

Π. ΚΟΚΚΟΡΟΥ

ΟΜΟΤΙΜΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΓΕΝΙΚΗ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ

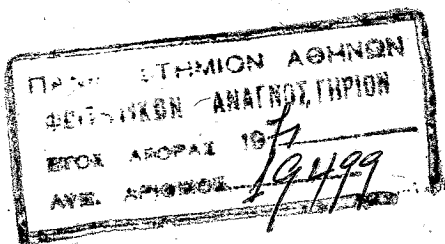
Ἀνατύπωσις ἐκ τῆς Ζ' ἐκδόσεως

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
1970

Πάν γνήσιον ἀντίτυπον φέρει τὴν
ὁποιαφὴν τοῦ συγγραφέως

Γκέωργος





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ἡ Ὁρυκτολογία κατὰ τὰ νῦν ἰσχύοντα προγράμματα διδασκαλίας τῶν δύο Πανεπιστημίων τῆς χώρας μας διδάσκεται ὡς ἰδιαίτερον μάθημα εἰς τὰ τμήματα Φυσιογνωστικὸν καὶ Χημικὸν τῶν Φυσικομαθηματικῶν Σχολῶν. Προσέτι ἡ Γεωμετρικὴ καὶ Ὀπτικὴ Κρυσταλλογραφία, κεφάλαια τῆς Γενικῆς Ὁρυκτολογίας, περιλαμβάνονται εἰς τὸ πρόγραμμα διδασκαλίας τῶν φοιτητῶν τοῦ Φυσικοῦ Τμήματος τοῦ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Τὸ παρὸν σύγγραμμα περιλαμβάνει τὴν ὕλην Γενικῆς Ὁρυκτολογίας, μείζονος τμήματος τοῦ ὅλου μαθήματος τῆς Ὁρυκτολογίας, μὲ τὴν ὅποian ὁ συγγραφεὺς ὑπὲρ τὴν εἰκοσαετίαν ἀνταποκρίνεται μὲ τὰς ἀπὸ ἑδρας παραδόσεις του εἰς τὰς ἐκπαιδευτικὰς ἀπαιτήσεις τοῦ προγράμματος τῶν ἐν λόγῳ τμημάτων ἐν τῷ Πανεπιστημίῳ Θεσσαλονίκης. Ἡ ἐπιλογή καὶ διάταξις τῆς ὕλης ἔγινε μὲ κοιτῆριον τὴν διὰ τὰ τμήματα ταῦτα κριθεῖσαν ὡς ἀπαραίτητον στάθμην μορφώσεως πανεπιστημιακῆς εἰς τὸν κλάδον αὐτόν. Ἡ Γεωμετρικὴ Κρυσταλλογραφία ἐκτίθεται καὶ διδάσκεται ἐν λεπτομερείᾳ ὡς ἀπαραίτητος καὶ διὰ τὴν ἀριτίαν κατάρτισιν τῶν διδασκομένων εἰς τὴν εἰδικὴν Ὁρυκτολογίαν καὶ διὰ τοὺς ἐκ τῶν Φυσικῶν ἐπιθυμοῦντας νὰ ἀσχοληθοῦν εἰδικώτερον εἰς τὴν Φυσικὴν τῶν Στερεῶν καὶ τὴν Κρυσταλλοδομίαν. Ἡ συνεχῶς ἐδρνομένη καὶ παρ' ἡμῖν διάδοσις τῶν ἀκτίνων Χ ὡς διαγνωστικοῦ μέσου τρεχούσης χρήσεως εἰς ἐργαστηριακὰς ἐρεῖνας εἰς χημικὰ καὶ βιομηχανικὰ ἐργαστήρια ἐπέβαλε νὰ ἐκτεθοῦν ἐν τῷ συγγράμματι στοιχειωδῶς αἱ μέθοδοι ἀκτινογραφικῆς ἐρεῖνης εἰς βαθμὸν ἐπιτρέποντα εἰς τοὺς διδασκομένους ἐν συνδυασμῷ μὲ τὴν συνοδευοῦσαν τὸ μάθημα πρακτικὴν ἐξάσκησιν νὰ ἐφαρμόσων τὰς κτηθείσας γνώσεις ἀποδοτικῶς. Τὸ κεφάλαιον τῆς Ὀπτικῆς Κρυσταλλογραφίας ἀναπτύσσεται ἐν ἐκτάσει, ὥστε νὰ παρασκευασθοῦν θεωρητικῶς οἱ σπουδάζοντες τὴν Πετρογραφίαν διὰ τὴν ἐπακολουθοῦσαν πρακτικὴν ἐξάσκησιν εἰς τὴν μικροσκοπικὴν φυσιογραφίαν τῶν ὀρυκτῶν καὶ πετρωμάτων. Εἰς τὸ περὶ πυροχημείας κεφάλαιον κατεχωρήθησαν πολλοὶ πυροχημικαὶ καὶ τινες μικροχημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὅποιαι, μολονότι ἀνήκουν εἰς παρωχημένην ἐποχὴν, διατηροῦν πάντοτε τὴν ἀξίαν των ὡς προχείρου ταχέος καὶ ἀσφαλούς μέσου ἀνιχνεύσεως τῶν πλείστων ἐκ τῶν στοιχείων.

Τὰ πλείστα τῶν σχημάτων, τὰ ὅποια συνοδεύουν τὸ κείμενον, ἐλήφθησαν

καθώς ἀπὸ τὰ συγγράμματα Ὁρυκτολογίας τῶν P. Niggli καὶ H. Miers, τινὰ ἐσχεδιάσθησαν ἐκ νέου.

Εἰς τὸν ἀφήγητὴν τῆς Ὁρυκτολογίας τοῦ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κ. Σολδάτον, ὅστις με ἐβοήθησε ποικιλοτρόπως διὰ τὴν παροῦσαν ἐκδόσιν ἐκφράζω καὶ ἐντεῖθεν τὰς εὐχαριστίας μου.

Θεσσαλονίκη Σεπτέμβριος 1964

Π. ΚΟΚΚΟΡΟΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ Ζ' ΕΚΔΟΣΕΩΣ

Τὸ παρὸν σύγγραμμα εἶναι ἐπανεκδόσις τοῦ τῆς προηγουμένης ἐκδόσεως συμπληρωθὲν με ὀρισμένας γνώσεις ἐκ τῆς ἀκτινογραφικῆς μελέτης τῶν κρυστάλλων, τῆς Κρυσταλλοχημείας καὶ τῆς Πετρογραφίας. Ἡ συμπλήρωσις αὕτη ἐκρίθη σκόπιμος, ἵνα ὑπάρχῃ ὑπεύθυνον βοήθημα, τοῦλάχιστον εἰς γενικὰ γραμμάς, γνώσεων, αἱ ὁποῖαι προσφέρονται εἰς εὐρύτεραν ἑκτασιν εἰς φοιτητὰς τοῦ Φυσικοῦ Τμήματος εἰς εἰδικὸν μάθημα τῆς Κρυσταλλοδομῆς καὶ εἰς φοιτητὰς ἄλλων τμημάτων κατὰ τὴν πρακτικὴν αὐτῶν ἐξάσκησιν εἰς τὴν Πετρογραφίαν. Ἐξ ἄλλου ἡ σημασία τὴν ὁποίαν ἔχει διὰ τὴν Ὁρυκτολογίαν ἡ Κρυσταλλομετρία ὥς βασικὸν αὐτῆς κεφάλαιον καθιστᾷ ἀπαραίτητον διὰ τὸν ἐπιθυμοῦντα νὰ ἀσχοληθῇ ἐρευνητικῶς με ὀρυκτολογικὰ θέματα τὴν λεπτομερεῇ γνώσιν τῶν ἀκτινογραφικῶν μεθόδων ἐρεῖνης τῶν κρυστάλλων, τῶν ὁποίων θὰ παραστῇ ἀνάγκη νὰ κάμῃ χρῆσιν. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν γίνεται λεπτομερὴς περιγραφὴ τῶν διαφόρων μεθόδων λήψεως καὶ ἀποτιμῆσεως διαγραμμάτων με ἀκτῖνας Röntgen. Ὁ συγγραφεὺς πιστεύει ὅτι με τὰς προσθήκας αὐτὰς προσφέρει χρήσιμον βοήθημα εἰς τοὺς μέλλοντας νὰ ἀσχοληθοῦν με θέματα ὀρυκτολογικῆς ἐρεῖνης.

Θεσσαλονίκη Νοέμβριος 1966

Π. Κ.



ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Είσαγωγή

1. Αντικείμενον έρεύνης τής 'Ορυκτολογίας	11
2. Πετρώματα και όρυκτα	12
3. Μέθοδοι έρεύνης τών όρυκτών	15
4. Σχέσις τής 'Ορυκτολογίας πρός τās άλλας έπιστήμας	16

Σελίς

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ ΟΡΥΚΤΟΦΥΣΙΚΗ ΟΡΥΚΤΟΧΗΜΕΙΑ

5. Κρυσταλλική κατάσταση τής ύλης	18
-----------------------------------	----

I. Γεωμετρική Κρυσταλλογραφία

α. Μέθοδοι έρεύνης και περιγραφής τών κρυσταλλικών πολυέδρων

6. Γεωμετρικαί ιδιότητες τών κρυσταλλικών πολυέδρων, περατωτικά στοιχεΐα, ζώνη	21
7. Παραμόρφωσις του κρυσταλλικού σχήματος. Νόμος σταθερότητος τών γωνιών	22
8. Γωνιόμετρα	24
9. 'Απλά και σύνθετα κρυσταλλικά σχήματα. "Όψις και περιβολή	25
10. Νόμος τής συμμετρίας. Στοιχεΐα συμμετρίας	27
11. Κρυσταλλικαί τάξεις	34
12. Παραγωγή τών 32 κρυσταλλικών τάξεων	35
13. Συμβολική παράστασις τών 32 κρυσταλλικών συμμετριών	38
14. Φυσική συμμετρία τών κρυσταλλικών πολυέδρων. Ποικίλσεις, διαβρωσιγενή σχήματα	40
15. Κρυσταλλομετρικός προσδιορισμός τών κρυσταλλικών σχημάτων. Νόμος του Haüy	44
16. Δείκται τών έδρών κρυστάλλου	47
17. Τρόπος έκλογής τών κρυσταλλογραφικών άξόνων και τής παραμετρικής έδρας. Θεμελιώδες σχήμα	49
18. Κρυσταλλικά συστήματα	52
19. Ταξινόμησις τών κρυσταλλικών τάξεων κρυσταλλικού συστήματος	53
20. Συμβολική παράστασις και νόμοι τών ζωνών	54
21. Γειτονικαί έδραι	56
22. Γραφική παράστασις τών κρυστάλλων	58
23. Στερεογραφική προβολή	59
24. Δίκτυον του Wulff και χρήσις αυτού	62

25. Γνωμονική προβολή	71
26. Κρυσταλλομετρικοί λογισμοί. Εὑρεσις σχέσεων παραμέτρων καὶ δεικτῶν	72

β. Συστηματικὴ περιγραφή τῶν ἀπλῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων τῶν 32 κρυσταλλικῶν τάξεων

27. Γενικαὶ παρατηρήσεις	75
28. Κυβικὸν σύστημα	76
29. Ἐξαγωνικὸν σύστημα	84
30. Τριγωνικὸν σύστημα	94
31. Δεῖται σχημάτων τοῦ ρομβοεδρικοῦ συστήματος κατὰ Miller	102
32. Τετραγωνικὸν σύστημα	102
33. Ρομβικὸν σύστημα	109
34. Μονοκλινὲς σύστημα	111
35. Τρικλινὲς σύστημα	115
36. Ψευδοσυμμετρία	118
37. Κανονικαὶ συμφύσεις κρυστάλλων τοῦ αὐτοῦ σώματος. Διδυμία	119
38. Πολυδυμία, μίμησις	123
39. Κανονικαὶ συμφύσεις μεταξύ ἀνομοίων κρυστάλλων	125
40. Ἐκτάσεις κλinoγραφικῆς καὶ ὀρθογραφικῆς προβολῆς κρυστάλλων	127

II. Δομὴ τῆς κρυσταλλικῆς ὕλης

α. Στοιχεῖα ἐκ τῆς θεωρίας τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων

41. Κρυσταλλικὸν πλέγμα	138
42. Εἶδη καὶ γεωμετρικαὶ ιδιότητες τῶν πλεγμάτων	143
43. Ἀντίστροφον πλέγμα, σχέσεις συνδέουσαι τὰς σταθερὰς τοῦ πλέγματος πρὸς τοὺς δείκτας	147
44. Συμμετρία τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος. Ὁμάδες συμμετρίας	150
45. Ψευδοσυμμετρία, ψευδομεροεδρία καὶ διδυμία ἐν σχέσει πρὸς τὸ πλέγμα	157

β. Ἔρευνα τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων διὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen

46. Περιθλάσις τῶν ἀκτίνων X ὑπὸ κρυσταλλικοῦ πλέγματος	159
47. Ἐφαρμογὴ τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος εἰς τὰ προβλήματα περιθλάσεως τῶν ἀκτίνων X	163
48. Ἐπίδρασις τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος. Παράγων δομῆς	165
49. Προσδιορισμὸς τοῦ τύπου πλέγματος καὶ τῶν ἐμάδων συμμετρίας διὰ τῶν ἀκτίνων X	168
50. Κύρια χαρακτηριστικὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen	171
51. Φασματογραφία τῶν ἀκτίνων X	173
52. Μονοχρωματίζεται	176
53. Μέθοδοι ἀκτινογραφικῆς ἐρεύνης τῶν πλεγμάτων. Γενικαὶ παρατηρήσεις	178
54. Μέθοδος Laue	179
55. Ἀποτίμησις διαγράμματος Laue	182
56. Μέθοδος τοῦ στρεφόμενου κρυστάλλου	186
57. Ἀποτίμησις στοιβαδομορφοῦ διαγράμματος	190
58. Διαγράμματα αἰωρήσεως	193

59. Γωνιόμετρον Weissenberg	195
60. Πλεγματογράφοι (Retigraphes)	201
61. Γωνιόμετρον με ἀπαριθμητήν Geiger	206
62. Μέθοδοι ἀκτινογραφήσεως κρυσταλλικῆς κόνεως	208
63. Ἀποτίμησις διαγραμμάτων κρυσταλλικῆς κόνεως	218
64. Προσδιορισμός τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς	222

III. Κρυσταλλοχημεία

65. Δυνάμεις συνδέουσαι τὰ ἄτομα πρὸς ἄλληλα	228
66. Σχέσις ἀριθμοῦ συντάξεως πρὸς τὰς διαστάσεις τῶν ἰόντων καὶ ἀτόμων	233
67. Πόλωσις τῶν ἰόντων ἐπὶ δρασὶς αὐτῆς ἐπὶ τοῦ πλέγματος	238
68. Ἴσομορφία καὶ ἰσοτυπία	246
69. Κρυσταλλικὴ δομὴ τῶν μετάλλων, κραμάτων καὶ μεταλλικῶν ενώσεων	251
70. Κρυσταλλικὴ δομὴ καὶ συστηματικὴ τῶν πυριτικῶν ἀλάτων	258
71. Μοριακὰ πλέγματα	276
72. Πολυμορφία	278
73. Πολυτυπία	281
74. Γένεσις καὶ ἀνάπτυξις τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων	284
75. Δομικαὶ ἀτέλειαι τῶν πραγματικῶν κρυστάλλων	297
76. Ἀνωμαλίαι εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῶν κρυσταλλικῶν ἐδρῶν	299
77. Διάλυσις τῶν κρυστάλλων	301
78. Φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὰ ἐπιφανειακὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Ἐπίταξις, Flo-tation	306

VI. Φυσικοχημικαὶ συνθήκαι ἰσορροπίας ὕλικου συστήματος

79. Ἐτερογενεῖς ἰσορροπίαι. Διαγράμματα καταστάσεως συστήματος	309
80. Ἐφαρμογὴ τοῦ κανόνος τῶν φάσεων εἰς τὴν Ὀρυκτολογίαν	314
81. Δυναμικὰ συστήματα	315
82. Τριανδικὰ συστήματα	322
83. Διάγραμμα τοῦ συστήματος Fe-C	324

V. Κρυσταλλοφυσικὴ

α. Μηχανικαὶ ιδιότητες τῶν κρυστάλλων

84. Ἐλαστικαὶ παραμορφώσεις	327
85. Διάρρηξις, σπασμός	332
86. Σκληρότης	336
87. Λείανσις καὶ στρίβωσις, στρώμα Beilby	338

β. Ἠλεκτρικαὶ καὶ μαγνητικαὶ ιδιότητες τῶν κρυστάλλων

88. Πιεζοηλεκτρισμός, ἠλεκτρισμός Seignette, πυροηλεκτρισμός	339
89. Ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῶν κρυστάλλων	344
90. Μαγνητικαὶ ιδιότητες τῶν κρυστάλλων	347

γ. Ὀπτική Κρυσταλλογραφία

91. Φύσις τοῦ φωτός	350
92. Γενικαί τινες ἔννοιαι τῆς Ὀπτικῆς	352
93. Πόλωσις τοῦ φωτός	355
94. Διπλῇ διάθλασις τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου	358
95. Ὀπτικαὶ ἐπιφάνειαι εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρυστάλλου. Εὗρεσις τῶν ἐκ διπλῆς διαθλάσεως ἀκτίνων	361
96. Ὀπτικαὶ ἐπιφάνειαι διαξονικῶν κρυστάλλων	369
97. Διασκεδασμὸς τῶν στοιχείων τοῦ ἐλλειψοειδοῦς	373
98. Πολωτὰι	375
99. Πολωτικαὶ συσκευαί. Λαβὶς τουρμαλίνου. Πολωτικὸν μικροσκόπιον	377
100. Ὀρθοσκοπικὴ ἐξέτασις μετ' ὀφθαλμὸν τὸν πολωτὴν	379
101. Προσδιορισμὸς τῶν δεικτῶν διαθλάσεως διὰ καταδύσεως ἐντὸς ὕγρων. Γραμμὴ Bocke	382
102. Ὀρθοσκοπικὴ ἐξέτασις μετ' τὰ πρίσματα Nicol διεστρωμένα	385
103. Ἐγχρωμος πόλωσις	387
104. Προσδιορισμὸς τῆς τιμῆς διπλοθλαστικότητος διὰ τῆς κλίμακος τοῦ Michel - Levy	391
105. Ἀνώμαλα χρώματα πολώσεως	391
106. Ἀντισταθμίζεται	393
107. Δίδυμοι κρυστάλλοι, ζωνώδης δομῇ, σφαιρόλιθοι εἰς ὀρθοσκοπικὴν παρατήρησιν	395
108. Κωνοσκοπικὴ ἐξέτασις	399
109. Ἑρμηνεία τοῦ σχηματισμοῦ τῶν κωνοσκοπικῶν εἰκόνων	404
110. Ἐκδήλωσις τοῦ διασκεδασμοῦ τῶν ἀξόνων εἰς τὰς κωνοσκοπικὰς εἰκόνας	407
111. Προσδιορισμὸς τοῦ ὀπτικοῦ χαρακτηῆρος εἰς κωνοσκοπικὴν παρατήρησιν	409
112. Βοηθητικαὶ συσκευαὶ δι' ἀκριβεστέρους μετρήσεις. Περίστροφος τράπεζα κατὰ Fedorow	412
113. Μεταβολαὶ τῶν ὀπτικῶν ἰδιοτήτων τῶν σωμάτων δι' ἐπιδράσεως ἐξωτερικῶν πρρχόντων	413
114. Ὀπτικὰ ἀνωμαλίας	414
115. Ὑγροὶ κρυστάλλοι	416
116. Σχέσεις τῶν ὀπτικῶν ἰδιοτήτων πρὸς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν	417
117. Ὀπτικαὶ ἰδιότητες ἰσχυρῶς ἀπορροφούντων τὸ φῶς κρυστάλλων. Μεταλλομικροσκοπία	418
118. Στροφικὴ πόλωσις	423
119. Φασματοσκοπικαὶ μέθοδοι ἐρεύνης τῶν κρυστάλλων	429

δ. Φαινόμενα ἀκτινοβολίας τῶν ὀρυκτῶν

120. Φωταύγεια, φωσφορισμός, φθορισμός	430
121. Ραδιενέργεια τῶν ὀρυκτῶν	432

VI. Ἀμορφος κατάστασις τῆς ὕλης

122. Ὑαλώδη σώματα	437
123. Κολλοειδῆ σώματα	438
124. Μεταμεικτικὴ κατάσταση	442

VII. Μέθοδοι προσδιορισμοῦ τῶν ὀρυκτῶν

125. Ἡ ἔννοια τοῦ εἵδους εἰς τὰ ὀρυκτά	443
126. Φυσικαὶ ὀρυκτοδιαγνωστικαὶ μέθοδοι	445
127. Προσδιορισμὸς τῆς πυκνότητος τῶν ὀρυκτῶν	447
128. Διαφορικὴ θερμικὴ ἀνάλυσις	449
129. Πυροχημικὴ ἐξέτασις	452
130. Ἀντιδράσεις δι' ὑγρᾶς ὁδοῦ	463
131. Μικροχημικὴ ἐξέτασις	465
132. Ἡλεκτρονικὴ μικροανάλυσις	468

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ, ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

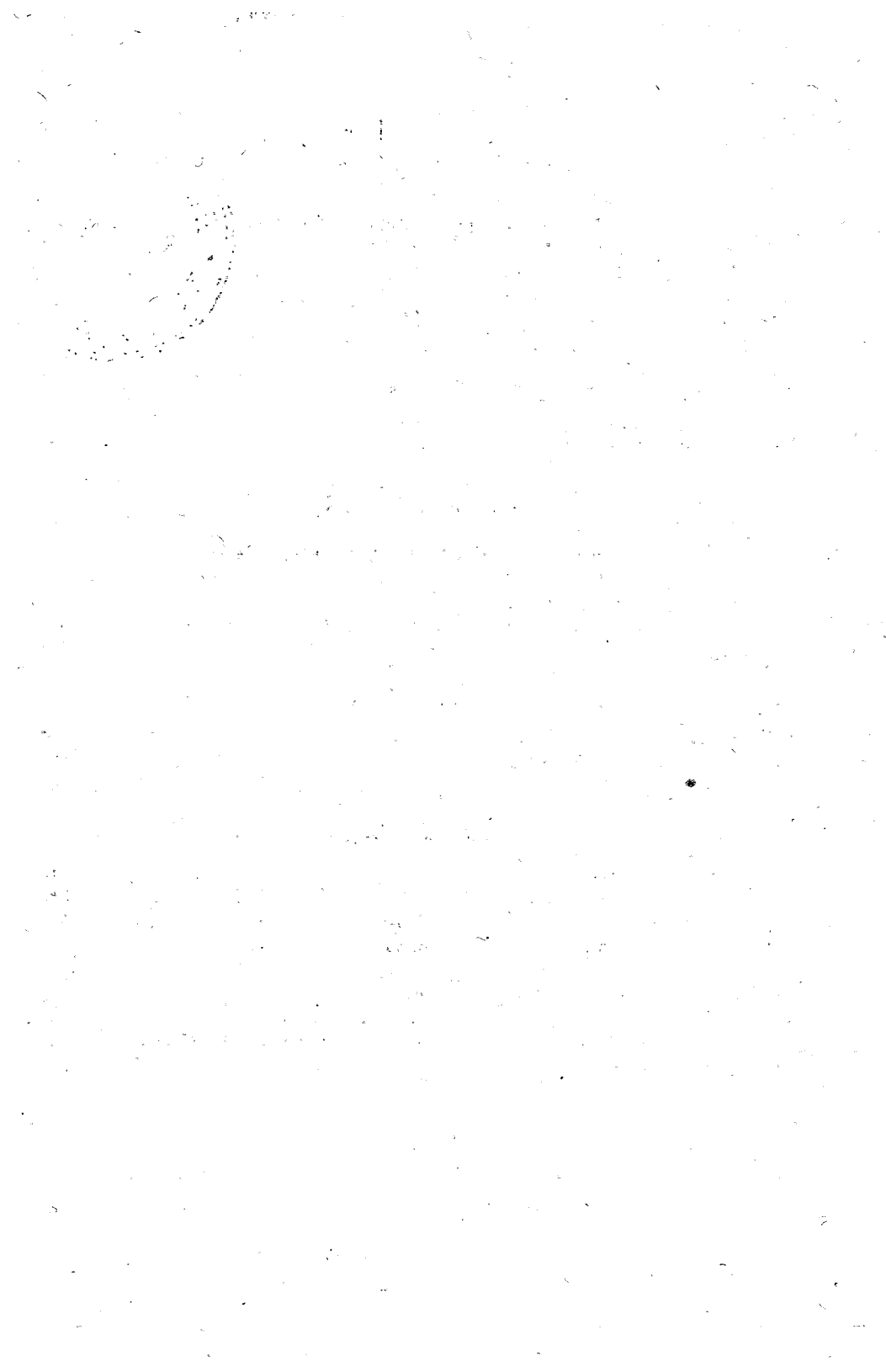
133. Γένεσις καὶ ἀλλοιώσεις τῶν ὀρυκτῶν	469
134. Σύστασις τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς Γῆς, κατανομὴ τῶν διαφόρων στοιχείων ἐντὸς αὐτῆς	472

α. Πετρογραφία

135. Πυριγενῆ πετρώματα	477
136. Ἰζηματογενῆ πετρώματα	491
137. Κρυσταλλοσχιστόδη πετρώματα	497

β. Κοιτασματολογία

138. Εἰδικὰ κοιτάσματα	513
139. Παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς πήξεως τοῦ μάγματος	515
140. Σχηματισμὸς τοπικῶν συγκεντρώσεων ὀρυκτῶν κατὰ τὴν πῆξιν μάγματος	519
141. Σχηματισμὸς συγκεντρώσεων ὀρυκτῶν κατὰ τὴν ἀποσάθρωσιν	526
142. Σχηματισμὸς κοιτασμάτων βωξίτου	532
143. Μεταλλεύματα ἐξ ἀποσαθρώσεως περιδωτιτῶν καὶ σερπεντινῶν	533
144. Συγκεντρώσεις διὰ μηχανικῆς διαλογῆς τῶν προϊόντων ἀποσαθρώσεως	534
145. Συγκεντρώσεις διὰ καθιζήσεως ἐκ τῶν ἐν διαλύσει μεταφερομένων ὕλικῶν	536
146. Βιογενῆ εἰδικὰ κοιτάσματα	540





ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ἀντικείμενον ἐρεῦνης τῆς Ὀρυκτολογίας. Ἡ Ὀρυκτολογία καὶ ἡ Πετρογραφία εἶναι συγγενεῖς ἐπιστημονικοὶ κλάδοι, οἱ ὁποῖοι ἀσχολοῦνται μετὰ τὴν ἔρευναν τῶν συστατικῶν τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς.

Αἱ θετικαὶ μας γνώσεις ἐπὶ τῆς συστάσεως τοῦ φλοιοῦ εἰς βάθος θὰ ᾔσαν πολὺ περιορισμέναι, ἐὰν ἐστηρίζοντο μόνον εἰς τὰ ὑλικά, τὰ ὁποῖα φέρουν εἰς φῶς ἀπὸ τὰ ἐγκατα τῆς γῆς αἱ δι' οἰκονομικοὺς ἢ τεχνικοὺς σκοποὺς γινόμεναι γεωτρήσεις. Εἰς ἀριθμὸν αὗται εἶναι ἐντελῶς ἀσήμενοι καὶ τὸ βάθος τὸ ὁποῖον φθάνουν περιορίζεται συνήθως εἰς ὀλίγας ἑκατοντάδας μέτρων. Αἱ ὀρυκτολογικαὶ καὶ πετρογραφικαὶ γνώσεις μας ἔχουν ὥς βάσιν κυρίως τὸ μέγα πλῆθος τῶν ὑλικῶν, τὰ ὁποῖα ἀπαντῶνται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Τὰ ὑλικά ὅμως αὐτὰ κατὰ τὸ πλεῖστον εὐρίσκοντο κατὰ τὴν ἐποχὴν τοῦ σχηματισμοῦ των εἰς βαθύτερα σημεῖα τοῦ φλοιοῦ, ἡ δὲ σημερινή των θέσις ὀφείλεται εἰς τὰς γεωλογικὰς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν σημαντικὰς μετακινήσεις τῶν συστατικῶν τῶν ἐγγὺς τῆς ἐπιφανείας τμημάτων τοῦ πλανήτου μας. Ἐκ τῶν δυνάμεων αὐτῶν αἱ μὲν ἐνδογενεῖς, δηλ. αἱ ἔχουσαι τὴν ἐστίαν των εἰς τὰ ἐνδότερα τῆς Γῆς, ἐπιφέρουν κατακορύφους μετατοπίσεις μεγάλων τεμαχῶν τοῦ φλοιοῦ γεννῶσαι ἐξάρματα καὶ βυθίσματα μεγάλης ἐκτάσεως ἢ ἐπιδρῶσαι κατ' ἐφαπτομένην προκαλοῦν ὀρεσιγόνους πτυχὰς ἐκτεινόμενας ἐφ' ὀλοκλήρου τῆς ὑδρογείου. Αἱ μετακινήσεις αὗται τελοῦμεναι βραδύτατα, ὥστε νὰ μὴ ὑποπίπτουν εἰς τὴν ἄμεσον ἀντίληψίν μας, καὶ μετὰ χρονικὴν διάρκειαν πολλῶν ἑκατομμυρίων ἐτῶν φέρουν ἐγγύτερον τῆς ἐπιφανείας βαθύτερον κείμενα τμήματα τοῦ φλοιοῦ. Ἐπίσης ἄλλα ἐνδογενῆ φαινόμενα, βίαια ταῦτα, αἱ ἐκρήξεις τῶν ἡφαιστειῶν, φέρουν ἀπ' εὐθείας εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ὑλικά ἐκ τῶν ἐγκάτων τῆς Γῆς ὑπὸ μορφήν φυσικοῦ τήγματος, τῆς λάβας, ἢ στερεῶν καὶ ἀερίων ἀναβλημάτων. Ἀφ' ἑτέρου αἱ ἐξωγενεῖς δυνάμεις αἱ ἔχουσαι τὴν αἰτίαν των ἐκτὸς τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ, μετὰ κυριώτερον ἀντιπρόσωπον τὸ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἐν κινήσει ὕδωρ, ἐνεργοῦν μετὰ βραδύν. ἐπίσης ρυθμὸν ἀλλ' ἀδιακόπως διαβρωτικῶς μετὰ ἀποτέλεσμα τὴν ἐξομάλυνσιν τῶν προεξοχῶν τῆς χέρσου καὶ τὴν συγχέντρωσιν τῶν προϊόντων τῆς διαβρώσεως εἰς τὰ χαμηλότερα αὐτῆς σημεῖα. Ἡ διαβρωτικὴ αὕτη δρᾷσις συνεχιζομένη ἀδιαλείπτως κατὰ τὴν μακρὰν διάρκειαν τῶν γεωλογικῶν αἰώνων ἐξηφάνισεν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς τὰς ἀρχαιοτέρας ὀρεινὰς πτυχὰς καὶ ἔφερεν εἰς φῶς

τὰ ὕλικά τῶν θεμελίων των. Διὰ τῶν ἀνωτέρω ἐκτεθεισῶν γεωλογικῶν διεργασιῶν περιέρχονται εἰς τὴν ἄμεσον παρατήρησίν μας ὕλικά προερχόμενα ἀπὸ βάθους 16 χιλιομ., κατὰ μέγιστον ὅριον. Τὸ βάθος αὐτὸ εἶναι πράγματι ἀσήμαντον ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν ἀκτῖνα τῆς Γῆς (~6.444 χλμ.). Τὰ πέραν τοῦ βάθους τούτου συστατικά διαφεύγουν τὴν ἐργαστηριακὴν ἔρευναν καὶ μόνον διὰ συνδυασμοῦ παρατηρήσεων καὶ δεδομένων ἄλλων ἐπιστημῶν, τῆς Ἀστροφυσικῆς, τῆς Γεωφυσικῆς καὶ τῆς Γεωχημείας, συνάγομεν συμπεράσματα γενικοῦ μὲν χαρακτῆρος ἀλλὰ βάσιμα ἐπὶ τῆς καταστάσεως καὶ συστάσεως τῆς Γῆς μέχρι τοῦ κέντρου τῆς. Περὶ τούτων θὰ γίνη λόγος εἰς οἰκεῖον κεφάλαιον.

2. Πετρώματα καὶ ὀρυκτά. Πετρώματα εἶναι τὰ κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον συμπαγῇ ὕλικά τὰ ἀποκαλυπτόμενα ὑπὸ τὸ ἔδαφος, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ τῆς ἀποσαθρώσεώς των καὶ εἰς λίαν μικρὸν βάθος, μὴ ὑπερβαῖνον συνήθως τὸ 1m, τὰ καλύπτει ἐπιφανειακῶς. Τὴν ἐσωτερικὴν ἀνατομίαν τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς καὶ τὸν τρόπον καθ' ὃν συμμετέχουν τὰ πετρώματα εἰς τὴν σύστασίν του δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν, ὅπου παρυσιάζονται φυσικαὶ τομαὶ αὐτοῦ, ὅπως λ.χ. εἰς τὰ τοιχώματα χαλαρῶν καὶ κοιλάδων ἢ εἰς ὑψηλὰς ἀποκρήμους ἀκτᾶς.

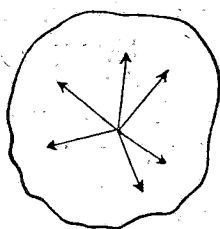
Εἰς τοιαύτας τομὰς ἐν πέτρωμα ἔμφανίζεται συνεχιζόμενον ἐπὶ σημαντικῆς ἐκτάσεως μὲ τὰ ἴδια χαρακτηριστικὰ καὶ ἀποτελοῦν αὐτοτελὲς σῶμα ὀρισμένης μορφῆς. Συνήθως τὰ πετρώματα ἔχουν μορφήν στρωμάτων ὀριζοντίων, κεκλιμένων ἢ καὶ πτυχωμένων, τὰ ὁποῖα ἐκτείνονται πολλάκις ἐπὶ ὀριζοντίας ἐκτάσεως ἑκατοντάδων τετραγωνικῶν χλμ. καὶ μὲ πάχος δυνάμενον νὰ ὑπερβῇ καὶ τὰ 1000m. Ἄλλοτε ἔχουν μορφήν ὄγκων ἀκκονίστως διακοπτόντων σειρὰν στρωμάτων καὶ συνεχιζομένων εἰς ἄγνωστον βάθος. Οὐχ ἥττον ἀπαντῶσι καὶ πετρώματα διαστάσεων πολὺ μικρῶν σχετικῶς, περιοριζομένων εἰς ὀλίγα κυβικὰ μέτρα. Τινὰ τῶν πετρωμάτων εἰς πρώτην ἐξέτασιν ἐμφανίζονται ὡς ὁμογενῇ σῶματα, εἰς τὰ ὁποῖα ὁ γυμνὸς ὀφθαλμὸς δὲν διακρίνει ἰδιαιτέρα λεπτομερῇ συστατικά, ἀλλὰ εἶναι ἄδρομερῇ, ἐμφανιζόμενα ὡς ἑτερογενῇ συσσωματώματα δύο ἢ πλείονων διαφορετικῶν συστατικῶν. Λάβωμεν ὡς παράδειγμα τοιούτου ἄδρομεροῦς πετρώματος τὸν γρανίτην. Εἰς αὐτὸν διακρίνομεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ τριῶν εἰδῶν συστατικά. Τὸ ἐν ἐξ αὐτῶν ἔχει λάμψιν ὑαλώδη, θραύεται κατ' ἐπιφάνειαν ἀνώμαλον καὶ εἶναι σκληρότερον τῆς ὑάλου, τὴν ὁποίαν χαράσσει. Τὸ δεύτερον εἶναι λευκόν, ἀλαμπές καὶ κατὰ τὴν θραύσιν ἀποχωρίζεται κατ' ἐπιφανείας ἐπιπέδους. Ἐχει τὴν σκληρότητα τῆς ὑάλου, τὴν ὁποίαν δὲν χαράσσει, καὶ δὲν χαράσσεται διὰ μαχαυριδίου. Τὸ τρίτον ἔχει χροῶμα μέλαν, λάμψιν μαργαριτωειδῇ καὶ σκληρότητα πολὺ μικράν. Διὰ τοῦ μαχαυριδίου ἀποσπῶνται ἀπ' αὐτοῦ λεπτότατα ἐπίπεδα πέταλα. Τὰ τρία αὐτὰ συστατικά ἀπαντῶνται καὶ μεμονωμένα εἰς τὴν φύσιν καὶ εἰς διαστάσεις πολὺ μεγαλυτέρας. Εὐρέθησαν δειγματὰ των τῶν

όποιων ή διάμετρος υπερέβαινε τὸ μέτρον. Ἡ χημικὴ σύστασις ἐνὸς ἐκάστου αὐτῶν εἶναι ἐντελῶς καθωρισμένη, αἱ χημικαὶ καὶ φυσικαὶ τῶν ιδιότητες εἶναι αἱ αὐταὶ πανταχοῦ τῆς μάζης τῶν, εἶναι σώματα ὁμογενῆ κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὸν ἑτερογενῆ γρανίτην. Τὰ ὁμογενῆ αὐτὰ συστατικά τῶν πετρωμάτων καλοῦνται ὀρυκτά. Τὰ περιγραφέντα ἀνωτέρω συστατικά τοῦ γρανίτου εἶναι ὁ χαλκζικός (SiO_2), τὸ ὀρθόκλαστον (KAlSi_3O_8) καὶ ὁ βιοτίτης ($\text{K(Mg,Fe)}_3(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$). Ὑπάρχουν καὶ πετρώματα μονόμεικτα ὡς τὸ μάρμαρον, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς μόνον εἶδους ὀρυκτοῦ, τοῦ ἀσβεστίτου. "Ολα τὰ πετρώματα καὶ αὐτὰ τὰ ἐμφανιζόμενα ὡς ὁμογενῆ εἰς τὸν γυμνὸν ὀφθαλμὸν ἀποκαλύπτονται ὑπὸ τὸ μικροσκόπιον ὡς ἀνομογενῆ συσσωματώματα ὀρυκτῶν, πολύμεικτα ἢ μονόμεικτα. Κατὰ ταῦτα αἱ μεγάλαι μονάδες αἱ ἀποτελοῦσαι τὸν στερεὸν φλοιὸν εἶναι τὰ πετρώματα. Ταῦτα ἔχουν ὡς μικρότερα συστατικά τὰ ὀρυκτά, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐνώσεις τῶν χημικῶν στοιχείων ἀκολουθοῦσαι τοὺς χημικοὺς νόμους.

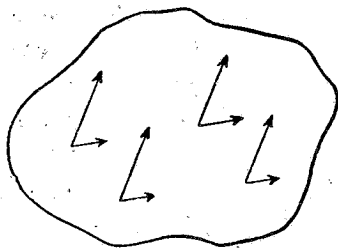
Ἡ πρώτη αὕτη διάκρισις μεταξὺ ὀρυκτοῦ καὶ πετρώματος πρέπει νὰ καθορισθῇ ἀκριβέστερον, ὥστε νὰ διαγραφοῦν σαφεῖς τὰ ὅρια μεταξὺ τῶν δύο ἐννοιῶν. Αἱ διαστάσεις τοῦ ἐξεταζομένου ὕλικου δὲν εἶναι διακριτικὸν γνώρισμα. Εὐρέθησαν ὀρθόκλαστα μέχρι 12 μέτρων διαμέτρου, ἐνῶ ἐξ ἄλλου ὀρυκτολογικὰ συσσωματώματα δυνάμενα νὰ ὀνομασθοῦν πετρώματα παρουσιάζουν ἐνίοτε διάμετρον ὀλίγων δεκάτων τοῦ μέτρου. Ἐπίσης ἡ χημικὴ ὁμογένεια δὲν ἀποτελεῖ βάσιν διακρίσεως. Πέτρωμα μονόμεικτον θὰ ἔχη πανταχοῦ τῆς μάζης του τὴν αὐτὴν σταθερὰν χημικὴν σύστασιν, ἡ ὁποία εἶναι ἡ σύστασις τοῦ μοναδικοῦ ὀρυκτοῦ συστατικοῦ του. Ἡ βασικὴ διάκρισις στηρίζεται εἰς τὴν ἔννοιαν τῆς φυσικῆς ὁμογενείας.

Τὰ φυσικὰ ποσά, τὰ ὁποῖα μελετῶνται κατὰ τὴν μελέτην τῶν ιδιοτήτων τῆς ὕλης, διακρίνονται εἰς ἀριθμητικὰ καὶ ἀνισωματικά. Τὰ πρῶτα εἶναι ποσὰ ἄνευ διευθύνσεως, διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἀρκεῖ εἰς ἀριθμὸς παραδείγματα, ἡ πυκνότης, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια. Τὰ ἀνισωματικά ποσὰ καθορίζονται καὶ μὲ διεύθυνσιν ἐν τῷ χώρῳ, διὰ τὴν παραθέσιν τῶν χρησιμοποιεῖται ἄνυσμα· τοιαῦτα εἶναι λ.χ. ἡ ταχύτης, ἡ δύναμις. Ἐξεταζόμενα τὰ σώματα ὡς πρὸς τὰς ἀνισωματικὰς τῶν ιδιοτήτας διακρίνονται εἰς ἰσότροπα καὶ ἀνισότροπα. Τὰ πρῶτα ἔχουν τὴν αὐτὴν σταθερὰν τιμὴν τῆς ἐξεταζομένης ἀνισωματικῆς ιδιότητος κατὰ πᾶσαν διεύθυνσιν τοῦ χώρου (σχ. 1). Εἰς τὰ ἀνισότροπα ἡ τιμὴ τῆς ἀνισωματικῆς ιδιότητος μεταβάλλεται δι' ἀλλαγῆς τῆς διευθύνσεως. Ἡ ἔννοια τοῦ ἰσοτρόπου ἢ ἀνισοτρόπου ἐνὸς σώματος ἀναφέρεται εἰς τὴν ἐκάστοτε ἐξεταζομένην ιδιότητά του. Τὸ ὀρυκτὸν ἅλας εἶναι ἰσότροπον ὡς πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἀλλ' ἀνισότροπον ὡς πρὸς τὴν ἐλαστικότητα. Ἐὰν πανταχοῦ τῆς μάζης τοῦ ἐξεταζομένου ἀνισοτρόπου σώματος διὰ παραλλήλους διευθύνσεις ἡ ιδιότης αὕτη ἔχει σταθερῶς τὴν αὐτὴν τιμὴν, τὸ σῶμα καλεῖται ὁμογενές (σχ. 2). Ἡ ὁμογένε-

νεια, ὅπως καθωρίσθη ἀνωτέρω, διαστέλλει τὸ ὄρυκτὸν ἀπὸ τοῦ πέτρωμα. Τὸ ὄρυκτὸν εἶναι ὁμογενές, τὸ πέτρωμα, καὶ ἂν ἀκόμη εἶναι μονόμεικτον, καθ' ὃ συσσωμάτωμα ὄρυκτῶν μὲ τυχαῖον προσανατολισμὸν πρὸς ἄλλη-

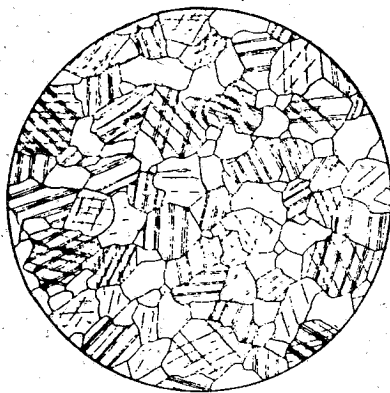


Σχ. 1.
Σῶμα ἰσότροπον



Σχ. 2.
Σῶμα ὁμογενές

λα, δὲν εἶναι ὁμογενές. Τὸ σχῆμα 3 παριστᾷ μικροσκοπικὴν εἰκόνα τομῆς μαρμάρου ἐμφανίζουσαν αὐτὸ ὡς συσσωμάτωμα ἀκκανίστου σχήματος κόκκων ἀσβεστίτου. Αἱ παράλληλοι γραμμαὶ αἱ παρατηρούμεναι ἐντὸς ἐκάστου κόκκου καθορίζουν μίαν ἀνυσματικὴν ιδιότητα τοῦ ὄρυκτοῦ αὐτοῦ, εἶναι τὰ



Σχ. 3.
Μικροσκοπικὴ τομὴ μαρμάρου

ἔχνη τῶν ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν αὐτοῦ, κατὰ τὰς ὁποίας «σχιζέται» ὁ ἀσβεστίτης, ὅταν ἐπιχειρῶμεν νὰ τὸν θραύσωμεν. Ἐφ' ὅσον εὕρισκόμεθα εἰς τὴν περιοχὴν ἑνὸς κόκκου, αἱ γραμμαὶ αὐταὶ ἔχουν θέσιν παράλληλον μεταξὺ τῶν. ὁ κόκκος εἶναι ὁμογενής. Εἰς τὸν ἀμέσως γειτονικὸν κόκκον ὁ προσανατολισμὸς τοῦ συστήματος τῶν σχισμογενῶν γραμμῶν εἶναι διαφορετικὸς, τὸ σύνολον τῶν κόκκων τοῦ ἀσβεστίτου ἐντὸς τοῦ μαρμάρου ἔχει διάταξιν ὅχι ὁμο-

γενή. Κατόπιν τών άνωτέρω δίδομεν τόν άκριβή όρισμόν τών έννοιών όρυκτόν και πέτρωμα.

«Όρυκτά είναι τά όμογενή φυσικά συστατικά τοῦ στερεοῦ γλοιοῦ τῆς Γῆς».

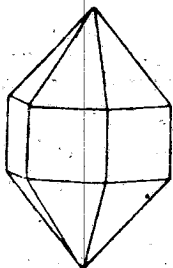
«Πετρώματα είναι αἱ μορφολογικῶς αὐτοτελεῖς και καθορισμένης όρυκτολογικῆς συστάσεως άνομογενεῖς μονάδες αἱ συνιστῶσαι τόν στερεόν γλοιόν τῆς Γῆς».

3. Μέθοδοι έρεύνης τών όρυκτών. Εἰς έκ τών σκοπῶν τῆς όρυκτολογικῆς έρεύνης είναι ἡ διάγνωσις ενός όρυκτοῦ, ἡ ταυτοποίησις αὐτοῦ πρός έν τών γνωστῶν όρυκτῶν, ἡ, εάν πρόκειται περί άγνώστου όρυκτοῦ, ο προσδιορισμός τοῦ χημικοῦ αὐτοῦ τύπου, τών φυσικῶν του σταθερῶν και ἡ περιγραφή τών φυσικῶν και χημικῶν ιδιοτήτων του.

Ἡ όρυκτοδιαγνωστική στηρίζεται εἰς τήν παρατήρησιν χαρακτηριστικῶν τινῶν γνωρισμάτων και ιδιοτήτων τῶν όρυκτῶν, μέτρησιν ώρισμένων φυσικῶν σταθερῶν και έν άνεπαρκεία τῶν μέσων αὐτῶν και εἰς προσδιορισμόν ποιοτικόν ἡ και ποσοτικόν τῶν χημικῶν στοιχείων τῶν εἰσερχομένων εἰς τήν όρυκτὴν οὐσίαν.

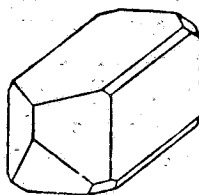
Ἐν ἀπὸ τὰ πλέον χαρακτηριστικά γνωρίσματα τῶν όρυκτῶν είναι τὸ κρυσταλλικόν αὐτῶν σχῆμα. Τὸ πλεῖστα τῶν όρυκτῶν, όταν ἔχουν ἐλευθερίαν χώρου κατὰ τήν ἀνάπτυξίν των, παρουσιάζονται με ἐξωτερικόν σχῆμα πολυεδρικόν, τὸ ὁποῖον και μόνον ἀρκεῖ πολλάκις διὰ νὰ τὰ χαρακτηρίσῃ.

Ὁ χαλαζίας ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφήν ἐξαγωνικοῦ πρίσματος ἐπιστεγάζομένου ἀπὸ ἑδρας πυράμιδικῆς μορφῆς (σχ. 4), τὸ ὀρθόκλαστον εἰς πολυέδρα τοῦ σχ. 5. Τὸ όρυκτόν ἄλλας εἰς κύβους και έν γένει κάθε όρυκτόν ὑπὸ ὥρι-



Σχ. 4

Κρύσταλλος χαλαζίου



Σχ. 5

Κρύσταλλος ὀρθοκλάστου

σμένα κρυσταλλικά σχήματα με ὥρισμένας κρυσταλλομετρικάς σταθεράς. Διὰ τὸν λόγον αὐτόν ἡ Κρυσταλλογραφία συνδέεται άναποσπástως με τήν Όρυκτολογίαν και ἀποτελεῖ τὸ πρῶτον αὐτῆς κεφάλαιον εἰς τήν μελέτην τῶν όρυκτῶν. Ἐκ τῶν φυσικῶν σταθερῶν ἡ πυκνότης, ἡ σκληρότης και τὸ ση-

μεῖον τήξεως χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὴν διάγνωσιν. Εὐρυτάτη χρῆσις τῶν ὀπτικῶν μεθόδων ἐρεύνης με πεπολωμένον φῶς γίνεται εἰς τὸν προσδιορισμὸν τῶν ὀρυκτῶν τῶν συνιστάντων τὰ πετρώματα διὰ μετρήσεως τῶν ὀπτικῶν σπασθερῶν, δείκτου διαθλάσεως, τιμῆς διπλοθλαστικότητος, γωνίας ὀπτικῶν ἁξόνων κ.λ.π., εἰς λεπτότατα πλακίδια ὑπὸ τὸ μικροσκόπιον. Ἀπὸ τῆς ἀνακαλύψεως τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως τῶν ἀκτίνων X ὑπὸ τῶν κρυστάλλων (1912) εἰσῆχθη καὶ τὸ μέσον τοῦτο ἐρεύνης εἰς τὴν ὀρυκτοδιάγνωστικὴν καὶ χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα οὐ μόνον ὡς τὸ ἀσφαλέστερον μέσον ταυτοποιήσεως ἐνὸς σώματος, ἀλλὰ καὶ διὰ τὴν ἐπίλυσιν πλείστων ζητημάτων σχετικῶν μετὰ τὴν χημικὴν σύνταξιν καὶ τὴν συστηματικὴν ταξινομήσιν τῶν ὀρυκτῶν. Αἱ ἐν λόγῳ μέθοδοι ἐρεύνης συνδέουν στενῶτατα τὴν ὀρυκτολογίαν πρὸς τὰς φυσικοχημικὰς ἐπιστήμας. Πολλὰ καὶ σπουδαιότατα κεφάλαια τῶν ἐπιστημῶν αὐτῶν ἔλαβον γένεσιν καὶ ἀνεπτύχθησαν ἀπὸ τὴν μελέτην τῶν ἰδιοτήτων τῶν ὀρυκτῶν.

Ἐκτὸς ὅμως τῆς διαγνωστικῆς καὶ τῆς περιγραφικῆς μελέτης τῶν ὀρυκτῶν τῆς Ὄρυκτολογίας ἐνδιαφέρει καὶ ἡ ἐξακρίβωσις τῆς ἱστορίας των, τῶν συνθηκῶν γενέσεώς των, τῶν ἀλλοιώσεων καὶ μετατροπῶν, τὰς ὁποίας ὑφίστανται καὶ τῶν σχέσεων αἱ ὁποῖαι συνδέουν τὴν ἐμφάνισιν καὶ ἐξαφάνισιν τῶν ὀρυκτῶν πρὸς τὰς γεωλογικὰς καὶ φυσικοχημικὰς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι δρῶσιν ἐντὸς τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς καὶ ἐπ' αὐτοῦ. Τὸ γεγονός ὅτι τὰ διάφορα χημικὰ στοιχεῖα δὲν εἶναι ὁμοιομόρφως κατανεμημένα εἰς τὸ τμήμα τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι προσιτὸν εἰς τὴν ὀρυκτολογικὴν ἔρευναν, ἀλλ' ἐμφανίζονται συγκεντρωμένα κατὰ χώρους, δεικνύει ὅτι ὑπάρχουν ὀρισμένα αἷτια, τὰ ὁποῖα ρυθμίζουν τὴν κατανομὴν καὶ τὴν κυκλοφορίαν τῶν στοιχείων ἐντὸς τῆς γεωσφαίρας καὶ ἐπ' αὐτῆς. Τὰ θέματα αὐτὰ ἀποτελοῦν ἴδιον κεφάλαιον τῆς Ὄρυκτολογίας, τὴν Γεωχημίαν. Διὰ τὴν λύσιν τῶν προβλημάτων αὐτῶν ἀπαιτεῖται πᾶσι πάλαι ἐκτὸς τῶν ἐργαστηριακῶν μεθόδων ἐρεύνης καὶ ἡ ἐπιτόπιος ἐξέτασις τοῦ κοιτάσματος, εἰς τὴν σύστασιν τοῦ ὁποίου συμμετέχει τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν ὀρυκτόν, ἀπὸ ἀπόψεως μορφολογικῆς καὶ γεωλογικῆς. Τὰ πορίσματα τῆς Κοιτασματολογίας ἐκτὸς τῆς πρακτικῆς αὐτῶν χρησιμότητος διὰ τὴν ἐκτίμησιν καὶ ἐκμετάλλευσιν τοῦ ὀρυκτοῦ πλούτου συμβάλλουν τὰ μέγιστα εἰς τὴν διαφώτισιν τῶν γεωχημικῶν προβλημάτων.

4. Σχέσις τῆς Ὄρυκτολογίας πρὸς τὰς ἄλλας ἐπιστήμας. Διαιρέσις τῆς ὕλης εἰς κεφάλαια. Τὰ ὀρυκτὰ ἀποτελοῦν τὴν πρώτην πηγὴν, ἀπὸ τὴν ὁποῖαν ὁ σύγχρονος τεχνικὸς πολιτισμὸς πορίζεται τὰς πρώτας ὕλας καὶ τὸ πλεῖστον τῆς ἐνεργείας διὰ τὴν ἀνάπτυξιν καὶ συντήρησίν του.

Πρὸς τούτοις εἰσέρχονται εἰς τὴν σύστασιν τοῦ ἐδάφους, τοῦ ὁποίου κατὰ μέγαν μέρος καθορίζουν τὴν ποιότητα καὶ τὰς ιδιότητας ἀπὸ ἀπόψεως γεωποικιλῆς. Ὡς ἐκ τούτου εἶναι κατὰδὴλος ἡ χρησιμοποίησις τῶν ὀρυκτολογικῶν γνώσεων διὰ τὰς ἐφαρμογὰς των εἰς τὴν μεταλλευματολογίαν, τὴν βιομηχα-

νικὴν χημείαν καὶ τὴν ἐδαφολογία. Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῆς συμβολῆς της εἰς τὴν καθόλου γνῶσιν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ διὰ τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα ἐξ Ἰσοῦ ἐπιτακτικὴν ἀνάγκην πρὸς τὰς ὑλικὰς ἀνάγκας, ἡ Ὁρυκτολογία ἀποτελεῖ ἀπαραίτητον βοηθητικὴν ἐπιστήμην, διὰ τὴν Γεωλογία εἰς τὴν προσπάθειάν της νὰ ἀποκαταστήσῃ τὴν ἱστορίαν τῆς ἐξελιξέως τῆς Γῆς διὰ τῆς μελέτης τῶν πετρωμάτων. Ἡ σχέσις της ἐξ ἄλλου πρὸς τὰς φυσικοχημικὰς ἐπιστήμας, λόγῳ τῶν μεθόδων ἐρεύνης, τὰς ὁποίας ἐφαρμόζει, ἐτονίσθη εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον.

Ἡ μελέτη τῶν γενικῶν ἰδιοτήτων τῶν ὀρυκτῶν καὶ τῶν φυσικοχημικῶν καὶ γεωχημικῶν συνθηκῶν καὶ αἰτίων τῶν συνδεομένων μετὰ τὴν γένεσιν καὶ τὰς μεταβολὰς των εἶναι θέματα τῆς Γενικῆς Ὁρυκτολογίας, ἥτις ὑποδιαίρεται εἰς Κρυσταλλογραφίαν, Ὁρυκτοφυσικὴν, Ὁρυκτοχημείαν καὶ Γεωχημείαν. Ἡ Εἰδικὴ Ὁρυκτολογία ἢ Συστηματικὴ περιλαμβάνει τὴν ταξινομήσιν τῶν ὀρυκτῶν εἰδῶν, τὴν περιγραφὴν τῶν φυσικῶν καὶ χημικῶν ἰδιοτήτων αὐτῶν καὶ τῶν συνθηκῶν καὶ τοῦ τόπου τῆς ἐμφανίσεώς των.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

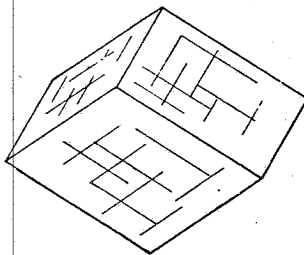
ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ, ΟΡΥΚΤΟΦΥΣΙΚΗ, ΟΡΥΚΤΟΧΗΜΕΙΑ

5. Κρυσταλλική κατάσταση της ύλης. Τὴν πρώτην ὥθησιν εἰς τὴν ἐξέτασιν τῆς κρυσταλλικῆς καταστάσεως τῆς ὕλης ἔδωκεν ἡ παρατήρησις ὀρυκτῶν τινῶν, τὰ ὅποια ἐμφανίζονται ὡς εὐμεγέθη πολύεδρα. Τὸ συνηθέστερον τῶν ὀρυκτῶν αὐτῶν, ὁ χαλαζίας, ἀπαντῶν συχνὰ ἐν τῇ Φύσει εἰς διαχυγῇ καὶ καλῶς ἀνεπτυγμένα πολύεδρα τοῦ σχ. 4 (σελ. 15) ἐθεωρήθη ἀπὸ τοὺς ἀρχαίους ὡς «κρύσταλλος» δηλ. πάγος, καὶ ἡ κατάσταση τοῦ αὐτοῦ ἀπεδόθη εἰς ἰσχυρὰν ψῦξιν, τὴν ὁποίαν ὑπέστη εἰς ὑψηλὰ ὄρη, δι' ὃ καὶ ὠνομάσθη «ὄρεϊα κρύσταλλος». Ὁ ὄρος κρύσταλλος μὲ τοιαύτην ἀρχικὴν ἐτυμολογίαν ἐπεξετάθη καὶ εἰς ὅλα τὰ σώματα, τὰ ὅποια ἐμφανίζονται μὲ πολυεδρικὸν σχῆμα ὡς χαρακτηριστικὸν τῆς φυσικῆς αὐτῆς ιδιότητος.

Κρυστάλλους δὲν ἐμφανίζουν μόνον τὰ ὀρυκτά. "Όλα σχεδὸν τὰ ἀνόργανα σώματ'α καὶ τὰ πλεῖστα τῶν ὀργανικῶν, ὅταν μεταβαίνουν εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν, ἐμφανίζονται ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας ὑπὸ μορφὴν κρυσταλλικῶν πολυέδρων. Ἀμορφα στερεὰ ἀποτελοῦν σπανίαν ἐξαιρέσιν, ὡς λ.χ. τὰ ὑαλώδη, τὰ ὅποια σχηματίζονται ἀπὸ τήγματα ὠρισμένων ἐνώσεων ταχέως ψυχθέντα. Αἱ ὑαλοὶ θεωροῦμεναι ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῶν μηχανικῶν αὐτῶν ιδιοτήτων καὶ τῆς συμπεριφορᾶς των ἔναντι τῆς θερμότητος προσεγγίζουν περισσότερο τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, εἶναι ὑγρά σώματα μὲ πολὺ μέγαλον συντελεστὴν ἐσωτερικῆς τριβῆς. Ἡ κατάσταση των αὕτη ἀνταποκρίνεται εἰς τὴν τῆς εὐσταθεστεράς ἰσορροπίας τῆς ὕλης των καὶ μὲ τὴν πάροδον μακροῦ χρόνου καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν καταλλήλων συνθηκῶν τείνουν νὰ μεταπέσουν εἰς τὴν κρυσταλλικὴν κατάστασιν. Ἡ ὑαλος λαβῶν ἡφαιστείων παλαιοτάτων γεωλογικῶν ἐποχῶν ἐξεταζομένη μικροσκοπικῶς παρουσιάζεται κατὰ χώρους εἰς κρυσταλλικὴν κατάστασιν.

Τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα δὲν εἶναι ἡ μόνη χαρακτηριστικὴ ιδιότης τῶν κρυστάλλων. Ἐξωτερικὰ αἷτια δυνατὸν νὰ παρεμποδίσουν τὴν ἀνάπτυσίν του, χωρὶς νὰ παύσῃ δι' αὐτὸ τὸ στερεοποιηθὲν σῶμα νὰ εἶναι κρυσταλλικόν. Εἰς τὸ μάρμαρον λ.χ. οἱ ἀσβεστίται, οἱ ὅποιοι τὸ ἀποτελοῦν, ἡμποδίσθησαν ἀπὸ τὸν ἀμοιβαῖον ἀνταγωνισμόν των εἰς ἀπαίτησιν χώρου νὰ ἀναπτυχθοῦν εἰς κρυσταλλικὰ πολύεδρα καὶ ἔλαβον τὴν μορφὴν ἀκανονίστου σχήματος κόκκων.

Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ εἰς τὰ μέταλλα καὶ εἰς πλείστα πετρώματα, τὰ ὅποια ἀποτελοῦνται ἀπὸ κρυσταλλικὴν ὕλην, ἃν καὶ τὰ συστατικά των δὲν παρουσιάζουν τὴν πολυεδρικὴν ἀνάπτυξιν. Ἡ βαθυτέρα οὐσία τῆς κρυσταλλικῆς καταστάσεως συνίσταται εἰς τὴν ἰδιάζουσαν κανονικότητα τῆς διατάξεως ἐν τῷ χώρῳ τῶν ἐλαχίστων ὕλικῶν μονάδων, τῶν ἀτόμων, καὶ ἡ ἀπωτέρα αὕτη αἰτία ἐκδηλοῦται καὶ εἰς ἄλλας φυσικὰς ιδιότητες τῶν κρυστάλλων ἐκτὸς τῆς πολυεδρικῆς μορφῆς. Μία ἀπὸ τὰς ιδιότητας αὐτάς εἶναι ὁ σχισμός. Κρύσταλλος ἀσβεστίτου λ.χ., κρούμενος διὰ σφυρίου δὲν θραύεται κατ' ἀκανόνιστον ἐπιφάνειαν, ἀλλὰ κατ' ἐπίπεδα ἔχοντα ὠρισμένην θέσιν εἰς τὸν χώρον, ὥστε νὰ παρέχουν σχισμογενῆ πολύεδρα τοῦ σχήμ. 6. Ἡ ιδιότης αὕτη ἐμφανίζεται



Σχ. 6

Σχισμογενές ρομβόεδρον ἀσβεστίτου

ὡς εἶδομεν καὶ εἰς τὰς μικροσκοπικὰς τομὰς τοῦ μαρμάρου (σχ. 3) εἰς ἕκαστον κόκκον ἀσβεστίτου ὑπὸ μορφὴν παράλληλων εὐθειῶν, αἱ ὁποῖαι ἀντιπροσωπεύουν τὰ ἔχνη τῶν σχισμογενῶν ἐπιπέδων. Χαρακτηριστικὴ εἶναι ἐπίσης ἡ θερμικὴ διαστολὴ διὰ πολλοὺς κρυστάλλους. Εἰς τὸν χαλαζίαν ὁ συντελεστὴς τῆς θερμικῆς διαστολῆς κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς εὐθείας τῆς ἐνούσης τὰς κορυφὰς τῶν πυραμιδικῶν αὐτοῦ ἑδρῶν ἔχει τιμὴν ὑποδιπλασίαν τῆς ἀντιστοιχοῦσης εἰς κάθετον πρὸς αὐτὴν διεύθυνσιν. Σφαῖρα ἀποκοπείσα ἀπὸ κρύσταλλον χαλαζίου καὶ θερμαινομένη θὰ μετατραπῇ εἰς ἑλλειψοειδὲς ἐκ περιστροφῆς πεπλατυσμένον κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς εὐθείας τῆς ἐνούσης τὰς κορυφὰς τῶν πυραμιδικῶν ἑδρῶν. Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται καὶ ὡς πρὸς τὰς ἄλλας ιδιότητας, τὴν θερμικὴν ἀγωγιμότητα, τὴν ταχύτητα μεταδόσεως τοῦ φωτὸς κ.λ.π. Εἰς τὰς περιγραφείσας περιπτώσεις οἱ θεωρηθέντες κρύσταλλοι συμπεριφέρονται ὡς ὁμογενῆ ἀνισότροπα σώματα.

Μεταξὺ τῶν δύο ἀνυσματικῶν ιδιοτήτων, τὰς ὁποίας ἀνεφέραμεν ὡς παράδειγμα, τοῦ σχισμοῦ καὶ τῆς θερμικῆς διαστολῆς, ὑπάρχει μία οὐσιώδης διάκρισις ὡς πρὸς τὸν τρόπον μεταβολῆς τῶν τιμῶν αὐτῶν συναρτήσῃ τῆς διευθύνσεως ἐν τῷ χώρῳ. Ὁ συντελεστὴς θερμικῆς διαστολῆς μεταβάλλεται συνεχῶς μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τιμῶν, ἐνῶ ὁ σχισμὸς ἐμφανίζεται μόνον δι' ὠρισμένας διευθύνσεις, εἰς τὰς ἐνδιαμέσους δὲ θέσεις δὲν ἐκδηλοῦται ἡ ιδιό-

της αὐτῆς, ἡ τιμὴ τοῦ ἀνυσματικοῦ ποσοῦ εἶναι μηδενική. Ὁ σχισμὸς εἶναι ἀνυσματικὴ ιδιότης ἀσυνεχῶς μεταβαλλομένη. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὸ πολυεδρικὸν σχῆμα τοῦ κρυστάλλου, αἱ δυνάμει θέσεις κρυσταλλικῶν ἐδρῶν εἶναι καθωρισμέναι. Αἱ ιδιότητες τοῦ τύπου αὐτοῦ, αἱ ἀσυνεχῶς μεταβαλλόμεναι, χαρακτηρίζουν τὴν κρυσταλλικὴν ὕλην.

Οἱ κρυστάλλοι εἶναι ὁμογενὴ ἀνισότροπα μέσα, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀνυσματικὰς ιδιότητας ἀσυνεχῶς μεταβαλλομένας.

Ἡ μελέτη τῶν κρυστάλλων διαιρεῖται εἰς τρία κεφάλαια: τὴν Γεωμετρικὴν Κρυσταλλογραφίαν, τὴν Κρυσταλλοχημίαν καὶ τὴν Κρυσταλλοφυσικὴν. Εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Κρυσταλλογραφίαν μελετῶνται αἱ καθαρῶς γεωμετρικαὶ ιδιότητες τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων, χωρὶς νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ὕλη, ἐκ τῆς ὁποίας ἀποτελοῦνται, καὶ ἀναζητοῦνται οἱ γεωμετρικοὶ νόμοι, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὴν ἀνάπτυξιν των.

Ἡ Κρυσταλλοχημία ἀναζητεῖ σχέσεις μεταξὺ χημικῆς συστάσεως τῶν κρυστάλλων καὶ τῶν γεωμετρικῶν αὐτῶν χαρακτηριστικῶν.

Εἰς τὴν Κρυσταλλοφυσικὴν ἀναζητοῦνται αἱ σχέσεις, αἱ ὁποῖαι ὑπάρχουν μεταξὺ τῶν γεωμετρικῶν χαρακτηριστικῶν καὶ τῶν φυσικῶν ιδιοτήτων τῶν κρυστάλλων, μηχανικῶν, ὀπτικῶν, θερμικῶν κ.λ.π.

Κατόπιν τῶν προόδων αἱ ὁποῖαι συνετελέσθησαν κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας εἰς τὴν μελέτην τῆς ἐσωτερικῆς δομῆς τῆς ὕλης, ἡ Κρυσταλλογραφία ἐξελιχθῆ εἰς αὐθυπόστατον καὶ εὐρύτατον κλάδον ἀνήκοντα εἰς τὴν περιοχὴν τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν. Ἡ Κρυσταλλογραφία ἀποτελεῖ τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς τὸ πρᾶγματευόμενον τὴν στερεὰν κατάστασιν τῶν σωμάτων. Στερεὸν σῶμα καὶ κρυστάλλος εἶναι ἔννοια ταυτόσημοι. Εἰς τὴν ἐξερεύνησιν τῶν προβλημάτων, τὰ ὁποῖα θέτει ἡ μελέτη τῆς κρυσταλλικῆς καταστάσεως, συναντῶνται αἱ προσπάθειαι θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν κλάδων τῶν φυσικῶν Ἐπιστημῶν ἀπὸ τῶν μᾶλλον ἀπρηρημένων μαθηματικῶν, μέχρι τῆς Φυσικῆς, τῆς Χημείας καὶ τῆς Φυσικοχημείας.

Ἐνταῦθα θὰ ἐκτεθοῦν στοιχειώδεις μόνον γνώσεις Κρυσταλλογραφίας, ὅσαι εἶναι ἀπαραίτητοι διὰ τὰς ἐφαρμογὰς των εἰς τὴν ἔρευναν τῶν ὁρυκτῶν.

I. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ

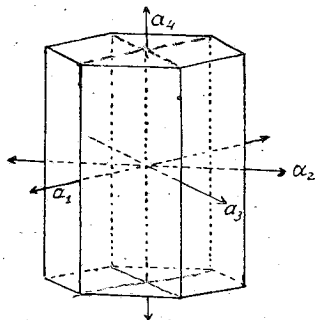
Ὡς ἤδη εἶπομεν ἡ Γεωμετρικὴ Κρυσταλλογραφία ἀσχολεῖται μὲ τὴν μελέτην τῶν γεωμετρικῶν ιδιοτήτων τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων καὶ τῶν νόμων, εἰς τοὺς ὁποίους ὑπακούει ἡ ἀνάπτυξις των. Οἱ κρυστάλλοι θεωροῦνται, ἀπὸ τῆς ἀπόψεως αὐτῆς ὡς γεωμετρικὰ στερεὰ καὶ εἰς σχετικὴν μελέτην ἀντὶ τῶν φυσικῶν κρυστάλλων χρησιμοποιοῦνται διὰ διδακτικoὺς σκοποὺς πρό-
τυπα κατασκευασθέντα ἀπὸ ξύλον ἢ χαρτόνιον κατ' ἀπομίμησιν τῶν κρυστάλ-

λατῶν πολυέδρων καὶ δὴ ὡς θὰ ἀνεπτύσσοντο ὑπὸ τὰς ιδεώδεις συνθήκας ὁμοιομόρφου καὶ κανονικῆς ἀναπτύξεως.

Α. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΟΛΥΕΔΡΩΝ

6. Γεωμετρικαὶ ιδιότητες τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων. Περατωτικά στοιχεία. Ζώνη. Οἱ κρύσταλλοι εἶναι κυρτὰ γεωμετρικὰ πολυέδρα, δηλ. δὲν παρουσιάζουν εἰσχωρούσας διέδρους γωνίας. Κάθε ἔδρα τοῦ κρυστάλλου προεκτεινομένη ἀφήνει ὁλόκληρον τὸν κρύσταλλον πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος. Ὅσakis συμβαίνει τὸ ἀντίθετον, πρόκειται περὶ δύο ἢ περισσοτέρων κρυστάλλων συμφυομένων. Τὰ γεωμετρικὰ περατωτικά στοιχεία τοῦ πολυέδρου εἶναι αἱ ἔδραι, αἱ ἀκμαὶ καὶ αἱ κορυφαί. Ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων αὐτῶν συνδέεται μὲ τὴν σχέσιν: ἔδραι + κορυφαί = ἀκμαὶ + 2. Αἱ ἔδραι τῶν κρυστάλλων πλησιάζουν πρὸς τέλεια ἐπίπεδα εἰς μεγαλύτερον ἢ μικρότερον βαθμὸν ἀναλόγως τῆς φύσεως τοῦ σώματος καὶ τῶν συνθηκῶν, ὑπὸ τὰς ὁποίας συνετελέσθη ἡ κρυστάλλωσις αὐτοῦ.

Τὰ κρυσταλλικὰ πολυέδρα παρουσιάζουν συχνὰ σύνολον ἀκμῶν παραλλήλων πρὸς ἀλλήλας (σχ. 7). Αἱ ἔδραι, εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουν αἱ ἀκμαὶ αὗται,



Σχ. 7

Διάταξις ἑδρῶν κατὰ ζῶνας a_1, a_2, a_3, a_4 = ἄξονες ζωνῶν



βαίνουν παραλλήλως πρὸς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν εὐθεΐαν, δι' ἣν καὶ τέμνονται κατ' εὐθείας παραλλήλους πρὸς τὴν κοινὴν αὐτῶν παράλληλον. Τὸ σύνολον τῶν κατὰ παραλλήλους ἀκμᾶς τεμνομένων ἑδρῶν καλεῖται ζώνη, ἡ δὲ κατεύθυνσις τῶν ἀκμῶν τῶν, ὀριζομένη ἀπὸ τὴν εὐθεΐαν πρὸς τὴν ὁποίαν αἱ ἔδραι εἶναι παράλληλοι, ἄξων τῆς ζώνης. Δύο ἔδραι ὅχι παράλληλοι ὀρίζουν ζώνην, τῆς ὁποίας ἄξων εἶναι ἡ τομὴ τῶν ἑδρῶν αὐτῶν. Ἡ τομὴ αὕτη εἶναι εἴτε πραγματικὴ ἀκμὴ τοῦ κρυστάλλου εἴτε καὶ ἰδεατὴ εὐθεΐα, καθ' ἣν τέμνονται προεκτεινόμεναι αἱ δύο ἔδραι. Ἡ ἔννοια τῆς ζώνης ἔχει σημασίαν ἐνδιαφέρουσαν διὰ τὴν περιγραφὴν καὶ παράστασιν τῶν κρυστάλλων.

7. Παραμόρφωσις τοῦ κρυσταλλικοῦ σχήματος. Νόμοι σταθερότητος

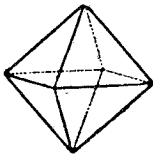
τῶν γωνιῶν. Ὁρισμένα σώματα κρυσταλλούμενα ὑπὸ συνθήκας ὁμαλᾶς παρουσιάζουν λίαν ἀπλᾶ κανονικὰ κρυσταλλικὰ σχήματα.

Τὸ χλωριούχον νάτριον κρυσταλλοῦται εἰς κύβους, ἡ στυπτηρία εἰς κανονικὰ ὀκτάεδρα (σχ. 8), τῶν ὁποίων αἱ ἑδραὶ ἔχουν σχῆμα ἰσοπλεύρου τριγώνου καὶ τέμνονται ὑπὸ γωνίαν $109^{\circ}28'15''$. Εἰς ὀκτάεδρα ἐπίσης κρυσταλλοῦται καὶ σειρά ὀρυκτῶν, ὅπως ὁ μαγνητίτης ($\text{Fe} \cdot \text{Fe}_2 \cdots \text{O}_4$), ὁ χρωμίτης ($\text{Fe} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_4$), ὁ σπινέλλιος κ.ἄ. τοῦ γενικοῦ τύπου $\text{M} \cdot \text{M}_2 \cdots \text{O}_4$ τῆς καλουμένης ὁμάδος τοῦ σπινέλλιου. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα ἀποτελεῖ συνδυαζόμενον καὶ μὲ ἄλλας ιδιότητες τῶν σωμάτων αὐτῶν χρήσιμον στοιχεῖον διὰ τὴν διάγνωσιν των. Ἐν τούτοις δὲν παρουσιάζεται πάντοτε μὲ τὴν χαρακτηριστικὴν αὐτὴν κανονικότητα τῶν ἑδρῶν του. Συχνάκις ἀπαντοῦν εἰς τὴν Φύσιν κρύσταλλοι μαγνητίτου, τῶν ὁποίων τὸ μέγεθος τῶν ἑδρῶν εἶναι ἄνισον καὶ τὸ σχῆμα των διάφορον τοῦ ἰσοπλεύρου τριγώνου (σχ. 9). Ἡ ἄνισος αὕτη καὶ ἀκανόνιστος ἀνάπτυξις ὀφείλεται εἰς τὴν ἔλλειψιν ὁμοιομορφίας τῶν συνθηκῶν τοῦ περιβάλλοντος περὶ τοῦ ἀναπτυσσομένου κρυστάλλου. Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν κανονικοῦ ὀκταέδρου στυπτηρίας ἀπὸ διάλυμα τοῦ σώματος αὐτοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ λεπτὸν νῆμα κρυσταλλικὸς κόκκος κατὰ τὸ δυνατὸν ἰσομετρικῶς ἀνεπτυγμένος ἐντὸς κεκορεσμένου διαλύματος, τὸ ὁποῖον διατηρεῖται διὰ καταλλήλου τρόπου διαρκῶς εἰς κατὰστασιν κόρου καὶ ἀνακυκᾶται διὰ καταλλήλου συστήματος, ὥστε τὸ διάλυμα νὰ παρουσιάζῃ ὁμογένειαν ὡς πρὸς τὴν πυκνότητα καὶ τὴν θερμοκρασίαν περὶ τὸ κρυστάλλιον τὸ ἀποτελοῦν τὸν πυρῆνα τῆς περαιτέρω ἀναπτύξεως τοῦ κρυστάλλου. Μετὰ τινα χρόνον αἱ ἀνωμαλῖαι τοῦ κρυσταλλικοῦ τεμαχίου ἐπουλοῦνται καὶ ἐμφανίζονται αἱ ἑδραὶ τοῦ κανονικοῦ ὀκταέδρου. Ἡ περαιτέρω αὔξησις τοῦ κρυστάλλου γίνεται δι' ἀποθέσεως ἐπὶ τῶν ἑδρῶν τοῦ ὀκταέδρου τῶν χημικῶν μονάδων, τὰς ὁποίας προσλαμβάνει ὁ κρύσταλλος ἀπὸ τὸ τροφοδοτοῦν τὴν ἀνάπτυξιν του περιβάλλον. Ἐφ' ὅσον τὸ διάλυμα περὶ τὸν κρύσταλλον διατηρεῖται ὁμογενές, ἡ ἀπόθεσις τῆς ὕλης θὰ γίνεταί μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα καὶ ἐπὶ τῶν ὀκτῶ ἑδρῶν τοῦ ὀκταέδρου, ὁ κρύσταλλος θὰ αὐξάνεται κατὰ τὰς διαστάσεις, ἀλλὰ θὰ διατηρῇ τὴν κανονικότητά του, αἱ ἑδραὶ του δηλ. θὰ παραμένουν πάντοτε ἰσοπλευρα τρίγωνα.

Τοιαῦται κανονικαὶ συνθῆκαι ἀναπτύξεως δὲν πραγματοποιιοῦνται εἰς τὴν Φύσιν. Διαφοραὶ πυκνότητος ἢ θερμοκρασίας εἰς διαφόρους περιοχὰς τοῦ τροφοδοτοῦντος τὸν κρύσταλλον μέσου δύνανται νὰ δημιουργήσουν ρεύματα ἐντὸς αὐτοῦ εὐνοοῦντα τὴν ταχύτεραν προσφορὰν δομικῶν στοιχείων καθ' ὠρίσμένην κατεύθυνσιν. Κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν ὁ κρύσταλλος θὰ λάβῃ μεγαλυτέραν ἀνάπτυξιν καὶ συνεπείᾳ αὐτῆς θὰ ἀναπτυχθοῦν ἀνίσως αἱ διάφοροι ἑδραὶ του καὶ δὲν θὰ διατηρήσουν τὸ σχῆμα τοῦ ἰσοπλεύρου τριγώνου. ὥς δεικνύουν τὰ σχήματα 9 καὶ 10. Οὕτω τὸ κανονικὸν σχῆμα παρхамορφοῦται καὶ εἰς τὸν παραμορφωμένον κρύσταλλον δὲν εἶναι εὐκόλῳ εὐθὺς ἀμέ-

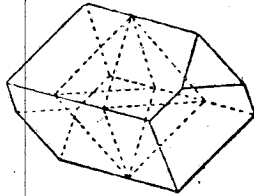
σως νὰ διαγνώσῃ τις ποῖον σχῆμα ἀντιστοιχεῖ διὰ συνθήκας ἀνάπτυξεως ἑ-
μαλὰς.

Οὕτω τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα θὰ ἔχανε τὴν ἀξίαν του ὡς διαγνωστικοῦ
μέσου. Ἐν τούτοις ἡ παραμόρφωσις δὲν ἔθιξεν ὠρισμένα σταθερὰ κρυσταλλι-
κὰ στοιχεῖα, διὰ μετρήσεως τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ ἀναγῶμεν εὐκόλως
ἀπὸ τοῦ παραμορφωμένου εἰς τὸν κανονικὸν κρύσταλλον.



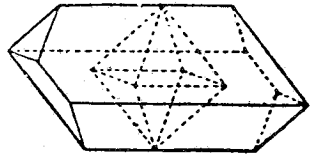
Σχ. 8

Ὁκτάεδρον μαγνητίτου
κανονικόν



Σχ. 9

Ὁκτάεδρα μαγνητίτου
παραμορφωμένα



Σχ. 10

Ὡς εἶδομεν ἡ ἀνάπτυξις τοῦ κρυστάλλου γίνεται δι' ἀποθέσεως κατὰ
στρώματα τῆς ὕλης ἐπὶ τῶν ἀρχικῶν ἐδρῶν, δηλ. ἰσοδυναμεῖ γεωμετρικῶς
μὲ παράλληλον μετατόπισιν τῶν ἐδρῶν κατὰ τὴν κάθετον ἐπ' αὐτάς, τελου-
μένην μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα δι' ὅλας τὰς ἑδρας ἐπὶ κανονικῆς ἀναπτύξεως,
μὲ ἄνισον ὑπὸ συνθήκας ὅχι κανονικῆς. Ἀλλὰ κατὰ τὴν παράλληλον μετατό-
πισιν ἐπιπέδων αἱ τιμαὶ τῶν διέδρων γωνιῶν των παραμένουν σταθεραί. Πράγ-
ματι εἰς τὰ παραμορφωμένα ὀκτάεδρα τοῦ σχ. 9 αἱ διέδροι γωνίαί τῶν ἐφεξῆς
ἐδρῶν ἐξακολουθοῦν νὰ διατηροῦν τὴν τιμὴν των $109^{\circ}28'1/4$. Ἡ σταθερότης
αὕτη εἶναι ὁ πρῶτος νόμος, εἰς τὸν ὁποῖον ὑπακούει ἡ ἀνάπτυξις τῶν κρυστάλ-
λων.

Νόμος τῆς σταθερότητος τῶν γωνιῶν (νόμος τοῦ Romé de l' Isle).

«Αἱ διέδροι γωνίαί τῶν ἐδρῶν κρυστάλλων δοθέντος χημικοῦ σώματος
σηματιζομένων ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως ἔχουν
τιμὴν στάθεράν».

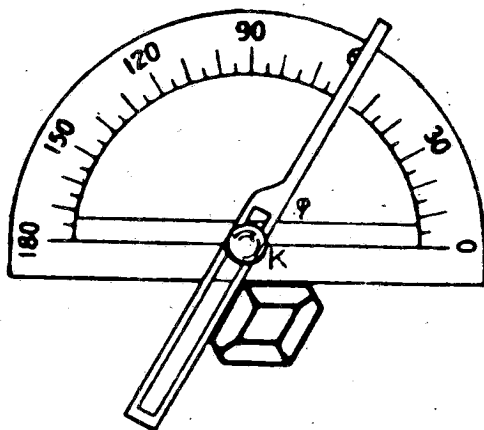
Εὐνόητον εἶναι ὅτι καὶ αἱ ἐπίπεδοι γωνίαί, δηλ. αἱ γωνίαί τὰς ὁποίας
σηματίζουν αἱ ἀκμαί, διατηροῦν τὴν τιμὴν των σταθεράν.

Τὴν σταθερότητα αὐτὴν διεπίστωσε πρῶτος ὁ Stensen ἐπὶ κρυστάλλων
χαλαζίου διαφόρων προελεύσεων. Ὁ Guglielmini (1688) τὴν ἐβεβαίωσεν
ὕφισταμένην καὶ ἐπὶ ἄλλων ὀρυκτῶν. Τὸ 1780 εἰσῆχθη ὑπὸ τοῦ Carangeot
εἰς τὰς μετρήσεις τῶν γωνιῶν τῶν κρυστάλλων τὸ γωνιόμετρον ἐπαφῆς. Μὲ
τὴν χρῆσιν αὐτοῦ ὁ Romé de l'Isle ἐπεζέτεινε τὰς προγενεστέρας παρατηρή-
σεις ἐφ' ὧν τῶν ὀρυκτῶν, τὰ ὅποια περιέλαβεν εἰς τὸ τετράτομον ἔργον του

τὸ δημοσιευθὲν τὸ 1783, καὶ διετύπωσε τὸν νόμον ὅστις φέρει τὸ ὄνομά του.

8. Γωνιόμετρα. Ἡ σημασία τῆς τιμῆς τῶν διέδρων γωνιῶν διὰ τὴν κρυσταλλογραφίαν ὑπεργόρευσε τὴν χρῆσιν ὀργάνων μετρήσεως τῶν γωνιῶν αὐτῶν, τῶν γωνιομέτρων.

Γωνιόμετρον ἐπαφῆς. Εἰς τὴν ἀπλουστέραν του μορφὴν ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κανόνες συνηρθρωμένους κατὰ τὸ Κ, εἰς τρόπον ὥστε ὁ εἰς νὰ στρέφεται περὶ τὸν ἄξονα συνδέσεως καὶ νὰ σχηματίζῃ οὕτω μετὰ τοῦ ἄλλου γωνίαν μεταβλητήν. Κατὰ τὴν μέτρησιν τοποθετεῖται ὁ κρύσταλλος μεταξὺ τῶν δύο κανόνων μὲ τὴν ἀκμὴν τῆς γωνίας κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδόν των καὶ μεταβάλλεται ἡ γωνία των, μέχρις ὅτου λάβῃ τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστοίχου τῆς διέδρου ἐπιπέδου, ὅποτε οἱ κανόνες εὐρίσκονται εἰς τελείαν ἐπαφὴν μὲ τὰς ἑδρας τῆς μετρουμένης γωνίας (σχ. 11). Τὴν τιμὴν τῆς γωνίας αὐτῆς ἀναγινώσκουμεν μεταφέροντες τὸ γωνιόμετρον ἐπὶ μοιρογνωμονίου. Εἰς τὸν τύπον τοῦ γωνιομέτρου ἐπαφῆς τοῦ σχ. 11 τὸ μοιρογνωμόνιον ἀποτελεῖ σταθερὸν τμήμα τοῦ ὀργάνου.



Σχ. 11

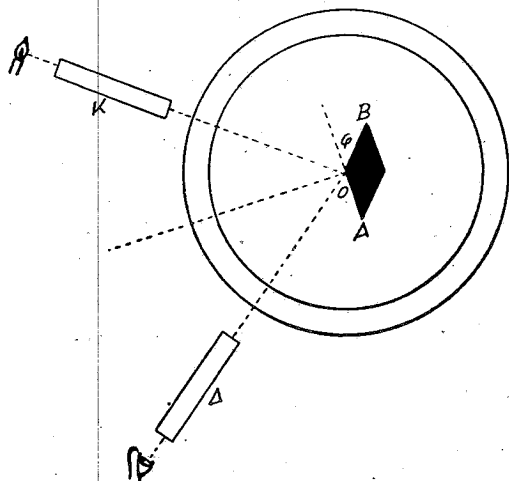
Γωνιόμετρον ἐπαφῆς

Ὡς κρυσταλλογραφικὴ γωνία λαμβάνεται ὄχι ἡ ἀντίστοιχος τῆς διέδρου ἐπίπεδος, ἀλλὰ ἡ παραπληρωματικὴ τῆς (φ εἰς τὸ σχ. 11).

Τὸ γωνιόμετρον ἐπαφῆς παρέχει προσέγγισιν μιᾶς περίπου μοίρας καὶ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ μόνον ἐπὶ εὐμεγέθων κρυστάλλων. Χρησιμεύει μόνον διὰ προχειροὺς μετρήσεις καὶ διὰ σκοποὺς κυρίως διδακτικούς.

Γωνιόμετρα ἀνακλάσεως. Ταῦτα στηρίζονται ἐπὶ τῆς ἐξῆς ἀρχῆς: Διὰ τοῦ κατευθυντήρος Κ (σχ. 12) κατευθύνεται δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων ἐπὶ τοῦ κρύσταλλου, ὅστις εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον Ο γωνιομετρημένου κύκλου,

στρεφομένου περὶ ἄξονα κατὰ τὸ O μὲ τὴν ἀκμὴν τῆς μετρητέας διέδρου γωνίας κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου. Διὰ τῆς διόπτρας, ἥς ὁ ὀπτικὸς ἄξων διέρχεται διὰ τοῦ O καὶ ἥτις δύναται νὰ στραφῇ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς οὔτος νὰ μένῃ παράλληλος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου καὶ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου του, δεχόμεθα τὴν ἀνακλωμένην δέσμην ἐκ τῆς ἑδρας A . Στερεώνοντες τὴν διόπτραν εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν στρέφομεν τὸν κύκλον, μέχρις ὅτου δεχθώμεν ἀνάκλασιν ἐκ τῆς ἑδρας B . Ἡ διαφορὰ τῶν ἀναγνώσεων εἰς τὰς δύο θέσεις ἀνακλάσεως μᾶς παρέχει τὴν γωνίαν φ , ἥτις εἶναι ἡ κρυσταλλογραφικὴ γωνία τῶν ἑδρῶν A καὶ B . Ἡ ἀκρίβεια εἰς τὰς μετρήσεις διὰ τοῦ γωνιομέτρου ἀνακλάσεως φθάνει τὸ $\frac{1}{2}$ πρώτου λεπτοῦ τῆς μοίρας. Μεγαλυτέραν προσέγγισιν δὲν ἐπιτρέπουν αἱ ἀτέλειαι τῶν κατοπτρικῶν ἐπιπέδων τῶν ἑδρῶν.

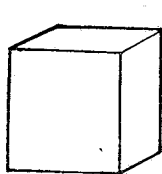


Σχ. 12
Γωνιόμετρον ἀνακλάσεως

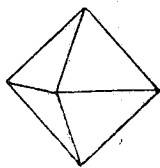
9. Ἀπλὰ καὶ σύνθετα κρυσταλλικὰ σχήματα. Ὅψις καὶ περιβολή.

Ἐάν εἰς διάλυμα γλωριούχου νατρίου ρίψωμεν ὠρισμένην ποσότητα οὐρίας, τότε οἱ σχηματιζόμενοι κατὰ τὴν ἐξάτμισιν τοῦ διαλύματος κρυσταλλοὶ δὲν εἶναι κύβοι, ἀλλὰ ὀκταέδρα. Ἐάν ἡ ποσότης τῆς οὐρίας μεταβληθῇ, λαμβάνονται κρυσταλλοὶ τῶν σχημάτων 15 καὶ 16, οἱ ὅποιοι καὶ ἀποτελοῦν συνδυασμὸν τῶν δύο σχημάτων, τοῦ ἑξαέδρου καὶ τοῦ ὀκταέδρου. Οἱ κρυσταλλοὶ αὗτοι καλοῦνται σύνθετοι, ἔχουν δὲ ἑδρας διαφορετικάς, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τοὺς ἀπλοῦς τοῦ ἑξαέδρου καὶ ὀκταέδρου, τῶν ὑποίων ὅλαι αἱ ἑδραι εἶναι ὅμοιαι μετὰξὺ των. Τὸ ἐκτεθὲν παράδειγμα μᾶς δεικνύει ὅτι ἐν ὠρισμένον σῶμα δύναται νὰ παρουσιασθῇ ὑπὸ διάφορα κρυσταλλικὰ σχήματα ἀπλὰ ἢ σύνθετα ἐκ δύο ἢ περισσοτέρων ἀπλῶν καὶ μὲ διάφορον ἐκάστοτε βαθμὸν

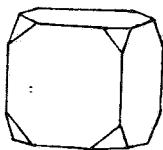
ἀναπτύξεως. Εἰς τὸν κρύσταλλον τοῦ σχ. 16 ἀποτελούμενον ἀπὸ ἑξάεδρου καὶ ὀκταέδρου ἐπικρατεῖ τὸ ὀκταέδρον, ἐνῶ εἰς τὸν τοῦ σχ. 15 ἀποτελούμενον ἀπὸ τῶ ἰδία ἀπλᾶ σχήματα ἐπικρατεῖ τὸ ἑξάεδρον. Ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον οἱ φυσικοὶ κρύσταλλοι εἶναι σύνθετοι ἀπὸ δύο ἢ περισσότερα ἀπλᾶ σχήματα καὶ οἱ διάφοροι συνδυασμοὶ τῶν μὲ διάφορον βαθμὸν ἀναπτύξεως καὶ διάφορον ἀριθμὸν ἀπλῶν σχημάτων παρέχουν μεγάλην ποικιλίαν διὰ μίαν καὶ τὴν αὐτὴν οὐσίαν καθορισμένην ἔτι μεγαλυτέραν καὶ ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τῆς παραμορφώσεως.



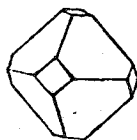
Σχ. 13



Σχ. 14



Σχ. 15



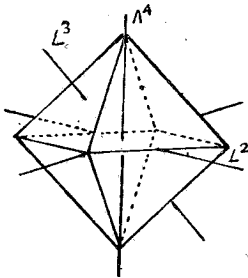
Σχ. 16

Εἰς τὸν ἄλγαντα τῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων τοῦ Goldschmidt εἰκονίζονται περὶ τὰς 2500 μορφαὶ ἀπλῶν καὶ συνθέτων κρυσταλλικῶν σχημάτων παρατηρηθεῖσαι εἰς τὸν ἀσβεστίτην. Ἡ μεγάλη αὐτὴ ποικιλία θὰ καθίστα τὴν κρυσταλλογραφίαν ἀχρηστον ὡς διαγνωστικὸν μέσον, ἂν καὶ ἐνταῦθα δὲν ὑπῆρχεν ἓν κοινὸν κρυσταλλογραφικὸν στοιχεῖον εἰς ὅλα τὰ κρυσταλλικὰ σχήματα, ὑπὸ τὰ ὅποια εἶναι δυνατὸν νὰ κρυσταλλωθῇ ἐν σῶμα, περὶ οὗ ἀμέσως κατωτέρω γίνεται λόγος. Προηγουμένως θὰ καθορίσωμεν δύο ἔννοιαις, τῶν ὁποίων γίνεται χρῆσις κατὰ τὴν περιγραφὴν τῶν κρυστάλλων, τὴν ἔννοιαν τῆς ὄψεως* (Habitus) καὶ τῆς περιβολῆς (Tracht). Καλεῖται περιβολὴ τὸ σύνολον τῶν ἀπλῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν σύνθετον κρύσταλλον. Οὕτω τὸ γλωριούχον νάτριον ὑπὸ τὰ σχ. 15 καὶ 16 ἐμφανίζεται μὲ περιβολὴν ἐξ ἑξάεδρου καὶ ὀκταέδρου. Ἐνῶ διὰ τοῦ ὅρου ὄψις ἀναφερόμεθα εἰς τὰ ἐπικρατέστερα μορφολογικὰ χαρακτηριστικὰ ἐνὸς κρυσταλλικοῦ πολυέδρου, τὰ ὅποια προκαλοῦν τὴν μεγαλυτέραν ἐντύπωσιν εἰς τὸν παρατηροῦντα καὶ ὑφείλονται εἴτε εἰς τὴν ἰδιαιτέραν ἀνάπτυξιν ἐνὸς ἐκ τῶν ἀπλῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων τῆς περιβολῆς τοῦ κρυστάλλου εἴτε εἰς τὴν παραμόρφωσιν. Οὕτω διὰ τὸν κρύσταλλον τοῦ σχ. 15 λέγομεν ὅτι ἔχει ὄψιν ἑξαεδρικήν καὶ διὰ τὸν τοῦ σχ. 16 ὀκταεδρικήν. Κύβος ἐλάχιστα ἀναπτυσσόμενος κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν θὰ λάβῃ ὄψιν «πλακώδη» μέχρι καὶ «λε-

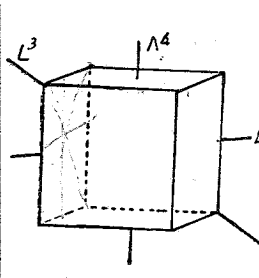
* Εἰς τὴν ἑλληνικὴν βιβλιογραφίαν εἶχεν ἐπικρατήσῃ ἡ χρῆσις τοῦ ὅρου μορφή πρὸς ἀπόδοσιν τοῦ λατινικοῦ ὅρου Habitus. Ἐπειδὴ ὁ αὐτὸς ὅρος μορφή χρησιμοποιοῦται ὑπὸ ἐντελῶς διάφορον ἔννοιαν καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς πολυμορφίας εἶναι προτιμότερον πρὸς ἀποφυγὴν τῆς συγχύσεως πρὸς ἀπόδοσιν τῆς ἔννοιαις Habitus νὰ γίνεται χρῆσις τοῦ ὅρου ὄψις.

πιδώδους», ἐὰν τὸ πάχος τῆς πλακὸς καταστῇ ἀσήμαντον. Τοῦναντίον μεγαλύτερα ἀνάπτυξις κατὰ μίαν τῶν ἀκμῶν τοῦ θά τοῦ προσδώσῃ ὕψιν «πρισματικήν» ἢ καὶ «βελονοειδῆ», ἐὰν ἡ τομὴ τοῦ πρίσματος ἔχει ἐλαχίστας διαστάσεις. Ὡς παράδειγμα ἔστω ὁ χαλκοτριχίτης, ἰνώδης ποιικιλία τοῦ κυπρίτου (Cu_2O) προκύψασα δι' ἐξαιρετικῆς ἀναπτύξεως ἐξαεδρικῶν κρυστάλλων κατὰ τὴν διεύθυνσιν ἀκμῶν ἢ διαγωνίων τοῦ κύβου.

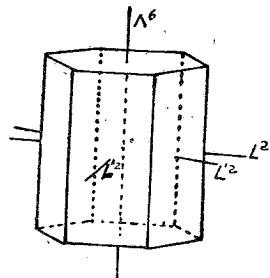
10. Νόμος τῆς συμμετρίας. Στοιχεῖα συμμετρίας. Οἱ ὀκταεδρικοὶ κρυσταλλοὶ τοῦ μαγνητίτου καὶ οἱ ἐξαεδρικοὶ τοῦ χλωριούχου νατρίου (ὄρυκτοῦ ἁλατος) εἶναι ἀπὸ τὰ πλέον κανονικὰ γεωμετρικὰ πολύεδρα. Ὅλοι αἱ ἔδραι τοῦ ὀκταέδρου εἶναι ἰσόπλευρα τρίγωνα, τοῦ ἐξαέδρου τετράγωνα. Τοιαύτης φύσεως κανονικότητος εὐρίσκομεν εἰς τὰ πλεῖστα τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων, ὅταν δὲν εἶναι παραμορφωμένα. Ἐξετάζοντες λεπτομερέστερον τὴν «κανονικότητα» αὐτὴν ἀνευρίσκομεν ὅτι τὰ κρυσταλλικὰ πολύεδρα ἔχουν ἀνάπτυξιν συμμετρικήν, τὰ περατωτικὰ αὐτῶν στοιχεῖα ἔχουν συμμετρικήν πρὸς ἀλλήλα θέσιν ἐν τῷ χώρῳ. Εἰς τὸ ὀκτάεδρον λ.χ. (σχ. 17), ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν εὐθεῖαν τὴν ἐνώνουσαν τὰς δύο ἀπέναντι κορυφάς του, ὅμοια περατωτικὰ στοιχεῖα ἐκπανάλαμβάνονται κατὰ τρόπον κανονικὸν τετράκις περὶ τὴν εὐθεῖαν αὐτήν, οὕτως ὥστε διὰ στροφῆς τοῦ κρυστάλλου περὶ αὐτὴν κατὰ $2\pi/4 = 90^\circ$ τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα λαμβάνει τὴν ἀρχικὴν του θέσιν ἐν τῷ χώρῳ, ταυτίζεται πρὸς ἑαυτό. Τοιαύτη συνταύτισις γίνεται τετράκις εἰς μίαν πλήρη στροφήν. Ἡ ἐν λόγῳ εὐθεῖα καλεῖται ἄξων συμμετρίας τετάρτης τάξεως καὶ παρίσταται συμβολικῶς μὲ Λ^4 . Ὑπάρχουν τρεῖς τοιαῦται εὐθεῖαι ($3\Lambda^4$), μία δι' ἕκαστον ζεύγος ἀντικειμένων κορυφῶν τοῦ ὀκταέδρου, κάθετοι ἐπ' ἀλλήλας. Ἐν γένει καλεῖται ἄξων συμμετρίας τάξεως n ἡ εὐθεῖα, περὶ τὴν ὁποῖαν στρεφόμενον τὸ γεωμετρικὸν σχῆμα κατὰ γωνίαν $2\pi/n$ ταυτίζεται πρὸς ἑαυτό. Ὁ ἄξων παρίσταται συμβολικῶς μὲ Λ^n ἢ L^n . Εἰς τὸ ἐξαέδρον (σχ. 18) ὑπάρχουν ἐπίσης $3\Lambda^4$ κάθετοι ἐπ' ἀλλήλους διερχόμενοι διὰ τῶν κέν-



Σχ. 17



Σχ. 18

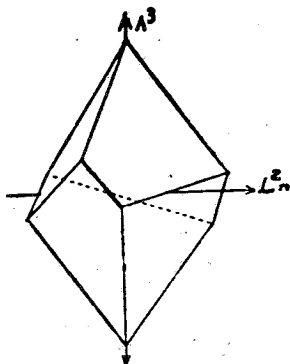


Σχ. 19

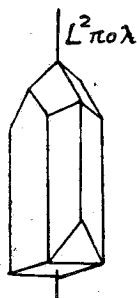
τρων τῶν ἀπέναντι πλευρῶν. Κατὰ τὴν ἀναζήτησιν ἀξόνων συμμετρίας εἰς τι σχῆμα δεόν νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι τὰ πέρατά των δὲν εἶναι τυχαῖα σημεῖα

αυτοῦ, ἀλλὰ θὰ ἔχουν διακεκριμένην τινὰ θέσιν συμμετρικὴν ὡς πρὸς τὰ περατωτικά του στοιχεῖα. Ἀξονες θὰ ἀπολήγουν εἰς κορυφάς, εἰς μέσα ἀκμῶν, εἰς κέντρα ἐδρῶν. Σύμφωνα μετὰ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν ἀναζητοῦντες καὶ ἄλλους ἄξονας εἰς τὸ ὀκτάεδρον ἀνευρίσκομεν $4L^3$ διερχομένους διὰ τῶν κέντρων τῶν ἀντικειμένων ἐδρῶν, $6L^2$ ἀπολήγοντας εἰς τὰ μέσα δύο ἀπέναντι παραλλήλων ἀκμῶν. Οἱ αὐτοὶ ἄξονες συμμετρίας καὶ μετὰ τὴν αὐτὴν πρὸς ἀλλήλους σχετικὴν θέσιν, οἷαν ἔχουν εἰς τὸ ὀκτάεδρον, ὑπάρχουν καὶ εἰς τὸ ἐξάεδρον. Ἀξονες τρίτης τάξεως εἶναι αἱ διαγώνιοι τοῦ κύβου αἱ ἐνοῦσαι δύο ἀντικειμένους κορυφάς του, ἄξονες δευτέρας τάξεως οἱ ἀπολήγοντες εἰς τὰ μέσα δύο ἀκμῶν συμμετρικῶν ὡς πρὸς τὸ κέντρον του. Ἄλλοι ἄξονες συμμετρίας εἰς τὰ ὡς ἄνω σχήματα δὲν εἶναι δυνατοί, ἐφ' ὅσον ἐξηγητήσαμεν ὅλα τὰ διακεκριμένα ἐπ' αὐτῶν στοιχεῖα, τὰ ὅποια θὰ ἠδύναντο νὰ ἀποτελέσουν πέρατα ἄξόνων. Εἰς τὸν κρύσταλλον τοῦ σχ. 19, ὀρθὸν πρίσμα μετὰ βάσιν κανονικὸν ἐξάγωνον, διὰ τοῦ κέντρου τῶν ἐξαγωνικῶν ἐδρῶν του διέρχεται ἄξων ἑκτῆς τάξεως (L^6), διὰ τῶν κέντρων τῶν κατακορύφων ἐδρῶν $3L^2$ καὶ διὰ τῶν μέσων τῶν κατακορύφων ἀκμῶν $3L^2$. Αἱ δύο ομάδες ἄξόνων δευτέρας τάξεως ὡς ἀπολήγουσαι εἰς διάφορα περατωτικά στοιχεῖα συμβολίζονται διαφορετικὰ (L^2 , L^{2*})..

Εἰς τὰ πολύεδρα τῶν σχημάτων 20 καὶ 21 οἱ σημειούμενοι ἄξονες συμμετρίας ἀπολήγουν εἰς διάφορα περατωτικά στοιχεῖα (κορυφή, κέντρον ἑδρας ὡς εἰς τὸ σχ. 21, μέσα ἀνίσων ἀκμῶν ὡς εἰς τὸ σχ. 20). Οἱ ἄξονες οὗτοι καλοῦνται *πολικοί* καὶ δηλοῦνται μετὰ τὸ συντετμημένον πολ. γραφόμενον



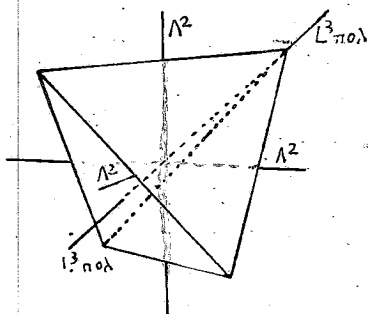
Σχ. 20



Σχ. 21

παρὰ τὸ σύμβολόν των (L^2 πολ.). Ἡ γεωμετρικὴ αὐτὴ πολικότης συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἐμφάνισιν διαφόρων φυσικῶν ιδιοτήτων κατὰ τὰ πέρατα τοῦ πολικοῦ ἄξονος, λ.χ. ἀντιθέτων ἡλεκτρικῶν φορτίων κατὰ τὴν θέρμηνσιν τοῦ κρυστάλλου. Τοὺς ἄξονας συμμετρίας δοθέντος κρυσταλλικοῦ πολυέδρου

διακρίνομεν εἰς κυρίους καὶ δευτερεύοντας. Διὰ τὴν συμβολικὴν παράστασιν τῶν πρώτων χρησιμεύει τὸ Λ διὰ δὲ τοὺς δευτέρους τὸ L . "Ὅπου ὑπάρχει εἰς μόνον ἄξων τάξεως ἀνωτέρας τῆς δευτέρας, θεωρεῖται κύριος ἄξων. Ἐπὶ πολλῶν ἁξόνων διαφόρων τάξεων κύριοι εἶναι οἱ ἔχοντες θέσιν περισσότερον συμμετρικὴν καὶ ὡς τοιοῦτοι λογίζονται οἱ κάθετοι ἐπ' ἄλλους ἁξόνας συμμετρίας ὁμοτίμους μεταξὺ των, ἔστω καὶ ἂν ἡ τάξις των εἶναι μικροτέρα. Εἰς τὸ τετράεδρον τοῦ σχ. 22 διὰ τῶν μέσων τῶν ἀπέναντι ἁκμῶν του διέρχονται τρεῖς ἁξονες δευτέρας τάξεως κάθετοι ἐπ' ἀλλήλους, ἐνῶ τέσσαρες τρίτης τάξεως πολικοὶ συνδέουν τὰ κορυφὰς του μὲ τὰ κέντρα τῶν ἀπέναντι ἐδρῶν. Ἐκ τούτων κύριοι ἁξονες εἶναι οἱ $3\Lambda^2$ καὶ δευτερεύοντες οἱ $4L^3$ πολ. Εἰς τὸ ἑξάεδρον ἕκαστος ἁξὼν τετάρτης τάξεως εἶναι κάθετος ἐπὶ δύο ἄλλους τετάρτης καὶ δύο δευτέρας, ἕκαστος ἁξὼν τρίτης ἐπὶ τρεῖς ἁξόνας δευτέρας. Καὶ ἡ τάξις ἀλλὰ καὶ ἡ σχετικὴ θέσις τῶν ἁξόνων ὁρίζει ὡς κυρίους ἁξόνας τοὺς $3\Lambda^4$.



Σχ. 22

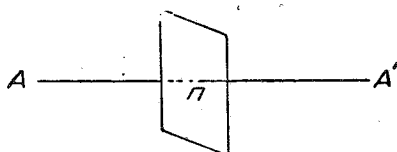
Θέσις τῶν ἁξόνων συμμετρίας εἰς τὸ τετράεδρον



Εἰς τὰ παραδείγματα τὰ ὅποια περιεγράψαμεν ἀνωτέρω εἶδομεν ἁξόνας Λ^2 , Λ^6 , Λ^4 καὶ Λ^3 . Αὐτὰ εἶναι τὰ μόνα εἶδη ἁξόνων συμμετρίας ἀπὸ ἀπόψεως τάξεως, τὰ ὅποια ἀπαντοῦν εἰς τὰ κρυσταλλικὰ πολύεδρα. Εἰς τοὺς κρυστάλλους δὲν ἐμφανίζονται οὔτε πέμπτης τάξεως ἁξόνες οὔτε ἀνωτέρας τῆς ἑκτης. Ὁ κανὼν αὐτὸς διαπιστωθεὶς ἐκ τῆς παρατηρήσεως ἀποδεικνύεται θεωρητικῶς ὡς γεωμετρικὴ συνέπεια τῆς δομῆς, ἥτις χαρακτηρίζει τὴν κρυσταλλικὴν ὕλην, ὡς θὰ ἐκτεθῇ εἰς οἰκείαν θέσιν. Ἐνδιαφέρον συμπέρασμα τῆς παρατηρήσεως αὐτῆς εἶναι ὅτι ὁ δυνατὸς ἀριθμὸς κρυσταλλικῶν πολυέδρων εἶναι περιορισμένος.

Ἐκτὸς τῆς συμμετρικῆς ἀναπτύξεως ὡς πρὸς ἁξόνα οἱ πλεῖστοι τῶν κρυστάλλων παρουσιάζουν συμμετρικὴν ἀνάπτυξιν τῶν περατωτικῶν αὐτῶν στοιχείων ὡς πρὸς ἐπίπεδα συμμετρίας. Τὰ σημεῖα Λ καὶ Λ' (σχ. 23) εἶναι συμμετρικὰ ἀλλήλων ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον Π , ἐφόσον καίενται ἀμφοτέρω ἐπὶ τῆς καθέτου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον $\Lambda\Lambda'$ καὶ εἰς ἴσιν ἀπόστασιν ἑκατέρωθεν αὐτοῦ,

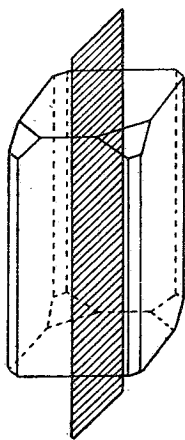
δηλ. τὸ σημεῖον A' εἶναι κατοπτρικὸν εἶδωλον τοῦ A ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον Π καὶ τάνάπαλιν. Τὸ ἐπίπεδον συμμετρίας χωρίζει τὸν κρύσταλλον εἰς δύο τμήματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν πρὸς ἄλληλα σχέσιν εἰδώλου κατοπτρικοῦ πρὸς ἀντικείμενον, (σχ. 24). Διακρίνομεν κύρια ἐπίπεδα (Π), τὰ κάθετα ἐπὶ κυρίου ἄξονας, καὶ δευτερεύοντα (P). Εἰς τὸ ἑξάεδρον ὑπάρχουν 3 Π , ὧν ἕκαστον εἶναι κάθετον ἐπὶ ἓνα τῶν κυρίων ἁξόνων καὶ 6 P διερχόμενα διὰ δύο ἀπέναντι ἁκμῶν του. Κατὰ τὴν συμβολικὴν παράστασιν ἁξόνων καὶ ἐπιπέδων δοθέντος κρυστάλλου ἐπίπεδον καὶ ἁξὼν κάθετος ἐπ' αὐτὸ ἐπισημαίνονται κατὰ τρόπον ὅμοιον, εἰς τὸ ἐπίπεδον P' ἀντιστοιχεῖ ὁ κάθετος ἁξὼν L' , εἰς τὸ P'' ὁ κάθετος ἁξὼν L'' .



Σχ. 23

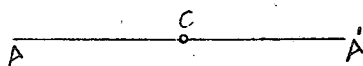
Συμμετρία δύο σημείων ὡς πρὸς ἐπίπεδον

Τρίτον εἶδος συμμετρικῆς ἀναπτύξεως εἶναι ἡ συμμετρία ὡς πρὸς κέντρον. Τὸ σημεῖον A' εἶναι συμμετρικὸν τοῦ A ὡς πρὸς τὸ κέντρον C , ἐὰν κεῖται ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῆς εὐθείας AC καὶ εἰς ἴσην μὲ τὸ A ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασιν (σχ. 25). Ἡ συνθήκη αὐτὴ ἐπεκτεινομένη δι' ὅλα τὰ σημεῖα πολυέδρου



Σχ. 24

Συμμετρία ὡς πρὸς ἐπίπεδον



Σχ. 25

Συμμετρία ὡς πρὸς κέντρον

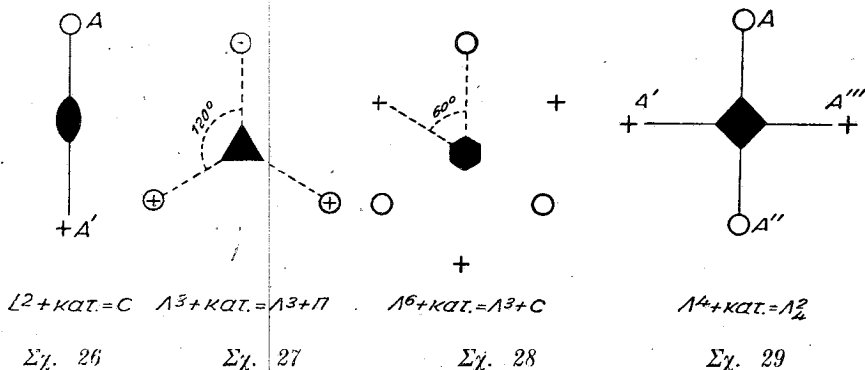
συνεπάγεται τὴν ὑπαρξίν παραλλήλων ἐδρῶν. Τὸ οκτάεδρον καὶ τὸ ἑξάεδρον ἔχουν κέντρον συμμετρίας (C), τὸ τετράεδρον στερεῖται κέντρου. Κατὰ τὰ

άνωτέρω ἢ πλήρης παράστασις τῆς συμμετρίας τοῦ ἑξαέδρου καὶ τοῦ ὀκταέδρου εἶναι: $3A^4 4A^3 6L^2 3Π 6PC$, ἢ τοῦ ἑξαγωνικοῦ πρίσματος (σχ. 19) $A^6 3L^2 3L'^2 Π 3P 3P' C$.

Διὰ τὴν συνταύτισιν δοθέντος κρυσταλλικοῦ πολυέδρου πρὸς ἑαυτὸ ἔγινε χρῆσις κατὰ τὰ ἐκτεθέντα τριῶν εἰδῶν διεργασιῶν, στροφῆς περὶ ἄξονα, κατοπτρισμοῦ ὡς πρὸς ἐπίπεδον καὶ ἀναστροφῆς ὡς πρὸς κέντρον. Ἡ στροφή διαφέρει οὐσιωδῶς τῶν δύο ἄλλων διεργασιῶν, διότι ἀφήνει τὸ σχῆμα ἀμετάβλητον, ἐνῷ ὁ κατοπτρισμὸς καὶ ἡ ἀναστροφή παρέχουν σχῆμα ἐναντιόμορφον τοῦ ἀρχικοῦ. Δύο ἐναντιόμορφα σχήματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ περατωτικά στοιχεῖα ἀντιστοιχῶς ἴσα καὶ εἰς τὴν αὐτὴν σχετικὴν θέσιν πρὸς ἄλληλα κείμενα εἰς ἕκαστον αὐτῶν, ἀλλὰ τὰ δύο σχήματα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ταυτισθοῦν.

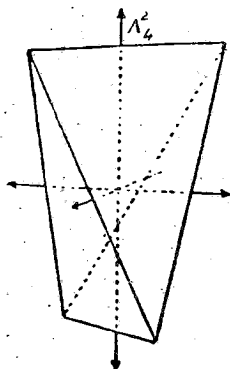
Παράδειγμα σχημάτων ἐναντιομόρφων εἶναι ἡ δεξιὰ καὶ ἀριστερὰ χεὶρ, αἱ ὁποῖαι δὲν δύνανται νὰ ταυτισθοῦν, ἢ μία εἶναι τὸ κατοπτρικὸν εἶδωλον τῆς ἄλλης. Ἐφόσον σχῆμά τι ἔχει ἐπίπεδον ἢ κέντρον συμμετρίας, τὸ ἐν ἡμισυ αὐτοῦ εἶναι τὸ ἐναντιόμορφον τοῦ ἐτέρου ἡμίσεος καὶ κατ' ἀκολουθίαν κατοπτρισμὸς ἢ ἀναστροφή τοῦ ὅλου σχήματος θὰ τὸ ταυτίσῃ πρὸς ἑαυτό, τὸ σχῆμα αὐτὸ δὲν θὰ ἔχῃ ἐναντιόμορφον. Ἐνῷ σχῆμα στερούμενον ἐπιπέδου καὶ κέντρου συμμετρίας θὰ ἀπαντᾷ ὑπὸ δύο μορφὰς ἐναντιομόρφους.

Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω τριῶν τρόπων συνταυτίσεως σχήματος πρὸς ἑαυτό εἶναι δυνατόν νὰ γίνῃ συνταύτισις διὰ συνδυασμοῦ δύο διεργασιῶν λ.χ. στροφῆς περὶ ἄξονα μετὰ κατοπτρισμοῦ ἐπὶ ἐπίπεδον κάθετον ἐπ' αὐτὸν (τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ δὲν ὑπάρχει ὡς ἐπίπεδον συμμετρίας τοῦ σχήματος, διότι ἄλλως ὁ συνδυασμὸς δὲν θὰ παρῆιχε τι τὸ νέον). Διὰ νὰ ἐλέγξωμεν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συνθέτου αὐτῆς διεργασίας θὰ ἐξετάσωμεν τὰς θέσεις, τὰς ὁποίας θὰ λάβῃ σημεῖον ἐν τῇ χώρῳ διὰ στροφῆς περὶ ἓνα ἕκαστον τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων συμμετρίας (A^6, A^4, A^3, A^2) συνδυαζομένης μετὰ ταυτόχρονον κατοπτρισμόν.



Εἰς τὰ σχήματα 26-29 οἱ ἄξονες στροφῆς θεωροῦνται κάθετοι ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ χαρτοῦ, ὡς πρὸς τὸ ὁποῖόν τελεῖται ὁ κατοπτρισμὸς. Σημεῖα κεί-

μενα ὑπὲρ τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατοπτρισμοῦ σημειοῦνται μὲ κύκλον, ὑποκάτω αὐτοῦ μὲ σταυρόν. Τὰ σχήματα εἶναι ὀρθή προβολή τῶν σημείων ἐπὶ τοῦ κατοπτρικοῦ ἐπιπέδου. Εἰς τὸ σχ. 26 στροφή κατὰ 180° περὶ τὸν L^2 καὶ κατοπτρισμὸς ἄγει τὸ A ἐκ τοῦ τμήματος τοῦ ἄνω τοῦ κατοπτρικοῦ ἐπιπέδου εἰς τὸ A' κάτωθεν τοῦ κατοπτρικοῦ ἐπιπέδου. Τὰ σημεῖα A καὶ A' εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς κέντρον συμπίπτον μὲ τὴν τομὴν τοῦ ἄξονος καὶ τοῦ κατοπτρικοῦ ἐπιπέδου. Ὡστε ἡ σύνθετος αὐτὴ διεργασία στροφῆς ὡς πρὸς L^2 καὶ κατοπτρισμοῦ ἐπὶ καθέτου ἐπιπέδου ἰσοδυναμεῖ μὲ ἀπλὴν διεργασίαν ἀναστροφῆς. Ἐπίσης συνδυασμὸς στροφῆς περὶ Λ^3 μετὰ κατοπτρισμοῦ ἰσοδυναμεῖ μὲ ὑπαρξίν Λ^3 καὶ Π καθέτου ἐπ' αὐτὸν (σχ. 27), Λ^6 καὶ κατοπτρισμὸς ἰσοδυναμεῖ μὲ Λ^3 καὶ C (σχ. 28). Μόνος συνδυασμὸς παρέχων νέον εἶδος συμμετρικῆς διεργασίας μὴ ἀποδιδομένης μὲ ἐν ἡ δύο πραγματικὰ στοιχεῖα συμμετρίας εἶναι ὁ συνδυασμὸς Λ^4 καὶ κατοπτρισμοῦ (σχ. 29). Εἰς τὴν προκύπτουσαν δι' αὐτοῦ διάταξιν τῶν σημείων ἀναγνωρίζεται ἡ ὑπαρξίς πραγματικοῦ ἄξονος δευτέρας τάξεως, διὰ στροφῆς κατὰ 180° τὸ A ταυτίζεται μὲ A'' καὶ τὸ A' μὲ τὸ A''' . Εἶναι ὅμως δυνατὴ ἡ συνταύτισις τοῦ A πρὸς A' καὶ τοῦ A'' πρὸς τὸ A''' διὰ τῆς διπλῆς διεργασίας Λ^4 καὶ κατοπτρισμοῦ χωρὶς νὰ ὑπάρχῃ πραγματικὸν Π κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα. Ὁ ἄξων αὐτὸς καλεῖται ἄξων συνθέτου συμμετρίας καὶ παρίσταται συμβολικῶς μὲ Λ^2_4 . Τριούτος ἄξων ὑπάρχει εἰς τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα τὸ καλούμενον σφηνόεδρον (σχ. 30).

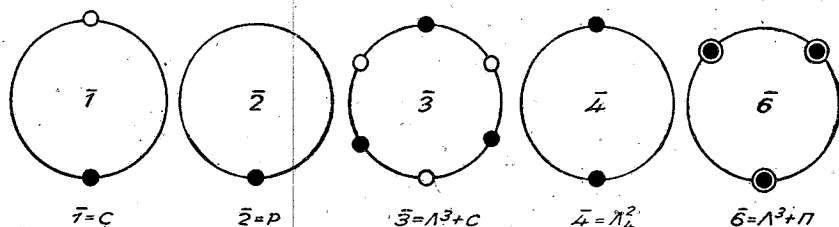


Σχ. 30

Σφηνόεδρον μὲ ἄξονα Λ^2_4

Κατ' ἀνάλογον τρόπον συνδυάζεται πρὸς τὴν διεργασίαν στροφῆς περὶ ἄξονα ἡ διεργασία ἀναστροφῆς καὶ προκύπτουν ἄξονες «στροφαναστροφῆς» (Drehinversiosachsen). Ἡ χρῆσις τοῦ εἶδους αὐτοῦ ἄξόνων ἐγενικεύθη κατὰ τὴν τελευταίαν δεκαετηρίδα ἰδίᾳ εἰς τὴν ἐφαρμογὴν των πρὸς περιγραφὴν τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων. Οἱ ἄξονες στροφαναστροφῆς συμβολίζονται

μέ παύλαν τιθεμένην ὑπεράνω τοῦ ἀριθμοῦ τοῦ χαρακτηρίζοντος τὴν γωνίαν στροφῆς οὕτω: $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{3}$, $\bar{4}$, $\bar{6}$. Ἡ σημασία τῶν συμβόλων συνάγεται εὐκόλως



Σχ. 31

Εἶδη ἀξόνων στροφαναστροφῆς

ἀπὸ τὰ κάτωθι σχήματα. Ἡ μόνη νέα συμμετρία ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνθέτων διεργασιῶν εἶναι πάλιν ἡ $\Lambda^2_4 = \bar{4}$.

Τὰ στοιχεῖα συμμετρίας, ὅπως τὰ ἐθεωρήσαμεν ἀνωτέρω, ἀναφέρονται εἰς τὸ γεωμετρικὸν σχῆμα τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἔχουν θέσιν καθωρισμένην ὡς πρὸς αὐτό. Οὕτως εἰς τὸ ὀκτάεδρον ἄξονες καὶ ἐπίπεδα συμμετρίας διέρχονται ὅλα διὰ τοῦ κέντρου του καὶ τὰ πέρατά των εἶναι ὠρισμένα σημεῖα ἢ εὐθεῖαι ἐπὶ τοῦ σχήματος. Ἡ συμμετρία ὅμως δὲν περιορίζεται εἰς μόνον τὸ γεωμετρικὸν σχῆμα, ἀλλ' ἐπεκτείνεται καὶ ἐφ' ὅλων τῶν ἀνυσματικῶν φυσικῶν ιδιοτήτων τοῦ θεωρούμενου σώματος. Δεδομένου ὅτι ὁ κρυστάλλος εἶναι ὁμογενὲς μέσον, τὸ κέντρον αὐτοῦ οὐδὲν διαφέρει ἀπὸ οἰονδήποτε σημείου τῆς μάξης του, αἱ ἀνυσματικαὶ ιδιότητες θὰ ἔχουν τὸν αὐτὸν προσανατολισμὸν διὰ πᾶν σημεῖον τοῦ σώματος καὶ κατ' ἀκολουθίαν καὶ τὸ συγκρότημα τῶν στοιχείων συμμετρίας θὰ πρέπει νὰ ὑφίσταται, οἷον ἐθεωρήθη καὶ διὰ τοῦ κέντρου τοῦ κρυστάλλου, εἰς οἰονδήποτε σημεῖον αὐτοῦ μετὰ τὸν αὐτὸν προσανατολισμὸν. Κατὰ ταῦτα, ἐὰν δὲν περιορισθῶμεν εἰς τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα, ἀλλ' ἀποβλέψωμεν εἰς αὐτὴν ταύτην τὴν οὐσίαν τοῦ κρυστάλλου, τὰ στοιχεῖα συμμετρίας δὲν πρέπει νὰ θεωρῶνται ὡς σταθερῶς συνδεδεμένα πρὸς ὠρισμένας θέσεις ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, ἀλλ' ὡς καθωρισμένοι ἐν τῇ γῶρῃ κατευθύνσεις ἐπιπέδων καὶ ἀξόνων διερχομένων διὰ παντὸς ὕλικου σημείου τοῦ σώματος. Τὴν συμμετρίαν οὕτω θεωρουμένην ὡς ἀναφερομένην εἰς τὸ ὁμογενὲς κρυσταλλικὸν μέσον καλοῦμεν *συμμετρίαν σημείου*.

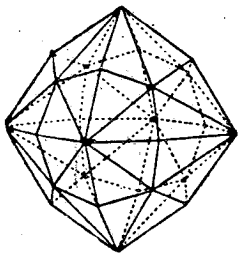
Τὰ στοιχεῖα συμμετρίας εἰσάγουν νέας σταθεράς δι' ἑκαστὸν σῶμα. Παρὰ τὴν μεγάλην ποικίλειαν τῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων, ὑπὸ τὰ ὅποια δύναται νὰ ἐμφανισθῇ ἑκαστον σῶμα, ὅλα τὰ σχήματα αὐτὰ ἔχουν τὰ αὐτὰ στοιχεῖα συμμετρίας. Ἡ παρατήρησις αὕτη ἀποτελεῖ τὸν δεῦτερον νόμον τῆς ἀναπτύξεως τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων.

Νόμος τῆς συμμετρίας, αἱ κρυσταλλοὶ σώματος ὠρισμένης χημικῆς

συστάσεως οί σχηματιζόμενοι υπό ὀρισμένης συνθήκας θερμοκρασίας κα πίεσεως ἔχονν στοιχεῖα συμμετρίας σταθερά καὶ ὀρισμένα».

11. Κρυσταλλικαὶ τάξεις. Ὡς ἀνωτέρω ἐξετέθη, ἕτι χαρακτηρίζε ἕκαστον σῶμα δὲν εἶναι τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ μεταβληθῇ ἀναλόγως τῶν συνθηκῶν κρυσταλλώσεως, ἀλλὰ ἡ συμμετρία τῶν κρυστάλλων του, ἡ ὁποία παραμένει σταθερά. Τὸ χλωριοῦχον νάτριον, ὅπως εἶδομεν, εἶναι δυνατόν νὰ κρυσταλλωθῇ υπό ὀρισμένης συνθήκας εἰς ἑξάεδρα ἢ εἰς ὀκτάεδρα ἢ καὶ εἰς συνθέτους κρυστάλλους ἐκ τῶν δύο αὐτῶν ἀπλῶν σωμάτων.

Ὅλα τὰ σχήματα αὐτὰ ἀπλᾶ ἢ σύνθετα χαρακτηρίζονται ἀπὸ τὰ ἴδια στοιχεῖα συμμετρίας $3\Lambda^4$ $4L^3$ $6L^2$ $3\mathbb{P}$ $6PC$. Ἐκαστον ἀπλοῦν σχῆμα προκύπτει ἐκ μιᾶς ἑδρας αὐτοῦ δι' ἐπαναλήψεως τῆς συμμετρικῶς ἀπὸ τὰ στοιχεῖα συμμετρίας τὰ χαρακτηρίζοντα τὸ σχῆμα. Οὕτω τὸ ἑξάεδρον προκύπτει διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως μιᾶς ἑδρας καθέτου πρὸς τὸν Λ^4 , τὸ ὀκτάεδρον κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἀπὸ ἑδραν κάθετον ἐπὶ τὸν L^3 . Ἐδρα κάθετος ἐπὶ ἄξονα ἢ ἐπὶ ἐπίπεδον συμμετρίας δὲν πολλαπλασιάζεται διὰ τῶν στοιχείων αὐτῶν, ἢ συμμετρικῇ τῆς ἐπαναλήψεως ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα αὐτὰ τὴν ταυτίζει πρὸς ἑαυτήν. Διὰ τοῦτο καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐδρῶν τοῦ ἀπλοῦ σχήματος, τὸ ὁποῖον θὰ προκύψῃ ἐκ τῆς συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως τῆς ἑδρας αὐτῆς ὡς πρὸς τὸ σύνολον τῶν στοιχείων συμμετρίας, θὰ εἶναι μικρότερος παρὰ δι' ἄλλην ἑδραν ἔχουσαν θέσιν ὀλιγώτερον συμμετρικὴν. Σχῆμα μὲ τὸν μεγαλύτερον δυνατόν ἀριθμὸν ἐδρῶν θὰ προκύψῃ ἀπὸ ἑδραν ἔχουσαν τυχοῦσαν θέσιν ὡς πρὸς τὸ θεωρούμενον σύστημα στοιχείων συμμετρίας, δηλ. τοιαύτην, ὥστε οὐδένα ἄξονα ἢ ἐπίπεδον νὰ τέμνῃ καθέτως. Τοιαύτη ἑδρα διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας τοῦ ὀκταέδρου παρέχει πολυέδρον μὲ 48 ἑδρας τὸ τεσσαρακονταοκτάεδρον (σχ. 32). Μὲ τὸ ἴδιον συγκρότημα στοι-



Σχ. 32

Τεσσαρακονταοκτάεδρον

χείων συμμετρίας δύνανται νὰ ἀναπτυχθοῦν ἑπτὰ διάφορα ἀπλᾶ σχήματα ἀντιστοιχοῦντα εἰς ἑπτὰ διαφόρους θέσεις τῆς ἑδρας ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα ταῦτα.

Τὸ σύνολον τῶν ἀπλῶν αὐτῶν σχημάτων, τὰ ὅποια ἔχουν τὰ αὐτὰ στοιχεῖα συμμετρίας, ἀποτελεῖ μίαν κρυσταλλικὴν τάξιν. Τὸν νόμον τῆς συμμετρίας δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν καὶ ἄλλως λέγοντες ὅτι:

«Ἐκαστον χημικὸν σῶμα ὑπὸ ὥρισμένης συνθήκας πίεσεως καὶ θερμοκρασίας παρέχει κρυστάλλους, οἱ ὅποιοι ἀνήκουν εἰς ὥρισμένην κρυσταλλικὴν τάξιν».

Ὁ ἀριθμὸς τῶν δυνατῶν συνδυασμῶν στοιχείων συμμετρίας, δηλ. τῶν κρυσταλλικῶν τάξεων, εἶναι ἐντελῶς καθωρισμένος ἕνεκα τοῦ περιωρισμένου τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἄξόνων συμμετρίας καὶ τῶν γεωμετρικῶν σχέσεων, αἱ ὅποια συνδέουν τὰ στοιχεῖα συμμετρίας πρὸς ἄλληλα. Αἱ κρυσταλλικαὶ τάξεις εἶναι ἐν ὧν 32 καὶ καθωρίσθησαν βάσει γεωμετρικῶν κανόνων ὑπὸ τοῦ Bravais (1849)*.

12. Παραγωγή τῶν 32 κρυσταλλικῶν τάξεων. Ἐκάστη κρυσταλλικὴ τάξις ἀντιπροσωπεύει ὥρισμένον συνδυασμὸν στοιχείων συμμετρίας ἐκ τῶν ἀπαντῶντων εἰς τοὺς κρυστάλλους. Τὸ πρόβλημα ἐπομένως τῆς εὐρέσεως τῶν δυνατῶν κρυσταλλικῶν τάξεων συνίσταται εἰς τὴν εὑρεσιν ὧν τῶν ἐπιτρεπομένων δυνατῶν συνδυασμῶν τῶν στοιχείων συμμετρίας τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων. Τοιοῦτοι συνδυασμοὶ εἶναι εἰς περιωρισμένον ἀριθμὸν δυνατοί, διότι τὰ στοιχεῖα συμμετρίας ἑνὸς σχήματος δὲν εἶναι τυχαῖα, ἀλλὰ συνδέονται μεταξύ των μὲ σχέσεις ἀμοιβαίας ἐξαρτήσεως. Ἡ συνύπαρξις δύο ἢ πλειόνων στοιχείων συμμετρίας συνεπάγεται ἀναγκαίως τὴν ὑπαρξιν καὶ ἄλλων ἢ ἀποκλείει τὴν παρουσίαν ὥρισμένων στοιχείων συμμετρίας. Αἱ τοιαῦται σχέσεις ἀμοιβαίας ἐξαρτήσεως διατυποῦνται εἰς τὰς κατωτέρω γεωμετρικὰς προτάσεις, τῶν ὁποίων τὴν ἀπόδειξιν παραλείπομεν**.

1) Ὑπάρχοντος ἑνὸς μόνου ἄξονος συμμετρίας Λ^n πᾶν ἐπίπεδον συμμετρίας ἢ θὰ εἶναι κάθετον ἐπ' αὐτὸν ἢ θὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ (ἄλλη θέσις τοῦ ἐπιπέδου θὰ συνεπήγετο διπλασιασμὸν τοῦ ἄξονος διὰ κατοπτρισμοῦ τοῦ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου).

* Πρὸ τοῦ Bravais τὸ θέμα αὐτὸ ἔθεσεν ὡς γεωμετρικὸν πρόβλημα καὶ ἐπέτυχε τὴν πλήρη λύσιν αὐτοῦ ὁ Hessel (1830). Ἡ ἐργασία αὐτοῦ παρέμεινεν ἄγνωστος μέχρι τοῦ 1891, ὅτε ἤλθη εἰς φῶς ὑπὸ τοῦ Sohncke.

**Τὴν ἀπόδειξιν τῶν προτάσεων 1-8 δύναται ὁ ἀναγνώστης νὰ κάμῃ εὐκόλως ὡς ἄσκησιν κατὰ τὸν τρόπον ὅμοιον πρὸς τὸν χρησιμοποιηθέντα ἐν τῇ σελίδι 29 διὰ τὴν εὑρεσιν τῶν δυνατῶν ἄξόνων συνθέτου συμμετρίας. Οἱ ἄξονες Λ^n θεωροῦνται κάθετοι ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ χάρτου. Τὰ κάθετα ἐπ' αὐτοὺς ἐπίπεδα ταυτίζονται πρὸς αὐτό, τὰ διερχόμενα διὰ τοῦ Λ^n προβάλλονται διὰ τῶν ἰχνῶν των ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχεδίου, οἱ L^2 οἱ κάθετοι ἐπὶ τὴν Λ^n κεῖνται ἐπὶ τοῦ σχεδίου. Θεωροῦντες τυχὸν σημεῖον ὑπὲρ τὸ ἐπίπεδον τοῦ χάρτου ἐπαναλαμβάνομεν αὐτὸ ὡς πρὸς τὰ ὑπάρχοντα στοιχεῖα συμμετρίας καὶ προβάλλομεν τὸ σύνολον τῶν προκύπτων σημείων κατ' ὁρθὴν προβολήν. Τὰ προκύπτοντα νέα στοιχεῖα συμμετρίας ἀναγνωρίζονται ἀμέσως ἐκ τοῦ σχεδίου καθὼς καὶ αἱ λοιπαὶ πρὸς ἀπόδειξιν συνέσεις.

2) Ὑπάρχοντος ἑνὸς μόνου Λ^n καὶ L^2 , ὁ Λ^n πρέπει νὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸν Λ^2 (ἀπόδειξις ἀνάλογος μὲ τὴν τῆς προτάσεως 1).

3) Ἀξων ἀρτίας τάξεως Λ^{2n} καὶ ἐπίπεδον κάθετον ἐπ' αὐτὸν συνεπάγονται καὶ κέντρον C καὶ γενικῶς τὰ τρία στοιχεῖα Λ^{2n} P καὶ C ἀνά δύο λαμβανόμενα συνεπάγονται τὸ τρίτον.

4) Ἀξων περιττῆς τάξεως Λ^{2n+1} καὶ ἐπίπεδον Π κάθετον ἐπ' αὐτὸν ἀποκλείουν τὴν ὑπαρξίν κέντρου C καὶ γενικῶς τὰ τρία στοιχεῖα Λ^{2n+1} Π καὶ C ἀνά δύο ἀποκλείουν τὸ τρίτον.

5) Λ^n καὶ ἐπίπεδον P διερχόμενον δι' αὐτοῦ συνεπάγονται ν ἐν ὅλῳ ἐπίπεδα P διερχόμενα διὰ τοῦ ἄξονος καὶ τεμνόμενα ὑπὸ γωνίας ἴσας πρὸς ἀλλήλας, τιμῆς π/n .

6) Λ^n καὶ ἄξων L^2 κάθετος ἐπ' αὐτὸν συνεπάγονται ν ἐν ὅλῳ L^2 κειμένους ἐφ' ἑνὸς ἐπιπέδου καὶ τεμνομένους ὑπὸ γωνίας ἴσας τιμῆς π/n .

7) Ἐπίπεδα συμμετρίας P, ν τὸν ἀριθμὸν, διερχόμενα διὰ τῆς αὐτῆς εὐθείας τέμνονται ὑπὸ γωνίας ἴσας ἢ δὲ τομὴ των εἶναι ἄξων L^n .

8) Ἀξονες L^2 , ν τὸν ἀριθμὸν, κείμενοι ἐφ' ἑνὸς ἐπιπέδου τέμνονται ὑπὸ γωνίας ἴσας καὶ συνεπάγονται τὴν παρουσίαν ἄξονος Λ^n καθέτου ἐπ' αὐτούς.

9) Ἐὰν συνδυασθοῦν ἄξονες τάξεως ἀνωτέρας τῆς δευτέρας πλείονες τοῦ ἑνὸς πρὸς ἀλλήλους, οἱ μόνοι δυνατοὶ συνδυασμοὶ εἶναι οἱ ἐξῆς: 1) $6L^5 10L^3 15L^2$, 2) $3L^4, 4L^3, 6L^2$ καὶ 3) $3L^2 4L^3$.

Ἐκ τῶν συνδυασμῶν τούτων ὁ 1 ἀποκλείεται διὰ τοὺς κρυστάλλους ὡς περιλαμβάνων ἄξονας πέμπτης τάξεως καὶ ἀπομένουν ὡς μόνοι ἐπιτρεπόμενοι ὁ δεύτερος, ὁ καλούμενος ὀκταεδρικός, ὡς ἀπαντῶν εἰς τὸ κανονικὸν ὀκτάεδρον καὶ ὁ τρίτος, ὁ τετραεδρικός, ἀπαντῶν εἰς τὸ κανονικὸν τετράεδρον (τὴν σχετικὴν πρὸς ἀλλήλους θέσιν τῶν ἄξόνων τῶν συνδυασμῶν αὐτῶν παρέχουν τὰ σχήματα 17 καὶ 22).

Προκειμένου περὶ συνδυασμοῦ στοιχείων συμμετρίας, περὶ ὧν αἱ προτάσεις 5 καὶ 6, διακρίνονται δύο περιπτώσεις. Ἄν ὁ ἄξων Λ^n εἶναι τάξεως περιττῆς, τὰ ν ἐπίπεδα (P), τὰ διερχόμενα διὰ τοῦ ἄξονος, ἢ οἱ nL^2 οἱ κάθετοι ἐπ' αὐτὸν εἶναι ὁμότιμα μεταξύ των. Ἄν ὁ ἄξων Λ^n εἶναι τάξεως ἀρτίας, τὰ στοιχεῖα αὐτὰ δὲν εἶναι ὁμότιμα μεταξύ των, ἀλλὰ χωρίζονται εἰς δύο διαφορετικὰς ομάδας, ἐκάστη τῶν ὁποίων περιλαμβάνει τὸ ἥμισυ τοῦ ὅλου ἀριθμοῦ τῶν στοιχείων. Οὕτως ἐπὶ ἄξονος Λ^6 ἔχομεν $3P$ καὶ $3P'$ ἐπίπεδα διερχόμενα δι' αὐτοῦ ἢ $3L^2$ καὶ $3L'^2$ καθέτους ἐπ' αὐτόν. Ἐπὶ $L^4 2P$ καὶ $2P'$ ἐπίπεδα ἢ $2L^2$ καὶ $2L'^2$ ἄξονας. Ἐνῶ προκειμένου περὶ Λ^3 ἔχομεν $3P$ ἐπίπεδα ἢ $3L^2$ ἄξονας ὅλα ὁμότιμα μεταξύ των.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω προτάσεων 1-9 προβαίνομεν εἰς τὴν διαλογὴν τῶν ἐπιτρεπομένων συνδυασμῶν κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν. Ἀρχίζομεν ἀπὸ μεμονωμένα στοιχεῖα συμμετρίας τὸ κέντρον, τὸ ἐπίπεδον, τοὺς ἄξονας, τὰ ὅποια καὶ ἑαυτὰ ἀπαρτίζουν δυνατὰς κρυστάλλινὰς τάξεις. Εἰς τοὺς ἄξονας

ΠΙΝΑΞ Ι

Πίναξ των 32 δυνατών συνδυασμών στοιχείων συμμετρίας των κρυστάλλων

Παράγοντα στοιχεία		Παράγωγα στοιχεία	Πλήρης συμμετρία
Άρχικά	Προστιθέμενα		
1) 0	—	—	1) —
2) C	—	—	2) C
3) P	—	—	3) P
4) L ²	—	—	4) L ² πολ.
5) L ²	C	P ⊥ επί L ²	5) L ² PC
6) L ²	P || L ²	2P	6) L ² πολ. P'P''
7) L ²	L ² ⊥ L ²	2L ²	7) L ² L' ² L'' ²
8) L ² L' ² L'' ²	C	PP'P''	8) L ² L' ² L'' ² PP' P'' C
9) Λ ²	—	—	9) Λ ² πολ.
10) Λ ²	C	—	10) Λ ² C
11) Λ ²	Π ⊥ Λ ²	—	11) Λ ² Π
12) Λ ²	P || Λ ²	3P	12) Λ ² πολ. 3P
13) Λ ²	L ² ⊥ Λ ²	3L ²	13) Λ ² 3L ² πολ.
14) Λ ² L ²	C	3P ⊥ επί τούς L ²	14) Λ ² 3L ² 3P C
15) Λ ² L ²	Π ⊥ Λ ²	3P' || πρὸς τούς L ²	15) Λ ² 3L ² πολ. Π3P'
16) Λ ² ₄	—	—	16) Λ ² ₄
17) L ² L ² L ²	P' || L ²	2P'	17) Λ ² ₄ 2L ² 2P'
18) Λ ⁴	—	—	18) Λ ⁴ πολ.
19) Λ ⁴	C	Π ⊥ Λ ⁴	19) Λ ⁴ ΠC
20) Λ ⁴	P || Λ ⁴	4P	20) Λ ⁴ πολ. 2P 2P'
21) Λ ⁴	L ² ⊥ Λ ⁴	4L ²	21) Λ ⁴ 2L ² 2L' ²
22) L ⁴ 2L ² 2L' ²	C	Π2P 2P'	22) Λ ⁴ 2L ² 2L' ² Π2P 2P' C
23) Λ ⁶	—	—	23) Λ ⁶ πολ.
24) Λ ⁶	C	Π ⊥ Λ ⁶	24) Λ ⁶ ΠC
25) Λ ⁶	P || Λ ⁶	6P	25) Λ ⁶ πολ. 3P 3P'
26) Λ ⁶	L ² ⊥ Λ ⁶	6L ²	26) Λ ⁶ 3L ² 3L' ²
27) Λ ⁶ 3L ² 3L' ²	C	Π 3P 3P'	27) Λ ⁶ 3L ² 3L' ² Π3P 3P' C
28) 3Λ ² 4L ³	—	—	28) 3Λ ² 4L ³ πολ.
29) 3Λ ² 4L ³	C	3Π	29) 3Λ ² 4L ³ 3ΠC
30) 3Λ ² 4L ³	P || L ²	6P	30) 3Λ ² 4L ³ πολ. 6P
31) 3Λ ² 4L ³ 6L ³	—	—	31) 3Λ ² 4L ³ 6L ²
32) 3Λ ² 4L ³ 6L ³	C	3Π 6P	32) 3Λ ² 4L ³ 6L ² 3Π 6PC

προσθέτομεν διαδοχικῶς νέα στοιχεῖα, κέντρον, ἐπίπεδον κάθετον, ἐπίπεδον διερχόμενον δι' αὐτοῦ, ἄξονα L^2 κάθετον ἐπ' αὐτὸν καὶ ἀναζητοῦμεν κατὰ τὰς ἀνωτέρω προτάσεις τὰ νέα στοιχεῖα συμμετρίας, τὰ προκύπτοντα ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ αὐτοῦ. Ἡ πορεία τῆς διερευνήσεως αὐτῆς καὶ τὰ ἀποτελέσματά της παρέχονται συνοπτικῶς εἰς τὸν πίνακα I σελ. 37. Προτάσσεται εἰς αὐτὸν ὡς δυνατὴ κρυσταλλικὴ τάξις (ἀριθ. 1) ἡ περίπτωσις τῆς ἀπουσίας παντὸς στοιχείου συμμετρίας (ἀσυμμετρία). Οἱ ἄξονες συμμετρίας διαδέχονται ἀλλήλους κατὰ σειρὰν αὐξουσιν τοῦ δείκτου των ($L^2 \Lambda^3 \Lambda^4 \Lambda^6$ τετραεδρικός συνδυασμός, ὀκταεδρικός συνδυασμός). Ὁ ἄξων συνθέτου συμμετρίας Λ^2 ἐτέθη μετὰ τὸν Λ^3 καὶ πρὸ τοῦ Λ^4 διὰ νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ ὑπαγωγὴ τῶν κρυσταλλικῶν τάξεων ὡς εἶναι διατεταγμένοι εἰς τὸν πίνακα, εἰς γεωμετρικὰς ομάδας, αἱ ὁποῖαι θὰ ἀποτελέσουν τὰ κρυσταλλικὰ συστήματα.

Προκειμένου περὶ τῆς παραγωγῆς τῆς τάξεως $\Lambda^2_4 2L^2 2P'$ αὕτη δύναται νὰ ἐξαχθῇ ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ $L^2 L'^2 L''^2$ τῇ προσθήκῃ ἐπιπέδων διερχομένων διὰ τοῦ L^2 , χωρὶς ὅμως νὰ διέρχωνται καὶ διὰ τῶν L'^2 καὶ L''^2 . Τὰ ἐπίπεδα ταῦτα $2P$ εἶναι ὑποχρεωμένα νὰ διχοτομοῦν τὴν ὀρθὴν γωνίαν τῶν ἁξόνων L'^2 καὶ L''^2 , ἄλλως θὰ ἐπολλαπλασίαζον τοὺς ἁξονας αὐτοὺς. Ἀλλὰ τότε οἱ ἁξονες αὐτοὶ ἔχοντες πρὸς ἀλλήλους σχέσιν κατοπτρισμοῦ ὡς πρὸς τὰ $2P$ ἀποβαίνουν ὁμότιμοι καὶ ὁ κατακόρυφος ἁξων L^2 γίνεται Λ^2 . Ἐξαιρέσει τῆς συμμετρίας $\Lambda^3 \Pi$, τῆς ὁποίας ἀντιπροσωπευτικοὶ κρύσταλλοι δὲν εἶναι μὲ βεβαιότητα γνωστοί, ὧν τῶν λοιπῶν ἀπαντῶνται ἀντιπρόσωποι μετὰξὺ τῶν κρυστάλλων ἀνοργάνων καὶ ὀργανικῶν σωμάτων.

13. Συμβολικὴ παράστασις τῶν 32 κρυσταλλικῶν συμμετριῶν. Ὑπάρχουν δύο τρόποι συντομογραφικῆς συμβολικῆς παραστάσεως τῶν 32 κρυσταλλικῶν συμμετριῶν. Ὁ πρῶτος τούτων καὶ ἀρχαιότερος εἰσαχθεὶς ὑπὸ τοῦ Schoenflies σπανίως χρησιμοποιεῖται σήμερον ἀντικατασταθεὶς ἀπὸ τὸν νεώτερόν του κατὰ Hermann - Mauguin. Ἡ γνώσις τῆς σημασίας τῶν συμβόλων αὐτῶν εἶναι χρήσιμος διὰ τὸν μελετῶντα κρυσταλλογραφικὰ δημοσιεύματα, δι' ὃ καὶ περιγράφονται περαιτέρω ἀμφότερα τὰ συστήματα συμβολισμοῦ.

α) Συμβολισμός κατὰ Schoenflies. Διὰ τὴν παράστασιν τῶν ἁξόνων συμμετρίας ὁ Schoenflies ἐχρησιμοποίησε τὸ σύμβολον C_n (C ἐκ τοῦ cyclisch=κυκλικός) ἔνθα ὁ δείκτης n εἰς τῶν ἀριθμῶν 1, 2, 3, 4, 6, χαρακτηρίζων τὴν τάξιν τοῦ ἁξονος. Τὸ σύμβολον C_1 (ἁξων 1ης τάξεως) συμβολίζει τὴν ἀσύμμετρον τάξιν. Ὁ συνδυασμός ἑνὸς ἁξονος τάξεως n καθετοῦ ἐπὶ ἁξονας L^2 συμβολίζεται μὲ D_n (D ἐκ τοῦ Dieder=δίεδρον). Ἀντὶ τοῦ D_2 χρησιμεύει καὶ τὸ V ($V=D_2$). Ὁ ἁξων στροφοκατοπτρισμοῦ Λ^2_4 συμβολίζεται μὲ S_4 (S ἐκ τοῦ Spiegelung=κατοπτρισμός). Συνδυασμός ἁξονος C_n μὲ κάθετον ἐπ' αὐτὸν ἐπίπεδον συμμετρίας μὲ C_{nh} (h =horizontal, ὀριζόντιον), ἁξονος C_n μὲ διερχόμενον δι' αὐτοῦ ἐπίπεδον συμμετρίας C_{nv} (v =vertikal,

κατακόρυφον). Συνδυασμός C_n με κέντρον συμμετρίας με C_{ni} (i =Inversion, ἀναστροφή). Εἰς τὸν συνδυασμὸν D_n προσθήκη ἐπιπέδου συμμετρίας καθέτου ἐπὶ τὸν Λn συμβολίζεται με D_{nh} , ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τοῦ Λ^n με D_{nd} (d =diagonal, διαγώνιον). Τέλος ὁ συνδυασμὸς τῶν ἀξόνων συμμετρίας τοῦ ὀκταέδρου ($3\Lambda^4$, $4L^3$, $6L^2$) συμβολίζεται με O , ὁ τοῦ τετραέδρου ($3\Lambda^2$, $4L^3$) με T , προστιθεμένων εἰς τὰ O καὶ T καὶ τῶν συμβόλων h καὶ d διὰ τὸν χαρακτηρισμὸν τῶν ἀντιστοιχῶν συμμετριῶν. Χρησιμοποιοῦντες τὰ ἐν λόγῳ σύμβολα με τοὺς καταλλήλους δείκτας τοὺς ἐπιτρεπομένους διὰ τὴν κρυσταλλικὴν συμμετρίαν παράγομεν αὐτομάτως τὰς 32 κρυσταλλικὰς τάξεις ὡς ἀκολούθως:

I. Μόνον ἄξονες συμμετρίας

α) C_n C_1 C_2 C_3 C_4 C_6 , S_4

β) D_n $D_2=V$ D_3 D_4 D_6

γ) T , O

II. Συνδυασμοὶ ἀξόνων καὶ κέντρου συμμετρίας

δ) C_i C_{3i}

III. Συνδυασμοὶ ἀξόνων καὶ ἐπιπέδων συμμετρίας

ε) C_{nh} $(C_h)=Cs$ C_{2h} C_{3h} C_{4h} C_{6h}

ς) C_{nv} C_{2v} C_{3v} C_{4v} C_{6v}

ζ) D_{nh} $D_{2h}=V_h$ D_{3h} D_{4h} D_{6h}

η) D_{nd} $D_{2d}=V_d$ D_{3d}

θ) T_h T_d O_h

Ἡ σημασία ἐκάστου τῶν συμβόλων συνάγεται ἐκ τῆς προηγηθείσης περιγραφῆς, ἡ ἀντιστοιχία των ὡς καὶ τῶν συμβόλων κατὰ Hermann - Mauguin πρὸς τὰς 32 κρυσταλλικὰς τάξεις δίδεται εἰς τοὺς πίνακας τῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων (Πίνακες II-VI).

β) Συμβολισμὸς κατὰ Hermann - Mauguin. Διὰ τὸν χαρακτηρισμὸν τῶν ἀξόνων συμμετρίας ἀντὶ τοῦ C_n τοῦ Schoenflies χρησιμοποιοῦνται ἀπλῶς οἱ ἀριθμοὶ 1 2 3 4 6. Εἰσάγονται προσέτι καὶ τὰ σύμβολα τῶν ἀξόνων στροφαναστροφῆς (σ. 33) $\bar{1}$ $\bar{3}$ $\bar{4}$ $\bar{6}$. Ἀντὶ τοῦ $\bar{2}$ ἰσοδυναμοῦντος πρὸς ἐπίπεδον κατοπτρισμοῦ χρησιμοποιεῖται τὸ m (mirror=κάτοπτρον). Προκειμένου περὶ συνδυασμοῦ ἄξονος συμμετρίας x πρὸς ἐπίπεδον m , ἐφ' ὅσον τοῦτο εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα χρησιμοποιεῖται τὸ σύμβολον x/m , ἐὰν διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τὸ xm . Ὁ συνδυασμὸς ἄξονος 2ας τάξεως καθέτου ἐπὶ ἄξονα τάξεως x συμβολίζεται με $x2$. Οὕτω τὰ ἐν χρήσει σύμβολα εἶναι γενικῶς

x , x/m , xm , $x2$, x/mm , \bar{x} , $\bar{x}m$

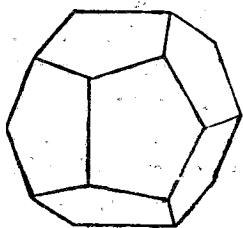
Διὰ τὸν συμβολισμὸν τῶν τάξεων τῶν καθ' ἑκάστα κρυσταλλικῶν συ-

στημάτων κατὰ τὸν ἀνωτέρω ἐκτεθέντα τρόπον ἀκολουθεῖται ἡ ἐξῆς σειρά. Εἰς τὸ μονοκλινὲς σύστημα προτάσσεται τὸ σύμβολον τοῦ ἄξονος b [010] καὶ ἔπεται τὸ τοῦ ἐπιπέδου (010) τοῦ καθέτου ἐπ' αὐτόν. Εἰς τὸ ρομβικὸν σύστημα ἀναγράφονται τὰ σύμβολα τῶν στοιχείων συμμετρίας τῶν ἀναφερομένων εἰς τοὺς τρεῖς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας κατὰ τὴν σειράν: ἄξων a , [100], ἄξων b , [010], ἄξων c , [001]. Εἰς τὸ τριγωνικὸν προτάσσεται ὁ ἄξων c (Λ^3) καὶ ἔπονται οἱ ὀριζόντιοι κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες εἰς τὸ τετραγωνικὸν καὶ ἑξαγωνικὸν σύστημα προτάσσεται ἐπίσης τὸ σύμβολον τὸ ἀναφερόμενον εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα, ἔπεται τὸ ἀναφερόμενον εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἁξόνων L^2 καὶ μετ' αὐτὸ τὸ εἰς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἁξόνων L'^2 τῆς ὀλοεδρίας. Τέλος εἰς τὸ κυβικὸν ἀκολουθεῖται ἡ σειρά, ἐν ἀναφορᾷ πρὸς τὴν ὀλοεδρίαν τοῦ συστήματος τούτου, Λ^4 [100], L^3 [111], L^2 [011]. Διὰ τὸν συμβολισμόν τῶν στοιχείων συμμετρίας ἐκάστης τάξεως λαμβάνεται τὸ ἐλάχιστον τῶν στοιχείων συμμετρίας τῶν ἀπαραιτήτων διὰ τὸν χαρακτηρισμὸν αὐτῆς παραλειπομένων ἐκείνων τὰ ὅποια συνάγονται ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ τῶν ἀναγραφέντων. Οὕτως ἡ τάξις $\Lambda^4 2L^2, 2L'^2 \Pi 2P 2P'$ C ἀντὶ νὰ γραφῇ κατὰ τὰ ἀνωτέρω $4/m 2/m 2/m$ γράφεται $4/mmm$, παραλειπομένων τῶν ἁξόνων 2, οἱ ὅποιοι συνάγονται ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ mmm . Ὀμοίως ἡ τάξις $L^2 P' P''$ ἀντὶ $mm2$ γράφεται mm .

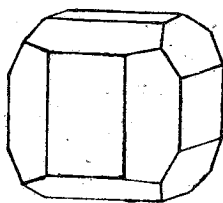
Ὁ συμβολισμὸς κατὰ Hermann - Mauguin πλεονεκτεῖ τοῦ κατὰ Schoenflies εἰς τὸ ὅτι εἶναι κατ'ἀλλήλους διὰ τὸν συμβολισμόν τῶν 230 ὁμάδων συμμετρίας, περὶ τῶν ὁποίων θὰ γίνῃ λόγος εἰς τὴν οἰκείαν θέσιν.

14. Φυσικὴ συμμετρία τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων. Ποικίλσεις, διαβρωστικὰ σχήματα. Ὅπως ἤδη ἀνεφέραμεν, ἐν ἀπλοῦν κρυσταλλικῶν σχήμα δύναται νὰ θεωρηθῇ γεωμετρικῶς ὡς παραχθὲν ἐκ μιᾶς ἑδρας αὐτοῦ διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως αὐτῆς ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας τοῦ σχήματος. Προκειμένου περὶ σχημάτων, τῶν ὁποίων αἱ ἑδραι ἔχουν ἰδιόζουσαν σχέσιν ὅχι τυχοῦσαν ὡς πρὸς τινὰ τῶν στοιχείων αὐτῶν συμμετρίας, εἶναι π.χ. κάθετοι ἐπὶ ἄξονα ἢ ἐπίπεδον συμμετρίας, διὰ τὴν ἀποτελέσιν τῶν σχημάτων αὐτῶν δὲν ἀπαιτεῖται ἡ συμμετρικὴ ἐπαναλήψις τῆς ἑδρας ὡς πρὸς ὅλα τὰ παράγοντα στοιχεῖα τοῦ συνδυασμοῦ. Ἀρκεῖ ἡ χρῆσις ὀρισμένων μόνον ἐξ αὐτῶν ἢ καὶ ἄλλου συνδυασμοῦ πρὸς διενέργειαν τῆς συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως, ἵνα ληφθῇ δι' αὐτῆς ἐκ μιᾶς ἑδρας ὁλόκληρον τὸ σχῆμα. Π.χ. τὸ ἑξάεδρον δύναται νὰ προκύψῃ διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως μιᾶς ἑδρας καθέτου ἐπὶ τὸν ἄξονα Λ^4 ὡς πρὸς μόνους ἄξονας τοὺς $3\Lambda^4$ ἢ καὶ διὰ τῆς συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας $3\Lambda^2 4L^3$ μιᾶς ἑδρας καθέτου ἐπὶ τὸν Λ^2 . Κατὰ ταῦτα τὸ ἑξάεδρον δύναται νὰ ἐμφανισθῇ ὡς κρυσταλλικὸν σχῆμα καὶ εἰς τὰς πέντε τελευταίας τάξεις τοῦ πίνακος 1 (28-32). Ὡς γεωμετρικὸν σχῆμα θὰ παρουσιάξῃ τὴν πλήρη συμμετρίαν τοῦ ἑξαέδρου, ἤτοι $3\Lambda^4 4L^3 6L^2 3\Pi 6PC$, ἀλλὰ ἡ πραγματικὴ συμμετρία τοῦ κρυστάλλου, δηλ. ἐκείνη τὴν ὁποίαν ἠκολούθησεν

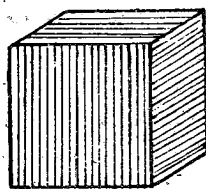
ἡ κρυσταλλικὴ ὕλη εἰς τὴν διάταξιν τῶν ἀτόμων κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ κρυστάλλου, δυνατόν νὰ εἶναι μικροτέρα. Ἡ συμμετρία αὕτῃ θὰ ἐκδηλωθῇ εἰς τὰς ἄλλας ιδιότητας τοῦ κρυστάλλου. Ἐὰν οἱ κύριοι ἄξονες συμμετρίας εἶναι πράγματι 4ης τάξεως θὰ πρέπη καὶ αἱ τέσσαρες ἔδραι τοῦ ἑξαέδρου αἱ ἀνήκουσαι εἰς τὴν ζώνην τοῦ ἄξονος νὰ εἶναι ὅμοιαι πρὸς ἀλλήλας ὡς πρὸς ὅλας τὰς φυσικὰς αὐτῶν ιδιότητας, ἐνῶ ἐὰν οἱ ἄξονες εἶναι δευτέρας τάξεως μόνον αἱ παράλληλοι ἔδραι τῆς ζώνης θὰ εἶναι καὶ φυσικῶς ὁμότιμοι, αἱ δὲ ἐφεξῆς ἔδραι δὲν θὰ ταυτίζονται ὡς πρὸς τὰς ιδιότητας αὐτάς. Τοιαῦται διαφοραὶ φυσικῶν ιδιοτήτων ἀναφέρονται εἰς τὴν λάμπιν τῶν ἐδρῶν, τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον ἐμφανίζεται εἰς τινας κρυστάλλους θερμαινόμενους, τὴν διαβρωτικὴν ἐπίδρασιν διαλυτικῶν μέσων ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου κ.ἄ. Αἱ ιδιότητες αὗται συνδεόμεναι πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν δομὴν τοῦ κρυστάλλου, δηλ. πρὸς τὸν τρόπον τῆς διατάξεως τῶν ἀτόμων ἢ συγκροτημάτων ἀτόμων πρὸς ἀποτελέσειν τοῦ κρυσταλλικοῦ οἰκοδομήματος, παρέχουν ἐνδείξεις περὶ τῆς πραγματικῆς αὐτοῦ συμμετρίας. Ἐκ τῶν στοιχείων συμμετρίας τοῦ κρυσταλλικοῦ σχήματος πραγματικὰ στοιχεῖα συμμετρίας εἶναι μόνον, ὅσα εἶναι στοιχεῖα συμμετρίας καὶ διὰ τὰς θεωρουμένας ιδιότητας. Ἀναφέρομεν μερικὰ συγκεκριμένα παραδείγματα τοιούτων περιπτώσεων. Τὰ συνηθέστερα κρυσταλλικὰ σχήματα, μὲ τὰ ὅποια ἐμφανίζεται εἰς τὴν φύσιν τὸ ὀρυκτὸν σιδηροπυρίτης (FeS_2) εἶναι τὸ ἑξάεδρον (σχ. 13), τὸ πενταγωνικὸν δωδεκάεδρον (σχ. 33) καὶ συνδυασμὸς τῶν δύο τούτων σχημάτων (σχ. 34). Ἡ πραγματικὴ



Σχ. 33



Σχ. 34



Σχ. 35

Πενταγωνικὸν δωδεκάεδρον

συμμετρία τοῦ ὀρυκτοῦ τούτου εἶναι ἡ τοῦ κανονικοῦ πενταγωνικοῦ δωδεκαέδρου $3A^2 4A^3 3PC$, ἐνῶ ἡ γεωμετρικὴ τοῦ ἑξαέδρου εἶναι ἡ γνωστὴ τῆς ὑπ' ἀριθμὸν 32-τάξεως. Συχνότατα ὅμως ἡ πραγματικὴ συμμετρία ἐκδηλοῦται καὶ εἰς αὐτὸ τοῦτο τὸ ἑξάεδρον. Αἱ ἔδραι του δὲν εἶναι ἐντελῶς ἐπίπεδοι, ἀλλὰ παρουσιάζουν εὐθυγράμμους ραβδώσεις παραλλήλους πρὸς ὀρισμένην κατεύθυνσιν συμπίπτουσιν μὲ μίαν τῶν ἀκμῶν τῆς θεωρουμένης ἑδρας. Αἱ ραβδώσεις αὗται καλοῦνται ποικίλσεις. Ἡ διάταξις αὐτῶν ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν ἐδρῶν τοῦ ἑξαέδρου εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 35. Ἐπὶ τῶν κατακορύφων ἐδρῶν δὲν ἔχουν τὸν αὐτὸν προσανατολισμόν, ἀλλ' εἶναι ἐναλλάξ ὀριζόντιαι καὶ κα-

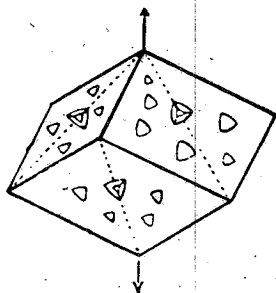
τακόρφοι. Ἡ τοιαύτη διάταξις ὑποβιβάζει τὴν συμμετρίαν τοῦ ἑξαέδρου τοῦ σιδηροπυρίτου, αἱ ἔδραι του θεωρούμεναι μὲ τὰς ἐπ' αὐτῶν ποικίλσεις δὲν ταυτίζονται διὰ στροφῆς κατὰ 90° περὶ τοὺς κύριους ἄξονας, ἀλλὰ διὰ στροφῆς κατὰ 180° , οἱ κύριοι ἄξονες ἀποβαίνουν Λ^2 ἀντὶ Λ^4 . Ὁμοίως ἐκ τῶν ἐπιπέδων συμμετρίας ὑφίστανται μόνον τὰ 3Π τὰ παράλληλα πρὸς τὰς ἔδρας τοῦ ἑξαέδρου, τὰ 6P δὲν ἔχουν θέσιν ἐπιπέδων κατοπτρισμοῦ ὡς πρὸς τὰς ποικίλσεις καὶ ἐπομένως δὲν ὑπάρχουν ὡς πραγματικὰ στοιχεῖα συμμετρίας.

Αἱ ποικίλσεις προκύπτουν ἀπὸ τὴν ὑποτυπώδη ἀνάπτυξιν ἐπὶ τῶν ἐδρῶν τοῦ ἑξαέδρου σειρᾶς ἐδρῶν τοῦ πενταγωνικοῦ δωδεκαέδρου καὶ ἀντιπροσωπεύουν τὰς ἀκμὰς τῆς τομῆς τῶν ἐδρῶν αὐτῶν μεταξύ των καὶ μὲ τὴν ἔδραν τοῦ ἑξαέδρου, ὅπως φαίνεται κατὰ τὴν σύγκρισιν τῶν σχημάτων 34 καὶ 35.

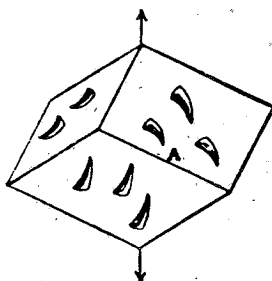
Διὰ τὴν εὗρεσιν τῆς πραγματικῆς συμμετρίας εἰς περιπτώσεις ἀμφιβόλους ἔγινεν εἰς εὐρεῖαν κλίμακα χρῆσις τῶν «διαβρωσιγενῶν σχημάτων». Ἐὰν ἀποθέσωμεν ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἔδρας σταγόνα καταλλήλου διαλυτικοῦ μέσου προσβάλλοντος τὸ σῶμα, σχηματίζονται ἐκ τῆς διαβρωτικῆς αὐτοῦ ἐπιδράσεως κοιλότητες ἔχουσαι ὠρισμένον σχῆμα, κατὰ προσέγγισιν πολυεδρικόν, τοῦ ὁποίου αἱ ἔδραι ἀντιστοιχοῦν εἰς κατευθύνσεις ἐδρῶν δυναμένων νὰ ἐμφανισθοῦν εἰς κρυστάλλους τοῦ σώματος αὐτοῦ. Τὸ σχῆμα τῶν διαβρωσιγενῶν κοιλότητων καὶ ὁ προσανατολισμός των ἐξηγεῖται μὲ τὴν παρατήρησιν ὅτι ἡ διάλυσις τοῦ κρυστάλλου συνίσταται εἰς ἀπόσπασιν ἀπ' αὐτοῦ τῶν δομικῶν του μονάδων καὶ ἐπομένως τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀκολουθεῖ κατευθύνσεις, αἱ ὁποῖαι καθορίζονται ἀπὸ τὸ σχέδιον τῆς ἐσωτερικῆς δομῆς τοῦ κρυσταλλικοῦ οἰκοδομήματος καὶ κατὰ συνέπειαν ὑπακούει εἰς τὰ πραγματικὰ στοιχεῖα συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου. Ὡς παράδειγμα τοιαύτης ἀντιδράσεως ἀναφέρομεν τὴν περίπτωσιν τῶν ὕρυκτῶν ἀσβεστίτου (CaCO_3) καὶ δολομίτου ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Ἀμφότερα κρυσταλλοῦνται εἰς ρομβοέδρα, ἀλλὰ ἡ συμμετρία αὐτῶν εἶναι διάφορος. Τοῦ ρομβοέδρου τοῦ ἀσβεστίτου ἡ γεωμετρικὴ συμμετρία ($\Lambda^3 3L^2 3PC$) συμπίπτει πρὸς τὴν πραγματικὴν, ἐνῶ τοῦ ρομβοέδρου τοῦ δολομίτου ἡ πραγματικὴ συμμετρία εἶναι ἡλαττωμένη ($\Lambda^3 C$). Ἐπιδρῶντες διαβρωτικῶς ἐπ' αὐτῶν μὲ σταγόνα ὕδροχλωρικοῦ ὀξέος λαμβάνομεν τὰ διαλυσιγενῆ σχήματα τὰ εἰκονιζόμενα εἰς τὰ σχήματα 36 καὶ 37. Τὸ διαλυσιγενὲς σχῆμα ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ ἀσβεστίτου (σχ. 36) παρουσιάζει ἐπίπεδον συμμετρίας συμπίπτον πρὸς τὸ πραγματικὸν ἐπίπεδον P, ἐνῶ τὸ ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ ρομβοέδρου τοῦ δολομίτου (σχ. 37) εἶναι ἀσύμμετρον, ἐν συμφωνίᾳ πρὸς τὴν ἀπουσίαν τοῦ ἐπιπέδου συμμετρίας.

Παρατηρήθη ὅτι ἡ συμμετρία τῶν διαλυσιγενῶν σχημάτων (σχῆμα καὶ προσανατολισμός αὐτῶν) δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν πραγματικὴν συμμετρίαν τοῦ κρυστάλλου, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν συμμετρίαν τοῦ διαλυτικοῦ μέσου. Ἐὰν ἐπὶ ρομβοέδρου ἀσβεστίτου ἐπιδράσωμεν μὲ τρυγικὸν ὀξύ, τοῦ ὁποίου τὸ μέριον εἶναι ἀσύμμετρον, τὸ προκύπτον διαλυσιγενὲς σχῆμα εἶναι ἀσύμ-

μετρον καὶ μάλιστα, ἐὰν γίνῃ χρήσις τῶν δύο ἀντιπόδων μορφῶν τοῦ τρυγικοῦ ὀξέος, λημβάνονται διαβρωσιγενή σχήματα ἐναντιόμορφα. Εἰς τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀνεζητήθη ἡ πιθανὴ ἐξήγησις τῆς διαφορᾶς τῶν διαλυσιγενῶν σχημάτων, τὰ ὁποῖα σχηματίζονται ἐπὶ ἑδρῶν ἑξαέδρου τοῦ ὀρυκτοῦ ἁλατος (NaCl) καὶ τοῦ συλβίνου (KCl). Ὅπως ἐβεβαίωσεν ἡ ἔρευνα τῶν κρυστάλλων αὐτῶν μετὰ τὰς ἀκτίνας X, ἡ δομὴ των εἶναι ἀπολύτως ὁμοία· τὴν θέσιν τῶν ἰόντων

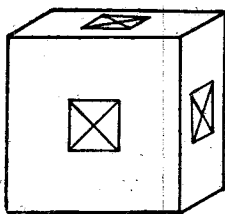


Σχ. 36
Ἀσβεστίτης

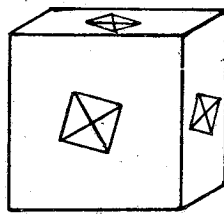


Σχ. 37
Δολομίτης

Na εἰς τὸ ὀρυκτὸν ἅλας καταλαμβάνουν τὰ ἰόντα K εἰς τὸν συλβίνην, τὰ ἀνιόντα Cl εἰς τὸ ὀρυκτὸν ἅλας καταλαμβάνουν τὰ ἀνιόντα Cl εἰς τὸν συλβίνην, τὰ ἀνιόντα Cl κατέχουν εἰς ἀμφοτέρα τὰ σώματα τὴν ἰδίαν θέσιν. Ἐν τούτοις τὰ διαλυσιγενή σχήματα ἐπ' αὐτῶν ἔχουν διάφορον προσανατολισμόν. Τὸ σχῆμα των εἶναι τετραγωνικῆς πυραμίδος ἀνεστραμμένης, ἥτις εἰς μὲν τὸ NaCl (σχ. 38) τέμνεται συμμετρικῶς ἀπὸ τὰ τε κύρια ἐπίπεδα καὶ τὰ δευτερεύοντα Π καὶ Ρ, ἡ συμμετρία τοῦ χλωριούχου νατρίου εἶναι ἡ πλήρης συμμετρία τοῦ ἑξαέδρου ($3A^4 4L^3 6L^2 3Π6ΡC$). Εἰς τὸ KCl ὁμως (σχ. 39)



Σχ. 38
Ὄρυκτὸν ἅλας



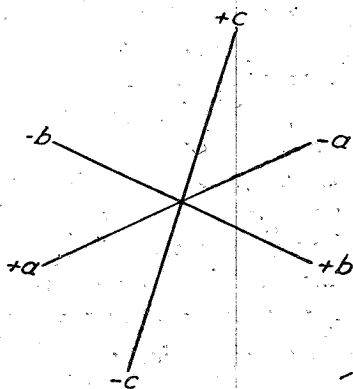
Σχ. 39
Συλβίνης

ἡ τετραγωνικὴ πυραμὶς ἐμφανίζεται ἐστραμμένη πρὸς τὰ δεξιὰ, εἰς τρόπον ὥστε νὰ μὴ τέμνεται συμμετρικῶς οὔτε ἀπὸ τὰ Π οὔτε ἀπὸ τὰ Ρ. Ἡ διάταξις

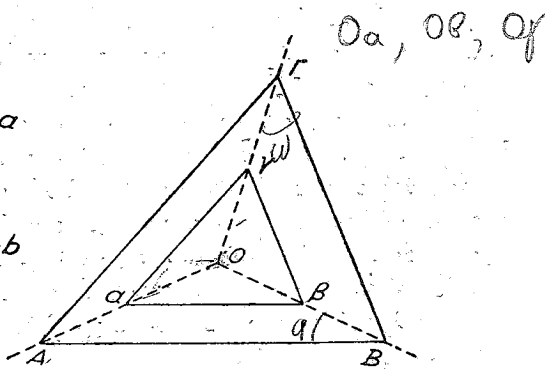
τοῦ συνόλου τῶν ἐδρῶν τοῦ ἐξαέδρου συμφῶνεϊ μὲ τὴν ὑπαρξίν ἀξόνων A^4 . Οὕτως ἤχθησαν εἰς τὸ νὰ ἀποδώσουν εἰς τὸν συλβίνην τὴν συμμετρίαν: $3A^4$ $4L^3$ $6L^2$. Βραδύτερον πειράματα παραγωγῆς διαβρωσιγενῶν σχημάτων ἐκτελεσθέντα ἐπὶ τοῦ συλβίνου μὲ ἐξαιρετικὰς προφυλάξεις ἀπολύτου καθαριότητος ἔδωσαν ἀποτελέσματα ὅμοια πρὸς τὰ τοῦ ὀρυκτοῦ ἑλατος. Ἐξ αὐτοῦ ὑπετέθη, ὅτι τὰ ὑπὸ συνήθεις συνθήκας ἐκτελεσθέντα πειράματα ἐπηρεάζοντο ἀπὸ ἔχνη στροφικῶν σωμάτων, τὰ ὅποια αἰωροῦνται πιθανῶς ὑπὸ μορφὴν κόνεως εἰς τὸν ἀέρα καὶ ἐπιδροῦν κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν τοῦ πειράματος προκαλοῦντα τὴν παρατηρηθεῖσαν ἀσυμμετρίαν. Εἰς τὴν αὐτὴν αἰτίαν ἀποδίδεται καὶ ἡ φαινομενικῶς μειωμένη συμμετρία τοῦ NH_4Cl ἐκδηλουμένη καὶ εἰς διαλυσιγενῆ σχήματα ἀλλὰ καὶ εἰς τὸ κρυσταλλικὸν αὐτοῦ σχῆμα (ᾧρα σελ. 81), ἐνῶ ἡ ἔρευνα τῆς δομῆς του διὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen δεικνύει συμμετρίαν τὴν τοῦ $NaCl$.

15. Κρυσταλλομετρικὸς προσδιορισμὸς τῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων. Νόμος τοῦ Haüy. Ὡς εἶδομεν εἰς προηγηθεῖσαν παράγραφον ἀπὸ ἑνα ὠρισμένον συνδυασμὸν στοιχείων συμμετρίας ἐκ τῶν 32 δυνατῶν προκύπτουν διάφορα κρυσταλλικὰ σχήματα ἀναλόγως τῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν θὰ ἔχῃ ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ἡ ἔδρα ἡ ὑποβαλλομένη εἰς συμμετρικὴν ἐπανάληψιν. Κατὰ ταῦτα διὰ τὸν καθορισμὸν ἐνὸς ἀπλοῦ κρυσταλλικοῦ σχήματος δὲν ἀρκοῦν μόνον τὰ στοιχεῖα συμμετρίας του, πρέπει προσέτι νὰ καθορισθῇ καὶ ἡ θέσις μιᾶς τῶν ἐδρῶν του ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας ἢ ἐν τῷ χώρῳ. Πρὸς τοῦτο θεωροῦνται τρεῖς εὐθεῖαι τεμνόμεναι εἰς τὸ κέντρον τοῦ κρυστάλλου, αἱ ὁποῖαι ἐλλέγονται οὕτως, ὥστε νὰ ταυτίζονται πρὸς τοὺς ἄξονας συμμετρίας αὐτοῦ ἢ ἐλλείψει τούτων λαμβάνονται παράλληλοι πρὸς ὠρισμένας ἀκμὰς του. Αἱ εὐθεῖαι αὗται χρησιμεύουν ὡς ἄξονες συντεταγμένων καὶ ὀνομάζονται *κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες*. Ἐκ τούτων ὁ στρεφόμενος πρὸς τὸν παρατηρητὴν καλεῖται ἄξων a , ὁ παράλληλος πρὸς αὐτὸν b καὶ ὁ κατακόρυφος ἄξων c . Θετικὰ τμήματα αὐτῶν θεωροῦνται τοῦ a τὸ πρόσθιον, τοῦ b τὸ δεξιὸν καὶ τοῦ c τὸ ἄνω (σχῆμα 40). Ἡ θέσις μιᾶς ἔδρας $αβγ$ καθορίζεται διὰ τῶν μηκῶν $Oα$, $Oβ$ καὶ $Oγ$, τὰ ὅποια ἀποτεμένει ἐπὶ τῶν ἄξόνων, ἀπὸ τῆς ἀρχῆς μετρούμενων (σχ. 41). Τὰ μήκη αὐτὰ καλοῦνται *παραμέτροι* τῆς θεωρουμένης ἔδρας. Προκειμένου ὁμως περὶ κρυστάλλων δὲν ἐνδιαφέρει ἡ ἀπόλυτος τιμὴ τῶν παραμέτρων αὐτῶν, ἥτις μεταβάλλεται διὰ τὸ αὐτὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα ἀναλόγως τῶν διαστάσεων τοῦ κρυστάλλου. Ὅ,τι παραμένει σταθερόν, ἀνεξαρτήτως τοῦ μεγέθους τῶν κρυστάλλων, εἶναι ἡ σχέσις τῶν παραμέτρων αὐτῶν πρὸς ἀλλήλας. Οὕτως ἡ ἔδρα $αβγ$ κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ κρυστάλλου πρὸς μεγαλύτερον τὰς διαστάσεις μετατοπίζεται παραλλήλως ἑαυτῇ καί, ὅταν μετὰ τινα χρόνον ὁ κρυστάλλος μεγαλώσῃ, καταλαμβάνει τὴν θέσιν $ΑΒΓ$. Ἐκ τοῦ παραλλήλου τῶν $αβγ$ καὶ $ΑΒΓ$ συνάγεται ὅτι $Oα:Oβ:Oγ = OA:OB:OG =$ σταθερά. Ἡ σταθερὰ αὕτη σχέσις καλεῖται *σχέσις παραμέτρων* καὶ ἀποτελεῖ κρυσταλλογραφικὴν σταθεράν δι' ἕκαστον σῶμα. Σημειοῦται $a:b:c$ καὶ ὡς μονὰς λαμβά-

νεται ή παράμετρος ή αντίστοιχοῦσα εἰς τὸν ἄξονα b . Οἱ λόγοι $a:b$, $c:b$, ἐξαιρέσει εἰδικῶν περιπτώσεων, εἶναι ἐν γένει ἀσύμμετροι ἀριθμοὶ καὶ εὐρίσκονται διὰ γωνιομετρήσεων τοῦ κρυστάλλου. Οὕτως εἰς τὸ ὀρυκτὸν θεῖον, τοῦ ὁποίου

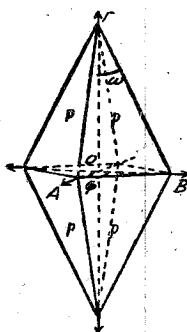


Σχ. 40

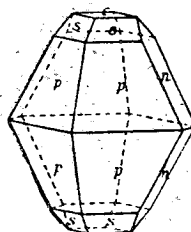


Σχ. 41

κρυστάλλους παριστάνουν τὰ σχήματα 42 καὶ 43, ἡ σχέσις παραμέτρων εἶναι $a:b:c = 0,8108:1:1,9005$. Αἱ τιμαὶ αὗται δύνανται νὰ εὕρεθῶν ἐκ τῶν γωνιῶν OBA, OBG. Προφανῶς ἔχομεν κατὰ τὸ σχ. 42 $OA:OB = a:b = \epsilon\phi\phi$, $OB:OG = b:c = \epsilon\phi\omega$. Ἐκ τῆς παρουσίας τριγωνομετρικῶν ἀριθμῶν εἰς τὰς σχέσεις αὐτὰς ἐξηγεῖται καὶ τὸ ἀσύμμετρον τῶν τιμῶν τῶν.



Σχ. 42



Σχ. 43



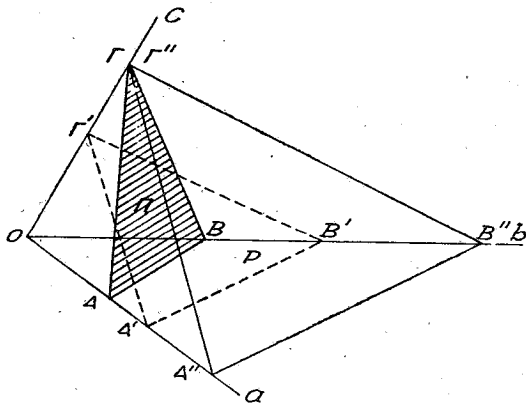
Ἡ σχέσις παραμέτρων $(a:b:c)$ ἀποτελεῖ κρυσταλλογραφικὴν σταθερὰν χαρακτηριστικὴν δι' ἕκαστον σῶμα. Ἡ σταθερότης τῆς σχέσεως αὐτῆς εἶναι συνέπεια τοῦ νόμου τῆς σταθερότητος τῶν διέδρων γωνιῶν τοῦ Romé de l'Isle.

Εἰς τὸν σύνθετον κρυστᾶλλον τοῦ σχ. 43 περιλαμβάνονται ἐκτὸς τῶν ἐδρῶν τοῦ σχ. 42 καὶ ἄλλα σχήματα τὰ o , q , c . Διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς θέσεως

τῶν ἑδρῶν καὶ τῶν σχημάτων αὐτῶν θὰ ἡδυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἐπίσης τὴν σχέσιν παραμέτρων $a:b:c$ δι' ἐκάστην αὐτῶν. Ἀντὶ ὅμως νὰ ἔχωμεν δι' ἐκάστην ἑδραν καὶ ἰδίαν σχέσιν παραμέτρων, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς θέσεώς των ἀπλοῦς ἀκεραίους ἀριθμοὺς στηριζόμενοι εἰς ὠρισμένην σχέσιν, ἥτις συνδέει τὰς παραμέτρους τῶν ἑδρῶν τῶν λοιπῶν σχημάτων πρὸς τὰς ἀντιστοίχους παραμέτρους τῆς πρώτης θεωρηθείσης ἑδρας Γ . Δοθείσης μιᾶς ἑδρας ὅπως ἡ Γ , ἥς αἱ παράμετροι ἔχουν σχέσιν $a:b:c$, πᾶσα ἄλλη ἑδρα ἄλλου σχήματος ἐμφανιζομένου εἰς σύνθετον κρύσταλλον τοῦ σώματος αὐτοῦ δὲν δύναται νὰ ἔχῃ θέσιν τυχοῦσαν, ἤτοι αἱ παράμετροί της δὲν δύνανται νὰ εἶναι οἰαδιδήποτε, ἀλλὰ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰς παραμέτρους a, b, c τῆς πρώτης θεωρηθείσης ἑδρας, εἶναι ἀπλᾶ ἀκέραια πολλαπλάσια τῶν ἀντιστοίχων παραμέτρων ἐκείνης. Ἡ σπουδαία αὕτη σχέση, ἀνακαλυφθεῖσα ὑπὸ τοῦ Haüy, ἀποτελεῖ τὸν τρίτον νόμον ἐκ τῶν διεπόντων τὴν ἀνάπτυξιν τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων, ὅστις φέρει καὶ τὸ ὄνομα τοῦ ἀνακαλύψαντος αὐτόν.

«Νόμος τοῦ Haüy. Αἱ παράμετροι τυχοῦσης ἑδρας κρυσταλλικοῦ σχήματος συγκρινόμεναι πρὸς τὰς ἀντιστοίχους παραμέτρους μιᾶς ἄλλης ἑδρας τοῦ κρυστάλλου τούτου δίδουν λόγους ἀπλοῦς ἀκεραίους συνήθως συμπίπτοντας πρὸς ἓνα τῶν πρώτων ἀκεραίων 1 ἕως 5».

Ἄς ἐξηγήσωμεν λεπτομερέστερον τὸν νόμον αὐτόν. Θεωρήσωμεν σύστημα κρυσταλλογραφικῶν ἁξόνων (σχ. 44) καὶ ἑδραν Π με παραμέτρους



Σχ. 44

τὰς OA, OB, OG . Ἡ θέσις τῆς ἑδρας αὐτῆς ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικούς ἁξονας καθορίζεται διὰ τῆς σχέσεως τῶν παραμέτρων $OA:OB:OG$. Μία ἄλλη ἑδρα τοῦ κρυστάλλου, ἡ P , τέμνει τοὺς ἁξονας εἰς τὰ σημεῖα $A'B'\Gamma'$. Μετατοπίσωμεν τὴν ἑδραν P παραλλήλως ἑαυτῇ, μέχρις ὅτου πέσῃ ὁλόκληρος ἐκτὸς τῆς ἑδρας Π , ὅποτε θὰ λάβῃ τὴν θέσιν $A''B''\Gamma''$. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν

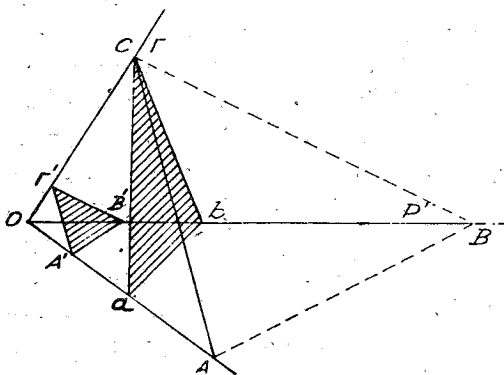
αἱ παράμετροι τῆς ἔδρας εἶναι $OA'' = 2OA$, $OB'' = 3OB$, $OI''' = OI$, ἤτοι ἀκέραια ἀπλᾶ πολλαπλάσια τῶν ἀντιστοιχῶν παρὰμέτρων τῆς ἔδρας Π. Τὴν θέσιν τῆς ἔδρας Ρ δυνάμεθα κατὰ ταῦτα νὰ ὀρίσωμεν μὲ τοὺς τρεῖς αὐτοὺς ἀκεραίους 2, 3, 1. Ἐν γένει, ἂν a, b, c εἶναι αἱ παράμετροι μιᾶς ἔδρας Π καὶ $a'b'c'$ αἱ παράμετροι ἑτέρας ἔδρας Ρ, ἀφοῦ μετατοπισθῇ καταλλήλως παράλληλα πρὸς ἑαυτήν, θὰ ἰσχύουν αἱ σχέσεις: $a':a = m$, $b':b = n$, $c':c = r$ ἔνθα m, n καὶ r ἀπλοῖ ἀκεραῖοι ἀριθμοὶ καὶ δὴ ἐκ τῶν πρώτων ἀκεραίων. Οἱ ἀριθμοὶ αὗτοὶ καλοῦνται ἀριθμητικὰ μήκη τῆς ἔδρας Ρ. Ἐδρα ἔχουσα θέσιν παράλληλον πρὸς ἓνα τῶν ἁξόνων θὰ ἔχῃ ἀντίστοιχόν ἀριθμητικὸν μήκος 00. Ἡ ἔδρα Π, τῆς ὁποίας αἱ παράμετροι a, b, c χρησιμεύουν ὡς μονάδες μετρήσεως τῶν ἀντιστοιχῶν παρὰμέτρων τῶν λοιπῶν ἑδρῶν, καλεῖται παραμετρικῇ.

Ὁ νόμος τοῦ Haüy εἰσάγει καὶ ἄλλον περιορισμόν, εἰς τὸν ὁποῖον ὑποκεινται τὰ κρυσταλλικὰ πολύεδρα, ἐκτὸς τοῦ ἀναφερομένου εἰς τοὺς ἁξονας συμμετρίας. Αἱ ἔδραι αἱ δυνάμεναι νὰ ἐμφανισθοῦν εἰς ἓνα κρύσταλλον δὲν εἶναι τυγχόνσαι οὔτε ἀπεριόριστοι τὸν ἀριθμόν. Δοθείσης τῆς παραμετρικῆς ἔδρας δύνανται ἐξ αὐτῆς νὰ παρὰχθοῦν ὀρίσμεναι ἔδραι εἰς περιορισμένον ἀριθμόν, τῶν ὁποίων τὰ ἀριθμητικὰ μήκη θὰ προκύπτουν διὰ συνδυασμοῦ τῶν πρώτων ἀκεραίων ἀριθμῶν 1 ἕως 5 καὶ τοῦ 00, λαμβανόμενων ἀνὰ τρεῖς. Τυχὸν κυρτὸν γεωμετρικὸν πολύεδρον, τοῦ ὁποίου ἡ συμμετρία συμπίπτει πρὸς μίαν τῶν κρυσταλλικῶν τάξεων, δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐμφανισθῇ ἄνευ οὐδενὸς περιορισμοῦ ὡς κρυσταλλικὸν σχῆμα, μόνον διότι ἔχει κρυσταλλικὴν συμμετρίαν, πρέπει καὶ ἡ σχέσις τῶν ἀντιστοιχῶν παρὰμέτρων τῶν ἑδρῶν τοῦ νὰ πληροῖ τὰς συνθήκας τοῦ νόμου τοῦ Haüy. Ἀλλὰ καὶ ὁ περιορισμός, τὸν ὁποῖον εἶδομεν ἰσχύοντα διὰ τὴν συμμετρίαν, ἀνάγεται εἰς τὸν νόμον τοῦ Haüy καὶ συνάγεται ὡς γεωμετρικῇ αὐτοῦ συνέπεια. Πολύεδρον τὸ ὁποῖον θὰ εἶχεν ἁξονα συμμετρίας 3ης τάξεως ἢ ἀνωτέρας τῆς 6ης θὰ παρουσίαζεν ἔδρας μὲ σχέσεις ἀντιστοιχῶν παρὰμέτρων ἀσυμμέτρους.

16. Δεῖκται τῶν ἑδρῶν κρυστάλλου. Ἀντὶ τοῦ ἀνωτέρω ἐκτεθέντος τρόπου τοῦ καθορισμοῦ τῆς θέσεως τῶν κρυσταλλικῶν ἑδρῶν διὰ τῶν ἀριθμητικῶν αὐτῶν μεγθῶν εἰσῆλθον διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν ἀπὸ τὸν Miller καὶ ἐπεκράτησεν ἡ χρῆσις τῶν δεικτῶν. Οἱ δεῖκται μιᾶς κρυσταλλικῆς ἔδρας ἀντιπροσωπεύουν σχέσιν ἀντίστροφον ἐκείνης, δι' ἧς ὀρίσθησαν τὰ ἀριθμητικὰ μήκη, εἶναι τὰ ἀντίστροφα ποσὰ τῶν ἀριθμητικῶν μεγθῶν πολλαπλασιασθέντα ἐπὶ τὸν αὐτὸν ἀριθμόν, τοιοῦτον ὥστε νὰ μετατραποῦν εἰς ἀκεραίους ἀριθμούς. Οὕτω τῆς ἔδρας τῆς ἐγούσης παρὰμέτρους $a' b' c'$ καὶ ἀριθμητικὰ μήκη $m = a'/a$, $n = b'/b$, $r = c'/c$ τὰ ἀντίστροφα ποσὰ τῶν ἀριθμητικῶν μεγθῶν $1/m = (a:a')$, $1/n = (b:b')$, $1/r = (c:c')$ πολλαπλασιαζόμενα ἐπὶ τὸ ἐλάχιστον κοινὸν πολλαπλάσιον τῶν παρονομαστῶν m, n, r δίδουν τοὺς δείκτας $h = nr, k = mr$ καὶ $l = mn$. Εἰς τὸ παράδειγμα τῆς ἔδρας Ρ τοῦ σχ. 43, τῆς ὁποίας τὰ ἀριθμητικὰ μήκη εἶναι 2 3 1 λαμβάνοντες τὰ ἀντίστροφα αὐ-

τῶν ποσά $1/2$, $1/3$, $1/1$ καὶ πολλαπλασιάζοντες τὰ κλάσματα ταῦτα ἐπὶ 6 λαμβάνομεν τοὺς δείκτας $h=3$, $k=2$, $l=6$. Οἱ δείκται τιθέμενοι ἐντὸς παρενθέσεως (3 2 6) παριστοῦν τὴν ἀντίστοιχον ἔδραν.

Ὁ πολλαπλασιασμός ἐπὶ τὸ ἐλάχιστον κοινὸν πολλαπλάσιον τῶν παρανομαστῶν τῶν κλασμάτων $1/m$, $1/n$, $1/r$ ἰσοδυναμεῖ μὲ διαίρεσιν τῶν $a'b'c'$ διὰ τοῦ γινομένου mnr , δηλ. γεωμετρικῶς πρὸς μετατόπισιν τῆς ἔδρας P παραλλήλως ἑαυτῇ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἐπιτρέπεται κατὰ τὸν νόμον τῆς σταθερότητος τῶν γωνιῶν. Τὸ σχῆμα 45 παρέχει παραστατικώτερον τὰ ἀνωτέρω



Σχ. 45

ἐκτεθέντά. Μετατοπίζοντες τὴν ἔδραν P , τῆς ὁποίας τὰ ἀριθμητικὰ μῆκη εἶναι 2, 3, 1, παραλλήλως ἑαυτῇ ἐκ τῆς ἀρχικῆς τῆς θέσεως $ABΓ$ εἰς τὴν $A'B'Γ'$, οὕτως ὥστε ἡ $ΟΓ'$ νὰ ἰσοῦται μὲ $1/6$ τῆς $ΟΓ$, ὁπότε καὶ αἱ λοιπαὶ παράμετροι αὐτῆς θὰ διαιρεθοῦν διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, λαμβάνομεν τοὺς δείκτας τῆς ἔδρας αὐτῆς ἐκ τῶν λόγων τῶν παραμέτρων τῆς παραμετρικῆς ἔδρας Π πρὸς τὰς ἀντιστοίχους παραμέτρους τῆς ἔδρας P εἰς τὴν θέσιν $A'B'Γ'$, $h = Oa/OA = 3$, $k = Ob/OB' = 2$, καὶ $l = Oc/OG' = 6$. Δυνάμεθα κατὰ τὰ ἀνωτέρω νὰ ὀρίσωμεν τὴν ἔννοιαν τῶν δεικτῶν τῆς κρυσταλλικῆς ἔδρας καὶ ὡς ἑξῆς: Δεῖκται κρυσταλλικῆς ἔδρας εἶναι οἱ ἀκέραιοι ἀριθμοὶ οἱ παρεχόμενοι ἀπὸ τοὺς λόγους τῶν παραμέτρων τῆς παραμετρικῆς ἔδρας ὡς πρὸς τὰς ἀντιστοίχους παραμέτρους τῆς θεωρουμένης ἔδρας, ἀφοῦ αὕτη μετετοπίσθη παραλλήλως ἑαυτῇ, μέχρις οὗ πᾶσαι αἱ παράμετροί της γίνονν ἀπλᾶ ὑποπολλαπλάσια τῶν ἀντιστοίχων παραμέτρων τῆς παραμετρικῆς ἔδρας. Ἐδρα μὲ δείκτας $(h\ k\ l)$ ἔχει παραμέτρους $a' = a/h$, $b' = b/k$, $c' = c/l$. Τῆς παραμετρικῆς ἔδρας Π προφανῶς οἱ δείκται εἶναι (111). Ἐδρα παράλληλος πρὸς κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα θὰ ἔχῃ ἀντίστοιχον δείκτην $1/\infty = 0$. Μὲ τὴν εἰσχωγῆν τῆς ἐννοίας τῶν δεικτῶν ὁ νόμος τοῦ Haüy δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ οὕτω: «Οἱ δείκται πάσης κρυσταλλικῆς ἔδρας εἶναι ἀπλοὶ ἀκέραιοι ἀριθμοί».

Καίτοι ἡ παράστασις τῶν ἐδρῶν διὰ τῶν ἀριθμητικῶν μηκῶν φαίνεται ἐκ πρώτης ὕψεως ἀπλουστερά παρ' ὅτι διὰ τῶν δεικτῶν, ἡ ἔννοια τῶν δεικτῶν ἀποβαίνει χρησιμωτέρα διὰ τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς λογισμοὺς. Οἱ δεικταὶ ἐπιτρέπουν νὰ γράψωμεν ἀμέσως τὴν ἐξίσωσιν τοῦ ἐπιπέδου τοῦ παραλλήλου πρὸς τὴν ἑδραν καὶ διερχομένου διὰ τῆς ἀρχῆς τῶν ἀξόνων, διότι εἶναι οἱ συντελεσταὶ τῶν ἀγνώστων τῆς ἐξίσωσεως αὐτῆς. Διὰ δείκτας $h\ k\ l$ ἡ ἐξίσωσις τοῦ ἐπιπέδου τούτου εἶναι $hx/a + ky/b + lz/c = 0$. Οὕτω τὰ κρυσταλλομετρικὰ προβλήματα δύνανται νὰ ἀναχθοῦν εἰς προβλήματα ἀναλυτικῆς γεωμετρίας, τῶν ὁποίων ἡ λύσις εἶναι γνωστή. Π.χ. τὸ πρόβλημα: «Νὰ εὑρεθῇ ἡ διέδρος γωνία δύο ἐδρῶν μὲ δείκτας ($h\ k\ l$) καὶ ($h' \ k' \ l'$)» ἀνάγεται εἰς γνωστὸν πρόβλημα τῆς ἀναλυτικῆς γεωμετρίας «Δοθέντων δύο ἐπιπέδων διὰ τῶν ἐξισώσεών των νὰ εὑρεθῇ ἡ διέδρος γωνία αὐτῶν».

Κατὰ ταῦτα ἡ πλήρης περιγραφὴ κρυσταλλικοῦ σχήματος περιλαμβάνει τὰς ἐξῆς ἐργασίας:

- 1) Εὕρεσιν τῆς κρυσταλλικῆς τάξεως, εἰς ἣν ἀνήκει τὸ σχῆμα.
- 2) Ἐκλογὴν τοῦ συστήματος τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων.
- 3) Καθορισμὸν τῶν γωνιῶν τῶν ἀξόνων $\hat{ab} = \gamma$, $\hat{ac} = \beta$, $\hat{bc} = \alpha$ καὶ τῆς σχέσεως παραμέτρων $a:b:c$ τῆς παραμετρικῆς ἑδρας.
- 4) Εὕρεσιν τῶν δεικτῶν τῶν λοιπῶν ἐδρῶν.

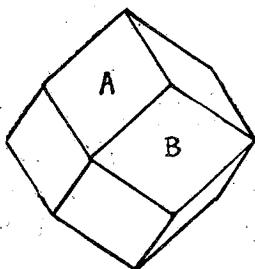
17. Τρόπος ἐκλογῆς τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων καὶ τῆς παραμετρικῆς ἑδρας. Θεμελιῶδες σχῆμα. Ἐὰν τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα ἔχῃ ἐπαρκῆ ἀριθμὸν ἀξόνων συμμετρίας, οἱ κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες ἐκλέγονται μεταξὺ τῶν ἀξόνων αὐτῶν. Ὁ τρόπος αὐτὸς τῆς ἐκλογῆς ἔχει τὸ προσὸν ὅτι αἱ ὁμότιμοι ἑδραι ἐνὸς ἀπλοῦ σχήματος, καθ' ὃ προκύπτουσαι διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως μιᾶς ἑδρας τοῦ σχήματος ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας, ἔχουν πᾶσαι ὁμοίαν θέσιν ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας καὶ ἐπομένως θὰ παριστῶνται μὲ τοὺς ἰδίους δείκτας, τῶν ὁποίων ἀλλάσσει μόνον ἡ σειρὰ καὶ τὸ θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν τοῦ σημείου. Εἰς τὸ ρομβικὸν δωδεκάεδρον (σχ. 46), τοῦ ὁποίου κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες εἶναι οἱ $3A^4$, ἡ ἑδρα A ἔχει δείκτας (101), ἡ B (110) κ.ο.κ. Τὸν ὅλον ἀριθμὸν τῶν ἐδρῶν τοῦ σχήματος δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν ἐκτελοῦντες ὅλας τὰς δυνατάς μεταθέσεις τῶν δεικτῶν 110 μὲ ὅλους τοὺς δυνατοὺς συνδυασμοὺς τῶν σημείων+ καὶ —.

Τὸ ὅλον σχῆμα συμβολίζεται μὲ τοὺς δείκτας μιᾶς ἑδρας αὐτοῦ τιθεμένους εἰς ἀγκύλας {110}. Οἱ δεικταὶ τῶν δώδεκα ἐδρῶν εἶναι οἱ ἐξῆς:

(110)	(101)	(011)
(1 $\bar{1}$ 0)	(10 $\bar{1}$)	(01 $\bar{1}$)
($\bar{1}$ 10)	($\bar{1}$ 01)	(0 $\bar{1}$ 1)
(11 $\bar{0}$)	(1 $\bar{0}$ 1)	(01 $\bar{1}$)

Ὁ τοιοῦτος τρόπος ἐκλογῆς τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων ἐπιβάλλει

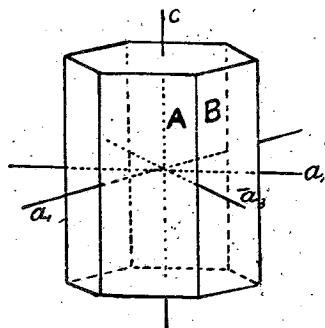
εἰς ὠρισμένους περιπτώσεις νὰ λαμβάνωνται τέσσαρες κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες ἀντὶ τριῶν, λ.χ. εἰς τὸ ἑξαγωνικὸν πρίσμα τοῦ σχ. 47, τὸ ὁποῖον ἔχει



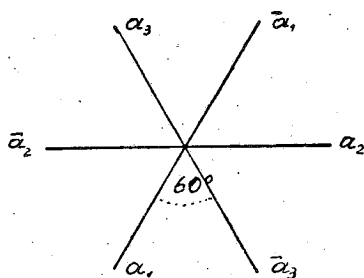
Σχ. 46

Ρομβικὸν δωδεκάεδρον

ἄξονας συμμετρίας $\Lambda^6 3L^2 3L'^2$ λαμβάνομεν τὸν Λ^6 ὡς c . Ἐκ τῶν τριῶν ὀριζοντίων ἄξόνων ($3L^2$ ἢ $3L'^2$) θὰ ἠδύναντο καὶ δύο μόνον νὰ ἐπαρκέσουν διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς θέσεως τῶν ἐδρῶν παραλειπομένου τοῦ τρίτου. Ἀλλὰ τότε αἱ ὁμότιμοι κρυσταλλογραφικῶς παράπλευροι ἑδραι τοῦ ἑξαγωνικοῦ πρίσματος δὲν θὰ εἶχον ὁμοίους δείκτας, ἡ ἑδρα A θὰ εἶχε δείκτας (110) , ἡ ἑδρα B (010) . Διὰ νὰ εἶναι ἡ παράστασις τῶν ὁμοτίμων ἐδρῶν ὁμοιόμορφος, πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν καὶ τὸν τρίτον παραλειφθέντα ἄξονα συμμετρίας καὶ νὰ δοθῶν τρεῖς δεῖκται διὰ τοὺς τρεῖς ὀριζοντίους ἄξονας. Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ τεσσάρων κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων οἱ τρεῖς ὀριζόντιοι σημειοῦνται $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. Ἡ σχετικὴ των θέσις πρὸς ἀλλήλους καὶ τὸν παρατηρητὴν παρίσταται εἰς τὰ σχ. 47 καὶ 48. Οὕτως ἡ ἑδρα A θὰ ἔχη δείκτας $(10\bar{1}0)$, ἢ B $(01\bar{1}0)$



Σχ. 47

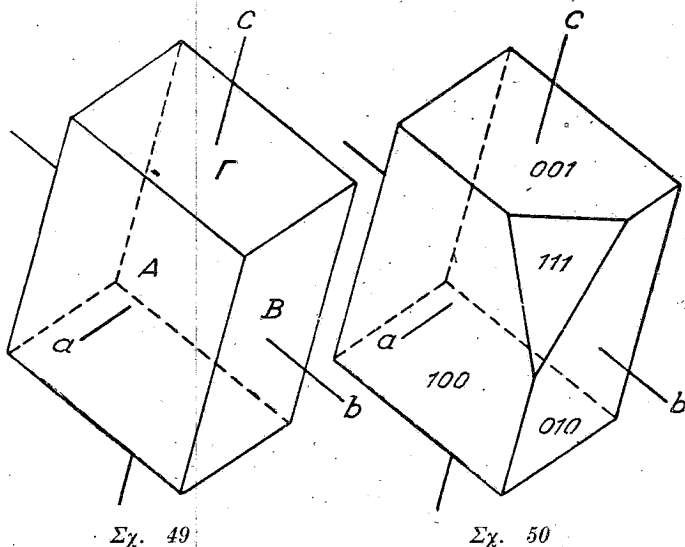


Σχ. 48

κ.ο.κ. Ὅλοι αἱ ὁμότιμοι ἑδραι συμβολίζονται μὲ τοὺς ἰδίους δείκτας (κατ' ἀπόλυτον τιμὴν καὶ ἀδιακρίτως σειρᾶς).

Εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν οἱ ὑπάρχοντες ἄξονες συμμετρίας εἶναι ἀνεπαρκεῖς πρὸς συμπλήρωσιν τοῦ συστήματος τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων, λαμβά-

ονται οί έλλείποντες κρυσταλλογραφικοί άξονες παράλληλοι πρὸς άκμὰς τοῦ κρυστάλλου, ἤτοι ταυτίζονται πρὸς άξονας ζωνῶν αὐτοῦ. Παράδειγμα γενικωτάτης περιπτώσεως παρέχει τὸ πλάγιον παραλληλεπίπεδον τοῦ σχ. 49,



Σχ. 49

Σχ. 50

τὸ ὁποῖον δὲν ἔχει κανένα άξονα συμμετρίας, ἀλλὰ μόνον κέντρον συμμετρίας. Εἰς αὐτὸ οἱ τρεῖς κρυσταλλογραφικοί άξονες λαμβάνονται παράλληλοι πρὸς τὰς τρεῖς άκμὰς, καθ' ἃς τέμνονται αἱ ἔδραι Α, Β, Γ. Ἐν γένει τρεῖς ἔδραι, αἱ ὁποῖαι δὲν ἀνήκουν εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν ζώνην, δύνανται νὰ ὀρίσουν διὰ τῶν τομῶν αὐτῶν τοὺς τρεῖς κρυσταλλογραφικούς άξονας. Οἱ δέικται τῶν ἔδρῶν αὐτῶν θὰ εἶναι (100), (010) καὶ (001). Αἱ ἔδραι αὐταὶ καθορίζουν μόνον τὴν γωνίαν τῶν άξόνων πρὸς ἀλλήλους, τὸ μέγεθος αὐτῶν παρέχεται ἀπὸ τὴν σχέσιν παραμέτρων $a:b:c$ μιᾶς τετάρτης ἔδρας τεμνουσῆς καὶ τοὺς τρεῖς άξονας, ἥτις λαμβάνεται ὡς παραμετρικὴ καὶ θὰ ἔχη δείκτας (111). Τὸ παραλληλεπίπεδον, τὸ ὁποῖον θὰ σχηματισθῇ μὲ ἔδρας παραλλήλους πρὸς τὰς Α, Β, Γ, καὶ μῆκος τῶν άκμῶν αὐτοῦ, ὅλον καθορίζεται ἐκ τῆς σχέσεως παραμέτρων τῆς ἔδρας (111), καλεῖται θεμελιῶδες σχήμα, διότι αὐτὸ παρέχει τὰ βασικά κρυσταλλομετρικά στοιχεία τὰ ἀπαραίτητα διὰ τὴν κρυσταλλογραφικὴν περιγραφὴν τοῦ σχήματος. Εἰς τὴν γενικὴν αὐτὴν περίπτωσιν αἱ προσδιοριστέαι κρυσταλλομετρικαὶ σταθεραὶ εἶναι πέντε, αἱ τρεῖς γωνίαι τῶν άξόνων $\alpha = \widehat{bc}$, $\beta = \widehat{ac}$, $\gamma = \widehat{ab}$ καὶ αἱ σχέσεις $a:b$ καὶ $c:b$. Αἱ σχέσεις τῶν παραμέτρων $a:b$, $b:c$, $a:c$, δύνανται νὰ καθορισθοῦν χρησιμοποιουμένων ἀντὶ μιᾶς παραμετρικῆς ἔδρας, τῆς (111), δύο ἔδρῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἑκάτερά τέμνει τοὺς δύο άξονας καὶ βαίνει παραλλήλως πρὸς τρίτον άξονα διάφορον ἑκάστοτε.

Ἡ ἔδρα (110) καθορίζει τὴν σχέσιν $a:b$, ἡ (101) τὴν σχέσιν $a:c$, ἡ (011) τὴν σχέσιν $b:c$. Οἰαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ ἔδρα ἡ αἱ ἔδραι αἱ ἐκλεγεῖσαι ὡς παραμετρικαί, ὁ νόμος τοῦ Haüy, δηλ. τὸ ἀκέραιον τῶν δεικτῶν, ἰσχύει πάντοτε μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι οἱ δεῖκται ὠρισμένης ἔδρας μὲ τὴν ἀλλαγὴν τῆς παραμετρικῆς ἔδρας θὰ λάβουν ἄλλας τιμὰς. Μεταξὺ τῶν διαφόρων ἐδρῶν τοῦ κρυστάλλου ἐκλέγεται ὡς παραμετρικὴ ἐκεῖνη, βάσει τῆς ὁποίας οἱ δεῖκται τῶν ἐδρῶν ἐν τῷ συνόλῳ εἶναι ἀπλούστεροι.

18. Κρυσταλλικὰ συστήματα. Ἐκλέγοντες, ὡς εἴπομεν, τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας μεταξὺ τῶν ἄξόνων συμμετρίας τῶν 32 κρυσταλλικῶν τάξεων παρατηροῦμεν ὅτι ὠρισμέναι κρυσταλλικαὶ τάξεις παρουσιάζουν τὸ αὐτὸ σύστημα κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων. Αἱ τάξεις αὗται ἀποτελοῦν ἐν κρυσταλλικὸν σύστημα. Οὕτω π.χ. αἱ τάξεις 32-28 τοῦ πίνακος ἔχουν ὅλοι κοινὸν χαρακτηριστικὸν τρεῖς ἄξονας συμμετρίας ($3A^4$ ἢ $3L^2$) ἴσους καὶ καθετοὺς ἐπ' ἀλλήλους. Οἱ ἄξονες αὗτοι λαμβανόμενοι ὡς κρυσταλλογραφικοὶ χαρακτηρίζουν τὸ κυβικὸν σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάγονται αἱ ἐν λόγῳ τάξεις. Κατὰ ταῦτα τὰ κρυσταλλικὰ πολύεδρα ταξινομοῦνται βάσει τῆς συμμετρίας αὐτῶν εἰς 32 κρυσταλλικὰς τάξεις καὶ αὗται βάσει τοῦ συστήματος κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων εἰς τὰ ἐξῆς ἑπτὰ κρυσταλλικὰ συστήματα.

1) *Κυβικὸν σύστημα.* Τρεῖς ἄξονες κρυσταλλογραφικοὶ ἴσοι καὶ κάθετοι ἐπ' ἀλλήλους (ταυτίζονται μὲ $3A^4$ ἢ $3L^2$). Περιλαμβάνει 5 τάξεις (32-28).

2) *Ἐξαγωνικὸν σύστημα.* Τέσσαρες κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες. Ὁ c ταυτίζεται πρὸς A^6 καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ τρεῖς ὀριζοντίους ἄξονας ἴσους μεταξὺ των ἀνίσους πρὸς τὸν c καὶ τεμνομένους ὑπὸ γωνίαν 60° . Ἡ σχέσις παραμέτρων $a:c$ εἶναι προσδιοριστέα δι' ἕκαστον σῶμα κρυσταλλογραφικὴ σταθερά. Περιλαμβάνει πέντε τάξεις (27-23).

3) *Τετραγωνικὸν σύστημα.* Τρεῖς ἄξονες. Ὁ c ταυτίζεται πρὸς A^4 καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τοὺς a καὶ b ἴσους πρὸς ἀλλήλους καὶ καθετοὺς, ἀνίσους πρὸς τὸν c . Προσδιοριστέα σταθερά ἡ σχέσις $a:c$. Περιλαμβάνει ἑπτὰ τάξεις (22-16).

4) *Τριγωνικὸν σύστημα.* Τέσσαρες κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες ὅπως εἰς τὸ ἑξαγωνικὸν σύστημα, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ὁ c ταυτίζεται πρὸς A^3 . Εἰς τινὰ συγγράμματα τὰ δύο συστήματα ἑξαγωνικὸν καὶ τριγωνικὸν περιγράφονται ὡς ἐν σύστημα ἀποφευγομένης εἰς τὸν ὀρισμὸν τῆς διακρίσεως τῆς τάξεως τοῦ ἄξονος c . Περιλαμβάνει ἑπτὰ τάξεις (15-9).

5) *Ρομβικὸν σύστημα.* Τρεῖς ἄξονες ἄνισοι κάθετοι ἐπ' ἀλλήλους. Προσδιοριστέα σταθεραὶ αἱ σχέσεις $a:b:c$. Περιλαμβάνει τρεῖς τάξεις (8-6).

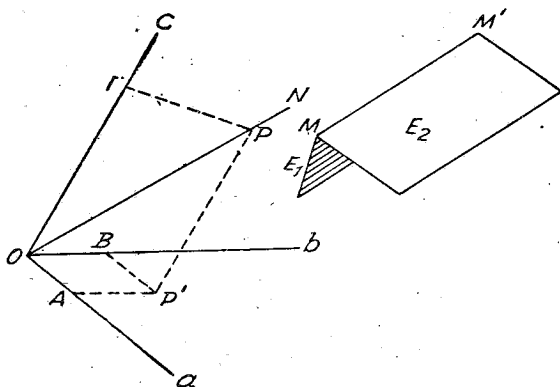
6) *Μονοκλινὲς σύστημα.* Τρεῖς ἄξονες ἄνισοι, ὁ b κάθετος ἐπὶ τοὺς a καὶ c τεμνομένους ὑπὸ γωνίαν β διάφορον τῆς ὀρθῆς. Προσδιοριστέα σταθεραὶ ἡ γωνία β καὶ αἱ σχέσεις $a:b:c$. Περιλαμβάνει τρεῖς τάξεις (5-3).

7) Τρικλινές σύστημα. Τρεῖς ἄξονες ἄνισοι καὶ τεμνόμενοι ὑπὸ γωνίας διαφόρους τῆς ὀρθῆς. Προσδιορίζεται σταθεραὶ αἱ γωνίαι α, β, γ καὶ αἱ σχέσεις $a:b:c$. Περιλαμβάνει τὰς ὑπολοίπους δύο τάξεις (2 καὶ 1).

19. Ταξινομήσεις τῶν κρυσταλλικῶν τάξεων κρυσταλλικοῦ συστήματος. Μεταξὺ τῶν τάξεων τῶν περιλαμβανομένων εἰς ἓν κρυσταλλικὸν σύστημα ὑπάρχει μία, ἥτις συγκεντρώνει τὸν μεγαλύτερον ἀριθμὸν τῶν στοιχείων συμμετρίας. Εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα λ.χ. τὸ περιλαμβάνον τὰς τάξεις τοῦ τίνκκος I, 28-32 τοιαύτη τάξις εἶναι ἡ 32. Ἐὰν θεωρήσωμεν εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν ἑδραν μὲ δείκτας, h, k, l , αὕτη ἐπαναλαμβανομένη ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας τῆς τάξεώς της θὰ δώσῃ σχῆμα μὲ τὸν μεγαλύτερον δυνατόν ἀριθμὸν ἑδρῶν. Τὸ σχῆμα τοῦτο καλεῖται ὀλοεδρικὸν καὶ ἡ τάξις ὀλοεδρία. Εἰς τὰς ἄλλας τάξεις, αἱ ὁποῖαι ἔχουν στοιχεῖα συμμετρίας ἡλαττωμένα, τὰ προκύπτοντα σχήματα ἐκ τῆς ἐπαναλήψεως τῆς ἑδρας hkl ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα αὐτὰ θὰ ἔχουν ἀριθμὸν ἑδρῶν μικρότερον. Εἰς τὰς τάξεις 29, 30 καὶ 31 ὁ ἀριθμὸς τῶν ἑδρῶν αὐτῶν μειοῦται εἰς τὸ ἥμισυ, τὰ προκύπτοντα σχήματα καλοῦνται ἡμιεδρικά καὶ αἱ τάξεις αὗται ἡμιεδρίαί. Ἡ τάξις 28 μὲ στοιχεῖα συμμετρίας $3A^2 4L^3$ πολ. θὰ εἶναι ἡμιεδρική τῆς 30ῆς μὲ στοιχεῖα συμμετρίας $3A^2 4L^3$ πολ. 6P, διότι εἰς τὴν τελευταίαν αὐτὴν ἡ παρουσία τῶν ἐπιπέδων συμμετρίας ἐδιπλασίαζε διὰ κατοπτρισμοῦ τὴν ἑδραν hkl . Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἑδρῶν τοῦ προκύπτοντος σχήματος θὰ εἶναι ἴσος πρὸς τὸ $1/4$ τοῦ τῆς ὀλοεδρίας. Τὸ σχῆμα καλεῖται τεταρτοεδρικὸν καὶ ἡ τάξις τεταρτοεδρία. Τὰ τρία εἶδη τῶν μεροεδρικῶν τάξεων, οἱ αἱ 29, 30 καὶ 31 τοῦ κυβικοῦ συστήματος, χαρακτηρίζονται μὲ ἴδια ὀνόματα δηλωτικὰ τοῦ εἶδους τῆς συμμετρίας αὐτῶν. Ἡ 31η ἔχουσα ἑναντι τῆς ὀλοεδρίας ὅλους τοὺς ἄξονας αὐτῆς ἄνευ ἄλλων στοιχείων συμμετρίας καλεῖται ὀλαξονική ἡμιεδρία ἢ ἑναντιομορφία, διότι εἰς αὐτὴν διὰ τὴν ἔλλειψιν ἐπιπέδων καὶ κέντρων συμμετρίας τὸ σχῆμα hkl θὰ ἐμφανίζεται ὑπὸ δύο μορφὰς ἑναντιομόρφους. Ἡ 29η ὡς ἔχουσα κέντρον συμμετρίας θὰ παρουσιάζῃ σχήματα μὲ ἑδρας παραλλήλους; δι' ὃ καὶ καλεῖται παρημιεδρία. Τέλος ἡ 30η, ἥτις στερεῖται κέντρου συμμετρίας, ἀλλ' ἔχει ἐπίπεδα συμμετρίας, καλεῖται ἀνθημιεδρία. Ὡς φαίνεται ἐκ τῆς πορείας παραγωγῆς τῶν κρυσταλλικῶν τάξεων, ἥτις ἀνεπτύχθη εἰς προηγουμένην παράγραφον, τὰ εἶδη αὐτὰ τῶν ἡμιεδριῶν ἐμφανίζονται ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει εἰς ὅλα τὰ κρυσταλλικὰ συστήματα. Οἱ κρύσταλλοι διαφόρων ἀνοργάνων καὶ ὁργανικῶν ἐνώσεων, οἱ ὁποῖοι ἐμετρήθησαν καὶ περιεγράφησαν, ἀνήρχοντο κατὰ τὴν τελευταίαν δεκαετηρίδα εἰς 20.000 περίπου. Ἐκ τούτων τὰ 90% ἀνήκουν εἰς τὰ συστήματα ραμβικὸν (25%) μονοκλινές (50%) καὶ τρικλινές (15%). Τὰ λοιπὰ συστήματα ἀντιπροσωπεύονται μὲ τὰ ὑπόλοιπα (10%) καὶ μὲ διατάξιν κατὰ σειρὰν μειουμένης συχνότητος κυβικὸν, τετραγωνικὸν, τριγωνικὸν, ἑξαγωνικὸν. Εἰς ἕκαστον σύστημα τὸ μεγαλύτερον μέρος τῶν κρυ-

στάλλων υπάγεται εἰς τὴν ὀλοεδρικήν τάξιν, αἱ ὀλιγώτερον συμμετρικαὶ τάξεις ἐλάχιστα ἀντιπροσωπεύονται.

20. Συμβολικὴ παράστασις καὶ νόμοι τῶν ζωνῶν. Πλὴν τῶν ἑδρῶν, τῶν ὁποίων ἡ θέσις καθωρίσθη διὰ τῶν δεικτῶν, ὡς ἤδη ἐλέχθη, εἶναι χρησιμὸν διὰ τὴν πλήρη περιγραφὴν τοῦ κρυσταλλικοῦ σχήματος καὶ διὰ τοὺς κρυσταλλομετρικοὺς λογισμοὺς νὰ καθορισθῇ κατ' ἀνάλογον τρόπον καὶ ἡ θέσις τῶν ἀκμῶν αὐτοῦ ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας. Θεωρήσωμεν τὴν ἀκμὴν MM' τῶν ἑδρῶν E_1 καὶ E_2 μετατοπιζομένην παραλλήλως ἑαυτῇ, ὥστε νὰ διέλθῃ διὰ τῆς ἀρχῆς O τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων καὶ νὰ λάβῃ τὴν θέσιν ON . Κατὰ προηγουμένως δοθέντα ὅρισμόν ἡ ON εἶναι ὁ ἄξων τῆς ζώνης, τὴν ὁποίαν ὀρίζουν αἱ ἑδραὶ E_1 καὶ E_2 . Ἐὰν λάβωμεν ἐπὶ τῆς ON τυχὸν σημεῖον P , οὗ αἱ συντεταγμέναι OA , OB καὶ OG , δι' ὅλα



Σχ. 51

τὰ σημεία τῆς ON , ἐὰν καλέσωμεν x, y, z τὰς συντεταγμένας των, θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις $x:OA = y:OB = z:OG$ καὶ ἂν ὡς μονάδες μετρήσεως τῶν OA , OB καὶ OG ληφθοῦν αἱ παράμετροι a, b, c τῶν ἀντιστοίχων ἄξόνων ἡ σχέσις αὕτη ἀποβαίνει: $x/ua = y/vb = z/wc$. Διὰ κατάλληλον ἐκλογὴν τοῦ P ἐπὶ τῆς ON τὰ u, v καὶ w γίνονται ἀκέραιοι ἀριθμοὶ ὡς ἀποδεικνύεται κατωτέρω. Τὰ u, v, w γραφόμενα μεταξὺ ὀρθογωνίων ἀγκυλῶν $[u \ v \ w]$ συμβολίζουν τὸν ἄξονα τῆς ζώνης καὶ καλοῦνται δείκται τῆς ζώνης παρέχουν δὲ τὴν ἐν τῷ χώρῳ διεύθυνσιν τῆς ἀκμῆς MM' . Τὸ σύνολον τῶν ζωνῶν τοῦ κρυστάλλου τῶν ἀνηκουσῶν εἰς ὁμοτίμους κρυσταλλικάς ἑδρας συμβολίζεται τιθεμένων τῶν δεικτῶν μεταξὺ γωνιωδῶν ἀγκυλῶν $\langle u \ v \ w \rangle$. Διὰ τὰ συστήματα ἑξαγωνικὸν καὶ τριγωνικόν, τὰ ὁποῖα ἔχουν τέσσαρας κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας, λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν ἐκ τῶν τριῶν ὀριζοντιῶν μόνον δύο παραλειπομένου τοῦ τρίτου. Πρὸς ἀποφυγὴν συγχύσεως τίθεται εἰς τὸ σύμβολον τῆς ζώνης

τελεία ἢ ἀστερίσκος εἰς τὴν θέσιν τοῦ παραλειφθέντος ἄξονος $[uv, w]$ ἢ $[uv, *w]$.
Εἶναι ὅμως ἐν χρήσει καὶ συμβολισμὸς μὲ 4 δείκτας.

Νόμοι τῶν ζωνῶν.

1) "Ἵνα ἐπιπέδον (hkl) ἀνήκει εἰς τὴν ζώνην $[u, v, w]$ πρέπει νὰ ἰσχύῃ κατὰ γνωστὸν τύπον τῆς ἀναλυτικῆς γεωμετρίας ἡ σχέσις:

$$(1) \quad hu + kv + lw = 0$$

Πράγματι ἡ ἐξίσωσις τοῦ ἐπιπέδου hkl εἶναι $hx/a + ky/b + lz/c = 0$. Θέτοντες εἰς τὴν ἐξίσωσιν αὐτὴν τὰς συντεταγμένας τοῦ σημείου P τοῦ κειμένου ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου, ua, vb, wc λαμβάνομεν τὴν σχέσιν (1).

2) Εὗρεσις τῶν δεικτῶν $[u, v, w]$ ζώνης ὀριζομένης ὑπὸ τῶν ἐδρῶν hkl καὶ pqr . Γράφομεν τοὺς δείκτας hkl καὶ pqr ὑποκάτω ἀλλήλων, ἐπαναλαμβάνομεν αὐτοὺς παραπλεύρως καί, ἀφοῦ ἀπομακρύνομεν τὰς δύο ἄκρας στήλας, πολλαπλασιάζομεν χιαστὶ σχηματίζοντες διαφορὰς γινομένων κατὰ τὸ ἐπόμενον σχῆμα.

$$(2) \quad \begin{array}{ccc} hkl & hkl \\ \times \times \times & & \\ pqr & pqr \end{array} \quad \begin{array}{l} u = kr - lq \quad v = lp - hr \quad w = hq - kp \end{array}$$

Ἡ σχέσις αὕτη προκύπτει ὡς ἐξῆς: Τοῦ σημείου P (ua, vb, wc) ἀνήκοντος εἰς ἀμφοτέρω τὰ ἐπίπεδα (hkl) καὶ (pqr) θὰ ἔχωμεν κατὰ τὴν σχέσιν (1):

$$\begin{array}{l} hu + kv + lw = 0 \\ pu + qv + rw = 0 \end{array}$$

ἀπαλείφοντες τὸν w εὐρίσκομεν:

$$\begin{array}{l} hru + krv + lrw = 0 \\ -plu - qlv - lrw = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} (hr - pl)u + (kr - ql)v = 0 \\ (hr - pl)u = (ql - kr)v, \frac{u}{v} = \frac{kr - lq}{lp - hr} \end{array}$$

Ὁμοίως εὐρίσκομεν τὴν σχέσιν: $\frac{v}{w} = \frac{lp - hr}{hq - kp}$.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω σχέσεων εὐρίσκεται τελικῶς

$$u : v : w = (kr - lq) : (lp - hr) : (hq - kp)$$

τῶν δὲ hkl, pqr ὄντων ἀκεραίων καὶ οἱ u, v, w εἶναι ἀκεραίοι.

3) Δοθέντων τῶν δεικτῶν δύο ζωνῶν $[u, v, w]$ καὶ $[u', v', w']$ εὐρίσκομεν τοὺς δείκτας hkl ἑδρας ἀνηκούσης εἰς ἀμφοτέρας τὰς ζώνας κατὰ τὸν ἴδιον μὲ τὸν εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν περιγραφέντα τρόπον:

$$u \ v \ w \ u \ v \ w$$

$$\times \times \times$$

$$u' \ v' \ w' \ u' \ v' \ w'$$

$$h = vw' - wv', \quad k = wu' - uw', \quad l = uv' - vu'$$

4) Ἐάν προσθέσωμεν τοὺς ἀντιστοιχοὺς δείκτας δύο ἐδρῶν hkl καὶ $h' k' l'$, λαμβάνομεν ἀθροίσματα $(h + h')$, $(k + k')$, $(l + l')$ παριστῶντα τοὺς δείκτας ἑδρας, ἥτις ἀνήκει εἰς τὴν ζώνην τῶν ἐδρῶν τούτων καὶ κεῖται μεταξύ αὐτῶν.

Πράγματι ἐκ τῶν σχέσεων:

$$hu + kv + lw = 0$$

$$h'u + k'v + l'w = 0$$

λαμβάνομεν: $(h + h')u + (k + k')v + (l + l')w = 0$.

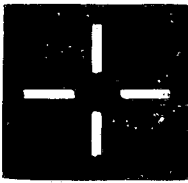
Ἦτοι ἡ ἑδρα $(h + h') (k + k') (l + l')$ ἀνήκει εἰς τὴν ζώνην $[u \ v \ w]$.

21. Γειτονικαὶ ἑδραι. Πολλὰκις εἰς κρυστάλλους ὠρισμένων σωμάτων ἑδραι μὲ δείκτας ἀπλοῦς εἰς προσεκτικὴν παρατήρησιν ἐμφανίζονται ὡς κανονικαὶ πυραμίδες ἔχουσαι ὡς βάσιν τὴν θεωρουμένην ἑδραν καὶ κορυφὴν ἐλάχιστον ἀπέχουσαν ἀπὸ τῆς βάσεως μὲ κλίσιν τῶν πυραμιδικῶν ἐδρῶν πρὸς τὴν βάσιν ὀλίγων λεπτῶν τῆς μοίρας. Αἱ ἑδραι αὗται ἐκλήθησαν *γειτονικαί*. Προφανῶς δὲν ὑπακούουν εἰς τὸν νόμον τῶν ἀπλῶν ἀκεραίων δεικτῶν. Ἡ συμμετρία τῆς πυραμίδος ὑπακούει εἰς τὴν συμμετρίαν τῆς ἐφ' ἧς ἀναπτύσσεται ἑδρας.

Ὡς παράδειγμα κρυστάλλων μὲ γειτονικὰς ἑδρας ἀναφέρομεν τὰ ἐξαέδρα τοῦ φθορίτου (CaF_2) καὶ τὰ ὀκταέδρα τῆς στυπτηρίας ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). Εἰς τὸν φθορίτην τὴν θέσιν τῆς ἑδρας τοῦ ἐξαέδρου καταλαμβάνει βραχεῖα τετραγωνικὴ πυραμὶς. Εἰς τὸ γωνιόμετρον ἀνακλάσεως ἀγομένης τῆς ἐξαεδρικής ἑδρας εἰς θέσιν ἀνακλάσεως ἀντὶ ἐνὸς εἰδώλου τῆς ὁπτῆς τοῦ κατευθυντήρος λαμβάνονται 4 εἰς συμμετρικὴν πρὸς ἀλλήλα θέσιν καὶ ἐγγύτατα ἀλλήλων εἰδῶλα προερχόμενα ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τῶν τεσσάρων γειτονικῶν τῆς ἐξαεδρικής ἑδρας ἐδρῶν (σχ. 52). Ἡ εὐκρίνεια τῶν εἰδῶλων δεικνύει ὅτι αἱ γειτονικαὶ ἑδραι εἶναι κατοπτρικὰ ἐπίπεδα. Ἀλλοτε τὰ εἰδῶλα ἐμφανίζονται ὡς φωτεινὰ ταινίαι, ὅπως εἰς τὸ σχῆμα 53, ἐνδειξίς ὅτι ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι καμπύλη. Συνηθέστερον παρουσιάζονται αἱ γειτονικαὶ ἑδραι εἰς τὸν φθορίτην εἰς διδύμους διεισδύοντας εἰς ἀλλήλους καὶ ἐπὶ ἐδρῶν, τὰς ὁποίας διαπεροῦν τμήματα τοῦ ἐτέρου κρυστάλλου (σχ. 54). Σχήματα τῆς μορφῆς 53 παρατηροῦνται καὶ διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ἐάν φέροντες τὸν κρυστάλλον μὲ γειτονικὰς ἑδρας πλησίον τοῦ ὀφθαλμοῦ παρατηρήσωμεν τὸ ἐξ ἀνακλάσεως εἶδωλον φωτεινῆς πηγῆς μικρῶν διαστάσεων λ.χ. φλογὸς κηρίου. Παρατηρήθησαν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Brewster κληθέντα «φωτεινὰ σχήματα».

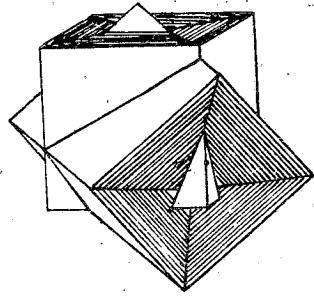
Εἰς τὴν στυπτηρίαν τὰς ἑδρας τοῦ ὀκταέδρου ἀντικαθιστᾷ τριγωνικὴ πυραμὶς (σχ. 55) παρέχουσα ἐξ ἀνακλάσεως εἰδῶλα τοῦ σχ. 56.

Γειτονικαὶ ἔδραι σχηματίζονται κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν κρυστάλλου ἐντὸς τοῦ τροφοδοτοῦντος τὴν αὐξησιν αὐτοῦ μέσου ὡς καὶ κατὰ τὴν διάλυσιν αὐτοῦ.



Σχ. 52, 53

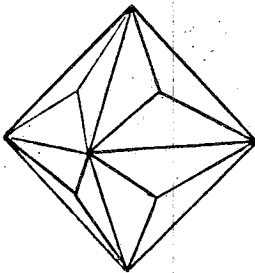
Εἰδωλα ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ γειτονικῶν ἑδρῶν φθορίτου



Σχ. 54

Αἰδημος φθορίτου με γειτονικάς ἑδρας

Αἱ διαβρωσιγενεῖς κοιλότητες παλλάκας παρατοῦνται ἀπὸ ἐπιφανείας γειτονικῶν ἑδρῶν καὶ παρέχουν εἰς τὸ γωνιόμετρον ἀνακλάσεως φωτεινὰ εἰδωλα ἀνάλογα πρὸς τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα. Εἰς τὴν στυπτηρίαν ἡ κλίσις τῶν γειτονικῶν ἑδρῶν δὲν εἶναι ὠρισμένη ὡς πρὸς τὴν ὀκταεδρικήν, ἀλλὰ λαμβάνει διαφόρους τιμὰς διαρκούσης τῆς ἀναπτύξεως τοῦ κρυστάλλου ἐντὸς περιοχῆς



Σχ. 55



Σχ. 56

2'-30'. Κατὰ τὴν παρατήρησιν διὰ τοῦ γωνιομέτρου ἀνακλάσεως ἐμφανίζονται πρὸς στιγμὴν εἰδωλα καθαρὰ ἀντιστοιχοῦντα εἰς γειτονικάς ἑδρας ἐπιπέδους, καθιστάμενα μετὰ μικρὸν ἀσαφῆ, διὰ τὸ δῶσθαι πάλιν ἐπὶ βραχὺ διάστημα καθαρὰ εἰδωλα ἀλλὰ εἰς ἄλλην θέσιν, ἀντιστοιχοῦντα εἰς γειτονικάς ἑδρας μετὰ διάφορον κλίσιν. Μετρήσεις γενόμεναι ὑπὸ τοῦ Miers ἐπὶ κρυστάλλου στυπτηρίας διαρκούσης τῆς ἀναπτύξεώς του ἔδωσαν ἀντὶ τῆς θεωρητικῆς τιμῆς τῆς γωνίας $70^{\circ}-32'$ δύο ἐφεξῆς ἑδρῶν ὀκταέδρου τὰς ἐξῆς τιμὰς (παραιρεπομένων τῶν 70°):

1η ἡμέρα 37', 19'. 2α ἡμέρα 39', 14'. 3η ἡμέρα 27', 24', 15'. 4η ἡμέρα 39', 18', 30', 25'. 5η ἡμέρα 38', 16' μέση τιμὴ τῶν 13 μετρήσεων. $70^{\circ} 26'$.

Διὰ κλίσιν τῆς γειτονικῆς ἑδρας $6'7''$ πρὸς τὴν ὀκταεδρικὴν προκύπτουν δείκται 251 251 250.

22. Γραφικὴ παράστασις τῶν κρυστάλλων. Καθορίζοντες τὰ στοιχεῖα συμμετρίας, τὴν σχέσιν παραμέτρων καὶ τοὺς δείκτας τῶν ἑδρῶν κρυσταλλικοῦ σχήματος παρέχομεν πλήρη περιγραφὴν αὐτοῦ. Διὰ τῶν στοιχείων αὐτῶν εἶναι δυνατόν νὰ εὕρεθούν οἰαδήποτε γεωμετρικὰ στοιχεῖα τοῦ κρυστάλλου, διεδροὶ γωνίαι, ἐπίπεδοι γωνίαι, κλίσεις ἀκμῶν πρὸς ἑδρας κ.λ.π. διὰ χρήσεως τύπων τῆς ἀναλυτικῆς γεωμετρίας. Ἡ τοιαύτη ἀριθμητικὴ παράστασις ὕστερεϊ ὅμως εἰς παραστατικότητα, διότι δὲν παρέχει ἐποπτικὴν εἰκόνα τοῦ περιγραφομένου κρυστάλλου. Διὰ τοῦτο τὴν περιγραφὴν ταύτην συνοδεύει πάντοτε καὶ προοπτικὴ εἰκὼν τοῦ κρυστάλλου, ἐκ τῆς ὁποίας ἀναγνωρίζεται ἀμέσως τὸ κρυσταλλικὸν σχῆμα.

Αἱ ἐν χρήσει εἰς τὰ συγγράμματα προοπτικαὶ εἰκόνες τῶν κρυστάλλων εἶναι ὀρθαὶ προβολαὶ αὐτῶν ἐπὶ ἐπιπέδου καταλλήλως ἐκλεγέντος, προκύπτουσαι ἐν θεωρηθούν ἀγόμεναι κάθετοι ἐκ τῶν κορυφῶν τοῦ κρυστάλλου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου καὶ οἱ πόδες τῶν καθέτων αὐτῶν ἐνούμενοι δι' εὐθειῶν.

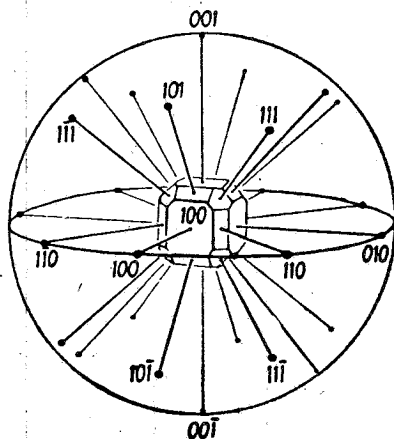
Τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου ἐκλέγεται κατὰ τρόπον, ὥστε νὰ ἀποφεύγεται νὰ εἶναι τοῦτο κάθετον ἐπὶ ἑδραν ἢ ἀκμὴν τοῦ σχεδιαζομένου κρυστάλλου, διότι εἰς τὴν περίπτωσιν καθετότητος αἱ κάθετοι ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου ἑδραὶ προβάλλονται ὡς εὐθεῖαι καὶ αἱ κάθετοι ἀκμαὶ ὡς σημεῖα, με ἀποτελέσμα νὰ μὴ παρέχῃ τὸ σχέδιον τὴν ἐντύπωσιν τοῦ χώρου. Ἡ θέσις τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχεδίου ὡς πρὸς τὸν κρυστάλλον εἰς τὰ λοιπὰ συστήματα πλὴν τοῦ τρικλινοῦς ὀρίζεται με δύο γωνίας φ καὶ θ ὡς ἐξῆς: Θεωρεῖται κατ' ἀρχὰς τὸ ἐπίπεδον (100) τοῦ κρυστάλλου παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου καὶ με τὸν ἄξονα c κατακόρυφον. Εἶτα διὰ στροφῆς περὶ τὸν b κατὰ γωνίαν φ κλίνει ὁ κρυστάλλος με τὸ θετικὸν τμήμα τοῦ c πρὸς τὰ ἔμπρος. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν θεωρεῖται στρεφόμενος ὁ κρυστάλλος περὶ τὸν c κατὰ γωνίαν θ , οὕτως ὥστε τὸ θετικὸν τμήμα τοῦ b νὰ ἔλθῃ πρὸς τὰ ἔμπρος. Ἐκ τῆς θέσεως αὐτῆς θεωρεῖται γινομένη ἡ ὀρθὴ προβολὴ τῶν κορυφῶν τοῦ κρυστάλλου. Ἐπεκράτησαν εἰς τὰ συνήθη σχέδια ὡς συνηθέστεραι αἱ τιμαὶ $\varphi = 6^\circ - 23'$ καὶ $\theta = 18^\circ - 26'$. Αἱ τιμαὶ αὗται δίδουν $\eta\mu\varphi = 1/9$ καὶ $\epsilon\varphi\theta = 1/3$. Ἄλλοι κρυστάλλογράφοι χρησιμοποιοῦν τιμὰς ὀλίγον διαφερούσας τῶν ἀνωτέρω. Ἡ τοιαύτη προβολὴ καλεῖται ὀρθογραφικὴ. Ἐκτὸς τῆς ὀρθογραφικῆς προβολῆς γίνεται χρῆσις καὶ τῆς κλινογραφικῆς. Κατ' αὐτὴν ἀφοῦ θεωρηθῇ ὁ κρυστάλλος στραφείς ἐκ τῆς ἀρχικῆς αὐτοῦ θέσεως κατὰ γωνίαν θ περὶ τὸν ἄξονα c , προβάλλονται αἱ κορυφαὶ του με δέσμην παραλλήλων εὐθειῶν ὅχι καθέτων ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον προβολῆς, ἀλλὰ κεκλιμένων κατὰ γωνίαν φ πρὸς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον καὶ κειμένων ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου τοῦ ὀριζομένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν καὶ τὴν ἐξ αὐτῆς ἀγγομένην κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον προβολῆς. Σχήματα προβληθέντα κλινογραφικῶς παρουσιάζουν μικρὰν διαφορὰν ἀπὸ τὰ ὀρθογραφι-

κῶς προβληθέντα. Δὲν χρησιμοποιεῖται κατὰ τὴν σχεδίασιν κεντρικὴ προβολή, δηλ. μὲ δέσμην εὐθειῶν ἀγομένων ἐκ σημείων ἐκτὸς τοῦ κρυστάλλου, διότι εἰς τοιαύτην προβολὴν αἱ παράλληλοι ἀκμαὶ τοῦ κρυστάλλου προβάλλονται, ὡς εὐθεῖαι συγκλίνουσαι καὶ δὲν ἐκδηλοῦνται οὕτως αἱ ὑπάρχουσαι εἰς τὸν κρυστάλλον ζῶναι.

Ἡ ὀρθογραφικὴ προβολὴ τοῦ κρυσταλλικοῦ σχήματος εἶναι χρησιμωτάτη ὡς μέσον περιγραφῆς τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων, ἀλλὰ δὲν δυνάμεθα νὰ συναγάγωμεν ἐξ αὐτῆς τὰς τιμὰς τῶν διέδρων γωνιῶν. Ἵνα καταστή τοῦτο δυνατόν, γίνεται χρῆσις εἰδικῆς προβολῆς τῶν ἐδρῶν τοῦ κρυστάλλου, τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς. Εἰς μίαν τοιαύτην προβολὴν ἀναγνωρίζεται ἀμέσως ἡ συμμετρία τοῦ προβαλλομένου σχήματος, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐδρῶν τοῦ καὶ αἱ ἀμοιβαῖαι πρὸς ἀλλήλας θέσεις των καὶ μετροῦνται ἐπ' αὐτῆς εὐχερῶς αἱ τιμαὶ τῶν διέδρων καὶ ἐπιπέδων γωνιῶν τοῦ κρυστάλλου. Προσέτι ἡ προβολὴ αὕτη εἶναι χρησιμωτάτη διὰ τὴν πορείαν τῶν κρυσταλλογραφικῶν λογισμῶν κατὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς τῶν κρυσταλλογραφικῶν σταθερῶν τοῦ σώματος.

Ἐκτὸς τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς, ἥτις εἶναι καὶ ἡ συνήθης ἐν χρήσει ὑπάρχει καὶ ἕτερον εἶδος προβολῆς κρυσταλλικῶν σχημάτων, ἡ καλουμένη *γωνιωνικὴ προβολή*.

23. Στερεογραφικὴ προβολή. Θεωρήσωμεν τὸν πρὸς προβολὴν κρυστάλλον εἰς τὸ κέντρον σφαίρας περιβαλλούσης αὐτὸν (σχ. 57) καὶ καθέ-

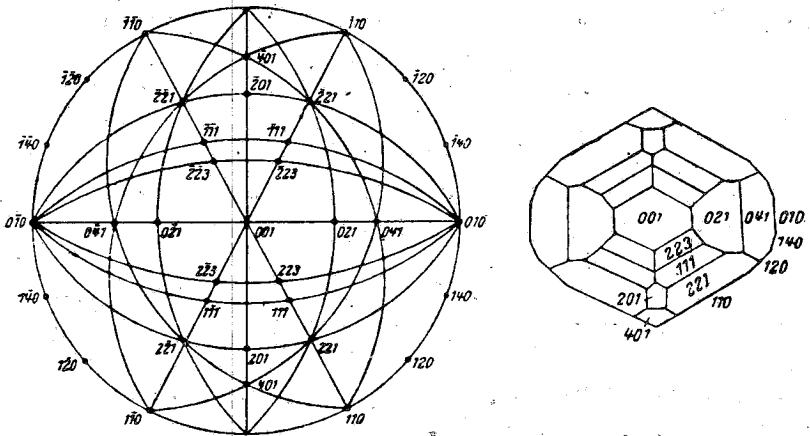


Σχ. 57



τους εὐθείας ἀγομένας ἐκ τοῦ κέντρου τούτου ἐπὶ μίαν ἐκάστην τῶν ἐδρῶν αὐτοῦ. Τὰ σημεία, εἰς τὰ ὅποια αἱ κάθετοι αὗται συναντοῦν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας, καλοῦνται *πόλοι* τῶν ἀντιστοίχων ἐδρῶν. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας ἔχομεν οὕτω σύνολον πόλων ἰσαριθμῶν πρὸς τὰς ἑδρας τοῦ κρυστάλλου. Τὸ μεταξὺ δύο πόλων τόξον μεγίστου κύκλου μετρεῖ τὴν ἐπίκεντρον

προβολῆς τὸ ἐπίπεδον μεγίστου κύκλου τῆς σφαίρας λ.χ. τοῦ ἰσημερινοῦ εἰς τὸ σχ. 58. Ἰνα προβάλλωμεν στερεογραφικῶς τὰ ἐπὶ τοῦ βορείου ἡμισφαίριου σχήματα, ἐνώνομεν με εὐθείας ὅλα τὰ σημεία των πρὸς τὸν νότιον πόλον τῆς σφαίρας. Ἡ τομὴ τῶν εὐθειῶν τούτων με τὸ ἐπίπεδον τοῦ ἰσημερινοῦ πᾶρχει τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν τοῦ βορείου ἡμισφαίριου. Ἐὰν θέλωμεν νὰ προβάλλωμεν τὸ νότιον ἡμισφαίριον, θὰ λάβωμεν ὡς κέντρον προβολῆς τὸν βόρειον πόλον. Εἰς τὰς κρυσταλλογραφικὰς προβολὰς προβάλλονται ἐνίοτε εἰς τὸ αὐτὸ σχέδιον οἱ πόλοι ἀμφοτέρων τῶν ἡμισφαιρίων. Πρὸς διάκρισιν σημειοῦνται οἱ πόλοι ἑκατέρου ἡμισφαίριου με ἴδιον σχῆμα, λ.χ. με τὸ βορείου ἡμισφαίριου με \circ ἢ \times τοῦ νοτίου. Ὅταν τὸ ἐπίπεδον προβολῆς ταυτισθῇ πρὸς ἐπίπεδον συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου, ἀρκεῖ ἡ προβολὴ τοῦ ἑνὸς ἡμισφαίριου, διότι ἡ προβολὴ τοῦ ἑτέρου συμπίπτει πρὸς αὐτήν. Ὑπόδειγμα στερεογραφικῆς προβολῆς κρυστάλλου τοπαζίου κατ' ἀντιπαραβολὴν πρὸς ὀρθὴν προβολὴν αὐτοῦ ἐπὶ (001) πᾶρχει τὸ σχῆμα 59.



Σχ. 59

Στερεογραφικὴ προβολὴ τοπαζίου

Προτιμᾶται εἰς τὴν κρυσταλλογραφίαν ἡ στερεογραφικὴ προβολὴ ἀπὸ τὰ ἄλλα εἶδη προβολῆς, διότι παρουσιάζει ἔναντι ἐκείνων τὰ ἐξῆς πλεονεκτήματα:

1) Ἡ στερεογραφικὴ προβολὴ κύκλου εἶναι κύκλος ἡ εὐθεῖα, δύναται ἐπομένως νὰ γραφῇ με κανόνα ἢ διαβήτην, ἐνῶ εἰς τὴν ὀρθὴν προβολὴν λ.χ. ἡ προβολὴ τῶν κύκλων τῶν ζωνῶν θὰ ἔδιδεν ἐλλείψεις, τὰς ὁποίας θὰ ἦτο δυσχερὲς νὰ σχεδιάσωμεν.

2) Ἡ γωνία δύο μεγίστων κύκλων ἐπὶ τῆς σφαίρας διατηρεῖται ἀμετάβλητος εἰς τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν. Τόξα ὅμως μεγίστου κύκλου ἴσα

μὲν ἀλλὰ μὲ διαφόρους πολικὰς ἀποστάσεις τῶν περάτων αὐτῶν δίδουν στερεογραφικὰς προβολὰς ἀνίσους. Οὕτως εἰς τὸ σχ. 58 αἱ στερεογραφικαὶ προβολαὶ KN καὶ NI τῶν ἴσων τόξων BM καὶ IM εἶναι ἄνισοι.

Ἡ ἐκτέλεσις στερεογραφικῆς προβολῆς δοθέντος κρυσταλλικοῦ σχήματος ὡς καὶ ἡ ἀποτίμησις δοθείσης στερεογραφικῆς προβολῆς ἀπαιτεῖ τὴν λύσιν ὠρισμένων προβλημάτων, τὰ ὁποῖα εἶναι τὰ ἑξῆς 7:

1) Δοθέντων εἰς στερεογραφικὴν προβολὴν τῶν πόλων δύο ἐδρῶν νὰ εὐρεθῇ ἡ προβολὴ τῆς ζώνης, τὴν ὁποῖαν ὀρίζουν αἱ ἑδραι αὐταί.

2) Δοθείσης τῆς προβολῆς ζώνης νὰ εὐρεθῇ ἡ προβολὴ τοῦ πόλου αὐτῆς, δηλ. σημείου ἀπέχοντος 90° ἀπὸ τῆς περιφερείας τοῦ κύκλου τῆς παριστώσης τὴν ζώνην.

3) Δοθέντος τοῦ πόλου τῆς ζώνης (μεγίστου κύκλου) εὐρεῖν τὴν προβολὴν τῆς ζώνης αὐτῆς (ἀντίστροφον τοῦ 2).

4) Δοθείσης τῆς προβολῆς ζώνης καὶ πόλου ἐπ' αὐτῆς, νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις ἐτέρου πόλου ἀπέχοντος ἀπὸ τοῦ δοθέντος κατὰ τόξον γνωστὸν.

5) Δοθείσης τῆς προβολῆς δύο πόλων νὰ εὐρεθῇ ἡ τιμὴ τοῦ μεταξὺ αὐτῶν τόξου.

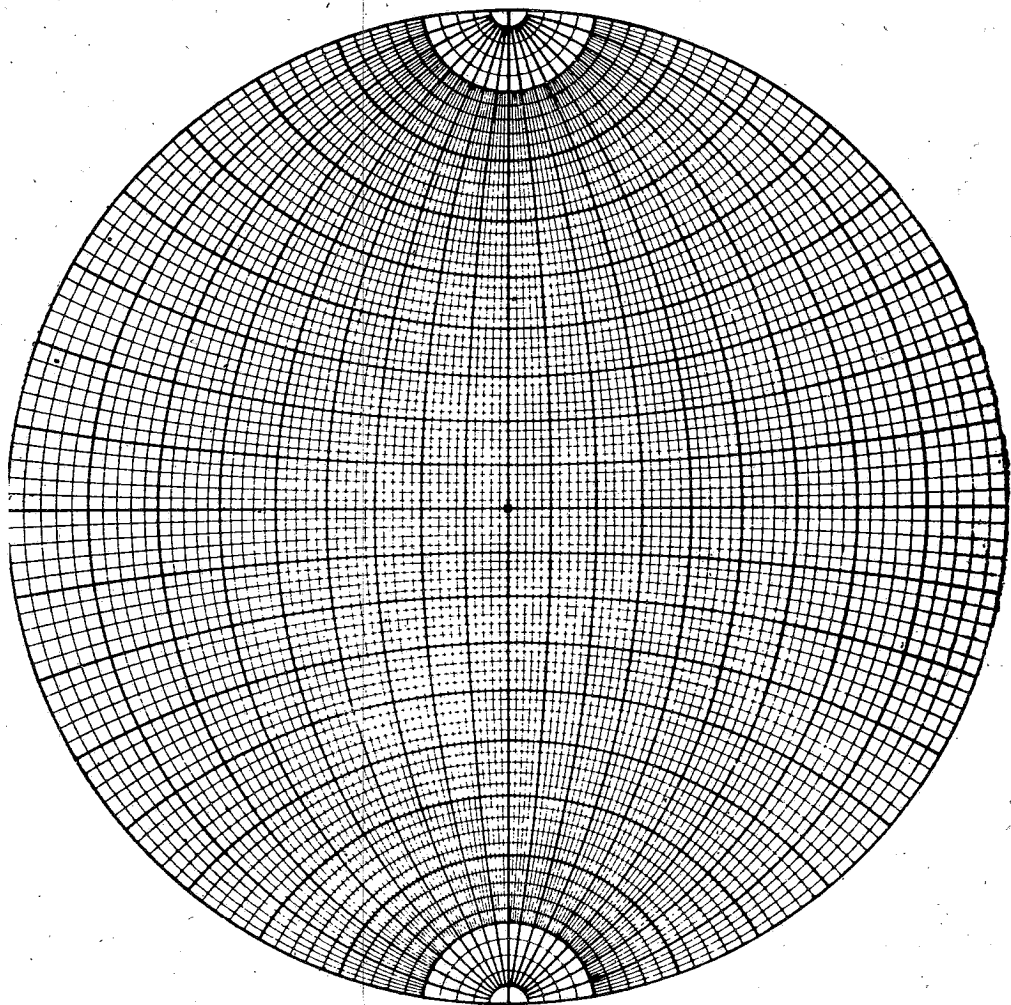
6) Δίδεται ἡ προβολὴ ζώνης (Z) καὶ πόλου M ἐπ' αὐτῆς, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται ἑτέρα ζώνη σχηματίζουσα πρὸς τὴν δοθεῖσαν ζώνην γωνίαν γνωστήν. Ζητεῖται νὰ γραφῇ ἡ ζώνη αὕτη.

7) Δοθείσης τῆς προβολῆς πόλου μικροῦ κύκλου τῆς σφαίρας καὶ τῆς πολικῆς ἀποστάσεως τῶν σημείων τῆς περιφερείας του νὰ γραφῇ ἡ προβολὴ αὐτῆς.

Ἡ λύσις τῶν προβλημάτων αὐτῶν γίνεται εὐχερῶς διὰ γραφικῶν κατασκευῶν, ἀλλὰ κατὰ τρόπον πολὺ ἀπλούστερον διὰ τῆς χρήσεως τοῦ δικτύου τοῦ Wulff.

24. Δίκτυον τοῦ Wulff καὶ χρήσις αὐτοῦ. Θεωρήσωμεν σφαῖραν, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐσχεδιάσθησαν μεσημβρινοὶ εἰς διαδοχικὰς γωνιώδεις ἀποστάσεις ἴσας ἀπ' ἀλλήλων, ὁ ἰσημερινὸς καὶ οἱ παράλληλοι πρὸς αὐτὸν κύκλοι πλάτους μὲ τὰς αὐτάς ὡς καὶ οἱ μεσημβρινοὶ ἀποστάσεις ἀπ' ἀλλήλων. Προβάλλοντες τὸ σύστημα αὐτὸ μεσημβρινῶν καὶ παραλλήλων στερεογραφικῶς ἐφ' ἐνὸς μεσημβρινοῦ ἐπιπέδου ἔχομεν τὸ δίκτυον τοῦ Wulff (σχ. 60). Ὁ κεντρικὸς μεσημβρινὸς καὶ ὁ ἰσημερινὸς προβάλλονται ὡς διάμετροι κάθετοι ἐπ' ἀλλήλας, οἱ λοιποὶ μεσημβρινοὶ καὶ παράλληλοι ὡς τόξα κύκλου. Εἰς τὰ συνήθη ἐν χρήσει δίκτυα μεσημβρινοὶ καὶ παράλληλοι διαδέχονται ἀλλήλους ἀνὰ 2° .

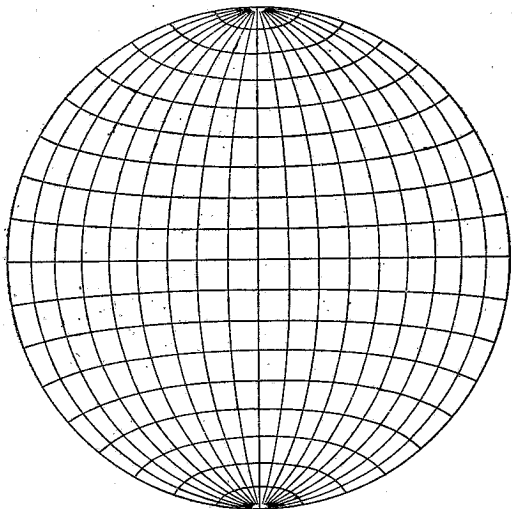
Ἰνα σχεδιάσωμεν στερεογραφικὴν προβολὴν, γράφομεν ἐπὶ διαφανοῦς χάρτου κύκλον ἀκτίνος ἴσης πρὸς τὴν τοῦ δικτύου καὶ ἐπιθέτομεν αὐτὸν ἐπὶ τοῦ δικτύου φέροντες εἰς σύμπτωσιν τὰ κέντρα τῶν δύο κύκλων. Κατὰ τὴν περαιτέρω ἐργασίαν στρέφεται τὸ σχέδιον περὶ τὸ κέντρον του διατηρούμενον



Σχ. 60
Αἰζωνί Wulff

πάντοτε εἰς σύμπτωσιν πρὸς τὸ κέντρον τοῦ δικτύου. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν πιέζοντες ἐλαφρῶς μὲ τὴν ὀξεῖαν αἰχμὴν μολυβδίδος τὸ κέντρον τοῦ σχεδίου ἐπὶ τοῦ κέντρου τοῦ δικτύου διαρκούσης τῆς στροφῆς του. Ἵνα ἐκτελῇται ἡ ἐργασία αὕτη εὐχερέστερον, ἐπικολλᾶται τὸ δίκτυον ἐπὶ κυκλικῷ δίσκῳ διαμέτρου ἴσης πρὸς τὴν τοῦ δικτύου περιβαλλομένου ἀπὸ ὁμόκεντρον ἐπίπεδον δακτύλιον εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν περιφέρειαν τοῦ δίσκου καὶ δυνάμενον νὰ στραφῇ ἐλευθέρως περὶ τὸ κέντρον τοῦ δικτύου. Ἐπὶ τοῦ δακτυλίου τούτου προσηλώνεται διὰ καρφίδων ὁ διαφανὴς χάρτης, ἐπὶ τοῦ ὁποίου θὰ σχεδιασθῇ ἡ προβολή. Ἡ στροφή τοῦ σχεδίου περὶ τὸ κέντρον του ἔχει σκοπὸν νὰ τὸ φέρῃ εἰς κατάλληλον θέσιν ὡς πρὸς τὸ ὑπ' αὐτὸ δίκτυον τοῦ Wulff, ἵνα μετρηθοῦν γωνίαι δύο πόλων, νὰ σχεδιασθῇ ἡ ζώνη αὐτῶν καὶ ἐν γένει ἵνα ἐκτελεσθοῦν αἱ λύσεις τῶν ἀνωτέρω ἐπτά προβλημάτων. Ἡ τοιαύτη στροφή τοῦ σχεδίου ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου του ἰσοδυναμεῖ μὲ στροφήν τῆς στερεογραφικῆς σφαίρας περὶ διάμετρόν της κάθετον ἐπὶ τὸ ἰσημερινὸν ἐπίπεδον, ἥτις δὲν μεταβάλλει τὰς πολικὰς ἀποστάσεις τῶν ἐπ' αὐτῆς σημείων καὶ ἐπομένως ἀφήνει τὴν στερεογραφικὴν αὐτῶν προβολὴν ἀμετάβλητον.

Ἐκτὸς τοῦ δικτύου τοῦ Wulff ὑπάρχει ἐν χρήσει καὶ ἄλλο δίκτυον μὲ προβολὴν ἴσον ἀπεχόντων ἀπ' ἀλλήλων μεσημβρινῶν καὶ παραλλήλων τὸ δίκτυον τοῦ Schmidt (σχ. 61). Ἀπὸ τὸ δίκτυον τοῦτο διακρίνεται ἀμέσως



Σχ. 61

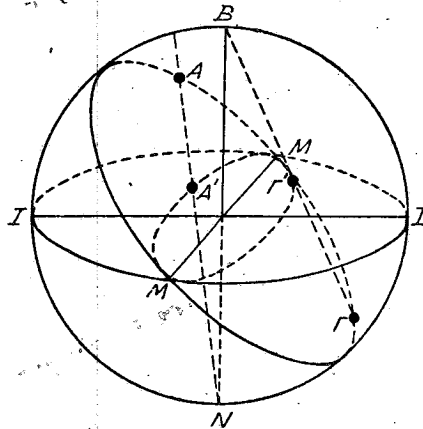
Δίκτυον Schmidt

μὲ ἀπλὴν ἐπισκόπησιν τὸ δίκτυον Wulff, διότι αἱ καμπύλαι του καθ' ὃ στερεογραφικαὶ προβολαὶ κύκλων εἶναι τόξα κύκλων. Προβολὴ σχημάτων κειμένων ἐπὶ σφαιρικῆς ἐπιφανείας ἐπὶ δικτύου Schmidt διατηρεῖ τὸ ἐμβαδὸν αὐτῶν

ἀμετάβλητον, δι' ὃ καὶ γίνεται χρήσις αὐτοῦ εἰς εἰδικὰς περιπτώσεις.

Κατωτέρω ἀναπτύσσεται ὁ τρόπος χρήσεως τοῦ δικτύου Wulff διὰ τὴν λύσιν τῶν προβλημάτων τῶν ἀναφερομένων εἰς τὴν ἐκτέλεσιν στερεογραφικῆς προβολῆς ἢ τὴν ἀποτίμησιν αὐτῆς.

1) Διὰ τὴν σχεδιάσιν τῆς ζώνης δύο δοθέντων πόλων στρέφεται τὸ σχέδιον, μέχρις ὅτου οἱ πόλοι οὗτοι πέσουν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ μεσημβρινοῦ, ὅστις καὶ ἀντιγράφεται ἐπὶ τοῦ διαφανοῦς χαρτοῦ τοῦ σχεδίου. Ἐὰν οἱ πόλοι δὲν εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ἡμισφαίριον, στρέφεται τὸ σχέδιον, μέχρις ὅτου πέσουν οὗτοι ἐπὶ μεσημβρινῶν συμμετρικῶς κειμένων ἑκατέρωθεν τοῦ κεντρικοῦ μεσημβρινοῦ MM (σχ. 62).



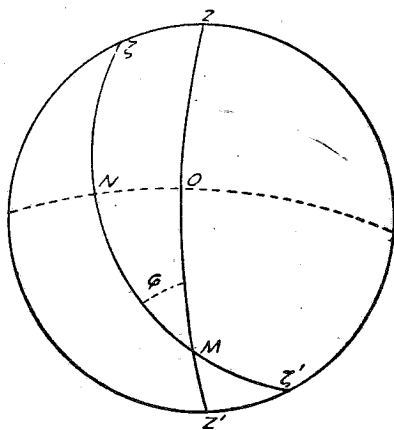
Σχ. 62

Προβολὴ ὁλοκλήρου μεγίστου κύκλου ἀμφοτέρων τῶν ἡμισφαιρίων δίδει δύο μεσημβρινούς συμμετρικούς πρὸς τὸν κεντρικὸν MM.

2) Ἵνα εὕρωμεν τὸν πόλον δοθείσης ζώνης, ἄγομεν διὰ στροφῆς τοῦ σχεδίου τὴν ζώνην εἰς συνταύτισιν πρὸς ἓνα τῶν μεσημβρινῶν τοῦ δικτύου. Με ἀρχὴν τὸ σημεῖον τομῆς τοῦ μεσημβρινοῦ τούτου με τὸν ἰσημερινὸν μετροῦμεν ἐπὶ τοῦ ἰσημερινοῦ τόξον 90° . Τὸ πέρας τοῦ τόξου τούτου δίδει τὸν πόλον τῆς ζώνης.

3) Διὰ τὴν σχεδιάσιν τῆς ζώνης, ἥς δίδεται ὁ πόλος, φέρομεν διὰ στροφῆς τοῦ σχεδίου τὸν πόλον ἐπὶ τοῦ ἰσημερινοῦ καὶ ἀρχόμενοι ἀπ' αὐτοῦ μετροῦμεν ἐπὶ τοῦ ἰσημερινοῦ τόξον 90° . Ὁ μεσημβρινὸς ὁ διερχόμενος διὰ τοῦ πέρατος τοῦ τόξου τούτου δίδει τὴν ζητούμενην ζώνην. Αἱ προτάσεις 4 καὶ 5 λύνονται ἀγομένης τῆς ζώνης εἰς συνταύτισιν πρὸς ἓνα τῶν μεσημβρινῶν, ὅποτε μετρεῖται ἐπ' αὐτοῦ ἡ γωνιώδης ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο πόλων (πρόβλ. 5) ἢ ἀπὸ τοῦ δοθέντος πόλου τόξον ἴσον πρὸς τὴν δοθεῖσαν κρυσταλλογραφικὴν

γωνίαν (προβλ. 4). Ἡ πρότασις 6 λύεται ὡς ἐξῆς. Ἐστω $\zeta\zeta'$ (σχ. 63) ἡ δοθεῖσα ζώνη καὶ M τὸ δοθὲν σημεῖον, καθ' ὃ αὕτη τέμνεται ὑπὸ τῆς ζητουμένης zz' , ἥτις σχηματίζει μὲ τὴν δοθεῖσαν γωνίαν φ . Ἡ γωνία δύο μεγίστων κύκλων μετρεῖται ὑπὸ τοῦ τόξου μεγίστου κύκλου καθέτου ἐπ' ἀμφοτέρους τοῦ περιλαμβανομένου μεταξύ τῶν κύκλων τούτων. Ὅθεν μὲ πόλον τὸ M γράφομεν μέγιστον κύκλον συναντῶντα τὴν δοθεῖσαν ζώνην εἰς τὸ σημεῖον N . Ἀρχόμενοι ἀπὸ τοῦ N μετροῦμεν ἐπὶ τοῦ σχεδιασθέντος κύκλου τόξον φ . Τὸ ἄκρον τοῦ τόξου τούτου εἶναι σημεῖον τῆς ζητουμένης ζώνης. Ἐχοντες δύο σημεῖα αὐτῆς τὸ M καὶ O δυνάμεθα νὰ τὴν σχεδιάσωμεν.



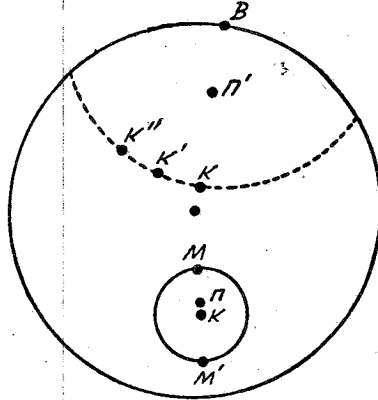
Σχ. 63

7) Ἵνα σχεδιάσωμεν τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν μικροῦ κύκλου τῆς σφαίρας, τοῦ ὁποίου δίδεται ἡ προβολὴ τοῦ πόλου του καὶ ἡ ἀπ' αὐτοῦ ἀπόστασις τῶν σημείων τῆς περιφερείας του, ἄγομεν τὸν πόλον του εἰς τὸν κατακόρυφον μεσημβρινὸν καὶ λαμβάνομεν ἐπὶ τοῦ μεσημβρινοῦ τούτου ἐκατέρωθεν τοῦ πόλου τόξα ἴσα πρὸς τὴν πολικὴν ἀπόστασιν τῶν σημείων τῆς περιφερείας, τὰ πέρατα τῶν ὁποίων ἔστωσαν τὰ M καὶ M' (σχ. 64). Τὸ μέσον K τῆς εὐθείας MM' εἶναι τὸ κέντρον τοῦ κύκλου, τὸν ὅποιον πρόκειται νὰ σχεδιάσωμεν.

Ἐὰν τοῦ πόλου Π' ἀγομένου εἰς τὸν κατακόρυφον μεσημβρινὸν ἡ πολικὴ ἀπόστασις εἶναι μεγαλύτερα τοῦ τόξου $\Pi'B$ (σχ. 64), λαμβάνομεν ἓν μόνον σημεῖον τῆς προβολῆς τοῦ ζητουμένου κύκλου, τὸ K . Φέρομεν εἰτα τὸν Π' εἰς δύο ἄλλους μεσημβρινούς καὶ λαμβάνομεν ἐπ' αὐτῶν τόξα $\Pi'K'$, $\Pi'K''$ ἴσα πρὸς τὴν πολικὴν ἀπόστασιν. Ἐχοντες οὕτω τρία σημεῖα τοῦ κύκλου τὰ K , K' , K'' δυνάμεθα νὰ σχεδιάσωμεν αὐτόν.

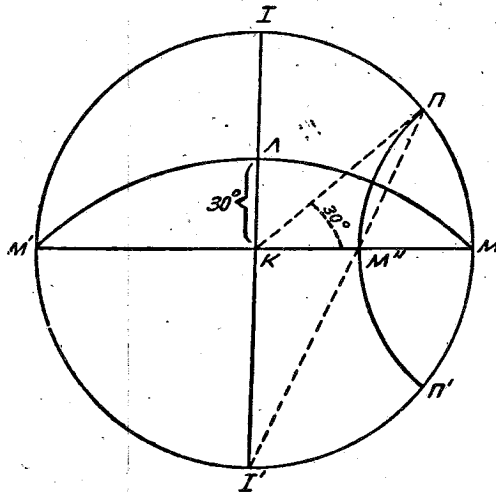
Σχεδίασις δικτύου τοῦ Wulff. Γράφεται κύκλος καὶ δύο διάμετροι αὐτοῦ κάθετοι, ὧν ἡ μία $I I'$ θὰ ἀντιπροσωπεύῃ τὸν ἰσημερινόν, ἡ ἑτέρα MM' τὸν κεντρικὸν μεσημβρινόν. Οἱ κύκλοι πλάτους ὡς $\Pi M'' \Pi'$ σχεδιάζονται ὡς ἐ-

ξῆς. Τὰ $\Pi\Pi'$ εὐρίσκονται δι' ἀπ' εὐθείας μετρήσεως τοῦ πλάτους ἐπὶ τοῦ βασικοῦ κύκλου, τὸ δὲ σημεῖον M'' , καθ' ὃ τέμνει τὸν κεντρικὸν μεσημβρινό-



Σχ. 64

νὸν ὁ κύκλος πλάτους, εὐρίσκεται εἰς τὴν τομὴν τοῦ μεσημβρινοῦ τούτου μετὰ τὴν εὐθεῖαν $I\Pi$. Διὰ τῶν τριῶν αὐτῶν σημείων δύναται νὰ σχεδιασθῇ ὁ κύκλος. Μειαφέροντες τὰς οὕτω προκυπτούσας διαιρέσεις τοῦ τόξου KM εἰς

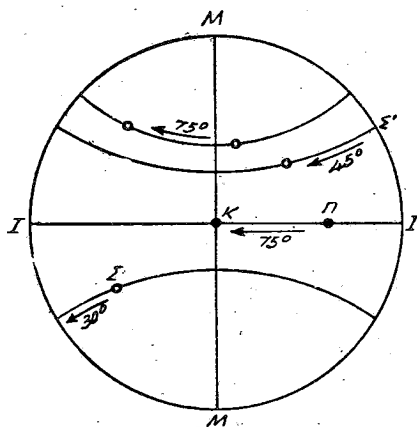


Σχ. 65

Σχεδιάσις δικτύου τοῦ Wulff

τὸ τόξον KI λαμβάνομεν οὕτως ἐπ' αὐτοῦ τὰ σημεῖα Λ , καθ' ἃ οἱ διὰ τοῦ MM' διερχόμενοι μεσημβρινοὶ θὰ συναντοῦν τὸν ἰσημερινὸν $I I'$ (σχ. 65).

Ἀλλαγὴ ἐπιπέδου προβολῆς. Ἐνίοτε παρίσταται ἀνάγκη ἐκ δοθείσης στερεογραφικῆς προβολῆς νὰ σχεδιάσωμεν ἄλλην ἐπὶ ἄλλου ἐπιπέδου, λ.χ. νὰ μεταφέρωμεν προβολὴν ἐκτελεσθεῖσαν ἐπὶ ἐπιπέδου (001) εἰς προβολὴν ἐπὶ ἐπιπέδου (111). Ἡ τοιαύτη μετατροπὴ γίνεται ὡς ἐξῆς. Φέρεται διὰ στροφῆς τοῦ σχεδίου ὁ πόλος Π τοῦ ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον θὰ εἶναι τὸ νέον ἐπίπεδον στερεογραφικῆς προβολῆς, εἰς τὸν ἰσημερινὸν τοῦ δικτύου τοῦ Wulff καὶ ἔστω ὅτι εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν ἀπέχει ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ δικτύου κατὰ ΠK (σχ. 66). Εἰς τὴν νέαν προβολὴν ὁ πόλος Π θὰ κατέχῃ τὸ κέντρον K τοῦ



Σχ. 66

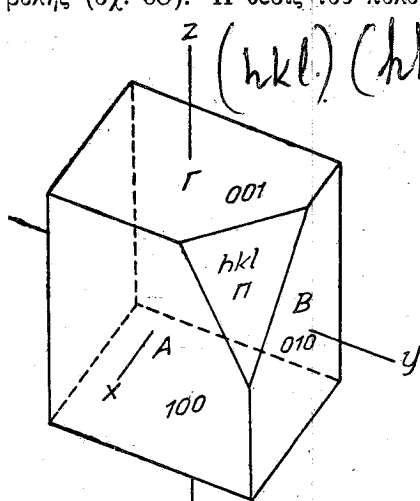
Ἀλλαγὴ ἐπιπέδου προβολῆς

κύκλου. Ἴνα γίνῃ ἡ μεταβολὴ αὕτη, πρέπει νὰ στρέψωμεν ὁλόκληρον τὴν στερεογραφικὴν σφαῖραν περὶ τὸν ἄξονα MM κατὰ γωνίαν ἴσην πρὸς ΠK . Τότε καὶ ὅλα τὰ ἐπ' αὐτῆς σημεῖα θὰ κινηθοῦν ἐπὶ τῶν παραλλήλων τῶ ἰσημερινῶ κύκλων κατὰ τὸ αὐτὸ τόξον ΠK . Ἐὰν κατὰ τὴν στροφὴν αὕτην πόλος τις Σ φθάσῃ εἰς τὴν περιφέρειαν τοῦ βασικοῦ κύκλου, πρὶν συμπληρώσῃ τὴν στροφὴν κατὰ τὸ τόξον ΠK , κατὰ τὴν συνέχισιν τῆς στροφῆς καταδύει εἰς τὸ κάτω ἡμισφαίριον, ἐνῶ ἀναδύει ἐπὶ συμμετρικοῦ ὡς πρὸς τὸν ἰσημερινὸν παραλλήλου ὁ ἐκ διαμέτρου ἀντικείμενος πόλος Σ' συνεχίζων ἐπὶ τοῦ παραλλήλου τούτου τὴν μετατόπισιν μέχρι συμπληρώσεως τῆς στροφῆς. Ἐκτελοῦντες τὴν μετατόπισιν αὐτὴν δι' ὅλους τοὺς ἐπὶ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς πόλους ἔχομεν τὴν προβολὴν ἐπὶ τοῦ νέου ἐπιπέδου.

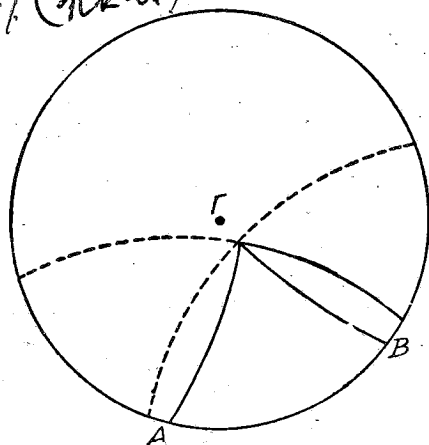
Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν στερεογραφικῆς προβολῆς δοθέντος κρυστάλλου ἀκολουθεῖται ἡ ἐξῆς πορεία ἐργασίας: Ὁρίζεται διὰ τῶν δεικτῶν αὐτοῦ τὸ ἐπίπεδον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου θὰ γίνῃ ἡ στερεογραφικὴ προβολή. Ὡς τοιοῦτον ἐπίπεδον λαμβάνεται συνήθως ἐπίπεδον συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου καὶ μάλιστα ἐκ τῶν κυρίων ἐπιπέδων συμμετρίας. Οὕτως ἀρκεῖ ἡ προβολὴ τοῦ ἐνός

μόνον ἡμισφαιρίου, διότι ἡ προβολὴ τοῦ ἑτέρου, καθ' ὃ συμμετρικὴ τῆς πρώτης ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον προβολῆς, ταυτίζεται πρὸς αὐτήν. Προβάλλονται κατὰ πρῶτον αἱ ἔδραι αἱ κάθετοι ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον προβολῆς. Τούτων οἱ πόλοι θὰ κεῖνται ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ κύκλου τοῦ σχεδίου. Ἐδρας παραλλήλου πρὸς τὸ ἐπίπεδον προβολῆς ὁ πόλος θὰ εὑρίσκεται εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου τοῦ σχεδίου. Γράφονται κατόπιν αἱ ζῶναι, τὰς ὁποίας ὀρίζουν αἱ ἐπὶ τῆς περιφερείας ἔδραι, καὶ ἡ εἰς τὸ κέντρον ἔδρα. Ἐπὶ τῶν ζωνῶν αὐτῶν τοποθετοῦνται οἱ πόλοι ἄλλων ἐδρῶν, οἱ ὁποῖοι ἀνήκουν εἰς τὰς ζῶνας ταύτας.

Εἰς τὴν περίπτωσιν καθ' ἣν ὁ κρύσταλλος οὐδὲν ἐπίπεδον συμμετρίας ἔχει, ἐκλέγεται ὡς ἐπίπεδον προβολῆς τὸ κάθετον ἐπὶ μίαν τῶν κυρίων ζωνῶν τοῦ κρυστάλλου λ.χ. τὸ κάθετον ἐπὶ τὴν ζώνην [001]. Εἰς τὸν κρύσταλλον τοῦ σχ. 67 ἐπὶ παραδείγματι, ὅστις οὐδὲν ἐπίπεδον συμμετρίας ἔχει, ὡς ἐπίπεδον προβολῆς ἐκλέγεται τὸ κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα $c = [001]$. Αἱ ἔδραι αἱ ἀνήκουσιν εἰς τὴν ζώνην τοῦ ἄξονος τούτου, αἱ A (100) καὶ B (010), θὰ ἔχουν τοὺς πόλους αὐτῶν ἐπὶ τοῦ βασικοῦ κύκλου τοῦ σχεδίου τῆς προβολῆς (σχ. 68). Ἡ θέσις τοῦ πόλου τῆς ἔδρας Γ, ὅστις θὰ κεῖται ἐντὸς τοῦ



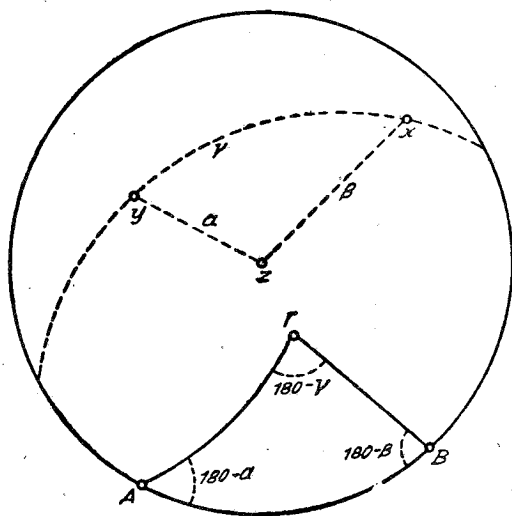
Σχ. 67



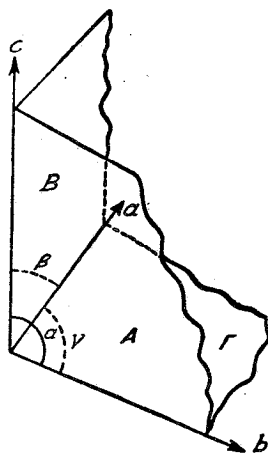
Σχ. 68

κύκλου καθορίζεται ἐκ τῶν τιμῶν τῶν γωνιῶν, τὰς ὁποίας σχηματίζουν αἱ ἔδραι A, B καὶ Γ πρὸς ἀλλήλας. Δι' ἐπιλύσεως τοῦ σφαιρικοῦ τριγώνου ABΓ, τοῦ ὁποίου αἱ πλευραὶ εἶναι γνωσταί, εὑρίσκονται αἱ γωνίαι τῶν κορυφῶν A καὶ B καὶ ἐπομένως δύναται νὰ σχεδιασθῇ ἡ ζώνη AB ἢ ἡ BΓ (πρόβλημα 6) καὶ ἐπ' αὐτῆς νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις τῆς Γ ἐκ τῆς γνωστῆς τιμῆς τοῦ τόξου AG ἢ BΓ. Ἀπλούστερον ἄνευ ὑπολογισμοῦ εὑρίσκεται ἡ Γ, ἐὰν σχεδιασθοῦν οἱ 2 κύκλοι οἱ ἔχοντες πόλους τὰ σημεῖα A καὶ B καὶ πολιτικὰς ἀποστάσεις τὰ γνω-

στά τόξα ΑΓ και ΒΓ. Ἡ Γ θὰ εὐρίσκεται εἰς τὴν τομὴν τῶν κύκλων τούτων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἶναι δυνατὸν νὰ εὐρεθῇ ἡ στερεογραφικὴ προβολὴ οἰουδήποτε πόλου κειμένου ἐντὸς τοῦ κύκλου, ἀρκεῖ νὰ εἶναι γνωστὴ ἡ κρυσταλλογραφικὴ γωνία τῆς ἀντιστοίχου ἑδρας πρὸς τὰς ἄλλας, τῶν ὁποίων ἡ θέσις τῶν πόλων ἐπὶ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς εἶναι γνωστὴ. Ἡ θέσις τῶν ἰχνῶν τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἁξόνων, τοὺς ὁποίους ὀρίζουν διὰ τῶν τομῶν των αἱ ἑδραι Α (100), Β (010) καὶ Γ (001) εὐρίσκεται ὡς ἐξῆς. Αἱ ἑδραι (001) καὶ (010) εἶναι παράλληλοι πρὸς τὸν ἅξονα α, ἐπομένως τὸ ἔχνος x τοῦ ἅξονος τούτου ἐπὶ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς (σχ. 69) θὰ ἀπέχη 90° ἀπὸ τῶν πόλων Β καὶ Γ, θὰ εὐρίσκεται ἄρα εἰς τὴν τομὴν τῶν μεγίστων κύκλων, τοὺς ὁποίους γράφομεν μὲ πόλους τοὺς Β καὶ Γ. Ὁμοίως τὸ ἔχνος y τοῦ ἅξονος b εὐρίσκεται εἰς τὴν τομὴν τῶν μεγίστων κύκλων τῶν ἐχόντων πόλους τοὺς Α καὶ Γ. Τὸ ἔχνος z τοῦ ἅξονος c κατέχει τὸ κέντρον τοῦ κύκλου. Τὸ τρίγωνον xyz εἶναι κατὰ τὰ ἀνωτέρω τὸ πολικὸν τοῦ τριγώνου ΑΒΓ, ἥτοι τὸ σφαιρικὸν τρίγωνον τῶν πόλων τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἁξόνων εἶναι πολικὸν τοῦ σφαιρικοῦ τριγώνου τῶν πόλων τῶν τριῶν ἐδρῶν, αἱ ὁποῖαι καθορίζουν διὰ τῶν ἀκμῶν, καθ' ἃς τέμνονται, τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἁξόνους. Ἐκ τῆς σχέσεως πολικότητος μεταξύ τῶν δύο τριγώνων ἔπονται αἱ σχέσεις μεταξύ τῶν γωνιῶν Α, Β, Γ καὶ α, β, γ : $A = 180 - \alpha$, $B = 180 - \beta$, $\Gamma = 180 - \gamma$.



Σχ. 69

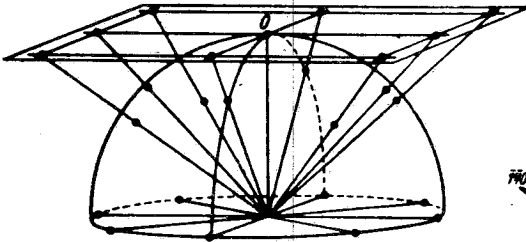


Σχ. 70

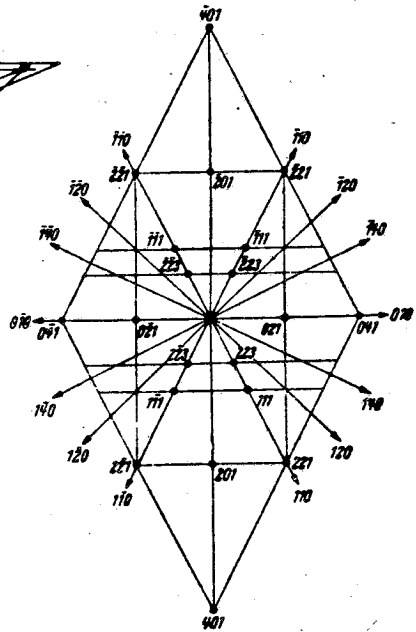
Γενικῶς διὰ τρίεδρον ΑΒΓ μὲ ἀκμὰς a, b, c , τοῦ ὁποίου προβάλλονται στερεογραφικῶς οἱ πόλοι τῶν ἐδρῶν ΑΒΓ καὶ οἱ πόλοι τῶν ἀκμῶν a, b, c ἰσχύουν αἱ σχέσεις:

Γωνίαι τριγώνου πόλων = 180° - πλευραί τριγώνου άκμῶν
 Πλευραί τριγώνου πόλων = 180° - γωνίαι τριγώνου άκμῶν.

25. Γνωμονική προβολή. Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ εἶδους τῆς προβολῆς αὐτῆς θεωρήσωμεν εἰς τὴν σφαῖραν τὴν περιβάλλουσαν τὸν κρύσταλλον ἐπίπεδον παράλληλον πρὸς τὸ ἰσημερινὸν ἐπίπεδον αὐτῆς ἐφαπτόμενον τῆς σφαίρας κατὰ τὸν πόλον αὐτῆς. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἶναι τὸ ἐπίπεδον τῆς γνωμονικῆς προβολῆς. Οἱ πόλοι τῶν ἑδρῶν παρέχονται ἀπὸ τὴν τομὴν τοῦ ἐπιπέδου τούτου ὑπὸ τῶν καθέτων τῶν ἀγομένων ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ κρυστάλλου ἐπὶ τὴν ἀντίστοιχον ἑδραν (σχ. 71). Ἐδραὶ ἀνήκουσαι εἰς τὴν αὐτὴν ζώνην εἰς τὴν γνω-



Σχ. 71



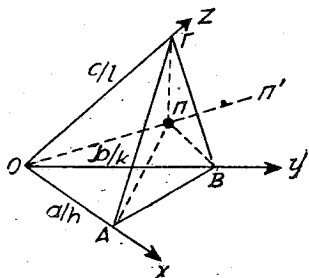
Σχ. 72

μονικὴν προβολὴν ἔχουν τοὺς πόλους των ἐπὶ τῆς εὐθείας, καθ' ἣν τὸ ἐπίπεδον τοῦ μεγίστου κύκλου τοῦ παριστῶντος τὴν ζώνην ἐπὶ τῆς σφαίρας προεκτείνόμενον τέμνει τὸ ἐπίπεδον προβολῆς. Ἐναντι τοῦ προσόντος τούτου διὰ τὴν σχεδίασιν τῶν ζωνῶν ἡ γνωμονικὴ προβολὴ παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα πόλοι ἐπὶ τῆς σφαίρας ἀπέχοντες πολικὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ Ο περιπτοῦ 90° νὰ προβάλλωνται γνωμονικῶς εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ Ο. Οἱ πόλοι οἱ εὐρισκόμενοι ἐπὶ τοῦ ἰσημερινοῦ τῆς σφαίρας δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ περιληφθοῦν εἰς τὸ γνωμονικὸν διάγραμμα, ἡ θέσις των ὑποδηλοῦται εἰς αὐτὸ ἐπὶ τῆς ἀντιστοίχου ζώνης με βέλη, παρὰ τὰ ὁποῖα γράφεται ὁ δείκτης τοῦ

πόλου. Ὑπόδειγμα γωνιομετρικῆς προβολῆς κρυστάλλου τοπαζίου παρέχει τὸ σχῆμα 72 (συγκρίνατε πρὸς τὸ σχ. 59 τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς τοῦ αὐτοῦ κρυστάλλου).

26. Κρυσταλλομετρικοὶ λογισμοί. Εὑρεσις σχέσεως παραμέτρων καὶ δεικτῶν. Ὁ ὑπολογισμὸς τῶν σχέσεων παραμέτρων καὶ δεικτῶν τῶν ἐδρῶν κρυστάλλου γίνεται ἐπὶ τῇ βάσει τῶν τιμῶν τῶν κρυσταλλογραφικῶν γωνιῶν εἴτε χρησιμοποιουμένων τύπων τῆς ἀναλυτικῆς γεωμετρίας, οἱ ὅποιοι συνδέουν διέδρους γωνίας πρὸς παραμέτρους τῶν ἐδρῶν, εἴτε δι' ἐφαρμογῆς τύπων τῆς σφαιρικῆς τριγωνομετρίας. Κατὰ τὸν δεύτερον τρόπον, ὅστις καὶ περιγράφεται κατωτέρω, γίνεται χρῆσις ἀπαραιτήτως τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς, ἐκ τῆς ὁποίας εὐρίσκεται εὐχερῶς τίνων σφαιρικῶν τριγώνων ἢ ἐπίλυσις θὰ δώσῃ τὰ ζητούμενα στοιχεῖα.

Ἐστω (σχ. 73) Ox, Oy, Oz τὸ σύστημα τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων καὶ Π ἡ ἔδρα, τῆς ὁποίας οἱ δεικταὶ (hkl) πρόκειται νὰ προσδιορισθοῦν.



Σχ. 73

Κατὰ τὸν ὀρισμὸν τῶν δεικτῶν τὰ τμήματα, τὰ ὁποῖα ἡ ἔδρα αὐτὴ ἀποτεμεῖ ἐπὶ τῶν ἀξόνων, εἶναι $OA = a/h$, $OB = b/k$, $OG = c/l$. Ἐὰν φέρωμεν ἐκ τῆς ἀρχῆς τῶν συντεταγμένων O τὴν κάθετον ἐπὶ τὴν ἔδραν Π καὶ ἐκ τοῦ ποδὸς Π τῆς καθέτου αὐτῆς τὰς εὐθείας PA , PB καὶ PG , τὰ σχηματιζόμενα ὀρθογώνια τρίγωνα OPA , OPB καὶ OPG παρέχουν τὰς σχέσεις $OP = a/h$, $\sin \angle POx = b/k$, $\sin \angle POy = c/l$. Αἱ γωνίαι $\angle POx$, $\angle POy$, $\angle POz$ εἰς τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν θὰ μετροῦνται μὲ τὰ τόξα $\Pi'x$, $\Pi'y$, $\Pi'z$, τὰ ὁποῖα μετροῦν τὴν ἀπόστασιν τοῦ πόλου Π' ἀπὸ τῶν ἰχνῶν x, y, z τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων. Ὅθεν $a/h \sin \Pi'x = b/k \sin \Pi'y = c/l \sin \Pi'z$.

Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον αὐτὸν διὰ τὴν παραμετρικὴν ἔδραν, τῆς ὁποίας οἱ δεικταὶ εἶναι (111), εὐρίσκομεν ἐκ τῶν σχέσεων

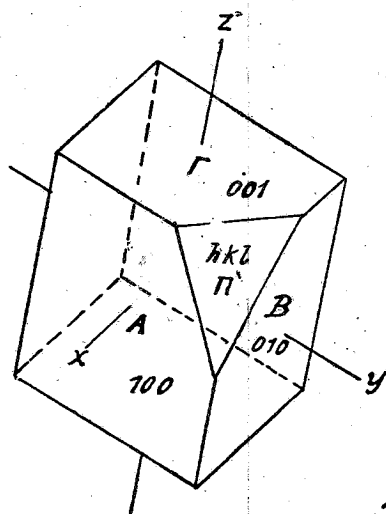
$$\frac{a}{b} = \frac{\sin \Pi'x}{\sin \Pi'y}, \quad \frac{c}{b} = \frac{\sin \Pi'z}{\sin \Pi'y}$$

τὴν σχέσιν παραμέτρων $a:b:c$.

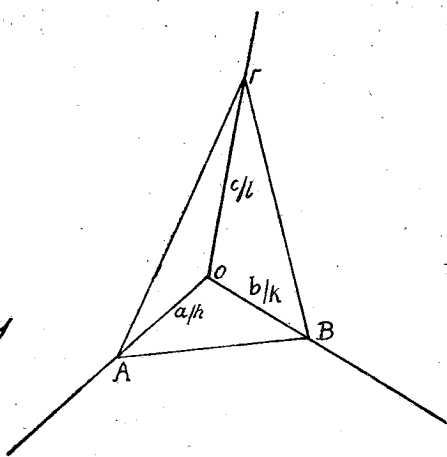
Ἀκολουθεῖ ὁ ὑπολογισμὸς τῶν δεικτῶν τῶν ἄλλων ἐδρῶν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν αὐτῶν στοιχείων, ἔθθα τὰ a, b, c θὰ ἀντικατασταθοῦν διὰ τῶν γνωστῶν ἤδη τιμῶν αὐτῶν. Οὕτω δυνάμεθα νὰ καταλήξωμεν εἰς τὴν σχέσιν.

$\frac{\text{συν}\Pi'\psi}{\text{συν}\Pi'\chi} = a/h : b/k = \frac{k}{h} \cdot \frac{a}{b}$ καὶ $\frac{k}{h} = \frac{\text{συν}\Pi'\psi}{\text{συν}\Pi'\chi} \cdot \frac{1}{a} = 0,666 \approx 2/3$ ἐπὶ παραδείγματι, ὅθεν $k = 2$ καὶ $h = 3$.

Αἱ τιμαὶ τῶν τόξων $\Pi'x, \Pi'y, \Pi'z$ δὲν εἶναι πάντοτε γνωσταὶ ἀμέσως ἐκ τῶν γενομένων γωνιομετρήσεων καὶ πρέπει νὰ ὑπολογισθοῦν δι' ἐπιλύσεως σφαιρικῶν τριγώνων. Εἰς τὰ κρυσταλλικὰ συστήματα, εἰς τὰ ὁποῖα οἱ κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὰς ἔδρας $AB\Gamma$, δηλ. ὅπου τὸ καθορίζον τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας θεμελιῶδες παραλληλεπίπεδον εἶναι ὀρθογώνιον ἢ, ὅπερ τὸ αὐτό, οἱ κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες εἶναι κάθετοι ἐπ' ἀλλήλους, ὅπως εἰς τὸ κυβικόν, τετραγωνικόν, ρομβικόν σύστημα, τὰ xyz ταυτίζονται εἰς τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν μὲ τοὺς πόλους $AB\Gamma$ καὶ ἐπομένως τὰ $\Pi'x, \Pi'y, \Pi'z$ εἶναι γνωστὰ ἐκ τῶν μετρήσεων τῶν γωνιῶν $\Pi A, \Pi B, \Pi \Gamma$. Εἰς τὴν γενικωτάτην ὅμως περίπτωσιν ἁξόνων ὅχι ὀρθογωνίων τὰ $\Pi'x, \Pi'y, \Pi'z$ πρέπει νὰ ὑπολογισθοῦν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δυνάμεθα νὰ ἐφαρμόσωμεν ἄλλον τύπον, εἰς τὸν ὁποῖον εἰσέρχονται αἱ τιμαὶ τῶν γωνιῶν τῆς ἔδρας Π πρὸς τὰς A, B, Γ , τοῦ θεμελιώδους σχήματος.



Σχ. 74



Σχ. 75

Θεωρήσωμεν ἐκ νέου τὸ κρυσταλλικὸν πολύεδρον τοῦ σχ. 74 καὶ πρὸ αὐτοῦ (σχ. 75) τὸ σύστημα τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἁξόνων (ὅχι ὀρθογώνιον)

μέ την ἔδραν $\Pi = (hkl)$, τῆς ὁποίας ζητοῦνται οἱ δεῖκται, ἥτις τέμνει τοὺς ἄξονας εἰς τὰ σημεῖα A, B, Γ. Ἐκ τοῦ τριγώνου OAB ἔχομεν τὴν σχέσιν:

$$\frac{OA}{OB} = \frac{\eta\mu OBA}{\eta\mu OAB} = \frac{a/h}{b/k}$$

Ἀλλὰ ἡ OBA εἶναι ἡ γωνία τῶν εὐθειῶν OB καὶ BA, αἱ ὁποῖαι εἶναι παράλληλοι πρὸς τὰς ἀκμάς, καθ' ὧς τέμνονται αἱ ἔδραι ΓΑ καὶ ΓΠ. Εἰς τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν ἐπομένως θὰ ἰσοῦται μὲ τὴν γωνίαν, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ζῶναι ΓΑ καὶ ΓΠ. Ὀμοίως ἡ OAB ἰσοῦται μὲ τὴν γωνίαν τῶν ζωνῶν ΓΒ καὶ ΓΠ, ἥτοι:

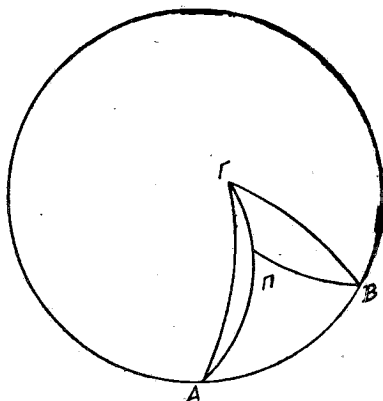
$$\frac{a/h}{b/k} = \frac{\eta\mu. \gammaων. \zetaωνῶν \Gamma A : \Gamma \Pi}{\eta\mu. \gammaων. \zetaωνῶν \Gamma B : \Gamma \Pi}$$

Καθ' ὅμοιον τρόπον ἐκ τοῦ τριγώνου OBG εὐρίσκομεν:

$$\frac{OB}{OG} = \frac{b/k}{c/l} = \frac{\eta\mu OGB}{\eta\mu OBG} = \frac{\gammaων. \zetaωνῶν AB : \Delta \Pi}{\gammaων. \zetaωνῶν AG : \Delta \Pi}$$

Προβάλλοντες στερεογραφικῶς τοὺς πόλους τῶν τεσσάρων αὐτῶν ἐδρῶν (σχ. 76) ἔχομεν τὰς σχέσεις:

$$\frac{a/h}{b/k} = \frac{\eta\mu \Pi \Gamma A}{\eta\mu \Pi \Gamma B}, \quad \frac{b/k}{c/l} = \frac{\eta\mu \Pi AB}{\eta\mu \Pi A \Gamma}$$



Σχ. 76

Αἱ γωνίαι ΠΓΑ, ΠΓΒ, ΠΑΒ εὐρίσκονται δι' ἐπιλύσεως σφαιρικῶν τριγώνων, τῶν ὁποίων εἶναι γνωσταὶ αἱ πλευραὶ ΠΑ, ΠΒ, ΓΑ, ΓΒ, ΑΒ ἀντιπροσωπεύουσαι τὰς κρυσταλλογραφικὰς γωνίας τῶν ἀντιστοίχων ἐδρῶν. Εἰς τὴν γενικὴν περίπτωσιν συστήματος κρυσταλλογραφικῶν ἁξόνων οὐχὶ ὀρθογωνίων, ὥς τὸ προκείμενον παράδειγμα, εἶναι ἀπαραίτητοι πέντε γωνιομετρήσεις διὰ τὴν εὑρεσιν τῶν δεικτῶν τῆς ἔδρας Π.

Κατωτέρω αναγράφονται οἱ κυριώτεροι τύποι τῆς σφαιρικῆς τριγώνου-
τρίας οἱ χρησιμεύοντες διὰ τὴν ἐπίλυσιν σφαιρικῶν τριγώνων.

Πολικοὶ τῶν ἔναντι τύπων.

$$1) \frac{\eta\mu \alpha}{\eta\mu A} = \frac{\eta\mu \beta}{\eta\mu B} = \frac{\eta\mu \gamma}{\eta\mu \Gamma} \quad \text{συν } A = -\text{συν } B \text{ συν } \Gamma + \eta\mu B \eta\mu \Gamma \text{ συν } \alpha$$

$$2) \text{συν } \alpha = \text{συν } \beta \text{ συν } \gamma + \eta\mu \beta \eta\mu \gamma \text{ συν } A \quad \eta\mu^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{\eta\mu E \eta\mu (A-E)}{\eta\mu B \eta\mu \Gamma}$$

$$3) \text{συν}^2 \frac{A}{2} = \frac{\eta\mu \tau \eta\mu (\tau - \alpha)}{\eta\mu \beta \eta\mu \gamma} \quad E + \frac{\Pi}{2} = \frac{A + B + \Gamma}{2}$$

$$4) \tau = \frac{\alpha + \beta + \gamma}{2} = \text{ἡμιπερίμετρος τριγώνου} \quad 2E = \text{σφαιρικὴ ὑπεροχὴ}$$

Τοῦ τύπου 2 οἱ συμμετρικοὶ εὐρίσκονται διὰ κυκλικῆς μεταθέσεως:

$$\text{συν} \beta = \text{συν} \gamma \text{ συν} \alpha + \eta\mu \gamma \eta\mu \alpha \text{ συν} B \quad \text{συν} B = -\text{συν} \Gamma \text{ συν} A + \eta\mu \Gamma \eta\mu A \text{ συν} \beta$$

$$\text{συν} \gamma = \text{συν} \alpha \text{ συν} \beta + \eta\mu \alpha \eta\mu \beta \text{ συν} \Gamma \quad \text{συν} \Gamma = -\text{συν} A \text{ συν} B + \eta\mu A \eta\mu B \text{ συν} \gamma$$

Ὁ τύπος 2 δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς λογιστὸν διὰ τῶν λογαρίθμων εἰ-
σαγομένης βοηθητικῆς γωνίας ω μὲ σχέσιν $\epsilon\phi\omega_3 = \epsilon\phi\beta \cdot \text{συν} A$.

$$\text{συν } \alpha = \frac{\text{συν } \beta \text{ συν}(\omega_3 + \gamma)}{\text{συν } \omega_3} \quad \text{συν } \beta = \frac{\text{συν } \gamma \text{ συν}(\omega_1 - \alpha)}{\text{συν } \omega_1} \quad \epsilon\phi\omega_1 = \epsilon\phi\gamma \text{ συν } B$$

$$\text{συν } \gamma = \frac{\text{συν } \alpha \text{ συν}(\omega_2 - \beta)}{\text{συν } \omega_2} \quad \epsilon\phi\omega_2 = \epsilon\phi \alpha \text{ συν } \Gamma.$$

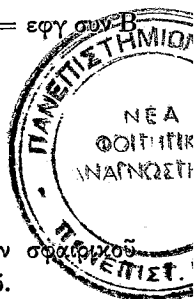
Οἱ πολικοὶ τῶν τύπων τούτων εἶναι:

$$\text{συν } A = \frac{\text{συν } B \text{ συν}(\Omega_3 + \Gamma)}{\text{συν } \Omega_3} \quad \epsilon\phi \Omega_3 = \epsilon\phi B \text{ συν } \alpha \quad \text{κ.ο.κ.}$$

Οἱ τύποι αὗτοὶ ἐπιτρέπουν ἐκ τριῶν οἰωνδήποτε στοιχείων σφαιρικῶν
τριγώνου νὰ ὑπολογισθῶν τὰ λοιπὰ ἄγνωστα στοιχεῖα αὐτοῦ.

Β. ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΠΛΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΤΩΝ 32 ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΤΑΞΕΩΝ

27. Γενικαὶ παρατηρήσεις. Ὡς εἶδομεν αἱ 32 κρυσταλλικαὶ τάξεις ὑπὲρ-
χθησαν εἰς 7 κρυσταλλικὰ συστήματα. Ἐκάστη τάξις περιλαμβάνει ἀριθμὸν
τινα ἀπλῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων, τὰ ὅποια προκύπτουν διὰ τῆς συμμε-
τρικῆς ἐπαναλήψεως ὑπὸ τῶν στοιχείων συμμετρίας τῆς τάξεως αὐτῆς μιᾶς
ἑδρας ἐχούσης ὠρισμένην δι' ἑκάστον σχῆμα θέσιν ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλ-
λογραφικοὺς ἄξονας. Ἐκ τῶν κρυσταλλικῶν τάξεων ἐνὸς συστήματος ἡ ἑχούσα
τὸν μεγαλύτερον ἀριθμὸν στοιχείων συμμετρίας θὰ περιλαμβάνη καὶ ἀπλᾶ
σχήματα μὲ τὸν μεγαλύτερον δυνατὸν ἀριθμὸν ἐδρῶν. Ἡ τάξις αὕτη εἶναι
ἡ ὀλοεδρία ἐκάστου συστήματος. Αἱ λοιπαὶ τάξεις θὰ εἶναι ἡμιεδρικαὶ ἢ τε-
ταρτοεδρικαὶ τῆς ὀλοεδρίας. Εἰς ἐκάστην ἡμιεδρίαν δι' ὠρισμένας θέσεις ἑδρας
ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας (δηλ. μὲ ὠρισμένους δείκτας) προ-



κύπτουν σχήματα ἡμιεδρικά με ἀριθμὸν ἐδρῶν τὸ ἥμισυ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἐδρῶν τοῦ ἀντιστοίχου ὀλοεδρικοῦ σχήματος, ἐνῶ δι' ἄλλας τὸ προκύπτον σχῆμα εἶναι τὸ αὐτὸ με τὸ ὀλοεδρικόν. Μεροεδρικήν ἀνάπτυξιν ἐμφανίζουν πάντοτε τὰ σχήματα τὰ προκύπτοντα ἀπὸ ἑδραν με-δείκτας (hkl), ἥτοι ἔχουσιν τυχοῦσαν θέσιν ὄχι συμμετρικήν. Τούναντίον ἑδρα ἡ ὁποία εἰς τὴν ὀλοεδρίαν εἶναι κάθετος ἐπὶ ἐπίπεδον ἢ ἄξονα συμμετρίας, εἰς τὴν ἡμιεδρίαν, εἰς τὴν ὁποίαν λείπουν τὰ στοιχεῖα αὐτὰ συμμετρίας, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἡ ἑδρα ἦτο κάθετος, δίδει διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα τῆς ἡμιεδρίας τὸ αὐτὸ σχῆμα, τὸ ὁποῖον ἔδιδε καὶ με τὰ στοιχεῖα τῆς ὀλοεδρίας. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ἡ συμμετρικὴ διεργασία ὡς πρὸς τὰ κάθετα ἐπὶ τὴν ἑδραν αὐτὴν στοιχεῖα τὴν ταυτίζει πρὸς ἑαυτήν, δὲν τὴν πολλαπλασιάζει, ἐπομένως ἡ ἀπουσία τῶν στοιχείων τούτων συμμετρίας εἰς τὴν ἡμιεδρικήν τάξιν δὲν μειώνει τὸν ἀριθμὸν τῶν ἐδρῶν τοῦ σχήματος, τὸ σχῆμα παραμένει, οἷον ἦτο εἰς τὴν ὀλοεδρίαν. Ἐδρας καθέτου ἐπὶ ἐπίπεδον ἢ ἄξονα συμμετρίας ὁ πόλος εἰς στερεογραφικὴν προβολὴν θὰ κεῖται ἐπὶ τοῦ μεγίστου κύκλου τοῦ παριστῶντος τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ συμμετρίας ἢ θὰ συμπίπτῃ με τὸν πόλον τοῦ ἄξονος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι κάθετος. Ἐπομένως ἐξετάζοντες τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν τῶν ἀπλῶν σχημάτων τῆς ὀλοεδρίας εὐρίσκομεν τίνα ἐξ αὐτῶν θὰ ἀναπτυχθοῦν ἡμιεδρικῶς εἰς ἄλλην τινὰ τάξιν τοῦ ἰδίου συστήματος. Ὅσα ἔχουν τοὺς πόλους ἐπὶ ἐπιπέδων συμμετρίας ἢ ἐπὶ πόλων ἀξόνων ἀπόντων ἀπὸ τὴν θεωρουμένην ἡμιεδρίαν δὲν ἀναπτύσσονται ἡμιεδρικῶς.

Εἰς τὴν περιγραφὴν τῶν ἀπλῶν σχημάτων τῶν τάξεων ἐκάστου συστήματος θὰ προτάσεται ἡ ὀλοεδρία. Ἐκ τῆς μελέτης τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς τῶν στοιχείων συμμετρίας αὐτῆς θὰ εὐρίσκωμεν τὰ διάφορα εἶδη ἀπλῶν σχημάτων τῆς τάξεως αὐτῆς καὶ ἐκ τῆς θέσεως τῶν πόλων τῶν ἐδρῶν τὰς γεωμετρικὰς ιδιότητας ἐκάστου σχήματος. Ἐκ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς δυνάμεθα νὰ σχεδιάσωμεν τὴν ὀρθὴν προβολὴν τοῦ κρυσταλλικοῦ σχήματος.

28. Κυβικὸν σύστημα. Χαρακτηρίζεται ἀπὸ τρεῖς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας ἴσους καὶ καθέτους ἐπ' ἀλλήλους, οἱ ὁποῖοι ταυτίζονται πρὸς $3A^4$ ἢ $3A^2$. Κανονικῶς ἀνεπτυγμένοι κρύσταλλοι αὐτοῦ ἀναγνωρίζονται ἀμέσως ὡς ἀνήκοντες εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ἐκ τῆς ἰσομέτρου αὐτῶν ἀναπτύξεως. Διὰ τὸ ἴσον τοῦ μεγέθους τῶν ἀξόνων ἢ σχέσις παραμέτρων $a:b:c = 1:1:1$, ἥτοι εἰς τοὺς κρυστάλλους τοῦ συστήματος αὐτοῦ δὲν ὑπάρχει κρυσταλλομετρικὴ σταθερὰ χαρακτηρίζουσα τὸ σῶμα, εἰς τὸ ὁποῖον οὗτοι ἀνήκουν.

Εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα ὑπάρχοντα αἱ ἐξῆς 5 τάξεις:

α) Ὀλοεδρία $3A^4 4L^3 6L^2 3Π 6PC$

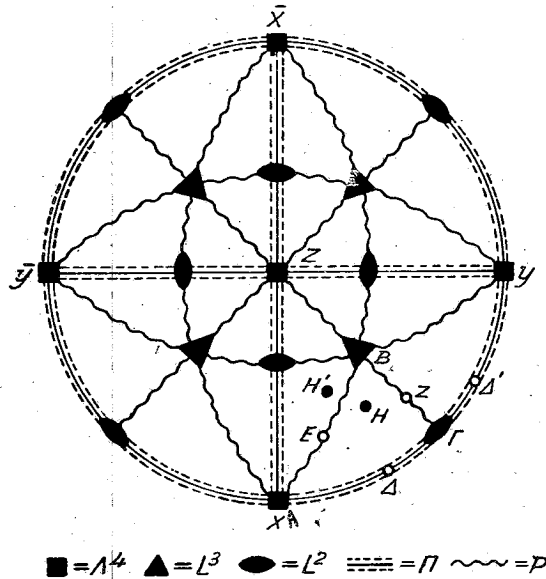
β) Ὀλαξονική ἡμιεδρία $3A^4 4L^3 6L^2$

γ) Παρημιεδρία $3A^2 4L^3 3ΠC$

δ) Ἀνθημιεδρία $3A^2 4L^3$ πολ. 6P

ε) Τεταρτοεδρία $3A^2 4L^3$ πολ.

Όλοεδρία ($3\Lambda^4 4L^3 6L^2 3\Pi 6PC$). Ὡς φαίνεται ἐκ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς (σχ. 77) ἡ στερεογραφικὴ σφαῖρα χωρίζεται μὲ τὰ στοιχεῖα συμμετρίας τῆς τάξεως αὐτῆς εἰς 48 ἴσα σφαιρικὰ τρίγωνα ὡς τὸ $AB\Gamma$ μὲ κορυφὰς δι' ἕκαστον τρίγωνον τρεῖς πόλους ἀξόνων Λ^4 , L^3 , L^2 . Πόλος ἑδρας κατέχων ὀρισμένην θέσιν εἰς ἓν τῶν τριγώνων τούτων θὰ ἐπαναληφθῇ εἰς ὅλα



Σχ. 77.

Προβολὴ τῶν στοιχείων συμμετρίας τῆς ὀλοεδρίας τοῦ κυβικοῦ ἐπὶ (001)

τὰ ἴσα τρίγωνα εἰς τὴν αὐτὴν πρὸς τὰς κορυφὰς αὐτῶν σχετικὴν θέσιν. Ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων καὶ τῆς ἀμοιβαίας θέσεώς των συνάγομεν τὰς γεωμετρικὰς ιδιότητες τοῦ προκύπτοντος σχήματος.

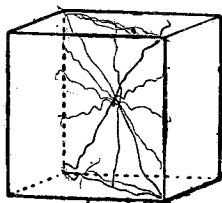
Δυνατὰί θέσεις πόλων εἰς τὸ θεωρούμενον τρίγωνον εἶναι ἑπτὰ, τρεῖς εἰς τὰς κορυφὰς αὐτοῦ A , B , Γ , τρεῖς ἐπὶ τῶν πλευρῶν αὐτοῦ Δ , E , Z καὶ μία εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ H . Τυχὸν σημεῖον ἐπὶ τῶν πλευρῶν ἢ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ τριγώνου δὲν δύναται νὰ συμπίσῃ μὲ πόλον ἑδρας, αἱ θέσεις τὰς ὁποίας δύνανται νὰ καταλάβουν αἱ ἑδραι εἶναι ὀρισμέναι περιοριζόμεναι ἀπὸ τὴν συνθήκην οἱ δεῖκται hkl νὰ εἶναι ἀπλοὶ ἀκέραιοι ἀριθμοὶ (νόμος τοῦ Haüy).

Πόλος εἰς τὴν θέσιν A , ἔνθα ὁ πόλος τοῦ Λ^4 , ἀντιστοιχεῖ εἰς ἑδραν κάθετον ἐπ' αὐτὸν ἔχουσαν δείκτας (100) ($Ay = Az = 90^\circ$).

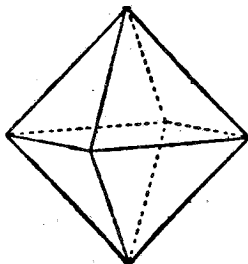
Ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ σχ. 77 τοιαῦται ἑδραι εἶναι ἐν συνόλῳ ἑξ τεμνόμεναι πρὸς ὀρθὰς γωνίας τὸ δὲ προκύπτον σχῆμα εἶναι τὸ ἐξάεδρον (σχ. 78).

Πόλος εἰς τὴν θέσιν B , ἔνθα ὁ πόλος τοῦ L^3 , ἀντιστοιχεῖ εἰς ἑδραν κάθε-

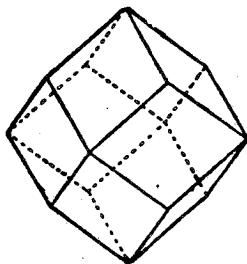
τον ἐπ' αὐτὸν μὲ δείκτας (111) ($B_x = B_y = B_z$). Τοιοῦτοι πόλοι ὑπάρχουν ὀκτώ (4 ἐπὶ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς τοῦ σχ. 77 καὶ τέσσαρες συμμετρικοὶ αὐτῶν ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου (ἐπὶ τοῦ ἐτέρου ἡμισφαιρίου), τὸ προκύπτον σχῆμα εἶναι τὸ ὀκτάεδρον (σχ. 79).



Σχ. 78
(100)
Ἐξάεδρον



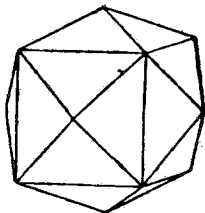
Σχ. 79
(111)
Ὀκτάεδρον



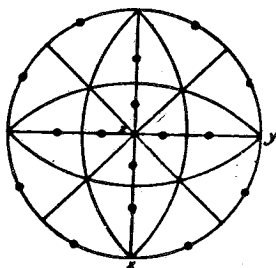
Σχ. 80
(110)
Ρομβικὸν δωδεκάεδρον

Πόλος εἰς τὴν θέσιν Γ ἐπὶ τοῦ πόλου τοῦ L^2 ἀνήκει εἰς ἕδραν μὲ δείκτας (110) ($\Gamma_x = \Gamma_y = 45^\circ$, $\Gamma_z = 90^\circ$). Ὁμότιμοι αὐτοῦ πόλοι ὑπάρχουν ἐν ὅλῳ 12. Τὸ ἀντίστοιχον σχῆμα εἶναι τὸ ρομβικὸν δωδεκάεδρον. Ἡ στερεογραφικὴ προβολὴ τοῦ σχ. 77, ἐν τῇ ὁποίᾳ σημειοῦνται οἱ πόλοι τῶν ἀξόνων συμμετρίας, παρέχει ταυτοχρόνως καὶ προβολὴν τῶν τριῶν ὡς ἄνω ἁπλῶν σχημάτων.

Πόλος εἰς τὴν θέσιν Δ μεταξύ τῶν πόλων Λ^4 καὶ L^2 ἀνήκει εἰς ἕδραν μὲ δείκτας (hkl) μὲ $h > k$, διὰ τὰς σχέσεις τῶν τόξων $\Delta x < \Delta y$, $\Delta z = 90^\circ$. Ἐπανάληψις τοῦ πόλου τούτου εἰς τὰς οἰκείας θέσεις τῶν λοιπῶν σφαιρικῶν τριγώνων παρέχει τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν τοῦ σχ. 82. Τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς



Σχ. 81
(hkl)
τετράκις ἑξάεδρον

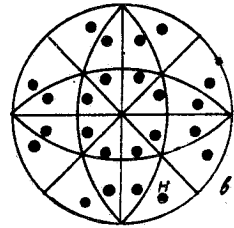
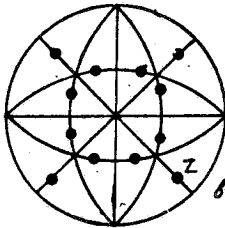
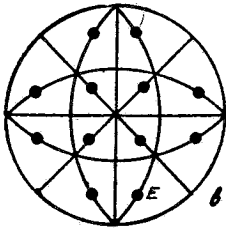
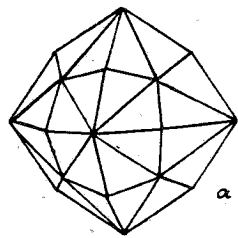
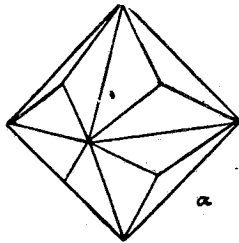
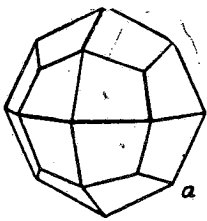


Σχ. 82
Στερεογραφικὴ προβολὴ
τετράκις ἑξάεδρου

αὐτὴν σχῆμα εἶναι τὸ τετράκις ἑξάεδρον (σχ. 81), προκύπτον ἀπὸ ἑξάεδρον, ἐφ' ἐκάστης ἕδρας τοῦ ὁποίου ἀνεπτύχθη τετραγωνικὴ πυραμὶς.

Πόλος εἰς θέσιν E μεταξύ τῶν πόλων A^4 καὶ L^3 ἀνήκει εἰς ἔδραν μὲ δείκτας $(h k k)$, ὅπου $h > k$ ὡς ἐκ τῆς σχέσεως τῶν τόξων $E x < E y = E z$. Διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως αὐτοῦ προκύπτει ἡ στερεογραφικὴ προβολὴ τοῦ σχ. 83β. Τὸ εἰς αὐτὴν ἀντιστοιχοῦν πολυέδρον εἶναι τὸ δελτοειδὲς εἰκοσιτετράεδρον (σχ. 83α).

Πόλος εἰς τὴν θέσιν z μεταξύ τῶν πόλων L^3 καὶ L^2 ἀντιπροσωπεύει ἔδραν μὲ δείκτας $h h k$, ὅπου $h > k$ (διότι $Z x = Z y < Z z$). Τὸ προκύπτον σχῆμα διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως τῆς ἔδρας ταύτης εἶναι τὸ τρεῖς ὀκτάεδρον (σχ. 84α), στερεογραφικὴν προβολὴν τοῦ ὁποίου παρέχει τὸ σχῆμα 84β.



Σχ. 83

Δελτοειδὲς εἰκοσιτετράεδρον

Σχ. 84

Τρεῖς ὀκτάεδρον

Σχ. 85

Ἑξάκις ὀκτάεδρον

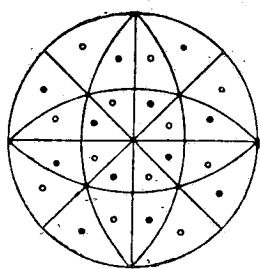
Τέλος ὁ πόλος H εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σφαιρικοῦ τριγώνου ἐπαναλαμβανόμενος εἰς τὴν αὐτὴν ἐν σχέσει πρὸς τὰς κορυφάς των θέσιν εἰς τὰ λοιπὰ τρίγωνα παρέχει τὸ στερεογραφικὸν διάγραμμα τοῦ σχ. 85β. Τὸ προκύπτον σχῆμα εἶναι τὸ τεσσαρακαρτακοκτάεδρον ἢ ἑξάκις ὀκτάεδρον, μὲ δείκτας $(h k l)$ (διότι $H x \neq H y \neq H z$) (σχ. 85α).

Τὰ τρία πρῶτα σχήματα ἑξάεδρον, ὀκτάεδρον καὶ ρομβικὸν δωδεκάεδρον εἶναι ἐντελῶς ὠρισμένα, ἐνῶ τῶν λοιπῶν σχημάτων ὑπάρχουν περισσότερα τοῦ ἐνὸς πολυέδρα δι' ἑκάστον σχῆμα διαφέροντα ἀπ' ἀλλήλων κατὰ τὴν τιμὴν τῶν δεικτῶν των, λ.χ. (210) , (310) , (320) κ.λ.π.

Εἰς τὴν τάξιν ταύτην κρυσταλλοῦνται πολυάριθμα σώματα. Τὰ πλεῖστα τῶν μετάλλων (χρυσός, χαλκός, ἄργυρος, λευκόχρυσος, σίδηρος, μόλυβδος κ.λ.π.), αἱ ἐνώσεις τῶν ἀλκαλίων μὲ ἀλογόνα, ἐν αἷς καὶ τὰ ὀρυκτὰ ὀρυκτῶν

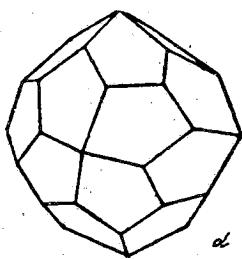
άλας (NaCl) και συλβίνης (KCl) κρυσταλλούμενα κατά εξάεδρα, ο φθορίτης (CaF_2) εἰς εξάεδρα ἀλλὰ καὶ εἰς συνθέτους ἐξ (100) (111) (110), τὰ ὀρυκτὰ τῆς ὁμάδος τῶν σπινελλίων, σπινέλλιος (MgAl_2O_4), χρωμίτης (FeCr_2O_4), μαγνητίτης ($\text{Fe}\cdot\text{Fe}\cdots\text{O}_4$) εἰς ὀκτάεδρα, οἱ γράναται ($\text{M}_3\cdots\text{M}_2\cdots(\text{SiO}_4)_3$ με $\text{M}\cdots = \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{M}\cdots = \text{Fe}, \text{Al}, \text{Cr}$, κατὰ (110) καὶ (211), ὁ λευκίτης (KAlSi_2O_6) κατὰ (211), τὸ περίκλαστον (MgO), ὁ κλαουσθαλίτης PbSe, ὁ ἀλταίτης (PbTe) ὁ γαληνίτης (PbS) !

Ῥολαξονική ἡμιεδρία ($3\text{A}^3 4\text{L}^3 6\text{L}^2$). Ἡ τάξις αὕτη ἐν συγκρίσει μετὰ τὴν ὀλοεδρίαν στερεῖται ἐπιπέδων καὶ κέντρου συμμετρίας. Ἐκ τῶν 7 δυνατῶν θέσεων πόλων ἐδρῶν, ὡς περιεγράφησαν εἰς τὴν ὀλοεδρίαν, οἱ ἐξ πρῶτοι (A, B, Γ, Δ, E, Z) εὐρίσκονται ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων συμμετρίας, ἐπομένως τὰ ἀντίστοιχα σχήματα δὲν θὰ σχηματισθοῦν ἡμιεδρικῶς, ἀλλὰ μένουσιν, οἷα ἦσαν εἰς τὴν ὀλοεδρίαν. Ἡ πραγματικὴ συμμετρία των θὰ εὑρεθῇ μόνον διὰ φυσικῶν μεθόδων λ.χ. ἐκ τῆς θέσεως τῶν διαβρωσιγενῶν σχημάτων ἐπὶ τῶν ἐδρῶν των. Τὸ μόνον σχῆμα, τὸ ὁποῖον θὰ ἀναπτυχθῇ ἡμιεδρικῶς εἰς τὴν τάξιν αὐτήν, εἶναι τὸ (hkl). Ἐκ τοῦ ζεύγους ἐδρῶν H καὶ H' (σχ. 77) τῆς ὀλοεδρίας, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ κατοπτρισμοῦ ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον συμμετρίας, ἐν ἐλλείψει τοῦ ἐπιπέδου τούτου θὰ ἀπομείνῃ μία μόνον ἔδρα ἢ H ἢ H'. Ἐκατέρα τῶν δύο τούτων ἐδρῶν ἐπαναλαμβάνομένη ὑπὸ τῶν ἀξόνων συμμετρίας τῆς τάξεως θὰ δώσῃ δύο σχήματα ἐναντιόμορφα τὰ πενταγωνικὰ εἰκοσιτετράεδρα d καὶ l (σχ. 87 καὶ 88) ἡμιεδρικά τοῦ ἐξάκτις ὀκτάεδρου. Εἰς τὴν στερεογρα-



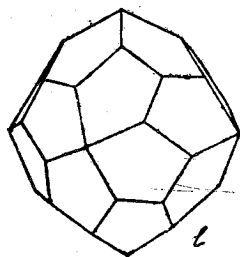
Σχ. 86

Προβολὴ l πενταγωνικοῦ
εἰκοσιτετράεδρου



Σχ. 87

Πενταγωνικὸν
εἰκοσιτετράεδρον d



Σχ. 88

Πενταγωνικὸν
εἰκοσιτετράεδρον l

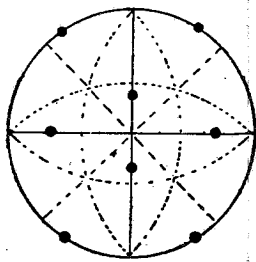
φικὴν προβολὴν τοῦ σχ. 86 προβάλλονται οἱ πόλοι l κρυστάλλου ἀμφοτέρων τῶν ἡμισφαιρίων σημειουμένων με ☉ τῶν ἐπὶ τοῦ ἄνω καὶ με ☉ τῶν ἐπὶ τοῦ κάτω ἡμισφαιρίου. Ἀντιστρέφοντες τὴν σημασίαν τῶν συμβόλων τούτων θὰ ἔχωμεν τὴν προβολὴν τοῦ ἐναντιομόρφου τοῦ d. Οὕτω τὸ ἐξάκτις ὀκτάεδρον ἀναλύεται εἰς τὴν τάξιν αὐτήν εἰς δύο πενταγωνικὰ εἰκοσιτετράεδρα. Ὡς πρὸς τὸν χαρακτηρισμὸν τῆς d καὶ l μορφῆς προτιμᾶται νὰ χαρακτηρισθῇ ὡς d ἢ

παραγομένη ἐκ τῆς ἑδρας hkl μὲ $h > k > l$ λ.χ. (321), ὡς l ἢ ἐκ τῆς (312).

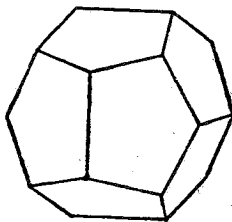
Συνήθως ἀναφέρονται ὡς κρυσταλλούμενα εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν ὁ κυπρίτης (Cu_2O) καὶ τὸ χλωριούχον ἀμμώνιον (NH_4Cl). Εἷς τινες κρυστάλλους κυπρίτου παρατηρήθησαν ἑδραι πενταγωνικοῦ εἰκοσιτετραέδρου (986) σπάνιαι, διαβρωσιγενῇ ὅμως σχήματα ἐπὶ (111) δίδουν συμμετρίαν ὀλοεδρικήν, ὥστε ἡ ὀλαξονική συμμετρία διὰ τὸ σῶμα αὐτὸ δὲν εἶναι βεβαία. Ἡ ἡμιεδρική ἀνάπτυξις ἀποδίδεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν ἀσυμμέτρων παραγόντων τοῦ περιβάλλοντος κρυσταλλώσεως.

Τοῦ χλωριούχου ἀμμωνίου ἐλήφθησαν καὶ ἀπλοῦ κρύσταλλοι πενταγωνικοῦ εἰκοσιτετραέδρου (943) καὶ διαλυσιγενῇ σχήματα ἐπ' αὐτῶν συμμετρίας ὀλαξονικῆς. Ὀλαξονικήν συμμετρίαν ἀπέδιδον καὶ εἰς τὸν συλβίνην (KCl) ἐπὶ τῇ βάσει διαλυσιγενῶν σχημάτων (περὶ αὐτῶν ὄρα σελ. 43). Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν παρὰ τὴν ἀπουσίαν C δὲν παρουσιάζεται ἡλέκτρισις διὰ πίεσεως λόγῳ τῆς ὑψηλῆς αὐτῆς συμμετρίας.

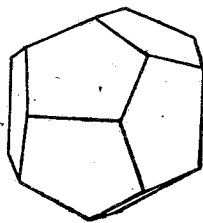
Παρρημεδρία ($3A^2 4L^3 3ΠC$). Ἐκτὸς τοῦ σχήματος (hkl) ἀναπτύσσεται ἡμιεδρικῶς εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν καὶ τὸ ($hk0$), τοῦ ὁποίου ὁ πόλος κεῖται ἐκτὸς τῶν ἐπιπέδων $6P$ τῶν ἀπόντων ἀπὸ τὴν τάξιν αὐτὴν. Τὸ τετράκις ἑξάεδρον τῆς ὀλοεδρίας ἀναλύεται εἰς δύο ὅμοια σχήματα διαφέροντα μόνον κατὰ τὸν προσανατολισμόν, τὰ πενταγωνικὰ δωδεκάεδρα (σχ. 90) καὶ (σχ. 91). Ὡς



Σχ. 89
Προβολὴ πενταγωνικοῦ
δωδεκαέδρου +



Σχ. 90
Πενταγωνικὸν
δωδεκάεδρον +

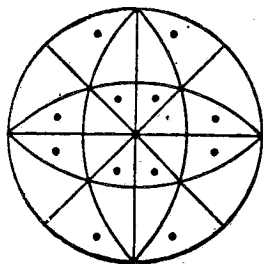


Σχ. 91
Πενταγωνικὸν
δωδεκάεδρον -

θετικῇ θέσει λαμβάνεται ἡ ἐκ τῆς ἑδρας $hk0$ ὅπου $h > k$ λ.χ. (210), ἀρνητικῇ ἢ ἐκ τῆς ($kh0$) (120). Ὅμοιως τὸ τεσσαρακονταοκτάεδρον (hkl) ἀναλύεται εἰς δύο ὅμοια ἡμιεδρικά σχήματα μὲ διάφορον προσανατολισμόν τὸ (321) (+) καὶ τὸ (312) (-), τὰ διδωδεκάεδρα (σχ. 92-94).

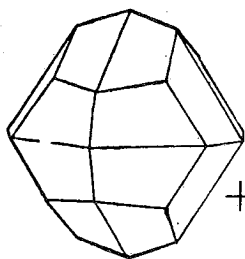
Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦται ὁ σιδηροπυρίτης (FeS_2) εἰς συνήθη σχήματα (100) μὲ ποικίλσεις χαρακτηριστικὰς τῆς παρρημεδρίας (ὄρα σελ. 41) (111) (210) καὶ σύνθετα ἐκ τῶν ἄνω ἀπλῶν σχημάτων. Ἐπίσης ὁ χαουερίτης (MnS_2), ὁ σπερρύλιθος ($PtAs_2$), αἱ στυπτηρίαι ($R \cdot R \cdots (SO_4)_2 \cdot 12H_2O$), ὁ βιξβυττης ($(Fe, Mn)_2O_3$) κ.ἄ.

Ἀνθιμεδρία ($3\Lambda^2$, $4L^3$ πολ. 6P). Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν δὲν ἀναπτύσσονται ἡμιεδρικῶς τὰ σχήματα (100) (110) καὶ (hko), τῶν ὁποίων οἱ πόλοι κεῖνται ἐπὶ τῶν ἐλλειπόντων εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν 3Π. Τὰ λοιπὰ 4 σχήματα ἀναπτύσσονται ἡμιεδρικῶς εἰς δύο ὅμοια σχήματα θετικὸν καὶ ἀρνητικόν.



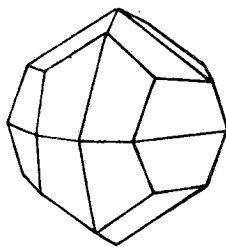
Σχ. 92

Προβολὴ διδωδεκάεδρου +



Σχ. 93

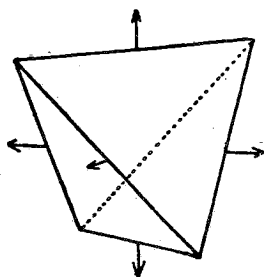
Διδωδεκάεδρον +



Σχ. 94

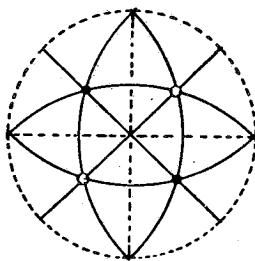
Διδωδεκάεδρον -

Ἐκ τοῦ ὀκταέδρου ἀναπτύσσονται δύο τετράεδρα $(111) = +$ (σχ. 94) καὶ $(\bar{1}\bar{1}\bar{1}) = -$. Ἐκ τοῦ τριῶς ὀκταέδρου (hkh) δύο δελτοειδῆ δωδεκάεδρα (σχ. 97), ἐκ τοῦ δελτοειδοῦς εἰκοσιτετράεδρου (kkh) δύο τριῶς τετράεδρα (σχ. 98) καὶ ἐκ τοῦ ἐξάκω ὀκταέδρου (hkl) δύο ἐξάκω τετράεδρα (σχ. 99).



Σχ. 95

Τετράεδρον



Σχ. 96

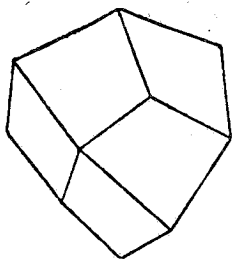
Προβολὴ τετράεδρου +

Τὰ σχήματα 96, 100, 101, 102 παρέχουν στερεογραφικὰ διαγράμματα τῶν ὡς ἄνω σχημάτων.

Ἡ συμμετρία αὕτη εἶναι ἡ συνθέστερον ἐκ τῶν ἡμιεδριῶν τοῦ κυβικοῦ συστήματος ἀπανταμένη. Κρυσταλλοῦται κατ' αὐτὴν ὁ σφαλερίτης (ZnS), ὁ βορακίτης ($\text{Mg}_3\text{ClB}_7\text{O}_{13}$), ὁ τετραεδρίτης ($\text{Cu}_3\text{SbS}_{3-4}$), ὁ τενναντίτης ($\text{Cu}_3\text{AsS}_{4-3}$).

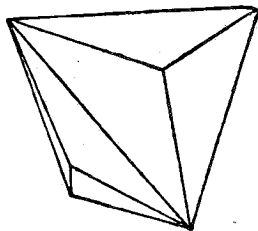
Τεταρτοεδρία ($3\Lambda^2$ $4L^3$ πολ.). Ἡ τάξις αὕτη δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς

ἡμιεδρική ἀνάπτυξις τῶν ἡμιεδριῶν. Συγκρινομένη πρὸς τὴν παρημιεδρίαν στερεῖται τῶν 3Π, ἄρα τὰ σχήματα, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι τῶν ἐδρῶν κεῖνται ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων τούτων, θὰ παραμείνουν ὡς ἔχουν εἰς τὴν παρημιεδρίαν.



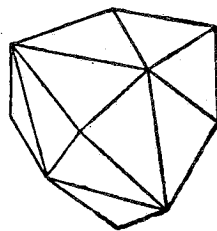
Σχ. 97

Λεπτοειδὲς δωδεκάεδρον



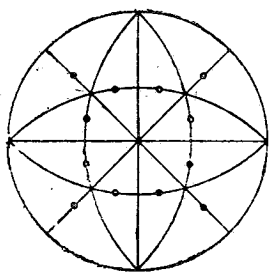
Σχ. 98

Τρις τετράεδρον

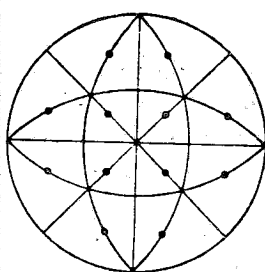


Σχ. 99

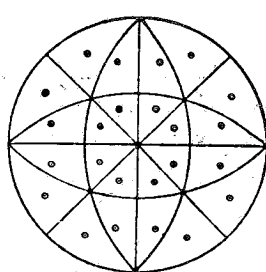
Ἑξάκις τετράεδρον



Σχ. 100



Σχ. 101



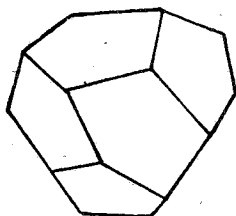
Σχ. 102

Αὐτὰ εἶναι τὸ ἑξάεδρον (100), τὸ ρομβικὸν δωδεκάεδρον (110) καὶ τὸ πενταγωνικὸν δωδεκάεδρον (hk0). Ἐπίσης τὰ σχήματα τῆς ἀνθημιεδρίας (111), (hkk), καὶ (hhk), τῶν ὁποίων οἱ πόλοι κεῖνται ἐπὶ τῶν ἑλλειπόντων 6P, θὰ μείνουν ὡς ἔχουν εἰς τὴν ἀνθημιεδρίαν. Τὸ μόνον ἡμιεδρικῶς ἀναπτυσσόμενον σχῆμα εἶναι τὸ (hkl), τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν δι' ἡμιεδρικῆς ἀναπτύξεως εἴτε τοῦ διδωδεκαέδρου τῆς παρημιεδρίας εἴτε τοῦ ἑξάκις τετράεδρου τῆς ἀνθημιεδρίας. Ἐκ τῶν σχημάτων αὐτῶν προκύπτουν δύο ἐναντιόμορφα σχήματα, τὰ τεταρτοεδρικὰ πενταγωνικά δωδεκάεδρα, d καὶ l (σχ. 103 καὶ 104) εἰς δύο δυνατοὺς προσανατολισμοὺς ἑκαστον+ καὶ —. Ὡς+ ὀρίζεται καὶ ἐνταῦθα τὸ (321).

Ἡ συμμετρία τῆς τάξεως αὐτῆς δύναται νὰ ἐμφανισθῇ εἰς σύνθετον κρυσταλλὸν καὶ ἄνευ τοῦ χαρακτηριστικοῦ τεταρτοεδρικοῦ πενταγωνικοῦ δωδεκαέδρου ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ τοῦ πενταγωνικοῦ δωδεκαέδρου τῆς παρημιεδρίας πρὸς σχήματα χαρακτηριστικὰ τῆς ἀνθημιεδρίας (λ.χ. τετράεδρον).

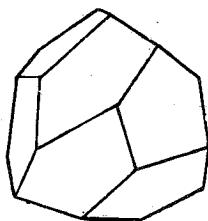
Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦται τὸ χλωρικὸν νάτριον (NaClO_3) καὶ

τὸ βρωμικὸν νάτριον (NaBrO_3), τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν καὶ στροφικὴν ἰκανότητα. Οἱ d κρύσταλλοι στρέφουν δεξιὰ τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τοῦ φωτός, οἱ l ἀριστερά. Ἀντιπρόσωποι τῆς τάξεως αὐτῆς μεταξὺ τῶν ὀρυκτῶν εἶναι ὁ οὐλμανίτης (NiSbS), ὁ κοβαλτίτης (CoAsS), ὁ γερσορφίτης (NiAsS).

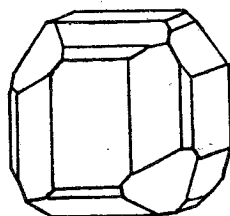


Σχ. 103

Τεταρτοεδρικὰ πενταγωνικά
δωδεκάεδρα



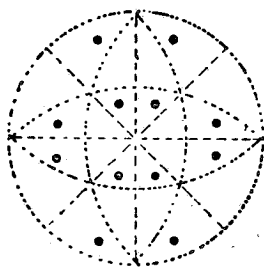
Σχ. 104



Σχ. 105

Ἀριστερόστροφος κρύσταλλος
 NaClO_3

Εἰς τὸν πίνακα II ἀναγράφονται τὰ ἀπλᾶ κρυσταλλικὰ σχήματα τῶν ὡς ἂν πέντε τάξεων τοῦ κυβικοῦ συστήματος ἐν συγκρίσει πρὸς ἄλληλα ὡς πρὸς τὰς σχέσεις ἡμιεδρικῆς ἀναπτύξεως. Τὰ κεὰ θεωροῦνται κατεχόμενα ἐπὶ τὸ προηγούμενον εἰς τὴν ὀριζοντίαν γραμμὴν σχῆμα*.



Σχ. 106

Στερεογραφικὴ προβολὴ l τεταρτοεδρικοῦ
πενταγωνικοῦ δωδεκάεδρου

29. Ἐξαγωνικὸν σύστημα. Οἱ κρύσταλλοι τοῦ συστήματος τούτου εἰς πρώτην ἐξέτασιν παρουσιάζονται μὲ ἀνισόμετρον ἀνάπτυξιν κατὰ μίαν δι-

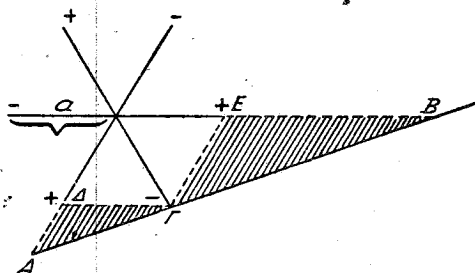
* Εἰς τοὺς πίνακας ταξινομήσεως τῶν κρυσταλλικῶν σχημάτων εἰς τὰς κρυσταλλικὰς τάξεις κατὰ κρυσταλλικὰ συστήματα ὑπὸ τὰ στοιχεῖα συμμετρίας ἐκάστης τάξεως ἀναγράφεται καὶ ἡ συνεπτυγμένη συμβολικὴ παράστασις τῶν στοιχείων τούτων κατὰ Schoenflies (ἀριστερά) καὶ κατὰ Hermann - Mauguin (δεξιὰ).

Π Ι Ν Α Κ Ι Ι
Κυβικόν σύστημα

Συμμετρία	Όλοεδρία $3\Lambda^4 4L^3 6L^3 3Π 6PC$	Όλαξον. ήμεδρία $3\Lambda^4 4L^3 6L^3$	Παρημεδρία $3\Lambda^3 4L^3 3ΠC$	Άνθιμεδρία $3\Lambda^3 4L^3$ πολ. 6P	Τεταροεδρία $3\Lambda^3 4L^3$ πολ.
Δείκται	Oh m 3m	O 43	Th m3	Td $\overline{4} 3m$	T 23
100	Έξάεδρον	.	.	.	.
110	Ρομβικόν δωδεκάεδρον	.	.	.	.
111	Όκτάεδρον	.	.	.	.
hk0	Τετράκλις έξάεδρον	.	Πενταγωνικόν δωδεκάεδρον +	Τετράεδρον + 4κλις έξάεδρον	Πενταγωνικόν δωδεκάεδρον +
hkk	Δελτοειδές 2'άεδρον	.	.	Τρίς τετρά- εδρον +	.
$h > k$	Τρίς οκτάεδρον	.	.	Δελτοειδές δωδεκάεδρον +	.
hhl	Έξάκλις οκτάεδρον ή 48εδρον	Πενταγωνικόν 2'άεδρον d l	Διδωδεκάεδρον +	Έξάκλις τετρά- εδρον +	Τεταροεδρικόν 5γωνικόν 12ε- δρον $\pm d \pm l$

$$\text{ὅθεν } h + k + l = \frac{\alpha EB}{\alpha(EB + \alpha)} + \frac{\alpha}{(\alpha + EB)} - \frac{\alpha}{\alpha} = 0$$

Διὰ τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ὑπολογισμοὺς τῶν δεικτῶν χρησιμοποι-
οῦμεν δύο μόνον ὀριζοντίους ἄξονας τοὺς $\alpha_1 = x$ καὶ $\alpha_2 = y$ καὶ τὸν κατακό-



Σχ. 108

ρυφον $z = c$ καὶ, ὅταν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν τύπων (σελ. 73) εὑρωμεν τοὺς δύο
ὀριζοντίους δείκτας, εὐρίσκομεν ἐξ αὐτῶν τὸν τρίτον ἐκ τῆς ὡς ἄνω σχέσεως.
Τὸ σύστημα τοῦτο περιλαμβάνει τὰς ἐξῆς 5 τάξεις*:

Ὀλοεδρία

$$\Lambda^6 3L^2 3L'^2 \Pi 3P 3P'C \quad \checkmark$$

Ὀλαξονική ἡμιεδρία

$$\Lambda^6 3L^2 3L'^2$$

Παρημιεδρία

$$\Lambda^6 \Pi C \quad \checkmark$$

Ἀνθημιεδρία

$$\Lambda^6 \text{ πολ. } 3P 3P' \quad \checkmark$$

Τεταρτοεδρία

$$\Lambda^6 \text{ πολ.}$$

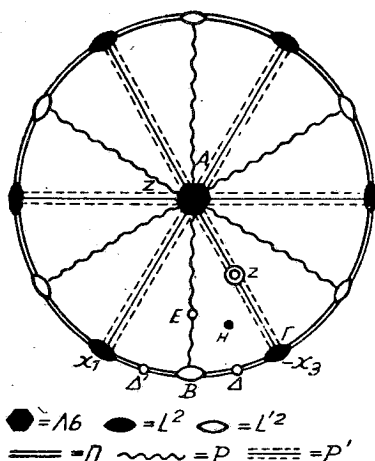
Ὀλοεδρία ($\Lambda^6 3L^2 3L'^2 \Pi 3P 3P'C$). Τὸ σχ. 109 παρέχει εἰς στερεο-
γραφικὴν προβολὴν ἐπὶ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὸν Λ^6 , τοῦ (0001), τὰ στοιχεῖα
συμμετρίας τῆς τάξεως αὐτῆς. Ἡ στερεογραφικὴ σφαῖρα χωρίζεται εἰς 24 ἴσα
σφαιρικὰ τρίγωνα ὡς τὸ ABΓ. Ἡ διερεύνησις τῶν σχημάτων, τὰ ὁποῖα ἀντι-
στοιχοῦν εἰς τὰς ἐπτὰ δυνατάς θέσεις πόλων εἰς τὸ σφαιρικὸν αὐτὸ τρίγωνον,
γίνεται καθ' ὃν τρόπον καὶ διὰ τὸ κυβικὸν σύστημα.

1) Πόλοι εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ τριγώνου: Πόλος εἰς τὴν θέσιν Α συμπί-
πτων πρὸς τὸν πόλον τοῦ Λ^6 ἀνήκει εἰς ἑδραν μὲ δείκτας (0001) ἔχουσαν
συμμετρικὴν τῆς ὡς πρὸς τὸ κέντρον C τὴν (0001). Τὸ ζεῦγος τοῦτο παραλ-
λήλων ἐδρῶν καλεῖται *πυρακοειδές*. Δὲν ἀποτελεῖ αὐθυπόστατον σχῆμα, ἀλλ'

* Εἰς πολλὰ συγγράμματα περιλαμβάνονται εἰς τὸ ἑξαγωνικὸν σύστημα δύο ἀκόμη τά-
ξεις ἔχουσαι ἄξονα Λ^3 , αἱ ὁποῖαι εἰς τὴν παρούσαν ταξινόμησιν ὑπῆχθησαν εἰς τὸ ἐπόμενον
σύστημα, τὸ τριγωνικόν, ὅπου καὶ θὰ γίνῃ λεπτομερέστερον μνεῖα τῶν διαφόρων τρόπων
ταξινόμησεως τῶν τάξεων μὲ ἄξονας Λ^6 καὶ Λ^3 .

εμφανίζεται εις συνθέτους κρυστάλλους ἐν συνδυασμῷ πρὸς ἄλλα σχήματα.

Πόλος εις τὴν θέσιν B, ἔνθα ὁ πόλος τοῦ L'^2 , ἀντιστοιχεῖ εις ἑδραν κάθετον



Σχ. 109

Στερεογραφικὴ προβολὴ τῶν στοιχείων
συμμετρίας τῆς ὁλοεδρίας ἐπὶ (0001)

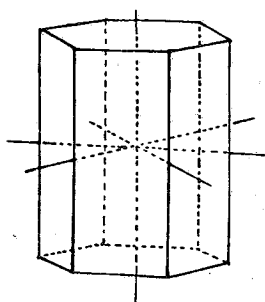
ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦτον ἔχουσιν δείκτας $(10\bar{1}0)$ (διότι $Bx_1 = Bx_3, Bx_2 = Bz = 90^\circ$). Τοιαῦται ἑδραὶ ὑπάρχουν ἕξ, τεμνόμεναι ὑπὸ γωνίαν 60° κατ' ἀκμὰς παραλλήλους πρὸς τὸν Λ^6 . Τὸ προκύπτον σχῆμα εἶναι τὸ ἑξαγωνικὸν πρίσμα *Iου* εἵδους (ἢ 1ης θέσεως) (σχῆμα 110) μετ' ἑδρας παραλλήλους πρὸς ἓνα τῶν ὀριζοντίων κρυσταλλογραφικῶν ἁξόνων. Εἰς πόλον εις τὴν θέσιν Γ (πόλος L^2) ἀντιστοιχεῖ ἑδρα μετ' δείκτας $(11\bar{2}0)$ ($\Gamma x_1 = \Gamma x_2, \Gamma z = 90^\circ$) τὸ δὲ προκύπτον σχῆμα εἶναι πάλιν ἑξαγωνικὸν πρίσμα ὡς τὸ προηγούμενον, ἀλλὰ μετ' ἀφορὸν προσανατολισμὸν ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἁξονας. Καλεῖται ἑξαγωνικὸν πρίσμα *IIου* εἵδους (σχ. 111).

2) Πόλοι ἐπὶ τῶν πλευρῶν τοῦ σφαιρικοῦ τριγώνου: Πόλος εις τὴν θέσιν Δ ἀνήκει εις ἑδραν μετ' δείκτας $(hk\bar{1}0)$ ($\Delta x_1 \neq \Delta x_2 \neq \Delta x_3, \Delta z = 90^\circ$). Ὁ πόλος οὗτος ἐπαναλαμβάνεται διὰ τοῦ ἐπιπέδου P εις τὴν θέσιν Δ'. Οὕτω προκύπτει ζευγὸς ἑδρῶν ἐκατέρωθεν τῆς ἑδρας $(10\bar{1}0)$ μετ' ἴσην πρὸς αὐτὴν γωνίαν κλίσεως. Συμμετρικὴ ἐπανάληψις αὐτῶν δίδει τὸ διεξαγωνικὸν πρίσμα (σχ. 112) μετ' 12 ἐν ὅλῳ ἑδρας, τεμνομένας κατὰ γωνίας ἐναλλὰξ ἴσας, αἱ δύο ἐφεξῆς διεδροὶ γωνίαί εἰναι ἄνισοι (βρα στερ. προβολὴν σχ. 113).

Καὶ τὰ πρίσματα καθ' ὃ ὀριζόμενα ἀπὸ ἑδρας παραλλήλους πρὸς τὸν ἁξονα c δὲν δίδουν αὐθυπόστατα σχήματα, ἀλλ' ἐμφανίζονται ἐν συνδυασμῷ μετ' ἄλλα σχήματα πρὸς ἀποτέλεσμα πολυέδρων.

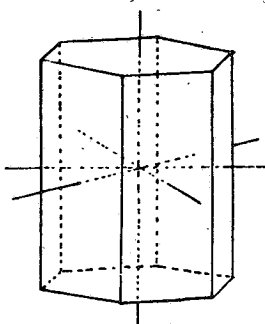
Πόλος εις τὴν θέσιν E ἐπὶ τῆς ζώνης μεταξὺ τῶν πόλων (0001) καὶ $(10\bar{1}0)$

ἀνήκει εἰς ἔδραν με δείκτας $(10\bar{1}1)$ ἢ $(h0hl)$. Σύμμετρή ἐπανάληψις αὐτῆς δίδει 6 ἔδρας εἰς τὸ ἄνω ἡμισφαίριον καὶ ἑτέρας 6 εἰς τὸ κάτω ἡμισφαίριον



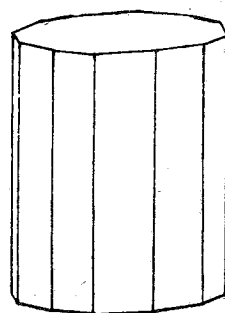
Σχ. 110

Ἑξαγωνικὸν πρίσμα
Ιου εἶδους καὶ πινακοειδές



Σχ. 111

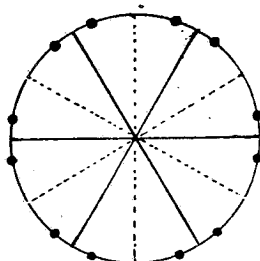
Ἑξαγωνικὸν πρίσμα
ΙΙου εἶδους καὶ πινακοειδές



Σχ. 112

Διεξαγωνικὸν πρίσμα
καὶ πινακοειδές

συμμετρικὰς αὐτῶν ὡς πρὸς τὸ Π. Τὸ προκύπτον σχῆμα εἶναι ἡ ἑξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς Ιου εἶδους (σχ. 114).



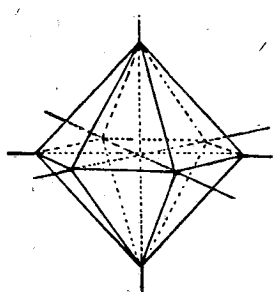
Σχ. 113

Στερεογραφικὴ προβολὴ τοῦ διεξαγωνικοῦ
πρίσματος ἐπὶ (0001)

Πόλος εἰς τὴν θέσιν z μεταξύ τῶν πόλων (0001) καὶ $(11\bar{2}0)$ ἀντιστοιχεῖ εἰς ἔδραν με δείκτας $(11\bar{2}1)$ ἢ $(hh\bar{2}hl)$. Ἐξ αὐτῆς προκύπτει ἑξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς ὡς ἡ προηγουμένη, ἀλλὰ με προσανατολισμὸν διάφορον. Οἱ ὀριζόντιοι κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες καταλήγουν εἰς τὰ μέσα τῶν ἀκμῶν τῆς. Καλεῖται ἑξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς ΙΙου εἶδους (σχ. 115).

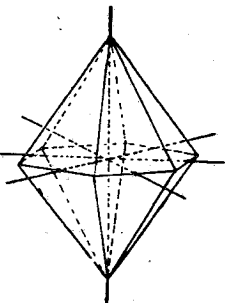
Τέλος ἔδρα, ἥς ὁ πόλος κεῖται εἰς τὴν θέσιν H εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σφαιρικοῦ τριγώνου, με δείκτας $(hk\bar{l}l)$ δίδει διὰ συμμετρικῆς ἐπανάληψεως τὴν διεξαγωνικὴν ἀμφιπυραμίδα (σχ. 116) με δώδεκα ἔδρας ἄνω καὶ δώδεκα κάτω καὶ τὰς διέδρους γωνίας ἐναλλάξ ἴσας.

Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦνται ἐκ τῶν μετάλλων ὁ ψευδάργυρος, τὸ μαγνήσιον, τὸ κάδμιον. Ἐκ τῶν ὀρυκτῶν ἀναφέρομεν τὸν μαγνητοπυρίτην (FeS) καὶ τὴν βήρυλλον ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$).



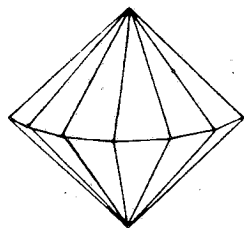
Σχ. 114

Ἐξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς
Ιου εἶδους



Σχ. 115

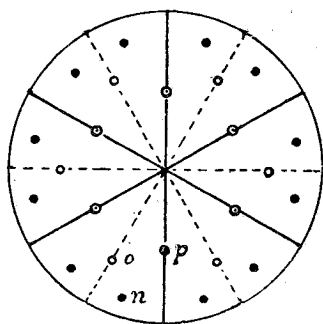
Ἐξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς
ΙΙου εἶδους



Σχ. 116

Διεξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς

Ὀλαξονικὴ ἡμιεδρία ($\Lambda^6 3L^2 3L'^2$). Ὡς φαίνεται ἐκ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς τῶν σχημάτων τῆς ὀλοεδρίας τὸ μόνον σχῆμα τὸ ἀναπτυσσόμενον ἡμιεδρικῶς εἰς τὴν προκειμένην ἡμιεδρίαν εἶναι τὸ ($hkil$). Ἐκ τοῦ

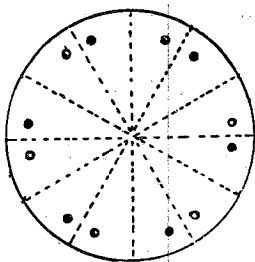


Σχ. 117

Στερεογραφικὴ προβολὴ ἀμφιπυραμίδων
τῆς ὀλοεδρίας

ζεύγους ἐδρῶν τῆς διεξαγωνικῆς ἀμφιπυραμίδος H καὶ H' ἐλλείψει τοῦ ἐπιπέδου συμμετρίας ἀναπτύσσεται εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν μόνον ἡ μία ἔδρα. Συμμετρικὴ ἐπανάληψις τοῦ πόλου H δίδει εἰς στερεογραφικὴν προβολὴν ἀμφοτέρων τῶν ἡμισφαιρίων τὸ διάγραμμα τοῦ σχ. 118. (● πόλοι ἄνω ἡμισφαιρίου ○ πόλοι κάτω ἡμισφαιρίου). Τὸ ἀντίστοιχον πολύεδρον εἶναι τὸ δεξιὸν ἑξαγωνικὸν τραπεζόεδρον (d) (σχ. 119). Συμμετρικὴ ἐπανάληψις τοῦ πόλου H'

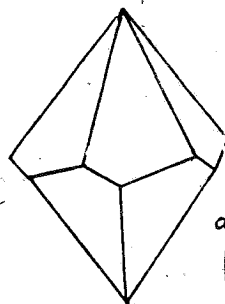
δίδει τὸ ἀριστερόν ἑξαγωνικὸν τραπεζόεδρον (1) (σχ. 120 καὶ 121). Ὡς δεξιὸν ὀρίζεται τὸ (2131). Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦται ὁ α-χαλαζίας (εἰς θερμοκρασίαν ἄνω τῶν 575°) καὶ αἱ ενώσεις LiIO_3 , BaAl_2O_4 , KAlSiO_4 .



Σχ. 118

d

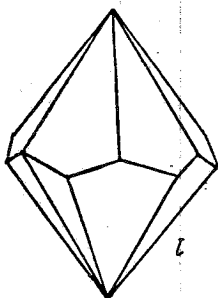
Τραπεζόεδρον d



Σχ. 119

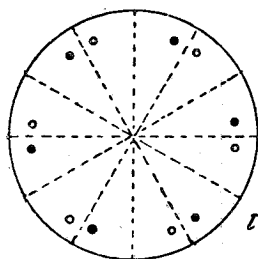


Πασημιεδρία (Λ^6 ΠC). Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν τὰ σχήματα, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι εὐρίσκονται ἐπὶ τῶν ἑλλειπόντων ἐπιπέδων P καὶ P', παραμένουν τὰ αὐτὰ πρὸς τὰ τῆς ὀλοεδρίας. Ἡμιεδρικῶς ἀναπτύσσονται τὸ διεξαγωνικὸν πρίσμα (hki0) καὶ ἡ διεξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς (hkil). Ἐκ τῶν δύο ἐδρῶν



Σχ. 120

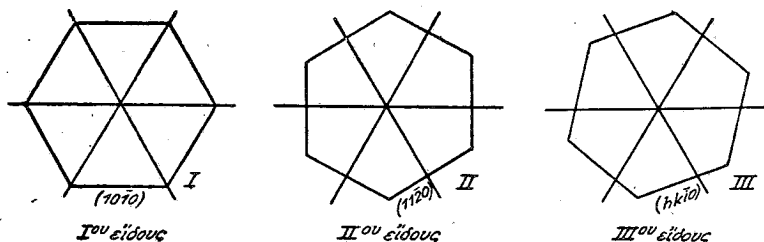
Τραπεζόεδρον l



Σχ. 121

Δ καὶ Δ' τῶν συμμετρικῶν ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον P (σχ. 109) ἐν ἀπουσίᾳ τοῦ ἐπιπέδου τούτου θὰ λείψῃ ἢ διὰ κατοπτρισμοῦ ἐπ' αὐτοῦ παραγομένη. Ἐκ τῆς Δ δι' ἐπαναλήψεως ὑπὸ τοῦ Λ^6 λαμβάνεται ἑξαγωνικὸν πρίσμα χαρακτηριζόμενον ὡς IIIου εἶδους. Τὰ δύο ὅμοια ἑξαγωνικά πρίσματα IIIου εἶδους, εἰς τὰ ὅποια ἀναλύεται τὸ διεξαγωνικὸν πρίσμα, ὀνομάζονται δεξιὸν (2130) καὶ ἀριστερόν (3120), χωρὶς οἱ ὅροι δεξιὸν καὶ ἀριστερόν νὰ ἔχουν σημασίαν ἐναντιομέρους, ἀλλ' ἀπλῶς θέσεως τῶν σχημάτων ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας. Ὁμοίως ἐκ τῆς διεξαγωνικῆς ἀμφιπυραμίδος προκύπτει ἡ

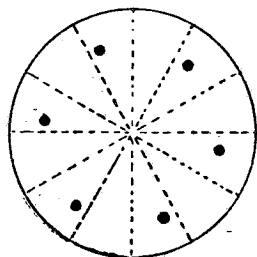
εξαγωνική ἀμφιπυραμίδας IIIου είδους εἰς δύο διαφόρους θέσεις προσανατολισμοῦ, δεξιάν καὶ ἀριστεράν (σχ. 123). Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦνται τὰ ὀρυκτὰ τῆς ομάδος τοῦ ἀπατίτου, ὁ ἀπατίτης ($\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})(\text{PO}_4)_3$) ὁ πυρομορφίτης ($\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$), ὁ μιμητησίτης ($\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{AsO}_4)_3$), ὁ βαναδινίτης ($\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{VO}_4)_3$) κ.ἄ.



Σχ. 122

Θέσεις τῶν τριῶν ἐδρῶν ἑξαγωνικῶν πρισματῶν ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας

Ἀνθημεδρία (Λ^6 πολ. $3P\ 3P'$). Ἐκ τῶν σχημάτων τῆς ὀλοεδρίας παραμένουν ἀμετάβλητα εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν τὰ πρίσματα τῆς ὀλοεδρίας, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι κεῖνται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου Π. Τὰ λοιπὰ ἀναπτύσσονται ἡμιε-



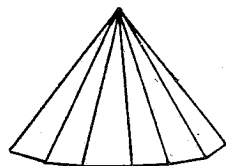
Σχ. 123

Ἐξαγωνικὴ πυραμὶς
III είδους d



Σχ. 124

Ἐξαγωνικὴ πυραμὶς
I είδους



Σχ. 125

Διεξαγωνικὴ
πυραμὶς

δρικῶς. Ἐκ τοῦ πινακοειδοῦς ἀπομένει μία μόνον ἔδρα, τὸ πεδίον εἰς δύο δυνατὰς θέσεις, ἄνω πεδίον ($\bar{h}+$) (0001) καὶ κάτω πεδίον ($\bar{h}-$) (000 $\bar{1}$). Αἱ ἀμφιπυραμίδες τῆς ὀλοεδρίας ἀποβαίνουν ἀπλᾶς πυραμίδες ἄνω ἢ κάτω διὰ τὴν ἔλλειψιν τοῦ Π (σχ. 124 καὶ 125).

Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦνται ὁ ψευδαργυρίτης (ZnO), ὁ βουρτσίτης (ZnS), ὁ γρηνοκίτης (CdS), ὁ ἰωδურიτης (AgJ) κ.ἄ.

Τεταρτοεδρία (Λ^6 πολ.). Δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἡμιεδρία μιᾶς τῶν

Π Ι Ν Α Κ Ι Ι Ι Ι
Εξαγωνικόν σύστημα

Τάξεις	Όλοεδρία	Όλαξονική ήμιαεδρία	Παρημιαδρία	Ανθιμιαδρία	Τεταροαδρία
Συμμετρία	Λ° 3L° 3L° Π 3P 3PC	Λ° 3L° 3L°	Λ° Π C	Λ° πολ. 3P 3P'	Λ° πολ.
Δείκται	D6h 6/mm	D6 62	C6h 6/m	C6v 6mm	C6 6
(0001)	Πιννακοειδές	.	.	Πεδιον +, —	.
(1010)	δγων. πρίσμα Ιου είδους	.	.	.	.
(1120)	δγων. πρίσμα ΙΙου είδους	.	.	.	.
(hk10)	Διεξαγωνικόν πρίσμα	.	δγωνικόν πρίσμα ΙΙου είδους	Διεξαγωνικόν πρί- σμα	δγωνικόν πρίσμα ΙΙ είδους
(h0hl)	δγων. άμφοιτ. Ιου είδους	.	.	δγων. πυρ. Ι	.
(1011)	.	.	.	.	.
(h \bar{h} 2hl)	δγων. άμφοιτ. ΙΙου είδους	.	.	δγων. πυρ. ΙΙ	.
(1121)	.	.	.	.	.
(h \bar{h} il)	Διεξαγωνική άμφοιπυρ.	δγωνικόν τραπε- ζοεδρον d, l	δγων. άμφοιπυρ- μής ΙΙ είδους	Διεξαγωνική πυ- ραμής	Εξαγωνική πυρα- μής ΙΙου είδους

ήμιεδριών λ.χ. τῆς παρημιεδρίας. Τὰ πρίσματα τῶν ὁποίων οἱ πόλοι κεῖνται ἐπὶ τοῦ ἑλλείποντος ἐπιπέδου Π εἶναι τὰ τῆς παρημιεδρίας. Τὰ λοιπὰ σχήματα ἀναπτύσσονται ἡμιεδρικῶς. Ἐκ τοῦ πινακοειδοῦς προκύπτουν πεδία (+, -), ἐκ τῶν ἀμφιπυραμίδων πυραμίδες *I, II, III* οὐς ἄνω ἢ κάτω. Ἐκ τῶν σχημάτων τούτων μόνον ἡ παρουσία πυραμίδος *III* εἶδους παρέχει τὴν συμμετρίαν τῆς τάξεως αὐτῆς. Ἡ συμμετρία αὕτη ἐβεβαιώθη μὲ διαβρωσιγενῆ σχήματα εἰς τὸν νεφελίην NaAlSiO_4 , τὸ LiKSO_4 , τὸ LiRbSO_4 καὶ τινὰ ὀργανικὰ σώματα. Αἱ δύο θεικαὶ ἐνώσεις δεικνύουσι στροφικὴν ικανότητα τὸ δὲ LiKSO_4 καὶ ἡλεκτρικὴν πολικότητα τοῦ Λ^6 . Αἱ δύο τελευταῖαι ιδιότητες καὶ ἄνευ τῶν διαλυσιγενῶν σχημάτων βεβαιώνουν τὴν τεταρτοεδρικὴν συμμετρίαν, διότι μόνον εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν εἶναι δυνατόν νὰ ἐμφανισθοῦν ἐν συνδυασμῷ.

30. Τριγωνικὸν σύστημα. Χαρακτηρίζεται ἀπὸ σύστημα κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων ὅμοιον πρὸς τὸ τοῦ ἑξαγωνικοῦ μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ὁ κατακόρυφος ἄξων εἶναι Λ^3 ἀντὶ Λ^6 . Περιλαμβάνει τὰς ἐξῆς 7 τάξεις:

- 1) *Ρομβοεδρικὴ ὀλοεδρία* $\Lambda^3 3L^2 3P C$
- 2) *Τριγωνοεδρικὴ ὀλοεδρία* $\Lambda^3 3L^2$ πολ. Π $3P'$
- 3) *Ὀλαξονικὴ ἡμιεδρία* $\Lambda^3 3L^2$ πολ.
- 4) *Παρημιεδρία* $\Lambda^3 C$
- 5) *Τριγωνοεδρικὴ ἡμιεδρία* $\Lambda^3 \Pi$
- 6) *Ἀνθημιεδρία* Λ^3 πολ. $3P$
- 7) *Τεταρτοεδρία* Λ^3 πολ.

Πρὶν εἰσελθῶμεν εἰς τὴν περιγραφὴν τῶν ἀπλῶν σχημάτων τοῦ συστήματος αὐτοῦ θὰ διευκρινήσωμεν διαφορὰς τινὰς ὡς πρὸς τοὺς ἐν χρήσει τρόπους ταξινομήσεως τῶν τάξεων αὐτῶν εἰς κρυσταλλικὸν σύστημα.

Ἐὰν δὲν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ διαφορὰ συμμετρίας τῶν κατακορύφων ἀξόνων τῶν δύο συστημάτων ἑξαγωνικοῦ καὶ τριγωνικοῦ, τὸ σύστημα κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων ἀποβαίνει κοινὸν καὶ διὰ τὰ δύο συστήματα καὶ ἐπομένως καὶ αἱ δώδεκα τάξεις (5 μὲ Λ^6 καὶ 7 μὲ Λ^3) δύνανται νὰ ὑπαχθοῦν εἰς ἓν καὶ τὸ αὐτὸ σύστημα, τῶν ἑνδεκα ἐξ αὐτῶν θεωρουμένων εἰς σχέσιν ἡμιεδρίας, τεταρτοεδρίας καὶ ὀγδοεδρίας πρὸς τὴν ὀλοεδρίαν τοῦ ἑξαγωνικοῦ συστήματος. Τοιοῦτος τρόπος περιγραφῆς ἀπαντᾷται εἰς πολλὰ συγγράμματα. Ἀντὶ τῶν δύο θεωρεῖται ἓν μόνον σύστημα, τὸ ἑξαγωνικόν, αἱ δὲ ἀνωτέρω 7 τάξεις συσχετίζονται πρὸς τὴν ὀλοεδρίαν ($\Lambda^6 3L^2 3L'^2 \Pi 3P 3P' C$). Ἡ 7η τῶν ἀνωτέρω τάξεων θεωρεῖται ὡς ὀγδοεδρία ταύτης, ἡ 3η ὡς ὀλαξονικὴ τεταρτοεδρία ἡ 2α ὡς ἡμιεδρία μὲ Λ^3 κ.ο.κ. Τοιαύτη ταξινόμησις δὲν εἶναι ἀπὸ διδασκτικῆς ἀπόψεως σκόπιμος, καθ' ὃ συγκεντρώνουσα εἰς ἓν σύστημα μέγαν ἀοιθμὸν τάξεων.

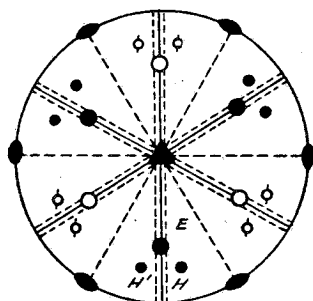
Συνήθως αἱ τάξεις 2α καὶ 5η, αἱ ὁποῖαι περιλαμβάνουν εἰς τὰ στοιχεῖα

συμμετρίας των Λ^3 καὶ Π , κατατάσσονται εἰς τὸ ἑξαγωνικὸν σύστημα. Τὴν τοιαύτην κατάταξιν δικαιολογεῖ τὸ γεγονὸς ὅτι τὰ δύο αὐτὰ στοιχεῖα συμμετρίας ἰσοδυναμοῦν πρὸς ἄξονα στροφαναστροφῆς δ (σελ. 32).

Εἰς τὴν περιγραφὴν, τὴν ὁποίαν ἀκολουθοῦμεν, ἐθεωρήθη προτιμότερον νὰ διατηρηθοῦν τὰ σύμβολα Λ^3 καὶ Π ὡς ἀμέσως ἀντιληπτὰ καὶ παραστατικώτερα καὶ νὰ ὑπαχθοῦν αἱ δύο αὐταὶ τάξεις βάσει τῆς συμμετρίας τοῦ κατακορύφου αὐτῶν ἄξονος εἰς τὸ τριγωνικόν.

Διὰ τὴν εὕρεσιν τῶν ἀπλῶν σχημάτων τῶν δύο πρώτων τάξεων τοῦ συστήματος τούτου, ἐφ' ὅσον αὗται ἀποτελοῦν ἡμιεδρίας τῆς ὀλοεδρίας τοῦ ἑξαγωνικοῦ συστήματος, δυνάμεθα νὰ ἀναζητήσωμεν ἐκ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς τίνα ἐκ τῶν σχημάτων τῆς ὀλοεδρίας θὰ ἀναπτυχθοῦν ἡμιεδρικῶς εἰς τὰς προκειμένας τάξεις κατὰ τὸν μέχρι τοῦδε χρησιμοποιηθέντα κανόνα. Τὰς λοιπὰς τάξεις θὰ διερευνήσωμεν ὡς ἡμιεδρίας τῶν προηγουμένων τάξεων.

Ρομβοεδρική ὀλοεδρία (Λ^3 $3L^2$ $3PC$). Συγκρίνοντας τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν τοῦ σχ. 126 πρὸς τὴν ἀντίστοιχον προβολὴν τῆς ὀλοεδρίας τοῦ



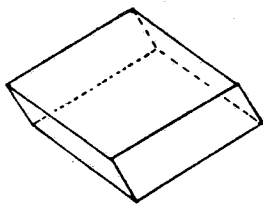
ἐπὶ (0001) $\equiv \equiv \equiv \equiv P$
 ●, ○ = Ρομβόεδρον
 ●, ◐ = Ἐκατηνέεδροι

Σχ. 126

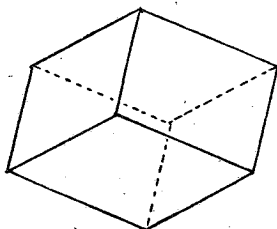
Στερεογραφικὴ προβολὴ ρομβοεδρικῆς ὀλοεδρίας

ἑξαγωνικοῦ συστήματος (σχ. 109) παρατηροῦμεν ὅτι τὰ σχήματα πινακοειδές, ἑξαγωνικά πρίσματα I καὶ IIου εἶδους, διεξαγωνικὸν πρίσμα καὶ ἑξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς IIου εἶδους, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι A, B, Γ, Δ, Z κεῖνται ἐπὶ τῶν ἐλλειπόντων ἀπὸ τὴν προκειμένην τάξιν ἐπιπέδων Π καὶ P', δὲν ἀναπτύσσονται ἡμιεδρικῶς εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν. Ἡμιεδρικὴν ἀνάπτυξιν παρουσιάζουν μόνον τὰ σχήματα, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι κατέχουν τὰς θέσεις E καὶ H. Ἐκ τοῦ πόλου E προκύπτουν τρεῖς εἰς τὸ ἄνω ἡμισφαίριον διὰ στροφῆς περὶ τὸν Λ^3 καὶ τρεῖς ἀντίποδες αὐτῶν εἰς τὸ κάτω ἡμισφαίριον δι' ἀναστροφῆς ὡς πρὸς τὸ κέντρον C (σχ. 126). Τὸ προκύπτον σχῆμα εἶναι τὸ ρομβόεδρον μὲ ἑξ ἑδρας ἐν

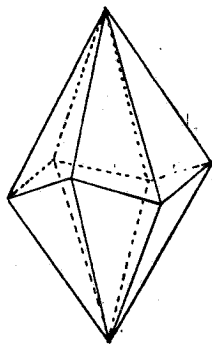
σχήματι ρόμβου εἰς δύο δυνατοὺς προσανατολισμοὺς ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας, + (10 $\bar{1}$ 1) καὶ - (01 $\bar{1}$ 1) (σχ. 127 καὶ 128). Δύναται νὰ θεω-



Σχ. 127
Ρομβόεδρον +

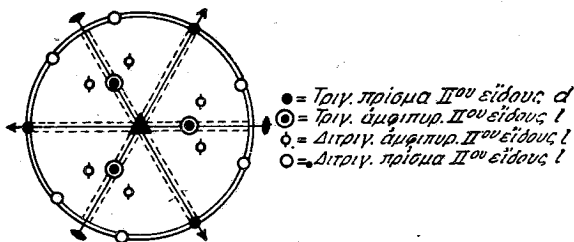


Σσ. 128
Ρομβόεδρον -



Σχ. 129
Σκαληνόεδρον

ρηθῇ ὡς προκύψαν ἀπὸ τριγωνικὴν ἀμφιπυραμίδα, τῆς ὁποίας ἡ μία τῶν πυραμίδων ἐστράφη ὡς πρὸς τὴν ἄλλην κατὰ 60° περὶ τὸν κοινὸν αὐτῶν ἄξονα Λ^3 . Οὕτως εἰς ἔδραν τῆς ἄνω πυραμίδος ἀντιστοιχεῖ ἀκμὴ τῆς κάτω καὶ τάνάπαλιν. Ὁ πόλος H ἐπαναλαμβάνομενος διὰ τοῦ ἐπιπέδου P εἰς τὴν θέσιν H' δίδει ζευγὸς ἐδρῶν μὲ συμμετρικὴν κλίσιν ἐκατέρωθεν τῆς ἔδρας τοῦ ρομβοέδρου. Τὸ προκύπτον σχῆμα εἶναι τὸ τριγωνικὸν σκαληνόεδρον (σχ. 129)

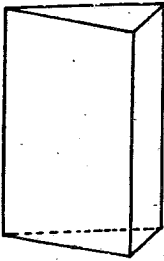


Σχ. 130
Προβολὴ τριγωνοεδρικής ὀλοεδρίας

εἰς δύο θέσεις προσανατολισμοῦ, + καὶ -. Ἡ συμμετρία τῆς τάξεως αὐτῆς εἶναι πολὺ συχνή. Κατ' αὐτὴν κρυσταλλοῦνται τὰ στοιχεῖα As, Sb, Bi. Ἐκ τῶν ὀρυκτῶν ἀναφέρομεν τὰ συνηθέστερα, τὸν αἰματίτην (Fe_2O_3), τὸ κορούνδιον (Al_2O_3), τὸν ἄσβεστίτην ($CaCO_3$).

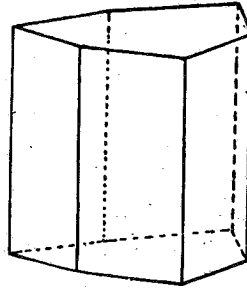
Τριγωνοεδρική ὀλοεδρία ($\Lambda^3 3L^2$ πολ. $\Pi 3P'$). Ἐκ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς τῶν στοιχείων συμμετρίας τῆς τάξεως αὐτῆς (σχ. 130) ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν τῆς ὀλοεδρίας τοῦ ἑξαγωνικοῦ συστήματος συνάγεται ὅτι παρα-

μένουν ἀμετάβλητα τὸ πινακοειδές καὶ τὸ ἑξαγωνικὸν πρίσμα Ιου εἶδους. Τὰ λοιπὰ σχήματα ἀναπτύσσονται ἡμιεδρικῶς. Τὸ ἑξαγωνικὸν πρίσμα ΙΙου εἶδους ἀναλύεται εἰς δύο τριγωνικά πρίσματα ΙΙου εἶδους ὅμοια εἰς δύο διαφορετικούς προσανατολισμούς, δεξιὸν (11 $\bar{2}$ 0) καὶ ἀριστερὸν (2 $\bar{1}$ 10) (σχ. 131). Τὸ διεξαγωνικὸν πρίσμα εἰς δύο διτριγωνικά πρίσματα ΙΙου εἶδους (σχ. 132)



Σχ. 131

Τριγωνικὸν πρίσμα ΙΙ εἶδους

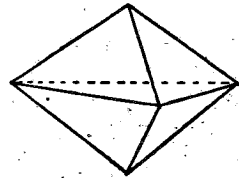
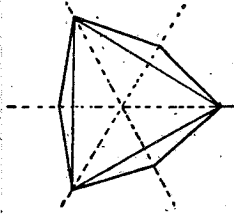
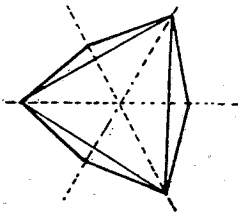


Σχ. 132

Διτριγωνικὸν πρίσμα ΙΙ εἶδους



ἡ ἑξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς ΙΙου εἶδους εἰς δύο τριγωνικὰς ἀμφιπυραμίδας ΙΙου εἶδους (σχ. 134), ἡ διεξαγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς εἰς δύο διτριγωνικὰς ἀμφιπυ-



Σχ. 133

Τομαὶ (0001) τριγωνικοῦ, διτριγωνικοῦ πρίσματος ΙΙ εἶδους ἀριστερῶν καὶ δεξιῶν

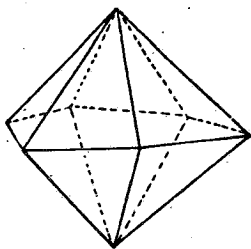
Σχ. 134

Τριγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς ΙΙ εἶδους

ραμίδας ΙΙου εἶδους (σχ. 135). Τὸ δεξιὸν καὶ ἀριστερὸν τῶν σχημάτων σημαίνει καὶ ἐνταῦθα διαφορὰν προσανατολισμοῦ μόνον, ὅχι ἐναντιομορφίαν. Εἰς τὸ δεξιὸν σχῆμα ἐν ἑκ τῶν τριῶν ἐπιπέδων συμμετρίας P' ἔχει διεύθυνσιν ἐξ ἀριστερῶν ὀπισθεν, πρὸς τὰ δεξιά ἔμπροσθεν, εἰς τὸ ἀριστερὸν τὸ ἀντίθετον (σχ. 133). Μόνον γνωστὸν σῶμα κρυσταλλούμενον εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν εἶναι τὸ ὀρυκτὸν μπενιτοΐτης ($\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$).

Ὀλαξονικὴ ἡμιεδρία ($\Lambda^3 3L^2$ πολ.). Ἡ τάξις αὕτη συγκρινομένη πρὸς τὴν ρομβοεδρικὴν ὀλοεδρίαν δὲν ἔχει τὰ ἐπίπεδα P ἐκείνης, ἐπομένως τὰ σχήματα τῆς ὀλοεδρίας πινακοειδές, ἑξαγωνικὸν πρίσμα Ιου εἶδους, ρομβόεδρον

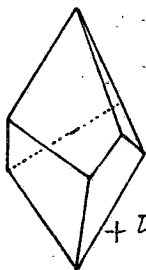
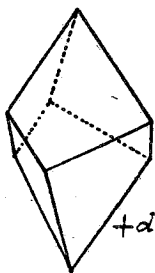
παραμένουν αμετάβλητα. Ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν τριγωνοεδρικήν ὀλοεδρίαν στερεῖται τῶν ἐπιπέδων Π καὶ P' ἐκείνης, ἐπομένως διατηρεῖ αμετάβλητα



Σχ. 135

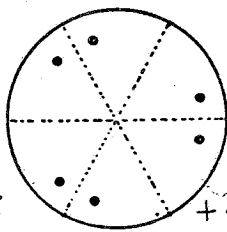
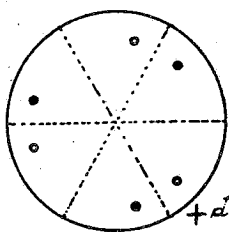
Διτριγωνική ἀμφιπυραμὶς Π εἶδους

τὰ σχήματά της Π ου εἶδους, διτριγωνικὸν πρίσμα, τριγωνικὸν πρίσμα καὶ τριγωνικὴν ἀμφιπυραμίδα. Τὸ μόνον ἡμιεδρικῶς ἀναπτυσσόμενον σχῆμα εἶναι τὸ $(hkil)$. Ἀντὶ τῶν ὀλοεδρικῶν σχημάτων τῶν προηγουμένων ὀλοεδριῶν ἀναπτύσσονται ἐνταῦθα δύο ἐναντιόμορφα τριγωνικὰ τραπεζόεδρα d καὶ l (σχ. 136) ἕκαστον εἰς δύο δυνατοὺς προσανατολισμοὺς+ καὶ -, Εἰς τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν τοῦ d -τραπεζοέδρου (σχ. 137) οἱ ἐπὶ τοῦ ἄνω ἡμι-



Σχ. 136

Τριγωνικὰ τραπεζόεδρα



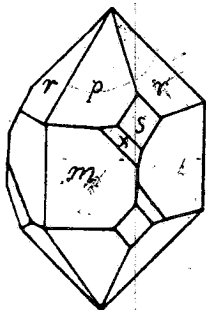
Σχ. 137

Στερεογραφικὴ προβολὴ τραπεζοέδρων.

σφαιρίου πόλοι (⊙) προκύπτουν ἐκ τοῦ πόλου H διὰ στροφῆς περὶ τὸν Λ^3 , οἱ ἐπὶ τοῦ κάτω ἡμισφαιρίου (○) ἐκ τῶν τοῦ ἄνω διὰ στροφῆς περὶ τοὺς L^2 πολ. Τὸ τριγωνικὸν τραπεζόεδρον δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς προκύπτει ἐκ τριγωνικῆς ἀμφιπυραμίδος διὰ στροφῆς τῆς μιᾶς πυραμίδος ὡς πρὸς τὴν ἄλλην περὶ τὸν Λ^3 κατὰ γωνίαν μικροτέραν τῶν 60° , δι' ἧς αἱ ἐφεξῆς ἀκμαί, καθ' ἃς τέμνονται αἱ πυραμίδες μετὰ τὴν στροφήν, εἶναι ἄνιστοι.

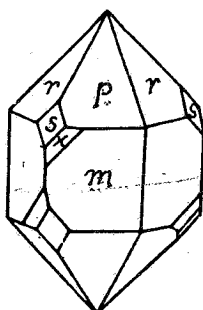
Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦται ὁ κιναβαρίτης HgS καὶ ὁ β -χαλα-

ζίας (εἰς θερμοκρασίαν χαμηλοτέραν τῶν 575°). Ἀμφότερα τὰ σώματα στρέφουν τὸ ἐπίπεδον πολώσεως, ὃ δὲ χαλαζίας ἐμφανίζει καὶ ἐκπεφρασμένην ἡλεκτρικὴν πολικότητα κατὰ τὰ πέρατα τῶν πολικῶν ἀξόνων L^2 . Τὰ σχ. 138 καὶ 139 παριστοῦν κρυστάλλους δεξιόστροφου καὶ ἀριστερόστροφου χαλαζίου.



Σχ. 138

Δεξιόστροφος χαλαζίας



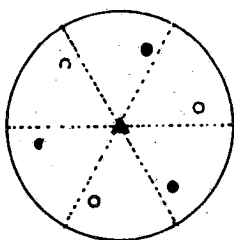
Σχ. 139

Ἀριστερόστροφος χαλαζίας

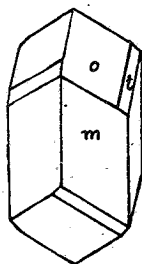
Αἱ συνηθέστερον ἀπαντῶσαι ἔδραι εἶναι αἱ τοῦ ἑξαγωνικοῦ πρίσματος Ιου εἰδους $m = (10\bar{1}0)$, τοῦ θετικοῦ ρομβοέδρου $p = (10\bar{1}1)$ καὶ τοῦ ἀρνητικοῦ ρομβοέδρου $r = (01\bar{1}1)$. Ἡ ἔδρα $s = (11\bar{2}1)$ τῆς τριγωνικῆς ἀμφιπυραμίδος εἶναι σπανία καὶ ἔτι σπανιωτέρα ἢ ἔδρα x τοῦ τριγωνικοῦ τραπεζοέδρου $(51\bar{6}1)$. Παρουσία τῆς ἔδρας s εἶναι δυνατόν νὰ διακριθῇ ἡ δεξιὰ τῆς ἀριστερᾶς μορφῆς, ἐὰν εἶναι δυνατὴ ἡ διάκρισις τοῦ θετικοῦ ρομβοέδρου p ἀπὸ τοῦ ἀρνητικοῦ r . Τοποθετοῦντες τὴν ἔδραν p εἰς θέσιν θετικοῦ ρομβοέδρου θὰ ἔχωμεν εἰς τὸν δεξιὸν κρυστάλλον τὰς δύο ἔδρας s εἰς τὰ ἄκρα τῆς πρὸς τὰ δεξιὰ ἀκμῆς τοῦ πρίσματος. Ἡ παρουσία τῆς ἔδρας x , ἡ ὁποία εἶναι ἐφεξῆς τῆς p , ἐπιτρέπει τὴν διάκρισιν τοῦ θετικοῦ ἀπὸ τοῦ ἀρνητικοῦ ρομβοέδρου. Εἰς τὸν προσανατολισμὸν τοῦ κρυστάλλου (p πρὸς τὸν παρατηρητὴν) ἢ x εἰς τὸν δεξιὸν κρυστάλλον συνήθως ἐμφανίζεται ἄνω δεξιὰ, εἰς τὸν ἀριστερὸν ἄνω ἀριστερά. Δὲν ἀποκλείεται ὅμως κατ' ἐξαίρεσιν σπανίαν νὰ ἐμφανισθῇ δεξιὰ ἔδρα x εἰς ἀριστερόστροφον κρυστάλλον καὶ τάνάπαλιν. Ἐν ἑλλείψει μορφολογικῶν στοιχείων τὸ εἶδος τοῦ κρυστάλλου προσδιορίζεται μὲ διαλυσιγενῆ σχήματα προκαλούμενα δι' HF.

Παρημιεδρία (Λ^3C). Συγκρινομένη πρὸς τὴν ρομβοεδρικὴν ὀλοεδρίαν ἢ τάξιν αὕτη θὰ διατηρήσῃ ἀμετάβλητα τὸ πινακοειδές, τὰ ἑξαγωνικὰ πρίσματα Ιου καὶ ΙΙου εἰδους καὶ τὸ ρομβόεδρον Ιου εἰδους $(10\bar{1}1)$, πᾶν ὁποῖον οἱ πόλοι κεῖνται ἐπὶ τῶν ἐλλειπόντων ἐκ τῆς τάξεως ταύτης P καὶ L^2 . Τὸ διεξαγωνικὸν πρίσμα ἀναλύεται εἰς δύο ἑξαγωνικὰ πρίσματα ΙΙΙου εἰδους, ὅπως εἰς τὴν παρημιεδρίαν τοῦ ἑξαγωνικοῦ. Ἐκ τῶν πέλων τῶν ἐντὸς τοῦ κύκλου προβολῆς προκύπτουν ρομβόεδρα (τρεῖς πόλοι ἐπὶ τοῦ ἄνω ἡμισφαιρίου διὰ

τοῦ Λ^3 καὶ τρεῖς ἀντίποδες αὐτῶν ἐπὶ τοῦ κάτω διὰ τοῦ κέντρου συμμετρίας). Ἡ ἐξαγωνικὴ πυραμὶς *II*ου εἵδους ἀναλύεται εἰς ρομβόεδρα *II*ου εἵδους+ καὶ -, τὸ σκαληνόεδρον εἰς 4 ρομβόεδρα *III*ου εἵδους d καὶ l, + καὶ -



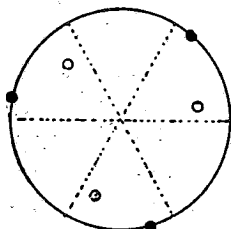
Σχ. 140
Ρομβόεδρον *III* εἵδους



Σχ. 141
Διοπτάσιος

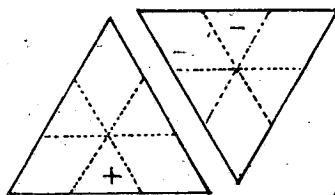
Ἡ συμμετρία αὕτη ἀπαντᾷται εἰς τὰ ὄρυκτὰ διοπτάσιον ($\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (σχ. 141) δολομίτην ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), φένακίτην (Be_2SiO_4), βιλλεμίτην (Zn_2SiO_4), ἱλμενίτην (FeTiO_3).

Τριγωνοεδρική ἡμιεδρία ($\Lambda^3\Pi$). Ὡς φαίνεται ἐκ τῆς συμμετρίας τῆς τάξεως αὐτῆς (σχ. 142) οἱ ἐπὶ τῆς περιφέρειας τοῦ κύκλου προβολῆς πόλοι θὰ δώσουν διὰ τοῦ Λ^3 τριγωνικὰ πρίσματα, οἱ ἐκτὸς αὐτοῦ διὰ τοῦ Π τριγωνικὰς ἀμφιπυραμίδας. Ἐὰν συγκρίνωμεν τὴν τάξιν αὐτὴν πρὸς τὴν ὀλοεδρίαν



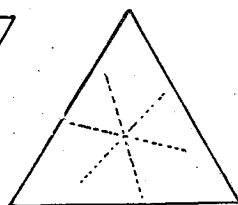
Σχ. 142

- Τριγωνικὸν πρίσμα *III* εἵδους + d
- τριγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς *III* εἵδους - l



Σχ. 143

Θέσις τῶν τριγωνικῶν πρισμάτων *I* εἵδους



Σχ. 144

Θέσις τοῦ + τριγωνικοῦ πρισματος *III* εἵδους

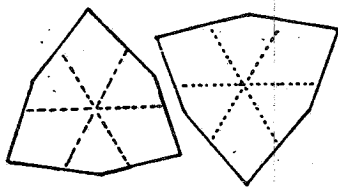
τῆς (τριγωνοεδρικήν) διατηρεῖ ἐκ τῆς τάξεως αὐτῆς τὰ τριγωνικὰ πρίσματα *II*ου εἵδους (d, l) καὶ τὰς τριγωνικὰς ἀμφιπυραμίδας *II*ου εἵδους (d, l). Τὸ ἐξαγωνικὸν πρίσμα *I*ου εἵδους ἀναλύεται εἰς δύο τριγωνικὰ πρίσματα *I*ου εἵδους (+ καὶ -), τὰ διτριγωνικὰ πρίσματα *II*ου εἵδους (d καὶ l) εἰς δύο τριγωνικὰ πρίσματα *III*ου εἵδους ἕκαστον (+ καὶ -) ($21\bar{3}0 = + d, 12\bar{3}0 = -d, \bar{3}120$

$=+1$, $3\bar{2}10 = -1$) αἱ διτρίγωνικαί ἀμφιπυραμίδες Που εἵδους (d καὶ l) εἰς δύο τριγωνικὰς ἀμφιπεραμίδας ΙΙου εἵδους ἐκάστη (+ καὶ -) (σχ. 142).

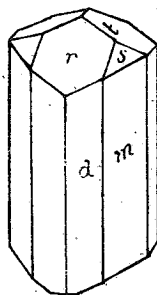
Ἀντιπρόσωπος τῆς συμμετρίας ταύτης δὲν εἶναι μὲ βεβαιότητα γνωστός. Τινὲς θεωροῦν ὡς κρυσταλλούμενον εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν τὸν Ag_2HPO_4 .

Ἀνθιμιεδρία (Λ^3 πολ. 3P). Ἐκ τῶν σχημάτων τῆς ρομβοεδρικῆς ὁλοεδρίας παραμένει ἀμετάβλητον μόνον τὸ ἐξαγωνικὸν πρίσμα ΙΙου εἵδους, τοῦ ὁποίου ὁ πόλος κεῖται εἰς τὴν θέσιν τοῦ ἐλλείποντος L^2 . Τὸ ἐξαγωνικὸν πρίσμα Ιου εἵδους δίδει δύο τριγωνικὰ πρίσματα Ιου εἵδους (+ καὶ -), τὸ διεξαγωνικὸν πρίσμα δύο διτρίγωνικὰ πρίσματα Ιου εἵδους πρόσθιον+ καὶ ὀπίσθιον - (σχ. 123). Τὸ ρομβόεδρον Ιου εἵδους τριγωνικὴν πυραμίδα Ιου εἵδους ἄνω ἢ κάτω (+ καὶ - καθόσον προέρχεται ἐκ θετικοῦ ἢ ἀρνητικοῦ ρομβοέδρου). Ἡ ἐξαγωνικὴ ἀμφιπυράμις Που εἵδους ἐξαγωνικὴν πυραμίδα ΙΙου εἵδους ἄνω ἢ κάτω, τὸ σκαληνόεδρον διτρίγωνικὴν πυραμίδα Ιου εἵδους ἄνω ἢ κάτω εἰς δύο θέσεις + καὶ -.

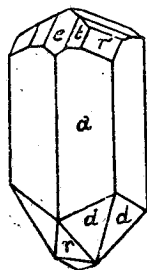
Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦνται ὁ τουρμαλίνης (βοριοῦχος καὶ φθοριοῦχος πυριτικὴ ἔνωση γατρίου καὶ ἀργιλίου πολυπλόκου τύπου (σχ. 146) δεικνύων ἡλεκτρικὴν πολικότητα κατὰ τὰ πέρατα τοῦ πολικοῦ ἄξονος, ὁ πυρραργυρίτης (Ag_3SbS_3) (σχ. 147) ὁ προυσιτίτης (Ag_3AsS_3), τὸ LiNaSO_4 , τὸ KBrO_3 κ.ἄ.



Σχ. 145



Σχ. 146



Σχ. 147

Σχ. 141. Θέσεις δύο διτρίγωνικων πρισμάτων Ι εἵδους + καὶ -

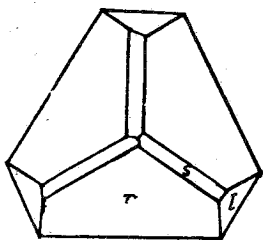
Σχ. 142. Τουρμαλίνης, $d = (11\bar{2}0)$, $m = (01\bar{1}0)$, $r = (10\bar{1}1)$, $s = (0221)$.

Σχ. 143. Πυρραργυρίτης $a = (11\bar{2}0)$, $e = (10\bar{1}2)$, $r = (01\bar{1}1)$.

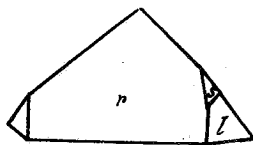
Τεταρτοεδρία (Λ^3 πολ.). Ἐφόσον τὸ μόνον ὑπάρχον στοιχεῖον συμμετρίας εἶναι ὁ Λ^3 πολ., πᾶς πόλος ἐκτὸς τοῦ (0001) θὰ τριπλασιάζεται διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως ὑπὸ τοῦ ἄξονος τούτου. Ἐκ τῶν πόλων τῶν κειμένων ἐπὶ τῆς περιφέρειας τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς θὰ προκύψουν τριγωνικὰ πρίσματα Ιου, ΙΙου, ΙΙΙου εἵδους, ἐκ τῶν ἐντὸς τοῦ κύκλου κειμένων τριγωνικαὶ πυραμίδες Ιου, ΙΙου, ΙΙΙου εἵδους ἄνω ἢ κάτω μὲ τὰς διαφόρους θέσεις πρὸς

τούς κρυσταλλογραφικούς άξονας ($d, l, +, -$), ώς ώρίσθησαν άνωτέρω. Ό εις τó κέντρον τής προβολής δίδει πεδίον άνω (0001) ή κάτω ($000\bar{1}$).

Εις τήν τάξιν αúτήν κρυσταλλοúνται τó $\text{NaJO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (σχ. 148 και 149). Ό κρύσταλλος τού σχήματος 148 είναι σύνθετος άπό θετικής τριγωνικής πυραμίδας Ιου είδους ($r = (10\bar{1}1)$), άρνητικής τριγωνικής πυραμίδας Ιου είδους ($l = (02\bar{2}1)$) και άριστεράν τριγωνικήν πυραμίδα ΙΙου είδους ($s = (\bar{2}113)$). Τó σώμα είναι στροφικόν και παρουσιάζει και ήλεκτρικήν πολικότητα.



Σχ. 148



Σχ. 149

31. Δείκται σχημάτων τού ρομβοεδρικού συστήματος κατά Miller.

Διά τόν καθορισμόν τών δεικτών τών έδρών τών σχημάτων, τά όποια ύπάγονται εις τάξεις τού ρομβοεδρικού συστήματος άντί τών 4 κρυσταλλογραφικών άξόνων ό Miller έκαμε χρῆσιν ώς κρυσταλλογραφικών άξόνων τών τριών άκμών τού ρομβοέδρου, αί όποίαι συντρέχουν εις τήν κορυφήν, δι' ής διέρχεται ό Λ^3 . Τών δεικτών κατά Miller γίνεται πολλάκις χρήσις εις συγγράμματα και δημοσιεύματα κρυσταλλογραφικά. Διά τήν μετάβασιν άπό δεικτών κατά Miller (p, q, r) εις δείκτας με τέσσαρας κρυσταλλογραφικούς άξονας (h, k, i, l) κατά Bravais χρησιμεύουν οι έξής τύποι:

Μετατροπή δεικτών κατά Miller εις δείκτας κατά Bravais:

$$h = p - q$$

$$k = q - r$$

$$-i = r - p = h + k$$

$$l = p + q + r$$

Μετατροπή δεικτών κατά Bravais εις δείκτας κατά Miller:

$$p = h - i + l = 2h + k + l$$

$$q = k - h + l$$

$$r = i - k + l = 2k - h + l$$

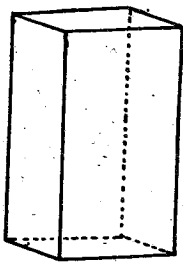
32. Τετραγωνικόν σύστημα. Χαρακτηρίζεται άπό τρείς κρυσταλλογραφικούς άξονας καθέτους έπ' άλλήλους, έξ ών οι δύο όριζόντιοι (a και b), είναι ίσοι πρós άλλήλους, ό κατακόρυφος c άνισος πρós τούς δύο πρώτους

Π I N A E I V

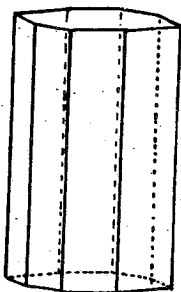
Τριγωνικόν σύστημα

Τάξεις	Ρομβοεδρική δίοεδρη	Τριγωνοεδρική δίοεδρη	*Οκταεδρική ήμιοεδρη	Παρημιοεδρία	Τριγωνοεδρική ήμιοεδρη	*Ανθιμιοεδρία	Τεταρτοεδρία
Συμμετρία	Λ ³ 3L ² 3PC	Λ ³ 3L ² πολ. Π3P'	Λ ³ 3L ² πολ.	Λ ³ C	Λ ³ Π	Λ ³ πολ. 3P	Λ ³ πολ.
Δείκται	D3d 3m	D3h 6m2	D3 32	C3i	C3h 6	C3v 3m	C3 3
(0001)	Πεντακοτετές					Πεδίον άνω + κάτω -	
(1010)	*Εξαγωνικόν πρίσμα Ιου είδους				Τριγωνικόν πρίσμα Ιου είδους		
(1120)	*Εξαγωνικόν πρίσμα Ιου είδους	Τριγωνικόν πρίσμα Ιου είδους d, l		*Εξαγωνικόν πρίσμα Ιου είδους	Τριγωνικόν πρίσμα Ιου είδους d, l	*Εξαγωνικόν πρίσμα Ιου είδους	Τριγωνικόν πρίσμα Ιου είδους d, l
(hk10)	Διεξαγωνικόν πρίσμα	Διτρίγωνικόν πρίσμα Ιου είδους d, l		*Εξαγωνικόν πρίσμα ΙΙου είδους	Τριγωνικόν πρίσμα ΙΙου είδους + d + l	Διτρίγωνικόν πρίσμα Ιου είδους + -	Τριγωνικόν πρί- σμα ΙΙου είδους + d, + l
(h011) (1011)	Ρομβόεδρον +	*Εξαγωνική άμφ. Ιου είδους	Ρομβόεδρον +	Ρομβόεδρον Ιου είδ. + -	Τριγωνική άμφ. Ιου είδους +	Τρίγ. πυραμ. Ιου είδους άνω +, κάτω +	Τριγωνική πυρ. Ιου είδους άνω +, κάτω +
(hh2hl) (1121)	*Εξαγωνική άμφ. Ιου είδ.	Τρίγ. άμφυτ. Ιου είδ. d, l		Ρομβόεδρον Ιου είδ. d, l	Τρίγ. άμφυτ. Ιου είδ. d, l	*Εξαγ. πυραμ. Ιου άνω κάτω	Τριγωνική πυρ. Ιου είδους άνω d, l κάτω d, l
(hkil)	Διτρίγ. σκα- ληόεδρον + -	Διτρίγ. άμφυτ. Ιου είδους d, l	Τριγωνικόν τρεπ. + - d + - l	Ρομβόεδρον ΙΙΙ είδους + - d, + - l	Τρίγ. άμφυτ. ΙΙου + - d + - l	Διτρίγ. πυραμ. άνω + - κάτω + -	Τριγωνική πυ- ραμ. ΙΙου εί- δους άνω + - d, + - l, κάτω + - d, + - l

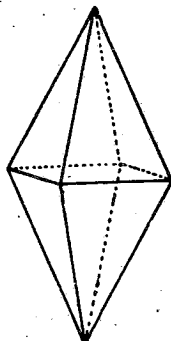
ἐκατέρωθεν τῆς τοῦ πρίσματος Ιου εἵδους με δείκτας $(hk0)$ ($h\bar{k}0$). Ἐπανάληψις αὐτῶν ὑπὸ τοῦ Λ^4 δίδει πρίσμα με ὀκτῶ ἔδρας σχηματιζούσας τὰς ἐφεξῆς διέδρους γωνίας ἀνίσους, ἐναλλάξ ἴσας, τὸ διτετραγωνικὸν πρίσμα $\{hk0\}$ (σχ. 152). Πόλος εἰς τὴν θέσιν E (μεταξὺ Λ^4 καὶ L'^2) ἀντιστοιχεῖ εἰς ἔδρας



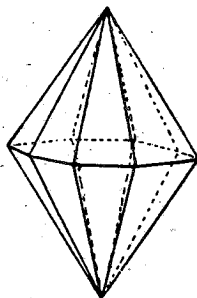
Σχ. 151 (110)
Τετραγωνικὸν πρίσμα
I εἵδους



Σχ. 152 $(hk0)$
Διτετραγωνικὸν
πρίσμα

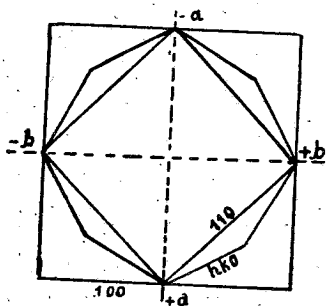


Σχ. 153 (111)
Τετραγωνικὴ
ἀμφιπυραμὶς

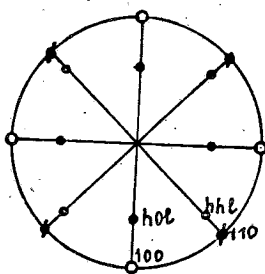


Σχ. 154 (hkl)
Διτετραγωνικὴ
ἀμφιπυραμὶς

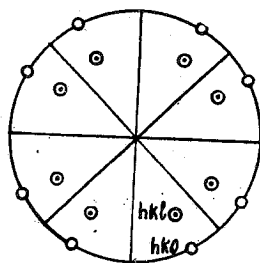
με δείκτας (hhl) ἢ (111) , ἐάν εἶναι παραμετρικῇ. Ἡ ἔδρα αὐτὴ ἐπαναλαμβανομένη ὡς πρὸς τὸν Λ^4 καὶ Π δίδει τὴν τετραγωνικὴν ἀμφιπυραμίδα Ιου εἵδους (σχ. 153). Ἐκ τῆς ἔδρας z (μεταξὺ Λ^4 καὶ L^2) προκύπτει ἡ τετραγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς ΙΙου εἵδους.



Σχ. 155



Σχ. 156



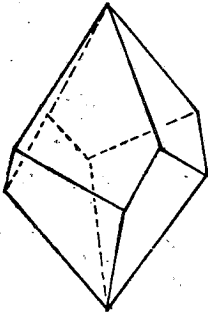
Σχ. 157

Σχ. 155. Θέσεις τῶν πρισματῶν καὶ ἀμφιπυραμίδων ὡς πρὸς τοὺς ἄξονας a καὶ b

Ἐκ τοῦ πόλου H εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σφαιρικοῦ τριγώνου προκύπτει διὰ συμμετρικῆς ἐπαναλήψεως τὸ στερεογραφικὸν διάγραμμα τοῦ σχήματος 157 με 8 ἔδρας ἐπὶ τοῦ ἄνω ἡμισφαιρίου καὶ ἰσαριθμούς ἐπὶ τοῦ κάτω ἡμισφαιρίου συμμετρικὰς ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον προβολῆς ($\Pi = (001)$). Τὸ ἀντί-

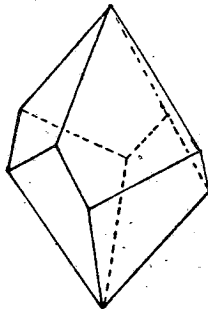
στοιχόν σχῆμα 154 εἶναι ἡ διτετραγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς (hkl). Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦνται τὸ ζιρκόνιον (ZrSiO_4), τὸ ρουτίλιον (TiO_2), ὁ κασσιτερίτης (SnO_2), ὁ ἀνατάσης (TiO_2), ὁ βεζουβιανός (πυριτικὸν ἄλας Ca καὶ ἀργιλίου), ὁ ξενότιμος (YPO_4), ὁ ἀποφυλλίτης (φθοριοῦχον πυριτικὸν ἄλας K καὶ Ca), ὁ χαουσμανίτης (Mn_3O_4) κ.ἄ.

Ὁλαξονικὴ ἡμιεδρία ($\Lambda^4 2L^2 2L'^2$). Τὸ μόνον σχῆμα τῆς ὁλοεδρίας τὸ



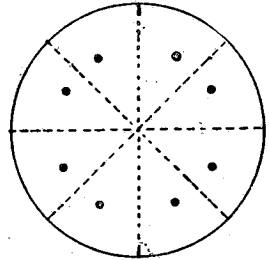
Σχ. 158

Σχ. 158. Τετραγωνικὸν τραπεζόεδρον l.



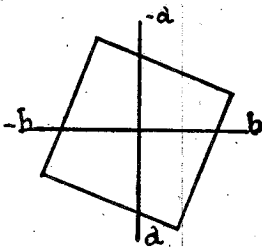
Σχ. 159

Σχ. 159 καὶ 160. Τετραγωνικὸν τραπεζόεδρον d.



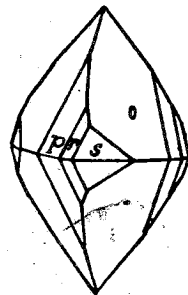
Σχ. 160

ἀναπτυσσόμενον ἡμιεδρικῶς εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν εἶναι τὸ (hkl). Ἡ διτετραγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς ἀναλύεται εἰς δύο τετραγωνικά τραπεζόεδρα d καὶ l (σχ. 158, 159, 160).



Σχ. 161

Σχ. 161. Θέσις τετραγωνικοῦ πρίσματος III εἵδους l.



Σχ. 162

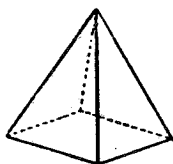
Σχ. 162. Σχεελίτης, o = (101), p = (313), r = (111), s = (131).

Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦται τὸ $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει στροφικὴν ἰκανότητά. Ἐκ τῶν ὀρυκτῶν δεικνύει τὴν συμμετρίαν αὐτὴν ὁ φωσγενίτης ($\text{Pb}_2\text{Cl}_2\text{CO}_3$).

Παρημιεδρία ($\Lambda^4 \text{PC}$). Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν ἀναπτύσσονται ἡμιεδρικῶς

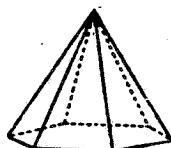
τὰ σχήματα $(hk0)$ καὶ (hkl) , τῶν ὁποίων οἱ πόλοι δὲν κεῖνται ἐπὶ τῶν ἑλλειπόντων ἐπιπέδων συμμετρίας. Τὸ διτετραγωνικὸν πρίσμα ἀναλύεται εἰς δύο ὅμοια τετραγωνικά πρίσματα *III* εἶδους διχφέροντα μόνον κατὰ τὸν προσανατολισμόν, δεξιὸν καὶ ἀριστερόν. Ἐπίσης ἡ διτετραγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς ἀναλύεται εἰς δύο τετραγωνικὰς ἀμφιπυραμίδας *III*ου εἶδους *d* καὶ *l*. Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦνται ὁ σχεελίτης (CaWO_4) (σχ. 162), ὁ στολτσίτης (PbWO_4) καὶ τὰ μολυβδαινικά καὶ βολφραμικά ἄλατα τοῦ Sr καὶ Ba , ἰσόμορφα πρὸς τὰ ἀναφερθέντα δύο ὄρυκτά.

Ἀνθημεδρία (Λ^4 πολ. $2P\ 2P'$). Ἐξαιρέσει τῶν πρισμάτων, τὰ ὁποῖα παραμένουν ὡς εἶχον εἰς τὴν ὀλοεδρίαν, τὰ λοιπὰ σχήματά της ἀναπτύσσονται ἡμιμορφικὰ ὡς ἄνω ἢ κάτω τετραγωνικαὶ πυραμίδες *I*ου καὶ *II*ου εἶδους καὶ διτετραγωνικαὶ πυραμίδες (σχ. 163 καὶ 164), ἀντὶ τῶν ἀμφιπυραμίδων τῆς ὀλοεδρίας. Τὸ πινακοειδὲς ἀντικαθίσταται ἀπὸ πεδίων ἄνω ἢ κάτω.



Σχ. 163

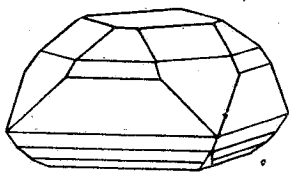
Τετραγωνικὴ πυραμὶς



Σχ. 164

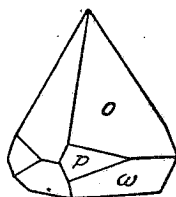
Διτετραγωνικὴ πυραμὶς

Ἡ συμμετρία αὕτη ἐβεβαιώθη εἰς τὸν διαβολεῖτην ($\text{Pb}_2\text{CuCl}_2(\text{OH})_4$) (σχ. 165).



Σχ. 165

Διαβολεῖτης.



Σχ. 166

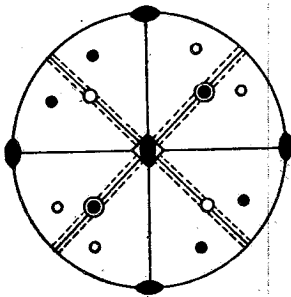
Βουλφενίτης, $p = (130)$, $o = (111)$, $\omega = (111)$

Τεταρτοεδρία (Λ^4 πολ.). Ἡ τάξις αὕτη ὡς ἡμιεδρία τῆς παρῆμιεδρίας θεωρουμένη διατηρεῖ ἀμετάβλητα τὰ πρίσματα ἐκεῖνης *I*ου, *II*ου, καὶ *III*ου εἶδους, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι κεῖνται ἐπὶ τοῦ ἑλλείποντος ἐπιπέδου Π . Τὰ λοιπὰ σχήματα ἀναπτύσσονται ἡμιμορφικῶς ὡς πεδίων καὶ πυραμίδες *I*ου, *II*ου καὶ *III*ου εἶδους ἄνω ἢ κάτω. Ἐκ τῶν ὄρυκτῶν ἐφέρετο ὡς κρυσταλλούμενος εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν ὁ βουλφενίτης (PbMoO_4) λόγῳ τῆς πυραμιδικῆς ἀναπτύξεως, τὴν ὁποίαν συχνὰ παρουσιάζει (σχ. 166). Ἐν τούτοις ἡ ἰσομορφία τοῦ πρὸς

τὸν σεελίτην, ἡ μὴ ἐμφάνισις ἡλεκτρικῆς πολικότητος κατὰ τὰ πέρατα τοῦ Λ^4 καὶ ἡ συμμετρία τῶν διαβρωσιγενῶν σχημάτων τοῦ καθιστᾷ πιθανὴν τὴν παρήμιεδρικήν συμμετρίαν καὶ δι' αὐτόν. Ἡ τεταρτοεδρική συμμετρία ἐβεβαιώθη εἰς τὸ τρυγικόν βαριαντυμονύλιον $(\text{Ba}(\text{SbO})_2(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$, τὴν μεταλλδεύδην (CH_3CHO) , τὴν ἰωδοσουκκινιμίδην $((\text{CH}_2\text{CO})_2\text{NJ})$.

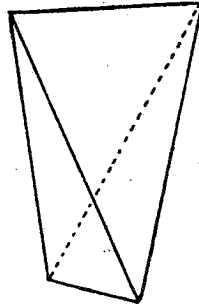
Αἱ ἐπόμεναι δύο τάξεις ἔχουν ἄξονα συνθέτου συμμετρίας Λ^2_4 .

Σφηνοεδρική ἀνθιμεδρία ($\Lambda^2_4 2L^2 P'$). Ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν ὀλοεδρίαν ἡ τάξις αὕτη στερεῖται τοῦ Π τῶν $2P$ καὶ τῶν $2L^2$, ἐπομένως παραμένουν ἀμετάβλητα τὸ πινακοειδές, τὰ πρίσματα Iou , Iiou εἰδους καὶ διτετραγωνικὸν καὶ ἡ ἀμφιπυραμὶς Iiou εἰδους ($h0l$). Τὰ λοιπὰ σχήματα ἀναπτύσσονται ἡμιεδρικῶς. Ἡ ἔδρα (111) δίδει μὲ τὸν Λ^2_4 τέσσαρας ἐν ὧν ἔδρας, δύο εἰς τὸ ἄνω καὶ δύο εἰς τὸ κάτω ἡμισφαίριον (σχ. 167). Τὸ ἀντίστοιχον πολύεδρον εἶναι τὸ τετραγωνικόν σφηνόεδρον (σχ. 168). Ὁ πόλος (hkl) ἐπα-



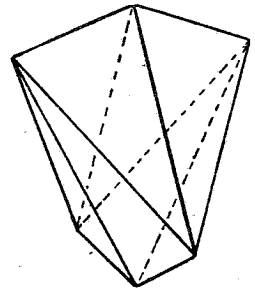
○, ⊙ = (111)
●, ○ = (hkl)

Σχ. 167



Σχ. 168

Τετραγωνικόν σφηνόεδρον



Σχ. 169

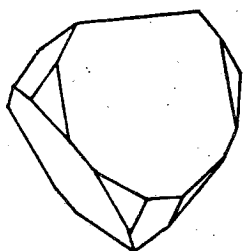
Τετραγωνικόν σκαληνόεδρον

ναλαμβανόμενος ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου P' δίδει ζευγὸς ἐδρῶν ἐκατέρωθεν τῆς ἔδρας τοῦ σφηνοέδρου. Τὸ προκύπτον σχῆμα εἶναι τὸ τετραγωνικόν σκαληνόεδρον (σχ. 169). Ἀμφότερα ἐπιδέχονται δύο προσανατολισμούς ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας, + καὶ -. Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦται ὁ κυανιοῦχος ὑδράργυρος $(\text{Hg}(\text{CN})_2)$ (σχ. 171), ἐκ τῶν ὀρυκτῶν ὁ χαλκοπυρίτης (CuFeS_2) (σχ. 170). Εἰς τὸν χαλκοπυρίτην ἡ σχέσις πρᾶγματων εἶναι $a:c = 1:0,9846$, ἥτοι ὁ c ἐλάχιστα διαφέρει κατὰ μέγεθος τοῦ a , δι' ὃ καὶ τὸ τετραγωνικόν σφηνόεδρον ὁμοιάζει πολὺ πρὸς τὸ τετράεδρον τῆς ἀνθιμεδρίας τοῦ κυβικοῦ συστήματος. Κρύσταλλοι ὅπως οἱ τοῦ χαλκοπυρίτου, οἱ ὅποιοι ὡς ἐκ τῆς τιμῆς τῶν κρυσταλλομετρικῶν σταθερῶν αὐτῶν φαίνονται ἔχοντες συμμετρίαν διάφορον τῆς πραγματικῆς συμμετρίας, καλοῦνται ψευδοσυμμετρικοὶ καὶ ἡ περίπτωσις, ψευδοσυμμετρία.

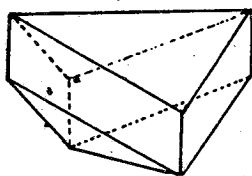
ΠΙΝΑΞ
ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

	'Ολοσθένεια	'Ολαξονική ήμισθενία	Παρηγεσθένεια	'Ανθρήγεσθένεια	Τετραπρωσθένεια	Σφηνωσθένειή αθνήγεσθένεια	Σφηνωσθένειή τετραπρωσθένεια
Συμμεσθένεια	A ⁺ 2L ^s 2L ^r II 2P 2P' C	A ⁺ 2L ^s 2L ^r 2	A ⁺ ΠC	A ⁺ πολ. 2P 2P'	A ⁺ πολ.	A ² , 2L ^s 2P'	A ² ,
Δείκται	D ⁺ h 4/mm	D ⁺ 42	G ⁺ h 4/m	C ⁺ v 4mm	C ⁺ 4	D ⁺ , d 42m	S ⁺ 4
(001)	Πλωκοσείδες	.	.	Πεδίον άνω, κάτω	.	Πλωκοσείδες	.
(110)	Tερρ. πρίστ. I ε.	.	.	.	.	.	Tερρ. πρίστια III ενδούς
(100)	Tερρ. πρίστ. II ε.	.	.	Διτερρ. πρίστια	.	Διτερρ. πρίστια	.
(hk0)	Διτερρ. πρίστια	.	.	.	.	.	.
(hhj)	Tερρ. άμφο- πορίλου ενδούς	.	.	Tερρ. πυραμίδ. λου άνω, κάτω	.	+ Σφηνώσθερον -	Tερρ. πρίστια III ενδ.
(h0l)	Tερρ. άμφο- πρίστ. II ενδούς	.	.	Άγων. πυραμίδ. II άνω, κάτω	.	Άγων. άμφ. II ενδ.	Σφηνώσθερον II ενδ. + -
(101)	Άγρων. άμφο- πρίστ. II ενδούς	.	.	Διτερρ. πύρα- μίδ άνω, κάτω	.	Άγρων. σκαλη- νόσθερον + -	Σφηνώσθερον III + - d, l
(hkl)	Διτερρ. άμφο- πυραμίδ	Άγρων. τραπεζέ- δρον d, l	Άγρων. άμφο- πρίστ. II ενδούς d, l	.	Άγρων. πρι- στ. III ενδ. d, l άνω, κάτω	.	.

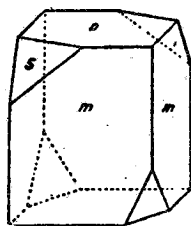
Σφηνοεδρική τεταρτοεδρία (Λ^2_4). Με την συμμετρίαν τῆς τάξεως αὐτῆς οἱ ἐπὶ τῆς περιφερείας πόλοι δίδουν τέσσαρας ἐν συνόλῳ ὁμοίους των, ἀντιστοιχοῦντας εἰς τετραγωνικά πρίσματα I, II ἢ III εἵδους. Τὸ πινακοειδὲς διατηρεῖ τὸ ζεύγος ἐδρῶν του, οἱ πόλοι ἐντὸς τοῦ κύκλου (ἐκτὸς τοῦ κέντρου αὐτοῦ) δίδουν διὰ τοῦ Λ^2_4 τέσσαρας ἐν συνόλῳ πόλους, δύο εἰς τὸ ἄνω καὶ δύο εἰς τὸ κάτω ἡμισφαίριον ἀντιστοιχοῦντας εἰς σφηνόεδρα Iου, IIου ἢ IIIου εἵδους. Ἡ συμμετρία τῆς τάξεως αὐτῆς μόνον παρουσιάζει τοῦ σφηνοέδρου IIIου εἵδους δύναται νὰ ἀναγνωρισθῇ γεωμετρικῶς (σχ. 172). Ἡ συμμετρία



Σχ. 170
Χαλκοπυρίτης



Σχ. 171
 $\text{Hg}(\text{CN})_2$



Σχ. 172
 $m = (100) \quad s = (hkl)$
Τετραγων. σφηνόεδ. III εἵδους

αὕτῃ ἐβεβαιώθη εἰς τὰ BaSO_4 , BPO_4 , BeSO_4 καὶ εἰς τὸ ὀρυκτον κανίτην (Cahnite) $\text{Ca}_2\text{B}(\text{OH})_4\text{AsO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

33. Ρομβικόν σύστημα. Χαρακτηρίζεται ἀπὸ τρεῖς κρυσταλλογραφικούς ἄξονας ἀνίσους καὶ καθέτους ἐπ' ἀλλήλους. Αἱ προσδιορίζεται κρυσταλλογραφικὰ σταθεραὶ ἐνταῦθα εἶναι $a:b:c$ ἥτοι δύο, τοῦ b λαμβανομένου ἴσου πρὸς 1. Ἐκ τῶν δύο ὀριζοντίων ἁξόνων a καὶ b ὡς a ἐκλέγεται ὁ βραχύτερος. Τὸ σύστημα τοῦτο περιλαμβάνει τρεῖς κρυσταλλικὰς τάξεις:

Ὀλοεδρία

$L^2 L'^2 L''^2 P P' P'' C$

Ὀλαξονικήν ἡμιεδρία

$L^2 L'^2 L''^2$

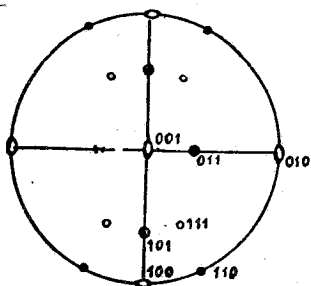
Ἀνθημιεδρία

L^2 πὸλ. $P' P''$

Ὀλοεδρία ($L^2 L'^2 L''^2 P P' P'' C$). Ἐὰν ληφθοῦν οἱ πόλοι τῶν τριῶν ἁξόνων L^2 ὡς κορυφαὶ σφαιρικῶν τριγώνων, ἡ σφαῖρα χωρίζεται εἰς 8 ἴσα σφαιρικά τρίγωνα (σχ. 173). Πόλοι εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ σφαιρικοῦ τριγώνου παρέχουν ζεύγος ἐδρῶν παραλλήλων, τῶν πινακοειδῶν. Τὸ (100) καλεῖται Iου ἢ πρόσθιον πινακοειδές, τὸ (010) 2ου ἢ πλάγιον, τὸ (001) 3ου ἢ βασικόν πινακοειδές (σχ. 174).

Πόλοι ἐπὶ τῶν πλευρῶν τοῦ τριγώνου δίδουν τέσσαρας ἑδρας παραλλήλους πρὸς ἓνα τῶν ἁξόνων. Τὰ σχήματα αὐτὰ καλοῦνται πρίσματα Iου εἵδους τὰ ἔχοντα ἑδρας παραλλήλους πρὸς τὸν ἁξονα τῶν a (0kl), IIου εἵδους τὰ ἔχοντα ἑδρας παραλλήλους πρὸς τὸν ἁξονα b (h0l), IIIου εἵδους ἐκεῖνα τῶν

οποίων αἱ ἔδραι εἶναι παράλληλοι πρὸς τὸν ἄξονα c ($hk0$). Πόλος ἐντὸς τοῦ σφαιρικοῦ τριγώνου μὲ δείκτας (hkl) δίδει 8 ἔδρας, τέσσαρας ἄνω καὶ τέσσαρας κάτω. Τὸ προκύπτον πολύεδρον εἶναι ἡ ρομβικὴ ἀμφιπυραμῖς.



Σχ. 173

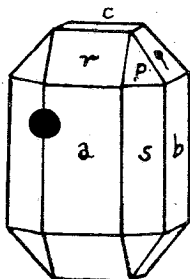
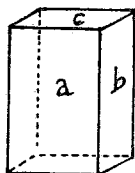
Σχ. 173. Προβολὴ ὀλοεδρίας ρομβικοῦ.

Σχ. 174

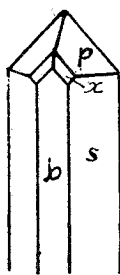
Σχ. 174. $a=(100)$, $b=(010)$, $c=(001)$.

Σχ. 175. Ὀλιβίνης, $a=(100)$, $b=(010)$, $c=(001)$, $s=(110)$, $p=(111)$, $q=(011)$

Σχ. 176. Ἀντιμονίτης, $b=(010)$, $s=(110)$, $p=(111)$, $x=(121)$.

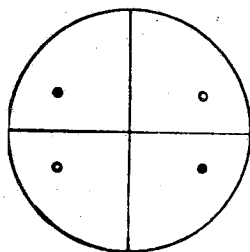


Σχ. 175



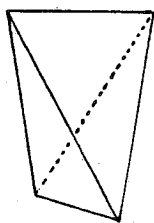
Σχ. 176

Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦνται πλεῖστα σώματα, τὸ αὐτοφυές θεῖον, ὁ ἀραγωνίτης (CaCO_3), ὁ κερουσίτης (PbCO_3), ὁ ἀγγλεσίτης (PbSO_4), ὁ ἀνυδρίτης (CaSO_4), ὁ βαρύτης (BaSO_4), τὸ τοπάζιον ($\text{Al}_2\text{F}_2(\text{SiO}_4)$), ὁ ἀντιμονίτης (Sb_2S_3), ὁ μαρκασίτης (FeS_2), ὁ ὀλιβίνης ($\text{Mg,Fe}_2\text{SiO}_4$ κ.ἄ.



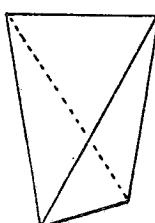
Σχ. 177

Σφηνόεδρον d



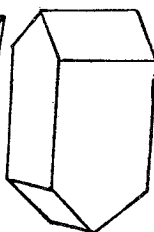
Σχ. 178

Σφηνόεδρον d



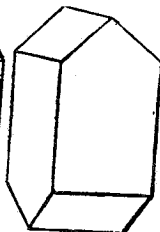
Σχ. 179

Σφηνόεδρον l



Σχ. 180

Ἐψωμίτης d



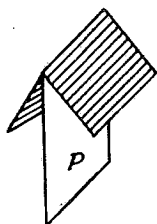
Σχ. 181

Ἐψωμίτης l

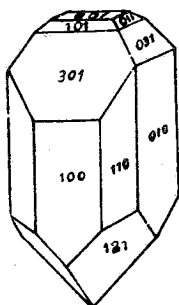
Ὀλαξονικὴ ἡμιεδρία ($L^2 L'^2 L''^2$). Ἐκ τῶν σχημάτων τῆς ὀλοεδρίας ἀναπτύσσεται ἡμιεδρικῶς μόνη ἡ ρομβικὴ πυραμῖς (hkl), ἥτις ἀναλύεται εἰς δύο ἐναντιόμορφα ρομβικὰ σφηνόεδρα d καὶ l (σχ. 178, 179). Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦται ὁ ἔψωμίτης ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) εἰς κρυστάλλους ἐναντιόμορφους (σχ. 180, 181), στρέφοντας τὸ ἐπίπεδον πολώσεως εὐθυγράμμως

πεπολωμένον φωτός, ὁ γοσλαρίτης ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) τὸ χρωμικὸν μαγνήσιον ($\text{MgCrO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), σώματα ἐπίσης ὀπτικῶς ἐνεργά.

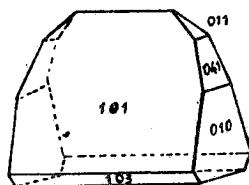
Ἀνθιμιεδρία (L^2 πολ. P' P''). Λαμβανομένου τοῦ L^2 πολ. ὡς c παραμένουν ἀμετάβλητα ἐκ τῶν σχημάτων τῆς ὀλοεδρίας τὸ πρόσθιον καὶ πλάγιον πινακοειδές καὶ τὸ πρίσμα III ου εἵδους. Τὸ βασικὸν πινακοειδές μεταβάλλεται εἰς βασικὸν πεδίων ἄνω ἢ κάτω τὰ πρίσματα I ου καὶ II ου εἵδους εἰς δόματα I ου καὶ II ου εἵδους ἄνω ἢ κάτω. Ὡς δόμα χαρακτηρίζεται ζευγὸς ἑδρῶν



Σχ. 182
Δόμα



Σχ. 183
Ἡμιμορφίτης



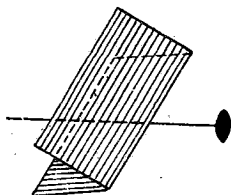
Σχ. 184
Στρουβίτης

παραγόμενον διὰ κατοπτρισμοῦ τῆς ἐτέρας αὐτῶν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου συμμετρίας των (σχ. 182). Ἡ ρομβικὴ ἀμφιπυραμὶς ἀναπτύσσεται ὡς ρομβικὴ πυραμὶς ἄνω ἢ κάτω.

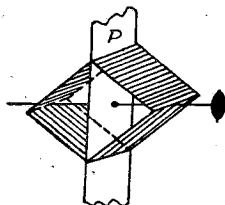
Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦται ὁ ἡμιμορφίτης ($\text{Zn}_4(\text{OH})_2(\text{Si}_2\text{O}_7) \cdot \text{H}_2\text{O}$) (σχ. 183) καὶ ὁ στρουβίτης ($\text{NH}_4\text{Mg}(\text{PO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (σχ. 184).

34. Μονοκλινές σύστημα. Αἱ τάξεις αἱ περιλαμβανόμεναι εἰς τὰ ἐπόμενα συστήματα, μονοκλινές καὶ τρικλινές ἔχουν στοιχεῖα συμμετρίας πολὺ περιορισμένα εἰς ἀριθμὸν, δι' ὃ καὶ τὰ σχήματα, τὰ ὁποῖα προκύπτουν δι' ἐπαναλήψεως μιᾶς ἑδρας ὑπὸ τῶν στοιχείων αὐτῶν συμμετρίας, ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν ἀριθμὸν ἑδρῶν μὴ υπερβαίνοντα τὰς 4. Εἰς τὰ σχήματα αὐτὰ δίδεται ἐνιαία ὀνομασία δι' ὅλας τὰς τάξεις στηριζομένη εἰς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας, ἐκ τῶν ὁποίων παρήχθησαν. Οἱ ὅροι τῶν ὁποίων γίνεται χρῆσις εἶναι: πεδίων, πινακοειδές, δόμα, σφηνοειδές καὶ πρίσμα. Τοὺς τρεῖς πρώτους ὅρους συνηγάσαμεν ἤδη εἰς τὰ προηγούμενα συστήματα. Πεδίον εἶναι μία ἑδρα μόνη, τὴν ὁποίαν οὐδὲν στοιχεῖον συμμετρίας ἐπανάλαβε. Πινακοειδές εἶναι ζευγὸς ἑδρῶν παραλλήλων. Τὸ δόμα εἶναι διέδρον, τοῦ ὁποίου ἡ μία ἑδρα προκύπτει ἐκ τῆς ἄλλης διὰ κατοπτρισμοῦ ὡς πρὸς ἐπίπεδον συμμετρίας (σχ. 182). Τὸ σφηνοειδές εἶναι διέδρον προκύπτον δι' ἐπαναλήψεως ἀπὸ ἄξενα L^2 ἑδρας, ἥτις σχηματίζει πρὸς αὐτὸν γωνίαν διάφορον τῆς ὀρθῆς (σχ. 185). Τέλος τὸ πρίσμα προκύπτει ἀπὸ ἑδραν δι' ἐπαναλήψεως αὐτῆς ὑπὸ L^2 καὶ

καθέτου ἐπ' αὐτὸν ἐπιπέδου (σχ. 186), δηλ. ἀποτελεῖ συνδυασμὸν δόματος μὲ σφρηνοειδές. Εἶναι ἀνοικτὸν σχῆμα ἐκ τεσσάρων ἑδρῶν, αἱ ὁποῖαι ἀνήκουν



Σχ. 185
Σφρηνοειδές



Σχ. 186
Πρίσμα

εἰς μίαν ζώνην. Τὰ ἀνωτέρω σχήματα χαρακτηρίζονται ἐπιπροσθέτως ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας. Ἐκ τῶν πινακοειδῶν τὸ τέμνον μόνον τὸν ἄξονα a (100) καλεῖται *πρόσθιον* ἢ *Ιον*, τὸ τέμνον μόνον τὸν b (010) *πλάγιον* ἢ *2ον*, τὸ τέμνον τὸν ἄξονα c (001) *βασικόν* ἢ *3ον*. Σχήματα τῶν ὁποίων αἱ ἑδραι βαίνουν παράλληλως πρὸς ἓνα μόνον ἄξονα καὶ τέμνουν τοὺς ἄλλους δύο ὀνομάζονται *Ιου* εἶδους (0kl) ἐὰν εἶναι παράλληλοι πρὸς τὸν a , *ΙΙου* εἶδους (h0l) ἐὰν εἶναι παράλληλοι πρὸς τὸν b , *ΙΙΙου* εἶδους (hk0) ἐὰν εἶναι παράλληλοι πρὸς τὸν c . Σχήματα ὧν αἱ ἑδραι τέμνουν καὶ τοὺς τρεῖς ἄξονας καλοῦνται *ΙVου* εἶδους.

Τὸ μονοκλινές σύστημα χαρακτηρίζουν τρεῖς ἄξονες ἄνιστοι, ἐξ ὧν ὁ b κάθετος ἐπὶ τοὺς a καὶ c , οἵτινες σχηματίζουν γωνίαν β διάφορον τῆς ὀρθῆς. Κατὰ τὸν προσανατολισμὸν τοῦ κρυστάλλου στρέφεται πρὸς τὸν παρατηρητὴν ἡ ἀμβλεία γωνία τῶν ἄξόνων a καὶ c .

Προσδιορίζεται κρυσταλλογραφικαὶ σταθεραὶ εἰς τὰ σώματα τὰ κρυσταλλούμενα εἰς τὸ σύστημα τοῦτο εἶναι ἐκτὸς τῆς σχέσεως $a:b:c$ καὶ ἡ γωνία β . Περιλαμβάνει τὰς ἐξῆς τρεῖς τάξεις:

Ὁλοεδρία L^2 P C

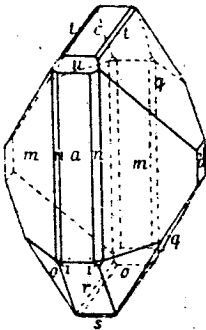
Ὁλαξονικήν ἡμιεδρία L^2 πολ.

Ἀρθημιεδρία P

Ὡς πρὸς τὴν ἐκλογὴν τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων ὁ ἄξων συμμετρίας (L^2) λαμβάνεται ὡς ἄξων b , οἱ ἄλλοι δύο ἄξονες λαμβάνονται ἐπὶ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὸν L^2 καὶ παράλληλοι πρὸς ἄξονας ζωνῶν τοῦ κρυστάλλου (πρὸς ἀκμὰς αὐτοῦ).

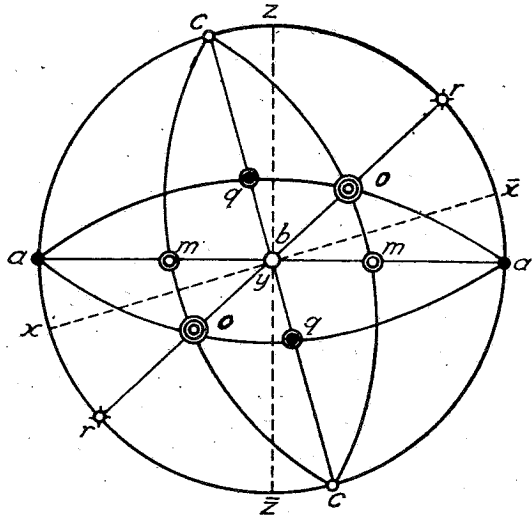
Ὡς ἐπίπεδον στερεογραφικῆς προβολῆς τῆς ὀλοεδρίας προτιμᾶται καὶ ἐνταῦθα τὸ ἐπίπεδον συμμετρίας (010). Ἡ ἑδρα (010) προβάλλεται εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου προβολῆς ταυτιζομένη πρὸς τὸν πόλον y τοῦ ἄξονος b . Οἱ δύο ἄλλοι ἄξονες a καὶ c κεῖνται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου προβολῆς καὶ ἔστωσαν x, \bar{x}, z, \bar{z} , οἱ πόλοι αὐτῶν κατὰ τὴν περιφέρειαν τοῦ κύκλου (σχ. 188). Ἡ θέ-

σις αὐτῶν ὀρίζεται ἐκ τῆς θέσεως τῶν πόλων (100) καὶ (001), οἷτινες κεῖνται ἐπὶ τῆς περιφέρειας. Ὁ πόλος x ἀπέχει 90° ἀπὸ τοῦ πόλου (001), ὁ πόλος z 90° ἀπὸ τοῦ πόλου (100).



Σχ. 187

Θεϊκὴ ὑδροξυλαμίνη



Σχ. 188

Στερεογραφικὴ προβολὴ ἐπὶ (010)

$$\begin{aligned} a:c &= (100):(001) = 72^\circ 54', & a:m &= (100):(110) = 46^\circ 2', & c:q &= (001):(011) = 55^\circ 40', \\ r:a &= (101):(100) = 43^\circ 16', & o:a &= (111):(100) = 53^\circ 26', & o:m &= (111):(110) = 30^\circ 12', \\ a:b &= (100):(010) = 90^\circ, & b:c &= (010):(001) = 90^\circ \end{aligned}$$

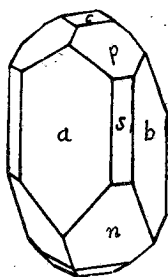
Τὸ σχῆμα 187 παριστᾷ προβολὴν παράλληλον μονοκλινοῦς κρυστάλλου, τὸ σχ. 188 στερεογραφικὴν προβολὴν αὐτοῦ ἐκτελεσθεῖσαν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν τιμῶν τῶν διέδρων γωνιῶν τῶν παρεχομένων εἰς τὸν παρατιθέμενον πίνακα. Τὰ σχήματα $a = (100)$, $b = (010)$, $c = (001)$ καὶ $r = (101)$ ἀποτελούμενα ἀπὸ ζεύγη ἐδρῶν παραλλήλων εἶναι πινακοειδῆ, τὸ πρόσθιον, πλάγιον, βασικὸν καὶ τὸ πινακοειδὲς Που εἶδους.

Τὰ λοιπὰ σχήματα $m = (110)$, $q = (011)$, καὶ $o = (111)$ μὲ τέσσαρας ἑδρας (δύο εἰς τὸ ἄνω ἡμισφαίριον καὶ δύο συμμετρικὰς εἰς τὸ κάτω) εἶναι πρίσματα ΙΙου εἶδους, Ιου εἶδους καὶ ΙVου εἶδους.

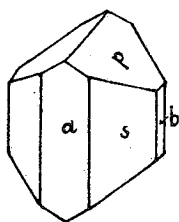
Ὁ ὑπολογισμὸς τῶν σχέσεων παραμέτρων καὶ τῶν δεικτῶν γίνεται δι' ὑπολογισμοῦ τῶν τόξων Π x , Π y , Π z κατόπιν ἐπιλύσεως σφαιρικῶν τριγώνων ἐχόντων ὡς πλευρὰς τὰ τόξα ταῦτα καὶ ἐπαρκῆ στοιχεῖα γνωστά, ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ ἐπίλυσις.

Εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν κρυσταλλοῦνται πλεῖστα σώματα, ἐκ τῶν συνηθε-

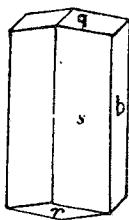
στέρων ὀρυκτῶν τὸ σανίδινον (KAlSi_3O_8), ὁ διοψίδιος ($\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$) καὶ πολλὰ ἄλλα μέλη τῆς σειρᾶς τῶν πυροξένων ὡς ὁ αὐγίτης, ὁ ἀκτινόλιθος ($\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH}_2)(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$) καὶ ἄλλα μέλη τῆς σειρᾶς τῶν ἀμφιβόλων (κεροσιτίβη κ.λ.π.) ἡ γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ἡ σανδαράχη (AsS) κ.ἄ.



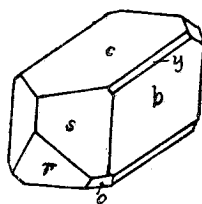
Σχ. 189



Σχ. 190



Σχ. 191



Σχ. 192

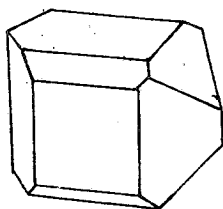
Σχ. 189. Διοψίδιος. $a=(100)$, $b=(010)$, $c=(001)$, $s=(110)$, $p=(111)$.

Σχ. 190. Αὐγίτης. $a=(100)$, $b=(010)$, $s=(110)$, $p=(\bar{1}11)$.

Σχ. 191. Κεροσιτίβη, $b=(010)$, $q=(011)$, $s=(110)$, $r=(101)$.

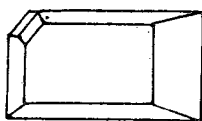
Σχ. 192. Ὁρθόκλαστον, $b=(010)$, $c=(001)$, $s=(110)$, $y=(021)$, $r=(20\bar{1})$, $o=(1\bar{1}1)$.

Ῥολαξονική ἡμιεδρία (L^2 πολ.). Ἐκ τῶν σχημάτων τῆς ὀλοεδρίας παραμένουν ἀμετάβλητα τὸ πρόσθιον πινακοειδὲς (100), τὸ βασικὸν πινακοειδὲς (001) καὶ τὸ πινκοειδὲς Που εἶδους (h0l). Τὸ πλάγιον πινακοειδὲς μετατρέπεται εἰς πεδίων+ = (010) καὶ - = (010). Τὰ λοιπὰ σχήματα ἐμφανί-



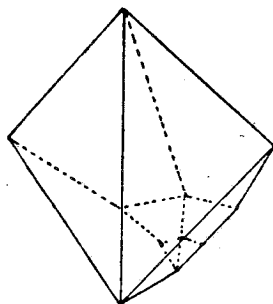
Σχ. 193

Δεξιόστροφον τρυγικὸν ὀξὺ



Σχ. 194

Καλαμοσάκχαρον



Σχ. 195

$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

ζονται ὡς σφηνοειδῆ (0kl) = Ιου εἶδους, (hk0) = ΙΙΙου εἶδους καὶ (hkl) = ΙV εἶδους.

Τὰ σχήματα τῆς τάξεως ταύτης εἶναι ἐναντιόμορφα. Ἐκ τῶν ἀνοργάνων ἐνώσεων κρυσταλλοῦνται κατ' αὐτὴν τὸ $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ὁργανικαὶ ἐνώσεις μὲ τὴν συμμετρίαν αὐτὴν εἶναι συνήθεις π.χ. τὸ τρυγικὸν ὀξὺ (σχ. 193), τὸ κα-

λαμοσάκχαρον (σχ. 194), δεικνύοντα και στροφικήν ικανότητα εν στερεᾷ καταστάσει.

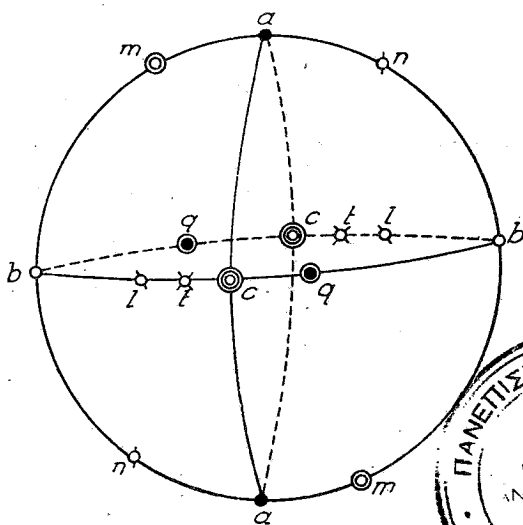
Ἀνθμιεδρία (P). Τὰ σχήματα (100), (001) καὶ (h0l) περιορίζονται εἰς πεδία (+ ἢ -). Τὰ λοιπὰ σχήματα ἀποτελοῦν δόματα πλὴν τοῦ (010), τὸ ὁποῖον παραμένει πινακοειδές. Συμμετρία συχνὴ εἰς ὀργανικάς ἐνώσεις, σπανία εἰς ἀνοργάνους. Παράδειγμα ὁ τρις ἔνυδρος θεικὸς χαλκὸς ($\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) (σχ. 195). Ἐκ τῶν ὀρυκτῶν ὁ κλινοεδρίτης ($\text{Ca}_2\text{Zn}_2(\text{OH})_2(\text{Si}_2\text{O}_7) \cdot \text{H}_2\text{O}$ κ.ἄ.

35. Τρικλινές σύστημα. Χαρακτηρίζεται ἀπὸ τρεῖς ἄξονας ἀνίσους τεμνομένους ὑπὸ γωνίαν διάφορον τῆς ὀρθῆς. Σωμάτων κρυσταλλουμένων κατὰ τὸ σύστημα τοῦτο αἱ προσδιοριστεῖαι κρυσταλλογραφικαὶ σταθεραὶ εἶναι πέντε, αἱ σχέσεις παραμέτρων $a:b:c$ καὶ αἱ τρεῖς γωνίαι α, β, γ τῶν τριῶν κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων. Καὶ ἐνταῦθα, ὡς καὶ εἰς τὸ μονοκλινές, λαμβάνεται ὡς γωνία β τῶν ἄξόνων $+x$ καὶ $-z$ ἢ ἀμβλεία γωνία.



Σχ. 196

Διχρωμικὸν κάλι



Σχ. 197

Προβολὴ ἐπὶ ἐπιπέδον καθέτον ἐπὶ (001)

Περιλαμβάνει δύο κρυσταλλικάς τάξεις:

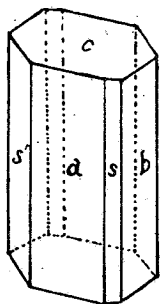
Ὀλοεδρία C

Ἡμιεδρία (ἄνευ οὐδενὸς στοιχείου συμμετρίας).

Οἱ κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες ἐκλέγονται παράλληλοι πρὸς τὰς ἀκμὰς τῶν μᾶλλον ἀνεπτυγμένων ζωνῶν. Ἐλλείψει ἐπιπέδου συμμετρίας ἐκλέγεται εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ὡς ἐπίπεδον στερεογραφικῆς προβολῆς τὸ κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα $c = [001]$. Οὕτως αἱ ἔδραι (100), (010), καὶ (hk0) προβάλλονται ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ κύκλου. Οἱ πόλοι x, y τῶν ἄξόνων a, b εὐρίσκονται



εἰς τὴν συνάντησιν τῶν μεγίστων κύκλων, τῶν ὁποίων πόλοι εἶναι οἱ (100), (010) καὶ (001). Τὸ σχ. 196 παριστᾷ τρικλινῇ κρύσταλλον διχρωμικοῦ καλίου καὶ τὸ σχ. 197 στερεογραφικὴν αὐτοῦ προβολὴν ὡς ὑπόδειγμα.

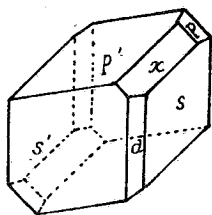


Σχ. 198

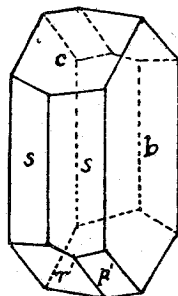
Σχ. 198. Δισθενής. $a=(100)$, $b=(010)$, $c=(001)$, $s=(110)$.

Σχ. 199. Ἀξινίτης. $a=(100)$, $s=(110)$, $p=(111)$, $x=(201)$.

Σχ. 200. Ἀλβίτης. $b=(010)$, $c=(001)$, $r'=(10\bar{1})$, $s=(110)$, $p'=(11\bar{1})$.

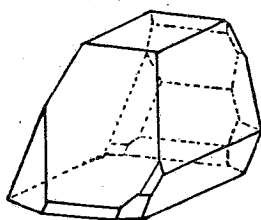


Σχ. 199



Σχ. 200

Ὀλοεδρία (C). Ὅλα τὰ σχήματα εἰς τὴν τάξιν αὐτὴν ἀποτελοῦνται ἀπὸ ζεύγος παραλλήλων, ἑδρῶν, ἥτοι εἶναι πινακοειδῆ. Ἡ συμμετρία αὕτη ἀπαντᾷται συχνά. Παράδειγμα ἐκ τῶν ὀρυκτῶν ὁ ἀλβίτης ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), (σχ. 200)



Σχ. 201

Θειοθεικὸν ἀσβέστιον

ὁ ἀνορθίτης ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), ὁ δισθενής (AlAlOSiO_4), (σχ. 198) ὁ ἀξινίτης ($\text{Ca}_2(\text{Fe,Mn})\text{AlAl}(\text{OH})\text{BO}_3\text{Si}_{14}\text{O}_{12}$) σχ. 199 ἐκ τῶν ἀνοργάνων ἐνώσεων ὁ πενταῦδρίτης τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ἀπαντῶν σπανίως καὶ ὡς ὀρυκτὸν μὲ τὸ ὄνομα χαλκανθίτης.

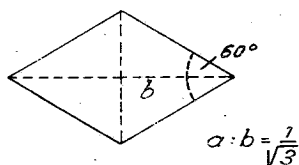
Ἡμιεδρία. Ἐν ἐλλείψει παντὸς στοιχείου συμμετρίας πᾶσα ἑδρά ἐμφανίζεται μεμονωμένη ὡς πεδίον. Παράλληλοι ἑδραι παρουσιάζουν διάφορα διχρωσιγενῆ σχήματα. Τὰ κρυσταλλικὰ σχήματα τῆς τάξεως αὐτῆς εἶναι δυνατὰ εἰς δύο μορφὰς ἐναντιομόρφους. Ἡ ὑπαρξίς στροφικῆς ἐκανότητος καὶ ἡλεκτρικῆς πολικότητος εἶναι δυνατή.

Π Ι Ν Α Κ Ϊ
Συστήματα Ρομβικών - Μονοκλινές, Τρικλινές

	Ρομβικών			Μονοκλινές			Τρικλινές	
	'Ολοδρία L'L'L'PP'P" C	'Ολαξονική ήμειδ. L'L' L'' ₂	'Ανθιμείδρια L' πολ. P' P''	'Ολοδρία L'PC	'Ολαξ. ήμειδ. L' πολ.	'Ανθιμείδρια P	'Ολοδρία C	'Ημειδρία
	D ₂ h mmm	D ₂ 222	C _{2v} mm	C _{2h} 2/m	C _s 2	Cs m	Ci 1	C _i 1
(100)	Πινακιοειδές 1ον πρόσθιον	.....	.....	.....	.....	1ον πεδίων +	1ον Π	.....
(010)	Πινακιοειδές 2ον πλάγιον	.....	.....	.....	.....	2ον πινακιοει- δές πλάγιον	2ον I	.....
(001)	Πινακιοειδές 3ον βασικόν	.....	.....	.....	.....	3ον πε- δίων +	3ον A	.....
(0k1)	Πρίσμα Ιου είδους	.....	.....	.....	.....	δόμα Ιου είδους	Ιου είδους O	.....
(h01)	Πρίσμα ΙΙου είδους	.....	.....	.....	.....	πρίσμα Ιου είδους	Που είδ. E	.....
(hk0)	Πρίσμα ΙΙΙου είδους	.....	.....	.....	.....	πρίσμα ΙΙου είδους	Που είδ. H	.....
(hkl)	Ρομβική άμφιπυ- ραιμής	Σφηνόεδρον	Ρομ. πυρ. ένω ή κάτ.	πρίσμα IV είδους	.....	δόμα IVου είδους	IVου είδους	.....

Παραδείγματα σωμάτων κρυσταλλουμένων εις τὴν τάξιν αὐτὴν εἶναι τὸ θειοθεικὸν ἀσβέστιον ($\text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), (σχ. 201) τὸ σιδηροκυανιοῦχον ρουβίδιον ($\text{Rb}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) καὶ τινες ὀργανικαὶ ἐνώσεις.

36. Ψευδοσυμμετρία. Ὡς εἶδομεν ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῶν ἑπτὰ κρυσταλλικῶν συστημάτων συνίσταται εἰς τὸ διάφορον σχετικὸν μέγεθος τῶν ἀξόνων (σχέσις παραμέτρων $a:b:c$) καὶ τῶν γωνιῶν α, β, γ , τὰς ὁποίας σχηματίζουν οἱ ἄξονες οὗτοι. Εἰς τὰ συστήματα ρομβικόν, μονοκλινές καὶ τρικλινές οἱ τρεῖς κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες εἶναι ἄνισοι ($a \neq b \neq c$), διαφορὰ μεταξὺ τῶν συστημάτων ὑπάρχει μόνον ὡς πρὸς τὰς τιμὰς τῶν γωνιῶν. Εἰς τὸ ρομβικόν $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, εἰς τὸ μονοκλινές $\beta \neq 90^\circ$, $\alpha = \gamma = 90^\circ$, εἰς τὸ τρικλινές $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$. Ἐὰν σῶματος κρυσταλλουμένου εἰς τὸ μονοκλινές ἡ γωνία β προσεγγίζει τὰς 90° , ὁ κρύσταλλος θὰ φαίνεται ὡς ἀνήκων εἰς τὸ ρομβικόν σύστημα. Ἡ περίπτωσις αὕτη καλεῖται *ψευδοσυμμετρία* καὶ ὁ κρύσταλλος χαρακτηρίζεται ὡς *ψευδορρομβικός*. Ὡς παράδειγμα ψευδορρομβικοῦ κρυστάλλου ἀναφέρομεν τὸν μονοκλινῆ κρύσταλλον τῆς κιτρίνης σανδαράχης (As_2S_3) ($\beta = 90^\circ 41'$). Ρομβικός κρύσταλλος, τοῦ ὁποίου ἡ γωνία τῶν ἐδρῶν τοῦ πρίσματος IIIου εἶδους (110) πλησιάζει τὴν τιμὴν τῶν 60° (σχ. 202) ἐμφανίζει μορφὴν ψευδοεξαγωνικὴν. Εἰς τοιοῦτον κρύσταλλον ἡ σχέσις παραμέτρων



Σχ. 202

$a:b$ πλησιάζει τὴν τιμὴν $1:\sqrt{3} = 0,577$. Ρομβικοὺς ψευδοεξαγωνικοὺς κρυστάλλους παρουσιάζει ὁ τριδυμίτης (SiO_2), εἰς τὸν ὅποιον $a:b:c = 0,578:1:0,953$. Ὁ ἄραμαϊότης ($\text{Ag}(\text{Sb}, \text{Bi})\text{S}_2$) κρυσταλλοῦται εἰς τρικλινεῖς ψευδοκυβικοὺς κρυστάλλους μὲ σχέσιν παραμέτρων $a:b:c = 0,997:1:0,989$ καὶ τιμὰς γωνιῶν $\alpha = 86^\circ 55'$, $\beta = 90^\circ 53'$, $\gamma = 93^\circ 18'$. Ὁ μικροκλινὴς εἰς τρικλινεῖς ψευδομονοκλινεῖς κρυστάλλους μὲ $\alpha = 90^\circ 07'$, $\gamma = 89^\circ 55'$ καὶ $\beta = 115^\circ 50'$. Ἐν γένει κρύσταλλοι συστημάτων μὲ μικροτέραν συμμετρίαν ἐμφανίζονται ὡς ἀνήκοντες ψευδοσυμμετρικῶς εἰς σύστημα ἀνωτέρας συμμετρίας, ἐφ' ὅσον αἱ τιμαὶ τῶν κρυσταλλογραφικῶν αὐτῶν σταθερῶν προσεγγίζουν τὰς χαρακτηριστικὰς διὰ τὸ σύστημα αὐτὸ τιμὰς. Αἱ κατὰ προσέγγισιν γεωμετρικῶς ὁμοίτιμοι κατευθύνσεις ψευδοσυμμετρικῶν κρυστάλλων ἐμφανίζονται καὶ ἀποφυσικῆς καὶ ἀπὸ χημικῆς ἀπόψεως σχεδὸν ὁμοίτιμοι.

37. Κανονικαὶ συμφύσεις κρυστάλλων τοῦ αὐτοῦ σώματος. Αἰδυμία.

Συνήθως κατὰ τὴν μετάβασιν μιᾶς οὐσίας εἰς τὴν κρυσταλλικὴν κατάστασιν δὲν σχηματίζεται εἰς μοναδικὸς κρύσταλλος, ἀλλὰ συσσωμάτωμα πολυαριθμῶν κρυστάλλων τοῦ αὐτοῦ σώματος εἰς ἐπαφὴν πρὸς ἀλλήλους. Οἱ κρύσταλλοι τοῦ συσσωμάτωματος εἴτε ἔχουν τυχοῦσαν θέσιν πρὸς ἀλλήλους εἴτε λαμβάνουν ὀρισμένην διάταξιν ἐν τῇ χώρῃ παρέχουσιν ὀρισμένας μορφὰς συσσωματώσεως ὡς σφαιροειδῆ, ἄκτινωτὴν, βοτρυοειδῆ, ριπιδοειδῆ κ.ἄ. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας δύο ἢ περισσότεροι κρύσταλλοι τοῦ αὐτοῦ σώματος συμφύονται μὲ ὀρισμένην γεωμετρικὴν κανονικότητα ὡς πρὸς τὴν πρὸς ἀλλήλα θέσιν τῶν ὁμοίων κρυσταλλογραφικῶν αὐτῶν στοιχείων. Αἱ περιπτώσεις αὗται περιγράφονται κατωτέρω.

Πολλάκις ἀπαντῶνται κρύσταλλοι τοῦ αὐτοῦ σώματος ἐν συμφύσει κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ὅλα τὰ ὁμοιά αὐτῶν κρυσταλλογραφικὰ στοιχεῖα νὰ εἶναι παράλληλα. Ἡ περίπτωσις αὕτη καλεῖται *παράλληλος σύμφυσις*.

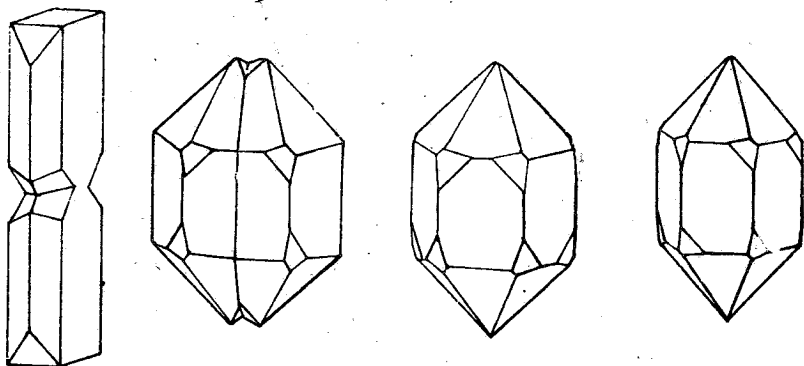
Ἐὰν ὅμως μέρος μόνον τῶν ὁμοίων κρυσταλλογραφικῶν στοιχείων (τοῦλάχιστον δύο ἀνεξάρτητα ἀλλήλων) τῶν δύο ἐν συμφύσει κρυστάλλων εἶναι παράλληλα, ἡ τοιαύτη σύμφυσις ὀνομάζεται *διδυμία* καὶ οἱ κρύσταλλοι *δίδυμοι*. Εἰς τὴν δίδυμον σύμφυσιν ὁ εἰς τῶν κρυστάλλων ἔχει θέσιν πρὸς τὸν ἕτερον εἴτε κατοπτρικὴν ὡς πρὸς ἐπίπεδον, καλούμενον *ἐπίπεδον διδυμίας*, εἴτε παράλληλον πρὸς ἐκείνην, ἣν λαμβάνει ὁ ἕτερος κρύσταλλος στρεφόμενος κατὰ 180° περὶ εὐθεΐαν, ἥτις καλεῖται *ἄξων διδυμίας*. Δίδυμοι ὡς πρὸς ἄξονα καλοῦνται συνήθως *ἡμιτροπικοί*. Εἰς κρυστάλλους ἔχοντας κέντρον συμμετρίας συνυπάρχουν ἀμφότερα τὰ στοιχεῖα ὡς ἐκ τῆς σχέσεως ἀλληλοεξαρτήσεως τῶν τριῶν στοιχείων C, P καὶ L^2 .

Τὸ ἐπίπεδον διδυμίας καὶ ὁ ἄξων διδυμίας ταυτίζονται πρὸς ἕδρας ἢ ἀκμὰς τοῦ κρυστάλλου μὲ τοὺς ἀπλούστερους δείκτας ὑπὸ τοὺς ἐξῆς περιορισμούς: Τὸ ἐπίπεδον διδυμίας δὲν δύναται νὰ ταυτισθῇ πρὸς ἐπίπεδον συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου, διότι, ἂν συνέβαινε τοῦτο, οἱ δύο ἐν συμφύσει κρύσταλλοι θὰ εἶχον ὅλα τὰ κρυσταλλογραφικὰ αὐτῶν στοιχεῖα παράλληλα, θὰ ἐπρόκειτο δηλ. περὶ παραλλήλου συμφύσεως. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν καὶ ὁ ἄξων διδυμίας δὲν δύναται νὰ ταυτισθῇ πρὸς ἄξονα συμμετρίας ἀρτίας τάξεως. Στροφή κατὰ 180° ἀποτελεῖ διεργασίαν συμμετρίας τοῦ ἄξονος ἀρτίας τάξεως ταυτίζουσιν τὸν κρύσταλλον πρὸς ἑαυτόν.

Πρὸς καθορισμὸν τοῦ τύπου διδύμου συμφύσεως παρέχονται οἱ δείκται τοῦ ἐπιπέδου ἢ τοῦ ἄξονος διδυμίας. Οὕτω λέγομεν *δίδυμος κατὰ (001)*, ὅταν τὸ ἐπίπεδον διδυμίας ἔχῃ δείκτας (001), ἢ *δίδυμος κατὰ [010]*, ὅταν ὁ ἄξων διδυμίας ταυτίζεται πρὸς τὸν ἄξονα b. Τὸ σχ. 203 παριστᾷ δίδυμον ἡμιμορφίου κατὰ (001). Εἰς αὐτὸν δύο ἡμιμορφικοὶ κρύσταλλοι τῆς ἀνθιμιεδρίας τοῦ ρομβικοῦ συστήματος συγγενοῦνται εἰς δίδυμον ὡς πρὸς ἐπίπεδον διδυμίας τὸ (001). Ἐὰν λείπουν αἱ ἕδραι τῆς ἡμιμορφικῆς πυραμίδος ἀπὸ τὸν δίδυμον, οὗτος δὲν παρουσιάζει εἰσχωρούσας γωνίας καὶ ὁ κρύσταλλος ἐμφανίζεται

ὡς ὀλοεδρικός. Εἰς τοιοῦτον κρύσταλλον ἡ χαρακτηριστικὴ τῆς ἀνθημιεδρίας ἠλεκτρικὴ πολικότης προφανῶς δὲν ἐκδηλοῦται.

Τὸ σχῆμα 204 παριστᾷ δίδυμον χαλαζίου κατὰ $(11\bar{2}0)$ τὸν καλούμενον δίδυμον τῆς Βραζιλίας». Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς ἀριστεροῦ καὶ ἑνὸς δεξιοῦ κρυστάλλου εἰς θέσιν κατοπτρισμοῦ ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον $(11\bar{2}0)$.



Σχ. 203

Σχ. 204

Σχ. 205

Σχ. 206

Σχ. 203. Δίδυμος ἡμιμορφίτου κατὰ (001) .

Σχ. 204. Δίδυμος χαλαζίου ἐξ ἐπαφῆς κατὰ $(11\bar{2}0)$.

Σχ. 205. Δίδυμος χαλαζίου συμπληρωματικός κατὰ $(11\bar{2}0)$.

Σχ. 206. Δίδυμος χαλαζίου συμπληρωματικός κατὰ $[0001]$.

Εἰς τὰ δύο ὡς ἦν παραδείγματα ἔχομεν διδύμους ἐξ ἐπαφῆς, οἱ δύο κρύσταλλοι παρακείμενοι ἐφάπτονται ἀλλήλων κατ' ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν, τὸ ἐπίπεδον συμφύσεως. Εἰς πολλοὺς ὅμως διδύμους ὁ εἰς κρύσταλλος εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ ἄλλου ἢ διαπερᾷ αὐτόν. Τοιοῦτοι δίδυμοι καλοῦνται διεισδύοντες ἢ συνδιαβλαστάνοντες. Ὁ «δίδυμος τῆς Βραζιλίας» τοῦ χαλαζίου ἐμφανίζεται συνήθως ὡς συνδιαβλαστάνων ὑπὸ μορφὴν ἐνιζίου κρυστάλλου χωρὶς εἰσχωρούσας γωνίας (σχ. 205). Ἐν ἀπουσίᾳ τῶν ἐδρῶν τοῦ τραπεζοέδρου ἡ διδυμία δύνανται νὰ διαγνωσθῇ διὰ διαβρωσιγενῶν σχημάτων, τῶν ὁποίων ὁ προσανατολισμὸς θὰ εἶναι διαφορετικὸς εἰς τὰ ἐναντιόμορφα σχήματα.

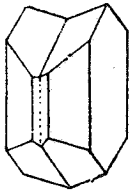
Τὸ σχ. 206 παριστᾷ δίδυμον χαλαζίου κατὰ $[0001]$ τὸν καλούμενον «δίδυμον τοῦ Dauphiné» με διδυμίαν ὡς πρὸς ἄξονα ταυτιζόμενον πρὸς τὸν Λ^3 , Ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἀριστερῶν κρυστάλλων ταυτιζομένων διὰ στροφῆς περὶ τὸν ἄξονα διδυμίας.

Ἐπειδὴ ὁ ἄξων οὗτος συμπίπτει πρὸς Λ^3 , ἀρκεῖ διὰ τὴν συνταύτισιν στροφὴ 60° , αἱ ὑπόλοιποι 120° πρὸς συμπλήρωσιν τῶν 180° ἀποτελοῦν διεργασίαν συμμετρίας τοῦ ἄξονος Λ^3 ταυτίζουσιν τὸν κρύσταλλον πρὸς ἑαυτόν.

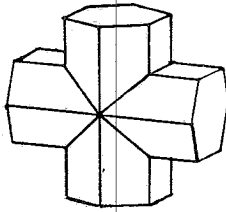
Τὸ σχ. 207 εἰκονίζει δίδυμον ἡμιτροπικὸν αὐγίτου κατὰ (100) . Ἡ εὐθεῖα ἢ κλίθετος ἐπὶ (100) εἶναι ὁ ἄξων διδυμίας. Ὡς ἐκ τῆς παρουσίας κέντρου

συμμετρίας εἰς τὸν αὐγίτην ὑπάρχει εἰς τὸν δίδυμον καὶ ἐπίπεδον διδυμίας καὶ ἕξων διδυμίας κάθετος ἐπ' αὐτό.

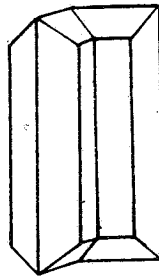
Αἱ γεωμετρικαὶ προτάσεις αἱ ἀναφερόμεναι εἰς τὰς ἀμοιβαίας σχέσεις στοιχείων συμμετρίας (σελ. 35) ἰσχύουν προφανῶς καὶ διὰ τοὺς δίδυμους. Ἐὰν ἐπίπεδον διδυμίας διέρχεται δι' ἄξονας τάξεως n , θὰ ὑπάρχουν n ὅμοια πρὸς αὐτὸ ἐπίπεδα συμμετρίας τοῦ διδύμου. Οὕτως εἰς τὸν δίδυμον τοῦ χαλαζίου τῆς Βραζιλίας (σχ. 205) ὑπάρχουν τρία ὅμοια ἐπίπεδα συμμετρίας τοῦ διδύμου καθ' ὃ διερχόμενα δι' ἄξονος Λ^3 . Εἰς τὸν δίδυμον διεισδύσεως τῆς



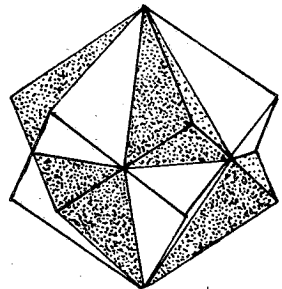
Σχ. 207



Σχ. 208



Σχ. 209



Σχ. 210

Σχ. 207. Δίδυμος ἐπαφῆς ἀγίτου κατὰ (100).

Σχ. 208. Δίδυμος διεισδύσεως σταυρολίθου κατὰ (011).

Σχ. 209. Δίδυμος ἀραγωνίτου κατὰ (110).

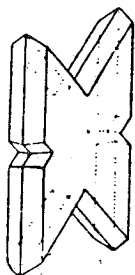
Σχ. 210. Δίδυμος χαρσσίτου κατὰ [0001].

γύψου (σχ. 211) κατὰ (100), τὸ ἐπίπεδον διδυμίας ἐπειδὴ διέρχεται διὰ τοῦ L^2 , παρέχει καὶ ἕτερον ἐπίπεδον διδυμίας κάθετον ἐπὶ τὸ (100). Ἡ ὑπαρξὶς κέντρου συμμετρίας συνεπάγεται καὶ ἄξονας διδυμίας, τοὺς καθέτους ἐπὶ τὰ ἐν λόγῳ ἐπίπεδα. Ἡ περιγραφὴ τοῦ διδύμου τούτου δύναται νὰ γίνη κατὰ διαφόρους τρόπους, ὡς διδύμου κατὰ (100), κατὰ [001] καὶ κατὰ τὰς ἄλλας δύο κατευθύνσεις ἐπιπέδου καὶ ἄξονος. Προτιμᾶται ἡ περιγραφὴ ὡς διδύμου κατὰ (100), ἡ ὁποία εἶναι καὶ ἡ μᾶλλον προφανὴς εἰς τοὺς συνηθέστερον ἀπαντῶντας διδύμους ἐπαφῆς (σχ. 214).

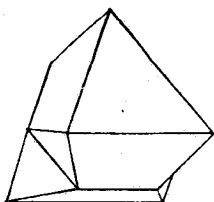
Ἀνάλογοι παρατηρήσεις ἰσχύουν καὶ διὰ τὸν δίδυμον ἐξ ἐπαφῆς τοῦ αἰγίτου τοῦ σχ. 207. Δίδυμοι ὡς οἱ τοῦ χαλαζίου τοῦ σχ. 205 καὶ 206 οἱ ὁποῖοι ἔχουν σχῆμα κυρτῶν πολυέδρων, ὡς ἐὰν ἐπρόκειτο περὶ ἑνὸς κρυστάλλου, καλοῦνται συμπληρωματικοὶ καὶ εἶναι σπανιώτεροι. Συνήθως οἱ δίδυμοι παρουσιάζουν εἰσχωρούσας γωνίας, ἐκ τῶν ὁποίων ἀνευρίσκεται εὐκόλως καὶ τὸ ἐπίπεδον διδυμίας, καθ' ὃ διχοτομοῦν τὴν γωνίαν δύο ἰσοτίμων ἐδρῶν, ἐξ ὧν αὕτη σχηματίζεται.

Οἱ δείκται ἐπιπέδων καὶ ἄξόνων διδυμίας εἶναι λίαν ἀπλοῦ, συνήθως ὄχι διάφοροι τῶν 1 καὶ 0. Ἐπίπεδα διδυμίας μὲ μεγαλύτερους δείκτας ((320) εἰς τὸν σιδηροπυρίτην, (331) εἰς τὸν μαγνητίτην), σπανιώτατα ἐμφανίζονται

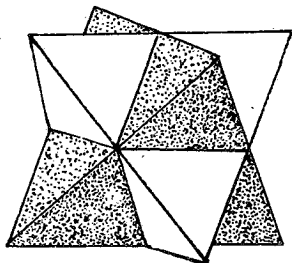
και δέν εἶναι ἀπολύτως βεβαιωμένα. Ἐξ ἄλλου διὰ τὴν χαρακτηρισθῆ κανονικὴ σύμφυσις κρυστάλλων σώματός τινος ὡς διδυμίας, δέν ἀρκεῖ νὰ παρατηρηθῇ



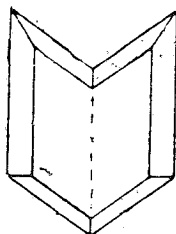
Σχ. 211



Σχ. 212



Σχ. 213



Σχ. 214

Σχ. 211. Αἰδυμος διεισδύσεως γύψου.

Σχ. 212. Αἰδυμος μαγνητίτου κατὰ (111).

Σχ. 213. Αἰδυμος διεισδύσεως ἀδάμαντος κατὰ (100).

Σχ. 214. Αἰδυμος ἐπαφῆς γύψου κατὰ (100).

ἅπαξ μόνον, ἀλλὰ πρέπει νὰ ἀποτελῇ περίπτωσιν πολλάκις παρατηρηθεῖσαν. Ἐκτὸς τῶν ἀξόνων διδυμίας τῶν παραλλήλων πρὸς ἀκμὰς τοῦ κρυστάλλου μὲ δείκτας ἀπλοῦς ὑπάρχει καὶ μία ἄλλη κατηγορία ἀξόνων διδυμίας σπανιώτερον ἀπαντῶσα. Ὁ ἄξων διδυμίας τῆς κατηγορίας αὐτῆς δέν ἔχει δείκτας ἀπλοῦς, ἀλλὰ κεῖται ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἑδρας μὲ δείκτας ἀπλοῦς καὶ εἶναι κἀθετος ἐπὶ ἀκμὴν τοῦ κρυστάλλου μὲ δείκτας ἀπλοῦς. Τὸ εἶδος τοῦτο διδυμίας καλεῖται *συμμετρικὴ διδυμία*.

Κατὰ τὸν ἀνωτέρω μνημονευθέντα περιορισμὸν ὡς πρὸς τὴν θέσιν τοῦ ἐπιπέδου διδυμίας ἐκ τῶν ἀπλουστέρων ἐδρῶν τοῦ κυβικοῦ συστήματος (100), (110), (111) εἰς τὴν ὀλοεδρίαν τοῦ συστήματος αὐτοῦ μόνον ἡ (111) δύναται νὰ ἐμφανισθῇ ὡς ἐπίπεδον διδυμίας (σχ. 212), ἡ (100) ταυτίζεται πρὸς κύριον ἐπίπεδον συμμετρίας, ἡ (110) πρὸς δευτερεῦον ἐπίπεδον καὶ ἐπομένως ἀμφοτέραι ἀποκλείονται. Εἰς τὴν ἀνθιμιεδρίαν ὅμως, ἥτις στερεῖται κυρίων ἐπιπέδων, εἶναι δυνατὴ διδυμία κατὰ (100) (σχ. 213), εἰς τὴν ὀλαξονικὴν ἡμιεδρίαν καὶ τεταρτοεδρίαν καὶ κατὰ τὰ τρία ὡς ἄνω ἐπίπεδα.

Ἀξιοσημεῖωτος εἶναι ἡ συχνότης ἐμφανίσεως ὠρισμένου τύπου διδυμίας εἰς κρυστάλλους ἐνὸς ὄρυκτοῦ εἰς ὠρισμένα κοιτάσματα αὐτοῦ, ἐξ οὗ καὶ οἱ τοπωνυμικοὶ αὐτοῦ χαρακτηρισμοί, δίδυμος Βραζιλίας, δίδυμος Dauphiné, δίδυμος Karlsbad κ.λ.π. Ἡ αἰτία ἀποδοτέα εἰς τὰς κρατούσας κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ κοιτάσματος ὀρυκτογενετικὰς συνθήκας, εἰδικώτερον εἰς τὴν παρουσίαν ἐνδεχομένων ἐνώσεων ἐντὸς τοῦ περιβάλλοντος, ἐξ οὗ ἀπετέθησαν οἱ κρύσταλλοι, αἱ ὁποῖαι ἠνόνησαν τὸν σχηματισμὸν τοῦ ἀπαντῶντος τύπου διδύμου. Μίαν τοιαύτην ἐκδοχὴν στηρίζουν πειράματα παρασκευῆς

πρὸς ἄλληλα, σχηματίζονται πολύδυμοι ἐκ περιωρισμένου ἀριθμοῦ μελῶν, ὡς ὁ τριδύμος τοῦ ρουτιλίου κατὰ (011) (σχ. 216), ὁ πεντάδύμος τοῦ χαουσμανίτου κατὰ (011) (σχ. 217) κ.ἄ. Εἰς τὸν ἀραγωνίτην κρυσταλλούμενον εἰς τὸ ρομβικὸν σύστημα ἡ γωνία (110) : (110) ἔση πρὸς $63^{\circ}48'$ παρέχει εἰς τοὺς κρυστάλλους του κατὰ χονδροειδῇ προσέγγισιν ψευδοεξαγωνικὴν συμμετρίαν. Ὁ τριδύμος αὐτοῦ κατὰ (110) (σχ. 218), εἰς τὸν ὁποῖον ἡ ἀνάπτυξις τῶν μελῶν του ἐπλήρωσε τὰς εἰσχωρούσας γωνίας καὶ τὸ μεταξὺ τοῦ πρώτου καὶ τρίτου μέλους κενὸν ($11^{\circ}24'$) παρουσιάζει κατὰ προσέγγισιν μορφήν ἐξαγωνικοῦ πρίσματος.

Πολλάκις κρύσταλλοι ψευδοσυμμετρικοὶ συνεννοῦνται εἰς πολύδυμα συγκροτήματα μὲ ἐπίπεδον διδυμίας τὸ ἐπίπεδον ψευδοσυμμετρίας παρουσιάζοντα συμμετρίαν ἀνωτέραν τῆς πραγματικῆς. Ἐὰν ἀπὸ τὰ κανονικὰ αὐτὰ συγκροτήματα λείπουν αἱ εἰσχωρούσαι γωνίαι, ταῦτα ἐμφανίζονται ὡς εἰς ἑνιαῖος κρύσταλλος καὶ μόνον ὁπτικῇ ἐξέτασιν εἰς πολωτικὴν συσκευὴν ἐπιτρέπει τὴν ἀνάλυσιν αὐτῶν εἰς τὰ ἐπὶ μέρους μέλη, ἐξ ὧν ἀποτελοῦνται. Ὁ λευκίτης κρυσταλλούμενος εἰς δελτοειδῇ εἰκοσιτετράεδρῳ τῆς ὀλοεδρίας τοῦ κυβικοῦ εἶναι πράγματι πολύδυμον συσσωμάτωμα ψευδοκυβικῶν κρυστάλλων τετραγωνικῆς συμμετρίας, οἱ ὅποιοι καὶ παρεσκευάσθησαν συνθετικῶς ὡς μεμονωμένοι κρύσταλλοι.

Προσεκτικὴ παρατήρησις τῶν φυσικῶν κρυστάλλων δεικνύει ὅτι αἱ ἔδραι τοῦ δελτοειδοῦς εἰκοσιτετραέδρου ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὰς ἔδρας σχηματιζούσας πρὸς ἀλλήλας αὐλακας ὑπὸ γωνίαν $2^{\circ}5'$ περίπου καὶ μὲ τὰς ἀκμὰς ἐντὸς τῶν ἐπιπέδων (110). Τομὴ (100) τοῦ κρυστάλλου ἐξεταζομένη εἰς πολωτικὴν συσκευὴν ἐμφανίζεται ὡς σύνολον πολυαριθμῶν λίαν λεπτῶν πλακιδίων μὲ τρεῖς διαφορετικοὺς προσανατολισμούς (σχ. 219). Τοιοῦτοι κρύ-



Σχ. 219

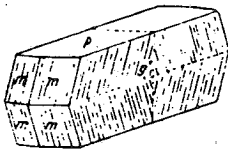
Μικροσκοπικὴ τομὴ λευκίτου. Μιμητικὴ σύμφυσις διπλοθλαστικῶν κρυστάλλων

σταλλοὶ ἔχοντες σχῆμα ἑνὸς μοναδικοῦ κρυστάλλου ἀνήκοντος εἰς μεγαλυτέραν συμμετρίαν καὶ ἀποτελούμενοι πράγματι ἀπὸ πολύδυμον σύμφυτον κρυστάλλων τοῦ σώματος ψευδοσυμμετρικῶν πραγματικῆς συμμετρίας κατωτέρως καλοῦνται μιμητικοὶ καὶ τὸ φαινόμενον μίμησις.

Τυπικὸν παράδειγμα μιμητικοῦ κρυστάλλου εἶναι ἐπίσης οἱ κρύσταλλοι

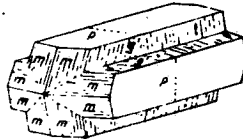
τοῦ βορακίτου τῆς ἀνθιμιεδρίας τοῦ κυβικοῦ συστήματος εἰς σχήματα (111) + (100) ἢ (110). Ὅπτικῃ ἐξέτασις εἰς πολωτικὴν συσκευὴν δεικνύει, ὅτι εἶναι πολύδυμοι σχηματισμοὶ ἐκ κρυστάλλων τῆς ἀνθιμιεδρίας τοῦ ρομβικοῦ συστήματος ψευδοτετραγωνικῶν. Ἀνάλογοι μιμητικαὶ πολύδυμοι συσσωματώσεις ἀνεγνωρίσθησαν εἰς τὸ πλεῖστον τῶν κυβικῶν κρυστάλλων (ἀσβεστοῦχοι γρανάται, ἀνάλκιμον, σεναρμοντίτης) καὶ εἰς πολλοὺς ἄλλων συμμετριῶν (ἀποφυλλίτης, ζεόλιθοι). Ὁ φιλιπσίτης, ἔνυδρον πυριτικὸν ἄλας Al , Ca καὶ K τῆς ὁμάδος τῶν ζεολίθων κρυσταλλούμενον εἰς μονοκλινεῖς κρυστάλλους με κρυσταλλογραφικὰ στοιχεῖα ψευδοκυβικῆς συμμετρίας παρέχει πολυδύμους κρυστάλλους κυβικῆς συμμετρίας σχηματισθέντας διὰ πολυδύμου συσσωματώσεως τῶν μονοκλινῶν κρυστάλλων ὅχι κατὰ ἓνα ὠρισμένον νόμον διδυμίας, ἀλλὰ κατὰ διαφόρους.

Ὁ ἀπλοὺς μονοκλινὴς κρύσταλλος δὲν ἀπαντᾷται μεμονωμένος εἰς ἀπλοὺς κρυστάλλους, ἀλλὰ εἰς μιμητικὰ συσσωματώματα ρομβικῆς συμμετρίας (σχ. 220). Δύο τοιοῦτοι κρύσταλλοι συνενοῦνται κατὰ τὸ σχ. 221 εἰς συσσωμάτωμα τετραγωνικῆς συμμετρίας, περαιτέρω τρεῖς σχηματισμοὶ τῆς τετραγωνικῆς συμμετρίας με τοὺς τρεῖς ἄξονας τετάρτης τάξεως καθέτους ἐπ’



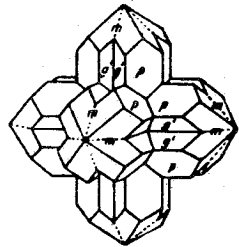
Σχ. 220

Σχ. 220. Φιλιπσίτης. Δίδυμος ψευδορομβικός.



Σχ. 221

Σχ. 221. Φιλιπσίτης. Ψευδοτετραγωνικὸς ἐκ δύο διδύμων.



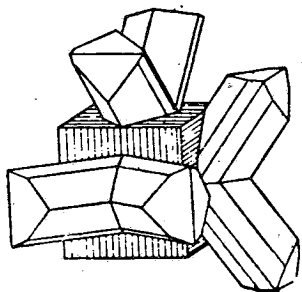
Σχ. 222

Σχ. 222. Φιλιπσίτης. Ψευδοκυβικὸς ἐκ τριῶν ψευδοτετραγωνικῶν.

ἀλλήλους εἰς σύνολον συμμετρίας κυβικῆς (σχ. 222). Ἐνίοτε ἀναπτύσσονται μόναι αἱ ἔδραι m αἱ συντρέχουσαι εἰς τὰς κορυφὰς τῶν ἁξόνων τετάρτης τάξεως καὶ τὸ τελευταῖον σχῆμα ἐμφανίζεται χωρὶς εἰσχωρούσας γωνίας ὡς τέλειον ρομβικὸν δωδεκάεδρον με τιμὰς διέδρων γωνιῶν μόλις ὀλίγα λεπτὰ διαφερούσας τῶν κανονικῶν.

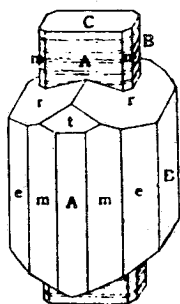
39. Κανονικαὶ συμφύσεις μεταξὺ ἀνομοίων κρυστάλλων. Κανονικαὶ συμφύσεις ἀπαντῶνται ἐνίοτε καὶ μεταξὺ κρυστάλλων με κρυσταλλογραφικὰ σταθερὰς διαφόρους. Τὰ σώματα, εἰς τὰ ὅποια ἀνήκουν οἱ κρύσταλλοι οὗτοι, εἴτε εἶναι χημικῶς συγγενῆ εἴτε καὶ τελείως ξένα πρὸς ἄλληλα. Οὕτω παρετηρήθησαν δίδυμοι μαρκασίτου κατὰ (110) ἐπὶ ἐξαέδρων σι-

δηροπυρίτου μετὰ τὸ ἐπίπεδον διδυμίας κάθετον ἐπὶ τῶν ἐδρῶν (100) καὶ παράλληλον πρὸς τὰς ἐπ' αὐτοῦ ποικίλσεις (σχ. 223). Ἐπίσης πυροξένος ἐν συμφύσει μετὰ ἀμφιβόλον. Οἱ δύο κρύσταλλοι ἀνήκοντες ἀμφοτέρω εἰς τὴν ὁλοεδρίαν τοῦ μονοκλινικοῦ, ἔχουν παράλληλα τὰ ἐπίπεδά των (100) καὶ (010), τὸ δὲ (001) τοῦ πυροξένου εἶναι παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τῶν ἐδρῶν (011) (0 $\bar{1}$ 1) τῆς ἀμφιβόλου (σχ. 224). Τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα ἀναφέρονται τὸ μὲν εἰς δύο μορφὰς σώματος τῆς αὐτῆς χημικῆς συστάσεως (FeS_2) τὸ δὲ εἰς σώματα χημικῶς συγγενῆ. Ὑπάρχουν ὅμως παραδείγματα κανονικῶν συμφύσεων καὶ ἐπὶ σωμάτων ξένων πρὸς ἄλληλα. Παρατηρήθησαν π.χ. ἐπὶ πλῃκωδῶν κρυστάλλων αἱματίτου (Fe_2O_3) τοῦ τριγωνικοῦ συστήματος πρισματικοὶ κρύσταλλοι ρουτιλίου (TiO_2) τοῦ τετραγωνικοῦ συστήματος ἔχοντες τὰς ἑδρας (100) παράλληλους πρὸς (0001) τοῦ αἱματίτου καὶ τὸν ἄξονα c κάθετον ἐπὶ τὰς ἀκμάς, καθ' ἃς τέμνονται τὸ ρομβόεδρον πρὸς τὸ πινακοειδὲς (σχ. 225). Ἐπίσης παρατηρήθησαν τρικλινεῖς κρύσταλλοι δισθενοῦς (AlAl



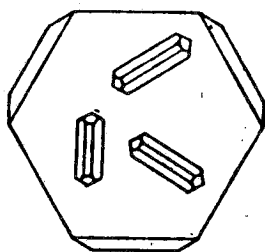
Σχ. 223

Σχ. 223. Σύμφυσις σιδεροπυρίτου καὶ μαγνησίτου.



Σχ. 224

Σχ. 224. Σύμφυσις πυροξένου καὶ ἀμφιβόλου.



Σχ. 225

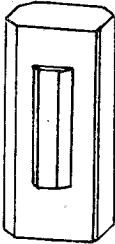
Σχ. 225. Σύμφυσις ρουτιλίου καὶ αἱματίτου.

OSiO_4) ἐν συμφύσει πρὸς ρομβικοὺς κρυστάλλους σταυρολίθου (2AlAlSiO_4 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$) μετὰ τοὺς ἄξονας [001] παράλληλους καὶ τὴν ἑδραν (010) τοῦ σταυρολίθου παράλληλον πρὸς τὴν (100) τοῦ δισθενοῦς (σχ. 226).

Μία ἄλλη περίπτωσις κανονικῆς συμφύσεως κρυστάλλων σωμάτων ξένων χημικῶς πρὸς ἄλληλα ἐπιτυγχάνεται πειραματικῶς ὡς ἐξῆς. Σταγόνες διαλύματος σώματος τινος τίθενται ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἑδρας ἄλλου σώματος κατὰ τὸ δυνατόν καθαρῶς καὶ ἀφίστανται πρὸς κρυστάλλωσιν τοῦ ἐν διαλύσει σώματος δι' ἐξχατμίσεως. Οἱ ἀποτιθέμενοι κρύσταλλοι δι' ὀρισμένα σώματα καὶ κρυσταλλικὰ ὑπόβαστρα, ἐφ' ὧν κρυσταλλοῦνται, δεικνύουν ὀρισμένον προσανατολισμὸν τῶν στοιχείων συμμετρίας των ὡς πρὸς τὰ τῆς κρυσταλλικῆς ἑδρας, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀπετέθησαν.

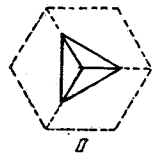
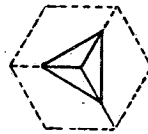
Ὁς... διάλυμα KJ, ἐνῶ ἐξχατμιζόμενον ἐπὶ τυχόντος ὑποβάθρου δίδει

ἑξάεδρα τοῦ κυβικοῦ συστήματος μετὰ τὴν ἔδραν (100) στηριζομένην ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, ἐπὶ προσφάτως σχισθείσης ἐπιφανείας (001) μαρμαρυγίου τοῦ μονοκλινοῦς συστήματος ἀναπτύσσει τρεῖς ἔδρας τοῦ ἑξάεδρου, τὰς παρὰ τὴν κορυφὴν τοῦ L_3 καὶ προσφύεται μετὰ τὴν ἔδραν (111) ἐπὶ τοῦ μαρμαρυγίου εἰς προσανατολισμούς συμμετρικοὺς ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον συμμετρίας τοῦ ὑποβάθρου (σχ. 227) μετὰ μίαν τῶν ἀκμῶν τῆς τριγωνικῆς βάσεως παράλ-



Σχ. 226

Σύμφυσις σταυρολίθου ἐπὶ δισθενούς



Σχ. 227

Προσανατολισμός KZ ἐπὶ μοσχοβίτου

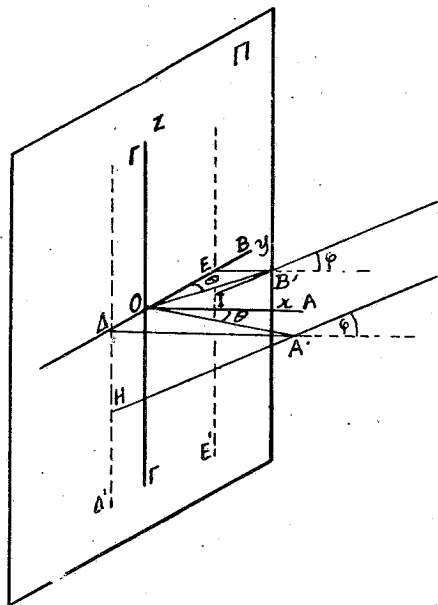
ληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον αὐτό. Τοιαῦται περιπτώσεις προσανατολιστικῆς ἐπιδράσεως κρυσταλλικῶν ἑδρῶν ἐπὶ τῶν ἐπ' αὐτῶν ἐναποτιθεμένων κρυστάλλων παρατηρήθησαν πολυάριθμοι. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ καθὼς καὶ αἱ διδυμοί, πολύδυμοι καὶ κανονικαὶ ἐν γένει συμφύσεις ὀφείλονται εἰς γεωμετρικὰς κανονικότητας τῆς ἐσωτερικῆς δομῆς τῶν ἐν συμφύσει σωμάτων, περὶ τῶν ὁποίων θὰ γίνῃ λεπτομερέστερον λόγος εἰς ἰδιαιτέρον κεφάλαιον.

40. Ἐκτέλεσις κλινογραφικῆς καὶ ὀρθογραφικῆς προβολῆς κρυστάλλου.

Εἰς τὴν σελ. 58 ἐξηγήθη εἰς τί συνίστανται τὰ δύο αὐτὰ εἶδη προβολῆς καὶ ποῖαι αἱ μεταξὺ αὐτῶν διαφοραί. Εἰς τὰ ἐπόμενα ἀναπτύσσεται πῶς δυνάμεθα νὰ σχεδιάσωμεν τοιαύτας προβολὰς δοθέντος κρυστάλλου.

α) *Κλινογραφικὴ προβολή.* Πρὸς ἐκτέλεσιν κλινογραφικῆς προβολῆς κρυστάλλου ἐκκινουῦμεν ἀπὸ κλινογραφικὴν προβολὴν τῶν κρυσταλλογραφικῶν αὐτοῦ ἁξόνων καὶ διὰ γραφικῶν χειρισμῶν ἐπ' αὐτῆς εὐρίσκομεν τὴν προβολὴν τῶν ἀκμῶν του. Ἡ προβολὴ τῶν ἁξόνων σχεδιάζεται ὡς ἑξῆς. Θεωρήσωμεν τὴν ἀπλουστεράν περίπτωσιν τριῶν ἴσων καὶ καθέτων ἁξόνων $OA = OB = OG = a$ τοῦ κυβικοῦ συστήματος (σχ. 228) καὶ ἔστω ἀρχικὴ θέσις τῶν ἁξόνων $OB \parallel b$ καὶ $OG \parallel c$ παράλληλος πρὸς τὸ ἐπίπεδον προβολῆς Π . Στρέφοντες τὸ σύστημα περὶ τὸν c κατὰ γωνίαν θ φέρομεν τὸν ἁξόνα a (OA) εἰς τὴν θέσιν OA' καὶ τὸν b (OB) εἰς τὴν θέσιν OB' . Φέρομεν ἐκ τῶν A' καὶ B' καθέτους ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον Π , τὰς $A'\Delta$ καὶ $B'E$. Ἐὰν ἐκ τῆς θέσεως αὐτῆς τῶν ἁξόνων προβάλωμεν τὰ ἄκρα αὐτῶν A' καὶ B' κλινογραφικῶς μετὰ γωνίαν κλίσεως ϕ πρὸς ὀρίζοντα, τὸ B' θὰ προβληθῇ ἐπὶ τῆς κατακορύφου EE' εἰς τὸ σημεῖον I κάτωθεν τοῦ E καὶ τὸ A' ἐπὶ τῆς κατακορύφου $\Delta\Delta'$.

εἰς τὸ σημεῖον H , κάθετον τοῦ Δ . Ἡ κλινογραφικὴ προβολὴ τοῦ ἄξονος a εἶναι ἡ OH καὶ ἡ τοῦ ἄξονος b ἡ OI . Ὁ ἄξων $c = OG$, καθ' ὃ παράλληλος



Σχ. 228

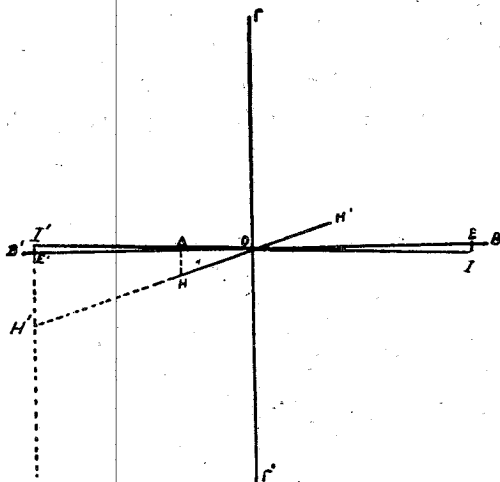
Γεωμετρικαὶ σχέσεις κλινογραφικῆς προβολῆς τῶν ἀξόνων τοῦ κυβικοῦ

πρὸς τὸ Π προβαλλόμενος κλινογραφικῶς διατηρεῖ τὸ αὐτὸ μῆκος. Ὡς φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 228 ἔχομεν τὰς ἐξῆς σχέσεις:

$$\begin{aligned}
 & OA = OB = OG = a \\
 & \Delta A' = OE = \text{ασυνθ} \quad (\text{ἐκ τῶν τριγώνων } OEB' \text{ καὶ } O\Delta A') \\
 & (1) \quad EB' = O\Delta = \text{αημθ} \\
 & \Delta H = \Delta A' \epsilon\phi\phi = \text{ασυνθε}\phi\phi \quad (\text{ἐκ τοῦ τριγώνου } \Delta HA') \\
 & EI = EB' \epsilon\phi\phi = \text{αημθε}\phi\phi \quad (\text{ἐκ τοῦ τριγώνου } EIB')
 \end{aligned}$$

Ἐκ τῶν σχέσεων (1) ἀγόμεθα εἰς τὴν ἐξῆς κατασκευὴν. Γράφομεν ἐπὶ τοῦ χάρτου τοῦ σχεδίου δύο ἴσας καὶ κάθετους ἐπ' ἀλλήλας εὐθείας, τὰς BB' καὶ $ΓΓ'$, διχοτομουμένας ἀμοιβαίως κατὰ τὸ σημεῖον O (σχ. 229). Ἐπὶ τῆς OB' λαμβάνομεν τμήμα $OE = OB' \text{ συνθ} = \text{ασυνθ}$. Ἐκ τοῦ E ἄγομεν κάθετον ἐπὶ τὴν OB καὶ λαμβάνομεν ἐπ' αὐτῆς μῆκος $EI = \text{αημθε}\phi\phi$. Ἡ OI δίδει τὴν προβολὴν τοῦ ἄξονος b . Προεκβάλλοντες αὐτὴν πέραν τοῦ O καὶ εἰς ἴσην πόσασιν OI' ἔχομεν τὸ ἀρνητικὸν τμήμα τοῦ ἄξονος b . Ὁμοίως λαμβάνομεν ἐπὶ τῆς OB' τμήμα $O\Delta = \text{αημθ}$, ἄγοντες ἐκ τοῦ Δ κάθετον ἐπ' αὐτὴν ἢ $\Delta H = \text{ασυνθε}\phi\phi$ καὶ ἐνώνοντες τὸ O πρὸς τὸ H ἔχομεν τὴν OH προβολὴν τοῦ ἄξονος a . Ἡ OG εἶναι ὁ ἄξων c .

Ὁ Naumann (1797-1873) ὑπέδειξεν ἀπλούστερον καὶ εὐμνημόνευτον τρόπον προβολῆς τῶν ἀξόνων τοῦ κυβικοῦ συστήματος ἐκλέξας καταλλήλως τὰς τιμὰς τῶν γωνιῶν $\theta = 18^\circ 26'$ καὶ $\varphi = 6^\circ 20'$. Διὰ τὰς τιμὰς ταύτας $\epsilon\phi\theta = 1/3$ καὶ $\epsilon\phi\varphi = 1/9$. Ἡ σχεδίασις κατὰ Naumann γίνεται ὡς ἐξῆς. Εἰς τὸ μέσον O εὐθείας EE' (σχ. 229) ἄγεται κάθετος ἐπ' αὐτὴν ἡ $\Gamma\Gamma'$. Ἐκ



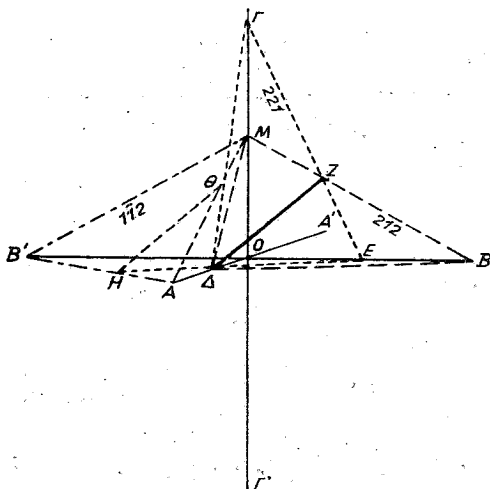
Σχ. 229

Κλινογραφική προβολή τῶν ἀξόνων τοῦ κυβικοῦ κατὰ Naumann

τοῦ O λαμβάνεται ἐπὶ τῆς OE' τμήμα $OA = OE'/3$. Ἐκ τοῦ Δ ἄγεται κάθετος ἐπὶ τὴν OE' καὶ λαμβάνεται ἐπ' αὐτῆς πρὸς τὰ κάτω τμήμα $\Delta H = OA/3$. Ἐπίσης ἐκ τοῦ E' ἄγεται κάθετος καὶ λαμβάνεται ἐπ' αὐτῆς ὑπεράνω τοῦ E' τμήμα $E'I$ ἴσον πρὸς τὸ $1/3$ τοῦ ΔH . Τέλος προεκτείνεται ἡ OH , μέχρις οὗτο συναντήσῃ τὴν ἐκ τοῦ E' κάθετον εἰς τὸ σημεῖον H' καὶ λαμβάνεται ἐπὶ τῆς $O\Gamma$ μήκος ἴσον πρὸς τὸ OH' . Τοῦτο ἰσοῦται πρὸς τὸν ἀξονα c . Ὁ ἄξων a δίδεται ἀπὸ τὸ τμήμα OH καὶ ὁ ἄξων b ἀπὸ τὸ $O\Gamma$. Λαμβάνοντες ἐπὶ τῶν προεκτάσεων τῶν εὐθειῶν τούτων ἴσα ἀντιστοιχῶς τμήματα, τὰ OH' , OI καὶ $O\Gamma'$ ἔχομεν τὴν κλινογραφικὴν προβολὴν τῶν ἀξόνων τοῦ κυβικοῦ.

Ἐπὶ τῆς προβολῆς ταύτης δυνάμεθα νὰ σχεδιάσωμεν εὐκόλως οἰονδήποτε ἐκ τῶν ἀπλῶν σχημάτων τοῦ κυβικοῦ συστήματος. Ἐνώνοντες τὰ ἄκρα τῶν τριῶν ἀξόνων H , H' , I , Γ , Γ' με εὐθείας ἔχομεν προβολὴν τοῦ ὀκταέδρου, Αἱ ἀκμαὶ τοῦ ἑξαέδρου εὐρίσκονται ἀγομένων τμημάτων εὐθειῶν παραλλήλων καὶ ἴσων πρὸς τοὺς τρεῖς ἀξονας. Γενικώτερον μία οἰαδήποτε ἀκμὴ τοῦ χρυστάλλου ὡς τομὴ δύο ἐδρῶν αὐτοῦ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς. Ἐστω ὅτι ζητεῖται

ἡ ἀκμή κατὰ τὴν ὁποίαν τέμνονται αἱ ἔδραι τοῦ τρισκοταέδρου (221), καὶ (212) (σχ. 230). Ἡ ἔδρα (221) τέμνει τοὺς ἄξονας εἰς ἀποστάσεις $1/2, 1/2, 1$, εἶναι ἄρα σχεδιαζομένη ἐπὶ τῶν ἄξόνων ἡ ΔΕΓ. Ἡ (212) τέμνουσα τοὺς ἄξονας εἰς ἀποστάσεις $1/2, 1, 1/2$ εἶναι ἡ ΔΒΜ. Αἱ δύο ἔδραι ἔχουν κοινὰ σημεῖα ἐπὶ τοῦ ἄξονος α τὸ Δ καὶ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ΒΟΓ τὸ Ζ. Ἡ εὐθεῖα ΔΖ εἶναι τομὴ τῶν δύο ἐδρῶν. Φέροντες ἐκ τοῦ Α παράλληλον πρὸς τὴν ΔΖ ἔχομεν τὴν ζητούμενην προβολὴν τῆς ἀκμῆς, καθ' ἣν τέμνονται αἱ δύο ἔδραι. Ἐν γένει τὰ δύο κοινὰ σημεῖα τὰ ὀρίζοντα τὴν ἀκμὴν ἀναζητοῦνται εἰς τὸ σχέδιον ἐπὶ τῶν τριῶν θεμελιωδῶν ἐπιπέδων (100), (010) καὶ (001) προσεκβαλλομένων ἐν ἀνάγκῃ τῶν εὐθειῶν, αἱ ὁποῖαι ὀρίζουν τὰς σχεδιασθείσας ἔδρας.



Σχ. 230

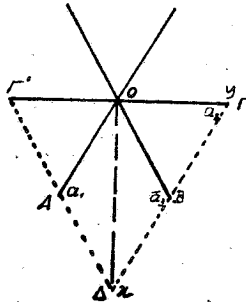
Κλινογραφικὴ προβολὴ ἀκμῆς δύο ἐδρῶν

Οὕτω λ.χ. ἡ διεύθυνσις εἰς τὸ αὐτὸ σχῆμα τῆς ἀκμῆς τῶν ἐπιπέδων (221) καὶ (112) ὀρίζεται ἀπὸ τὰ σημεῖα τομῆς τῶν δύο ἐπιπέδων, τὸ Η ἐπὶ τοῦ ΑΟΒ' καὶ τὸ Θ ἐπὶ τοῦ ΑΟΓ. Προβαλλομένων κατὰ τὸν τρόπον αὐτὸν ἐν τῇ προβολῇ τῶν διευθύνσεων ὅλων τῶν ἀκμῶν τοῦ κρυστάλλου ἄγουνται ἐκ τῶν οἰκείων κορυφῶν τμήματα παράλληλα πρὸς τὰς διευθύνσεις αὐτὰς καὶ λαμβάνεται οὕτως ἡ κλινογραφικὴ προβολὴ τοῦ κρυστάλλου, ἀπλοῦ ἢ συνθέτου.

Ἡ προβολὴ τῶν ἄξόνων τῶν ἄλλων συστημάτων σχεδιάζεται ὡς ἐξῆς. Διὰ τὸ τετραγωνικὸν καὶ ρομβικόν, τὰ ὁποῖα εἶναι ὡς καὶ τὸ κυβικὸν τρισσορθογώνια, σχεδιάζομεν κατὰ τὰ ἀνωτέρω τὴν προβολὴν τῶν ἄξόνων τοῦ κυβικοῦ καὶ κατόπιν λαμβάνομεν ἐφ' ἑνὸς ἐκάστου αὐτῶν μῆκος καθοριζόμενον ἀπὸ τὴν σχέσιν παραμέτρων $a:b:c$.

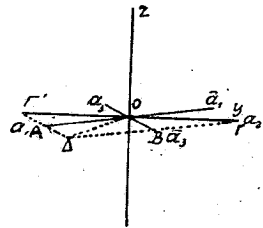
Διὰ τὸ ἑξαγωνικὸν σύστημα, θεωρήσωμεν τοὺς τρεῖς ὀριζοντίους ἄξο-

νας $OA = a_1$, $OF = a_2$, $OB = a_3$ (σχ. 231). Ἐνώνομεν τὰ σημεῖα B, Γ καὶ A, Γ', ($\Gamma' = \bar{a}_2$) με εὐθείας, αἱ ὁποῖαι προεκτείνονται τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον Δ. Τὰ σημεῖα A καὶ B εἶναι τὰ μέσα τῶν εὐθειῶν ΓΔ καὶ Γ'Δ ἡ δὲ ΟΔ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ΟΓ καὶ ἴση πρὸς $OG\sqrt{3} = 1,73 \cdot OG$. Ἐκλέγοντες τὴν ΟΔ ὡς 3οηθητικὸν ἄξονα ἔχομεν τρισσορθογώνιον σύστημα ἁξόνων με σχέσιν παρα-



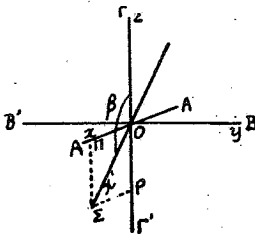
Σχ. 231

Γεωμετρικαὶ σχέσεις κλινογραφικῆς προβολῆς ἁξόνων τοῦ ἑξαγωνικοῦ



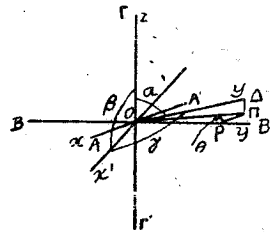
Σχ. 232

μέτρων $1,73 : 1 : c$. Σχεδιάζοντες τὴν προβολὴν τοῦ συστήματος αὐτοῦ (σχ. 232) καὶ καθορίζοντες ἐπ' αὐτῆς τὰ σημεῖα B καὶ A, μέσα τῶν εὐθειῶν ΓΔ



Σχ. 233

Κλινογραφικὴ προβολὴ ἁξόνων
τοῦ μονοκλινοῦς



Σχ. 234

Κλινογραφικὴ προβολὴ ἁξόνων
τοῦ τρικλινοῦς

καὶ Γ'Δ ἔχομεν τὴν προβολὴν τῶν ἁξόνων $a_1 = OA$, $a_2 = OF$, $a_3 = OB$ καὶ c.

Εἰς τὸ μονοκλινὲς ὁ ἁξὼν a σχηματίζει με τὸν b γωνίαν β διάφορον τῆς ὀρθῆς, τὴν ὁποίαν καὶ πρέπει νὰ καθορίσωμεν ἐν τῇ προβολῇ. Πρὸς τοῦτο ἐκκινούμεν ἀπὸ προβολὴν τῶν ἁξόνων τοῦ κυβικοῦ (σχ. 233). Στρέφομεν τὸν ἁξονα $x = OA$ ἐνὶ τῷ τοῦ ἐπιπέδου Ox εἰς τὴν θέσιν $x' = OS$, ὥστε νὰ ἔχομεν γωνίαν $x' : z = \beta$. Ἀγόντες καθετοὺς ἐκ τοῦ Σ ἐπὶ τοὺς x καὶ z τὰς

$\Sigma\P$ καὶ ΣP ἔχομεν $\Sigma P = O\P = O\S\eta\mu\beta = \mu\eta\kappa\omicron\varsigma \tau\omicron\upsilon \alpha \text{ ἐπὶ } \eta\mu\beta, \Sigma\P = O P = O\S\sigma\upsilon\nu\beta = \mu\eta\kappa\omicron\varsigma \tau\omicron\upsilon \epsilon \text{ ἐπὶ } \sigma\upsilon\nu\beta$. Λαμβάνοντες ἐπὶ τοῦ x μῆκος $O\P = \text{προβολὴ τοῦ } a.\eta\mu\beta \text{ καὶ ἐπὶ τοῦ } z \text{ μῆκος } O P = \text{προβολὴ τοῦ } \epsilon.\eta\mu\beta \text{ καὶ ἄγοντες τὴν διαγώνιον } O\S \text{ τοῦ ὀρθογωνίου } O\P\S P \text{ ἔχομεν τὴν προβολὴν τοῦ ἄξονος } a$. Περαιτέρω λαμβάνονται ἐπὶ τῶν ἄξόνων x' καὶ z τὰ κατάλληλα μῆκη τὰ ἀντιπροσωπεύοντα τὰς σχέσεις παραμέτρων $a:b$ καὶ $\epsilon:b$.

Διὰ τὴν κλिनोगραφικὴν προβολὴν τρικλινοῦς συστήματος ἄξόνων ἐκκινούμεν καὶ πάλιν ἀπὸ προβολὴν ἄξόνων τοῦ κυβικοῦ (σχ. 234) καὶ μεταβάλλομεν τὴν θέσιν τῶν ἄξόνων x καὶ y , ὥστε εἰς τὰς νέας θέσεις x' καὶ y' νὰ σχηματίζουν τὰς γωνίας y' μὲ $z = \alpha$, x' μὲ $z = \beta$ καὶ y' μὲ $x' = \gamma$. Δίδομεν πρῶτον εἰς τὸν ἄξονα x τὴν θέσιν x' , καθ' ὃν τρόπον καὶ διὰ τὸ μονοκλινὲς σύστημα, ὥστε νὰ σχηματίζη μὲ τὸν z τὴν γωνίαν β . Θεωρήσωμεν τὸν ἄξονα $O B = y$ μετατοπισθέντα εἰς τὴν θέσιν $O \Delta = y'$, ὥστε νὰ σχηματίσῃ μὲ τὸν z τὴν γωνίαν α καὶ μὲ τὸν x' τὴν γωνίαν γ . Ἡ θέσις $O y'$ εὐρίσκεται ὡς ἐξῆς: Λαμβάνομεν τὰς συντεταγμένας τοῦ Δ παραλλήλως πρὸς τοὺς ἀρχικοὺς ἄξονας Ox, Oy, Oz ἥτοι τὰς $P P, O P$ καὶ $\Delta \Pi$. Ἐχομεν ἐκ τοῦ σχ. (234) τὰς ἐξῆς σχέσεις:

$$\Delta \Pi = O \Delta \sigma\upsilon\nu\alpha = \text{ἀρχικὸν μῆκος } z.\sigma\upsilon\nu\alpha$$

$$P P = O \Pi.\sigma\upsilon\nu\theta = O \Delta.\eta\mu\alpha\sigma\upsilon\nu\theta = \text{ἀρχικὸν μῆκος } x.\eta\mu\alpha\sigma\upsilon\nu\theta$$

$$O P = O \Pi\eta\mu\beta = O \Delta\eta\mu\alpha\eta\mu\beta = \text{ἀρχικὸν μῆκος } y.\eta\mu\alpha\eta\mu\beta$$

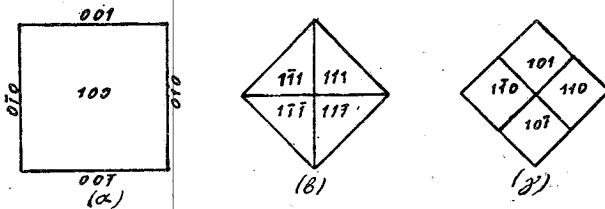
Ἡ γωνία $\theta = O P P = \text{γωνία } (010):(100)$, διότι τὸ ἐπίπεδον $\Delta P P$ εἶναι παράλληλον πρὸς τὸ (010) καὶ τὸ $O \Pi \Delta$ παράλληλον πρὸς τὸ (100) τοῦ τρικλινοῦς συστήματος. Δι' ὑπολογισμοῦ τῶν τριῶν αὐτῶν συντεταγμένων ὀρίζεται ἡ θέσις τοῦ ἄξονος b . Τελικῶς λαμβάνονται ἐπὶ τῶν ἄξόνων x' καὶ z τὰ κατάλληλα μῆκη τὰ ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὰς σχέσεις $a:b$ καὶ $\epsilon:b$.

Γίνεται χρῆσις τῆς κλινोगραφικῆς προβολῆς καὶ διὰ τὴν σχεδιάσιν προτύπων δομῆς κρυστάλλων. Ἀρκεῖ νὰ προβάλωμεν κλινोगραφικῶς τὴν κυψελίδα καὶ νὰ ὀρίσωμεν τὴν προβολὴν τῶν ἀτόμων ἐντὸς αὐτῆς διὰ τῶν συντεταγμένων των, αἱ ὁποῖαι μᾶς ἐδόθησαν.

β) Ὁρθογραφικὴ προβολή. Ἡ κλινोगραφικὴ προβολὴ εἶναι κατάλληλος διὰ τὴν ταχεῖαν καὶ εὐκόλον σχεδιάσιν ἀπλῶν κρυστάλλων ἢ καὶ συνθέτων ἀπὸ ὁλίγα μόνον σχήματα. Διὰ κρυστάλλους συνθέτους ἐκ πολλῶν ἀπλῶν σχημάτων προτιμᾶται ἡ ὀρθογραφικὴ προβολή, ἡ ὁποία παράγεται δι' ὠρισμένων γραφικῶν κατασκευῶν ἐπὶ στερεογραφικῆς προβολῆς τοῦ κρυστάλλου, ὡς ἐξηγεῖται κατωτέρω.

Ἡ ὀρθογραφικὴ προβολὴ ἀντιπροσωπεύει ὀρθὴν προβολὴν τῶν κορυφῶν καὶ ἄκμῶν τοῦ κρυστάλλου ἐπὶ ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον ὡς ἤδη ἐλέχθη (σελ. 58) ἐκλέγεται καταλλήλως εἰς τρόπον, ὥστε ἄκμαὶ καὶ ἔδραι τοῦ κρυστάλλου κατὰ τὸ δυνατόν νὰ μὴ εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον προβολῆς. Τοποθετοῦν-

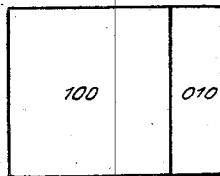
τες λ.χ. τὸ ἐξάεδρον μὲ τὴν ἑδραν (100) παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον προβολῆς λαμβάνομεν ὡς ὀρθὴν προβολὴν αὐτοῦ τετράγωνον, αἱ τέσσαρες ἑδραι τοῦ (010), (0 $\bar{1}$ 0), (001) καὶ (00 $\bar{1}$) προβάλλονται ὡς πλευραὶ τοῦ τετραγώνου τούτου (σχ. 235α). Ἡ προβολὴ αὐτὴ δὲν δίδει τὴν ἐντύπωσιν σχήματος ἀνεπτυγμένου εἰς τρεῖς διαστάσεις. Ὅμοιαν ἐντύπωσιν δίδουν καὶ αἱ προβολαὶ τοῦ ὀκταέδρου (σχ. 235β) καὶ τοῦ ρομβικοῦ δωδεκαέδρου (σχ. 235γ) εἰς θέσιν προβολῆς των μὲ τὸν ἄξονα α κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ ἐξάεδρον περὶ τὸν ἄξονα c κατὰ γωνίαν θ λαμβάνομεν ἀπὸ τῆς



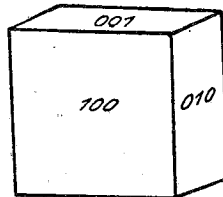
Σχ. 235

Ὁρθὴ προβολὴ ἐξάεδρου, ὀκταέδρου καὶ ρομβικοῦ δωδεκαέδρου ἐπὶ (100)

νέας θέσεως ὀρθὴν προβολήν, τὴν τοῦ σχήματος 236. ἵνα γίνῃ ὁρατὴ καὶ ἡ ἑδρα (001) κλίνομεν καὶ τὸν ἄξονα c πρὸς τὰ ἐμπρὸς κατὰ γωνίαν φ. Ἀπὸ τῆς θέσεως αὐτῆς προβάλλοντες ὀρθῶς ἔχομεν τὸ σχῆμα 237, τὸ ὁποῖον δίδει τὴν ἐντύπωσιν τριδιαστάτου σώματος.



Σχ. 236



Σχ. 237

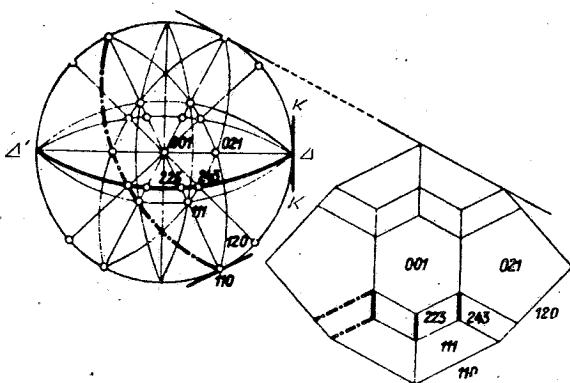
Σχ. 236. Ὁρθὴ προβολὴ τοῦ ἐξάεδρου μετὰ στροφὴν περὶ τὸν c.

Σχ. 237. Ὁρθὴ προβολὴ τοῦ ἐξάεδρου μετὰ στροφὴν περὶ τὸν b καὶ τὸν c.

Προκειμένου νὰ παραγάγωμεν ἐκ στερεογραφικῆς προβολῆς τὴν ὀρθογραφικὴν προβολήν διακρίνομεν ἀναφορικῶς πρὸς τὴν σχετικὴν πρὸς ἄλληλα θέσιν τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχεδίου καὶ τοῦ ἐπιπέδου στερεογραφικῆς προβολῆς δύο περιπτώσεις: 1) Τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου ταυτίζεται μὲ τὸ ἐπίπεδον τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς. 2) Τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου δὲν συμπίπτει πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς. Αἱ προβολαὶ τῆς δευτέρας περιπτώσεως εἶναι αἱ ἐν γένει χρησιμοποιούμεναι καὶ παρέχουσαι τὴν ἐν-

τύπων σχήματος εἰς τὸν τριδιάστατον χώρον. Οὐχ ἦρτον ἐπὶ συνθετῶν κρυστάλλων πλούσιον εἰς ἔδρας γίνεται χρήσις καὶ προβολῶν τῆς 1ης κατηγορίας ὡς μέσου ἐποπτικῆς περιγραφῆς τοῦ κρυστάλλου διὰ τὸ εὐχερὲς καὶ ταχὺ τῆς σχεδιάσεώς του. Τοιαύτην προβολὴν κρυστάλλου τοπαζίου ἐπὶ (001) εἰς συσχετίον πρὸς στερεογραφικὴν προβολὴν του ἐπὶ (001) ἐρμηνεύουσιν τὸν τρόπον παραγωγῆς δεικνύει τὸ σχῆμα 238.

Ἡ παραγωγὴ τῆς ὀρθογραφικῆς προβολῆς ἐκ τῆς στερεογραφικῆς κατὰ τὴν περίπτωσιν (1) χωρεῖ ὡς ἐξῆς. Θεωρήσωμεν εἰς τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν τοῦ σχήματος 238 τοὺς πόλους τῶν ἐδρῶν (223) καὶ (243) καὶ



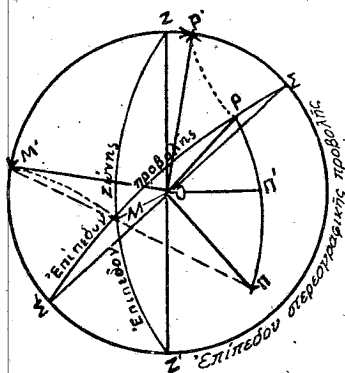
Σχ. 238

Ἐκτέλεσις ὀρθογραφικῆς προβολῆς ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τῆς στερεογραφικῆς
(κατὰ H. Tertsch)

τὸν μέγιστον κύκλον τὸν παριστάνοντα τὴν ὑπ' αὐτῶν ὀριζομένην ζώνην. Ὁ ἄξων τῆς ζώνης, ἥτοι ἡ ἀκμὴ καθ' ἣν τέμνονται αἱ δύο ἔδραι, εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸν μέγιστον κύκλον. Εὐρίσκομεν ὅθεν τὴν προβολὴν τῆς ἀκμῆς ἄγοντες κάθετον κατὰ τὸ ἄκρον Δ τῆς διαμέτρου ΔΔ τῆς ζώνης. Ἐπαναλαμβάνοντες τὴν ἰδίαν ἐργασίαν δι' ὅλας τὰς ζώνας καὶ συνδένοντες εἰς ἓν σχέδιον τὰς προβολὰς ὧν τῶν ἀκμῶν λαμβάνομεν τὸ παρὰ τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν ὀρθογραφικὸν διάγραμμα.

Διὰ τὴν περίπτωσιν καθ' ἣν τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου δὲν συμπίπτει πρὸς τὸ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς, θεωρήσωμεν ἐπὶ τῆς στερεογραφικῆς σφαίρας (σχ. 239) τοὺς μεγίστους κύκλους τῶν δύο τούτων ἐπιπέδων καὶ τὸν μέγιστον κύκλον ZMΖ' ζώνης τοῦ ἄξονος, τῆς ὁποίας ζητεῖται νὰ εὕρεθῃ ἡ προβολή. Ἐστω Π ὁ πόλος τοῦ ἐπιπέδου προβολῆς καὶ Π' ὁ πόλος τῆς ζώνης, Μ τὸ σημεῖον, καθ' ὃ ὁ κύκλος τῆς ζώνης τέμνει τὸν κύκλον τοῦ σχεδίου. Ἀγομεν τὸν μέγιστον κύκλον ΠΠ'. Οὗτος τέμνει καθέτως τὸν κύκλον ΣΜΣ κατὰ τὴν εὐθεΐαν ΟΡ, ἥτις εἶναι ἡ ὀρθὴ προβολὴ τοῦ ἄξονος τῆς ζώνης.

Ἡ εὐθεῖα OM , τομὴ τῶν ἐπιπέδων $\Sigma'M\Sigma$ καὶ $Z'MZ$, κάθετος ἐπὶ τὸν μέγιστον κύκλον $\Pi\Pi'P$, εἶναι κάθετος καὶ ἐπὶ τὴν OP . Στρέφοντες ἤδη τὸν κύκλον



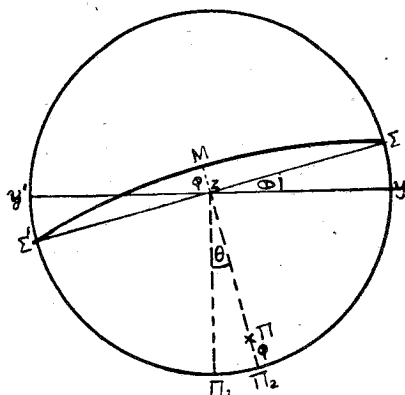
Σχ. 239

Γεωμετρικαὶ σχέσεις ἐκτελέσεως ὀρθογραφικῆς προβολῆς
ἐπὶ ἐπιπέδου διαφόρου τοῦ τῆς στερεογραφικῆς

προβολῆς ΣΜΣ' περὶ τὴν διάμετρον ΣΣ' κατακλίνομεν αὐτὸν ἐπὶ τοῦ κύκλου τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς, ὅτε τὸ Ρ θὰ πέσῃ εἰς τὸ Ρ' καὶ τὸ Μ εἰς τὸ Μ', ἀφοῦ διαγράψουν τόξα παραλλήλων ΡΡ' καὶ ΜΜ' καθέτων ἐπὶ τὸν ΣΣ'. Ἡ εὐθεῖα ΟΡ μετὰ τὴν κατακλινῶσι συμπίπτει μὲ τὴν ΟΡ', κάθετον ἐπὶ τὴν ΟΜ', διότι τὸ τόξον Μ'Ρ' = ΜΡ = 90°. Τὸ Μ' εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς, ἐὰν ἐνώσωμεν τὴν προβολὴν τοῦ πόλου Π μὲ τὴν προβολὴν τοῦ Μ καὶ ἐκτείνωμεν τὴν εὐθεῖαν ΠΜ μέχρι τῆς περιφερείας. Ὅθεν ἡ προβολὴ τῆς ἀκμῆς δύο ἐδρῶν α καὶ β, τῶν ὁποίων οἱ πόλοι ὑπάρχουν ἐπὶ δοθείσης στερεογραφικῆς προβολῆς ἐκτελεῖται μὲ τὴν ἐξῆς σειρὰν γεωμετρικῶν κατασκευῶν ἐπὶ τοῦ στερεογράμματος. 1) Σχεδιάζεται ὁ κύκλος προβολῆς ἐπ' αὐτοῦ καὶ ὁ πόλος τοῦ Π (ὅρα κατωτέρω). 2) Σχεδιάζεται ἡ ζώνη ἡ ὀριζομένη ὑπὸ τῶν πόλων α καὶ β. 3) Ἐνώνεται ὁ πόλος Π μὲ τὸ σημεῖον Μ, κατὰ τὸ ὅποιον ὁ κύκλος τῆς ζώνης τέμνει τὸν κύκλον προβολῆς μὲ εὐθεῖαν καὶ ἐκτείνεται αὕτη, μέχρις ὅτου συναντήσῃ τὴν περιφέρειαν εἰς τὸ Μ'. 4) Ἀγεται ἐκ τοῦ κέντρου Ο ἡ ΟΜ' καὶ ἡ ἐπ' αὐτὴν κάθετος κατὰ τὸ Ο, ἡ ΟΡ', ἥτις εἶναι ἡ ὀρθογραφικὴ προβολὴ τῆς ἀκμῆς τῶν ἐδρῶν α καὶ β. Ἡ ἄλλως, ἄγεται κατὰ τὸ Μ' ἐφαπτομένη τοῦ κύκλου, ἥτις δίδει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκμῆς (καθ' ὃ παράλληλος πρὸς τὴν ΟΡ').

Υπολείπεται ήδη να καθορίσωμεν τὴν θέσιν τοῦ κύκλου προβολῆς ἐπὶ τοῦ στερεογράμματος. Ἐκκινοῦντες ἀπὸ θέσιν τοῦ κρυστάλλου—μὲ τὸ ἐπίπεδόν του (100) παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον προβολῆς διὰ νὰ τὸ ἐξαγάγωμεν ἀπὸ τὴν θέσιν ταύτην ὑπεβάλομεν τὸν κρυστάλλον εἰς δύο κινήσεις, μίαν στροφὴν περὶ τὸν ἄξονα c κατὰ γωνίαν $\theta = 18^{\circ}32'5$, καὶ μίαν κλίσιν τοῦ θετικοῦ

τμήματος τοῦ ἄξονος c ἐντὸς τοῦ κατακορύφου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον προβολῆς ἐπίπεδου κατὰ γωνίαν $\varphi = 6^\circ 35'$. Μεταφέρομεν τὴν διεργασίαν αὐτὴν εἰς στερεογραφικὴν προβολὴν τοῦ κρυστάλλου ἐπὶ ἐπίπεδου καθέτου ἐπὶ τὸν ἄξονα c (σχ. 240). Εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν τὸ ἐπίπεδον (100) προβάλλεται κατὰ



Σχ. 240

Καθορισμός ἐπὶ τοῦ στερεογράμματος τῆς θέσεως τοῦ ἐπίπεδου προβολῆς

τὴν διάμετρον $y'zy$, ὁ δὲ πόλος τοῦ Π_1 ἐπὶ τῆς περιφερείας εἰς ἀπόστασιν 90° ἀπὸ τοῦ y . Μετὰ τὴν στροφὴν τοῦ κρυστάλλου περὶ τὸν c κατὰ γωνίαν θ ὁ πόλος Π_1 μετακινεῖται ἐπὶ τῆς περιφερείας κατ' ἴσην γωνίαν θ καὶ κατὰ φοράν ἀντίθετον εἰς τὴν θέσιν Π_2 , ὁ δὲ κύκλος προβολῆς ἀντιστοίχως εἰς τὴν θέσιν $\Sigma z \Sigma'$. Ἡ κλίσις τοῦ z πρὸς τὰ ἔμπρὸς ἐντὸς τοῦ ἐπίπεδου $z\Pi_2$ κατὰ γωνίαν φ συνεπάγεται ἀναφορικῶς πρὸς τὸ στερεόγραμμα μετατόπισιν τοῦ Π_2 ἐπὶ τοῦ κύκλου $\Pi_2 z$ εἰς τὴν θέσιν Π κατὰ τόξον $\Pi_2 \Pi = \varphi$ καὶ τοῦ κύκλου τοῦ σχεδίου ἀπὸ τῆς θέσεως $\Sigma' z \Sigma$ εἰς τὴν $\Sigma' M \Sigma$. Τὸ M εἶναι τὸ μέσον τοῦ τόξου $\Sigma' M \Sigma$. Ἡ τελικὴ αὕτη θέσις τοῦ κύκλου προβολῆς ἐπὶ τοῦ στερεογράμματος καθορίζεται ὡς πρὸς τὴν zy ἐκ τῆς θέσεως τοῦ σημείου M μὲ δύο συντεταγμένας τὴν γωνίαν $yzM = \mu = 90^\circ + \theta$ καὶ τὸ τόξον $Mz = \nu = \varphi$.

Ἐὰν ἀντὶ στερεογράμματος καθέτου ἐπὶ τὸν ἄξονα c χρησιμοποιήσῃ στερεόγραμμα ἐπὶ (010) αἱ ἀντίστοιχοι τιμαὶ τῶν συντεταγμένων εἶναι $\mu = 198^\circ 27'$, $\nu = 70^\circ 32'$.

Ἄλλοι κρυσταλλογράφοι μετεχειρίσθησαν διὰ τὰς προβολὰς τῶν τιμῶν κατὰ τι διαφορετικὰς. (Χαρακτηρίζομεν μὲ C τὰς προβολὰς ἐπὶ ἐπίπεδου καθέτου ἐπὶ [001] καὶ μὲ A τὰς ἐπὶ ἐπίπεδου (010)).

1) Κατὰ Naumann, Groth, von Lang.

$$A_1 \mu = 198^\circ 27' \quad \nu = 70^\circ 32'$$

$$C_1 \mu = 108^\circ 32,5' \quad \nu = 6^\circ 35'$$

2) Κατὰ Mohs

$$A_2 \mu = 200^{\circ}34' \quad \nu = 70^{\circ}36'$$

$$C_2 \mu = 108^{\circ}34' \quad \nu = 6^{\circ}46'$$

3) Κατὰ Fedorow

$$A_3 \mu = 205^{\circ}51' \quad \nu = 66^{\circ}8',5$$

$$C_3 \mu = 110^{\circ}0 \quad \nu = 9^{\circ}24',5$$

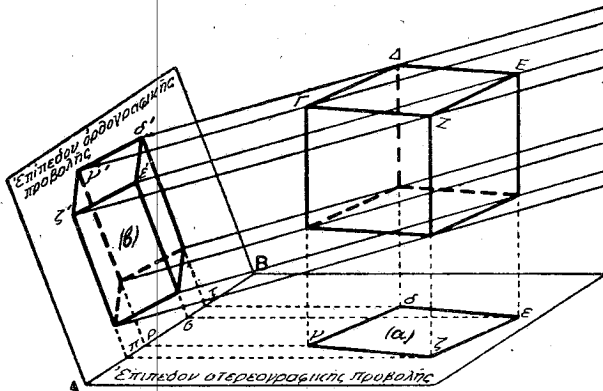
4) Κατὰ Weisbach

$$A_4 \mu = 223^{\circ}25' \quad \nu = 71^{\circ}4'$$

$$C_4 \mu = 103^{\circ}59',5 \quad \nu = 12^{\circ}53',5$$



Μὲ τὸν ἀνωτέρω ἐκτεθέντα τρόπον εὐρίσκομεν τὴν διεύθυνσιν μιᾶς ἐκάστης τῶν ἀκμῶν τοῦ κρυστάλλου. Διὰ τὴν νὰ καθορισθῇ καὶ τὸ μέγεθος αὐτῶν συνδυάζονται τὰ δύο εἴδη τῶν ὀρθογραφικῶν προβολῶν, ἡ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ στερεογράμματος (α) καὶ ἡ ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου πρὸς αὐτὸ ἐπιπέδου προβολῆς (β). Τὴν σχέσιν μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν προβολῶν δεικνύουν τὰ σχήματα 241 καὶ 242. Εἰς τὸ σχῆμα 241 ἔχομεν ὀρθὰς προβολὰς τῶν κορυφῶν τοῦ

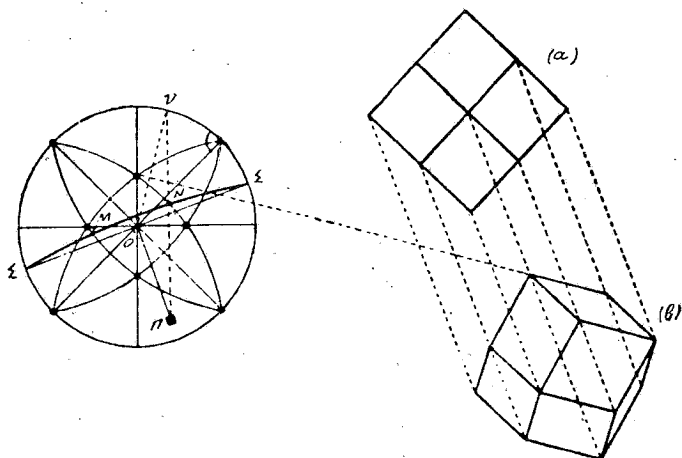


Σχ. 241

Σχέσις ὀρθῆς προβολῆς ἐπὶ τυχόντος ἐπιπέδου πρὸς τὴν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τῆς στερεογραφικῆς (κατὰ Phillips)

κρυστάλλου ἐπὶ μὲν τοῦ ἐπιπέδου τοῦ στερεογράμματος τὴν γδεζ μὲ παράλληλον δέσμην κατακορύφων ἀκτίνων ἐπὶ δὲ τοῦ ἐπιπέδου προβολῆς μὲ δέσμην παράλληλων ἀκτίνων καθέτων ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις ἐπὶ τῆς στερεογραφικῆς προβολῆς συμπίπτει μὲ τὴν ΠΟ. Ὡς φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 241 ἐὰν κατακλίνωμεν τὸ ἐπίπεδον τῆς προβολῆς ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ στερεογράμματος διὰ στροφῆς περὶ τὴν τομὴν αὐτῶν ΑΒ, τὸ μῆκος τῶν ἀκμῶν τῆς προβολῆς (β) καθορίζεται ἀπὸ τὸ τμήμα αὐτῶν τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ τῶν παραλλήλων πρὸς τὴν ΟΠ τῶν ἀγομένων ἀπὸ τὰς ἀντιστοι-

χους κορυφῆς τῆς προβολῆς (α). Τὸν τρόπον ἐκτελέσεως τῆς ἐργασίας αὐτῆς πρὸς προβολὴν τοῦ ρομβικοῦ δωδεκαέδρου ἀποσαφηνίζει τὸ σχῆμα 242. Παρὰ



Σχ. 242

Ἐκτελέσεις ὀρθογραφικῆς προβολῆς ἐπὶ τῇ βάσει
τῆς στερεογραφικῆς (κατὰ Phillips)

τὴν στερεογραφικὴν προβολὴν τοῦ ρομβικοῦ δωδεκαέδρου ἐσχεδιάσθη ἡ προβολὴ (α) μετ' ἐπίπεδον προβολῆς, τὸ τοῦ στερεογράμματος. Ἐκ τῶν κορυφῶν τῆς προβολῆς ταύτης ἄγονται εὐθεῖαι παράλληλοι πρὸς τὴν ΠΟ. Ἡ διεύθυνσις τῆς ἀκμῆς (011) : (101), προσδιοριζομένη καθ' ὃν τρόπον ἀνεπτύχθη, προεχτείνεται, μέχρις ὅτου συναντήσῃ τὰς παραλλήλους τὰς ἀγομένας ἐκ τῶν ἄκρων τῆς ἀντιστοίχου ἀκμῆς τῆς προβολῆς (α). Τὸ μεταξύ τῶν παραλλήλων αὐτῶν περιλαμβανόμενον τμήμα δίδει τὸ μῆκος τῆς ἀκμῆς. Ἡ αὕτη ἐργασία ἐπαναλαμβάνομένη ἐφ' ὅλων τῶν ἀκμῶν δίδει τὸ σχῆμα τῆς προβολῆς (β).

II. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗΣ ΥΛΗΣ

A. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΚ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

41. Κρυσταλλικὸν πλέγμα. Αἱ γεωμετρικαὶ ιδιότητες τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων, αἱ ὁποῖαι περιεγράφησαν εἰς προηγούμενα κεφάλαια ὡς χαρακτηριστικὰ τὴν κρυσταλλικὴν κατάστασιν τῆς ὕλης, καθὼς καὶ αἱ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ αὐτῶν ιδιότητες, περὶ ὧν θὰ γίνῃ λόγος βραδύτερον, ἀποτελοῦν ἐξωτερικὰς ἐκδηλώσεις μιᾶς βαθυτέρας αἰτίας, ἥτις ἀποτελεῖ τὴν φύσιν τῆς κρυσταλλικῆς καταστάσεως. Ἡ αἰτία αὕτη εἶναι ἡ ἰδιάζουσα δομὴ τῶν κρυστάλλων, δηλ. ἡ ἐν τῷ χώρῳ διάταξις τῶν ἀποτελούντων αὐτοὺς ἀτόμων. ἥτις ρυθμίζεται ἀπὸ ὀρισμένους γεωμετρικοὺς κανόνας. Ἀπὸ τῆς ἀννακλύ-

ψεως τῆς περιθλάσεως τῶν ἀκτίνων Röntgen ὑπὸ τῶν κρυστάλλων (1912) ἢ διερευνήσις τῆς ἐσωτερικῆς τοπογραφίας τῶν κρυστάλλων κατέσκη προσιτῇ ἐργαστηριακῶς καὶ ἡ δομὴ τῶν πλείστων ἀνοργάνων ἐνώσεων καὶ πολλῶν ὀργανικῶν εἶναι πλήρως γνωστῇ. Προτοῦ ὅμως τὸ θέμα τοῦτο γίνῃ ἀντικείμενον ἐργαστηριακῆς ἐρεύνης, ἀνευρέθησαν θεωρητικῶς αἱ ἀρχαὶ τοῦ σχεδίου τῆς ἀρχιτεκτονικῆς τοῦ κρυσταλλικοῦ οἰκοδομήματος ἐπὶ τῇ βάσει τῶν δεδομένων τῆς γεωμετρίας τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων, τὰ ὅποια ἤδη ἀνεφέραμεν.

Συνοψίζομεν περαιτέρω τὰς χαρακτηριστικὰς τὰς κρυσταλλικὰ πολυέδρα ιδιότητας.

1) Οἱ κρύσταλλοι εἶναι ὁμογενῇ ἀνισότροπα μέσα με ἀσυνεχῶς μεταβαλλομένης ἀνυσμακτικῆς ιδιότητος.

2) Παρουσιάζονται ἐξωτερικῶς με σχῆμα κυρτῶν πολυέδρων συνήθως συμμετρικῶν, τῶν ὁποίων ἡ συμμετρία ὡς πρὸς ἄξονας εἶναι περιορισμένη εἰς τοὺς L^2 L^3 L^4 L^6 .

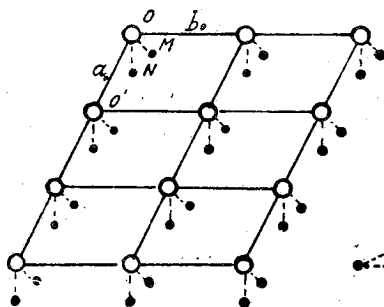
3) Αἱ κρυσταλλικαὶ ἔδραι δοθέντος κρυστάλλου αἱ δυνάμεναι νὰ ἐμφανισθοῦν ἐπ' αὐτοῦ ἔχουν θέσεις καθορισμένες λόγῳ τοῦ περιορισμοῦ, τὸν ὁποῖον εἰσάγει ὁ νόμος τοῦ Haüy.

Τὰς ὡς ἄνω χαρακτηριστικὰς ιδιότητας τῆς κρυσταλλικῆς ὕλης ὀφείλει πρωτίστως νὰ ἐρμηνεύῃ ἡ θεωρία ἐπὶ τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

Ἐφ' ὅσον ὁ κρύσταλλος εἶναι μέσον ὁμογενές, παράλληλοι διευθύνσεις ἐντὸς αὐτοῦ δὲν διαστέλλονται ἀπ' ἀλλήλων ὡς πρὸς τὰς ἀνυσμακτικὰς ιδιότητας, ἦτοι ἐὰν τμῆμα τοῦ κρυστάλλου θεωρηθῇ μετατοπιζόμενον παραλλήλως πρὸς ἑαυτό, θὰ ταυτισθῇ εἰς τὴν ἐκάστοτε θέσιν του πρὸς τμῆμα τοῦ κρυστάλλου καθ' ὅλα ὁμοίον του. Ἐὰν μεταχειρισθῶμεν τὴν εἰκόνα αὐτὴν· εἰς τὸν κρύσταλλον ὡς ἀσυνεχὲς μέσον ἀποτελούμενον ἀπὸ διακρίτους ὕλικας μονάδας, τὰ ἄτομα, ἡ ὁμογένεια ἀπαιτεῖ ἀπὸ τὴν παράλληλον μετατόπισιν νὰ ἐπέλθῃ συντχύσεις τῶν ὁμοίων ἀτόμων.

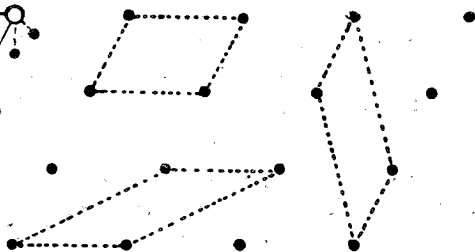
Θεωρήσωμεν λ.χ. εἰς τὸ σχ. 243 συγκρότημα τριῶν ἀτόμων O, M, N, μετατοπιζόμενον κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κρυσταλλογραφικοῦ ἄξονος α παρὰ πλάγιως ἑαυτῷ, μέχρις ὅτου συναντήσωμεν τὰς ἐγγυτέρας ὕλικας μονάδας εἰς ἀπόστασιν α. Εἰς τὴν νέαν θέσιν τὰ τρία ἄτομα θὰ ταυτισθοῦν πρὸς ὁμοίαν ὁμάδα ἀτόμων ἄτομον πρὸς ἄτομον καὶ τοιαῦται συνταυτίσεις θὰ γίνωνται σταθερῶς κατὰ διάστημα α, ἐὰν συνεχίσωμεν τὴν μετατόπισιν κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτήν. Ἐὰν ἀκολουθήσωμεν ἄλλην διεύθυνσιν, ἐπὶ παραδείγματι τὴν τοῦ κρυσταλλογραφικοῦ ἄξονος b, ἵνα ὑπάρχῃ ὁμογένεια, θὰ πρέπη νὰ ἔχωμεν συντχύσεις τῆς θεωρηθείσης ὁμάδος ἀτόμων με ὁμοίας πρὸς αὐτὴν ὁμάδας ἀνὰ ἴσα διαστήματα b. Οὕτω κατὰ τὴν προβολὴν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου (001) τὰ ἄτομα θὰ ἔχουν τὴν διάταξιν τοῦ σχ. 243. Ἡ διάταξις αὕτη προκύπτει, ἀπὸ διπλῶς περιουδικὴν ἐπανάληψιν τῆς θεωρηθείσης ὁμάδος, τῆς ὁποίας ἐπαναλήψεις τὸ σχέδιον παρέχει ἡ διάταξις τῶν σημείων τοῦ παραπλεύρως σχή-

ματος 244. Τὸ σχέδιον τῆς διπλῆς αὐτῆς περιοδικῆς ἐπαναλήψεως, καλεῖται ἐπίπεδον πλέγμα ἢ δικτυωτὸν ἐπίπεδον. Ὅλα τὰ ὅμοια ἄτομα τοῦ σχ. 243 ἔχουν διάταξιν ὁμοίαν πρὸς τὴν διάταξιν τῶν σημείων τοῦ ἐπίπεδου πλέγματος, δηλ. κεῖνται εἰς τὰς κορυφὰς ἴσων ἐφεξῆς παραλληλογράμμων, τὰ ὅποια σχηματίζονται ἀπὸ δύο τεμνόμενα συστήματα παραλλήλων εὐθειῶν ἔχουσῶν σταθερὰς ἀπ' ἀλλήλων ἀποστάσεις εἰς ἕκαστον σύστημα. Αἱ κορυφαὶ τῶν παραλληλογράμμων καλοῦνται δεσμοί, εὐθεῖα διερχομένη διὰ πολλῶν δεσμῶν στοίχος, ἐν τῶν ὁμοίων παραλληλογράμμων βρόχος. Ἡ περιγραφή τοῦ ἐπίπεδου πλέγματος δύναται νὰ γίνη κατὰ ποικίλους τρόπους, ἐκλεγομένων ἐκάστοτε ἄλλων στοιχείων διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ στοιχειώδους παραλληλογράμμου (σχ. 244).



Σχ. 243

Ὁμογενὴς διάταξις συγκροτήματος
ἀτόμων.



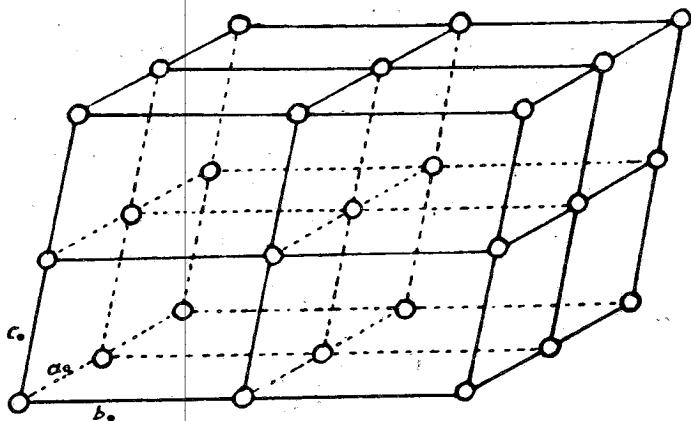
Σχ. 244

Περιγραφή διπλῆς περιοδικῆς
ἐπαναλήψεως

Ἐφ' ὅσον ὁ βρόχος ἔχει δεσμούς μόνον εἰς τὰς κορυφὰς του, τὸ ἐμβαδὸν τοῦ παραμένει σταθερὸν ἀνεξαρτήτως τοῦ τρόπου ἐκλογῆς τῶν παραμέτρων τοῦ. Τὸ ἀντίστροφον τοῦ ἐμβαδοῦ ($1/E$) καλεῖται πυκνότης τοῦ δικτυωτοῦ ἐπίπεδου. Ἐὰν ὁ ἐκλεγείν διὰ τὴν περιγραφὴν τῆς περιοδικῆς διατάξεως βρόχος περιέχει καὶ ἄλλους δεσμούς ἐντὸς αὐτοῦ ἐκτὸς τῶν τῆς κορυφῆς καλεῖται πολλαπλοῦς. Τὸ ἐμβαδὸν πολλαπλοῦ βρόχου περιέχοντος n δεσμούς ἐντὸς αὐτοῦ ἴσουςται πρὸς τὸ ἐμβαδὸν $(n+1)$ ἀπλῶν βρόχων.

Ἐπεκτείνοντες τὴν ὡς ἄνω σειρὰν σκέψεων καὶ κατὰ τὴν τρίτην διάστασιν, δηλ. κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κρυσταλλογραφικοῦ ἄξονος c , θὰ ἔχωμεν συντάξις τῶν ἀτόμων κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν μεθ' ἐκάστην μετατόπισιν κατὰ τὸ σταθερὸν διάστημα c . Οὕτως ἡ ὁμογενὴς διάταξις τῶν ὑλικῶν μονάδων, ἐξ ὧν ἀποτελεῖται ὁ κρυστάλλος, συνίσταται εἰς τριπλῶς περιοδικὴν ἐπαναλήψιν αὐτῶν εἰς τὸν χώρον. Τὸ σχέδιον τῆς τοιαύτης περιοδικῆς ἐπαναλήψεως παρέχει ἡ διάταξις σημείων κειμένων εἰς τὰς κορυφὰς ἴσων παραλληλοπύκνων, τὰ ὅποια σχηματίζονται ἀπὸ δύο τεμνόμενα τρία συστήματα παραλ-

λήλων ἐπιπέδων ἴσον ἀπεχόντων ἀπ' ἀλλήλων εἰς ἕκαστον σύστημα (σχ. 245). Ἡ διάταξις αὕτη καλεῖται *τριδιάστατον πλέγμα ἢ πλέγμα μετατοπίσεων*. Ἐν τῶν ἴσων παραλληλεπιπέδων *στοιχειῶδες πλέγμα ἢ κυψελίς*. Ἡ κυψελίς ὀρί-



Σχ. 245

Τριδιάστατον πλέγμα

ζεται με τὰς τρεῖς παραμέτρους $a_0 b_0 c_0$ καὶ τὰς τρεῖς γωνίας α, β, γ . Καὶ τοῦ εἰς τὸν τριδιάστατον χῶρον ἐκτεινομένου πλέγματος ἡ περιγραφή δύναται νὰ γίνη κατὰ ποικίλους τρόπους ἐκλεγομένων ἐκάστοτε ἄλλων παραμέτρων διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς κυψελίδος. Κυψελίς μὴ περιέχουσα ἄλλον δεσμὸν ἐκτὸς τῶν κορυφῶν καλεῖται *ἀπλῇ*, ἄλλως καλεῖται *πολλαπλῇ*. Ὁ ὄγκος τῆς ἀπλῆς κυψελίδος δοθέντος πλέγματος εἶναι σταθερὸς ἀνεξαρτήτως τοῦ τρόπου ἐκλογῆς τῶν παραμέτρων τῆς. Πολλαπλῇ κυψελίς με n δεσμοὺς ἐκτὸς τῶν δεσμῶν τῶν κορυφῶν ἔχει ὄγκον ἴσον πρὸς $(n+1)$ ὄγκους ἀπλῆς κυψελίδος.

Πᾶσα εὐθεῖα ἐνοῦσα δύο δεσμοὺς τοῦ πλέγματος συνεχιζομένη θὰ συναντᾷ δεσμοὺς εἰς τὴν αὐτὴν σταθερὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν. Δικτυωτὸν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ δεσμῶν τοῦ πλέγματος ἔχει ὅμοια πρὸς ἑαυτὸ δικτυωτὰ ἐπίπεδα παράλληλα, τὰ ὅποια διαδέχονται ἀλλήλα εἰς σταθερὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν d ἀνάλογον τῆς πυκνότητος αὐτῶν.

Ἡ θέσις δεσμοῦ τινος τοῦ πλέγματος καθορίζεται ὡς πρὸς ἀρχὴν ἓνα δεσμὸν αὐτοῦ καὶ ἄξονας τὰς κατευθύνσεις τῶν τριῶν παραμέτρων τῆς κυψελίδος με τὰς συντεταγμένας του ὡς πρὸς τοὺς ἄξονας αὐτοὺς. Αἱ συντεταγμένα παντὸς δεσμοῦ εἶναι ἀκέραια πολλαπλάσια τῶν παραμέτρων τῆς κυψελίδος $x = ua, y = vb, z = wc$ (u, v, w ἀκέραιοι ἀριθμοί).

Τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ πλέγματος εἶναι παράλληλα πρὸς δυνατὰς φυσικὰς ἑδρας τοῦ κρυσταλλικοῦ πολυέδρου. Αἱ συνήθεστερον ἐμφανιζόμεναι

κρυσταλλικαὶ ἑδραι εἶναι παράλληλοι πρὸς τὰ πυκνότερα δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ πλέγματος. Ἵνα ὑπάρχῃ τοιαύτη σχέσις μεταξύ δικτυωτῶν ἐπιπέδων καὶ φυσικῶν ἑδρῶν τοῦ κρυστάλλου πρέπει τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα νὰ πληροῦν τὸν νόμον τοῦ Haüy, ἥτοι νὰ ἔχουν δείκτας ἀκεραίους ἀριθμούς.

Θεωρήσωμεν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τῆς ἀρχῆς τῶν ἁξόνων $O(000)$ καὶ τῶν σημείων $M(ua, vb, wc)$ καὶ $M'(u'a, v'b, w'e)$. Ἡ ἐξίσωσις τοῦ ἐπιπέδου τούτου δίδεται ἀπὸ τὴν ὀρίζουσάν:

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ ua & vb & wc & 1 \\ u'a & v'b & w'e & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad \text{ἢ} \quad \begin{vmatrix} x & y & z \\ ua & vb & wc \\ u'a & v'b & w'e \end{vmatrix} = 0$$

ἀναπτύσσοντες τὴν τελευταίαν ὀρίζουσιν καὶ διακροῦντες ὅλα τὰ μέλη τοῦ ἀναπτύγματος διὰ τοῦ γινομένου $a \cdot b \cdot c$ λαμβάνομεν:

$$(1) \quad \frac{x}{a} (vw' - wv') + \frac{y}{b} (wu' - uw') + \frac{z}{c} (uv' - u'v) = 0$$

Αἱ ἐν παρενθέσει ποσότητες εἶναι ἀκέραιαι καὶ ἐπομένως ἡ τελευταία ἐξίσωσις δύναται νὰ γραφῇ $hx/a + ky/b + lz/c = 0$ μὲ hkl ἀκεραίους, τοὺς δείκτας τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου.

Δικτυωτὸν ἐπίπεδον παράλληλον πρὸς τὸ ἀνώτερον διερχόμενον διὰ σημείου $M''(u''a, v''b, w''c)$ θὰ ἔχῃ ἐξίσωσιν:

$$(2) \quad \frac{hx}{a} + \frac{ky}{b} + \frac{lz}{c} = hu'' + kv'' + lw'' = A \quad (A = \text{ἀκέραιος})$$

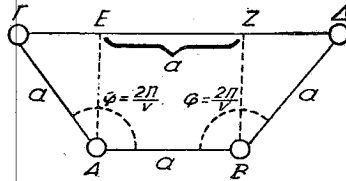
Τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ τέμνει τοὺς ἁξόνους εἰς σημεῖα ἀπέχοντα ἀπὸ τῆς ἀρχῆς ἀποστάσεις $OA' = A \cdot a/h$, $OB' = A \cdot b/k$, $OG' = A \cdot c/l$, τὰς παραμέτρους τοῦ ἐπιπέδου. Αἱ τελευταῖαι σχέσεις παραμέτρων ἑδρας καὶ δεικτῶν αὐτῆς εἶναι καὶ δοθεῖσαι διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς ἐννοίας τῶν δεικτῶν εἰς σελ. 48.

Τῆς μικροτέρας ἀκεραίας τιμῆς τοῦ A εἰς τὴν ἐξίσωσιν (2) οὔσης $+1$ ἡ ἐξίσωσις $hx/a + ky/b + lz/c = 1$ ὀρίζει τὸ 1ον παράλληλον δικτυωτὸν ἐπίπεδον, τὸ ἐπίπεδον τὸ ἐπόμενον τοῦ διερχομένου διὰ τῆς ἀρχῆς τῶν ἁξόνων, καὶ κατ' ἀκολουθίαν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (2) τὸ (A) ἰσοῦται πρὸς τὸν ἀριθμὸν τοῦ παρὰλλήλων δικτυωτῶν ἐπιπέδων, τὰ ὅποια περιλαμβάνονται μεταξύ τῆς ἀρχῆς καὶ τοῦ σημείου M'' εἰς σταθεράν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν διαδεχόμενα ἁλλήλων. Ἐὰν καλέσωμεν d_{hkl} τὴν ἀπόστασιν αὐτήν, ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τοῦ ἐπιπέδου τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ M'' εἶναι $A \cdot d_{hkl}$.

Ἀποδεικνύεται ἐπίσης ὅτι οἱ μόνοι ἁξόνες συμμετρίας οἱ δυνάμενοι νὰ ὑπάρξουν εἰς πλέγμα εἶναι οἱ L^2 , L^3 , L^4 , L^6 .

Θεωρήσωμεν δύο ἐφεξῆς δεσμούς A καὶ B (σχ. 246) ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχεδίου εἰς ἀπόστασιν u καὶ ἁξονα συμμετρίας τάξεως n διερχόμενον διὰ

τοῦ Α καὶ κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου. Στροφή περὶ τὸν ἄξονα τοῦτον κατὰ γωνίαν $\varphi = 2\pi/\nu$ θὰ φέρῃ τὸν δεσμὸν Β εἰς συνταύτισιν πρὸς δε-



Σχ. 246

σμὸν Γ τοῦ πλέγματος. Διὰ τοῦ Β διέρχεται Α' ὡς καὶ διὰ τοῦ Α παράλληλος πρὸς ἐκεῖνον. Στροφή περὶ αὐτὸν κατὰ $2\pi/\nu$ ἄγει τὸν δεσμὸν Α εἰς συνταύτισιν πρὸς τὸν δεσμὸν Δ. Ἡ ΓΔ παράλληλος πρὸς τὸν ΑΒ καὶ ὁτοῦχος τοῦ πλέγματος θὰ ἰσοῦται πρὸς να (n ἀκέραιος). Ἄγοντες καθέτους ἐκ τῶν Α καὶ Β ἐπὶ τὴν ΓΔ, τὰς ΑΕ καὶ ΒΖ, ἔχομεν $ΓΔ = ΓΕ + ΕΖ + ΖΔ = α + 2ΓΕ = α \pm 2α\sin\varphi = α (1 \pm 2\sin\varphi) = na$

$$\sin\varphi = \pm \frac{n-1}{2} = \pm \frac{m}{2} \quad (m \text{ ἀκέραιος}).$$

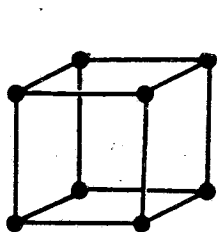
Αἱ μόναι τιμαὶ αἱ ἐπαληθεύουσαι τὴν τελευταίαν σχέσιν εἶναι 0,1 καὶ 2.

Διὰ $m = 0$	$\sin\varphi = 0$	$\varphi = 90^\circ$	L^4
Διὰ $m = 1$	$\sin\varphi = \frac{1}{2}$	$\varphi = 60^\circ$	L^6
Διὰ $m = -1$	$\sin\varphi = -\frac{1}{2}$	$\varphi = 120^\circ$	L^3
Διὰ $m = 2$	$\sin\varphi = 1$	$\varphi = 0^\circ$	—
Διὰ $m = -2$	$\sin\varphi = -1$	$\varphi = 180^\circ$	L^2 δ.ξ.δ.

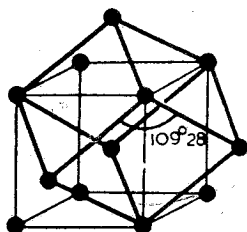
Οὕτως αἱ τρεῖς οὐσιώδεις ιδιότητες τῶν κρυστάλλων ἢ ὁμογένεια, τὸ ἀκέραιον τῶν δεικτῶν τῶν κρυσταλλικῶν ἑδρῶν καὶ ἡ ὠρισμένη συμμετρία τῶν ἀξόνων συνάγονται ὡς συνέπειαι τοῦ πλέγματος.

42. Εἶδη καὶ γεωμετρικαὶ ιδιότητες τῶν πλεγμάτων. Οἱ διάφοροι δυνατοὶ τρόποι τριπλῆς περιοδικῆς ἐπαναλήψεως σημείου ἐν τῷ χώρῳ παρέχουν 14 τύπους στοιχειωδῶν πλεγμάτων κατανεμομένων εἰς τὰ ἑπτὰ κρυσταλλικὰ συστήματα. Τὰ πλέγματα αὐτὰ εὐρέθησαν ὑπὸ τοῦ Bravais. Ἐξ αὐτῶν τινὰ εἶναι ἀπλᾶ, δηλ. ἔχουν δεσμοὺς μόνον εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ στοιχειώδους παραλληλεπίπεδου, ἄλλα εἶναι πολλαπλᾶ, προκύπτοντα ἐκ τῶν ἀπλῶν διὰ προσθήκης δεσμοῦ ἢ δεσμῶν 1) εἰς τὸ κέντρον τοῦ παραλληλεπίπεδου (ἐνδοκεντρωμένον πλέγμα) 2) εἰς τὰ κέντρα δύο παραλλήλων ἑδρῶν αὐτοῦ, συνήθως τῶν (001), (μονοεδρικῶς κεντρωμένον) καὶ 3) εἰς τὰ κέν-

τρα τῶν ἑδρῶν (ὀλοεδρικῶς κεντρωμένον). Τὰ ἀπλᾶ πλέγματα συμβολίζονται μὲ P , τὰ ἔνδοκεντρωμένα μὲ I τὰ μονοεδρικῶς κεντρωμένα μὲ C , τὰ ὀλοεδρικῶς κεντρωμένα μὲ F . Εἰσῆχθη ἡ χρῆσις τῶν πολλαπλῶν παραλληλεπιπέδων ἀντὶ τῶν ἀντιστοιχοῦντων εἰς αὐτὰ ἀπλῶν, διότι εἰς τὰ πολλαπλᾶ ἐκδηλοῦται ἡ συμμετρία τοῦ συστήματος, εἰς τὸ ὁποῖον ἀνήκουν, ἐνῶ εἰς τὰ ἀπλᾶ αὐτῶν δὲν εἶναι προφανής. Ἐπὶ παραδείγματι τοῦ F κυβικοῦ τὸ ἀντίστοιχον ἀπλοῦν παραλληλεπίπεδον ἔχει σχῆμα ρομβοέδρου μὲ ἐπιπέδους γωνίας τῶν ἑδρῶν 60° (σχ. 249), τοῦ ἔνδοκεντρωμένου κυβικοῦ τὸ ἀπλοῦν εἶναι ρομβοέδρον μὲ γωνίαν ἐπίπεδον $109^\circ 28'$ (σχ. 248).

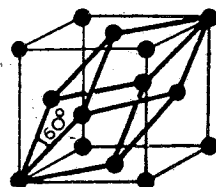


Σχ. 247



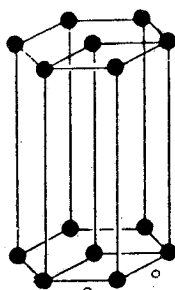
Σχ. 248

Κυβικὰ πλέγματα



Σχ. 249

Τὸ κυβικὸν σύστημα περιλαμβάνει τρία πλέγματα μὲ σταθεράς $a_0 = b_0 = c_0$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, τὸ ἀπλοῦν P (σχ. 247), τὸ ἔνδοκεντρωμένον I (σχ. 248) καὶ τὸ ὀλοεδρικῶς κεντρωμένον F (σχ. 249).



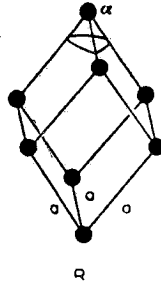
C

Σχ. 250

Ἑξαγωνικὸν πλέγμα

Τὸ ἑξαγωνικὸν σύστημα περιλαμβάνει ἓν ἀπλοῦν πλέγμα μὲ δεσμοὺς εἰς τὰς κορυφὰς βασιρρόμβου ὀρθοῦ πρίσματος καὶ γωνίαν τῆς ρομβικῆς βάσεως 120° , $a_0 = b_0 = c_0$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$. Εἰς τὸ σχ. 250 ἐσχεδιάσθησαν πλὴν τῶν δεσμῶν τοῦ στοιχειώδους πλέγματος καὶ ἄλλοι γειτονικοὶ αὐτῶν, διὰ νὰ φανῇ ἡ ἑξαγωνικὴ συμμετρία. Ἐκ τῶν τάξεων τοῦ τριγωνικοῦ

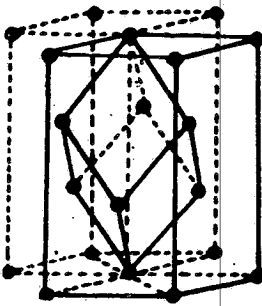
συστήματος τινές ἔχουν πλέγμα ἑξαγωνικόν, ἄλλαι ρομβοεδρικόν. Τὸ ρομβοεδρικόν εἶναι ἀπλοῦν στοιχειῶδες πλέγμα με δεσμούς εἰς τὰς κορυφὰς ρομβοέδρου $a_0 = b_0 = c_0$, $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ (σχ. 251).



Σχ. 251

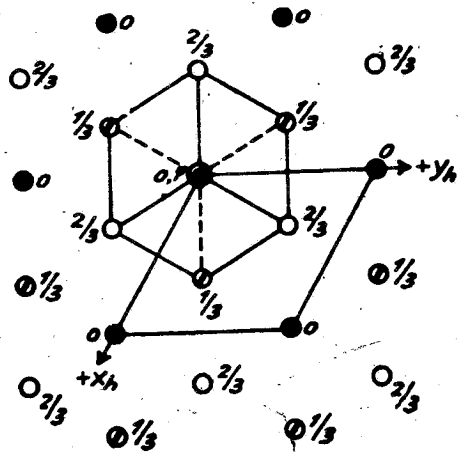
Ρομβοεδρικόν πλέγμα

Ἐὰν θεωρήσωμεν δικτυωτὰ ἐπίπεδα κάθετα ἐπὶ τὸν Λ^3 τοῦ ρομβοεδρικοῦ στοιχειώδους πλέγματος, ταῦτα τέμνουν τὸ μεταξύ τῶν κορυφῶν δι' ὧν διέρ-



Σχ. 252

Ρομβοεδρικόν πλέγμα εἰς ἑξαγωνικὴν περιγραφὴν



Σχ. 253

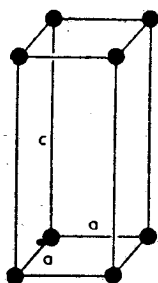
Προβολὴ ρομβοεδρικοῦ πλέγματος ἐπὶ (0001)

χεται ὁ ἄξων τμήμα αὐτοῦ εἰς τρία ἴσα μέρη. Ἡ διάταξις τῶν δεσμῶν ἐπὶ τῶν διαδοχικῶν ἐπιπέδων ἐπαναλαμβάνεται ἢ αὐτὴ μεθ' ἑκάστον τρίτον δικτυωτὸν ἐπίπεδον, τὸ εἰς ὕψος 0 (σχ. 252) ταυτίζεται με τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον εἰς ὕψος 1 διὰ μετατοπίσεως κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν Λ^3 .

Τὴν διάταξιν τῶν δεσμῶν εἰς τὰ τρία ἐπίπεδα παριστᾷ τὸ σχ. 253. Ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα τοῦτο ἡ διάταξις δεσμῶν κατὰ πλέγμα ρομβοεδρικόν δύναται

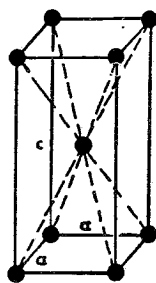
νά περιγραφῇ μεῖς πολλαπλοῦν ἑξαγωνικὸν πλέγμα ἔχον πλὴν τῶν δεσμῶν τῶν κορυφῶν δύο ἑτι δεσμοὺς μεῖς συντεταγμένας $2/3$, $1/3$, $1/3$ καὶ $1/3$, $2/3$, $2/3$. Ὁ ὄγκος τοῦ πολλαπλοῦ ἑξαγωνικοῦ πλέγματος εἶναι τριπλάσιος τοῦ ἀπλοῦ ρομβοεδρικοῦ.

Εἰς τὸ τετραγώνικόν σύστημα ἀνήκουν δύο πλέγματα μεῖς σταθεράς $a_0 = b_0 \neq c_0$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, τὸ ἀπλοῦν τετραγώνικόν P, (σχ. 254) καὶ τὸ ἐνδοκεντρωμένον τετραγώνικόν I (σχ. 255). Μονοεδρικῶς κεντρωμένον C ἢ



P

Σχ. 254

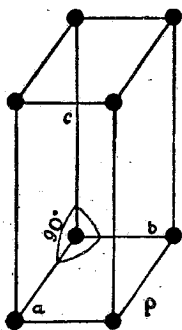


I

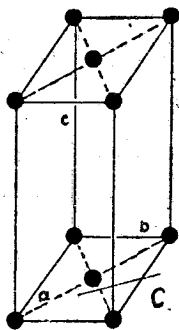
Σχ. 255

Τετραγωνικά πλέγματα

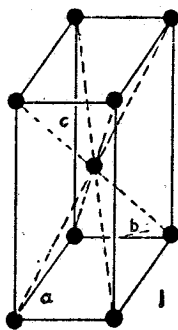
ὁλοεδρικῶς F δὲν ὑφίστανται εἰς τὸ τετραγώνικόν σύστημα, διότι τὰ πλέγματα αὐτὰ ἀνάγονται τὸ C εἰς P καὶ τὸ F εἰς I μεῖς μικροτέρας παραμέτρους.



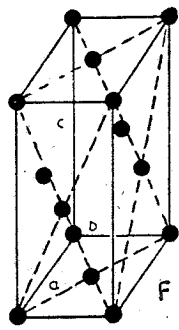
Σχ. 256



Σχ. 257



Σχ. 258



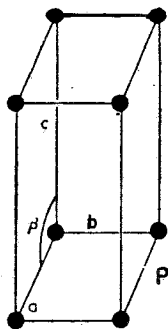
Σχ. 259

Ρομβικά πλέγματα

Εἰς τὸ ρομβικόν σύστημα ἐμφανίζονται καὶ οἱ τέσσαρες τύποι, P (σχ. 256) C (σχ. 257) I (σχ. 258) καὶ F (σχ. 259) μεῖς σταθεράς $a^0 \neq b_0 \neq c_0$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

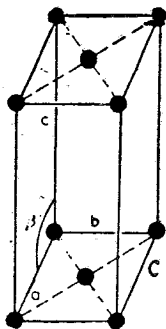
Εἰς τὸ μονοκλινὲς ἀνήκουν δύο πλέγματα, τὸ ἀπλοῦν P (σχ. 260) καὶ τὸ C (σχ. 261) μεῖς σταθεράς $a_0 \neq b_0 \neq c_0$, $\alpha = \gamma = 90^\circ$, $\beta \neq 90^\circ$.

Εἰς τὸ τρικλινές ἐν μόνον, τὸ P, μὲ σταθερὰς $a_0 \neq b_0 \neq c_0$, $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$ (σχ. 262).

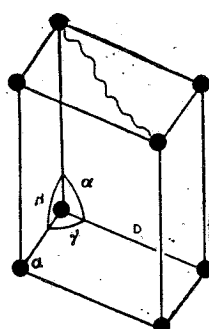


Σχ. 260

Μονοκλινὴ πλέγματα



Σχ. 261



Σχ. 262

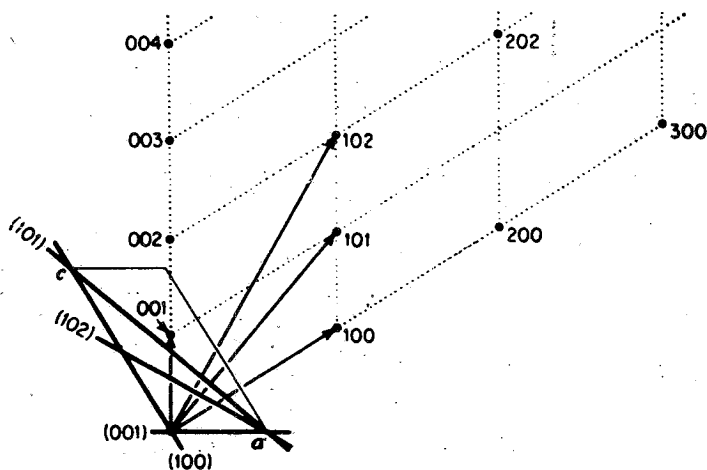
Τρικλινές πλέγμα



Ὡς πρὸς τὴν συμμετρίαν τῶν ὡς ἄνω περιγραφέντων 14 πλεγμάτων μετατοπίσεως τοῦ Bravais παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς. Ἐὰν ταῦτα ἔχουν ἄξονας συμμετρίας ἢ ἐπίπεδα συμμετρίας, πᾶσα εὐθεῖα ἢ ἐπίπεδον παράλληλα πρὸς τὰ ἐν λόγῳ στοιχεῖα συμμετρίας διερχόμενα διὰ δεσμοῦ τοῦ πλέγματος εἶναι ἄξονες καὶ ἐπίπεδα συμμετρίας τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων. Ἄξων συμμετρίας διερχόμενος διὰ δεσμοῦ ταυτίζεται πρὸς στοῖχον τοῦ πλέγματος. Ἐπίπεδον ἀγόμενον διὰ δεσμοῦ καθέτως πρὸς ἄξονα συμμετρίας τοῦ πλέγματος εἶναι δικτυωτὸν ἐπίπεδον τοῦ πλέγματος. Πᾶς δεσμὸς συμπίπτει πρὸς κέντρον συμμετρίας τοῦ πλέγματος. Ἡ ὑπαρξὶς ἄξονος L^n (διὰ $n > 2$) εἰς τὸ πλέγμα συνεπάγεται τὴν ὑπαρξίν nL^2 καθέτων ἐπὶ τὸν L^n .

43. Ἀντίστροφον πλέγμα. Σχέσεις συνδέουσai τὰς σταθερὰς τοῦ πλέγματος πρὸς τοὺς δείκτας. Δοθέντος ὀρισμένου πλέγματος μετατοπίσεων συνδέομεν πρὸς αὐτὸ φανταστικὸν πλέγμα καλούμενον ἀντίστροφον πλέγμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ὀρισμένην γεωμετρικὴν σχέσιν πρὸς τὸ πρῶτον καὶ εἶναι χρήσιμον διὰ τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς λογισμοὺς καὶ διὰ τὰς ἐφαρμογὰς του εἰς τὴν ἔρευναν τῶν κρυστάλλων διὰ τῶν ἀκτίνων X. Τὸ ἀντίστροφον πλέγμα παράγεται ὡς ἑξῆς ἐκ τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων. Θεωροῦμεν ἐκ τῆς ἀρχῆς τοῦ πλέγματος τούτου καθέτους ἐπὶ ἓν ἕκαστον τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων αὐτοῦ (hkl) καὶ ἐπὶ τῶν καθέτων αὐτῶν λαμβάνομεν ἀπὸ τῆς ἀρχῆς μήκη $d_{hkl} = C/d_{hkl}$ ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῆς ἀποστάσεως d_{hkl} τῶν ἀντιστοιχούν δικτυωτῶν ἐπιπέδων. Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας C ἐκλέγεται καταλλήλως, ὥστε αἱ διαστάσεις τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος νὰ εἶναι πρόσφοροι δι' ἣν χρῆσιν τοῦτο προορίζεται. Τὰ πέρατα τῶν οὕτως ὀριζομένων ἀνυσμάτων ἀποτελοῦν τοὺς δεσμοὺς τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος. Μεταξὺ πλέγματος μετατοπίσεων καὶ ἀντιστρόφου πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἑξῆς ἀντιστοιχία. Εἰς

ἑκάστον δικτυωτὸν ἐπίπεδον τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων ἀντιστοιχεῖ δεσμός τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος, ὁ στοῖχος ὁ ἀπολήγων εἰς τὸν δεσμὸν τοῦτον συμπίπτει μὲ τὴν κάθετον ἐπὶ τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον καὶ ἡ παράμετρος τοῦ στοίχου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀποστάσεως d_{hkl} τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων hkl ἀπ' ἀλλήλων. Τὴν σχέσιν μεταξὺ δικτυωτῶν ἐπιπέδων $h0l$ τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων καὶ τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς αὐτὰ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος εἰκονίζει τὸ σχῆμα 263. Ὡς φαίνεται



Σχ. 263

Σχέσις τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος πρὸς τὸ πλέγμα Bravais

ἐκ τοῦ σχήματος τούτου τὸ ἀντίστροφον πλέγμα παρέχει ἐποπτικὴν εἰκόνα τῶν διαφόρων δικτυωτῶν ἐπιπέδων τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων καὶ τῶν ἀποστάσεων d_{hkl} δι' ἑκάστην σειρὰν αὐτῶν. Αἱ σταθεραὶ τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος πρὸς ἀντιδιαστολὴν πρὸς ἐκεῖνας τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων ἐπισημαίνονται μὲ ἀστερίσκον προστιθέμενον ἄνω δεξιὰ τοῦ συμβόλου τῆς σταθερᾶς ἥτοι a^* , b^* , c^* , α^* , β^* , γ^* . Αἱ σταθεραὶ αὗται ὑπολογίζονται εὐκόλως ἐκ τῶν σταθερῶν τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων. Διὰ τὴν γενικὴν περίπτωσηιν τρικλινοῦς κυψελίδος ἐκ τῆς σχέσεως, ἥτις δίδει τὸν ὄγκον αὐτῆς $V = bc\eta\mu\alpha d_{(100)}$ ἔχομεν:

$$a^* = \frac{1}{d_{100}} = \frac{bc\eta\mu\alpha}{V} \quad b^* = \frac{1}{d_{(010)}} = \frac{a\zeta\eta\mu\beta}{V} \quad c^* = \frac{1}{d_{(001)}} = \frac{ab\eta\mu\gamma}{V}$$

$$\sigma\upsilon\nu\alpha^* = \frac{\sigma\upsilon\nu\beta \cdot \sigma\upsilon\nu\gamma - \sigma\upsilon\nu\alpha}{\eta\mu\beta \cdot \eta\mu\gamma}, \quad \sigma\upsilon\nu\beta^* = \frac{\sigma\upsilon\nu\gamma \cdot \sigma\upsilon\nu\alpha - \sigma\upsilon\nu\beta}{\eta\mu\gamma \cdot \eta\mu\alpha}, \quad \sigma\upsilon\nu\gamma^* = \frac{\sigma\upsilon\nu\alpha \cdot \sigma\upsilon\nu\beta - \sigma\upsilon\nu\gamma}{\eta\mu\alpha \cdot \eta\mu\beta}$$

Αἱ σχέσεις αὗται ἀπλοῦστεύονται εἰς τὰ λοιπὰ συστήματα λόγῳ τῶν τιμῶν τῶν σταθερῶν αὐτῶν.

Ἔπονται τύποι τινὲς συνδέοντες τὰς σταθεράς πλέγματος πρὸς τοὺς δείκτας τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων, οἵτινες εἶναι χρήσιμοι διὰ τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς λογισμοὺς καὶ τοὺς ἀναφερομένους εἰς τὴν ἀκτινογραφικὴν ἔρευναν τῶν κρυστάλλων.

Εἰς τὴν γενικὴν περίπτωσιν τρικλινοῦς πλέγματος αἱ χαρακτηριστικαὶ σταθεραὶ τῆς κυψελίδος δίδονται μὲ τὰς τρεῖς παραμέτρους αὐτῆς a_0, b_0, c_0 , τὰς τρεῖς γωνίας α, β, γ καὶ τὰς τρεῖς ἐπιπέδους γωνίας $\xi = (010) : (001)$, $\eta = (100) : (001)$ καὶ $\zeta = (100) : (010)$. Ὁ ὄγκος V τῆς κυψελίδος συναρτῆσει τῶν σταθερῶν αὐτῶν δίδεται μὲ τὰς σχέσεις:

$$V = abc\eta\mu\beta\eta\mu\gamma\mu\zeta = abc\eta\mu\alpha\eta\mu\gamma\mu\eta = abc\eta\mu\alpha\eta\mu\beta\mu\zeta.$$

Ἡ σχέσις ἡ συνδέουσα τὴν ἀπόστασιν d_{hkl} τῶν διαδοχικῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων ἀπ' ἀλλήλων συναρτῆσει τῶν δεικτῶν hkl καὶ τῶν σταθερῶν τοῦ πλέγματος δίδεται ὑπὸ τὴν λεγομένην τετραγωνικὴν μορφήν $Q = 1/d_{hkl}^2$ μὲ τὰς ἐξῆς παραστάσεις διὰ τὰ πλέγματα τῶν ἑπτὰ κρυσταλλικῶν συστημάτων.

Τρικλινὲς πλέγμα

$$Q = h^2 a^{*2} + k^2 b^{*2} + l^2 c^{*2} + 2klb^*c^*\sigma\upsilon\nu\alpha^* + 2lhc^*a^*\sigma\upsilon\nu\beta^* + 2hka^*b^*\sigma\upsilon\nu\gamma^*$$

Μονοκλινὲς πλέγμα

$$Q = \frac{h^2}{a^2\eta\mu^2\beta} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2\eta\mu^2\beta} - \frac{2hlc\sigma\upsilon\nu\beta}{ac\eta\mu^2\beta}$$

Ρομβικὸν πλέγμα

$$Q = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

Τετραγωνικὸν πλέγμα

$$Q = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

Κυβικὸν πλέγμα

$$Q = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}$$

Ἐξαγωνικὸν πλέγμα

$$Q = \frac{4}{3} \frac{(h^2 + k^2 + hk)}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

Ρομβοεδρικὸν πλέγμα

$$Q = \frac{\sigma\upsilon\nu^2 \frac{\alpha}{2}}{a^2\eta\mu \frac{\alpha}{2} \eta\mu \frac{3\alpha}{2}} \left[(h^2 + k^2 + l^2) - \left(1 - \varepsilon\varphi^2 \frac{\alpha}{2}\right) (kl + lh + hk) \right]$$

44. Συμμετρία του περιεχομένου της κυψελίδος. Όμάδες συμμετρίας.

Οι ως άνω ειδικοί χαρακτήρες συμμετρίας των 14 πλεγμάτων έχουν ως συνέπειαν ή συμμετρία εκάστου αὐτῶν νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὴν συμμετρίαν τῆς ὀλοεδρίας τοῦ συστήματος, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ πλέγμα ἀνήκει. "Ολαί αἱ μεροεδρिकाὶ τάξεις (ἡμιεδρικαὶ τάξεις, τεταρτοεδρικαὶ) θὰ ἔχουν πλέγματα μετατοπίσεων ὀλοεδρικὰ καὶ τίθεται τὸ ἐρώτημα εἰς τί ὀφείλεται ἡ μακροσκοπικῶς ἐκδηλουμένη κατωτέρα συμμετρία τοῦ μεροεδρικοῦ κρυστάλλου;

Μέχρι τοῦδε ἐξητάσαμεν μέρος μόνον τοῦ σχεδίου ἀρχιτεκτονικῆς τοῦ κρυσταλλικοῦ οἰκοδομήματος, τὸ ἀναφερόμενον εἰς τὴν τριπλῇν περιοδικὴν ἐπανάληψιν τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος. Τὸ μέρος τοῦτο περιγράφεται μὲ τὸ πλέγμα μετατοπίσεων. Τὸ ἀνομογενὲς ὅμως περιεχόμενον τῆς κυψελίδος, τὰ ἐν αὐτῷ περιλαμβανόμενα ἄτομα, ἀκολουθοῦν ἄλλους κανόνες ὡς πρὸς τὴν διάταξιν αὐτῶν ἐν τῷ χώρῳ τῆς κυψελίδος, διατάσσονται συμμετρικῶς πρὸς ἄλληλα ὡς πρὸς ἐπίπεδα κατοπτρισμοῦ, ἄξονας στροφῆς κ.λ.π., ἀνευρίσκομεν δηλ. ἐντὸς τῆς κυψελίδος τὰ γνωστὰ στοιχεῖα συμμετρίας ἄξονας (L^2 , L^3 , L^4 , L^6) ἐπίπεδα καὶ κέντρα συμμετρίας ρυθμίζοντα τὴν διάταξιν τῶν ἐν αὐτῷ ἀτόμων. Ἐνῷ ὅμως εἰς τὸν μακροσκοπικῶς ἐξεταζόμενον κρυστάλλον, ὅστις δὲν ἐμφανίζει τὴν ἀσυνεχῇ αὐτοῦ σύστασιν, τὰ ἐν λόγῳ στοιχεῖα συμμετρίας δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς συνδεόμενα πρὸς πᾶν σημεῖον τοῦ κρυστάλλου καὶ μόνον ὡς κατευθύνσεις ἐν τῷ χώρῳ ὀρίζονται χωρὶς ὀρισμένην θέσιν, ὅταν θεωροῦμεν τὸ ἀσυνεχὲς περιεχόμενον τῆς κυψελίδος, τὰ στοιχεῖα ταῦτα συμμετρίας κατέχουν ὀρισμένην θέσιν ἐντὸς αὐτῆς. Πρὸς διαστολὴν ἀπὸ τῆς μακροσκοπικῆς συμμετρίας, ἥτις ἐκλήθη *συμμετρία σημείου* (Punktsymmetrie), ἡ ἀναφερομένη εἰς τὸ περιεχόμενον τῆς κυψελίδος καλεῖται *συμμετρία χώρου* (Raumsymmetrie). Ἐκτὸς ὅμως τῶν συνήθων διεργασιῶν συνταυτίσεως δύο ὁμολόγων σημείων τῆς κυψελίδος διὰ κατοπτρισμοῦ, στροφῆς περὶ ἄξονα ἢ ἀναστροφῆς ὡς πρὸς κέντρον ὑπάρχουν καὶ ἄλλαι δυνατότητες διεργασιῶν συνταυτίσεως.

1) Διὰ κατοπτρισμοῦ μὲ συνδυασμὸν μετατοπίσεως παραλλήλως πρὸς στοῖχον τοῦ πλέγματος παράλληλον πρὸς τὸ κατοπτρικὸν ἐπίπεδον κατὰ τὸ $1/2$ τῆς παραμέτρου τοῦ στοίχου. Τοιοῦτον ἐπίπεδον καλεῖται *ἐπίπεδον ὀλισθήσεως* (σχ. 264).

2) Διὰ στροφῆς περὶ ἄξονα A^n ($n = 2, 3, 4, 6$) μετὰ συνδυασμοῦ μετατοπίσεως παραλλήλου πρὸς τὸν ἄξονα στροφῆς κατὰ κλάσμα k/n τῆς παραμέτρου τοῦ στοίχου τοῦ παραλλήλου πρὸς τὸν ἄξονα μὲ τιμὰς $k = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$. Οἱ τοιοῦτοι ἄξονες καλοῦνται *ἄξονες ἐλικιώσεως*.

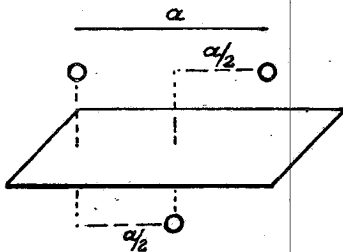
Ἐπιπέδων ὀλισθήσεως ὑπάρχουν πέντε εἶδη συμβολιζόμενα κατὰ τὸ σύστημα Hermann - Mauguin ὡς ἀκολούθως:

1) a μὲ ὀλισθήσιν παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα a κατὰ $a_0/2$

2) b μὲ ὀλισθήσιν παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα b κατὰ $b_0/2$

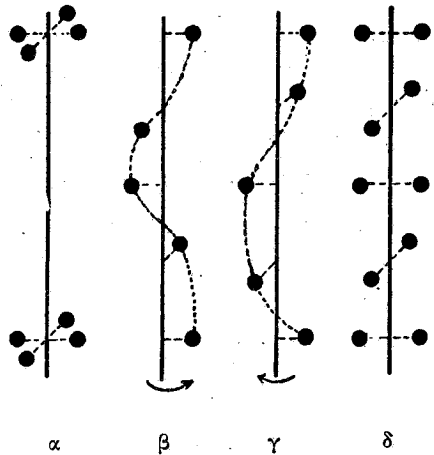
3) c με όλισθήσιν παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα c κατὰ $c_0/2$

4) n με όλισθήσιν παραλλήλως πρὸς τὴν διαγώνιον τῶν βρόχων τῆς



Σχ. 264

Ἐπίπεδον όλισθήσεως



Σχ. 265

Τὰ 4 εἴδη ἄξόνων 4ης τάξεως

ἀπλῆς κυφελίδος κατὰ τὸ ἥμισυ τῆς παραμέτρου αὐτῆς ἦτοι κατὰ $\frac{a_0 + b_0}{2}$ ἢ $\frac{a_0 + c_0}{2}$ ἢ $\frac{b_0 + c_0}{2}$.

5) d ἐμφανιζόμενον εἰς πολλαπλᾶ πλέγματα με κεντρωμένους βρόχους με όλισθήσιν κατὰ τὸ $1/4$ τῆς ἀποστάσεως τῶν ἐγγυτέρων βρόχων ἦτοι $\frac{a_0 + b_0}{4}$ ἢ $\frac{a_0 + c_0}{4}$ ἢ $\frac{b_0 + c_0}{4}$ ἢ $\frac{a_0 + b_0 + c_0}{4}$. Οὕτω διὰ κρύσταλλον τῆς ὀλοεδρίας τοῦ ρομβικοῦ συστήματος (mmm), τοῦ ὁποίου τὸ πλέγμα Bravais εἶναι ἀπλοῦν (P) εἰς τὰ τρία ἐπίπεδα συμμετρίας σημείου, τὰ (100) (010), (001) δυνατόν νὰ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν συμμετρίαν χώρου τοῦ κρυστάλλου, εἰς τὸ (100) m ἢ b ἢ c ἢ n , εἰς τὸ (010) m ἢ a ἢ c ἢ n εἰς τὸ (001) m ἢ a ἢ b ἢ n . Ἐὰν τὸ πλέγμα μετατοπίσεων εἶναι F εἰς τὰ ἐπίπεδα m δυνατόν νὰ ἀντιστοιχοῦν ἐπίπεδα m ἢ d . Κατὰ ταῦτα διὰ κρύσταλλον τῆς ὀλοεδρίας τοῦ ρομβικοῦ, πλέγματος P, αἱ διάφοροι ἀνωτέρω δυνατότητες ἐπιπέδων συμμετρίας χώρου ἐπιτρέπουν ἐξήκοντα τέσσαρας ἐν ὅλῳ συνδυασμούς. Ἐκ τούτων πολλοὶ ταυτίζονται διαφέροντες ἀλλήλων μόνον ὡς πρὸς τὸν τρόπον ἐκλογῆς τῶν ἄξόνων a, b, c ἀναφορικῶς πρὸς τὰς τρεῖς παραμέτρους τῆς κυφελίδος. Ἐπὶ παραδείγματι οἱ ἐξ συνδυασμοὶ Pmma, Pcm, Pmc, Pmmb ^{D1}

Pmam ἀντιπροσωπεύουν μίαν καὶ τὴν αὐτὴν ὁμάδα συμμετρίας με διαφόρους προσανατολισμούς τῶν τριῶν παραμέτρων τῆς κυψελίδος. Διὰ τοιαύτης διαιολογῆς μεταξύ τῶν ἐξήκοντα τεσσάρων συνδυασμῶν τῶν ταυτοσήμων αἱ ὁμάδες συμμετρίας αἱ ὑπαγόμεναι εἰς τὴν ὁλοεδρίαν τοῦ ρομβικοῦ συστήματος (mmm) καὶ πλέγμα P περιορίζονται εἰς δέκα ἐξ.

Οἱ ἄξονες ἐλικώσεως χαρακτηρίζονται με τὸ σύμβολον τῆς συμμετρίας τῶν (2, 3, 4, 6) προστιθεμένου ἐνὸς δείκτου δηλοῦντος τὸ κλάσμα τῆς παραμέτρου τοῦ στοιχοῦ τὸ ἀντιπροσωπεῖον τὴν διεργασίαν ὀλισθήσεως παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα. Εἰς τὸν μακροσκοπικῶς ὁρατὸν ἄξονα Λ^4 ἀντιστοιχοῦν ἐντὸς τῆς κυψελίδος ἄξονες συμμετρίας παράλληλοι πρὸς αὐτὸν οἱ ὁποῖοι δύνανται νὰ εἶναι α) ἄξων στροφῆς ἀνευ μετατοπίσεως 4 β) στροφῆς δεξιοστροφῆς με μετατόπισιν κατὰ $1/4$ τῆς περιόδου ἢ, ὅπερ τὸ αὐτό, ἀριστεροστροφῆς με μετατόπισιν κατὰ $3/4$, 4₁ γ) στροφῆς δεξιοστροφῆς με μετατόπισιν κατὰ $3/4$, ἢ ὅπερ τὸ αὐτὸ ἀριστεροστροφῆς με μετατόπισιν κατὰ $1/4$ 4₃ δ) στροφῆς δεξιοστροφῆς ἢ ἀριστεροστροφῆς με μετατόπισιν κατὰ $2/4$, 4₂ (σχ.265) Εἰς ἄξονα Λ^2 ἀντιστοιχοῦν ἄξονες 2 ἢ 2₁. Εἰς Λ^3 οἱ 3, 3₁, 3₂. Εἰς Λ^6 οἱ 6, 6₁, 6₂, 6₃, 6₄, 6₅, Δύο ἄξονες ἐλικώσεως τῆς αὐτῆς συμμετρίας, τῶν ὁποίων οἱ δείκται δίδουν ἄθροισμα ἴσον πρὸς τὴν τάξιν τοῦ ἄξονος εἶναι ἐκνεντιόμορφοι, ἥτοι οἱ 6₁, 6₅, οἱ 6₂ καὶ 6₄, οἱ 3₁ καὶ 3₂, οἱ 4₁ καὶ 4₃.

Τὰ νέα ταῦτα στοιχεῖα συμμετρίας, ἐπίπεδα ὀλισθήσεως καὶ ἄξονες ἐλικώσεως, δὲν ἐκδηλοῦνται μακροσκοπικῶς εἰς τὸν κρυστάλλον, διότι αἱ σχετικαὶ μετατοπίσεις ἀντιπροσωπεύουσαι κλάσματα τῆς περιόδου εἶναι τάξεως μεγέθους μονάδων τινῶν Λ^0 , εἰς τὴν θεωρητικὴν ὅμως διερεύνησιν τῆς δυνατῆς διχτάξεως τῶν ἀτόμων ἐντὸς τῆς κυψελίδος δέον νὰ ληφθοῦν ὑπ' ὄψιν. Τὸ πρόβλημα, τὸ ὁποῖον ἐτέθη εἰς τοὺς ἐρευνητάς τῆς θεωρίας τῶν πλεγματῶν, ἦτο. νὰ εὑρεθοῦν ὅλοι οἱ δυνατοὶ συνδυασμοὶ τῶν ὡς ἄνω στοιχείων συμμετρίας ἐπιπέδων κατοπτρισμοῦ καὶ ὀλισθήσεως, ἄξωνων στροφῆς καὶ ἐλικώσεως καὶ κέντρων καὶ ἡ διάταξις αὐτῶν ἐντὸς τῆς κυψελίδος. Τὸ πρόβλημα ἔθεσε καὶ ἔλυσε μερικῶς ὁ Sohncke (1879), τὴν πλήρη λύσιν ἔδωσαν ἀνεξαρτήτως ἀλλήλων οἱ Schoenflies καὶ Fedorow (1892). Οἱ διάφοροι δυνατοὶ συνδυασμοί, αἱ ὁμάδες συμμετρίας χώρου (Raumgruppen), εὑρέθησαν ὅτι εἶναι 230. Ἐκάστη τῶν 230 ὁμάδων συμμετρίας ἀντιπροσωπεύει ἐν ἱκρίωμα ὠρισμένων στοιχείων συμμετρίας εἰς ὠρισμένην πρὸς ἄλληλα θέσιν, βάσει τῶν ὁποίων ρυθμίζεται ἡ διάταξις τῶν ἀτόμων ἐντὸς τῆς κυψελίδος. Ἐν ἄτομον κατέχον δοθεῖσαν θέσιν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτῆς ἐπαναλαμβανόμενον ὑπὸ τῶν στοιχείων συμμετρίας τῆς ὁμάδος παρέχει ἀριθμὸν τινα ὁμοίων πρὸς αὐτὸ ἀτόμων. Ὁ ἀριθμὸς οὗτος ἐξαχρᾶται ἐκ τῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν κατέχει τὸ ἄτομον, καὶ καλεῖται βαθμὸς πολλαπλότητος (Zähligkeit) τῆς θέσεως αὐτῆς. Ἐὰν τὸ ἄτομον κεῖται ἐπὶ κέντρῳ συμμετρίας τῆς ὁμάδος, ἡ θέσις του εἶναι αὐστηρῶς καθωρισμένη, ἔχει βαθμὸν ἐλευθερίας 0, ὁ βαθμὸς πολλαπλότητος τῆς θέσεως αὐ-

τῆς εἶναι ὁ μικρότερος τῆς ομάδος. "Ατομα ἐπὶ ἄξονος συμμετρίας ἔχουν ἓνα βαθμὸν ἐλευθερίας, ἡ θέσις αὐτῶν καθορίζεται μὲ μίαν μόνον παράμετρον. "Ατομα ἐπὶ ἐπιπέδου συμμετρίας ἔχουν δύο βαθμοὺς ἐλευθερίας, δύο παραμέτρους καθορίζουσας τὴν θέσιν αὐτῶν. "Ατομα ἐκτὸς παντὸς στοιχείου συμμετρίας ἔχουν τρεῖς βαθμοὺς ἐλευθερίας, τρεῖς προσδιῶριστέας παραμέτρους, τὰς τρεῖς συντεταγμένας αὐτῶν. Εἰς τοιαύτην θέσιν ἀντιστοιχεῖ ὁ μεγαλύτερος τῶν βαθμῶν πολλαπλότητος τῆς ομάδος.

Αἱ 230 ομάδες, ἐὰν δὲν ληφθοῦν ὑπ' ὄψιν αἱ πρόσθετοι μετατοπίσεις τῶν ὀλισθήσεων καὶ ἐλικώσεων, τὰς ὁποίας εἰσάγει ἡ ἀνάλυσις τοῦ ἀσυνεχοῦς περιεχομένου τῆς κυψελίδος, περιορίζονται εἰς τὰς 32 κρυσταλλικὰς τάξεις. Ἐκάστη τῶν τάξεων περιλαμβάνει ἀριθμὸν τινα τοιούτων ομάδων. Εἰς τὰ μακροσκοπικῶς ὁρατὰ στοιχεῖα συμμετρίας ἀντιστοιχοῦν ἐντὸς τῆς κυψελίδος παράλληλα πρὸς αὐτὰ στοιχεῖα συμμετρίας μὲ ὠρισμένην ἐντὸς αὐτῆς θέσιν. Τὰ ἐπίπεδα συμμετρίας δύνανται νὰ εἶναι κατοπτρισμοῦ ἢ ὀλισθήσεως, οἱ ἄξονες στροφῆς ἢ ἐλικώσεως. Οὕτως ἐξ ἐκάστης τῶν 32 κρυσταλλικῶν συμμετριῶν προκύπτει ἀριθμὸς τις ομάδων συμμετρίας χώρου ἀναλόγως τοῦ εἶδους τῶν στοιχείων συμμετρίας τῶν παραλλήλων πρὸς τὰ μακροσκοπικὰ τῶν εἰσ-ερχομένων εἰς τὴν κυψελίδα. Ἐπὶ παραδείγματι τὴν ὀλοεδρίαν τοῦ μονοκλινοῦς ($2/m$) χαρακτηρίζουν L^2 , P , C . Ἐντὸς τῆς κυψελίδος ὁ ἄξων L^2 ὁ παράλληλος πρὸς τὸν $[010]$ δυνατόν νὰ εἶναι 2 ἢ 2_1 τὸ δὲ ἐπίπεδον τὴ παράλληλον πρὸς $(010)m$ ἢ c (τὰ a καὶ b ἀνάγονται εἰς c διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων). Οὕτω προκύπτουν δυνατοὶ συνδυασμοὶ τέσσαρες, οἱ $2/m$, $2/c$, $2_1/m$, $2_1/c$. Διὰ συνδυασμοῦ καὶ τῶν δύο εἰδῶν πλεγμάτων τοῦ μονοκλινοῦς, τῶν P καὶ C λαμβάνονται οἱ ἐξῆς ὀκτὼ $P2/m$, $P2/c$, $P2_1/m$, $P2_1/c$, $C2/m$, C_2/c , $(C2_1/m)$ $(C2_1/c)$. Ἐκ τούτων οἱ δύο τελευταῖοι, οἱ ἐν παρενθέσει, ταυτίζονται πρὸς τοὺς δύο προηγούμενους τῶν, διότι εἰς τὴν κυψελίδα C κατὰ τὴν διεύθυνσιν $[010]$ ἐναλλάσσονται ἄξονες 2 καὶ 2_1 . Οὕτως εἰς τὴν μακροσκοπικὴν συμμετρίαν $2/m$ ἀντιστοιχοῦν ἐξ ομάδες συμμετρίας χώρου. Τὸ σχῆμα ὑπ' ἀριθ. 266 παριστᾷ προβολὴν τῶν στοιχείων συμμετρίας τῶν ομάδων αὐτῶν ἐπὶ (001) παράλλῳ πρὸς $[001]$. Ὡς δεικνύουν αἱ προβολαὶ αὗται ὁ βαθμὸς πολλαπλότητος διὰ τὴν γενικὴν θέσιν εἶναι 4 διὰ τὰ πλέγματα P καὶ 8 διὰ τὰ πλέγματα C . Εἶναι προφανὲς ὅτι τὸ περιεχόμενον τῆς κυψελίδος θὰ εἶναι ἀκέραιον πολλαπλάσιον τοῦ χημικοῦ τύπου τοῦ σώματος.

Καθ' ὅμοιον τρόπον ἐκ μιᾶς ἐκάστης τῶν 32 μακροσκοπικῶν συμμετριῶν παράγονται αἱ εἰς αὐτὰς ὑπαγόμεναι ομάδες συμμετρίας. Εἰς τὸν ἐπόμενον πίνακα VII περιέχονται τὰ σύμβολα τῶν 230 ομάδων κατὰ Schoenflies καὶ κατὰ Hermann - Mauguin ταξινομημένα κατὰ τὰς κρυσταλλικὰς τάξεις, εἰς ἃς ἀνήκουν. Εἰς τὸν παλαιότερον συμβολισμόν, τὸν τοῦ Schoenflies, ἡ διάκρισις τῶν ομάδων ἐγίνε δι' αὐξήντος ἀριθμοῦ προστεθέντος ὡς δείκτου εἰς τὸ σύμβολον τῆς τάξεως. Τὰ σύμβολα κατὰ Hermann - Mauguin περιλαμβάνουν

Κυβικόν

$O_h^1 - Pm3m$
 $O_h^2 - Pn3n$
 $O_h^3 - Pm3n$
 $O_h^4 - Pn3m$
 $O_h^5 - Fm3m$
 $O_h^6 - Fm3c$
 $O_h^7 - Fd3m$
 $O_h^8 - Fd3c$
 $O_h^9 - Im3m$
 $O_h^{10} - Ia3d$

$T_d^1 - P\bar{4}3m$
 $T_d^2 - F\bar{4}3m$
 $T_d^3 - I\bar{4}3m$
 $T_d^4 - P\bar{4}3n$
 $T_d^5 - F\bar{4}3c$
 $T_d^6 - I\bar{4}3d$

$O^1 - P432$
 $O^2 - P4_232$
 $O^3 - F432$
 $O^4 - F4_132$
 $O^5 - I432$
 $O^6 - P4_332$
 $O^7 - P4_132$
 $O^8 - I4_132$

$T_h^1 - Pm3$
 $T_h^2 - Pn3$
 $T_h^3 - Fm3$
 $T_h^4 - Fd3$
 $T_h^5 - Im3$
 $T_h^6 - Pa3$
 $T_h^7 - Ia3$

$T^1 - P23$
 $T^2 - F23$
 $T^3 - I23$
 $T^4 - P2_13$
 $T^5 - I2_13$

Εξαγωνικόν

$D_{6h}^1 - P6/mmm$
 $D_{6h}^2 - P6/mcc$
 $D_{6h}^3 - P6_3/mcm$
 $D_{6h}^4 - P6_3/mmc$

$D_6^1 - P622$
 $D_6^2 - P6_122$
 $D_6^3 - P6_222$
 $D_6^4 - P6_222$
 $D_6^5 - P6_222$
 $D_6^6 - P6_222$

$C_{6v}^1 - P6mm$
 $C_{6v}^2 - P6cc$
 $C_{6v}^3 - P6_3cm$
 $C_{6v}^4 - P6_3mc$

$D_{3h}^1 - P\bar{6}m2$
 $D_{3h}^2 - P\bar{6}c2$
 $D_{3h}^3 - P\bar{6}2m$
 $D_{3h}^4 - P\bar{6}2c$

$C_{6h}^1 - P6/m$
 $C_{6h}^2 - P6_3/m$

$C_6^1 - P6$
 $C_6^2 - P6_1$
 $C_6^3 - P6_5$
 $C_6^4 - P6_2$
 $C_6^5 - P6_4$
 $C_6^6 - P6_3$

$C_{3h}^1 - P\bar{6}$

Τριγωνικόν

$D_{3d}^1 - P\bar{3}1m$
 $D_{3d}^2 - P\bar{3}1c$
 $D_{3d}^3 - P\bar{3}m1$
 $D_{3d}^4 - P\bar{3}c1$
 $D_{3d}^5 - R\bar{3}m$
 $D_{3d}^6 - R\bar{3}c$

$C_{3v}^1 - P3m1$

Τριγωνικόν

συνέχεια

$C_{3v}^2 - P31m$
 $C_{3v}^3 - P3c1$
 $C_{3v}^4 - P31c$
 $C_{3v}^5 - R3m$
 $C_{3v}^6 - R3c$

$D_3^1 - P312$
 $D_3^2 - P321$
 $D_3^3 - P3_112$
 $D_3^4 - P3_121$
 $D_3^5 - P3_212$
 $D_3^6 - P3_221$
 $D_3^7 - R32$

$C_{3i}^1 - P\bar{3}$
 $C_{3i}^2 - R\bar{3}$

$C_3^1 - P3$
 $C_3^2 - P3_1$
 $C_3^3 - P3_2$
 $C_3^4 - R3$

Τετραγωνικόν

$D_{4h}^1 - P4/mmm$
 $D_{4h}^2 - P4/mcc$
 $D_{4h}^3 - P4/nbm$
 $D_{4h}^4 - P4/nnc$
 $D_{4h}^5 - P4/mcn1$
 $D_{4h}^6 - P4/mnc$
 $D_{4h}^7 - P4/nmm1$
 $D_{4h}^8 - P4/ncc$
 $D_{4h}^9 - P4_2/mmc$
 $D_{4h}^{10} - P4_2/mcn$
 $D_{4h}^{11} - P4_2/nbc$
 $D_{4h}^{12} - P4_2/nmm1$
 $D_{4h}^{13} - P4_2/mbc$
 $D_{4h}^{14} - P4_2/nmm1$
 $D_{4h}^{15} - P4_2/nmc$
 $D_{4h}^{16} - P4_2/nm1$
 $D_{4h}^{17} - I4/mmm1$
 $D_{4h}^{18} - I4/mcm$
 $D_{4h}^{19} - I4_1/amc1$
 $D_{4h}^{20} - I4_1/acd$

Τετραγωνικών

συνέχεια

- $D_4^1 - P422$
 $D_4^2 - P42_12$
 $D_4^3 - P4_122$
 $D_4^4 - P4_12,2$
 $D_4^5 - P4_122$
 $D_4^6 - P4_22,2$
 $D_4^7 - P4_222$
 $D_4^8 - P4_2,2,2$
 $D_4^9 - I422$
 $D_4^{10} - I4_122$

 $C_{4v}^1 - P4mm$
 $C_{4v}^2 - P4bm$
 $C_{4v}^3 - P4_1cm$
 $C_{4v}^4 - P4_1nm$
 $C_{4v}^5 - P4cc$
 $C_{4v}^6 - P4nc$
 $C_{4v}^7 - P4_1mc$
 $C_{4v}^8 - P4_1bc$
 $C_{4v}^9 - I4mm$
 $C_{4v}^{10} - I4cm$
 $C_{4v}^{11} - I4_1md$
 $C_{4v}^{12} - I4_1cd$

 $D_{2d}^1 - P42m$
 $D_{2d}^2 - P42c$
 $D_{2d}^3 - P42_1m$
 $D_{2d}^4 - P42_1c$
 $D_{2d}^5 - P4m2$
 $D_{2d}^6 - P4c2$
 $D_{2d}^7 - P4b2$
 $D_{2d}^8 - P4n2$
 $D_{2d}^9 - I4m2$
 $D_{2d}^{10} - I4c2$
 $D_{2d}^{11} - I42m$
 $D_{2d}^{12} - I42d$

 $C_{4h}^1 - P4/m$
 $C_{4h}^2 - P4_2/m$
 $C_{4h}^3 - P4/n$
 $C_{4h}^4 - P4_2/n$
 $C_{4h}^5 - I4/m$
 $C_{4h}^6 - I4_1/a$

 $C_4^1 - P4$

Τετραγωνικών

συνέχεια

- $C_4^2 - P4_1$
 $C_4^3 - P4_2$
 $C_4^4 - P4_3$
 $C_4^5 - I4$
 $C_4^6 - I4_1$

 $S_4^1 - P\bar{4}$
 $S_4^2 - I\bar{4}$

Ρομβικών
 $D_{2h}^1 - Pmmm$
 $D_{2h}^2 - Pnnn$
 $D_{2h}^3 - Pccm$
 $D_{2h}^4 - Pban$
 $D_{2h}^5 - Pmma$
 $D_{2h}^6 - Pnna$
 $D_{2h}^7 - Pmna$
 $D_{2h}^8 - Pcca$
 $D_{2h}^9 - Pbam$
 $D_{2h}^{10} - Pccn$
 $D_{2h}^{11} - Pbcm$
 $D_{2h}^{12} - Pnnm$
 $D_{2h}^{13} - Pmnm$
 $D_{2h}^{14} - Pbcn$
 $D_{2h}^{15} - Pbca$
 $D_{2h}^{16} - Pnma$
 $D_{2h}^{17} - Cmcm$
 $D_{2h}^{18} - Cmca$
 $D_{2h}^{19} - Cmmm$
 $D_{2h}^{20} - Cccm$
 $D_{2h}^{21} - Cmma$
 $D_{2h}^{22} - Ccca$
 $D_{2h}^{23} - Fmmm$
 $D_{2h}^{24} - Fddd$
 $D_{2h}^{25} - Immm$
 $D_{2h}^{26} - Ibam$
 $D_{2h}^{27} - Ibca$
 $D_{2h}^{28} - Imma$

 $D_2^1 - P222$
 $D_2^2 - P222_1$
 $D_2^3 - P2_12,2$
 $D_2^4 - P2_12,2_1$
 $D_2^5 - C222_1$
 $D_2^6 - C222$

Ρομβικών

συνέχεια

- $D_2^7 - F222$
 $D_2^8 - I222$
 $D_2^9 - I2_12,2_1$

 $C_{2v}^1 - Pmm2$
 $C_{2v}^2 - Pmc2_1$
 $C_{2v}^3 - Pcc2$
 $C_{2v}^4 - Pma2$
 $C_{2v}^5 - Pca2_1$
 $C_{2v}^6 - Pnc2$
 $C_{2v}^7 - Pmn2_1$
 $C_{2v}^8 - Pba2$
 $C_{2v}^9 - Pna2_1$
 $C_{2v}^{10} - Pnn2$
 $C_{2v}^{11} - Cmm2$
 $C_{2v}^{12} - Cmc2_1$
 $C_{2v}^{13} - Ccc2$
 $C_{2v}^{14} - Amm2$
 $C_{2v}^{15} - Abm2$
 $C_{2v}^{16} - Ama2$
 $C_{2v}^{17} - Aba2$
 $C_{2v}^{18} - Fmm2$
 $C_{2v}^{19} - Fdd2$
 $C_{2v}^{20} - Imm2$
 $C_{2v}^{21} - Iba2$
 $C_{2v}^{22} - Ima2$

Μονοκλινές

- $C_{2h}^1 - P2/m$
 $C_{2h}^2 - P2_1/m$
 $C_{2h}^3 - C2/m$
 $C_{2h}^4 - P2/c$
 $C_{2h}^5 - P2_1/c$
 $C_{2h}^6 - C2/c$

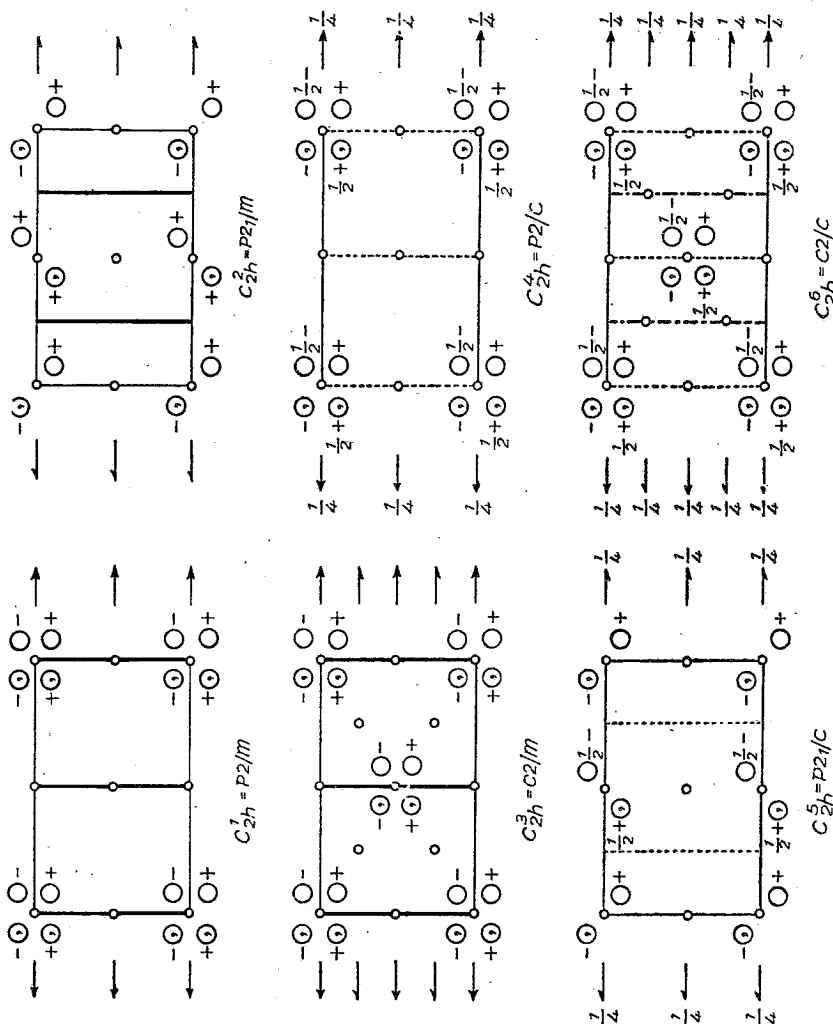
 $C_2^1 - P2$
 $C_2^2 - P2_1$
 $C_2^3 - C2$

 $C_s^1 - Pm$
 $C_s^2 - Pc$
 $C_s^3 - Cm$
 $C_s^4 - Cc$

Τρικλινές

- $C_1^1 - P\bar{1}$
 $C_1^2 - P1$

τὸ ἐλάχιστον τῶν στοιχείων συμμετρίας, ἅτινα χρησιμοποιούμενα ὡς παράγοντα στοιχεῖα δίδουν τὴν πλήρη συμμετρίαν τῆς ομάδος. Ταύτην δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν εὐκόλως προβάλλοντες, κατὰ τὸ ὑπόδειγμα τῶν σχημάτων 266, ἐπὶ ἐπιπέδου (001) παραλλήλως πρὸς [001] τὰ στοιχεῖα συμμετρίας

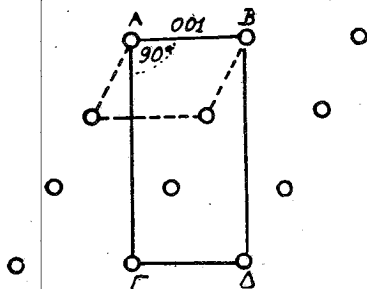


Σχ. 266. Προβολὴ τῶν ομάδων συμμετρίας τῆς τάξεως 2/m ἐπὶ (001)

τοῦ συμβόλου τῆς ομάδος καὶ ἐπαναλαμβάνοντες ὡς πρὸς αὐτὰ τὴν προβολὴν σημείου κατέχοντος τυχοῦσαν θέσιν ἐντὸς τῆς κυφελίδος μὲ συντεταγμένους x, y, z . Διὰ προσεκτικῆς παρατηρήσεως τῆς προβολῆς ταύτης ἀνευρίσκονται καὶ ὅλα τὰ ἄλλα στοιχεῖα συμμετρίας τῆς ομάδος.

45. Ψευδοσυμμετρία, ψευδομεροεδρία και διδυμία ἐν σχέσει πρὸς τὸ πλέγμα. Τὰ λεχθέντα περὶ ψευδοσυμμετρίας ἐν σελ. 118, ἐὰν ἀποβλέψωμεν εἰς τὴν ἐσωτερικὴν δομὴν τοῦ κρυστάλλου μεταφέρονται εἰς τὸ πλέγμα μετατοπίσεων. Ἐὰν εἰς πλέγμα τρικλινὲς αἱ γωνίαι α καὶ γ γίνουν περίπου ἴσαι πρὸς 90° , τὸ πλέγμα ἀποβαίνει τύπου P ψευδομονοκλινές. Ἐὰν εἰς ἓν οἰονδήποτε τῶν τεσσάρων ρομβικῶν πλεγμάτων αἱ τιμαὶ τῶν παραμέτρων a καὶ b γίνουν περίπου ἴσαι, τὸ πλέγμα ἀποβαίνει ψευδοτετραγωνικὸν καὶ ἐὰν εἰς τὰ αὐτὰ πλέγματα (ἐκτὸς τοῦ μονοεδρικῶς κεντρωμένου) καὶ αἱ τρεῖς παράμετροι a , b , c γίνουν περίπου ἴσαι, προκύπτει πλέγμα ψευδοκυβικόν. Ἡ κατὰ προσέγγισιν ἀνωτέρα αὕτη συμμετρία τοῦ πλέγματος δὲν συνοδεύεται ἀναγκαίως καὶ ἀπὸ ἀντίστοιχον αὐξήσιν τῆς συμμετρίας τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος. Διὰ τοῦτο γίνεται χρήσις τοῦ ὅρου *ψευδοσυμμετρία* διὰ τὰς περιπτώσεις ἐκείνας, καθ' ἃς καὶ τὸ περιεχόμενον τῆς κυψελίδος καὶ κατ' ἀκολουθίαν καὶ πᾶσαι αἱ ιδιότητες τοῦ κρυστάλλου παρουσιάζουν τὴν κατὰ προσέγγισιν ἀνωτέραν συμμετρίαν, ἐνῶ ὁ γενικώτερος ὅρος *ψευδομεροεδρία* χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν περίπτωσιν συμμετρίας τοῦ πλέγματος φαινομενικῶς ἀνωτέρας τῆς πραγματικῆς, ἥ ὁποία δὲν ἐκδηλοῦται καὶ εἰς τὰς λοιπὰς ιδιότητας τοῦ ψευδομεροεδρικοῦ κρυστάλλου.

Ἐὰν ἡ κατὰ προσέγγισιν ἀνωτέρα συμμετρία ἐκδηλοῦται εἰς αὐτὸ τοῦτο τὸ στοιχειῶδες πλέγμα, ἡ *ψευδομεροεδρία* καλεῖται *1ης τάξεως*. Δυνατὸν ὅμως φαινομενικῶς ἀνωτέρα συμμετρία νὰ ἐμφανίζεται ἐὰν ληφθῇ πολλαπλοῦν πλέγμα, τοῦ ὁποίου στοῖχοι καὶ δικτυωτὰ ἐπίπεδα δὲν ἔχουν τὴν μεγαλυτέραν πυκνότητα. Εἰς τὸ σχῆμα 267 τὸ παριστῶν μονοκλινὲς πλέγμα P κατὰ προ-

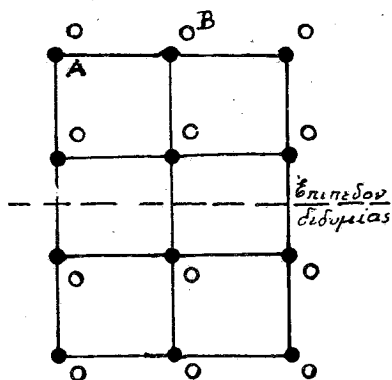


Σχ. 267.

βολὴν ἐπὶ (010) τὸ πολλαπλοῦν πλέγμα ABΓΔ δίδει ὀρθογώνιον παραλληλεπίπεδον μὲ συμμετρίαν ἀνωτέραν, ρομβικὴν ἢ ψευδορομβικὴν. Ἡ τοιαύτη μεροεδρία (ἢ ψευδομεροεδρία, ἂν ἡ ἀνωτέρα συμμετρία εἶναι κατὰ προσέγγισιν) ὀνομάζεται *ἀνωτέρας τάξεως*, ἐν προκειμένῳ *IIIης τάξεως*. Δεδομένου ὅτι αἱ συνγρότερον ἐμφανιζόμεναι κρυσταλλικαὶ ἔδραι ἀντιστοιχοῦν συνήθως εἰς τὰ πυκνότερα δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ πλέγματος, αἱ ἀνωτέρας τάξεως

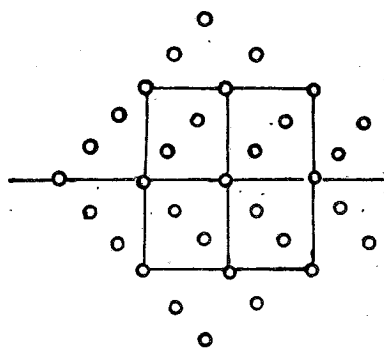
μεροεδρίαι εἶναι τόσον σπανιώτεραι, ὅσον ἡ τάξις αὐτῶν εἶναι ἀνωτέρα.

Αἱ ἀνωτέρω ἔννοιαι εὐρίσκουν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ἐρμηνείαν τῶν διδύμων συμφύσεων. Εἰς τὸν δίδυμον ἢ ὁμογένεια τοῦ κρυστάλλου ἢ συνισταμένη εἰς τὴν περιοδικὴν ἐπανάληψιν ὁλοκλήρου τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος διακόπτεται προφανῶς κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν συμφύσεως τῶν δύο μελῶν τοῦ διδύμου. Μέρος ὅμως ἐκ τῶν ἀτόμων τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος συνεχίζει τὴν ὁμογενὴ διάταξιν αὐτοῦ κατὰ πλέγμα ἐνιαῖον, ἐκτεινόμενον ἐφ' ὁλοκλήρου τοῦ διδύμου. Εἰς τὴν σχηματικὴν παράστασιν τοῦ πλέγματος διδύμου κρυστάλλου τοῦ σχ. 268 τὰ ἄτομα Α συνεχίζουν τὴν κανονικὴν αὐτῶν διάταξιν καὶ πέραν τοῦ ἐπιπέδου διδυμίας κατὰ τὸ αὐτὸ πλέγμα, ἐνῶ τὰ ἄτομα Β ἔχουν εἰς τὰ ἐκατέρωθεν τοῦ ἐπιπέδου τούτου μέλη θέσιν συμμετρικὴν. Τὸ πλέγμα, τὸ ὁποῖον παραμένει ὁμογενὲς δι' ὁλοκλήρου τοῦ διδύμου, δυνατόν νὰ εἶναι εἴτε αὐτὸ τοῦτο τὸ στοιχειῶδες πλέγμα τοῦ ἀπλοῦ κρυστάλλου (σχ. 268) εἴτε ἀπλοῦν πολλαπλάσιον τοῦ στοιχειώδους πλέγματος, ὡς εἰκονίζεται εἰς τὸ σχ. 269. Ἡ πρώτη περίπτωσις χαρακτηρίζεται ὡς μεροεδρική δι-



Σχ. 268

Μεροεδρική διδυμία 1ης τάξεως



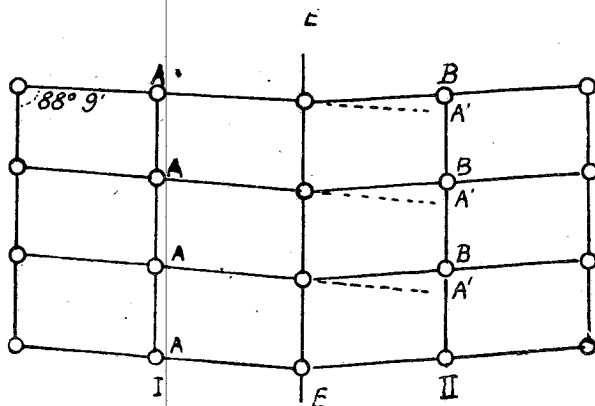
Σχ. 269

Μεροεδρική διδυμία ἀνωτέρας τάξεως

δυμία 1ης τάξεως, ἡ δευτέρα ὡς μεροεδρική διδυμία ἀνωτέρας τάξεως. Εἰς τὴν μεροεδρικὴν διδυμίαν ἢ ἰδιότυπος αὐτῇ ὁμογένεια τοῦ διδύμου διήκουσα καθ' ὅλην αὐτοῦ τὴν ἔκτασιν ἐπιτρέπει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν συμφύσεως νὰ εἶναι τυχοῦσα. Συνήθως τὰ δύο μέλη ἀπτονται ἀλλήλων κατ' ἐπιφάνειαν ἀνώμαλον ἢ εἰσχωροῦν τὸ ἓν ἐντὸς τοῦ ἄλλου. Παράδειγμα τοιούτων διδύμων εἶναι ὁ Βραζιλιανὸς δίδυμος καὶ ὁ δίδυμος Dauphiné τοῦ χαλαζίου.

Ἄλλων τύπων διδυμίας παρέχουν οἱ ψευδομεροεδρικοὶ κρύσταλλοι. Εἰς αὐτοὺς τὰ κατὰ προσέγγισιν ἐπίπεδα συμμετρίας τοῦ πλέγματος (δικτυωτὰ) ἐπίπεδα τοῦ πλέγματος) καὶ οἱ κατὰ προσέγγισιν ἄξονες συμμετρίας (στοῖχοι τοῦ πλέγματος) συχνάκις ἐμφανίζονται ὡς ἐπίπεδα καὶ ἄξονες διδυμίας. Οἱ τοιοῦτοι δίδυμοι καλοῦνται ψευδομεροεδρικοὶ δίδυμοι 1ης ἢ ἀνωτέρας τά-

ξεως ἀναλόγως τῆς τάξεως τῆς ψευδομεροεδρίας, ὡς ἀνωτέρω ὠρίσθη. Τυπικὸν παράδειγμα ψευδομεροεδρικῆς διδυμίας 1ης τάξεως παρέχουν οἱ δίδυμοι τῶν πλαγιοκλάστων κατὰ τὸν ἀλβιτικὸν νόμον (ἐπίπεδον διδυμίας τὸ (010)). Ὁ ἀλβίτης ἔχει πλέγμα τρικλινὲς ψευδομονοκλινὲς με τιμὰς γωνιῶν $\alpha = 94^\circ 3'$ $\gamma = 88^\circ 9'$. Τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον (040) κατὰ προσέγγισιν κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα b καὶ ἐπομένως ἐπίπεδον ψευδοσυμμετρίας τοῦ πλέγματος καθίσταται ἐπίπεδον διδυμίας (σχ. 270). Οἱ δεσμοὶ A, οἵτινες ἂν συνεχίζετο τὸ



Σχ. 270

Ψευδομεροεδρικός δίδυμος 1ης τάξεως ἀλβίτου.
Δικτυωτὸν ἐπίπεδον (001).

πλέγμα I ὁμογενῶς θὰ εὐρίσκοντο εἰς τὰς θέσεις A' καταλαμβάνουν τὰς γειτονικὰς θέσεις B. Οὕτω σχηματίζεται τὸ πρῶτον δικτυωτὸν ἐπίπεδον ὡς ἀπαρχὴ τοῦ μέλους II καὶ τὸ ἐπίπεδον EE ἀποβαίνει ἐπίπεδον διδυμίας. Ἡ συνθήκη αὕτη ἀπαιτεῖ ἢ ἐπιφάνεια συμφύσεως τῶν δύο μελῶν νὰ εἶναι ἀναγκαίως ἐπίπεδος καὶ παράλληλος πρὸς τὸ ἐπίπεδον διδυμίας.

Αἱ ἀνωτέρω ἀπλᾶί γεωμετρικαὶ σχέσεις ἐπιτρέπουν διὰ δοθὲν πλέγμα νὰ εὑρεθοῦν οἱ δυνατοὶ τρόποι διδύμου συμφύσεως καὶ τίνων ἐξ αὐτῶν ἀναμένεται συχνοτέρα ἢ ἐμφάνισις. Οὐχ ἤττον δὲν παρέχει ἐπαρκῆ ἐξηγήσιν τοῦ φαινομένου ἰδίᾳ ἀπὸ τῆς φυσικῆς αὐτοῦ ἀπόψεως.

B. ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ ΔΙΑ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ ROENTGEN

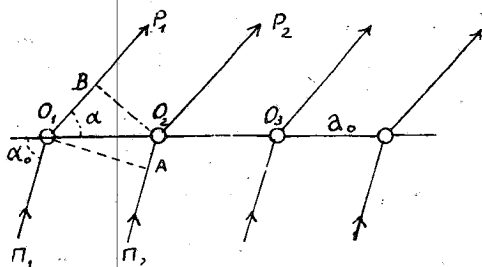
46. Περὶθλασις τῶν ἀκτίνων X ὑπὸ κρυσταλλικοῦ πλέγματος. Μὲ τὰς ἐργασίας τῶν Schoenflies καὶ Fedorow τὸ πρόβλημα τῆς γεωμετρίας τῶν κρυστάλλων ὡς ἀσυνεχῶν μέσων θεωρουμένων εἶχε πλήρως λυθῇ ἀπὸ τῆς θεωρητικῆς αὐτοῦ πλευρᾶς. Ἡ πραγματικὴ ὁμως διάταξις τῶν ἀτόμων εἰς

τὸ ἐσωτερικὸν τῶν κρυστάλλων παρέμενεν ἀπρόσιτος εἰς τὴν πειραματικὴν ἔρευναν μέχρι τῆς ἀνακαλύψεως τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως τῶν ἀκτίνων X ὑπὸ τῶν κρυστάλλων (Laue, Friedrich καὶ Knipping, 1912). Εἰς τὴν ἀνακάλυψιν αὐτὴν ἤγαγον αἱ ἔρευναι ἐπὶ τῆς φύσεως τῶν ἀκτίνων X. Πολλαὶ ἐκ τῶν ἰδιοτήτων αὐτῶν ὑπέβαλλον τὴν ἐκδοχὴν, ὅτι αἱ ἀκτῖνες X εἶναι κραδάνσεις ἡλεκτρομαγνητικῆς φύσεως ἀνάλογοι πρὸς τὸ φῶς, ἀλλὰ πολὺ μικροτέρου μήκους κύματος. Διὰ τοῦτο καὶ αἱ ἔρευναι πρὸς ἐπιβεβαίωσιν τῆς κυματικῆς φύσεως αὐτῶν ἐστρέφοντο εἰς τὴν προσπάθειαν πειραματικῆς διαπιστώσεως φαινομένων περιθλάσεως. Οἱ Haga καὶ Wind χρησιμοποιοῦντες πολὺ στενὴν σχισμὴν εἰς σχῆμα γωνίας εἶχον ἐπιτύχει ἐνδείξεις περιθλάσεως, αἱ ὁποῖαι ἡρμηνεύοντο ὡς δικαιολογοῦσαι μῆκος κύματος 10 χιλιάδας φορές μικρότερον τοῦ τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, τὰ πειραματικὰ ὅμως δεδομένα τῶν ἐρευνῶν των δὲν ἦσαν ἀπολύτως πειστικά. Ὁ Laue ἐπιζητῶν νὰ βεβαιώσῃ μὲ ἀκριβέστερα δεδομένα τὰς ἐνδείξεις ταύτας ἐσκέφθη νὰ χρησιμοποιήσῃ τὰ κρυσταλλικὰ πλέγματα ὡς περιθλαστικὰ φράγματα τῶν ἀκτίνων X. Ὡς δεικνύει ἀπλοῦς ὑπολογισμὸς αἱ ἀποστάσεις μεταξὺ τῶν ἀτόμων εἰς τὸ πλέγμα τοῦ NaCl πρέπει νὰ εἶναι ὀλίγων μονάδων Angstrom (10^{-8} cm), δηλ. τῆς αὐτῆς περίπου τάξεως μεγέθους πρὸς τὸ ὑποτιθέμενον τότε μῆκος κύματος τῶν ἀκτίνων, ὥστε τὰ ἄτομα τοῦ κρυστάλλου μὲ τὴν τριπλὴν περιοδικὴν ἐπανάληψιν αὐτῶν εἰς τὸν χώρον ἀποτελοῦν τριδιάστατον περιθλαστικὸν φράγμα τῶν ἀκτίνων X. Διεγείρομενα ὑπὸ δέσμης τοιούτων ἀκτίνων τὰ ἡλεκτρόνια τῶν ἀτόμων εἰς κραδασμοὺς καθιστοῦν τὰ ἄτομα των κέντρα σφαιρικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα διαδιδόμενα πρὸς πᾶσαν διεύθυνσιν δύνανται, ὑπὸ ὀρισμένας προϋποθέσεις, νὰ συμβάλλουν θετικῶς παρέχοντα καθ' ὀρισμένην διεύθυνσιν, διάφορον τῆς προσπιπτούσης, δέσμην ἀκτίνων X. Ὁ τρόπος καθ' ὃν τελεῖται ἡ περίθλασις τῆς πρωτογενοῦς δέσμης ὑπὸ τοῦ τριδιαστάτου τούτου φράγματος ἐξηγεῖται κατωτέρω.

Θεωρήσωμεν κατὰ πρῶτον μονοδιάστατον σύστημα ἐκ σειρᾶς ἀτόμων O_1, O_2, O_3 κ.λ.π. καιμένων ἐφ' ἑνὸς στοίχου, λ.χ. παράλληλου πρὸς τὸν ἄξονα a , εἰς σταθερὰν ἀπ' ἄλλήλων ἀπόστασιν a_0 καὶ δέσμην παράλληλον ἀκτίνων X μήκους κύματος λ προσπίπτουσιν μὲ γωνίαν α_0 πρὸς τὸν στοῖχον (σχ. 271).

Ἵνα δύο παράλληλοι ἀκτῖνες $O P_1$ καὶ $O P_2$ δευτερογενεῖς προσερχόμεναι ἐκ τῶν γειτονικῶν ἀτόμων O_1 καὶ O_2 συμβάλλουν θετικῶς πρέπει ἡ διαφορὰ πορείας $O_2 B - O_2 A$ νὰ ἰσοῦται πρὸς ἀκέραιον ἀριθμὸν λ . Ἦτοι ἂν εἶναι α ἡ γωνία τῆς περιθλωμένης ἀκτίνος πρὸς τὸν στοῖχον, πρέπει νὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις $O_2 B - O_2 A = a_0$ (συνα - συνα $_0$) = $h_1 \lambda$. Αἱ θετικῶς συμβάλλουσαι ἀκτῖνες θὰ καῖνται ἐπὶ κωνικῆς ἐπιφανείας ἐχούσης ἄξονα τὸν στοῖχον καὶ γενέτειραν σχηματίζουσαν πρὸς τὸν ἄξονα αὐτὸν γωνίαν α . Ἐὰν θεωρήσωμεν κατ' ἀνάλογον τρόπον τὸ ἀποτέλεσμα, τὸ ὁποῖον θὰ ἔχῃ ὡς πρὸς τὴν περίθλασιν ἡ διάταξις τῶν ἀτόμων ἐπὶ στοίχων παράλληλων πρὸς τὸν ἄξονα b τοῦ πλέγμα-

τος εἰς σταθερὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν b_0 καὶ παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα c εἰς σταθερὰς ἀποστάσεις c_0 , θὰ ἔχωμεν δύο ἄλλας ὁμοίας μορφῆς ἐξισώσεις.



Σχ. 271

Περιθλασις ἀκτίνων X ὑφ' ἐνὸς στοιχείου

Τὸ σύστημα τῶν τριῶν αὐτῶν ἐξισώσεων τοῦ Laue.

$$a_0 (\sin \alpha - \sin \alpha_0) = h_1 \lambda$$

$$b_0 (\sin \beta - \sin \beta_0) = h_2 \lambda$$

$$c_0 (\sin \gamma - \sin \gamma_0) = h_3 \lambda$$

$$(h_1, h_2, h_3 = \text{ἀκέραιοι})$$

παρέχει τὴν συνθήκην περιθλάσεως ὑπὸ τοῦ τριδιαστάτου πλέγματος· α, β, γ εἶναι αἱ γωνίαι τῆς περιθλωμένης δέσμης πρὸς τοὺς αὐτοὺς ἄξονας, λ τὸ μῆκος κύματος. Δι' ὠρισμένον μῆκος κύματος λ καὶ ὠρισμένην πρόσπτωσιν ὀριζομένην ἀπὸ τὰς γωνίας $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ δὲν ὑπάρχει πάντοτε λύσις τοῦ ὡς ἄνω συστήματος, διότι οἱ τρεῖς ἄγνωστοι α, β, γ οἱ παρέχοντες τὴν διεύθυνσιν τῆς περιθλωμένης δέσμης δὲν εἶναι ἀνεξάρτητοι ἀλλήλων. Διὰ τρισσορθογώνιον σύστημα ἄξόνων λ.χ. συνδέονται μετὰ τὴν σχέσιν:

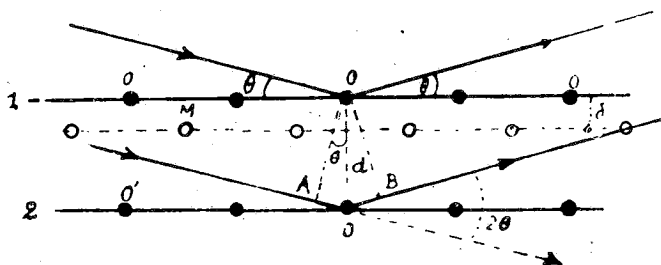
$$\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta + \sin^2 \gamma = 1$$

ἥτις πρέπει ἐπὶ πλέον νὰ ἐπαληθεύεται ἀπὸ τὰς τιμὰς, τὰς ὁποίας δίδει ἡ λύσις τοῦ συστήματος ὡς πρὸς α, β, γ . Τοῦτο δὲν δύναται νὰ συμβαίῃ εἰμὴ δι' εἰδικὰς τιμὰς τῶν λ καὶ α, β, γ . Κατὰ ταῦτα δέσμη «μονόχρους» μετὰ τυχούσαν πρόσπτωσιν ὡς πρὸς τρεῖς ἄξονας δὲν δίδει περιθλωμένην δέσμη.

Αἱ συνθήκαι περιθλάσεως αἱ ὀρισεῖσαι διὰ τῶν ἐξισώσεων τοῦ Laue διετυπώθησαν ὑπὸ μορφήν πολὺ ἀπλῆν ὑπὸ τοῦ Bragg. Ἀποδεικνύεται ὅτι, ὅταν αἱ συνθήκαι τῶν ἐξισώσεων Laue ἰσχύουν, πρωτογενὴς καὶ περιθλωμένη δέσμη ἔχουν τοιαύτην θέσιν πρὸς ἀλλήλας καὶ πρὸς τὸ πλέγμα, ὡς ἐὰν συνέβαινε ἀνάκλασις κατὰ τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ὀπτικῆς τῆς προσπιπτούσης δέσμης ἐπὶ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου τοῦ πλέγματος ἔχοντος δείκτα τοὺς τρεῖς ἀριθμοὺς h_1, h_2, h_3 τῶν ἐξισώσεων Laue. Ἐντεῦθεν ἐπεκράτησεν αἱ περιθλωμέναι ἀκτῖνες νὰ καλοῦνται «ἀνακλάσεις». Ἡ ἀναλογία εἶναι ἀπλῶς

γεωμετρικὴ οὐδεμίαν ἔχουσα σχέσιν πρὸς τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως.

Εἰς τὸ πλέγμα μετατοπίσεων ὠρισμένη διεύθυνσις ἐπιπέδου με δεικτὰς $h k l$ ἀντιπροσωπεύεται ἀπὸ σειρὰν παραλλήλων πρὸς αὐτὴν δικτυωτῶν ἐπιπέδων διαδεχομένων ἄλληλα με σταθερὰν ἀπόστασιν d_{hkl} . Θεωρήσωμεν (σχ. 272) σειρὰν τοιούτων δικτυωτῶν ἐπιπέδων παραλλήλων πρὸς ἑδραν τοῦ κρυ-



Σχ. 272

Περιθλασις ἀκτίνων X ὑπὸ σειρᾶς δικτυωτῶν ἐπιπέδων

στάλλου τὰ 1, 2 κ.λ.π. καὶ δέσμην παράλληλων ἀκτίνων X «μονόχρουν» μήκους κύματος λ περιθλωμένην ὑπὸ τῶν ἀτόμων O καὶ O' τῶν δύο πρώτων ἐπιπέδων 1 καὶ 2 κατὰ τὸν νόμον τοῦ Bragg. Αἱ ἀκτίνες αἱ περιθλώμεναι: ὑπὸ ἀτόμων τοῦ αὐτοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου δὲν παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως. Ἀκτίνες προερχόμεναι ἀπὸ ἀτόμων O τοῦ 1ου ἐπιπέδου καὶ O' τοῦ 2ου ἐπιπέδου θὰ ἔχουν διαφορὰν πορείας: $O'A + O'B = 2O'A = 2d\eta\mu\theta$, ἥτις πρέπει νὰ ἰσοῦται με ἀκέραιον ἀριθμὸν μηκῶν κύματος λ . Οὕτω προκύπτει ἡ θεμελιώδης ἐξίσωσις τοῦ Bragg:

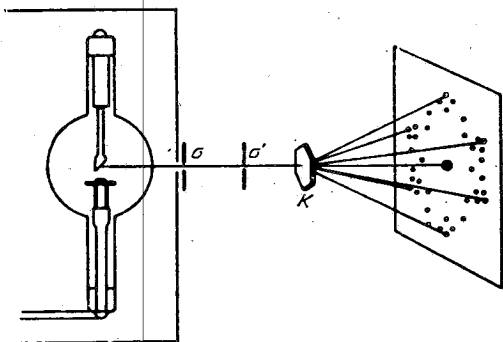
$$n\lambda = 2d\eta\mu\theta$$

Ἐνθα θ εἶναι ἡ γωνία προσπίπτουσης δέσμης καὶ περιθλῶντος δικτυωτοῦ ἐπιπέδου, d ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο ἐφεξῆς δικτυωτῶν ἐπιπέδων τῆς σειρᾶς, λ τὸ μήκος κύματος τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων καὶ n οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3 κ.λ.π. Ἡ περιθλωμένη δέσμη σχηματίζει πρὸς τὴν προσπίπτουσαν γωνίαν 2θ . Ἵνα ἐπιτύχωμεν περιθλασιν «μονοχρώμου» δέσμης ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἑδρας, στρέφωμεν τὸν κρυσταλλὸν περὶ ἄξονα κείμενον ἐπὶ τῆς ἑδρας ταύτης καὶ ρίπτοντες ἐπ' αὐτῆς δέσμην ἀκτίνων X παράλληλον καθέτως ἐπὶ τὸν ἄξονα στροφῆς αὐξάνομεν τὴν γωνίαν θ τῆς δέσμης πρὸς τὴν κρυσταλλικὴν ἑδραν ἀρχόμενοι ἀπὸ τιμῆς $\theta = 0^\circ$ (παράλληλος πρόσπτωσης). Δι' ὠρισμένην τιμὴν γωνίας θ ἀντιστοιχοῦσαν εἰς $n = 1$ τῆς ἐξίσωσῆς Bragg θὰ λάβωμεν τὴν πρώτης τάξεως ἀνάκλασιν. Συνεχίζοντες τὴν στροφὴν θὰ λάβωμεν τὴν δευτέρας τάξεως ἀνάκλασιν διὰ γωνίαν θ ἀντιστοιχοῦσαν εἰς $n = 2$ κ.ο.κ.

Ἐὰν ἡ δέσμη περιέχῃ ἀκτῖνας διαφόρων μηκῶν κύματος, θὰ λάβωμεν

ἀνακλάσεις ἐξ ἐκάστου εἴδους εἰς διαφόρους γωνίας, τῶν ὁποίων τὰ ἡμίτονα θὰ εἶναι ἀνάλογα τοῦ ἐκάστοτε μήκους κύματος. Ὁ στρεφόμενος κρύσταλλος ἐπιτρέπει οὕτω τὴν ἀνάλυσιν τῆς συνθέτου δέσμης παρέχων φάσμα αὐτῆς, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐπὶ φωτοπαθοῦς ἐπιφανείας κυλινδρικοῦ φίλμ τιθεμένου περὶ τὸν στρεφόμενον κρύσταλλον καὶ ἔχοντος ἄξονά του τὸν ἄξονα στροφῆς τοῦ κρυστάλλου (ἀρχὴ τῆς φασματοσκοπίας τῶν ἀκτίνων X).

Εἰς τὴν διάταξιν τοῦ πρώτου πειράματος περιθλάσεως τοῦ Friedrich καὶ Knipping (σχ. 273) ἡ δέσμη ἀκτίνων X ἡ διερχομένη διὰ τῶν ὁπῶν σ



Σχ. 273

Διάταξις διαγράμματος Laue



καὶ σ' δύο ἐλασμάτων μολύβδου δὲν ἦτο «μονόχρους» ἀλλὰ «λευκὴ», περιλαμβάνουσα ὅλας τὰς δυνατὰς τιμὰς μηκῶν κύματος ἀπὸ τινος ἐλαχίστης τιμῆς καὶ ἄνω μέχρις ὁρίου τινός.

Τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ κρυστάλλου κ, ὅστις παρέμεινεν ἀκίνητος κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος, μὲ διάφορον τιμὴν d_{hkl} δι' ἕκαστον ἐπίπεδον καὶ διάφορον γωνίαν θ ὡς πρὸς τὴν προσπίπτουσαν δέσμην, περιέθλασαν ἐκλεκτικῶς ἐκ τῆς «λευκῆς» δέσμης ἐκεῖνας τὰς ἀκτῖνας, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος διὰ τὰ δεδομένα d_{hkl} καὶ θ ἐπλήρουν τὴν συνθήκην τοῦ Bragg.

47. Ἐφαρμογὴ τοῦ ἀντιστροφικοῦ πλέγματος εἰς τὰ προβλήματα περιθλάσεως τῶν ἀκτίνων X. Τὸ ἀντίστροφον πλέγμα ἀποτελεῖ ἔννοιαν λίαν χρήσιμον διὰ τὴν ἐπίλυσιν προβλημάτων ἀναφερομένων εἰς τὴν περιθλάσιν τῶν ἀκτίνων X ὑπὸ τῶν κρυστάλλων.

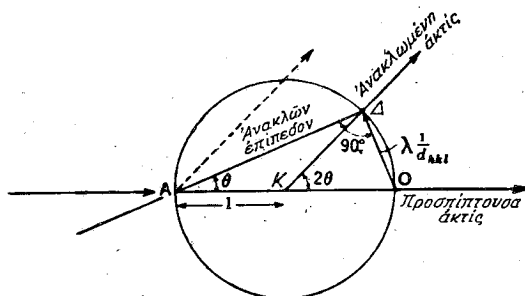
Θεωρήσωμεν τὴν 1ης τάξεως ἀνάκλασιν ὑπὸ τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου hkl . Κατὰ τὴν ἐξίσωσιν τοῦ Bragg ἔχομεν διὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτὴν $\eta\mu\theta_n =$

$\frac{n\lambda}{2d_{hkl}}$. Τὸ πρῶτον ἀπὸ τῆς ἀρχῆς δικτυωτὸν ἐπίπεδον μὲ δείκτας hkl τέμνει τοὺς ἄξονας εἰς ἀποστάσεις $1/h$, $1/k$, $1/l$. Ἐὰν θεωρήσωμεν ἐπίπεδον μὲ δείκτας nh , nk , nl , τοῦτο θὰ ἔτεμε τοὺς ἄξονας εἰς ἀποστάσεις $1/nh$,

1 nk, 1 nl ἢ ἄλλως θὰ παρίστα ἐπίπεδον ἀπέχον ἀπὸ τῆς ἀρχῆς ἀπόστασιν d_{hkl} n. Τοιοῦτον ἐπίπεδον δὲν ὑπάρχει εἰς τὴν πραγματικότητα, ἐὰν ὑπῆρχε θὰ εἶχομεν διὰ τὴν πρώτης τάξεως ἀνάκλασιν αὐτοῦ $\eta\mu\theta^1_{(nh, nk, nl)} = \frac{\lambda}{2d_{(nh, nk, nl)}} = \frac{\lambda}{2d_{hkl}} = \frac{n\lambda}{2d_{hkl}}$ ὥστε ἡ ἀνάκλασις τάξεως n ὑπὸ δικτυωτοῦ

ἐπιπέδου hkl δύναται νὰ ἐκφρασθῇ πολλαπλασιαζομένων τῶν δεικτῶν τούτων ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν n. Οὕτως ἡ 2ας τάξεως ἀνάκλασις ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου 123 παρίσταται μὲ τοὺς δείκτας 246, ἡ 3ης μὲ 369 κ.ο.ε. Δίδοντες εἰς τοὺς δείκτας hkl ὅλας τὰς δυνατὰς ἀκεραῖās τιμὰς περιλαμβανομένου καὶ τοῦ μηδενὸς παριστῶμεν τὰς ἀνακλάσεις ὅλων τῶν τάξεων ἀπὸ ὅλα τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ πλέγματος. Ἐκαστος τῶν δεικτῶν αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα δεσμὸν τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος ἀντιπροσωπεύοντα οὕτως ἀντίστοιχον ἀνάκλασιν, ἀπουσία ταύτης δηλοῦται μὲ ἀπουσίαν τοῦ δεσμοῦ ἀπὸ τὸ ἀντίστροφον πλέγμα ἡ δὲ σχετικὴ ἔντασις τῆς περιθλωμένης δέσμης δι' ἐκάστην ἀνάκλασιν δύναται νὰ ἀποδοθῇ διὰ προσθήκης εἰς τὸν ἀντίστοιχον δεσμὸν ἑνὸς ἀριθμοῦ ἀντιπροσωπεύοντος τὸ χαρακτηριστικὸν αὐτό. Οὕτω τὸ ἀντίστροφον πλέγμα παρέχει πλήρη ἐποπτικὴν εἰκόνα ἐν τῷ συνόλῳ τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως τῶν ἀκτίνων X ὑπὸ τοῦ κρυστάλλου. Ἀλλὰ πλὴν τούτου χρησιμεύει καὶ διὰ τὴν λύσιν προβλημάτων ἀναφερομένων εἰς τὴν περιθλάσιν ὑπὸ τὰς ἐκάστοτε ἐφαρμοζομένας πειραματικὰς συνθήκας, ὡς ἐξηγεῖται κατωτέρω.

Γράψωμεν τὴν ἐξίσωσιν τοῦ Bragg ὑπὸ τὴν μορφήν $2\eta\mu\theta = \lambda/d_{hkl}$ καὶ μεταφέρωμεν τὴν σχέσιν αὐτὴν εἰς γεωμετρικὴν κατὰ τὸ σχῆμα 274 Γρά-



Σχ. 274

Ἑρμηνεία τῆς συνθήκης περιθλάσεως διὰ τῆς σφαίρας ἀνακλάσεως

φωμεν κύκλον μὲ ἀκτῖνα μονάδα καὶ ἐκ τοῦ ἑνὸς ἄκρου τῆς διαμέτρου αὐτῆς ΑΟ φέρομεν εὐθεῖαν ΑΔ σχηματίζουσαν γωνίαν ΔΑΟ ἴσην πρὸς θ. Ἐκ τοῦ ὡς ὁρθογωνίου τριγώνου ΟΔΑ ἡ πλευρὰ ΟΔ = $2\eta\mu\theta = \lambda/d_{hkl}$ ἰσοῦται πρὸς

ἄνυσμα d_{hkl} τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος πολλαπλασιασθὲν ἐπὶ λ , τὸ σημεῖον Δ παριστᾷ δεσμὸν τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος, οὗτινος ἡ ἀρχὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ O , ἡ AD κάθετος ἐπὶ τὴν OD προβολὴν τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου hkl , ἡ AO σχηματίζουσα μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦτο γωνίαν θ τὴν προσπίπτουσιν ἀκτῖνα, ἡ KD σχηματίζουσα πρὸς τὴν προσπίπτουσιν γωνίαν 2θ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα. Κατὰ ταῦτα, ὅταν συμβαίῃ περιθλασις, δεσμὸς τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ κύκλου καὶ ἡ ἀκτὶς ἡ ἀπολήγουσα εἰς τὸν δεσμὸν αὐτὸν δίδει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος. Ἡ γεωμετρικὴ αὕτῃ σχέσις ἰσχύει καὶ ἐὰν ἀντὶ περιφερείας κύκλου θεωρήσωμεν σφαῖραν μὲ κέντρον τὸ K καὶ ὁλόκληρον τὸ ἀντίστροφον πλέγμα μὲ τὴν ἀρχὴν εἰς τὸ O . Οἱ δεσμοὶ τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος οἱ ὅποιοι διὰ τυχοῦσαν θέσιν αὐτοῦ ὡς πρὸς τὴν AO εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας δίδουν τὰς ἐμφανιζομένας ἀνακλάσεις εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν καὶ μὲ τὰς εἰς αὐτοὺς ἀποληγούσας ἀκτῖνας τὴν διεύθυνσιν τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων. Μετακινουμένου τοῦ κρυστάλλου τὸν συνοδεύει εἰς τὴν κίνησιν καὶ τὸ ἀντίστροφον πλέγμα του καὶ νέοι δεσμοὶ αὐτοῦ ἔρχονται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας δεικνύοντες τὰς ἐμφανιζομένας ἀνακλάσεις εἰς τὴν νέαν θέσιν τοῦ κρυστάλλου. Ἡ μέθοδος αὕτῃ εὐρέσεως τῶν συνθηκῶν ἀνακλάσεως ἐπενοήθη ὑπὸ τοῦ Ewald. Ἡ σφαῖρα καλεῖται σφαῖρα διαδόσεως ἢ ἀνακλάσεως (Ausbreitungskugel, Reflexionskugel). Τὸ κέντρον αὐτῆς K ἐν ἀναφορᾷ πρὸς τὴν ἀρχὴν τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος O εὐρίσκεται ἀγομένου ἐκ τοῦ O μήκους ἴσου πρὸς τὴν μονάδα κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς διευθύνσεως τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος.

48. Ἐπίδρασις τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τῶν ἀνακλάσεων, παράγων δομῆς. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως τοῦ Bragg διὰ γνωστοῦ μήκους κύματος ἀκτῖνας εἶναι δυνατόν νὰ εὐρεθῇ διὰ μετρήσεως τῆς γωνίας θ τὸ d οἷα σδῆπότε σειρᾶς δικτυωτῶν ἐπιπέδων. Ἐὰν ληφθοῦν αἱ ἀνακλάσεις τῶν ἐπιπέδων (100) (010) καὶ (001) , εὐκόλως εὐρίσκονται ἐκ τῶν ἀντιστοιχῶν τιμῶν θ αἱ διαστάσεις τῆς κυψελίδος. Ἡ περαιτέρω ἔρευνα ἐπὶ τῆς διατάξεως τῶν ἀτόμων ἐντὸς αὐτῆς στηρίζεται εἰς μετρήσεις τῶν ἐντάσεων μιᾶς ἐκάστης τῶν ἀνακλάσεων, αἱ ὅποια προέρχονται ἀπὸ τὰ διάφορα δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ πλέγματος. Αἱ μετρήσεις αὗται γίνονται εἴτε μὲ θάλαμον ἰονισμοῦ, εἴτε διὰ φωτομετρήσεως τοῦ βαθμοῦ μελανώσεως τῶν κηλίδων τοῦ ἀκτινογραφήματος, αἱ ὅποια ἐσχηματίσθησαν ἀπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν περιθλασθεῖσων ἀκτίνων ἐπὶ τῆς φωτοπαθοῦς ἐπιφανείας. Ἡ ἐντασις ἀνακλάσεως ἔξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἵδους τῶν ἀτόμων τῶν περιεχομένων ἔντὸς τῆς κυψελίδος καὶ ἐκ τῆς σχετικῆς πρὸς ἄλληλα θέσεως αὐτῶν, ὡς περιγράφεται κατωτέρω.

Εἰς τὸ παράδειγμα τοῦ σχ. 272 ἐλάβομεν ὑπ' ὄψιν ὡς πρὸς τὴν περιθλασιν ἐνὸς μόνου εἵδους ἄτομα ἐκ τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος, τὰ O , τὰ ὅποια ἔθεωρήσαμεν ὡς κατέχοντα τοὺς δεσμοὺς τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων.

Δι' αὐτῶν ἤχθησαν τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα 1, 2 κ.λ.π. τοῦ σχ. 272. Ἀλλ' ὁ ματαξὺ τῶν ἐπιπέδων αὐτῶν χῶρος περιλαμβάνει καὶ ἄλλα ἄτομα εὐρισκόμενα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κυψελίδος, τὰ ὁποῖα προσθέτουν καὶ αὐτὰ τὴν δρᾶσιν εἰς τὸ φαινόμενον τῆς περιθλάσεως. Ἐὰν εἰς τὸ ἥμισυ τῆς ἀποστάσεως τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων 1 καὶ 2 ὑπῆρχον ἄτομα ὅμοια πρὸς τὰ Ο, τότε διττὴν πρώτης τάξεως ἀνάκλασιν, ἥτις ἀντιστοιχεῖ εἰς διαφορὰν πορείας τῶν κυμάτων τῶν ἐπιπέδων 1 καὶ 2 ἐνὸς λ τὰ ἄτομα τὰ εἰς τὸ ἥμισυ τῆς ἀποστάσεως εὐρισκόμενα θὰ δώσουν ἐν σχέσει πρὸς τὰ τοῦ ἐπιπέδου 1 κύμα μὲ διαφορὰν πορείας $\lambda/2$. Κατ' ἀκολουθίαν αἱ δύο ἀντιθέτου φάσεως κραδάνσεις θὰ ἐξουδετερωθοῦν καὶ ἡ πρώτης τάξεως ἀνάκλασις καὶ αἱ περιττῆς τάξεως θὰ ἐξαφανισθοῦν. Ἐὰν τὰ ἄτομα τοῦ ἐνδιαμέσου ἦσαν διαφορετικὰ τῶν τοῦ ἐπιπέδου 1, τὸ πλάτος τοῦ σκεδαννυμένου ὑπ' αὐτῶν κύματος θὰ ἦτο διαφορετικὸν καὶ τὸ πλάτος τοῦ ἐκ συμβολῆς κύματος θὰ ἦτο ἴσον πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν πλατῶν τῶν δύο κυμάτων.

Ἐν γένει ἄτομα ὡς τὸ Μ εὐρισκόμενα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κυψελίδος θὰ ἐκπέμπουν κύματα, τῶν ὁποίων ἡ διαφορὰ φάσεως ὡς πρὸς τὰ κύματα τῶν ἀτόμων Ο τοῦ ἐπιπέδου 1 ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἀποστάσεως δ τοῦ παραλλήλου δικτυωτοῦ ἐπιπέδου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου κεῖνται τὰ Μ, τὸ δὲ πλάτος A_m ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ ἀτόμου Μ. Τὸ πλάτος F τοῦ συνισταμένου κύματος ἐκ τῆς συμβολῆς τῶν κυμάτων τῶν προερχομένων ἀπὸ τὰ ἄτομα Ο καὶ Μ εὐρίσκεται διὰ συνθέσεως τῶν πλατῶν τῶν δύο κραδάνσεων. Ἐὰν Α εἶναι τὸ πλάτος τῶν κραδάνσεων τῶν ἐκ τῶν ἀτόμων Ο, A_m τῶν ἐκ τῶν ἀτόμων Μ καὶ φ ἡ διαφορὰ φάσεως, τὸ συνισταμένον πλάτος F εἶναι:

$$F = A_0 + A_m (\sin \varphi + i \eta \mu \varphi) = A_0 + A_m e^{i\varphi}$$

Ἐὰν ἐπεκτείνωμεν τὸν λογισμὸν ἐφ' ὅλων τῶν ἀτόμων Ν, R κ.λ.π. τῶν περιεχομένων ἐντὸς τῆς κυψελίδος καὶ καλέσωμεν A_n , A_r κ.λ.π. τὰ ἀντίστοιχα πλάτη καὶ φ_n , φ_r κ.λ.π. τὰς διαφορὰς φάσεως ὡς πρὸς τὰ κύματα τῶν Ο τὸ συνισταμένον πλάτος θὰ εἶναι:

$$1) \quad F = A_0 + A_m e^{i\varphi_m} + A_n e^{i\varphi_n} + A_r e^{i\varphi_r} + \dots = \sum_{p=1}^{p=r} \Sigma A^p e^{i\varphi^p}$$

Ἡ διαφορὰ φάσεως φ μεταξὺ Ο καὶ Μ συνδέεται πρὸς τὴν ἀπόστασιν δ μὲ τὴν σχέσιν:

$$\varphi = \frac{2\pi\delta}{d} n \quad (n = \text{ἀκέραιος δηλῶν τὴν τάξιν ἀνακλάσεων}).$$

Ἐὰν οἱ δεῖχται τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου εἶναι hkl ἡ ἐξίσωσις τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ Μ εἶναι:

$$h \frac{x_m}{a} + k \frac{y_m}{b} + l \frac{z_m}{c} = \frac{\delta}{d} \quad (x_m, y_m, z_m \text{ συντεταγμέναι τοῦ σημείου}$$

Μ), καὶ ἐπομένως ἡ σχέσις (1) δύναται νὰ γραφῇ:

$$(2) \quad F_{hkl} = \sum_{p=1}^{p=r} A_p e^{2\pi i \left(\frac{hx_p}{a} + \frac{ky_p}{b} + \frac{lz_p}{c} \right)}$$

Είς την σχέσιν ταύτην ὁ παράγων n ὁ χαρακτηρίζων τὴν τάξιν τῆς ἀνακλάσεως εἰσήχθη ὡς παράγων εἰς τοὺς δείκτας hkl . Οὕτω τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου (132) ἡ τρίτης τάξεως ἀνάκλασις χαρακτηρίζεται μὲ τοὺς δείκτας 396 καὶ οἱ ἀριθμοὶ οὗτοι εἰσάγονται εἰς τὴν θέσιν τοῦ hkl τῆς ἐξισώσεως (2) διὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτήν.

Ἡ διασκεδαστικὴ ἱκανότης τοῦ ἀτόμου εἶναι κατὰ πρώτην προσέγγισιν ἀνάλογος τοῦ ἀτομικοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, ἥτοι τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἠλεκτρονίων του καὶ τοῦτο διότι ὁ σκεδασμὸς τῶν ἀκτίνων X ὀφείλεται εἰς κύματα παραγόμενα ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόνια τοῦ ἀτόμου, τὰ ὁποῖα διεγείρονται ὑπὸ τῆς πρωτογενοῦς δέσμευς εἰς κραδασμοὺς τῆς αὐτῆς μὲ τὴν διεγείρουσαν ἀκτινοβολίαν συχνότητος. Ἐπειδὴ ὅμως τὰ ἠλεκτρόνια ἔχουν ὠρισμένην διάταξιν εἰς τὸν χῶρον περὶ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου, ἡ διασκεδαστικὴ ἱκανότης εἶναι συνάρτησις τῆς γωνίας θ καὶ τοῦ μήκους κύματος λ , ἀκριβέστερον τὸ πλάτος τοῦ κύματος εἶναι συνάρτησις τοῦ $\eta\mu\theta/\lambda$. Ἐπομένως εἰς ἐκάστην ἀνάκλασιν hkl τὸ πλάτος τοῦ κύματος τοῦ σκεδαννυμένου ὑπὸ τοῦ ἀτόμου R θὰ ἔχῃ ἰδίαν τιμὴν f_r , ἥτις καλεῖται παράγων δομῆς τοῦ ἀτόμου.

Ἡ τελικὴ μορφή κατὰ ταῦτα τοῦ τύπου (2) ἀποβαίνει:

$$(3) \quad F_{hkl} = \sum_{p=1}^{p=r} f_p e^{2\pi i \left(\frac{hx_p}{a} + \frac{ky_p}{b} + \frac{lz_p}{c} \right)}$$

Ὁ ὅρος F_{hkl} καλεῖται παράγων δομῆς διὰ τὴν ἀνάκλασιν hkl καὶ παριστᾷ τὸ πλάτος τῆς περιθλωμένης δέσμευς ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον hkl ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ συνόλου τῶν ἀτόμων τῶν περιεχομένων ἐντὸς τῆς κυψελίδος συγκρινόμενον πρὸς τὸ πλάτος κύματος περιθλωμένου ἀπὸ ἓν ἠλεκτρόνιον κείμενον εἰς τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων. Ἡ ἔντασις τῆς δέσμευς εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου (F_{hkl}) τοῦ πλάτους.

Ὡς δεικνύει ὁ τύπος (3) εἰς τὴν παράστασιν τοῦ παράγοντος δομῆς περιέχονται ὅλα τὰ στοιχεῖα τὰ ἀναφερόμενα εἰς τὴν τοπογραφίαν τῆς κυψελίδος, συντεταγμέναι τῶν ἐντὸς αὐτῆς ἀτόμων (x_p, y_p, z_p) καὶ εἶδος αὐτῶν (f_p). Ἐπομένως αἱ μετρήσεις τῶν ἐντάσεων ἱκανοῦ ἀριθμοῦ ἀνακλάσεων παρέχουν τὰ στοιχεῖα διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς θέσεως τῶν ἀτόμων ἐντὸς τῆς κυψελίδος.

Γράφοντες τὴν παράστασιν (3) ὑπὸ μορφήν τριγωνομετρικῆς συνάρτησεως ἔχομεν:

$$(4) \quad F_{hkl} = \sum_{p=1}^{p=r} f_p \sin 2\pi \left(\frac{hx_p}{a} + \frac{ky_p}{b} + \frac{lz_p}{c} \right) + \sum f_p i \eta\mu 2\pi \left(\frac{hx_p}{a} + \frac{ky_p}{b} + \frac{lz_p}{c} \right)$$

Ἐὰν εἰς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας τῆς κυψελίδος περιλαμβάνεται κέντρον

συμμετρίας καὶ λάβωμεν τὴν ἀρχὴν τῶν συντεταγμένων ἐπ' αὐτοῦ, τότε τοῦ σημείου M (xyz) θὰ ὑπάρχῃ καὶ τὸ κεντροσυμμετρικὸν M' ($\bar{x} \bar{y} \bar{z}$). Αἱ συντεταγμέναι τῶν σημείων αὐτῶν εἰσαγόμεναι εἰς τὴν παράστασιν (4) θὰ δώσουν συνημίτονα τὰ αὐτὰ καὶ ἡμίτονα ἀντίθετα. Οἱ ὅροι μὲ ἡμίτονα θὰ ἐξαφανισθοῦν καὶ ὁ παράγων δομῆς ἀποβαίνει:

$$(5) \quad F_{hkl} = \sum_{p=1}^{p=r} f_p \text{ συν } 2\pi \left(\frac{hx_p}{a} + \frac{ky_p}{b} + \frac{lz_p}{c} \right)$$

49. Προσδιορισμὸς τοῦ τύπου πλέγματος καὶ τῆς ὁμάδος συμμετρίας διὰ τῶν ἀκτίνων X. Ἐφαρμόσωμεν τὸν τύπον (5) εἰς δύο περιπτώσεις ἀπλᾶς, τοῦ ἐνδοκεντρωμένου κυβικοῦ καὶ τοῦ ὁλοεδρικοῦ κεντρωμένου κυβικοῦ πλέγματος. Εἰς τὸ ἐνδοκεντρωμένον πλέγμα (σχ. 248) ἡ κυψελὶς περιλαμβάνει δύο ὁμοία ἄτομα εἰς τὰς θέσεις (000) καὶ $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ ὅθεν ἔχομεν:

$$F_{hkl} = f \left(\text{συν } 0 + \text{συν } 2\pi \left(\frac{h+k+l}{2} \right) \right)$$

Ἐὰν $(h+k+l)$ ἄρτιον $F_{hkl} = 2f$, ἐὰν $(h+k+l)$ περιττὸν $F_{hkl} = 0$. Εἰς τὸ ἐνδοκεντρωμένον κυβικὸν πλέγμα αἱ ἀνακλάσεις μὲ ἄθροισμα δεικτῶν περιττὸν ἀποσβέννυνται. Τοιοῦτον τύπον πλέγματος ἔχουν τὰ μέταλλα Fe, W κ.ἄ.

Εἰς τὸ ὁλοεδρικοῦ κεντρωμένον πλέγμα ἡ κυψελὶς περιέχει 4 ἄτομα τὰ (000), $(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2})$, $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ καὶ $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$. Ὁ παράγων δομῆς ἀποβαίνει:

$$F_{hkl} = f \left(\text{συν } 0 + \text{συν } 2\pi \left(\frac{k+l}{2} \right) + \text{συν } 2\pi \left(\frac{h+l}{2} \right) + \text{συν } 2\pi \left(\frac{h+k}{2} \right) \right)$$

Ἐὰν hkl εἶναι ἀμειγῶς ἄρτιοι ἢ περιττοὶ $F_{hkl} = 4f$

Ἐὰν hkl εἶναι σύμμεικοι, ἄρτιοι καὶ περιττοὶ $F_{hkl} = 0$ ἤτοι εἰς πλέγμα τύπου F αἱ ἐμφανιζόμεναι ἀνακλάσεις μὲ δείκτας hkl εἶναι αἱ ἔχουσαι τοὺς δείκτας τῶν ἢ ὅλους ἀρτίους ἢ ὅλους περιττοὺς.

Πλέγματα τοῦ τύπου τούτου ἔχουν τὰ πλεῖστα τῶν μετάλλων Au, Ag, Al, Cu κ.λ.π.

Ὁμοίως δεικνύεται ὅτι ἐπὶ πλέγματος τύπου C ἐμφανίζονται μόναι αἱ ἀνακλάσεις μὲ $h+k = 2n$. Τέλος προκειμένου περὶ ρομβοεδρικῆς κυψελίδος R ἀναφερομένης εἰς ἄξονας κατὰ Bravais (σελ. 145) ἰσχύει ἡ λεγομένη ρομβοεδρικὴ συνθήκη, καθ' ἣν ἐμφανιζόμεναι ἀνακλάσεις εἶναι ἐκεῖναι διὰ τὰς ὁποίας ἰσχύει ἡ σχέσις $-h+k+l = 3n$. Κατὰ ταῦτα ἡ εὔρεσις τοῦ τύπου πλέγματος (P, I, F, C, R) γίνεται δι' ἐλέγχου τῶν συστηματικῶν κατασβέσεων ἱκανοῦ ἀριθμοῦ πυραμιδικῶν ἀνακλάσεων (hkl).

Ἀνάλογοι συστηματικαὶ κατασβέσεις δι' ὠρισμένου τύπου ἀνακλάσεις παρουσιάζονται εἰς τὰς διαφόρους ὁμάδας συμμετρίας καὶ χαρακτηρίζουν αὐτάς.

Ἡ ὑπαρξὶς ἄξονος ἐλικώσεως ἐκδηλοῦται εἰς συστηματικὰς κατασβέσεις ἀνακλάσεων προσερχομένων ἀπὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα.

Λαμβανομένης ὑπ' ὄψιν τῆς θέσεως τῶν ἀξόνων συμμετρίας εἰς τὰ διάφορα κρυσταλλικά συστήματα τοιαῦται ἀνακλάσεις εἶναι αἱ πινακοειδικαί, μὲ δείκτας $h00$, $0k0$, $00l$, καὶ αἱ $hh0$. Δι' αὐτάς ἰσχύουν αἱ ἐπόμεναι νομιμότητες

Διὰ $h00$	μὲ $h=2n$	ἄξων	$[100]$	$2_1 \text{ ἢ } 4_2$	μὲ ὀλισθήσιν	$a_0/2$
	» $h=4n$	»	$[100]$	$4_1 \text{ ἢ } 4_3$	»	$a_0/4$
$0k0$	» $k=2n$	»	$[010]$	$2_1 \text{ ἢ } 4_2$	»	$b_0/2$
	» $k=4n$	»	$[010]$	$4_1 \text{ ἢ } 4_3$	»	$b_0/4$
$00l$	» $l=2n$	»	$[001]$	$2_1 \text{ ἢ } 4_2 \text{ ἢ } 6_3$	»	$c_0/2$
	» $l=3n$	»	$[001]$	$3_1 \text{ ἢ } 3_2 \text{ ἢ } 6_2 \text{ ἢ } 6_4$	»	$c_0/3$
	» $l=4n$	»	$[001]$	$4_1 \text{ ἢ } 4_3$	»	$c_0/4$
	» $l=6n$	»	$[001]$	$6_1 \text{ ἢ } 6_5$	»	$c_0/6$
$hh0$	» $h=2n$	»	$[110]$	2_1	»	$(a_0+b_0)/2$

Ἡ ὑπαρξὶς ἐπιπέδων ὀλισθήσεως ἐκδηλοῦται εἰς τὰς ἀνακλάσεις τὰς προερχομένας ἀπὸ διχτυωτὰ ἐπίπεδα κάθετα ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον ὀλισθήσεως. Τοιαῦται ἀνακλάσεις εἶναι αἱ λεγόμεναι *πρισματικά* (μὲ δείκτας $0kl$, $h0l$, $hk0$) καὶ αἱ μὲ δείκτας hhl . Διὰ τὰ δυνατὰ ἐπίπεδα ὀλισθήσεως ἰσχύουν αἱ ἐξῆς νομιμότητες:

$0kl$	μὲ $k=2n$	Ἐπιπ. (100)	μὲ ὀλισθήσιν	$b_0/2$	b
	» $l=2n$	»	»	$c_0/2$	c
	» $k+l=2n$	»	»	$(b_0+c_0)/2$	n
	» $k+l=4n$	»	»	$(b_0+c_0)/4$	d
$h0l$	» $h=2n$	» (010)	»	$a_0/2$	a
	» $l=2n$	»	»	$c_0/2$	c
	» $h+l=2n$	»	»	$(a_0+c_0)/2$	n
	» $h+l=4n$	»	»	$(a_0+c_0)/4$	d
$hk0$	» $h=2n$	» (001)	»	$a_0/2$	a
	» $k=2n$	»	»	$b_0/2$	b
	» $h+k=2n$	»	»	$a_0/2 + b_0/2$	n
	» $h+k=4n$	»	»	$a_0/4 + b_0/4$	d
hhl	» $l=2n$	» (110)	»	$c_0/2$	c
	» $2h+l=4n$	»	»	$a_0/4 + b_0/4 + c_0/4$	d

Κατὰ τὰ ἀνωτέρω διὰ παρατηρήσεως ἱκανοῦ ἀριθμοῦ ἀνακλάσεων καὶ διαγνώσεως τῶν ἐμφανιζομένων συστηματικῶν κατασβέσεων εὐρίσκεται ἡ ὁμάς τῆς συμμετρίας χώρου, εἰς ἣν ἀνήκει τὸ σῶμα.

Ἐπὶ παραδείγματι κρυστάλλος τῆς ὀλοεδρίας τοῦ ρομβικοῦ συστήματος ($mm\bar{m}$) ἐξετασθεὶς μὲ ἀκτίναν X παρουσίασε τὰς ἐξῆς νομιμότητας ὡς πρὸς τὰς ἐμφανιζομένας ἀνακλάσεις:

Ἀνακλάσεις hkl ἄνευ οὐδενὸς περιορισμοῦ. Εἶδος πλέγματος P

» 0kl με $k = 2n$ Ἐπίπεδον (100) b

» h0l » $l = 2n$ » (010) c

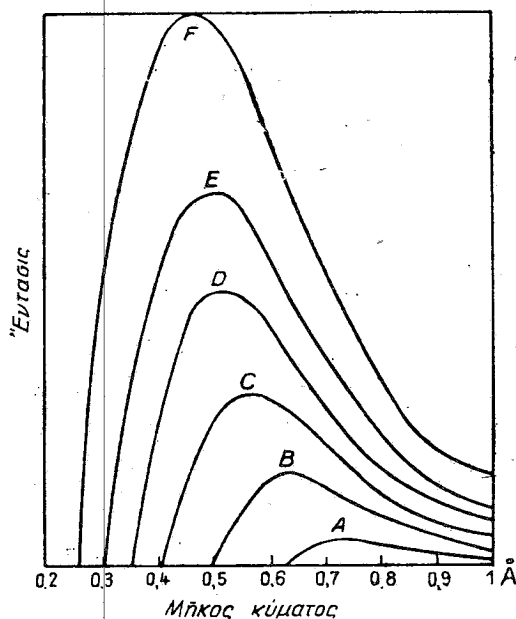
» hk0 » $h + k = 2n$ » (001) n

Ἡ ὁμάς συμμετρίας εἰς τὴν ὁποίαν ὑπάγεται ὁ κρύσταλλος εἶναι ἡ Pben. Ἀντιστρόφως δοθείσης ὀρισμένης ομάδος συμμετρίας εὐρίσκονται εὐχερῶς ἐκ τοῦ συμβόλου αὐτῆς κατὰ Hermann - Mauguin αἱ ἐμφανιζόμεναι εἰς αὐτὴν συστηματικαὶ κατασβέσεις. Οὕτω διὰ τὴν ομάδα Pmna ἰσχύουν αἱ ἐξῆς νομιμότητες: Ἀνακλάσεις hkl ἄνευ περιορισμοῦ, 0kl ἄνευ περιορισμοῦ, h0l με $h + l = 2n$, hk0 με $h = 2n$.

Ὁ προσδιορισμὸς τῆς ομάδος συμμετρίας διὰ τῶν ἀκτίνων X βάσει τῶν ἀνωτέρω ἐκτεθέντων κανόνων δὲν εἶναι πάντοτε μονοσήμαντος. Ἐν πρώτοις δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐλεγχθῇ διὰ τῶν ἀκτίνων X, εἰ μὴ εἰς ἐξαιρετικὰς περιπτώσεις, ἐὰν ὁ κρύσταλλος ἔχει κέντρον συμμετρίας ἢ στερεῖται τοιούτου, τὸ φαινόμενον τῆς περιθλάσεως τῶν ἀκτίνων X ὑπὸ τῶν κρυστάλλων ἐμφανίζει κέντρον συμμετρίας. Ἡ πρότασις αὕτη ἀναφερομένη ὡς ἀρχὴ ἢ κανὼν τοῦ Friedel περιορίζει τὰς ἀκτινογραφικῶς προσδιοριστέας συμμετρίας τῶν κρυστάλλων εἰς 11, ὅσαι προκύπτουν διὰ προσθήκης καὶ κέντρου συμμετρίας εἰς ἐκείνας ἐκ τῶν 32 κρυσταλλικῶν τάξεων, αἱ ὁποῖαι στεροῦνται τοιούτου. Αἱ ἑνδεκα αὐταὶ συμμετρίαι ἀναφέρονται συνήθως ὡς συμμετρίαι Laue. Ὅσakis τὰ μορφολογικὰ στοιχεῖα τοῦ κρυστάλλου δὲν εἶναι ἐπαρκῆ διὰ τὴν διάγνωσιν τῆς υπάρξεως ἢ ἀπουσίας κέντρου συμμετρίας γίνεται χρῆσις διαβρωτικῶν μέσων (σελ. 42) ἢ φυσικῶν μεθόδων ἀναζητήσεως πιεζοηλεκτρικῶν ἢ πυροηλεκτρικῶν ἐκδηλώσεων. Ἀνεξαρτήτως ὅμως τῶν δυσχερειῶν αὐτῶν καὶ ἂν ἀκόμη ἡ κρυσταλλικὴ τάξις, εἰς ἣν ἀνήκει ὁ κρύσταλλος, εἶναι γνωστὴ, ὑπάρχουν πολλάκις περισσότεραι τῆς μιᾶς ομάδες συμμετρίας ἐμφανίζουσαι τὰς αὐτὰς σύστηματικὰς κατασβέσεις. Ὡς ἀνωτέρω ἀνεπτύχθη αἱ κατασβέσεις αὐταὶ προκαλοῦνται ἀπὸ στοιχεῖα συμμετρίας περιλαμβάνοντα καὶ διεργασίαν μετατοπίσεως (ὀλισθήσιν παραλλήλως πρὸς ἄξονα ἢ ἐπίπεδον). Ἀπουσία τοιούτων κατασβέσεων σημαίνει ἀπουσίαν ἁξόνων ἐλικώσεως ἢ ἐπίπεδων ὀλισθήσεως χωρὶς ὅμως νὰ συνάγεται ἐκ τούτου ὅτι ὑπάρχουν ἐπίπεδα κάτοπτριςμοῦ ἢ ἁξονες στροφῆς. Ἐπὶ παραδείγματι θεωρήσωμεν τὰς ομάδας συμμετρίας τοῦ μονοκλινοῦς συστήματος (σελ. 155). Ἐὰν μονοκλινὴς κρύσταλλος παρουσιάζει ὡς μόνας κατασβέσεις τὰς hol διὰ $l \neq 2n$ συνάγεται ἐκ τούτου ὅτι ὑπάρχει ἐπίπεδον ὀλισθήσεως (010) με ὀλισθήσιν $c_0/2$, τὸ ἐὰν ὑπάρχει καὶ ἄξων L^2 θὰ ἐλεγχθῇ κατ' ἄλλον τρόπον. Ἐν ἀπουσίᾳ κατασβέσεων ἀποκλείονται αἱ ομάδες $P2_1$, Pc, $P2_1/m$, $P2/c$, $P2_1/c$. Δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διακριθῇ ἐὰν ὁ κρύσταλλος αὐτὸς ἀνήκει εἰς μίαν τῶν ομάδων $P2$, Pm ἢ $P2/m$. Καὶ αἱ τρεῖς αὐταὶ ομάδες κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ Friedel δίδουν τὴν αὐτὴν συμμετρίαν Laue $P2/m$. Μία ἄλλη αἰτία ἀπροσδιορίστου τῶν

ομάδων συμμετρίας μονοσημάντως είναι ή εξής. Κατασβέσεις γενικωτέρας μορφής (hkl) συνεπάγονται και ειδικωτέρας ($0kl$, $h0l$, $hk0$, $h00$, $0k0$, $00l$) και επομένως εμποδίζουν την χρησιμοποίησίν των διά τήν διάγνωσιν επιπέδων όλισθήσεως και άξόνων έλικώσεως. Διά τόν λόγον αυτόν δέν είναι δυνατή βάσει κατασβέσεων ή διάκρισις μεταξύ τών ομάδων $I222$ και $I2_12_12_1$. Τό πλέγμα I συνεπάγεται ανακλάσεις hkl με $h+k+l=2n$, όποτε αυτόμάτως προκύπτουν και $h00$ διά $h=2n$, $0k0$ διά $k=2n$, $00l$ διά $l=2n$. 'Η διάγνωσις μεταξύ 2 και 2_1 δέν είναι δυνατή.

50. Κύρια χαρακτηριστικά των ακτίνων Röntgen. Πηγή τών ακτίνων X είναι ή αντίκαθοδος άεροκένου σωλήνος με λίαν ύψηλόν κενόν, όταν προσπέσουν επ' αυτής ήλεκτρόνια προερχόμενα έκ του πυρακτωμένου νήματος τής καθόδου με λίαν μεγάλην ταχύτητα προσδιομένη με ύψηλήν διαφοράν δυναμικοϋ (20.000-100.000 Volts) μεταξύ καθόδου - αντίκαθόδου. 'Ως δεικνύει άναλύσις αύτών διά τής μεθόδου του στρεφομένου κρυστάλλου εις τάς άκτίνας περιέχονται δύο ειδών άκτινοβολίαι.



Σχ. 275

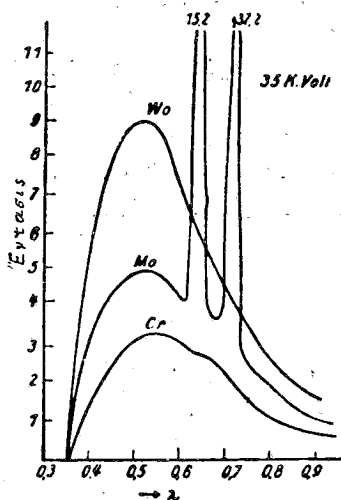
Συνεχές φάσμα άκτινοβολίας X υπό διαφόρους τάσεις

$A=20KV$ $B=25KV$ $C=30KV$ $D=35KV$ $E=40KV$ $F=50KV$

1) 'Ακτινοβολία περιέχουσα συνεχές φάσμα άσθενούς σχετικώς έντάσεως. Τό συνεχές φάσμα αρχίζει από τά μικρά μήκη κύματος με σαφές όριον, ή

έντασις του αὐξάνει πρὸς τὰ μεγαλύτερα λ , φθάνει μέγιστόν τι καὶ εἴτα ἐλαττοῦται (σχ. 275). Θέσις μεγίστου, έντασις καὶ ὄριον μικροτέρου λ ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Τὸ ὄρικόν μῆκος κύματος λ παρέχεται ἀπὸ τὴν σχέσιν τοῦ Einstein: $\lambda = hc/Ve = 12400/V$ εἰς Å, ὅπου V ἡ τάσις εἰς Volts, c ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, e στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ h σταθερὰ τοῦ Planck.

2) ἐπὶ τοῦ ἀσθενοῦς τούτου συνεχοῦς ὑποβάθρου ἐμφανίζονται μὲ πολὺ μεγαλυτέραν έντασιν ραβδώσεις εἰς θέσεις ἐξαρτωμένας ἐκ τοῦ μετάλλου ἐκ τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖται ἡ ἀντικαθόδος (σχ. 276). Τὸ ἀσυνεχὲς φάσμα τῆς



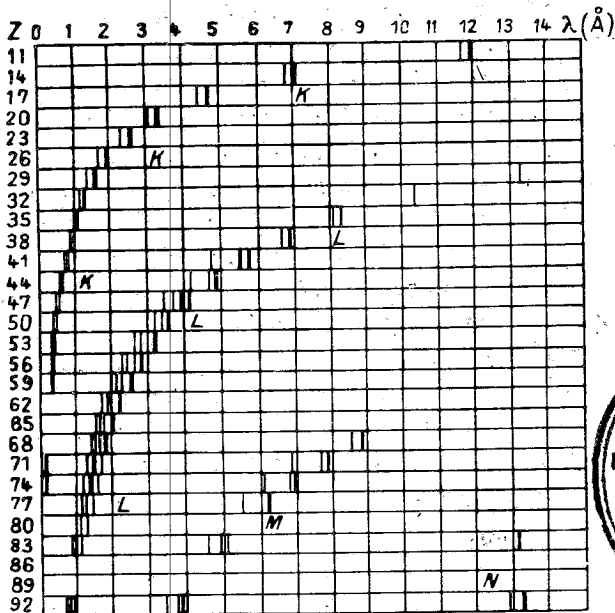
Σχ. 276

Φάσμα ἀκτίνων X διαφόρων ἀντικαθόδων ἐπὶ τὰς αὐτὰς συνθήκας διεγέρσεως

χαρακτηριστικῆς ἀκτινοβολίας τῆς ἀντικαθόδου παρουσιάζει μικρὸν ἀριθμὸν ραβδώσεων χωρισμένων εἰς ομάδας μὲ μεγάλα μεταξὺ των διαστήματα. Αἱ ομάδες αὗται ὀνομάζονται κατὰ φοράν ἀπὸ τῶν μικροτέρων πρὸς τὰ μεγαλύτερα μῆκη κύματος σειρὰ K, σειρὰ L, M, N... Εἰς τὰ ἄτομα μεγάλου ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ ἐμφανίζονται ὅλαι αἱ σειραί, εἰς τὰ ἐλαφρότερα ἄτομα μόνον ἡ σειρὰ K εἶναι γνωστή. Αἱ ραβδώσεις ἐκάστης σειρᾶς ἐμφανίζονται αὐξανομένης τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ κατὰ σειρὰν αὐξανομένης συχνότητος καὶ δι' ὀρισμένην δι' ἐκάστην σειρὰν τάσιν. Τὸ σχῆμα 277 δίδει τὰ μῆκη κύματος τῶν χαρακτηριστικῶν γραμμῶν τῶν σειρῶν K, L, M διαφόρων στοιχείων.

Ἐκ τῶν σειρῶν τούτων ἡ K εἶναι πολὺ ἐντονωτέρα τῶν ἄλλων καὶ αὐτὴ ἀποκ. εἰστικῶς χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς ἀκτινογραφικὰς ἐρεῦνας τῶν κρυστάλλων, αἱ ὁποῖαι ἀπαιτοῦν «μονόχρουν» ἀκτινοβολίαν. Αὕτη συνοδεύεται προφ-

νῶς καὶ ἀπὸ τὸ συνεχές φάσμα, τὸ ὁποῖον ὅμως εἶναι ἀσθενές. Ἡ σειρά K ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο γειτονικὰς ραβδώσεις Kα καὶ Kβ μὲ σχέσιν ἐντάσεων



Σχ. 277

Μήκος κύματος τῶν χαρακτηριστικῶν ἀκτινοβολιῶν.

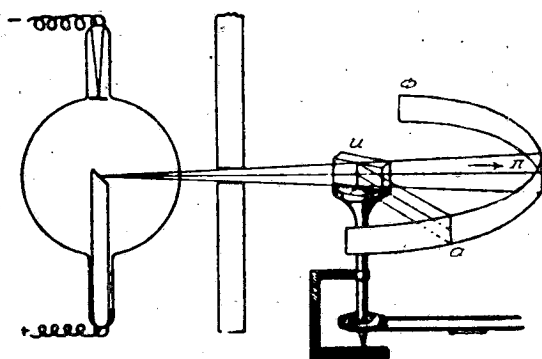
$I_{K\alpha}/I_{K\beta} = 6,5$ καὶ $\lambda_{K\alpha} \gg \lambda_{K\beta}$. Εἰς λεπτομερεστέραν ἀνάλυσιν ἡ Kα ἀναλύεται εἰς δύο ραβδώσεις πολὺ πλησίον ἀλλήλων τὴν Kα₁ καὶ Kα₂. Ἡ συχνότης τῶν χαρακτηριστικῶν γραμμῶν ἐκάστου στοιχείου συνδέεται πρὸς τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z μὲ σχέσιν λίαν ἀπλήν, $\sqrt{\nu} = A(Z-B)$ (νόμος τοῦ Moseley). Αἱ A καὶ B εἶναι σταθεραὶ ἔχουσαι ἰδίαν τιμὴν δι' ἐκάστην σειράν.

51. Φασματογραφία τῶν ἀκτίνων X. Ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις ἀκτινοβολίας προερχομένης ἐκ τινος ἀντικαθόδου στηρίζεται εἰς «ἀνάκλασιν» αὐτῆς ἐπὶ κρυσταλλικοῦ πλακιδίου κατὰ τὴν συνθήκην τοῦ Bragg (σελ. 162). Ὁ ἀπλουστερὰς μορφῆς φασματογράφος τῶν ἀκτίνων X ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸν θάλαμον ἀκτίνος R (σχ. 278), εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται κρυσταλλικὸν πλακίδιον κ δυνάμενον νὰ αἰωρηθῇ περὶ ἄξονα διερχόμενον διὰ τῆς ἀνακλώσεως ἐπιφανείας καὶ συμπύκνοντα πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κυλινδρικοῦ θαλάμου ἀπὸ ἀρχικῆς θέσεως, δι' ἣν ἡ γωνία Bragg $\theta = 0^\circ$ μέχρι καὶ τιμῆς $\theta = 15^\circ$ περίπου. Ἡ πρωτογενὴς δέσμη κπ μὲ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ θαλάμου ὀρίζεται διὰ δύο σχισμῶν παραλλήλων πρὸς αὐτόν. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου στερεοῦται φωτογραφικὸν φίλμ. Φ. Δι' ὠρισμένην τιμὴν γωνίας θ μία ἐκάστη τῶν χαρακτηριστικῶν ἀκτινοβο-



λιῶν τῶν στοιχείων τῆς ἀντικαθόδου δίδει ἀνακλωμένην δέσμην κα σχηματίζουσιν πρὸς τὴν πρωτογενῇ κπ γωνίαν 2θ . Ἐπὶ τοῦ ἐκπτυχθέντος φιλμ μετρεῖται ἡ ἀπόστασις $\pi\alpha = 2\theta R$ μεταξύ τῶν γραμμῶν π καὶ α , τὰς ὁποίας ἔδωσαν ἡ πρωτογενὴς καὶ ἡ ἀνακλασθεῖσα δέσμη καὶ ἐκ τῆς σχέσεως $\lambda = 2d\eta\mu\theta$, γνωστῆς οὔσης τῆς σταθερᾶς ἀποστάσεως d τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων τῶν παραλλήλων πρὸς τὴν ἀνακλῶσαν ἔδραν ὑπολογίζεται τὸ λ . Ἡ ὑπαρξίς τῆς συνεχοῦς ἀκτινοβολίας προκαλεῖ ἀσθενεστέραν συνεχῇ μελάνωσιν τοῦ φιλμ διακοπτομένην πρὸς τὸ μέρος τῆς πρωτογενοῦς δέσμης εἰς σημεῖον καθοριζόμενον ἀπὸ τὸ ὀρικὸν μῆκος κύματος τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἐφαρμοσθεῖσαν τάσιν λειτουργίας τῆς λυχνίας. Ἀκτῖνες X μῆκους κύματος μεγαλυτέρου τῶν 3 \AA ἀπορροφοῦνται ἰσχυρῶς κατὰ τὴν διαδρομὴν των ἐντὸς τοῦ ἀέρος, δι' ὃ καὶ ἡ φασματογραφία διὰ μεγάλα μῆκη κύματος γίνεται ἐν κενῷ.

Τὸ σχῆμα 279 δεικνύει τὴν θέσιν τῶν χαρακτηριστικῶν γραμμῶν $K\beta$ καὶ $K\alpha$ γειτονικῶν στοιχείων τοῦ περιοδικοῦ συστήματος, ὡς αὗται ἐφωτογραφήθησαν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Moseley. Αὐξανόμενου τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ τοῦ στοιχείου αἱ χαρακτηριστικαὶ γραμμαὶ τοῦ φάσματός του μετατοπίζονται πρὸς τὰ μικρότερα μῆκη κύματος.

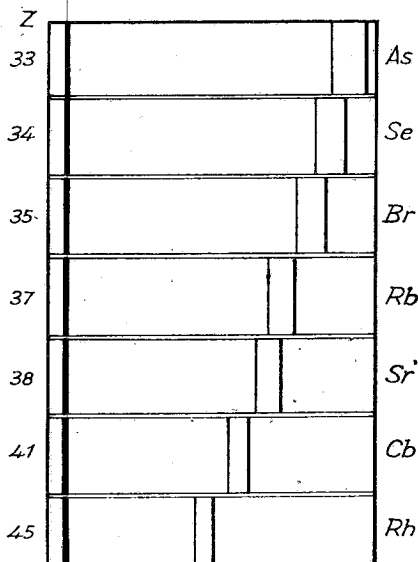


Σχ. 278

Ἀρχὴ τοῦ φασματογράφου ἀκτίνων X

Ἡ μεγάλη ἀπλότης τοῦ φάσματος ἀκτίνων X τῶν σωμάτων ἐν συγκρίσει πρὸς τὸ φωτεινὸν φάσμα αὐτῶν καθιστᾷ τὴν φασματοσκοπίαν τῆς χαρακτηριστικῆς ἀκτινοβολίας τῶν σωμάτων πολύτιμον μέσον διὰ τὴν ποιοτικὴν ἀνάλυσιν καὶ διὰ κατὰ προσέγγισιν ποσοτικὴν ἀνάλυσιν. Τὸ πρὸς ἀνάλυσιν σῶμα τίθεται, ἀφοῦ κονιοποιηθῇ, εἰς στρῶμα λεπτὸν ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου λυομένου σωλήνος, ὅστις ἐπανασυνδεδεμένος τίθεται εἰς λειτουργίαν. Τὸ ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου σῶμα διεγερόμενον ὑπὸ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐκπέμπει τὴν χαρακτηριστικὴν ἀκτινοβολίαν τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται (σχ. 278). Ἐκ τῆς μετρήσεως τοῦ φιλμ ὑπολογίζεται εὐχερῶς τὸ λ ἐκάστης ραβδώσεως

καὶ οὕτως εὐρίσκεται τὸ εἶδος τῶν ἐντὸς τοῦ σώματος περιεχομένων ἀτόμων. Συγκριτικαὶ μετρήσεις τῶν ἐντάσεων ἐπιτρέπουν καὶ τὴν εὐρεσιν κατὰ προ-



Σχ. 279

Φάσματα τῆς ἀκτινοβολίας K στοιχείων τιῶν

σέγγισιν τῆς ἀναλογίας, ὑπὸ τὴν ὁποίαν περιέχονται τὰ συνιστῶντα τὸ σῶμα στοιχεῖα.

Ὡς συνήθεις πηγαὶ ἀκτινοβολίας δι' ἀκτινογραφήματα κρυστάλλων χρησιμεύουν αἱ ἐξῆς ἀντικαθodoi:

Ἀντικαθodos	Kα ₂	Kα ₁	Kα Μέση τιμὴ	Kβ	Ἐλαχίστη τάσις πρὸς διέγερσιν εἰς Volts
Cr	2,294	2,290	2,291	2,085	5,950
Fe	1,940	1,936	1,937	1,757	7,100
Co	1,793	1,789	1,790	1,621	7,700
Cu	1,544	1,540	1,542	1,392	9,000
Mo	0,7135	0,7093	0,711	0,632	20,000
W	0,2138	0,2090	0,211	0,184	69,500

Ἀντικαθodos βολφραμίου ὑπὸ τάσιν 50-60 χιλ. volt, χρησιμοποιεῖται ὡς πηγὴ δέσμης «λευκῆς». Εἰς τὴν τάσιν αὐτὴν ἐμφανίζονται μόνον αἱ χαρακτηριστικαὶ τοῦ ραβδώσεως τῆς σειρᾶς L, αἵτινες εἶναι λίαν ἀσθενεῖς, καὶ τὸ συνεχὲς φάσμα.

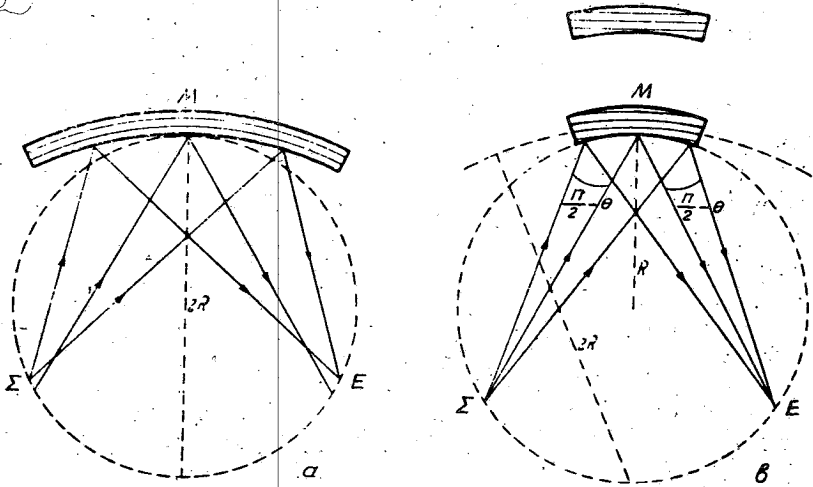
Πρὸς ἀπομάκρυνσιν τῆς ἀκτινοβολίας $K\beta$ παρεμβάλλονται εἰς τὴν δέσμη κατὰλληλοι ἥθμοι, οἱ ὅποιοι ἀπορροφῶν ὑπὸ μεγαλυτέραν ἀναλογίαν τὴν $K\beta$ παρ' ὅ,τι τὴν $K\alpha$. Οἱ ἥθμοι οὗτοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ λεπτά μεταλλικὰ ἐλάσματα ἢ ἐλλείπει τοιούτων ἀπὸ ὀξειδία μετάλλων κονιοποιηθέντα καὶ συσσωματωθέντα εἰς πλακίδια καταλλήλου πάχους, ὥστε νὰ περιέχεται ἐντὸς αὐτῶν ὠρισμένη μᾶζα μετάλλου ἀνά τετραγωνικὸν ἑκατοστὸν ἐπιφανείας τοῦ πλακιδίου. Διὰ τὰς ἀνωτέρω ἀναφερομένας ἀντικαθόδους γίνεται χρῆσις τῶν ἐξῆς ἥθμῶν:

Ἀντικαθόδος	Ἡθμός	Πάχος		Ποσοστὸν διερχομένης $K\alpha$
		mm	gr/cm ²	
Cr	Βαναδίου	0,016	0,009	0,50
Fe	Μαγγανίου	0,016	0,012	0,46
Co	Σιδήρου	0,018	0,014	0,44
Cu	Νικελίου	0,021	0,019	0,40
Mo	Ζιρκονίου	0,108	0,069	0,31

Μὲ τοὺς ἀνωτέρω ἥθμοὺς ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων $I_{K\beta} : I_{K\alpha}$ εἶναι 1:600, ἢ $K\beta$ ἀπορροφεῖται ἐξ ὁλοκλήρου.

52. Μονοχρωματισταί. Διὰ τῶν ἀνωτέρω περιγραφέντων ἥθμῶν ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀφαίρεσις μόνης τῆς χαρακτηριστικῆς ἀκτινοβολίας $K\beta$ τῆς ἀντικαθόδου, τὸ συνεχές ὅμως φάσμα παραμένει ὑφιστάμενον μικρὰν ἐξασθένησιν καὶ ἐκδηλοῦται εἰς τὰ διὰ τῆς διηθηθείσης ἀκτινοβολίας λαμβανόμενα ἀκτινογραφήματα κρυστάλλου ὡς συνεχῆς μέλαινα ταινία συνοδεύουσα ἐκάστην ἰσχυρὰν ἀνάκλασιν προερχομένην ἐκ τῆς $K\alpha$. Ὅσακις εἶναι ἀπαραίτητον νὰ ἀπαλλαγῇ ἡ ἀκτινοβολία τοῦ συνεχοῦς αὐτοῦ φάσματος γίνεται πρὸς τοῦτο χρῆσις τῶν *μονοχρωματιστῶν*. Ὁ ἀπλούστερος *μονοχρωματιστής* εἶναι κρυσταλλικὸν πλακίδιον τμηθὲν παραλλήλως πρὸς ἕδραν τοῦ κρυστάλλου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου «ἀνακλᾶται» δέσμη ἀκτίνων παράλληλος προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἕδρας ὑπὸ τὴν γωνίαν τοῦ Bragg τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν $K\alpha$ τῆς ἀντικαθόδου. Ἡ ἀνακλωμένη δέσμη δὲν εἶναι αὐστηρῶς *μονοχρωματικὴ*, ἐκτὸς τῆς $K\alpha$ περιέχει καὶ ἐκ τοῦ συνεχοῦς φάσματος τὰς ἁρμονικὰς αὐτῆς μὲ μῆκη κύματος $\lambda_{K\alpha}/2$, $\lambda_{K\alpha}/3$ κ.λ.π., αὗται ὅμως εἶναι λίαν ἀσθενεῖς ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν $K\alpha$ καὶ συνεπῶς ἀμελητέαι. Τὸ μειονέκτημα τοῦ *μονοχρωματιστοῦ* αὐτοῦ εἶναι ὅτι ἡ ἀνακλασθεῖσα δέσμη εἶναι λίαν ἐξησθενημένη, πρακτικῶς ἀχρηστος διὰ τὴν λήψιν ἀκτινογραφημάτων, διότι θὰ ἀπῆται λίαν μακρὸν χρόνον ἐκθέσεως. Ἀντ' αὐτοῦ γίνεται χρῆσις ὡς *μονοχρωματιστῶν* λεπτῶν κρυσταλλικῶν πλακιδίων ἐλαστικῶς καμφθέντων εἰς σχῆμα κυλινδρικής ἐπιφανείας μετὰ προηγουμένην κατὰλληλον τόρνευσιν. Οἱ τὸ πρῶτον χρησιμοποιηθέντες ὑπὸ τοῦ Johann *μονοχρωματισταί* τοῦ εἵδους αὐτοῦ ἀποτελοῦντο ἀπὸ σχισμογενὲς πλακίδιον μαρμαρυγίου M , τὸ ὁποῖον ἐκάμπτετο ἐπὶ κυλινδρικοῦ

ὑποστηρίγματος ἀκτίνος καμπυλότητος $2R$ (σχ. 280α). Ἐὰν θεωρήσωμεν περιφέρειαν κύκλου κ ἀκτίνος R ἐφαπτομένην τοῦ πλακιδίου M κατὰ τὸ μέσον αὐτοῦ, ἀκτίνες X προσερχόμεναι ἐκ τοῦ σημείου Σ τῆς περιφέρειας ἀνακλῶνται ἐπὶ τοῦ πλακιδίου συναντῶσαι αὐτὸ ὑπὸ τὴν γωνίαν θ τοῦ Bragg, ἥτοι τὰς καθέτους ἐπ' αὐτὸ ἀκτίνες ὑπὸ τὴν συμπληρωματικὴν αὐτῆς γωνίαν $\pi/2 - \theta$. Αἱ ἀνακλῶμεναι ἀκτίνες συγκλίνουν σχηματίζουσαι ἐστίαν, ἥτις δὲν εἶναι σημεῖον



Σχ. 280

Ἀρχὴ κατασκευῆς καὶ λειτουργίας μονοχρωματιστῶν, α=τύπου Johann,
β=τύπου Johansson

ἀλλ' ἐμφανίζει ὠρισμένον εὖρος περιοριζόμενον εἰς ἀνεκτὰ ὅρια, ἐὰν τὸ εὖρος τῆς ἀνακλώσεως ἐπιφανείας γίνῃ πολὺ μικρόν. Οὕτως ἡ χρησιμὸς ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια περιορίζεται καὶ κατ' ἀκολουθίαν καὶ ἡ ἔντασις τῶν ἀκτίνων X εἰς τὴν ἐστίαν E . Ἡ ἐστία θὰ ᾔτο στιγματικὴ ἐὰν τῆς καμπυλότητος τῶν ἀνακλῶντων δικτυωτῶν ἐπιπέδων διατηρουμένης τῆς αὐτῆς αἱ ἀνακλῶμεναι ἀκτίνες προήρχοντο οὐχὶ ἀπὸ τὴν ἐκτὸς τοῦ κύκλου κ ἐπιφάνειαν τοῦ πλακιδίου ἀλλ' ἀπὸ σημεῖα τῆς περιφέρειας τοῦ κύκλου κ . Ἡ συνθήκη αὕτη πραγματοποιεῖται ὡς ἐξῆς κατὰ τρόπον ὑποδειχθέντα ὑπὸ τοῦ Johansson (1933). Ἐκ κρυστάλλου ἔχοντος δικτυωτὰ ἐπίπεδα μὲ ὑψηλὴν ἀνακλαστικὴν ἱκανότητα ἀποτεμένεται πλακίδιον παράλληλον πρὸς αὐτά, τορνεύεται εἰς κυλινδρικήν ἐπιφάνειαν ἀκτίνος $2R$, ἥς ἡ γενέτειρα εἶναι παράλληλος πρὸς τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα καὶ τὸ οὕτω τορνευθὲν πλακίδιον κάμπτεται ἐπὶ κυλινδρικοῦ ὑποστηρίγματος ἀκτίνος καμπυλότητος R (σχ. 280β). Οὕτως ἡ τελικὴ καμπυλότης τῶν ἀνακλῶντων δικτυωτῶν ἐπιπέδων εἶναι $1/R - 1/2R = 1/2R$ ἥτοι παρέμεινεν ἡ αὐτή, ἐνῷ τὰ ἀνακλῶντα σημεῖα εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς πε-

ριφερείας τοῦ κύκλου κ. Ὅλαι αἱ ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τοῦ Σ συναντοῦν τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν θ καὶ ἀνακλῶμεναι σχηματίζουν στιγματικὴν ἐστίαν εἰς τὸ Ε μεγάλης ἐντάσεως καθ' ὃ συγκεντρώνουσιν τὰς ἀκτῖνας τὰς ἀνακλασθείσας ἐξ ὁλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας τοῦ πλακιδίου. Ἡ πηγὴ Σ καὶ ἡ ἐστία Ε ἀπέχουσιν ἴσην ἀπόστασιν l ἀπὸ τοῦ Μ, ἥτις ἰσοῦται πρὸς $2R\eta\mu\theta$. Ἐκ τῆς σχέσεως αὐτῆς $l = 2R\eta\mu\theta$ καὶ τῆς ἐξισώσεως τοῦ Bragg $2\eta\mu\theta = \lambda/d$ εὐρίσκεται ὅτι $l = R\lambda/d$. Ἡ σχέσις αὕτῃ καθορίζει διὰ μονοχρωματιστὴν μὲ ὠρισμένα χαρακτηριστικὰ (R καὶ d) τὴν ἀπόστασιν l , εἰς ἣν πρέπει νὰ εὐρίσκεται τὸ μέσον Μ αὐτοῦ δι' ὠρισμένην γωνίαν προσπτώσεως θ, ἵνα δώσῃ στιγματικὴν ἐστίαν εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ Μ. Τὰ καλῦτερα ἀποτελέσματα ἐπιτυγχάνονται δι' ἀντικαθόδου, ἐπὶ τῆς ὁποίας αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνές σχηματίζουν βραχεῖαν γραμμικὴν ἐστίαν, ἥτις λαμβάνεται καὶ ὡς ἡ γραμμικὴ πηγὴ Σ τῶν ἀκτίνων X.

Ὁ Guinier χρησιμοποιεῖ πλακίδιον ($10\bar{1}1$) χαλαζίου πάχους 0,3 mm, ὥστε νὰ εἶναι δυνατόν νὰ καμθῇ χωρὶς νὰ θραυσθῇ. Τὰ χαρακτηριστικὰ τοιούτων πλακιδίων διὰ συνήθεις τινὰς ἀντικαθόδους εἶναι τὰ ἐπόμενα:

Ἀντικαθόδος	Ἀκτῖνες καμπυλότητος εἰς mm			Γωνία Bragg θ	Ἀπόστασις l εἰς mm
	Τορνεύσεως	Ὑποστηρίγματος	Δικτυωτῶν ἐπιπέδων		
Cu $\lambda_{K\alpha} = 2,291$	500	250	500	20°	172
Fe $\lambda_{K\alpha} = 1,937$	600	300	600	$16^\circ 49'$	170
Cu $\lambda_{K\alpha} = 1,541$	600	300	600	$13^\circ 21'$	142
Mo $\lambda_{K\alpha} = 0,711$	1200	600	1200	$6^\circ 4'$	127

Οἱ μονοχρωματισταὶ οὗτοι χρησιμοποιοῦνται εἰς εἰδικὰ θαλάμους λήψεως ἀκτινογραφημάτων, περὶ τῶν ὁποίων περαιτέρω θὰ γίῃ λόγος.

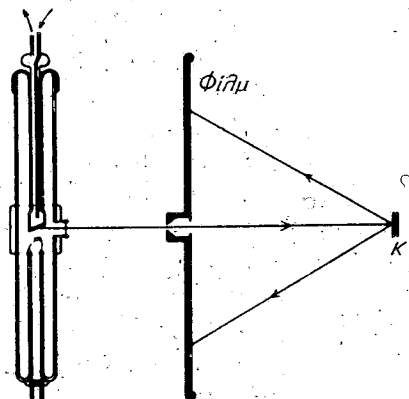
53. Μέθοδοι ἀκτινογραφικῆς ἐρεῦνης τῶν πλεγμάτων. Γενικαὶ παρατηρήσεις. Διὰ τὴν ἔρευναν τῆς δομῆς κρυστάλλου τινὸς διὰ τῶν ἀκτίνων X ἀπαιτεῖται νὰ ληφθῇ ἱκανὸς ἀριθμὸς (ἀνακλάσεων) ἀπὸ τὰ διάφορα δικτυωτὰ ἐπίπεδα αὐτοῦ καὶ νὰ μετρηθοῦν διὰ μίαν ἐκάστην ἀνάκλασιν ἡ γωνία θ καὶ ἡ ἐντάσις τῆς περιθλωμένης δέσμης. Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν ἐν λόγω μετρήσεων ἡ σχολὴ τοῦ Bragg, ἡ ὁποία τὸ πρῶτον ἐξηκρίβωσε τὴν δομὴν πολλῶν κρυσταλλικῶν ἐνώσεων ὀλίγον μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ Laue, ἐχρησιμοποιεῖ κατάλληλους τομὰς εὐμεγέθων κρυστάλλων, τὰς ὁποίας ἐτοποθέτει ἐπὶ γωνιομέτρου. Διὰ στροφῆς τομῆς περὶ ἓνα τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων ἦγοντο τὰ διάφορα δικτυωτὰ ἐπίπεδα τὰ παράλληλα πρὸς τὸν ἄξονα αὐτὸν εἰς θέσιν ἀνακλάσεως τῆς προσπιπτούσης δέσμης τῶν ἀκτίνων X ἡ δὲ περιθλωμένη δέσμη διεβιβάζετο εἰς ἰοντομετρικὸν θάλαμον καὶ ἐμετρεῖτο δι' αὐτοῦ ἡ ἐντάσις τῆς κῦτῆς. Σήμερον χρησιμοποιεῖται μικρὸς κρύσταλλος τοῦ ὑπὸ μελέτην σώματος

διαστάσεων δεκάτων του χιλιοστού προσανατολιζόμενος κατάλληλως εντός ειδικής συσκευής και τιθέμενος εις περιστροφικήν κίνησιν, ώστε τὰ δικτυωτά επίπεδα αὐτοῦ νὰ ἔλθουν εἰς θέσιν «ἀνακλάσεως». Αἱ περιθλώμεναι ἀκτῖνες συναντῶσαι φωτοπαθῇ ἐπιφάνειαν φωτογραφικῆς πλακῆς ἢ φιλμ ἀποτυπῶνται ἐπ' αὐτῶν ὑπὸ μορφὴν μαύρων κηλίδων, τῶν ὁποίων ὁ βαθμὸς μελανώσεως εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τῆς περιθλασθείσης δέσμης. Ἡ μελάνωσις μιᾶς ἐκάστης κηλίδος μετρεῖται διὰ φωτομέτρου ἢ διὰ συγκρίσεως πρὸς κλίμακα μὲ βαθμίδας γνωστῆς μελανώσεως. Ἐκ τῆς μετρήσεως τῆς γεωμετρικῆς θέσεως τῶν κηλίδων ἐπὶ τοῦ ἀκτινογραφήματος εὐρίσκεται ἡ γωνία θ τοῦ Bragg ἐκάστης ἀνακλάσεως καὶ ἐξ αὐτῆς οἱ δείκνται τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου, ἐκ τοῦ ὁποίου προέρχεται. Ἡ φωτογραφικὴ μέθοδος προσδιορισμοῦ τῶν ἐντάσεων, εὐκολωτέρα ἀλλὰ πολὺ ὀλιγώτερον ἀκριβῆς τῆς ἰοντομετρικῆς, ἀντεκατεστάθη κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς εἰδικῆς κατασκευῆς συσκευᾶς μὲ τὴν χρῆσιν ἀπαριθμητοῦ Geiger. Οὗτος μυριάκις εὐαισθητότερος τῆς φωτοπαθοῦς ἐπιφανείας ὥς φωρατῆς τῶν ἀκτίνων X παρέχει μὲ κατάλληλον σύνδεσιν αὐτογραφικῶς μὲ μεγάλην ἀκριβείαν τὴν ἔντασιν τῶν ἀνακλάσεων. Ἐκτὸς τῶν μεθόδων ἀκτινογραφικῆς ἐξετάσεως μονοκρυστάλλου ἀνεπτύχθησαν τοιαῦται καὶ διὰ τὴν ἐξέτασιν τῶν κρυσταλλικῶν σωμάτων εἰς κατάστασιν λίαν λεπτομεροῦς κόνεως. Σώματα παρέχοντα κρυστάλλους μικροσκοπικῶν διαστάσεων μόνον οὕτω δύνανται νὰ μελετηθοῦν ἀκτινογραφικῶς, πολλὰκις ὅμως εἰς τρεχούσης φύσεως ἐξέτασιν διὰ διαγνωστικούς σκοποὺς ἡ μέθοδος τῆς κρυσταλλικῆς κόνεως ἐφαρμόζεται καὶ ἐπὶ εὐμεγέθων κρυστάλλων. Ἐκ τῶν ἐν χρήσει ἀκτινογραφικῶν μεθόδων μόνον εἰς τὴν μέθοδον Laue τὸ ἀκτινογράφημα ὀφείλεται εἰς τὸ συνεχὲς φάσμα εἰς τὰς λοιπὰς προέρχεται ἀπὸ τὴν χαρακτηριστικὴν ἀκτινοβολίαν τῆς ἀντικαθόδου.

Εἰς τὰς ἐπομένας παραγράφους περιγράφεται ἐκάστη τῶν ἀκτινογραφικῶν μεθόδων, ἡ μορφή τῶν διαγραμμάτων καὶ ὁ τρόπος ἀποτιμήσεως αὐτῶν.

54. Μέθοδος Laue. Εἰς τὴν μέθοδον αὐτὴν χρησιμοποιεῖται τὸ συνεχὲς φάσμα μιᾶς οἰαοδήποτε ἀντικαθόδου, προτιμᾶται ὅμως ἀντικαθόδος βολφραμίου ὑπὸ τάσιν μέχρις 65000 volts. Ὑπὸ τὴν τάσιν αὐτὴν, μικροτέραν τοῦ οὐδοῦ διεγέρσεως τῆς χαρακτηριστικῆς ἀκτινοβολίας K τοῦ βολφραμίου, τὸ φάσμα περιέχει συνεχῇ ἀκτινοβολίαν ἐπὶ μεγάλης περιοχῆς μὲ ὀρίκον μῆκος κύματος πολὺ μικρὸν καὶ ἱκανῆς ἐντάσεως συνοδευομένην ἀπὸ λίαν ἀσθενεῖς γραμμὰς τῆς χαρακτηριστικῆς ἀκτινοβολίας L τοῦ στοιχείου τούτου. Διὰ τὴν παραγωγὴν συνεχοῦς ἀκτινοβολίας προτιμᾶται ἀντικαθόδος ἐκ στοιχείου μὲ ὑψηλὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, διότι ἡ ὀλικὴ ἔντασις αὐτῆς εἶναι $I = KiZV^2$, ἔνθα Z ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς, i ἡ ἔντασις τοῦ καθοδικοῦ ρεύματος τῆς λυχνίας εἰς χιλιοστὰ ἄμπέρ, V ἡ τάσις εἰς βόλτ καὶ K συντελεστῆς ἀναλογίας. Ἐκ τοῦ πρὸς μελέτην κρυστάλλου παρασκευάζεται πλακιδίον παράλληλον πρὸς μίαν τὴν κρυσταλλικῶν αὐτοῦ ἐδρῶν πᾶχους μέχρι 0,5 mm. Ἐπὶ τοῦ πλακιδίου

τούτου προσπίπτει καθέτως λεπτὴ παράλληλος δέσμη ἀκτίνων X ἀπομονομένη ἐκ τῆς ἀκτινοβολίας τῆς λυχνίας διὰ κατευθυντήρος, κυλινδρικοῦ σωλῆνος φρασσομένου κατὰ τὰ ἄκρα του μὲ ἐλάσματα ἐκ μολύβδου φέροντα κατὰ τὸ κέντρον των ὀπὴν, διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται ἡ ἀκτίς. Εἰς ἀπόστασιν τινα ἀπὸ τοῦ παρασκευάσματος ρυθμιζομένην κατὰ βούλησιν (συνήθως 5-6 cm) κεῖται ἐντὸς θήκης φωτογραφικὴ πλᾶξ ἢ ἐπίπεδον φιλμ εἰς θέσιν κάθετον πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ κατὰ τὴν φορὰν διαδόσεως αὐτῆς (σχ. 273). Τὰ μὲ τοιαύτην διάταξιν λαμβανόμενα διαγράμματα εἶναι τὰ συνηθέστερον χρησιμοποιούμενα. Διὰ θέσιν τοῦ φιλμ μεταξὺ τῆς πηγῆς τῶν ἀκτίνων X καὶ τοῦ παρασκευάσματος λαμβάνεται διάγραμμα ἐκ παλινδρόμου ἀνακλάσεως, ἐπ' αὐτοῦ ἀποτυπῶνται ἀνακλάσεις μὲ γωνίαν 2θ μεγαλυτέραν τῶν 90° (σχ. 281). Τὰ διαγράμματα Laue ἐμφανίζουν συμμετρικὴν διάταξιν τῶν



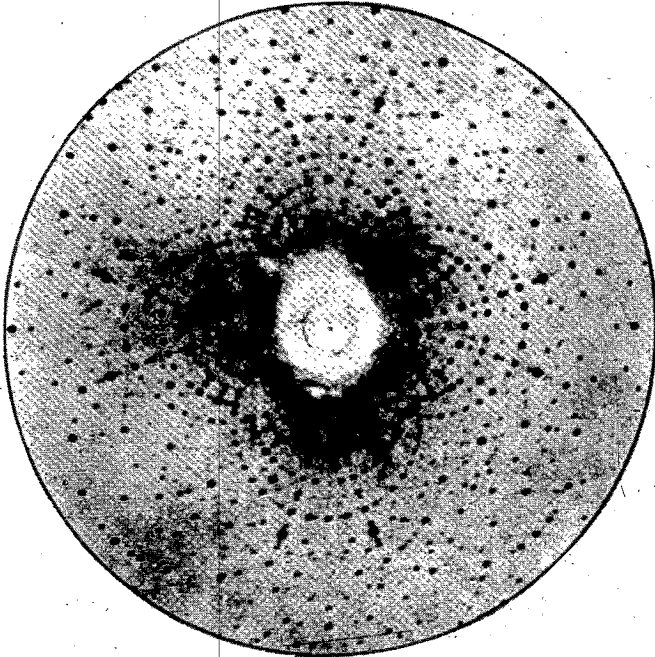
Σχ. 281

Διάταξις λήψεως διαγράμματος Laue ἐκ παλινδρόμου ἀνακλάσεως

κηλίδων ὡς πρὸς ἄξονα ἢ ἐπίπεδα κάθετα ἐπ' αὐτὸ μαρτυροῦσαν ἀντίστοιχον συμμετρίαν τοῦ πλακιδίου, δι' ὃ καὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν διάγνωσιν τοιαύτης συμμετρίας (σχ. 282). Ἐνίοτε λαμβάνονται διαγράμματα Laue καὶ μὲ κρυστάλλους μικρῶν διαστάσεων, ὥστε νὰ περιβάλλωνται ὑπὸ τῆς πρωτογενοῦς δέσμης καὶ διὰ τὴν ἀποτύπωσιν τῶν ἀνακλάσεων χρησιμοποιεῖται κυλινδρικὸν φιλμ μὲ τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου κάθετον ἐπὶ τὴν προσπίπτουσαν δέσμη.

Ἡ μέθοδος Laue ἔχει τὸ προσὸν ὅτι ἐφ' ἑνὸς διαγράμματος λαμβάνεται μέγας ἀριθμὸς ἀνακλάσεων κατὰ τρόπον λίαν ἀπλοῦν, διότι οὔτε δυσχερεῖας προσανατολισμοῦ τοῦ κρυστάλλου παρουσιάζει οὔτε εἰδικὰς μηχανικὰς ἐξαρτήσεις ἀπαιτεῖ, ὅπως ὅταν πρόκειται νὰ σπραφῇ ὁ κρυστάλλος περὶ τινὰ τῶν ἀξόνων του. Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν τὸ πλακίδιον παραμένει ἀκίνη-

τον. Μειονεκτεῖ ὁμῶς κατὰ τὸ ὅτι δὲν εἶναι γνωστὸν τὸ μῆκος κύματος τῆς δέσμης, ἐξ ἧς προῆλθεν ἐκάστη κηλὶς, ἀλλὰ καὶ διότι αἱ ἐντάσεις τῶν ἀνακλάσεων δὲν ἀποδίδονται μὲ τὰς πραγματικὰς αὐτῶν σχέσεις, καθ' ὅσον αἱ



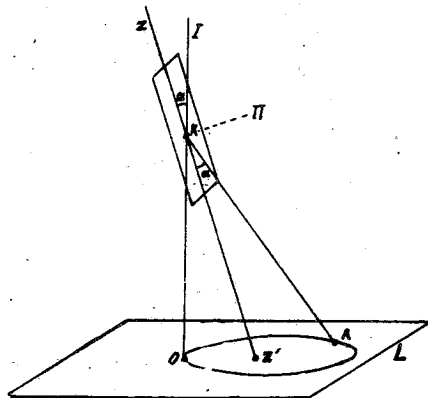
Σχ. 282

Διάγραμμα Laue ἐκ πλακιδίου (001) τετραγώνικου κρυστάλλου βεζουβιανού

προκαλέσασαι αὐτὰς πρωτογενεῖς ἀκτῖνες προέρχονται ἀπὸ διαφόρους περιοχὰς τοῦ συνεχοῦς φάσματος. Διαγράμματα Laue γίνεται χρῆσις κυρίως πρὸς διάγνωσιν τῆς συμμετρίας ἢ τοῦ προσανατολισμοῦ κρυσταλλικῶν τεμαχίων στερουμένων ἐνδεικτικῶν πρὸς τοῦτο μορφολογικῶν στοιχείων. Βοηθητικῶς μόνον ἐχρησίμευσαν ἐνίοτε διὰ τὴν κατὰ προσέγγισιν ἐκτίμησιν τῶν ἐντάσεων εἰς προσδιορισμὸν τῆς δομῆς τοῦ κρυστάλλου.

Αἱ ἀνακλάσεις αἱ ἐπὶ τοῦ διαγράμματος Laue ἐκτὸς τῆς συμμετρικῆς αὐτῶν τοποθετήσεως ὡς πρὸς τὰ στοιχεῖα συμμετρίας τοῦ πλακιδίου, μὲ τὸ ὅποιον ἐλήφθη τὸ διάγραμμα, ἐμφανίζουσι καὶ ἄλλην γεωμετρικὴν κανονικότητα διατάξεώς των ἐν τῷ συνόλῳ· κεῖνται ἐπὶ καμπύλων, αἱ ὁποῖαι διέρχονται ὅλαι διὰ τοῦ ἴχνους τῆς πρωτογενοῦς δέσμης ἐπὶ τοῦ φιλμ καὶ εἶναι τομαὶ κωνικῶν ἐπιφανειῶν μὲ κοινὴν κορυφὴν τὸ κέντρον K τοῦ περιθλῶντος κρυστάλλου. Ἐπὶ μιᾷ καὶ τῆς αὐτῆς κωνικῆς ἐπιφανείας κεῖνται αἱ ἀκτῖνες αἱ «ἀνακλώμεναι» ἀπὸ δικτυωτὰ ἐπίπεδα ἀνήκοντα εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν ζώ-

νην. Πράγματι, θεωρήσωμεν εἰς τὸ σχ. 283 IO τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα, κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον L τοῦ διαγράμματος, ZZ' τὴν ζώνην, εἰς τὴν ὁποίαν



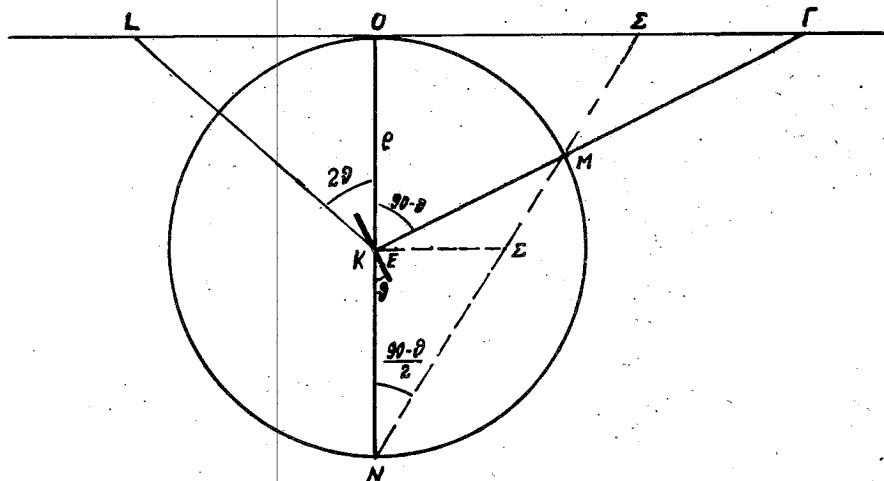
Σχ. 283

αἱ περιθλώμεναι ἀκτῖνες ὑπὸ δικτυωτῶν ἐπιπέδων ὠρισμένης ζώνης κεῖνται ἐπὶ κωνικῆς ἐπιφανείας

ἀνήκει τὸ ἀνακλῶν δικτυωτὸν ἐπίπεδον τοῦ κρυστάλλου K , KA τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα. Ἡ προσπίπτουσα IK καὶ ἡ ἀνακλωμένη KA εἶναι συμμετρικαὶ τῆς καθέτου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον E , τῆς KP , σχηματίζουν ἄρα γωνίας ἴσας πρὸς πᾶσαν εὐθεῖαν τοῦ ἐπιπέδου τούτου ἐπομένως καὶ πρὸς τὴν ZZ' . Ἐφ' ὅσον ἡ $\text{IKZ} = \alpha$ εἶναι σταθερὰ δι' ὅλα τὰ ἐπίπεδα τῆς ζώνης ταύτης, θὰ εἶναι σταθερῶς ἴση πρὸς α καὶ ἡ Z'KA δι' ὅλα τὰ ἐπίπεδα τὰ ἀνήκοντα εἰς τὴν ζώνην ZZ' . Ὅθεν αἱ ἀνακλῶμεναι ὑπ' αὐτῶν ἀκτῖνες θὰ κεῖνται ἐπὶ κωνικῆς ἐπιφανείας ἐχούσης ἄξονα τὴν ZZ' καὶ γενέτειραν τὴν KO .

55. Ἀποτίμησις διαγράμματος Laue. Αὕτη ἀποσκοπεῖ εἰς τὴν εὑρεσιν τῶν δεικτῶν τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων, ἐκ τῶν ὁποίων προέρχεται ἑκάστη τῶν ἀνακλάσεων τοῦ διαγράμματος. Τὸ διάγραμμα Laue εἶναι ἰδιάζοντος τύπου προβολὴ τοῦ κρυστάλλου, ἡ ὁποία συνδέεται πρὸς τὰ γνωστὰ εἶδη προβολῆς, τὴν γωνιμονικὴν καὶ τὴν στερεογραφικὴν μὲ σχέσεις ὠρισμένας. Βάσει τῶν σχέσεων αὐτῶν δυνάμεθα νὰ μετατρέψωμεν εὐχερῶς τὸ διάγραμμα Laue εἰς γωνιμονικὴν προβολὴν ὡς ἐξῆς. Θεωρήσωμεν εἰς τὸ σχ. 284 LG τὸ ἐπίπεδον τοῦ διαγράμματος Laue, κάθετον ἐπὶ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα NO , KL τὴν ἀνακλωμένην ὑπὸ τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου E τοῦ κρυστάλλου K , ρ τὴν ἀπόστασιν τοῦ κρυστάλλου ἀπὸ τοῦ φίλμ, KM τὴν κάθετον ἐπὶ τὸ E . Μὲ κέντρον τὸ K καὶ ἀκτῖνα τὴν ρ γράφομεν τὴν στερεογραφικὴν σφαῖραν. Τὸ σημεῖον Γ , καθ' ὃ ἡ KM τέμνει τὸ ἐπίπεδον τοῦ φίλμ, εἶναι ἡ γωνιμονικὴ

προβολή τοῦ Ε, τὸ σημεῖον Σ ἡ στερεογραφικὴ αὐτοῦ προβολή, ἣ τὸ Σ' ἐὰν διπλασιάσωμεν τὴν κλίμακα σχεδίασεως τῆς προβολῆς ταύτης. Ἐκ τοῦ σχήματος ἔχομεν $OL = \rho \varphi 2\theta$, $OG = l \varepsilon \varphi (90 - \theta) = \rho \varphi \theta$. $OS' = 2A \varepsilon \varphi (90 -$

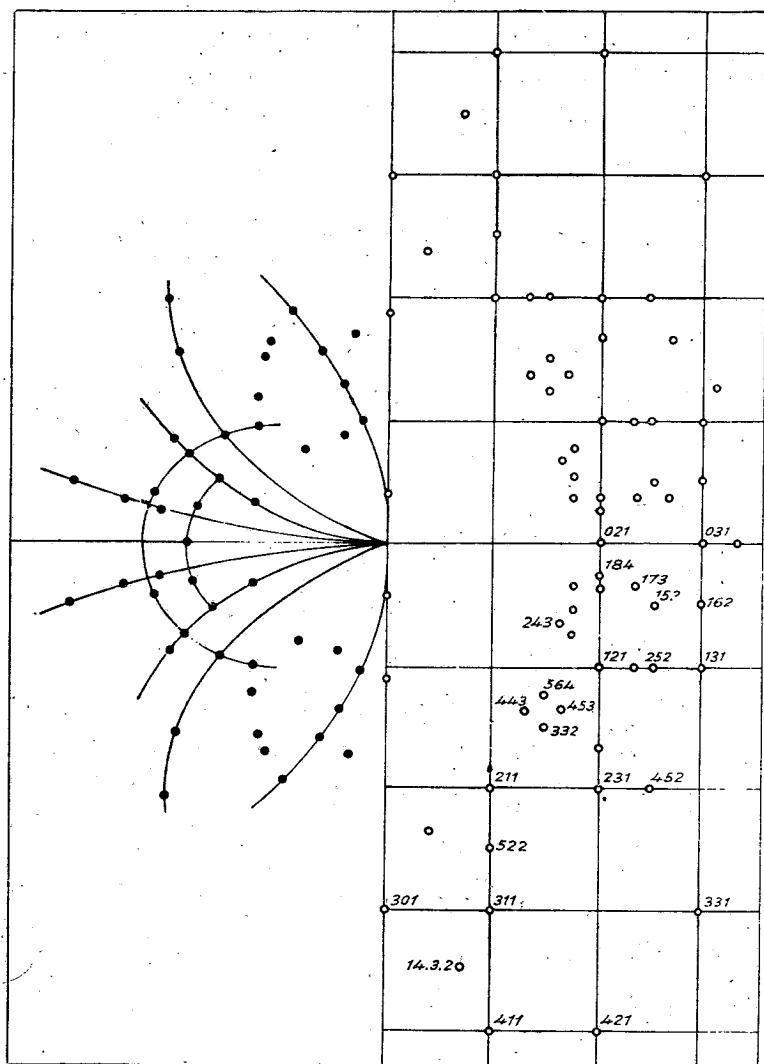


Σγ. 284

Γεωμετρικαὶ σχέσεις προβολῶν *Laue*, γνωμονικῆς καὶ στερεογραφικῆς

0/2). Διὰ τὴν μεταγραφὴν δοθείσης ἀνακλάσεως L τοῦ διαγράμματος εἰς πόλον Γ τῆς γνωμονικῆς προβολῆς ἐνώνομεν τὸ L πρὸς τὸ O δι' εὐθείας καὶ ἔτι τῆς προεκτάσεως αὐτῆς λαμβάνομεν τμήμα $OG = \rho \sigma \theta$. Τὸ Γ εἶναι ἡ γνωμονικὴ προβολὴ τοῦ ἐπιπέδου E . Ἡ ἐργασία αὕτη γίνεταί ταχέως καὶ ἄνευ ὑπολογισμῶν γραφικῶς, ἐὰν δι' ὠρισμένην ἀπόστασιν ρ σχεδιάσωμεν καμπύλην μὲ τιμὰς $\rho \sigma \theta$ εἰς τὸν ἄξονα τετμημένων καὶ ἀντιστοιχῶς $\rho \sigma \theta$ εἰς τὸν ἄξονα τεταγμένων, ὅποτε ἐκ τῶν τιμῶν OL μετρουμένων μὲ διαβήτην εὐρίσκονται αἱ τιμαὶ OG ἐκ τῶν ἀντιστοιχῶν τεταγμένων τῆς καμπύλης. Ὑπόδειγμα τοιαύτης μετατροπῆς διαγράμματος Laue εἰς γνωμονικὸν παρέχει τὸ σχ. 285. Οἱ πλείστοι τῶν πόλων ἐμφανίζονται διὰ τεταγμένοι ὡς δεσμοὶ διδιαστάτου πλέγματος, ἐκτὸς αὐτῶν ὅμως ἐμφανίζονται καὶ ἄλλοι εἰς θέσεις ἐνδιαμέσους. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τοῦ τρόπου δεικτοδοτήσεως τοῦ γνωμονικοῦ διαγράμματος χρησιμοποιοῦμεν τὸ ἀντίστροφον πλέγμα καὶ τὴν σφαῖραν διαδόσεως (σελ. 163).

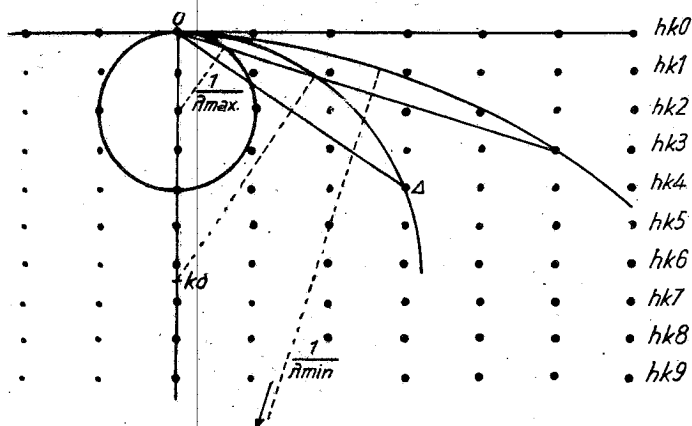
Θεωρήσωμεν δέσμην «λευκῆς» ἀκτινοβολίας ΚΟ προσπίπτουσαν καθέτως ἐπὶ πλακιδίου ρομβικοῦ κρυστάλλου τομῆς (001) (σχ. 286) καὶ τὰ διαδοχικὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ ἀντιστροφου πλέγματος. Ἐπειδὴ εἰς τὸ διάγραμμα Laue ἐκάστη ἀνάκλασις προέρχεται ἀπὸ ἀκτίνας εἰδικοῦ μήκους κύματος, δι' ἐκάστην ἀνάκλασιν θὰ ἔχωμεν καὶ ἰδίαν σφαῖραν διαδόσεως. Τὸ κέντρον αὐτῆς θὰ εὐρίσχεται ἐπὶ τῆς ΚΟ ὡς ἀκτὺς δὲ αὐτῆς λαμβάνεται ἐκ-



Σχ. 285

Μετατροπή διαγράμματος Laue εις γνωμονικήν προβολήν.

στοτε τὸ ἀντίστροφον τοῦ μήκους κύματος $1/\lambda$. Ἡ περιοχὴ τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος ἢ δυναμένη νὰ δώσῃ ἀνακλάσεις εἶναι ἡ περιλαμβανομένη μεταξύ

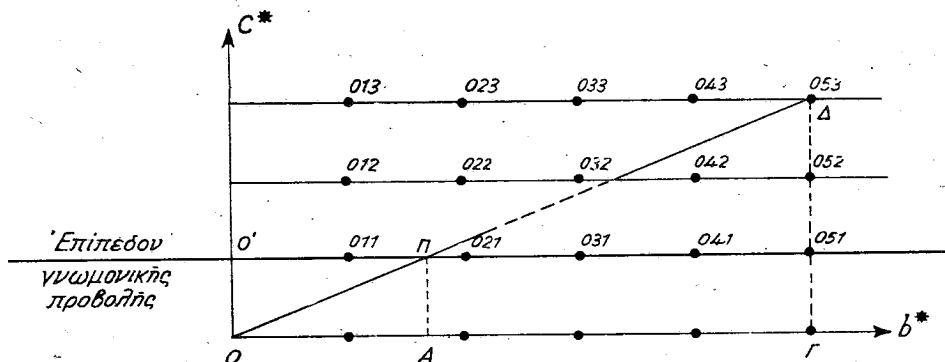


Σχ. 286

Ἐφαρμογὴ τῆς σφαίρας ἀνακλάσεως εἰς τὰ διαγράμματα Laue

τῶν σφαιρῶν μὲ δύο ἄκρας τιμὰς ἀκτίνων $1/\lambda$ μέγιστον καὶ $1/\lambda$ ἐλάχιστον. Κατὰ τὰ λεχθέντα ἐν σελ. 165 ἀναφορικῶς πρὸς τὴν εὑρεσιν τῆς διευθύνσεως τῆς ἀνακλωμένης δέσμης τὸ κέντρον τῆς σφαίρας διαδόσεως τῆς ἐφαπτομένης τοῦ δεσμοῦ Δ θὰ εὑρίσκεται εἰς τὴν τομὴν τῆς μεσοκαθέτου ἐπὶ τὴν ΟΔ μὲ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα IO, ἢ δὲ KA θὰ εἶναι ἡ «ἀνακλωμένη» ἀκτίς. Ἀνατρέξωμεν ἤδη εἰς τὴν σχέσιν, ἡ ὁποία συνδέει τὸ ἀντίστροφον πλέγμα πρὸς τὴν γωνιολογικὴν προβολήν. Ἡ κάθετος ἐπὶ τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον Ε (σχ. 284) ἡ ἄγουσα εἰς τὸν γωνιολογικὸν πόλον Γ συμπίπτει πρὸς τὸ ἄνυσμα τὸ ἀγόμενον ἐκ τῆς ἀρχῆς Ο τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος πρὸς τὸν δεσμὸν αὐτοῦ τὸν ἔχοντα δείκτας τοὺς τοῦ δικτυώτου τούτου ἐπιπέδου. Κατὰ ταῦτα ἡ γωνιολογικὴ προβολὴ εἶναι κεντρικὴ προβολὴ τῶν δεσμῶν τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος μὲ κέντρον τὸ Ο ἐπὶ ἐπιπέδου καθέτου πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα. Λάβωμεν ὡς τοιοῦτον ἐπίπεδον τὸ ἐπίπεδον τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος στάθμης hkl. Οἱ πόλοι τοῦ γωνιολογικοῦ διαγράμματος οἱ ἔχοντες διάταξιν δεσμῶν διδιαστάτου πλέγματος ἀνήκουν εἰς τοὺς δεσμοὺς hk1 τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος, οἱ ἐπὶ ἀνωτέρας στάθμης δεσμοὶ εἰς κεντρικὴν προβολήν ἐκ τοῦ Ο προβάλλονται ἐν γένει ἐντὸς τῶν βρόχων τοῦ ἐπιπέδου στάθμης hk1. Προκειμένου λ.χ. περὶ τοῦ δεσμοῦ 053 (σχ. 287) προβαλλομένου ἐπὶ τοῦ hk1 εἰς τὸ σημεῖον Π θὰ ἔχωμεν $OA:OG = AP:GB = 1/3$ καὶ $OA = O\P = OG/3 = 5/3$. Οὕτως ὁ πόλος Π τῆς γωνιολογικῆς προβολῆς θὰ ἔχῃ συντεταγμένας 0,5/3,1. Διὰ τὴν δεικτοδότησιν ἐπομένως τῶν πόλων, οἱ ὅποιοι προβάλλ-

λονται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν βρόχων τοῦ γνωμονικοῦ διαγράμματος, δίδομεν τὰς συντεταγμένας αὐτῶν ὡς πρὸς τοὺς δύο ἄξονας ἐνταῦθα τοὺς a^* καὶ b^* καὶ διὰ τὸν τρίτον δείκτην θέτομεν 1, τρέπομεν τὰ κλάσματα εἰς ὁμώνυμα καὶ παραλείποντες τὸν κοινὸν παρονομαστὴν λαμβάνομεν τοὺς ἀριθμητὰς



Σχ. 287

Ἑρμηνεία δεικτοδοτήσεως διαγράμματος Laue

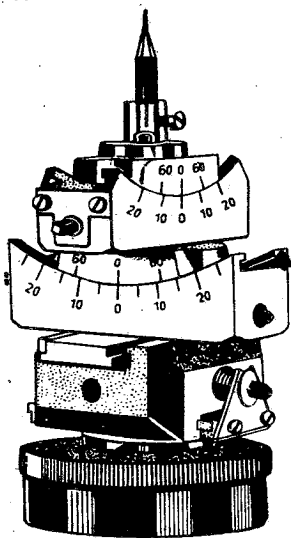
ὡς δείκτας τοῦ πόλου τούτου ἐπὶ παραδείγματι διὰ τὸν πόλον με συντεταγμένας $1\frac{1}{2}$, $1\frac{2}{3}$ οἱ δείκται εἶναι $\frac{3}{2}$ $\frac{5}{3}$ $1 \rightarrow \frac{9}{6}$ $\frac{10}{6}$ $\frac{6}{6} \rightarrow 9\ 10\ 6$.

Προφανῶς αἱ ἀνακλάσεις ἀνωτέρας τάξεως ἐκ τοῦ αὐτοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου, λ.χ. αἱ 242, 363, 484 τοῦ ἐπιπέδου 121, ἀντιπροσωπεύονται εἰς τὸ ἀντίστροφον πλέγμα ὑπὸ δεσμῶν κειμένων ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἐπιβατικῆς ἀκτίνος τῆς ἀγομένης ἐκ τοῦ O ἐπὶ τὸν δεσμὸν 121, ἥτις εἶναι ἡ κάθετος ἐπὶ τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον 121 τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων. Ἦτοι εἰς τὴν αὐτὴν κηλῖδα τοῦ διαγράμματος Laue συντρέχουν ἀκτῖνες με διαφόρους συχνότητας, τὴν θεμελιώδη καὶ τὰς ἁρμονικὰς αὐτῆς.

Ἐν τοῖς ἐπομένοις περιγράφονται ἀκτινογραφικαὶ μέθοδοι ἐρεύνης χρησιμοποιοῦσαι τὴν χαρακτηριστικὴν ἀκτινοβολίαν τῆς ἀντικαθόδου.

56 Μέθοδος τοῦ στρεφομένου κρυστάλλου. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν λαμβάνεται ἀκτινογράφημα μονοκρυστάλλου στρεφομένου περὶ ἓνα ἄξονα ζώνης αὐτοῦ, συνήθως περὶ κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα. Ἐκλέγεται πρὸς τοῦτο μικρὸς κρύσταλλος διαστάσεων κατὰ τὸν ἄξονα στροφῆς 1-1,5 mm καὶ πάχους μικροτέρου τοῦ 0,5 mm. Λαμβάνεται φροντίς ὁ ἐπιλεγείας κρύσταλλου νὰ ἔχῃ ἐγκαρσίαν διατομὴν κατὰ τὸ δυνατόν ἰσόμετρον, ὥστε ἡ ἐντὸς αὐτοῦ διαδρομὴ τῶν ἀκτίνων νὰ μὴ παρουσιάζῃ μεγάλας διαφορὰς μήκους συνεπαγομένης σημαντικὰς διαφορὰς ἀπορροφῆσεως. Ἐλλείπει κρυστάλλου τόσον μικρῶν διαστάσεων παρασκευάζομεν τοιοῦτον ἐκ μεγάλου χρησιμοποιοῦντες τὸν σπῆισμὸν τοῦ σώματος, ἐὰν ὑπάρχῃ, ἢ ἀποκόπτοντες μικρὸν τεμάχιον

καὶ διαμορφοῦντες αὐτὸ καταλλήλως διὰ ρινίσματος ἢ ἄλλως πῶς εἰς τὸ κατάλληλον μέγεθος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λαμβάνεται φροντίς νὰ διατηρηθῇ μία τουλάχιστον ἀκμὴ ἐκ τῶν παραλλήλων πρὸς τὸν ἄξονα, περὶ τὸν ὁποῖον πρόκειται νὰ στραφῇ ὁ κρυστάλλος, ἵνα χρησιμεύσῃ ὡς ὁδηγὸς διὰ τὸν προσανατολισμὸν του. Ἐνίοτε εἰς ἐπιμελημένην μελέτην κρυστάλλων ἐπὶ τῷ σκοπῷ προσδιορισμοῦ τῆς δομῆς των παρασκευάζεται ἐκ τοῦ κρυστάλλου σφαιρίδιον διαμέτρου ὀλίγων δεκάτων τοῦ mm, ὥστε ἡ ἀπορρόφησις τῶν ἀκτίνων X ὑπὸ τοῦ κρυστάλλου διὰ διαφόρους διευθύνσεις διαδρομῆς ἐντὸς αὐτοῦ νὰ δύναται νὰ ὑπολογισθῇ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐλλείπει ἐξωτερικῶν μορφολογικῶν στοιχείων ὁ προσανατολισμὸς τοῦ σφαιριδίου εἶναι δυσχερὴς καὶ γίνεται ἀκτινογραφικῶς δι' ἐπανειλημμένων δοκιμῶν.

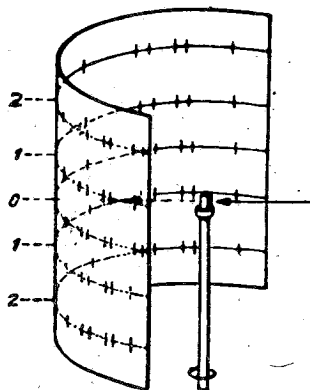


Σχ. 288

Γωνιομετρικὴ κεφαλὴ

Ὁ θάλαμος λήψεως τοῦ διαγράμματος ἔχει σχῆμα κυλίνδρου ὕψους διπλασίου περίπου τῆς διαμέτρου του. Ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ στερεώνεται τὸ φωτογραφικὸν φιλμ εἰς στενὴν πρὸς αὐτὴν ἐπαφὴν με δύο μεταλλικοὺς δακτυλίους. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου διαπερᾷ αὐτὴν ἄξων ὁμόκεντρος καὶ παράλληλος πρὸς τὸν γεωμετρικὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου δυνάμενος νὰ τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ κοχλιοῦται γωνιομετρικὴ κεφαλὴ (σχ. 288), ἐπὶ τῆς ὁποίας στερεώνεται διὰ συγκολλητικῆς οὐσίας ὁ πρὸς μελέτην κρυστάλλος. Αὕτη φέρει εἰς τὸ κάτω ἄκρον αὐτῆς ὄμο μικρὰς τραπέζας, τὴν μίαν ὑπερκειμένην τῆς ἄλλης, μεταθετὰς μιχρομετρικῶς με κοχλίας, τῶν ὁποίων οἱ ἄξονες εἶναι ἀσυμβάτως κάθετοι.

Τὸ ζευγὸς αὐτὸ ἐπιτρέπει νὰ φέρωμεν τὸν κρυστᾶλλον εἰς τὸ κέντρον τοῦ ἄξονος στροφῆς. Ὑπεράνω αὐτοῦ ἕτερον ζευγὸς με κοιλίας ἐπίσης ἀσυμβάτως διασταυρωμένους καθιστᾷ δυνατὴν τὴν μετακίνησιν ἐπὶ δύο κυκλικῶν τόξων με τὰ ἐπίπεδά των κάθετα πρὸς ἄλληλα, εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ ταυτισθῇ ὁ ἄξων τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ θαλάμου. Τὰ τόξα αὐτὰ εἶναι γωνιομετρημένα καὶ φέρουν βερνιέρον ἐπιτρέποντα μέτρησιν μετακινήσεως με προσέγγισιν 5'. Περὶ τὸ μέσον τοῦ ὕψους τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχει κατευθυντήρ, τοῦ ὁποίου ὁ ἄξων συναντᾷ καθέτως τὸν ἄξονα τοῦ θαλάμου. Αἱ ὁπαὶ τῶν διαφραγμάτων τοῦ κατευθυντήρος αἱ ὀρίζουσαι τὸ ἄνοιγμα τῆς δέσμης τῶν ἀκτίνων X ἔχουν διάμετρον 0,3-0,5 mm. Διὰ μικρομετρικῆς κοχλιώσεως τοῦ ἄξονος τοῦ θαλάμου καθίσταται δυνατὴ ἡ μετατόπισις τοῦ κρυστάλλου κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος αὐτοῦ, ὥστε νὰ συναντήσῃ τὴν ἐκ τοῦ κατευθυντήρος προερχομένην δέσμη. Εἰς ὃ σημεῖον συναντᾷ τὸ φιλμ ἢ προσπίπτουσα δέσμη, παρεμβάλλεται μεταλλικὸν ἐξάρτημα με χοανοειδὲς ἢ σφηνοειδὲς ἄνοιγμα διευρυνόμενον πρὸς τὰ ἔξω, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται παγὶς καὶ σκοπὸν ἔχει νὰ ἐμποδίσῃ νὰ προσβάλλουν τὸ φιλμ αἱ ἐκ παλινδρόμου ἀνακλάσεως ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τῆς περιθλάσεως τῆς πρωτογενοῦς δέσμης ὑπὸ τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου τοῦ φωτογραφικοῦ φιλμ καὶ τοῦ μεταλλικοῦ τοιχώματος τοῦ θαλάμου.



Σχ. 289

Διάταξις λήψεως στοιβανομόρφων διαγράμμάτων

Θεωρήσωμεν σχ. 289 τὸν κρυστᾶλλον στρεφόμενον περὶ τὸν ἄξονά του [001]. Τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα $hk0$ τὰ παράλληλα πρὸς τὸν ἄξονα αὐτὸν θὰ ἔλθουν διαδοχικῶς εἰς θέσιν ἀνακλάσεως αἱ δὲ ἀνακλῶμεναι ἀκτῖνες θὰ κεῖν-
 2 ἔαι ἐπὶ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὸν ἄξονα στροφῆς τοῦ κρυστάλλου. Ἐπὶ τοῦ
 2 ὑκπτυχθέντος μετὰ τὴν ἐμφάνισιν φωτογραφικοῦ φιλμ (σχ. 290) αἱ ἀνακλάσεις

hk0 είναι άποτυπωμένοι ως μαύραι κηλίδες κείμεναι ἐπ' εὐθείας καθέτου ἐπὶ τὴν γενέτειραν τοῦ κυλίνδρου καὶ διερχομένης διὰ τοῦ ἴχνους τῆς πρωτογενοῦς δέσμης. Ἡ γραμμὴ αὕτη καλεῖται *ισημερινή*. Ἐκατέρωθεν αὐτῆς καὶ συμμετρικῶς πρὸς αὐτὴν ἐμφανίζονται κηλίδες ἐπὶ εὐθειῶν παραλλήλων,



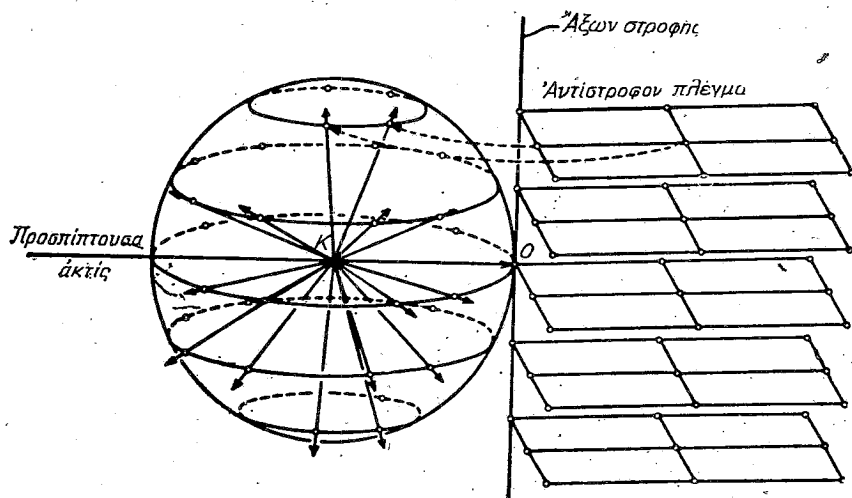
Σχ. 290

Διάγραμμα στροφῆς κρυστάλλου $ZnSO_4$ περὶ τὸν [001]



ἐπὶ τῆς πρώτης αἱ ἀνακλάσεις αἱ προσερχόμεναι ἀπὸ τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα hk1, ἐπὶ τῆς δευτέρας αἱ ἐκ τῶν ἐπιπέδων hk2 κ.ο.ε. Κατὰ τὰ ἄκρα τοῦ φιλμ αἱ ἀνακλάσεις μὲ γωνίαν θ προσεγγίζουσιν τὰς 90° ἐμφανίζονται ὡς ζευγὸς κηλίδων πολὺ πλησίον ἀλλήλων λόγῳ τοῦ διαχωρισμοῦ τῆς $K\alpha$ εἰς $K\alpha_1$ καὶ $K\alpha_2$. Ἐὰν δὲν ἔχει ἀπομακρυνθῇ ἡ $K\beta$ ἐκ τῆς πρωτογενοῦς δέσμης διὰ παρεμβολῆς ἡθμοῦ, ἐμφανίζονται καὶ αἱ ἐξ αὐτῆς προσερχόμεναι ἀνακλάσεις ἐπὶ παραλλήλων πρὸς τὴν ἰσημερινὴν καὶ ἐγγύτερον πρὸς αὐτὴν εὐθειῶν ἀσθενέστεραι καὶ ὀλίγαι εἰς ἀριθμὸν λόγῳ τῆς μικροτέρας ἐντάσεως τῆς $K\beta$ ἐναντὶ τῆς $K\alpha$ (σελ. 176). Τὸ εἶδος αὐτὸ διαγράμματος ὡς ἐκ τῆς μορφῆς αὐτοῦ ὠνομάσθη *στοιβαδόμορφον* (Schichtliniendiagramm). Ἡ μορφή αὕτη ἐρμηνεύεται εὐχερῶς ἐκ τῆς σχέσεως τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος πρὸς τὴν σφαῖραν διαδόσεως (σχ. 291). Κατὰ τὴν στροφὴν τοῦ κρυστάλλου τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος τέμνουν τὴν σφαῖραν ἀνακλάσεως κατὰ παραλλήλους κύκλους. Αἱ περιθλώμεναι ἀκτῖνες θὰ κεῖνται ἐπὶ κωνικῶν ἐπιφανειῶν ἔχουσῶν τὴν κορυφὴν των εἰς τὸ κέντρον τῆς σφαίρας διαδόσεως καὶ ὁδηγὸν τὴν περιφέρειαν τῶν κύκλων αὐτῶν. Αὗται προεκτεινόμεναι συναντοῦν τὸ κυλινδρικὸν φιλμ τὸ περιβάλλον τὸν κρυστᾶλλον παρέχουσαι τὰς στοιβαδογραμμὰς τοῦ διαγράμματος τοῦ σχ. 290.

57. Ἀποτίμησις στοιβαδομόρφου διαγράμματος. Ἐπὶ τοῦ ἐκπτυχθέντος φιλμ ἡ θέσις ἐκάστης κηλίδος ὀρίζεται μὲ δύο συντεταγμένας ὡς πρὸς ἄξονας τὴν ἰσημερινὴν γραμμὴν καὶ τὴν ἐπ' αὐτῆς κάθετον κατὰ τὸ ἔγνος τῆς πρω-



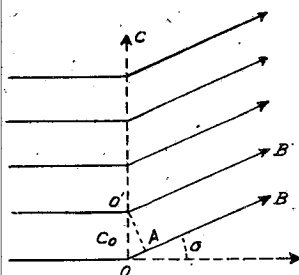
Σχ. 291

Ἐξηγητρία τῆς μορφῆς τοῦ στοιβαδομόρφου διαγράμματος

τογενοῦς δέσμης, τὴν τετμημένην x καὶ τὴν τεταγμένην z , κοινὴν δι' ὅλας τὰς ἀνακλάσεις μᾶς καὶ τῆς αὐτῆς στοιβαδογραμμῆς. Ἐκ τῆς τιμῆς z τῆς στοιβαδογραμμῆς στάθμης n ὑπολογίζεται ἡ παράμετρος τοῦ ἄξονος, περὶ τὸν ὁποῖον ἐστράφη ὁ κρύσταλλος. Ἐὰν OB εἶναι ἡ διεύθυνσις περιθλωμένης δέσμης, ἥτις παρέχει κηλίδαν εἰς τὴν πρώτην γραμμὴν, ἡ διαφορὰ πορείας μεταξὺ ἀκτίνων OB καὶ $O'B'$ προσερχομένων ἀπὸ δύο ἐφεξῆς δεσμούς O καὶ O' κειμένους ἐπὶ στοιχοῦ παραλλήλου πρὸς τὸν ἄξονα στροφῆς (σχ. 292) θὰ εἶναι ἴση πρὸς λ ἥτοι $OA = \lambda = c_0 \eta \mu \sigma$. Καὶ ἂν ἡ κηλὶς κεῖται ἐπὶ τῆς n ῆς γραμμῆς, $n\lambda = c_0 \eta \mu \sigma$. Ἡ γωνία σ εὐρίσκεται ἐκ τῆς ἀποστάσεως z τῆς n ῆς γραμμῆς ἀπὸ τῆς ἰσημερινῆς καὶ τῆς ἀκτίνος R τοῦ κυλινδρικοῦ θαλάμου κατὰ τὴν σχέσιν $\eta \mu \sigma = z/R$. Οὕτω μὲ τρία διαγράμματα στροφῆς τοῦ κρυστάλλου περὶ τοὺς τρεῖς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας εὐρίσκονται αἱ τρεῖς σταθεραὶ τῆς κυψελίδος a_0, b_0, c_0 εἰς μονάδας \AA .

Ἡ γωνία θ ἐκάστης ἀνακλάσεως τῆς ἰσημερινῆς γραμμῆς εὐρίσκεται x τῆς τετμημένης ἀπὸ τὴν σχέσιν $x = 2\theta R$ (R = ἀκτίς τοῦ θαλάμου, θ γωνία τοῦ Bragg εἰς ἀκτίνια). Συνήθως εἶναι ἡ χρῆσις θαλάμου διαμέτρου $R = 57,3 \text{ mm}$. Εἰς αὐτὸν ἡ τετμημένη x μετρούμενη εἰς mm δίδει ἀπ' ὁθείας τὴν γωνίαν θ εἰς μοίρας. Χρησιμοποιοῦνται καὶ θάλαμοι διπλασίας

διαμέτρου ($R = 57,3 \text{ mm}$). Είς αυτούς τόξον ενός χιλιοστού αντιστοιχεί εἰς γωνίαν $\theta = 0,5$ τῆς μοίρας.



Σχ. 292

Σχέσεις γεωμετρικαὶ πρὸς εὐρεσιν παραμέτρων ἄξονος στροφῆς

Διὰ κηλῖδα κειμένην ἐπὶ τινος τῶν στοιβαδογραμμῶν 1ης 2ας κ.λ.π. στάθμης ἡ γωνία θ ὑπολογίζεται ἐκ τῶν συντεταγμένων αὐτῆς a καὶ z βάσει τῶν σχέσεων (σχ. 293).

εφσ = z/R $\varphi = x/R$ $\sigma =$ γωνία τῆς περιθλωμένης ἀκτίνος ΚΑ πρὸς τὴν προβολὴν αὐτῆς ΚΒ ἐπὶ τοῦ ἰσημερινοῦ ἐπιπέδου, $\varphi =$ γωνία πρωτογενοῦς δέσμης ΚΠ πρὸς τὴν προβολὴν ΚΒ τῆς περιθλωμένης. Προβάλλοντες τὰς τρεῖς εὐθεῖας ΚΠ, ΚΒ καὶ ΚΑ ἐπὶ σφαῖρας, ἥς τὸ κέντρον εἰς τὸ Κ, ἐκ τοῦ σχηματιζομένου σφαιρικοῦ τριγώνου μὲ πλευράς τὰς φ , σ καὶ 2θ ἔχομεν τὴν σχέσιν $\sin 2\theta = \sin \varphi \sin \sigma$, ἐκ τῆς ὁποίας ὑπολογίζεται ἡ θ .

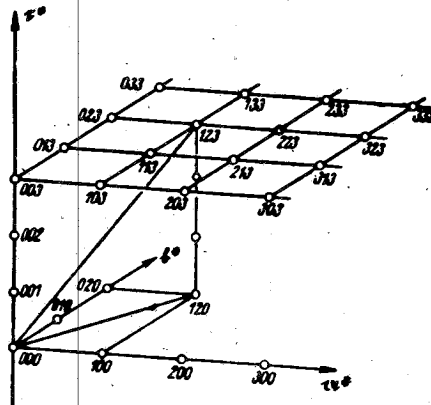
Ἐὰν δώσωμεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν τοῦ Bragg τὴν μορφήν τὴν λεγομένην τετραγωνικὴν $n/d^2 = (4\eta\mu^2\theta)/\lambda^2 = Q$ λ.χ. διὰ τὸν κρυστάλλον τοῦ ρομβικοῦ συστήματος θὰ ἔχωμεν:

$$Q = \frac{4\eta\mu^2\theta}{\lambda^2} = \frac{h^2}{a_0^2} + \frac{k^2}{b_0^2} + \frac{l^2}{c_0^2}$$

Τὸ πρῶτον μέλος τῆς ἐξισώσεως περιέχει τὰς ὑπολογισθείσας δι' ἐκάστην ἀνάκλασιν γωνίας θ , τὸ δεῦτερον τιμὰς δυναμένας νὰ ὑπολογισθοῦν διὰ τὰς διαφόρους ομάδας ἀκεραίων δεικτῶν 100, 010, 110 κ.λ.π. τῶν a_0 , b_0 , c_0 εὐρεθέντων ὡς ἀνωτέρω ἐκ τριῶν διαγραμμάτων στροφῆς περὶ τοὺς τρεῖς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας. Συγκρίνοντας τὸν πίνακα τῶν ἐκ παρατηρήσεως τιμῶν R τοῦ πρώτου μέλους τῆς παραστάσεως πρὸς τὸν πίνακα τιμῶν ἐξ ὑπολογισμοῦ τοῦ δευτέρου μέρους εὐρίσκομεν ποῖαι τιμαὶ συμπίπτουν καὶ ἐξ αὐτῶν τοὺς δείκτας.

Ἀπλούστερον προσδιορίζονται οἱ δείκται τῶν ἀνακλάσεων στοιβαδομήρου διαγράμματος γραφικῶς. Σχεδιάζεται τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον τοῦ ἀντιστρεφῶς πλέγματος τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν στοιβαδογραμμὴν, ἡ ὁποία πρὶνεται νὰ ἀποτιμηθῇ, ὑπὸ κατάλληλον μεγέθυνσιν καὶ συγκρίνονται τὰ ἀνύσματα d^*_{hkl} τοῦ σχεδίου πρὸς τὰς τιμὰς, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἐκ τῶν

ἐπιπέδου, συγκρίνονται πρὸς τὰ ἀνύσματα τοῦ σχεδίου τῇ χρήσει διαβήτη. Δίδεται εἰς τὰ σκέλη αὐτοῦ ἀνοίγμα εἰς mm ἶσον πρὸς τὴν τιμὴν $R_{0\eta\mu\theta}$ τῆς ἀνακλάσεως, στηρίζεται τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σκέλους εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ σχεδίου καὶ μετὰ τὸ ἕτερον γράφεται περιφέρεια κύκλου. Ὁ δεσμός, τὸν ὁποῖον θὰ συναντήσῃ ἡ περιφέρεια αὐτή, δίδει τοὺς δείκτας τῆς ἀνακλάσεως. Διὰ τὴν ἀποτίμησιν τῶν λοιπῶν στοιβαδογραμμῶν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν τὸ τριδιάστατον ἀντίστροφον πλέγμα (σχ. 294). Ὁ δεσμός (123) εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς κατακορύ-



Σχ. 294

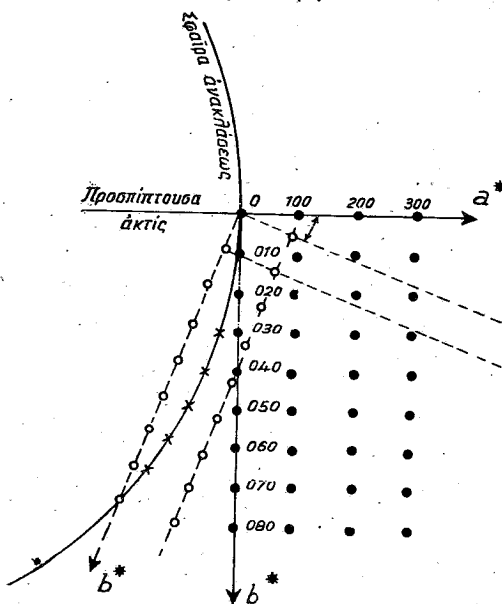
Ἑρμηνεία γραφικῆς ἀποτίμησης στοιβαδομόρφου διαγράμματος



φου, ἥτις ἄγεται ἐκ τοῦ δεσμοῦ 120. Εὐρίσκομεν γραφικῶς τὴν προβολὴν τῶν ἀνυσμάτων d_{hkl} ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου στάθμης 0 καὶ μετὰ τὴν τιμὴν αὐτῶν ἐργαζόμεθα ὡς καὶ προηγουμένως ἐπὶ τοῦ σχεδίου. Ἡ γραφικὴ αὕτη ἀποτίμησις, ὡς περιεγράφη, ἐφαρμόζεται ἐπὶ διαγραμμάτων, ὅσας καὶ ὁ κρυσταλλογραφικὸς ἄξων, περὶ τὸν ὁποῖον ἐστράφη ὁ κρύσταλλος, εἶναι κάθετος ἐπὶ τοὺς δύο ἄλλους κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας, ἥτοι διὰ τὸ κυβικόν, τετραγωνικόν καὶ ρομβικόν σύστημα, διὰ τὸ ἑξαγωνικόν καὶ τριγωνικόν προκειμένου περὶ στροφῆς περὶ τὸν $[0001]$ καὶ διὰ τὸ μονοκλινὲς προκειμένου περὶ στροφῆς περὶ τὸν $[010]$. Διὰ τὰς λοιπὰς περιπτώσεις δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ διὰ σχεδιάσεως τῆς ὀρθῆς προβολῆς τῶν δεσμῶν τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου μηδενικῆς στάθμης κατόπιν ὑπολογισμοῦ, δὲν παρουσιάζει ὅμως ἀξίαν λόγου διευκόλυνσιν ἔναντι τῆς καθαρῶς λογιστικῆς μεθόδου.

58. Διαγράμματα αιώρησης. Μετὰ τὴν αὐτὴν διάταξιν τὴν περιγραφείσαν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον λαμβάνονται ἐνίοτε διαγράμματα οὐχὶ πλήρους στροφῆς τοῦ κρυστάλλου, ἀλλὰ αιώρησης αὐτοῦ εἰς μικρὰν περιοχὴν, γωνίας περίπου 30° ἢ μικροτέρας. Ὁ κινητὴρ ὁ στρέφων τὸν ἄξονα τοῦ θαλάμου εἶναι ἐφωδιασμένος μετὰ εἰδικὸν ἐξάρτημα καθιστῶν δυνατὴν τὴν

ρύθμισιν τῆς περιοχῆς αἰωρήσεως καὶ τὴν ἀλλαγὴν τῆς φορᾶς περιστροφῆς. Τὸ ἀκτινογράφημα λαμβάνεται εἴτε ἐπὶ κυλινδρικοῦ φίλμ εἴτε ἐπὶ ἐπιπέδου εἰς θέσιν κάθετον πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα. Δίδομεν μίαν ἄκραν θέσιν ἐκκινήσεως τῆς αἰωρήσεως τοῦ κρυστάλλου με ἐφαπτομενικὴν πρόσπτωσιν τῆς δέσμης τῶν ἀκτίνων X ἐπὶ θεμελιώδη ἔδραν λ.χ. τὴν (010) με ἄξονα αἰωρήσεως τὸν [001]. Ἐφαρμόζοντες τὴν σχέσιν, ἥ ὁποία συνδέει εἰς τὸ φαινόμενον τῆς περιθλάσεως τὸ ἀντίστροφον πλέγμα με τὴν σφαῖραν διαδόσεως σχ. 295), παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν αἰώρησιν θὰ ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν με τὴν



Σχ. 295

Ἐξηγήσει δεικτοδοτήσεως διαγράμματος αἰωρήσεως

ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας κυρίως οἱ δεσμοὶ τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος τοῦ καθετοῦ ἐπὶ τὴν προσπίπτουσαν δέσμη καὶ μόνον αὐτοί, ἐὰν ἡ γωνία αἰωρήσεως ἔχει τὴν κατάλληλον τιμὴν ἀναφορικῶς πρὸς τὸ μῆκος κύματος τῆς χαρακτηριστικῆς ἀκτινοβολίας, ἥ ὁποία χρησιμοποιεῖται. Ἡ γωνία αὕτῃ προσδιορίζεται γραφικῶς διὰ σχεδιάσεως τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος καὶ τῆς σφαίρας διαδόσεως. Ἡ ἀποτίμησις εἶναι εὐχερὴς κατὰ τὰ ἐν τῇ προηγουμένῃ παραγράφῳ ἐκτεθέντα. Ἐκλεγομένης καταλλήλως τῆς ἄκρας θέσεως ἐκκινήσεως τῆς αἰωρήσεως καὶ τῆς γωνίας αἰωρήσεως δυνάμεθα νὰ λάβωμεν διαγράμματα ὅλων τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος τῶν ἀνηκόντων εἰς τὴν ζώνην τοῦ ἄξονος αἰωρήσεως.

Ἄλλην ἐνδιαφέρουσαν ἐφαρμογὴν εὐρίσκουν τὰ διαγράμματα αἰωρή-

σεως εἰς τὴν ἀναζήτησιν ἄξωνων ἢ ἐπιπέδων συμμετρίας εἰς τινα κρύσταλλον, ὅταν οὗτος δὲν παρουσιάζει τὰ ἀπαραίτητα πρὸς τοῦτο ἑξωτερικὰ μορφολογικὰ στοιχεῖα. Ἐπὶ παραδείγματι ἂν ὁ ἄξων, περὶ τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ αἰώρησις, συμπίπτει μὲ ἄξονα Λ^6 λαμβάνομεν ἐκ τυχούσης θέσεως τοῦ κρυστάλλου διάγραμμα αἰωρήσεως, στρέφομεν κατόπιν αὐτὸν κατὰ 60° περὶ τὸν ἄξονά του καὶ εἰς τὴν νέαν θέσιν λαμβάνομεν διεύτερον διάγραμμα μὲ τὴν αὐτὴν γωνίαν αἰωρήσεως. Τὰ δύο διαγράμματα θὰ εἶναι ἀπολύτως ὅμοια. Ὁμοίως ἐλέγχεται ἡ ὑπαρξίς Λ^4 ἢ Λ^3 μὲ δύο διαγράμματα ληφθέντα μὲ ἀλλαγὴν θέσεως τοῦ κρυστάλλου κατὰ 90° ἢ 120° . Ἡ ὑπαρξίς ἐπιπέδου συμμετρίας καθέτου ἐπὶ τὸν ἄξονα ἐκδηλοῦται ἐπὶ τοῦ ἀκτινογραφήματος εἰς συμμετρικὴν διάταξιν τῶν κηλίδων ἐκατέρωθεν τοῦ ἐπιπέδου τούτου.

Ἐκ τῶν στοιβαδομόρφων διαγραμμάτων δὲν εἶναι δυνατόν νὰ εὑρεθῇ ἡ γωνία κατὰ τὴν ὁποίαν ἐστράφη ὁ κρύσταλλος μεταξὺ δύο ἀνακλάσεων. Εἰς τὴν ἐπομένῃν παράγραφον περιγράφονται μέθοδοι, μὲ τὰς ὁποίας προσδιορίζεται ἐκτὸς τῆς γωνίας θ τοῦ Bragg ἐκάστης ἀνακλάσεως καὶ ἡ γωνία τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων, ἐκ τῶν ὁποίων προῆλθον δύο ἀνακλάσεις. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ γωνιομέτρησις κρυσταλλικοῦ τεμαχίου καὶ ἐν ἀπουσίᾳ περατωτικῶν ἐδρῶν. Αἱ μέθοδοι αὗται ὀνομάζονται *γωνιομετρικαί*. Τὰ δι' αὐτῶν λαμβανόμενα ἀκτινογραφήματα εἶναι προβολαὶ δικτυωτῶν ἐπιπέδων τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος εἴτε παραμορφωμένοι εἴτε πισταὶ εἰκόνες ὑπὸ μεγέθυνσιν τῆς διατάξεως τῶν δεσμῶν ἐπ' αὐτῶν. Τοῦ πρώτου τύπου ἀκτινογραφικὰ γωνιόμετρα εἶναι τὸ γωνιόμετρον Schiebold-Sauter καὶ τὸ γωνιόμετρον Weissenberg, τὸ καὶ συνηθέστερον ἐν χρήσει. Εἰς τὴν δευτέραν κατηγορίαν ἀνήκουν οἱ λεγόμενοι *πλεγματογραφοί*.

59. Γωνιόμετρον Weissenberg. Ἡ συσκευή αὕτη ἔχει ὡς πρὸς τὴν διάταξιν κρυστάλλου, κατευθυντήρος, φιλμ τὰ αὐτὰ χαρακτηριστικά, οἷα καὶ συνήθης συσκευή λήψεως στοιβαδομόρφου διαγράμματος μὲ ὀρισμένας τροποποιήσεις, ἵνα λειτουργήσῃ ὡς γωνιόμετρον (εἰκ. 296, σχ. 297). Ὁ κυλινδρικός θάλαμος K φέρεται ἐπὶ τραπέζης T κινήτης παλινδρομικῶς κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος τοῦ φέροντος τὸν κρύσταλλον, εἰς τρόπον ὥστε κατὰ τὴν μετακίνησιν ὁ ἄξων τοῦ κυλίνδρου νὰ συμπίπτῃ πάντοτε πρὸς τὸν ἄξονα στροφῆς. Ὁ τελευταῖος οὗτος φέρει κατὰ τὸ ἄκρον του γωνιομέτρημένον τύμπανον τ μετὰ βερνιέρου ἐπιτρέποντος τὴν μέτρησιν γωνιῶν μὲ προσέγγισιν $5'$. Ἡ μετακίνησις τῆς τραπέζης εἶναι συνδυασμένη μὲ τὴν στροφὴν τοῦ κρυστάλλου οὕτως, ὥστε στροφή καθ' ὀρισμένην γωνίαν νὰ συνοδεύεται ἀπὸ μετατόπισιν τῆς τραπέζης καθ' ὀρισμένον διάστημα (Σχ. 295α). Εἰς τὰ συνήθη ἐν χρήσει γωνιόμετρα Weissenberg ἡ διάμετρος τοῦ κυλινδρικοῦ θαλάμου εἶναι 57,3 mm εἰς στροφὴν δὲ δύο μοιρῶν ἀντιστοιχεῖ μετακίνησις τῆς τραπέζης κατὰ ἓν χιλιοστόν. Ἡ σύζευξις τῆς στροφῆς τοῦ κρυστάλλου μὲ τὴν μετατόπισιν τῆς τραπέζης γίνεται μὲ μεταλλικὴν ταινίαν περιειλιγμένην ἐπὶ τοῦ τυμπάνου

καὶ τῆς ὁποίας τὸ ἕτερον ἄκρον εἶναι στερεωμένον ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἥ διὰ κοχλιώσεως ἐξαρτήματος αὐτῆς ἐντὸς κοχλίου παραλλήλου πρὸς τὸν ἄξονα στροφῆς τοῦ κρυστάλλου καὶ συνηρθρωμένου, οὕτως ὥστε νὰ στρέφονται

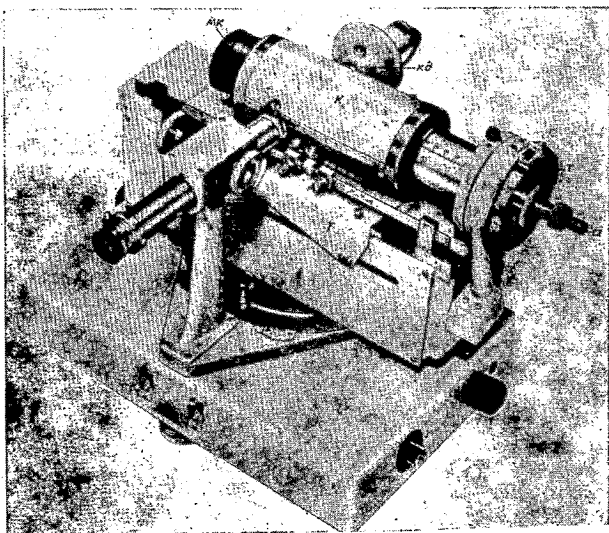
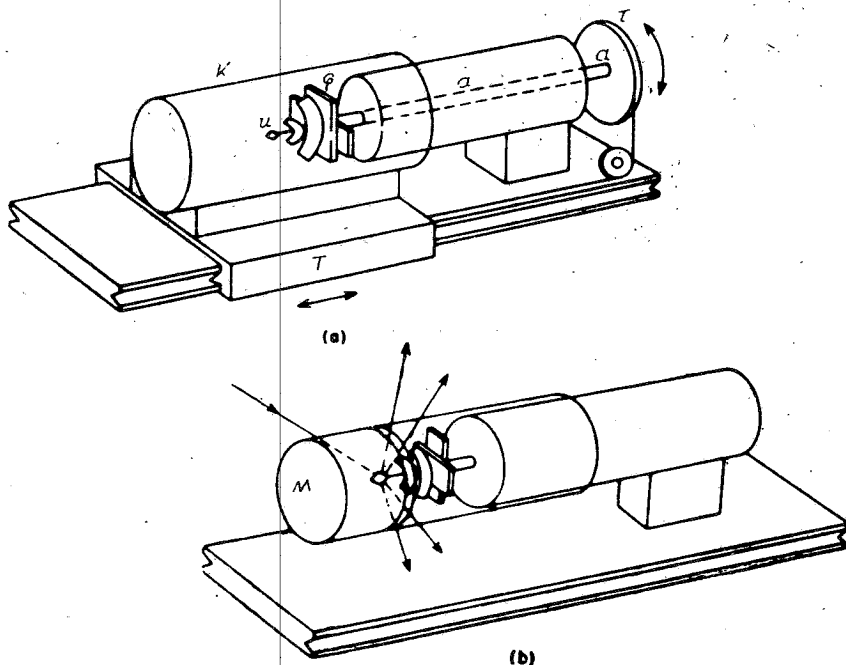


Fig. 296

Γωνιομετρικὸς θάλαμος Weissenberg.

ταυτοχρόνως ἀμφότεροι. Ἐλευθεροῦντες τὴν τράπεζαν ἀπὸ τὴν σύζευξιν αὐτὴν τὴν ἀκίνητοῦμεν καὶ τὸ γωνιόμετρον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ πρὸς λήψιν στοιβαδομόρφου διαγράμματος ἢ αἰωρήσεως. Ἵνα λειτουργήσῃ ὡς γωνιόμετρον ἐγκαθιστῶμεν τὴν σύζευξιν καὶ ἀπομονώνομεν μίαν ἐκ τῶν στοιβαδογραμμῶν, λ.χ. τὴν ἰσημερινήν, τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ μετατρέψωμεν εἰς γωνιομετρικὸν ἀκτινογράφημα, ἐμποδίζοντες τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀπολήγουν εἰς τὰς λοιπὰς στοιβαδογραμμάς, νὰ προσβάλουν τὸ φωτογραφικὸν φιλμ. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται μὲ μεταλλικὸν κύλινδρον Μ (σχ. 297b) διαμέτρου 46,3 mm φέροντα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του σχισμὴν κυκλικήν σ, διὰ τῆς ὁποίας διέρχονται αἱ ἀκτῖνες τῆς ἐπιλεγείσης στοιβαδογραμμῆς. Ὁ ἀπομονωτικὸς αὐτὸς κύλινδρος στερεώνεται ἐπὶ τῆς συσκευῆς μὲ τὸν ἄξονά του παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα στροφῆς καὶ εἰς κατάλληλὸν ὡς πρὸς τὴν ἐπιλεγείσαν στοιβαδογραμμὴν ἀπόστασιν. Χάρis εἰς τὴν σύνδεσιν αὐτὴν στροφῆς τοῦ κρυστάλλου καὶ μετατοπίσεως τῆς φερούσης τὸν κύλινδρον τραπέζης ἐκάστη ἀνάκλασις καταλαμβάνει ἰδίαν θέσιν ἐπὶ τοῦ φιλμ καὶ αἱ ἀνακλάσεις, αἱ ὁποῖαι εἰς τὸ στοιβαδόμορφον διάγραμμα ἦσαν ἀνεπτυγμένοι εἰς μίαν διάστασιν, ἐπ' εὐθείας, ἀναπτύσσονται εἰς δύο διαστάσεις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ φιλμ. Ἡ εἰκὼν 298 εἶναι διάγραμμα Weissenberg τῆς ἰσημερινῆς

γραμμής ρομβικοῦ κρυστάλλου, τοῦ ZnSO_4 ληφθέντος δι' αἰωρήσεως τοῦ κρυστάλλου κατὰ 180° περὶ τὸν ἄξονα c. Παρ' αὐτὸ παρατίθεται ἡ μήπω ἀναπτυχθεῖσα ἰσημερινή γραμμή. Ἡ κεντρικὴ μαύρη ταινία ἡ παράλληλος πρὸς τὴν γενέτειραν τοῦ κυλινδρικοῦ φιλμ προέκυψεν ἐκ τῆς προσπτώσεως

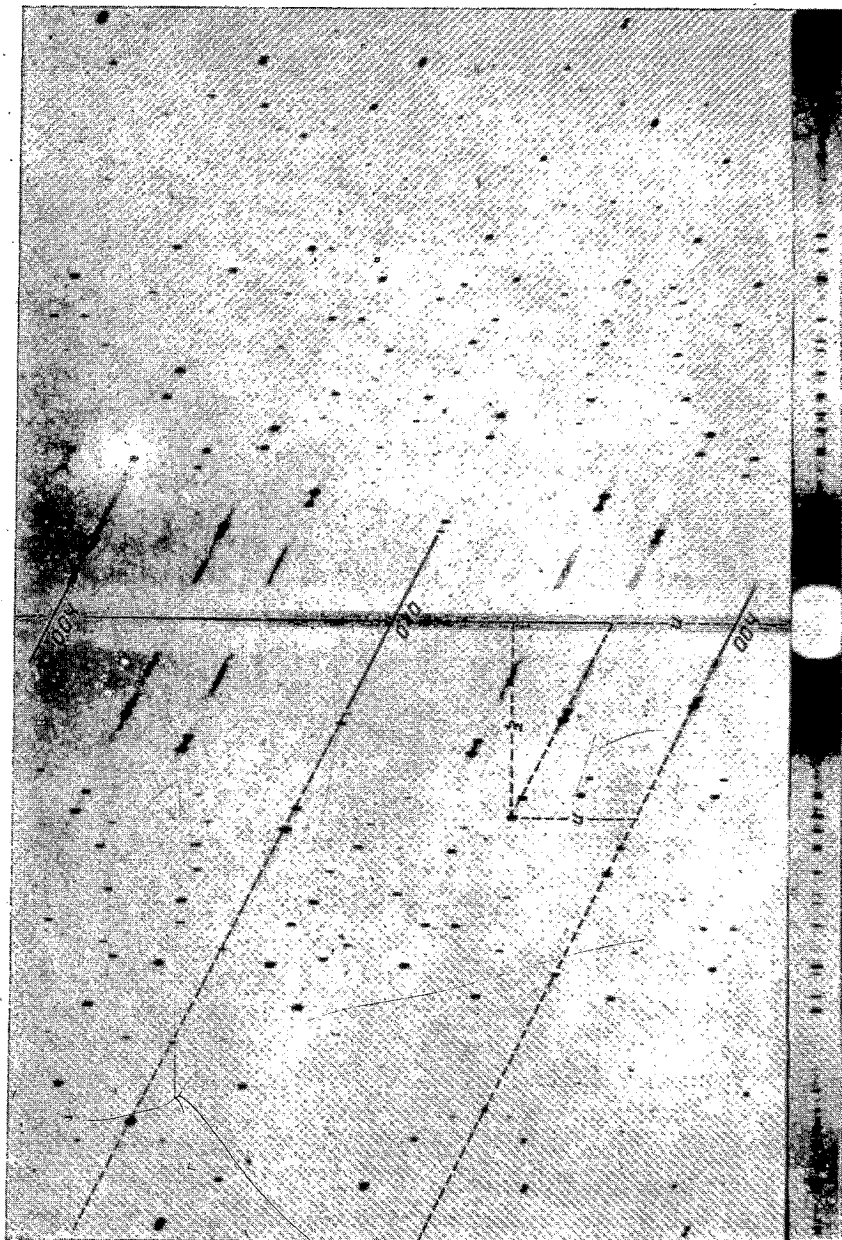


Σχ. 297

Σχηματικὴ παράστασις τοῦ γωνιομέτρου Weissberg

τῆς πρωτογενοῦς δέσεως κατὰ τὴν παλίνδρομον κίνησιν τῆς τραπέζης. Τὸ μέσον τῆς ταινίας αὐτῆς, ἥτοι ἡ «διάμεσος» τοῦ φωτογραφικοῦ φιλμ εἶναι ἡ τομὴ αὐτοῦ ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ ὀριζομένου ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καὶ τὸν ἄξονα τοῦ θαλάμου. Αἱ ἀνακλάσεις ἐμφανίζονται διατεταγμέναι ἐπὶ εὐθειῶν παραλλήλων, κεκλιμένων ὑπὸ γωνίαν $26^\circ 34'$ πρὸς τὴν διάμεσον εὐθεῖαν. Αἱ εὐθεῖαι αὗται ἐπισημαίνονται καὶ ἀπὸ εὐθύγραμμων μελάνωσιν συνοδεύουσιν τὰς κηλίδας ἀνακλάσεως καὶ ὀφειλομένην εἰς τὸ συνεχὲς φάσμα. Αἱ ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας ἀνακλάσεις ἀνήκουν εἰς τὰς ἀνωτέρας τάξεις ἀνακλάσεις ἐνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου λ.χ. 110, 220, 330 κ.ο.ε. συνοδευόμενας ἀπὸ τὰς ἀντιστοίχους Κβ. Αἱ παρὰ τὰ ἔξω τοῦ φιλμ ἀνακλάσεις ἐμφανίζονται διπλαῖ λόγω διαχωρισμοῦ τῆς Κ_α εἰς Κ_{α1} καὶ Κ_{α2}. Δοθέντος ὅτι τὸ ἀκτινογράφημα περιλαμβάνει τὰς ἀνακλάσεις

Σ. 298. Διάγραμμα Weissenberg της ισομερούς γράμης κρυστάλλου $ZnSO_4$. Στόχος περί 10011



μέ δείκτας $hk0$, τούτο αντιπροσωπεύει παραμορφωμένην προβολήν του κα-
θέτου επί τον c δικτυωτού επιπέδου μηδενικής στάθμης του αντιστρόφου
πλέγματος αί δε κεκλιμέναι εὐθεΐαι στοίχους του επιπέδου τούτου. Ἡ μορ-
φή, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει τὸ διάγραμμα, ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς. Θεωρήσωμεν
ἀρχικὴν θέσιν τῆς ἔδρας (100) τοῦ κρυστάλλου τοιαύτην, ὥστε ἡ προσπίπτου-
σα ἀκτὶς νὰ κεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς. Ἐκ τῆς θέσεως ταύτης ἐκκινου-
ντες στρέφομεν τὸν κρυστάλλον κατὰ γωνίαν θ_1 , ὥστε νὰ δώσῃ τὴν 1ης τάξεως
ἀνάκλασιν τὴν α_1 . Ἡ ἀπόστασις αὐτῆς ἀπὸ τῆς «διάμεσου» εἶναι $\xi_1 = 2\theta_1 R$
ἡ δὲ μετατόπισις τῆς τραπέζης $\eta_1 = \alpha\theta_1$ εἶναι ἀνάλογος τῆς γωνίας στροφῆς
ἐπὶ συντελεστήν τινα ἀναλογίας α . Διὰ τὴν 2ας τάξεως ἀνάκλασιν θὰ ἔχω-
μεν $\xi_2 = 2\theta_2 R$ καὶ $\eta_2 = \alpha\theta_2$ διὰ τὴν 3ης τάξεως $\xi_3 = 2\theta_3 R$ καὶ $\eta_3 = \alpha\theta_3$
κ.ο.ε. Ἐκ τῶν σχέσεων αὐτῶν συνάγεται:

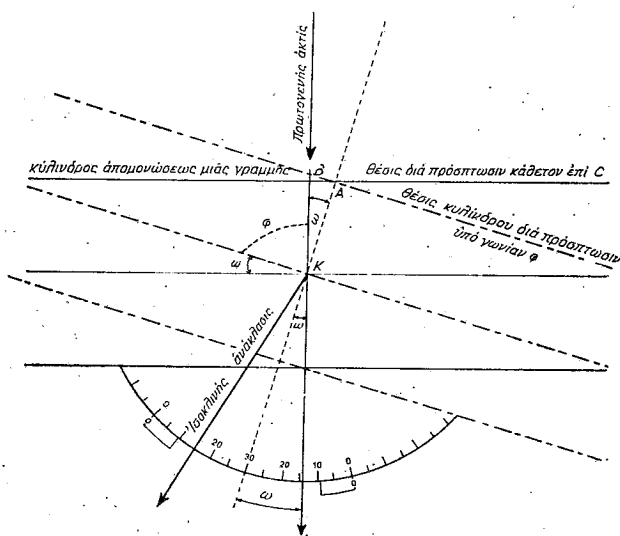
$$\xi_1/\eta_1 = \xi_2/\eta_2 = \xi_3/\eta_3 = 2R/\alpha = \epsilon\phi\omega$$

ἤτοι ἐπὶ τοῦ ἐκπτυχθέντος φιλμ αἱ διαδοχικαὶ ἀνακλάσεις ἀνωτέρας τάξεως
κεῖνται ἐπ' εὐθείας κεκλιμένης πρὸς τὴν «διάμεσον» ὑπὸ γωνίαν $\omega = 63^\circ 26'$
διὰ τὰς ἀνωτέρω δοθείσας τιμὰς σταθερῶν ἀκτίνος R τοῦ κυλινδρῶν καὶ σχέ-
σεως μετατοπίσεως καὶ στροφῆς. Αἱ ἀνακλάσεις μὲ τὴν αὐτὴν γωνίαν θ κεῖν-
ται προφανῶς ἐπὶ εὐθειῶν παραλλήλων πρὸς τὴν διάμεσον ἡ δὲ μεταξὺ αὐτῶν
ἀπόστασις η εἰς mm διπλασιαζομένη δίδει τὴν γωνίαν, καθ' ἣν ἐστράφη ὁ
κρυστάλλος μεταξὺ τῶν δύο ἀνακλάσεων.

Διὰ τὴν ἀναμόρφωσιν τοῦ ἀκτινογραφήματος εἰς τὴν κανονικὴν εἰκόνα
τοῦ δικτυωτοῦ επιπέδου, τὸ ὅποῖον παριστᾷ, ἐργαζόμεθα ὡς ἐξῆς. Χρησιμο-
ποιοῦμεν ἐπὶ τοῦ φιλμ διὰ τὴν ἐπισήμανσιν τῆς θέσεως τῶν ἀνακλάσεων ὡς
ἔξονας ἀναφορᾶς δύο εὐθείας, τὴν «διάμεσον» αὐτοῦ καὶ μίαν οἰανδήποτε
ἐκ τῶν παραλλήλων εὐθειῶν τῶν κεκλιμένων ὑπὸ γωνίαν ω πρὸς ἐκείνην.
Ἐξ ἐκάστης ἀνακλάσεως φέρομεν κάθετον ἐπὶ τὴν διάμεσον, τὴν ξ , καὶ παράλ-
ληλον πρὸς αὐτὴν μέχρι τῆς ἐτέρας εὐθείας ἀναφορᾶς, τὴν η . Ἡ ξ μετρουμένη
εἰς mm παρέχει ἐπ' εὐθείας τὴν γωνίαν θ τοῦ Bragg, ἐξ ἧς ὑπολογίζεται ἡ
τιμὴ $R\sin\theta$, ἡ τιμὴ τῆς η διπλασιαζομένη τὴν γωνίαν ϕ μεταξὺ τοῦ ἀρχικοῦ
στοίχου καὶ τοῦ στοίχου, ἐφ' οὗ ὁ δεσμὸς ὁ ἀντιστοιχῶν εἰς τὴν ἀνάκλασιν,
τοῦ διερχομένου διὰ τῆς ἀρχῆς τοῦ δικτυωτοῦ επιπέδου. Μὲ τὰς τιμὰς αὐτάς
 $R\sin\theta$ καὶ ϕ μεταφέρονται εἰς σχέδιον αἱ διάφοροι ἀνακλάσεις τοῦ διαγράμ-
ματος. Τοῦτο ὁλοκληρούμενον παριστᾷ τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον τοῦ αντιστρό-
φου πλέγματος καὶ ἡ δεικτοδότησις αὐτοῦ γίνεται εὐχερῶς. Εἰς τὸ προκεί-
μενον παράδειγμα τοῦ ρομβικοῦ κρυστάλλου τοῦ $ZnSO_4$ οἱ στοῖχοι τῶν δεσμῶν
 $h00$ καὶ $0k0$ οἱ ἀντιστοιχοῦντες εἰς τὰ ἐπίπεδα (100) καὶ (010) τοῦ πραγ-
ματικοῦ πλέγματος, τὰ ὅποια εἶναι ἐπίπεδα συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου,
ἀναγνωρίζονται ἐκ τοῦ ὅτι αἱ ἐκατέρωθεν τῶν ἀντιστοιχῶν εὐθειῶν τοῦ δια-
γράμματος παρόλληλοι ποῶς αὐτάς εὐθεΐαι φέρουν ἀνακλάσεις τὰς αὐτάς

ὡς πρὸς τὰς τιμὰς ξ , η καὶ τὴν ἔντασιν. Ἐνδεχομένη συμμετρία τοῦ ἄξονος στροφῆς, λ.χ. Λ^6 , ἐκδηλοῦται εἰς τὸ ἀκτινογράφημα μὲ τὴν ἐπανάληψιν εἰς ἀποστάσεις $\eta = 30$ mm ὁμοίων εὐθειῶν ἰσοκλινῶν πρὸς τὴν διάμεσον. Ἐκ τῶν τιμῶν θ τῶν ἀνακλάσεων ἀνωτέρας τάξεως $h00$ καὶ $0k0$ εὐρίσκονται μὲ ἱκανοποιητικὴν ἀκρίβειαν αἱ σταθεραὶ a_0 καὶ b_0 καὶ ἐκ τοῦ προηγηθέντος στοιβαδογράφου ἢ c_0 . Οὕτω μὲ μίαν ρύθμισιν προσδιορίζονται καὶ αἱ τρεῖς σταθεραὶ τοῦ πλέγματος. Τρία διαγράμματα Weissenberg τῆς ἰσημερινῆς γραμμῆς διὰ στροφῆς περὶ τοὺς τρεῖς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας δίδουν τὰς πρισματικὰς ἀνακλάσεις $0kl$, $h0l$ καὶ $hk0$ τὰς ἀπαραιτήτους διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς ομάδος συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου, καθ' ἃ ἐλέχθη εἰς σελ. 170.

Διαγράμματα Weissenberg τῶν λοιπῶν στοιβαδογραμμῶν ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῆς δέσμης πρὸς τὸν ἄξονα στροφῆς λαμβάνονται καθ' ὅμοιον τρόπον μετατοπιζομένου τοῦ ἀπομονωτικοῦ κυλίνδρου εἰς τὴν κατάλληλον θέσιν. Ἀντὶ καθέτου προσπτώσεως προτιμᾶται ἄλλη διάταξις ἢ λεγομένη ἰσοκλινῆς (σχ. 299) κατ' αὐτὴν αἱ ἀκτῖνες στέλλονται ὑπὸ κατάλληλον γω-



Σχ. 299

Διάταξις λήψεως ἰσοκλινῶν διαγράμματος Weissenberg

νίαν φ πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κρυστάλλου τοιαύτην, ὥστε ὅλαι αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες τῆς στοιβαδογραμμῆς νὰ σχηματίζουν τὴν αὐτὴν γωνίαν φ πρὸς τὸν ἄξονα. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν ὁ κατευθυντήρ τοῦ γωνιομέτρου διατηρεῖ σταθεράν τὴν θέσιν του ἢ ὅλη δὲ συσκευή τοῦ γωνιομέτρου εἶναι στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ σημείου τομῆς τῶν ἀξόνων κατευθυντήρος καὶ κυλινδρικοῦ θαλάμου καὶ καθέτου ἐπ' ἀμφοτέρους, εἰς τρόπον ὥστε

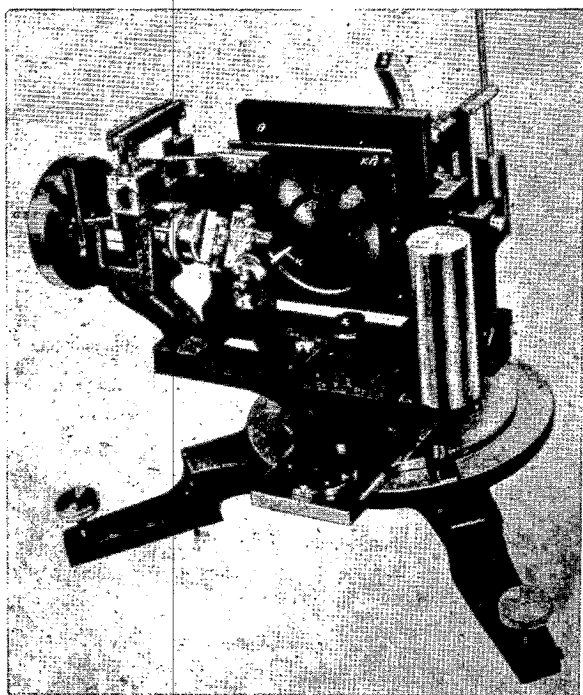
νά δίδεται εἰς τὴν γωνίαν φ ἢ κατάλληλος τιμή. Αὕτη δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν $\sigmaυνφ = n\lambda/2c_0$ $n =$ τάξις στοιβαδογραμμῆς, c_0 ἡ σταθερὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τοῦ κρυστάλλου. Ἡ γωνία φ μετρεῖται μὲ τὴν συμπληρωματικὴν τῆς $\omega = 90^\circ - \varphi$ ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου γωνιομετρημένου κύκλου τοῦ ὄργάνου. Προσέτι μετατοπίζεται ὁ ἀπομονωτικὸς κύλινδρος κατὰ ἀπόστασιν $x = \rho\epsilon\varphi\omega$ ($\rho = 23,15$ mm ἂκτις τοῦ ἀπομονωτικοῦ κυλίνδρου διὰ τὰ ἐν χρήσει γωνιόμετρα), ὥστε ἢ ἐπ' αὐτοῦ σχισμὴ νὰ ἐπιτρέπη τὴν δίοδον τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων.

Τὸ ἰσοκλινὲς διάγραμμα ἔχει τὸ προσὸν ὅτι ἐμφανίζει ὁμοίαν μορφήν, οἷαν καὶ τὸ τῆς ἰσημερινῆς γραμμῆς, καὶ ἡ ἀποτίμησίς του γίνεται κατὰ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς τρόπον διὰ μετρήσεως τῶν τιμῶν ξ καὶ η τῶν ἀνακλάσεων. Ἡ μόνη διαφορὰ εἶναι ὅτι ὡς ἐκ τῆς θέσεως τῆς στοιβαδογραμμῆς ἀναφορικῶς πρὸς τὴν σφαῖραν ἀνακλάσεως αὕτη τέμνεται ὑπὸ τοῦ ἀντιστοίχου δικτυωτοῦ ἐπιπέδου τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος κατὰ κύκλον παράλληλον πρὸς τὸν ἰσημερινόν, ἥτοι ἀκτῖνος μικροτέρας τῆς μονάδος. Αἱ ἐκ τῶν τιμῶν ξ ὑπολογιζόμεναι τιμαὶ $R_0\eta\mu\theta$ θὰ εἶναι ἐπομένως μεγαλύτεραι. Διορθοῦνται αὗται διὰ πολλαπλασιασμοῦ ἐπὶ $\eta\mu\varphi$. Τὸ μὲ τὰς διωρθωμένας αὐτὰς τιμὰς σχεδιαζόμενον δικτυωτὸν ἐπίπεδον ἔχει τὰς αὐτὰς ἀκριβῶς παραμέτρους πρὸς τὸ τῆς ἰσημερινῆς γραμμῆς.

60. Πλεγματογράφοι (Réti-graphes). Τὰ διὰ τῶν συσκευῶν αὐτῶν λαμβανόμενα ἀκτινογραφήματα εἶναι πιστὴ εἰκὼν ἑνὸς δικτυωτοῦ ἐπιπέδου τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος. Ἡ κατασκευὴ καὶ ἡ λειτουργία αὐτῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἑξῆς ἀρχῆς. Ἐστω (σλ. 300) O ἡ ἀρχὴ τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος, OP τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον αὐτοῦ, τοῦ ὁποῦ προέκειται νὰ ληφθῇ ἀκτινογράφημα, ON ἡ κάθετος ἐπὶ τὸ δικτυωτὸν τοῦτο ἐπίπεδον, ταυτιζομένη πρὸς στοῖχον (ἄξονα) τοῦ πραγματικοῦ πλέγματος, AOO' ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς. Μὲ κέντρον K καὶ ἀκτῖνα KO ἴσην τῇ μονάδι ἄγεται ἡ σφαῖρα διαδόσεως. Ὁ δεσμὸς P τοῦ ἀντιστρόφου δικτυωτοῦ ἐπιπέδου OP ὁ εὐρισκόμενος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας ἐπιστημαίνει τὴν συνθήκην ἀνακλάσεως διὰ τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς αὐτὸν δικτυωτὸν ἐπίπεδον τοῦ πραγματικοῦ πλέγματος. Εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κέντρου K $KO' = F$ εὐρίσκεται ἐπίπεδον φῖλμ, τὸ $O'P'$, παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον OP . Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς KP προεκτεινόμενη συναντᾷ τὸ φῖλμ εἰς τὸ σημεῖον P' . Ἐκ τοῦ σχήματος ἔχομεν $O'P' : OP = F/1$ καὶ $O'P' = FOP$ ἥτοι ἡ ἀπόστασις τῆς κηλίδος P' ἀπὸ τοῦ σημείου προσπτώσεως O' τῆς πρωτογενοῦς δέσμης εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀποστάσεως PO τοῦ δεσμοῦ P ἀπὸ τῆς ἀρχῆς O τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος.

Ἵνα ἔλθουν καὶ ἄλλοι δεσμοὶ τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου OP εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας ἀνακλάσεως, δίδεται εἰς τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον OP κατάλληλος κίνησις, ὥστε ὅλοι νὰ διέλθουν δι' αὐτῆς, ἐνῶ ταυτοχρόνως τὸ ἐπίπεδον φῖλμ $O'P'$ ἐκτελεῖ παρομοίαν κίνησιν διατηροῦν πάντοτε παράλληλον θέσιν πρὸς τὸ OP καὶ σταθερὰν τὴν ἀπόστασιν $KO' = F$. Οὕτω προβάλλ-

κτυωτὸν ἐπίπεδον τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος νὰ εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα. Οὕτω δύναται νὰ ληφθῇ διάγραμμα τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων $(0kl)$ $(1kl)$ $(2kl)$ $(h0l)$ $(h1l)$ $(h2l)$. Εἰς τὸ γωνιόμετρον Weissenberg μετὰ τὸν αὐτὸν προσανατολισμὸν λαμβάνομεν διαγράμματα τῶν ἀνακλάσεωδ' $(hk0)$ $(hk1)$ κ.κ.ε. Οὕτω τὸ μεταπτωτικὸν γωνιόμετρον συμπληρῶναι τὸ γωνιόμετρον Weissenberg. Μὲ ἓνα καὶ τὸν αὐτὸν προσανατολισμὸν

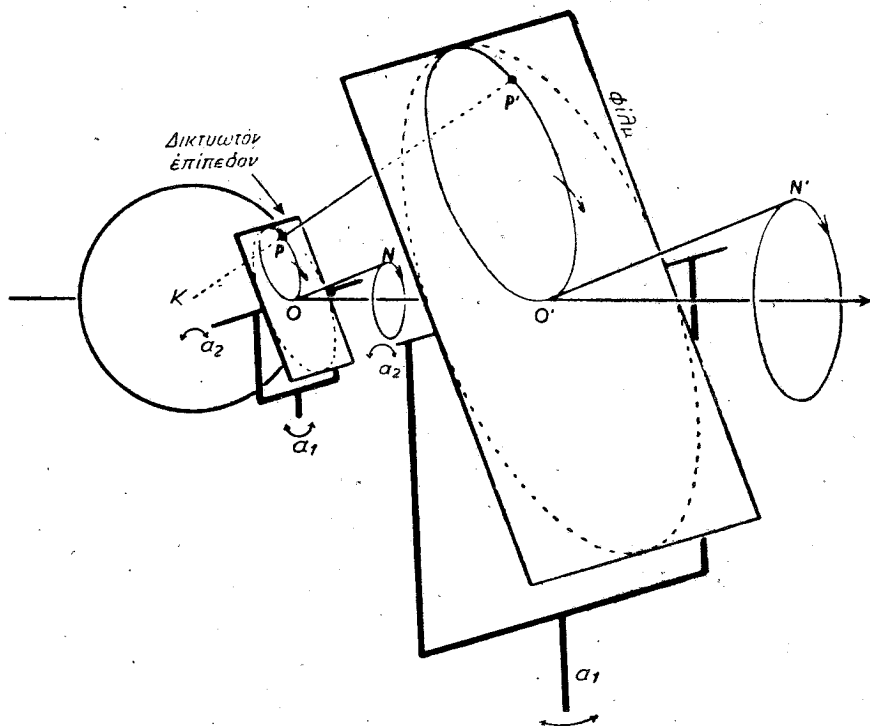


Σχ. 301

Μεταπτωτικὸν γωνιόμετρον Buerger

τοῦ κρυστάλλου μεταφέροντες τὴν γωνιομετρικὴν κεφαλὴν ἀπὸ τῆς μιᾶς συσκευῆς εἰς τὴν ἄλλην δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν πλήρως τὸ ἀντίστροφον πλέγμα του. Ἐκ τῆς ἀρχικῆς ταύτης θέσεως δίδεται εἰς τὸ πρὸς ἀκτινογράφειν δικτυωτὸν ἐπίπεδον κατάλληλος θέσις, ὥστε ἡ κάθετος ἐπ' αὐτὸ ON νὰ σχηματίζῃ μετὰ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα γωνίαν μ μετρουμένην ἐπὶ εἰδικοῦ τόξου τοῦ ὀργάνου (T). Ἡ μεταπτωτικὴ κίνησις τῆς ON περὶ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα ἐπιτυγχάνεται μετὰ ἐξάρτησιν ἐπιτρέπουσαν διπλὴν αἰώρησιν τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου περὶ δύο ἄξονας καθέτους ἐπ' ἀλλήλους τὸν α_1 κατὰκόρυφον καὶ τὸν α_2 ὀριζόντιον κατὰ ἴσας γωνίας καὶ μετὰ διαφορὰν φάσεως τῶν δύο αἰ-

ωρήσεων 90° (σχ. 302). Ἡ φέρουσα τὸ φιλμ θήκη (θ) εἶναι στερεωμένη ἐπὶ ἀναλόγου ἐξαρτήσεως συνηθρωμένης πρὸς τὴν προηγουμένην οὕτως, ὥστε δικτυωτὸν ἐπίπεδον καὶ φιλμ κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς συσκευῆς νὰ διατηρῶνται πάντοτε παράλληλα. Μὲ τὴν διάταξιν αὐτὴν τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον διατηρεῖ σταθεράν πάντοτε κλίσιν πρὸς τὴν δέσμην τῶν ἀκτίνων X καὶ ἐπομένως

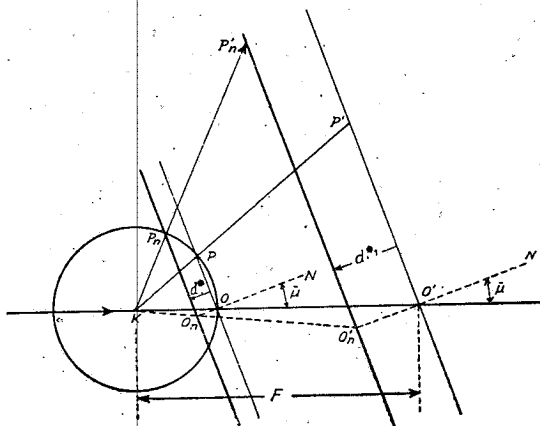


Σχ. 302

Ἑρμηνεία τῆς μεταπτωτικῆς κινήσεως εἰς τὸν θάλαμον Buerger

τέμνει τὴν σφαῖραν ἀνακλάσεως κατὰ κύκλον σταθερᾶς διαμέτρου, ὅστις κατὰ τὴν μεταπτωτικὴν κίνησιν τῆς καθέτου στρέφεται περὶ τὸ σημεῖον O . Αἱ περιθλώμεναι ἀκτῖνες θὰ προέρχωνται ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας ἀνακλάσεως, ἐνθα θεωρεῖται εὐρισκόμενος ὁ κρύσταλλος (K), καὶ θὰ σχηματίζουσιν γωνίαν 2μ μὲ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα, ἥτοι θὰ ἀκολουθοῦν τὴν γενέτειραν ὀρθοῦ κυκλικοῦ κώνου φέροντος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του καὶ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα. Τὰ λοιπὰ ἀνώτερα δικτυωτὰ ἐπίπεδα τὰ παράλληλα πρὸς τὸ τῆς στάθμης O θὰ σχηματίζουσιν ὁμοαξονικοὺς κώνους πρὸς τὸν τῆς στάθμης O ἀλλὰ μεγαλυτέρης γωνίας (σχ. 303). Ἰνα ἀπομονωθῇ εἰς μόνος ἐκ τῶν κώνων τούτων, ὥστε μόνον αἱ ἐξ αὐτοῦ προερχόμεναι ἀκτῖνες νὰ φθάσουν

ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ φίλμ τοποθετεῖται μεταξὺ κρύσταλλου καὶ φίλμ ἐπίπεδος μεταλλικὴ καλύπτρα (κλ) φέρουσα δακτυλιοειδὲς ἄνοιγμα, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχονται αἱ ἀκτῖνες ἑνὸς μόνον κώνου. Ἵνα ἀποτυπωθοῦν ἐπὶ τοῦ φίλμ δικτυώτῃ ἐπίπεδα ἀνωτέρας στάθμης, πρέπει νὰ μετατοπισθῇ τὸ φίλμ ἀπὸ τοῦ κέντρου μεταπτώσεως O' ἐπὶ τῆς καθέτου $O'N'$ κατὰ διάστημα ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀπόστασιν d^* τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου ἀνωτέρας στάθμης ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου μηδενικῆς στάθμης καὶ νὰ γίνῃ κατάλληλος μετατόπισις καὶ τῆς ἀπομονωτικῆς καλύπτρας (σχ. 303). Τὰ μεταπτωτικὰ διαγράμματα



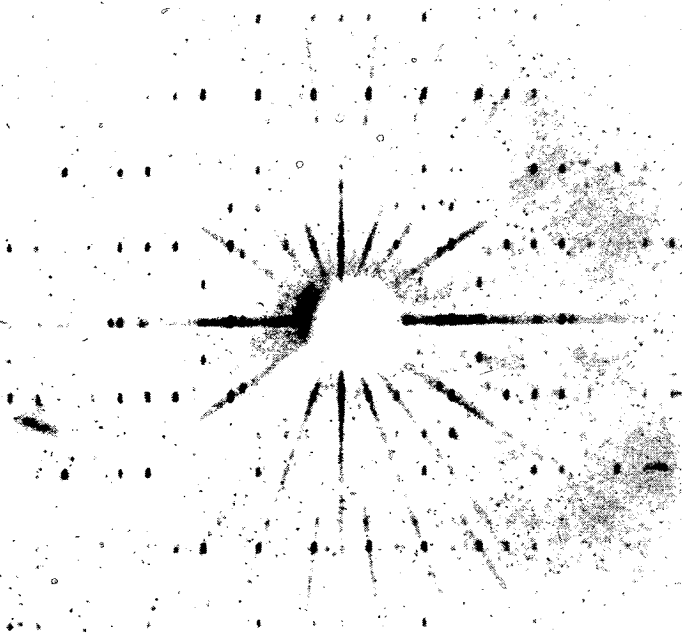
Σχ. 303

Γεωμετρικαὶ σχέσεις λήψεως μεταπτωτικοῦ διαγράμματος ἀνωτέρας στάθμης

στάθμης ἀνωτέρας τῆς μηδενικῆς ὡς ἐκ τῶν γεωμετρικῶν σχέσεων τῆς θέσεως τῶν δὲν ἔχουν ἀνακλάσεις εἰς τὸ περὶ τὸ κέντρον αὐτῶν τμήμα.

Ἡ δεικτοδότησις μεταπτωτικοῦ διαγράμματος (σχ. 304) γίνεται αὐτομάτως ἐκ τῆς θέσεως τῶν κηλίδων. Ἡ εὐκολία αὕτη ἀποτελεῖ ἐν ἑκ τῶν πλεονεκτημάτων τοῦ πλεγματογράφου ἔναντι τῆς συσκευῆς Weissenberg. Ὁ μεταπτωτικὸς θάλαμος πλεονεκτεῖ ἐπίσης ἔναντι τῶν ἄλλων μεθόδων, αἱ ὁποῖαι ἀπαιτοῦν πλήρη στροφὴν τοῦ κρυστάλλου, καθότι ὁλόκληρος ὁ ὅγκος αὐτοῦ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν πρέπει νὰ παρουσιάζῃ κανονικότητα κρυσταλλώσεως, ἐνῷ προκειμένου περὶ μεταπτωτικοῦ διαγράμματος μικρὸν μόνον τμήμα τοῦ κρυστάλλου, τὸ μετέχον εἰς τὴν περίθλασιν, ἀρκεῖ νὰ εἶναι κανονικόν. Οὕτω κρύσταλλοι πλαστικοί, ἢ δίδυμοι ἢ μὲ μεγάλας τιμὰς σταθερῶν, οἱ ὁποῖοι δίδουν ἀνακλάσεις μόνον εἰς περιορισμένην κεντρικὴν περιλήξιν τοῦ ἀντιστρώφου πλέγματος, παρέχουν μεταπτωτικὰ ἀκτινογραφήματα καθαρώτερα τῶν λαμβανομένων μὲ τὰς ἄλλας μεθόδους. Μειονέκτημα ἔναντι τῶν ἀκτινογραφημάτων Weissenberg εἶναι τὸ ἐν εἰς τὰ μετα-

πτώτικὰ στάθμης ἀνωτέρας τῆς μηδενικῆς δὲν ἀποτυποῦνται αἱ περὶ τὸ κέντρον ἀνακλάσεις.

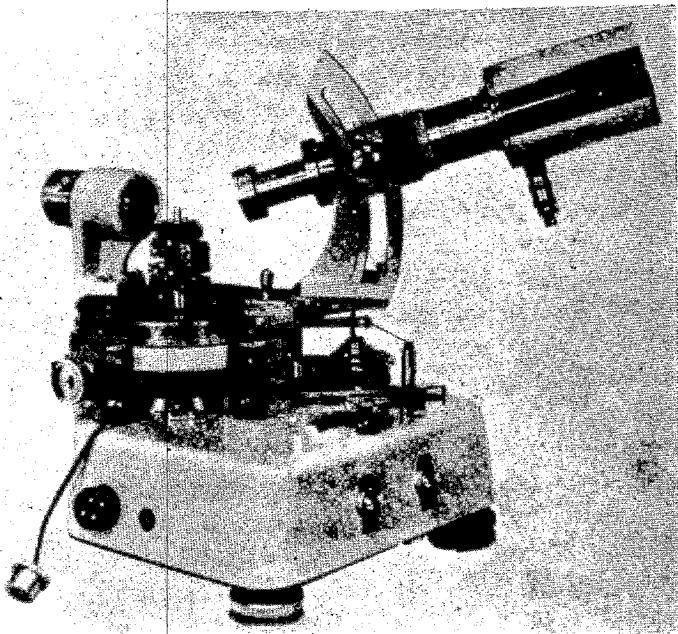


Σχ. 304

Ἡ εὕρεσις τῶν σταθερῶν τοῦ πλέγματος ἐκ τοῦ μεταπτώτικου διαγράμματος εἶναι λίαν ἀπλῆ. Αἱ ἀποστάσεις x' τῶν κηλίδων τοῦ ἀπὸ τοῦ ἴχνους τῆς προσπίπτουσας ἀκτίνος εἶναι ἴσαι μὲ τὰς ἀποστάσεις x τῶν δεσμῶν τοῦ ἀντιστρόφου πλέγματος ἀπὸ τῆς ἀρχῆς αὐτοῦ· πολλαπλασιασθεῖσας ἐπὶ τὸν συντελεστὴν F , τὴν ἀπόστασιν κρυστάλλου φίλμ, ἔθεν $x' = Fx = F \cdot d^*$, $d^* = x'/F$. Αἱ ἀποστάσεις d^* μετροῦμεναι εἰς τὸ ἀντίστροφον πλέγμα μετατρέπονται εἰς μετατοπίσεις t τοῦ πραγματικοῦ πλέγματος μὲ τὴν σχέσιν $t = \lambda/d^*$. Ἐὰν μετρηθῇ ἡ ἀπόστασις τοῦ ποῦ στοίχου ἀπὸ τοῦ διερχομένου ἀπὸ τῆς ἀρχῆς $x = nd^*$ καὶ $t = n\lambda/nd^*$.

61. Γωνιόμετρον μὲ ἀριθμητὴν Geiger. Ὡς ἤδη ἐλέχθη (σελ. 179) ἐν ἐκ τῶν σπουδαιότερων δεδομένων τῆς ἀκτινογραφικῆς ἐρεῦνης εἶναι ἡ ἔντασις τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων δι' ἐκάστην ἀνάκλασιν. Εἰς τὰς προηγουμένως ἐκτεθείσας μεθόδους ἡ μέτρησις τῆς ἐντάσεως γίνεται φωτογραφικῶς διὰ φωτομετρικοῦ προσδιορισμοῦ εἰς μελανώσεως ἐκάστης κηλίδος. Ὡς μελάνωσις S ὀρίζεται ὁ λογάριθμος τῆς ἀδιαφανείας τῆς κηλίδος, $S = \log I_0/I$, ἔνθα I_0 ἡ ἔντασις τῆς φωτεινῆς δέσμης τῆς προσπίπτουσας ἐπὶ τοῦ φωτομετρούμενου μέλανος τμήματος τοῦ φίλμ, I ἡ ἔντασις τῆς δι' αὐτοῦ διερχομένης. Ἡ φω-

τογραφικὴ μέθοδος εἶναι ἡ συνηθέστερον χρησιμοποιουμένη, διὰ τὴν εὐκολίαν μετὰ τὴν ὁποίαν λαμβάνονται ἐξ ἑνὸς ἀκτινογραφήματος αἱ σχετικαὶ τιμαὶ ἐντάσεων σημερινικοῦ ἀριθμοῦ ἀνακλάσεων ἐκ τῶν μελανώσεων τῶν κηλίδων αὐτῶν. Αἱ τιμαὶ ὅμως αὗται ὑστεροῦν εἰς ἀκρίβειαν ἔναντι τῶν λαμβανομένων δι' ἄλλων μᾶλλον εὐαίσθητων μεθόδων. "Ἡδὴ εἰς τὰς πρώτας ἐρεῦνας τῆς σχολῆς τοῦ Bragg προσδιορισμοῦ κρυσταλλικῶν δομῶν ἡ μέτρησις τῶν ἐντάσεων τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων ἐγένετο δι' ἰοντομετρικοῦ θαλάμου. Σήμερον τὰ τελειότερα ὄργανα ὡς πρὸς τὴν μέτρησιν τῶν ἐντάσεων εἶναι γωνιόμετρα ἐφωδιασμένα μετὰ ἀπαριθμητὴν Geiger (σχ. 305). Ἡ πειραματικὴ



Σχ. 305

Γωνιόμετρον με ἀπαριθμητὴν Geiger

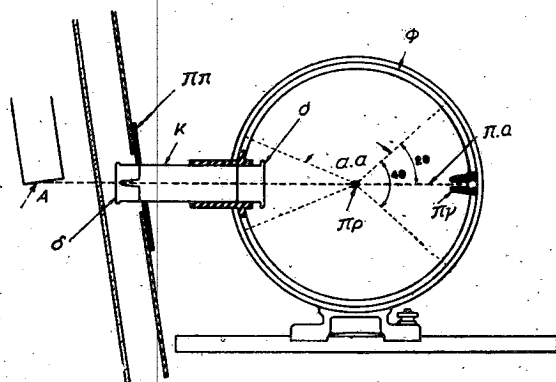
διάταξις εἶναι ἀνάλογος μετὰ τὴν χρησιμοποιουμένην διὰ τὴν λήψιν στοιβαδομῶρων διαγράμμάτων. Ὁ κρύσταλλος ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ἐκείνην εἶναι λίαν μικρῶν διαστάσεων, τοποθετεῖται μετὰ ἑνα τῶν κρυσταλλογραφικῶν τοῦ ἄξονων κάθετον ἐπὶ τὴν πρωτογενῆ δέσμην καὶ διὰ κατάλληλου στροφῆς περὶ τὸν ἄξονα τοῦτον ἄγονται τὰ διάφορα δικτυωτὰ ἐπίπεδα αὐτοῦ εἰς θέσιν ἀνακλάσεως. Εἰς ἐκάστην ἀνάκλασιν ἄγεται ὁ ἄξων τοῦ κυλινδρικοῦ μορφῆς ἀπαριθμητοῦ Geiger εἰς σύμπτωσιν μετὰ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα καὶ μετρεῖται ἡ έντασις αὐτῆς. Ἡ ρύθμισις κρυστάλλου καὶ ἀπαριθμητοῦ δι' ἐκάστην

ἀνακλάσιν ἀπαιτεῖ νὰ εἶναι γνωσταὶ αἱ γωνιακαὶ συντεταγμέναι σ καὶ φ τῆς ἀνακλωμένης δέσμης ὡς πρὸς τὴν πρωτογενῇ, ὡς ὠρίσθησαν εἰς σελ. 190 σχ. 293. Αὗται προσδιορίζονται προηγουμένως διὰ πολλὰς ἀνακλάσεις ἐκ μετρήσεων ἐπὶ ἀκτινογραφήματος στοιβαδομόρφου ἢ Weissenberg. Τὸ ὄργανον (σχ. 305) ἀποτελεῖται οὐσιωδῶς ἐξ ἐνὸς ὀριζοντίου γωνιομετρημένου κυκλικοῦ δίσκου μὲ κατακόρυφον ἄξονα κατὰ τὸ κέντρον του, ἐπὶ τοῦ ὁποίου κοχλιοῦται ἡ φέρουσα τὸν κρυστάλλον γωνιομετρικὴ κεφαλὴ. Ὁ κρυστάλλος ρυθμίζεται, ὥστε ὁ κρυσταλλογραφικὸς αὐτοῦ ἄξων νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὸν κατακόρυφον ἄξονα τοῦ ὀργάνου, ὅτε στρεφόμενον τοῦ δίσκου ὁ ἄξων τοῦ κρυστάλλου παραμένει ἀμετακίνητος. Ἐτερον γωνιομετρημένον τεταρτοκύκλιον (τκ), μὲ τὸ ἐπίπεδόν του κατακόρυφον καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ κατακορύφου ἄξωνος δύναται νὰ μετακινήθῃ διὰ στροφῆς περὶ τὸν ἄξονα τοῦτον. Ἐπὶ τοῦ τεταρτοκυκλίου τούτου κεῖται ὁ ἀπαριθμητὴς καὶ εἶναι μεταθετὸς εἰς τρόπον ὥστε πάντοτε ὁ ἄξων αὐτοῦ νὰ ἀκολουθῇ διεύθυνσιν ἀκτίνος ἀποληγούσης εἰς τὸ κέντρον τοῦ τεταρτοκυκλίου, ἐνθα ὁ πρὸς μέτρησιν κρυστάλλος. Ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου κύκλου μετροῦνται αἱ τιμαὶ τῶν γωνιῶν φ , ἐπὶ τοῦ κατακορύφου αἱ τιμαὶ τῶν γωνιῶν σ . Ἡ μέτρησις τῆς ἐντάσεως μιᾶς ἐκάστης τῶν ἀνακλάσεων ἀπαιτεῖ λεπτοφυῆ ρύθμισιν καὶ μακρὸν χρόνον, ἐξασφαλίζει ὅμως, ἐὰν ἐκτελεσθῇ ἐπιμελῶς, ἀκρίβειαν τῶν τιμῶν τῶν ἐντάσεων μὲ προσέγγισιν 1 %.

62. Μέθοδοι ἀκτινογραφίσεως κρυσταλλικῆς κόνεως. Εἰς τὰς μεθόδους αὐτάς τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν παρασκευάσμα ἀποτελεῖται ἀπὸ λίαν λεπτομερῆ κρυσταλλικὴν κόνιν, τῆς ὁποίας οἱ κόκκοι εἶναι τάξεως μεγέθους 10^{-4} cm. Διαφορὰς παρουσιάζουν αἱ μέθοδοι αὗται μεταξὺ των ὡς πρὸς τὴν μορφήν ἢ ὁποία δίδεται εἰς τὸ παρασκευάσμα, τὸ σχῆμα τῆς προσπιπτούσης ἐπ' αὐτοῦ δέσμης ἀκτίνων X, τὸν τρόπον ἀποτυπώσεως τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων.

1. Μέθοδος *Debye - Sherrer*. Εἶναι ἡ συνηθέστερον ἐν χρήσει διὰ τρεχούσης φύσεως ἐργασίας. Ὁ θάλαμος ἔχει σχῆμα κυλινδρικοῦ δοχείου, εἰς τὴν περιφέρειαν τοῦ ὁποίου ἐφαρμόζεται φωτογραφικὸν φιλμ. Ἐγκαρσίαν τομὴν τοιοῦτου θαλάμου παριστᾷ τὸ σχῆμα 306. Αἱ ἀκτίνες X περιορίζονται διὰ κατευθυντήρος K εἰς λεπτὴν παράλληλον δέσμην διευθυνομένην καθέτως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου. Ὁ κατευθυντήρ οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ σωλῆνα φέροντα κατὰ τὰ ἄκρα του βύσματα μὲ ὀπὴν διαμέτρου 0,3-0,4 mm ἢ ὀρθογώνιον σχισμὴν τοῦ αὐτοῦ εὗρους καὶ παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ θαλάμου. Ἐτερος σωλὴν εἰς τὸ ἐκ διαμέτρου ἀντικείμενον ἄκρον τοῦ θαλάμου ἀφήνει νὰ πέσῃ ἡ πρωτογενὴς δέσμη ἐπὶ φθορίζοντος πετάσματος προσηρμοσμένου εἰς τὸ ἐξωτερικόν του ἄκρον καὶ χρησιμεύοντος ὡς φωρατοῦ τῶν ἀκτίνων κατὰ τὴν τοποθέτησίν του πρὸς λήψιν διαγράμματος. Ὁ σωλὴν οὗτος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ ἄκρον πρόθεμα μὲ κωνικὸν ἄνοιγμα τὴν παγίδα (Π) σκοπὸν ἔχουσαν νὰ ἐμποδίσῃ τὰς ἀκτῖνας τὰς περιθλασθείσας ὑπὸ

τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου τοῦ φίλμ κατὰ παλίνδρομον διεύθυνσιν νὰ ἀποτυπωθοῦν ἐπ' αὐτοῦ. Τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα ἐπιτυγχάνεται καὶ ἄνευ παγίδος διὰ διατρήσεως τοῦ φίλμ εἰς τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ συναντᾷ ἡ πρωτογενὴς δέσμη. Ἡ οὐσία ἀφοῦ κωνιοποιηθῇ πρὸς ἀναφῇ κόνιν εἰς ἰγδίον ἀχάτου προσκολλᾶται ἐπὶ λεπτῆς ὑαλίνης τριχὸς μὲ συγκολλητικὴν οὐσίαν λ.χ. βάλασμον Καναδά, ἡ κόμμι καὶ διαμορφοῦται εἰς λεπτὸν κύλινδρον διαμέτρου μέχρι 0,3 mm. Προκειμένου περὶ οὐσίας ὑγροσκοπικῆς ἢ ἀλλοιουμένης δι' ἐκθέσεως εἰς τὸν ἀέρα ἡ κόνις αὐτῆς ἐγκλείεται εἰς τριχοειδῆ ὑάλινον σωλῆνα μὲ λεπτότατα τοιχώματα (0,01 mm) φρασσόμενον κατὰ τὰ ἄκρα διὰ τήξεως. Εἰς τὸ κέντρον τῆς συσκευῆς ἄξων συμπίπτων μὲ τὸν ἄξονα αὐτῆς καὶ στρεπτός τῇ βοηθείᾳ μικροῦ κινητήρος φέρει φορέα τοῦ παρασκευάσματος ἐπιτρέποντα τὴν ρύθμισίν του, εἰς τρόπον ὥστε τοῦτο κατὰ τὴν στροφὴν τοῦ ἄξονος νὰ μένῃ ἀκίνητον. Συνήθως προβλέπεται στεγανὴ κλειδωσίς τοῦ χώρου τοῦ θαλάμου καὶ ἡ δυνατότης δημιουργίας κενοῦ ἐντὸς αὐτοῦ.



Σχ. 306

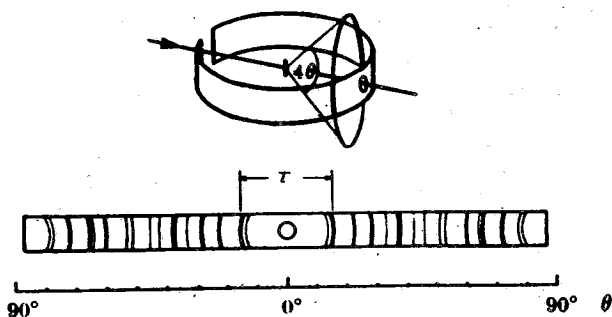
Σχηματικὸν διάγραμμα θαλάμου Debye

A = ἀντικάθοδος, K = κατευθυντήρ, δ = διάμετρος θάλαμος, $\pi\alpha$ = προσπίπτουσα ἀκτίς, $\pi\gamma$ = ἀνακλωμένη ἀκτίς, Φ = φωτογραφικὸν φίλμ

Ἐντὸς τοῦ παρασκευάσματος τὰ τεμαχίδια τῆς κόνεως πραγματοποιοῦν ὅλους τοὺς δυνατοὺς προσανατολισμοὺς τοῦ πλέγματος ὡς πρὸς τὴν πρωτογενῆ δέσμη, οὕτως ὥστε ὅλα τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα νὰ ἔρχωνται εἰς θέσιν ἀνακλάσεως κατὰ τὴν ἐξίσωσιν τοῦ Bragg. Τοιαύτη στατιστικὴ ὁμογένεια προσανατολισμοῦ εἶναι ἐνίοτε δυσχερὴς προκειμένου περὶ ὀρυκτῶν μὲ φυλλώδη ἢ ἰνώδη σχισμόν, ὅστις προκαλεῖ κατὰ προτίμησιν προσανατολισμὸν τῶν τεμαχιδίων ἐντὸς τοῦ παρασκευάσματος.

Ἐπὶ ὁμογενοῦς κατανομῆς τῶν τεμαχιδίων αἱ περιθλώμεναι ἀκτῖνες αἱ σχηματίζουσαι γωνίαν 2θ πρὸς τὴν πρωτογενῆ δέσμη θὰ κεῖνται ἐπὶ κω-

νικῆς ἐπιφανείας ἐχούσης ἄξονα τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα. Τὸ σύνολον τῶν κωνικῶν ἐπιφανειῶν, τὰς ὁποίας παρέχουν τὰ διάφορα δικτυωτὰ ἐπίπεδα, συναντοῦν τὴν κυλινδρικήν ἐπιφάνειαν τοῦ φωτογραφικοῦ φιλμ καὶ ἀποτυποῦνται ἐπ' αὐτῆς ὑπὸ μορφήν καμπύλων συμμετρικῶν ἐκατέρωθεν τοῦ σημείου διελεύσεως τῆς πρωτογενοῦς δέσμης (σχ. 307). Ἡ ἀπόστασις τ καμπύλων



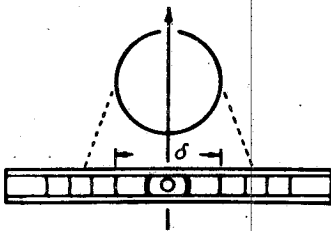
Σχ. 307

Συνήθης διάταξις λήψεως διαγράμματος Debye

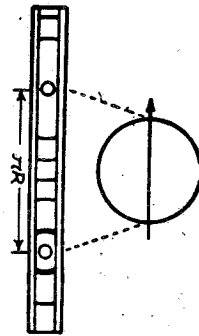
τῆς αὐτῆς κωνικῆς ἐπιφανείας ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν 4θ . Τὸ πηλίκον $\tau/4R$ (R = ἀκτίς τοῦ κυλινδρικοῦ θαλάμου) δίδει τὴν γωνίαν θ εἰς ἀκτῖνα. Εἰς μεγάλας τιμὰς γωνιῶν θ προσεγγιζούσας τὰς 90° αἱ καμπύλαι ἐμφανίζονται διπλαῖ ὀφειλόμεναι εἰς τὸν διαχωρισμὸν τῆς $K\alpha$ εἰς τὴν $K\alpha_1$ καὶ $K\alpha_2$. Ἐὰν ἡ κρυστοποίησης τῆς οὐσίας ᾗτο ἀνεπαρκὴς ἢ ἡ κατανομή τῶν κόκκων ἐντὸς τοῦ παρασκευάσματος λόγῳ τοῦ σχήματός των ἠνόνθησεν ὠρισμένον προσανατολισμὸν των, αἱ καμπύλαι δὲν ἐμφανίζονται ὡς συνεχῆς μελάνωσις, ἀλλ' ὑπὸ μορφήν μικρῶν μελανῶν στιγματῶν. Τὴν ὁμογενῆ μελάνωσιν τῶν καμπύλων ἐπιτυγχάνομεν διὰ στροφῆς τοῦ παρασκευάσματος διαρκούσης τῆς ἐκθέσεως. Εἰς τὴν ἀνωτέρω περιγραφεῖσαν διάταξιν, ἥτις εἶναι καὶ ἡ συνηθεστέρα, ἡ πρωτογενὴς δέσμη εἰσέρχεται εἰς τὸν θάλαμον ἀπὸ τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ κυλινδρικοῦ φιλμ καὶ ἐξέρχεται διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ. Εἰς τὴν διάταξιν van Arkel (σχ. 308) ἡ εἰσερχομένη ἀκτίς συναντᾷ τὸ κέντρον τοῦ φιλμ, τὸ ὁποῖον διατρυπᾶται εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο διὰ τὴν διέλευσίν της. Αἱ ἐκ παλινδρόμου ἀνακλάσεως ἀκτῖνες αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὰς μεγάλας τιμὰς γωνιῶν θ ἀποτυποῦνται ἐπὶ τοῦ φιλμ εἰς δακτυλίους μικρᾶς διαμέτρου δ περὶ τὸ κέντρον τοῦ φιλμ. Ἡ γωνία θ ἰσοῦται πρὸς $\pi/2 - \delta/4R$. Ἡ διάταξις αὕτη ἀποσκοπεῖ εἰς τὸν περιορισμὸν κατὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φιλμ τῶν σφαλμάτων, τὰ ὁποῖα εἰσάγει ἡ μεταβολὴ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ διὰ τῆς ἐμβαπτίσεώς του εἰς τὰ ὑγρὰ ἐμφανίσεως καὶ στερεώσεως καὶ τῆς ἐπακολουθοῦσης ξηράνεως. Προκειμένου νὰ μετρηθῇ ἡ ὑψηλῆς τιμῆς γωνία θ (προσεγγιζούσης τὰς 90°) εἰς τὴν διάταξιν van Arkel μετρεῖται τὸ μικρὸν τμήμα τοῦ φιλμ δ , ἐνῶ εἰς τὴν διά-

ταξιν Debye τὸ πολὺ μεγαλύτερον τμήμα τ , ὁπότε καὶ τὸ ἐκ τῶν ἀνωτέρω αἰτίων εἰσαγόμενον σφάλμα εἰς τὰς μετρήσεις γίνεται μεγαλύτερον. Ἡ εὐρεσις τῆς ἀκριβοῦς τιμῆς γωνίας θ (προσεγγιζούσης τὰς 90° ἐνδιαφέρει, διότι ἐκ τῆς τιμῆς αὐτῆς εὐρίσκεται μὲ πολὺ μεγαλύτεραν ἀκρίβειαν ἡ τιμὴ τῶν σταθερῶν τοῦ πλέγματος. Πράγματι διαφορίζοντες τὴν ἐξίσωσιν τοῦ Bragg $n\lambda = 2d\eta\mu\theta$ εὐρίσκομεν $\Delta d/d = -\sigma\theta d\theta$, Διὰ $\theta = 90^\circ$ $\sigma\theta = 0$, τὸ σφάλμα εἰς τὴν τιμὴν τοῦ d λόγῳ σφάλματος μετρήσεων τῆς θ ἀποβαίνει ἐλάχιστον.

Εἰς τὴν διάταξιν κατὰ Straumanis (σχ. 309) τὰ ἄκρα τοῦ φιλμ εὐρί-



Σχ. 308
Διάταξις van Arkel



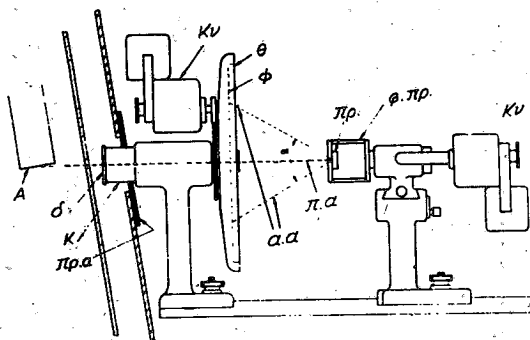
Σχ. 309
Διάταξις Straumanis

σκονται εἰς 90° ἀπὸ τὰ σημεῖα εἰσόδου καὶ ἐξόδου τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος. Τὰ σημεῖα αὐτὰ ὡς κέντρα τῶν δακτυλίων Debye - Sherrer, οἱ ὅποιοι περιβάλλουν τὴν εἰσοδὸν καὶ ἐξοδὸν τῆς δέσμης, ἐπισημαίνονται μὲ ἀκριβείαν ἐπὶ τοῦ φιλμ ἀπέχουν δὲ ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν πR . Οὕτως ὑπολογίζεται ἐξ αὐτοῦ τοῦ φιλμ ἡ ἀκτίς R τοῦ θαλάμου.

Κρύσταλλοι κυβικῆς συμμετρίας δίδουν διαγράμματα μὲ μικρὸν ἀριθμὸν γραμμῶν. Ἐπὶ κρυστάλλων μικροτέρας συμμετρίας αἱ γραμμαὶ γίνονται πολυάριθμοι, πολλάκις ἀνακλάσεις ἀπὸ διάφορα δικτυωτὰ ἐπιπέδα κεῖνται πολὺ πλησίον ἀλλήλων, ὥστε νὰ συνενοῦνται εἰς εὐρεῖαν ταινίαν ἢ καὶ νὰ συμπίπτουν. Ἡ αὐξησης τοῦ ἀριθμοῦ τῶν γραμμῶν εἶναι εὐνόητος. Διὰ κυβικὸν κρύσταλλον αἱ ἐξ ἑδραι τοῦ ἑξαέδρου δίδουν ὅλαι τὴν αὐτὴν ἀνάκλασιν, ἐνῶ διὰ ρομβικὸν κρύσταλλον αἱ τρεῖς ἀνακλάσεις (100), (010), (001) δίδουν τρεῖς διαφορετικὰς γραμμάς, διότι αἱ τιμαὶ d_{100} , d_{010} , d_{001} εἶναι διάφοροι. Ἀνάλογα ἰσχύουν καὶ δι' ἀνακλάσεις ἐξ ἄλλων δικτυωτῶν ἐπιπέδων. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ ἀποτίμησις τῶν διαγραμμάτων κρυσταλλικῆς κόνεως ἀποβαίνει ἐπὶ τοσοῦτον δυσχερεστέρα, ὅσον ἡ συμμετρία τοῦ κρυστάλλου εἶναι μειωμένη.

Ἐὰν τὸ πρὸς ἀκτινογράφῃσιν ἀντικείμενον δὲν ἐπιτρέπεται νὰ καταστραφῇ κωνιοποιούμενον, περιοριζόμεθα εἰς τὰ νὰ λάβωμεν τὰς ὀλίγας ἀνακλάσεις

μέ γωνίαν θ ἑγγὺς τῶν 90° αἱ ὁποῖαι περιθλῶνται κατὰ παλίνδρομον διεύθυνσιν ἐκείνης τῆς πρωτογενοῦς ἀκτίνος, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος. Τὸ σχῆμα 310 παριστᾷ τὴν πρὸς τοῦτο χρησιμοποιουμένην συσκευήν.



Σχ. 310

Συσκευή λήφews διαγράμματος κρυσταλλικῆς κόνεως ἐκ παλινδρόμου ἀνακλάσεως
A = ἀντικάθοδος, *K* = κατευθυντήρ, *δ* = διάτρητον βύσμα, *κν* = κινητήρ, *πρ* = παρασκευά-
 σμα, *πα* = προσπίπτονσα ἀκτίς, *αα* = ἀνακλωμένη ἀκτίς.

Τὸ φίλμ εἶναι ἐπίπεδον καὶ τοποθετεῖται ἐντὸς θήκης σχήματος κυκλικοῦ δίσκου στρεπτοῦ περὶ ἄξονα κάθετον ἐπ' αὐτὸν καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου του. Ἡ θήκη φέρει εἰς τὸ κέντρον τῆς ὀπῆς, διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται ὁ κατευθυντήρ τῶν ἀκτίνων *X*, καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδόν της. Ἐναντι τοῦ κατευθυντήρος καὶ εἰς ἀπόστασιν μεταβλητὴν κατὰ βούλησιν στερεοῦται τὸ πρὸς ἀκτινογράφῃσιν ἀντικείμενον ἐπὶ ἄξονος συμπίπτοντος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος. Ἡ θήκη καὶ ὁ φορεὺς τοῦ ἀντικειμένου στρέφονται κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς συσκευῆς περὶ ἄξονα τὴν πρωτογενῇ ἀκτῖνα. Μὲ τὴν περιστροφικὴν αὐτὴν κίνησιν μεμονωμένα κρυστάλλια, τὰ ὁποῖα θὰ ἔδιδον ἐπὶ ἀκινήτου φίλμ μελανὰς κηλίδας, γράφουν ὁμογενῶς μέλανα κύκλον. Τοιαῦτα διαγράμματα εἶναι λίαν χρήσιμα διὰ τὴν μελέτην τῆς μεταβολῆς τῶν σταθερῶν τοῦ πλέγματος κραμάτων, τῶν ὁποίων μεταβάλλομεν τὴν σύνθεσιν.

Ἡ μέθοδος Debye - Sherrer ὑπὸ τὰς διαφόρους ἀνωτέρω περιγραφείσας διατάξεις παρουσιάζει ὠρισμένα μειονεκτήματα. Ἵνα περιορισθῇ τὸ εὖρος τῶν δακτυλίων Debye, περιορίζεται ἡ διάμετρος τοῦ κυλινδρικοῦ παρασκευάσματος καὶ ἐπομένως καὶ ἡ μᾶζα τῆς περιθλώσεως οὐσίας. Συνεπείᾳ τούτου ἡ ἔντασις τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων εἶναι λίαν ἀσθενής. Ἐξ ἄλλου καὶ αὕτη αὕτη ἡ ἔντασις τῆς πρωτογενοῦς δέσμης περιοριθεῖσης ὑπὸ τοῦ κατευθυντήρος, ἵνα ἀποβῇ κατὰ προσέγγισιν παράλληλος, εἶναι ἀσθενής. Διὰ τὸν λόγον

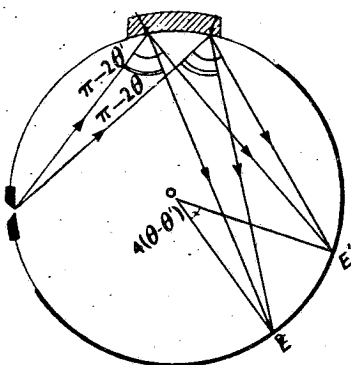
αὐτὸν ἀπαιτεῖται πολλάκις μακρὸς χρόνος ἐκθέσεως. Τὰ μειονεκτήματα αὐτὰ αἴρονται διὰ χρησιμοποίησεως εἰδικῶν θαλάμων, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπιτυγχάνεται ἡ συγκέντρωσις τῆς περιθλασθείσης εὐρείας δέσμης ἀκτίνων X εἰς ἐστίαν.

2. Μέθοδος ἐστιασμοῦ τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων. Εἰς τὰς μεθόδους αὐτὰς γίνεται χρῆσις εὐρείας ἀποκλινούσης δέσμης ἀκτίνων X, ἡ ὁποία προσπίπτουσα ἐπὶ κρυσταλλικῆς κόνεως ἠπλωμένης ἐπὶ μεγάλης σχετικῶς ἐπιφανείας καὶ περιθλωμένη ἐπ' αὐτῆς συγκεντροῦται διὰ καταλλήλου γεωμετρικῆς διατάξεως εἰς ἐστίαν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ φιλμ. Αἱ μέθοδοι αὗται παρουσιάζουν τὰ ἐξῆς προσόντα. Ἡ πρωτογενὴς δέσμη εἶναι πολὺ ἐντονωτέρα, ἡ περιθλώσα μᾶζα πολὺ μεγαλυτέρα καὶ ἐπομένως ἡ ἐκ περιθλάσεως δέσμη λίαν ἐντονὸς ἢ δὲ συγκέντρωσις αὐτῆς εἰς ἐστίαν δίδει λίαν λεπτὰς ἐντόνους γραμμάς. Προσέτι συνδυαζομένης καὶ τῆς χρήσεως μονοχρωματιστῶν ἐκ κεκαμμένου κρυστάλλου (σελ. 176) ἐξαίρεται ἡ συνεχὴς ἀκτινοβολία τῆς ἀντικαθόδου καὶ ἀποφεύγεται ἡ ἐξ αὐτῆς προκαλουμένη μελάνωσις τοῦ φιλμ ἢ συνοδεύουσα τὰς γραμμάς τὰς ἐκ τῆς χαρακτηριστικῆς ἀκτινοβολίας προερχομένας. Τὸ λαμβανόμενον διάγραμμα εἶναι ἐκτάκτως καθαρὸν, ἐμφανίζον καὶ τὰς λίαν ἀσθενεῖς ἀνακλάσεις, αἱ ὁποῖαι ἄλλως θὰ ἐκαλύπτοντο ὑπὸ τῆς συνεχοῦς μελάνωσεως τοῦ ὑποβάθρου.

α) Μέθοδος *Seemann Bohlin*. Κατ' αὐτὴν χρησιμοποιεῖται κυλινδρικός θάλαμος ἄνευ κατευθυντήρος, φέρων κατὰ τὴν περιφέρειαν αὐτοῦ λεπτὴν σχισμὴν εὗρους περίπου 0,2 mm καὶ μήκους 1,5 mm, ἐκ τῆς ὁποίας εἰσερχόμεναι αἱ ἀκτίνες X προχωροῦν κατ' ἀποκλίνουσαν δέσμη. Εἰς δ σημεῖον αὕτη συναντᾷ τὴν περιφέρειαν τοῦ κυλίνδρου τοποθετεῖται τὸ παρασκευάσμα ἀποτελούμενον ἀπὸ φιλμ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσεκολλήθη εἰς λεπτὸν στρώμα ἡ ὑπὸ ἐξέτασιν οὐσία. Τὸ φιλμ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας τοῦ θαλάμου (σχ. 311). Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος φαίνεται, ὅλαι αἱ ἀκτίνες αἱ περιθλωμεναι ὑπὸ κόκκων ἐκ διαφόρων σημείων τῆς ἐπιφανείας τοῦ παρασκευάσματος μετὰ τὴν αὐτὴν γωνίαν 2θ ὡς πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα συντρέχουν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον E τῆς περιφέρειας. Μετὰ τὴν διάταξιν αὐτὴν ἡ ἀπόστασις παρασκευάσματος φιλμ γίνεται περίπου διπλασία ἐκείνης διὰ θαλάμου Debye καὶ ἡ διαχωριστικὴ ἱκανότης τῶν θαλάμων τούτων αὐξάνεται καὶ διὰ τὸν λόγον αὐτόν. Μειονέκτημα τῆς μεθόδου εἶναι ὅτι δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ληφθῇ ἡ πλήρης σειρά τῶν ἀνακλάσεων μετὰ τὸν αὐτὸν θάλαμον ἀλλὰ μετὰ διαφόρους θαλάμους, ἐκάστου τούτων προοριζομένου δι' ὠρισμένην περιοχὴν γωνιῶν 2θ , ἥτις καθορίζεται ἀπὸ τὴν σχετικὴν θέσιν σχισμῆς καὶ παρασκευάσματος.

Εἰς τὴν μέθοδον *Guinier* γίνεται χρῆσις θαλάμου *Seemann - Bohlin* ἐν συνδυασμῷ πρὸς μονοχρωματιστὴν τύπου *Johannson* (σ. 177) καὶ μετὰ διάταξιν καὶ διαβιβάσεως τῶν ἀκτίνων διὰ τοῦ παρασκευάσματος ἐπιτρέπουν τὴν ἀποτύπωσιν ἀνακλάσεων μέχρι καὶ μικρῶν γωνιῶν θ , πρᾶγμα τὸ ὁποῖον δὲν ἔῃτο ἐφικτὸν μετὰ πλὴν θαλάμου *Seemann - Bohlin*, ἐνθα ἀποτυ-

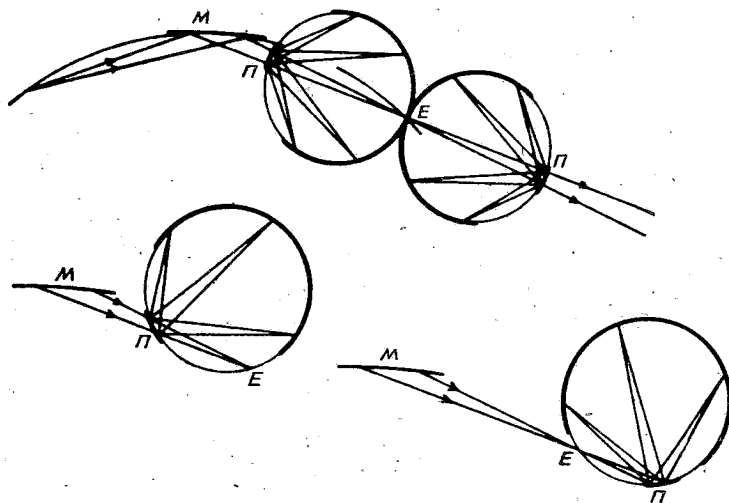
ποῦνται εἰς ἐστίαν μόνον αἱ ὀπισθοδρομοῦσαι ἐκ περιθλάσεως ἀκτῖνες. Ὡς ἐλέχθη ἤδη μὲ τὸν θάλαμον ἐστιασμοῦ δὲν εἶναι δυνατόν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ φίλμ



Σχ. 311

Διάταξις Seemann Bohlin

νὰ καλυφθῇ ὁλόκληρος ἡ περιοχὴ γωνιῶν 2θ ἀπὸ 0° ἕως 180° . Ὁ θάλαμος τοποθετεῖται ὡς πρὸς τὴν ἐκ τοῦ μονοχρωματιστοῦ προερχομένην δέσμην εἰς



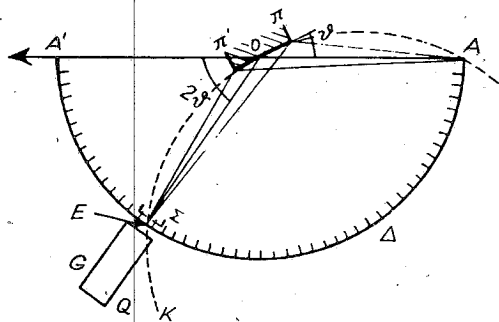
Σχ. 312

Διάφοροι θέσεις λήψεως ἀκτινογραφημάτων κατὰ τὴν μέθοδον Guinier
 M =μονοχρωματιστής, E =ἐστία μονοχρωματιστοῦ, Π =παρασκεύασμα

διάφορον ἐκάστοτε θέσιν ἀναλόγως τῆς περιοχῆς γωνιῶν 2θ , ἡ ὁποία πρόκει-

ται νά μελετηθῇ, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 312. Ἡ μόνη συνθήκη, ἡ ὁποία πρέπει νά πληροῦται εἰς ἐκάστην τοποθέτησιν, εἶναι ἡ ἐστία E τῆς ἐκ τοῦ μονοχρωματιστοῦ προερχομένης δέσμης νά πίπτῃ ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ κυλινδρικοῦ θαλάμου.

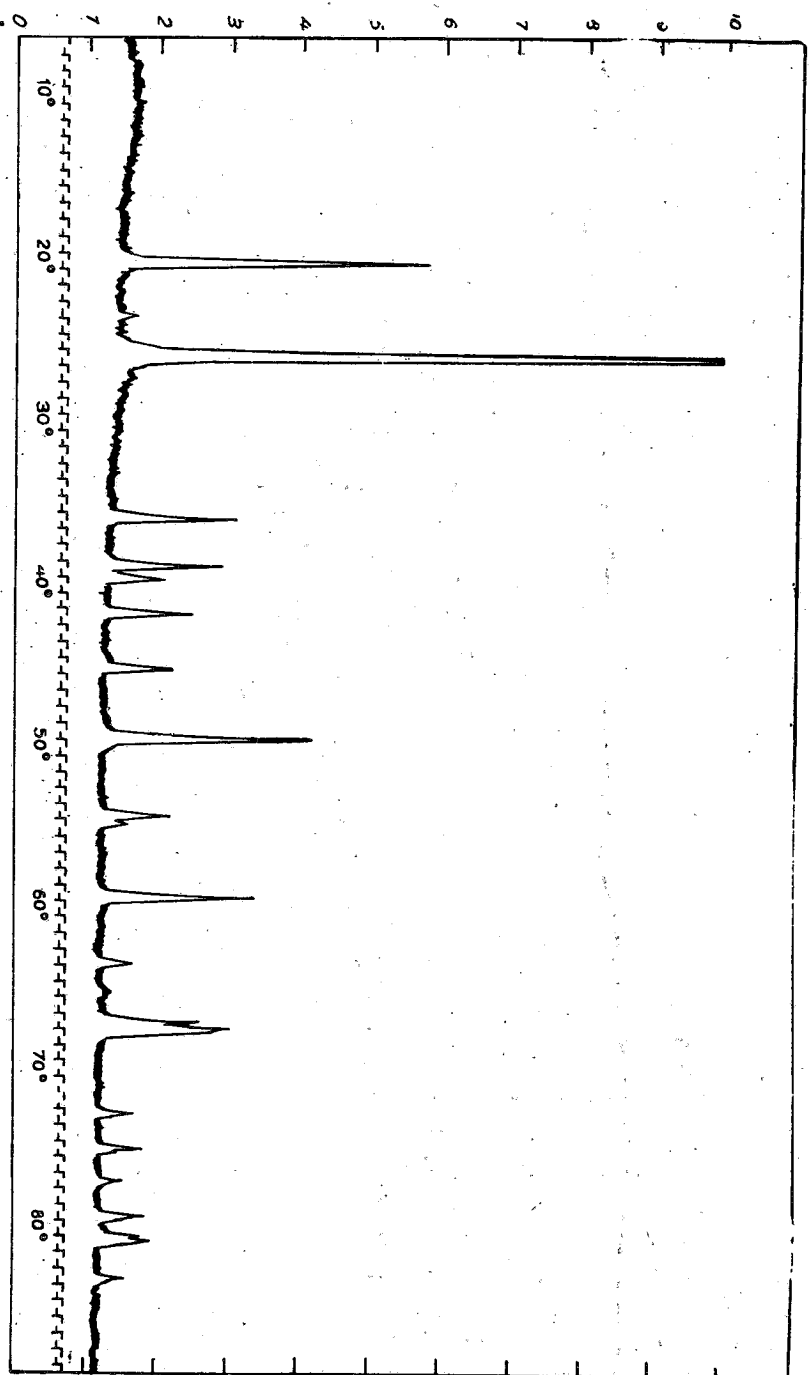
β) Μέθοδος ἐστιασμοῦ Bragg - Brentano. Περιθλασίμετρον. Ἐτέρα μέθοδος ἐστιασμοῦ τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων εἶναι ἡ μέθοδος Bragg - Brentano. Αὕτη ἐφαρμόζεται εἰς τὴν τελειωτέραν τῶν ἐν χρήσει συσκευῶν περιθλάσεως ὑπὸ κρυσταλλικῆς κόνεως τὸ περιθλασίμετρον (Diffractometer). Τὸ πρὸς ἐξέτασιν παρασκευάσμα ἐτοιμάζεται διὰ συσσωματώσεως τῆς κρυσταλλικῆς κόνεως τῇ βοήθειᾳ συγκολλητικῆς οὐσίας ἢ καὶ ἀπλῶς διὰ πίεσεως ἐντὸς μεταλλικοῦ ἐλάσματος φέροντος ὀρθογώνιον κοιλότητα, ὥστε νά ἀποτελέσῃ λεπτὸν στρῶμα, μὲ τὴν ἄνω ἐπιφάνειαν τελείως ἐπίπεδον. Θεωρήσωμεν εἰς τὸ σχῆμα 313 τὸ παρασκευάσμα ππ' μὲ τὸ ἐπίπεδόν του κάθετον



Σχ. 313

Ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ περιθλασιμέτρον.

ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου καὶ εἰς τὸ κέντρον O γωνιομετρημένου κυκλικοῦ δίσκου Δ δυνάμενον νά στραφῇ περὶ ἄξονα κάθετον κατὰ τὸ O ἐπὶ τὸν Δ κείμενον ἐπὶ τῆς ἄνω ἐπιφανείας τοῦ παρασκευάσματος. Εἰς σημεῖον A τῆς περιφερείας ἔστω πηγὴ ἀκτίνων X περίπου στιγματικῆ, ἐξ ἧς ἀποκλίνουσα δέσμη ἀκτίνων πίπτει ἐπὶ τοῦ παρασκευάσματος. Ἐὰν εἶναι θ ἡ γωνία τῆς μέσης ἀκτίνος AO τῆς δέσμης πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ παρασκευάσματος, οἱ ἐπ' αὐτῆς κόκκοι τῆς κόνεως οἱ ἔχοντες προσανατολισμὸν πληροῦντα τὴν συνθήκην τοῦ Bragg θὰ δώσουν περιθλωμένας ἀκτίνας, αἱ ὁποῖαι θὰ σχηματίζουν γωνίαν 2θ μὲ τὴν προέκτασιν OA' τῆς προσπιπτούσης καὶ θὰ συνέρχωνται εἰς ἐστίαν E ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ Δ . Τὰ σημεῖα A , O καὶ E ὀρίζουν τὸν κύκλον ἐστιασμοῦ K , ἐπὶ τοῦ ὁποίου θὰ ἐσχηματίζετο ἡ ἐστία E , ἐὰν τὸ παρασκευάσμα ἦτο ἐφρημοσμένον ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ κύκλου αὐτοῦ. Εἰς τὴν πραγματικότητα τὸ παρασκευάσμα δὲν ἔχει κυλινδρικήν ἐπιφάνειαν ἀλλ' ἐπίπεδον ἐφαπτομένην τοῦ κύκλου K κατὰ τὸ O . Ὡστε ὁ ἐ-

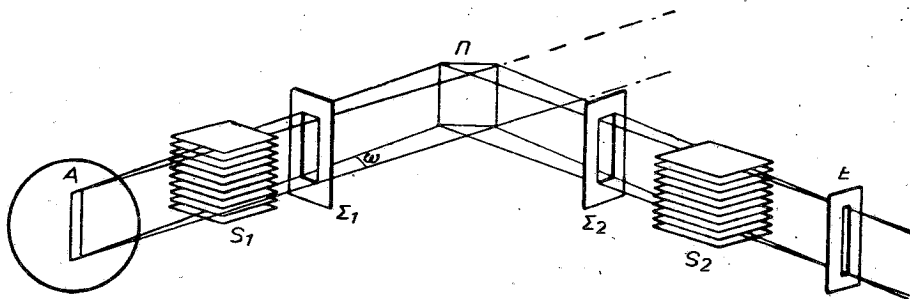


Σχ. 314. Διάγραμμα κόρης χαλκού ληφθέν διά περιθλασίμετρον με ακτινοβολίαν CuK α

στιασμός εις τὸ σημεῖον Ε εἶναι ἀτελής, περιοριζομένου ὁμῶς τοῦ γωνιώδους ἀνοίγματος τῆς προσιπτούσης δέσμης ἢ ἀπόκλισις ἀπὸ τὴν ιδεώδη συνθήκην ἐστιασμοῦ εἶναι μικρά. Πρὸ τῆς ἐστίας Ε φέρεται ἐπὶ βραχίονος στρεπτοῦ περὶ τὸ Ο λεπτή σχισμὴ Σ ἐπιτρέπουσα τὴν διόδον μόνων τῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι συντρέχουν εἰς τὴν ἐστίαν Ε ὀπισθεν δὲ αὐτῆς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ βραχίοντος εὐρίσκεται ὁ ἀπαριθμητὴς Geiger (G). Ἡ συνθήκη αὕτη ἐστιασμοῦ ἰσχύει δι' ὅλα τὰ σημεῖα τῆς περιφερείας Α'ΕΑ, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία Α'ΟΕ εἶναι διπλασία τῆς γωνίας ΑΟΠ. Ἡ συνθήκη αὕτη πραγματοποιεῖται διὰ καταλλήλου συνδέσεως τῆς στροφῆς τοῦ παρασκηιάσματος μὲ ταυτόχρονον στροφήν τοῦ βραχίονος ΟΕ κατὰ γωνίαν ἀκριβῶς διπλασίαν. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς συσκευῆς ὁ βραχίων ΟΕ ὁ φέρων τὸν ἀπαριθμητὴν περιστρεφόμενος μὲ ὁμαλὴν γωνιώδη κίνησιν διέρχεται ὁλόκληρον τὴν περιοχὴν Α'ΕΑ καὶ δέχεται εἰς ὠρισμένας θέσεις τὴν περιθλωμένην δέσμην ἀκτίνων, ἡ ἔντασις τῆς ὁποίας ἀποδίδεται εἰς καταγραφέα συνδεόμενον ἡλεκτρικῶς πρὸς τὸν ἀπαριθμητὴν διὰ καμπύλης γραφομένης ἐπὶ ταινίας χάρτου εἰλιγμένης εἰς κύλινδρον καὶ ἐξελισσομένης μὲ ταχύτητα ἀνάλογον πρὸς τὴν ταχύτητα περιφορᾶς τοῦ ἀπαριθμητοῦ. Λαμβάνεται οὕτω διάγραμμα ὡς τὸ τοῦ σχήματος 314 παρέχον τὴν ἔντασιν τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων συναρτήσῃ τῆς γωνίας θ, ὅμοιον πρὸς ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον θὰ ἐλαμβάνομεν μετροῦντες σύνθετος διάγραμμα Debye μὲ αὐτογραφικὸν φωτόμετρον, μὲ τὴν διαφορὰν ὅμως ὅτι εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ περιθλασιμέτρου ἡ μέτρησις τῶν ἐντάσεων γίνεται μὲ πολὺ μεγαλυτέραν ἀκριβείαν καὶ ἡ διακριτικὴ ἱκανότης διὰ γειτονικὰς ἀνακλάσεις εἶναι μεγαλυτέρα. Ἡ θέσις τοῦ ἀπαριθμητοῦ (διεύθυνσις τῆς ΟΕ τοῦ σχ. 313) εἶναι δυνατόν νὰ καταγραφῇ μὲ προσέγγισιν $0,01^\circ$ δύναται δὲ νὰ ἐπιλεγοῦν διάφοροι ταχύτητες περιστροφῆς μεταξὺ τῆς μεγίστης $1^\circ/\text{min}$ καὶ τῆς ἐλαχίστης $0,12^\circ/\text{min}$. Ἡ δυνατότης αὕτη αὐξάνει σημαντικῶς τὴν διακριτικὴν ἱκανότητα τοῦ ὀργάνου ἔναντι ἐκείνης τῶν συνήθων θαλάμων Debye. Διὰ τὴν λήψιν διαγραμμάτων ἀκριβείας χρησιμοποιεῖται βραδεῖα στροφή $0,1^\circ\text{--}0,5^\circ/\text{min}$. Τὸ σφάλμα καταγραφῆς τῆς γωνίας θ δύναται νὰ περιορισθῇ εἰς $0,02^\circ$.

Τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων Χ εἰς τὸ περιθλασίμετρον παρέχει τὸ σχῆμα 315. Τὴν πηγὴν τῶν ἀκτίνων Χ συνήθως ἀποτελεῖ ἡ λεπτὴ γραμμικὴ ἐστία τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου, τῆς ὁποίας τὸ ἐπίπεδον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ γωνιομετρημένου κύκλου. Τὸ ὀριζόντιον εὖρος προσιπτούσης καὶ περιθλωμένης δέσμης περιορίζεται μὲ τὰς σχισμὰς Σ_1 καὶ Σ_2 , τὸ κατακόρυφον ὕψος αὐτῶν εἶναι περὶ τὸ 1 cm. Τὸ ὕψος αὐτὸ θὰ συνεπήγετο διευρύνειν τῶν γραμμῶν περιθλάσεως οὐχὶ ἀνεκτὴν. Ἡ ἀτέλεια αὕτη παρεμποδίζεται διὰ παρεμβολῆς εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων τῶν διαφραγμάτων Soller S_1 καὶ S_2 . Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἀπὸ σύστημα λίαν λεπτῶν μεταλλικῶν πλακιδίων ἐξ ἰσχυρῶς ἀπορροφούντος τὰς ἀκτῖνας Χ μετάλλου μήκους περίπου 3 cm καὶ παραλλήλως πρὸς ἄλληλα διατεταγμένων μὲ με-

σολαβοῦσαν μεταξύ των ἀπόστασιν 0,5 mm. Οὕτως ἡ κατακόρυφος ἀπόκλισις περιορίζεται εἰς 3^ο διατηρεῖται δὲ τὸ ὕψος τῆς δέσμης εἰς 1 cm, ὥστε ἡ δέσμη τῶν ἀκτίνων νὰ ἔχῃ μεγάλην ἐνέργειαν.



Σχ. 315

Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὸ περιθλασίμετρον

Εἰς νεωτέρου τύπου περιθλασίμετρα ὡς ἐστία τῶν ἀκτίνων X ἀντὶ ἐκείνης τῆς ἀντικαθόδου χρησιμοποιεῖται ἡ ἐστία μονοχρωματιστοῦ τύπου Johannson. Συνδυαζομένου τούτου μὲ λίαν λεπτὴν ἐστιακὴν γραμμὴν ἀντικαθόδου εἶναι δυνατόν νὰ ἀπομονωθῇ ἡ ἀκτινοβολία $K\alpha_1$. Τὸ δι' αὐτῆς λαμβανόμενον διάγραμμα εἶναι καθαρώτερον καὶ ἀπλούστερον καθ' ὃ ἀπηλλαγμένον τοῦ συνεχοῦς φάσματος καὶ τῆς χαρακτηριστικῆς $K\alpha_2$.

Ἐκ τῶν διαγραμμάτων κρυσταλλικῆς κόνεως τῶν λαμβανομένων φωτογραφικῶς μόνον τὰ διὰ τῶν θαλάμων Guinier εἶναι συγκρίσιμα εἰς ἀκρίβειαν πρὸς τὰ τοῦ περιθλασιμέτρου, καθ' ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν μέτρησιν τῶν γωνιῶν θ. Ὡς πρὸς τὴν μέτρησιν τῶν ἐντάσεων τὰ διαγράμματα τοῦ περιθλασιμέτρου ὑπερέχουν σημαντικῶς ὅλων τῶν ἄλλων, ἀρκεῖ νὰ λαμβάνεται φροντίς ὁμογενοποιήσεως τοῦ παρασκευάσματος, ἥτις πολλάκις ἀποβαίνει λίαν δυσχερὴς προκειμένου περὶ σωμάτων μὲ ἐντόνως ἐκπεφρασμένην ἀνιστροπίαν ἀναπτύξεως τῶν κρυστάλλων των διατηρουμένην καὶ μετὰ τὴν κονιοποίησην, ὡς συμβαίνει εἰς τὰ φυλλομόρφου δομῆς σώματα.

63. Ἀποτίμησις διαγραμμάτων κρυσταλλικῆς κόνεως. Ἡ ἀποτίμησις ἀκτινογραφήματος συνίσταται εἰς τὴν εὑρεσιν τῶν δεικτῶν ἐκάστης ἀνακλάσεως. Ὡς εἶδομεν οἱ δεικταὶ οὗτοι εἶναι τὸ γινόμενον τῶν δεικτῶν τοῦ «ἀνακλῶντος» τὴν δέσμην δικτυωτοῦ ἐπιπέδου ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν τὸν παριστῶντα τὴν τάξιν ἀνακλάσεως ($480 = 4\eta$ ς τάξεως ἀνάκλασις τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου (120)).

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως τοῦ Bragg $n\lambda = 2d\eta\mu\theta$ λαμβάνομεν τὴν σχέσιν:

$$(1) \quad \eta\mu\theta = n\lambda/2d$$

1. Κυβικὸν σύστημα. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον τῆς σελίδος 149

τὸν ἀναφερόμενον εἰς κυβικὸν πλέγμα τὸ $1/d^2$ μὲ τὴν τιμὴν τοῦ ἔχουμεν:

$$(2) \quad \eta\mu\theta = \frac{\lambda}{2a} \sqrt{h^2+k^2+l^2} \text{ καὶ } -$$

$$\log \eta\mu\theta = \log \sqrt{h^2+k^2+l^2} + \log \left(\frac{\lambda}{2a} \right)$$

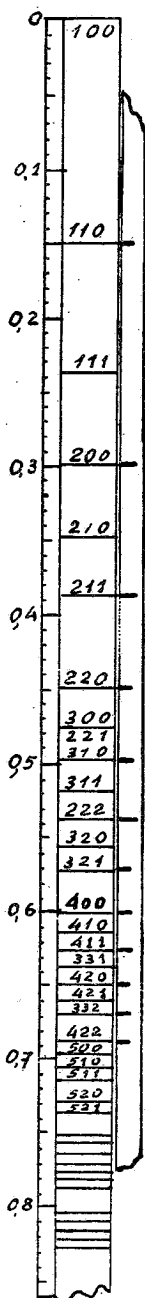
(τὸ n (τάξις ἀνακλάσεως) θεωρεῖται περιληφθὲν ὡς συντελεστὴς εἰς τοὺς δείκτας hkl).

Τὸ πρῶτον μέρος τῆς ἐξισώσεως (2) περιέχει τιμὰς εὐρισκομένας διὰ μετρήσεως τοῦ ἀκτινογραφήματος. Διαιροῦντες τὴν ἀπόστασιν τῶν ἐγγυτάτων πρὸς τὸ κέντρον σημείων ἐκάστης καμπύλης τοῦ διαγράμματος διὰ τῆς ἀκτίνος R τοῦ θαλάμου εὐρίσκομεν τὰς γωνίας 4θ (εἰς ἀκτίνια) καὶ ἐξ αὐτῶν καὶ τὰς τιμὰς τοῦ $\log \eta\mu\theta$. Καταρτίζομεν οὕτω πίνακα τῶν λογημθ διὰ τὰς διαδοχικὰς ἀνακλάσεις κατ' αὐξοῦσαν τιμὴν γωνίας θ .

Τὸ δεῦτερον μέρος τῆς ἐξισώσεως περιλαμβάνει τὸν ὅρον $\log \sqrt{h^2+k^2+l^2}$. Ὑπολογίζομεν τὰς τιμὰς τοῦ ὅρου τούτου δι' ὅλας τὰς δυνατὰς τιμὰς δεικτῶν hkl κατὰ τὸ κατωτέρω ὑπόδειγμα καὶ καταρτίζομεν πίνακα αὐτῶν.

hkl	$h^2+k^2+l^2$	$\sqrt{h^2+k^2+l^2}$	$\log \sqrt{h^2+k^2+l^2}$
(100)	1	1	0
(110)	2	1,414	0,15045
(111)	3	1,732	0,23855
(200)	4	2	0,30103
.....

Σχ. 316. Κλίμαξ ἀποτίμησης διαγράμματος Debye κυβικοῦ κρυστάλλου.



Κατὰ τὴν ἐξίσωσιν (2) οἱ ἀριθμοὶ τῶν δύο πινάκων πρέπει νὰ ἀντιστοιχοῦν μὲ σταθερὰν διαφορὰν ἴσην πρὸς $\log(\lambda/2a)$ μεταξὺ ἀντιστοίχων ὄρων. Ἵνα εὕρωμεν εὐχερῶς τὴν ἀντιστοιχίαν, λαμβάνομεν ἐπ' εὐθείας, μετροῦντες αὐτὰ ἀπὸ τῆς ἀρχῆς, τμήματα ἴσα μὲ τοὺς ἀριθμοὺς τῆς 4ης στήλης ($\log \sqrt{h^2+k^2+l^2}$). Σημειοῦμεν ἔπειτα εἰς τὸ ἄκρον εὐθείας λωρίδος χάρτου καθ' ὅμοιον τρόπον τὰς διαδοχικὰς τιμὰς λογημθ τοῦ 1ου πίνακος καὶ φέροντες τὴν λωρίδα παρὰ τὴν κλίμακα τῶν τιμῶν $\log \sqrt{h^2+k^2+l^2}$ ἀναζητοῦμεν διὰ μετατοπίσεως τοῦ ἄκρου αὐτῆς τοῦ φέροντος τὰς σημειωθείσας τιμὰς κατὰ μῆκος τῆς κλίμακος νὰ ἐπιτύχωμεν συντάτισιν ὄλων τῶν ἐπ' αὐτῆς σημείων πρὸς σημεία τῆς κλίμακος τῶν δεικτῶν (σχ. 316). Ὅταν ἐπιτύχωμεν τὴν συν-

τύττισιν αὐτὴν, ἀναγινώσκομεν τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς ἑκάστην ἀνάκλασιν δείκτας.

Μετὰ τὴν ἀποτίμησιν ὑπολογίζεται εὐκόλως ἡ a ἐκ τῆς ἐξίσωσews (2) ἐφαρμοζομένης εἰς τινὰ τῶν ἀνακλάσεων κατὰ προτίμησιν μὲ δείκτας μεγάλους.

Ὡς εἶδομεν εἰς τὸ ἐνδοκεντρωμένον πλέγμα ἑλλείπουν ἐκ τῆς σειρᾶς τῶν ἀνακλάσεων αἱ ἔχουσαι δείκτας μὲ ἄθροισμα $(h+k+l)$ περιττόν, εἰς τὸ ὁλοεδρικῶς κεντρωμένον αἱ ἔχουσαι δείκτας συμμείκτους. Πρὸς διευκόλυνσιν τῆς ἀποτίμησης εἰστοιμάζονται ἴδιαι κλίμακες δι' ἑκάστον τῶν δύο τούτων τύπων πλεγμάτων, εἰς τὰς ὁποίας δὲν σημειοῦνται αἱ ἑλλείπουσαι ἀνακλάσεις.

2. Ἀποτίμησις ἀκτινογραφημάτων *Debye* ἑξαγωνικῶν τριγωνικῶν καὶ τετραγωνικῶν κρυστάλλων.

Εἰς τὰ συστήματα αὐτὰ ἔχομεν δύο προσδιοριστέας παραμέτρους τὰς a_0 καὶ c_0 . Ἐκ τοῦ τύπου $n^2 = n^2_0 / 2d$ θεωρήσωμεν χωριστὰ τὸ κλάσμα n/d . Διὰ κρυστάλλον τετραγωνικὸν κατὰ τὸν τύπον τὸν παρέχοντα τὴν τιμὴν Q (σελ. 149) ἔχομεν:

$$\frac{n}{d} = \frac{1}{a} \sqrt{h^2 + k^2 + (a/c)^2 l^2} \text{ καὶ θέσωμεν } \frac{c}{a} \text{ γ τότε}$$

$$\frac{n}{d} = \frac{1}{a} \sqrt{h^2 + k^2 + \frac{l^2}{y^2}} \text{ καὶ } \frac{d}{na} = \frac{1}{\sqrt{h^2 + k^2 + \frac{l^2}{y^2}}} \text{ γράφοντες } \log \frac{d}{na} = x$$

καταλήγομεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1).

$$(1) \quad x = \log \frac{1}{\sqrt{h^2 + k^2 + \frac{l^2}{y^2}}}$$

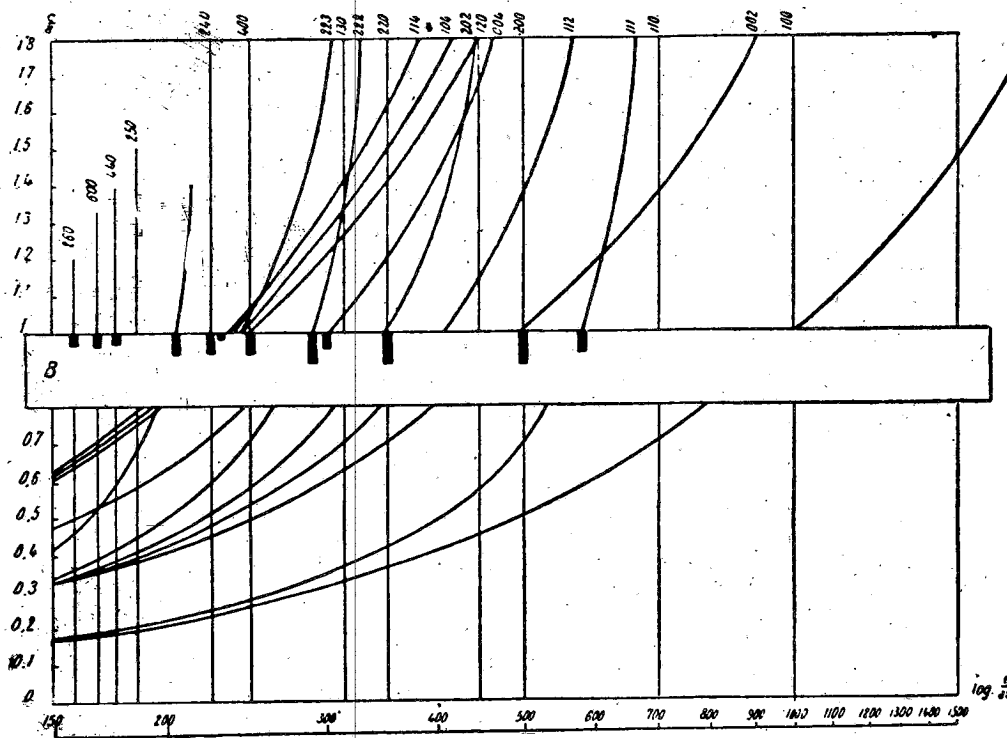
Δι' ἑκάστην ὁμάδα ἀκεραίων δεικτῶν hkl ἡ ἐξίσωσις (1) παριστᾷ ἐπίπεδον καμπύλην ὡς πρὸς x καὶ y . Εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ Hull (σχ. 317) ἀποτίμησης τετραγωνικοῦ κρυστάλλου περιλαμβάνονται πᾶσαι αἱ καμπύλαι αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὰς διαδοχικὰς τιμὰς τῶν δεικτῶν (100), (110), (111), (101) κ.λ.π. ἐπεκτείνωμεν εἰς τιμὰς $y = c/a$ ἀπὸ 0 ἕως 2.

Διὰ τὸ ἑξαγωνικὸν σύστημα ἡ ἐξίσωσις (1) ἔχει τὴν μορφήν:

$$(2) \quad x = \log \frac{1}{\sqrt{\frac{4}{3} (h^2 + k^2 + hk) + \frac{l^2}{y^2}}}$$

Ἡ αὕτῃ σχέσις ἰσχύει καὶ διὰ κρυστάλλους τοῦ τριγωνικοῦ συστήματος ἀναφερόμενους εἰς ἄξονας κατὰ Bravais, διὰ πλέγμα ρομβοεδρικὸν ἀναφερόμενον εἰς πολλαπλὴν ἑξαγωνικὴν κυψελίδα. Ὑπολογισμὸς τοῦ παράγοντος δομῆς (ὡς ἔγινε διὰ τὸ πλέγμα τοῦ κυβικοῦ (σελ. 168)) δεικνύει ὅτι ἐμφάνίζονται

μόνον αἱ ἀνακλάσεις διὰ τὰς ὁποίας $(h+k+l)$ εἶναι διαιρετὸν διὰ 3 (ρομβοεδρική συνθήκη). Διὰ τὴν εὐκολίαν τῆς ἀποτίμησης διὰ τὸ ρομβοεδρικὸν πλέγμα ὑπάρχει ἴδιον διάγραμμα, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ τοῦ διαγράμματος τοῦ ἑξαγωνικοῦ συστήματος, ἀφοῦ παραλειφθοῦν αἱ καμπύλαι τῶν ἀνακλάσεων, αἱ ὁποῖαι λείπουν.



Σχ. 317

Διάγραμμα Hull πρὸς ἀποτίμησην ἀκτινογραφημάτων Debye τετραγωνικῶν κρυστάλλων

Τὸ σχῆμα 317 παριστᾷ διάγραμμα Hull διὰ τετραγωνικοὺς κρυστάλλους μὲ ἐπεξήγησιν τοῦ τρόπου χρήσεως αὐτοῦ. Ἡ παρὰ τὸν πίνακα κλίμαξ εἶναι λογαριθμική, τὰ ἐπ' αὐτῆς διαστήματα εἶναι ἀνάλογα τῶν λογαρίθμων τῶν παρὰ τὰ διαστήματα ἀναφερομένων ἀριθμῶν.

Διὰ τὴν ἀποτίμησην ἀκτινογραφήματος τετραγωνικοῦ κρυστάλλου ὑπολογίζονται ἐκ τῶν τιμῶν η_{hkl} τῶν διαδοχικῶν ἀνακλάσεων αἱ τιμαὶ d_{hkl}/n ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐξισώσεως τοῦ Bragg. Αἱ τιμαὶ αὗται σημειοῦνται διὰ γραμμῶν κατὰ τὸ ἄκρον εὐθείας ταινίας γάρτου φερομένης παρὰ τὴν κλίμακα. Διὰ τὸ MgO λ.γ. αἱ διαδοχικαὶ τιμαὶ d τοῦ ἀκτινογραφήματος Debye εἰς A° εἶναι 2.43, 2.11, 1.49, 1.27, 1.22, 1.05, 0.97, 0.94, 0.86, 0.71.... Αἱ τρεῖς πρώται

γραμμαὶ τῆς ταινίας B σημειοῦνται κατ' ἀντιστοιχίαν πρὸς τοὺς ἀριθμοὺς τῆς κλίμακος 243, 211, 149 (τὰ διαστήματα καθ' ὃ λογαριθμικὰ εἶναι τὰ αὐτὰ οἷα καὶ μεταξὺ τῶν ἀριθμῶν 2.43, 2.11, 1.49) σημειοῦται καὶ ἡ θέσις τοῦ 150 τῆς κλίμακος καὶ μεταφέρεται ἡ ταινία διὰ τὴν περαιτέρω ἀναγραφὴν τῶν τιμῶν εἰς τὸ 1500 τῆς κλίμακος. Ἡ ταινία οὕτω συμπληρωθεῖσα μεταφέρεται ἐπὶ τοῦ διαγράμματος Hull καὶ μετατοπίζεται δοκιμαστικῶς ἐπ' αὐτοῦ παράλληλως πρὸς x καὶ καθέτως πρὸς y , διατηρουμένη πάντοτε παράλληλος πρὸς τὸν ἄξονα x , μέχρις ὅτου πᾶσαι αἱ ἐπ' αὐτῆς γραμμαὶ συμπίπτουν πρὸς σημεῖα τῶν καμπύλων τοῦ διαγράμματος. Ὅταν ἐπιτευχθῇ τοῦτο, ἔχομεν ἀμέσως ἐκ τοῦ διαγράμματος τοὺς δείκτας τῶν ἀνακλάσεων καὶ τὴν τιμὴν $y = c/a$ δηλ. τὴν σχέσιν παραμέτρων. Οἱ δέικται εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσηιν εἶναι 111, 200, 220, 311, 222.. ἡ δὲ τιμὴ $c/a = 1$. Ἡ δυνατότης ἀποτιμήσεως ἀκτινογραφημάτων διὰ τῶν διαγραμμάτων Hull περιορίζεται εἰς ὀλίγας ἀνακλάσεις μὲ μικροὺς δείκτας, εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ἀνακλάσεων μὲ μεγάλους δείκτας αἱ καμπύλαι πυκνώνονται, εἰς βαθμὸν ὥστε νὰ εἶναι ἀδύνατον νὰ εὑρεθῇ ποία ἐξ αὐτῶν συμπίπτει μὲ τὰς ἐπὶ τῆς ταινίας σημειουμένας γραμμάς.

Διὰ τὴν ἀποτίμησιν διαγραμμάτων τοῦ ρομβικοῦ συστήματος, ἔνθα αἱ προσδιοριστέαι παράμετροι εἶναι τρεῖς (a_0, b_0, c_0) ὑπεδείχθησαν μέθοδοι γραφικαὶ καὶ λογιστικαί, τῶν ὁποίων ὅμως ἡ πρακτικὴ ἐφαρμογὴ εἶναι δυνατὴ ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ἡ ἀκρίβεια τῶν τιμῶν $\eta^2\theta$, τὰς ὁποίας ἔχομεν ἐκ τῶν μετρήσεων, ἐξασφαλίζει προσέγγισιν $\pm 0,0005$. Μέθοδος λογιστικὴ διὰ τὴν ἀποτίμησιν καὶ τρικλινῶν ἔτι κρυστάλλων ὑπεδείχθη ὑπὸ τοῦ Ito, ἐν τῇ πράξει ὅμως ἡ ἐφαρμογὴ αὐτῆς εἶναι λίαν δυσχερὴς καὶ μὲ ἀποτέλεσμα ἀβέβαιον.

Τὰ διαγράμματα κρυσταλλικῆς κόνεως ἔχουν εὐρεῖαν ἐφαρμογὴν καθημερινῆς ἐργαστηριακῆς ἐρευνητικῆς φύσεως. Ἀποτελοῦν τὸ ἀσφαλέστερον μέσον ταυτοποιήσεως ἑνὸς σώματος διὰ συγκρίσεως πρὸς διάγραμμα σωμάτων γνωστών. Ὡς τοιοῦτον διαγνωστικὸν μέσον εὐρίσκουν εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ὀρυκτολογίαν, τὰς χημικὰς ἐρεῦνας, τὴν μεταλλειολογίαν, τὴν ἔδαφολογίαν καὶ εἰς πᾶσαν ἐν γένει διαγνωστικὴν ἐρευναν, εἰς τὴν ὁποίαν εἴτε δι' ἑλλειψιν ἐπαρκοῦς ποσότητος τοῦ προσδιοριστέου σώματος εἴτε διότι τοῦτο εὐρίσκεται ἐν λεπτοτάτῳ διαμερισμῷ αἱ ἄλλαι γνωσταὶ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ μέθοδοι δὲν εἶναι ἐφαρμοσίμοι.

64. Προσδιορισμὸς τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς. Ἀπώτερος καὶ τελικὸς σκοπὸς τῆς ἀκτινογραφικῆς ἐρεύνης εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τῆς ἐσωτερικῆς τοπογραφίας τῆς κυψελίδος ἥτοι τῶν συντεταγμένων τῶν ἀποτελούντων αὐτὴν ἀτόμων ὡς πρὸς ἄξονας τὰς τρεῖς αὐτῆς ἀκμάς. Ἡ πορεία τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ ἡ ἐρευνα αὕτη εἶναι ἡ ἐξῆς. Ἐκ τῶν μετρήσεων τῶν ἀκτινογραφημάτων τῶν ληφθέντων κατὰ τινὰ τῶν προηγουμένως περιγραφεισῶν μεθόδων προσδιορίζονται κατὰ πρῶτον αἱ σταθεραὶ τοῦ πλέγματος καὶ βάσει αὐτῶν

και της πυκνότητος σ του σώματος δ αριθμός Z των χημικῶν μονάδων τῶν καθοριζομένων ἀπὸ τὸν χημικὸν αὐτοῦ τύπον, αἵτινες περιέχονται ἐντὸς τῆς κυψελίδος. Ὁ ἀριθμὸς οὗτος εἶναι προφανῶς ἀκέραιος καὶ παρέχεται ἀπὸ τὸν τύπον $Z = V\sigma/1,66\mu$, ἔνθα V ὁ ὄγκος τῆς κυψελίδος μετρηθείσης εἰς μονάδας \AA^3 , σ ἡ πυκνότης καὶ μ τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ σώματος. Ὁ οὕτως ὑπολογιζόμενος ἀριθμὸς μικρὸν διαφέρει τοῦ ἐγγυτέρου τοῦ ἀκεραίου, ὅστις καὶ λαμβάνεται ὡς τιμὴ τοῦ Z . Περαιτέρω προσδιορίζεται ἡ ὁμὰς συμμετρίας, εἰς ἣν ὑπάγεται ὁ κρυστάλλος, κατὰ τὰ λεχθέντα ἐν σελίδι 169. Ἐν ὅψει τῶν στοιχείων συμμετρίας χώρου τῆς ὁμάδος ταύτης ἀναζητεῖται μία δυνατὴ κατανομὴ τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος ἐντὸς αὐτῆς, εἰς τρόπον ὥστε αἱ μεταξὺ τῶν κέντρων τῶν ἀτόμων ἀποστάσεις νὰ μὴ εἶναι κατώτεραι ὠρισμένου ὁρίου καθοριζομένου ἀπὸ τὰς διαστάσεις των νὰ ἐπέρχεται δὲ κορεσμὸς πλήρης τῶν ἠλεκτροστατικῶν πεδίων σθένους, ἐὰν τὰ ἄτομα εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ πλέγματος εἰς κατάστασιν ἰόντων. Βάσει τῶν συντεταγμένων τῶν ἀτόμων τοῦ ὑποθετικοῦ τούτου προτύπου ὑπολογίζονται οἱ παράγοντες δομῆς $F(hkl)$ (σελ. 167) ὅλων τῶν ἀνακλάσεων τῶν περιεχομένων εἰς τὰ ἀκτινογραφήματα αἱ δὲ οὕτω εὐρίσκόμεναι ἐξ ὑπολογισμοῦ τιμαὶ F_{cal} (calculated) συγκρίνονται πρὸς τὰς ἐκ παρατηρήσεως δεδομένας F_{obs} (observed), αἵτινες συνάγονται ἐκ τῶν ἐντάσεων τῶν ἀνακλάσεων. Ἐὰν δὲν ὑπάρχει συμφωνία κατὰ χονδροειδῇ προσέγγισιν ἢ ἀρχικῶς ἐκλεγείσα θέσις τῶν ἀτόμων μεταβάλλεται διὰ μετατοπίσεως αὐτῶν κατὰ μικρὰ κλάσματα τῆς περιόδου καὶ ἡ σύγκρισις ἐπαναλαμβάνεται δι' ἐπανειλημμένων μετατοπίσεων καὶ ὑπολογισμῶν, μέχρις ὅτου ἐπιτευχθῇ ἡ καλυτέρα δυνατὴ συμφωνία μεταξὺ F_{cal} καὶ F_{obs} . Προκειμένου περὶ ἀτόμων μεγάλου ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ, τῶν ὁποίων ὁ ἀτομικὸς παράγων δομῆς εἶναι ὑψηλὸς μικρὰ μεταβολὴ τῆς θέσεώς των κατ' ὀλίγα ἑκατοστὰ \AA ἐπιφέρει σημαντικὰς μεταβολὰς εἰς τὸ σύνολον τῶν ἐξ ὑπολογισμοῦ παραγόντων δομῆς, ἡ δὲ παρακολούθησις τῶν ἐπενεκτέων μεταβολῶν εἰς τὰς θέσεις τοῦ συνόλου τῶν ἀτόμων ἀποβαίνει δυσχερὴς. Ἡ μέθοδος αὕτη ὀνομάζεται «Trial and error». Δι' αὐτῆς παρίσταται ἀνάγκη πολλὰκις νὰ ἐρευνηθοῦν πλεονα τοῦ ἐνὸς δυνατὰ πρότυπα δομῆς, μέχρις ὅτου, ἀποκλειομένων ἐκείνων, διὰ τὰ ὅποια ἡ συμφωνία μεταξὺ F ὑπολογισθέντων καὶ F παρατηρηθέντων ἀποβαίνει ἀδύνατος, εὐρεθῇ ἱκανοποιητικὴ συμφωνία δικαιολογοῦσα τὴν παραδοχὴν τοῦ ἀντιστοίχου προτύπου ὡς ἀντιπροσωπεύοντος τὴν πραγματικὴν δομὴν. Ἡ τελικὴ συμφωνία θεωρεῖται ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν ἀνακλάσεων, τῶν ὁποίων λαμβάνεται ἱκανὸς ἀριθμὸς, ἐνίοτε πολλοὶ ἑκατοντάδες. Ἐντὸς τοῦ συνόλου αὐτοῦ παρουσιάζονται ἐπὶ μέρους ἀνακλάσεις μὲ διαφορὰς τιμῶν σημαντικὰς, αἱ μερικαὶ ὅμως αὐτὰ περιπτώσεις δὲν μειώ- νουν τὴν ἀποδεικτικὴν ἀξίαν τοῦ συνόλου. Ὡς κριτήριον ἀξιολογίας ἐνὸς προτύπου χρησιμεύει ὁ λόγος $R = \frac{\sum |F_{\text{obs}} - F_{\text{cal}}|}{\sum |F_{\text{obs}}|}$ τοῦ ἀροίσματος τῶν

ἀπολύτων τιμῶν τῶν διαφορῶν διὰ τοῦ ἀθροίσματος τῶν ἀπολύτων τιμῶν τῶν ἐκ παρατηρήσεως παραγόντων δομῆς. Ὄταν ὁ λόγος οὗτος εἶναι περίπου 0,20 εἶναι σχεδὸν βέβαιον ὅτι ἡ δομὴ εἶναι ὀρθή. Αἱ μεμονωμένα ἀσυμφωναί, αἱ ὁποῖαι ἐμφανίζονται καὶ εἰς τὰς μᾶλλον ἐπιμελημένας ἐρεῦνας, ὀφείλονται εἰς τὴν ἐπίδρασιν διαφορῶν παραγόντων, τῶν ὁποίων ὁ ἀκριβὴς ἔλεγχος εἶναι δυσχερὴς. Εἰς λίαν ἐπιμελημένας ἐρεῦνας ὁ λόγος R φθάνει τὴν τιμὴν 0,10. Ὁ μακρὸς χρόνος, ὁ ὁποῖος ἀνηλίσκετο ἄλλοτε εἰς ἐπανελημμένους δοκιμαστικούς ὑπολογισμούς μέχρις ἐπιτυχίας τῆς τελικῆς συμφωνίας, ἐμειώθη εἰς ἐλάχιστον σήμερον μετὰ τὴν χρῆσιν τῶν ἠλεκτρονικῶν ὑπολογιστῶν.

Αἱ μέχρι τοῦ 1928 μελετηθεῖσαι κρυσταλλικαὶ δομαὶ ἠρυνήθησαν διὰ τῆς μεθόδου trial and error. Ἡ συνεχῶς προϊούσα ἐρευνά πρὸς μελέτην ἐνώσεων ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πολυπλόκων ἡγαγεν εἰς τὴν ἐπινόησιν νέων μεθόδων λογισμοῦ. Ὁ Bragg ἐνεκαίνισε μέθοδον, κατὰ τὴν ὁποίαν εἰσάγονται ἀπ' εὐθείας αἱ πειράματικῶς εὐρεθεῖσαι τιμαὶ F_{hkl} ὡς ὅροι σειρῶν Fourier, δι' ὃ καὶ ἡ μέθοδος αὕτη λογισμοῦ ὠνομάσθη σύνθεσις Fourier.

Κατὰ τὴν θεωρίαν τὴν ἄγουσαν εἰς τὴν μέθοδον αὐτὴν λογισμοῦ ἡ κυψελὶς θεωρεῖται ὡς χώρος πληρούμενος ὑπὸ ἠλεκτρονίων μετὰ διάφορον πυκνότητα εἰς διάφορα σημεῖα αὐτοῦ. Τὰ σημεῖα μεγίστης ἠλεκτρονικῆς πυκνότητος συμπίπτουν πρὸς τὰ κέντρα τῶν ὑλικῶν μονάδων (ἀτόμων ἢ ἰόντων). Ἡ ἠλεκτρονικὴ πυκνότης $\rho(x, y, z)$ εἰς σημεῖον τῆς κυψελίδος ἔχον συντεταγμένας x, y, z παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου

$$\rho(xyz) = \sum_{-\infty}^{\infty} \sum_{-\infty}^{\infty} \sum_{-\infty}^{\infty} \pm \frac{F_{hkl}}{V} e^{-2\pi i \left(\frac{hx}{a} + \frac{ky}{b} + \frac{lz}{c} \right)}$$

ἐνθα V ὁ ὄγκος τῆς κυψελίδος καὶ a, b, c αἱ τρεῖς ἀκμαὶ αὐτῆς. Ὁ ὅρος $F(000)$ ἰσοῦται πρὸς τὸν ὀλικὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων τῆς κυψελίδος. Διὰ κρύσταλλον ἔχοντα κέντρον συμμετρίας, τὸ ὁποῖον λαμβάνεται ὡς ἀρχὴ τῶν ἀξόνων συντεταγμένων ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἀποβαίνει

$$\rho(xyz) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \sum_{-\infty}^{+\infty} \sum_{-\infty}^{+\infty} \pm \frac{F_{hkl}}{V} \sin 2\pi \left(\frac{hx}{a} + \frac{ky}{b} + \frac{lz}{c} \right)$$

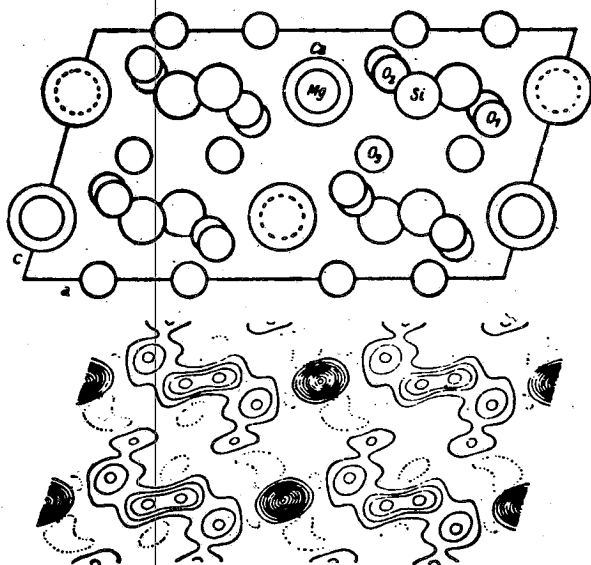
Εἰς τὴν ὑπὸ τοῦ Bragg εἰσαχθεῖσαν μέθοδον τῆς συνθέσεως Fourier ἀντὶ τῆς ἠλεκτρονικῆς πυκνότητος ἐν τῷ χώρῳ θεωρεῖται ἡ προβολὴ αὐτῆς ἐφ' ἑνὸς τῶν τριῶν πινακοειδῶν παραλλήλως πρὸς τὸν τρίτον ἀξονα. Ἡ προβολὴ αὕτη εἰς σημεῖον x, y τοῦ ἐπιπέδου (001) παραλλήλως πρὸς τὸν ἀξονα c παρέχεται ἀπὸ τὴν σχέσιν

$$\sigma(xy) = \sum_{-\infty}^{\infty} \sum_{-\infty}^{\infty} \pm \frac{F_{hko}}{A} \sin 2\pi \left(\frac{hx}{a} + \frac{ky}{b} \right)$$

ἐνθα A τὸ ἐμβαδὸν τῆς προβολῆς. Ἀνάλογοι τύποι ἰσχύουν καὶ διὰ τὰς ἄλλας

δύο προβολές των τιμών σ_{xz} επί (010) και σ_{yz} επί (100).

Κατά την εφαρμογήν της μεθόδου ταύτης χωρίζεται ἡ ὅλη προβολή εἰς ἴσα παραλληλόγραμμα διαιρουμένων τῶν δύο ἀκμῶν της εἰς ἀριθμὸν τινα ἴσων μερῶν λ.χ. 60 καὶ ἀγομένων ἐκ τῶν σημείων διαιρέσεως παραλλήλων πρὸς τοὺς δύο ἄξονας. Αἱ τιμαὶ σ_{xy} ὑπολογίζονται διὰ τὰς κορυφὰς τῶν παραλληλογράμμων αὐτῶν καὶ σημειοῦνται παρ' αὐτάς. Ὅταν ἡ ἐπισήμανσις ὅλων τῶν σημείων ὀλοκληρωθῇ, ἄγονται καμπύλαι ἴσης ἡλεκτρονικῆς πυκνότητος. Εἰς τὸ οὕτω προκύπτον σχέδιον ἡ παρουσία τῶν ἀτόμων ἐκδηλοῦται ἐν ἀναλογίᾳ πρὸς τοπογραφικὸν σχέδιον ὑπὸ μορφήν ἀνάγλυφον ἐν εἶδει στρογγύλων λόφων μὲ σαφῆ συνήθως ὅρια ἐπιτρέποντα νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν προβαλλομένων ἡλεκτρονίων καὶ ἐπομένως καὶ τὸ εἶδος τοῦ ἀτόμου, τὸ ὁποῖον ἀντιπροσωπεύει ἡ προβολὴ αὐτὴ (σχ. 318). Διὰ δύο τοιούτων συνθέσεων



Σχ. 318

Προβολὴ τῆς ἡλεκτρονικῆς πυκνότητος τοῦ διοσπιδίου ἐπὶ (010) ἐν συγκρίσει πρὸς προβολὴν τῆς δομῆς του

διπλῶν σειρῶν Fourier λαμβάνονται προβολαὶ ἐπὶ δύο πινακοειδῶν καὶ ἐξ αὐτῶν εὐρίσκονται καὶ αἱ τρεῖς συντεταγμέναι τῶν ἀτόμων.

Ἡ μέθοδος αὕτη θὰ ἠδύνατο νὰ χαρακτηρισθῇ ὡς ἄμεσος μέθοδος προσδιορισμοῦ τῆς δομῆς ὡς χρησιμοποιοῦσα τὰ ἄμεσα πειραματικὰ δεδομένα, τὰς τιμὰς F_{hkl} τὰς εὐρεθείσας ἐκ τῶν ἐντάσεων τῶν περιθλωμένων ἀκτίνων. Ἀπομένει ἐν στοιχείῳ ἀκαθόριστον πειραματικῶς, τὸ θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν

τῶν τιμῶν F_{hkl} . Αἱ τιμαὶ αὗται εἶναι ἀνάλογοι τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τῶν ἐντάσεων καὶ ἐπομένως μόνον ἡ ἀπόλυτος τιμὴ τῶν εἶναι γνωστὴ. Τὸ σημεῖον φάσεως+ ἢ - δύναται νὰ εὑρεθῇ, μόνον ἐὰν τὸ πρότυπον δομῆς ᾗτοι αἱ συντεταγμέναι τῶν ἀτόμων εἶναι κατὰ προσέγγισιν γνωσταί. Κατὰ ταῦτα ἡ σύνθεσις Fourier δὲν δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ὡς ἀνεξάρτητος μέθοδος προσδιορισμοῦ τῆς δομῆς. Ἀφοῦ προηγηθῇ ἀνάλυσις κατὰ τὴν μέθοδον trial and error παρέχουσα κατὰ προσέγγισιν τὴν θέσιν τῶν ἀτόμων, λαμβάνονται τὰ σημεῖα τῶν τιμῶν F_{hkl} ἐκ τῶν δεδομένων τῆς ἀναλύσεως αὐτῆς καὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν σύνθεσιν Fourier. Οὕτως ἐπιτυγχάνεται ταχύτερον ἢ εὐρεσις τῶν ἀκριβῶν τιμῶν τῶν συντεταγμένων μετὰ μέθοδον λογισμοῦ ἀσφαλῆ καὶ ἀποφεύγεται ἡ χρονοτριβὴ μακρῶν ἀναζητήσεων τῶν καταλλήλων μεταβολῶν θέσεως τῶν ἀτόμων καὶ μακρῶν λογισμῶν.

Διὰ τὴν εὑρεσιν τῶν συντεταγμένων τῶν ἀτόμων διὰ συνθέσεως Fourier εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἀντὶ τῶν ἀπολύτων τιμῶν F_{hkl} , αἱ ὁποῖαι ἀπαιτοῦν λεπτομερεῖς μετρήσεις τῶν ἐντάσεων καὶ μακρὸν πρὸς τοῦτο χρόνον, σχετικαὶ τιμαὶ συναγόμεναι διὰ φωτομετρήσεως τῶν κηλίδων ἀκτινογραφημάτων. Σύνθεσις Fourier ἐκτελουμένη μετὰ τὰς σχετικὰς αὐτὰς τιμὰς δὲν θὰ δώσῃ τὸν πραγματικὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὅποια περιέχονται εἰς ὥρισμένον μέγιστον πυκνότητος τῆς προβολῆς, ἀφ' ἧνης ὅμως ἄθικτον τὴν θέσιν τῶν μεγίστων αὐτῆς, ἡ ὁποία καὶ ἐνδιαφέρει διὰ τὴν εὑρεσιν τῶν συντεταγμένων τῶν ἀτόμων. Οὕτω διὰ τὸν προσδιορισμὸν πλείστων δομῶν μετὰ περὶ ὁρισμένον ἀριθμὸν παραμέτρων ἐχρησιμοποιήθησαν ἐπιτυχῶς αἱ σχετικαὶ τιμαὶ F_{hkl} αἱ φωτογραφικῶς ἐκτιμηθεῖσαι.

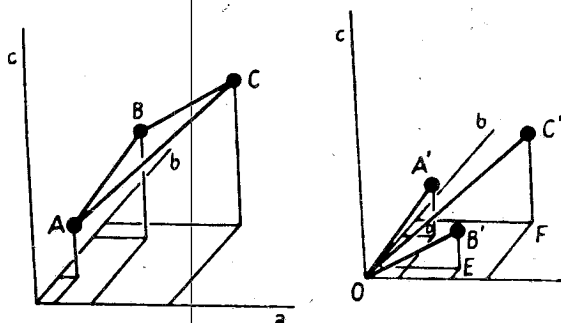
Ἐτέρᾳ μέθοδος λογισμοῦ πραγματικὰ ἄμεσος, χρησιμοποιοῦσα μόνον τὰ πειραματικὰ δεδομένα τῶν ἐντάσεων εἰσῆχθη ὑπὸ τοῦ Patterson. Κατ' αὐτὴν χρησιμοποιοῦνται εἰς σύνθεσιν σειρῶν Fourier καθ' ὅμοιον μετὰ τὸν προηγούμενως ἐκτεθέντα τρόπον ἀντὶ τῶν τιμῶν F_{hkl} , τῶν ὁποίων τὸ σημεῖον ἐμμέσως ἐπιχειρεῖται νὰ εὑρεθῇ, αἱ τιμαὶ F_{hkl}^2 , αἱ ὁποῖαι λαμβάνονται ἀπ' εὐθείας ἐκ τῶν μετρήσεων τῶν ἐντάσεων.

Ἡ συνάρτησις Patterson

$$P_{xyz} = \frac{1}{V^2} \sum \sum \sum F_{hkl}^2 \sin 2\pi (hX + kY + LZ)$$

ἐφαρμοζομένη καθ' ὅμοιον τρόπον δίδει μέγιστα τιμῶν P εἰς τὸν χώρον τῆς κυψελίδος, τὰ ὅποια ἐνούμενα μετὰ τὴν ἀρχὴν αὐτῆς δι' εὐθείας δίδουν ἀνύσματα ἀντιπροσωπεύοντα κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν ἀποστάσεις μεταξὺ ἀτόμων τῆς κυψελίδος σ.χ. 319. Ἡ τιμὴ ἐκάστου μεγίστου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ἀτομικῶν ἀριθμῶν τῶν ἀτόμων, τὰ ὅποια συνδέει τὸ ἄνυσμα. Εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς προβολῆς Patterson ἐμφανίζεται μέγιστον μετὰ πολὺ ὑψηλὴν τιμὴν. Ἐνταῦθα ἀθροίζονται τὰ τετράγωνα τῶν ἀτομικῶν ἀριθμῶν ὅλων τῶν ἀτόμων τῆς κυψελίδος, ἀναφερόμενα εἰς ἀποστάσεις ἀτόμων ἀπ' ἐαυτῶν.

Ἡ προβολὴ Patterson ἐκτελεῖται συνήθως καὶ αὐτὴ ὡς σύνθεσις διπλῶν σειρῶν Fourier προβαλλομένη ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων (100), (010), (001). Ἐκ τῶν δεδομένων τῆς προβολῆς Patterson ἀπομένει νὰ ἀναχθῇ τις διὰ καταλλήλου συνθέσεως τῶν ἀτομικῶν ἀνυσμάτων εἰς τὴν προβολὴν τῆς κυψελίδος.



Σχ. 319

Σχέσις διανυσμάτων προβολῆς Patterson πρὸς τὰς θέσεις τῶν ἀτόμων



Ἡ σύσχεσις αὐτή, δυνατὴ δι' ἐνώσεις αἱ ὁποῖαι περιλαμβάνουν ἓν ἢ δύο βαρέα ἄτομα, ἀποβαίνει λίαν δυσχερὴς ἢ καὶ ἀδύνατος ἐπὶ ἐνώσεων μὲ μεγαλύτερον ἀριθμὸν βαρέων ἀτόμων, διότι τὰ μέγιστα πολλαπλασιάζονται καὶ ἡ ὑπαγωγὴ τῶν ἀντιστοίχων ἀνυσμάτων εἰς ὠρισμένον ζεύγος ἀτόμων δὲν εἶναι μετὰ βεβαιότητος ἐφικτή. Ὁ Harker εἰσάγων δεδομένα ἐκ τῆς συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου ἐπέφερεν ἀπλοποιήσεις εἰς τὴν χρῆσιν τῆς μέθόδου Patterson. Ἀξιόλογοι προσοτῆκαι ἐγένοντο ὑπὸ τοῦ Buerger ἐπαυξάνουσαι τὰς δυνατότητας χρήσεως αὐτῆς. Προτάθη ἐπίσης μέθοδος εὑρέσεως τοῦ σημείου τουλάχιστον μέρους τῶν παραγόντων δομῆς F_{hkl} ὑπὸ τῶν Harker καὶ Kasper βάσει μαθηματικῶν ἀνισοτήτων συναγομένων ἐκ τῶν πειραματικῶν δεδομένων τῶν ἐντάσεων, ἡ ὁποία εἰς τινὰς περιπτώσεις ἔδωκεν ἀποτελέσματα ἱκανοποιητικά.

III. ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΧΗΜΕΙΑ

Κατὰ τὸ διαρρεῦσαν ἀπὸ τῆς ἀνακαλύψεως τοῦ Laue χρονικὸν διάστημα ἐμελετήθη πλήρως ἡ δομὴ τοῦ μεγαλύτερου μέρους τῶν ἀνοργάνων ἐνώσεων καὶ πολλῶν ὀργανικῶν. Τὰ πορίσματα τῶν ἐρευνῶν αὐτῶν ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὴν ἐρμηνεῖαν τῆς βαθυτέρας αἰτίας, εἰς ἣν ὀφείλονται αἱ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ ἰδιότητες τῶν στερεῶν. Αἱ ἰδιότητες, ὑπὸ τὰς ὁποίας μᾶς ἐμφανίζονται τὰ διάφορα σώματα, ἐξαρτῶνται εἰς τελικὴν ἀνάλυσιν ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἀποτελούντων αὐτὰ ἀτόμων καὶ ἐκ τῶν δυναμικῶν πεδίων, τὰ ὁποῖα δημιουργοῦν τὰ ἄτομα ταῦτα.

Ἡ μορφή τῶν πεδίων τούτων ἐξαρτᾶται ἐκτὸς ἄλλων παραγόντων καὶ ἐκ τῆς σχετικῆς πρὸς ἄλλα θέσεως τῶν ἀτόμων, ἐκ τῆς τοπογραφίας τῆς κυψελίδος, δι' ἣν καὶ ἡ ἐξακριβωσις αὐτῆς ἀποτελεῖ ἀπαραίτητον βάσιν τῆς τοιαύτης ἐρμηνευτικῆς προσπάθειας.

Ἐκ τῆς συντελεσθείσης ἐρεύνης εἰς τὸ πεδῖον τοῦτο συνεκεντρώθη σύνολον γνώσεων ἀναφερομένων εἰς τὰς σχέσεις μεταξὺ κρυσταλλικῆς δομῆς τῶν σωμάτων καὶ τῶν φυσικῶν καὶ χημικῶν αὐτῶν ιδιοτήτων. Αἱ γνώσεις αὗται ἀποτελοῦν ἴδιον κεφάλαιον τῆς Κρυσταλλογραφίας τὸ τῆς Χημείας τῶν κρυστάλλων ἢ *Κρυσταλλοχημείας*. Περαιτέρω θὰ ἐκτεθοῦν τινα ἐκ τῶν σπουδαιότερων κρυσταλλοχημικῶν πορισμάτων, τὰ ὅποια ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὰς ἐφαρμογὰς των εἰς τὴν Ὀρυκτολογίαν.

65. Δυνάμεις συνδέουσαι τὰ ἄτομα πρὸς ἄλληλα. Αἱ δυνάμεις αἱ συνδέουσαι τὰς ὑλικὰς μονάδας, αἱ ὅποια ἀποτελοῦν τὸν κρυστάλλον, διακρίνονται εἰς τέσσαρας κατηγορίας.

1. *Σύνδεσις ἑτεροπολική.* Εἰς πλείστας ἐνώσεις τὰ ἄτομα εὐρίσκονται εἰς κατάστασιν ἰόντων καὶ εἰς τὴν κρυσταλλικὴν φάσιν. Αἱ μεταξὺ τῶν φορτίων τῶν ἰόντων ἡλεκτροστατικά ἐλξεις καὶ ὤσεις κατὰ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εἶναι ἐκ τῶν οὐσιωδῶν παραγόντων, οἱ ὅποιοι καθορίζουν τὴν διάταξιν τῶν ὑλικῶν αὐτῶν μονάδων ἐντὸς τῆς κυψελίδος καὶ ἐρμηνεύουν πολλὰς φυσικὰς καὶ χημικὰς ιδιότητες τῶν πλεγμάτων ἰόντων. Ἡ σύνδεσις αὕτη καλεῖται *ιοντική ἢ ἑτεροπολική*. Ἐκτὸς τῆς ἑλξεως ἀσκειῖται καὶ ἀπωσις μεταξὺ κατιόντος ἀνιόντος, ἡ ὁποία ἰσοῦται πρὸς τὴν ἑλξιν εἰς τὴν ἀπόστασιν ἰσορροπίας αὐτῶν. Σμικρυνομένης τῆς ἀποστάσεως ἡ ὠστική δύναμις αὐξάνεται πολὺ περισσότερον, παρ' ὅ,τι θὰ ἀπῆτει ὁ νόμος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως, ὥς δεικνύει τὸ ἐλάχιστον πιεστὸν τῶν κρυστάλλων αὐτῶν.

Πλέγμα μὲ σύνδεσιν ἰόντων εἶναι λ.χ. τὸ τοῦ NaCl (σχ. 323, σελ. 234).

Τὸ ἀσφαλέστερον κριτήριον πρὸς διάγνωσιν τοῦ εἶδους συνδέσεως τῶν ἀτόμων ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τῆς ἡλεκτρονικῆς πυκνότητος διὰ συνθέσεως Fourier κατὰ τὰ ἐν σελ. 224 ἐκτεθέντα. Προκειμένου περὶ ἑτεροπολικῆς συνδέσεως ἡ ἡλεκτρονικὴ πυκνότης μεταξὺ γειτονικῶν ἀτόμων λαμβάνει πρακτικῶς τιμὴν μηδέν. Ἡ μέθοδος ὅμως αὕτη ἀπαιτοῦσα μακρὰν ἐργαστηριακὴν καὶ λογιστικὴν ἐργασίαν δὲν εἶναι πρακτικῶς ἐφαρμόσιμος εἰς πᾶσαν περίπτωσιν. Ὡς προχειρότερον κριτήριον χρησιμεύουν κυρίως ὠρισμένοι φυσικαὶ ιδιότητες τῶν κρυστάλλων, αἱ ὅποια εἶναι συνέπεια τοῦ τρόπου συνδέσεως τῶν ἀτόμων, ἐκ τῶν ὁποίων συνίστανται. Ὡς κύριον κριτήριον τῆς ἑτεροπολικῆς συνδέσεως θεωρεῖται ἡ ἡλεκτρικὴ ἀγωγιμότης. Αἱ ἑτεροπολικαὶ ἐνώσεις ἐν τετηκυῖα καταστάσει εἶναι καλοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐνῷ ἐν στερεᾷ καταστάσει θεωρητικῶς εἶναι μονωταί. Εἷς τινὰς περιπτώσεις ἰοντικοὶ κρυστάλλοι ἐμφανίζουν μικρὰν ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα, ποσοτικῶς ἀσήμαντον ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν ἀγωγιμότητα τῶν

μετάλλων. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν ὑπαρξίν ἐντὸς τοῦ πλέγματος θέσεων κενῶν ἰόντων ἢ κατεχομένων ἀπὸ ἄτομα οὐχὶ κανονικῶς κείμενα. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ αἱ ἀνωμαλῖαι αὗται μεταναστεύουσιν προκαλοῦν τὴν ἐνίοτε παρατηρουμένην λίαν ἀσθενῆ ἀγωγιμότητα. Ἄλλη ἰδιότης χαρακτηριστικὴ τῶν ἰοντικῶν πλεγμάτων εἶναι ἡ ὑψηλὴ ἀνακλαστικὴ ἱκανότης αὐτῶν ὠρισμένων μακροῦ μήκους κύματος ἀκτίνων τοῦ ὑπερύθρου φάσματος (Reststrahlen). Τὰ μήκη ταῦτα εἶναι διὰ τὸ NaCl 52,8 μm , διὰ τὸ KCl 63 μm , διὰ τὸ KBr 83 μm , διὰ τὸ KJ 94 μm . Αἱ ἠλεκτρομαγνητικαὶ αὗται κυμάνσεις ἐρμηνεύονται ὡς ἀποτέλεσμα τῆς θερμικῆς ταλαντώσεως τοῦ πλέγματος τῶν κατιόντων ὡς πρὸς τὸ πλέγμα τῶν ἀνιόντων. Τὰ κριτήρια ὅμως αὐτὰ δὲν εἶναι πάντοτε ἀσφάλῃ. Ἐνώσεις ὡς τὸ SiC καὶ ὁ AgJ, αἱ ὁποῖαι δὲν θεωροῦνται καθαρῶς ἑτεροπολικαί, παρουσιάζουν καὶ ἠλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα καὶ χαρακτηριστικὰ ἀνακλάσεις εἰς τὸ ὑπερύθρον.

Ὁ συντελεστὴς θερμικῆς διαστολῆς τῶν ἑτεροπολικῶν κρυστάλλων εἶναι μικρὸς, τῆς τάξεως μεγέθους 10^{-7} καὶ ἐπὶ τοσοῦτον μικρότερος, ὅσον ἡ ἀπόστασις τῶν ἰόντων εἶναι μικροτέρα καὶ τὸ σθένος αὐτῶν μεγαλύτερον.

2. *Σύνδεσις ὁμοιοπολική.* Εἶναι ἡ συνδέουσα δύο ὅμοια ἄτομα ὡς Cl, O κ.λ.π. πρὸς ἀποτελέσιν διατομικοῦ μορίου. Κατὰ τὴν σύνδεσιν αὐτὴν τὰ δύο ἄτομα ἔχουν ζεῦγος ἢ ζεύγη ἠλεκτρονίων κοινά, οὕτως ὥστε ἕκαστον ἄτομον νὰ πραγματοποιῇ τὴν εὐσταθῆ περιφερειακὴν στιβάδα με 8 ἠλεκτρόνια. Τὸ Cl με 7 περιφερειακὰ ἠλεκτρόνια συνδέεται με ἄλλο ἄτομον χλωρίου με κοινὸν ζεῦγος ἠλεκτρονίων, τὸ O (6 περιφερειακὰ ἠλεκτρόνια) με δύο ζεύγη κοινῶν ἠλεκτρονίων κατὰ τὸ σχῆμα:

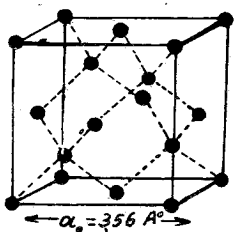


Διὰ τὸν ἄνθρακα με 4 περιφερειακὰ ἠλεκτρόνια τοιαύτη σύνδεσις ἀπαιτεῖ καὶ τὰ 4 ἠλεκτρόνια ἐκάστου ἀτόμου νὰ εἶναι κοινὰ εἰς δύο γειτονικά ἄτομα. Ἡ διάταξις αὕτη ἔχει εἰς σύνδεσιν ἀπεριορίστου ἀριθμοῦ ἀτόμων πρὸς τριδιάστατον οἰκοδόμημα, οἷον πραγματοποιεῖ τὸ πλέγμα τοῦ ἀδάμαντος (σχ. 320). Εἰς αὐτὸ ἕκαστον ἄτομον ἄνθρακος περιβάλλεται ὑπὸ 4 ὁμοίων ἀτόμων εἰς τὰς κορυφὰς κανονικοῦ τετραέδρου καὶ εἰς ἀπόστασιν 1,53 Å ἀπὸ τοῦ κεντρικοῦ. Ἡ τετραεδρική διάταξις τῶν σθενῶν τῶν ἀτόμων ἄνθρακος εἰς τὸν ἀδάμαντα εἶναι ἡ αὐτὴ πρὸς τὴν τῶν λιπαρῶν ὀργανικῶν ενώσεων.

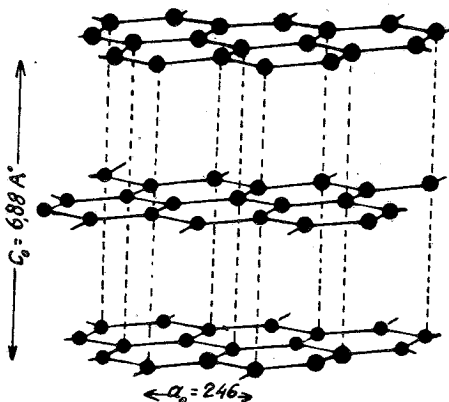
Τὸν αὐτὸν τύπον πλέγματος ἔχουν καὶ τὰ στοιχεῖα Si, Ge καὶ ὁ αSn. Ἐπίσης ἡ ἔνωσις BN.

Ὁ ἄνθραξ ἐμφανίζεται καὶ με ἄλλην μορφήν πλέγματος ὡς γραφίτης (σχ. 321) συμμετρίας ἐξαγωνικῆς. Εἰς αὐτὸν ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων (0001) ἕκαστον ἄτομον C περιβάλλεται ἀπὸ τρία ἐγγύτατα εἰς ἀπόστασιν 1,45 Å κείμενα ἐπὶ τῶν κορυφῶν ἰσοπλεύρου τριγώνου καὶ τέταρτον εἰς κάθετον ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου τούτου ὑπερδιπλασίαν (3,41 Å). Ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων (0001)

τὰ άτομα τοῦ C σχηματίζουν ἐξαγωνικούς δακτυλίους εἰς διάταξιν γνωστὴν ἀπὸ τὰ μόρια τῶν ἀρωματικῶν ἐνώσεων βεβαιωθεῖσαν εἰς αὐτὰς καὶ ἀκτινογραφικῶς. Τὰ ἐπίπεδα αὐτὰ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων εὐρισκόμενα



Σχ. 320
Δομή τοῦ ἀδάμαντος



Σχ. 321
Δομή τοῦ γραφίτου

συνδέονται μὲ σύνδεσιν ἄλλης φύσεως ἀσθενῶς μεταλλικὴν, δι' ἣν καὶ ἀποχωρίζονται εὐκόλως ἀπ' ἀλλήλων μὲ ἀπλὴν ἐπαφήν. Εἰς τὰ δομικά του αὐτὰ χαρακτηριστικὰ ὀφείλει ὁ γραφίτης τὰς ιδιότητάς του νὰ εἶναι λίαν μαλακός, ἀδιαφανής καὶ ἀγωγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν μεικτὴν σύνδεσιν ἐν μέρει ὁμοιοπολικήν, ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων (0001), καὶ ἐν μέρει μεταλλικὴν. Ὁ μικτὸς τύπος συνδέσεως εἶναι ὁ συνηθέστερον ἀπαντῶμενος εἰς τὰ πλεῖστα τῶν πλεγμάτων, σύνδεσις κατὰ ἓνα μόνον τύπον εἶναι σπανία.

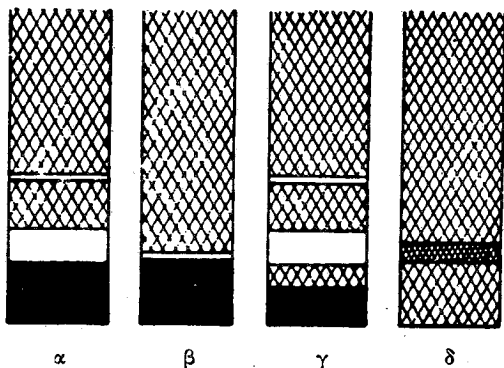
Ἡ αἰτιολογία τῆς ὁμοιοπολικῆς συνδέσεως ὥς ὀφειλομένης εἰς ζεῦγος ἡλεκτρονίων κινουμένων ἐπὶ κοινῆς τροχιάς δικαιολογεῖ ὠρισμένην ἐν τῷ χώρῳ κατεύθυνσιν τῶν ὁμοιοπολικῶν σθενῶν. Ἐνῶ εἰς ἑτεροπολικὴν σύνδεσιν μορίου KA_2 ἐξ ἐνὸς δισθενοῦς κατιόντος K μὲ δύο μονοσθενῆ ἀνιόντα A αἱ ἀμοιβαῖαι ἡλεκτρικαὶ ἑλξεις καὶ ἀπώσεις ἀπαιτοῦν τὰ τρία ἰόντα νὰ κεῖνται ἐπ' εὐθείας κατὰ τὸ σχῆμα A - K - A, ἐπὶ ὁμοιοπολικῆς συνδέσεως τὰ σθένη σχηματίζουν γωνίαν διάφορον τῶν 180° . Ἀποτέλεσμα τῆς κατευθυνομένης αὐτῆς ὁμοιοπολικῆς συνδέσεως εἶναι ὁ ἀριθμὸς συντάξεως τῶν ἀτόμων εἰς τὰς ὁμοιοπολικὰς ἐνώσεις νὰ εἶναι μικρός. Κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὰς ἑτεροπολικὰς ἐνώσεις αἱ ὁμοιοπολικαὶ δὲν εἶναι ἀγωγοὶ ἐν τετηκεῖα καταστάσει. Ἐκλεκτικὴ ἀπορρόφησις τοῦ φωτὸς εἰς ὠρισμένην περιοχὴν τοῦ φάσματος παρέχει ἐν τινι μέτρῳ ἑνδείξιν περὶ τῆς ἐντάσεως τῆς ὁμοιοπολικῆς συνδέσεως. Εἰς τὸν ἀδάμαντα μὲ τὴν λίαν ἰσχυρὰν ὁμοιοπολικὴν σύνδεσιν ἐμφανίζεται

ἐντονος ἀπορρόφησης εἰς τὸ ὑπεριῶδες, ἐνῶ εἰς τὸ πυρίτιον μὲ τὴν ἀσθενεστέραν σύνδεσιν εἰς τὸ ὀρατὸν τμήμα τοῦ φάσματος.

Ἡ ταυτότης τοῦ τύπου συνδέσεως εἰς τὸν ἀδάμαντα δικαιολογεῖ τὸ νὰ θεωρηθῇ ὁλόκληρος ὁ κρύσταλλος ὡς γιγαντιαῖον μόριον. Τὴν βαθυτέραν ἐρμηνείαν τῆς φύσεως τοῦ ὁμοιοπολικοῦ δεσμοῦ παρέχει ἡ κυματομηχανική.

3. *Σύνδεσις μεταλλική.* Εἶναι ἡ τῶν πλεγμάτων τῶν μετάλλων. Ταῦτα δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἀποτελούμενα ἀπὸ ἀτομικοὺς πυρῆνας θετικῶς φορτισμένους ἐμβαπτισμένους ἐντὸς νέφους ἡλεκτρονίων, μὲ τὴν ἑξῆς τῶν ὁποίων συνδέονται πρὸς ἀποτελεσιν τοῦ στερεοῦ. Τὸ εὐκίνητον τῶν ἐλευθέρων αὐτῶν ἡλεκτρονίων ἐξηγεῖ τὴν ἡλεκτρικὴν καὶ θερμικὴν ἀγωγιμότητα τῶν μετάλλων καὶ τὸ σταθερὸν τοῦ λόγου τῆς θερμικῆς πρὸς τὴν ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα (νόμος Wiedemann - Franz). Ἡ ἀπλὴ αὕτη ὑπόθεσις ἐπὶ τῆς ἡλεκτρικῆς συνδέσεως δὲν ἐπαρκεῖ διὰ τὴν ἐρμηνεῖαν ἄλλων φαινομένων. Τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια θὰ ἔπρεπε νὰ συμμετέχουν εἰς τὸν καθορισμὸν τῆς τιμῆς τῆς εἰδικῆς θερμότητος τῶν μετάλλων, ἐνῶ κατὰ τὸν νόμον Dulong - Petit αὕτη καθορίζεται ὑπὸ μόνων τῶν ἀτόμων. Ἡ ὀριστικὴ μορφή τῆς θεωρίας τῶν μετάλλων διεμορφώθη ὑπὸ τοῦ Bloch. Κατ' αὐτὴν τὰ ἡλεκτρόνια δὲν θεωροῦνται ἐλεύθερα εἰς τὴν κίνησίν των, ἀλλὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ ἐπίδρασις τοῦ περιοδικοῦ ἡλεκτρονικοῦ πεδίου τοῦ πλέγματος. Ἐνῶ εἰς τὸ ἐλεύθερον ἄτομον κατὰ τὸ πρότυπον τοῦ Bohr τὰ ἡλεκτρόνια κινοῦνται ἐπὶ καθωρισμένων τροχιῶν καὶ κατὰ συνέπειαν αἱ στάθμαι ἐνεργείας τοῦ ἀτόμου εἶναι τελείως καθωρισμέναι, αὗται εἰς τὰ ἄτομα ἐντὸς τοῦ πλέγματος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ συνόλου τῶν ἀτόμων του, ἔστωσαν ταῦτα n τὸν ἀριθμὸν, διχσπῶνται εἰς ἓν ἕκαστον ἄτομον εἰς $2n$ τὸν ἀριθμὸν ὅρους ἐγγυττάτους πρὸς ἀλλήλους, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀποτελοῦν συνεχῇ ταινίαν, ἐντὸς τῆς ὁποίας τὰ ἡλεκτρόνια δύνανται νὰ πραγματοποιοῦν συνεχῇ σειρὰν ἐνεργητικῶν κατastάσεων. Οὕτω τὸ φάσμα κατastάσεων ἐνεργείας τῶν ἡλεκτρονίων ἐντὸς τοῦ πλέγματος ἀποτελεῖται ἀπὸ ζώνας ἐπιτρεπομένας, μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεμβάλλονται ζῶναι ἀπηγορευμένα ἐνεργητικῶν κατastάσεων. Δοθέντος ὅτι κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ Pauli ὀρισμένη κβαντικὴ κατastasis εἶναι δυνατὸν νὰ κατέχεται μόνον ἀπὸ ἓν ἡλεκτρόνιον, οἱ $2n$ ὅροι ἑκάστης ταινίας ἐπιτρεπομένης ἐνεργείας μόνον $2n$ ἡλεκτρόνια δύνανται νὰ περιέχουν. Ἐὰν ἡ ἐπιτρεπομένη ταινία εἶναι πλήρης, οὐδεμία μετακίνησις ἡλεκτρονίων εἶναι δυνατή, ἡλεκτρικὴ ἀγωγιμότης εἶναι ἀδύνατος, ὁ κρύσταλλος εἶναι μονωτής. Ἐὰν ὅμως ὑπάρχουν ζῶναι ἐνεργείας, τῶν ὁποίων οἱ ὅροι μερικῶς κατέχονται, τὰ ἡλεκτρόνια ἐντὸς αὐτῶν δύνανται νὰ μεταπηδήσουν εἰς ἄλλην στάθμην ἐνεργείας, ὅποτε ἡ ἀγωγή τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἀποβαίνει δυνατή. Τὸ σχῆμα 322 παριστᾷ σχηματικῶς διαφόρους τύπους κατανομῆς ἐνεργητικῆς κατastάσεως. Εἰς τὸ σχ. β ἡ ἀπηγορευμένη ζώνη εἶναι πολὺ στενὴ καὶ δι' ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας εἶναι δυνατὸν εἰς ἡλεκτρόνιον νὰ τὴν ὑπερπηδῇ καὶ νὰ

μεταπηδήσει εις ανωτέραν ταινίαν εμφανίζουσιν κενά, τὸ σῶμα ὑψουμένης τῆς θερμοκρασίας του ἀποβαίνει ἡμιαγωγός. Εἰς τὸ σχ. δ, ἔνθα δύο ζῶναι ἐνεργείας ἐπικαλύπτονται, καὶ ἂν ἐτι αἱ ζῶναι ἐνεργείας εἶναι πλήρεις, εἶναι δυνατὴ ἡ μεταπήδησις ἡλεκτρονίου εἰς ανωτέραν στάθμην ἐνεργείας. Τοιαῦται ἐπικαλύψεις ζωνῶν εἶναι ἐπὶ τοσοῦτον συχνότεραι, ὅσον οἱ διάφοροι ὅροι ἐνεργείας τῶν ἀτόμων εἶναι πυκνότεροι ἤτοι ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τῶν στοιχείων μεγαλύτερος. Οὕτως ἐρμηνεύεται τὸ παρατηρούμενον ὅτι εἰς μίαν καὶ τὴν αὐτὴν στήλην τοῦ περιοδικοῦ συστήματος ὁ μεταλλικὸς χαρακτήρ τῶν στοιχείων αὐξάνεται ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.



Σχ. 322

Σχηματικὴ παράστασις τύπων ἐνεργητικῆς καταστάσεως
εἰς διάφορα πλέγματα

Κατὰ τὴν ὡς ἄνω ἐρμηνείαν οἱ μεταλλικοὶ δέσμοι δὲν συνδέονται με καθωρισμένην ἐν τῷ χώρῳ κατεύθυνσιν, ὡς συμβαίνει με τοὺς ὁμοιοπολικούς, ἡ μεταλλικὴ σύνδεσις ἐνεργεῖ ὁμοιόρρωγος πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Οὕτως εἰς τὰ μεταλλικὰ πλέγματα τὰ ἄτομα ἔχουν ὑψηλὸν ἀριθμὸν συντάξεως. Θεωρούμενα ὡς σφαῖραι ἐλκόμεναι ἀμοιβαίως, μέχρις ὅτου ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν, εἰς τὰ πλεῖστα τῶν μεταλλικῶν πλεγμάτων πραγματοποιοῦν συμπαγῇ συσσωμάτωσιν, δηλαδὴ τοιαύτην ὥστε νὰ καταλείπεται ἐλάχιστος κενὸς χώρος μεταξὺ αὐτῶν.

Τὸ κυριώτερον χαρακτηριστικὸν γνώρισμα τοῦ μεταλλικῆς συνδέσεως εἶναι ἡ ἡλεκτρικὴ καὶ θερμικὴ ἀγωγιμότης, ἡ ὑψηλὴ ἀνακλαστικὴ ἰκανότης καὶ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ὅλα ὀφειλόμενα εἰς τὸ εὐκίνητον τῶν ἡλεκτρονίων. Ἐπίσης ἡ πλαστικότης τῶν περισσοτέρων μετάλλων, τὸ ἐλατὸν καὶ τὸ ὀλκιμον αὐτῶν ἐρμηνεύεται με τὴν δομὴν τῶν πλεγμάτων των, ὡς θὰ ἀναφέρωμεν περαιτέρω.

4. Σύνδεσις με δυνάμεις Van der Waals. Αἱ δυνάμεις αὗται εἶναι αἱ ἐκδηλούμεναι ὡς ἀσθενέσταται ἑλξεις τῶν μορίων τῶν ἀερίων καὶ ἐξηγοῦσαι

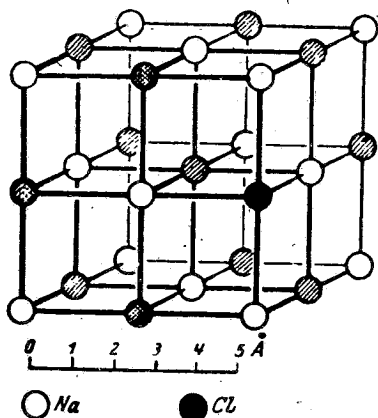
τὴν ἀπόκλισιν τῶν φυσικῶν ἀερίων ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν τελείων ἀερίων. Τὸ πλέγμα τῶν εὐγενῶν ἀερίων εἰς τὰς ἐκτάκτως χαμηλὰς θερμοκρασίας πῆξέως τῶν συγκρατεῖται με τοιαύτης φύσεως δυνάμεις. Ὑπάρχουν εἰς ὅλους τοὺς τύπους πλεγμάτων, ἀλλ' εἶναι ἀσήμαντοι ἔναντι τῶν πολὺ ἰσχυροτέρων δυνάμεων τῶν ἄλλων τύπων συνδέσεως Ἐκτὸς τῶν δυνάμεων Van der Waals, αἱ ὁποῖαι σταθερῶς ὑπάρχουν μεταξὺ οὐδετέρων ἀτόμων ἢ μορίων, ἀναλόγου φύσεως ἀσθενεῖς δυνάμεις ἐνεργοῦν μεταξὺ διπολικῶν μορίων. Ἀλλὰ καὶ μόρια καθ' ἑαυτὰ οὐδέτερα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν γειτονικῶν ἰόντων διὰ μετατοπίσεως τῶν ἠλεκτρικῶν αὐτῶν φορτίων ἀποκτοῦν διπολικὴν ροπὴν καὶ ἐπιδρῶντα ἐπαγωγικῶς ἐπ' ἀλλήλων ἔλκονται. Κρύσταλλοι συνδεόμενοι με δυνάμεις Van der Waals εἶναι λίαν μαλακοί, ἔχουν χαμηλὸν σημεῖον τήξεως καὶ ὑψηλὴν τάσιν ἀτμῶν.

Μεταξὺ πρώτου δευτέρου καὶ τρίτου τύπου συνδέσεως παρουσιάζονται εἰς πολλὰς ἐνώσεις μεταβατικοὶ τύποι. Ἐνώσεις τῶν ὁποίων τὰ ἄτομα εἶναι ἠνωμένα ὅλα κατὰ ἓνα μόνον τύπον συνδέσεως καλοῦνται «ὁμοσύνδετοι». Εἰς τὸ πλέγμα τοῦ NaCl ἡ σύνδεσις εἶναι καθαρῶς ἰοντικὴ, εἰς τὸν ἀδάμαντα, τὸν σφαλερίτην καθαρῶς ὁμοιοπολική, εἰς τὰ πλέγματα τοῦ χαλκοῦ, τοῦ χρυσοῦ κ.λ.π. μεταλλικὴ. Σύνδεσις Van der Waals ἀποκλειστικῶς ὑπάρχει μόνον εἰς τὰ πλέγματα τῶν εὐγενῶν ἀερίων. Αἱ ὀργανικαὶ ἐνώσεις εἶναι «ἐτεροσύνδετοι». Τὰ ἄτομα τῶν ὀργανικῶν μορίων συνδέονται πρὸς ἄλληλα με δυνάμεις ἰσχυρὰς ἰοντικοῦ ἢ ὁμοιοπολικοῦ τύπου, τὰ μόρια μεταξὺ τῶν με ἀσθενεῖς δυνάμεις Van der Waals.

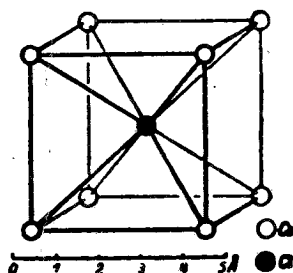
Ἐκ τῶν τεσσάρων ὡς ἄνω τύπων συνδέσεως ἡ ἰοντικὴ ἀπαντᾷται εἰς εὐρυτάτην κλίμακα μεταξὺ τῶν ἀνοργάνων ἐνώσεων. Ἡ ἰοντικὴ σύνδεσις φύσεως ἀπλῆς, καθ' ὃ ὀφειλομένη εἰς δυνάμεις ἠλεκτροστατικὰς προκαλουμένας ὑπὸ ἠλεκτρικῶν φορτίων, εἶναι προσιτὴ εἰς τὸν λογισμὸν καὶ καθιστᾷ ἐφικτὴν τὴν ποιοτικὴν καὶ ἐν μέρει τὴν ποσοτικὴν ἐρμηνείαν πολλῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀντιστοιχῶν ἐνώσεων. Περαιτέρω ἀναφέρονται τινὰ ἐκ τῶν σπουδαιοτέρων κρυσταλλοχημικῶν πορισμάτων ἐπὶ τῶν ἰοντικῶν πλεγμάτων.

66. Σχέσις ἀριθμοῦ συντάξεως πρὸς τὰς διαστάσεις τῶν ἰόντων καὶ ἀτόμων. Αἱ ἀπλουστεραὶ ἰοντικαὶ ἐνώσεις εἶναι αἱ τοῦ τύπου AB ἀποτελούμεναι ἐκ δύο εἰδῶν ἀτόμων εἰς κατάστασιν ἰόντων, κατιόντος καὶ ἀνιόντος. Τοιαῦται εἶναι τὰ ἀλογονίδια τῶν ἀλκαλίων, τὰ ὀξειδια τῶν ἀλκαλικῶν γαιῶν καὶ τινων μετάλλων κ.ἄ. Τὸ πλεῖστον τῶν ἐνώσεων αὐτῶν σχηματίζει πλέγματα τοῦ τύπου NaCl (σχ. 323). Ἐκαστον ἰὸν περιβάλλεται ὑπὸ ἑξ ἑτερονύμων ἰόντων εἰς ἴσας ἀπ' αὐτοῦ ἀποστάσεις καὶ εἰς τὰς κορυφὰς κανονικοῦ ὀκταέδρου, τοῦ ὁποίου τὸ πρῶτον ἰὸν κατέχει τὸ κέντρον. Τὴν διάταξιν χαρακτηρίζομεν λέγοντες ὅτι ὁ ἀριθμὸς συντάξεως τοῦ νατρίου εἶναι 6, ἐπίσης καὶ τοῦ χλωρίου. Ὡς δεῖκνυει ἡ ἰσόμετρος αὕτη διάταξις εἰς τὸ πλέγμα τοῦ NaCl δὲν

υπάρχουν μόρια, οὐδαμοῦ ἀνευρίσκομεν ἐντὸς αὐτοῦ δύο ἢ πλείονα ἄτομα δυνάμενα λόγῳ τῆς ἐγγυτέρας αὐτῶν ἀποστάσεως νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἀποτελοῦντα ἰδίαν ὁμάδα χωριστήν. Ὁ τύπος οὗτος πλέγματος εἶναι ἡ φυσικὴ διάταξις τῶν ἑτερωνύμως φορτισμένων ἰόντων, μὲ τὰ ἑτερωνύμως ἡλεκτρισμένα ἐγγύτερον, τὰ ὁμωνύμως ἀπώτερον, ἀλλήλων.



Σχ. 323
Δομὴ τοῦ NaCl



Σχ. 324
Δομὴ τοῦ CsCl

Ἀπὸ τὸν τύπον αὐτὸν πλέγματος ἀποκλίνει τὸ CsCl (σχ. 324). Εἰς αὐτὸ ἕκαστον ἀνιὸν εὐρίσκεται εἰς τὰς κορυφὰς κύβου, τοῦ ὁποίου τὸ κέντρον κατέχει τὸ κατιόν καὶ τὴν αὐτὴν διάταξιν περὶ ἕκαστον ἀνιὸν δεικνύουν τὰ κατιόντα. Ὁ ἀριθμὸς συντάξεως εἶναι 8. Ἡ διαφορὰ αὐτῇ τοῦ τύπου πλεγμάτων μεταξὺ χλωριούχου νατρίου καὶ χλωριούχου καυσίου ἐξηγεῖται κατὰ τρόπον ἀπλοῦν μὲ τὰς σχέσεις διαστάσεων τῶν ἰόντων. Ἐκαστον ἰὸν ἢ ἄτομον κατέχει ὀρισμένην ἔκτασιν ἐν τῷ χώρῳ τοῦ πλέγματος ἀνήκουσαν ἀποκλειστικῶς εἰς αὐτό, ἐντὸς αὐτῆς δὲν δύναται νὰ ἐκδηλωθῇ ἡ παρουσία ἄλλου ἀτόμου γειτονικοῦ. Τὴν περιοχὴν αὐτὴν δυνάμεθα νὰ ἐξομοιώσωμεν πρὸς σφαῖραν ὀρισμένης ἀκτίνος δι' ἕκαστον ἄτομον ἢ ἰὸν καὶ νὰ παραστήσωμεν τὰ ἰονικὰ πλέγματα ὡς συσωμάτωσιν σφαιρῶν ὀρισμένης ἀκτίνος δι' ἕκαστον εἶδος ἰόντος καὶ μὲ τὰς ἑτερωνύμου φορτίου ἐν ἐπαφῇ πρὸς ἀλλήλας διὰ τὴν μεταξὺ αὐτῶν ἡλεκτροστατικὴν ἑλξιν. Ἡ ἀκτίς αὐτῇ τοῦ ἰόντος εἶναι σταθερὰ κατὰ πρῶτην προσέγγισιν, ἀνεξαρτήτως τοῦ πλέγματος, εἰς τὸ ὅποιον μετέχει τὸ ἰόν. Τὴν ἀποψιν αὐτὴν δικαιώνει ὁ κατωτέρω πίναξ, εἰς τὸν ὅποιον ἀναγράφονται αἱ ἀποστάσεις κατιόντος - ἀνιόντος εἰς τὰ βρωμίδια καὶ ἰωδιῖδια τῶν ἀλλοτρίων.

	Li	Na	K	Rb
Br	2,75	2,98	3,29	3,43
J	3,00	3,23	3,53	3,66
Διαφορὰ	0,25	0,25	0,24	0,23

Ἡ διαφορὰ ἀποστάσεων μεταξὺ τῶν δύο εἰδῶν ἀλογονοδίων παραμένει σταθερὰ εἰς τὰς διαφόρους ἐνώσεις, ἀντιπροσωπεύουσα τὴν διαφορὰν ἀκτίνων τῶν ἀνιόντων Br καὶ J.

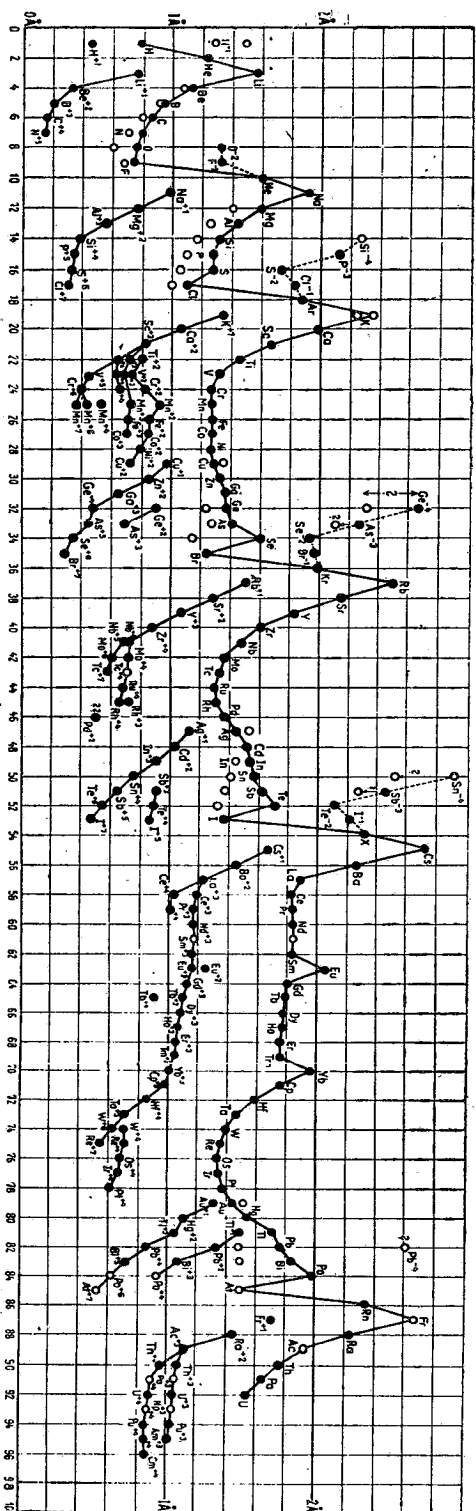
Ἡ μεταξὺ τῶν δύο ἑτερονύμων ἰόντων ἀπόστασις, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ ἔρευνα τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων, ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἀκτίνων τῶν ἐν ἐπαφῇ ἰόντων. Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῶν ἀκτίνων τῶν καθ' ἕκαστα ἰόντων ἔδει νὰ γίνη γνωστὴ ἡ ἀκτίς ἐνὸς τοῦλάχιστον ἰόντος, ὥστε νὰ ἀποτελέσῃ βάσιν τῆς εὐρέσεως ὅλων τῶν ἄλλων ἐκ τῶν ἀποστάσεων τῶν κέντρων κατιόντος - ἀνιόντος εἰς τὰ διάφορα πλέγματα.

Ἡ ἔρευνα αὕτη ὑπῆρξεν ἔργον τοῦ V. Goldschmidt καὶ τῶν μαθητῶν του. Ὡς βάσις ἐχρησίμευσεν ἡ τιμὴ τῶν ἀκτίνων τῶν ἀνιόντων $O^{2-} = 1,32 \text{ \AA}$ καὶ $F^{-} = 1,33 \text{ \AA}$, τὰς ὁποίας προσδιώρισε δι' ὀπτικῶν ἐρευνῶν ὁ Wasastjerna. Ἡ τιμὴ $1,32$ τῆς ἀκτίνος τοῦ O^{2-} συμφωνεῖ μὲ τὴν προσδιορισθεῖσαν διὰ τῆς ἐξῆς μεθόδου ὑπὸ τοῦ Landé. Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα τῶν ἀποστάσεων μεταξὺ κατιόντος - ἀνιόντος εἰς τὰ ὀξείδια σουλφίδια καὶ σεληνίδια τοῦ μαγνησίου καὶ μαγγανίου, τὰ ὁποῖα ἔχουν τύπον δομῆς τὸν τοῦ NaCl, παρατηροῦμεν ὅτι, ἐνῶ εἰς τὰ ὀξείδια ὑπάρχει σημαντικὴ διαφορὰ ἀποστάσεων ὀφειλομένη εἰς τὴν διαφορὰν ἀκτίνος τῶν δύο κατιόντων Mg καὶ Mn, εἰς τὰ σουλφίδια καὶ σεληνίδια ἡ διαφορὰ αὕτη ἐξαφανίζεται.

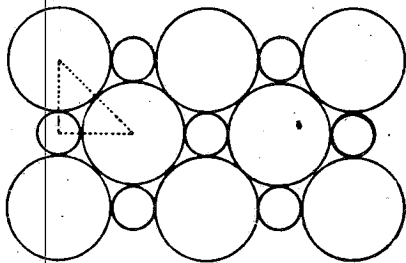
MgO	2,10 Å	MnO	2,24 Å
MgS	2,60	MnS	2,59
MgSe	2,73	MnSe	2,73

Ἡ ἐξίσωσις τῶν ἀποστάσεων εἰς τὰ σεληνίδια ἐξηγεῖται, ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι τὰ μεγάλα ἀνιόντα Se^{2-} ἤλθον εἰς ἐπαφὴν τὰ δὲ κατιόντα καταλαμβάνουν τοὺς μεταξὺ αὐτῶν χώρους κατὰ τὸ σχ. 326. Μὲ τὴν ἐκδοχὴν αὐτὴν ἡ ἀκτίς τοῦ Se^{2-} ὑπολογίζεται ἴση πρὸς $\frac{2,73\sqrt{2}}{2} = 1,93 \text{ \AA}$. Ἐξ αὐτῆς εὐρίσκεται διὰ τὸ $Mg^{2+} 0,80 \text{ \AA}$ καὶ διὰ τὸ $O^{2-} 1,30 \text{ \AA}$. Εἰς τὸν πίνακα VIII παρέχονται αἱ ἐμπειρικαὶ τιμαὶ τῶν ἀκτίνων ἰόντων τῶν στοιχείων. Αἱ τιμαὶ αὗται συμφωνοῦν μὲ ἱκανοποιητικὴν προσέγγισιν πρὸς τιμὰς εὐρεθείσας θεωρητικῶς ὑπὸ τοῦ Pauling μὲ βάσιν ἐμπειρικά τινα δεδομένα, τὰ ὁποῖα ἐπεξεργάσθη μὲ τὴν θεωρίαν τῆς κυματομηχανικῆς. Αἱ ἀκτίνες τῶν ἀτόμων εὐρέθησαν εὐ-

Σχ. 325. ³Ακτίνες των ιόντων και ατόμων συναρτήσει του ατομικού αριθμού



κόλως ἐκ τοῦ πλέγματος τῶν στοιχείων. Ἀντιπροσωπεύουν τὸ ἥμισυ τῆς ἀποστάσεως τῶν κέντρων αὐτῶν θεωρουμένων ὡς σφαιρῶν ἐν ἐπαφῇ. Εἰς



Σχ. 326

Ἀνιόντα ἐν ἐπαφῇ ἐπὶ ἐπιπέδον (100) τοῦ $MnSe$

τὴν εἰκόνα 325 περιέχονται αἱ ἀκτῖνες τῶν ἰόντων καὶ τῶν ἀτόμων ὅλων τῶν στοιχείων τοῦ περιοδικοῦ συστήματος. Ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν τιμῶν αὐτῶν πρὸς ἀλλήλας προκύπτουν αἱ ἐξῆς κανονικότητες εἰς τὰς τιμὰς των ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν τοῦ στοιχείου καὶ τὴν κατάστασιν ἰονισμοῦ αὐτοῦ.

1) Αἱ ἀκτῖνες τῶν στοιχείων, τὰ ὅποια ἀνήκουν εἰς τὴν αὐτὴν κατακόρυφον στήλην τοῦ περιοδικοῦ συστήματος καὶ εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν κατάστασιν ἰονισμοῦ, αὐξάνονται αὐξανόμενου τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ. 2) Ἡ ἀκτίς τῶν ἀτόμων ἐν οὐδετέρᾳ καταστάσει εἶναι μικρότερα τῆς ἀκτίνος τῶν αὐτῶν στοιχείων εἰς κατάστασιν ἀνιόντων, μεγαλύτερα τῆς τῶν κατιόντων των. Ἐντὸς ἐκάστης περιόδου παρατηρεῖται ἐπίσης κανονικότης. Ἡ 2α καὶ 3η μικρὰ περίοδος ἀρχίζουν μετὰ τὰ ἀλκάλεια Li , Na μετὰ μεγάλην ἀκτῖνα καὶ μετὰ συνεχῶς μειουμένην ἀκτῖνα τῶν ἐνδιαμέσων στοιχείων καταλήγουν εἰς τὰ ἀλογόνα F , Cl μετὰ τὴν μικρότεραν ἀκτῖνα. Ἡ 4η μακρὰ περίοδος ἀρχίζουσα μετὰ μέγιστον τιμῆς εἰς τὸ ἀλκάλι K καὶ ἀπολήγουσα εἰς ἐλάχιστον μετὰ τὸ Br παρουσιάζει ἐνδιαμέσως καὶ ἄλλο ἐλάχιστον εἰς τὰ στοιχεῖα Fe , Co , Ni . Ἐπίσης ἡ 5η περίοδος μετὰ ἀρχικὸν μέγιστον εἰς τὸ Rb καὶ ἐλάχιστον εἰς τὸ J ἐμφανίζει καὶ ἐνδιαμέσον ἐλάχιστον εἰς τὰ στοιχεῖα Ru , Rh . Εἰς τὴν 6ην περίοδον ἐμφανίζεται ἐπίσης ἐνδιαμέσον ἐλάχιστον εἰς τὰ στοιχεῖα Os καὶ Ir . Ἀξιοσημείωτος εἶναι ἡ μείωσις ἡ παρατηρουμένη εἰς τὰς ἀκτῖνας τῶν τρισθενῶν ἰόντων τῶν σπανίων γαιῶν τῶν περιλαμβανομένων μετὰ τοῦ La^{3+} ($Z = 51$) καὶ τοῦ Cr^{3+} ($Z = 71$) παρὰ τὴν βαθμιαίαν αὐξήσιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἡλεκτρονίων. Ἡ συστολὴ αὕτη τῶν λανθανιδίων (Lanthanidenkontraktion), ὡς ὠνομάσθη ὑπὸ τοῦ V. Goldschmidt, ἐρμηνεύεται ὡς ἀποτέλεσμα τῆς αὐξήσεως τοῦ φορτίου τοῦ πυρῆνος, ἥτις καὶ προκαλεῖ διὰ τῆς ἐλκτικῆς αὐτῆς ἐπιδράσεως σμίκρυνσιν τοῦ ὅγκου τοῦ ἡλεκτρονικοῦ περιβλήματος. Ἀνάλογος σμί-

κρυσσις παρατηρείται και εις την επομένην περίοδον εις την σειράν των ακτινιδίων Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am.

Ο προσδιορισμός της ακτίνος των ιόντων απέτελεσε κεφάλαιον γόνιμον διά την λύσιν πολλών κρυσταλλοχημικών προβλημάτων. Μίαν πρώτην εφαρμογήν έχομεν εις την διαφοράν τύπου δομής των NaCl και CsCl και γενικώτερον εις τον καθορισμόν του αριθμού συντάξεως των ιόντων εντός του πλέγματος.

Εις το πλέγμα του CsCl (σχ. 324), εάν a_0 είναι ή σταθερά αυτού (άκμή του στοιχειώδους κύβου) ή απόστασις μεταξύ CsCl είναι $\frac{a_0}{2} \sqrt{3}$ και αυτή ισούται με το άθροισμα των ακτίνων κατιόντος (R_k) και ανιόντος (R_a) ήτοι

$$\frac{a_0}{2} \sqrt{3} = R_k + R_a$$

Προϋπόθεσις διά την δυνατότητα σχηματισμού του πλέγματος τούτου με κατιόν - ανιόν εν επαφή είναι ή ακτίς του ανιόντος R_a να μη είναι μεγαλύτερα του $a_0/2$. Όρικη τιμή της R_a είναι ή $a_0/2$. Διά την τιμήν αυτήν έχομεν:

$$R_k : R_a = \sqrt{3} - 1 = 0,73$$

Ο τύπος δομής CsCl (αριθμός συντάξεως 8) είναι δυνατός διά σχέσιν ακτίνων ιόντων $R_k : R_a$ από 1-0,73. Διά μικροτέραν τιμήν εμφανίζεται ο τύπος του NaCl (αριθμός συντάξεως 6) με όρικην τιμήν του λόγου 0,43. Διά τιμήν του λόγου από 0,43 - 0,21 τα ανιόντα διατάσσονται τετραεδρικώς περί το κατιόν (αριθμός συντάξεως 4).

Τοιαύτη τετραεδρική διάταξις πραγματοποιείται εις τας θεικάς, φωσφορικάς, αρσενικάς, πυριτικάς κ.λ.π. ενώσεις, ένθα τα O των ριζών SO_4 , PO_4 , AsO_4 , SiO_4 κ.λ.π. διατάσσονται εις τας κορυφάς τετραέδρου, του όποιου το κέντρον κατέχει το κατιόν Se^{6+} , P^{5+} , As^{5+} , Si^{4+} κ.λ.π.

Αί ώς άνω άπλαι γεωμετρικαι σχέσεις έπεβεβαιώθησαν εις μέγαν αριθμόν ενώσεων άπλων και πολυπλοκωτέρων.

Η ακτίς των ιόντων είναι σταθερά κατά προσέγγισιν του δευτέρου δεκαδικού ψηφίου δι' ώρισμένον αριθμόν συντάξεως (6). Αύξησις ή μείωσις του αριθμού τούτου συνεπάγεται αύξησιν ή μείωσιν της ακτίνος καθ' ώρισμένον ποσοστόν. Αί τιμαί των ακτίνων διά τά συνηθέστερα ίόντα παρέχονται εις τον πίνακα VIII.

Έξαιρέσεις τινές από τους άνωτέρω κανόνες έδωκαν άφορμήν εις την άνεύρεσιν έτέρου παράγοντος επιδρώντος επί του τύπου πλέγματος, της πολώσεως των ιόντων.

67. Πόλωσις των ιόντων. Επίδρασις αυτής επί του τύπου πλέγματος.
Εις μέγα πλήθος μελετηθέντων πλεγμάτων ή απόστασις μεταξύ των έγγυτέρων έτερονώνμων ιόντων εύρέθη με μεγάλην προσέγγισιν ίση προς το άθροισμα

ΠΙΝΑΞ VIII

Ἀκτίνες τῶν ἰόντων κατὰ Goldschmidt, Pauling, Ahrens

α. Κατιόντα

Μονοσθενῇ +	Δισθενῇ 2 +	Τρισθενῇ 3 +	Τετρασθενῇ 4 +	Πεντασθενῇ 5 +	Ἑξασθενῇ 6 +	Ἑπτασθενῇ 7 +
Li=0,68 Cu=0,96 Na=0,97 Ag=1,26 K=1,33 Au=1,37 NH ₄ =1,43 Tl=1,47 Rb=1,48 Cs=1,67	Be=0,35 Mg=0,66 Ni=0,69 Co=0,72 Cu=0,72 Ge=0,73 Zn=0,74 Ti=0,80 Fe=0,80 Mn=0,80 Pd=0,80 Pt=0,80 Cr=0,83 V=0,88 Ag=0,89 Sn=0,93 Cd=0,97 Ca=0,99 Hg=1,10 Sr=1,13 Pb=1,21 Eu=1,24 Ba=1,35 Ra=1,43	N=0,15 B=0,23 P=0,44 Al=0,51 As=0,58 Ga=0,62 Co=0,63 Cr=0,63 Fe=0,64 Mn=0,66 Rh=0,68 V=0,74 Sb=0,76 Ti=0,76 Au=0,85 Tl=0,95 Bi=0,96 Ce=1,07 La=1,14	C=0,15 S=0,37 Si=0,41 Ge=0,53 Mn=0,60 Pd=0,65 Pt=0,65 Ir=0,66 Mo=0,68 W=0,68 Ti=0,68 Sn=0,71 Hf=0,78 Zr=0,80 Te=0,81 Pb=0,84 U=0,97 Ce=1,01 Th=1,02	Cl=0,34 P=0,35 Br=0,47 As=0,49 V=0,59 J=0,62 Sb=0,62 Nb=0,69 Bi=0,74	S=0,30 Se=0,42 Cr=0,52 W=0,62 Mo=0,62 Os=0,69	Mn=0,46
β. Ἀνιόντα						
Μονοσθενῇ —			Δισθενῇ 2 --			
F--=1,33 Cl--=1,81 Br--=1,96 J--=2,20			O ²⁻ =1,32 S ²⁻ =1,74 Se ²⁻ =1,91 Te ²⁻ =2,11			



σμα τῶν ἀκτίνων αὐτῶν. Εἰς τινὰς ὁμῶς περιπτώσεις παρατηρήθησαν ἀποκλίσεις σημαντικά. Οὕτως εἰς τὸ πλέγμα τοῦ AgCl τὸ ἄθροισμα τῶν ἀκτίνων τῶν ἰόντων $\text{Ag}^+ = 1,13$ καὶ $\text{Cl}^- = 1,81$ δίδει ἀπόστασιν $2,94\text{\AA}$ ἔναντι $2,77$ πραγματικῆς. Ἐτι μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορά εἰς τὸν AgJ, $2,81\text{\AA}$ ἔναντι $3,33$ ὑπολογισθείσης. Αἱ διαφοραὶ αὗται ὀφείλονται εἰς τὴν πόλωσιν τῶν ἰόντων. Ἐθεωρήσαμεν τὰ ἰόντα ὡς ἔχοντα συμμετρίαν κατὰ προσέγγισιν σφαιρικὴν, τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πηρῆνος καὶ τὸ ἀρνητικὸν τοῦ ἡλεκτρονικοῦ

περιβλήματος συμπίπτοντα εἰς τὸ κέντρον τῆς σφαίρας. Τοῦτο ὅμως δὲν ἰσχύει, ὅταν εὑρεθοῦν εἰς τὴν γειτονίαν ἰόντων μὲ ὑψηλὸν σθένος. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ φορτίου τοῦ ἰόντος τούτου τὸ ἠλεκτρονικὸν νέφος τὸ περιβάλλον τὸν πυρῆνα παραμορφῶται (σχ. 327) καὶ τόσον περισσοτερον, ὅσον ἡ πολωτικὴ



Σχ. 327

Πόλωση:

Ἑτεροπολικὴ σύνδεσις

Ὁμοιοπολικὴ σύνδεσις

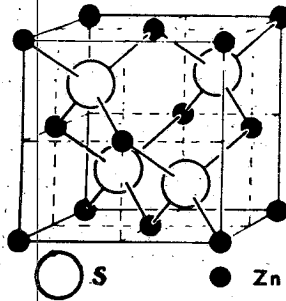
ἐπίδρασις τοῦ ἐπιδρῶντος ἰόντος εἶναι μεγαλύτερα καὶ τὸ πολούμενον ἰὸν δεκτικώτερον παραμορφώσεως. Τὸ παραμορφωθὲν ἰὸν μετατρέπεται εἰς διπολον, τοῦ ὁποίου ἡ ἠλεκτρικὴ ροπὴ p , γινόμενον τοῦ φορτίου ἐπὶ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο πόλων, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν $p = \alpha E$, ἔνθα E ἡ ἔντασις τοῦ προκαλοῦντος τὴν πόλωσιν ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ὁ συντελεστὴς α λέγεται *πολωσιμότης* τοῦ ἰόντος. Ἡ παραμόρφωσις τοῦ ἠλεκτρονικοῦ περιβλήματος τοῦ πολωμένου ἰόντος συνδέεται πρὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως μὲ τὴν σχέσιν Lorentz - Lorenz

$$\alpha = \frac{3}{4\pi N} \left\{ \frac{n^2 - 1}{n^2 + 1} V \right\}$$

$N = 6,06 \cdot 10^{23}$, V = ὄγκος, n = δείκτης διαθλάσεως. Ἡ ἐν ἀγκύλαις ποσότης, ἡ *μοριακὴ διάθλασις*, ἀποτελεῖ μέτρον τῆς πολώσεως. Ἡ πόλωσις ἐκδηλοῦται καὶ ἄλλως ὀπτικῶς μὲ τὴν ὑψηλὴν ἀπορρόφησιν. Οὕτω εἰς τὴν σειρὰν τῶν ἀλογονιδίων τοῦ Cu ὁ CuF_2 εἶναι ἄχρους, ὁ CuCl_2 καστανοκίτρινος, ὁ CuBr_2 καστανομέλας. Ἐκ τῶν ἰόντων κυρίως παραμορφώσιμα εἶναι τὰ ἀνιόντα καὶ ἰδίᾳ τὰ ἔχοντα μεγάλην ἀκτίνα. Τὸ F^- ἐλάχιστα πολοῦται, τὸ J^- κατ' ἐξοχήν. Τοῦ προκαλοῦντος τὴν πόλωσιν ἰόντος ἡ ἐπίδρασις εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον ἡ ἀκτίς αὐτοῦ εἶναι μικρότερα καὶ τὸ σθένος αὐτοῦ ὑψηλότερον. Μεταξὺ ἰόντων τῆς αὐτῆς ἀκτίνος καὶ τοῦ αὐτοῦ σθένους ἐντονωτέραν πολωτικὴν ἐπίδρασιν ἀσκεῖ τὸ ἔχον ἐξωτερικὴν ἠλεκτρονικὴν στιβάδα διάφορον τῆς τῶν εὐγενῶν ἀερίων. Ἐπὶ ἰόντων παραπλησίων διαστάσεων καὶ μὲ τὴν αὐτὴν διάταξιν ἠλεκτρονίων τῶν ἐξωτερικῶν στιβάδων ὀλιγώτερον πολῶσιμον εἶναι τὸ ἔχον μεγαλύτερον ἀτομικὸν ἀριθμὸν.

Αἱ ἀνωτέρω ἀναφερόμεναι ἀποκλίσεις τῶν τιμῶν τῶν ἀποστάσεων Ag-Cl καὶ Ag-J ὀφείλονται εἰς τὴν πόλωσιν τῶν ἀνιόντων Cl καὶ J ὑπὸ τοῦ κατιόντος Ag . Ἡ ἐπίδρασις τῆς πολώσεως δὲν ἐκδηλοῦται μόνον εἰς τὴν σμίκρυνσιν τῆς ἀποστάσεως κατιόντος - ἀνιόντος, ἀλλὰ δύναται νὰ προκαλέσῃ καὶ

αλλαγὴν τοῦ τύπου πλέγματος. Οὐτὶς, ἐνῶ ἡ ἀκτὶς Cu εἶναι ἡ αὐτὴ περίπου πρὸς τὴν τοῦ Na (κατὰ Pauling), ὁ τύπος δομῆς τῶν ἀλογονιδίων CuCl, CuI δὲν εἶναι ὁ τοῦ NaCl, ἀλλὰ ὁ τοῦ σφαλερίτου (σχ. 328) με ἀριθμὸν συν-

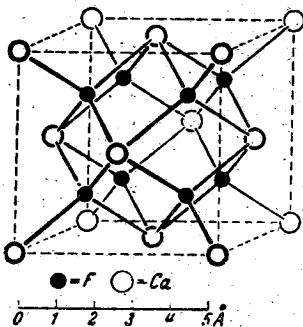


Σχ. 328

Δομὴ τοῦ σφαλερίτου

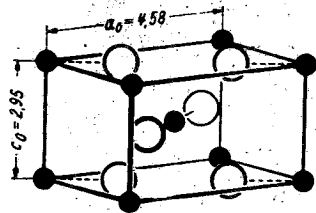
τάξεως 4 ἀντὶ 6, ἀποτέλεσμα τῆς ἰσχυρᾶς πολωτικῆς ἐπιδράσεως τοῦ Cu^+ ἐπὶ τῶν ἀλογόνων. Ἐτι σαφέστερον ἐκδηλοῦται ἡ ἐπίδρασις τῆς πολώσεως ἐπὶ τοῦ τύπου πλέγματος εἰς τὰς ἐνώσεις τοῦ τύπου AB_2 .

Οἱ δύο συνηθέστεροι τύποι πλεγμάτων με ἀνιόντα ἀσθενῶς πολούμενα εἶναι ὁ τοῦ φθορίτου (CaF_2) με ἀριθμὸν συντάξεως τοῦ κατιόντος 8 (σχ. 329) καὶ ὁ τοῦ ρουτιλίου (TiO_2) με ἀριθμὸν συντάξεως τοῦ κατιόντος 6 (σχ. 330).



Σχ. 329

Δομὴ τοῦ φθορίτου

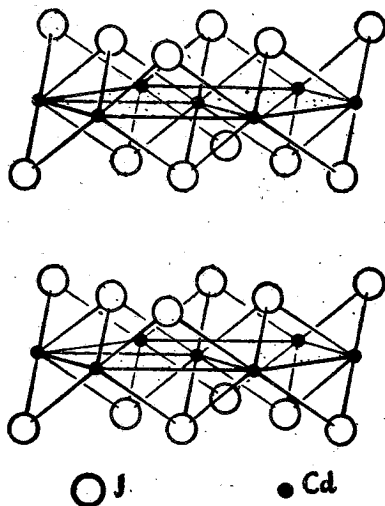


Σχ. 330

Δομὴ τοῦ ρουτιλίου

Καὶ ἐνταῦθα οἱ δύο τύποι ὀρίζονται ἀπὸ τὴν σχέσιν $R_k : R_a$ με ὅριον τὴν τιμὴν $R_k : R_a = 0,73$ κατὰ τὰς ἀνωτέρω ἐκτεθείσας γεωμετρικὰς σχέσεις. Εἰς τὸ CdI_2 ἡ ἰσχυρὰ πολωτικὴ ἐπίδρασις τοῦ Cd^{2+} ἐπὶ τῶν ἐντόνως πολωσίμων ἀνιόντων I^- ἔδωσε ἴδιον τύπον πλέγματος (σχ. 331). Εἰς τὴν πολλαπλῇ κυψελίδα τοῦ σχ. 331, τὰ κάδμια κατέχουν τὰς κορυφὰς καὶ τὸ κέντρον τῆς βά-

σεως τοῦ ἑξαγωνικοῦ πρίσματος. Ἐκατέρωθεν τοῦ ἐπιπέδου μὲ κατιόντα Cd^{2+} κεῖνται ἐπὶ ἐπιπέδων παραλλήλων τὰ ἰόντα J^- μὲ ὁμοίαν πρὸς τὸ Cd^{2+} διάταξιν, ἀλλὰ προβαλλόμενα εἰς τὰ κέντρα τῶν ἰσοπλευρῶν τριγώνων, τῶν ὁποίων τὰς κορυφὰς κατέχουν τὰ ἰόντα τοῦ καδμίου. Αἱ τρεῖς αὗται στιβάδες

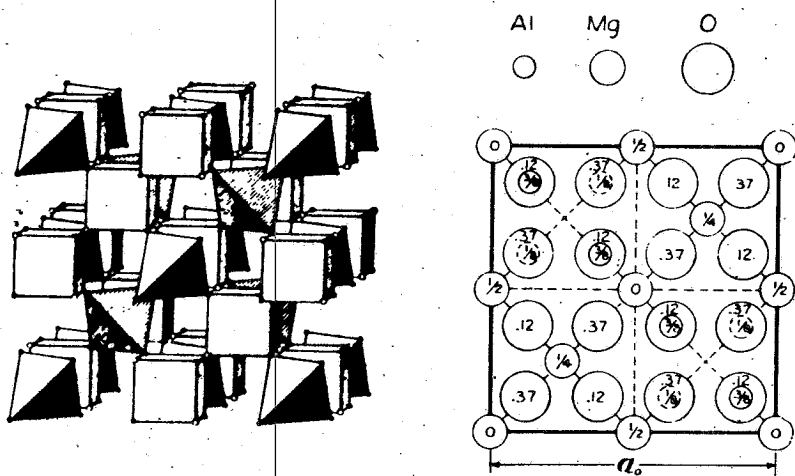


Σχ. 331
Δομὴ τοῦ CdJ_2

ἰόντων σχηματίζουν μίαν δεσμίδα οὕτως εἰπεῖν, ἡλεκτρικῶς οὐδετέραν, ἡ ὁποία ἐκτεταμένη ἀπεριορίστως κατὰ τὰς δύο διαστάσεις δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ πρὸς πελώριον διδιάστατον μόριον ($n\text{CdJ}_2$). Τοιαῦται δεσμίδες παράλληλοι διαδέχονται ἀλλήλας κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος c μὲ ἀντικρύζοντα ἄλληλα στρώματα J . Μεταξύ των συνδέονται μὲ δυνάμεις ἀσθενεστάτας ἡλεκτρικῆς φύσεως προκυπτούσας ἐξ ἐπαγωγῆς ἐκάστης δεσμίδος ἐπὶ τῆς γειτονικῆς της, δι' ἣν καὶ τὰ σώματα μὲ τὸν τύπον αὐτὸν πλέγματος σχίζονται εὐχερέστατα κατὰ τὴν διεύθυνσιν (0001) ἀποχωριζομένων δι' ἀπλῆς ἐπαφῆς πετάλων (0001). Ὁ τύπος αὐτὸς πλέγματος παρουσιάζεται εἰς μέγαν ἀριθμὸν ἐνώσεων ἰδία ὑδροξειδίων ($\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ κ.λ.π.) καὶ καλεῖται *στοιβαδόμορφον* πλέγμα. Ἀποτελεῖ μεταβατικὸν τύπον ἀπὸ τοῦ ἰσομέτρου CaF_2 , πρὸς τὸ μοριακόν. Ἐπὶ ἐντονωτέρας πολωτικῆς ἐπιδράσεως τὰ ἰόντα ἐνοῦνται πρὸς μόρια διατηρούμενα καὶ εἰς τὸ πλέγμα ὡς τοιαῦτα καὶ συνδεόμενα πρὸς ἄλληλα μὲ λίαν ἀσθενεῖς δυνάμεις. Τοιοῦτον μοριακὸν πλέγμα εἶναι τὸ τῶν στερεῶν CO_2 , H_2S , H_2Se κ.ἄ.

Ἐκ τῶν ἐνώσεων τοῦ γενικοῦ τύπου AB_2X_4 ἄξιός μνηεῖς εἶναι ὁ τύπος

δομής τοῦ σπινελλίου $MgAl_2O_4$. Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν ὑπάρχοντα περὶ τὰ 15 ὀρυκτὰ καὶ πολλὰ ἄλλα ἐνώσεις παρασκευασθεῖσαι συνθετικῶς ὡς αἱ Co-Ni $CuAl_2O_4$, Mn - Co - Ni - Cu - Zn $CdCr_2O_4$, Mg - Zn $CdGa_2O_4$ κ.τ. Εἰς τῶν ὀρυκτῶν τῆς ὁμάδος τοῦ σπινελλίου ἀναφέρονται τὰ συνηθέστερα, τὸν μαγνητίτην $Fe \cdot Fe \cdot O_4$, τὸν χρωμίτην $FeCr_2O_4$, τὸν ἐρκινίτην $FeAl_2O_4$, τὸν γκανίτην $ZnAl_2O_4$, τὸν φραγκλινίτην $ZnFe_2O_4$ καὶ τὰ σουλφίδια λινεΐτην $CoCo_2S_4$ καὶ δωβρέλιθον $FeCr_2S_4$, ὀρυκτὸν ἀπαντῶν εἰς μετεωρίτας. Κρυσταλλοῦνται εἰς τὴν ὀκταεδρίαν τοῦ κυβικοῦ συστήματος συνήθως εἰς ὀκτάεδρα. Ἡ κυψελὶς τοῦ σπινελλίου ἔχει σταθερὰν $a_0 = 8.102$ καὶ περιέχει 8 $MgAl_2O_4$. Τὰ O θεωρούμενα κεχωρισμένως διατάσσονται εἰς πλέγμα F κυβικὸν μὲ σταθερὰν $a_0 = 4.05$. Ἡ ὅλη κυψελὶς τοῦ σπινελλίου περιέχει 8 τοιαύτας κυψελίδας F ἥτοι 32 ἐν ὅλῳ O. Τὰ 8 κατιόντα Mg καταλαμβάνουν ἐντὸς τῆς κυψελίδος αὐτῆς θέσεις κενὰς ἐντὸς τετραέδρων O σχηματίζοντα ἐὰν θεωρηθοῦν κεχωρισμένως πλέγμα τύπου ἀδάμαντος (σχ. 332), τὰ 16 Al κεῖνται ἐντὸς



Σχ. 332

Δομὴ τοῦ σπινελλίου α: O = \bigcirc εἰς τὰς κορυφὰς κύβων καὶ τετραέδρων, Al = \bigcirc εἰς τὰς κορυφὰς δύο κύβων, Mg εἰς τὸ μέσον τῶν τετραέδρων β. Προβολὴ τοῦ κάτω ἡμίσεος τῆς κυψελίδος.

τῶν κενῶν ἀπὸ Mg ὀκταημορίων τοῦ πλέγματος τούτου εἰς τὰς κορυφὰς τετραέδρων ὁμοίως προσανατολισμένων περιβαλλόμενα ὑπὸ 8 O. Ἀξιοσημείωτον εἶναι ὅτι εἰς τὸν τύπον αὐτὸν πλέγματος ἐνδιαφέρει μόνον τὸ ἄθροισμα τῶν φορτίων τῶν κατιόντων ἀνεξαρτήτως τοῦ τρόπου κατανομῆς αὐτῶν. Οὕτω εἰς τὸν αὐτὸν τύπον ὑπάρχει καὶ τὸ $Ti^{4+} Mg^{2+} O_4$. Ἐπισημαίνοντες τὸν ἀριθμὸν συντάξεως τῶν κατιόντων διὰ λατινικῶν ψηφίων γράφομεν τὸν γενικὸν τύπον

δομῆς τοῦ σπινελλίου $\text{Al}^{\text{VI}}\text{B}_2^{\text{VI}}\text{O}_4$. Ἡ δομὴ αὕτη, ὡς ἀνωτέρω περιεγράφη προσδιορίσθη λίαν ἐνωρίς, τὸ 1915, ὑπὸ τῶν Bragg καὶ Nishikawa. Βραδύτερον οἱ Barth καὶ Posnjak εὗρον ὅτι εἰς τινὰς σπινελλίους ὁ τύπος συντάξεως εἶναι $\text{B}^{\text{IV}}\text{A}^{\text{VI}}\text{B}^{\text{VI}}\text{O}_4$ ἥτοι 8B κατιόντα καταλαμβάνουν κενὰ τετραεδρικά, οἷα τὰ κατεχόμενα ὑπὸ τοῦ Mg εἰς τὸν σπινέλλιον, τὰ δὲ ὑπόλοιπα 8B μετὰ τῶν 8A κατανέμονται ὁμογενῶς στατιστικῶς εἰς τὰς 16 ὀκταεδρικῆς συντάξεως θέσεις τὰς κατεχομένας εἰς τὸν σπινέλλιον ὑπὸ τοῦ Al. Εἰς τὸν «ἀντίστροφον» αὐτὸν τύπον σπινελλίου ὑπάγεται ὁ μαγνητίτης.

Τὸν τύπον δομῆς σπινελλίου ἔχει καὶ ὁ μαγκαιμίτης ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) σχηματίζεις δι' ὀξειδώσεως τοῦ Fe^{2+} τοῦ μαγνητίτου εἰς Fe^{3+} . Αἱ θέσεις τῶν O τοῦ πλέγματος παραμένουν πλήρεις, ἀλλὰ πρὸς ἐξουδετέρωσιν τῶν ἀρνητικῶν αὐτῶν φορτίων, ἐφ' ὅσον ὅλα τὰ κατιόντα εἶναι τρισθενῆ, ἐκ τῶν 24 θέσεων κατιόντων μόνον $21\frac{1}{3}$ Fe^{3+} παραμένουν εἰς τὴν κυψελίδα, αἱ λοιπαὶ $2\frac{2}{3}$ θέσεις παραμένουν κεναὶ κατανεμημέναι στατιστικῶς ἐντὸς αὐτῆς.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα παραδείγματα ἡ δομὴ δὲν παρουσιάζει ἀπολύτως αὐστηράν κανονικότητα ὡς πρὸς τὴν θέσιν τῶν ἀτόμων. Θέσεις δομικῶς ὁμόλογοι παραμένουν κεναὶ ἢ καταλαμβάνονται στατιστικῶς ἀπὸ διάφορα ἄτομα, ἡ ἐξουδετέρωσις τῶν ἑτερονύμων σθενῶν τελεῖται στατιστικῶς. Τοιαῦτα ἐλαττώματα δομῆς, ὡς ὀνομάζονται, καθὼς καὶ ἄλλα, περὶ τῶν ὁποίων θὰ γίνῃ λόγος ἀλλαχοῦ εἶναι φαινόμενα συνήθη καὶ γενικὰ εἰς τὰ πλέγματα καὶ ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν δι' ὠρισμένας φυσικὰς ιδιότητας τῶν κρυστάλλων.

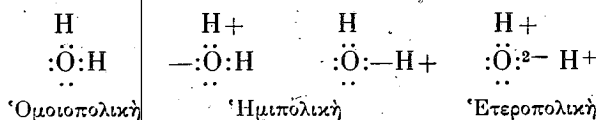
Κατὰ τὰ ἀνωτέρω τὸ εἶδος τοῦ πλέγματος, τὸ ὁποῖον σχηματίζει ἑνωσίς της, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχετικοῦ ἀριθμοῦ τῶν διαφόρων εἰδῶν ἰόντων, ἐξ ὧν ἀποτελεῖται τὸ σῶμα, τῆς σχέσεως μεγέθους τῶν ἀκτίνων αὐτῶν καὶ τῶν φαινομένων πολώσεως. Τὰ ἀνιόντα διατάσσονται περὶ τὰ κατιόντα εἰς τὰς κορυφὰς πολυέδρων κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον κανονικῶν, τῶν ὁποίων αἱ κορυφαὶ (ἀριθμὸς συντάξεως) καθορίζονται ἀπὸ τὸν λόγον τῶν ἀκτίνων $R_k : R_a$. Κατωτέρω ἀναφέρονται διὰ τινὰ τῶν ἰόντων οἱ συνηθέστερον παρατηρούμενοι ἀριθμοὶ συντάξεως τῶν ὡς πρὸς τὸ O^{2-}

Ἀριθ. συντάξ.	3	$\text{N}^{3+}\text{C}^{4+}\text{B}^{3+}$
»	4	$\text{Cl}^{7+}\text{S}^{6+}\text{Se}^{6+}\text{Cr}^{6+}\text{P}^{5+}\text{As}^{5+}\text{V}^{5+}\text{Si}^{4+}\text{Ce}^{4+}\text{Al}^{3+}\text{Be}^{2+}$
»	6	$\text{Ti}^{4+}\text{Al}^{3+}\text{Ga}^{3+}\text{Cr}^{3+}\text{Fe}^{3+}\text{Mg}^{2+}\text{Fe}^{2+}\text{Ni}^{2+}\text{Co}^{2+}\text{Cu}^{2+}$ $\text{Zn}^{2+}\text{Li}^{+}$
»	7-8	$\text{Zr}^{4+}\text{Ce}^{4+}\text{U}^{4+}\text{Th}^{4+}\text{Ca}^{2+}\text{Cd}^{2+}\text{Na}^{+}\text{Sr}^{2+}\text{Ba}^{2+}\text{Sm}^{3+}$ Cr^{3+}
»	8-12	$\text{La}^{3+}\text{Sm}^{3+}\text{Sr}^{2+}\text{Ba}^{2+}\text{Pb}^{2+}\text{K}^{+}\text{Rb}^{+}\text{Cs}^{+}$, σπάνιως $\text{Ca}^{2+}\text{Na}^{+}$

Ἡ σχετικὴ πρὸς ἄλληλα διάταξις κατιόντων - ἀνιόντων εἶναι τοιαύτη,

ώστε νά ἐπέρχεται ἐξουδετέρωσις τῶν φορτίων τῶν ἰόντων εἰς τὸ ἐσωτερικόν τοῦ κρυστάλλου. Τὰ ἰόντα ὅμως τὰ εὐρίσκόμενα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, ἐπειδὴ δὲν περιβάλλονται πανταχόθεν ἀπὸ ἐτερόνυμα ἰόντα, ὡς εἰς τὸ ἐσωτερικόν, δὲν εἶναι ἐξουδετερωμένα ἡλεκτρικῶς καὶ ἐμφανίζουσι εἰς τὴν ἄμεσον γειτονίαν τῶν ἡλεκτρικῶν πεδίων, τὴν ἐπίδρασιν τῶν ὁποίων θὰ ἐξετάσωμεν εἰς ἰδίαν παράγραφον.

Ἡ ἔννοια τῆς πολώσεως, ὡς ἂνωτέρω ἐξετέθη, ἀναφέρεται κατὰ τρόπον γενικόν εἰς πολυπλοκώτερας κατ' οὐσίαν μεταβολάς, τὰς ὁποίας ὑφίσταται ἡ ἡλεκτρονικὴ δομὴ τοῦ ἀτόμου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ περιβάλλοντός του ἐντὸς τοῦ πλέγματος. Ὡς ἤδη, ἐξετέθη καθαρά σύνδεσις κατὰ ἓνα τῶν περιγχαρμένων τεσσάρων τύπων εἶναι σπανία. Εἰς τὰς περισσοτέρας περιπτώσεις ὑπάρχει ἀμοιβαία ἐπίδρασις διαφόρων καταστάσεων συνδέσεως διὰ τῆς ὁποίας ἀποκαθίσταται μέση τις κατάστασις ἰσορροπίας αὐτῶν ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὸ μικρότερον περιεχόμενον εἰς ἐνέργειαν χαρακτηριζομένην ὡς μεσομέρεια ἢ κατὰ Pauling ὡς συντονισμός. (Resonanz). Πρὸς ἐπεξήγησιν τῆς ἐννοίας ταύτης θεωρήσωμεν τὴν ἀπλουστέραν περίπτωσιν τοῦ μορίου τοῦ ὕδατος. Μεταξὺ τῶν δύο ἀτόμων ὕδρογόνου καὶ τοῦ ὀξυγόνου εἶναι δυνατοὶ θεωρητικῶς τέσσαρες τρόποι συνδέσεως παριστάμενοι σχηματικῶς ὡς ἑξῆς:



Κατὰ Pauling οὐδεμία τῶν μορφῶν αὐτῶν ἀποτελεῖ τὴν μοναδικὴν δομὴν τοῦ μορίου τοῦ ὕδατος, ἀλλ' ἀποκαθίσταται μέση κατάστασις ἰσορροπίας μεταξὺ τῶν μορφῶν αὐτῶν συνδέσεως με ἀναλογία 40% ὁμοιοπολικῆς, 10% ἐτεροπολικῆς καὶ 50% ἡμιπολικῆς.

Παραστατικὸν παράδειγμα μεσομερείας ἔχομεν εἰς τὴν σύνδεσιν τῶν ἀτόμων τοῦ ἀνθράκος εἰς τὸν γραφίτην. Αὕτη δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σύνδεσις συντονισμοῦ με δύο ἀπλοῦς καὶ ἓνα διπλοῦν δεσμόν κατὰ τὸ σχῆμα =C ἐπὶ

τῶν ἐπιπέδων (0001) καταλείπουσα μικρὸν περίσσευμα ἡλεκτρονίων, τὸ ὁποῖον συνδέει τὰ διαδοχικὰ ἐπίπεδα (0001) πρὸς ἀλλήλα καὶ προκαλεῖ τὴν ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα. Μετὸν τρόπον αὐτὸν θεωρήσεως τοῦ μεικτοῦ τύπου συνδέσεως ἢ συνδέσεως συντονισμοῦ ἐκτὸς τῶν καθαρῶν τύπων ὁμοιοπολικῆς, ἐτεροπολικῆς μεταλλικῆς διακρίνομεν καὶ συνθέτους ἐξ αὐτῶν με ἐπικρατέστερα χαρακτηρηστικὰ τοῦ ἑνὸς ἢ τοῦ ἄλλου τύπου. Οὕτω ἔχομεν μεταλλικῆς συνδέσεως πλέγματα εἰς τὰ πλεῖστα τῶν μετάλλων (Cu, Ag, Au, Pb κ.λ.π.) μεταλλοειδῆ, μεικτοῦ τύπου με ἐκδηλὸν τὸν μεταλλικὸν χαρακτήρα εἰς σουλφίδια, ἄρσενίδια κ.λ.π. τῶν μετάλλων, μεικτῆς ὁμοιοπολικῆς καὶ ἐτεροπολικῆς

συνδέσεως ὡς λ.χ. εἰς τὰς πυριτικὰς ἐνώσεις καὶ πλέγματα μοριακά.

68. Ἴσομορφία καὶ ἰσοτυπία. Σύμφωνα πρὸς ὅσα ἀνωτέρω ἐξετέθησαν ἐὰν εἰς ἓν πλέγμα θεωρήσωμεν τὰ κατιόντα αὐτοῦ ἀντικαθιστάμενα ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει ἀπὸ ἄλλα ὁμώνυμα ἰόντα τοῦ αὐτοῦ σθένους καὶ τῶν αὐτῶν περίπου διαστάσεων, ἡ ἰσορροπία τοῦ κρυσταλλικοῦ οἰκοδομήματος δὲν μεταβάλλεται. Αἱ συνθῆκαι αὗται πραγματοποιοῦνται εἰς τὰ ἰσόμορφα σώματα καὶ τοὺς μεικτοὺς κρυστάλλους. Ἡ ἔννοια τῆς ἰσομορφίας εἰσήχθη ὑπὸ τοῦ Mitscherlich (1819) παρατηρήσαντος ὅτι σώματα ἀναλόγου χημικῆς συστάσεως ἔχουν κρυσταλλικὰς σταθερὰς περίπου τὰς αὐτάς, ἢ ἄλλως θεμελιώδη σχήματα παραπλήσια. Ὡς τυπικὰ παραδείγματα ἰσομορφίας παραθέτομεν τὰ ἀνθρακικὰ ἄλατα τῆς σειρᾶς τοῦ ἀσβεστίτου καὶ τῆς σειρᾶς τοῦ ἀραγωνίτου μὲ τὰς κρυσταλλογραφικὰς σταθερὰς ἐκάστου τῶν μελῶν αὐτῶν.

Σειρά ἀσβεστίτου (ρομβοεδρικῆς ὀλοεδρίας).

Ἀσβεστίτης CaCO_3	γωνία ρομβοέδρου $\alpha =$	101°55'
Ροδοχρώστις MnCO_3	» »	102°50'
Σιδηρίτης FeCO_3	» »	103°45'
Σμιθσωνίτης ZnCO_3	» »	103°28'
Μαγνησίτης MgCO_3	» »	103°21',5

Σειρά ἀραγωνίτου (ὀλοεδρίας ρομβικοῦ)

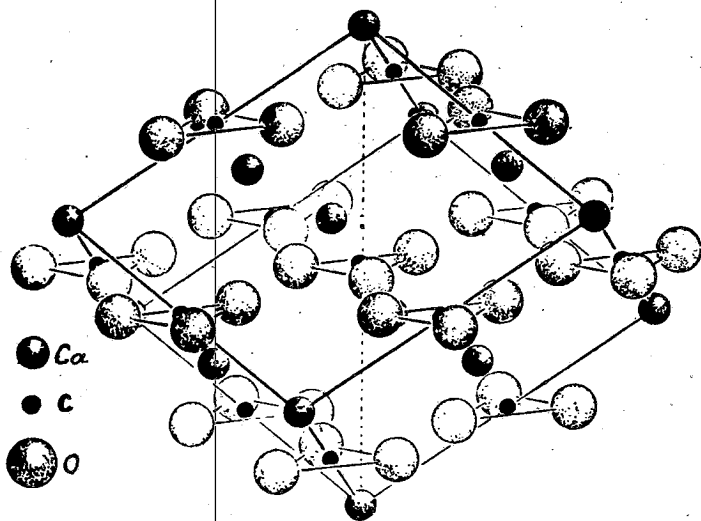
	$a : b : c$	a_0	b_0	c_0
Ἀραγωνίτης $\text{CaCO}_3 =$	0,6228:1:0,7204	4,99Å	7,94Å	5,72Å
Στροντιανίτης SrCO_3	0,6090:1:0,7237	5,12	8,40	6,08
Βιθερίτης BaCO_3	0,5949:1:0,7413	5,28	8,83	6,39
Κερουσίτης PbCO_3	0,6102:1:0,7232	5,16	8,49	6,15

Τὰ μέλη ἐκάστης σειρᾶς ἔχουν τὸν αὐτὸν τύπον πλέγματος μὲ μικρὰς διαφορὰς εἰς τὰς διαστάσεις τῆς κυψελίδος καὶ συντεταγμένους ἀντιστοιχῶν ἰόντων σχεδὸν τὰς αὐτάς.

Τὸ σχῆμα 333 παριστᾷ τὸν τύπον δομῆς τοῦ ἀσβεστίτου. Οὗτος δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ πρὸς παραμορφωμένον πλέγμα τύπου NaCl . Τὸ κυβικὸν πλέγμα μετατοπίσεως F πάρεμorfώθη πρὸς ρομβοεδρικόν. Τὴν θέσιν τῶν ἀνιόντων καταλαμβάνουν τὰ ἄτομα τοῦ C περιβαλλόμενα ἀπὸ τρία ὀξυγόνα κατέχοντα τὰς κορυφὰς ἰσοπλεύρου τριγώνου, τοῦ ὁποῖου τὸ ἐπίπεδον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν Λ^3 .

Ἐκτὸς τῶν καθαρῶν τούτων μελῶν ἀπαντῶσιν εἰς τὴν φύσιν καὶ ἐνώσεις ἀνθρακικαὶ μὲ διάφορα εἶδη κατιόντων. Ἐπὶ παραδείγματι εἰς τὴν σειρὰν τοῦ ἀραγωνίτου ἀνήκουν ὁ ἄλστονίτης (βαριούχος ἀραγωνίτης), ὁ ἐμμονίτης (ἀσβεστοῦχος στροντιανίτης) κ.λ.π. Αἱ ἐνώσεις αὗται ἔχουν κρυστάλλους ὁπτικῶς ὁμογενεῖς, τῶν ὁποίων τὸ πλέγμα εἶναι ὅμοιον πρὸς τὸ τοῦ ἀραγωνίτου μὲ μερικὴν ἀντικατάστασιν εἰς τὸν ἄλστονίτην λ.χ. τῶν κατιόντων Ca^{2+}

διὰ Ba^{2+} . Ἡ ἀντικατάστασις αὕτη εἶναι εἰς κλίμακα ὑπομικροσκοπικὴν καὶ ἐντελῶς τυχαία, ὥστε νὰ προκύπτῃ στατιστικὴ ὁμογένεια. Αἱ ἐνώσεις αὐταὶ



Σχ. 333
Δομὴ τοῦ ἀσβεστίτου

καλοῦνται ἰσόμορφοι παραμειξίεις ἢ μεικτοὶ κρύσταλλοι. Φυσικαὶ τινὲς σταθεραὶ τῶν μεικτῶν κρυστάλλων (πυκνότης, δείκτης διαθλάσεως κ.λ.π.) ἔχουν τιμὰς μεταξύ τῶν ἄκρων τιμῶν τῶν δύο ἰσομόρφων μελῶν μεταβαλλομένης γραμμικῶς μετὰ τῆς περιεκτικότητος ἐπὶ τοῖς % τοῦ ἐτέρου αὐτῶν (σχ. 334). Ἡ γραμμικὴ αὕτη συνάρτησις δὲν ἰσχύει πάντοτε.

Ἐτερον ἐνδιαφέρον παράδειγμα ἰσομορφίας παραθέτομεν τὸ τῆς σειρᾶς τῶν ἀστρίων, ὀρυκτῶν τὰ ὅποια συνιστοῦν κατὰ 58% τὸ προσοιτὸν εἰς ἡμᾶς τμήμα τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς. Τὰ κύρια μέλη τῆς σειρᾶς ταύτης εἶναι: Τὸ ὀρθόκλαστον* (σανίδινον) $KAlSi_3O_8$ μονοκλινὲς $a_0 = 8,44$, $b_0 = 12,95$,

$$c_0 = 7,15 \beta = 116^\circ 6'$$

Ὁ μικροκλινὴς $KAlSi_3O_8$ τρικλινὴς

$$a_0 = 8,57, b_0 = 12,98,$$

$$c_0 = 7,22 \alpha = 90^\circ 41',$$

$$\beta = 115^\circ 59', \gamma = 87^\circ 30'$$

Ὁ ἀλβίτης $NaAlSi_3O_8$ τρικλινὴς

$$a_0 = 8,135, b_0 = 12,788,$$

$$c_0 = 7,154 \alpha = 94^\circ 13,5',$$

* Τοῦ καλιούχου ἀστρίου ὀρθόκλαστου μόνη ἡ ποικιλία σανίδινον ἔχει πραγματικὴν μονοκλινὴν συμμετρίαν. Εἶναι ὑψηλῆς θερμοκρασίας μορφή με στατιστικῶς ἄτακτον κατανόμην τῶν Si, Al ἀπαντώσα εἰς ἡφαιστίτας καὶ διατηρήσασα λόγῳ τῆς ταχείας ψύξεως τὴν μονοκλινὴν συμμετρίαν.

Ο άνορθίτης $\text{Ca.Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ κρικλινής

$$\beta = 116^\circ 31', \gamma = 87^\circ 42' 5$$

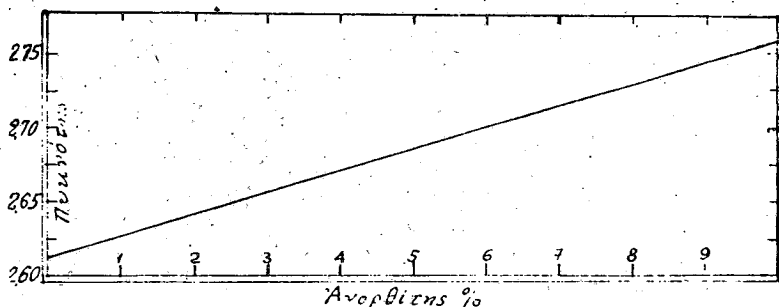
$$a_0 = 8,177, b_0 = 12,877$$

$$c_0 = 2 \times 7,084$$

$$\alpha = 93^\circ 10', \beta = 115^\circ 51'$$

$$\gamma = 91^\circ 13'$$

Ο άλβίτης και ο άνορθίτης σχηματίζουν μεικτούς κρυστάλλους υπό οίανδήποτε αναλογίαν καλουμένους γενικώς πλαγιόκλαστα, ενώ μεικτοί κρύσταλλοι εκ του καλιούχου και νατριούχου άστρίου μόνον εντός ώρισμένων

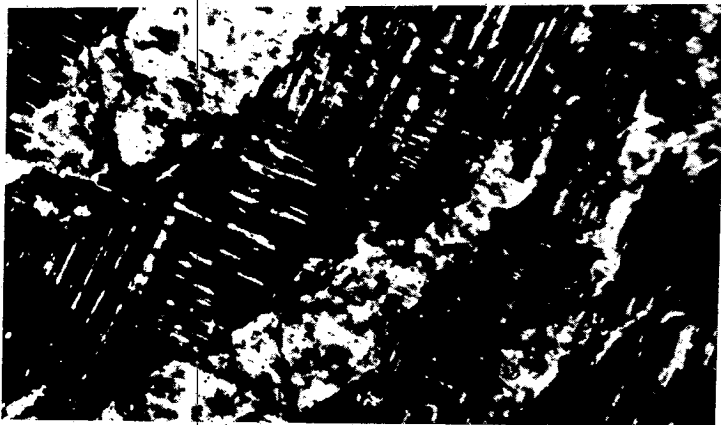


Σχ. 334

Μεταβολή της πυκνότητος εις τὰ πλαγιόκλαστα συναρτήσει της περιεκτικότητος εις άνορθίτην

όρίων περιεκτικότητος άπαντώνται. Άστριοι με περιεκτικότητα εις τὸ ἕτερον τῶν μελῶν μεγάλην παρουσιάζονται εις μικροσκοπικάς τομάς ὡς ὄχι ὁμογενεῖς. Ἐντός τοῦ καλιούχου άστρίου λ.χ. ἐμφανίζονται κατὰ χώρους τμήματα ἐκ καθαροῦ νατριούχου άστρίου (σχ. 335). Τοιαῦτα συμφύσεις καλοῦνται περθίται (τμήματα άλβίτου ἐντός ὀρθοκλάστου) ἢ ἀντιπερθίται (τμήματα ὀρθοκλάστου ἐντός άλβίτου). Ἀντιθέτως παρ' ὅ,τι θὰ ἀνέμενε τις, παρὰ τὴν μεγάλην χημικὴν ὁμοιότητα μικροκλινοῦς καὶ άλβίτου (τὰ κατιόντα K καὶ Na ἀμφότερα μονοσθενῆ) ἡ ἰσόμορφος παράμειξις εἶναι εἰς ὥρισμένην αναλογίαν δυνατή, ἐνῶ μεταξύ άλβίτου - άνορθίτου εἶναι δυνατὴ εἰς πᾶσαν αναλογίαν. Αἱ ὡς ἔνω παρατηρήσεις ἐρμηνεύονται πλήρως, ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς διαστάσεις τῶν ἰόντων. Εἰς τὴν σειρὰν τῶν άστρίων τὰ μέλη αὐτῆς ἔχουν πάντα τὸν αὐτὸν τύπον δομῆς δηλ. κυψελίδας με τὰς αὐτάς περίπου διαστάσεις καὶ τὴν αὐτὴν διάταξιν τῶν ὁμολόγων ἀτόμων εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτῶν. Προκειμένου περὶ τοῦ άλβίτου καὶ τοῦ άνορθίτου αἱ ἀκτῖνες τῶν ἰόντων ($\text{Na}^+ = 0,98$) καὶ $\text{Ca}^{2+} = 0,99$) εἶναι παραπλήσιοι, ἐπομένως εἶναι δυνατὴ ἡ ἀντικατάστασις ἐν τῷ πλέγματι Na^+ διὰ Ca^{2+} ὅφ' οἵανδήποτε αναλογίαν, χωρὶς νὰ καταστραφῇ ἡ ἰσορροπία αὐτοῦ, ἀρκεῖ νὰ ἀντισταθμισθῇ ἡ διαφορὰ σθένους, ὥστε τὸ σύνολον νὰ εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον. Τοῦτο γίνεται δι' ἀντικαταστάσεως τοῦ πετρασθενοῦς πυριτίου διὰ τρισθενοῦς Al^{3+} δι' ἐκάστην ἀντικατάστασιν Na^+

διὰ Ca^{2+} . Τὸ σχεδὸν ἶσον τῶν ἀκτίνων τῶν νατρίου καὶ ἀσβεστίου καθιστᾷ δυνατόν τὸν σχηματισμὸν μεικτῶν κρυστάλλων μεταξύ ἀλβίτου καὶ ἀνορθίτου ἄνευ οὐδενὸς περιορισμοῦ. Προκειμένου ὅμως περὶ τοῦ K^{+} , τοῦ ὁποῖου ἡ ἀκτίς ἔχει τιμὴν $1,33\text{\AA}$, σημαντικῶς διάφορον τῆς τοῦ Na^{+} , μερικὴ ὑποκατάστασις ἰόντων νατρίου διὰ καλίου εἰς περιορισμένην ἀναλογίαν μὲ ὁμογενῇ στατιστικὴν κατανομὴν ἐπιφέρει τοπικὴν διαστροφήν τοῦ πλέγματος



Σχ. 335

Μικροκλινῆς διακοπτόμενος ἐπὶ ταυρίας περριτιζοῦ ἀλβίτου εἰς πολέδρμον σύμφυτον

χωρὶς νὰ καταστρέψῃ τὴν ἰσορροπίαν του. Ὑποκατάστασις ὅμως πέραν ὁρισμένου ὁρίου καθιστᾷ τοὺς μεικτοὺς κρυστάλλους ἀσταθεῖς καὶ ἐπέρχεται διάμειξις ἀποχωριζομένου τοῦ περισσεύματος εἰς ἰδίους κρυστάλλους, ὡς συμβαίνει εἰς τοὺς περριτάς. Τὸν σχηματισμὸν τῶν περριτῶν ἐρμηνεύουν αἱ συνθῆκαι ὀρυκτογονίας αὐτῶν. Οἱ ἄστριοι συνήθως εἶναι πυριγενεῖς, κρυσταλλωθέντες ἀπὸ τήγματος. Εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν τοῦ τήγματος, ἐξ οὗ ἐσχηματίσθησαν, λόγῳ τῆς θερμικῆς κινήσεως τῶν ἀτόμων αἱ εἰς χῶρον ἀπαιτήσεις ἐκάστου ἰόντος δὲν εἶναι αὐστηρῶς καθωρισμένοι καὶ ἡ ὑποκατάστασις Na^{+} διὰ K^{+} ἢ τανάπαλιν εἶναι δυνατὴ εἰς μεγάλην ἀναλογίαν χωρὶς νὰ διαταράσσεται ἡ ἰσορροπία τοῦ πλέγματος. Ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέλθῃ βραδέως μειουμένης τῆς θερμικῆς κινήσεως, αἱ εἰς χῶρον ἀπαιτήσεις ἐκάστου ἰόντος εἶναι αὐστηρότερον καθωρισμένοι καὶ ἐπέρχεται διάμειξις ἀποχωριζομένου τοῦ πλεονάζοντος ποσοῦ τοῦ ὑποκαταστάτου. Ἐὰν ὅμως ἡ πτώσις τῆς θερμοκρασίας γίνῃ ταχέως, δὲν ἐπέρχεται διάμειξις. Οὕτω τὰ σανίδινα τραχειτικῶν λαβῶν λόγῳ τῆς τοιαύτης ταχείας ψύξεως ἐγκλείουν ἀλβίτην εἰς ποσότητι μέχρι καὶ 50%, ἐνῶ εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς ἐμφανίζονται ὁπτικῶς ὁμογενῇ. Μὲ τὸ ὀρθόκλαστον σχηματίζει μεικτοὺς κρυστάλλους εἰς οἵανδήποτε ἀναλογίαν ὁ κελσιανός ($\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) ἕνεκα τῆς προσεγγί-

σεως τῶν τιμῶν τῶν ἀκτίνων τῶν ἰόντων ($K+1,33$, $Ba^{2+}1,34$). Ὁ μεικτὸς κρυστάλλος ὀρθοκλάστου κελσιανοῦ καλεῖται ὑαλοφάνης.

Τὸ γεγονός, ὅτι ἡ ἰσόμορφος ὑποκατάστασις ἰόντων εἷς τι πλέγμα δι' ἄλλων παραπλησίων διαστάσεων δημιουργεῖ ὅπωςδῆποτε ἀνωμαλίας εἰς τὴν ἰσορροπίαν τοῦ περιεχομένου του, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα αἱ ιδιότητες τῶν μεικτῶν κρυστάλλων νὰ μὴ μεταβάλλουν πάντοτε τιμὰς γραμμικῶς μετὰ τῆς περιεκτικότητος. Ἡ εἰσαγωγή τῶν πρώτων ὑποκαταστατῶν προκαλεῖ ἰσχυρὰν ἀντίδρασιν τοῦ ἀμειοῦς ἐπὶ πλέγματος ἐκδηλουμένην εἰς τὴν ἔντονον μεταβολὴν τῆς τιμῆς τῆς θεωρουμένης σταθερᾶς, ἐνῶ, ὅταν τὰ παρείσακτα ἰόντα πλησιάζουν νὰ ἐξισωθοῦν εἰς ἀριθμὸν πρὸς τὰ ἀρχικά, ὑποκατάστασις ἐπὶ ὀλίγων ἰόντων δὲν ἐπιφέρει οὐσιώδη μεταβολήν. Ἡ τοιαύτη ἔντονος ἐπίδρασις τῆς προσθήκης μικρᾶς προσμείξεως ἐπὶ τῶν ιδιοτήτων ἐνὸς σώματος ἔχει ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν τεχνολογίαν.

Αἱ ὡς ἄνω παρατηρήσεις ἐπιβάλλουν τὴν διάκρισιν μεταξὺ σωμάτων τοῦ αὐτοῦ τύπου πλέγματος εἰς δύο κατηγορίας. Ὡς καθ' αὐτὸ ἰσόμορφα ὀρίζονται τὰ σώματα τὰ ἔχοντα τὸν αὐτὸν τύπον πλέγματος καὶ δυνάμενα νὰ δώσουν μεικτοὺς κρυστάλλους. Σώματα τοῦ αὐτοῦ τύπου πλέγματος, τὰ ὁποῖα ὅμως δὲν σχηματίζουν μεικτοὺς κρυστάλλους, καλοῦνται *ἰσότυπα*. Ἰσοτυπία δύναται νὰ παρατηρηθῇ ἐπὶ σωμάτων συνισταμένων ἀπὸ ἄτομα ἐντελῶς διαφορετικά, ἀρκεῖ ἡ σχέσις πλῆθους τῶν ἀντιστοίχων ἀτόμων καὶ αἱ σχέσεις τῶν ἀκτίνων αὐτῶν νὰ εἶναι παραπλησιοί. Ἐπὶ παραδείγματι ἰσότυπα εἶναι τὰ σώματα $NaClO_4$ καὶ $CaSO_4$ (τύπος δομῆς ἀνυδρίτου), τὰ $KClO_4$, $SrSO_4$ καὶ KBF_4 (τύπος δομῆς βαρύτρου). Βάσει τοιούτων κρυσταλλοχημικῶν προβλέψεων ἀνεζητήθη καὶ ἐπιβεβαιώθη ὑπὸ τοῦ Machatschki ἰσοτυπία μεταξὺ χαλαζίου SiO_2 ($=SiSiO_4$) καὶ $AlAsO_4$. Οἱ ὑπ' αὐτοῦ παρασκευασθέντες κρυστάλλοι τοῦ δευτέρου σώματος εἶναι καθ' ὅλα ὅμοιοι μορφολογικῶς πρὸς τοὺς κρυστάλλους τοῦ β - χαλαζίου.

Παρατηρήθησαν πολλαὶ περιπτώσεις ἰσοτυπίας, εἰς τὰς ὁποίας τὴν θέσιν τῶν κατιόντων εἰς τὸ ἐν τῶν ἰσοτύπων σωμάτων καταλαμβάνουν τὰ ἀνιόντα εἰς τὸ ἕτερον. Οὕτω τὸ Li_2O κρυσταλλοῦται κατὰ τὸν τύπον πλέγματος τοῦ φθορίτου μὲ τὰ ἄτομα τοῦ Li εἰς τὴν θέσιν εὐρίσκονται τὰ ἄτομα τοῦ F . Ἡ σχέσις αὕτη ὀνομάζεται *ἀντισοτυπία*, τὸ Li_2O κρυσταλλοῦται κατὰ πλέγμα ἀντιφθορίτου. Ἐπίσης τὰ σουλφίδια Si_2S , Na_2S , K_2S , Rb_2S

Κατὰ τὴν γένεσιν τῶν ὀρυκτῶν κοιτάσματος τινος ὠρισμένα στοιχεῖα ἀπαντῶντα εἰς πολὺ μικρὰν ἀναλογίαν κωλύουσιν νὰ σχηματίσουν ἴδια ὀρυκτά, εἰσέρχονται εἰς τὸ πλέγμα τῶν ὀρυκτῶν τοῦ κοιτάσματος ὡς ὑποκαταστάται ἰσομεγέθων πρὸς αὐτὰ ἰόντων ἀποκρύπτοντα οὕτω τὴν παρουσίαν αὐτῶν. Ἐὰν δὲ ἔχουν χημικὰς ιδιότητας παραπλησίους πρὸς τὰς τοῦ ὑποκαθιστωμένου ἰόντος, διαφεύγουν καὶ τὴν πρόχειρον χημικὴν ἀνίχνευσιν. Οὕτω τὸ στοιχεῖον χάφνιον (Hf) παρέμενεν ἄγνώστον μέχρι τοῦ 1922 κρυπτόμενον

έντος του όρυκτου ζιρκονίου ($ZrSiO_4$) ως υποκαταστάτης του Zr^{4+} προς το όποιον έχει την αὐτὴν σχεδὸν ἀκτῖνα ($Zr^{4+} = 0,79$, $Hf^{4+} = 0,78$). Τὸ Rb εὐρίσκεται κεκρυμμένον εἰς ενώσεις K. Τὸ Ga κρυσταλλοχημικῶς συγγενὲς πρὸς τὸ Al ($Al^{3+} = 0,51A^0$, $Ga^{3+} = 0,62A^0$) ἀπαντᾷται ὡς συνοδὸν αὐτοῦ εἰς πολλοὺς βωξίτας. Τοιαῦται συσχετίσεις γεωχημικαὶ καὶ κρυσταλλοχημικαὶ θὰ ἐξετασθοῦν εἰδικώτερον εἰς τὸ περὶ γεωχημείας κεφάλαιον.

Περιπτώσεις τινὰς ἀνιόντων ἢ ριζικῶν δυναμένων νὰ ὑποκαταστήσουν ἄλληλα ἰσομόρφως παραθέτομεν κατωτέρω:

α) O^{2-} , F^- , OH^-

β) S^{2-} , Se^{2-} , Cl^- , Br^-

γ) NO_3^- , CO_3^{2-} , BO_3^{3-}

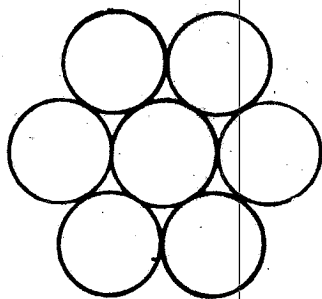
δ) ClO_3^- , BrO_3^-

ε) MnO_4^- , ClO_4^- , SO_4^{2-} , SeO_4^{2-}

ζ) CrO_4^{2-} , VO_4^{3-} , AsO_4^{3-} , PO_4^{3-} , SiO_4^{4-} , GeO_4^{4-} , MoO_4^{2-} , WO_4^{2-}

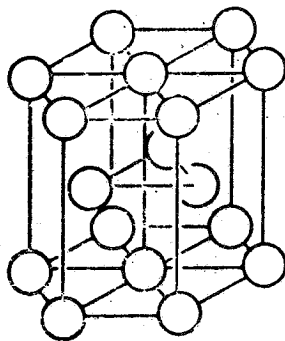
η) ReO_4^- , RuO_4^- , JO_4^- , MoO_4^{2-} , WO_4^{2-}

69. Κρυσταλλική δομή τῶν μετάλλων, κραμάτων καὶ μεταλλικῶν ενώσεων. Ὡς ἤδη ἐλέχθη ἡ μεταλλικὴ σύνδεσις συνεπάγεται δομὴν τῶν μεταλλικῶν στοιχείων λίαν ἀπλὴν. Δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὸ πλέγμα των ὡς συσσωμάτωσιν σφαιρῶν ὀρισμένης ἀκτῖνος ἐν ἐπαφῇ πρὸς ἀλλήλας. Εἰς τὰ πλεῖστα τῶν μετάλλων ἡ συσσωμάτωσις εἶναι τοιαύτη, ὥστε νὰ καταλείπει ἐλάχιστον κενὸν χῶρον μεταξύ τῶν ἐν ἐπαφῇ σφαιρῶν. Αὕτη πραγματοποιεῖται μὲ ἐξαγωνικὴν διάταξιν περὶ ἕκαστον ἄτομον τῶν ἐν ἐπαφῇ πρὸς αὐτὸ (σχ.



Σχ. 336

Συμπαγὴς ἐξαγωνικὴ συσσωμάτωσις

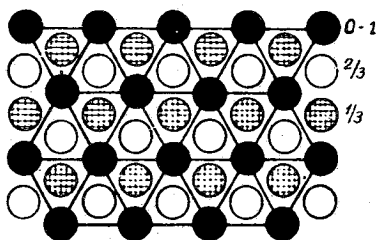


Σχ. 337

Δομὴ τοῦ μαγνησίου

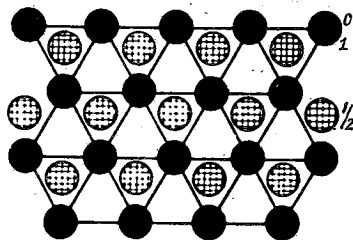
336). Θέτοντες ἐντὸς κυτίου ἀριθμὸν τινα σφαιρῶν ἴσης διαμέτρου καὶ κινοῦντες αὐτό, ὥστε αἱ σφαῖραι νὰ ἔλθουν εἰς στενὴν ἐπαφήν, παρατηροῦμεν

τὴν συγκέντρωσιν τῶν εἰς συμπαγῇ ἑξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν. Αὕτη εἰς τὸν τριδιάστατον χῶρον πραγματοποιοῖται εἰς δύο τύπους πλεγμάτων, εἰς τὸ ὀλοεδρικῶς κεντρωμένον (F) καὶ τὸ ἑξαγωνικὸν τοῦ σχήματος 337. Εἰς ἀμφοτέρω ἑκαστον ἄτομον εὐρίσκεται ἐν ἐπαφῇ πρὸς 12 ἄλλα, ἕξ ἐφ' ἑνὸς ἐπιπέδου, τρία ἐπὶ τοῦ ὑποκάτω αὐτοῦ καὶ τρία ἐπὶ τοῦ ὑπεράνω αὐτοῦ. Εἰς τὸ κυβικὸν πλέγμα ἡ ἑξαγωνικὴ διάταξις πραγματοποιοῖται ἐπὶ ἐπιπέδων (111) εἰς τὸ ἑξαγωνικὸν ἐπὶ (0001). Τὰ σχήματα 338 καὶ 339 παρέχουν προβολὴν



Σχ. 338

Πλέγμα F-κυβικόν, προβολὴ
τῶν ἀτόμων ἐπὶ (111)



Σχ. 339

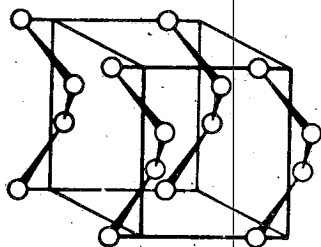
Πλέγμα τοῦ τύπου Mg. Προβολὴ
τῶν ἀτόμων ἐπὶ (0001)

τῆς κυψελίδος ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων τούτων. Εἰς τὸ ἐνδοκεντρωμένον κυβικὸν πλέγμα ἐντὸς τῆς περιόδου κατὰ [111] περιλαμβάνονται τρία δικτυωτὰ ἐπίπεδα με ἑξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν τῶν ἀτόμων τῶν ἀλλὰ διάφορον πρὸς ἄλληλα προβολήν, εἰς ὕψος 0,1/3 καὶ 2/3. Ἐὰν ὀνομάσωμεν τὰ ἐπίπεδα ταῦτα Α, Β, Γ ἔχομεν κατὰ τὴν διεύθυνσιν [111] τὴν διαδοχικὴν ἐπανάληψιν ΑΒΓ, ΑΒΓ, ΑΒΓ...Εἰς τὸ ἑξαγωνικὸν πλέγμα τοῦ Mg κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ Λ^6 τὰ ἐπίπεδα με ἑξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν διαδέχονται ἄλληλα εἰς ὕψος 0,1/2 κατὰ τὸ σχῆμα ΑΒ, ΑΒ, ΑΒ...Εἰς κυβικὸν ὀλοκεντρωμένον πλέγμα κρυσταλλοῦνται τὰ μέταλλα Cu, Ag, Au, Ca, Al, αCe, Th, Pb, Nb, γFe, αCo, Ni, Rh, Pd, Ir, Pt. Εἰς ἑξαγωνικὸν τύπον τὰ Mg, Be, Zn, Cd, βCe, Tl, Ti, Zr, Hf, βCr, βCo, Ru, Os. Ἄλλος τύπος πλέγματος μεταλλικῶν στοιχείων εἶναι τὸ ἐνδοκεντρωμένον κυβικὸν (I) με ἀριθμὸν συντάξεως τῶν ἀτόμων 8. Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν κρυσταλλοῦνται τὰ ἀλκάλεια Li, Na, K, Rb, Cs, τὸ Ba, ὁ αFe (εἰς συνθήκῃ θερμοκρασίαν), τὰ V, Nb, Ta, Mo, αCr, αW, βTi, βZr κ.ά.

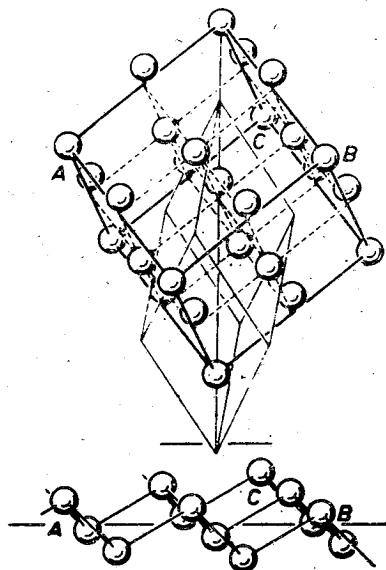
Ἐκ τῶν μεταλλοειδῶν στοιχείων τὸ Se, τριγωνικῆς συμμετρίας, ἔχει σύνδεσιν ἑτεροδεσμικὴν, τὰ ἄτομα αὐτοῦ συνδέονται ὁμοιοπολικῶς εἰς σπειροειδεῖς ἀλύσεις, συνδεομένης πρὸς ἄλλήλας με ἀσθενεῖς δυνάμεις (σχ. 340).

Τὸ As κρυσταλλοῦται εἰς ρομβόεδρα ($10\bar{1}1$) ἀντιστοιχοῦντα εἰς ὀλοεδρικῶς κεντρωμένην ρομβοεδρικὴν κυψελίδα (σχ. 341). Ἡ ἀπλῇ ρομβοεδρικὴ κυψελὶς περιέχει 2 ἄτομα ἐπὶ τοῦ Λ^3 με ρομβοεδρικὰς συντεταγμένας 0,23, 0,23, 0,23. Ἐκαστον ἄτομον περιβάλλεται ἀπὸ 6 γειτονικά, ἕξ ὧν τὰ τρία

συνδέονται ισχυρῶς πρὸς αὐτό, τὰ ὑπόλοιπα τρία ἀσθενέστερον. Τὰ ισχυρῶς συνδεόμενα ἄτομα σχηματίζουν στοιβάδας παραλλήλους πρὸς (0001) μετέλειον σχισμὸν κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτήν. Τὸν αὐτὸν τύπον δομῆς ἔχουν καὶ τὰ Sb καὶ Bi



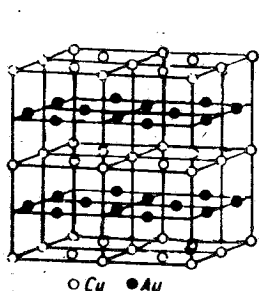
Σχ. 340
Δομὴ τοῦ σεληνίου



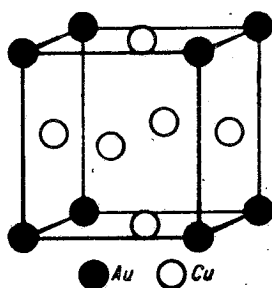
Σχ. 341
Δομὴ τοῦ ἀρσενικοῦ

Οἱ κρύσταλλοι οἱ ἀποτελούμενοι ἐκ τῆς συνενώσεως στοιχείων μετὰλλικὸν χαρακτῆρα παρουσιάζουν ὥς πρὸς τὴν δομὴν αὐτῶν ἴδια χαρακτηριστικά, τὰ ὁποῖα τοὺς διαστέλλουν ἀπὸ τὰς ἄλλας κατηγορίας χημικῶν ενώσεων. Ὁ τύπος δομῆς τῶν κραμάτων ἐξαρτᾶται ἀφ' ἐνὸς ἐκ τοῦ σχετικοῦ μεγέθους τῶν ἀκτίνων τῶν ἀτόμων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται, καὶ ἀφ' ἐτέρου ἐκ τῆς διατάξεως τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ ἡλεκτρονικοῦ των περιβλήματος. Λάβωμεν ὡς παράδειγμα τὸ κράμα χαλκοῦ καὶ χρυσοῦ. Αἱ ἀκτίνες τῶν ἀτόμων τῶν μετάλλων αὐτῶν εἶναι παραπλήσιοι ($R_{Cu} = 1,28\text{\AA}$, $R_{Au} = 1,44\text{\AA}$). Ἐκ τήγματος τῶν μετάλλων αὐτῶν ταχέως ψυχθέντος σχηματίζονται τυπικοὶ μεικτοὶ κρύσταλλοι δι' οἰανδήποτε ἀναλογίαν $Cu : Au$, πλέγματος F κυβικοῦ, ὅσον τὸ τῶν καθαρῶν μελῶν, τοῦ ὁποίου ἡ σταθερὰ a_0 εἶναι γραμμικὴ συνάρτησις τῆς περιεκτικότητος τοῦ τήγματος εἰς ἑκάτερον τῶν μελῶν. Διὰ στοιχειομετρικὴν ὅμως σύστασιν τοῦ τήγματος $Cu : Au = 1 : 1$ ἢ $3 : 1$ ἐπὶ βραδείας ψύξεως τοῦ τήγματος οἱ σχηματιζόμενοι κρύσταλλοι διαφέρουν ἀπὸ ἀπόψεως ἰδιοτήτων καὶ δομῆς ἀπὸ τοὺς μεικτοὺς κρυστάλλους. Ἡ διάταξις

τῶν ἀτόμων των δὲν εἶναι ἡ στατιστικῶς ὁμογενὴς ἡ χαρακτηρίζουσα τοὺς μεικτοὺς κρυστάλλους. Εἶναι ταξινομημέναι φάσεις, εἰς τὰς ὁποίας ἄτομα τοῦ αὐτοῦ εἴδους καταλαμβάνουν ὀρισμένας θέσεις ἐντὸς τοῦ πλέγματος. Εἰς τὴν φάσιν CuAu τὸ ὁλοεδρικῶς κεντρωμένον κυβικὸν πλέγμα F παρεμορφώθη εἰς τετραγωνικὸν καθέτως δὲ πρὸς τὸν Λ^4 ἐναλλάσσονται ἐπίπεδα φέροντα ἀποκλειστικῶς ἄτομα Cu ἢ ἄτομα Au (σχ. 342). Εἰς τὴν φάσιν Cu_3Au ἡ κυβελίς παραμένει ὁλοεδρικῶς κεντρωμένη κυβικὴ μὲ τὰ ἄτομα τοῦ Au εἰς τὰς κορυφὰς καὶ τὰ ἄτομα τοῦ Cu εἰς τὰ κέντρα τῶν ἐδρῶν αὐτῆς (σχ. 343).



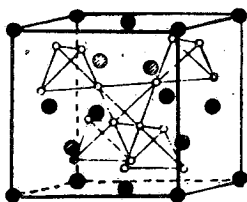
Σχ. 342
Δομὴ CuAu



Σχ. 343
Δομὴ Cu_3Au

Αἱ ταξινομημέναι αὐταὶ φάσεις ἐμφανίζονται ἐπὶ βραδείας ψύξεως τήγματος συστάσεως γειτονικῆς πρὸς τὴν τοῦ στοιχειομετρικοῦ αὐτῶν τύπου ὁμοῦ μὲ φάσιν μεικτῶν κρυστάλλων ἐν ἰσορροπίᾳ πρὸς αὐτήν. Ἡ ὑπαρξίς των διαπιστοῦται ἀπὸ χαρακτηριστικὰ τῶν γραμμῶν των εἰς διαγράμματα Debye.

Ἄλλος τύπος ταξινομημένων φάσεων εἶναι αἱ ὀνομαζόμεναι φάσεις Laves ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ διαγνώσαντος τὴν ὑπαρξίν αὐτῶν. Εἶναι ἐνώσεις μεταλλικαὶ τύπου AB_2 κρυσταλλούμεναι εἰς τὸ κυβικὸν ἢ τὸ ἐξαγωνικὸν σύ-



Σχ. 344
Δομὴ MgCu_2

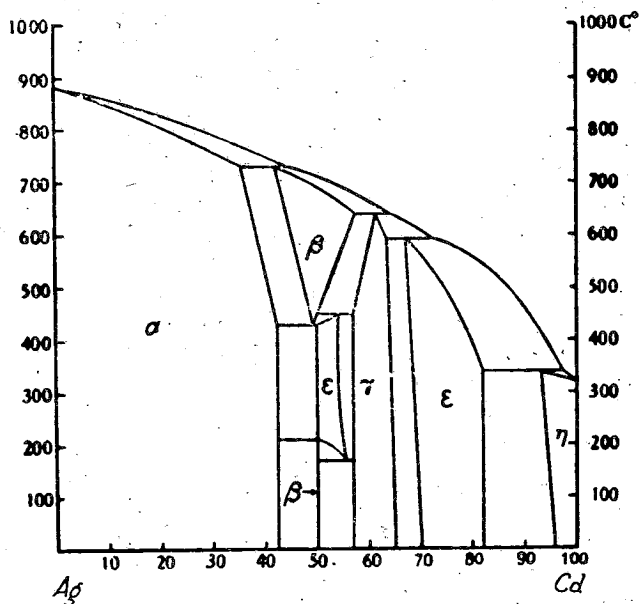
στημα. Ὡς παράδειγμα φάσεως Laves κυβικῆς συμμετρίας ἀναφέρομεν τὴν ἐνώσιν MgCu_2 (σχ. 344). Τὰ ἄτομα τοῦ Mg ἔχουν διάταξιν ἀντιστοιχοῦ-

σαν εις πλέγμα τύπου ἀδάμαντος. Ἐκ τῶν ὁκτὼ ἴσων κυβικῶν χώρων, εἰς τοὺς ὁποίους διαιρεῖται ἡ κυβελίς αὕτη, οἱ τέσσαρες φέρουν εἰς τὰ κέντρα των ἄτομα Mg κατέχοντα τὰς κορυφὰς τετραέδρου, οἱ ἄλλοι τέσσαρες κενοὶ περιέχουν τετράεδρα, τὰς κορυφὰς τῶν ὁποίων κατέχουν ἄτομα Cu. Τὰ τετράεδρα αὐτὰ Cu ἔχουν πρὸς τὰ περιβάλλοντα αὐτὰ μεγαλύτερα τετράεδρα Mg τοῦ κυβικοῦ χώρου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχονται, θέσιν διδυμίας συνδιabλαστήσεως μὲ ἐπίπεδον διδυμίας τὸ (100). Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν δομῆς μόνον ὅμοια ἄτομα ἐφάπτονται ἀλλήλων, τὰ τοῦ Mg μὲ ἀριθμὸν συντάξεως 4, τὰ τοῦ Cu μὲ ἀριθμὸν συντάξεως 6. Ἡ βραχυτέρα ἀπόστασις μεταξύ ἀτόμων Mg ἰσοῦται πρὸς τὸ $1/4$ τῆς διαγωνίου τῆς κυβελίδος, ἡ βραχυτέρα ἀπόστασις μεταξύ ἀτόμων Cu ἰσοῦται πρὸς τὸ $1/4$ τῆς διαγωνίου τῶν ἐδρῶν αὐτῆς. Κατὰ ταῦτα ἡ θεωρητικὴ σχέσις τῶν ἀκτίνων τῶν ἀτόμων εἰς τὰς φάσεις Laves εἶναι $\sqrt{3} : \sqrt{2} = 1,225$. Αἱ ἐξαγωνικῆς συμμετρίας φάσεις εἶναι δύο εἰδῶν μὲ ἀντιπροσωπευτικὰς ἐνώσεις τὰς $MgZn_2$ καὶ $MgNi_2$. Εἰς τὸ $MgZn_2$ τὰ ἄτομα τοῦ Mg ἔχουν οἷαν διάταξιν τὰ ἄτομα Zn καὶ S εἰς τὸ πλέγμα του βουρτσίτου (σελ. 283). Ἡ σχέσις ἀριθμῶν συντάξεως εἶναι ἡ ἰδία ὡς καὶ εἰς τὸ $MgCu_2$. Τὸ πλέγμα τοῦ $MgNi_2$ ἐμφανίζει διάταξιν ἐνδιάμεσον μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν τύπων. Ἡ δομὴ τῶν τριῶν αὐτῶν τύπων θεωρουμένη ὡς συμπαγῆς ἐξαγωνικὴ συσσωμάτωσις σφαιρῶν δύναται νὰ ἀποδοθῇ μὲ τὴν διαδοχικὴν ἐπανάληψιν ἰσοδυνάμων στοιβάδων ὑπὲρ ἀλλήλας κατὰ τὸν ἐξῆς ρυθμὸν. $MgCu_2$ ὡς συμπαγῆς κυβικὴ ABΓ, ABΓ..., $MgZn_2$ ὡς συμπαγῆς ἐξαγωνικὴ AB, AB... $MgNi_2$ AΓAB, AΓAB...

Σημαντικὸς ἀριθμὸς φάσεων Laves ἔχει βεβαιωθῇ μεταξύ κραμάτων. Ἀναφέρομεν παραδείγματα κυβικῆς συμμετρίας τὰς ἐνώσεις $MgCu_2$, ZrW_2 , $TiCo_2$, $PbAu_2$, $BiAu_2$, $AgBe_2$, KBi_2 , $NaAu_2$, $CaAl_2$, $MgNiZn$. Ἐξαγωνικῆς τύπου $MgZn_2$ τὰς WFe_2 , $TiFe_2$, VBe_2 , $ReBe_2$, $CaMg_2$. Ἐξαγωνικῆς τύπου $MgNi_2$ τὴν $MgCuAl$. Εἰς ὅλας τὰς μελετηθείσας φάσεις Laves ὁ λόγος τῶν ἀκτίνων τῶν ἀτόμων κυμαίνεται μεταξύ 1,1 ἕως 1,4 ἥτοι ἐγγὺς τῆς θεωρητικῆς τιμῆς.

Ἐνδιαφέρουσιν κατηγορίαν μεταλλικῶν ἐνώσεων ἀποτελοῦν αἱ φάσεις Hume - Rothery αἱ ἄλλως ὀνομαζόμεναι καὶ ηλεκτρονικαὶ ἐνώσεις. Αὗται εἶναι κράματα καθ' αὐτὸ μετάλλων μὲ μέταλλα τῆς Β ομάδος ὡς τὰ Zn, Cd, Hg, Al, Sn. Ὡς παράδειγμα ἀναφέρομεν τὴν σειρὰν κραμάτων Ag καὶ Cd τὴν μελετηθεῖσαν ὑπὸ τοῦ Westgren. Τὸ Cd ἔχει πλέγμα ἐλάχιστα διαφέρον τῆς συμπαγοῦς ἐξαγωνικῆς συσσωματώσεως καὶ ἀκτῖνα ἀτόμου $1,52\text{\AA}$. Εἰς τὰ κράματα Ag-Cd ἐμφανίζονται πέντε διάφοροι ἀπ' ἀλλήλων ὁμογενεῖς φάσεις, χαρακτηριζόμεναι μὲ τὰ γράμματα τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαβήτου α. β. γ. ε καὶ η, εἴτε μεμονωμέναι εἰς ὀρισμένας περιοχὰς συστάσεων καὶ θερμοκρασίας τοῦ κράματος μεγαλυτέρας ἢ μικροτέρας ἐκτάσεως εἴτε εἰς ἑτερογενὲς μείγμα ἀνὰ δύο (σχ. 345). Ὑπὸ συνθήκας συνήθους θερμοκρασίας παρατη-

ροϋνται τὰ ἐξῆς εὐσταθῆ κράματα. Διὰ περιεκτικότητα τοῦ κράματος εἰς ἄτομα Cd ἀπὸ 0 μέχρι 42% ὑπάρχει μόνη ἡ ὁμογενὴς φάσις α, εἰς αὐτὴν τὸ F κυβικὸν πλέγμα τοῦ Ag διατηρεῖται ἀξανομένης τῆς σταθερᾶς αὐτοῦ a_0



Σχ. 345

Φάσεις τοῦ δυαδικοῦ συστήματος Ag - Cd

ἀναλόγως τῆς περιεκτικότητος εἰς Cd. Εἰς σύστασιν τοῦ τύπου AgCd ἀντιστοιχεῖ ἡ φάσις β με τύπον δομῆς τὸν τοῦ CsCl (ἀριθμὸς συντάξεως 8), ὁμογενὴς εἰς λίαν στενὴν περιοχὴν ἐκατέρωθεν τῆς περιεκτικότητος 50% εἰς ἄτομα Cd. Εἰς τὸ μεταξύ 42% καὶ 50% διάστημα συνυπάρχει ἐν ἰσορροπίᾳ με τὴν φάσιν α, πέραν τῆς περιεκτικότητος 50% μέχρι τῆς 57% ἐν ἰσορροπίᾳ με τὴν φάσιν γ, ἥτις ἐμφανίζεται μόνη εἰς τὴν περιεκτικότητα ταύτην διατηρουμένη ὡς ὁμογενὴς φάσις μέχρι τῆς ἀναλογίας 65% εἰς ἄτομα Cd. Ἡ φάσις γ ἀντιστοιχεῖ εἰς τύπον Ag_5Cd_8 . Ἡ κυψελὶς κυβικῆς συμμετρίας περιέχει 52 ἄτομα, 20 Ag καὶ 32 Cd. Ἡ φάσις αὕτη εἶναι σκληρὰ καὶ εὐθραυστος, ἐνῶ αἱ α καὶ β εἶναι μαλακαί. Εἰς περιεκτικότητα 70% εἰς ἄτομα Cd ἀντιστοιχεῖ ἡ φάσις ε, τύπου AgCd_3 , διατηρουμένη ὁμογενὴς μέχρι περιεκτικότητος 82%. Εἶναι συμμετρίας ἐξαγωνικῆς με συμπαγῇ συσσωμάτωσιν, διαφέρει ὅμως τοῦ καθαροῦ Cd καὶ ὡς πρὸς τὴν δομὴν καὶ ὡς πρὸς τὰς ιδιότητες. Εἰς τὴν μεταξύ 65% καὶ 70% περιοχὴν ὑπάρχουν ἐν ἰσορροπίᾳ αἱ φάσεις γ καὶ ε. Ἡ φάσις η ὑπάρχει ὡς ὁμογενὴς φάσις εἰς τὸ μεταξύ 95% ἕως 100% διάστημα. Ἔχει τὸν τύπον δομῆς τοῦ Cd με μερικὴν ὑποκατάστασιν ἀτόμων

Cd υπό ατόμων Ag. Το μεταξύ 82% και 95% τμήμα καταλαμβάνει έτερογενές μείγμα των φάσεων ε και η. Αί περιγραφείσαι φάσεις εμφανίζονται και εις άλλα δυαδικά κράματα. Η φάσις γ είναι λίαν συχνή. Εις τόν ορείχαλκον εμφανίζεται υπό την αυτήν στοιχειομετρικήν αναλογίαν Cu_5Zn_8 , εις τὸ κράμα Cu-Al υπό την αναλογίαν Cu_9Al_4 , εις τὸ κρατέρωμα (βροϋτζον) υπό την αναλογίαν $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$, εις τὰ κράματα Zn με τὰ μέταλλα τῆς ομάδος Fe, Ru, Os υπό αναλογίαν $\text{Fe}_5\text{Zn}_{21}$, $\text{Rh}_5\text{Zn}_{21}$, $\text{Pd}_5\text{Zn}_{21}$ κ.λ.π.

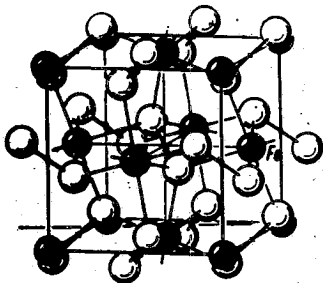
Τὰς συνθήκας ἐμφανίσεως τῶν φάσεων αὐτῶν διέγνωσεν ὁ Hume-Rothery. Καθορίζονται ἀπὸ ὠρισμένην τιμὴν τοῦ λόγου τοῦ ἀριθμοῦ ἠλεκτρονίων σθένους πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ατόμων τοῦ χημικοῦ τύπου τῆς φάσεως. Ἡ φάσις β ἐμφανίζεται διὰ τιμὴν τοῦ λόγου τούτου 3 : 2 (AgCd , Cu_3Al , Cu_5Sn κ.λ.π.), ἡ γ διὰ τιμὴν 21 : 13 (Cu_5Zn_8 , Cu_9Al_4 , $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_{18}$ κ.λ.π.). Διὰ τὴν φάσιν ε ἡ σχέσηις αὕτη εἶναι 7 : 4 (AgCd_3 , Cu_3Ge , Au_5Al_3). Ἵνα ἱσχύῃ ὁ κανὼν τοῦ Hume-Rothery διὰ τὰ ἄτομα τῆς ομάδος τοῦ Fe καὶ Pt ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων σθένους αὐτῶν πρέπει νὰ θεωρηθῇ ἴσος πρὸς 0. Εἰς τὸν κανόνα αὐτὸν δὲν ὑπακούουν τὰ κράματα με ἀλκάλεια καὶ ἀλκαλικὰ γαῖας. Ὑπὸ τοῦ Zintl παρετηρήθησαν φάσεις β εἰς κράματα με ἀλκάλεια καὶ ἀλκαλικὰ γαῖας μὴ πληροῦσαι τὴν συνθήκην 3 : 2 ὡς λ.χ. LiAg (2 : 2), LiTi (4 : 2), MgTi (5 : 2), CaTi (5 : 2), SrTi (5 : 2).

Ἐνώσεις μετάλλων με θεῖον ἢ με τὰ μεταλλοειδῆ Se, Te, As, Sb παρρουσιάζουν ιδιότητας χαρακτηριστικὰς μεικτοῦ τύπου συνδέσεως, συνδέσεως συντονισμοῦ. Ὁ ἐν μέρει μεταλλικὸς χαρακτήρ αὐτῶν ἐκδηλώνεται εἰς τὴν ἱσχυρὰν μεταλλικὴν αὐτῶν λάμψιν, ἐνῶ ἡ δομὴ αὐτῶν καὶ ἄλλαι ιδιότητες μαρτυροῦν μερικῶς ὁμοιοπολικὴν ἢ ἑτεροπολικὴν σύνδεσιν. Εἰς τὸν γαληνίτην, ἰσότυπον πρὸς τὸ NaCl , ἡ σύνδεσις δὲν εἶναι ἰοντική. Εἰς τὸ πλέγμα τοῦ ζεῦγος p - ἠλεκτρονίων τοῦ S μετέχουν μεσομερῶς εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐξωτερικὴν p - χβαντικήν κατάστασιν τοῦ γειτονικοῦ ἰόντος Pb^{2+} . Οὕτω μειοῦται τὸ εὖρος τῆς ἀπηγορευμένης ζώνης καὶ ὁ κρύσταλλος ἀποκτᾷ μεταλλικὴν λάμψιν καὶ ἀποβαίνει ἡμιαγωγός. Ἰσότυπα πρὸς τὸ NaCl εἶναι καὶ τὰ σουλφίδια τῶν μετάλλων Mg, Ca, Sr, Ba, Mn.

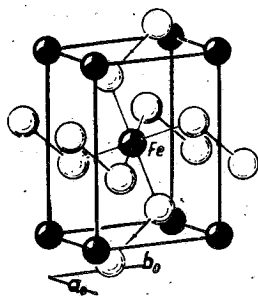
Ὁ τύπος δομῆς τοῦ σιδηροπυρίτου FeS_2 (σχ. 346) προσομοιάζει πρὸς τὸν τοῦ NaCl . Τὴν θέσιν τοῦ Na κατέχει ὁ Fe, τὴν θέσιν τοῦ Cl μόρια S_2 με τὸν ἄξονα αὐτῶν παράλληλον πρὸς [111]. Τὸν τύπον αὐτὸν δομῆς ἔχουν καὶ τὰ ὀρυκτὰ γκουερίτης (MnS_2), κοβαλτίνης (CoAsS), γερσδορφίτης (NiAsS), σπερρύλλιθος (PtAs_2) καὶ ἄλλαι ἐνώσεις. Εἰς τὸν ρομβικῆς συμμετρίας μαρκασίτην (FeS_2) (σχ. 347) τὰ μόρια S_2 ἔχουν τὸν ἄξονα των προσανατολισμένον κατὰ δύο διευθύνσεις ἐντὸς ἐπιπέδων συμμετρίας παραλλήλων πρὸς (100).

Ἴδιον τύπον δομῆς ἐμφανίζει τὸ ἐξαγωνικῆς συμμετρίας ὀρυκτὸν νικελίνης NiAs (σχ. 348) καὶ τὰ ἰσότυπα πρὸς αὐτὸν μαγνητοπυρίτης (FeS) καὶ βρεϊτχουππίτης (NiSh). Ἐκχαστον As περιβάλλεται ὑπὸ 6 ατόμων Ni,

έκαστον Ni υπό 6 ατόμων As και 2 ατόμων Ni. Ἡ χημική ἀνάλυσις τοῦ μαγνητοπυρίτου οὐδέποτε ἀνταποκρίνεται εἰς τὸν χημικὸν τύπον αὐτοῦ, ἀλλὰ κυμαίνεται μεταξύ FeS και Fe₆S₇. Ὡς ἐδείχθη ὑπὸ τοῦ Laves ἡ ἀπόκλισις ἀπὸ τοῦ τύπου FeS δὲν ὀφείλεται εἰς περίσσειαν S, ἀλλὰ εἰς τὸ ὅτι τινὲς ἐκ τῶν θέσεων ἐντὸς τοῦ πλέγματος, αἱ ὁποῖαι ἔπρεπε νὰ κατέχωνται ὑπὸ Fe, εἶναι κεναί.



Σχ. 346
Δομὴ σιδηροπυρίτου



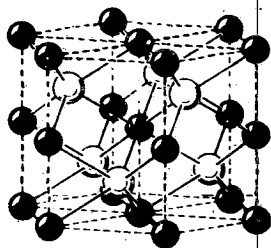
Σχ. 347
Δομὴ μαρκασίτου

Ὁ μολυβδαινίτης (MoS₂), ἑξαγωνικῆς συμμετρίας, ἔχει πλέγμα στοιβαδόμερον (σχ. 349). Ἀποτελεῖται τοῦτο ἀπὸ δεσμίδας τριῶν παραλλήλων ἐπιπέδων ἐγγὺς ἀλλήλων διευθύνσεως (0001), ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μεσαῖον κατέχεται ἀπὸ ἄτομα Mo, τὰ δύο ἑκατέρωθεν αὐτοῦ ἀπὸ ἄτομα S. Ἐντὸς αὐτῶν ἕκαστον ἄτομον Mo περιβάλλεται ἀπὸ 6 ἄτομα S κατέχοντα τὰς κορυφὰς τριγωνικοῦ πρίσματος, ἕκαστον ἄτομον S ἀπὸ 3 ἄτομα Mo. Αἱ δεσμίδες MoS₂ δυνάμεναι νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἀτέρμονα διδιάστατα μόρια εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα καὶ συνδέονται πρὸς ἀλλήλας ἀσθενῶς μὲ δυνάμεις Van der Waals. Κρυσταλλογραφικῶς ἐκδηλοῦται ἡ δομὴ αὕτη εἰς τὴν φυλλόμορφον ἀνάπτυξιν τοῦ ὀρυκτοῦ καὶ τὸν τέλειον σχισμὸν κατὰ (0001). Τοῦ αὐτοῦ τύπου πλέγμα ἔχουν καὶ αἱ ἐνώσεις MoSe₂, MoTe₂, WS₂ καὶ WSe₂.

Ὁ ἀντιμονίτης Sb₂S₃ συμμετρίας ρομβικῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀτέρμονας διπλᾶς ἀλύσεις (Sb₂S₃) παραλλήλους πρὸς τὸν ἄξονα c, καθ' ἣν διεύθυνσιν καὶ ἀναπτύσσεται πρισματικῶς ὁ κρυστάλλος. Ἐκαστον ἄτομον Sb περιβάλλεται ὑπὸ 7 ατόμων S μὲ ἀνισόμετρον διάταξιν. Αἱ ἀποστάσεις Sb-S ἐντὸς τῶν ἀλύσεων εἶναι μικραί, 2,38Å - 2,67Å, ἀπὸ ἀλύσεως εἰς ἄλυσιν μεγαλύτεραι 3,16Å - 4,99Å. Ἡ σχισμογενὴς διεύθυνσις (010) ἀποχωρίζει τὴν ἀσθενέστεραν τιμὴν συνδέσεως ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας. Ἰσοτύπος πρὸς τὸν ἀντιμονίτην εἶναι ὁ βισμούθινης Bi₂S₃.

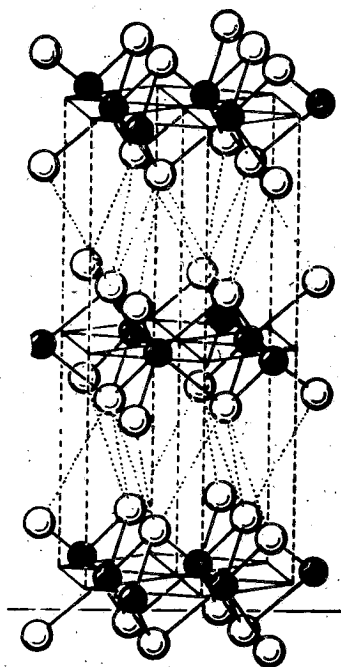
70. Κρυσταλλικὴ δομὴ καὶ συστηματικὴ τῶν πυριτικῶν ἀλάτων. Ἡ σημασία τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ ἔρευνα τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς διὰ τὴν μελέτην καὶ

τὴν συστηματικὴν ταξινόμησιν τῶν ὀρυκτῶν εἶναι καταφανὴς εἰς τὴν συμβολὴν τῆς ἐρεύνης τῆς δομῆς τῶν πυριτικῶν αλάτων διὰ τὴν διευκρίνησιν τῆς χημικῆς φύσεως αὐτῶν.



Σχ. 348

Δομή τοῦ νικελίνου



Σχ. 349

Δομή τοῦ μολυβδαινίτου

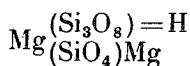
Τὰ πυριτικά ἄλατα ἐν συγκρίσει πρὸς τὰς λοιπὰς ἀνοργάνους ἐνώσεις παρουσιάζουν ἰδιάζον χαρακτηριστικὸν ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῆς χημικῆς αὐτῶν συστάσεως ὑπομιμνήσκον ἓν τι ἀναλογία τὸ παρατηρούμενον εἰς τὰς ὀργανικὰς ἐνώσεις· εἰς τὴν μοριακὴν των σύνθεσιν συνήθως εἰσέρχεται μέγας ἀριθμὸς ἀτόμων πυριτίου (Si) πρὸς ἀποτελεσιν μετὰ ἀτόμων O πολυπλόκων ριζῶν ὑποθετικῶν ὀξέων, τῶν ὁποίων ἄλατα θεωροῦνται αἱ πυριτικαὶ ἐνώσεις. Ἡ ἰδιότης αὕτη ἀπαντᾷται εἰς περιορισμένην κλίμακα ἐπὶ ἐνώσεων ἀναλόγων τῶν P, As, S. Εἰς τὸν λόγον αὐτὸν ὀφείλεται ἡ ὑπεροχὴ εἰς ἀριθμὸν καὶ ποιότητα τῶν πυριτικῶν αλάτων ἔναντι ἐνώσεων τῶν λοιπῶν κλάσεων τοῦ ὀρυκτοῦ βασιλείου.

Ἡ ἐνδοτέρα χημικὴ φύσις τῶν πυριτικῶν ἐνώσεων μέχρι τινὸς παρέμενε σκοτεινὴ παρὰ τὰς πολυαριθμούς ἐρένας πειραματικὰς καὶ θεωρητικὰς, αἱ ὁποῖαι ἔγιναν πρὸς ἐξιχνίασιν τῆς χημικῆς αὐτῶν συνθέσεως. Τὸ ὅχι ικανοποιητικὸν ἀποτέλεσμα τῶν ἐρευνῶν αὐτῶν ὀφείλεται εἰς τὰς πολλαπλὰς δυ-

σχερείας, τὰς ὁποίας συνήντα ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ὡς ἐκ τῆς φύσεως τῶν πυριτικῶν ἀλάτων. Εἰς οὐσιώδους χημικὸς προσδιορισμὸς, ὁ τοῦ μοριακοῦ βάρους, λόγῳ τοῦ ἀδιαλύτου τῶν ἐνώσεων αὐτῶν καθίσταται ἀδύνατος. Προσέτι ἡ τόσον ἐπιτυχῶς χρησιμοποιουμένη εἰς τὴν ὀργανικὴν χημείαν ἀναλυτικὴ μέθοδος ἀντικαταστάσεως ἀτόμων ἢ ὁμάδων ἀτόμων εἰς τὸ ὑπὸ μελέτην σῶμα τῇ βοθηαίᾳ ὠρισμένων χημικῶν ἀντιδράσεων δὲν εἶναι ἐπίσης ἐφαρμοσμος εἰς τὰς πυριτικὰς ἐνώσεις. Τὰ πυριτικὰ ἄλατα εἶναι ἐνώσεις λίαν εὐσταθεῖς, ὡσάκεις δὲ τῇ χρήσει δραστικῶν μέσων ἐπιτελοῦνται χημικαὶ ἀντιδράσεις, αὗται χωροῦν συνήθως μέχρι τελείας ἀποσυνθέσεως τῶν ὀρυκτῶν, χωρὶς ἡ πορεία των νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ ρυθμισθῇ. Τὰ τελικὰ προϊόντα τῶν τοιούτων βιαιῶν ἀντιδράσεων, πάντοτε τὰ αὐτὰ διὰ διαφόρους ἀρχικὰς ἐνώσεις, οὐδὲν στοίχεϊον ἐπὶ τῆς χημικῆς συνθέσεώς των παρέχουν. Εἰς τὴν φύσιν πραγματοποιοῦνται ἐνίοτε ἀντιδράσεις ἡπιώτεραι. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἀσθενῶς δρῶντων μέσων καὶ τῇ συνδρομῇ μακροτάτου χρόνου δράσεως συντελεῖται βαθμιαία μετατροπὴ μιᾶς πυριτικῆς ἐνώσεως εἰς ἄλλην διατηρουμένης οὕτω τῆς κρυστάλλικης μορφῆς τῆς ἀρχικῆς ἐνώσεως. Καὶ αἱ περιπτώσεις αὗται γνωσταὶ ὑπὸ τὸ ὄνομα *ψευδομορφώσεις* δὲν εἶναι πάντοτε ὅσον ἀναμένεται διαφωτιστικαί. Παρέχουν μόνον τὰ ἀρχικὰ καὶ τελικὰ προϊόντα τῆς ἀντιδράσεως, τὰ ἀντιδραστήρια καὶ αἱ ἐνδιάμεσοι ἀντιδράσεις ἐνδεχομένως παραμένουν πολλάκις ἄγνωστα. Ἀνεξαρτήτως ὅμως τῶν πειραματικῶν αὐτῶν δυσχερειῶν ἡ ἔρμηνεία τῶν ἀποτελεσμάτων, ὡσάκεις ταῦτα εἶναι θετικά, συχνὰ ἀποβαίνει προβληματικὴ.

Διὰ τὴν ἀναγωγὴν ἀπὸ τῶν ἐμπειρικῶν δεδομένων τῆς χημικῆς ἀναλύσεως εἰς τὸν συντακτικὸν τύπον ἐθεωρήθησαν αἱ πυριτικαὶ ἐνώσεις ὡς ἄλατα ὠρισμένων πυριτικῶν ὀξέων. Εἰς δύο τούτων ἀπαντῶντα καὶ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν, τὸ ὀρθοπυριτικὸν (H_4SiO_4) καὶ τὸ μεταπυριτικὸν (H_2SiO_3) ὑπήχθη μέγας ἀριθμὸς πυριτικῶν ἐνώσεων ὡς οὐδέτερα ὄξινα ἢ βασικά ἄλατα αὐτῶν. Διὰ τὴν ἔρμηνείαν ἄλλων πυριτικῶν ἐνώσεων πολυπλοκωτέρων ἐθεωρήθησαν ὑποθετικά πολυπυριτικά ὄξέα προκύπτοντα διὰ συνενώσεως ἀριθμοῦ τινος μορίων τῶν δύο προηγούμενων καὶ ἀφαιρέσεως μορίων ὕδατος. Λόγου χάριν τὸ διορθοπυριτικόν, τὸ διμεταπυριτικόν, τὸ τριπυριτικόν ($\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8 = 3\text{H}_4\text{SiO}_4 - 4\text{H}_2\text{O}$), οὗτινος ἄλατα ἐθεωρήθησαν τὰ τῆς ὁμάδος τῶν ἀστρίων, τὸ πενταπυριτικόν ($\text{H}_2\text{Si}_5\text{O}_{11} = 5\text{H}_2\text{SiO}_3 - 4\text{H}_2\text{O}$), εἰς τὸ ὅποιον ἀποδίδεται τὸ $\text{Li}_2\text{Si}_5\text{O}_{11}$. Ἐπὶ τῶν βάσεων αὐτῶν ἐστηρίχθη ἡ παλαιότερα συστηματικὴ ταξινόμησις τῶν πυριτικῶν ἀλάτων ὑπὸ τοῦ Groth. Ἡ ταξινόμησις αὕτη κατὰ βάσιν τεχνητὴ δὲν ἔρμηνεύει τὴν πραγματικὴν χημικὴν φύσιν τῶν πυριτικῶν ἐνώσεων. Χαρακτηριστικὸν εἶναι τὸ γεγονός, ὅτι διὰ μίαν καὶ τὴν αὐτὴν ἔνωσησιν αἱ ἀντιλήψεις ὡς πρὸς τὴν ταξινόμησιν αὐτῆς δίσταντο καὶ πολλάκις ἐχρησιμοποιοῦντο περισσότεροί τοῦ ἐνὸς συντακτικοὶ τύποι. Ἐπὶ παραδείγματι κατὰ τὴν συστηματικὴν τοῦ Groth ὁ τάλκης ἐθεωρεῖτο ὡς ὄξινον

μεταπυριτικών άλας ($H_2Mg_3(SiO_3)_4$), ένω κατά Clark ό συντακτικός αυτού τύπος έδει νά είναι:



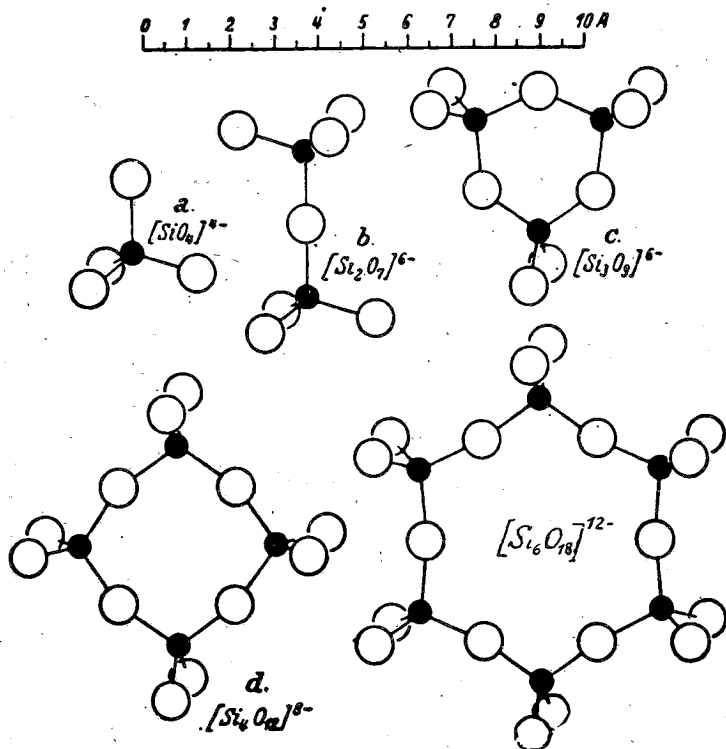
Τήν έκδοχήν αυτήν έστήριξεν ό Clark εις τήν παρατήρησιν ότι μετά πυρωσιν $1/4$ μόνον τοῦ Si άπέρχεται τῇ επιδράσει διαλύματος σόδας, κατ' άκολουθίαν τό $1/4$ τών άτόμων Si τών περιεχομένων εις τόν τύπον θά άπετέλει μέρος άλλης χημικῆς ομάδος παρά τά λοιπά $3/4$. 'Ός θά ίδωμεν ουδέτερος τών δύο τύπων άντιπροσωπεύει τās πραγματικās σχέσεις τών άτόμων πρὸς άλληλ.α.

'Η μέχρι τινὸς άκολουθηθεῖσα ὁδὸς πρὸς έρμηνείαν τῆς χημικῆς φύσεως τών πυριτικῶν ενώσεων ύπονοεῖ ὡς βάσιν τήν πραγματικὴν ύπαρξιν χημικοῦ μορίου ὡς αὐθυποστάτου συγκροτήματος άτόμων, ὁπότε καί ἡ άπόπειρά τῆς συνδέσεως τών άτόμων του εις μίαν εἰκόνα ἐν χώρῳ διατάξεως άντιπροσωπεύουσιν τήν πραγματικότητα εἶναι νοητή. 'Ός έδειξεν ὅμως ἡ διὰ τών άκτίνων X έρευνα τών κρυστάλλων, αἱ περιπτώσεις ύπάρξεως μορίων ἐν τῷ πλέγματι ὡς διακρίτων άπ' άλλήλων συγκροτημάτων άτόμων εἶναι σπάνια. 'Η διερεύνησις τῆς χημικῆς φύσεως τών ενώσεων αὐτῶν θά έπρεπε νά στηριχθῇ εις τήν φυσικὴν πραγματικότητα, τήν ἐν τῷ χώρῳ διάταξιν τών άτόμων, οἷα παρέχεται άπό τήν κρυσταλλικὴν δομὴν τοῦ σώματος. Τήν βάσιν μιᾶς ὀρθῆς συστηματικῆς ταξινομήσεως τών πυριτικῶν ενώσεων θά έπρεπε νά άποτελέσουν αἱ δομικαὶ άναλογίαι τῆς ἐν τῷ χώρῳ διατάξεως τών άποτελούντων αὐτās άτόμων. Μία τοιαύτη ταξινόμησις κατέστη δυνατή, άφ' ὅτου έπετεύχθη ἡ άνάλυσις τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς πολλῶν πυριτικῶν ὀρυκτῶν διὰ τών έρευνῶν τῆς σχολῆς τοῦ Bragg καὶ τών Schiebold, Machatschki, Pauling, Mauguin κ.ά.

'Η έρευνα τῆς δομῆς τών πολυπλόκων πυριτικῶν ενώσεων, εις τās ὁποίās συνήθως ὁ αριθμὸς τών προσδιοριστέων παραμέτρων κατὰ τήν πλήρη μελέτην μιᾶς κρυσταλλικῆς δομῆς εἶναι μεγάλος, παρουσίαζεν ἐξαιρετικās δυσχερείας. Αἱ μακραὶ καὶ συστηματικαὶ θεωρητικαὶ καὶ πειραματικαὶ έρευναι τῆς σχολῆς τοῦ Bragg έτελειοποίησαν τās μεθόδους έρεύνης, εις τρόπον ὥστε νά καταστήτῃ έφικτὴ ἡ μελέτη τῆς δομῆς ενώσεων ἐκ τών μᾶλλον πολυπλόκων. Εἰς έργασίας τοῦ Bragg καὶ τών μαθητῶν του ὁφείλονται κατὰ μέγα μέρος αἱ πρῶται δημοσιευθεῖσαι μελέται ἐπὶ τῆς δομῆς τών ὀρυκτῶν τῆς ομάδος τοῦ ὀλιβίνου (Bragg, West, Brown), τοῦ χονδροδίτου (Taylor), τοῦ φενακίτου (Bragg), τῆς ομάδος πυροξένων καὶ άμφιβόλων (Bragg, καὶ Warren) κ.λ.π. Αἱ έρευναι αὗται επέτρεψαν νά συναχθοῦν οἱ γενικοὶ νόμοι, οἱ ὁποῖοι διέπουν τήν δομὴν τών πυριτικῶν αλάτων.

"Ἢδη άπό τών πρώτων έρευνῶν ὁ Machatschki διέγνωσε καὶ διετύπωσε τὸ γενικὸν σχέδιον τῆς άρχιτεκτονικῆς τών ενώσεων τοῦ Si. Τὸ οὐσιῶδες

αὐτῆς γνώρισμα εἶναι ὅτι ἕκαστον ἄτομον πυριτίου ἔχει ὡς ἐγγύτερα ἄτομα ἐν τῷ πλέγματι 4 ἄτομα ὀξυγόνου, τὰ ὁποῖα κεῖνται εἰς διάταξιν τετραεδρικήν περὶ τὸ ἄτομον τοῦ πυριτίου καὶ εἰς ἀπόστασιν περίπου $1,60\text{\AA}$ ἀπ' αὐτοῦ (σχ. 350a). Ἡ ἀπόστασις μεταξύ τῶν κέντρων τῶν ἀτόμων τοῦ ὀξυγόνου ἀν-

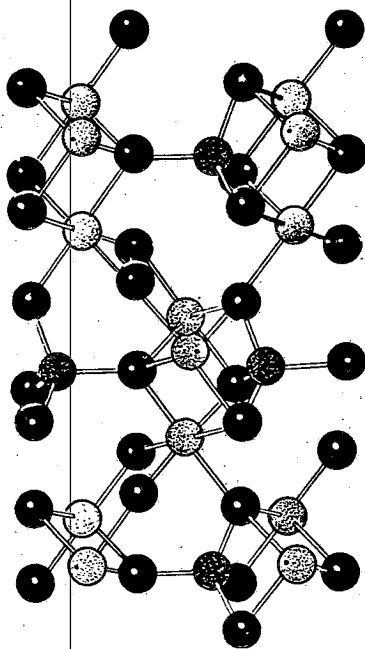


Σχ. 350

Συγκροτήματα τετραέδρων SiO_4 εἰς σιροπυριτικές ἐνώσεις

τιστοιχοῦσα εἰς τὴν ἀκμὴν τοῦ τετραέδρου ἀνέρχεται εἰς $2,72\text{\AA}$ περίπου. Αἱ ἀποστάσεις αὗται ἐλάχιστα μεταβάλλονται ἀπὸ ἐνώσεως εἰς ἐνώσιν κυμαινόμεναι περὶ τὰ ἀνωτέρω ὅρια. Τὸ δομικὸν αὐτὸ συγκρότημα SiO_4 ὀφείλει τὴν εὐστάθειάν του εἰς τὸ ὑψηλὸν σθένος τοῦ Si^{4+} καὶ τὴν μικρὰν ἀπόστασιν μεταξύ ἀνιόντος - κατιόντος. Εἰς τὰ ὀρθοπυριτικά ἅλατα, ἔνθα ἡ ἀναλογία $\text{Si}:\text{O}$ εἶναι 1:4, ἡ ὁμὰς SiO_4 ἀπαντᾷ εἰς αὐθυπόστατα τετράεδρα τῶν λοιπῶν κατιόντων καταλαμβάνοντων τοὺς μεταξύ τῶν τετραέδρων χώρους, εἰς τρόπον ὥστε νὰ περιβάλλωνται ἀπὸ ἀριθμὸν τινα ἀτόμων ὀξυγόνου συνήθως 6-8 ἀναλόγως τῶν διαστάσεων τοῦ κατιόντος τούτου (σελ. 244). Τὰ ὀξυγόνα ταῦτα σχηματίζουν περὶ τὸ κατιὸν διάταξιν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον συμμετρι-

κήν, τῶν κέντρων των κειμένων εἰς τὰς κορυφὰς πολυέδρων περίπου κανονικῶν. Ἐὰν τὰ ἄτομα θεωρηθοῦν ὡς εὗρισκόμενα εἰς κατάστασιν ἰόντων, ἡ τοιαύτη διάτάξις των εἰς τὸ πλέγμα ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν ἀμοιβαίαν ἐξουδετέρωσιν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων, ὥστε τὸ συγκρότημα νὰ ἐμφανίζεται ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον. Τὰ τοιούτου τύπου πλέγματα με ἀύθυποστάτους τετραεδρικὰς ομάδας SiO_4 ἀπαντῶνται εἰς τὰ ὀρθοπυριτικά ἅλατα λ.χ. εἰς τὴν ομάδα τοῦ ὀλιβίνου (σχ. 351) τῶν γρανατῶν, τὸ τόπάζιον, τὸ ζιρκόνιον,



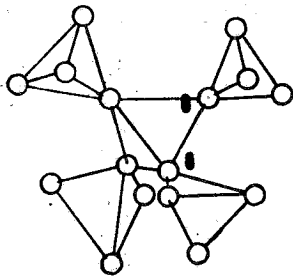
Σχ. 351

Δομή τοῦ ὀλιβίνου

τὸν τιτανίτην κ.λ.π. καὶ αἱ δομαὶ των χαρακτηρίζονται με τὸν ὄρον *νησοειδεῖς* δομαὶ (Inselstrukturen) διὰ τὴν μεμονωμένην ἐμφάνισιν τῶν τετραεδρικῶν ομάδων ἐντὸς τοῦ πλέγματος δίκην νησίδων. Τὴν αὐτὴν ἐτυμολογικὴν βᾶσιν ἐχρησιμοποίησεν ὁ Strunz, διὰ νὰ χαρακτηρήσῃ τὰς πυριτικὰς αὐτὰς ἐνώσεις με τὸν ὄρον «Nesosilikate» «ἐκ τοῦ ἑλληνικοῦ νῆσος».

Προκειμένου περὶ τῶν ἄλλων πολυπλοκωτέρων πυριτικῶν ἐνώσεων ὁ Machatschki ἐσχέφθη ὅτι ἡ τετραεδρική ὁμάς SiO_4 λόγῳ τῆς εὐσταθείας της θὰ ἔπρεπε νὰ ὑπάρχῃ καὶ εἰς ὅλα τὰ πλέγματα καὶ ὅτι, ὅπου ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων τοῦ O εἶναι μικρότερος τοῦ τετραπλασίου τῶν ἀτόμων τοῦ Si, τὰ ἀπαραίτητα διὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν τετραεδρικῶν ομάδων ὀξυγόνα θὰ

έξοικονομούνται δια συνδέσεως τῶν τετραέδρων SiO_4 πρὸς ἄλληλα, ὥστε νὰ ἔχουν κοινὰ O . Ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ σκεπτικοῦ αὐτοῦ ἀνεζήτησε τοὺς διάφορους τρόπους συνδέσεως, οἱ ὁποῖοι ἐπιτρέπονται κατὰ τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς νόμους. Οἱ δυνατοὶ συνδυασμοί, λίαν περιωρισμένοι εἰς ἀριθμὸν, παρέχονται ἀπὸ τὰ σχέδια τῶν σχημάτων 350b-e. Δύο τετραέδρα συνδεόμενα μὲ κοινήν κορυφήν, ἦτοι μὲ ἓν ὀξυγόνον κοινὸν καὶ τὰ λοιπὰ ἑξ (ἀνὰ τρία δι' ἕκαστον Si) ὄχι κοινὰ σχηματίζουν ὁμάδα τοῦ τύπου Si_2O_7 (σχ. 350b). Τρία τετραέδρα κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον συνδέονται εἰς κλειστὸν δακτύλιον, εἰς ὃν ἀντιστοιχεῖ ὁ τύπος Si_3O_9 (σχ. 350c), τέσσαρα εἰς δακτύλιον τύπου Si_4O_{12} (σχ. 350d), ἑξ σχηματίζουν ἐξαγωνικὸν δακτύλιον τύπου $(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ (σχ. 350e). Μὲ τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ὁ σχηματισμὸς κλειστῶν δακτυλίων διὰ συνδέσεως τετραέδρων ἐξαντλεῖται. Δακτύλιοι μὲ πέντε τετραέδρα SiO_4 ἢ μὲ ἀριθμὸν μεγαλύτερον τοῦ 6 εἶναι ἀσυμβίβαστοι πρὸς τὴν κρυσταλλικὴν συμμετρίαν. Οὐχ ἦττον εἶναι δυνατὴ σύνδεσις 5 τετραεδρικῶν ὁμάδων, ὧν μία κεντρικὴ ἔχει κοινὰ τὰ τέσσαρα αὐτῆς ὀξυγόνα ἀνὰ ἓν μὲ μίαν ἄλλην τῶν τεσσάρων ὁμάδων τασσομένων τετραεδρικῶς περὶ τὴν πρώτην (τύπος τοῦ πλέγματος $(\text{Si}_5\text{O}_{16})^{12-}$) (σχῆμα 352). Ὁ τύπος αὗτός εὑρέθη εἰς τὸν Zunyit ($\text{Al}_{12}\text{AlO}_4(\text{OH},\text{F})_{18}(\text{Cl}(\text{Si}_5\text{O}_{16}))$).

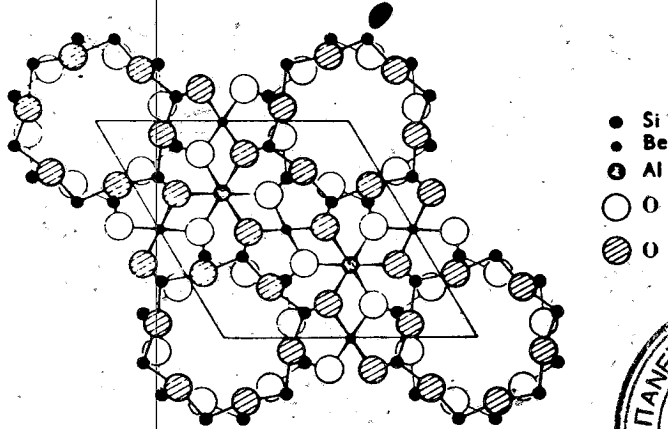


Σχ. 352
Σηκρότημα $(\text{Si}_5\text{O}_{16})^{12-}$

Τὰ τοιοῦτου τύπου δομῆς ἅλατα μὲ περιωρισμένον ἀριθμὸν τετραεδρικῶν ὁμάδων συνδεομένων πρὸς ἀλλήλας διὰ κοινοῦ O εἰς ὁμάδας Si_2O_7 , Si_3O_9 ἑκάλεσαν «Sorosilicate» (ἐκ τοῦ ἑλληνικοῦ σωρὸς) τὰ μὲ κλειστοὺς δακτυλίους «Cyclosilicate». Ἀνευρέθησαν οἱ τύποι οὗτοι δομῆς εἰς τὸν θορτβαϊτίτην ($\text{Sc}_2\text{Si}_2\text{O}_7$), μπενιτοίτην ($\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$), νεπτουνίτην ($\text{Na}_2\text{FeTiSi}_4\text{O}_{12}$), τὴν σμάραγδον ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) (σχ. 353).

Ἐκτὸς ὅμως τῶν ἀνωτέρω τύπων συνδέσεως εἰς κλειστὰς ὁμάδας αὐθιγὰς εἶναι δυνατὴ καὶ ἡ σύνδεσις τετραέδρων εἰς συμπλέγματα ἀτέρμονα. Τὸ σχῆμα 354a δεικνύει μίαν τοιαύτην σύνδεσιν τετραέδρων εἰς ἀτέρμονα ἄλυσιν μὲ σχέσιν $\text{Si}:\text{O} = 1:3$. Ὁ τύπος αὗτῆς γράφεται Si_nO_{3n} . Δύο τοιαῦται

άλυσεις εις θέσιν κατοπτρικής συμμετρίας πρὸς ἀλλήλας τιθέμεναι καὶ συνδεόμεναι μὲ τὰς ἐγγυτέρας ἀπέναντι ἀλλήλων κορυφὰς τῶν τετραέδρων, ὥστε



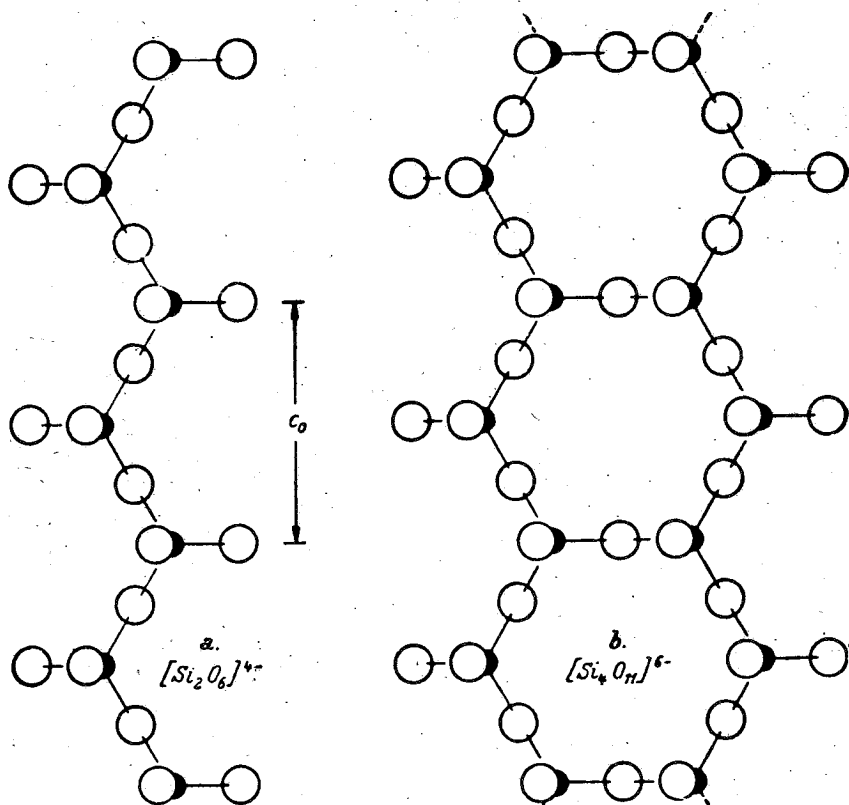
Σχ. 353

Δομή τῆς βηρύλλου

νὰ εἶναι κοινὰ, σχηματίζουν διπλὴν ἄλυσιν μὲ $\text{Si}:\text{O} = 4:11$, τύπου $\text{Si}_{11}\text{O}_{14}$ (σχ. 354b). Διὰ περαιτέρω συνδέσεως τοιούτων διπλῶν ἀλύσεων σχηματίζεται διδιάστατον σύμπλεγμα τετραέδρων SiO_4 ἐξαγωνικῆς συμμετρίας, ὑπὸ μορφὴν φύλλου μὲ ἀναλογίαν $\text{Si}:\text{O} = 2:5$ καὶ ἐπομένως τύπου $\text{Si}_{2n}\text{O}_{5,1}$ (σχ. 355).

Εἰς τὸν τελευταῖον τρόπον συνδέσεως ἀπομένει μόνον ἓν ὀξυγόνον ἐξ ἐκάστου τετραέδρου SiO_4 ἐλεύθερον διπλῆς συνδέσεως πρὸς δύο τετραέδρα. Ἐὰν καὶ τὸ τελευταῖον τοῦτο ὀξυγόνον συνδεθῇ κοινῶς πρὸς δύο τετραεδρικὰ κέντρα, προκύπτει τριδιάστατον σύμπλεγμα τετραέδρων SiO_4 μὲ ἀναλογίαν $\text{Si}:\text{O} = 1:2$ (σχ. 356). Πρὸς ἐρμηνείαν τῆς χημικῆς συντάξεως ὠρισμένων ἐνώσεων ἐδέχθη ὁ Machatschki ὅτι τὸ Si^{4+} τῶν τετραέδρων δύναται νὰ ἀντικατασταθῇ διὰ τοῦ ἐπίσης μικροῦ τᾶς διαστάσεις κατιόντος Al^{3+} . Ἡ ἐκ τῆς ἀντικαταστάσεως αὐτῆς προκύπτουσα αὔξις τοῦ ἀρνητικοῦ σθένους κατὰ μονάδα εἰς τὸ συγκρότημα AlO_4 ἐξουδετεροῦται εἰσερχομένου εἰς τὸ πλέγμα κατιόντος σθένους ἴσου πρὸς τὴν ἐπελθοῦσαν αὔξησιν. Ἐπὶ παραδείγματι εἰς τὸ ὀρθόκλαστον KAlSi_3O_8 ἡ ἀναλογία $\text{O}:(\text{Si} + \text{Al})$ εἶναι 8:4 ἢ 2:1. Τὸ πλέγμα τοῦ δέον νὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ τετραέδρα SiO_4 καὶ AlO_4 ἐν ἀναλογίᾳ 3:1 συνδεόμενα μὲ τὰς κορυφὰς των, οὕτως ὥστε ἕκαστον O νὰ εἶναι κοινὸν εἰς δύο τετραέδρα πρὸς ἀποτελεῖσιν τριδιάστατου συμπλέγματος. Ἡ ἀντικατάστασις εἰς ἓν τετραεδρικὸν σύμπλεγμα τοῦ Si διὰ Al αὐξάνει τὸ ἀρνητικὸν τοῦ σθένους κατὰ μονάδα, ἡ αὔξις αὕτη ἐξουδετεροῦται εἰσερχομένου εἰς τὸ πλέγμα τοῦ μονοσθενοῦς κατιόντος K^+ . Εἰς τὸν τύπον τοῦ ἀνορθίτου CaAl_2

Si_2O_8 αντικατεστάθησαν δύο Si διὰ Al, ἡ ισορροπία ἀποκαθίσταται διὰ τῆς εἰσαγωγῆς εἰς τὸ πλέγμα τοῦ δισθενοῦς κατιόντος Ca^{2+} . Οὕτως ἐρμηνεύεται

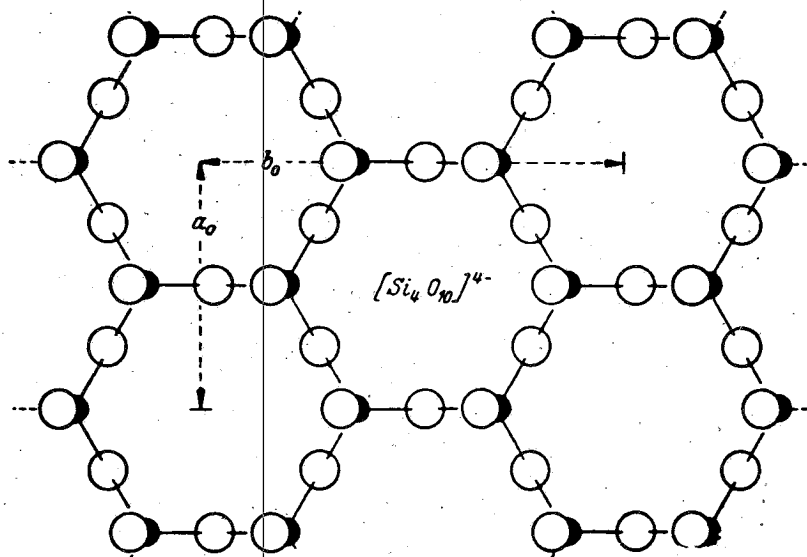


Σχ. 354

Συγκροτήματα ισομόρφων πυριτικών, α πυροξένων, β ἀμφιβόλων

ἡ χημικὴ σύνταξις τῆς ομάδος τῶν ἀστρίων, τῆς ὁποίας τὰ μέλη ἐθεωροῦντο ὡς ἄλατα ἑνὸς φανταστικοῦ ὀξέος, τοῦ τριπυριτικοῦ. Τὸ Al δὲν εἰσάγεται ὡς κατιόν πρὸς ἐξουδετέρωσιν τοῦ σθένους τοῦ φανταστικοῦ ριζικοῦ Si_3O_8 , ἀλλ' εἶναι κρυσταλλοχημικῶς ισοδύναμον πρὸς τὸ Si. Κατὰ ταῦτα ἡ ταξινόμησις μᾶς πυριτικῆς ἐνώσεως εἰς ἓνα τῶν ἀνωτέρω μνησθέντων τύπων δομῆς ρυθμίζεται βάσει τῆς σχέσεως T:O τοῦ ἀριθμοῦ τῶν κέντρων τετραεδρικῶν ομάδων πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ἀτόμων O. Ὁ χημικὸς αὐτῆς τύπος κατὰ τὴν συστηματικὴν αὐτὴν δὲν περιλαμβάνει ριζικά ὑποθετικῶν ὀξέων, ἀλλὰ τοιαῦτα ἐντιπροσωπεύοντα τὸν τύπον δομῆς. Αἱ θεωρητικαὶ αὗται προβλέψεις ἐπὶ τῆς δομῆς τῶν πυριτικῶν ἀλάτων στηριχθεῖσαι εἰς τόσον ἀπλᾶς γεωμετρικὰς ἐκέψεις ἐβεβαιώθησαν πλήρως ἀπὸ τὴν πειραματικὴν ἐρευναν.

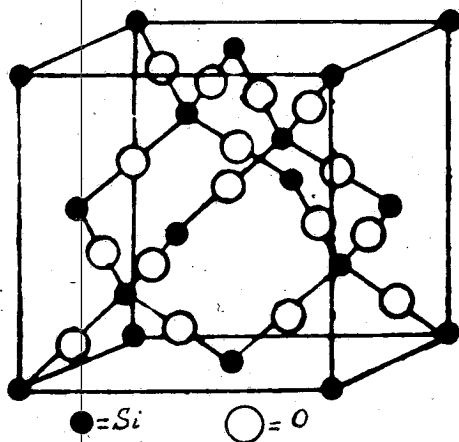
Ο τύπος δομής του σχ. 354a με ατέρμονα απλήν αλυσιν ανευρέθη εις



Σχ. 355

Διδιάστατον φελλόμορφον συγγροήματα

το πλέγμα του διοσιδίου $CaMg(SiO_3)_2$, υπό των Bragg και West, (σχ. 357)

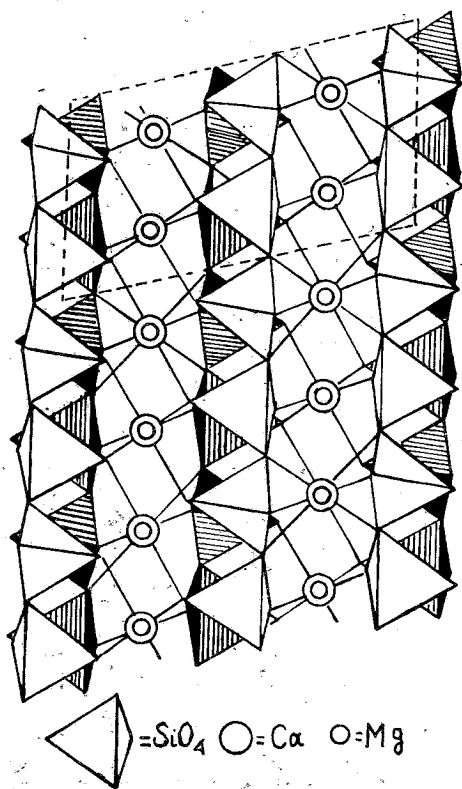


Σχ. 356

Λομή του α-Χριστοβαλίτου

ο του σχ. 354b με ατέρμονα διπλήν αλυσιν εις το πλέγμα του τρεμολίτου

$\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$, υπό του Warren. Αἱ δύο γνωστόταται ομάδες ὀρυκτῶν, εἰς ἃς ὑπάγονται τὰ δύο ἄνωτέρω, ἡ τῶν πυροξένων (διοψίδιος) καὶ ἡ τῶν ἀμφιβόλων (τρεμολίτης) παρουσιάζουν χαρακτηριστικὰς κρυσταλλογραφικὰς καὶ χημικὰς ιδιότητες. Ὁ χημικὸς τύπος τῶν ἀμφιβόλων τὰς παρουσίαζεν ὡς πολυμερισμένους πυροξένους τοῦ μορίου των περιέχοντος δύο μόρια πυροξένων. Ἡ τοιαύτη σχέσις ἐξηγεῖται ἀπὸ τὴν δομικὴν σχέσιν τῶν σχημάτων 354a καὶ b. Ἀμφότεραι αἱ ομάδες ἔχουν σχισμὸν τέλειον παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα c, κατεύθυνσιν κατὰ τὴν ὁποίαν εἶναι προσανατολισμέναι αἱ ἀτέρμονες ἀλύσεις συνδεόμεναι πρὸς ἀλλήλας διὰ τῶν κατιόντων ἐκάστου μέλους.

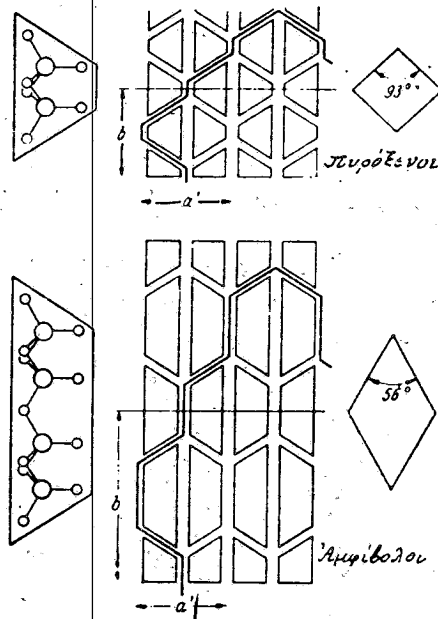


Σχ. 357

Λομὴ τοῦ διοψιδίου κατὰ προβολὴν ἐπὶ (010)

Ἡ συνοχὴ μεταξὺ τῶν τετραέδρων ἐντὸς τῆς ἀλύσεως εἶναι λίαν ἰσχυρά, ἐνῶ ἡ σύνδεσις τῶν O πρὸς τὰ κατιόντα τὰ μεταξὺ τῶν ἀλύσεων (Ca καὶ μαγνησίου ἐπὶ τοῦ διοψιδίου καὶ τρεμολίτου) λόγῳ τοῦ μικροτέρου σθένους των καὶ τῆς μείζονος ἀποστάσεως τῶν ἀτομικῶν κέντρων εἶναι χαλαρωτέρα. Οὕτω

δικαιολογείται ὁ πρισματικός σχισμὸς παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα c , ὅστις εἰς τὴν ἰνῶδη παραλλαγὴν τοῦ ἄκτινολίθου, τὸν ἀμίαντον, εἶναι τόσον ἐκπεφρασμένος, ὥστε τὸ ὄρυκτον νὰ ἀποχωρίζεται εἰς λεπτοτάτας ἴνας. Διὰ τὰ ὄρυκτὰ τοῦ τύπου αὐτοῦ μετεχειρίσθησαν τὸν ὄρον «Inosilikate» (ἐκ τοῦ ἑλληνικοῦ ἱς - ἰνός). Αἱ σχισμογενεῖς ἑδραι εἰς τοὺς πυροξένους σχηματίζουν γωνίαν 93° περίπου, ἐνῶ εἰς τὰς ἀμφιβόλους ἡ γωνία αὕτη εἶναι 56° (σχ. 358)



Σχ. 358

Ὁ σχισμὸς τῶν πυροξένων καὶ τῶν ἀμφιβόλων ὡς συνάρτησις τῆς δομῆς των.

Τομὴ κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ὑλίσσεων

Ἡ διαφορὰ αὕτη ἐρμηνεύεται ἐπίσης ἀπὸ τὴν δομὴν τῶν δύο σωμάτων. Αἱ διαστάσεις τῶν κυψελίδων αὐτῶν εἶναι:

Διοψίδιος

$$a^0 = 9,71 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 8,89$$

$$c_0 = 5,24$$

$$\beta = 74^\circ 10'$$

$$C2/c$$

Τρεμολίτης

$$a_0 = 9,78 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 17,8$$

$$c_0 = 5,26$$

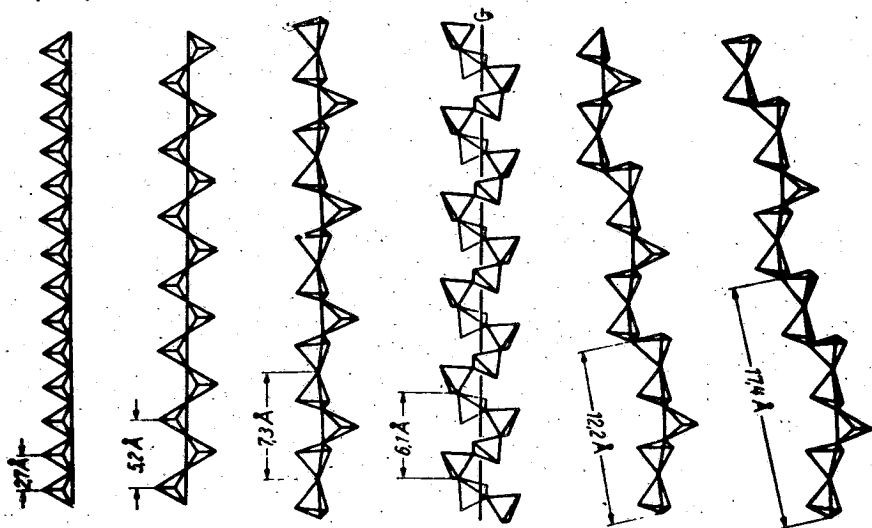
$$\beta = 73^\circ 58'$$

$$C2/m$$

Ἐνῶ αἱ διαστάσεις πῶν a καὶ c παραμένουν αἱ αὐταί, ἡ παράμετρος b εἶναι εἰς τὰς ἀμφιβόλους διπλασία τῆς τῶν πυροξένων. Εἰς τὰ σχετικὰ αὐτὰ μεγέθη παραμέτρων a_0 καὶ b_0 ἀντιστοιχεῖ γωνία πρισματικῶν ἑδρῶν (110) τι-

μῆς 930° διὰ τοὺς πυροξένους καὶ 560° διὰ τὰς ἀμφιβόλους. Διὰ τῆς διαφορᾶς συμμετρίας ἐν χώρῳ μετὰξὺ τῶν δύο ὀρυκτῶν γίνεται ἡ μετάβασις ἀπὸ τοῦ πλέγματος τοῦ διοψιδίου εἰς τὸ πλέγμα τοῦ τρεμολίτου διὰ διεργασίας, ἥτις ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὸν σχηματισμὸν ἐκ τῶν ἀλύσεων τοῦ τύπου Si_nO_{3n} τῶν διπλῶν τοῦ τύπου $\text{Si}_{4n}\text{O}_{11n}$. Ὁ τύπος τοῦ τρεμολίτου κατὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς δομῆς τὴν γενομένην ὑπὸ τοῦ Warren δέον νὰ περιέχῃ (OH). Ἐπιμελεῖς ἀναλύσεις ἐκτελεσθεῖσαι ὑπὸ τοῦ Kunitz ἔδειξαν ὅτι τὸ ὀρυκτὸν περιέχει 2,2% ὕδωρ καὶ ἐπομένως τὴν πραγματικὴν ἑκατοστιαίαν αὐτοῦ σύστασιν παρέχει ὁ ὡς ἀνωτέρω ἐκ τῆς ἀναλύσεως τῆς δομῆς εὑρεθεὶς τύπος. Εἰς τὰ λοιπὰ μέλη τῶν πυροξένων καὶ ἀμφιβόλων μέρος τῶν τετραεδρικῶν κέντρων καταλαμβάνουν ἀντὶ Si ἄτομα Al καὶ τὸ περίσσευμα σθένους ἐξουδετεροῦται διὰ τῆς εἰσχωγῆς ἀλκαλίων εἰς τὸ πλέγμα. Πράγματι αἱ ἀναλύσεις δεικνύουν ὅτι ἡ περιεκτικότης εἰς ἀλκάλια βαίνει παραλλήλως πρὸς τὴν αὔξησιν τῆς περιεκτικότητος εἰς Al.

Ἐκτὸς τῶν δύο τύπων ἀπλῆς καὶ διπλῆς ἀλύσεως, οἱ ὅποιοι χαρακτηρίζουν τὰ συνηθέστερον ἀπαντῶντα ἰσόμορφα πυριτικά ὀρυκτὰ τῆς σειρᾶς τῶν πυροξένων καὶ τῆς τῶν ἀμφιβόλων ὑπάρχουν καὶ ἄλλαι δυνατότητες διατάξεως τετραέδρων εἰς ἀτέρμονας ἀλύσεις. Εἰς τὸ σχ. 359 περιλαμβάνονται διάφοροι



Σχ. 359

Τύποι συνδέσεως τετραέδρων SiO_4 εἰς ἀτέρμονας ἀλύσεις κατὰ Liebau

τοιαῦται διατάξεις διαπιστωθεῖσαι εἰς τινες πυριτικάς καὶ ἄλλας ἐνώσεις. 1) Ἀλύσις με ἓν μόνον τετραέδρον ἐντὸς τῆς περιόδου ἀπαντᾷ εἰς τὴν ἔνωσιν $(\text{CuGeO}_3)_x$, διπλῇ τοιαύτῃ ἄλυσιν με ἐναλλαγὴν τετραέδρων SiO_4 καὶ AlO_4

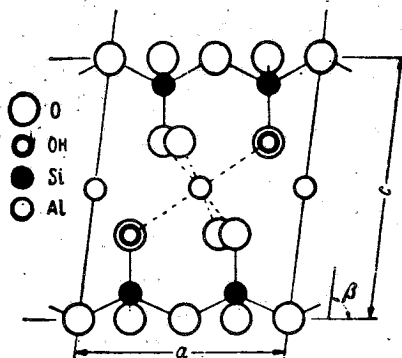
εις τὸ πλέγμα τοῦ σιλλιμανίτου $\text{Al}(\text{AlSiO}_5)$. Ἄλυσις μὲ τρία τετράεδρα ἐντὸς τῆς περιόδου (σχ. γ) ὑπάρχει εἰς τὸν β-βολλαστονίτην, διπλῇ τοιαύτῃ εἰς τὸν ξονοτλίτην (*Xonotlit*) $\text{Ca}_2[(\text{OH})_2\text{Si}_6\text{O}_{17}]$. Ἄλυσις μὲ τέσσαρα τετράεδρα εἰς σπειροειδῆ διάταξιν ἐβεβαιώθη εἰς τὸ πολυφωσφορικὸν ἄλας (AgPO_3) χ (σχ. δ). Συγκρότημα μὲ πέντε τετράεδρα ἐντὸς τῆς περιόδου εἰς διπλῇ ἄλυσιν ἀπάντῃ εἰς τὸν ροδονίτην $(\text{Mn}, \text{Ca})_5(\text{Si}_5\text{O}_{15})$, Τέλος ἀπλῇ ἄλυσις μὲ ἑπτὰ τετράεδρα ἐντὸς τῆς περιόδου εὐρέθη εἰς τὸν πυροζμαγκίτην $(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ca}, \text{Mg})(\text{Si}_7\text{O}_{21})$.

Μία σειρά πυριτικών ὀρυκτῶν παρουσιάζεται εἰς ψευδοεξαγωνικοὺς κρυστάλλους σχιζομένους κατὰ τέλειον σχισμὸν εἰς λεπτότατα πέταλα. Τοιαῦτα εἶναι οἱ μαρμαρυγίαι, ὁ τάλκης, οἱ γλωρίται, ὁ καολίνης, ὁ πυροφυλλίτης κ.λ.π. Τὸ διδιάστατον σύμπλεγμα $\text{Si}_2, \text{O}_{5.1}$ παρέχει τύπον δομῆς, ὅστις θὰ προσηρμοζέτο πρὸς τὰς φυσικὰς καὶ κρυσταλλογραφικὰς ιδιότητες τῶν σωμάτων αὐτῶν. Αἱ ἔρευναι τῶν Mauguin, Pauling, Grüner ἐπὶ τῆς κρυσταλλικῆς αὐτῶν δομῆς ἐβεβίωσαν τὴν πρόβλεψιν αὐτὴν. Οἱ χημικοὶ τύποι τινῶν ἐκ τῶν ἐνώσεων αὐτῶν εἶναι κατὰ τὸν Pauling:

Τάλκης $\text{Mg}_3(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})$	Καολίνης $\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$
Πυροφυλλίτης $\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})$	Ἀλλοιοσίτης $\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Μοσχοβίτης $\text{KAl}_2(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$	Ξερπεντίνης $\text{Mg}_6(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$
Φλογοπίτης $\text{KMg}_3(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$	Ἀμεισίτης $\text{Mg}_4\text{Al}_2(\text{OH})_8(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})$
Μαργκρίτης $\text{CaAl}_2(\text{OH})_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})$	Χλωριτοειδῆς $\text{Mg}_2\text{Al}_2(\text{OH})_4(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})$

Βασικὸν δομικὸν συστατικὸν ὅλων αὐτῶν τῶν ἐνώσεων εἶναι τὸ διδιάστατον ἄτερον φυλλόμορφον συγκρότημα τοῦ τύπου $(\text{Si}_2, \text{O}_{5.1})$ τοῦ σχ. 355. Αἱ δύο ὀφείας αὐτοῦ ἔχουν ἢ μὲν μία Α τὰ ὀξυγόνα τῶν τετραεδρικῶν ομάδων τὰ ἀνήκοντα μόνον εἰς ἓν τετράεδρον ἢ δὲ ἑτέρα Β τὰ ὀξυγόνα τὰ κοινὰ εἰς δύο τετράεδρα. Ἐπὶ τῆς ὀφείας Β κεῖνται αἱ βάσεις τῶν τετραέδρων SiO_4 ἡνωμένων ἀνὰ δύο μὲ κοινὴν κορυφὴν, ἐπὶ τῆς Α αἱ ὅχι κοιναὶ κορυφαὶ αὐτῶν. Εἰς ὅλα σχεδὸν τὰ σώματα τῆς ομάδος ἢ ἐπιφάνεια Α, ἐφ' ἧς κεῖνται αἱ κορυφαὶ τῶν τετραέδρων, ἔχει εἰς τοὺς κενοὺς μεταξὺ τῶν Ο χώρους OH τῶν αὐτῶν περίπου διαστάσεων πρὸς τὰ ἰόντα O^{2-} , ὥστε τὰ ἐπίπεδα Α νὰ ἐμφανίζουσι συμπαγῆ συσσωμάτωσιν τῶν ἀνιόντων. Τὰ φύλλα ταῦτα διαδέχονται ἄλληλα εἰς παράλληλον διάταξιν πρὸς τὰς κρυσταλλικὰς ἑδρας (001), αἱ ὁποῖαι εἶναι αἱ ἰδιαιτέρως ἀναπτυσσόμεναι εἰς τοὺς κρυστάλλους τῶν ἐνώσεων αὐτῶν καὶ δεικνύουσαι ψευδοεξαγωνικὴν μορφήν. Παράλλῃως πρὸς τὴν διεύθυνσιν (001) ἐμφανίζεται καὶ ὁ τέλειος σχισμὸς. Τὰ φύλλα διατάσσονται οὕτως ὥστε νὰ στρέφωσι πρὸς ἄλληλα τὰς αὐτὰς ὀφείας (AB, BA..AB..BA). Αἱ ὀφείας Α εἶναι εἰς τοιαύτην θέσιν πρὸς ἀλλήλας, ὥστε τὰ Ο των μετὰ τῶν OH νὰ εὐρίσκωνται εἰς διάταξιν συμπαγοῦς συσσωματώσεως τὰ μὲν ὑπὲρ τὰ δέ. Μεταξὺ τῶν ἐπιφανειῶν εὐρίσκουν θέσιν τὰ μικρὰ κατιόντα (Mg , Al

μέ αριθμὸν συντάξεως 6, εἰς τοὺς καταλειπομένους κενοὺς χώρους περιβαλλόμενα ὀκταεδρικῶς ἀπὸ τὰ ἀνιόντα O καὶ OH (σχ. 360). Αἱ ὀψεῖς B ἀντικρύ-



Σχ. 360

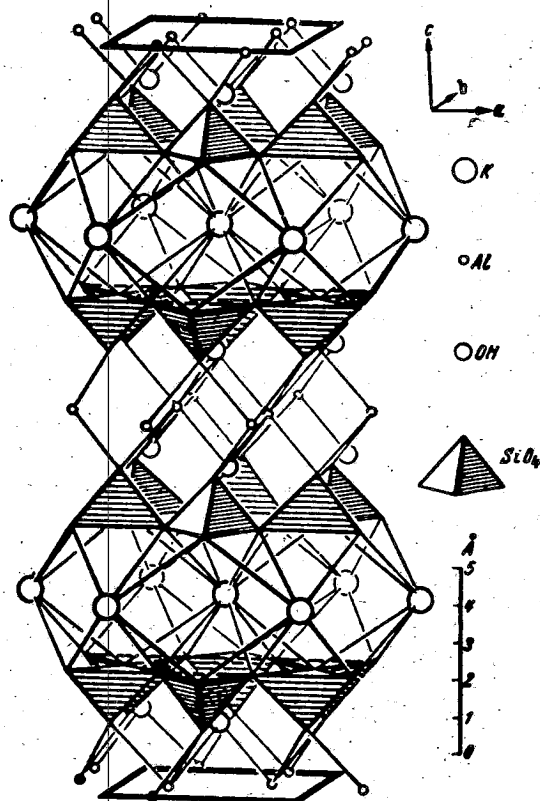
Δομὴ τοῦ πυροφυλλίτου

ζουν οὕτως ἀλλήλας, ὥστε οἱ κενοὶ χώροι οἱ καταλειπόμενοι ἀπὸ τὴν διάταξιν τῶν O ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων τῶν νὰ ἀντικρύζουν ἀκριβῶς ἀλλήλους. Οἱ καταλειπόμενοι οὕτω μεταξὺ τῶν B ἐπιπέδων χώροι εἶναι μεγάλοι καὶ δύνανται νὰ χωρέσουν τὰ μεγάλα κατιόντα τῶν ἀλκαλίων K, Na ἢ τοῦ Ca. Εἰς τὸν πυροφυλλίτην (σχ. 360) καὶ τὸν τάλκη μεταξὺ τῶν ἐπιπέδων B τῶν κατεχομένων ἀπὸ τὰ κοινὰ εἰς δύο τετράεδρα O δὲν μεσολαβεῖ συνδετικὸν στρῶμα κατιόντων, διὰ τοῦτο ὁ σχισμὸς εἶναι εὐχερέστατος καὶ τὰ πέταλα (001), λίαν εὐκαμπτα, ἀποσπῶνται ἀπ' ἀλλήλων δι' ἀπλῆς προστριβῆς διὰ τῆς χειρὸς; φαινόμενον εἰς τὸ ὁποῖον ὀφείλει ὁ τάλκης τὴν λιπαρὰν ἀφήν του.

Εἰς τὸν μοσχοβίτην (σχ. 361) ἐντὸς τῶν τετραεδρικῶν κέντρων ἐπὶ τριῶν Si ἀντιστοιχεῖ ἓν Al. Τὴν προκύπτουσαν ἐκ τῆς ἀντικαταστάσεως αὐτῆς μείωσιν τοῦ θετικοῦ σθένους κατὰ μονάδα ἐξουδετερώνει ἡ εἰσαγωγὴ εἰς τὸ πλέγμα τῶν μονοσθενῶν κατιόντων K. Τὰ κατιόντα K καταλαμβάνουν θέσιν μεταξὺ δύο ἐφεξῆς ἐπιπέδων B καὶ συνδέουν τὰ ἐπίπεδα ταῦτα πρὸς ἀλλήλα προκαλοῦντα τὴν ἐλαστικότητα τῶν σχισμογενῶν πετάλων καὶ τὴν μεγαλυτέραν σχετικῶς συνοχὴν καθέτως πρὸς (001) ἐν συγκρίσει πρὸς τὸν τάλκη. Εἰς τὸν μαργαρίτην $\text{CaAl}_2(\text{OH})_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})$, ἔνθα δύο Si ἀντικατεστάθησαν δι' ἄργιλίου, τὸ σθένος τοῦ συγκροτήματος (Si_4O_{10}) ἐμειώθη κατὰ δύο μονάδας διὰ τῆς μετατροπῆς εἰς $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})$. Τὴν μείωσιν αὐτὴν ἐπανορθώνει ἡ εἰσαγωγὴ τοῦ δισθενοῦς κατιόντος Ca εἰς τὸ πλέγμα, εἰς ἣν θέσιν εἰσέρχεται τὸ K εἰς τὸ πλέγμα τοῦ μοσχοβίτου. Αἱ πυριτικά ἐνώσεις αἱ κρυσταλλούμεναι κατὰ τὸν τύπον αὐτὸν δομῆς ἐκλήθησαν «Phyllosilikate».

Ἐν ἀξιοσημείωτον πείραμα εὕρισκε τὴν ἐρμηνείαν του βάσει τῆς ἀνω-

τέρω περιγραφείσης δομῆς τῶν μαρμαρυγιῶν. Διάλυμα ΚJ κρυσταλλούμενον ἐντὸς τυχόντος δοχείου ἀποθέτει εἰς τὸν πυθμένα του κύβους ΚJ στηριζομένους μετὰ τὴν ἔδραν των (001) ἐπ' αὐτοῦ. Ἐὰν σταγὼν τοῦ διαλύματος τεθῇ ἐπὶ προσφάτου σχισμογενοῦς ἐπιφανείας μαρμαρυγίου, μετὰ τὴν ἐξάτμισίν της ἀπομένουν κρύσταλλοι τριγωνικῶν πυραμίδων, τῶν ὁποίων ἡ βᾶσις ἀντιστοιχεῖ εἰς ἔδραν (111) καὶ αἱ τρεῖς παράπλευροι ἔδραι εἰς ἔδρας ἐξαέδρου (100).



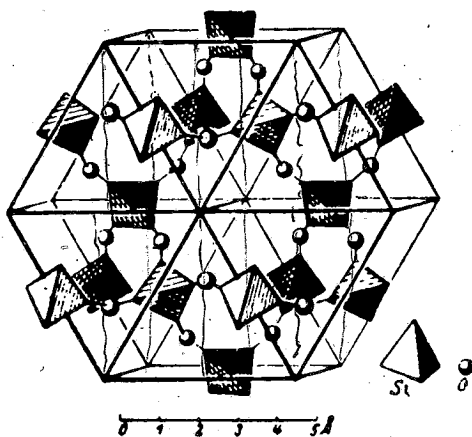
Σχ. 361

Ιομή τοῦ μωσχοβίτου

Ἡ ἀνάπτυξις τῆς ἔδρας (111) ὡς ἀπαρχῆς τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ κρυστάλλου ὀφείλεται εἰς τὴν προσανατολιστικὴν ἐπίδρασιν τοῦ υποβάθρου τῆς σχισμογενοῦς ἐπιφανείας (001) τοῦ μαρμαρυγίου. Ὁ σχισμὸς εἰς τὸν μαρμαρυγιᾶν τελεῖται κατὰ τὰς ἐπιφανείας, αἱ ὁποῖαι θὰ ἔχουν τὴν ἀσθενεστέραν σύνδεσιν πρὸς ἀλλήλας ἐντὸς τοῦ πλέγματος καὶ τοιαῦται εἶναι αἱ διὰ τῶν ἀτόμων τοῦ Κ διερχόμεναι, ἐπομένως ἐπὶ τῶν σχισμογενῶν ἐπιφανειῶν θὰ εὕρισκωνται ἰόντα Κ, τῶν ὁποίων τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον δὲν ἔχει ἐξουδετερωθῇ. Ἡ διά-

ταξίς τῶν ἀτόμων K ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου (001) τοῦ μαρμαρυγίου καὶ αἱ σχετικαὶ μεταξὺ τῶν ἀποστάσεις εἶναι περίπου αἱ αὐταί, οἷαι εἰς τὸ ἐπίπεδον (111) τοῦ KJ, εἰς τὸ πλέγμα τοῦ ὁποίου κατὰ διεύθυνσιν (111) ἐναλλάσσουσιν στρώματα K καὶ J. Τὰ ἰόντα J τὰ περιεχόμενα εἰς τὸ διάλυμα τὸ τεθὲν ἐπὶ τοῦ μαρμαρυγίου εὐρίσκουσιν ἔτοιμον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του τὸ στρώμα κατιόντων K, οἷον ὑπάρχει εἰς τὸ πλέγμα τοῦ KJ, καὶ ἐλκόμενα ὑπ' αὐτῶν σχηματίζουν στρώμα με ἰόντα J, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀποτίθεται στρώμα ἰόντων K ἐκ τοῦ διαλύματος κ.ο.κ., ὥστε νὰ σχηματισθῇ ὁ κρυσταλλος KJ με τὸν περιγραφέντα προσανατολισμόν.

Εἰς τὸν τύπον συνδέσεως τῶν τετραέδρων με ὅλα τὰ ὀξυγόνα τῆς τετραεδρικῆς ομάδος κοινὰ εἰς δύο τετράεδρα πρὸς ἀποτελέσιν ἀτέρμονος τριδιαστάτου ἱκρίωματος ὑπάρχονταί αἱ τρεῖς μορφαὶ τοῦ SiO_2 , χαλαζίας, τριδυμίτης, χριστοβαλίτης. Εἰς τὸν α - χριστοβαλίτην (σχ. 356) τὰ συνδεόμενα τετράεδρα ἔχουν θέσιν συμμετρικὴν ὡς πρὸς τὴν κοινὴν αὐτῶν κορυφὴν κειμένην ἐπὶ εὐθείας μετὰ τῶν Si ἑκατέρου τῶν τετραέδρων. Εἰς τὸν τριδυμίτην ἔχουν θέσιν κατοπτρισμοῦ πρὸς ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν Si - O - Si καὶ διερχόμενον διὰ τῆς κοινῆς κορυφῆς O. Ἐνῶ εἰς τὸν χαλαζίαν τὰ τετράεδρα SiO διατάσσονται ἑλικοειδῶς, οἱ σύνδεσμοι δὲ Si - O - Si δὲν κεῖνται ἐπ' εὐθείας, ἀλλὰ σχηματίζουν γωνίαν 150° περίπου (σχ. 362). Καὶ εἰς τοὺς ἀστρίους τὰ

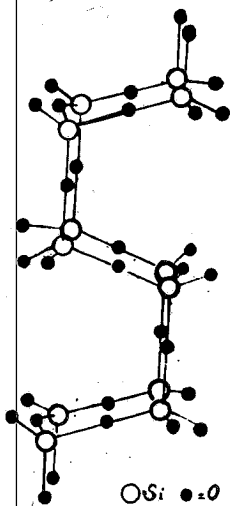


Σχ. 362

Δομὴ τοῦ β - χαλαζίου

τετράεδρα συνδέονται πρὸς τριδιάστατον συγκρότημα, ἀλλὰ κατὰ τρόπον διάφορον. Τέσσαρα τετράεδρα σχηματίζουν δακτύλιον, τοιοῦτοι δὲ δακτύλιοι συνενοῦνται πρὸς ἀλλήλους εἰς στήλας διατεταγμέναις εἰς σειρὰς παραλλήλους πρὸς τὸν ἄξονα α (σχ. 363). Τὸ προκύπτον τριδιάστατον ἱκρίωμα παρουσιάζει

εὐρεῖς κενούς χώρους, ἐντὸς τῶν ὁποίων εὐρίσκονται τὰ ἄτομα K, Na ἢ Ca. Οἱ ἄστριοι παρουσιάζουν τέλειον σχισμὸν παραλλήλως πρὸς (010) καὶ (001) πρὸς τὴν τομὴν δὲ τῶν δύο τούτων σχισμογενῶν ἐπιπέδων [100] συμπίπτει



Σχ. 363

Τριδιάστατον ἄτερον συγκρότημα χαρακτηριστικὸν τῶν ἀστέριων

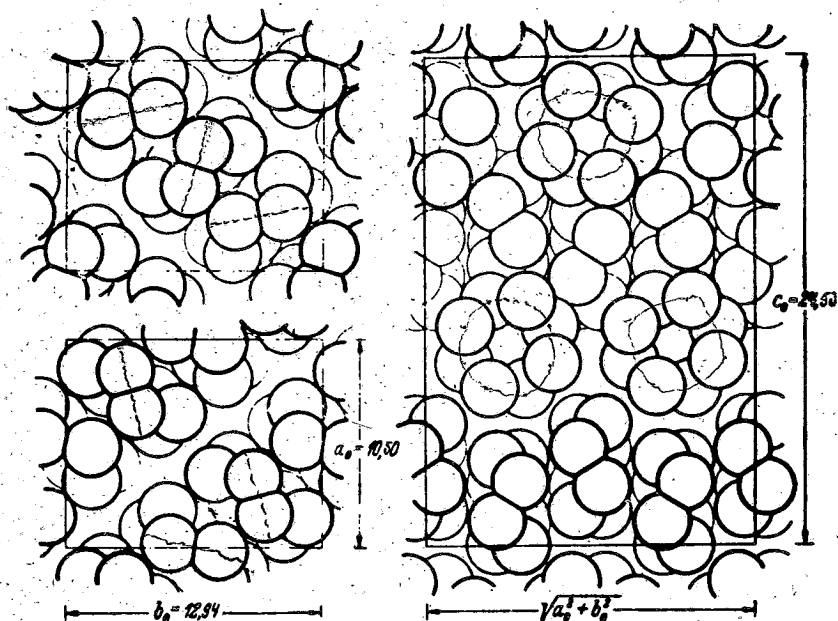
ἢ διεύθυνσις παρατάξεως τῶν ἀλύσεων. Εἰς τοὺς ζεολίθους ἡ σύνδεσις ἐπίσης πρὸς τριδιάστατον ἰκρίωμα καταλείπει εὐρεῖς κενούς χώρους, ἐντὸς τῶν ὁποίων εἰσέρχονται τὰ μόρια H_2O ἢ μεγάλα κατιόντα ἀσθενῶς συνδεδεμένα πρὸς τὰ λοιπὰ ἄτομα τοῦ πλέγματος καὶ διὰ τοῦτο εὐκόλως ἀποσπώμενα ἢ ἐναλλάσσόμενα μὲ ἄλλα ἰόντα. Οὕτως ἐρμηνεύεται ἡ ιδιόρρυθμος συμπεριφορὰ τοῦ ὕδατος τῶν ζεολίθων καὶ ἡ ιδιότης των νὰ ἀνταλλάσσουν τὰ κατιόντα των τιθέμενοι ἐντὸς καταλλήλων διαλυμάτων χωρὶς νὰ καταστρέφεται τὸ πλέγμα αὐτῶν.

Ἐκτὸς τῆς ἐξωτερικῆς μορφολογίας τοῦ κρυστάλλου καὶ τῶν μηχανικῶν αὐτοῦ ιδιοτήτων, αἵτινες ὡς ἤδη ἐξετέθη στενῶς συνδέονται πρὸς τὴν δομὴν τῶν πυριτικῶν ἐνώσεων (φυλλόμορφος ἢ πλάκωδης ἀνάπτυξις τῶν μαρμαρυγῶν καὶ σχισμὸς παράλληλος πρὸς (001), πρισματικὴ ἀνάπτυξις καὶ σχισμὸς τῶν πυροξένων καὶ ἀμφιβόλων παραλλήλως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀλύσεων), ὁ τύπος δομῆς καθορίζει καὶ ἄλλας ιδιότητας. Εἰς τὰς ἐνώσεις μὲ ἐλευθέρας τετραεδρικὰς ὁμάδας SiO_4 τὰ ἀνιόντα O^{2-} εὐρίσκονται ἐγγύτατα ἀλλήλων πραγματοποιοῦντα τὴν πυκνοτέραν δυνάτην συσσωμάτωσιν. Μὲ τὸ γεγονὸς αὐτὸ συνδέεται τὸ μέγα εἰδικὸν βάρος καὶ ὁ ἰσχυρὸς δείκτης διαθλάσεως τῶν ἐνώσεων αὐτῶν. Τουναντίον εἰς ἐνώσεις μὲ τριδιάστατον συγκρότημα τε-



τραέδρων ἐχόντων ὅλας τὰς κορυφάς των κοινὰς εἰς δύο τετραεδρικές ομάδας καταλείπεται πολὺς χώρος κενὸς μεταξύ τῶν ἰόντων (ἄστριοι, χαλαζίας, ζεόλιθοι), δι' ὃ καὶ τὰς ἐνώσεις αὐτὰς διακρίνει μικρὸν εἰδικὸν βάρος καὶ δείκτης διαθλάσεως ἐπίσης μικρὸς. Ἐπίσης ἡ ὑψηλὴ διπλοθλαστικότης καὶ ὁ ἀρνητικὸς ὀπτικὸς χαρακτήρ τῶν μαρμαρυγιῶν ἐξηγεῖται ὡς ἀποτέλεσμα τῆς ἰδιαζούσης αὐτῶν δομῆς.

71. Μοριακὰ πλέγματα. Εἰς τινὰ πλέγματα τὰς δομικὰς αὐτῶν μονάδας ἀποτελοῦν συγκεντρώσεις ἀτόμων εἰς ομάδας διακρίτους καὶ διὰ τὴν μεγάλην ἀπόστασιν, ἥ ὅποια τὰς χωρίζει ἀπ' ἀλλήλων ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν μικρότεραν ἀπόστασιν μεταξύ ἀτόμων τῆς ομάδος, καὶ διὰ τὸ εἶδος καὶ τὴν ἔντασιν τῆς συνδέσεως των πρὸς ἀποτελεσιν τοῦ πλέγματος. Τοιαῦτα διάκριτα συγκροτήματα εἶδομέν τὰ εἰς τὸ στοιβαδόμερον πλέγμα τοῦ ἰωδιούχου καδμίου (σ. 242). Αἱ στοιβάδες (CdJ_2) δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἀπέραντα

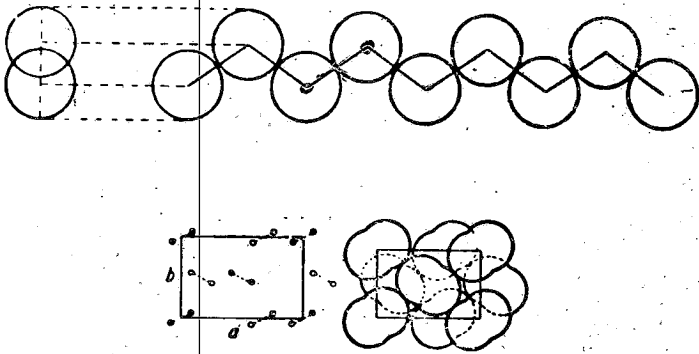


Σχ. 364

Δομὴ τοῦ α - θείου (ρομβικοῦ)

διδιάστατα μόρια. Τὰ πλέγματα αὐτὰ εἶναι ἑτεροσύνδετα. Ἐντὸς τῆς ομάδος τὰ ἄτομα συνδέονται μὲ ἰσχυράν ὁμοιοπολικήν ἢ ἑτεροπολικήν σύνδεσιν, ἢ μεταξύ τῶν ομάδων -σύνδεσις εἶναι σημαντικῶς ἀσθενεστέρα, συνήθως τύπου Van der Waals, ἀλλὰ καὶ ἑτεροπολική ἢ μεταλλική. Τὰ πλέγματα αὐτὰ χα-

ρακτηρίζονται ως μοριακά. Έκ τῶν στοιχείων μοριακὸν πλέγμα ἔχει τὸ α-θεῖον τοῦ ρομβικοῦ συστήματος. Εἰς αὐτὸ ὀκτῶ ἄτομα θείου συνδέονται εἰς δακτυλιοειδῆ μόρια S διατεταγμένα παρ' ἄλληλα ἐν εἴδει στοιβάσεως νομισμάτων πρὸς κύλινδρον μὲ διευθύνσεις τοῦ ἄξονός του τὰς [110] καὶ $[1\bar{1}0]$ (σχ. 364). Ἡ ἀπόστασις S-S ἐντὸς τοῦ μορίου εἶναι $2,1 \text{ \AA}^0$, ἡ ἐγγυτέρω ἀπόστασις S-S ἀτόμων ἀνηκόντων εἰς γειτονικά μόρια S_8 $3,3 \text{ \AA}^0$. Μόρια S_8 εἶναι πιθανὸν ὅτι ὑπάρχουν καὶ εἰς τὰς μονοκλινεῖς μορφὰς β καὶ γ ἐνῶ εἰς τὴν ρομβοεδρικῆς συμμετρίας μορφήν ε φαίνεται ὅτι ὑπάρχουν μόρια S_8 . Μοριακὰ εἶναι καὶ τὰ πλέγματα τῶν μορίων H_2 , O_2 , CO_2 , HCl . Μοριακὰ πλέγματα εἰς ἀνοργάνους ἐνώσεις εἶναι σπάνια. Συνηθέστατα εἶναι εἰς τὰς ὀργανικὰς ἐνώσεις. Εἰς τὰς λιπαρὰς ἐνώσεις τὰ ἄτομα τοῦ C συνδέονται ἐν σειρᾷ κατὰ πολύθλαστον γραμμὴν εἰς μακρὰ μόρια ἐν εἴδει ἀλύσεως. Ἐντὸς αὐτῆς ἡ ἀπόστασις C-C εἶναι $1,54 \text{ \AA}^0$ ἡ δὲ γωνία τῶν δεσμῶν των $109^{\circ},5$, γνωστὰί τιμαὶ ἐκ τῆς δομῆς τοῦ ἀδάμαντος. Αἱ ἀλύσεις αὗται ἀποτελοῦν τὰς δομικὰς μονάδας τοῦ πλέγματος (σχ. 365). Εἰς ἀρωματικὰς ἐνώσεις τὰ ἄτομα τοῦ C συν-

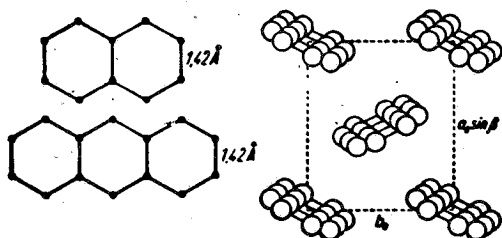


Σχ. 365

Ἄνω δομὴ μιᾶς ἀλύσεως παραφφίνης. Κάτω δομὴ τῆς παραφφίνης n - $C_{25}H_{50}$

δέονται πρὸς ἄλληλα πρὸς ἑξαμερεῖς δακτυλίους μὲ ἀπόστασιν C-C = $1,42 \text{ \AA}^0$, οἷα ἡ ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων (0001) τοῦ γραφίτου. Τοιοῦτοι δακτύλιοι, δύο τὸν ἀριθμὸν εἰς τὸ ναφθαλίνιον $C_{10}H_8$, τρεῖς εἰς τὸ ἀνθρακένιον $C_{14}H_{10}$, συνδεόμενοι κατὰ τὸ σχ. 366 ἀποτελοῦν τὰ μόρια τὰ συνιστῶντα τὸ πλέγμα τῶν κρυστάλλων τῶν σωμάτων αὐτῶν. Πελώρια τριδιάστατα σφαιροειδῆ μόρια (μοριακοῦ βάρους 39.700) ἀποτελοῦν τὸ πλέγμα τῆς ἰνσουλίνης μὲ κυψελίδα ρομβοεδρικήν σταθερῶν $a_0 = 44,4 \text{ \AA}^0$, $\alpha = 114^{\circ}88$ καὶ $Z = 1$. Ἡ πεψίνη (μοριακοῦ βάρους 40.000) ἔχει ἀπλὴν ἑξαγωνικὴν κυψελίδα μὲ σταθεράς $a_0 = 67 \text{ \AA}^0$, $c_0 = 1,54 \text{ \AA}^0$ καὶ $Z = 12$ σφαιροειδοῦς μορφῆς μόρια. Ἀλλὰ καὶ ἔτι πολυπλοκωτέρας συνθέσεως συσσωρεύματα μορίων ἀποτελοῦν δομικὰ συστατικὰ πλέγματα. Ὁ ἰὸς τῆς ἀσθενείας τοῦ καπνοῦ εἶναι σφαιροειδοῦς μορφῆς πρωτεΐναι,

αί, ὅποιαι συσσωματούμεναι εἰς συμπαγῇ κυβικὴν συσσωμάτωσιν δίδουν ὁρατὰς διὰ τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου ἐξαεδρικός ἔδρας.



Σχ. 366

Ανω ἄριστερά μόριον ναφθαλινίου $C_{10}H_8$. Κάτω ἄριστερά μόριον ἀνθρακενίου $C_{14}H_{10}$.
Δεξιὰ δομή τοῦ ἀνθρακενίου

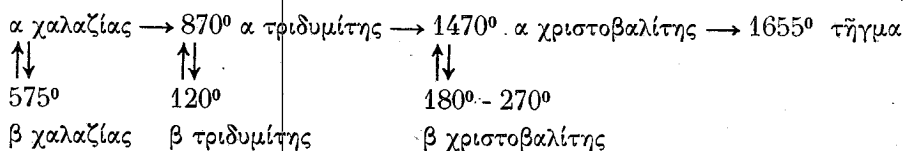
72. Πολυμορφία. Ἐν καὶ τὸ αὐτὸ σῶμα ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῆς ἑκατοστοι-
αίας χημικῆς αὐτοῦ συστάσεως εἶναι δυνατόν ἐν στερεᾷ καταστάσει νὰ ἐμφα-
νισθῇ μὲ δύο ἢ καὶ περισσοτέρους τρόπους διατάξεως τῶν ἀποτελούντων αὐτὸ
ἀτόμων ἐν τῷ χώρῳ, μὲ διαφόρους τύπους δομῆς. Ἡ διαφορὰ αὕτη δομῆς
μακροσκοπικῶς ἐκδηλοῦται μὲ τὴν ἐμφάνισιν κρυστάλλων τοῦ σώματος εἴτε
ὑπαγομένων εἰς διαφόρους κρυσταλλικὰς τάξεις εἴτε εἰς τὴν αὐτὴν κρυσταλ-
λικὴν τάξιν. ἀλλὰ μὲ διαφόρους σχέσεις παραμέτρων. Οἱ τοιοῦτοι διαφορετικῆς
δομῆς κρύσταλλοι χαρακτηρίζονται ὡς μορφαι τοῦ σώματος καὶ ἡ περίπτωσις
ὡς διμορφία ἐφ' ὅσον πρόκειται περὶ δύο μορφῶν καὶ γενικώτερον ὡς πολυ-
μορφία. Παραδείγματα διμορφίας ἔχομεν συναντήσῃ ἤδη ἐπανειλημμένως
εἰς προηγούμενα κεφάλαια. Τυπικὸν τοιοῦτον παράδειγμα διμορφίας τοῦ
ἀνθρακος εἶναι αἱ δύο μορφαι ἀδάμας καὶ γραφίτης, τῶν ὁποίων ἡ δομὴ πε-
ριεγράφη ἐν σελ. 230 (σχ. 320, 321). Ἡ διαφορὰ ιδιοτήτων τῶν δύο μορφῶν
εἶναι σημαντικὴ. Ὁ ἀδάμας εἶναι τὸ σκληρότερον τῶν σωμάτων, διαφανὴς
καὶ ὄχι ἀγωγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ὁ γραφίτης λίαν μαλακός, ἀδιαφανὴς καὶ
ἀγωγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Αἱ διαφοραὶ αὗται ἐρμηνεύονται μὲ τὸν τύπον πλέγ-
ματος ἐκάστης μορφῆς καὶ τὸν τύπον συνδέσεως τῶν ἀτόμων τῆς. Τὸ θεῖον
ἀπαντᾷται ὑπὸ τέσσαρας διαφορετικὰς μορφὰς τὴν α, ρομβικῆς συμμετρίας,
τὴν β καὶ γ μονοκλινοῦς συμμετρίας καὶ τὴν ε τριγωνικῆς (σελ. 276). Ὁ σί-
δηρος ἀπαντᾷ ὑπὸ τρεῖς διαφόρους τύπους πλέγματος. Εἰς τὴν συνήθη θερ-
μοκρασίαν ἔχει πλέγμα ἐνδοκεντρωμένον κυβικὸν μὲ παράμετρον $a_0 = 2,800 \text{ \AA}$.
Ἡ μορφή αὕτη καλεῖται α - σίδηρος. Εἰς 768° ὁ σίδηρος χάνει τὰς μαγνητι-
κὰς του ιδιότητας (β - σίδηρος), ἡ μεταβολὴ αὕτη ὀφείλεται εἰς ἀλλαγὴν τῶν
ἡλεκτρονικῶν τροχιῶν, ὁ τύπος πλέγματος ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ ὁ αὐτός
μὲ μόνον μεταβολὴν τὴν συνεχῇ αὔξεισιν τῆς παραμέτρου λόγω τῆς θερμικῆς
διαστολῆς. Εἰς 906° γίνεται μετατροπὴ εἰς τὴν μορφήν γ - σιδήρου μὲ πλέγμα

όλοεδρικῶς κεντρωμένον ($a_0 = 3,564 \text{ \AA}$). Εἰς 1401° ἔχομεν σημεῖον μετατροπῆς εἰς τὸν δ - σίδηρον με πλέγμα πάλιν ἔνδοκεντρωμένον. Τέλος εἰς 1528° ὁ σίδηρος τήκεται.

Εἰς τὸ ἀνωτέρω περιγραφὲν παράδειγμα πολυμορφίας τοῦ σιδήρου ὡς καὶ εἰς πλείστας ἄλλας περιπτώσεις ἢ μετατροπὴ ἀπὸ τῆς μιᾶς μορφῆς εἰς τὴν ἄλλην ἐπέρχεται αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος εἰς ὠρισμένον βαθμόν. Αἱ ἀποτελοῦσαι τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα ὑλικάι μονάδες δὲν παραμένουν ἀκίνητοι εἰς σταθεράς ἀπ' ἄλλήλων θέσεις, ἀλλὰ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος ὑπόκεινται εἰς κίνησιν μικροῦ εὗρους περὶ τὴν θέσιν ισορροπίας των. Εἷς τινὰς περιπτώσεις ὁμάδες ἀτόμων ὑπόκεινται ὡς σύνολον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν ἐντὸς τοῦ πλέγματος. Τοιαύτη κίνησις ἐβεβαιώθη δι' ἀκτινογραφικῆς ἐρεύνης εἰς κρυστάλλους NaNO_3 . Εἰς θερμοκρασίαν 250° - 275° ἡ ὁμάς NO_3 , ἣτις ἔχει σχῆμα ἰσοπλεύρου τριγώνου με τὰ O εἰς τὰς κορυφὰς καὶ τὸ N εἰς τὸ κέντρον του, στρέφεται περὶ ἄξονα κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ τριγώνου. Παρόμοιοι περιπτώσεις ἐβεβαιώθησαν καὶ ἐπὶ κρυστάλλων ὀργανικῶν ἐνώσεων. Ἡ θερμικὴ αὕτη κίνησις ἀνταγωνίζεται τὰς δυνάμεις τὰς συνδεούσας τὰ ἄτομα εἰς τὸ πλέγμα καὶ εἰς ὠρισμένην θερμοκρασίαν δι' ἕκαστον σῶμα, τὴν θερμοκρασίαν τήξεως, ἐξουδετερώνει αὐτὰς καὶ τὸ σῶμα μεταπίπτει εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν. Προτοῦ ὅμως μετὴν αὐξήσιν τῆς θερμικῆς κινήσεως καταστραφῇ ἡ σύνδεσις τῶν ὑλικῶν μονάδων πρὸς στερεὸν πλέγμα, εἶναι δυνατόν τὰ ἄτομα νὰ ἀλλάξουν θέσιν πρὸς ἄλληλα καὶ νὰ διαταχθοῦν κατὰ νέον τύπον δομῆς, τοιοῦτον ὥστε νὰ εἶναι εὐσταθής ὡς πρὸς τὰς ἐξωτερικὰς συνθήκας (θερμοκρασίαν, πίεσιν).

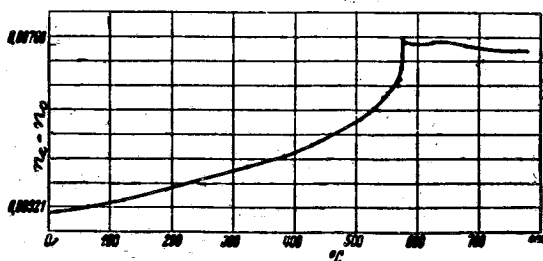
Ἐκ τῶν πολυαρίθμων περιπτώσεων πολυμορφίας ἀναφέρομεν παραδείγματα τινὰ συνήθων ὀρυκτῶν. Ὁ ZnS ἀπαντᾷ ὑπὸ δύο μορφὰς ὡς σφαλερίτης συμμετρίας κυβικῆς καὶ ὡς βουρτσίτης συμμετρίας ἐξαγωνικῆς. Ὁ FeS_2 ὡς σιδηροπυρίτης κυβικῆς συμμετρίας καὶ ὡς μαρκασίτης ρομβικῆς. Τὸ CaCO_3 ὡς ἀσβεστίτης τριγωνικῆς συμμετρίας καὶ ὡς ἀραγωνίτης ρομβικῆς. Τὸ TiO_2 ὑπὸ τρεῖς μορφὰς τὸ ρουτίλιον τῆς ὀλοεδρίας τοῦ τετραγωνικοῦ με σχέσιν παραμέτρων $c:a = 0,645$, τὸν ἀνατάσιν τῆς αὐτῆς συμμετρίας ἀλλὰ με σχέσιν $c:a = 2,511$ καὶ τὸν βρουκίτην τῆς ὀλοεδρίας τοῦ ρομβικοῦ.

Ἐν ἄλλο παράδειγμα πολυμορφίας, τὸ τοῦ SiO_2 , παρέχεται συνοπτικῶς εἰς τὸ ἐπόμενον διάγραμμα:



Ὁ α - χαλαζίας κρυσταλλοῦμενος εἰς τὴν ὀλαξονικὴν ἡμιεδρίαν τοῦ ἐξαγωνικοῦ συστήματος ἔχει σχῆμα ἐξαγωνικῆς ἀμφιπυραμίδος με ἐλάχιστα

άνεπτυγμένης ή παντελώς έλλειπούσας έδρας έξαγωνικού πρίσματος (1010). Με τὸ σχῆμα αὐτὸ ἀπαντᾶται ἐντὸς ήφαιστείων λαβῶν σχηματισθεῖς ἀπὸ τήγματος εἰς ύψηλὴν θερμοκρασίαν. Ὁ β - χαλαζίας μετὴν γνωστὴν μορφήν (σ. 99 σχ. 138, 139) με άνεπτυγμένης συνήθως τὰς έδρας (1010) τῆς δλαξονικῆς ήμιεδρίας τοῦ τριγωνικοῦ συστήματος, έσχηματίσθη ύδροθερμικῶς εἰς θερμοκρασίαν κάτω τῶν 575°. Ὁ β - χαλαζίας θερμαινόμενος εἰς τὸ σημεῖον μετατροπῆς μεταπίπτει άμέσως εἰς τὸν α - χαλαζίαν καὶ ή μετατροπὴ συνοδευομένη ἀπὸ άσήμαντον μεταβολήν τῆς τιμῆς τῶν διέδρων γωνιῶν εκδηλοῦται κυρίως εἰς άπότομον μεταβολήν τῶν όπτικῶν σταθερῶν. Οὕτως ή καμπύλη τῆς μεταβολῆς τῆς τιμῆς τῆς διπλοθλαστικότητος συναρτῆσει τῆς θερμοκρασίας, εἰς 575° δεικνύει σημεῖον καμπῆς (σχ. 367). Ἐλαττωμένης τῆς θερμο-

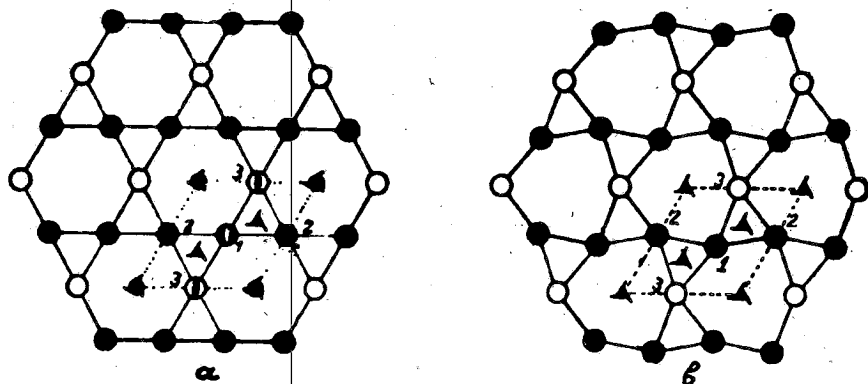


Σχ. 367

Μεταβολή διπλοθλαστικότητος τοῦ χαλαζίου συναρτῆσει τῆς θερμοκρασίας

κρασίας ὁ α - χαλαζίας επανέρχεται εἰς τοὺς 575° άνευ οὐδεμιᾶς ύστερήσεως εἰς τὸν β. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον τελοῦνται καὶ αἱ λοιπαὶ μετατροπαὶ $\alpha \rightleftharpoons \beta$ κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν τοῦ διαγράμματος. Τουναντίον ή μεταβολὴ τῶν μορφῶν κατὰ τὴν ὀριζοντίαν διεύθυνσιν τοῦ διαγράμματος παρουσιάζει ἐξαιρετικὴν άδράνειαν καὶ άπαιτεῖ μακρὸν χρόνον παραμονῆς εἰς τὴν περιοχὴν θερμοκρασίας τοῦ σημείου μετατροπῆς, ἵνα συντελεσθῇ. Ἔτι δυσχερέστερον τελεῖται ή μετατροπὴ κατ' άντίστροφον φοράν. Ἐκ τήγματος χαλαζίου λαμβάνεται συνήθως ύαλος καὶ μόνον τῇ προσθήκῃ πτητικῶν συστατικῶν δρῶντων καταλυτικῶς λαμβάνονται κρύσταλλοι. Αἱ διαφοραὶ αὐταὶ τῶν δύο κατηγοριῶν μετατροπῶν ὀφείλονται εἰς τὸν διάφορον βαθμὸν μεταβολῆς τοῦ πλέγματος κατὰ τὴν μετάβασιν ἀπὸ τῆς μίας μορφῆς εἰς τὴν ἄλλην. Κατὰ τὴν μετατροπὴν $\alpha \rightleftharpoons \beta$ επέρχεται μικρὰ μόνον ἄλλαγή θέσεως τῶν ατόμων ἐντὸς τῆς κύψελίδος. Αἱ διευθύνσεις τῶν δεσμῶν Si - O - Si κάτω τοῦ σημείου μετατροπῆς σχηματίζουν κατὰ προβολήν ἐπὶ (0001) (σχ. 368β) γωνίαν μεταξύ των, με συνέπειαν τὴν μείωσιν τῆς συμμετρίας ἀπὸ δλαξονικῆς τοῦ έξαγωνικοῦ εἰς δλαξονικὴν τοῦ τριγωνικοῦ συστήματος. Ἡ μετατροπὴ ὁμως χαλαζίου εἰς τριδυμίτην καὶ χριστοβαλίτην συνίσταται εἰς πλήρη ἄλλαγήν τῆς διατά-

ξεως όλων τῶν ἀτόμων (σχ. 356), ἐξ ἧς προκύπτει νέος τύπος πλέγματος. Τοιαύτη μεταβολή συναντᾷ ἀντίστασιν καὶ ἀπαιτεῖ πολὺ μεγαλύτερον ποσὸν ἐνεργείας, ἵνα συντελεσθῇ, παρ' ὅ,τι ἡ μετατροπὴ τῶν μορφῶν α εἰς β. Εἰς τὴν μεγάλην αὐτὴν ἀδράνειαν ὡς πρὸς τὴν μετατροπὴν ὀφείλεται τὸ γεγονός



Σχ. 368

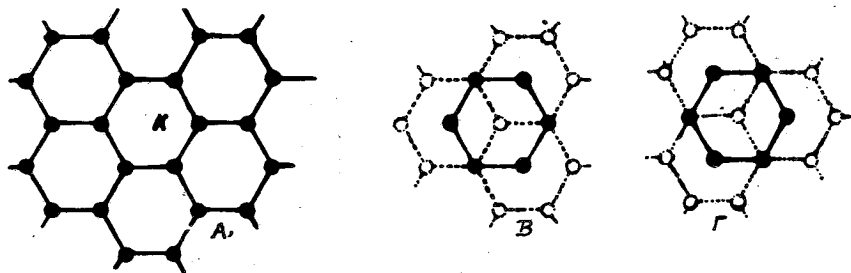
Δομὴ τοῦ β - χαλαζίου καὶ α - χαλαζίου εἰς προβολὴν ἐπὶ (0001).
Προεβλήθησαν μόνον τὰ ἄτομα Si

ὅτι ἔχομεν πλείονας τῆς μιᾶς μορφᾶς ἑνὸς σώματος ὑπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, μολονότι τὸ σημεῖον μετατροπῆς αὐτῶν ἔχει ὑπερπηδηθῇ. Εἰς τὴν περίπτωσηί μορφῶν α καὶ β ἡ εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν εὐσταθῆς ἔχει καὶ τὴν ἀνωτέραν συμμετρίαν. Τὸ γεγονός αὐτὸ ἐκδηλοῦται καὶ εἰς τὴν καμπύλην τοῦ σχήματος 367. Εἰς τὴν μορφήν β ἡ μεταβολὴ αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας εἶναι μεγαλύτερα παρ' ὅ,τι εἰς τὴν μορφήν α, διότι εἰς τὴν β μὲ τὴν κατωτέραν συμμετρίαν ἡ μεταβολὴ θέσεως τῶν ἀτόμων ἔχει μεγαλύτεραν ἐλευθερίαν παρ' ὅ,τι εἰς τὴν μορφήν α, ὅπου ἡ νέα θέσις των περιορίζεται τὰς δυνατότητας μεταβολῆς.

73. Πολυτυπία. Ἡ πολυτυπία εἶναι εἰδικὴ περίπτωσις πολυμορφίας. Ὅρυκτά τινα ὡς ὁ γραφίτης, ὁ βουρτσίτης, οἱ μαρμαρυγίαι, τῶν ὁποίων ἡ δομὴ ἀναλύεται εἰς ἐπαλλήλους στοιβάδας ἐξαγωνικῆς συμμετρίας ἀπολύτως ὁμοίας μεταξύ των καθ' ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν διάταξιν τῶν ἀτόμων ἐντὸς ἐκάστης αὐτῶν, σχηματίζουν κρυστάλλους διαφέροντας μεταξύ των μόνον ὡς πρὸς τὸν τρόπον, καθ' ὃν γίνεται ἡ ὑπέρθεσις ὑπὲρ ἀλλήλας τῶν στοιβάδων τούτων. Ἀναλόγως τῆς μορφῆς, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ διάταξις τῶν ἀτόμων ἐντὸς τῆς στοιβάδος, ὑπάρχουν διάφοροι δυνατότητες συμμετρικοῦ προσανατολισμοῦ τῆς ὑπερκειμένης στοιβάδος ὡς πρὸς τὴν ὑποκειμένην καὶ πλῆθος συνδυασμῶν τῶν δυνατοτήτων τούτων μεταξύ των, εἰς τρόπον ὥστε νὰ παρεμβάλλεται διάφορος ἐκάστοτε ἀριθμὸς ἐνδιαμέσων στοιβάδων, 1, 2, 4, 6 κ.λ.π. μεταξύ

δύο στοιβάδων με τὸν αὐτὸν προσανατολισμόν, αἱ ὁποῖαι ὀρίζουν τὴν παράμετρον τοῦ πλέγματος. Αἱ πολὺτυποι αὗται μορφαὶ διαφέρουν ἀλλήλων μόνον κατὰ τὴν παράμετρον τοῦ ἄξονος, κατὰ μῆκος τοῦ ὁποίου γίνεται ἡ ἐπισώρευσις. Τὸ μέγεθος τῆς παραμέτρου ταύτης εἶναι ἀνάλογον τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παρεμβαλλομένων στοιβάδων.

Πρὸς ἐπεξηγήσιν θεωρήσωμεν τὴν ἀπλουστέραν περίπτωσιν πολυτυπίας, τὴν τοῦ γραφίτου. Τὴν δομὴν του ἀποτελοῦν ἐπ'ἀλλήλα στρώματα μετὰ τὰ ἅτομα τοῦ ἄνθρακος εἰς τὰς κορυφὰς ἐφεξῆς συνεχομένων κανονικῶν ἑξαγώνων (σχ. 369A). Οἱ διὰ τῶν κορυφῶν καὶ τοῦ κέντρου τῶν ἑξαγώνων τούτων διερχόμενοι ἄξονες ἑκτῆς τάξεως, κάθεται ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν στοιβάδων, δέον κατὰ τὴν συμμετρικὴν ὑπὲρ ἀλλήλας στοιβάσιν των νὰ συμπίπτουν, ὅποτε προκύπτουν δύο δυνατότητες συμμετρικῆς τοποθετήσεως. Κατὰ τὴν μίαν ἡ ὑπερκειμένη στοιβάς προβάλλεται ἀκριβῶς ἐπὶ τῆς ὑποκειμένης, ὥστε τὰ ἅτομα ἄνθρακος τῶν δύο στοιβάδων νὰ συμπίπτουν. Κατὰ τὴν ἄλλην ἅτομα ἄνθρακος τῆς ὑπερκειμένης στοιβάδος προβάλλονται εἰς τὰ κέντρα τῶν ἑξαγώνων τῆς ὑποκειμένης κατὰ δύο διαφόρους προσανατολισμούς (σχ. 369B, 369Γ). Ἡ δευ-



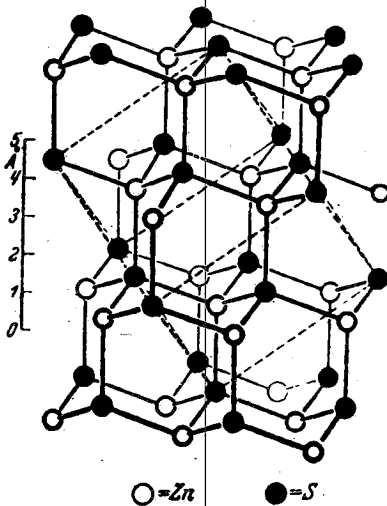
Σχ. 369

A διάταξις τῶν ἀτόμων ἄνθρακος ἐπὶ τῶν στοιβάδων τοῦ γραφίτου, *B* καὶ *Γ* δυνατόι προσανατολισμοὶ τῆς ὑπερκειμένης στοιβάδος ὑπὲρ τὴν ὑποκειμένην

τέρα αὕτη περίπτωσις πραγματοποιεῖται εἰς τὸν γραφίτην μετὰ δύο δυνατοὺς συνδυασμοὺς διαδοχῆς τῶν στοιβάδων, 1ον τὸν ABAB...ὅστις εἶναι ὁ τοῦ σχ. 321 μετὰ παρεμβολὴν μιᾶς μόνον στοιβάδος εἰς ἀπόστασιν $c_0/2 = 6,696/2$ μεταξὺ τῆς ἀρχικῆς καὶ τῆς ἐπομένης μετὰ τὸν αὐτὸν προσανατολισμόν καὶ 2ον τὸν ABΓABΓ...μετὰ παρεμβολὴν δύο στοιβάδων εἰς θέσιν προσανατολισμοῦ *B* καὶ *Γ* μεταξὺ τῶν ὁμοίου προσανατολισμοῦ στοιβάδων *A*. Ἡ δευτέρα αὕτη διάταξις παρέχει δομὴν μετὰ συμμετρίαν ρομβοεδρικήν καὶ παράμετρον $c_0' = 3/2 \cdot 6,696 = 10.044 \text{ \AA}$. Ἀμφότεροι οἱ τύποι οὗτοι δομῆς παρατηρήθησαν καὶ εἰς φυσικοὺς κρυστάλλους γραφίτου καὶ εἰς συνθετικῶς παρασκευασθέν-

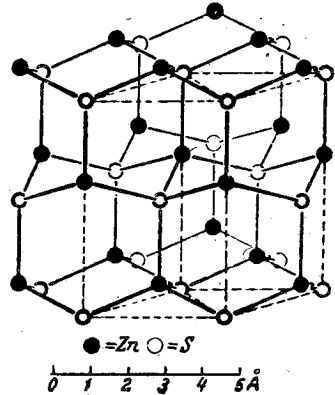
τας. Συχνότερος είναι ο τύπος δομής ABAB...άπαντών εις αναλογία 80%, εις μικροτέραν αναλογία 14% άπαντᾷ ο τύπος ABΓA. Διεπιστώθησαν προσέτι εκ τῆς ακτινογραφικῆς εξέτασεως καὶ ἄλλαι μορφαὶ διατάξεως, αἱ ὅποια δὲν ἔχουν ἐρευνθῇ λεπτομερῶς. Ἐβεβαιώθη εις μονοκρυστάλλους γραφίτου ἡ παρουσία ἀνωμαλιῶν ὡς πρὸς τὴν κανονικὴν διαδοχὴν τῶν στοιβάδων ὡς καὶ ἀνάμειξις στοιβάδων τοῦ ἑτέρου τύπου εις τὸν αὐτὸν κρύσταλλον. Αἱ αἰθάλαι εἶναι μείγματα ὑπὸ διάφορον αναλογία ἀμόρφου ἄνθρακος με λίαν μικροὺς κρυστάλλους γραφίτου ἢ κρυσταλλίτας ἀποτελουμένους ἀπὸ στοιβάδας με δομὴν γραφιτικῶν χωρὶς ὅμως κανονικὴν διάταξιν κατὰ τὴν τρίτην διάστασιν.

Πολλὰ πολύτυποι μορφὰι παρατηρήθησαν εις συνθετικούς κρυστάλλους ἀνθρακοπυριτίου (SiC), τινὲς ἐξ αὐτῶν καὶ εις τὸν ἰσοτύπον πρὸς τὸ ἀνθρακοπυρίτιον ZnS. Εἰς τὴν κυβικῆς συμμετρίας μὲρφήν τοῦ ZnS, τὸν σφαλερίτην, ὡς καὶ εις τὸ ἰσότυπον β - SiC καθέτως πρὸς τὸν Λ^3 διαδέχονται ἀλλήλας διπλαῖ στοιβάδες ἐκ Zn, S (ἢ Si, C) με συμπαγῇ ἐξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν τῶν ἀτόμων Zn καὶ S με διαδοχὴν προσανατολισμοῦ τῶν στοιβάδων ABΓA (σχ. 370).



Σχ. 370

Δομὴ τοῦ σφαλερίτου. Διαδοχὴ στοιβάδων καθέτως πρὸς Λ^3



Σχ. 371

Δομὴ βουρτσιτίου. Διαδοχὴ στοιβάδων καθέτως πρὸς Λ^6

Εἰς τὴν κανονικῆς δομῆς μὲρφήν τοῦ βουρτσιτίου καὶ τοῦ ἰσοτύπου πρὸς αὐτὸν SiC καθέτως πρὸς τὸν Λ^6 διαδέχονται ἀλλήλας ἐπίσης διπλαῖ στοιβάδες με διαδοχὴν προσανατολισμοῦ ABA (σχ. 371). Εἰς κρυστάλλους SiC ἀνευρέθησαν πολύτυποι μορφὰι ἐξαγωνικῆς συμμετρίας με διπλαῖ στοιβάδας ἐντὸς

μιᾶς περιόδου κατὰ τὸν ἄξονα Λ^6 ἐκτὸς τῆς κανονικῆς ABA μὲ δύο στοιβάδας (σχ. 371) καὶ τοιαῦται μὲ 4, 6, 8 καὶ 10 στοιβάδας (αἱ μὲ 4 καὶ 6 ἀπαντοῦν καὶ εἰς τὸν βουρτσίτην) ρομβοεδρικῆς συμμετρίας μὲ 15, 21, 33, 51, 75, 84 καὶ 87. Ἡ μὲ 15 καὶ εἰς τὸν βουρτσίτην ἀπαντῶσα ἔχει τὴν διαδοχὴν ΑΒΑΓΒ-ΓΑΓΒΑΓΒΑΓΑ... Τὸ ἐκάστοτε μῆκος τοῦ c_0 εἶναι πολλαπλάσιον τῶν ἀνωτέρω ἀριθμῶν ἐπὶ $2,51\text{\AA}$. Καὶ ἐνταῦθα διεπιστώθη ἐκ τῆς παρουσίας εἰς ἀκτινογραφήματα μονοκρυστάλλων διαχύτων ἀνακλάσεων ἐκτὸς τῶν μὲ σαφῇ ὅρια μερικὴ ἄτακτος παρεμβολὴ διπλοστοιβάδων εἰς θέσεις ὄχι κανονικάς. Ὁ δικίτης καὶ ὁ νακρίτης εἶναι πολύτυποι μορφαὶ τοῦ καολίνου ὁ πρῶτος μὲ μῆκος τοῦ c_0 διπλάσιον, ὁ δεύτερος μὲ τετραπλάσιον. Εἰς τοὺς μαρμαρυγίας παρατηρήθησαν πέντε πολύτυποι μορφαὶ διατάξεως τῶν φυλλομόρφων στοιβάδων: 1) μονοκλινῆς μὲ μίαν ἐνδιάμεσον στοιβάδα ($c_0 = 10,2\text{\AA}$), 2) μονοκλινῆς μὲ δύο στοιβάδας ($c_0 = 20,2\text{\AA}$), 3) ρομβοεδρικὴ μὲ τρεῖς στοιβάδας ($c_0 = 30\text{\AA}$), 4) μονοκλινῆς ἢ τρικλινῆς μὲ ἑξ στοιβάδας ($c_0 = 60,0\text{\AA}$), 5) τρικλινῆς μὲ εἰκοσιτέσσαρας στοιβάδας (λίαν σπανία, $c_0 = 240\text{\AA}$). Εἰς τὸν μοσχοβίτην παρατηρήθησαν μόνον αἱ μορφαὶ μὲ δύο καὶ τρεῖς στοιβάδας. Καὶ εἰς τοὺς μαρμαρυγίας παρατηρήθη ἐντὸς μονοκρυστάλλων ἀνωμαλία περὶ τὴν κανονικὴν διάταξιν τῶν ἐπαλλήλων στοιβάδων ἐκ παρεμβολῆς στοιβάδων εἰς θέσιν διάφορον τῆς κανονικῆς ἢ καὶ ἐξ ἀναμείξεως διαφόρων τύπων εἰς τὸν αὐτὸν κρυσταλλον.

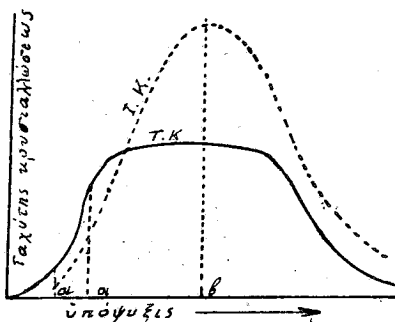
74. Γένεσις καὶ ἀνάπτυξις τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων. Ἡ γνῶσις τῶν συνθηκῶν σχηματισμοῦ καὶ ἀναπτύξεως τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων παρουσιάζει ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον ὄχι μόνον ἀπὸ θεωρητικῆς ἀπόψεως ἀλλὰ καὶ διὰ τὴν πρακτικὴν ἐφαρμογὴν αὐτῶν πρὸς τεχνητὴν παρασκευὴν εὐμεγέθων χρησίμων κρυστάλλων. Ἀπὸ τοῦ παρελθόντος αἰῶνος εἶχεν ἀπασχολήσῃ ἐρευνητὰς ἡ συνθετικὴ παρασκευὴ πολυτίμων λίθων, τῶν ὁποίων ἡ σπάνις ἐν τῇ φύσει καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἡ ὑψηλὴ αὐτῶν τιμὴ ἐδικαιολόγει ἀπὸ οἰκονομικῆς ἀπόψεως τοιοῦτον ἐνδιαφέρον. Ἐξ ἄλλου ἄλλοι κρύσταλλοι, οἱ ὅποιοι ἔχουν ὠρισμένας χρησίμους φυσικὰς ιδιότητας εἶναι ἀπαραίτητοι δι' ὠρισμένους τεχνικοὺς καὶ ἐπιστημονικοὺς σκοποὺς. λ.χ. ἡ ὀρεία κρύσταλλος, διαυγῆς ποικιλία τοῦ χαλαζίου, ἥτις δὲν ἀπορροφεῖ τὸ ὑπεριώδες τμήμα τοῦ ὀπτικοῦ φάσματος, χρησιμεύει πρὸς παρασκευὴν πρισματῶν καὶ φακῶν διὰ τὴν φασματογράφησιν τῆς περιοχῆς αὐτῆς τοῦ φάσματος, ἐνῶ κρύσταλλοι NaCl, LiF, KCl ἔχουν ὁμοίαν χρησιμότητα διὰ τὴν περιοχὴν τοῦ ὑπερύθρου. Πολλοὶ κρυσταλλικαὶ ἐνώσεις ἔχουν σήμερον εὐρεῖαν ἐφαρμογὴν ὥς πιεζοκρύσταλλοι, ἡμιαγωγοὶ κ.λ.π. Αἱ τεχνικαὶ καὶ ἐπιστημονικαὶ αὐταὶ ἀνάγκαι ἔδωσαν ὥθησιν εἰς σχετικὰς ἐρεῦνας καὶ ἐπενοήθησαν μέθοδοι παρασκευῆς πολλῶν τοιούτων χρησίμων μονόκρυστάλλων εἰς ἱκανοποιητικὸν μέγεθος. Ἀλλὰ καὶ μονόκρυστάλλων μικρῶν ἔτι διαστάσεων, ὀλίγων δεκάτων τοῦ χιλιοστοῦ, παρίσταται συχνὰ ἀνάγκη παρασκευῆς ἐξ ἐνώσεων, αἱ

ὅποια συνήθως ἐμφανίζονται εἰς κρυσταλλοφυῇ συσσωματώματα, διὰ τὴν ἀκτινογραφικὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν ἐνώσεων αὐτῶν. Στοιχεῖά τινα ἐπὶ τῶν συνθηκῶν γενέσεως καὶ τῶν μεθόδων παρασκευῆς μονοκρυστάλλων ἐκτίθενται κατωτέρω.

Κρύσταλλοι δύνανται νὰ σχηματισθοῦν κατὰ ποικίλους τρόπους, ἀπὸ τήγμα τοῦ σώματος, ἀπὸ διάλυμα αὐτοῦ, ἀπὸ τὴν ἀέριον κατάστασιν, διὰ χημικῶν ἀντιδράσεων, ἠλεκτρολυτικῶς ἢ διὰ συγκεντρωτικῆς μετακρυστάλλωσεως. Ἐκ τούτων αἱ συνηθέστερον χρησιμοποιούμεναι εἶναι αἱ διὰ κρυσταλλώσεως ἀπὸ τήγματος ἢ διαλύματος.

Ἵνα σχηματισθοῦν ἕκ τινος περιβάλλοντος κρύσταλλοι ὠρισμένης ἐνώσεως, πρέπει τὰ ἐντὸς τοῦ περιβάλλοντος τούτου περιεχόμενα στοιχεῖα, τὰ ὅποια θὰ ἀποτελέσουν τὴν ἐνώσιν, νὰ ἔλθουν πρὸς ἄλληλα εἰς ἀποστάσεις τοιαύτας, οἷας ἔχουν εἰς τὸ πλέγμα τοῦ κρυστάλλου, καὶ αἱ μεταξὺ αὐτῶν ἑλκτικαὶ δυνάμεις νὰ ὑπερσχύσουν τῶν διαφόρων παραγόντων, οἱ ὅποιοι ἔρχονται εἰς ἀνταγωνισμόν πρὸς αὐτάς. Τὴν ἀπλουστέραν περίπτωσιν περιβάλλοντος κρυσταλλώσεως ἔχομεν εἰς τὴν ὑγρὰν φάσιν τοῦ θεωρουμένου σώματος, εἰς τὸ τήγμα αὐτοῦ. Εἰς αὐτὸ ὁ ἀνταγωνιζόμενος εἰς τὸν σχηματισμόν κρυστάλλων παράγων εἶναι ἡ θερμικὴ κίνησις τῶν ὑλικῶν μονάδων του. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ σώματος ἡ θερμικὴ κίνησις ἐξουδετερώνει τοὺς μεταξὺ τῶν δομικῶν στοιχείων τοῦ πλέγματος δεσμούς καὶ τὸ σῶμα μεταπίπτει εἰς τὴν ὑγρὰν φάσιν. Ἐν τούτοις ἡ θερμοκρασία αὕτῃ ἰσορροπίας μεταξὺ στερεᾶς καὶ ὑγρᾶς φάσεως δὲν εἶναι ἐπαρκής, ἵνα σχηματισθοῦν ἕκ τοῦ τήγματος κρύσταλλοι. Ἐπὶ οὐσίας τελείως καθαρᾶς εἶναι δυνατόν νὰ ὑποβιβάσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς πολὺ κάτωθεν τοῦ σημείου τήξεως καὶ αὕτῃ νὰ ἐξακολουθῇ νὰ παραμένῃ ὑγρὰ, ἐν καταστάσει ὑπερτήξεως. Ἐὰν ὅμως εἰς τὴν κατάστασιν αὕτῃν φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν τὸ ἐν ὑστερήσει πήξεως ὑγρὸν μὲ στερεὸν κρύσταλλον τοῦ ἰδίου πρὸς τὸ τήγμα σώματος ἢ ἰσομόρφου πρὸς αὐτό, ἄρχεται ἡ κρυστάλλωσις κατὰ τὴν ἐπαφὴν καὶ ἐπεκτείνεται εἰς ὁλόκληρον τὴν μάζαν τοῦ τήγματος. Ἡ ταχύτης κρυσταλλώσεως ἐξαρτᾶται, κατὰ πειράματα τοῦ Tammann, ἐκ τῆς διαφορᾶς ($T - t$) ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας τήξεως. Τὴν πορείαν τοῦ φαινομένου παρέχει τὸ σχῆμα 372. Ἀπὸ τοῦ σημείου τήξεως T πρὸς χαμηλοτέρας θερμοκρασίας ἡ ταχύτης κρυσταλλώσεως αὐξάνεται ταχέως εἰς ὠρισμένην περιοχὴν, περαιτέρω παραμένει σταθερὰ καὶ τέλος μειοῦται. Ἐν ἄλλο ποσὸν χαρακτηρίζον τὸ φαινόμενον κρυσταλλώσεως εἶναι ἡ *ικανότης* κρυσταλλώσεως τοῦ σώματος, ἥτις μετρεῖται μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν κρυσταλλικῶν σπερμάτων, τὰ ὅποια σχηματίζονται ἐντὸς ὠρισμένου ὄγκου εἰς ὠρισμένην θερμοκρασίαν. Τὸ σχ. 373 παριστᾷ τὴν *ικανότητα* κρυσταλλώσεως συναρτήσας τῆς ὑποφύξεως διὰ τὴν πιτερίνην. Αὕτῃ τήκεται εἰς 129° . Εἰς 80° ὁ ἀριθμὸς τῶν κρυσταλλικῶν σπερμάτων εἶναι περίπου 0, εἰς 40° παρουσιάζει μέγιστον. Αἱ δύο αὗται καμπύλαι παρέχουν τὰ στοιχεῖα διὰ τὴν

εὑρεσιν τοῦ μεγέθους τῶν σχηματιζομένων κρυστάλλων ὑπὸ τὰς συνθήκας κρυσταλλώσεως. Εἰς τὸ σχ. 372 εἰς θερμοκρασίαν β ἔνθα T.K. καὶ I.K. εἶναι μέγιστα, θὰ προκύψῃ συσσωμάτωμα μικρῶν κρυστάλλων, μικρῶν διὰ τὸν

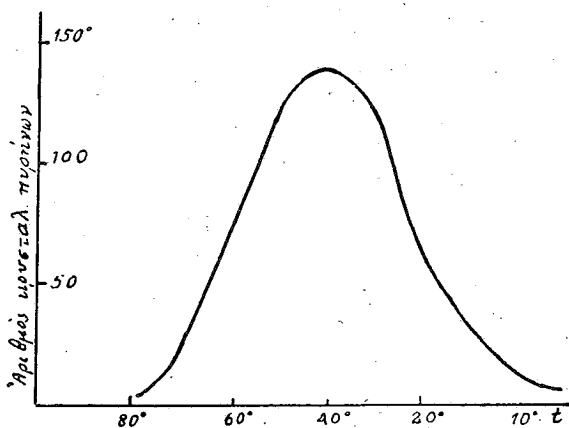


Σχ. 372

Καμπύλαι ταχύτητος καὶ ἰκανότητος κρυσταλλώσεως συναρτήσῃ τῆς ὑποψύξεως

μέγαν ἀριθμὸν τῶν σχηματισθέντων κρυσταλλικῶν σπερμάτων. Εἰς θερμοκρασίαν α ὁ ἀριθμὸς κρυσταλλικῶν σπερμάτων εἶναι ἐλάχιστος, ἀλλὰ ἡ ταχύτης κρυσταλλώσεως ἔχει αἰσθητὴν τιμὴν, τὸ κρυσταλλικὸν συσσωμάτωμα, τὸ ὅποῖον θὰ προκύψῃ ἀπὸ τὴν πῆξιν, θὰ εἶναι ἀδρομερές.

Ἀνάπτυξις μονοκρυστάλλων ἀπὸ τήγματος ἐπιτυγχάνεται διὰ βραδείας



Σχ. 373

Καμπύλη ἰκανότητος κρυσταλλώσεως συναρτήσῃ τῆς ὑποψύξεως

προσεκτικῆς ὑποβιβάσεως τῆς θερμοκρασίας του. Κατὰ τὴν μέθοδον Κυροπούλου ἐντὸς τήγματος μετάλλου εὐρισκομένου ὑπὸ θερμοκρασίαν μεγάλυ-

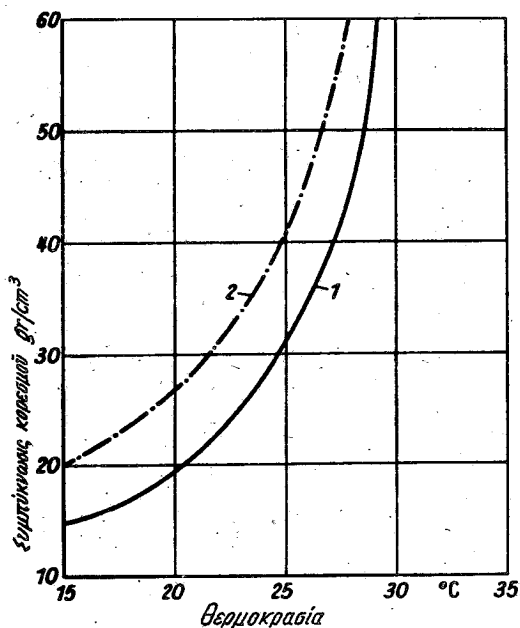
τέραν κατὰ τι τοῦ σημείου τήξεώς του ἐμβαπτίζεται τὸ ἄκρον μεταλλικῆς ράβδου διατηρουμένης εἰς θερμοκρασίαν κατὰ τι χαμηλοτέραν τοῦ σημείου τήξεως. Ὑπὸ ὥρισμένας προϋποθέσεις σχηματίζεται κατὰ τὸ ἄκρον τῆς ράβδου μονοκρυστάλλος, ὅστις διὰ βραδείας ἀνελεύσεως τῆς συνεχίζει τὴν ἀνάπτυξιν του εἰς κυλινδρικὸν μονοκρυστάλλον.

Κατὰ τὴν μέθοδον Verneuil παρασκευάζονται μονοκρυστάλλοι κορουνδίου διὰ τήξεως με φλόγα κροτοῦντος ἀερίου λεπτοτάτης κόνεως Al_2O_3 βραδέως καὶ συνεχῶς προσφερομένης εἰς τὸ σημεῖον τήξεως, καθ' ὃν χρόνον τὸ ὑπόβαθρον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ τήγμα, καταβιβάζεται βραδέως. Οὕτω τὸ τήγμα ἀπομακρυνόμενον ἀπὸ τὴν ζώνην ὑψηλῆς θερμοκρασίας βαθμιαίως πηγνύμενον κρυσταλλοῦται, ἐνῶ συγχρόνως νέον τετηκὸς ὑλικὸν προσφέρεται ἄνωθεν συνεχίζον μετὰ τὴν πῆξιν του τὴν περαιτέρω ἀνάπτυξιν τοῦ ἤδη σχηματισθέντος κρυστάλλου. Μετὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν παρασκευάζονται ἐπίσης μονοκρυστάλλοι σμαράγδου καὶ σπινελλίου.

Κατ' ἄλλην μέθοδον κυλινδρικὴ ράβδος πολυκρυσταλλικοῦ ὑλικοῦ ἐγκλείεται ἐντὸς σωλῆνος ἀεροκένου πρὸς ἀποφυγὴν ὀξειδώσεως καὶ θερμαίνεται εἰς στενὴν ζώνην μέχρι σημείου τήξεως δι' ἡλεκτρικῆς σπείρας εἰλιγμένης περὶ τὸν σωλῆνα, εἰς ὃ σημεῖον ἀποσκοπεῖται ἡ τήξις. Κατὰ τὰ ἄκρα τῆς σπείρας, ἐνθα ἡ θερμοκρασία εἶναι χαμηλοτέρα, ἐπέρχεται κρυστάλλωσις. Διὰ προσεκτικοῦ χειρισμοῦ δύναται νὰ σχηματισθῇ μονοκρυστάλλος, ὅστις ἀναπτύσσεται περαιτέρω διὰ βραδείας μετατοπίσεως τῆς θερμαινομένης σπείρας κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος συνοδευομένης ἀπὸ σύγχρονον μετατόπισιν τῆς ζώνης τήξεως. Ταυτοχρόνως ἀποβάλλονται ἐκ τοῦ τήγματος αἱ ξέναι προσμείξεις αἱ τυχὸν περιεχόμεναι ἐντὸς τοῦ ἀρχικοῦ ὑλικοῦ. Ἐπαναλαμβανομένης τῆς ἐργασίας αὐτῆς πολλάκις ἐπιτυγχάνονται μονοκρυστάλλοι ἀπολύτως καθαροί. Γίνεται χρῆσις τῆς μεθόδου αὐτῆς διὰ τὴν παρασκευὴν καθαρῶν μονοκρυστάλλων γερμανίου καὶ πυριτίου εὐρύτατα χρησιμοποιουμένων ὡς ἡμικύκλων.

Προκειμένου περὶ διαλυμάτων, ἐκτὸς τῆς θερμικῆς κινήσεως τῶν συστατικῶν τοῦ ἐν διαλύσει σώματος εἰσέρχεται καὶ ὁ παράγων τῆς συγκεντρώσεως αὐτῶν ἐντὸς τοῦ διαλυτικοῦ μέσου. Καὶ ἐνταῦθα παρατηροῦνται φαινόμενα ἀνάλογα. Εἶναι δυνατόν νὰ ἔχωμεν διαλύματα μετὰ συγκέντρωσιν μεγαλύτεραν τῆς καταστάσεως κόρου, ἐκ τῶν ὁποίων ἐν ἀπουσίᾳ κρυσταλλικῶν σπερμάτων δὲν ἀποβάλλονται κρύσταλλοι. Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐρμηνεύονται μετὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν ἀρχῶν τῆς θερμοδυναμικῆς ἐπὶ τῆς ἰσορροπίας τῶν κρυστάλλων πρὸς τὸ περιβάλλον των. Διὰ δοθὲν διάλυμα ὑπὸ ὥρισμένας συνθήκας συγκέντρώσεως καὶ θερμοκρασίας ὑπάρχει ἐν κατώτερον ὅριον διαστάσεων τοῦ κρυσταλλικοῦ σπέρματος διὰ νὰ εἶναι δυνατόν νὰ διατηρηθῇ τοῦτο ἐν ἐπαφῇ μετὰ τὸ διάλυμα. Κάτω τοῦ ὁρίου τούτου τὸ κρυσταλλικὸν σπέρμα διαλύεται. Ἄνω αὐτοῦ ὑψίσταται διὰ προσλήψεως ὕλης ἐκ τῆς περισσεύας τῆς

πέραν τῆς καταστάσεως τοῦ κόρου, ἥτοι διὰ τὸν αὐτόματον σχηματισμὸν κρυσταλλικῶν σπερμάτων ἐντὸς ὁμογενοῦς μέσου ἀπαιτεῖται συγκέντρωσις μεγαλύτερα τῆς συγκεντρώσεως κόρου. Τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 374



Σχ. 374

1. Καμπύλη συμπεκνώσεως κόρου
2. Καμπύλη συμπεκνώσεως πρὸς σχηματισμὸν κρυσταλλικῶν σπερμάτων

παριστᾷ τὴν σχέσιν συνθηκῶν κορεσμοῦ καὶ σχηματισμοῦ κρυσταλλικοῦ σπέρματος ὡς συνάρτησιν συγκεντρώσεως τοῦ διαλύματος καὶ θερμοκρασίας αὐτοῦ. Ὁ μεταξὺ τῆς καμπύλης 1 καὶ 2 χώρος, ὀνομαζόμενος περιοχή Ostwald - Miers, δεικνύει τὰς καταλλήλους συνθήκας διὰ τὴν ἀνάπτυξιν ἑνὸς μονοκρυστάλλου ἐκ μικροῦ τεμαχίου του προστιθεμένου ἐντὸς υπερκόρου διαλύματος.

Καὶ ἐντὸς ὑαλωδῶν σωμάτων ὁμογενῶν δύναται νὰ σχηματισθοῦν κρυσταλλικὰ σπέρματα καὶ περαιτέρω τοπικὴ κρυστάλλωσις πέραν αὐτῶν διὰ καταλλήλου θερμικῆς ἢ χημικῆς ἐπιδράσεως. Τοιαύτη τεχνητὴ μερικὴ κρυστάλλωσις διὰ καταλλήλου ἐπεξεργασίας ὑάλων ἐφαρμόζεται πρὸς παρασκευὴν τῶν βιτροκεράμων, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν τεχνικῶς χρήσιμους θερμικὰς, μηχανικὰς καὶ ἡλεκτρικὰς ιδιότητες. Ἀνάλογον ἀφάλωσιν ἐμφανίζουν ἐξεταζόμεναι εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς αἱ λάβαι παλαιότερων γεωλογικῶν διπλασεῶν. Κρυσταλλικὰ σπέρματα σχηματίζονται ἐπίσης ἐν ἐπαφῇ πρὸς ξένα

σωματιδία ἐγκλειόμενα ἐντὸς τοῦ ὕλικου ἢ πρὸς ἐπιφανείας ξένων σωμάτων. (1) τοιοῦτος ἑτερογενὴς σχηματισμὸς κρυσταλλικῶν σπερμάτων εὐρίσκει συχνὰς τεχνικὰς ἐφαρμογὰς. Οὕτως ἐξηγεῖται ἡ κρυστάλλωσις, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ἡ προσθήκη κρυστάλλων τοῦ σώματος εἰς τὸ ὑπέρκορον διάλυμα ἢ εἰς τὸ ἐν ὑστερήσει πηξέως.

Ἡ περαιτέρω ἀνάπτυξις τοῦ κρυστάλλου ἐντὸς ὑπέρκορου διαλύματος γίνεται ὡς ἑξῆς. Τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου ἰόντα δὲν εἶναι ἐξουδετερωμένα ἡλεκτρικῶς, ἀλλ' ἔχουν σθένη ἐλεύθερα, μὲ τὰ ὁποῖα ἔλκουν τὰ ἰόντα ἐκ τοῦ ἐν ἐπαφῇ πρὸς αὐτὰ διαλύματος καὶ τὰ δεσμεύουν εἰς τὸ πλέγμα. Ἐπειδὴ ἡ συγκέντρωσις εἰς τὸ διάλυμα εἰς τὴν ἄμεσον ἐπαφὴν πρὸς τὸν κρυστάλλον ἐλαττοῦται, ἰόντα ἐκ τοῦ ὑπολοίπου πυκνοτέρου διαλύματος διαχέονται πρὸς τὴν πτωχεύουσαν διὰ τῆς ἀναπτύξεως τοῦ κρυστάλλου στοιβάδα καὶ οὕτω σχηματίζεται ρεῦμα μεταφορᾶς ὕλης πρὸς τὸν κρυστάλλον. Ὑπέρκορος κατὰστασις τοῦ διαλύματος πρὸς ἑναρξιν τῆς κρυσταλλώσεως ἐπιτυγχάνεται εἴτε διὰ βραδείας συμπυκνώσεως του δι' ἐξατμίσεως τοῦ διαλυτικού μέσου εἴτε διὰ ταπεινώσεως τῆς θερμοκρασίας του. Διὰ τὴν παρασκευὴν κρυστάλλων μὲ σχῆμα κανονικὸν ἐξαρτᾶται διὰ λεπτῆς μεταξίνης κλωστῆς τεμάχιον κρυστάλλου ἐντὸς ἐλαφρῶς ὑπέρκορου διαλύματος, τὸ ὁποῖον ἀναδεύεται συνεχῶς, ὥστε ἡ πυκνότης του περὶ τὸν κρυστάλλον νὰ εἶναι ὁμογενής, καὶ διατηρεῖται εἰς σταθερὰν συγκέντρωσιν διὰ προσθήκης ρυθμικῆς διαλύματος τοῦ σώματος πυκνοτέρου κατὰ τι, εἰς ἀναπλήρωσιν τῶν καταναλωθέντων ἰόντων. Ἡ θερμοκρασία διατηρεῖται σταθερὰ κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος.

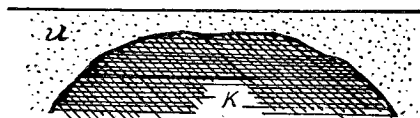
Ἀξιόλογος μέθοδος ἀναπτύξεως μονοκρυστάλλων εὐρύτατα χρησιμοποιομένη εἶναι ἡ ὑδροθερμικὴ σύνθεσις. Κατ' αὐτὴν θερμαίνεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου ἑνὸς δαλύματός του πρὸς κρυστάλλωσιν, ὕλικου μέχρις ὑπερκρισίμου κατὰστάσεως καὶ ὑπὸ ὑψηλῆν πίεσιν. Παρασκευὴ εὐμεγέθων κρυστάλλων χαλαζίου ἐπετεύχθη ὑδροθερμικῶς ὑπὸ θερμοκρασίαν 400°C καὶ πίεσιν 1000 ἀτμοσφαιρῶν.

Κρυστάλλωσις ἀπὸ ἀέριον φάσιν ἐπιτυγχάνεται ἐντὸς ὑαλίνων κλειστῶν θερμοκένων σωλήνων διαμορφωμένων εἰς δύο χώρους, τὸν ὅσον ἐξαερώσεως τοῦ ὕλικου καὶ τὸν ὅσον κρυσταλλώσεως, ἔνθα ἡ θερμοκρασία διατηρεῖται χαμηλότερα τοῦ σημείου ἐξαερώσεως.

Διὰ τὴν τελευταίως ἐπιτευχθεῖσαν συνθετικὴν παρασκευὴν ἀδάμαντος ἐχρησιμοποιήθη εἰδικὴ διάταξις καταστήσασα δυνατὴν τὴν διατήρησιν τοῦ ὕλικου ἐπὶ πολλὰς ὥρας εἰς θερμοκρασίαν 2000°C καὶ πίεσιν 100.000 ἀτμοσφαιρῶν. Μὲ τὸν αὐτὸν τρόπον παρεσκευάσθη καὶ τὸ νιτρίδιον τοῦ βορίου (BN), τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν αὐτὴν δομὴν καὶ σκληρότητα οἷαν καὶ ὁ ἀδάμας μὲ πλεονέκτημα ὅτι ἀντέχει μέχρι θερμοκρασίας 1900°C εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῶ ὁ ἀδάμας καίεται εἰς 850°C .

Με τὴν λεγομένην συγκεντρωτικὴν μετακρυστάλλωσιν (Sammelkristallisation) ἐφαρμοζομένην ἰδίᾳ ἐπὶ μετάλλων ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀνάπτυξις μεγλυτέρων κρυστάλλων ἐξ ἀρχικοῦ μικροκρυσταλλοφυοῦς ὕλικου. Τοῦτο, ἀφοῦ ὑποστῇ μικρὰν πλαστικὴν παραμόρφωσιν, διατηρεῖται ἐπ' ἀρκετὸν χρόνον εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν κατὰ τι χαμηλοτέραν τοῦ σημείου τήξεώς του. Κρυσταλλικοὶ κόκκοι τοῦ συσσωματώματος κατὰ χώρους ἀποβαίνουν κέντρα μετακρυσταλλώσεως ἀναπτυσσόμενα εἰς μεγαλυτέρους κρυστάλλους δαπάναις τοῦ περιβάλλοντος αὐτοῦς μικροκρυσταλλικοῦ ὕλικου.

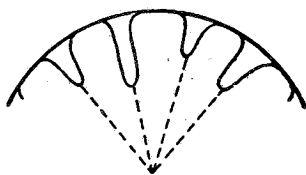
Ἐὰν καταστρέψωμεν μὲ ρίνισμα τὸ πολυεδρικὸν σχῆμα τοῦ κρυστάλλου καὶ θέσωμεν αὐτὸν ἐντὸς διαλύματός του καταλλήλου συγκεντρώσεως, ὁ ἀκρωτηριασμένος κρύσταλλος ἀναπτύσσεται καὶ μετὰ τινα χρόνον σχηματίζεται εἰς πολυέδρον. Τὸ γεγονός αὐτὸ δεικνύει, ὅτι ἡ ἀπόθεσις τῆς ὕλης ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου δὲν γίνεται μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα πρὸς πάσας τὰς κατευθύνσεις (σχ. 375). Αἱ κρυσταλλικαὶ ἑδραι ἀντιπροσωπεύουν κατευθύνσεις, καθέ-



Σχ. 375

K = κρύσταλλος ἀκρωτηριασθείς, κ = προστεθεῖσα ὕλη πρὸς ἐπούλωσιν

τως πρὸς τὰς ὁποίας ἡ ταχύτης τῆς ἀναπτύξεως τοῦ κρυστάλλου εἶναι ἐλαχίστη. Τὸ φαινόμενον τῆς ἀναπτύξεως τῶν κρυστάλλων εἶναι καὶ αὐτὸ ἀπὸ τὰς χαρακτηριστικὰς τῆς κρυσταλλικῆς ὕλης ἀσυνεχῶς μεταβαλλομένης ἀνυσματικῆς ιδιότητος, ὡς παρίσταται σχηματικῶς εἰς τὸ σχ. 376. Εἰς αὐτὸ τὰ

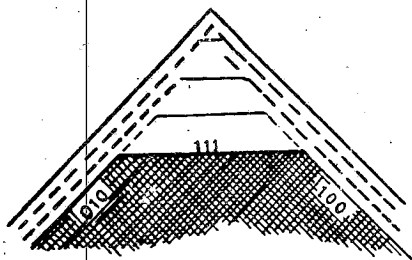


Σχ. 376

Παράστασις τῆς ταχύτητος ἀναπτύξεως κρυστάλλου

ἀνύσματα ταχύτητος ἀναπτύξεως τὰ διερχόμενα ἀπὸ τὰ σημεῖα καμπῆς εἶναι κάθετα ἐπὶ τὰς ἑδρας τοῦ κρυσταλλικοῦ πολυέδρου. Ἀλλὰ καὶ ἑδραι τοῦ αὐτοῦ κρυστάλλου ἀνήκουσαι εἰς διάφορα σχήματα ἔχουν διάφορον ταχύτητα ἀναπτύξεως κατὰ τὴν κάθετον αὐτῶν. Αἱ διαφοραὶ αὗται ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα συνεχιζομένης τῆς ἀναπτύξεως τοῦ κρυστάλλου νὰ ἐξαφανίζωνται αἱ ἑδραι, τῶν ὁποίων τὸ πάχος αὐξάνεται ταχύτερον, καὶ τὸ κρυσταλλικὸν πολυέδρον νὰ ἔχη

ὡς περίβλημα τὸ σχῆμα μετὴν μικροτέραν ταχύτητα ἀναπτύξεως κατὰ τὴν κάθιστόν του. Εἰς τὸ σχ. 377 ἡ ἔδρα ἐπὶ τῆς ὁποίας ἡ ὕλη ἀποτίθεται εἰς μεγαλύτερον πᾶχος ἐξαφανίζεται.

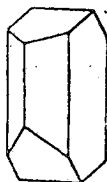


Σχ. 377

Ἐδοι ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀποτίθεται ταχύτερον ἡ ὕλη κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῶν κρυστάλλων ἐξαφανίζονται

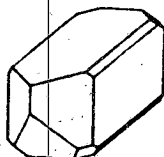


Ὡς ἤδη ἐξετέθη, οἱ κρύσταλλοι ἑνὸς σώματος εἶναι δυνατόν νὰ ἐμφανισθοῦν εἰς τὴν φύσιν εἰς μεγάλην ποικιλίαν ἀπλῶν καὶ συνθέτων σχημάτων, ἢ «περιβολῇ» καὶ ἡ ὅψις τοῦ κρυστάλλου ἐξαρτῶνται ἐκ τῶν συνθηκῶν κρυσταλλώσεως αὐτοῦ. Παρατηρήθη, ὅτι τὸ αὐτὸ ὄρυκτον εἰς διάφορα κοίτασματα ἔχει διάφορον ἐξωτερικὴν ἐμφάνισιν, ἢ ὁποία δι' ἑκάστον κοίτασμα ἔχει ὀρισμένα σταθερὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα, ἐπιτρέποντα δι' ὀρισμένα ὄρυκτὰ νὰ ἀναγνωρίζεται ἐκ τοῦ τρόπου ἀναπτύξεως τοῦ κρυστάλλου τῶν ἢ προέλευσίν των. Ἐπὶ παραδείγματι ὁ καλιούχος ἄστριος (KAlSi_3O_8) ὁ σχηματιζόμενος ἐντὸς κοιλότητων γρανιτῶν καὶ ἐντὸς πηγματιτῶν ἔχει τὴν ἐμφάνισιν τῶν σχ. 378 καὶ 379, με ἀνεπτυγμένας τὰς ἔδρας (001) (010) καὶ (110). Εἰς



Σχ. 378

Ὁρθόκλαστον



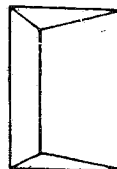
Σχ. 379

Ὁρθόκλαστον



Σχ. 380

Σανίδιον



Σχ. 381

Ἀδουλαῖος

Διάφοροι μορφοματιζόμενοι τοῦ καλιούχου ἀστέριου

τὰς δύο αὐτὰς μορφὰς δίδεται τὸ ὄνομα ὀρθόκλαστον. Ἡ μορφή τοῦ σχ. 380 πλαγώδης κατὰ (010) ἀπαντᾷται εἰς λάβας καινοζωϊκῶν ἡφαιστειῶν καὶ ὀνομάζεται σανίδιον, τέλος ἡ μορφή τοῦ σχήματος 381 με ἀνεπτυγμένας κυρίως τὰς πρισματικὰς ἔδρας καὶ μετὴν (010) ἐλλείπουσαν εἶναι ἡ ὀνομαζομένη

άδουλαῖος καὶ εἶναι προελεύσεως ὑδροθερμικῆς, ἀπαντῶσα συχνὰ ἐντὸς κοιλοτήτων τοῦ κρυσταλλοσχιστώδους τῶν Ἀλπεων. Τὰς μεταβολὰς ὀψεως καὶ περιβολῆς, τὰς ὁποίας προκαλεῖ ἡ ἐπίδρασις ἐξωτερικῶν παραγόντων, χαρακτηρίζουν μὲ τὸν ὅρον ἐξωμόρφωσις.

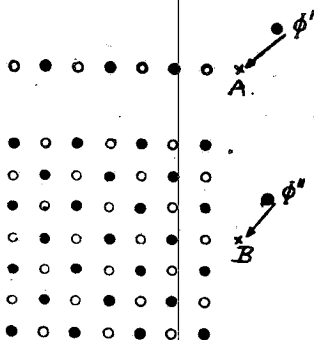
Αἱ διαφοραὶ εἰς τὴν ταχύτητα ἀποθέσεως ὕλης ἐπὶ τῶν διαφόρων δικτυωτῶν ἐπιπέδων ὀφείλονται εἰς τὴν δομὴν τοῦ κρυστάλλου, ἥτοι τὴν ἐν τῷ χώρῳ διάταξιν τῶν ἀποτελούντων τὸ σῶμα ἰόντων. Ἡ σχέσις αὕτη ταχύτητος ἀναπτύξεως καὶ δομῆς ἡρμηνεύθη ὑπὸ τοῦ Kossel διὰ τοὺς ἀπλουστέρους τύπους δομῆς τοῦ NaCl καὶ τοῦ CsCl. Κατὰ πειράματα τοῦ Neuhaus σφαῖρα κατασκευασθεῖσα ἐκ μονοκρυστάλλου NaCl καὶ τεθεῖσα ἐντὸς διαλύματος τοῦ αὐτοῦ σώματος πρὸς ἀνάπτυξιν, ὑπὸ συνθήκας ὁμογενεῖς περὶ τὸν ἀναπτυσσόμενον κρυστάλλον ἐνεφάνισε κατ' ἀρχὰς ἐπὶ τῶν ἀντιστοιχῶν περιοχῶν τὴν ἀπαρχὴν ἐδρῶν ἀνηκουσῶν εἰς τὰ σχήματα (110) (210) (111) καὶ (100). Μετρήσεις τοῦ πάχους τῆς ἀποτιθεμένης ὕλης ἐπὶ τῶν ἐδρῶν τούτων εἰς διάφορα στάδια τοῦ πειράματος ἔδωσαν τοὺς ἐξῆς ἀριθμοὺς:

	(110)	(210)	(111)	(100)
A	335	188	92	0μ. ἡμερ.
B			113	5-6μ. »
Γ				6-7μ. »

Τὰ διάφορα σχήματα ἐξηφανίσθησαν τὸ ἐν μετὰ τὸ ἄλλο κατὰ σειρὰν μειουμένης ταχύτητος μετατοπίσεως τῶν ἐδρῶν των κατὰ τὴν κάθετόν των καὶ τελικὸν σχῆμα ἀπέμεινε τὸ (100). Ὡς δεικνύουν οἱ ἀνωτέρω ἀριθμοὶ ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τῆς (100) ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς παρουσίας καὶ ἄλλων ἐδρῶν ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου. Αἱ παρατηρήσεις αὗται ἐρμηνεύονται ὡς ἐξῆς ὑπὸ τοῦ Kossel.

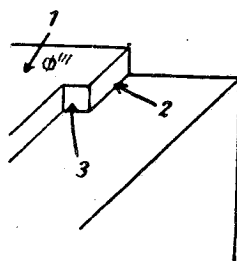
Ἡ προσθήκη ἰόντος εἰς τὸ ἀναπτυσσόμενον πλέγμα τοῦ NaCl συνοδεύεται ἀπὸ ἀπόδοσιν ἐνεργείας, ἥς τὸ ποσὸν εἶναι διάφορον, ἀναλόγως τῆς θέσεως ἣν καταλαμβάνει τὸ δεσμευόμενον ἰόν. Ἐὰν ἔχωμεν μόνον μίαν σειρὰν ἰόντων ἐναλλὰξ θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἐφ' ἐνὸς στοιχείου (σχ. 382) ἡ προσθήκη νέου ἰόντος εἰς τὴν θέσιν A ἀποδίδει ἐνέργειαν $\Phi' = 0,6931 \text{ e}^2/\text{r}$ (e = στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον, r = ἀπόστασις κατιόντος ἀνιόντος). Προσθήκη ἰόντος εἰς τὰ πλάγια τοιοῦτου στοιχείου ἐκτεταμένου εἰς τὴν θέσιν B ἀποδίδει ἐνέργειαν $\Phi'' = 0,1144 \text{ e}^2/\text{r}$. Προσθήκη ἰόντος εἰς τὸ μέσον δικτυωτοῦ ἐπιπέδου (100) ὑποδίδει ἐνέργειαν $\Phi''' = 0,0662 \text{ e}^2/\text{r}$ (σχ. 383). Εἰς τὴν θέσιν 2 τοῦ σχήματος 383 ἀντιστοιχεῖ ἐνέργεια $\Phi'''_{(100)} + \Phi''_{(100)} = 0,1806 \text{ e}^2/\text{r}$, εἰς τὴν θέσιν 3, $\Phi'''_{(100)} + \Phi''_{(100)} + \Phi'_{(100)} = 0,87737 \text{ e}^2/\text{r}$. Σύμφωνα μὲ τοὺς ἀριθμοὺς αὐτοὺς ἡ ἀπόθεσις νέου στρώματος ἰόντων ἐπὶ ἐτοίμου δικτυωτοῦ ἐπιπέδου (100) εἶναι φαινόμενον ἀσυνεχές. Τὸ πρῶτον ἰόν, τὸ ὁποῖον θὰ ἀποτελέσῃ τὴν καταβολὴν τοῦ νέου στρώματος (θέσις 1), δυσκόλως ἀποτίθεται (μικρὸν

ποσόν αποδιδομένης ενέργειας), ή συνέχισις όμως αναπτυχθέντος ήδη στρώματος γίνεται ευκολώτερον (θέσεις 2 και 3). Ἐπὶ τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου (110) ή διάταξις τῶν ἰόντων εἶναι ή τοῦ σχ. 384. Ὑπολογισμός τῶν τιμῶν



Σχ. 382

Ἀποδιδομένη ἐνέργεια ὑπὸ ἰόντων εἰς διαφόρους θέσεις τοῦ πλέγματος

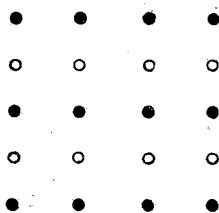


Σχ. 383

τῆς ἀποδιδομένης ἐνέργειας διὰ τὰς τρεῖς ὡς ἄνω περιπτώσεις ἐπὶ τοῦ δικτυωτοῦ ἐπιπέδου (110) δίδει τοὺς ἀριθμούς:

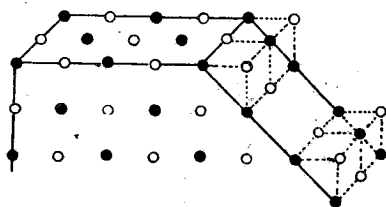
$$\Phi'_{(110)} = 0,6931 e^2/r, \quad \Phi''_{(110)} = -0,0270 e^2/r, \quad \Phi'''_{(110)} = 0,1144 e^2/r$$

Ἡ ἔναρξις σχηματισμοῦ δευτέρου στοιχείου παραπλευρῶς ἀρχικοῦ ἐπὶ (110) δὲν εἶναι δυνατή, διότι τὸ προστιθέμενον ἰὼν ἔρχεται εἰς ἀπόστασιν $r\sqrt{2}$ ἀπὸ ὁμωνύμου ἰόντος (σχ. 385). Ἡ κατὰ δύο διαστάσεις ἀνάπτυξις τοῦ δικτυω-



Σχ. 384

Διάταξις ἰόντων ἐπὶ ἐπιπέδου (110) NaCl



Σχ. 385

Ἀπόθεσις ἰόντων ἐπὶ ἀναπτυσσομένου δικτυωτοῦ ἐπιπέδου (110) NaCl

τοῦ ἐπιπέδου (110) εἶναι δυσχερής. Ἐξ ἄλλου $\Phi'''_{(110)} > \Phi'''_{(100)}$, ή ἀπόθεσις ἰόντων ἐπὶ τοῦ (110) εἶναι ευκολώτερα παρὰ ἐπὶ τοῦ (100). Οὕτω δύναται ευχερῶς νὰ σχηματισθῇ σειρά παραλλήλων στοιχείων, ἀλλ' ὄχι παραπλευρῶν, εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων. Ἡ ἔδρα (110) δὲν θὰ εἶναι ἐπίπεδος, ἀλλὰ θὰ ἀποτελῇται ἀπὸ κλιμακωτὴν διάταξιν ἐπ' αὐτῆς ἑδρῶν ἐξαεδρικών ἐν εἵδει

βαθμίδων. Πράγματι αἱ ἔδραι (110) εἰς τὸ NaCl παρουσιάζουν ραβδώσεις παραλλήλους πρὸς τὰς ἀκμὰς τοῦ ἑξαέδρου. Ταχύτερα ἀνάπτυξις τοῦ κρυστάλλου καθέτως πρὸς (110) δικαιολογεῖται περιπλέον μὲ τὴν ἀποψιν, ὅτι ἰόντα προσπίπτοντα ἐπὶ ἔδρας (100) μεταναστεύουν ἐξ αὐτῆς εἰς τὴν ἔδραν (110), ὅπου ἡ ἀποδιδομένη ἐνέργεια ἐκ τῆς δεσμεύσεως των εἶναι μεγαλύτερα. Οὕτως ἡ βραδύτερον μετατοπιζομένη ἔδρα εἶναι ἡ (100).

Διὰ τὸν τύπον πλέγματος CsCl τὰ ἑτερόνυμα ἰόντα διατάσσονται εἰς στοίχους κατὰ [111]. Αἱ ὑπολογιζόμεναι τιμαὶ ἀποδιδομένης ἐνεργείας εἶναι:

$\Phi'_{(111)} = 0,6932 \text{ e}^2/\text{r}$, $\Phi''_{(110)} = 0,0751 \text{ e}^2/\text{r}$, $\Phi'''_{(110)} = 0,1144 \text{ e}^2/\text{r}$ καὶ αἱ περιπτώσεις 1, 2 καὶ 3 τοῦ σχ. 383 μεταφερόμεναι ἐνταῦθα εἰς τὴν ἔδραν (110) δίδουν:

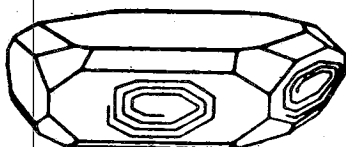
$\Phi_I = \Phi'''_{(100)} = 0,1144 \text{ e}^2/\text{r}$, $\Phi_{II} = \Phi''_{(110)} + \Phi'''_{(110)} = 0,1895 \text{ e}^2/\text{r}$ καὶ τέλος:

$\Phi_{III} = \Phi'_{(111)} + \Phi''_{(110)} + \Phi'''_{(110)} = 0,8827 \text{ e}^2/\text{r}$. Ἡ σειρά τάξεως μεγεθῶν εἶναι ἡ αὐτή, οἷα διὰ τὴν (100) τοῦ NaCl. Ἄρα εἰς τὸν τύπον δομῆς τοῦ CsCl τὸ εὐσταθέστερον σχῆμα εἶναι τὸ (110). Πράγματι τὸ CsBr καὶ CsJ κρυσταλλοῦνται μόνον εἰς ρομβικὰ δωδεκάεδρα, τὸ CsCl καὶ εἰς ρομβικὰ δωδεκάεδρα, ἀλλὰ καὶ εἰς ἑξάεδρα ἐν μέρει.

Ἡ ἐμφάνισις τοῦ σχήματος (111) εἰς κρυστάλλους NaCl προσθήκη οὐρίας εἰς τὸ διάλυμα ἐρμηνεύεται ὡς ἐξῆς: Ξένα ἰόντα περιεχόμενα ἐντὸς τοῦ διαλύματος προσροφοῦνται ἐκλεκτικῶς ἐπὶ ὠρισμένων δικτυωτῶν ἐπιπέδων λόγῳ τῆς ἐπ' αὐτῶν διατάξεως τῶν ἰόντων καὶ ἡ ἀπομάκρυνσις των ὑπὸ τῶν ἐπὶ τῆς ἔδρας προσκρουόντων ἰόντων τοῦ σώματος ἀπαιτεῖ δαπάνην ἐνεργείας. Οὕτως ἡ ταχύτης ἐπιστρώσεως ὕλης ἐπὶ τῆς ἔδρας ἐπιβραδύνεται καὶ τὸ ἀντίστοιχον σχῆμα ἐρχόμενον ὕστερον εἰς τὴν σειράν ταχυτήτων μετατοπίσεως ἀποβαίνει εὐσταθές. Τὴν ἐπιβραδυντικὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς ἀναπτύξεως, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦν αἱ προσροφούμεναι οὐσίαι, ἀποδεικνύει τὸ ἐξῆς πείραμα. Εἰς ὑπέρχορον διάλυμα K_2SO_4 προστίθενται χρωστικαί, αἱ ὁποῖαι προσροφοῦνται ἐπὶ τοῦ ἀναπτυσσομένου κρυστάλλου καὶ ἐνσωματοῦνται ἐντὸς αὐτοῦ (κυανοῦν Bismark, κίτρινον κινολείνης) χρωματίζουσαι αὐτόν. Ὅσον τὸ χρῶμα τῶν ἀποτιθεμένων κρυστάλλων εἶναι ἐντονώτερον τόσον καὶ ἡ ταχύτης κρυσταλλώσεως καθίσταται βραδύτερα. Ταυτοχρόνως ἡ μορφή τοῦ κρυστάλλου μεταβάλλεται. Χρωστικαὶ ὡς τὸ κυανοῦν τοῦ μεθυλενίου, αἱ ὁποῖαι δὲν χρωματίζουν τοὺς κρυστάλλους, δὲν ἐπηρεάζουν αἰσθητῶς τὴν ταχύτητα ἀναπτύξεώς των. Πάραδείγματα ἐπιδράσεως ξένων ἀλάτων περιεχομένων εἰς τὸ διάλυμα ἐπὶ τῆς μορφῆς καὶ τῆς περιβολῆς τῶν σχηματιζομένων κρυστάλλων ἀπαντῶνται εἰς τὰ πλεῖστα τῶν σωμάτων. Αἱ παρατηρήσεις αὗται ἐξηγοῦν τὴν σταθερότητα ὠρισμένων χαρακτηριστικῶν τῆς περιβολῆς τῶν κρυστάλλων ὀρυκτῶν ὠρισμένης προελεύσεως.

Ἡ ὑπὸ τοῦ Kossel δοθεῖσα ἐρμηνεία τοῦ μηχανισμοῦ ἀξήσεως τοῦ

κρυστάλλου περιοριζομένη εἰς ἐνώσεις ἀπλῆς συστάσεως καὶ συνδέσεως καθαρῶς ἑτεροπολικῆς δὲν δύναται νὰ γενικευθῇ οὔτε νὰ ἐρμηνεύσῃ ὅλας τὰς ἰδιορρυθμίας, ὅσας ἐμφανίζει τὸ φαινόμενον τῆς κρυσταλλικῆς ἀναπτύξεως. Λεπτομερὲς ἐξέτασις μὲ ἐιδικὰς ὀπτικὰς μεθόδους τῶν κρυσταλλικῶν ἐδρῶν συνθετικῶς παρασκευασθέντων κρυστάλλων ἀνοργάνων καὶ ὀργανικῶν ἐνώσεων ἀλλὰ καὶ φυσικῶν κρυστάλλων πολλῶν ὀρυκτῶν (χαλαζίου, βηρύλλου, ἀπατίτου, αἰματίτου, βιοτίτου κ.ἄ.) ἔδειξεν ὅτι αἱ ἑδραι αὗται ἀντὶ ἐπιπέδου ἐπιφανείας παρουσιάζουν πολλάκις βαθμιδωτὴν σπειροειδῆ ἀνάπτυξιν μὲ σχῆμα τῶν σπειρῶν εἴτε καμπυλόγραμμον εἴτε πολυγωνικὸν κατὰ διευθύνσεις παρὰλλήλους πρὸς ἀκμὰς τοῦ κρυστάλλου (σχ. 386). Ἡ διαφορὰ ὕψους τῶν

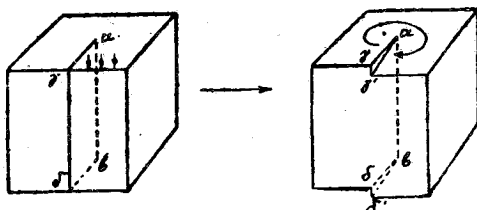


Σχ. 386

Σπειροειδὲς πολυγωνικὴ ἀνάπτυξις ἐπὶ πρισματικῶν ἐδρῶν ἀπατίτου

διαδοχικῶν βαθμίδων εἶναι τάξεως μεγέθους μονάδων Angstrom. Ἡ ἰδιάζουσα αὕτῃ ἀνάπτυξις ὀφείλεται εἰς ὀρισμένους εἶδους ἀτελείας τοῦ κρυστάλλου χαρακτηριζομένας μὲ τὸν ὅρον ἐξάρμοσις (dislocation). Ἡ ἐξάρμοσις εἶναι ὀλίσθησις τμήματος τοῦ κρυστάλλου κατ' ἐπιφάνειαν παράλληλον πρὸς ἓν τῶν κυρίων δικτυωτῶν ἐπιπέδων τοῦ πλέγματος καὶ κατὰ διάστημα πολλὰ πλάσιον ὀλίγων μονάδων τῆς παραμέτρου τοῦ στοιχείου, κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὁποίου γίνεται ἡ ὀλίσθησις. Διακρίνονται δύο ἄκροι τύποι ἐξαρμόσεως ἡ κατ' ἀκμὴν ἐξάρμοσις (edgedislocation) καὶ ἡ κοχλιοειδὲς (screwdislocation). Ἡ πρώτη συνίσταται εἰς ρῆξιν τοῦ κρυστάλλου καὶ μετάπτωσιν ὀλοκληροῦ τμήματος αὐτοῦ ὡς πρὸς τὸ ὑπόλοιπον, χωρὶς οὐδὲν τῶν τμημάτων τούτων νὰ ὑποστῇ διαστροφὴν τοῦ πλέγματος τοῦ. Εἰς τὴν κοχλιοειδῆ ἐξάρμοσιν, εἰκονιζομένην μὲ τὸ σχ. 387, μικρὸν τμήμα τοῦ κρυστάλλου ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ σημείου α μετατοπίζεται ὡς πρὸς τὸ ὑπόλοιπον κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν ὀλίσθησεως, εἰς τρόπον ὥστε τὰ σημεῖα τοῦ πλέγματος τὰ κείμενα ἐπὶ τῆς εὐθείας αβ νὰ μείνουν ἀμετακίνητα. Ἡ τοιαύτη ἐξάρμοσις συνεπάγεται διαστροφὴν τοῦ πλέγματος εἰς περιοχὴν ἐγγυρτάτην τῆς εὐθείας αβ. Ἐντὸς τῆς περιοχῆς αὐτῆς σημεῖα τοῦ πλέγματος ἴσον ἀπέχοντα ἀπὸ τῆς αβ, τὰ ὁποῖα θὰ ἔκειντο ἐπὶ δικτυωτῶν ἐπιπέδων, συνεπεῖα τῆς ἐξαρμόσεως κείνται ἐπὶ σπείρας δεξιοστροφῶν ἢ ἀριστεροστροφῶν ἀναλόγως τῆς φορᾶς μετατόπισεως. Ὑπάρχουν καὶ σύνθετοι ἐξαρμόσεις μὲ συνιστώσας μετακινήσεις τῶν δύο τούτων ἔκρων τύπων ὑπὸ διάφορον ἀναλογίαν. Αἱ μεταπτώσεις αἱ περιέ-

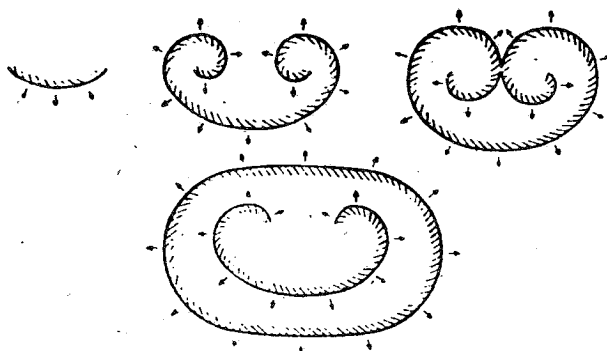
χουσαι συνιστῶσαν μετακίνησιν κοχλιοειδοῦς ἐξαρμόσεως ἀποτελοῦν ἀπαρχὴν πρὸς σπειροειδῇ ἀνάπτυξιν τοῦ κρυστάλλου. Ἡ προσθήκη ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου



Σχ. 387

Σχηματισμὸς κοχλιοειδοῦς ἐξαρμόσεως περὶ ἄξονα τὸν αβ. Αἱ βαθμίδες αγγ' καὶ βδδ' διατηροῦνται κατὰ τὴν αὔξησιν τοῦ κρυστάλλου

ἐκ τοῦ περιβάλλοντος τοῦ τροφοδοτοῦντος αὐτὸν νέων δομικῶν στοιχείων τε-
λουμένη μετὰ τὴν αὐτὴν ταχύτητα προκαλεῖ τὴν σπειροειδῇ ἀνάπτυξιν διατηρου-
μένης κατ' αὐτὴν σταθερὰς τῆς διαφορᾶς ὕψους τῶν ἐφεξῆς βαθμίδων. Ἡ με-
ταξὺ τῶν σπειρῶν ἀπόστασις καθίσταται μικροτέρα, ὅταν ὁ ὑπερκορεσμοὸς
τοῦ τροφοδοτοῦντος περιβάλλοντος εἶναι μεγαλύτερος, μειουμένου τοῦ ὑ-
περκορεσμοῦ αἱ σπεῖραι ἀπομακρύνονται ἀλλήλων. Ἐπὶ περισσοτέρων ἐξαρ-
μόσεων τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι τὸ αὐτὸ ὡς ἐὰν ἐκάστη αὐτῶν ἐνῆργει χωριστά.



Σχ. 388

Ἐξέλιξις βαθμίδος συνδεούσης δύο ἐξαρμόσεις ἀντιθέτου φορᾶς

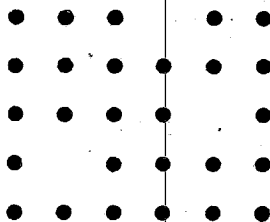
Δύο ἐξαρμόσεις ἀντιθέτου στροφῆς κατὰ τὰ ἄκρα μιᾶς βαθμίδος κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ κρυστάλλου συμβάλλουν δημιουργοῦσαι δακτυλιοειδῇ κλειστά σχήματα (σχ. 388).

Ἡ συμβολὴ τὴν ὁποίαν προσφέρει εἰς τὴν ἐρμηνείαν τῆς ἀναπτύξεως

τοῦ κρυστάλλου ἡ θεωρία τῆς σπειροειδοῦς αὐξήσεως αὐτοῦ συνίσταται εἰς τὸ ὅτι ἡ δυσκολία τῆς ἀποθέσεως τῶν πρώτων ἰόντων ἐπὶ συμπληρωθέντος ἤδη δικτυωτοῦ ἐπιπέδου δὲν ὑφίσταται, διότι ὑπάρχουν πάντοτε βαθμίδες ἐν ἀναπτύξει, εἰς τὰς ὁποίας ἡ ἀπόθεσις νέων ἰόντων καθ' ὃ ἀποδίδουσα μεγαλύτερον ποσὸν ἐνεργείας γίνεται εὐχερέστερον καὶ εἶναι δυνατὴ καὶ ἐπὶ μικροτέρου βαθμοῦ ὑπερχρεσμοῦ.

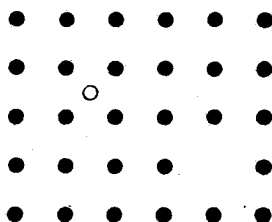
Δὲν δύναται νὰ ὑποστηριχθῇ μετὰ βεβαιότητος ὅτι μὲ τὸν ἀνωτέρω ἐκτεθέντα μηχανισμόν ἐρμηνεύεται γενικῶς ὁ τρόπος αὐξήσεως τῶν κρυστάλλων. Ἐπὶ κρυστάλλων σχηματισθέντων ἀπὸ τῆγμα σπειροειδῆς ἀνάπτυξις δὲν παρετηρήθη μέχρι τοῦδε.

75. Δομικαὶ ἀτέλειαι τῶν πραγματικῶν κρυστάλλων. Οἱ πραγματικοὶ κρύσταλλοι δὲν παρουσιάζουν ἐν συνεχείᾳ καθ' ὅλην αὐτῶν τὴν ἑκτασιν τὴν ἰδεώδη τριπλῆν περιοδικὴν ἐπανάληψιν τῶν δομικῶν αὐτῶν συστατικῶν, τὴν ὁποίαν προϋποθέτει ἡ θεωρία τῆς κρυσταλλικῆς δομῆς. Ἐμφανίζονται κατὰ χώρους ἐλαττώματα δομῆς συνιστάμενα εἴτε εἰς διχτάραξιν τῆς κανονικῆς τοποθετήσεως τῶν ἀτόμων εἴτε εἰς παρεμβολὴν ἀτόμων ξένων πρὸς τὴν χημικὴν σύστασιν τοῦ σώματος. Εἰς τὴν δευτέραν κατηγορίαν δὲν περιλαμβανονται οἱ μεικτοὶ κρύσταλλοι, εἰς τοὺς ὁποίους ἡ ἀντικατάστασις ἀτόμων ὑπὸ ἄλλων κρυσταλλοχημικῶς ἰσοδυνάμων δὲν διαταράσσει τὴν ἰσορροπίαν τοῦ πλέγματος. Ἀνωμαλιῶν ὡς πρὸς τὴν διάταξιν τῶν ἀτόμων διακρίνονται δύο τύποι. Εἰς τὸν τύπον Schottky ὑπάρχουν κενὰ θέσεις, «ὀπία», ἐντὸς τοῦ πλέγματος αἱ ὁποῖαι κανονικῶς ἔπρεπε νὰ κατέχωνται ὑπὸ ἀτόμων (σχ. 389). Εἰς τὸν τύπον Frenkel ἄτομα ἐκ τῶν ἀνηκόντων εἰς τὴν χημικὴν σύστασιν τοῦ σώματος ἢ καὶ ξένα καταλαμβάνουν θέσιν εἰς ἐνδιάμεσον χώρον τοῦ πλέγματος, ἐνῶ ἀντίστοιχοι εἰς ἀριθμὸν κανονικαὶ θέσεις ἀτόμων παραμένουν κεναὶ (σχ. 390). Αἱ ὡς ἄνω ἀτέλειαι εἶναι τάξεως μεγέθους ἀτομικοῦ. Ἀτέλειαι



Σχ. 389

Ἀνωμαλία Schottky

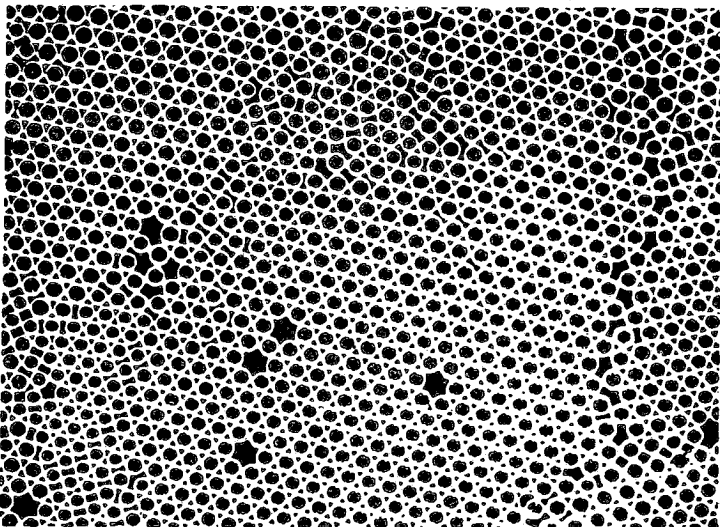


Σχ. 390

Ἀνωμαλία Frenkel

ὑπερμικροσκοπικαί, διαστάσεων $< 10^{-5}$ cm, γίνονται ἀντιληπτὰ εἴτε διὰ τοῦ ὑπερμικροσκοπίου εἴτε διὰ τῆς ἀκτινογραφικῆς ἐρεῖνης. Εἰς τὴν κατηγορίαν αὐτὴν ὑπάγεται ἡ λεγομένη μοσαϊκὴ ὑφή. Οἱ πραγματικοὶ κρύσταλλοι δὲν

ἔχουν ὁμογενῇ ἀνάπτυξιν τοῦ πλέγματός των καθ' ὅλην αὐτῶν τὴν ἔκτασιν, ἀλλ' ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὁμογενῇ τεμάχια τῆς ὥς ἄνω τάξεως μεγέθους ἀποκλίνοντα κατὰ τι ἀπὸ τὴν παράλληλον θέσιν, τὴν ὁποίαν θὰ εἶχον πρὸς ἄλληλα εἰς τὸν ἰδανικῶς τέλειον κρύσταλλον. Ἡ ἀπόκλισις αὕτη εἶναι ποσοτικῶς διάφορος διὰ διάφορα χημικὰ σώματα ἀλλὰ καὶ διὰ τὸ αὐτὸ χημικὸν σῶμα διάφορος ἀπὸ κρυστάλλου εἰς κρύσταλλον ἀνερχομένη εἰς πολλὰ πρῶτα λεπτὰ τῆς μοίρας. Ἐκ τῶν διαφόρων σωμάτων ὁ ἀδάμας προσεγγίζει τὸν ἰδεωδῶς τέλειον κρύσταλλον καὶ κατὰ δεῦτερον λόγον ἢ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος, οἱ περισσότεροι κρύσταλλοι ἐμφανίζουν μωσαϊκὴν ὕφην εἰς μεγαλύτερον ἢ μικρότερον βαθμὸν. Ἐντονώτατα ἐκπεφρασμένη εἶναι αὕτη εἰς τὸ NaCl . Ἡ μωσαϊκὴ ὕφη ἐκδηλοῦται ἀκτινογραφικῶς μὲ διεύρυνσιν τῆς περιοχῆς, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐκδηλοῦται ἡ ἀνάκλασις κατὰ τὴν ἐξίσωσιν τοῦ Bragg. Εἰς τὸν ἀδάμαντα τὸν προσεγγίζοντα τὴν ἰδανικὴν δομὴν ἡ περιοχὴ ἐκατέρωθεν τῆς γωνίας ἀνακλάσεως θ ἐντὸς τῆς ὁποίας ὑπάρχει ἀνάκλασις, περιορίζεται εἰς $4''$, εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον (ἀνάκλασις $10\text{I}4$) εἰς $8''$, ἐνῶ εἰς τινὰς



Σχ. 391

Ὑπόδειγμα ἀτελειῶν διατρήσεως εἰς ἑξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν πομφολόγων
σάπωνος κατὰ Kleber

κρυστάλλους NaCl ἔφθασε τὰ $600''$. Ἡ ἀνακλαστικὴ ἱκανότης τοῦ μωσαϊκοῦ κρυστάλλου διὰ τὰς ἀκτίνες X εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τοῦ παράγοντος δομῆς (F^2), ἐνῶ ἡ τοῦ ἰδανικοῦ ἀνάλογος τῆς πρώτης δυνάμεως αὐτοῦ (F). Ἄλλης τάξεως μεγέθους ἀνώμαλαί, μικροσκοπικῆς, $10^{-3} - 10^{-5} \text{ cm}$ ἢ

μακροσκοπικῆς $>10^{-3}$ cm ἐμφανίζονται ἐπίσης συνιστάμεναι εἰς ρωγμὰς μετατοπίσεις, κενοὺς χώρους, παρουσίαν ἐγκλεισμάτων. Εἰς τὴν κατηγορίαν αὐτὴν ὑπάγονται καὶ αἱ ἐξαρμοσίαι αἱ περιγραφεῖσαι προηγουμένως. Λίαν παραστατικὴ τῶν διαφόρων ἀτελειῶν τὰς ὁποίας ἐμφανίζει ἡ διάταξις τῶν ἀτόμων ἐπὶ δύο διαστάσεων εἶναι ἡ εἰκὼν τοῦ σχήματος 391 παριστῶσα τὴν συσσωμάτωσιν πομφολύγων σάπωνος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος. Αὗται δεικνύουν ἐπὶ μεγάλῃς ἐκτάσεως ἐξαγωνικὴν συμπαγῇ συσσωμάτωσιν μὲ κενὰ φουσιλλίδων κατὰ χώρους εἴτε περιοριζόμενα εἰς κέντρα ἐξαγώνων εἴτε ἐπὶ γραμμῶν ὡς ἐπίσης καὶ μεγάλα ὁμογενῇ τμήματα εἰς ὑποπαράλληλον διάταξιν πρὸς ἄλληλα κατὰ τὸ πρότυπον μωσαϊκῆς ὕφης.

Αἱ δομικαὶ ἀνωμαλίες ἔχουν σημαντικὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ πολλῶν φυσικῶν ιδιοτήτων τῶν στερεῶν. Ἰδιαίτερος σημαντικαὶ εἶναι αἱ ἀνωμαλίες ἀτομικῶν διαστάσεων τύπου Schottky καὶ Frenkel διὰ τὴν ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα τῶν ἡμιαγωγῶν, περὶ τῆς ὁποίας θὰ γίνῃ λόγος εἰς τὴν οἰκίαν θέσιν.

76. Ἀνωμαλίες εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῶν κρυσταλλικῶν ἐδρῶν. Ἐνίοτε ἀπαντῶνται κρύσταλλοι, οἱ ὅποιοι εἰς τὴν θέσιν τῶν ἐπιπέδων ἐδρῶν παρουσιάζουν καμπύλας περατωτικὰς ἐπιφανείας. Εἰς τὸν ἀδάμαντα λ.χ. ἐκτὸς τοῦ σχήματος (111), τὸ ὅποιον παρουσιάζει ἕδρας ἐπιπέδους, τὰ λοιπὰ περατοῦνται εἰς καμπύλας ἐπιφανείας. Ἡ ἀνωμαλία αὕτη ἐξηγεῖται ὡς ἀποτέλεσμα τῶν συνθηκῶν διαχύσεως τοῦ διαλύματος πρὸς τὸν αὐξανόμενον κρύσταλλον. Ἐὰν καλέσωμεν C τὴν συγκέντρωσιν τοῦ διαλύματος, C_0 τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν κατὰστασιν κόρου καὶ x τὴν συγκέντρωσιν εἰς τὴν ἄμεσον γειτονίαν τοῦ κρυστάλλου καὶ θεωρήσωμεν τὰς ταχύτητας ἀναπτύξεως τοῦ κρυστάλλου καὶ διαχύσεως ὡς γραμμικὰς συναρτήσεις τῆς διαφορᾶς συγκεντρώσεων θὰ ἔχωμεν:

$$v_a = A(x - C_0) = \text{ταχύτης ἀναπτύξεως}$$

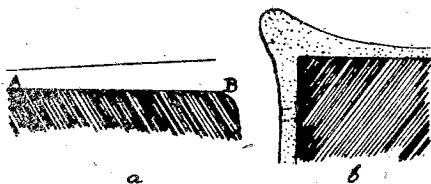
$$v_d = D(C - x) = \text{ταχύτης διαχύσεως}$$

ὅπου A = συντελεστὴς ἐξαρθώμενος ἐκ τῆς φύσεως τῆς ἕδρας, D = συντελεστὴς διαχύσεως. Ἐπειδὴ $v_a = v_d$, ἔχομεν:

$$v_a = \frac{C - C_0}{(1/A + 1/D)}$$

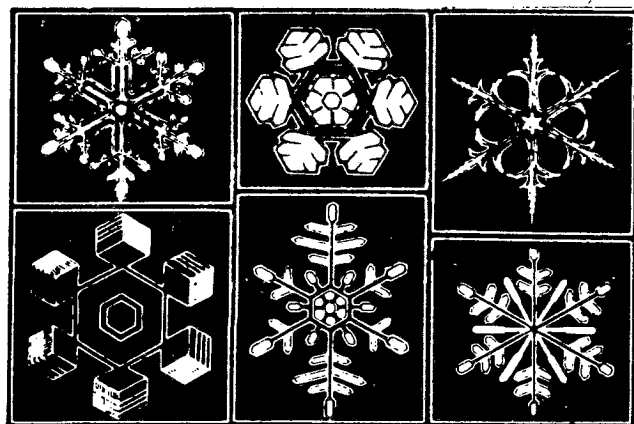
Διὰ τιμὴν τοῦ D μεγάλην $1/D$ ἀποβαίνει μικρόν, ὁ κύριος παράγων, ὁ ρυθμίζων τὴν ταχύτητα ἀποθέσεως ὕλης εἶναι ὁ A , ἡ ἀτομικότης ἐκάστου σχήματος ἐκδηλοῦται διὰ τοῦ συντελεστοῦ τοῦ A εἰς τὴν ταχύτητα ἀναπτύξεώς του. Διὰ τιμὴν τοῦ D μικράν $1/D$ ἀποβαίνει σημαντικὸν καὶ δύναται νὰ ὑπερισχύσῃ τοῦ παράγοντος τῆς ἀναπτύξεως $1/A$. Αἱ ἀτομικαὶ διαφοραὶ μεταξὺ τῶν διαφόρων σχημάτων ἀμβλύνονται, ἡ ἀσυνέχεια εἰς τὴν καμπύλην ἀναπτύξεως τῆς ταχύτητος δὲν εἶναι σαφῶς ἐκπεφρασμένη, τὰ σχήματα τείνουν πρὸς ἐπιφανείας σφαιρικὰς.

Μία ἄλλη ἀνωμαλία εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῶν κρυσταλλικῶν πολυέδρων εἶναι ἡ ἐμφάνισις ἀντὶ τῆς κανονικῆς ἑδρας μὲ δείκτας ἀπλοῦς τῶν «γειτονικῶν ἑδρῶν». Αὕτη ἀπεδόθη εἰς ρεύματα μεταφορᾶς ὕλης κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κρυσταλλικῆς ἑδρας, τὰ ὁποῖα προκαλοῦν κανονικὴν μεταβολὴν τῆς συγκεντρώσεως ἐπ' αὐτῆς. Οὕτως ἂν φαντασθῶμεν ὅτι τὸ διάλυμα εἰς τὴν ἄμεσον ἐπαφὴν πρὸς τὴν ἀναπτυσσομένην ἑδραν (σχ. 392α) μεταβάλλει ὁμαλῶς συγ-



Σχ. 392

κέντρωσιν μεταξύ τῶν σημείων Α καὶ Β ἡ ταχύτης τῆς ἀποθέσεως ὕλης θὰ μεταβάλλεται ἐπίσης συνεχῶς καὶ ἀντὶ τὴν μετατοπισθῇ ἡ ἑδρα δι' ἀναπτύξεως τοῦ κρυστάλλου παραλλήλως ἑαυτῇ θὰ ἐμφανισθῇ εἰς τὴν θέσιν τῆς ἑδρα ἐλαφρῶς κεκλιμένη, ἡ γειτονική. Ἡ ἐξήγησις αὕτη δὲν εἶναι ἀπολύτως ἱκανοποιητική. Εἰς τὰ πειράματα τοῦ Miers αἱ γειτονικαὶ ἑδραι ἐνεφανίζοντο παρ' ὅλην τὴν κατὰ τὸ δυνατόν ὁμογενοποίησιν τοῦ διαλύματος δι' ἀναδεύσεως.



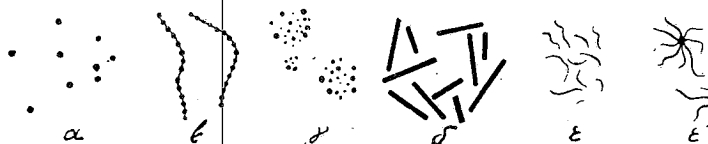
Σχ. 393

Σκελετώδεις κρύσταλλοι χιόνος

Ἡ συγκέντρωσις τοῦ διαλύματος περὶ τὸν ἀναπτυσσόμενον κρύσταλλον εἶναι μεγαλυτέρα ἐγγὺς τῶν ἀκμῶν καὶ κατὰ μείζονα λόγον παρὰ τὰς κορυφὰς τοῦ κρυστάλλου. Ἐὰν δὲν καταστῇ τὸ περιβάλλον τοῦ κρυστάλλου ὁμογενές

διὰ κινήσεως τοῦ διαλύματος, τὰ ἐξέχοντα τμήματα τοῦ κρυστάλλου (ἀκμαί, κορυφαί) ἀναπτύσσονται ταχύτερον (σχ. 392β). Ὅταν ἡ διαφορά αὕτη ταχύτητος ἀναπτύξεως ἀκμῶν καὶ κορυφῶν καταστῇ πολὺ μεγάλη, ὁ κρυστάλλος δὲν ἀναπτύσσεται εἰς πλήρες κλειστὸν πολυέδρον, ἀλλ' ὑπὸ μορφὴν σκελετωδῆ. Τὸ προκύπτον σχῆμα ἀντιστοιχεῖ εἰς κατευθύνσεις ἀκμῶν ἢ κορυφῶν τοῦ κρυστάλλου ἀναπτυχθεῖσας καθ' ὑπερβολὴν καὶ ἔχει ὡς συμμετρίαν τὴν τοῦ κανονικοῦ κρυσταλλικοῦ σχήματος. Τυπικὸν παράδειγμα σκελετωδῶν κρυστάλλων εἶναι οἱ κρυστάλλοι τῆς χιόνος (σχ. 393). Ἐχουν παρατηρηθῇ ὑπερεκατὸν διάφορα σκελετώδη σχήματα αὐτῆς πάντα ἐξαγωνικῆς συμμετρίας. Σκελετώδεις κρυστάλλοι ὀρυκτῶν πυριγενῶν πετρωμάτων παρατηρήθησαν πολλάκις.

Εἰς ἀνάλογον αἰτίαν ὀφείλεται καὶ ὁ σχηματισμὸς δενδριτῶν, σκελετωδῶν συσσωματωμάτων διακλαδιζομένων κατὰ ποικίλας διεθύνσεις καὶ κατὰ τρόπον πολύπλοκον. Εἰς περιπτώσεις ταχείας πήξεως περιβάλλοντος, τὸ ὁποῖον εἶναι λίαν ἱζῶδες, σχηματίζονται ἐντὸς αὐτοῦ ἐνώσεις εἰς ἰδιάζοντα σχήματα καλούμενα κρυσταλλῖται. Τινὰ ἔχουν μορφὴν σφαιριδίων μικροσκοπικῶν μεμονωμένων (γλοβουλίται) ἢ συνδεομένων ἐν εἴδει περιδεραίου (μαργαρίται) ἢ ἔχουν μορφὴν ραβδίων (βακουλίται) ἢ τριχῶν (τριχίται) (σχ.



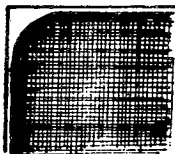
Σχ. 394
Κρυσταλλῖται



394). Τοιοῦτοι σχηματισμοὶ ἀπαντῶνται συχνὰ ἐντὸς ὀφιδιανοῦ, ἡφαιστιακῆς λάβας, ἢ ὅποια ἐπῆξε διὰ ταχείας ψύξεως πρὸς ἄμορφον ὕalon.

77. Διάλυσις τῶν κρυστάλλων. Ἐὰν τὸ περιβάλλον τὸν κρυστάλλον διάλυμα ἀραιωθῇ, οὕτως ὥστε νὰ καταστῇ ἀκόρεστον, ἴοντα ἀποσπῶνται ἐκ τοῦ κρυστάλλου καὶ μεταφέρονται εἰς τὸ διάλυμα, μέχρις ὅτου τοῦτο κορεσθῇ. Τὸ φαινόμενον τῆς διαλύσεως εἶναι ἀνυσματικῶς συμμετρικὸν τοῦ φαινομένου τῆς αὐξήσεως. Τὰ ἐλάχιστα ταχύτητος αὐξήσεως παραμένουν καὶ ἐλάχιστα ταχύτητος διαλύσεως, ἐνῶ αἱ κορυφαὶ καὶ ἀκμαὶ τοῦ κρυστάλλου, αἱ ὁπεῖτα ταχύτερον ἀναπτύσσονται, διαλύονται καὶ ταχύτερον ἀπαμβλυνόμεναι (σχ. 395). Ἐκτὸς ὅμως τῆς διαλύσεως ἀποδόμησις τοῦ κρυσταλλικοῦ οἰκοδομήματος δύναται νὰ συντελεσθῇ καὶ διὰ χημικῆς ἐπιδράσεως μέσου ἀντιδρῶντος χημικῶς μὲ τὸ κρυσταλλικὸν σῶμα. Εἰς τὰς ἀντιδράσεις αὐτὰς ἐκδηλοῦται ἡ ἐπίδρασις τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων τῶν ἰόντων τῆς ἐπιφανείας. Τὰ ἴοντα τοῦ

χημικῶς ἐπιδρῶντος μέσου σχηματίζουν μετὰ τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου ἴοντα χημικὰς ἐνώσεις, αἵτινες, ἐὰν εἶναι εὐδιάλυτοι, ἀπομακρύνονται ἀπὸ τοῦ κρυστάλλου ἀποκαλύπτουσαι νέα τμήματα τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ἐλεύθερα πρὸς ἀντίδρασιν. Οὕτως ἡ ἀντίδρασις συνεχίζεται μέχρι τελείας καταστροφῆς τοῦ κρυστάλλου. Ἐὰν ὅμως ἡ σχηματιζομένη ἐπιφανειακῶς ἔνωσις



Σχ. 395

Αἱ ἀκμαὶ τοῦ κρυστάλλου διαλύονται ταχύτερον

εἶναι δυσδιάλυτος, παραμένει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου σχηματίζουσα περὶ αὐτὸν στρώμα, τὸ ὁποῖον ἐνίοτε τὸν προστατεύει ἀπὸ τῆς περαιτέρω ἀντιδράσεως. Ὡς γνωστὸν τὸ μέταλλον ἀργύλλιον ὀξειδούμενον ἐκ τῆς ἐπαφῆς μετὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα σχηματίζει λεπτότατον ἐπιφανειακὸν στρώμα ἐξ ὀξειδίου, τὸ ὁποῖον τὸν προστατεύει ἀπὸ τῆς περαιτέρω προσβολῆς. Ἄλλοτε τὸ ἐπιφανειακὸν στρώμα δὲν ἐμποδίζει τὴν περαιτέρω προσβολὴν τοῦ σώματος καὶ ἡ ἀντίδρασις δύναται νὰ συνεχισθῇ, μέχρις ὅτου ὁ κρυστάλλος ὁλόκληρος μετατραπῇ εἰς τὴν νέαν ἔνωσιν, ἐνῷ διατηρεῖ τὸ ἀρχικὸν αὐτοῦ ἐξωτερικὸν σχῆμα. Ἡ ἔνωσις αὕτη ἡ ἔχουσα ξένον σχῆμα, τὸ τοῦ ἀρχικοῦ σώματος, ἐξ οὗ προέκυψε, χαρακτηρίζεται ὡς ψευδομόρφωσις κατὰ τὸ σῶμα τοῦτο. Ὡς παράδειγμα ἀναφέρομεν ψευδομορφώσεις μαλαχίτου κατὰ κυπρίτην. Κυβικοὶ κρυσταλλοὶ κυπρίτου (Cu_2O) δι' ἐπιδράσεως CO_2 καὶ H_2O μετετρέπησαν εἰς μαλαχίτην ($\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ διατηροῦντες τὸ ἐξωτερικὸν κυβικὸν σχῆμα. Διὰ μακρᾶς ἐπιδράσεως διαλύματος σόδας ἐπὶ κρυστάλλου γύψου, οὗτος μετατρέπεται ἐξ ὁλοκλήρου εἰς συσώματωμα κρυσταλλίων ἀραγωνίτου (CaCO_3) εἰς ψευδομόρφωσιν κατὰ γύψον. Αἱ ψευδομορφώσεις ὀρυκτῶν αἱ ἀπαντῶσαι εἰς τὴν φύσιν εἶναι ἐνδιαφέρουσαι, διότι παρέχουν πληροφορίας ἐπὶ τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων, αἱ ὁποῖαι συνέτρεξαν διὰ τὴν γένεσίν των.

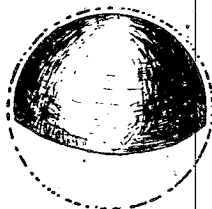
Συμφώνως πρὸς τὴν ἀνωτέρω ἐξήγησιν τοῦ μηχανισμοῦ, καθ' ὃν τελεῖται ἡ χημικὴ διάβρωσις, εἶναι φυσικὸν διάφορα διαβρωτικὰ μέσα νὰ ἐνεργοῦν κατὰ διάφορον τρόπον ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος, διότι μετὰ ἐκάστοτε μέσα σχηματίζονται διάφορα ἐπιφανειακὰ χημικὰ συμπλέγματα, κατ' ἀκολουθίαν καὶ αἱ ταχύτητες διαλύσεως διὰ τὴν αὐτὴν σειρὰν ἐδρῶν εἶναι διάφοροι. Ἐπὶ παραδείγματι προκειμένου περὶ τοῦ φθορίτου (CaF_2), ἡ διάβρωσις μετὰ δύο διαφορετικὰ μέσα, διάλυμα σόδας καὶ διάλυμα HCl , ἔδωκε τὰς ἐξῆς σχέσεις ταχυτήτων διαλύσεως κατὰ Becke:

(100)	(111)	(110)	
2,29	1,74	1	εἰς διάλυμα σόδας
1,00	2,65	4,45	εἰς διάλυμα HCl

Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐπὶ κρυστάλλων, εἰς τὰς ὁποίας ἐκδηλοῦται ἡ ἐπίδρασις τῶν μορφολογικῶν στοιχείων καλοῦνται *τοποχημικαί*.

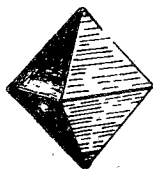
Ἡ σχετικὴ ταχύτης διαλύσεως διαφόρων ἐδρῶν τοῦ αὐτοῦ κρυστάλλου μὲ τὸ αὐτὸ μέσον ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ βαθμοῦ συγκεντρώσεως τοῦ ἐπιδρῶντος διαλύματος. Τὰ καλλίτερα ἀποτελέσματα διὰ τὴν πειραματικὴν ἐξέτασιν τῶν φαινομένων τῆς διαλύσεως ἐπιτυγχάνονται, ὅταν γίνῃ χρήσις πολὺ ἀραιῶν ἀντιδραστηρίων ἢ διαλυμάτων τοῦ αὐτοῦ σώματος ἐλάχιστα ἀπεχόντων τῆς καταστάσεως κόρου. Ὑπὸ τοιαύτης συνθήκας ἡ διάλυσις τελεῖται βραδέως καὶ τὰ διαλυσινεῖν σχήματα διατηροῦν ὀρισμένην κανονικότητα.

Ἡ ἀνιστροπία τοῦ κρυστάλλου ἐκδηλοῦται πολλάκις ἐντονώτατα εἰς τὸ φαινόμενον τῆς διαλύσεως. Εἰς κρύσταλλον τουρμαλίνου κατὰ τὰ πέρατα τοῦ πολικοῦ ἄξονος ἡ διαφορὰ ταχύτητος διαβρώσεως ἐντὸς τήγματος KOH εἶναι σημερινή, ἐκ σφαίρας τουρμαλίνου προέκυψε διὰ διαβρώσεως τὸ σχῆμα τῆς εἰκόνης 396. Διάλυσις ἐξαέδρου NaCl δι' ἐλαφρῶς ἀκορέστου διαλύματος τοῦ αὐτοῦ σώματος, εἰς τὸ ὁποῖον προσετέθη καὶ 5% οὐρίας ἔδωκε κατ' ἀρχὰς ἐπὶ τῶν ἁκμῶν τοῦ κύβου ἑδρας τετράκις ἐξαέδρου. Τὸ σχῆμα αὐτὸ ἐπεκταθὲν ἀντεκατέστησε τὸ (100), περαιτέρω ἐνεφανίσθησαν ἐπ' αὐτοῦ ἑδραι (hkl), αἱ ὁποῖαι καὶ ἀπέμειναν συνεχισθείσης τῆς διαλύσεως ὡς τελικὸν σχῆμα. Αἱ ἐκ διαλύσεως προκύπτουσαι ἐπιφάνειαι εἶναι καμπύλαι προσεγγίζουσαι τὴν θέσιν ἐπιπέδων ἐδρῶν καθέτων ἐπὶ τὰς διευθύνσεις ταχυτέρας ἀναπτύξεως. Ἐκ σφαίρας μαγνητίτου (Fe_3O_4) διὰ διαλύσεως ἐντὸς HCl προκύπτει τὸ σχῆμα 398, τὸ ὁποῖον προσεγγίζει τὸ (100) καὶ περατοῦται ἀπὸ ἐπιφανείας καθέτους πρὸς τοὺς Λ^4 τοῦ ὀκταέδρου (σχ. 397).



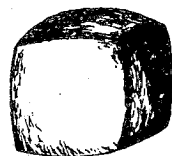
Σχ. 396

Ἐπίδρασις διαβρωτικοῦ μέσου
ἐπὶ σφαίρας τουρμαλίνου



Σχ. 397

Μαγνητίτης

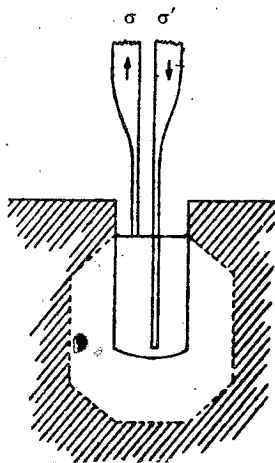


Σχ. 398

Σχῆμα ἐκ διαβρώσεως
σφαίρας μαγνητίτου

Ὅτι ὑπάρχει τελεία ἀντιστοιχία μεταξὺ τῶν φαινομένων ἀναπτύξεως καὶ διαλύσεως τῶν κρυστάλλων δεικνύει τὸ ἐξῆς πείραμα. Ἐντὸς διαυγοῦς

κρυστάλλου στυπτηρίας ανοίγεται κοιλότης καὶ διαβιβάζεται εἰς αὐτὴν διάλυμα στυπτηρίας ἀνανεούμενον συνεχῶς διὰ τῶν σωλήνων σ καὶ σ' (σχ. 399).

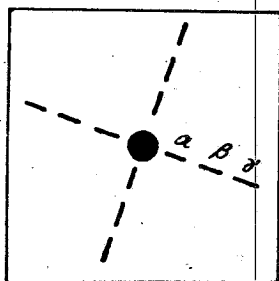


Σχ. 399

Πολυεδρική κοιλότης ἐκ διαβρώσεως στυπτηρίας

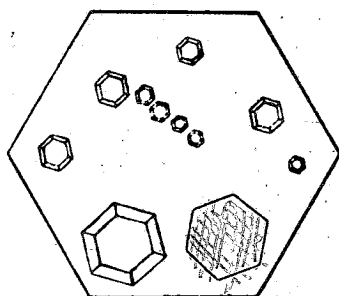
Διὰ διαλύσεως ἡ κοιλότης εὐρύνεται καὶ λαμβάνει σχῆμα πολυεδρικὸν ἀποτελούμενον ἀπὸ ἐξάεδρον καὶ ὀκτάεδρον, τὰς ἑδρας μὲ τὴν μικροτέραν ταχύτητα διαλύσεως. Ὑπὸ τὰς συνθήκας τοῦ πειράματος ὁ κρυστάλλος περιβάλλει τὸ διαλυτικὸν μέσον καὶ αἱ ἑδραι αἱ βραδύτερον μετατοπιζόμεναι κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν κρυστάλλου τοῦ σώματος εἶναι ἐνταῦθα αἱ βραδύτερον διαλυόμεναι, ἡ σχηματιζομένη πολυεδρική κοιλότης ἀποτελεῖ κρυστάλλον ἀρνητικόν, ἔχει δηλ. τὸ σχῆμα, τὸ ὁποῖον καταλαμβάνει τελικῶς ἀναπτυσσόμενος κρυστάλλος τοῦ σώματος αὐτοῦ. Τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα ἐρμηνεύουν τὴν κανονικότητα τοῦ σχήματος τῶν διαβρωσιγενῶν σχημάτων. Ἡ φυσικὴ ἑδρα τοῦ κρυστάλλου, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀποτίθεται ἡ σταγὼν τοῦ διαβρωτικοῦ μέσου, εἶναι ἑδρα μὲ μικρὰν ταχύτητα διαλύσεως, ἀλλ' ἐπ' αὐτῆς ὑπάρχουν μικροσκοπικαὶ ρωγμαὶ ἢ ἄλλαι ἀνωμαλῖαι, αἱ ὁποῖαι δημιουργοῦν ἀκμὰς μικροσκοπικάς. Ἐπὶ τῶν ἀκμῶν αὐτῶν ἐκδηλοῦται ἐντονώτατα ἡ διαβρωτικὴ ἐπίδρασις παρέχουσα διαλυσιγενεῖς ἐπιφανείας ἀντιστοιχοῦσας εἰς κατευθύνσεις καθέτους πρὸς μεγάλας ταχύτητας διαλύσεως. Αἱ ἐπιφάνειαι αὗται ἀκολουθοῦν τὴν συμμετρίαν τοῦ κρυστάλλου καὶ δίδουν κοιλότητας πολυεδρικὰς συμφωνοῦσας πρὸς τὴν συμμετρίαν αὐτήν. Διὰ τοῦτο τὰ διαλυσιγενῆ σχήματα χρησιμεύουν διὰ τὴν ἐξακριβώσιν τῆς πραγματικῆς συμμετρίας, ὅπως ἐξετέθη εἰς τὴν σελίδα 42. Αἱ διαβρωσιγενεῖς κοιλότητες παρατηροῦμεναι εἰς τὸ γωνιόμετρον ἀνακλάσεως δίδουν συμμετρικῆς διατάξεως εἰδῶλα τῆς ὁπῆς τοῦ κατευθυντήρος, ὀφειλόμενα εἰς ἀνακλάσεις ἀπὸ τὰς περίπου ἐπιπέδους ἐπιφανείας, αἱ ὁποῖαι

ἀποτελούν τὰ τοιχώματα τῆς κοιλότητος (σχ. 400). Ὑπολογισμὸς τῆς θέσεως τῶν ἀνακλόντων ἐπιπέδων δεικνύει ὅτι ταῦτα ἔχουν θέσιν γειτονικῶν ἐδρῶν. Εἰς τὰ εἰδωλὰ α β γ τοῦ σχήματος 400 ἀντιστοιχοῦν θέσεις ἀνακλόντων ἐπιπέδων μὲ δείκτας (75.1.3), (30.1.3), (25.1.3). Ἡ γωνία στροφῆς ὡς πρὸς τὰς ἀκμὰς [100] τοῦ ἑξαέδρου εἶναι 17° περίπου. Διαβρωσιγενῆ σχήματα δι' HCl ἐπὶ ἑδρας (0001) ἀπατίτου ἀντιστοιχοῦν εἰς ἑξαγωνικὰς πυραμίδας Πειδούς (σχ. 401). Ἡ γωνία στροφῆς τῆς πυραμίδος ταύτης αὐξάνεται



Σχ. 400

Φωτεινὸν εἶδωλον διαβρωσιγενὸς
κοιλότητος σπλίντου

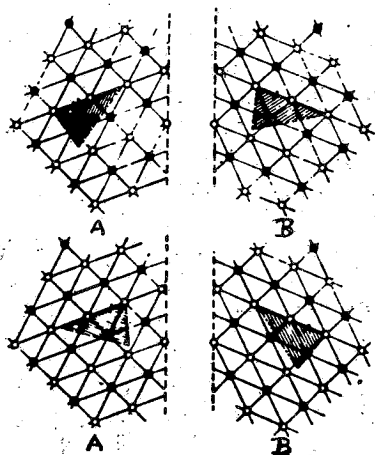


Σχ. 401

Διαβρωσιγενῆ σχήματα
δι' HCl ἐπὶ ἀπατίτου

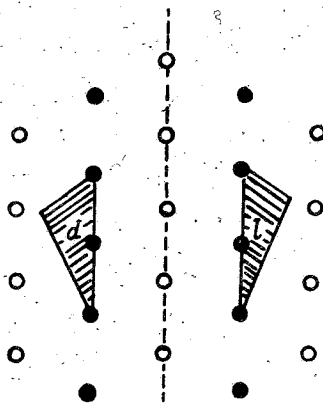
ἀπὸ 17° διὰ περιεκτικότητά τοῦ διαβρωτικοῦ διαλύματος εἰς HCl 1% μέχρι 27° διὰ περιεκτικότητά 100%. Κατὰ τὴν ἐκτέλεσιν πειραμάτων διαβρώσεως πρὸς προσδιορισμὸν τῆς συμμετρίας πρέπει νὰ λαμβάνωνται ἰδιαιτέραι προφυλάξεις, διὰ νὰ εἶναι τὰ ἀποτελέσματα ἀκριβῆ. Ἐὰν ἡ ἑδρα, ἐπὶ τῆς ὁποίας τελεῖται ἡ ἀντίδρασις, δὲν ἔχει τὴν κανονικὴν τῆς θέσιν, ἀλλ' ἀντεκατεστάθη ἀπὸ ἑδραν γειτονικὴν, ἡ τελευταία δὲν ἔχει τὴν αὐτὴν συμμετρίαν μὲ τὴν κανονικὴν καὶ τὸ προκύπτειν ἐπ' αὐτῆς διαβρωσιγενὲς σχῆμα θὰ εἶναι ἀσύμμετρον. Ἡ συμμετρία τοῦ διαβρωσιγενοῦς σχήματος ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς συμμετρίας τοῦ διαβρωτικοῦ μέσου. Ἐὰν τὸ μέριον αὐτοῦ εἶναι ἀσύμμετρον, προκύπτουν διαβρωσιγενῆ σχήματα ἀσύμμετρα. Οὕτως ἐπιδρῶντες ἐπὶ ρομβοέδρου ἀσβεστίου μὲ d ἢ l τριγωνικὸν ἄξονα λαμβάνομεν σχήματα ἀσύμμετρα. Τὰ ὑπὸ τῶν δύο ἀντιπῶδων προκαλούμενα διαβρωσιγενῆ σχήματα εἶναι ἐναντιόμορφα. Ἐνικώτερον ἑδραι τοῦ αὐτοῦ σχήματος συμμετρικαὶ πρὸς ἀλλήλας ὡς πρὸς ἐπίπεδον συμμετρίας δίδουν δι' ἀσύμμετρον διαβρωτικοῦ μέσου διαλυσιγενῆ σχήματα ὅχι συμμετρικὰ πρὸς ἀλλήλα. Ἐδραι ἔχουσαι ἓν μόνον ἐπίπεδον συμμετρίας κάθετον ἐπ' αὐτὰς παρέχουν μὲ ἀσύμμετρον μέσον διαβρώσεως σχήματα ἀσύμμετρα. Ἐδραι ἔχουσαι ἄξονα συμμετρίας κάθετον ἐπ' αὐτὰς δὲν δεικνύουν πάντοτε μείωσιν τῆς συμμετρίας τῶν διαλυσιγενῶν των σχημάτων. Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ὑφίστανται εἰς τὸ ὅτι ἡ προσρόφησις τῶν δύο

ἀντιπόδων γίνεται με διάφορον δι' ἑκαστον αὐτῶν προσανατολισμὸν ἐπὶ τῆς κρυσταλλικῆς ἑδρας λόγῳ τῆς διαφορᾶς σχήματος τῶν δύο ἀσυμμέτρων μορφῶν, ὅπως δεικνύεται σχηματικῶς εἰς τὰς εἰκόνας 402 καὶ 403. Ἐπὶ τῶν



Σχ. 402

Διαφορὰ προσανατολισμοῦ δύο ἀντιπόδων
ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἑδρας



Σχ. 403

Διαφορὰ προσανατολισμοῦ δύο ἀντιπόδων
ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἑδρας

δύο κατοπτρικῶν ἑδρῶν A καὶ B τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα θὰ ἔχουν διάταξιν τῶν ἰόντων των κατοπτρικὴν καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἢ πρόσφυσις ἐπ' αὐτῶν τῶν δύο μορφῶν θὰ δίδῃ προσανατολισμὸν διάφορον. Ἡ ἀπομάκρυνσις τῶν διὰ τῆς τοιαύτης τοποχημικῆς ἀντιδράσεως προκυψάντων προϊόντων θὰ δώσῃ ἐπομένως διαλυσιγενῆ σχήματα ἀσύμμετρα πρὸς ἀλλήλα.

**78. Φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὰ ἐπιφανειακὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Ἐπί-
ταξις Floation.** Πολλάκις παρετήρηθη ὅτι σταγὼν διαλύματος ἀποτιθεμένη ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἑδρας ξένου σώματος μετὰ τὴν ἐξάτμισιν τῆς παρέχει κρυστάλλους τοῦ ἐν διαλύσει σώματος, οἱ ὅποιοι ἔχουν ὠρισμένον προσανατολισμὸν ἐν σχέσει πρὸς τὰ μορφολογικὰ στοιχεῖα τῆς ἑδρας, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζονται. Τοιαύτη προσανατολιστικὴ ἐπίδρασις παρατηρεῖται καὶ ἐπὶ σωμάτων ἐντελῶς ξένων πρὸς ἀλλήλα ὡς πρὸς τὴν χημικὴν των σύνθεσιν, τὴν συμμετρίαν καὶ τὴν δομὴν ὡς τὸ παράδειγμα προσανατολισμοῦ κρυστάλλων KJ ἐπὶ ἑδρας (001) μαρμαρυγίου (σ. 273). Ἡ μόνη συνθήκη, ἡ ὁποία συντρέχει εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, εἶναι τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα τῶν ἐν ἐπαφῇ ἑδρῶν τῶν δύο σωμάτων νὰ ἔχουν παραπλησίους παραμέτρους μετὰ προσέγγισιν μέχρι 10% περίπου. Ὁ προσανατολισμὸς εἶναι τόσο εὐχερέστερος, ὅσον ὀλιγώτερόν αἱ διαστάσεις τῶν δύο δικτυωτῶν ἐπιπέδων διαφέρουν ἀπ' ἀλλήλων. Ἐπὶ παραδείγματι τὸ NH_4Br κρυσταλλοῦται κατὰ τὸν τύπον πλέγματος τοῦ CsCl , διάφορον τοῦ

τύπου NaCl , τὰ δύο σώματα οὔτε ισομορφα οὔτε ισοτύπα καὶ εἶναι. Παρουσιάζουν ὅμως κατὰ σύμπτωσιν ἀπωτέραν ὁμοιότητα τῶν δικτυωτῶν των ἐπιπέδων (100) σχ. (404). Τὰ ὁμώνυμα ἰόντα εἰς τὸ (100) τοῦ NaCl κεῖνται εἰς



Σχ. 404

α. Δικτυωτὸν ἐπίπεδον (100) NaCl ,β. Δικτυωτὸν ἐπίπεδον (100) NH_4Br

τῆς κορυφῆς τετραγώνου πλευρᾶς $3,98\text{\AA}$, εἰς τὸ NH_4Br εἰς τὰς κορυφὰς τετραγώνου ἀκμῆς $3,69\text{\AA}$. Διάλυμα NH_4Br ἐν οἰνοπνεύματι ἀποθέτει ἐπὶ ἔδρας (100) NaCl ἑξάεδρα ἐστραμμένα κατὰ 45° ὡς πρὸς τὸ ἑξάεδρον τοῦ NaCl . Τὰ φαινόμενα αὐτὰ προσανατολισμοῦ εἶναι μία ἐτι ἐκδήλωσις τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων τῶν ἐλευθέρων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου ἰόντων. Ὑπὸ τῶν φορτίων τούτων ἐλκόμενα τὰ ἰόντα τοῦ διαλύματος προσφύονται ἐπὶ τῆς κρυσταλλικῆς ἔδρας τοῦ ὑποβάθρου εἰς σχετικὴν πρὸς ἄλληλα διάταξιν ὁμοίαν πρὸς ἐκείνην, τὴν ὁποίαν ἔχουν εἰς τὸ δικτυωτὸν ἐπίπεδον τοῦ ἰδίου αὐτῶν πλέγματος καὶ οὕτω σχηματίζεται ἡ ἀρχὴ τοῦ κρυστάλλου με προσανατολισμόν, τὸν ὁποῖον καθορίζει ἡ κατὰ σύμπτωσιν ὁμοιότης παραμέτρων τῶν δύο δικτυωτῶν ἐπιπέδων. Εἰς τὸ φαινόμενον αὐτὸ προσανατολιστικῆς ἐπιδράσεως ἐδόθη τὸ ὄνομα «ἐπίταξις» (epitaxie).

Ἐχρὸν παρατηρηθῇ πολυάριθμοι περιπτώσεις ἐπιτάξεως μεταξὺ κρυστάλλων ἄνοργάνων καὶ ὀργανικῶν ἐνώσεων. Ἐπὶ ἐξαγωνικοῦ πλακιδίου PbJ_2 ὡς ὑποβάθρου ὕδωρ πηγνύμενον δίδει ἐξαγωνικά πετάλια πάγου με παράλληλον πρὸς τὸ ὑπόβαθρον προσανατολισμόν κατὰ Kleber (a_0 τοῦ $\text{PbJ}_2 = 4,49\text{\AA}$, a_0 τοῦ πάγου = $4,46\text{\AA}$). Κρύσταλλοι ἀλιζαρίνης ρομβικῆς συμμετρίας ἐπὶ (001) NaCl ὡς ὑποβάθρου κρυσταλλοῦνται με τὴν ἔδραν (010) αὐτῶν ἐν ἐπαφῇ πρὸς τὸ ὑπόβαθρον καὶ τὸν ἄξονα a παράλληλον πρὸς [110] τοῦ NaCl (κατὰ Neuhaus). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κατὰ προσέγγισιν συμφωνία τιμῶν παραμέτρων εἶναι C_0 ἀλιζαρίνης $3,75\text{\AA}$, ἀπόστασις $\text{Na} - \text{Na}$ ἐπὶ [110] τοῦ NaCl $3,98\text{\AA}$, a_0 ἀλιζαρίνης = $21,0\text{\AA}$, $5 \times 3,98 \text{ NaCl} = 19,9\text{\AA}$. Ἀναλόγως ἀπαισιολογίας φαινόμενον εἶναι καὶ ὁ σχηματισμὸς μεικτῶν κρυστάλλων ἐκ προσροφῆσεως. Ἐπὶ κρυστάλλου ἐν ἀναπτύξει ἀποτίθενται διαδοχικῶς δι' ἐπιτάξεως διαστρώσεις ἄλλης ἐνώσεως εἰς πάχος ὀλίγων παραμέτρων τοῦ πλέγματος αὐτῆς με ὀρισμένον προσανατολισμόν καθοριζόμενον ἀπὸ διδιάστατον ὁμοιότητα τῶν δύο πλεγμάτων. Οὕτως ἐντὸς κρυστάλλων ὀξείκου μολύβδου δύνανται νὰ ἐνσωματωθῇ χρωστικὴ ὀργανικὴ ἔνωσις (ἐοζίνη) ἢ

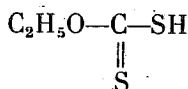
φωταυγάζουσα (φλουορεσκεινή). Ἐπίσης παρατηρήθησαν καὶ περιπτώσεις κρυστάλλων ὀρίσμενης συστάσεως περιεχομένων ἐντὸς κρυστάλλου ἄλλης συστάσεως, ἐκ τοῦ ὁποίου προέκυψαν διὰ χημικῆς ἀντιδράσεως καὶ πρὸς τὸν ὁποῖον ἔχουν καθωρισμένον προσανατολισμὸν ὀφειλόμενον εἰς ἀνάλογον ὁμοιότητα παραμέτρων. Ἡ περίπτωσις χαρακτηρίζεται ὡς τοπόταξις (topotaxie). Γενικώτερον γίνεται χρῆσις τοῦ ὅρου ἑτερόταξις (Heterotaxie) πρὸς χαρακτηρισμὸν ὅλων τῶν ἀνωτέρω περιπτώσεων.

Ὁ μηχανισμὸς τοῦ φαινομένου τῆς διαλύσεως κρυστάλλου ἐντὸς ὕδατος ἀνάγεται ἐπίσης εἰς ἑλξεις τῶν ἰόντων τῆς ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου ἐπὶ τῶν διπῶλων τοῦ ὕδατος. Τὰ δίπολα τοῦ ὕδατος προσφυρόμενα ἰσχυρῶς μετὰ ἑτερονύμως ἠλεκτρισμένα ἄκρα αὐτῶν ἐπὶ τῶν ἰόντων τὰ ἀπορπτοῦν ἀπὸ τοῦ πλέγματος. Τὰ ἀποσπασθέντα ἰόντα ἐντὸς τοῦ διαλύματος περιβάλλονται ἀπὸ ἀριθμὸν τινα διπῶλων ὕδατος ἀναποσπάστως συνδεδεμένων πρὸς αὐτὰ κατὰ τὴν κίνησιν των ἐντὸς τοῦ διαλύματος ἐν εἶδη φλοιοῦ. Ἡ τοιαύτη ἰσχυρὰ πρόσφυσις τῶν πολικῶν ἁκρων μορίων ὀργανικῶν ἐνώσεων, ἐπὶ τῶν ἐπιφανειακῶν ἰόντων κρυστάλλων εὑρεν ἐνδιαφέρουσαν πρακτικὴν ἐφαρμογὴν εἰς τὸν διαχωρισμὸν μεταλλοφόρων ὀρυκτῶν πτωχοῦ εἰς περιεκτικότητες μεταλλεύματος κατὰ τὴν μέθοδον τῆς ἐκλεκτικῆς ἐπιπλεύσεως (flotation), περὶ τῆς ὁποίας κατωτέρω γίνεται λόγος.

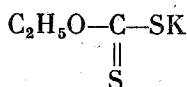
Εἰς τὰ μόρια ὀργανικῶν τινων ἐνώσεων τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακος συνδέονται πρὸς ἄλληλα εἰς μακράν ἄλυσιν, τῆς ὁποίας τὸ ἐν ἄκρον καταλήγει εἰς ὁμάδα μετὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, ἐνῶ τὸ ἕτερον εἶναι οὐδέτερον. Τοιαῦτα μόρια εἶναι λ.χ. τὰ τῶν λιπαρῶν ὀξέων ὡς τὸ ἐλαϊκόν, τὸ στεατικόν κ.ἄ., τῶν ὁποίων τὸ ἐν ἄκρον τῆς ἀλύσεως καταλήγει εἰς τὴν ἐνεργὸν ὁμάδα COOH , ἐνῶ τὸ ἕτερον εἰς τὴν ἀδρανῆ ἠλεκτρικῶς ὁμάδα CH_3 . Ὅταν τὸ ἐλαϊκὸν ὀξύ τεθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος, τὰ ἐνεργὰ πέρατα τῶν μορίων αὐτοῦ (ὕδρόφιλα) ἐλκόμενα ὑπὸ τῶν διπῶλων τοῦ ὕδατος στρέφονται πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ καὶ τὰ μόρια τοποθετοῦνται μετὰ τὴν ἄλυσιν αὐτῶν κατακόρυφον καὶ τὰ οὐδέτερα πέρατα αὐτῶν (ὕδρόφοβα) πρὸς τὰ ἄνω. Ἀνάλογον προσανατολισμὸν λαμβάνουν τοιαῦτα μόρια εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν κρυστάλλων. Τὰ πολικὰ αὐτῶν πέρατα προσφύονται ἰσχυρῶς ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου περιβαλλομένου οὕτως ἀπὸ στρώμα μορίων καθέτων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του μετὰ ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν ὑδρόφοβον. Εἰς τὸ ὑγρὸν, ἐντὸς τοῦ ὁποίου θὰ γίνῃ ὁ διαχωρισμός, εἰσάγεται τὸ λεπτομερῶς κονιοποιηθὲν μέταλλευμα καὶ κατάλληλοι ἐνώσεις, αἱ ὁποῖαι δι' ἀναδεύσεως σχηματίζουν ἀφρόν. Τὰ ὑδρόφοβα ἄκρα τῶν περιβαλλόντων τὸν κρυστάλλον μορίων φεύγοντα τὸ ὕδωρ προσφύονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πομφολύγων καὶ ἀνέρχονται μετὰ τὸν ἀφρόν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν συμπαράσύροντα τὸν κρυσταλλικὸν κόκκον, τὸν ὁποῖον περιβάλλουν.

Διὰ τὴν ἐπιπλῆυσιν μεταλλευμάτων σουλφιδίων ὡς τὰ PbS , ZnS , FeS_2 ,

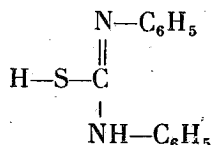
χρησιμοποιοῦνται τὸ αἰθυλοξανθογονικὸν ὀξύ, τὸ μετὰ καλίου ἄλας αὐτοῦ, ἢ ἡ διφαινυλθειουρία.



αἰθυλοξανθογονικὸν ὀξύ



αἰθυλοξανθογονικὸν κάλι



διφαινυλθειουρία

Συλλέκται τινὲς σχηματίζουν αὐτοὶ οὔτοι ἀφρόν, προτιμᾶται ὁμως ἡ χρῆσις ἰδίων ἀφροποιῶν οὐσιῶν, ὥστε νὰ εἶναι δυνατόν νὰ ἐλέγχεται κεχωρισμένως ἡ προσθετὰ ποσότης συλλέκτου καὶ ἀφροποιοῦ ὑλικοῦ. Εὐρύτατα χρησιμοποιεῖται ὡς τοιοῦτον ὑλικὸν πευκέλαιον.

Προκειμένου περὶ μεταλλευμάτων περιεχόντων διάφορα εἶδη σουλφιδίων, ὡς τὸ μεικτὸν θειοῦχον μέταλλευμα γαληνίτου, σφαλερίτου, σιδηροτυρίτου, διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ διαφορικὴ ἐπίπλευσις ἐκάστου τῶν συστατικῶν προστίθενται εἰς τὸ ὑγρὸν ἐκτὸς τοῦ συλλέκτου καὶ ἐνεργοποιὸς ἔνωσις, ἡ ὁποία ἐπιδρῶσα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἐνὸς ἐκ τῶν σουλφιδίων καθιστᾷ δυνατὴν τὴν πρόσφυσιν τοῦ συλλέκτου ἐπ' αὐτῆς, ὡς καὶ κατασταλτικὴ τοιαύτη ἐμποδίζουσα τὴν πρόσφυσιν ἐπὶ τῶν ἄλλων σουλφιδίων. Πρῶτον γίνεται ἀποχωρισμὸς τοῦ PbS ἐκ τοῦ μεικτοῦ θειοῦχου μεταλλεύματος προστιθεμένων αἰθυλοξανθογονικοῦ καλίου ὡς συλλέκτου καὶ KCN καὶ ἀλκάλεως δρῶντων κατασταλτικῶς ἐπὶ τῶν λοιπῶν σουλφιδίων. Μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ PbS ἐνεργοποιεῖται ὁ σφαλερίτης διὰ προσθήκης εἰς τὸν πολλτὸν διαλύματος CuSO₄, ὅποτε ὁ σφαλερίτης ἐπιπλέει. Τέλος ἐπιτυγχάνεται καὶ ἡ ἐπίπλευσις τοῦ FeS₂ δι' ὀξυνίσεως τοῦ ὑπολειφθέντος ὑλικοῦ. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ ἐκμετάλλευσις λίαν πτωχῶν μεταλλευμάτων, ἡ ὁποία ἄλλως θὰ ἦτο ἀσύμφορος.

Ἡ ἐπίπλευσις ἀπαιτεῖ ἐλαχίστην ποσότητα συλλέκτου, τόσῃ, ὅση ἀρκεῖ διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὀρυκτοῦ ἐνὸς μονομοριακοῦ ὑμενίου. Ἐπὶ περισσεύας συλλέκτου σχηματίζονται πλείονες τῆς μιᾶς ἐπάλληλοι μονομοριακαὶ στοιβάδες, ὅποτε ἡ ἱκανότης πρὸς ἐπίπλευσιν μειοῦται.

IV. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΥΛΙΚΟῦ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

79. Ἑτερογενεῖς ἰσορροπίαι. Διαγράμματα καταστάσεως συστήματος.

Αἱ διάφοροι μορφαὶ σώματος πολυμόρφου¹ καθὼς καὶ ἡ ὑγρὰ καὶ ἡ ἀέριος μορφή αὐτοῦ ἀποτελοῦν τὰς διαφόρους καταστάσεις, τὰς ὁποίας λαμβάνει τὸ σῶμα προσαρμοζόμενον εἰς τὰς ἐξωτερικὰς συνθήκας πίεσεως καὶ θερμο-

¹ Αἱ πολύτυποι μορφαὶ δὲν θεωροῦνται ἀπὸ θερμοδυναμικῆς ἀπόψεως ὡς ἰδιαιτεραὶ ἴσσεις.

κρασίας. Ὑπὸ ὠρισμένας ἐξωτερικὰς συνθήκας εἶναι δυνατόν νὰ συνυπάρχουν ἐν ἰσορροπίᾳ δύο ἢ καὶ τρεῖς καταστάσεις ὡς λ.χ. συμβαίνει μὲ ὕδωρ εἰς κλειστόν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ πρὸς τοὺς ὑπεράνω αὐτοῦ ἀτμούς. Αἱ συνθήκαι ἰσορροπίας μεταξὺ τῶν διαφόρων καταστάσεων συστήματος συναρτῇ τῶν ἐξωτερικῶν παραγόντων πίεσεως καὶ θερμοκρασίας ἐξετάζονται ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀρχῶν τῆς θερμοδυναμικῆς καὶ παρέχονται ἐποπτικῶς εἰς διάφορα διαγράμματα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκουν εὐρεῖαν ἐφαρμογὴν εἰς ὀρυκτολογικὰ καὶ πετρογραφικὰ προβλήματα. Διὰ τὴν χρησιμότητά των αὕτη γίνεται ἐν τοῖς ἐφεξῆς σύντομος ἀνάλυσις τῶν κυριωτέρων τύπων τῶν διαγραμμάτων αὐτῶν καὶ τῶν ἐφαρμογῶν των εἰς τὴν ὀρυκτολογίαν καὶ τὴν μεταλλογραφίαν. Τῆς ἀναλύσεως αὐτῆς προτάσσονται ἔννοιαί τινες ἐκ τῆς θερμοδυναμικῆς.

Καλεῖται *σύστημα* ποσὸν ὕλης ἀπομονωμένον ἀπὸ τοῦ περιβάλλοντός του, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ὑπόκειται μόνον εἰς μεταβολὰς συνθηκῶν καθοριζόμενας κατὰ βούλησιν ὑπὸ τοῦ ἐρευνῶντος τὸ σύστημα. Σύστημα καλεῖται *ὁμογενές*, ὅταν καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν αὐτοῦ ἔχει τὴν αὐτὴν χημικὴν σύστασιν καὶ τὰς αὐτὰς φυσικὰς ιδιότητας. Σύστημα ἀποτελούμενον ἀπὸ μέρη ὁμογενῆ ἔχοντα διαφόρους φυσικὰς ιδιότητας καὶ χωριζόμενα ἀπ' ἀλλήλων μὲ ὀρικὰς ἐπιφανείας καλεῖται *ετερογενές*. Τὰ ὁμογενῆ ταῦτα μέρη τοῦ συστήματος, ὧν τὸ μέγεθος ὑπερβαίνει τὰ μοριακὰ μεγέθη, καλοῦνται *φάσεις* τοῦ συστήματος. Αἱ φάσεις δύνανται γὰ χωρισθοῦν διὰ μηχανικοῦ τρόπου ἀπ' ἀλλήλων. Τὰ ἀνεξάρτητα ἀπ' ἀλλήλων χημικὰ συστατικὰ τῶν φάσεων καλοῦνται *συστατικὰ* τοῦ συστήματος. Οὕτως ὕδωρ ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου μὴ πληρουμένου ὑπ' αὐτοῦ εἰς τὴν συνῆθη θερμοκρασίᾳ δωματίου ἀποτελεῖ σύστημα *ετερογενές* ἐξ ἐνὸς συστατικοῦ (H_2O) καὶ δύο φάσεων (ὕδωρ - ἀτμός). Σύστημα ἐξ ἐνὸς συστατικοῦ ἀποτελούμενον καλεῖται *ἁπλοῦς*, ἐκ δύο *δυαδικόν*, ἐκ τριῶν *τριαδικόν* κ.λ.π. Ἡ ἰσορροπία μεταξὺ τῶν φάσεων ἐτερογενοῦς συστήματος καλεῖται *ετερογενὴς ἰσορροπία*. Ἡ κατάστασις ἰσορροπίας μεταξὺ τῶν διαφόρων φάσεων συνίσταται εἰς τὸ ὅτι ἴσαι ποσότητες ὕλης μετατρέπονται ἀμοιβαίως ἀπὸ τῆς μιᾶς φάσεως εἰς τὴν ἄλλην. Ἐὰν ἐκ δύο δυνατῶν καταστάσεων Α καὶ Β συστήματος ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας ἡ Α μετατρέπεται εἰς τὴν Β ἀλλ' ὅχι ἡ Β εἰς τὴν Α, ἡ Β καλεῖται *εὐστάθεστέρα* τῆς Α. Ἐὰν ἐκ πολλῶν δυνατῶν καταστάσεων ὑπάρχῃ μία, εἰς τὴν ὁποίαν πᾶσαι αἱ ἄλλαι μετατρέπονται αὐτομάτως, ἡ κατάσταση αὕτη καλεῖται *ἀπολύτως εὐσταθής*. Εἰς τὴν φύσιν ὑπάρχουν φαινόμενα ὅχι ἀντιστρεπτά, λ.χ. δύο ἀέρια μειγνύμενα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ διαχωρισθοῦν ἀφ' ἑαυτῶν. Ἡ τελικὴ αὕτη κατάσταση διαστέλλεται ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν ἐπανέρχεται αὐτομάτως, βάσει ἐνὸς φυσικοῦ ποσοῦ, τῆς *ἐντροπίας*. Ἐπὶ μετατροπῆς τελουμένης αὐτομάτως ἡ ἐντροπία αὐξάνεται καὶ μεταβολαὶ συνάπαγόμεναι αὐξήσιν τῆς ἐντροπίας τελοῦνται αὐτομάτως. Ἀντιστρόφως οὐδέποτε τελεῖται ἀφ' ἑαυτῆς μεταβολὴ

συνεπαγομένη ἐλάττωσιν τῆς ἐντροπίας τοῦ συστήματος.

Διὰ τὴν θερμοδυναμικὴν περιγραφὴν τῶν μεταβολῶν συστήματος γίνεται χρῆσις συναρτήσεως ζ , εἰς τὴν ὁποίαν περιέχεται ὡς ὅρος ἡ ἐντροπία μὲ σημεῖον ἀρνητικὸν $\zeta = \varepsilon - \eta T + P v$ (1), ὅπου ε ἐσωτερικὴ ἐνέργεια τοῦ συστήματος, η ἐντροπία, T θερμοκρασία, P πίεσις καὶ v ὄγκος.

Κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἐπὶ μεταβολῶν αἱ ὁποῖαι ἄγουν εἰς κατάστασιν τελικῆς ισορροπίας συστήματος ἡ ζ ἐλαττοῦται. Ἵνα ὑπάρξῃ ισορροπία εἰς σύστημα ἀφεθὲν εἰς ἑαυτό, πρέπει P καὶ T νὰ ἔχουν τὴν αὐτὴν τιμὴν δι' ὅλας τὰς φάσεις. Ἐὰν εἰς φάσιν Φ' συστήματος προστεθῇ ποσότης ὕλης Dm ἐκ τοῦ συστατικοῦ 1, ἐπέρχεται μεταβολὴ τῆς ποσότητος ζ κατὰ $D\zeta = \mu'_1 Dm$. Τὸ μ'_1 καλεῖται *θερμοδυναμικὸν δυναμικὸν* τοῦ συστατικοῦ 1 εἰς τὴν φάσιν Φ' καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν περιγραφὴν τῶν μεταβολῶν, καθ' ὃν τρόπον καὶ τὸ ζ .

Ἐὰν ἔχωμεν ἓν συστατικὸν εἰς διαφόρους φάσεις Φ' , Φ'' , Φ''' καὶ τὸ θερμοδυναμικὸν δυναμικὸν αὐτοῦ εἰς ἐκάστην τῶν φάσεων εἶναι μ' , μ'' , μ''' δύο φάσεις Φ' , Φ'' θὰ εἶναι ἐν ισορροπίᾳ πρὸς ἀλλήλας ὅταν $\mu' = \mu''$ καὶ ἡ ισορροπία θὰ εἶναι εὐσταθής, ἐὰν μ' ἔχῃ τὴν μικροτέραν δυνατὴν τιμὴν. Ἐὰν μ' εἰς τὴν φάσιν Φ' εἶναι μεγαλύτερον τοῦ μ'' εἰς τὴν φάσιν Φ'' ὑπὸ ὁρισμένης τιμᾶς P καὶ T ἡ Φ' μετατρέπεται ἀφ' ἑαυτῆς εἰς τὴν Φ'' . Τὴν πορείαν τῶν φαινομένων δι' ἐκάστην τιμὴν P καὶ T εὐρίσκομεν θεωροῦντες τὰς ἐπιφανείας ἐκάστης φάσεως. Αἱ ἐπιφάνειαι αὗται εἶναι καμπύλαι, δὲν εἶναι 1ου βαθμοῦ ὡς πρὸς P καὶ T , διότι ἡ ἐντροπία η περιέχει ἐν ἑαυτῇ τὰ ποσὰ ταῦτα. Ἐφ' ὅσον τὸ μ μεταβάλλεται κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν μετὰ τοῦ ζ , ἐλαττωταὶ αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας καὶ συναυξάνεται μετὰ τῆς πίεσεως. Ἐστῶσαν μ' καὶ μ'' αἱ ἐπιφάνειαι τῶν θερμοδυναμικῶν δυναμικῶν ἀπλοῦ συστήματος εἰς τὰς δύο φάσεις Φ' καὶ Φ'' (σχ. 405) τεμνόμεναι κατὰ τὴν γραμμὴν AB . Διὰ τὰ σημεῖα τῆς γραμμῆς αὐτῆς $\mu' = \mu''$ ἐπομένως διὰ τὰς ἀντιστοιχοῦσας εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ τιμὰς P καὶ T αἱ δύο φάσεις εὐρίσκονται ἐν ισορροπίᾳ. Μιᾶς τρίτης φάσεως Φ''' ἡ ἐπιφάνεια μ''' μόνον ἐν κοινὸν σημεῖον θὰ ἔχῃ μετὰς δύο ἄλλας, τὸ σημεῖον καθ' ὃ τέμνει τὴν κοινὴν καμπύλην αὐτῶν AB . Εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἔχει ὁρισμένης τιμᾶς συντεταγμένων P καὶ T , $\mu' = \mu'' = \mu'''$ αἱ τρεῖς φάσεις εὐρίσκονται ἐν ισορροπίᾳ. Τὸ νὰ διέρχεται καὶ τετάρτῃ ἐπιφάνεια μ'''' διὰ τοῦ «τριπλοῦ σημείου» εἶναι τελείως ἀπίθανον. Ὡστε κατὰ μέγιστον ὅρον τρεῖς μορφαὶ μιᾶς οὐσίας εἶναι δυνατόν νὰ συνυπάρχουν ἐν ισορροπίᾳ καὶ τοῦτο διὰ μίαν ὁρισμένην τιμὴν πίεσεως καὶ θερμοκρασίας.

Εἰς ἕκαστον σημεῖον τοῦ χώρου εἰς τὸ σχ. 405 ὀριζόμενον μετὰς τιμὰς μ_{PT} θὰ συναντῶνται μετὰ τῆς διὰ τοῦ σημείου αὐτοῦ διερχομένης κατακορύφου αἱ ἐπιφάνειαι μ τῶν διαφόρων φάσεων. Ἐκ τῶν ἐπιφανειῶν τούτων ἡ χαμηλότερον κειμένη ἀντιπροσωπεύει τὴν διὰ τὴν περιοχὴν αὐτὴν εὐσταθῇ μορφήν, αἱ λοιπαὶ μορφᾶς ὀλιγώτερον εὐσταθεῖς. Προβάλλοντες ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου PT τὰς γραμμάς, καθ' ἃς τέμνονται αἱ ἰάφοροι ἐπιφάνειαι μ , λαμβά-

νομεν τὸ διάγραμμα καταστάσεως τοῦ συστήματος. Τὸ μεταξὺ τῶν καμπύλων τμήμα τοῦ διαγράμματος παριστᾷ τὰς περιοχὰς τῶν τιμῶν PT, δι' ἃς ὀρισμένη φάσις εἶναι εὐσταθής, αἱ καμπύλαι τὰς τιμὰς δι' ἃς ὑπάρχει ἰσορροπία μεταξὺ τῶν φάσεων τῶν δύο γειτονικῶν πεδίων. Ἐπὶ τοῦ διαγράμματος

σκόονται ἐν ἰσορροπίᾳ. Τὸ δ' ἀντιστοιχοῦν εἰς τομὴν τριῶν ἐπιφανειῶν μ , τοῦ ρομβικοῦ S , τοῦ ἀτμοῦ καὶ τοῦ τήγματος, περιοχῆς ὀλιγώτερον εὐσταθοῦς, εἶναι ἀσταθὲς τριπλοῦν σημεῖον τῶν τριῶν τούτων φάσεων. Τομὴ τοῦ διαγράμματος ὑπ' εὐθείας AB παραλλήλου πρὸς τὸν ἄξονα T δίδει τὰς μεταβολάς, τὰς ὁποίας ὑφίσταται τὸ S ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν (A) αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας. Εἰς συνήθη θερμοκρασίαν εὐσταθῆς μορφὴ εἶναι ἡ τοῦ ρομβικοῦ θείου, ὅταν ἡ θερμοκρασία ὑπερβῇ τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν τειμημένην τοῦ σημείου ϵ , ἡ ρομβικὴ μορφή μετατρέπεται εἰς τὴν εὐσταθεστέραν διὰ τὴν θερμοκρασίαν αὐτὴν μονοκλινῇ, δυνατόν ὅμως νὰ παραμένῃ ἡ ὀλιγώτερον εὐσταθῆς μορφή μέχρι καὶ τοῦ σημείου ϵ' ὡς φάσις μεταστάσιμος εἰς τὴν μονοκλινῇ.

Εἰς τὸ σημεῖον ζ οἱ μονοκλινεῖς κρύσταλλοι ἄρχονται τηκόμενοι, ὀλίγον πέραν τοῦ σημείου η τὸ τήγμα λαμβάνει τὴν ἀέριον κατάστασιν. Τομὴ τῶν ἐπιφανειῶν μ τοῦ σχ. 405 ὑπὸ ἐπιπέδου παραλλήλου πρὸς τοὺς ἄξονας μT παρέχει τὰς τιμὰς τοῦ θερμοδυναμικοῦ δυναμικοῦ μ τῶν διαφόρων φάσεων συναρτήσῃ τῆς θερμοκρασίας ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν (σχ. 407). Εἰς τὸ σημεῖον α αἱ φάσεις Γ καὶ B εὐρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ, μετατροπὴ τῆς μιᾶς φάσεως εἰς τὴν ἄλλην γίνεται ἄνευ μεταβολῆς τοῦ δυναμικοῦ ἡ μεταβολὴ αὕτη καλεῖται ἐναντιότροπος. Εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν $\iota\alpha$ ἡ φάσις A εἶναι ἥττον εὐσταθῆς καὶ τείνει ἀφ' ἑαυτῆς νὰ μετατραπῇ εἰς τὴν φάσιν B , ἐνῶ ἡ ἀντίθετος μετατροπὴ τῆς B εἰς τὴν A δὲν εἶναι δυνατὴ ἀφ' ἑαυτῆς, ἡ μετατροπὴ αὕτη εἶναι μονότροπος. Εἰς τὴν θερμοκρασίαν $\iota\delta$ ἡ ἔχουσα τὸ χαμηλότερον δυναμικὸν φάσις εἶναι ἡ A , αὕτη εἶναι ἡ ἀπολύτως εὐσταθῆς. Ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πίεσεως θὰ ἔπρεπε μία μόνον φάσις νὰ ὑπάρχῃ, ἡ εὐσταθεστέρα (ἐξαίρεσει τῶν σημείων ἐναντιότροπου μετατροπῆς). Τὸ γεγονός ὅτι ὑπὸ τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἔχομεν πλείονας τῆς μιᾶς μορφᾶς τοῦ αὐτοῦ σώματος (γραφίτης, ἀδάμας) ἀπεριορίστως εὐσταθεῖς δεικνύει ὅτι ἡ μετατροπὴ τῆς ἥττον εὐσταθοῦς μορφῆς εἰς τὴν θεωρητικῶς εὐσταθεστέραν δὲν γίνεται μετὰ τὴν αὐτὴν εὐκολίαν πάντοτε. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς λέγομεν ὅτι ἡ ταχύτης μετατροπῆς εἶναι ἀπείρως μικρά.

Τὰ διαγράμματα καταστάσεων δὲν παρέχουν ἐνδείξεις ἐπὶ τῆς ταχύτητος μετατροπῆς, ἀλλὰ μόνον ἐπὶ τοῦ βαθμοῦ εὐσταθείας τῶν διαφόρων φάσεων, αἱ περιοχαὶ εὐσταθείας ἐκάστης φάσεως αἱ εἰκονιζόμεναι εἰς τὸ διάγραμμα δὲν ἀντιπροσωπεύουν καὶ περιοχὰς ὑπάρξεως τῶν φάσεων αὐτῶν ἢ σχηματισμοῦ ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας. Ἡ κρυστάλλωσις ἐνὸς σώματος δυνατόν νὰ δώσῃ μίαν οἰκονομικὴν τῶν μορφῶν αὐτοῦ καὶ αὕτη νὰ εἶναι ὅχι ἡ εὐσταθεστέρα κατὰ τὸ διάγραμμα τῶν τιμῶν μ . Ἰδίᾳ προκειμένου περὶ σχηματισμοῦ κρυστάλλων διὰ χημικῆς ἀντιδράσεως βαθμὸς συγκεντρώσεως τῶν ἀντιδραστηρίων, παρουσία καταλυτῶν κ.λ.π. εἶναι καθορίζοντες παράγοντες τοῦ ποῖα μορφὴ θὰ σχηματισθῇ ἀνεξαρτήτως βαθμοῦ εὐσταθείας. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ παρέχει μόνον ἡ πειραματικὴ ἔρευνα εἰς ἐκάστην εἰδικὴν περίπτωσιν. Οὕτως

ὁ τριδυμίτης καὶ ὁ χριστοβαλίτης (ἔρα διάγραμμα σελ. 279) σχηματίζονται πνευματολυτικῶς εἰς θερμοκρασίαν χαμηλοτέραν τῶν 870° καὶ διατηροῦνται ἀπεριορίστως εἰς συνήθη θερμοκρασίαν. Ὑπὸ συνήθη πίεσιν ὁ σιδηροπυρίτης εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν εἶναι εὐσταθέστερος τοῦ μαρκασίτου. Ἡ μονότροπος μετατροπὴ τοῦ μαρκασίτου εἰς σιδηροπυρίτην εἰς 500° ἔχει ταχύτητα σημαντικὴν, ὥστε ἄνω τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς ὁ μαρκασίτης νὰ μὴ διατηρῆται. Κατὰ τὸν σχηματισμὸν FeS ἐκ διαλυμάτων θεϊκῶν ἀλάτων σιδήρου δι' ἀναγωγῆς εἰς 200° - 300° σχηματίζονται ὅτε μὲν σιδηροπυρίτης ὅτε δὲ μαρκασίτης ἢ ἀμφοτέροι ὁμοῦ ἀναλόγως τῆς συγκεντρώσεως. Μεγαλυτέρα συγκέντρωσις εἰς ὅζῳ εὐνοεῖ τὸν σχηματισμὸν μαρκασίτου ἔναντι τοῦ σιδηροπυρίτου. Ἡ μονότροπος μετατροπὴ δεικνύει ὅτι ὁ σιδηροπυρίτης εἶναι ἢ εὐσταθεστέρα μορφή, ἐν τούτοις ἀναλόγως τῶν πειραματικῶν συνθηκῶν σχηματίζεται ἢ ἦιτον εὐσταθεστέρα μορφή τοῦ μαρκασίτου.

80. Ἐφαρμογὴ τοῦ κανόνος τῶν φάσεων εἰς τὴν Ὁρυκτολογίαν. Εἰς τὸ περιγραφέν διάγραμμα τῶν φάσεων τοῦ θείου, συστήματος ἀποτελουμένου ἐξ ἑνὸς μόνον συστατικοῦ, τὸ μέγιστον τοῦ ἀριθμοῦ τῶν φάσεων, αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ ὑπάρχουν ἐν ἰσορροπίᾳ, εἶναι τρεῖς, ὀριζόμεναι ἀπὸ τὸ τριπλοῦν σημεῖον τοῦ διαγράμματος. Τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀντιστοιχοῦν εἰς ὠρισμένας τιμὰς πίεσεως καὶ θερμοκρασίας, μεταβολὴ τῆς μιᾶς τῶν τιμῶν αὐτῶν συνεπάγεται τὴν ἐξαφάνισιν μιᾶς ἢ δύο ἐκ τῶν φάσεων. Εἰς τὸ τριπλοῦν σημεῖον τὸ σύστημα ἔχει βαθμὸν ἐλευθερίας 0. Αἱ καμπύλαι, αἱ ὁποῖαι ὀρίζουν τὰ πεδία εὐσταθείας τῶν διαφόρων φάσεων, παρέχουν διὰ τῶν συντεταγμένων P καὶ T τῶν σημείων τῶν τὰς συνθήκας ἰσορροπίας δύο φάσεων, ἐπ' αὐτῶν τὸ σύστημα τῶν δύο φάσεων ἔχει βαθμὸν ἐλευθερίας 1. Ἐντὸς τῶν πεδίων εὐσταθείας ἐκάστης φάσεως τὸ σύστημα ἔχει βαθμοὺς ἐλευθερίας 2, διότι δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν πίεσιν καὶ θερμοκρασίαν ἀνεξαρτήτως ἀλλήλων διατηρουμένου πάντοτε τοῦ συστήματος εἰς μίαν φάσιν. Ὡς βαθμὸς ἐλευθερίας τοῦ συστήματος ὀρίζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰς τὴν διάθεσιν τοῦ πειραματιζομένου συνθηκῶν τοῦ πειράματος. Δι' ἄπλοῦν σύστημα οἱ καθορίζοντες τὰς συνθήκας πειράματος παράγοντες εἶναι ἡ πίεσις (P) καὶ ἡ θερμοκρασία (T). Εἰς σύστημα πολλαπλοῦν εἰσέρχεται καὶ ἕτερος παράγων, ἢ ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν περιεκτικότης τοῦ συστήματος εἰς τὰ διάφορα συστατικά.

Τὸν ἀριθμὸν τῶν ἐν ἰσορροπίᾳ φάσεων εἰς σύστημα πολλαπλοῦν ἀποτελούμενον ἀπὸ n τὸν ἀριθμὸν συστατικῶν παρέχει ὁ κανὼν τῶν φάσεων τοῦ Gibbs.

$$\Phi + E = n + 2$$

ὅπου Φ ἀριθμὸς φάσεων, E βαθμὸς ἐλευθερίας.

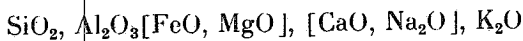
Διὰ σύστημα ἄπλοῦν τὸ δεύτερον μέλος τῆς ἰσότητος ἰσοῦται μὲ 3, εἰς τὸ τριπλοῦν σημεῖον, ἔνθα E εἶναι 0, ἔχομεν τρεῖς φάσεις ἐν ἰσορροπίᾳ, δύο φάσεις θὰ ἔχωμεν διὰ $E = 1$, δηλ. κατὰ μῆκος τῶν καμπύλων, αἱ ὁποῖαι

χωρίζουν τὰ πεδία εὐσταθείας τῶν διαφόρων φάσεων, μίαν φάσιν διὰ $E = 2$, ἤτοι ἐντὸς τῶν πεδίων τούτων, ἐνθα δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν ἀνεξαρτήτως ἀλλήλων πίεσιν καὶ θερμοκρασίαν.

Κατὰ τὸν κανόνα τῶν φάσεων τὸ μέγιστον τοῦ ἀριθμοῦ τῶν φάσεων συστήματος ἀποτελουμένου ἐκ n συστατικῶν εἶναι $n + 2$ καὶ ἰσχύει διὰ βαθμὸν ἐλευθερίας τοῦ συστήματος 0, δηλ. διὰ θερμοκρασίαν, πίεσιν καὶ σύστασιν τοῦ συστήματος ἐντελῶς ὀρισμένα, $n + 1$ φάσεις δύναται νὰ σχηματίσῃ σύστημα μὲ ἓνα βαθμὸν ἐλευθερίας, n φάσεις σύστημα μὲ δύο βαθμοὺς ἐλευθερίας.

Ὁ κανὼν τοῦ Gibbs καθορίζει μόνον τὸν ἀριθμὸν τῶν φάσεων, δὲν παρέχει στοιχεῖα ἐπὶ τῶν ποσοτικῶν σχέσεων αὐτῶν.

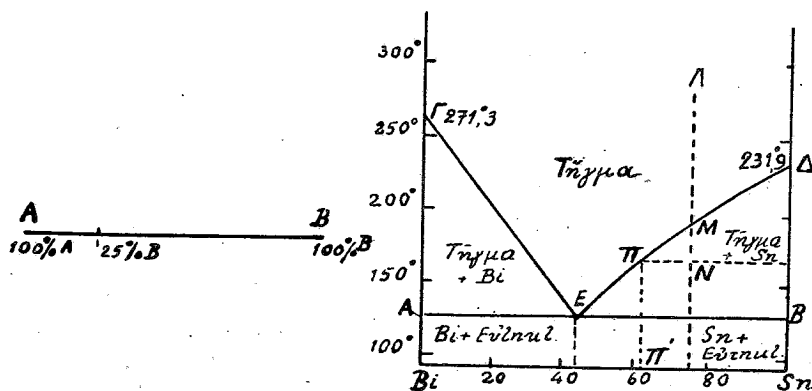
Ἐφαρμοζόμενος ὁ κανὼν οὗτος εἰς τοὺς ἐν τῇ φύσει ὑπάρχοντας συνδυασμοὺς ὀρυκτῶν, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν τὰ πετρώματα, ἐξηγεῖ ὀρισμένα οὐσιώδη ζητήματα τῆς πετρογραφίας. Τὰ πυριγενῆ πετρώματα προέκυψαν διὰ στερεοποιήσεως πυριτικοῦ τήγματος ἀποτελουμένου ἐξ ἀριθμοῦ τινος n συστατικῶν. Ἐὰν τὰ ὀρυκτὰ ἐκ τῶν ὑποίων ἀποτελοῦνται εὐρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ πρὸς ἄλληλα, ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδῶν ὀρυκτῶν, τὰ ὅποια εἰσέρχονται εἰς τὴν σύστασιν τοῦ πετρώματος, ἀντιπροσωπεύει τὸν ἀριθμὸν τῶν ἐν ἰσορροπίᾳ φάσεων. Τὸ στερεοποιηθὲν σύστημα θὰ εὐρίσκηται μὲ μεγίστην πιθανότητα εἰς περιοχὴν μὲ δύο βαθμοὺς ἐλευθερίας καὶ κατὰ τὰ ἀνωτέρω ὁ ἀριθμὸς τῶν φάσεων θὰ ἰσοῦται μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν συστατικῶν, ἀνεξαρτήτως τοῦ τίνος συνδυασμοὺς ἐνώσεων δύναται νὰ σχηματίσῃ τὰ συστατικὰ ταῦτα. Κατὰ ταῦτα ἐκ συστήματος n συστατικῶν προκύπτει ἀριθμὸς τὸ πολὺ n εἰδῶν ὀρυκτῶν. Ὁ νόμος τοῦ Gibbs διατυπωθεὶς ὑπὸ τὴν μορφὴν αὐτὴν ὑπὸ τοῦ V. Goldschmidt ἐκλήθη ὀρυκτολογικὸς κανὼν τῶν φάσεων. Ὁ κανὼν αὐτὸς δικαιολογεῖ τὸν μικρὸν ἀριθμὸν εἰδῶν ὀρυκτῶν, τὰ ὅποια εἰσέρχονται εἰς τὴν σύστασιν τῶν πυριγενῶν πετρωμάτων. Ἐὰν παραλείπωμεν τὰ ἐπουσιώδη συστατικὰ ἀπατίτην, μαγνητίτην, τιτανίτην, τὰ ὅποια συναντῶνται εἰς πολὺ μικρὰν ἀναλογίαν ἐντὸς αὐτῶν, τὰ οὐσιώδη συστατικὰ τῶν πυριγενῶν πετρωμάτων δὲν ὑπερβαίνουν τὰ πέντε. Οἱ συνηθέστεροι συνδυασμοὶ εἶναι: χαλαζίας, ἀλκαλιοῦχοι ἄστριοι, πλαγιόκλαστα καὶ δύο ὀρυκτὰ ἐκ μιᾶς τῶν ὁμάδων πυροξένων, ἀμφιβόλων, μαρμαρυγιῶν. Εἰς ἄλλους συνδυασμοὺς ἀντὶ τοῦ γλαζίου εἰσέρχεται ὁ ἡλιβίνης εἰς ἄλλους νεφελίνης ἢ λευκίτης. Οἱ συνδυασμοὶ αὗτοι πέντε εἰδῶν ὀρυκτῶν κατὰ μέγιστον ὅρον προκύπτουν ἐκ τῶν ἐξῆς χημικῶν συστατικῶν, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν συνήθως τὰ 89,8% τοῦ τήγματος:



Τὰ ἐν ἀγκύλαις συστατικὰ εἰσέρχονται ὡς ὑποκατάσταται ἀλλήλων εἰς τὸ πλέγμα τῶν ὀρυκτῶν διὰ τὴν ὁμοιότητα τῶν ἀκτίνων τῶν ἰόντων τῶν καὶ ἐπιμένως θεωροῦνται ὡς ἐν συστατικόν.

81. Διαδικα συστήματα. Τὰ διαγράμματα πολλαπλῶν συστημάτων ἀνα-

φέρονται εἰς ὀρίσμένην πίεσιν, συνήθως τὴν ἀτμοσφαιρικὴν, καὶ αἱ θεωρούμεναι μεταβληταὶ εἶναι ἡ θερμοκρασία καὶ ἡ σύστασις τοῦ συστήματος. Εἰς διάγραμμα δυαδικοῦ συστήματος ἀποτελουμένου ἐκ τῶν συστατικῶν Α καὶ Β ἡ ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν περιεκτικότης τοῦ συστήματος εἰς ἑκάτερον τῶν συστατικῶν παρέχεται ὡς ἐξῆς: Ἐπὶ ὀριζοντίας εὐθείας τὰ δύο πέρατα αὐτῆς ἀντιπροσωπεύουν τὰ καθαρὰ συστατικά. Εἰς σημεῖον Μ μεταξύ Α καὶ Β τὰ ποσὰ Α καὶ Β εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν μηκῶν ΜΑ καὶ ΜΒ (σχ. 408).



Σχ. 408

Παράστασις τῆς περιεκτικότητος
εἰς δυαδικὸν σύστημα

Σχ. 409

Δυαδικὸν σύστημα με̐ κοινὰ ἄλλα
ἐκ καθαρῶν συστατικῶν

Ἐπὶ τῆς εὐθείας ΑΒ ὡς τετμημένης ἄγεται ἡ τεταγμένη, ἐφ' ἧς μετροῦνται αἱ θερμοκρασίαι. Τὰ συστατικά Α καὶ Β ἀντιδρῶν κατὰ πολλοὺς τρόπους πρὸς ἄλληλα, εἶναι δυνατόν νὰ σχηματίσουν ἔνωσιν, μεικτοὺς κρυστάλλους ἢ νὰ μὴ μείγνυνται εἰς στερεὰν κατάστασιν. Εἰς ἑκάστην περίπτωσιν ἀντιστοιχεῖ ἴδιος τύπος διαγράμματος χαρακτηριστικῆς μορφῆς.

1. Ἐκ δυαδικοῦ τήγματος ἀποβάλλονται διὰ ψύξεως μόνον κρυσταλλοὶ τῶν καθαρῶν συστατικῶν Α καὶ Β. Τοιοῦτου τύπου διάγραμμα εἶναι τὸ τῶν γραμμάτων Sn καὶ Bi τοῦ σχ. 409. Ἄνω τῶν καμπύλων ΓΕ καὶ ΕΔ εἶναι ἡ περιοχὴ τῆς ὑγρᾶς φάσεως, αἱ γραμμαι αὗται ὡς ὀρίζουσαι τὴν ὑγρὰν φάσιν ὀνομάζονται liquidus. Κάτω τῆς εὐθείας ΑΕΒ τὸ σύστημα εἶναι ἐξ ὀλοκλήρου στερεόν, ἡ ὀρίζουσα τὴν στερεὰν κατάστασιν γραμμὴ καλεῖται solidus. Εἰς τοὺς μεταξύ χώρους ὑπάρχει στερεὰ καὶ ὑγρὰ κατάστασις ἐν ἰσορροπίᾳ. Ὁ καθαρὸς κασσίτερος τήκεται εἰς 231°,9 τὸ καθαρὸν βισμούθιον εἰς 271°,3. Ἡ προσθήκη εἰς ἑκάτερον τῶν καθαρῶν συστατικῶν ποσότητός τινος ἐκ τοῦ ἑτέρου ὑποβιβάζει τὸ σημεῖον τῆς ἐνάρξεως τῆς κρυσταλλώσεως αὐτοῦ εἰς θερμοκρασίαν παρεχομένην ἀπὸ τὰς γραμμάς liquidus. Τὸ σημεῖον Ε, καὶ

ὁ συναντῶνται αἱ γραμμαὶ αὗται, καλεῖται *εὐτηκτικόν*. Ἡ ἀντίστοιχος θερμοκρασία εἶναι ἡ κατωτέρα θερμοκρασία κρυσταλλώσεως τοῦ κράματος, κατ' αὐτὴν ὁλόκληρον τὸ τήγμα ἔχει στερεοποιηθῇ. Ὡς δεικνύει τὸ διάγραμμα, ἡ πῆξις τοῦ τήγματος δὲν γίνεται εἰς ὠρισμένην θερμοκρασίαν, ὅπως συμβαίνει ἐπὶ οὐσιῶν καθαρῶν, ἀλλ' ἐντὸς μιᾶς περιοχῆς θερμοκρασιῶν μὲ κατώτατον ὅριον τὴν εὐτηκτικὴν θερμοκρασίαν. Μόνον διὰ σύστασιν τοῦ τήγματος ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὸ εὐτηκτικόν ἢ κρυστάλλωσις τελεῖται εἰς ὠρισμένην θερμοκρασίαν, τὴν *εὐτηκτικήν*. Ἐὰν καλέσωμεν X τὴν περιεκτικότητά εἰς μόρια % εἰς συστατικὸν α τοῦ τήγματος εἰς τὸ σημεῖον E καὶ T_α καὶ T_β τὰ σημεῖα τήξεως τῶν καθαρῶν συστατικῶν, ἡ εὐτηκτικὴ θερμοκρασία T_e εὐρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$\frac{T_\beta - T_e}{T_\beta} : \frac{T_\alpha - T_e}{T_\alpha} = \frac{X}{1-X}$$

ἦτοι: «αἱ σχετικαὶ εὐτηκτικαὶ ταπεινώσεις τῶν σημείων πήξεως τῶν δύο συστατικῶν εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν συγκεντρώσεων τῶν μορίων των εἰς τὸ εὐτηκτικόν».

Παρακολουθήσωμεν εἰς τὸ διάγραμμα τὴν πορείαν πήξεως τήγματος περιεκτικότητος 71,5% εἰς Sn ἐκκινούντες ἀπὸ τοῦ σημείου A . Ὅταν ὑποβιβάζομένης τῆς θερμοκρασίας ἡ ἐκ τοῦ A κατακόρυφος συναντήσῃ τὴν ΔE εἰς τὸ σημεῖον M , σχηματίζονται οἱ πρῶτοι κρύσταλλοι κασσιτέρου, οἱ ὅποιοι εὐρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ πρὸς τὸ τήγμα. Προϊούσης τῆς ψύξεως ἀποβάλλονται καὶ ἄλλοι κρύσταλλοι Sn καὶ ἡ σύστασις τοῦ τήγματος μεταβάλλεται. Τὴν κατὰστασιν ἰσορροπίας εἰς τὸ σημεῖον M εὐρίσκομεν ἄγοντες διὰ τοῦ N εὐθεῖαν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα τετμημένων, ἥτις συναντᾷ τὰς γραμμὰς τῆς ὑγρᾶς φάσεως καὶ τοῦ καθαρῶ Sn εἰς τὰ σημεῖα Π καὶ P . Ἐχομεν ἔρα ἐν ἰσορροπίᾳ τήγμα συστάσεως Π' πρὸς καθαρὸς κρυστάλλους Sn , εἰς ποσοτικὴν ἀναλογίαν ἀντιστρόφως ἀνάλογον τῶν προσκειμένων εἰς ἐκάστην φάσιν τμημάτων τῆς εὐθείας ἦτοι:

$$\text{τήγμα/κρύστ.} = NP/N\Pi$$

Ἡ σχέσις αὕτη διατυπώνεται καὶ ὡς σχέσις μοχλοῦ, ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν εὐθεῖαν ΠP ὡς μοχλὸν φέροντα εἰς τὰ ἄκρα του μάζας M_t τήγματος εἰς τὸ Π καὶ M_k κρυστάλλων εἰς τὸ P καὶ μὲ ὑπομόχλιον εἰς τὸ N .

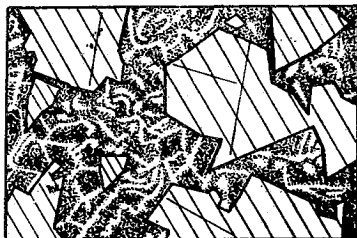
Κατὰ ταῦτα ὑποβιβάζομένης συνεχῶς τῆς θερμοκρασίας αὐξάνεται συνεχῶς ἡ ποσότης τῶν ἀποβαλλομένων κρυστάλλων καὶ ἡ σύστασις τοῦ τήγματος μεταβάλλεται κατὰ μῆκος τῆς γραμμῆς ΔE (σχ. 409) βαίνουσα πρὸς τὴν εὐτηκτικὴν ἀναλογίαν, τὴν ὁποίαν φθάνει, ὅταν ἡ θερμοκρασία φθάσῃ τὸ σημεῖον A . Τότε κρυσταλλοῦται ὁλόκληρον τὸ ὑπολειφθὲν τήγμα ταυτοχρόνως ὑπὸ μορφὴν λεπτομεροῦς συσσωματώματος κρυστάλλων κασσιτέρου καὶ βισμούθιου (σχ. 410). Ἐκ τήγματος περιεκτικότητος εἰς Sn μεταξὺ 0 καὶ 42% 0% προκύβη κράμα μὲ κρυστάλλους Bi καὶ μάζαν λεπτομερῆ ἐξ εὐτηκτικοῦ

(σχ. 411). Τήγμα με περιεκτικότητα 42% Sn κρυσταλλοῦται ολόκληρον διὰ μιᾶς εἰς τὴν εὐτηκτικὴν θερμοκρασίαν.



Σχ. 410

Κρύσταλλοι κασσίτερου ἐντὸς εὐτηκτικοῦ

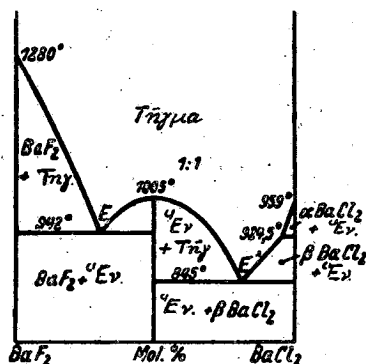


Σχ. 411

Κρύσταλλοι βισμούθιου ἐντὸς εὐτηκτικοῦ

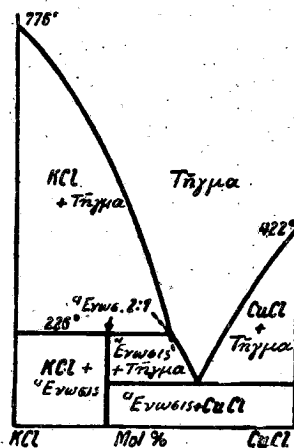
2. Τὰ δύο συστατικά σχηματίζουν ἔνωσην εὐσταθῆ τηχομένην ἄνευ ἀποσυνθέσεως.

Τὸ σχ. 412 παρέχει διάγραμμα τοιαύτης περιπτώσεως. Τὰ συστήματα BaCl_2 καὶ BaF_2 σχηματίζουν ἔνωσην ὑπὸ ἀναλογίαν μορίων 1:1. Εἰς τὴν ἀναλογίαν αὐτὴν ἡ καμπύλη liquidus παρουσιάζει μέγιστον. Κατακόρυφος ἀγομένη ἐκ τοῦ μεγίστου τούτου χωρίζει τὰ διαγράμματα εἰς δύο διαγράμματα α τοῦ προηγουμένου τύπου με συστατικά $\text{BaF}_2, \text{Ba}_2\text{F}_2\text{Cl}_2$ καὶ $\text{BaCl}_2, \text{Ba}_2\text{F}_2\text{Cl}_2$ καὶ εὐτηκτικά αὐτῶν Ε καὶ Ε'.



Σχ. 412

Αναδικὸν σύστημα με εὐσταθῆ ἔνωσην ΑΒ



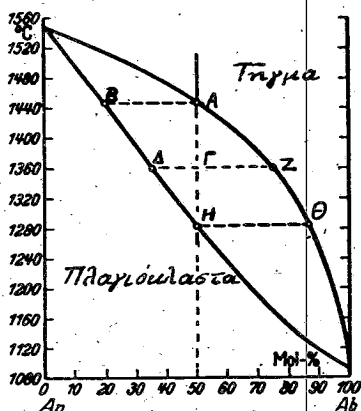
Σχ. 413

Αναδικὸν σύστημα με ἀσταθῆ ἔνωσην ΑΒ

3. Τὰ δύο συστατικά σχηματίζουν ἔνωσην ἀσταθῆ ἀποσυντιθεμένην κατὰ τοῦ σημείου τήξεώς της.

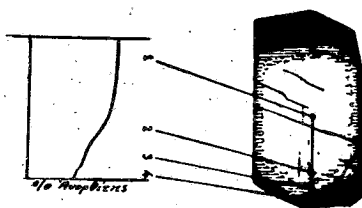
Παράδειγμα τοιαύτης περιπτώσεως παρέχει τὸ διάγραμμα τοῦ σχ. 413. Ἡ ἔνωση $2\text{KCl} \cdot \text{CuCl}$ ἀποσυντίθεται προτοῦ φθάσῃ τὸ σημεῖον τήξεώς της. Αἱ φάσεις τῶν διαφόρων πεδίων εὐρίσκονται εὐχερῶς ἐκ τοῦ σχήματος.

4. Τὰ δύο συστατικά σχηματίζουν μεικτούς κρυστάλλους. Τὰ διαγράμματα 414-419 ἀντιπροσωπεύουν διαφόρους περιπτώσεις τῆς κατηγορίας αὐτῆς. Τὸ διάγραμμα τοῦ σχ. 414 εἶναι διάγραμμα πήξεως τῶν πλαγιοκλάστων. Τὰ δύο μέλη ἀνορθίτης (An) καὶ ἀλβίτης (Ab) σχηματίζουν μεικτούς κρυστάλλους εἰς πᾶσαν ἀναλογίαν. Αἱ δύο καμπύλαι liquidus καὶ solidus κατέρχονται ἀπὸ τοῦ ὑψηλότερου τμηομένου ἀνορθίτου πρὸς τὸ χαμηλότερον σημεῖον



Σχ. 414

Διάγραμμα πήξεως πλαγιοκλάστων



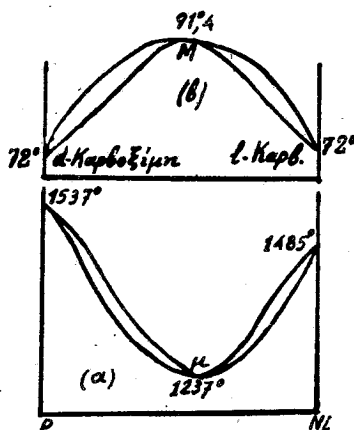
Σχ. 415

Κρυστάλλος πλαγιοκλάστου ζωνώδης

τήξεως τοῦ ἀλβίτου μετὰ διάφορον κλίσιν ἀφήνουναι μεταξύ των τὸ πεδῖον ἰσορροπίας τῶν δύο καταστάσεων ὑγρᾶς καὶ στερεᾶς, τὸ ὁποῖον ὀρίζει καὶ τὴν περιοχὴν θερμοκρασιῶν πήξεως τοῦ τήγματος. Διὰ τήγμα συστάσεως P ἀποβάλλονται ἀπὸ τοῦ τήγματος οἱ πρῶτοι μεικτοὶ κρυστάλλοι εἰς τὸ σημεῖον A. Τὴν σύστασιν των παρέχει ἡ τετμημένη τοῦ σημείου B. Ὑποβιβαζομένης τῆς θερμοκρασίας εἰς τὸ Γ θὰ ἔχωμεν ἐν ἰσορροπίᾳ μεικτούς κρυστάλλους συστάσεως Δ καὶ τήγμα συστάσεως Z εἰς ποσοτικὰς σχέσεις, τὰς ὁποίας δίδει ὁ κανὼν τοῦ μοχλοῦ (σελ. 317). Οἱ κρυστάλλοι συστάσεως B δὲν εὐρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ ὑπὸ τὰς νέας συνθήκας θερμοκρασίας καί, ἂν ἡ πήξις τελεῖται μετὰ μεγάλην βραδύτητα, ἀφομοιοῦνται ὑπὸ τοῦ τήγματος. Τελικῶς εἰς τὸ σημεῖον H τὸ ὅλον τήγμα κρυσταλλοῦται εἰς μεικτούς κρυστάλλους τῆς ἀρχικῆς συστάσεως τοῦ τήγματος, ἐφ' ὅσον οἱ προηγουμένως ἀποβληθέντες κρυστάλλοι ἔχουν ἀφομοιωθῇ. Πολλάκις ἡ ἀφομοίωσις αὕτη δὲν γίνεται. Περί τούτους πρῶτον ἀποβληθέντας κρυστάλλους ὡς πυρῆνας ἀποτίθενται ἐν εἴδει φλοιοῦ οἱ μεταγενέστεροι εὐσταθεῖς κρυστάλλοι μετὰ τὸν αὐτὸν προσανατολισμὸν συνεχίζοντες τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ κρυστάλλου καὶ προσπίζοντες

αὐτὸν ἀπὸ τῆς ἀφομοιώσεως ὑπὸ τοῦ τήγματος. Ἡ διεργασία αὕτη συνεχίζεται, μέχρις ὅτου κρυσταλλωθῇ ὁλόκληρον τὸ τήγμα, τοῦ ὁποίου ἡ σύστασις μεταβάλλεται συνεχῶς κατὰ μῆκος τῆς liquidus ἀπὸ τοῦ Α εἰς τὸ Θ. Οἱ τελικοὶ κρύσταλλοι θὰ παρουσιάζουν σύστασιν «ζωνώδη», ὁ πυρὴν αὐτῶν θὰ εἶναι πλουσιώτερος εἰς ἀνορθίτην, οἱ διαδοχικοὶ φλοιοὶ θὰ ἐμπλουτίζωνται εἰς ἀλβίτην. Ἡ διαφορὰ συστάσεως ἐκδηλοῦται εἰς τὰς μικροσκοπικὰς τομὰς, μετὰ τὴν διαφορὰν διπλοθλαστικότητος καὶ κατασβεστικῆς γωνίας ἐκάστης ζώνης.

Εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ σχ. 416 (α) ἡ καμπύλη liquidus κατέρχεται ἀπὸ



Σχ. 416

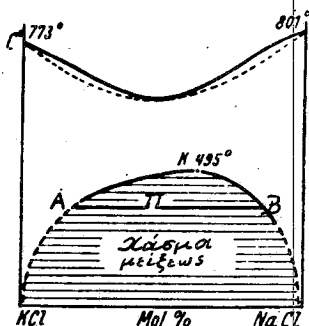
Συνεχῆς σχηματισμὸς μεικτῶν κρυστάλλων μετὰ ἐλάχιστον (α) καὶ μέγιστον (β) τῆς solidus

τὰ σημεῖα τήξεως ἀμφοτέρων τῶν συστατικῶν εἰς ἐλάχιστον μ, εἰς τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὴν καμπύλην solidus, διότι ἐν ἐναντίᾳ περιπτώσει τὸ τμήμα αὐτῆς τὸ εὐρισκόμενον κάτω τῆς ὀριζοντίας γραμμῆς τῆς ἀγομένης διὰ τοῦ Μ δὲν θὰ ἐδικαιολόγει τὴν ιδιότητα solidus κατὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς. Εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ σχ. 416 (β) ἡ liquidus παρουσιάζει τιμὴν μεγίστην εἰς τὸ σημεῖον Μ, κατὰ τὸ ὁποῖον ὀφείλει νὰ ἄπτεται αὐτῆς ἡ solidus, διότι ἄλλως διὰ τὸ σημεῖον τοῦτο δὲν θὰ ἔχωμεν στερεὰν φάσιν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, πρᾶγμα ἀσυμβίβαστον πρὸς τὸν ὀρισμὸν τῆς καμπύλης liquidus. Τὸ μέγιστον αὐτὸ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ρακεμικὴν ἔνωσιν τῶν δύο ἀντιπόδων d καὶ l καρβοξίμης.

Εἰς σύστημα μεικτῶν κρυστάλλων μετὰ ἐλάχιστον τιμῆς T εἰς τὰς καμπύλας liquidus - solidus, συχνὰ εἰς χαμηλὰς θερμοκρασίας παρατηρεῖται διὰ μείξεις τῶν ἀρχικῶς ὁμογενῶν μεικτῶν κρυστάλλων. Τοιοῦτον παράδειγμα παρέχει τὸ διάγραμμα τοῦ σχ. 417. Τὰ KCl καὶ NaCl εἰς θερμοκρασίαν ἀνω-

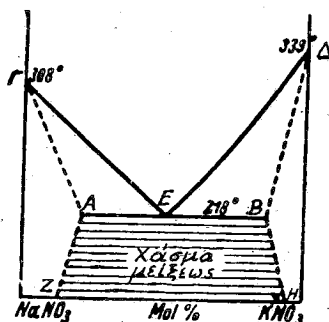
τέραν τῶν 495° διατηροῦν ὁμογενεῖς μεικτοὺς κρυστάλλους ὑπὸ πᾶσαν ἀναλογίαν. Ἡ διὰ γραμμῶν σημειουμένη περιοχὴ εἶναι ἑτερογενὴς περιοχὴ «χάσματος μείξεως». Εἰς τὴν θέσιν Π ἀντιστοιχοῦν δύο εἰδῶν μεικτοὶ κρύσταλλοι Α καὶ Β. Εἰς ἔτι χαμηλότερας θερμοκρασίας ἐπέρχεται τελεία διάμειξις.

Εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 418 τὸ χάσμα μείξεως φθάνει μέχρι



Σχ. 417

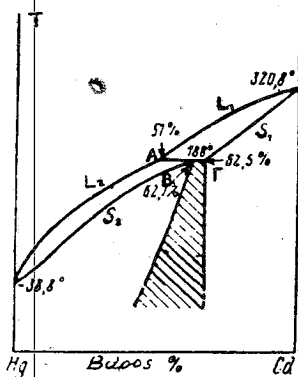
Ισοαδικὸν σύστημα μὲ χάσμα μείξεως



Σχ. 418

Ισοαδικὸν σύστημα μὲ εὐτηκτικὸν καὶ χάσμα μείξεως

τοῦ σημείου Ε, καθ' ὃ συναντῶνται αἱ δύο καμπύλαι liquidus καὶ τὸ ὁποῖον εἶναι εὐτηκτικὸν σημεῖον. Διὰ περιεκτικότητα ἀντιστοιχοῦσαν εἰς Ε τὸ τῆγμα κρυσταλλοῦται ἀμέσως εἰς εὐτηκτοειδὲς συσσωμάτωμα ἐκ δύο εἰδῶν μεικτῶν



Σχ. 419

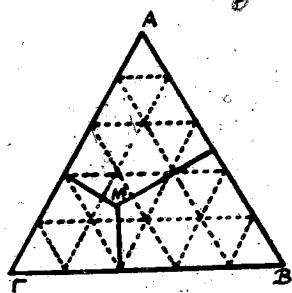
Ισοαδικὸν σύστημα μὲ χάσμα μείξεως καὶ σημεῖον μετατροπῆς

κρυστάλλων Α καὶ Β. Ὁ τύπος οὗτος διαγράμματος καλεῖται «μεικτῶν κρυστάλλων μὲ εὐτηκτικὸν σημεῖον». Ὁ σχηματισμὸς τῶν περθιτῶν καὶ ἀντιπερθιτῶν ὀφείλεται εἰς τοιαῦτα φαινόμενα διαμείξεως. Αἱ γραμμαὶ ΑΖ καὶ ΒΗ

αἱ ὀρίζουσαι τὸ χάσμα μείξεως ἀποκλίνουν ἀλλήλων εἰς χαμηλοτέρας θερμοκρασίας διευρύνουσαι τὸ χάσμα. Ἡ φυσικὴ ἐρμηνεία τῆς παρατηρήσεως αὐτῆς ἐδόθη ἐν σελ. 248. Τὸ διάγραμμα τοῦ σχ. 409 σελ. 316 ἀποτελεῖ ὀρικὴν περίπτωσιν τοῦ διαγράμματος, καθ' ἣν αἱ γραμμαὶ ΓΑΖ καὶ ΔΒΗ ταυτίζονται πρὸς τὰς κατακορύφους τὰς ἀγομένους ἐκ τοῦ Γ καὶ Δ.

Τὸ διάγραμμα τοῦ σχ. 419 διαφέρει τοῦ σχ. 414 κατὰ τὸ ὅτι ἡ liquidus δὲν ἀποτελεῖ συνεχῆ καμπύλην, ἀλλ' ἔχει σημεῖον καμπῆς εἰς τὸ Α. Ὅμοίως αἱ solidus δὲν συνεχίζονται. Ἐὰν ἡ σύστασις τοῦ συστήματος κεῖται μεταξὺ Β καὶ Γ, εἰς 188° θὰ ἔχωμεν δύο εἰδῶν μεικτοὺς κρυστάλλους (περιοχὴ χάσματος). Διὰ σύστασιν μεταξὺ Α καὶ Β ἀποβάλλονται κατ' ἀρχὰς μεικτοὶ κρύσταλλοι ὀριζόμενοι ἀπὸ τὴν S_1 ἐν ἰσορροπίᾳ πρὸς πῆγμα ὀριζόμενον ἀπὸ τὴν L_1 . Εἰς 188° οἱ κρύσταλλοι S_1 ἀφομοιώνονται ἀπὸ τὸ τῆγμα καὶ σχηματίζονται κρύσταλλοι S_2 ἐν ἰσορροπίᾳ πρὸς τῆγμα L_2 καὶ ἡ περαιτέρω κρυστάλλωσις χωρεῖ κατὰ μῆκος τῶν γραμμῶν αὐτῶν. Ἔνεκα τῆς μετατροπῆς αὐτῆς κρυστάλλων S_1 εἰς κρυστάλλους S_2 εἰς τὴν θερμοκρασίαν 188° ὁ τύπος οὗτος διαγράμματος καλεῖται «μετὰ χάσματος μείξεως καὶ σημείου μετατροπῆς».

82. Τριαδικὰ συστήματα. Εἰς τὰ διαγράμματα τριαδικῶν συστημάτων γίνεται χρῆσις διὰ τὴν παράστασιν τῆς συστάσεως τοῦ συστήματος ἰσοπλεύρου τριγώνου, τοῦ ὁποῦ ἐκάστη τῶν κορυφῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓν τῶν καθαρῶν συστατικῶν. Πᾶν σημεῖον τοῦ ἐσωτερικοῦ τοῦ τριγώνου ἔχει ἀποστάσεις ἀπὸ τῶν τριῶν πλευρῶν αὐτοῦ, ὧν τὸ ἄθροισμα ἰσοῦται πρὸς τὸ ὕψος τοῦ τριγώνου. Θεωροῦντες τὸ ὕψος τοῦτο ἴσον μὲ 100 δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν περιεκτικότητά τοῦ συστήματος Μ εἰς ἓν τῶν συστατικῶν μὲ τὸ μῆκος τῆς καθέτου τῆς ἀγομένης ἐκ τοῦ Μ πρὸς τὴν πλευρὰν τὴν ἀντικειμένην πρὸς τὸ συστατικὸν τοῦτο (σχ. 420, Α25%, Β14%, Γ51%). Ἐκ τῶν κορυ-

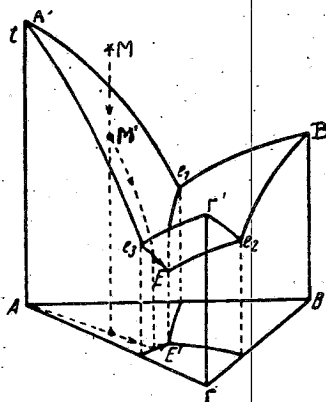


Σχ. 420

Καθορισμὸς τῆς συστάσεως εἰς τριαδικὸν σύστημα

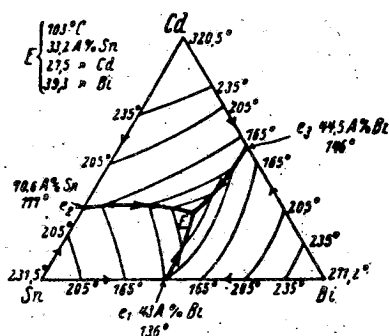
φῶν τοῦ τριγώνου τούτου ἄγονται κάθετοι ἐπ' αὐτό, ἐπὶ τῶν ὁποίων μετρεῖται ἡ θερμοκρασία. Τὸ διάγραμμα παρίσταται οὕτως εἰς τὸν τριδιάστατον

χώρον. Ἡ ὑγρά φάσις χωρίζεται ἀπὸ τῶν λοιπῶν μὲ καμπύλας ἐπιφανείας, ἐπὶ τῶν ἐδρῶν τοῦ σχηματιζομένου τριγωνικοῦ πρίσματος θὰ ἔχωμεν δυαδικὰ συστήματα ἐνὸς τῶν ἀνωτέρω περιγραφέντων τύπων. Τὸ σχ. 421 παριστᾷ τριαδικὸν σύστημα, τοῦ ὁποῦ τοῦ τὰ συστατικά δὲν σχηματίζουν οὔτε ἐνώσειν οὔτε μεικτοὺς κρυστάλλους μεταξύ των. Τὰ συστατικά ταῦτα ἀνά δύο σχηματίζουν δυαδικὰ διαγράμματα μὲ εὐτηκτικά e_1, e_2, e_3 . Ἡ ἐπιφάνεια $A'e_3$ χωρίζει τὸ τήγμα ἀπὸ τὸ ἑτερογενὲς σύστημα τήγμα - κρύσταλλοι A . Κρυστάλλωσις συστήματος παρισταμένου διὰ τοῦ σημείου M δι' ὑποβιάσεως τῆς θερμοκρασίας ἄρχεται εἰς τὸ M' . Προϊούσης τῆς ἀπόβολῆς κρυστάλλων A ἡ σύστασις τοῦ τήγματος μεταβάλλεται κατὰ μῆκος τῆς καμπύλης $M'm$, καθ' ἣν τέμνεται ἡ διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου AM . Εἰς τὸ m ἄρχεται ἡ ἀπόθεσις καὶ κρυστάλλων Γ ἡ δὲ σύστασις τοῦ τήγματος μεταβάλλεται περαιτέρω κατὰ μῆκος τῆς mE , διὰ τὴν καταλήξει εἰς τὸ τριπλοῦν εὐτηκτικὸν E . Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ κρυσταλλοῦται τὸ ὑπόλοιπον τήγμα ὡς εὐτηκτοειδὲς ἐκ κρυστάλλων καὶ τῶν τριῶν συστατικῶν.



Σχ. 421

Τριαδικὸν σύστημα μὲ ἀπόθεσιν
καθαρῶν συστατικῶν



Σχ. 422

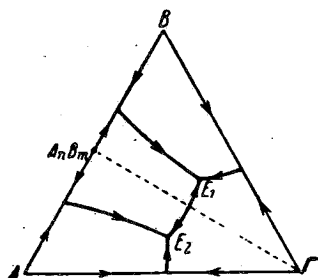
Προβολὴ τριαδικοῦ συστήματος
ἐπὶ τοῦ τριγώνου συστάσεως

Τὸ ἐν τῷ χώρῳ διάγραμμα παρίσταται δι' ὀρθῆς προβολῆς ἐπὶ τοῦ τριγώνου τῆς βάσεως τῶν τομῶν τῶν καμπύλων ἐπιφανείων καὶ τῶν ἰσοθερμῶν καμπύλων (σχ. 422). Ἡ προβολὴ αὐτὴ παρέχει τοπογραφικὴν εἰκόνα τοῦ ἐν τῷ χώρῳ διαγράμματος. Διὰ βελῶν σημειοῦται ἐπὶ τῶν προβολῶν τῶν γραμμῶν, καθ' ἃς τέμνονται αἱ ἐπιφάνειαι, ἡ πορεία μεταβολῆς τοῦ τήγματος κατὰ τὴν πῆξιν.

Εἰς περίπτωσιν σχηματισμοῦ ἐνώσεως μεταξύ δύο συστατικῶν AB ἐπὶ τοῦ διαγράμματος ὑπάρχει ἀντίστοιχον ὕψωμα (σχ. 423).

Διὰ συστήματα μὲ συστατικά περισσότερα τῶν τριῶν δὲν εἶναι δυνατὴ

ἡ παράστασις τῆς ἰσορροπίας τῶν διαφόρων φάσεων συναρτῆσει τῆς θερμοκρασίας κατὰ τρόπον ἄπλοῦν. Ἐπενοήθησαν τρόποι γραφικῆς παραστάσεως καὶ διὰ τοιαῦτα συστήματα, οἱ ὅποιοι ὅμως δὲν ἔχουν τὰ προσόντα τῆς ἐποπτικῆς παραστάσεως τῶν φαινομένων, τὰ ὅποια παρουσιάζουν τὰ περιγραφέντα διαγράμματα.



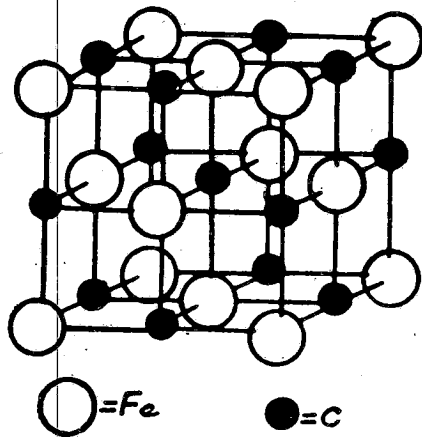
Σχ. 423

Τριαδικὸν σύστημα με σχηματισμὸν εὐσταθοῦς ἐνώσεως

83. Διάγραμμα τοῦ συστήματος Fe-C. Κατωτέρω ἀναλύεται τὸ διάγραμμα τοῦ δυαδικοῦ συστήματος Fe-C, τὸ ὁποῖον εὐρίσκει πρακτικὴν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ἐρμηνείαν τῶν ιδιοτήτων τοῦ χάλυβος ἐν συσχετίσει πρὸς τὸν τρόπον κατεργασίας αὐτοῦ. Ἡ λεπτομερεστέρα ἔρευνα τῶν φάσεων, αἱ ὁποῖαι ἀπαντῶνται εἰς τὸ σύστημα αὐτό, ἔγινε μετὰ τὴν ἐξακριβώσιν τῆς δομῆς των διὰ τῶν ἀκτίνων X.

Ἐκτὸς τῶν μορφῶν α β γ δ τοῦ σιδήρου, τὰς ὁποίας ἀνεφέραμεν ἤδη, ἀπαντῶνται τρεῖς ἔτι κρυσταλλικαὶ φάσεις εἰς τὸ σύστημα αὐτό ὁ αὐστεινίτης, ὁ μαρτενσίτης καὶ ὁ τσεμεντίτης. Ὁ αὐστεινίτης καὶ ὁ μαρτενσίτης εἶναι μεικτοὶ κρύσταλλοι ἄνθρακος καὶ σιδήρου ἰδίου τύπου καλούμενοι «διὰ παρεμβολῆς». Εἰς τοὺς περιγραφέντας ἤδη μεικτοὺς κρυστάλλους (σελ. 246) γίνεται μερικὴ ὑποκατάστασις εἰς τὸ πλέγμα τοῦ καθαροῦ σώματος ὠρισμένων ἀτόμων δι' ἄλλων ἐχόντων τὰς αὐτὰς κατὰ προσέγγισιν διαστάσεις. Ἡ ἀντικατάστασις γίνεται κατὰ τρόπον ἐντελῶς ἄτακτον, ὥστε τὸ σύνολον νὰ εἶναι στατιστικῶς ὁμογενές. Εἰς τοὺς «διὰ παρεμβολῆς» μεικτοὺς κρυστάλλους ἄτομα μικρῶν διαστάσεων, ὅπως ἐν προκειμένῳ ὁ C, καταλαμβάνουν τοὺς μεταξὺ τῶν ἀτόμων ἐν τῷ πλέγματι κενοὺς χώρους. Ὁ αὐστεινίτης εἶναι γ - σίδηρος μετὰ πλέγμα ὀλοεδρικῶς κεντρώμενον, εἰς τὸ ὁποῖον τὰ ἄτομα C εἰσέρχονται εἰς τὸ κέντρον τῆς κυψελίδος ἢ εἰς τὰ μέσα τῶν ἀκμῶν, εἰς τρόπον ὥστε, ἐὰν ὅλαι αἱ θέσεις αὗται καταλαμβάνοντο, θὰ προέκυπτε δομὴ ἀνάλογος πρὸς τὴν τοῦ NaCl σχ. 424. Πᾶσαι ὅμως αἱ κεναὶ θέσεις δὲν καταλαμβάνονται ὑπὸ C. Τὸ μέγιστον τοῦ C τοῦ δυναμένου νὰ περιληφθῇ εἰς τὸν γ - σίδηρον εἶναι 1,7% διὰ τὴν ἀναλογίαν δὲ αὐτὴν πληροῦται μία ἐπὶ δώδεκα κενῶν θέσεων.

Ὁ ἄλλος μεικτὸς κρύσταλλος, ὁ μαρτενσίτης, ἔχει κυψελίδα τετραγωνικὴν προκύπτουσαν διὰ παραμορφώσεως τοῦ α - σιδήρου ἐκ τῆς παρεμβολῆς τῶν ἀτόμων τοῦ C. Διαγράμματα κρυσταλλικῆς κόνεως μαρτενσίτου δεικνύουν ὅτι ἡ παράμετρος c_0 τῆς κυψελίδος αὐξάνεται γραμμικῶς αὐξανομένης τῆς περιεκτικότητος εἰς C, ἐνῶ ἡ παράμετρος a_0 διατηρεῖ τιμὴν περίπου ἴσην πρὸς $2,85\text{\AA}$, τὴν τοῦ κυβικοῦ α - σιδήρου. Ὁ μαρτενσίτης εἶναι σκληρὸς καὶ εὐθραυστός.



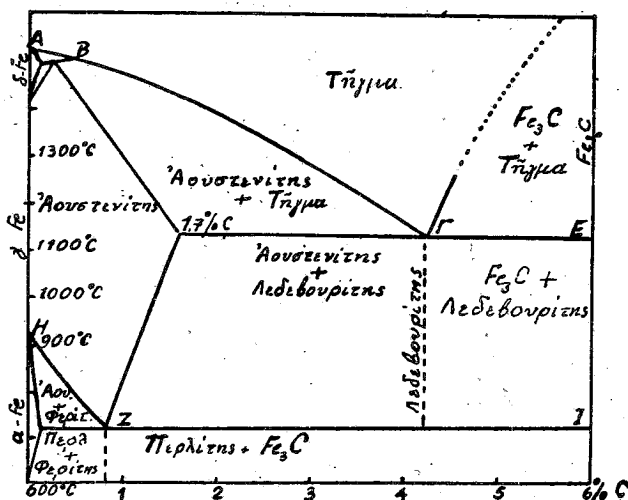
Σχ. 424
Πλέγμα άουστενίτου

Ὁ φερρίτης εἶναι α - σίδηρος μὲ λίαν μικρὰν περιεκτικότητα εἰς C (0,06%)

Τέλος ὁ τσεμεντίτης εἶναι ἑνωσις Fe_3C εἰς βελονοειδεῖς κρυστάλλους ρομβικῆς συμμετρίας λίαν σκληροῦς. Ἡ παρουσία των ἐντὸς τοῦ χάλυβος καθιστᾷ αὐτὸν σκληρὸν καὶ δυσέργαστον.

Τὸ δυαδικὸν σύστημα Fe-C εἶναι γνωστὸν εἰς μικρὰν περιοχὴν περιεκτικότητος εἰς C, μέχρι 6% περίπου. Ἐντὸς τῆς περιοχῆς αὐτῆς περιλαμβάνονται τὰ διάφορα εἶδη χάλυβος καὶ σιδήρου. Αἱ μηχανικαὶ ιδιότητες τοῦ χάλυβος, σκληρότης, ἀντοχή, ἐλαστικότης ἐξαρτῶνται ἐκ τῶν κρυσταλλικῶν φάσεων, αἱ ὁποῖαι συμμετέχουν εἰς τὴν σύστασίν του, καὶ ἐκ τοῦ μεγέθους καὶ τοῦ τρόπου συναρμογῆς τῶν κρυστάλλων πρὸς ἀλλήλους τοῦ «ἰστοῦ» ὡς θὰ ἐλέγομεν προκειμένου περὶ πετρώματος. Διὰ καταλλήλου θερμικῆς ἢ μηχανικῆς ἐπεξεργασίας (σφυρηλάτησις) προκύπτουν διαφοραὶ εἰς τὸν ἴστόν, αἱ ὁποῖαι συνεπάγονται οὐσιώδεις διαφορὰς εἰς τὰς φυσικὰς καὶ χημικὰς ιδιότητας τοῦ χάλυβος. Τὸ σχ. 425 παρέχει τὸ διάγραμμα τοῦ συστήματος Fe-C ἐντὸς τῆς γνωστῆς περιοχῆς αὐτοῦ (0-6% C). Παραλειπομένων τῶν μικρᾶς ἐκτάσεως πεδίων πλησίον τοῦ A, τὰ ὁποῖα δὲν ἔχουν πρακτικὴν σημασίαν, παρατηροῦμεν

ὅτι μέγα μέρος τοῦ διαγράμματος καταλαμβάνει ὁ αὐστενίτης μὲ μέγιστον περιεκτικότητος εἰς C 1,7% διὰ θερμοκρασίαν 1130°C. Εἰς τὸ Γ ὑπάρχει εὐτηκτικὸν σημεῖον. Τὸ εὐτηκτικὸν κράμα καλεῖται λεδεβουρίτης καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ αὐστενίτην καὶ τσεμεντίτην. Δεύτερον εὐτηκτικὸν ἔχομεν εἰς τὸ Z. Τὸ κράμα εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ φερρίτην καὶ τσεμεντίτην ὑπὸ μορφήν λεπτοτάτων πλακιδίων ἐναλλασσομένων εἰς διάταξιν ὑπομιμνήσκουσιν τὰς λεπτὰς στοιβάδας, κατὰ τὰς ὁποίας ἀποτίθεται ἡ ὕλη τῶν μαργαριτῶν. Διὰ τὴν ὕψιν του αὐτὴν ἐκλήθη τὸ εὐτηκτοειδὲς κράμα περλίτης.



Σχ. 425

Διάγραμμα τοῦ συστήματος Fe-C

Εἰς τὴν περιοχὴν περιεκτικότητος εἰς C ἀπὸ 0-0,8%, ἐὰν ἡ ψῦξις τοῦ χάλυβος τελεῖται κάτω τῆς γραμμῆς HZ θὰ ἔχωμεν αὐστενίτην + φερρίτην. Ὅταν ἡ θερμοκρασία φθάσῃ εἰς 728°, ὁ αὐστενίτης μετατρέπεται εἰς περλίτην. Μεταλλογραφικὸν παρασκεύασμα τοιοῦτου χάλυβος δεικνύει κρυστάλλους φερρίτου ἐντὸς εὐτηκτοειδοῦς περλίτου. Ἐὰν ὁ χάλυψ ψυχθῇ ταχέως, λ.χ. δι' ἐμβαπτίσεως εἰς ψυχρὸν ὕδωρ, ἐμποδίζεται ἡ διάσπασις τοῦ αὐστενίτου εἰς φερρίτην καὶ τσεμεντίτην. Ὁ αὐστενίτης ὅμως εἰς χαμηλὰς θερμοκρασίας δὲν διατηρεῖται καὶ μετατρέπεται εἰς μαρτενσίτην. Ταιούτος ταχέως ψυχθεὶς χάλυψ εἶναι λίαν σκληρὸς καὶ εὐθραυστος (βαφεὶς χάλυψ). Ψῦξις ταχέως εἰς 200° ἐπιβραδύνει εἰς μίαν περίπου ὥραν τὴν μετατροπὴν τοῦ αὐστενίτου εἰς περλίτην, ἐνῶ εἰς τὴν περιοχὴν θερμοκρασιῶν 0-100° ἡ μετατροπὴ εἰς μαρτενσίτην τελεῖται ἀκαριαίως.

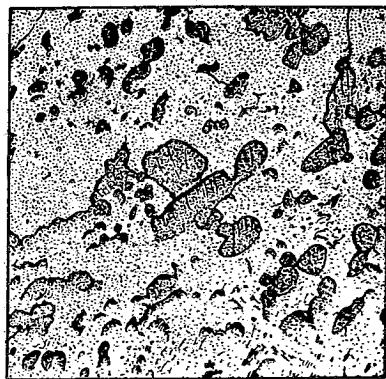
Ὁ μαρτενσίτης θερμαίνόμενος εἰς περιοχὴν θερμοκρασίας 200°-500°

ἐπ' ἄρκετόν μετατρέπεται εἰς εὐτηκτοειδὲς κράμα φερρίτου καὶ τσεμεντίτου, τὸ ὁποῖον, καίτοι ἔχει τὴν αὐτὴν σύστασιν πρὸς τὸν περλίτην, διαφέρει αὐτοῦ κατὰ τὸν ἰστόν, ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφήν στιφροῦ συσσωματώματος μικροκρυστάλλων, τὸ ὁποῖον καλεῖται *σορβίτης*. Ἡ εἰκὼν τοῦ σχ. 426 ἀντιστοιχεῖ εἰς περιοχὴν τοῦ διαγράμματος μὲ περιεκτικότητα εἰς C 0,8%. Ἐντὸς κυρίας μάζης περλιτικῆς περιέχονται βελονοειδεῖς κρύσταλλοι τσεμεντίτου, οἱ ὅποιοι καθιστοῦν τὸν χάλυβα σκληρόν καὶ δυσέργαστον. Δι' ἐπανειλημμένων σφυρη' ατῆσεων τοῦ πυρακτωμένου χάλυβος ἐπιτυγχάνεται ὁ ἀποχωρισμὸς τῶν μεγάλων κρυστάλλων τοῦ τσεμεντίτου εἰς μικρὰ ἀπεστρογγυλωμένα τεμάχια κατεσπαρμένα ἐντὸς λίαν λεπτομεροῦς περλιτικῆς μάζης (σχ. 427). Διὰ τοιαύ-



Σχ. 426

Τσεμεντίτου ἐντὸς περλίτον



Σχ. 427.

Σφυρήλατος χάλυψ (Μεγέθυνσις 1000)

της κατεργασίας παρσκευάζοντο αἱ περίφημοι δαμασκηναὶ σπάθαι, αἱ ὁποῖαι ἦσαν εὐλύγιστοι συνάμα δὲ λίαν ἀνθεκτικαὶ καὶ σκληραὶ χάρις εἰς τὸν καταμερισμὸν τοῦ τσεμεντίτου.

Πλὴν τοῦ καθ' αὐτὸ χάλυβος παρσκευάζονται καὶ χάλυβες χρωμιοῦχοι, νικελιοῦχοι, βαναδιοῦχοι, μολυβδαινιοῦχοι κ.λ.π. προσαρμοζόμενοι λόγῳ τῶν μηχανικῶν αὐτῶν ιδιοτήτων εἰς ὀρισμένας εἰδικὰς χρήσεις. Εἰς τοὺς χάλυβας αὐτοὺς εὐρέθησαν ὀρισμένοι κρυσταλλικαὶ φάσεις, οἷαι Cr_4C , Cr_7C_3 , Fe_4W_2C , εἰς τὰς ὁποίας ἐν μέρει ὀφείλονται καὶ αἱ χρήσιμοι ιδιότητες τῶν ἐν λόγῳ κραμάτων, ὡς ἀνοξείδωτον, μεγάλη σκληρότης, μεγάλη ἐλαστικότης κ.λ.π.

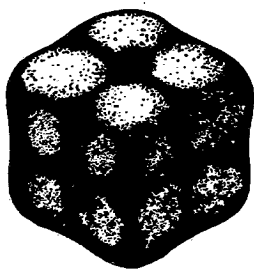
V. ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΦΥΣΙΚΗ

A. ΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

84. Ἐλαστικά καὶ πλαστικά παραμορφώσεις. 1. Ἐλαστικά παραμορφώσεις. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεων ἐφαρμοζομένων ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς

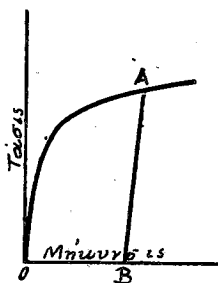
αὐτῶν ἐπιφανείας οἱ κρύσταλλοι ὑφίστανται παραμόρφωσιν. Ἡ παραμόρφωσις αὕτη καλεῖται ἐλαστική, ἐφ' ὅσον αἵρεται ἐξ ὁλοκλήρου, ὅταν παύσῃ νὰ ἐπιδρῇ ἡ δύναμις, ἡ ὁποία τὴν προεκάλεσε. Οὕτω πρισματικὴ ράβδος κρυστάλλου, ἀπὸ τῆς βάσεως τῆς ὁποίας ἐξαρτῶμεν βάρος, ἐπιμηκύνεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς τάσεως. Προκειμένου περὶ ἐλαστικῆς παραμορφώσεως ἡ ἐπιμήκυνσις Δl εἶναι κατὰ τὸν νόμον τοῦ Hooke ἀνάλογος τοῦ μήκους l τῆς ράβδου καὶ τῆς τάσεως σ , $\Delta l = sl\sigma$, ὅπου s εἶναι ὁ συντελεστὴς ἐλαστικότητος. Ἀντ' αὐτοῦ γίνεται συνήθως χρῆσις τοῦ μέτρου ἐλαστικότητος E ($E = 1/s$).

Τὰ κρυσταλλικὰ σώματα ἀπὸ ἀπόψεως ἐλαστικότητος εἶναι ὅλα ἀνισότροπα. Εἰς τοὺς κρυστάλλους τοῦ τρικλινοῦ συστήματος εἰσέρχονται εἰς τὴν περιγραφὴν τῶν φαινομένων ἐλαστικότητος 21 σταθεραί, εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα λόγῳ τῆς συμμετρίας αὐτοῦ αὗται περιορίζονται εἰς 6. Ἐὰν ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ κρυστάλλου θεωρήσωμεν κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις ἀνύσματα μήκους ἀναλόγου πρὸς τὸν συντελεστὴν ἐλαστικότητος τὸν ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὴν ἐκάστωτε διεύθυνσιν, τὰ πέρατα τῶν ἀνυσμάτων τούτων ὀρίζουν τὴν ἐπιφάνειαν ἐλαστικότητος τοῦ κρυστάλλου. Αὕτη δὲν εἶναι δευτέρου ἀλλὰ τετάρτου βαθμοῦ μὲ κοιλότητα καὶ ἐξέχοντα τμήματα. Ἡ συμμετρία τῆς ταυτίζεται πρὸς τὴν συμμετρίαν τοῦ κρυστάλλου (σχ. 428). Κατὰ τὴν θεωρίαν τομαὶ τῆς ἐπιφανείας καθέτως πρὸς L^3 ἢ L^6 ἔχουν σχῆμα κυκλικόν.



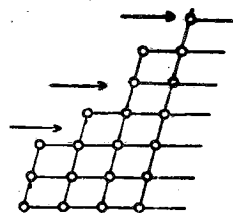
Σχ. 428

Ἐπιφάνεια ἐλαστικότητος τοῦ φθορίου



Σχ. 429

Καμπύλη παραμορφώσεως συναρτήσει τῆς τάσεως



Σχ. 430

Ὀλίσθησις εἰς πλέγμα ἀπλοῦν

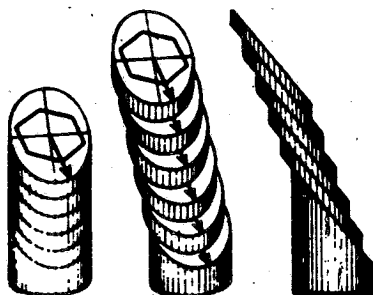
2. Πλαστικὴ παραμόρφωσις. Ὡς δεικνύει σχηματικῶς ἡ καμπύλη τοῦ σχ. 429, μέχρις ὁρίου τινὸς τάσεως ἡ ἐπιμήκυνσις μεταβάλλεται γραμμικῶς μετὰ τῆς τάσεως καὶ ταύτης αἰρομένης ἡ ἐπιμήκυνσις αἵρεται. Πέραν τοῦ ὁρίου τούτου ἡ κλίσις τῆς καμπύλης ἀλλάσσει. Ἐὰν τὸ σῶμα ἀφεθῇ ἐλεύθερον εἰς τὴν θέσιν A, δὲν ἐπανερχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν αὐτοῦ κατάστασιν, ἀλλὰ εἰς τὴν θέσιν B, ἀκολουθοῦν πορείαν AB περίπου παράλληλον πρὸς τὸ εὐθύγραμμον τμήμα τῆς καμπύλης. Οὕτω παρέμεινε μόνιμος παραμόρφωσις OB. Ἡ παραμόρφωσις αὕτη καλεῖται πλαστική.

Ἡ ἀπλουστέρα περίπτωση π्लाστικῆς παραμορφώσεως εἶναι ἡ καλουμένη ὁμογενὴς παραμόρφωσις. Κατ' αὐτὴν γίνεται μετατόπισις τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων δι' ὀλισθήσεως ἐπ' ἄλληλα, ὥστε εἰς δύο διαδοχικά δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ παραμορφωθέντος κρυστάλλου οἱ δεσμοὶ τοῦ πλέγματος νὰ διαδέχωνται ἀλλήλους ὅπως εἰς τὸ ἀπαραμόρφωτον πλέγμα (σχ. 430). Ἡ ὀλισθήσις εἶναι ὁμοία πρὸς τὴν μετακίνησιν πρὸς ἄλληλα φύλλων χάρτου εἰς στοιβάδα, ἡ ὁποία δι' ὠθήσεως ἀπὸ κατακορύφου γίνεται λοξή. Διὰ τῆς ὀλισθήσεως ἐπῆλθε μεταβολὴ μόνον εἰς τὸ ἐξωτερικὸν σχῆμα, ἡ ὁμογένεια τοῦ πλέγματος παραμένει ἄθικτος.

Ἡ ὀλισθήσις εἰς κρυστάλλους μετάλλων γίνεται κατὰ τὰ πυκνότερα δικτυωτὰ ἐπίπεδα καὶ ἐπ' αὐτῶν κατὰ διεύθυνσιν στοίχου μὲ τὴν μικροτέραν παράμετρον. Εἰς πλέγματα ὀλοεδρικῶς κεντρωμένα κυβικά, ὡς εἶναι τὰ τῶν μετάλλων Cu, Au, Ag κ.λ.π. πυκνότερα εἰς ὕλην δικτυωτὰ ἐπίπεδα εἶναι τὰ (111). Ἐπ' αὐτῶν τὰ ἄτομα ἔχουν διάταξιν κατὰ συμπαγῇ ἐξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν, (σχ. 336 σελ. 251). Εἰς τὸ F - κυβικὸν πλέγμα τοιαῦτα δικτυωτὰ ἐπίπεδα μὲ συμπαγῇ ἐξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν εἰς θέσιν κάθετον ἐπὶ τὸν Λ^3 διαδέχονται ἄλληλα κατὰ τὸ σχῆμα 338 σ. 252. Ἐκαστον ἄτομον, εὐρίσκεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς 12 ἄλλα, ἕξ ἐπὶ τοῦ ἰδίου ἐπιπέδου, τρία ἐπὶ τοῦ ὑποκάτω αὐτοῦ ἐπιπέδου καὶ τρία ἐπὶ τοῦ ὑπεράνω αὐτοῦ. Εἰς τὸ ἐξαγωνικὸν πλέγμα τοῦ σχ. 339, σ. κατὰ τὸ ὁποῖον κρυσταλλοῦνται τὸ Cd, ὁ Zn, τὸ Mg ἔχομεν τὴν αὐτὴν συμπαγῇ ἐξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν ἐπὶ ἐπιπέδων (0001). Εἰς τὸ πλέγμα αὐτὸ γίνεται ὀλισθήσις κατὰ τὰ πυκνὰ ταῦτ' ἐπίπεδα (0001) κατὰ τινὰ τῶν διευθύνσεων, αἱ ὁποῖαι συνδέουν δύο ἐγγύτατα πρὸς ἄλληλα ἄτομα.

Ὁ βαθμὸς πλαστικότητος τῶν μετάλλων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εὐκολίαν ἢ δυσκολίαν μὲ τὴν ὁποίαν γίνεται ὀλισθήσις εἰς τὸ πλέγμα των καὶ αὕτη συνδέεται κατὰ τρόπον ἀξιοσημείωτον μὲ τὴν δομὴν των. Τὰ μᾶλλον πλαστικά ἐκ τῶν μετάλλων εἶναι τὰ ἀνήκοντα εἰς τὸν τύπον τοῦ F - κυβικοῦ πλέγματος ὡς τὰ χαλκός, ἄργυρος, χρυσός, γ - σιδήρος κ.λ.π. Ὀλιγώτερον πλαστικά εἶναι τὰ τοῦ τύπου ἐξαγωνικοῦ πλέγματος καὶ ἔτι ὀλιγώτερον τὰ ἔχοντα πλέγμα ἐνδοκεντρωμένον κυβικὸν ὡς τὸ Cr, τὸ W, τὸ Mo, ὁ α - σιδήρος. Τὰ τελευταῖα εἶναι σκληρὰ καὶ δυσέρραστα. Εἰς αὐτὰ ἡ δομὴ εἶναι ἀραιότερα καὶ ἡ ὀλισθήσις ὄχι τόσον εὐκολος. Ἡ διμορφία τοῦ σιδήρου παρέχει εἰς αὐτὸν τὰς ἰδιαιζούσας μεταλλουργικὰς του ιδιότητας. Εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν πυρακτώσεως ὁ γ - σιδήρος χάρις εἰς τὸ ὀλοεδρικῶς κεντρωμένον πλέγμα του εἶναι κατ' ἐξοχὴν εὐπλαστός καὶ ἐλατός, ἐνῶ εἰς τὴν χαμηλὴν θερμοκρασίαν τὸ ἐνδοκεντρωμένον πλέγμα τοῦ α - σιδήρου τὸν καθιστᾷ σκληρόν. Εἰς τοὺς μεικτοὺς κρυστάλλους διὰ παρεμβολῆς, οἱ ὁποῖοι προσδίδουν εἰς τὸν χάλυβα τὴν μεγάλην σκληρότητα, ἡ παρεμβολὴ τῶν ατόμων τοῦ C εἰς τὰ κενὰ τοῦ πλέγματος ἐμποδίζει τὴν ὀλισθήσιν καὶ καθιστᾷ τοὺς μεικτοὺς κρυστάλλους σκληροὺς. Ἡ διαφορὰ πλαστικότητος τοῦ F - κυβικοῦ καὶ τοῦ πλέγματος

τοῦ τύπου Zn παρὰ τὴν συμπαγῇ ἐξαγωνικὴν συσσωμάτωσιν ἀμφοτέρων ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ ὅτι εἰς τὸ κυβικὸν πλέγμα ὑπάρχουν τέσσαρες δυνατότητες ὀλισθήσεως καθέτως πρὸς τοὺς τέσσαρας ἄξονας Λ^3 , ἐνῶ εἰς τὸ πλέγμα τοῦ Zn μία τοιαύτη δυνατότης ὑπάρχει, καθέτως πρὸς τὸν Λ^6 . Ἀξιοσημείωτος εἶναι ἡ συμπεριφορὰ ὡς πρὸς τὴν ἔλξιν σύρματος Zn ἀποτελουμένου ἐξ ἐνὸς μόνον κρυστάλλου, τοῦ ὁποίου ὁ ἄξων Λ^6 συμπίπτει πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σύρματος. Τοιαύτη μονοκρυσταλλικὴ ράβδος τομῆς $1,57 \text{ cm}^2$ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τείνοντος βάρους 120 γραμ. εἰς συνήθη θερμοκρασίαν ὑπέστη ἐπιμήκυνσιν ὑπερεξαπλασίαν τοῦ ἀρχικοῦ τῆς μήκους (620%) καὶ τελικῶς διερράγη, ἐνῶ ἡ ρῆξις σύρματος πολυκρυσταλλικοῦ ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας ἀπαιτεῖ βάρος ἑκατονταπλάσιον. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ συνδέεται πρὸς τὴν ὀλισθήσιν κατὰ τὰ ἐπίπεδα (0001), ὡς δεικνύει τὸ σχ. 431. Ὁ ἀρχικὸς κύλινδρος συνεπιείχθη ὀλισθήσεως μετατρέπεται εἰς ταινίαν τοῦ αὐτοῦ πλάτους πρὸς τὸ ἀρχικὸν πλάτος τοῦ κυλίνδρου καθισταμένην ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον λεπτοτέραν διὰ τῆς ἐπιμήκυνσεως.



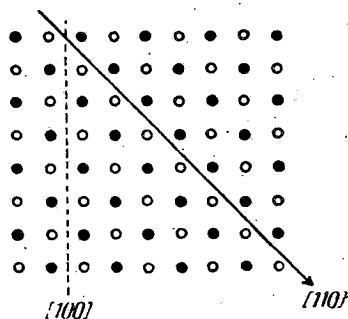
Σχ. 431

Ὑπόδειγμα ἐπιμήκυνσεως μονοκρυσταλλικοῦ σύρματος ψευδαργύρου δι' ὀλισθήσεως κατὰ (0001)

Κατὰ τὴν ἔλασιν μεταλλικῶν τεμαχίων Al , Cu , Ag , Au τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα (110), τείνουν νὰ καταστοῦν παράλληλα πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ ἐλάσματος καὶ ὁ (111) παράλληλος πρὸς τὴν διεύθυνσιν ἐλάσεως. Τὰ φαινόμενα προσανατολισμοῦ τῶν μικρῶν κρυστάλλων πολυκρυσταλλικοῦ συσσωματώματος ἐμελετήθησαν ἐπιτυχῶς μὲ διαγράμματα διὰ τῶν ἀκτίνων X . Παρετηρήθη ὅτι, ἂν κρύσταλλος ὑποστῇ ὑπὸ ἐπίδρασιν ὠρισμένης δυνάμεως παραμόρφωσιν, ἵνα προκληθῇ νέα παραμόρφωσις κατὰ τὸ αὐτὸ ποσόν, ἀπαιτεῖται νὰ ἐπιδράσῃ δύναμις μεγαλύτερα τῆς ἀρχικῆς, ὁ κρύσταλλος διὰ τῆς παραμορφώσεως ὑπέστη μείωσιν τῆς πλαστικότητος («στερέωσιν») ὡς λέγεται. Ἡ στερέωσις ἐρμηνεύεται ὡς ἀποτέλεσμα διαστροφῶν, τὰς ὁποίας ὑπέστη τὸ πλέγμα κατὰ τὴν πρώτην παραμόρφωσιν λ.χ. κάμψεων περὶ ἄξονα κάθετον

πρὸς τὴν διεύθυνσιν ὀλισθήσεως, αἵτινες δυσχεραίνουν τὴν περαιτέρω ὀλισθήσιν.

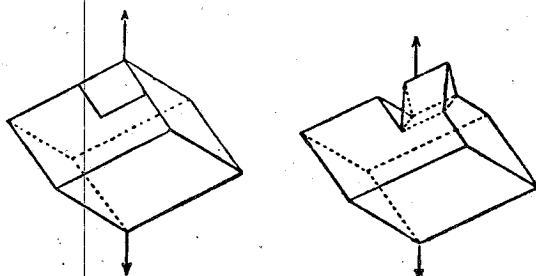
Ὁλισθήσις δὲν παρουσιάζεται μόνον εἰς τὰ μέταλλα, ἀλλὰ καὶ εἰς πλέγματα ἄλλου τύπου συνδέσεως ἡ.χ. ἰοντικά. Εἰς τὸ πλέγμα τοῦ NaCl ἐπίπεδα ὀλισθήσεως εἶναι τὰ (110) μὲ διεύθυνσιν [110] (σχ. 432). Παραλλήλως πρὸς (110)



Σχ. 432

Διεύθυνσις ὀλισθήσεως εἰς πλέγμα NaCl

διαδέχονται ἄλληλα δικτυωτὰ ἐπίπεδα ὁμοιομόρφως φορτισμένα ἐναλλάξ μὲ κατιόντα καὶ ἀνιόντα, ἡ δὲ ὀλισθήσις κατὰ [110] διατηρεῖ τὴν ὁμογένειαν τοῦ πλέγματος, ἐνῷ ὀλισθήσις κατὰ (100) θὰ φέρῃ ἀπέναντι ἀλλήλων ὁμωνύμως ἠλεκτρισμένα ἰόντα καὶ συνεπεία τῆς ἀμοιβαίας ὤσεως ὁ κρύσταλλος θὰ ἀποχωρισθῇ κατὰ ἐπίπεδον (100). Οὕτω ἐξηγεῖται κατὰ τὸν Stark ὁ σχισμὸς τοῦ NaCl κατὰ (100).

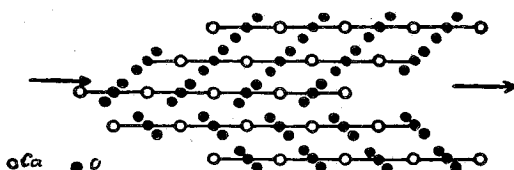


Σχ. 433

Διδυμία δι' ὀλισθήσεως εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον

Ἐνῷ εἰς τὴν ἀνωτέρω περιγραφεῖσαν ὀλισθήσιν διατηρεῖται ἡ ὁμογένεια τοῦ πλέγματος παρατηρήθησαν καὶ περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας τὸ ὀλισθῆσαν τμήμα τοῦ κρυστάλλου λαμβάνει θέσιν διδυμίας πρὸς τὸ υπόλοιπον. Τοιαύτην διδυμίαν δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον. Ἐὰν στηρίζωμεν τὴν αἴχμην μαχαίριδιου καθέτως ἐπὶ τῆς ἀκμῆς τοῦ ρομβοέδρου

καὶ ὠθήσωμεν τὴν λεπίδα πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος Λ^3 , ἐπιτυγχάνεται εὐχερῶς ὀλισθησις τῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων καὶ τὸ ὀλισθήσαν τμήμα λαμβάνει θέσιν διδυμίας κατὰ (0112) (σχ. 433). Τὰ διαδοχικὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα ὀλισθησαν κατὰ ποσὸν ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀπόστασιν αὐτῶν ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου διδυμίας. Διὰ πίεσεως κατ' ἀντίθετον φορὰν τὸ εἰς θέσιν διδυμίας ἀχθὲν τμήμα ἐπαναφέρεται εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν χωρὶς νὰ καταστραφῇ ἡ συνοχὴ τῶν ὀλισθαίνοντων ἐπιπέδων πρὸς ἄλληλα. Τοιαῦται περιπτώσεις διδυμίας δι' ὀλισθήσεως παρατηροῦνται εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς μαρμάρου, τὸ ὁποῖον ὑπέστη εἰς τὸ κοίτησμά του πίεσιν συνεπείᾳ τεκτονικῶν αἰτίων. Τὸ σχῆμα 434



Σχ. 434

Ἑρμηνεία τεχνητῆς διδυμίας ισλανδικῆς κρυστάλλου κατὰ Ewald

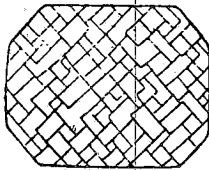
παριστῶν προβολὴν τοῦ πλέγματος τοῦ CaCO_3 ἐπὶ ἐπιπέδου καθέτου πρὸς τὸ ἐπίπεδον διδυμίας παρέχει κατὰ Ewald τὴν ἐρμηνείαν τοῦ μηχανισμοῦ τοῦ φαινομένου. Αἱ ομάδες CO_3 , μετὸν προσανατολισμὸν τὸν ὁποῖον λαμβάνει τὸ ἐπίπεδόν των, ἐνεργοῦν ὡς ἐμπόδια, τὰ ὁποῖα στερεώνουν τὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα κατὰ τὴν μίαν ἢ τὴν ἄλλην διεύθυνσιν.

85. Διάρρηξις, Σχισμὸς Ἐὰν ἡ ἑλξὶς ἢ ἀσκουμένη ἐπὶ πρισματικῆς ράβδου τοῦ κρυστάλλου ὑπερβῇ τὰ ὅρια ἀντοχῆς αὐτοῦ, ἐπέρχεται διάρρηξις κατ' ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς ἕδραν τοῦ κρυστάλλου μετὰ δείκτας ἀπλοῦς. Τὸ θεωρητικῶς ὑπολογιζόμενον διὰ τὸ NaCl ὅριον ἀντοχῆς εἰς τεῖνον βάρος εἶναι $2,10 \cdot 10^{10}$ dynes/cm², ἐνῶ ἡ παρατήρησις δίδει $5,31 \cdot 10^7$ dynes/cm², ἥτοι 400 περίπου φορὰς μικρότερον. Ἡ μεγάλη αὕτὴ διαφορά ἀποδίδεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ἡ πραγματικὴ δομὴ τοῦ κρυστάλλου ἀπομακρύνεται σημαντικὰ ἀπὸ τὴν θεωρητικὴν τοῦ ἰδεωδῶς ὁμογενοῦς πλέγματος. Ἐντὸς τοῦ πραγματικοῦ κρυστάλλου ὑπάρχουν ἀτέλειαι κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν αὐτοῦ, κοιλότητες, ρήγματα ἢ ἀνωμαλίας μικροσκοπικῶν διαστάσεων, αἱ ὁποῖαι ὑποβιάζουν εἰς μέγαν βαθμὸν τὴν ἀντοχὴν τοῦ κρυστάλλου εἰς τὴν ἄμεσον γειτονίαν των. Ὅταν ἡ τάσις φθάσῃ τὸ ἡλαττωμένον τοῦτο ὅριον ἀντοχῆς, ἡ ἀνομογένεια διευρύνεται καὶ ἐπεκτείνεται ἢ ρήξις ἐφ' ὁλοκλήρου τοῦ κρυστάλλου.

Διὰ μηχανικῆς ἐπιδράσεως ἐπὶ κρυστάλλου (κρούσεως, πίεσεως κ.λ.π.) συνήθως ἐπέρχεται ἀποχωρισμὸς αὐτοῦ κατ' ἐπιφάνειαν ἐπίπεδον μετὰ δείκτας λίαν ἀπλοῦς. Τὸ φαινόμενον καλεῖται σχισμὸς καὶ τὰ δι' αὐτοῦ προκύπτοντα ἐπίπεδα σχισμογενῆ. Εἰς τὸ NaCl ὁ σχισμὸς τελεῖται κατὰ ἕδρας (100).

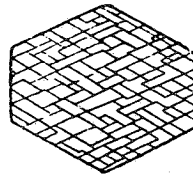
Επανάληψις τοῦ σχισμοῦ δι' ὅλας τὰς ὁμοτίμους ἑδρας (100), (010), (001) δίδει σχῆμα ἐξάεδρον περατούμενον ἀπὸ σχισμογενεῖς ἑδρας τὸ σχισμογενὲς σχῆμα. Ὅταν αἱ σχισμογενεῖς ἑδραι εἶναι τέλεια ἐπίπεδα, ὡς εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον, τὸ ὄρυκτὸν ἄλας, τὸν μαρμαρυγίαν, ὁ σχισμὸς καλεῖται τελειότατος. Διακρίνονται καὶ ἄλλαι διαβαθμίσεις τέλειος, καλός, σαφής, μετρίως καλός, ἀτελής.

Πολλὰ ὄρυκτὰ παρουσιάζουν σαφῇ σχισμὸν καθ' ὠρισμένας διευθύνσεις ἀποτελοῦντα ἓνα ἀπὸ τὰ οὐσιωδέστερα χαρακτηριστικὰ τοῦ σώματος διὰ τὴν διάγνωσιν αὐτοῦ. Ὁ σχισμὸς ἐμφανίζεται καὶ εἰς μικροσκοπικὰς τομάς, ὡς σύστημα παραλλήλων εὐθειῶν, τῶν σχισμογενῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι τομαὶ τῶν σχισμογενῶν ἐπιπέδων ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ πλακιδίου. Δι' ὠρισμένα ὄρυκτὰ, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ σχισμογενῆ ἐπίπεδα τέμνονται ὑπὸ ὠρισμένην γωνίαν, αἱ σχισμογενεῖς γραμμαὶ εἰς τομάς των καθέτους πρὸς τὰ σχισμογενῆ ἐπίπεδα παρέχουν χαρακτηριστικὴν εἰκόνα, ἥτις καὶ μόνη ἀρκεῖ διὰ τὴν διάγνωσιν τοῦ ὄρυκτοῦ. Οὕτως ὅλα τὰ ὄρυκτὰ τῆς ὁμάδος τῶν πυροξένων, ἄλλα ρομβικῆς καὶ ἄλλα μονοκλινεῖς συμμετρίας, ἔχουν σχισμὸν τέλειον κατὰ ἑδρας (110) ὑπὸ γωνίαν 87° περίπου. Τομὴ κάθετος πρὸς τὸν ἄξονα c δεικνύει πολυαριθμούς σχισμογενεῖς εὐθείας παραλλήλους πρὸς τὰς περατωτικὰς γραμμάς τῶν ἑδρῶν (110) (σχ. 435). Εἰς τὰ ὄρυκτὰ τῆς ὁμάδος τῶν ἀμφιβόλων συνήθη ὡς συστατικὰ πετρωμάτων, ὅπως καὶ οἱ πυρόξενοι, παρουσιάζεται τέλειος σχισμὸς ἐπίσης κατὰ (110) μὲ γωνίαν 124° (σχ. 436).



Σχ. 435

Σχισμὸς πυροξένων κατὰ (110)



Σχ. 436

Σχισμὸς ἀμφιβόλων κατὰ (110)



Πολλὰ σώματα δὲν δεικνύουν σχισμὸν. Παράδειγμα ὁ χαλαζίας, ὅστις θραύεται κατ' ἐπιφανείας καμπύλας φερούσας διαδοχικὰς καμπύλας γραμμάς ὁμοίας πρὸς τὴν κόγχην ὀστρέων (θραυσμὸς κογχώδης). Παραδείγματα συνήθη ὄρυκτῶν μὲ τέλειον καὶ σαφῇ σχισμὸν παραθέτομεν κατωτέρω:

Τρικλινὲς σύστημα:

Πλαγιόκλαστα τέλειος (010), (001).

Διοθενὲς τέλειος (100).

Μονοκλινὲς σύστημα:

Λίαν τέλειος κατὰ (001) εἰς φυλλομόρφου δομῆς πυριτικὰ ὄρυκτὰ μαρμαρυγίας, χλωρίτας, τάληκην.

Γύψος λίαν τέλειος (010), ἐπίδοτον (001) τέλειος,

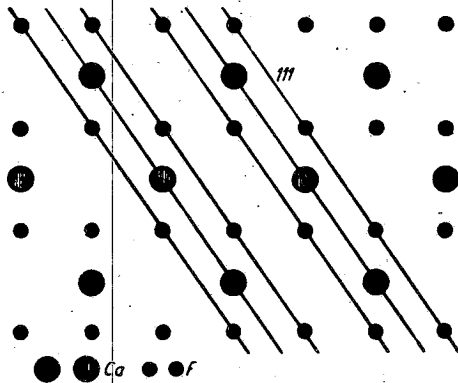
- (100) σαφής. Πυρόξενοι καὶ ἀμφίβολοι τέλειος (110).
- Ρομβικὸν σύστημα: Τοπάζιον (001) σαφής, ἀνυδρίτης σαφής κατὰ (100) (001), ἀραγωνίτης, σαφής κατὰ (010).
- Τριγωνικὸν σύστημα: Ἀσβεστίτης καὶ ἄλλατα τῆς ὁμάδος τοῦ τέλειος (10 $\bar{1}$ 1).
- Ἐξαγωνικὸν σύστημα: Βήρυλλος (0001), ἀπατίτης (0001) καὶ (10 $\bar{1}$ 0) ἀσαφής. Γραφίτης (0001) λίαν τέλειος.
- Τετραγωνικὸν σύστημα: Ἀποφυλλίτης λίαν τέλειος (001), ἀνατάσης (001) καὶ (111), ρουτίλιον (100), (110).
- Κυβικὸν σύστημα: Λίαν τέλειος κατὰ (100), γαληνίτης, ὀρυκτὸν ἄλας, συλβίνης. Λίαν τέλειος κατὰ (111) ἀδάμας, φθορίτης. Λίαν τέλειος κατὰ (110) σφαλερίτης.

Ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πίνακος ὁ σχισμὸς γίνεται κατὰ ἔδρας θεμελιώδεις, σχισμογενεῖς ἔδραι μὲ δείκτας (hk0) ἢ (hkl) εἶναι σπανιώταται ἢ σχεδὸν ἐλλείπουσι. Τὸ γεγονός αὐτὸ καθιστᾷ τὸ φαινόμενον τοῦ σχισμοῦ ἰδιαίτερώς ἐνδιαφέρον. Εἰς περίπτωσιν καθ' ἣν ὁ κρύσταλλος δὲν παρουσιάζει τὸ ἐξωτερικὸν πολυεδρικὸν σχῆμα, ἡ παρουσία σχισμογενῶν ἐπιπέδων ἢ σχισμογενῶν γραμμῶν εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς παρέχει κατευθύνσεις κρυσταλλογραφικοῦ προσανατολισμοῦ.

Ἐὰν ὁμότιμοι κρυσταλλογραφικαὶ κατευθύνσεις ταυτίζονται πρὸς σχισμογενεῖς ἔδρας, αἱ ἔδραι αὗται εἶναι τελείως ὅμοιαι ἀπὸ ἀπόψεως ἰδιοτήτων καὶ ποιότητος σχισμοῦ, ἔδρῶν ὅχι ὁμοτίμων ὁ σχισμὸς παρουσιάζει διαφορὰν κατὰ ποιόν. Οὕτως ὁ ἀνυδρίτης κρυσταλλούμενος εἰς τὸ ρομβικὸν σύστημα σχίζεται κατὰ τρία κάθετα ἐπ' ἄλληλα ἐπίπεδα, τὰ τρία πινακοειδῆ (100), (010), (001), ἀλλὰ μὲ διάφορον βαθμὸν τελειότητος, ὥστε ἡ σύγχυσις πρὸς ἐξαεδρικὸν σχισμὸν τοῦ κυβικοῦ νὰ ἀποκλείεται.

Τὸ γεγονός ὅτι τὰ σχισμογενῆ ἐπίπεδα ταυτίζονται πρὸς ἐπίπεδα τοῦ θεμελιώδους σχήματος ἤγαγε τὸν Bravais εἰς τὴν ἐκδοχὴν ὅτι τὰ σχισμογενῆ ἐπίπεδα συμπίπτουν πρὸς τὰ ἔχοντα τὴν μεγαλύτεραν πυκνότητά δικτυωτὰ ἐπίπεδα τοῦ πλέγματος μετατοπίσεων. Αἱ μεταξὺ τῶν ἐπιπέδων τούτων ἀποστάσεις εἶναι αἱ μεγαλύτεραι, ἐπομένως ἀναμένεται αἱ συνδέουσαι αὐτὰ πρὸς ἄλληλα δυνάμεις νὰ ἔχουν τὴν μικροτέραν τιμὴν. Εἰς τὸ πλέγμα τοῦ ἀδάμαντος, τοῦ ὁποίου τὰ ἄτομα συνδέονται ὁμοιοπολικῶς, ὁ σχισμὸς τελεῖται κατὰ ἔδρας (111), αἱ ὁποῖαι συμπίπτουν πρὸς τὰ πυκνότερα εἰς ὕλην δικτυωτὰ ἐπίπεδα. Ἡ συνθήκη ὅμως αὕτη δὲν ἰσχύει διὰ τὰς ἑτεροπολικὰς ἐνώσεις. Οὕτω τοῦ NaCl τὸ πλέγμα μετατοπίσεων εἶναι ὁλοεδρικῶς κεντρωμένον καὶ θὰ ἐδικαιολόγῃ κατὰ Bravais σχισμὸν (111), ἐνῶ τὸ σῶμα τοῦτο σχίζεται κατὰ (100). Εἰς τὰς ἑτεροπολικὰς ἐνώσεις ἡ κατανομή τῶν ἰόντων ἐντὸς τῆς κυψελίδος καὶ αἱ μεταξὺ αὐτῶν ἑλκτικαὶ δυνάμεις εἶναι ὥς πρὸς τὸν σχισμὸν παράγον-

τες πολὺ οὐσιωδέστεροι ἀπὸ τὸ πλέγμα μετατοπίσεων. Προκειμένου περὶ τοῦ NaCl ἡ ἐρμηνεία τοῦ σχισμοῦ ἡ δοθεῖσα ὑπὸ τοῦ Stark εἶναι εὐλογοφανής. Ἡ αὐτὴ ἐρμηνεία δύναται νὰ ἰσχύσῃ καὶ διὰ τὸν σχισμὸν τοῦ φθορίτου κατὰ (111). Παρὰλλήλως πρὸς τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν διαδέχονται ἀλλήλας ἐντὸς τοῦ πλέγματος ἀνὰ ἴσας ἀποστάσεις δεσμίδες ἐκ τριῶν δικτυωτῶν ἐπιπέδων, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μεσαῖον κατέχεται ἀπὸ κατιόντα Ca^{2+} , τὰ ἐκατέρωθεν αὐτοῦ ὑπὸ ἀνιόντων F^- (σχ. 437). Μετατόπισις τῶν δεσμίδων κατὰ τὴν κροῦσιν



Σχ. 437

Ἑρμηνεία τοῦ σχισμοῦ τοῦ φθορίτου κατὰ Stark

θὰ ἔφερεν ἐγγύτατα ἀλλήλων ἀνιόντα F^- καὶ ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἄπωση θὰ προεκάλεε τὸν σχισμὸν. Ὁ Jagodzinski θεωρεῖ τὴν ἐρμηνείαν τοῦ σχισμοῦ κατὰ τὸν Stark ἀνεπαρκῆ διότι ὁ μηχανισμὸς αὐτῆς θὰ ἀπῆτει νὰ ὑπερνικηθῇ ὑψηλὴ τιμὴ δυναμικοῦ. Κατ' αὐτὸν διὰ τὰς ἑτεροπολικὰς ἐνώσεις βασικὴ προϋπόθεσις διὰ τὰ δυνατὰ σχισμογενῆ ἐπίπεδα εἶναι τὰ δι' αὐτῶν ἀποχωριζόμενα σχισμογενῆ τμήματα νὰ παραμένουν ἀμφοτέρα ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα. Πρὸς τοῦτο πρέπει τὰ ἐπιφανειακὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα νὰ καλύπτονται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μὲ ἰόντα. Συμφώνως πρὸς τὴν συνθήκην αὐτὴν προτιμητέα ὡς σχισμογενῆ ἐπίπεδα πρέπει νὰ εἶναι ἐπίπεδα κατοπτρισμοῦ ἢ ὀλισθήσεως ἢ κατὰ διαδοχικὰ δικτυωτὰ ἐπίπεδα φορτισμένα μὲ τὸ αὐτὸ εἶδος ἰόντων. Αἱ ὡς ἄνω δυσκολαὶ ἐρμηνείαι τοῦ σχισμοῦ βάσει τῆς δομῆς ἀνακύπτουν ἐπὶ ἑτεροπολικῶν πλεγμάτων μὲ ἰσόμετρον διάταξιν τῶν ἰόντων. Εἰς πλέγματα μὲ διαφορὰς ἀποστάσεων τῶν δικτυωτῶν αὐτῶν ἐπιπέδων πολὺ μεγάλας ὡς εἰς τὰ στοιβαδόμορφα (CaI_2 , γραφίτης, φυλλόμορφα πυριτικά) ὁ σχισμὸς τελεῖται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς φυλλομόρφου ἀναπτύξεως δικαιολογούμενος ἀμέσως ἐκ τῆς δομῆς. Ἐπίσης ἐρμηνεύσιμος εἶναι καὶ ὁ σχισμὸς τῶν ἰνομόρφων πυριτικῶν (πυρόξενοι, ἀμφίβολοι) τελούμενος παρὰλλήλως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀτερμῶν ἀλύσεων. Προκειμένου περὶ ἐνώσεων μὲ μεικτὴν σύνδεσιν

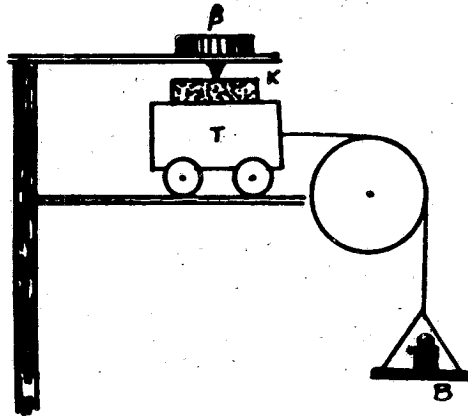
ἡ πρόβλεψις τοῦ σχισμοῦ των δὲν εἶναι δυνατή. Ὁ σφαλερίτης ἔχει τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς τύπον πλέγματος μὲ τὸν ἀδάμαντα καὶ ὑπετίθετο ὅτι ἡ σύνδεσις τῶν ἀτόμων του εἶναι ἐπίσης ὁμοιοπολική. Τὸ γεγονός ὅτι δὲν σχίζεται ὡς ὁ ἀδάμας κατὰ (111) ἀλλὰ κατὰ (110) ὑποβάλλει τὴν ἐκδοχὴν ὅτι ἡ σύνδεσις του ἔχει ἐν μέρει τοῦλάχιστον ὁμοιοπολικὸν χαρακτῆρα.

86. Σκληρότης. Ἄλλη ιδιότης τῶν σωμάτων, ὀφειλομένη εἰς τὰς δυνάμεις αἱ ὁποῖαι συνδέουν τὰ ἀποτελοῦντα αὐτὰ ἄτομα, εἶναι ἡ σκληρότης. Ὑπάρχουν σώματα λίαν σκληρά, ἀπὸ τὰ ὁποῖα λίαν δυσκόλως ἀποσπῶνται τεμάχια ὕλης διὰ διαρρηξέως καὶ ἄλλα λίαν μαλακά, τὰ ὁποῖα εὐχερέστατα χαράσσονται. Ἀκριβὴς ὁρισμὸς τῆς σκληρότητος ἀπὸ μηχανικῆς ἀπόψεως δὲν δύναται νὰ δοθῇ, αἱ διάφοροι μέθοδοι ἀκριβοῦς μετρήσεως τῆς σκληρότητος στηρίζονται εἰς διάφορον τρόπον ἐπιδράσεως ἐπὶ τοῦ δοκιμαζομένου σώματος, δι' ὃ καὶ ἡ σύγκρισις τῶν ἀποτελεσμάτων τῶν μετρήσεων κατὰ διαφόρους μεθόδους δίδει τιμὰς μὴ συμφωνούσας. Ἡ σκληρότης εἶναι μία ἀπὸ τὰς κυριωτέρας ιδιότητας, βάσει τῶν ὁποίων γίνεται ἡ πρόχειρος διάγνωσις πολλῶν ὀρυκτῶν. Διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν προσδιορίζεται ὁ βαθμὸς σκληρότητος τοῦ ὀρυκτοῦ διὰ δοκιμῆς μὲ τὰ ὀρυκτὰ τῆς σκληρομετρικῆς κλίμακος τοῦ Mohs. Ἡ κλίμαξ αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ ἐξῆς 10 ὀρυκτὰ διατεταγμένα κατὰ σειρὰν αὐξούσης σκληρότητος: 1) Τάλκης, 2) Γύψος, 3) Ἀσβεστίτης, 4) Φθορίτης, 5) Ἀπατίτης, 6) Ἀστριος, 7) Χαλαζίας, 8) Τοπάzion, 9) Κορούνδιον, 10) Ἀδάμας. Ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἑδρας τοῦ ὑπὸ ἐξέτασιν ὀρυκτοῦ δοκιμαζομένου τὰ διάφορα ὀρυκτὰ τῆς κλίμακος κατὰ σειρὰν, μέχρις ὅτου εὗρωμεν τὸ πρῶτον ὀρυκτὸν τῆς κλίμακος, τὸ ὁποῖον θὰ χαράσῃ τὸ ἐξεταζόμενον συρόμενον ἐπ' αὐτοῦ, ἐνῶ τὸ ἀμέσως προηγούμενόν του ἐχαράσσετο. Ἡ σκληρότης τοῦ ὀρυκτοῦ θὰ εὐρίσκειται μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν βαθμῶν. Προχειρότερον ἐξετάζεται ἡ σκληρότης μὲ τὸν ὄνυχα, τεμάχιον ὕαλου ἢ μαχαιρίδιον. Τὰ ὀρυκτὰ βαθμοῦ σκληρότητος 1 καὶ 2 χαράσσονται μὲ τὸν ὄνυχα, τὰ 3, 4, 5 μέχρι 5½ μὲ τὸ μαχαιρίδιον. Τοῦ βαθμοῦ 6 δὲν χαράσσεται μὲ τὸ μαχαιρίδιον, ἀλλὰ δὲν χαράσσει καὶ τὴν ὕαλον. Ἀπὸ τοῦ βαθμοῦ 7 καὶ ἄνω ἡ ὕαλος χαράσσεται. Ἐκ τῆς καταβαλλομένης διὰ τὴν χάραξιν δυνάμεως ἐκτιμᾶται ὁ βαθμὸς σκληρότητος διὰ τῶν ἄνω προχείρων μέσων ἄνευ κλίμακος. Οἱ βαθμοὶ τῆς σκληρομετρικῆς κλίμακος δὲν ἀντιπροσωπεύουν τὰς πραγματικὰς σχέσεις σκληρότητος τῶν ὀρυκτῶν τῆς, τὰ ὁποῖα ἐξελέγησαν κατὰ τρόπον αὐθαίρετον μεταξὺ ὀρυκτῶν ἐκ τῶν μᾶλλον συνήθων. Αἱ πραγματικαὶ σχέσεις σκληρότητος (κατὰ τὴν μέθοδον Rosiwal) εἶναι αἱ ἐξῆς:

Τάλκης $\frac{1}{33}$, γύψος $\frac{5}{4}$, ἀσβεστίτης $\frac{9}{2}$, φθορίτης 5, ἀπατίτης $\frac{13}{2}$, ἄστριος 37, χαλαζίας 120, τοπάzion 175, κορούνδιον 1000, ἀδάμας 140.000.

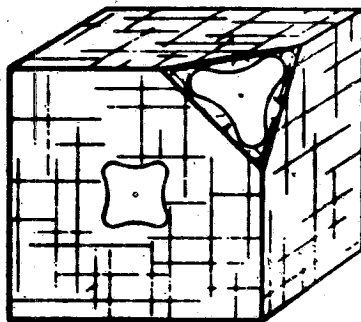
Ἀκριβέστεραι μετρήσεις τῆς σκληρότητος γίνονται μὲ εἰδικὸν ὄργανον τὸ σκληρόμετρον (σχ. 438). Ἡ κρυσταλλικὴ ἑδρα, ἐπὶ τῆς ὁποίας γίνεται ἡ μέτρησις, εὐρίσκειται εἰς ἐπαφὴν μὲ ἀκμὴν κρυστάλλου ἀδάμαντος στερεωμένου

εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ καὶ πιεζομένου ἄνωθεν μὲ βάρος μεταβαλλόμενον. Ὁ κρύσταλλος τοῦ ἐξεταζομένου σώματος εἶναι στερεωμένος ἐπὶ τραπέζης T κινητῆς ἐπὶ τροχῶν διὰ τοῦ βάρους B . Ἡ σκληρότης μετρεῖται μὲ τὸ βάρος β , τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται νὰ τεθῇ ἐπὶ τῆς χαρασσούσης τὸν κρύσταλλον ἀκμῆς,



Σχ. 438
Σκληρόμετρον

διὰ νὰ γίνῃ αἰσθητὴ χαραγὴ. Μετρήσεις τῆς σκληρότητος κατὰ διαφόρους διευθύνσεις ἐπὶ κρυσταλλικῆς ἑδρας δίδουν τιμὰς διαφορετικὰς, ἀλλὰ καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθεΐαν ἀντίθετοι κατευθύνσεις δευκνύουν διάφορον σκληρότητα.



Σχ. 439
Καμπύλαι σκληρότητος ἐπὶ τῶν ἑδρῶν (100) καὶ (111) τοῦ NaCl κατὰ Exner

Αἱ καμπύλαι σκληρότητος, αἱ ὁποῖαι σχεδιάζονται ἀγομένων κατὰ διαφόρους διευθύνσεις ἀνυσμάτων ἀναλόγων πρὸς τὴν μετρηθεῖσαν σκληρότητα, παρουσιάζουν συμμετρίαν σύμφωνα πρὸς τὴν τῆς κρυσταλλικῆς ἑδρας (σχ. 439). Ἡ διαφορὰ σκληρότητος κατὰ διαφόρους κατευθύνσεις ἐπὶ τῆς αὐτῆς κρυ-

σταλλικῆς ἔδρας εἶναι ἐνίοτε αἰσθητὴ καὶ διὰ μετρήσεως μὲ τὴν κλίμακα τοῦ Mohs. Ὁ διαθενῆς (AlAlOSiO_4) κρυσταλλούμενος εἰς τὸ τρικλινὲς σύστημα δεικνύει ἐπὶ (100) παραλλήλως πρὸς [001], σκληρότητα 5, καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν σκληρότητα 7, ἐντεῦθεν καὶ τὸ ὄνομα τοῦ ὀρυκτοῦ (δύο σθένη). Αἱ τιμαὶ τῆς σκληρότητος δεικνύουν ὠρισμένας κανονικότητας ἐν σχέσει πρὸς τὸν σχισμὸν. Κρυστάλλοι μὲ τέλειον σχισμὸν κατὰ μίαν μόνον διεύθυνσιν δὲν δεικνύουν συνήθως διάφορὰς σκληρότητος ἐπὶ τῶν σχισμογενῶν ἑδρῶν. Ἡ σκληρότης ἐπὶ σχισμογενῶν ἑδρῶν εἶναι ἐλαχίστη, ἐπὶ ἑδρῶν καθέτων πρὸς αὐτάς μεγίστη, ἐπὶ ἑδρῶν λοξῶν πρὸς τὰ ἐπίπεδα σχισμοῦ ἡ σκληρότης εἶναι μεγλυτέρα κατὰ τὴν φορὰν ἀπὸ τῆς ὀξείας γωνίας ἔδρας καὶ σχισμοῦ πρὸς τὴν ἀμβλεῖαν (σχ. 440). Κατὰ μίαν ἄλλην μέθοδον εἰσαχθεῖσαν



Σχ. 440

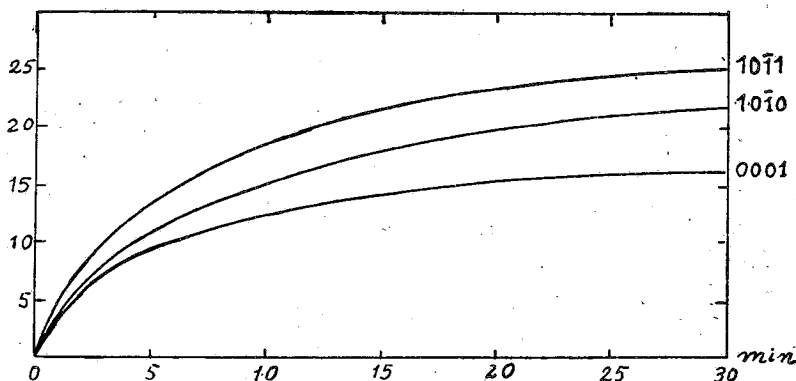
Ἡ σκληρότης ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἔδρας εἶναι διάφορος κατ' ἀντιθέτους φορὰς

ὑπὸ τοῦ Rosiwal προστρίβεται μία κρυσταλλικὴ ἔδρα μὲ ζυγισθεῖσαν ποσότητα λειαντικῆς κόψεως ἀνθρακοπυριτίου (SiC), μέχρις ὅτου ἐξαντληθῇ ἡ λειαντικὴ τῆς ικανότης λόγω σμικρύνσεως τῶν κόκκων, καὶ εὐρίσκεται ἡ εἰς βάρος ἀπώλεια τοῦ κρυστάλλου. Αἱ καμπύλαι τοῦ σχήματος 441 παρέχουν τὴν ἀπώλειαν αὐτὴν συναρτήσει τοῦ χρόνου διὰ διαφόρους ἔδρας τοῦ χαλαζίου. Σύγκρισις τῆς σκληρότητος σωμάτων τοῦ αὐτοῦ τύπου δομῆς δεικνύουν, ὡς ἀνεμένετο, καταφανῆ ἐξάρτησιν τῆς τιμῆς τῆς ἐκ τοῦ σθένους τῶν ἰόντων καὶ τῶν ἀπ' ἄλλῶν ἀποστάσεων, ὡς φαίνεται εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα.

	CaO	CaS	CaSe	CaTe	NaF	MgO	ScN	TiC	LiCl	SrO	LiBr	MgSe
Ἀπόστασις	2,40	2,84	2,96	3,17	2,31	2,10	2,23	2,23	2,57	2,57	2,75	2,73
σκληρότης	4,5	4	3,2	2,9	3,2	6,5	7,8	8,9	3,3	3,5	2,5	3,5

87. Λεϊάνσις καὶ στίλβωσις, Στρώμα Beilby. Κατὰ τὴν λείανσιν σώματος διὰ προστριβῆς ἐπὶ ἐπιπέδου πλακοῦ μεταλλικῆς ἢ ὑαλίνης μὲ λεπτὴν λειαντικὴν κόνιν (σμύριδος ἢ ἀνθρακοπυριτίου) ἀποσπῶνται τεμάχια τοῦ σώματος καὶ αἱ μικροσκοπικαὶ ἀνωμαλίας τῆς ἐπιφανείας του ἰσοπεδοῦνται. Ἐξέτασις τῆς λειανθείσης ἐπιφανείας διὰ μικροσκοπίου ὑπὸ ἰσχυρὰν μεγέθυνσιν δεικνύει ἐπ' αὐτῆς αὐλακας, αἱ ὁποῖαι προέκυψαν δι' ἀποσπάσεως ὕλικου ὑπὸ τῶν κόκκων τῆς σμύριδος. Κατοπτρικὴ στίλβωσις ἐπιτυγχάνεται

διὰ προστριβῆς τῆς λειανθείσης ἐπιφανείας ἐπὶ τεμαχίου δέρματος ἢ ὑφάσματος με λεπτομερεστάτην κόνιν ὀξειδίου χρωμίου ἢ αἱματίτου. Εἰς μικροσκοπικὴν ἐξέτασιν ἡ στιλβωθείσα ἐπιφάνεια δὲν παρουσιάζει πλέον τὰς ἀλλαγὰς.



Σχ. 441

Διαφορὰ σκληρότητος ἐδῶν χαλᾶζιόν κατὰ τὴν μέθοδον Rosiwal

Διὰ τῆς στιλβώσεως ἐσχηματίσθη ἐπὶ τοῦ σώματος λεπτότατον στρώμα διὰ μετατοπίσεως τῶν μορίων του, τὸ ὁποῖον ἐκάλυψε τὰς μικροσκοπικὰς ἀνωμαλίας ἐν εἵδει ἐπιδερμίδος πάχους 0,5-1 μ. Τὸ στρώμα τοῦτο ἐκλήθη στρώμα Beilby, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ πρώτου ὑποδείξαντος τὴν ὑπαρξίν του καὶ μελετήσαντος αὐτό. Ἡ ὕλη ἐν αὐτῷ εὐρίσκεται εἰς ἄμορφον κατάστασιν, ὅπως δεικνύει ἡ ἐξέτασίς του με καθοδικὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι, ἐπειδὴ δὲν εἰσχωροῦσιν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς ὕλης, ἐνδείκνυνται διὰ τὴν ἐξέτασιν τῆς καταστάσεως ἐπιφανειακῶν στρωμάτων. Τὰ οὕτω λαμβανόμενα διαγράμματα τύπου Debye περιέχουν δύο ἢ τρεῖς εὐρεῖς δακτυλίους ὁμοίους πρὸς τοὺς παρεχομένους ἀπὸ ὑγροῦ. Τὸ ἐξῆς ἐνδιαφέρον πείραμα τοῦ Finch δεικνύει ὅτι τὸ στρώμα Beilby ἔχει τὰ χαρακτηριστικὰ ὑγροῦ ἐν ὑστερήσει πήξεως. Ἐπὶ στιλβωθείσης ἐπιφανείας χαλκοῦ ἀποτίθεται δι' ἐξατμίσεως ἐν κενῷ ψευδάργυρος εἰς κρυσταλλικὴν κατάστασιν ὡς δεικνύει διάγραμμα διὰ καθοδικῶν ἀκτίνων. Μετὰ 3 sec οἱ δακτύλιοι Debye τοῦ κρυσταλλικοῦ Zn ἐξαφανίζονται, οἱ κρύσταλλοι διελύθησαν ἐντὸς τοῦ ἀμόρφου στρώματος, ὅπως διαλύονται κρύσταλλοι χιόνος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος. Μετὰ ἐπανειλημμένας ἀποθέσεις Zn τὸ ἄμορφον στρώμα κορέννεται καὶ τὸ διάγραμμα τοῦ κρυσταλλικοῦ Zn παραμένει μόνιμον.

Β. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ

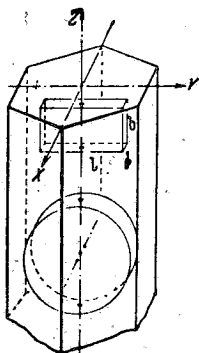
88. Πιεζοηλεκτρισμός, ἡλεκτρισμός Seignette, Πυροηλεκτρισμός.

1. Πιεζοηλεκτρισμός. Ἐπὶ κρυστάλλων, οἱ ὁποῖοι ἔχουν ἄξονας συμμετρίας

πολικούς ὡς λ.χ. ὁ χαλαζίας, ὁ τουρμαλίνης κ.λ.π. διὰ μηχανικῶν ἐπιδράσεων πίεσεως ἢ ἑλξεως καθ' ὠρισμένας διευθύνσεις ἐμφανίζονται ἐπὶ ὠρισμένων ἐδρῶν αὐτῶν ἡλεκτρικὰ φορτία ἀντιθέτων σημείων.

Ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας τοῦ πειράματος μεταβολὴ τῆς πίεσεως εἰς ἑλξιν συνεπάγεται ἀλλαγὴν τοῦ σημείου τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων. Τὸ φαινόμενον παρατηρήθη τὸ πρῶτον τὸ 1880 ὑπὸ τῶν ἀδελφῶν Curie.

Οἱ συνήθως εἰς τὰ πειράματα καὶ τὰς τεχνικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμεύοντες κρύσταλλοι εἶναι οἱ τοῦ χαλαζίου, τοῦ τουρμαλίνου καὶ τοῦ τρυγικοῦ καλιονατρίου (ἄλας Seignette) $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Πιεζοηλεκτρισμὸς παρατηρήθη πλὴν ἄλλων καὶ εἰς τὸν σφαλερίτην, τὸ χλωρικὸν νάτριον, τὸ τρυγικὸν ὀξύ, τὸ καλαμοζάκχαρον. Ἐπειδὴ τὸ μέγιστον τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων ἐμφανίζεται κατὰ τὰ πέρατα τοῦ πολικοῦ ἄξονος, ἀποκόπτονται ἐκ τῶν κρυστάλλων τούτων πλακίδια ἢ ράβδοι με δύο ἐπιφανείας των καθέτους πρὸς τὸν πολικὸν ἄξονα. Τὸ σχῆμα 442 δεικνύει τὸν προσανατολισμόν, τὸν ὁποῖον



Σχ. 442

Θέσις τῶν τομῶν πιεζοηλεκτρικῶν πλακῶν εἰς κρύσταλλον χαλαζίου

ἔχουν τὰ πλακίδια τὰ ἀποτεμνόμενα ἐκ κρυστάλλου χαλαζίου, δύο παράλληλοι ἐπιφάνειαι αὐτῶν εἶναι κάθετοι ἐπὶ ἓνα τῶν πολικῶν ἀξόνων ($3L^2$ πολ.). Ἐάν θεωρήσωμεν τρισορθογώνιον σύστημα ἀξόνων $x y z$, ἐξ ὧν ὁ x ταυτίζεται πρὸς τὸν L^2 καὶ ὁ z πρὸς τὸν Λ^3 , τὸ πλακίδιον τοῦ σχ. 442, τοῦ ὁποῖου αἱ ἄκμαι εἶναι παράλληλοι πρὸς τοὺς ἄξονας τούτους, θὰ παρουσιάξῃ τὰ ἑξῆς φαινόμενα:

1) Διὰ πίεσεως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος x ἐπὶ τῶν δύο ἀπέναντι ἐπιφανειῶν $y z$ ἐμφανίζονται ἴσα καὶ ἀντίθετα ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἐλξιν κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν προκαλεῖ ἀλλαγὴν τοῦ θετικοῦ φορτίου εἰς ἀρνητικὸν καὶ τανάπαλιν.

2) Πίεσις κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος y δίδει ἐπὶ τῶν ἐδρῶν $x z$

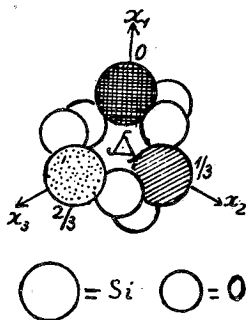
ἡ ἀνάμειξις κολλοειδῶν διαλυμάτων με ἀντίθετα φορτία. Οὕτω διὰ προσθήκης ἐν ἀπουσίᾳ ἡλεκτρολύτου εἰς διάλυμα $\text{Al}(\text{OH})_3$ με φορτίον θετικὸν ὕδρολύματος $\text{nSiO}_2 \cdot \text{rH}_2\text{O}$ με φορτίον ἀρνητικὸν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας ἐξαρτωμένας ἀπὸ τὸ pH τοῦ διαλύματος κατακρημνίζεται κολλοειδὲς ἴζημα ἐνύδρου πυριτικῆς ἀργίλλου ($\text{mAl}(\text{OH})_3 \cdot \text{nSiO}_2 \cdot \text{rH}_2\text{O}$). Εἰς τοιαύτην ἀντίδρασιν ὀφείλουν τὴν γένεσιν τῶν ἐν τῇ φύσει τὰ ἱζήματα τῶν κολλοειδῶν ἀργίλλων. Τοιαῦτα ἱζήματα παρούσιᾳ ἡλεκτρολυτῶν προσροφοῦν ἰόντα. Ἡ προσρόφησις αὕτη εἶναι ἐκλεκτικῇ, ἐκ τῶν ἐν διαλύματι ἰόντων προσροφοῦνται κατὰ προτίμησιν ὠρισμένα, ἐνῶ ἄλλα παραμένουν εἰς τὸ διάλυμα. Ἡ ἐνυδρὸς πυριτικῆ ἀργίλλος προσροφεῖ ἰσχυρότερον τὰ ἰόντα τοῦ K καὶ NH_4 παρ' ὅ,τι τὰ τοῦ Na. Οὕτως ἐξηγεῖται καὶ ἡ μεγαλύτερα ἐν συγκρίσει πρὸς ἄλλα πετρώματα περιεκτικότης τῶν ἀργίλλων εἰς K. Τὰ κολλοειδῆ ἱζήματα τοῦ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ προσροφοῦν ἐκλεκτικῶς P_2O_5 , V_2O_5 κ.λ.π. Εἰς τὸν λόγον αὐτὸν ὀφείλεται ἡ παρουσία P εἰς ὠρισμένα ἱζηματογενῆ μεταλλεύματα σιδήρου.

Δι' ἐπιδράσεως πυκνῶν διαλυμάτων ἐναλλάσσονται τὰ ὑπὸ τοῦ ἱζήματος προσροφημένα ἰόντα με ἰόντα τοῦ διαλύματος. Τοιαῦται ἀντιδράσεις προσροφήσεων καὶ ὑποκαταστάσεων ἰόντων ὑπὸ τῶν κολλοειδῶν συστατικῶν τοῦ ἐδάφους ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὴν γονιμότητα αὐτοῦ.

Λόγω τῶν ἐλαχίστων διαστάσεων τῶν ἐν διασπορᾷ σωματίων μόνῃ ἡ ἀκτινογραφικὴ ἔρευνα παρέχει πληροφορίας ἐπὶ τῆς φύσεως αὐτῶν. Τὰ περισσότερα ὕδροξειδια ἰδιά τῶν δισθενῶν μετάλλων τὰ κατακρημνιζόμενα διὰ θρομβώσεως ἀπὸ κολλοειδὲς διάλυμα παρέχουν διαγράμματα Debye με τοὺς χαρακτηριστικοὺς δακτυλίους κρυσταλλικῶν σωμάτων με μόνην διαφορὰν ὅτι οἱ δακτύλιοι οὗτοι εἶναι εὐρύτεροι καὶ διάχυτοι κατὰ τὰ ὅρια τῶν. Τὴν αὐτὴν εἰκόνα παρέχει καὶ κόνις κρυσταλλικοῦ σώματος, τῆς ὁποίας τὸ μέγεθος τῶν κόκκων ἤχθη διὰ λεπτοτάτου τεμαχισμού εἰς τὰ ὅρια διαστάσεων τῶν κολλοειδῶν σωματίων. Τὰ ἐν διασπορᾷ σωματῖα, ὡς ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ εὗρους τῶν δακτυλίων τούτων, ἔχουν ὅγκον πεντηκονταπλάσιον ἕως ἑκατονταπλάσιον κατὰ μέγιστον ὅρον τοῦ ὅγκου τῆς κυψελίδος. Τὰ ἐκ κρυσταλλίων τοιαύτης τάξεως μεγέθους ἀποτελούμενα συσσωματώματα χαρακτηρίζονται ὡς κρυπτοκρυσταλλικά. Ἄλλων ὕδροξειδίων τὰ ἱζήματα εὐθὺς ὡς κατακρημνισθῶν δὲν δίδουν διαγράμματα κρυπτοκρυσταλλικῆς καταστάσεως, με τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου παλαιούμενα λαμβάνουν κρυπτοκρυσταλλικὴν σύστασιν. Οὕτω τὸ ἴζημα $\text{Al}(\text{OH})_3$, ἀρχικῶς ἄμορφον, παραμένον ὑπὸ τὸ ὕδωρ μεταπίπτει εἰς βαιμίτην (Boehmit) ($\gamma - \text{Al}(\text{OH})_3$), καὶ βραδύτερον εἰς βαιερίτην ($\alpha - \text{Al}(\text{OH})_3$) καὶ τελικῶς εἰς ὕδραργιλλίτην $\gamma - (\text{Al}(\text{OH})_3)$. Τὸ $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ἐπίσης ἄμορφον κατὰ τὴν καθίζησίν του ἐν ψυχρῷ λαμβάνει κρυπτοκρυσταλλικὴν σύστασιν μόνον κατόπιν θερμάνσεως με ὕδρατμους ὑπὸ πίεσιν.

Τὰ κολλοειδῆ ἱζήματα δύνανται με τὴν πάροδον τοῦ χρόνου νὰ δώσουν μικροκρυσταλλικὰ συσσωματώματα ὁρατὰ διὰ τοῦ μικροσκοπίου. Πολλὰ

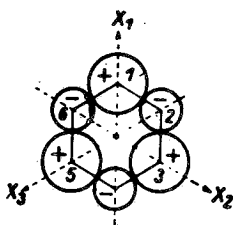
εὗρισκόμενα ἐκατέρωθεν τῶν ἀτόμων Si ὀλίγον ἄνωθεν καὶ ὀλίγον κάτωθεν αὐτοῦ θεωροῦνται συμπύκνυντα εἰς ἓν μὲ φορτίον 4. Ὑπὸ ὁμαλᾶς συνθήκας



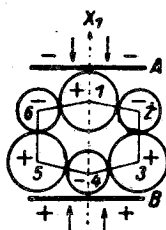
Σχ. 443

Δομὴ τοῦ χαλαζίου ὁρωμένη κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ A^3

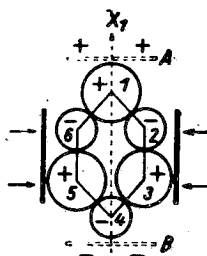
τὸ σύνολον τοῦ φορτίου ἐξουδετεροῦται, πιεζομένου ὅμως τοῦ κρυστάλλου κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ πολικοῦ ἄξονος ἡ ἀμοιβαία διάταξις τῶν ἰόντων παρामορφοῦται, πρὸς τὰς δύο ἀπέναντι ἀλλήλων ἐπιφανείας ἔρχονται ἐγγύτερον ἴοντα ἑτερωνύμως ἠλεκτρισμένα καὶ ἐπομένως αἱ ἐπιφάνειαι αὗται φορτίζονται μὲ ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία (σχ. 445 καὶ 446).



Σχ. 444



Σχ. 445



Σχ. 446

Ἐμφάνειά τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ τοῦ χαλαζίου

Πιεζοηλεκτρισμὸς δύναται νὰ ἐμφανισθῇ μόνον ἐπὶ κρυστάλλων, οἱ ὅποιοι παρουσιάζουν διευθύνσεις μὲ πολικότητα δηλ. στεροῦνται κέντρον συμμετρίας. Ἐξαιρέσειν ἀποτελεῖ ἡ ὀξαζονική ἡμιεδρία τοῦ κυβικοῦ συστήματος (432), ἡ ὁποία ὡς καὶ θεωρητικῶς ἀποδεικνύεται λόγῳ τῆς ὑψηλῆς αὐτῆς συμμετρίας παρὰ τὴν ἔλλειψιν κέντρον δὲν ἐμφανίζει πιεζοηλεκτρισμόν.

Οἱ τεχνικῶς ἐν χρήσει πιεζοκρύσταλλοι (χαλαζίας, τουρμαλίνης, ἄλας Seignette) εὗρισκουν πλείστας ἐφαρμογὰς ἰδίᾳ οἱ τοῦ χαλαζίου εἰς πομπὰς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, μεγάφωνα, μικρόφωνα, συσκευὰς ἠχοληψίας, παραγωγὴν ὑπερήχων κ.ἄ. Ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κρυσταλλογραφίαν τοῦ φαι-

νομένου τούτου ἔχομεν εἰς τὸν ἔλεγχον τῆς ὑπάρξεως ἢ ἀπουσίας κέντρου συμμετρίας εἰς τина κρύσταλλον, ὅστις εἶναι δυνατὸν νὰ γίνη διὰ καταλλήλου συσκευῆς (Giebe - Scheibe) καὶ ἐπὶ μικρῶν τεμαχίων κρυστάλλων.

2. Ἡλεκτρισμός Seignette. Τὸ ἡλεκτρικὸν αὐτὸ φαινόμενον ἔλαβε τὸ ὄνομα ἐκ τοῦ ἁλατος Seignette, εἰς τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται. Ἐὰν πλὰξ ἐκ μὴ ἀγωγοῦ (μεταλλικῶς) κρυστάλλου τεθῇ ὡς διηλεκτρικὸν μέσον μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ, τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον αὐτοῦ προκαλεῖ μετατόπισιν τῶν στοιχειωδῶν φορτίων ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου σχηματιζομένων οὕτω διπόλων ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἡ διηλεκτρικὴ αὕτη πόλωσις προκαλεῖ μείωσιν τοῦ δυναμικοῦ ἥτοι αὐξήσιν τῆς χωρητικότητός του. Ὁ λόγος ϵ τῆς νέας χωρητικότητος ὡς πρὸς τὴν χωρητικότητα μὲ διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρα εἶναι ἡ διηλεκτρικὴ σταθερὰ τοῦ κρυστάλλου. Αὕτη ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διευθύνσεως ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου καὶ τῆς πολωσιμότητος τῶν ἀτόμων του. Εἶναι μεγαλύτερα κατὰ διευθύνσεις μὲ πυκνότεραν συσσωμάτωσιν τῶν ἰόντων, λ.χ. εἰς τὰς ἀνθρακικάς ἐνώσεις τοῦ τύπου δομῆς τοῦ ἀσβεστίτου (σχ. 333), ἐνθα αἱ ἐπίπεδοι ὁμάδες CO_3 εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὸν ἄξονα c , ἡ διηλεκτρικὴ σταθερὰ διὰ διεύθυνσιν κάθετον ἐπὶ τὸν c (ϵ_{\perp}) εἶναι μεγαλύτερα τῆς κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν c (ϵ_{\parallel}). Ὁ λόγος $\epsilon_{\parallel} : \epsilon_{\perp}$ ἔχει τιμὰς διὰ τὸν ἀσβεστίτην 0,89, διὰ τὸν δολομίτην 0,87 διὰ τὸν ροδοχρυσίτην 0,86 διὰ τὸν σιδηρίτην 0,87. Ἀλλὰ καὶ ἡ μέση τιμὴ τῆς ϵ διὰ διαφόρους μορφὰς ἐνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ σώματος ἐλαττοῦνται ἐλαττουμένης τῆς πυκνότητος (σ) τῆς μορφῆς. Οὕτω διὰ τὰς τρεῖς μορφὰς τοῦ TiO_2 ἰσχύουν αἱ τιμαί: ρουτίλιον $\sigma = 4,21$, $\epsilon = 114$, βρουκίτης $\sigma = 4,11$, $\epsilon = 78$, ἀνατάσης $\sigma = 3,87$, $\epsilon = 48$. Ἐν γένει αἱ τιμαὶ τῆς διηλεκτρικῆς σταθερᾶς διαφόρων σωμάτων ἔχουν τιμὰς μεταξὺ 1 καὶ 100. Τὸ ἄλλας Seignette εἰς τὴν περιοχὴν θερμοκρασιῶν ἀπὸ -16°C μέχρι $+24^{\circ}\text{C}$ παρουσιάζει ἀνώμαλον αὐξήσιν τῆς τιμῆς ϵ ὑπὲρ τὴν 1000, ἐνῶ ἐκτὸς τῆς περιοχῆς αὐτῆς ἔχει τιμὴν κανονικὴν. Αἱ τιμαὶ τῶν ὀρικῶν θερμοκρασιῶν τῆς ἀνωμάλου περιοχῆς ὀνομάζονται σημεῖα Curie. Ἐντὸς αὐτῆς παρατηρήθη μικρὰ ἀπόκλισις συμμετρίας ἥτις ἀπὸ ρομβικῆς (222) ἀποβαίνει μονοκλινῆς (2). Τὸ φαινόμενον ἀποδίδεται εἰς τὴν παρουσίαν ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου μονίμων διπόλων, τὰ ὁποῖα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου λαμβάνουν ὁμοιόμορφον προσανατολισμόν. Ἡλεκτρισμός Seignette παρατηρήθη καὶ εἰς τὸ BaTiO_3 κάτω τῶν 120°C καὶ εἰς τὸ KH_2PO_4 .

3. Πυροηλεκτρισμός. Κρύσταλλοὶ τινες ἔχοντες ἓνα μόνον ἄξονα συμμετρίας πολικὸν θερμαινόμενοι ὁμοιομόρφως παρουσιάζουν κατὰ τὰ πέρατα τῶν πολικῶν αὐτῶν ἄξόνων ἀντίθετα ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὸ φαινόμενον παρατηρήθη τὸ πρῶτον ἐπὶ τοῦ τουρμαλίνου (συμμετρία 3m). Ἡ κατανομὴ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του καθίσταται ὁρατὴ κατὰ τὴν μέθοδον τοῦ Kundt. Μειγνυταὶ λεπτὴ κόνις μινίου καὶ θείου καὶ ἐπιπίσσεται διὰ μεταξίνου κοσκίνου ἐπὶ τοῦ θερμικθέντος κρυστάλλου. Οἱ κόκκοι τῆς

κόνεως ἠλεκτρισθέντες διὰ τῆς τριβῆς (+ τοῦ μινίου, - τοῦ S) ἐπικάθηνται ἐπὶ τῶν ἑτερονύμως ἠλεκτρισμένων μερῶν τῆς ἐπιφανείας προδίδοντες διὰ τοῦ χρώματός των τὸ εἶδος τοῦ φορτίου. Ἐκτὸς τῶν τάξεων μὲ ἓνα μόνον πολικὸν ἄξονα συμμετρίας πυροηλεκτρισμὸς δύναται νὰ ἐμφανισθῇ καὶ εἰς τὰς τάξεις m καὶ 1. Εἰς τὴν τάξιν m διευθύνσεις ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου (010) ἀπολήγουν εἰς πέρατα κρυσταλλογραφικῶς ὄχι ὁμότιμα, εἰς τὴν τάξιν 1 τοῦτο ἰσχύει διὰ πᾶσαν διεύθυνσιν. Κατὰ ταῦτα πυροηλεκτρισμὸς δύναται νὰ ἐμφανισθῇ εἰς τὰς ἐξῆς 10 τάξεις 6mm, 6, 4mm, 4, 3m, 3mm, m, 2, 1. Παραδείγματα τινα πυροηλεκτρικῶν κρυστάλλων ἀναφέρομεν τὸ καλαμοζάκχαρον, τὸν ἡμιμορφίτην, τὸν βορακίτην, τὸ CdSO_4 .

Τὸ φαινόμενον τοῦ πυροηλεκτρισμοῦ ἐμφανίζεται καὶ κατὰ τὴν ψύξιν κρυστάλλων λ.χ. δι' ἐμβαπτίσεως αὐτῶν ἐντὸς ὑγροῦ ἀέρος. Ἐξαγόμενοι οἱ κρύσταλλοι αὗτοι εἰς τὸν ἀέρα σχηματίζουν κατὰ τὰ ἠλεκτρισμένα ἄκρα αὐτῶν θυσάνους ἐκ κρυσταλλίων πάγου σχηματισθέντων ἐκ τῆς ὑγρασίας τοῦ ἀέρος καὶ προσανατολισθέντων κατὰ τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων. Τὸ αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται καὶ διὰ τοποθετήσεως τοῦ κρυστάλλου μετὰ θέρμανσιν ὑπὸ ὕαλινον κώδωνα, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐκάη μαγνήσιον. Ὁ καπνὸς τοῦ MgO ἐπικάθεται ἐπὶ τῶν ἠλεκτρισμένων τμημάτων. Τὰ ἀνωτέρω πειράματα κατὰ Wooster ἀποτελοῦν μεθόδους ἀνιχνεύσεως τοῦ πυροηλεκτρισμοῦ. Κατ' ἄλλην μέθοδον τοῦ ἰδίου κρυστάλλια τοῦ σώματος τίθενται ἐπὶ μεταλλικοῦ δισκίου προσκολλημένου κατὰ τὴν περιφέρειάν του καθέτως ἐπὶ μεταλλικοῦ σύρματος καὶ ἐμβαπτίζονται ἐντὸς ὑγροῦ ἀέρος, μεθ' ὃ ἐξάγεται τὸ δισκίον ἐκ τοῦ δοχείου Dewar καὶ ἀναστρέφεται. Ὁ πυροηλεκτρικὸς κρύσταλλος προσφύεται διὰ τοῦ φορτίου του ἐπὶ τοῦ δισκίου καὶ δὲν πίπτει ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ βάρους του. Οὕτω δύναται νὰ διαγνωσθῇ ἡ ἀπουσία κέντρου συμμετρίας.

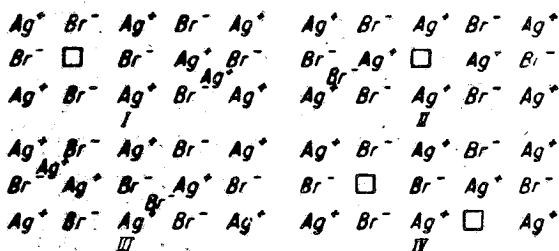
Ἡ διάγνωσις τῆς υπάρξεως πυροηλεκτρισμοῦ δυσχεραίνεται ἐκ τοῦ ὅτι καὶ κρύσταλλοι μὴ ἀνήκοντες εἰς τινα τῶν πυροηλεκτρικῶν τάξεων δι' ἀνομοιομεροῦς ἢ ταχείας θερμάνσεως ἢ ψύξεως εἶναι δυνατόν νὰ ἐμφανίσουν ἠλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω εἰς τὸν χαλάζιν (συμμετρίας 32), θερμαινόμενον ἀνομοιομερῶς ἐμφανίζονται ἐπιφανειακὰ φορτία ὀφειλόμενα εἰς τάσεις ἀναπτυσσομένας ἐντὸς αὐτοῦ καὶ προκαλούσας πιεζοηλεκτρισμόν. Ὁ «ψευδής» αὐτὸς πυροηλεκτρισμὸς δὲν εἶναι δυνατόν νὰ διακριθῇ πειραματικῶς τοῦ (ἀληθοῦς). Πάντως ἐμφάνισις πυροηλεκτρισμοῦ ψευδοῦς ἢ ἀληθοῦς μαρτυρεῖ τὴν ἀπουσίαν κέντρου συμμετρίας.

89. Ἡλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῶν κρυστάλλων. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἀγωγικότης τῶν κρυστάλλων κυμαίνεται ἐντὸς εὐρυτάτης περιοχῆς. Ἡ εἰδικὴ ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις τοῦ Ag ἔχει τιμὴν $0,016 \cdot 10^{-4} \text{ ohm}$, ἐνῶ εἰς τὸν χαλάζιν παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα c ἡ τιμὴ τῆς εἶναι $1 \cdot 10^{14} \text{ ohm}$, καθέτως πρὸς αὐτὸν $3 \cdot 10^{18} \text{ ohm}$. Εἰς τὴν δημιουργίαν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται

δύο ἄκραι περιπτώσεις ἢ διὰ ροῆς ἰόντων καὶ ἢ διὰ ροῆς ἡλεκτρονίων. Εἰς τὴν ἀγωγὴν διὰ τῶν κρυστάλλων συμμετέχουν καὶ οἱ δύο τρόποι ὑπὸ διάφορον ἐκάστοτε ἀναλογίαν. Εἰς τοὺς κρυστάλλους μεταλλικῆς συνδέσεως τὸ ρεῦμα παράγεται διὰ ροῆς τῶν ἡμιελευθέρων ἡλεκτρονίων των, ἐνῶ ἡ μικρὰ ἀγωγιμότης τοῦ NaCl εἶναι. ἰοντικῆς προελεύσεως. Ἡ μελέτη τῶν ἡμιαγωγῶν ἔδειξεν ὅτι ὑπάρχει καὶ ἰοντικὴ καὶ ἡλεκτρονικὴ ἀγωγή συνδεόμεναι μὲ τὴν ὑπαρξίν δομικῶν ἀτελειῶν ἀτομικῶν διαστάσεων ἐντὸς τοῦ πλέγματος. Προκειμένου λ.χ. περὶ τελείου ἑτεροπολικοῦ κρυστάλλου, τοῦ ὁποίου ὅλαι αἱ θέσεις κατιόντων καὶ ἀνιόντων εἶναι πλήρεις, μετακίνησις ἰόντων δὲν εἶναι δυνατὴ, ἐνῶ ἐὰν ὁ κρυστάλλος ἔχει δομικὰ ἐλαττώματα τύπου Schottky, δηλαδὴ ὅπας εἰς θέσεις κατιόντων καὶ ἀντιστοίχως ἄλλας ἰσαριθμούς εἰς θέσεις ἀνιόντων εἶναι δυνατὴ ἡ δημιουργία ἰοντικοῦ ρεύματος διὰ διαδοχικῆς μετακινήσεως τῶν ἰόντων εἰς τὰ γειτονικά των κενά, ὅπερ ἀπολῆγει εἰς μετανάστευσιν τῶν «ὀπῶν» κατὰ μῆκος τῆς ροῆς τοῦ ρεύματος.

Εἰς τοὺς ἑτεροπολικούς κρυστάλλους, εἰς τοὺς ὁποίους διὰ τὴν ἡλεκτρικὴν οὐδετερότητα τοῦ ὅλου κρυστάλλου ὁ ἀριθμὸς τῶν κατιόντων πρέπει νὰ εἶναι ἀκριβῶς ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ἀνιόντων, διακρίνονται αἱ ἐξῆς ἄκραι περιπτώσεις δομικῶν ἐλαττωμάτων.

- I : Τύπου Frenkel: Κατιόντα εἰς ἐνδιαμέσους θέσεις τοῦ πλέγματος μὲ ἀντιστοίχους ὅπας εἰς θέσεις κατιόντων (σχ. 447. I).
- II : Τύπου Anti-Frenkel: Ἀνιόντα εἰς ἐνδιαμέσους θέσεις τοῦ πλέγματος μὲ ἀντίστοιχα κενά εἰς τὸ πλέγμα ἀνιόντων (σχ. 447. II).
- III : Τύπος Anti - Schottky: Κατιόντα καὶ ἀνιόντα εἰς ἐνδιαμέσους θέσεις τοῦ πλέγματος (σχ. 447. III).
- IV : Τύπου Schottky: Ὅπαι ἰσαριθμοὶ εἰς τὰς θέσεις κατιόντων καὶ ἀνιόντων τοῦ πλέγματος (σχ. 447. IV).

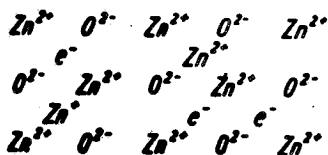


Σχ. 447

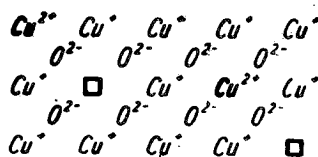
Ὅμοιοι τύποι δομικῶν ἐλαττωμάτων κατὰ Hauffe I Τύπος Frenkel, II Τύπος Anti - Frenkel, III Τύπος Anti - Schottky, IV Τύπος Schottky

Ὑπάρχουν ὅμως καὶ πολλαὶ ἑτεροπολικαὶ ἐνώσεις, τῶν ὁποίων ἡ χημικὴ ἀνάλυσις δὲν παρέχει τὴν στοιχειομετρικὴν ἀναλογίαν τοῦ χημικοῦ αὐτῶν

τύπου, ἀλλ' ἐμφανίζει περίσσειαν εἴτε εἰς κατιόντα εἴτε εἰς ἀνιόντα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἀποκατάστασις ἡλεκτρικῆς οὐδετερότητος ἀπαιτεῖ τὴν παρουσίαν ἐντὸς τοῦ πλέγματος εἴτε ἡλεκτρονίων εἴτε ἡλεκτρονικῶν («ὀπῶν»). Οἱ κρύσταλλοι τοῦ ZnO παρουσιάζουν ἔλλειμμα εἰς O , τὸ ὁποῖον ἐρμηνεύεται ὡς ὀφειλόμενον εἰς περίσσειαν ἰόντων Zn^+ καὶ Zn^{2+} εἰς ἐνδιαμέσους θέσεις τοῦ πλέγματος, τῶν ὁποίων τὰ φορτία ἐξουδετεροῦνται μὲ ἰσάριθμα ἡλεκτρόνια εἰς ἐνδιαμέσους θέσεις (σχ. 448). Ἐνῶ ἡ περίσσεια εἰς O ἡ παρατηρουμένη εἰς τὸν κυπρίτην (Cu_2O) ὀφείλεται κατὰ Wagner εἰς «ὀπάς» κατιόντων Cu^+ , τῶν ὁποίων τὸ ἔλλειμμα εἰς θετικὸν φορτίον ἀναπληροῦται μὲ τὴν παρουσίαν εἰς ἰσαριθμούς θέσεις κατιόντων Cu^{2+} (σχ. 449) ἡ ἀγωγή γίνεται διὰ μετακινήσεως ἐνὸς ἡλεκτρονίου ἀπὸ τοῦ ἰόντος Cu^+ εἰς ἰὸν Cu^{2+} .



Σχ. 448

Δομικαὶ ἀνωμαλίαι τοῦ ZnO 

Σχ. 449

Δομικαὶ ἀνωμαλίαι τοῦ Cu_2O

Τοιαύτη ἀγωγή διὰ περισσευόντων ἡλεκτρονίων ἢ δι' ὀπῶν ἡλεκτρονίων εἶναι δυνατὴ καὶ εἰς πλέγματα στοιχείων δι' ἀντικαταστάσεως μερικῶν ἐκ τῶν ἀτόμων τῶν «δι' ἄλλων» μεγαλύτερου ἢ μικροτέρου σθένους. Ἀναφέρομεν ὡς παράδειγμα τὸ γερμάνιον. Εἰς κρυστάλλους ἀπολύτως καθαρούς ἡ ἀγωγιμότης του εἶναι μηδαμινή. Ἐάν ὑποκατασταθοῦν εἰς τὸ πλέγμα τινὰ τῶν ἀτόμων τοῦ Ge μὲ ἄτομα P , ὁ ἀκάθαρτος αὐτὸς κρύσταλλος καθίσταται ἡμιαγωγός. Ἐκ τῶν πέντε ἡλεκτρονίων σθένους τοῦ P τὰ τέσσαρα διατίθενται διὰ τὴν σύνδεσιν μὲ τὰ τέσσαρα ἄτομα Ge , τὰ ὁποῖα τὸν περιβάλλουν τετραεδρικῶς, τὸ πέμπτον παραμένον ἐλεύθερον εἶναι διαθέσιμον ὡς ἀγωγὸς ἡλεκτρισμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν, ἐπειδὴ ἡ ἀγωγή γίνεται διὰ μετακινήσεως ἀρνητικοῦ (negativ) φορτίου, ὁ κρύσταλλος χαρακτηρίζεται ὡς n -ἡμιαγωγός. Τοῦναντίον ἐάν γίνῃ ἀντικατάστασις ἀτόμων Ge μὲ τρισθενές B ὑπάρχει ἔλλειμμα («ὀπαί») ἡλεκτρονίων, ἥτοι περίσσεια θετικοῦ φορτίου, ἡ ἀγωγή γίνεται διὰ μετακινήσεως θετικῶν (positiv) φορτίων, ὁ ἡμιαγωγός χαρακτηρίζεται ὡς p -ἡμιαγωγός. Ἀξίος μνείας εἶναι ὁ τρόπος λειτουργίας τοῦ ρουτιλίου (TiO_2) ὡς ἡμιαγωγοῦ. Συνθετικὸς κρύσταλλος ρουτιλίου ἀρχικῶς ἄνευ χρώματος θερμαίνόμενος εἰς 600°C ἐντὸς ἀναγωγικῆς ἀτμοσφαίρας ὑδρογόνου μεταβάλλει διαδοχικῶς χρώματα ἀπὸ κιτρίνου εἰς πράσινον, κυανοῦν καὶ τέλος μέλαν καθιστάμενος ἀδιαφανής. Συγχρόνως ἀποκτᾷ ἡλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα (n). Ὀπτικὴ καὶ ἡλεκτρικὴ συμπεριφορὰ τοῦ ἀναχθέντος ρουτιλίου.

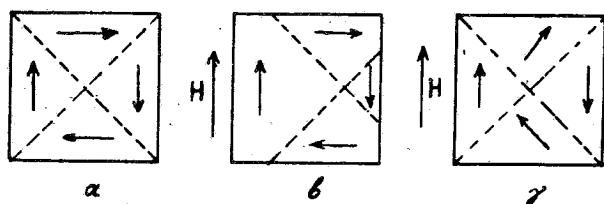
δεικνύουν ότι απέκτησεν ιδιότητας μεταλλικοῦ χαρακτήρος. Ὁ μηχανισμὸς λειτουργίας του ὡς η - ἄγωγοῦ ἐρμηνεύεται ὡς ἐξῆς. Ἐντὸς τοῦ πλέγματός του δημιουργοῦνται ὅπαι O^{2-} , αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν («δέκτας» ἡλεκτρονίων με δυνητικὸν φορτίον $2+$. Ἐξ ἄλλου ἐντὸς τοῦ πλέγματος ὑπάρχουν καὶ ἰόντα Ti^{3+} ἀντὶ τῶν κανονικῶν Ti^{4+} . Ἐκτὸς τῶν ὁπῶν $(O_O)^{2+}$ δημιουργοῦνται καὶ ἄλλαι δομικαὶ ἀνωμαλίαι τῆς μορφῆς $[O_O \cdot 2Ti^{3+}]^0$ καὶ $(O_O Ti^{3+})^+$. Ἡ τελευταία αὕτη μετατρέπεται εἰς $[O_O Ti^{4+}]^{2+} - e$ ἥτοι ἐνεργεῖ ὡς δότης παρέχουσα εἰς τὸ πλέγμα εὐκίνητον ἡλεκτρόνιον.

90. Μαγνητικά ιδιότητες τῶν κρυστάλλων. Κρυστάλλοι εὐρισκόμενοι ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως Η ἀποκτοῦν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν αὐτοῦ μαγνητικὴν ροπὴν Μ. Ὁ λόγος $\chi = M/H$ καλούμενος *μαγνητικὴ ἐπιδεκτικότητα* ἔχει τιμὴν ἐξαρτωμένην ἐκ τῆς διευθύνσεως ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, σταθερὰν δι' ὠρισμένην διεύθυνσιν. Ὡς μονὰς ἀναφορᾶς τῆς μαγνητικῆς ροπῆς λαμβάνεται εἴτε ἡ μονὰς ὄγκου, εἴτε ἡ μονὰς μάζης, εἴτε τὸ γραμμομόριον. Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῶν μαγνητικῶν αὐτῶν ιδιοτήτων οἱ κρυστάλλοι διακρίνονται εἰς τρεῖς κατηγορίας τοὺς διαμαγνητικούς, τοὺς παραμαγνητικούς καὶ τοὺς σιδηρομαγνητικούς. Εἰς τοὺς διαμαγνητικούς ἡ χ εἶναι ἀρνητικὴ εἰς τοὺς παραμαγνητικούς θετικὴ εἰς ἀμφοτέρους ἀνεξάρτητος τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου. Ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τὰ διαμαγνητικὰ σώματα ἀπωθοῦνται πρὸς τὸ χαμηλότερον δυναμικόν, τὰ παραμαγνητικὰ ἔλκονται πρὸς τὸ ὑψηλότερον. Εἰς τοὺς σιδηρομαγνητικούς κρυστάλλους ἡ χ εἶναι ἐπίσης θετικὴ, ἀλλὰ λαμβάνει ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν παραμαγνητικὴν πολὺ ὑψηλὰς τιμὰς, αἱ ὁποῖαι ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου.

Εἰς τοὺς διαμαγνητικούς καὶ παραμαγνητικούς κρυστάλλους ἡ τιμὴ τῆς χ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς δομῆς αὐτῶν. Εἰς πλέγματα εἰς τὰ ὅποια ὑπάρχουν ἐπίπεδα συγχρόσημα ατόμων, ἡ τιμὴ τῆς χ παραλλήλως πρὸς τὰ ἐπίπεδα αὐτὰ εἶναι σημαντικῶς μεγαλύτερα τῆς ἀντιστοιχοῦσης εἰς κάθετον ἐπ' αὐτὰ διεύθυνσιν. Οὕτω εἰς τὸν τύπον δομῆς τοῦ ἀσβεστίτου ἡ παρουσία τῶν ἐπιπέδων CO_3 παραλλήλων πρὸς (0001) ἥτοι καθέτων πρὸς τὸν ἄξονα c συνεπάγεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν τιμὴν χ_{\perp} σημαντικῶς μεγαλύτεραν τῆς χ_{\parallel} τῆς ἀντιστοιχοῦσης εἰς διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα c. Ἡ διαφορὰ $\chi_{\perp} - \chi_{\parallel}$ εἶναι ἀνὰ γραμμομόριον $4,1 \cdot 10^{-6}$. Εἰς τὸ ἰσότυπον πρὸς τὸν ἀσβεστίτην $NaNO_3$ $4,9 \cdot 10^{-6}$. Εἰς τὸν ἀραγωνίτην, εἰς τὸν ὅποιον ἡ ἐπίπεδος ὁμάς CO_3 εἶναι πρὸς (001), αἱ διαφοραὶ τιμῶν εἶναι $\chi_a - \chi_c = 4,8 \cdot 10^{-6}$, $\chi_b - \chi_c = 4,9 \cdot 10^{-6}$. Εἰς κρυστάλλους με ἰσόμετρον ἀνάπτυξιν δομῆς ἡ διαφορὰ $\chi_{\perp} - \chi_{\parallel}$ ἔχει μικρὰν τιμὴν, εἰς τὸν χαλαζιαν λ.χ. $0,12 \cdot 10^{-6}$. Ἀξιοσημείωτος εἶναι ἡ διαφορὰ μαγνητικῆς συμπεριφορᾶς τῶν κρυστάλλων ἀντιμονίου καὶ βισμούθιου (συμμετρίας 3m) παρὰ τὴν ὁμοιότητα τῆς δομῆς αὐτῶν (σ.253). Ἀναφορικῶς πρὸς τὸν Λ^3 ἡ διαφορὰ $\chi_{\perp} - \chi_{\parallel}$ διὰ τὸ Sb εἶναι $105 \cdot 10^{-6}$ διὰ τὸ Bi - $90 \cdot 10^{-6}$.

Ἡ βασικὴ διαφορὰ μεταξὺ διαμαγνητικῶν καὶ παραμαγνητικῶν κρυστάλλων συνίσταται εἰς τὸ ὅτι εἰς τοὺς διαμαγνητικοὺς τὰ ἄτομα ἢ ἰόντα δὲν ἔχουν ἐκ τῶν προτέρων ἰδίαν μαγνητικὴν ροπὴν, ἀλλ' ἀποκτῶσι ταύτην ἐξ ἐπαγωγῆς τοῦ πεδίου, ἐνῶ εἰς τοὺς παραμαγνητικοὺς ἔχουν ἤδη ἐντὸς τοῦ πλέγματος ἰδίαν μαγνητικὴν ροπὴν, οἱ στοιχειώδεις ὅμως οὗτοι μαγνήται λόγῳ τῆς θερμικῆς κινήσεως τῶν ἀτόμων κεῖνται ἀτάκτως πρὸς ἀλλήλους, ὥστε ὁ κρυστάλλος νὰ μὴ ἐμφανίζῃ μαγνητικὴν ροπὴν. Αὕτη ἐμφανίζεται ὑπὸ τῆν ἐπίδρασιν τοῦ ἐξωτερικοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὸν προσανατολισμὸν τῶν. Παραδείγματα διαμαγνητικῶν κρυστάλλων, τὸ χλωριούχον νάτριον, ὁ ἀσβεστίτης, ὁ πάγος, παραμαγνητικῶν, ὁ σιδηρίτης, ἡ βήρυλλος, ὁ διοπτάσιος, τὸ ἀργίλιον.

Ὡς παράδειγμα σιδηρομαγνητικῶν κρυστάλλων ἀναφέρομεν τοὺς τοῦ α - Fe, τοῦ Ni, τοῦ Co, τοῦ μαγνητίτου, τοῦ μαγνητοπυρίτου. Ὁ σιδηρομαγνητισμὸς δὲν εἶναι ἰδιότης τοῦ ἀτόμου ἀλλὰ τοῦ κρυστάλλου, ὁ σίδηρος εἰς ἀέριον κατάστασιν εἶναι παραμαγνητικός. Ὁ σιδηρομαγνητικὸς κρυστάλλος χωρίζεται ἀπὸ ἀπόψεως μαγνητικῆς εἰς περιοχάς, καλουμένας περιοχὰς Weiss, ἐντὸς ἐκάστης τῶν ὁποίων αἱ μαγνητικαὶ ροπαὶ εἶναι ὅλαι παράλληλοι. Μεταξὺ δύο γειτονικῶν περιοχῶν Weiss διαφόρου διευθύνσεως μαγνητικῆς ροπῆς μεσολαβεῖ ζώνη μικροῦ πάχους, ἡ καλουμένη «τοῖχος τοῦ Bloch», ἐντὸς τοῦ ὁποίου γίνεται βαθμιαία μετὰβασις ἀπὸ τῆς μιᾶς διευθύνσεως μαγνητισμοῦ εἰς τὴν ἄλλην. Ἐφ' ὅσον ὁ κρυστάλλος δὲν εἶναι μαγνητισμένος, αἱ μαγνητικαὶ ροπαὶ τῶν διαφόρων περιοχῶν Weiss ἔχουν διάφορον διεύθυνσιν (σχ. 450α). Αὕξησις τῆς μαγνητικῆς ροπῆς δι' ἐπιδράσεως ἐξωτερικοῦ μαγνητικοῦ πεδίου γίνεται κατὰ δύο τρόπους 1) μὲ αὐξήσιν τῆς ἐκτάσεως μιᾶς τῶν περιοχῶν εἰς βάρος τῶν ἄλλων διὰ μετατοπίσεως τοῦ τοίχου τοῦ Bloch (σχ. 450β).



Σχ. 450

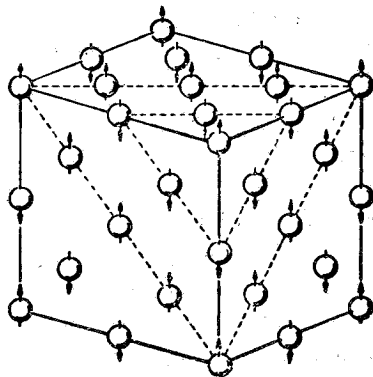
Τρόποι μαγνητίσεως. α ἀπουσία μαγνητισμοῦ, β μαγνήτισις δι' ἐπεκτάσεως εὐνοϊκῶς προσανατολισμένων περιοχῶν, γ μαγνήτισις διὰ στρόφης

Ἡ εὐνοουμένη περιοχὴ εἶναι ἐκείνη, τῆς ὁποίας ὁ προσανατολισμὸς τῆς μαγνητικῆς ροπῆς εἶναι ἐγγύτερος πρὸς τὸν τοῦ ἐξωτερικοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, 2) Διὰ στρόφης τῶν μαγνητικῶν ροπῶν τῶν περιοχῶν, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἐν ἀσυμφωνίᾳ πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν πεδίου, εἰς θέσιν προσεγγίζουσιν τὴν διεύ-

θουνσιν αὐτοῦ (σχ. 450γ). Ἐπὶ ἀσθενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐπικρατεῖ ὁ πρῶτος τρόπος, ἐπὶ ἰσχυροῦ ὁ δεύτερος. Ἡ μαγνήτισις σιδηρομαγνητικοῦ κρυστάλλου εἶναι ἀνισότροπος ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν μαγνητικῶν ροπῶν τῶν διαφόρων περιοχῶν. Weiss. Εἰς τὸν α -Fe (πλέγμα I κυβικόν) ἡ μαγνήτισις κατὰ [100] εἶναι εὐκολωτέρα τῆς κατὰ [110] εὐκολωτέρας τῆς κατὰ [111], ἐνῶ εἰς τὸ Ni (πλέγμα F κυβικόν) εὐκολώτερον γίνεται ἡ μαγνήτισις παραλλήλως πρὸς [111], εἰς τὸ ἐξαγωνικόν Co παραλλήλως πρὸς τὸν Λ^6 . Οὕτω λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι δι' ἐκάστην διεύθυνσιν διακρίνομεν δύο φοράς προσανατολισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ Spin ἔχομεν διὰ τὸν Fe ἕξ εὐνοϊκοὺς προσανατολισμοὺς μαγνητίσεως, διὰ τὸ Ni ὀκτώ, διὰ τὸ Co δύο.

Τὰ ὅρια τῶν περιοχῶν Weiss καθίστανται ὁρατὰ δι' ἀποθέσεως ἐπὶ κατὰλλήλως παρασκευασθείσης ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου ἐναιωρήματος λεπτῆς κόνεως σιδηρομαγνητικοῦ ὕλικου, λ.χ. μαγνητίτου. Ἡ κόνις συγκεντρῶται εἰς τὰ ὅρια τῶν περιοχῶν Weiss μὲ διάφορον προσανατολισμὸν μαγνητικῆς ροπῆς καθιστῶσα αὐτὰς ὁρατὰς εἰς μικροσκοπικὴν παρατήρησιν.

Κατὰ θεωρητικὴν πρόβλεψιν τῶν Néel καὶ Bitter αἱ παράλληλοι μαγνητικαὶ ροπαὶ μιᾶς περιοχῆς Weiss δυνατόν νὰ ἔχουν ὅλοι τὴν αὐτὴν φοράν, ὅτε ἡ κατάστασις χαρακτηρίζεται ὡς σιδηρομαγνητικὴ. Δυνατὸν ὅμως αἱ μαγνητικαὶ ροπαὶ γειτονικῶν ἀτόμων νὰ ἔχουν φοράν ἀντίθετον, ὅτε ἡ κατάστασις χαρακτηρίζεται ὡς ἀντισιδηρομαγνητικὴ. Τοιαύτη ἀντιπαράλληλος διάταξις τῶν μαγνητικῶν ροπῶν ἐβεβαιώθη εἰς τὸ πλέγμα τοῦ MnO (σχ. 451).



Σχ. 451

Ἀντιπαράλληλος διάταξις τῶν μαγνητικῶν ροπῶν εἰς τὸ MnO

Ἀξία μνείας εἶναι ἡ μαγνητικὴ συμπεριφορὰ τοῦ μαγνητίτου, τοῦ ὁποίου ὁ τύπος δομῆς εἶναι ὁ τοῦ στατιστικοῦ σπινελίου (σ. 243). Ἐντὸς τῆς κυψελίδος περιέχονται 8 χημικαὶ μονάδες τοῦ τύπου $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4^{2-}$ ἥτοι $8\text{Fe}^{2+}16\text{Fe}^{3+}$ καὶ 32O^{2-} . Τὰ ἀνιόντα O^{2-} διατάσσονται εἰς συμπαγῇ κυβικὴν συ-

σωμάτωσιν, ἐντὸς τῆς ὁποίας ὑπάρχουν 8 κενὰ μὲ διάταξιν περιβάλλοντος τετραεδρικήν καὶ 16 μὲ διάταξιν περιβάλλοντος ὀκταεδρικήν. Ἐκ τῶν 16 Fe^{3+} τὰ 8 καταλαμβάνουν τὰ τετραεδρικά κενά, τὰ ὑπόλοιπα 8Fe^{3+} μετὰ τῶν 8Fe^{2+} διατάσσονται στατιστικῶς εἰς τὰ 16 ὀκταεδρικά κενὰ τοῦ πλέγματος τῶν ἀνιόντων. Ὅλα τὰ ἰόντα τοῦ Fe εἶναι προσανατολισμένα σιδηρομαγνητικῶς, ἀλλὰ τὰ ἰόντα τῶν τετραεδρικῶν κενῶν εἶναι ἀντιπαράλληλα πρὸς τὰ τῶν ὀκταεδρικῶν. Ἐπειδὴ τὰ δεύτερα εἶναι διπλάσια εἰς ἀριθμὸν τῶν πρώτων ἀπομένει ὑπόλοιπον μαγνητικῆς ροπῆς ἀντιθέτως πρὸς ὅ,τι συμβαίνει εἰς τὰ ἀντισιδηρομαγνητικά, εἰς τὰ ὁποῖα αἱ ἀντιπαράλληλοι μαγνητικαὶ ροπαὶ ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως. Τὸ εἶδος αὐτὸ μαγνητισμοῦ τοῦ τύπου μαγνητίτου ἔχαρακτηρίσθη ὡς *σιδηρομαγνητισμός* (Ferrimagnetism). Γενικώτερον ἐκλήθησαν φερρίται ἐνώσεις τοῦ τύπου AFe_2O_4 , ἐν αἷς καὶ ὁ μαγνητίτης, εἰς τὰς ὁποίας τὸ A εἶναι ἐν τῶν ἰόντων. Mn, Co, Ni, Cu, Mg, Zn, Cd κ.λ.π. Παρουσιάζουν ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον εἰς τεχνικὰς ἐφαρμογὰς ὡς μαγνητικὰ ὑλικά καὶ εἰς τὴν ἡλεκτροτεχνίαν διὰ τὴν ὑψηλὴν αὐτῶν ἡλεκτρικὴν ἀντίστασιν.

Γ. ΟΠΤΙΚΗ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΓΡΑΦΙΑ

Ἐκ τῶν φυσικῶν ἰδιοτήτων τῶν κρυστάλλων αἱ θερμικαί, μαγνητικαὶ καὶ ἡλεκτρικαὶ ιδιότητες εἰς ὀλίγα μόνον σώματα ἔχουν μελετηθῇ καὶ τοῦτο, διότι τοιαύτης φύσεως μετρήσεις προϋποθέτουν κρυστάλλους ὠρισμένου κατωτέρου ὁρίου μεγέθους, τὸ ὁποῖον δὲν εἶναι σύνηθες. Τὰ περισσότερα σώματα ἀπαντοῦν εἰς κρυστάλλους λίαν μικροῦς, ἀκαταλλήλους διὰ τοιαύτας μετρήσεις. Τουναντίον μετρήσεις τῶν ὀπτικῶν σταθερῶν, δεικτῶν διαθλάσεως, τιμῶν διπλοθλαστικότητος, γωνιῶν ὀπτικῶν ἀξόνων κ.λ.π. δύνανται νὰ ἐκτελεσθοῦν μὲ μεγάλην ἀκρίβειαν καὶ ἐπὶ κρυστάλλων μικροσκοπικῶν ἔτι διαστάσεων καὶ αἱ σταθεραὶ αὗται προσδιωρίσθησαν δι' ὅλα τὰ ὀρυκτὰ καὶ πλείστας ἄλλας ἐνώσεις, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀποτελοῦν ἀσφαλῆ στοιχεῖα διὰ τὴν διάγνωσιν τῶν ὀρυκτῶν ἐνώσεων. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ Ὀπτικὴ Κρυσταλλογραφία εἶναι κεφάλαιον ἰδιαίτερος ἐνδιαφέρον τὴν Ὀρυκτολογίαν καὶ Πετρογραφίαν καὶ αἱ ὀπτικαὶ μέθοδοι εἶναι ἐκ τῶν κυριωτέρων μέσων τῆς ἐργαστηριακῆς ἐρεῦνης αὐτῶν, εἰς τινὰς μάλιστα περιπτώσεις καὶ αἱ μόναι ἀποτελεσματικαί. Οὕτω λ.χ. ἡ ὀρυκτολογικὴ σύστασις πετρώματος μικροκρυσταλλοφυοῦς εἶναι δυνατόν νὰ προσδιορισθῇ μόνον ἐπὶ μικροσκοπικῆς τομῆς αὐτοῦ ὑπὸ μορφὴν λεπτοῦ πλακιδίου πάχους περὶ τὰ 0,02 χιλιοστόμετρα. Εἰς τοιαύτας τομὰς ἀναγνωρίζονται τὰ διάφορα ὀρυκτὰ διὰ παρατηρήσεως τῶν ὀπτικῶν αὐτῶν ἰδιοτήτων καὶ μετρήσεως τῶν ὀπτικῶν αὐτῶν σταθερῶν. Εἰς τὸ παρὸν κεφάλαιον ἐξετάζονται τὰ σχετικὰ πρὸς τὴν ὀπτικὴν τῶν κρυστάλλων θέματα κυρίως ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῶν εἰς τὴν μικροσκοπικὴν φυσιογραφίαν τῶν ὀρυκτῶν.

91. Φύσις τοῦ φωτός. Τὸ φῶς, μία μορφή τῆς ἀκτινοβολουμένης ἐνεργείας,

παρουσιάζει δύο κατηγοριῶν φαινόμενα. Τὰ μὲν ἀναφέρονται εἰς τὴν διάδοσιν αὐτοῦ ἐντὸς τῶν ὑλικῶν μέσων καὶ ἀποτελοῦν τὸ καθ' αὐτὸ περιεχόμενον τῆς Ὀπτικῆς. Ταῦτα εἶναι ἡ ἀνάκλασις, ἡ διάθλασις, ἡ συμβολή, ἡ πόλωσις, ἡ διπλῇ διάθλασις. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ ἐρμηνεύονται κατὰ τρόπον πλήρως ἱκανοποιητικὸν εἰς ὅλας αὐτῶν τὰς λεπτομερείας μὲ τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, τῆς ὁποίας τὸ κῆρος ἐνισχύεται ἔτι μᾶλλον ἐκ τοῦ ὅτι θεωρητικαὶ αὐτῆς προβλέψεις, ὡς ἡ ἐσωτερικὴ κωνικὴ διάθλασις, ἐπεβεβαιώθησαν μεταγενεστέρως ἀπὸ τὸ πείραμα. Μία ἄλλη κατηγορία ὀπτικῶν φαινομένων εἶναι τὰ ἀναφερόμενα εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ τὴν ἀπορρόφησιν τῆς ἀκτινοβολίας ὑπὸ τῶν ὑλικῶν σωμάτων καὶ γενικώτερον εἰς τὰς ἐναλλαγὰς ἐνεργείας μεταξὺ ἀκτινοβολίας καὶ τῆς ἐνεργείας τῶν ἀτόμων (φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, φαινόμενον Compton, χαρακτηριστικὰ φάσματα τῶν ἀτόμων κ.λ.π.). Τὰ φαινόμενα αὐτά, ἐντελῶς ἀνερμήνευτα καὶ ἀντίθετα πρὸς τὰς προβλέψεις τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων ἐπέβαλον τὴν ἐκδοχὴν ὅτι ἡ ἀκτινοβολουσα πηγὴ δὲν ἐκπέμπει τὴν ἀκτινοβολίαν κατὰ τρόπον συνεχῆ, κατὰ σφαιρικὰ κύματα, ὅπως δέχεται ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων, ἀλλὰ κατ' ἐλάχιστα πρὸς ἐνεργείας μεμονωμένα, εἶδος ἀτόμων ἐνεργείας, τὰ κβάντα ἢ φωτόνια, τιμῆς $h\nu$ (ν = συχνότης, h = σταθερὰ τοῦ Planck = $6,624 \cdot 10^{-27}$ erg/sec).

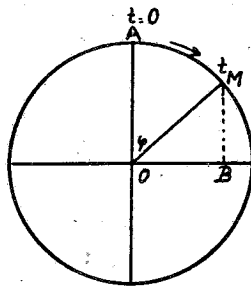
Ἡ θεωρία τῶν κβάντα ἀποτελεῖ ἀπὸ ἀπόψεως οὐσίας ἐπιστροφὴν εἰς τὴν παλαιὰν θεωρίαν τοῦ Νεύτωνος τῆς ἐκπομπῆς ἀβαρῶν σωματιδίων ἐκ τῆς ἀκτινοβολούσης πηγῆς. Τὸ παράδοξον αὐτὸ τῆς προσφυγῆς εἰς δύο θεωρίας ἀντιθέτους πρὸς ἀλλήλας καὶ ἀσυμβιβάστους διὰ τὴν ἐρμηνείαν φαινομένων τῆς αὐτῆς φύσεως ἤρην ἡ θεωρία τῆς κυματομηχανικῆς τοῦ de Broglie (1924). Κατὰ τὴν κυματομηχανικὴν ἡ δυναμικὴ σωματιδίων (ἠλεκτρονίων, πρωτονίων, ἀτόμων) ἐν κινήσει δύνανται νὰ ἐκφρασθῇ μὲ τύπους ἀναφερομένους εἰς τὴν μετάδοσιν ὁμάδος κυμάτων, αἱ δύο ἔννοιαι σωματίδιον καὶ κύμα, καθ' ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν κίνησιν, εἶναι μαθηματικῶς ἰσοδύναμοι. Ἡλεκτρόνιον μᾶζης m κινούμενον εὐθυγράμμως μὲ ταχύτητα v ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐπίπεδον κύμα μήκους $\lambda = h/mv$.

Τὰ ἐν κινήσει ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας, κατὰ τὴν κυματομηχανικὴν ἔδει νὰ προκαλοῦν φαινόμενα παρεχόμενα ἀπὸ κύμα. Ἡ θεωρητικὴ αὕτη πρόβλεψις ἐβεβαιώθη τὸ πρῶτον διὰ τοῦ πειράματος ὑπὸ τῶν Davisson καὶ Germer (1927). Δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων διαβιβασθεῖσα διὰ λεπτοτάτου μεταλλικοῦ ἐλάσματος ὑπέστη περίθλασιν ἀνάλογον πρὸς τὴν τῶν ἀκτίνων X καὶ ἔδωκεν ἐπὶ φωτογραφικῆς ἐπιφανείας διάγραμμα μὲ δακτυλοὺς Debye, ἀντιστοιχοῦντας εἰς κύμα μήκους συμφώνου πρὸς τὸ ἐξαχόμενον ἐκ τοῦ τύπου τοῦ de Broglie. Ὁμοια ἀποτελέσματα συμβολῆς ἐλήφθησαν βραδύτερον καὶ μὲ ἄλλα εἶδη σωματιδίων, πρωτόνια, νετρόνια καὶ ἀκόμη καὶ μὲ ἄτομα. Ἡ διπλῇ αὕτη ὕψις σωματίδιον - κύμα τοῦ αὐτοῦ φαινομένου, καίτοι δὲν εἶναι ἐρμηνεύσιμος κατὰ τὸν συνῆθη εἰς τὴν

κλασσικὴν φυσικὴν τρόπον δι' ἀναγωγῆς ἀμφοτέρων τῶν ἐκδηλώσεων εἰς μίαν ἐνιαίαν ἀρχήν, ἀποτελεῖ ἀλήθειαν, τὴν ὁποίαν θεωρία καὶ πείραμα ἐπέβαλε.

Ἡ τεχνικὴ τῆς ἐξετάσεως τῆς δομῆς τῆς ὕλης διὰ τῶν ὡματιδιακῶν κυμάτων εἰσήχθη πλέον εἰς τὰς ἐργαστηριακὰς μεθόδους ἐρεῦνης ἰδίᾳ εἰς τὴν ἐξέτασιν τῆς δομῆς ἐπιφανειακῶν στρωμάτων σχηματιζομένων ἀπὸ φαινόμενα προσροφήσεως, ἀπὸ χημικὰς ἀντιδράσεις ἐπιφανειακὰς κ.λ.π. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔνεκα τῆς ἐλαχίστης διεισδυτικῆς αὐτῶν ἱκανότητος παρέχουν στοιχεῖα ἐπὶ τῆς καταστάσεως τῆς ἐπιφανείας, ἐνῶ αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἰσχωροῦσαι εἰς ἱκανοποιητικὸν βάθος δὲν ἐπηρεάζονται κατὰ τρόπον αἰσθητὸν ἀπὸ τὴν σύστασιν τοῦ ἐπιφανειακοῦ στρώματος. Ἐξ ἄλλου τὸ γεγονός ὅτι αἱ ἠλεκτρονικαὶ ἀκτῖνες, ἐνῶ δύνανται νὰ λάβουν μῆκη κύματος λίαν μικρᾶς τάξεως μεγέθους, τοῦ τῶν ἀκτίνων Röntgen, ταυτοχρόνως δύνανται νὰ ἐκτραποῦν χάρις εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν αὐτῶν φορτίον δι' ἐπιδράσεως ἠλεκτρικῶν ἢ μαγνητικῶν πεδίων, ἐπέτρεψε τὴν κατασκευὴν μαγνητικῶν καὶ ἠλεκτρικῶν φακῶν, οἱ ὁποῖοι ἐνεργοῦν ἐπὶ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, καθ' ὃν τρόπον ἐπὶ τοῦ φωτὸς οἱ συνήθεις φακοί, καὶ τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου. Δι' αὐτοῦ ἐπιτυγχάνονται γραμμικαὶ μεγεθύνσεις μέχρι 50.000.

92. Γενικαὶ τινες ἔννοιαι τῆς Ὀπτικῆς. Τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα πραγματεύεται ἡ Ὀπτικὴ Κρυσταλλογραφία ἀναφέρονται εἰς τὴν φύσιν τοῦ φωτὸς ὡς κύματος. Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως αὐτῆς θεωρούμενον τὸ φῶς εἶναι μία ἀγνώστου φύσεως κανονικὴ περιοδικὴ μεταβολή, τῆς ὁποίας αἱ φάσεις μετατοπίζονται εἰς τὸν ῥῶρον μὲ ὠρισμένην ταχύτητα. Τὸ ἄνυσμα, τὸ ὁποῖον παριστᾷ τὴν



Σχ. 452

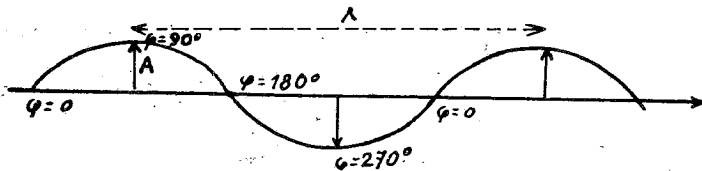
Παράστασις ἀπλῆς περιοδικῆς κινήσεως

περιοδικὴν αὐτὴν μεταβολήν, εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν μεταδόσεως τοῦ φωτός. Ἡ περιοδικὴ αὐτὴ μεταβολὴ δύναται νὰ παρασταθῇ μὲ τὴν κίνησιν, τὴν ὁποίαν ἔκτελεῖ ἐπὶ διαμέτρου κύκλου ἢ προβολὴ σημείου κινουμένου ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ κύκλου μὲ σταθερὰν γωνιώδη ταχύτητα (σχ. 452),

ή απόστασις OB τής προβολής του M από του κέντρου παριστᾷ τὸ ἐκάστοτε μῆκος τοῦ περιοδικῶς μεταβαλλομένου ἀνύσματος. Ἐάν ὁ χρόνος μιᾶς περιφορᾶς, ἡ περίοδος, κληθῇ T, εἶναι:

$$AB = A\eta\mu\phi = \eta\mu(2\pi t/T)$$

Ὁ ἀριθμὸς τῶν περιφορῶν τῶν ἐκτελουμένων εἰς 1 sec καλεῖται *συχρότης* $\nu = 1/T$. Τὸ μέγιστον A τῆς τιμῆς τοῦ ἀνύσματος καλεῖται *πλάτος* τοῦ κύματος. Ἡ έντασις εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τοῦ πλάτους. Εἰς δεδομένην χρονικὴν στιγμήν τὰ ἀνύσματα τὰ παριστῶντα τὴν περιοδικὴν μεταβολὴν κατὰ μῆκος μιᾶς ἀκτίνος διαδόσεως τοῦ φωτός δι' ὅλα τὰ σημεῖα αὐτῆς ἔχουν τὰ πέρατα αὐτῶν ἐπὶ ἡμιτονοειδοῦς καμπύλης γραμμῆς (σχ. 453). Ἡ απόστασις λ μεταξὺ δύο ἐγγυτέρων σημείων εὐρισκομένων εἰς τὴν αὐτὴν φάσιν κραδασμοῦ καλεῖται *μῆκος κύματος*. Αἱ φάσεις τῆς περιοδικῆς αὐτῆς κινήσεως τοῦ κύματος μετακινουῦνται σὺν τῷ χρόνῳ κατὰ τὴν διεύθυνσιν μεταδόσεως τοῦ φωτός μετὰ ταχύτητα $\nu = \nu\lambda$.



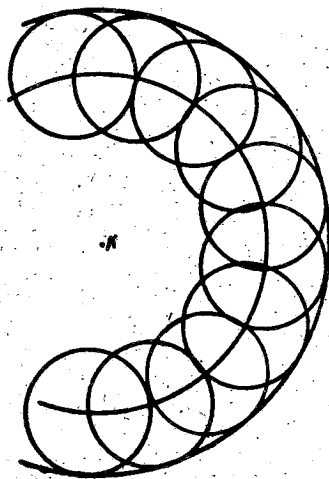
Σχ. 453

Παράστασις διαδόσεως κύματος

Εἰς τὸ κενὸν ἡ ταχύτης ν τοῦ φωτός εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλα τὰ χρώματα, ἴση πρὸς 299,800km. Ἐντὸς τῶν ὕλικῶν μέσων τὸ φῶς μεταδίδεται μετὰ ταχύτητα $\bar{\nu}$ ἐπὶ τοσοῦτον μικροτέραν, ὅσον ἡ συχρότης ν εἶναι μεγαλυτέρα. Ἐκ τῶν ποσῶν ν καὶ λ ἡ συχρότης παραμένει σταθερὰ μεταβαλλομένης τῆς ταχύτητος, τὸ μεταβαλλόμενον εἶναι τὸ μῆκος κύματος. Ὁμογενὲς (μονόχρουν) φῶς χαρακτηρίζεται ἀπὸ ὠρισμένην συχρότητα ἢ ὠρισμένον μῆκος κύματος ἀναφερόμενον εἰς τὸν κενὸν χῶρον. Τὸ ὁρατὸν τμήμα τοῦ φάσματος περιλαμβάνει τὴν περιοχὴν μηκῶν κύματος ἀπὸ 4000Å (ὕπεριώδες) ἕως 7800Å, (ὕπερυθρον).

Τὸ φῶς ἐντὸς ἰσοτρόπων μέσων διαδίδεται μετὰ τὴν αὐτὴν ταχύτητα κατὰ πᾶσαν διεύθυνσιν, ἐπομένως ἐάν θεωρήσωμεν φωτεινὴν πηγὴν K, ἡ περιοδικὴ μεταβολή, εἰς τὴν ὁποίαν ὀφείλεται τὸ φῶς, θὰ εὐρίσκεται μετὰ τινα χρόνον ἐπὶ μιᾶς σφαιρικῆς ἐπιφανείας, ἡ ὁποία ἔχει τὴν φωτεινὴν πηγὴν ὡς κέντρον. Ἡ ἐπιφάνεια αὕτη, τῆς ὁποίας πάντα τὰ σημεῖα εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν φάσιν κραδασμοῦ, καλεῖται *ἐπιφάνεια κύματος*, αἱ γεωμετρικαὶ αὐτῆς ἀκτῖνες ἀντιπροσωπεύουν τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ Huyghens

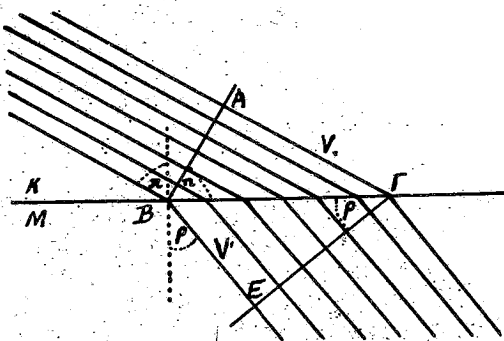
πᾶν σημεῖον τῆς ἐπιφανείας κύματος ἀποτελεῖ ἴδιον κέντρον διαδόσεως σφαιρικῶν κυμάτων, τὸ νέον μέτωπον κύματος μετὰ τινὰ χρόνον εἶναι ἡ σφαιρικὴ ἐπιφάνεια ἡ περιβάλλουσα τὸ σύνολον τῶν ἐπὶ μέρους σφαιρικῶν αὐτῶν ἐπιφανειῶν, ὁμόκεντρος πρὸς τὴν προηγουμένην (σχ. 454). Διὰ φωτεινὴν πηγὴν λίαν



Σχ. 454

Διάδοσις σφαιρικῶν κυμάτων κατὰ Huyghens

μεμακρυσμένην μικρὸν τμήμα τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας ταυτίζεται πρὸς ἐπίπεδον, τὸ ἀντιστοιχοῦν κύμα καλεῖται ἐπίπεδον κύμα. Τὸ ἐπίπεδον κύμα ἀντι-



Σχ. 455

Ερμηνεία τῆς διαθλάσεως

προσωπεύει δέσμηγν ἀκτίνων παραλλήλων. Κατὰ τὴν διάδοσιν ἐπιπέδου κύματος ἀπὸ ἐνὸς μέσου ἰσοτρόπου εἰς ἄλλο ἰσότροπον διαχωρίζομενον μὲ ἐπι-

φάνειαν επίπεδον, ή φωτεινή δέσμη εκτρέπεται από τής αρχικής της διευθύνσεως, διαθλάται. Έστω κατά τινα στιγμήν AB τὸ μέτωπον τοῦ ἐπιπέδου κύματος, τὸ ὁποῖον ἐκ τοῦ κενοῦ K, ἔνθα ἔχει ταχύτητα V εἰσέρχεται εἰς τὸ ὑλικὸν σῶμα M (σχ. 455). Ἡ ταχύτης διαδόσεως ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου ἀποβαίνει $V' < V$. Μετὰ χρόνον t τὸ ἐκ τοῦ σημείου A προερχόμενον κύμα φθάνει εἰς τὸ Γ ($AG = Vt$), τὸ ἐκ τοῦ B φθάνει ἐπὶ σφαιρικῆς ἐπιφανείας ἀκτίνος $BE = V't$. Ἀγοντες ἐκ τοῦ Γ ἐπίπεδον ἐφαπτόμενον τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας ἔχομεν τὸ νέον μέτωπον κύματος. Ἐκ τῶν ὀρθογωνίων τριγώνων ABΓ καὶ BEΓ προκύπτει ὅτι:

$$\begin{aligned} AG &= Vt = BG \cdot \eta\mu \pi \\ BE &= V't = BG \cdot \eta\mu \rho \\ V/V' &= \eta\mu \pi / \eta\mu \rho = n \end{aligned}$$

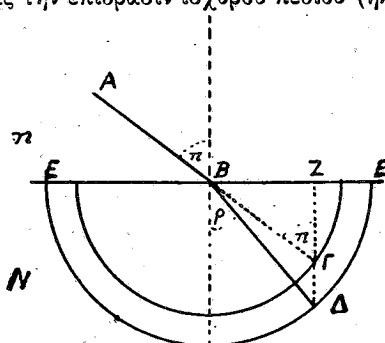
ὅπου n ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ σώματος.

Ἀποδεικνύονται οὕτως οἱ δύο νόμοι τῆς διαθλάσεως. Προσπίπτουσα καὶ διαθλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχεδίου, καθέτου ἐπὶ τὴν διαχωρίζουσαν τὰ δύο μέσα ἐπιφάνειαν. Ὁ λόγος $\eta\mu\pi/\eta\mu\rho$ τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως εἶναι σταθερὸς διὰ πᾶσαν πρόσπτωσην. Ὁ λόγος αὐτὸς εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ M ὡς πρὸς τὸ K. Τοῦ V ἐλαττωμένου μετὰ τοῦ λ, ἐὰν ἡ φωτεινὴ δέσμη εἶναι λευκὴ, εἰσερχομένη ἐντὸς τοῦ μέσου M θὰ ὑποστῇ ἀνάλυσιν, αἱ ἀκτῖνες τοῦ μικροτέρου λ θὰ πλησιάσουν περισσότερον τὴν κάθετον παρὰ αἱ ἐρυθραί.

Διὰ τὴν λύσιν προβλημάτων γεωμετρικῆς ὀπτικῆς, σχετικῶν μὲ τὴν πορείαν, τὴν ὁποίαν ἀκολουθοῦν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ἐντὸς τῶν διαφανῶν μέσων, γίνεται χρῆσις τῶν ἐπιφανειῶν κύματος ἢ καὶ ἄλλων ἐπιφανειῶν ὀπτικῶν. Τοιαῦται ἐπιφάνειαι λ.χ. εἶναι αἱ ἐπιφάνειαι τῶν δεικτῶν διαθλάσεως. Εἰς τὰ ισότροπα μέσα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς ἐπομένως καὶ ὁ δείκτης διαθλάσεως ἔχουν σταθεράν τιμὴν κατὰ πᾶσαν διεύθυνσιν, ἡ ἐπιφάνεια δεικτοῦ διαθλάσεως εἶναι σφαῖρα ἀκτίνος ἀναλόγου πρὸς τὴν τιμὴν τοῦ δεικτοῦ. Ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ἐντὸς μέσου δεικτοῦ διαθλάσεως N ἴσου πρὸς 1,50 ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς προσπίπτουσαν AB ἐντὸς μέσου μὲ δεικτὴν $n = 1,2$ χωριζομένου ἀπὸ τὸ πρῶτον μὲ ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν EE εὐρίσκεται γραφικῶς κατὰ τὸ σχῆμα 456. Πρὸς τοῦτο ἄγονται αἱ δύο σφαιρικαὶ ἐπιφάνειαι μὲ ἀκτῖνας 1,5 καὶ 1,2. Ἐκ τοῦ σημείου Γ, καθ' ὃ ἡ προέκτασις τῆς AB συναντᾷ τὴν σφαῖραν ἀκτίνος 1,2, ἄγεται κάθετος ἐπὶ τὸ EE τέμνουσα τὴν σφαῖραν ἀκτίνος 1,5 εἰς τὸ σημεῖον Δ. Ἡ BΔ εἶναι ἡ διεύθυνσις τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος, διότι ἐκ τῶν ὀρθογωνίων τριγώνων BZΓ καὶ BZΔ ἔχομεν $BZ = BG\eta\mu\pi = B\Delta\eta\mu\rho$ καὶ $\eta\mu\pi/\eta\mu\rho = B\Delta/BG = N/n$.

93. Πόλωσις τοῦ φωτός. Ἐὰν τὸ κάθετον ἐπὶ τὴν ἀκτῖνα ἄνυσμα τὸ παριστῶν τὴν περιοδικὴν μεταβολὴν δὲν ἔχει ὠρισμένον προσανατολισμόν

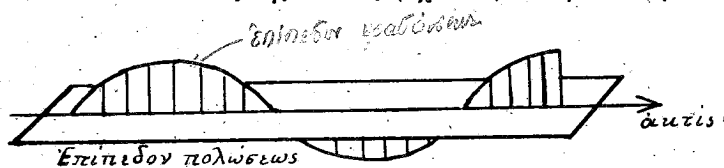
ἀλλ' ἐναλλάσσει ὅλας τὰς δυνατάς θέσεις καθέτως ἐπὶ τὴν ἀκτῖνα τοῦ φωτός, τὸ φῶς τοῦτο καλεῖται *φυσικὸν φῶς*. Τοιοῦτον εἶναι τὸ προερχόμενον ἀπ' εὐθείας ἐκ φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς ἀκτῖνας προερχομένας ἐξ ἀνακλάσεως ἢ διαθλάσεως ἢ ὑποστάσεως τὴν ἐπίδρασιν ἰσχυροῦ πεδίου (ἡλεκτρικοῦ, μαγνητικοῦ),



Σχ. 456

Εὗρεσις τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος γραφικῶς

αἱ τιμαὶ τοῦ καθέτου ἀνύσματος δὲν εἶναι ἀνεξάρτητοι τοῦ ἀζιμουθίου. Τοιοῦτον φῶς καλεῖται *πεπολωμένον*. Ἡ ἀπλουστερά περίπτωση πεπολωμένου φωτός εἶναι τὸ εὐθυγράμμως πεπολωμένον. Εἰς αὐτὸ τὸ ἄνυσμα κεῖται ἐφ' ἑνὸς ὠρισμένου ἐπιπέδου, τοῦ ἐπιπέδου κραδάνσεως. Τὸ κάθετον ἐπ' αὐτὸ ἐπίπεδον καλεῖται ἐπίπεδον πολώσεως τῆς ἀκτίνος (σχ. 457). Τὸ φυσικὸν φῶς δύναται



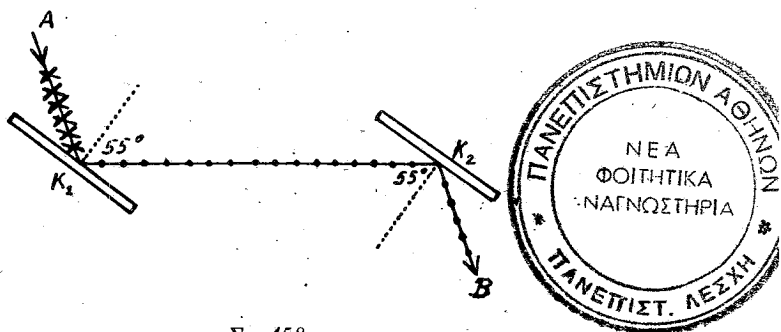
Σχ. 457

Παράστασις εὐθυγράμμως πολωμένης ἀκτίνος

νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτελούμενον ἀπὸ εὐθυγράμμως πολωμένα κύματα, τῶν ὁποίων τὸ ἐπίπεδον κραδάνσεως ἀλλάσσει ἀζιμούθια μὲ μεγίστην ταχύτητα.

Ὁ ἀπλουστερος τρόπος παραγωγῆς εὐθυγράμμως πολωμένου φωτός εἶναι δι' ἀνακλάσεως δέσμης φυσικοῦ φωτός ἐπὶ κατόπτρου ὄχι μεταλλικοῦ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως ἴσην πρὸς τὴν γωνίαν τῆς ὀλικῆς πολώσεως Φ , ἥς ἡ τιμὴ παρέχεται ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Brewster, $\epsilon\phi\Phi = n$ (δείκτης διαθλάσεως). Διὰ τὴν ὕαλον ἡ γωνία αὕτη εἶναι 55° περίπου. Εἰς τὴν ἀνακλασθεῖσαν δέσμη αἱ κραδάνσεις θεωροῦνται ἐκτελούμεναι καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως (σχ. 458). Ἡ δέσμη αὕτη προσπίπτουσα ἐπὶ δευτέρου κατόπ-

τροῦ K_2 ὑπὸ γωνίαν ὀλικῆς πολώσεως ἀνακλᾶται μὲ τὴν μεγίστην δυνατὴν ἔντασιν, ἐφ' ὅσον τὰ ἐπίπεδα προσπτώσεως τῶν δύο κατόπτρων συμπίπτουν. Ἐὰν στρέψωμεν τὸν K_2 περὶ τὴν προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτοῦ δέσμη διατηροῦντες τὴν γωνίαν προσπτώσεως σταθεράν, ἡ δέσμη K_2B ἐξασθενεῖ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καί, ὅταν τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως K_2 λάβῃ θέσιν κάθετον πρὸς τὸ K_1 ἐξαφανίζεται. Στροφή τοῦ K_1 περὶ τὴν φυσικὴν ἀκτῖνα AK_1 κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον διατηρεῖ τὴν ἔντασιν τῆς ἀνακλωμένης δέσμης ἀμείωτον. Ἐὰν ἡ AK_1 εἶναι μερικῶς πεπολωμένη, ἐπέρχεται ἐξασθένεισι εἰς ὠρισμένους θέσεις, ἀλλ' οὐχὶ τελεία κατάσβεσις.



Σχ. 458

Πόλωση δι' ἀνακλάσεως ὑπὸ τὴν γωνίαν τοῦ Brewster

Εἰς τὴν περιγραφῆσαν διάταξιν τὸ κάτοπτρον K_1 καθ' ὃ παρέχον εὐθυγράμμως πολωμένην δέσμη εἶναι πολωτής, τὸ K_2 , δι' οὗ ἐλέγχεται ἡ κατάστασις πολώσεως τῆς δέσμης, ἀναλυτής. Τὰ κάτοπτρα εἰς θέσιν ὀλικῆς πολώσεως δὲν εἶναι εὐχρηστα ἐν τῇ πράξει ὡς πολῶται ἢ ἀναλυταί. Ἀντ' αὐτῶν γίνεται χρῆσις πολωτῶν κατασκευαζομένων ἀπὸ καταλλήλους τομᾶς ὀπτικῶς ἀνισοτρόπων κρυστάλλων.

Δύο εὐθυγράμμως πολωμένα κύματα τοῦ αὐτοῦ λ , τῶν ὁποίων συμπίπτουν τὰ ἐπίπεδα πολώσεως καὶ ἡ διεύθυνσις διαδόσεως, συμβάλλουν καὶ δίδουν συνισταμένην κίνησιν, τῆς ὁποίας τὸ πλάτος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἀνυσμάτων τῶν δύο κυμάτων. Εἰς τὴν περίπτωσιν καθ' ἣν ἡ διαφορὰ φάσεως τῶν δύο κυμάτων εἶναι 180° , τὰ ἀνύσματα ἔχουν φορὰν ἀντίθετον καί, ἂν εἶναι ἴσα, μηδενίζονται. Οὕτως ἀκτῖνες παράλληλοι εὐθυγράμμως πολωμένοι καὶ ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου, ἂν ἔχουν διαφορὰν πορείας περιττὸν ἀριθμὸν $\lambda/2$ ἀποσβέννυνται διὰ συμβολῆς. Ἐὰν δύο εὐθυγράμμως πολωμένα κύματα μὲ ἐπίπεδα πολώσεως κάθετα ἐπ' ἄλληλα διαδίδονται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, ἐν οὐδεμιᾷ περιπτώσει ἀποσβέννυνται διὰ συμβολῆς. Ἡ σύνθεσις δύο εὐθυγράμμων ἀπλῶν περιοδικῶν κινήσεων τῆς αὐτῆς περιόδου καθέτων ἐπ' ἄλληλας δίδει συνισταμένην κίνησιν ἐλλειπτικὴν. Ἐὰν ἡ διαφορὰ πορείας

τῶν δύο καθέτως πολωμένων κυμάτων εἶναι $\lambda/4$ καὶ τὰ πλάτη αὐτῶν εἶναι ἴσα, ἢ ἔλλειψις μεταβάλλεται εἰς περιφέρειαν κύκλου. Ὑπὸ τὰς συνθήκας αὐτὰς ἔχομεν ἔλλειπτικῶς ἢ κυκλικῶς πολωμένον φῶς διακρινόμενον ἐκ τῆς φορᾶς κινήσεως εἰς δεξιόστροφον ἢ ἀριστερόστροφον. Διὰ διαφορὰν πορείας $\lambda/2$ προκύπτει συνισταμένη κίνησις εὐθύγραμμος.

Πράγματι, ἐὰν εἰς τρισσορθογώνιον σύστημα ἀξόνων x, y, z ἡ διεύθυνσις διαδόσεως τῶν δύο κυμάτων εἶναι ἡ z , ἡ διαφορὰ φάσεως $\pi/2$ καὶ αἱ διευθύνσεις τῶν καθέτων ἐπ' αὐτὴν κραδάνσεων εἶναι αἱ x καὶ y , τὰ δύο ἀνύσματα ἔχουν τιμὰς:

$$x = A \eta \mu 2\pi \frac{t}{T} \quad y = B \eta \mu \left(\frac{2\pi t}{T} \pm \frac{\pi}{2} \right) = \pm B \sigma \nu \frac{2\pi t}{T}$$

Ὑψοῦντες εἰς τὸ τετράγωνον καὶ ἀθροίζοντες ἔχομεν:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1.$$

Ἡ ἐξίσωσις παριστᾷ ἔλλειψιν καὶ διὰ $A = B$ περιφέρειαν κύκλου

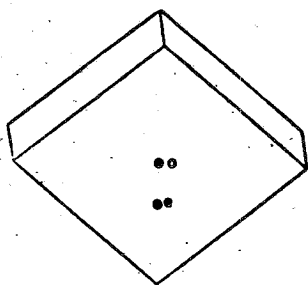
Διὰ διαφορὰν πορείας π λαμβάνομεν $x^2 + y^2 = (A^2 + B^2) \frac{\eta \mu^2 2\pi t}{T}$ ἡ- τοι ἀπλῆν περιοδικὴν κίνησιν πλάτους ἴσου πρὸς $\sqrt{A^2 + B^2}$.

Εἰς τὰς ἐπομένους παραγράφους ἐξετάζεται ἡ διάδοσις τοῦ φωτός ἐντὸς τῶν ἀνισοτρόπων ὀπτικῶς κρυσταλλικῶν μέσων. Ἐκ τῶν κρυστάλλων οἱ τοῦ κυβικοῦ συστήματος εἶναι ὀπτικῶς ἰσότροποι, οἱ τῶν λοιπῶν συστημάτων εἶναι ἀνισότροποι.

94. Διπλῇ διάθλασις τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου. Ἡ ἰσλανδικὴ κρυστάλλος εἶναι ποικιλία ἀσβεστίτου τελείως διαυγοῦς ἀπαντῶσα εἰς εὐμεγέθεις κρυστάλλους σχηματισθέντας δευτερογενῶς ἐντὸς κοιλοτήτων ἡφαιστειογενοῦς πετρώματος (δολερίτου). Σχισμογενὲς ρομβοέδρον αὐτῆς τιθέμενον ἐπὶ χάρτου φέροντος μαύρην κηλῖδα δίδει δύο εἰδῶλα αὐτῆς ἐκ διαθλάσεως (σχ. 459). Τὸ φαινόμενον παρατηρηθὲν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Erasmus Bartholinus (1669) καλεῖται διπλῇ διάθλασις. Ἐμελετήθη λεπτομερῶς καὶ ἡρμηνεύθη ὑπὸ τοῦ Huyghens (1678) εἰς τὴν πραγματείαν του περὶ φωτός, εἰς τὴν ὁποίαν ἀναπτύσσει τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων.

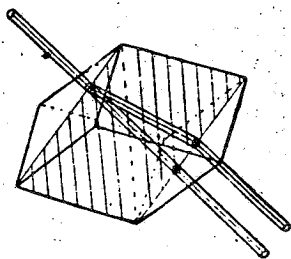
Ἐκ τῶν δύο εἰδῶλων, τὰ ὁποῖα δίδει ἡ διπλῇ διάθλασις εἰς τὸ σχῆμα 459 τὸ ἐν (ο) εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ἑδραν τοῦ ρομβοέδρου τῆς διερχομένης διὰ τῆς κηλίδος καὶ ἀντίστοιχεῖ εἰς δέσμην ἀκτίνων, ἡ ὁποία διὰ κάθετον πρόσπτωσιν ἐπὶ τῆς ἑδρας δὲν ὑπέστη διάθλασιν, ἥτοι ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως. Ἡ δέσμη αὕτη καλεῖται τακτικὴ. Τὸ εἶδωλον (ε) προέρχεται ἀπὸ δέσμην, ἡ ὁποία παρὰ τὴν κάθετον πρόσπτωσιν ἐξετράπη ἐντὸς τοῦ ρομβοέδρου ἀπὸ τῆς καθέτου καὶ κατὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς διαδίδεται παραλλήλως πρὸς τὴν τακτικὴν. Ἡ δέσμη αὕτη καλεῖται ἔκτακτος, διότι δὲν ὑπακούει εἰς τὸν γνωστὸν νόμον τῆς διαθλάσεως. Ὑπὸ τὰς συνθήκας τοῦ

πειράματος, δηλ. κάθετον πρόσπτωσιν ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου, τακτικῇ καὶ ἔκτακτος ἀκτὶς εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον ὀρίζει ἡ κάθετος προσπτώσεως καὶ ὁ ἄξων Λ^3 τοῦ ρομβοέδρου (σχ. 460). Τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ καλεῖται κυρία τομὴ τοῦ ρομβοέδρου καὶ ἔχει ἰδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὴν περιγραφὴν τοῦ φαινομένου.



Σχ. 459

Διπλὴ διάθλασις τῆς ἰσλανδικῆς
κρυστάλλου



Σχ. 460

Πορεία τῶν ἀκτίνων ἐντὸς ρομβοέδρου
ἰσλανδικῆς κρυστάλλου

Ἐξετάζοντες δι' ἀναλυτοῦ (λ.χ. δι' ἀνακλάσεως ἐπὶ κατόπτρου ὕαλου ὑπὸ γωνίαν 55°) τὴν κατάστασιν πολώσεως τῶν δύο ἀκτίνων εὐρίσκομεν ὅτι ἀμφότεραι εἶναι εὐθυγράμμως πολωμέναι καὶ ἐπὶ ἐπιπέδων καθέτων ἐπ' ἄλληλα. Αἱ κραδάνσεις τοῦ τακτικοῦ κύματος τελοῦνται καθέτως πρὸς τὴν κυρίαν τομὴν, τοῦ ἐκτάκτου ἐντὸς αὐτῆς.

Ἐφ' ὅσον τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως ταυτίζεται πρὸς τὴν κυρίαν τομὴν, διὰ πᾶσαν γωνίαν προσπτώσεως ἀμφότεραι αἱ ἀκτίνες τακτικῇ καὶ ἔκτακτος παραμένουν ἐντὸς τῆς κυρίας τομῆς. Ἐὰν ὅμως τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως λάβῃ ἄλλην θέσιν, ἡ μὲν τακτικῇ ἀκτὶς κεῖται ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου προσπτώσεως, ἡ ἔκτακτος ὅμως ἐξέρχεται τοῦ ἐπιπέδου τούτου παραβαίνουσα ἐκτὸς τοῦ νόμου τῶν ἡμιτόνων καὶ τὸν νόμον τὸν ὀρίζοντα τὴν θέσιν προσπιπτούσης καὶ διαθλωμένης ἀκτίνος τὸν ἰσχύοντα διὰ τὰ ἰσότροπα μέσα. Μέτρησις τῶν δεικτῶν διαθλάσεως τακτικῆς καὶ ἐκτάκτου ἀκτίνος ὑπὸ διαφόρους προσπτώσεις ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἄξονα Λ^3 δεικνύει ὅτι διὰ μὲν τὴν τακτικὴν ὁ δείκτης διαθλάσεως ἔχει τιμὴν σταθεράν (1,658 διὰ τὴν ράβδωσιν D) διὰ δὲ τὴν ἔκτακτον εἶναι μεταβλητός. Διὰ θέσιν τῆς προσπιπτούσης κάθετον πρὸς τὸν Λ^3 ἡ τιμὴ τοῦ δείκτη διαθλάσεως εἶναι ἐλαχίστη (1,468), διὰ διάδοσιν παράλληλῃ πρὸς τὸν Λ^3 ὁ δείκτης διαθλάσεως διὰ τὴν ἔκτακτον ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν πρὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως διὰ τὴν τακτικὴν, δέσμη ἀκτίνων μεταβιβαζομένη παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα Λ^3 δὲν ὑφίσταται διπλὴν διάθλασιν. Τοιαύτη διεύθυνσις εἰς τὰ ἀνισότροπα μέσα ἐν γένει, κατὰ τὴν ὁποίαν δὲν συμβαίνει διπλὴ διάθλασις, καλεῖται οπτικὸς ἄξων. Μεταξὺ τῶν δύο τούτων ἔχρων θέ-

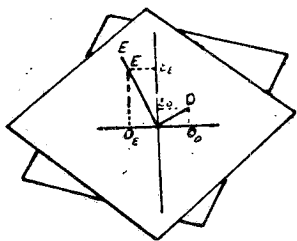
σεων προσπτώσεως ὁ δείκτης διαθλάσεως διὰ τὴν ἔκτακτον ἀκτῖνα μεταβάλλει τιμὴν κατὰ τρόπον συνεχῇ. Ἐξέτασις τῆς καταστάσεως πολώσεως δεικνύει ὅτι ἀμφότεραι αἱ ἀκτῖνες εἶναι πάντοτε εὐθυγράμμως πολωμέναι, ἐντὸς τῆς κυρίας τομῆς ἢ τακτικῇ καὶ καθέτως πρὸς αὐτὴν ἢ ἔκτακτος. Κατὰ ταῦτα ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου φωτειναὶ κραδάνσεις μόνον ἐντὸς τῶν δύο κύτων ἐπιπέδων εἶναι δυναταί. Ἐάν δὲ τοῦ προσπίπτοντος ἐπιπέδου κύματος αἱ κραδάνσεις δὲν συμπίπτουν πρὸς ἓν τῶν ἐπιπέδων τούτων, ἀναλύονται εἰς δύο συνιστώσας κραδάνσεις κατὰ τὰ δύο αὐτὰ ἐπίπεδα. Ἐντεῦθεν ἡ διπλῇ διάθλασις τοῦ φυσικοῦ φωτός. Ἐάν εἰς τὸ πείραμα τοῦ σχ. 460 ἀντὶ φυσικοῦ φωτός ἡ προσπίπτουσα δέσμη εἶναι εὐθυγράμμως πολωμένη ἐντὸς τῆς κυρίας τομῆς θὰ λάβωμεν μίαν μόνον ἀκτῖνα ἐκ διαθλάσεως τὴν τακτικὴν (ο). Ἐάν εἶναι πολωμένη καθέτως πρὸς τὴν κυρίαν τομὴν θὰ ἔχωμεν τὴν ἔκτακτον (ε). Ἐάν τὸ ἐπίπεδον πολώσεως πρὸς οὐδεμίαν τῶν ἀνωτέρω θέσεων συμπίπτει, θὰ ἔχωμεν τακτικὴν καὶ ἔκτακτον ἀκτῖνα.

Ἐάν θεωρήσωμεν τὴν ἔκτακτον ἀκτῖνα τὴν προκύπτουσαν διὰ κάθετον πρόσπτωσιν εἰς τὸ σχῆμα 460 καὶ ἀντικαταστήσωμεν τὴν παράλληλον προσπίπτουσαν δέσμην μὲ κωνικὴν τοιαύτην, θὰ ὑπάρχῃ ἐντὸς τῆς δέσμης αὐτῆς ἀκτὶς προσπίπτουσα ὑπὸ κατ'ἀλλήλον γωνίαν ἐντὸς τῆς κυρίας τομῆς τοιαύτη, ὥστε ἡ τακτικὴ αὐτῆς ἀκτὶς νὰ ἀκολουθήσῃ τὸν δρόμον, τὸν ὅποιον ἀκολουθεῖ ἡ ἔκτακτος τῆς καθέτως προσπιπτούσης. Ὡστε κατὰ τυχοῦσαν εὐθείαν ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου εἶναι δυνατόν νὰ μεταβιβασθοῦν ταυτοχρόνως δύο κύματα καθέτως πολωμένα ἐπ' ἄλληλα μὲ ταχύτητας διαφορετικάς.

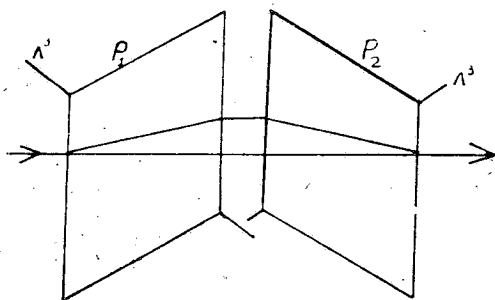
Τὸ ἐξῆς πείραμα τοῦ Huyghens μὲ δύο ρομβόεδρα ἐξημενεύεται εὐκόλως κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα. Δύο ρομβόεδρα ἰσοπαγῇ, εἰς ἐπαφὴν καὶ μὲ τὰς κυρίας τομὰς αὐτῶν συμπίπτουσας, ὥστε νὰ ἀποτελοῦν τὸ ἐν προέκτασιν τοῦ ἡλίου. δίδουν δύο εἰδωλα μὲ ἐκτropicὴν διπλασίαν ἐκείνης, τὴν ὅποιαν δίδει τὸ ἐν μόνον. Ἡ τοιαύτη θέσις ἰσοδυναμεῖ μὲ διπλασιασμόν τοῦ πάχους τοῦ ρομβοέδρου, δι' ὃ καὶ ἡ ἐκτροπὴ διπλασιάζεται. Στρέφοντες τὸ ἐν τῶν ἐν ἐπαφῇ ρομβοέδρων, ὥστε αἱ κύριαι τομαὶ αὐτῶν νὰ σχηματίζουν γωνίαν διάφορον τῆς ὀρθῆς, λαμβάνομεν 4 εἰδωλα. Διὰ θέσιν τῶν κυρίων τομῶν κάθετον (στροφὴ κατὰ 90° ἢ 270°) τὰ εἰδωλα γίνονται δύο, διὰ στροφὴν κατὰ 180° ἓν. Τὴν ἐξήγησιν τοῦ πειράματος παρέχει σχηματικῶς ἡ εἰκὼν 461. Αἱ ἐκ τοῦ ρομβοέδρου P_1 προσερχόμεναι κραδάνσεις τακτικὴ (ο) καὶ ἔκτακτος (ε), εἰσερχόμεναι εἰς τὸ ρομβόεδρον P_2 συναντοῦν τὰς διευθύνσεις κραδάνσεως ἐντὸς αὐτοῦ ὑπὸ γωνίαν καὶ ἐπομένως ἐκάστη αὐτῶν ἀναλύεται εἰς δύο κραδάνσεις. Ὅπως προκύπτουν 4 ἀκτῖνες τακτικὴ καὶ ἔκτακτος ἐκ τῆς τακτικῆς τοῦ ρομβοέδρου P_1 καὶ τακτικὴ καὶ ἔκτακτος ἐκ τῆς ἐκτάκτου. Διὰ τὰς λοιπὰς θέσεις, καθ' ἃς αἱ διευθύνσεις τῶν κραδάνσεων εἰς τὰ δύο ρομβόεδρα συμπίπτουν, αἱ ἐκ τοῦ P_1 κραδάνσεις δὲν ἀναλύονται, τὰ εἰδωλα εἶναι δύο, ἐν δὲ διὰ στροφὴν 180° (σχ. 462), ἐνθα ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς ἀκολουθοῦσα ἀντίθετον κλίσιν εἰς τὰ

δύο ρομβόεδρα ταυτίζεται πρὸς τὴν τακτικὴν κατὰ τὴν ἑξοδὸν τῆς ἐκ τοῦ P_2 .

Διπλῇ διάθλασις συμβαίνει εἰς ὅλους τοὺς κρυστάλλους ἑξαίρεσει μόνον τῶν κυβικῶν κρυστάλλων, οἱ ὅποιοι εἶναι ὀπτικῶς ἰσότροποι. Εἰς τοὺς διπλοθλαστικούς ὅμως κρυστάλλους τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως δὲν εἶναι μακροσκοπικῶς καταφανές, ὥπως εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον. Εἰς αὐτὴν



Σχ. 461



Σχ. 462

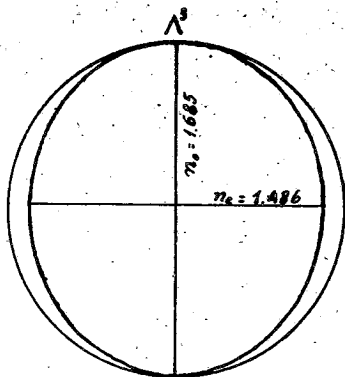
Ἐμφανεία τοῦ πειράματος τοῦ Huyghens μετὰ δύο ρομβόεδρα

ἡ μεγάλη διαφορὰ τῶν δύο δεικτῶν διαθλάσεως ἐν συνδυασμῷ καὶ πρὸς τὸ μέγεθος τῶν κρυστάλλων προκαλεῖ σημαντικὴν ἀπόκλισιν τῆς ἐκτάκτου ἀπὸ τῆς τακτικῆς, ὥστε νὰ βλέπωμεν δύο χωριστὰ εἰδωλὰ, ἐνθ' εἰς τὸν χαλαζίαν λ.χ. αἱ δύο ἀκτῖνες δὲν διαχωρίζονται καὶ μόνον εἰς εἰδικὴν πολωτικὴν συσκευὴν ἐλέγχεται ἡ ὑπαρξίς τῆς διπλοθλαστικότητος.

95. Όπτικά ἐπιφάνειαι εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον. Εὗρεσις τῶν ἐκ διπλῆς διαθλάσεως ἀκτίνων. Διὰ τὴν λύσιν τῶν προβλημάτων τῆς ὀπτικῆς τῶν διπλοθλαστικῶν κρυστάλλων γίνεται χρῆσις ὀπτικῶν ἐπιφανειῶν, καὶ ὃν τρόπον καὶ διὰ τὰ ἰσότροπα μέσα. Ἐφ' ὅσον ἔχομεν δύο ἀκτῖνας ἐκ διπλῆς διαθλάσεως ἐντὸς τῶν μέσων τούτων, θὰ ἔχωμεν ζεύγη ἐξ ἐκάστου εἰδους ἐπιφανειῶν. Εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον λ.χ. ὑπάρχει μία ἐπιφάνεια διὰ τὴν τακτικὴν καὶ ἄλλη διὰ τὴν ἑκτακτον ἀκτίνα.

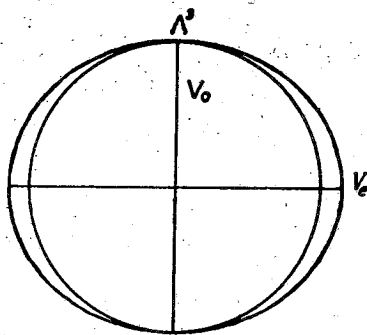
Συμφώνως πρὸς ὅσα ἐλέχθησαν περὶ τῶν δεικτῶν διαθλάσεως τῶν δύο τούτων ἀκτίνων, ἡ ταχύτης τῆς τακτικῆς, τῆς ὁποίας ὁ δείκτης διαθλάσεως παρμένει σταθερός, θὰ εἶναι σταθερὰ καὶ ἐπομένως ἡ ἐπιφάνεια κύματος τῆς τακτικῆς ἀκτίνος θὰ εἶναι σφαῖρα μετὰ ἀκτίνα Λ_0 ἀντιστρόφως ἀνάλογον τοῦ $n_0 = 1,685$. Ἡ ἑκτακτος ἀκτίς κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος ἔχει τὴν αὐτὴν ταχύτητα πρὸς τὴν τακτικὴν, ἡ ἐπιφάνεια κύματος τῆς ἐκτάκτου θὰ ἄπτεται τῆς ἐπιφανείας κύματος τῆς τακτικῆς, καὶ ὁ σημεῖον αὕτη τέμνεται ἀπὸ τὸν ἄξονα Λ^3 . Κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὸν Λ^3 ἡ ἐκτακτος ἔχει τὴν μικροτέραν τιμὴν δείκτης διαθλάσεως $n = 1,486$, ἐπομένως ἡ ταχύτης αὐτῆς V_0 θὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς V_0 . Διὰ θέσεις ἀκτίνος ἐνδιαμέσους μετὰ

τῶν δύο τούτων ἄκρων θέσεων ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ἐκτάκτου μεταβάλλεται συνεχῶς μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τιμῶν n_o καὶ n_e . Ἡ ἐπιφάνεια κύματος τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος εἶναι ἑλλειψοειδὲς ἐκ περιστροφῆς περὶ τὸν ἄξονα Λ^3 , τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν κύματος τῆς τακτικῆς ἀκτίνος (σχ. 464).



Σχ. 463

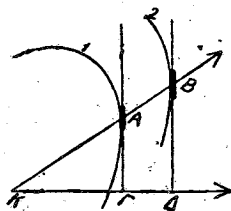
Ἐπιφάνειαι δεικτῶν διαθλάσεως εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρυστάλλον



Σχ. 464

Ἐπιφάνειαι κύματος εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρυστάλλον

Ἐὰν θεωρήσωμεν σημεῖον K (σχ. 465) ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ὡς κέντρον φωτεινῶν κραδάνσεων, ἡ διάδοσις τοῦ ἐκτάκτου κύματος δίδει διαδοχικὰ μέτωπα κύματος ἑλλειψοειδῆ ἐκ περιστροφῆς. Ἐὰν t εἴναι ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος ἵνα τὸ κύμα φθάσῃ ἀπὸ τῆς θέσεως 1 εἰς τὴν θέσιν 2 κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος KAB, ἡ ταχύτης μεταδόσεως τῆς ἀκτίνος εἶναι $V_a = AB/t$.

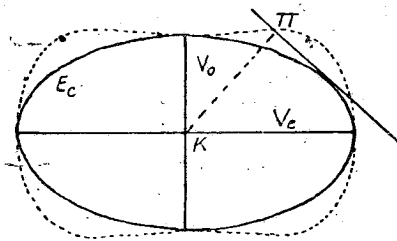


Σχ. 465

Ταχύτης ἀκτίνων καὶ ἐπιπέδων κυμάτων

Ἐστῶσαν τὰ στοιχειώδη ἐπίπεδα ἐφαπτόμενα τῶν ἐπιφανειῶν 1 καὶ 2 κατὰ τὰ σημεῖα A καὶ B, τὰ ὁποῖα παριστῶσιν ἐπίπεδον κύμα μετατοπιζόμενον παραλλήλως ἑαυτῷ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος AB. Ἡ ἀκτίς εἰς

τὴν προκειμένην περίπτωσιν τῆς ἀνισοτρόπου διαδόσεως δὲν συμπίπτει πρὸς τὴν κάθετον τοῦ κύματος. Ἡ πραγματικὴ μετατόπισις τοῦ ἐπιπέδου κύματος μετρεῖται μὲ τὸ τμήμα $\Gamma\Delta$ τῆς καθέτου $K\Delta$ τὸ περιλαμβανόμενον μεταξύ τῶν ἐφαπτομένων ἐπιπέδων. Ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τοῦ κύματος κατὰ τὴν κάθετον ἐπ' αὐτὸ εἶναι $V_K = \Gamma\Delta/t$. Ὡστε εἰς τὰ ὀπτικῶς ἀνισότροπα μέσα ἐκτὸς τῆς ταχύτητος τῶν ἀκτίνων V_a πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν ταχύτητα κατὰ τὴν κάθετον τοῦ κύματος V_K , τὴν ὁποίαν ὀνομάζομεν ἐν τοῖς ἐφεξῆς χάριν συντομίας «κάθετον ταχύτητα». Εἰς τὴν πᾶξιν γίνεται ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ χρήσις παραλλήλου δέσεως, δηλ. ἐπιπέδου κύματος, εἰς τὴν περίπτωσιν δὲ αὐτὴν τὸ μετρούμενον ποσόν, ὡς θὰ ἴδωμεν, εἶναι ἡ ταχύτης κατὰ τὴν κάθετον τοῦ κύματος V_K , δι' ὃ τὸ ποσὸν αὐτὸ ἐνδιαφέρει περισσότερο ἀπὸ τὴν ταχύτητα τῶν ἀκτίνων V_a . Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν μεταξύ τῶν ὀπτικῶν ἐπιφανειῶν, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν διὰ τὴν περιγραφὴν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων τῶν κρυστάλλων, εἰσέρχεται καὶ ἡ ἐπιφάνεια τῆς ταχύτητος κατὰ τὴν κάθετον τοῦ κύματος. Ἡ ἐπιφάνεια αὕτη εὐρίσκεται ἐκ τῆς ἐπιφανείας κύματος E_c ἄγομένων ἐπιπέδων ἐφαπτομένων τῆς E καὶ καθέτων εὐθειῶν ἐπ' αὐτὰ ἐκ τοῦ κέντρου τῆς (σχ. 466). Οἱ πόδες τῶν καθέτων τούτων ἀποτελοῦν τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας ταχυτήτων κατὰ τὴν κάθετον τοῦ κύματος, ἥτις εἶναι ἡ ποδικὴ τῆς ἐπιφανείας κύματος.



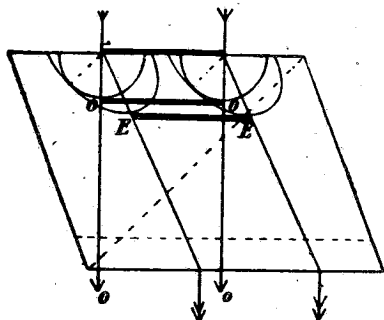
Σχ. 466

Ἑλλειψις καὶ ποδικὴ αὐτῆς

Ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου διὰ διαφόρους περιπτώσεις προσπτώσεως εὐρίσκεται διὰ γεωμετρικῆς κατασκευῆς ἀναλόγου πρὸς τὴν τοῦ σχ. 455 χρησιμοποιουμένων τῶν ἐπιφανειῶν κύματος.

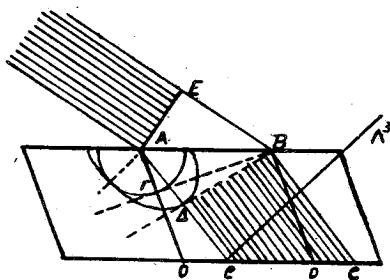
Θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν καθέτου προσπτώσεως ἐπιπέδου κύματος AB ἐπὶ τὴν ἑδραν τοῦ ρόμβοέδρου (σχ. 467). Μὲ κέντρα τὰ σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου AB ἄγομεν τὰς δύο ἐπιφανείας κύματος τακτικοῦ καὶ ἐκτάκτου μὲ τὸν κατάλληλον πρόσανατολισμὸν ὡς πρὸς A^3 καὶ κατόπιν τὰ ἐπίπεδα OO , ἐφαπτόμενον ὅλων τῶν τακτικῶν ἐπιφανειῶν, καὶ EE τῶν ἐκτάκτων. Τὰ OO καὶ EE εἶναι τὰ μέτωπα τακτικοῦ καὶ ἐκτάκτου κύματος ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου. Αἱ εὐθεῖαι AO καὶ AE αἱ ἐνώνουσιν τὸ A μὲ τὰ σημεῖα ἐπα-

φῆς ὀρίζουν τὰς διευθύνσεις τῶν ἀκτίνων τακτικῆς καὶ ἐκτάκτου. Ἡ ἐκτακτος ἐκτρέπεται τῆς καθέτου πρὸς τὴν ἀμβλεῖαν γωνίαν τῆς κυρίας τομῆς. Διὰ πρόσπτωσιν πλαγίαν πρὸς τὴν ἄνω ἕδραν τοῦ ρομβοέδρου (σχ. 468) ἐντὸς τῆς κυρίας τομῆς κατασκευὴ ἀνάλογος πρὸς τὴν τοῦ σχ. 455 δίδει τὴν διεύθυνσιν τῶν δύο ἀκτίνων τακτικῆς καὶ ἐκτάκτου. Ἀμφότεραι κεῖνται ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου προσπτώσεως.



Σχ. 467

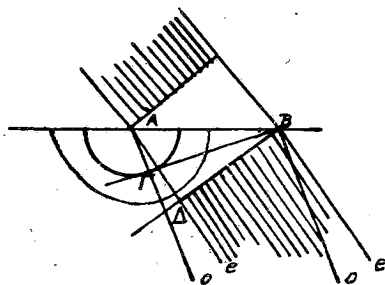
Κάθετος πρόσπτωσις ἀκτίνων
ἐπὶ ἕδρας ρομβοέδρου



Σχ. 468

Πλαγία πρόσπτωσις με ἐπίπεδον προσπτώσεως συμπίπτον πρὸς τὸ τῆς κυρίας τομῆς

Εἰς τὴν γενικὴν περίπτωσιν πλαγίας προσπτώσεως ἐπὶ τὴν ἕδραν τοῦ ρομβοέδρου καὶ με ἐπίπεδον προσπτώσεως μὴ ταυτιζόμενον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῆς κυρίας τομῆς, ἐὰν ἐκλέξωμεν ὡς ἐπίπεδον τοῦ σχεδίου τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως (σχ. 469), ὁ ἄξων Λ^3 , ἐπομένως καὶ τὸ σημεῖον ἐπαφῆς τῶν δύο



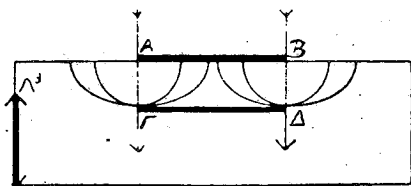
Σχ. 469

Ἐπίπεδον προσπτώσεως ἐκτὸς τῆς κυρίας τομῆς

ἐπιφανειῶν, εὐρίσκονται ἐκτὸς τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχεδίου. Διὰ τῆς καθέτου τῆς διερχομένης διὰ τοῦ Β ἄγομεν τὰ ἐπίπεδα τὰ ἐφαπτόμενα τῶν δύο ἐπιφανειῶν κύματος, ὧν τὰ ἔχνη ΒΓ (τακτικῆς) καὶ ΒΔ (ἐκτάκτου). Τὸ ἐπίπεδον ΒΔ

δὲν θὰ ἔχῃ ἐπαφὴν μὲ τὴν τομὴν τῆς ἐκτάκτου ἐπιφανείας ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχεδίου, ἀλλὰ θὰ ἄπτεται αὐτῆς εἰς τὸ μᾶλλον προέχον σημεῖόν της, τὸ ὁποῖον κεῖται ἐκτὸς τοῦ σχεδίου, ἄρα καὶ ἡ εὐθεῖα ἡ ὁποία ἐνώνει τὸ Α μετὰ τὸ σημεῖον ἐπαφῆς, ἦτοι ἡ ἐκτακτος ἀκτίς, κεῖται ἐκτὸς τοῦ ἐπιπέδου προσπτώσεως καὶ τέμνει τὴν ἐπιφάνειαν κύματος ὑπὸ γωνίαν διάφορον τῆς ὀρθῆς. Διὰ τὴν ἀκτῖνα αὐτὴν δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμόσωμεν τὴν σχέσιν $n = V/V' = \eta_{\mu\pi}/\eta_{\mu\rho}$ τοῦ σχ. 455, ἥτις παρέχει τὸν δείκτην διαθλάσεως, διότι αὕτη στήριζεται εἰς ὀρθογώνια τρίγωνα μὲ κοινὴν ὑποτείνουσαν τὴν ΑΒ. Διὰ τὴν κάθετον ὕμωσ τοῦ κύματος ΑΔ, ἡ ὁποία μετρεῖ τὴν κάθετον ταχύτητα, ἡ σχέση αὕτη ἰσχύει.

Κατὰ ταῦτα διὰ τὸν ὅρισμὸν τοῦ δείκτου διαθλάσεως τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος ὡς γωνία διαθλάσεως δὲν λαμβάνεται ἡ τῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ ἡ τῆς καθέτου τοῦ κύματος. Μόνον δι' αὗς θέσεις ἀκτῖς καὶ κάθετος συμπίπτουν ἰσχύει ὁ ὅρισμὸς τοῦ δείκτου διαθλάσεως διὰ γωνίαν διαθλάσεως τὴν τῆς ἀκτίνος. Ἡ σύμπτωση αὕτη συμβαίνει διὰ τὰ κοινὰ σημεῖα τοῦ ἑλλειψοειδοῦς καὶ τῆς ποδικῆς (σχ. 466).



Σχ. 470

Πρόσπτωσης παραλλήλως πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα

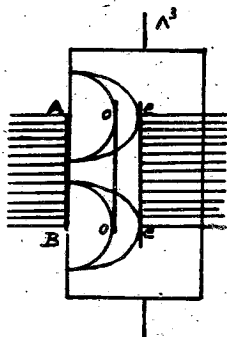


Τὸ σχ. 470 παριστᾷ τὴν περίπτωσιν διαδόσεως τοῦ φωτὸς παραλλήλως πρὸς τὸν Α³ διὰ πλακὸς μὲ παραλλήλους ἑδρας καθέτους πρὸς αὐτόν. Ὡς φαίνεται ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς δὲν συμβαίνει διπλῇ διάθλασις.

Διὰ κάθετον πρόσπτωσιν ἐπὶ πλακὸς μὲ ἑδρας παραλλήλους πρὸς τὸν Α³ (σχ. 471) ἡ ἐκτακτος δὲν ἐκτρέπεται τῆς καθέτου, ἀλλὰ τὰ δύο κύματα προχωροῦν μὲ διάφορον ταχύτητα.

Ἀνάλογον ὀπτικὴν συμπεριφορὰν πρὸς τὴν ἰσλανδικὴν κρύσταλλον δεικνύουν ὅλοι οἱ κρύσταλλοι τοῦ ἑξαγωνικοῦ, τετραγωνικοῦ καὶ τριγωνικοῦ συστήματος μὲ ποσοτικὰς μόνον διαφορὰς εἰς τὰς τιμὰς τῶν δεικτῶν διαθλάσεως. Εἰς τοὺς κρυστάλλους τῶν τριῶν αὐτῶν συστημάτων ὑπάρχει εἰς μόνον ὀπτικὸς ἄξων ταυτιζόμενος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συμμετρίας (Α³, Α⁴, Α⁶), δι' ὃ καὶ οἱ κρύσταλλοι οὗτοι καλοῦνται μονάξονες. Ἐκ τῶν δύο ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι προκύπτουν διὰ διπλῆς διαθλάσεως, ἡ μία, ἡ τακτική, κραδαινομένη ἐπὶ ἐπιπέδου καθέτου πρὸς τὴν κυρίαν τομὴν, ἔχει δείκτην διαθλάσεως n_0 καὶ ταχύτητα V_0 σταθεράν δι' ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἡ ἑτέρα, ἡ ἐκτακτος, κρ-

δαινομένη ἐντὸς τῆς κυρίας τομῆς, ἔχει δείκτην διαθλάσεως μεταβλητὸν μετὰ τῆς διευθύνσεως τῆς ἀκτίνος μεταβαλλόμενον μεταξὺ τῶν τιμῶν n_e διὰ κάθετον θέσιν τῆς ἀκτίνος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα καὶ n_o διὰ θέσιν παράλληλον



Σχ. 471

Πρόσπτωσης καθέτως πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα

πρὸς αὐτόν. Ὡς πρὸς τὴν σχέσιν μεγέθους τῶν δύο δεικτῶν διαθλάσεως διακρίνονται οἱ μοναξονικοὶ κρύσταλλοι εἰς δύο κατηγορίας εἰς τοὺς θετικούς με $n_e > n_o$ καὶ τοὺς ἀρνητικούς με $n_e < n_o$. Ὀπτικὸς θετικὸς εἶναι λ.χ. ὁ χαλαζίας ($n_e = 1,553$, $n_o = 1,544$), ἀρνητικὸν τὸ κορούνδιον ($n_e = 1,760$, $n_o = 1,769$) ὁ ἀσβεστίτης κ.λ.π.

Τὸν ὀπτικὸν χαρακτῆρα, ὡς καλεῖται τὸ διακριτικὸν αὐτό, ὀρίζει τὸ θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν τῆς διαφορᾶς $n_e - n_o$.

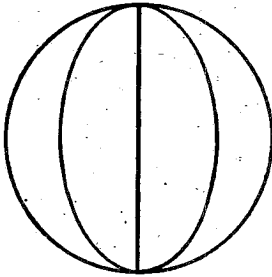
Εἰς τοὺς ἀρνητικούς κρυστάλλους, ὡς ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος, διὰ τοὺς ὁποίους $n_e < n_o$, αἱ ταχύτητες θὰ ἔχουν σχέσιν ἀντίστροφον $V_e > V_o$, ἡ ἐπιφάνεια κύματος τῆς ἐκτάκτου, ἑλλειψοειδὲς ἐκ περιστροφῆς περὶ τὸν V_e , περιβάλλει τὴν σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν τῆς τακτικῆς ἀκτίνος. Εἰς τοὺς θετικούς τὸ ἑλλειψοειδὲς περιβάλλεται ὑπὸ τῆς σφαίρας (σχ. 472).

Εἰς τοὺς κρυστάλλους τῶν λοιπῶν συστημάτων, ρομβικοῦ, μονοκλινοῦς καὶ τρικλινοῦς ὑπάρχουν δύο κατευθύνσεις, κατὰ τὰς ὁποίας δὲν συμβαίνει διπλῇ διάθλασις, δύο ὀπτικοὶ ἄξονες, οἱ κρύσταλλοι τῶν συστημάτων αὐτῶν καλοῦνται διαξονικοί.

Εἰς τὴν περιγραφὴν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀνεφέραμεν τρία ζεύγη ὀπτικῶν ἐπιφανειῶν χρησίμων διὰ τὴν λύσιν τῶν σχετικῶν προβλημάτων, τὰς ἐπιφανείας κύματος, τὰς ἐπιφανείας τῶν δεικτῶν διαθλάσεως καὶ τὰς ἐπιφανείας τῶν καθέτων ταχυτήτων τοῦ κύματος. Ἡ μία τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ζεύγους ἀναφέρεται εἰς τὴν τακτικὴν, ἡ ἑτέρα εἰς τὴν ἐκτάκτον ἀκτῖνα.

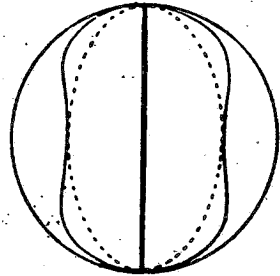
Αἱ διπλαῖ αὗται ἐπιφάνειαι δύνανται νὰ ἀντικατασταθοῦν, εἰς τοὺς σκο

πούς δι' οὓς χρησιμοποιοῦνται, με' ἀπλᾶς ἐπιφανείας. Ἐκάστη ἀπλῇ ἐπιφάνεια περιέχει τὰς ιδιότητες ἀμφοτέρων τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ζεύγους, τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν διὰ γεωμετρικῆς κατασκευῆς ἐκ τῆς ἀπλῆς ἐπιφανείας. Τοιαῦται ἀπλαῖ ἐπιφάνειαι εἶναι τρεῖς ἐν χρήσει, τὸ ἔλλειψοειδές τοῦ *Fresnel*, τὸ ἔλλειψοειδές τῶν δεικτῶν (ἢ ἀντίστροφον ἔλλειψοειδές) καὶ ἡ ἐπιφάνεια ἐλαστικότητος (ἢ ψοειδές πολώσεις).



Σχ. 472

Ἐπιφάνεια κύματος μονάξονος θετικοῦ κρυστάλλου

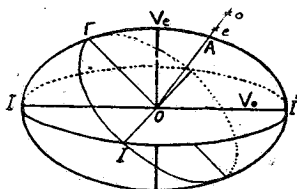


Σχ. 473

Ἐπιφάνειαι καθέτων ταχυτήτων θετικοῦ μονάξονος κρυστάλλου

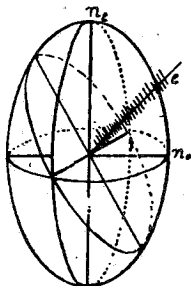
Τὸ ἔλλειψοειδές τοῦ *Fresnel* εἶναι ἔλλειψοειδές ἐκ περιστροφῆς ἔχον ἄξονας τὰς ταχύτητας V_e τῆς ἐκτάκτου καὶ V_o τῆς τακτικῆς ἀκτίνος καὶ ἄξονα περιστροφῆς τὸν V_e (σχ. 474) ταυτιζόμενον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου. Ἵνα εὗρωμεν κατὰ τινα διεύθυνσιν OA ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου τὴν ταχύτητα διαδόσεως τῶν δύο ἀκτίνων, φέρομεν ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν τέμνον τὸ ἔλλειψοειδές κατὰ μίαν ἔλλειψιν. Ἐπὶ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ἔλλειπτικὴν τομὴν εὐθείας OA λαμβάνομεν μῆκη ἀνάλογα πρὸς τοὺς ἡμιᾶξονας τῆς ἔλλειψεως, Oa ἀνάλογον πρὸς τὸ OI καὶ Oo πρὸς τὸ OI . Τὸ e εἶναι σημεῖον τῆς ἐκτάκτου ἐπιφανείας κύματος, τὸ o τῆς τακτικῆς. Ἐφαρμογὴ τῆς γεωμετρικῆς αὐτῆς κατασκευῆς δι' ὅλας τὰς ἐπιβατικὰς ἀκτίνας τοῦ ἔλλειψοειδοῦς τοῦ *Fresnel* (σχ. 474) παρέχει τὰς δύο ἐπιφανείας κύματος τοῦ σχ. 472. Δι' ὅλας τὰς διευθύνσεις ὁ εἰς τῶν ἄξόνων τῆς ἔλλειπτικῆς τιμῆς ὁ κείμενος ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου OP θὰ εἶναι σταθερός, ἴσος πρὸς V_o , ἐπομένως τὸ ἀνάλογον πρὸς αὐτὸν μῆκος ἐπὶ τῆς καθέτου πρὸς τὴν ἔλλειψιν θὰ ἔχη τιμὴν σταθεράν, ἡ ἐπιφάνεια κύματος τῆς τακτικῆς ἀκτίνος θὰ εἶναι σφαῖρα. Διὰ διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος OI' κάθετον ἐπὶ τὸν ὀπτικὸν ἄξονα ἡ ταχύτης τῆς ἐκτάκτου, ἀνάλογος τοῦ V_e , θὰ εἶναι μικροτέρα τῆς τακτικῆς V_o . Τὸ ἔλλειψοειδές περιβάλλεται ὑπὸ τῆς σφαίρας. Διὰ διεύθυνσιν μεταδόσεως τὴν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος (OV_e) ἡ κάθετος πρὸς αὐτὴν τομὴ εἶναι κύκλος, τακτικὴ καὶ ἐκτακτος ἀκτὶς ἔχουν τὴν αὐτὴν ταχύτητα, αἱ δύο ἐπιφάνειαι κύματος ἄπτονται ἀλλήλων.

Τὸ ἐλλειψοειδὲς τῶν δεικτῶν ἔχει ἄξονας ἀναλόγους πρὸς τοὺς δείκτας διαθλάσεως n_e καὶ n_o μὲ, ἄξονα περιστροφῆς τὸν n_e . Ἡ θέσις του ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου εἶναι θέσις ταυτίσεως τοῦ ἄξονος περιστροφῆς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου. Μὲ ἀνάλογον γεωμετρικὴν κατασκευὴν πρὸς τὴν προηγουμένην λαμβάνοντες ἐπὶ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ἐλλειπτικὴν



Σχ. 474

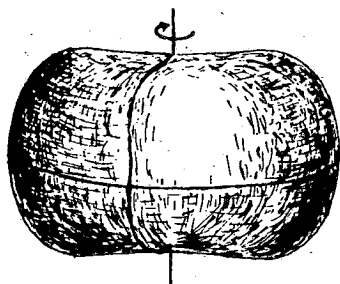
Ἐλλειψοειδὲς μονάξονος θετικοῦ κρυστάλλου



Σχ. 475.

Ἐλλειψοειδὲς δεικτῶν μονάξονος θετικοῦ κρυστάλλου

τομήν μήκη ἀντιστρόφως ἀνάλογα τῶν ἡμιαξόνων αὐτῆς ἔχομεν σημεῖα τῶν ἐπιφανειῶν τῶν καθέτων ταχυτήτων (σχ. 473). Οἱ ἄξονες τῆς ἐλλείψεως παρέχουν τὰς διευθύνσεις κραδάνσεως τῶν ἐπιπέδων κυμάτων. Ἐὰν ληφθοῦν ἐπὶ τῶν καθέτων τῶν ἐλλειπτικῶν τομῶν μήκη ἀνάλογα πρὸς τοὺς ἄξονας προκύπτουν αἱ ἐπιφάνειαι τῶν δεικτῶν διαθλάσεως. Τὸ φρεσιδὲς πολώσεως ἢ ἐπιφάνεια ἐλαστικότητος εἶναι ποδικὴ τοῦ ἐλλειψοειδοῦς τοῦ Fresnel (σχ. 476, παρέχει δὲ κατὰ δοθεῖσαν διεύθυνσιν τὰς καθέτους ταχύτητας τῶν ἐπι-



Σχ. 476

Ἐπιφάνεια ἐλαστικότητος μονάξονος θετικοῦ κρυστάλλου

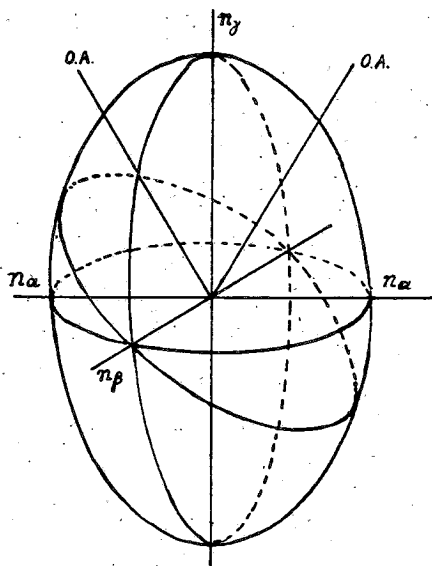
πέδων κυμάτων λαμβανόμενων ἐπὶ τῆς διευθύνσεως αὐτῆς μηκῶν ἀναλόγων πρὸς τοὺς ἄξονας τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τοιαύτης τοῦ φρεσιδοῦς. Οἱ

ἄξονες οὗτοι παρέχουν καὶ τὰς διευθύνσεις κραδασμοῦ τῶν δύο ἐπιπέδων κυμάτων. Ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ ὠσειδοῦς ταυτίζεται πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου. Αἱ ὀπτικά αὗται ἐπιφάνειαι ἀναφέρονται εἰς ὠρισμένον μῆκος κύματος, διότι ὁ δείκτης διαθλάσεως, βάσει τοῦ ὁποίου ὀρίζονται, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ λ. Ἡ διαφορὰ $n_e - n_o$ καλεῖται *τιμὴ διπλοθλαστικότητος* τοῦ κρυστάλλου. Εἰς τυχοῦσαν τομὴν δοθέντος κρυστάλλου ἡ τιμὴ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἐκτάκτου κύματος, καθ' ὃ μεταβλητὴ, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ τομὴ πρὸς τὸ ἐλλειψοειδὲς τῶν δεικτῶν. Οἱ δεῖκται διαθλάσεως παρέχονται ἀπὸ τὰ μεγέθη τῶν ἡμαξόνων τῆς ἐλλείψεως, καθ' ἣν τέμνεται τὸ ἐλλειψοειδὲς ἀπὸ τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλακιδίου τοῦ κρυστάλλου, ἡ δὲ διαφορὰ των εἶναι ἡ τιμὴ διπλοθλαστικότητος τῆς τομῆς. Πλακίδιον ἔχον βάσιν κάθετον πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς τοῦ ἐλλειψοειδοῦς ἔχει τιμὴν διπλοθλαστικότητος 0.

96. Ὀπτικά ἐπιφάνειαι διαξονικῶν κρυστάλλων. Αἱ ὀπτικά ἐπιφάνειαι τῶν διαξονικῶν μέσων εἶναι γενικευμένοι μορφαὶ τῶν ὀπτικῶν ἐπιφανειῶν, αἱ ὁποῖαι περιεγράφησαν εἰς τὰ μοναξονικά. Ἐκ τῶν ἐπιφανειῶν αὐτῶν θὰ περιγράψωμεν ὡς χρησιμωτέραν διὰ τὰ ὀπτικά προβλήματα τὸ ἐλλειψοειδὲς τῶν δεικτῶν. Εἰς ὅλους τοὺς διαξονικοὺς κρυστάλλους ὑπάρχουν δύο κατευθύνσεις κάθετοι ἐπ' ἀλλήλας, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς διευθύνσεις κραδασμῶν δύο ἐπιπέδων κυμάτων μὲ δείκτας διαθλάσεως n_γ μεγίστης καὶ n_α ἐλαχίστης τιμῆς. Κατὰ τὴν κάθετον πρὸς τὰς δύο αὐτὰς εὐθείας n_γ καὶ n_α τελοῦνται αἱ κραδάνσεις ἐπιπέδου κύματος μὲ δείκτην διαθλάσεως ἐνδιαμέσου τιμῆς n_β . Διὰ τὸν συμβολισμόν τῶν τριῶν αὐτῶν δεικτῶν μεγίστου, μέσου καὶ ἐλαχίστου γίνεται χ ρησις καὶ τῶν συμβόλων n_g, n_m, n_p (ἐκ τῶν ἀρχικῶν γραμμάτων τῶν λέξεων grand, moyen, petit) ἢ $Z = n_\gamma, Y = n_\beta, X = n_\alpha$.

Τὸ ἐλλειψοειδὲς τῶν δεικτῶν εἰς τὰ διάξονα μέσα εἶναι τριαξονικὸν ἐλλειψοειδὲς ἔχον ἄξονας ἀναλόγους πρὸς τοὺς δείκτας διαθλάσεως $n_\gamma, n_\beta, n_\alpha$ (σχ. 477). Τοῦ τριαξονικοῦ ἐλλειψοειδοῦς γίνεται χ ρησις, καθ' ὃν τρόπον καὶ τοῦ ἀντιστοίχου ἐλλειψοειδοῦς ἐκ περιστροφῆς εἰς τοὺς μονάξονας κρυστάλλους, πρὸς εὐρεσιν τῶν ἐπιφανειῶν ταχυτήτων κατὰ τὴν κάθετον τοῦ κύματος. Κατὰ δοθεῖσαν διευθύνσιν μεταβιβάζονται δύο ἐπίπεδα κύματα καθέτως πολωμένα ἐπ' ἀλλήλα, τῶν ὁποίων αἱ κραδάνσεις τελοῦνται παρὰ-λήλως πρὸς τοὺς ἄξονας τῆς ἐλλείψεως, καθ' ἣν τέμνεται τὸ ἐλλειψοειδὲς ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ καθέτου πρὸς τὴν θεωρουμένην διεύθυνσιν. Αἱ κάθετοι ταχύτητες τῶν ἐπιπέδων αὐτῶν κυμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι τῶν ἄξόνων τῆς ἐλλείψεως. Κατὰ τοὺς τρεῖς ἄξονας τοῦ ἐλλειψοειδοῦς αἱ ἀκτῖνες συμπίπτουν πρὸς τὰς καθέτους τῶν ἐπιπέδων κυμάτων. Πᾶσα τομὴ τοῦ τριαξονικοῦ ἐλλειψοειδοῦς εἶναι ἐλλειψις ἐκτὸς δύο τομῶν διερχομένων διὰ τοῦ n_β καὶ συμμετρικῶς κειμένων ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον συμμετρίας n_γ, n_β , αἱ ὁποῖαι εἶναι κύκλοι. Ἡ ὑπαρξίς τῆς κυκλικῆς τομῆς δέϊκνυται ὡς ἐξῆς. Θεωρήσωμεν

ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τοῦ n_β καὶ στρεφόμενον περὶ αὐτόν, οὕτως ὥστε ἀπὸ τῆς κατακορύφου θέσεως n_γ , n_β νὰ φθάσῃ εἰς τὴν ὀριζοντίαν $n_\alpha n_\beta$. Εἰς τὰς διαδοχικὰς θέσεις, τὰς ὁποίας καταλαμβάνει τὸ ἐπίπεδον αὐτό, θὰ τέμνῃ τὸ ἑλλειψοειδὲς κατ' ἑλλείψεις, τῶν ὁποίων ὁ εἰς ἄξων θὰ εἶναι ὁ n_β , ὁ ἕτερος



Σχ. 477

Τριαξονικὸν ἑλλειψοειδὲς τῶν δεικτῶν

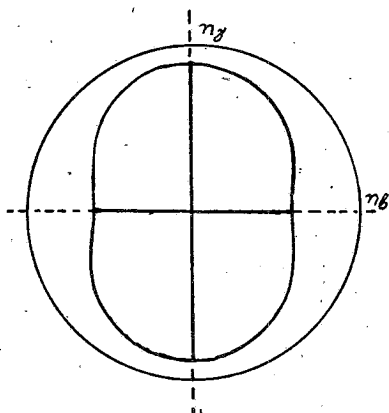
θὰ ἐλαττωῦται ἀπὸ τῆς μεγίστης τιμῆς n_γ πρὸς τὴν ἐλαχίστην n_α . Εἰς τина θέσιν θὰ λάβῃ τιμὴν ἴσην πρὸς τὴν n_β . Ἡ θέσις αὕτη ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν κυκλικὴν τομὴν. Αἱ κάθετοι ἐπὶ τὰς κυκλικὰς τομὰς εἶναι οἱ ὀπτικοὶ ἄξονες (OA) κείμενοι ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου $n_\gamma n_\alpha$. Ὁ n_β κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν ἄξωνων καλεῖται ὀπτικὴ κάθετος. Οἱ n_γ καὶ n_α οἱ διχοτομοῦντες τὴν γωνίαν τῶν ὀπτικῶν ἄξωνων καλοῦνται ὀξεῖα διχοτόμος (ἢ τῆς ὀξείας γωνίας) καὶ ἀμβλεῖα διχοτόμος (ἢ τῆς ἀμβλείας). Ὁ ὀπτικὸς χαρακτήρ τῶν διαξονικῶν κρυστάλλων ὀρίζεται ἀπὸ τὸν ἄξωνα, ὅστις εἶναι ὀξεῖα διχοτόμος. Εἰς τοὺς θετικὸς κρυστάλλους ὀξεῖα διχοτόμος εἶναι ὁ n_γ εἰς τοὺς ἀρνητικὸς ὁ n_α . Ἡ ὀξεῖα γωνία συμβολίζεται διεθνῶς μὲ $2V$. Ἡ τιμὴ της εὐρίσκεται ἐκ τῶν τιμῶν τῶν τριῶν δεικτῶν διαθλάσεως μὲ τὴν ἐξίσωσιν:

$$\text{συν } V = \frac{n_\alpha}{n_\beta} \sqrt{\frac{n_\gamma^2 - n_\beta^2}{n_\gamma^2 - n_\alpha^2}}$$

Ἐκ τοῦ ἑλλειψοειδοῦς τῶν δεικτῶν παράγονται αἱ ἐπιφάνειαι καθέτων ταχυτήτων τῶν ἐπιπέδων κυμάτων διὰ τῆς γνωστῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς.

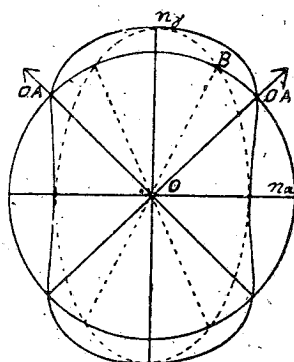
Τομὰς τῶν ἐπιπέδων αὐτῶν ἀπὸ τὰ τρία ἐπίπεδα συμμετρίας τοῦ ἔλλειψοειδοῦς δεικνύουν τὰ σχήματα 478-480.

Αἱ ἐπιφάνειαι εἶναι 4ου βαθμοῦ καὶ συναντῶνται κατὰ τὰ τέσσαρα σημεία τῆς τομῆς τοῦ σχ. 479, διὰ τῶν ὁποίων διέρχονται οἱ δύο ὀπτικοὶ ἄξονες.



Σχ. 478

Τομὴ ἐπιφανειῶν καθέτων ταχυτήτων
διάξονος κάθετος πρὸς n_{α}



Σχ. 479

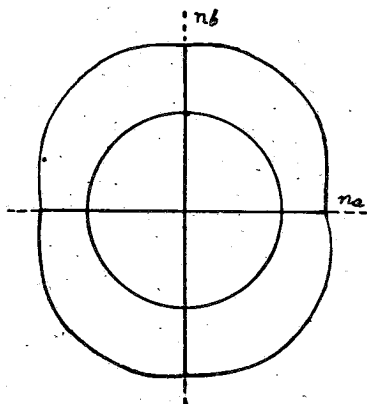
Τομὴ ἐπιφανειῶν καθέτων ταχυτήτων
καθέτως πρὸς n_{β}

Αἱ ἐπιφάνειαι αὗται εἶναι ποδικαὶ τῶν ἐπιφανειῶν κύματος, τῶν ὁποίων τὰς τομὰς ἀπὸ τὰ τρία ἐπίπεδα συμμετρίας παριστᾷ τὸ σχ. 481. Αἱ εὐθεῖαι αἱ διερχόμεναι διὰ τῶν σημείων τομῆς τῶν ἐπιφανειῶν κύματος καλοῦνται δευτερεύοντες ὀπτικοὶ ἄξονες OB (Biradialen) καὶ δὲν συμπίπτουν πρὸς τοὺς καθ' αὐτὸ ὀπτικούς ἄξονας (Binormalen). Ἡ μεταβίβασις ἀκτίνος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ δευτερεύοντος ὀπτικοῦ ἄξονος συνεπάγεται τὸ φαινόμενον τῆς ἐξωτερικῆς κωνικῆς διαθλάσεως.

Τὸ τριαξονικὸν ἔλλειψοειδὲς ἀναφέρεται εἰς ἀκτῖνας ὁμογενεῖς ὥρισμένης συχνότητος. Εἰς λευκὸν φῶς θὰ ἀντιστοιχῇ δι' ἕκαστον χρῶμα καὶ ἴδιον ἔλλειψοειδές.

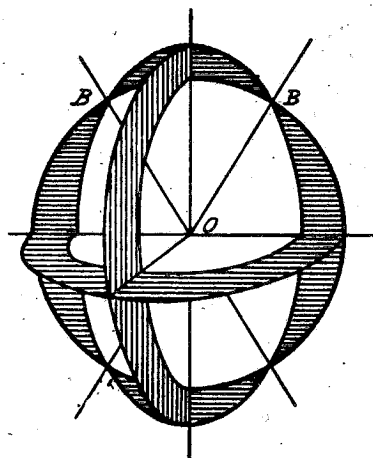
Ἡ θέσις τοῦ τριαξονικοῦ ἔλλειψοειδοῦς ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου ὑπόκειται εἰς ὥρισμένους περιορισμούς, τοὺς ὁποίους εἰσάγει ἡ συμμετρία τοῦ κρυστάλλου. Οἱ ἄξονες καὶ τὰ ἐπίπεδα συμμετρίας τοῦ ἔλλειψοειδοῦς ταυτίζονται πρὸς τοὺς ἄξονας καὶ τὰ ἐπίπεδα συμμετρίας τοῦ σώματος. Οὕτως εἰς τὸ ρομβικὸν σύστημα οἱ ἄξονες τοῦ ἔλλειψοειδοῦς ταυτίζονται πρὸς τοὺς τρεῖς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας, καθ' ὃ ἄξονας συμμετρίας. Εἰς τὰ μονοκλινῆς ὁ μόνος ἄξων συμμετρίας ὁ ταυτιζόμενος πρὸς τὸν κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα b συμπίπτει μὲ ἓνα τῶν ἄξόνων τοῦ τριαξονικοῦ ἔλλειψοειδοῦς καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἐν τῶν ἐπιπέδων συμμετρίας αὐτοῦ πρὸς τὸ ἐπίπεδον συμμετρίας τοῦ κρυστάλλου (010). Οἱ λοιποὶ ἄξονες τοῦ ἔλλειψοειδοῦς κείμενοι ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου

(010) σχηματίζουν γωνίαν πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας (σχ. 482 καὶ 483). καλουμένην κατασβεστικήν. Συνήθως παρέχεται ἡ κατασβεστικὴ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει εἰς τῶν ἄξόνων τοῦ ἔλλειψεοειδοῦς πρὸς τὸν κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα c .



Σχ. 480

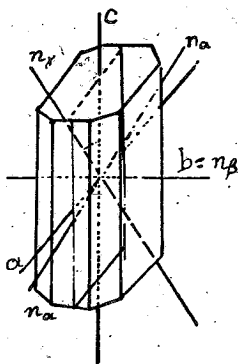
Τομὴ ἐπιφανειῶν καθέτων ταχυτήτων
καθέτως πρὸς n_γ



Σχ. 481

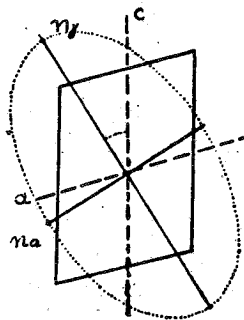
Ἐπιφάνειαι κύματος διάξονος
κρυστάλλου

Ἐὰν ὁ μονοκλινὴς κρύσταλλος εἶναι προσανατολισμένος μετὰ τὸν ἄξονα b παράλληλον ὡς πρὸς τὸν παρατηρητήν, οἱ ἄξονες τοῦ ἔλλειψεοειδοῦς προβάλ-



Σχ. 482

Θέσεις τῶν ἄξόνων τοῦ ἔλλειψεοειδοῦς εἰς μονοκλινῇ κρυστάλλῳ



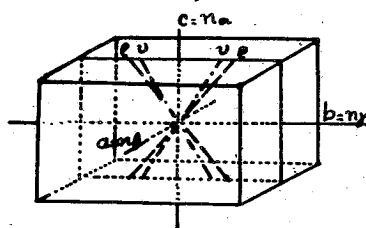
Σχ. 483

λονται ἐπὶ τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων, ἥτοι ἐπὶ τομῶν τοῦ κρυστάλλου ἐκ

της ζώνης [010] (παράλληλων πρὸς τὸν ἄξονα b), ἡ κατασβευστικὴ γωνία ἐμφανίζεται μὲ τιμὴν 0. Εἰς τὸ τρικλινὲς σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον οὔτε ἐπίπεδον οὔτε ἄξων συμμετρίας ὑπάρχει, ὁ προσανατολισμὸς τοῦ ἐλλειψοειδοῦς εἰς οὐδένα ὑπόκειται περιορισμόν. Ἐπὶ τομῶν καὶ τῶν τριῶν κυρίων ζωνῶν τοῦ κρυστάλλου [100], [010] καὶ [001] οἱ ἄξονες τῶν ἐλλειπτικῶν τομῶν τοῦ ἐλλειψοειδοῦς σχηματίζουν γωνίαν πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς διάφορον τοῦ μηδενός. Κατὰ ταῦτα εἰς τοὺς διάξονας κρυστάλλους εἶναι δυνατὴ δι' ὀπτικῆς ὁδοῦ ἡ διάκρισις τῶν τριῶν συστημάτων ρομβικοῦ, μονοκλινοῦς καὶ τρικλινοῦς, ἐνῶ οἱ μονάξονες κρύσταλλοι οὐδεμίαν διαφορὰν παρουσιάζουν ὡς πρὸς τὸν προσανατολισμόν τοῦ ἐλλειψοειδοῦς τῶν δεικτῶν καὶ ἐπομένως δὲν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν δι' ὀπτικῆς ἐξετάσεως εἰς ποῖον σύστημα ἀνήκουν.

97. Διασκεδασμός των στοιχείων του ἐλλειψοειδοῦς. Αἱ διαστάσεις τοῦ τριαξονικοῦ ἐλλειψοειδοῦς καὶ ὁ προσανατολισμὸς αὐτοῦ ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας δὲν εἶναι ὁ αὐτὸς δι' ὅλα τὰ χρώματα εἰς τὰ διάφορα συστήματα. Συνήθως ἐξετάζομεν τὰς διαφορὰς διὰ τὰ δύο ἄκρα χρώματα τοῦ φάσματος τὸ ἐρυθρὸν (ρ) καὶ τὸ ἰώδες (ν).

Εἰς τὸ ρομβικὸν σύστημα συνήθως οἱ ὁμοταγεῖς ἄξονες ὅλων τῶν χρωμάτων (n_α , n_β , n_γ) ταυτίζονται πρὸς τὸν αὐτὸν κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα. Ἡ γωνία $2V$ διὰ τὰς ἐρυθρὰς ἀκτῖνας δυνατὸν νὰ εἶναι διάφορος τῆς $2V$ τῶν ἰωδῶν, μεγαλύτερα ἢ μικροτέρα. Ἡ σχέσις συμβολίζεται μὲ τὰς ἀνισότητας $\rho > \nu$ καὶ $\rho < \nu$. Εἰς τὸ σχ. 484 ἔχομεν $2V_\rho > 2V_\nu$. Ὁ μόνος ἐμφανιζόμενος διασκε-



Σχ. 484

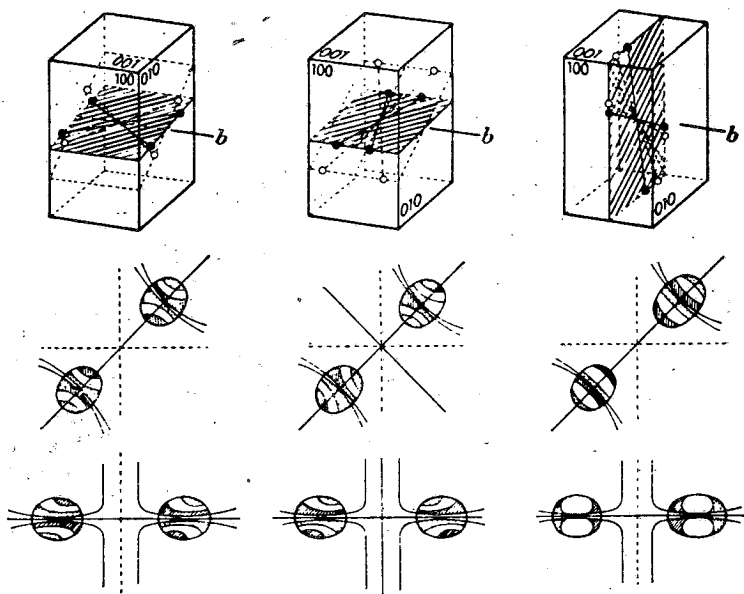
Διασκεδασμός των ὀπτικῶν ἀξόνων εἰς ρομβικὸν κρυστάλλον

δασμὸς εἶναι ὁ τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων. Εἰς σπανίας περιπτώσεις ἑτερογενεῖς ἄξονες διαφόρων χρωμάτων ταυτίζονται πρὸς τὸν αὐτὸν κρυσταλλογραφικὸν ἄξονα. Εἰς τὸν βρουικτῆν λ.χ. (TiO_2 ρομβικῆς συμμετρίας) τὰ ἐπίπεδα ὀπτικῶν ἀξόνων τῶν ἐρυθρῶν καὶ ἰωδῶν ἀκτίνων εἶναι κάθετα ἐπ' ἄλληλα. Τὸ φαινόμενον χαρακτηρίζεται ὡς ἀνώμαλος διασκεδασμός. Εἰς τοιαύτην περίπτωσιν διὰ τина ἐνδιάμεσον ἀκτινοβολίαν ἡ γωνία $2V$ γίνεται 0, ὁ κρυστάλλος διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτὴν σὺμπεριφέρεται ὡς μονάξων.

Εἰς τὸ μονοκλινὲς σύστημα λόγῳ τῆς μειωμένης συμμετρίας αὐτοῦ, ἥτις

παρέχει ὠρισμένην ἐλευθερίαν ὡς πρὸς τὴν θέσιν τῶν ἐλλειψοειδῶν, ἔχομεν τρεῖς περιπτώσεις διασκεδασμοῦ τῶν ἀξόνων των, καθ' ὅσον πρὸς τὸν ἄξονα συμμετρίας $[010]$ ταυτίζονται αἱ ὀξεῖαι διχοτόμοι, αἱ ἀμβλεῖαι διχοτόμοι ἢ αἱ ὀπτικάι κάθετοι.

Ἐὰν πρὸς τὸν ἄξονα b ταυτισθοῦν αἱ ὀξεῖαι διχοτόμοι, αἱ ὀπτικάι κάθετοι θὰ κεῖνται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου (010) καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων ἐρυθρῶν καὶ ἰωδῶν ἀκτίνων θὰ εἶναι κάθετα ἐπὶ τῷ (010) , τὰ ἔχνη των προβάλλονται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τούτου κατὰ τὸ σχέδιον 420α. Ὁ διασκεδασμὸς καλεῖται *διεστανρωμένος*.



Σχ. 485

Τὰ τρία εἶδη διασκεδασμοῦ εἰς τὸ μονοκλινὲς σύστημα α) *διεστανρωμένος* β) *ὀριζόντιος* γ) *κεκλιμένος*. α', β', γ' καὶ α'', β'', γ'' ἀντίστοιχοι κωνοσκοπικαὶ εἰκόνες εἰς τομὴν κάθετον πρὸς ὀξεῖαν διχοτόμον

Ἐὰν πρὸς τὸν ἄξονα συμμετρίας ταυτισθοῦν αἱ ἀμβλεῖαι διχοτόμοι, αἱ ὀξεῖαι διχοτόμοι θὰ κεῖνται ἐπὶ τοῦ (010) μετὰ διάφορον κλίσιν καὶ ἐπὶ τομῆς τῆς ζώνης b τὰ ἔχνη τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων θὰ ἔχουν θέσιν κατὰ τὸ σχέδιον 485β. Ὁ διασκεδασμὸς οὗτος καλεῖται *ὀριζόντιος διασκεδασμός*. Τέλος ἂν μετὰ τὸν b ταυτισθοῦν αἱ ὀπτικάι κάθετοι, τὰ ἐπίπεδα τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων θὰ ταυτίζωνται πρὸς τὸ (010) , ἀλλ' αἱ ὀξεῖαι διχοτόμοι τῶν ρ καὶ ν δὲν θὰ συμπίπτουν. Ἐπὶ τομῆς τῆς ζώνης b τὰ ἔχνη τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων θὰ ἔχουν τὴν διάταξιν τοῦ σχ. 485γ, ὁ διασκεδασμὸς καλεῖται *κεκλιμένος*.

Εἰς τὸ τρικλινές σύστημα, ἔνθα οὐδείς περιορισμὸς ἐκ συμμετρίας ὑπάρχει ὡς πρὸς τὴν θέσιν τῶν ἑλλειψοειδῶν, ὁ διασκεδασμὸς εἶναι δυνατὸς δι' ὅλα τὰ στοιχεῖα των, αἱ θέσεις τῶν ἑλλειψοειδῶν εἶναι ἀνεξάρτητοι ἀλλήλων.

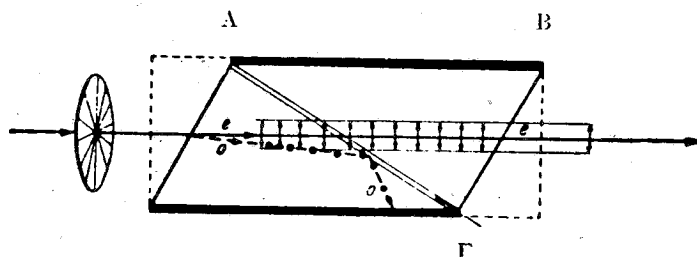
Κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα ἕκαστον σῶμα ἔχει ὠρισμένας τιμὰς ὀπτικῶν σταθερῶν (δεικτῶν διαθλάσεως, γωνίας ὀπτικῶν ἀξόνων, κατασβεστικῶν γωνιῶν κ.λ.π.), καὶ ἀναλόγως τοῦ κρυσταλλικοῦ συστήματος, εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάγεται, παρουσιάζει καὶ ὠρισμένας διαφορὰς ὀπτικῆς συμπεριφορᾶς ἐναντι κρυστάλλων τῶν ἄλλων συστημάτων. Διὰ προσδιορισμοῦ τῶν στάθερῶν ἐπὶ καταλλήλου πάχους πλακιδίων τεμνομένων καθ' ὠρισμένας διευθύνσεις ἐκ τοῦ κρυστάλλου εἶναι δυνατόν νὰ προσδιορισθῇ δι' ὀπτικῆς ἐξετάσεως τὸ εἶδος τοῦ ὀρυκτοῦ. Τὰ μικροσκοπικὰ παρασκευάσματα τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν διὰ τοιαύτην ἐξέτασιν, ἔχουν πάχος περίπου 0,02mm. Ἡ ἐξέτασις γίνεται μὲ εὐθυγράμμως πολωμένον φῶς εἰς εἰδικὰς ὀπτικὰς συσκευὰς καλουμένας πολωτικὰς συσκευάς. Τὰ κύρια χαρακτηριστικὰ πολωτικῆς συσκευῆς εἶναι εἰς πολωτῆς, διὰ τοῦ ὁποῖου στέλλεται ἐπὶ τοῦ πλακιδίου εὐθυγράμμως πολωμένον φῶς, καὶ ἕτερος δεχόμενος τὸ διὰ τοῦ πλακιδίου διελθόν φῶς, ὅστις ἔχει τοιαύτην θέσιν ὡς πρὸς τὸν πρῶτον, ὥστε τὰ ἐπίπεδα πολώσεώς αὐτῶν νὰ εἶναι κάθετα ἐπ' ἄλληλα. Ὁ δευτερος αὐτὸς πολωτῆς καλεῖται ἀναλυτῆς.

98. Πολωταί. Εἶναι ὀπτικὰ μέσα, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνομεν εὐθυγράμμως πολωμένον φῶς. Ὡς πολωτῆς δύναται νὰ χρησιμεύσῃ πλᾶξ ὕαλου ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης τὴν τῆς ὀλικῆς πολώσεως, ἡ ἀνάγκη ὅμως τοῦ προσανατολισμοῦ τοῦ πολωτοῦ αὐτοῦ ὑπὸ ὠρισμένην γωνίαν τὸν καθιστᾷ δύσχρηστον διὰ τὰς ἐφαρμογὰς εἰς τὰς πολωτικὰς συσκευάς. Οἱ πολωταὶ τῶν ὁποίων γίνεται χρῆσις εἰς αὐτὰς κατασκευάζονται ἀπὸ διπλοθλαστικούς κρυστάλλους ἀπομακρυνομένης διὰ καταλλήλου διατάξεως τῆς μιᾶς ἐκ τῶν δύο εὐθυγράμμως πολωμένων ἀκτίνων.

Τὸν ἀπλούστερον πολωτὴν ἀποτελεῖ *πλακίδιον τουρμαλίνου* παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα *c* πάχους ὀλίγων χιλιοστῶν. Δέσμη φυσικοῦ φωτὸς προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τοιούτου πλακιδίου δίδει δύο εὐθυγράμμως πολωμένας δέσμας τακτικὴν καὶ ἑκτακτον. Ἐκ τούτων ἡ τακτικὴ ἀπορροφεῖται ἐξ ὀλοκλήρου, ἡ ἑκτακτος ὑφίσταται μερικὴν ἀπορρόφησιν καὶ ἐξέρχεται ἐκ τοῦ πλακιδίου χρωματισμένη καὶ μὲ τὰς κραδάνσεις τῆς ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου τῆς κυρίας τομῆς. Τὸ μειονέκτημα τοῦ ἀπλοῦ τούτου πολωτοῦ εἶναι ὅτι τὸ δι' αὐτοῦ διερχόμενον φῶς εἶναι ἑγχρωμον, ὑποπράσινον, ὑποκαστανόχρουν. ἡ ὑπέρυθρον ἀναλόγως τῆς ποικιλίας τοῦ τουρμαλίνου, ἐξ οὗ κατεσκευάσθη τὸ πλακίδιον. Εἰς τὰς πολωτικὰς δὲ συσκευὰς γίνονται καὶ παρατηρήσεις χρωμάτων ἐκ συμβολῆς, τὰ ὁποῖα θὰ ἐπηρέαζε τὸ ἴδιον χρῶμα τοῦ πλακιδίου τουρμαλίνου. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν δὲν εὕρισκε ἐφαρμογὴν εἰς πολωτικὰς συσκευὰς ἐργαστηριακῆς χρήσεως.

Ἐκ τῶν ἐν χρήσει πολωτῶν οἱ κυρίως χρησιμοποιοῦμενοι εἰς τὰς πο-

λιωτικές συσκευές είναι τὰ πρίσματα Nicol. Ταῦτα κατασκευάζονται ἐξ ἐπιμήκους ρομβοέδρου ισλανδικῆς κρυστάλλου, τοῦ ὁποίου αἱ δύο φυσικαὶ σχισμογενεῖς ἑδραι τοῦ ρομβοέδρου διὰ λειάνσεως ἀντικαθίστανται ἀπὸ δύο ἑδρας τεχνητᾶς (σχ. 486), τοιαύτας ὥστε εἰς τομὴν τοῦ ρομβοέδρου κατὰ τὸ ἐπίπεδον συμμετρίας του ἡ γωνία $AB\Gamma$ νὰ ἔχῃ τιμὴν 68° ἀντὶ τῆς τιμῆς 71° , τὴν ὁποίαν ἔχει εἰς τὸ φυσικὸν ρομβοέδρον. Κατόπιν κόπτεται τὸ ρομβοέδρον εἰς δύο ἡμίση δι' ἐπιπέδου AG καθέτου ἐπὶ τὴν τεχνητὴν ἑδραν καὶ συγκολλᾶται μὲ βάλασμον τοῦ Καναδά, τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης διαθλάσεως $n = 1,54$.



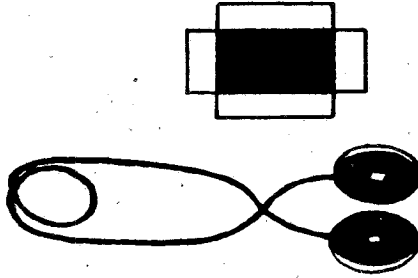
Σχ. 486

Πορεία τῶν ἀκτίνων ἐντὸς πρίσματος Nicol

Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος ἔχει τιμὴν $n_e = 1,49$, τῆς τακτικῆς ἀκτίνος $n_o = 1,66$. Ὑπὸ τὰς συνθήκας πορείας τῶν δύο ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ πρίσματος ἡ τακτικὴ ἀκτίς οὐ προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ βαλσάμου, μέσου ὀλιγώτερον θλαστικοῦ, ὑπὸ γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀριζῆς ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὰ μέλανα ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ περιβλήματος τοῦ πρίσματος. Οὕτω διέρχεται διὰ τοῦ πρίσματος μόνη ἡ ἑκτακτος (e) ὑφισταμένη ἀσήμαντον ἐκτροπήν.

Κατασκευάσθησαν καὶ πολωταὶ ὑπὸ μορφὴν λεπτῶν φύλλων ἐπιφανείας πολὺ μεγαλυτέρας τῆς τῶν πλακιδίων τουρμαλίνου (10×10 cm) ἀπὸ κρυστάλλους ὀργανικῆς ἐνώσεως καλυμμένης Herapathit, ἥτις εἶναι ἰωδιοῦχος θεικὴ κινίνη. Ἡ ἔνωσις αὕτῃ ἀποτίθεται εἰς πολὺ λεπτοὺς πλακώδεις κρυστάλλους, οἱ ὁποῖοι εἰς πάχος ὀλίγων δεκάτων τοῦ χιλιοστοῦ ἀπορροφοῦν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς ἀκτίνας τὰς κραδαιομένας παραλλήλως πρὸς τὸν ἕνα τῶν ἀξόνων ἐλαστικότητος. Δι' ἐπιδράσεως ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἐπιτυγχάνεται ὁμοιόμορφος προσανατολισμὸς τῶν κρυσταλλικῶν αὐτῶν πλακιδίων κατὰ τὴν ἀπόθεσιν των ἐντὸς λεπτοῦ στρώματος ζελατίνης. Ἡ κατὰ τὸν ἕτερον ἄξονα ἐλαστικότητος τελουμένη κράδανσις ὑφίσταται μικρὰν ἀπορρόφησιν καὶ συνεπείᾳ αὐτῆς ἡ πολωμένη δέσμη εἶναι ἐλαφρῶς χρωματισμένη, πολὺ ὅμως ὀλιγώτερον τῆς τοῦ πλακιδίου τουρμαλίνου. Οἱ πολωταὶ αὗτοι καλοῦνται Polaroid καὶ εὐρίσκουν τεχνικὰς ἐφαρμογὰς εἰς πολωτικὰς συσκευὰς ἀντὶ πρίσματος Nicol, εἰς τὴν φωτογραφίαν κ.λ.

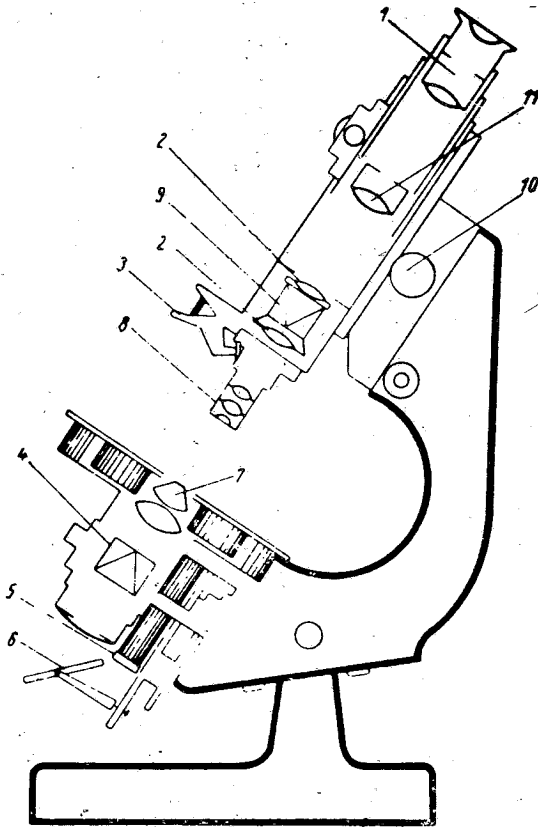
99. Πολωτικά συσκευαί. Λαβίς τουρμαλίνου. Πολωτικὸν μικροσκόπιον. Δύο πλακίδια τουρμαλίνου με τὰς κυρίας τομάς αὐτῶν καθέτους ἀποτελοῦν τὴν ἀπλουστέραν πολωτικὴν συσκευήν, ἥτις ὑπὸ τὴν μορφήν τοῦ σχ. 487



Σχ. 487
Λαβίς τουρμαλίνου

καλεῖται λαβίς τουρμαλίνου. Ἐφ' ὅσον αἱ διευθύνσεις κραδάνσεως εἰς τὰ δύο πλακίδια εὐρίσκονται εἰς διασταύρωσιν, φῶς δὲν διέρχεται διὰ τῆς συσκευῆς, διότι αἱ κραδάνσεις αἱ ἐξερχόμεναι ἐκ τοῦ πολωτοῦ συναντοῦν τὸν ἀναλυτὴν κατὰ διεύθυνσιν συμπίπτουσαν πρὸς διεύθυνσιν κραδασμῶν τακτικῆς δέσμης, ἥτις ἀπορροφεῖται ὑπ' αὐτοῦ. Χρησιμεύει ὡς συσκευή προχείρου διαγνώσεως ὠρισμένων ὀπτικῶν ιδιοτήτων διαφανῶν κρυσταλλικῶν πλακιδίων. Δι' ἐργαστηριακὴν ἐξέτασιν καὶ μετρήσεις ἀκριβεῖας χρησιμεύει ἀποκλειστικῶς τὸ πολωτικὸν μικροσκόπιον. Σχηματικὴν εἰκόνα πολωτικοῦ μικροσκοπίου παρέχει τὸ σχῆμα 488. Τοῦτο εἶναι σὺνθετος μικροσκόπιον, τὸ ὁποῖον μετατρέπεται εἰς πολωτικὴν συσκευὴν διὰ προσθήκης τῶν δύο οὐσιωδῶν συστατικῶν, ἐνὸς πολωτοῦ ὑπὸ τὴν τράπεζαν τοῦ μικροσκοπίου καὶ ἐνὸς ἀναλυτοῦ εἰς τὸν σωλῆνα τοῦ μικροσκοπίου μεταξύ ἀντικειμενικοῦ καὶ προσοφθαλμίου φακοῦ. Ὁ ἀναλυτὴς κινεῖται ἐντὸς εἰδικῆς ἐνσκαφῆς τοῦ σωλῆνος δυνάμενος δι' ἀπλῆς ὠθήσεως νὰ παρεμβληθῇ εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων ἢ νὰ ἀπομακρυνθῇ κατὰ βούλησιν. Ἄλλαι διαφοραὶ μεταξύ πολωτικοῦ καὶ συνήθους μικροσκοπίου εἶναι αἱ ἑξῆς: Ἡ ἀντικειμενοφόρος τράπεζα εἶναι στρεπτὴ περὶ τὸν ὀπτικὸν ἄξονα τοῦ μικροσκοπίου καὶ ὑποδιηρημένη εἰς μοίρας, ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ μέτρησις τῶν γωνιῶν, τὰς ὁποίας σχηματίζουν αἱ περατωτικαὶ γραμμαὶ τῶν τομῶν, αἱ σχισμογενεῖς γραμμαί, τῶν κατασβεστικῶν γωνιῶν κ.λ.π. Ὑπὲρ τὴν φωτιστικὴν οὐσκευὴν Abbe δύναται νὰ παρεμβληθῇ διὰ μετακινήσεως μοχλοῦ ἰσχυρῶς συγκλίνων φακὸς πολὺ μικρᾶς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, ὅστις τὴν ἐκ τοῦ πολωτοῦ προερχομένην παράλληλον δέσμην μετατρέπει εἰς συγκλίνουσαν κωνικὴν δέσμην, τῆς ὁποίας ἡ κορυφὴ κεῖται ἐντὸς τοῦ ὑπὸ παρτήρησιν πλακιδίου. Ὑπεράνω τοῦ ἀναλυτοῦ καὶ μεταξύ αὐτοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ ἐντὸς εἰδικῆς σχισμῆς τοῦ σωλῆνος κινεῖται μεταλλικὴ πλάξ

φέρουσα ἀπλοῦν φακόν, τὸν φακόν τοῦ *Bertrand*, παρεμβλλόμενον εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων κατὰ τὴν παρατήρησιν με συγκλίνουσιν δέσμην φωτός.



Σχ. 488

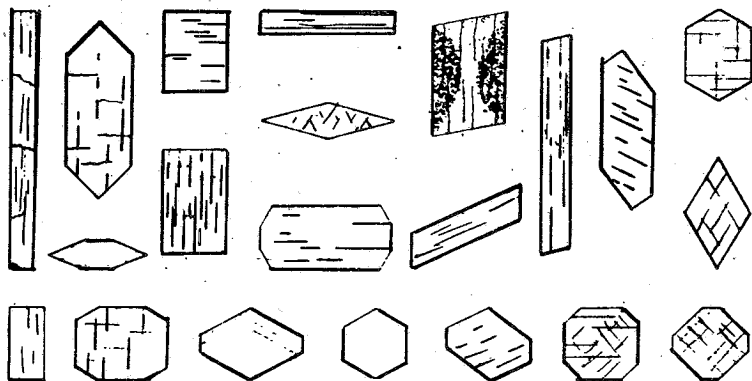
Σχηματικὸν διάγραμμα πολωτικοῦ μικροσκοπίου. 1 = προσοφθάλμιος φακός, 2 = διορθωτικοὶ φακοί, 3 = λαβὴ στερεώσεως ἀντικειμενικοῦ φακοῦ, 4 = πολωτής, 5 = Μοχλὸς παρεμβολῆς τοῦ συγκεντρωτοῦ τῆς δέσμης, 6 = Φωτιστικὸν κάτωπιθον, 7 = συγκεντρωτὴς Kondensor, 8 = ἀντικειμενικός, 9 = Ἀναλτής, 10 = Κοχλίας μετατοπίσεως, 11 = Φακὸς Bertrand

Ὁ φακὸς οὗτος ἀποτελεῖ μετὰ τοῦ προσοφθαλμίου σύνθετον μικροσκόπιον διὰ τὴν ὑπὸ μεγέθυνσιν παρατήρησιν τῶν κρυσταλλογραφικῶν εἰκόνων. περὶ τῶν ὁλῶν γίνῃ λόγος. Ὁ προσοφθάλμιος φακὸς φέρει σταυρόνημα, τοῦ ὁποῦν τὰ δύο νήματα, κάθετα ἐπ' ἄλληλα, ἔχουν τὴν διεύθυνσιν, καὶ ἣν τελοῦνται αἱ κρυσταλλογραφικαὶ εἰκόνες τοῦ πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ. Εἰς ἄλλους προσοφθαλμίους δύναται νὰ παρεμβληθῇ μικρομετρικὴ κλιμαξ διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαστάσεων μι-

κρῶσκοπικῶν τομῶν καὶ τῆς γωνίας τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων. Τέλος ὁ σωλὴν τοῦ μικροσκοπίου φέρει ἄνω τοῦ ἀντόφθαλμοῦ σχισμὴν ὑπὸ γωνίαν 45° ὡς πρὸς τὰ νήματα τοῦ σταυρονήματος, ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσάγονται δι' ὠρισμένας μετρήσεις εἰδικὰ διπλοθλαστικὰ πλακίδια οἱ ἀντισταθμισταί. Ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς συγκρατεῖται ἐπὶ τοῦ σωλῆνος μὲ εἰδικὸν γωνιώδη μοχλὸν ἐπιτρέποντα νὰ ἀλλάξωμεν εὐχερῶς αὐτὸν δι' ἄλλου. Κάθε ἀντικειμενικὸς φακὸς φέρει εἰς τὸ μεταλλικὸν αὐτοῦ περίβλημα δύο κοχλίας μικροῦ βήματος, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται κέντρισις αὐτοῦ, ὥστε τὸ κέντρον του νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ μικροσκοπίου.

100. Ὁρθοσκοπικὴ ἐξέτασις μὲ μόνον τὸν πολωτὴν. Τὸ πολωτικὸν μικροσκόπιον χρησιμοποιεῖται εἴτε ὡς πολωτικὴ συσκευή, ὅποτε ὁ ἀναλυτὴς παρεμβάλλεται εἰς τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων ἐν διασταυρώσει πρὸς τὸν πολωτὴν, εἴτε καὶ ἄνευ τοῦ ἀναλυτοῦ. Περαιτέρω περιγράφονται κατὰ σειρὰν αἱ διάφοροι παρατηρήσεις καὶ μετρήσεις, αἱ ὁποῖαι γίνονται εἰς παράλληλον δέσμην φωτὸς μὲ μόνον τὸν πολωτὴν χωρὶς ἀναλυτὴν. Εἰς τοιαύτην διάταξιν παρατηρεῖται:

1. Τὸ σχῆμα τῆς τομῆς. Ἐάν ὁ κρύσταλλος ᾗτο ἰδιόμορφος, εἶχε δηλ. ἀναπτύξει τὰς κρυσταλλικὰς αὐτοῦ ἑδρας, ἡ τομὴ τοῦ κρυσταλλικοῦ πολυέδρου θὰ εἶναι σχῆμα εὐθύγραμμον, τοῦ ὁποίου αἱ περατωτικαὶ γραμμαὶ, καθ' ὃ παράλληλοι πρὸς τὰς περατωτικὰς ἑδρας, συμπίπτουν πρὸς οὐσιώδεις κρυσταλλογραφικὰς κατευθύνσεις. Δεδομένου ὅτι αἱ συνθέστερον ἀναπτυσσόμεναι ἑδραι εἶναι αἱ τοῦ θεμελιώδους σχήματος (100), (010), (001), συχνάκις



Σχ. 489

Ἰδιόμορφοι τιμαὶ κρυστάλλων διαφόρων συστημάτων μὲ σχισμογενεῖς γραμμὰς

αἱ περατωτικαὶ γραμμαὶ τῆς τομῆς δεικνύουν τὴν διεύθυνσιν τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων. Χαρακτηριστικὰς τομὰς κρυστάλλων διαφόρων συστημάτων παρέχει τὸ σχ. 489. Ἐξάεδρον (100) τοῦ κυβικοῦ δίδει τομὰς τετραγωνικάς,

ἑξάγωνικός, τριγωνικός κ.λ.π. Ἐπιμήκων ὀρθογωνίων ἢ παραλληλογράμμων τομῶν συνήθως αἱ περατωτικαὶ γραμμαὶ ταυτίζονται πρὸς κρυσταλλογραφικούς ἄξονας. Διὰ τῆς τραπέζης τοῦ πολωτικοῦ μικροσκοπίου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν μὲ ἱκανοποιητικὴν προσέγγισιν τὰς ἐπιπέδους γωνίας κρυσταλλικῶν ἑδρῶν παραλλήλων πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῆς τραπέζης. Ἀγομεν τὴν κορυφὴν τῆς μετρομένης γωνίας εἰς τὸ κέντρον τοῦ σταυρονήματος καὶ ταυτίζομεν διαδοχικῶς διὰ στροφῆς τῆς τραπέζης τὰς δύο πλευράς τῆς γωνίας πρὸς ἓνα τῶν βραχιόνων τοῦ σταυρονήματος. Ἡ διαφορὰ τῶν δύο ἀναγνώσεων ἐπὶ τῆς γω-
νιομετρημένης τραπέζης δίδει τὴν τιμὴν τῆς ἐπιπέδου γωνίας.

2. Ὁ σχισμός, ἐμφανιζόμενος ὑπὸ μορφήν παραλλήλων γραμμῶν (σελ. 333). Ὅταν τὰ σχισμογενῆ ἐπίπεδα εἶναι παράλληλα πρὸς τὰς θεμελιώδεις ἑδρας, ὅπερ συνηθέστερον συμβαίνει, αἱ σχισμογενεῖς γραμμαὶ συμπίπτουν πρὸς κατεύθυνσιν κρυσταλλογραφικῶν ἄξόνων κατὰ προβολὴν ἐπὶ τῆς τομῆς καὶ ἀποτελοῦν μέσον προσανατολισμοῦ κρυσταλλογραφικοῦ εἰς τομὰς ὅχι ἰδιοσχήμενας. Ἐπὶ συστήματος δύο σχισμογενῶν κατευθύνσεων μετρεῖται ἡ γωνία α , τὴν ὁποίαν αὗται σχηματίζουν. Εἰς τομὰς καθέτους ἐπὶ [001] ἡ διάκρισις μεταξὺ τῶν δύο ὁμάδων ὀρυκτῶν τῆς ὁμάδος τῶν πυροξένων καὶ τῆς τῶν ἀμφιβόλων γίνεται ἀμέσως ἐκ τῆς γωνίας τοῦ σχισμοῦ (ὅρα σελ. 333).

3. Τὸ χρῶμα τῆς τομῆς καὶ ὁ πλεοχροϊσμός. Ζωηρῶς χρωματισμένων ὀρυκτῶν αἱ τομαὶ παρουσιάζουν χαρακτηριστικὰ χρώματα, τὰ ὁποῖα ἐν συνδυασμῷ πρὸς ἄλλα ὀπτικὰ χαρακτηριστικὰ ἀποτελοῦν οὐσιῶδες μικροσκοπικὸν γνῶρισμα αὐτῶν. Ἐτι μᾶλλον ἐνδιαφέρον ἀπὸ ἀπόψεως διαγνωστικῆς χρησιμότητος εἶναι τὸ φαινόμενον τοῦ πλεοχροϊσμοῦ.

Τὸ χρῶμα ὑπὸ τὸ ὁποῖον ἐμφανίζονται τὰ διάφορα διαφανῆ σώματα εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ὑπὸ διάφορον ἀναλογίαν ἀπορροφήσεως ὑπ' αὐτῶν τῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι περιέχονται εἰς τὸ λευκὸν φῶς. Εἰς μέσα ὀπτικῶς ἰσότροπα ἢ ἀπορρόφησις εἶναι ποιοτικῶς καὶ ποσοτικῶς ἡ αὐτὴ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὰ σώματα ταῦτα, καθ' οἷανδήποτε διεύθυνσιν καὶ ἂν διέλθῃ δι' αὐτῶν λευκὸν φῶς, θὰ παρουσιάζουν τὸ αὐτὸ χρῶμα. Ἐὰν ὅμως τὸ μέσον εἶναι ὀπτικῶς ἀνισότροπον, εἶναι δυνατόν ἢ ἀπορρόφησις νὰ εἶναι διάφορος διὰ κύματα, τῶν ὁποίων αἱ κραδάνσεις τελοῦνται κατὰ διαφόρους κατευθύνσεις. Εἰς μονάξονας πλεοχροϊκοὺς κρυστάλλους ἡ τακτικὴ καὶ ἑκτακτος ἀκτὶς παρουσιάζουν δύο διαφορετικὰ χρώματα, οἱ κρύσταλλοι οὗτοι εἶναι διχροϊκοί. Ἐντονώτατον διχροϊσμόν παρουσιάζει ὁ τούρμαλινος. Ἡ τακτικὴ ἀκτὶς ὑφίσταται ἐντονωτάτην ἀπορρόφησιν καὶ μετὰ τὴν διέλευσίν της διὰ τῆς τομῆς δεικνύει χρῶμα σκοτεινὸν καστανίνον, βαθύ πράσινον ἢ βαθύ κυανοῦν ἀναλόγως τῆς ποικιλίας χρώματος τοῦ κρυστάλλου. Τὰ χρώματα αὐτὰ παρουσιάζουν μικροσκοπικὰς τομαὶ καθέτοι πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα (Λ^3). Εἰς πλακίδια πάχους ὀλίγων μόνον χιλιοστῶν ἡ τακτικὴ κρᾶδανσις ἀπορροφεῖται ἐξ ὁλοκλήρου.

Εἰς τὴν ιδιότητα αὐτὴν στηρίζεται ἡ κατασκευὴ πολωτῶν ἐκ πλακιδίων τουρμαλίνου παραλλήλων πρὸς τὸν Λ^3 . Ἐκ τῶν πλακιδίων αὐτῶν διέρχεται μόνον ἡ ἑκτακτος κρὰδανσις, ἡ ὁποία ὑφίσταται πολὺ μικροτέραν ἀπορρόφησιν τῆς τακτικῆς καὶ παρουσιάζει χρώματα ἀνοικτά, κίτρινον, ὑπέρυθρον, ἰώδες,

Οἱ διάξονες πολυχροϊκοὶ κρύσταλλοι εἶναι συνήθως τριχροϊκοί, αἱ κρὰδανσεις αἱ τελούμεναι παραλλήλως πρὸς τοὺς τρεῖς κυρίους ἄξονας τοῦ ἔλλειψοειδοῦς παρουσιάζουν διάφορον βαθμὸν ἀπορροφήσεως καὶ διάφορα χρώματα.

Ὁ πλεοχροϊσμός παρατηρεῖται εἰς τὸ πολωτικὸν μικροσκόπιον μὲ μόνον τὸν πολωτὴν ἄνευ παρεμβολῆς ἀναλυτοῦ. Εἰς πᾶσαν τομὴν διπλοθλαστικοῦ κρυστάλλου ὑπάρχουν δύο κατευθύνσεις κάθετοι ἐπ' ἀλλήλας, παραλλήλως πρὸς τὰς ὁποίας κρὰδαινόνται τὰ δύο κύματα τὰ προκύπτοντα ἐκ διπλῆς διαθλάσεως. Αἱ κατευθύνσεις αὗται συμπίπτουν πρὸς τοὺς ἄξονας τῆς ἔλλειπτικῆς τομῆς τοῦ ἔλλειψοειδοῦς τῶν δεικτῶν καὶ καλοῦνται συνήθως ἄξονες ἐλαστικότητος τῆς τομῆς. Ἐὰν διὰ στροφῆς τῆς τραπέζης κατὰ 90° φέρωμεν διαδοχικῶς τοὺς δύο ἄξονας ἐλαστικότητος τῆς τομῆς εἰς συνάντησιν πρὸς τὸ ἐπίπεδον κρὰδάνσεων τοῦ πολωτοῦ, θὰ ἔχωμεν εἰς τὰς δύο αὐτὰς θέσεις διαφορὰ ἀπορρόφησιν καὶ ἐπομένως ἡ τομὴ θὰ ἐμφανίζῃ χρώματα διαφορετικά.

Παραθέτομεν μερικὰ παράδειγματα ἐντόνως πολυχροϊκῶν ὄρυκτων, τὰ ὁποῖα ἀναγνωρίζονται εὐκόλως εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς ἐκ τοῦ πλεοχροϊσμοῦ των.

Βιοτίτης $n_\gamma = n_\beta =$ βαθὺ καστάνινον $n_\alpha =$ ἀνοικτὸν κίτρινον

Γλαυκοφανῆς $n_\gamma =$ κυανοῦν $n_\beta =$ κυανοῖῳδες $n_\alpha =$ κίτρινον

Κοινὴ κεροσίλβη $n_\gamma =$ ἐλαιοπράσινον $n_\beta =$ πράσινον ὑποκαστάνινον, $n_\alpha =$ ἀνοικτὸν πρασινοκίτρινον.

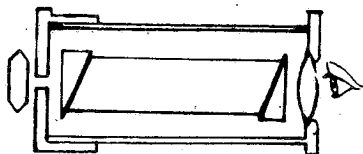
Βασαλτικὴ κεροσίλβη $n_\gamma =$ σκοτεινὸν καστάνινον $n_\beta =$ καστάνινον $n_\alpha =$ ἀνοικτὸν καστάνινον.

Διὰ τὴν περιοχὴν τῆς ἐκλεκτικῆς ἀπορροφήσεως ἰσχύει ὁ ἐξῆς κανὼν τοῦ Babinet. «Τὴν ἐντονωτέραν ἀπορρόφησιν ὑφίσταται τὸ ἰσχυρότερον θλώμενον κύμα». Οὕτω λ.χ. εἰς τὸ ρουτίλιον ὀπτικοῦ χαρακτῆρος θετικοῦ (n_e) n_o τὸ ἑκτακτον ἀπορροφεῖται ἐντονώτερον τοῦ τακτικοῦ, εἰς περιοχὴν ὅμως μικρᾶς ἀπορροφήσεως τὸ τακτικὸν κύμα ὑφίσταται ἀπορρόφησιν μεγαλυτέραν.

Εἰς τὸ μονοκλινὲς καὶ τρικλινὲς σύστημα οἱ ἄξονες ἀπορροφήσεως δὲν συμπίπτουν ὑποχρεωτικῶς πάντοτε πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ ἔλλειψοειδοῦς καὶ ἐπὶ ἰσχυρᾶς διπλοθλαστικότητος δὲν εἶναι κάθετοι ἐπ' ἀλλήλους.

Ὁ πλεοχροϊσμός δύναται νὰ παρατηρηθῇ καὶ δι' ἀπλῆς συσκευῆς, τοῦ διχρωσκοπίου τοῦ Haidinger (σχ. 490). Ἀποτελεῖται αὕτη ἀπὸ ρομβόεδρον ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἐντὸς μεταλλικοῦ σωλῆνος φέροντος κατὰ τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ κάλυμμα μὲ μικρὰν κεντρικὴν ὀπὴν, κατὰ τὸ ἕτερον ἀπλοῦν μεγεθυντικὸν φακόν. Ὁ κρύσταλλος τίθεται πρὸ τῆς ὀπῆς. Τὰ δύο καθέτως ἐπ' ἀλλήλα κρὰδαινόμενα κύματα τὰ προκύπτοντα ἐκ τῆς διπλῆς διαθλάσεως ἐντὸς τοῦ

κρυστάλλου εισερχόμενα εἰς τὴν ἰσλανδικὴν κρυστάλλον ἀποχωρίζονται ἀπ' ἀλλήλων καὶ οὕτω διὰ τοῦ φακοῦ παρατηροῦνται δύο εἰδωλα τῆς ὁπῆς μετὰ δύο διάφορα χρώματα.



Σχ. 490

Μικροσκόπιον τοῦ Haidinger

101. Προσδιορισμός τῶν δεικτῶν διαθλάσεως διὰ καταδύσεως ἐντὸς ὕγρων - Γραμμὴ Becke. Ἐάν σῶμα διαφανές περιβάλλεται ὑπὸ ὕλικου μέσου ἔχοντος τὸ αὐτὸ χρῶμα καὶ τὸν αὐτὸν δείκτην διαθλάσεως, τὸ σῶμα δὲν διακρίνεται ἀπὸ τοῦ περιβάλλοντος αὐτὸ μέσου, ἐφ' ὅσον ἀπὸ ὀπτικῆς ἀπόψεως ἀποτελεῖ συνέχειαν ἐκείνου. Ἐάν ὅμως ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ περιβάλλοντος εἶναι διάφορος, ἐπέρχεται κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ σώματος διάθλασις τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων καὶ τὰ περατωτικά ὅρια τοῦ σώματος διακρίνονται σαφῶς ἀπὸ τοῦ περιβάλλοντος μέσου. Τὰ ὅρια αὐτὰ εἶναι ἐπὶ τοσοῦτον σαφέστερα, ὅσον ἡ διαφορὰ δεικτῶν διαθλάσεως σώματος καὶ περιβάλλοντος εἶναι μεγαλυτέρα. Μετὰ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν κατὰ προσέγγισιν τὸν δείκτην διαθλάσεως τῶν ὀρυκτῶν εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς πετρωμάτων. Τὰ μικροσκοπικὰ παρασκευάσματα εἶναι πλακίδια πάχους 0,02-0,03mm, τὰ ὁποῖα εἶναι προσκολλημένα ἐπὶ ὑαλίνης πλακῆς (ἀντικειμενοφόρου) μετὰ βάλαμνον τοῦ Καναδά καὶ καλύπτονται ἄνωθεν μετὰ συνδετικὸν μέσον ἐπίσης βάλαμνον Καναδά μετὰ λεπτὸν ὑαλινὸν πλακίδιον (καλυπτρίδα). Ὀρυκτῶν ὡς ὁ χαλαζίτης, τῶν ὁποίων ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι περίπου ὁ ἴδιος πρὸς τὸν τοῦ βαλσάμου, τὰ περατωτικά ὅρια δὲν διακρίνονται, ἐνῶ ὀρυκτὰ μετὰ μεγάλην διαφορὰν δεικτῶν διαθλάσεως (δ.δ.) ἀπὸ τῶν τοῦ βαλσάμου παρουσιάζουν περατωτικὰ ὅρια λίαν ἔντονα καὶ φαίνονται ὡς εἰς αὐτὰ εἶχον αἱ τομαὶ τῶν πάχους μεγαλύτερον.

Εἰς τὸ σχ. 491, τὸ ὁποῖον παριστᾷ μικροσκοπικὴν εἰκόνα τοῦ πετρώματος γρανίτης, τὰ συνιστῶντα αὐτὸ ὀρυκτὰ βάσει τῆς ἀναγλύφου ὀφείας, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν, κατατάσσονται κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν ἀξιοσημειώμενου δεικτοῦ διαθλάσεως ἀπὸ τὸν δ.δ. τοῦ βαλσάμου ὀρθόκλαστον, χαλαζίαν, ἀπατίτην, κερυστίνην, τιτανίτην. Ἐκ τῆς ἀναγλύφου ὀφείας τοῦ ὀρυκτοῦ δὲν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν ἂν ὁ δ.δ. τοῦ εἶναι μικρότερος ἢ μεγαλύτερος τοῦ βαλσάμου, μόνον τὴν διαφορὰν αὐτοῦ δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν. Ἐκ τῶν ὀρυκτῶν ὅμως, τὰ ὁποῖα ἀπαντοῦν ὡς συστατικὰ πετρωμάτων, ἐλάχιστοι εἶναι δ.δ. μικρότερος τοῦ βαλσάμου, εἰς τὸν ὅσον ὥστε ἔντονον ἀνάγλυφον συνήθως σημειεῖται

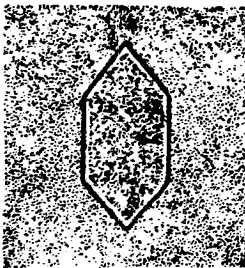
ίσχυρόν δ.δ. Ὑπάρχει ὅμως ἄλλη παρατήρησις ἐπιτρέπουσα νὰ προσδιορίσωμεν μικροσκοπικῶς τοὺς δ.δ. μὲ μεγάλην ἀκρίβειαν, τάξεως τοῦ τρίτου δεκαδικοῦ ψηφίου, ἢ τῆς γραμμῆς τοῦ Becke.



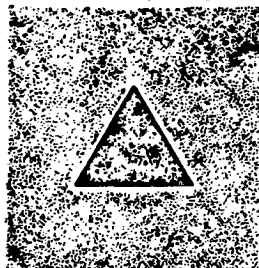
Σχ. 491

Μικροσκοπικὴ τομὴ γράνιτου

Παρατηροῦντες τὴν τομὴν μὲ ἀκτῖνας ὀλίγον κεκλιμένας, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἐπιτυγχάνομεν καταβιβάζοντες τὴν φωτιστικὴν συσκευὴν τὴν ὑπὸ τὴν τράπεζαν ἢ περιορίζοντες τὸ ἐπ' αὐτῆς διάφραγμα, ἢ κάλλιον χρησιμοποιοῦντες ἀντικειμενικὸν φακὸν μικρᾶς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, παρατηροῦμεν κατὰ τὴν περιφέρειαν τῆς ἐξεταζομένης τομῆς λεπτὴν φωτεινὴν γραμμὴν, ἥτις ἐκλήθη ἀπὸ τὸν παρατηρήσαντα αὐτὴν γραμμὴ τοῦ Becke. Ἐὰν ἀνυψώσωμεν διὰ τοῦ μικρομετρικοῦ κοχλίου τὸ μικροσκόπιον ἀπομακρύνοντες αὐτὸ



α



β

Σχ. 492

Γραμμὴ Becke κατὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ ἀντικειμενικοῦ ἀπὸ τῆς τομῆς. Τομὴ α μᾶλλον θλαστικὴ, τομὴ β ὀλιγώτερον θλαστικὴ τοῦ περιβάλλοντος

ἀπὸ τοῦ παρατηρουμένου ἀντικειμένου, ἡ γραμμὴ τοῦ Becke μετακινεῖται πρὸς τὸ θλαστικώτερον σῶμα (σχ. 492α), ἀντιθέτως ἂν καταβιβάσωμεν τὸ μικροσκόπιον μετακινεῖται πρὸς τὸ ὀλιγώτερον θλαστικόν (σχ. 492β). Τοῦ

φαινόμενου αὐτοῦ γίνεται χρήσις ὡς ἐξῆς διὰ τὸν ἀκριβῆ προσδιορισμὸν τοῦ δ.δ. Ἐκλέγονται ὑγρά ἰσχυρῶς θλαστικά, τῶν ὁποίων τὸν δ.δ. δυνάμεθα νὰ μειώσωμεν κατὰ βούλησιν δι' ἀραιώσεως ἢ ἀναμείξεως μὲ ἄλλα ὑγρά. Καθ' ὅσον μειώνομεν τὸν δ.δ., δοκιμάζομεν δι' ἐκάστην ἀραιώσιν τὸν δ.δ. τοῦ σώματος καλύπτοντες τὴν τομὴν τοῦ ἢ καὶ τεμάχιον αὐτοῦ λίαν μικροῦ μεγέθους μὲ σταγόνα ὑγροῦ καὶ παρατηροῦντες τὴν γραμμὴν τοῦ Becke. Προχωροῦμεν οὕτω μετὰ προσοχῆς εἰς τὴν ἀραιώσιν, μέχρις ὅτου ἡ γραμμὴ τοῦ Becke ἐξαφανισθῇ. Τότε ὁ προσδιοριζόμενος δ.δ. τοῦ σώματος ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν πρὸς τὸν τοῦ ὑγροῦ. Ὁ τελευταῖος οὗτος προσδιορίζεται εὐκόλως εἴτε μὲ διαθλασίμετρον ὀλικῆς ἀνακλάσεως (Pulfrich), εἴτε τιθεμένης μικρᾶς ποσότητος ὑγροῦ ἐντὸς κυλίου πρίσματος, μὲ ἐπίπεδα τοιχώματα καὶ μετρομένης εἰς τὸ γωνιόμετρον τῆς γωνίας ἐλαχίστης ἐκτροπῆς κατὰ τὸν γνωστὸν τύπον:

$$n = \frac{n_{\mu} \left(\frac{\delta + \omega}{2} \right)}{n_{\mu} \frac{\omega}{2}}$$

ὅπου ω γωνία πρίσματος, δ γωνία ἐλαχίστης ἐκτροπῆς.

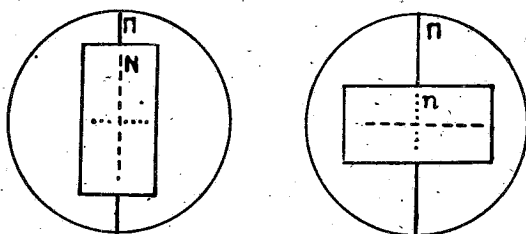
Προκειμένου περὶ τομῆς διπλοθλαστικοῦ κρυστάλλου ἔχομεν νὰ προσδιορίσωμεν δύο δ.δ., τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς τοὺς δύο ἄξονας ἐλαστικότητος αὐτῆς ἢ ἄλλως εἰς τὰ δύο καθέτως ἐπ' ἀλλήλων πολωμένα ἐπίπεδα κύματα, τὰ ὁποῖα προκύπτουν ἐκ διπλῆς διαθλάσεως. Ἐὰν ταυτίσωμεν τὸν ἓνα ἄξονα ἐλαστικότητος τῆς τομῆς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ πολωτοῦ Π (τὴν διεύθυνσιν τοῦ παρέχει τὸ κατακόρυφον νῆμα τοῦ σταυρονήματος), τὸ ἐξ αὐτοῦ προερχόμενον εὐθυγράμμως πολωμένον φῶς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ πλακιδίου μὲ κατεύθυνσιν κραδάνσεως τὴν τοῦ ἐξεταζομένου ἄξονος ἐλαστικότητος καὶ ὁ προσδιοριζόμενος δ.δ. ἀναφέρεται εἰς τὸν ἄξονα αὐτόν. Στρέφοντες τὴν τομὴν κατὰ 90° προσδιορίζομεν ὁμοίως τὸν δ.δ. τὸν ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὸν ἕτερον ἄξονα ἐλαστικότητος (σχ. 493). Τίνι τρόπῳ εὐρίσκονται οἱ ἄξονες ἐλαστικότητος τῆς τομῆς θὰ ἐκτεθῇ κατωτέρω.

Ἐκλέγοντες δύο καταλλήλως προσανατολισμένας τομὰς τοῦ κρυστάλλου δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν κατὰ τὸν τρόπον αὐτὸν τοὺς τρεῖς κυρίους δ.δ. τοῦ σώματος n_γ , n_β , καὶ n_α .

Ὡς θλαστικὸν ὑγρὸν ὑψηλοῦ δείκτου διαθλάσεως δύναται νὰ χρησιμεύσῃ κεκορεσμένον διάλυμα Thoulet (σ. 448) δείκτου διαθλάσεως 1,7 τὸ ὁποῖον ἀραιούμενον μὲ ὕδωρ δύναται νὰ φθάσῃ μέχρι δείκτου διαθλάσεως 1,4. Ὁ ἐπόμενος πίναξ συνταχθεὶς ὑπὸ τοῦ Kleber παρέχει τοὺς δείκτας διαθλάσεως ὡς πρὸς τὴν γραμμὴν D τοῦ νατρίου σειρᾶς ὑγρῶν διατεταγμένων κατ' αὐξουσαν τιμὴν δείκτου διαθλάσεως ἀπὸ 1,33 ἕως 1,80.

Υγρὸν καταδύσεως	N _D	Υγρὸν καταδύσεως	N _n
Μεθυλικὴ ἀλκοόλη	1,33	Νιτροβενζόλιον	1,554
Υῶδωρ	1,333	Ἀνισέλαιον	1,56
Αἰθυλικὴ ἀλκοόλη	1,36	Μονοβρωμοβενζόλιον	1,561
Ἐξάνιον	1,39	Ἀνιλίνη	1,58
Ἀμυλικὴ ἀλκοόλη	1,40	Βρωμοφόρμιον	1,590
Χλωροφόρμιον	1,45	Ἐλαιον πικραμυγδάλων	1,60
Τετραχλωράνθραξ	1,466	Ἐλαιον κανέλλας	1,605
Γλυκερίνη	1,47	Μονοϊωδοβενζόλιον	1,621
Ριτσινέλαιον	1,48	Διθειάνθραξ	1,63
Ξυλόλη	1,49	α - Μονοχλωροναφθαλίνη	1,639
Βενζόλιον	1,501	α - Μονοβρωμοναφθαλίνη	1,658
Κεδρέλαιον	1,516	» » + Μεθυλενωδιδίου	1,70
Μονοχλωροβενζόλιον	1,527	Διάλυμα Thoulet πυκνὸν	1,73
Αἰθυλενοβρωμίδιον	1,536	Μεθυλενωδιδίου	1,74
Κρεόζοτον	1,54	Διάλυμα θείου ἐντὸς μεθυλε- νωδιδίου	1,800
Γαρφαλέλαιον	1,544		

Διὰ τὴν περιοχὴν δεικτῶν διαθλάσεως ἀπὸ 2 ἕως 2,9 χρησιμεύει ὡς ὑγρὸν καταδύσεως κατὰ Larsen τήγμα θείου καὶ σεληνίου.



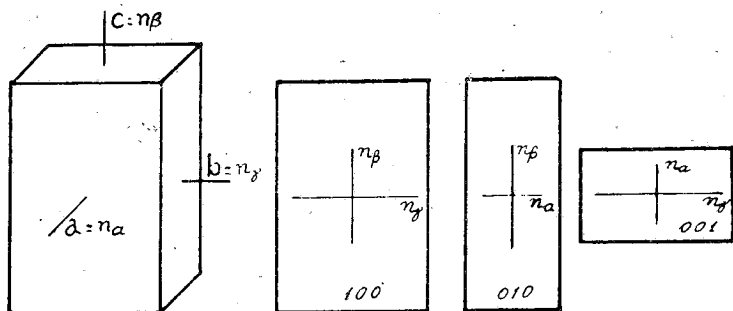
Σχ. 493

Αἱ δύο θέσεις προσδιορισμοῦ τῶν δύο δεικτῶν διαθλάσεως κρυσταλλικῆς τομῆς

Οὕτω διὰ κρύσταλλον ρομβικόν, τοῦ ὁποίου οἱ τρεῖς ἄξονες τοῦ ἔλλειψοειδοῦς ταυτίζονται πρὸς τοὺς τρεῖς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας, δύο ἐκ τῶν τριῶν τομῶν τῶν πινακοειδῶν (100) (010) (001) ἀρκοῦν διὰ νὰ εὑρεθοῦν οἱ τρεῖς αὐτοὶ δεικται. Διὰ προσανατολισμὸν τοῦ ἔλλειψοειδοῦς τὸν τοῦ σχ. 494 ἐπὶ τομῆς (100) προσδιορίζονται οἱ δεικται η_γ καὶ η_β , ἐπὶ τομῆς (010) οἱ η_α καὶ η_β , ἐπὶ τομῆς (001) οἱ η_α καὶ η_γ .

102. Ὁρθοσκοπικὴ ἐξέτασις με̐ τὰ πρίσματα Nicol διεσταυρωμένα.
Ἐὰν παρεμβάλωμέν εἰς τὸ μικροσκόπιον τὸν ἀναλυτὴν εἰς διασταύρωσιν πρὸς τὸν πολωτὴν, τὸ ὀπτικὸν πεδίου τοῦ μικροσκοπίου καθίσταται σκοτεινόν, διότι αἱ κραδάνσεις αἱ προερχόμεναι ἐκ τοῦ πολωτοῦ δὲν διέρχονται διὰ τοῦ ἀναλυτοῦ. Ὑπὸ τοιαύτην διάταξιν, ἐὰν θέσωμεν ἐπὶ τῆς τραπέζης τομὴν ὀπτικῶς ἰσότροπον, δηλ. ἀμόρφου σώματος κυβικοῦ κρυστάλλου ἢ κάθετον τομὴν πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα, τὸ πεδίου ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ σκοτεινόν καὶ στρε-

φομένης τῆς τραπέζης. Ἐπὶ τομῆς καθέτου πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα διάζονος κρυστάλλου δὲν ἐπέρχεται τελεία κατάσβεσις λόγω τῆς κωνικῆς διαθλάσεως. Ἡ τομὴ εἶναι ἐλαφρῶς φωτισμένη χωρὶς νὰ παρουσιάξῃ μεταβολὰς φωτισμοῦ κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης.

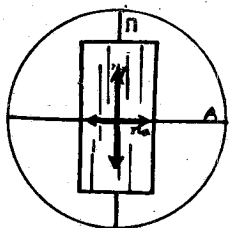


Σχ. 494

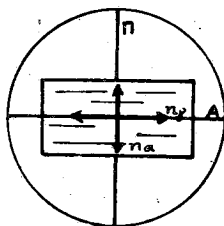
Εἰς ρομβικὸν κρυστάλλον οἱ τοφεῖς δείξεις διαθλάσεως προσδιορίζονται ἐπὶ τομῶν τῶν τοιῶν πίνακοειδῶν

Ἐὰν ὁμῶς θέσωμεν ἐπὶ τῆς τραπέζης τομὴν διπλοθλαστικὴν εἰς τυχούσαν θέσιν, αὕτη ἐμφανίζεται χρωματισμένη. Διὰ στροφῆς τῆς τραπέζης κατὰ τινα γωνίαν τὸ χρῶμα τῆς τομῆς ἐξαφανίζεται καὶ ἀπομένει αὕτη σκοτεινὴ ὥς καὶ τὸ ὑπόλοιπον ὀπτικὸν πεδίου. Ἡ θέσις αὕτη καλεῖται θέσις κατασβέσεως. Ἡ κατάσβεσις ἐπαναλαμβάνεται διὰ στροφῆς τῆς τραπέζης κατὰ 90° , ἥτοι τετράκις εἰς μίαν πλήρη στροφὴν. Εἰς τὰς λοιπὰς θέσεις ἡ τομὴ ἐμφανίζεται χρωματισμένη μὲ τὸ αὐτὸ δι' ὅλας τὰς θέσεις χρῶμα. Κατάσβεσις συμβαίνει, ὅταν κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης εἰς ἓκ τῶν δύο ἀξόνων ἐλαστικότητος τῆς τομῆς πέσῃ ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου κραδάνσεων τοῦ πολωτοῦ. Τότε οἱ κραδάνσεις διέρχονται διὰ τοῦ πλακιδίου χωρὶς νὰ μεταβάλλουν διεύθυνσιν καὶ συναντῶσαι τὸν ἀναλυτὴν εἰς θέσιν κάθετον κατασβέννυνται ὑπ' αὐτοῦ. Κατὰ ταῦτα ἡ θέσις κατασβέσεως μᾶς παρέχει τὰς κατευθύνσεις τῶν δύο ἀξόνων ἐλαστικότητος τῆς τομῆς, οἵτινες ταυτίζονται ἐν κατασβέσει μὲ τὰ ἔχνη τῶν ἐπιπέδων πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ, ἥτοι μὲ τὰ νήματα τοῦ σταυρονήματος τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Συγκρίνοντας τὴν θέσιν τῶν ἀξόνων ἐλαστικότητος ὥς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας τοὺς ὁποίους κατὰ τὰ λεχθέντα ἐν σελ. 380 παρέχουν αἱ περατωτικαὶ ἢ σχισμογενεῖς γραμμαι τῆς τομῆς διακρίνομεν δύο περιπτώσεις: α) ἄξονες ἐλαστικότητος προβάλλονται εἰς τὴν τομὴν ἐπὶ τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἀξόνων (σχ. 495, καὶ 496). Ἡ κατάσβεσις ὀνομάζεται ὀρθή. Ἐμφανίζεται εἰς ὅσους κρυστάλλους οἱ κρυσταλλογραφικοὶ ἄξονες ταυτίζονται πρὸς τοὺς ἄξονας τοῦ ἑλλειψοειδοῦς δηλ. εἰς τὰ συστήματα ἐξαγωνικόν, τετραγωνικόν, τριγωνικόν καὶ ρομβικόν καὶ προσέτι

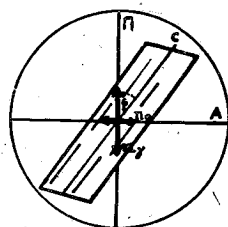
καὶ εἰς τομὰς ἐκ τῆς ζώνης [010] τοῦ μονοκλινοῦς, δηλ. παραλλήλους πρὸς τὸν ἄξονα b , διότι ἐπὶ τῶν τομῶν αὐτῶν οἱ ἄξονες τοῦ ἑλλειψοειδοῦς προβάλονται ἐπὶ τῶν κρυσταλλογραφικῶν (σελ. 372). β) Οἱ ἄξονες ἐλαστικότητος δὲν συμπίπτουν πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς (σχ. 497). Ἡ κατάσβεσις



Σχ. 495



Σχ. 496



Σχ. 497

Κατάσβεσις ὀρθή

Κατάσβεσις πλαγία

καλεῖται *πλαγία* καὶ ἐμφανίζεται εἰς τὰ συστήματα μονοκλινῆς (ἐξαιρουμένων τῶν τομῶν τῆς ζώνης b) καὶ τρικλινῆς. Ἐὰν εἰς τὴν τομὴν περιέχωνται ἄξονες τοῦ τριαξονικοῦ ἑλλειψοειδοῦς καὶ κρυσταλλογραφικοί, ἡ ὑπ' αὐτῶν σχηματιζομένη γωνία φ (σχ. 497) εἶναι ἡ κατασβεστικὴ γωνία. Εἰς τὸ μονοκλινῆς ἡ γωνία αὕτη κεῖται ἐπὶ τοῦ 2ου πινακοειδοῦς (010) καὶ μετρεῖται διὰ τῆς τραπέζης τοῦ μικροσκοπίου ἐκ τῆς διαφορᾶς δύο ἀναγνώσεων, τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὴν κατάσβεσιν καὶ τῆς λαμβανομένης διὰ ταυτίσεως τοῦ κρυσταλλογραφικοῦ ἄξονος πρὸς τὸ κατακόρυφον νῆμα τοῦ σταυρονήματος.

Συγκεφαλαιούμεν κατωτέρω τὰ πορίσματα τῆς ὀρθοσκοπικῆς ἐξετάσεως ὡς πρὸς τὴν κρυσταλλικὴν συμμετρίαν.

1) Διαρκὴς κατάσβεσις κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης.

Τομὴ ἀπλοθλαστικῇ, ἄμορφον σῶμα, κυβικόν, κάθετος τομὴ πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα.

2) Τετράκις κατάσβεσις κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης, εἰς ἐνδιαμέσους θέσεις ἡ τομὴ χρωματισμένη.

Τομὴ διπλοθλαστικῇ.

α) Κατάσβεσις ὀρθή.

Μονάξων κρύσταλλος, ρομβικός, τομὴ ζώνης b μονοκλινοῦς.

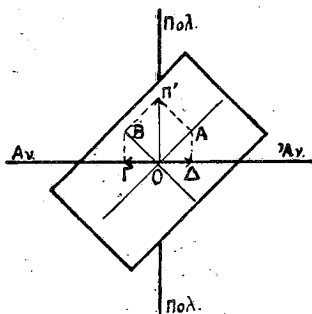
β) Κατάσβεσις πλαγία

Μονοκλινῆς (ἐκτὸς τομῆς ζώνης b) ἢ τρικλινῆς.

Ἀπομένει ἤδη νὰ ἐξηγήσωμεν τὸ ἐμφανιζόμενον χρῶμα εἰς τὰς μεταξὺ τῶν κατασβέσεων θέσεις τῆς τομῆς ἢ τὸ φαινόμενον τῆς ἐγχρώμου πολώσεως, ὡς ὀνομάζεται.

103. Ἐγχρωμος πόλωσης. Ὡς ἤδη ἐλέχθη ἐντὸς διπλοθλαστικοῦ πλακιοῦ δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐκτελῶνται κραδάνσεις εἰ μὴ μόνον κατὰ τοὺς δύο ἄξονας

ελαστικότητος αὐτοῦ. Διὰ θέσιν τοῦ πλακιδίου ἐκτὸς τῶν θέσεων κατασβέσεως ἢ ἐκ τοῦ πολωτοῦ προερχομένη κρᾶδανσις ΟΠ (σχ. 498) ἐντὸς τοῦ πλακιδίου



Σχ. 498

Τομή εἰς θέσιν ἐγγερόμου πολώσεως

ἀναλύεται εἰς δύο κρᾶδανσεις ΟΑ καὶ ΟΒ κατὰ τοὺς δύο ἄξονας ἐλαστικότητος αὐτοῦ καὶ τὰ δύο ἀντιστοιχοῦντα κύματα, καθέτως πεπολωμένα ἐπ' ἄλληλα, προχωροῦν ἐντὸς τοῦ πλακιδίου μὲ διαφόρους ταχύτητας. Ἡ τιμὴ τῶν ταχυτήτων αὐτῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μεγέθους τῶν ἁξόνων τῆς ἐλλειπτικῆς τομῆς τοῦ ἐλλειψοειδοῦς τῆς ἀντιστοιχοῦσης εἰς τὴν θέσιν, τὴν ὁποίαν εἶχε τὸ πλακίδιον ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, ἐξ οὗ ἀπετμήθη. Δεχθῶμεν ὅτι ἡ παρατήρησις γίνεται μὲ φῶς μονόχρουν, τοῦ ὁποίου τὸ μῆκος κύματος εἶναι λ καὶ ἐπομένως ἡ ταχύτης $V = \nu \lambda$ (ν ἡ συχνότης). Τὰ δύο κύματα τὰ προκύπτοντα ἐκ τῆς διπλῆς διαθλάσεως ἐντὸς τοῦ πλακιδίου θὰ ἔχουν ταχύτητας $V_1 = \nu \lambda_1$ καὶ $V_2 = \nu \lambda_2$ μὲ λ_1 καὶ λ_2 τὰ μήκη κύματος ἐντὸς τῆς τομῆς. Καλέσωμεν n_1 καὶ n_2 τοὺς δείκτας διαθλάσεως τῶν δύο κυμάτων. Ἄν $V_1 > V_2$, τότε $\lambda_1 > \lambda_2$ καὶ $n_1 < n_2$. Ἐὰν καλέσωμεν d τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου, εἰς τὸ πάχος αὐτὸ περιέχονται d/λ_1 μήκη τοῦ ἑνὸς κύματος καὶ d/λ_2 τοῦ ἑτέρου ἡ δὲ διαφορὰ δ τοῦ ἀριθμοῦ μηκῶν κυμάτων $d/\lambda_2 - d/\lambda_1 = d(1/\lambda_2 - 1/\lambda_1)$ ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν φάσεως τῶν δύο κυμάτων κατὰ τὴν ἑξοδον αὐτῶν ἐκ τοῦ πλακιδίου. Ἐκ τῶν σχέσεων $V/V_1 = \nu \lambda / \nu \lambda_1 = n_1$ καὶ $V/V_2 = \nu \lambda / \nu \lambda_2 = n_2$ ἔχομεν $1/\lambda_2 = n_2/\lambda$ καὶ $1/\lambda_1 = n_1/\lambda$ καὶ ἐπομένως $\delta = d(n_2 - n_1)/\lambda$ ἡ διαφορὰ φάσεως, ἡ $\delta \lambda = d(n_2 - n_1)$ ἡ διαφορὰ πορείας, μετρομένη συνήθως εἰς $m\mu$ (ἐκατομμυριοστὰ τοῦ χιλιοστοῦ).

Τὰ δύο κύματα συνεχίζοντα τὴν πορείαν αὐτῶν ἐντὸς τοῦ πλακιδίου συναντοῦν τὸν ἀναλυτὴν μὲ τὰς κρᾶδανσεις αὐτῶν ὑπὸ γωνίαν ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ Α (σχ. 498). Αἱ κρᾶδανσεις αὗται ἀναλυόμεναι παρέχουν συνιστώσας κατὰ τὸ ἐπίπεδον Α τὰς ΟΓ καὶ ΟΔ, αἱ ὁποῖαι καὶ διέρχονται διὰ τοῦ ἀναλυτοῦ. Οὕτω τὰ δύο κύματα ἀχθέντα διὰ τοῦ ἀναλυτοῦ εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον πολώσεως εἶναι ἐπιδεκτικὰ συμβολῆς. Ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ σχήματος ἡ παρεμβο-

λῆ τοῦ ἀναλυτοῦ εἰς διασταύρωσιν πρὸς τὸν πολωτὴν παράγει διαφορὰν φάσεως $1/2$ μήκους κύματος (ΟΓ καὶ ΟΔ ἔχουν φορὰν ἀντίθετον). Ἐὰν ᾖεν ἡ διαφορὰ φάσεως δ, τὴν ὁποίαν εἰσήγαγε τὸ πλακίδιον, ἰσοῦται πρὸς ἀκέραιον ἀριθμὸν μηκῶν κύματος, συμβαίνει ἀρνητικὴ συμβολή, ἥτοι ἐπέρχεται κατὰσβεσις τοῦ μονοχρώμου φωτός. Ἐὰν ὅμως ἀντὶ μονοχρωματικῆς δέσμης χρησιμοποιηθῇ λευκὴ, μετὰ τὴν ἀποσβεσιν ὠρισμένου χρώματος τὰ λοιπὰ θὰ δώσουν χρῶμα συμπληρωματικὸν τοῦ ἀποσβεσθέντος. Οὕτω προκύπτει τὸ χρῶμα τῆς τομῆς:

Ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ τύπου ἡ διαφορὰ φάσεως δ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ πάχους d καὶ τῆς διαφορᾶς δεικτῶν διαθλάσεως $(n_2 - n_1)$ τῆς τομῆς. Ἐὰν ἀποκόψωμεν πλακίδιον ἐκ χαλαζίου παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα c , οἱ δύο ἄξονες ἐλαστικότητος αὐτοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τοὺς δείκτας διαθλάσεως n_e καὶ n_o ἡ δὲ τιμὴ διπλοθλαστικότητος αὐτοῦ $(n_e - n_o)$ εἶναι 0,009. Ἵνα ἔχωμεν διὰ τὸ κίτρινον φῶς φλογὸς νατρίου ($\lambda = 589 \text{ m}\mu$) διαφορὰν φάσεως δ ἴσην πρὸς ἓν μῆκος κύματος, πρέπει κατὰ τὸν τύπον τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου νὰ εἶναι 0,065 mm . Τοιοῦτου πάχους πλακίδιον δίδει χρῶμα πολώσεως τὸ συμπληρωματικὸν τοῦ κιτρίνου ἰνδικὸν κυανοῦν (λουλακί).

Ἐὰν εἰς τὸ ὥς ἂν πλακίδιον δώσωμεν σχῆμα σφηνός, ὥστε νὰ ἔχῃ πάχος συνεχῶς αὐξανόμενον ἀπὸ τῆς τιμῆς 0, διὰ τὴν ἀκμὴν τοῦ σφηνός, μέχρι ὠρισμένης τιμῆς κατὰ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ, ὁ σφὴν οὗτος παρατηρούμενος μετὰξὺ Nicol ἐν διασταυρώσει εἰς θέσιν ἐγχρώμου πολώσεως παρέχει σειρὰν ἐγχρώμων ταινιῶν μὲ διαδοχὴν χρωμάτων κατὰ τὴν σειρὰν τῶν χρωμάτων συμβολῆς τῶν δακτυλίων τοῦ Νεύτωνος ἐξ ἀνακλάσεως. Εἰς τὸν πίνακα IX (σελ. 390), παρέχονται τὰ πρῶτα χρώματα τῆς κλίμακος τοῦ Νεύτωνος μὲ τὰς ἀντιστοιχοῦς διαφορὰς πορείας.

Τὸ εἰς τὴν διαφορὰν πορείας 575 $\text{m}\mu$ ἀντιστοιχοῦν ἰῶδες ἔχει ἰδιαιτέραν θέσιν εἰς τὴν σειρὰν τῶν χρωμάτων, ὥς φαίνεται ἐκ τοῦ πίνακος, διότι διὰ μικρὰν διαφορὰν πορείας μεταπίπτει εἰς τὰ ἐντελῶς διάφορα ἐκατέρωθεν αὐτοῦ χρώματα πορφύρου καὶ κυανοῦ, δι' αὐτὸ καὶ ὀνομάζεται εὐαίσθητος χροιά, γίνεται δὲ χρῆσις αὐτῆς διὰ τὴν ἀκριβῆ ρύθμισιν πολωτικῶν συσκευῶν. Τὰ μέχρι τῆς εὐαισθήτου χροιάς χρώματα ὀνομάζονται πρώτης τάξεως. Περαιτέρω ἐπαναλαμβάνονται περιοδικῶς τὰ χρώματα κατὰ τὴν αὐτὴν σειρὰν κυανοῦν, πράσινον, κίτρινον, ἐρυθρὸν εἰς χρώματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης τάξεως κ.λ.π. Καθ' ὅσον προχωροῦμεν εἰς ἀνωτέρας τάξεις τὰ χρώματα γίνονται ὀλιγώτερον καθαρὰ, ἐξασθενίζουσιν καὶ τέλος ἐκφυλίζονται εἰς τόνους ἀσαφεῖς περίπου λευικοῦ χρώματος. Τὸ χρῶμα αὐτὸ καλεῖται λευκὸν ἀνωτέρας τάξεως. Ἡ μεταβολὴ αὕτη ἐπέρχεται, διότι διὰ μεγάλου πάχους πλακιδίου περισσότερα τοῦ ἑνὸς χρώματα παρέχουν διαφορὰν φάσεως ἀκέραιον ἀριθμὸν μηκῶν κύματος καὶ ἀποσβέννυνται. Διὰ πλακίδιον χαλαζίου λ.χ. πάχους 1 mm ἡ διαφορὰ πορείας εἶναι 23 μῆκη διὰ $\lambda = 413,22$ μῆκη διὰ $\lambda =$

ΠΙΝΑΞ IX

Διαφορὰ πορείας εἰς mμ	Διαφορὰ πορείας εἰς μήκη, κύματος φλογὸς Na		Χρώματα Νεύτωνος ἐξ ἀνακλά- σεως Χρώματα μεταξύ διεσταχυωμέ- νων Nicol	
0 40 97 158 218 234 259 267 275 281 306 332 430 505 536 551	0λ 1/4λ	Τεφρὸν Λευκὸν Κίτρινον Έρυθρὸν	Μέλαν Χαλυβότεφρον Τεφροκίανον Κυανότεφρον Ἀνοικτότεφρον Χλωρόλευκον Λευκὸν σχεδὸν καθαρὸν Κιτρινόλευκον Ὠχρὸν ἀχυρόχρωμον Ἀχυρόχρωμον Ἀνοικτὸν κίτρινον Ζωηρὸν κίτρινον Καστανοκίτρινον Έρυθρὸν πορτοκαλλί Έρυθρὸν Βαθὺ έρυθρὸν	τῆς τάξεως
565 575 589 664 728 747	1λ 5/4λ	Κυανοῦν	Πορφυροῦν Ἰώδες (εὐαίσθητος χροιά) Κυανοῦν Ἰνδικὸν Οὐρανόχρουν Πρασινόκυανον Πράσινον	Παs τάξεως

429,21 μήκη διὰ $\lambda = 447$ mμ κ.ο.κ., δώδεκα ἐν ὧν χρώματα κατασβέννυνται. Ἐπειδὴ τὰ χρώματα αὐτὰ εἶναι κατανεμημένα εἰς ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ ὁρατοῦ φάσματος, τὰ συμπληρωματικά αὐτῶν δίδουν χρῶμα περίπου λευκόν. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ ἐγχρωμος πόλωσις ἐμφανίζεται μόνον εἰς πολὺ λεπτὰ πλακίδια. Τὸ κανονικὸν πάχος τῶν ἐν χρήσει μικροσκοπικῶν παρασκευασμάτων εἶναι 0,02 mm. Τομαὶ τῶν ὁποίων ἡ ἱμὴ διπλοθλαστικότητος εἶναι πολὺ μεγάλη παρέχουν καὶ διὰ τοιαύτης τάξεως πάχος χρῶμα λευκὸν ἀνωτέρας τάξεως, ὡς ὁ ἀσβεστίτης ($n_e - n_o = -0,172$).

Πλακίδια ὠρισμένου σώματος τοῦ αὐτοῦ πάχους, ἀλλὰ μὲ διάφορον προσανατολισμὸν τοῦ ἐπιπέδου των πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας, δίδουν χρώματα πολώσεως διαφορετικά, διότι ἡ τιμὴ τῆς διπλοθλαστικότητός των ($n_2 - n_1$) εἶναι διάφορος ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὴν θέσιν τοῦ ἐπιπέδου των ὡς πρὸς τὸ ἐλλειψοειδὲς τῶν δεικτῶν, ἀκριβέστερον ἀπὸ τὴν τιμὴν τῶν ἁξόνων τῆς ἐλλειπτικῆς τομῆς τοῦ ἐλλειψοειδοῦς ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τούτου. Διὰ τομὴν κάθετον πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα ($n_2 - n_1$) εἶναι 0.

Τὴν μεγίστην τιμὴν διπλοθλαστικότητος παρέχουν πλακίδια ἀποκοπέντα κατὰ τὸ ἐπίπεδον n_γ n_α τοῦ ἐλλειψοειδοῦς.

Τὸ χρώμα πολώσεως ἀποτελεῖ χρήσιμον στοιχεῖον διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς τιμῆς διπλοθλαστικότητος. Πρὸς τοῦτο γίνεται χρῆσις τῆς κλίμακος τοῦ Michel - Levy.

104. Προσδιορισμός τῆς τιμῆς διπλοθλαστικότητος διὰ τῆς κλίμακος τοῦ Michel - Levy. Ἡ κλίμαξ τοῦ Michel-Levy (σχ. 499) εἶναι πίναξ ὀρθογωνίου σχήματος φέρων ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω τὰ διαδοχικὰ χρώματα συμβολῆς τοῦ πίνακος τοῦ Νεύτωνος. Ἐπὶ τῆς ἀριστερᾶς κατακορύφου πλευρᾶς αὐτοῦ ἀναγράφονται αἱ διαφοραὶ πορείας αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὰ οἰκεία χρώματα, ὡς σημειοῦνται εἰς τὸν πίνακα τῆς προηγουμένης παραγράφου (σελ. 389). Ἐπὶ τῆς δεξιᾶς ἀναγράφονται αἱ τιμαὶ τῆς μεγίστης διπλοθλαστικότητος $n_{\gamma} - n_{\alpha}$ καὶ παρ' αὐτὰ τὰ ἀντίστοιχα ὀρυκτά. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα ἀναγράφεται τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου εἰς χιλιοστόμετρα. Ἵνα καθορίσωμεν τὴν διπλοθλαστικότητα τῆς τομῆς, λαμβάνομεν ἐπὶ τῆς κλίμακος δύο συντεταγμένας, τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου καὶ τὸ χρώμα πολώσεως. Διὰ τοῦ οὕτω καθοριζομένου σημείου φέρεται εὐθεῖα ἐκ τῆς ἄνω ἀριστερᾶ κορυφῆς τοῦ πίνακος, ἡ ὁποία καταλήγουσα εἰς τὴν δεξιάν κατακόρυφον πλευρὰν παρέχει τὴν παρ' αὐτὴν ἀναγεγραμμένην τιμὴν διπλοθλαστικότητος. Προκειμένου περὶ ὀρυκτοῦ ἀπαχτῶντος ὡς ὀρυκτοῦ συστατικοῦ πετρώματος εἰς τὸ μικροσκοπικὸν παρασκευάσμα θὰ ὑπάρχουν πολυάριθμοι τομαὶ τοῦ ὀρυκτοῦ μετὰ ποικίλους προσανατολισμούς καὶ ἐπομένως καὶ διάφορα χρώματα πολώσεως. Ἐκ τῶν τομῶν αὐτῶν ἐκλέγεται ἡ παρουσιάζουσα τὸ ἀνώτερον (ὡς πρὸς τὴν διπλοθλαστικότητα) χρώμα πολώσεως ὡς ἀντιπροσωπεύουσα τὴν διπλοθλαστικότητα τοῦ ὀρυκτοῦ. Τὸ πάχος εἰς τὰ ἐν χρήσει παρασκευάσματα εἶναι συνήθως τὸ κανονικὸν 0,02 0,03 mm καὶ ἐλέγχεται κατὰ τὴν κατασκευὴν του διὰ παρακολουθήσεως ὀριζομένου γνωστοῦ ὀρυκτοῦ περιεχομένου εἰς τὴν τομὴν μετὰ τὸ πολωτικὸν μικροσκόπιον, μέχρις ὅτου τὸ χρώμα πολώσεώς του κατὰ τὴν λείανσιν φθάσῃ τὰ κατάλληλα ὅρια (χαλαζίας - τεφρόν, αὐγίτης - ἐρυθρόν 1ης τάξεως, ὀλιβίνης - πράσινον 2ας τάξεως κ.λ.π.). Δυσκολία παρουσιάζεται ὡς πρὸς τὴν διάκρισιν τῆς τάξεως τοῦ χρώματος πολώσεως (ἐρυθρόν 1ης, 2ας, 3ης τάξεως). Ἡ δυσκολία αὕτη παρακάμπτεται, ὅταν τὰ πέρατα τῆς τομῆς δὲν εἶναι κατακόρυφα, ἀλλὰ ἀποσφηνοῦνται, ὁπότε κατὰ τὰ ἀποσφηνωμένα ἄκρα παρατηροῦνται μετὰ μεγάλῃν μεγέθυνσιν λίαν λεπτὰι ταινίαι τῶν διαδοχικῶν χρωμάτων τῆς κλίμακος τοῦ Michel - Levy. Ἀπαριθμοῦντες τὰς ταινίας αὐτάς δυνατόμεθα νὰ εὗρωμεν τὴν τάξιν τοῦ χρώματος τοῦ πλακιδίου.

Ἡ διπλοθλαστικότης τῶν τομῶν προσδιορίζεται κατὰ προσέγγισιν μετὰ τὴν κλίμακα τοῦ Michel - Levy, διότι ἡ συντεταγμένη τοῦ χρώματος πολώσεως δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ὀρισθῇ ἀκριβῶς ἐπὶ τοῦ πίνακος, ἀλλὰ κατ' ἐκτίμησιν ἐντὸς ὀρισμένης περιοχῆς χρώματος. Μετὰ μεγάλῃν ἀκρίβειαν προσδιορίζεται μετὰ εἰδικὰ ὄργανα, τοὺς ἀντισταθμιστάς.

105. Ἀνώμαλα χρώματα πολώσεως. Τὰ χρώματα πολώσεως, τὰ ὁποῖα

θὰ δώσῃ σφηνοειδὲς πλακίδιον μεταξὺ Nicol ἐν διασταυρώσει, δὲν συμφωνοῦν ἀπολύτως πρὸς τὰ χρώματα συμβολῆς ἐξ ἀνακλάσεως τοῦ κλασσικοῦ πειράματος τοῦ Νεύτωνος, ἀλλ' ἀποκλίνουν κατὰ τι αὐτοῦ λόγῳ ἐπιδράσεως ὀρισμένων αἰτίων. Οὕτως εἰς τὸ μονοκλινὲς σύστημα ὁ διασχεδασμὸς τῶν ἀξόνων τοῦ ἐλλειψοειδοῦς δύναται νὰ προκαλέσῃ αἰσθητὴν ἀπόκλινσιν ἀπὸ τὰ κανονικὰ χρώματα. Ὁ κυριώτερος ὁμῶς παράγων εἶναι ἡ διάφορος τιμὴ διπλοθλαστικότητος $(n_\gamma - n_\alpha)$ διὰ τὰ διάφορα χρώματα. Εἰς ἄλλα σώματα ἡ διπλοθλαστικότης $(n_\gamma - n_\alpha)$ διὰ τὰς ἐρυθρὰς εἶναι μεγαλύτερα εἰς ἄλλα μικρότερα τῆς $(n_\gamma - n_\alpha)$ διὰ τὰς κυανῆς ἀκτῖνας. Ἡ ἐπίδρασις αὕτῃ καθίσταται αἰσθητὴ καὶ εἰς μικροσκοπικὰς ἔτι τομὰς δι' ὀρισμένα ὀρυκτά, τῶν ὁποίων ἡ διπλοθλαστικότης ἀσθενὴς καθ' ἑαυτὴν ἐξαρτᾶται ἰσχυρῶς ἐκ τοῦ λ. Οὕτως εἶναι δυνατὸν δι' ὀρισμένα χρώματα τὸ σῶμα νὰ εἶναι ἰσότροπον, δι' ἄλλα ὅπτικῶς θετικόν, δι' ἄλλα ὅπτικῶς ἀρνητικόν, ὥς συμβαίνει εἰς τὸν βεζουβιανόν, τὸν μελίλιθον, τὸν ζοισίτην. Εἰς τὰ σώματα αὐτὰ ἐμφανίζονται εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς ἀνώμαλα χρώματα πολώσεως, τὰ ὁποῖα δὲν συναντῶνται εἰς τὸν πύνακκα χρωμάτων τοῦ Νεύτωνος. Ἀντὶ τοῦ τεφοῦ 1ης τάξεως παρατηρεῖται βαθὺ κυανοῦν ἕως ἰνδικὸν κυανοῦν εἰς τὸν βεζουβιανόν, ἐνίοτε καὶ ἐλαιοσχιστάνινον.

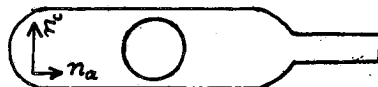
Διὰ τὸν χαρακτηρισμὸν τῶν ἀνωμαλίων αὐτῶν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ὁ σχετικὸς διασχεδασμὸς τῆς διπλοθλαστικότητος $\frac{\Delta_F - \Delta_C}{\Delta_D} = \frac{1}{N}$. Τὰ Δ_F , Δ_C καὶ Δ_D σημαίνουν τὰς τιμὰς διπλοθλαστικότητος διὰ τὰς ραβδώσεις F ($\lambda = 486 \text{ m}\mu$), C ($\lambda = 655 \text{ m}\mu$) καὶ D ($\lambda = 589 \text{ m}\mu$). Βάσει τῶν τιμῶν N διακρίνονται τὰ χρώματα ὡς ἐξῆς:

N	+30	-0,68	-1,76	-30
χρῶμα	κανονικόν	ὑπερκανονικόν	ἀνώμαλον	ὑποκανονικόν κανονικόν

Εἰς τομὰς αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἴδιον ζωντὸν χρῶμα εἶναι φυσικὸν τὰ ἀπορροφούμενα χρώματα, καθ' ὃ ἀπουσιάζοντα ἀπὸ τοῦ φάσμα τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ κρυστάλλου φωτός, νὰ ἐπιφέρουν μεταβολὴν εἰς τὸ συμπληρωματικόν χρῶμα, τὸ ὁποῖον καθορίζει τὸ χρῶμα πολώσεως τῆς τομῆς καὶ ἐπομένως νὰ προκύπτουν χρώματα πολώσεως ἀνώμαλα.

106. Ἀντισταθμισταί. Εἶναι πλακίδια ἐκ διπλοθλαστικῶν κρυστάλλων, τὰ ὁποῖα παρεμβαλλόμενα μεταξὺ Nicol ἐν διασταυρώσει καὶ μὲ τοὺς ἀξονας ἐλαστικότητος αὐτῶν ὑπὸ γωνίαν 45° ὡς πρὸς τὰ ἐπίπεδα πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ παρέχουν ὀρισμένην διαφόραν πορείας εἰς τὰ δι' αὐτῶν διερχόμενα κύματα. Διακρίνονται εἰς ἀντισταθμιστάς μὲ διαφόραν πορείας σταθερὰν καὶ ἀντισταθμιστάς μὲ διαφόραν πορείας, ἥτις δύναται νὰ ρυθμισθῇ κατὰ βούλησιν. Εἰς τὴν πρώτην κατηγορίαν ἀνήκουν τὸ πλακίδιον μοσχοβίτου, τὸ ὁποῖον παρέχει διαφόραν πορείας $\lambda/4$ τῆς ραβδώσεως D (φλὸς Na) καὶ τὸ πλακίδιον τῆς γύψου, τὸ ὁποῖον δίδει ὡς χρῶμα πολώσεως τὸ ἐρυθρὸν 1ης τάξεως. Τὰ πλακίδια αὐτὰ

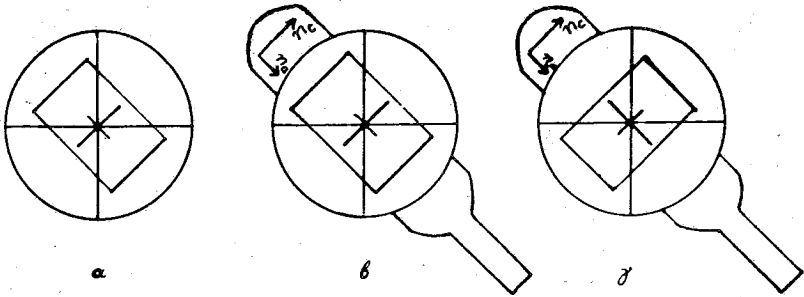
εἶναι στερεωμένα ἐπὶ διατρήτου μεταλλικοῦ πλακιδίου ὀρθογωνίου σχήματος (σχ. 500) μετὸν ἄξονα ἐλαστικότητος τὸν ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὸν μικρότερον



σχ. 500
Πλακίδιον γύψου

δείκτην παράλληλον πρὸς τὴν μακρὰν πλευρὰν τοῦ ὀρθογωνίου. Εἰσάγονται εἰς εἰδικὴν σχισμὴν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τοῦ μικροσκοπίου εὐρισκομένην ἄνωθεν τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ. Μετὰ τὰ πλακίδια αὐτὰ δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν πρὸς τίνα ἐκ τῶν δύο ἁξόνων ἐλαστικότητος τῆς ἐξεταζομένης τομῆς ἀντιστοιχεῖ ὁ μεγαλύτερος δείκτης διαθλάσεως. Πρὸς τοῦτο στρέφομεν τὴν τομὴν διὰ στροφῆς τῆς τραπέζης τοῦ μικροσκοπίου ἀπὸ τῆς θέσεως κατασβέσεως κατὰ 45° ὡς πρὸς τὸ σταυρόνημα. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν ἡ τομὴ θὰ παρουσιάσῃ ὀρισμένον χρῶμα πολώσεως. Διὰ παρεμβολῆς τοῦ ἀντισταθμιστοῦ τὸ χρῶμα τῆς τομῆς μεταβάλλεται μετατοπιζόμενον εἴτε πρὸς τὰ χρώματα ἀνωτέρας τάξεως διπλοθλαστικότητος τῆς κλίμακος τοῦ Michel - Levy εἴτε πρὸς τὰς μικροτέρας. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν αἱ διπλοθλαστικότητες τομῆς καὶ πλακιδίου ἀθροίζονται, οἱ ἁξονες ἐλαστικότητός των συμπίπτουν μεγαλύτερος πρὸς μεγαλύτερον καὶ μικρότερος πρὸς μικρότερον. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν ἀντίθετοι ἁξονες συμπίπτουν, ἔχομεν ἀφαίρεσιν τῶν διπλοθλαστικότητων των. Οὕτω δυνάμεθα ἐπὶ τομῆς μονάξονος κρυστάλλου παραλλήλου πρὸς τὸν κύριον ἁξονα νὰ διαγνώσωμεν καὶ τὸν ὀπτικὸν χαρακτήρα αὐτοῦ. Εἰς τοὺς θετικούς κρυστάλλους ($n_e > n_o$) μετὸν κύριον ἁξονα συμπίπτει διεύθυνσις κραδάνσεως μετὸν μεγαλύτερον δείκτην διαθλάσεως. Εἰς τὸ σχ. 501α λ.χ. τομὴ χαλαζίου παράλληλος πρὸς Λ^3 παρέχει χρῶμα πολώσεως τεφρὸν 1ης τάξεως εἰς τὸ σχ. 501γ παρεμβαλλομένου τοῦ πλακιδίου τῆς γύψου ἔχομεν ἀφαίρεσιν διπλοθλαστικότητων, ἡ διπλοθλαστικότητος τῆς τομῆς ὑποβιβάζει τὸ ἐρυθρὸν τῆς πρώτης τάξεως τῆς γύψου εἰς κίτρινον, εἰς τὴν θέσιν 501β ἔχομεν ἄθροισμα τῶν διπλοθλαστικότητων, ἡ διπλοθλαστικότητος τῆς τομῆς προστιθεμένη εἰς τὴν τῆς γύψου δίδει ἀνώτερον χρῶμα, τὸ κυανοῦν. Ἐκ μιᾶς τῶν δύο τούτων θέσεων γνωρίζοντες τοὺς ἁξονας τοῦ ἀντισταθμιστοῦ εὐρίσκομεν τὸν ἁξονα τῆς τομῆς τὸν ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὸν μεγαλύτερον δείκτην διαθλάσεως. Ἡ τομὴ τοῦ σχ. 501 ἀνήκει εἰς ὀπτικῶς θετικὸν κρυστάλλον. Προκειμένου περὶ διαξόνων κρυστάλλων ἡ διάγνωσις τοῦ ὀπτικοῦ χαρακτῆρος δὲν εἶναι δυνατὴ εἰς ὀρθοσκοπικὴν ἐξέτασιν. Δυνάμεθα ὅμως εἰς ρομβικοὺς κρυστάλλους ἐξετάζοντες τρεῖς τομὰς πινακοειδοῦς τὰς (100) (010) καὶ (001) μετὰ γνωστὴν τὴν κατεύθυνσιν τῶν κρυσταλλογραφικῶν ἁξόνων νὰ εὕρωμεν

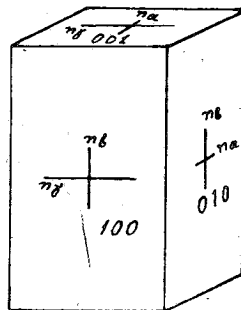
τὸν προσανατολισμὸν τοῦ ἑλλειψοειδοῦς τῶν δεικτῶν (σχ. 502) διὰ συγκρίσεως τῶν σχετικῶν μεγεθῶν τῶν δεικτῶν εἰς ἐκάστην τομὴν.



Σχ. 501

Εὔρεσις ὁπτικοῦ χαρακτῆρος μονάξονος κρυστάλλου α) ἄνευ ἀντισταθμιστοῦ, χρῶμα πολώσεως τεφρόν, β) ἀντισταθμιστῆς εἰς θέσιν ἄθροίσεως, χρῶμα πολώσεως κυανοῦν, γ) ἀντισταθμιστῆς γύψου εἰς θέσιν ἀφαιρέσεως, χρῶμα πολώσεως κίτρινον

Ἐπὶ τομῶν μὲ ἀσθενῆ διπλοθλαστικότητα προτιμᾶται διὰ τὴν ἀνωτέρω χρῆσιν τὸ πλακίδιον τῆς γύψου, διότι ἡ πρόσθεσις ἢ ἀφαίρεσις τῆς μικρᾶς διπλοθλαστικότητος τῆς τομῆς δίδει χρώματα μετὰ βεβαιότητος ἐντοπιζόμενα εἰς τὴν κλίμακα ὡς ἀνωτέρα ἢ κατωτέρα τοῦ ἀρχικοῦ. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἐπὶ ἰσχυρᾶς διπλοθλαστικότητος τῆς τομῆς γίνεται χρῆσις τοῦ πλακιδίου τοῦ μοσχοβίτου. Εἰς διάξονας κρυστάλλους μὲ ἐπιμήκη ἀνάπτυξιν παραλλήλως



Σχ. 502

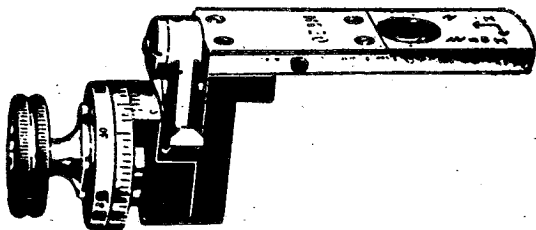
Μεγέθη τῶν τριῶν δεικτῶν διαθλάσεως ἐπὶ τῶν τριῶν πινακοειδῶν ρομβικοῦ κρυστάλλου



πρὸς ἓνα τῶν ἄξόνων αἱ τιμαὶ τῆς ζώνης τοῦ ἄξονος τούτου ἐξετάζονται μετὰ τινος δείκτου κατεύθυνσιν συμπίπτουν. Ἄν ἡ ἐπιμήκυνσις συμπίπτει μετὰ πγ, λέγεται θετικὴ (+). Ἐὰν συμπίπτει μετὰ πδ αἱ τομαὶ τῆς ζώνης ἔχουν ἄλλαι μὲν θετικὴν ἄλλαι δὲ ἀρνητικὴν ἐπιμήκυνσιν. Σημειοῦται τότε ὁ χαρακτήρ

τῆς ζώνης (+ ἢ -) (σχ. 502). Τοιαῦται ἐνδείξεις ἐν συνδυασμῷ με τοὺς ἄλλους προσδιορισμοὺς εἶναι ἐπίσης χρήσιμοι.

Ἐκ τῶν ἀντισταθμιστῶν με μεταβαλλομένην διαφορὰν πορείας ὁ κυριώτερος ἐν χρήσει εἶναι ὁ ἀντισταθμιστὴς τοῦ Berek (σχ. 503). Ἀποτελεῖται



Σχ. 503

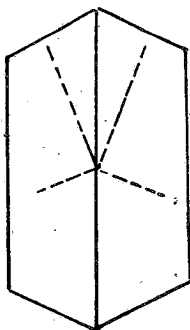
Ἀντισταθμιστὴς τοῦ Berek

ἀπὸ πλακίδιον ἄσβεστίτου κάθετον πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα αὐτοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι στρεπτόν περὶ ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ ἐπιπέδου του καὶ παράλληλον πρὸς τὴν μικρὰν πλευρὰν τοῦ μεταλλικοῦ περιβλήματος. Ἡ γωνία στροφῆς ἀναγιγνώσκεται ἐπὶ τυμπάνου ἡριθμημένου αὐθαίρετως (ὄχι εἰς μοίρας). Ὄταν τὸ πλακίδιον εἶναι ὀριζόντιον, ἡ διαφορὰ πορείας εἶναι 0. Μεταβαλλομένης τῆς κλίσεως ἡ δέσμη πίπτει πλαγίως πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα καὶ ἡ διπλοθλαστικότης αὐξάνεται αὐξανομένης τῆς κλίσεως, εἰς δὲ τὸ πεδῖον τοῦ μικροσκοπίου ἐμφανίζονται ἐγχρωμοὶ ταινίαι με τὰ χρώματα τῆς κλίμακος τοῦ Michel Levy. Με τὸν ἀντισταθμιστὴν αὐτὸν δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν ἀκριβῶς τὴν τιμὴν διπλοθλαστικότητος ὡς ἐξῆς. Φέρομεν τὴν τομὴν εἰς θέσιν ἀφαιρέσεως ὡς πρὸς τὸν ἀντισταθμιστὴν καὶ μεταβάλλομεν τὴν κλίσιν αὐτοῦ, μέχρις ὅτου ἡ διπλοθλαστικότης του λάβῃ ἀκριβῶς τὴν αὐτὴν τιμὴν πρὸς τὴν τῆς τομῆς, ὅποτε ἀφαιρουμένη ἀπ' ἐκείνης δίδει εἰς τὸ κέντρον τοῦ σταυρονήματος σκοτεινὴν ταινίαν. Τὴν διπλοθλαστικότητα τοῦ ἀντισταθμιστοῦ εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν εὐρίσκομεν εἴτε παρατηροῦντες ἀπ' εὐθείας τὴν τάξιν τοῦ χρώματος διὰ στροφῆς περὶ τὸν ἄξονά του καὶ ἀπαριθμήσεως τῶν μεσολαβούντων χρωμάτων ἀπὸ τῆς διπλοθλαστικότητος 0, εἴτε κάλλιον καταρτίζοντες καμπύλην τῶν τιμῶν διπλοθλαστικότητος κατ' ἀντιστοιχίαν πρὸς τὰς διαιρέσεις τοῦ τυμπάνου.

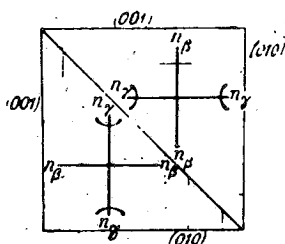
107. Δίδυμοι κρύσταλλοι, ζωνώδης δομή, σφαιρόλιθοι εἰς ὀρθοσκοπικὴν παρατήρησιν. Κατὰ τὴν δίδυμον σύμφυσιν οἱ δύο κρύσταλλοι ἔχουν θέσιν συμμετρικὴν πρὸς ἀλλήλους ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον διδυμίας, ἐπομένως καὶ αἱ ὀπτικαὶ ἐπιφάνειαι αὐτῶν θὰ ἔχουν κατοπτρικὴν θέσιν πρὸς ἀλλήλας ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦτο.

Ἐὰν τὸ ἐπίπεδον τῆς τομῆς τέμνῃ τὸ ἐπίπεδον διδυμίας, οἱ ἄξονες ἐλαστικότητος τῶν δύο μελῶν δὲν συμπίπτουν καὶ ἐπομένως ἡ κατάσβεσις αὐτῶν δὲν εἶναι ταυτόχρονος. Ὄταν τὸ ἐν εὐρίσκεται εἰς κατάσβεσιν, τὸ ἄλλο θὰ

δεικνύη ἐγχρωμον πόλωσιν. Εἰς τοιαύτην παρατήρησιν διακρίνομεν καὶ τὰ ὅρια ἐπαφῆς τῶν δύο μελῶν. Ἡ διαχωρίζουσα αὐτὰ γραμμὴ εἶναι ἄλλοτε εὐθεῖα ἀντιστοιχοῦσα εἰς ἐπιφάνειαν συμφύσεως ἐπίπεδον (σχ. 504), ἄλλοτε



Σχ. 504
Δίδυμος ὀρθοκλάστου
κατὰ Karlsbad



Σχ. 505
Δίδυμος ὀρθοκλάστου
κατὰ (021)



Σχ. 506
Δίδυμος πλαγιόκλάστου
κατὰ Karlsbad καὶ κατὰ
τὸν ἄλβιτικὸν νόμον

ἀκανόνιστος. Ἐὰν ἡ τομὴ τοῦ πλακιδίου εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον διδυμίας, ἤτοι ἀνήκει, ὡς λέγομεν εἰς τὴν ζώνην συμμετρίας, αἱ κατασβέσεις τῶν δύο μελῶν εἶναι συμμετρικαὶ ἐκατέρωθεν τοῦ ἐπιπέδου διδυμίας (σχ. 504). Εἰς περίπτωσιν πολυδύμου συμφύσεως μὲ θέσιν τῶν ἐπιπέδων διδυμίας παράλληλον εἰς τὴν μικροσκοπικὴν τομὴν ἐμφανίζονται ταινίαι ἐναλλὰξ φωτειναὶ καὶ σκοτειναὶ (σχ. 506), εἰκὼν συνήθης εἰς τὰ πλαγιόκλαστα, δι' ἐπαναλήψεως τῆς διδυμίας κατὰ τὸν ἄλβιτικὸν νόμον. Ἐπὶ πολλαπλῆς πολυδυμίας καὶ κατὰ διαφόρους νόμους ἐμφανίζονται δύο συστήματα πολυδύμων ταινιῶν, διασταυρούμενα (σχ. 507).

Ἐὰν τὸ ἐπίπεδον διδυμίας σχηματίζει γωνίαν 45° πρὸς τοὺς ἄξονας ἐλαστικότητος τῆς τομῆς, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχ. 505, οἱ ὅμοιοι ἄξονες ἐλαστικότητος τῶν δύο τομῶν εἶναι κάθετοι ἐπ' ἀλλήλους, τὰ δύο μέλη κατασβέννυνται ταυτοχρόνως καὶ εἰς ἐγχρωμον πόλωσιν δεικνύουν τὸ ἴδιον χρῶμα. Ἡ διδυμία εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἀναγνωρίζεται διὰ παρεμβολῆς τοῦ πλακιδίου τοῦ μαρμαρυγίου ἢ τῆς γύψου, ὅτε τὸ ἐν ἄτομον θὰ εὑρίσκειται εἰς θέσιν προσθέσεως τὸ ἕτερον εἰς θέσιν ἀφαιρέσεως καὶ ἐπομένως θὰ ἐμφανίζονται χρώματα διάφορα.

Πολλὰ ὀρυκτὰ κρυσταλλοῦνται εἰς σφαιροειδοῦς μορφῆς κρυσταλλοφυῇ συσσωματώματα τοὺς ὥλιθους ἢ πisolίθους ἀποτελουμένους ἀπὸ ὁμοκέντρους διαδοχικοὺς φλοιούς (σχ. 508α) ἢ σφαιρολίθους ἐξ ἰνωδῶν κρυστάλλων

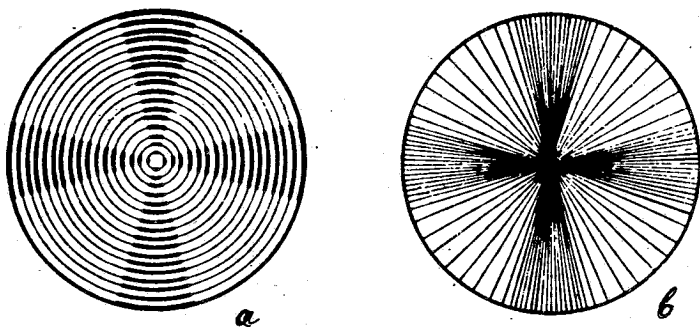
ἀκτινηδὸν διατεταγμένων (σχ. 508β). Τομαὶ τούτων μεταξύ Nicol ἐν διασταυρώσει παρουσιάζουν δύο σκοτεινὰς ταινίας καθέτους ἐπ' ἀλλήλας ἐν



Σχ. 507

Πολύδωμος λαβραδορίον κατὰ τὸν ἀλβιτικὸν καὶ περικλινικὸν νόμον

σχήματι σταυροῦ καὶ τὸ ὑπόλοιπον πεδίων εἰς ἑγχρωμον πόλωσιν. Ὁ σκοτεινὸς σταυρὸς προκύπτει ἀπὸ τοὺς κρυστάλλους, οἱ ὅποιοι ταυτιζομένων τῶν



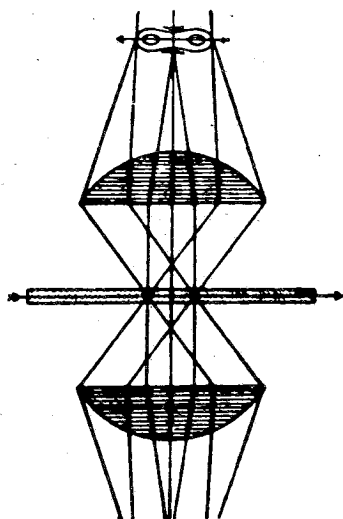
Σχ. 508

Τομή ψολίθου (α) καὶ σφαιρολίθου (β) εἰς διεσταυρωμένα Nicol

ἀξόνων ἐλαστικότητος αὐτῶν πρὸς τὰ ἐπίπεδα πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ εὐρίσκονται εἰς θέσιν κατασβέσεως. Εἰς τὴν σελ. 320 ἔγινε λόγος περὶ μεικτῶν κρυστάλλων μὲ ζωνώδη δομήν, οἱ ὅποιοι δὲν ἔχουν ὁμογενῆ σύστασιν, ἀλλ' ἀποτελεῦνται ἀπὸ διαδοχικῶν φλοιῶν περὶ κεντρικὸν πυρῆνα μὲ ἀναλογίαν παραμειζέως μεταβαλλομένην. Ἡ ζωνώδης δομὴ καθίσταται καταφανὴς μεταξύ τῶν διασταυρωμένων Nicol, διότι αἱ διαφόρου συστάσεως ζῶναι ἔχουν κατασβεστικὴν γωνίαν διαφορετικὴν.

108. Κωνοσκοπική εξέταση. Ἡ μικροσκοπική εξέταση διπλοθλαστικῶν τομῶν με δέσμην φωτὸς συγκλίνουσαν συμπληρώνει τὴν ὀρθοσκοπικὴν παρέχουσα στοιχεῖα ἐπὶ ὠρισμένων σημείων, τὰ ὁποῖα ἡ εξέταση εἰς φῶς παράλληλον ἄφηνεν ἀκαθόριστα. Οὕτως εἰς παράλληλον φῶς δὲν διαστέλλεται κάθετος τομὴ πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα ἀπὸ τομὴν κυβικοῦ κρυστάλλου. Ἐπίσης εἰς τομὰς με ὀρθὴν κατάσβεσιν δὲν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν μονάξονας ἀπὸ διάξονας κρυστάλλους. Ἡ ἀβεβαιότης αὕτῃ αἴρεται με τὴν κωνοσκοπικὴν εξέτασιν.

Διὰ τὴν κωνοσκοπικὴν παρατήρησιν ἡ ἐκ τοῦ πολωτοῦ προερχομένη παράλληλος δέσμη καθίσταται συγκλίνουσα διὰ παρεμβολῆς τοῦ ὑπὸ τὴν τράπεζαν ἰσχυρῶς συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 509), χρησιμοποιεῖται δὲ ἀντι-



Σχ. 509

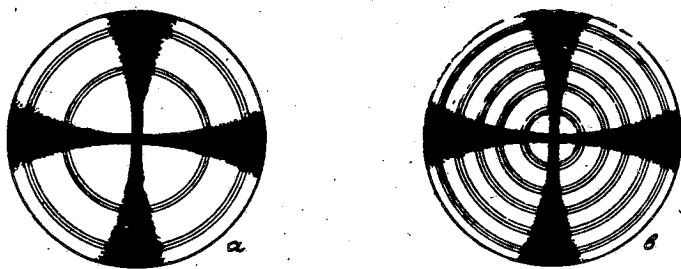
Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς κωνοσκοπικὴν εξέτασιν

κειμενικὸς φακὸς με πολὺ μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (μεγάλῃς μεγεθύνσεως), ὥστε νὰ περιλάβῃ μέρος τῆς κωνικῆς δέσμης μετὰ τὴν ἐξοδὸν αὐτῆς ἀπὸ τοῦ πλακιδίου. Ἐὰν ἡ τομὴ τοῦ πλακιδίου εἶναι κάθετος πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα, ἡ ἀκτὶς ἡ κάθετος ἐπὶ τὸ πλακίδιον καὶ αἱ γειτονικαὶ αὐτῆς θὰ διευθύνωνται παράλληλως πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα καὶ ἐπομένως δὲν θὰ ὑποστοῦν διπλὴν διάθλασιν, αἱ λοιπαὶ ἀκτῖνες προσπίπτουσαι ὑπὸ γωνίαν πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα θὰ ὑποστοῦν διπλὴν διάθλασιν καὶ θὰ παρουσιάξουν κατὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἐκ τοῦ πλακιδίου διαφορὰν πορείας ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγαλυτέραν, καθ' ὅσον ἡ κλίσις αὐτῶν πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα αὐξάνεται. Αἱ ἀκτῖνες αὗται θὰ δώσουν φαινόμενα ἀνάλογα πρὸς τὰ παρατηρούμενα με παράλληλον φῶς εἰς τομὰς διπλοθλαστικὰς, κατασβέσεως ἢ ἐγχρώμου πολώσεως, ἀναλόγως

τῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν ἔχουν αἱ κραδάνσεις αὐτῶν ὡς πρὸς τὰ ἐπίπεδα πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ. Οὕτω προκύπτει ἐκ τοῦ συνόλου τῆς κωνικῆς δέσμης κωνοσκοπικὴ εἰκὼν ἀποτελουμένη ἀπὸ σκιερὰ τμήματα ἀντιστοιχοῦντα εἰς τὰς κατασβεσθείσας ἀκτῖνας, καὶ ἰσοχρόμους καμπύλας, αἱ ὁποῖαι περιβάλλουσιν τὸ ἴχνος τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος διαδέχονται ἀλλήλας μὲ τὰ χρώματα τῆς κλίμακος τοῦ Michel - Levy κατὰ σειρὰν ἀπὸ διπλοθλαστικότητος τιμῆς μὴδὲν πρὸς τὰς μεγαλυτέρας τιμὰς. Ἡ κωνοσκοπικὴ εἰκὼν σχηματίζεται ὡς πραγματικὸν εἶδωλον εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ καὶ δύναται νὰ παρατηρηθῇ δι' ἀπομακρύνσεως τοῦ προσοφθαλμίου ἢ ὑπὸ μεγέθυνσιν χωρὶς νὰ ἀπομακρυνθῇ ὁ προσοφθαλμῖος παρεμβαλλομένου τοῦ φακοῦ τοῦ Bertrand, ὅστις ἀποτελεῖ μετὰ τοῦ προσοφθαλμίου σύνθετον μικροσκόπιον.

Αἱ κωνοσκοπικαὶ εἰκόνες τῶν μοναξόνων κρυστάλλων εἶναι διάφοροι ἀπὸ τὰς τῶν διαξόνων καὶ εἰς καταλλήλους τομὰς ἐπιτρέπουν σαφῇ διάκρισιν μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν ομάδων. Οἱ κυβικοὶ κρύσταλλοι, καθ' ὃ ἰσότροποι, οὐδεμίαν κωνοσκοπικὴν εἰκόνα παρέχουν, τὸ ὀπτικὸν πεδῖον εἰς κωνοσκοπικὴν παρατήρησιν παραμένει πάντοτε σκοτεινόν. Τὰ ἐπόμενα σχήματα παρέχουν τυπικὰς κωνοσκοπικὰς εἰκόνας μοναξόνων.

Κάθετος τομὴ πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα μονάξονος κρυστάλλου· δίδει κωνοσκοπικὴν εἰκόνα τοῦ σχ. 510 μὲ δύο σκοτεινὰς ταινίας παραλλήλους πρὸς τὸ ἐπί-



Σχ. 510

Κωνοσκοπικὴ εἰκὼν μονάξονος κρυστάλλου εἰς τομὴν κάθετον πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα
α = λεπτόν πλακίδιον, β = παχύτερον

πεδον πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ τεμνομένας εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου εἰς σχῆμα σταυροῦ καὶ ὁμοκέντρους ἐγχρώμους δακτυλίους μὲ τὰ διαδοχικὰ χρώματα τῆς κλίμακος τοῦ Michel - Levy. Ὑπὸ τὸ αὐτὸ πάχος τομῆς πλακίδια μὲ μεγαλυτέραν διπλοθλαστικότητα παρέχουν μεγαλύτερον ἀριθμὸν δακτυλίων. Εἰς τομὰς κανονικοῦ πάχους ὀρυκτῶν μὲ λίαν ἀσθενῆ διπλοθλαστικότητα, ὡς ὁ ἀπατίτης, δὲν ἐμφανίζονται ἐγχρωμοὶ δακτύλιοι, ἀλλ' ὁ σκοτεινὸς σταυρὸς καταλαμβάνει τὸ πλεῖστον τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου. Εἰς τομὰς κεκλιμένας πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα (σχ. 511) ὁ σκοτεινὸς σταυρὸς εἶναι ἑκκεντρος καὶ στρεφο-

μένης τῆς τραπέζης στρέφεται κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν περὶ τὸ κέντρον τοῦ πεδίου. Ὑπὸ μεγαλυτέραν κλίσιν τὸ κέντρον τοῦ σκοτεινοῦ σταυροῦ ἐξέρχεται



Σχ. 511

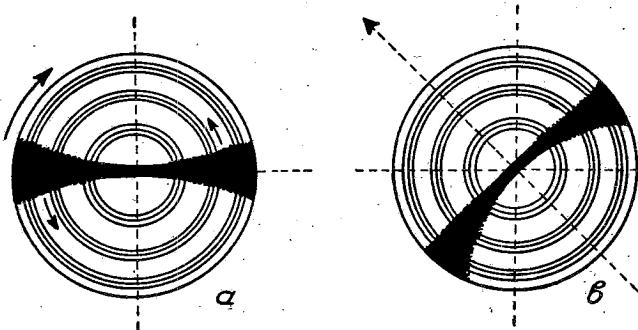
Τομὴ μονάξονος μὲ μικρὰν κλίσιν πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα εἰς διαφόρους θέσεις κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης



Σχ. 512

Τομὴ μονάξονος ὑπὸ μεγάλην κλίσιν πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα. Τὸ κέντρον τοῦ σταυροῦ εὐρίσκεται ἐκτὸς τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου

τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου καὶ ἐμφανίζεται μόνον ἓν τῶν σκελῶν αὐτοῦ μετατοπιζόμενον κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης παραλλήλως πρὸς τὸ νῆμα τοῦ σταυροῦ



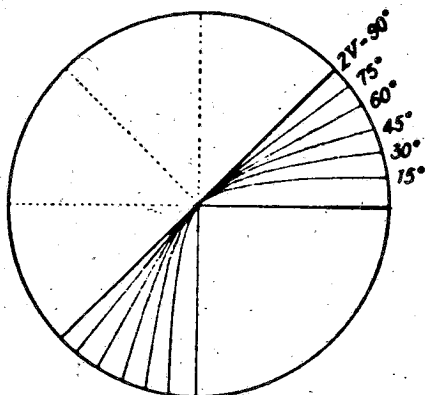
Σχ. 513

Τομὴ κάθετος πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα διάξονος κρυστάλλου. α = ἐπίπεδον ὀπτικῶν ταυτίζεται πρὸς ἐπίπεδον Nicol, β = E.O.A. ὑπὸ γωνίαν 45° πρὸς τὸ σταυρόνημά

νήματος καὶ ἀντικαθιστάμενον μετὰ στροφὴν ὑπὸ τοῦ ἑτέρου (σχ. 512).

Τομὴ κάθετος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα διάξονος κρυστάλλου δίδει κωνοσκοπικὴν εἰκόνα ἀποτελουμένην ἀπὸ μίαν ταινίαν σκοτεινὴν, ἢ ὅποια διευρύνε-

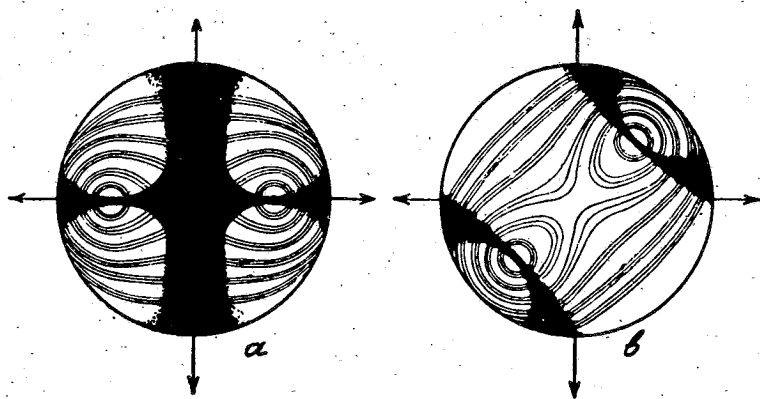
ται ἀπὸ τοῦ κέντρου πρὸς τὴν περιφέρειαν καὶ ὁμοκέντρους ἐγχρώμους δακτυλίους περὶ τὸ ἴχνος τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος. Ἡ σκοτεινὴ ταινία εἶναι εὐθεῖα, ὅταν τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων συμπίπτει πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ πολωτοῦ ἢ ἀναλυτοῦ (σχ. 513α) εἰς τὰς ἐνδιαμέσους θέσεις καμπυλοῦται μετὰ τὸ κυρτὸν μέρος τῆς καμπύλης ἐστραμμένον πρὸς τὴν ὀξεῖαν διχοτόμον (σχ. 513β).



Σχ. 514

Καμπυλότης τῆς κυρίας ἰσογύρου εἰς τομὴν κάθετον πρὸς *O.A.* διάξονος κρυστάλλου συναρτήσῃ τῆς γωνίας $2V$

Ὅσον ἡ γωνία τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων εἶναι μεγαλυτέρα, τόσοι ἡ καμπυλότης γίνεται, μικροτέρα. Ὁ βαθμὸς καμπυλότητος δύναται νὰ χρησιμεύσῃ διὰ τὴν

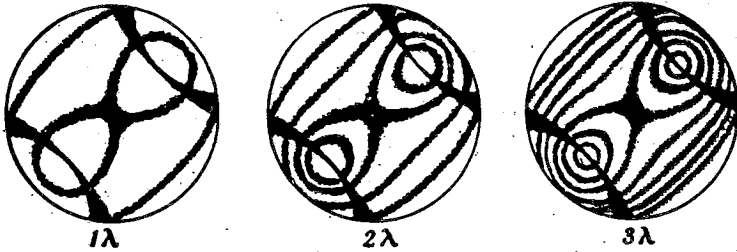


Σχ. 515

Κωνοσκοπικὴ εἰκὼν διάξονος κρυστάλλου ἐπὶ τομῇς κάθετον πρὸς ὀξεῖαν διχοτόμον

κατὰ προσέγγισιν ἐκτίμησιν τῆς γωνίας $2V$ (σχ. 514). Εἰς τὸν ὀλιβίνην ($2V = 90^\circ$) ἡ σκοτεινὴ ταινία παραμένει κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης εὐθεῖα.

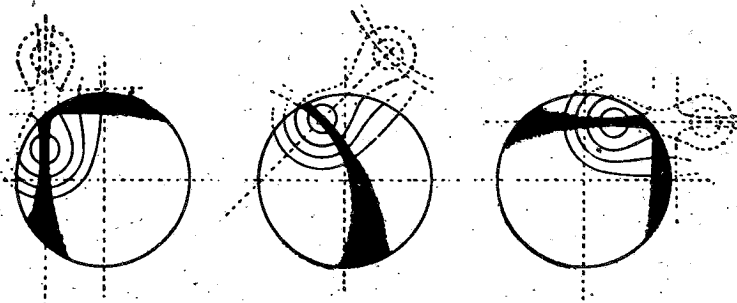
Ἡ εἰκὼν 515α παριστᾷ τὴν κωνοσκοπικὴν εἰκόνα τομῆς καθέτου πρὸς δξεῖαν διχοτόμον μὲ τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων συμπίπτον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ ἀναλυτοῦ. Ἀποτελεῖται ἀπὸ σκοτεινὸν σταυρόν, τοῦ ὁποῖου τὰ σκέλη εἶναι παράλληλα πρὸς τὰ ἐπίπεδα πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ καὶ ἰσοχρώμους καμπύλας, αἱ ὁποῖαι ἀρχικῶς περιβάλλουν ἕκαστον τῶν ἰχνῶν τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων μεταπίπτουσαι περαιτέρω εἰς καμπύλας περιβάλλουσας τὰ ἰχνη ἀμφοτέρων. Αἱ καμπύλαι αὗται καλοῦμεναι εἰς τὴν Ἀναλυτικὴν Γεωμετρίαν καμπύλαι τοῦ *Cassini* ἢ *λημνίσκοι* ἔχουν τὴν ιδιότητα, τὸ γινόμενον τῶν ἀποστάσεων τῶν σημείων ἑκάστης ἀπὸ δύο σταθερῶν σημείων (ἐνταῦθα τῶν ἰχνῶν τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων) νὰ εἶναι σταθερὸς ἀριθμὸς. Μορφή καὶ ἀριθμὸς τῶν καμπύλων ἐξαρτᾶται καὶ ἐνταῦθα ἐκ τῆς διαφορᾶς πορείας (σχ. 516).



Σχ. 516

Κωνοσκοπικαὶ εἰκόνες πλακιδίων μοσχοβίτον εἰς πάχος διαφορᾶς πορείας 1λ, 2λ, 3λ

Ἐπὶ πλακιδίων πολὺ λεπτῶν καὶ μικρᾶς διπλοθλαστικότητος οὐδεμία τῶν ἰσοχρῶμων καμπύλων ἐμφανίζεται εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδίον. Στρεφομένης τῆς

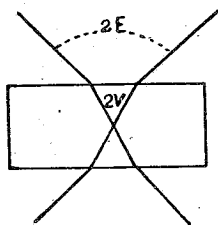


Σχ. 517

Κωνοσκοπικὴ εἰκὼν διάξονος κρυστάλλου εἰς τομὴν πλαγίαν πρὸς ὀπτικὸν ἀξονα κατὰ τὴν στρεφὴν τῆς τραπέζης

τραπέζης κατὰ 45° ἐκ τῆς ἀνωτέρω θέσεως ὁ σκοτεινὸς σταυρὸς ἀναλύεται εἰς δύο ὑπερβολὰς (σχ. 515β) διερχομένας διὰ τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων. Εἰς τὴν

διαγώνιον αὐτὴν θέσιν μετρομένης με μικρομετρικὴν κλίμακα προσαρμοζομένην εἰς τὸν προσοφθάλμιον φακὸν τῆς ἀποστάσεως τῶν ἰχνῶν τῶν ὀπτικῶν ἄξόνων εἶναι δυνατόν νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία αὐτῶν. Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ἀκτῖνες αἱ ἀπολήγουσαι εἰς τὰ ἴχνη τῶν ὀπτικῶν ἄξόνων, δὲν εἶναι ἡ πραγματικὴ γωνία αὐτῶν $2V$, ἀλλὰ μεγαλυτέρα αὐτῆς, διότι κατὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ πλακιδίου, αἱ ἀκτῖνες αἱ συμπίπτουσαι πρὸς τοὺς ὀπτικοὺς ἄξονας θλάμεναι ἀπομακρύνονται τῆς καθέτου (σχ. 518). Ἡ γωνία αὕτη



Σχ. 518

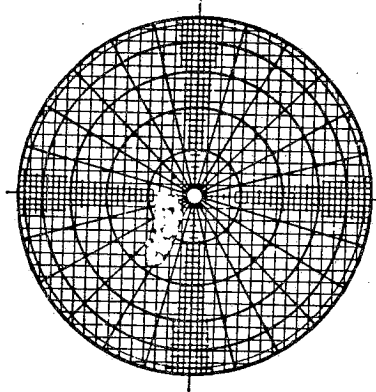
Σχέσις μεταξὺ $2V$ καὶ $2E$

σημειοῦται με $2E$, ὅταν μεταξὺ φακοῦ καὶ πλακιδίου μεσολαβεῖ ἀήρ ἢ με $2H$, ὅταν γίνεται χρῆσις καταδυτικοῦ φακοῦ με μεσολαβοῦν ἰσχυρῶς θλαστικὸν ὑγρόν. Ἡ πραγματικὴ γωνία εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν: $\eta\mu V = \eta\mu E / \eta\mu \beta$.

109. Ἑρμηνεία τοῦ σχηματισμοῦ τῶν κωνοσκοπικῶν εἰκόνων. Εἰς τὰς κωνοσκοπικὰς εἰκόνας ἔχομεν νὰ ἐξηγήσωμεν δύο χωριστὰ στοιχεῖα, ἀφ' ἑνὸς τὰς σκοτεινὰς ταινίας καὶ ἀφ' ἑτέρου τὰς ἰσοχρώμους καμπύλας. Αἱ πρῶται ὀφείλονται εἰς φαινόμενα καιασβέσεως καὶ ἡ ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ των στηρίζεται εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν κατευθύνσεων κραδάνσεων τῶν ἐπιπέδων κυμάτων διὰ τὸ σύνολον τῶν ἀκτίνων τῆς κωνικῆς δέσμης. Αἱ ἰσόχρωμοι καμπύλαι ὀφείλονται εἰς ἀκτῖνας ἴσης διαφορᾶς πορείας καὶ ἐρμηνεύονται γεωμετρικῶς δι' ἀναζητήσεως τῶν τόπων, εἰς τοὺς ὁποίους ἡ διαφορὰ πορείας ἔχει τιμὰς σταθερὰς καὶ ὠρισμένας.

Ἐντὸς διπλοθλαστικοῦ μέσου κατὰ δοθεῖσαν εὐθεῖαν διαδίδονται δύο ἐπίπεδα κύματα με κραδάνσεις καθέτους ἐπ' ἀλλήλας. Ἴνα ἔχωμεν ἐποπτικὴν παράστασιν τῶν κατευθύνσεων τῶν κραδάνσεων, θεωροῦμεν σφαῖραν περὶ τὸ κέντρον τῶν φωτεινῶν κυμάτων καὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἰς τὸ σημεῖον δι' οὗ διέρχεται ἡ θεωρουμένη ἀκτίς σημειοῦμεν μικρὸν σταυρόν, τοῦ ὁποίου τὰ δύο σκέλη εἶναι παράλληλα πρὸς τὰς κραδάνσεις τῶν δύο ἐπιπέδων κυμάτων τῶν διαδιδόμενων κατὰ τὴν ἀκτῖνα αὐτήν. Αἱ διευθύνσεις κραδάνσεων κατὰ τὴν γενικωτέραν περίπτωσιν τοῦ διάζονος κρυστάλλου εὐρίσκονται ὡς διχοτόμοι τῶν γωνιῶν τῶν δύο μεγίστων κύκλων τῶν ἀγομένων ἐκ τοῦ θεωρουμένου σημείου πρὸς τὰ ἴχνη τῶν ὀπτικῶν ἄξόνων. Ἐὰν ἤδη φέρωμεν ἐπὶ τῆς

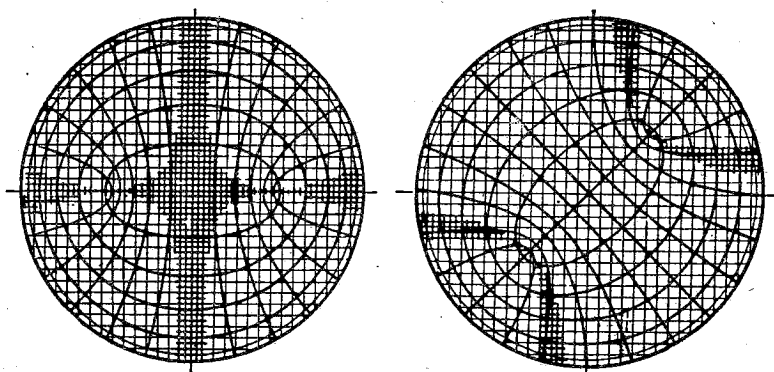
σφαίρας συνεχεῖς καμπύλας ἀπὸ τινος σημείου εἰς τὸ ἀμέσως γειτονικόν του ἑφαπτομένης τῶν σκελῶν τοῦ σταυροῦ, λαμβάνομεν σύστημα ἐκ δύο σειρῶν καμπύλων καθέτων ἐπ' ἀλλήλας τῶν καλουμένων σκιοδρόμων. Αἱ ἑφαπτόμεναι



Σχ. 519

Σκιοδρόμοι μονάξονος κρυστάλλου κατὰ προβολὴν ἐπὶ τομῆς καθέτου πρὸς κύριον ἄξονα

τῶν σκιοδρόμων εἰς δοθὲν σημεῖον παριστάνουν τὰς διευθύνσεις κραδασμῶν τῶν δύο κυμάτων. Διὰ τὴν εὐρεσιν τῆς περιοχῆς κατασβέσεως εἰς ἑκάστην τομὴν θεωρεῖται ὀρθὴ προβολὴ τῶν σκιοδρόμων ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τῆς τομῆς.



Σχ. 520

Σκιοδρόμοι διάξονος κρυστάλλου κατὰ προβολὴν ἐπὶ τομῆς καθέτου πρὸς ὀξείαν διχοτόμον. α = τὸ ἐπίπεδον ὀπτικῶν ἁξόνων ταυτίζεται πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ ἀναλυτοῦ, β = τὸ ἐπίπεδον ὀπτικῶν ἁξόνων ὑπὸ γωνίαν 45° πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ ἀναλυτοῦ

Τοιαύτας προβολὰς διὰ τὰς κυριωτέρας τομὰς μοναξόνων καὶ διαξόνων κρυστάλλων παρέχουν τὰ σχήματα 519, 520α καὶ 520β. Ἡ ἑκάστοτε θέσις τοῦ

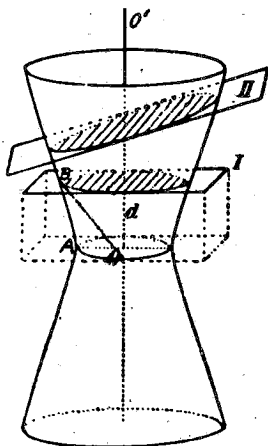
διαγράμματος τῶν σκιοδρόμων ὡς πρὸς τὰ ἐπίπεδα πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ δίδει τὰς περιοχὰς κατάσβεσεως καὶ ἐπομένως τὸ σχῆμα τῶν σκοτεινῶν ταινιῶν. Καλοῦνται *ισόγυροι* εἰς τὰ διαγράμματα τῶν σκιοδρόμων καμπύλαι, αἱ ὁποῖαι ἐνώνουν σημεῖα μὲ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν κραδάνσεων. Ἰσόγυροι τῶν ὁποίων αἱ διευθύνσεις κραδάνσεων συμπίπτουν πρὸς τὰ ἐπίπεδα πολωτοῦ καὶ ἀναλυτοῦ ὀνομάζονται *κύριαι ἰσόγυροι*. Αὗτοι συμπίπτουν μὲ τὰς σκοτεινὰς περιοχὰς τῆς κωνοσκοπικῆς εἰκόνος.

Ἀπομένει νὰ ἐρμηνευθῇ τὸ ἕτερον συστατικὸν στοιχεῖον τῶν κωνοσκοπικῶν εἰκόνων, αἱ *ἰσόχρωμοι καμπύλαι*.

Ὡς εἶδομεν εἰς τὴν περιγραφὴν τῶν φαινομένων τῆς ἐγχρώμου πολώσεως εἰς παράλληλον φῶς, ὠρισμένον χρῶμα πολώσεως τῆς κλίμακος τοῦ Michel - Levy ἀντιστοιχεῖ εἰς ὠρισμένην διαφορὰν πορείας τῶν δύο κυμάτων ἐντὸς τοῦ πλακιδίου λ.χ. τὸ κίτρινον εἰς $\delta = 1\lambda/2$, τὸ ἐρυθρὸν εἰς $3\lambda/4$, τὸ ἰνδικὸν κυανοῦν εἰς 1λ κ.ο.κ. Αἱ *ἰσόχρωμοι καμπύλαι* τῶν κωνοσκοπικῶν εἰκόνων προέρχονται ἐκ συμβολῆς κυμάτων σταθερᾶς διαφορᾶς πορείας, ἡ ἐξέτασις ὅθεν τοῦ σχήματος τῶν ἰσοχρῶμων καμπύλων ἀνάγεται εἰς τὴν μελέτην τῶν ἐπιφανειῶν ἴσης διαφορᾶς πορείας ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου καλουμένων ἄλλως καὶ *ἰσοχρῶμων ἐπιφανειῶν* ἢ ἐπιφανειῶν τοῦ Bertin, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ μελετήσαντος τὰς ἐπιφανείας αὐτάς.

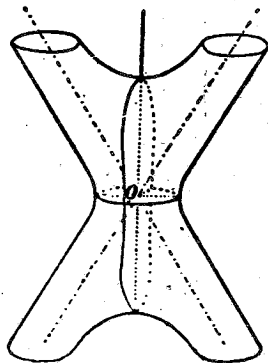
Ἐὰν θεωρήσωμεν ἐκ τινος σημείου τοῦ κρυστάλλου *O* εὐθείας ἀγομένας εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ (σχ. 521) κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις καὶ λάβωμεν ἐφ' ἐκάστης αὐτῶν μῆκος ἴσον πρὸς τὸν δρόμον, τὸν ὁποῖον πρέπει νὰ διανύσουν τὰ δύο κύματα κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, διὰ νὰ ἀποκτήσουν ὠρισμένην διαφορὰν πορείας, λ.χ. 1λ , τὰ πέρατα τοῦ συνόλου τῶν ἀνυσμάτων αὐτῶν παρέχουν τὴν ἐπιφάνειαν διαφορᾶς πορείας ἴσης πρὸς λ ἢ τὴν ἰσόχρωμον ἐπιφάνειαν, ἡ ὁποία θὰ ἀντιστοιχῇ εἰς τὸν πρῶτον κυανοῦν λημνίσκον τῆς κωνοσκοπικῆς εἰκόνος. Εἰς μονάξονα κρύσταλλον τοιαύτη ἐπιφάνεια ἔχει τὴν μορφήν τοῦ σχ. 521 καὶ εἶναι ἐπιφάνεια περιστροφῆς περὶ τὸν ὀπτικὸν ἄξονα. Κατὰ διεύθυνσιν *OA* κάθετον πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, διὰ τὴν ὁποίαν ἡ διαφορὰ τῶν δεικτῶν διαθλάσεως τῶν δύο κυμάτων ἔχει τὴν μεγίστην τιμὴν, ἡ ἀπόστασις τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὸ *O* θὰ εἶναι ἐλαχίστη καὶ θὰ αὐξάνεται, ἐφ' ὅσον ἡ διεύθυνσις διαδόσεως τῶν δύο κυμάτων πλησιάζει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος, διότι ἡ διαφορὰ τῶν δύο δεικτῶν διαθλάσεως γίνεται μικροτέρα καὶ ἐπομένως ἡ ἀναγκαιοῦσα διαδρομὴ ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου διὰ νὰ προκύψῃ ἡ αὐτὴ διαφορὰ πορείας καθίσταται μεγαλυτέρα. Παραλλήλως πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα δὲν συναντῶμεν τὴν ἐπιφάνειαν, διότι δὲν ὑπάρχει διαφορὰ πορείας κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν, ὅσονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου. Δι' ἐκάστην τιμὴν θὰ ἔχωμεν ἰδίαν ἐπιφάνειαν ὁμοίαν πρὸς τὴν περιγραφεῖσαν, περιεχομένην ἐντὸς τοῦ χώρου τῆς ἡ ἐξωτερικῇ αὐτῇ. Ἐκ τοῦ συστήματος ἐπιφανειῶν τοῦ Bertin εὐρίσκομεν τὴν εἰ-

κόνα, την οποίαν παρέχουν αἱ ισόχρωμοι καμπύλαι, φέροντες ἐπίπεδον ἔχον τὴν κατεύθυνσιν τοῦ ἐπιπέδου τῆς τομῆς καὶ εἰς ἀπόστασιν d ἀπὸ τοῦ Θ ἴσην πρὸς τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου. Ἡ τομὴ τῶν ἐπιφανειῶν ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τούτου δίδει τὴν εἰκόνα τῶν ισόχρῳμων καμπύλων. Τομὴ κάθετος ἐπὶ τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, ὡς ἡ τοῦ ἐπιπέδου I (σχ. 521), δίδει ὁμοκέντρους κύκλους,



Σχ. 521

Ἰσόχρωμος ἐπιφάνεια μονάξονος κρυστάλλου



Σχ. 522

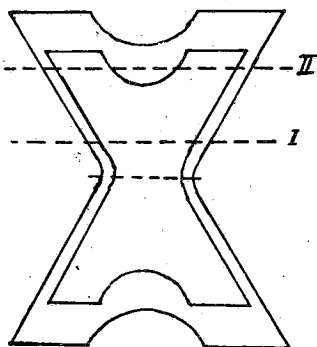
Ἰσόχρωμος ἐπιφάνεια διάξονος κρυστάλλου

διὰ τομὴν, ὡς ἡ τοῦ ἐπιπέδου II, κεκλιμένην ὡς πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα αἱ ισόχρωμοι καμπύλαι γίνονται ἐλλείψεις, διὰ τομὴν παράλληλον πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα ὑπερβολαί. Αὐξανόμενου τοῦ πάχους τοῦ πλακιδίου ὁ ἀριθμὸς τῶν δακτυλίων αὐξάνεται ὡς δεικνύει τὸ σχ. 524. Πράγματι διὰ πάχος d_1 ἡ ἀκτὶς OA δίδει τὸν πρῶτον κυανοῦν δακτύλιον, ἐνῶ διὰ πάχος d_2 θὰ δώσῃ τὸν δεύτερον κυανοῦν, τὸν δὲ πρῶτον κυανοῦν θὰ τὸν δώσῃ ἀκτὶς μὲ μικροτέραν κλίσιν πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, ἡ OG.

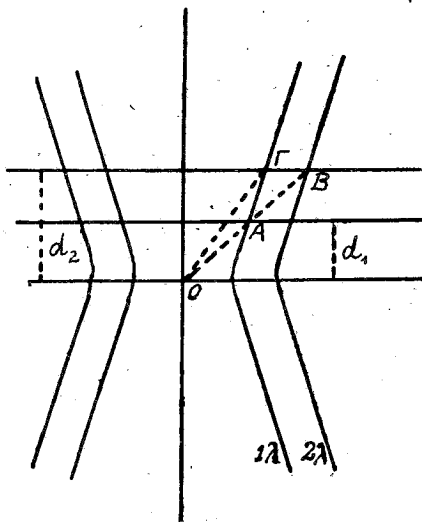
Εἰς τοὺς διαξονικοὺς κρυστάλλους αἱ ισόχρωμοι ἐπιφάνειαι ἔχουν τὴν μορφήν τοῦ σχ. 522. Εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ O διακλαδίζονται εἰς δύο κυλινδρικές ἐπιφανείας μὲ ἄξονας τοῦ κυλίνδρου τοὺς ὀπτικοὺς ἄξονας τοῦ κρυστάλλου. Τομὴ κάθετος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα δίδει ὁμοκέντρους κύκλους, τομὴ κάθετος πρὸς τὴν ὀξεῖαν διχοτόμον λημνίσκους. Ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ σχ. 523 εἰς παχέα πλακίδια (τομὴ II) αἱ πρῶται ισόχρωμοι αἱ περιβάλλουσαι τοὺς ὀπτικοὺς ἄξονας εἶναι χωρισταί, ἐνῶ ἐπὶ μικροῦ πάχους (ἡ μικρᾶς διπλοθλαστικότητος) (τομὴ I) ἡ ἐσωτερικὴ ισόχρωμος περιβάλλει ἀμφοτέρους τοὺς πόλους.

110. Ἐκδήλωσις τοῦ διασκεδασμοῦ τῶν ἀξόνων εἰς τὰς κωνοσκοπικὰς

εἰκόνας. Ἐάν ἐξετάσωμεν κωνοσκοπικῶς εἰς φῶς μονόχρουν τομὴν κάθετον πρὸς ὁξείαν διχοτόμον, ἡ κωνοσκοπικὴ εἰκὼν διατηρεῖ ἐν τῷ συνόλῳ τῆς τὸ αὐτὸ σχῆμα μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι αἱ καμπύλαι ἴσης διαφορᾶς πορείας δὲν εἶναι



Σχ. 523



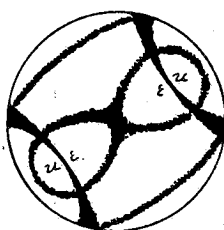
Σχ. 524

Ἐπίδρασις τοῦ πάχους τοῦ πλακιδίου ἐπὶ τῆς μορφῆς τῶν ἰσοχρῶμων καμπύλων

ἑγχρωμοὶ ἀλλὰ φωτίζονται καὶ σκοτεῖναι. Ἐάν φωτίσωμεν διαδοχικῶς μετὰ διαφορά χρώματα λ.γ. ἐρυθρὸν, κυανοῦν, ἡ θέσις τῶν καμπύλων αὐτῶν καὶ τῶν κυρίων ἰσογύρων μεταβάλλεται κατὰ τι. Προκειμένου ἐπὶ παραδείγματι περὶ ρομβικοῦ κρυστάλλου, εἰς τὸν ὁποῖον $2V$ ἐρυθρὸν $> 2V$ κυανοῦν ($\rho > \nu$), ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων εἰς κωνοσκοπικὴν εἰκόνα μετὰ φῶς ἐρυθρὸν θὰ εἶναι μεγαλυτέρα ἐκείνης, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν εἰς φῶς κυανοῦν. Κατὰ τὴν παρατήρησιν μετὰ λευκὸν φῶς τὰ τόξα τὰ ὁποῖα διέρχονται διὰ τῶν ἰχνῶν τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων παρουσιάζουν κατὰ τὸ κυρτὸν καὶ κοῖλον μέρος αὐτῶν ἑγχρωμα κράσπεδα, κυανὰ εἰς τὰ κοῖλα, ἐρυθρὰ εἰς τὰ κυρτὰ (σχ. 525), ἥτοι τὰ χρώματα παρουσιάζονται εἰς σχέσιν ἀντίστροφον πρὸς τὴν σχέσιν τῶν γωνιῶν τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων. Τοῦτο συμβαίνει, διότι εἰς τὰ κοῖλα τοῦ τόξου, ὅπου κατὰλήγουν οἱ ἐρυθροὶ ὀπτικοὶ ἁξονες ($\rho > \nu$), μετὰ τὴν κατάσβεσιν τῶν ἐρυθρῶν ἀκτίνων τὰ λοιπὰ χρώματα τοῦ φάσματος δίδουν τὸ συμπληρωματικὸν τοῦ ἐρυθροῦ πρασινοκίανον, ἐνῶ εἰς τὰ κυρτὰ τοῦ τόξου, ὅπου ἀπολήγουν οἱ κυανοὶ ὀπτικοὶ ἁξονες, ἡ ἀπουσία τοῦ κυανοῦ δίδει ἀπόχρωσιν πορτοκαλέρυθρον. Οὕτως ἐάν τὰ κυανὰ κράσπεδα εἶναι ἐξωτερικὰ τῶν ἐρυθρῶν $\rho > \nu$, ἐάν τὰ ἐρυθρὰ εἶναι ἐξωτερικὰ τῶν κυανῶν $\rho < \nu$. Ἐπὶ ἰσχυροῦ διασκεδάσμου τῆς γωνίας τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων ἡ διάκρισις αὐτὴ εἶναι δυνατὴ καὶ ἐπὶ πλακιδίῳ τοῦ

συνήθους πάχους τῶν μικροσκοπικῶν τομῶν καὶ ἡ σχετικὴ παρατήρησις προστίθεται εἰς τὰ λοιπὰ διαγνωστικὰ στοιχεῖα.

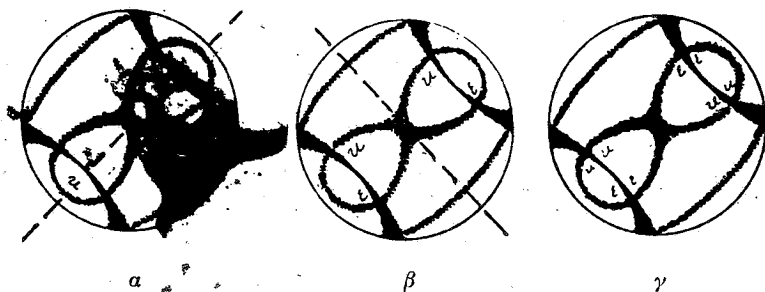
Ἐὰν ἡ τομὴ εἶναι ἀκριβῶς κάθετος πρὸς τὴν ὀξεῖαν διχοτόμον καὶ ἱκανοῦ πάχους, εἶναι δυνατόν νὰ διαγνωσθοῦν καὶ τὰ τρία εἶδη διασκεδασμοῦ τῶν ἁξόνων τοῦ ἑλλειψοειδοῦς τὰ ἀπαντῶντα εἰς κρυστάλλους τοῦ μονοκλινοῦς συστήματος ἐκ τῆς κατανομῆς τῶν χρωμάτων κατὰ τὰ κράσπεδα τῶν ὑπερβολοειδῶν τόξων εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων. Ἐπὶ τῆς κωνοσκοπικῆς εἰκόνης ἐκδηλοῦται ἡ συμμετρία τῆς τομῆς. Εἰς τὴν εἰκόνα τοῦ ρομβικοῦ κρυστάλλου (σχ. 525) ὑπάρχει συμμετρία ὡς πρὸς δύο ἐπίπεδα κάθετα. Ἡ εἰ-



Σχ. 525

Κωνοσκοπικὴ εἰκὼν ρομβικοῦ κρυστάλλου με $\rho > \nu$

κὼν α τοῦ σχ. 526 ἀνήκει εἰς κεκλιμένον διασκεδασμὸν καὶ παρουσιάζει ἐν ἐπίπεδον συμμετρίας, ἐπὶ τοῦ ὁπίου κεῖνται οἱ ὀπτικοὶ ἁξόνες. Ἡ β ἀντιπροσωπεύει ὀριζόντιον διασκεδασμὸν με τὸ ἐπίπεδον συμμετρίας κάθετον



Σχ. 526

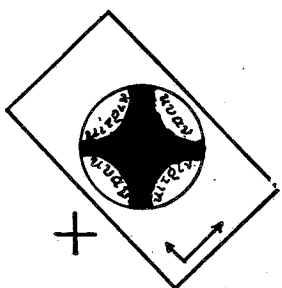
Κωνοσκοπικαὶ εἰκόνες μονοκλινῶν κρυστάλλων ἐμφανίζουσαι διασκεδασμὸν. α = κεκλιμένος, β = ὀριζόντιος, γ = διεσταυρωμένος

ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων. Τέλος ἡ εἰκὼν γ , συμμετρικὴ ὡς πρὸς τὸ κέντρον, ἀντιπροσωπεύει διεσταυρωμένον διασκεδασμὸν.

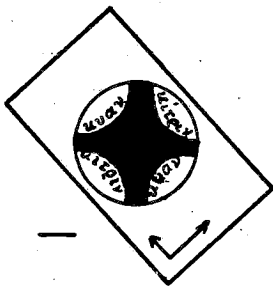
111. Προσδιορισμὸς τοῦ ὀπτικοῦ χαρακτηῆρος εἰς κωνοσκοπικὴν παρατήρησιν. Ὁ προσδιορισμὸς γίνεται κυρίως εἰς τομάς, αἱ ὁποῖαι δίδουν κωνο-

σκοπικὴν εἰκόνα με ἴχνος ὀπτικοῦ ἄξονος ἐντὸς τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου, διὰ παρεμβολῆς τοῦ πλακιδίου τῆς γύψου ἢ τοῦ μοσχοβίτου εἰς τὴν οἰκείαν θέσιν τοῦ σωλῆνος τοῦ μικροσκοπίου.

Ἐὰν ἔχομεν τομὴν κάθετον πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα μονάξονος κρυστάλλου θετικοῦ ($n_e > n_o$) (σχ. 527), ἐντὸς τῆς κυρίας τομῆς τελοῦνται αἱ κραδάνσεις



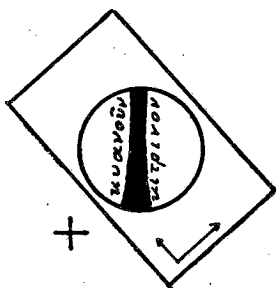
Σχ. 527



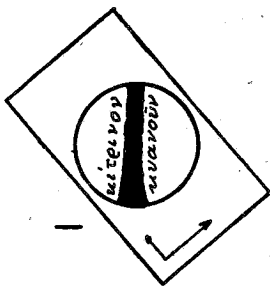
Σσ. 528

Κωνοσκοπικαὶ εἰκόνες μονάξονος εἰς τομὴν κάθετον πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα με παρεμβολὴν πλακιδίου γύψου

με τὸν μεγαλύτερον δείκτην διαθλάσεως, ἐπομένως ὁ προσανατολισμός τῶν κραδάνσεων τακτικῶς κύματος θὰ εἶναι ὁ σημειούμενος εἰς τὸ σχῆμα. Ἐὰν παρεμβάλλωμεν τὸ πλακίδιον τῆς γύψου, ὁ σκοτεινὸς σταυρὸς θὰ λάβῃ τὸ χρῶμα πολώσεως τοῦ πλακιδίου (ἐρυθρὸν 1ης τάξεως). Τὸ πρῶτον καὶ τρίτον τεταρτημόριον εὐρίσκεται ὡς πρὸς τὸν ἀντισταθμιστὴν εἰς θέσιν ἀθροίσεως,



Σχ. 529



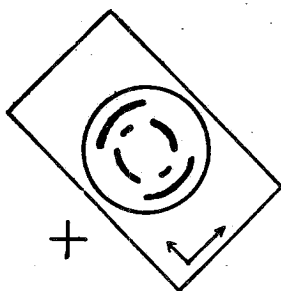
Σχ. 530

Κωνοσκοπικαὶ τομῶν μονάξονος εἰς τομὴν πλαγίαν πρὸς Ο.Α. με πλακίδιον γύψου

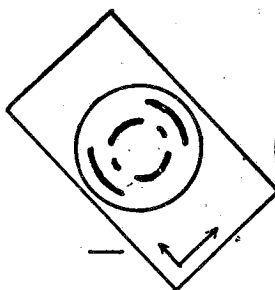
ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ἄνοδον εἰς τὰ χρώματα πολώσεως, παρὰ τὰ σκέλη τοῦ σταυροῦ θὰ ἐμφανισθῇ χρῶμα κυανοῦν. Τὸ 2ον καὶ 4ον τεταρτημόριον εὐρίσκονται εἰς θέσιν ἀφαιρέσεως, εἰς αὐτὰ θὰ ἐμφανισθῇ παρὰ τὸν σταυρὸν χρῶμα κίτρινον. Εἰς τὸν ἀρνητικὸν κρυστάλλον τὸ κυανὸν χρῶμα θὰ ἐμφανισθῇ εἰς τὸ 2ον καὶ 4ον τεταρτημόριον (σχ. 528). Ἐπὶ τομῶν αἱ ὁποῖαι εἶναι κεκλι-

μέναι πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα καὶ δίδουν ἓν μόνον ὀπτικὸν σκέλος τοῦ σταυροῦ, ἄγεται τὸ σκέλος τοῦτο εἰς τὸ κατακόρυφον νῆμα τοῦ στᾶυρονήματος (τὸ κέντρον τοῦ σταυροῦ ἐντὸς τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου πρὸς τὰ ἄνω) καὶ προσδιορίζεται ὁ ὀπτικὸς χαρακτήρ διὰ τοῦ πλακιδίου τῆς γύψου κατὰ τὰ σχήματα 529 καὶ 530.

Ἐὰν παρεμβάλωμεν τὸ πλακίδιον τοῦ μοσχοβίτου, εἰς τὴν θέσιν προσθέσεως, αἱ ἰσόχρωμοι καμπύλαι πλησιάζουν τὸ κέντρον, εἰς τὴν θέσιν ἀφαιρέσεως ἀπομακρύνονται αὐτοῦ καὶ εἰς τὸ μεταξύ διάστημα ἐμφανίζονται δύο σκοτειναὶ κηλίδες ὁ δὲ σταυρὸς ἐξαφανίζεται (σχ. 531 καὶ 532).



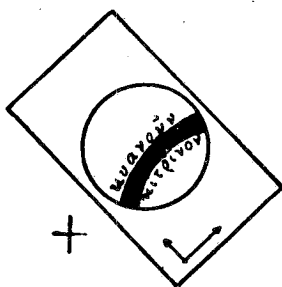
Σχ. 531



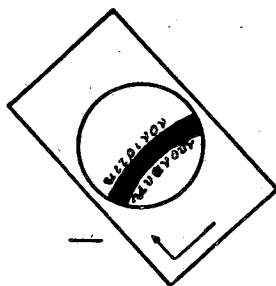
Σχ. 532

Κωνοσκοπικὴ μονάξονος εἰς τομὴν κάθετον πρὸς Ο.Α. με παρεμβολὴν πλακιδίου μοσχοβίτου

Εἰς τομὴν διάξονος κρυστάλλου κάθετον πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα ἄγεται ἡ τομὴ διὰ στροφῆς τῆς τραπέζης εἰς θέσιν τοιαύτην, ὥστε τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν ἁξόνων νὰ ἔχη διεύθυνσιν ΒΔ - ΝΑ, τὸ σκοτεινὸν σκέλος καμπυλοῦται (σχ. 533), ἡ δὲ ὀξεία διχοτόμος κεῖται πρὸς τὸ κυρτὸν μέρος τῆς καμπύ-



Σχ. 533



Σχ. 534

Κωνοσκοπικὴ καθέτου πρὸς Ο.Α. διάξονος κρυστάλλου τῇ παρεμβολῇ πλακιδίου γύψου

λης. Εἰς θετικὸν κρυστάλλον ($n_r =$ ὀξεία διχοτόμος) μεταξύ ὀπτικοῦ ἁξονος καὶ ὀξείας διχοτόμου εὐρίσκονται ἀκτῖνες ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τομὰς τοῦ ἐλλειψοειδοῦς, τῶν ὁποίων ὁ εἷς ἄξων, ὁ κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν

ἄξόνων εἶναι ὁ πβ, ὁ ἄλλος εἶναι μικρότερός του. Τὸ τμήμα αὐτὸ εὐρίσκεται εἰς θέσιν ἀθροίσεως ὡς πρὸς τὸ πλακίδιον τῆς γύψου, τὸ κυανοῦν χρῶμα ἐμφανίζεται εἰς τὰ κυρτὰ τῆς ἰσογύρου (σχ. 533). Τὸυναντίον τὸ τμήμα μεταξὺ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος καὶ ἀμβλείας διχοτόμου εὐρίσκεται εἰς θέσιν ἀφαιρέσεως. Τὰ ἀντίστροφα συμβαίνουν εἰς κρύσταλλον ἀρνητικὸν (σχ. 534).

112. Βοηθητικαὶ συσκευαὶ δι' ἀκριβεστέρας μετρήσεις. Περίστροφος τράπεζα κατὰ Fedorow. Ἐν συγκεφαλαιώσει τὰ ὀπτικὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν ἢ νὰ μετρήσωμεν κατὰ τὰ μέχρι τοῦδε λεχθέντα διὰ τοῦ πολωτικοῦ μικροσκοπίου, εἶναι τὰ ἐξῆς: χρῶμα, πλεοχροϊσμός, δεῖκται διαθλάσεως (διὰ τῆς μεθόδου τῆς καταδύσεως), τιμαὶ διπλοθλαστικότητος, ὀπτικὸς χαρακτήρ, γωνία ὀπτικῶν ἄξόνων, διασκεδασμός αὐτῶν, τιμαὶ γωνιῶν κατασβέσεως. Ἀπὸ ἀπόψεως κρυσταλλικῆς συμμετρίας δι' ὀπτικῆς ὁδοῦ διακρίνονται οἱ κρύσταλλοι εἰς τὰς ἐξῆς ὁμάδας: κυβικοί, μονάξονες, ρομβικοὶ καὶ μονοκλινεῖς ἢ τρικλινεῖς. Ἐὰν ἔχωμεν ἰδιομόρφους μονάξονας κρυστάλλους, εἰς τομάς καθέτους πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα ἢ συμμετρίᾳ τῆς τομῆς διακρίνει τοὺς τετραγωνικοὺς ἀπὸ τοὺς ἑξαγωνικοὺς καὶ τριγωνικοὺς κρυστάλλους. Ἄλλα κρυσταλλογραφικὰ στοιχεῖα παρατηρούμενα εἶναι ὁ σχισμὸς καὶ ἡ διδυμία. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ὡς ἄνω παρατηρουμένων στοιχείων εἶναι ἐπαρκής, ὥστε νὰ ἐπιτρέπη τὴν ἀπ' ἀλλήλων διάκρισιν καὶ τὸν προσδιορισμὸν τῶν εὐαρίθμων ὀρυκτῶν εἰδῶν δι' ὀπτικῆς ὁδοῦ. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν αἱ ὀπτικαὶ μέθοδοι ἀποτελοῦν ἐν τῶν κυριωτέρων ἐργαστηριακῶν μέσων διαγνώσεως τῶν διαφανῶν ὀρυκτῶν.

Ἡ παραιήρησις εἰς τὸ πολωτικὸν μικροσκόπιον μιᾶς ὠρισμένης μικροσκοπικῆς τομῆς ἔχει τὸ μειονέκτημα ὅτι περιορίζει τὴν ἐξέτασιν εἰς μόνον τὴν διεύθυνσιν, τὴν ὁποῖαν ἐπιτρέπει τὸ ἐπίπεδον τῆς τομῆς, καὶ μόνον εἰς περὶ ὁρισμένον βαθμὸν παρέχει στοιχεῖα περὶ τῆς ὀπτικῆς συμπεριφορᾶς τοῦ σώματος πρὸς ἄλλας κατευθύνσεις διὰ τῆς ἐξετάσεως εἰς κωνικὸν φῶς. Ἡ ἀτέλεια αὕτη αἴρεται διὰ τῆς χρήσεως ἰδίων συσκευῶν προσαρμοζομένων εἰς τὸ μικροσκόπιον, τῶν ὁποίων ὁ τελειότερος τύπος εἶναι ἡ περιστροφή τράπεζα κατὰ Fedorow. Τὸ μικροσκοπικὸν παρασκευάσμα στερεούμενον ἐπὶ τῆς τραπέζης αὐτῆς δύναται νὰ στραφῇ περὶ τρεῖς ἄξονας καθέτους ἐπ' ἀλλήλους καὶ νὰ λάβῃ ποικίλους προσανατολισμούς, τῶν ὁποίων ἡ θέσις προσδιορίζεται ἐκάστοτε ἀκριβῶς διὰ μετρήσεως τῶν γωνιῶν στροφῆς περὶ ἕκαστον ἄξονα ἐπὶ τῶν εἰς μοίρας ἡριθμημένων τόξων. Οὕτω καθίσταται δυνατόν ἐκ μιᾶς τομῆς νὰ καθορισθῇ ἀκριβῶς ἡ θέσις τοῦ τριαξονικοῦ ἑλλειψοειδοῦς ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου ὡς πρὸς τὰς κρυσταλλογραφικὰς κατευθύνσεις αὐτοῦ, οἷα τὰ σχιμογενῆ ἐπίπεδα, τὰ ἐπίπεδα διδύμου συμφύσεως, αἱ κρυσταλλογραφικαὶ ἑδραι. Συχνὴν ἐφαρμογὴν εὐρίσκει ἡ τράπεζα Fedorow εἰς τὴν πετρογραφικὴν ἔρευναν προκειμένου νὰ προσδιορισθῇ ἡ χημικὴ σύστασις τῶν πλαγιόκλαστων. Ὡς γνωστὸν τὰ πλαγιόκλαστα ἀνήκοντα εἰς τοὺς τρι-

κλινεῖς ἀστρίους ἀποτελοῦν συνεχῇ σειρὰν μεικτῶν κρυστάλλων ἐκ τῶν δύο μελῶν, τοῦ ἀλβίτου ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) καὶ τοῦ ἀνορθίτου ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Ἡ θέσις τοῦ τριαξονικοῦ ἐλλειψοειδοῦς ὡς πρὸς τοὺς κρυσταλλογραφικοὺς ἄξονας μεταβάλλεται συνεχῶς ἐντὸς τῆς σειρᾶς αὐτῆς συναρτήσῃ τῆς περιεκτικότητος, δι' ἐκάστην δὲ περιεκτικότητα ἡ θέσις αὕτη ἔχει προσδιορισθῇ ἀκριβῶς διὰ μετρήσεων ἐπὶ δειγμάτων γνωστῆς χημικῆς συστάσεως. Οὕτω προσδιορίζοντες διὰ τῆς περιστρέπτου τραπέζης τὴν θέσιν τοῦ ἐλλειψοειδοῦς ὡς πρὸς τὴν θέσιν τῶν ἐπιπέδων σχισμοῦ ἢ διδυμίας δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὴν περιεκτικότητα εἰς ἀνορθίτην μὲ προσέγγισιν 5%.

113. Μεταβολαί τῶν ὀπτικῶν ιδιοτήτων τῶν σωμάτων δι' ἐπιδράσεως ἐξωτερικῶν παραγόντων. Αἱ ἀνωτέρω περιγραφεῖσαι ὀπτικαὶ ιδιότητες τῶν διαφανῶν μέσων μεταβάλλουν τιμὴν ἢ καὶ προσανατολισμὸν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἐξωτερικῶν παραγόντων. Ἰσότροπα μέσα ὑποβαλλόμενα εἰς ὁμοιόμορφον πανταχόθεν πίεσιν μεταβάλλουν τὴν τιμὴν τοῦ δείκτου διαθλάσεως των, ἀλλ' ἐξακολουθοῦν νὰ μένουν ἰσότροπα. Ἐὰν ὅμως ἀσκηθῇ ἐπ' αὐτῶν κατευθυνομένη πίεσις, μετατρέπονται εἰς ἀνισότροπα. Μονάξονες κρύσταλλοι πιεζόμενοι καθέτως πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα ἀποβαίνουν διάξονες καὶ ἂν μὲν ὁ ὀπτικὸς χαρακτηρ αὐτῶν ἦτο θετικὸς, τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν ἄξόνων εἶναι παράλληλον πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς πίεσεως, ἂν δὲ ἦτο ἀρνητικὸς κάθετος ἐπ' αὐτήν. Ἄν ἡ πίεσις ἀσκηθῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος, ἐπὶ θετικοῦ κρυστάλλου ἡ διαφορὰ πορείας ἐλαττοῦται, ἐπὶ ἀρνητικοῦ αὐξάνεται. Αἱ ἀνωτέρω παρατηρήσεις συνοψίζονται εἰς ἓνα γενικὸν κανόνα, ὁ ὁποῖος βεβαιοῦται καὶ εἰς τοὺς διάξονας κρυστάλλους.

«Κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς πίεσεως ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν κραδαιομένου κύματος ἐλαττοῦται».

Ἐπὶ διαξόνων κρυστάλλων ἐπὶ πίεσεως καθέτου πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν ἄξόνων ἡ γωνία αὐτῶν αὐξάνεται, ἐὰν ἡ πίεσις κεῖται ἐντὸς τοῦ ἐπιπέδου, ἡ γωνία ἐλαττοῦται.

Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται, ὅταν τὰ σώματα ὑποβληθοῦν εἰς θερμανσιν ἢ ψύξιν ὄχι ὁμοιόμορφον. Ἡ ἐπίδρασις εἶναι κατ' οὐσίαν μηχανικὴ, λόγῳ τῶν ἐσωτερικῶν τάσεων καὶ πιέσεων, αἱ ὁποῖαι ἀσκοῦνται ἐντὸς τοῦ σώματος ἐκ τῆς ἀνομοιομεροῦς θερμάνσεως. Τὰ «βαταβικὰ δάκρυα», σταγόνες τετηχυίας ὑάλου ἀποτόμως ψυχθεῖσαι ἐντὸς ὕδατος, εἶναι διπλοθλαστικά. Κατὰ τὴν ἀπότομον ψύξιν των ἡ ἐξωτερικὴ αὐτῶν ἐπιφάνεια ἐψύχθη ἀμέσως, ἐνῶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν των ἡ ψύξις συνετελέσθη βραδύτερον καὶ οὕτως ἀνεπτύχθησαν ἐσωτερικαὶ τάσεις διὰ τὴν ὄχι ὁμοιόμορφον συστολήν.

Εἰς τὸ ὀρθόκλαστον (KAlSi_3O_8) τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀπτικῶν ἄξόνων εἶναι κάθετον ἐπὶ (010). Ὑψουμένης τῆς θερμοκρασίας ἡ γωνία αὐτῶν ἐλαττοῦται βαθμιαίως, μέχρις ὅτου λάβῃ τὴν τιμὴν 0, ὅτε οἱ ἄξονες ἀλλάσσουν θέσιν ταυτίζοντες τὸ ἐπίπεδον αὐτῶν πρὸς (010). Εἰς περαιτέρω αὐξησην θερμοκρασίας ἡ

γωνία $2V$ τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων ἀνοίγει ἐντὸς τοῦ (010) αὐξανομένη μετ' αὐτῆς. Αἱ ὀπτικαὶ αὗται μεταβολαὶ αἰρονται, ὅταν ἡ θερμοκρασία δὲν ὑπερβῇ τοὺς 500° . Διὰ μακροτέρας ἐπιδράσεως θερμοκρασίας μεταξύ 600° - 1000° ἡ ἀρχικὴ ὀπτικὴ κατάστασις δὲν ἀποκαθίσταται μετὰ τὴν ψύξιν. Εἰς ἡφαιστίτας ἀπαντῶνται πολλάκις ὀρθόκλαστα, τὰ ὅποια εἰς τομὴν κατάλληλον τῆς ζώνης $[010]$ δίδουν κωνοσκοπικὴν εἰκόνα μετὰ σκοτεινὸν σταυρὸν ($2V = 0$).

Διπλῇ διάθλασις προκαλεῖται εἰς ἰσότροπα μέσα καὶ δι' ἐπιδράσεως ἡλεκτρικοῦ πεδίου (φαινόμενον Kerr) ἢ μαγνητικοῦ πεδίου (φαινόμενον Majorana) μετὰ τὰς δυναμικὰς γραμμὰς καθέτους ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Ἐπίσης κατὰ τὴν ροὴν ὑγρῶν.

Μία ἄλλη περίπτωσις διπλῆς διάθλάσεως, ἡ ὁποία δὲν ὀφείλεται εἰς κρυσταλλικὴν σύστασιν, εἶναι ἡ ἐξῆς. Ἐὰν ἐντὸς ἰσοτρόπου μέσου περιέχωνται σωματίδια ἄλλου σώματος ἐπίσης ἰσοτρόπου, ἀλλὰ δείκτου διάθλάσεως διαφόρου τοῦ περιβάλλοντος, ὠρισμένου σχήματος καὶ μετὰ ὁμοιόμορφον προσανατολισμόν, τὸ ἀνομογενὲς αὐτὸ σύστημα εἶναι διπλοθλαστικόν. Ἐὰν τὰ σωματίδια ἔχουν σχῆμα ραβδίων μετὰ τὸν ἀξονὰ τῶν καθ' ὠρισμένην διεύθυνσιν, τὸ σύστημα ἔχει ὀπτικὰς ιδιότητας θετικοῦ μέσου μετὰ ὀπτικὸν ἀξονα τὴν διεύθυνσιν τῶν ραβδίων. Ἐὰν τὰ σωματίδια ἔχουν μορφήν λεπτῶν πετάλων, μετὰ τὰ ἐπίπεδά τῶν κατὰ μίαν καὶ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, τὸ σύστημα εἶναι μονόaxon ὀπτικῶς ἀρνητικὸν μετὰ τὸν ὀπτικὸν ἀξονα κάθετον ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἐπιπέδου.

114. Ὀπτικαὶ ἀνωμαλίαι. Μετὰ τὸν ὅρον αὐτὸν χαρακτηρίζονται αἱ περιπτώσεις ἐκεῖναι, κατὰ τὰς ὁποίας αἱ ὀπτικαὶ ιδιότητες τοῦ σώματος δὲν εἶναι ἐκεῖναι, αἱ ὁποῖαι θὰ ἀνεμένοντο λόγῳ τῆς φυσικῆς του καταστάσεως ἢ τῆς κρυσταλλικῆς του συμμετρίας, λ.χ. ἐμφάνισις διπλοθλαστικότητος ἐπὶ ἀμόρφων σωματῶν ἢ κυβικῶν κρυστάλλων, κωνοσκοπικαὶ εἰκόνες διαξόνων εἰς κρυστάλλους τοῦ ἑξαγωνικοῦ, τετραγωνικοῦ καὶ τριγωνικοῦ συστήματος. Τοιαῦτα παραδείγματα ὑπάρχουν πολυάριθμα. Εἰς τὸν ὑαλίτην, ποικιλίαν ὀπαλίου (ἀμόρφου σώματος), παρατηρεῖται εἰς παράλληλον φῶς μεταξὺ Nicol ἐν διασταυρώσει σκοτεινὸς σταυρὸς ὅμοιος πρὸς τὸν παρατηρούμενον εἰς σφαιρολιθικά συσσωματώματα. Πολλοὶ κυβικοὶ κρύσταλλοι, ὡς ὁ λευκίτης, ὁ βορακίτης, μέλη τινὰ τῆς ὁμάδος τῶν γρανατῶν καὶ τῶν στυπτηριῶν εἶναι διπλοθλαστικοί. Εἰς τομὰς χαλαζίου καθέτους πρὸς ὀπτικὸν ἀξονα παρατηροῦνται ἐνίοτε κωνοσκοπικαὶ εἰκόνες μετὰ σαφεῖ χαρακτῆρα διαξόνου κρυστάλλου.

Αἱ ὀπτικαὶ ἀνωμαλίαι ὀφείλονται εἰς διάφορα αἷτια. Εἰς τινὰς περιπτώσεις προκαλοῦνται ἀπὸ αἷτια ἀνάλογα πρὸς τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα. Οὕτω ξένα ἐγκλείσματα στερεά, ὑγρά ἢ ἀέρια περιεχόμενα ἐντὸς κρυστάλλου δημιουργοῦν τοπικὰς τάσεις προκαλοῦσας διπλοθλαστικότητα περὶ αὐτά.

Μία ἄλλη κατηγορία ὀπτικῶν ἀνωμαλιῶν εἶναι ἡ παρατηρουμένη εἰς μιμητικούς κρυστάλλους, ὡς ὁ λευκίτης καὶ ὁ βορακίτης, περὶ τῶν ὁποίων

ἔγινε λόγος εἰς σελ. 124. Τὰ σώματα ταῦτα εἶναι δίμορφα. Ἡ εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν εὐσταθὴς μορφή των (α - μορφή) ἀκριβῶς κυβικῆς συμμετρίας κάτω τοῦ σημείου μετατροπῆς μεταπίπτει εἰς τὴν κατωτέρας συμμετρίας ψευδοσυμμετρικὴν (β - μορφή) προσαρμοζομένην πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν κρυσταλλικὸν σχῆμα διὰ πολυδύμου μιμητικῆς συσσωματώσεως. Ἡ διπλοθλαστικότης ἐνταῦθα εἶναι κανονικὴ συμφωνοῦσα πρὸς τὴν πραγματικὴν συμμετρίαν τῆς β - μορφῆς.

Οἱ γρανάται, ὀρθοπυριτικά ἐνώσεις τοῦ γενικοῦ τύπου $M_3'' M_2''' (SiO_4)_3$ μὲ M'' Ca, Mg, Fe καὶ M''' Al, Fe, Cr, κρυσταλλοῦνται εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα εἰς ρομβικά δωδεκάεδρα (110) καὶ εἰς δελτοειδῆ εἰκοσιτετράεδρα (211) μεμονωμένα ἢ ἐν συνδυασμῷ. Σπανιώτατα ἀπαντοῦν (111) καὶ μεμονωμέναι ἔδραι ἄλλων σχημάτων. Ἐκτὸς τῶν ὀπτικῶν ἰσοτρόπων μελῶν τῆς ὁμάδος ἀπαντοῦν καὶ μέλη ὀπτικῶς ἀνισότροπα κυρίως τὰ πλούσια εἰς Ca. Οἱ ὀπτικῶς ἀνώμαλοι γρανάται ἐξεταζόμενοι εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς διαφόρων προσανατολισμῶν ἐμφανίζονται ὡς ἀποτελούμενοι ἀπὸ διπλοθλαστικὰ πολυέδρα ἰσάριθμα πρὸς τὰς ἐξωτερικὰς ἔδρας τοῦ κρυστάλλου, ἔχοντα τὰς ἔδρας αὐτὰς ὡς βάσεις καὶ κοινὴν κορυφὴν τὸ κέντρον τοῦ κρυστάλλου. Ἡ ὀπτικὴ συμμετρία τῶν πολυέδρων συμφωνεῖ πρὸς τὴν γεωμετρικὴν των. Οὕτω γρανάται μὲ σχῆμα ρομβικοῦ δωδεκαέδρου συμπεριφέρονται ὀπτικῶς ὡς ἐὰν ἀπετελοῦντο ἀπὸ δώδεκα ρομβικὰς πυραμίδας. Πλακίδια παράλληλα πρὸς τὰς ἔδρας αὐτὰς εἶναι διάξονα, ὀπτικοῦ χαρακτήρος θετικοῦ, μὲ τὸν n_a κάθετον ἐπὶ τὸ πλακίδιον, τὸν n_γ παράλληλον πρὸς τὴν μακρὰν διαγώνιον καὶ τὸν n_β παράλληλον πρὸς τὴν βραχεῖαν. Τομὴ ἐκ τοιοῦτου ρομβικοῦ δωδεκαέδρου παράλληλος πρὸς (001) ἐμφανίζει ὀπτικὸν πεδῖον ἀποτελούμενον ἀπὸ 4 τμήματα, ἐν γένει δὲ εἰς πᾶσαν τομὴν ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ κέντρου ἔκτασις καὶ κατανομή τῶν πεδίων εἶναι τοιαύτη, ὡς ἐὰν ὑπῆρχον πράγματι 12 ρομβικαὶ πυραμίδες ἐν συμφύσει. Κρύσταλλοι μὲ σχῆμα ὀκταεδρικὸν συμπεριφέρονται ὀπτικῶς, ὡς ἐὰν ἀπετελοῦντο ἀπὸ 8 τριγωνικὰς πυραμίδας μονάξονας ὀπτικῶς, οἱ μὲ σχῆμα (211) ὡς ἐὰν ἀπετελοῦντο ἀπὸ 24 πυραμίδας τῆς ἡμιεδρίας τοῦ μονοκλινοῦς. Πάντοτε ὀπτικὴ συμπεριφορὰ καὶ ἔκτασις τῶν διαφόρων ὀπτικῶν πεδίων φαίνεται ρυθμιζομένη ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸν σχῆμα. Ἐπὶ συνθέτων κρυστάλλων ἐκ διαφόρων σχημάτων ἐκάστη ἔδρα ὀρίζει τὴν ὀπτικὴν συμμετρίαν καὶ τὴν ἔκτασιν ἰδίου ὀπτικοῦ τμήματος εἰς τὸν κρύσταλλον. Ὁ Mallard ἐδέχετο ὅτι τὰ ὀπτικῶς διάκριτα αὐτὰ τμήματα ἀποτελοῦν πραγματικὰ κρυσταλλικὰ τμήματα διακεκριμένα καὶ ὅτι αἱ γρανάται ἐν γένει εἶναι πολύδυμα συγκροτήματα κρυστάλλων κατωτέρας συμμετρίας διὰ τοὺς ἰσοτρόπους δὲ γρανάτας ὅτι ἡ πολύδυμος σύμφυσις ἦτο ὑπομικροσκοπική. Ἀνάλογα φαινόμενα παρουσιάζονται εἰς τὴν ὁμάδα τῶν στυπτηριῶν κρυσταλλουμένων εἰς ὀκτάεδρα τοῦ κυβικοῦ συστήματος. Καὶ ἐδῶ εἰς τὰ ὀπτικῶς ἀνώμαλα μέλη διαστάσεις καὶ κατανομή τῶν διαφόρων ὀπτικῶν πεδίων

ορίζονται ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸν σχῆμα. Εἰς τὴν ὁμάδα αὐτὴν παρετρήθη ὅτι αἱ ὀπτικάι ἀνωμαλῖαι ἐμφανίζονται μόνον εἰς μεικτοὺς κρυστάλλους (στυπτηρία μὲ K καὶ NH_4 ἢ μὲ Fe καὶ Cr ὡς ὑποκαταστάτας τοῦ Al). Ἡ παρατήρησις αὕτη ἤγαγε τὸν Brauns εἰς τὸ νὰ θεωρήσῃ τὰς ἀνωμαλίας αὐτάς ὡς ὀφειλομένας εἰς ἐσωτερικὰς τάσεις, τὰς ὁποίας δημιουργεῖ ἡ μερικὴ ὑποκατάστασις τῶν δομικῶν στοιχείων ἐντὸς τοῦ πλέγματος μὲ ἄλλα διαφόρου μεγέθους,

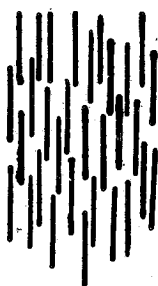
Εἰς ἄλλα σώματα ὡς ὁ πενίνης, ὁ πρενίτης, τὸ $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, αἱ παρατηρούμεναι ὀπτικάι ἀνωμαλῖαι ὀφείλονται εἰς πολύδυμον ἐπανάληψιν λεπτῶν πλακιδίων.

115. Ὑγροὶ κρύσταλλοι. Μὲ τὸν ἐσφαλμένον ἀπὸ ἀπόψεως ἐννοίας ὅρον αὐτὸν ὠνομάσθησαν ὀργανικαὶ τινες ἐνώσεις, αἱ ὁποῖαι εἰς θερμοκρασίαν ἄνωτέραν τοῦ σημείου τήξεώς των καὶ ἐνῶ δεικνύουν ὅλα τὰ ἐξωτερικὰ χαρακτηριστικὰ ὑγροῦ παρουσιάζουν φαινόμενα διπλῆς διαθλάσεως, τὰ ὁποῖα ἐξαφανίζονται εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν. Εἰς τὰ σώματα αὐτὰ ἡ μετάβασις ἀπὸ τῆς στερεᾶς εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν γίνεται μὲ ἐνδιάμεσον φάσιν τὴν ὀπτικῶς ἀνισότροπον ὑγρὰν. Αἱ ἐνώσεις αὐταὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ μακρὰ μόρια, τὰ ὁποῖα ἀσκοῦντα πλευρικὰς ἑλξεις πρὸς ἄλληλα λαμβάνουν ὀρισμένους κανονικοὺς προσανατολισμούς, εἰς τοὺς ὁποίους ὀφείλεται ἡ ἐνδιάμεσος αὕτη φάσις. Εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν, τῆς θερμικῆς κινήσεως τῶν μορίων καθισταμένης ἐντονωτέρας, αἱ μεταξὺ αὐτῶν ἑλξεις ἐξουδετεροῦνται, τὰ μόρια λαμβάνουν τυχοῦσαν θέσιν εἰς τὸν χῶρον καὶ τὸ ὑγρὸν ἀποβαίνει ὀπτικῶς ἰσότροπον, διότι μὲ τὴν ἀραίωσιν τὰ μόρια ἔχουν περὶ αὐτὰ ἐπαρκῆ ἐλεύθερον χῶρον καὶ δὲν δεσμεύονται εἰς τὴν κίνησιν των ἀπὸ τὴν ἑλξιν γειτονικῶν μορίων (σχ. 535).



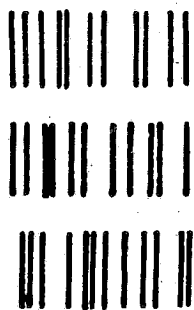
Σχ. 535

Υγρὸν ἰσότροπον ἀνευ οὐδενὸς
προσανατολισμοῦ τῶν μορίων



Σχ. 536

Νηματική κατάσταση



Σχ. 537

Σμηκτική κατάσταση

Διακρίνονται δύο καταστάσεις εἰς τὴν ὑγρὰν ἀνισότροπον φάσιν ἡ νηματική καὶ ἡ σμηκτική. Εἰς τὴν νηματικὴν τὰ μακρομόρια ἔχουν ὅλα τοὺς ἄξονάς

τῶν παραλλήλους χωρὶς καμμίαν ἄλλην κανονικότητα διατάξεως (σχ. 536). Εἰς τὴν σμηκτικὴν (σχ. 537) ὑπάρχουν διαδοχικὰ παράλληλα στρώματα χωριζόμενα ἀπ' ἀλλήλων μὲ κανονικὰς ἀποστάσεις (μονοδιάστατος περιοδικότης). Ἐντὸς τῶν στρωμάτων αὐτῶν τὰ μόρια ἔχουν ὅλους τοὺς ἄξονάς των παραλλήλους, ἀλλὰ κεῖνται εἰς τυχούσας ἀποστάσεις ἀπ' ἀλλήλων.

Ἡ νηματικὴ καὶ ἡ σμηκτικὴ κατάστασις τῆς ὕλης ἀποτελοῦν μεταβατικούς τύπους ταξινομημένης διατάξεως τῶν ὑλικῶν μονάδων ἀπὸ τῆς τελείως τυχαίας, ἣ ὁποία πραγματοποιεῖται εἰς τὰ καθ' αὐτὸ ὑγρά, εἰς τὴν μὲ τριδιάστατον περιοδικὴν ἐπανάληψιν, ἣ ὁποία χαρακτηρίζει τὰ κρυσταλλικὰ πλέγματα.

116. Σχέσεις τῶν ὀπτικῶν ιδιοτήτων πρὸς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν.

Κατὰ τὴν διέλευσιν φωτὸς διὰ μέσου ὑλικοῦ σώματος τὸ ἡλεκτρικὸν ἄνυσμα τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ κύματος προκαλεῖ πόλωσιν τοῦ ἡλεκτρονικοῦ περιβλήματος τοῦ ἀτόμου, τὸ μέτρον δὲ τῆς πολώσεως, τὴν ὁποίαν τοῦτο ὑφίσταται, παρέχεται ἀπὸ τὸν δείκτην διαθλάσεως. Εἰς τὰ κρυσταλλικὰ σώματα ἡ κανονικὴ διάταξις, τὴν ὁποίαν ἔχουν ὡς πρὸς ἄλληλα τὰ άτομα, ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ φαινομένου αὐτοῦ πολώσεως, ἡ δὲ διπλοθλαστικότης τοῦ σώματος ἐξαρτᾷται ἐκ τοῦ εἶδους τῶν ἀτόμων καὶ τῆς σχετικῆς πρὸς ἄλληλα θέσεως αὐτῶν ἐντὸς τοῦ πλέγματος καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῇ ἐκ τῆς δομῆς τοῦ σώματος. Τοιοῦτος ὑπολογισμὸς ἔγινε ὑπὸ τοῦ Hilleraas εἰς τὸν Hg_2Cl_2 καὶ ὑπὸ τοῦ Bragg διὰ τινὰ ἀνθρακικὰ ἅλατα μὲ ἀποτέλεσμα ὑπολογισμοῦ συμφωνοῦντα μὲ μεγάλῃν προσέγγισιν πρὸς τὰ πραγματικά.

Ἀξιοσημεῖωτοί τινες σχέσεις παρατηροῦνται μεταξὺ ὠρισμένων χαρακτηριστικῶν τῆς δομῆς καὶ ὀπτικῶν ιδιοτήτων τῶν σωμάτων. Εἰς τὰ στοιβαδύμορφα πλέγματα ὡς τὰ τοῦ τύπου δομῆς CdJ_2 , HgJ_2 , κ.λ.π. ὁ ὀπτικὸς χαρακτήρ εἶναι, πλὴν μιᾶς ἐξαιρέσεως ($\text{Mg}(\text{OH}_2)$), ἀρνητικός, ἥτοι ἀκτίς πολωμένη οὕτως, ὥστε τὸ ἡλεκτρικὸν αὐτῆς ἄνυσμα νὰ εἶναι παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν στοιβάδων, διαδίδεται μὲ μικροτέραν ταχύτητα. Ἐπίσης τὸ πλεῖστον τῶν πυριτικῶν ὀρυκτῶν φυλλομόρφου δομῆς (μαρμαρυγαί, χλωρίται) ἔχει ῥηπτικὸν χαρακτήρα ἀρνητικόν. Αἱ ἐξαιρέσεις ὀφείλονται εἰς τὸ πολώσιμον τῆς ὑδροξυλικῆς ομάδος.

Εἰς τὰ ἀνθρακικὰ καὶ νιτρικὰ ἅλατα ὁ ἀρνητικὸς χαρακτήρ καὶ ἡ ὑψηλὴ διπλοθλαστικότης, ἡ ὁποία χαρακτηρίζει καὶ τὰς δύο ομάδας ἀσβεστίτου καὶ ἀργωνίου, ὀφείλεται εἰς τὴν δομικὴν ομάδα NO_3 ἢ CO_3 , τῆς ὁποίας τὰ άτομα τοῦ O κατέχουν τὰς κορυφὰς ἰσοσκελοῦς τριγώνου περὶ τὸ κεντρικὸν κατ'ὸν μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ τριγώνου κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα c . Ἡ τοιαύτη ἀσυμμετρία διχτάξεως ὡς πρὸς τὰς τρεῖς διαστάσεις τοῦ χώρου (ἐπίπεδος ὁμάς) εἶναι ἡ αἰτία τῆς ὑψηλῆς διπλοθλαστικότητος. Τουναντίον ομάδες σύμμετροι τοῦ τύπου RO_4 (τετραεδρिकाί) συνοδεύονται ἀπὸ μικρὰν διπλοθλαστικότητα (θετικὰ καὶ ὑπερχλωρικά ἅλατα κ.λ.π.). Εἰς τὰ πυριτικά ἅλατα ὁ

δείκτης διαθλάσεως βαίνει μειούμενος ἀπὸ τῶν ἐνώσεων μὲ ἐλευθέρας ὁμάδας SiO_4 , καθόσον περισσότερα τετράεδρα συνδέονται μεταξύ των καὶ λαμβάνει τὴν μικροτέραν τιμὴν εἰς τὴν σύνδεσιν πρὸς τριδιάστατα συγκροτήματα (χαλαζίας, ἄστριοι, ζεόλιθοι). Τὴν μεγαλυτέραν διπλοθλαστικότητα παρουσιάζουν οἱ μαρμαρυγαί λόγω τῆς ἀνισοτροπίας τῆς φυλλομόρφου δομῆς των.

117. Ὀπτικαὶ ιδιότητες ἰσχυρῶς ἀπορροφούντων τῶ φῶς κρυστάλλων.

Μεταλλομικροσκοπία. Μέχρι τοῦδε ἐξητάσθη ἡ ὀπτικὴ συμπεριφορὰ τομῶν διαφανῶν εἰς τὸ μεγαλύτερον τμήμα τοῦ ὁρατοῦ φάσματος καὶ μόνον ἐν μέρει ἐλήφθη ὑπ' ὄψιν ἡ ἀπορρόφησης εἰς ὠρισμένας περιοχὰς αὐτοῦ προκειμένου νὰ ἐρμηνευθῇ τὸ χρῶμα τῶν ὀρυκτῶν καὶ τὸ φαινόμενον τοῦ πλεοχροΐσμου. Πολλὰ ὅμως σώματα παρουσιάζουν ἐντόνον ἀπορρόφησιν εἰς ὀλόκληρον τὴν περιοχὴν τοῦ ὁρατοῦ φάσματος, ὥστε καὶ εἰς τὸ μικρὸν ἐτι πάχος τοῦ μικροσκοπικοῦ παρασκευάσματος νὰ εἶναι διαφώτιστα ἢ τελείως ἀδιαφανῇ. Τοιαῦτα εἶναι τὰ μέταλλα, αἱ πλεῖστοι τῶν ἐνώσεων αὐτῶν μὲ S, Se, Te, As, Sb, Bi καὶ πολλὰ ἐκ τῶν ὀξειδίων των. Τῶν σωμάτων τούτων ἡ ὀπτικὴ ἐξέτασις μόνον εἰς ἀνακλῶμενον φῶς εἶναι δυνατή. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πρὸς ἐξέτασιν παρασκευάσματος διὰ προκαταρκτικῆς λειάνσεως καὶ κατόπιν ἐπιμελοῦς στλβώσεως μὲ λίαν λεπτομερῇ λειαντικὰ μέσα (ὀξειδίων χρωμίου, λεπτομερῆς κόνις Fe_2O_3 , ὀξειδίων μαγνησίου) καθίσταται κατοπτρικῶς στίλπνῃ καὶ ἐξετάζεται μὲ εὐθυγράμμως πολωμένον φῶς ἀνακλῶμενον ἐπ' αὐτῆς ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν. Οἱ ὄχι κυβικοὶ κρύσταλλοι παρουσιάζουν εἰς τοιαύτην παρατήρησιν φαινόμενα ἀνισοτροπίας, τῶν ὁποίων ὅμως ἡ ἐξάρτησις ἐκ τῆς κρυσταλλικῆς συμμετρίας εἶναι λίαν πολύπλοκος ἕνεκα τῆς ἐπιδράσεως τοῦ φαινομένου τῆς ἀπορρόφησης. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν δὲν καθίσταται δυνατὸς ὁ προσδιορισμὸς χαρακτηριστικῶν ὀπτικῶν σταθερῶν ἀναλόγων πρὸς τὰς χαρακτηριζούσας τὰ διαφανῇ ὀπτικὰ μέσα. Οὐχ ἦττον αἱ παρατηρούμεναι διαφοραὶ ιδιοτήτων, περὶ ὧν κατωτέρω γίνεται λόγος, εἶναι χαρακτηριστικαὶ διὰ τὰ διάφορα ἀδιαφανῇ ὀρυκτά, εἰς τρόπον ὥστε νὰ καθίσταται δυνατὸς διὰ μικροσκοπικῆς ἐξετάσεως ὁ προσδιορισμὸς αὐτῶν. Ἡ τοιαύτη ἐπισκοπικὴ ἐξέτασις τῶν ἀδιαφανῶν μέσων ἀνεπτύχθη κατὰ τὰς τελευταίας τέσσαρας δεκαετίας ἰδίᾳ ὑπὸ τῶν H. Schneiderhöhn καὶ P. Ramdohr εἰς ἰδίαν μέθοδον ἐρεῦνης τὴν μεταλλομικροσκοπίαν (Erzmikroskopie), ἰσότημον ἀπὸ ἀπόψεως διαγνωστικῆς πρὸς τὴν διασκοπικὴν καὶ τὴν ἀκτινογραφικὴν. Ἀξιόλογος ἀπὸ τῆς ἀπόψεως αὐτῆς ὑπῆρξεν ἡ συμβολὴ ἰδίᾳ εἰς τὴν μεθοδικὴν τῶν θεωρητικῶν ἐργασιῶν τοῦ M. Berek. Ἐνταῦθα ἐκτίθενται ὀλίγα τινὰ ἐπὶ τῶν ἀρχῶν τῆς μεθόδου.

Θεωρητικαὶ τινὲς ἐργασίαι ἐπὶ τῆς ὀπτικῆς τῶν ἀδιαφανῶν μέσων εἶχον δημοσιευθῇ περὶ τὰ τέλη τοῦ παρελθόντος αἰῶνος ὑπὸ τῶν E. Ketteler, H.A. Lorentz καὶ P. Drude. Διὰ τὰς ὀπτικὰς ιδιότητας τῶν ἀδιαφανῶν μέσων ἐκτὸς τοῦ δείκτη διαθλάσεως ἀσχεῖ σημαντικὴν ἐπίδρασιν ὁ συντελεστὴς

απορροφήσεως. Ἐάν A_0 εἶναι τὸ πλάτος τῶν κραδασμῶν τοῦ προσπίπτοντος φωτός, ὅταν διεισδύσῃ εἰς βάθος d ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, τὸ πλάτος τοῦτο μειοῦται εἰς A κατὰ τὸν τύπον.

$$A = A_0 e^{-2\pi \frac{kd}{\lambda_0}}$$

λ_0 εἶναι τὸ μῆκος κύματος εἰς τὸν ἀέρα καὶ k ὁ συντελεστὴς ἀπορροφήσεως. Ἐνίοτε ἀντὶ τοῦ k γίνεται χρῆσις τοῦ δείκτου ἀπορροφήσεως κ ἀναφερομένου εἰς μῆκος κύματος λ , ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου. Ἀντικαθιστώντες τὸ k/λ_0 διὰ τοῦ κ/λ ἔχομεν τὴν σχέσιν $k = \kappa \lambda_0/\lambda = n\kappa$ (n ὁ δείκτης διαθλάσεως).

Ἐνῆκα τῆς ἐπιδράσεως ταύτης τοῦ βάθους διεισδύσεως ἐπὶ τοῦ πλάτους τῆς κραδάνσεως δὲν ἰσχύει ἡ κατασκευὴ τοῦ σχ. 455 (σελ. 355) ἡ ἐφαρμοσθεῖσα διὰ πλαγίαν πρόσπτωσιν ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας πρὸς εὗρεσιν τοῦ μετώπου κύματος ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου. Ὁ συνυπολογισμὸς διὰ τὴν παραγωγὴν τῆς ἐπιφανείας τῶν δεικτῶν ἐκτὸς τοῦ δείκτου διαθλάσεως καὶ τῆς ἀπορροφήσεως ἄγει εἰς ἐπιφανείας, αἱ ὁποῖαι δὲν εἶναι πάντοτε ἑλλειψοειδεῖς ἀλλὰ δευτέρου βαθμοῦ ἐν γένει. Τῶν ἐπιφανειῶν τούτων τὰ ἐπιβατικά ἀνύσματα ἀπὸ τοῦ κέντρου εἶναι μιγαδικοὶ ἀριθμοὶ (n') ἀποτελούμενοι ἀπὸ πρᾶγματικὸν καὶ φανταστικὸν μέρος $n' = n - ik$. Οὕτω τὰ ὀπτικά φαινόμενα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ παρασταθοῦν ἐποπτικῶς διὰ συγκεκριμένων γεωμετρικῶν ἐπιφανειῶν, ἀλλὰ μόνον δι' ὑπολογισμοῦ δύνανται νὰ εὗρεθοῦν.

Εἰς τοὺς ρομβικοὺς μονοκλινεῖς καὶ τρικλινεῖς κρυστάλλους διακρίνονται τρεῖς τιμαὶ δεικτῶν διαθλάσεως καὶ συντελεστῶν ἀπορροφήσεως. Αἱ διευθύνσεις τῶν ἀνυσμάτων τῶν συντελεστῶν ἀπορροφήσεως δὲν συμπίπτουν γενικῶς πρὸς τὰ ἀντίστοιχα τῶν δεικτῶν διαθλάσεως. Εἰς κρυστάλλους τοῦ ἑξαγωνικοῦ, τριγωνικοῦ καὶ τετραγωνικοῦ συστήματος ἀμφότεραι αἱ ἐπιφάνειαι δεικτῶν διαθλάσεως καὶ συντελεστῶν ἀπορροφήσεως εἶναι ἑλλειψοειδῆ ἐκ περιστροφῆς μὲ τοὺς ἄξονας περιστροφῆς συμπίπτοντας. Εἰς κυβικοὺς κρυστάλλους ἀμφότεραι αἱ ἐπιφάνειαι εἶναι σφαῖραι, ἀλλὰ ὁ νόμος διαθλάσεως τοῦ Snellius ἰσχύει μόνον διὰ κάθετον πρόσπτωσιν. Θλαστικότης καὶ ἀπορρόφησις ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ὁ δείκτης διαθλάσεως n_π διὰ γωνίαν προσπτώσεως εἰς τὸν ἀέρα π συνδέεται πρὸς τὴν γωνίαν ταύτην μὲ τὸν ἐπόμενον τύπον:

$$n_\pi^2 = \frac{1}{2} n^2 + k^2 + \eta \mu_\pi^2 + \sqrt{4n^2 k^2 + (n^2 - k^2 - \eta \mu_\pi^2)^2}$$

Καλεῖται ἀνακλαστικὴ ἰκανότης R ὁ λόγος τῆς ἐντάσεως I_κ τοῦ ἀνακλωμένου φωτός ὡς πρὸς τὴν ἐντασιν τοῦ προσπίπτοντος I_π . Ἐκ τῆς τιμῆς τῆς ἀνακλαστικῆς ἰκανότητος ἐξαρτᾶται ἡ λάμψις τοῦ σώματος. Διὰ κάθετον πρόσπτωσιν τοῦ φωτός ἐπὶ κατοπτρικῆς ἐπιφανείας ἡ τιμὴ τοῦ R δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$R = \frac{I_\alpha}{I_\pi} = \frac{(n-1)^2 + n^2 k^2}{(n+1)^2 + n^2 k^2} = \frac{n^2(1+k^2) - 2n + 1}{n^2(1+k^2) + 2n + 1}$$

Προκειμένου περί διαφανῶν μέσων ἡ τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ ἀπορροφῆσεως εἶναι πολὺ μικρά, πρακτικῶς ἴση πρὸς μηδέν, καὶ ἡ ὡς ἄνω σχέσις ἀποβαίνει:

$$n = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}$$

Ἐπὶ σημαντικῆς τιμῆς τοῦ συντελεστοῦ ἀπορροφῆσεως οὗτος εἰσέρχεται ὡς οὐσιώδης παράγων εἰς τὸν καθορισμὸν τῆς τιμῆς τοῦ R, ὡς δεικνύει ὁ ἐπόμενος πίναξ:

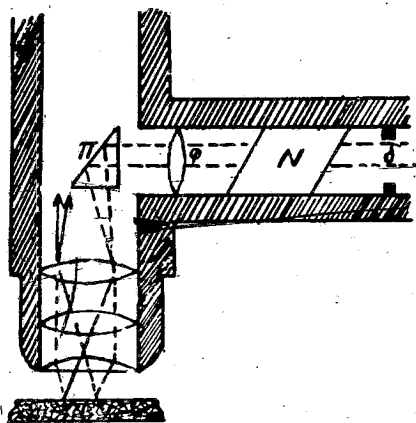
		n	k	R
Ἀντιμονίτης (κατὰ A. Cissarz)	$n_\alpha \parallel a$	3,41	0,212	26,4%
	$n_\beta \parallel b$	4,37	0,187	34,2%
	$n_\gamma \parallel c$	5,12	0,124	37,8%
Γαληνίτης	ἰσότροπος	4,3	0,40	44,6%
Λευκόχρυσος	»	2,06	4,28	80,5%
Χαλκός	»	0,641	4,09	73,0%
Χρυσός	»	0,366	7,71	85,1%
Ἄργυρος	»	0,181	20,3	97,5%

Εἰς τὸν ἀντιμονίτην μετὰ τὰς ὑψηλὰς τιμὰς δεικτῶν διαθλάσεως ἡ θλαστικότητα ἐξακολουθεῖ νὰ ἀποτελῇ τὸν οὐσιώδη παράγοντα τὸν καθορίζοντα τὴν τιμὴν τοῦ R. Εἰς τὰ μέταλλα ὁ συντελεστὴς ἀπορροφῆσεως, πολὺ μεγαλύτερος τοῦ δείκτου διαθλάσεως, εἶναι ὁ κύριος παράγων ὁ καθορίζων τὴν τιμὴν τοῦ R, ἡ τιμὴ αὕτη προσεγγίζει τὴν μονάδα ἢ δὲ λάμπει χαρακτηρίζεται ὡς μεταλλικὴ. Σώματα διαφανῆ μετὰ ὑψηλὸν δείκτην διαθλάσεως ἔχουν λάμπην ἀδαμαντοειδῆ ὡς ὁ ἀδάμας ($n = 2,417$), ὁ σφαλερίτης ($n = 2,348$). Σώματα μετὰ μικρὸν δείκτην διαθλάσεως ἔχουν λάμπην ὑαλώδη ὡς ὁ χαλαζίας ($n = 1,55$). Διάφοροι ποικιλίαι λάμψεως ὡς στεατώδης, μεταξώδης, μαργαριτωδῆς, ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ ποιοῦ τῆς ἀνακλώσεως ἐπιφανείας. Στεατώδης λάμπην παρέχουν κυρίως ἀνώμαλοι ἐπιφάνειαι θραυσμοῦ, μεταξώδη ἰνώδη συσσωματώματα. Ἐὰν τὸ σῶμα παρουσιάσῃ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν του παραλλήλως πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν αὐτοῦ ἐπιφάνειαν ἀνομογένειαν λ.χ. ἐκ σχισμοῦ ἢ παρεμβολῆς λεπτομερῶν ἐγκλεισμάτων, τὸ φῶς εἰσδύον μέχρι τῶν ἐπιφανειῶν αὐτῶν καὶ ἀνακλῶμενον συμβάλλει πρὸς τὸ ἀνακλῶμενον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας. Εἰς τὴν συμβολὴν αὐτὴν ὀφείλεται ὁ ἰριδισμός, ἥτοι τὸ φαινόμενον, καθ' ὃ τὸ ἀνακλῶμενον φῶς δεικνύει διαφόρους ἀποχρώσεις ὑπὸ διαφόρους γωνίας κλίσεως, ὅπως τὸ λαβραδόριον. Μετὰ ἀνάλογα φαινόμενα συνδέεται ἡ μαργαριτωδῆς λάμπη, ἐμφανιζομένη συνήθως ἐπὶ ἑδρῶν, παραλλήλως πρὸς τὰς ὁποίας τὸ διαφανές σῶμα δεικνύει τέλειον σχισμὸν κατὰ λεπτὰ φύλλα. Ἐνίοτε σχηματίζονται ἐξ ἐπιφανειακῆς ἀλλοιώσεως λεπτὰ στρώματα παρέχοντα ζωηρὰ χρώ-

ματα συμβολῆς (Anlauffarben), ὅμοια πρὸς τὰ χρώματα, τὰ ὁποῖα δίδει λεπτὸν στρώμα ἐλαίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος.

Σώματα μὲ ἰσχυρὰν ἐκλεκτικὴν ἀπορρόφησιν δι' ὠρισμένον χρῶμα ἔχουν λάμψιν μεταλλικὴν διὰ τὸ χρῶμα τοῦτο. Ἐπὶ παραδειγματι οἱ κρύσταλλοι τῆς φουξίνης, οἱ ὁποῖοι ἀπορροφῶν ἰσχυρῶς τὸ πράσινον χρῶμα, φαίνονται ἐρυθροὶ εἰς τὸ διερχόμενον φῶς, ἐνῶ εἰς τὸ ἐξ ἀνακλάσεως πράσινοι μὲ λάμψιν μεταλλίζουσιν. Εἰς τὰ περισσότερα μεταλλικῆς λάμψεως σώματα τὸ ἐξ ἀνακλάσεως χρῶμα ἀποκλίνει πρὸς τὸ λευκόν, εἰς αὐτὸ ὁμῶς ἡσκημένος ὀφθαλμὸς διακρίνει χαρακτηριστικὰς λεπτὰς ἀποχρώσεις. Ὑπάρχουν καὶ μεταλλικῆς λάμψεως σώματα μὲ σαφῶς ἐκπεφρασμένον χρῶμα. Κυανοῦν ἢ ὑποκύανον χρῶμα δεικνύουν ὁ κοβελίνης, ὁ χαλκοσίνης, ὁ βερζελιανίτης, ὑπέρυθρον ὁ χαλκός, ὁ ἐναργίτης, ὁ φαματινίτης, ὁ γερμανίτης, ὑποϊράσινον ὁ τετραεδρίτης, ὁ σταννίνης, κίτρινον ὁ χαλκοπυρίτης, ὁ σιδηροπυρίτης, καστάνινον ὁ βορνίτης, ὁ μαγνητοπυρίτης κ.λ.π.

Τὰ πρὸς ἐπισκοπικὴν παρατήρησιν παρασκευάσματα παρασκευάζονται διὰ προκαταρκτικῆς λειάνσεως τῆς ἐπιφανείας εἰς ἐπίπεδον καὶ κατόπιν ἐπιμελοῦς στιβώσεως, μέχρις ὅτου ἡ ἐπιφάνεια καταστῇ κατοπτρική. Ὅλα τὰ ὀρυκτὰ δὲν εἶναι ἐπιδεκτικὰ στιβώσεως, ἀλλὰ καὶ τὸ αὐτὸ σῶμα παρουσιάζει αἰσθητὰς διαφορὰς ἐξαρτωμένας ἐκ τοῦ μεγέθους τῶν κόκκων του. Ὁ βαθμὸς τῆς ἐφικτῆς στιλπνότητος ἀποτελεῖ καὶ αὐτὸς διαγνωστικὸν γνῶρισμα.



Σχ. 538
Opakilluminator

Διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ παρασκευάσματος εἰς ἀνακλόμενον φῶς ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν γίνεται χρῆσις εἰδικοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ προσαρμοζομένου εἰς τὸ πολωτικὸν μικροσκόπιον τοῦ καλουμένου «Opakilluminator» (σχ. 538). Τὸ σῶμα τοῦ φακοῦ αὐτοῦ φέρει κάθετον σωλῆνα ἐφωδιασμένον

με διάφραγμα (δ), πρίσμα Nicol (N) καὶ φακὸν (φ), διὰ τοῦ ὁποίου διαβιβάζεται φωτεινὴ δέσμη εὐθυγράμμως πολωμένου φωτός. Αὕτη προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως (π) κατευθύνεται πρὸς τὸ παρασκεύασμα. Ἐπειδὴ ὁ Opakillaminator πρέπει νὰ ἔχῃ σταθεράν θέσιν ὡς πρὸς τὴν φωτεινὴν πηγὴν, ὁ σωλὴν τοῦ μικροσκοπίου εἶναι ἀκίνητος ἢ δὲ προσαρμογὴ τοῦ παρασκευάσματος εἰς τὴν θέσιν εὐκρινείας γίνεται διὰ μετακινήσεως τῆς τραπέζης τοῦ μικροσκοπίου, ἥτις εἶναι κινητὴ κατὰ κατακόρυφον διεύθυνσιν. Συνήθως ἡ παρατήρησις γίνεται μὲ μόνον τὸν πολωτὴν. Εὐθυγράμμως πολωμένον φῶς ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν δίδει ἀνακλόμενον φῶς ἐπίσης εὐθυγράμμως πολωμένον, ἀλλὰ μὲ τὸ ἐπίπεδον πολώσεως ὑποστάν στροφὴν. Τὰ κυριώτερα παρατηρούμενα χαρακτηριστικὰ εἶναι ἡ ἀνακλαστικὴ ἱκανότης καὶ τὸ χρῶμα. Ἐφ' ἐκάστης τομῆς ὑπάρχουν δύο κάθετοι πρὸς ἀλλήλας διευθύνσεις κραδάνσεων, ἐξ ὧν ἡ μία δίδει τὴν μεγαλυτέραν καὶ ἡ ἄλλη τὴν μικροτέραν τιμὴν ἀνακλαστικῆς ἱκανότητος, ὥστε κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης τὸ σῶμα δεικνύει μεταβαλλομένην λάμψιν. Πολλάκις κατὰ τὰς δύο αὐτὰς διευθύνσεις τὰ μέγιστα ἀπορροφήσεως συμπίπτουν εἰς διαφόρους περιοχὰς μήκους κύματος, δι' ὃ παρατηροῦνται κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης διάφορα χρώματα. Τὸ σύνολον τῶν φαινομένων αὐτῶν ὀνομάζεται *πλεοχροϊσμός ἀνακλάσεως* (Reflexionspleochroismus) ἢ *διττὴ ἀνάκλασις* (Bireflexion) κατὰ Berek. Διὰ χρησιμοποίησεως καταδυτικοῦ φακοῦ καὶ ὑγρῶν καταδύσεως μὲ διαφόρους δείκτας διαθλάσεως παρατηρεῖται σημαντικὴ μεταβολὴ εἰς τὰς τιμὰς τοῦ R ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ τύπου εἰς τὸν ὁποῖον τὸ n , ὁ δείκτης διαθλάσεως ὡς πρὸς τὸν ἕρα, ἀντικαθίσταται διὰ N , τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ὑγροῦ. Οὕτω αἱ διαφοραὶ λάμψεως καὶ χρώματος κατὰ τὴν στροφὴν τῆς τραπέζης καθίστανται σαφέστεραι. Ὁ προσδιορισμὸς τῆς ἀνακλαστικῆς ἱκανότητος γίνεται κατ' ἐκτίμησιν συγκριτικῶς πρὸς ἐκείνην λευκοῦ τινος ὀρυκτοῦ ἐκ τῶν συνήθων, λ.χ. τοῦ γαληνίτου. Διὰ προσθήκης εἰδικῆς ὀπτικῆς ἐξαρτήσεως εἰς τὸ μικροσκόπιον εἶναι δυνατὴ καὶ μέτρησις τῆς ἀπολύτου τιμῆς τοῦ R .

Ἰδιαιτέρως ἔντονα φαινόμενα διττῆς ἀνακλάσεως δεικνύουν σώματα μὲ στοιβαδόμορφον πλέγμα ὡς ὁ γραφίτης, ὁ μολυβδαίνιτης, ὁ κοβελίνης κ.ἄ. Ἀναλόγως τοῦ τίς ἐκ τῶν δύο παραγόντων καθορίζει κυρίως τὴν ἀνακλαστικὴν ἱκανότητα, ἡ θλαστικότης ἢ ἡ ἀπορρόφησις, ἢ διττὴ ἀνάκλασις ἐκδηλοῦται ἔντονώτερον εἰς τὴν διαφορὰν λάμψεως ἢ χρώματος. Εἰς τὸν κοβελίνην, ὅστις εἶναι διαφώτιστος εἰς λεπτὰ σιλῆθρα ἢ δὲ ἀνακλαστικὴ ἱκανότης αὐτοῦ ($R = 19$) ὑφίεται κατὰ κύριον λόγον εἰς τὸν ἰσχυρὸν διασκεδασμὸν τῆς θλαστικότητος ($n_{\text{ερυθρ.}} = 1,0$ $n_{\text{κυαν.}} = 1,9$), παρατηροῦνται ἐν καταδύσει διάφορα χρώματα ἀναλόγως τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ὑγροῦ καταδύσεως, βαθυκύανον εἰς τὸν ἕρα, κυανοῖῶδες εἰς τὸ ὕδωρ, ἐρυθροῖῶδες εἰς κεδρέλαιον, ζωηρὸν ἐρυθρὸν εἰς μονοβρωμοναφθαλίניον, πορτοκαλέρυθρον εἰς ἰωδομεθυλένιον. Τὰ διάφορα αὐτὰ χρώματα ὑφίονται εἰς τὸ ὅτι ἐκάστοτε τὸ χρῶμα, διὰ τὸ

όποιον ο δείκτης διαθλάσεως του κοβελίνου συμπίπτει με τον δείκτην διαθλάσεως του υγρού καταδύσεως, δεν ανακλάται. Είς τον μολυβδαινίτην, είς τον όποιον την ανακλαστικήν ικανότητα καθορίζει κυρίως ο δείκτης απορροφήσεως, ή διττή ανάκλασις εκδηλούται κυρίως είς την λάμψιν.

Με Nicol έν διασταυρώσει κατά την στροφήν τής τραπέζης παρατηρούνται χρωματικά διαφοραί και είς ώρισμένας θέσεις τής τομής αποσβέσεις, αί όποϊαι όμως δεν φθάνουν είς τελείαν κατάσβεσιν. Τά φαινόμενα αυτά πολύπλοκα και δυσερμήνευτα ουδεμίαν έχοντα σχέσιν πρὸς τὰ φαινόμενα συμβολής τὰ παρατηρούμενα κατά την διασκοπικήν εξέτασιν διαφανῶν μέσων διευκολύνουν την διάκρισιν μεταξύ όπτικῶς ισотρόπων και ανισοτρόπων σωμάτων. Παραδόξως όρυκτά τινα ὡς ο κυπρίτης, ο βορνίτης σιδηροπυρίται τινές και μαγνητίται παρὰ την κυβικήν αὐτῶν συμμετρίαν δεικνύουν είς ανακλώμενον φῶς φαινόμενα ανισοτροπίας. Σώματά τινα ὄχι τελείως σκοτεινά ἀλλὰ διαφώτιστα είς λεπτά σκληθῆρα δεικνύουν ανακλάσεις προερχομένας ἐκ του ἑσωτερικοῦ των συνήθως ἐρυθροῦ ἢ καστανοῦ χρώματος, ιδιαιτέρως σαφεῖς έν καταδύσει. Συμπληρωματικῶς χρησιμοποιεῖται πολλάκις και ἡ διαβρωτική επίδρασις χημικῶν μέσων ἐπὶ τής ἐπιφανείας τῶν σωμάτων διὰ σκοποῦς διαγνωστικούς. Ἐπὶ μονομείκτων ὑλικῶν καθίστανται ὁρατά διὰ τοιαύτης ἐπιδράσεως τὰ ὅρια τῶν κόκκων, ζωνώδης δομή, κατακλαστική ὕφή και ἄλλαι λεπτομέρειαι του ἰστοῦ.

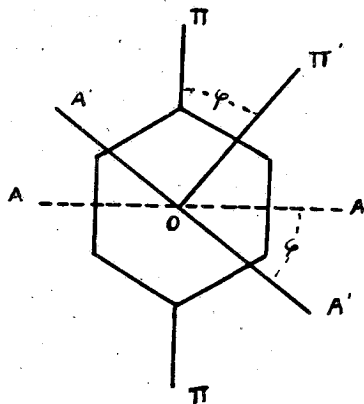
118. Στροφική πόλωσις. Ἐάν εξέτάσωμεν ὀρθοσκοπικῶς είς λευκὸν φῶς μεταξύ Nicol διεσταυρωμένων πλακιδίου χαλαζίου ἱκανοῦ πάχους (λ.χ. 1 χιλιοστομέτρου), ἐνῶ θὰ ἀνεμένομεν ἡ τομὴ ὡς ἀπλοθλαστικὴ κατὰ την διεύθυνσιν του όπτικοῦ ἄξονος νὰ παρουσιάξῃ διαρκῆ κατάσβεσιν, παρατηροῦμεν ἐγχρωμον πόλωσιν. Ἐάν ἀντὶ λευκοῦ φωτὸς κάμωμεν χρῆσιν μονοχρώμου, ἡ τομὴ θὰ ἐμφανισθῇ φωτισμένη. Είς την δευτέραν περίπτωσιν δυνάμεθα νὰ ἐπιφέρωμεν κατάσβεσιν στρέφοντες τὸν ἀναλυτὴν περὶ τὸν ἄξονά του κατὰ τινὰ γωνίαν, τής όποίας ἡ τιμὴ ἐξαρτᾶται ἐκ του πάχους του πλακιδίου και του μήκους κύματος του φωτός, με τὸ όποιον γίνεται ἡ παρατήρησις. Διὰ πάχος πλακιδίου 1 mm αἱ τιμαὶ τῶν γωνιῶν στροφῆς πρὸς ἀποκατάστασιν τής κατασβέσεως διὰ τινὰς τῶν ραβδώσεων του φάσματος εἶναι αἱ ἐξῆς:

ἐρυθρὸν	ράβδωσις	B	($\lambda = 687\text{m}\mu$)	15,75°
κίτρινον	»	D	($\lambda = 589\text{m}\mu$)	21,71°
πράσινον	»	E	($\lambda = 527\text{m}\mu$)	27,54°
κυανοῦν	»	F	($\lambda = 486\text{m}\mu$)	32,69°
	»	G	($\lambda = 431\text{m}\mu$)	42,60°
ἰώδες	»	H	($\lambda = 396\text{m}\mu$)	51,79°

Ἡ φορά καθ' ἣν γίνεται ἡ στροφή του ἀναλυτοῦ είς ἄλλας τομάς εἶναι δεξιόστροφος (κατὰ την φοράν τῶν δεικτῶν του ὥρολογίου) είς ἄλλας ἀρι-

στερόστροφος. Σπανιώτερον ἀπαντῶσι καὶ τομαὶ ὀπτικῶς ἰσότροποι.

Δεδομένου ὅτι ὁ ἀναλυτὴς κατασβεννύει κραδάνσεις καθέτους πρὸς τὸ ἐπίπεδον αὐτοῦ, συμπεραίνεται ὅτι κατὰ τὴν διέλευσίν του διὰ μέσου τοῦ πλακιδίου τὸ ἐκ τοῦ πολωτοῦ προερχόμενον εὐθυγράμμως πεπολωμένον φῶς ὑπέστη στροφὴν τοῦ ἐπίπεδου πολώσεως αὐτοῦ κατὰ γωνίαν ἴσην πρὸς ἐκείνην τῆς στροφῆς τοῦ ἀναλυτοῦ ἐκ τῆς θέσεως διασταυρώσεως. Εἰς τὸ σχ. 539 ἡ ἐκ τοῦ πολωτοῦ προερχομένη κραδάνσις ΠΠ κατὰ τὴν διέλευσιν διὰ



Σχ. 539

Στροφή τοῦ ἐπίπεδου πολώσεως

τοῦ πλακιδίου ὑπέστη στροφὴν κατὰ γωνίαν φ πρὸς τὰ δεξιὰ. Ἵνα ἐπέλθῃ κατάσβεσις, στρέφεται ὁ ἀναλυτὴς πρὸς τὰ δεξιὰ κατὰ γωνίαν φ ἐκ τῆς θέσεως AA εἰς τὴν A'A'. Κατὰ τὴν διαβίβασιν λευκοῦ φωτὸς τὰ διάφορα χρώματα στρέφουν τὸ ἐπίπεδον πολώσεώς των κατὰ τὰ ἀνωτέρω κατὰ γωνίαν διάφορον. Ὁ τοιοῦτος διασκεδασμὸς τῶν χρωμάτων καλεῖται στροφικὸς διασκεδασμὸς. Ἐάν ἔχωμεν πάχος πλακιδίου 1mm καὶ στρέψωμεν τὸν ἀναλυτὴν ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεως διασταυρώσεως κατὰ γωνίαν $15,75^\circ$, θὰ ἔλθῃ οὗτος εἰς θέσιν κάθετον πρὸς τὴν ἐρυθρὰν ράβδωσιν B, τὴν ὁποίαν καὶ θὰ κατασβέσῃ. Τὰ λοιπὰ χρώματα θὰ δώσουν χρῶμα συμπληρωματικὸν τοῦ ἀποσβεσθέντος, πράσινον. Διὰ περαιτέρω στροφῆς τοῦ ἀναλυτοῦ θὰ κατασβεσθοῦν ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος μικροτέρου μήκους κύματος κατὰ τὸν ἀνωτέρω πίνακα καὶ τὸ χρῶμα τῆς τομῆς θὰ μεταβληθῇ. Διὰ στροφὴν τοῦ ἀναλύτου κατὰ $21,71^\circ$ κατασβέννυται ἡ ράβδωσις D, ὅτε ἡ τομὴ λαμβάνει τὸ χρῶμα τῆς εὐαισθητοῦ χροιάς. Τὸ αὐτὸ χρῶμα δίδει μετὰξὺ Nicol παραλλήλων πλακιδίων χαλαζίου πάχους 3,75mm, εἰς αὐτὸ ἡ ράβδωσις D ὑφίσταται στροφὴν κατὰ 90° . Τοιοῦτον πάχος πλακιδίων καλεῖται πλακίδιον *Soleil* καὶ εὐρίσκει ἐφαρμογὰς εἰς πολωτικὰς συσκευὰς ἰδίᾳ ὡς διπλοῦν πλακίδιον ἐκ μιᾶς δεξιοστροφῆς καὶ μιᾶς ἀριστεροστροφῆς τομῆς παρατεθειμένων.

Ἡ σειρά κατὰ τὴν ὁποίαν διαδέχονται ἄλληλα τὰ χρώματα, τὰ ὅποια θὰ παρουσιάσῃ ἡ τομὴ, ὅταν ὁ ἀναλυτὴς στρέφεται κατὰ φορὰν ὁμόροπον πρὸς τὴν στροφὴν τῆς τομῆς, εἶναι ἡ σειρά τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, ἀπὸ τοῦ ἐρυθροῦ πρὸς τὸ ἰώδες.

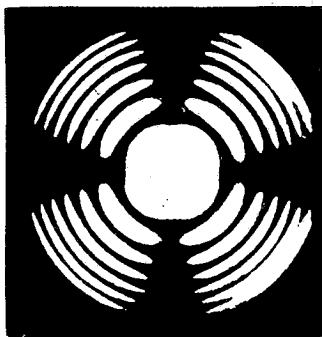
Τὰ δύο εἶδη τῶν τομῶν, δεξιοστροφὸς καὶ ἀριστεροστροφὸς, συνδέονται πρὸς τὰς δύο ἐναντιομόρφους μορφὰς τοῦ χαλαζίου. Ἡ d - μορφή δίδει πλακίδια δεξιοστροφά, ἡ I μορφή ἀριστεροστροφά. Σπανίως συμβαίνει εἰς ἀριστερόστροφον κρύσταλλον νὰ ἐμφανισθοῦν ἑδραὶ δεξιῦ τραπεζοέδρου καὶ τὰ νάπαλιν. Τὰ ἐνίοτε παρατηρούμενα ὁπτικῶς ισότροπα πλακίδια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἴσα μέρη τῆς d καὶ I μορφῆς εἰς δίδυμον σύμφυτον κατὰ τὸν τύπον τῆς Βραζιλίας (ἐπίπεδον διδυμίας (1120)).

Ἐκτὸς τοῦ χαλαζίου καὶ ἄλλα σώματα παρουσιάζουν στροφικὴν ἱκανότητα καὶ ὄχι μόνον κρυσταλλικὰ ἀλλὰ καὶ ὑγρά, ἀέρια ἢ καὶ διαλύματα. Τὰ σώματα αὐτὰ καλοῦνται ἐν γένει ὁπτικῶς ἐνεργά. Ἀπαραίτητος προϋπόθεσις διὰ νὰ ἐμφανισθῇ στροφικὴ ἱκανότης δι' οἰανδήποτε τῶν ἀνωτέρω καταστάσεων εἶναι διάταξις τῶν ὑλικῶν μονάδων ἐν τῷ χώρῳ ἐναντιόμορφος, δηλ. στερουμένη ἐπιπέδου καὶ κέντρου συμμετρίας. Προσέτι θεωρητικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι καὶ κρύσταλλοι ἀνήκοντες εἰς τὰς ὄχι ἐναντιομόρφους τάξεις m , mm , $42m$, εἶναι δυνατὸν νὰ δεικνύουν στροφικὴν ἱκανότητα. Πράγματι, παρετηρήθη τοιαύτη εἰς κρύσταλλον μὲ ἐν μόνον ἐπίπεδον συμμετρίας (m). "Ὅλα τὰ ἐν κρυσταλλικῇ καταστάσει στροφικὰ σώματα κρυσταλλοῦνται εἰς τάξεις ἐναντιομόρφους, ὅλαι αἱ ὀργανικαὶ ἐνώσεις αἱ ἐμφανίζουσιν ἐν διαλύσει, εἰς ὑγρὰν ἢ εἰς ἀέριον κατάστασιν στροφικὴν ἱκανότητα ἔχουν μόρια ἀσύμμετρα. Ἡ συνθήκη τῆς ἐναντιομορφίας εἶναι ἀναγκαία διὰ τὴν ὑπαρξιν στροφικότητος, ἀλλ' ὄχι καὶ ἱκανή. Ὑπάρχουν σώματα κρυσταλλούμενα εἰς τάξεις ἐναντιομόρφους, ὡς αἱ νιτρικαὶ ἐνώσεις τοῦ Pb τοῦ Ba καὶ τοῦ Sr (τεταρτοεδρία κυβικοῦ), εἰς τὰς ὁποίας δὲν παρετηρήθη στροφικὴ ἱκανότης. Εἰς τὰ ἀνόργανα κρυσταλλικὰ σώματα τὰ ὁπτικῶς ἐνεργὰ ἢ ἰδιότης των αὐτὴ ὀφείλεται εἰς τὴν διάταξιν τοῦ περιεχομένου τῆς κυψελίδος, ὅταν τὰ σώματα αὐτὰ διαλυθοῦν, τὸ πλέγμα των καταστρέφεται, ἡ ἀσύμμετρος ἐν τῷ χώρῳ διάταξις λείπει καὶ ἐπομένως τὸ διάλυμα δὲν εἶναι ὁπτικῶς ἐνεργόν. Εἰς τὰς ὀργανικὰς ἐνώσεις ὑπάρχει καὶ εἰς κατάστασιν ὑγρὰν καὶ εἰς ἀέριον. Οἱ κρύσταλλοι τοιούτων ἐνώσεων, ἐφ' ὅσον ἀποτελοῦνται ἐκ μορίων τῆς μιᾶς τῶν ἀντιπῶδων μορφῶν, εἶναι ἐπίσης στροφικοί.

Οἱ στροφικοὶ κρύσταλλοι τοῦ κυβικοῦ συστήματος, καθ' ὃ ἰσότροποι, παρουσιάζουν στροφικὴν ἱκανότητα τὴν αὐτὴν εἰς οἰανδήποτε τομὴν. Εἰς διπλοθλαστικούς στροφικούς κρυστάλλους τὸ φαινόμενον δύναται νὰ παρατηρηθῇ μόνον κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς ὁπτικὸν ἄξονα, δι' ἀκτῖνας ὑπὸ γωνίαν πρὸς τὸν ἄξονα αὐτὸν εἰσέρχονται τὰ φαινόμενα τῆς διπλῆς διαθλάσεως, τὰ ὅποια καὶ καλύπτουν τὸ τῆς στροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως.

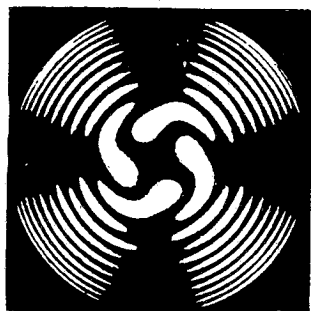
Εἰς τοὺς διάξονας κρυστάλλους ἡ ἐπίδρασις αὐτῇ τῆς διπλῆς διαθλάσεως εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα καὶ ἡ περιοχὴ περὶ τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐκδηλοῦται καθαρὰ ἡ ἐπίδρασις τῆς στροφῆς, εἶναι πολὺ περισσότερον περιωρισμένη. Εἰς τὸ τρυγικὸν ὀξύ λ.χ. διὰ νὰ μετρηθῇ ἡ στροφικὴ ἱκανότης μὲ ἀκρίβειαν λεπτῶν τῆς μοίρας πρέπει ἡ δέσμη φωτὸς νὰ εἶναι αὐστηρῶς παράλληλος μὲ προσέγγισιν $0,001^\circ$. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ παρατήρησις τοῦ φαινομένου εἰς διάξονας κρυστάλλους εἶναι δυσχερής. Ἐὰν οἱ δύο ὀπτικοὶ ἄξονες στροφικοῦ κρυστάλλου δὲν εἶναι κρυσταλλογραφικῶς ἰσότιμοι, δυνατόν ἡ στροφικὴ ἱκανότης δι' ἕκαστον αὐτῶν νὰ διαφέρῃ ὅχι μόνον κατὰ τὴν τιμὴν, ἀλλὰ καὶ κατὰ τὴν φορὰν τῆς στροφῆς. Ἡ εἰδικὴ στροφικὴ ἱκανότης εἰς τὸ καλαμοσάκχαρον (δλαξονικῆς ἡμιεδρίας τοῦ μονοκλινοῦς) εἶναι κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἐνὸς ἄξονος $+5,1^\circ$ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἑτέρου $-1,56^\circ$ (διὰ $\lambda = 589\text{m}\mu$).

Τομὴ μονάξονος στροφικοῦ κρυστάλλου ἱκανοῦ πάχους κάθετος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα δίδει κωνοσκοπικὴν εἰκόνα εἰς λευκὸν φῶς χαρακτηριστικὴν τῆς στροφικότητος. Τὰ σκέλη τοῦ σκοτεινοῦ σταυροῦ δὲν φθάνουσι μέχρι τοῦ κέντρου, ἀλλὰ διακόπτονται ἀπὸ ἐγχρωμον κύκλον καταλαμβάνοντα τὸ κεντρικὸν τμήμα τοῦ πεδίου (σχ. 540). Τὸ χρῶμα τοῦ εἶναι ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ πλακίδιον παρατηρούμενον εἰς φῶς παράλληλον. Δύο πλακίδια ὑπερκειμένα ἀλλήλων ἀντιθέτου στροφικότητος δίδουν κωνοσκοπικὴν εἰκόνα αποτελουμένην ἀπὸ 4 σπειράς (σπείραι Airy, σχ. 541). Ἡ φορὰ ἐλίξεως τῶν



Σχ. 540

Κωνοσκοπικὴ εἰκὼν μονάξονος στροφικοῦ κρυστάλλου



Σχ. 541

Σπείραι τοῦ Airy

σπειρῶν συμπίπτει πρὸς τὴν στροφικότητα τοῦ κάτω πλακιδίου, τὸ ὁποῖον πρῶτον συναντοῦν αἱ ἐκ τοῦ πολωτοῦ προσερχόμεναι ἀκτῖνες. Εἰς τομὴν κάθετον πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα διάξονος στροφικοῦ κρυστάλλου ἡ σκοτεινὴ ταινία δὲν φθάνει ἐπίσης μέχρι τοῦ κέντρου, ἀλλὰ διακόπτεται εἰς τὸν πρῶτον ἢ ἀπωτέρους ἰσοχρόμους δακτυλίους (σχ. 542).

Ἡ ἐξήγησις τῆς στροφικῆς πολώσεως ἐδόθη ὑπὸ τοῦ Fresnel. Εἰς τὸν χαλαζίαν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος συμβαίνει ιδιότυπος διπλῇ διάθλασις· ἡ εὐθύγραμμος κράδανσις ἢ προσερχομένη ἐκ τοῦ πολωτοῦ ἀναλύεται εἰς δύο κυκλικῶς πολωμένας κραδάνσεις μὲ φοράν ἀντίθετον, αἱ ὁποῖαι προχωροῦν μὲ διάφορον ταχύτητα ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου καὶ κατὰ τὴν ἑξοδὸν των ἐκ τοῦ πλακιδίου παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως, δι' ἣν, ὅταν ἀνασυντεθοῦν



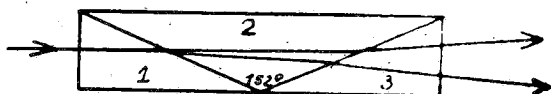
Σχ. 542

Κωνοσκοπικὴ εἰκὼν διάξονος στροφικοῦ κρυστάλλου. Τομὴ κάθετος πρὸς ὀπτικὸν ἄξονα

εἰς εὐθύγραμμον κράδανσιν, τὸ ἐπίπεδον αὐτῆς θὰ ἔχῃ στραφῇ κατὰ τὴν φοράν τῆς ταχύτερον προχωροῦσης. Ἡ διαφορὰ τῶν δύο δεικτῶν διαθλάσεως διὰ τὰς κυκλικὰς αὐτάς κραδάνσεις εἶναι πολὺ μικρὰ $n_e = 1,5442602$, $n_o = 1,5441884$. Κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα γίνεται ἀνάλυσις εἰς δύο εὐθυγράμμως πολωμένας κραδάνσεις, ὅπως συμβαίνει εἰς σώματα ὄχι στροφικά. Μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν ἄκρων θέσεων ἡ ἀκτὶς ἀναλύεται εἰς δύο ἐλλειπτικῶς πολωμένας καὶ φορᾶς ἀντιθέτου. Οἱ μεγάλοι ἄξονες τῶν ἐλλείψεων ἔχουν τὴν θέσιν, τὴν ὁποίαν ἔχουν εἰς τοὺς στροφικοὺς κρυστάλλους αἱ διευθύνσεις κραδάνσεων τῶν δύο ἐπιπέδων κυμάτων. Ὁ μικρὸς ἄξων τῶν ἐλλείψεων γίνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μικρότερος, καθ' ὅσον ἡ κλίσις τῆς ἀκτίνος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα γίνεται μεγαλυτέρα καὶ διὰ γωνίαν 90° μηδενίζεται. Τὰ παρατηρούμενα φαινόμενα ἐρμηνεύονται ὡς ἀποτέλεσμα δύο ἐπιδράσεων, τῆς συνήθους διπλῆς διαθλάσεως καὶ τῆς κυκλικῆς διπλῆς διαθλάσεως. Κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα ὑπάρχει μόνον ἡ πρώτη, κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς αὐτόν μόνον ἡ δευτέρα. Μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν ἄκρων θέσεων ἑκατέρα βαίνει μειουμένη. Δι' ἀκτῖνας μὲ κλίσιν 20° πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα εἰς τὸν χαλαζίαν ἡ κυκλικὴ διάθλασις ἔχει σχεδὸν μηδενισθῇ, αἱ ἀκτῖνες ἀπὸ τῆς γωνίας αὐτῆς καὶ πέραν εἶναι πρακτικῶς εὐθυγράμμως πολωμέναι.

Ἡ ὑπαρξὶς τῆς κυκλικῆς διπλῆς διαθλάσεως εἰς τὸν χαλαζίαν κατὰ τὴν

διεύθυνσιν τοῦ ὁπτικοῦ ἄξονος ἐδείχθη πειραματικῶς ὑπὸ τοῦ Fresnel ἀποχωρήσαντος τὰς ἀκτῖνας αὐτὰς μὲ πρίσμα κατασκευασθὲν ἀπὸ κρυστάλλου χαλαζίου ἀντιθέτου στροφικότητος κατὰ τὸ σχῆμα 543. Τὰ τμήματα 1 καὶ 3 τοῦ πρίσματος εἶναι τῆς αὐτῆς στροφικότητος, τὸ τμήμα 2 ἀντιθέτου πρὸς αὐτά. Οἱ ὁπτικοὶ ἄξονες καὶ εἰς τὰ τρία τμήματα εἶναι παράλληλοι πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πρίσματος. Τὸ φῶς εἰς τὸ τμήμα 1 ἀναλύεται εἰς δύο κυκλικῶς



Σχ. 543

Πρίσμα τοῦ Fresnel δεικνύον τὴν διπλὴν κυκλικὴν διάθλασιν

πολωμένας ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι προχωροῦν κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν μὲ διάφορον ταχύτητα. Αὗται διαθλώμεναι ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων E καὶ E' ἐκτρέπονται ἀλλήλων καὶ ἐξερχόμεναι τοῦ πρίσματος δίδουν δύο χωριστὰ εἶδωλα, τὰ ὁποῖα ἐξεταζόμενα ὁπτικῶς δεικνύουν ὅτι αἱ ἀκτῖνές των εἶναι κυκλικῶς πολωμέναι κατὰ φορὰν ἀντίθετον.

Ἄξιον μνείας εἶναι τὸ ἐξῆς πείραμα τοῦ Reusch. Διατάσσοντες ἀριθμὸν τινα πλακιδίων μαρμαρυγίου ἰσοπαχῶν τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δέ, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ὑπερκείμενον νὰ εἶναι ἐστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ὑποκείμενον κατὰ 60° καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν πάντοτε φορὰν (δεξιόστροφον ἢ ἀριστερόστροφον) λαμβάνομεν στήλην, διὰ τῆς ὁποίας διαβιβαζόμενον τὸ φῶς πολωτοῦ ἑφίσταται στροφὴν τοῦ ἐπιπέδου τοῦ ἀνάλογον πρὸς τὴν παρατηρουμένην ἀπὸ πλακιδίου χαλαζίου κάθετον πρὸς ὁπτικὸν ἄξονα. Ἡ στροφή εἶναι ἀντίθετος τῆς φορᾶς ἐλικώσεως τῶν πλακιδίων. Εἰς κωνοσκοπικὴν ἐξέτασιν παρατηροῦνται αἱ αὗται καὶ διὰ τὸν χαλαζιανὴν κωνοσκοπικαὶ εἰκόνες. Στροφή τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως παρατηρεῖται καὶ δι' ἐπιδράσεως ἐπὶ σώματος ὅχι ὁπτικῶς ἐνεργοῦ ἰσχυροῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων (φαινόμενον τοῦ Faraday).

Διὰ τὴν παρατήρησιν τῆς στροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως εἰς τὸ πολωτικὸν μικροσκόπιον δέον τὰ πλακίδια νὰ ἔχουν ἱκανὸν πάχος. Εἰς τὰ συνήθους πάχους μικροσκοπικὰ παρασκευάσματα ἡ στροφικότης τοῦ χαλαζίου δὲν εἶναι αἰσθητὴ παρὰ μόνον διὰ τοῦ διπλοῦ πλακιδίου Soleil, τὸ ὁποῖον εἰς Nicol παράλληλα δίδει τὴν εὐαίσθητον χροιάν. Ἡ παρεμβολὴ ἀσθενῶς στροφικοῦ σώματος μεταβάλλει τὸ χρῶμα κατ' ἀντίθετον φορὰν εἰς τὰ δύο πλακίδια (ἐρυθρὸν εἰς τὸ ἀντιθέτου στροφῆς, κυανοῦν εἰς τὸ ὁμορρόπου στροφῆς).

Ἀναφέρομεν κατωτέρω παραδείγματά τινα κρυστάλλων μὲ στροφικὴν ἱκανότητα.

Κυβικοῦ συστήματος. Χλωρικὸν νάτριον (NaClO_3), βρωμικὸν νάτριον

(NaBrO_3), θειοαντιμονικὸν νάτριον ($\text{Na}_3\text{SbS}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), ἀμυλαμινική στυπτηρία $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ἅπαντα κρυσταλλούμενα εἰς τὴν τεταρτοεδρίαν.

Ἐξαγωνικοῦ συστήματος. LiKSO_4 , LiRbSO_4 , τῆς τεταρτοεδρίας.

Τετραγωνικοῦ συστήματος. Θεικὸν νικέλιον ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), θεικὴ στρυχνίνη ἀριστεροστροφῆς εἰς διάλυμα καὶ κρυστάλλους.

Τριγωνικοῦ συστήματος. Χαλαζίας (SiO_2), κιναβαρίτης (HgS), τὰ ὑποθειώδη ἄλατα ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_6$, $\text{Rb}_2\text{S}_2\text{O}_6$, $\text{Cs}_2\text{S}_2\text{O}_6$, $\text{CaS}_2\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{SrS}_2\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ἅπαντα τῆς ὀλαξονικῆς ἡμιεδρίας.

Ρομβικοῦ συστήματος. Ἐψωμίτης ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), γοσλαρίτης ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), μορενοσίτης, ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), ($\text{MgCrO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), ἰωδικὸν ὀξύ (HJO_3), τὸ ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), τὸ μυρμηκικὸν στρόντιον κ.ἄ. ἅπαντα τῆς ὀλαξονικῆς ἡμιεδρίας.

Μονοκλινοῦς συστήματος. Καλαμοσάκχαρον κ.ἄ.

119. Φασματοσκοπικαὶ μέθοδοι ἐρεύνης τῶν κρυστάλλων. Ἐκτὸς τῶν ὀπτικῶν μεθόδων ἐρεύνης τῶν κρυστάλλων, αἱ ὁποῖαι περιεγράφησαν εἰς τὰς προηγουμένας παραγράφους, ἐφαρμόζονται ἀπὸ τινος συστηματικώτερον καὶ εἰδικαὶ φασματοσκοπικαὶ μέθοδοι ἐρεύνης αὐτῶν ἰδίᾳ διὰ τῶν ὑπερύθρων ἀκτίνων παρέχουσαι λεπτομερείας τινὰς περὶ τῆς δομῆς αὐτῶν μὴ ἐφικτὰς διὰ τῆς ἀκτινογραφικῆς ἐρεύνης.

Ὡς γνωστὸν ἐκάστη τῶν χαρακτηριστικῶν γραμμῶν τοῦ φάσματος τῶν ἐλευθέρων ἀτόμων ἀντιστοιχεῖ εἰς φωτόνιον ἢν, τὸ ὁποῖον ἀντιπροσωπεύει τὴν διαφορὰν $W_x - W_y$ δύο ἐνεργητικῶν καταστάσεων τοῦ ἐλευθέρου ἀτόμου η , ὡς ὀνομάζονται, δύο φασματικῶν ὅρων αὐτοῦ. Εἶναι εὐνόητον ὅτι εἰς τὸ αὐτὸ ἄτομον, ὅταν εἶναι δεσμευμένον ἐντὸς τοῦ πλέγματος, τὰ ἡλεκτρόνια τὰ ὑπεύθυνα διὰ τὸ ὀπτικὸν φάσμα αὐτοῦ εὐρισκόμενα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ κρυσταλλικοῦ πεδίου τῶν περιβαλλόντων αὐτὸ ἀτόμων ἢ ἰόντων συμπεριφέρονται κατὰ διάφορον τρόπον ἐκείνου τοῦ ἐλευθέρου ἀτόμου. Ἡ ἐπίδρασις αὐτὴ ἐκδηλοῦται εἰς τὸ φάσμα ἀπορροφῆσεως τοῦ κρυστάλλου, δι' ὃ καὶ ἡ κρυσταλλοφασματοσκοπία ἀπέβη χρήσιμον μέσον ἐρεύνης πρὸς ἐπίλυσιν εἰδικῶν προβλημάτων τῆς δομῆς τοῦ κρυστάλλου καὶ τοῦ τρόπου συνδέσεως τῶν ἀτόμων ἐντὸς αὐτοῦ.

Ἡ θεωρητικὴ μελέτη ἔδειξεν ὅτι ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ κρυσταλλικοῦ περιβάλλοντος τοῦ ἰόντος ἐπέρχεται διάσπασις καὶ μετατόπισις φασματικῶν ὅρων αὐτοῦ ἐκδηλώσιμος εἰς τὸ φάσμα μὲ ὀρισμένās ταινίας ἀπορροφῆσεως. Τοιαῦται προβλέψεις ἐβεβαιώθησαν πειραματικῶς ὑπὸ τοῦ *H. Hartmann* ἐπὶ τῶν ἰόντων Ti^{3+} , V^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Co^{3+} , Ni^{2+} εὐρισκομένων ὑπὸ συμμετρίαν συντάξεως $m\bar{3}m$, μὲ ἐμφάνισιν ὀρισμένων ταινιῶν ἀπορροφῆσεως εἰς τὸ ὁρατὸν τμήμα τοῦ φάσματος.

Ἰδιαιτέρως ἀποδοτικὴ ἀπεδείχθη ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα δι' ὑπερύθρου ἀκτινοβολίας. Ἡ περιοχὴ μηκῶν κύματος αὐτῆς εἶναι λίαν εὐρεῖα (ἀπὸ

760 mμ μέχρις 1mm), ὥστε νὰ εἶναι δυνατόν ἐντὸς αὐτῆς νὰ ὑπάρχουν κραδάνσεις, αἱ ὁποῖαι νὰ προκαλέσουν κραδασμοὺς ἐντὸς ομάδων ἀτόμων (ὡς SiO_4 , SO_4 , CO_3 κ.λ.π.) τοῦ πλέγματος ἢ περιστροφικὴν κίνησιν αὐτῶν. Τοιαύτη ἐπίδρασις εἶναι δυνατὴ μὲ ὀρίσμενας κραδάνσεις, ἐφ' ὅσον αὗται προκαλοῦν μεταβολὴν τῆς διπολικῆς ἢ ηλεκτρικῆς ροπῆς. Ἡ συχνότης τῶν δι' αὐτῶν διεγειρομένων κραδασμῶν ἢ περιστροφῆς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ροπῆς ἀδρανείας τῆς ομάδος ἀτόμων καὶ τῆς ἐντάσεως τῶν κρυσταλλοχημικῶν συνδέσεων. Συνήθως ἐρευνᾶται τὸ φάσμα ἀπορροφῆσεως μονοκρυστάλλων ἢ κρυσταλλικῆς κόνεως μὲ πολωμένην ἀκτινοβολίαν. Ὡς πηγὴ ὑπερύθρου ἀκτινοβολίας χρησιμεύουν διάπτρα στερεά, ὡς φωραται θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα, διὰ τὴν ἀνάλυσιν πρίσματα ἐξ ὕλικῶν διαφανῶν διὰ τὰς ὑπερύθρους ἀκτῖνας ὡς τὸ LiF , τὸ NaCl , τὸ KBr κ.ἄ.

Ἀξιόλογα ἀποτελέσματα ἀπέδωσεν ἡ ὑπερύθρος φασματοσκοπία εἰς τὴν μελέτην ἐνώσεων μεικτοῦ τύπου συνδέσεως, εἰς τὰς ὁποίας ἡ παρουσία ομάδων RO_3 , RO_4 (ὡς NO_3 , SiO_4 κ.λ.π.) ἐκδηλοῦται σαφῶς εἰς τὸ φάσμα, εἰς φαινόμενα ἐνυδατώσεων, εἰς τὸν ἔλεγχον ταξινομημένης ἢ ἀτάκτου διατάξεως δομικῶν συστατικῶν τοῦ πλέγματος. Οὕτω προκειμένου περὶ τῶν πλαγιόκλαστων ὡς πρὸς τὴν διανομὴν τῶν Si καὶ Al τῶν τετραεδρικῶν ομάδων AlO_4 , SiO_4 ἐβεβιῶθη ὑπὸ τῶν Laves καὶ Hafner ὅτι εἰς τὰ πλαγιόκλαστα ὑψηλῆς θερμοκρασίας ἡ διανομὴ Si , Al εἶναι ἄτακτος ἐνῶ εἰς τὰ χαμηλῆς θερμοκρασίας εἶναι ταξινομημένη. Αὐξανομένης τῆς περιεκτικότητος εἰς ἀνορθίτην ἡ στατιστικὴ κατανομὴ περιορίζεται. Ἐνδιαφέροντα πορίσματα παρέχει ἡ ὑπερύθρος φασματοσκοπία μονοκρυστάλλων ἐπὶ λεπτομερειῶν τῆς δομῆς των. Εἰς τὸ φάσμα ἀπορροφῆσεως τοῦ χαλαζίου παρετηρήθησαν ὑπὸ τῶν Brunner, Wondratschen, Laves ταινίαι ἀπορροφῆσεως περιπλέον τῶν χαρακτηριστικῶν τῆς δομῆς τοῦ ὑφειλόμενου εἰς τὴν ὑπαρξίν ἐντὸς τοῦ πλέγματος ἐλαττώματων δομῆς. Τινὲς αὐτῶν ὀφείλονται εἰς κραδασμοὺς OH ὡς διεπιστώθη διὰ μερικῆς ἀντικαταστάσεως ὕδρογόνου μὲ δευτέριον. Ἡ ἀντικατάστασις αὕτῃ προεκάλεσε μετατόπισιν τῶν ἐπὶ πλέον ταινιῶν ἀπορροφῆσεως, ἐνῶ αἱ χαρακτηριστικαὶ τοῦ χαλαζίου παρέμειναν ἀμετάβλητοι. Δι' ἄλλας ταινίας ἐδείχθη ὅτι ὀφείλονται εἰς δομικὰ ἐλαττώματα, εἰς τὰ ὁποῖα μετέχουν καὶ πρωτόνια. Τοιαῦτα ἐλαττώματα ἐπηρεάζουν αἰσθητῶς τὴν φυσικὴν καὶ φυσικοχημικὴν συμπεριφορὰν τῶν κρυστάλλων.

Δ. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ

120. Φωταύγεια, φωσφορισμός, φθορισμός. Κατὰ τὴν ἐπίδρασιν διαφόρων μορφῶν ἐνεργείας ἐπὶ τῶν κρυστάλλων, παρατηρεῖται εἰς τινὰς περιπτώσεις μετατροπὴ μέρους τῆς ἐνεργείας αὐτῆς εἰς φωτεινὴν ἀκτινοβολίαν, ἣτις καλεῖται φωταύγεια. Κρυστάλλοι τινὲς φωταυγάζουν διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας. Τεμάχια καλαμοσακχάρου συντριβόμενα ἐντὸς ἰγδίου παρουσιάζουν εἰς

σκοτεινὸν χώρον ζωηρὰν φωταύγειαν. Κατὰ τὴν κρυστάλλωσιν As_2O_3 ἀπὸ διαλύματος παρατηροῦνται φωτεινὰ φαινόμενα. Φωταύγεια παρουσιάζεται καὶ εἰς τινὰς χημικὰς ἀντιδράσεις, ὅπως κατὰ τὴν βράδειάν ὀξειδῶσιν τοῦ φωσφόρου εἰς τὸν ἀέρα, κατὰ τὴν ἐνυδάτωσιν ἐνώσεών τινων κ.λ.π. Συνηθέστεραι περιπτώσεις φωταυγείας εἶναι αἱ προκαλούμεναι δι' ἐπιδράσεως ἄλλης ἀκτινοβολίας ἰωδῶν, ὑπεριωδῶν ἀκτίνων, ἀκτίνων X ἢ καθοδικῶν. Τὸ μῆκος κύματος τῆς φωταυγείας εἶναι μεγαλύτερον τοῦ μήκους κύματος τῆς διεγερούσης αὐτὴν ἀκτινοβολίας. Ἐὰν ἡ φωταύγεια παύει, εὐθὺς ὡς διακοπῇ ἢ προκαλοῦσα αὐτὴν ἀκτινοβολία, καλεῖται φθορισμός, ἐνίοτε ὅμως διαρκεῖ ἐπὶ τινὰ χρόνον καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τῆς ἐπιδράσεως, ὅτε καλεῖται φωσφορισμός.

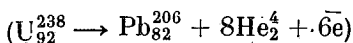
Ὅρυκτά τινὰ παρουσιάζουν ἔντονον χαρακτηριστικοῦ χρώματος φωταύγειαν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων μικροῦ μήκους κύματος τῆς περιοχῆς 2500Å. Ὁ σεελίτης (CaWO_4), φωτιζόμενος ἐν σκοτεινῷ χώρῳ μὲ τὴν ἀόρατον αὐτὴν ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν ἐκπέμπει κυανοῦν φῶς. Τῆς ιδιότητος αὐτῆς ἐγίνε συστηματικὴ χρῆσις διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τοῦ τεχνικῶς χρησίμου τούτου ὀρυκτοῦ καὶ ἀναζήτησιν κοιτασμάτων του. Χρησιμοποιεῖται πρὸς τοῦτο εἰδικὴ λυχνία ἀπὸ σωλῆνα ἐξ ὑάλου χαλαζίου περιέχοντα μεῖγμα τῶν σπανίων ἀερίων ἀργοῦ, ἡλίου καὶ νέου καὶ σταγόνα ὕδραργύρου. Δι' ἡλεκτρικῶν ἐκκενώσεων τὸ μεῖγμα τῶν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἀερίων διεγείρεται εἰς ἀκτινοβολίαν, εἰς τὴν ὁποίαν ἐπικρατεῖ ἡ τοῦ Hg εἰς $\lambda = 2540\text{\AA}$ ἀποτελοῦσα τὰ 89,8% τῆς ὅλης ἀκτινοβολουμένης ἐνεργείας. Μὲ τὴν λυχνίαν αὐτὴν δύναται νὰ γίνῃ εἰς σκοτεινὸν χώρον ταχεῖα διάγνωσις καὶ διαλογὴ τοῦ χρησίμου μεταλλεύματος ἀπὸ τοῦ ἀχρήστου συνδρόμου καὶ ἡ ἀναζήτησις τῶν μεταλλοφόρων φλεβῶν ἐντὸς τῶν ὀρυχείων τοῦ κοιτάσματος. Ὁ βιλλεμίτης (Zn_2SiO_4) διεγειρόμενος μὲ τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτὴν ἐκπέμπει ζωηρὸν πράσινον φῶς, ἀσβεστίται τινὲς ἐρυθρόν. Πλήθος ἄλλο ὀρυκτῶν ἄνευ τεχνικῆς ἀξίας παρουσιάζει ἐπίσης φωταύγειαν. Αἱ μακροτέρου μήκους κύματος ὑπεριώδεις τῆς περιοχῆς 3000Å προκαλοῦν ἐπίσης φθορισμὸν εἰς τινὰ ὀρυκτά, ἐν οἷς ἐνώσεις τοῦ οὐρανίου καὶ τὸ πετρέλαιον, δὲν ἔχουν ὅμως πρακτικὴν ἐφαρμογὴν ὡς διαγνωστικὸν μέσον. Πολλὰ σώματα φωταυγάζουν ἐντόνως ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ἀκτίνων X. Ἐκ τούτων ὁ κυανιοῦχος βαριολευκόχρυσος, ὁ σεελίτης καὶ ὁ βιλλεμίτης χρησιμεύουν διὰ τὴν κατασκευὴν φθοριζόντων πετασμάτων διὰ τὰς ἀκτινοσκοπήσεις καὶ ἀκτινογραφήσεις. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν τιθέμενα εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν φωτοπαθῆ ἐπιφάνειαν ἐνισχύουν μὲ τὴν ἐπίδρασιν τῆς διεγερομένης ἐπ' αὐτῶν φωταυγείας τὸ ἀποτέλεσμα τῆς ἀπ' εὐθείας ἐπιδράσεως τῶν ἀκτίνων X ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακός.

Ἡ φωταύγεια πολλάκις ὀφείλεται εἰς ἐλαχίστην ποσότητα ξένων προσμείξεων, τὰς ὁποίας περιέχει τὸ φωταυγάζον σῶμα. Αἱ τεχνητῶς παρασκευαζόμεναι φωσφορίζουσαι οὐσίαι ἀποτελοῦμεναι ἀπὸ θειούχους ἐνώσεις ἀλκαλικῶν γαιῶν ἢ θειοῦχον ψευδάργυρον ὀφείλουν τὰ ζωηρότατα χρώματα φωσφορισμοῦ

εις ελάχιστας ποσότητας Mn, Cu και άλλων στοιχείων, τὰ ὅποια προστίθενται κατὰ τὴν παρασκευὴν των. Χημικῶς καθαρὰ παρασκευάσματα τῶν οὐσιῶν αὐτῶν ἐλάχιστα ἢ οὐδὲν φθορίζουν. Οὕτως ἐξηγεῖται τὸ ὅτι εἰς πολλὰ ὀρυκτὰ μόνον ὠρισμένης προελεύσεως δείγματα δεικνύουν φωσφορισμὸν ἢ φθορισμὸν.

Τὰ φαινόμενα φωταυγείας ἀποδίδονται εἰς τὴν παρουσίαν ἐντὸς τοῦ πλέγματος σημείων, εἰς τὰ ὅποια ἄτομα τινα δὲν κατέχουν τὴν θέσιν, ἣ ὅποια προβλέπεται ἀπὸ τὴν ιδεωδῶς κανονικὴν ἀνάπτυξιν τοῦ πλέγματος, ἀλλὰ καταλαμβάνουν θέσιν γειτονικὴν εἰς τὰ μεταξὺ τῶν ἐν κανονικῇ διατάξει ἀτόμων καταλειπόμενα κενά. Λόγῳ τῆς ἀνωμάλου αὐτῆς θέσεως των εὐρίσκονται ὑπὸ ἰδιαζούσας συνθήκας συνδέσεως πρὸς τὰ ἐγγύτερά των ἄτομα, αἱ ὅποια καὶ δημιουργοῦν εἰδικὰς συνθήκας διεγέρσεως αὐτῶν εἰς δόνησιν με ἰδίαν συχνότητα. Οὕτως ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς διεγείρουσης αὐτὰ ἀκτινοβολίας προκαλοῦν τὸ φαινόμενον τῆς φωταυγείας.

121. Ραδιενέργεια τῶν ὀρυκτῶν. Ραδιενεργὰ στοιχεῖα εἶναι ὡς γνωστὸν στοιχεῖα μετατρέπομενα εἰς ἄλλα μικροτέρου ἀτομικοῦ βάρους ὑπὸ σύγχρονον ἐκπομπὴν ἀκτινοβολίας α, β καὶ γ. Ἡ μεταβολὴ αὕτη συντελεῖται ἐντὸς τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου καὶ συνίσταται εἰς τὴν ἐκσφενδόνησιν ἐξ αὐτοῦ πυρήνων ἡλίου (He^4_2) (τῶν ἀκτίνων α) καὶ κατὰ συνέπειαν εἰς ἐλάττωσιν τῆς μάζης του. Ἡ ἀκτινοβολία β ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρόνια. Ἡ ἀποβολὴ ἐνὸς ἡλεκτρονίου ὑπὸ τοῦ ἀτόμου συνεπάγεται αὐξήσιν τοῦ θετικοῦ φορτίου τοῦ πυρῆνος χωρὶς μεταβολὴν τῆς μάζης αὐτοῦ. Ἡ ἀκτινοβολία γ εἶναι ἀκτῖνες X λίαν μικροῦ μήκους κύματος, τῶν ὁποίων τὰ φωτόνια ἀντιπροσωπεύουν τὴν ἐνέργειαν τὴν ἀποδιδόμενην διὰ μεταπτώσεως τοῦ πυρῆνος κατὰ τὴν μεταστοιχείωσιν ἀπὸ τῆς ἀνωτέρας στάθμης ἐνεργείας του εἰς τὴν χαμηλοτέραν τοῦ νέου πυρῆνος. Τὰ κυριώτερα ραδιενεργὰ στοιχεῖα εἶναι τὸ οὐράνιον (με ἐνδιάμεσον προῖον μεταστοιχειώσεώς του τὸ ράδιον), τὸ ἀκτίνιον καὶ τὸ θόριον. Ἡ μεταστοιχειώσις συνεχίζεται καὶ εἰς τὰ προϊόντα μετατροπῆς καὶ διὰ σειρᾶς ἀτόμων ἀτομικοῦ βάρους ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μικροτέρου, ἄλλων μακροβίων καὶ ἄλλων λίαν βραχυβίου, καταλήγει εἰς ἀπολύτως εὐσταθῆ στοιχεῖα, τὰ τρία ἰσότοπα τοῦ μολύβδου. Ἡ σειρὰ τοῦ οὐρανίου δίδει ὡς τελικὸν προῖον Pb^{206}_{82} ἢ RaC , ἡ τοῦ ἀκτινίου Pb^{207}_{82} ἢ AcD καὶ ἡ τοῦ θορίου τὸν Pb^{208}_{82} ἢ ThD . Μετὰ πάροδον ἱκανῶς μακροῦ χρόνου, ὥστε νὰ ἐπέλθῃ πλήρης μεταστοιχειώσις, ἐξ ἐνὸς γραμμικοῦ οὐρανίου θὰ προέκυπτον 0,865gr Pb καὶ 0,135 grHe κατὰ τὴν ἐξίσωσιν:



Ἡ μεταστοιχειώσις εἶναι ἐντελῶς ἀνεπηρέαστος ἀπὸ τὰς ἐξωτερικὰς φυσικὰς συνθήκας. Ἐὰν N_0 εἶναι ὁ ἀρχικὸς ἀριθμὸς ἀτόμων τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου καὶ N ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐκ μεταστοιχειώσεως ἐναπολειφθέντων μετὰ

χρόνον t ή πορεία του φαινομένου παρέχεται από την σχέση

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

ένθα λ σταθερά του ραδιενεργού στοιχείου. Έκ της σχέσεως αυτής εύρίσκεται ή ήμιπερίοδος ζωής του στοιχείου T , ή ό χρόνος ό απαιτούμενος, ένα τώ μετατρεπόμενον στοιχείον περιορισθής εις τώ ήμισυ της άρχικής αυτού ποσότητος. $T = 1_{\lambda} 2/\lambda = 0,693/\lambda$. Τώ $1/\lambda$ ισούται πρós την μέσην διάρκειαν ζωής του ραδιενεργού t ήτοι πρós τόν χρόνον, εις όν τώ N θά γίνη ίσον πρós $N_0/e = 0,368N_0$.

Κατά τά άνωτέρω εις δοθεΐσαν ποσότητα ραδιενεργού στοιχείου ή σχέσις του άριθμού τών μετατραπέντων άτόμων πρós τά παραμείναντα άμετάβλητα είναι διά πᾶσαν χρονικήν στιγμήν καθωρισμένη και αντίθétως, έκ της σχέσεως αυτής είναι δυνατόν νά εύρεθής ή ηλικία ραδιενεργού σώματος έγκλεισθέντος έντός περιβάλλοντος, τώ όποιον συνεκράτησε τά προϊόντα μεταστοιχειώσεώς του, άρκεί νά μετρηθής τώ ποσόν τών προϊόντων αυτών και τώ ποσόν του άναλλοιώτου ραδιενεργού στοιχείου. Η μέθοδος αυτή έφηρμόσθη διά τόν προσδιορισμόν της ηλικίας πετρωμάτων έγκλειόντων ραδιενεργά στοιχεία U ή Th , διά προσδιορισμού του ποσού του περιεχομένου ραδιενεργού και τών ποσών του περιεχομένου He ή Pb , τά όποια προέκυψαν έκ μεταστοιχειώσεως αυτού. Διά τόν ύπολογισμόν του χρόνου χρησιμεύουν αΐ έξής σχέσεις κατά Lawson.

1) Διά μετρήσεως του όγκου του He

$$t = \frac{He}{U + 0,295 Th} \cdot 10^7 \text{ έτη}$$

He = όγκος He εις cm^3 περιχόμενος εις 100gr όρυκτου.

U = ποσόν U_{235} εις gr, 0,295 Th = ισοδύναμον εις U του περιεχομένου Th .

2) Διά μετρήσεως του Pb

$$t' = \frac{Pb}{U + 0,384 Th} \cdot 7.900 \cdot 10^6 \text{ έτη}$$

Pb , U , Th ή επί τοις % περιεκτικότης του όρυκτου εις τά στοιχεία αυτά.

Έκ τών δύο μεθόδων προτιμάται ή δευτέρα ως άκριβεστέρα, διότι μέρος του παραχθέντος ήλίου είναι δυνατόν νά διέφυγε διά του πετρώματος.

Υπό του Holmes (1946) έφηρμόσθη μία άλλη μέθοδος προσδιορισμού της ηλικίας τών πετρωμάτων στηριζόμενη εις άνάλυσιν διά φασματογράφου άτομικής μάξης της περιεκτικότητος μεταλλευμάτων μολύβδου (λ.χ. γαληνίτου) εις ισότοπα του Pb . Ό έν τη φύσει άπαντών μολύβδος είναι μείγμα τών ισωτόπων αυτού, ή δέ σχετική αναλογία, υπό την όποιαν συμμετέχουν τά ισότοπα αυτού, είναι διάφορος διά διάφορου προελεύσεως δείγματα έξαρτωμένη από την άρχικήν σύστασιν εις ισότοπα του πρωτογενούς Pb της Γ ης και την προσθήκην ισωτόπων Pb ραδιενεργού προελεύσεως. Διά συγκριτικής μελέτης

της εις ισότοπα περιεκτικότητος δειγμάτων γνωστής ηλικίας εύρέθη ή αρχική σύστασις του Pb και ή ηλικία, άφ' ής ήρχισεν ή μεταβολή αυτού διά συγκεντρώσεως ισωτόπων ραδιενεργού προελεύσεως.

Τά όρυκτά ούρανίου και θορίου, επί των όποίων είναι εφαρμόσιμος, ή μέθοδος, είναι σπανιώτατα ως συστατικά των γρανιτών άπαντώντα εις άξίας λόγου συγκεντρώσεις μόνον εις τινας πηγματίτας, των όποίων ή χρονική σχέσις πρός τά γρανιτικά πετρώματα, έξ ών προέκυψαν, δέν είναι γνωστή. Τήν μέθοδον αυτήν έπεξέτειναν και επί γρανιτών οι Larsen Krevil και Harrison (1952) χρησιμοποιήσαντες τó ζιρκόνιον, τó όποϊον άπαντάται ως έπουσιώδες συστατικόν έντός αυτών εις ποσότητα ύπολογίσιμον, μέχρι 0,02%. Τó ζιρκόνιον περιέχει έντός του πλέγματος αυτού ραδιενεργά στοιχεΐα ως ύποκαταστάτας του Zr, των όποίων ή μεταστοιχείωσις παρέχει ραδιογενή Pb. Αι ποσότητες μολύβδου αι εύρισκόμεναι κατά την ανάλυσιν ζιρκονίων είναι αποκλειστικώς ραδιογενοϋς προελεύσεως, διότι ή μεγάλη διαφορά των άκτίων των ίόντων Pb (1,21Å) και Zr (0,80Å) αποκλείει την πρωτογενή παρουσίαν Pb ως ύποκαταστάτου του Zr εις τó πλέγμα. Ούτως ó προσδιορισμός της σχέσεως των περιεχομένων % Pb και ραδιενεργών επί έπιμελοϋς εφαρμογής της μεθόδου έπιτρέπει τόν προσδιορισμόν της ηλικίας με προσέγγισιν 10%.

Επίσης έπιτυχώς έχρησιμοποιήθη ύπό του Ahrens διά γεωλογικήν χρονόμετρησιν ή έπομένη ραδιενεργός μεταστοιχείωσις



Η μέθοδος είναι εφαρμόσιμος επί όρυκτων πλουσίων εις K και Cs άπαντώντων εις πηγματίτας, του μικροκλινούς, του πολλουσίτου (Cs, Na) (AlSi₂O₆). H₂O, των λιθιούχων μαρμαρυγιών, έντός των όποίων γενικώς περιέχεται τó ραδιογενές Sr⁸⁷. Διά προσδιορισμού της σχέσεως Sr/Rb έπιτυγχάνεται προσέγγισις της αυτής τάξεως, οΐα και διά της μεθόδου του μολύβδου. Τó αυτό στοιχείον Sr⁸⁷ διά προσδιορισμού της σχέσεως των ισωτόπων Sr⁸⁷ : Sr⁸⁶ έχρησιμοποιήθη ύπό του Wickman πρός εύρεσιν της ηλικίας θαλασσίων ίζηματογενών πετρωμάτων, άσβεστολίθων, άνυδρίτου, γύψου, ηλικίας από των άρχών του Παλαιοζωϊκού. Εις τó θαλάσσιον ύδωρ τó Sr περιέχεται έν διαλύσει εις αναλογία 13mg ανά λίτρον τó Rb εις 0,2mg ανά λίτρον. Τó Sr εισέρχεται εις τά έν λόγω ίζήματα ως ύποκαταστάτης του Ca.

Μία έτι μέθοδος χρησιμοποιουμένη πρός γεωχρονολόγησιν είναι ή στηριζομένη εις την μεταστοιχείωσιν του ραδιοϊσοτόπου 40 του καλίου. Η μεταστοιχείωσις του παρέχει τó ισότοπον 40 του άσβεστίου και τó ισότοπον 40 του άργου. Η ήμιπερίοδος ζωής του K₄₀ είναι 1,3 · 10⁹ έτη... Διά της μεθόδου αυτής προσδιορίσθη ή ηλικία του άρχαιότερου κρανίου προϊστορικού ανθρώπου του εύρεθέντος έντός ήφαιστείων τόφφων εις την Ταγκανίκην. Ως ύλικόν χρονολογήσεως έχρησίμευσαν οι κρύσταλλοι καλιονατριούχων άστρίων

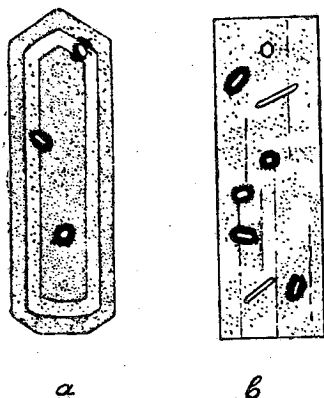
(ἀνορθοκλάστων) οἱ περιεχόμενοι εἰς τοὺς τόφφους. Οὗτοι ἐθερμάνθησαν κατ' ἀρχὰς ἐπὶ 24ωρον εἰς 310°C ὑπὸ κενὸν συνδεδεμένον μὲ ἀντλίαν, ὥστε νὰ ἀφαιρεθῇ τὸ ἀργὸν τὸ προελθὸν ἐκ τοῦ ἀέρος τῆς ἀτμοσφαίρας, ὅστις ἐνδεχομένως εἰσεχώρησεν ἐντὸς ρωγμῶν τῶν κρυστάλλων. Ἀκολούθως οἱ κρυστάλλοι ἐθερμάνθησαν εἰς 1200°C καὶ ταχέιντες ἀπέδωσαν τὸ ἐντὸς αὐτῶν ἐγκλεισμένον ραδιογενὲς ἀργόν, τὸ ὁποῖον μετοχτευθεὶν δι' ἀντλίας ἐντὸς σωλῆνος μὲ πορώδη ἄνθρακα ὑπὸ θερμοκρασίαν προσεγγίζουσιν τὸ ἀπόλυτον μηδὲν ἀπερροφήθη ὑπ' αὐτοῦ. Τὸ οὕτω συλλεγὲν ἀέριον ἐξιονισθὲν δι' ἀφαιρέσεως ἐνδὸς ἡλεκτρονίου τῶν ἀτόμων του διεβιβάσθη εἰς φασματογράφον ἀτομικῆς μάζης πρὸς μέτρησιν. Ἡ οὕτω προσδιορισθεῖσα ἡλικία τοῦ εὐρήματος ἀνέρχεται εἰς 1.750.000 ἔτη.

Ἀξία μνείας εἶναι ἡ μέθοδος τοῦ ραδιάνθρακος C^{14} , ραδιενεργοῦ βραχείας περιόδου, 5568 ± 30 ἐτῶν. Οὗτος παράγεται ἐκ τοῦ ἀζώτου τῆς ἀτμοσφαίρας δι' ἐπιδράσεως τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων καὶ ἐνούμενος μὲ O πρὸς CO_2 εἰσέρχεται εἰς κυκλοφορίαν εἰς τὸν ἔμβιον κόσμον, ἀπαντῶν ἐντὸς αὐτοῦ ὑπὸ σταθερὰν ἀναλογίαν πολὺ μικράν ὡς πρὸς τὸν C^{12} . Μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου μεταστοιχειοῦται μετὰτρεπόμενος καὶ πάλιν εἰς N^{14} καὶ ἀκτίνας β. Μέτρησις τοῦ ὑπολειφθέντος ραδιάνθρακος εἰς ὀργανικὰ λείψανα ἱστορικῆς ἢ προϊστορικῆς ἐποχῆς (ὄστᾶ, ξύλα, υφάσματα, πάπυροι) καθιστᾷ δυνατὴν τὴν χρονολόγησιν μέχρι χρονικοῦ διαστήματος 16000 περίπου ἐτῶν ἀπὸ τῆς σήμερον μὲ προσέγγισιν ± 250 ἔτη.

Βάσει τῶν ἀνωτέρω μεθόδων ἡ ἡλικία τῶν ἀρχαιοτέρων στρωμάτων τῆς Γῆς ὑπελογίσθη εἰς 2 δισεκατομμύρια ἐτῶν. Εἰς αὐτὴν δέον νὰ προστεθῇ μακρὸν χρονικὸν διάστημα, τὸ ὁποῖον ἐχρειάσθη διὰ νὰ στερεοποιηθῇ ἡ ἀρχικῶς τεττηκυῖα σφαῖρα. Οὕτως ἡ ἡλικία τῆς Γῆς ὑπολογίζεται, ἐν συμφωνίᾳ καὶ πρὸς τὰ δεδομένα τῆς μεθόδου Holmes, εἰς 3,5 - 4 δισεκατομμύρια ἐτῶν. Ἀξιοσημείωτον εἶναι ὅτι ἡ ἡλικία πολλῶν μετεωριτῶν διὰ τῆς αὐτῆς μεθόδου ὑπολογισθεῖσα ἔδωκεν ὡς ἐλάχιστον ὅριον τὴν αὐτὴν τιμὴν.

Ραδιενέργειαν δεικνύουν αἱ πολυάριθμοι ὀρυκταὶ ἐνώσεις τοῦ οὐρανίου καὶ ὁ θοριανίτης (ThO_2), ὁ θορίτης (Th_2SiO_4), ἀλλὰ πλὴν τούτων καὶ ἄλλα ὀρυκτὰ ὡς ὁ μοναζίτης ($\text{Ce, La, Di}\text{PO}_4$), τὸ ζirkόνιον κ.λ.π., τὰ ὁποῖα περιέχουν πολλάκις ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἐντὸς τοῦ πλέγματος αὐτῶν ὡς ὑποκαταστάτας τῶν κατιόντων των. Τὰ ὀρυκτὰ ταῦτα εὐρισκόμενα ὑπὸ μορφὴν μικροσκοπικῶν ἐγκλεισμάτων ἐντὸς ἄλλων ὀρυκτῶν σχηματίζουν διὰ τῶν προϊόντων μεταστοιχειώσεών των τὰς λεγομένας πλεοχροϊκὰς ἄλω. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ παρατηρεῖται συχνὰ εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς γρανιτῶν, συηγιτῶν καὶ ἄλλων πετρωμάτων ἐντὸς κρυστάλλων βιοτίτου, οἱ ὅποιοι ἐγκλείουν μικροσκοπικοὺς κόκκους ζirkονίου. Τοὺς κόκκους τούτους περιβάλλει παρακολουθοῦσα τὸ σχῆμα αὐτῶν ἄλως χρωματισμένη μὲ χρῶμα σκοτεινότερον τοῦ ἰδίου χρώματος τοῦ ὀρυκτοῦ καὶ ἐντόνως πλεοχροϊκὴ (σχ. 544). Τὸ μέγιστον

τῆς ἀπορροφήσεως παρουσιάζει διὰ θέσιν τῆς τομῆς τοῦ ὀρυκτοῦ ὡς πρὸς τὸν πολωτὴν, δι' ἣν καὶ τὸ ὀρυκτὸν ἔχει τὴν μεγαλυτέραν ἀπορρόφησιν. Ἀλλὰ καὶ εἰς ὀρυκτὰ καθ' ἑαυτὰ ἄχρσα εἰς μικροσκοπικὰς τομὰς, ὡς ὁ κορδιερίτης,



Σχ. 544

Πλεοχροϊκαὶ ἄλλω εἰς τομὰς α = τουρμαλίνου,
β = βιοτίτου περίξ ἐγκλεισμάτων ζιρκονίου

αἱ ἄλλω παρουσιάζουν σαφεῆ πλεοχροϊσμόν, ὅταν ἡ τομὴ εἶναι ὀπτικῶς ἀνισότροπος. Αἱ πλεοχροϊκαὶ ἄλλω ὀφείλονται εἰς τὰς ἀκτῖνας α, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα τοῦ ἐγκλεισματος, αἱ διάμετροι δὲ αὐτῶν καθορίζονται ἀπὸ τὴν ἀκτῖνα δράσεως τῶν ἀκτίνων αὐτῶν. Εἰς τὸν βιοτίτην διὰ τὸ οὐράνιον ἡ διάμετρος εἶναι 0,013mm, διὰ τὸ RaC 0,033 καὶ διὰ τὸ ThC 0,04mm Ἐνίοτε παρατηροῦνται περὶ ραδιενεργὸν ἐγκλεισμα περισσότεραι τῆς μιᾶς ὁμόκεντροι ἄλλω, ἀντιστοιχοῦσαι εἰς διάφορα προϊόντα μεταστοιχειώσεως μετὰ διάφορον ἀκτῖνα δράσεως. Ἡ ἔντασις τῆς χρώσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ποσοῦ τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου τοῦ περιεχομένου εἰς τὸ ἐγκλεισμα καὶ τοῦ χρόνου, καθ' ὃν τοῦτο ἐπέδρασεν, δηλ. τῆς ἡλικίας τοῦ πετρώματος. Πλεοχροϊκαὶ ἄλλω προσεκλήθησαν τεχνητῶς ὑπὸ τοῦ Mügge δι' ἐπιδράσεως RaBr₂ ἐπὶ ὀρυκτοῦ ἁλατος, κορδιερίτου, βιοτίτου, χλωρίτου καὶ ἄλλων ὀρυκτῶν. Παρατηρήθησαν εἰς τὴν φύσιν εἰς τὰ ὀρυκτὰ: κορδιερίτην, βιοτίτην, διοψίδιον, λιθιονίτην, αὐγίτην, κερροσίλβην, τουρμαλίτην, ὀττρέλιθον, γλαυκοφανῆ, χλωρίτην καὶ σταυρόλιθον. Ὀρυκτὰ περὶ τὰ ὁποῖα ὡς ἐγκλείσματα παρατηρήθησαν πλεοχροϊκαὶ ἄλλω εἶναι: τὸ ζιρκόνιον, ὁ δουμορτιερίτης (πυριτικὴ ἔνωσις βηρυλλίου καὶ ἀργιλίου), ὁ ἀλλανίτης ἢ ὀρθίτης (ἔνωσις μετὰ σπανίας γαίας τῆς ομάδος τοῦ ἐπιδότου), τὸ τοπάζιον, τὸ ρουτίλιον, ὁ κασσιτερίτης, ὁ μοναζίτης (Ce, La, Di)PO₄, τὸ ἐπίδοτον, ὁ ἀπατίτης, ὁ τιτανίτης, τὸ πλεόναστον, ὁ μαγνητοπυρίτης, ὁ ἱλμενίτης.

Ἡ ὑπαρξὺς ραδιενεργοῦ ὀρυκτοῦ εἰς τι δεῖγμα διαπιστώνεται εἴτε δι'

ηλεκτρικῶν μεθόδων (ἐκφόρτισις ηλεκτροσκοπίου, ἀπαριθμητῆς Geiger) εἶτε διὰ τῆς ἐπιδράσεως τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδιενεργοῦ σώματος ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός, μετὰ τὴν ὁποίαν ἀφίνεται εἰς ἐπαφὴν ἐντὸς σκοτεινοῦ χώρου ἐπὶ τινος ὥρας.

VI. ΑΜΟΡΦΟΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΙΣ ΤΗΣ ΓΛΗΣ

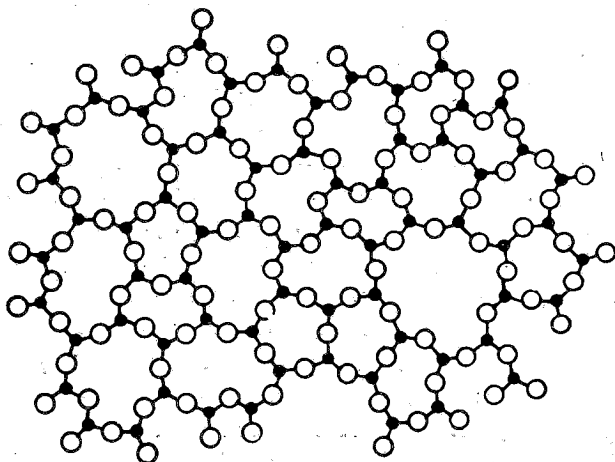
Ἡ κρυσταλλικὴ κατάστασις εἶναι ἡ καθ' αὐτὸ στερεὰ κατάστασις τῶν σωμάτων. Τὰ πλεῖστα τῶν σωμάτων, καὶ ὅταν ἀκόμη δὲν παρουσιάζουν μακροσκοπικῶς τὰ χαρακτηριστικὰ κρυστάλλου, ὑπὸ τὸ μικροσκόπιον ἐμφανίζονται ὡς συσσωμάτωμα λίαν μικρῶν κρυστάλλων εὐδιαγνώστων ἐκ τῶν μορφολογικῶν ἢ ὀπτικῶν ιδιοτήτων αὐτῶν. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ περιπτώσεις σωμάτων, τὰ ὁποῖα ἐξωτερικῶς παρουσιάζουν τὴν σταθερότητα ὄγκου καὶ σχήματος καὶ τὴν ἀντοχὴν στερεῶν σωμάτων χωρὶς ἐντὸς τῶν ὁρίων τῆς μικροσκοπικῆς ὁρατότητος νὰ παρέχουν μορφολογικὰς ἢ ὀπτικὰς ἐνδείξεις κρυσταλλικῆς συστάσεως. Τὰ σώματα αὐτὰ ἐκλήθησαν *ἀμορφα*. Διακρίνονται ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῶν συνθηκῶν γενέσεώς των εἰς *υαλώδη* καὶ *κολλοειδῆ*. Αἱ δύο αὗται κατηγορίαι διαφέρουν καὶ καθ' οὐσίαν ἀλλήλων ὡς πρὸς τὸν τρόπον συσσωματώσεως τῶν ἀποτελούντων αὐτὰ στοιχείων.

122. Ὑαλώδη σώματα. Εἶναι καθ' ἐξοχὴν σπάνια σχηματιζόμενα κυρίως διὰ ταχείας πῆξεως τήγματος. Ὡς φυσικὸν συστατικὸν τῆς λιθοσφαίρας ἡ ὑάλος ἀπαντᾷται εἰς πυριγενῆ πετρώματα προκύψαντα ἀπὸ στερεοποίησιν φυσικοῦ τήγματος πολὺ πλησίον τῆς ἐπιφανείας ἢ ἐκχυθέντος ἐπ' αὐτῆς ὑπὸ μορφήν ἡφαιστείου λάβας. Πετρώματα, τῶν ὁποίων ἡ πῆξις συνετελέσθη εἰς βάθος καὶ καθ' ἀκολουθίαν ἔγινε βραδέως, δὲν περιέχουν ὑαλον.

Τὴν ἐνδοτέραν φύσιν τῆς υαλώδους καταστάσεως, τὴν δομὴν αὐτῆς, ἀποκαλύπτει ἡ ἐξέτασις μετὰ τὰς ἀκτῖνας Χ. Τὰ υαλώδη σώματα παρέχουν διαγράμματα Debye προσόμοια πρὸς τὰ λαμβανόμενα ἀπὸ τὰ ὑγρά, συνιστάμενα εἰς 2-3 εὐρεῖς διαχύτους δακτυλίους περὶ τὴν κεντρικὴν κηλῖδα τῆς πρωτογενοῦς δέσμης, τῶν ὁποίων ἡ θέσις συμπίπτει κατὰ προσέγγισιν πρὸς τοὺς κυριωτέρους δακτυλίους τοῦ διαγράμματος, τὸ ὁποῖον παρέχει τὸ σῶμα εἰς κρυσταλλικὴν κατάστασιν. Ἡ διερεῦνσις τῆς δομῆς τῆς ὑάλου SiO_2 ἡγαγὲν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ τετράεδρα SiO_4 ὅμοια πρὸς τὰ ἀποτελοῦντα τὸ πλέγμα τῶν πυριτικῶν ἐνώσεων, συνδεδόμενα πρὸς ἀλλήλα μετὰ κοινὰ ὀξυγόνα πρὸς τριδιάστατον συγκρότημα, ἀλλ' ὅχι μετὰ τὴν κανονικότητα, ἡ ὁποία χαρακτηρίζει τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα. Τοιαύτη κανονικότης περιορίζεται κατὰ μέσον ὅρον εἰς μικρὰν μόνον περιοχὴν περὶ ἕκαστον τετράεδρον περιλαμβανούσα 4 τετράεδρα εἰς ἀπόστασιν $3,2\text{\AA}$ καὶ 12 εἰς ἀπόστασιν $5,2\text{\AA}$, ἀπώτερον ἢ διάταξις ἀποβαίνει ἀκανόνιστος (σχ. 545).

Ἦνα σχηματίσῃ μίαν ἐνωσιν εὐσταθῆ ὑαλον, πρέπει ἡ υαλώδης καὶ κρυσταλ-

λική κατάστασις αὐτῆς νὰ παρουσιάζουν μικράν διαφοράν ἐσωτερικῆς ἐνεργείας. Ἀπὸ ἀπόψεως δομῆς τὰ υαλώδη σώματα ὑπόκεινται εἰς ὀρισμένους περιορισμούς διατυπωθέντας ὑπὸ τοῦ Zachariasen. Συμφώνως πρὸς αὐτοὺς ἐκ τῶν ὀξειδίων τὰ μόνα δυνάμενα νὰ δώσουν ὑάλον εἶναι τὰ B_2O_3 , SiO_2 , GeO_2 , As_2O_3 , As_2O_5 , P_2O_3 , P_2O_5 , Sb_2O_3 , Sb_2O_5 , Va_2O_5 , Ta_2O_5 , Ch_2O_5 καὶ ἐκ τῶν φθοριδίων τὸ BeF_2 .



Σχ. 545

Σχηματική παράστασις τῆς δομῆς ὑάλου SiO_2 κατὰ Zachariasen

Ἡ μετάβασις ἀπὸ τῆς υαλώδους εἰς τὴν τετρηκυῖαν κατάστασιν δὲν γίνεται εἰς ὀρισμένον σημεῖον τήξεως, ὥς συμβαίνει εἰς τὰ κρυσταλλικά σώματα, ἀλλὰ διὰ βαθμιαίας μεταβολῆς. Ἡ μεταβολὴ ὅμως αὕτη δὲν τελεῖται κατὰ τρόπον συνεχῇ. Εἰς ὀρισμένην θερμοκρασίαν ἀρκετὰ χαμηλοτέραν τῆς περιχῆς τῆς τυπικῆς ὑγρᾶς καταστάσεως ἐπέρχεται σημαντικὴ αὐξήσις τῆς εἰδικῆς θερμότητος καὶ ἐλάττωσις τοῦ συντελεστοῦ ἐσωτερικῆς τριβῆς μετὰ ταχύτερον ρυθμὸν. Ἡ θερμοκρασία αὕτη σημειώνει σημεῖον οὐσιώδους μετατροπῆς καλούμενον σημεῖον μαλακύνσεως τῆς ὑάλου.

Ἦτος SiO_2 ὡς ὀρυκτὸν ὑπὸ τὸ ὄνομα λεσσετελιερίτης (Lechatelierit) ἀπαντᾷται εἰς τοὺς κεραυνίτας, σκωριώδους μορφῆς σώματα, τὰ ὅποια σχηματίζονται ἀπὸ τὴν τήξιν τοῦ ἐδάφους ἐκ πτώσεως κεραυνοῦ.

123. Κολλοειδῆ σώματα. Ταῦτα προέκυψαν δι' ἀποθέσεως ἀπὸ κολλοειδῆ διαλύματα. Τὸ κολλοειδὲς διάλυμα ἀποτελεῖται ἀπὸ ὁμογενὲς περιβάλλον, συνήθως ὑγρὸν, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται ὁμογενῶς κατεσπαρμένον ἐν λεπτοτάτῳ καταμερισμῷ ἄλλο σῶμα. Διαφέρει ἀπὸ τῶ συνήθου διαλύματος, διότι τὸ μέγεθος τῶν ἐν διασπορᾷ σωματίων εἶναι μεγαλύτερον τοῦ μορίου, τῆς διαμέτρου των κυμαينوμένης μεταξύ 1-500mμ. Ἔνεκα τῆς συστάσεώς του ταχύτες καί-

περ διαυγές δὲν διέρχεται διὰ πολὺ λεπτῶν ἡθμῶν, ἔχει πολὺ μικρὰν ὁσμω-
τικὴν πίεσιν καὶ εἰς ὑπερμικροσκοπικὴν ἐξέτασιν δὲν εἶναι ὀπτικῶς κενόν,
ἀλλὰ τὰ ἐν διασπορᾷ σωματίδια παρέχουν εἴδωλα ἐκ περιθλάσεως.

Ἡ ὁμίχλη καὶ ὁ καπνὸς εἶναι κολλοειδῆ συστήματα μὲ περιβάλλον δια-
σπορᾶς τὸν ἀέρα καὶ ὑλικὸν διασπορᾶς εἰς τὴν 1ην περίπτωσιν ὑγρὸν εἰς τὴν
2αν στερεόν. Τὰ μᾶλλον ἐνδιαφέροντα κολλοειδῆ συστήματα εἶναι τὰ ἔχοντα
ὡς περιβάλλον ὑγρὸν καὶ ἰδίᾳ τὸ ὕδωρ, καλούμενα ὑδρολύματα (Hydrosol)
ἢ ὀργανολύματα (Organosol), ἔταν τὸ ὑγρὸν εἶναι ὀργανικὴ ἔνωσις.

Τὴν διατήρησιν τῶν ἐν διασπορᾷ σωματίων ἐν αἰωρήσει ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ
δικαιολογοῦν αἱ λίαν μικραὶ διαστάσεις αὐτῶν. Ἡ ταχύτης καθίζησεως σφαι-
ρικοῦ σώματος ἐντὸς ὑγροῦ περιβάλλοντος κατὰ τὸν τύπον τοῦ Stokes εἶναι:

$$v = \frac{2}{9} g r^2 \frac{d-d_0}{\eta}$$

ἐνθα g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος, r ἡ ἀκτίς τῆς σφαίρας, d ἡ πυκνότης τοῦ
καθιζάνοντος σώματος, d_0 ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ καὶ η ὁ συντελεστὴς ἐσωτε-
ρικῆς τριβῆς αὐτοῦ. Διὰ τὸ ὕδωρ εἰς 20°C $\eta = 0,01$. Δι' ἀργυρῶδη οὐσίαν,
ἥς ἡ πυκνότης $d = 2,65$, ἡ ταχύτης πτώσεως $v = 35970 r^2 \text{cm/sec}$. Διὰ r
λίαν μικρὸν ἡ ταχύτης αὐτὴ ἀποβαίνει τόσον μικρά, ὥστε νὰ ἐξουδετερώνηται
ἀπὸ τὴν ἄτακτον θερμικὴν κίνησιν τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ (κίνησις τοῦ Brown)
καὶ οὕτω τὰ ἐν διασπορᾷ σωματίδια νὰ παραμένουν ἐν αἰωρήσει. Ὁ χρόνος ὁ
ἀπαιτούμενος ἵνα τὸ καθιζάνον σωματίον διανύσῃ διάστημα 10cm ὡς συνάρ-
τησις τῆς διαμέτρου του παρέχεται ἀπὸ τοὺς κάτωθι ἀριθμούς:

Διάμετρος εἰς μ	Χρόνος
10 μ	18 min 32 sec
1 μ	30 ὥραι 53 min
0,1 μ	128 ἡμέραι 17 ὥραι
0,01 μ	35 ἔτη 97 ἡμέραι

Ὁ λεπτότατος καταμερισμὸς τοῦ ἐν διασπορᾷ μέσου δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ
εἴτε μηχανικῶς διὰ κοκιοποιήσεως τοῦ σώματος εἴτε δι' ἄλλων φυσικῶν ἢ
χημικῶν μεθόδων. Κολλοειδῆ συστήματα προκύπτουν συχνὰ εἰς χημικὰς
ἀντιδράσεις μεταξὺ διαλυμάτων, κατὰ τὰς ὁποίας σχηματίζονται δυσδιάλυ-
τοι ἐνώσεις ὡς λ.χ. κατὰ τὴν ἀνταγωγὴν μετάλλων (Au), τὴν καθίζησιν ὑδρο-
ξειδίων $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ κ.λ.π. σουλφιδίων (As_2S_3) ἀλογονοδίων (AgCl)
κ.λ.π. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς σχηματίζεται ἐξαιρετικῶς μέγας ἀριθμὸς
κρυσταλλικῶν σπερμάτων μὲ ταχύτητα κρυσταλλώσεως ἀσήμαντον. Τὰ κρυ-
σταλλικὰ τῦτα σπέρματα ἐλάχιστα ἀναπτυσσόμενα ἀποτελοῦν τὸ ἐν δια-
σπορᾷ ὑλικὸν ἐντὸς τοῦ περιβάλλοντος ὑγροῦ. Σώματά τινα, ὅπως ἡ ζελατίνη,
τὸ ἀραβικὸν κόμμη, αἱ λευκοματίναι κ.ἄ. ὀργανικαὶ ἐνώσεις ὑψηλοῦ μοριακοῦ
βάρους, σουλφίδια μετάλλων τινῶν κ.ἄ. διαλυόμενα εἰς τὸ ὕδωρ σχηματίζουν

ἀπ' εὐθείας κολλοειδὲς διάλυμα. Ἡ ποσότης τοῦ ἐν διασπορᾷ περιεχομένου ὑλικοῦ εἶναι συνήθως λίαν μικρά, 0,1% ἐπὶ μετάλλων, 1-5% ἐπὶ σουλφιδίων, εἰς κολλοειδῆ ὅμως διαλύματα ὀργανικῶν ἐνώσεων ἢ περιεκτικότης φθάνει μεγάλῃς τιμᾷς.

Ὁ τρόπος συνδέσεως τῶν ἐν διασπορᾷ σωματίων πρὸς τὰ μόρια τοῦ περιβάλλοντος ὑγροῦ διακρίνει τὰ κολλοειδῆ εἰς δύο κατηγορίας τὰ *λυόφιλα* (εἰδικώτερον ὑδρόφιλα προκειμένου περὶ ὑδρολυμάτων) καὶ τὰ *λυόφοβα* ἢ ὑδρόφοβα. Εἰς τὰ ὑδρόφιλα τὰ ἐν διασπορᾷ σωματῖα δὲν εὐρίσκονται ἀπλῶς ἐν αἰωρήσει ἐντὸς τοῦ περιβάλλοντος ὑγροῦ, ἀλλ' ὑφίστανται ἐνυδάτωσιν, καθ' ὃν τρόπον καὶ τὰ ἰόντα εἰς τοὺς ἠλεκτρολύτας, περιβάλλονται δηλ. ἀπὸ φλοιδὸν ἐκ διπόλων ὕδατος προσροφουμένων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας των. Κατὰ τὴν ἐξάτμισιν τοῦ ὕδατος τὰ σωματῖα τῇ συμμετοχῇ καὶ προσροφημένων μορίων συσσωματωθῆναι εἰς πηκτωματώδη μᾶζαν, τὸ *υδρολύμα* (sol) μετατρέπεται εἰς *πήκτωμα* (gel). Διὰ περαιτέρω ἀφυδάτωσεως τὸ πήκτωμα γίνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον συνεκτικὸν καὶ τέλος ξηραίνόμενον μετατρέπεται εἰς *υαλόμορφον* μᾶζαν. Διὰ προσλήψεως ὕδατος τὰ ὑδρόφιλα πηκτώματα ἐπανέρχονται εἰς κατὰστασιν ὑδρολύματος εἶναι, ὥς λέγεται, *ἀντιστρεπτά*. Ὑδρόφιλα κολλοειδῆ δίδουν τὸ ἀραβικὸν κόμμι, ἡ ζελατίνη, τὸ ἄμορφον SiO_2 κ.λ.π. Τοῦναντίον εἰς τὰ ὑδρόφοβα τὰ σωματῖα δὲν συνδέονται μὲ δυνάμεις συναφείας πρὸς τὰ μόρια τοῦ μέσου διασπορᾶς, τὰ μόρια αὐτὰ δὲν συμμετέχουν εἰς τὸ ἔζημα, τὸ ὁποῖον ἀπομένει κατὰ τὴν ἐξάτμισιν τοῦ ὑγροῦ εἰς κατὰστασιν ὑδρολύματος. Τὰ ὑδρόφοβα κολλοειδῆ δὲν εἶναι ἀντιστρεπτά.

Προκειμένου περὶ ὑδροφύων κολλοειδῶν τὸ ἐν διασπορᾷ ὑλικὸν δύναται καὶ ἄλλως νὰ συμπυκνωθῇ καὶ κατακρημνισθῇ, διὰ προσθήκης εἰς τὸ κολλοειδὲς διάλυμα ἠλεκτρολύτου. Ἡ τοιαύτη ἐπίδρασις τοῦ ἠλεκτρολύτου ὀφείλεται εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἰόντων αὐτοῦ. Εἰς τὸ ὑδρόλυμα τὰ ἐν διασπορᾷ σωματῖα εἶναι ἠλεκτρικῶς φορτισμένα, τὸ $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$, TiO_2 , ZrO_2 μὲ φορτίον θετικόν, τὰ μέταλλα, σουλφίδια, SiO_2 , SnO_2 μὲ φορτίον ἀρνητικόν. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν σωματίων προκαλεῖ τὴν ἀμωβίαν αὐτῶν ἄπωσιν καὶ ἐμποδίζει τὴν συσσωμάτωσιν των. Διὰ τῆς προσθήκης ἠλεκτρολύτου τὰ σωματῖα προσροφῶν τὰ ἑτερωνύμως πρὸς τὸ ἴδιον φορτίον ἠλεκτρισμένα ἰόντα, τὸ φορτίον των ἐξουδετεροῦται οὕτω καὶ ἐπέρχεται *θρόμβωσις* καὶ κατακρήμνισις τοῦ ἐν διασπορᾷ ὑλικοῦ. Ἡ θρόμβωτικὴ ἐπίδρασις τῶν ἠλεκτρολυτῶν αὐξάνεται ταχέως αὐξανόμενου τοῦ σθένους τῶν ἰόντων. Ἐπὶ παραπλησίων καὶ ἰσοσθενῶν ἰόντων τὰ ἰσχυρότερον ἐνυδατωμένα θρόμβωσιν ἀσθενέστερον. Προκειμένου περὶ ὑδροφύων ὑδροδιαλυμάτων, ἵνα ἐπέλθῃ θρόμβωσις πρέπει νὰ προηγηθῇ ἀφυδάτωσις τῶν σωματίων. Ἡ ἀναγκαιούσα συγκέντρωσις τοῦ ἠλεκτρολύτου εἶναι σημαντικῶς μεγαλύτερα τῆς ἀπαιτουμένης διὰ τὰ ὑδρόφοβα.

Ἀνάλογον ἀποτέλεσμα πρὸς τὸ τῶν ἠλεκτρολυτῶν δύναται νὰ ἐπιφέρῃ

φορτία τοῦ αὐτοῦ σημείου πρὸς τὰ ἐμφανιζόμενα μὲ ἑλξιν κατὰ τὸν x . Ἐλξιν κατὰ τὸν y ἀντιστοιχεῖ εἰς πίεσιν κατὰ τὸν x .

3) Πίεσις ἢ ἑλξιν κατὰ τὸν Λ^3 δὲν παράγει ἡλεκτρισμόν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν (1) τὸ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἀναπτυσσόμενον φορτίον εἶναι ἀνάλογον τῆς πιέσεως καὶ ἀνεξάρτητον τῶν διαστάσεων τοῦ πλακιδίου

$$q = -d_{11}P$$

ὅπου q ἡλεκτρικὸν φορτίον, P πίεσις, d_{11} μέτρον τοῦ διὰ πιέσεως ἡλεκτρισμοῦ (εἰς τὸν χαλαζίαν $d_{11} = -6,36 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^{1/2} \text{ g}^{-1/2}$). Διὰ τὴν παρατήρησιν καὶ τὰς μετρήσεις αἱ ἐπιφάνειαι yz τοῦ πλακιδίου καλύπτονται μὲ δύο μεταλλικὰ ἐλάσματα ἢ πλακίδια μὲ στενὴν πρὸς αὐτὰς ἐπαφήν, τὰ ὅποια χρησιμεύουν ὡς ἡλεκτρόδια καὶ συνδέονται μὲ ἡλεκτρόμετρον. Διὰ συνολικὴν χωρητικότητα ἡλεκτρομέτρου καὶ πλακιδίου $C = 10$ καὶ πίεσιν $P = 1 \text{ kg/cm}^2$ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ διὰ πλακίδιον χαλαζίου εἶναι 1,9 volts, διὰ πλακίδια τουρμαλίνου 1,65 volts. Εἰς τὸ ἄλλας Seignette τὸ φαινόμενον εἶναι περίπου χιλιάκις ἐντονώτερον παρ' ὅ,τι εἰς τὸν χαλαζίαν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν (2) τὸ ποσὸν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ πάχους D τοῦ πλακιδίου:

$$q = d_{11}P/d$$

Τὸ φαινόμενον εἶναι ἀντιστρεπτόν. Ἐὰν τὰ δύο ἡλεκτρόδια φορτισθοῦν μὲ ἴσα καὶ ἀντίθετα ποσὰ ἡλεκτρισμοῦ q τὸ κρυσταλλικὸν πλακίδιον ὑφίσταται συστολὴν ἢ διαστολὴν κατὰ τοὺς ἄξονας x καὶ y ἀντίστοιχον πρὸς ἐκείνην, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ πίεσις ἢ ἑλξιν κατὰ τοὺς ἄξονας τούτους, δι' ἧς παράγεται ἴσου ποσοῦ φορτίον. Ἐὰν τὰ δύο ἡλεκτρόδια συνδεθοῦν πρὸς πηγὴν ἐναλλασσομένης τάσεως μὲ ὑψηλὴν συχνότητα, ὁ κρύσταλλος τίθεται εἰς κραδασματικὴν κίνησιν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν ἄξόνων x καὶ y . Ὅταν ἡ συχνότης τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως συντονισθῇ πρὸς τὴν ἰδιοσυχνότητα ἐλαστικότητος τοῦ πλακιδίου, ἥτις ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν διαστάσεων τῆς πυκνότητος καὶ τῶν συντελεστῶν ἐλαστικότητος αὐτοῦ, τὸ πλακίδιον ἐκτελεῖ ἐντόνους κραδάνσεις καὶ καθίσταται πηγὴ ὑπερήχων.

Τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα φαινόμενα ἐξηγοῦνται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς δομῆς τοῦ χαλαζίου. Εἰς τὸ πλέγμα τοῦ ἑκαστον κατιὸν Si^{4+} περιβάλλεται ἀπὸ 4 ἀνιόντα O^{2-} κατέχοντα τὰς κορυφὰς κανονικοῦ τετραέδρου. Ἐκαστον τετραέδρον SiO_4 ἔχει ἐκάστην κορυφὴν αὐτοῦ κοινὴν μὲ 4 διάφορα τετραέδρα SiO_4 , ἥτοι ἑκαστον ὀξυγόνον ἀποτελεῖ κορυφὴν κοινὴν δύο τετραέδρων. Τὸ σχ. 443 δεικνύει τὴν διάταξιν τῶν ἰόντων Si καὶ O ἐντὸς τῆς κυψελίδος περὶ τὸν Λ^3 κατὰ προβολὴν ἐπὶ (0001). Τὰ ἄτομα Si εἰς ὕψος $0, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}$ διατάσσονται ἐλικοειδῶς περὶ τὸν ἄξονα Λ^3 , ὅστις εἰς τὸ σχῆμα εἶναι ἄξων ἀριστεροστροφῶν ἐλικοώσεως, συνδεόμενα πρὸς ἀλλήλα μὲ κοινὰ O . Τὸ σχῆμα 444 παριστᾷ ἀπλοποιημένην τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 443, τὰ δύο ἄτομα ὀξυγόνου τὰ

ὀρυκτὰ προέκυψαν ἐκ κρυσταλλώσεως ὕλικου ἀρχικῶς ἀποτεθέντος διὰ καθιζήσεως ἀπὸ κολλοειδὲς διάλυμα ὑπὸ κατάστασιν ἄμορφον ἢ κρυπτοκρυσταλλικὴν. Τοιαύτης προελεύσεως ὀρυκτὰ συνήθως ἐμφανίζονται εἰς ἰνώδη ἀκτινωτὰ μικροκρυσταλλικὰ συσσωματώματα περατούμενα ἐξωτερικῶς εἰς βοτρυοειδεῖς ἢ σφαιροειδεῖς ἐπιφανείας ὡς οἱ ὑαλοκέφαλοι τοῦ λειμωνίτου καὶ τοῦ ψιλομέλανος, ὁ χαλκηδόνιος (στιφρὸν συσσωμάτωμα ἰνωδῶν κρυσταλλίων χαλαζίου) κ.ἄ. Ἀλλὰ παρουσιάζονται ὑπὸ μορφὴν κοκκώδη, γεφρὰν ἢ στιφρὰν ἀνεὺ οὐδεμιᾶς κανονικότητος τοῦ ἐπιφανειακοῦ σχήματος. Ἐκ τῶν συχνοτέρων ὕλικῶν κολλοειδοῦς προελεύσεως εἶναι ὁ βοξίτης καὶ ὁ λατερίτης μείγματα ὑδροξειδίων ἀργιλίου, ὁ λειμωνίτης, ὁ ψιλομέλας, ἡ χρυσόκολλα, αἱ νικελιοῦχοι πυριτικαὶ ἐνώσεις ὁ γαρνιερίτης καὶ ραιτισίτης, τὸ σήπιον, ὁ χαλκηδόνιος, ὁ ἀχάτης, ὁ ὑπάλιος κ.ἄ. Ὁ ἡσεμανίτης $\text{Mo}_3\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O}$, κυανομέλαινα γεώδης οὐσία, εἶναι τὸ μόνον γνωστὸν ἀντιστρεπτὸν κολλοειδὲς ὀρυκτόν.

Τὰ κολλοειδῆ ὀρυκτὰ περιορίζονται εἰς τὰ ἀνώτατα στρώματα τῆς λιθοσφαίρας ὡς προϊόντα τῆς ἀποσκληρωτικῆς ἐνεργείας τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ὕδατος ἐπὶ τῶν ὀρυκτῶν τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ.

124. Μεταμεικτικὴ κατάστασις. Ὅρυκτὰ τινα, ἀρχικῶς εἰς κρυσταλλικὴν κατάστασιν σχηματισθέντα, μετὰ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου ἀπέβησαν ἄμορφα ἐξ ὁλοκλήρου ἢ καὶ μερικῶς, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν μεταβολὴν τῆς χημικῆς αὐτῶν συστάσεως, διατηρήσαντα τὸ ἐξωτερικὸν αὐτῶν κρυσταλλικὸν σχῆμα. Τοιαῦτα εἶναι τὸ ζirkόνιον, ὁ γαδολινίτης, ὁ θορίτης, ὁ εὐξενίτης, ὁ φεργουσσινίτης κ.ἄ. Ὑπὸ τὸ μικροσκόπιον ἐμφανίζονται ὀπτικῶς ἰσότροπα εἰς ἐξέτασιν δὲ μετὰς ἀκτίνος X δὲν παρέχουν διάγραμμα περιθλάσεως. Τὴν τοιαύτην ἐκ μετατροπῆς ἀπὸ κρυσταλλικὴν εἰς ἄμορφον κατάστασιν ὠνόμασεν ὁ Brögger μεταμεικτικὴν. Τὰ μεταμεικτικὰ σώματα δὲν παρουσιάζουν σχισμὸν ἀλλὰ κογχώδη θραυσμὸν. Διὰ θερμάνσεως ἀναλαμβάνουν τὴν κρυσταλλικὴν κατάστασιν παρέχοντα διπλοθλαστικότητα καὶ τέλεια διαγράμματα κρυσταλλικῆς κόνεως ἢ καὶ μονοκρυστάλλου μετὰ μικρὰν ἀπόκλινσιν τῶν συνιστῶντων αὐτὸν κρυσταλλικῶν τμημάτων ἀπὸ τὴν ἰδεωδῶς παράλληλον θέσιν. Μεταμεικτικὰ τινα σώματα, ὡς ὁ γαδολινίτης, μετρίως θερμαζόμενα παρουσιάζουν αἰφνιδίως κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς μετατροπῆς διαπύρωσιν καθ' ὅλην αὐτῶν τὴν μᾶζαν ὀφειλομένην εἰς ἐκλυομένην θερμότητα κατὰ τὴν μετάβασιν ἀπὸ τῆς ἀμόρφου μεταμεικτικῆς εἰς τὴν κρυσταλλικὴν κατάστασιν. Ἡ κρυστάλλωσις συνοδεύεται ἀπὸ αὐξήσιν τῆς πυκνότητος.

Τὰ γνωστὰ μεταμεικτικὰ σώματα εἶναι ἐνώσεις σπανίων γαιῶν περιέχουσαι μικρὰν ποσότητα οὐρανίου καὶ θορίου, εἰς τὴν ἐπίδρασιν δὲ τῆς ἀκτινοβολίας α τῶν ραδιενεργῶν τούτων στοιχείων ἀποδίδεται καὶ ἡ μεταμεικτικὴ μετατροπὴ. Κατὰ τὸν Brögger ἡ ἀστάθεια τοῦ κρυσταλλικοῦ πλέγματος ὀφείλεται εἰς πολὺπλοκον δομὴν αὐτοῦ. Προκειμένου περὶ τῆς μεταμείξεως τοῦ ζirkονίου ὁ Machatschki ἀποδίδει τὴν προκαλοῦσαν αὐτὴν ἀστάθειαν

τοῦ πλέγματος εἰς τὴν ὀκταπλῆν σύνδεσιν τοῦ ἰόντος Zr ἐντὸς τοῦ πλέγματος τούτου. Ἡ ἀκτίς τοῦ Zr^{4+} εὐρίσκεται εἰς τὰ ὄρια ἀριθμοῦ συντάξεως 6 καὶ 8, πολλοὶ τῶν ἐνώσεών του ἔχουν τὸ Zr μὲ βαθμὸν συντάξεως 6.

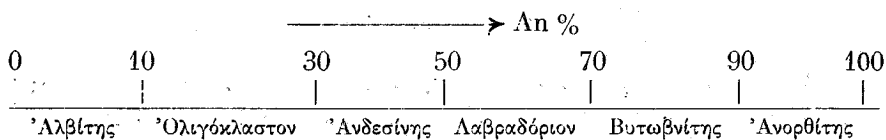
Κατὰ τὴν κρυστάλλωσιν μεταμεικτικοῦ σώματος διὰ θερμάνσεως δυνατὸν νὰ σχηματισθοῦν εἰς διαφόρους θερμοκρασίας διάφοροι κρυσταλλικαὶ φάσεις. Οὕτω τελείως ἄμορφος μεταμεικτικὸς θορίτης θερμανθεὶς εἰς 710° δίδει διάγραμμα ThO_2 μετὰ ἀμόρφου προσμείξεως, εἰς 935° ThO_2 καὶ πλεονάζοντα τετραγωνικὸν θορίτην, εἰς 1400° σχεδὸν ἐξ ὁλοκλήρου μονοκλινῆ θορίτην.

VII. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΟΡΙΚΤΩΝ

125. Ἡ ἔννοια τοῦ εἶδους εἰς τὰ ὄρυκτά. Ἐν ἐκ τῶν κυριωτέρων θεμάτων τῆς ἐρευνῆς τῶν ὄρυκτῶν καὶ ἰδιαιτέρας σημασίας ἐν τῇ πράξει εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τοῦ ὄρυκτοῦ εἶδους, εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάγεται ἐν ὑπὸ ἐξέτασιν δείγμα.

Ἐκαστον ὄρυκτὸν εἶδος ὀρίζεται ἀπὸ ὀρισμένην χημικὴν σύστασιν, ἀποδιδομένην διὰ τοῦ χημικοῦ αὐτοῦ τύπου, καὶ ὀρισμένον τύπον δομῆς, ὅστις ἐκδηλοῦται μακροσκοπικῶς εἰς τὴν συμμετρίαν τοῦ κρυσταλλικοῦ σχήματος τοῦ σώματος. Τὰ ἑτερόμορφα σώματα, τὰ ὁποῖα παρὰ τὴν αὐτὴν ἑκατοστιαίαν χημικὴν σύστασιν ἔχουν διάφορον δομὴν, ἀποτελοῦν ἰδιαιτέρα εἶδη (FeS_2 : κυβικῆς συμμετρίας = σιδηροπυρίτης, ρομβικῆς συμμετρίας = μαρκασίτης, $CaCO_3$: τριγωνικῆς συμμετρίας = ἀσβεστίτης, ρομβικῆς = ἀραγωνίτης). Διάφορα δείγματα ἑνὸς ὀρισμένου ὄρυκτοῦ εἶδους, ὡς ἀνωτέρω ὀρίσθη, παρουσιάζουν πολλάκις διαφορὰς εἰς ἐπουσιώδεις χαρακτῆρας, ὡς τὴν μορφήν, τὸν τρόπον συσσωματώσεως, τὸ χρῶμα κ.λ.π., αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἐντύπωσιν εἰς τὴν πρόχειρον παρατήρησιν. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ἔγινε χρῆσις ἰδίου ὀνόματος διὰ τὰ τοιαῦτα δείγματα, τὸ ὁποῖον δὲν χαρακτηρίζει ἴδιον ὄρυκτὸν εἶδος, ἀλλὰ ποικιλίαν ἢ παραλλαγίην. Οὕτω τοῦ εἶδους χαλαζίας, τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει ὁ χημικὸς τύπος SiO_2 καὶ κρύσταλλοι τῆς ἑξαγωνικῆς ἡμιεδρίας τοῦ τριγωνικοῦ συστήματος μὲ σχέσιν παραμέτρων $a:b:c = 1:1,09997$, ἡ ἔχρους διαγῆς ποικιλία ἐκλήθη ὀρεῖα κρύσταλλος, ἡ ἰώδους χρώματος ἀμύθιστος, ἡ μέλανος χρώματος καπνίας, σφιγρὰ παραλλαγὴ ἀποτελουμένη ἀπὸ μικροσκοπικοῦς ἰνώδεις κρυστάλλους χαλκηδόνης κ.λ.π. Τὸ σανίδινον καὶ ὁ ἄδουλαῖος (σελ. 291) ἀποτελοῦν ποικιλίας ὀρθοκλάστου μὲ διαφορὰν ὡς πρὸς τὴν ἔξιν καὶ περιβολήν. Προκειμένου περὶ μεικτῶν κρυστάλλων διὰ περιεκτικότητα εἰς ἐν τῶν ἰσομόρφων συστατικῶν μεγαλύτεραν ἐλαχίστου τινὸς ὀρίου, ὀρισμένου κατὰ τὰς περιπτώσεις, γίνεται συνήθως χρῆσις ἰδίου ὀνόματος δι' ὁλόκληρον τὴν περιβολὴν μείξεως, θεωρουμένην ὡς ἀποτελοῦσαν ἴδιον εἶδος. Εἰς πολλὰς ὅμως περιπτώσεις ἰσομόρφου παραμείξεως περιοχῇ μὲ

διάφορον περιεκτικότητα εἰς ἓν τῶν συστατικῶν δὲν εἶναι ἀπὸ ἀπόψεως ὀρυκτογενετικῆς ἰσοδύναμοι, ἀλλ' ἀπαντοῦν ἐν τῇ φύσει χωριστά, ὑπὸ διαφόρους συνθήκας παραγενέσεως. Τυπικὸν παράδειγμα τοιαύτης περιπτώσεως ἔχομεν εἰς τὰ πλαγιόκλαστα, ἰσομόρφους παραμείξεις ἀλβίτου καὶ ἀνορθίτου. Τὰ πλουσιώτερα εἰς ἀλβίτην μέλη ἀπαντῶνται εἰς ὄξινα μάγματα, τὰ πλουσιώτερα εἰς ἀνορθίτην εἰς βασικά. Ὁ φυσικὸς αὐτὸς χωρισμὸς τῶν κρυστάλλων ἐπέβαλε τὴν χρῆσιν ἰδίων ὀνομάτων διὰ διαφόρους περιοχὰς περιεκτικότητος εἰς ἀλβίτην. Ἡ ὅλη περιοχὴ μείξεως περιλαμβάνει μαζὶ μὲ τὰ δύο καθαρὰ μέλη ἀλβίτην καὶ ἀνορθίτην ἐξ ἓν ὅλῳ ἴδια ὀνόματα κατὰ τὸ κατωτέρω διάγραμμα:



Τὰ ὅρια αὐτὰ ὠρίσθησαν ὑπὸ τῆς ἀμερικανικῆς σχολῆς πετρογράφων, εἰς κανονικὰ διαστήματα μὲ σχέσεις ἀπλᾶς, εἰς ἀντικατάστασιν τῶν προηγουμένων ἐν χρήσει, τὰ ὁποῖα ἀπεῖχον κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον τῶν ἀπλῶν αὐτῶν σχέσεων.

Κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἢ ταύτις ἐνὸς ὑπὸ ἐξέτασιν δείγματος, ὄρυκτοῦ πρὸς ἓν τῶν γνωστῶν ὄρυκτῶν εἰδῶν θὰ ἀπήτει προσδιορισμὸν τῶν κρυσταλλογραφικῶν αὐτοῦ σταθερῶν καὶ τῆς ἑκατοστιαίας χημικῆς αὐτοῦ συστάσεως. Μιᾶς τοιαύτης ἀκριβοῦς ἐργαστηριακῆς ἐρεύνης ἐκτάκτως παρίσταται ἀνάγκη νὰ γίνῃ χρῆσις. Τὰ πλεῖστα τῶν ὄρυκτῶν ἀναγνωρίζονται ἀπὸ ἰδιότητος αὐτῶν εὐκόλως προσδιοριζόμενας καὶ μὲ μέσα ἐξετάσεως πρόχειρα. Μόνον ἐὰν αἱ μέθοδοι αὗται ἀποδειχθοῦν ἀνεπαρεκτεῖς, ὥς εἰς τὴν περίπτωσιν σπανίου τινὸς ἢ καὶ ἀγνώστου ἔτι ὄρυκτοῦ εἶδους, καταφεύγομεν εἰς πλήρη κρυσταλλογραφικὴν καὶ χημικὴν ἐρευναν. Προκειμένου νὰ γίνῃ χημικὴ ἀνάλυσις, ἐλέγχεται ἡ καθαρότης τοῦ πρὸς ἀνάλυσιν δείγματος. Ἡ παρουσία ξένων προσμείξεων εἴτε μηχανικῶς ἀναμειγμένων εἴτε ὑπὸ μορφὴν ἐγκλεισμάτων δύναται νὰ ἀγάγῃ εἰς ἐσφαλμένα ἀποτελέσματα ἐπὶ τῆς χημικῆς συστάσεως. Πρὸς ἀποφυγὴν τούτων γίνεται ἐλεγχος τῆς καθαρότητος τοῦ δείγματος διὰ μικροσκοπικῆς ἐξετάσεως αὐτοῦ.

Ἡ πλήρης περιγραφή ἐνὸς ὄρυκτοῦ εἶδους περιλαμβάνει μετρήσεις καὶ προσδιορισμοὺς ὅλων τῶν φυσικῶν καὶ χημικῶν ἰδιοτήτων καὶ σταθερῶν αὐτοῦ. Ἡ κρυσταλλογραφικὴ περιγραφή περιλαμβάνει συμμετρίαν, σχέσιν παραμέτρων, δείκτας τῶν σχημάτων, ὄψιν (Habitus) διδυμίαν καὶ σχισμὸν, ἐὰν ὑπάρχουν. Ἐπίσης παραμέτρους τῆς κυψελίδος καὶ συμμετρίαν τοῦ περιεχομένου αὐτῆς ὥς κατ' ἀριθμὸν τῶν περιεχομένων χημικῶν μονάδων συστάσεως τῆς τοῦ χημικοῦ τύπου τοῦ σώματος. Ἐκ τῶν φυσικῶν σταθερῶν

προσδιορίζεται ἡ πυκνότης καὶ αἱ ὀπτικάι σταθεραί, δεῖκται διαθλάσεως, τιμαὶ διπλοθλαστικότητος, γωνία ὀπτικῶν ἀξόνων, κατασβεστικαὶ γωνίαι, προσανατολισμὸς τοῦ τριαξονικοῦ ἑλλειψοειδοῦς, πλεοχρῶσμός, ποικιλία χρώματος, λάμψεως κ.λ.π.

126. Φυσικαὶ ὀρυκτοδιαγνωστικαὶ μέθοδοι. Τὰ συνηθέστερα ὀρυκτὰ προσδιορίζονται εὐχερῶς ἐπὶ τῇ βάσει ὀρισμένων ιδιοτήτων των, αἱ ὁποῖαι διαγιγνώσκονται ποιοτικῶς ἢ ἐκτιμῶνται κατὰ προσέγγισιν. Τοιαῦται εἶναι ἡ λάμψις, τὸ χρῶμα, ἡ κρυσταλλικὴ μορφή, ἡ μορφή τοῦ συσσωματώματος, ὁ θραυσμός, ὁ σχισμός, ἡ ἀντοχή κ.λ.π. Ἀπὸ ἀπόψεως χρώματος τὰ ὀρυκτὰ διακρίνονται εἰς αὐτόχρσα καὶ ἑτερόχρσα. Τὰ πρῶτα καὶ εἰς λεπτότατον καταμερισμὸν δίδουν κόνιν ἐγχρωμον, τῶν δευτέρων ἡ κόνις εἶναι λευκή. Ἡ διάγνωσις γίνεται προστριβομένου τοῦ ὀρυκτοῦ ἐπὶ πλακιδίου λευκοῦ ἐκ σκληρᾶς πορσελάνης, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀφίνει τὴν κόνιν του. Τῶν αὐτοχρῶν ἡ κόνις εἶναι χρωματισμένη, τῶν ἑτεροχρῶν λευκή. Πολλὰ ἑτερόχρσα ὀρυκτὰ ὀφείλουν τὸ χρῶμα των εἰς ξένας προσμεμίξεις, αἱ ὁποῖαι εἰς πολὺ μικρὰς ποσότητας πολλάκις ὄχι προσδιορισίμους χημικῶς ἀρκοῦν διὰ νὰ χρωματίσουν τὸ σῶμα μὲ ζωηρὸν χρῶμα. Εἰς τοιαύτας προσμεμίξεις ὀφείλεται τὸ χρῶμα πολλῶν πολυτίμων λίθων, τοῦ ρουβινίου, τοῦ σαπφείρου, τῆς σμαράγδου, τοῦ ἀμεθύστου κ.λ.π., τῶν ὁποίων αἱ καθαφαὶ ἐνώσεις εἶναι ἄχρσοι. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τὸ ὁποῖον ἐμφανίζουσιν κρύσταλλοὶ τινες ὀρυκτοῦ ἄλατος ὀφείλεται εἰς ἄτομα Na κατέχοντα θέσιν ἰόντων Na^+ εἰς τὸ πλέγμα τοῦ σώματος. Εἰς ἄλλα ἑτερόχρσα ὀρυκτὰ τὸ χρῶμά των δὲν ὀφείλεται εἰς προσμεμίξεις, ἀλλ' εἶναι ἴδιον τῆς χημικῆς αὐτῶν φύσεως, γίνεται ὁμῶς αἰσθητὸν ἐπὶ μεγάλου σχετικῶς πάχους, δι' ὃ καὶ ἡ κόνις εἶναι ἄχρως.

Πολλὰ ὀρυκτὰ κατὰ τὴν κρυστάλλωσιν των σχηματίζουν συσσωματώματα χαρακτηριστικῆς μορφῆς, τὰ ὁποῖα βοηθοῦν σημαντικῶς εἰς τὴν διάγνωσιν. Κρυσταλλικὰ συσσωματώματα μὲ τυχοῦσαν διάταξιν τῶν κρυστάλλων των πρὸς ἀλλήλους καλοῦνται συστάδες, ἐὰν διατάσσωνται μὲ ὁμοιόμορφον προσανατολισμὸν μιᾶς κατευθύνσεώς των ἐπὶ τοῦ ὑποβάθρου των, ὀνομάζονται ἀδένες. Ἀδένες ἐντὸς κοιλοτήτων τοῦ φέροντος αὐτοῦς πετρώματος καλοῦνται γεώδη. Εἰς τὰ ἀκτινωτὰ συσσωματώματα βελονοειδεῖς κρύσταλλοι διατάσσονται ἀκτινηδὸν ἀποκλίνοντες ἀπὸ τινος κέντρου. Εἰς τὰ ροδακοειδῆ πλακῶδεις κρύσταλλοι διατάσσονται πᾶσι ἐνὸς κέντρου ἐπικαλύπτοντες ἀλλήλους ἐν εἶδη πετάλων ρόδου. Τὰ δικτυωτὰ συσσωματώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐπιμήκεις κρυστάλλους εἰς παράλληλον διάταξιν κατὰ δύο διευθύνσεις διασταυρουμένας. Εἰς τὰ δειδριτικά μικροὶ κρύσταλλοι διατάσσονται εἰς διακλαδιζόμενα συμπλέγματα ἐν εἶδει δένδρου. Εἰς τὰ βοτρυοειδῆ ἢ συσσωματώσεις παρέχει εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν σχῆμα βοτρώων. Τὰ σταλακτιτοειδῆ ἔχουν μορφήν ἐπιμήκη σωληνοειδῆ καὶ ἀπετελέσθησαν διὰ διαδοχικῆς ἀποθέσεως τῆς ὕλης των ἀπὸ διαλύματος κατ' ἐπαλλήλους φλοιούς. Τὰ

κοκκώδη συσσωματώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ κόκκους ἢ μικροὺς κρυστάλλους μὲ σχῆμα ἀκανόνιστον. Κρυσταλλοφυῇ συσσωματώματα, εἰς τὰ ὁποῖα δὲν διακρίνονται κρύσταλλοι μὲ γυμνὸν ὀφθαλμόν, καλοῦνται *στιφρά*. Κοκκώδη συσσωματώματα ἄνευ συνοχῆς τῶν συστατικῶν των καλοῦνται *γεηρά*.

Ἡ ἔννοια τῆς ἀντοχῆς ἀναφέρεται εἰς τὴν κατὰ ποῖον συνοχὴν τῆς ὕλης. Διακρίνονται ἀπὸ τῆς ἀπόψεως αὐτῆς τὰ ὀρυκτὰ εἰς *εὐξεστα*, *εὐθραυστα*, *εὐθραπτα*, *ἐλατά*, *ὀλκιμα*, *ἐλαστικά*.

Ὅσάκις τὰ ὀρυκτὰ δὲν δεικνύουν σχισμὸν, ἀλλὰ θραυόμενα ἀποχωρίζονται κατ' ἐπιφάνειαν ἀνώμαλον, ἀναλόγως τῆς μορφῆς τῆς θραυσιγενοῦς ἐπιφανείας διακρίνομεν θραυσμὸν *ἀνώμαλον*, *σκληροῶδη* (προσόμοιον πρὸς τὸν τῆς ἐπιφανείας θραυομένου ζύλου) *κογχώδη* κ.λ.π.

Μὲ βάσιν τὰς ἀνωτέρω ιδιότητας, αἱ ὁποῖαι εὐχερῶς προσδιορίζονται καὶ δὲν ἀπαιτοῦν ἐργαστηριακὰ μέσα, κατηρτίσθησαν ὀρυκτοδιαγνωστικοὶ πίνακες, εἰς τοὺς ὁποίους τὰ ὀρυκτὰ χωρίζονται εἰς ομάδας ἐπὶ τῇ βάσει μιᾶς τῶν ἀνωτέρω ιδιοτήτων, λ.χ. τῆς λάμψεως, μὲ περαιτέρω ὑποδιαίρέσεις ἐντὸς ἐκάστης ομάδος βάσει τοῦ χρώματος, τῆς σκληρότητος κ.λ.π. Μὲ τὴν χρῆσιν τῶν πινάκων τούτων προσδιορίζεται εὐκόλως ἱκανὸς ἀριθμὸς ἐκ τῶν συνηθεστέρων ὀρυκτῶν.

Ἀκριβέστεραι φυσικαὶ μέθοδοι προσδιορισμοῦ, τῶν ὁποίων γίνεται ἐφαρμογὴ εἰς ἐργαστηριακὰς ἐρεῦνας, εἶναι αἱ ὕπτικαί. Ὑπὸ τοῦ Larsen κατηρτίσθησαν πίνακες, εἰς τοὺς ὁποίους τὰ ὀρυκτὰ εἶναι διατεταγμένα κατ' αὐξουσαν τιμὴν τοῦ δείκτου διαθλάσεως n_D καὶ ἄλλοι, εἰς οὓς περιλαμβάνονται καὶ ὅλαι αἱ οὐσιώδεις ὕπτικαὶ σταθεραὶ αὐτῶν. Διὰ προσδιορισμοῦ τῶν δεικτῶν διαθλάσεως μὲ τὴν μέθοδον τῆς καταδύσεως ἐντὸς θλαστικῶν ὑγρῶν (σελ. 383) ἀναγνωρίζονται εὐχερῶς τῇ βοήθειᾳ τῶν πινάκων αὐτῶν ὅλα σχεδὸν τὰ γνωστὰ διαφανῆ ὀρυκτὰ. Τέλος τὸ ἀσφαλέστερον μέσον ταυτίσεως ἐνὸς ὀρυκτοῦ εἶναι ἡ σύγκρισις ἀκτινογραφήματος κρυσταλλικῆς κόνεως αὐτοῦ πρὸς ἀκτινογραφήματα γνωστῶν ὀρυκτῶν. Ἡ μέθοδος αὕτῃ προσδιορισμοῦ ἐυσυστηματοποιήθη διὰ δημοσιεύσεως ὑπὸ τῆς American Society for Testing Materials (A.S.T.M.) πινάκων, εἰς τοὺς ὁποίους ἀναγράφονται κατὰ σειρὰν αἱ τιμαὶ d τῶν διαδοχικῶν γραμμῶν τοῦ διαγράμματος ἐκάστου ὀρυκτοῦ

($d = \frac{\lambda_{Ka}}{2\eta\mu\theta}$) καὶ παρ' αὐτάς ἡ σχετικὴ ἔντασις τῶν γραμμῶν αὐτῶν. Διὰ

τὴν εὐκολίαν τῆς συγκρίσεως ἐκ τοῦ πλήθους τῶν γραμμῶν τοῦ διαγράμματος ἐξελέγησαν αἱ τρεῖς ἰσχυρότεραι πρὸς χαρακτηρισμὸν τῆς ἐνώσεως καὶ κατηρτίσθη πίναξ, εἰς τὸν ὁποῖον τὰ ὀρυκτὰ διατάσσονται κατ' αὐξουσαν τιμὴν τοῦ d τῆς ἰσχυροτέρας τιμῆς, παρὰ τὴν ὁποίαν γράφονται αἱ τιμαὶ d τῆς δευτέρας καὶ τρίτης εἰς ἔντασιν γραμμῆς. Οὕτως ἐπὶ τῇ βάσει τῶν τριῶν αὐτῶν γραμμῶν γίνεται ἡ διάκρισις γειτονικῶν ὀρυκτῶν τοῦ πίνακος. Ὑπόδειγμα τῆς διατάξεως εἰς τοιοῦτον πίνακα καταρτισθέντα ὑπὸ τοῦ Harcourt διὰ τὸν

προσδιορισμὸν τῶν μεταλλικῆς λάμψεως ὀρυκτῶν, παρατίθεται κατωτέρω.

(1) Ταυτισμὸς ἑνὸς ὀρυκτοῦ περιλαμβανομένου εἰς τὸν πίνακα εἶναι λίαν ἁπλοῦς. Ὑπολογίζονται αἱ τιμαὶ d τῶν γραμμῶν Debye τοῦ ἀγνώστου ὀρυκτοῦ καὶ βαθμολογεῖται καὶ ἡ σχετικὴ ἐντάσις αὐτῶν. Κατόπιν ἀναζητεῖται εἰς τὸν ἐν λόγῳ πίνακα ἡ τιμὴ d τῆς ἰσχυροτέρας γραμμῆς εἰς τὴν στήλῃν I ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὰς τιμὰς d τῆς δευτέρας καὶ τρίτης εἰς ἐντάσιν γραμμῆς τῶν στηλῶν II καὶ III. Προφανῶς ὁ τοιοῦτος τρόπος προσδιορισμοῦ εἶναι δυνατὸς μόνον, ἐφ' ὅσον τὸ δείγμα ἐξ οὗ ἐλήφθη τὸ διάγραμμα Debye περιλαμβάνεν ἐν μόνον ὀρυκτόν. Ἡ ἐπιβεβαίωσις τοῦ προσδιορισμοῦ γίνεται διὰ συγκρίσεως καὶ ὅλων τῶν ἄλλων γραμμῶν τοῦ διαγράμματος πρὸς τὰς γραμμὰς τοῦ προσδιορισθέντος ὀρυκτοῦ.

Ἰσχυρότεραι γραμμαὶ καὶ ἐντάσεις αὐτῶν						Ὀρυκτὸν
I		II		III		
d	ἐντασις	d	ἐντασις	d	ἐντασις	
2.26	4	2.39	2	2.55	1	
2.27	8	1.82	7	1.53	6	
2.27	5	3.30	4	1.43	3	
2.28	10	1.955	7	1.320	4	
						Δυσκρασίτης
						Μολυβδαίνιτης
						Ἀλταίτης
						Κολοραδοίτης

127. Προσδιορισμὸς τῆς πυκνότητος τῶν ὀρυκτῶν. Ἡ πυκνότης εἶναι φυσικὴ σταθερά, ἡ ὁποία ἐν συνδυασμῷ πρὸς ἄλλας φυσικὰς σταθεράς ἑνὸς σώματος ἀποτελεῖ χρήσιμον διαγνωστικὸν στοιχεῖον διὰ τὸν προσδιορισμὸν αὐτοῦ.

Ἐκτὸς τῶν γνωστῶν μεθόδων προσδιορισμοῦ τῆς πυκνότητος στερεῶν (μέθοδος τῆς λεηκύθου, μέθοδος τῆς ἀνώσεως) προκειμένου περὶ ὀρυκτῶν λίαν μικρῶν διαστάσεων (ἀπὸ δεκάτων τινῶν τοῦ χιλιοστοῦ διαμέτρου καὶ ἥνω) γίνεται χρῆσις ἐιδικῆς μεθόδου, διὰ τῶν λεγομένων βαρέων διαλυμάτων. Τὰ βαρέα διαλύματα εἶναι διαλύματα ἀνοργάνων ἢ ὀργανικῶν ἐνώσεων ἐιδικοῦ βάρους μεγαλυτέρου τοῦ 3 δυναμένου δι' ἀραιώσεως τοῦ διαλύματος νὰ ἐλαττωθῇ κατὰ βούλησιν. Τὸ ὀρυκτόν, τοῦ ὁποίου πρόκειται νὰ προσδιορισθῇ ἡ πυκνότης, ρίπτεται ἐντὸς βαρέος διαλύματος καί, ἂν ἡ πυκνότης τοῦ εἶναι μικροτέρα τῆς τοῦ διαλύματος, ἐπιπλέει. Ἀραιοῦμεν προσεκτικὰ τὸ διάλυμα, μέχρις ὅτου ἐπιτύχωμεν τὸ ὀρυκτόν νὰ αἰωρῆται ἀκίνητον ἐντὸς αὐτοῦ εἰς οὐδὲν ποτε σημεῖον τῆς μάζης τοῦ τεθῇ. Ὅταν τοῦτο συμβῇ, τὸ ὀρυκτόν ἔχει τὴν αὐτὴν πυκνότητα μετὰ τὸ διάλυμα τούτου δὲ ἡ πυκνότης προσδιορίζεται εὐχερῶς εἴτε διὰ ζυγίσεως ἐντὸς λεηκύθου γνωστῆς χωρητικότητος εἴτε

διὰ ζυγοῦ Westphal. Εἰς τὸν πίνακα X ἀναγράφονται τὰ κυριώτερα ἐν χρήσει βαρέα διαλύματα.

ΠΙΝΑΞ X

Βαρέα διαλύματα

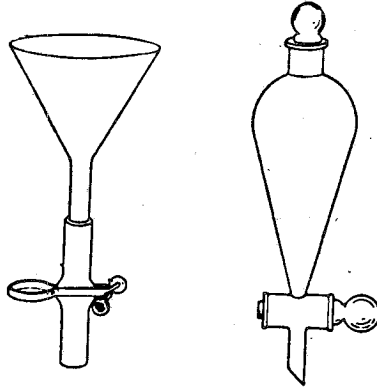
Διαλύματα	Πυκνότης	Διαλυτικόν μέσον	Παρατηρήσεις
Διάλυμα Thoulet HgJ_2 , 2KJ 500γρ. εἰς 80 cm^3 H_2O	3,196	ὕδωρ	Τὸ διάλυμα ἀποσυντίθεται ὑπὸ σιδήρου ἀποβαλλομένου ὑδραργύρου. Ἐπιδρᾷ ἐπὶ τινων ὀρυκτῶν ἀντικαθιστῶν Ca διὰ K (καρνοτίτης) -
Διάλυμα Klein $2\text{CdO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{WO}_3$ $2\text{H}_2\text{O} + 16\text{aq}$	3,36	ὕδωρ	Ἀποσυντίθεται ὑπὸ τῶν μετάλλων Fe, Zn, Pb καὶ ἀνθρακικῶν ἀλάτων.
Διάλυμα Rohrbach BaJ_2 , HgJ_2	3,55	θερμὸν ὕδωρ	Ἀποσυντίθεται εὐκόλως διὰ ψυχροῦ ὕδατος.
Ἰωδομεθυλένιον CH_2J_2	3,324	βενζόλιον	Ἡ πυκνότης μεταβάλλεται ἰσχυρῶς διὰ μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας.
Διάλυμα Clerici διπλοῦν ἄλας μур- μηκικοῦ καὶ μηλο- νικοῦ θαλίου.	4,275	ὕδωρ	Προσβάλλεται ὑπὸ ἀτμῶν HCl.

Τῶν βαρέων διαλυμάτων γίνεται χρῆσις καὶ διὰ διαχωρισμὸν ἐκ κόνεως ὀρυκτῶν διαφόρου πυκνότητος ἀπ' ἀλλήλων. Τὸ κονιοποιηθὲν ὑλικὸν (λ.χ. πέτρωμα πολύμεικτον) ρίπτεται ἐντὸς βαρέος διαλύματος εἰς χοάνην ἢ εἰς συσκευήν, οἷαι αἱ τοῦ σχ. 546. Δι' ἀραιώσεως τοῦ διαλύματος καθιζάνουν τὰ διάφορα ὀρυκτὰ τοῦ μείγματος διαδοχικῶς κατὰ σειρὰν μειουμένης πυκνότητος εἰς τὸ κατώτερον τμήμα τῆς χοάνης καὶ συλλέγονται.

Ἐνίοτε γίνεται χρῆσις πρὸς διαχωρισμὸν ὀρυκτῶν καὶ βαρέων τηγμάτων. Ἐκ τῶν ἐν χρήσει τηγμάτων ἀναφέρομεν τὸ διπλοῦν ἄλας $\text{TlAg}(\text{NO}_3)_2$, ὅπερ τήκεται εἰς 75° καὶ ἔχει πυκνότητα 4,8 καὶ τὸ $\text{TlHg}(\text{NO}_3)_2$ τηχόμενον εἰς 76° καὶ πυκνότητος 5,3. Ἀραιοῦνται προσθήκη ὕδατος.

Παρεσκευάσθησαν καὶ ὑγρά πυκνότητος μέχρις 7,5, τὰ ὅποια εἶναι ἐναιωρήματα ἐν λεπτοῖς καταμερισμῶ βαρέων μετάλλων, ἐν οἷς καὶ Hg, ἐντὸς βαρέων ὑγρῶν. Ἐπειδὴ τὰ ἐν μερισμῶ μέταλλα καθιζάνουν, πρὸ τῆς χρήσεως ἀνακινοῦνται τὰ ὑγρά, ὥστε νὰ σχηματίσουν ὁμογενῇ πολτόν. Ἵνα γίνῃ προσδιορισμὸς

διὰ τῶν ἀδιάφανων αὐτῶν ὑγρῶν, τὸ πρὸς δοκιμὴν ὀρυκτὸν ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας καὶ ὠθεῖται ἐλαφρῶς διὰ λαβίδος ὑπὸ τὴν ἐπιφάνειαν, μέχρις ὅτου δοκιμαζόμενον διαδοχικῶς μὲ ὑγρὰ μειουμένης πυκνότητος παύσῃ ἀναδύμενον.

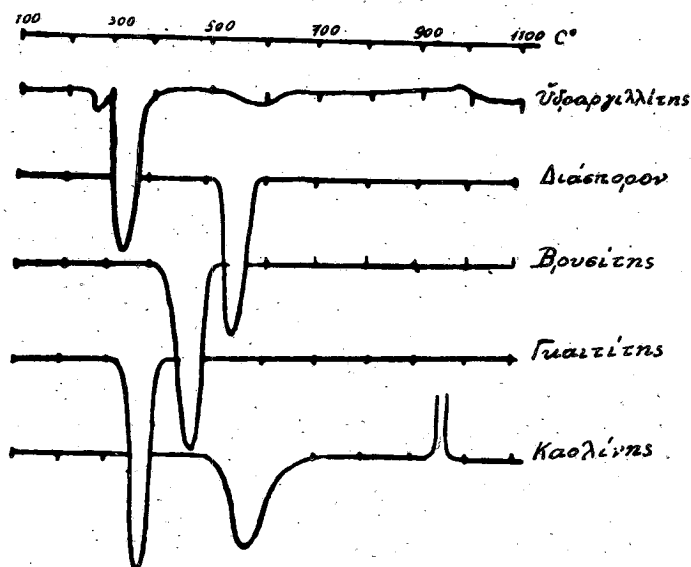


Σχ. 546

Διαχωριστικαὶ χοάναι

128. Διαφορική θερμική ανάλυσις. Μία ἐτι ἀξία μνείας φυσικὴ μέθοδος ἐξετάσεως τῶν ὀρυκτῶν εἶναι ἡ διαφορική θερμική ανάλυσις (DTA). Ἐφαρμόζεται διὰ τὸν ποιοτικὸν καὶ ἓν τινι μέτρῳ καὶ ποσοτικὸν προσδιορισμὸν ὀρυκτῶν ἐνώσεων, αἱ ὁποῖαι ἀνυψουμένης τῆς θερμοκρασίας των ὑφίστανται ἀλλοιώσεις συνοδευόμενας ἀπὸ αἰσθητὴν ἔκλυσιν ἢ ἀπορρόφησιν θερμότητος. Τοιαῦται ἀλλοιώσεις εἶναι: ἀφυδάτωσις, κρυστάλλωσις, ἐτερόμορφοι μετατροπαί, ἀποσύνθεσις κ.λ.π. τελοῦνται δὲ εἰς ὠρισμένην δι' ἐκάστην ἔνωσην περιοχὴν θερμοκρασιῶν χαρακτηρίζουσιν αὐτήν. Ἡ συσκευὴ τῆς ἀναλύσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ ἐξῆς μέρη: 1) Ἡλεκτρικὴν κάμινον, ἐντὸς τῆς ὁποίας τοποθετοῦνται δύο ὅμοια δοχεῖα. Εἰς τὸ ἓν τοῦτον τίθεται κόνις τῆς ὑπὸ ἐξέτασιν οὐσίας, εἰς τὸ ἕτερον κόνις μὴ ἀλλοιούμενη δι' ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας μέχρι 1100°. Ὡς τοιαύτη ἀδρανὴς οὐσία χρησιμοποιεῖται alundum (Al_2O_3), 2) Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον μὲ δύο ἀπολήξεις, ὧν ἐκάστη βυθίζεται εἰς τὸ ἕτερον τῶν δύο δοχείων 3) Ὅργανα μετρήσεως τοῦ ἀναπτυσσομένου ἐντὸς τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ στοιχείου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ σύνδεσις εἰς τὸ θερμοηλεκτρικὸν ζεύγος εἶναι τοιαύτη, ὥστε αἱ ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις αἱ ἀναπτυσσόμεναι ἐν αὐτῷ νὰ ἀντιτίθενται. Ἐφ' ὅσον ὑψουμένης τῆς θερμοκρασίας δὲν ἐπέρχεται μεταβολὴ τις εἰς τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν σῶμα, ἀμφοτέρω τὰ πέρατα τὰ ἐντὸς τοῦ δοχείου εὐρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν καὶ δὲν ὑπάρχει ροὴ θερμότητος. Ἐὰν εἰς ὠρισμένην θερμοκρασίαν ἐπέλθῃ μεταβολὴ τις ἐνδόθερμος ἢ ἐξώθερμος εἰς τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν σῶμα, αὕτη συνεπάγεται δι-

φοράν θερμοκρασίας εις τὰ δύο ἐντὸς τῶν δοχείων πέρατα καὶ κατ' ἀκολουθίαν δημιουργίαν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μετρουμένου διὰ τῶν ὀργάνων μετρήσεως τῆς συσκευῆς. Ἡ θερμοκρασία τῆς καμίνου ὑψοῦται βραδέως μὲ ὁμοιόμορφον προσφοράν θερμότητος κατ' ἴσας δόσεις, ὥστε εις ὀρισμένον χρονικὸν διάστημα νὰ ἐπέρχεται σταθερὰ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὸ αὐτὸ ποσὸν (λ.χ. 12° δι' ἕκαστον πρῶτον λεπτὸν τῆς ὥρας). Τὰ ἀποτελέσματα ἀναλύσεως παρέχονται εἰς καμπύλας ὡς ἡ τοῦ σχ. 547. Εὖρος καὶ σχῆμα τῶν καμπύλων



Σχ. 547

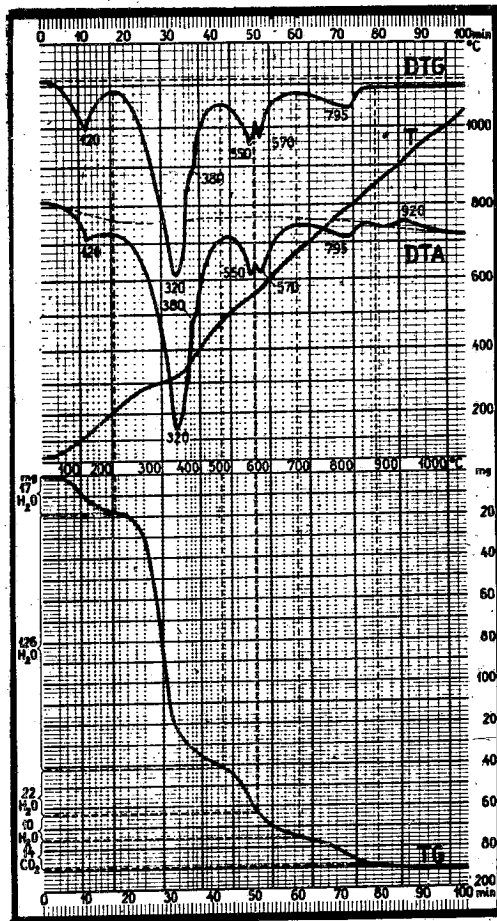
Καμπύλαι θερμικῆς ἀναλύσεως

εἰς τὰς περιοχὰς μεταβολῆς ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἴδους αὐτῆς καὶ ἐκ τῆς συγκεντρώσεως, ὑφ' ἣν ἀπαντᾶται ἡ ὑπὸ ἐξέτασιν ἐνώσις ἐντὸς τοῦ δείγματος, εἰς τρόπον ὥστε ἡ καμπύλη τῆς ἀναλύσεως νὰ ἐπιτρέπη μίαν κατὰ προσέγγισιν ποσοτικὴν ἐκτίμησιν. Πρὸς τοῦτο συγκρίνεται αὕτη πρὸς ἄλλας λαμβανομένας μὲ σειρὰν δειγμάτων παρασκευαζομένων μὲ κλιμακηδὸν αὐξανομένην περιεκτικότητα εἰς ἑνωσιν, οἷα ἡ ἐξεταζομένη. Ἡ μέθοδος ἐφαρμόζεται ἐπιτυχῶς ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν ἀκτινογραφικὴν ἐπὶ ὀρυκτῶν ὡς αἱ ἀργιλλοπυριτικά ἐνώσεις, αἵτινες ὡς ἀπαντῶνται εἰς τὴν φύσιν λεπτότατα καταμερισμένοι διαφεύγουν τὴν μικροσκοπικὴν ἐξέτασιν.

Αἱ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ μεταβολαί, τὰς ὁποίας ὑφίσταται τὸ σῶμα αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας του, συνοδεύονται καὶ ἀπὸ μεταβολὴν τοῦ βάρους του. Ἡ θερμοβαρομετρία (thermogravimétrie, TG) συνισταμένη εἰς μέτρησιν

τῆς μεταβολῆς ταύτης ἐφηρμόζετο ὡς μέθοδος ἐρεύνης καὶ πρὸ τῆς εἰσαγωγῆς τῆς διαφορικῆς θερμικῆς ἀναλύσεως. Ἐκ παραλλήλου πρὸς τὰς τιμὰς TG λαμβάνονται καὶ αἱ τιμαὶ τῆς ταχύτητος μεταβολῆς τοῦ βάρους, DTG, συναρτήσεως τῆς θερμοκρασίας. Ἡ διαφορικὴ αὐτὴ συνάρτησις δίδει καμπύλην συγκρίσιμον πρὸς τὴν τῶν τιμῶν DTA. Πρὸ τίνος ἐπενοήθη ὑπὸ τῶν F. Paulik, J.

Paulik καὶ L. Erdey συσκευή, εἰς τὴν ὁποίαν ἔδωσαν τὸ ὄνομα «Derivatograph», καὶ διὰ τῆς ὁποίας λαμβάνονται ταυτοχρόνως αἱ καμπύλαι DTA, DTG, TG καὶ T τοῦ ὑπὸ μελέτην σώματος αὐτογραφικῶς ἐπὶ φωτογραφικοῦ



Σχ. 548

χάρτου. Δεῖγμα τοιούτου διαγράμματος ἐξετάσεως βωξίτου παρέχει τὸ σχῆμα 548. Ἡ συσκευή εἶναι λίαν χρήσιμος εἰς ἐργαστηριακὰς καὶ βιομηχανικὰς ἐρεῦνας ὡς παρέχουσα ἐνδιαφεροῦσας πληροφορίας ἐπὶ τῶν φυσικοχημικῶν

διεργασιῶν, αἱ ὁποῖαι συμβαίνουν κατὰ τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τῶν σωμάτων ὑπὸ εἰδικᾶς συνθήκας περιβάλλοντος.

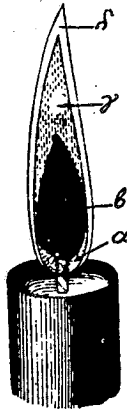
Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω φυσικῶν μεθόδων ἐξετάσεως βοηθεῖ σημαντικῶς εἰς τὸν προσδιορισμὸν τοῦ ὀρυκτοῦ ἡ ποιοτικὴ χημικὴ ἀνάλυσις αὐτοῦ, δι' ἧς ἀνιχνεύονται τὰ κατιόντα καὶ ἀνιόντα, τὰ ὁποῖα εἰσέρχονται εἰς τὴν σύστασιν αὐτοῦ. Τὰ ὀρυκτὰ ταξινομοῦνται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς χημικῆς αὐτῶν συστάσεως εἰς τὰς ἐξῆς 12 κλάσεις:

1) Αὐτοφυᾶ στοιχεῖα, 2) ἐνώσεις μετάλλων με S, Se, Te, As, Sb, Bi 3) θειοάλατα 4) ὀξείδια καὶ ὕδροξείδια 5) ἀλογονίδια 6) ἀνθρακικά ἄλατα 7) βορικά καὶ νιτρικά 8) φωσφορικά ἀρσενικά, βαναδινικά 9) θειικά καὶ χρωμικά 10) βολφραμικά, μολυβδαινικά, οὐρανικά 11) Πυριτικά 12) Ὄρυκται ὀργανικαὶ ἐνώσεις. Δι' ἐφαρμογῆς ὀλίγων ἀπλῶν χημικῶν ἀντιδράσεων προσδιορίζονται τὰ ἀνιόντα, τὰ ὁποῖα περιέχονται εἰς τὸ ὀρυκτόν, καὶ οὕτως εὐρίσκεται ἡ κλάσις, εἰς τὴν ὁποίαν τοῦτο ὑπάγεται. Περαιτέρω ἀνιχνεύσεις τῶν περιεχομένων κατιόντων βοηθεῖ σημαντικῶς εἰς τὸν προσδιορισμὸν τοῦ ὀρυκτοῦ. Ἐκ τῶν ἐν χρήσει μεθόδων ποιοτικῆς ἀναλύσεως εὐρίσκουν εὐρεῖαν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ὀρυκτολογίαν ἡ πυροχημικὴ καὶ ἡ μικροχημικὴ.

129. Πυροχημικὴ ἐξέτασις. Ἡ πυροχημικὴ ἐξέτασις ἔχει τὸ προσὸν ὅτι ἀπαιτεῖ ἐλάχιστον ἀριθμὸν μέσων καὶ ἀντιδραστηρίων καὶ δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ ἐπιτυχῶς καὶ ἐπὶ πολὺ μικρᾶς ποσότητος τῆς ὑπὸ ἐξέτασιν οὐσίας. Τὸ προσδιοριστέον σῶμα θερμαίνεται ἐν ξηρῷ μόνον ἢ μείμειγμένον με ὠρισμένα ἀντιδραστήρια, ὁπότε παρατηροῦνται ὠρισμέναι ἀντιδράσεις χαρακτηριστικαὶ τῶν ἐντὸς αὐτοῦ περιεχομένων στοιχείων, τινὲς τῶν ὁποίων περιγράφονται κατωτέρω. Ὡς πηγὴ θερμότητος χρησιμεύει ἡ φλόξ λύχνου Bunsen ἢ οἰαδήποτε ἄλλη φλόξ αἰθαλίζουσα, ὡς κηρίου, παραφίνης, λύχνου με ἔλαιον ἢ με οἶνόπνευμα ἀναμειχθὲν με βενζίνη (4 οἶνόπνευμα, 1 βενζίνη). Ἡ θρυαλλὶς τῶν λύχνων ἔχει σχῆμα ὄχι κυλινδρικὸν ἀλλὰ ταινιοειδές, ὥστε νὰ παρέχῃ στενὴν ἐπιμήκη φλόγα (σχ. 549). Τὸ ἄκρον τὸ ὁποῖον ἀνάπτεται δὲν εἶναι ὀριζόντιον ἀλλὰ κομμένον λοξῶς. Τὸ αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται εἰς τὸν λύχνον Bunsen τιθεμένης εἰς τὸν σφαλῆνά του ἐπιστομίδος με στενὴν λοξὴν σχισμὴν.

Εἰς τὴν φλόγα διακρίνονται τέσσαρα τμήματα, εἰς ἕκαστον τῶν ὁποίων αἱ συνθήκαι καύσεως εἶναι διάφοροι (σχ. 549). Κατὰ τὴν βάσιν τῆς φλογὸς παρατηρεῖται μικρᾶς ἐκτάσεως τμήμα (α) ἀνοικτοῦ κυανοῦ χρώματος ὀφειλομένου εἰς τὴν καύσιν ἀνθρακούχων οὐσιῶν πρὸς μονοξείδιον τοῦ ἀνθρακος. Τὸ κέντρον τῆς φλογὸς καταλαμβάνει σκοτεινὸν τμήμα (β) ἀποτελούμενον ἀπὸ προϊόντα ἐξαερίωσης τοῦ τροφοδοτοῦντος τὴν φλόγα ὕλικου, τὰ ὁποῖα δὲν καίονται ἐλλείψει ὀξυγόνου. Ἀκολουθεῖ τὸ φωτεινὸν τμήμα τῆς φλογὸς (γ), τὸ ὁποῖον λόγῳ ἀτελοῦς καύσεως περιέχει πλὴν τῶν καιομένων ἀερίων καὶ τεμαχίδια στερεὰ ἀνθρακος διάπυρα. Εἰς τὴν ἐξωτάτην ζώνην (δ), μόλις ὁρατὴν, ἡ καῦσις εἶναι τελεία καὶ ἡ θερμοκρασία φθάνει τὴν ὑψηλοτέραν τι-

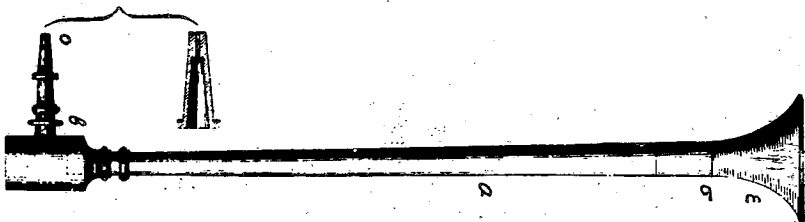
μήν. Ἐκ τῶν τμημάτων χρησιμεύουν εἰς τὴν πυροχημικὴν ἀνάλυσιν τὸ φωτεινὸν τμήμα (γ), τὸ ὁποῖον λόγῳ τοῦ ἀδεσμεύτου ἄνθρακος προκαλεῖ ἀναγωγὴν τῶν ὀξειδίων βαρέων μετάλλων, δι' ὃ καὶ καλεῖται ἀναγωγικὴ φλόξ, καὶ τὸ ἐξωτερικὸν τμήμα (δ), εἰς τὸ ὁποῖον τοῦναντίον προκαλοῦνται ὀξειδώσεις, δι' ὃ καὶ καλεῖται ὀξειδωτικὴ φλόξ.



Σχ. 549

Σύστασις τῆς φλογός.

Τὴν φλόγα χειρίζεται ὁ ἐκτελὼν τὴν πυροχημικὴν ἀνάλυσιν μὲ τὸν καμινευτήρα αὐλὸν (σχ. 550), ὅστις εἶναι μεταλλικὸς σωλὴν (α) κλειστὸς κατὰ

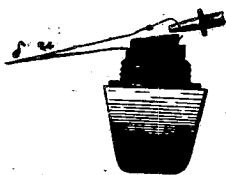


Σχ. 550

Καμινευτήρ αὐλός

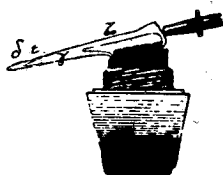
τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ, παρὰ τὸ ὁποῖον εἶναι προσηρμοσμένος καθέτως μικρὸς σωλὴν β συγκοινωνῶν πρὸς τὸν α καὶ ἀπολήγων εἰς στενὴν ὀπὴν ο. Εἰς τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον σ προσαρμόζεται ἐπιστομὶς ε. Ὅταν φυσῶμεν διὰ τῆς ἐπιστομίδος ε, ἐξέρχεται ἐκ τῆς ὀπῆς ο ρεῦμα ἀέρος ὑπὸ πίεσιν, τὸ ὁποῖον κατευθυνόμενον εἰς τὴν φλόγα προκαλεῖ ταχυσίαν καὶ τελείαν καύσιν καὶ παράγει λεπτὴν καὶ στενὴν φλόγα ἀπολήγουσαν εἰς αἰχμὴν. Εἰσαγομένου τοῦ στομίου τοῦ αὐλοῦ

ἐντὸς τῆς φλογὸς πλησίον τῆς θρυαλλίδος καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἄκρου τῆς τὸ $1/3$ περίπου τοῦ μήκους τῆς (σχ. 551) τὸ προσφυσώμενον ρεῦμα ἀέρος μετατρέπει τὴν φλόγα εἰς ὀξειδωτικὴν. Τὸ μεγαλύτερον μέρος τῆς ἀποτελεῖ κυανοῦς κῶνος α ἀντιστοιχῶν εἰς τὸ τμήμα (α) τοῦ (σχ. 549) περιβαλλόμενος ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴν ζώνην (δ). Τὸ μέγιστον τῆς θερμοκρασίας (1500°) εὐρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον κ, εἰς ἀπόστασιν 2-4mm ἀπὸ τῆς κορυφῆς τοῦ κυανοῦ κώνου. Ἡ οὐσία τίθεται πρὸ τῆς κορυφῆς τῆς ἐξωτερικῆς ζώνης δ. Ἐὰν τὸ στόμιον τοῦ αὐλοῦ τεθῇ ἐκτὸς τῆς φλογὸς καὶ κατὰ τι ὑψηλότερον ἀπὸ τῆς θρυαλλίδος, προκύπτει φλὸξ ἀναγωγικὴ τοῦ φωτεινοῦ τμήματος (γ) καταλαμβάνοντος τὸ μεγαλύτερον τμήμα αὐτῆς. Τὰ καλλίτερα ἀποτελέσματα ἀναγωγῆς ἐπιτυγχάνονται τιθεμένης τῆς οὐσίας εἰς τὸ τμήμα τῆς φλογὸς τὸ πλησιέστερον πρὸς τὴν κορυφήν ε (σχ. 552). Ἀναγωγικῶς δρᾷ καὶ τὸ τμήμα α τῆς ὀξειδωτικῆς φλογὸς (σχ. 551) χάρις εἰς τὸ CO, τὸ ὁποῖον περιέχει.



Σχ. 551

Ὀξειδωτικὴ φλὸξ

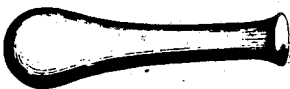


Σχ. 552

Ἀναγωγικὴ φλὸξ

Ὡς ὑπόβαθρον τῆς οὐσίας κατὰ τὴν πύρωσιν χρησιμεύει τεμάχιον συμπαγούς ἄνθρακος πρισματικοῦ σχήματος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀνοίγεται ἀβαθὴς κοιλότης πρὸς εἰσοδοχὴν τῆς οὐσίας. Γίνεται χρῆσις ἐπίσης τεμαχίου γύψου ἢ ἀργίλλου μὲ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν εἴτε καθαρὰν εἴτε αἰθαλωμένην, ὥστε αἱ παρατηρούμεναι ἀντιδράσεις νὰ ἔχουν μέλαν ὑπόστρωμα, ὅπως εἰς τὸν ἄνθρακα. Ἐνίοτε ἢ πύρωσις τελεῖται καὶ ἐπὶ τεμαχίου ὑαλίνης πλακός, ὅσας θέλομεν νὰ ὑποβάλλωμεν τὰ ἐπ' αὐτῆς σχηματιζόμενα ἐπανθήματα ἐκ τῶν προϊόντων τῆς πυροχημικῆς ἀντιδράσεως εἰς περαιτέρω μικροχημικὴν ἐξέτασιν. Διὰ τὴν τήξιν μικρῶν ποσῶν οὐσίας ἢ ἀντιδραστηρίων γίνεται χρῆσις μικροῦ ἐλάσματος ἢ μικροῦ κοχλιαρίου ἐκ λευκοχρόσου ἢ σύρματος λευκοχρόσου σχηματίζοντος κατὰ τὸ ἐν ἔκρον αὐτοῦ δακτύλιον 2-3mm διαμέτρου. Ἐπὶ λευκοχρόσου δέον νὰ ἀποφεύγεται ἡ πύρωσις ἀρσενιδίων, διότι τὸ περιεχόμενον As σχηματίζει μετὰ τοῦ λευκοχρόσου ἔνωσιν. Ὄρυκτὰ μεταλλικῆς λάμψεως πρὸ τῆς δοκιμῆς ἐπὶ λευκοχρόσου ὑποβάλλονται προηγουμένως εἰς ἔντονον φρῶξιν πρὸς ἀπομάκρυνσιν τοῦ τυχόν ὑπάρχοντος As. Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω χρησιμεύοντων ὡς φορεῖς τῆς οὐσίας κατὰ τὴν πυρογνωστικὴν δοκιμασίαν σωλῆνες ἐκ δυστήκτου ὑάλου, ἥτοι τὸ κορύνιον, ὁ κλειστός σωλῆν καὶ ὁ ἀνοικτός σωλῆν

(σχ. 553-555): Ἡ πρὸς δοκιμασίαν οὐσία πυροῦται εἴτε μόνη εἴτε ἀφοῦ ἀναιμιχθῇ μὲ ὠρισμένα ἀντιδραστήρια.



Σχ. 553

Κορύβιον ($1/2$ φυσικοῦ)

Τὰ κυριώτερα ἀντιδραστήρια τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν πυροχημικὴν ἀνάλυσιν εἶναι: 1) σόδα (Na_2CO_3), 2) βόρξ ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 3) ἐναμιώνιον φωσφορικὸν ἄλας νατρίου ($\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$), 4) ὄξινον θεικὸν κάλι (KHSO_4) 5) νιτρικὸν κάλι, 6) θειοθεικὸν νάτριον ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 7) μεταφωσφορικὸν νάτριον NaPO_3 8) διάλυμα νιτρικοῦ κοβαλτίου $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 9) μεῖγμα ἴσων μερῶν KJ καὶ S , 10) μεῖγμα KHSO_4 καὶ CaF_2 εἰς ἀναλογίαν 3:1, 11) μεταλλικὸς Sn καὶ μεταλλικὸς Zn εἰς ἐλάσματα ἢ φύλλα 12) χάρτης δεικτῶν ἡλιοτροπίου καὶ κρόκορρίζης (eureuma) κ.ἄ.



Σχ. 554

Κλειστὸς σωλὴν ($1/2$ φυσικοῦ)

Κατὰ τὴν πυροχημικὴν δοκιμασίαν γίνεται πολλάκις ἐπικουρικῶς δοκιμὴ καὶ δι' ὑγρᾶς ὁδοῦ τῶν προϊόντων ἀντιδράσεως ἢ καὶ αὐτῆς ταύτης τῆς οὐσίας. Τὰ κυριώτερα τῶν ἐν χρήσει ἀντιδραστηρίων εἶναι: 1) ὕδροχλωρικὸν



Σχ. 555

Ἀνοικτὸς σωλὴν ($3/4$ φυσικοῦ)

ὄξύ, 2) νιτρικὸν ὄξύ, 3) θεικὸν ὄξύ, 4) καυστικὸν κάλι 5) ἀμμωνία, 6) ὀξαλικὸν ἀμμώνιον ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$), 7) ἀνθρακικὸν ἀμμώνιον ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$), 8) ὄξινον φωσφορικὸν νάτριον $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 9) μολυβδαινικὸν ἀμμώνιον ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$), 10) χλωριοῦχον βάριον (BaCl_2), 11) νιτρικὸς ἄργυρος (AgNO_3) 12) χλωρολευκοχρυσικὸν ὄξύ (H_2PtCl_6), 13) σιδηροκυανιοῦχον κάλι ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$).

Περαιτέρω περιγράφονται αἱ κυριώτεραι ἀντιδράσεις ἀνιχνεύσεως ὠρισμένων στοιχείων καὶ ριζικῶν ἀριθμοῦμεναι μὲ αὐξοῦντα ἀριθμὸν, εἰς συνοπτι-

κὸν δὲ πίνακα εἰς τὸ τέλος τοῦ παρόντος κεφαλαίου σημειοῦνται παρ' ἑκάστον στοιχεῖον οἱ ἀριθμοὶ οὗτοι οἱ παραπέμποντες εἰς τὰς χαρακτηριστικὰς δι' αὐτὰ ἀντιδράσεις.

α) Ἐκτίμησις κατὰ προσέγγισιν τοῦ σημείου τήξεως. Παρατηροῦντες πῶς συμπεριφέρεται μικρὸν τεμάχιον τοῦ ὀρυκτοῦ κατὰ τὴν πύρωσιν εἰς λύχνον ἢ διὰ τοῦ καμινευτήρος ὑπάγομεν αὐτὸ εἰς ἓνα τῶν βαθμῶν τῆς ἐπομένης κλίμακος τήξεως κατὰ Kobell.

1. Ἀντιμονίτης	Σημ.	τήξ.	525°	Τήκεται εἰς φλόγα κηρίου.
2. Χαλκοπυρίτης	»	»	800°	Τήκεται εὐκόλως εἰς λύχνον Bunsen
3. Γρανάτης	»	»	1050°	Ἄττηκτος εἰς λύχνον Bunsen, τήκεται εὐχερῶς μετὸν καμινευτήρα αὐλόν.
4. Ἀκτινόλιθος	»	»	1200°	Λεπτὸν σκληθρὸν τήκεται μετὸν αὐλόν.
5. Ὀρθόκλαστον	»	»	1300°	Ἀχμαὶ τεμαχίου του δυσκόλως ἀποστρογγυλοῦνται.
6. Βρονζίτης	»	»	1400°	Μόλις ἀποστρογγυλοῦνται τὰ ἄκρα λεπτοῦ σκληθροῦ.
7. Χαλαζίας	»	»	1710°	Τελείως ἄττηκτος μετὸν καμινευτήρα.

β) Ἀντίδρασις κατὰ τὴν πύρωσιν ἐντὸς κορυνίου. Ἡ δοκιμὴ γίνεται εἴτε ἐπὶ καθαρᾷ οὐσίᾳ εἴτε ἐν ἀναμειξίᾳ κόνεως αὐτῆς μετὰ ἀντιδραστήρια. Ἐξετάζονται ἐντὸς αὐτοῦ κυρίως σώματα λάμψεως ὅχι μεταλλικῆς, ὀξειδία, ὑδροξείδια καὶ ἄλατα.

Κόκκος τοῦ ὀρυκτοῦ μεγέθους κέγχρου τίθεται ἐντὸς τοῦ κορυνίου καὶ θερμαίνεται. Παρατηρεῖται ἂν τὸ σῶμα τήκεται, ἀποσυντίθεται ἢ διογκοῦται. Ὀρυκτὰ τινὰ κροτοῦν θρυμματιζόμενα, ἄλλα φωσφορίζουν ἢ παρουσιάζουν πυρῶδη ὄψιν. Τοιαῦται ἀντιδράσεις ἀναγραφόμεναι εἰς τοὺς ὀρυκτογνωστικούς πίνακας εἰς ἰδίαν στήλην συμπληρῶνουν τὰ διαγνωστικὰ στοιχεῖα τοῦ σώματος. Τὰ ὀξειδία τοῦ Zn καὶ τοῦ Sn θερμαινόμενα γίνονται κίτρινα, ψυχόμενα ἀνακτοῦν τὸ λευκὸν αὐτῶν χρῶμα, ἐνῶ τὸ PbO θερμαινόμενον λαμβάνει μόνιμον κίτρινον χρῶμα. Ἐγγράφῃ τινὰ ὀρυκτὰ ἀποχρωματίζονται ὀριστικῶς διὰ θερμάνσεως, ἄλλα ἀνακτοῦν μετὰ τὴν ψύξιν τὸ ἀπολεσθὲν χρῶμά των. Ἐνώσεις Cu πρασίνου χρώματος μελανοῦνται διὰ πυρώσεως σχηματιζομένου CuO. Ἐνώσεις σιδήρου πυρούμεναι μετατρέπονται εἰς μέλαν ὀξείδιον. Πολλὰ ἐνώσεις ἀποβάλλουν πτητικὰ συστατικά. Οὕτω:

Τὰ ὑπεροξείδια, χλωρικά, βρωμικά, ἰωδικὰ καὶ πολλὰ νιτρικὰ καὶ νιτρῶδη ἄλατα ἀποδίδουν ὀξυγόνον ἀναφλέγον ἡμιδιάπυρον πυρεῖον τιθέμενον εἰς τὸ στόμιον τοῦ κορυνίου (1).

Ἐνυδροὶ ἢ ὑδροξυλιωμένοι ἐνώσεις ἀποδίδουν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἐπικάθεται εἰς σταγόνας ἐπὶ τῶν ψυχρῶν τοιχωμάτων τοῦ λαίμοῦ τοῦ κορυνίου (2).

Ἀνθρακικὰ ἄλατα ἀποδίδουν CO_2 , τὸ ὁποῖον θολώνει σταγόνα ἀσβεστίου ὕδατος φερομένην ἐπὶ τοῦ δακτυλίου σύρματος Pt πρὸ τοῦ στομίου τοῦ κορυνίου (3).

Ἀμμωνιακὰ ἄλατα, κυανιοῦχοι ἐνώσεις καὶ ὀργανικαὶ ἐνώσεις περιέχουσαι N καὶ H ἀποδίδουν ἀμμωνίαν ἀναγνωρίζομένην ἐκ τῆς ὁσμῆς καὶ τῆς ἀντιδράσεως πρὸς χάρτην ἡλιοτροπίου (4).

Ὀργανικαὶ ἐνώσεις πυρούμεναι δὲν καίονται τελείως ἐλλείψει ἐπαρκοῦς ὀξυγόνου, ἀλλὰ καταλείπουν ἄνθρακα (5). Ἐὰν τὸ ὑπόλειμμα ἀναβράζη προσθήκῃ ὀξέος, ἡ οὐσία εἶναι πιθανῶς ἄλλας ὀργανικοῦ ὀξέος, ἀλκάλειος ἢ ἀλκαλικῆς γαίας.

Οὐσίαι τινὲς ἐξαχνοῦνται καὶ συμπυκνοῦνται εἰς τὸν λιγνὸν τοῦ κορυνίου ὡς λ.χ. τὸ As_2O_3 , τὰ χλωρίδια τοῦ Pb καὶ Hg καὶ πολλὰ ἀμμωνιακὰ ἄλατα.

Θερμαινόμενα μετὰ σόδας ἄλατα NH_4 δίδουν $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ἀναγνωρίζομενον ἐκ τῆς ὁσμῆς (6), ἄλατα Hg δίδουν ἐπίχρισμα σταγονιδίων Hg (7).

Θερμαινόμενα μετὰ KHSO_4 . Ἀλογόνα τινὰ καὶ ὠρισμένα ὀξέα ἐλευθεροῦνται καὶ ἀναγνωρίζονται ἐκ τῆς ὁσμῆς τοῦ αερίου, τοῦ χρώματος ἢ ὠρισμένων ἀντιδράσεων.

Θειοῦχοι ἐνώσεις μετάλλων παρέχουν H_2S μετὰ τὴν χαρακτηριστικὴν αὐτοῦ ὁσμὴν, τὸ ὁποῖον μελανώνει χάρτην ὀξεικοῦ μολύβδου (8).

Θειώδη καὶ πολυθεικὰ ἄλατα δίδουν SO_2 ὁσμῆς καίομένου θείου (9).

Φθοριοῦχοι ἐνώσεις δίδουν HF δηκτικῆς ὁσμῆς διαβιβρώσκον τὴν ὑάλον (10).

Χλωριοῦχοι ἐνώσεις δίδουν HCl, τὸ ὁποῖον μετὰ ἀτμούς ἀμμωνίας δίδει λευκὸν καπνὸν NH_4Cl (11).

Βρωμιοῦχοι καὶ βρωμικαὶ ἐνώσεις δίδουν καστανερύθρους ἀτμούς Br χρωματίζοντας χάρτην ἀμύλου κίτρινον (12).

Ἰωδιοῦχοι ἐνώσεις καὶ ἰωδικαὶ προσθήκῃ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ παρέχουν ἰώδεις ἀτμούς J χρωματίζοντας ἀμυλόκολλαν μετὰ χρῶμα κυανοῦν (13).

Χλωρικά ἄλατα δίδουν κιτρινοπρασίνους ἀτμούς χλωριώδους ὀξέος ἀποχρωματίζοντος τὸν χάρτην τοῦ ἡλιοτροπίου. Τὴν αὐτὴν ἀντίδρασιν δίδουν καὶ τὰ χλωρίδια προσθήκῃ MnO_2 (14).

Νιτρικὰ καὶ νιτρώδη ἄλατα δίδουν ἐρυθροκαστανοχρόους ἀτμούς ἰδιαζούσης ὁσμῆς (15).

Ἀνθρακικὰ ἄλατα δίδουν CO_2 .

Ὀξεικὰ ἄλατα δίδουν ἀτμούς ὀξεικοῦ ὀξέος (16).

Ἄλατα ὀργανικῶν ὀξέων μελανοῦνται ἀποβαλλομένου C καὶ CO, τὸ ὁποῖον καίεται μετὰ φλόγα κυανῇν (17).

γ) *Ισχυρισμαὶ εἰς κλειστόν σωλῆνα.* Αἱ ἀντιδράσεις ἐν κορυνίῳ δύναν-

ται νὰ γίνουν καὶ εἰς κλειστὸν σωλῆνα, χρησιμοποιεῖται ὅμως κυρίως οὗτος διὰ τὴν ἐξέτασιν ἐνώσεων μὲ μεταλλικὴν λάμψιν τῶν βαρέων μετάλλων μὲ S, Se, Te, As, Sb, Bi. Ἡ θέρμανσις γίνεται βαθμιαίως καὶ παρατηροῦνται τὰ σχηματιζόμενα ἐπάνθηματα.

Τινὰ τῶν σουλφιδίων καὶ τὸ S παρέχουν ἐπάνθημα θείου κίτρινον ἐν ψυχρῷ (18). Τὰ μὲ χαμηλὸν βαθμὸν θειώσεως δὲν παρέχουν τὴν ἀντίδρασιν.

Ἀρσενιδιά τινα καὶ τὸ ἀρσενικὸν δίδουν μέλαν μεταλλικῆς λάμψεως ἐπάνθημα ἀρσενικοῦ (19).

Θειοαρσενικοῦχοί τινες ἐνώσεις δίδου πορτοκαλόχρουν ἐπάνθημα As_2S_3 (20).

Σεληνιοῦχοί τινες ἐνώσεις δίδουν παρὰ τὴν οὐσίαν χαλυβότεφρον ἐπάνθημα μεταπίπτον περαιτέρω εἰς ἐρυθρὸν (21).

Θειοαντιμονιοῦχοί τινες ἐνώσεις δίδουν ἐρυθρὸν ἐπάνθημα (ἐκ $2Sb_2S_3$, Sb_2O_3) (22).

Ὁ κινναβαρίτης καὶ θειοῦχοι ἐνώσεις περιέχουσαι Hg δίδουν μέλαν ἐπάνθημα HgS, ὅπερ τριβόμενον γίνεται ἐρυθρὸν.

Πολλὰ τελλουρίδια εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν δίδουν τεφρὸν ἐπάνθημα σταγονιδίων Te στερεοποιουμένων μετὰ ψύξιν πρὸς μεταλλικῆς λάμψεως σφαιρίδια (23).

Τὰ ἀμαγάλματα δίδουν σταγονίδια Hg (24).

Καδμιοῦχοι ἐνώσεις δίδουν ἀργυρόχρουν μεταλλικὸν ἀπόσταγμα Cd μεταπίπτον εἰς καστανόχρουν ἐπάνθημα CdO (25).

Διὰ θερμάνσεως μεταλλοξειδίων μετὰ θειοθεικοῦ νατρίου λαμβάνονται σουλφίδια τῶν μετάλλων χαρακτηριστικοῦ χρώματος. Κατὰ τὴν θέρμανσιν ὁ σωλὴν διατηρεῖται ὀριζόντιος, ἵνα διαφύγῃ τὸ κρυσταλλικὸν ὕδωρ τοῦ ἀντιδραστήριου, χωρὶς νὰ παρασύρῃ καὶ τὴν οὐσίαν.

Ἀπὸ ZnO λαμβάνεται χρῶμα λευκὸν (26), ἀπὸ Sb_2O_3 ἐρυθρὸν (27), ἀπὸ CdO κίτρινον (28), ἀπὸ ὀξειδια Mn καὶ Cr πράσινον (29), τὸ μολυβδαινικὸν ὀξὺ καὶ ὁ SnO_2 δίδουν χρῶμα καστάνινον (30).

δ) Δοκιμασία εἰς ἀνοικτὸν σωλῆνα. Ὁ σωλὴν εἶναι λοξῶς κεκαμμένος εἰς σημεῖον ἀπέχον ἀπὸ τοῦ κάτω ἄκρου τοῦ ἀπόστασιν ἴσην πρὸς τὸ $1/4$ τοῦ ὅλου μήκους τοῦ (σχ. 555), ἵνα συγκρατῇ εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν τὴν οὐσίαν. Κατὰ τὴν θέρμανσιν σχηματίζεται ρεῦμα ἀέρος ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω προκαλοῦν ὀξειδῶσιν τῶν S, Se, Te, As καὶ Sb ἐνώσεων, αἱ ὅποια περιέχουν τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ὡς ἀνιόντα. Τὰ προκύπτοντα ὀξειδια εἶναι ἀέρια ἢ στερεὰ ἐπάνθηματα μὲ χαρακτηριστικὰς ιδιότητας.

Θειοῦχοι ἐνώσεις δίδουν SO_2 ὁσμῆς καιομένου θείου καὶ ὀξείνου ἀντιδράσεως (31).

Σεληνιοῦχοι ἐνώσεις δίδουν SeO_2 ὁσμῆς ἀποσυντεθειμένης ραφανίδος καὶ ἐν ὑπάρξει πολὺ Se καὶ ἐπάνθημα (32).

Τελλουριούχοι ενώσεις δίδουν TeO_2 εις λευκὸν καπνὸν ἐκτεινόμενον καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ σωλῆνος καὶ ἀποτιθέμενον κυρίως εἰς τὸ κάτω τμήμα αὐτοῦ. Τὸ ἐπάνθημα δὲν μετατοπίζεται διὰ θερμάνσεως, ἀλλὰ τήκεται εἰς σταγονίδια (33).

Ἀρσενικοῦχοι ενώσεις δίδουν As_2O_3 ὁσμῆς σκόρδου, σχηματίζουν λευκὸν πτητικὸν ἐπάνθημα ἐξ ὀκταεδρικῶν κρυσταλλίων (34). Παρουσία καὶ S σχηματίζεται ἐρυθρὸν ἐπάνθημα AsS ἢ κίτρινον As_2S_3 (35).

Ἀντιμονιοῦχοι ενώσεις δίδουν λευκὸν καπνὸν Sb_2O_3 πληροῦντα τὸν σωλῆνα καὶ ἀποτιθέμενον εἰς τὸ πρὸς τὰ ἄνω τμήμα αὐτοῦ ὡς λευκὸν ἐπάνθημα. Δι' ἰσχυρᾶς θερμάνσεως μετατοπίζεται, μέρος ὅμως αὐτοῦ μετατρέπεται εἰς ὄχι πτητικὸν Sb_2O_4 παραμένον εἰς τὸν πυθμένα (36).

Ἐνώσεις Hg δίδουν τεφρὰ μεταλλικῆς λάμψεως σταγονίδια (37).

Ἐνώσεις Mo παρέχουν MoO_3 εἰς λευκοὺς ὡχροκίτρινους κρυστάλλους, οἱ ὅποιοι ἐρχόμενοι στιγμιαίως εἰς ἐπαφὴν μὲ ἀναγωγικὴν φλόγα καθίστανται κυανοῖ (38).

ε) Ἀναγωγή ἐπὶ τοῦ ἄνθρακος. Κόνις τοῦ ὀρυκτοῦ ἀναμειγνύεται μὲ 1-2 μέρη Na_2CO_3 ὑγραίνεται μὲ σταγόνα ὕδατος, ὥστε νὰ συσσωματωθῇ, τοποθετεῖται εἰς κοιλότητα ἐπὶ τεμαχίου ἄνθρακος καὶ θερμαίνεται δι' ἀναγωγικῆς φλογὸς μὲ τὸν καμινευτῆρα. Κατὰ τὴν δοκιμὴν λαμβάνονται εἴτε κόκκοι μετάλλου μόνον εἴτε μέταλλον καὶ ἐπάνθημα ὀξειδίου τοῦ ἐπὶ τοῦ ἄνθρακος εἴτε μόνον ἐπάνθημα.

Παρέχουν μόνον μεταλλικὰ κοκκία:

1) Ἀττηκτα τεφρὰ ἕως τεφρόλευκα ὄχι μαγνητιὰ τὰ Pt , Pd , Ir , Rh , W , (39).

2) Ἀττηκτα τεφρὰ μαγνητικὰ τὰ Fe , Co , Ni (40).

3) Ἐλατὰ μεταλλικὰ κοκκία: ὁ Au κίτρινα (σημ. τήξ. 1064°) (41), ὁ Ag λευκὰ μεταλλικὰ σφαιρίδια (σημ. τήξ. 962°) διαλυτὰ εἰς HNO_3 . Τὸ διάλυμα δίδει μὲ HCl λευκὸν ἕζημα AgCl (42). Ὁ Cu δίδει δύστηκτα ἐρυθρὰ σφαιρίδια (43).

Παρέχουν μεταλλικὰ ὑπολείμματα καὶ ἐπανθήματα ενώσεις τῶν μετάλλων:

Ἀντιμόνιου, κασσιτερόχροα εὐθρυπτα σφαιρίδια (σημ. τήξ. 630°) καὶ λευκὸν πτητικὸν ἐπάνθημα (44).

Βισμούθιου, ἐρυθρόλευκα εὐθρυπτα λευκὰ σφαιρίδια (σημ. τήξ. 269°) καὶ κίτρινον ἐπάνθημα, τὸ ὅποιον δὲν χρωματίζει κυανῇ τὴν ὀξειδωτικὴν φλόγα (45).

Μολύβδου, τεφρὰ ἐλατὰ σφαιρίδια, ἀποβάφοντα ἐπὶ τοῦ χαρτοῦ διαλυτὰ εἰς HNO_3 (σημ. τήξ. 327°). Τὸ διάλυμα δίδει μὲ H_2SO_4 λευκὸν ἕζημα PbSO_4 . Ἐπάνθημα PbO κίτρινον παρὰ τὴν οὐσίαν, λευκὸν ἀπώτερον (PbCO_3) (46).

Κασσιτέρου, λευκὰ ἐλατὰ σφαιρίδια (σημ. τήξ. 232°) μαλακὰ καὶ παρ'

αὐτὰ λευκὸν μόνιμον ἐπάνθημα. Ὁξειδοῦνται ἐντὸς HNO_3 πρὸς λευκὸν ὕδρο-
ζείδιον (47).

Μολυβδαινίου τεφρὰ ἄτηκτα μεταλλικὰ κοκκία καὶ κρυσταλλικὸν ἐπάνθη-
μα λευκὸν MoO_3 (ἐν θερμῷ κίτρινον) πτητικὸν εἰς ὀξειδωτικὴν φλόγα. Διὰ
στιγματίας ἐπαφῆς μὲ ἀναγωγικὴν φλόγα τὸ ἐπάνθημα χρωματίζεται κυανοῦν
(48).

Παρέχουν μόνον ἐπάνθημα ἄνευ μετάλλου ἐνώσεις τῶν μετάλλων:

Ψευδαργύρου ἐπάνθημα ZnO λευκὸν ἐν ψυχρῷ, κίτρινον ἐν θερμῷ (49).

Καδμίου (σημ. τήξ. 321°) ἐπάνθημα CdO καστανόχρουν ἀπώτερον
πορτοκαλόχρουν καὶ πρὸς τὰ ἐξώτερα ὄρια ποικιλόχρωμον (50) τὸ τελευταῖον
γνώρισμα ἐμφανίζεται καὶ ἐπὶ ἐλαχίστων ποσοτήτων καδμίου.

Ἀρσενικοῦ λίαν πτητικὸν ἐπάνθημα As_2O_3 μὲ σκοροδῶδη ὁσμὴν.

Τελλουρίου ἐπάνθημα TeO_2 (ἀντίδρασις 33) εἰς ἀναγωγικὴν φλόγα
δίδει πρᾶσινοκύανον φλόγα (51). Ἐπὶ γύψου σκοτεινὸν καστανόχρουν (52).

Σεληνίου ἐπάνθημα SeO_2 λευκὸν πτητικὸν ἐρυθρίζον κατὰ τὰς πάρυφας,
τεφρὸν παρὰ τὴν οὐσίαν. Δι' ἐπαφῆς πρὸς ἀναγωγικὴν φλόγα δίδει εἰς αὐτὴν
κυανῇν χροιάν (53), ἐπὶ γύψου χρῶμα ἐπανθήματος ἐρυθρὸν (54).

Διὰ συντήξεως μὲ μεῖγμα KJ καὶ S λαμβάνονται ἐπανθήματα ἰωδιδίων,
τοῦ μολύβδου κίτρινον ἐπὶ ἄνθρακος καὶ γύψου, τοῦ Bi ἐπὶ ἄνθρακος ἐρυθρὸν
μὲ κίτρινον δακτύλιον παρὰ τὴν οὐσίαν (55) ἐπὶ γύψου σοκολατόχρουν, ὑπὸ
τὴν ἐπίδρασιν ἀτμῶν ἀμμωνίας καθιστάμενον πορτοκαλόχρουν καὶ εἴτα ἐρυ-
θρὸν (56) τοῦ Te καστανόχρουν - πορφυροῦν (ἐπὶ γύψου), τοῦ Se καστανό-
χρουν, ὑπέρυθρον (ἐπὶ γύψου), τοῦ Te καστανόχρουν - πορφυροῦν (ἐπὶ γύψου),
τοῦ As κιτρινέρυθρον ἐπὶ γύψου, κίτρινον ἐπὶ ἄνθρακος, τοῦ Sh πορτοκαλέ-
ρυθρον ἐπὶ γύψου ἀσθενῶς κίτρινον ἐπὶ ἄνθρακος.

Διὰ τὴν παραλαβὴν μετάλλων δι' ἀναγωγῆς ἐκ τῶν ἐνώσεών των δύ-
ναιτο ἀντὶ τοῦ ἄνθρακος νὰ χρησιμοποιηθῇ ξύλινον ραβδίον πυρείου, τοῦ ὁ-
ποίου τὸ ἐν ἄκρον ἐμβαπτίζεται εἰς κεκορεσμένον διάλυμα σόδας καὶ θερμαί-
νεται εἰς τὸν λύχνον. Τὸ ξύλον οὕτως ἐξανθρακοῦται καὶ ὁ ἄνθραξ ἐμποτιζό-
μενος μὲ σόδαν δὲν καίεται καὶ διατηρεῖ τὴν συνοχὴν του. Ἐπὶ τοῦ ἄκρου τού-
του τίθεται ἡ οὐσία καὶ ἀνάγεται δι' ἀναγωγικῆς φλογὸς ὅπως καὶ ἐπὶ τοῦ
ἄνθρακος.

Θειοῦχοι ἢ θεικαὶ ἐνώσεις θερμαινόμεναι μὲ σόδαν ἐπὶ ἄνθρακος παρέχουν
τῆγμα περιέχον Na_2S . Τὸ τῆγμα τοῦτο τιθέμενον ἐπὶ ἀργυροῦ νομίσματος
καὶ ὑγραινόμενον διὰ σταγόνης ὕδατος δίδει H_2S , τὸ ὅποιον μαυρίζει τὸν Ag
σχηματιζομένου (Ag_2S) (ἀντίδρασις ἡπατος) (57).

ζ) Λοκιμασία μὲ νιτρικὸν κοβάλτιον. Ἐφαρμόζεται ἐπὶ οὐσιῶν, αἱ ὁ-
ποῖαι μετὰ πύρρῳσιν εἰς ὀξειδωτικὴν φλόγα παρουσιάζουν λευκὸν χρῶμα. Ἡ
οὐσία κοκιοποιεῖται λεπτομερῶς εἰς ἰγδίων ἀχάτου, διυγραίνεται μὲ σταγό-
να ὕδατος, ἀπλώνεται ἡ οὐσία ἐπὶ τοῦ ἄνθρακος καὶ ξηραίνεται δι' ἥπιας θερ-

μάνσεως. Κατόπιν υγραίνεται με σταγόνα διαλύματος νιτρικού κοβαλτίου και θερμαίνεται εις όξειδωτικήν φλόγα μέχρις άσθενούς διαπυρώσεως. Παρουσία ώρισμένων στοιχείων έμφανίζονται χαρακτηριστικά χρώματα, τέφρον επί Be, Ca, Sr, σαρκόχρουν επί Mg (58) και τανταλικού όξέος, καστανέρυθρον επί Ba, κυανούν επί Al (59), SiO₂, GeO₂, πράσινον επί ZnO (60), SnO₂ (61) και τιτανικού όξέος. Η δοκιμασία εφαρμόζεται κυρίως διά τά στοιχεΐα Al, Zn, Sn και Mg.

η) *Χρώσις της φλογός.* Πολλά στοιχεΐα θερμαινόμενα με όξειδωτικήν φλόγα παρέχουν εις αυτήν χαρακτηριστικόν χρώμα όφειλόμενον εις τάς έντονωτέρας ραβδώσεις του φάσματος του στοιχείου. Έρυθρόν χρώμα δίδουν τά Li, Sr, Ca, (62), κίτρινον τó Na (63), πράσινον τó CuO, H₃BO₃, Ba, Mo, Sb (64) κυανούν τó Se, Pb, As, CuCl.CuBr, (65) ίωδες τó K (66), επί παρουσία Na, K τó ίωδες χρώμα τó όφειλόμενον εις τó K καλύπτεται από τó κίτρινον του Na. Πρός διάκρισιν παρατηρείται ή φλόξ διά κυανής ύάλου κοβαλτίου, ήτις άπορροφεί τó κίτρινον χρώμα.

Εις έργαστηριακήν έρευναν άντι της προχείρου αυτής εξέτάσεως του χρώματος της φλογός εφαρμόζεται φασματοσκοπική άνάλυσις. Μικρά ποσότης της ουσίας τίθεται έντός κυλινδρικής όπτης εις τόν θετικόν άνθρακα βολταΐκου τόξου. Κατά την λειτουργίαν του τόξου ή ουσία εξαερούται και τó φώς του τόξου αναλόμενον διά φασματοσκοπίου παρέχει φάσμα με τάς χαρακτηριστικάς ραβδώσεις των περιεχομένων στοιχείων. Ούτω προσδιορίζονται και ίχνη στοιχείων περιεχομένων εις τó δορυκτόν. Η φασματογραφική έρευνα εφαρμόζεται επιτυχώς και εις ποσοτικούς προσδιορισμούς.

θ) *Δοκιμασία διά μαργαριτών βόρακος ή φωσφορικού άλατος.* Μικρά ποσότης των άλάτων τούτων τήκεται εις δακτύλιον του σύρματος λευκοχρύσου και καταλείπει μετά ψύξιν διαυγές φακοειδές σωμα, τόν *μαργαρίτην*. Εις τόν μαργαρίτην προστίθεται όλίγη κόνις του υπό εξέτασιν δορυκτού και θερμαίνεται εις όξειδωτικήν ή αναγωγικήν φλόγα, μέχρις ότου άπορροφηθή έξ ολοκλήρου από τó τήγμα και καταστή τουτο διαυγές. Άρσενικοϋχοι ένώσεις φρύσσονται προηγουμένως προς άπομάκρυνσιν του As. Παρουσία ώρισμένων μετάλλων οί μαργαρίται λαμβάνουν χαρακτηριστικά χρώματα. Οί θερμανθέντες εις όξειδωτικήν φλόγα συνήθως μεταβάλλουν χρώμα θερμαινόμενοι εις φλόγα αναγωγικήν. Επίσης πολλών μαργαριτών τó χρώμα, τó όποιον έχουν θερμοί, μεταβάλλεται όταν ψυχθούν. Υπό τάς αυτές συνθήκας δοκιμασίας έντασις και άπόχρωσις του χρώματος έξαρτώνται εκ του ποσού της έντός του μαργαρίτου διαλυθείσης ουσίας. Τó χαρακτηριστικόν ένός μετάλλου χρώμα μαργαρίτου μεταβάλλεται ένίοτε και καλύπτεται τελείως, εάν ή ουσία περιέχει και άλλο μέταλλον παρέχον εις τόν μαργαρίτην ίδιον χρώμα. Εις τόν επόμενον πίνακα παρέχονται αί μάλλον χαρακτηριστικά χρώσεις μαργαριτών από ένώσεις με όξυγονόν των αναφερομένων στοιχείων.

Πυριτικά ένώσεις έντὸς μαργαρίτου φωσφορικοῦ ἄλατος καταλείπουν σκελετὸν ἐκ SiO_2 ἔχοντά τὸ σχῆμα τοῦ τεμαχίου, τὸ ὁποῖον ἐτέθη έντὸς τοῦ μαργαρίτου (78).

Μαγγανιοῦχα ἢ χρωμιοῦχα ὀρυκτὰ πυρούμενα μετὰ σόδας εἰς ὀξειδωτικήν φλόγα έντὸς δακτυλίου σύρματος λευκοχρύσου χρωματίζουν τὸ τῆγμα με χρῶμα πράσινον τὰ περιέχοντα Mn (79), με χρῶμα κίτρινον τὰ περιέχοντα Cr (80).

Πυριτικά ἄλατα πυρούμενα δι' ὀξειδωτικῆς φλογὸς μετὰ σόδας έντὸς δακτυλίου σύρματος λευκοχρύσου τήκονται πρὸς διαυγῇ ὕαλον μετ' ἀναβρασμοῦ (81).

Ὁ μαργαρίτης οὗτος καθίσταται θολός, ἐὰν ἡ σόδα εὔρσκεται εἰς περρίσειαν.

Τινὲς ἐκ τῶν μαργαριτῶν διὰ φωσφορικοῦ ἄλατος τοῦ πίνακος XI παρέχουν

ΠΙΝΑΞ XI

· Μαργαρίτης βόρακος

Μαργαρίτης φωσφορικοῦ ἄλατος

	Ὁξειδωτική φλόξ	Ἀναγωγική φλόξ	Ὁξειδωτική φλόξ	Ἀναγωγική φλόξ		
Co	κυανοῦς	κυανοῦς	κυανοῦς	κυανοῦς	Co	(67)
Mn	ιώδης	ἄχρους ροδιζών	ιώδης	ἄχρους ἢ ροδιζών	Mn	(68)
Cu	οὐρανοκύανος	ἐρυθρός	οὐρανοκύανος	ἐρυθρὸς ἀδιαφανής	Cu	(69)
Ni	κοκκινοκαστάνινος	τεφρὸς	κιτρινοκαστάνιος	κιτρινοκαστάνινος	Ni	(70)
Cr	κιτρινοπράσινος	σμαραγδοπράσινος	σμαραγδοπράσινος	σμαραγδοπράσινος	Cr	(71)
V	κιτρινοκαστανόχρους	σμαραγδοπράσινος	ὑποκίτρινος ἢ ἄχρους	πράσινος	V	(72)
Fe	κίτρινος— ῶχρας	πράσινος	κίτρινος— ῶχρας	πράσινος	Fe	(73)
U	κίτρινος	πράσινος	κίτρινος	πράσινος	U	(74)
Ti	ὑποκίτρινος ἄχρους	ὑποκαστανόχρους	ἄχρους—ὑποκίτρινος	ιώδης, παροδία Fe_2O_3 , αἱματόχρους	Ti	(75)
W	ἄχρους ὑποκίτρινος	ἄχρους ὑποκίτρινος	ἄχρους ὑποκίτρινος	σαπφειροκύανος παρουσία Fe_2O_3 , αἱματόχρους	W	(76)
Mo	ἄχρους ὑποκύανος	τεφροκαστανόχρους—μέλας	ἄχρους ἢ κίτρινοπράσινος	σμαραγδοπράσινος	Mo	(77)

και ἄλλην ἀντίδρασιν χαρακτηριστικὴν τοῦ περιεχομένου στοιχείου. Διαλύονται εἰς ἀραιὸν διάλυμα HCl ἐντὸς κάψης λευκοχρύσου καὶ εἰς τὸ διάλυμα προστίθενται ψήγματα Sn ἢ Zn καὶ εἶτα τοῦτο θερμαίνεται. Τὸ ἀναπτυσσόμενον ὑδρογόνον δρᾷ ἀναγωγικῶς ἐπὶ τῶν συστατικῶν τοῦ διαλύματος καὶ προκύπτουν ἐνώσεις, αἱ ὁποῖαι τοῦ προσδίδουν ὀρισμένα χρώματα. Παρουσία U προκύπτει χρῶμα πράσινον (83), βολφραμίου κυανοῦν ἐὰν προστεθοῦν ψήγματα Sn , πορφυροῦν μεταπίπτουν εἰς ἐρυθροκαστάνινον ἐὰν προστεθῇ Zn . Τὸ χρῶμα τοῦτο δὲν καταστρέφεται κατὰ τὴν ἀραιώσιν μὲ ὕδωρ (διάκρισις ἀπὸ Nb) (84). Μολυβδαίνιον δίδει διὰ Zn κυανοῦν χρῶμα, τὸ ὁποῖον ἀποβαίνει πράσινον καὶ κατόπιν καστάνινον (84a). Τὸ βανάδιον διὰ Zn μετὰ θέρμανσιν δίδει χρῶμα πράσινον μεταπίπτουν εἰς κυανοῦν καὶ ἰώδες (85). Τιτάνιον διὰ Zn δίδει χρῶμα ἰώδες (86) (ἐπὶ παρουσίᾳ Fe πράσινον).

130. Ἀντιδράσεις δι' ὑγρᾶς ὁδοῦ. Πρὸς ἐπιβεβαίωσιν ἢ συμπλήρωσιν τῶν δεδομένων τῆς πυροχημικῆς ἐξετάσεως παρίσταται συχνὰ ἀνάγκη νὰ γίνῃ χρήσις ἀντιδράσεως δι' ὑγρᾶς ὁδοῦ. Περαιτέρω παρατίθεται ἀριθμὸς τις τοιούτων ἀπλῶν ὑδροχημικῶν ἀντιδράσεων, διὰ τῶν ὁποίων ἐξακριβοῦται τὸ εἶδος τῶν ἀνιόντων ἢ ριζικῶν καὶ τῶν περισσοτέρων κατιόντων, τὰ ὁποῖα δύναται νὰ περιέχῃ ἡ οὐσία. Οὕτως ἐξακριβοῦται ταχέως ἡ τάξις, εἰς ἣν ἀνήκει τὸ ὑπὸ ἐξέτασιν ὄρυκτόν, καὶ ὁ προσδιορισμὸς αὐτοῦ ἀποβαίνει εὐχερέστερος. Πλήρης συστηματικὴ ποιοτικὴ ἀνάλυσις ἐνὸς ὄρυκτοῦ καθίσταται ἀπαραίτητος μόνον προκειμένου τὰ ἐξ αὐτῆς ἀποτελέσματα νὰ χρησιμεύσουν ὡς βάσις διὰ ποσοτικὴν ἀνάλυσιν αὐτοῦ.

Διὰ τὴν εξέτασιν αὐτὴν πρέπει τὸ σῶμα νὰ καταστῇ διαλυτὸν εἰς τι διαλυτικὸν μέσον. Ὡς διαλυτικὰ μέσα δοκιμάζονται κατὰ σειρὰν τὸ ὕδωρ καὶ τὰ ὀξέα HCl , HNO_3 καὶ H_2SO_4 .

Μετὰ δοκιμασίαν εἰς ὕδωρ αἱ ἀδιάλυτοι ἐντὸς αὐτοῦ ἐνώσεις δοκιμάζονται μὲ HCl , κατ' ἀρχὰς ἀραιὸν ($1\text{HCl}:3\text{H}_2\text{O}$ τῇ συνδρομῇ καὶ θερμάνσεως). Ἐὰν τὸ ἀραιὸν HCl δὲν ἐπιδρᾷ, γίνεται χρήσις πυκνοῦ. Ἵνα ἐλέγξωμεν ἐὰν ἡ ἐνώσις προσεβλήθῃ διὰ τῆς κατεργασίας αὐτῆς, ἀραιοῦμεν δι' ὕδατος καὶ προσθέτομεν ἀμμωνίαν καὶ φωσφορικὸν νάτριον. Ἐὰν οὐδὲν σχηματισθῇ ἴζημα, τὸ ὄρυκτόν δὲν προσεβλήθῃ ὑπὸ τοῦ ὀξέος. Ὑπὸ τοῦ HCl διαλύονται ἢ προσβάλλονται διαλυόμενα μερικῶς ἀνθρακικά, βορικά, θεικὰ, φωσφορικά καὶ ἀρσενικὰ ἄλατα καὶ τινὰ τῶν πυριτικῶν. Τὰ ἀνθρακικά διαλύονται ἐκλυομένου μετ' ἀναβρασμοῦ ἀερίου CO_2 (87), ὀξειδωμένοι τινὲς ἐνώσεις Mn ὑπὸ ἐκλυσιν Cl (88), σουλφιδία τινὰ παρέχουν H_2S (89). Τὰ πυριτικὰ ὄρυκτὰ τὰ προσβαλλόμενα ὑπὸ τοῦ HCl καταλείπουν ἀδιάλυτον ὑπόλειμμα SiO_2 πηκτῶδες ἢ ὑπὸ μορφήν κόνεως. Ἐνώσεις μολύβδου καταλείπουν ἀδιάλυτον PbCl_2 (90). Ὁ σεελίτης ἀδιάλυτον κίτρινον ἴζημα WO_3 (91).

Τὸ προκύψαν διάλυμα δοκιμάζεται μὲ τὰς κατωτέρω ὑδροχημικὰς ἀντιδράσεις.

1) Μὲ διάλυμα BaCl_2 ἕζημα λευκὸν λεπτοκρυσταλλικὸν προδίδει τὴν παρουσίαν ἀνιόντων SO_4 (92).

2) Διάλυμα μολυβδαινικοῦ ἀμμωνίου παρουσίᾳ πυκνοῦ HNO_3 παρέχει μετὰ θέρμανσιν ἕζημα κίτρινον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἔνωσις περιέχει ἀνιόντα $(\text{PO}_4)^{3-}$ ἢ $(\text{AsO}_4)^{3-}$ (93). Ἐὰν ἡ οὐσία πρὸ τῆς διαλύσεως εἴχε πυρωθῇ μὲ σόδαν ἐπὶ ἄνθρακος, τὸ As θὰ ἔχη ἀπομακρυνθῇ ὡς As_2O_3 . Διάκρισις μεταξὺ φωσφορικῶν καὶ ἀρσενικικῶν ἐνώσεων γίνεται καὶ ἄλλως. ἐὰν ἡ ἔνωσις εἶναι διαλυτὴ εἰς HNO_3 καὶ εἰς τὸ διάλυμα προστεθῇ διάλυμα AgNO_3 , αἱ φωσφορικαὶ ἐνώσεις δίδουν κίτρινον ἕζημα Ag_3PO_4 , αἱ ἀρσενικικαὶ καστανόχρουν Ag_3AsO_4 (94).

3) Τὸ διάλυμα καθίσταται οὐδέτερον προσθήκῃ ἀμμωνίας καὶ ἐμβαπτίζεται ἐντὸς αὐτοῦ χάρτης μὲ δείκτην βάμμα κροκορρίζης, ὅστις ζηραίνεται κατόπιν. Ἐὰν ἐμφανισθῇ ἐρυθροκαστάνινον χρῶμα, τὸ ὁποῖον δι' ἀμμωνίας μετατρέπεται εἰς κυανοῦν, ἡ ἀντίδρασις αὐτὴ μαρτυρεῖ τὴν παρουσίαν βορικῶν ἀλάτων (95). Τὸ αὐτὸ καστάνινον χρῶμα παρέχει καὶ ἡ παρουσία εἰς τὸ διάλυμα Zr, Ti, Mo, Nb καὶ Ta (96).

4) Διὰ ζέσεως κόνεως τοῦ ὀρυκτοῦ μὲ πυκνὸν HCl καὶ προσθήκης ψηγμάτων Zn ἐλέγχεται διὰ τῆς χρώσεως τοῦ διαλύματος κατὰ τὰ λεχθέντα εἰς τὴν προηγούμενην παράγραφον ἢ υπαρξίς τῶν στοιχείων U, W, V, Mo, Ti. Ἐκτὸς τούτων παρέχουν ἀντιδράσεις χρώσεως καὶ τὰ ἐξῆς στοιχεῖα:

Τὸ Nb προσθήκῃ Zn εἰς τὸ ὀξείνον διάλυμα δίδει κυανομέλαν χρῶμα, ἐξαφανιζόμενον δι' ἀραιώσεως μὲ H_2O (διάκρισις ἀπὸ W) (97).

Τὸ Ru προσθήκῃ Zn δίδει κυανοῦν χρῶμα, τὸ ὁποῖον ἐξαφανίζεται καθιζάνοντος μεταλλικοῦ ρουθηνίου (98).

Εἰς σεληνιοῦχον ὀξείνον διάλυμα ὁ Zn καλύπτεται μὲ Se χρώματος ἐρυθροῦ, ὁμοίου πρὸς τὸ τοῦ Cu, τὸ ὁποῖον ὅμως θερμαινόμενον γίνεται καστανόχρουν ἕως τεφρὸν (99).

5) Δοκιμασία δι' ἀμμωνίας. Μετὰ προσθήκην στερεοῦ NH_4Cl καὶ ἀμμωνίας τὰ στοιχεῖα Be, Al, Sb, Bi, Sn, Pb, Zr, Ti καὶ Th δίδουν λευκὸν ἕζημα, τὸ U κίτρινον (100), ὁ Fe καστανόχρουν (101), τὸ Cr τεφροπράσινον (102). Παρουσία Cu τὸ διάλυμα χρωματίζεται μὲ βαθὺ κυανοῦν χρῶμα (103), ἐπὶ Ni μὲ ἀνοικτὸν κυανοπράσινον (104). Ἐκ τῶν ἱζημάτων τούτων εἶναι διαλυτὰ εἰς τὰ καυστικά ἀλκάλεια τὰ Al, Be, Sn, Pb καὶ Sb, τὰ ἄλλα κατὰ τὴν ἐκπλυσιν τοῦ ἱζηματος μὲ NaOH παραμένουν ἐντὸς τοῦ ἡθμοῦ. Τὸ Al καθιζάνει ἐκ νέου προσθήκῃ διαλύματος Na_2CO_3 , ἐνῶ τὸ τοῦ Be εἶναι διαλυτὸν εἰς τὸ Na_2CO_3 (105).

6) Προσθήκῃ εἰς τὸ ἐκ τῆς ἀμμωνίας διήθημα ὀξάλικοῦ ἀμμωνίου καθιζάνουν τὰ Ca, Sr, καὶ Ba.

7) Εἰς τὸ διήθημα τῆς προηγούμενης ἀντιδράσεως προσθήκῃ ὀξείνου φωσφορικοῦ ἀμμωνίου καθιζάνει τὸ Mn καὶ Mg. Διήθημα ἐκ τῆς ἀντιδράσεως

κὺτῃς δύνανται νὰ περιέχῃ τὰ ἀλκάλεια Cu, Co, Ni, U, Mo κ.λ.π.

Ἐπὶ ἐνώσεων ἀδιαλύτων εἰς HCl δοκιμάζεται τὸ HNO₃. Εἰς τὸ HNO₃ διαλύονται πολλὰ μέταλλα (Ag, Cu, Pb κ.λ.π.), καὶ αἱ περισσότεραι ἐνώσεις μετάλλων μὲ S, Se, Te, As, Sb, ἐνίοτε ὑπὸ ἐκλυσιν ἐρυθρῶν ἀτμῶν. Ἐὰν καὶ ὑπὸ τοῦ HNO₃ δὲν προσβάλλεται τὸ σῶμα δοκιμάζεται τὸ βασιλικὸν ὕδωρ (3HCl:1HNO₃).

Τὸ πυκνὸν H₂SO₄ χρησιμεύει πρὸς διάγνωσιν φθοριούχων ἐνώσεων. Κόνις τοῦ ἐξεταζομένου σώματος θερμαίνεται μετὰ H₂SO₄ ἐντὸς χωνευτηρίου ἐκ Pb ἢ Pt φέροντος κάλυμμα μὲ ὀπὴν εἰς τὸ κέντρον, ἐπὶ τῆς ὁποίας τίθεται τεμάχιον ὑάλου. Παρουσία F τὸ ἀναπτυσσόμενον HF προσβάλλει τὴν ὑαλον (106). Ἐκ διαλυμάτων χλωριούχων προσθήκῃ AgNO₃ καθιζάνει λευκὸν ἱζημα AgCl μελανούμενον εἰς τὸ φῶς καὶ διαλυτὸν εἰς NH₄OH (107).

Ὅρυκτὰ τὰ ὁποῖα δὲν διελύθησαν εἰς τὰ ὀξέα καθίστανται διὰ συντήξεως μὲ σόδαν KHSO₄ ἢ KNO₃ διαλυτά.

Πρὸς σύντηξιν μὲ σόδαν τὸ ὀρυκτὸν μετατρέπεται ἐντὸς ἰγδίου ἀχάτου εἰς λεπτομερῆ κόνιν καὶ μείγνυται καλῶς μὲ διπλάσιον βάρος μείγματος βόρκαος καὶ σόδας μὲ ἀναλογίαν 1:1. Παρουσία Mg, Al, Be, Zr, Ba ἀπαιτεῖται διπλάσιον ποσότης τοῦ μείγματος.

Τὰ ἀναμειχθέντα ὕλικά συντήκονται ἐπὶ ἄνθρακος μὲ τὴν ἀναγωγικὴν φλόγα καμινευτήρος αὐλοῦ, ἐὰν ἡ οὐσία περιέχει ἀναγόμενα μέταλλα, ἄλλως θερμαίνονται διὰ τῆς ὀξειδωτικῆς φλογός. Τὰ μέταλλα τὰ ὁποῖα δὲν ἀνάγονται παραμένουν εἰς τὴν ὑαλον τοῦ τήγματος. Τοῦτο κονιοποιεῖται, διαλύεται διὰ θερμάνσεως μὲ HCl ἐντὸς κάψης πορσελάνης καὶ τὸ διάλυμα ἐξατμίζεται μέχρι ξηροῦ. Τὸ ξηρὸν ὑπόλειμμα διαλύεται μὲ HCl. Τὸ τυχόν παραμένον ἀδιάλυτον ὑπόλειμμα εἶναι SiO₂ (108). Ἐπὶ τοῦ διαλύματος γίνονται περαιτέρω αἱ ὑδροχημικαὶ δοκιμαί, περὶ τῶν ὁποίων ἐγίνε λόγος.

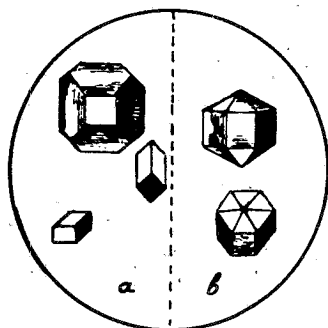
131. Μικροχημική εξέταση. Κατ' αὐτὴν γίνεται χρῆσις ὑδροχημικῶν ἀντιδράσεων μὲ πολὺ μικρὰς ποσότητας διαλύματος καὶ ἀντιδραστηρίων. Τὰ προϊόντα τῶν ἀντιδράσεων αὐτῶν εἶναι κρύσταλλοι χαρακτηριστικῆς μορφῆς, τοὺς ὁποίους παρατηροῦμεν διὰ τοῦ πολωτικοῦ μικροσκοπίου. Ἡ ἀντίδρασις ἐκτελεῖται συνήθως ἐπὶ ἀντικειμενοφόρου πλακὸς μὲ ὀλίγας σταγόνas διαλύματος τῆς πρὸς ἐξέτασιν οὐσίας καὶ τοῦ ἀντιδραστηρίου καὶ ἐξετάζονται μικροσκοπικῶς τὰ σχηματιζόμενα ἐπ' αὐτῆς κρυσταλλικὰ ἱζήματα.

Πρὸς διάλυσιν τῶν πυριτικῶν ὀρυκτῶν γίνεται χρῆσις HF ἢ ὕδροφθοριοπυριτικοῦ ὀξέος (H₂SiF₆). Ἵνα μὴ προσβλῇ ἡ ἀντικειμενοφόρος ὑαλος ἀπὸ τὰ ὀξέα ταῦτα καλύπτεται μὲ λεπτὸν στρώμα βαλσάμου Καναδᾶ. Μικρὸς κύκλος τοῦ ὀρυκτοῦ περίπου 1 mm³ τίθεται ἐπὶ τῆς πλακὸς καὶ καλύπτεται μὲ σταχίνα ὀξέος μεταφερομένην ἀπὸ τοῦ δοχείου μὲ τὸν δακτύλιον τοῦ σύρματος λευκοχρύσου. Ἀντὶ ὑαλίνης πλακὸς προησπισμένης μὲ στρώμα βαλσάμου δύνανται νὰ χρησιμοποιηθῇ καὶ τεμάχιον κελουοῖτου καμπυλωθὲν εἰς

σχῆμα κάψης δι' ἥπιας θερμάνσεως ὑπὸ ταυτόχρονον πίεσιν μεταξὺ δύο ὑάλων. ὥρολογίου. Κατὰ τὴν ἐξάτμισιν τοῦ διαλύματος τῆς πυριτικῆς ἐνώσεως σχηματίζονται κρύσταλλοι φθοριοπυριτικῶν ἀλάτων τῶν μετάλλων, τὰ ὅποια περιέχει ἡ ἔνωσις.

Παρουσία *K* σχηματίζονται κυβικοὶ κρύσταλλοι K_2SiF_6 (σχ. 556α) ὀκταεδρικοὶ ἢ ἑξαεδρικοὶ ἢ καὶ σύνθετοι ἐκ τῶν δύο τούτων σχημάτων, διαυγεῖς ἄχροοι καὶ ἀσθενοῦς δείκτου διαθλάσεως (109). Ἐὰν τὸ διάλυμα ὀξεινωθῇ μὲ HCl ἢ H_2SO_4 καὶ προστεθοῦν σταγόνες διαλύματος χλωριούχου λευκοχρύσου σχηματίζονται κίτρινα ὀκτάεδρα K_2PtCl_6 μὲ ἰσχυρὸν δείκτην διαθλάσεως (110).

Νατριοῦχοι πυριτικαὶ ἐνώσεις δίδουν κρυστάλλους ἑξαγωνικοὺς Na_2SiF_6 (σχ. 556β) μὲ σχήματα (1010), (0001) καὶ σπανιώτερον (1011) ἀχρόους,



Σχ. 556

Μικροχημικὴ ἀντίδρασις *K* καὶ *Na*, α=κυβικοὶ κρύσταλλοὶ K_2SiF_6 , β=ἑξαγωνικοὶ κρύσταλλοι Na_2SiF_6

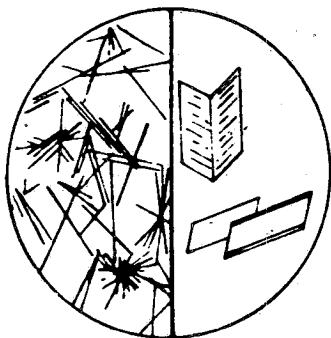
δείκτου διαθλάσεως ἀσθενοῦς καὶ ὀπτικοῦ χαρακτῆρος ἀρνητικοῦ (111). Τὸ *Na* κατακρυσταλλίζεται ἐπίσης ἐκ διαλυμάτων του μὲ ὀξεικὸν οὐρανύλιον εἰς κίτρινα τετράεδρα $Na_4UO_2(CO_3)_3$ (112).

Τὸ *Li* δίδει κρυστάλλους Li_2SiF_6 μονοκλινεῖς ἑξαγωνικῆς μορφῆς ἢ σφαιρολίθους. Ἀσφαλέστερον ἀνιχνεύεται φασματοσκοπικῶς.

Τὸ *Ca* κρυστάλλους $CaSiF_6 \cdot 2H_2O$ ποικίλης μορφῆς, ἀτρακτοειδεῖς ἀκάνθομόρφους ἢ εἰς συσσωματώματα διακλαδιζόμενα. Χαρακτηριστικὴ εἶναι ἡ τάσις τῶν νὰ σχηματίζουν καμπύλας περατωτικῆς ἐπιφανείας (113). Πολὺ πλέον εὐαίσθητος ἀντίδρασις διὰ τὸ *Ca* εἶναι ὁ σχηματισμὸς κρυσταλλίων γύψου διὰ προσθήκης εἰς διάλυμα περιέχον ἀσβέστιον ἀραιοῦ θειικοῦ ὀξέος (σχ. 557) (114). Ἡ αὕτη ἀντίδρασις δύναται νὰ χρησιμεύσῃ πρὸς ἀνίχνευσιν τοῦ ἀνιόντος SO_4 διὰ προσθήκης εἰς τὸ διάλυμα ἀντιδραστηρίου μὲ κατιόν *Ca* (115).

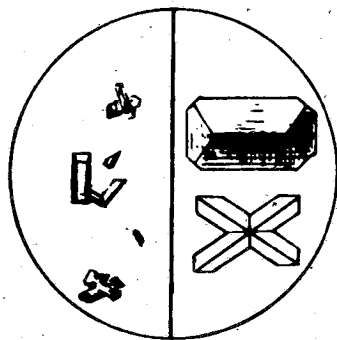
Τὸ *Mg* σχηματίζει ἀχρόους κρυστάλλους $MgSiF_6 \cdot 6H_2O$ τριγωνικῆς

συμμετρίας με (1120) και (1011) μέσου δείκτου διαθλάσεως και ισχυρᾶς διπλοθλαστικότητος (116). Ἀσφαλέστερον προσδιορίζεται εἰς μαγνησιοῦχα διαλύματα ἄραια διὰ προσθήκης NH_4Cl , NH_4OH μέχρις ἀλκαλικῆς ἀντιδράσεως καὶ κατόπιν κόκκου Na_3PO_4 . Κατὰ τὴν βραδείαν συμπύκνωσιν τοῦ διαλύματος δι' ἐξατμίσεως σχηματίζονται παρὰ τὸ λευκὸν ἕζημα $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, τὸ ὁποῖον ἀμέσως ἀποτίθεται ὡς μικροκρυσταλλοφεῖς συσσωμάτωμα, βραχύτερον καὶ χαρακτηριστικῆς μορφῆς ρομβικοὶ κρύσταλλοι (φερετροειδεῖς) τῆς ἐνώσεως αὐτῆς (117) μέσου δείκτου διαθλάσεως καὶ ισχυρᾶς διπλοθλαστικότητος (σχ. 558).



Σχ. 557

Μικροχημικὴ ἀντίδρασις ἀσβεστίου.
Κρύσταλλοι γύψου



Σχ. 558

Μικροχημικὴ ἀντίδρασις μαγνησίου
Κρύσταλλοι $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Τὸ Si διαγιγνώσκεται μικροχημικῶς διὰ συντήξεως τῆς οὐσίας με σόδα ἐν τὸν δακτύλιον σύρματος λευκοχρύσου καὶ διαλύσεως τοῦ τήγματος με HF , ὅτε ἀποτίθενται ἐκ τοῦ διαλύματος οἱ ἐξαγωνικοὶ κρύσταλλοι τοῦ Na_2SiF_6 (118).

Τὸ Al ἀπὸ θειικοῦ διαλύματος προσθήκη κρυστάλλου CsCl ἢ Cs_2SO_4 δίδει κρυστάλλους στυπτηρίας Cs κυβικοὺς (111), (100) καὶ συνδυασμὸν αὐτῶν ισχυρῶς θλαστικοὺς (119).

Τοιαῦται μικροχημικαὶ ἀντιδράσεις ὑπάρχουν διὰ τὰ περισσότερα κατιόντα. Ἀνωτέρω περιεγράφησαν αἱ συνηθέστερον χρησιμοποιούμεναι εἰς ὀρυκτολογικὰς καὶ πετρογραφικὰς ἐξετάσεις, διὰ τὰς ὁποίας αἱ πυροχημικαὶ ἀντιδράσεις δὲν παρέχουν στοιχεῖα ἀσφαλῆ, ὅπως προκειμένου περὶ τῶν ἀλλοκαλίων, ἀλκαλικῶν γαιῶν καὶ σπανίων γαιῶν. Ἡ μικροχημικὴ ἀνάλυσις ποιοτικὴ καὶ ποσοτικὴ εἶναι πολὺτιμος βοηθὸς τοῦ ὀρυκτολόγου, εἰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας τὸ διαθέσιμον πρὸς ἀνάλυσιν ὕλικὸν εἶναι ἐλάχιστον, ὅπως συμβαίνει με σπάνια τινα ὀρυκτὰ εἶδη. Πολλῶν ἐξ αὐτῶν ὁ χημικὸς τύπος

προσδιορίσθη διὰ μικροχημικῆς ποσοτικῆς ἀναλύσεως ἐκτελεσθείσης με ποσότητα οὐσίας ὀλίγων χιλιοστῶν τοῦ γραμμαρίου.

ΠΙΝΑΞ XII

τῶν πυροχημικῶν καὶ μικροχημικῶν ἀντιδράσεων τῶν κυριωτέρων στοιχείων
(οἱ ἀριθμοὶ παραπέμπουν εἰς τὸ κείμενον)

Ag	42	Fe	40, 73, 101	Pt	39
Al	59, 119	H ₂ O	2	Ru	98
As	19, 34	Hg	7, 24, 37	S	8, 18, 31, 57, 89
As+S	20, 35	J	13	SO	92, 115
AsO ₄	13, 94	K	66, 109, 110	Sb	27, 36, 44
Au	41	Li ₂	62, 113	Se	21, 32, 53, 54, 99
B	95	Mg	58, 116, 117	Si	78, 81, 90, 108, 118
Bi	45, 55, 56	Mn	29, 68, 17	Sn	30, 47, 61
Br	12	Mo	30, 38, 48, 77, 96	Sr	62
C	5, 17	N	4	Te	23, 33, 51, 52
CO ₂	3	NH ₄	4, 6	Ti	75, 86, 96
Ca	62, 113, 114	Na	63, 111, 112	U	74, 83, 100
Cd	25, 28, 50	Nb	96, 97	V	72, 85
Cl	11, 107	Ni	40, 70, 104	W	76, 84
Co	40, 67	NO ₂	15	Zn	26, 49, 60
Cr	29, 71, 80, 102	O	1	Zr	96
Cu	43, 69, 173	PO ₄	93, 94		
F	10, 106	Pb	46		

132. Ἡλεκτρονικὴ μικροανάλυσις. Ἡ μέθοδος αὕτη τεθεῖσα τελευταίως εἰς ἐφαρμογὴν (1960) καθιστᾷ δυνατὴν τὴν ποιοτικὴν καὶ ποσοτικὴν ἀνάλυσιν ὕλικῶν τεμαχίων λίαν μικρῶν διαστάσεων, διαμέτρου ἐπιφανείας ἐνὸς τετραγωνικοῦ μικροῦ καὶ πάχους τοῦ αὐτοῦ. Ἡ ἀρχὴ ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροαναλυτοῦ συνίσταται εἰς τὴν ἀκτινοβόλησιν τοῦ πρὸς ἀνάλυσιν δείγματος με πολὺ λεπτὴν δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ φασματομετρικὴν ἀνάλυσιν τῆς δι' αὐτῆς διεγερθείσης χαρακτηριστικῆς ἀκτινοβολίας Röntgen. Τὸ πρὸς ἀνάλυσιν σῶμα λειανίνεται εἰς στιλπνὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν, ὅπως προκειμένου περὶ παρασκευάσματος προοριζομένου δι' ἐπισκοπικὴν παρατήρησιν. Ἡ ἀκτινοβολήσις γίνεται ἐντὸς θαλάμου ὑψηλοῦ κενοῦ. Ἡ καθοδικὴ δέσμη παραγομένη με ἡλεκτρονοπτικὸν σύστημα ὅμοιον πρὸς τὸ τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοποῦ συγκεντρῶνται εἰς ἐστίαν διαμέτρου ἐνὸς μικροῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ παρασκευάσματος καὶ διὰ μικρομετρικῆς μετατοπίσεως σαφάνει αὐτὴν σημεῖον πρὸς σημεῖον καὶ διερευνᾷ μικρογραφικῶς τὴν χημικὴν σύστασιν αὐτῆς. Μέρος τῶν προσπιπτόντων ἡλεκτρονίων παλινδρομοῦν παρέχει ἐπὶ εἰδικοῦ πετάσματος ὀπτικὴν εἰκόνα τῆς ἐξεταζομένης ἐπιφανείας. Ἡ φασματομετρικὴ ἀνάλυσις τῶν παραγομένων ἀκτίνων Röntgen ἐκτελεῖται διὰ φασματομέτρου με μονοχρωματιστὰς ἐκ κεκαμμένων κρυστάλλων. Οἱ τὸ πρῶτον χρησιμοποιηθέντες κρύσταλλοι καθίσταν δυνατὴν τὴν ἀνίχνευσιν τῶν στοιχείων με ἀτομικὸν ἀριθμὸν μεγαλύτερον τοῦ τοῦ νατρίου (11), ἐσχάτως με τὴν χρῆσιν

κρυστάλλων φθαλικοῦ καλίου καὶ στεατικοῦ ἐπετεύχθη ἡ μέτρησις καὶ τῶν λίαν μικρῶν χαρακτηριστικῶν ἀκτίνων τῶν στοιχείων μὲ μικρότερον τοῦ 11 ἀτομικὸν ἀριθμὸν μέχρι καὶ τοῦ βορίου (φθαλικὸς κρυστάλλος διὰ τὰ Na, F, Si, Al, Mg καὶ στεατικὸς διὰ τὰ N, C, B). Εἰδικὸν ἡλεκτρονικὸν συγκρότημα συνδεόμενον μὲ τὸν φωρατὴν τῶν ἀκτίνων παρέχει εἰς καμπύλην καὶ εἰς ἀριθμητικὰ στοιχεῖα ἐκτυπούμενα ἐπὶ χάρτου γωνίας περιθλάσεως καὶ ἐντάσιν τῶν ἀκτίνων X. Λαμβάνεται οὕτω πλήρης εἰκὼν τῆς χημικῆς συστάσεως τῆς ἐπιφανείας τοῦ παρασκευάσματος καὶ καθίσταται δυνατὴ ἡ μικρογραφικὴ διαγνώσις καὶ ἐντόπισις ἐγκλεισμάτων, τῆς διανομῆς τῶν μεταλλικῶν φάσεων εἰς κράματα, τῶν ἐνώσεων κεραμευτικῶν προϊόντων, τῶν μεταβολῶν τῆς χημικῆς συστάσεως εἰς τὰς διαδοχικὰς ζῶνας κρυστάλλων μὲ ζωνώδη δομὴν καὶ ἐν γένει ἡ τοπογράφησις πάσης χημικῆς φύσεως ἐτερογενείας τῆς ἐξετάζομένης ἐπιφανείας. Ἡ μέθοδος εἶναι μεγίστης σημασίας διὰ μεταλλογραφικὰς, ὀρυκτολογικὰς, γεωχημικὰς καὶ ἐν μέρει καὶ βιολογικὰς ἐρεῖνας. Ὅ,τι ἐμποδίζει τὴν εὐρυτέραν διάδοσιν τῆς χρήσεως αὐτῆς εἶναι ἡ ὑψηλὴ τιμὴ τοῦ συγκροτήματος ὀργάνων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀπαρτίζεται ἡ ἐγκατάστασις (περὶ τὰ δύο ἑκατομύρια ἑλληνικῶν δραχμῶν).

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

VIII. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ

Ἐκτὸς τῆς διαγνώσεως τῶν διαφόρων ὀρυκτῶν καὶ τῆς ἐξετάσεως τῶν φυσικῶν καὶ χημικῶν αὐτῶν ἰδιοτήτων τὴν ὀρυκτολογικὴν ἐρευναν ἐνδιαφέρει προσέτι καὶ ἡ ἐξακρίβωσις τῶν συνθηκῶν, ὑπὸ τὰς ὁποίας ταῦτα ἐσχηματίσθησαν. Ἡ λεπτομερὴς ἐρευνᾶ τοῦ θέματος αὐτοῦ ἐκτὸς τοῦ καθαρῶς ἐπιστημονικοῦ ἐνδιαφέροντος ἔχει καὶ πρακτικὴν σημασίαν διὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν σχετικῶν πορισμάτων κατὰ τὴν ἀναζήτησιν ὀρυκτῶν χρησίμων εἰς τὴν βιομηχανίαν.

133. Γένεσις καὶ ἀλλοιώσεις τῶν ὀρυκτῶν. Τὰ ὀρυκτὰ εἶναι προϊόντα ὀρισμένων χημικῶν ἀντιδράσεων, αἱ ὁποῖαι συνέτρεξαν ἐντὸς τῆς λιθοσφαίρας ἢ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς μεταξὺ ὀρισμένων χημικῶν ἐνώσεων ἢ καὶ στοιχείων. Κατὰ τὴν μελέτην ἐνὸς ὀρυκτοῦ ἀπὸ ἀπόψεως ὀρυκτογενετικῆς πρόκειται νὰ ἐξακριβωθῇ τίνα ἦσαν τὰ ἀρχικὰ ὑλικά καὶ ὑπὸ ποίας συνθήκας προέκυψεν ἐξ αὐτῶν τὸ ὀρυκτὸν τοῦτο.

Ἀπὸ ἀπόψεως συνθηκῶν γενέσεως τὰ ὀρυκτὰ διακρίνονται εἰς τρεῖς κατηγορίας: 1) τὰ πυριγενῆ, τὰ ὁποῖα ἐσχηματίσθησαν κατὰ τὴν στερεοποίησην φυσικοῦ διαπύρου τήγματος. Εἰς τὴν κατηγορίαν αὐτὴν ὑπάγονται πολλὰ ἀπὸ τὰς πυριτικὰς ἐνώσεις λ.χ. ὁ ὀλιβίνης, ὁ λευκίτης. Πυριγενῶν τινῶν ὀρυκτῶν ἐμποδίζει τὸν σχηματισμὸν ἡ παρούσα ἐντὸς τοῦ τήγματος ἀερίων ἐν διαλύσει. Τὰ τοιαῦτα ὀρυκτὰ ὠνόμασεν ὁ Lacroix ἀντιπνευματογενῆ. Τοῦ-

ναντίον τῶν παραπνευματογενῶν εὐνοεῖται ὁ σχηματισμὸς ἀπὸ τὴν παρουσίαν ἀερίων ἐντὸς τοῦ τήγματος (βιοτίτης, κεροσίλβη).

2) Τὰ ὕδατογενῆ, τὰ ὁποῖα ἀπετέθησαν δι' ὑγρᾶς ὁδοῦ ἀπὸ διαλύματα.

3) Τὰ πνευματογενῆ. Διὰ τὴν γένεσιν αὐτῶν ἐν ᾗ πλείονα τῶν ἀρχικῶν ὑλικῶν, τὰ ὁποῖα ἔδρασαν χημικῶς ἐπ' ἄλληλα, εὐρίσκοντο εἰς κατάστασιν ἀέριον. Ὁ κασσιτερίτης (SnO_2) εἶναι ὀρυκτὸν πνευματογενὲς σχηματισθὲν πιθανῶς κατὰ τὴν ἀντίδρασιν: $\text{SnF}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SnO}_2 + 4\text{HF}$.

Μιά καὶ ἡ αὐτὴ ἔνωσης δύναται νὰ προκύψῃ διὰ διαφόρων ἀντιδράσεων καὶ ἀπὸ διάφορα ἀρχικὰ ὑλικά, τὰ ὁποῖα περιεῖχον ἐν ἑαυτοῖς τὰ στοιχεῖα τὰ ἀποτελέσαντα τὴν τελικὴν ἔνωσιν. Τὸ ὀρθόκλαστον (KAlSi_3O_8) τὸ ἀπαντῶν εἰς ἡφαιστείους λάβας εἶναι πυριγενές, ἐνῶ ἡ ποικιλία αὐτοῦ ἀδουλαῖος ἐσχηματίσθη ὑδροθερμικῶς.

Πολλὰ ἀπὸ τὰ ἐν τῇ φύσει ἀπαντῶντα ὀρυκτὰ σώματα παρεσκευάσθησαν τεχνικῶς. Ἀπὸ μακροῦ ἐπεχειρήθη καὶ ἐπετεύχθη ἡ συνθετικὴ παρασκευὴ ὠρισμένων ὀρυκτῶν ἰδίᾳ πολυτίμων λίθων, τῶν ὁποίων ἡ σπάνις καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἡ ὑψηλὴ τιμὴ δικαιολογεῖ τὸ πρακτικὸν ἐνδιαφέρον τοιούτων ἐρευνῶν. Οὕτω κατωρθώθη ἡ παρασκευὴ τῶν πολυτίμων παράλλαγών τοῦ κορουνδίου, ρουβινίου καὶ σαπφείρου καὶ τῆς σμαράγδου (παραλλαγῆς τῆς βηρύλλου) εἰς κρυστάλλους διαυγεῖς, οὐδόλως διαφέροντας εἰς ποιότητα καὶ ἰδιότητας τῶν φυσικῶν. Ἡ κατασκευὴ ὀπτικῶν ὀργάνων ἐπιστημονικῆς ἐρεύνης μὲ ὑπεριώδεις ἢ ὑπερύθρους ἀκτῖνας ἀπαιτεῖ τὴν χρησιμοποίησιν ὑλικῶν διαφανῶν διὰ τὰς ἀκτῖνας αὐτάς εἰς εὐμεγέθεις κρυστάλλους τελείως διαυγεῖς, οἳ δὲν ἀπαντῶνται εἰς τὴν φύσιν. Τοιοῦτοι κρύσταλλοι παρεσκευάζονται ἤδη τεχνητῶς, NaCl , CaF_2 κ.ἄ. εἰς μεγέθη καὶ ποιότητα κατάλληλον, δι' ὃν προορίζονται σκοπόν. Ἀλλὰ καὶ πολλῶν ὀρυκτῶν, τὰ ὁποῖα δὲν ἔχουν πρακτικὴν ἀξίαν, ἐπιδιώκεται ἡ παρασκευὴ πρὸς διευκρίνισιν ὀρυκτολογικῶν καὶ πετρολογικῶν προβλημάτων σχετικῶν μὲ τὴν γένεσιν αὐτῶν. Αἱ τοιαῦται ὅμως ἐργαστηριακῶς ἐπιτυχχανόμεναι συνθέσεις ἐνδείξεις μόνον παρέχουν περὶ τῶν πιθανῶν ἀντιδράσεων, αἱ ὁποῖαι δυνατόν νὰ ἔδωσαν γένεσιν εἰς τὰ ἐν τῇ φύσει ἀπαντῶντα ὀρυκτά. Εἰς τὴν ἐξακρίβωσιν τῶν πραγματικῶν συνθηκῶν ὀρυκτογενέσεως βοηθεῖ ἀφ' ἑνὸς ἡ λεπτομερὲς ἐξέτασις τῆς παραγενέσεως τοῦ ὑπὸ μελέτην ὀρυκτοῦ, δηλ. τοῦ συνόλου τῶν ὀρυκτῶν, τὰ ὁποῖα τὸ συνοδεύουν. Τὰ ὀρυκτὰ ταῦτα, εἴτε εἶναι προϊόντα τῆς αὐτῆς χημικῆς ἀντιδράσεως εἴτε λείψανα τῶν ἀρχικῶν ὑλικῶν, παρέχουν πολλάκις ἐνδείξεις σαφεῖς ἐπὶ τῶν συνθηκῶν, ὑφ' ἃς ἐσχηματίσθησαν τὰ ὀρυκτὰ ταῦτα. Ἀφ' ἑτέρου ἀπαραίτητον συμπλήρωσιν τῆς ἐργαστηριακῆς ἐξετάσεως ἀποτελεῖ ἡ ἐπιτόπιος ἐξέτασις τοῦ κοιτάσματος τοῦ ὀρυκτοῦ τούτου, δηλ. τοῦ γεωλογικοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν παραγένεσιν αὐτὴν ὡς ἐμφανίζεται ἐν τῇ φύσει. Κατὰ τὴν ἐξέτασιν αὐτὴν προσδιορίζεται ἡ μορφή τοῦ κοιτάσματος, ἡ θέσις αὐτοῦ ὡς πρὸς τὰ πετρώματα, τὰ ὁποῖα τὸ περιβάλλουν καὶ κατὰ

τὸ δυνατόν καὶ αἱ κατὰ προσέγγισιν διαστάσεις αὐτοῦ.

Τὰ ὀρυκτὰ δὲν παραμένουν ἀναλλοίωτα καὶ σταθερὰ εἰς τὸν τόπον εἰς τὸν ὁποῖον ἐσχηματίσθησαν, ἀλλὰ ὑπὸ τὴν μηχανικὴν ἢ χημικὴν ἐπίδρασιν διαφόρων παραγόντων εἴτε κατατεμαχίζονται εἴτε ἀποσυντίθενται ἢ διαλύονται ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει καὶ μεταφέρονται μηχανικῶς αἰωρούμενα ἢ ἐν διαλύσει ὑπὸ τοῦ ρέοντος ὕδατος εἰς ἄλλα σημεῖα τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ. Κατὰ τὴν μεταφορὰν αὐτὴν δυνατόν εἰς ὠρισμένα αὐτῆς στάδια νὰ γίνῃ εἴτε διὰ μηχανικῆς διαλογῆς συγκέντρωσις ὠρισμένων συστατικῶν τοῦ ἀρχικοῦ κοιτάσματος εἴτε διὰ χημικῶν ἀντιδράσεων ἀπόθεσις νέων ὀρυκτῶν καὶ νὰ σχηματισθῶν οὕτω νέα κοιτάσματα.

Εἰς ἐκ τῶν παραγόντων τῶν προκαλούντων τὴν καταστροφὴν τῶν πετρωμάτων εἶναι ἡ περιοδικὴ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας, ἡ ἡμερησία καὶ ἡ ἐκ τῆς διαδοχῆς τῶν ἐποχῶν τοῦ ἔτους. Εἰς πολλὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς τὸ εὖρος τῆς μεταβολῆς αὐτῆς εἶναι σημαντικὸν ἢ δὲ συνεχῆς συστολὴ καὶ διαστολὴ τῶν συνιστάντων τὸ πέτρωμα ὀρυκτῶν, ἀνισος κατὰ ποικίλας διευθύνσεις διὰ τὸ ἀνομογενὲς τοῦ πετρώματος, ἐπιφέρει σὺν τῷ χρόνῳ χαλάρωσιν τῆς συνοχῆς μεταξὺ τῶν ὀρυκτῶν αὐτοῦ καὶ σχηματισμὸν μικροσκοπικῶν ρωγμῶν. Τὸ πέτρωμα καθίσταται οὕτως ἐπιφανειακῶς σαθρὸν καὶ βοηθούτων καὶ ἄλλων παραγόντων μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου καταθρύπτεται καὶ διαβιβρώσκεται. Τὴν τοιαύτην μηχανικὴν ἀποσάθρωσιν τοῦ πετρώματος, ὑποβοηθεῖ, εἰς ἃ σημεῖα τῆς Γῆς ἡ θερμοκρασία κατέρχεται ὑπὸ τὸ μηδέν, καὶ ἡ πῆξις τοῦ ἐντὸς τῶν πόρων καὶ ρωγμῶν τοῦ πετρώματος περιεχομένου ὕδατος, μὲ τὴν διαστολὴν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πάγος ψυχόμενος.

Τὸ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς πίπτον καὶ ρέον ὕδωρ ἐπιδρᾷ διαβρωτικᾶς ἐπὶ τῶν πετρωμάτων κατὰ ποικίλους τρόπους, εἴτε μηχανικῶς διὰ τῶν στερεῶν ὑλικῶν, τὰ ὁποῖα τὸ ρέον ὕδωρ ἀποκομίζει, εἴτε διαλύον ὠρισμένα διαλυτὰ συστατικὰ αὐτῶν, εἴτε τέλος προκαλοῦν ἀποσύνθεσιν τινῶν ἐκ τῶν ὀρυκτῶν των. Τὴν ἀποσυνθετικὴν αὐτὴν ἐπίδρασιν τοῦ ὕδατος αὐξάνει ἡ ἐν αὐτοῦ παρουσία ὀξυγόνου καὶ CO_2 ἐκ τοῦ ἐν διαλύσει περιεχομένου ἀέρος. Ἡ δρᾶσις τῶν τριῶν αὐτῶν συστατικῶν H_2O , O καὶ CO_2 προκαλεῖ πλείστας ἀλλοιώσεις καὶ μετασχηματισμούς. Ἄνυδροι ἐνώσεις μετατρέπονται εἰς ἐνύδρους (ἀνυδρίτης → γύψος), ἄλλαι δίδουν ὀξειδία ($\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O}$), ὕδροξειδία (σιδηροπυρίτης → λειμωνίτης), ἀνθρακικὰ ἄλατα (σφαλερίτης → σμιθσωνίτης, γαληνίτης → κερουσίτης). Θειοῦχοι ἐνώσεις μετατρέπονται εἰς θεικᾶς (σιδηροπυρίτης → μελανθρίτης) κ.λ.π. Πολλὰ τῶν πυριτικῶν ὀρυκτῶν, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰ 95% τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς, ὑπὸ μακροχρόνιον ἐπίδρασιν τῶν παραγόντων αὐτῶν ἐνυδατοῦνται, ὑδρολύονται καὶ παρέχουν ὡς τελικὰ προϊόντα ἀνθρακικὰ ἄλατα καὶ κολλοειδῆ SiO_2 καὶ ὕδροξειδία Al καὶ Fe , τὰ ὁποῖα δίδουν νέας ἐνώσεις. Ἡ χημικὴ αὕτη ἀποσάθρωσις συντελεῖται εἰς τὸ πλεῖστον τῆς γῆτινς ἐπιφανείας κατὰ τὴν ἐπαφὴν αὐτῆς πρὸς

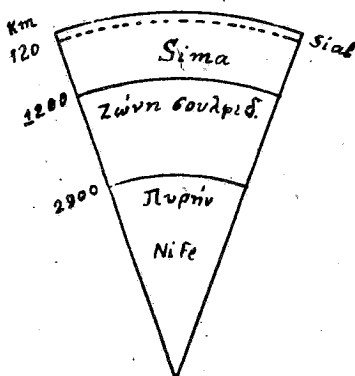
τὰ ἐκ τῆς ἀτμοσφαίρας ὑδρομετέωρα καὶ τὰ ἀποτελέσματα αὐτῆς τῇ συνδρομῇ καὶ τοῦ λίαν μακροῦ χρόνου τῆς συνεχοῦς δράσεώς των εἶναι ἀπὸ ποσοτικῆς ἀπόψεως σημαντικά. Αἱ χημικαὶ αὐταὶ μετατροπαὶ καταλείπουν πολλάκις ψευδομορφώσεις τοῦ τελικοῦ ὀρυκτοῦ κατὰ τὸ σχῆμα τοῦ ἀρχικοῦ, ἐκ τῶν ὁποίων εἶναι δυνατόν νὰ συναχθοῦν συμπεράσματα ἐπὶ τῶν συνθηκῶν, ὑφ' ἃς ἐσχηματίσθησαν τὰ ὀρυκτά.

Κατὰ ταῦτα τὰ στοιχεῖα, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ὁ στερεὸς φλοιὸς τῆς Γῆς, δὲν παραμένουν ἀκίνητα, ἀλλὰ χάρις εἰς τὴν δρᾶσιν τῶν γεωλογικῶν παραγόντων ἐνδογενῶν καὶ ἐξωγενῶν εὐρίσκονται εἰς διαρκῇ κυκλοφορίαν μεταναστεύοντα ἀπὸ μιᾶς ἐνώσεως εἰς ἄλλην καὶ ἀπὸ ἐνὸς σημείου εἰς ἄλλο ἐντὸς τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς. Κατὰ τὴν κυκλοφορίαν αὐτὴν προκαλεῖται συχνάκις συγκέντρωσις ὠρισμένων στοιχείων καὶ ἐνώσεων καὶ οὕτω προκύπτουν μεταλλοφόρα καὶ ἄλλα κοιτάσματα μεγάλης χρησιμότητος διὰ τὸν σύγχρονον τεχνικὸν πολιτισμόν.

Ἡ μελέτη τῆς κατανομῆς τῶν στοιχείων ἐντὸς τῆς γηίνης σφαίρας καὶ τῶν νόμων, τοὺς ὁποίους ἀκολουθεῖ ἡ κυκλοφορία αὐτῶν, ἀποτελεῖ θέμα τῆς Γεωχημείας, τῆς ὁποίας στοιχεῖα εἰς γενικὰς γραμμὰς παρέχονται εἰς τὰ ἐπόμενα κεφάλαια.

134. Σύστασις τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς Γῆς, κατανομή τῶν διαφόρων στοιχείων ἐντὸς αὐτῆς. Αἱ γνώσεις ἐπὶ τῆς συστάσεως τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς Γῆς εἰς βάθος μεγαλύτερον τῶν 16km δὲν στηρίζονται εἰς ἄμεσον παρατήρησιν τῶν ἀποτελούντων αὐτὴν ὑλικῶν, ἀλλ' εἰς γεωφυσικὰ δεδομένα ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὰ πορίσματα τῆς μελέτης τῶν μετεωριτῶν. Ἡ σχετικῶς μεγάλη τιμὴ τῆς μέσης πυκνότητος τῆς Γῆς (5, 527) ἐναντι τῆς μικρᾶς πυκνότητος (~2,7) τῶν ὑλικῶν τῆς ἐπιφανείας δεικνύει ὅτι εἰς βαθύτερα σημεῖα ὑπάρχουν ὑλικά μὲ πυκνότητα μεγαλυτέραν τῆς μέσης. Ἡ μελέτη ἐξ ἄλλου τῶν σεισμογραφικῶν διαγραμμάτων μεγάλων σεισμῶν, οἱ ὅποιοι κατεγράφησαν ἀπὸ σεισμογραφικοὺς σταθμοὺς ὁλοκλήρου τῆς ὑδρογείου, ἐπέτρεψε νὰ ὑπολογισθῇ ἐκ τῆς ἐντάσεως τῆς σεισμικῆς δονήσεως καὶ τῆς ταχύτητος μεταδόσεως αὐτῆς μέχρι τῶν διαφόρων σταθμῶν ἡ πυκνότης τοῦ ὑλικοῦ, διὰ μέσου τοῦ ὁποίου μετεδόθη τὸ σεισμικὸν κύμα. Τοιαῦτα μελετᾷ τοῦ Wiechert καὶ τῆς σχολῆς του ἡγαγον εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ στερεὸν σῶμα τῆς Γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία τμήματα διαφόρου πυκνότητος χωριζόμενα ἀπ' ἀλλήλων σαφῶς μὲ δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας εὐρισκομένας εἰς βάθος 1200 km καὶ 2900 km εἰς δύο σφαιρικὰς στοιβάδας καὶ κεντρικὸν πυρῆνα ἀκτίνοιο 3500 km (σχ. 559). Κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὴν σύστασιν τῶν μετεωριτῶν, οἱ ὅποιοι θεωροῦνται ὡς τεμάχια πλανητικῶν σωμάτων καὶ κατὰ τὸν μεγαλύτερον ἀριθμὸν ἀποτελοῦνται ἀπὸ σίδηρον καὶ νικέλιον (6,7% Ni) ἐδέχθησαν καὶ διὰ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα τὴν βαρὺσφαιραν σύστασιν ἀνάλογον. Ἡ πυκνότης τῆς βαρυσφαίρας ὑπολογίζεται μεταξὺ 8-9,6. Ἡ ἐξωτερικὴ στοιβάς, πυκνότητος

2,8-3,5 καὶ πάχους 1200 km ἀποτελεῖται ἀπὸ πυριτικὰς ἐνώσεις. Διχογνωμίαι ἀνέκυψαν ὡς πρὸς τὴν σύστασιν τῆς μεσαίας στοιβάδος πυκνότητος 5-6 καὶ πάχους 1700 km. Ἡ μᾶλλον ἀληθοφανὴς ὑπόθεσις, ἡ ὁποία καὶ ἐρμηνεύει τὸν διαχωρισμὸν εἰς τρεῖς ἀνομογενεῖς στοιβάδας, εἶναι ἡ ἐξενεχθεῖσα ὑπὸ τοῦ Tammann. Οὗτος παραλλήλιζε τὰς στοιβάδας αὐτὰς πρὸς τὰ τρία στρώματα, τὰ ὁποῖα σχηματίζονται ἐντὸς μεταλλευτικῆς καμίνου ἐν λειτουργίᾳ.



Σχ. 559

Ὑποθετικὴ σύστασις τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς Γῆς

Εἰς τὸν πυθμὲνα συγκεντροῦται τὸ ἀναχθὲν καθαρὸν μέταλλον, ὑπέρκειται στοιβάς ἐνώσεων τοῦ μετάλλου μὲ S καὶ As καὶ ταύτης ἡ στοιβάς τῆς σκωρίας ἀποτελουμένη ἀπὸ πυριτικὰς ἐνώσεις. Κατ' ἀνάλογον τρόπον ἀπεχωρίσθησαν ἐπαλλήλως κατὰ σειρὰν πυκνότητος τὰ ὕλικά, ἐξ ὧν ἀποτελεῖτο ἡ Γῆ, ὅταν εὕρισκετο εἰς τετηκυῖαν κατάστασιν. Κατὰ τὸν Tammann ἡ μεσαία στοιβάς πρέπει νὰ ἀποτελῇται ἀπὸ σουλφίδια σιδήρου.

Πληρεστέραν εἰκόνα τῆς κατανομῆς τῶν στοιχείων εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς γῆς ἔδωσαν αἱ ἐργαστηριακαὶ ἐρευναι τοῦ Goldschmidt καὶ τῆς σχολῆς του. Διάφορα στοιχεῖα προστιθέμενα κατὰ μικρὰς ποσότητας εἰς τῆγμα συστάσεως παραπλησίον πρὸς τὴν ὑποτιθεμένην σύστασιν τῆς Γῆς (πυριτικαὶ ἐνώσεις μετὰ σουλφιδίων καὶ μεταλλικοῦ Fe ἐν περισσεῖᾳ) συγκεντροῦνται κατὰ προτίμησιν εἰς μεγαλύτερον ποσοστὸν εἰς μίαν ἐκ τῶν τριῶν στοιβάδων. Βάσει τοῦ χαρακτηριστικοῦ αὐτοῦ διακρίνονται τὰ στοιχεῖα εἰς σιδηρόφιλα, τὰ συγκεντρούμενα εἰς τὴν μεταλλικὴν στοιβάδα, χαλκόφιλα, τὰ προτιμῶντα τὴν στοιβάδα τῶν σουλφιδίων, καὶ λιθόφιλα, τὰ ἀθροιζόμενα εἰς τὴν πυριτικὴν στοιβάδα. Εἰς αὐτὰ προστίθενται καὶ τὰ ἀτμόφιλα, τὰ ὁποῖα συγκεντροῦνται εἰς τὸ ἀέριον περίβλημα τῆς Γῆς.

Σιδηρόφιλα στοιχεῖα εἶναι τὰ Ni, Co, P, C, Mo, Pt καὶ τὰ συνοδεύοντα αὐτὸν Os καὶ Ir.

Χαλκόφιλα εἶναι τὰ S, Se, Te, As, Sb, Bi, Cu, Zn, Cd, Pb, Ag, Ga, In, Tl.

Λιθόφιλα τὰ: O, Si, Ti, Zr, Th, B, W, U, Sn τὰ ἀλογόνα, τὰ ἀλκάλεια, τὰ Al, V, Mn, αἱ ἀλκαλικαὶ γαῖαι καὶ αἱ σπάνιαι γαῖαι.

ΜΙΝΕΞ XIII

Ἀρχικόν μεῖγμα	
V	0,01%
Fe	50%
Ni	3—4%
Cu	1%
Zr	0,003%



Τήγμα σιδήρου	
V	0%
Fe	90%
Ni	8%
Cu	0,02%
Zr	0%

Τήγμα σουλφιδίων	
V	0%
Fe	60%
Ni	1—4%
Cu	2—4%
Zr	0%

Πυριτικόν τήγμα	
V	0,03%
Fe	7%
Ni	0,05%
Cu	0,01%
Zr	0,01%

Προϊόντα ἀρχικῆς κρυσταλλώσεως	
V	0,1%
Fe	20%
Ni	0,15%
Cu	0%
Zr	0,005%



Σουλφίδια ἀποβληθέντα ἐκ τοῦ πυριτικοῦ τήγματος	
V	0%
Fe	60%
Ni	2%
Cu	2%
Zr	0%



Προϊόντα κυρίως φάσεως κρυσταλλώσεως	
V	0,01%
Fe	4%
Ni	0,01%
Cu	0%
Zr	0,005%



Προϊόντα τελικῆς κρυσταλλώσεως	
V	0%
Fe	1%
Ni	0%
Cu	0,003%
Zr	0,1%



Διανομή σιδηροφίλων, χαλκοφίλων καὶ λιθοφίλων τινῶν στοιχείων εἰς διαφόρους φάσεις τῆς πύξεως θεοῦχου πυριτικοῦ τήγματος κατὰ τὸν V. M. Goldschmidt.

Ἀτμόφιλα τὰ: H, N, He, Ne.

Ὁ διαχωρισμὸς ἐκάστου στοιχείου δὲν γίνεται ἐξ ὁλοκλήρου εἰς μίαν καὶ μόνην στοιβάδα κατὰ τὸν ὡς ἀνωτέρω χαρακτηρὰ του, ἀλλὰ κατὰ τὸ μεγαλύ-
τερον αὐτοῦ ποσοστὸν. Μικραὶ ποσότητες αὐτοῦ συναντῶνται καὶ εἰς τὰς
ἄλλας στοιβάδας. Τὸ ποσὸν τοῦ εἰς ἐκάστην στοιβάδα ἀποχωριζομένου στοι-
χείου καθορίζεται ἀπὸ ὀρισμένην κατάστασιν ἰσορροπίας, ἣτις ἀποκαθίσταται
μεταξὺ τῶν συστατικῶν τοῦ τήγματος. Εἰς τὸν παρατιθέμενον πίνακα πει-
ραματικῶν δεδομένων ἐκ τῶν ἐρευνῶν τοῦ Goldschmidt ἐπὶ τῆς πήξεως
τήγματος ὀρισμένης συστάσεως ἀναγράφεται ἡ ποσοτικὴ συμμετοχὴ στοι-
χείων τινῶν εἰς διαφόρους φάσεις τῆς πήξεως, ἐξ ἧς καταφαίνεται σαφῶς
ὁ χαρακτήρ ἐκάστου στοιχείου. Ὁ βάσει τῶν ἐργαστηριακῶν αὐτῶν ἐρευνῶν
προσδιορισθεὶς χαρακτήρ ἐκάστου στοιχείου ἐπιβεβαιοῦται ἀπὸ τὴν παρατή-
ρησιν τῶν ὀρυκτῶν παραγενέσεων ἐν τῇ φύσει.

Κατὰ τὸν Goldschmidt ἡ μεσαία στοιβάς δὲν ἀποτελεῖται ἀποκλειστι-
κῶς ἐκ σουλφιδίων, ἀλλὰ συμμετέχουν εἰς τὴν σύστασιν τῆς καὶ μεταλλο-
ξείδια, πιθανῶς χρωμίτης, μαγνητίτης κ.ἄ.

Ὁ ἐξωτερικὸς φλοιὸς χωρίζεται μὲ ἐπιφάνειαν κειμένην εἰς μέσον βάθος
60 km εἰς δύο διαφόρου συστάσεως στοιβάδας. Ἡ ἐξωτερικὴ, τῆς ὁποίας
τὸ ἀνώτατον τμήμα εἶναι προσιτὸν εἰς τὴν ἄμεσον παρατήρησιν, ἔχουσα μέσην
πυκνότητα 2,8-2,9 καὶ σύστασιν ἀνάλογον πρὸς τὴν τῶν γρανιτῶν, ἐκλήθη
Sial (ἐκ τῶν ἀρχικῶν συλλαβῶν τῶν ἐπικρατούντων ἐν αὐτῇ στοιχείων πυ-
ριτίου καὶ ἀργιλίου). Εἰς τὴν ὑπὸ τὸ Sial στοιβάδα, πυκνότητος 3,2-4,5,
τὸ Al ὑποχωρεῖ ποσοτικῶς ἔναντι τοῦ Mg, δι' ὃ καὶ ἐκλήθη Sima. Τὰ ἀνώτερα
τμήματα τοῦ Sima ἔχουν σύστασιν ὁμοίαν πρὸς τὴν τῶν βασάλτικῶν λαβῶν,
αἱ ὁποῖαι εἰς ὀρισμένα σημεῖα τῆς Γῆς εἰς τὴν Ἰσλανδίαν, τὸ Δεκάν, τὴν Βρα-
ζιλίαν καὶ ἀλλαχοῦ, ἐξεχύθησαν εἰς τεραστίας ποσότητας σχηματίσασαι ἐκτε-
ταμένα παχύτατα καλύμματα. Διὰ τὰς λάβας αὐτὰς δέχονται ὅτι προέρχονται
ἀπ' εὐθείας ἐκ τοῦ ἀμέσως ὑποκειμένου τοῦ Sial τμήματος τοῦ Sima καὶ ὄχι
ἀπὸ φωλεᾶς φυσικοῦ τήγματος ἐγκεκλεισμένου ἐντὸς τοῦ Sial, τοῦ περιφε-
ρειακοῦ μάγματος, ἐκ τοῦ ὁποίου ἐτροφοδοτήθησαν τὰ ἄλλα ἡφαίστεια. Τὴν
ἀνωτέρω ἐκδοχὴν δικαιολογεῖ τὸ γεγονὸς ὅτι οἱ βασάλται ἀποτελοῦν πο-
σοτικῶς τὰ 98% τῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἐκχυθέντων ἡφαιστιτῶν, ἐνῶ τὰ
πυριγενῆ πετρώματα τὰ σχηματισθέντα εἰς βάθος, οἱ πλουτωνῖται, ἔχουν
κατὰ 95% σύστασιν γρανίτου.

Ἐκ μετρήσεων τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος γενομένων εἰς διάφορα
σημεῖα τῆς γῆς συνάγεται ὅτι τὸ πάχος τοῦ Sial εἶναι μέγιστον εἰς τὰς Ἠπεί-
ρους φθάνον ὑπὸ τὰς μεγάλας ὀροσειράς τὰ 120 km, ἐνῶ μειοῦται κάτω τῶν
20 km εἰς τὸν πυθμένα τῶν ὠκεανῶν καὶ εἰς τὰ μέγιστα βάθη των μηδενίζεται.
Τὸ εἰδικῶς ἐλαφρότερον Sial ἐπιπλέει οὕτως εἰπεῖν ἐπὶ τοῦ Sima καὶ τῶν ὀ-
ρειῶν αὐτοῦ προεξοχῶν τὸ βάρος ἀντισταθμίζεται ἀπὸ τὴν ἄνωσιν, τὴν ὁποίαν

ὀφίσταται τὸ ὑπ' αὐτὰς βαθύτερον ἐμβαπτισμένον τμήμα (σχ. 560). Ἡ ἐκδοχή αὕτη ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς θεωρίας τῆς ἰσοστασίας, μετὰ τὴν ὁποίαν ἐρμηνεύεται ὁ μηχανισμὸς τῶν ὀρογενετικῶν καὶ ἡπειρογενετικῶν μετακινήσεων τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς.



Σχ. 560

Σχηματική παράσταση τομῆς τοῦ *Sial* κατὰ Wegener

Ἀκριβῆ εἰκόνα τῆς μέσης ὀρυκτολογικῆς καὶ χημικῆς συστάσεως τοῦ προσитоῦ εἰς τὴν παρατήρησιν τμήματος τῆς λιθοσφαίρας ἔδωκαν αἱ συστηματικαὶ ἔρευναι τῶν Clarke καὶ Washington τοῦ γεωφυσικοῦ Ἰνστιτούτου Carnegie στηριχθεῖσαι εἰς χιλιάδας ἀναλύσεων πετρωμάτων διαφόρων περιοχῶν τῆς ὑδρογείου. Ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ πίνακος XIV, ὀκτὼ στοιχεῖα ἀπο-

ΠΙΝΑΞ XIV

Ὄρυκτολογικὴ σύστασις		Χημικὴ σύστασις	
Πλαγιόκλαστα	40,2%	Ὁξυγόνον	49,5
Ὁρθόκλαστον	17,7	Πυρίτιον	25,7
Αἰγίτης, κεροσίλβη, ὀλιβίνη	16,3	Ἀργίλλιον	7,5
Χαλαζίας	12,6	Σίδηρος	4,7
Μαγνητίτης καὶ αἱματίτης	3,7	Ἀσβέστιον	3,39
Μαγμαρυτίαι	3,3	Νάτριον	2,63
Ἀσβεστοίτης	1,5	Κάλιον	2,40
Ἀργίλλος	1	Μαγνήσιον	1,93
Λειμωνίτης καὶ ὑδροαιματίτης	0,3		97,75%
Δολομίτης	0,1	Ὑδρογόνον	0,87
Ἐπουσιώδη ὄρυκτὰ τῶν		Τιτάνιον	0,58
πυριγενῶν πετρωμάτων	2,5	Χλώριον	0,19
Ἐπουσιώδη τῶν ἰζηματογενῶν	0,5%	Φωσφόρος	0,12
			99,51%

τελοῦν τὰ 97,7% τῆς λιθοσφαίρας καὶ ταῦτα ἐνοῦνται πρὸς ἀποτελέσειν εὐαρίθμων ὄρυκτῶν εἰδῶν, ἐκ τῶν ὁποίων συνίστανται τὰ πετρώματά της. Τὰ λοιπὰ στοιχεῖα ἀντιπροσωπεύονται μετὰ ποσοστὰ μικρότερα, ὁ C μετὰ $80 \cdot 10^{-4}$, τὸ Ni μετὰ $18 \cdot 10^{-4}$, ὁ Zn μετὰ $4,5 \cdot 10^{-5}$, ὁ Pb μετὰ $2 \cdot 10^{-5}$, τὸ Sb μετὰ $30 \cdot 10^{-7}$, τὸ U μετὰ $20 \cdot 10^{-7}$, ὁ Au μετὰ $0,15 \cdot 10^{-9}$ καὶ τὸ σπανιώτερον ὅλων τῶν στοιχείων τὸ Ra μετὰ $7 \cdot 10^{-14}$.

Α. ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

Πετρώματα. Ὡς ἐξετέθη ἐν τῇ εἰσαγωγῇ, ὁ στερεὸς φλοιὸς τῆς Γῆς ἐξεταζόμενος εἰς φυσικὰς αὐτοῦ τομὰς ἐμφανίζεται ἀποτελούμενος ἀπὸ αὐτοτελῆ ὡς πρὸς τὰ χαρακτηριστικὰ καὶ τὴν μορφήν μεγάλων διαστάσεων σώματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν ὡς συστατικὰ ὠρισμένα ὀρυκτὰ ὑπὸ σταθεράν πρὸς ἄλληλα ἀναλογίαν Αἱ δομικαὶ αὐταὶ μονάδες τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ, τὰ πετρώματα, ἔχουν πολλὰς μορφὴν ἐπαλλήλων στρωμάτων, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφανειακὴ ἐπέκτασις δύναται νὰ φθάσῃ ἑκατοντάδας τετραγωνικῶν χιλιομέτρων καὶ τὸ πάχος πολλὰς ἑκατοντάδας μέτρων. Ἄλλοτε ἐμφανίζονται ὡς ἀκανονίστου σχήματος ὄγκοι μεταξὺ τοιούτων στρωμάτων. Ἡ ὀρυκτολογικὴ σύστασις καὶ ἡ μορφή τοῦ κοιτάσματος εἶναι χαρακτηριστικὰ τῶν συνθηκῶν, ὅφ' ἃς τὸ πέτρωμα ἐσχηματίσθη. Ἡ μελέτη τῶν πετρωμάτων εἶναι θέμα εἰδικοῦ κλάδου, τῆς Πετρογραφίας. Ἐνταῦθα ἐκτίθενται στοιχεῖά τινα γενικῆς φύσεως ἐπὶ τοῦ θέματος αὐτοῦ.

Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῶν συνθηκῶν γενέσεως τὰ πετρώματα διακρίνονται εἰς τρεῖς κατηγορίας, τὰ *πυριγενή* (ἢ *ἐκρηξιγενή*), τὰ *ἰζηματογενή* καὶ τὰ *κρυσταλλοσχιστώδη*.

135. Πυριγενή πετρώματα. Τὰ πυριγενή ἐσχηματίσθησαν διὰ στερεοποιήσεως φυσικοῦ πυριτικοῦ τήγματος περιέχοντος σημαντικὴν ποσότητα ἀερίων ἐν διαλύσει, τοῦ καλουμένου *μάγματος*. Ἡ μορφή τῶν πυριγενῶν κοιτασμάτων ὀρίζεται ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ χώρου, τὸν ὅποιον εὑρε κενὸν ἢ ἐσχημάτισε διεισδύσαν ἐντὸς τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τὸ διάπυρον μάγμα. Αἱ κυριώτεραι μορφαὶ πυριγενῶν πετρωμάτων παρεχόμεναι σχηματικῶς εἰς τὸ στερεόγραμμα τοῦ σχ. 561 εἶναι αἱ ἐξῆς:

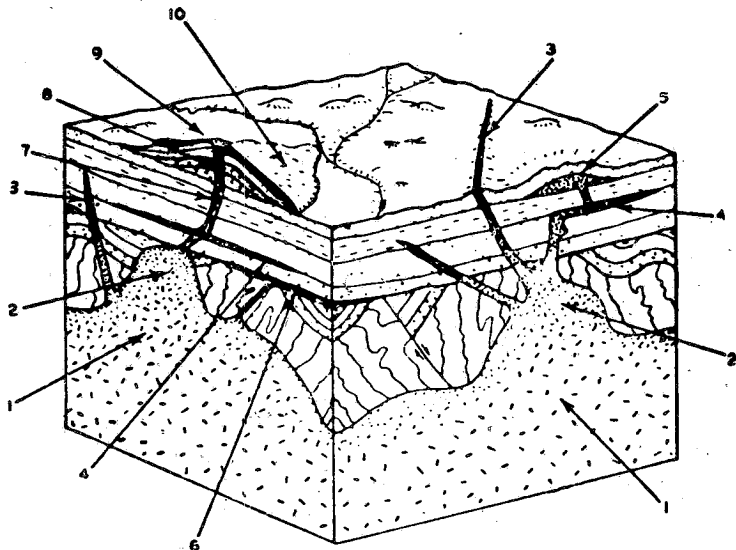
Ὁ *βαθύλιθος* (1) μεγάλης ἐπιφανειακῆς ἐκτάσεως καὶ διαστάσεων ὄγκος συνεχιζόμενος εἰς βάθος ἄγνωστον. Ἡ ἄνω ἐπιφάνειά του ἔχει *θολοειδῆ* μορφήν.

Ὁ *λακκόλιθος* (5) μικροτέρων διαστάσεων ἔχει τὴν ἄνω ἐπιφάνειαν αὐτοῦ *θολοειδῆ*, τὴν κάτω σχεδὸν ἐπίπεδον, ἀμφοτέρας παραλλήλους πρὸς τὰ ἐγγὺς αὐτῶν στρώματα. Συνδέεται μὲ *φλεβοειδῆ* παραφυάδα πρὸς τὴν βαθύτερον κειμένην πυριγενῇ ἐστίαν.

Ὁ *σωρὸς* (2) εἶναι ἀκανονίστου σχήματος ὄγκος διατέμνων τὰ περιβάλλοντα αὐτὸν στρώματα.

Ἡ *φλέψ* (3) προέκυψε διὰ πληρώσεως μεγάλων ρωγμῶν τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ ἀπὸ μάγμα προελθὸν ἀπὸ βαθύτερα σημεῖα. Περιορίζεται ἀπὸ δύο παραλλήλους ἐπιφανείας τεμνούσας τὰ στρώματα τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ. Αἱ φλέβες ἔχουν μικρὸν πάχος ἀλλὰ μέγα συνήθως μῆκος, πολλῶν χιλιομέτρων. Διὰ παρενθέσεως μάγματος μεταξὺ τῶν στρωμάτων προκύπτει *κοίτασμα* ἐν εἶδει στρώματος ἐν ὁμοφωνίᾳ πρὸς τὰ περιβάλλοντα, αὐτό, ἢ *παρείσαντος*

κοίτη (4). Ἡ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἐκχυνομένη λάβα, ἐὰν εἶναι πολὺ ἱξώδης, σχηματίζει θολοσιδῆ ἐξογκώματα, τοὺς θόλους ἢ δόμους, ἐὰν εἶναι λεπτόρρευστος ῥεεὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σχηματίζουσα ρεύματα ἢ καλύμματα (10).



Σχ. 561

Τὰ πετρώματα, τὰ ὁποῖα προέκυψαν ἀπὸ μάγμα στερεοποιηθὲν εἰς μέγα βάθος καλοῦνται *πλουτωνίται* ἢ *βαθυγενῆ*. Ἡ σημερινὴ παρουσία τῶν πλουτωνιτῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὀφείλεται εἰς διάβρωσιν τῶν στρωμάτων, τὰ ὁποῖα τοὺς ἐκάλυπτον. Ἐὰν τὸ μάγμα ἀνεξελθὼν διὰ φυσικοῦ πόρου τοῦ φλοιοῦ ἐφθασε μέχρι τῆς ἐπιφανείας καὶ ἐπῆξεν ἐπ' αὐτῆς, ἐσχημάτισε τοὺς ἡφαιστίτας ἢ ἐκχυτὰ πετρώματα. Μάγμα πῆξαν εἰς μικρὸν ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας βάθος ἐντὸς ρηγμάτων τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ ἢ διὰ παρεμβολῆς μεταξύ στρωμάτων ὡς παρείσακτος κοίτη ἔδωκε *φλεβίτας*. Οἱ φλεβίται ἐμφανίζονται καὶ ὡς συνδετικὰ μέλη τῶν ἐκχύτων πετρωμάτων πρὸς τὴν βαθύτερον κειμένην μαγματικὴν ἐστίναν.

Ἡ διαφορὰ συνθηκῶν, ὑπὸ τὰς ὁποίας συνετελέσθη ἡ πῆξις πλουτωνιτῶν καὶ ἡφαιστιτῶν, ἐκδηλοῦται εἰς τὸ μέγεθος καὶ τὸν τρόπον συνδέσεως τῶν συνιστῶντων αὐτὰ ὀρυκτῶν, εἰς τὸν ἴστών, ὡς λέγεται, τοῦ πετρώματος. Εἰς τοὺς πλουτωνίτας ἡ ψύξις τοῦ μάγματος, καθ' ὃ προστατευομένου ἀπὸ τὰ καλύπτοντα αὐτὸ στρώματα, συνετελέσθη βραδύτατα. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὰ ὀρυκτὰ τῶν ἐσχημάτισαν εὐμεγέθεις κρυστάλλους ὁρατοὺς διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, οἱ πλουτωνίται εἶναι φανεροίται. Εἰς τοὺς ἡφαιστίτας, ὅταν ἀκόμη τὸ μάγμα εὕρισκετο εἰς βάθος, εἶχον σχηματισθῇ κατὰ χώρους ἐντὸς τῆς

ύγρᾳς μάζης κρύσταλλοι εὐμεγέθεις, ἡ ὑπόλοιπος μᾶζα ἐπῆξεν, ὅταν τὸ ὕλικόν ἐξεχύθη ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας καὶ λόγῳ τῆς ταχείας ψύξεως προέκυψαν πολὺ μικροί, ἄορατοι διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ κρύσταλλοι ἢ καὶ ὕαλος. Τὸ πέτρωμα, ἐπειδὴ τὰ συστατικὰ τῆς κυρίας μάζης τοῦ εἶναι ἀφανῆ, χαρακτηρίζεται ὡς ἡφανίτης, οἱ ὁρατοὶ κρύσταλλοι οἱ πρῶτον κρυσταλλωθέντες ὀνομάζονται φαινοκρύσταλλοι ὁ δὲ ἰσὸς πορφυριτικός. Τὸ σχῆμα 562 παριστᾷ μικροσκοπικὴν τομὴν ἡφαιστίτου (ἀνδεσίτου) μὲ πορφυριτικὸν ἰσόν. Ἐντὸς ὑαλώδους ἀφανοῦς κυρίας μάζης ἐγκλείονται φαινοκρύσταλλοι πλαγιόκλάστων καὶ αὐγίτου καὶ μικρόλιθοι ἀστρίων.

Εἰς τὸν γρανίτην (σχ. 563), ἔνθα ὅλα τὰ συστατικὰ τοῦ ἐκρυσταλλώθησαν ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας, δὲν παρουσιάζεται ἡ διαφορὰ μεγέθους τῶν



Σχ. 562

Μικροσκοπικὴ τομὴ ἀνδεσίτου.
Ἴστος πορφυριτικός.



Σχ. 563

Μικροσκοπικὴ τομὴ γρανίτου.
Ἴστος γρανιτοειδής.

κρυστάλλων ἢ χαρακτηρίζουσα τὸν πορφυριτικὸν ἰσόν. Ἡ σειρὰ καθ' ἣν συνετελέσθη ἡ κρυστάλλωσις ἀναγνωρίζεται εὐκόλως, τὰ πρῶτον κρυσταλλωθέντα ὀρυκτά, ὁ τιτανίτης, ὁ ἀπατίτης, ἡ κεροστίλβη, τὰ ὅποια εἶχον ἐλευθερίαν χώρου πρὸς ἀνάπτυξιν, ἐσχημάτισαν κρυστάλλους μὲ περατωτικὰς ἑδρας, ἰδιομόρφους, ὡς δεικνύει τὸ εὐθύγραμμον τῶν περατωτικῶν αὐτῶν γραμμῶν εἰς τὴν τομὴν. Ἠκολούθησεν ἡ κρυστάλλωσις τοῦ ὀρθοκλάστου εἰς κρυστάλλους ἐν μέρει ἰδιομόρφους (ὑπιδιομόρφους) καὶ τελικῶς τοῦ χαλαζίου, ὅστις ὑπὸ μορφὴν ἀκανονίστου σχήματός ἀλλοτριομόρφων κρυστάλλων πληροῖ τὰ μεταξὺ κενά. Ἐντὸς τῶν κρυστάλλων τῆς κεροστίλβης ἐγκλείονται μικροὶ πανιδιόμορφοι κρύσταλλοι ἀπατίτου εἰς ἐξαγωνικὰς ἢ ὀρθογωνίους τομάς, προφανῶς προηγηθέντες τῆς κρυσταλλώσεως τοῦ ἐγκλείοντος αὐτὸν ὀρυκτοῦ. Ἐκ τῆς τοιαύτης σχετικῆς πρὸς ἄλληλα θέσεως τῶν ὀρυκτῶν καὶ τοῦ βαθμοῦ ἰδιομορφίας τῶν κρυστάλλων τῶν ἐλέγχεται ἡ σειρὰ κρυσταλλώ-

σεως. Ὁ περιγραφεὶς ἰστὸς χαρακτηρίζεται ὡς γρανιτοειδής. Ἄλλο εἶδος φανερωτικοῦ ἰστοῦ εἶναι ὁ ὀφειτικός ἀπαντῶν εἰς τοὺς διαβάσας. Εἰς μικροσκοπικὴν τομὴν διαβάσου τὰ πλαγιόκλαστα παρουσιάζουν ἰδιομόρφους στενάς ἐπιμήκεις τομὰς περιβαλλομένας ὑπὸ πυροξένων, οἱ ὅποιοι καταλαμβάνουν τὰ μεταξὺ αὐτῶν κενά (σχ. 564).



Σχ. 564

Μικροσκοπικὴ τομὴ διαβάσου. Ἰστὸς ὀφειτικός.

Τὰ πυριγενῆ πετρώματα καὶ τὰ κατὰ τὸ πλεῖστον ἐξ αὐτῶν προκύψαντα κρυσταλλοσχιστώδη ἀποτελοῦν τὰ 95% τοῦ προσιτοῦ τμήματος τῆς λιθοσφαιράς. Τὰ ὅρια, μεταξὺ τῶν ὁποίων κυμαίνεται εἰς τὰ διάφορα εἶδη πυριγενῶν πετρωμάτων ἢ περιεκτικότης εἰς τὰ χημικὰ αὐτῶν συστατικά, εἶναι τὰ ἑξῆς:

SiO ₂	78-35%	MgO	0-25%	(εἷς τινὰς περιδοτίτας καὶ μέχρι 50%)
Al ₂ O ₃	10-20%			
Fe ₂ O ₃ + FeO	0-15%			
		CaO	0-15%	
		Na ₂ O	0-15%	
		K ₂ O	0-10%	




Τὰ πλούσια εἰς SiO₂ μάγματα (SiO₂ > 66%) χαρακτηρίζονται ὡς ὄξεα, τὰ πτωχὰ εἰς SiO₂ (SiO₂ < 55%) ὡς βασικά → ὑπερβασικά. Ὡς ἐξημένη περιεκτικότης εἰς SiO₂ συνοδεύεται συνήθως ἀπὸ ἀνάλογον αὐξησιν τῶν ἀλκαλίων καὶ μείωσιν τῶν CaO καὶ MgO, ἐνῶ μείωσις τοῦ SiO₂ συμπίπτει μὲ αὐξησιν εἰς CaO καὶ MgO. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συστατικῶν τὰ ἀλκάλεια εἰσέρχονται μὲ ἰσάριθμα μόρια Al₂O₃ καὶ ἐξαιπλάσιον SiO₂ εἰς τὴν σύστασιν τῶν ἀστρίων ὀρθοκλάστων = (K₂O·Al₂O₃·6SiO₂), ἀλβίτων = (Na₂O·Al₂O₃·6SiO₂) καὶ τῶν

πλαγιοκλάστων, ισομόρφων παραμειξεων άλβίτου και άνορθίτου. Είς μάγματα με άνεπαρκή ποσότητα SiO_2 σχηματίζονται άντι τών άστρίων τούτων τά άστριοειδή λευκίτης ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$) και νεφελίνης ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{SiO}_2$). Πετρώματα με άστριοειδή είναι λίαν σπάνια αποτελοϋντα τὸ 1/1000 τοϋ συνόλου τών πυριγενών έμφανίσεων. Ἀλκάλεα εισέρχονται και είς άλλα όρυκτά, κάλιον είς τὸν μοσχοβίτην ($\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) και τὸν βιοτίτην ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6(\text{MgFe})\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), νάτριον, τὸ όποϊον έλλείψει έπαρκούς Al_2O_3 δέν έδεσμεύθη πρὸς άλβίτην, εισέρχεται είς τὸν άκμίτην ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$) νατριούχον πυρόξενον, ἢ και είς άλκαλιούχους άμφιβόλους. Ἐκ τοϋ CaO μέρος εισέρχεται είς τὸν άνορθίτην ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), συστατικόν τών μεικτῶν κρυστάλλων τών πλαγιοκλάστων, τὸ περισσεϋον (όχι άστριώσιμον δι' έλλειψιν άντιστοιχῶν μορίων Al_2O_3) είς τοϋς μονοκλινεῖς πυροξένους και άμφιβόλους. Τά MgO και FeO μετ' ισαριθμῶν μορίων SiO_2 σχηματίζουν ρομβικούς πυροξένους ένστατίτην $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, βρονζίτην και ύπεροσθενή ($\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ἢ τῇ συμμετοχῇ και τοϋ όχι άστριωσίμου CaO μονοκλινεῖς πυροξένους διοψίδιον ($\text{CaO} \cdot (\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$), αὐγίτην, διαλλαγή ἢ άμφιβόλους (κεροστίλβη). Είς πτωχότερα είς SiO_2 μάγματα (βασιικά και ύπερβασιικά) μέρος τών μορίων MgO και FeO σχηματίζει όλιβίτην ($2(\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$), ίσόμορφον παράμειξιν φοροστερίτου (Mg_2SiO_4) και φαϋαλίτου (Fe_2SiO_4). Ἐπὶ περισσείας SiO_2 , άφοϋ κορεσθοϋν κατὰ τὰ άνωτέρω σχέσεις τὰ κατιόντα πρὸς πυριτικά άλατα, τὸ άπομένον έλεύθερον SiO_2 δίδει χλαζίαν.

Τά έλάχιστα αὐτά είδη όρυκτῶν αποτελοϋν τὰ οϋσιώδη συστατικά τών πυριγενῶν πετρωμάτων. Τά όρυκτά αὐτά διακρίνονται βάσει τοϋ χρώματος και τῆς πυκνότητος αὐτῶν είς δύο κατηγορίας, τὰ λευκά ἢ σαλικά ἢ κουφολίθους (πυκνότης < 2,80) περιλαμβάνοντα τὸν χλαζίαν, τοϋς άστρίους και τὰ άστριοειδή και τὰ έγχροα ἢ φεμικά (έκ τοϋ Fe , Mg) ἢ βαρυλίθους (πυκνότης > 2,80) περιλαμβάνοντα τοϋς πυροξένους, τὰς άμφιβόλους, τὸν βιοτίτην, τὸν όλιβίτην και τὰ έπουσιώδη μαγνητίτην, αίματίτην, τιτανίτην, άπατίτην κ.λ.π. Τά σαλικά είναι τὰ κατὰ πλειονότητα συστατικά τοϋ SiO_2 , είς τὸ SiO_2 έπικρατοϋν τὰ φεμικά. Πετρώματα με σαλικά όρυκτά είς μεγαλύτεραν άναλογίαν άπὸ τὰ φεμικά έχουν λόγω τών έπικρατούντων λευκῶν συστατικῶν χρώμα άνοικτὸν και καλοϋνται λευκοκρατικά. Είς αὐτά ἢ άναλογία τών φεμικῶν είναι μικροτέρα τών 30%. Είς τὰ πετρώματα μέσου τύπου ἢ ποσοτική συμμετοχή τών έγχρώμων κυμαίνεται είς τὰ όρια 30-60%. Ἐπὶ περιεκτικότητος είς φεμικά 60-90% τὸ πέτρωμα χαρακτηρίζεται ὡς μελανοκρατικόν, ὡς όλομελανοκρατικόν, όταν τὰ φεμικά ύπερβαίνουν τὰ 90% τών όρυκτῶν. Ἡ διάκρισις αὐτῇ έπὶ τῇ βάσει τοϋ χρώματος παρέχει κατὰ τὰ άνωτέρω οϋσιώδη ένδειξιν έπὶ τῆς χημικῆς ἢ όρυκτολογικῆς αὐτοϋ συστάσεως είς γενικὰς γραμμάς, έφ' όσον τοϋτο είναι έξ όλοκλήρου κρυσταλλικόν. Ἐάν

Π Ι Ν Α Κ Η ΧΥ

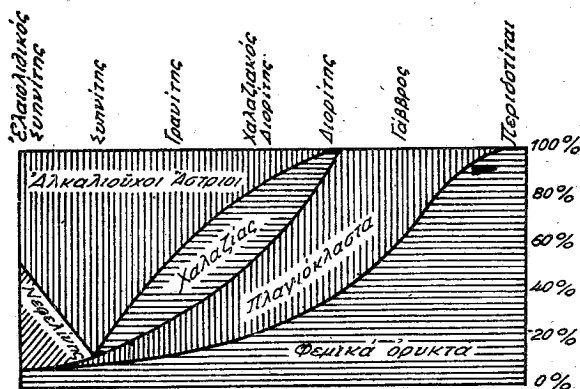
Είδος δομίων στον λίθον	Μικαλιούκοι άστριοι	Ποσοστό (%)		Άνευ λευκών συστατικών
		Αν < 50%	Αν > 50%	
Μικαλιούκοι άστριοι	Μικαλιούκοι άστριοι και πλαγιόκλαστα	ΧΑΛΑΣΙΑΚΟΣ ΔΙΟΡΙΤΗΣ δακίτης	ΑΝΟΡΘΟΙΤΗΣ	ΠΕΡΙΔΟΤΑΙ/ ΔΟΝΙΤΗΣ ΟΙ ΛΟΠΟΛ ΚΑΡΤΕΒΟΝΙΤΗΣ ΟΙ + Ρ ₁
ΓΡΑΝΙΤΗΣ ρυόλιθος λιπαρίτης	ΓΡΑΝΟΔΙΟΡΙΤΗΣ ρυοδακίτης			
ΣΥΝΗΙΤΗΣ τραχείτης	ΜΟΝΖΟΝΙΤΗΣ πρακλυανδρίτης	ΔΙΟΡΙΤΗΣ άνδρσιτης	ΓΑΒΒΡΟΙ (Ρ _Μ) ΝΟΡΙΤΗΣ (Ρ ₁) βασιλίτης διαβάσης	ΒΕΡΛΙΤΗΣ ΟΙ + Ρ _Μ ΛΕΡΖΟΝΙΘΟΣ ΟΙ + Ρ _Μ + Ρ ₁
Άνευ χαλαζίου ή άστριοειδών (2)				

Σημειώσεις του πίνακος: Με κεφαλαία γράμματα σημειούνται οι φανερώται με μικρά οι άφαντοι. (1) Έκτος των πλαγιόκλαστων ένδεκομέως και άλκαλιούκοι άστριοι εις ποσότητα μικροτέρην του 1/10 των άστρίων. Αη = ποσότης άνορθίτου ένός του πλαγιόκλαστου. (2) Μικρά ποσότης χαλαζίου μέχρις 1/10 των σαλικών δυνατόν να υπάκη, Ρ₁ = Πυρόξενοι ρομβικοί, Ρ_Μ = Πυρόξενοι μονοκλινείς. ΟΙ = όλιβίτης.  = λευκοκρατικά.  = μέσου κρυστατικού δείκτου  = όμοιομεταμοκρατικά.

περιέχει και ύαλον, το χρώμα του πετρώματος δεν παρέχει ασφαλή ένδειξιν, διότι ή ύαλος χρωματίζεται παρουσία ελαχίστης ποσότητος στοιχείων τινών ή προσμείξεων.

Εἰς τὸν πίνακα XV (σελ. 482) ἀναγράφονται τὰ κυριώτερα πυριγενή πετρώματα, τὰ ὁποῖα εἶναι τὰ συχνότερον ἀπαντῶντα ἐπὶ τῆς ἐπιφάνειας τῆς Γῆς καὶ εἰς κοιτάσματα με διαστάσεις σημαντικὰς. Ἡ ταξινομήσις εἰς τὸν πίνακα αὐτὸν στηρίζεται μόνον εἰς τὸ εἶδος καὶ τὴν σχετικὴν πρὸς ἄλληλα ἀναλογίαν τῶν λευκῶν συστατικῶν, ἡ ποσοτικὴ συμμετοχὴ τῶν φεμικῶν σημειοῦται γενικῶς με τὸν χρωματικὸν δείκτην. Τὰ πετρώματα με ἀστριοειδῆ ἄφθονα ἢ καὶ μόνα ὡς λευκὰ συστατικὰ (ἐλαιολιθικὸς συνηίτης, σονκινίτης, ἐσσεξίτης, θηράλιθος κ.λ.π.) εἶναι σπάνια καὶ δὲν περιελήφθησαν εἰς τὸν πίνακα. Οἱ περιδοτῖται στεροῦνται ἐντελῶς λευκῶν συστατικῶν, πετρώματα πορφυριτικοῦ ἰσοῦ ἔχοντα τὴν χημικὴν σύστασιν τῶν περιδοτιτῶν δὲν εὑρέθησαν.

Ἡ ταξινομήσις τῶν πετρωμάτων δὲν ἐπιβάλλεται ἀπὸ αὐστηρῶς καθωρισμένα χαρακτηριστικὰ, οἷα τὰ καθορίζοντα τὸ ὄρυκτὸν εἶδος. Τὰ ἐν τῇ φύσει ἀπαντῶντα πετρώματα διατασσόμενα ἐπὶ τῇ βάσει τῆς χημικῆς ἢ τῆς ὄρυκτολογικῆς αὐτῶν συστάσεως κατὰ τινὰ διάταξιν ἀπαρτίζουν συνεχῆς σύνολον, ὡς εἰς τὸ σχ. 565, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἡ διαίρεσις πρὸς συστηματικὴν



Σχ. 565

Ὁρυκτολογικὴ σύστασις τῶν κυριωτέρων πλουτωνιτῶν

ταξινομήσιν γίνεται με ὅρια τιθέμενα αὐθαирέτως. Τοιαύτη βαθμιαία μετάβασις ἀπὸ ἑνὸς τύπου πετρώματος εἰς ἄλλον παρατηρεῖται πολλάκις εἰς ἓν καὶ τὸ αὐτὸ κοίτασμα, τὸ ὁποῖον λ.χ. ἀπὸ γρανίτου μεταπίπτει βαθμιαίως μειουμένου τοῦ ποσοῦ ἀλκαλιούχων ἀστρίων καὶ αὐξανομένου τοῦ τῶν πλαγιόκλαστων εἰς χαλαζιακὸν διορίτην καὶ οὗτος περαιτέρω ἐξαφανιζομένου τοῦ χαλαζίου εἰς διορίτην.

Ἡ ὑπαγωγὴ ἑνὸς πυριγενοῦς πετρώματος εἰς ἓνα ὠρισμένον πετρογρα-

φικόν τύπον στηρίζεται εις την δρυκτολογικὴν αὐτοῦ σύστασιν καὶ τὸν ἰστόν. Διὰ τὸν ἀκριβῆ προσδιορισμὸν τοῦ ἀπαιτεῖται μικροσκοπικὴ ἐξέτασις, προσδιορισμὸς τῆς ποσοτικῆς εἰς βάρος ἢ ὄγκον % ἀναλογίας τῶν συνιστάντων αὐτὸ ὀρυκτῶν καὶ ποσοτικὴ χημικὴ ἀνάλυσις. Δι' αὐτῆς προσδιορίζεται ἡ ἐπὶ τῆς % περιεκτικότητος εἰς τὰ ἐξῆς συστατικά: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , $+\text{H}_2\text{O}$, $-\text{H}_2\text{O}$. ($-\text{H}_2\text{O}$ εἶναι τὸ ἀπερχόμενον εἰς θερμοκρασίαν μέχρις 110°C , $+\text{H}_2\text{O}$ τὸ μέχρι θερμοκρασίας ἐρυθροπυρακτώσεως). Προσδιορίζονται ἐνίοτε, ἐφόσον ἡ δρυκτολογικὴ σύστασις τὸ ὑπαγορεύει, καὶ τὰ συστατικά ZrO_2 , CO_2 , S , Cl . Τὰ δεδομένα τῆς χημικῆς ἀναλύσεως ὑποβάλλονται εἰς εἰδικὴν λογιστικὴν ἐπεξεργασίαν, διὰ τῆς ὁποίας λαμβάνονται ὠρισμένα ἀριθμητικὰ ἐξαγόμενα, αἱ *μαγματικαὶ παραμέτροι*, χαρακτηρίζοντα τὸ πέτρωμα. Διὰ τὴν εὑρεσιν τῆς ἑκατοστιαίας δρυκτολογικῆς συστάσεως φανεριτῶν τεμαχίζεται τὸ πέτρωμα εἰς κόκκους μεγέθους τοιοῦτου, ὥστε ἕκαστος νὰ ἀποτελῇται ἐξ ἐνὸς μόνου εἵδους ὀρυκτοῦ, ρίπτεται τὸ τεμαχισθὲν ὕλικὸν ἐντὸς διαχωριστικῆς χοάνης (σελ. 448) περιεχούσης βαρὺ διάλυμα, διαχωρίζονται οἱ κόκκοι τῶν καθ' ἕκαστα ὀρυκτῶν διαδοχικῶς, δι' ἀραιώσεως τοῦ διαλύματος καὶ ζυγίζονται. Τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα ἐπιτυγχάνεται καὶ δι' ἐμβαδομετρήσεως ὑπὸ τὸ μικροσκόπιον τοῦ συνόλου τῶν ἐπιφανειῶν ἐνὸς ἑκάστου ὀρυκτοῦ εἵδους ἐπὶ μικροσκοπικοῦ παρασκευάσματος τοῦ πετρώματος. Ἐκ τῆς ποσοτικῆς δρυκτολογικῆς συστάσεως συνάγεται κατὰ προσέγγισιν καὶ ἡ χημικὴ αὐτοῦ σύστασις. Ἡ χημικὴ ἀνάλυσις εἶναι ἀπαραίτητος προκειμένου περὶ τῶν ἀφανιτῶν καὶ διὰ τὴν σιμικρότητα τῶν κρυσταλλίων τῆς κυρίας μάζης καθιστώσαν ἀδύνατον τὴν ἐμβαδομέτρησιν των καὶ διὰ τὴν συχνὴν παρουσίαν ὕαλου ἐντὸς αὐτῶν. Μόνῃ ἡ χημικὴ ἀνάλυσις δὲν ἀρκεῖ διὰ νὰ χαρακτηρισθῇ τὸ πέτρωμα, ὑπάρχουν πετρώματα παραπλησίον χημικῆς συστάσεως ἀλλὰ τελείως διάφορα δρυκτολογικῶς. Ταῦτα ὠνομάσθησαν ὑπὸ τοῦ Lacroix *ετερόμορφα*.

Περαιτέρω παρέχεται ἡ ἑκατοστιαία δρυκτολογικὴ σύστασις τῶν κυριωτέρων τύπων πυριγενῶν πετρωμάτων, φανεριτῶν καὶ ἀφανιτῶν. Συντομογραφικῶς σημειοῦνται μὲ Qz = χαλαζίας, F = ἄστριοι, Fa = ἀλκαλιοῦχοι ἄστριοι, Plag = πλαγιόκλαστα, Foid = ἀστριοειδῆ, Sal = σαλικά, Fem = φεμικά, Or = ὀρθόκλαστον, Ab = ἀλβίτης, An = ἀνορθίτης.

1) *Οἰκογένεια γρανιτῶν* - *ρυσλίθων*: $\text{Qz} > 10\%$ $\text{Qz} + \text{Fa} > 40\%$. Οἱ γρανίται διακρίνονται εἰς ἀπλιτικούς γρανίτας μὲ $\text{Fem} < 4\%$, ἀλκαλιγρανίτας ἄνευ Plag μὲ $\text{Fem} > 10\%$ καὶ ἀλκαλιοσβεστιακούς γρανίτας μὲ $\text{Fa} : \text{Plag} = 3:1 - 1:1$. Αὐξανομένης τῆς περιεκτικότητος εἰς πλαγιόκλαστα τὸ πέτρωμα μεταπίπτει πρὸς γρανодиόριτην. Τὰ αὐθαιρέτως ὀριζόμενα μεταξὺ γρανίτου - γρανодиόριτου ὅρια διαφέρουν κατὰ πετρογράφους. Γρανίτης μὲ μεγάλους κρυστάλλους ὀρθοκλάστου ἐν συγκρίσει πρὸς τὰ λοιπὰ συστατικά καλεῖται *πορφυροειδής*, μὲ ὑποπαράλληλον διάταξιν τινων ἐκ τῶν συστατικῶν τοῦ ὀφειλομένην εἰς

ἐπίδρασιν κατευθυνομένης πίεσεως, κατὰ τὴν κρυστάλλωσιν γενεσιοειδής. Ἀναλόγως τοῦ περιεχομένου φεμικοῦ συστατικοῦ ὀνομάζεται βιοτιτικός, κερροστιλβικός ἢ αὐγιτικός γρανίτης. Αἱ ἐπιφανειακαὶ αὐτῶν ἐμφανίσεις, καταλαμβάνουν μεγάλας ἐκτάσεις γραμμικῶν διαστάσεων πολλῶν δεκάδων χιλιομέτρων. Τὰ μεγάλα γρανιτικά σώματα συνοδεύονται ἀπὸ φλεβικὰς ἀποφύσεις πηγματιτῶν καὶ ἀπλιτῶν. Οἱ πηγματίται ἀποτελοῦνται ἀπὸ μεγάλους κρυστάλλους ὀρθοκλάστου, χαλαζίου καὶ μοσχοβίτου καὶ ἐσχηματίσθησαν ἀπὸ ὑπολείμματα τῆς κυρίας φάσεως κρυσταλλώσεως τοῦ μάγματος πλούσια εἰς πτητικὰ συστατικά. Οἱ ἀπλίται ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικροκοκκῶδες συσσωμάτωμα χαλαζίου καὶ ἀστρίων ἐκ τῶν συνιστῶντων τὸν γρανίτην μετὰσιν πανιδιομόρφου ἀναπτύξεως ἀμφοτέρων τῶν συστατικῶν. Οἱ ρυόλιθοι ἢ λιπαρίται εἶναι ἀπιογρανιτικῆς χημικῆς συστάσεως ἡφαιστειογενῆ πετρώματα. Εἰς τὰ σύγχρονα ἐν δράσει ἡφαιστεια δὲν παρατηρήθησαν ρυολιθικαὶ ἐκχύσεις. Ὁ χαλαζιακὸς πορφύρης εἶναι προτριτογενὲς ρυόλιθος ἡλλοιωμένος. Ὁ χαλαζιακὸς κερροτοφύρης ἐπίσης προτριτογενὲς ἡλλοιωμένος ρυόλιθος μετὰ λίθιν. Ὁ περλίτης ρυολιθικῆς συστάσεως ἐκχυτον ὑαλώδες πέτρωμα μετὰ σφαιροειδῆ ἀποχωρισμὸν τῆς ὑάλου ἐν εἶδει μαργαριτῶν. Πυρούμενος ἀποβάλλει ἀέρια καὶ διογκοῦται καθιστάμενος πορώδης καὶ ἐλαφρὸς χρησιμοποιούμενος ὡς μονωτικὸν ὑλικὸν δι' οἰκοδομικοὺς σκοποὺς. Ἡ κίσηρις εἶναι σκωριώδους ὕφους ὑαλώδης λάβα μετὰ μεγάλους κενοὺς χώρους σχηματισθέντας ἐξ ἀθρόας ἀποβολῆς ἀερίων, λίαν ἐλαφρὰ ἐπιπλέουσα ἐπὶ τοῦ ὕδατος. Πέτρωμα καλούμενον Pechstein εἶναι ὑαλώδης λάβα περιέχουσα ὕδωρ μέχρι 10%. Ὁ ὀψιδιανὸς ὑαλώδης λάβα σχεδὸν ἄνυδρος. Ὁ παντελλερίτης εἶναι αἰγιρινικός ρυόλιθος.

Ῥορυκτολογικὴ σύστασις δειγμάτων τῆς οἰκογενείας κατὰ Tröger

Ἀλκαλιγρανίτης	Ἀπλιτογρανίτης	Ρυόλιθος
(% Ὀγκος %)	(% Ὀγκος %)	(Βάρος % ἐξ ὑπολογισμοῦ)
Χαλαζίας	38 { Ὀρθόκλαστον }	Χαλαζίας 30
Ὀρθόκλαστον	32 { Μικροκλινῆς }	{ Νατριόσινιδινον }
Ἀνορθόκλαστον	21 (ὡς Μικροπερθίτης)	{ Ἀλβίτης }
Ρειβεκίτης	19 $Or_{62}Ab_{34}$	42 (Or ₄₇ Ab ₅₃)
(ἀλκαλιαμφίβολος)	Χαλαζίας	33 Πλαγιόκλαστα
± Αἰγιρίνης	Πλαγιόκλαστον	22 (Ab ₈₀ %) 4
Ἰχνη, ζιρκονίου	(An ₁₂)	Βιοτίτης 1
μοναζίτου, ζενοτίμου	Βιοτίτης, ἀπατίτης	3 Ἀπατίτης κ.λ.π. 1
	κ.λ.π.	φαινοκρύσταλλοι
		Qz καὶ Fa ὀλίγοι,
		μέρος τῆς κυρίας μά-
		ζης ὕαλος.

2) Οικογένεια γρανοδιορίτου - χαλαζιακού μονζονίτου - ρυοδακίτου

Αί γρανοδιορίζεται είναι πλουσιώτεροι τῶν γρανιτῶν εἰς πλαγιόκλαστα (Fa : Plag 1 : 1 ἕως 3 : 5) καὶ εἰς φεμικά. Εἶναι οἱ μᾶλλον διαδεδομένοι πλουτώνται μετὰ τοὺς γρανίτας Qz>10%. Fa = ὀρθόκλαστον, μικροκλινής, ἀλβίτης ἐντὸς περθιτῶν ἢ περιβάλλων πλαγιόκλαστα. Plag ἀπὸ ὀλιγοκλάστου ἕως ἀνδесίνου, λαβραδόριον ἐνίοτε ὡς πυρὴν ζωνώδους δομῆς κρυστάλλων. Ὁ γρανογάβρος ἔχει βασικά πλαγιόκλαστα (An₅₅). Οἱ ἀντίστοιχοι ἡφαιστῆται ἔχουν σύστασιν ἐνδιάμεσον μεταξὺ ρυολίθου καὶ δακίτου. Ὀνομάζονται καὶ *δελλενίται* ἢ *χαλαζιακοὶ λατίται* οἱ στερεούμενοι φαινοκρυστάλλων. Ὁ πλαγιόφτης εἶναι παλαιότερος ρυοδακίτης ἡλλοιωμένος.

Γρανοδιορίτης (Bar %)	Χαλαζιακὸς μονζονίτης (Bar %)	Ρυοδακίτης (Bar %)	
Χαλαζίας	21	Χαλαζίας	23
Ὁρθόκλαστον (Or ₈₅ Ab ₁₅)	18	Ὁρθόκλαστον	21
Πλαγιόκλαστα (Ab ₆₇ An ₃₀ Or ₃)	40	Πλαγιόκλαστα *	34
Κεροστίλβη ± Βιοτίτης	17	Ζωνώδη (An ₅₀ -An ₁₅)	34
Ἀπατίτης, Τιτανίτης	4	Βιοτίτης	16
		Ἀπατίτης κ.λ.π.	3
		* ἐν μέρει φαινοκρύσταλοι	

3) Οικογένεια χαλαζιακού διορίτου (τοναλίτου) - δακίτου

Ὁ χαλαζιακὸς διορίτης εἶναι σχετικὸς σπανιώτερος τοῦ γρανίτου καὶ γρανοδιορίτου. Ἀπαντᾷ ὡς μεταβατικὸς τύπος αὐτῶν ἀλλὰ καὶ μεμονωμένος Qz>10, Fa : Plag<3 : 5, Fa = ὀρθόκλαστον, μικροκλινής, μικροπερθίτης, ἀλβίτης ἐνίοτε ὡς περίβλημα ζωνωδῶν πλαγιόκλάστων συστάσεως ὀλιγοκλάστου - ἀνδесίνου. Ὁ τοναλίτης εἶναι πλούσιος εἰς φεμικά, ὁ τρονογемίτης λευκοκρατικὸς χαλαζιακὸς διορίτης. Ὁ δακίτοειδής ἔχει σύστασιν δακίτου ἀλλὰ χωρὶς χαλαζίαν. Ἡ περίσσεια τοῦ SiO₂ ἐγκλείεται ἐντὸς τῆς ὑαλοῦ (κρυπτόμορφος τύπος). Ὁ χαλαζιακὸς πορφυρίτης εἶναι παλαιὸς ἡλλοιωμένος δακίτης

Χαλαζιακὸς διορίτης (Βάρος %)	Τοναλίτης (Ὀγκος %)	Δακίτης (Ὀγκος %)	
Χαλαζίας	22	Χαλαζίας *	30
Ὁρθόκλαστον (Or ₆₂ Ab ₃₀ An ₃)	5	Ὁρθόκλαστον	9
Πλαγιόκλαστα		Πλαγιόκλαστα	
(Ab ₆₅ An ₂₉ Or ₆)	47	Ζωνώδη	33
Βιοτίτης	17	Κεροστίλβη	26
		ἐξ αὐτῶν 30 φαινοκρύσταλλοι (An ₃₃)	46

Κεροστίλβη } +Αυγίτης } 'Επουσιώδη } 8 1	'Επουσιώδη	1	Βιοτίτης } +Κεροστίλβη } 'Επουσιώδη } Χλωρίτης ἐξ ἄλλοι- ώσεως φεμικῶν } * φαινοκρύσταλλοι }	5 2 8 5
------------------------------------------------------	------------	---	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------

4) Οἰκογένεια συηνίτου - τραχείτου

Ὁ συηνίτης διαφέρει τοῦ γρανίτου εἰς τὸ ὅτι δὲν ἔχει περίσσειαν SiO_2 , ὥστε νὰ κρυσταλλωθῇ χαλαζίας εἰς σημαντικὴν ποσότητα. Μικρὰ ποσότης χαλαζίου (Qz : sal 0-10%) ἢ ἀστριοειδῶν (Foid : Sal = 0,10%) ὑπάρχει. Σπάνιος εἰς αὐθυπόστατα κοιτάσματα, συνήθως μεταβατικὸς τύπος εἰς πλουτωνίτας πλουσίους εἰς χαλαζίαν. Οἱ συηνίται διακρίνονται εἰς ἀλκαλισυηνίτας μὲ ὀλίγα ἢ καθόλου πλαγιόκλαστα (Plag : Fa = 0-10%) καὶ ἀλκαλιασβεστιακούς (Plag : Fa = 15-35%). Ὁ νορδμαρκίτης εἶναι χαλαζιοῦχος νατροσυηνίτης, ὁ πουλασκίτης νεφελινοῦχος. Ὁ τραχείτης ἔχει συνήθως μεγάλους κρυστάλλους σανιδίνου. Ὁ φονολιθικὸς τραχείτης περιέχει μικρὰν ποσότητα νεφελίνου. Ὁ κερατοφόρης παλαιός, ἡλλοιωμένος νατριοτραχείτης μὲ ἀλβίτην

'Αλκαλισυηνίται		'Αλκαλιασβεστιακὸς Τραχείτης	
Νατροσυηνίτης		συηνίτης	
(Bar %)		(Bar %)	(Bar %)
	Χαλαζίας	5	
'Αλβίτης μὲ (πυρῆνα ἀνδεδίνου)	83	Νατριοῦχον ὀρθόκλαστον ± περθίτης ± μικροκλινῆς (Or ₅₃ Ab ₄₃ An ₄)	51
'Αλκαλικεροστίλβη	15	Πλαγιόκλαστα (Ab ₇₅)	20
'Επουσιώδη	2	Κεροστίλβη	19
Καλισυηνίτης		Τιτανίτης ἀπα- τίτης κ.λ.π.	5
(Bar %)		Τιτανίτης	4
'Ορθόκλαστον	84	Διοψίδιος	10
Διοψίδιος	14	± Βιοτίτης	
Τιτανίτης, 'Απατίτης	2	± Βαλός	

5) Οἰκογένεια μονζονίτου - τραχειανδεδίτου

Ἐνδιάμεσος τύπος μεταξὺ συηνίτου καὶ διορίτου Qz : Sal ἢ Foid : Sal = 0-10% Plag : Fa = 40-60%. Πλαγιόκλαστα: ἀνδεδίνης - λαβραδόριον. Εἰς τοὺς συηνογάββρους Plag : Fa 65-85%. Ὁ ὅρος λατίτης χρησιμοποιεῖται ὡς συνώνυμος τοῦ τραχειανδεδίτου.

Μονζονίτης (% Ογκ. %)	Τραχειανδεσίτης (% Βαρ. %)
Ὁρθόκλαστον	32 Σανίδινον
Πλαγιόκλαστα	Or ₆₀ Ab ₃₇) 35
ζωνώδη (An ₆₈₋₃₅)	33 Πλαγιόκλαστα
Διοψίδιος	φαινοκρύσταλλοι (An ₆₀₋₄₀)
± Κεροστίλβη	24 μικρόλιθοι An ₄₀ 35
Βιοτίτης	6 Αύγιτης 20
Ἐπουσιώδη	5 ὀλιβίνης 5
	Ἐπουσιώδη 5

6) Οἰκογένεια διορίτου - ἀνδεσίτου

Ὁ ὅρος διορίτης εἰσήχθη ὑπὸ τοῦ Haüy (διορίζω = διακρίνω) διὰ τὴν διάκρισιν αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ γάββρου, τὴν ὁποίαν καθώριζε βάσει τοῦ περιεχομένου φεμικοῦ, κεροστίλβης εἰς τὸν διορίτην αὐγίτου εἰς τὸν γάββρον. Σήμερον ἡ διάκρισις γίνεται βάσει τοῦ εἶδους τῶν πλαγιόκλαστων. Ὁ διορίτης ἔχει πλαγιόκλαστα μὲ ἀνορθίτην ὀλιγώτερον τοῦ 50%, ὁ γάββρος μὲ περισσότερον τοῦ 50%. Συχνὰ εἰς τὰ κοιτάσματα τῶν μεταπίπτουν εἰς ἄλληλα χωρὶς σαφῆ ὅρια. Ὁ πορφυρίτης εἶναι ἡλλιοιωμένος προτριτογενὴς ἀνδεσίτης. Οἱ προπυλῖται εἶναι ἡλλιοιωμένοι ἀνδεσίται ἐξ ἐπιδράσεως θειούχων ἀτμίδων. Ὁ κροκεάτης λίθος τῶν ἀρχαίων μὲ μεγάλους φαινοκρυστάλλους ζωνώδεις πλαγιόκλαστων ἐντὸς πρασινομελαίνης κυρίας μάζης ἐκ τῶν Κροκεῶν τῆς Λακωνίας ὠραῖος τὴν ἐμφάνισιν ὡς διακοσμητικὸς εἶναι λαβραδοριτικὸς πορφυρίτης, προτριτογενὴς ἡλλιοιωμένος ἡφαιστίτης.

Διορίτης (% Βαρ. %)	Ἀνδεσίτης (% Βαρ. %)
Χαλαζίας	7 Πλαγιόκλαστα (Φαινοκρ. ζων. (An ₇₀₋₃₅))
Μικροκλινῆς	6 μικρόλιθοι An ₃₅) 46
Πλαγιόκλαστα	Κεροστίλβη (ἐν μέρει φαινοκρύσταλλοι) 31
ζωνώδη (An ₄₁₋₃₁)	53 ± Πυρόξενοι
Κεροστίλβη	22 ± Βιοτίτης
Βιοτίτης	9 ὕαλος 20
Ἐπουσιώδη	3 Ἐπουσιώδη 4

7) Οἰκογένεια γάββρου - βασάλτου

Διακρίνεται τοῦ διορίτου βάσει τῶν πλαγιόκλαστων (An > 50%). Σύνηθες φεμικὸν συστατικὸν οἱ πυρόξενοι (διαλλαγῆς, αὐγίτης, ὑπερσθενῆς) ἀλλὰ καὶ κεροστίλβη. Ἐνίοτε περιέχει καὶ ὀλιβίνη (ὀλιβινικὸς γάββρος). Τὰ πλαγιό-

κλαστα πολλάκις άλλοιοϋνται πρὸς *σωσσυρίτην* (μεῖγμα *ζοϊσίτου* καὶ ἐπιδότου) οἱ πυρόξενοι πρὸς ἀμφιβόλους (*οὐραλιτίσους*). Ὁ *τρωκτόλιθος* εἶναι πτωχὸς εἰς αὐγίτην ὀλιβινικὸς γάββρος, ὁ *ὀσσιπίτης* λευκοκρατικὸς ὀλιβινικὸς γάββρος, ὁ *νορίτης* γάββρος μὲ ρομβικοὺς πυροξένους. Ὁ γαββρικῆς χημικῆς συστάσεως ἡφαιστίτης εἶναι ὁ *βασάλτης* μέλας στιφρὸς μὲ ὀλίγους μικροὺς φαινοκρυστάλλους ὀλιβίνου καὶ αὐγίτου. Τὰ πλαγιόκλαστα περιέχονται ἐντὸς τῆς ἀφανιτικῆς κυρίας μάζης. Ὁ ὅρος *δολερίτης* χρησιμοποιεῖται πρὸς χαρακτηρισμὸν ἀδροκόκκων βασάλτικῆς συστάσεως πετρωμάτων. Ὁ *μελαφύρης* εἶναι προτριτογενὴς ἡλλοιωμένος *βασάλτης*. Ὁ *διαβάσης* γαββρικῆς συστάσεως πέτρωμα ἐξ αὐγίτου καὶ πλαγιόκλαστων μὲ ἰστὸν ὀφειτικὸν καὶ μέγεθος κόκκων μέχρι καὶ 1 mm ἀπαντᾷ εἰς φλέβας καὶ παρεισάκτους κοίτας ἐν ἀφθονίᾳ εἰς τινὰς περιοχάς. Συνήθως ἡλλοιωμένος.

Γάββρος (Βαρ.%)	Διαβάσης (Βαρ.%)	Βασάλτης (Βαρ.%)
Πλαγιόκλαστα ($Ab_{35}An_{64}Or_1$) 52	Πλαγιόκλαστα ($Ab_{38}An_{55}Or_7$) 48	Πλαγιόκλαστα ($Ab_{44}An_{52}Or_4$) 44
Διαλλαγῆς (αὐγίτης) 35	Αὐγίτης 41	Αὐγίτης 49
Ὑπερσθενίης 10	Ἐπουσιώδη 6	± ὀλιβίνης
± ὀλιβίνης	Ὀρθόκλαστον	± ὕαλος
Ἐπουσιώδη 3	+ Χαλαζίας 5	Μαγνητίτης 7
		κ.λ.π.

Οἱ πλουτώνται ἀνορθοσιταί, ὀλολευκοκρατικὰ μονόμεικτα πετρώματα, ἀποτελοῦνται σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου (95%) ἀπὸ βασικὰ πλαγιόκλαστα (λαβραδόριον - ἀνορθίτην). Πελωρίας ἐκτάσεως ἐμφανίσαις εἰς Καναδᾶν (15.000 km²) Ἡνωμένας Πολιτείας (3000 km²) Νορβηγίᾳ (2000 km²). Ἡ γένεσίς των εἶναι προβληματική.

8. *Πετρώματα* μὲ ἀφθονίαν ἀστριοειδῶν μετὰ ἀστρίων ἢ καὶ μόνων ὡς σαλικῶν συστατικῶν. Εἶναι σπάνια εἰς ἀναλογίαν περίπου 1:1000 ἔναντι τῶν λοιπῶν πυριγενῶν. Ἐν Ἑλλάδι οὐδαμοῦ εὕρισκονται. Οἱ ἐλαιολιθικοὶ συνηρται εἶναι συνηνιτικῆς συστάσεως φανερταί μὲ νεφελίτην, οἱ λευκιτικοὶ μὲ λευκίτην. Ἐκχυτον πέτρωμα τῆς οἰκογενείας αὐτῆς εἶναι ὁ *φονόλιθος*. Οἱ ἐσσεεῖται εἶναι ἀλκαλικῆς μορφῆς γαββροειδεῖς φανερταί μὲ ἀστριοειδῆ καὶ ἀστρίους. Τινῶν ἐκ τῶν πετρωμάτων τούτων παρέχεται περαιτέρω ἡ ἐκατοστιχία ὕρυκτολογικῆ σύστασις κατὰ Tröger.

Πλουτωνίται με άστριοειδή

Έλαιολιθικός σσηνίτης (Βάρος %)	Λευκιτικός σσηνίτης (Βάρος %)	Έσσεξίτης (Βάρος %)	
Όρθόκλαστον	Σανίδινον	44	Κεροστίλβη
με μικροπερθίτην	Λευκίτης	37	Βιοτίτης
(Or ₃₀ Ab ₅₈ An ₈)	Σοδάλιθος	12	Διοψίδιος
Νεφελίνης	24	Κεροστίλβη	3
Αίγιρινικός αύγιτης	7	Έπουσιώδη	4
Έπουσιώδη	2	Πλαγιόκλαστα (Ab ₅₀)	30
		Μικροπερθίτης + Μικροκλινής	12
		Νεφελίνης	10
		Τιτανίτης	
		άπατίτης κ.λ.π.	9

Έκχυτα με άστριοειδή

Μισσουρίτης (Βαρ.%)	Φωνόλιθος (Βαρ.%)	Νεφελινικός τεφρίτης (Βαρ.%)	
Διοψίδιος	Νατριοσανίδινον	Πλαγιόκλαστα	42
αίγιρινικός	(Or ₄₇ Ab ₅₃)	66	(An ₈₀₋₄₅)
Λευκίτης	(έν μέρει φαινοκρ.)	Τιτανουγίτης	30
Όλιβίνης	Νεφελίνης	18	νεφελίνης
Ανάκλιμον	8	Αίγιρινικός διοψί-	4
Βιοτίτης	6	διος	8
Έπουσιώδη	5	Σοδάλιθος+Χαου-	
		ίνης	7
		Έπουσιώδη	1

Λευκιτικός τεφρίτης (Όγκος %)	Νεφελινίτης (Βάρος %)	
Πλαγιόκλαστα	35	Τιτανουγίτης
(An ₇₀)		(σπάνιοι φαινοκρ.)
Λευκίτης	27	Νεφελίνης
Πυρόξενοι	27	Χαουΐνης
Όλιβίνης	5	5
Νεφελίνης	3	Έπουσιώδη
Έπουσιώδη	3	9

9) Οικογένεια τῶν περιδοτιτῶν

Ὀλομελανοκρατικοὶ φανερῖται ἄνευ λευκῶν συστατικῶν. Ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὀλιβίνην εἴτε μόνον (δορνίτης) εἴτε μὲ πυροξένους ραμβικοὺς ἢ μονοκλινεῖς. Ἀλλοιοῦνται μετατρεπόμενοι εἰς σερπεντίνην. Ἀφανῖται συστάσεως περιδοτιτικῆς δὲν ἔχουν εὐρεθῇ. Ἡ γεωλογικὴ ἐξέτασις ἔδειξεν διὰ πολλὰ περιδοτιτικὰ κοιτάσματα ὅτι δὲν εἶναι βαθυγενῇ ἀλλ' ἀποτελοῦν τὰ βαθύτερα τμήματα ὑποθαλασσίων ἐκχύσεων μεγάλων ποσοτήτων ὑπερβασικοῦ μάγματος. Συνεδεῖνται καὶ ἀπὸ βασικά πετρώματα τῆς οἰκογενείας τῶν γάββρων διαβασῶν περιλαμβάνοντα καὶ μέλη μὲ ἰσθὺν ἀρχαιτικόν. Τὸ σύστημα τῶν τοιούτων ὑπερβασικῶν - βασικῶν ἐκρήξεων χαρακτηρίζεται μὲ τὸν ὅρον *οφειόλιθοι*.

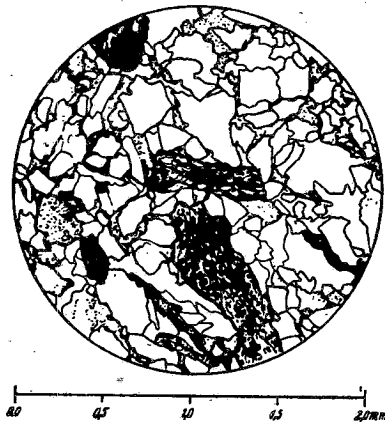
136. Ἰζηματογενῇ πετρώματα. Ἐνῷ τὰ πυριγενῇ πετρώματα ὀφείλουν τὴν γένεσίν των εἰς τοὺς ἐνδογενεῖς γεωλογικοὺς παράγοντας τὰ ἰζηματογενῇ ἐσχηματίσθησαν διὰ τῆς ἐπιδράσεως τῶν ἐξωγενῶν γεωλογικῶν παραγόντων. Ἡ διεργασία τοῦ σχηματισμοῦ των διακρίνεται εἰς τέσσαρα στάδια 1) τὴν ἀποσάθρωσιν τῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς πετρωμάτων τῶν ἐκτεθειμένων εἰς τὴν ἐπίδρασιν τῶν παραγόντων οἱ ὅποιοι τὴν προκαλοῦν (σελ. 471) 2) τὴν μεταφορὰν τῶν προϊόντων τῆς ἀποσαθρώσεως μακρὰν τοῦ μηχανικοῦ πετρώματος 3) τὴν καθίζησιν αὐτῶν ἐκ τοῦ περιβάλλοντος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχοντο ἐν αἰωρήσει ἢ διαλυμέναι. Ὡς ἐκ τοῦ τρόπου αὐτοῦ τῆς ἀποθέσεως των διατάσσονται τὰ ἀποτιθέμενα ὕλικά κατ' ὀριζήντις ἐπάλληλα στρώματα χαρακτηριστικὰ τῆς μορφολογίας τῶν ἰζηματογενῶν πετρωμάτων 4) τὴν διαγένεσιν, ἥτοι τὴν διεργασίαν διὰ τῆς ὁποίας τὰ ἀποτεθέντα ψαθυρὰ ὕλικά διὰ τῆς παρεμβολῆς φυσικοῦ συνδετικοῦ ὕλικου εἰς τὸν μεταξὺ αὐτῶν κενὸν χώρον τῇ συνδρομῇ καὶ τῆς πίεσεως τῶν ἐπισωρευομένων ἰζημάτων συνεσωματώθησαν εἰς συμπαγῇ πετρώματα. Ἐνίσταται τὸ δεύτερον στάδιον λείπει. Εἰς τοπογραφικῶς ὑψηλὰς ἐπιφανείας, αἱ ὁποῖαι δὲν παρουσιάζουν ὑψομετρικὰς διαφοράς, ὥστε νὰ προκαλεῖται τοὺς τῶν ὑμβρίων ὑδάτων, τὰ προϊόντα τῆς ἀποσαθρώσεως παραμένουν ἐπὶ τόπου σχηματίζοντα παρ' στρώμα καθέσθον ἢ ἀποσάθρουσις προχωρεῖ εἰς βάθος.

Μετακίνησις τῶν προϊόντων τῆς ἀποσαθρώσεως μὲ μόνην τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος γίνεται εἰς τὰς ἀποστέμους κλιτύς ὁρέων. Τὰ ἐκ τῆς μηχανικῆς ἀποσαθρώσεως τεμαχισθέντα πετρώματα εἰς γωνιώδη τεμάχια, λατίπια, κλπ. φέρονται εἰς τὰ χαμηλότερα σημεῖα σχηματίζοντα κώνους κορημάτων. Ὁ ἄνεμος ὡς παράγων μεταφορᾶς μετακομίζει νέφη ἄμμου ἐκ τῶν ἐρήμων καὶ ἀποθέτει αὐτὴν εἰς γειτονικὰς πρὸς αὐτὰς περιοχὰς κατὰ στρώματα. Τοιαῦτα αἰολογενῇ στρώματα κατὰλαμβάνουν μεγάλας ἐκτάσεις ἰδίᾳ εἰς τὴν Κίναν. Χερσαῖα ἀποθέματα σχηματίζονται ὑπὸ τῶν παγετῶνων, οἱ ὅποιοι κινούμενοι βραδύτητα ἐν εἰδεί ποταμοῦ ἐντὸς τῶν κοιλάδων ροῆς των ἀποθέτουν κατὰ τὰς ὁδοὺς τῆς κοίτης των καὶ κυρίως κατὰ τὰς ἐκβολὰς των, ἐνθα τήκονται,

τὰ μετακομιζόμενα ὑλικά ἀποσαθρώσεως. Τὰ ἀποθέματα αὐτὰ ἀνάμεικτα ἀπὸ ἀπόψεως μεγέθους τῶν συστατικῶν των ὀνομάζονται *τιλλίται*. Χερσαῖα ἀποθέματα σχηματίζονται καὶ ἐκ θερμῶν πηγῶν ἐκ τῶν ἐν διαλύσει ἐντὸς τοῦ ὕδατος αὐτῶν περιεχομένων ὑλικῶν, ἐπίσης εἰς τοὺς πυθμένεας λιμνῶν. Ὁ κυριώτερος ὅμως καὶ σημαντικώτερος ἀπὸ ἀπόψεως ποσοτικῆς, παράγων μεταφορᾶς εἶναι τὸ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ρέον ὕδωρ. Τὸ ὕδωρ τῆς βροχῆς τὸ μὴ ἀπορροφηθὲν ὑπὸ τοῦ ἐδάφους καταφερόμενον πρὸς τὰ χαμηλότερα σημεῖα συγκεντρώνεται εἰς μικρὰ ρυάκια συγκλίνοντα εἰς μεγαλύτερα, τὰ ὁποῖα ἀπολήγουν εἰς τοὺς ποταμούς. Οὗτοι ἀποκομίζουν ὅλα τὰ ὑλικά, τὰ ὁποῖα ἐσάρωσε τὸ ὕδωρ κατὰ τὴν διαδρομὴν του. Ταῦτα κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἀπεστρογγυλωμένα διακρίνονται κατὰ μέγεθος εἰς *κροκάλας* (διαμέτρου $> 2\text{ cm}$), *ψηφίδας* ($2\text{ cm}-2\text{ mm}$), *ἄμμοι* ($2-0,02\text{ mm}$) καὶ *ἱλὸν* ($< 0,02\text{ mm}$). Μέρος αὐτῶν ἀποτίθεται κατὰ τὰς ἐκβολὰς τῶν ποταμῶν σχηματίζον τὰς *ποταμίους προσχώσεις*. Τὸ πλεῖστον ὅμως αὐτῶν ἰδίᾳ τὰ λεπτομερέστερα, ἄμμος καὶ ἱλὸς φθάνουν εἰς τὰς θαλασσίας λεκάνας. Ἐντὸς αὐτῶν ἐσχηματίσθησαν διὰ καθιζήσεως ἐπὶ μακρὰς γεωλογικὰς περιόδους τὰ παχύτατα στρώματα ἱζημάτων, τὰ ὁποῖα σήμερον καλύπτουν τὰ $3/4$ τῆς γῆτινης ἐπιφανείας. Ἐντονον διάβρωσιν ὑφίστανται καὶ τὰ παρὰ τὴν ἀκτὴν τμήματα τῆς χέρσου ὑπὸ τῶν θαλασσίων κυμάτων, συνεπείᾳ τῆς ὁποίας τὰ ὅρια τῆς χέρσου βραδέως μετακινοῦνται πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτῆς, ἐνῶ τὰ ἐκ τῆς διαβρώσεώς της ὑλικά καθιζάνουν εἰς τὸν πυθμένα τῆς θαλάσσης. Τὰ ἐν αἰωρήσει ἐντὸς τοῦ θαλασσίου ὕδατος ὑλικά ἀποτίθενται διὰ καθιζήσεως, τὰ ἐν διαλύσει, τὰ ὁποῖα εἶναι κυρίως χλωριούχοι ἀνθρακικαὶ καὶ θεικαὶ ἐνώσεις ἀλκαλίων, ἀρσεστίου καὶ μαγνησίου ὡς καὶ SiO_2 ἀποβάλλονται κατὰ δύο τρόπους α) χημικῶς, διὰ θρομβώσεως τῶν κολλοειδῶν διαλυμάτων διὰ χημικῶν ἀντιδράσεων ἢ διὰ συμπίκνωσεως τοῦ ὕδατος κλειστῶν θαλασσίων λεκανῶν, αἱ ὁποῖαι εὐρέθησαν καθ' ὠρισμένας γεωλογικὰς περιόδους ὑπὸ συνθήκας κλίματος ἐρήμων. β) τῇ συνδρομῇ τῶν ἐν τῇ θαλάσσει διαβιούντων ζώων ἢ φυτῶν, τὰ ὁποῖα παραλαμβάνουν CaCO_3 ἢ SiO_2 διὰ νὰ σχηματίσουν τὸ στερεὸν περίβλημα ἢ τὸν σκελετὸν τοῦ ὀργανισμοῦ των. Τὰ συστατικὰ ταῦτα καθιζάνοντα μετὰ τὸν θάνατον τοῦ ζώου ἀποτελοῦν ὑλικὸν λιθογενέσεως. Οὕτως ἀπὸ ἀπόψεως γενέσεως διακρίνομεν τὰ ἱζήματα εἰς *μηχανικά*, *χημικά* καὶ *βιογενή*. Ὡς εἶναι εὐνόητον ὑπάρχουν καὶ πετρώματα μεικτοῦ τρόπου σχηματισμοῦ.

α) *Μηχανικά ἱζήματα ἢ κλαστικά*. Ἐκ τῶν ἀποθεμάτων κροκαλῶν ἢ λατυπῶν ἐσχηματίσθησαν κατόπιν διαγενέσεως τὰ *κροκαλοπαγῇ* καὶ *λατυποπαγῇ*, ἐκ τῆς ἄμμου οἱ *ψαμμίται* ἐκ τῆς ἱλὸς οὐ *πηλίται*. Κύριον συστατικὸν τῶν ψαμμιτῶν εἶναι κόκκοι χαλαζίου, ὅστις εἶναι ὁ μᾶλλον ἀνθεκτικὸς εἰς τὴν διάβρωσιν ἐκ τῶν πρωτογενῶν συστατικῶν τῶν ἀποσαθρωθέντων πετρωμάτων. Συνοδεύεται πολλάκις ἀπὸ φυλλάρια μοσχοβίτου, καὶ ἀπὸ ἀστρίους κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον ἡλλοιωμένους. Τὸ συνδετικὸν τῶν κόκκων ὑλικὸν εἶναι

είτε χαλαζίας (χαλαζιακοί ψαμμίται) είτε άσβεστίτης (άσβεστιτικοί ψαμμίται) είτε άργιλλος (άργιλλικοί ψαμμίται) ή και ανάμεικτον άσβεστιτικόν και άργιλικόν ύλικόν (μαργαϊκοί ψαμμίται). Πέτρωμα όνομαζόμενον *Löss* είναι εύθρυπτος αίολογενής άσβεστιτικός ψαμμίτης. Ο άροκόζης είναι ψαμμίτης πλούσιος εις άστρίους (μέχρι και 50%) σχηματισθείς εκ τών προϊόντων αποσαθρώσεως γρανίτου, τά όποια παρέμειναν επί του μητρικού πετρώματος. Ο όρος *φλύσχης* (Flysch) δέν είναι όνομα πετρώματος, αναφέρεται εις σύστημα άσβεστιτικών ψαμμιτών και πηλών, οι όποιοι έσχηματίσθησαν κατά τó τριτογενές διαρκούσης τής άλπικής όρογενέσεως διά καθιζήσεως τών προϊόντων διαβρώσεως τών εν αναδύσει όροσειρών έντός τής περιβαλλούσης αútας θαλάσσης. Καταλαμβάνει μεγάλας έπιφανείας καθ' όλην τήν έκτασιν νοτιώς τών Άλπεων μέχρι τής Βιέννης, πέραν τών Καρπαθίων και εις τήν Βαλκανικήν Χερσόνησον, παρ' ήμιν εις τήν Δυτικήν Στερεάν Ελλάδα και Πελοπόννησον. Ο *γραιοβάκης* (graywacke) είναι παλαιοζωϊκός ψαμμίτης περιέχων εκτός του χαλαζίου και κόκκους εκ συντριμμάτων πετρωμάτων, γνευσίων, φυλλιτών ή και ήφαιστειογενών ύλικών. Έσχηματίσθη υπό συνθήκας αναλόγους πρós τας του φλύσχου κατά τήν έρκύνιον όρογένεσιν (σχ. 566).



Σχ. 566

Μικροσκοπική τομή γραιοβάκου

Οι πηλίται έσχηματίσθησαν από τά λίαν λεπτομερή κλαστικά ύλικά διαστάσεων μικροτέρων των 0,02 mm. Οι ψαμμώδεις πηλίται ή μικροχαλαζίται άπετελέσθησαν από λεπτοτάτην κόνιν χαλαζίου συγκολληθεϊσαν διά κολλοειδοϋς SiO₂. Είναι πολύ σκληροί, με κογχώδη θραυσμόν και έχουν έψιν λυδίτου. Αί άργιλλοι διακρίνονται κατά τó μέγεθος τών συστατικών των εις γυνδράν άργιλλον (0,02 mm-2 μ.), λεπτήν (2-0,2 μ) και κολλοειδή (<0,2 μ).

Λόγω τῶν μικρῶν διαστάσεων τῶν κόκκων τῶν ὁ προσδιορισμὸς τῶν ὀρυκτῶν ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται μόνον διὰ τῶν ἀκτίνων X εἶναι δυνατός. Ταῦτα εἶναι ὁ *καολίνης* ($\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$), ὁ *μοντμοριλλονίτης* ($\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$), ὁ *ἀλλοῦσίτης* ($\text{Al}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) καὶ ὁ *ιλλίτης* (ὕδρομοσχοβίτης σχηματισθεὶς ἐξ ἀποσαθρώσεως τοῦ μοσχοβίτου διὰ μερικῆς ἀπωλείας K καὶ προσλήψεως H_2O). Ἐνίοτε περιέχουν εἰς μικρὰν ποσότητα καὶ ὕδρο-*γυλλίτην* ($\text{Al}(\text{OH})_3$), *διάσπορον* ($\alpha\text{-AlOOH}$) ἢ *βαιμίτην* ($\gamma\text{-AlOOH}$), *χαλαζίαν*, *μοσχοβίτην* καὶ *ἀσβεστίτην*. Ὁ *βεντονίτης* εἶναι ἀκάθαρτος ἄργιλλος πλουσία εἰς μοντμοριλλονίτην προσελθοῦσα ἐξ ἡφαιστειῶν τόφφων. Ὡς πρὸς τὴν ὑφὴν διακρίνονται εἰς πλαστικὴν ἄργιλλον, γεγρανὴν ἄνευ στρώσεως χρώματος λευκοῦ τεφροῦ ἢ ὑποπρασίνου καὶ σχιστὴν ἄργιλλον ἀποχωριζομένην διὰ κρούσεως κατὰ λεπτὰς πλάκας. Διαγένεσις τῆς ἄργίλλου περισσότερον προχωρημένη ἔδωκε τοὺς ἀργιλλικοὺς σχιστολίθους. Οἱ ἀργιλλίται εἶναι παλαιότεραι ἄργιλλοι διαποτισθεῖσαι μὲ ὀλίγον SiO_2 καὶ σκληρυνθεῖσαι διὰ πίεσεως.

Ἀργιλλικά ἀποθέματα τὰ λεγόμενα *λατερίται* σχηματίζονται ἐπὶ τῆς χέρσου ὡς ὑπολείμματα τῆς λατεριτικῆς ἀποσαθρώσεως ἀργιλλοπυριτικῶν πετρωμάτων συντελουμένης ὑπὸ εἰδικᾶς συνθήκας εἰς τροπικὰ κλίματα (σελ. 531) ὑπὸ παρομοίας συνθήκας δέον νὰ ἐσχηματίσθωσαν καὶ οἱ παλαιότεροι λατερίται. Ἐπίσης ἀργιλλομειγεῖς ἀσβεστόλιθοι διαλυόμενοι διὰ τῆς μακροχρονίου ἐπιδράσεως τοῦ ἐπιφανειακοῦ ὕδατος καταλείπουν ἀργιλλῶδες γεγρανὸν ὑπόλειμμα ἐρυθροῦ χρώματος τὴν *terra rossa* περιέχουσαν κυρίως καολίνην. Τὸ χρῶμα τῆς ὀφείλεται εἰς πρόσμειξιν σιδηροξειδίων.

β. *Χημικὰ ἰζήματα*. Ἐκ τῶν ἐν διαλύσει ἐντὸς τοῦ θαλασσίου ὕδατος περιεχομένων ἀλάτων δι' ἐξατμίσεώς του ἐσχηματίσθωσαν στρώματα ἀνυδρίτου (CaSO_4) καὶ γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἀπεβλήθησαν καὶ θεικὰ ἄλατα καὶ ἄλατα τῶν ἀλογόνων τοῦ Na, K καὶ Mg, ἅτινα ὅμως ὡς εὐδιάλυτα εἰς σπανίας περιπτώσεις διετηρήθησαν, ὡς αἰεὶ μετὰ τὴν ἀπόθεσιν των ἐκαλύφθησαν ἀπὸ στρώματα ἀργιλλώδη μὴ ὑδροπερατὰ, προασπίσαντα αὐτὰ ἀπὸ μεταγενεστέραν διάλυσιν.

Ἐν τῷ ἔμπλουτισμένῳ μὲ CO_2 διαλύει τὸ CaCO_3 εἰς σημαντικὴν ποσότητα. Ἀπερχομένου τοῦ CO_2 δι' ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας ἢ ἄλλως πως ἀποβάλλεται CaCO_3 ὡς ἀσβεστίτης ἢ ἀραγωνίτης. Παράδειγμα τοιαύτης λιθογένεσεως ἐν σμικρογραφίᾳ ἔχομεν εἰς τὸν σχηματισμὸν τῶν *σταλακτιτῶν* καὶ *σταλαγματιτῶν* ἐντὸς ἀσβεστολιθικῶν σπηλαίων ἐκ τοῦ ὕδατος τὸ ὁποῖον πίπτει στάγδην ἐκ τῆς ὀροφῆς των. Ἀπόθεσιν ἀσβεστολιθικοῦ ὕλικου ἔχομεν καὶ ἐκ τοῦ ὕδατος θερμῶν πηγῶν. Ὁ *τραβερίτης* εἶναι χερσαῖον ἀσβεστολιθικὸν πέτρωμα σχηματισθὲν δι' ἀποβολῆς CaCO_3 ἐξ ἀσβεστούχων ὑδάτων ἐπὶ φυτικῶν τεμαχίων, κλάδων φύλλων κ.λ.π., τῶν ὁποίων τὸ σχῆμα διετήρησεν τὸ πέτρωμα ὡς κοιλότητας ἐντὸς αὐτοῦ. (τραβερετῖναι Βεροίας, Ναούσης).

Ἀσβεστολιθικά ἀποθέματα ἐσχηματίσθησαν ἐπίσης διὰ χημικῆς καθιζήσεως εἰς τὸν πυθμένα λιμνῶν. Εἰς τὴν ἀποβολὴν τοῦ CO_2 ἐκ τοῦ ἀσβεστούχου ὕδατος φαίνεται ὅτι συντελοῦν καὶ φυτὰ προσλαμβάνοντα καὶ ἀφομοιοῦντα αὐτό. Ὑπελογίσθη ὅτι εἰς πυθμένα λίμνης φέροντα βλάστησιν τοῦ φυτοῦ *Potamogeton lucens* ἀποβάλλονται ἐτησίως $5\text{gr}/\text{cm}^2$ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου.

Τὸ ὕδωρ τῆς ἐπιφανείας τῶν Ὁκεανῶν εἶναι κεκορεσμένον εἰς CaCO_3 καὶ μάλιστα ὑπέρκορον εἰς τροπικὰς περιοχάς, κρυστάλλωσις ὅμως τῆς περισσεΐας του δύναται νὰ προκληθῇ μόνον παρουσίᾳ πυρρήνων κρυσταλλώσεως τοῦ αὐτοῦ σώματος. Εἰς τὰ παράκτια τμήματα συντρίμματα ἀσβεστιτικῶν κογχυλίων τεμαχισθέντων ὑπὸ τῶν κυμάτων καὶ ἀπαλλαγέντων τοῦ ὀργανικοῦ αὐτῶν περιβλήματος δύναται νὰ χρησιμεύσουν ὡς πυρῆνες κρυσταλλώσεως τοῦ ὑπὲρ τὴν κατάστασιν τοῦ κόρου ὑλικοῦ. Οὕτω διὰ τοῦ συνεχῶς προσκομιζομένου διὰ τῶν κυμάτων ὑπερκόρου διαλύματος εἶναι δυνατόν νὰ ἐσχηματίσθησαν εἰς ρηγὰς θαλάσσας ἀσβεστολιθικά ἰζήματα σημαντικοῦ πάχους. Ἀπὸ ὄγκον ἐνὸς κυβικοῦ μέτρου θαλασσίου ὕδατος δύναται νὰ ἀποβληθοῦν περὶ τὰ 80 gr. Τὴν ἀποβολὴν τοῦ CaCO_3 χημικῶς διευκολύνει καὶ ὁ σχηματισμὸς NH_3 κατὰ τὴν σῆψιν τῶν ὀργανικῶν οὐσιῶν τοῦ ὀργανισμοῦ τῶν ἐμβίων ὄντων τῆς θαλάσσης. Ἀξίος μνείας εἶναι ὁ τρόπος σχηματισμοῦ τῶν ὠολιθικῶν ἀσβεστολίθων. Οὗτοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ σφαιροειδῆ ἰσομεγέθη συγκρίματα ἀσβεστίτου διαμέτρου 1-6 mm σχηματισθέντα δι' ἀποθέσεως CaCO_3 καθ' ὁμοκέντρους φλοιοὺς περὶ κεντρικὸν πυρῆνα. Ἐσχηματίσθησαν ἐντὸς ὕδατος διατελοῦντος ἐν κινήσει, χάρις εἰς τὴν ὁποίαν διετηροῦντο ἐν αἰωρήσει οἱ ἐν ἀναπτύξει ὠόλιθοι. Οὗτοι κατέπιπτον εἰς τὸν πυθμένα ὅταν τὸ βάρος αὐτῶν ἐξουδετέρωνε τὴν ἀνωστικὴν δύναμιν τοῦ κινουμένου ὕδατος. Οὕτως ἐρμηνεύεται τὸ ὁμοιόμορφον καὶ ἰσομέγεθες τῶν ὠολίθων. Ὁολιθικοὶ σχηματισμοὶ ἀπαντοῦν καὶ εἰς ἄλλα ὑλικά λ.χ. εἰς κοιτάσματα λειμωνίτου σχηματισθέντα ἰζηματογενῶς κατὰ τρόπον ἀνάλογον.

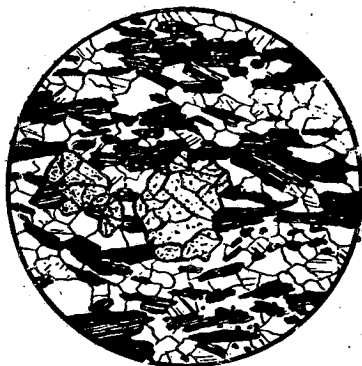
γ. *Βιογενῆ ἰζήματα. Βιογενεῖς ἀσβεστόλιθοι. Πυριτικά ἰζήματα.* Πολὺ πλεόν σημαντικὴ ἀπὸ ποσοτικῆς ἀπόψεως διὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν ἀσβεστολίθων εἶναι ἡ συμβολὴ τῶν ἐμβίων ὄντων τῶν θαλασσῶν, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν τὸ στερεὸν αὐτῶν περιβλήμα ἐξ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου. Μετὰ τὸν θάνατον τοῦ ζώου ἢ τοῦ φυτοῦ τὸ ἀνόργανον τοῦτο μέρος ἀποτελεῖ ὑλικὸν λιθογενέσεως. Ἡ βιογενὴς ὕψις τοῦ ἀρχικοῦ ὑλικοῦ παρὰ τὴν διαγένεσιν καταλείπει ἐν μέρει τὰ ἔγρη της κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον εὐδιάκριτα ὡς ἀπολιθώματα. Οὕτως ἐσχηματίσθησαν παχύτατα ἀσβεστολιθικά στρώματα κατὰ τὸ ἄνω Τριαδικὸν τῶν Ἀλπεῶν μὲ γυροπορέας (κυανοφύκη), κατὰ τὸ ἀνθρακικὸν μὲ φουσουλίνας κατὰ τὸ ἠώκαινον μὲ νομουλίτας Ἐπίσης μικροσκοπικά τρηματόκογχα ἐσχηματίσθη στρώματα κρητίδος. Ἡ βιογενὴς ἰζηματογένεσις συνοδεύεται συχνὰ καὶ ἀπὸ σύγχρονον χημικὴν ἢ μηχανικὴν. Οἱ ψαμμιτικοὶ ἀσβεστόλιθοι μὲ πρόσμειξιν κόκκων χαλαζίου ὑπὸ ποικίλλουσιν ἀναλογίαν ἀποτελοῦν μετα-

βατικὸν τύπον πρὸς τὸν ἀσβεστιτικὸν ψαμμίτην. Ἀργιλλώδεις ἀσβεστόλιθοι ἀπαντοῦν ἐπίσης με συμμετοχὴν ἀργίλλου εἰς διαφόρους ἀναλογίας. Ἡ μάργα εἶναι ἀργιλλοῦχον ἀσβεστολιθικὸν πέτρωμα με περιεκτικότητα εἰς ἀργίλλον 35-65%. Οἱ δολομιτικοὶ ἀσβεστόλιθοι περιέχουν εἰς μικρὰν ἢ μεγάλην ἀναλογίαν καὶ δολομίτην ($\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$). Τὸ ὄρυκτον τοῦτο δὲν ἐσχηματίσθη ἀπ' εὐθείας ἀλλ', ὥς εἰκάζεται, διὰ μετασωματικῆς ἐπιδράσεως τῶν ἐν τῷ θαλασσίῳ ὕδατι ἀλάτων τοῦ Mg ἐπὶ τοῦ καθιζήσαντος ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου. Γεωτρήσεις εἰς κοραλιογενεῖς νήσους ἔδειξαν αὖξησιν τῆς περιεκτικότητος εἰς Mg τῶν βαθυτέρων τμημάτων. Τὸ πέτρωμα δολομίτης ὥς καθαρὸν μονόμεικτον ἐκ τοῦ ὁμωνύμου ὄρυκτοῦ εἶναι σπάνιον.

Πυριτικά μὴ κλαστικά ἰζήματα. Τὸ ἐντὸς τοῦ θαλασίου ὕδατος περιεχόμενον διοξειδίου τοῦ πυριτίου ἀποβάλλεται κατὰ τὸ πλεῖστον αὐτοῦ μέρος βιογενῶς. Εἰς τὴν καθίζησιν αὐτοῦ συντελοῦν κυρίως ἐκ τῶν ὁργανισμῶν τοῦ πλαγκτοῦ τὰ διάτομα καὶ τὰ ἀκτινόκογχα ἀλλὰ καὶ ἐκ τῶν βενθείων ὁργανισμῶν οἱ πυριτιοσπόγγοι. Ἰλὺς διατόμων σχηματίζεται καὶ σήμερον εἰς τὰ μεγάλα βάθη τῶν Ὠκεανῶν ἰδίᾳ εἰς τὰ μεγάλα πλάτη, ἐνῶ εἰς τὰ τροπικὰ πλάτη ἐπικρατεῖ ἰλὺς ἀκτινοκόγγων. Ἡ γῆ διατόμων ἢ ὀρεινὸν ἄλευρον εἶναι προσφάτου γεωλογικῆς ἡλικίας ἰλὺς μὴ ὑποστᾶσα διαγένεσιν. Ὅμοια ἰζήματα παλαιότερα κατόπιν διαγενέσεως ἔδωσαν συμπαγῇ στρώματα διατομιτῶν. Οἱ ραδιολαρεῖται με λεπτομερεῇ στρώσιν καὶ θραυσμὸν κογχώδη ἐσχηματίσθησαν διὰ διαγενέσεως ἰλὺος ἀκτινοκόγγων ἀποτεθείσης ἐντὸς ὀρογενῶν κοιλοτήτων μικροῦ βάθους. Οἱ σπογγόλιθοι προέκυψαν ἐκ πυριτιοσπόγγων. Εἰς τὰ πυριτιακὰ ἰζήματα δὲν ἀνευρίσκονται εἰ μὴ σπανίως ἔγνη ἀπολιθωμάτων μαρτυροῦντα τὴν προέλευσιν τῶν καθόσον ἐξηφανίσθησαν κατὰ τὴν διαγένεσιν. Ἐστρωμένα πυριτικά πετρώματα ἄνευ ἀπολιθωμάτων εἶναι ὁ λυδίτης (μέλανος χρώματος) ὁ φθανίτης (πρασίνου). Οἱ σχιστοκερατόλιθοι εἶναι πηλῆται διαποτισμένοι με ὀπάλιον, χαλκηδόνιον ἢ κρυπτοκρυσταλλικὸν χαλαζιάν. Ὁ ὄρος κερατόλιθος (Hornstein) ἀναφέρεται εἰς πυριτιακὸν ὕλικὸν στιφρὸν ἰζηματογενοῦς προελεύσεως ἀποτελούμενον ἀπὸ χαλκηδόνιον. Δὲν πρέπει νὰ συγχέεται με τὸν ὄρον κερατίτης (Hornfels) ὁ ὁποῖος εἶναι μεταμορφωμένον πέτρωμα (σελ. 506). Οἱ πυριτιοῦχοι ἀσβεστόλιθοι περιέχουν εἰς ἱκανὴν ποσότητα SiO_2 , διὰ τὸ ὅποῖον δὲν εἶναι βέβαιοι ἂν ὀφείλεται εἰς ταυτόχρονον μετὰ τοῦ CaCO_3 καθίζησιν διὰ θρομβώσεως ἢ βιογενῶς ἢ εἰς μεταγενεστέραν πυριτίωσιν. Οἱ πυρόλιθοι (Feuerstein) εἶναι σχεδὸν καθαρὸν SiO_2 ὑπὸ μορφὴν χαλκηδονίου μετὰ ἢ ἄνευ ὀπαλίου μέλανος χρώματος καὶ θραυσμοῦ κογχώδους. Ἀπαντοῦν εἰς βολβώδεις ὄγκους ἐντὸς τῆς κρητίδος καὶ ἀσβεστολιθικῶν στρωμάτων εἰς τὰ τελευταῖα πολλάκις εἰς διαστρώσεις. Ἐσχηματίσθησαν κατὰ τὴν διαγένεσιν τῶν ἐκ διαλυμάτων SiO_2 προσελθόντων ἐξ ἀρχικῶν βιογενῶν ὕλικῶν. Οἱ μυλίται, πυριτιακὰ πετρώματα με σπογγώδη ὄψιν, ἐσχηματίσθησαν διὰ μερικῆς

ἀντικαταστάσεως ἄσβεστολίθου με SiO_2 καὶ μεταγενεστέρας διαλύσεως τοῦ ὑπολειφθέντος ἄσβεστολίθου.

137. Κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα. Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῶν ἐξωτερικῶν αὐτῶν γνωρισμάτων τὰ κρυσταλλοσχιστώδη ἔχουν κοινὸν πρὸς τοὺς φανερίτας τῶν πυριγενῶν τὴν ἀνάπτυξιν τῶν ὀρυκτῶν των εἰς καταφανεῖς κρυστάλλους, διαφέρουν ὅμως ἐκείνων ὡς πρὸς τὸν ἰστόν. Τὰ πλεῖστα αὐτῶν παρουσιάζουν στρωσιφυᾶ ὕφην ὀφειλομένην εἰς διάταξιν τῶν φυλλομόρφων συστατικῶν των (μαρμαρυγιῶν, χλωριτῶν, τάλκου) ἢ ἰνομόρφων (ἀμφιβόλων) ἐπὶ ἐπιφανειῶν παραλλήλων. Εἰς τὰ δύο αὐτὰ γνωρίσματα ἀναφέρεται καὶ τὸ ὄνομά των. Ὁ γνεύσιος ἔχει τὴν ἰδίαν σύστασιν με τὸν γρανίτην διακρινόμενος αὐτοῦ ἀπὸ τὸν σχιστοφυῆ ἰστόν (σχ. 567). Εἰς τὰ κρυσταλλοσχιστώδη περιλαμβάνονται ὅμως καὶ πετρώματα ἄνευ σχιστοφυοῦς ἰστοῦ, λ.χ. τὸ μάρμαρον.



Σχ. 567

Μικροσκοπικὴ τομὴ γρανατούχου γνευσίου. Οἱ κρύσταλλοι τοῦ βιοτίτου εἰς παράλληλον διάταξιν

Ἐξαιρέσει τοῦ ἄσβεστίτου καὶ τοῦ δολομίτου, συστατικῶν τῶν μαρμάρων, τὰ ὀρυκτὰ τῶν κρυσταλλοσχιστωδῶν εἶναι πυριτικά ἐνώσεις. Ἐκ τούτων τινες συμπτωματικῶς ἀπαντῶσαι εἰς τὰ πυριγενῆ εἶναι οὐσιώδη συστατικά τῶν κρυσταλλοσχιστωδῶν. Τοιαῦτα εἶναι ὁ χλωρίτης, ὁ τάλκης, ὁ χλωριτοειδής, ὁ ζοϊσίτης, τὸ ἐπίδοτον, ὁ ἀνδαλουσίτης, ὁ δισθενής, ὁ κορδιερίτης, οἱ γρανάται κ.ἄ. Τούναντίον ἀπουσιάζουν καθ' ὁλοκληρίαν ὁ λευκίτης, ὁ ἀνορθίτης τὰ βασικά πλαγιόκλαστα, ὁ βασαλτικός αὐγίτης, ἡ βασαλτικὴ κεροστίλβη κ.ἄ. Τῶν πλαγιόκλαστων ἡ σύστασις προσεγγίζει τὴν τοῦ ἀλβίτου. Εἰς τὰ ζωνώδους δομῆς ὁ πυρὴν εἶναι συνήθως μᾶλλον ὀξείνος τοῦ περιβλήματος ἀντιθέτως ἀφ' ὅ,τι συμβαίνει εἰς τὰ πυριγενῆ. Ὡς πρὸς τὸν ἰστόν τὰ συνιστῶντα αὐτὰ ὀρυκτὰ δὲν παρουσιάζουν τὴν διαδοχὴν κρυσταλλώσεως, ἡ ὁποία χαρακτηρίζει τὸν γρανιτοειδῆ ἰστόν. Ἡ ἀνάπτυξις τῶν κρυστάλλων συντελεῖται

ταυτοχρόνως ἀρχομένη ἀπὸ διάφορα κέντρα κρυσταλλώσεως τὰ μεταξύ δὲ αὐτῶν ὅρια καθορίζονται ἀπὸ τὴν συνάντησιν τῶν καθ' ἑκάστα μετώπων κρυσταλλώσεως. Ἐκ τῆς ὁμοιότητος πρὸς τὴν ἀνάπτυξιν τῶν βλαστανόντων ὀφθαλμῶν φυτῶν ἐδόθη τὸ ὄνομα βλαστικός εἰς τὸν χαρακτηριστικὸν αὐτὸν ἱστόν. Τὸ μάρμαρον (σχ. 2 σελ. 14), τὸ ὁποῖον προέκυψεν ἐκ μετακρυσταλλώσεως στιφροῦ ἀσβεστολίθου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἰσομέτρους κόκκους ἀκανονίστου σχήματος. Ὁ ἱστὸς οὗτος καλεῖται κοκκοβλαστικός. Ἐπὶ πολυμείκτου πετρώματος τὰ διάφορα ἐν ἐπαφῇ ὄρυκτὰ εἶδη δεικνύουν τάσιν ἰδιομόρφου ἀναπτύξεως εἰς διάφορον βαθμόν. Κρύσταλλοι μὲ ἰδιόμορφον ἀνάπτυξιν καλοῦνται *ἰδιοβλάσται*, οἱ ἄνευ περατωτικῶν ἐδρῶν *ξενοβλάσται*. Τὰ ἐπόμενα ὄρυκτὰ εἶναι διατεταγμένα κατὰ σειρὰν ἰδιοβλαστήσεως, οὕτως ὥστε ἕκαστον ὄρυκτον ἐν ἐπαφῇ πρὸς τὸ ἐπόμενόν του νὰ ἀναπτύσσεται ἰδιόμορφως: τιτανίτης, ρουτίλιον, αἱματίτης, ἱλμενίτης, γρανάτης, τουρμαλίνης, σταυρόλιθος, δισθενής, ἐπίδοτον, ζοϊσίτης, πυρόξενοι, ἀμφίβολοι, δολομίτης, ἀλβίτης, μαρμαρυγίαί, χλωρίτης, ἀσβεστίτης, χαλαζίας, πλαγιόκλαστα, ὀρθόκλαστον, μικροκλινής. Αἱ ἔδραι τῶν ἰδιοβλαστῶν ἔχουν συνήθως δείκτας ἀπλοῦς (μαρμαρυγίαί (001) ἀμφίβολοι (110), δισθενής (100), (010)). Τὸν *λεπιδοβλαστικὸν ἱστὸν* χαρακτηρίζει ἡ παρουσία φυλλομόρφων ὄρυκτῶν, τὸν *νηματοβλαστικὸν ἰνομόρφων*. Εἰς τὸν *ποικιλοβλαστικὸν* τὰ ὄρυκτὰ περιβάλλουν ἢ διαπεροῦν ἀδιακρίτως σειρᾶς τὰ μὲν τὰ δέ. Εἰς τὸν *διαβλαστικὸν* μεγάλοι κρύσταλλοι ἐγκλείουν μικροὺς κρυστάλλους ἐτέρου εἶδους μὲ προσανατολισμὸν τυχαῖον (διαφορὰ ἀπὸ πηγματοειδῆς συμφύσεως). Ἐπὶ ἰσομεγέθων περίπου κρυστάλλων ὁ ἱστὸς καλεῖται *ὁμοιοβλαστικός*, ἐπὶ ἀνισομεγέθων *ετεροβλαστικός*. Μεγάλοι ἰδιόμορφοι κρύσταλλοι προσόμοιοι πρὸς τοὺς φαινοκρυστάλλους τῶν ἡφαιστιτῶν καλοῦνται *πορφυροβλάσται*. Ἀντιθέτως πρὸς ὅ,τι συμβαίνει μὲ τοὺς φαινοκρυστάλλους οἱ πορφυροβλάσται εἶναι μεταγενέστεροι τοῦ λεπτομεροῦς ὕλικου καὶ ἐσχηματίσθησαν δαπάναις αὐτοῦ. Μεγάλοι ξενόμορφοι κρύσταλλοι ἐντὸς λεπτομερεστέρου ὕλικου, ὑπολείμματα συντριβέντων κρυστάλλων, ὀνομάζονται *πορφυροκλάσται*.

Τὰ κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα καταλαμβάνουν σημαντικὰς ἐκτάσεις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, τὰ βαθύτερα σημεῖα τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ τοῦ Sial ἀποτελοῦνται ἀπὸ γνευσίους καὶ γρανίτας. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἀρχικῶς ὑπετέθη ὅτι τὰ πετρώματα ταῦτα ἀντιπροσωπεύουν τὸν πρῶτον στερεὸν φλοιὸν τῆς Γῆς. Ἡ ἐκδοχὴ αὕτη ἡλέγχθη ἐσφαλμένη, ὅταν εὐρέθησαν κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα εἰς διαπλάσεις πολὺ νεωτέρας μέχρι καὶ τοῦ τριτογενοῦς. Προσεκτικὴ γεωλογικὴ ἐρεῦνα ὠρισμένων περιοχῶν ἔδειξεν ὅτι πετρώματα τυπικῶς ἰζηματογενῆ, ὡς ἀργίλλικοι σχιστόλιθοι, κατὰ τὴν ἐπέκτασιν τοῦ γεωλογικοῦ ὀρίζοντος, εἰς τὸν ὁποῖον ὑπάγονται, μεταπίπτουν βαθμιαίως εἰς κρυσταλλοσχιστώδη ἀρχικῶς εἰς *φυλλίτας* λεπτοκρυσταλλοφυεῖς καὶ περαιτέρω εἰς καλῶς κρυσταλλωμένους *μαρμαρυγιακοὺς σχιστολίθους*. Ἐξ ἄλλου

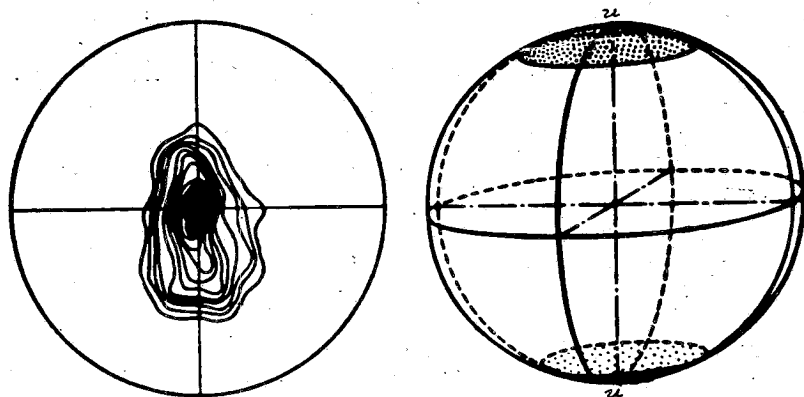
ευρέθησαν γνεύσιοι ἐγκλείοντες ἀναλλοιώτους κροκάλας μάρτυρούσας ὅτι τὸ ἀρχικὸν ὕλικὸν ἦτο ἰζηματογενές. Ἀλλαι παρατηρήσεις ὠδήγησαν εἰς τὴν ἀληθῆ ἐρμηνείαν τοῦ τρόπου γενέσεως τῶν κρυσταλλοσχιστωδῶν. Τὰ ἰζηματογενῆ πετρώματα τὰ περιβάλλοντα γρανιτικούς βαθυλίθους ἐμφανίζονται κατὰ τὴν ἐπαφὴν των πρὸς τὸν μαγματικὸν ὄγκον σημαντικῶς ἡλλοιωμένα ἀπὸ ἀπόψεως ὀρυκτολογικῆς συστάσεως καὶ ἰστοῦ, ὥστε νὰ ὑπάγωνται εἰς ἐντελῶς διάφορον πετρογραφικὸν τύπον. Τὰ πετρώματα ταῦτα ἐσχηματίσθησαν διὰ μεταμορφώσεως τῶν ἀρχικῶν πετρωμάτων, τὰ ὅποια περιέβαλλον τὸν μαγματικὸν ὄγκον, δι' ἐπιδράσεως ἐπ' αὐτῶν τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας τοῦ μάγματος εἴτε μόνης εἴτε καὶ ἐν συνδυασμῷ πρὸς πτητικὰ συστατικὰ ἀτμούς καὶ διαλύματα, τὰ ὅποια ἀποβλήθεντα ἀπ' αὐτοῦ ἐνεπότισαν τὰ ἀρχικά ὑλικά καὶ ἀντέδρασαν χημικῶς μετ' αὐτῶν. Τὸ πάχος τοῦ μεταμορφωμένου φλοιοῦ τοῦ περιβάλλοντος τὸν μαγματικὸν ὄγκον, τῆς ἄλλω μεταμορφώσεως ἐξ ἐπαφῆς, ὅπως ὀνομάζεται, ποικίλλει κατὰ κοιτάσματα ἀπὸ ὀλίγων ἑκατοστῶν μέχρι καὶ ἐνὸς χιλιομέτρου, ἐξαρθώμενον ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ μάγματος καὶ τὴν ποσότητα τῶν πτητικῶν συστατικῶν, τὰ ὅποια ἀπέδωσε. Κατ' ἀντιδιαστολὴν πρὸς τὴν μεταμόρφωσιν ἐξ ἐπαφῆς, ἡ ὅποια ἐκδηλοῦται ἐπὶ περιωρισμένης ἐκτάσεως, ἡ μεταμόρφωσις εἰς τὴν ὁποίαν ὀφείλονται αἱ πελώριαι κρυσταλλοσχιστώδεις μᾶζαι εἰς ἑκτασιν καὶ βάθος καλεῖται *γενικὴ μεταμόρφωσις*.

ὑπὸ τὸν ὅρον *μεταμόρφωσις* νοοῦνται ὅλαι αἱ μεταβολαὶ τὰς ὁποίας ὑπέστη πέτρωμα μετὰ τὴν τελικὴν αὐτοῦ διαγένεσιν ἀποκλειομένων ἐκείνων, αἱ ὁποῖαι ὀφείλονται εἰς αἷτια ἐπιφανειακά (ἀποσάθρωσις, ἐνυδάτωσις κ.τ.λ.). Κατὰ τὴν μεταμόρφωσιν τὸ πέτρωμα διατήρησεν ἐν μέρει τοῦλάχιστον τὴν στερεὰν κατάστασιν ἥτοι κατ' αὐτὴν ἡ θερμοκρασία διετηρήθη κάτω τοῦ σημείου τήξεώς του ὡς σύνολον. Ἡ μεταβολὴ συνίσταται εἴτε ἀπλῶς εἰς ἀλλαγὴν τοῦ ἰστοῦ ἄνευ ἀλλαγῆς τῆς ὀρυκτολογικῆς συστάσεως τοῦ ἀρχικοῦ ὕλικου (*μεταμόρφωσις ἰσοφασικὴ*) εἴτε δι' ἀλλαγῆς τῆς ὀρυκτολογικῆς συστάσεως αὐτοῦ (*μεταμόρφωσις ἀλλοφασικὴ*). Ἐὰν ἡ ἑκατοστιαία χημικὴ σύστασις τοῦ ἀρχικοῦ ὕλικου παραμείνῃ ἡ αὐτὴ ἡ μεταμόρφωσις καλεῖται *ἰσοχημική*, ἐὰν μετεβλήθῃ διὰ προσφορᾶς ὕλικου ἔξωθεν ἢ ἀπομακρύνσεως ὕλικου ἐκ τοῦ συνιστῶντος τὸ ἀρχικὸν πέτρωμα *ἀλλοχημική*. Τοιαύτη μεταβολὴ χαρακτηρίζεται ὡς *μετασσωμάτων*. Ἰσοφασικὴ εἶναι ἡ μεταμόρφωσις τοῦ ἀσβεστολίθου εἰς μάρμαρον, τοῦ γρανίτου εἰς γνεῦσιον. Ἀλλοφασικὴ εἶναι ἡ μεταμόρφωσις τοῦ γάββρου (πυρόξενοι + πλαγιόκλαστα) εἰς *πρασινίτην* (ἀλβίτης + ἐπίδοτον + χλωρίτης) ἢ ὑπὸ ἄλλας συνθήκας εἰς *ἐκλογίτην* (ὀμφακίτης + γρανάτης). Ἀλλοχημικὴν μεταμόρφωσιν ἔχουмен συχνάκις εἰς τὴν ἐξ ἐπαφῆς μεταμόρφωσιν.

Οἱ κύριοι παράγοντες τῆς γενικῆς μεταμορφώσεως εἶναι ἡ πίεσις καὶ ἡ θερμοκρασία, ὑπὸ τὰ ὅποια διετέλεσαν ἐπὶ μακρὰς γεωλογικὰς περιόδους τὰ

μεταμορφωθέντα πετρώματα, Τὰ ιζηματογενῆ ἀποθέματα, τὰ ὁποῖα συγ-
σφραγεύοντο εἰς μέγα πάχος εἰς τὸν πυθμένει τῶν γεωσυγκλίσεων, ὑφίσταντο
τὴν πίεσιν τῶν ὑπερκειμένων ὑλικῶν, ἥτις ἀνὰ 100 m βάθους αὐξάνεται κατὰ
27 kg/cm², ἐνῶ ἐκ παραλλήλου ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται διὰ τὸ αὐτὸ βάθος
κατὰ 3°C. Ὑλικά εὐρεθέντα εἰς βάθος 10 χιλιομέτρων διετέλεσαν ὑπὸ πίεσιν
2700 kg/cm² καὶ θερμοκρασίαν 300°C. Οὕτω τὰ ἀρχικῶς ἀποτεθέντα ὑλικά
εὐρισκόμενα ὑπὸ νέας συνθήκας περιβάλλοντος τείνουν νὰ δώσουν νέους ὀρυ-
κτολογικοὺς συνδυασμοὺς εὐσταθεῖς ὡς πρὸς τὰς συνθήκας ταύτας. Λόγω
τῶν χαμηλῶν τιμῶν θερμοκρασίας ἡ ἀποκατάστασις ἰσορροπίας συντελεῖται
βραδύτατα εἰς διάρκειαν ἑκατομμυρίων ἐτῶν. Ἡ ἄλλοφασικὴ μεταμόρφωσις
ἐρμηνεύεται οὕτως ὡς ἀποτέλεσμα προσαρμογῆς τοῦ ἀρχικοῦ ὑλικοῦ πρὸς τὰς
κρατούσας συνθήκας περιβάλλοντος. Κατὰ τὰς ἀντιδράσεις ταύτας σχηματί-
ζονται ὀρυκτὰ μὲ μικρότερον μοριακὸν ὄγκον. λ.χ. ἐκ τῶν ἀρχικῶν ὀρυκτῶν
ἀνορθίτου καὶ ὀλιβίνου (μοριακοῦ ὄγκου 145) σχηματίζεται γρανάτης (μο-
ριακοῦ ὄγκου 121). Εἰς μεταμόρφωσιν συντελεσθεῖσαν εἰς πολὺ μεγάλα βάθη
ὁ κανὼν αὐτὸς τῶν ὄγκων δὲν πληροῦται πάντοτε, διότι ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία
ἀνταγωνίζεται τὴν ἐπίδρασιν τῆς πίεσεως. Ἡ πίεσις εἰς μέγα βάθος εἶναι
ὁμοιόμορφος, ὑδροστατικὴ, ἡ μετακρυστάλλωσις ὑπὸ τοιαύτας συνθήκας δίδει
ὀρυκτὰ μὲ ἰσόμετρον ἀνάπτυξιν ἀνευ καθωρισμένης ταξινομήσεως. Τὸ πλεῖ-
στον ὅμως τῶν κρυσταλλοσχιστωδῶν πετρωμάτων συνδέεται γενετικῶς μὲ
ὀρογενετικὰ τεκτονικὰ φαινόμενα. Κατ' αὐτὰ τὰ ἀρχικῶς ὀριζόντια στρώματα
ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεων ἐφαπτομενικῶν ἐπὶ τοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς ἐξαίρον-
ται εἰς πτυχὰς πολυπλόκους, ἐπωθουμένας πολλάκις ἐπ' ἀλλήλας μὲ μετακί-
νησιν ἐπὶ ἀποστάσεων πολλῶν δεκάδων χιλιομέτρων. Τὰ πετρώματα ὑποβάλ-
λονται εἰς πίεσιν μὲ ὀρισμένην κατεύθυνσιν χαρακτηριζομένην εἰς τὴν ἀγ-
γλικὴν βιβλιογραφίαν μὲ τὸν ὄρον Stress. Ἐναντι αὐτῆς τὰ πετρώματα συμ-
περιφέρονται ὡς πλαστικά, καθ' ὃν τρόπον ὄγκος μετάλλου ὑποβαλλόμενος
εἰς ἔλασιν. Τὰ ὀρυκτὰ τῶν ὑφίστανται μετακίνησιν πρὸς ἄλληλα καὶ λαμβάνουν
προσανατολισμὸν ὑπαγορευόμενον ἀπὸ τὸ σχῆμά των. Φυλλόμορφα ἢ ἰνώδη
ὀρυκτὰ λαμβάνουν θέσιν, περίπου παράλληλον παρέχουσαν εἰς τὸ πέτρωμα τὴν
χαρακτηριστικὴν τῶν κρυσταλλοσχιστωδῶν σχιστοφυῶ ὕφην. Ἡ ταξιθετικὴ
αὕτη ἐπίδρασις δὲν ἐκδηλοῦται μόνον ἐπὶ τῶν ὡς ἄνω ὀρυκτῶν μὲ ἀνίσόμετρον
ἀνάπτυξιν, ἀλλὰ καὶ ἐπὶ τοῦ πλέγματος τῶν ἄλλων ὀρυκτῶν χαλαζίου, ἄσβε-
στίτου κ.λ.π. Ἡ ταξινομήσις αὐτῶν ἐλέγχεται δι' ὀπτικῆς ἐξετάσεως μὲ τὴν
τράπεζαν Fedorov μικροσκοπικῶν παρασκευασμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἔχει
καθορισθῇ ὁ γεωγραφικὸς προσανατολισμὸς ἀναφορικῶς πρὸς τὸ κοίτασμα
Προσδιορίζεται ἐπὶ ἑκατοντάδων τομῶν τοῦ ὀρυκτοῦ τούτου ἡ θέσις ὀρισμένου
κρυσταλλογραφικοῦ στοιχείου ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῆς τομῆς, λ.χ. πρόκειμέ-
νου περὶ τοῦ χαλαζίου τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος αὐτοῦ, καὶ τοποθετεῖται ἐπὶ δικτύου
σφαιρικῆς προβολῆς ἡ θέσις τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος ἐνδὸς ἐκάστου τῶν ἐξετασθέν-

των κόκκων. Ἀντὶ δικτύου Wulff γίνεται χρῆσις δικτύου Schmidt, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἡ προβολὴ διατηρεῖ τὸ ἐμβαδὸν ἀμετάβλητον (σελ. 64). Ἀναλόγως τῆς πυκνότητος τῶν προβληθέντων σημείων ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας ἄγονται ἰσόπυκνοι καμπύλαι καὶ οὕτω λαμβάνεται τὸ διάγραμμα ταξινομήσεως. Τὸ σχῆμα 568 παριστᾷ διάγραμμα ταξινομήσεως χαλαζίου ἐντὸς χαλαζίτου ληφθὲν

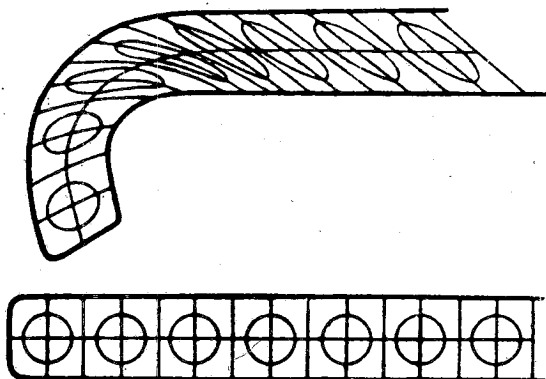


Σχ. 568

Ταξινόμησης τῶν ὀπτικῶν ἀξόνων κρυστᾶλλον χαλαζίου ἐντὸς χαλαζίτου

διὰ προβολῆς τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου σχιστότητος, οἱ ἄξονες Λ^3 κεῖνται κατὰ τὸ πλεῖστον ἐγγὺς τῆς καθέτου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦτο (κινῶν α τοῦ Trenner). Εἰς ἄλλας περιπτώσεις παρατηρεῖται ταξινόμησις τοῦ Λ^3 ἐγγὺς τῆς ἐπιφανείας ὀλισθήσεως (κινῶν γ). Ὁ ἀσβεστίτης ταξιθετεῖται ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον μὲ τὸ ἀμβλὺ ρομβόεδρον (0112) ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὀλισθήσεως τῶν στρωμάτων καὶ σχιστότητος. Μάρμαρον, τοῦ ὁποίου ἡ μετακρυστάλλωσις ἐγένεν εἰς μέγα βάθος ὑπὸ ὁμοιόμορφον πανταχόθεν πίεσιν, δίδει διάγραμμα ἄνευ μεγίστων πυκνότητος, ἐνῶ τὸ ὑποστάν την ἐπίδρασιν κατευθυνομένης πίεσεως (Stress) ἐμφανίζει μέγιστα πυκνότητος μαρτυροῦντα ταξινομημένην διάταξιν. Ἐκ τοιούτων διαγραμμάτων ταξινομήσεως συνάγονται ἐνδιαφέροντα τεκτονικῆς φύσεως συμπεράσματα. Τὴν συστηματικὴν μελέτην τῶν σχέσεων μεταξύ τεκτονικῶν ἐπιδράσεων καὶ ταξινομημένης διατάξεως προήγαγον αἱ ἐρευναι τῶν Sander καὶ Schmidt. Τὰ πετρώματα τὰ ἐμφανίζοντα ταξινομημένην διάταξιν τῶν ὀρυκτῶν ἐκ τεκτονικῶν ἐπιδράσεων ὀνόμασεν ὁ Sander *τεκτονίτας*. Οἱ δύο κύριοι τύποι κινήσεως τῶν συστατικῶν τοῦ πετρώματος εἶναι ἡ ἐλασματοειδὴς ὀλίσθησις, ὁμοιάζουσα πρὸς τὴν ὀλίσθησιν ἐπ' ἑλλειψα φύλλων βιβλίου, τὸ ὅποῖον κάμπτεται κατὰ τὸ ἐν αὐτοῦ ἕκρον (σχ. 569), καὶ ἡ πλακοποίησης (Plättung) ὁμοιάζουσα πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν κίνησιν, εἰς τὴν ὅποian ὑποβάλλεται σφαιροειδὴς ζύμη πιεζομένη διὰ

νά σχηματισθῇ εἰς ἄρτον. Κατ' ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις ἀρχικῶς σφαιρικὰ σχήματα θεωρούμενα ἐντὸς τῆς μάζης μετατρέπονται εἰς ἐλλειψοειδῆ, ραβδόμορφα ἢ φυλλόμορφα σώματα ἐνσωματωμένα ἐντὸς αὐτῆς τείνουν νὰ λάβουν διάταξιν παράλληλον. Κατὰ τὴν ἐλασματοειδῆ ὀλισθήσιν διατάσσονται ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων ὀλισθήσεως τῶν στρωμάτων παραλλήλως πρὸς τὴν συνιστώσαν τῆς ὀστικῆς δυνάμεως. Κατὰ τὴν πλακοποίησην διατάσσονται καθέτως πρὸς



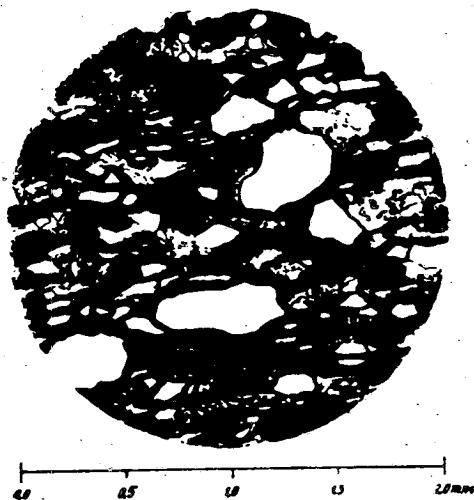
Σχ. 569

Ὑπόδειγμα ἐλασματοειδοῦς ὀλισθήσεως

τὰς δρώσας δυνάμεις. Ἡ ταξιθέτησις ἐπὶ τῶν ὀρυκτῶν μὲ ἰσόμετρον ἀνάπτυξιν ἐκδηλοῦται δι' ὀλισθήσεων ἐντὸς τοῦ πλέγματος των. Ὅσακις τὰ τεκτονικὰ αὐτὰ φαινόμενα συνοδεύονται καὶ ἀπὸ μετακρυστάλλωσιν, οἱ κρύσταλλοι ἀναπτύσσονται εὐκολώτερον κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν ἐπιφανειῶν ὀλισθήσεως, διότι κατὰ τὴν διεύθυνσιν αὐτὴν εἶναι εὐχερεστέρα ἢ διάχυσις τῆς τροφοδοτούσης τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ κρυστάλλου ὕλης.

Κατὰ τοὺς ἰδρυτὰς τῆς θεωρίας τῆς μεταμορφώσεως (Becke, van Hise, Grubenmann) ἡ μετακρυστάλλωσις τῶν ὀρυκτῶν συντελεῖται τῇ συνδρομῇ τοῦ ὕδατος τοῦ κυκλοφοροῦντος ἐντὸς τῶν πόρων τοῦ πετρώματος. Τὸ ὕδωρ τοῦτο διαλύει εἰς μικρὰν ποσότητα ἔλα τὰ συστατικὰ τοῦ πετρώματος καὶ κυκλοφοροῦν ἀποβάλλει τὰ ἐν διαλύσει ὑλικά ἀλλαχού πρὸς σχηματισμὸν νέων κρυστάλλων. Τὸ ρευστὸν αὐτὸ τῶν πόρων εἶναι δυνατὸν νὰ ἐκθλιβῇ μηχανικῶς ἐκ τοῦ πετρώματος. Ἡ στρωσιφυῆς ὑφὴ τῶν κρυσταλλοσχιστωδῶν δύναται νὰ προκύψῃ ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τῆς κατευθυνομένης πίεσεως καὶ ἄνευ ὀλισθήσεων διὰ τῆς μετακρυστάλλωσεως. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ Riecke ἡ διαλυτότης αὐξάνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς πίεσεως, ἐλαττοῦται κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς αὐτήν. Κατὰ συνέπειαν κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὴν πίεσιν δύνανται οἱ κρύσταλλοι κατὰ τὴν μετακρυστάλλωσιν νὰ ἀναπτυχθοῦν καὶ νὰ προκύψῃ οὕτω ταξινομημένη διάταξις. Ἄλλοτε ἐθεωρεῖτο ἡ ἀρχὴ τοῦ Riecke

ὡς ὁ μόνος παράγων τῆς στρωσιφυοῦς ὑφῆς, ἥδη δέχονται ὅτι ὁ κυριώτερος παράγων εἶναι ἡ μηχανικὴ παραμορφωτικὴ ἐπίδρασις. Ἀναφορικῶς πρὸς τὴν χρονικὴν σχέσιν μετακινήσεως καὶ μετακρυσταλλώσεως διακρίνεται μετακινήσεις προκρυσταλλικὴ, παρακρυσταλλικὴ (σύγχρονος μὲ τὴν μετακρυστάλλωσιν) καὶ μετακρυσταλλικὴ. Ἡ τελευταία ἐμφανίζει διαρρήξεις μὴ ἐπουλωθείσας, ἐνῶ ἡ προκρυσταλλικὴ δεικνύει ἐπουλώσιν τῶν διαρρήξεων ἐκ τῆς ἐπικολούθου μετακρυσταλλώσεως. Ἐὰν ἡ μηχανικὴ ἐπίδρασις ὑπερβῇ τὰ ὅρια ἀντοχῆς, τὸ πέτρωμα συντρίβεται εἰς μικρὰ τεμάχια περιβαλλόμενα ἀπὸ ὑλικὸν τεμαχισθὲν εἰς κόκκους ποικίλλοντος μεγέθους. Ἡ παραμόρφωσις χαρακτηρίζεται ὡς κατὰκλασις καὶ ἡ ὑφὴ ὡς κατακλαστικὴ (σχ. 570). Ἡ κατὰθριψις τοῦ πετρώματος δυνατὸν νὰ προχωρήσῃ πρὸς λεπτομερεστάτους κόκκους μέχρι καὶ κολλοειδῶν διαστάσεων. Τὸ προκύπτον πέτρωμα καλεῖται μυλονίτης.

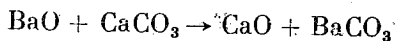


Σχ. 570
Κατακλαστικὴ ὑφὴ

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα παραδείγματα τὸν κύριον ρόλον ὡς παράγοντος μεταμορφώσεως εἶχεν ἡ κατευθυνομένη πίεσις (Stress), ἡ μεταμόρφωσις αὕτῃ χαρακτηρίζεται ὡς δυναμομεταμόρφωσις.

Χημικαὶ ἀντιδράσεις καὶ μετακρυσταλλώσεις δύνανται νὰ ἐπιτελεσθῶν καὶ μεταξὺ στερεῶν ἄνευ μεσολαβήσεως ὑγρᾶς φάσεως εἰς θερμοκρασίαν κατωτέρην τοῦ σημείου τήξεως τῶν ἀντιδρώντων συστατικῶν. Πολλὰ τοιαῦτα ἀντιδράσεις ἐπραγματοποιήθησαν ἐργαστηριακῶς. Ὁ βολλαστονίτης, τοῦ ὁποῦ τοῦ σημείου τήξεως εἶναι 1540° , παρεσκευάσθη ἐκ κίνεως CaO καὶ χα-

λαζίου εις θερμοκρασίαν 700°, ὁ φοροστερίτης (σημεῖον τήξεως 1890°), ἐκ MgO καὶ χαλαζίου εις 620°. Εἰς μείγμα κόνεως ὀξειδίου τοῦ Ba με κόνιν ἀνθρακικῶν ἀλάτων ἐνὸς ἐκ τῶν κατιόντων Ca, Sr, Mg, Zn, Cu, Mn κ.λ.π. ἢ καὶ θεικῶν καὶ πυριτικῶν ἀλάτων διὰ θερμάνσεως ἐν ξηρῷ εἰς θερμοκρασίαν περὶ τοὺς 345°C γίνεται ἡ ἀντίδρασις



Αἱ τοιαῦται ἀντιδράσεις ἀλλαγῆς θέσεως εἶναι ἐξώθερμοι ἤτοι ἄγουν εἰς ἀποκατάστασιν χημικῆς ἰσορροπίας. Ἡ τοιαύτη ἀντίδρασις νοεῖται λαμβανομένης ὑπ' ὄψιν τῆς κατάστασεως, ὑπὸ τὴν ὁποίαν διατελοῦν τὰ ἄτομα κατὰ τὰς ὀρικὰς ἐπιφανείας τῶν ἐν ἐπαφῇ κόκκων. Ταῦτα μερικῶς ἐλεύθερα τῶν ἐλξεων τοῦ περιβάλλοντος τοῦ ἰδίου αὐτῶν πλέγματος προσεγγίζουσιν κατὰστασιν ρευστήν, ἕκαστος κόκκος περιβάλλεται ἀπὸ ἄμορφον οὕτως εἰπεῖν ὑμένιον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου μετακινήσεις τῶν ἀτόμων εἶναι εὐχερεστέρα, ἢ δὲ θέρμανσις τοῦ μείγματος μέχρι σημείου τινὸς παρέχει τὴν ἀναγκαίουσαν ἐνέργειαν, ἵνα ἀποδεσμευθοῦν τῶν ἐλξεων τοῦ ἰδίου πλέγματος. Ἀνάλογος κατὰστασις δημιουργεῖται διὰ τὰ ἄτομα καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν πλέγματος με ἐλαττώματα δομῆς. Ἡ διάχυσις τῶν ἀτόμων καθίσταται εὐχερεστέρα εἰς λίαν λεπτόκοκκον συσσωμάτωμα λόγῳ τῆς σχετικῆς αὐξήσεως τῆς ἐπιφανείας τῶν μεσοκόκκων ὑμενίων. Εὐνόητον εἶναι ὅτι αἱ τεκτονικαὶ ἐπιδράσεις πολλαπλασιάζουσιν τὰ ἐλαττώματα δομῆς καὶ τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ὑμενίων διευκολύνουν τὴν ἐν στερεῷ καταστάσει διάχυσιν. Παρὰ τὸ δυνατόν τῆς μεταμορφώσεως ἐν ξηρῷ καταστάσει ἡ ὑπαρξίς ποσοῦ ὑγρασίας ἐντὸς τῶν πετρωμάτων καὶ εἰς μεγάλα ἐτι βάθη δημιουργεῖ διάλυμα πόρων, τοῦ ὁποίου ἡ συμβολὴ εἰς τὴν μετακρυστάλλωσιν ὡς ἀνωτέρω ἐξετέθη εἶναι σημαντικὴ.

Ἡ προσαρμογὴ τοῦ πετρώματος εἰς τὰς νέας συνθήκας πιέσεως καὶ θερμοκρασίας, αἱ ὁποῖαι συνεπάγονται τὸν σχηματισμὸν νέων ὄρυκτῶν πρὸς ἀποκατάστασιν εὐσταθοῦς ἰσορροπίας, συντελεῖται βραδύτατα εἰς διάρκειαν ὁλοκλήρων γεωλογικῶν περιόδων χωρὶς νὰ ἐπιτυγχάνεται πάντοτε ἡ τελικὴ εὐσταθὴς ἰσορροπία. Ὑπάρχουν περιπτώσεις μεταμορφώσεως ἀρξαμένης μετὰ τὴν ἐρκύνιον πύχωσιν (τέλος τοῦ παλαιοζωϊκοῦ αἰῶνος) καὶ συνεχισθείσης καθ' ὅλον τὸν μεσοζωϊκὸν αἰῶνα μέχρι καὶ τῆς ἀλπικῆς ὀρογενέσεως. Κατὰ τὴν μακροτάτην αὐτὴν χρονικὴν διάρκειαν τὰ πετρώματα ὑπέστησαν ποικίλας μεταμορφωτικὰς μηχανικὰς καὶ ἄλλας ἐπιδράσεις εἰς τὸ σύνολον δὲ αὐτῶν ὀφείλει τὸ πέτρωμα τὴν τελικὴν αὐτοῦ κατάστασιν. Πετρώματα μεταμορφωθέντα ἀρχικῶς εἰς μέγα βάθος με ὀρυκτολογικὴν σύστασιν καὶ ἰσὺν χαρακτηριστικὰ τῆς κατωτάτης ζώνης μεταμορφώσεως ἐρχόμενα διὰ μεταγενεστέρων τεκτονικῶν μετακινήσεων εἰς μικρότερον βάθος δυνατόν νὰ διατηρήσουν τὰ χαρακτηριστικὰ τῆς ἀρχικῆς των μεταμορφώσεως. Πολλὰκις ὁμως τείνοντα νὰ προσαρμοσθοῦν πρὸς τὰς νέας συνθήκας πιέσεως, θερμοκρασίας καὶ μηχαν-

νικῶν ἐπιδράσεων ὑφίστανται ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει ἀνάδρομον μεταμόρφωσιν. Τοιαῦτα πετρώματα ὠνομάσθησαν διαφθορίται. Τὸ κύριον ἀλλὰ καὶ δυσχερὲς πρόβλημα, τὸ ὁποῖον θέτει ἡ μελέτη τῶν κρυσταλλοσχιστωδῶν πετρωμάτων, εἶναι ἡ διάγνωσις τοῦ ἀρχικοῦ ὕλικου, διὰ μεταμορφώσεως τοῦ ὁποίου προέκυψε, καὶ ἡ ἀποκατάστασις τῆς ἱστορίας τῶν διαφόρων μεταβολῶν, τὰς ὁποίας ὑπέστη. Ἐνίοτε ἡ παρουσία λειψάνων τινῶν τῶν ἀρχικῶν ὀρυκτῶν ἢ τοῦ ἱστοῦ, τὰ ὁποῖα διέφυγον τὴν μεταμορφωτικὴν ἐπίδρασιν, παρέχουν ἐνδεικτικὰς πληροφορίας, ὥς κροκάλοι ἀναλλοίωτοι ἐντὸς γνευσίου, ψευδομόρφωσις χλωρίτου κατὰ πυροξένους, συσσωματώματα κλινοζοισίτου - ἐπιδότου εἰς ἰδιομόρφους ὀρθογωνίους τομὰς ἀρχικοῦ πλαγιοκλάστου κ.τ.τ. Εἰς μαρμαρυγιακοὺς σχιστολίθους παρατηρήθησαν κρύσταλλοι σταυρολίθου διατεταγμένοι ἐπὶ διαδοχικῶν παραλλήλων ἐπιπέδων, τὰ ὁποῖα δὲν συμπίπτουν μὲ τὰ ἐπίπεδα σχιστότητος. Τὰ ἐπίπεδα αὐτὰ μαρτυροῦν τὰς ἐπιφανείας στρώσεως τοῦ ἀρχικοῦ ἰζηματογενοῦς ὕλικου, αἱ ὁποῖαι περιοδικῶς ἦσαν πλουσιώτεραι εἰς ἀργιλλοῦχα ὀρυκτά, ἐκ μεταμορφώσεως τῶν ὁποίων ἐσχηματίσθη ὁ σταυρόλιθος. Εἰς ἄλλην περίπτωσιν πορφυροβλάστει γρανατῶν φέρουν ἐγκλείσματα διατεταγμένα ἐν σειρᾷ κατὰ στρώματα κεκαμμένα εἰς σχῆμα S ἢ μὲ διάταξιν στροβιλώδη (ἐλικτὴ ὑφή) (σχ. 571) Ἡ τοιαύτη διάταξις τῶν ἐγκλεισμάτων ἀπε-



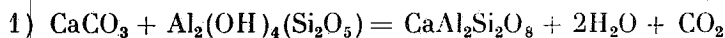
Σχ. 571

Ἐλικτὴ ὑφή. Στροβιλώδης διάταξις ἐγκλεισμάτων ἐντὸς πορφυροβλάστου γρανατῶν

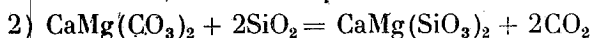
τύπωσε τὴν κίνησιν τοῦ ἐν ἀναπτύξει πορφυροβλάστου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς κατευθυνομένης πιέσεως, τὴν ὁποίαν ὑπέστη τὸ πέτρωμα. Ὁ γρανάτης τοῦ ὁποίου τὸ πλέγμα ὡς ἐκ τῆς δομῆς του δὲν εἶναι ἐπιδεκτικὸν ὀλισθήσεων, ἐκυλίετο διαρκούσης τῆς ἀναπτύξεώς του ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς τεκτονικῆς ὥσεως καὶ ἐνέκλειεν ἐντὸς αὐτοῦ τὰ κρυσταλλοῦμενα ἐγκλείσματα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι προφανὲς ἡ παρακρυσταλλικὴ μετακίνησις. Ἐκ με-

τρήσεων ἐπὶ τοιούτων πορφυροβλαστῶν ὑπελόγισεν ὁ Becke μετατόπισιν τῶν ἐν ἐπαφῇ ὀλισθαινουσῶν πρὸς ἀλλήλας ἐπιφανειῶν σχιστότητος τοῦλάχιστον κατὰ 1,68 cm.

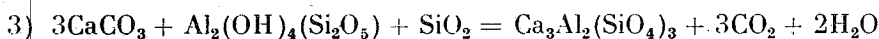
Κατὰ τὸν ἀνωτέρω περιγραφέντα μηχανισμόν εἴτε ἐν ξηρᾷ καταστάσει εἴτε τῇ βοθησίᾳ τοῦ διαλύματος πόρων τοῦ πετρώματος συμβαίνουν ἀντιδράσεις ἄγουσαι εἰς ἀλλοφασικὴν μεταμόρφωσιν ὑποβοηθουμένην ὑπὸ συνθήκας ἡϋξημένης θερμοκρασίας, οἷαι πραγματοποιοῦνται εἰς μεγάλα βάθη ἢ εἰς τὴν ἄλλω ἐπαφῇ. Μεταμόρφωσις εἰς τὴν ὁποίαν ὁ κύριος παράγων εἶναι ἡ θερμοκρασία ὀνομάζεται *θερμομεταμόρφωσις*. Καθαρὸς ἀσβεστολίθος διὰ θερμομεταμορφώσεως μετατρέπεται εἰς μάρμαρον. Ἐὰν περιέχῃ προσμείξεις χαλαζίου, δολομίτου καὶ ἀργίλλου σχηματίζονται ὠρισμένα πυριτικὰ ὀρυκτὰ κατὰ τὰς ἐξῆς ἀντιδράσεις:



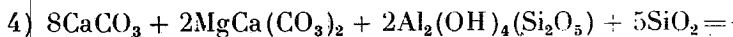
ἀσβεστίτης καολίνης ἀνορθίτης



δολομίτης χαλαζίας διοψίδιος
ἢ ὀπάλιος



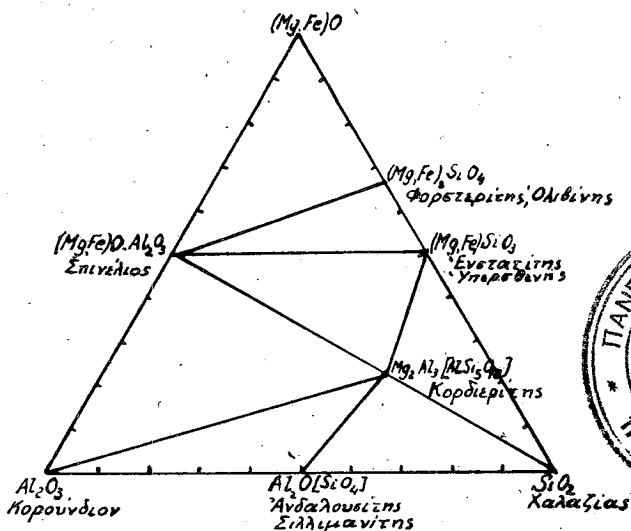
ἀσβεστίτης καολίνης χαλαζίας γροσσουλάρης
ἢ ὀπάλιος



ἀσβεστίτης δολομίτης καολίνης χαλαζίας ἢ ὀπάλιος
 $= \text{Ca}_{10}\text{Mg}_2\text{Al}_4(\text{OH})_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2 + 12\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
βεζουβιανός

Ἄργιλλοι περιέχουσαι ἐνώσεις μαγνησίου καὶ σιδήρου διὰ θερμομεταμορφώσεως δίδουν πετρώματα ὀνομαζόμενα *κερατῖται*, (Hornfelse). τῶν ὁποίων τὰ συστατικὰ ὀρυκτὰ δίδονται ἀπὸ τὸ διήγραμμα $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{O}$, Al_2O_3 , SiO_2 τοῦ σχ. 572. Εἶναι χαρακτηριστικὰ πετρώματα μεταμορφώσεως ἐξ ἐπαφῆς. Τὸ ὄνομά των ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι λεπτὰ σκλήθρα αὐτῶν εἶναι διαφώτιστα, ὅπως τὰ κέρατα. Ὁ V. Goldschmidt διέκρινεν εἰς μεταμορφωμένην περιοχὴν τοῦ Oslo δέκα κλάσεις κερατιτῶν, τῶν ὁποίων ἡ ὀρυκτολογικὴ σύστασις παρέχεται εἰς τὸν ἐπόμενον πίνακα. Ἡ σειρά καθ' ἣν διαδέχονται οἱ τύποι αὐτοὶ πετρωμάτων ἀλλήλους μὲ τὴν μεταβαλλομένην ὀρυκτολογικὴν αὐτῶν σύστασιν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν διαφορὰν συστάσεως τῶν ἀρχικῶν ἱζημάτων, ἐκ τῶν ὁποίων προῆλθον διὰ μεταμορφώσεως, ἅτινα μετέπιπτον βαθμικῶς ἀπὸ ἀργίλλων εἰς ἀργιλλομάργας, μάργας καὶ ἀσβεστολίθους. Οἱ τύποι ἀπὸ τῆς κλάσεως 5 καὶ ἐξῆς οἱ πλούσιοι εἰς ἀσβεστοῦχα ὀρυκτὰ χαρακτηρίζονται ὡς *ἀσβεστοκερατῖται*.

Ἡ μεταμόρφωσις ἐξ ἐπαφῆς εἶναι συνήθως ἀλλοχημική. Ὑλικά προσερχόμενα ἐκ τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου, συνήθως SiO_2 καὶ ἀλκάλεια, εἰσχωροῦν ἐντὸς



Σχ. 512

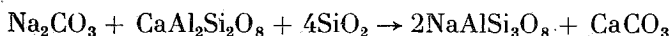
Ὁρατὰ ἀπαιτῶντα εἰς τοὺς κερατῖτας

τῶν περιβαλλόντων πετρωμάτων προκαλοῦντα μετασώματωσην αὐτῶν. Ἐκ τῶν ἀσβεστολίθων δι' ἀντικαταστάσεως τοῦ CO_2 ὑπὸ SiO_2 σχηματίζονται

Ἀρχικὸν Πέτρωμα		Ἀνδαλουσίτης	Πλαγιοχλῆστα	Κορδιέριτης	Βιοτίτης	Ὑπερθένης	Διοψίδος	Γροσσουλαρίτης	Βολυκαυστονίτης	Βεζουβιανός	Ὀρθόκλαστον	Νεφελίτης
Ἀργίλλος	1	—	Ἀλβίτης	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Μίγγμα	8	—	—	—	(—)	—	—	—	—	—	—	—
↓	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ἀσβεστολίθος	10	—	Ἀλβ.	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ἀσβεστοκερατῖται ἐκ τῶν ἀργιλλικῶν σχιστολίθων κερατῖται. Ἡ μᾶλλον διαδεδομένη μετασώματωση εἶναι ἡ ἀλκαλιμετασώματωση. Καλιόχη διαλύματα προσερχόμενα ἐκ γρανιτικῶν βαθυλίθων ἐμπροστίζοντα τὰ περιβάλλοντα

πετρώματα καὶ ἀντιδρῶντα μετὰ τῶν συστατικῶν των σχηματίζουν ὀρθόκλαστον. Οἱ πορφυροβλάσται ἐξ ὀρθοκλάστου τῶν λεγομένων *ὀφθαλμοειδῶν γνευσίων* (Augengneisse) ἐσχηματίσθησαν ἐκ διαλυμάτων καλιούχων. Πτητικὰ συστατικὰ τοῦ μάγματος ἀποβαλλόμενα κατὰ τὸ τελευταῖον στάδιον τῆς πῆξεως αὐτοῦ δυνατόν νὰ ἐπιδράσουν ἐπ' αὐτοῦ μετασωματικῶς. Ἡ περίπτωση αὕτη χαρακτηρίζεται ὡς *αὐτομεταμόρφωσις*. Τὸ πέτρωμα τὸ καλούμενον *Greisen* καὶ ἀποτελούμενον ἀπὸ χαλαζιάν, λιθιοῦχον μαρμαρυγίαν καὶ τοπάζιον εἶναι προϊόν αὐτομεταμορφώσεως κασσιτερούχου γρανίτου ἐξ ἐπιδράσεως ἐπ' αὐτοῦ ἀτμίδων SnF_4 , τὰς ὁποίας ἀπέβαλε τὸ γρανιτικὸν σῶμα. Παράδειγμα *νατρομετασωματώσεως* ἔχομεν εἰς τοὺς *σπιλίτας* (τὸ ὄνομα ἐκ τοῦ ἑλληνικοῦ σπῖλος). Οὗτοι εἶναι βασालτικῆς συστάσεως λάβαι πλούσιαι εἰς νεογενῇ ἀλβίτην σχηματισθέντα διὰ μετασωματικῆς ἐπιδράσεως νατρίουχων διαλυμάτων ἐπὶ τῶν πλαγιокλάστων τοῦ πετρώματος κατὰ τὴν ἀντίδρασιν.



Ἡ ἀντίδρασις αὕτη ἐπιτυγχάνεται ἐργαστηριακῶς εἰς θερμοκρασίαν $250^\circ\text{--}500^\circ\text{C}$. Δὲν εἶναι ἐξηκριβωμένον ἂν ἡ περίπτωσις εἶναι αὐτομεταμόρφωσις ἢ τὰ νατριοῦχα διαλύματα εἶναι ξένα πρὸς τὸ μάγμα· προελθόντα ἄλλοθεν Ἀργυλλικοὶ σχιστόλιθοι εἰς ἐπαφὴν πρὸς τοὺς σπιλίτας ἀλλὰ καὶ μὴ σπιλιτικὰς βασालτικὰς λάβας μεταμορφοῦνται φορτιζόμενοι μὲ ἀλβίτην. Τὰ μεταμορφωμένα αὐτὰ πετρώματα καλοῦνται *ἀδινόλαι*, *σπιλοσίται*, *δεσμοσίται*. Οἱ ἀδινόλαι εἶναι σιτφοὶ, κερατιτικῆς ὀψέως καὶ ἀποτελοῦνται ἐκ χαλαζίου, ἀλβίτου, ἀκτινολίθου καὶ ἐπιδότου. Οἱ σπιλοσίται ἔχουν κηλιδωτὴν, οἱ δεσμοσίται ταινιωτὴν ὕφην. Νατρομετασωμάτωσις εἶναι καὶ ἡ *φενιτίωσις* (ἐκ τοῦ *Fen* τῆς Νορβηγίας), καθ' ἣν οἱ ἄστριοι γνευσίων καὶ γρανιτῶν μετετρέπησαν εἰς ἀλβίτην καὶ ὁ βιοσίτης εἰς ἀλκαλιούχους πυροξένους καὶ ἀμφιβόλους.

Ἐκτὸς τῶν ἀερίων καὶ τῶν διαλυμάτων καὶ τῆγμα πηγματιτικῆς συστάσεως προερχόμενον ἐκ τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου προσφέρεται εἰς τὰ περιβάλλοντα αὐτὸν πετρώματα καὶ εἰσδύον ἐν εἵδει λεπτοτάτων διαστρώσεων μεταξὺ τῶν ἐπιφανειῶν σχιστότητος αὐτῶν ἢ διακλαδιζόμενον ὑπὸ μορφὴν λεπτῶν φλεβιδίων ἀντιδρᾷ μετὰ τῶν συστατικῶν των. Ἡ τοιαύτη μεταμόρφωσις ὀνομάζεται *ἐγχυματογενής*, ἰὰ ἐκ τῆς ἀναμείξεως προκίπτοντα πετρώματα *μειγματῖται*. Παρατηροῦνται βαθμιαῖαι μεταβάσεις ἀπὸ τοῦ καθαροῦ πετρώματος πρὸς διαπερῶμενον ἀπὸ φλέβας ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πολυαριθμούς, τοὺς λεγομένους *ἀρτηρίτας*, μέχρι καὶ πλήρους ἐξαφανίσεως τῆς ἀρχικῆς ὕφης τοῦ πατρώματος διὰ λεπτομεροῦς ἀναμείξεως τῶν ἀρχικῶν καὶ τῶν εἰσδυσάντων συστατικῶν. Οἱ τελευταῖοι οὗτοι *μειγματῖται* διὰ τὴν νεφελώδη ὕψιν τῆς ὕφης τῶν ὀνομάσθησαν *νεμπουλῖται* (ἐκ τοῦ *Nebula* = νεφέλη). Αἱ τοιαῦται πηγματιτικῆς συστάσεως φλέβες αἱ ἀπαντῶσαι εἰς τοὺς λεγομένους *φλεβοειδεῖς γνευσίους* (*Adergneisse*) δυνατόν νὰ μὴ εἶναι ἐγχυματο-

γενεῖς, ἀλλὰ νὰ προῆλθον ἐξ αὐτοῦ τούτου τοῦ πετρώματος. Τὸ πέτρωμα τοῦτο εὑρεθὲν συνεπεία ὁρογενετικῶν κινήσεων εἰς μέγα βάθος, ἔνθα ἡ θερμοκρασία ἦτο ἄρκετὰ ὑψηλή, ὑπέστη μερικὴν τῆξιν τῶν συστατικῶν του ἐκείνων τὰ ὁποῖα παρέχουν τῆγμα πηγματιτικῆς συστάσεως, εἰς τὸ ὁποῖον καὶ ὀφείλονται αἱ ἐντὸς τοῦ γνευσίου φλέβες. Τὴν ἐκδοχὴν αὐτὴν ἐνισχύει ἡ παρατήρησις ὅτι τοιαῦται πηγματιτικαὶ συγκεντρώσεις ἐμφανίζονται συχνὰ εἰς κλειστὰ φακοειδῆ σχήματα μὴ συνεχιζόμενα εἰς μορφὰς διοχετεύσεως τοῦ ὕλικου ἔξωθεν. Συμφώνως πρὸς τὴν ὑπόθεσιν αὐτὴν πετρώματα ποικίλης συστάσεως περιελθόντα εἰς βαθύτερα σημεῖα τοῦ φλοιοῦ διὰ μερικῆς τήξεως τῶν συστατικῶν των δίδουν γένεσιν εἰς πηγματιτικῆς συστάσεως τῆγμα, τὸ ὁποῖον ἐκθλιβόμενον ἐκ τοῦ μητρικοῦ πετρώματος συνεπεία τῶν τεκτονικῶν πιέσεων μεταναστεύει, καθ' ὃ ἐλαφρότερον, πρὸς ἀνώτερα σημεῖα τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ, ἀφομοιώνει πετρώματα, τὰ ὁποῖα συναντᾷ κατὰ τὴν διαδρομὴν του, καὶ τὰ μετατρέπει εἰς γρανίτας ἢ καὶ συγκεντρούμενον εἰς μεγάλας ποσότητας κρυσταλλοῦνται εἰς γρανίτας. Ἐκτὸς ὁμῶς τῶν ἐξ ἀνατίξεως προελθόντων γρανιτῶν καὶ πρωτογενὲς μάγμα οὐδέποτε κρυσταλλωθέν, προερχόμενον ἐκ βάθους μεταναστεύει πρὸς τὰ ἄνω καὶ μείγνυται μετὰ τοῦ ἀνατηκτικοῦ. Ἡ ἀνατηκτικὴ προσέλευσις γρανίτου μαρτυρεῖται ἱστολογικῶς ἀπὸ τὴν παρουσίαν ἐντὸς αὐτοῦ ἀτήκτων συστατικῶν, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον βιοτίτου, συγκεντρωμένων εἰς συνεστραμμένα βλενωδῆ συσσωματώματα. Ἀπὸ ἀπόψεως γεωχημικῆς τὰ ἀνατηκτικῶς σχηματισθέντα ὑλικά εἶναι ἐντελῶς καθαρὰ ἀπὸ ἐνώσεις σπανίων στοιχείων. Ἐπίσης τοιαύτης γενέσεως γρανίται δὲν εἶναι φορεῖς μεταλλοφόρων ὑλικῶν καὶ σπανίως συνοδεύονται ἀπὸ διορίτας, γάββρους ἢ περιδορίτας, οἱ ὅποιοι εἶναι προϊόντα διαφορισμοῦ πρωταρχικοῦ μάγματος.

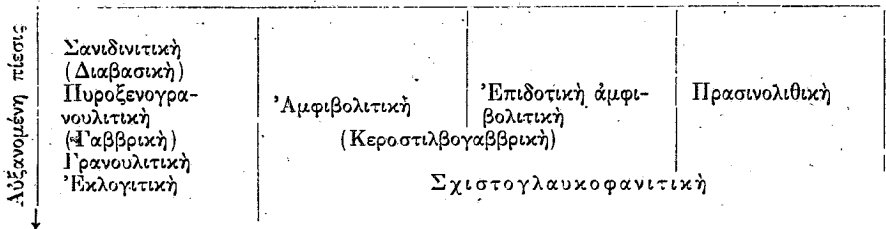
Μεταξὺ τῆς ἀφομοιώσεως ὕλικου ὑπὸ τήγματος καὶ τῆς μετασωματικῆς μεταμορφώσεως δὲν ὑπάρχουν σαφεῖ ὅρια. Ἰζηματογενῆ πετρώματα ὡς ἀργιλλικοὶ σχιστόλιθοι, ψαμμίται κ.λ.π. δι' ἀλλακ μετασωματώσεως καὶ μετακρυσταλλώσεως θὰ ἦτο δυνατόν νὰ μετατραποῦν εἰς γρανίτας. Ἐτέθη οὕτω τὸ πρόβλημα τῆς γενέσεως τῶν γρανιτῶν διὰ μεταμορφώσεως καὶ ἡ ἀνάγκη τῆς ἐρμηνείας ἐξοικονομήσεως τοῦ χώρου τοῦ κατεχομένου ὑπὸ τοῦ μαγματικοῦ ὅγκου δυσερμηνεύτου κατὰ τὴν μαγματικὴν ὑπόθεσιν. Ἐπίσης τὸ γεγονός ὅτι, ἐνῶ οἱ γρανίται καὶ γρανοδιορίται ἀντιπροσωπεύουν ποσοτικῶς πλεόν των 90% τῶν πλουτωνιτῶν, ἀντιστοίχου χημικῆς συστάσεως ἐκχυτά ὑλικά εἶναι ποσοτικῶς ἐλάχιστα ἔναντι τῶν βασαλτῶν. Ἡ θεωρία τῆς «γρανιτιώσεως» προγενεστέρων πετρωμάτων διὰ προσφορᾶς γρανιτιοῦντος ὕλικου προελθόντος ἀπὸ βαθύτερα σημεῖα προήχθη ἰδίᾳ διὰ τῶν ἐρευνῶν τῶν Σκανδιναυῶν γεωλόγων ἐπὶ τῶν μεγάλων γρανιτικῶν μαζῶν τῆς Σκανδιναυικῆς χερσονήσου. Τὸ πρόβλημα ἐὰν οἱ γρανίται εἶναι μαγματικῆς ἢ μετασωματικῆς προελεύσεως δὲν ἐλύθη εἰσέτι ὁριστικῶς καὶ ἀποτελεῖ κατὰ τὰς τελευταίας δεκχτηρίδας ἀντικείμενον ζωηρῶν συζητήσεων καὶ ἀντιγνωμιῶν. Ὑπάρχουν

γρανιτικά κοιτάσματα, τῶν ὁποίων ἡ μειγματιτικὴ γένεσις εἶναι προφανής, ἡ γενίκευσις ὅμως τῆς ἐρμηνείας αὐτῆς δι' ὅλα τὰ γρανιτικά κοιτάσματα δὲν εἶναι πειστικὴ. Διὰ τὰ πλεῖστα αὐτῶν ὑπάρχουν ἐνδείξεις συνηγοροῦσαι ὑπὲρ τῆς ἐκδοχῆς τῆς μαγματικῆς προελεύσεώς των.

Ἀναφορικῶς πρὸς τὴν σημασίαν τοῦ βάρους, εἰς τὸ ὁποῖον συνετελέσθη ἡ μεταμόρφωσις, ὡς καθορίζοντος τὰς κρατούσας συνθήκας πίεσεως καὶ θερμοκρασίας οἱ Grubenmann καὶ Niggli διακρίνουν τρεῖς ζώνας τὴν ἄνω ἢ ἐπιζώνην, τὴν μέσσην καὶ τὴν κάτω ζώνην. Εἰς τὴν ἄνω ζώνην ἡ θερμοκρασία δὲν ὑπερβαίνει τοὺς 200°C. ἐπικρατοῦν ὀρυκτὰ περιέχοντα ὕδροξύλιον, ὁ χλωρίτης ὁ τάλκης, ὁ σερπεντίνης, ὁ σερικίτης, εἶναι ἔντονα τὰ φαινόμενα τῆς ἐπιδράσεως τῆς κατευθυνομένης πίεσεως. Αἱ ἐντὸς αὐτῆς γινόμεναι χημικαὶ ἀντιδράσεις εἶναι ἐξώθερμοι. Εἰς τὴν μέσσην ζώνην αἱ ὕδροξύλιωμέναι ἐνώσεις εἶναι περιορισμέναι. Τυπικὰ ὀρυκτὰ τῆς ζώνης αὐτῆς θεωροῦνται τὸ ὀρθόκλαστον, ὁ μικροκλινῆς, ὁ ἀλβίτης, οἱ μικροπερθίται, τὸ ὀλιγόκλαστον, ὁ βιοτίτης, ὁ ζοϊσίτης, τὸ ἐπίδοτον, ἡ κεροστίλβη, ὁ σταυρόλιθος, ὁ δισθενής, οἱ γρανάται κ.λ.π. Ἡ θερμοκρασία περιλαμβάνεται μεταξὺ 200°-700°C. Αἱ ἀντιδράσεις εἶναι κατὰ τὸ πλεῖστον ἐξώθερμοι. Εἰς τὴν κάτω ζώνην ἡ θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξὺ 700°-800°, ἐπικρατοῦν ἀντιδράσεις ἐνδοθερμικαί, ἡ πίεσις εἶναι ὑδροστατικὴ, ὀρυκτὰ εἶναι τὰ συνήθη εἰς πυριγενῇ πετρώματα, ὀρθόκλαστον, μικρόκλινῆς, πλαγιόκλαστα, βιοτίτης, αὐγίτης, γρανάται, σπινέλιος, κορδιερίτης, σιλλιμανίτης.

Ὑπὸ τοῦ Eskola ὑπεδείχθη ἄλλος τρόπος περιγραφικῆς ταξινομήσεως τῶν ἐκ μεταμορφώσεως πετρωμάτων χαρακτηριστικὸς τοῦ βαθμοῦ μεταμορφώσεως αὐτῶν δι' ὑπαγωγῆς των συναρτήσεϊ τῶν συνθηκῶν πίεσεως καὶ θερμοκρασίας εἰς ὠρισμένας κατηγορίας ὀρυκτολογικῶν φάσεων (Mineral-facies). Στηρίζεται εἰς τὴν ἀρχὴν ὅτι ἀρχικὰ ὑλικά τῆς αὐτῆς ἐκατοστιαίας χημικῆς συστάσεως ἀνεξαρτήτως τοῦ τρόπου γενέσεώς των ὑπὸ τὰς αὐτὰς συνθήκας πίεσεως καὶ θερμοκρασίας ἀποκαθισταμένης τῆς φυσικοχημικῆς ἰσορροπίας θὰ δώσουν τοὺς αὐτοὺς συνδυασμοὺς ὀρυκτῶν. Μὲ τὸν τρόπον αὐτὸν εἰς τὸ ἐποπτικὸν διάγραμμα τῆς τοιαύτης περιγραφικῆς κατανομῆς περιλαμβάνονται καὶ οἱ μαγματίται. Εἰς ὠρισμένην ὀρυκτολογικὴν φάσιν ὑπάγονται τὰ πετρώματα τὰ ὁποῖα ἐπὶ ὁμοίας χημικῆς συστάσεως ἔχουν τὴν αὐτὴν ὀρυκτολογικὴν σύστασιν καὶ μεταβαλλομένης τῆς χημικῆς αὐτῶν συστάσεως ἡ ὀρυκτολογικὴ των σύστασις μεταβάλλεται καθ' ὠρισμένον τρόπον. Ἐκάστη ὀρυκτολογικὴ φάσις περιλαμβάνει τὰ τυπόμερφα αὐτῆς ὀρυκτὰ τὰ ἀντιπροσωπεύοντα τὴν κατάστασιν ἰσορροπίας. Ἐκ τούτων ἐν ἡ περισσότερα ἀπαντῶντα ἐν συνδυασμῷ μόνον εἰς τὴν φάσιν αὐτὴν ὀνομάζονται κρίσιμα ὀρυκτὰ τῆς φάσεως, ἡ παρουσία των ἀρκεῖ διὰ νὰ χαρακτηρισθῇ τὸ πέτρωμα ὡς ἀνήκον εἰς τὴν φάσιν αὐτήν.

Διάγραμμα τών όρυκτολογικών φάσεων κατά Eskola
 μειουμένη θερμοκρασία —————→



Οί κυριώτεροι αντιπρόσωποι κρυσταλλοσχιστώδων πετρωμάτων είναι οί εξής.

α) *Μεταμορφωμένα πετρώματα με $SiO_2 > 60\%$.* Ταύτα προήλθον είτε από όξευνα πυριγενή πετρώματα, γρανίτας, γρανοδιορίτας και τά αντίστοιχα αὐτῶν έκχυτα είτε από ίζηματογενή παραπλησίον προς ταύτα συστάσεως, άργιλλώδεις ψαμμίτας ή ψαμμώδεις άργίλλους.

1) *Γνεύσιοι.* Έχουν όρυκτολογικήν σύστασιν όμοίαν προς την τών γρανιτών, ιστόν κοκκοβλαστικόν με σχιστοφυά ύφήν. Ούσιώδη αὐτῶν όρυκτά χαλαζίας, όρθόκλαστον, πλαγιόκλαστα, βιοτίτης, μοσχοβίτης, κεροστιλβή ή πυρόξενοι. Έπουσιώδη: γρανάτης, άνδालουσίτης, κορδιερίτης, έπίδοτον κ.ά. Οί προερχόμενοι έκ πυριγενῶν όνομάζονται όρθογνεύσιοι, οί έξ ίζηματογενῶν παραγνεύσιοι. Είναι πετρώματα τής κάτω ζώνης και έν συνδυασμῷ με τούς γρανίτας τά κυρίως συστατικά πετρώματα τών βαθυτέρων τμημάτων τοῦ Sial. Οί παραγνεύσιοι προδίδουν την ίζηματογενή αὐτῶν προέλευσιν με την παρουσίαν έντός αὐτῶν πυριτικῶν ενώσεων πλουσίων είς άργίλλιον, σιλλιμανίτου, άνδालουσίτου, κορδιερίτου κ.λ.π.

2) *Γρανουλίτης.* Λεπτόκοκκος στρωσιφυής γνεύσιος αποτελούμενος κυρίως από χαλαζίαν, όρθόκλαστον, πλαγιόκλαστα. Περιέχει συχνά γρανάτην ή διοσθενή. Τής κάτω ζώνης.

3) *Λεπτίτης* αναλόγου συστάσεως προς τόν γρανουλίτην, προϊόν μεταμορφώσεως όξείνων ήφαισιτιῶν. Τής κάτω ζώνης.

Παράδειγμα όρυκτολογικῆς συστάσεως βιοτιτικού γνευσίου

Χαλαζίας 30%, Βιοτίτης 24,4%, Πλαγιόκλαστα 22-27% (An 46,8%)

Λεπτίτου: Χαλαζίας 40%, μικροκλινής 17,8%, Πλαγιόκλαστα 38,1%, Βιοτίτης 2,3.

4) *Μαρμαρυγιακός σχιστόλίθος.* Πέτρωμα τής μέσης ζώνης. Όμοιον ως προς τόν ιστόν προς, τόν γνεύσιον, από τόν όποϊον διαφέρει κατά τῷ ότι είναι πτωχότερος αὐτοῦ είς άστρίους ή στερεΐται τοιούτων.

Παράδειγμα: Χαλαζίας 35,56%, Βιοτίτης 27,43%, Μοσχοβίτης 3%, Άβσεστίτης 16,45%, Άλβίτης - όλιγόκλαστον 16,02%.

5) *Φυλλίτης*. Πέτρωμα τῆς ἄνω ζώνης ὀρυκτολογικῆς συστάσεως ὁμοίας πρὸς τὴν τοῦ μαρμαρυγιακοῦ σχιστολίθου ἀλλὰ μὲ κρυστάλλους πολὺ μικροῦς. Σχίζεται κατὰ λεπτὰ φύλλα μὲ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν ἐκ τῶν ἐπ' αὐτῆς φυλλαρίων σερικίτου καὶ χλωρίτου.

Παράδειγμα: Χαλαζίτις 29,33%, Χλωρίτης 18,00%, Ἀλβίτης 10%, μοσχοβίτης 38,05%.

6) *Χαλαζίτης*. Ἀπαντᾷ εἰς ὅλας τὰς ζώνας. Εἶναι ἀνακρυσταλλωθεὶς χαλαζικὸς ψαμμίτης μὲ κύριον συστατικὸν τὸν χαλαζίαν (85% καὶ ἄνω) καὶ ἄλλα ἐπουσιώδη πυριτικά ὀρυκτά, σερικίτην, δισθενῆ κ.λ.π.

β) *Πετρώματα πτωχότερα εἰς SiO_2 (60%-30%)*. Εἰς τὴν σειρὰν τῶν πυριγενῶν πετρωμάτων μὲ τοιαύτην περιεκτικότητα πετρώματα εἶναι ὁ διοριτίτης, ὁ γάββρος, οἱ περιδοτίται καὶ τὰ ἀντίστοιχα αὐτῶν ἔκχυτα, ἐκ τῶν ἰζηματογενῶν αἱ ἀργιλλομάργαι.

7) *Κεροστιλβικὸς γνεῦσιος ἢ αὐγιτικός γνεῦσιος*, τῆς κάτω ζώνης ἐκ μεταμορφώσεως διοριτῶν ἢ καὶ παραπλησίας συστάσεως ἰζημάτων.

Παράδειγμα: Πλαγιόκλαστα 33,86%, Ἀμφίβολοι 32,29%, χαλαζίτις 8,83%, Βιοτίτης 16,15%, ὀρθόκλαστον 5,55%.

8) *Κεροστιλβικοὶ σχιστόλιθοι*. τῆς μεσαίας ζώνης. Πτωχότεροι τῶν προηγουμένων εἰς ἀστρίους.

9) *Ἐκλογίτης*, ἐκ μεταμορφώσεως γάββρου εἰς τὰ βαθύτερα σημεῖα τῆς κάτω ζώνης. Συστατικὰ γρανάτης (50,5%) καὶ ὀμφακίτης (εἶδος πυροξένου) 48,5%.

10) *Ἀμφιβολίτης*, ἐκ μεταμορφώσεως γαββρικήs συστάσεως πετρώματος ὑπὸ συνθήκας μέσης ἕως κάτω ζώνης. Ἀποτελεῖται ἀπὸ κεροστίλβην καὶ πλαγιόκλαστα (Κεροστίλβη 71,5% πλαγιόκλαστα 26,5%).

11) *Προσινίτης*, ἐκ γαββρικοῦ ὑλικοῦ διὰ μεταμορφώσεως ὑπὸ συνθήκας μέσης ἢ ἄνω ζώνης. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀλβίτην, ἐπίδοτον, χλωρίτην. Ἰστὸς ποικιλοβλαστικός.

Παράδειγμα: Ἀλβίτης 39,9%, χλωρίτης 29,4%, ἐπίδοτον 23,0%, ἀκτινολίθος ἀσβεστίτης κ.λ.π.

Ἀναλόγῳ ὀρυκτολογικῆς συστάσεως καὶ μὲ σχιστοφυᾶ ἱστὸν εἶναι οἱ προσινολιθικοὶ σχίσται.

12) *Γλαυκοφαντικοὶ σχιστόλιθοι*. Εὐρέθησαν μόνον εἰς περιοχὰς νεωτέρων ὀρυγενέσεων κυρίως εἰς τὰς ἀλπικὰς ὀροσειράς (Ἑλβετικὰς Ἀλπεις, Ἀπέννινα, Καλιφορνίαν, Ἑλλάδα, Ἰαπωνίαν). Συνδέονται πολλάκις μὲ ἐκλογίτης ἐνδεχομένως προκύψαντες ἐκ τούτων διὰ ἥταινώσεως τῆς θερμοκρασίας. Χαρακτηριστικὸν ὀρυκτὸν συστατικὸν τῶν ὁ γλαυκοφανῆς, κυανοῦ χρώματος νατριοῦχος ἀμφίβολος ($\text{Na}_2\text{MgAl}_2(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$). Ἐν Ἑλλάδι ἀπαντοῦν εἰς τὴν Σῦρον, τὴν Λαυρεωτικὴν, τὸ Πήλιον.

13) *Χλωριτικοὶ σχίσται* καὶ 14) *Ταλκικοὶ σχίσται* τῆς ἄνω ζώνης προελ-

θόντες ἐκ περιδοτιτῶν μὲ οὐσιώδη συστατικά τὰ ἀντίστοιχα ὀρυκτά.

γ) *Πετρώματα* μὲ $\text{SiO}_2 < 30\%$ προσερχόμενα ἀπὸ μαργαίκοις ἀσβεστολίθους. Ὑπὸ συνθήκας μεταμορφώσεως τῆς κάτω ζώνης δίδουν ἀσβεστοπυριτικές ἐνώσεις. Εἰς τὴν ζώνην ἐπαφῆς ἀσβεστοκερατίτας.

15) *Μάρμαρον*. Προῖον μετακρυσταλλώσεως ἀσβεστολίθων. Ἀπαντᾷ εἰς τὰς τρεῖς ζώνας. Τὸ τῆς κάτω ζώνης δὲν δεικνύει ταξινόμησιν εἰς τὴν διάταξιν τῶν κόκκων τοῦ ἀσβεστίτου. Ὁ σιπολίτης εἶναι μάρμαρον πλούσιον εἰς φυλλόμορφα πυριτικά ὀρυκτά (μαρμαρυγίαν, χλωρίτην).

16) *Σμύρις*. Περιορισμένης ἐκτάσεως εἰδικὰ κοιτάσματα. Ἀποτελεῖται ἀπὸ κορούνδιον, αἱματίτην, μαγνητίτην, ἀστρίους. Προῖον μεταμορφώσεως βωξιτῶν. Ἐν Ἑλλάδι ἀπαντᾷ εἰς τὴν Νάξον.

B. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

138. Εἰδικὰ κοιτάσματα. Τὰ πετρώματα χαρακτηρίζονται καὶ μὲ τὸν ὄρον *γενικά κοιτάσματα* ὡς ἀπαντῶντα πανταχοῦ τῆς Γῆς ὡς δομικαὶ μονάδες τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ μεγάλων συνήθως διαστάσεων. Ἐντὸς τῶν γενικῶν αὐτῶν *κοιτασμάτων* συναντῶνται εἰς μεμονωμένα σημεῖα κοιτάσματα πολὺ μικροτέρων διαστάσεων ἀποτελούμενα ἀπὸ εἰδικῆς συστάσεως ὀρυκτὰς παραγενέσεις διαφόρους ἀπὸ τὰς τῶν πετρωμάτων. Τὰ κοιτάσματα αὐτὰ καλούμενα *εἰδικὰ* περιλαμβάνουν εἰς σημαντικὴν ποσότητα στοιχεῖα καὶ ἐνώσεις, αἱ ὁποῖαι συμμετέχουν εἰς ποσότητας ἀσημάντους εἰς τὴν μέσῃ σύστασιν τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ. Εἰς τὴν κατηγορίαν αὐτὴν ὑπάγονται τὰ μεταλλοφόρα καὶ γενικώτερον τὰ παρέχοντα τὰς χρησίμους ὀρυκτὰς ἐνώσεις, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὴν βᾶσιν τοῦ συγχρόνου τεχνικοῦ πολιτισμοῦ. Ἡ συγκέντρωσις εἰς τὰ εἰδικὰ κοιτάσματα εἰς τόσον μεγάλην ἀναλογίαν στοιχείων καθ' ἑαυτὰ σπανίων εἶναι ἀποτέλεσμα εἰδικῶν γεωχημικῶν διεργασιῶν. Πολὺ ἔνωρις εἶχεν ἐλκύσει τὴν προσοχὴν τῶν μεταλλευτῶν τὸ γεγονός ὅτι ὠρισμένα μεταλλοφόρα κοιτάσματα εἰς διάφορα σημεῖα τῆς Γῆς παρουσιάζουν ἀξιοσημείωτον ὁμοιότητα ὀρυκτολογικῆς συστάσεως. Οὕτω λ.χ. ὁ γαλνίτης (PbS) συνοδεύεται ἀπὸ σφαλερίτην (ZnS) καὶ σιδηροπυρίτην. Τὰ κοιτάσματα κασσιτερίτου συνδέονται συχνὰ μὲ κοιτάσματα βολφραμίτου. Ἡ τοιαύτη συχνὴ ἐμφάνισις ὀρυκτῶν παραγενέσεων ὠρισμένης συστάσεως ὀφείλεται εἰς γεωχημικὴν συγγένειαν τῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰ ὀρυκτά αὐτῆς.

Ἐκ τῶν εἰδικῶν κοιτασμάτων καλοῦνται *μεταλλεύματα* τὰ δυνάμενα νὰ ἀποτελέσουν πρῶτην ὕλην ἐκμεταλλεύσεως διὰ τὴν παραγωγὴν μετάλλων χρησίμων εἰς τὴν βιομηχανίαν καὶ τὰς τέχνας. Τὰ λοιπὰ ὀρυκτά τῆς παραγενέσεως ἐν διακρίσει πρὸς τὰ μεταλλοφόρα καλοῦνται *σύνδρομα*. Τὸ εἶδος τοῦ συνδρόμου ἔχει ἰδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὴν ἀξίαν τοῦ μεταλλεύματος, καθόσον εἶναι δυνατόν νὰ καταστήσῃ εὐχερῇ ἢ νὰ δυσχεράνῃ τὴν ἐπεξεργασίαν πρὸς παραλαβὴν τοῦ χρησίμου ὕλικου. Ὁ χαρακτηρισμὸς ὡς μεταλλοφόρου κοιτάσματος

προϋποθέτει ότι η εκμετάλλευσίς του είναι οικονομικῶς συμφέρουσα, πράγμα τὸ ὁποῖον ἐξαρτᾶται ἀπὸ πολλοὺς παράγοντας, τὴν περιεκτικότητά καὶ τὸ συνολικὸν ἀπόθεμα εἰς χρήσιμον ὄρυκτόν, τὸ εἶδος τοῦ συνδρόμου, τὴν γεωλογικὴν μορφήν τοῦ κοιτάσματος ἐπηρεάζουσιν τὰς συνθήκας καὶ δαπάνας ἐξορύξεως, τὴν γεωγραφικὴν αὐτοῦ θέσιν, ἐξ ἧς ἐξαρτῶνται αἱ δαπάναι μεταφορᾶς εἰς τὸν τόπον ἐπεξεργασίας ἢ καταναλώσεως, τὸν συναγωνισμόν πλουσιωτέρων ἢ καλλιτέρας ποιότητος κοιτασμάτων κ.λ.π. Ἡ πρόοδος τῆς τεχνικῆς εἰς τὴν ἐπεξεργασίαν τοῦ φυσικοῦ προϊόντος ἐπέτρεψε πολλάκις τὴν ἐκμετάλλευσιν κοιτασμάτων λίαν πτωχῶν εἰς χρήσιμα ὄρυκτὰ θεωρουμένων πρότερον ὡς ἀχρήστων. Τοιαύτη ἀξιοποίησις κοιτασμάτων εἰς μεταλλεύματα κατέστη λ.χ. δυνατὴ μὲ τὴν ἐφαρμογὴν τῆς μεθόδου ἐκλεκτικῆς ἐπιπλεύσεως (Flotation) (σελ. 308), ἡ ὁποία ἐπιτρέπει τὸν ἀποχωρισμὸν προϊόντος μὲ ὑψηλὴν περιεκτικότητά εἰς χρήσιμον ὄρυκτόν ἀπὸ κοιτάσματα πτωχὰ εἰς τὸ ὄρυκτόν τοῦτο. Ἡ κατὰ προσέγγισιν ἐκτίμησις τοῦ ἀποθέματος δοθέντος κοιτάσματος εἰς χρήσιμον ὄρυκτόν γίνεται δι' ὑπολογισμοῦ τῶν διαστάσεων του καὶ τῆς μέσης περιεκτικότητός του, ἡ ὁποία συνάγεται διὰ χημικῶν ἀναλύσεων μεγάλου ἀριθμοῦ δειγμάτων λαμβανομένων ἀπὸ διάφορα σημεῖα τοῦ κοιτάσματος. Διὰ τὴν εὑρεσιν τῶν διαστάσεων ὡς καὶ διὰ τὴν ἀναζήτησιν πιθανῶν κοιτασμάτων καλυπτομένων ἀπὸ ἐπιφανειακὰ στρώματα ἐφαρμόζονται λίαν ἐπιτυχῶς γεωφυσικαὶ μέθοδοι. Ἡ παρουσία κοιτασμάτων μαγνητίτου, μαγνητοπυρίτου, ὄρυκτῶν κοβαλτίου καὶ νικελίου προκαλεῖ σημαντικὰ ἀνωμαλίας εἰς τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον. Δι' ἀκριβοῦς μαγνητικῆς χαρτογραφήσεως τῆς μεταλλοφόρου περιοχῆς εἶναι δυνατόν νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ αἱ διαστάσεις τοῦ κοιτάσματος. Ἐπίσης ἡ διάφορος ἡλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῶν μεταλλοφόρων ὄρυκτῶν ἐν συγκρίσει πρὸς τὰ πετρώματα καθιστᾷ δυνατὴν τὴν ἐφαρμογὴν ἡλεκτρικῶν μεθόδων ἐρεῦνης. Διὰ μετρήσεων τῶν τιμῶν τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος εἰς διάφορα σημεῖα τῆς ἐπιφανείας μεταλλοφόρου περιοχῆς ἀποκαλύπτεται ἡ ὑπαρξίς συγκεντρώσεως μεγάλων μαζῶν εἰς βαθύτερα σημεῖα. Μία ἐτι μέθοδος γεωφυσικῆς ἐρεῦνης εἶναι ἡ σεισμικὴ. Κατ' αὐτὴν προκαλοῦνται τεχνητοὶ σεισμοὶ δι' ἐκρήξεων καὶ μετρεῖται μὲ σεισμογράφους ἢ ταχύτης μεταδόσεως τῶν σεισμικῶν κυμάτων ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὴν ἐλαστικότητα καὶ πυκνότητα τῶν στρωμάτων, ἐντὸς τῶν ὁποίων μεταδίδονται. Οὕτως ὑπολογίζεται τὸ βάθος, εἰς τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἡ ἐπιφάνεια ἐπαφῆς στρωμάτων διαφόρου συστάσεως. Ἡ σεισμικὴ μέθοδος ἐφαρμόζεται ἐπιτυχῶς εἰς τὴν ἐξέρευνσιν πετρελαιοφόρων περιοχῶν.

Ἀπὸ τινος ἐφαρμόζονται καὶ βιογεωχημικαὶ μέθοδοι πρὸς ἀναζήτησιν μεταλλοφόρων συγκεντρώσεων εἰς βάθος δι' ἀναλύσεως φυτῶν ἢ χούμου (humus), τοῦ προϊόντος ἀποσυνθέσεως τῶν ἐν τῷ ἐδάφει ὀργανικῶν οὐσιῶν. Πολλὰ φυτὰ ἀπορροφοῦν κατὰ προτίμησιν καὶ συγκεντρώνουν ἐκ τῶν διαλυμάτων τοῦ ἐδάφους εἰδικὰ μέταλλα. Ἐὰν ὑπάρχει που εἰς βάθος μεταλλοφόρον

κοίτασμα, συστατικά αὐτοῦ διαλύονται ὑπὸ τοῦ ὑπογείου ὕδατος καὶ μεταναστεύοντα δημιουργοῦν περὶ αὐτοῦ ἄλλω διαχύσεως, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἡ περιεκτικότης εἰς τὰ συστατικά ταῦτα εἶναι μεγαλύτερα τῆς συνήθους. Τοιαύτη ἀνώμαλος συγκέντρωσις ἐκδηλοῦται εἰς ὀρισμένα φυτὰ μὲ μεταβολὰς εἰς τὴν αὔξησιν αὐτῶν αποτελούσας ἐνδειξιν πρὸς περαιτέρω χημικὴν ἐξέτασιν. Ἐνίοτε αἱ βιογεωχημικαὶ αὗται μέθοδοι εἶναι αποτελεσματικώτεραι τῶν συνήθων γεωλογικῶν μεταλλομετρικῶν μεθόδων. Ὡς ἀνιχνεύσιμα χρησιμοποιῶνται καὶ συνδᾶ στοιχεῖα ὀρισμένων παραγενέσεων, τὰ ὅποια εἶναι ἀφθονώτερα ἢ περισσότερον εὐκίνητα.

Εἰς τὰς ἐπομένας παραγράφους ἐξετάζονται αἱ γεωχημικαὶ συνθήκαι σχηματισμοῦ τῶν εἰδικῶν κοιτασμάτων.

139. Παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς πήξεως τοῦ μάγματος. Ἐφ' ὅσον τὰ πυριγενῆ πετρώματα αποτελοῦν τὸ μέγιστον μέρος τῆς λιθοσφαίρας, ἡ πήξις τοῦ μάγματος εἶναι μία ἀπὸ τὰς σπουδαιότερας διεργασίας ὀρυκτογονίας καὶ μετακινήσεως τῶν στοιχείων ἐντὸς τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ.

Ὡς δεικνύει ἡ μικροσκοπικὴ ἐξέτασις τῶν πυριτικῶν πετρωμάτων ἀλλὰ καὶ ἡ παράτησις τῆς πήξεως τεχνητῶν τήγμάτων, τὰ πρῶτα κρυσταλλούμενα ὀρυκτὰ εἶναι ὁ μαγνητίτης, ὁ μαγνητοπυρίτης, ὁ ἀπατίτης καὶ φωσφορικαὶ ἐνώσεις σπανίων γαιῶν, ὁ ἱλμενίτης, ὁ τιτανίτης. Τινὰ τῶν ὀρυκτῶν τούτων, καθ' ὃ βαρύτερα, καθιζάνουν ἐντὸς τοῦ τήγματος καὶ, ἐὰν ἀπαντοῦν ἐν ἀφθονίᾳ, εἶναι δυνατόν νὰ συγκεντρωθοῦν κατὰ χώρους καὶ νὰ δώσουν γένεσιν εἰς κοιτάσματα ἐκμεταλλεύσιμα. Εἰς μάγματα πτωχὰ εἰς SiO_2 , ἀκολουθεῖ ἡ κρυστάλλωσις τοῦ ὀλιβίνου ($2(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$). Διὰ τῆς κρυστάλλωσεως αὐτῆς τὸ μάγμα ἀποβάλλει μέγα μέρος τοῦ FeO καὶ MgO καὶ ἐπομένως ἐμπλουτίζεται εἰς SiO_2 , Al_2O_3 , CaO καὶ ἀλλόλα. Εἰς μεγάλας μαγματικὰς ἐστίας ἐγκλεισμένας εἰς μεγάλα βάθη καὶ τῶν ὁποίων ἡ κρυστάλλωσις συντελεῖται βραδύτατα οἱ κρύσταλλοι τοῦ ὀλιβίνου ἀποχωρίζονται τοῦ μάγματος καθιζάνοντες εἰς βαθύτερα σημεῖα. Ἐὰν ἐκεῖ ἡ θερμοκρασία τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου εἶναι ὑψηλότερα, δυνατόν νὰ ἐπέλθῃ ἀνάτηξις τῶν καθιζήσαντων κρυστάλλων καὶ νὰ σχηματισθῇ βασικὸν μάγμα συστάσεως διαφόρου τῆς τοῦ ἀρχικοῦ. Οὕτω διὰ τῆς ἐπιδράσεως τῆς βαρύτητος εἶναι δυνατός ὁ διαφορισμὸς ἑνὸς μεγάλου μαγματικοῦ ὄγκου εἰς διαφορετικῆς συστάσεως μάγματα. Εἰς τοιοῦτον διαφορισμὸν τῆς ἐξωτερικῆς στοιβάδος τῆς Γῆς, ὅτε διετέλει εἰς τετρυκίαν κατάστασιν, ὀφείλεται ὁ ἀποχωρισμὸς τοῦ Sial ἀπὸ τὸ Sima.

Μετὰ τὴν πρώτην κρυστάλλωσιν ἀκολουθεῖ ἡ πήξις τοῦ κυρίου σώματος τοῦ μάγματος. Κατ' αὐτὴν σχηματίζονται ἀμφίβολοι, πυρόξενοι ρομβικοὶ σιδηρομαγνησιοῦχοι (ἐνστατίτης, βρονζίτης, ὑπερσθενής) ἡ μονοκλινεῖς τῇ σύμμετοχῇ καὶ CaO (διοψίδιος) καὶ Al_2O_3 (αὐγίτης, διαλλαγής). Τὸ ὑπολειφθὲν μέρος τοῦ CaO , τὸ ὅποιον δὲν ἐδεσμεύθη εἰς τοὺς μονοκλινεῖς πυρο-

ξένους, εισέρχεται με τὸ ὑπάρχον Na_2O εἰς τὰ πλαγιόκλαστα. Τὸ K_2O εἰσέρχεται εἰς τὴν σύστασιν τοῦ ὀρθοκλάστου καὶ τὸ ἀπομένον ἐλεύθερον SiO_2 , ἐὰν ὑπῆρχεν ἐν περισσειᾷ, δίδει τὸ τελευταῖον εἰς τὴν σειρὰν κρυσταλλώσεως ὀρυκτῶν, τὸν χαλαζίαν.

Εἰς μάγματα ὀρισμένης συστάσεως ἀντὶ τῶν ἀνωτέρω φεμικῶν σχηματίζεται τῇ συμμετοχῇ K_2O καὶ Al_2O_3 ὁ βιοτίτης. Ἡ φάσις αὕτη τῆς κυρίας κρυσταλλώσεως εἶναι ἀποκλειστικῶς πετρογενετικὴ καὶ δὲν παρέχει εἰδικὰ κοιτάσματα.

Ἡ σειρά καθ' ἣν συντελεῖται ἡ κρυστάλλωσις τῶν πυριτικῶν ὀρυκτῶν κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα παρουσιάζει ἀξιοσημείωτον σχέσιν πρὸς τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν αὐτῶν. Κατὰ πρῶτον σχηματίζεται ὁ ὀλιβίνης, τοῦ ὁποίου, τὸ πλέγμα με ἐλευθέρας τετραεδρικὰς ὁμάδας SiO_4 πραγματοποιεῖ τὴν συμπαγέστεραν συσσωμάτωσιν ὕλης, καὶ ἀκολουθεῖ ἡ κρυστάλλωσις ὀρυκτῶν με πλέγματα ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀραιουμένης συσσωματώσεως, ἰνόμορφα (πυρόξενοι, ἀμφίβολοι), φυλλόμορφα (βιοτίτης) καὶ καταλήγει με πλέγματα τοῦ ἀραιότερου τύπου συσσωματώσεως τῶν τετραεδρικῶν ὁμάδων SiO_4 εἰς τριδιάστατον συγκρότημα (ἄστριος, χαλαζίας).

Εἰς ὀρισμένης συστάσεως μάγματα (κυρίως ὄξινα) πλούσια εἰς εὐπτῆρα συστατικά (B, F, Cl, ὕδρατιμους κ.λ.π.) διαρκούσης τῆς κυρίας φάσεως κρυσταλλώσεως καὶ μέχρις ὅτου αὕτη συντελεσθῇ, τὰ εὐπτῆρα αὐτὰ συστατικά συγκεντρούμενα εἰς σημαντικὴν ποσότητα εἰς τμήμα τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου δίδουν νέον τύπον μάγματος λίαν λεπτορρεύστου καὶ με χαμηλὸν σημεῖον πήξεως κατ' ἐξοχὴν πλουσίου εἰς SiO_2 , Al_2O_3 καὶ ἀλκάλεια. Τὸ μάγμα τοῦτο εἰσχωροῦν εἰς ρωγμὰς τῶν περίξ πετρωμάτων ἢ καὶ αὐτοῦ τούτου τοῦ κατὰ τὴν κυρίαν φάσιν κρυσταλλώσεως στερεοποιηθέντος τμήματος τοῦ μάγματος σχηματίζει φλέβας πηγματίτου. Τὰ συνιστῶντα τὸν πηγματίτην ὀρυκτὰ εἶναι μεγάλοι κρύσταλλοι ὀρθοκλάστου χαλαζίου καὶ μοσχοβίτου. Παρὰ τὰ οὐσιώδη ταῦτα συστατικά ἀπαντοῦν συχνὰ ὡς ἐπουσιώδη εἰς μικρὰν ποσότητα πνευματογενῆ ὀρυκτὰ, οἷα ὁ τουρμαλίνης, τὸ τοπάζιον κ.ἄ. Εἰς τὴν τελικὴν αὐτὴν φάσιν κρυσταλλώσεως συγκεντροῦνται τὰ στοιχεῖα Si, Be, Mo, W, Sn, U κ.ἄ. Μετὰ τὴν πηγματιτικὴν φάσιν δὲν ἐξητηλῆθη ἐξ ὁλοκλήρου τὸ ὑλικὸν περιεχόμενον τοῦ ἀρχικοῦ μαγματικοῦ ὄγκου. Συστατικά τινα αὐτοῦ, τὰ ὅποια ὑπὸ τὴν θερμοκρασίαν τῆς πηγματιτικῆς φάσεως εὐρίσκοντο εἰς ἀέριον κατάστασιν, μεταναστεῦον ἐκ τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου ἐντὸς τῶν περιβαλλόντων αὐτὸν πετρωμάτων καὶ ἀποβάλλονται ὡς ὀρυκτὰ ἐνώσεις ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἀπώτερον αὐτοῦ, ἐφ' ὅσον τὸ σημεῖον ὑγροποιήσεως αὐτῶν κεῖται χαμηλότερον. Ἐγγύτερον τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου, ἐνθα ἡ θερμοκρασία εἶναι εἰσέτι ὑψηλὴ (575° - 365°) ἔχομεν τὴν πνευματολυτικὴν φάσιν ὀρυκτογενέσεως ὡς συνέχειαν τῆς πηγματικῆς. Εἰς τὴν φάσιν αὐτὴν περιλαμβάνονται καὶ τὰ φαινόμενα μεταμορφώσεως ἐξ ἐπαφῆς (σελ. 499). Εἰς χαμη-

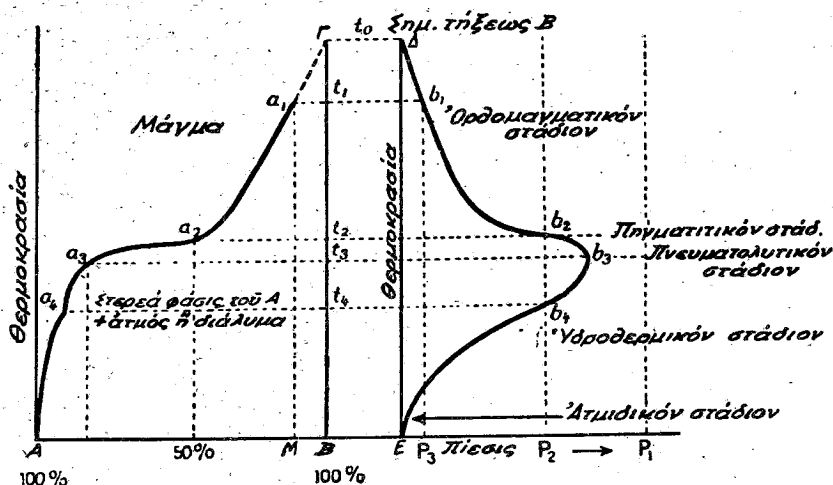
λοτέρας θερμοκρασίας κυριαρχεῖ ἡ ὑδροθερμικὴ φάσις μετ' ἀπόθεσιν ὀρυκτῶν ἀπὸ θερμὰ ἔνυδρα διαλύματα.

Αἱ τρεῖς ὡς ἀνωτέρω φάσεις κρυσταλλώσεως δὲν παρουσιάζουν σαφῆ ὅρια οὔτε ἐκδηλοῦνται πάντοτε μετ' τὸν σχηματισμὸν διακρίτων κοιτασμάτων. Πηγματίζεται ἐμφανίζονται μόνον εἰς ὅξινα μάγματα κυρίως γρανίτας καὶ συηνίτας, εἰς γάβρους εἶναι σπάνιοι. Ὁ διαφορισμὸς τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου προϋποθέτει εἰδικὴν σύστασιν αὐτοῦ ἀλλὰ καὶ εἰδικὰ συνθήκας πῆξεως.

Ἐκ τῶν στοιχείων τοῦ ἀρχικοῦ τήγματος ὅσα κατὰ τὴν διαφοροποίησιν αὐτοῦ εὐρέθησαν εἰς τὴν αὐτὴν περιοχὴν χώρου εἴτε λόγῳ τοῦ γεωχημικοῦ αὐτῶν χαρακτήρος εἴτε λόγῳ συνθηκῶν ἰσορροπίας τῶν συστατικῶν τοῦ τήγματος κατανέμονται εἰς τὰς διαφόρους ὀρυκτὰς ἐνώσεις ἐπὶ τῇ βάσει τῶν σχέσεων μεγέθους τῶν ἀκτίνων τῶν ἰόντων των. Τὸ Mg^{2+} ($R = 0,66$) καὶ ὁ Fe^{2+} ($R = 0,80\text{\AA}$) ὑποκαθιστοῦν ἄλληλα εἰς μεικτοὺς κρυστάλλους τῶν φεμικῶν ὀρυκτῶν, πυροξένων, ἀμφιβόλων, βιοτίτου, ὀλιβίνου. Τὸ Na^{+} ($R = 0,98\text{\AA}$) ὑποκαθιστᾷ εἰς πᾶσαν ἀναλογίαν τὸ Ca^{2+} ($R = 0,99\text{\AA}$) εἰς τὰ πλαγιόκλαστα, ἐνῶ τὸ ὀρθόκλαστον μικρὰν μόνον ποσότητα Na δύναται νὰ προσλάβῃ εἰς ὑποκατάστασιν τοῦ K ἕνεκα τῆς μεγάλης διαφορᾶς ἀκτίνων τῶν ἰόντων αὐτῶν (R καλίου $= 1,33\text{\AA}$). Μικραὶ ποσότητες ἄλλων στοιχείων ἐκ τῶν σπανίως ἀπαντῶντων εἰς τὰ μάγματα εἰσέρχονται εἰς τὰ οὐσιώδη ὀρυκτὰ τοῦ πετρώματος ὡς ὑποκαταστάται ἰόντων συγγενῶν διαστάσεων. Τὸ Ni ($R = 0,69\text{\AA}$)—λόγῳ τοῦ χαλκοφίλου χαρακτήρος του παρουσίᾳ S εἰσέρχεται ὡς NiS εἰς τὸν μαγνητοπυρίτην (FeS). Ἐν ἀπουσίᾳ S καταλαμβάνει θέσεις τοῦ ἰσομεγέθους πρὸς αὐτὸ Mg εἰς τὸ πλέγμα τοῦ ὀλιβίνου. Τὸ στοιχεῖον Hf , καίτοι δὲν ἀνήκει εἰς τὰ ἐκτάκτως σπάνια, ἐβράδυνε νὰ ἀνακαλυφθῇ (1922), διότι δὲν σχηματίζει ἰδίας ἐνώσεις, ἀλλὰ λόγῳ τῆς τελείας ἰσότητος διαστάσεων πρὸς τὸ Zr ἀπαντᾷ ἐν τῇ φύσει «κεκρυμμένον» ἐντὸς τοῦ ὀρυκτοῦ ζirkονίου ($ZrSiO_4$). Ἐπίσης τὸ γερμάνιον ($R = 0,53\text{\AA}$), ὡς δεικνύει ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις, εἶναι εἰς ἐλαχίστας ποσότητας εὐρύτατα διαδεδομένον ὡς ὑποκαταστάτης τοῦ Si ($R = 0,41\text{\AA}$). Ὅμοιαν διάδοσιν εἰς φασματοσκοπικῶς ἐλεγχομένας ποσότητας δεικνύει καὶ τὸ Ga ὡς ἰσόμορφος ὑποκαταστάτης τοῦ Al . Τὰ τρία γειτονικὰ εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα στοιχεῖα Li , Be , B , λόγῳ τῶν μικρῶν διαστάσεων αὐτῶν δὲν εὐρίσκουν θέσιν εἰς τὰ πλέγματα τῆς κυρίας φάσεως κρυσταλλώσεως εἰς ὑποκατάστασιν χημικῶς συγγενῶν ἰόντων καὶ συγκεντρῶνται εἰς τὴν πηγματιτικὴν φάσιν σχηματίζοντα ἴδια ὀρυκτὰ, τοῦ Li τὸν φθοδοσιδῆ ($LiAl(SiO_3)_2$), τὸν ἀμβλυγωνίτην $LiAlF(PO_4)$ κ.ἄ., τὸ Be τὴν βήρυλλον, τὸ B τὸν τουρμαλίνην. Ἡ ἀνακάλυψις τῆς σημασίας τῶν διαστάσεων τῶν ἰόντων διὰ τὴν γεωχημικὴν κατανομὴν τῶν στοιχείων ὑπῆρξε τὸ πόρισμα τῶν συστηματικῶν ἐρευνῶν τῆς σχολῆς τοῦ Goldschmidt καὶ ἀποτελεῖ μίαν τῶν βασικῶν ἀρχῶν τῆς Γεωχημείας.

Τὸ μάγμα διαφέρει οὐσιωδῶς ἀπὸ τὰ ξηρὰ τεχνητὰ πυριτικὰ τήγματα,

καθότι περιέχει εὐπηγήτα συστατικά, εἰς τὰ ὁποῖα καὶ ὀφείλεται ἡ ἰδιοτυπία, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν τὰ φαινόμενα τήξεως αὐτοῦ, ὡς διέγνωσεν ὁ Niggli. Τὰ εὐπηγήτα συστατικά ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῆς φυσικοχημικῆς αὐτῶν συμβολῆς διὰ τὴν ἰσορροπίαν τῶν φάσεων τοῦ συστήματος κατ' οὐδὲν διαφέρουν τῶν λοιπῶν συστατικῶν, ἡ παρουσία των εἰς τὸ τῆγμα ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ φέρῃ τὸ εὐτηκτικὸν χαμηλότερον καὶ πλησιέστερον πρὸς τὸ σημεῖον τήξεώς των. Τὸ σχ. 573 παριστᾷ σχηματικῶς δυαδικὸν σύστημα πτητικοῦ, συστατικοῦ



Σχ. 573

Διάγραμμα Niggli. Α=πτητικόν, Β=δέσσηκτον

Α καὶ δυστήκτου Β. Διὰ μικρὰν περιεκτικότητα εἰς Α ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὸ σημεῖον Μ ἔχομεν συνθήκας παραπλησίους πρὸς τὰς τοῦ μάγματος. Εἰς τὸ σημεῖον a_1 ἄρχεται ἡ κρυστάλλωσις τοῦ Β καὶ καθόσον αὕτη προχωρεῖ μειουμένης τῆς θερμοκρασίας ἡ σύστασις τοῦ τήγματος μεταβάλλεται κατὰ μῆκος τῆς καμπύλης ΓΑ, τὸ τῆγμα ἐμπλουτίζεται εἰς πτητικὰ συστατικά καὶ ἡ τάσις ἀτμῶν (παρεχομένη ἀπὸ τὴν καμπύλην ΔΕ) αὐξάνεται μειουμένης τῆς θερμοκρασίας καὶ φθάνει μέγιστον διὰ τὴν περιοχὴν θερμοκρασιῶν t_2-t_3 . Ἐὰν διὰ τὴν περιοχὴν αὐτὴν ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις εἶναι μικροτέρα, γίνεται ἀθρόα ἀποβολὴ ἀερίων καὶ τὸ μάγμα δύναται νὰ περιέλθῃ εἰς κατάστασιν βρασμοῦ («παλίνδρομος ζέσις»). Ἡ περιοχὴ αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ πηγματιτικὸν - πνευματολυτικὸν στάδιον πήξεως. Ἐὰν τὰ αὐτὰ μάγμα εὐρίσκετο εἰς βαθύτερα σημεία, ἔνθα ἡ πίεσις τοῦ περιβάλλοντος θὰ ἦτο μεγαλύτερα, ἡ σύστασις τῶν ἀποβαλλομένων ἀερίων καὶ τῆς ὑπολειπομένης μάζης θὰ ἦτο διαφορετικὴ. Οὕτως ἐν καὶ τὸ αὐτὸ μάγμα, ἀναλόγως τοῦ βάθους εἰς τὸ ὁποῖον εὐρέθῃ, θὰ δώσῃ προϊόντα ἀναθυμιάσεων διαφορετικῆς συστάσεως.

140. Σχηματισμός τοπικών συγκεντρώσεων όρυκτων κατά την πήξιν μαγμάτων. Έκ των τριών σταδίων πήξεως μάγματος τὸ δεύτερον παρέχει αποκλειστικῶς πετρογενετικὰ παραγενέσεις καὶ μόνον τὸ πρῶτον καὶ τρίτον δύνανται ὑπὸ ὀρισμένας εἰδικὰς συνθήκας νὰ δώσουν γένεσιν εἰς εἰδικὰ κοιτάσματα.

α) **Ένδομαγματικά κοιτάσματα.** Κατὰ τὴν πρώτην περίοδον διαφορισμοῦ πλειαδικοῦ συστήματος ἐν τετηκυῖα καταστάσει τείνει πάντοτε νὰ ἀποχωρισθῇ ἐν μόνον εἶδος όρυκτοῦ, τὸ εἰδικῶς βαρύτερον, τὸ ὁποῖον καὶ καθιζάνει σχηματίζον ἰδιὰν συγκέντρωσιν ἐντὸς τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου. Ὁ ἀποχωρισμὸς δύναται νὰ γίνῃ εἴτε εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ κρυστάλλωσεως. Εἰς γάββρικά μάγματα περιέχονται ἐν ἀφθονίᾳ σουλφίδια. Τὰ τελευταῖα ἀπεχωρίσθησαν ἐν ὑγρᾷ καταστάσει εἰς ἴδιον στρώμα εἰς τὸν πυθμένα τοῦ μαγματικοῦ ὄγκου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐσχηματίσθη τὰ κοίτασμα νικελιούχου μαγνητοπυρίτου τοῦ Sudbury (Καναδᾶς), τοῦ ὁποῖου ἡ ἐκμετάλλευσις καλύπτει τὰ 5/6 τῆς παγκοσμίου παραγωγῆς εἰς Ni. Τὸ κοίτασμα κατέχει τὸ κατώτερον τμήμα νορίτου (εἶδος γάββρου). Τὰ κοιτάσματα τοῦ χρωμίτου ἀπαντῶντα πάντοτε ἐντὸς περιδοτιτῶν ὑπὸ μορφὴν ἀκκονοίστων μαζῶν προέκυψαν διὰ συγκεντρώσεως τῶν πρώτων σχηματισθέντων κρυστάλλων ὑπὸ ρευμάτων ἐντὸς τῆς μαγματικῆς μάζης λόγῳ ἀνομοιομόρφου ψύξεως αὐτῆς. Ἀναλόγου γένεσεως κοιτάσματα μαγνητίτου ἀπαντοῦν ἐπίσης ἐντὸς περιδοτιτῶν. Τὸ ἀποτεθεὲν διὰ καθιζήσεως μετάλλευμα εἶναι δυνατόν δι' ἐπιδράσεως όρογενετικῶν μετακινήσεων τμημάτων τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ νὰ μετακινήθῃ ἐντὸς τοῦ μάγματος καὶ εἰσδῶν εἰς τὰ περιβάλλοντα πετρώματα νὰ σχηματίσῃ ἴδιον κοίτασμα. Διὰ τοιαύτης μετακινήσεως ἐσχηματίσθη τὸ περίφημον κοίτασμα μαγνητίτου τῆς Kirunawara (Β. Σουηδία), τὸ ὁποῖον ὑπὸ μορφὴν παρεισάκτου κοίτης μέσου πάχους 70 μέτρων καὶ ὀριζοντίας ἐκτάσεως περὶ τὰ 5 km, ἀποτελεῖ τὴν μεγαλύτεραν γνωστὴν συγκέντρωσιν όρυκτων ἐπὶ τῆς Γῆς. Τὸ ὕλικόν τοῦτο ἐσχηματίσθη ἐνδομαγματικῶς εἰς βαθύτερα σημεῖα καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν πίεσεως εἰσέδυσε μεταξὺ στρωμάτων ἡφαιστειτῶν.

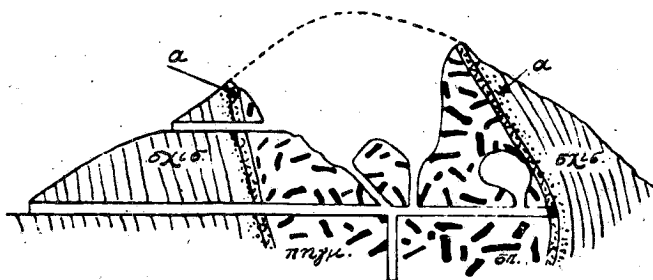
β) **Πηγματιτική - πνευματολυτική όρυκτογένεσις.** Ἡ πηγματιτικὴ καὶ πνευματολυτικὴ φάσις όρυκτογενέσεως χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν συγκέντρωσιν εἰς αὐτὴν τῶν εὐπτήτων συστατικῶν τοῦ μάγματος. Τὰ κυριώτερα στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα συγκεντρώνονται εἰς τὴν φάσιν αὐτὴν εἶναι: Li, Be, B, F, Sn, W, U, Th, Mo, Nb, Ta, Zr, Ti καὶ αἱ σπάνιαι γαῖαι. Ἡ διαφορὰ μεταξὺ πηγματιτικῆς καὶ πνευματολυτικῆς φάσεως συνίσταται εἰς τὸ ὅτι οἱ πηγματίζοντες ἀποτελοῦνται κατὰ τὸ πλεῖστον ἀπὸ λευκὰ συστατικά τοῦ κυρίου σταδίου κρυστάλλωσεως τοῦ μάγματος μετὰ τὴν συμμετοχὴν καὶ όρυκτων πνευματογενῶν, τὰ ὁποῖα προέκυψαν ἀπὸ τὴν παρουσίαν τινῶν ἐκ τῶν ἀνωτέρω στοιχείων. Εἰς τοὺς πηγματίτας ὁ μαγματικὸς χαρακτήρ εἶναι ἐπικρα-

τέσπερος, ἐνθὺ εἰς τὰς πνευματολυτικὰς φλέβας εἶναι ἐπικρατέστερα τὰ ὀρυκτά, τὰ ὅποια προέκυψαν ἀπὸ ἀντιδράσεις πνευματοῦδατογενῶν διαλυμάτων, εἰς τὰ ὅποια τὸ ὕδωρ εὐρίσκετο εἰς ὑπερχρίσιμον κατάστασιν. Μεταξὺ τῶν δύο φάσεων συνήθως ἐμφανίζονται βαθμιαῖα μεταβάσεις, τὰ δὲ ὀρυκτά, τὰ ὅποια ἐσχηματίσθησαν ἀπὸ τὰ εὐπηγήτα συστατικά, ἐκτείνονται χωρὶς σαφῆ ὅρια ἐντὸς τῶν φάσεων αὐτῶν (ὄρα διάγραμμα σελ. 522). τινὰ δέ, ὡς ὁ φθορίτης, φθάνουν μέχρι καὶ τῆς ὑδροθερμικῆς.

Οἱ κασσιτεροῦχοι πηγματῖται συνδέονται πρὸς ὕξινα γρανιτικά μάγματα πλούσια εἰς SiO_2 καὶ K. Ὁ κασσιτερίτης εἶναι πνευματογενὲς ὀρυκτὸν σχηματισθὲν κατὰ τὴν ἀντίδρασιν: $\text{SnF}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SnO}_2 + 4\text{HF}$. Ἡ παρουσία F ἐκδηλοῦται εἰς τὰ σύνδρομα ὀρυκτὰ τοπάζιον καὶ φθορίτην. Ἡ δρᾶσις τῶν φθοριούχων ἀτμίδων ἐπεξετάθη καὶ ἐπ' αὐτοῦ τούτου τοῦ στερεοποιηθέντος γρανιτικοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον ἡλλοιώθη κατὰ χώρους ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ἰδίων αὐτοῦ ἀερίων μετατραπὲν εἰς πέτρωμα καλούμενον Greisen. Κατὰ τὴν αὐτομεταμόρφωσιν αὐτὴν τοῦ γρανίτου οἱ ἄστριοι μετετράπησαν εἰς τοπάζιον, ὁ βιοτίτης εἰς λιθιούχον μαρμαρυγίαν καὶ ὁ χαλαζίας ἀνεκρυσταλλώθη. Τὰ ὀρυκτά αὐτὰ συνοδεύονται ἀπὸ κασσιτερίτην, τουρμαλίην, φθορίτην, προϊόντα τῆς πνευματολυτικῆς ἀντιδράσεως. Ὑπὸ ἀνελόγους συνθήκας πρὸς τοὺς κασσιτεροῦχους ἐσχηματίσθησαν οἱ βολφραμικοὶ πηγματῖται. Συνήθως κασσιτερίτης καὶ βολφραμίτης ((Fe,Mn)WO₄) συνυπάρχουν εἰς τὸ αὐτὸ κοίτασμα. Ἐπὶ καταλοίπων τῆς κυρίας κρυσταλλώσεως τοῦ μάγματος πλουσίων εἰς B σχηματίζονται τουρμαλινικοὶ πηγματῖται μὲ ἄφθονον τουρμαλίην ἐπεκτεινόμενον καὶ εἰς τὰ περιβάλλοντα πετρώματα. Παρὰ τὸν τουρμαλίην ἐμφανίζεται ἐνίοτε καὶ δατόλιθος (Ca(OH)BSiO₄). Οἱ ἀπατιτικοὶ πηγματῖται προελθόντες ἀπὸ γαββρικὸν μάγμα ἔδωσαν γένεσιν εἰς κοιτάσματα ἀπατίτου ἐκμεταλλεύσιμα (Νορβηγία). Πηγματιτικῆς φύσεως εἶναι καὶ τὸ μοναδικὸν κοίτασμα κροκίθου (Na₃AlF₆) τῆς Γροιλανδίας, σωληνόειδους μορφῆς σῶμα διαστάσεων 480×35 m ἐντὸς γρανίτου. Εἰς τὸ πηγματιτικὸν στάδιον πήξεως ἐμφανίζεται καὶ τὸ οὐράνιον ὡς πισσογραφίτης (UO₂) ἐκτεινόμενον ὑπὸ μορφὴν φωσφορικῶν καὶ ἄλλων ἐνώσεων καὶ εἰς γειτονικὰ πρὸς τὸν γρανίτην πετρώματα. Τὸ κοίτασμα τοῦ σποδοειδοῦς (Sphodumen) ἢ τριφανοῦς LiAl(SiO₃)₂ τῆς Etta Grube τῶν Ἑν. Πολιτειῶν εἶναι πηγματίτης, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχονται πελώριοι κρύσταλλοι τοῦ ὀρυκτοῦ τούτου 1-2 m πάρχους καὶ μέχρι 20 m μήκους (σχ. 574). Ἀποτελεῖ τὴν κυριωτέραν πηγὴν λιθίου. Συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἄλλα πνευματογενῆ ὀρυκτά κασσιτερίτην, βολφραμίτην, βήρυλλον καὶ ἐνώσεις Nb καὶ Ta.

γ) Μετασωματικά κοιτάσματα ἐξ ἐπαφῆς. Ὡς ἤδη ἀνεφέραμεν (σελ. 499) τὰ περιβάλλοντα τὸ μάγμα πετρώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς πίεσεως, τὴν ὁποίαν τοῦτο ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτῶν, καὶ τῆς ὑψηλῆς αὐτοῦ θερμοκρασίας ὑφίστανται μεταμόρφωσιν ἐξ ἐπαφῆς μέχρις ἀποστάσεώς τινος ἀπὸ

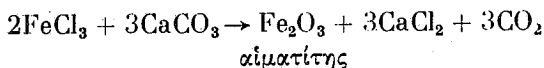
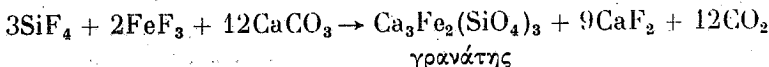
τῆς ἐπαφῆς πρὸς τὸν μαγματικὸν ὄγκον, ἡ ὁποία συνήθως δὲν ὑπερβαίνει τὸ 1 km. Κατὰ τὴν μεταμόρφωσιν ἐπέρχεται μεταβολὴ τοῦ ἰστοῦ καὶ τῆς ὀρυκτολογικῆς συστάδεως τοῦ πετρώματος σχηματιζομένων νέων ὀρυκτῶν,



Σχ. 574

Τομὴ τοῦ κοιτάσματος σποδοειδοῦς τῆς Etta Grube α=ἄλως ἐπαφῆς, σχισμ.=σχιστόλιθος, πηγμ.=πηγματίτης, σπ.=σποδοειδής

τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ ὑπὸ τὰς κρατούσας συνθήκας πίεσεως καὶ θερμοκρασίας. Πολλάκις τὰ πτητικὰ συστατικὰ καὶ μεταλλοφόροι ἀτμί-
δες ἀποδοθεῖσαι ἀπὸ τὸ μάγμα συμμετέχουν εἰς τὴν μεταμόρφωσιν ὑποκαθιστῶντα μερικῶς συστατικὰ τοῦ ἀρχικοῦ πετρώματος καὶ δίδοντα πολ-
λάκις γένεσιν εἰς μεταλλοφόρα κοιτάσματα. Ἡ τοιαύτη ὑποκατάστασις κα-
λεῖται μετασσωμάτωσις, ἐν προκειμένῳ μετασσωμάτωσις ἐξ ἐπαφῆς ἢ πνευ-
ματολυτική. Τὰ ἀέρια προϊόντα τοῦ μάγματος ἀντιδρῶν κυρίως πρὸς τὰ
ἀνθρακικὰ πετρώματα (ἀσβεστόλιθον, δολομίτην, μάργαν), ἐκ τῶν ὁποίων
ἐκδιώκουν τὸ CO₂ καὶ τὰ μετατρέπουν εἰς ἀσβεστοπυριτικές ἐνώσεις, γρανά-
την, διοψίδιον, κεροστίλβην, βεζουβιανόν, σπανιώτερον σκαπολίθους. Τὰ
οὕτω προκύπτοντα πετρώματα, οἱ ἀσβεστοκερατῖται, ὀνομάζονται ὑπὸ τῶν
Σουηδῶν μεταλλευτῶν skarn. Συνήθη μεταλλοφόρα ἀποθέματα τῶν skarn
εἶναι μαγνητίτης, αἱματίτης καὶ σύνδρομος φθορίτης, Χαρακτηριστικαὶ ἀντι-
δράσεις τῆς τοιαύτης μετασσωματώσεως εἶναι αἱ ἑξῆς:



Κοιτάσματα πνευματολυτικῆς μετασσωματώσεως τύπου skarn εἶναι
λίαν διαδεδομένα. Ἐκ τῶν μᾶλλον σημαντικῶν εἶναι τὸ κοιτάσμα αἱματίτου
μαγνητίτου τῆς νήσου Ἑλβας, ἔνθα μεταξὺ τῶν ἄλλων ὀρυκτῶν μετασσωματώ-
σεως ἐμφανίζεται καὶ λιεβρίτης $\text{CaFe}_2\text{FeO}(\text{OH})\text{Si}_2\text{O}_7$. Ἀναλόγου τύπου
κοιτάσματα ὑπάρχει παρ' ἡμῖν εἰς τὴν νήσον Σέριφον.

[illegible]

Εάν εις την περιοχὴν τῆς ἄλλω μεταμορφώσεως ἐξ ἐπαφῆς εὑρεθῇ μεταλλοφόρον κοίτασμα, υφίσταται καὶ αὐτὸ μεταμόρφωσιν. Ὁ λειμωνίτης ὑπὸ τοιαύτας συνθήκας μετατρέπεται εἰς μαγνήτιτην τὰ δὲ σύνδρομα αὐτοῦ όρυκτὰ παρέχουν πυριτικὰς ἐνώσεις.

δ) Ὑδροθερμικὰ κοιτάσματα (ἀπομαγματικά). Εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ μαγματικοῦ όγκου ἡ θερμοκρασία καθίσταται. ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον χαμηλότερα καὶ ἀποτίθενται μεταλλοφόρα όρυκτὰ ἀπὸ ἔνυδρα θερμὰ διαλύματα, εἰς τὰ όποια δὲν συμμετέχουν πτητικὰ συστατικά. Τὰ προκύπτοντα εἰδικὰ κοιτάσματα καλοῦνται ἀπομαγματικά ἢ ὕδροθερμικά. Ἡ θερμοκρασία σχηματισμοῦ τῶν δὲν ὑπερβαίνει τοὺς 375°, τὰ δὲ κατώτερα αὐτῆς όρια εἶναι ἀκαθόριστα μέχρι καὶ τοῦ 0°. Ἡ ἀπόθεσις τῶν διαφόρων μετάλλων γίνεται κυρίως ὑπὸ μορφὴν σουλφιδίων, εἰς μικρὰν ἀναλογίαν ὥς ἐνώσεις μὲ Se καὶ Te ἰδίᾳ τοῦ χρυσοῦ. Ἡ διάταξις κατ' αὔξουσιν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ μαγματικοῦ όγκου καὶ ἐπομένως μειουμένην θερμοκρασίαν ἔχει ὡς ἀκολούθως:

W	Bi	As	Cu	Zn	Pb	Sb	Hg
Sn	U			Ag			
Mo		Au					

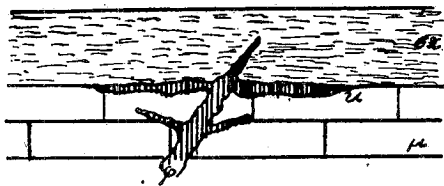
Τὰ σύνδρομα εἶναι χαλσιζίας ἐγγύτερον τοῦ μαγματικοῦ όγκου καὶ ἀπώτερον αὐτοῦ, ἀνθρακικά ἄλατα CaCO_3 , FeCO_3 , MgCO_3 καὶ BaSO_4 καὶ ἐνίοτε καὶ ὀλίγος φθορίτης. Εἰς τὴν μεικτὴν θειοῦχον διάπλασιν γαληνίτου - σφαλερίτου εἰς βαθύτερα σημεῖα τὸ μέταλλευμα εἶναι πλουσιώτερον εἰς σφαλερίτην, εἰς τὰ ἀνώτερα, ἔνθα ἡ θερμοκρασία λόγῳ τῆς ἀποστάσεως ἦτο μικροτέρα, πλουσιώτερον εἰς γαληνίτην.

Εἰς τὸ παρατιθέμενον διάγραμμα (πίναξ XVI) κατὰ Niggli παρέχεται διὰ τινὰ στοιχεῖα ἡ περιοχὴ τῆς ἐμφάνισεως ἐνώσεων αὐτῶν ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας. Ἡ σειρὰ αὐτὴ ἀποθέσεως δὲν εἶναι πάντοτε αὐστηρῶς καθωρισμένη.

Προϊούσης τῆς ψύξεως τοῦ μαγματικοῦ όγκου ἡ θερμοκρασία εἰς τὴν περὶ αὐτὴν περιοχὴν κατέρχεται καὶ οὕτως εἰς περιοχὴν προγενεστέρας ἀποθέσεως όρυκτῶν ὑψηλότερας θερμοκρασίας ἀποτίθενται μεταγενεστέρας όρυκτὰ σχηματιζόμενα εἰς χαμηλότεραν θερμοκρασίαν. Ἡ σύμπτηξις αὐτὴ εἰς τὴν αὐτὴν περιοχὴν χώρου ἀποθεμάτων, τὰ όποια κανονικῶς ἀποτίθενται εἰς χωριστὰς περιοχάς, ὀνομάζεται ἀπὸ τοὺς Ἀμερικανοὺς μεταλλευτὰς τηλεσκοπικὴ (telescoping). Οὕτω κασιτεροῦχοι καὶ χαλκοῦχοι φλέβες συνυπάρχουν ἐνίοτε μὲ νεωτέρας φλέβας PbS καὶ ZnS . Εἰς τοιαύτην περίπτωσιν αἱ νεώτεραι φλέβες ἀναγνωρίζονται, διότι εἶναι συνεχεῖς, διατέμνουσαι τὰς παλαιότερας. Ἐπὶ μικροσκοπικῆς ἀναμείξεως τῶν όρυκτῶν ἡ σχετικὴ ἡλικία ἀποθέσεως ἀναγνωρίζεται διὰ μικροσκοπικῆς ἐξετάσεως μεταλλογραφικῶν παρασκευασμάτων. Όρυκτὰ ἰδιόμορφα ὡς πρὸς ἄλλα ἢ ἐγκλειόμενα ὑπ'

αὐτῶν εἶναι ἀρχαιοτέρᾳ των, ἐὰν ὅμως τὸ ἐγκλειόμενον ἀπαντᾷ ὑπὸ μορφὴν στενῶν λωρίδων ἢ ἀτράκτων ὁμοιομόρφως προσανατολισμένων ἐντὸς τοῦ ἐγκλειόντος, προέκυψεν ἐκ διαμείξεως καὶ εἶναι νεώτερον (ραβδία CuFeS_2 ἐντὸς ZnS , Ag_2S ἐντὸς PbS). Τὸ αὐτὸ ἰσχύει ἐὰν τὸ ἐγκλειόμενον ὀρυκτὸν εἰσέδυσεν ἐντὸς ρωγμῶν τοῦ ἐγκλειόντος.

Τὰ ὑδροθερμικὰ κοιτάσματα ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν φλεβῶν ἢ παρεισάκτων κοιτῶν. Συνήθως εἰς μίαν μεταλλοφόρον περιοχὴν ἐμφανίζεται σύστημα παραλλήλων πρὸς ἀλλήλας φλεβῶν καὶ με παραφυάδας. Αἱ φλέβες προέκυψαν ἀπὸ ρήγματα τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ, τὰ ὁποῖα ἐπληρώθησαν ἀπὸ τὸ προσκομισθὲν ὕλικόν. Αἱ διαστάσεις τῶν φλεβῶν ποικίλλουν, ἔχουν μικρὸν πᾶχος καὶ συνήθως μέγα μῆκος, τὸ μέγιστον γνωστὸν φλεβῶν τῆς Sierra Nevada (Καλλιφορνία) φθάνει 122 km. Εἰς τὰς παρεισάκτους κοίτας τὸ μεταλλοφόρον ὕλικόν εἰσέδυσεν κατὰ τὴν ἐπαφὴν μεταξὺ δύο στρωμάτων. Συχνὰ ἀπαντοῦν σημαντικαὶ μεταλλοφόροι συγκεντρώσεις ὑπὸ μορφὴν παρεισάκτων κοιτῶν ὡς κοιτάσματα ἐκ μετασωματώσεως ἀββεστολίθου κατὰ τὴν ἐπαφὴν αὐτοῦ πρὸς πετρώματα, τὰ ὁποῖα δὲν προσβάλλονται ἀπὸ τὰ θερμὰ διαλύματα. Τυπικὸν παράδειγμα τοιούτων κοιτασμάτων ἀντικαταστάσεως ἔχομεν ἐν Ἑλλάδι εἰς τὴν μεταλλοφόρον περιοχὴν τοῦ Λαυρίου, ἔνθα αἱ μεταλλοφόροι φλέβες τοῦ μεικτοῦ θειοῦχου μεταλλεύματος (γαληνίτου - σφαλερίτου - σιδηροπυρίτου) αἱ ἐντὸς τοῦ μαρμάρου κατὰ τὴν ἐπαφὴν αὐτοῦ πρὸς τὸν ὑπερκείμενον σχιστόλιθον συνεχίζονται εἰς τοιαῦτα κοιτάσματα προκύψαντα ἀπὸ τὴν μετασωμάτωσιν τοῦ μαρμάρου ὑπὸ τῶν ὑδροθερμικῶν διαλυμάτων (σχ. 575).



Σχ. 575

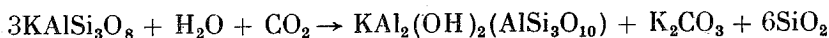
x=κοίτασμα ἀντικαταστάσεως κατὰ τὴν ἐπαφὴν μαρμάρου (μ)
πρὸς σχιστόλιθον (σχ) φ=φλέψ.

Μεταλλοφόρα κοιτάσματα συνδεόμενα πρὸς ἡφαιστίτας εἶναι σχεδὸν κατὰ κανόνα νεώτερα γεωλογικῶς (μετατριτογενῆ), διότι οἱ ἡφαιστῖται παλαιότερων γεωλογικῶν διαπλάσεων εἶναι σπανιότεροι ἐξαφανισθέντες κατὰ τὸ πλεῖστον συνεπιείχ τῆς διαβρώσεως. Λόγω τῆς μικρᾶς πιέσεως καὶ τῆς ταχείας ψύξεως ἢ ἀποβολῇ τῶν μεταλλοφόρων ἀερίων ἔγινεν ἀθρόα καὶ δὲν κατέστη δυνατός διαφορισμὸς εἰς ἰδίας φάσεις, ὡς συνέβη εἰς τὰ προϊόντα τῶν πλουτωνιτῶν. Ἡ «τηλεσκοπικὴ» σύμπτηξις ἀποτελεῖ ἐνταῦθα κανόνα. Εἰς τὰ μεταλλεῖα τοῦ Potosi τῆς Βολιβίας Sn καὶ Ag συνυπάρχουν εἰς τὸ αὐτὸ

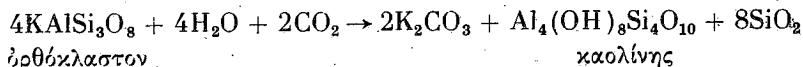
κοίτασμα με μεταλλοφόρα ορυκτά κασσιτεροπυρίτην ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$), τετραεδρίτην ($(\text{Cu}, \text{Zn})_3\text{Sb}_{3-4}$) και άργυρίτην. Χρυσός και άργυρος συνδέονται στενώς εις ήφαιστειογενή μεταλλογένεσιν, ενώ χωρίζονται εις πλουτώνιον (χαλαζιακάι φλέβες χρυσοφόροι - Ag εις μεταλλεύματα Pb και Zn) επίσης ο Pb και το Sb; τὰ όποια εις πλουτώνιον προέλεύσιν είναι χωρισμένα, εις τὰ ήφαιστειογενή μεταλλεύματα εμφανίζονται όμοῦ εις τόν βουλανξεριτήν ($5\text{PbS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$), βουρνονίτην ($2\text{PbS} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$) και άλλας ενώσεις. Τυπικά ήφαιστειογενή μεταλλεύματα είναι ενώσεις χρυσοῦ με τελλούριον ο καλαβερίτης AuTe_2 , ο συλβανίτης AuAgTe_4 , κ.ά. ο έναργίτης (Cu_3AsS_4), ο φαματινίτης (Cu_3SbS_4) κ.λ.π. Τὰ ήφαιστειογενή μεταλλοφόρα κοιτάσματα εμφανίζονται κυρίως έντός αὐτοῦ τούτου τοῦ ήφαιστίτου άλλοιωθέντος ὑπό τῶν μεταλλοφόρων διαλυμάτων. Ήφαιστειογενούς προελεύσεως είναι και αἱ ορυκτάι ενώσεις τοῦ βορίου, ο σασσωλίνης H_3BO_3 , ο βόραξ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, ο κερνίτης $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ και ο κολεμανίτης $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Τὰ ορυκτά ταῦτα είναι προϊόντα συγχρόνου ή παλαιότερας δράσεως ήφαιστειῶν ατμίδων συνδυασθείσης με ξηρόν κλίμα. Σύγχρονος τοιαῦτη απόθεσις συμβαίνει εις τήν Τοσκάνην. Ἐπὶ έκτάσεως 20 τετρ. χιλιομ. εμφανίζονται πολλαχῶ ατμίδες ὑδρατμῶν μετὰ H_3BO_3 . Αὗται ἀπαγόμεναι εις τεχνητάς λίμνας ἐμπλουτίζουν τὸ ὕδωρ-αὐτῶν εις βορικόν ὀξύ, τὸ όποῖον παραλαμβάνεται κατόπιν δι' ἐξατμίσεως. Τοιαῦται βοριοῦχοι φυσικαὶ λίμναι παλαιότεραι ἐξατμισθεῖσαι ἔδωσαν τὰ κοιτάσματα βόρακος τοῦ Θιβέτ και ἐπανθήματα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἐρήμων κοιλάδων ήφαιστειῶν περιοχῶν εις τήν Καλλιφορνίαν, Ἀργεντινήν, Βολιβίαν, Χιλήν κ.ά. Ἀναλόγου γενέσεως είναι και τὸ κοιτάσμα πανδερμίτου ($\text{Ca}_5\text{B}_{12}\text{O}_{23} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) τῆς Τουρκίας εις τὸ Πάνδερμα τῆς ΒΑ. Μ. Ἀσίας.

Και εις τήν περιοχὴν τῆς ὕδροθερμικῆς φάσεως παρατηροῦνται συχνὰ μετασωματικαὶ άλλιώσεις τῶν πετρωμάτων ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τῶν θερμῶν διαλυμάτων. Συνηθέστεραι άλλιώσεις είναι αἱ ἐξῆς:

Ἡ *σερικιτίωσις* συντελουμένη δι' ἐπιδράσεως διαλυμάτων πλουσιῶν εις CO_2 και K_2CO_3 θερμοκρασίας 200°-300°. Κατ' αὐτὴν οἱ ἄστριοι και ὁ βιοτίτης προσβαλλόμενοι ἀπὸ τὰ θερμά διαλύματα μετατρέπονται εις σερικίτην (ποιικίλιν μοσχοβίτου).



Ἡ *καολίνωσις* ἐξ ἐπιδράσεως ὀξίνων διαλυμάτων ἐπὶ ὀρθοκλάστου.



Ἡ *άλουνιτίωσις*. Ἐξ ἐπιδράσεως ὀξίνων θερμῶν διαλυμάτων πλουσιῶν εις SO_3 ἐπὶ ἀστρίων σχηματίζεται ἄλουνίτης ($\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$) ὑπὸ σύγ-

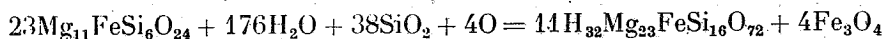
χρονον απόθεσιν SiO_2 ως χαλαζίου ή υπαλίου. Συνήθως αλλοιώσεις ήφαιστει-
των έξ επιδράσεως ήφαιστείων ατρίδων.

Η προπυλιτώσις, παρατηρουμένη εις άνδεδίτας ή δακίτας, επί των
όποιων επέδρασαν άλκαλικά διαλύματα περιέχοντα ύδροθειον. Τά φεμικά
όρυκτά μετετράπησαν εις χλωρίτην, επίδοτον, άσβεστίτην και σιδηροπυρίτην
σχηματισθέντα εκ του Fe αυτών δι' επιδράσεως του H_2S .

Η πυριτώσις συνισταμένη εις έμπότισιν με SiO_2 , τó όποιον προσεκο-
μίσθη με τó θερμόν διάλυμα. Ξύλα πυριτωθέντα άντικατέστησαν τά όργανικά
των μόρια με SiO_2 διατρηθέντος έν πάση λεπτομερεία του βιογενοϋς αυτών
ιστοϋ.

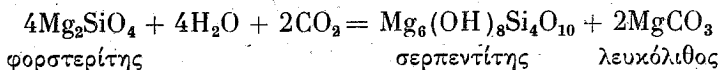
141. Σχηματισμός συγκεντρώσεων όρυκτων κατά την αποσάθρωσιν.

Ός είδομεν (σελ. 471) τά επί τής επιφανείας τής Γής πετρώματα εκτιθέμενα
εις την επίδρασιν των έξωγενών παραγόντων απθσαθροϋνται είτε μηχανικώς
δι' έξουδετερώσεως τής μεταξύ των συνοχής των συνιστώντων αυτά όρυκτων
είτε χημικώς δια καταστροφής αυτών τούτων των όρυκτων δια χημικών
αντιδράσεων. Η κυριωτέρα διεργασία χημικής αποσαθρώσεως των πυριτι-
κων όρυκτων είναι ή ύδρόλυσις. Κατ' αυτήν τά έν διαστάσει έντός του ύδατος
περιεχόμενα ίόντα H + και OH— εισδύοντα έντός του πλέγματος περιβάλλουν
τά έτερονύμως ήλεκτρισμένα ίόντα αυτου και έξουδετερώνουν την μεταξύ
αυτων σύνδεσιν καταστρέφοντα τó πλέγμα. Ούτω προκύπτουν διαλύματα,
ιοντικά, μοριακά ή κολλοειδή των συστατικών του όρυκτου. Μοριακά και ιον-
τικά διαλύματα δίδουν τά άλάλα και αί άλκαλικοί γαίαι αί περιεχόμεναι
εις την ένωσιν, κολλοειδή τó Si, τó Al, ó Fe. Τά διαλύματα ταύτα αντιδρώντα
πρός άλληλα δίδουν νέα όρυκτά, ύδροξείδια και ένύδρους πυριτικούς ένώσεις.
Τό είδος και τά προϊόντα των αντιδράσεων έξαρτώνται από τó φορτίον των
κολλοειδων, την παρουσίαν άλλων ιόντων δυναμένων νά προκαλέσουν θρόμβω-
σιν, την ύπαρξιν προστατευτικών κολλοειδων και άλλους παράγοντας. Η ύδρό-
λυσις έξαρτάται εκ του βαθμού ήλεκτρολυτικής διαστάσεως του ύδατος, ήτις
έξαρτάται εκ τής θερμοκρασίας και κατ' ακολουθίαν από τās κλιματολογι-
κάς συνθήκας του περιβάλλοντος. Η χημική αποσάθρωσις είναι λίαν έντονος
εις τās τροπικάς χώρας, ένθ εις τās πολικάς χώρας είναι μηδαμινή. Παρά-
δειγμα χημικής αποσαθρώσεως δι' ήλεκτρολύσεως είναι ή μετατροπή του
ολιβίνου εις σερπεντίνην τελουμένη περίπου κατά την εξής αντίδρασιν:



Εις την αντίδρασιν αυτήν όφείλεται ή σερπεντινώσις των περιδοτιτων.
Έξ ίσου σημαντική δια την χημικήν αποσάθρωσιν των πυριτικών όρυκτων
είναι ή επίδρασις του CO_2 του περιεχομένου έν διαλύσει έντός του ύδατος
τής βροχής. Τά άλάλα και αί άλλαι άλκαλικοί γαίαι των πυριτικών ένώ-
σεων μετατρέπονται εις άλατα άνθρακικά. Εις τοιαύτην επίδρασιν H_2O και CO_2

ἐπὶ τοῦ ὀλιβίνου τῶν περιδοσιτῶν ὀφείλουν τὴν γένεσιν τῶν τὰ κοιτάσματα τοῦ λευκολίθου (MgCO_3) κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Ὁ εἰς τὸν φαῦαλίτην (Fe_2SiO_4) τοῦ ὀλιβίνου περιεχόμενος σίδηρος μετατρέπεται κατὰ τὴν ἀλλοίωσιν εἰς λειμωνίτην,

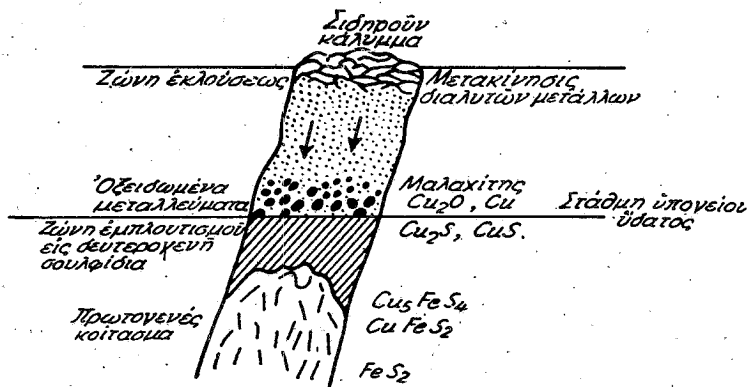
Κοιτάσματα σουλφιδίων βαρέων μετάλλων δίδουν γένεσιν εἰς δευτερογενῇ κοιτάσματα ἀνθρακικά. Οὕτως ἐκ τοῦ γαληνίτου σχηματίζεται κερουσίτης, ἐκ τοῦ σφαλερίτου σμιθσονίτης, ἐξ ἐνώσεων χαλκοῦ ἄζουρίτης ($\text{Cu}(\text{CuOH})_2(\text{CO}_3)_2$) καὶ μαλαχίτης ($\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.

Ἡ ὀξειδωτικὴ ἐπίδρασις τοῦ ὀξυγόνου τοῦ ἀέρος καὶ τοῦ ἐν διαλύσει ἐντὸς τοῦ ὕδατος μικρὰν ἔχει ἐπίδρασιν ἐπὶ τῶν πυριτικῶν ἁλάτων, διότι ἐκτὸς τοῦ Fe τὰ λοιπὰ μέταλλα εὐρίσκονται ἐντὸς αὐτῶν εἰς κατάστασιν τελείας ὀξειδώσεως. Εἰς τὰς περισσοτέρας πυριτικὰς ἐνώσεις ὁ περιεχόμενος ἐν αὐταῖς Fe εὐρίσκεται ὡς ὑποξείδιον, τὸ ὅποιον κατὰ τὴν ἀποσάθρωσιν τοῦ πετρώματος ὀξειδούμενον δίδει τὰ ἐρυθρὰ - σκωριώδη χρώματα εἰς τὰ προϊόντα ἀποσαθρώσεως τῶν πυριγενῶν πετρωμάτων.

Πολὺ μεγαλύτεραν σημασίαν ἔχει ἡ ὀξείδωσις τῶν μεταλλοφόρων ορυκτῶν. Σουλφίδια ὀξειδοῦνται πρὸς θεικὰ ἅλατα, τὰ ὅποια εἶναι εἰς διάφορον βαθμὸν διαλυτά. Οὕτως ἐξ ἀρχικοῦ μεικτοῦ θειούχου μεταλλεύματος δύναται νὰ ἐπέλθῃ διαχωρισμὸς τῶν στοιχείων διὰ μεταναστέψεως τῶν διαλυτῶν θεικῶν ἁλάτων.

Κοίτασμα ὑπὸ μορφήν φλεβὸς ὑφιστάμενον τὴν ὀξειδωτικὴν ἐπίδρασιν τοῦ ὀξυγόνου τοῦ περιεχομένου ἐν διαλύσει εἰς τὸ ἐντὸς αὐτῆς κατεισδῶν ἐπιφανειακὸν ὕδωρ δεικνύει χαρακτηριστικὴν διαφορὰν συστάσεως ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας πρὸς τὸ βάθος (σχ. 576). Τὸ ἐπιφανειακὸν ὕδωρ εἰς τὸ τμήμα τῆς φλεβὸς τὸ περιλαμβανόμενον μέχρι τῆς ἐπιφανείας τοῦ στασίμου ὕδατος, ὅπου σταματᾷ ἢ πρὸς τὰ κάτω κινήσεις του, μὲ τὰ ἐν αὐτῷ περιεχόμενα O καὶ CO_2 σχηματίζει ἀνθρακικὰς καὶ θεικὰς ἐνώσεις, ἐκ τῶν ὁποίων αἱ ἀδιάλυτοι παραμένουν εἰς τὸν τόπον τοῦ σχηματισμοῦ των, αἱ διαλυταὶ μεταφέρονται εἰς βαθύτερα σημεῖα. Ὁ σιδηροπυρίτης, ὅστις ἀπαντᾷ ὡς σύνδρομον ὄλων σχεδὸν τῶν σουλφιδίων, ὀξειδούμενος μετατρέπεται εἰς FeSO_4 καὶ περαιτέρω εἰς $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Ὁ τελευταῖος ἀντιδρῶν πρὸς τὸ CaCO_3 δίδει γύψον καὶ λειμωνίτην, ὅστις ὡς σκωριώδης μᾶζα καλύπτει τὸ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τμήμα τῆς φλεβὸς καλούμενον «σιδηροῦν κάλυμμα». Παρὰ τὸ σιδηροῦν κάλυμμα παραμένουν τὰ ἀδιάλυτα θεικὰ καὶ ἀνθρακικά ἅλατα τὰ σχηματισθέντα κατὰ τὴν ὀξείδωσιν τῶν σουλφιδίων ὡς ὁ κερουσίτης (PbCO_3), ὁ ἄγγλεσίτης (PbSO_4) κ.λ.π. Μέταλλα ὡς ὁ Cu δίδοντα ἅλατα διαλυτὰ μεταφέρονται ὑπὸ τοῦ κατεισδύοντος ὕδατος εἰς βαθύτερα σημεῖα. Καθ' ὅσον τὸ μετακινούμενον

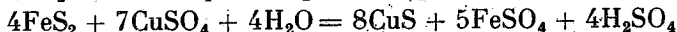
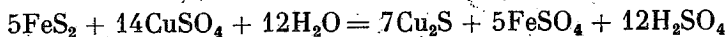
ὕδωρ πλησιάζει τὴν στάθμην τοῦ ὑπογείου ὕδατος, καθίσταται πτωχότερον εἰς O καὶ CO₂ καὶ ἐμπλουτίζεται εἰς διαλυτὰ προϊόντα ὀξειδώσεως, τὰ ὅποια ἀποθέτει εἰς τὴν ἐγγὺς τῆς στάθμης ταύτης περιοχὴν. Τὸ ὑπὸ τὴν ὑπόγειον



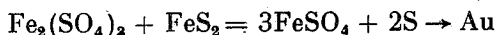
Σχ. 576

Τομὴ φλεβὸς μεταλλεύματος χαλκοῦ. Σ.Σ.=στάθμη ὑπογείου ὕδατος

στάθμην ὕδωρ στερεῖται O καθ' ὃ στάσιμῶν, τὰ ἐντὸς αὐτοῦ διαχέομενα διαλύματα ἀντιδρῶντα πρὸς τὰ σουλφίδια τὰ περιεχόμενα εἰς τὸ πρωτογενὲς κοίτασμα σχηματίζουν δευτερογενῆ σουλφίδια εἰς συγκέντρωσιν πολὺ μεγαλύτεραν τῆς τοῦ πρωτογενούς κοιτάσματος. Προκειμένου λ.χ. περὶ μεταλλεύματος χαλκοῦ σχηματίζονται δευτερογενῆ σουλφίδια, χαλκοσίνης (Cu₂S) καὶ κοβελίνης (CuS) κατὰ τὰς ἐξῆς ἀντιδράσεις:



Κατ' ἀνάλογον τρόπον σχηματίζονται ἐκ σιδηροπυρίτου περιέχοντος εἰς ἐλαχίστην ποσότητα χρυσὸν κοιτάσματα χρυσοῦ ἐκμεταλλεύσιμα. Ὁ σχηματιζόμενος κατὰ τὴν ὀξείδωσιν τοῦ σιδηροπυρίτου Fe₂(SO₄)₃ διαλύει τὸν Au καὶ τὸ διάλυμα εἰς τὴν ζώνην ἐμπλουτισμοῦ ἀντιδρῶν πρὸς τὸν πρωτογενῆ FeS₂ κατὰ τὴν ἐξίσωσιν



ἀποβάλλει τὸν διαλελυμένον χρυσόν.

Εἰς τὴν ζώνην αὐτὴν καλουμένην καὶ ζώνην «συμπήξεως» (Zementationszone) σχηματίζονται καὶ θειόαλατα.

Ἐκ τοῦ Ag₂S (ἀργυρίτου) καὶ τοῦ ἀντιμονίτου Sb₂S₃ ἡ σειρὰ:

5Ag₂S · Sb₂S₃ (στεφανίτης), 3Ag₂S · Sb₂S₃ (πυραργυρίτης), Ag₂S · Sb₂S₃ (μιαργυρίτης).

Ἐκ τοῦ γαληνίτου καὶ ἀντιμονίτου ἡ σειρά:

$5\text{PbS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$ (βουλανζερίτης), $2\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_2$ (ιαμεσονίτης), $\text{PbS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$ (ζιγκενίτης).

Ἐκ τῶν ορυκτῶν τῶν ὡς ἄνω σειρῶν δύο μόνον γειτονικά δύνανται νὰ συνυπάρχουν εἰς τὸ αὐτὸ κοίτασμα.

Διὰ τὰ φαινόμενα ὀξειδώσεως παίζουσι σημαίνοντα ρόλον αἱ ἡλεκτρογερτικαὶ δυνάμεις αἱ ἀναπτυσσόμεναι μετὰξὺ διαφόρων σουλφιδίων εὐρισκομένων ἐν ἐπαφῇ. Τὸ ἡλεκτροθετικώτερον συμπεριφέρεται ὡς εὐγενὲς ἔναντι τοῦ ἐτέρου, τὸ ὁποῖον ὀξειδοῦται.

Κατωτέρω παρέχεται ἡ ἡλεκτρογερτικὴ δύναμις, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν τινὰ τῶν συνηθεστέρων σουλφιδίων καὶ ὀξειδίων ἐν ἐπαφῇ πρὸς μεταλλικὸν χαλκὸν ἐντὸς ἀπεσταγμένου ὕδατος κατὰ σειρὰν μειουμένου δυναμικοῦ.

Μαρκασίτης (+0,37), Ἀργυρίτης (+0,27), Χαλκοπυρίτης (+0,18-0,30), Ἐναργίτης (+0,18-0,23), Μολυβδαινίτης (+0,20), Σιδηροπυρίτης (+0,18), Βορνίτης (+0,17), Γαληνίτης (+0,15), Χαλκοσίνης (+0,14), Αἰματίτης (+0,08-0,2), Κυπρίτης (+0,05), Μεταλλικὸς Cu (0,00), Ἀντιμόνιτης (-0,17-0,60), Σφαλερίτης (-0,20-0,40). Ἐκ δύο τῶν ὡς ἄνω ορυκτῶν ἐν ἐπαφῇ τὸ ἐπόμενον ἐν τῇ σειρᾷ ὀξειδοῦται.

Διὰ διαβρώσεως τοῦ ἐπιφανειακοῦ τμήματος μεταλλοφόρου φλεβὸς ἡ ζώνη ὀξειδώσεως μετατοπίζεται εἰς βαθύτερα σημεῖα καὶ δύνανται νὰ φθάσῃ καὶ αὐτὴν τὴν ζώνην συμπήξεως καὶ νὰ προκαλέσῃ ἔτι μεγαλυτέραν συμπίκνωσιν τοῦ μεταλλοφόρου ὑλικοῦ. Διὰ τοιαύτης διεργασίας εἶναι δυνατόν ὑλικόν, τὸ ὁποῖον εἰς τὴν ἀρχικὴν φλέβα ἦτο κατεσπαρμένον εἰς ἑκατοντάδας μέτρων βάθος, νὰ συγκεντρωθῇ εἰς κοίτασμα πάχους ὀλίγων μέτρων πλούσιον εἰς τὸ ὑλικόν τοῦτο.

Εἰς τοὺς παράγοντας τῆς χημικῆς ἀποσαθρώσεως περιλαμβάνονται καὶ τὰ προϊόντα τοῦ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτυσσομένου φυτικοῦ κόσμου. Κατὰ τὴν ἀποσύνθεσιν τῶν φυτικῶν λειψάνων, τὰ ὁποῖα παραμένουν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, σχηματίζοντα χουμικά ὀξέα, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀρκούντως ἰσχυρά, ὥστε νὰ ἐκδιώξουν τὸ CO_2 καὶ ἰσχυρότερα ἔτι ὀξέα ἀπὸ τὰς ἀνοργάνους ὀρυκτὰς ἐνώσεις διαλύοντα αὐτάς. Αἱ χουμικαὶ οὐσίαι ἐκτὸς τῆς διαλυτικῆς αὐτῶν ἱκανότητος ἰδίᾳ ἐπὶ σιδηρούχων καὶ μαγγανιούχων ἐνώσεων δροῦν καὶ ὡς προστατευτικὰ κολλοειδῇ τῶν ὑδροχυμάτων SiO_2 καὶ ὑδροξειδίων τοῦ Al. Ἐχουν ἐπίσης ἀναγωγικὴν ἱκανότητα καὶ ἐμποδίζουν τὴν ὀξειδωσιν ἐνώσεων τοῦ δισθενοῦς Fe πρὸς τρισθενῇ διατηροῦσαι αὐτάς ἐν διαλύσει καὶ ἐπιτρέπουσαι οὕτω τὴν μετανάστευσιν τῶν σιδηρούχων διαλυμάτων. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἔδαφος καλυπτόμενον ὑπὸ φυτικῶν λειψάνων ἀποχρωματίζεται, καθ' ὅσον τὰ ἀναπτυσσόμενα χουμικά ὀξέα διαλύουν τὰ σιδηρούχα συστατικά, εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλει τὸ ἐρυθρὸν αὐτοῦ χρῶμα.

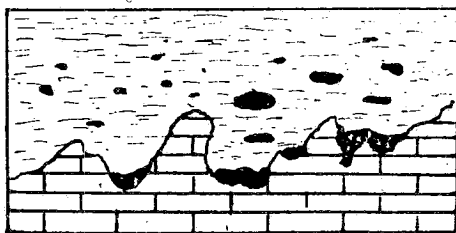
Διὰ τῶν διεργασιῶν χημικῆς ἀποσαθρώσεως τῶν πετρωμάτων εἶναι

δυνατόν νά προκύψουν ὑπὸ εἰδικᾶς συνθήκας εἰδικὰ κοιτάσματα ἐκμεταλλεύσιμα. Ὁ τρόπος τῆς συγκεντρώσεως τῶν στοιχείων ἐκ τῶν διαλυμάτων, τὰ ὁποῖα παρέχει ἡ ἀποσάθρωσις, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ πετρώματος καὶ τῶν κλιματικῶν συνθηκῶν. Εἰς κλίμα τροπικόν, ὅπου τὰς περιόδους πτώσεως ἀφθόνων βροχῶν διαδέχεται περίοδος ξηρασίας, κατὰ τὰς τελευταίας τὸ ὕδωρ μεταναστεύει τριχοειδῶς ἀπὸ τῆς ὑπογείου στάθμης πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ κατὰ τὴν ἐξάτμισίν του ἀποθέτει τὰ ἐν διαλύσει περιεχόμενα ὕλη καὶ ὡς ἐκπυκνώματα ἀλάτων, ἢ ἐπιφλοιώσεων ἀσβεστολίθου, πυριτίου λειμωνίου κ.λ.π. Ἀντιθέτως εἰς τὰ ὑγρὰ κλίματα τὸ ὕδωρ ἔχει σταθερὰν ροὴν πρὸς τὴν στάθμην τοῦ ὑπογείου ὕδατος καὶ ἐκπλύνον τὰ ἀνώτερα στρώματα μεταφέρει πρὸς τὰ κάτω ἐν διαλύσει ἄλλατα ἀλκαλίων καὶ ἀλκαλικῶν γαιῶν Fe, Mn, Ni, Cu κ.λ.π. καθὼς καὶ κολλοειδῆ ὑδρολύματα SiO_2 καὶ ὑδροξειδίων Al. Τὰ ὕλη καὶ τὰῦτα σχηματίζουν ἀποθέματα εἰς βαθύτερα σημεῖα εἴτε ἀπ' εὐθείας εἴτε δι' ἀντιδράσεως πρὸς ἄλλα διαλύματα ἢ καὶ διὰ μετασωματώσεως ἀσβεστολίθων, τοὺς ὁποίους κατερχόμενα συναντοῦν. Εἰδικαὶ συγκεντρώσεις δύνανται νά σχηματισθοῦν καὶ ἀπὸ τὰ ἐπὶ τόπου παραμένοντα κατὰ τὴν χημικὴν ἀποσάθρωσιν ἀδιάλυτα συστατικά. Ὁ σχηματισμὸς σημαντικῶν ἀποθεμάτων κατὰ τὰς διεργασίας αὐτὰς προϋποθέτει ὅτι αἱ εἰδικαὶ συνθήκαι, ὑπὸ τὰς ὁποίας συντελοῦνται, διατηροῦνται σταθερῶς αἱ αὐταὶ ἐπὶ μακρὰ χρονικὰ διαστήματα. Κατωτέρω περιγράφονται αἱ κυριώτεραι περιπτώσεις τοιούτων σχηματισμῶν.

α) *Καρστικὴ διάβρωσις.* Ἐκτεταμένα ἀσβεστολιθικά στρώματα εὐρισκόμενα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς ὑπόκεινται εἰς τὴν διαλυτικὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἐπιφανειακοῦ ὕδατος τοῦ περιέχοντος CO_2 . Τὸ ὕδωρ τοῦτο εἰσχωροῦν διὰ φυσικῶν ρωγμῶν ἐντὸς τοῦ πετρώματος τὰς διευρύνει διαλῶν αὐτό, διανοίγει ὁδοὺς ροῆς ἐντὸς τοῦ ἀσβεστολιθικοῦ σώματος καὶ μεγάλας σπηλαιώδεις κοιλότητας καὶ σχηματίζει ὑπογείους ποταμούς καὶ λίμνας. Ἐπιφανειακῶς, ὅπου ἡ τοπογραφικὴ διαμόρφωσις ἐπιτρέπει τὴν ἀπομάκρυνσιν τῶν ὑπολειμμάτων τῆς διαλύσεως, ὁ ἀσβεστόλιθος παρουσιάζει ἐπιφάνειαν ἀνώμαλον χαρακτηριστικὴν τῆς καρστικῆς διαβρώσεως. Ἀσβεστόλιθοι ἀργιλλομεγεῖς ἢ μαργαῖκοι καταλείπουν ὡς ὑπόλειμμα τῆς διαβρώσεως τὰ ἀδιάλυτα ἀργιλλικά συστατικά χρωματισμένα με ἐρυθρὸν χρῶμα ἀπὸ τὰ περιεχόμενα ὑδροξείδια σιδήρου. Τὰ ὕλη καὶ αὐτὰ παραμένοντα ἐπὶ τόπου, ὅπου ἡ τοπογραφικὴ διαμόρφωσις τὸ ἐπιτρέπει, σχηματίζουν στρώμα ἐρυθρᾶς γῆς, τῆς καλουμένης «terra rossa» καλύπτον τὸν ἀσβεστόλιθον. Τὸ ἐντὸς τοῦ ἀσβεστολιθικοῦ στρώματος ὑπογείως ρέον ὕδωρ πῖπτον στάγδην ἀπὸ τὴν ὁροφὴν ὑπογείων σπηλαίων ἀποβάλλει τὸ CO_2 καὶ ἀποθέτει ἀδιάλυτον CaCO_3 σχηματιζομένων οὕτω σταλακτιτῶν καὶ σταλαγμιτῶν.

Εἰς στρώματα terra rossa ἐπιφανειακά ὕδατα ἐμπλουτισμένά εἰς χουμικά ὕλη διαλύνουν τὸν περιεχόμενον σίδηρον. Τὰ σιδηροῦχα αὐτὰ διαλύματα

άντιδρώντα προς άσβεστούχα συστατικά της terra rossa αποβάλλουν δι' άντικαταστάσεως τον Fe ως λειμωνίτην υπό μορφήν φασιολοειδών συγκριμάτων φλοιώδους ύψης ή και μεγαλύτερων βόλων κατ' χώρους, ή κατεισδύονται μέχρι του άσβεστολιθικού υποβάθρου σχηματίζουν κατ' την έπαφην προς αυτόν επιφλοιώσεις πληρούσας καρστικές κοιλότητας (καρστικά μεταλλεύματα σιδήρου) (σχ. 577). Παρουσία Mn σχηματίζονται μαγγανιούχα δια-



Σχ. 577

Καρστικά αποθέματα λειμωνίτου

λύματα, εκ των οποίων δύνανται να σχηματισθούν καθ' όμοιον τρόπον καρστικά μεταλλεύματα Mn. Είς τοιαύτην διεργασίαν συνήθως τὸ Mn αποβάλλεται ταχύτερον τοῦ Fe διαχωριζόμενον οὕτως ἀπ' αὐτοῦ, πολλάκις ὅμως Fe καὶ Mn ἀποτίθενται ταυτοχρόνως σχηματίζομένων σιδηρομεταλλευμάτων πλούσιων εἰς Mn.

Σιδηρμεταλλεύματα καρστικοῦ τύπου ἀπαντοῦν εἰς τὸ Οὐράλια.

β) Αποσάθρωσις όρυζιλοπυριτικῶν ἐνώσεων. Καολίνωσις, λατερίωσις. Εἰς τὰ τροπικὰ κλίματα ἐξ ἀποσάθρωσεως πυριγενῶν καὶ κρυσταλλοσχιστωδῶν πετρωμάτων, γρανιτῶν καὶ γνευσίων, μαρμαρυγιακῶν σχιστολίθων, γάββρων, βασαλτῶν, σχηματίζονται ἐπὶ τόπου πετρώματα πλούσια εἰς ὕδροξείδια όρυλλίου, οἱ λατερίται. Εἰς φυσικὴν τομὴν λατεριτιωμένου πετρώματος (σχ. 578, διακρίνονται τρεῖς ζῶναι ὑπὲρ τὸ ἀναλλοίωτον πέτρωμα (α). Εἰς ἅμασον έπαφὴν πρὸς αὐτὸ ἀκολουθεῖ ζώνη πετρώματος ἀποχρωματισμένου (β) ἐξ ἀπωλείας τοῦ Fe, διατηροῦντος εἰσέτι τὴν ἀρχικὴν ὕψην καὶ ἀποτελουμένου ἀπὸ όρυζιλοπυριτικᾶς ενώσεις (Siallit). Ταύτης ὑπέρκειται ἡ ζώνη τοῦ λατερίτου (γ) ἀποτελουμένου κυρίως ἀπὸ ὕδροξείδια όρυλλίου (Allit) με πρόσμεζιν σιδηροξείδιων, τὰ όποῖα δίδουν εἰς τὸ πέτρωμα κίτρινον ὑπέρυθρον χρῶμα. Ἡ λατερικὴ ζώνη ἐπιστεγάζεται ἀπὸ σιδηροῦχον ἐπιφλοιῶσιν κυψελώδους ὕψης δ) ἀποτελουμένην ἀπὸ ὕδροξείδια Fe καὶ όρυζιλοπυριτικά ὕλη.

Ἡ λατεριτικὴ ἀποσάθρωσις περιορίζεται εἰς τροπικὰ κλίματα καὶ παλαιότερον λατερίται ἐσχηματίσθησαν ὑπὸ συνθήκας ἀναλόγου. Τὰ χουμικά

ὀξέα τὰ ἀναπτυσσόμενα εἰς τὸ ἔδαφος τροπικῶν δασῶν προσβάλλουν τὰς ἀργιλλοπυριτικὰς ἐνώσεις τοῦ ὑποκειμένου πετρώματος ἀφαιροῦντα ἀπ' αὐτῶν τὰς βάσεις καὶ σχηματίζοντα ὑδρολύματα SiO_2 καὶ ὑδροξειδίων Fe .



Σχ. 578

Τομή λατεριτωμένου πετρώματος κατὰ Walther

καὶ Al . Τὰ διαλύματα ταῦτα κατὰ τὴν ξηρὰν περίοδον μεταναστεύουν τριχοειδῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ σχηματίζουν βαθμιαίως δι' ἀποθέσεως τοῦ περιεχομένου των τὴν λατεριτικὴν ζώνην καὶ τὴν σιδηροῦχον ἐπιφλοίωσιν. Μὲ τὴν ἀπόθεσιν τῶν σιδηροῦχων ὑλικῶν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἢ βλάστησις ὑποχωρεῖ καὶ τελικῶς ἐξαφανίζεται σχηματιζομένου τοῦ σιδηροῦχου φλοιοῦ.

Εἰς τὰ ὑγρὰ κλίματα ἀντὶ λατεριώσεως γίνεται καολινώσις. Τὰ ὑδρολύματα SiO_2 καὶ ὑδροξειδίων Al δὲν ἀποχωρίζονται, ἀλλ' ἀντιδρῶντα μετὰ τῶν σχηματίζουν καολίνην. Ἡ καολινώσις προϋποθέτει ἀντίδρασιν ἰσχυρῶς ὀξινον καὶ ταύτῃν παρέχει ἐν προκειμένῳ ἢ παρουσία τῶν χουμικῶν ὀξέων. Τὰ ὑπὸ τὰ κοιτάσματα λιγνίτου πετρώματα εἶναι κατὰ κανόνα καολινωμένα. Τὰ διαλύματα μετακινοῦνται πρὸς τὴν στάθμην τοῦ ὑπογείου ὕδατος καὶ συναντῶντα εἰς βαθύτερα σημεῖα ἀσβεστοῦχον ὕδωρ ἢ περιέχον ὀξυγόνον ἀποβάλλουν τὸν περιεχόμενον Fe . Οὕτως ἀπόθεμα ἀντίστοιχον πρὸς τὴν σιδηρὰν ἐπιφλοίωσιν τῆς λατεριτικῆς ἀποσαθρώσεως δύναται νὰ σχηματισθῇ εἰς βάθος εἰς πλάκα πάχους 10-20 cm.

142. Σχηματισμὸς κοιτασμάτων βοξίτου. Οἱ βοξίται, τὸ κυριώτερον μέταλλευμα τοῦ ἀργιλίου, ἔχουν σύστασιν ἀνάλογον πρὸς τοὺς λατερίτας μὲ πολὺ ὀλιγωτέρας ξένας προσμίξεις. Ἀποτελοῦνται ἀπὸ διάσπορον ($\alpha\text{-AlOOH}$) ἢ βαιμίτην Boehmit ($\gamma\text{-AlOOH}$), ὕδραργιλίτην ($\text{Al}(\text{OH})_3$), ἁμορφα ὑδροξειδία ἀργιλίου καὶ προσμεζίξεις ὑδροξειδίων Fe καὶ εἰς μικρὰν ποσότητα SiO_2 .

Κοιτάσματά τινα βοξίτου ἐσχηματίσθησαν ἐκ λατεριτικῆς ἀποσαθρώσεως βασαλτῶν παλαιότερων γεωλογικῶν διαπλάσεων. Ἄλλα προέκυψαν διὰ διαλύσεως ἀργιλλομειγῶν ἢ μαργακῶν ἀσβεστολίθων, τῶν ὁποίων τὰ ἀργιλλοῦχα ὑπολείμματα ἔδωσαν γένεσιν εἰς τὰ μεταλλοφόρα κοιτάσματα

υποστάντα διεργασίαν ἀνάλογον πρὸς τὴν τῆς λατεριτινῆς ἀποθέσεως. Εἰς τὴν κατηγορίαν ταύτην ἀνήκουν τὰ κοιτάσματα τοῦ Baux τῆς Γαλλίας (ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα τοῦ μεταλλεύματος) καὶ τὰ τῆς Βαλκανικῆς χερσονήσου, ἐν οἷς πιθανῶς καὶ τὰ Ἑλληνικὰ (περιοχὴ Παρνασσοῦ - Γκιώνας, Οἶτης, Ἐλευσίνας, Εὐβοίας κ.λ.π.). Οἱ Ἑλληνικοὶ βωξίται ἀπαντοῦν ὑπὸ μορφὴν κοιτῶν ἢ φακοειδῶν ἐνστροφῶσεων ἐντὸς κοιλοτήτων παλαιοκρητιδικῶν ἀβεστολίθων, ἐκ τῶν ὁποίων δυνατὸν νὰ προέκυψαν ὡς προϊόντα κάρστικῆς διαβρώσεως, ὅπως δεικνύει ἡ ἀνώμαλος μορφή τῆς κάτω ἐπιφάνειας τῶν τῆς εἰς ἐπαφὴν πρὸς τοὺς ἀβεστολίθους τοῦτους. Ἡ ἄνω ἐπιφάνεια τῶν κοιτασμάτων εἶναι ὁμαλὴ ἐπιστεγαζομένη ἀπὸ ἀβεστολίθους τοῦ νεωτέρου κρητιδικοῦ. Κατ' ἄλλην ἐκδοχὴν οἱ ἑλληνικοὶ βωξίται προέκυψαν ἐκ κολλοειδῶν διαλυμάτων ἀργιλίου, τὰ ὁποῖα προῆλθον ἐκ τῆς ἀποσαθρώσεως ὀφειολιθικῶν πετρωμάτων (περιδοτιτῶν, σερπεντινῶν) καὶ μετακινήθεντα ἐκ τῆς ἀρχικῆς αὐτῶν πηγῆς ἀπέθεσαν τὰ περιεχόμενα ὑδροξείδια ὑπὸ φυσικοχημικὰς συνθήκας, αἱ ὁποῖαι ἠνύνησαν τὴν θρόμβωσίν των, εἰς ἣν θέσιν συναντῶνται σήμερον τὰ κοιτάσματα ταῦτα. Τὰ πετρώματα τὰ ὁποῖα ἔδωσαν γένεσιν εἰς τοὺς βωξίτας συνεπεία τεκτονικῶν μετακινήσεων εὐρέθησαν ἐπὶ μακρὸν χρονικὸν διάστημα εἰς χερσαίαν φάσιν, ὥστε νὰ ὑποστοῦν τὴν ἀποσάθρωσιν καὶ λοιπὰς διεργασίας διὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν ἐν λόγῳ κοιτασμάτων.

Ἡ περιεκτικότης εἰς Al_2O_3 κυμαίνεται μεταξὺ 50-61,5%, εἰς Fe_2O_3 ἀπὸ 16-32%, H_2O 10-13%, SiO_2 5-10% καὶ TiO_2 2,5-3%. Τὰ ἀποθέματα τῶν ἐν ἐκμεταλλεύσει Ἑλληνικῶν κοιτασμάτων ὑπολογίζονται εἰς 21.500.000 τόννους.

143. Μεταλλεύματα ἐξ ἀποσαθρώσεως περιδοτιτῶν καὶ σερπεντινῶν.

α) *Μεταλλεύματα σιδήρου.* Ὑπὸ συνθήκας ἀναλόγους πρὸς τὰς τοῦ σχηματισμοῦ βωξιτῶν προέκυψαν ἐξ ἀποσαθρώσεως σερπεντινῶν ἐπιφλοιώσεις σιδηρομεταλλεύματος εἰς ποσότητας ἐκμεταλλευσίμους. Τοιοῦτον κοίτασμα ἐν ἐκμεταλλεύσει ἀπαντᾷ εἰς Κούβαν ἐκτενόμενον ἐφ' ὁλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας τοῦ σερπεντινίου. Ἀξιόλογα κοιτάσματα χρωμιούχου λειμωνίτου ἀναλόγου γενέσεως ἀπαντοῦν ἐν Ἑλλάδι σχηματισθέντα ἐκ περιδοτιτῶν τῆς ἰουρασίου διαπλάσεως εἰς τὴν Ἀνατολικὴν Σπηρεάν Ἑλλάδα, καθ' ὃν χρόνον ἐσχηματίζοντο τὰ βωξιτικά κοιτάσματα τῆς περιοχῆς αὐτῆς. Ἡ παρουσία τοῦ χρωμίου ἐντὸς τοῦ μεταλλεύματος ὀφείλεται εἰς τοὺς πρωτογενεῖς κρυστάλλους χρωμίτου τοῦ περιδοτίτου. Τὰ βέβαια ἀποθέματα χρωμιούχου λειμωνίτου ὑπολογίζονται εἰς 8.000.000 τόννους μέσης περιεκτικότητος εἰς Fe 45-50%, τὰ πιθανὰ εἰς 79.000.000 τόννους.

β) *Κοιτάσματα μαγνησίτου.* Δι' ἐπιδράσεως ὕδατος περιέχοντος ἐν διαλύσει CO_2 ἐπὶ περιδοτιτῶν ὁ ὀλιβίνης μετατρέπεται εἰς σερπεντινὴν καὶ σχηματίζεται MgCO_3 . Οὗτος συγκεντροῦται ἐντὸς ρωγμῶν ὀλιγώτερον ἡλιοειμένου σερπεντινίου ὑπὸ μορφὴν φλεβῶν. Εἰς τὰ ἀνώτερα τμήματα

τοῦ σερπεντίνου μεταναστεύοντα διαλύματα SiO_2 καὶ σιδηροῦχα σχηματίζουν ἐρυθρὰν ζώνην ἀποσαθρώσεως ἐκ χαλκηδονίου ὀπαλίου καὶ σιδηροξειδίων. Τινὲς δέχονται ὅτι τὸ ἐπιδρῶν κατὰ τὴν ἀντίδρασιν αὐτὴν διάλυμα CO_2 δὲν εἶναι ἐπιφανειακὸν ἀλλ' ἐνδογενοῦς προελεύσεως. Ἐν Ἑλλάδι ἀπαντοῦν σημαντικὰ κοιτάσματα λευκολίθου εἰς τὴν Εὐβοίαν ὑπὸ μορφὴν φακῶν πάχους 20-30 μέτρων καὶ μήκους ἑκατοντάδων τινῶν μέτρων. Ἐπίσης εἰς φλέβας πάχους 3 μέτρων εἰς τὴν Μυτιλήνην, εἰς τὴν Χαλκιδικὴν (Βάβδον) κ.ἄ. Τὰ βέβαια ἀποθέματα Ἑλληνικῶν κοιτασμάτων λευκολίθου ὑπολογίζονται εἰς 1.100.000 τόννους, τὰ πιθανὰ εἰς 3.700.000 τόννους.

γ) *Κοιτάσματα γαρνιερίτου.* Εἰς τινὰς περιδοτίτας περιέχονται μικραὶ ποσότητες Ni ὡς ὑποκαταστάτου τοῦ Fe εἰς τὸν ὀλιβίνην. Κατὰ τὴν ἀποσάθρῳσιν τῶν σχηματίζονται ἀδιάλυτα κολλοειδῆ πηκτώματα πυριτικοῦ νικελίου, τὰ ὁποῖα μετὰ πυριτικοῦ Mg σχηματίζουν τὸν γαρνιερίτην, $(\text{Ni}, \text{Mg})_6 (\text{OH})_8 \text{Si}_4 \text{O}_{10}$, ἔνῳσιν ἰσότυπον πρὸς τὸν σερπεντίνην, ἣ προσφύονται διὰ προσροφήσεως ἐπὶ πετάλων ταλκικῶν προϊόντων ἀποσαθρώσεως τοῦ σερπεντίνου. Ἡ συγκέντρωσις τοῦ Ni δὲν γίνεται κατὰ τὴν σερπεντινίῳσιν, ἀλλὰ κατὰ τὴν μεταγενεστέραν αὐτῆς ἀποσάθρῳσιν τοῦ σερπεντίνου, κατὰ τὴν ὁποίαν σχηματίζεται ἐν ἀφθονίᾳ MgCO_3 καὶ κολλοειδὲς SiO_2 . Ἐκ τοῦ τελευταίου τούτου σχηματισμοῦ ἀπομακρύνεται διὰ διαλύσεως ὑπὸ τῶν ὑδάτων τῆς ἐπιφανείας τὸ MgCO_3 καὶ μέρος τοῦ SiO_2 καὶ ἀπομένει ἀφρώδης ὑπόλειμμα χαλαζίου καὶ σιδηροξειδίων ἐρυθροῦ χρώματος, ἐντὸς τῶν κοιλοτήτων τοῦ ὁποίου συγκεντρῶνται ἀποθέματα γαρνιερίτου. Τὰ κοιτάσματα γαρνιερίτου ἀποτελοῦν ἀξίαν λόγου πηγὴν Ni . Ὑπάρχουν τοιαῦτα εἰς τὴν Σικελίαν, τὴν Ὀρεγόνην, τὰ Οὐράλια, τὴν Νέαν Καληδονίαν. Ἐν Ἑλλάδι ἀπαντᾷ κοιτάσμα γαρνιερίτου εἰς τὴν Λάρυμναν. Πρόκειται κυρίως περὶ κοιτάσματος σιδηρομεταλλεύματος, τὸ ὁποῖον εἰς τὰ κατώτερα τμήματα αὐτοῦ καὶ εἰς πάχος 0,30-3 μέτρα ἔχει μέσση περιεκτικότητά εἰς Ni 2,25% ἀνερχομένην εἰς μεμονωμένα σημεῖα μέχρι καὶ 30%. Εἰς τὰ ἀνώτερα τμήματα τὸ κοιτάσμα γίνεται πτωχότερον εἰς Ni . Τὸ κοιτάσμα δὲν ἔχει εἰς τὴν ἄμεσον γειτονίαν αὐτοῦ τὸ μητρικὸν σερπεντινικὸν πέτρωμα, ἀλλ' εὐρίσκεται μεταξὺ ἀσβεστολιθικῶν στρωμάτων, τοῦ ὑποκειμένου αὐτοῦ ἰουρασικῆς τοῦ υπερκειμένου κρητιδικῆς ἡλικίας. Τὰ συστατικά του δὲν εἶναι αὐθιγενῆ, ἀλλὰ μετακομίσθησαν ἄλλοθεν. Τὰ βέβαια ἀποθέματα ὑπολογίζονται εἰς 400.000 τόννους μεταλλεύματος ἀντιπροσωπεύοντα 9.000 τόννους μεταλλικοῦ Ni , τὰ πιθανὰ εἰς ὑπερτριπλάσια.

144. Συγκεντρώσεις διὰ μηχανικῆς διαλογῆς τῶν προϊόντων ἀποσαθρώσεως. Τὰ ἀδιάλυτα προϊόντα ἀποσαθρώσεως κοιτάσματος μετακινοῦνται ὑπὸ τοῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ρέοντος ὕδατος τῶν ρυάκων καὶ ποταμῶν καὶ ἀποτίθενται εἰς χαμηλότερα σημεῖα εἰς τὰς ὄχθας ἢ εἰς τὰς ἐκβολὰς τῶν, ὅπου ἡ ταχύτης καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἡ μεταφορικὴ ικανότης τοῦ ὕδατος ἐλαττοῦται.

Κατά την διεργασίαν αὐτὴν συμβαίνει διαλογὴ τῶν ὑλικῶν, τὰ μεγαλύτερα τὸ μέγεθος καὶ τὰ μεγαλύτερου εἰδικοῦ βάρους ἀποτίθενται πλησιέστερον πρὸς τὸ πρωτογενὲς κοίτασμα, τὰ μικρότερα καὶ ἐλαφρότερα ἀπωτέρω. Οὕτως ἐκ πρωτογενοῦς κοιτάσματος περιέχοντος χρησίμους ἐνώσεις εἰς πολὺ μικρὰν περιεκτικότητά σχηματίζεται δευτερογενὲς κοίτασμα «προσχωματικόν» ἐκ τῶν μεταφερομένων ὑλικῶν ἐμπλουτισμένον εἰς τὸ ὄρυκτον τοῦτο. Ἐμπλουτισμὸς διὰ μηχανικῆς διαλογῆς συμβαίνει καὶ εἰς παράκτια κοιτάσματα ἐκτεθειμένα εἰς τὴν διαβρωτικὴν ἐπίδρασιν τῶν θαλασσίων κυμάτων.

Τοιούτης προελεύσεως κοιτάσματα ὑπάρχουν τῶν εὐγενῶν μετάλλων λευκοχρύσου καὶ χρυσοῦ, κασσιτερίτου, μοναζίτου, πολυτίμων λίθων κ.ἄ. ἀποτελοῦντα σήμαντικά ἀποθέματα ὄρυκτοῦ πλούτου. Τὰ ἐν ἐκμεταλλεύσει κοιτάσματα Pt τῶν Οὐραλίων ὀρέων εἶναι προσχωματικά, σχηματισθέντα ἐξ ἀποσπάρσεως δουνίτου. Ὅμοια εἶναι καὶ τὰ κοιτάσματα Pt τῆς Κολομβίας, τῆς Ἀλάσκας, τῆς Αἰθιοπίας καὶ τῆς Sierra Leone.

Μέχρι μέρος τῆς παγκοσμίου παραγωγῆς τοῦ χρυσοῦ (~20%) προέρχεται ἀπὸ προσχωματικά κοιτάσματα. Τινὰ τούτων εἶναι συγχρόνου ἡλικίας, ἄλλα εἶναι παλαιότερα καλυπτόμενα ἀπὸ μεταγενεστέρους σχηματισμούς. Εἰς τὴν Καλλιφορνίαν χρυσοφόρα στρώματα καλύπτονται ὑπὸ παχέων καλύμμάτων βασαλτικῆς λάβας. Τινὲς δέχονται ὅτι καὶ τὸ μεγαλύτερον κοίτασμα χρυσοῦ τῆς Γῆς, τὸ χρυσοφόρον κροκαλοπαγὲς τοῦ Transval, ἐσχηματίσθη ἐκ τῆς διαβρωτικῆς ἐπίδράσεως τῶν θαλασσίων κυμάτων, κατ' ἄλλους ὁ ἐμπλουτισμὸς εἰς χρυσὸν εἶναι μεταγενέστερος τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ κροκαλοπαγῶς ὀφειλόμενος εἰς διαλύματα.

Τὸ μεγαλύτερον ποσὸν τῆς παραγωγῆς κασσιτερίτου (~56%) εἰς τὴν Μαλαικὴν χερσόνησον, τὴν Βερμανίαν, τὴν Ταϊλάνδην, τὴν Ἰνδονησίαν προέρχεται ἀπὸ δευτερογενῆ κοιτάσματα ἐξ ἀποσπάρσεως κασσιτερούχων πετρωμάτων. Δευτερογενῆ κοιτάσματα εἶναι ἐπίσης ἡ κυριώτερα πηγὴ μοναζίτου εἰς τὸ Travancore τῶν Ν.Δ. Ἰνδιῶν· εἶναι παράκτια ἀποθέματα ἄμμου μὲ μέσην περιεκτικότητά εἰς μοναζίτην ((Ce, La, Di)PO₄) 5% φθάνουσιν εἰς τινὰς περιοχὰς καὶ 50%.

Κατὰ τὴν καολινικὴν ἀποσπάρωσιν ὁ σχηματιζόμενος καολίνης εἶναι ἀνάμεικτος μὲ γηλαζίαν. Διὰ τῆς μεταφορικῆς ἐπίδράσεως τοῦ ὕδατος ἐπέρχεται διαχωρισμὸς τῶν συστατικῶν αὐτῶν. Τὰ καολινικά πέταλα κατ' ὃ ἐλαφρότερα ἀπομακρύνονται παρασυρόμενα ὑπὸ τοῦ ὕδατος καὶ σχηματίζουν μακρὰν τοῦ πρωτογενοῦς κοιτάσματος ἀποθέματα ἐκμεταλλεύσιμα. Κοιτάσματα οἰκονομικῆς σημασίας προκύπτουν ἐπίσης ἀπὸ πετρώματα περιέχοντα συστατικὰ εἰς μικρὰν ποσότητα κατεσπαρμένα ἐντὸς αὐτῶν δι' ἀπομακρύνσεως τῶν ἐλαφρότερων συστατικῶν τοῦ πετρώματος καὶ παραμονῆς ἐπὶ τόπου τῶν βαρύτερων. Οὕτως ἀπὸ πρωτογενῆ σιδηροῦχα ἀποθέματα καρστικοῦ τύπου προκύπτει δι' ἀπομακρύνσεως τῶν ἀργιλλωδῶν συστατικῶν ἔγινεν ἐμπλουτισμὸς

τοῦ πρωτογενοῦς κοιτάσματος καταλειφθέντων τῶν σιδηρούχων συγκριμάτων.

145. Συγκεντρώσεις διὰ καθιζήσεως ἐκ τῶν ἐν διαλύσει μεταφερομένων ὑλικῶν. Τὰ συστατικά τὰ ὁποῖα περιέχει ἐν διαλύσει τὸ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ρέον ὕδωρ ἐκ τῆς ἀποσαθρώσεώς τῶν πετρωμάτων εἶναι κύριως ἀνθρακικά, χλωριούχοι καὶ θεικὰ ἐνώσεις τῶν ἀλκαλίων τοῦ ἀσβεστίου καὶ τοῦ μαγνησίου. Διὰ τῆς συνεχοῦς ἐκπλύσεως τῆς χέρσου ὑπὸ τῶν ρεόντων ὑδάτων τεράστια ποσὰ ὑλικῶν ἀποσπῶνται ἀπ' αὐτῆς μεταφερόμενα εἰς τὰς θαλάσσας. Μετρήσεις ἐπὶ τοῦ ἐτησίως μεταφερομένου ὑλικοῦ ὑπὸ τοῦ ποταμοῦ Ἑλβα ἔδωσαν τὰ ἑξῆς ποσά: Ἐπὶ ἐτησίας παροχῆς 9.500 ἐκμ. κυβ. μέτρων ὕδατος μετακομίζονται 776 ἐκμ. kg ὑλικῶν ἐν αἰωρήσει καὶ 754 ἐκμ. kg ἐν διαλύσει. Τῶν ἐν διαλύσει ὑλικῶν ἡ σύστασις εἶναι εἰς ἑκατομῦρια χιλιόγραμμα: CaO 66, MgO 49, K₂O 36,5, Na₂O 69,9, Cl 83, H₂SO₄ 120, P₂O₅ 1,5. Τὰ ὕδατα τῶν ποταμῶν περιέχουν εἰς μεγαλυτέραν ποσότητα CaCO₃. Ἀκολουθοῦν κατὰ σειρὰν μειουμένης περιεκτικότητος τὰ CaSO₄, NaCl, MgSO₄, καὶ MgCO₃.

Ἡ σύστασις τῶν χερσαίων συγκεντρώσεων ὑδάτων ποικίλλει κατὰ περιοχὰς ἀναλόγως τῆς συστάσεως τῶν πετρωμάτων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποκομίζονται τὰ ἐν διαλύσει ὑλικά, ἢ καὶ ἐκ τῆς προσθήκης προϊόντων ἐνδογενοῦς προελεύσεως (βοριοῦχοι λίμναι). Εἰς τινας περιπτώσεις λόγῳ ἐντόνου ἐξατμίσεως ἡ συγκέντρωσις τῶν ἐν διαλύσει ἀλάτων εἶναι σημαντική. Τὰ ὕδατα τῆς Νεκρᾶς θαλάσσης πυκνότητος 1,236 περιέχουν 25,1% ἅλατα, τῶν ὁποίων ἡ ἑκατοστιαία σύστασις εἶναι Cl = 68%, Mg = 16,75, Na = 10, K = 1,8, Br = 1,75, Ca = 1,6.

Εἰς πολλὰ σημεῖα τῆς Γῆς (Σιβηρία, Μαντζουρία, Περσία, Ἀρμενία, Μεξικόν, Β. Ἀφρική κ.ἄ.) ὑπάρχουν ἄλμυραὶ λίμναι, τῶν ὁποίων τὸ ὕδωρ περιέχει χλωριούχον καὶ ἀνθρακικὸν νάτριον. Δι' ἐξατμίσεως τοῦ ὕδατος αὐτῶν ὑπὸ κατάλληλον θερμοκρασίαν ἀποβάλλεται σόδα χάρις εἰς τὴν διαφορὰν τῶν καμπύλων διαλυτότητος τῶν δύο ἀλάτων. Ἀπαντῶνται ἐπίσης πηγαὶ καὶ μικραὶ λίμναι, τῶν ὁποίων τὸ ὕδωρ ἔχει γεῦσιν πικρὰν ὀφειλομένην εἰς περιεχόμενον ἐντὸς αὐτῶν ἐν διαλύσει MgSO₄, προερχόμενον ἀπὸ μαγνησιοῦχα πετρώματα, ἰδίᾳ σερπεντίνας, Ὑπόγεια ὕδατα συναντῶντα κατὰ τὴν διαδρομὴν αὐτῶν εἰδικὰ κοιτάσματα ἐμπλουτίζονται εἰς συστατικά τῶν κοιτασμάτων αὐτῶν. Συνηθέστατον συστατικὸν τῶν ὑδάτων ὑπογείων μεταλλευτικῶν ἐργασιῶν εἶναι τὸ Fe₂(SO₄)₃, προερχόμενον ἀπὸ τὴν ὀξείδωσιν τοῦ σιδηροπυρίτου, ὁ ὁποῖος σχεδὸν πάντοτε συνοδεύει τὰ ἀποθέματα σουλφιδίων. Τῶν ὑδάτων τῶν θερμῶν πηγῶν ἡ περιεκτικότης εἰς διάφορα ἅλατα ὀφείλεται εἴτε εἰς εἰδικὰ κοιτάσματα, συστατικά τῶν ὁποίων κατὰ τὴν διαδρομὴν τῶν διαλύουν, εἴτε εἰς ὑδροθερμικὰ διαλύματα μαγματικῆς προελεύσεως. Χημικὰ συστατικά ἀπαντῶντα εἰς τὰ ὕδατα θερμῶν πηγῶν εἶναι ἀλάλα NH₄, Mg, Ca, Ba, Fe, Mn, Al, Cl, Br, J, PO₄, AsO₄, SiO₄, H₂S, NO₃, CO₂, ὀργανικὰ καὶ ἐνώσεις.

Τὸ ὕδωρ τῶν ὠκεανῶν περιέχει 3,5% ἅλατα ἐν διαλύσει μὲ τὴν ἐξῆς ἐκχτοστιαίαν σύστασιν $\text{Na} = 31\%$, $\text{K}_2\text{O} = 9$, $\text{Ca} = 1,1$, $\text{Mg} = 3,7$, $\text{Cl} = 55,3$, $\text{SO}_4 = 7,9$. Κατ' ἀντίθεσιν πρὸς τὰ ὕδατα τῆς χέρσου ἡ περιεκτικότης τοῦ θαλασσίου ὕδατος εἰς ἀνθρακικά ἅλατα εἶναι πολὺ μικρά. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ πλεῖστον τοῦ CaCO_3 ἀπομακρύνεται ἐκ τοῦ διαλύματος δι' ἱζηματογενέσεως κυρίως βιογενοῦς. Μερικὴ ἀποβολὴ CaCO_3 συντελεῖται χημικῶς. Τὸ CaCO_3 εἶναι ὀλίγον διαλυτὸν εἰς καθαρὸν ὕδωρ (0,03%), εἰς ὕδωρ ὅμως ἐμπλουτισμένον εἰς CO_2 ἡ περιεκτικότης δύναται νὰ φθάσῃ 1,2% καθ' ὅσον σχηματίζεται τὸ περισσότερον διαλυτὸν ὄξινον ἅλας $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Μειουμένης τῆς περιεκτικότητος εἰς CO_2 ἡ διαλυτικὴ ἱκανότης τοῦ ὕδατος ἐλαττοῦται καὶ ἀποβάλλεται οὐδέτερον CaCO_3 . Τοιαύτη μείωσις τῆς περιεκτικότητος τοῦ θαλασίου ὕδατος εἰς CO_2 συμβαίνει, ὅταν ἡ θερμοκρασία του ἀνέρχεται, ὁπότε δύναται νὰ ἀποτεθῇ ἱζημα CaCO_3 . Περὶ τοῦ τρόπου σχηματισμοῦ τῶν ὠολιθικῶν ἀσβεστολίθων ἐγένετο ἤδη λόγος εἰς τὴν σελίδα 494. Ὄολιθικοὶ σχηματισμοὶ ἀπαντοῦν καὶ εἰς εἰδικὰ κοιτάσματα λ.χ. λειμωνίτου, ἐνίοτε καὶ βωξιτῶν.

Εἰς ἱζηματογένεσιν CaCO_3 κυρίως βιογενῇ ἐντὸς τοῦ πυθμένος θαλασσῶν πλαιοτέρων γεωλογικῶν διαπλάσεων ὀφείλεται ὁ σχηματισμὸς σημαντικῶν εἰς ἔκτασιν καὶ πάχος ἀσβεστολιθικῶν στρωμάτων.

Πλὴν τῶν ἀσβεστολιθικῶν πετρωμάτων ἐσχηματίσθησαν ἐκ τῶν ἐν διαλύσει ἐντὸς τοῦ θαλασσίου ὕδατος περιεχομένων ὕλικῶν καὶ εἰδικὰ κοιτάσματα οἰκονομικῆς σημασίας. Εἰς τὴν κατηγορίαν αὐτὴν πρέπει νὰ κατατάξωμεν τὰ χημικὰ ἱζηματα τὰ σχηματισθέντα δι' ἐξατμίσεως τοῦ ὕδατος κλειστῶν θαλασσίων λεκανῶν, αἱ ὁποῖαι εὐρέθησαν ἐπὶ μακρὰν χρονικὴν περίοδον ὑπὸ συνθήκας θερμοῦ καὶ ξηροῦ κλίματος. Δι' ὠρισμένον βαθμὸν συμπυκνώσεως ἤρχισεν ἡ ἀπόθεσις τοῦ μᾶλλον δυσδιαλύτου συστατικοῦ, τοῦ CaSO_4 , ὑπὸ μορφὴν γύψου καὶ ἀνυδρίτου. Προϊούσης τῆς ἐξατμίσεως ἐπηκολούθησεν ἡ ἀπόθεσις τοῦ ὀρυκτοῦ ἁλατος (NaCl) καὶ κρτόπιν τῶν χλωριούχων καὶ θεικῶν ἐνώσεων K καὶ Mg σχηματισθέντων τῶν ὀρυκτῶν καρναλλίτου (KCl , $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), καϊνίτου ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) καὶ συλβίνου (KCl) καὶ ἄλλων ἐνώσεων εἰς μικροτέραν ποσότητα. Ἡ ἀποβολὴ τῶν λίαν ὑγροσκοπικῶν αὐτῶν ἁλάτων προϋποθέτει κλίμα ἐκτάκτως ξηρὸν καὶ θερμὸν, διὰ τὸν λόγον αὐτὸν καὶ ἐν μόνον ἄξιον λόγου κοίτασμα τῶν ἁλάτων αὐτῶν ἐσχηματίσθη καθ' ὅλην τὴν γεωλογικὴν ἱστορίαν, τὸ τῆς λεκάνης τῆς Stassfurt (Β. Γερμανία). Ὁ σχηματισμὸς τοῦ κοιτάσματος αὐτοῦ ἔχοντος πάχους ὑπὲρ τὰ 200 m δὲν δύναται νὰ ἐρμηνευθῇ ἀπλῶς ὡς ἀποτέλεσμα ἐξατμίσεως, διότι τὸ βάθος τῆς θαλάσσης, τὸ ὅποion θὰ ἐδικαιολόγει τοιοῦτου πάχους ἀποθέματα, ἔπρεπε νὰ ὑπερβαίη τὰς 6.000 m. Μία εὐλόγοφανὴς ἐρμηνεία εἶναι ἡ ἐξῆς. Ἡ θάλασσα, ἐξ ἧς προέκυψαν τὰ κοιτάσματα ταῦτα, παρουσίαζεν εἰς τὸν βυθὸν αὐτῆς βαθυτέρας κοιλότητας, ἐντὸς τῶν ὁποίων συνεκεντρώθησαν τὰ συμπτυ-

κνωθέντα ἐκ τῆς ἐξατμίσεως ὕδατα, καθ' ὅσον ἀπесύροντο ἀπὸ τὰς ἐκτάσεις, τὰς ὁποίας ἀρχικῶς ἐκάλυπτον. Μία ἄλλη ἐρμηνεία προϋτάθη στηριχθεῖσα εἰς παρατηρήσεις ἀποθέσεως ἀλάτων εἰς τὸν κόλπον Karabugas τῆς Κασπίας θαλάσσης (σχ. 579).



Σχ. 579

Ὁ κόλπος Karabugas τῆς Κασπίας

Ὁ κόλπος σχηματίζει ρηχὴν λεκάνην, ἥ ὁποία συγκοινωνεῖ μὲ τὴν ἀνοικτὴν θάλασσαν μὲ στενὸν λαιμὸν ἐπὶ τι χρονικὸν διάστημα. Διακοπτομένης τῆς συγκοινωνίας τὸ ἐντὸς αὐτῆς ὕδωρ ἐξατμίζεται καὶ ἀποθέτει τὰ ἐν διαλύσει ἅλατα εἰς τὸν πυθμένα. Ἐπαναλαμβανομένης τῆς διεργασίας αὐτῆς συγκεντροῦται εἰς τὸν πυθμένα μεγάλη ποσότης ἀλάτων. Τὰ ἀρχικῶς ὀριζόντια στρώματα τῶν ἀλάτων τῆς λεκάνης τῆς Stassfurt ὑποστάντα κατὰ χώρους τὴν ἐπίδρασιν τεκτονικῶν πιέσεων τοῦ στερεοῦ φλοιοῦ ἐπτυχώθησαν ἐντονώτατα καὶ λόγῳ τῆς ἐξαιρετικῆς αὐτῶν πλαστικότητος εἰσέδυσαν ἀνοδικῶς εἰς ἀσθενῆ σημεῖα τοῦ φλοιοῦ, καθ' ὃν τρόπον εἰσδύει λίαν ἱζῶδες μάγμα, σχηματίζοντα ὑπογείους θόλους καὶ σωληνοειδῆ κοιτάσματα. Εἰς ταυτέτην συγκέντρωσιν ὀφείλεται τὸ παρατηρούμενον εἰς τινὰς περιοχὰς πᾶχος τοῦ κοιτάσματος, ὑπερβαῖνον τὰ 1.000 μέτρα.

Ἰδιαίτεράν σημασίαν διὰ τὴν κυκλοφορίαν διαλυμάτων σιδηρούχων ἔχουν αἱ χουμικαὶ οὐσίαι τοῦ ἐδάφους μὲ τὰς ἀναγωγικὰς τῶν ιδιότητεσ, καθόσον ἐπιτρέπουν τὴν μετατόπισιν διαλυμάτων μὲ δισθενῇ ἰόντα σιδήρου εἰς ἱκανὴν ἀπόστασιν ἐμποδίζοντα τὴν ὀξείδωσιν των. Εἰς τυρφώδη ἔλη ἀποβάλλεται εἰς τὸν πυθμένα των λευκὸν τυρφῶδες ἑζήμα FeCO_3 , ἐνῷ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τὸ διάλυμα ὀξειδουταὶ ἀποβαλλομένου κιτρίνου $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ὑπὸ μορφὴν ἀφρώδους μάζης. Σύγχρονος γένεσις σιδηρούχου μεταλλεύματος συμβαίνει εἰς τὴν Φινλανδίαν. Τὸ ὕδωρ τῶν λιμνῶν αὐτῆς περιέχον ἐν διαλύσει $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ κατὰ τὴν διάχυσιν του εἰς τὴν θάλασσαν προσλαμβάνει ὀξυγόνον καὶ ὁ ἐν διαλύσει περιεχόμενος Fe ὀξειδούμενος δίδει σπαιροειδῆ συγκρίματα ὕδροξειδίων Fe

ἥ καὶ δισκοειδῆ μεγέθους μικροῦ νομίσματος. Τὸ ὕλικόν συλλέγεται διὰ βυθόκρου ἀνανεούμενον μετὰ πάροδον ἐτῶν.

Ἰζηματογενῆ μεταλλεύματα σιδήρου ἀπαντοῦν πολλαχοῦ τῆς Γῆς. Ἡ κυριωτέρα πηγὴ Fe τῆς Ἀγγλίας εἶναι λευκὸν σιδηρομετάλλευμα φολιθικοῦ τύπου ἀποτελούμενον ἀπὸ σιδηρίτην καὶ χαμοσίτην $[(Fe'', Fe''')_3(OH)_2(AlSi_3O_{10}) \cdot (Fe, Mg)_3(OOH)_6]$ ἀργιλλοπυριτικὴν ἔνωσην Fe καὶ Mg φυλλομόρφου δομῆς. Ἰζηματογενῆ εἶναι ἐπίσης τὰ μεγαλύτερα κοιτάσματα σιδήρου τῆς Ρωσσίας εἰς τὸ Krivoi Rog τῆς Οὐκρανίας, διὰ τὰ ὅποια δέχονται ὅτι ἐσχηματίσθησαν διὰ συγκεντρώσεως ἐντὸς εὐρείας λεκάνης κολλοειδῶν διαλυμάτων σιδηρούχων, ἐξ ὧν ἀπεβλήθη ἀνθρακικός καὶ πυριτικός σίδηρος μετατραπείς βραδύτερον εἰς αἰματίτην. Τὸ μεγαλύτερον κοίτασμα σιδήρου τοῦ κόσμου τοῦ «μινέτου» τῆς Ἀλσατίας καὶ Λωρραίνης ἐσχηματίσθη καὶ αὐτὸ δι' ἰζηματογενέσεως. Εἶναι φολιθικὸν ἀποτελούμενον ἀπὸ λεπτοὺς κόκκους σιδηρίτου καὶ αἰματίτου μετατρεπέντων δι' ὀξειδώσεως εἰς λειμωνίτην.

Ἰζηματογενῆ ἀποθέματα σουλφιδίων εἶναι λίαν διαδεδομένα εἰς ταυτόχρονον ἀπόθεσιν κλαστικοῦ ὕλικου ὑπὸ μορφῇν ἰλῶς, ἐντὸς τῆς ὁποίας εὐρίσκονται τὰ σουλφίδια ὁμογενῶς καταμερισμένα. Ἐκ τοιούτων ἰζημάτων προσέκυψαν οἱ στυπτηριακοὶ σχιστόλιθοι, ἐκ τῶν ὁποίων παλαιότερον διὰ πυρώσεως καὶ ἐκχυλίσσεως παρελαμβάνετο ἡ στυπτηρία. Ἡ τοιαύτη ἰζηματογένεσις εἰς ὀλίγας περιπτώσεις ἔδωκε γένεσιν εἰς κοίτασματα μὲ οἰκονομικὴν σημασίαν. Τὸ πλεῖστον τῶν περιεχομένων σουλφιδίων (99%) εἶναι FeS_2 , ἐνίοτε ἀπαντοῦν σουλφίδια καὶ ἄλλων μετάλλων. Ἐν ἐκμεταλλεύσει κοίτασμα τοιαύτης προελεύσεως εἶναι ὁ χαλκοῦχος σχιστόλιθος τοῦ Mansfeld, βιτουμένουχον μαργαϊκὸν πέτρωμα περμικῆς ἡλικίας πάχους περὶ τὰ 90 cm, ἐκτείνόμενον καθ' ὅλην τὴν Μέσην Γερμανίαν.

Εἰς τὴν ἰζηματογένεσιν τῶν σουλφιδίων συνέβαλε πλὴν ἄλλων καὶ τὸ παραγόμενον ὕδρθειον κατὰ τὴν σήψιν λευκιωματούχων οὐσιῶν θαλασσίων ζωϊκῶν ὀργανισμῶν. Περὶ τοῦτου μαρτυρεῖ ἡ συχνὴ ἐμφάνισις ἐντὸς βιτουμένουχων στρωμάτων ἀπολιθωμάτων, τὰ ὅποια ἔχουν FeS_2 ὡς ὕλικόν ἀπολιθώσεως. Ἡ ἀποσύνθεσις τελεῖται δι' ὀξειδώσεως τῶν ὀργάνικων λειψάνων ὑπὸ τοῦ ἐν διαλύσει ἐντὸς τοῦ θαλασσίου ὕδατος περιεχομένου ὀξυγόνου μετὰ τὴν μεσολάβησιν σήψιγόνων βακτηριδίων. Εἰς κλειστάς θαλάσσας, ὅπου ἡ ἀνανέωσις τοῦ ὀξυγόνου δυσχεραίνεται, ἀπὸ τινος βάθους καὶ ἐφεξῆς τὸ ὕδωρ τῆς θαλάσσης στερεῖται ὀξυγόνου. Εἰς τὴν Μαύρην θάλασσαν τὸ βάθος τοῦτο κυμαίνεται μεταξὺ 190-240 m. Κάτω τοῦ βάθους τούτου ἀναπτύσσονται ἀναερόβια βακτήρια ἀποθειοῦντα, τὰ ὅποια ἔχουν τὴν ἱκανότητα νὰ ἀνάγουν τὰ ἐν διαλύσει περιεχόμενα θεικὰ ἄλαττα διὰ νὰ προσλάβουν ὀξυγόνον. Κατὰ τὴν διεργασίαν αὐτὴν ἀναπτύσσεται ὕδρθειον, τὸ ὁποῖον προστίθεται εἰς τὸ ἐκ τῆς ἀποσυνθέσεως τῶν ὀργάνικων λειψάνων προκύπτον πρὸς καθίζησιν σουλφιδίων τῶν βαρέων μετάλλων. Μεταξὺ τῆς περιοχῆς ἀναπτύξεως τῶν

αποθειούντων βακτηρίων, και της περιεχούσης δξυγόνον αναπτύσσονται τὰ θειοβακτήρια, τὰ ὁποῖα παραλαμβάνοντα H_2S προσερχόμενον ἀπὸ τὴν βαθυτέραν ζώνην τῶν ἀποθειούντων τὸ δξειδώνουν με δξυγόνον προσερχόμενον ἀπὸ τὴν ἀνωτέραν ζώνην σχηματίζοντα H_2SO_4 . Τὸ δξὺ τοῦτο ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τοῦ ἐν τῷ (κλασσίῳ ὕδατι περιεχομένου ἀσβεστίου καὶ ἀποτίθενται κρυστάλλια γύψου. Εἰς τὴν ἰλὺν τῆς ζώνης τῶν θειοβακτηρίων δὲν ἀπαντᾶται $CaCO_3$, ἀλλὰ κρυστάλλια θειικῶν ἀλάτων.

Εἰς τὴν δρᾶσιν τῶν θειοβακτηρίων ἀποδίδεται καὶ ὁ σχηματισμὸς ὠρισμένων κοιτασμάτων αὐτοφουῶς θείου. Ἐπὶ ἀτελοῦς δξειδώσεως τοῦ H_2S κατὰ τὰς λειτουργικὰς διεργασίας τῶν μικροοργανισμῶν αὐτῶν ἀποβάλλεται θεῖον, τὸ ὁποῖον συγκεντροῦται ἐντὸς τοῦ πρωτοπλάσματός των ὑπὸ μορφήν μικροσκοπικῶν σφαιριδίων. Διὰ καθιζήσεως τῶν λειψάνων τῶν μικροοργανισμῶν σχηματίζεται θειοῦχος ἰλύς. Ὡς τοιαύτης προσελεύσεως θεωροῦνται τὰ δύο μεγαλύτερα κοιτάσματα αὐτοφουῶς θείου τὸ τοῦ Texas τῶν Ἠνωμένων Πολιτειῶν καὶ τὸ τῆς Σικελίας (Girgenti). Τὸ κοιτάσμα τοῦ Texas ὑπὸ μορφήν στρώματος πάχους 25-30 m ἀπαντᾶται ἐντὸς στρωμάτων γύψου συνδεομένων με κοιτάσμα ὀρυκτοῦ ἑλατος. Ὁμοίως τὸ κοιτάσμα τοῦ Girgenti ἀπαντᾶται ἐντὸς γυψούχων στρωμάτων. Ἡ σύνδεσις τῶν κοιτασμάτων αὐτῶν θείου με θαλασσογενῆ ἰζήματα θειικῶν ἀλάτων συνηγορεῖ ἰσχυρῶς ὑπὲρ τῆς ἐκδοχῆς τοῦ σχηματισμοῦ των τῇ συνδρομῇ μικροοργανισμῶν ὡς ἀνωτέρω ἐξετέθη.

146. Βιογενῆ εἰδικὰ κοιτάσματα. Ἐκ τῶν εἰδικῶν κοιτασμάτων, εἰς τὸν σχηματισμὸν τῶν ὁποίων συνέβαλεν ὁ ἔμβιος κόσμος, τὰ σπουδαιότερα εἶναι τὰ κοιτάσματα φωσφορίτου καὶ τὰ τῶν ὀρυκτῶν ἀνθράκων καὶ ὕδρογονανθράκων.

Ἐκτὸς τῶν εἰδικῶν συγκεντρώσεων P εἰς ὠρισμένα σημεῖα τῆς Γῆς εἰς ἀπατίτους πετρωματίτας εἰς ποσότητας οἰκονομικῆς σημασίας ὁ ἀπατίτης ἀπαντᾶται εἰς μικροσκοπικοὺς κρυστάλλους εἰς λίαν μικρὰς ποσότητας ὡς ἐπουσιῶδες συστατικὸν τῶν πλείστων πυριγενῶν πετρωμάτων. Ὁ ἀπατίτης, καθ' ἑαυτὸν ἀδιάλυτος εἰς τὸ ὕδωρ, διαλύεται εἰς ὄξινον περιβάλλον ὡς ὄξινον φωσφορικὸν ἀσβέστιον. Κατὰ τὴν ἀποσάθωσιν τῶν πυριγενῶν πετρωμάτων μέρος τοῦ περιεχομένου ἀπατίτου διαλύεται καὶ τὸ διάλυμα ἀπορροφούμενον ἐκ τοῦ ἔδαφους ὑπὸ τῶν φυτῶν εἰσάγει τὸν P εἰς κυκλοφορίαν εἰς τὸν ἔμβιον κόσμον, τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖ ἀπαραίτητον συστατικόν. Ἡ τέφρα τῶν σιτηρῶν ἀποτελεῖται κατὰ 30-59% ἀπὸ φωσφορικὰς ἐνώσεις, τὰ ὅσα τῶν σπονδυλωτῶν κατὰ 60% ἐκ μικροκρυσταλλοφουῶς ἀπατίτου, ἀλλὰ καὶ πλεῖστα ὄργανα καὶ ὕγρα τοῦ ζῶντος ὀργανισμοῦ περιέχουν P εἰς σημαντικὴν ποσότητα. Συγκέντρωσις λειψάνων τῶν ἐμβίων ὄντων, ὡς ὀστῶν σπονδυλωτῶν, κελυφῶν κεφαλαιπόδων πινῶν, ἀλλὰ καὶ τῶν μαλακῶν μερῶν τοῦ ὀργανισμοῦ των ἢ προϊόντων τῆς βιολογικῆς των λειτουργίας δύναται νὰ δώσῃ γένεσιν εἰς φω-

σφοροῦχα κοιτάσματα. Συσσώρευσις ὁστῶν ἢ κογχυλίων ἔγινεν εἰς στρώματα πολλῶν μέτρων πάρχους ὑπὸ χερσαίων ρευμάτων εἰς κοιλάδας ἢ ὑπὸ θαλασσίων ρευμάτων ἢ τῶν θαλασσίων κυμάτων εἰς παράκτια τμήματα τῆς χέρσου ἰδίᾳ εἰς κλειστοὺς κόλπους. Εἰς τινὰ σημεῖα τοῦ Ἰνδικοῦ Ὠκεανοῦ ἀποτίθεται εἰς τὸν πυθμένα φωσφοροῦχος ἱλύς, ἡ ὁποία ἐσχηματίσθη κατὰ τὴν ἀποσύνθεσιν λευφάνων ὀργανικῶν τοῦ πλαγκτοῦ, εἰς ἃ σημεῖα ἡ συνάντησις θερμῶν με ψυχρὰ ρεύματα προσέκλυσεν ἀθρόον τὸν θάνατον τῶν ὀργανισμῶν. Μία ἄλλη πηγὴ φωσφόρου εἶναι τὰ στρώματα τοῦ «γουανό», τὰ ὁποῖα ἐσχηματίσθησαν ἀπὸ τὴν κόπρον ἰχθυοβόρων θαλασσίων πτηνῶν συσσωρευθεῖσαν ἐπὶ μακρὰ χρονικὰ διαστήματα εἰς νήσους τοῦ Ἰνδικοῦ καὶ Εἰρηνικοῦ Ὠκεανοῦ καὶ εἰς τὰς ἀκτὰς τοῦ Περσικοῦ καὶ τῆς Χιλῆς. Ἐκ τῶν τοιούτων συγκεντρώσεων βιολογικῶν προϊόντων, τῶν ὁποίων τινὰ ὡς τὸ γουανὸ καὶ στρώματα ὁστῶν χρησιμεύουν καὶ καθ' ἑαυτὰ ὡς λιπάσματα, σχηματίζονται δευτερογενῆ κοιτάσματα φωσφορίτου διὰ διαλύσεως τῶν φωσφορικῶν ἀλάτων ὑπὸ τοῦ ἐπιφανειακοῦ ὕδατος καὶ ἀποθέσεως τοῦ διαλυθέντος ὑπὸ τοῦ κατεισθύνοντος ὕδατος εἰς βαθύτερα σημεῖα, ὅταν τοῦτο συναντήσῃ ἀββεστολιθικὰ πετρώματα. Οὕτω σχηματίζονται συγκρίματα εἰς βώλους ἢ καὶ συνεχῆ κοιτάσματα φωσφορίτου. Τοιαύτης προελεύσεως εἶναι τὰ κοιτάσματα τῆς Β. Ἀφρικῆς (Ἀλγέριον, Τύνις, Μαρόκον). Τῶν κοιτασμάτων τοῦ φωσφορίτου ὑπέρκεινται στρώματα με κατεσπαρμένα ἐντὸς αὐτῶν ὅστ' ἂν σπονδυλωτῶν. Ἀπαντῶνται καὶ κοιτάσματα φωσφορίτου παρενεστρωμένα ἐντὸς θαλασσίων ἰζημάτων, ἀββεστολιθίων, ψαμμιτῶν. Τὰ κοιτάσματα αὐτὰ προέκυψαν ἐκ καθιζήσεως εἰς τὸν πυθμένα τῆς θαλάσσης λευφάνων ζωικῶν ὀργανισμῶν, κατὰ τὴν ἀποσύνθεσιν τῶν ὁποίων τὰ φωσφοροῦχα συστατικὰ αὐτῶν ἀντιδράσαντα πρὸς τὸν ἀββεστολίθον ἔδωσαν φωσφορίτην. Πολλὰ ἰζηματογενῆ μεταλλεύματα σιδήρου εἶναι πλούσια εἰς P, τοῦ ὁποῖου ἡ παρουσία ἐντὸς αὐτῶν ὀφείλεται εἰς ταυτόχρονον καθίζησιν κατὰ τὴν ἰζηματογένεσιν. Ὁ P οὗτος κατὰ τὴν ἐκχρίνευσιν τοῦ μεταλλεύματος ἐνοῦται πρὸς τὸ ἐπένδυμα τῆς καμίνου, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται ὡς φωσφορικὸν λίπασμα (ἔλευρον Θωμᾶ).

Οἱ ὀρυκτοὶ ἄνθρακες (ἀνθρακίτης, λιθάνθραξ, λιγνίτης) καὶ οἱ ὀρυκτοὶ ὕδρογονάνθρακες (πετρέλαιον, πισσάσφαλτος, ἄσφαλτος, ὕζοκρήτης) εἶναι προϊόντα ἀλλοιώσεως τῶν ὀργανικῶν συστατικῶν φυτικῶν καὶ ζωικῶν ὀργανισμῶν, οἱ ὁποῖοι εἰς μεγάλῃς ποσότητις ἐνεκλείσθησαν ἐντὸς ἰζηματογενῶν στρωμάτων.

Κατὰ τὴν ἀλλοίωσιν αὐτὴν τελεσθεῖσαν ἐν ἀπουσίᾳ ἀέρος τὸ O καὶ τὸ H τῶν ὀργανικῶν συστατικῶν ἐνοῦται με μέρος τοῦ ἀνθρακος πρὸς σχηματισμὸν CO₂ καὶ ἀερίων καὶ ὑγρῶν ὕδρογονανθράκων. Ἐκ τῆς λιγνίνης τῆς κελουλόζης καὶ ὕδατανθράκων, ἐν γένει συστατικῶν τοῦ φυτικοῦ κόσμου, ἀπομένουν κατὰ τὴν διεργασίαν αὐτὴν στερεὰ ὑπολείμματα ἐμπλουτισμένα εἰς ἄνθρακα ὡς ὁ λιγνίτης, ἐνθ' ὅτε λίπη, τὰ ἔλαια, αἱ ρητῖναι, δίδουν βιτουμέ-

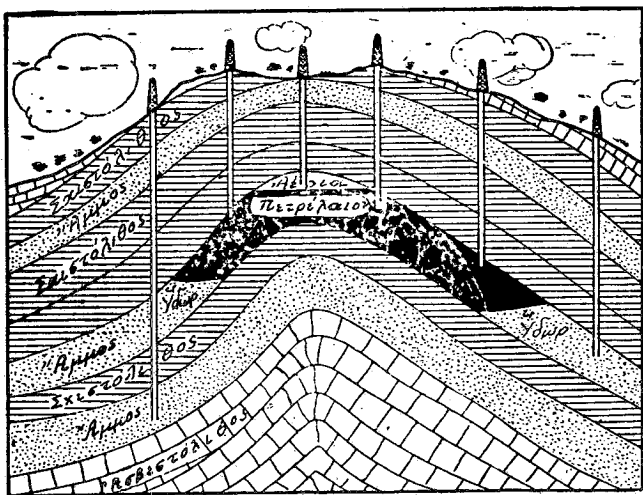
νια. Οἱ ὀρυκτοὶ ἄνθρακες ἐσχηματίσθησαν ἀπὸ δάση παλαιότερων γεωλογικῶν ἐποχῶν, τὰ ὁποῖα καταχωσθέντα ἐντὸς στρωμάτων Γῆς ὑπέστησαν βραδεῖαν ἐξανθράκωσιν μετατραπέντα εἰς λιγνίτας ($C = 55-75\%$). Ἐντονωτέρα ἐξανθράκωσις πρὸς λιθάνθρακα ($C = 57-90\%$) ἢ ἀνθρακίτην ($80-95\%$) συνετελέσθη δι' ἐπιδράσεως ἰσχυρᾶς πίεσεως καὶ ὑψηλοτέρας τῆς συνήθους θερμοκρασίας. Ἡ συμβολὴ τῶν δύο τούτων παραγόντων εἰς τὸν βαθμὸν ἐξανθράκωσεως μαρτυρεῖται ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ἀνθρακοφόρα στρώματα τῆς αὐτῆς γεωλογικῆς ἡλικίας, τὰ ὁποῖα εἰς ὠρισμένην περιοχὴν εἶναι λιθάνθρακες, εἰς ἄλλην περιοχὴν, ὅπου τὸ πάχος τῶν ἀποτεθέντων ὑπὲρ τὸ κοίτασμα ἰζημάτων ἦτο μικρόν, ἔδωσαν λιγνίτας. Ἡ τύρφη ($C = 30-55\%$) εἶναι σύγχρονον προϊόν ἐξανθράκωσεως κατὰ τὸ πλεῖστον ποωδῶν φυτῶν εἰς ἐλώδεις περιοχάς.

Αἱ γεωλογικαὶ συνθῆκαι, ὑφ' ἧς ἐσχηματίσθησαν τὰ ἀνθρακοφόρα κοιτάσματα, ἦσαν θερμὸν καὶ ὑγρὸν κλίμα καὶ ἔδαφος μὲ ἀφθονον ὑγρασίαν καὶ πλούσιον εἰς γόνιμα συστατικὰ διὰ τὴν ἀνάπτυξιν πυκνῶν δασῶν. Τοιαῦται συνθῆκαι ἐπραγματοποιήθησαν κατὰ τὴν γεωλογικὴν ἱστορίαν μετὰ περιόδους ὀρογενέσεως εἰς ἀκτὰς γειτονικὰς πρὸς τὰς νεαρὰς ὀροσειρὰς ἢ βυθισματογενεῖς κοιλάδας περιβαλλομένας ὑπ' αὐτῶν, ὅπου τὰ ἀπὸ τῶν ὀρέων καταφερόμενα ὕδατα μὲ τὰ συναποκομιζόμενα προϊόντα διαβρώσεως παρεῖχον γόνιμον ἔδαφος καὶ συνάμα καὶ τὸ ὑλικὸν πρὸς ἐπίχωσιν τῶν δασῶν. Αἱ μεγαλύτεραι συγκεντρώσεις ὀρυκτῶν ἀνθράκων ἐσχηματίσθησαν μετὰ τὰς κυριωτέρας ὀρογενετικὰς περιόδους, αἱ τοῦ λιθάνθρακοφόρου μετὰ τὰς ἐρκυνίους πτυχώσεις καὶ αἱ τοῦ τριτογενοῦς μετὰ τὰς ἄλπικας. Τὰ κοιτάσματα λιγνιτῶν ἐν Ἑλλάδι εἶναι λιμνογενῆ τοῦ νεογενοῦς.

Ἐνῶ οἱ ὀρυκτοὶ ἄνθρακες εἶναι προϊόντα τοῦ φυτικοῦ κόσμου, τὰ βιτουμένια, ἐκ τῶν ὁποίων ἐσχηματίσθησαν τὰ κοιτάσματα τῶν ὀρυκτῶν ὑδρογονανθράκων, δύνανται νὰ προσέλθουν εἴτε ἀπὸ ζωϊκοὺς εἴτε ἀπὸ φυτικοὺς ὀργανισμούς. Τὰ μεγάλα κοιτάσματα συνδέονται κατὰ κανόνα πρὸς θαλάσσια ἰζήματα. Ἡ παλαιότερα ἐκδοχὴ ὅτι προέκυψαν ἀπὸ θαλάσσια κήτη, τὰ ὁποῖα ἀπέθανον ὁμαδικῶς λόγῳ ἀποτόμου ἀλλαγῆς συνθηκῶν διαβιώσεως, εἶναι ἀστήρικτος. Συγκέντρωσις μεγάλων ζώων εἰς τόσον μέγαν ἀριθμόν, ὥστε νὰ δικαιολογῇ τὴν ἔκτασιν τῶν κοιτασμάτων τούτων εἶναι ἀπίθανος. Πολὺ πλέον ἀληθοφανὴς εἶναι ἡ ἄποψις τοῦ σχηματισμοῦ τῶν βιτουμενοῦχων στρωμάτων ἀπὸ μικροσκοπικοὺς μονοκυττάρους ὀργανισμούς, οἱ ὁποῖοι ἀναπτυσσόμενοι ἐν ἀφθονίᾳ καθ' ὠρισμένας ἐποχὰς καὶ θνήσκοντες ἀθρόως διὰ μεταβολῆς τῶν συνθηκῶν διαβιώσεως ἔδωσαν δι' ἀποσυνθέσεως τῶν λειψάνων των τῶν καθιζησάντων εἰς τὸν πυθμένα τῆς θαλάσσης βιτουμένια. Ταῦτα μεμιγμένα μετὰ τῆς ἰλῆος ἔδωσαν γένεσιν εἰς τοὺς βιτουμενοῦχους σχιστολίθους. Ἡ ἐκδοχὴ αὕτη ὑποστηρίζεται κατόπιν παρατηρήσεων εἰς τὸν κόλπον τοῦ Μεξικοῦ, ἔνθα ἀπαντῶνται διάτομα, τὰ ὁποῖα ἐγκλείουν εἰς τὸ κυτόπλασμα αὐτῶν

σταγονίδια ελαίου. Συσχέτισις βιτουμενούχων στρωμάτων με κοιτάσματα ὀρυκτῶν ἀνθράκων δὲν δύναται νὰ ὑποστηριχθῇ μετὰ βεβαιότητος.

Τὰ πετρελαιοφόρα κοιτάσματα εἶναι γεωλογικῶς διάκριτα ἀπὸ τὰ βιτουμενούχα κοιτάσματα καίτοι γενετικῶς φαίνονται συνδεδεμένα πρὸς αὐτά. Ἀποτελοῦνται ἀπὸ στρώματα λίαν πορώδη, ἄμμους ἢ ψαμμίτας με μικρὰν συνοχήν καὶ μέγαν συνολικὸν ὄγκον τῶν πόρων των, τοὺς ὁποίους πληροῖ τὸ ὑγρὸν πετρέλαιον. Τὰ κοιτάσματα αὐτὰ ἔχουν ὡς μητρικὰ πετρώματα βιτουμενούχους σχιστολίθους, ἐκ τῶν ὁποίων τὰ βιτουμένα μετηνάστευσαν ἀντικατασταθέντα ἀπὸ ὕδωρ διεισδύσαν εἰς τοὺς πόρους τοῦ πετρώματος καὶ ἐκδιῶξαν πρὸς τὰ ἄνω τοὺς ἐλαφροτέρους αὐτοῦ ὑδρογονάνθρακας. Τὸ πετρέλαιον μεταναστεῖον τριχοειδῶς διὰ τῶν πόρων τοῦ πορώδους πετρώματος, ἐὰν συναντήσῃ κατὰ τὴν ἀνοδικὴν αὐτοῦ κίνησιν ἐλαφρῶς ἐπτυχωμένα ἀδια-



Σχ. 580

Σχηματισμοὶ πετρελαιοῦ εἰς ὑπόγεια ἀντίκλινα κατὰ D. D. Leven

πέραστα στρώματα, συγκεντροῦται εἰς ὑπόγεια ἀντίκλινα (θόλους) ὑπὸ τὰ στρώματα αὐτὰ καὶ σχηματίζει πετρελαιοφόρον κοίτασμα (σχ. 580). Εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ θόλου συγκεντροῦνται ἀέριοι ὑδρογονάνθρακες ἀναφλέξιμοι, οἱ ὁποῖοι καὶ ἀνεξέρχονται ἐὰν γίνῃ διάτρησις εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο. Διὰ διάτρησεως συναντήσεως τὸ πετρέλαιον τοῦτο ἀναβλύζει ὑπὸ μορφὴν πίδακος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς πίεσεως τῶν ἀερίων καί, ὅταν αὕτη μειωθῇ, ἀνασύρεται δι' ἀντλήσεως. Ὅταν τὸ πετρέλαιον τοῦ κοιτάσματος ἐξαντληθῇ, ἡ ἀντλήσις παρέχει ἀλατούχον ὕδωρ, τὸ ὁποῖον συνήθως περιέχει καὶ NaJ εἰς σημαντικὴν ποσότητα. Τὰ ἅλατα ταῦτα προέρχονται ἀπὸ ἐκπλυσιν

ὑπὸ τοῦ ὑπογείου ὕδατος τοῦ μητρικοῦ βιτουμενούχου πετρώματος. Πετρελαιοφόρα τινὰ κοιτάσματα γειτνιάζουν πρὸς κοιτάσματα ὀρυκτοῦ ἄλατος. Ἐντεῦθεν ὑπετέθη ὅτι τὸ ὀρυκτὸν ἄλας συνδέεται γενετικῶς πρὸς τὸ πετρέλαιον καὶ ὅτι ἔλαβε μέρος εἰς τὴν χημικὴν διεργασίαν τοῦ σχηματισμοῦ του. Ἡ ἐκδοχὴ αὕτη δὲν στηρίζεται ἀπὸ τὴν γενικὴν ἔρευναν τῶν πετρελαιοφόρων κοιτασμάτων. Εἰς τὰς εἰδικὰς αὐτὰς περιπτώσεις τὸ κοιτάσμα τοῦ ὀρυκτοῦ ἄλατος ἔχει ἀπλῶς ρόλον ἀδιαπεράστου διὰ τὸ πετρέλαιον στρώματος. Ἡ διεργασία τοῦ σχηματισμοῦ τῶν ὀρυκτῶν ὕδρογονανθράκων δὲν εἶναι λεπτομερῶς ἐξηκριβωμένη. Τὴν συνδρομὴν διαφόρων καὶ ποικίλων παραγόντων κατ' αὐτὴν μαρτυρεῖ καὶ ἡ διαφορὰ συστάσεως τῶν διαφόρων πετρελαίων, ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν συμμετοχὴν εἰς τὴν σύστασιν των ἀκύκλων καὶ κυκλικῶν ὕδρογονανθράκων. Ὅπου τὸ πορῶδες πετρελαιοφόρον στρώμα συναντᾷ τὴν ἐπιφάνειαν, τὸ πετρέλαιον ὀξειδούμενον μετατρέπεται εἰς ἄσφαλτον. Ἡ ἐπιφανειακὴ ἐμφάνισις ἀσφάλτου ἀποτελεῖ δείκτην τῆς ὑπάρξεως ὑγρῶν ὕδρογονανθράκων εἰς βαθύτερα σημεῖα.

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

Λέξεις με λατινικά ψηφία διατάχθησαν ὡς ἑξῆς: Αἱ ἀρχόμεναι ἀπὸ V καὶ W μετὰ τὸ R, αἱ ἀπὸ G ἐντὸς τοῦ Γ, αἱ ἀπὸ J ἐντὸς τοῦ Ι, αἱ ἀπὸ C ἐντὸς τοῦ K, αἱ ἀπὸ Q μετὰ τὸ Η, αἱ ἀπὸ H ἐντὸς τοῦ X, αἱ ἀπὸ U καὶ Y ἐντὸς τοῦ Υ.

Α

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ἀγγλασίτης 110
 ἀδάμας 122, 298
 ἀδὴν 445
 ἀδινόλης 508
 ἀδουλίως 291, 443, 470
 Ahrens 434
 ἄζωσις 527
 αἰματίτης 96
 αἰολογενὴ πετρώματα 491
 Airy σπείρει 426
 αἰωρήσεως διαγράμματα 193
 ἀκμίτης 481
 ἀκτίνες ἰόντων 236
 ἀκτίνες X 171
 ἀκτίνιον 432
 ἀκτινόκογχι 496
 ἀκτινόλιθος 114, 456
 ἀλβίτης 116, 444, 480
 ἀλβιτικός νόμος 123
 ἄλκυρον Θωμᾶ 541
 ἀλκαλικσβεστιακοὶ γρανίτι 484
 ἀλκαλικσβεστιακοὶ συγνίτι 487
 ἀλκαλιγραφίτι 484
 ἀλκαλisyγνίτης 487
 ἀλλανίτης 436
 Allit 531
 ἀλλοτριμορφία 479
 ἀλλοσίτης 271, 494
 ἀλλοφασική μεταμόρφωσις 499
 ἀλλοχημική 499
 ἀλμυρὰ λίμνη 536
 ἀλονίτης 525
 ἀλονιτιώσις 525
 ἀλστονίτης 246
 ἀλταίτης 80
 alundum 449
 ἄλως μεταμορφώσεως 499
 ἀμβλεῖα διγροτήμος 370
 ἀμβλυοφάντης 517
 ἀμέθυστος 443, 445
 ἀμεσίτης 271
 ἄμμος 492</p> | <p>ἄμορφα σώματα 437
 ἀμφιβολίτης 512¹
 ἀναγωγή ἐπὶ ἀνθρακος 459
 ἀνακλάστικη ἱκανότης 419
 ἀνάκλιμον 125
 ἀναλυτής 357
 ἀνάπτυξις κρυστάλλων 22
 ἀνατάσης 105
 ἀνάτηξις 509
 ἀνδεσίνης 444
 ἀνδεσίτης 488
 ἀνθημεδρία 53
 ἀνθρακίτης 541
 ἀνθρακοπυρίτιον 283
 ἀνισότροπα σώματα 13
 Anlauffarben 421
 ἀνοικτὸς σωλὴν 454
 ἀνορθίτης 116, 444, 481
 ἀνορθοσίτης 489
 ἀντιμονίτης 528
 ἀντιπερθίτης 248
 ἀντιπνευματογενὴ ὄρυκτα 469
 ἀντιστοιπία 250
 ἀντισταθμισαὶ 393
 ἀντίστροφον πλέγμα 147
 ἀντοχή 446
 ἀνυδρίτης 110, 494, 537
 ἀνυσματικά ποσά 13
 ἀνώμαλα χρώματα πολώσεως 393
 ἀνώματος ἀνάπτυξις κρυστάλλων 299
 ἀνώματος διασκεδασμός 373
 ἀξινίτης 116
 ἄξων διδυμίας 119
 ἄξων ἐλαστικότητος 381
 ἄξων ἐλικώσεως 150
 ἄξων ζώνης 21
 ἄξων κρυσταλλογραφικὸς 44
 ἄξων στροφαναστροφῆς 32
 ἄξων συμμετρίας 27
 ἄξων συνθέτου συμμετρίας 32
 ἀπαριθμητὴς Geiger 179
 ἀσυστενίτης 324
 ἀπακίτης 92, 436, 520
 ἀπλίτης 485</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

ἀπλιτικός γρανίτης 484
 ἀπομαγματικά κοιτάσματα 523
 ἀποσάθρωσις 471
 ἀποφυλλίτης 105
 ἀραγωνίτης 110, 121, 246
 ἀμαματιώτης 118
 ἀργιλικός σχιστόλιθος 494
 ἀργιλίτης 494
 ἀργίλλος 493
 ἀργυρίτης 528
 ἀριθμητικά μήκη 47
 ἀριθμητικά ποσά 13
 ἀριθμός συντάξεως 233, 244
 Arkel 211
 ἀρκόζης 493
 ἀρνητικός κρύσταλλος 304
 ἀρσενικόν 253
 ἀρτηρίται 508
 ἀσβεστίτης 96, 246, 331, 358
 ἀσβεστοκερατίτης 508
 ἀσβεστόλιθος 494
 A.S.T.M. πίνακες 446
 ἄστριοι 274
 ἀσφάλτος 541, 544
 ἀτμόφιλα στοιχεία 473
 αὐγίτης 114, 121, 436, 481
 Ausbreitungskugel 165
 αὐτομεταμόρφωσις 508
 αὐτόχροα ὄρυκτά 445
 ἀφανίτης 479
 ἀχάτης 442

B V W

Babinet κανὼν 381
 βαθμοὶ ἐλευθερίας 152, 314
 βαθμὸς πολλαπλότητος 152
 βαθύλιθος 477
 βαϊερίτης 441
 βακίτης 441, 494, 532
 βακουίται 301
 βαναδινίτης 92
 βαρέα διαλύματα 447
 Barth 244
 βαρύσφαιρα 472
 βαρύτης 110
 βασάλτης 475, 488
 βασικά μάγματα 480
 Baux 533
 Βεζουβιανὸς 105, 181, 393, 506
 Beilby 338
 Becke 502, 507
 Becke γραμμὴ 383
 βεντονίτης 494
 Berek 396, 418
 Bertin ἐπιφάνεια 406
 Bertrand φακὸς 378
 βήρυλλος 264, 517
 βιθερίτης 246
 βιλλεμίτης 100, 431

Binormalen 371
 βιξβυίτης 31
 βιογενῆ ἰζήματα 495
 βιογεωχημικαὶ μέθοδοι 514
 βιοτίτης 13, 271, 436, 481
 Biradialen 371
 Bireflexion 422
 βιτουμένια 542
 βιτροκέραμοι 288
 βλαστικός ἰσθὸς 498
 Bloch 348
 βολλαστονίτης 503
 βολφραμίτης 520
 βορακίτης 82, 125, 414
 βόραξ 525
 βουλανξεριτης 525, 529
 βουλφενίτης 106
 βουρνονίτης 525
 βουρσσίτης 92, 283
 Bragg 161, 178, 215, 261, 417
 Brauns 416
 Bravais 35, 143,
 βρεϊτχαουπτίτης 257
 Brentano 215
 Brewster 56, 356
 Brögger 442
 Broglie 351
 βρονζίτης 481
 Brown 261, 439
 βρόχος 140
 βρωμικόν νάτριον 84, 428
 Buerger 203
 βυτωβνίτης 444
 βωξίτης 442, 532
 Wagner 346
 Warren 261
 Washington 476
 Weiss 348
 Weissenberg γωνιόμετρον 195
 Verneuil 287
 West 261
 Westgren 255
 Wickman 434
 Wiechert 472
 Wiedemann - Franz νόμος 231
 Wind 160
 Wooster 344
 Wulff δίκτυον 62

Γ G

γάββρος 488
 γαδολινίτης 442
 γαληνίτης 420, 513, 524
 γάλλιον 517
 γαρνιερίτης 442, 534
 Geiger ἀπαριθμητής 179, 206, 437
 γειτονικαὶ ἔδραι 56, 300
 γερμάνιον 517
 Germer 351

γεσθροφίτης 81, 251
 γεώδες 445
 γεωφυσικαὶ ἐρευναὶ 514
 γεωχημεία 472
 γῆ διατόμων 496
 Gibbs νόμος 314
 Girgenti 540
 γκάνιτης 243
 γλαυκοφανής 436, 512
 γλαυκοφανιτικός σχιστόλιθος 512
 γλοβουλίται 301
 γνευσιοειδής γρανίτης 485
 γνεύσιος 497, 511
 γνωμονική προβολή 71
 Goldschmidt 235, 473, 475
 γοσλαρίτης 114, 429
 γουανό 541
 γρανάτης 80
 γρανίτης 12, 475, 484
 γρανιτίωσις 509
 γρανιτοειδής Ιστός 480
 γρανογάββρος 486
 γρανοδορίτης 486
 γρανουλίτης 511
 γρανούβάκης 493
 graywacke 493
 γραφίτης 282
 Groisen 508
 γρηνοκίτης 96
 Grubenmann 502, 510
 Grüner 271
 Guinier 178, 213
 γυροπορέλλαι 495
 γύψος 114, 122, 494, 537
 γωνιόμετρον ἀνακλάσεως 24
 γωνιόμετρον ἑπαφῆς 24
 γωνιόμετρον Weissenberg 195

Δ D

Davisson 351
 δακίτης 486
 δακιτοειδής 486
 δακτόλιθος 520
 Dauphiné διδυμος 120
 de Broglie 351
 Debye - Sherrer διαγράμματα 208
 δεῖται ἐδρών 17
 δεῖται ζώνης 54
 δείκτης ἀπορροφήσεως 419
 δελλενίτης 486
 δελτοειδὲς δωδεκάεδρον 82
 δελτοειδὲς εἰκοσιτετράεδρον 79
 Dérivatographie 451
 δεσμὸς 140
 δεσμοσίτης 508
 διαβάσης 480, 489
 διαβλαστικός Ιστός 498
 διαβολεΐτης 106
 διαβρωσιγενὲς σχῆμα 42*

διαγένεσις 491
 διαγράμματα αἰωρήσεως 193
 διαγράμματα καταστάσεως 309
 διαγράμματα ταξινόμησεως 501
 διαλλαγῆς 481
 διάλυσις κρυστάλλων 301
 διάμειξις 247, 524
 διάζονες κρύσταλλοι 369
 διασκεδασμὸς 407
 διάσπορον 494, 532
 διάτομα 496
 διατομίζεται 496
 διαφθορίτης 506
 διαφορισμὸς μάγματος 475
 διδυμία 119
 διδυμία μερσοδρική 158
 διδυμία συμμειγῆς 122
 διδυμος Βραζιλίας 120
 διδυμος Dauphiné 120
 διδυμὸς συμπληρωματικὸς 121
 διδυμος συνδιαβλαστήσεως 121
 διδωδεκάεδρον 81
 διοξεαγωνική ἑμφυτευαίς 89
 διεξαγωνικὸν πρίσμα 88
 δικίτης 284
 δικτυον Schmidt 64, 504
 δικτυοῦν Wulff 62
 δικτυωτὸν ἐπίπεδον 140
 διοπτᾶσις 100
 δορίτης 488
 διοψίδιος 114, 436, 481
 διπλὴ διάθλασις 358
 διασθενής 116, 338
 dislocation 295
 διτετραγωνικὴ πυραμὶς 105
 διτετραγωνικὸν πρίσμα 104
 διτριγωνικὴ πυραμὶς
 διτριγωνικὸν πρίσμα 97
 διχρωμικὸν κάλι 115
 διχρωσκοπῖον 381
 δολερίτης 489
 δολομίτης 42, 496
 δόμα 106
 δομὴ κρυσταλλική 139
 δομὴ πυριτικῶν 258
 δομικαὶ ἀνωμαλίαι 297
 δόμος 478
 δομορτιερίτης 436
 δουνίτης 491
 Drude 418
 διαδικὸν σύστημα 315
 δυνάμεις ἐνδογενεῖς 11
 δυνάμεις ἐξωγενεῖς 11
 δυναμομεταμόρφωσις 503
 δωβρέλιθος 243

E

Ewald 165
 ἑγχρους πόλωσις 387

έγχυματογενής μεταμόρφωσις 508
 edge dislocation 295
 ειδικά κοιτάσματα 513
 εκλεκτική επίπλευσις 308
 εκλογίτης 499, 512
 ελαιολιθικός συηνίτης 489
 ελασματοειδής ολίσθησις 501
 ελαστική παραμόρφωσις 327
 ελαττώματα δομής 244
 Έλβα 521
 έλικτη ύψη 506
 έλλειψοειδές Fresnel 367
 έμμονίτης 246
 εναντιόμορφα σχήματα 31
 εναντιομορφία 53
 εναντιότροπος μετατροπή 313
 έναργίτης 525
 ένδοκεντρωμένον πλέγμα 144
 ένδομαγματικά κοιτάσματα 519
 ένστατίτης 481
 έντροπία 311
 έξαγωνική άμφιπυραμίς 89
 έξαγωνικόν πρίσμα 88
 έξαγωνικόν σύστημα 86
 έξαγωνικόν τραπεζόεδρον 90
 έξάεδρον 77
 έξάκς οκτάεδρον 79
 έξάκς τετράεδρον 82
 έξάρμοσις 295
 έξισώσεις Laue 161
 έξισώσεις Bragg 162
 έξωμόρφωσις 292
 έπίδοτον 436, 489
 επίπεδον διδυμίας 119
 επίπεδον ολίσθησεως 150
 επίπεδον σύμμετρίας 29
 επίπλευσις 309
 επίταξις 307
 επιφάνεια ελαστικότητας 367
 επιφάνεια κύματος 353
 Erasmus Bartholinus 358
 Erzmikroskopie 418
 έρκυνίτης 243
 Eskola 510
 έσσεζίτης 489
 έτεροβλαστικός ιστός 498
 έτερογενείς ίσορροπίαι 309
 έτερόμορφα πετρώματα 484
 έτεροπολική σύνδεσις 228
 έτεροσύνδετοι ένώσεις 233
 έτερόταξις 308
 έτερόχροα όρυκτά 444
 Etta Grube 520
 ευαίσθητος χροιά 389
 ευζένιτης 442
 εύτηκτικόν 317
 έψωμίτης 110, 429

Z

Zachariasen 438
 ζεόλιθος 275
 ζιγκενίτης 529
 Zintl 257
 ζιρκόνιον 105, 434
 ζοϊσίτης 489
 Zunyit 264
 ζώναι μεταμορφώσεως 510
 ζώνη 21
 ζωνώδης δομή 320
 ζωνών νόμοι 55

H

ήθμοι άκτίνων X 176
 ήλεκτρονικαι ένώσεις 255
 ήλεκτρονική μικροανάλυσις 468
 ήμιεδρία 53
 ήμιεδρικά σχήματα 76
 ήμιμορφίτης 111, 119
 ήμιπερίοδος ζωής 433
 ήμιτροπικοί διδυμοί 119
 ήφαιστειογενή κοιτάσματα 525
 ήφαιστίται 478

Θ

Θεωικός χαλκός 116
 θειοβακτήρια 50
 θειοθεικόν άσβεστιον 118
 θείον 45, 110, 276, 312, 540
 θεμελιώδες σχήμα 51
 θερμική ανάλυσις 449
 θερμοβαρομετρία 450
 θερμοδυναμικόν δυναμικόν 311
 θερμομεταμόρφωσις 506
 Θιβέτ 525
 θόλος 478
 θοριανίτης 435
 θόριον 432
 θορίτης 435, 442
 θορτβαϊτίτης 264

I J

Jagodzinski 335
 ιαμεσονίτης 529
 ιδιοβλάσται 498
 ιδιομορφία 479
 ίχήματα βιογενή 495
 ίχήματα μηχανικά 492
 ίχήματα χημικά 494
 ίχηματογενή πετρώματα 491
 ικανότης κρυσταλλώσεως 285
 ιλλίτης 494
 ιλμενίτης 100
 ιλσεμανίτης 436, 442
 ιλός 492

ινόμερφα πυριτικά 249
 Inosilikate 249
 Johann 178
 Johannson 178
 ιριδισμός 420
 ισλανδική κρύσταλλος 358
 ισόγυροι 406
 ισοκλινές διάγραμμα 200
 ισομορφία 246
 ισόμορφος παράμειξις 247
 ισοστασία 476
 ισότροπα σώματα 13
 ισοτυπία 246
 ισοφασική μεταμόρφωσις 499
 ισοχημική μεταμόρφωσις 499
 ισόχρωμοι επιφάνειαι 406
 Ιστός 478
 Ιωδοσουλινιμίδη 107.
 Ιωδурίτης 96

K C

καίνιτης 537
 καλαβερίτης 525
 καλκιοσάκχαρον 115, 426
 κάλυμμα 478
 καμινευτήρ αὐλὸς 453
 κανίτης 109
 κανὼν τῶν φάσεων 314
 καολίνης 271, 494, 535
 ἡκαλίνωσις 525, 532
 καπνίας 443
 Karabugas 538
 καρναλλίτης 537
 καρστικά μεταλλεύματα 531
 καρστική διάβρωσις 530
 Kasper 227
 Cassini καμπύλαι 403
 κασσιτερίτης 436, 520
 κασσιτεροπυρίτης 525
 κατάκλασις 503
 κατασβέσεις ομάδων συμμετρίας 168
 κατάσβεσις ὁρθή 386
 κατάσβεσις πλαγία 387
 κατασβεστική γωνία 372
 κελσιανός 247
 κέντρον συμμετρίας 30
 κερατίτης 496, 506
 κερατόλιθος 496
 κερατοφύρος 487
 κεραυνίτης 438
 κερνίτης 525
 κεροστιλβη 114, 481, 436
 κεροστιλβικός γνεύσιος 512
 κεροστιλβικός σχιστόλιθος 512
 κερουσίτης 410, 246
 Kerr φαινόμενον 414
 Ketteler 418
 κινναβαρίτης 98, 429
 κίσηρις 485

κλαουσθαλίτης 80
 Clarke 476
 κλαστικά ἰζήματα 492
 κλειστός σῶλην 454
 κλίμαξ Michel - Levy 391
 κλίμαξ σκληρομετρική 336
 κλίμαξ τήξεως 456
 κλινογραφική προβολή 58, 127
 κλινοεδρίτης 115
 Knipping 160
 κοβαλιτίτης 84, 257
 κοβελίνης 528
 Kobell 456
 κοίτασμα 470
 κοκκοβλαστικός Ιστός 498
 κολεμάνιτης 525
 κολλοσιδη, σώματα 438
 Compton 351
 κορδιερίτης 436
 κορούνδιον 96
 κορόνιον 454
 Kossel 292
 κραμάτων δομή 251
 κρητίς 495
 Krivoi Rog 539
 κροκάλοι 492
 κροκαλοπαγῆ 492
 κροκαάτης λίθος 488
 κρύολιθος 520
 κρυπτοκρυσταλλικά συσσωματώματα 441
 κρυσταλλικά συστήματα 52
 κρυσταλλική τάξις 35
 κρυσταλλικὸν σχῆμα 15
 κρυσταλλῖται 301
 κρύσταλλος 18
 κρυσταλλοσχηστώδη πετρώματα 497
 κρυσταλλοφυσική 20
 κρυσταλλοχημία 20, 227
 κυανιοῦχος ὑδράργυρος 109
 κυανίτης 116, 338
 κυβικὸν σύστημα 76
 Cyclosilikate 264
 Kundt 343
 Kunitz 270
 κυπρίτης 27, 81
 Κυρόπουλος 286
 Curie 340, 343
 κυφελίς 141
 κῶνοι κορημάτων 491
 κωνοσκοπική ἐξέτασις

A L

λαβραδόριον 420, 444
 λαβραδοριτικός πορφυρίτης 488
 λακκόλιθος 477
 λάμψις 419
 Lauroix 484
 Landé 235
 Lanthanidenkontraction 237

Larsen 434, 446
 Laves 430
 Laves φάσεις 254
 Λάρυμνα 534
 λατερίτης 442, 494, 531
 λατεριτίωσης 531
 λατίτης 487
 λατύπαι 491
 λατυποπαγή πετρώματα 492
 Laue 160
 Laue άκτινογραφήματα 179
 Laue εξισώσεις 161
 Lawson 433
 λεδεβουρίτης 326
 λείανσις 338
 λειμωνίτης 442
 λεπιδοβλαστικός ιστός 498
 λεπτίτης 511
 λεσχατελιερίτης 438
 λευκίτης 80, 124, 481
 λευκιτικός συνήτης 489
 λευκιτικός τεφρίτης 490
 λευκοκρατικός 481
 λευκόλιθος 534
 λημνίσκοι 403
 λιγνίτης 541
 Liebau 270
 λιεβρίτης 521
 λιθιονίτης 436
 λιθόφιλα στοιχεῖα 473
 λιννέιτης 243
 λιπαρίτης 485
 liquidus 316
 Löss 493
 Lorentz 240, 418
 λυδίτης 493, 496
 λυόφιλα κολλοειδή 440
 λυόφοβα κολλοειδή 440

M

μαγνημίτης 244
 μάγμα 477
 μαγματικά παράμετροι 484
 μαγνησίτης 533
 μαγνητική επιδεικτικότητα 347
 μαγνητίτης 243, 519
 μαγνητοπυρίτης 90
 Majorana φαινόμενον 414
 Machatschki 250, 261, 442
 Mallard 415
 μάλαχίτης 527
 Mansfeld 539
 μάργα 496
 μαργαρίται 301
 μαργαρίτης 271
 μαργαρίτης βόρακος 461
 μαρμασίτης 110, 257
 μάρμαρον 513
 μαρμαρυγίαι 271

μαρμαρυγιάκος σχιστόλιθος 498, 51
 μαρτενσίτης 324
 Mauguin 38, 261
 Μαύρη θάλασσα 539
 μέθοδος Weissenberg 195
 μέθοδος γωνιομετρική 195
 μέθοδος Debye - Sherrer 208
 μέθοδος Laue 179
 μέθοδος Seemann 213
 μέθοδος στρεφόμενου κρυστάλλου 186
 μειγματίζεται 508
 μεικτοί κρύσταλλοι 319
 μεικτοί κρύσταλλοι διά παρεμβολής 324
 μελανοκρατικός 481
 μελαντηρίτης 471
 μελάνωσις 206
 μελαφύρης 489
 μελίλιθος 393
 μεροεδρικοί τάξεις 53
 μεσομέρεια 245
 μεταλδεύδη 107
 μεταλλεύματα 513
 μεταλλική σύνδεσις 231
 μεταλλομικροσκοπία 418
 μεταμεικτική κατάσταση 442
 μεταμόρφωσις 499
 μεταμόρφωσις γενική 499
 μεταπτωτικών γωνιόμετρον 203
 μεταστάσιμος φάσις 313
 μετασωματικά κοιτάσματα 520
 μετασώματωσις 499, 521
 μήκος κύματος 353
 μηχανικά ιζήματα 492
 μιαργυρίτης 528
 Michel - Levy 391
 Miers 57
 μικροκλινής 118, 247
 μικροχαλαζίται 493
 μικροχημικά αντιδράσεις 465
 Miller 47
 μίμησις 124
 μιμητησίτης 92
 μιμητικοί κρύσταλλοι 125
 μινέτης 539
 μισσουρίτης 490
 Mitscherlich 246
 Mohs 336
 μολυβδαινίτης 258
 μοναζίτης 53, 435
 μονάξονες κρύσταλλοι 365
 μονοεδρικός κεντρωμένον πλέγμα 144
 μονζονίτης 487
 μονοκλινές σύστημα 111
 μονότροπος μετατροπή 313
 μονοχρωματισταί 176
 μοντμοριλλονίτης 494
 μορνεοσίτης 429
 μοριακά πλέγματα 276
 μοριακή διάθλασις 240
 Moseley 174

μοσχοβίτης 271, 481
 μπενιτοίτης 97, 264
 Mügge 436
 μολίτης 496
 μολονίτης 503
 μωσαϊκή ὕψη 297

N

νακρίτης 284
 νατροσυηνίτης 487
 Naumann 129
 Νεκρά θάλασσα 536
 νεμπούλιτης 508
 νεπτουνίτης 264
 Nesosilikate 263
 Neuhaus 292
 νεφελίνης 94, 481
 νεφελινικός τεφρίτης 490
 νηματική κατάσταση 416
 νηματοβλαστικός ιστός 498
 νησσειδής δομή 263
 Niggli 510, 538
 Nicol πρίσμα 376
 νικελίνης 257
 νιτρικόν κοβάλτιον 460
 νόμοι ζωνών 55
 νόμος Haüy 44
 νόμος Romé de l'Isle 23
 νόμος συμμετρίας 33
 νορδμαρκίτης 487
 νορίτης 489
 νοουμουλίται 495

Ξ X

Ξενοβλάσται 498
 Ξενοτίμος 105
 Ξονοτίτης 271

O

ὀκτάεδρον 22, 78
 ὀλαξονική ἡμιεδρία 53
 ὀλιβίνης 110, 481
 ὀλιγόπλαστον 444
 ὀλισθησις 329
 ὀλοεδρία 53, 75
 ὀλοεδρικῶς κεντρωμένον πλέγμα 144
 ὀμάδες συμμετρίας 152, 154
 ὁμογενές σῶμα 14
 ὁμογενής παραμόρφωσις 329
 ὁμοιοβλαστικός ιστός 498
 ὁμοσύνδετοι ἐνώσεις 233
 ὀξεῖα διχοτόμος 370
 ὀξεῖα μύγματα 480
 Opakilluminator 421
 ὀπάλιος 442
 ὀπτική ἀνωμαλία 414
 ὀπτική ἐπιφάνεια 361

ὀπτική κάθοδος 370
 ὀπτικοὶ ἄξονες διαζόνων 370
 ὀπτικός ἄξων μοναζόνων 359
 ὀπτικός χαρακτήρ διαζόνων 411
 ὀπτικός χαρακτήρ μοναζόνων 410
 ὀπτικοῦ χαρακτήρος προσδιορισμός 410
 ὀργανολύματα 439
 ὀρεία κρύσταλλος 18, 443
 ὀρθίτης 436
 ὀρθογενέσιος 511
 ὀρθογραφική προβολή 58, 132
 ὀρθόπλαστον 13, 15, 114, 291, 413, 470, 480
 ὀρθοσκοπική ἐξέταση 385
 ὀρυκτά 12, 15
 ὀρυκτογένεσις 469
 ὀρυκτολογικαὶ φάσεις 510
 ὀρυκτὸν ἄλας 80
 ὀσσιπίτης 489
 Ostwald - Miers περιοχή 288
 ὀττρέλιθος 436
 οὐλμανίτης 84
 οὐραλιτώσις 489
 οὐράνιον 432
 ὀφειόλιθοι 491
 ὀφειτικός ιστός 480
 ὀφθαλμοειδής γενέσιος 508
 ὀψιδιανός 485
 ὀψις 26

Π P

παλίνδρομος ζέσις 518
 πανδερμίτης 525
 παντελλερίτης 485
 παραγένεσις 470
 παραγενέσιος 511
 παράγων δομῆς 167
 παραλλαγή 443
 παράλληλος σύμφυσις 119
 παραμετρική ἑδρα 47
 παράμετροι 44
 παραμόρφωσις 22
 παραπνευματογενὴ ὀρυκτά 470
 παρεπασακτος κοίτη 477, 524
 παρεημιεδρία 53
 Patterson σύνθεσις 226
 Pauling 235, 245, 261
 Pechstein 485
 πεδίον 111
 πενταγωνικὸν δωδεκάεδρον 81
 πενταγωνικὸν εἰκοσιτετράεδρον 80
 περβίτης 248
 περιβολή 26
 περιδοτίτης 491
 περιπλασίμετρον 215
 περίθλασις ἀκτίνων X 160
 περίθλασις ἡλεκτρονίων 352
 περίπλαστον 80
 περιφερειακὸν μῆγμα 475

περλίται 326
 περλίτης 326, 485
 πετρέλαιον 543
 πετρώματα 12
 πήγματιτης 485
 πήγματιτική φάσις 519
 πήκτωμα 440
 πήλνται 492
 πήξις μύγματος 515
 Phyllosilikate 271
 πιεζοηλεκτρισμός 339
 πινακοειδές 111
 πισόλιθοι 397
 πισσάσφαλτος 541
 πισουρανίτης 520
 πλαγιόκλαστα 319, 444, 481
 πλαγιόφρης 486
 πλακίδιον τουρμαλίνου 375
 πλακοποίησης 501
 πλαστική παραμόρφωσις 328
 πλέγμα 140, 141
 πλεγματογράφοι 201
 πλεόναστον 436
 πλεοχροϊκή ἄλωσις 435
 πλεοχροϊσμός 380
 πλουτώννται 478
 πνευματογενή ὄρυκτα 470
 πνευματολυτική φάσις 519
 ποδική ἐπιφάνεια 363
 ποικιλία 443
 ποικιλοβλαστικός ἱστός 498
 ποικίσεις 41
 Polaroid 376
 πολικός ἄξων 28
 πολλουσίτης 434
 πόλος ἑδρας 60
 πολυδυμία 123
 πολυμορφία 278
 πολυτυπία 281
 πόλωσις ἰόντων 239
 πόλωσις φωτός 355
 πολωτής 357
 πολωτικὸν μικροσκόπιον 377
 πορφυρίτης 488
 πορφυριτικός ἱστός 479
 πορφυροβλάστης 498
 πορφυροειδὴς γρανίτης 484
 πορφυροκλάστης 498
 Posnjak 244
 Potosi 524
 πουλασσίτης 487
 τρασινίτης 499, 512
 πρασινολιθικός σχίστης 512
 πρίσμα 111
 πρίσμα Nicol 376
 προπυλίτης 488
 προπυλιτίωσις 526
 προσχωματικά κοιτάσματα 535
 προυσίτης 101
 πυκνότητος προσδιορισμός 447

πυραργυρίτης 101, 528
 πυριγενή πετρώματα 477
 πυριτικά ἄλατα 258
 πυριτιόλιθος 496
 πυριτιοσπόγγοι 496
 πυριτίωσις 525
 πυροηλεκτρισμός 343
 πυρόλιθος 496
 πυρομορφίτης 92
 πυροφυλλίτης 271
 πυροχημική ἐξέτασις 452

P R

ραδιενέργεια 432
 ραδιολαχίτης 496
 ραιτισιότης 442
 Ramdohr 418
 Raumgruppen 152
 Reflexionskugel 165
 Reflexionspleochroismus 422
 Reststrahlen
 Rétigraphes 201
 ρεῦμα 478
 Reusch 428
 Riecke ἀρχή 502
 ροδονίτης 271
 ροδοχρωσίτης 246
 ρομβικὸν δωδεκάεδρον 49, 78
 ρομβικὸν σύστημα 109
 ρομβικὸν σφηνόεδρον 110
 ρομβοεδρική συνθήκη 168
 ρομβόεδρον 96
 Rosiwal 339
 ρουβίνιον 445, 470
 ρουτίλιον 123, 436
 ρυοδχιότης 486
 ρυόλιθος 484

Σ S

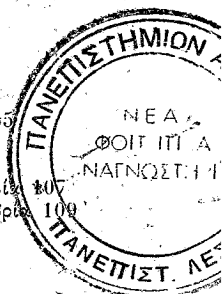
σαλικά ὄρυκτα 481
 σανδαράχη 114
 Sander 501
 σανίδιον 114, 291, 443
 σάππειρος 445, 470
 σασσωλίνης 525
 Schiebold 261
 Schneiderhöhn 418
 Schoenflies 38, 152
 Schottky 297, 345
 Seemann - Bohlin μέθοδος 213
 Seignette ἄλας 340
 Seignette ηλεκτρισμός 343
 σελήνιον 253
 σεναρμονίτης 125
 σερικιτίωσις 525
 σερπεντίνης 271
 σερπεντινίωσις 526
 σήπιον 442

Sial 475
 Siallit 531
 σιδηρομαγνητισμός 350
 σιδηρίτης 246
 σιδηρομαγνητισμός 348
 σιδηροπυρίτης 41, 81
 σιδηρούς κάλυμμα 527
 σιδηρόφιλα στοιχεία 473
 σελλιμανίτης 271
 Sima 475
 σιπολίνης 513
 σκαληνόεδρον τετραγωνικόν 107
 σκαληνόεδρον τριγωνικόν 96
 Skarn 521
 σκαπόλιθος 521
 σκελετώδεις κρύσταλλοι 301
 σκληρόμετρον 337
 σκληρότης 336
 σμάραγδος 264, 445, 470
 σημαντική κατάστασις 416
 σμιθωνίτης 246
 σμύρις 513
 Snellius 419
 σόδα 536
 Sohneke 152
 Soleil πλακίδιον 424, 428
 Solidus 319
 Soller διάφραγμα 217
 σορβίτης 327
 Sorosilikate 190
 σπερρύλιθος 81, 257
 σπιλίτης 508
 σπιλοσίτης 508
 σπινέλλιος 24, 80, 243
 σπογγόλιθοι 496
 σποδοειδής 517, 520
 σταλαγμίζεται 494
 σταλακτίζεται 494
 Stassfurt 538
 σταυρόλιθος 121, 436
 στερεογραφική προβολή 59
 στεφανίτης 528
 στίλβωσις 338
 στοιβαδύμορφον διάγραμμα 189
 στοιβαδύμορφον πλέγμα 242, 417
 στοιγός 140
 Stokes 439
 σολοσίτης 106
 Stress 500
 στροντιανίτης 246
 στρουβίτης 111
 στροφική πόλωσις 423
 στροφικός διασκεδασμός
 Strunz 263
 συμπτηρίαι 22, 81, 539
 συμπτηριακός σχιστόλιθος 539
 Sudbury 519
 συνίτης 487
 συνηγοάββρος 487
 συλβανίτης 525

συλβίνης 43, 537
 συμβολισμός τάξεων 38
 συμμεγής διδυμία 122
 συμμετρία Laue 170
 συμμετρία σημείου 33, 150
 συμμετρία χώρου 150
 συμπαγής συσσωμάτωσις 252
 συμπήξεως ζώνη 528
 σύνδεσις van der Waals 232
 σύνδεσις ετεροπολική 228
 σύνδεσις μεταλλική 231
 σύνδεσις ομοιοπολική 229
 σύνδρομα όρυκτά 513
 σύνθεσις Fourier 224
 σύνθεσις Patterson 226
 σύνθετος κρύσταλλος 25
 συντελεστής απορροφήσεως 419
 συντονισμός 245
 συσσωμάτωμα 445
 συστάς 445
 σύστασις της Γης 472
 σύστημα 310
 σφαίρα ανακλάσεως 165
 σφαίριλοι 397
 σφαλερίτης 82, 283
 σφηνοεδρική άνωθμιαδρία 107
 σφηνοεδρική τεταρτοεδρία 109
 σφηνοειδής 111
 σφηνόεδρον 32
 σφελίτης 106, 431
 σχέσις παραμέτρων 44
 σχισμός 19, 289, 332
 σχιστοκερατόλιθοι 496
 σωρός 477
 σωσσυρίτης 489

T

Τάλας 271
 ταλικός σχιστόλιθος 512
 Tammann 285, 473
 Taylor 261
 ταχίτης κρυσταλλώσεως 285
 τεκτονίζεται 501
 teleskopung 523
 τεταντίτης 82
 terra rossa 494, 530
 τεσσαρχονταυκτάεδρον 79
 τεταρτοεδρία 53
 τεταρτοεδρικών δωδεκάεδρον 83
 τετραγωνική άμφιπυρμής 104
 τετραγωνικόν πρίσμα 103
 τετραγωνικόν σκαληνόεδρον 107
 τετραγωνικόν σύστημα 102
 τετραγωνικόν σφηνόεδρον 107
 τετραγωνικόν τραπεζόεδρον 105
 τετραεδρίτης 82
 τετραέδρον 82
 τετράκις έξάεδρον 78
 τιλλίται 492



τιμὴ διπλοπλαστικότητα 369
 τιτανίτης 436
 τουαλίτης 486
 τοπάξιον 110, 436
 τοπόταξις 308
 τοποχημικαὶ ἀντιδράσεις 303
 Τοσκάνη 525
 τουρμαλίνης 101, 436
 τραβερτίνης 494
 Transval 535
 τραχειανδρείτης 487
 τραχείτης 487
 τρεμολίτης 268
 Trenner κανὼν 501
 τρηματοκογχα 495
 τριαδικὸν σύστημα 322
 Trial and Error μέθοδος 223
 τριγωνικὴ ἀμφιπυραμὶς 97
 τριγωνικὸν πρίσμα 97
 τριγωνικὸν σύστημα 94
 τριγωνικὸν τραπεζοέδρον 98
 τριγωνοεδρική ὀλοεδρία 96
 τριδυμίτης 118
 τρικλινὲς σύστημα 115
 τριπλοῦν σημεῖον 311
 τρεῖς ὀκτάεδρον 79
 τρεῖς τετράεδρον 82
 τριφανὴς 520
 τριγίται 301
 τρωγγεμίτης 486
 τριγωνικὸν βαρυαντιμονύλιον 107
 τρυγικὸν ὄξύ 114
 τρωκτόλιθος 489
 τσεμεντίτης 325
 τυπὸμορφα ὀρυκτὰ 510
 τύρφη 542

Υ U Y

ὕαλίτης 414
 ὕαλοκέφαλος 442
 ὕαλος 437
 ὕαλοφανὴς 250
 ὕαλώδη σώματα 18, 437
 ὕγροι κρύσταλλοι 416
 ὕδροχημικαὶ ἀντιδράσεις 463
 ὕδατογενὴ ὀρυκτὰ 470
 ὕδραργυλλίτης 441, 494, 532
 ὕδρογονάνθρακες ὀρυκτοὶ 542
 ὕδροθερμικὰ κοιτάσματα 523
 ὕδροθερμικὴ σύνθεσις 289
 ὕδροθερμικὴ φάσις 523
 ὕδρολύματα 439
 ὕδρόλυσις 526
 ὑπερβασικὰ μάγματα 480
 ὑπεριώδης ἀκτινοβολία 431
 ὑπερσθενὴς 481
 ὑπέρυθροι ἀκτίνες 429

Φ F

φαινοκρύσταλλοι 479
 φαματινίτης 525
 φανερίται 478
 Faraday φαινόμενον 428
 φάσις 310
 φάσμα ἀπορροφῆσεως 429
 φασματοσκοπία ἀκτίνων X 173
 φασματοσκοπικαὶ μέθοδοι 429
 φαυαλίτης 481
 Fedorow 152
 Fedorow τράπεζα 412
 φεμικά ὀρυκτὰ 481
 φενακίτης 100
 φενίτωσις 508
 φεργουσονίτης 442
 φερρίτης 325
 φθανίτης 496
 φθορισμός 430
 φθορίτης 57, 80
 φιλιππίτης 125
 φλεβίτης 478
 φλεβοειδεῖς γνεύσιοι 508
 φλέψ 477
 φλογοπίτης 271
 φλόξ 452
 Flotation 308
 φλόσχης 493
 φορστερίτης 481
 φουσουλίται 495
 φραγκλίτης 243
 Frenkel 297, 345
 Fresnel 427
 Friedel 170
 Friedrich 160
 φυλλίτης 498, 512
 φυλλοπιριτικά 271
 φωνολιθικός τραχείτης 487
 φωνόλιθος 489
 φωσγενίτης 105
 φωσφορισμός 430
 φωσφορίτης 540
 φωταγεία 430
 φωτεινὰ σχήματα 56

X H

χαβασίτης 121
 Habitus 26
 Haga 160
 χαλαζιακὸς διορίτης 486
 χαλαζιακὸς κερατοφύρης 485
 χαλαζιακὸς λατίτης 486
 χαλαζιακὸς μονζονίτης 486
 χαλαζιακὸς πορφύρης 485
 χαλαζίας 13, 17, 99, 274, 279, 340, 429
 χαλαζίτης 512
 χαλκανθίτης 116
 χαλκηδόνιος 442, 443

χαλκοπυρίτης 107
 χαλκοσίνης 528
 χαλκοτριχίτης 26
 χαλκούχος σχιστόλιθος 539
 χαλκόφιλα στοιχεῖα 473
 χαμοσίτης 539
 χαουερίτης 31, 257
 χαουσμανίτης 123
 Harker 227
 Harcourt 446
 χαρακτηριστική ἀκτινοβολία 172
 Harrison 434
 Hartmann 429
 χάσμα μείξεως 321
 Haüy νόμος 46
 χάφνιον 517
 herapathit 376
 Hermann 38, 153
 Hessel 35
 χημικά ἱζήματα 494
 Hilleraas 417
 γλωρικόν νάτριον 428
 γλωριούχον ἀμμώνιον 81
 γλωριτικός σχιστόλιθος 512
 γλωρίτης 271, 436
 γλωριτοειδής 271
 Holmes 433

Hooke νόμος 328
 Hornfels 496, 506
 χουμικά ὀξέα 529, 531, 538
 χριστοβαλίτης 274, 279
 χρυσόκολλα 442
 χρῶμα 445
 χρωμικόν μαγνήσιον 111
 χρωμίτης 22, 80, 519
 Hull διάγραμμα 221
 Hume Rothery 255
 Huyghens 354, 358

Ψ

ψαθυρός 491
 ψαμμίτης 492
 ψευδαργυρίτης 96
 ψευδομεροεδρία 157
 ψευδομόρφωσις 260, 472
 ψευδοσυμμετρία 107, 118, 157
 ψιλομέλας 442

Ω

ωσειδές πολώσεως 367
 ωλιθικοί ἀσβεστόλιθοι 494
 ωλίθοι 494

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Berg, G.*: Vorkommen und Geochemie der mineralischen Rohstoffe, Leipzig, 1929.
- Buchwald, E.*: Einführung in die Kristalloptik, Berlin, 1952.
- Buerger, M.*: Elementary Crystallography, New York, 1956.
- Correns, C.*: Einführung in die Mineralogie, Berlin, 1949.
- Dana - Hurlbut*: Manual of Mineralogy, New York, 1949.
- Eskola, P.*: Kristalle und Gesteine, Wien, 1946.
- Evans*: An Introduction to Crystalchemistry, Cambridge, 1964.
- Freibold, G.*: Erzlagertstättenkunde, Berlin, 1929.
- Friedel, G.*: Leçons de Cristallographie, Paris, 1926.
- Gay, R.*: Cours de Cristallographie, Paris, 1958.
- Kleber, W.*: Einführung in die Kristallographie, Berlin, 1963.
- Kleber, W.*: Angewandte Gitterphysik, Berlin, 1941.
- Machatschki, F.*: Grundlagen der allgemeinen Mineralogie und Kristallchemie, Wien, 1946.
- Μουσούλου Α.*: Τὸ πρόβλημα τῆς ἐκμεταλλεύσεως τοῦ ὑπογείου πλούτου τῆς Ἑλλάδος, Ἀθῆναι, 1962.
- Niggli, P.*: Lehrbuch der Mineralogie, Berlin, 1942.
- Phillips, F. C.*: An Introduction to Cristallography, London, 1963.
- Petrascheck W.*: Lagerstättenlehre, Wien, 1950.
- Ramdohr P.*: Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie, Stuttgart, 1954.
- Schmidt, W. und Bajer E.*: Lehrbuch der Mineralogie, Berlin, 1955.
- Tammann, G.*: Heterogene Gleichgewichte, Braunschweig, 1924.
- Winkler, H.*: Struktur und Eigenschaften der Kristalle, Berlin, 1955.

