίστης σπουδαιότητος, διότι συγκεντρώνουν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὰς ιδιότητας φράγματος, ἀφ' ἑτέρου δὲ τὰς ιδιότητας κατόπτρου, οὗτω δὲ δὲν ὑφίσταται ἀνάγκη χρησιμοποιήσεως φακῶν, ὡς τοῦτο συμβαίνει μὲ τὰ ἐπίπεδα φράγματα. Τὰ σφαιρικά ἀνακλαστικά φράγματα χρησιμοποιοῦνται σήμερον εἰς μετρήσεις ἐξόχου ἀκριβείας καὶ ἰδίως διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὑπερίθρου ἀκτινοβολίας.

Τὸ σχῆμα 291 δεικνύει σαφῶς τὸν σχηματισμὸν τῶν περιθλαστικῶν εἰδῶλων τῆς φωτεινῆς πηγῆς Σ , διὰ τοῦ σφαιρικοῦ ἀνακλαστικοῦ φράγματος ΓMB . Τὸ μήκος κύματος ὑπολογίζεται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς σχέσεως :

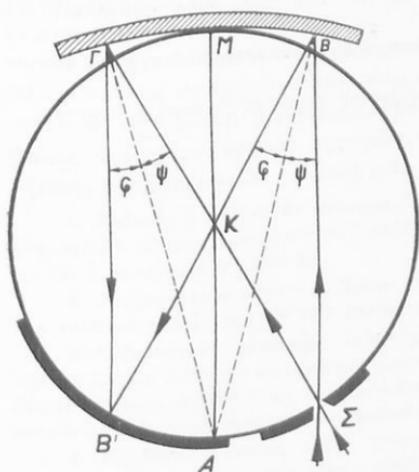
$$\lambda = d (\eta\mu \psi \cdot \eta\mu \varphi) = k\lambda$$

ἔπου d ἡ σταθερὰ φράγματος καὶ k ἡ τάξις τοῦ παρατηρουμένου εἰδώλου.

211*. **Φάσματα λευκοῦ φωτός.** Ἐάν ἡ ἐπὶ τοῦ φράγματος προσπίπτουσα δέσμη ἀκτίνων εἶναι λευκοῦ φωτός, τότε τὸ κεντρικὸν εἶδωλον εἶναι λευκόν, ἐνῶ εἰς τὸ εἶδωλον πρῶτον τῆς τάξεως παρατηροῦνται ὅλα τὰ χρώματα τοῦ λευκοῦ φωτός. Πράγματι, ὡς προηγουμένως εἶδομεν, ὅσον τὸ μήκος κύματος εἶναι μικρότερον, τόσο μικροτέρα εἶναι ἡ



Σχ. 290. Διάταξις μετρήσεως τοῦ μήκους κύματος διὰ φράγματος ἐπὶ γωνιομέτρου.



Σχ. 291. Διάταξις ἀνακλαστικοῦ φράγματος.

γωνία περιθλάσεως καὶ ἐπομένως αἱ ἰώδεις ἀκτίνες τοῦ ὄρατοῦ φάσματος ὑφίστανται τὴν μικροτέραν περιθλάσιν καὶ αἱ ἐρυθραὶ τὴν μεγαλυτέραν, ἡ γωνία δὲ περιθλάσεως τῶν ἐρυθρῶν εἶναι περίπου διπλασία τῆς τῶν ἰωδῶν ἀκτίνων. Ὡς ἐκ τούτου, τὸ φάσμα πρώτης τάξεως ἀρχίζει μὲ τὸ ἰώδες χρῶμα, τὸ ὁποῖον κεῖται πλησιέστερον πρὸς τὸ κεντρικὸν λευκὸν εἶδωλον τῆς σχισμῆς καὶ περατοῦται μὲ τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα. Τὸ φάσμα δευτέρας τάξεως ἀρχίζει ἐπίσης μὲ τὸ ἰώδες, τὸ ὁποῖον διαχωρίζεται ἀπὸ τοῦ ἐρυθροῦ χρώματος τοῦ φάσματος πρώτης τάξεως, διότι $2\lambda_{\text{ιωδ}}$ εἶναι μεγαλύτερον τοῦ $\lambda_{\text{ερ}}$. Τὸ φάσμα ὅμως τρίτης τάξεως συγχέεται ἐν μέρει πρὸς τὸ φάσμα δευτέρας τάξεως, διότι $\lambda_{\text{ιωδ}}$ εἶναι μικρότερον τοῦ $2\lambda_{\text{ερ}}$, καὶ ὡς ἐκ τούτου τὰ δύο φάσματα ἔχουν κοινὸν μέρος ἐκτεινόμενον μέχρι τῆς ζιτρινοπρασίνης περιοχῆς, οἷω δὲ τὸ ἥμισυ τοῦ φάσματος τρίτης τάξεως ἀχρηστεύεται.

Ζητήματα.

Πότε παρατηροῦνται φαινόμενα περιθλάσεως τοῦ φωτός, καὶ ἐξηγήσατε τὴν γένεσιν τῶν φαινομένων τούτων ἐπὶ τῇ βάσει τῶν θεωριῶν Huygens - Fresnel.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον περιθλάσεως τοῦ φωτός διὰ μικρᾶς ὀπῆς καὶ μικροῦ διαφράγματος.

Περιγράψατε τὸ πείραμα τοῦ Young.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου περιθλάσις Fresnel καὶ Fraunhofer.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον περιθλάσεως Fraunhofer διὰ σχισμῆς καὶ δώσατε τὴν θεωρητικὴν ἐρμηνείαν αὐτοῦ.

Πῶς ὑπολογίζεται γραφικῶς ὁ φωτισμὸς εἰς τὴν περιπτώσιν περιθλάσεως Fraunhofer διὰ σχισμῆς.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου περιθλαστικὸν φράγμα καὶ πόσα εἶδη φραγμάτων διακρίνομεν.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς διόδου φωτός διὰ περιθλαστικοῦ διαφανοῦς φράγματος καὶ ποίαν ἐφαρμογὴν ἔχει τούτο.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς ἀναλύσεως λευκοῦ φωτός δι' ὀπτικοῦ φράγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι'

ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

212. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Κρυσταλλικὰ σώματα καὶ κρύσταλλοι. Ὄταν ὑγρὸν σῶμα μεταπίπῃ εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν, εἴτε ἐκ τῆς στερεοποιήσεως αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως, εἴτε ἐκ τοῦ ἀποχωρισμοῦ αὐτοῦ ἐκ διαλύματος, τότε συνήθως τὸ σῶμα κατὰ τὴν στερεοποίησίν του λαμβάνει γεωμετρικὸν σχῆμα περιοριζόμενον ὑπὸ ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν, καλοῦμεν δὲ τὰ οὕτω προκύπτοντα σώματα **κρυστάλλους**.

Ἐὰν τὸ σῶμα λαμβάνῃ μορφήν τοιαύτην χωρὶς νὰ σχηματίξῃ κρυστάλλους τότε καλεῖται τοῦτο **ἄμορφον**. Οὕτω εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀποτόμου ἀποψύξεως ὑγροῦ θείου, τὸ ὁποῖον χύνεται ἐντὸς ψυχροῦ ὕδατος, προκύπτει ἄμορφον θεῖον, τοῦναντίον διὰ βαθμιαίας ψύξεως αὐτοῦ παρατηρεῖται ὁ σχηματισμὸς κρυστάλλων.

Ἡ ἔρευνα τῶν σωμάτων διὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen ἀπέδειξεν ἐσχάτως ὅτι τὸ πλεῖστον τῶν θεωρουμένων ἀμόρφων σωμάτων εἶναι κρυσταλλικὰ ἀποτελούμενα ἐκ μικροκρυστάλλων.

Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν διαφορῶν τύπων κρυστάλλων κατεδείχθη ὅτι ὑπάρχουν 32 συνδυασμοὶ στοιχείων συμμετρίας, οἱ ὅποιοι κατατάσσονται εἰς διάφορα κρυσταλλικὰ συστήματα, χαρακτηριζόμενα ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ καὶ ἐκ τῆς ἀμοιβαίας θέσεως ὄρισμένων νοητῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες**, διακρίνομεν δὲ τὰ ἀκόλουθα κρυσταλλικὰ συστήματα.

1. Κυβικὸν ἢ κανονικὸν σύστημα. Τοῦτο χαρακτηρίζεται ἐκ τριῶν ἰσοτίμων κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων τενομένων κατ' ὀρθὴν γωνίαν. Τὸ σύστημα τοῦτο καλεῖται καὶ **ἰσομετρικὸν ἢ κανονικὸν** (σχ. 262 I).

2. Τετραγωνικὸν σύστημα. Τοῦτο χαρακτηρίζεται ἐκ τριῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων καθέτων μεταξὺ τῶν, ἐκ τῶν ὁποίων οἱ δύο εἶναι ἴσοι (σχ. 292 II).

3. Ἐξαγωνικὸν σύστημα. Τοῦτο χαρακτηρίζεται ἐκ τεσσάρων κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς, διακρινόμενος τῶν ἄλλων, καλεῖται **κύριος ἄξων**, καὶ ἐκ τριῶν ἄλλων ἰσοτίμων, κειμένων εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα καὶ τενομένων μεταξὺ τῶν, ὥστε νὰ σχηματίζουν γωνίαν 60° (σχ. 292 III).

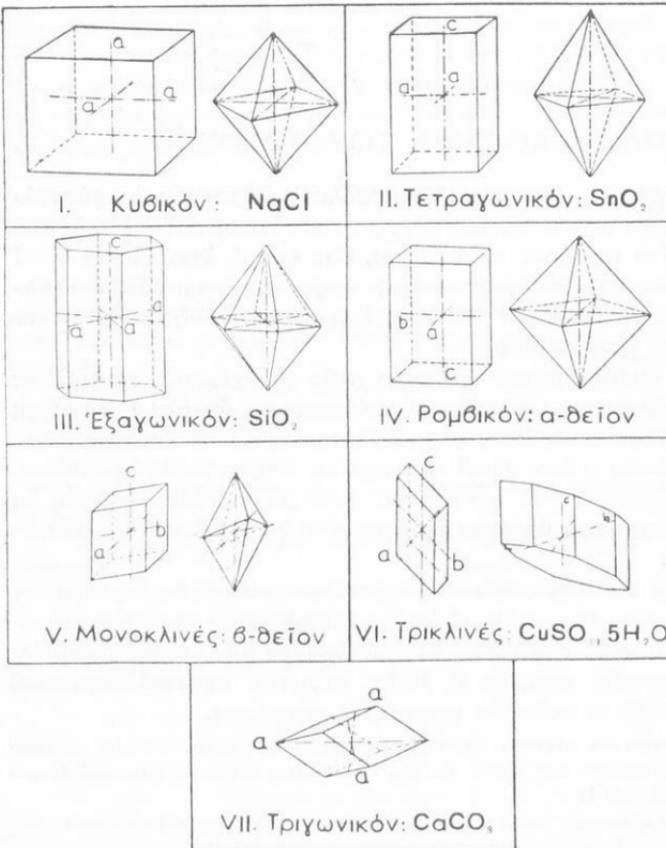
4. Ρομβικὸν σύστημα. Τοῦτο χαρακτηρίζεται ἐκ τριῶν καθέτων κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων, ἐκ τῶν ὁποίων οὐδεὶς εἶναι ἰσοτίμος πρὸς τὸν ἄλλον (σχ. 292 IV).

5. Μονοκλινὲς σύστημα. Τοῦτο χαρακτηρίζεται ἐκ τριῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων ἐκ τῶν ὁποίων οὐδεὶς εἶναι ἰσοτίμος πρὸς τὸν ἄλλον καὶ οἱ ὅποιοι δὲν διάκεινται ὅλοι καθέτως πρὸς ἀλλήλους, ἀλλὰ μόνον ὁ εἷς τῶν ἀξόνων τούτων εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο ἄλλων, οἱ ὅποιοι ὁμως μεταξὺ τῶν δύνανται νὰ σχηματίζουν οἰανδήποτε γωνίαν διάφορον τῆς ὀρθῆς (σχ. 292 V). Τὸ σύστημα τοῦτο καλεῖται πολλάκις καὶ **μονοσυμμετρικὸν**.

6. Τρικλινὲς σύστημα. Τοῦτο χαρακτηρίζεται ἐκ τριῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων,

ἐκ τῶν ὁποίων οὐδεὶς εἶναι ἰσοτίμος πρὸς τὸν ἄλλον καὶ οἱ ὁποῖοι δύνανται νὰ σχηματίξουν οἰανδήποτε γωνίαν μεταξύ των διάφορον τῆς ὀρθῆς (σχ. 292 V1).

7. **Τριγωνικὸν σύστημα.** Τοῦτο χαρακτηρίζεται ἐκ τριῶν ἰσῶν ἀξόνων, οἱ ὁποῖοι δὲν σχηματίζουν ὅλοι μεταξύ των ὀρθὰς γωνίας. Κατὰ τοὺς πλείστους συγγραφαίς, εἰς τὸ τρι-



Σχ. 292. Ἀντιπροσωπευτικοὶ τύποι τῶν 7 κρυσταλλικῶν συστημάτων μετὰ τυπικῶν σωμάτων κρυσταλλουμένων εἰς ἕκαστον σύστημα.

Τούναντίον, τὰ κρυσταλλούμενα εἰς τὰ ἄλλα κρυσταλλικά συστήματα, ἐπειδὴ αἱ φυσικαὶ ἰδιότητες αὐτῶν δεικνύουν διαφορὰν ἀναλόγως τῆς διευσθύνσεως ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, καλοῦνται **ἰσοτρόπα** σώματα.

213. **Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.** Τὰ κρυσταλλικά σώματα, ἔξαιρέσει ἐκείνων τὰ ὁποῖα κρυσταλλοῦνται εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα, παρουσιάζουν τὴν ἰδιότητα νὰ παρέχουν διὰ μίαν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα δύο διαθλωμένας (σχ. 293 καὶ 294). Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐκλήθη **διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός**. Τὰ ἄμορφα σώ-

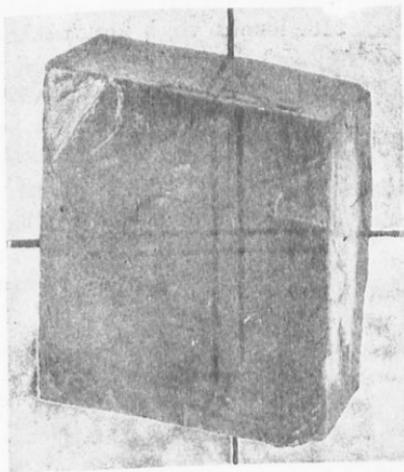
γωνικὸν σύστημα προσδίδεται τὸ σύστημα κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων **ἔξαγωνικῶν** μετὴν διαφορὰν ὅτι ὁ κύριος κρυσταλλογραφικὸς ἀξὼν δὲν ταυτίζεται μετὰ ἀξονα συμμετρίας ἑκτῆς τάξεως, ἀλλὰ τρίτης (σχῆμα 292 V11).

Τὰ σώματα κρυσταλλούμενα εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα διακρίνονται ἀπὸ τῶν σωμάτων τῶν κρυσταλλουμένων εἰς τὰ λοιπὰ συστήματα, διότι εἰς τὰς πλείστας τῶν ἰδιοτήτων αὐτῶν συμπεριφέρονται ὡς τὰ ἄμορφα σώματα, δηλ. αἱ φυσικαὶ ἰδιότητες αὐτῶν (συνιλεσθῆς διαστολῆς, δείκτης διαθλάσεως κλπ.) δὲν ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς διευσθύνσεως ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, ὡς ἐκ τούτου δὲ καλοῦνται **ἰσοτρόπα** σώματα.

ματα υπό συνήθεις συνθήκας δέν δεικνύουν τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως.

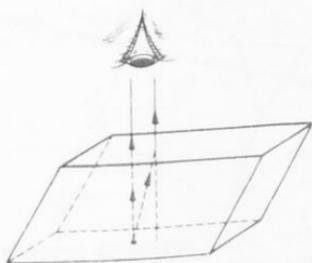
Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρατηρήθη κατὰ τὸ δεύτερον ἥμιου τοῦ δεκάτου ἑβδόμου αἰῶνος ὑπὸ τοῦ Bartholinus ἐν Δανία, ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ἡ ὁποία εἶναι καθαρὰ παραλλαγή ἄοβεστίτου, καὶ κρυσταλλοῦται κυρίως εἰς ρομβόεδρα τριγωνικῆς συμμετρίας.

214. Ὀπτικὸς ἄξων. Εἰς ὅλα ἐν γένει τὰ διπλοθλαστικὰ σώματα ὑπάρχουν μία ἢ δύο διευθύνσεις, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν τὴν ιδιότητα ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτῃ κατὰ μίαν τῶν δύο τούτων διευθύνσεων νὰ μὴ ἀναλύεται εἰς δύο ἀκτῖνας. Ἡ διεύθυνσις αὕτη καλεῖται **ὀπτικὸς ἄξων**. Ἐφ' ὅσον ὁ κρυστάλλος ἔχει ἓνα μόνον ὀπτικὸν ἄξονα καλεῖται **μονάξων** καὶ οἱ κυριώτεροι μονάξονες κρυστάλλοι, τοὺς ὁποίους ἰδίως χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως, εἶναι ἡ ἰσλανδικὴ κρυστάλλος καὶ ἡ ὄρεϊά κρυστάλλος (χαλαζίας) (σχ. 295). Ἐὰν ὁμοῦς ὁ κρυστάλλος ἔχει δύο ὀπτικοὺς ἄξονας καλεῖται **διάξων**.

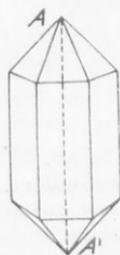


Σχ. 293. Διὰ μέσου τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ὁ σταυρὸς φαίνεται διπλοῦς.

215. Σπουδὴ μονάξονος κρυστάλλου. Ἡ ἰσλανδικὴ κρυστάλλος (Ca CO_3) κρυσταλλοῦται εἰς ρομβόεδρα (σχ. 296) ἔχοντα ἕξ ἔδρας, αἱ ὁποῖαι εἶναι ῥόμβοι ἴσοι, συννεοῦνται δὲ ἀνά τρεῖς διὰ τῶν ἀμβλειῶν αὐτῶν γωνιῶν κατὰ τὰ ἄκρα μιᾶς εὐθείας OO' , ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸν κύριον κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα τοῦ κρυστάλλου. Οἱ ἐν τῇ φύσει ἀπαντῶντες κρυστάλλοι σπανίως παρουσιάζουν τὴν τελείαν μορφήν τοῦ σχήματος 296, λόγῳ ἀνίσου ἀναπτύξεως τῶν ἔδρων αὐτῶν, διότι οἱ κρυστάλλοι σχίζονται εὐκόλως, παραλλήλως πρὸς τὰς ἔδρας αὐτῶν, ἐν πάσῃ ὁμοῦς περιπτώσει διατηροῦνται σταθερὰ αἱ μεταξὺ τῶν ἔδρων γωνία.



Σχ. 294. Ἐπὶ τεμαχίου χάρτου ὑπάρχει μελανὴ κηλὶς. Ἐὰν ἀνορθῶν αὐτῆς τοποθετηθῇ διπλοθλαστικὴ κρυστάλλος ἀντὶ μιᾶς κηλίδος βλέπομεν δύο.

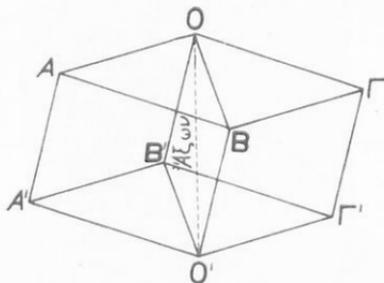


Σχ. 295. Κρυστάλλος χαλαζίου (Quartz), τοῦ τριγωνικοῦ συστήματος

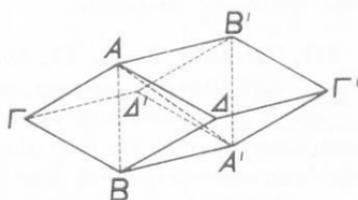
Ἡ ὄρεϊά κρυστάλλος ἢ ἄλλως ὁ χαλαζίας (Si O_2) κρυσταλλοῦται ἐπίσης εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα, καὶ ἡ συνηθετέρα μορφή αὐτοῦ εἶναι ἡ τοῦ ἑξαγωνικοῦ πρίσματος τὸ ὁποῖον περικαλύπτεται ὑπὸ δύο ἑξαγωνικῶν πυραμίδων (σχ. 295), ἡ εὐθεῖα

δὲ AA' ἀποτελεῖ τὸν κύριον κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα αὐτοῦ. *Εἰς τοὺς μονάξονας κρυστάλλους, ὁ κύριος κρυσταλλογραφικὸς ἄξων συμπίπτει πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα*, ὅλοι δὲ οἱ κρυστάλλοι οἱ ἀνήκοντες εἰς τὸ τετραγωνικόν, ἑξαγωνικόν καὶ τριγωνικόν σύστημα ἀποτελοῦν μονάξονας κρυστάλλους.

216. Κυρία τομὴ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος ἢ παράλληλον πρὸς αὐτὸν καλεῖται *κυρία τομὴ* τοῦ κρυστάλλου, ἐνῶ

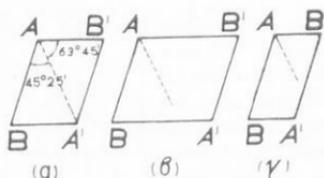


Σχ. 296. Ρομβοέδρον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου.

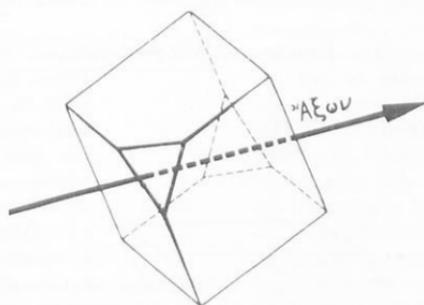


Σχ. 297. Ρομβοέδρον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου. $AB'A'B$ κυρία τομὴ τοῦ κρυστάλλου, AA' ὀπτικὸς ἄξων.

πᾶν ἐπίπεδον παράλληλον πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα καὶ κάθετον ἐπὶ ἑδραν φυσικῆν ἢ τεχνητὴν καλεῖται *κυρία τομὴ* τοῦ κρυστάλλου, ὡς πρὸς τὴν ἑδραν ταύτην. Προκειμένου περὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου τὸ ἐπίπεδον τὸ περιέχον τὰς δύο μικρὰς διαγωνίους AB καὶ $A'B'$ τῶν ἐδρῶν $AΓΒΑ$ καὶ $A'Γ'B'Δ'$ (σχ. 297), ἀποτελεῖ κυ-



Σχ. 298. (α) Κυρία τομὴ κανονικοῦ κρυστάλλου. (β) Κυρία τομὴ ἐπιμήκους κρυστάλλου. (γ) Κυρία τομὴ πεπλατυσμένου κρυστάλλου. Ἡ θέσις τοῦ κυρίου ἄξονος παραμένει ἀμετάβλητος.

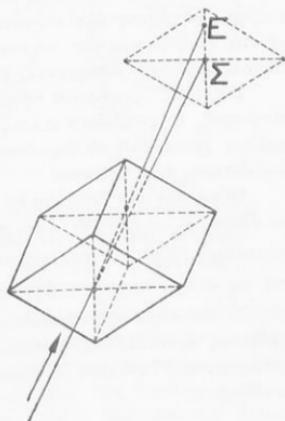


Σχ. 299. Ὄταν ἀκτὶς προσπίπτῃ παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα δὲν ὑφίσταται διπλὴν διάθλασις.

ρίαν τομὴν ὡς πρὸς τὰς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου τοῦ κρυστάλλου, ὁ δὲ ὀπτικὸς ἄξων AA' σχηματίζει πάντοτε τὴν γωνίαν $63^\circ 45'$ πρὸς τὴν AB' , καὶ τὴν γωνίαν $45^\circ 25'$ πρὸς τὴν AB (σχ. 298 α), ἐνῶ εἰς τὰ σχήματα 298 (β) καὶ (γ) δεικνύεται ὅτι ἡ θέσις τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος παραμένει ἀμετάβλητος, ἀνεξαρτήτως τῆς μορφῆς τοῦ κρυστάλλου.

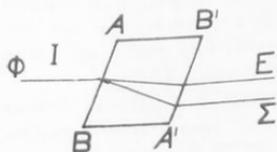
Ἐὰν ἀφήσωμεν φωτεινὴν ἀκτίνα νὰ προσπέσῃ καθέτως ἐπὶ ἐπίπεδον ἕδρας τοῦ κρυστάλλου σχηματισθείσης τεχνητῶς καὶ καθέτου ἐπὶ τὸν ὀπτικὸν ἄξονα (σχ. 299), τότε ἡ ἀκτίς αὕτη διέρχεται διὰ τοῦ κρυστάλλου χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν, διότι ἡ διεύθυνσις αὐτῆς συμπίπτει πρὸς τὴν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος τοῦ κρυστάλλου.

217. Συνήθης καὶ ἔκτακτος ἀκτίς. Ἐστω ὅτι ἐπὶ ρομβοέδρου ἰσλανδικῆς κρυστάλλου προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτίς κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 300. Ἐὰν εἰς τὴν ἕξοδον τοῦ φωτὸς ἐκ τοῦ κρυστάλλου τοποθετήσωμεν διάφραγμα, θὰ παρατηρήσωμεν σχηματιζομένης ἐπ' αὐτοῦ δύο φωτεινὰς κηλίδας Σ καὶ Ε ὀφειλομένης εἰς τὰς δύο διαθλωμένας ἀκτίνας τὰς ὁποίας παρέχει ὁ κρυστάλλος. Ἐκ τῶν ἀκτίνων τούτων ἡ Σ ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς ἀπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς (§ 44), καὶ ὡς ἐκ τούτου καλεῖται *συνήθης ἢ τακτικὴ ἀκτίς*, ἐνῶ ἡ Ε ἢ ὁποία δὲν ἀκολουθεῖ γενικῶς τοὺς νόμους τούτους καλεῖται *ἔκτακτος ἀκτίς*.



Σχ. 300. Διπλὴ διάθλασις ἀκτίνος διὰ ρομβοέδρου ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, Σ συνήθης, Ε ἔκτακτος ἀκτίς.

Οὕτω, φαντασθῶμεν ὅτι εἰς τὸ σχῆμα 300 περιστρέφομεν τὸν κρυστάλλον περὶ τὴν κάθετον ἐπὶ τὴν ἕδραν ἐπὶ τῆς ὁποίας προσπίπτει τὸ φῶς, ὅτε ἡ ἀκτίς παραμένει ἀκίνητος καὶ τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπτώσεως εἶναι ἀμετάβλητον, τότε βλέπομεν ὅτι ἡ μία τῶν φωτεινῶν κηλίδων Σ παραμένει ἀκίνητος, ἀντιστοιχεῖ δὲ αὕτη εἰς τὴν συνήθη ἀκτίνα, ἐνῶ ἡ ἄλλη φωτεινὴ κηλὶς Ε περιστρέφεται περὶ τὴν πρώτην καὶ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἔκτακτον ἀκτίνα, ἡ ὁποία δὲν παραμένει ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς προσπτώσεως, ἐπομένως δὲν ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς ἀπλῆς διαθλάσεως. Ἐπίσης δὲν ἀκολουθεῖ τὸν δεύτερον νόμον τῆς διαθλάσεως, δηλ. ὁ λόγος τοῦ ἡμίτονου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως δὲν παραμένει σταθερὸς, ἀλλὰ μεταβάλλεται μεταβαλλομένης τῆς γωνίας τῆς προσπτώσεως.



Σχ. 301. Διπλὴ διάθλασις γίνεται ὅταν τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως συμπίπτῃ πρὸς κυρίαν τμήν.

Ἐστω ἤδη, ὅτι φωτεινὴ ἀκτίς προσπίπτει ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως νὰ συμπίπτῃ πρὸς κυρίαν τομὴν τοῦ κρυστάλλου ὅτε, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 301, πάλιν προκύπτουν δύο διαθλωμένας ἀκτίνες, ἡ συνήθης Σ καὶ ἡ ἔκτακτος Ε. Εἰς τὴν προκειμένην ὁμοῦς περίπτωσιν, τὸς ὅσον καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτίς παραμένον εἰς τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπτώσεως, ὅταν ὁ κρυστάλλος περιστρέφεται ἐπὶ τὴν κάθετον I ἐπὶ τῆς AB, ἀλλ' ἡ ἔκτακτος ἀκτίς δὲν ἀκολουθεῖ τὸν νόμον

ἡμιτόνου ἢ ἄλλως τὸν δεύτερον νόμον τῆς ἀπλῆς διαθλάσεως. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων, ἡ συνήθης ἀκτίς εἶναι ἐκείνη ἡ ὁποία ὑφίσταται τὴν μεγαλύτεραν ἐκτροπὴν. Ἐάν ὅμως ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς κείται εἰς ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, τότε ἡ ἑκτακτος ἀκτίς ἀκολουθεῖ καὶ τοὺς δύο νόμους τῆς διαθλάσεως, εἰς τὴν περίπτωσιν δὲ ταύτην δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὸν δείκτην διαθλάσεως διὰ τὴν ἑκτακτον ἀκτῖνα καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ διὰ τὴν συνήθη.

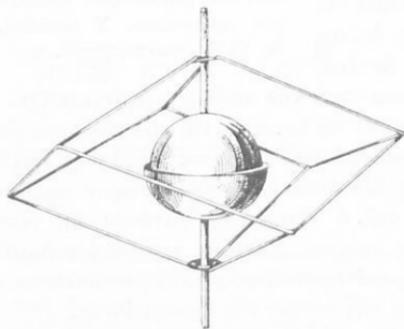
Ἐκ τοῦ προσδιορισμοῦ τῶν δεικτῶν διαθλάσεως τῶν δύο ἀκτίνων εἰς μονάξονας διπλοθλαστικούς κρυστάλλους, παρατηρήθη ὅτι εἰς τινὰς μὲν κρυστάλλους ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς συνήθους ἀκτίνος εἶναι πάντοτε ὁ μεγαλύτερος, ἐνῶ δι' ἄλλους κρυστάλλους ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος εἶναι ὁ μεγαλύτερος. Οἱ πρῶτοι κρύσταλλοι καλοῦνται συνήθως **ἀρνητικοί**, ἐνῶ οἱ δεύτεροι **θετικοί**.

Εἰς τοὺς ἀρνητικούς κρυστάλλους ἀνήκουν ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος, ὁ τουρμαλίνης, ὁ σάπφειρος, τὸ ρουβιδιον κ.λ.π., ἐνῶ εἰς τοὺς θετικούς κρυστάλλους ἀνήκουν ἡ ὄρεϊα κρύσταλλος (χαλαζίας) τὸ ζιρκόνιον κ.λ.π., ἐν γένει δὲ οἱ ἀρνητικοὶ κρύσταλλοι εἶναι πολυπληθέστεροι τῶν θετικῶν.

Οὔτω διὰ τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον εὐρέθη, διὰ κάθετον πρόσπτωσιν ἐπὶ τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, $n_{\Sigma} = 1,65853$ καὶ $n_E = 1,48644$, ἤτοι $n_{\Sigma} > n_E$, ἐπομένως ἀποτελεῖ ἀρνητικὸν κρύσταλλον. Ἐνῶ διὰ τὴν ὄρεϊαν κρύσταλλον (χαλαζίαν) εὐρέθη $n_{\Sigma} = 1,5442$ καὶ $n_E = 1,5534$, ἤτοι $n_{\Sigma} < n_E$, ἐπομένως ἀποτελεῖ θετικὸν κρύσταλλον.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως, τὸ ὁποῖον ἐσπουδάσαμεν διὰ τοὺς μονάξονας κρυστάλλους, ὁφείλεται εἰς τὴν ἀνισοτροπίαν αὐτῶν, λόγῳ τῆς ὁποίας ἡ ταχύτης διαδόσεως τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου εἶναι διάφορος κατὰ τὰς διαφόρους διευθύνσεις.

218. Διάξονες κρύσταλλοι. Οἱ κρύσταλλοι οὔτοι χαρακτηρίζονται ἐκ τῆς ιδιότητος ὅτι ἔχουν δύο ὀπτικούς ἄξονας, δηλαδὴ δύο διευθύνσεις κατὰ τὰς ὁποίας προσπίπτουσα



Σχ. 302. Προσπίκτικον σχῆμα ἐπιφανειῶν κύματος εἰς μονάξονα κρύσταλλον.

φωτεινὴ ἀκτίς δὲν δεικνύει τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως. Διάξονες κρύσταλλοι εἶναι πάντες οἱ κρύσταλλοι οἱ ἀνήκοντες εἰς τὰ κρυσταλλικὰ συστήματα ρομβικόν, μονοκλινῆς καὶ τρικλινῆς, καὶ δι' αὐτοὺς δὲν ὑφίσταται συνήθης ἀκτίς, ἀλλὰ μόνον δύο ἑκτακτοὶ ἀκτίνες, διότι οὐδεμίαν τῶν ἀκτίνων, ὡς κατεδείχθη διὰ τοῦ πειράματος, ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς ἀπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

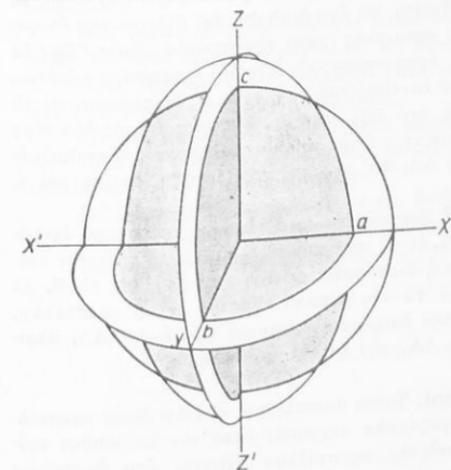
Ἡ γωνία τῶν δύο ὀπτικῶν ἄξόνων εἰς τοὺς διάξονας κρυστάλλους ποικίλλει μεταξὺ 0° καὶ 90° . Ἡ διχοτόμος τῆς ὀξείας γωνίας τῶν ἄξόνων καλεῖται **ὄξεϊα διχοτόμος**, ἡ δὲ διχοτόμος τῆς ἀμβλείας γωνίας καλεῖται **ἀμβλεῖα διχοτόμος**. Ὁ κρύσταλλος καλεῖται **θετικός**, ἐάν ἡ ὄξεϊα διχοτόμος

219. Θεωρία τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως. Συμφώνως πρὸς τὰς ἐρεῖνας τοῦ Huygens, ἐντὸς μονάξονος κρυστάλλου ὑφίστανται δύο ἐπιφανεῖαι κύματος ἐκ τῶν

ὁποίων ἢ μία εἶναι σφαιρική ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὴν διαδοσὶν τῆς συνήθους ἀκτίνος καὶ ἣ ὅποια ἀποτελεῖ τὸν γεωμετρικὸν τόπον τῶν σημείων εἰς τὰ ὁποῖα ἡ διατάραξις φθάσει κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμήν, προερχομένη ἐκ τινος κέντρου διαταράξεως O εὐρίσκόμενον ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου. Ἡ ἑτέρα τῶν ἐπιφανειῶν κύματος εἶναι ἑλλειψοειδὲς ἐκ περιστροφῆς, τοῦ ὁποίου ὁ ἄξων περιστροφῆς συμπίπτει πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, ὁ ὁποῖος πάλιν συμπίπτει πρὸς τὸν κύριον κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα τοῦ κρυστάλλου.

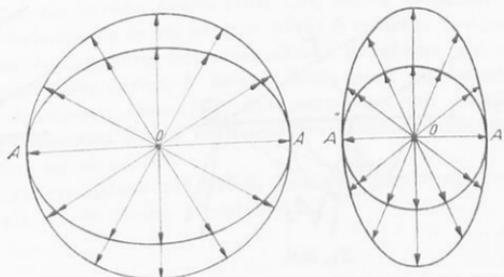
Εἰς τὸ σχῆμα 302 δεικνύονται προοπτικῶς αἱ ἐπιφάνειαι κύματος μονάξωνος κρυστάλλου, ἐνῶ εἰς τὰ σχήματα 303 καὶ 304 δεικνύονται αἱ τομαὶ ἐπιφανείας κύματος τῆς συνήθους καὶ ἐκτάκτου ἀκτίνος διὰ θητικὸν καὶ ἀρνητικὸν μονάξονα κρυστάλλου, δι' ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξωνος.

Εἰς τ' ἀνωτέρω σχήματα, τὰ ἀνόσματα δεικνύουν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς μονάξονα κρυστάλλου κατὰ τὰς διαφόρους διευθύνσεις ἐντὸς αὐτοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ὡς ἀρχὴν ὀρθογωνίων συντεταγμένων ἐν τῷ χώρῳ καὶ εἰς τὸν ὅποιον ὁ Z -ἄξων συμπίπτει πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα καὶ καλέσωμεν τὰς κατὰ τὰς διευθύνσεις τῶν ἀξόνων τούτων ταχύτητας διαδόσεως τοῦ φωτός διὰ U_x, U_y, U_z κυριώδεις ταχύτητας, τότε διὰ τὸν μονάξονα κρυστάλλου μόνον αἱ ταχύτητες U_x καὶ U_y εἶναι ἴσαι μεταξὺ τῶν, ἐνῶ ἢ U_z εἶναι διάφορος αὐτῶν.



Σχ. 305. Προοπτικὸν σχῆμα ἐπιφανείας κύματος εἰς διάξονα κρυστάλλου.

τοῦ Fresnel. Κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς γεωμετρικῆς ταύτης κατασκευῆς περιοριζόμεθα μόνον εἰς μονάξονα κρυστάλλου καὶ μάλιστα, πρὸς ἀπλούστευσιν τοῦ προβλήματος, θὰ ἐξετάσωμεν δύο εἰδικὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας εἰς μὲν τὴν πρώτην ὁ ὀπτικὸς ἄξων τοῦ κρυστάλλου κεῖται εἰς τὸ ἐπίπεδον τῆς προοπτικῆς κατασκευῆς, τὸ ὁποῖον συμπίπτει πρὸς τὸ ἐπίπεδον



Σχ. 303.

Σχ. 304.

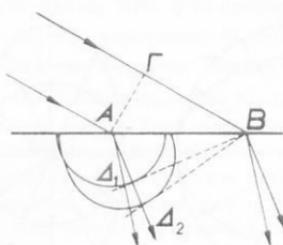
Ἐπιφάνειαι κύματος τῶν διαθλωμένων ἀκτίνων ἐντὸς διπλοθλαστικοῦ κρυστάλλου. Σχ. 303. Θητικὸς κρυστάλλος. Σχ. 304. Ἀρνητικὸς κρυστάλλος.

Προκειμένου περὶ διαξόνων κρυστάλλου, καὶ αἱ τρεῖς κυριώδεις ταχύτητες εἶναι διάφοροι ἀλλήλων, ἢ δὲ ἀντίστοιχος ἐπιφάνεια κύματος δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 305 ἐκ τοῦ ὁποίου βλέπομεν ὅτι μόνον δύο διευθύνσεις ὑφίστανται ὅπου αἱ ταχύτητες τῶν δύο ἀκτίνων συμπίπτουν, καὶ κατὰ τὰς ὁποίας δὲν παρατηρεῖται διπλῆ διάθλασις.

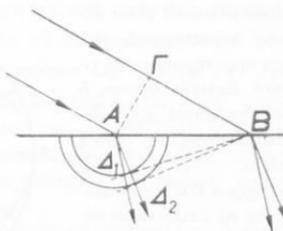
220. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τῶν διαθλωμένων ἀκτίνων. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς διπλῆς διαθλάσεως δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὰς διαθλωμένας ἀκτίνας διὰ γεωμετρικῆς κατασκευῆς ὑποδειχθείσης ὑπὸ

του σχήματος, ἐνῶ εἰς τὴν δευτέραν περιπτώσιν ὁ ὀπτικὸς ἄξων κείται εἰς ἐπίπεδον καθέτου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπτώσεως.

Εἰς τὸ σχῆμα 306 ἔστω ὅτι ΑΓ' τὸ μέτωπον τοῦ προσπίπτοντος κύματος. Κατὰ τὸ χρ-



Σχ. 306.



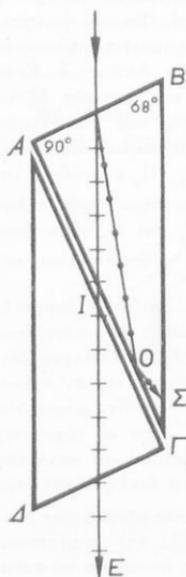
Σχ. 307.

Σχ. 306. Ὁ ὀπτικὸς ἄξων κείται εἰς τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος.

Σχ. 307. Ὁ ὀπτικὸς ἄξων εἶναι κἀθέτος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπτώσεως.

νικὸν διάστημα κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ διατάραξις χρειάζεται νὰ φθάσῃ ἐκ τοῦ Γ εἰς τὸ Β, αὕτη ἐκ τοῦ Α θὰ ἔχῃ διαδοθῆ ἐν τῷ κρυστάλλῳ δια μὲν τὴν συνήθη ἀκτίνα ἐφ' ὅλων τῶν σημείων σφαιρικῆς ἐπιφανείας, τῆς ὁποίας ἡ ἀκτίς θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός διὰ τὴν συνήθη ἀκτίνα ἐπὶ τὸν χρόνον ὁ ὁποῖος χρειάζεται διὰ νὰ φθάσῃ ἡ διατάραξις ἀπὸ Γ εἰς Β, ἐνῶ διὰ τὴν ἔκτακτον ἀκτίνα θὰ ἔχῃ διαδοθῆ ἐπὶ ἑλλειπτικῆς ἐπιφανείας ἐφαπτομένης τῆς σφαιρικῆς κατὰ τὸν ὀπτικὸν ἄξωνα. Ἐάν δὲ ἐκ τοῦ Β φέρομεν τὰς ἐφαπτομένας εἰς τὰς δύο ἐπιφανείας κύματος, τῶν ὁποίων τομαὶ ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ σχήματος, ὡς δεικνύονται εἰς τὸ σχῆμα 306, εἶναι αἱ ΒΔ₁ καὶ ΒΔ₂, αὗται θὰ παριστοῦν τὰς δύο νέας ἐπιφανείας ἢ μέτωπα κύματος ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, τὰς ἀντιστοιχοῦσας εἰς τὴν ΑΓ', ἐνῶ ἡ ΑΔ₁ θὰ παριστᾷ τὴν συνήθη ἀκτίνα καὶ ἡ ΑΔ₂ τὴν ἔκτακτον.

Εἰς τὸ σχῆμα 307 δεικνύονται καθ' ὅμοιον τρόπον αἱ ἐπιφάνειαι κύματος ἐκ τοῦ Α, ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, εἰς τὸ χρονικὸν διάστημα κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ διατάραξις φθάνει ἐκ τοῦ Γ εἰς τὸ Β. Αἱ ΒΔ₂ καὶ ΒΔ₁ ἀποτελοῦν τὰ νέα μέτωπα κύματος ἐν τῷ κρυστάλλῳ, τὰ ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν κύματος ΓΑ, ἐνῶ ἡ ΑΔ₁ παριστᾷ τὴν συνήθη καὶ ἡ ΑΔ₂ τὴν ἔκτακτον ἀκτίνα.



Σχ. 308. Διάταξις πρίσματος Nicol.

221. Πρίσμα Nicol. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου τὴν ὁποίαν κατεργαζόμεθα τεχνικῶς κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Ρομβόεδρον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου τέμνεται ὑπὸ ὀρισημένην γωνίαν δι' ἐπίπεδον, καθέτου ἐπὶ τὴν μικρὰν διαγώνιον, εἰς δύο ἴσα μέρη, τὰ ὁποῖα ἀκολούθως συγκολλῶνται μεταξύ των κατὰ τὴν ΑΓ' διὰ λεπτοῦ στρώματος καναδικοῦ βαλσάμου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 308, ὅπου τὸ διακενον παριστᾷ τὸ στρώμα καναδικοῦ βαλσάμου. Ἀκολούθως κατεργαζόμεθα τὸ σχηματισθὲν σύστημα, ὥστε νὰ σχηματισθοῦν αἱ εἰς τὸ σχῆμα ὑποδεικνυόμεναι γωνία.

Ἐάν ἐπὶ τῆς ἄνω ἕδρας ΑΒ τοῦ πρίσματος προσπέσῃ ἀκτίς λευκοῦ φωτός, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 308, αὕτη εἰσχωροῦσα ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου σχάζεται εἰς δύο ἀκτί-

νας, την συνήθη Σ και την έκτακτον E , εκ των οποίων η συνήθης άκτις είναι η έντονώτερον εκτρεπομένη. Αί δύο αύται άκτινες, όδεύουσαι περαιτέρω έντός του κρυστάλλου, προσπίπτουν επί του στρώματος καναδικού βαλσάμου. Έπειδή όμως η έκτακτος άκτις εισχωρεί εις μέσον όπτικώς αραιότερον η ή Ισλανδική κρυστάλλος, δεδομένου ότι ο δείκτης διαθλάσεως της Ισλανδικής κρυστάλλου διά την συνήθη άκτινα είναι 1,66, του δε καναδικού βαλσάμου 1,54, και λαμβανομένου υπ' όψιν ότι ως εκ της κλίσεως αυτής η συνήθης άκτις προσπίπτει υπό γωνίαν μεγαλύτεραν της όριζης, αύτη ύφίσταται όλικήν ανάκλασιν και ούτω εκτρέπεται πλαγίως. Διά την έκτακτον όμως άκτινα, ο δείκτης διαθλάσεως της Ισλανδικής κρυστάλλου διά την θεωρουμένην διεύθυνσιν είναι 1,49, ήτοι μικρότερος του καναδικού βαλσάμου (1,54), ούτω δε αύτη δέν ύφίσταται όλικήν ανάκλασιν και έπομένως αύτη εξέρχεται εκ του συστήματος ως δεικνύεται εις τό σχ. 308.

Η διάταξις αύτη, η όποία καλείται *πρίσμα του Nicol*, έχει ευρύτατην εφαρμογήν εν τη σπουδή της πολώσεως του φωτός, ως θά ιδώμεν περαιτέρω.

Ζητήματα.

Τί καλούμεν κρυσταλλικά σώματα και κρυστάλλους ως και άμορφα σώματα. Κατά τί διαφέρουν τά κρυσταλλικά από τά άμορφα σώματα.

Ποίαι αί κύριαι κρυσταλλικαι τάξεις συμμετρίας.

Είς τί συνίσταται τό φαινόμενον της διπλής διαθλάσεως του φωτός, και ποία σώματα δεικνύουν τό φαινόμενον τούτο.

Τί καλούμεν όπτικόν άξονα και κυρίαν τομήν εις την περιπτώσιν διπλοθλαστικού κρυστάλλου.

Πώς χαρακτηρίζονται αί δύο διαθλώμεναι άκτινες διπλοθλαστικού κρυστάλλου και ποίας διαφοράς παρουσιάζουν αύται ως πρός τάς ιδιότητας αυτών.

Πότε εις κρυστάλλος καλείται μονάξων και πότε διάξων και ποίοι εκ των κρυστάλλων είναι μονάξωνες και ποίοι διάξωνες.

Αναφέρατε μερικά παραδείγματα μοναξόνων και διαξόνων κρυστάλλων.

Πότε εις μονάξων κρυστάλλος καλείται θετικός και πότε άρνητικός και αναφέρατε παραδείγματα τοιούτων κρυστάλλων.

Πώς εξηγούμεν τό φαινόμενον της διπλής διαθλάσεως του φωτός.

Πώς δυνάμεθα νά κατασκευάσωμεν γεωμετρικώς τάς διαθλωμένας άκτινας.

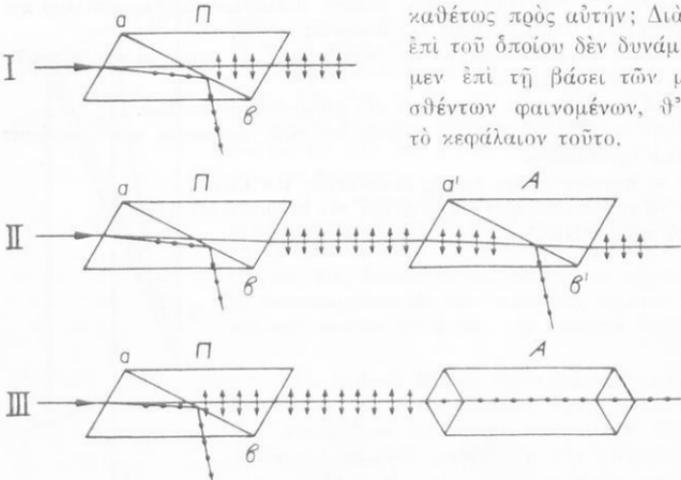
Περιγράψατε τό πρίσμα Nicol.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'

ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

222. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν φαινομένων τῆς συμβολῆς, περιθλάσεως καὶ διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός, εἶδομεν ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖ κυματικὸν φαινόμενον, μάλιστα δὲ ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀντιλήψεως αὐτῆς κατορθώσαμεν ν' ἀποδείξωμεν θεωρητικῶς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως τοῦ φωτός τοὺς ὁποίους εἴχομεν σπουδάσει εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν, πρὸς τούτοις δὲ διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ κατελήξαμεν εἰς πλείστα συμπεράσματα (συμβολὴ φωτός, στάσιμα κύματα) ἐπαληθευόμενα ὑπὸ τοῦ πειράματος. Ἐν τούτοις, ἂν δεχθῶμεν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων δημιουργουμένων ὑπὸ τῶν φωτοβόλων σωμάτων ἐντὸς ἰδιάζοντος μέσου τὸ ὁποῖον ἐκαλέσαμεν **αἰθέρα** (βλ. § 180), γεννᾶται ἀμέσως τὸ ἐρώτημα: Τὰ αἰθέρια κύματα ἢ ἄλλως τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι διαμήκη ἢ ἐγκάρσια; Ἀηλαδὴ τὰ σωμάτια τοῦ αἰθέρος κινουῦνται κατὰ

τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος ἢ καθέτως πρὸς αὐτήν; Διὰ τὸ ζήτημα τοῦτο, ἐπὶ τοῦ ὁποίου δὲν δυνάμεθα ν' ἀποφανθῶμεν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μέχρι τοῦδε ἐξετασθέντων φαινομένων, θ' ἀσχοληθῶμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο.



Σχ. 309. (I). Τὸ πρίσμα Nicol παρέχει πεπολωμένην ἀκτίνα. (II). Ὄταν τὰ δύο Nicol II καὶ A εἶναι παράλληλα, διέρχεται φῶς διὰ τοῦ δευτέρου πρίσματος. (III). Ἐάν τὰ πρίσματα εἶναι διεσταυρωμένα, δὲν ἐξέρχεται φῶς ἐκ τοῦ δευτέρου πρίσματος.

φρακοῦ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς ὀπτικῆς. Ἀσολούθως παρεμβάλλομεν καταλλήλως εἰς τὴν πο-

223. Βασικὸν πείραμα. Πρὸς ἐξέτασιν τοῦ ἀνωτέρου τεθέντος προβλήματος, ἀναχωροῦμεν ἀπὸ τοῦ ἀκολουθοῦντος βασικοῦ πειράματος. Φαντασθῶμεν ὅτι διὰ διαφράγματος φέροντος μικρὰν ὀπτικὴν ἀπομονώομεν δέσμην λευκοῦ φωτός καὶ ὅτι σχηματίζομεν ἐπὶ διαφράγματος τῇ βοηθειᾷ

φείαν τῶν ἀκτίνων πρίσμα Nicol (σζ. 309 I) ὅτε, πλὴν μιζρᾶς ἐξασθενίσεως καὶ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, λόγῳ τοῦ ὅτι ἡ συνήθης ἀκτίς δὲν συμμετέχει εἰς τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου, οὐδεμία ἄλλη ἀλλοίωσις παρατηρεῖται εἰς αὐτό. Ἐὰν δὲ μάλιστα περιστρέφωμεν τὸ πρίσμα Nicol περὶ τὸν ἀξονά του οὐδεμίαν ἀλλοίωσιν παρατηροῦμεν εἰς τὸ εἶδωλον τῆς φωτεινῆς ὀπῆς.

Ἦδη τροποποιούμεν τὸ πείραμα κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Ἀφοῦ ἡ φωτεινὴ ἀκτίς ἐξέβηθ' ἐκ τοῦ πρώτου πρίσματος Nicol τοποθετοῦμεν εἰς τὸν δρόμον αὐτῆς δεύτερον πρίσμα ὡς δεικνύεται εἰς (σζ. 309, II), εἰς τρόπον ὥστε αἱ α β καὶ α' β' (κόρυραι τομαὶ) νὰ εἶναι παράλληλοι ὅτε πάλιν οὐδεμίαν οὐσιώδη ἀλλοίωσιν παρατηροῦμεν εἰς τὸ εἶδωλον. Ἐὰν ὅμως ἤδη περιστρέφωμεν περὶ ἀξονα, ὡς ἐν τῷ σχήματι εἰκονίζεται, μόνον τὸ δεύτερον πρίσμα Nicol, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φωτεινότης τοῦ εἰδώλου τῆς ὀπῆς ἐλαττοῦται καὶ τέλος τοῦτο ἐξαφανίζεται ὅταν τὰ πρίσματα λάβουν θέσιν τοιαύτην ὥστε αἱ α β καὶ α' β' νὰ καταστοῦν κάθετοι ἐπ' ἀλλήλας ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σζ. 309, III.

Ἐὰν ἤδη ἐξακολουθήσωμεν νὰ περιστρέφωμεν τὸ πρίσμα A, τὸ εἶδωλον τῆς ὀπῆς ἀναφανίζεται ἐν ἀρχῇ ἀσθενές καὶ ἡ φωτεινότης αὐτοῦ ἀξάνεται ἐφ' ὅσον περιστρέφωμεν τὸ πρίσμα A καὶ λαμβάνει μεγίστην τιμὴν ὅταν αἱ α β καὶ α' β' καταστοῦν παράλληλοι. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν περιστρέφοντας τὸ πρίσμα A ἡ φωτεινότης τοῦ εἰδώλου ἐλαττοῦται, ὅταν ἐν τέλει δὲ τοῦτο ἐξαφανίζεται ὅταν αἱ α β καὶ α' β' καταστοῦν ἐκ νέου κάθετοι. Ὄτιο παρατηροῦμεν ὅτι ὅταν περιστρέφωμεν τὸ πρίσμα Nicol A κατὰ 360° , τὸ εἶδωλον τῆς ὀπῆς δις ἐξαφανίζεται καὶ δις δεικνύει τὴν μεγίστην φωτεινότητα.

Εἰς τὰς θέσεις καθ' ἃς τὸ εἶδωλον δεικνύει μεγίστην φωτεινότητα, ἦτοι ὅταν αἱ α β καὶ α' β' εἶναι παράλληλοι, λέγομεν ὅτι τὰ δύο πρίσματα Nicol (II καὶ A) εἶναι παράλληλα, ἐνῷ εἰς τὰς θέσεις κατὰ τὰς ὁποίας τὸ εἶδωλον ἐξαφανίζεται, ἦτοι ἔχομεν σκότος, λέγομεν ὅτι τὰ Nicol II καὶ A εἶναι διεσταυρωμένα.

Τὸ δεύτερον τοῦ πείραμα δεικνύει ὅτι ἡ φωτεινὴ ἀκτίς ἡ δέση ἢ ἐξερχομένη ἐκ τοῦ Nicol II δὲν συμπεριφέρεται ὡς ἡ ἀρχικῶς εἰσχωροῦσα εἰς αὐτὸ ἀκτίς, ὡς τοῦτο ἐδείχθη ἐκ τοῦ προηγουμένου πειράματος διὰ περιστροφῆς τοῦ Nicol II. Ὡς ἐκ τούτου δὲ ἡ ἀκτίς, ἢ τοῦ προηγουμένου πειράματος διὰ περιστροφῆς τοῦ Nicol II, καλεῖται *ἀκτίς φυσικοῦ φωτός*, ἐνῷ ἡ ἀκτίς ἢ ἐξερχομένη ἐκ τοῦ Nicol II καλεῖται *ἀκτίς πεπολωμένου φωτός* ἢ *πεπολωμένη ἀκτίς*, τὰ δὲ φαινόμενα τὰ ὅποια δεικνύει ἡ πεπολωμένη ἀκτίς λέγομεν ὅτι ὀφείλονται εἰς τὴν πόλωσιν τοῦ φωτός. Ἐκ τοῦ φαινομένου ἐξ ἄλλου τῆς πόλώσεως τοῦ φωτός συνάγομεν, ὡς θὰ ἐξηγηθῇ κατωτέρω, ὅτι τὰ αἰθέρια ἢ φωτεινά κύματα εἶναι ἐγκάρσια.

224. Μηχανικὸν ἀνάλογον. Πρὸς εὐχερῆ κατανόησιν τοῦ φαινομένου τῆς πόλώσεως τοῦ φωτός θὰ στηριχθῶμεν εἰς τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν παράδειγμα. Φαντασθῶμεν ὅτι ἐξαναγκάζομεν σχοινίον νὰ πάλ्लεται ἐγκαρσίως, ὅτε κατὰ μῆκος αὐτοῦ διαδίδεται κύμα ἐγκάρσιον. Εἶναι φανερόν ὅτι τὰ σωματῖα τ' ἀποτελοῦντα τὸ σχοινίον πάλ्लονται καθέτως πρὸς αὐτό, ἐν τούτοις, καθέτως πρὸς τὸ σχοινίον οὐδεμίαν διεύθυνσιν κινήσεως παρουσιάζει ἰδιαιτέραν προτίμησιν καὶ ἐπομένως τὰ σωματῖα τοῦ σχοινοῦ δύνανται νὰ πάλ्लωνται καθέτως μὲν πρὸς τὸ σχοινίον, τῆς διευθύνσεως ὅμως τῆς κινήσεως αὐτῶν δυναμένης συνεχῶς νὰ μεταβάλλεται.

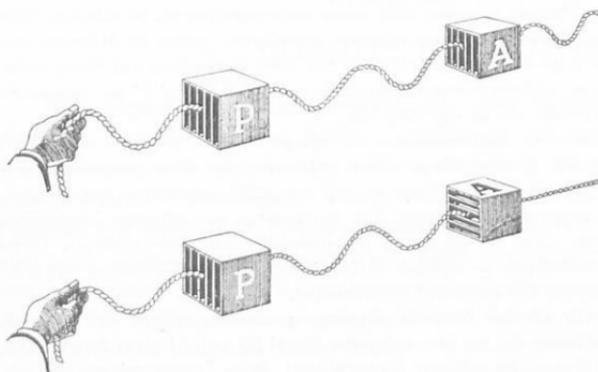
Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι περικλειόμεν τὸ σχοινίον ἐντός καταλλήλου σχισμῆς ἀποτελουμένης ἐκ δύο παράλληλων στερεῶν τοιχωμάτων (σζ. 310) εὐρισκομένων εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν. Εἶναι φανερόν ὅτι εἰς τὴν προκειμένην διεύθυνσιν καθέτως πρὸς αὐτὸ τοῦ σχοινοῦ δὲν δύνανται νὰ κινῶνται καθ' οἷανδήποτε διεύθυνσιν κινήσεως παρουσιάζει ἰδιαιτέραν προτίμησιν καὶ ἐπομένως τὰ σωματῖα τοῦ σχοινοῦ δύνανται νὰ πάλ्लωνται καθέτως μὲν πρὸς τὸ σχοινίον, τῆς διευθύνσεως ὅμως τῆς κινήσεως αὐτῶν δυναμένης συνεχῶς νὰ μεταβάλλεται.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι περικλειόμεν τὸ σχοινίον ἐντός καταλλήλου σχισμῆς ἀποτελουμένης ἐκ δύο παράλληλων στερεῶν τοιχωμάτων (σζ. 310) εὐρισκομένων εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν. Εἶναι φανερόν ὅτι εἰς τὴν προκειμένην διεύθυνσιν καθέτως πρὸς αὐτὸ τοῦ σχοινοῦ δὲν δύνανται νὰ κινῶνται καθ' οἷανδήποτε διεύθυνσιν κινήσεως παρουσιάζει ἰδιαιτέραν προτίμησιν καὶ ἐπομένως τὰ σωματῖα τοῦ σχοινοῦ δύνανται νὰ πάλ्लωνται καθέτως μὲν πρὸς τὸ σχοινίον, τῆς διευθύνσεως ὅμως τῆς κινήσεως αὐτῶν δυναμένης συνεχῶς νὰ μεταβάλλεται.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι περικλειόμεν τὸ σχοινίον ἐντός καταλλήλου σχισμῆς ἀποτελουμένης ἐκ δύο παράλληλων στερεῶν τοιχωμάτων (σζ. 310) εὐρισκομένων εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν. Εἶναι φανερόν ὅτι εἰς τὴν προκειμένην διεύθυνσιν καθέτως πρὸς αὐτὸ τοῦ σχοινοῦ δὲν δύνανται νὰ κινῶνται καθ' οἷανδήποτε διεύθυνσιν κινήσεως παρουσιάζει ἰδιαιτέραν προτίμησιν καὶ ἐπομένως τὰ σωματῖα τοῦ σχοινοῦ δύνανται νὰ πάλ्लωνται καθέτως μὲν πρὸς τὸ σχοινίον, τῆς διευθύνσεως ὅμως τῆς κινήσεως αὐτῶν δυναμένης συνεχῶς νὰ μεταβάλλεται.

Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν, ἡ πρώτη σχισμὴ ἐπέφερε ὠριωμένον προσανατολισμὸν τῆς κινήσεως τῶν σωματίων τοῦ σχοινοῦ, καὶ οὕτω ἐπέφερε πόλωσιν τοῦ θεωρουμένου κύματος ἢ ἀκτίνος, ἢ δ' ἐκ τῆς πρώτης σχισμῆς ἐξερχομένη ἀκτὶς ἢ κύμα εἶναι πεπολωμένη, τοῦτο δὲ ἐξακριβούμεν διὰ τῆς δευτέρας σχισμῆς.

Εἶναι ὁμως πρόδηλον ὅτι μὲ διαμήκη κύματα, ἤτοι ὅταν τὰ σωματῖα πάλλονται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως, ὁ προσανατολισμὸς τῆς



Σχ. 310. Μηχανικὸν ἀνάλογον τοῦ ὀπτικοῦ φαινομένου τῆς πόλωσης.

δευτέρας σχισμῆς οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἔχει ἐπὶ τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος. Ἐκ τοῦ περιγράμματος τούτου συνάγεται ὅτι μόνον μὲ ἐγκυρῶντες κρυσταλλοὺς παρατηροῦνται φαινόμενα πόλωσης.

Ἀκριβῶς ἀνάλογον φαινόμενον συμβαίνει καὶ εἰς φωτεινὴν ἀκτίνα, ἐάν στηριχθῶμεν εἰς τὴν ἀντίληψιν, ὅτι οἱ κρυσταλλοὶ τῶν αἰθέριων σωματίων εἶναι μηχανικῆς φύσεως, δηλαδή ὀφειλόμενοι εἰς τὴν ἐλαστικότητα καὶ πυκνότητα τοῦ αἵθε-

ρος, ὡς τοῦτο ἐδέχτο ὁ Huygens, καὶ ἐάν δεχθῶμεν πρὸς τούτοις ὅτι τὰ αἰθέρια ἢ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκύρσια. Οὕτω, εἰς τὴν φωτεινὴν ἀκτίνα ἢ ὁποῖα προσπίπτει ἐπὶ τοῦ πρώτου πρίσματος Nicol Π (σχ. 309, Ι) αἱ παλμικαὶ κινήσεις τῶν σωματίων τοῦ αἵθερος, ἢ ἄλλως οἱ κρυσταλλοὶ αὐτῶν, γίνονται καθέτως πρὸς τὴν ἀκτίνα, δηλαδή καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος, οὕτω δὲ τὰ σωματῖα τοῦ αἵθερος δύναται νὰ πάλλονται κατὰ διαφόρους διευθύνσεις, καθέτως ὁμως πάντοτε πρὸς τὴν ἀκτίνα. Τοιοῦτου εἴδους ἀκτὶς καλεῖται **ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός**. Ἡ ἐκ τοῦ πρίσματος ὁμως Nicol Π ἐξερχομένη ἀκτὶς δὲν ἀποτελεῖ ἀκτίνα φυσικοῦ φωτός, τοῦτο δὲ πράγματι ἐξακριβούμενον, ὡς εἶδομεν, διὰ περιστροφῆς τοῦ Nicol Α.

Οὕτω, ἐκ τῶν δύο ἀκτίνων εἰς τὰς ὁποίας διασπάται ἡ εἰς τὸ Nicol Π εἰσδύουσα ἀκτὶς, γνωρίζομεν ὅτι, λόγῳ διπλῆς διαθλάσεως, ἐξέρχεται μόνον ἡ ἔκτατος ἀκτὶς (βλ. πρίσμα Nicol), ἢ ὁποῖα προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ δευτέρου Nicol ἀναλύεται πάλιν εἰς συνήθη καὶ ἔκτατον, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μὲν συνήθης πάλιν ἐκτρέπεται πλαγίως, λόγῳ ὀκτικῆς ἀνακλάσεως, ἐνῶ ἀπομένει ἡ ἔκτατος, ἢ ὁποῖα ἐξέρχεται ἐκ τοῦ δευτέρου Nicol, μόνον ὅταν αἱ κύρια τομαὶ τῶν δύο πρισμάτων εἶναι παράλληλοι.

Οὕτω ἐξ ἀναλογίας πρὸς τὸ μηχανικὸν φαινόμενον (σχ. 310), πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ἐκ τοῦ Nicol Π ἐξερχομένη ἀκτὶς εἶναι πεπολωμένη, τὸ δὲ ἐπίπεδον κρυσταλλῶν αὐτῆς εἶναι ἡ κύρια τομὴ τοῦ Nicol Π. Ἐφ' ὅσον δὲ αἱ κύρια τομαὶ τῶν δύο Nicol εἶναι παράλληλοι, τότε οἱ φωτεινοὶ κρυσταλλοὶ τῆς ἐκτάτου ἀκτίνος δύναται νὰ διέλθουν καὶ διὰ τοῦ δευτέρου Nicol, ὅτε παρατηρεῖται φῶς καὶ περὶν αὐτοῦ.

Ἐάν ὁμως αἱ κύρια τομαὶ τῶν πρισμάτων εἶναι κάθετοι, ἐάν δηλαδή τὰ ἐπίπεδα κρυσταλλῶν τῶν δύο πρισμάτων, ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἔκτατον ἀκτίνα, εἶναι κάθετα, τότε οἱ φωτεινοὶ κρυσταλλοὶ τῆς ἐκτάτου ἀκτίνος ἀνακόπτονται ὑπὸ τοῦ δευτέρου Nicol καὶ οὕτω δὲν ἐξέρχεται φῶς ἐξ αὐτοῦ.

225. **Ἐπίπεδον κραδασμῶν καὶ ἐπίπεδον πολώσεως.** Κατὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ὁ Fresnel ἤχθη εἰς τὴν διάκρισιν δύο ἐπιπέδων, τοῦ **ἐπιπέδου κραδασμῶν** καὶ τοῦ **ἐπιπέδου πολώσεως**. Τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν εἶναι τὸ ἐπίπεδον ἐκεῖνο ἐντὸς τοῦ ὁποίου προσανατολιζονται ὅλοι οἱ κάθετοι ἐπὶ τὴν ἀκτῖνα κραδασμοὶ τῶν σωματίων τοῦ αἰθέρος καὶ τὸ ὅποιον περιέχει τὴν ἀκτῖνα. Τὸ ἐπίπεδον πολώσεως εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν κραδασμῶν.

Ἡ ὡς ἄνω διάκρισις τῶν δύο ἐπιπέδων δὲν ἐπιβάλλεται ἐκ πειραματικῶν δεδομένων, ἐδέχθη ὅμως αὐτὴν ὁ Fresnel, διότι ἡ παραδοχὴ αὕτη διευκολύνει πολὺ τὴν θεωρητικὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τῆς πολώσεως, ἐν συμφωνίᾳ πρὸς τὸ πείραμα.

Ἐάν μεταφέρωμεν τὴν ἀνωτέρω ἀντίληψιν τοῦ Fresnel εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς μηχανικῆς εἰκόνας (σχ. 310), ἡ ὁποία δέον ὅμως νὰ μὴ θεωρῆται ὡς πλήρως ἀναπαροξινομένη πρὸς τὸ ὀπτικὸν φαινόμενον, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τοῦ σχοινοῦ εἶναι τὸ ἐπίπεδον τὸ περιέχον τὸ σχοινίον, καὶ παράλληλον πρὸς τὸ τῆς σχισμῆς, ἐνῶ τὸ ἐπίπεδον πολώσεως εἶναι τὸ κάθετον ἐπὶ τὴν σχισμὴν ἐπίπεδον. Ἴνα ἡ διατάραξις ἢ διερχομένη διὰ τῆς πρώτης σχισμῆς ἀναφαίνεται καὶ πέραν τῆς δευτέρας, πρέπει τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν νὰ εἶναι παράλληλα, ὅτε καὶ τὰ ἀντίστοιχα ἐπίπεδα πολώσεως αὐτῶν θὰ εἶναι παράλληλα. Ἴνα ἐξ ἄλλου ἢ διατάραξις ἀνακόπτεται ὑπὸ τῆς δευτέρας σχισμῆς, πρέπει τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν τῶν δύο σχισμῶν νὰ εἶναι κάθετα, ὅτε καὶ τ' ἀντίστοιχα ἐπίπεδα πολώσεως θὰ εἶναι ἐπίσης κάθετα.

Ἀναλόγως, εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φωτός τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος, τῆς ἐξερχομένης ἐκ τοῦ πρίσματος Nicol II, εἶναι ἡ κυρία τομὴ αὐτοῦ, ἐνῶ τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τῆς αὐτῆς ἀκτίνος εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν κυρίαν τομὴν, λέγομεν δὲ ὅτι ἡ ἔκτακτος ἀκτίς εἶναι πεπολωμένη καθέτως πρὸς τὴν κυρίαν τομὴν. Τοῦτο πράγματι ἀναγνωρίζομεν διὰ τοῦ δευτέρου Nicol, ἐκ τοῦ ὁποίου ἐξέρχεται ἡ ἔκτακτος, ὅταν αἱ κύριαι τομαὶ τῶν δύο πρισμάτων εἶναι παράλληλοι, ἐνῶ τουναντίον αὕτη δὲν δύναται νὰ ἐξέλθῃ ὅταν αἱ κύριαι τομαὶ εἶναι κάθετοι.

Ἡ πρώτη θέσις τῶν Nicol, καθ' ἣν ἐκ τοῦ δευτέρου τούτων ἐξέρχεται φῶς, χαρακτηρίζεται ὡς **παράλληλα Nicol**, ἐνῶ ἡ δευτέρα χαρακτηρίζεται ὡς **διασταυρωμένα Nicol**.

Εἰς τὰς ἄλλας ἐνδιαμέσους θέσεις ἐμφανίζεται φῶς τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις βαίνει ἐλαττωμένη ἀπὸ τινος μεγίστης τιμῆς μέχρι τοῦ μηδενός. Τὸ πρῶτον πρίσμα Nicol II, τὸ ὅποιον προκαλεῖ τὴν πόλωσιν τῆς ἀκτίνος καλεῖται **πολωτής**, ἐνῶ τὸ δεύτερον Nicol A διὰ τοῦ ὁποίου ἐλέγχομεν ἐὰν ἢ ἐκ τοῦ πρώτου Nicol ἐξερχομένη ἀκτίς εἶναι πεπολωμένη, καλεῖται **ἀναλύτης**. Ἐφ' ὅσον δὲ καὶ διὰ τῶν φωτῶν δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν φαινόμενα πολώσεως, τοῦτο σημαίνει ὅτι τὰ σωματῖα τοῦ αἰθέρος πάλλονται κατὰ διεύθυνσιν κάθετον ἐπὶ τὴν ἀκτῖνα ἢ ἄλλως τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια.

226. **Γραμμικὴ ἢ εὐθύγραμμος πόλωσις.** Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον πολώσεως, κατὰ τὸ ὅποιον οἱ κραδασμοὶ τῶν σωματίων τοῦ αἰθέρος γίνονται ἐπ' εὐθείας

καθέτως ἐπὶ τὴν ἀκτίνα, καλεῖται **γραμμικὴ ἢ εὐθύγραμμος πόλωση**. Οὕτω τὸ πρίσμα Nicol II (σχ. 309) παρέχει γραμμικῶς ἢ εὐθύγραμμως πεπολωμένην ἀκτίνα, τῆς ὁποίας, ὡς εἶδομεν, τὸ ἐπίπεδον πόλωσης εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν κυρίαν τομὴν τοῦ πρίσματος.

227. Πόλωση ἐκ διπλῆς διαθλάσεως. Ἡ ἀνωτέρω περιγραφεῖσα περίπτωση πόλωσης ὀφείλεται εἰς τὴν ἀνισοτροπίαν τῆς οὐσίας καὶ ὡς ἐκ τούτου καλεῖται **πόλωση ἐκ διπλῆς διαθλάσεως**. Δυνάμεθα ὁμως νὰ ἐπιτύχωμεν πόλωσην τοῦ φωτός καὶ δι' ἄλλων μεθόδων.

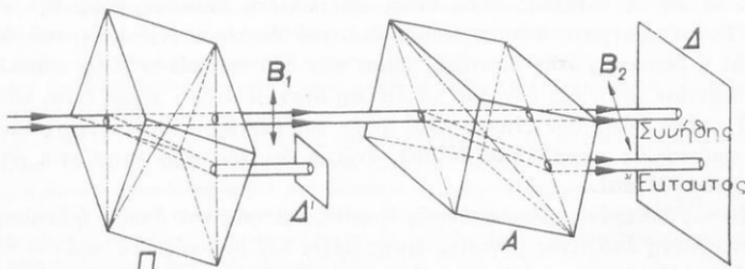
Εἶδωλα								
	1	2	3	4	5	6	7	8
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°

Σχ. 311. Φωτεινότης τῶν εἰδῶλων τὰ ὅποια παρέχει ἐπὶ διαφράγματος πρίσμα Nicol παρεμβαλλόμενον εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων μεταξὺ πηγῆς καὶ ρομβοέδρου.

δων. Πρὶν ὁμως ἢ προβῶμεν εἰς τὴν ἀναπτυξὴν τῶν μεθόδων τούτων, θ' ἀσχοληθῶμεν ὀλίγον λεπτομερέστερον μὲ τὸ φαινόμενον τῆς πόλωσης ἐκ διπλῆς διαθλάσεως.

Προηγουμένως εἶδομεν ὅτι ἐὰν σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον φωτεινῆς ὀπῆς ἐπὶ διαφράγματος, παρεμβάλλοντες καταλλήλως εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων ρομβοέδρον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, σχηματίζονται ἀντὶ ἐνὸς δύο εἶδωλα τῆς ὀπῆς, τῆς αὐτῆς φωτεινότητος καὶ μάλιστα, ἐὰν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ τὴν ἕδραν τοῦ κρυστάλλου, ὃ δὲ κρυστάλλος περιστρέφεται περὶ τὴν κάθετον ἐπὶ τὴν ἕδραν ὡς ἄξονα, τὸ ἐν τῶν εἰδῶλων παραμένει στάσιμον, ἐνῶ τὸ ἄλλο περιστρέφεται περὶ τὸ πρῶτον. Γνωρίζομεν ἐξ ἄλλου ὅτι τὸ στάσιμον εἶδωλον ἀνήκει εἰς τὴν συνήθη ἀκτίνα, ἐνῶ τὸ περιστρεφόμενον περὶ τὸ πρῶτον εἰς τὴν ἔκτακτον.

Ἐὰν ἤδη παρεμβάλωμεν, μεταξὺ φωτεινῆς πηγῆς καὶ ρομβοέδρου, πρίσμα Nicol, τότε παρατηροῦμεν πάλιν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος δύο εἶδωλα, ἀλλὰ ἡ φωτεινότης αὐτῶν εἶναι γε-



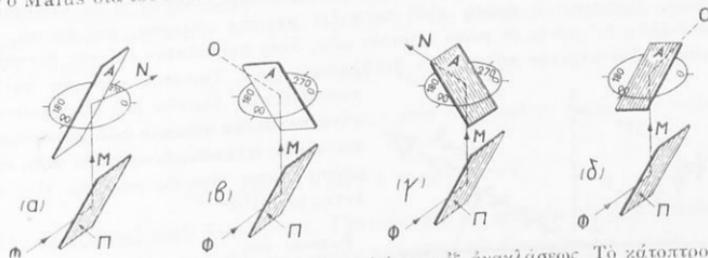
Σχ. 312. Ἡ μία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ἡ B_1 , προσπίπτουσα ἐπὶ δευτέρου κρυστάλλου Α παρέχει ἐπίσης δύο διαθλωμένας ἀκτίνας μὲ κάθετα ἐπίπεδα πόλωσης.

νικῶς διάφορος, ἐὰν δὲ περιστρέφωμεν τὸ Nicol, τότε ἡ φωτεινότης τῶν εἰδῶλων δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 311 διὰ τὰς διαφόρους θέσεις τοῦ Nicol. Διὰ δύο θέσεις τοῦ πρίσματος Nicol διαφερούσας κατὰ 180°, μόνον τὸ ἐν τῶν εἰδῶλων εἶναι σκοτεινόν, — τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἔκτακτον ἀκτίνα, — ἐνῶ διὰ δύο θέσεις διαφερούσας κατὰ 90°, τὸ εἶδωλον τῆς συνήθους ἀκτίνος εἶναι τὸ σκοτεινόν.

Ἐκ τούτου συνάγομεν, ὅτι τὸσον ἡ συνήθης ὅσον καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτίς εἶναι πεπολω-

μέναι, ἀλλὰ τὰ ἐπίπεδα τῆς πόλωσεως αὐτῶν εἶναι κάθετα ἐπ' ἀλλήλα (βλ. § 225). Ἡ ἔκτο-
κτος ἀκτίς, ὡς εἶδομεν, ἔχει ὡς ἐπίπεδον πόλωσεως τῆς συνήθους εἶναι ἡ κυρία τομή. Ἐκ τοῦ σχήματος
312 δεικνύεται ἐπίσης, ὅτι ὅταν ἀπὸ τῶν δύο ἐξερχομένον ἀπὸ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίνων
ἀποφράξωμεν διὰ διαφράγματος Δ' τὴν μίαν τούτων, τότε ἡ ἑτέρα, προσπίπτουσα ἐπὶ δευτέ-
ρας ἰσλανδικῆς κρυστάλλου παρέχει δύο πάλιν διαθλωμένας ἀκτίνας, ἧτι τὴν συνήθη καὶ
ἔκτακτον, αἱ ὁποῖα δεικνύεται ὅτι εἶναι πεπολωμένα, τὰ δὲ ἐπίπεδα πόλωσεως αὐτῶν εἶναι
κάθετα.

228. Πόλωσις ἐξ ἀνακλάσεως. Τὸ φαινόμενον τῆς πόλωσεως ἐξ ἀνακλάσεως τὸ ἀνε-
κάλυπτεν ὁ Malus διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος (σχ. 313): Ἐὖν ἐπὶ ἐπιπέδου ὑαλίνης πλακῶς Π



Σχ. 313. Διαταξίς διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς πόλωσεως ἐξ ἀνακλάσεως. Τὸ κάτοπτρον Π
χρησιμεύει ὡς πολωτῆς, τὸ δὲ Α ὡς ἀναλύτης, εἰς τὰς θέσεις (α) καὶ (γ) προ-
κύπτει ἐνίσχυσις τοῦ φωτός.

(π.χ. ἐκ στεφανιάλου) ἠθλασμένης κατὰ τὴν ὀρισθίαν ἐπιφάνειαν ἀρήσωμεν νὰ προσπέσῃ
φωτεινὴ ἀκτίς ἢ δέσμη ὑπὸ γωνίαν 57° περιόσῃ, καὶ δεχθῶμεν τὴν ἀνακλωμένην ἐπὶ δευτέ-
την δευτέραν πλάκῃ Α, παραλλήλῳ πρὸς τὴν πρώτην, τότε ἡ ἀκτίς ἢ δέσμη ὑφί-
ρας ὁμοίας ὑαλίνης πλακῶς Α, παραλλήλῳ πρὸς τὴν πρώτην, τότε ἡ ἀκτίς ἢ δέσμη ἀνακλωμένη
σταται δευτέραν ἀνάκλασιν, καὶ ἐὰν δεχθῶμεν τὸ ἀπὸ τῆς δευτέρας πλακῶς ἀνακλωμένον
φῶς ἐπὶ διαφράγματος, παρατηροῦμεν ἐπ' αὐτοῦ εἰδῶλον φωτεινόν. Ἐὰν ὁμοῦς περιστρέψωμεν
τὴν δευτέραν πλάκῃ Α περὶ τὸν ἀξῶνα Μ, εἰς τρόπον ὅστε ἡ γωνία προσπτώσεως τῆς ἀκτι-
νὸς ἐπὶ τῆς πλακῶς Α νὰ παραμῆνῃ ἀμετάβλητος, τότε δεικνύεται ὅτι ἡ ἐξ αὐτῆς ἀνακλω-
μένη δέσμη διαγράφει τὴν ἐπιφανείαν κώνου ἀνοίγματος 57° ἐν σχέσει πρὸς τὴν κάθετον
εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, καὶ τὸ φωτεινὸν εἰδῶλον μετατοπίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος,
ἐνῷ ἡ φωτεινὴ ἔντασις αὐτοῦ μεταβάλλεται.

Ἡ φωτεινότης τοῦ εἰδῶλου ἔχει τὴν μεγίστην ἔντασιν εἰς τὰς θέσεις (α) καὶ (γ), ὅπου
αἱ δύο πλάκες εἶναι εἴτε παράλληλοι, εἴτε ἡ πλάξ Α ἔχει περιστροφή κατὰ 180° ἀπὸ τῆς
ἀρχικῆς θέσεως αὐτῆς. Ἐὰν ὁμοῦς ἡ πλάξ Α ἔχη τοιαύτην θέσιν, ὥστε νὰ σχηματίζῃ γω-
νίαν 90° ἢ 270° , ὡς πρὸς τὴν ἀρχικὴν, τότε τὸ εἰδῶλον ἐξαφανίζεται.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ἡ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 57° ἀνακλωμένη ἀκτίς
εἶναι γραμμικῶς πεπολωμένη, τὸ δὲ ἐπίπεδον πόλωσεως αὐτῆς εἶναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπε-
δον προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον συμπίπτει πρὸς τὸ ἐπίπεδον κρυστασμοῦ τῆς πεπολωμένης ἀκτι-
νος. Ἡ γωνία 57° , διὰ τὴν ὕαλον, καλεῖται **γωνία πόλωσεως**.

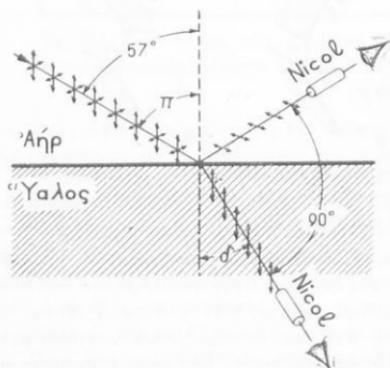
229. Πόλωσις ἐκ διαθλάσεως. Νόμος τοῦ Brewster. Γνωρίζομεν ὅτι φωτεινὴ ἀκτίς,
προσπίπτουσα ἐπὶ διαφανοῦς ὑαλίνης πλακῶς (π.χ. στεφανιάλου), διχάζεται εἰς δύο ἀκτίνας,
μίαν ἀνακλωμένην καὶ ἄλλην διαθλωμένην (σχ. 314). Ἐκ τῶν ἀκτίνων τούτων, ἐὰν ἡ γωνία
προσπτώσεως συμπίτῃ πρὸς τὴν γωνίαν πόλωσεως, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς εἶδομεν ὅτι εἶναι
γραμμικῶς πεπολωμένη, τὸ δὲ ἐπίπεδον πόλωσεως αὐτῆς εἶναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῆς
προσπτώσεως. Τὸ πείραμα ὁμοῦς δεικνύει, ὅτι καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτίς εἶναι γραμμικῶς πεπο-
λωμένη, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον πόλωσεως αὐτῆς συμπίπτει πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῆς προσπτώσεως.

Ἔστιν ἡ γωνία πόλωσεως ἡ γωνία ἀνακλάσεως. Ὅλα ἐν γένει τὰ σώματα δύνανται νὰ προκαλέσῃ πόλωσιν τοῦ φωτός ἐξ ἀνακλά-

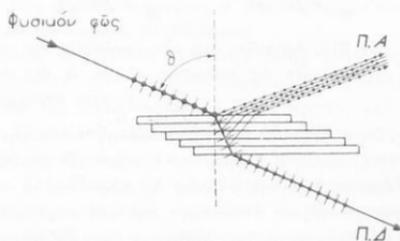
σεως. Ἀναφορικῶς πρὸς τὴν γωνίαν πολώσεως, αὕτη ποικίλλει ἀναλόγως τοῦ σώματος τοῦ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν πόλωση, ἰσχύει δὲ δι' αὐτὴν ὁ ἀκόλουθος νόμος: **Ἡ γωνία πολώσεως εἶναι ἡ γωνία προσπίπτουσας διὰ τὴν ὁποῖαν ἡ διαθλωμένη ἀκτίς εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ἀνακλωμένην.** Ἐάν δὲ ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι:

$$\delta = (90 - \pi) \text{ τότε } \frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu\delta} = n = \frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu(90 - \pi)} = \frac{\eta\mu\pi}{\cos\pi} = \varepsilon\phi\pi.$$

Ἡ σχέσις $n = \varepsilon\phi\pi$ ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Brewster, ἥτοι, ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς οὐσίας ἰσοῦται πρὸς τὴν ἐφαπτομένην τῆς γωνίας πολώσεως. Ἐάν ἐπιδιώξωμεν νὰ ἐπιτύχωμεν γραμμικῶς πεπολωμένη ἀκτίνα διὰ διαθλάσεως, χρησιμοποιοῦντες μίαν ὑαλινὴν πλάκα, δεῖκνύεται ὅτι ἡ διαθλωμένη ἀκτίς δὲν εἶναι ὀλικῶς ἀλλὰ μερικῶς πεπολωμένη (σχ. 314). Ἐάν ὅμως χρησιμοποιήσωμεν πολλὰς λεπτὰς ὑαλινὰς πλάκας, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ὀλικὴν πόλωση. Πράγματι, ἡ πρώτη πλάξ προκαλεῖ μερικὴν πόλωση τοῦ φωτός, δηλαδὴ ἀφήνει νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς ἐν μέρει φυσικὸν φῶς, ὅπερ προσπίπτει ἐπὶ τῆς δευτέρας πλακῶς ὀφίσταται νῆαν μερικὴν πόλωση ἐκ διαθλάσεως κ.ο.κ. Τοιοῦτον σύστημα πολλῶν λεπτῶν ὑαλινῶν πλακῶν διὰ τῶν ὁποῖων ἐπιτυγχάνομεν ὀλικὴν πόλωση ἐκ διαθλάσεως, καλεῖται **στήλη πλακῶν**, δύνανται δὲ αὕτη νὰ χρησιμεύσῃ ἐπίσης εἴτε ὡς πολωτῆς εἴτε ὡς ἀναλύτης (σχ. 315).

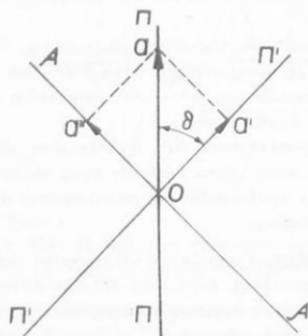


Σχ. 314. Διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ νόμου τοῦ Brewster.



Σχ. 315. Τὸ φῶς, διερχόμενον διὰ πολλῶν πλακῶν, ὀφίσταται πόλωση.

230. Νόμος τοῦ Malus διὰ τὴν πόλωση ἐξ ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως. Ἐστω



Σχ. 316. Διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ νόμου τοῦ Malus.

ἀκτίς γραμμικῶς πεπολωμένη καὶ ἐπὶ τῆς ὁποίας τὸ ἴχνος τοῦ ἐπιπέδου κρδασμῶν αὐτῆς συμπίπτει πρὸς τὴν εὐθεῖαν ΠΠ (σχ. 316) κειμένην εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, τῆς ἀκτίνος ὑποτιθεμένης καθέτου ἐπὶ τὸ αὐτὸ σχῆμα. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο συμπίπτει προδήλως πρὸς τὸ ἐπίπεδον κρδασμῶν τοῦ πολωτοῦ. Ἐστω πρὸς τοῦτους ἀναλύτης, τοῦ ὁποίου τὸ ἴχνος τοῦ ἐπιπέδου κρδασμῶν διὰ τὴν θεωρουμένην ἀκτίνα παριστάται ὑπὸ τῆς Π' Π', σχηματιζούσης γωνίαν θ πρὸς τὴν ΠΠ καὶ δεχθῶμεν ὅτι τὸ πλάτος τοῦ κρδασμοῦ τῆς γραμμικῶς πεπολωμένης ἀκτίνος εἶναι τὸ Oa . Τὸ ἀνυσμα Oa δύναται ν' ἀναλυθῆ εἰς δύο καθέτους συνιστώσας, τὰς Oa' , καὶ Oa'' , τῶν ὁποίων ἡ μία κείται ἐπὶ τῆς $OΠ'$ καὶ ἡ ἕτερα ἐπὶ τῆς $OΑ$ καθέτου ἐπὶ τὴν $OΠ'$. Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος 316 ἐμφαίνεται, εἶναι $Oa' = Oa \sin\theta$, ἡ συνιστώσα δὲ αὕτη ἐξέρχεται ἐκ τοῦ ἀναλύτου, ἐνθ' ἡ Oa'' , ἐπειδὴ τὸ ἐπίπεδον κρδασμῶν αὐτῆς εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον κρδασμῶν τοῦ ἀναλύτου, δὲν ἐξέρ-

χεται ἐξ αὐτοῦ διότι ἀποσβέννεται. Ἐάν δὲ καλέσωμεν διὰ I τὴν ἔντασιν τῆς ἀκτίνος πλάτους Oa καὶ I' τὴν ἔντασιν τῆς ἀκτίνος πλάτους Oa' , τῆς ἐξερχομένης ἐκ τοῦ ἀναλύτου, καὶ γραφώμεν ὅτι αἱ φωτειναὶ ἐντάσεις εἶναι ἀνάλογοι τῶν τετραγώνων τῶν ἀντιστοιχῶν πλατῶν, θὰ ἔχωμεν $I' : I = Oa'^2 : Oa^2 = Oa'^2 \sin^2 \theta : Oa^2$, ὅτε ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως προκύπτει ὁ νόμος τοῦ Malus ἐκφραζόμενος ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$I' = I \sin^2 \theta$$

Ἐάν $\theta = 0^\circ$ ἢ 180° , ἔχομεν $I = I'$, ἐάν δὲ $\theta = 90^\circ$ ἢ 270° ἔχομεν $I = 0$.

Ὁ νόμος τοῦ Malus ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὴν διπλὴν διάθλασιν. Οὕτω αἱ δύο ἀκτίνες ἐξερχόμεναι ἀπὸ ρομβόεδρον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ὁπου ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτει καταλήλως δέσμη γραμμικῶς πεπολωμένων ἀκτίνων, εἶναι πεπολωμένοι εἰς δύο ἐπίπεδα κάθετα ἐπ' ἀλλήλων. Τότε μεταξὺ τῶν ἐντάσεων I_Σ καὶ I_E τῆς συνήθους καὶ ἐκτάκτου δεικνύεται εὐκόλως ὅτι εἶναι :

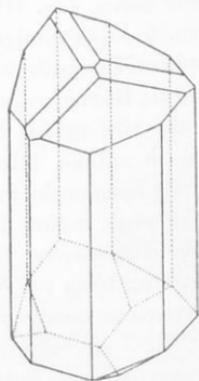
$$I_\Sigma = I \sin^2 \theta \quad \text{καὶ} \quad I_E = I \eta^2 \theta$$

ὅπου I ἡ ἔντασις τῆς ἀρχικῆς ἀκτίνος καὶ θ ἡ γωνία τῶν κυρίων τομῶν τοῦ πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου. Ἐκ τῶν ἄνω σχέσεων εὐρίσκωμεν :

$$I_\Sigma + I_E = I \cdot (\sin^2 \theta + \eta^2 \theta) = I$$

231. Πολωταὶ καὶ ἀναλύται. Γενικῶς εἰς τὰ φαινόμενα τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ὡς καὶ ἀνωτέρω ἐλέχθη, καλοῦμεν πολωτὴν τὸ ὄργανον τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν πόλωσιν ἀκτίνος φυσικοῦ φωτός, ἐνῶ ὁ ἀναλύτης ἀποτελεῖ τὸ ὄργανον διὰ τοῦ ὁποῖου ἐξακριβώνομεν ἂν φωτεινὴ ἀκτὶς εἶναι πεπολωμένη. Μολονότι τόσον ὁ πολωτὴς ὅσον καὶ ὁ ἀναλύτης, ὅσον ἀφορᾷ τὴν λειτουργίαν αὐτῶν, εἶναι ἀντιστρέφτοι, δηλαδὴ δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιοῦσωμεν τὸν ἀναλύτην ὡς πολωτὴν καὶ τὸν πολωτὴν ὡς ἀναλύτην, ἐν τούτοις ἐπεκράτησε νὰ χαρακτηρίζωμεν αὐτοὺς διαφοροτρόπως, ἀναλόγως τοῦ σκοποῦ τὸν ὁποῖον ἐπιδιώκομεν δι' αὐτῶν. Οὕτω, τὰ δύο πρίσματα Nicol Π καὶ A , τοῦ σχήματος 309 Π εἶναι ἰσότιμα καὶ δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιοῦσωμεν τὸ πρίσμα A εἰς τὴν θέσιν τοῦ πολωτοῦ Π καὶ τὸ πρίσμα Π εἰς τὴν θέσιν τοῦ ἀναλύτου A . Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων Π καὶ A (σχ. 313).

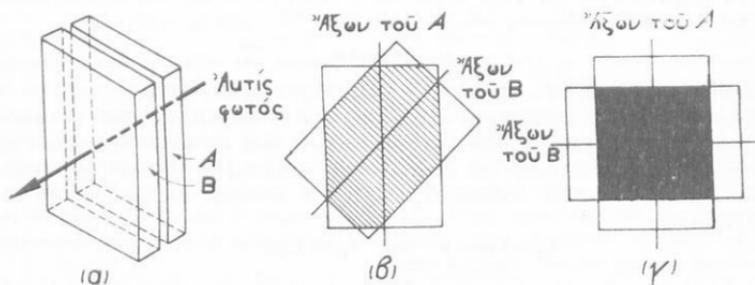
Μεταξὺ τῶν μᾶλλον εὐχρηστών καὶ λίαν διαδεδομένων πολωτῶν καὶ ἀναλυτῶν εἶναι τὰ πρίσματα Nicol (σχ. 308) τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν κύρια ἐξαρτήματα τῶν πολωσιμετρικῶν καὶ πολωσισκοπικῶν συσκευῶν.



Σχ. 317. Κρυστάλλος τουρμαλίνου.

232. Πλακίδια τουρμαλίνου. Ὁ τουρμαλίνος (σχ. 317) ἀποτελεῖ ὄρυκτον τοῦ ὁποῖου ἡ χημικὴ σύνθεσις εἶναι πολύπλοκος, καὶ κρυσταλλοῦται εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα. Ἐάν ἀπὸ κρυστάλλου τουρμαλίνου σχηματίσωμεν πλακίδιον μὲ ἕδρας παραλλήλους πρὸς τὸν ματίσωμεν πλακίδιον μὲ ἕδρας παραλλήλους πρὸς τὸν ὁπτικὸν ἄξονα αὐτοῦ, τότε ἂν καθέτως ἐπὶ τοῦ πλακιδίου προσπέσῃ φωτεινὴ δέσμη λευκοῦ φωτός, δὲν ἐξέρχονται ἐξ αὐτοῦ δύο δέσμαι, διότι τὸ πλακίδιον τουρμαλίνου ἀπορροφᾷ τὴν συνήθη ἀκτῖνα καὶ ἐπιτρέ-

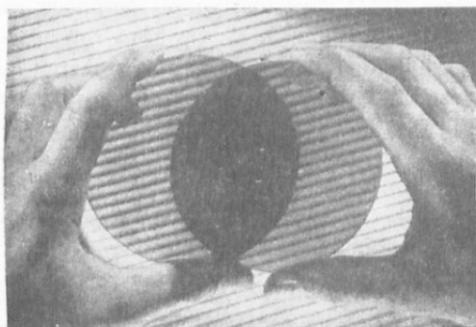
πει νὰ διέλθῃ δι' αὐτοῦ μόνον ἡ ἔκτακτος ἀκτίς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται συνήθως **διχροῖσμός**, τοῦτον δέ, ἐκτὸς τοῦ τουρμαλίνου, δεικνύουν καὶ ἄλλα διπλοθλαστικά σώματα ἀλλ' εἰς μικρότερον βαθμῖον. Πλακίδιον ὅθεν τουρμαλίνου δύνα-



Σχ. 318. Λιῶταξις πολωσισκοπίου διὰ πλακιδίων τουρμαλίνου.
(α) πλακίδια παράλληλα, (β) ὑπὸ γωνίαν, (γ) πλακίδια κάθετα.

ται νὰ χρησιμεύσῃ ὡς πολωτῆς ὁμοίος πρὸς Nicol, διὰ συνδυασμοῦ δὲ δύο ὁμοίων πλακιδίων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν χρησιμεύει ὡς πολωτῆς καὶ τὸ ἕτερον ὡς ἀναλύτης, πραγματοποιοῦμεν τὴν ἀπλουστεράν πολωσισκοπικὴν συσκευὴν διὰ πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (σχ. 318). Ἐν τούτοις ἡ χρῆσις τοῦ τουρμαλίνου ὡς πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι περιορισμένη λόγῳ τοῦ πρασίνου χρωματισμοῦ του καὶ τῆς μικρᾶς διαφανείας αὐτοῦ.

233. Πολωτικὸν σῶμα (Polaroid). Τὸ σῶμα τοῦτο ἀποτελεῖ οὐσίαν τεχνικῶς παρασκευαζομένην πρὸς πραγματοποίησιν πεπολωμένου φωτός (σχ. 319).



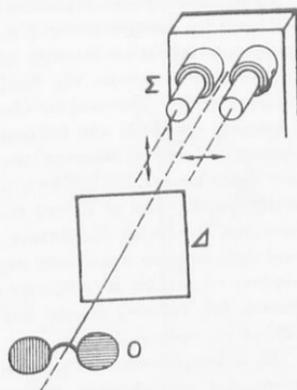
Σχ. 319. Δίσκοι πολωτικοῦ σώματος (Polaroid) διασταυρούμενοι.

Ἡ οὐσία αὕτη, ἡ ὁποία εἰσήχθη ἤδη εἰς τὸ ἐμπόριον, ἐφευρέθη ὑπὸ τοῦ E. A. Land εἰς Βοστώνην, καὶ φαίνεται ὅτι εἰς τὴν πρᾶξιν θὰ ἀντικαταστήσῃ τὸ πρίσμα Nicol εἰς πολλὰς ἐκ τῶν ἐφαρμογῶν του, καὶ θὰ διανοίξῃ εὐρὸν πεδῖον ἄλλων πρακτικῶν ἐφαρμογῶν τοῦ πεπολωμένου φωτός, λόγῳ τοῦ ὅτι εἶναι πολὺ ὀλιγώτερον δαπανηρὸν τοῦ πρίσματος Nicol καὶ διότι δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν πολωτὰς μεγάλου σχήματος.

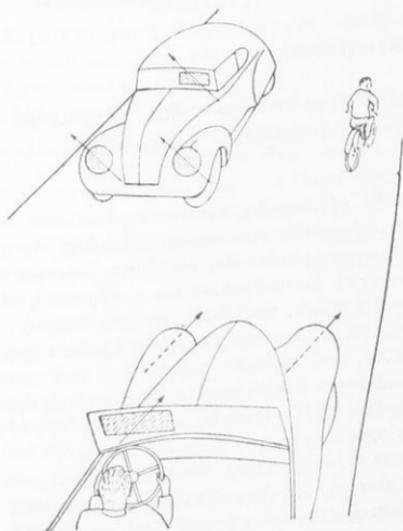
Τὸ πολωτικὸν τοῦτο σῶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ φιλμ ἕξ ὀξείκης κυτταρίνης ὁμοίας πρὸς τὸ cellophane, ἡ ὁποία ἐμποτίζεται ὑπὸ πολὺν μικρῶν συνθετικῶς παρασκευαζομένων διχροϊκῶν κρυσταλλίων. Διὰ καταλλήλου ἐκτάσεως τοῦ φιλμῆ τούτου κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκευῆς του τὰ κρυστάλλα ἐν αὐτῷ διατί-

θενται κατά τοιαύτην διεύθυνσιν ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ εἶναι ὄλοι ὁμοιομόρφως προσανατολισμένοι. Ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ τουρμαλίνου, ἕκαστον κρυστάλλινον ἀφήνει νὰ διέλθῃ δι' αὐτοῦ μία μόνον δέσμη πεπολωμένων ἀκτίνων, τῆς ἐτέρας ἀπορροφωμένης ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου.

Διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ ὁρατοῦ φάσματος, τὸ διερχόμενον φῶς διὰ τοιοῦτου φιλμ εἶναι πεπολωμένον κατὰ 40% (ἀντὶ 50%) τοῦ προσπίπτοντος φωτός, καὶ ἡ πλῶσις ἀπέχει ὀλίγον τῆς ὀλικῆς πολώσεως διὰ τὰ ἀκραιὰ χρώματα τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω φιλμ ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πολωτικὸν σῶμα δύνανται νὰ κατασκευασθοῦν εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἔχουν πολλὴ μεγαλύτεραν ἐπιφάνειαν ἀπὸ τὴν τομῆν τῶν μεγαλύτερων γωνιστῶν πρισματῶν Nicol.



Σχ. 320. Ταυτόχρονος προβολὴ δύο ὁμοίων φιλμ ὑπὸ δύο προβολέων με φιλτρα ἀπὸ πολωτικὸν σῶμα τῶν ὁποίων οἱ ὀπτικοὶ ἄξονες εἶναι κάθετοι. Διὰ παρατηρήσεως διὰ δίοπτρων Ο ἐκ πολωτικῶν σῶματος με κάθετους ἄξονας γεννᾶται ἡ στερεοσκοπικὴ ἐντύποισις.



Σχ. 321. Ὁ ὀδηγὸς ἐνῶ βλέπει ὅλα τὰ φωτιζόμενα ἀντικείμενα (λόγῳ διαχύτου ἀνακλάσεως), δὲν βλέπει τὸ φῶς τῶν φάρων τοῦ ἀντιθέτως ἐρχομένου αὐτοκινήτου, διότι οἱ δύο πολωτικοὶ δίσκοι εἶναι δισταυρωμένοι.

νὴν ἀνάμειξιν. Ἐὰν ὁμοῦ παρατηροῦμεν τὰς δύο εἰκόνας με κατάλληλα δίοπτρα κατασκευασμένα ἀπὸ πολωτικὸν σῶμα, προσανατολισμένα ὁμοῦ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε διὰ τοῦ δεξιῦ ὀφθαλμοῦ νὰ βλέπομεν τὴν δεξιάν εἰκόνα, ἐπὶ τοῦ διαφράγματος

Τοιαῦτα πολωτικὰ στρώματα χρησιμοποιοῦνται σήμερον εἰς πρακτικὰ ἐφαρμογὰς, ὡς π.χ. εἰς τὴν στερεοσκοπικὴν προβολήν (σχ. 320), καὶ τὴν ἐξουδετέρωσιν τῆς φαμβιώσεως τὴν ὁποίαν προκαλοῦν οἱ φάροι τῶν αὐτοκινήτων.

Ἡ στερεοσκοπικὴ προβολὴ πραγματοποιεῖται διὰ δύο προβολέων, οἱ ὅποιοι προβάλλουν ἐπὶ ἐνὸς διαφράγματος τὰ εἰδῶλα δύο κινηματογραφικῶν φιλμ τὰ ὁποῖα κατασκευάσθησαν διὰ φωτογραφικῶν λήψεων ἐκ διαφόρων θέσεων. Τῇ βοηθείᾳ δύο καταλλήλων φιλμ ἐκ τοῦ πολωτικῶν σῶματος, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦν ὡς φίλτρα, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε τὸ φῶς τοῦ ἐνὸς προβολέως νὰ ὑφίσταται κατακόρυφον πλῶσιν καὶ τὸ τοῦ ἄλλου ὀριζόντιαν. Ἐὰν βλέπομεν τὸ διάφραγμα με γυμνοὺς ὀφθαλμοὺς, αἱ εἰκόνας δεκνύσονται μίαν συγχωρμένην ἀνάμειξιν.

και διά του άριστερου την άριστεράν, τότε προκύπτει στερεοσκοπικόν αποτέλεσμα, έχομεν δέ ούτω την έντύπωσιν του βάθους.

Τό στερεοσκοπικόν τουτο αποτέλεσμα είναι ανάλογον προς τό πραγματοποιούμενον έν προβάλλομεν επί διαφράγματος δύο εικόνας, την μίαν έρυθράν και την άλλην πρασίην, και παρατηρούμεν αυτές με δίοπτρα φέροντα μίαν έρυθράν ουλον και μίαν πρασίην.

Πρός έξουδετέρωσιν της θαμβώσεως την όποιαν προκαλούν οι φάροι αυτοκινήτου εις τον όδηγόν έτερου αυτοκινήτου οδεύοντος κατά την αντίθετον διεύθυνσιν, έφοδιαζούν τόσον τους φάρους όσον και την υαλίνην πλακα, διά μέσου της οποίας βλέπουν οι όδηγοί, διά στρώματος πολωτικου σώματος του όποιου οι άξονες σχηματίζουν γωνίαν 45° ως προς όριζόντιον επίπεδον (σχ. 321). Έάν ή γωνία αυτή είναι ή ίδια δι' όλα τά αυτοκίνητα και κατά την αυτήν φοράν, τότε οι άξονες των δύο πολωτικων στρωμάτων δύο αυτοκινήτων τά όποια οδεύουν κατ' αντίθετον διεύθυνσιν και πλησιάζουν προς άλλα θα σχηματίζουν γωνίαν 90° και έπομένως τό πολωτικόν στρώμα τό επί της υαλίνης πλακός του ένός αυτοκινήτου δέν άφίνει νά διέλθη τό φώς των φάρων του έτερου αυτοκινήτου, ούτω δέ άποφεύγεται ή θάμβωσις, ένφ' έκαστος όδηγός βλέπει διά μέσου της υαλίνης πλακός τον φωτιζόμενον υπό των ιδίων του φάρων δρόμον.

Έξ άλλου, δίσκοι εκ της πολωτικης ούσιης δύνανται νά χρησιμοποιήσουν ως πολωται και αναλύται διά την σπουδήν των φαινομένων της πολώσεως, αντίκαθιστώντες τά ρίσματα Nicol και τά πλακίδια τουρμαλίνου. Δύο δέ δίσκοι εκ της πολωτικης ούσιης, τοποθετημένοι ως και τά πλακίδια τουρμαλίνου, δύνανται νά άποτελέσουν *πολωσι οσκόπιον*.

ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΠΟΛΩΣΙΣ

Διά του όρου *χρωματικη πόλωσις* νοούμεν όλα τά φαινόμενα τά όποια παρατηρούνται όταν επιδιώκωμεν νά επιτύχωμεν συμβολήν πεπολωμένων ακτίνων.

234. Συμβολή πεπολωμένων ακτίνων. Έκ της σπουδης του φαινομένου της συμβολης των κύματων γνωρίζομεν, ότι διά νά παρατηρηθούν φαινόμενα συμβολης πρέπει αι συμβάλλουσαι ακτίνες νά προέρχονται εκ δύο συμφώνων πηγών, νά είναι της αυτής συχνότητος, αι δέ κινήσεις των σωματίων του μέσου έν τω όποίω διαδίδονται τά κύματα ή αι ακτίνες, νά γίνονται κατά την αυτήν διεύθυνσιν ή εϋθειαν. Έγ' όσον εις τινα περιοχήν του μέσου αι διαταράξεις φθάνουν με διαφοράν πορείας ίσην προς περιττόν αριθμόν ήμισυκων κύματος, αι διαταράξεις άναίρουνται άμοιβαίως, και εις την περίπτωση των φωτεινων ακτίνων θα έχωμεν σκότος, ένφ' όταν αυτά φθάνουν υπό διαφοράν πορείας ίσην προς άκεραίον αριθμόν ήμισυκων κύματος, αι διαταράξεις θα ενισχύονται άμοιβαίως και ούτω εις την περίπτωσην φωτεινων ακτίνων έχομεν ενίσχυσιν φωτός.

Προκειμένου όμως περι δύο διαταράξεων εις τας οποίας αι κινήσεις των σωματίων του μέσου έν τω όποίω διαδίδονται αι δύο ακτίνες γίνονται κατά δύο διευθύνσεις καθέτους επ' άλλήλας, τότε οιαδήποτε και άν είναι ή διαφορά φάσεως των δύο τούτων κινήσεων, τό σωματίον του μέσου οδδέποτε ήρμει, ήτοι εις την περίπτωσην φωτός οδδέποτε θα έχωμεν σκότος, διότι, ως εύκόλως δεικνύεται, τό σωματίον του μέσου υπό την επενέργειαν των δύο άνωτέρω κινήσεων είτε θα κινήται επ' ευθείας εκτελουόν άρμονικην κίνησιν, είτε θα κινήται επί κυκλικης τροχιάς, είτε τέλος θα κινήται επί έλλειπτικης τροχιάς, του είδους της τροχιάς έξαρτωμένης εκ της διαφοράς φάσεως.

Διά νά παρατηρηθούν όθεν φαινόμενα συμβολης διά πεπολωμένων ακτίνων, πρέπει νά πληρούνται αι άκόλουθοι συνήθηαι. Αι δύο πεπολωμένα ακτίνες αι προερχόμεναι εκ της αυτής πηγης νά έχουν τό αυτό επίπεδον πολώσεως και προς τούτοις νά παρουσιάζουν διαφοράν φάσεως μεταξύ των. Τουτο επιτυγχάνομεν κατά τον άκόλουθον τρόπον:

Τό φώς μονοχρωματικης πηγης διαβιβάζεται διά ρίσματος Nicol, ότε προκύπτει πε-

πολωμένη ακτίς. Ἡ ακτίς αὕτη διαβιβάζεται ἀκολουθῶς διὰ καταλλήλου πλακιδίου διπλο-
 ἠλαστικού κρυστάλλου, ὅτε διασπᾶται εἰς δύο ακτίνας, αἱ ὁποῖαι ὁμῶς ἐξερχονται ἐκ τοῦ
 κρυστάλλου μὲ διαφορὰν φάσεως, διότι αἱ δύο ακτίνες διαδίδονται ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου,
 εἰ μὲ διαφορὰς ταχύτητας καὶ ἐπομένως οἱ ὀπτικοὶ δρόμοι αὐτῶν ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου εἰ-
 ναι διάφοροι, ταυτοχρόνως δὲ τὰ ἐπίπεδα πολώσεως τῶν δύο τούτων ακτίνων εἶναι κά-
 θετα ἐπ' ἀλλήλων. Ἐάν ἤδη διαβιβάζωμεν τὰς δύο
 ακτίνας διὰ πρίσματος Nicol, τότε θὰ διέλθουν δι'
 αὐτοῦ μόνον αἱ συνιστώσαι τῶν ακτίνων τῶν ὁποίων
 τὰ ἐπίπεδα κρυστασμῶν θὰ κείνται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπί-
 πεδον, τὸ ὁποῖον θὰ συμπίπτῃ πρὸς τὴν κυρίαν τομὴν
 τοῦ πρίσματος, οὗτο δὲ αἱ ακτίνες αὗται εἶναι ἐπιδε-
 κτικαὶ συμβολῆς καὶ δύναται εἰς τὴν προκειμένην πε-
 ρίπτωσιν νὰ παραχθῇ σκότος, ἀρκεῖ νὰ ὑφίσταται
 ἡ ἀπαιτούμενη πρὸς τοῦτο διαφορὰ φάσεως.

Θεωρήσωμεν ἤδη ὅτι μεταξὺ δύο πρισμάτων
 Nicol εἰς παράλληλον θέσιν τοποθετοῦμεν πλακίδιον
 χαλαζίου ἢ ἄλλου μονόξενου κρυστάλλου μὲ παραλ-
 λήλους ἑδρας, τετμημένων παραλλήλως πρὸς τὸν ὀπι-
 τικὸν ἄξονα αὐτοῦ. Ἐστῶσαν δὲ ΠΠ καὶ Π'Π' τὰ ἴχνη
 τῶν ἐπιπέδων κρυστασμῶν Nicol, καθέτως ἐπὶ τὸ
 ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, ἐνῶ XX παριστᾷ τὸ ἴχνος τοῦ
 ἐπιπέδου τοῦ πλακιδίου χαλαζίου, τὸ ὁποῖον περιέχει
 τὸν ἄξονα αὐτοῦ (σχ. 322).

Εἶναι φανερὸν ὅτι ἡ ἐκ τοῦ πολωτοῦ ΠΠ ἐξερχομένη ακτίς, τῆς ὁποίας τὸ πλάτος κρυσ-
 στασμῶν εἶναι ΟΠ, ἀναλύεται ὑπὸ τοῦ πλακιδίου χαλαζίου εἰς τὰς ΟΑ_Ε καὶ ΟΑ_Σ, τῶν
 ὁποίων τὰ ἐπίπεδα κρυστασμῶν εἶναι κάθετα. Ἀκολουθῶς, διὰ τοῦ ἀναλύτου Π'Π' διερχο-
 νται μόνον αἱ συνιστώσαι ΟΑ_Ε καὶ ΟΑ_Σ, τῶν κρυστασμῶν ΟΑ_Ε καὶ ΟΑ_Σ, αἱ ὁποῖαι δύνα-
 νται νὰ προκαλέσωσιν φαινόμενα συμβολῆς, διότι οἱ κρυστασμοὶ αὐτῶν ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύ-
 ρειαν τῶν ακτίνων κατὰ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος εἰς παράλληλα Nicol θὰ
 ἔχωμεν σκότος.

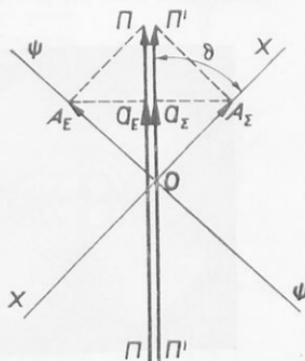
Φαντασθῶμεν ὅτι στρέφωμεν τὸν ἀναλύτην Π'Π' κατὰ 90°, τότε, ὡς εὐκόλως δεικνύεται
 δι' ὁμοίας γεωμετρικῆς κατασκευῆς, αἱ δύο ἐπιδεκτικαὶ συμβολῆς ακτίνες ΟΑ_Σ καὶ ΟΑ_Ε
 εὐρίσκονται ὑπὸ ἀντίθετον φάσεως.

Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι, ὅταν στρέφωμεν τὸν ἀναλύτην κατὰ 90°, τοῦτο ἰσοδυναμεῖ
 πρὸς παρεμβολὴν διαφορᾶς φάσεως 180° μεταξὺ τῶν καθέτων πρὸς ἀλλήλας πεπολωμένων
 ακτίνων ΟΑ_Ε καὶ ΟΑ_Σ. Ἐπομένως, ἐφ' ὅσον μὲ παράλληλα Nicol διὰ παρεμβολῆς τοῦ
 ἀνωτέρω πλακιδίου ἔχομεν σκότος, μὲ δισταυρωμένα θὰ ἔχωμεν φῶς, καὶ ἀντιστρόφως.

235. Χρώματα οφειλόμενα εἰς λεπτά πλακίδια κρυστάλλων. α) *Παράλληλον φῶς.*
 Ἐάν χρησιμοποιῶμεν λευκὸν φῶς καὶ παρεβάλλωμεν μεταξὺ δύο πρισμάτων Nicol πλακί-
 διον χαλαζίου ἢ ἄλλου διαθλαστικοῦ ὕλικου, τετμημένου παραλλήλως πρὸς τὸν ὀπτικὸν
 ἄξονα, τότε τὸ ὀπτικὸν πεδῖον, ὅταν ὁ ὀπτικὸς ἄξων δὲν συμπίπτῃ μὲ τὴν κυρίαν τομὴν πο-
 λωτοῦ καὶ ἀναλύτου, ἐμφανίζεται ἐγχρωμον. Ὁ χρωματισμὸς τοῦ πεδίου εἶναι ὁμοίωμορ-
 φος, ἐφ' ὅσον χρησιμοποιῶμεν παράλληλον δέσμην φωτεινῶν ακτίνων, δεικνύει ὁμῶς ἀνομοιο-
 μορφίαν ὅταν ἡ χρησιμοποιουμένη φωτεινὴ δέσμη εἶναι συγγλίνουσα.

Ὁ χρωματισμὸς τοῦ πεδίου ἐξηγεῖται εὐκόλως ὡς ἑξῆς: Ἡ σχετικὴ ἐπιβράδυνσις ἡ
 παρατηρούμενη μεταξὺ τῶν δύο ακτίνων ΟΑ_Ε καὶ ΟΑ_Σ, τῶν διαδιδόμενων διὰ τοῦ πλακί-
 διου, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ χρώματος τοῦ φωτός, καὶ τὸ ἰῶδες εἶναι ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον ὑφίσταται
 τὴν μεγαλύτεραν ἐπιβράδυνσιν.

Φαντασθῶμεν ἤδη τὸ πλακίδιον χαλαζίου, τοποθετημένον μεταξὺ τῶν δύο παραλ-



Σχ. 322. Διὰ τὴν χρωματικὴν πόλω-
 σιν. Περίπτωσις παραλλήλων Nicol.

ΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΠΟΛΩΣΕΩΣ

237. Ὄρισμένα οὐσίαι, ὡς ὀργανικαὶ ἐνώσεις καὶ κρυστάλλοι, προκαλοῦν στροφήν τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως τῆς δι' αὐτῶν διερχομένης πεπολωμένης δέσμης ἀκτίνων, καλοῦνται δὲ γενικῶς αἱ οὐσίαι αὗται *ὀπτικῶς ἐνεργοί*, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο *στροφικὴ πόλωσις*.

Α) *Περίπτωσης ὑγρῶν καὶ διαλυμάτων*. Οὕτω, ἐάν μεταξὺ διεσταυρωμένων Nicol τοποθετήσωμεν καταλλήλως ὑάλινον σωλήνα πλήρη διαλύματος σακχάρου καὶ κλειστὸν κατὰ τὰ δύο ἄκρα διὰ πλακιδίων ὑάλινον μὲ παραλλήλους ἔδρας, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὀπτικὸν πλῆθος καθίσταται φωτεινὸν καὶ ὅτι ἵνα καταστήσωμεν αὐτὸ ἐκ νέου σκοτεινὸν πρέπει νὰ περιστρέψωμεν τὸν ἀναλύτην κατὰ τινα γωνίαν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὸ διάλυμα σακχάρου προκαλεῖ στροφήν τοῦ ἐπιπέδου τῆς πολώσεως, ἢ ὅπερ τὸ αὐτὸ, τοῦ ἐπιπέδου κραδασμῶν τῆς γραμμικῶς πεπολωμένης ἀκτίνος, τῆς ἐξερχομένης ἐκ τοῦ πολωτοῦ. Αἱ ὀπτικαὶ ἐν γένει ἐνεργοὶ οὐσίαι στρέφουν τὸ ἐπίπεδον πολώσεως ἄλλαι μὲν πρὸς τὰ δεξιὰ, διὰ παρατηρητὴν προσβλέποντα ἐκ τοῦ ἀναλύτου πρὸς τὴν πηγὴν καὶ καλοῦνται *δεξιόστροφοι*, ἄλλαι δὲ στρέφουν τὸ ἐπίπεδον πρὸς τ' ἀριστερὰ καὶ καλοῦνται *ἀριστερόστροφοι*.

Εἰς τὰς ὀπτικῶς ἐνεργοὺς οὐσίας καταλέγονται ἐν γένει τὰ ὑδατικά διαλύματα τῶν διαφόρων σακχάρων, ὡς π.χ. τὸ διάλυμα σταφυλοσακχάρου, τὸ ὅποιον προκαλεῖ στροφήν τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως πρὸς τὰ δεξιὰ, καὶ τὸ ὀπωροσακχάρου, τὸ ὅποιον προκαλεῖ στροφήν τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως πρὸς τ' ἀριστερὰ· ἐπίσης τὸ τερεβινθέλαιον ἀποτελεῖ ὀπτικῶς ἐνεργὸν οὐσίαν.

238. *Εἰδικὴ στροφικὴ ἱκανότης*. Ἡ στροφικὴ ἱκανότης οὐσίας ὀπτικῶς ἐνεργοῦ, διαλελυμένης εἰς ὀπτικῶς ἀδρανὲς διαλυτικὸν μέσον, ὡς π.χ. σάκχαρον εἰς ὕδωρ, καθορίζεται ἐκ μεγέθους τὸ ὅποιον καλεῖται *εἰδικὴ στροφικὴ ἱκανότης*, ἢ ὅποια ὀρίζεται ὡς ἀκολούθως:

Ἐάν m παριστᾷ εἰς gr τὸ ποσὸν τῆς οὐσίας τῆς διαλελυμένης εἰς 100 cm^3 τοῦ διαλύματος l , τὸ μῆκος εἰς δεκατόμετρα (dm) τῆς ὑγρᾶς στήλης, καὶ φ τὴν γωνίαν στροφῆς τῆν ὅποιαν προκαλεῖ ἡ ὑγρὰ αὕτη στήλη, τότε ἡ εἰδικὴ στροφικὴ ἱκανότης $[\alpha]$ ὀρίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$[\alpha] = \frac{100 \varphi}{l m}$$

Ἡ στροφικὴ ἱκανότης ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους κύματος τοῦ χρησιμοποιουμένου φωτός καὶ τῆς θερμοκρασίας. Οὕτω ἡ εἰδικὴ στροφικὴ ἱκανότης τοῦ καλαμοσακχάρου διαλελυμένου ἐντὸς ὕδατος εἶναι εἰς $18^\circ C$ διὰ τὴν κιτρινὴν ράβδωσιν D τοῦ νατρίου:

$$[\alpha]_D^{18} = 66,5 \frac{\text{μοίραι}}{dm \cdot gr \cdot cm^{-3}}$$

Ἡ γωνία δὲ στροφῆς τὴν ὅποιαν προκαλεῖ στήλη μήκους l dm διαλύματος σακχάρου εἶναι:

$$\varphi = 0,665^\circ \cdot l \cdot z$$

ὅπου z ἢ εἰς 100 cm^3 τοῦ διαλύματος διαλελυμένη ποσότης καλαμοσακχάρου.

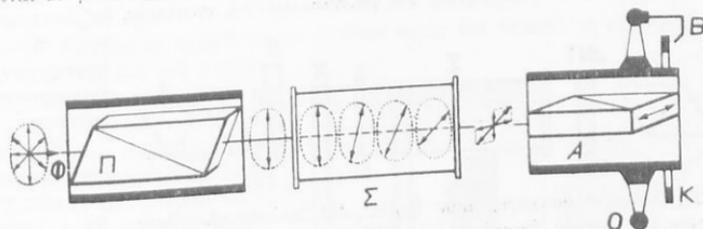
Οὕτω, χρησιμοποιοῦντες μονόχρονον κίτρινον φῶς καὶ μετροῦντες τὴν στροφήν φ τῆν ὅποιαν προκαλεῖ διάλυμα σακχάρου ὑπὸ στήλην γνωστοῦ μήκους l dm , δυνάμεθα νὰ υπολογίσωμεν τὴν συμπύκνωσιν z τοῦ σακχαροῦχοῦ διαλύματος, ἥτοι τὴν *περιεκτικότητα* αὐτοῦ εἰς σάκχαρον εἰς 100 cm^3 τοῦ διαλύματος, διότι ὡς εὐκόλως δεικνύεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου εἶναι:

$$z = 1,503 \cdot \frac{\varphi}{l}$$

Ἐπὶ τῆς βάσει τῶν ἀνωτέρω ἐκτιθεμένων ἀνεπτύχθη ὁ εἰδικὸς κλάδος ὁ ὅποιος καλεῖται *σακχαρομετρία*. Διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως εἰδικῶν ὀργάνων καλουμένων *σακχαρομέτρων*, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν εἰς σάκχαρον περιεκτικότητα σακχαροῦχων διαλυμάτων.

239. Πολωσίμετρον. Ούτω καλεῖται ἡ συσκευή ἢ ὁποῖα χρησιμεύει διὰ τὴν μέτρησιν τῆς γωνίας στροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως.

Τὸ σχ. 326 δεικνύει ἀπλούστατον τύπον πολωσίμετρον, ἀποτελουμένου ἐκ πολωτοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐν γένει πρίσμα Nicol II, καὶ ἐκ τοῦ ἀναλύτου A, ὁ ὁποῖος ἐπίσης εἶναι πρί-



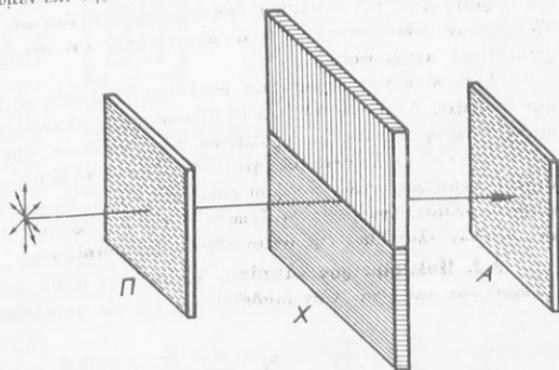
Σχ. 326. Στοιχειώδης διάταξις πολωσίμετρον Mitscherlich.

σμα Nicol, διατεταγμένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε νὰ δυνάμεθα νὰ μετρώμεν ἐπὶ κλίμακος K καταλλήλως βαθμολογημένης τὴν γωνίαν στροφῆς αὐτοῦ φ. Μεταξὺ τοῦ πολωτοῦ καὶ τοῦ ἀναλύτου δύνανται νὰ τοποθετηθῶν ὁ σωλὴν Σ ἐντὸς τοῦ ὁποίου τίθεται τὸ ὑγρὸν, ὁ ὁποῖος δύνανται νὰ εἶναι ὑάλινος ἢ μεταλλικός, ἀλλὰ κλείεται κατὰ τὰ δύο ἄκρα διὰ ὑαλίνων πλακιδίων μὲ παραλλήλους ἕδρας, διὰ τῶν ὁποίων τὸ φῶς εἰσχωρεῖ ἐντὸς τῆς ὑγρᾶς στήλης καὶ ἐξέρχεται ἐξ αὐτῆς.

Τὸ ἀνωτέρω πολωσίμετρον ἐπενοήθη ὑπὸ τοῦ **Mitscherlich**, ἢ δὲ μέτρησις διεξάγεται ὡς ἔξης: Ἐν ἀρχῇ διασταυροῦμεν τὰ Nicol, ὥστε τὸ ὀπτικὸν πεδίων νὰ καταστῇ σκοτεινὸν διὰ κιτρίνην φλόγα νατρίου. Ἀκολουθῶν, τοποθετοῦμεν τὸν σωλῆνα μετὰ τῆς ὀπτικῆς ἐνεργοῦ οὐσίας, ὅτε τὸ πεδίων καθίσταται φωτεινόν, καὶ διὰ περιστροφῆς τοῦ ἀναλύτου καθιστῶμεν αὐτὸ ἐκ νέου σκοτεινόν, ὅτε μετροῦμεν ἐπὶ τῆς κλίμακος τὴν γωνίαν περιστροφῆς τοῦ ἀναλύτου. Ἐὰν ἡ κλίμαξ εἶναι βαθμολογημένη, ὥστε νὰ παρέχῃ ἀπ' εὐθείας τὴν εἰς σάκχαρον περιεκτικότητα, τὸ ὄργανον καλεῖται **σακχαρόμετρον**.

Τὸ ἀνωτέρω ὄργανον δὲν παρέχει ἀκριβῆ ἐξαγόμενα, διότι δυσκόλως δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν πλήρη σκοτεινότητα τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου. Πρὸς ἄρσιν τοῦ μειονεκτήματος τούτου ἐπενοήθησαν πολλά ἄλλα διατάξεις, μεταξὺ τῶν ὁποίων θὰ περιγράψωμεν τὴν μέθοδον τοῦ Soleil διὰ τῆς χρησιμοποίησιν διπλοῦ πλακιδίου χαλαζίου.

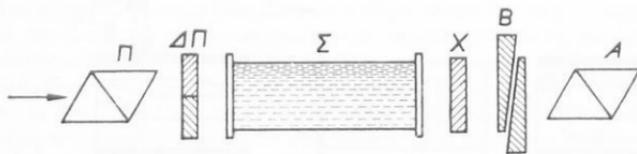
Τὸ διπλοῦν πλακιδίων χαλαζίου ἀποτελεῖται ἐκ δύο πλακιδίων χαλαζίου πάχους 3,75 mm, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν στρέφεται ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον πολώσεως πρὸς τὸ ἄριστερά καὶ τὸ ἄλλο πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ τὰ ὅποια συγκολλῶνται, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 327, εἰς τρόπον ὥστε ἡ γραμμὴ συγκολλήσεως νὰ ἀποτελῇ σαφῆ γρομμην διαχωρισμοῦ αὐτῶν. Εἶναι γνωστὸν ὅτι πλακιδίων χαλαζίου πάχους 3,75 mm προκαλεῖ στρόφην τοῦ



Σχ. 327. Διὰ τὸ σακχαρόμετρον Soleil. X διπλοῦν πλακιδίων χαλαζίου, τὸ ἐν ἡμῖσι δεξιόστροφον, τὸ ἕτερον ἀριστερόστροφον.

έπιπέδου πόλωσης διά κιτρινοπράσινην άκτινοβολίαν, περίπου κατά 90°, ένφ' δια μονόχρουον φώς νατριόν ή περιστροφή άνέρχεται εις 81,5°.

Έάν όθεν τοιούτον διπλουν πλακιδιον παρεντεθή μεταξύ παραλλήλων Nicol, ως δεικνύεται εις τό σχήμα 327, τότε τό κιτρινοπράσινον φώς θά άποσβέννυται τελείως υπό τών δύο πλακιδίων, και τό όπτικόν πεδιόν θά φαίνεται τελείως σκοτεινόν, έφ' όσον πρός φωτισμόν τού όργάνου χρησιμοποιούμεν κιτρινοπράσινην άκτινοβολίαν.



Σχ. 328. Διάταξις σακχαρομέτρου Soleil. ΔΠ διπλουν πλακιδιον χαλαζίου, Σ όπτικώς ένεργός ουσία, X δεξιόστροφον πλακιδιον χαλαζίου, Β σφηνοειδές άριστερόστροφον πλακιδιον χαλαζίου.

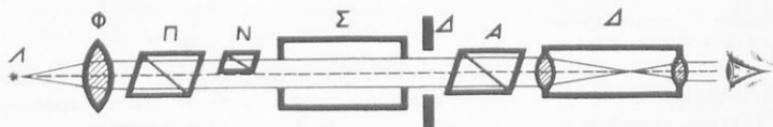
Ίθουν έξ αυτου, τό όπτικόν πεδιόν θά έχη τό συμπληρωματικόν χρώμα τού κιτρινοπράσινου, τό όποιον είναι έρυθροϊώδες. Έάν ήδη στρέψωμεν τόν αναλύτην κατ' έλαχίστην ποσότητα, τότε, έφ' όσον χρησιμοποιούμεν κιτρινοπράσινον φώς, τό όπτικόν πεδιόν καθίσταται φωτεινόν, ένφ' εάν χρησιμοποιούμεν λευκόν φώς, τό έν ήμισυ τού όπτικού πεδιού φαίνεται έντόνωσ ερυθροπών ένφ' τό άλλο ήμισυ έντόνωσ ζυανούν.

Ή ως άνω διαφορά χρωματος τών δύο μερών τού όπτικού πεδιού δύναται εύκόλως και με άκρίβειαν νά έκτιμηθή.

Ός έξ τούτου ρυθμίζομεν άρχικώς την συσκευήν κατά τοιούτον τρόπον ώστε, όταν φωτίζεται διά λευκού φωτός, τό όπτικόν πεδιόν νά έχη την έρυθροϊώδη χροιάν ή όποια καλεϊται *εΰπαθής χροιά*. Άκολούθως τοποθετούμεν την όπτικώς ένεργόν ουσίαν, ότε παρατηρούμεν ότι τό ήμισυ τού πεδιού καθίσταται έρυθροπών και τό έτερον ήμισυ ζυανούν και, διά περιστροφής τού αναλύτου, έπαναφέρομεν τό όπτικόν πεδιόν εις την εύπαθή χροιάν. Τό όργανον τούτο παρουσιάζει τό πλεονέκτημα ότι δέν άπαιτεί την χρησιμοποίησιν μονοχρωματικής πηγής φωτός.

Άντί νά περιστρέψωμεν τόν αναλύτην, δυνάμεθα νά χρησιμοποιήσωμεν άντισταθμιστικήν διάταξιν. Αύτη άποτελείται έξ δεξιόστροφόν πλακιδιον χαλαζίου και δύο σφηνοειδών άριστεροστροφόν πλακιδίων χαλαζίου, διατεταγμένων όμως ώστε δι' όλισθήσεως τού ενός επί τού άλλου νά πραγματοποιήται πλακιδιον μεταβλητού πάχους (σχ. 328). Έάν όθεν ύφίσταται περιστροφή τού έπιπέδου πόλωσης, λόγω εισαγωγής εις την συσκευήν τής όπτικώς ένεργού ουσίας, δυνάμεθα νά άφωμεν αυτήν διά καταλλήλου σχετιζής μετατοπίσεως τών σφηνοειδών πλακιδίων τής άντισταθμιστικής διατάξεως.

240. Πολωσίμετρον Lippich. Τό όργανον τούτο άποτελεί έν τών άκριβεστέρων πολωσιμέτρων και είναι λίαν διαδεδομένον εις τās μετρήσεις άκρίβειας.



Σχ. 329. Διάταξις πολωσιμέτρου Lippich.

Τό πολωσίμετρον τούτο εικονίζεται εις τό σχήμα 329 και άποτελείται έξ τών άκόλουθων μερών: Έξ τού φαζού Φ, τού πολωτού Π, άποτελουμένου έξ πρίσματος Nicol, τού βοηθητικού Nicol N, τού σωλήνος Σ πρός τοποθέτησιν τού όπτικώς ένεργού ύγρου τού δια-

φράγματος μετ' ὀπῆς Δ, τοῦ ἀναλύτου Α, ἀποτελουμένου ἐκ πρίσματος Nicol, καὶ τῆς διόπτρας παρατηρήσεως Δ.

Τὸ φῶς, διερχόμενον διὰ τοῦ πολωτοῦ Π, διαμοιράζεται εἰς δύο μέρη: Τὸ ἐν ἐξ αὐτῶν διέσχεται διὰ τοῦ βοηθητικοῦ Nicol N, καὶ ἀκολουθῶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου Α, ἐνῶ τὸ ἕτερον μέρος προσπίπτει ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου.

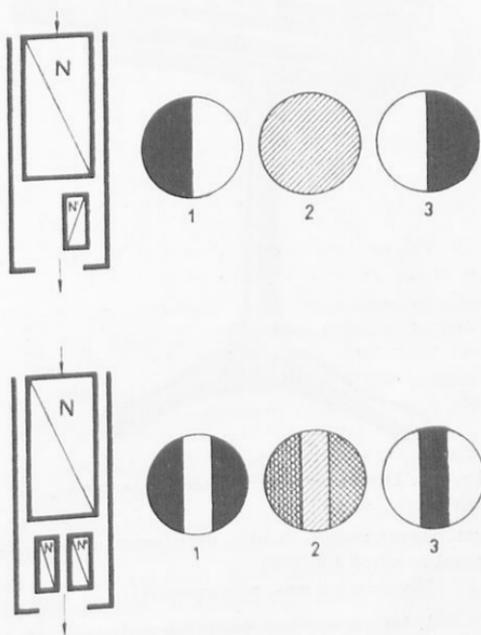
Φαντασθῶμεν ὅτι ἐν ἀρχῇ ὁ σωλὴν Σ εἶναι κενός, ὅτε τὸ φῶς, τὸ ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ πολωτοῦ, διέρχεται διὰ τοῦ βοηθητικοῦ Nicol N ἀνευ μεταβολῆς, ὅταν τὰ ἐπίπεδα κρυστασμῶν πολωτοῦ καὶ βοηθητικοῦ Nicol εἶναι παράλληλα. Ἐὰν ὁμως στρέψωμεν τὸ βοηθητικὸν Nicol, τότε τὰ δύο ἡμίση τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου θὰ φωτίζονται μὲ γοαμμικῶς πεπολωμένον φῶς, ἀλλὰ τὰ ἐπίπεδα κρυστασμῶν δὲν θὰ συμπίπτουν.

Ἐὰν τὰ Nicol τοῦ πολωτοῦ καὶ τοῦ ἀναλύτου εἶναι διεσταυρωμένα, τότε μόνον τὸ ἐν ἡμίση τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου θὰ εἶναι σκοτεινόν (σχ. 330 ἄνω). Ἐὰν ὁμως ἀπὸ τῆς θέσεως διασταυρώσεως ἀρχίσωμεν νὰ περιστρέφωμεν τὸν ἀναλύτην, τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φωτεινότης τοῦ ἐνὸς ἡμίσεος τοῦ πεδίου βαίνει βαθμηδὸν ἐλαττωμένη, ἐνῶ ἡ τοῦ ἑτέρου βαθμηδὸν αὐξάνεται, οὕτω δὲ δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τοιαύτην θέσιν τοῦ ἀναλύτου, ὥστε τὸ προγενεστέρας φωτεινὸν ἡμίση τοῦ πεδίου νὰ καταστῇ σκοτεινόν καὶ τὸ σκοτεινὸν ἡμίση νὰ γίνῃ φωτεινόν.

Μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω δύο ἀκρῶν θέσεων τοῦ ἀναλύτου ὑφίσταται μέση τις θέσις, ὅπου τὰ δύο ἡμίση τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου παρουσιάζουν τὴν αὐτὴν φωτεινότητα, καὶ ἄλλη θέσις κατὰ τὴν ὁποίαν ταῦτα φαίνονται ἐξ ἴσου σκοτεινά. Ἡ τελευταία αὕτη ρύθμισις καλεῖται *θέσις ἡμισοκιάς*, καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν ρυθμιζόμεν ἀρχικῶς τὸ πολωσίμετρον. Γενικῶς ἐὰν στρέφωμεν τὸν ἀναλύτην κατὰ 360° , τότε διερχόμεθα διὰ δύο θέσεων, εἰς τὰς ὁποίας τὰ δύο ἡμίση τοῦ πεδίου εἶναι ἐξ ἴσου φωτεινά, καὶ διὰ δύο ἄλλων θέσεων, εἰς τὰς ὁποίας τὰ δύο ἡμίση εἶναι ἐξ ἴσου σκοτεινά.

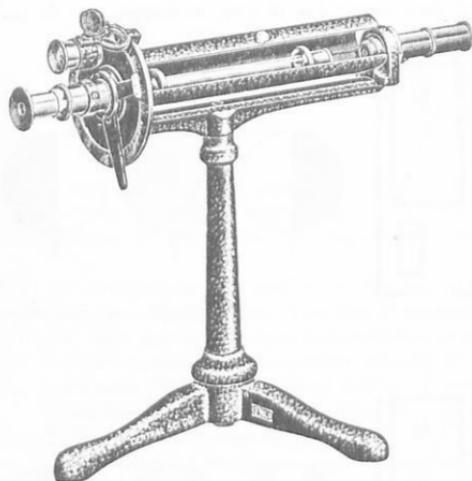
Ἐὰν εἰς τὸν σωλὴνα θέσωμεν τὸ ὀπτικῶς ἐνεργὸν ὕγρον, τὰ δύο ἡμίση τοῦ πεδίου δὲν φαίνονται ἐξ ἴσου σκοτεινά, ὅποτε διὰ περιστροφῆς τοῦ ἀναλύτου ἐπαναφέρομεν τὸ ὀπτικὸν πεδίων εἰς τὴν θέσιν ἡμισοκιάς, ὅτε ἡ γωνία στροφῆς τοῦ ἀναλύτου παρέχει τὴν γωνίαν περιστροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως.

Διὰ τῆς προσθήκης εἰς συσκευὰς τύπου ἀκριβείας δύο βοηθητικῶν πρισμάτων, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε τὸ ὀπτικὸν πεδίων νὰ εἶναι τριμερές, ὅτε δυνάμεθα διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ νὰ ἐκτιμῶμεν μετὰ μεγαλυτέρας ἀκριβείας τὴν θέσιν τῆς ἡμισοκιάς (σχ. 330, κάτω). Τὸ σχ. 331 δεικνύει τὴν γενικὴν ὕψιν συσκευῆς πολωσίμετρον.



Σχ. 330. Διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ἐνὸς μικροῦ βοηθητικοῦ πρίσματος N' (ἄνω) προκύπτει τὸ παραπλευρῶς ὀπτικὸν πεδίων, ἡ θέσις 2 εἶναι ἡ θέσις ρυθμίσεως ἡμισοκιάς. Διὰ χρησιμοποιήσεως δύο μικρῶν βοηθητικῶν πρισμάτων N' N' (κάτω) τὸ ὀπτικὸν πεδίων γίνεται τριμερές. Ἡ θέσις ρυθμίσεως εἶναι ἡ 2, κατὰ τὴν ὁποίαν δὲν παρατηρεῖται ἰσότης φωτισμοῦ, ἀλλὰ ἰσότης διαφορᾶς φωτισμοῦ.

241. Β) Περίπτωσησις κρυστάλλων. Πλακίδιον χαλαζίου, τετμημένον καθέτως πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα αὐτοῦ, ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ προκαλῆ ἐπίσης περιστροφὴν τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως καὶ ἐπομένως ὁ χαλαζίας ἀποτελεῖ ὀπτικῶς ἐνεργὸν οὐσίαν. Οὕτω δυνάμεθα νὰ δεῖξωμεν τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως ὑπὸ πλακιδίου χαλαζίου X, ἐὰν παρεμβάλωμεν τοῦτο μεταξὺ πολωτοῦ Π καὶ ἀναλύτου A (σχ. 332).



Σχ. 331. Γενικὴ ὄψις πολωσιμέτρου ἀκριβείας.

ναὶ ἐναντιόμορφοι, δηλαδὴ σχετίζονται μεταξὺ των ὡς τὸ ἀντικείμενον πρὸς κατοπτρικὸν εἰδωλον αὐτοῦ (σχ. 333).

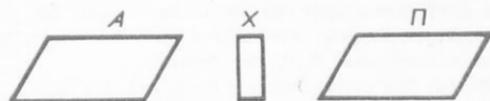
Προκειμένου περὶ τῶν κρυστάλλων, ὁ Βιοτὶ ἀνεῦρε τοὺς ἀκολουθοῦντας νόμους :

1. Ἡ στροφή τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός καὶ εἶναι τόσοσ μεγαλυτέρα ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ μήκος τοῦ κύματος.

Οὕτω ἡ στροφή ἢ προκαλουμένη ὑπὸ πλακιδίου χαλαζίου πάχους 1 mm εἶναι διὰ τὸ ἐρυθρὸν φῶς 15° καὶ διὰ τὸ ἰώδες 51° . Ἡ ἐξαρτήσις αὕτη τῆς στροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως ἐκ τοῦ μήκους κύματος καλεῖται πολλὰκις **στροφικὸς διασκεδασμὸς**.

2. Διὰ τὸ αὐτὸ μήκος κύματος ἢ διὰ τοῦ αὐτοῦ κρυστάλλου προκαλουμένη στροφή εἶναι ἀνάλογος τοῦ πάχους.

Ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ὑγρῶν ὀπτικῶς ἐνεργῶν οὐσιῶν, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κρυστάλλων, διακρίνομεν εἰδικὴν περιστροφὴν $[\alpha]$, ἢ ὅποια καθορίζεται ἐκ τοῦ πηλίκου τῆς περιστροφῆς, διὰ τοῦ πάχους τοῦ πλακιδίου εἰς mm. Λόγῳ τοῦ περιστροφικοῦ διασκεδασμοῦ, ἐὰν χρησιμοποιώμεν λευκὸν φῶς παρατηροῦμεν ὅτι διὰ περιστροφῆς τοῦ ἀναλύτου οὐδέποτε τὸ φῶς ἀποσβέννυται, ἀλλὰ τὸ ὀπτικὸν πεδῖον φαίνεται διαρκῶς ὁμοιομόρφως φωτισμένον καὶ ἐγχρωμον. Πράγματι, ἐὰν ὁ ἀναλύτης ἔχει ρυθμισθῆ πρὸς ἀπόσβεσιν τοῦ λευκοῦ φωτός καὶ παρεμβάλωμεν ἀκολουθῶς μεταξὺ πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου πλακιδίων χαλαζίου μήκους 1 mm στρέψωμεν δὲ

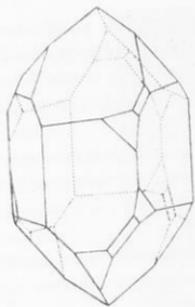


Σχ. 332. Περιστροφή τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως ὑπὸ πλακιδίου χαλαζίου X.

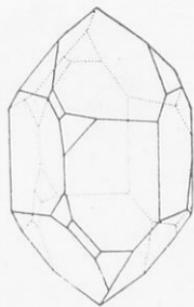
τὸν ἀναλύτην κατὰ 15° , τότε τὸ ἐρυθρὸν ἀποσβέννυται τελείως, ἐνῶ τὰ ὑπόλοιπα χρώματα διέρχονται διὰ τοῦ ἀναλύτου κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἐξησθενημένα καὶ ὡς ἐκ τούτου τὸ ὀπτικὸν πεδῖον λαμβάνει χρῶμα πρασινοκόκκινον. Ἐάν στρέψωμεν τὸν ἀναλύτην κατὰ 21° τότε ἀποσβέννυται τὸ κίτρινον φῶς καὶ τὸ ὀπτικὸν πεδῖον φαίνεται κυανοῦν, οὗτω δὲ βλέπομεν ὅτι διὰ περιστροφῆς τοῦ ἀναλύτου μεταβάλλεται τὸ χρῶμα τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου.

Ἐκτὸς τοῦ χαλαζίου, καὶ ἄλλα κρυσταλλικὰ σῶματα προκαλοῦν στροφὴν τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν μονάξονα καὶ διάξονα κρυστάλλου.

Ἐπίσης παρατηρήθη ὅτι καὶ σῶματά τινα, κρυσταλλούμενα εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα, ἐνῶ δὲν δεικνύουσιν ἀνιστροπίαν στρέφουσιν ἐν τούτοις τὸ ἐπίπεδον πολώσεως.



Λευκίστροφος



Ἐνιστροφόστροφος

Σχ. 333. Ἐναντιόμορφοι κρύσταλλοι χαλαζίου.

242. Κυκλικῶς καὶ ἔλλειπτικῶς πεπολωμένον φῶς. Ὅταν ἔχωμεν φωτεινὴν ἀκτίνα εἰς τὴν ὁποίαν τὰ σωματῖα τοῦ αἰθέρος δὲν ἐκτελοῦν κρᾶδασιμὸς κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καθέτως ἐπὶ ταύτην, ἀλλὰ κινουῦνται διαγράφοντα κυκλικὴν ἢ ἔλλειπτικὴν τροχίαν, τότε λέγομεν ὅτι ἡ ἀκτίς ἢ τὸ φῶς εἶναι κυκλικῶς ἢ ἔλλειπτικῶς πεπολωμένον.

Ἡ κίνησις ἐν γένει τῶν σωματίων τοῦ αἰθέρος εἰς ἀκτίνα φυσικοῦ ἢ γραμμικῶς πεπολωμένου φωτός δεχόμεθα ὅτι εἶναι ἀπλή ἀρμονικὴ.

Ἐκ τῆς σπουδῆς δὲ τῆς συνθέσεως δύο ἀρμονικῶν κινήσεων, αἱ ὁποῖαι γίνονται κατὰ διευθύνσεις καθέτους, δεικνύεται ὅτι ἡ συνισταμένη κίνησις, ἀναλόγως τῆς διαφορᾶς φάσεως αὐτῶν, εἶναι κίνησις κυκλικὴ ἢ ἔλλειπτικὴ ἢ καὶ ἀπλή ἀρμονικὴ κίνησις. Ἐφ' ὅσον αἱ δύο κινήσεις δὲν παρουσιάζουσιν διαφορὰν φάσεως, ἢ ἡ διαφορὰ φάσεως εἶναι 180° , τότε ἡ κίνησις εἶναι γραμμικὴ ἀρμονικὴ. Ἐάν αἱ κινήσεις παρουσιάζουσιν διαφορὰν φάσεως $\frac{\pi}{2}$ καὶ $\frac{3\pi}{2}$ καὶ τὰ πλάτη τῶν κινήσεων εἶναι ἴσα, τότε ἡ συνισταμένη κίνησις εἶναι κυκλικὴ.

Εἰς ὅλας τὰς ἄλλας περιπτώσεις, αἱ ὁποῖαι δὲν περιλαμβάνονται εἰς τὰς ἀνωτέρω, ἢ κινήσεις εἶναι ἔλλειπτικὴ. Γνωρίζομεν ὅμως ὅτι ὅταν ἀκτίς γραμμικῶς πεπολωμένη προσπίπτῃ ἐπὶ διπλοθλαστικοῦ κρυστάλλου, αὕτη σχάζεται ἐν γένει εἰς δύο ἀκτίνας γραμμικῶς πεπολωμένας, τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα πολώσεως εἶναι κάθετα καὶ ἐπομένως αἱ διευθύνσεις τῶν κρᾶδασιμῶν τῶν σωματίων τοῦ αἰθέρος εἰς τὰς δύο ἀκτίνας γίνονται κατὰ διευθύνσεις καθέτους.

Ἐξ ἄλλου αἱ δύο ἀκτίνας, συνήθως καὶ ἔκτακτος, ἔχουσιν διαφορὰν ταχύτητα ἐντὸς τοῦ διπλοθλαστικοῦ κρυστάλλου καὶ ἐπομένως ὁ δείκτης διαθλάσεως αὐτῶν εἶναι διάφορος, ὡς ἐκ τούτου δὲ οἱ ὀπτικοὶ δρόμοι τῶν ἀκτινῶν ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου εἶναι διάφοροι.

Αἱ δύο ἀκτίνας ἐξερχόμεναι ἐκ τοῦ κρυστάλλου θὰ παρουσιάζουσιν προδήλως, ἕνεκα τῆς διαφορᾶς τῶν ὀπτικῶν δρόμων διαφορὰν πορείας ἢ ὁποῖα καθορίζεται ἐκ τοῦ πάχους τοῦ πλακιδίου.

Ἐάν ἡδη συνθέσωμεν τὰς δύο καθέτους πρὸς ἀλλήλας γραμμικὰς ἀρμονικὰς κινήσεις, αἱ ὁποῖαι θὰ συνυπάρχουσιν ἐπὶ σωματίου αἰθέρος, τὸ ἀποτέλεσμα θὰ εἶναι νὰ προκύψῃ ἐν γένει ἔλλειπτικὴ τροχία αὐτοῦ καὶ ἐπομένως ἔλλειπτικῶς πεπολωμένον φῶς.

Ἐάν φροντίσωμεν ὅμως ὥστε ἡ διαφορά φάσεως μεταξύ τῶν δύο ἀκτίνων νά εἶναι ἴση πρὸς $\pi/2$ ἢ $3\pi/2$, δηλαδὴ ὁ κραδασμὸς τῆς ἀρχικῆς ἀκτίνος νά παρουσιάξῃ ἴσην γωνίαν κλίσεως πρὸς τὴν διεύθυνσιν κραδασμῶν τῶν δύο ἀκτίνων τῶν ἐξερχομένων ἐκ τοῦ διπλοθλαστικοῦ πλακιδίου, τότε τὸ ἀποτέλεσμα ἐκ τῆς συνθέσεως τῶν δύο καθέτων κραδασμῶν εἶναι νά προκύβῃ κυκλικὴ τροχιά τοῦ σωματίου τοῦ αἰθέρος καὶ ἐπομένως κυκλικῶς πεπολωμένον φῶς.

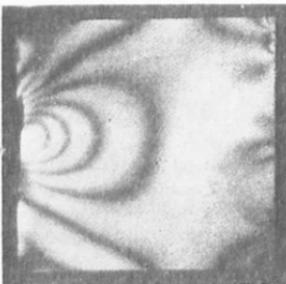
Τοῦτο δυνάμεθα νά ἐπιτύχωμεν ἐάν χρησιμοποιήσωμεν πλακίδιον τετάρτου μῆζους κύματος, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ μεταξύ τῶν ἐξερχομένων ἐξ αὐτοῦ ἀκτίνων διαφοράν πορείας ἴσην πρὸς ἓν τετάρτον μῆζους κύματος, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς διαφοράν φάσεως μεταξύ τῶν κραδασμῶν ἴσην πρὸς $\pi/2$. Τοιαῦτα πλακίδια κατασκευάζονται συνήθως ἐκ χαλαζίου ἢ μαρμαρυγίου (mica).

Τὸ κυκλικῶς καὶ ἑλλειπτικῶς πεπολωμένον φῶς δύναται νά διακριθῇ ἀπὸ τοῦ γραμμικῶς πεπολωμένου φωτός, διότι ἐνῶ τὸ γραμμικῶς πεπολωμένον φῶς δύναται νά ἀποσβεσθῇ ὑπὸ πρίσματος Nicol, τὸ ἑλλειπτικῶς ἢ κυκλικῶς πεπολωμένον φῶς δὲν ἀποσβέννεται δι' οὐδεμίαν θέσιν τοῦ ἀναλύτου.

Ἐάν ὅμως διαβιβάσωμεν τὸ κυκλικῶς πεπολωμένον φῶς διὰ πλακιδίου τετάρτου μῆζους κύματος, τοῦτο καθίσταται γραμμικῶς πεπολωμένον καὶ δύναται νά ἀποσβεσθῇ ὑπὸ πρίσματος Nicol.

Τὸ ἑλλειπτικῶς πεπολωμένον φῶς δὲν δύναται νά μετατραπῇ εἰς γραμμικῶς πεπολωμένον φῶς ὑπὸ πλακιδίου τετάρτου μῆζους κύματος, ἀλλὰ τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου πρέπει νά εἶναι ὀλίγον μεγαλύτερον ἢ ὀλίγον μικρότερον ἀπὸ τὸ πάχος πλακιδίου τετάρτου μῆζους κύματος. Διὰ τὴν ἔρευναν τοῦ ἑλλειπτικῶς καὶ κυκλικῶς πεπολωμένου φωτός δύναται νά χρησιμεύσῃ οἰαδήποτε πολωσισκοπικὴ συσκευή. Κυκλικῶς καὶ ἑλλειπτικῶς πεπολωμένον φῶς δύναμεθα νά παραγάγωμεν ὅχι μόνον ἐκ διπλῆς διαθλάσεως, ἀλλὰ καὶ ἐξ ἀνακλάσεως, ἡ ἔξέτασις ὅμως τοῦ φαινομένου τούτου ἐκφεύγει τοῦ πλαισίου τοῦ παρόντος βιβλίου.

243. Ἑρμηνεία τῆς περιστροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως. Ὁ Fresnel, πρὸς ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου τῆς στροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως διὰ πλακιδίου χαλαζίου τετημημένου καθέτως πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα αὐτοῦ, δέχεται ὅτι ὁ χαλαζίας, καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ φῶς προσπίπτῃ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος, δεικνύει τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως.



Σχ. 33α. Σχετικὴ ἀνισοτροπία ὑαλίνης πλακῆς ὑποβλήθεισος εἰς πίεσιν.

Αἱ δύο ὅμως ἀκτίνες αἱ προκύπτουσαι ἐκ τῆς ἐπὶ τοῦ χαλαζίου προσπίπτουσης γραμμικῶς πεπολωμένης ἀκτίνος, καθίστανται κυκλικῶς πεπολωμένα, ἥτοι τὰ σωματῖα τοῦ αἰθέρος κινουῦνται ἐπὶ κυκλικῶν τροχιῶν, καὶ εἰς μὲν τὴν μίαν ἀκτίνα κατὰ τὴν φοράν τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὥρολογίου, ἐνῶ εἰς τὴν ἄλλην ἀκτίνα κατὰ τὴν ἀντίθετον, ἀλλὰ καὶ ὑπὸ διαφοράν φάσεως. Ἀποτέλεσμα τοῦ συνδυασμοῦ τῶν δύο τούτων κυκλικῶν κινήσεων εἶναι νά προκύβῃ, μετὰ τὴν ἔξοδον ἐκ τοῦ ὀπτικῶς ἐνεργοῦ σώματος γραμμικῶς, πεπολωμένη ἀκτίς, ἡ διεύθυνσις κραδασμῶν τῆς ὁποίας καὶ ἐπομένως τὸ ἐπίπεδον πολώσεως αὐτῆς, σχηματίζει γωνίαν πρὸς τὴν διεύθυνσιν κραδασμῶν ἢ τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τῆς ἀρχικῆς ἀκτίνος.

244. Τεχνητὴ ἀνισοτροπία σωμάτων. Ὡς προηγουμένως εἶδομεν, ἡ διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός ὀφείλεται εἰς φυσικὴν ἀνισοτροπίαν τῶν διπλοθλαστικῶν σωμάτων, ἕνεκα τῆς ὁποίας ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι διάφορος κατὰ τὰς διαφόρους διεύθυνσεις ἐντὸς τοῦ σώματος. Ἡ φυσικὴ αὕτη ἀνισοτροπία τῶν διπλοθλαστικῶν σωμάτων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μοριακῆς συγκροτήσεως αὐτῶν.

Λυγόμεθα ὁμως καὶ ἰσότροπα νὰ τὰ καταστήσωμεν τεχνητῶς ἀνισότροπα. Οὗτο ὕαλι-
ναὶ πλάκες αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν ἰσότροπα σῶματα, δύνανται διὰ θερμάνσεως καὶ διὰ
ταχειᾶς ἀκολούθως ψύξεως αὐτῶν, εἴτε ἀκόμη καὶ δι' ἀνομοιομόρφου ψύξεως, νὰ ἀποκτή-
σουν μόνιμον ἀνισοτροπίαν.

Ἐπίσης ἐὰν ὑαλίνη πλάξ ὑποβάλλεται εἰς πίεσιν, καθίσταται παροδικῶς ἀνισότροπος,
χάνει δὲ τὴν ἀνισοτροπίαν τῆς ὅταν ἐκ-
λείψῃ ἡ πίεσις. Ἐὰν παρατηροῦμεν τοιαύτας
πλάκας, παρεμβάλλοντες αὐτὰς μεταξύ πολω-
τοῦ καὶ ἀναλύτου πολωσισκοπικῆς συσκευῆς,
τότε αὐτὰ παρέχουν εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδῖον πο-
λύπλοκα σχήματα, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 334.

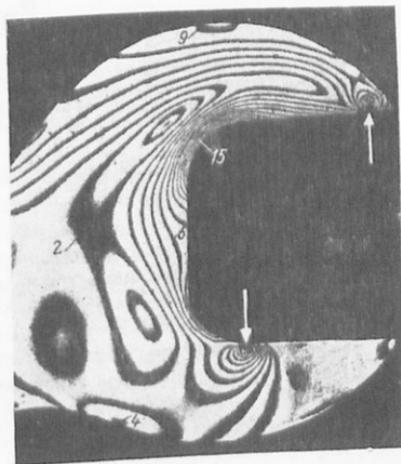
Ἐκ τῶν σχημάτων τούτων δυνάμεθα νὰ
ἔχωμεν ἰδέαν τῆς κατανομῆς τῶν παραμορφώ-
σεων ἐντὸς τῶν σωμάτων. Οὗτο αἱ ὕαλοι αἱ
χρησιμοποιούμεναι εἰς τὰ ὀπτικά ὄργανα ἀκρι-
βείας, ἐξετάζονται προηγουμένως ἀπὸ ἀπό-
ψεως τεχνητῆς ἀνισοτροπίας.

Ἐξαρτήματα ἐπίσης τὰ ὁποῖα πρόκειται
νὰ χρησιμοποιηθῶν εἰς κατασκευὰς ἐξετάζον-
ται ὀπτικῶς πρὸς καθορισμὸν τοῦ τρόπου τῆς
κατανομῆς τῶν παραμορφώσεων ἐντὸς αὐτῶν.
(σχ. 335). Πρὸς τοῦτο κατασκευάζονται ὁμοιώ-
ματα τῶν ἐξαρτημάτων τούτων ὑπὸ κλίμακα
ἐκ διαφανοῦς βακελίτου ἢ ἄλλης πλαστικῆς
οὐσίας, καὶ φορτιζόμενα καταλλήλως τοποθε-
τοῦνται μεταξύ τοῦ πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου
πολωσισκοπικῆς συσκευῆς.

Αἱ περιοχαὶ μεγίστης παραμορφώσεως
καθορίζονται ἐκ τῆς συγκεντρώσεως φωτει-
νῶν καὶ σκοτεινῶν ταινιῶν. Ἡ μέθοδος αὕτη ἢ
φάσεων παρέχει ἀκριβέστερα ἀποτελέσματα
χρησιμοποιούμεν κυκλικῶς πεπολωμένον φῶς, τὸ
καὶ τοῦ ἐξεταζομένου σώματος παρεμβάλλομεν
ὁποῖα καλεῖται ἀνάλυσις παραμορ-
φῶν ἐὰν ἀντὶ γραμμικῶς πεπολωμένου φωτός
ὁποῖον προκύπτει ἐὰν μεταξύ τοῦ πολωτοῦ
πλακιδίου τετάρτου μήκους κύματος.

245. Πόλωσις ἐκ διαχύσεως. Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἵνα μία ἐπιφάνεια ἀνακλῇ τὸ φῶς κανο-
νικῶς πρέπει τὸ εὖρος ἢ ἡ διάμετρος αὐτῆς νὰ εἶναι σημαντικὸν πολλαπλάσιον τοῦ μήκους
κύματος τοῦ φωτός. Ἐὰν ὁμως εἶναι μικροτέρα, τότε προκύπτει διασπορὰ τοῦ φωτός. Γε-
νικῶς μεταξύ διασπορᾶς καὶ ἀκανονίστου ἀνακλάσεως ἢ ἄλλως διαχύσεως τοῦ φωτός δὲν
ὀφίσταται σαφῆς διάκρισις ἂν καὶ διὰ τὴν δευτέραν δεχόμεθα ὅτι ἡ διαχέουσα τὸ φῶς ἐπι-
φάνεια εἶναι μεγάλη μὲν ὄχι ὁμως λεία, ἀλλὰ τραχεῖα. Διὰ νὰ παραχθῇ πραγματικῶς διασπορὰ
τοῦ φωτός πρέπει ἡ διάμετρος τῆς ἐπιφανείας νὰ εἶναι ἴση πρὸς 1000 \AA ἢ μικροτέρα, δεδομένου
ὅτι τὰ μῆκη κύματος τοῦ φωτός εἶναι τάξεως μεγέθους 5000 \AA . Τὸ φῶς τὸ προερχόμενον
ἐκ τοῦ οὐρανοῦ ὀφείλεται κατὰ πολὺν εἰς διασπορὰν τούτου ὑπὸ μικρῶν σωματίων (βλ. σελ.
80). Τὸ ἐκ διασπορᾶς φῶς ἀπεδείχθη ὅτι εἶναι γραμμικῶς πεπολωμένον καὶ μάλιστα τὸ
ἐπίπεδον πόλωσεως ὀρίζεται ὑπὸ τῆς ἀρχικῆς ἀκτίνος καὶ τῆς διευθύνσεως παρατηρήσεως.
Τοῦτο ἀντιλαμβάνομεθα ἐὰν παρατηροῦμεν τὸν οὐρανὸν δι' ἐνὸς ἀναλύτου, καὶ στρέφομεν
αὐτὸν περὶ τὴν διεύθυνσιν καθ' ἣν παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φῶς δεικνύει σημαντικὴν αὐξο-
μείωσιν τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ.

Διὰ περιοχὰς τοῦ οὐρανοῦ ἐγγύς τοῦ Ἡλίου, ἢ ἀκριβῶς ἀπέναντι αὐτοῦ, τὸ φαινόμενον



Σχ. 335. Ὁμοίωμα μηχανουργικῆς κλειδῶς
ἐκ βακελίτου εἰς τὴν ὁποίαν δεικνύεται διὰ
τοῦ φαινομένου τῆς τεχνητῆς ἀνισοτροπίας ἢ
διανομῆ τῶν ἐλαστικῶν τάσεων τοῦ ὕλικου.

εἶναι πολὺ ἀσθενές, ἐὰν ὁμοσ παρατηροῦμεν καθέτως πρὸς τὴν διεϋθύνσιν τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων, τὸ φαινόμενον καθίσταται πολὺ ἐντονώτερον. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς κολλοειδῆ διαλύματα, ὅταν ταῦτα παρατηροῦνται καθέτως πρὸς τὴν δέσμην τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων δι' ἀναλύτου.

Ζητήματα.

Πότε μία ἀκτίς καλεῖται ἀκτίς φυσικοῦ φωτός καὶ πότε γραμμικῶς πεπολωμένη.

Πῶς ἐξηγοῦμεν τὸ φαινόμενον τῆς γραμμικῆς πολώσεως τοῦ φωτός.

Περιγράψατε τὸ μηχανικὸν ἀνάλογον πρὸς τὸ ὀπτικὸν φαινόμενον τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.

Τί καλοῦμεν ἐπίπεδον κρδασμοῶν καὶ ἐπίπεδον πολώσεως πεπολωμένης ἀκτίως.

Τί καλοῦμεν πολωτὴν καὶ ἀναλύτην, καὶ περιγράψατε διαφόρους τύπους πολωτῶν καὶ ἀναλυτῶν.

Κατὰ πόσους τρόπους δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν τὴν πόλωσιν τοῦ φωτός.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως καὶ τῆς διπλῆς διαθλάσεως.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἐξ ἀπλῆς ἀνακλάσεως.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἐξ ἀπλῆς διαθλάσεως.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ νόμου τοῦ Brewster.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ νόμου τοῦ Malus.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου χρωματικὴ πόλωσις καὶ ὑπὸ ποίας συνθήκας παρατηροῦνται φαινόμενα χρωματικῆς πολώσεως.

Περιγράψατε φαινόμενα χρωματικῆς πολώσεως παρατηρούμενα εἰς παράλληλον φῶς.

Περιγράψατε φαινόμενα χρωματικῆς πολώσεως παρατηρούμενα εἰς συγκλίνον φῶς.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων πλακίδιον $\frac{1}{2}$ μήκους κύματος ἢ πλακίδιον $\frac{1}{4}$ μήκους κύματος.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς στροφικῆς πολώσεως.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων διαλύματα ὀπτικῶς ἐνεργά, δεξιόστροφα ἢ ἀριστερόστροφα.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου εἰδικὴ στροφικὴ ἰκανότης.

Εἰς τί συνίσταται ἡ σακχαρομετρία.

Τί καλοῦμεν πολωσίμετρον καὶ πῶς πραγματοποιεῖται τοῦτο.

Περιγράψατε τὸ πολωσίμετρον Mitherrlich.

Περιγράψατε τὸ πολωσίμετρον Lippich.

Πότε εἰς κρυστάλλου καλεῖται ὀπτικῶς ἐνεργός, καὶ ποία ἡ διαφορὰ μεταξύ τῶν ὀπτικῶς ἐνεργῶν κρυστάλλων καὶ τῶν ὀπτικῶς ἐνεργῶν διαλυμάτων.

Ποῖος ὁ νόμος τοῦ Biot εἰς τὴν περίπτωσιν ὀπτικῶς ἐνεργῶν κρυστάλλων.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων κυκλικῶς καὶ ἑλλειπτικῶς πεπολωμένον φῶς, καὶ πῶς δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν καὶ νὰ ἀνιχνεύσωμεν τοιοῦτον φῶς.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου τεχνητὴ ἀνισοτροπία σωμάτων καὶ πῶς αὕτη πραγματοποιεῖται.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου πόλωσις ἐκ διασποράς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ'

ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

246. Θερμική ακτινοβολία. Οὕτω καλοῦμεν ἐν γένει τὴν ἀκτινοβολίαν τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει σῶμα, λόγῳ τῆς θερμοκρασίας εἰς τὴν ὁποίαν τοῦτο εὐρίσκεται. Οὕτω, ὅταν τὸ σῶμα εὐρίσκεται ἐντὸς ὠρισμένων ὁρίων θερμοκρασίας, ἐκπέμπει ὁρατὴν ἀκτινοβολίαν, ἢ ὁποία καλεῖται **φῶς**, ὑπὸ τὴν στενωτέραν σημασίαν τῆς λέξεως, διότι παρουσιάζει τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως.

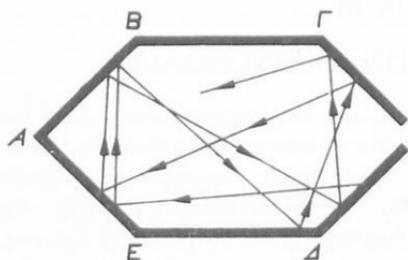
Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτὸς ἐξητάσαμεν ὅτι αἱ ἀκτινοβολία αὐτοῦ, αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ διεγείρουν τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως, ἔχουν μῆκη κύματος περιλαμβανόμενα περίπου, κατ' αὔξουσαν τάξιν, μεταξὺ τῶν ὁρίων 4000 Å καὶ 8000 Å, τοῦ κατωτέρου ὁρίου ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὴν ἄκραν ἰώδη περιοχὴν τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τοῦ δὲ ἀνωτέρου εἰς τὴν ἄκραν ἐρυθρὰν. Πέραν ὅμως τῆς ἄκρας ἐρυθρᾶς ὁρατῆς περιοχῆς τοῦ φάσματος, ὑφίσταται ἡ ὑπεριώδης, ὑπέρυθρος ἀκτινοβολία, ἐνῶ πέραν τῆς ἄκρας ἰώδους ὑφίσταται ἡ ὑπεριώδης, ἀμφότερος ὅμως αἱ ἀκτινοβολία αὗται, ὡς ἤδη γνωρίζομεν, δὲν δύνανται νὰ διεγείρουν τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως. Ἐξ ἄλλου ἡ διανομὴ τῆς ἐνεργείας ἐν τῷ φάσματι ἐξαρτᾶται δι' ἕκαστον εἶδος ἀκτινοβολίας ἐκ τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος καὶ τῆς φύσεως αὐτοῦ.

Ἐὰν σῶμα δὲν ἔχῃ ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, τότε, μολονότι τοῦτο ἀκτινοβολεῖ, ἡ ἀκτινοβολία του δὲν διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως, διότι αὕτη ἀποτελεῖ ὑπέρυθρον ἀκτινοβολίαν. Ἐὰν δὲ δύο σώματα, ἔχοντα διάφορον θερμοκρασίαν, εὐρίσκονται ἀπέναντι ἀλλήλων, χωρὶς νὰ ὑφίσταται σῶμα καλὸς ἀγωγὸς θερμότητος, τὸ ὁποῖον νὰ συνδέῃ αὐτά, τότε ἐν τῇ παρόδῳ τοῦ χρόνου αἱ θερμοκρασίαι τῶν δύο σωμάτων ἐξισοῦνται. Ἡ ἐξίσωσις αὕτη τῶν θερμοκρασιῶν ἐπιτελεῖται, διότι ὄχι μόνον τὸ θερμότερον σῶμα ἀκτινοβολεῖ θερμότητα πρὸς τὸ ψυχρότερον, ἀλλὰ καὶ διότι τὸ ψυχρότερον ἀκτινοβολεῖ ἐπίσης θερμότητα πρὸς τὸ θερμότερον, ἢ πρώτη ὅμως ἐπενέργεια ὑπερέχει τῆς δευτέρας καὶ μάλιστα τόσον περισσότερον ὅσον ἡ διαφορὰ θερμοκρασίας εἶναι μεγαλυτέρα. Τέλος ἀποκαθίσταται ἰσορροπία, ὅταν τὸ ποσὸν θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀκτινοβολεῖ τὸ ἐν σῶμα πρὸς τὸ ἄλλο, εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ποσὸν τὸ ὁποῖον δέχεται. Ἐπιτυγχάνεται δὲ αὕτη μόνον ὅταν λάβῃ χώραν ἐξίσωσις θερμοκρασιῶν. Τ' ἀνωτέρω ἀποτελοῦν τὸν γνωστὸν **νόμον τοῦ Prevost**.

247. Μέλαν σῶμα. Εἰς τὴν φυσικὴν καλοῦμεν **ἀπολύτως μέλαν σῶμα**, ἐκεῖνο τοῦ ὁποῖου ἡ ἐπιφάνεια ἀπορροφᾷ ὅλην τὴν ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτουσαν ἀκτι-

νοβόλον ἐνέργειαν. Τοιοῦτο σῶμα δὲν ὑφίσταται ἐν τῇ πραγματικότητι, ἀλλὰ ἀποτελεῖ ἔννοιαν θεωρητικὴν. Πρακτικῶς δυνάμεθα, μὲ προσέγγισιν ὅμως, νὰ θεωρήσωμεν ὡς μέλαν σῶμα ἐπιφάνειαν κεκαλυμμένην ὑπὸ στρώματος αἰθάλης.

Διὰ πειραματικὰς ἐρεῦνας δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν μέλαν σῶμα διὰ κοιλότητος, ἡ ὁποία πλευρικῶς φέρει μικρὰν ὀπῆν (σχ. 336). Εἰς τοιοῦτο σῶμα



Σχ. 336. Πρακτικὴ πραγματοποίησις μέλανος σώματος.

δύναται ν' ἀκτινοβολῆται ἐνέργεια, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ παραπλευρῶς σχῆμα, ἐξ οἰουδήποτε σημείου τῶν ἐσωτερικῶν τοιχωμάτων τῆς κοιλότητος, ἀλλ' ἡ ἐνέργεια αὕτη προσπίπτει ἐπὶ πολλῶν σημείων τῶν τοιχωμάτων ὅπου ἐν μέρει ἀπορροφᾶται καὶ ἐν μέρει ἀνακλάται. Οὕτω βλέπομεν ὅτι ἀκτινοβολία ὅλων τῶν μικρῶν κύματος ἀνακλάται ἐξ ὅλων τῶν σημείων τῶν τοιχωμάτων τῆς κοιλότητος, μέχρις ὅτου ἀποκατασταθῇ ὁμοίμορφος πυκνότης ἀκτινοβολίας εἰς ὅλον τὸν χῶρον τῆς κοιλότητος, νοοῦν-

τες διὰ τοῦ ὅρου πυκνότης ἀκτινοβολίας, τὸ ποσὸν τῆς ἀκτινοβολίας τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς 1 cm^3 τῆς κοιλότητος.

Ἐὰν ἡ θερμοκρασία τῶν τοιχωμάτων αὐξάνεται καὶ ἡ πυκνότης ἀκτινοβολίας αὐξάνεται. Ἐὰν ποσότης τῆς ἀκτινοβολίας ἀφεθῇ νὰ διέλθῃ διὰ τῆς μικρᾶς ὀπῆς, καὶ ἐξετασθῇ αὕτη διὰ καταλλήλου φασματομέτρου, εὐρίσκομεν ὅτι ἐν αὐτῇ ἀντιπροσωπεύονται ὅλα τὰ μήκη κύματος, καὶ ἡ διανομὴ ἐνεργείας ἐν τῷ προκύπτοντι φάσματι, ἦτοι τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς ἕκαστον μῆκος κύματος, δὲν εἶναι τὸ αὐτό, πρὸς τούτους δὲ ἡ διανομὴ τῆς ἐνεργείας μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Κλειστὴ κοιλότης, ὡς ἡ ἀνωτέρω περιγραφείσα, καλεῖται **μέλαν σῶμα**, ἡ δὲ ἐν αὐτῇ ἀκτινοβολία **ἀκτινοβολία τοῦ μέλανος σώματος**.

248. Νόμος τοῦ Kirchhoff. Ὁ νόμος οὗτος ἐκφράζει τὴν σχέσιν τῆς ἰκανότητος ἀπορρόφησης ἀκτινοβολίας ὑπὸ σώματος πρὸς τὴν ἰκανότητα ἐκπομπῆς ἀκτινοβολίας ὑπ' αὐτοῦ.

Ὡς ἰκανότητα ἀπορρόφησης A σώματος καλοῦμεν τὸ ποσὸν τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας τὸ ὁποῖον τοῦτο ἀπορροφᾷ ἀνά cm^2 εἰς 1 sec .

Ὡς ἰκανότητα ἐκπομπῆς E καλοῦμεν τὸ ποσὸν τῆς ἀκτινοβολίας, τὸ ὁποῖον δύναται τοῦτο νὰ ἐκπέμπῃ ἀνά cm^2 εἰς 1 sec . Ὁ νόμος τοῦ Kirchhoff διατυπῶνται ὡς ἑξῆς:

Ὁ λόγος τῆς ἰκανότητος ἐκπομπῆς πρὸς τὴν ἰκανότητα ἀπορρόφησης ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν καὶ διὰ τὸ αὐτὸ μῆκος κύματος (ἢ χρῶμα) εἶναι δι' ὅλα τὰ σώματα ἀριθμὸς σταθερός.

Ὁ νόμος οὗτος ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\frac{E}{A} = \text{σταθ.}$$

Ἐπειδὴ δὲ, ὡς εἶδομεν, διὰ μέλαν σῶμα εἶναι $A = 1$, ἔπεται ὅτι, διὰ τὸ αὐτὸ σῶμα, τὸ E ἔχει τὴν μεγίστην τιμὴν, οὕτω δὲ προκύπτει ἡ πρότασις, ὅτι ἡ ἰκανότης ἐκπομπῆς μέλα-

νος σώματος ἔχει τὴν μεγαλύτεραν τιμὴν ἢ οἰοδήποτε ἄλλο σῶμα, ὅπου E ἡ ἀκτινοβόλος ἐνέργεια ἢ ἐκπεπομένη ὑπὸ τῆς μονάδος ἐπιφανείας τοῦ μέλανος σώματος. Ἐάν μέλαν σῶμα ἐκπέμπῃ ὑπὸ θερμοκρασίαν T_1 ἐνέργειαν πρὸς ἕτερον σῶμα θερμοκρασίας T_2 , τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας τὸ ὁποῖον ἀποδίδει τὸ πρῶτον σῶμα εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου εἶναι :

$$E = c (T_1^4 - T_2^4)$$

Ὁ συντελεστὴς c εὐρέθῃ ἐκ μετρήσεων τοῦ Kuribbaum καὶ ἄλλων ἴσος πρὸς $6 \cdot 10^{-12}$, ὅταν E ἐκφράζεται εἰς Watt.

249. Νόμος τοῦ Stefan. Ἡ ὀλικὴ ἀκτινοβολία ἢ ἐκπεπομένη ὑπὸ μέλανος σώματος αὐξάνει μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Διὰ τὸ μέλαν σῶμα δεικνύεται ὅτι ἡ συνολικῶς ἐκπεπομένη ἀκτινοβόλος ἐνέργεια εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου εἶναι ἀνάλογος τῆς τετάρτης δυνάμεως τῆς ἀπολύτου θερμοκρασίας T , ἦτοι :

$$E = c T^4$$

250. Νόμος μετατοπίσεως τοῦ Wien. Ἐκ τῶν ἔρευνῶν τοῦ Wien κατεδείχθη ὅτι ἡ ἐνέργεια δὲν διανέμεται ἐξ ἴσου καθ' ὅλα τὰ μήκη κύματος τοῦ φάσματος τῆς ἀκτινοβολίας, ἀλλὰ αὕτη συγκεντρῶται κατὰ μεγαλύτερον βαθμὸν εἰς ἀκτινοβολίαν ὀρισμένου μήκους κύματος τὸ ὁποῖον ἐξαριτᾶται ἐκ τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.

Ἐάν δὲ διὰ λ_{\max} καλεῶμεν τὸ μήκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ τὸ μεγαλύτερον ποσὸν ἐνεργείας, καὶ διὰ T τὴν θερμοκρασίαν, τότε μεταξὺ τῶν δύο μεγεθῶν ὑφίσταται ἡ σχέση :

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{σταθ.}$$

ἢ ὁποία ἐκφράζει τὸν *νόμον μετατοπίσεως τοῦ Wien*. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Wien, τὸ μήκος κύματος λ_{\max} , ἐφ' ὅσον αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία, μετατοπίζεται πρὸς τὴν περιοχὴν τῶν βραχυτέρων κυμάτων. Ἡ σταθερὰ ἐν τῷ τύπῳ τοῦ Wien εὐρέθῃ ἴση πρὸς 2900 ὅταν τὸ μήκος τοῦ κύματος ἐκφράζεται εἰς μ .

Ἐφαρμογή. Ἐπὶ τῇ βασιεῖ τοῦ νόμου τοῦ Wien δυνάμεθα νὰ ἔχομεν μίαν ιδέαν τῆς θερμοκρασίας τοῦ Ἡλίου.

Πράγματι, γνωρίζομεν ὅτι τὸ μήκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, εἰς τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ ἡ μεγίστη ἐνέργεια ἢ ἰσχύς εἶναι $\lambda = 0,5 \mu$, ἐπομένως δι' ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου τοῦ Wien συνάγομεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ Ἡλίου ἀνέρχεται εἰς 5800°K ἢ 5527°C .

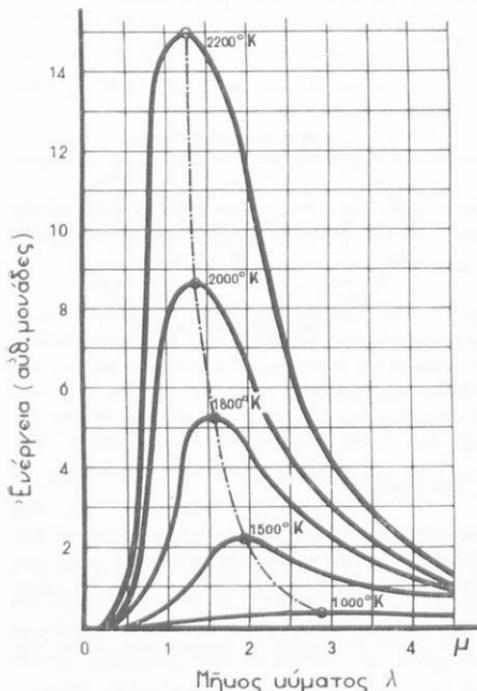
251. Θεωρία τῶν κβάντα. Διὰ τὴν ὀλοκλήρωσιν ὁμως τῆς λύσεως τοῦ προβλήματος τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ μέλανος σώματος, ἀπαιτεῖται καὶ ἕτερος νόμος, ὁ ὁποῖος νὰ δεικνύῃ τὸν νόμον τῆς διανομῆς τῆς ἐνεργείας καθ' ὅλα τὰ μήκη κύματος τῆς ἀκτινοβολίας, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἐκπέμπῃ μέλαν σῶμα εἰς οἰανδήποτε θερμοκρασίαν.

Εἰς τὴν ἔρευναν τοῦ ζητήματος τούτου ἡσχολήθησαν οἱ Lummer καὶ Pringsheim, οἱ ὁποῖοι διὰ πειραματικῆς ὁδοῦ ἀνέβηρον τὸν νόμον τῆς διανομῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ μέλανος σώματος κατὰ τὰ διάφορα μήκη κύματος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας, αἱ καμπύλαι δὲ τοῦ σχήματος 337 δεικνύουσιν γραφικῶς τὸν νόμον τούτων.

Ἡ ἀνεύρεσις ὁμως τοῦ νόμου τούτου διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ προσέχρυσεν εἰς σοβαρὰς δυσχερείας, διότι οἱ τύποι οἱ ὁποῖοι προετίθεντο ὑπὸ διαφόρων ἔρευνητῶν δὲν συνεφώνουν πρὸς τ' ἀνωτέρω πειραματικὰ ἀποτελέσματα.

Πρῶτος ὁ Planck κατώρθωσε νὰ λύσῃ τὸ πρόβλημα τοῦτο διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τῆς ὀλης νεωτεριστικῆς ἀντιλήψεως, ὅτι ἡ ἐνέργεια ἔχει ὡς καὶ ἡ ὕλη ἀσυνεχῆ ὑφήν, δηλαδὴ ἡ ἐνέργεια δὲν εἶναι ἐπ' ἀπειρον διαιρετὴ, ἀλλ' ὑφίσταται καὶ διὰ ταύτην ὀριον διαιρετότητος, ἐκάλεσε δὲ ὁ Planck τὸ ἐλάχιστον ποσὸν ἐνεργείας *κβάντουμ* (Quantum).

Ἡ ὑπὸ τοῦ Planck διαμορφωθείσα θεωρία τῶν κβάντα ὑπέρξε λίαν γόνιμος εἰς τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τῆς θερμικῆς ακτινοβολίας, ἐπεξετάθη δὲ βραδύτερον καὶ ἐπὶ ἄλλων κεφαλαίων τῆς Φυσικῆς, σήμερον δὲ αὐτὴ δεσπόζει ἐφ' ὅλου τοῦ οἰκοδομήματος αὐτῆς. Ἐπὶ τῆς θεωρίας τῶν κβάντα θὰ ἐπανέλθωμεν λεπτομερῶς εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. Νεωτέρα Φυσική).



Σχ. 337. Διανομὴ τῆς ἐνεργείας εἰς τὸ φάσμα τοῦ μέλανος σώματος κατὰ τὰ διάφορα μήκη κύματος. Ἡ ἐστιγμένη γραμμὴ δεῖχνει τὸν νόμον τῆς μετατοπίσεως τοῦ Wien.

γείας πρὸς τὴν συνολικῶς καταναλισκομένην πρὸς λειτουργίαν τῶν φωτεινῶν πηγῶν, εἶναι πολὺ μικρὰ, ἀνερχομένη εἰς τὰς τελευταίον τύπου ἠλεκτρικῆς λυχνίας μὲ νήμα πυρακτώσεως ἐκ βολφραμίου εἰς 4%, ἐνῶ ἡ εἰς παλαιότεραν ἐποχὴν χρησιμοποιουμένη λυχνία πετρελαίου εἶχε ἀπόδοσιν 0,2%.

Τελευταίως ἐπεδιώχθη, διὰ χρησιμοποίησος τῆς λυχνίας ὕδραργύρου, νὰ αὐξηθῇ ἡ φωτιστικὴ ἀπόδοσις. Πράγματι εἰς τὰς λυχνίας ταύτας τὸ ἥμισυ περίπου τῆς καταναλισκομένης ἐνεργείας μετατρέπεται εἰς ὑπεριώδη ακτινοβολίαν, διὰ περικαλύψεως δὲ τοῦ ἐσωτερικοῦ τοιχώματος τοῦ περιβλήματος τῆς λυχνίας διὰ φθοριζούσης οὐσίας, ἔχομεν μετατροπὴν τῆς ὑπεριώδους εἰς ὄρατὴν ακτινοβολίαν.

Διὰ τῆς τοιαύτης διατάξεως, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ εἶδος μετασχηματιστοῦ φωτός, εἶναι δυνατόν νὰ ρυθμίσωμεν, διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῆς φθοριζούσης οὐσίας, καὶ τὸ χρομῆμα τοῦ φωτός.

Ἄριστη φωτεινὴ πηγὴ θεωρεῖται ἐκεῖνη, ἡ ὁποία θὰ ἠδύνατο νὰ μετατρέπη ἅπασαν

252. Ἀπόδοσις φωτεινῶν πηγῶν.

Εἰς τὰς πλείστας τῶν φωτεινῶν πηγῶν, τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν σήμερον, ἡ ακτινοβολία αὐτῶν ὀφείλεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν των.

Εἶναι ὁμως ἐξ ἄλλου γνωστὸν ὅτι ἡ ακτινοβολία αὐτῶν κατὰ μικρὸν μόνον ποσοστὸν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ὄρατὴν καὶ ὑπεριώδη ακτινοβολίαν, ἐνῶ τὸ ὑπόλοιπον μέρος ἀνήκει εἰς τὴν ὑπέρυθρον.

Διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς ἀποδόσεως τῶν φωτεινῶν πηγῶν τοῦ ἀνωτέρου τύπου, μεγίστην σημασίαν ἔχει ἡ ἀξίησις τῆς θερμοκρασίας, διότι, ὡς εἶδομεν, αὐξανόμενης τῆς θερμοκρασίας, τὸ μήκος τοῦ κύματος, εἰς τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ μέγιστον ακτινοβολία, μετατοπίζεται πρὸς τὴν περιόχην τοῦ ὄρατου φάσματος.

Ἐκ φυσιολογικῆς κατασκευῆς, ὁ ὀφθαλμὸς εἶναι μᾶλλον εὐαίσθητος εἰς τὴν περιόχην τοῦ κίτρινου, καὶ ἡ θερμοκρασία διὰ τὴν ὁποίαν τὸ μέγιστον ακτινοβολία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ κίτρινον εἶναι 5600 °C, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ Ἡλίου, τὴν ὁποίαν ὁμως δὲν δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν τεχνικῶς.

Τελευταίως ἡ θερμοκρασία τῶν τεχνικῶν πηγῶν ἔχει αὐξηθῆ σημαντικῶς, ἐν τούτοις ὁμως ἡ φωτιστικὴ ἀπόδοσις αὐτῶν, ἦτοι ὁ λόγος τῆς φωτεινῆς ἐνεργείας

τὴν καταναλισκομένην εἰς αὐτὴν ἐνέργειαν εἰς φωτεινὴν ἐνέργειαν, τῆς ὁποίας πάλιν τὸ μέγιστον μέρος νὰ ἀντιστοιχῇ εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ζιτρινολρασίνου, διὰ τὴν ὁποίαν ὁ ὀφθαλμὸς δεικνύει τὴν μεγαλύτεραν εὐαισθησίαν. Τοιαύτη ὁμως ἰδανικὴ πηγὴ δὲν ἐπραγματοποιήθη τεχνητῶς μέχρι σήμερον, ἐνῶ εἰς τὴν φύσιν παρατηροῦνται τοιαῦται, ὡς π.χ. εἰς τὰς πυρολαμπίδας.

Ζητήματα.

Ποῖος εἶναι ὁ νόμος τοῦ Prevost εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς θερμικῆς ἀκτινοβολίας.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου μέλαν σῶμα καὶ πῶς τοῦτο πρακτικῶς πραγματοποιεῖται.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ νόμου τοῦ Kirchhoff.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ νόμου τοῦ Stefan.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ νόμου τοῦ Wien καὶ ποίας ἐφαρμογὰς ἔχει οὗτος.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τῆς θεωρίας τῶν Quanta καὶ ποῖοι λόγοι ἤγαγον εἰς τὴν διαμόρφωσιν αὐτῆς.

Δείκται διαθλάσεως (διὰ τὴν ράβδωσιν Na)

Ἄηθ	1,0002918	Καναδικὸν βάλσαμον	1,54
Αἰθυλικὴ ἀλκοόλη	1,362	Κεδρέλαιον	1,51
Αἰθυλικὸς αἰθῆρ	1,354	Πυριτύαλος	1,64
Γλυκερίνη	1,471	Πυριτύαλος (βαρεῖα)	1,92
Διθειάνθραξ	1,632	Στεφανιάλος	1,52
Διοξειδίου ἄνθρακος	1,000334	ῥΥδιον	1,333

Μήκη κύματος χαρακτηριστικῶν τινῶν ραβδώσεων φασμάτων εἰς \AA .

ῥΥδρογόνον (H)	ῥΥδράργυρος (Hg)	Λίθιον (Li)	Νέον (Ne)
6 562,8	5 790,7	6 707,8	6 402,2
4 861,3	5 769,6	6 103,5	5 881,9
4 340,5	5 460,7	4 602,0	5 852,5
4 101,7	4 358,3		
	4 046,6	Νάτριον (Na)	Θάλλιον (I)
ῥΥλιον (He)	3 650,1	5 895,9	5 350,5
7 065,2		5 890,0	
6 678,1	Κάλιον (K)		Ψευδάργυρος (Zn)
5 875,6	7 699,0	Κάδμιον (Cd)	6 362,3
4 921,9	7 664,9	6 438,5	4 810,5
4 471,5	6 939,0	5 085,8	4 722,2
4 026,2	6 911,3	4 799,9	4 680,1
3 888,6	4 047,2	4 678,1	3 345,0
	4 044,1		3 072,1
			5 035,8

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

Αγγλικὸν κηρίον 113
 Ἀδιαφανὴ σώματα 3
 Αἰθήρη 150
 Ἀκτινοβολία 219, 220
 Ἀκτὶς καμπυλότητος κατό-
 πρου 15
 — — φακοῦ 48
 Ἀμορφον σῶμα 187
 Ἀμφισβλητροειδῆς χιτῶν
 128
 Ἀμφίκουλος φακὸς 47
 Ἀμφίχυτος φακὸς 47
 Ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον
 106
 Ἀνάκλασις φωτὸς 7
 Ἀνάλυσις φωτὸς 66
 Ἀναλύτης 199, 203
 Ἀναστρεφτικὸς φακὸς 65
 Ἀνασυνθέσις λευκοῦ φωτὸς
 68
 Ἀνισότροπα σώματα 188
 Ἀνοιγμα κατόπτρου 14
 Ἀνορθωτικὰ συστήματα 42
 Ἀντικατοπτρισμὸς 37
 Ἀντικεμενικὰ συστήματα 94
 Ἀντικεμενικὸς φακὸς 92,
 100
 Ἀντίληψις χρωμάτων 138
 Ἀνοφθαλμῖος φακὸς 92
 Ἀντιστροφή ραβδόσεων 74
 Ἀνόμαλος διασκεδασμὸς 77
 Ἀπλὴ ἀκτινοβολία 67
 Ἀπλοῦν μικροσκόπιον 91
 Ἀποκλίνων φακὸς 47
 Ἀριθμητικὸν ἀνοιγμα 96
 Ἀριστερόστροφος οὐσία 210
 Ἀρνητικὸς κρυστάλλος 192
 Ἀρχὴ ἀντιστροφῆς πορείας 9
 — Doppler 88
 — Fermat 45
 Ἀσυμμετρισμὸς 132
 Ἀσυμμετρικὴ ἐκτροπὴ 64
 Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον
 100
 Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις 36
 Αὐτόφωτα σώματα 2
 Ἀχρωματικὸν πρίσμα 75
 Ἀχρωματικὸς φακὸς 64, 77
Βάθος ἐστίας 145

Βάθος πεδίου 146
 Βάσις πρίσματος 38
 Βολβὸς 127
Γεωμετρικὴ Ὀπτικὴ 1
 Γραμμαὶ Fraunhofer 72
 Γραμμικὴ πόλωσις 199
 Γωνία ἐλαχίστης ἐκτροπῆς 41
 — πόλωσις 201
 Γωνιακὴ μεγέθυνσις φακοῦ
 91
Διακτύλιος Νεύτωνος 161
 Δείκτης διαθλάσεως 27
 — — ἀπόλυτος 29
 — — σχετικὸς 29
 Δεξιόστροφος οὐσία 210
 Δεσμικὰ σημεῖα 59
 Δευτερεύουσα ἐστία φακοῦ
 50
 Δευτερέων ἄξων κατόπτρου
 15
 — — φακοῦ 47
 Διαθλασίμετρον Abbe 34
 — καταδύσεως 35
 — Pulfrich 35
 Διαθλάσις τοῦ φωτὸς 26
 Διαθλαστικὴ γωνία 38
 — δύναμις φακοῦ 57
 Διαῖξων κρυστάλλος 189
 Διασκεδασμὸς 74
 Διασκοπικὴ προβολὴ 108
 Διατάξις Porro 43
 Διαφανὴ σώματα 3
 Διάχυσις τοῦ φωτὸς 7
 Διάχυτος ἀνάκλασις 7
 Διαχωριστικὴ δύναμις 95
 — — τηλεσκοπίου 102
 Διαχωριστικὴ ἰκανότης 130
 Διεθνῆς κηρίον 113
 Διεσταυρωμένα Nicol 199
 Διόπτρα Γαλιλαίου 105
 — ἐπιγείων 103
 Διοπτρία 57
 Διόφθαλμος ὄρασις 135
 Διπλὴ διάθλασις φωτὸς 187,
 188
 Δίσκος Νεύτωνος 69
 Διχροισμὸς 204
 Δυναμόμετρον Ramsden 102

Εγγεγραμμὸς τυπογραφία 146
 — φωτογραφία 147
 Εἰδικὴ στροφοκίη ἰκανότης
 210
 Εἰδῶλα περιθλάσεως 184
 Εἰδῶλον πραγματικὸν 17
 — φανταστικὸν 19
 Εἰδωλοσκόπιον 13
 Ἐκλείψεις Ἡλίου 6
 — Σελήνης 6
 Ἐκτατος ἀκτὶς 191
 Ἐκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος
 60
 Ἐλαττώματα κατόπτρου 23
 — ὄρασεως 131
 — φακῶν 60
 Ἐλαχιστὴ ἀπόστασις ἐνερ-
 γοῦς ὄρασεως 130
 Ἐλλειπτικῶς πεπολωμένον
 φῶς 215
 Ἐμμέτρον 129
 Ἐναντιομορφοὶ κρυστάλλοι
 215
 Ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς 113
 Ἐξᾶς 11
 Ἐξισώσεις πρίσματος 39
 Ἐπίδιασκόπιον 109
 Ἐπίπεδον κραδασμῶν 199
 — πόλωσις 199
 Ἐπισκοπικὴ προβολὴ 109
 Ἐστιακὴ ἀπόστασις κατό-
 πρου 15
 — — φακοῦ 48
 Ἐστιακὸν ἐπίπεδον φακοῦ
 50
 Ἐτερόφωτα σώματα 2
 Ἐυαισθησία ὀφθαλμοῦ 130
 Εὐθύγραμμος διάδοσις 2, 4
 — πόλωσις 199
 Εὐπαθῆς χροιά 212
Ηλεκτρομαγνητικὴ θεωρία
 150
 Ἡλιοστάτης 13
 Ἡμιδιαφανὴ σώματα 3
Θερμικὴ ἀκτινοβολία 219
 Θέσις ἡμισφαιρίου 213
 Θερμικὸς κρυστάλλος 192

Θεωρία ἐκπομπῆς 149
 — Huygens 149
 — Quant 151, 221
 — Νεύτωνος 149
 — Χρωμάτων 138

Ἰρις 128
 Ἰσότροπα σώματα 188
 Ἰσοφασική ἐπιφάνεια 170
 Ἰσχύς φαζοῦ 57

Καμπύλωσις εἰδόλου 65
 Κανονικὴ ἀνάκλασις 7
 Καταδυτικὰ συστήματα 94
 Κατευθυντήρ 82
 Κατοπτρικὴ στέγη 42
 Κάτοπτρα ὑπὸ γωνίαν 13
 — παράλληλα 12
 — σφαιρικὰ 14
 — Fresnel 155
 Καστικά ἐπιφάνεια 23
 Κάτοπτρον 10
 — ἐπίπεδον 10
 — κυρτόν 14
 — κοίλον 14
 — στεγνόμορφον 43
 Κβάντουμ δράσεως 151
 — ἐνεργείας 221
 Κβαντικὴ ὀπτικὴ 152
 Κεντρικὸν βοθρίον 130
 Κέντρον καμπυλότητος κατόπτρου 15
 Κερατοειδὴς χιτὼν 128
 Κηρίον Hefner 113
 Κινηματογράφος 130
 Κλιμακωτὸν φράγμα 168
 Κόγχη 127
 Κόμη 61
 Κόση 128
 Κορυφὴ κατόπτρου 14
 Κρόσσοι 156
 Κρυσταλλικὰ συστήματα 187
 Κρυστάλλοι 187
 Κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες 187
 Κρυσταλλώδης φακὸς 129
 Κυκλικὸς πεπολωμένον φῶς 215
 Κυλινδρικός φακὸς 132
 Κυματοεπιφάνεια 170
 Κυματίδιον 171
 Κυματοοπτικὴ 152
 Κυρία ἐστία κατόπτρου 15
 — — φαζοῦ 48
 — — τομῆ πρίσματος 38
 — — κρυστάλλου 190
 Κύριος ἄξων φαζοῦ 47, 58
 — — κατόπτρου 15
 Κυριώδη ἐπίπεδα 59
 — σημεία 59

Κονία 128

Λαμπάς 113
 Λαμπρότης φωτοβολίας 114
 Lumen 114
 Lux 114
 Λυχνία Hefner 114

Μεγέθυνσις μικροσκοπίου
 92, 98
 — τηλεσκοπίου 101
 Μεγεθυντικὸς φακὸς 91
 Μέθοδος Michelson 124
 — Roemer 121
 — Fizeau 122
 — Foucault 124
 Μέλαν σῶμα 219
 Μετάλλικη στυλνότης 142
 Μέτρησις γωνιών 11
 Μετρηταὶ φωτισμοῦ 119
 Μέτωπον κύματος 170
 Μηνοειδὴς διαστροφή 62
 Μηχανικὸν ἰσοδύναμον φωτός 121
 Μικροφωτογραφία 100
 Μίξις χρωμάτων 69
 Μονάδες ἐντάσεως φωτός 113
 Μονάξων κρύσταλλος 189
 Μονοχρωμάτωρ 85
 Μυωπία 131

Νέον κυρίον 114
 Νεωτόνης θέσις 41
 Nicol 194
 Νόμοι ἀνακλάσεως 8
 — διαθλάσεως 26
 — πρίσματος 40
 — φωτομετρικοὶ 115
 Νόμος ἀποστάσεων 115
 — Brewster 201
 — Biot 214
 — Kirchhoff 220
 — Malus 202
 — μετατοπίσεως 221
 — Stefan 220
 — σπημιτόνου 115
 — τοῦ Prevost 219
 — Wien 221

Ὀλικὴ ἀνάκλασις 32
 Ὁξεία πρίσματα 40
 Ὁξύτης δράσεως 130
 Ὀπτικά ὄργανα 91
 Ὀπτικὰ ἀπάται 132
 Ὀπτικὴ πυκνότης 26
 Ὀπτικὸν πεδίου 97
 — κέντρον φαζοῦ 47
 Ὀπτικὸς ἄξων 189
 — διασκεδασμὸς 74
 — ἐνεργὸς οὐσία 210
 Ὀρατὸν φάσμα 70
 Ὀρική γωνία 31

Ὀυράνιον τόξον 78
 Ὄφθαλμὸς 127

Παραβολικὸν κατόπτρον 24
 Παραβολικός προβολεὺς 24
 Παράλληλα Nicol 199
 Περσικὰ 5
 Πείραμα Young 176
 Περικετικότης 210
 Περιθλαστικὸν φράγμα 183
 Περισκεπίον 107
 Πιθόειδης διαστροφή 62
 Πλακίδια τουρμαλίνου 203
 Πολύτροσμα 40
 Πολυώσιμετρον 211
 — Lippich 212
 — Mitscherlich 211
 Πόλωσις ἐκ διαθλάσεως 201
 — ἐκ διαχύσεως 217
 — ἐκ διπλῆς διαθλάσεως 200
 — ἐξ ἀνακλάσεως 201
 — τοῦ φωτός 196
 Πολωτής 199, 203
 Πολωτικὸν μικροσκόπιον 209
 — σῶμα 204
 Πραγματικὸν εἶδωλον φαζοῦ 51
 Πρεσβυωπία 132
 Πρίσμα 38
 — Amici 33
 — ἀνορθωτικὸν 33
 — εὐθυσκοπίαις 84
 — Nicol 194
 — ὀλικῆς ἀνακλάσεως 33
 — στεγνόμορφον 43
 Πρισματικὴ δίοπτρα 104
 Προβολεὺς 108
 — παραβολικός 24
 — σφῆρον 110
 Προσαρμογὴ 130
 Προσοφθάλμιμα συστήματα 94
 Προσοφθάλμιος κύκλος 102
 — φακὸς 92, 100

Ραβδία 128

Σακχαρομετρία 210
 Σακχαρομετρον 210
 — Soleil 211
 Σκιά 5
 Σκληρωτικὸς χιτὼν 127
 Σκοτεινὸς θάλαμος 5
 Σπουδὴ ἀκτινοβολιῶν 1
 Σταθερὰ Planck 151

Στάσιμα κίματα 168
 Στερεά γωνία 112
 Στερεοσκοπική ἐντύπωσις 135
 — ὄρασις 134
 — προβολή 205
 Στερεοσκόπιον Brewster 135
 Στειγματικὸν κάτοπτρον 23
 Στίβη 114
 Στροφὴ ἐπιπέδου πλόωσεως 210
 Στροφικὴ πλόωσις 210
 Στροφικὸς διασκεδασμὸς 214
 Συγκλίνον φακὸς 47
 Συζυγῆ σημεῖα κατόπτρου 15
 — — φακοῦ 50
 Συμβολαὶ ἴσου πάχους 161
 Συμβολόμετρον Jamin 166
 — Lummer - Gehrcke 168
 — Michelson 164
 — Fabry - Perrot 167
 Συμβολῆ πεπολ. ἀκτίνων 206
 — φωτὸς 148, 152
 Συμπληρωματικὰ χρώματα 89, 141
 Σύμφωνοι φωτειναὶ πηγαὶ 154
 Συνεχὲς φάσμα 71
 Συνήθης ἀκτίς 191
 Σύνθετον μικροσκόπιον 92
 Συντελεστὴς δρατότητος 121
 Συρμὸς κυμάτων 156
 Σύστημα φακῶν 57
 Σφαιρικὸν φάσμα 185
 — φωτόμετρον 120
 Σφαιρικὸς φακὸς 47
 Σχετικὴ δρατότης 121
 Σωλὴν Geissler 71
 Ταχύτης φωτὸς 4, 121, 125

Τελουρικαὶ γραμμαὶ 73
 Τεχνητὴ ἀνισοτροπία 216
 Τηλέμετρα 136
 Τηλεσκόπιον 100
 Τριχρωματικὴ ὄρασις 138
 Τύποι σφαιρικῶν κατόπτρων 22
 — φακῶν 53
 Τύπος Νεύτωνος 19
 — Νεύτωνος φακῶν 57
 Τυφλὸν σημεῖον 128
 Τύφλωσις χρωματικὴ 139
 Ὑδατῶδες ὑγρὸν 129
 Ὑελῶδες ὑγρὸν 129
 Ὑπεριώδες φάσμα 70, 86
 Ὑπερμετροπία 131
 Ὑπερμικροσκόπιον 98
 Ὑπερῶφρον φάσμα 70, 88
 Φαινομένη ἀνύφωσις 30
 — ἀπόστασις 134
 — διάμετρος 101
 Φακοὶ 46
 Φακὸς καταδύσεως 95
 Φανταστικὸν εἶδωλον φακοῦ 52
 Φάσμα 66
 — ἀτομικὸν 72
 — ἀπορροφήσεως 72
 — ραβδώσεων 71
 — ταινιῶν 71
 Φασματικὰ χρώματα 69
 Φασματικαὶ γραμμαὶ 71
 — ραβδώσεις 71
 Φασματογράφος 82
 — Littrow 87
 Φασματομέτρον 82
 Φασματοσκοπία 82
 — συμβολῆς 167

Φασματοσκόπιον 82
 — εὐθυσκοπίας 84
 — σταθερῶς ἐκτροπῆς 84
 Φθορισμὸς 81
 Φυσικὴ Ὀπτικὴ 1, 148
 Φυσιολογικὴ Ὀπτικὴ 1, 127
 Φῶς 1, 219
 Φωσφορισμὸς 81
 Phot 114
 Φωτεινὴ δέση 4
 Φωτεινὴ κηλὶς Arago 175
 — πηγὴ 2
 — ῥοή 113
 Φωτεινὸν σημεῖον 3
 Φωτεινότης φακοῦ 145
 Φωτισμὸς 114
 Φωτογραφία 143
 Φωτογραφικὴ μηχανὴ 144
 Φωτογραφικὸν διάφραγμα 145
 Φωτογραφικὸς φακὸς 144
 Φωτόμετρα 116
 Φωτομετρία 112
 Φωτόμετρον Bunseu 116
 — διαχυμάνσεως 118
 — Lummer - Brodun 117
 Φωτόμετρον Rumford 116
 Φωτόσφαιρα 73

Χαρακτηριστικὰ χρώματα:
 143

Χοριοειδὴς χιτὼν 123
 Χρωματικὴ ἐκτροπὴ 63
 — πλόωσις 206
 Χρώματα ἀφαίρέσεως 142
 — προσθέσεως 141
 Χρωμόσφαιρα 73

Ωχρὰ κηλὶς 128

ΠΑΡΟΡΑΜΑΤΑ

Σελίς	39	στίχος	28	ἀντὶ	π'	γῶ. π
>	42	>	8	>	$= n \cdot \frac{A}{2} \dots$	> $n \cdot \eta \mu \frac{A}{2} \dots$
>	68	>	17	>	$\lambda = c \cdot v$	> $c = \lambda \cdot v$
>	76	>	7 (κάτωθεν)	>	0,0037	> 0,0087
>	82	>	15	>	φασμασκόπια	> φασματοσκόπια
>	92	>	3	>	μεταξὺ ... καὶ	> πλησίον
>	97	>	2	>	ἐστία	> ἐστιακαὶ ἀποστάσεις
>	123	>	11 (κάτωθεν)	>	φωτὸς	> τροχοῦ
>	131	>	1 (>)	>	μικρότερον	> μεγαλύτερον
>	131	>	2 (>)	>	μεγαλύτερον	> μικρότερον
>	150	>	1	>	Μέρος Δεύτερον	> Μέρος Τρίτον
>	179	Εἰς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ Φ' τοῦ σχήματος 280 νὰ τεθῆ Ο.				
>	207	Ἡ θέσις τῶν συμβόλων A_{Σ} , A_E , ὡς καὶ a_{Σ} , a_E εἰς τὸ σχῆμα 322 νὰ ἐναλλαχθῇ.				



Ἐφεδóθησαν ὑπὸ τῶν ἰδίων συγγραφέων:

ΦΥΣΙΚΗ

Διὰ τοὺς σπουδαστὰς τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν.

ΤΟΜΟΣ Ι

Μηχανικὴ • Ἀκουστικὴ • Θερμότης

Σελίδες 400. Σχήματα 450. Εἰκόνες 10.

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ

Μαγνητισμὸς • Ἡλεκτρισμὸς • Νεωτέρα Φυσικὴ

(Πρὸς ἐκτύπωσιν)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Πρὸς χρῆσιν

τῶν ὑποψηφίων διὰ τὰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις.

Ἐγκριμένον ὑπὸ τοῦ Ἐπιτοκίου Παιδείας, πρὸς χρῆσιν τῶν μαθητῶν τῶν δύο ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαίδευσης, διὰ τῆς ὑπ' ἀριθ. 135 τῆς 11.12.1947 Πράξεως τοῦ Ἀνωτάτου Συμβουλίου Ἐκπαίδευσης.

ΤΟΜΟΣ Ι

Μηχανικὴ • Ἀκουστικὴ • Θερμότης

Περιλαμβάνει εἰς 216 σελίδας ἅπασαν τὴν διδακτέαν ὕλην. Περιέχει 214 σχήματα καὶ 7 εἰκόνας, 250 προβλήματα μὲ τὰς λύσεις αὐτῶν, ὡς καὶ πίνακας φυσικῶν σταθερῶν.

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

Ὀπτικὴ • Μαγνητισμὸς • Ἡλεκτρισμὸς

Περιλαμβάνει εἰς 320 σελίδας ἅπασαν τὴν διδακτέαν ὕλην. Περιέχει 400 σχήματα καὶ 18 εἰκόνας, 250 προβλήματα μὲ τὰς λύσεις αὐτῶν, ὡς καὶ πίνακας φυσικῶν σταθερῶν ἐπίσης ἐκτὸς κειμένου ἐγχρωμον πίνακα φασμάτων.

Μυρογιάννης



0020637727

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

