

LA THỊ CHÍCH - HOÀNG TRỌNG MAI

KHOÁNG VẬT HỌC



NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

La Thị Chích - Hoàng Trọng Mai

KHOÁNG VẬT HỌC

(Tái bản lần thứ 3, có sửa chữa và bổ sung)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH - 2011

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	7
MỞ ĐẦU	9
0.1 Khoáng vật học và khái niệm về khoáng vật	9
0.2 Các giai đoạn quan trọng trong lịch sử phát triển khoáng vật học thế giới	9
0.3 Lịch sử phát triển khoáng vật học ở nước ta	11
0.4 Mối quan hệ của khoáng vật học với các ngành khoa học khác	12
Câu hỏi hướng dẫn ôn tập	12
PHẦN THỨ NHẤT: CƠ SỞ TINH THỂ HỌC	15
Chương 1 KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ TINH THỂ	17
1.1 Tinh thể trong tự nhiên	17
1.2 Kiến trúc của mạng tinh thể và các tính chất của tinh thể	17
1.3 Sự đối xứng của tinh thể	19
1.4 Phép cộng các yếu tố đối xứng	24
Câu hỏi hướng dẫn ôn tập chương 1	30
Chương 2 HÌNH DẠNG VÀ KÝ HIỆU TINH THỂ	31
2.1 Hình dạng tinh thể và cách gọi tên	31
2.2 Ký hiệu tinh thể	38
Câu hỏi hướng dẫn ôn tập chương 2	43
Chương 3 KIẾN TRÚC MẠNG KHÔNG GIAN TRONG TINH THỂ	44
3.1 Ô mạng cơ sở và 14 ô mạng của Bravais	44
3.2 Các yếu tố đối xứng của mạng không gian	46
3.3 Hai trăm ba mươi nhóm không gian	49
3.4 Các đặc điểm hoá tinh thể	49
Câu hỏi hướng dẫn ôn tập chương 3	51
PHẦN THỨ HAI: KHOÁNG VẬT HỌC ĐẠI CƯƠNG	53
Chương 4 THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ KIẾN TRÚC BÊN TRONG CỦA KHOÁNG VẬT	55
4.1 Thành phần hóa học và công thức của khoáng vật	55
4.2 Kiến trúc của khoáng vật	59
4.3 Thành phần và cấu tạo của khoáng vật dạng keo	65
Câu hỏi hướng dẫn ôn tập chương 4	68

Chương 5 HÌNH THÁI CỦA KHOÁNG VẬT	70
5.1 Hình thái của tinh thể riêng lẻ	70
5.2 Hình thái của tập hợp khoáng vật	74
Câu hỏi hướng dẫn ôn tập chương 5	5
Chương 6 TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA KHOÁNG VẬT	78
6.1 Tính chất quang học của khoáng vật	78
6.2 Tính chất cơ học của khoáng vật	84
6.3 Tỷ trọng của khoáng vật	89
6.4 Các tính chất vật lý khác của khoáng vật	92
Câu hỏi hướng dẫn ôn tập chương 6	96
Chương 7 NGUỒN GỐC CỦA KHOÁNG VẬT	97
7.1 Khái niệm chung	97
7.2 Đặc điểm cơ bản của các quá trình địa chất tạo khoáng	104
Câu hỏi hướng dẫn ôn tập chương 7	113
Chương 8 CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU KHOÁNG VẬT	115
8.1 Phương pháp nghiên cứu bằng tia X	115
8.2 Phương pháp kính hiển vi điện tử	116
8.3 Phương pháp quang phổ	116
8.4 Phương pháp cực phổ	116
8.5 Phương pháp phân tích nhiệt	117
PHẦN THỨ BA: MÔ TẢ KHOÁNG VẬT	119
Phân loại và cách gọi tên khoáng vật	121
Chương 9 NHÁNH I - NGUYÊN TỐ TỰ NHIÊN	123
9.1 Đồng tự nhiên – Cu	124
9.2 Vàng tự nhiên – Au	125
9.3 Lưu hoàng – S	127
9.4 Kim cương và grafit	128
Chương 10 NHÁNH II - SUNFUA VÀ CÁC HỢP CHẤT TƯƠNG TỰ	132
10.1 Lớp I - Sunfua đơn giản và hợp chất tương tự	134
10.2 Lớp II - Sunfua phức tạp và sunfô muối	151

Chương 11 NHÁNH III - HALOGENUA	155
11.1 Lớp I: Fluorua	156
11.2 Lớp II: Clorua - bromua - iodua	157
Chương 12 NHÁNH IV - OXIT VÀ HIDROXIT	160
12.1 Lớp I: Oxit	161
12.2 Lớp II: Hidroxit	181
Chương 13 NHÁNH V - CÁC MUỐI OXI	186
13.1 Lớp I: Silicat	188
13.2 Lớp II: Cacbonat	147
13.4 Lớp IV: Cromat	264
13.5 Lớp V: Molipdat và vonframmat	265
13.6 Lớp VI: Fotfat, acsenat và vanadat	269
PHẦN THỨ TƯ: CỘNG SINH KHOÁNG VẬT	277
Chương 14 NHỮNG TỔ HỢP CỘNG SINH KHOÁNG VẬT QUAN TRỌNG NHẤT	279
14.1 Tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong đá và khoáng sàng có nguồn gốc nội sinh	279
14.2 Tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong đá và khoáng sàng có nguồn gốc ngoại sinh	286
14.3 Tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong đá và khoáng sàng biến chất	289
PHẦN PHỤ LỤC	293
<i>Phụ lục 1: 14 ô mạng cơ sở của brave (1850)</i>	293
<i>Phụ lục 2: 32 dạng đối xứng của tinh thể</i>	294
<i>Phụ lục 3: 230 nhóm không gian</i>	297
<i>Phụ lục 4: Hệ thống tuần hoàn các nguyên tố hóa học với đặc điểm hóa tinh thể của chúng</i>	304
<i>Phụ lục 5: Bảng tuần hoàn các nguyên tố với bán kính nguyên tử và ion (Å)</i>	305
BẢNG TRA CỨU KHOÁNG VẬT	307
TÀI LIỆU THAM KHẢO	310

LỜI NÓI ĐẦU

KHOÁNG VẬT HỌC được biên soạn làm tài liệu học tập cho sinh viên Khoa Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP HCM. Cuốn sách này cũng có thể giúp ích sinh viên các trường đại học và cao đẳng có môn học liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu thành phần vật chất của vỏ Trái Đất, có thể là tài liệu tham khảo cho cán bộ kỹ thuật, công nghệ muốn đi sâu tìm hiểu về khoáng vật - "tế bào" cấu tạo nên tất cả các loại đất đá trên hành tinh của chúng ta.

Cuốn sách **KHOÁNG VẬT HỌC** này là tái bản có bổ sung lần xuất bản vào năm 1970 do Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp ấn hành, và lần xuất bản thứ hai năm 2001 do Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh ấn hành.

Nội dung giáo trình gồm có 4 phần:

Phần thứ nhất

Cơ sở tinh thể học nêu lên cơ sở hình học và các yếu tố đối xứng để xác lập tinh hệ của một khoáng vật.

Phần thứ hai

Khoáng vật học đại cương gồm những nguyên lý chung về sự thành tạo khoáng vật, bản chất các tính chất hóa học, vật lý khoáng vật và các quá trình địa chất tạo khoáng.

Phần thứ ba

Mô tả khoáng vật trình bày có hệ thống các khoáng vật theo đặc điểm hóa học tinh thể, tính chất vật lý, nguồn gốc khoáng sàng, đặc điểm nhận biết, các khoáng sàng chính của Việt Nam và trên thế giới, công dụng của khoáng vật.

Phần thứ tư

Cộng sinh khoáng vật nêu tóm tắt các tổ hợp cộng sinh khoáng vật quan trọng nhất trong đá và trong các khoáng sàng thuộc các quá trình địa chất tạo khoáng khác nhau.

Trong từng phần chúng tôi cố gắng làm rõ mối quan hệ hữu cơ giữa thành phần hóa học, kiến trúc tinh thể và các tính chất của khoáng vật, đồng thời nhấn mạnh đặc điểm nguồn gốc, quy luật phát sinh, phát triển và biến đổi của chúng, để dự báo các tiền đề phát hiện, tìm kiếm khoáng sản.

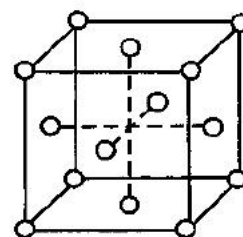
Dựa vào những điều kiện đó và xuất phát từ hình dạng của tinh thể thật, Bravais đã suy ra được 14 ô mạng cơ sở thuộc 7 tinh hệ khác nhau. Phân tích bằng tia X đã chứng tỏ lý thuyết của Bravais là hoàn toàn đúng đắn. Vì vậy 14 ô mạng cơ sở trên mang tên của Bravais (bảng 3.1).

Trong 14 ô mạng cơ sở của Bravais người ta chia làm bốn thể:

- 1- Thể nguyên thủy (P): các nút mạng chỉ nằm ở đỉnh ô mạng.
- 2- Thể tâm đáy (C): nút mạng nằm ở đỉnh và ở tâm của hai đáy song song với nhau.
- 3- Thể tâm khối (I): nút mạng nằm ở đỉnh và ở tâm của ô mạng.
- 4- Thể tâm mặt (F): nút mạng nằm ở đỉnh và ở tâm các mặt.

Đặc trưng cho các kiểu và thể ô mạng trong các tinh hệ được giới thiệu trong bảng 3.1.

Mỗi tinh thể có một kiến trúc mạng không gian nhất định và theo một ô mạng cơ sở nhất định. Ví dụ, Cu tự nhiên có ô mạng cơ sở lập phương tâm mặt (H.3.2).



Hình 3.2 Kiến trúc tinh thể Cu

3.2 CÁC YẾU TỐ ĐỐI XỨNG CỦA MẠNG KHÔNG GIAN

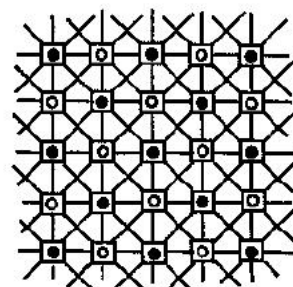
Mạng không gian là một hình vô hạn. Tất cả các yếu tố đối xứng trong hình hữu hạn đều thể hiện trong hình vô hạn. Trong hình vô hạn mỗi một loại yếu tố đối xứng sẽ có vô số yếu tố đối xứng cùng loại song song với nó.

Ví dụ, trong tinh thể muối ăn NaCl có L_4 vuông góc với mặt lập phương (H.3.3). Trên hình chiếu của mặt mạng song song với mặt lập phương ta thấy có vô số trục L_4 qua ion Cl^- , Na^+ song song với nhau, tương tự ta cũng có vô hạn mặt đối xứng song song với nhau.

Trong số các yếu tố đối xứng của hình vô hạn, ngoài các yếu tố đối xứng C, P, L_2 , L_3 , L_4 , L_6 , Li_4 và Li_6 còn có thêm trục tịnh tiến, các mặt ảnh trượt và trục xoắn ốc.

Ví dụ: trong tinh thể muối ăn NaCl có L_4 vuông góc với mặt lập phương (H.3.3). Trên hình chiếu của mặt mạng song song với mặt lập phương ta thấy có vô số trục L_4 qua ion Cl^- , Na^+ song song với nhau, tương tự ta cũng có vô hạn mặt đối xứng song song với nhau.

Trong số các yếu tố đối xứng của hình vô hạn, ngoài các yếu tố đối xứng C, P, L_2 , L_3 , L_4 , L_6 , Li_4 và Li_6 còn có thêm trục tịnh tiến, các mặt ảnh trượt và trục xoắn ốc.

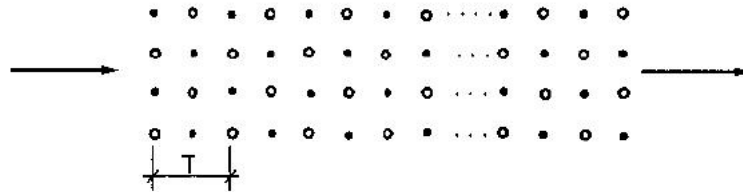


○ ion Cl^- ; ● ion Na^+ ; □ trục L_4 ; | mặt P

Hình 3.3 Mặt mạng của tinh thể NaCl

1- Trục tịnh tiến

Trục tịnh tiến là một hướng ở trong hình vô hạn có tính chất là khi dịch chuyển song song với nó một đoạn dài xác định thì hình lặp lại vị trí cũ. Trục tịnh tiến được đánh dấu bằng mũi tên. Độ dài dịch chuyển ngắn nhất để cho hình trở lại vị trí cũ gọi là *bước tịnh tiến* ký hiệu là T (H.3.4).



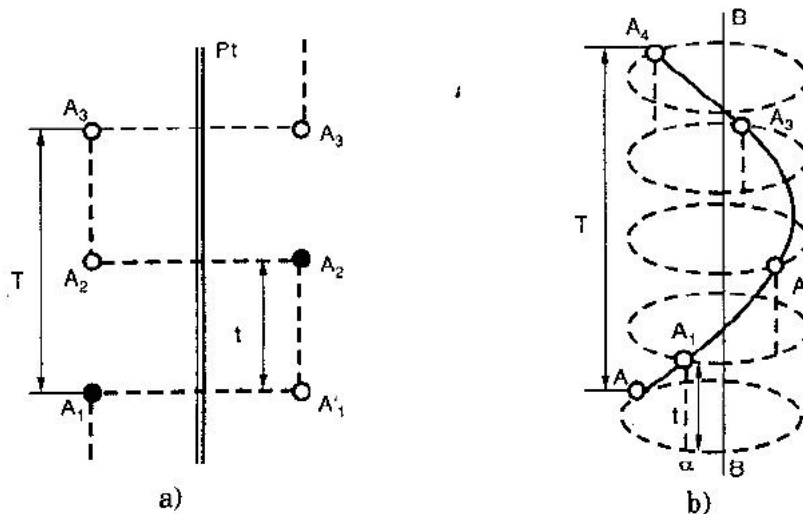
Hình 3.4 Trục tịnh tiến (đánh dấu bằng mũi tên với bước tịnh tiến T)

2- Mặt ảnh trượt

Mặt ảnh trượt được thiết lập bởi một tập hợp gồm một mặt phẳng đối xứng cộng thêm một phép tịnh tiến song song với nó và tác dụng đồng thời.

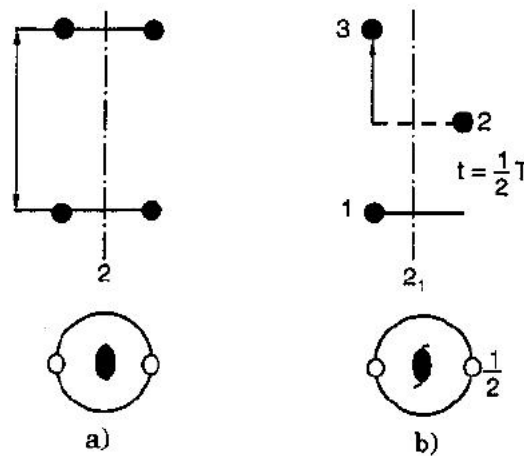
Các mặt ảnh trượt có loại a , b , c , n , d . Mặt ảnh trượt a , b , c có mặt tịnh tiến song song với các trục kết tinh a , b , c với bước tịnh tiến $T = 1/2$ bước tịnh tiến của các trục kết tinh đó ($1/2a$, $1/2b$, $1/2c$). Các mặt n , d có trục tịnh tiến song song với đường chéo của ô mạng cơ sở, trong đó mặt n có bước tịnh tiến $T = 1/2 (b + c)$, $1/2 (a + b)$, còn mặt d có $T = 1/4 (b + c)$, $1/4 (c + a)$, $1/4 (a + b)$.

Trên hình 3.5, các nút A_1 , A_2 , A_3 cho tác dụng qua Pt rồi tịnh tiến một đoạn T thì toàn bộ hệ thống mạng lại trùng với nó.

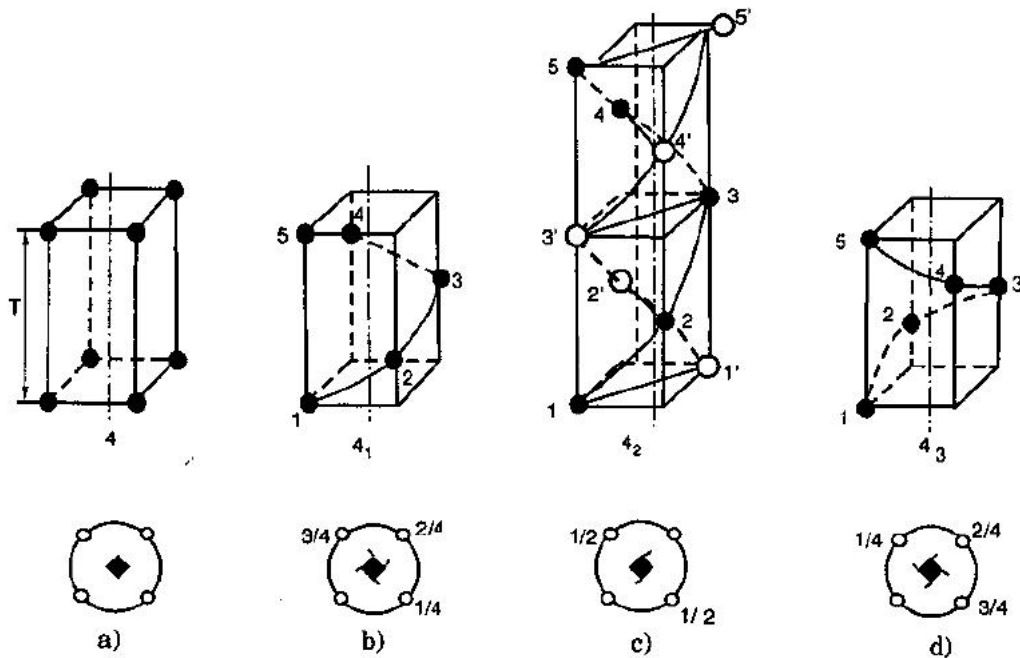


Hình 3.5 Mặt ảnh trượt (Pt) với bước trượt t (a) và trục xoắn ốc (BB) với bước trượt t (b)
 T là bước tịnh tiến trong cả hai trường hợp

3- Trục xoắn ốc



Hình 3.6 Trục bậc hai giản đơn (a) và trục xoắn ốc bậc hai (b)

Hình 3.7 Các trục bậc bốn: 4- Giản đơn (a); 4₁- Phải (b) 4₂-Trung hòa (c) và 4₃ - Trái (d) Trục trung hòa không phân biệt được phải, trái

Trục xoắn ốc là một tập hợp gồm một trục đối xứng và một phép tịnh tiến song song với trục tác dụng đồng thời.

Trục xoắn ốc trong tinh thể có thể là trục bậc hai, bậc ba, bậc bốn, bậc sáu giống như trục đơn giản và trục nghịch đảo.

Người ta qui ước có trục xoắn ốc phải và trái. Nếu trục xoắn ốc phải thì chiều quay quanh nó theo chiều kim đồng hồ, còn trục xoắn ốc trái thì ngược lại - quay ngược chiều kim đồng hồ. Ngoài ra còn có loại trục xoắn ốc trùng với trục đối xứng đơn giản.

Ký hiệu các trục xoắn ốc như sau:

2_1 trục xoắn ốc bậc 2 phải và trái.

3_1 và 3_2 trục xoắn ốc bậc 3 phải và trái.

4_1 , 4_2 và 4_3 trục xoắn ốc bậc 4 phải, trung hòa và trái.

6_1 , 6_2 , 6_3 , 6_4 , 6_5 trục xoắn ốc bậc 6 phải (6_1 và 6_2), trung hòa (6_3) và trái (6_4 , 6_5).

Có thể nêu một vài ví dụ về trục xoắn ốc. Trục bậc hai giản đơn và trục xoắn ốc bậc 2 được biểu diễn trên hình 3.6. Các trục bậc bốn phức tạp hơn, ngoài trục xoắn ốc phải và trái, còn có trục xoắn ốc trung hòa - là trục không phân biệt được phải và trái (H.3.7).

3.3 HAI TRĂM BA MƯƠI NHÓM KHÔNG GIAN

Như đã biết, tổ hợp các yếu tố đối xứng của hình hữu hạn sẽ cho 32 lớp đối xứng khác nhau. Tổ hợp các yếu tố trong hình vô hạn sẽ cho ta 230 nhóm đối xứng trong không gian. Năm 1890 nhà tinh thể học người Nga Fedorov E.C. và nhà toán học người Đức Soflis đã đồng thời công bố phát hiện 230 nhóm không gian trong tinh thể.

Nếu trong nhóm không gian loại trừ phép tịnh tiến, nghĩa là làm mất ảnh trượt và trục xoắn ốc trở thành mặt đối xứng bình thường và trục quay bình thường thì sẽ có 32 lớp đối xứng.

Ngược lại cho các yếu tố đối xứng của hình hữu hạn, thêm các phép tịnh tiến, biến mặt đối xứng và trục quay thành mặt ảnh trượt và xoắn ốc thì sẽ chuyển được 32 lớp đối xứng thành 230 nhóm không gian, gọi là nhóm không gian Fedorov (phụ lục 3).

Việc nghiên cứu các yếu tố đối xứng trong mạng tinh thể và ký hiệu các nhóm không gian được trình bày chi tiết trong các sách chuyên sâu của môn tinh thể học.

3.4 CÁC ĐẶC ĐIỂM HOÁ TINH THỂ

1- Bán kính nguyên tử và bán kính ion

Khi nghiên cứu một kiến trúc nào đó của tinh thể người ta thường chú ý đến khoảng cách giữa các đơn vị kiến trúc (ion, nguyên tử, phân tử ...), tức là phải xác định khoảng cách tối thiểu không vượt qua được giữa hai đơn vị kiến trúc. Để xác định khoảng cách đó người ta mô tả quả cầu hiệu dụng mà bên trong nó không có một nguyên tử hay một ion nào có thể lọt vào được, còn gọi là quả cầu nguyên tử hay ion. Bán kính của nó là bán kính nguyên tử và ion (khoảng cách cực tiểu mà tâm của quả cầu của nguyên tử hay ion đó có thể tiến gần tới bề mặt quả cầu của nguyên tử hay ion bên cạnh).

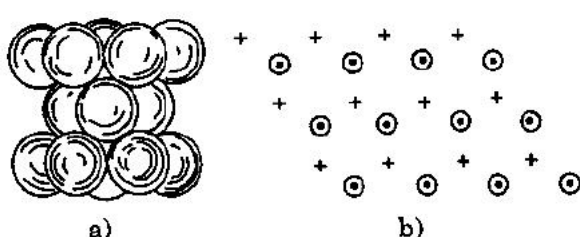
Hiện nay nhờ phép phân tích kiến trúc tinh thể, người ta có thể dựa vào để tính được một cách tương đối bán kính nguyên tử và ion của các chất.

2- Sự chồng khít các quả cầu hiệu dụng

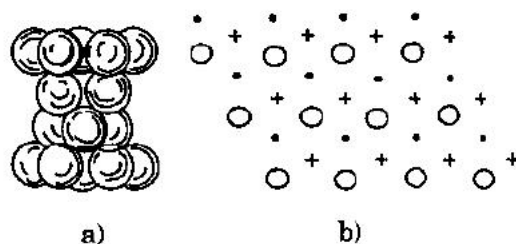
Nếu coi kiến trúc của tinh thể giống như tập hợp các quả cầu nguyên tử (ion) tiếp xúc với nhau thì chúng ta sẽ tưởng tượng được sự chồng khít (xếp đặt) các quả cầu với bán kính bằng bán kính nguyên tử (ion) gọi là sự chồng khít các quả cầu hiệu dụng.

Ta hãy xét trường hợp đơn giản khi mạng gồm các đơn vị kiến trúc giống nhau (các quả cầu giống nhau). Khi chồng khít, ta lần lượt xếp khít các quả cầu ở lớp thứ nhất, rồi đặt các quả cầu tương tự lên trên lớp cầu thứ nhất sao cho các quả cầu lấp đầy các hổng do lớp một tạo nên (H.3.8 và H.3.9).

Tiếp tục xếp lớp ba. Nếu các quả cầu lớp ba trùng với lớp một thì gọi là kiểu chồng khít sáu phương (H.3.8). Nếu các quả cầu lớp 3 chưa trùng với lớp 1 thì gọi là kiểu chồng khít lập phương (H.3.9).



Hình 3.8 Kiểu chồng khít sáu phương:
a) Dạng chung; b) Tâm các quả cầu (nhìn theo hình chiếu bằng) với O là tâm quả cầu lớp thứ nhất, + của lớp thứ hai, • của lớp thứ ba



Hình 3.9 Kiểu chồng khít lập phương:
a) Dạng chung, b) Tâm các quả cầu (nhìn theo hình chiếu bằng) với O là tâm quả cầu lớp thứ nhất, + của lớp thứ hai, • của lớp thứ ba

3- Số phối trí và đa diện phối trí

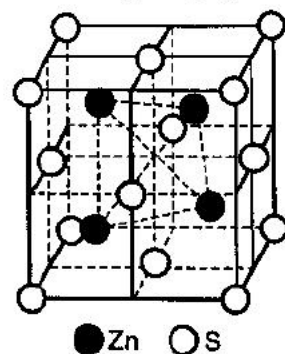
Ở trên chúng ta đã biết khái niệm quả cầu hiệu dụng. Số lượng các quả cầu hiệu dụng của cùng một loại nguyên tử hoặc ion bao quanh một quả cầu hiệu dụng của một nguyên tử hoặc một ion cho trước gọi là số phối trí.

Trong tinh thể ion người ta tính số phối trí là số quả cầu hiệu dụng của anion bao quanh quả cầu cation.

Số phối trí có thể là 2, 3, 4, 6, 8, 12.

Có thể nêu ví dụ, (H.3.10) là kiến trúc của tinh thể sfalerit (ZnS). Nó thuộc dạng ô mạng lập phương tâm mặt. Số phối trí của Zn là 4 (số ion S^{2-} vây quanh ion Zn^{+2} là 4).

Nếu nối tâm các quả cầu bao quanh lại ta được một đa diện gọi là đa diện phối trí (ở đây phải tưởng tượng là các quả cầu bao quanh và bị



Hình 3.10 Cấu trúc của ZnS

bao quanh đều xếp khít với nhau). Các dạng đa diện phối trí thường gặp là đường thẳng, tam giác, hình tứ diện, bát diện, hình hộp lập phương và lăng trụ sáu phương (H.3.11).



Số phối trí: 2- Đường thẳng; 3- Tam giác; 4- Tứ diện; 6- Bát diện; 8- Lập phương; 12- Lăng trụ sáu phương

Hình 3.11 Các dạng đa diện phối trí thường gặp
(con số ghi ở dưới hình vẽ chỉ số phối trí của cation)

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 3

- 3.1. Ô mạng cơ sở phải thỏa mãn những điều kiện gì? Nếu thiếu một trong các điều kiện trên có được không? Tại sao?
- 3.2. Trong hình vô hạn có những yếu tố đối xứng nào khác với trong hình hữu hạn?
- 3.3. Cho một mặt ảnh trượt Pt được thiết lập bởi tổ hợp gồm một mặt đối xứng đơn giản cộng thêm một phép tịnh tiến song song với nó. Hãy vẽ hình biểu diễn khi nút A bất kỳ tác dụng qua Pt với bước tịnh tiến lần lượt là $1/4a$, $1/2a$ và $3/4a$.
- 3.4. Cho một trục xoắn ốc bậc ba và một chất điểm A. Hãy nối các điểm A_1 , A_2 , A_3 , ..., A_n khi cho tác dụng qua trục xoắn ốc trong hai trường hợp: trục xoắn ốc bậc ba trái và phải.
- 3.5. Trên phụ lục 4 ghi bán kính ion của cation và anion của các nguyên tố. Hãy nhận xét mối liên quan giữa bán kính ion với hoá trị của chúng.
- 3.6. Việc chồng khít các quả cầu hiệu dụng thường tạo ra không gian rỗng giữa các quả cầu. Hãy nhận xét hình dạng các lỗ hổng đó. Thử tính thể tích mỗi loại lỗ hổng nếu giả thiết các quả cầu hiệu dụng đều có bán kính bằng R.
- 3.7. Giả sử bán kính các anion chồng khít là R, bán kính cation điền ở giữa là r. Trong điều kiện số phối trí 3 nghĩa là có 3 anion vây quanh 1 cation như hình số 3 (H.3.11).

Hãy tìm tỷ số của $\frac{r}{R}$.

- 3.8. Khi tỷ số $\frac{r}{R}$ thay đổi trong điều kiện kích thước các ion vây quanh vẫn giữ nguyên (R = hằng số) thì trong kiến trúc tinh thể xảy ra hiện tượng gì?

PHẦN THỨ HAI

KHOÁNG VẬT HỌC ĐẠI CƯƠNG

THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ KIẾN TRÚC BÊN TRONG CỦA KHOÁNG VẬT

4.1 THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ CÔNG THỨC CỦA KHOÁNG VẬT

Khoáng vật là những tế bào cấu tạo nên vỏ Trái Đất. Đối tượng nghiên cứu của khoáng vật học chính là thành phần vật chất của vỏ Trái Đất. Theo những quan sát trực tiếp thì chúng ta chỉ hiểu biết được phần trên cùng của vỏ Trái Đất. Những phần sâu hơn thông qua các giếng dầu, các lỗ khoan sâu, quá trình tạo sơn nâng những khối vật chất ở dưới sâu lên mới quan sát được. Thành phần hóa học của vỏ Trái Đất được quan sát một cách chắc chắn đạt tới chiều sâu 16 kilomet bao gồm thạch quyển, thủy quyển, sinh quyển và một phần khí quyển lân cận.

Trong số trên 100 nguyên tố của bảng tuần hoàn Mendeleev chỉ có một số ít là phổ biến trong vỏ Trái Đất. Chúng thường là những nguyên tố có số thứ tự thấp. Tuyệt đại bộ phận các nguyên tố hóa học kết hợp với nhau thành các khoáng vật. Chỉ có một số ít như Cu, Ag, Au,... là tồn tại trong trạng thái tự do và thuộc nhánh khoáng vật các nguyên tố tự nhiên. Thành phần hóa học của khoáng vật thường dùng công thức hóa học để biểu diễn. Có hai loại công thức: công thức thực nghiệm và công thức kiến trúc.

Công thức thực nghiệm chỉ biểu diễn được tỷ lệ số lượng các nguyên tố hợp thành. Ví dụ, hợp chất đơn giản như PbS (galen), BaSO_4 (barit); phức tạp hơn như $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ (berin) KAlSi_3O_8 (octocla), v.v...

Công thức thực nghiệm còn có thể biểu diễn dưới hình thức các oxit đơn giản. Ví dụ, berin có thể viết $3 \text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$.

Công thức kiến trúc không những chỉ biểu diễn được loại nguyên tố, tỷ lệ số lượng các nguyên tố trong hợp chất mà còn phản ánh được quan hệ tương hỗ giữa các nguyên tử trong kiến trúc. Hiện nay do việc sử dụng tia X để phân tích kiến trúc và những tri thức về hóa học tinh thể ngày càng phát triển nên đã hiệu chỉnh lại nhiều công thức hóa học của hợp chất phức tạp và làm cho nó phản ánh chân thực hơn thành phần hóa học và kiến trúc của khoáng vật.

Do đó trong khoáng vật học hiện nay người ta sử dụng ngày càng phổ biến loại công thức kiến trúc. Trong công thức kiến trúc, gốc ion âm được đặt trong dấu ngoặc vuông để phân biệt với ion dương. Ví dụ, malachit $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$, apatit $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{Cl})...$

Khi trong thành phần có sự thay thế đồng hình giữa các nguyên tử hay ion thì các nguyên tử hay ion thay thế đặt trong dấu ngoặc hình cung sắp xếp theo thứ tự hàm lượng từ nhiều đến ít và cách nhau bởi một dấu phẩy. Ví dụ, olivin $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ vonframit $(\text{Mn}, \text{Fe})[\text{WO}_4]$.

Công thức hóa học của khoáng vật căn cứ vào phân tích hóa học định lượng toàn phần mà tính ra. Trong đó, công thức thực nghiệm căn cứ vào trọng lượng phần trăm các nguyên tố thu được trong phân tích hóa học toàn phần lần lượt đem chia cho trọng lượng nguyên tử của nguyên tố đó. Cuối cùng, lấy kết quả so sánh với nhau rồi làm tròn số thì được công thức thực nghiệm của khoáng vật.

Dưới đây lấy chancopirit làm ví dụ để tính công thức hóa học thực nghiệm (bảng 4.1).

Bảng 4.1 Hướng dẫn cách tính công thức thực nghiệm của khoáng vật

Thành phần	Trọng lượng (%)	Số nguyên tử		Tỷ lệ đơn giản của số nguyên tử	Công thức hóa học và tên khoáng vật
		Chia cho nguyên tử lượng	Kết quả		
Cu	34,40	$\frac{34,40}{63,5}$	0,541	1	
Fe	30,47	$\frac{30,47}{56}$	0,544	1	CuFeS_2
S	35,87	$\frac{35,87}{32}$	1,120	2	Chancopirit

Công thức kiến trúc của khoáng vật căn cứ vào kết quả phân tích hóa học toàn phần mà tính ra. Từ trọng lượng phần trăm các oxit tính ra các ion dương, sau đó lấy số oxi trong hợp chất oxit làm tiêu chuẩn để tính ra số nguyên tử ương ứng với các ion âm và dương. Cuối cùng, dùng khái niệm đồng hình và tài liệu phân tích tia X để xác định công thức kiến trúc. Dưới đây giới thiệu cách tính công thức kiến trúc của hocblen theo phương pháp oxi (bảng 4.2). Trình tự tính toán như sau.

1- Lấy trọng lượng phần trăm của các nhóm oxit chia cho trọng lượng phân tử của nó thì được số phân tử. Để tiện tính toán, nhân số phân tử với 1000 và ghi vào cột 3. Ví dụ, đối với SiO_2 : $(40,26 : 60) \times 1000 = 670$.

2- Căn cứ vào số phân tử tính số nguyên tử oxi, ghi vào cột thứ 4. Ví dụ, cứ một phân tử SiO_2 thì có hai nguyên tử oxi, do đó, ở cột 4 ghi $670 \times 2 = 1340$.

3- Căn cứ vào tài liệu phân tích tia X biết công thức kiến trúc tổng quát của hocblen là $\text{A}_2\text{B}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$, trong đó số oxi kể cả trong gốc hidroxin là 24. Lấy con số tổng cộng là 2700 ở cuối cột thứ tư chia cho 24 được số ước lược chung là 112,6.

4- Cột thứ 5 ghi số oxi trong phân tử sau khi đã ước lược cho số ước lược chung. Ví dụ, đối với SiO_2 ta có: $1340,0 : 112,6 = 11,9$.

5- Căn cứ tỷ lệ giữa số lượng phân tử và nguyên tử của ion dương tính ra số lượng của ion dương. Cứ một phân tử SiO_2 thì có một nguyên tử Si. Ở trong bảng có 670 phân tử SiO_2 (ghi ở cột 3) thì cũng sẽ có 670 nguyên tử của ion dương (tức Si ghi ở cột 6).

6- Căn cứ tỷ lệ giữa ion dương và oxi ta sẽ có số nguyên tử của ion dương tham gia trong kiến trúc. Đối với SiO_2 thì tỷ lệ giữa Si và O là 1/2, do đó, đem con số 11,9 ghi ở cột 5 chia 2 thì được số ion dương hoặc có thể đem số lượng nguyên tử ion dương (ở cột 6) chia cho số ước lược chung cũng sẽ được kết quả như vậy, ghi vào cột 7:

$$\frac{11,9}{2} = 5,95 \quad \text{hoặc} \quad \frac{670}{112,6} = 5,95$$

Bảng 4.2 Hướng dẫn cách tính công thức kiến trúc của khoáng vật

Các oxit	Trọng lượng (%)	Số lượng phân tử x 1000	Số nguyên tử oxi	Số nguyên tử oxi rút về 24	Số lượng nguyên tử của ion dương	Số nguyên tử ion dương tham gia trong kiến trúc
SiO_2	40,26	670	1340	11,9	670	5,95
TiO_2	3,77	47	94	8,8	47	0,40
Al_2O_3	13,23	129	387	3,526	258	2,30
Fe_2O_3	7,19	45	135	1,2	90	0,80
FeO	6,48	90	90	0,8	93	0,77
MnO	0,18	3	3	0,03	3	0,03
MgO	13,18	327	327	2,0	327	2,90
CaO	12,20	218	218	1,95	218	1,95
Na_2O	1,73	28	28	0,25	56	0,50
K_2O	0,55	6	6	0,05	12	0,10
F	0,09	4	4	0,05	-	-
H_2O^+	1,25	70	70	0,05	140	1,30
H_2O^-	0,22	-	-	-	-	-
Hiệu chỉnh	100,34 - 0,04		2702 - 2	24,025 - 0,025		
$F_2 = 0$	100,3		2700	24		

Dựa vào số nguyên tử của ion dương tham gia trong kiến trúc đã ghi ở cột 7, đồng thời vận dụng các quy luật thay thế đồng hình sắp xếp chúng thành từng nhóm. Ví dụ, nhóm A có thể có các ion Ca^{2+} , Na^{1+} , K^{1+} , nhóm B có thể có Mg^{2+} , Fe^{2+} và Al^{3+} . Trong gốc $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]$ thì Ti^{4+} và Al^{3+} đều có thể thay thế cho Si^{4+} với số phối trí 4. Còn lại là nhóm các ion âm. Trong silicat Al^{3+} giữ hai vai trò, vừa thay thế cho Si^{4+} trong gốc $[\text{SiO}_4]$ vừa thay thế cho các cation khác. Vì vậy, khi sắp xếp cần chú ý ưu tiên cho Al^{3+} thay thế hết Si^{4+} bị thiếu, phần còn lại mới thay thế cho những cation khác, như vậy thì gốc anion mới vững bền và sự thay thế không làm phá hủy kiến trúc tinh thể.

Cuối cùng công thức kiến trúc (hay công thức hóa học tinh thể) của hocblen có thể viết như sau: $(\text{Ca}_{1,95}, \text{Na}_{0,50}, \text{K}_{0,10})_{2,55} (\text{Mg}_{2,90} \text{Fe}_{2+0,80} \text{Fe}_{3+0,80} \text{Al}_{0,65})_{5,15} [\text{Si}_{5,95} \text{Al}_{1,65} \text{Ti}_{0,40} \text{O}_{22}] (\text{OH}_{1,30} \text{F}_{0,05} \text{O}_{0,65})_2$.

Như trên chúng ta đã biết khoáng vật là những hợp chất tự nhiên có thành phần và công thức hóa học phức tạp. Người ta chia các khoáng vật theo các kiểu hợp chất hóa học như sau:

Hợp chất đơn giản: là hợp chất chỉ gồm hai loại nguyên tử hay ion kết hợp với nhau. Loại hợp chất này rất thường gặp trong tự nhiên. Ví dụ, galen (PbS), pirit (FeS_2) sfalerit (ZnS).

Hợp chất phức tạp: là hợp chất có các anion phức tạp như: $[\text{SiO}_4]^{4-}$, $[\text{PO}_4]^{3-}$, $[\text{CO}_3]^{2-}$, $[\text{SO}_4]^{2-}$, $[\text{NO}_3]^{1-}$, ... tham gia vào mạng kiến trúc của tinh thể. Ví dụ, canxit $\text{Ca}[\text{CO}_3]$, barit $\text{Ba}[\text{SO}_4]$.

Hợp chất kép: là những hợp chất của hai muối kết hợp với nhau. Ví dụ, dolomit $\text{CaMg} [\text{CO}_3]_2$, kainit $\text{KMg}[\text{SO}_4, \text{Cl}]3\text{H}_2\text{O}$.

Hợp chất nước: là những hợp chất có phân tử nước tham gia trong thành phần của nó. Tùy theo hình thức liên kết trong kiến trúc người ta chia ra hai loại nước.

1- *Nước hấp phụ:* tồn tại dưới hình thức những phân tử nước trung hòa bị hấp phụ ở một bộ phận nào đó của khoáng vật, nhưng không tham gia vào kiến trúc. Hàm lượng nước thay đổi tùy theo nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng đến 110°C thì hầu như nước hấp phụ bị bay hơi. Trạng thái của nước hấp phụ thường là thể lỏng. Các loại nước màng mỏng, nước mao dẫn, nước dạng keo, nước zeolit, nước giữa tầng đều thuộc loại nước hấp phụ. Ví dụ, nước trong kaolin $(\text{Al}, \text{Mg})_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 n\text{H}_2\text{O}$.

2- *Nước kết tinh:* là những phân tử nước trung hòa tham gia trong kiến trúc tinh thể và chiếm một tỷ lệ cố định, vây quanh một loại ion nào đó theo những số phối trí nhất định, hình thành nên một loại gốc ion đặc biệt. Ví dụ, nước trong khoáng vật rogersit ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Do thể tích của Ni^{2+} rất nhỏ kém xa kích thước của $[\text{SO}_4]^{2-}$ nên không thể tạo ra một ô mạng vững chắc. Khi có 6 phân tử nước vây quanh Ni^{2+} sẽ làm cho thể tích của nó lớn lên mà hóa trị vẫn đảm bảo không thay đổi khiến cho kiến trúc trở nên ổn định. Trên thực tế đơn vị kiến trúc này nên viết là $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Vì nước tham gia trong kiến trúc nên liên kết trong ô mạng chặt chẽ hơn nhiều so với nước hấp phụ, nhiệt độ thoát nước cũng cao hơn so với nước hấp phụ.

Ngoài ra, trong thành phần khoáng vật còn chứa H^+ , OH^- , H_2O^+ ... trong một số trường hợp đun nóng cũng có nước thoát ra nhưng phải trải qua một số phản ứng hay quá trình phân ly nên không xem là phân tử nước.

4.2 KIẾN TRÚC CỦA KHOÁNG VẬT

1- Các trạng thái của khoáng vật

Khoáng vật cũng như hầu hết các chất vô cơ đều có thể tồn tại ở ba trạng thái: rắn, lỏng và khí.

Trong điều kiện tự nhiên thì đa số khoáng vật ở trạng thái rắn (Hg ở thể lỏng, H_2S , CO_2 ở thể khí).

Đa số các khoáng vật thể rắn đều là chất kết tinh có kiến trúc tinh thể nhất định, trong đó các phần tử vật chất sắp xếp theo qui luật. Chất kết tinh có nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ kết tinh nhất định.

Ngoài ra có một số ít khoáng vật là chất vô định hình, trong đó các phần tử vật chất phân bố hỗn độn, không theo một qui luật nào cả. Do đó nó có tính đẳng hướng; khi nung nóng thì thay đổi trạng thái một cách từ từ. Đó là đặc điểm chủ yếu để phân biệt giữa chất kết tinh và chất vô định hình. Trên hình 4.1 là các đường cong khi nung nóng của

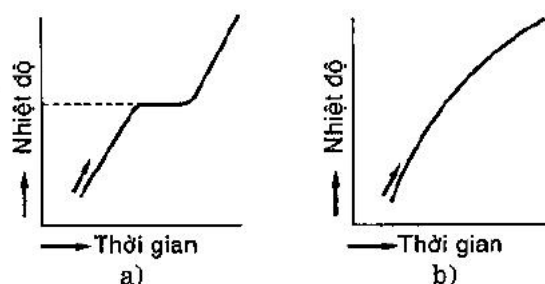
chất kết tinh và chất vô định hình.

Chất kết tinh và vô định hình có thể chuyển hóa lẫn nhau. Muốn có chất vô định hình ta làm nguội nhanh chất nóng chảy. Muốn biến chất vô định hình thành chất kết tinh thì phải giữ lâu chất đó ở nhiệt độ gần điểm nóng chảy.

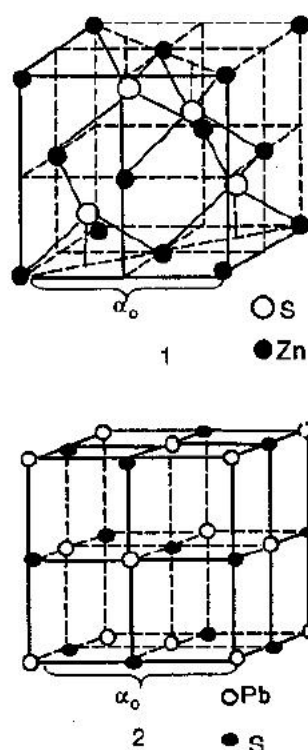
2- Kiến trúc của khoáng vật

Kiến trúc của khoáng vật từ lâu đã được hóa học tinh thể nghiên cứu một cách toàn diện và sâu sắc. Kiến trúc của khoáng vật phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

Thành phần hóa học: Quan hệ giữa thành phần hóa học và kiến trúc của khoáng vật là quan hệ giữa nội dung và hình thức. Thành phần hóa học là nội dung, kiến trúc là hình thức biểu hiện nội dung đó. Cả hai đều ở trong một thể thống nhất của phép biện chứng.



Hình 4.1 Biểu diễn đường nóng chảy của vật chất kết tinh (a) vô định hình (b)



Hình 4.2 Hai kiểu lập phương diện tâm của sfalerit (1) và galen (2)

Nội dung quyết định hình thức, do đó thành phần hóa học quyết định kiến trúc, nhưng chỉ khi nào thành phần hóa học tồn tại dưới một hình thức kiến trúc nhất định thì mới tương đối ổn định. Galen (PbS) và sfalerit (ZnS) là hai khoáng vật có thành phần hóa học khác nhau, do đó, quyết định hai hình thức tồn tại khác nhau. Galen có ô mạng cơ sở kiểu lập phương diện tâm, Pb và S đều có số phối trí 6, còn sfalerit cũng có ô mạng cơ sở kiểu lập phương diện tâm nhưng Zn và S có số phối trí khác nhau (H.4.2).

Tính chất các đơn vị kiến trúc (ion, nguyên tử, phân tử): Trong hóa học tinh thể Gônsmi đã nêu ra định luật: *Kiến trúc tinh thể được xác định bởi tỷ lệ số lượng các đơn vị kiến trúc, kích thước (bán kính ion) và tính phân cực của chúng.*

Mối liên kết hóa học: Trong chất kết tinh, các đơn vị kiến trúc liên hệ với nhau bằng những mối liên kết chủ yếu sau đây:

- Liên kết ion gây nên bởi lực hút tĩnh điện giữa các ion ngược dấu. Ví dụ, Na^+ và Cl^- trong NaCl.

- Liên kết nguyên tử (hay đồng cực) là mối liên kết do các nguyên tử nằm gần nhau cùng dùng chung các điện tử. Ví dụ, C trong kim cương.

- Liên kết kim loại do có những điện tử tự do có thể di chuyển từ nguyên tử này sang nguyên tử khác. Trong các kim loại có tính dẫn nhiệt thường phổ biến loại liên kết này.

- Liên kết phân tử (hay liên kết Vandecvan) do lực liên kết thừa trong phân tử hoặc do hiện tượng phân cực gây nên. Ví dụ, trong lưu hoàng tự nhiên.

Ngoài các mối liên kết trên đây, còn có các mối liên kết trung gian. Trong một chất kết tinh có thể có một hoặc hai loại liên kết đồng thời tồn tại, trong đó một loại liên kết đóng vai trò chủ yếu.

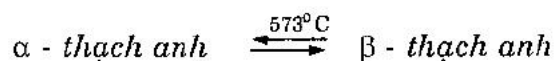
3- Tính đa dạng

Tính đa dạng là đặc tính của chất kết tinh có thể thay đổi kiến trúc tinh thể khi điều kiện bên ngoài (nhiệt độ, áp suất) thay đổi, do đó làm cho các tính chất vật lý cũng thay đổi theo, mặc dù thành phần hóa học vẫn giữ nguyên.

Ví dụ: kim cương (lập phương) \rightarrow than chì (lục phương) cả hai đều có thành phần là C. Kim cương và than chì được gọi là những biến thể đa dạng. Nhiều khoáng vật có đến 5, 6 biến thể đa dạng. Người ta dùng chữ cái Hy Lạp (α , β , γ ,...) để gọi tên các biến thể kể từ nhiệt độ thấp đến cao. Ví dụ, α thạch anh \rightarrow β thạch anh.

Các biến thể đa dạng của cùng một thành phần hóa học thường có những tính chất khác hẳn nhau vì kiến trúc khác nhau. So sánh kim cương và than chì thấy rõ điều đó (bảng 4.3).

Khoáng vật khi thay đổi điều kiện bên ngoài thì biến thành một biến thể đa dạng mới, nhưng khi lặp lại điều kiện cũ thì trở lại biến thể ban đầu. Sự chuyển biến như vậy là chuyển biến hai chiều. Ví dụ, thạch anh:



Có những khoáng vật chỉ chuyển biến một chiều như aragonit $\xrightarrow{400^{\circ}\text{C}}$ canxit.

Bảng 4.3 So sánh tính chất vật lý của kim cương và than chì

Tính chất	Kim cương	Than chì
Tính hệ	Lập phương	Lục phương
Màu	Không màu	Đen
Độ trong suốt	Trong suốt	Không trong suốt
Độ cứng	10	1
Tỷ trọng	3,5 – 3,55	2,09 – 2,23

Trong điều kiện nào đó, có lúc cả hai biến thể đều tồn tại đồng thời. Vì nhiệt độ chuyển biến của một biến thể là cố định, nên khi có một biến thể đa dạng tồn tại thì có thể dùng nó để xác định nhiệt độ thành tạo khoáng vật, do đó có khái niệm về *nhiệt kế khoáng vật học*. Nhiệt kế khoáng vật học có tác dụng nhất định trong việc nghiên cứu nguồn gốc khoáng vật. Tuy nhiên, khi xác định nhiệt độ chuyển biến cần đề cập tới ảnh hưởng của áp suất (độ sâu sinh thành) và tính thuần khiết của thành phần hóa học. Dưới đây là bảng kê điểm chuyển biến của một số khoáng vật dùng làm nhiệt kế khoáng vật học (bảng 4.4).

Cần phải nói thêm rằng nhiều tác giả đã từng căn cứ vào những nguyên tắc khác nhau để phân loại các biến thể đa dạng. Đây là một vấn đề khá phức tạp. Tuy nhiên, cách phân loại dựa vào sự biến đổi kiến trúc là cách phân loại hợp lý nhất. Ví dụ, các biến thể đa dạng do số phối trí hay cách chồng khít không giống nhau; do phương thức phân bố hoặc độ gấp khúc của đơn vị kiến trúc không giống nhau.

Bảng 4.4 Nhiệt độ chuyển biến của các biến thể đa dạng

Thành phần hóa học	Các biến thể đa dạng	Điểm chuyển biến
SiO ₂	β-tridimit (sáu phương)	1475°C
	β-cristobalit (lập phương)	
CaSiO ₃	volastonit (ba xiên) - giả volastonit (giả sáu phương)	1190°C
ZnS	sfalerit (lập phương) - vuazit (sáu phương)	1020°C
(Ca, Mg, Fe) ₂ [Si ₂ O ₆]	piroxen hệ thoi - piroxen một xiên	955° - 1140°C
SiO ₂	α - thạch anh (ba phương) - β - thạch anh (sáu phương)	573°C
Na ₃ AlF ₆	criolit một xiên - criolit lập phương	560° - 570°C
CaCO ₃	aragonit (hệ thoi) - canxit (ba phương)	400°C
Cu ₂ S	β - chancozin (hệ thoi)	
	α - chancozin (sáu phương)	91° - 105°C
Ag ₂ S	acantit (lập phương) - agentit (hệ thoi)	179°C

4- Hiện tượng đồng hình

Khái niệm về hiện tượng đồng hình có từ lâu. Lúc đầu người ta quan niệm đồng hình là hiện tượng hai hoặc nhiều hợp chất thành phần khác nhau nhưng có cùng kiến trúc hoặc kiến trúc gần giống nhau. Hiện nay khái niệm đồng hình đã được chính xác hóa như sau: *Hiện tượng đồng hình là hiện tượng xảy ra trong cùng một kiến trúc tinh thể khi có hai hoặc trên hai thành phần khác nhau về bản chất hóa học nhưng có thể thay thế lẫn nhau. Sự thay thế đó không làm thay đổi lớn đến kiến trúc tinh thể.* Thực tế đây là một loại hợp chất có thành phần thay đổi.

Căn cứ vào mức độ thay thế người ta chia ra hai loại hợp chất đồng hình như sau:

1- Đồng hình liên tục: khi hai thành phần thay thế lẫn nhau theo bất kỳ một tỷ lệ nào tạo ra một loạt các hợp chất liên tục có những tính chất vật lý biến đổi một cách liên tục. Ví dụ, loạt đồng hình liên tục của fenspat Na và fenspat Ca tạo ra các loại plagiocla (bảng 4.5).

Bảng 4.5 Loạt đồng hình liên tục của plagiocla và các tính chất của chúng

Khoáng vật	Thành phần	Ng	Tỷ trọng
Anbit-Na[AlSi ₃ O ₈] – (Ab)	Ab ₁₀₀ – Ab ₉₀ An ₁₀	1,5282	2,61
Oligocla	Ab ₉₀ An ₁₀ – Ab ₇₀ An ₃₀	1,5388	2,64
Andezin	Ab ₇₀ An ₃₀ – Ab ₅₀ An ₅₀	1,5490	2,67
Labrado	Ab ₅₀ An ₅₀ – Ab ₃₀ An ₇₀	1,5558	2,69
Bitait	Ab ₃₀ An ₇₀ – Ab ₁₀ An ₉₀	1,5640	2,72
Anoclit-Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈] – (An)	Ab ₁₀ An ₉₀ – An ₁₀₀	1,5756	2,75

2- Đồng hình có hạn: khi hai thành phần chỉ có thể thay thế nhau theo mức độ nhất định. Ví dụ, Fe²⁺ có thể thay thế Zn²⁺ trong kiến trúc tinh thể sfalerit không quá 20%.

Những yếu tố quyết định tính thay thế đồng hình gồm có:

Kích thước của ion (hay nguyên tử). Thông thường kích thước hai ion tương đương hoặc bằng nhau thì dễ dàng thay thế liên tục. Giới hạn có thể thay thế liên tục khi tỷ số chênh lệch $(R_1 - R_2)/R_2 < 10 - 15\%$. R_1 là bán kính ion lớn, còn R_2 là bán kính ion bé. Ví dụ, hupnerit và fecberit (MnWO₄ – FeWO₄) trong đó $R_{Mn^{2+}} = 0,19 \text{ \AA}$, $R_{Fe^{2+}} = 0,38 \text{ \AA}$, tỷ số chênh lệch không quá 10%.

Tỷ số chênh lệch từ 10 – 15% tăng đến 25 – 40% thì chuyển sang đồng hình có hạn. Khi tỷ số chênh lệch lớn hơn 25 – 40% thì chỉ ở nhiệt độ rất cao mới phát sinh đồng hình có hạn. Ở nhiệt độ thấp, về cơ bản, không phát sinh hiện tượng đồng hình. Vì vậy trong các tác dụng nội sinh xảy ra trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao thì hiện tượng đồng hình phổ biến hơn trong tác dụng ngoại sinh tiến hành dưới nhiệt độ, áp suất bình thường.

Hóa trị của ion: Trong kiến trúc khi xảy ra hiện tượng thay thế đồng hình bao giờ cũng phải bảo đảm được sự cân bằng về tính điện.

+ Nếu hai ion thay thế nhau mà có cùng hóa trị thì hiện tượng đồng hình rất đơn giản. Số lượng các đơn vị kiến trúc không thay đổi. Đó là hiện tượng đồng hình cùng hóa trị. Loại này trong khoáng vật tự nhiên thường gặp.

+ Nếu hai ion thay thế khác hóa trị, thì gọi là đồng hình không cùng hóa trị. Trong trường hợp này để đảm bảo cân bằng tính điện có mấy phương thức sau:

- Đồng thời với cặp ion thay thế đồng hình không cùng hóa trị vốn có, lại thêm những cặp ion khác cũng thay thế đồng hình không cùng hóa trị song song tiến hành. Ví dụ, trong fenspat:



Như vậy, tổng số điện hóa trị không thay đổi mà số lượng ion sau khi thay thế vẫn giữ nguyên trong kiến trúc.

Để cân bằng hóa trị có lúc số lượng các đơn vị thay thế không bằng nhau. Ví dụ, trong silicat lớp có hiện tượng thay thế $2\text{Al}^{3+} \rightleftharpoons 3\text{Mg}^{2+}$. Trường hợp này trong kiến trúc hoặc thừa hoặc thiếu một số vị trí nhất định.

Căn cứ vào các điều kiện thay thế trên A. E. Fersman đã tìm ra qui luật thay thế đồng hình theo đường chéo góc (bảng 4.6) trong bảng tuần hoàn các nguyên tố như bảng sau đây.

Cần chú ý rằng điều kiện thay thế mà Fersman chú ý ở đây chủ yếu là bán kính ion, nhưng khi thay thế thì có khuynh hướng các ion hóa trị thấp bị các ion hóa trị cao thay thế. Ví dụ, trong fofat (apatit) các nguyên tố đất hiếm thay thế Ca; Sc thay thế Mg; Nb, Ta thay thế Ti, ... Hiện tượng này gọi là thay thế đồng hình định hướng (theo chiều mũi tên trong bảng 4.6). Hiện tượng này có thể dùng khái niệm năng lượng của ion để giải thích.

Loại ion: Như trên chúng ta đã biết muốn có thay thế đồng hình thì những nhóm thay thế phải cùng hóa trị và kích thước tương đương, nhưng nếu hai ion không cùng loại thì sự đồng hình không thể xảy ra được. Ví dụ, Na^+ ($R_i = 0,96 \text{ \AA}$) và Cu^{2+} ($R_i = 0,96 \text{ \AA}$) cho tới nay vẫn chưa phát hiện được sự thay thế đồng hình giữa chúng vì chúng nằm trong hai loại ion khác nhau, khả năng phân cực không giống nhau. Trong kiến trúc, mối liên kết của chúng với ion khác cũng hoàn toàn khác nhau. Nếu có thay thế thì sẽ làm thay đổi tính chất căn bản của kiến trúc. Do đó, loại ion cũng là một nhân tố quan trọng quyết định khả năng đồng hình của ion.

Bảng 4.6 Loạt thay thế đồng hình không cùng hóa trị của các nguyên tố
(Theo A. E. Fersman)

NHÓM Chu kỳ	I	II	III	IV	V	VI	VII
2	Li 0,78	Be 0,34	B 0,15				
3	Na 0,98	Mg 0,78	Al 0,57	Si 0,39			
4	K 1,33	Ca 1,06	Sc 0,82	Ti 0,64			
5	Rb 1,49	Sr 1,27	Y 1,06	Zr 0,87	Nb 0,69	Mo 0,68	
6	Cs 1,65	Ba 1,43	Th 1,22 0,99	Hf 0,86	Ta 0,69	W 0,68	Re 0,68

Các điều kiện nhiệt động học: Nhiệt độ có tác dụng rất quan trọng. Ví dụ, KCl và NaCl ở nhiệt độ cao có thể thay thế đồng hình tạo nên hỗn hợp đồng hình (K, Na) Cl, nhưng trong điều kiện thường thì không xảy ra hiện tượng đồng hình đó. Như vậy chúng ta có thể thấy, nhiệt độ cao có tác dụng thúc đẩy cho hiện tượng thay thế đồng hình phát triển.

Ảnh hưởng của áp suất đối với khả năng đồng hình cho đến nay vẫn chưa rõ ràng. Có người cho rằng áp suất tăng lên sẽ hạn chế khả năng đồng hình làm phân li các dung dịch cứng. Điều đó cho tới nay vẫn không khẳng định dứt khoát.

Nồng độ của các thành phần: ngoài những nhân tố kể trên, nồng độ các thành phần trong dung dịch hoặc chất nóng chảy tạo khoáng cũng có vai trò nhất định đối với khả năng thay thế đồng hình. Ví dụ, trong sự hình thành apatít khi dung dịch hoặc chất nóng chảy tạo thành có thừa Ca^{2+} thì Sr^{2+} , Na^{1+} nói chung không thể thay thế đồng hình được. Ngược lại, nếu thành phần Ca^{2+} không đủ thì Sr^{2+} và Na^{1+} có thể tồn tại trong apatít dưới hình thức thay thế đồng hình Ca^{2+} , thậm chí với hàm lượng rất cao.

Hiện tượng đồng hình làm thay đổi thành phần hóa học của khoáng vật dẫn tới sự thay đổi các tính chất vật lý của chúng. Sự biến đổi các tính chất vật lý là sự biến đổi có qui luật tùy theo số lượng các thành phần thay thế. Các tính chất như điểm nóng chảy, tỷ trọng, chiết suất, tính dẫn điện đều biến đổi một cách có qui luật: đặc biệt tỷ trọng biểu hiện rõ nhất quan hệ với hàm lượng các thành phần theo tỷ lệ thuận. Nếu dùng đồ thị biểu diễn quan hệ này thì chúng ta sẽ có những đường thẳng hay đường hơi cong (H.10.5).

Việc nghiên cứu hiện tượng đồng hình không những chỉ làm rõ hình thức tồn tại và di chuyển của các nguyên tố trong khoáng vật, sự biến đổi thành phần của khoáng vật, sự biến đổi có qui luật của một số tính chất vật lý, v.v... mà nó còn xác định giá trị công nghiệp của khoáng vật quặng, giúp cho việc tìm kiếm các nguồn nguyên liệu của nguyên tố hiếm và nguyên tố phân tán những tài liệu chính xác, đồng thời rút ra được những qui luật tập trung của một số nguyên tố do hiện tượng phá hủy hỗn hợp đồng hình tạo nên.

4.3 THÀNH PHẦN VÀ CẤU TẠO CỦA KHOÁNG VẬT DẠNG KEO

Trong thế giới khoáng vật, ngoài những chất kết tinh mà mắt thường hoặc kính hiển vi có thể quan sát được, còn phổ biến những khoáng vật ở trạng thái keo hoặc từ chất keo kết tinh lại. Thường người ta gọi chúng là những khoáng vật dạng keo. Khoáng vật dạng keo có những đặc điểm riêng biệt, khác với khoáng vật kết tinh về thành phần và cấu tạo. Trong vỏ Trái Đất và đặc biệt trong vỏ phong hóa phát triển rất rộng rãi loại khoáng vật này.

1- Chất keo trong vỏ Trái Đất

Đầu tiên chúng ta cần hiểu rõ chất keo là gì? *Chất keo là một hệ phân tán nhỏ không đồng nhất gồm có hai thành phần: tương phân tán và môi trường phân tán. Tương phân tán gồm những hạt vật chất rất nhỏ kích thước từ 1 – 100m μ (1m μ = 10⁻⁶ mm) thường gọi là hạt keo. Kính hiển vi thường không thấy được hạt keo, nhưng mỗi hạt keo còn chứa hàng trăm, hàng nghìn phân tử hoặc ion. Vì vậy những hạt keo bản thân vẫn là những tương kết tinh. Môi trường phân tán chứa các hạt keo phân tán.*

Tùy theo tỷ lệ giữa tương phân tán và môi trường phân tán người ta chia ra dung giao (nếu môi trường phân tán chiếm chủ yếu) và ngưng giao (nếu tương phân tán chiếm chủ yếu). Căn cứ vào trạng thái của môi trường phân tán dung giao và ngưng giao còn được phân ra những loại keo sau đây:

Thủy dung giao và thủy ngưng giao nếu môi trường phân tán là chất lỏng.

Khí dung giao và khí ngưng giao nếu môi trường phân tán là chất khí.

Tinh dung giao và tinh ngưng giao nếu môi trường phân tán là chất kết tinh.

Trong vỏ Trái Đất phổ biến nhất là thủy dung giao và thủy ngưng giao. Ngoài ra, trong khoáng vật tinh dung giao cũng rất phổ biến. Về cách thức thành tạo các dung dịch keo trong hóa keo cũng đã chỉ ra hai phương pháp. Đó là phương pháp phân tán và phương pháp ngưng tụ.

Trên Trái Đất trải qua những tác dụng phong hóa phức tạp và lâu dài, các loại đá và khoáng vật luôn luôn phát sinh hiện tượng nứt nẻ và hủy hoại. Gió mưa, các dòng nước, băng hà và các hoạt động kiến tạo, v.v... làm cho các vật chất bị nứt nẻ, hủy hoại càng bị chia nhỏ hơn thành những hạt li ti. Đó là cơ sở vật chất để hình thành những hệ phân tán nhỏ, là một phương để sinh thành chất keo trong vỏ Trái Đất.

Mặt khác, trong các dung dịch nước luôn xảy ra các tác dụng hóa học có thể làm cho phân tử ngưng tụ lại hình thành các chất điểm của chất keo, thúc đẩy chất keo nhanh chóng xuất hiện. Trong quá trình phong hóa, sự lắng đọng các thành phần hòa tan trong dung dịch nước, những sản phẩm của các phản ứng hóa học giữa đá, khoáng vật với dung dịch nước đều có thể tạo thành chất keo.

Tác dụng hóa học của sinh vật khi hình thành chất keo của lớp ngoài cùng vỏ Trái Đất cũng có một ý nghĩa to lớn.

Một đặc điểm cần chú ý là bề mặt của các hạt keo đều có mang điện. Do đó nó có khả năng hấp phụ các ion ngược dấu trong dung dịch. Trong môi trường phân tán nhất định, các hạt keo cùng loại sẽ mang cùng dấu điện. Ngược lại, trong những môi trường khác nhau, các hạt keo cùng loại không nhất định có dấu điện giống nhau. Đồng thời, dấu điện tích còn được quyết định bởi phản ứng của môi trường của hạt keo. Trong môi trường axit và môi trường kiềm thông thường dấu điện của các hạt keo ngược nhau.

Các chất keo tự nhiên, tùy theo dấu điện mà chia ra chất keo dương và chất keo âm. Bảng dưới đây nêu lên một số chất keo tự nhiên quan trọng (bảng 4.7).

Bảng 4.7 Các chất keo phổ biến trong tự nhiên

Chất keo dương	Chất keo âm
Al(OH) ₃	SiO ₂
Fe(OH) ₃	Chất keo sét
Cr(OH) ₃	Chất keo bùn thối (humit)
Ti(OH) ₄	MnO ₂
Zr(OH) ₄	S
Cd(OH) ₂	V ₂ O ₅
Ce(OH) ₄	SnO ₂
CaCO ₃	PbS, CuS, CdS, As ₂ S ₃ , Sb ₂ S ₃ và các sunfua khác
MgCO ₃	Ag, Au, Pt
CaF ₂	

Nhìn bảng 4.7 chúng ta thấy những chất keo phổ biến nhất trong đới phong hóa trừ Al(OH)₃ và Fe(OH)₃ ra, đều mang điện âm, do đó nó có thể hấp phụ các ion dương. Ví dụ, MnO₂ thường hấp phụ các ion như Li⁺, K⁺, Ni²⁺, Co²⁺, Zn²⁺, Pb²⁺, Ba²⁺, v.v... Hiện tượng này có ý nghĩa đặc biệt trong công tác tìm kiếm các vành phân tán địa hóa và kim lượng, trong việc đánh giá phẩm chất công nghiệp của một số loại quặng.

2- Sự hình thành khoáng vật dạng keo

Trên mặt đất có rất nhiều chất keo. Khi các hạt keo bị các hạt keo khác hoặc các ion ngược dấu tác dụng thì sẽ làm cho hạt keo bị trung hòa điện và lắng đọng lại rồi keo kết với nhau. Đó là tác dụng ngưng tụ các chất keo. Ví dụ, chất keo silit và limonit mang điện trái dấu nếu gặp nhau với một lượng tương đương thì sẽ ngưng tụ lại.

Nước phù sa trong các dòng sông chứa những hạt keo mang điện, nếu chảy ra biển gặp những ion mang điện ngược dấu hòa tan trong nước biển thì sẽ bị trung hòa điện và lắng đọng lại, do đó dọc bờ biển thường phát sinh hiện tượng ngưng keo. Sự hình thành các tập hợp hematit trứng cá và quặng mangan ở các miền biển, hồ có liên quan với hiện tượng này.

Những yếu tố gây nên hiện tượng ngưng keo còn có thể kể đến là sự khô cạn, ngưng kết và tăng nhiệt độ, các hoạt động của sinh vật, ảnh hưởng của các tia phóng xạ, v.v...

Các ngưng giao theo thời gian sẽ bị mất nước dần, độ cứng tăng lên và thay đổi cấu tạo, các chất điểm có xu hướng sắp xếp lại. Trong quá trình sắp xếp lại, thể tích bị thu nhỏ hình thành những khe nứt đặc biệt, nếu nước bị bay hơi mãnh liệt thì trên mặt xuất hiện những vết nứt khô. Sau khi các chất điểm sắp xếp lại có qui luật, chất không kết tinh biến thành ẩn tinh và cuối cùng trở thành chất hiển tinh. Quá trình này gọi là quá trình biến keo. Hiện tượng biến keo không những phụ thuộc vào thời gian mà còn phụ thuộc vào các yếu tố khác như nhiệt độ, áp suất khí hậu. Nhiệt độ và áp suất tăng cao, điều kiện khí hậu khô nóng đều có lợi cho quá trình biến keo.

Như trên đã nói, các khoáng vật dạng keo hình thành rất phổ biến trên mặt đất, đặc biệt trong vỏ phong hóa. Những tài liệu gần đây còn chứng minh trong khoáng sàng nhiệt dịch cũng có khoáng vật dạng keo. Ví dụ: pirit, macazit, sfalerit, v.v ... Hơn nữa, có người cho rằng trong tác dụng macma cũng có thể hình thành khoáng vật dạng keo. Do đó, khoáng vật dạng keo không phải chỉ giới hạn trong tác dụng ngoại sinh mà có cả trong tác dụng nội sinh, mặc dầu trước mắt người ta chỉ thấy nó phân bố rộng rãi trong các quá trình ngoại sinh.

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 4

4.1. Hãy tính thành phần oxit theo phần trăm trọng lượng của các khoáng vật sau đây:

Inmenit, FeTiO_3 : $(\text{FeO}, \text{TiO}_2)$.

Lepidolit, $\text{KLi}_2\text{Al}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$: $(\text{K}_2\text{O}, \text{Li}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{OH})$.

Cacnotit, $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{WO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Cocdierit, $(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{13}$.

Labrado, $\text{Ab}_{50}\text{An}_{50}$.

4.2. Công thức của pirotin là Fe_{1-x}S . Hãy xác định chỉ số x trong các số liệu phân tích sau đây: (Ni, Co, Fe tính gộp vào và không kể chất không tan).

Thành phần	1	2	3	4	5
Fe	57,40	60,87	61,49	59,91	56,74
Co	1,50	-	-	0,12	0,49
Ni	4,30	-	0,39	0,61	1,10
S	35,71	36,56	37,18	39,69	41,67
Chất không tan	0,33	2,42	0,46	-	-
	99,33	99,85	99,52	100,33	100,00

4.3. Hỏi thành phần hóa học của một loại đá có chứa 40% olivin và 60% plagiocla (olivin- Fa_{20} ; plagiocla- An_{70}).

4.4. Hỏi thành phần hóa học của một loại quặng gồm có 17% thạch anh, 38% manhetit và 45% inmenit (Biểu diễn dưới dạng các oxit SiO_2 , FeO , Fe_2O_3 và TiO_2).

4.5. Một tập hợp gồm có thạch anh, galen, pirit và chancopirit khi phân tích cho các kết quả: SiO_2 : 12,0%; Pb: 28,9%; Cu: 13,8%; Fe: 19,1%; S: 26,3%.

Hãy tính tỷ lệ phần trăm trọng lượng của mỗi khoáng vật đó.

4.6. Các nguyên tố kết hợp với nhau thành khoáng vật theo hình thức nào? Hãy nói rõ các khoáng vật sau đây thuộc hình thức nào?

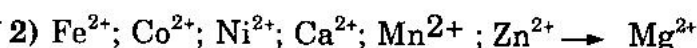
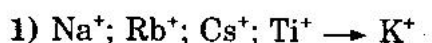
- | | | | |
|-------------|----------------------------|---|--|
| 1) Ag | 4) As_2S_3 | 7) FeFe_2O_4 | 10) $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |
| 2) (Ag, Au) | 5) CuFeS_2 | 8) $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ | |
| 3) C | 6) Al_2O_3 | 9) $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ | |

4.7. Từ bảng tuần hoàn các nguyên tố, hãy nêu rõ các qui luật biến đổi bán kính ion của chúng, đồng thời giải thích nguyên nhân gây ra qui luật biến đổi đó.

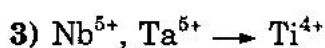
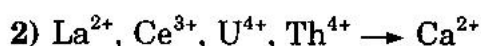
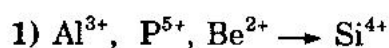
4.8. Hãy phân tích tính chất của các loại ion, chỉ rõ điều kiện và qui luật kết hợp của các ion dương và âm.

4.9. Bản chất của các mối liên kết trong khoáng vật. Ngoài các mối liên kết đã nêu trong giáo trình còn có những mối liên kết nào? Bản chất của nó ra sao?

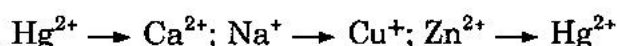
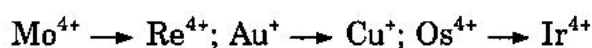
4.10. Những điều kiện chung của hiện tượng thay thế đồng hình là gì? Căn cứ vào những điều kiện trên hãy nêu rõ trình độ thay thế đồng hình khó hay dễ của các nhóm ion dưới đây:



4.11. Tại sao trong khoáng vật thường gặp hiện tượng thay thế đồng hình khác hóa trị sau đây:

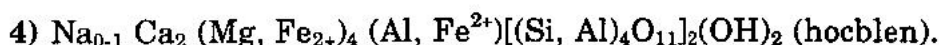
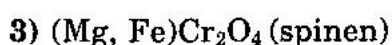
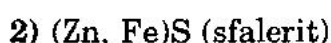
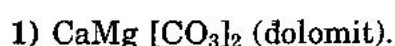


4.12. Trong điều kiện chung có thể tồn tại sự thay thế sau đây không? Tại sao? (chỉ rõ đối với từng cặp)

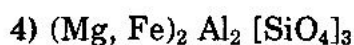
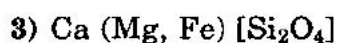


4.13. Tại sao kết quả của sự thay thế đồng hình phải cân bằng hóa trị tĩnh điện? Để đạt tới sự cân bằng đó có những hình thức nào?

4.14. Hãy chỉ rõ trong các công thức hóa học sau đây hợp chất nào có hiện tượng thay thế đồng hình:



4.15. Hãy phân tích các công thức hóa tinh thể dưới đây thành các cấu tử riêng biệt:



4.16. Chất keo là gì? Trong vỏ Trái Đất chất keo được thành tạo như thế nào?

4.17. Giải thích tại sao trên bề mặt hạt keo lại có mang điện. Mức độ phân tán của hạt keo phụ thuộc vào những yếu tố nào?

HÌNH THÁI CỦA KHOÁNG VẬT

Hình thái bên ngoài của tinh thể là phản ánh kiến trúc bên trong của chúng, giữa hình thái và kiến trúc có mối quan hệ ràng buộc lẫn nhau rất khăng khít, các khoáng vật khác nhau thì có đặc điểm hình thái tinh thể khác nhau. Do đó, hình thái tinh thể có ý nghĩa giám định rất quan trọng.

Đồng thời, hình thái của khoáng vật là kết quả của sự tác dụng lẫn nhau giữa kiến trúc bên trong, thành phần và hoàn cảnh bên ngoài. Căn cứ vào những nghiên cứu chi tiết đối với hình thái khoáng vật có thể làm sáng tỏ được những vấn đề về nguồn gốc khoáng vật.

5.1 HÌNH THÁI CỦA TINH THỂ RIÊNG LẺ

Việc nghiên cứu hình thái của các tinh thể khoáng vật riêng lẻ bao gồm những mặt sau đây: hình dạng tinh thể, tập tính của tinh thể, kích thước và những vết chạm trổ trên mặt tinh thể.

1- Hình dạng tinh thể

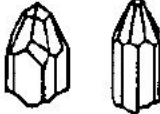
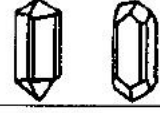


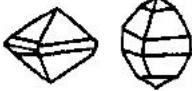







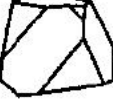

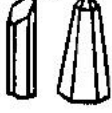



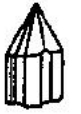
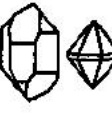
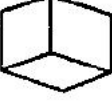

Về hình dạng tinh thể lấy 47 loại đơn hình làm cơ sở. Căn cứ vào đặc điểm đối xứng, các tinh thể có thể phân thành 7 tinh hệ và 32 dạng đối xứng. Các đơn hình của cùng một dạng đối xứng có thể ghép thành các tụ hình. Do đó đơn hình chỉ có 47 loại mà tụ hình thì nhiều hơn (xem chương 2).

2- Tập tính của tinh thể

Mỗi một loại tinh thể, dưới những điều kiện bên ngoài nhất định, thường có một hình thái đặc trưng. Đó là *tập tính* của tinh thể. Trong những điều kiện bên ngoài khác nhau, tập tính của cùng loại tinh thể không giống nhau. Do đó từ tập tính của tinh thể có thể thấy rõ quan hệ nương tựa lẫn nhau giữa hình thái tinh thể với hoàn cảnh sinh thành (H.5.1). Tập tính của tinh thể có thể giúp xác định được môi trường thành tạo chúng.

Theo Bravais những mặt tinh thể thường thấy song song với phương có lực liên kết mạnh nhất và mật mạng có mật độ cao nhất (ví dụ mặt lập phương của galen) nên galen thông thường xuất hiện dưới dạng tinh thể lập phương. Những nhân tố ảnh hưởng tới điều kiện sinh thành rất nhiều như nhiệt độ, nồng độ dung dịch, tỷ

số ion âm và dương của môi trường kết tinh, các tạp chất, độ nhớt và vị trí của tinh thể trong môi trường, v.v... Khi một trong các nhân tố trên thay đổi thì sẽ ảnh hưởng đến hình dạng cuối cùng của tinh thể.

	Sfalerit	Caxiterit	Ziacon	Thạch anh	Apalit	Octocla	Fluorin
Macma trung tính							
Macma axit							
Macma kiềm							
Macma Pecmatit							
Nhiệt dịch nhiệt độ cao							
Nhiệt dịch nhiệt độ trung bình							

Hình 5.1 Quan hệ giữa hình thái khoáng vật với điều kiện sinh thành (theo Ermakov)

Ví dụ: muối halit (NaCl): khi trong môi trường tỷ lệ giữa các ion dương (Na^+) và ion âm (Cl^-) về cơ bản cân bằng thì phát triển đơn hình lập phương $\{100\}$ vì mặt (100) là mặt mạng chứa cả hai loại ion có mật độ cao nhất. Nếu thêm vào môi trường các dung dịch NaOH hoặc FeCl thì sẽ làm cho mặt mạng chứa các ion cùng dấu là mặt có mật độ cao nhất phát triển, lúc đó chúng ta chỉ thấy xuất hiện đơn hình bát diện $\{111\}$.

Sfalerit (ZnS) thành tạo trong điều kiện nhiệt độ cao, ngoài ion Zn^{2+} trong môi trường còn chứa nhiều ion hóa trị 2 khác, mặt mạng chứa các ion cùng dấu là mặt phát triển nhất, do đó, xuất hiện các tinh thể bát diện lập phương. Loại sfalerit này thường sẫm màu. Ngược lại, trong điều kiện nhiệt độ thấp, các ion hóa trị 2 khác đã tách ra trước, trong môi trường chỉ có Zn^{2+} và S^{2-} tạo nên mặt mạng có mật độ cao nhất, do đó, xuất hiện các tinh thể 12 mặt thoi. Loại sfalerit này có màu nhạt.

Về mối quan hệ giữa hình thái của tinh thể riêng lẻ với nguồn gốc, B. C. Xobolev đã phân tập tính của tinh thể ra hai loại:

1- Trong điều kiện độ linh động của các thành phần tương đối cao (như trong đá macma, pecmatit và nhiệt dịch nhiệt độ cao, các khoáng vật có gốc muối, v.v...) thì khi kết tinh các tập tính phổ biến có dạng đẳng thước. Nói chung, những mặt mạng có mật độ cực đại (tính cả ion âm và dương) giữ vai trò quan trọng, còn mặt mạng chứa cùng một loại ion chỉ giữ vai trò thứ yếu.

2- Trong điều kiện độ linh động của các thành phần thấp (như trong tác dụng biến chất, tác dụng phun trào và tác dụng biến keo) thì những mặt đặc trưng nhất thường song song với những lớp chồng khít chặt chẽ nhất của ion âm. Do đó những mặt mạng chứa cùng một loại ion có ý nghĩa rất quan trọng.

3- Kích thước của tinh thể

Kích thước của tinh thể riêng lẻ chênh lệch nhau rất nhiều. Có những tinh thể khổng lồ dài hàng chục mét, nặng hàng trăm tấn. Như tinh thể spodumen (ở Mỹ) có kích thước $1 \times 14\text{m}$, nặng 100.000kg; tinh thể microclin (Thụy Điển) lớn tới $10 \times 10\text{m}$, nặng 100 tấn. Ngược lại, có những khoáng vật tinh thể của nó không nhìn thấy được bằng mắt thường hay kính hiển vi thông thường; chỉ dưới kính hiển vi điện tử phóng đại hàng chục vạn lần mới phát hiện được hình dạng và kích thước của chúng. Ví dụ, những tinh thể tam lục giác của kaolin, những tinh thể hình ống hay que của halozit chỉ dài vài micron. Các khoáng vật dạng keo, các khoáng vật sét, kích thước của mỗi tinh thể đôi khi chỉ tới $0,1\mu$ trở xuống.

Căn cứ vào tỷ lệ kích thước ba chiều trong không gian người ta chia ra ba loại hình dạng tinh thể.

1- Dạng đẳng thước: ba kích thước không gian bằng nhau. Ví dụ, lập phương của pirit, bát diện của manhetit và những khoáng vật có dạng hạt khác.

2- Dạng kéo dài theo một phương: hình cột, hình trụ, hình kim, hình sợi. Ví dụ, các tinh thể của tuamalin, barit, atbet.

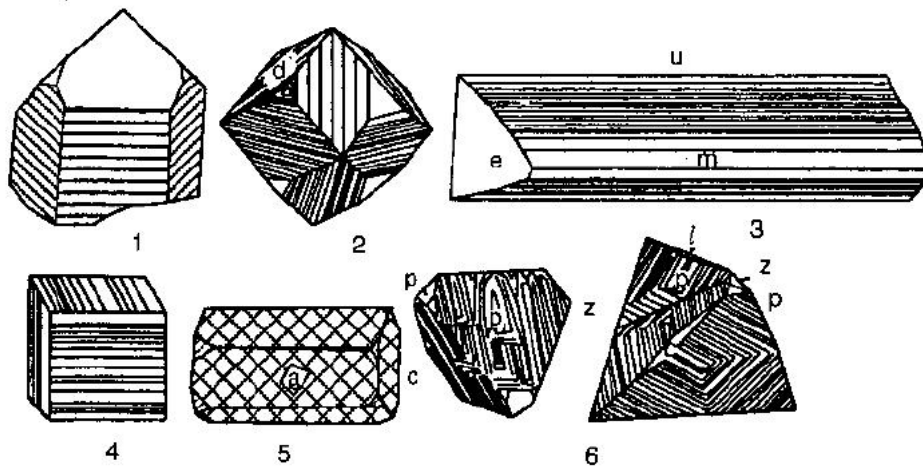
3- Dạng kéo dài theo hai phương: hình tấm, hình lá, hình vẩy. Ví dụ, các tinh thể thạch cao dạng tấm, mutcovit, xerixit.

Ngoài ra còn có những dạng trung gian và các tinh thể méo mó khác.

4- Các vết chạm trở trên mặt tinh thể

Các vết chạm trở trên mặt tinh thể bao gồm các khía song tinh và tụ hình, các vết khía xoắn ốc, vết xâm thực và mặt cảm ứng. Đó là dấu vết để lại trong quá trình trưởng thành của tinh thể hoặc là kết quả của những tác dụng tự nhiên về sau. Do đó, nó có thể dùng để lý giải về nguồn gốc và làm dấu hiệu giám định khoáng vật.

Trên mặt lăng trụ của thạch anh thường có những vết khía song song nằm ngang. Trên mặt lăng trụ của tuamalin và berin thì có những vết khía song song dọc theo chiều kéo dài của tinh thể. Trên đơn hình {0001} của corindon thường thấy những vết khía xiên chéo tạo thành những hình tam giác đều. Trên các mặt của tinh thể pirit có những vết khía song song theo ba phương thẳng góc với nhau (H.5.2). Các vết khía thành tạo do hai nguyên nhân:



1- Thạch anh; 2- Kim cương; 3- Acsenopirit; 4- Pirit; 5- Corindon; 6- Chancopirit

Hình 5.2 Các vết chạm trổ trên mặt tinh thể

1- *Vết khía tự hình*: Do kết quả lặp lại nhiều lần những mặt rất hẹp nằm kề nhau trong quá trình trưởng thành của tinh thể, như pirit, tuamalin.

2- *Vết khía song tinh*: Do kết quả lặp lại nhiều lần của vô số các mặt ghép song song với nhau trong sự hình thành các song tinh tự phiến như plagiocla, canxit, ...

Các vết khía xoắn ốc là do điều kiện phát triển xoắn ốc của một số tinh thể. Mắt thường có khi không thể thấy được vết khía đó, phải dùng phương pháp phủ khí thăng hoa của ClNH_4 lên mặt mẫu mài láng rồi quan sát dưới kính hiển vi phản quang. Ví dụ, các vòng xoắn ốc trên sfalerit.

Hình xâm thực là do tác dụng của các dung dịch tự nhiên lên các tinh thể trong quá trình phát triển hay sự gặm mòn về sau của chúng. Hình xâm thực khác nhau tùy theo loại khoáng vật và theo các đơn hình khác nhau trên cùng một khoáng vật; mặt khác nó còn phụ thuộc vào tính chất của dung dịch gặm mòn, nhiệt độ và thời gian tác dụng, ... Đương nhiên những mặt tinh thể thuộc về một đơn hình của cùng một tinh thể (tính chất các mặt mạng giống nhau) dưới tác dụng của những điều kiện bên ngoài giống nhau thì sẽ cho hình xâm thực giống nhau. Ví dụ, hình xâm thực tự nhiên trên đơn hình khối mặt thoi của thạch anh và hình xâm thực nhân tạo dùng dung dịch cacbonat kiềm đun nóng để gặm mòn cũng trên đơn hình đó đều là hình tam giác đều. Nhưng nếu dùng HF để gặm mòn thì sẽ cho ta một hình xâm thực khác hẳn.

5.2 HÌNH THÁI CỦA TẬP HỢP KHOÁNG VẬT

Như trên đã nói khoáng vật thường xuất hiện dưới dạng những đám đơn tinh thể tụ tập với nhau. Những tụ tập như vậy gọi là tập hợp của khoáng vật. Tập hợp khoáng vật có muôn hình muôn vẻ. Trong phần này chỉ đề cập tới những dạng tập hợp điển hình và giải thích mối quan hệ giữa hình thái của tập hợp với nguồn gốc sinh thành của chúng. Do đó nghiên cứu hình thái tập hợp khoáng vật vừa có ý nghĩa giám định khoáng vật vừa có ý nghĩa luận đoán hoàn cảnh sinh thành khoáng vật. Dưới đây trình bày một số dạng tập hợp chủ yếu nhất.

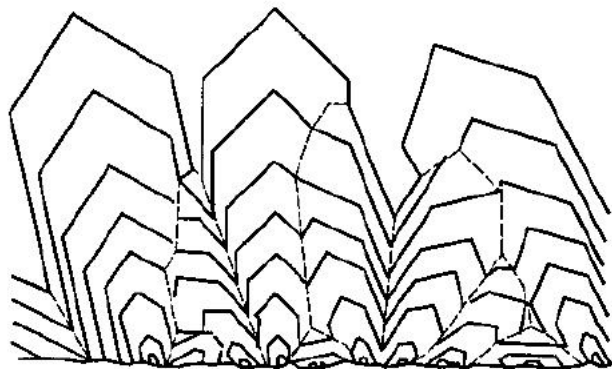
1- Tập hợp hạt

Tập hợp hạt do nhiều tinh thể dạng hạt ghép với nhau mà thành. Có lúc những hạt này có hình dạng hình học hoàn chỉnh, nhưng phần lớn thường thành những hạt méo mó do môi trường kết tinh đồng thời xuất hiện dày đặc các trung tâm kết tinh, giữa chúng có hiện tượng tranh giành không gian tự do. Đây là loại tập hợp thường hay gặp nhất trong tự nhiên. Tùy theo kích thước người ta chia ra mấy loại tập hợp hạt sau đây:

- 1- Tập hợp hạt lớn đường kính hạt $> 5\text{mm}$.
- 2- Tập hợp hạt vừa đường kính hạt $1 - 5\text{mm}$.
- 3- Tập hợp hạt bé đường kính hạt $< 1\text{mm}$.
- 4- Tập hợp hạt vi tinh còn gọi là tập hợp khối đặc xít, mắt thường khó phân biệt được ranh giới các hạt.

2- Tập hợp tinh đám

Tập hợp tinh đám thường dùng để chỉ những tập hợp đơn tinh thể mọc chung trên cùng một đáy. Những tinh thể này một đầu gắn chặt vào đáy còn đầu kia thì mọc tự do nhưng bao giờ cũng theo qui luật mọc thẳng góc với đáy (hoặc gần thẳng góc với đáy). Những tinh thể phát triển đúng qui luật thì có hình dạng hoàn chỉnh, trong quá trình trưởng thành bao giờ cũng chiếm ưu thế để đạt tới hình dạng cuối cùng. Còn những tinh thể không phát triển đúng qui luật thì bị những tinh thể phát triển đúng qui luật lấn chiếm không gian mất khả năng phát triển tiếp tục và cuối cùng bị đào thải ra khỏi tập hợp. Hiện tượng đó gọi là “đào thải hình học” (H.5.3).



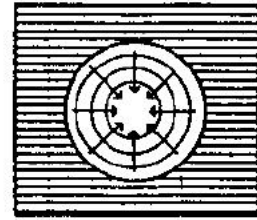
Hình 5.3 Sơ đồ biểu diễn quy luật đào thải hình học (theo Grigoriev D. P.)

Trên hình vẽ chúng ta thấy rõ có nhiều mầm tinh thể (những chấm đen) cùng phát sinh trên một đáy chung, nhưng chỉ có những mầm mọc đúng qui luật hoặc gần đúng qui luật mới đạt tới hình dạng cuối cùng của mình. Những tập hợp tinh đám thường gặp nhất là của các khoáng vật như tuamalin, thạch anh, fluorin, canxit..., chúng đều là những nguyên liệu rất quý trong công nghiệp.

3- Tập hợp tinh tiết

Một số khoáng vật kết tinh hay khoáng vật dạng keo lắng đọng trong các hốc rồi dần dần lấp đầy hốc theo chiều từ ngoài thành vào đến trung tâm tạo nên những vành không qui luật nhưng đều có dạng chung là những vòng tròn đồng tâm. Đó là tập hợp tinh tiết (H.5.4).

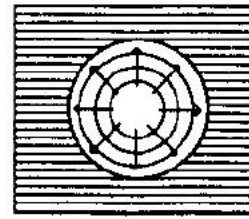
Sự thành tạo những vành có màu sắc khác nhau của mã não có thể giải thích bởi hiện tượng kết tinh có chu kỳ hoặc do hiện tượng khuếch tán vật chất từ ngoài vào trong gây nên. Những tinh hốc kích thước bé thì vật chất sẽ lấp đầy hoàn toàn còn những tinh hốc lớn, vật chất không đủ lấp đầy thì ở trong thông thường còn một khoảng trống, trên thành sẽ mọc những tinh đám nhỏ hoặc những tập hợp dạng chung như.



Hình 5.4 Quá trình hình thành tập hợp tinh tiết

4- Tập hợp kết hạch

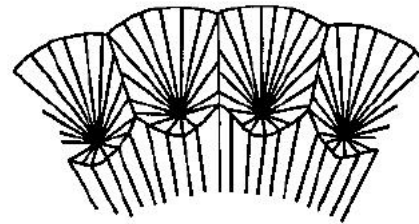
Tập hợp kết hạch bề ngoài có dạng hình cầu hay hình bầu dục, bên trong có cấu tạo những vành đồng tâm giống như tinh tiết nhưng phương thức thành tạo ngược với tinh tiết. Trong môi trường trầm tích, khi môi trường đã quá bão hòa về một thành phần nào đó, nếu xuất hiện những trung tâm kết tinh như các hạt cát, những mảnh vỏ sò hoặc bọt khí thì vật chất bão hòa sẽ kết tinh xung quanh các trung tâm kết tinh đó và càng ngày càng bù đắp rồi lớn dần lên. Cũng do hiện tượng kết tinh chu kỳ, kết hạch cũng có cấu tạo vòng đồng tâm và phóng tỏa, nhưng trình tự thành tạo là từ trong nhân ra ngoài (H.5.5). Những khoáng vật thường có tập hợp kết hạch là fotforit, canxit, pirit và macazit, siderit và barit..



Hình 5.5 Quá trình hình thành tập hợp kết hạch

Kích thước các kết hạch đôi khi rất lớn, đường kính tới hàng mấy mét, nhưng đôi khi chỉ bé khoảng vài mm.

Những kết hạch kích thước nhỏ hơn phần mười milimet tới 10 milimet thường gọi là dạng trứng cá hay dạng hình cầu. Tập hợp trứng cá có cấu tạo vỏ đồng tâm, còn tập hợp hình cầu thì bên trong có thể thấy cấu tạo phóng tỏa (có khi còn gọi là tập hợp hình cầu phóng tỏa). Mỗi một dạng tập hợp phản ánh một điều kiện thành tạo riêng biệt. Dạng trứng cá thành tạo do sự kết tinh của thành phần bão hòa xung



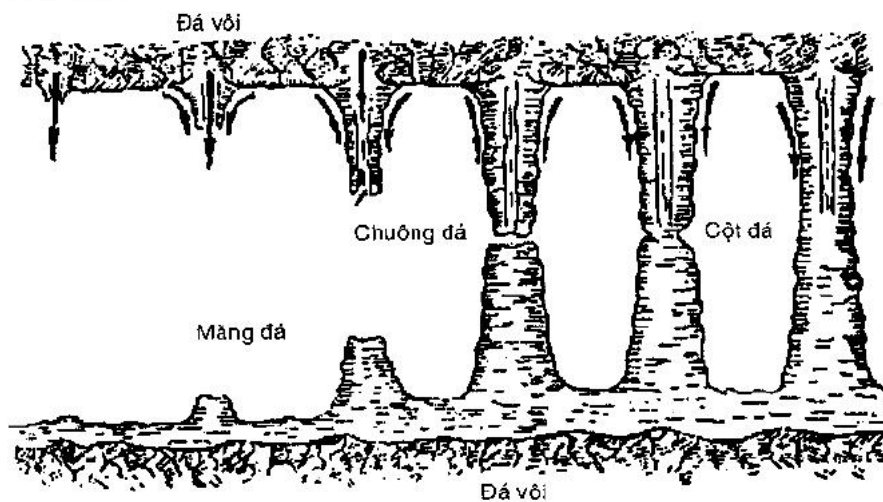
Hình 5.6 Sơ đồ thành tạo các hình cầu phóng tỏa

quanh những chất điểm nổi lơ lửng trong môi trường, còn dạng hình cầu phóng tỏa thì bị qui luật đào thải hình học chi phối mà thành (H.5.6). Mỗi tia phóng tỏa lại có

thể phát triển thành một hình cầu mới, đồng thời vẫn kéo dài liên tục. Do đó mặt bên ngoài tập hợp tạo thành những bướu hình thận mà phần trong vẫn có cấu tạo phóng tỏa. Những tập hợp giống trứng cá nhưng không có cấu tạo đồng tâm gọi là dạng hạt đậu.

5- Tập hợp chung nhũ

Những dung dịch hóa học tự nhiên hay dung dịch keo do mất nước và dần dần ngưng tụ lại, nối chung tạo nên những tập hợp chung nhũ. Vì hình thái của chung nhũ rất phong phú cho nên mang nhiều tên khác nhau. Nếu chung nhũ thành tạo từ trên trần các hang động buông xuống gọi là chuông đá, nếu nhũ mọc từ dưới nền lên gọi là măng đá. Khi măng đá và chuông đá nối liền với nhau thì hình thành cột đá (H.5.7).



Hình 5.7 Sơ đồ hình thành các loại chung nhũ

Những măng, chuông và cột đá bao giờ cũng mọc thẳng đứng theo chiều trọng lực. Nếu thấy nghiêng thì chuông đá chịu ảnh hưởng của các hoạt động kiến tạo về sau. Bên trong chung nhũ cũng có cấu tạo vành đồng tâm và phóng tỏa.

Ở Việt Nam thường gặp các chuông đá, măng đá, cột đá trong các hang động đá vôi. Chúng tạo nên những cảnh quan kỳ thú, huyền ảo lãng mạn như động Phong Nha (Quảng Bình), động Hương Tích (Hà Tây) đều là những địa danh du lịch nổi tiếng của nước ta.



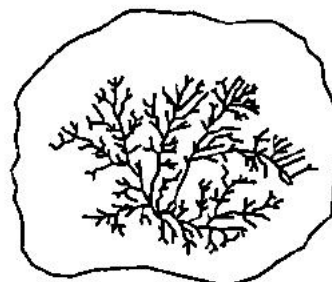
Hình 5.8 Hang động Phong Nha ở Quảng Bình với thạch nhũ phát triển trong đá vôi

thành tạo theo phương thức tương tự. Những dạng này thường thành tạo từ các dung dịch keo nên có xu hướng làm giảm tỷ diện tích của hạt keo.

Những khoáng vật thường có dạng chung nhũ (H.5.8) như cacbonat canxi (canxit, aragonit) hoặc hidroxit sắt (limonit, goetit), cacbonat canxi (canxit, aragonit), cacbonat đồng (malachit, azurit) chúng đều được thành tạo trong điều kiện ngoại sinh.

6- Tập hợp dạng cành cây

Hình thái của tập hợp này giống hình cây rêu hay hình cành cây, thành tạo do sự phát triển của tinh thể theo một vài phương khác nhau hoặc do ghép nhiều liên tinh với nhau mà thành. Đôi khi thấy chúng nằm trên các mặt áp vào nhau của khe nứt (H.5.9). Rõ ràng sự thành tạo dạng tập hợp cành cây còn liên quan tới những hoạt động cấu tạo và độ nhấn của mặt khe nứt.



Hình 5.9 Tập hợp dạng cành cây

7- Tập hợp dạng đất

Dùng để chỉ những tập hợp khoáng vật bột mịn, gắn kết với nhau yếu ớt, dễ vụn rời, thông thường là do các loại đá bị phong hóa mà thành. Đa số các loại khoáng vật sét có dạng tập hợp này.

Ngoài các dạng tập hợp trên đây còn có các dạng tập hợp khác như tập hợp hình kim, tập hợp vẩy, tập hợp màng bám.

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 5

- 5.1. Cùng một loại khoáng vật nhưng hình thành trong những điều kiện khác nhau sẽ cho những hình dạng khác nhau. Nguyên nhân chủ yếu là gì? Quan hệ giữa điều kiện sinh thành và hình dạng của khoáng vật như thế nào? Tập tính của khoáng vật là gì?
- 5.2. Tại sao trong thiên nhiên kích thước của khoáng vật lại lớn bé khác nhau? Yếu tố nào có ảnh hưởng quyết định đối với kích thước của khoáng vật?
- 5.3. Thế nào là vết chạm trở nguyên sinh, thứ sinh? Trong thực tế làm thế nào để phân biệt được chúng?
- 5.4. Những điểm giống nhau và khác nhau giữa tinh thể lý tưởng (trong tinh thể học) và tinh thể thực là gì?
- 5.5. Tập hợp tinh đám là gì? Phương thức hình thành tinh đám như thế nào? Tại sao có tinh đám hình răng lược?
- 5.6. Tập hợp tinh tiết và tập hợp kết hạch khác nhau như thế nào? Chúng được hình thành trong môi trường nào?
- 5.7. Tại sao trong các hang động đá vôi thường thấy các dạng tập hợp chung nhũ (chuông đá, măng đá)? Cách thức hình thành của nó như thế nào? Trong thạch cao ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) có thể thành tạo tập hợp chung nhũ không? Tại sao?

TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA KHOÁNG VẬT

Tính chất vật lý của khoáng vật là sự phản ánh khách quan thành phần hóa học và kiến trúc bên trong của khoáng vật, cũng có ý nghĩa phản ánh những đặc điểm về hoá học tinh thể của khoáng vật. Mỗi một loại khoáng vật có những đặc tính vật lý riêng của mình. Đó là dấu hiệu nhận biết khoáng vật và phân biệt với các khoáng vật khác. Cùng một loại khoáng vật nhưng thành tạo trong điều kiện hóa lý khác nhau thì những hằng số vật lý về chi tiết cũng khác nhau. Sự khác nhau đó giúp chúng ta suy đoán hoàn cảnh sinh thành của chúng. Quan trọng hơn cả là một số tính chất vật lý của khoáng vật được ứng dụng rộng rãi trong đời sống và nhiều lĩnh vực công nghiệp, quốc phòng làm cho khoáng vật có giá trị thực tiễn vô cùng to lớn.

Vì tính chất vật lý của khoáng vật rất phong phú nên phương pháp nghiên cứu chúng cũng khá phức tạp. Tính chất vật lý của khoáng vật đã được nghiên cứu từ lâu, nhưng trừ tính chất quang học ra, các tính chất khác nghiên cứu chưa đủ hoặc là mới bắt đầu. Trong thời gian gần đây do sự phát triển mạnh mẽ của vật lý chất rắn, việc nghiên cứu các tính chất vật lý của khoáng vật đã cung cấp cho vật lý học khoáng vật nhiều căn cứ lý luận và thực nghiệm quý báu.

Dưới đây sẽ giới thiệu một số tính chất vật lý quan trọng nhất.

6.1 TÍNH CHẤT QUANG HỌC CỦA KHOÁNG VẬT

Tính chất quang học biểu hiện khả năng hấp thụ, chiết xạ và phản xạ của khoáng vật đối với ánh sáng. Những tính chất đó được thể hiện ở độ trong suốt, ánh, màu, sắc và màu vết vạch của khoáng vật.

1- Độ trong suốt

Khi ánh sáng chiếu vào một môi trường khoáng vật, một phần bị phản xạ gây nên ánh khoáng vật (sẽ nói ở mục sau) một phần khác xuyên qua môi trường. Phần ánh sáng này sẽ quyết định độ trong suốt của khoáng vật. Một khoáng vật tuyệt đối trong suốt là khoáng vật để ánh sáng xuyên qua hoàn toàn, nghĩa là không hấp thụ một tý ánh sáng nào đi qua. Thực tế không có những khoáng vật trong suốt tuyệt đối như vậy. Nước cất khi có một lớp dày cũng mang màu xanh vì nó đã hấp thụ những tia đỏ của quang phổ. Những tấm kim loại hầu như không để ánh sáng xuyên qua, nhưng nếu mài mỏng thì cũng có thể cho ánh sáng lọt qua. Do đó không có khoáng vật không trong suốt tuyệt đối.

Khái niệm về độ trong suốt chỉ có ý nghĩa tương đối. Cũng trên mức độ tương đối đó người ta chia khoáng vật ra làm ba nhóm.

1- Khoáng vật trong suốt: topa, thạch anh pha lê.

2- Khoáng vật nửa trong suốt: là những khoáng vật có thể cho một số tia sáng đi qua. Ví dụ: berin thuần khiết, sfalerit, thần sa.

3- Khoáng vật không trong suốt: pirit, pirotin, grafit.

Trong các khoáng vật kết tinh, do tính dị hướng, theo các phương khác nhau có hiện tượng hấp thụ chọn lọc các tia sáng khác nhau, nhưng mắt thường nhiều khi không phân biệt được. Do đó có thể xem độ trong suốt không có tính dị hướng.

2- Ánh và chiết suất

Năng lực phản xạ của khoáng vật khi chiếu tia sáng lên bề mặt của nó gọi là ánh của khoáng vật. Ánh gần như không phụ thuộc vào màu khoáng vật. Ánh là năng suất phản xạ của khoáng vật, phụ thuộc vào chiết suất được biểu diễn trong công thức:

$$R = \left(\frac{N-1}{N+1} \right)^2 \quad (6.1)$$

trong đó: R - năng suất phản xạ, R luôn luôn < 1

N - chiết suất của khoáng vật đối với không khí.

Căn cứ vào chiết suất người ta chia ánh của khoáng vật thành 4 cấp (H.6.1):

1- Ánh thủy tinh $N = 1,3 - 1,9$.

Ví dụ: criolit ($N = 1,34 - 1,36$); fluorin ($N = 1,43$); thạch anh ($N = 1,544$). Những khoáng vật phi kim loại, trong mạng có nhiều chỗ trống, năng suất hấp thụ nhỏ, chiết suất bé thường có ánh thủy tinh. Các khoáng vật nhánh nguyên tố tự nhiên có tới 70% có ánh thủy tinh.

2- Ánh kim cương $N = 1,9 - 2,6$.

Ví dụ: ziacon ($N = 1,92 - 1,96$); caxiterit ($N = 1,99 - 2,00$); sfalerit ($N = 2,3 - 2,4$).

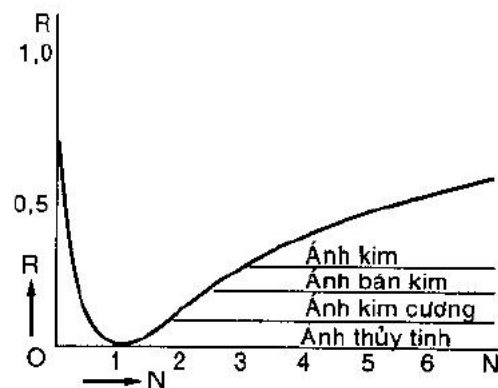
3- Ánh bán kim $N = 2,6 - 3,0$.

Ví dụ: thần sa ($N = 2,91$); hematit ($N = 3,01$).

4- Ánh kim $N > 3$.

Ví dụ: piroluzit kết tinh, galen, pirit, molipdenit, v.v...

Phần lớn khoáng vật nhánh sunfua và oxit của các kim loại có mối liên kết ion hay ion và cộng hóa trị có ánh bán kim.



Hình 6.1 Sự phụ thuộc giữa năng suất phản xạ (R) và chiết suất (N) của khoáng vật

Bảng 6.1 Giới hạn các cấp ánh của khoáng vật

Cấp ánh	Giới hạn chiết suất (N)	Giới hạn năng suất phản xạ (R)%	Các khoáng vật điển hình		
			Tên khoáng vật	N	(R) %
Ánh thủy tinh	1,3 – 1,9	4 – 10	Nước đá	1,309	2
			Fluorin	1,434	3,1
			Thạch anh	1,544	4,5
			Corindon	1,768	7,8
			Granat	1,763 ~ 1,895	7,6 ~ 9,5
Ánh kim cương	1,9 – 2,6	10 – 19	Ziacon	1,95	10,2
			Caxiterit	2,00	11,7
			Sfalerit	2,37	16,5
			Kim cương	2,419	17,2
Ánh bán kim	2,6 – 3,0	19 – 25	Thần sa	2,85	23,1
			Hematit	3,00	25,0
Ánh kim	> 3,0	25	Antimonit	4,046	36,0
			Molipdenit	4,70	42,0

Căn cứ vào kết quả thực nghiệm, giới hạn của chiết suất và của năng suất phản xạ có thể biểu diễn trong bảng 6.1.

Đối với khoáng vật không trong suốt, năng suất phản xạ còn phụ thuộc vào hệ số hấp thụ K và được biểu diễn theo công thức sau:

$$R = \frac{(N-1)^2 + N^2 K^2}{(N+1)^2 + N^2 K^2} \quad (6.2)$$

Như vậy năng suất phản xạ của khoáng vật không trong suốt trên thực tế cao hơn trong công thức lý thuyết (1) của Fresnen một ít, nghĩa là ánh của nó mạnh hơn ánh đã phân loại ở trên.

Ví dụ: manhetit (N = 2,42) đáng lẽ thuộc loại ánh kim cương, nhưng vì không trong suốt, hấp thụ ánh sáng mạnh do đó năng suất phản xạ cao hơn và có ánh bán kim.

Đối với những khoáng vật có lưỡng chiết suất cao thì ánh của nó sẽ thay đổi. Ví dụ, ocpimen (As₂S₃) theo Ng = 3,0 theo Np = 2,4 do đó lúc thấy nó có ánh bán kim, lúc thấy nó có ánh kim cương. Đó là tính dị hướng về ánh của khoáng vật.

Quan sát ánh của khoáng vật thường căn cứ vào các mặt cắt khai hay mặt của tinh thể, nhưng thực tế chúng ta thường thấy ánh trên tập hợp của chúng, do đó, ánh còn phụ thuộc vào mặt phản chiếu của khoáng vật nữa. Chính vì thế, ngoài bốn loại ánh nói trên, người ta còn đặt tên thêm cho một số loại ánh khác. Ví dụ, ánh mờ và ánh nhựa để chỉ những khoáng vật có ánh kim cương hay thủy tinh, nhưng vì mặt phản chiếu không nhẵn làm cho phần ánh sáng phản xạ phân tán theo nhiều phương khác nhau, năng suất phản xạ giảm xuống, gây ra cảm giác giống như trên mặt phản chiếu có tráng một lớp mờ hay nhựa. Những khoáng vật nhạt màu thường

có ánh mờ như sielit, nefelin, những khoáng vật xám màu thường có ánh nhựa như caxiterit. Ánh sáp là loại ánh của khoáng vật ẩn tinh dạng khối, nhạt màu hoặc của các chất keo thể rắn có bề mặt phản chiếu xù xì, ánh rất yếu giống như ánh phản chiếu trên sáp ong nên gọi là ánh sáp. Ví dụ, các khoáng vật thuộc nhóm halozit. Ánh đất dùng để chỉ những khoáng vật phân tán nhỏ bề mặt của nó có nhiều lỗ hổng bé, khi ánh sáng chiếu vào thì phản xạ theo nhiều phương và bị giữ lại trong các lỗ hổng bé, giống như những cái "bẫy ánh sáng". Ví dụ: piroluzit, kaolin dạng đất. Ánh tơ là ánh của khoáng vật có dạng sợi song song, do kết quả của ánh sáng phản xạ giao thoa lẫn nhau làm cho ta có cảm giác như tơ. Những khoáng vật có dạng sợi như atbet, thạch cao sợi đều có ánh tơ.

Điều cần chú ý là ánh do năng suất phản xạ quyết định chứ không phải do lượng ánh sáng phản xạ quyết định. Khi có hai nguồn sáng, cường độ khác nhau chiếu lên cùng một mặt tinh thể thì nguồn sáng nào có cường độ mạnh hơn sẽ cho lượng ánh sáng phản xạ mạnh hơn. Do đó khi quan sát ánh khoáng vật cần phải xem trong những điều kiện giống nhau. Tốt nhất là quan sát dưới ánh sáng mặt trời.

3- Màu của khoáng vật

Màu sắc là một trong những đặc tính quan trọng nhất của khoáng vật. Đó là tính chất đầu tiên khiến người ta chú ý tới mỗi khi quan sát khoáng vật. Rất nhiều khoáng vật có màu sắc rất đặc trưng, có thể làm dấu hiệu nhận biết; đôi khi còn giúp ta phán đoán về hoàn cảnh sinh thành ra chúng và làm một trong những dấu hiệu tìm kiếm. Nhiều khoáng vật được mang tên bởi màu sắc đặc trưng của chúng.

Đứng trên quan điểm hóa học tinh thể, sự phát sinh ra màu của khoáng vật là vô cùng phức tạp, trong đó có nhiều vấn đề chưa thể giải quyết được. Nói chung, căn cứ vào nguyên nhân tạo màu có thể phân màu khoáng vật thành ba loại:

Màu tự sắc

Màu tự sắc là màu của bản thân khoáng vật, do các tính chất bên trong của nó quyết định, nhưng có trường hợp vì những nguyên nhân bên ngoài mà thay đổi. Nói chung màu tự sắc tương đối cố định, cho nên đó là một trong những dấu hiệu giám định quan trọng. Màu tự sắc do những nguyên nhân sau đây gây ra.

- Trong thành phần của khoáng vật có chứa các nguyên tố mang màu (các sắc tố) như Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, đôi khi W, Mo, và các đất hiếm (TR). Những nguyên tố trên hoặc là thành phần chính trong khoáng vật, hoặc có khi chỉ thay thế đồng hình cho một số nguyên tố khác. Ion sắc tố tiêu biểu nhất là Cr. Khoáng vật có chứa Cr với những hàm lượng khác nhau có màu sắc sắc sỡ. Ví dụ, trong corindon (Al_2O_3) nếu lẫn vào chừng 1% Cr thì có màu đỏ tươi (ruby). Cr trong pirop có màu đỏ, trong uvarovit có màu xanh, v.v... Fe cũng là một nguyên tố mang màu rất mạnh. Fe^{2+} thường cho màu lục, Fe^{3+} cho màu nâu đỏ. Cần nhớ rằng một sắc tố không phải chỉ gây nên một màu cố định. Ngược lại một màu sắc nào đó không phải chỉ do một ion sắc tố tạo nên.

Có một số nguyên tố không phải là ion sắc tố nhưng ở trong một số khoáng vật cá biệt thì cũng làm cho khoáng vật đó mang màu. Ví dụ, Rb trong lazurit làm cho khoáng vật có màu lục, Cs trong berin làm cho khoáng vật có màu hồng.

- Màu tự sắc còn do thay đổi thành phần hóa học và tính đồng nhất trong mạng tinh thể. Ví dụ, muối mỏ (NaCl) bản thân không màu nhưng khi phun hơi natri kim loại hoặc chiếu tia âm cực vào làm cho các ion Na^+ biến đổi thành Na nguyên tử thì lại mang màu xanh.

- Sự có mặt trong các hổng kiến trúc các aluminosilicat những ion âm Cl^- hay những gốc ion âm như SO_4^{4-} cũng gây ra màu tự sắc. Ví dụ: màu xanh của lazurit.

Màu ngoại sắc

Màu ngoại sắc thường do các tạp chất cơ học phân tán nhỏ lẫn vào dưới hình thức các tinh dung giao. Các tạp chất cơ học có thể là vô cơ hoặc hữu cơ mang màu như hidroxit Fe màu nâu, oxit Fe màu đỏ, oxit Mn màu đen, các chất bitum màu đen,... Đôi khi các tạp chất đó là thể khí (bao thể khí) hoặc là các bọt nước tán mạn. Các tạp chất hoặc phân tán đều trong khoáng vật hoặc tập trung lại thành những đường vân hoa rất đẹp, ví dụ, khoáng vật mã não. Vì các tạp chất lẫn vào có thành phần khác nhau nên cùng một khoáng vật có thành phần và kiến trúc giống nhau nhưng màu ngoại sắc của chúng khác hẳn nhau.

Vi dụ: thạch anh (SiO_2).

Nếu tạp chất là actinolit hoặc clorit, ta có thạch anh lục.

Nếu tạp chất là bột gotit hay vẩy mica, ta có thạch anh màu đỏ nâu.

Nếu tạp chất là hạt bitum, ta có thạch anh ám khói v.v...

Vì ngoại sắc không ổn định, khi thay đổi nhiệt độ thì chúng biến màu nên không thể dùng làm dấu hiệu nhận biết.

Màu giả sắc

Màu giả sắc không liên quan đến bản chất bên trong của khoáng vật, nó do hiện tượng giao thoa ánh sáng trên mặt khoáng vật của ánh sáng tới và ánh sáng phản xạ. Màu giả sắc thường xuất hiện giống như màu cầu vồng. Trên mặt cắt khai của mica hoặc trên bề mặt của chancopirit, bocnit có thể thấy rõ các màu sắc đó. Màu giả sắc thay đổi theo phương của mắt quan sát. Khi chuyển động mắt quan sát thì màu giả sắc cũng thay đổi theo. Màu giả sắc không cố định nên trong một số trường hợp đặc biệt mới có thể dùng làm dấu hiệu giám định khoáng vật.

Màu của khoáng vật vô cùng phức tạp. Trong khoáng vật học, để tiện phân biệt màu sắc thường dùng tên kép để gọi màu của chúng. Ví dụ: màu lục vàng, màu đỏ nâu. Khi màu giống nhau nhưng sắc khác nhau thì có thể dùng độ đậm, nhạt để mô tả. Ví dụ: màu đỏ thắm, màu lục nhạt, màu vàng tươi. Để mô tả màu sắc của khoáng vật một cách sinh động hơn, người ta thường dùng màu sắc của những vật đã quen biết ghép cùng màu chính của khoáng vật. Ví dụ: màu xám chì, màu đen sắt, màu trắng sữa, màu vàng cam... Mặc dù việc mô tả màu sắc của khoáng vật chỉ là tương đối nhưng trong các tài liệu khoáng vật học, đối với từng khoáng vật thì màu sắc được mô tả tương đối thống nhất.

Thông thường những màu sắc được lấy làm tiêu chuẩn là những màu sắc dưới đây:

1. Màu tím - thạch anh tím. 2. Màu xanh - azurit. 3. Màu lục - malachit. 4. Màu vàng - thur hoàng. 5. Màu đỏ - thần sa. 6. Màu nâu - limonit. 7. Màu đen - piroluzit. 8. Màu trắng thiếc - acsenpirit. 9. Màu xám chì - molipdenit. 10. Màu xám thép - tetraedrit. 11. Màu đen sắt - manhetit. 12. Màu đỏ đồng - đồng tự nhiên. 13. Màu vàng đồng - chancopirit. 14. Màu vàng kim - vàng tự nhiên.

Đối với những người mới học, sau khi nắm vững những màu sắc tiêu chuẩn tương đối cố định còn cần phải so sánh với các khoáng vật khác có màu tương tự. Trên cơ sở so sánh quan sát nhiều lần dần dần phân biệt sự khác nhau rất nhỏ trong màu sắc, nếu không sẽ mắc sai lầm trong giám định.

4- Màu vết vạch

Thông thường để thử vết vạch người ta đem vạch khoáng vật lên một tấm sứ nhám màu trắng. Bột khoáng vật để lại trên tấm sứ gọi là vết vạch. Màu của bột khoáng vật là màu vết vạch. Các loại khoáng vật đều có màu vết vạch riêng của mình và đối với từng khoáng vật thì màu vết vạch ổn định hơn màu khoáng vật, do đó có thể dùng làm một dấu hiệu đặc trưng để giám định khoáng vật.

Một số khoáng vật có màu và màu vết vạch giống nhau. Ví dụ, malachit màu và màu vết vạch đều lục. Nhưng có một số khoáng vật màu vết vạch và màu của nó khác nhau. Ví dụ, hematit kết tinh, màu gần như đen, nhưng vết vạch có màu đỏ rượu vang hay đỏ máu.

Có một số khoáng vật, màu vết vạch có thể dùng để phán đoán thành phần hóa học vì độ đậm nhạt của vết vạch có liên quan tới các hàm lượng của thành phần đó. Ví dụ, sfalerit (ZnS) vết vạch thường có màu vàng nhạt hoặc không màu. Nhưng sfalerit chứa sắt (Zn, Fe) S thì vết vạch thường có màu sẫm. Nếu nắm được một cách thành thực quan hệ giữa hàm lượng cụ thể của thành phần khoáng vật với độ đậm nhạt của vết vạch thì hoàn toàn có thể xác định được các biến thể đồng hình trong khoáng vật.

Sau khi nghiên cứu xong các tính chất quang học của khoáng vật, chúng ta có thể thấy tồn tại mối quan hệ tương hỗ giữa độ trong suốt, ánh, màu và màu vết vạch. Quan hệ đó được biểu diễn trong bảng 6.2.

Bảng 6.2 Quan hệ giữa các tính chất quang học của khoáng vật

Độ trong suốt	Trong suốt	Nửa trong suốt	Không trong suốt
Ánh	Thủy tinh kim cương	Bán kim	Kim
Màu	Không màu	Nhạt màu-sẫm màu	Màu kim loại
Màu vết vạch	Không màu hoặc trắng	Màu nhạt – màu sẫm hoặc màu kim loại	

Nhưng cũng cần chỉ ra rằng những tính chất quang học trên là căn cứ vào những quan sát bằng mắt thường, đồng thời không phải tính chất quang học của tất cả các khoáng vật đều có mối quan hệ trên. Ví dụ, các khoáng vật piroxen và amfibon thường thấy, có màu đen nhưng dưới lát mỏng nó vẫn trong suốt chứ không phải là bán trong suốt và càng không phải là không trong suốt.

6.2 TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA KHOÁNG VẬT

Tính chất cơ học của khoáng vật là tính chất biểu hiện khi khoáng vật có những lực tác dụng bên ngoài, ví dụ; sự đập, sự rạch, ép, kéo, ... Trong phần này sẽ nói về các tính chất như cắt khai, tách khai, vết vỡ và độ cứng.

1- Cắt khai

Cắt khai là tính chất đặc biệt của vật chất kết tinh. Các tinh thể khoáng vật hay hạt khoáng vật dưới tác dụng ngoại lực tách thành những mặt phẳng rất nhẵn theo phương hướng kết tinh nhất định, những mặt tách ra như vậy gọi là mặt cắt khai. Sự phân bố các mặt cắt khai trên tinh thể hoàn toàn phù hợp với quy luật đối xứng và song song với những mặt có mật độ lớn nhất trong kiến trúc tinh thể. Tính cắt khai đối với một số khoáng vật là dấu hiệu giám định đặc trưng. Trong công nghiệp người ta cũng đã sử dụng tính chất cắt khai của nhiều khoáng vật như tan, grafit... do đó, cắt khai có ý nghĩa thực tế nhất định.

Cắt khai và kiểu kiến trúc tinh thể có mối quan hệ rất khăng khít. Trong tinh thể có mối liên kết đồng cực (mối liên kết kim loại, mối liên kết cộng hóa trị, mối liên kết phân tử) thì yếu tố hình học có ảnh hưởng quan trọng tới cắt khai.

Trong những tinh thể có mối liên hệ dị cực (mối liên kết ion) thì diện tích và yếu tố hình học đều ảnh hưởng như nhau tới tính chất cắt khai. Vì trong tinh thể dị cực, lực liên kết giữa các ion khác dấu tương đối lớn cho nên mặt cắt khai thường song song với mặt mạng có mật độ cao chứa cả hai loại ion khác dấu mà không nhất định phải song song với mặt mạng có khoảng cách mặt mạng lớn nhất.

Ví dụ: cắt khai của sfalerit theo (110) hoàn toàn, nó chỉ song song với mặt mạng có mật độ các ion khác dấu lớn nhất mà không song song với mặt mạng có khoảng cách mặt mạng lớn nhất (H.6.2), theo (111) cắt khai trung bình, còn theo (100) cắt khai kém. Từ đó có thể thấy rõ quan hệ của cắt khai và yếu tố tinh diện.

Ngoài ra, cắt khai còn liên quan với tính chất kiến trúc tinh thể. Cắt khai của những khoáng vật có kiến trúc dạng mạch nói chung đều có dạng kéo dài ví dụ, antimonit và piroxen. Cắt khai của những khoáng vật có kiến trúc lớp đều có cắt khai thành tấm mỏng như mica, molipdenit.

Vì lực liên kết giữa các mặt mạng với nhau mạnh yếu khác nhau, do đó, trên mặt cắt khai cũng phản ánh trình độ cắt khai khác nhau. Trong khoáng vật học chia ra làm năm mức độ cắt khai.

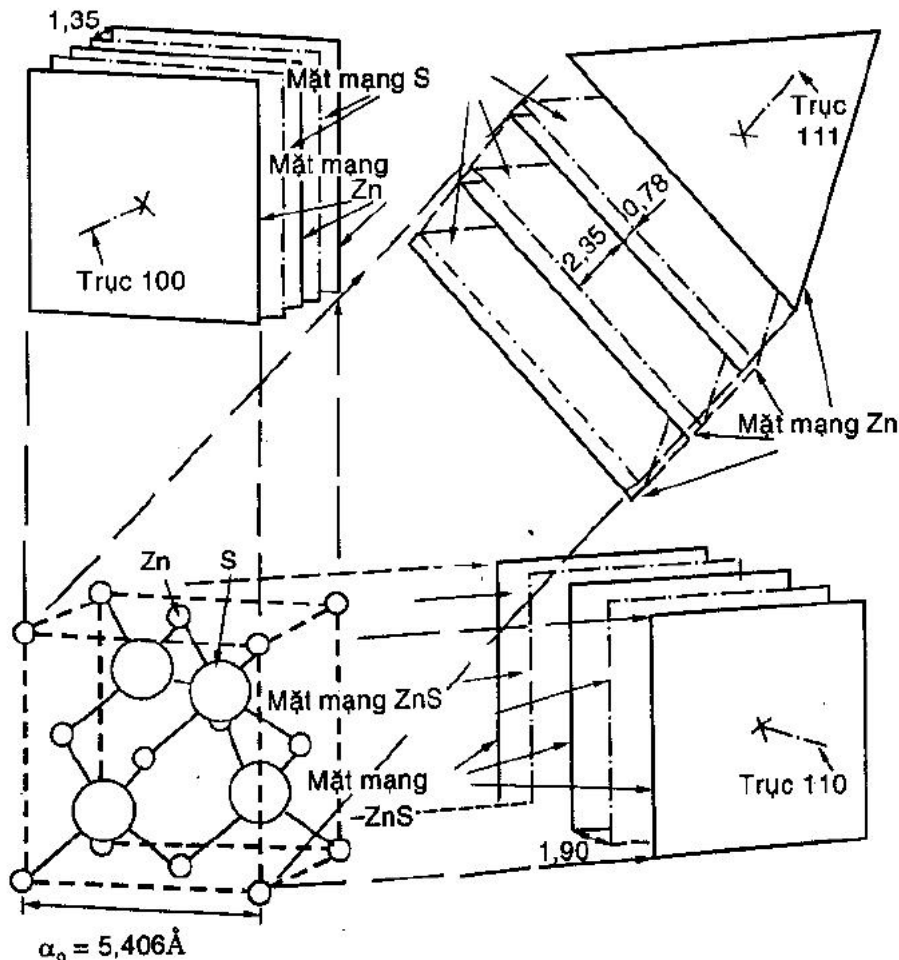
1- Cát khai rất hoàn toàn: khoáng vật rất dễ tách theo những phương hướng nhất định thành những lá mỏng, mặt cát khai trơn nhẵn. Trên loại khoáng vật này khó tìm thấy được các vết vỡ. Ví dụ: mica, clorit.

2- Cát khai hoàn toàn: lấy búa nhỏ đập nhẹ lên khoáng vật chúng bị tách ra thành những mảnh nhỏ giống tinh thể mẹ, mặt cát khai tương đối nhẵn. Ví dụ: galen, canxit.

3- Cát khai trung bình: khi bị tác dụng ngoại lực khó tách ra thành những mặt phẳng nhất định. Trên những mảnh vụn khoáng vật vừa có thể thấy cát khai vừa có thể thấy những vết vỡ, mặt cát khai không liên tục. Ví dụ: piroxen, amfibon.

4- Cát khai không hoàn toàn: rất khó nhìn thấy những mặt cát khai, đại bộ phận là những vết vỡ. Ví dụ: berin, caxiterit.

5- Cát khai rất không hoàn toàn: trên thực tế là không có cát khai, chỉ trong những trường hợp đặc biệt mới có thể phát hiện những mặt cát khai phân bố linh tinh. Ví dụ: thạch anh.



Hình 6.2 Quan hệ kiến trúc tinh thể với trình độ cát khai của sfalerit (các chữ số ghi khoảng cách giữa các mặt mạng tính bằng Å)

2- Tách khai

Tách khai là tính chất của khoáng vật chịu tác dụng của ngoại lực thì tách theo một số phương kết tinh học nào đó. Bên ngoài, mặt tách khai cũng tương tự như mặt cắt khai nên người ta còn gọi là giả cắt khai.

Nguyên nhân của tách khai đến nay chưa thật rõ ràng. Nói chung người ta cho rằng do các mặt ghép song tinh cơ học hay do các mặt ghép của song tinh tự phiến tạo nên. Một số người cho rằng do một số bao thể rất nhỏ phân bố dọc theo những mặt chổng khít thành những “tầng kẹp” cũng có thể gây ra tách khai. Do đó, cắt khai và tách khai, về bản chất, hoàn toàn khác nhau. Khi quan sát, yêu cầu phân biệt rõ ràng.

Mặt tách khai nói chung không nhấn lăm. Mặt tách khai cũng không phân bố đều khắp trên toàn bộ mẫu khoáng vật như cắt khai, cùng một loại khoáng vật thì không nhất định mẫu nào cũng có tách khai. Vì vậy trong việc nghiên cứu khoáng vật thì tách khai không quan trọng bằng cắt khai. Nhưng đối với một số khoáng vật mà nói thì có thể dùng làm một trong những dấu hiệu giám định. Ví dụ, tách khai theo mặt thoi ba phương (1011) và mặt đáy (0001) của corindon và hematit...

3- Vết vỡ

Vết vỡ dùng để chỉ tính chất khoáng vật dưới tác dụng ngoại lực bị vỡ ra không theo bất kỳ một phương hướng kết tinh nào mà thành vết lồi lõm trên bề mặt khoáng vật. Cắt khai chỉ phát hiện được trên các vật chất kết tinh, còn vết vỡ thì bất luận trên vật chất kết tinh hay trên chất vô định hình đều có thể phát hiện được. Do hình thái của vết vỡ có nhiều vẻ nên có thể lợi dụng vết vỡ làm dấu hiệu giám định khoáng vật. Hình thái vết vỡ khoáng vật gồm có những dạng sau:

Vết vỡ vỏ sò: Trên mặt cong thường có những vòng đồng tâm giống như hình vỏ sò. Thạch anh và khoáng vật thủy tinh thường có dạng vết vỡ này.

Vết vỡ dạng sợi: Trên các khoáng vật có cấu tạo dạng sợi khi vỡ thành những mảnh nhỏ có dạng sợi như vết vỡ của atbet - crizotin.

Vết vỡ răng cửa: Dùng để chỉ những vết vỡ sắc nhọn lồi lõm chồm giống như hình răng cửa. Những khoáng vật có tính kéo dài mạnh thường có vết vỡ dạng này. Ví dụ, các khoáng vật đồng tự nhiên, bạc tự nhiên.

Vết vỡ xơ: Là vết vỡ của những khoáng vật có cấu tạo sợi khi tách thành mảnh nhỏ thì bị xước chứ không liên tục. Ví dụ: vết vỡ của atbet amfibon.

Vết vỡ dạng đất: Dùng để chỉ những khoáng vật trên mặt vỡ có bột mịn như đất sét, ví dụ các khoáng vật nhóm kaolin, piroluzit.

4- Độ cứng

Độ cứng dùng để chỉ trình độ chống lại những lực tác dụng cơ học bên ngoài của khoáng vật. Có nhiều phương pháp đo độ cứng khoáng vật. Ví dụ, phương pháp rạch, phương pháp nghiền, phương pháp ép. Trong khoáng vật thông thường dùng phương pháp rạch để xác định độ cứng tương đối. Về mặt giám định và mặt sử dụng, độ cứng có một ý nghĩa rất lớn. Độ cứng của khoáng vật có quan hệ rất mật thiết với kiến trúc tinh thể và thành phần hóa học của nó. Căn cứ vào nghiên cứu hóa học tinh thể, độ cứng phụ thuộc vào những yếu tố sau đây:

Bán kính ion

Khi kiểu kiến trúc giống nhau, hóa trị các nguyên tử của các nguyên tố tham gia giống nhau thì độ cứng sẽ tùy theo khoảng cách giữa các chất điểm tăng lên mà mềm đi. Do đó bán kính ion hay nguyên tử trong kiến trúc tăng lên sẽ làm cho độ cứng giảm xuống. Lấy ví dụ các oxit của kim loại kiềm đất có kiến trúc kiểu NaCl thì thấy rõ (bảng 6.3).

Bảng 6.3 Sự phụ thuộc giữa bán kính cation với độ cứng

	Mg – O	Ca – O	Sr – O	Ba – O
Khoảng cách Me – O (Å)	2,10	2,40	2,57	2,77
Độ cứng tính theo Mohs	6,5	4,5	3,5	3,3

Hóa trị của ion

Khi kiểu kiến trúc giống nhau, khoảng cách các ion gần bằng nhau thì độ cứng của khoáng vật sẽ tăng lên nếu hóa trị các ion tăng lên. Hãy lấy bốn loại hợp chất cùng kiến trúc của NaCl để so sánh. Mặc dù khoảng cách các chất điểm gần bằng nhau, nhưng độ cứng tăng dần theo trình tự tăng lên của hóa trị các ion tham gia (bảng 6.4).

Bảng 6.4 Quan hệ giữa hóa trị các ion với độ cứng

	NaF	MgO	ScN	TiC
Khoảng cách ion (Å)	2,31	2,10	2,23	2,33
Hóa trị ion dương	1	2	3	4
Độ cứng	3,2	6,5	7,8	8,9

Số phối trí các ion dương

Trong cùng một nhóm khoáng vật, các ion dương có cùng hóa trị. Nếu ion nào có số phối trí lớn sẽ làm cho độ cứng khoáng vật tăng lên (bảng 6.5).

Bảng 6.5 Quan hệ giữa số phối trí cation với độ cứng

Khoáng vật	Công thức hóa học	Số phối trí	Độ cứng	Bán kính ion
Olivin	Mg_2SiO_4	6	6,5 - 7	$Mg^{2+} = 0,78 \text{ \AA}$ $Ca^{2+} = 1,06 \text{ \AA}$
Montiselit	$CaMgSiO_4$	6	5	
Enstatit	$Mg_2Si_2O_6$	6	5 - 6	
Diopsit	$CaMgSi_2O_6$	6	5 - 6	

Ngoài ra, trong cùng một kiến trúc tinh thể, ở trên những mặt khác nhau hay theo nhiều phương khác nhau trên cùng một mặt tinh thể, độ cứng cũng khác nhau. Ví dụ trên tinh thể đisten song song với phương [001] độ cứng 4,5 trong lúc đó song song với phương [010] độ cứng 6,5 - 7.

Trong khoáng vật học thường dùng 10 khoáng vật phổ biến để làm thang độ cứng là "thang độ cứng Mohs". Dùng thang độ cứng để so sánh độ cứng tương đối giữa các khoáng vật với nhau, tuy độ chính xác thấp nhưng thường dùng trong thực tế địa chất. Trong phòng thí nghiệm và trong công nghiệp ứng dụng người ta dùng máy đo vi độ cứng [MT - 3 để xác định độ cứng tuyệt đối (KG/mm^2) của khoáng vật. Giữa độ cứng tương đối theo Mohs và độ cứng tuyệt đối có mối quan hệ nhất định có thể biểu diễn theo một hàm số. Dưới đây nêu lên độ cứng Mohs và độ cứng tuyệt đối của 10 khoáng vật tương ứng với 10 bậc của thang độ cứng như sau (bảng 6.6).

Bảng 6.6 Quan hệ giữa độ cứng tương đối trong thang độ cứng Mohs và độ cứng tuyệt đối

Khoáng vật	Độ cứng Mohs	Độ cứng tuyệt đối (KG/mm^2)
Tan	1	24
Thạch cao	2	36
Canxit	3	109
Fluorin	4	189
Apatit	5	536
Octocla	6	795
Thạch anh	7	1120
Topa	8	1427
Corindon	9	2060
Kim cương	10	10060

Ngoài các tính chất cơ học của khoáng vật đã nói trên còn nhiều tính chất khác như tính giòn, tính dẻo, tính kéo dài, tính đàn hồi, tính uốn được cũng đáng được chú ý. Những tính chất này tuy không phổ biến lắm song đối với một số khoáng vật lại có thể lợi dụng làm dấu hiệu giám định và trong công nghiệp thì sử dụng chúng trong việc xử lý, gia công thí nghiệm kỹ thuật.

6.3 TỶ TRỌNG CỦA KHOÁNG VẬT

Tỷ trọng của khoáng vật là một trong những hằng số vật lý trong khi giám định có một ý nghĩa rất lớn. Mặt khác, trong tìm kiếm và tuyển khoáng, trong việc nghiên cứu đồng hình đều lợi dụng tính chất này. Tỷ trọng của khoáng vật khác nhau rất nhiều, từ những chất khí thiên nhiên tỷ trọng rất thấp tới các khoáng vật nhóm Os-Ir có tỷ trọng đến 23. Nhưng tuyệt đại bộ phận khoáng vật có tỷ trọng từ 2,5 - 4. Thông thường trong khoáng vật người ta chia tỷ trọng ra làm ba loại:

- 1- Loại nhẹ: 2,5 như: lưu hoàng, grafit.
- 2- Loại vừa: 2,5 - 4 như: canxit, corindon.
- 3- Loại nặng: 4 như: galen, molipđenit.

Có nhiều nhân tố ảnh hưởng tới tỷ trọng, đó là trọng lượng nguyên tử của các nguyên tố tạo thành khoáng vật, hóa trị của ion và nguyên tử chứa trong khoáng vật và số phối trí của ion dương.

1- Trọng lượng nguyên tử của các nguyên tố tạo thành khoáng vật

Trong những khoáng vật có kiến trúc giống nhau, nếu trọng lượng nguyên tử của nguyên tố tạo thành tăng lên thì tỷ trọng cũng tăng lên. Đặc biệt khi trọng lượng các nguyên tử khác nhau khá xa thì càng rõ rệt (bảng 6.7).

Bảng 6.7 Quan hệ giữa trọng lượng nguyên tử và tỷ trọng của khoáng vật

Khoáng vật	Thành phần hóa học	Tỷ trọng	Nguyên tử lượng
Selestin	SrSO_4	3,9 - 4,0	Sr = 87,63
Barit	BaSO_4	4,3 - 4,5	Ba = 137,56
Anglezit	PbSO_4	6,1 - 6,4	Pb = 207,21

Nhưng cần phải chú ý khi nguyên tử lượng tăng lên thì bán kính ion hay nguyên tử cũng tăng theo. Nếu sự tăng các nguyên tử lượng không đủ để vượt qua sự tăng của bán kính ion hay nguyên tử thì mặc dù trọng lượng nguyên tử có tăng nhưng tỷ trọng không nhất định tăng. Xem bảng 6.8 dưới đây chúng ta có thể thấy rõ.

Bảng 6.8 Quan hệ giữa bán kính ion và tỷ trọng của khoáng vật

Khoáng vật	Tỷ trọng
Anbit Na $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	2,61
Octocla K $[\text{AlSi}_2\text{O}_5]$	2,55
Halit NaCl	2,17
Sinvin KCl	1,98

Nguyên tử lượng của K(39) lớn hơn nguyên tử lượng của Na(23) nhưng tỷ trọng các hợp chất K vẫn bé hơn tỷ trọng các hợp chất Na vì bán kính của K(1,33 Å) lớn hơn nhiều so với bán kính của Na(0,98 Å).

2- Hoá trị của ion và nguyên tử chứa trong khoáng vật

Trong kiến trúc mạng thì lỗ hổng giữa các ion âm nhiều hơn lỗ hổng giữa các ion dương. Trong các lỗ hổng đó thì chỉ có một bộ phận ion dương điền vào thôi. Khi hóa trị của ion dương được tăng lên và hóa trị của ion âm giảm tức là số lượng các ion dương điền vào hổng tăng lên, nâng tỷ lệ số lỗ hổng được lấp đầy tăng lên, do đó tỷ trọng tăng cao. Bảng dưới đây chứng minh rõ điều đó (bảng 6.9).

Bảng 6.9 Quan hệ giữa tỷ lệ ion dương-ion âm và tỷ trọng khoáng vật

Khoáng vật	Thành phần hóa học	Tỷ trọng	Tỷ lệ giữa ion dương và ion âm
Pericla	MgO	3,65	Mg: O = 1: 1
Selait	MgF ₂	3,16	Mg: F ₂ = 1: 2

3- Số phối trí của ion dương

Trong ô mạng, số phối trí của ion dương có ảnh hưởng rất lớn đến tỷ trọng của khoáng vật. Sự tăng số phối trí của ion dương có tác dụng làm giảm không gian rỗng trong mạng, làm tăng mật độ vật chất trong một đơn vị thể tích, do đó tỷ trọng tăng theo. Đặc biệt, số phối trí trong khoảng 4-6 biểu hiện rất rõ ràng điều đó. Bảng dưới đây nêu lên quan hệ giữa tỷ trọng khoáng vật và số phối trí của các ion dương trong đó (bảng 6.10).

Bảng 6.10 Ảnh hưởng của số phối trí ion dương tới tỷ trọng của khoáng vật

Phối trí ion dương bằng 4			Phối trí ion dương bằng 6		
Khoáng vật	Công thức hóa học	Tỷ trọng	Khoáng vật	Công thức hóa học	Tỷ trọng
Sfalerit	ZnS	4,08	Pirotin	FeS	4,70
Vilemit	Zn ₂ SiO ₄	4,1	Fayalit	Fe ₂ SiO ₄	4,30

Tỷ trọng của cùng một khoáng vật cũng thay đổi trong những khoảng nhất định. Ví dụ, sfalerit tùy theo lượng tạp chất lẫn vào mà thay đổi từ 3,50 - 4,20; vonframit có thể thay đổi từ 7,1 - 7,5. Trong thực tế, sự thay đổi đó không phải bao giờ cũng liên quan với sự thay đổi thành phần hóa học. Đôi khi, do tính không đồng nhất trong khoáng vật nghiền cứu hoặc khoáng vật chọn không thuần khiết, có những khoáng vật khác lẫn vào dưới dạng liên tinh hay bao thể, cũng có khi do

khoáng vật có nhiều lỗ hổng hay khe nứt làm cho tỷ trọng của cùng một khoáng vật không thể là một con số cố định. Do đó, khi chọn mẫu đơn khoáng để đo tỷ trọng cần phải hết sức chú ý.

Ngoài ra, nhiệt độ và áp suất ở địa điểm và thời gian xác định tỷ trọng cũng có ảnh hưởng đến sự biến đổi tỷ trọng, nhưng trong những điều kiện bình thường có thể bỏ qua các yếu tố đó.

Trong khoáng vật học có rất nhiều phương pháp để đo tỷ trọng. Dưới đây chỉ giới thiệu hai phương pháp thường dùng nhất.

Phương pháp dùng bình tỷ trọng

Phương pháp này dựa vào nguyên lý: trọng lượng mất đi của một vật rắn khi thả vào trong nước bằng trọng lượng nước bị chiếm chỗ. Từ đó suy ra tỷ trọng của khoáng vật. Trình tự thao tác để xác định tỷ trọng khoáng vật như sau:

Đầu tiên dùng cân chính xác cân trọng lượng của bình P_1 .

Sau đó cân trọng lượng của cả bình lẫn khoáng vật P_2 .

Đổ nước cất đầy bình cân trọng lượng của bình+mẫu khoáng vật + nước được P_3 .

Cuối cùng đổ khoáng vật ra cân trọng lượng của bình đổ đầy nước P_4 .

Tỷ trọng của khoáng vật được tính theo công thức sau:

$$D = \frac{P_2 - P_1}{(P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)}$$

Nếu dung dịch dùng để xác định tỷ trọng không phải là nước cất (tỷ trọng = 1), thì sau khi tính toán như trên, kết quả nhận được phải nhân thêm α là tỷ trọng của dung dịch.

Phương pháp dung dịch nặng

Phương pháp này cũng thường dùng trong khoáng vật. Nó dựa vào nguyên tắc khi tỷ trọng của khoáng vật và tỷ trọng của dung dịch bằng nhau thì khoáng vật sẽ nổi lơ lửng trong dung dịch. Từ tỷ trọng của dung dịch mà xác định tỷ trọng của khoáng vật. Phương pháp này cần có một bộ các chất dung dịch nặng với đầy đủ các cấp tỷ trọng. Kết quả đo được khá chính xác nhưng bị hạn chế vì không thể đo được các khoáng vật nặng hơn 4,2. Các dung dịch nặng không những để dùng đo tỷ trọng khoáng vật mà còn có thể dùng để tuyển lọc các loại khoáng vật có tỷ trọng khác nhau.

Dưới đây là bộ dung dịch nặng dùng để xác định tỷ trọng của khoáng vật (bảng 6.11).

Bảng 6.11 Bộ dung dịch nặng dùng để xác định tỷ trọng khoáng vật

Tên dung dịch	Thành phần	Tỷ trọng
Bromofoc	ChBr_3	2,80
Dung dịch Tulê	$\text{KI} + \text{HgI}_2$	3,196
Dung dịch Xusina - Rôbakha	$\text{BaI}_2 + \text{HgI}_2$	3,588
Iodua metilen	CH_2I_2	3,33
Dung dịch Clêric	$\text{CH}_2(\text{COOH})_2 \text{ TI} + \text{HCOOTI}$	4,27

Người ta còn dùng các tài liệu phân tích rơngen để tính tỷ trọng của khoáng vật. Tài liệu cơ bản là thể tích ô mạng cơ sở và số lượng phân tử trong ô mạng đó. Công thức dùng để tính tỷ trọng như sau.

$$D = \frac{Z \cdot M}{N \cdot V}$$

trong đó: M - trọng lượng phân tử của khoáng vật

V - thể tích ô mạng cơ sở tính theo tài liệu Rơngen

Z - số phân tử trong một ô mạng cơ sở

N - số avogadro, bằng 2,6502 (đối với ô mạng tính theo anstron) hoặc 1,6602 (đối với ô mạng tính theo kX).

6.4 CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ KHÁC CỦA KHOÁNG VẬT

Ngoài các tính chất vật lý đã nói trên, khoáng vật còn có những tính chất sau:

1- Từ tính

Từ tính của khoáng vật là tính chất của những khoáng vật bị nam châm hút hoặc bản thân nó có thể hút những vật thể bằng sắt. Vì các khoáng vật có từ tính với nhiều mức độ khác nhau nên từ tính là một dấu hiệu nhận biết khoáng vật. Do từ tính của đa số khoáng vật tương đối yếu nên trong thực tế chỉ ứng dụng đối với một số ít khoáng vật. Ngoài ra, từ tính còn được ứng dụng rất phổ biến trong tìm quặng và trong tuyển khoáng.

Từ tính của khoáng vật chủ yếu do trong thành phần của nó có chứa những nguyên tố có từ tính như sắt, coban, niken, crôm, titan... Thông thường, từ tính mạnh hay yếu là do hàm lượng các nguyên tố có từ tính nhiều hay ít quyết định. Người ta chia khoáng vật từ tính thành ba nhóm theo mức độ mạnh yếu sau đây:

1- *Từ tính mạnh*: nam châm móng ngựa thông thường có thể hút được. Ví dụ: manhetit, titanmanhetit, pirotin.

2- *Từ tính trung bình*: nam châm móng ngựa thông thường không thể hút được, nhưng dùng nam châm điện yếu thì có thể hút được. Ví dụ: biotit, vonframit, hematit, inmenit, cromit...

3- *Từ tính yếu*: dùng nam châm điện mạnh mới có thể hút được. Ví dụ: các loại amfibon và piroxen nhạt màu, sfen, tuamalin (nhạt màu).

2- Tính điện

Tính điện của khoáng vật là những tính chất có liên quan tới điện học. Có thể nêu hai tính chất sau đây:

Tính dẫn điện

Tức là khả năng có thể truyền được dòng điện của khoáng vật. Nói chung các khoáng vật kim loại là những chất dẫn điện tốt. Các khoáng vật phi kim loại là những chất dẫn điện kém. Có một số khoáng vật khác là chất bán dẫn. Tính dẫn điện có liên quan với tính chất của mối liên kết trong kiến trúc tinh thể. Khi nghiên cứu tính dẫn điện của khoáng vật người ta rất chú trọng tới hệ số điện trở của nó (tức điện trở suất) (bảng 6.12). Những khoáng vật có hệ số điện trở càng nhỏ thì dẫn điện càng tốt. Tính dẫn điện được ứng dụng rộng rãi trong thực tế. Những chất dẫn điện tốt dùng làm các điện cực như các kim loại và grafit, những chất dẫn điện tồi thì làm chất cách điện như mica, amiăng. Các chất bán dẫn được dùng rất nhiều trong kỹ nghệ vô tuyến điện. Ngoài ra người ta còn dùng tính dẫn điện của khoáng vật trong công tác thăm dò địa chất.

Bảng 6.12 Một số khoáng vật có tính dẫn điện

Tên khoáng vật	Công thức hóa học	Hệ số điện trở (Ωcm)
Pirit	FeS_2	0,0023 – 1,5
Pirotin	Fe_{1-x}S	0,0050 – 0,01
Argentit	Ag_2S	0,0067
Galen	PbS	0,037
Acsepirit	FeAsS	0,13
Hematit	Fe_2O_3	0,35 – 1200
Bocnit	Cu_5FeS_4	0,50
Macazit	FeS_2	1,4 – 300
Môlipdenit	MoS_2	1,8 – 16000
Inmenit	FeTiO_3	220
Vuazit	ZnS	350
Chancozin	Cu_2S	2300
Antimonit	Sb_2S_3	$10^7 - 10^{14}$
Sfalerit	ZnS	10^8

Tính tích điện

Là tính chất của khoáng vật khi chịu tác dụng của các năng lượng bên ngoài như ma sát (cơ năng), đốt nóng (nhiệt năng), kéo ép vv... thì mang điện. Tính tích điện sản sinh sau khi thu cơ năng và nhiệt năng, khoáng vật có thể chuyển biến chúng thành điện năng. Ví dụ, lưu hoàng, kim cương khi cọ vào len dạ, hay tơ thì

xuất hiện điện tích gọi là điện ma sát. Tuamalin, calamin sau khi đốt nóng thì một đầu tích điện dương một đầu tích điện âm gọi là tính hỏa điện

Ngoài ra có một số khoáng vật dưới tác dụng của sức ép và kéo thì bị biến hình gây ra tính tích điện. Khi ép thì có bộ phận tích điện dương, khi kéo thì lại xuất hiện tích điện âm. Do đó khi tác dụng ép kéo nối đuôi nhau xảy ra một cách liên tục thì sẽ sinh ra một điện trường xoay chiều. Hiệu ứng đó gọi là hiệu ứng áp điện. Trong vô tuyến điện người ta đã dùng tính áp điện của thạch anh một cách rất phổ biến.

Tất cả khoáng vật có tính áp điện thì về tính chất hình học tinh thể của nó không có tâm đối xứng, do đó những thí nghiệm về tính áp điện cũng thường dùng để kiểm tra tinh thể có tâm đối xứng hay không.

3- Tính phóng xạ

Tính phóng xạ là tính chất đặc trưng của các khoáng vật có chứa các nguyên tố phóng xạ. U, Th có tính phóng xạ rất mạnh, còn K và Rb thì tính phóng xạ rất yếu. Quá trình phân hủy phóng xạ của các nguyên tố trong giáo trình vật lý và hóa học đã nói kỹ, ở đây không nhắc lại nữa.

Từ khi con người nắm được kỹ thuật phá hủy nhân tạo hạt nhân nguyên tử, việc lợi dụng năng lượng vô cùng to lớn do sự phá hủy hạt nhân đã đạt tới trình độ phát triển cao. Các khoáng vật chứa U và Th được chọn làm nguyên liệu của ngành vật lý hạt nhân ngày càng có ý nghĩa thực tế quan trọng. Hiện nay công tác nghiên cứu các khoáng vật phóng xạ đã và đang thu được những thành tựu to lớn. Trong tự nhiên người ta đã biết được hơn 250 loại khoáng vật phóng xạ chứa U và Th.

Tính phóng xạ của khoáng vật được sử dụng không những để tìm kiếm các mỏ phóng xạ mà còn sử dụng tính tuổi tuyệt đối của khoáng vật và địa tầng, có tầm quan trọng trong địa chất học.

Muốn xác định tính phóng xạ, người ta dùng máy đếm Ghêghe (Geiger) hoặc tiến hành xác định bằng tác dụng cảm quang trên giấy ảnh.

4- Tính phát quang

Các khoáng vật dưới ảnh hưởng của các tác dụng kích thích bên ngoài phát sáng gọi là tính phát quang. Những tác dụng kích thích bên ngoài có nhiều nguồn khác nhau. Ví dụ, đốt nóng, tăng áp, hòa tan, chiếu tia tử ngoại, tia âm cực hoặc các tia khác có bước sóng ngắn vào khoáng vật, v.v...

Đối với khoáng vật học, hiện tượng phát quang do chiếu tia tử ngoại, tia X và tia âm cực là có ý nghĩa quan trọng nhất. Bản chất hiện tượng phát quang cho đến nay có nhiều ý kiến chưa thống nhất, việc giải thích cũng còn nhiều chỗ chưa hoàn chỉnh. Những sự phá hủy tạm thời cân bằng tĩnh điện trong mạng kiến trúc; các tia sáng bước sóng ngắn không nhìn thấy biến thành tia sáng bước sóng dài có thể thấy được là những điều khẳng định không chối cãi được. Tùy theo bản chất của hiện tượng phát quang, người ta chia ra hai loại phát quang đặc biệt là phát huỳnh

quang và phát lân quang. Có nhiều khoáng vật khi nhận tác dụng kích thích bên ngoài, quỹ đạo các điện tử biến đổi, nhưng lập tức trở lại trạng thái ban đầu. Như vậy khi dừng các tia kích thích bên ngoài, hiện tượng phát quang cũng biến mất. Đó là phát huỳnh quang. Một số khoáng vật khác sau khi dừng các tia kích thích, khoáng vật vẫn phát sáng. Đó là phát lân quang. Màu sắc và cường độ màu phát quang của khoáng vật tùy thuộc vào bản chất hóa học và hàm lượng của các tạp chất lẫn vào. Ví dụ, sielit phát huỳnh quang dưới tia tử ngoại, nếu có khoảng 0,5% Mo cho màu xanh nhạt; 0,96 - 4,8% Mo - màu vàng; trên 4,8 % Mo - màu trắng. Thực tế, cùng một loại khoáng vật sinh ra trong những khoáng sàng khác nhau thường có những màu huỳnh quang khác nhau. Căn cứ vào thí nghiệm của nhiều tác giả phát quang bằng tia tử ngoại, tia âm cực và tia Rơngen có thể nêu một số *ví dụ* các khoáng vật phát quang trên đây (bảng 6.13). Trong khoáng vật người ta chú trọng đến tính chất phát huỳnh quang hơn cả. Đặc biệt đối với các khoáng vật như ziacon, sielit, kim cương, tính chất này có ý nghĩa giám định rất quan trọng. Ngoài ra về phương diện tìm kiếm thăm dò khoáng sản, phát quang có một tác dụng nhất định.

Bảng 6.13 Tính phát quang của một số khoáng vật

Khoáng vật	Tính phát quang					
	Tia âm cực		Tia Rơngen		Tia tử ngoại	
	Màu sắc	Độ sáng	Màu sắc	Độ sáng	Màu sắc	Độ sáng
Kim cương	màu lục	rõ	xanh da trời	trung bình	xanh da trời	rõ
	xanh da trời	rất rõ	—	đến yếu	màu tím	trung bình
	màu xanh	rõ	—		lục vàng	trung bình
Apalit	màu vàng	rõ đến trung bình	màu vàng	rõ đến mờ	màu hồng	rõ
	lục nhạt	rất rõ	xanh da trời	trung bình	màu tím	trung bình
Barit	màu tím	trung bình - mờ	màu tím	mờ - rất mờ	màu tím	rõ
	—	—	—	—	màu vàng	trung bình
Sfalerit	màu hồng	trung bình	—	—	màu hồng	trung bình
Sielit	xanh da trời	rất rõ	xanh da trời	rất rõ	xanh da trời	rõ
Fluorin	màu tím	Rõ - trung bình	lục	trung bình	màu tím	rõ - mờ
	màu lục	rõ	—	mờ	tím sẫm	rất mờ
	màu lục sẫm	rõ	—	—	—	—
Ziacon	vàng vỏ quít	rõ	lục	mờ	vàng gạch	rõ

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 6

- 6.1. Hãy kể ra một số nguyên tố mang màu quan trọng trong khoáng vật và nói rõ các màu do chúng sinh ra. Nêu ví dụ về các khoáng vật có chứa các nguyên tố đó.
- 6.2. Tại sao có những khoáng vật có màu sắc có thể thay đổi được và lại có những khoáng vật màu sắc tương đối cố định? (Xem tất cả các nguyên nhân bên trong, bên ngoài ảnh hưởng tới màu sắc của khoáng vật).
- 6.3. Tại sao trên bề mặt của khoáng vật kim loại và trên mặt cắt khai của khoáng vật nhạt màu thường hay gặp màu gỉ sắt?
- 6.4. Có thể dùng vết vạch để nghiên cứu ánh và những hỗn hợp thay thế đồng hình trong khoáng vật được không? tại sao?
- 6.5. Các yếu tố ảnh hưởng tới ánh khoáng vật là gì? Tại sao nói màu sắc không ảnh hưởng tới ánh của khoáng vật?
- 6.6. Tại sao nói cắt khai là tính chất cố định của khoáng vật. Nguyên nhân gây ra cắt khai là gì? Cắt khai và tách khai khác nhau như thế nào?
- 6.7. Khi quan sát cắt khai cần chú ý những mặt nào? Cắt khai chia ra làm mấy mức độ? Đặc điểm của mỗi mức độ? Ý nghĩa thực tế của việc nghiên cứu cắt khai?
- 6.8. Độ cứng của khoáng vật là gì? Những yếu tố nào ảnh hưởng tới độ cứng? Kể tên các khoáng vật trong thang độ cứng của Mohs.
- 6.9. Những yếu tố ảnh hưởng tới độ cứng là gì? Yếu tố nào là chủ yếu? Hãy xếp các yếu tố đó thành nhóm có ảnh hưởng thống nhất và nhóm có ảnh hưởng đối lập.
- 6.10. Một mẫu quặng có chứa vàng cân nặng 309,3 gam, thể tích 82,9 CC, khoáng vật mạch duy nhất là thạch anh (tỷ trọng 2,65). Trong vàng có chứa 12,1% bạc. Tỷ trọng của hỗn hợp vàng bạc là 17,5. Hỏi trong mẫu quặng này có chứa bao nhiêu vàng nguyên chất..
- 6.11. Hãy tính tỷ trọng của một loại quặng có 17% thạch anh, 38% manhetit và 45% inmenit.
- 6.12. Một tập hợp khoáng vật của thạch anh và barit tỷ trọng 3,6. Hãy tính phần trăm trọng lượng của barit trong tập hợp đó.
- 6.13. Các phương pháp đo tỷ trọng của khoáng vật dựa vào nguyên tắc nào? Nêu rõ ý nghĩa vật lý của các số hạng trong công thức tính tỷ trọng khoáng vật. Hãy tìm một công thức tính tỷ trọng khoáng vật đơn giản hơn.
- 6.14. Giữa độ cứng, tỷ trọng và thành phần, kiến trúc của khoáng vật quan hệ với nhau như thế nào?

NGUỒN GỐC CỦA KHOÁNG VẬT

7.1 KHÁI NIỆM CHUNG

1- Sự hình thành của khoáng vật

Các khoáng vật được hình thành trong tự nhiên có thể xuất hiện ở trạng thái khí, trạng thái lỏng, những loại khoáng vật này vô cùng ít. Đại đa số khoáng vật xuất hiện dưới trạng thái rắn. Phương thức hình thành chủ yếu của khoáng vật rắn là tác dụng kết tinh, tác dụng ngưng kết của chất keo và tác dụng tái kết tinh từ chất rắn.







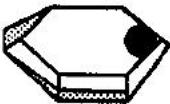

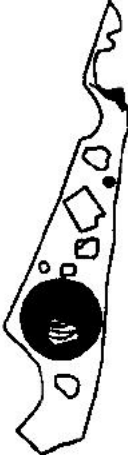
Sự sản sinh ra những mầm kết tinh trong chất nóng chảy quá dung và trong dung dịch quá bão hòa có thể là do những mảnh vụn hay hạt bụi lẫn vào gây nên; nó cũng có thể tự phát hoặc là do sự kết hợp các ion trong chất nóng chảy hay trong dung dịch tạo nên. Sau khi hình thành những mầm kết tinh, các vật chất tiếp tục được bù đắp dần dần lớn lên và trở thành tinh thể.

Trong quá trình trưởng thành của tinh thể nó hoàn toàn có khả năng bắt lại những tạp chất không liên quan với thành phần của tinh thể tạo nên những *bao thể*. Khoáng vật có chứa bao thể gọi là khoáng vật chủ. Trong điều kiện nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, bao thể có thể là thể khí, nước và chất rắn. Có những trường hợp các bao thể xuất hiện trong khoáng vật với một tướng, hai tướng hoặc nhiều tướng. Bao thể là vật phản ánh hoàn cảnh thành tạo khoáng vật. Đối với việc giải quyết vấn đề nguồn gốc khoáng vật, bao thể có một ý nghĩa rất to lớn.

Hình dạng của bao thể rất khác nhau, chúng thường chiếm những lỗ hổng trong tinh thể. Theo trạng thái tồn tại của mình, bao thể có khả năng biến đổi từ thể khí sang thể lỏng và kết tinh ở thể rắn. Trong đa số trường hợp, bao thể rắn là những mảnh vỡ của các khoáng vật khác bị giữ lại trong quá trình phát triển của tinh thể. Trong khoáng vật học chúng có ý nghĩa để phát hiện vị trí tinh thể trưởng thành so với phương của trọng trường.

Bao thể khí và lỏng là những chất tàn dư của môi trường bị bắt trong khi tạo khoáng. Các bao thể chỉ gồm một tướng lỏng chứng tỏ dung dịch tạo khoáng trước đây là chất lỏng. Những bao thể này có tác dụng giúp chúng ta xác định nhiệt độ thành tạo khoáng vật.

Các nhà bao thể học, tiêu biểu là N.P. Ermakov, đã chia các bao thể làm ba loại tùy theo trạng thái tồn tại của chúng (H.7.1).

THỂ RẮN	 1	 2	 3
THỂ KHÍ	 4	 5	 6
THỂ LỎNG	 7	 8	 9

1, 2, 3: Bao thể gồm một tường rắn; 4, 5, 6: Bao thể gồm một tường khí; 7, 8: Bao thể gồm một tường lỏng; 9: bao thể gồm hai tường lỏng và rắn

Hình 7.1 Những ví dụ về phân loại bao thể

Để nghiên cứu nhiệt độ thành tạo khoáng vật bằng phương pháp đồng hóa (homogeneous method), người ta dùng bộ thiết bị phân tích bao thể.

Cơ sở của phương pháp là nung nóng dần các bao thể khí - lỏng mà trong đó tương khí chiếm trên 50% thể tích bao thể cho đến lúc bao thể lấp đầy bởi tương khí. Tại nhiệt độ bao thể 2 tương khí - lỏng đã đồng hóa thành tương khí người ta gọi là nhiệt độ đồng hóa.

Giá trị nhiệt độ ở lúc đồng hóa được xem là nhiệt độ kết tinh của khoáng vật.

Bao thể có loại là nguyên sinh, có loại là thứ sinh, nhưng trong việc nghiên cứu nguồn gốc khoáng vật thì chủ yếu là dựa vào bao thể nguyên sinh, dựa vào các bao thể là chất tàn dư của môi trường tạo khoáng. Những bao thể này ngoài loại chỉ có một tương rắn ra, sau khi bị bao, nhiệt độ giảm thấp thì có thể tách thành loại hai tương hay nhiều tương. Sau khi đun nóng lên thì các bao thể hai tương hay nhiều tương sẽ đồng hóa thành một tương. Nhiệt độ đồng hóa về cơ bản tương đương với nhiệt độ kết tinh của khoáng vật.

2- Sự biến đổi của khoáng vật

Những khoáng vật sau khi hình thành, dưới tác dụng của các quá trình địa chất, về sau do các điều kiện hóa lý thay đổi nên ít nhiều bị biến đổi. Sự biến đổi đó biểu hiện ở một số mặt sau đây:

Hiện tượng ăn mòn

Khoáng vật đã hình thành, dưới tác dụng của dung dịch hòa tan, bị gặm mòn từng phần gọi là hiện tượng ăn mòn. Kết quả của sự ăn mòn để lại những vết tích trên mặt tinh thể, và có hình dạng nhất định. Sử dụng những hình dạng đó có thể nghiên cứu tính đối xứng của tinh thể và quá trình phát triển của nó. Khoáng vật sau khi bị ăn mòn thì mặt của nó bị sần sùi, ánh sẽ giảm xuống, nếu ăn mòn mạnh hơn thì cạnh và đỉnh sẽ biến thành tù. Mặt kim cương sau khi bị ăn mòn thường thành những mặt cong lồi.

Hiện tượng trao đổi

Các khoáng vật đã hình thành, dưới ảnh hưởng của các dung dịch phát sinh các phản ứng hóa học gây nên sự trao đổi thành phần với nhau, làm cho khoáng vật ban đầu biến thành một khoáng vật khác. Đó là hiện tượng trao đổi. Ví dụ, canxit sau khi bị tác dụng của dung dịch nước chứa axit sunfuric sẽ phát sinh thạch cao $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Phản ứng trao đổi xảy ra: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Thạch cao sau khi hình thành vẫn giữ nguyên hình dạng của canxit; như vậy thạch cao mang giả hình của canxit. Hiện tượng này nhiều khi gặp cả trong tập hợp khoáng vật dưới kính hiển vi, vì hiện tượng trao đổi còn xảy ra trong chất nóng chảy giữa dung dịch tạo khoáng muộn với các khoáng vật hình thành sớm hơn.

Hiện tượng phá hủy kiến trúc tinh thể

Kiến trúc của khoáng vật khi thay đổi các điều kiện hóa lý hoặc chịu một tác dụng nhất định nào đó thường bị phá hủy. Ví dụ, bruxit có chứa Fe^{2+} với hàm lượng cao $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{OH})_2$ lấy từ các giếng khai thác sâu thì trong suốt không màu. Để trong không khí vài ngày trở thành màu vàng hoặc nâu vàng. Khi phân tích thì thấy Fe^{2+} biến thành Fe^{3+} và kiến trúc bị phá hủy thành chất vô định hình.

Ngoài ra có một số khoáng vật chứa các nguyên tố phóng xạ và các nguyên tố đất hiếm, có thể là do tác dụng của tia α làm cho chúng từ những khoáng vật kết tinh biến thành khoáng vật vô định hình nhưng vẫn giữ nguyên hình dạng tinh thể ban đầu. Đó là hiện tượng *biến tinh*. Hiện tượng biến tinh tuy không làm thay đổi hình dạng tinh thể, nhưng những khoáng vật biến tinh có chứa nước thì trạng thái phá hủy của nó làm tăng thể tích gây nên sự cong lồi hoặc nứt nẻ ở ngoài mặt khoáng vật biến tinh.

Khi nung nóng khoáng vật biến tinh có thể khôi phục lại trạng thái kết tinh ban đầu. Nhiệt độ chuyển biến các khoáng vật biến tinh thành chất kết tinh đối với mỗi khoáng vật là một đại lượng gần như cố định. Bảng dưới đây cho biết nhiệt độ chuyển biến của một vài khoáng vật biến tinh thành trạng thái kết tinh (bảng 7.1).

Khi một khoáng vật có cả trạng thái kết tinh lẫn biến tinh thì loại biến tinh cũng được mang cùng tên như loại kết tinh, ví dụ, ziacon biến tinh hoặc mang tên riêng như ziatolit hay malakon là hai khoáng vật biến tinh của ziacon.

Bảng 7.1 Nhiệt độ chuyển biến các khoáng vật biến tinh

Tên khoáng vật	Thành phần	Nhiệt độ (°C)
Ziatolit	$\text{Zr}(\text{SiO}_4)$	830 – 860
Fergusonit	$(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce}, \text{U})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})\text{O}_4$	510 – 570
Samackit	$(\text{Y}, \text{Er}, \text{U}, \text{Fe})_4[(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_7]_3$	650 – 700
Öxenit	$(\text{Y}, \text{Ce}, \text{U}, \text{Ca}, \text{Fe})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti}, \text{Si})_2\text{O}_8$	705 – 745
Vinkit	$(\text{Y}, \text{U}, \text{Ca}, \text{Fe})(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti}, \text{Si})_2\text{O}_8$	695 – 703
Ósinit	$(\text{Ce}, \text{Th}, \text{Ca}, \text{Fe})(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_8$	735 – 850
Piroclo	$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{Th})^2(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_{8-7}(\text{OH}, \text{F})$	770
Gadolinit	$\text{Y}_2\text{Fe}, \text{Be}_2[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2$	

Hiện nay nhiều nhà nghiên cứu cho rằng biến tinh có liên quan với mạng tinh thể dưới ảnh hưởng phân hủy phóng xạ của các nguyên tố chứa trong khoáng vật. Điều đó rất phù hợp với các khoáng vật có chứa U_3O_8 . Nhưng cũng có trường hợp không thể nói rằng biến tinh gây ra chỉ do phân hủy phóng xạ vì các khoáng vật giàu nguyên tố phóng xạ nhất như uraninit (UO_2) và (ThO_2) nói chung không thấy có hiện tượng biến tinh.

Từ những ví dụ nêu ở trên có thể nói rằng nguyên nhân chung nhất của biến tính là sự phá hủy mối liên kết trong mạng tinh thể; trong một số trường hợp là do phân hủy phóng xạ và trong những trường hợp khác là do sự chuyển biến các ion hóa trị thấp thành những ion có mức độ oxy hóa cao hơn.

3- Các thể hệ khoáng vật, thứ tự sinh thành và tổ hợp cộng sinh khoáng vật

Trong cùng một khoáng sàng bao giờ cũng có một vài giai đoạn tạo khoáng. Cùng một loại khoáng vật, hình thành trong những giai đoạn tạo khoáng khác nhau cũng tạo nên các thể hệ khoáng vật khác nhau. Thể hệ sinh thành trong giai đoạn đầu tiên là thể hệ I, trong những giai đoạn sau lần lượt là thể hệ II, III, IV,...

Các thể hệ khoáng vật của cùng một loại khoáng vật vì tính chất của dung dịch tạo khoáng và các điều kiện hóa lý khi hình thành không giống nhau nên biểu hiện trong thành phần các nguyên tố phân tán, trong hiện tượng đồng hình, màu sắc, nhiệt độ đồng hóa các bao thể, tập tính các đơn tinh thể đều có những nét khác nhau, mặc dù sự khác nhau đó rất nhỏ.

Các thể hệ của fluorin trong khoáng sàng nhiệt dịch với những tính chất đặc trưng cho từng thể hệ được nêu trong bảng 7.2.

Việc xác định các thể hệ khoáng vật ngoài những tiêu chuẩn dựa vào thành phần hóa học, tính chất vật lý, hình dạng tinh thể cần xét tới quan hệ thể nằm và những quan hệ cộng sinh khác. Sau đó mới tiến hành phân chia thể hệ.

Danh từ cộng sinh dùng để chỉ *tổ hợp của một loạt khoáng vật khác nhau có cùng một nguồn gốc, xuất hiện đồng thời* (trong cùng một giai đoạn tạo khoáng) và *cùng một nơi*. Nó không phải chỉ đơn thuần biểu hiện về mặt không gian. Ví dụ, trên pirit có những vết, những màng mỏng do biến đổi về sau của limonit không thể gọi là cộng sinh được, vì chúng không có tính chất chung về nguồn gốc, không đồng thời sinh thành, nguồn dung dịch tạo khoáng cũng khác nhau; chúng chỉ tụ tập với nhau trong không gian và gọi là *bạn sinh*.

Bảng 7.2 Các thể hệ của fluorin

Thể hệ	Hình dạng tinh thể	Màu sắc	Nhiệt độ đồng hóa bao thể
Thể hệ I	Tụ hình của bát diện 12 mặt thoi. Trình độ phát triển hai đơn hình như nhau	Màu tím sẫm hoặc màu tím, phát huỳnh quang khi nung nóng trong tối	330°C
Thể hệ II	Tụ hình của 12 mặt thoi và bát diện nhưng 12 mặt thoi là chủ yếu	Trung tâm màu lục nhạt hoặc màu tím nhạt, xung quanh rìa có màu tím sẫm	300°C - 330°C
Thể hệ III	Lập phương hoặc tụ hình của lập phương với 12 mặt thoi nhưng lập phương là chủ yếu	Màu lục nhạt, màu trắng, không màu trong suốt hoặc không trong suốt	300°C

Trong một khoáng sàng, thậm chí trong cùng một loại quặng có thể xuất hiện vài tổ hợp cộng sinh khoáng vật khác nhau, mỗi một tổ hợp cộng sinh khoáng vật tương ứng với một giai đoạn tạo khoáng nhất định. Các tổ hợp cộng sinh có thể chồng chất lên nhau làm cho quan hệ giữa chúng trở nên phức tạp.

Nghiên cứu tổ hợp cộng sinh khoáng vật có ý nghĩa rất to lớn trong việc tìm hiểu nguồn gốc khoáng vật. Mặt khác, trong chỉ đạo tìm kiếm cũng có một giá trị thực tế quan trọng vì nó chỉ rõ trong khoáng sàng nào có thể tìm thấy loại nguyên liệu khoáng vật gì. Ngoài ra, về mặt nhận biết khoáng vật cũng có ý nghĩa nhất định.

Để nghiên cứu thể hệ khoáng vật và tổ hợp cộng sinh chúng ta phải biết xác định *thứ tự thành tạo của chúng*. Thông thường, những dấu hiệu xác định thứ tự sinh thành gồm những tiêu chuẩn sau:

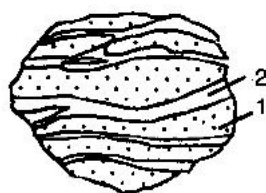
1- Quan hệ tiếp xúc của ranh giới các khoáng vật

Một loại khoáng vật xuyên qua hoặc điền vào một khoáng vật khác thì sinh thành muộn hơn (H.7.2). Một khoáng vật bị một khoáng vật khác bao vây thì sinh thành sớm hơn (H.7.3).

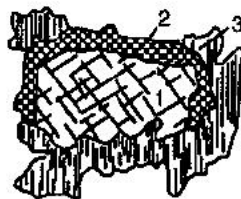
2- Trình độ tự hình của tinh thể

Khi hai loại tinh thể khoáng vật tiếp xúc với nhau thì tinh thể nào độ tự hình cao sẽ sinh thành sớm hơn (H.7.4).

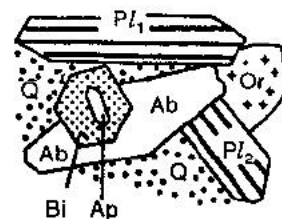
3- Quan hệ trao đổi



1- Galen; 2- Sflerit



1- Piroxen; 2- Amfibon; 3- Biotit



Pl₁, Pl₂ - plagiocla; Ap - apatit;
Or - Octocla; Q - Thạch anh; Bi - Biotit; Ab - Anbit

Hình 7.2
*Những mạch nhỏ
sfalerit xuyên qua galen*

Hình 7.3
*Piroxen và amfibon bị
biotit bao bọc*

Hình 7.4 *Trình độ tự hình
của các khoáng vật*

Hiện tượng trao đổi thường tiến hành dọc theo các rìa khoáng vật hay là các khe nứt. Khoáng vật bị thay thế sinh thành sớm hơn khoáng vật thay thế. Hiện tượng trao đổi thường được quan sát dưới kính hiển vi nhưng vì phương hướng và phạm vi lát mỏng hay mẫu mài lạng hạn chế vùng quan sát cho nên phải kết hợp nghiên cứu mẫu và mạch quặng rồi mới quyết định cái nào thay thế cái nào.

4- Đặc điểm tiêu hình của khoáng vật

Cùng một loại khoáng vật nhưng sinh thành trong những điều kiện khác nhau thì bao giờ hình thái, thành phần hoặc tính chất vật lý cũng có những đặc điểm riêng biệt. Những đặc điểm đó có thể làm dấu hiệu cho nguồn gốc của khoáng vật đều được gọi là *đặc điểm tiêu hình* của khoáng vật. Những khoáng vật có đặc điểm tiêu hình gọi là *khoáng vật tiêu hình*. Đặc điểm tiêu hình gồm mấy mặt sau:

1- Hình thái - hình dạng tinh thể, tập tính, kích thước, hình chạm trổ, vết khía, song tinh và đặc điểm của tập hợp.

2- Thành phần hóa học - các nguyên tố phân tán, các nguyên tố đồng hình, hàm lượng của các loại nước khác nhau.

3- Tính chất vật lý - màu, màu vết vạch, ánh, độ cứng, tỷ trọng, các bao thể và nhiệt độ đông hóa.

Ví dụ: caxiterit nguồn gốc pecmatit, về hình thái có tập tính thấp đôi bốn phương, mặt (111) và (101) phát triển, không có lăng trụ hoặc lăng trụ phát triển kém. Trong thành phần hóa học luôn luôn có chứa Mn và Fe; hàm lượng Nb và Ta không quá 1%. Về tính chất vật lý có màu nâu nhưng phân bố thành vân, đốm, ánh kim cương.

V. G. Menkov và V. A. Tocarev cũng đã nêu lên dấu hiệu tiêu hình của sfalerit trong các khoáng sàng nhiệt dịch. Những dấu hiệu này biến đổi theo sự hạ thấp nhiệt độ (bảng 7.3).

Bảng 7.3 Sự biến đổi các tính chất của sfalerit theo nhiệt độ hạ thấp

Tính chất	Chiều hạ thấp nhiệt độ			
	Đen	Nâu	Vàng, đỏ	Phớt lục (trong suốt)
Đặc trưng của tập hợp	Khối đặc xít, không gặp tinh thể riêng lẻ	Hiếm thấy tinh thể riêng lẻ, thường gặp các liên tinh	Ít khi thấy khối đặc xít, thường gặp tinh thể đẹp	Luôn luôn thành những tinh thể đẹp
Màu vết vạch	Màu sẫm	Nâu	Vàng	Trắng
Hỗn hợp	Nhiều Fe, Mn, Cd, In, Ga	Ít	Ít hơn	Hầu như không có
Độ trong suốt	Không trong suốt	Ở rìa mảnh vỡ cho ánh sáng đi qua		Gần trong suốt

Những ví dụ trên đây chứng tỏ khoáng vật có rất nhiều đặc điểm tiêu hình, thông thường trong khoáng vật chỉ cần một đặc điểm tiêu hình đáng tin cậy là đã có thể làm dấu hiệu nguồn gốc được rồi.

7.2 ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN CỦA CÁC QUÁ TRÌNH ĐỊA CHẤT TẠO KHOÁNG

Quá trình địa chất tạo khoáng có thể chia ra làm ba loại lớn:

- 1- Quá trình nội sinh tiến hành do sự kết tinh của "lò macma" hình thành khoáng vật nội sinh.
- 2- Quá trình ngoại sinh tiến hành trong vỏ phong hóa và đối oxy hóa hình thành khoáng vật ngoại sinh.
- 3- Quá trình biến chất tiến hành trong đới biến chất, hình thành khoáng vật biến chất.

1- Các quá trình tạo khoáng nội sinh

Tác dụng nội sinh bao gồm toàn bộ quá trình hoạt động macma. Vật chất hình thành nên khoáng vật đều từ trong macma (kể cả thể khí và dung dịch nhiệt dịch tách ra). Chất nóng chảy macma gồm có silicat nóng chảy, một ít chất bay hơi và hợp chất của kim loại. Macma thường nằm sâu dưới vỏ Trái Đất bắt đầu kết tinh trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao. Quá trình kết tinh từ nhiệt độ và áp suất cao đến nhiệt độ và áp suất thấp, theo sự hạ thấp nhiệt độ và áp suất dần dần thành tạo các tập hợp khoáng vật, do đó nồng độ tương đối của các nguyên tố trong macma cũng biến đổi. Căn cứ vào nhiệt độ, áp suất và nồng độ tương đối các loại nguyên tố trong macma chia ra mấy giai đoạn sau đây:

Giai đoạn macma

Chất nóng chảy macma nằm sâu trong vỏ Trái Đất dưới điều kiện nhiệt độ và áp suất cao, dần dần kết tinh. Do tác dụng của sự kết tinh những nguyên tố chủ yếu nhất tách ra là O, Si, Al, Ca, Mg, Na, K, v.v... gọi là các nguyên tố tạo đá. Trong giai đoạn này các chất bốc vẫn còn hòa tan trong macma mà không bay ra thành khí. Những khoáng vật hình thành do tác dụng macma tuyệt đại đa số là khoáng vật tạo đá. Như olivin, piroxen, amfibon, mica, fenpat, thạch anh, v.v... Khoáng vật phụ có apatit, sfen, ziacon, inmenit, manhetit,... Các khoáng vật này hợp thành các loại đá macma. Dựa vào phương thức thành tạo khác nhau người ta chia macma ra làm hai loại:

- 1- Dưới điều kiện nhiệt độ và áp suất cao do tác dụng macma hình thành nên đá xâm nhập.
- 2- Dưới điều kiện nhiệt độ cao và áp suất thấp do tác dụng núi lửa hình thành nên đá phun trào.

Khoáng vật trong đá xâm nhập hoàn toàn là những hạt hiển tinh còn các khoáng vật trong đá phun trào trừ một số hạt hiển tinh ra đều có dạng ẩn tinh hay thủy tinh.

Đá macma dựa vào hàm lượng SiO_2 ít hay nhiều phân ra đá macma siêu bazơ, macma bazơ, macma trung tính, macma axit.

Đá macma siêu bazơ có $\text{SiO}_2 < 45\%$, giàu MgO, FeO như đá: dunit, piroxenit trong đá xâm nhập và picrit trong đá phun trào.

Đá *macma bazơ* có SiO_2 , giàu hơn, từ 45 - 55%, giàu Al_2O_3 , CaO ; nhưng MgO , FeO nghèo hơn như đá: gabbro, norit thuộc loại xâm nhập; bazan, diabaz thuộc loại phun trào.

Đá *macma trung tính* SiO_2 chiếm 55 - 65%, giàu các chất kiềm và nghèo CaO hơn như đá: diorit, diorit thạch anh thuộc loại xâm nhập; poxfirit, andezit thuộc loại phun trào.

Đá *macma axit* giàu SiO_2 nhất chiếm trên 65%, chất kiềm vẫn còn giàu, nhưng CaO , MgO , FeO nghèo hơn tất cả các loại đá kể trên như đá: granit, granodiorit... thuộc loại xâm nhập; liparit, poxfirit thạch anh thuộc loại phun trào.

Nói chung trong đá *macma* hiện tượng phân dị trong *macma* xâm nhập hoàn toàn hơn. Yếu tố phân dị chủ yếu là nhiệt độ kết tinh của các tập hợp khoáng vật và tỷ trọng của chúng. Vì vậy trong *macma* bao giờ ta cũng thấy *macma bazơ* kết tinh trước và lắng đọng ở phần dưới cùng.

Trong giai đoạn *macma* ngoài việc hình thành nên các đá *macma* còn có thể hình thành nên một số khoáng sàng *macma*. Ví dụ, khoáng sàng của ôxit Fe, Ti, Cr; sunfua Fe, Cu, Ni; các nguyên tố nhóm bạch kim và kim cương. Những khoáng sàng này thường nằm trong các đá *macma bazơ* và siêu bazơ.

Giai đoạn *peccmatit* - khí hoá

Sau tác dụng phân dị kết tinh tiếp tục của khối *macma* nóng chảy, những chất tàn dư tụ tập lại, trong đó có SiO_2 , Na_2O , K_2O tăng lên đồng thời tập trung các chất bốc như H_2O , HF, HCl, H_2S , SO_2 , N_2 , CH_4 , CO_2 , H_3BO_3 , H_2BO_4 và các nguyên tố hiếm như Li, Be, Rb, Cs, Nb, Ta, TR, U, v.v... Chất bốc có tác dụng làm hạ nhiệt độ kết tinh của *macma* và làm giảm độ nhớt của chúng khiến *macma* rất linh động, dễ dàng di chuyển vào khe nứt hay kẽ hở của đá.

Nhiệt độ của *macma* tàn dư khoảng 400 - 700°C. Do rất giàu chất bốc nên áp lực bên trong rất lớn. Căn cứ vào quan hệ khác nhau giữa áp lực bên trong và áp lực bên ngoài hình thành nên hai loại tác dụng tạo khoáng sau:

1- Khi áp lực bên ngoài lớn hơn áp lực bên trong, chất bốc không thể bay ra ngoài được, lúc đó nó sẽ cùng kết tinh với những thành phần không phải là chất bốc. Đó là tác dụng *peccmatit*.

2- Khi áp lực bên ngoài nhỏ hơn áp lực bên trong thì chất bốc sẽ bay ra ngoài, đồng thời mang theo một số thành phần khác, tạo điều kiện cho sự hình thành tác dụng gọi là *khí hóa*. Quá trình tạo khoáng khí hóa là quá trình kết tinh từ các chất thăng hoa.

Giữa *peccmatit* và khí hóa, mặc dù có sự phân chia như trên nhưng trong thực tế không hoàn toàn đơn giản như vậy. Nghiên cứu chứng tỏ rằng trong giai đoạn *macma* cũng có một bộ phận chất bay hơi tách ra, đi vào khe nứt của *peccmatit* hoặc trao đổi với đá vây quanh tạo nên biến chất tiếp xúc.

Từ sự phát sinh tác dụng pecmatit có thể thấy rõ, điều kiện độ sâu sinh thành rất quan trọng; nếu độ sâu quá nông, áp lực bên ngoài sẽ giảm xuống, không thuận lợi cho sự hình thành pecmatit. Các sản vật của pecmatit thường phân bố ở phần đỉnh của các khối xâm nhập sâu, và không xa các khối xâm nhập đó.

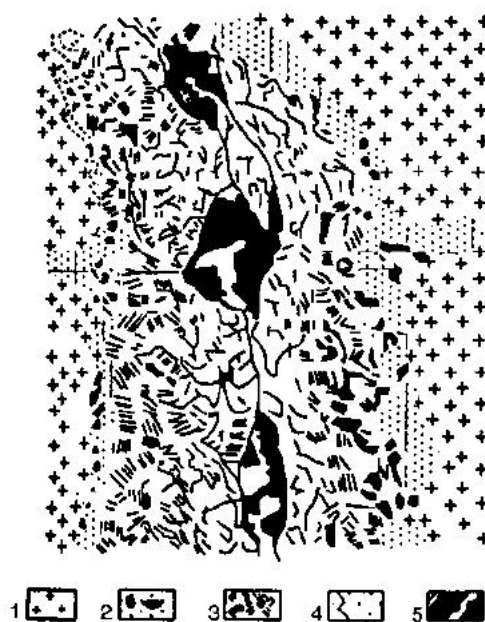
Pecmatit là sản phẩm phân dị của macma. Đặc điểm về thành phần hoá học của pecmatit granit ngoài SiO_2 , các chất kiềm và thành phần chất bốc tương đối giàu ra, còn tập trung khá nhiều nguyên tố có bán kính rất lớn hoặc rất nhỏ.

Về cấu tạo pecmatit có hai đặc điểm lớn: một là các đơn tinh thể kích thước rất lớn, hai là có cấu tạo phân đới. Hình 7.5 biểu diễn cấu tạo của một mạch pecmatit.

Thành phần khoáng vật của pecmatit tương tự như thành phần macma xâm nhập mẹ. Trong pecmatit granit chủ yếu có fenpat kali, thạch anh, mica và các khoáng vật tạo đá. Ngoài ra, còn có những khoáng vật chứa chất bốc như topa, tuamalin, các khoáng vật của nguyên tố hiếm như spodumen, berin, ziacon; đôi khi chứa các nguyên tố đất hiếm và phóng xạ như monaxit, uraninit, thorit,... Do đó trong pecmatit thường tìm thấy những khoáng sàng của ngọc quý, nguyên tố hiếm, vật liệu chịu lửa và nguyên liệu gốm sứ.

Về nguồn gốc pecmatit cho đến nay vẫn là vấn đề đang tranh luận sôi nổi. Theo quan điểm của A. E. Fersman, pecmatit là sản phẩm của sự kết tinh những chất tàn dư của các khối nóng chảy có chứa nhiều chất bốc. Chúng kết tinh trong hệ thống kín tạo thành những mạch có khi rộng tới 30mét và dài hàng 400 mét A. N. Zavaritxki, căn cứ vào những kết quả thí nghiệm hóa lý, cho rằng các tinh thể lớn trong pecmatit có thể thành tạo do sự tái kết tinh các khoáng vật của đá mẹ dưới ảnh hưởng của chất bốc tập trung cao độ trong khối macma tàn dư. Nhưng cả hai quan điểm trên đều xác nhận vai trò của chất bốc và đều cho rằng pecmatit thành tạo vào cuối giai đoạn macma thực sự và chiếm vị trí trung gian giữa các đá macma sâu và các mỏ quặng nhiệt dịch.

Gần đây K. A. Vlasov phát triển quan điểm của A. E. Fersman phân chia sự thành tạo pecmatit thành bốn giai đoạn tương ứng với bốn kiểu pecmatit và ông đã quan sát được trong thực tế: Kiểu thứ nhất - pecmatit chữ cổ và hạt đều; kiểu thứ



1- Granit; 2- Aplit; 3- Granit chữ cổ
4- Fenpat, thạch anh tinh thể lớn; 5- Hồng tinh đám

Hình 7.5 Cấu tạo của mạch pecmatit granit

hai - pecmatit dạng khối; kiểu thứ ba - pecmatit phân dị hoàn toàn; kiểu thứ tư - pecmatit thay thế kim loại hiếm.

Bốn kiểu pecmatit này đều nằm ở phần trên của mạch pecmatit và có ý nghĩa trong thực tế rất lớn.

Khi những chất bay hơi tụ tập trong macma tàn dư bốc ra các đá xung quanh hay theo các khe nứt bay ra ngoài, do tác dụng thăng hoa sẽ ngưng kết thành khoáng vật, tạo nên tác dụng khí hóa. Căn cứ vào các sản phẩm thăng hoa ở miệng núi lửa. Có thể khẳng định là một số khoáng vật được hình thành trực tiếp từ thể khí. Tác dụng tạo khoáng khí hóa mà chúng ta nói ở đây lại có sự lấp đầy các khe nứt bằng các khoáng vật thành tạo do các chất khí thăng hoa như topa, berin, tuamalin, apatit, lưu huỳnh. Dĩ nhiên sự xuất hiện đơn độc tác dụng này thì rất ít thấy.

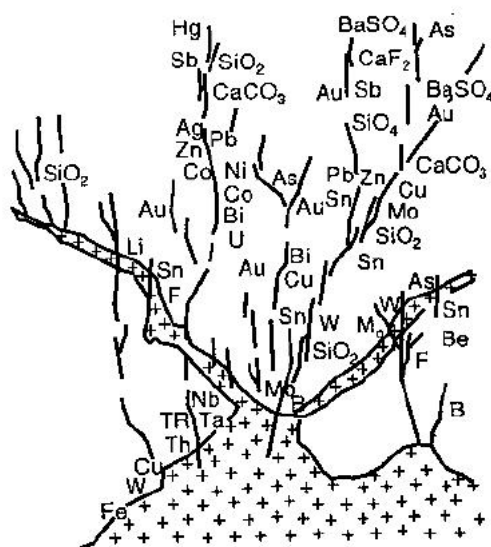
Giai đoạn nhiệt dịch

Về lý luận các dung dịch tạo khoáng của tác dụng nhiệt dịch trong nửa thế kỷ gần đây đều công nhận nó là sản phẩm cuối cùng của sự phân dị macma. Vật chất tạo khoáng đồng thời cùng với nhiệt dịch tách ra từ macma.

Do kết quả nguội dần của chất nóng chảy macma, các vật chất bay hơi chủ yếu là H_2O tập trung cao độ. Sau khi nguội đến nhiệt độ dưới $374^\circ C - 400^\circ C$, tức là nhiệt độ tối hạn của nước, các chất bay hơi ngưng đọng lại thành nước (H.7.6) trong đó hoà tan khối lượng lớn các thành phần khác, vận chuyển theo các khe nứt trong đá. Một mặt, các dung dịch có thể lấp đầy các khe nứt; mặt khác, nó có thể phát sinh các phản ứng trao đổi với đá vây quanh. Do đó, tạo thành những khoáng sàng kim loại có một ý nghĩa to lớn và những đối biến đổi đá vây quanh có tác dụng chỉ đạo cho việc thăm dò tìm kiếm về sau.

Dựa vào nhiệt độ sinh thành khác nhau, các khoáng sàng nhiệt dịch được phân ra ba loại:

1- **Nhiệt dịch nhiệt độ cao:** nhiệt độ sinh thành khoảng $300^\circ C - 400^\circ C$, chủ yếu hình thành nên các khoáng vật của vonfram, thiếc, molipden, bismut, sắt và các nguyên tố kim loại khác. Các khoáng vật phi kim loại chủ yếu có thạch anh, mica, tuamalin, v.v... Có lúc còn có topa, berin; biến đổi đá vây quanh chủ yếu có greizen hóa (gồm thạch anh, mutcovit).



Hình 7.6: Sơ đồ tổng quát phân bố các thành tạo nhiệt dịch. Các nhánh nhỏ biểu diễn các đá phun trào

2- *Nhiệt dịch nhiệt độ trung bình*: nhiệt độ sinh thành trong khoảng 200°C-300°C. Chủ yếu hình thành các khoáng vật sunfua của đồng, chì, kẽm, sắt, coban, niken và các kim loại khác. Các khoáng vật phi kim loại chủ yếu là thạch anh và cacbonat, có lúc cũng xuất hiện barit. Sản phẩm của biến đổi đá vây quanh có clorit hóa, xerixit hóa, silit hóa, v.v...

3- *Nhiệt dịch nhiệt độ thấp*: nhiệt độ sinh thành từ 50°C-200°C chủ yếu hình thành các sunfua acsen, antimon, thủy ngân, bạc cũng thường xuất hiện sunfua của chì, kẽm, sắt. Khoáng vật phi kim loại có thạch anh, canxit, opax, canxedon, v.v... Biến đổi đá vây quanh có kaolin hóa, thạch anh hóa.

Giữa các giai đoạn nhiệt dịch, sự biến đổi thành phần vật chất xảy ra liên tục, tính chất của dung dịch tạo khoáng diễn biến từ từ. Do đó trong nhiệt dịch nhiệt độ cao đã có những mầm mống của nhiệt dịch nhiệt độ trung bình. Ngược lại trong nhiệt dịch nhiệt độ trung bình vẫn còn gặp những khoáng vật "sót lại" phát triển trong nhiệt dịch nhiệt độ cao. Điều đó chứng tỏ tính thừa kế và tính phát triển trong các dung dịch tạo khoáng. Mặt khác, do hiện tượng hoạt động của các khe nứt có tính chất "mạch đập" nên thành phần vật chất trong nhiệt dịch càng trở nên phức tạp hơn.

Về sự chuyển các kim loại nặng từ macma vào dung dịch nước nóng có thể xảy ra vào đầu giai đoạn nhiệt dịch, khi toàn bộ chất khí tàn dư trong macma chuyển thành nước (ở nhiệt độ tới hạn). Áp suất hơi nước rất cao làm cho các kim loại nặng bị cuốn theo và phân tán theo môi trường dưới dạng keo rồi từ đó kết tinh lại theo nhiệt độ hạ thấp dần.

Tất cả các khoáng sàng có nguồn gốc nhiệt dịch, nói chung đều là dạng mạch hoặc dạng đới. Các khoáng vật lấp đầy mạch cũng phân bố thành đới. Đặc biệt trong nhiệt dịch thường có nhiều tinh hốc, trong đó có mọc nhiều tinh đám. Tinh thể rất hoàn chỉnh. Các khoáng vật trao đổi với đá vây quanh thường có dạng xâm nhiễm. Khoáng vật thường có tập hợp hạt.

2- Các quá trình tạo khoáng ngoại sinh

Dưới tác dụng của nước, khí hậu và sinh vật, các loại đá và quặng trong vỏ Trái Đất bị biến đổi vô cùng phức tạp. Đó là tác dụng phong hóa. Nguồn năng lượng chủ yếu của tác dụng phong hóa là nhiệt và ánh sáng của mặt trời.

Trên Trái Đất, nước chiếm một diện tích rất lớn bao gồm biển đại dương, sông, hồ, vũng, vịnh, v.v... trong các môi trường đó phát sinh sự lắng đọng khoáng vật. Đó là tác dụng trầm tích.

Những sản phẩm của các quá trình ngoại sinh gồm các sản phẩm của quá trình phong hóa và quá trình trầm tích.

Sản phẩm phong hóa

Một số khoáng vật, đá dưới tác dụng của nước trên bề mặt bị hòa tan chủ yếu một số thành phần vào dung dịch nước trên mặt. Sau đó dung dịch nước giàu thành phần hòa tan, dưới tác dụng tuần hoàn lắng đọng thành một loạt khoáng vật tạo nên những quặng oxi hóa như limonit, piroluzit, malachit, azurit, v.v. Đó là quá trình phong hóa hóa học. Các khoáng vật của đới làm giàu thứ sinh các khoáng sàng sunfua là sản phẩm thuộc loại tác dụng này.

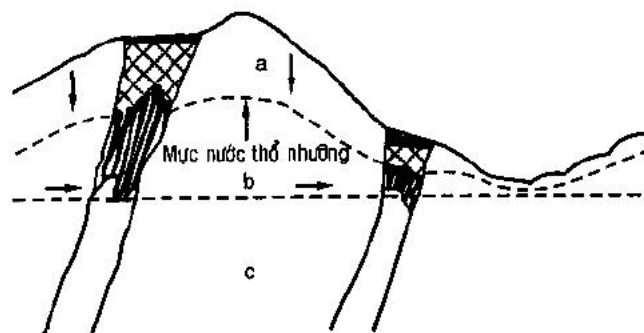
Ở những vùng nhiệt đới khí hậu nóng ẩm, hiện tượng phong hóa hóa học ăn sâu xuống những phần dưới của vỏ Trái Đất, tạo nên vỏ phong hóa có khi dày tới hàng trăm mét. Trong sự hình thành vỏ phong hóa, nước dưới đất giữ một vai trò rất quan trọng.

Nước dưới đất có thể chia ra làm ba đới (H.7.7):

1- *Đới nước thấm thấu* nằm trên cùng giới hạn bởi mặt đất với mực nước thổ nhưỡng; nước ở đây di chuyển theo chiều thẳng đứng và có chứa nhiều CO_2 , oxi có tác dụng oxi hoá và hoà tan mạnh các khoáng vật khác.

2- *Đới nước chảy* nằm phía dưới được giới hạn bởi mực phong hóa. Nước ở đây di chuyển gần như theo chiều nằm ngang và bị mất dần oxi trong các phản ứng oxi hoá, hydrat hoá, cacbonat hoá ở đới trên nên khả năng oxi hoá rất yếu.

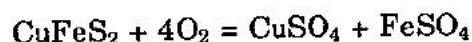
3- *Đới nước tĩnh* nằm dưới mực phong hoá hầu như không di chuyển, chủ yếu nằm trong các lỗ hổng hay khe nứt của đất đá. Nước này rất nghèo oxi, khả năng oxi hóa vô cùng yếu ớt.



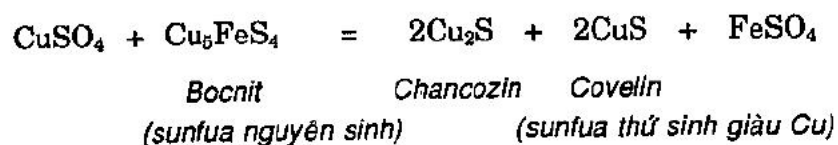
a- Đới nước thấm thấu; b- Đới nước chảy; c- Đới tĩnh

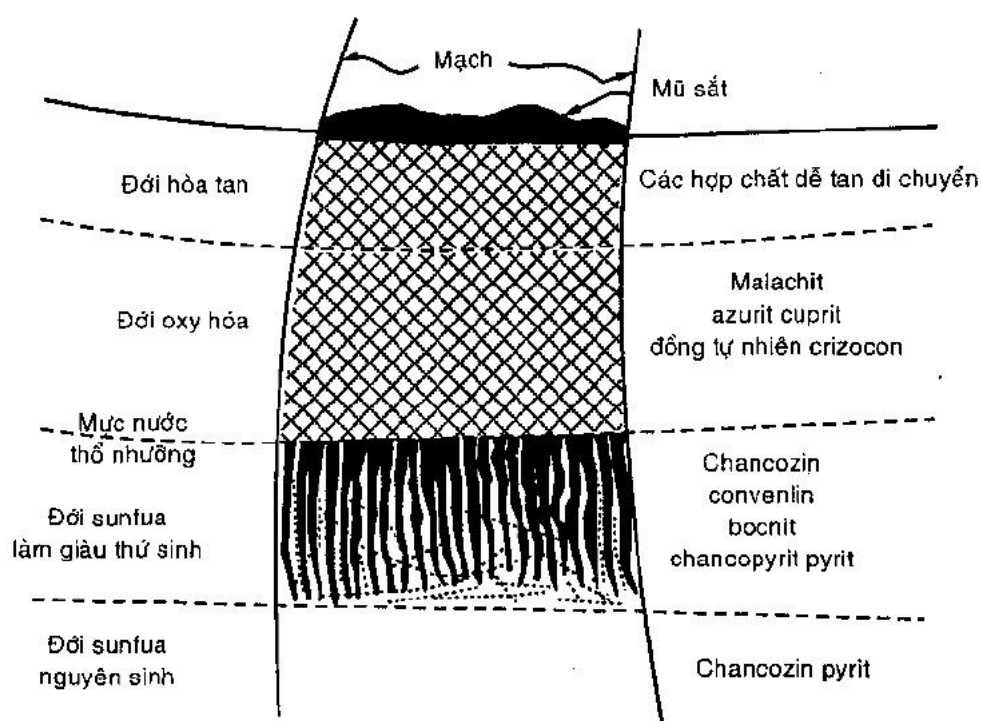
Hình 7.7 Sơ đồ tuần hoàn của nước dưới đất

Trong các khoáng sàng sunfua, quá trình oxi hóa các sunfua kim loại cho ta các sản phẩm đầu tiên là các sunfat dễ hòa tan và đại bộ phận bị cuốn vào đới oxi hóa. Ở đây phản ứng xảy ra như sau:



Các sunfua ngấm xuống dưới tác dụng với sunfua nguyên sinh cho ta sunfua thứ sinh giàu nguyên tố có ích hơn.





Hình 7.8 Sơ đồ mạch quặng có hiện tượng làm giàu thứ sinh

Quá trình oxi hóa trên đây dẫn tới sự tập trung các sunfua thứ sinh giàu kim loại có ích, được gọi là quá trình làm giàu thứ sinh và hình thành nên đới làm giàu thứ sinh trong các khoáng sàng sunfua (H.7.8).

Một số loại đá, quặng và khoáng vật sau khi bị tác dụng phong hóa có bộ phận không hoặc khó hòa tan, chúng tích đọng lại thành thể tàn dư. Các loại đá có chứa khoáng vật silicat khi bị phong hóa, các kim loại kiềm và kiềm đất bị hòa tan và cuốn trôi đi, bộ phận khó hòa tan như Al_2O_3 , SiO_2 bị giữ lại dưới trạng thái keo hình thành các khoáng vật sét và các hợp chất của hidroxit nhôm. Đó là quá trình tạo thành các *khoáng sàng tàn dư*. Các mũ sắt nằm trên các khoáng sàng sunfua cũng thuộc loại khoáng sàng này.

Quá trình trầm tích

Các sản vật bị các dòng nước xói mòn mang đi, một bộ phận hòa tan thì thành các dung dịch thật hoặc dung dịch keo, gặp điều kiện thích hợp thì lắng đọng. Đó là tác dụng trầm tích hóa học. Trong tác dụng trầm tích hóa học người ta chia ra trầm tích kết tinh và trầm tích keo.

Trầm tích kết tinh phát sinh trong môi trường dung dịch quá bão hòa hoặc do tác dụng hóa học mà lắng đọng lại. Trầm tích keo thì do sự trung hòa điện của các phần tử mang điện trong dung dịch keo hoặc môi trường phân tán bị giảm dần mà tạo nên.

Những khoáng vật có liên quan đến trầm tích hoá học gồm chủ yếu có các loại muối clorua, borat, cacbonat, fotfat; các loại oxit nhôm và mangan. Khi chúng tập trung thành khối lượng lớn sẽ thành tạo các mỏ muối NaCl, muối KCl, mỏ borat, thạch cao, apatit, bauxit và mangan có giá trị công nghiệp lớn.

Bộ phận không hòa tan bị các dòng nước cuốn đi đến những nơi thuận tiện sẽ trầm tích lại. Trong những trầm tích vụn đó có một lượng nhất định các khoáng vật có ích, nếu tích tụ nhiều thì sẽ thành khoáng sàng sa khoáng. Đó là tác dụng trầm tích cơ học.

Trong tác dụng trầm tích cần phải kể tới trầm tích hữu cơ do những hoạt động sinh vật tạo nên.

Trầm tích hữu cơ gồm chủ yếu xác sinh vật có vỏ vôi hay silic tạo thành những khối đá vôi san hô và tảo, những tầng silic hữu cơ rất dày. Các mỏ dầu khí thiên nhiên mà thành phần chính là các hidrocarbua được hình thành do sự phân hủy các di tích sinh vật trong các bồn trầm tích cũng thuộc loại trầm tích hữu cơ. Thuộc loại này còn phải kể đến các mỏ than, các bể than lớn là nơi tồn trữ khối lượng khổng lồ xác các thực vật hóa đá và cũng là nơi tích lũy năng lượng của Trái Đất qua nhiều triệu năm.

3. Các quá trình biến chất

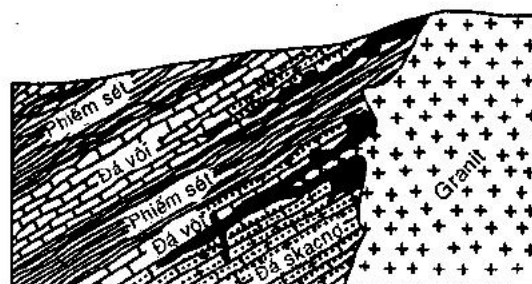
Quá trình biến chất bao gồm toàn bộ các tác dụng hóa học của các dung dịch trong các lỗ hổng, do nhiệt độ và áp suất làm biến đổi các đá, khoáng vật nằm dưới đối phong hóa. Căn cứ vào quan hệ khác nhau giữa thể xâm nhập và đá vây quanh, căn cứ vào nhiệt độ và áp suất (chủ yếu là áp suất) người ta chia ra làm hai loại biến chất lớn:

Biến chất tiếp xúc

Biến chất tiếp xúc thường xảy ra ngay chỗ tiếp xúc giữa thể xâm nhập với các đá vây quanh. Độ sâu của các thể xâm nhập nói chung không lớn lắm.

Khi khối xâm nhập tiếp xúc với đá vây quanh và đá vây quanh chỉ chịu ảnh hưởng nhiệt thì bản chất hoá học của chúng về cơ bản không có gì biến đổi. Khoáng vật chỉ tái kết tinh. Ví dụ, đá vôi biến thành đá hoa là *biến chất tiếp xúc nhiệt*.

Khi khối xâm nhập ảnh hưởng tới đá vây quanh không những chỉ về nhiệt độ mà còn mang lại những thành phần bay hơi sẽ xảy ra hiện tượng trao đổi làm biến chất các khoáng vật của đá tiếp xúc. Hiện tượng đó gọi là *biến chất trao đổi*. Sản phẩm của biến chất tiếp xúc trao đổi phụ thuộc vào thành phần của đá vây quanh và thành phần của thể xâm nhập. Thông thường các thể xâm nhập axit tiếp xúc với các đá cacbonat thì rất dễ phát sinh hiện tượng biến chất trao đổi, hình thành đới biến chất *skacno*, thành phần chủ yếu của chúng gồm có granat, ogit, vezuvian, v.v... Có lúc trong đới skacno có khoáng sàng như manhetit, sielit và các khoáng sàng sunfua kim loại khác (H.7.9).



Hình 7.9 Sơ đồ biểu diễn sự tạo thành khoáng sàng skacno (màu đen là khoáng thể)

Nhiệt độ của tác dụng biến chất tiếp xúc có thể từ 500 - 600°C, độ sâu sinh thành trên dưới 2000m, cũng có thể nông hơn, khoảng trên dưới 1000m.

Biến chất khu vực

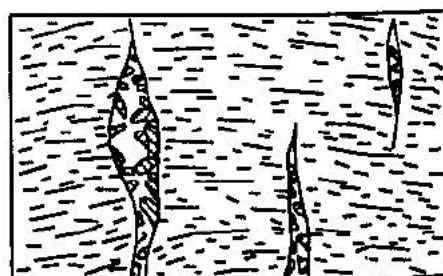
Biến chất khu vực xảy ra trên phạm vi rộng lớn do các hoạt động kiến tạo gây ra. Vỏ Trái Đất ở một khu vực nào đó bị hoạt động tạo sơn lún xuống dưới sâu, các đá chịu ảnh hưởng của áp suất tăng lên. Kèm theo những hoạt động tạo sơn đồng thời có hoạt động magma, do đó, làm cho các đá chịu thêm ảnh hưởng của nhiệt độ. Những ảnh hưởng đó làm cho khoáng vật và đá biến đổi thích ứng với điều kiện mới.

Trong đới biến chất khu vực nông các đá chịu ảnh hưởng của áp suất định hướng là chủ yếu, tạo ra một loạt các khoáng vật hình trụ, hình lá, tấm sắp xếp theo hướng nhất định. Ví dụ: mica (trong đá gơnai), amfibon (trong amfibolit).

Trong đới biến chất khu vực sâu, ảnh hưởng của áp lực tĩnh là chủ yếu nhưng cộng thêm là nhiệt độ tăng cao (theo địa nhiệt cấp). Đặc điểm nổi bật là trong thành phần khoáng vật không có gốc (OH), ví dụ, silimanit, fenpat, piroxen, granat, disten v.v...

Mạch anpin

Mạch anpin (lấy tên gọi của dãy núi Anpơ trên biên giới Pháp - Ý) thường gặp trong đá phiến kết tinh và đá gơnai, đặc biệt trong vùng uốn nếp mạnh và nhiều khe nứt phá hủy. Mạch anpin có hai đặc điểm: một là thành phần của mạch và thành phần đá vây quanh tương tự, các ion dương có trong thành phần của mạch là do các đá xung quanh tiết vào; hai là khe nứt cấu tạo và thớ nứt



Hình 7.10 Mạch anpin

của đá phù hợp với nhau. Đường phương của mạch và đường phương của đá giống nhau, nhưng đường dốc thì ngược nhau. Hình dạng mạch là các thấu kính kéo dài. Khoáng vật trong mạch có tinh thể hoàn chỉnh (H.7.10), thường thấy nhất là thạch anh, adule, canxit, và clorit. Ngoài ra còn có một lượng rất ít của rutin, anata, specularit và sfen. Trong loại mạch này thường cũng hình thành khoáng sàng thạch anh áp điện có giá trị.

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 7

- 7.1. Trong dung dịch hay chất nóng chảy tinh thể các khoáng vật phát sinh và trưởng thành theo phương thức nào?
- 7.2. Bao thể là gì? Thế nào là nhiệt độ đồng hóa bao thể? Ý nghĩa thực tế của việc nghiên cứu bao thể?
- 7.3. Làm thế nào để biết được khoáng vật đã bị biến đổi?
Có những nguyên nhân nào làm cho khoáng vật biến đổi?
- 7.4. Thế hệ khoáng vật là gì? Phân tích các biểu hiện sau đây có thể là thế hệ khoáng vật không?
Tuamalin có các đới màu và các vành sắc thái khác nhau?
Trên mặt của tinh thể thạch anh lớn mọc lên những tinh thể thạch anh nhỏ?
Trên mặt tinh thể rất lớn của barit có những tinh thể dạng hạt bé barit bao quanh thành một lớp vỏ.
Thành phần của agat (mã não) là SiO_2 có những vòng màu sắc khác nhau, mỗi vòng có phải là một thế hệ khoáng vật không?
- 7.5. Những điều kiện để xác định một tổ hợp cộng sinh là gì? Ý nghĩa thực tế của việc nghiên cứu tổ hợp cộng sinh?
- 7.6. Hãy nêu những dấu hiệu để xác định thứ tự thành tạo khoáng vật.
- 7.7. Đặc điểm tiêu hình và khoáng vật tiêu hình là gì? Có phải hể là khoáng vật tiêu hình thì nhất định có đặc điểm tiêu hình không?
- 7.8. Ý nghĩa của việc nghiên cứu đặc điểm tiêu hình của khoáng vật và khoáng vật tiêu hình là gì?
- 7.9. Tại sao trong quá trình tạo khoáng nội sinh lại có thể phân chia thành nhiều giai đoạn? Yếu tố cơ bản để phân chia các giai đoạn là gì?
- 7.10. Nguyên nhân nào dẫn đến sự phân chia các đá macma thành nhiều loại theo thành phần?
- 7.11. Trong giai đoạn pecmatit tại sao khoáng vật có kích thước lớn, hoàn chỉnh? Tại sao các mạch pecmatit phân bố thành đới đối xứng? Các khoáng vật trong mạch pecmatit có nhất thiết cũng phân bố đối xứng như vậy không?

- 7.12.** Giai đoạn nhiệt dịch thành tạo như thế nào? Căn cứ vào nhiệt độ, giai đoạn nhiệt dịch có thể chia ra làm mấy loại? Đặc điểm khoáng vật cộng sinh của mỗi loại và quan hệ của nó với các đá vây quanh bị biến đổi như thế nào?
- 7.13.** Hãy phân biệt các khái niệm sau đây:
- Đổi phong hóa, vô phong hóa và đổi oxi hóa.
- Đổi làm giàu thứ sinh của khoáng sàng sunfua.
- Khoáng sàng tàn dư và các mũ sắt, mangan.
- 7.14.** Quá trình phong hóa và quá trình trầm tích liên quan với nhau như thế nào?
- 7.15.** Tác dụng biến chất trao đổi là gì? Tại sao khi macma tiếp xúc với đá vây quanh có lúc sinh ra skacơ, có lúc lại không thành skacơ?
- 7.16.** Biến chất khu vực có sinh ra khoáng sàng được không? Kể một số ví dụ.

CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU KHOÁNG VẬT

Đối với người làm công tác nghiên cứu khoáng vật học, xác định một cách chính xác đặc điểm và tính chất của khoáng vật, đi sâu nghiên cứu thành phần kiến trúc, hình thái và sự khác biệt rất nhỏ trong các tính chất khác, cùng mối quan hệ với nguồn gốc của khoáng vật là một công tác rất quan trọng. Ngoài ra trong quá trình nghiên cứu giám định, phát hiện một khoáng vật mới cũng phải tiến hành một cách tỉ mỉ thận trọng. Nếu không làm được như vậy thì không đánh giá đúng giá trị của khoáng sàng, không có phương pháp khai thác hợp lý, không lợi dụng tổng hợp được tất cả thành phần vật chất của quặng, lãng phí tài nguyên của đất nước. Muốn làm tốt công tác nghiên cứu khoáng vật học cần phải dựa vào một số phương pháp cổ điển và phương pháp hiện đại.

Hiện nay các phương pháp hóa học, vật lý học và hóa lý đã thâm nhập ngày càng nhiều vào khoáng vật học, cung cấp cho khoáng vật học những công cụ nghiên cứu hiện đại với độ chính xác và độ nhạy rất cao. Tuy nhiên những phương pháp cũ và công cụ cổ điển vẫn được sử dụng một cách có hiệu quả nhất. Trong điều kiện của ta hiện nay, những phương pháp và công cụ cổ điển đó lại càng phù hợp. Trong những giáo trình riêng sẽ giới thiệu tỉ mỉ các phương pháp cổ điển. Dưới đây chỉ trình bày một số phương pháp hiện đại với các thiết bị hoàn chỉnh.

8.1 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU BẰNG TIA X

Phương pháp này là phương pháp dùng tia X để nghiên cứu thành phần kiến trúc tinh thể. Trong đó phương pháp bột (còn gọi là phương pháp Đêbai) là phương pháp rất giản tiện, phân tích nhanh, yêu cầu đối với mẫu đơn giản nên được ứng dụng một cách rộng rãi để giám định khoáng vật.

Phương pháp bột lợi dụng tia X đã biết bước sóng, chiếu vào bột khoáng vật đặt trong một hộp chụp đặc biệt có lắp phim để chụp ảnh các tia “phản xạ”. Ảnh chụp được gọi là “phổ Đêbai”. Phổ Đêbai gồm hàng loạt các đường cong có độ đậm và khoảng cách khác nhau. Hình dạng của phổ Đêbai là do kiến trúc của khoáng vật quyết định. Các kiến trúc khoáng vật khác nhau thì cho những phổ Đêbai khác nhau; số lượng các đường cong, độ đậm và khoảng cách của chúng khác nhau.

Dựa vào phổ Đêbai, người ta xác định được thành phần khoáng vật nhờ so sánh với một bảng tiêu chuẩn. Do đó cho phép giám định chính xác khoáng vật chưa biết, đồng thời có thể tính được các hằng số của ô mạng như a_0 , b_0 , c_0 v.v...

Ngoài ra dùng phương pháp Laocơ có thể xác định được dạng đối xứng của ô mạng, tính được hằng số của ô mạng cơ sở. Phương pháp Vaisenbec cho phép ta xác định được kiến trúc của tinh thể. Hai phương pháp này yêu cầu phải dùng đơn tinh thể.

8.2 PHƯƠNG PHÁP KÍNH HIỂN VI ĐIỆN TỬ

Đây là phương pháp mới. Kính hiển vi điện tử có khả năng phóng đại rất lớn. Hiện nay đã chế tạo được loại kính độ phóng đại tới hai mươi vạn lần, độ phân ly các hạt là 5 - 7. Do đó phương pháp này dùng nghiên cứu những khoáng vật phân tán nhỏ, kích thước dưới một micron có hiệu quả nhất.

Khi phân tích cần đem khoáng vật khuyếch tán trong dung dịch nước amôn thành dung dịch keo, sau đó giở những giọt keo lên trên một mạng lưới có những lỗ nhỏ (mạng lưới có đường kính 2 mm) rồi đặt vào chỗ khô ráo cho bay hết nước, cuối cùng đưa vào kính hiển vi điện tử để quan sát. Trong điều kiện chân không, khi chùm tia điện tử thấu qua màng keo sẽ chiếu hình dạng các hạt lên một màn huỳnh quang giúp chúng ta quan sát gián tiếp hình dạng các hạt và chụp ảnh nó. Phương pháp này rất thích ứng với các khoáng vật như kaolin, monmorilonit và các khoáng vật phân tán nhỏ.

Trong việc giám định chính xác cần phối hợp với phương pháp tia X, phương pháp phân tích nhiệt và phân tích hóa học.

8.3 PHƯƠNG PHÁP QUANG PHỔ

Phương pháp quang phổ hiện nay là một phương pháp xác định thành phần hóa học thường dùng nhất. Cơ sở lý luận của phương pháp này là: mỗi một nguyên tố khi được cung cấp nhiệt lượng một cách đầy đủ thì đều có thể phát ra một quang phổ có bước sóng nhất định. Nhờ các kính phân quang và phương tiện chụp ảnh ta có thể chụp nó lại trên kính ảnh. Căn cứ vào các vạch quang phổ có thể tiến hành định tính các nguyên tố, căn cứ vào cường độ các vạch quang phổ có thể tiến hành định lượng các nguyên tố đó. Phương pháp này phân tích tương đối nhanh, độ chính xác cao, trọng lượng mẫu phân tích không cần nhiều (vài mg là đủ), giá thành thấp, do đó được dùng rộng rãi để phân tích thành phần hóa học của khoáng vật. Máy quang phổ thông thường có thể phân tích định tính và bán định lượng của trên dưới 50 nguyên tố. Máy quang phổ loại lớn, hoặc quang phổ có bộ phận tia hồng ngoại thì có thể tiến hành xác định hầu hết các nguyên tố.

8.4 PHƯƠNG PHÁP CỰC PHỔ

Phương pháp này cũng dùng để phân tích thành phần hóa học của khoáng vật. Đặc biệt đối với các khoáng vật có chứa nguyên tố phân tán và nguyên tố hiếm thì có tầm quan trọng to lớn. Người ta đem dung dịch của khoáng vật đặt trong một bình điện giải, nối kín mạch điện của bình phân tích điện giải, sau đó thay đổi thế hiệu (điện áp) bên ngoài thì sẽ được một loạt các giá trị dòng điện tương ứng. Về

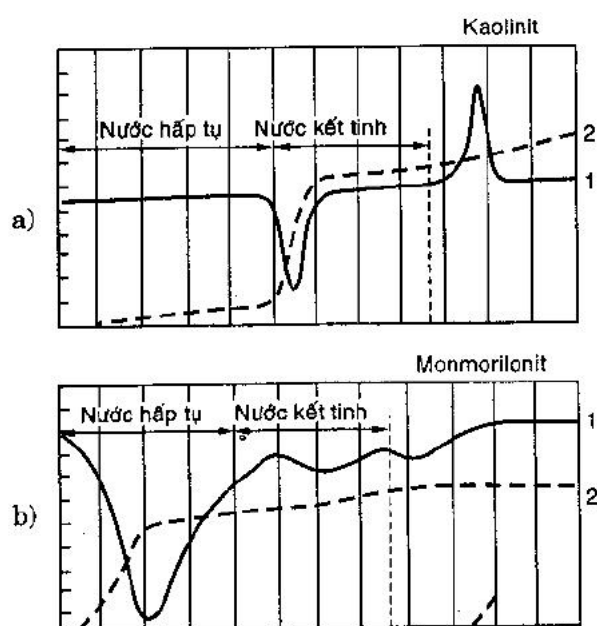
đường biểu diễn quan hệ dòng điện - điện áp của phép phân tích. Căn cứ vào đường biểu diễn có thể xác định nguyên tố chứa trong khoáng vật. Vì phương pháp này, độ nhạy, độ chính xác cao, phân tích nhanh, tương đối đơn giản, máy móc không phức tạp, do đó, được dùng để nghiên cứu thành phần hóa học của khoáng vật.

8.5 PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH NHIỆT

Phương pháp này dùng để nghiên cứu tính chất hóa lý của khoáng vật. Nó gồm phân tích thoát nước và phân tích nhiệt.

Phân tích thoát nước căn cứ vào lượng nước mất đi trong những khoáng vật ở nhiệt độ khác nhau. Sau đó lập đường cong thoát nước, biểu diễn quan hệ giữa lượng nước bị thoát ra và nhiệt độ. Hình dạng đường cong thoát nước do hình thức tồn tại của nước trong khoáng vật và tác dụng của nước trong kiến trúc quyết định. Các khoáng vật chứa nước khác nhau có đường cong thoát nước khác nhau. Phương pháp này chỉ hạn chế trong phạm vi nghiên cứu các khoáng vật chứa nước như khoáng vật sét, thạch cao, v.v...

Phân tích nhiệt dùng bột khoáng vật và chất tiêu chuẩn hay còn gọi là chất trung tính đặt trong lò nhiệt. Trong quá trình nung nóng khoáng vật phát sinh phản ứng thu nhiệt hay tỏa nhiệt còn chất tiêu chuẩn thì không có những phản ứng như vậy. Do nhiệt độ chênh lệch giữa khoáng vật và chất tiêu chuẩn thông qua cặp nhiệt điện ghi được dòng điện sai nhiệt. Trên đường cong sai nhiệt ghi lại các biểu hiện tương đó: các đỉnh thu nhiệt và tỏa nhiệt (xem H.8.1).



Hình 8.1 Đường cong sai nhiệt (1) và đường cong thoát nước (2) của kaolin (a) và của monmorilonit (b)

Mỗi một hiệu ứng nhiệt tương đương với những nhiệt độ khác nhau và phản ánh các hiện tượng như thoát nước, phá hủy kiến trúc, thành tạo khoáng vật mới, chuyển biến tướng khoáng vật, v.v... Nhờ đó có thể dựa vào những đường cong tiêu chuẩn để xác định khoáng vật và nghiên cứu sự biến đổi hóa lý phát sinh trong quá trình đun nóng.

Ví dụ: Kaolin trong khoảng nhiệt độ 500°C - 550°C phát sinh tác dụng thoát nước, trên đường cong biểu diễn hiệu ứng thu nhiệt bắt đầu bằng một điểm uốn. Trong khoảng nhiệt độ 950°C - 1000°C phát sinh tác dụng phá hủy kiến trúc, trên đường cong biểu thị bởi một đỉnh tỏa nhiệt. Phân tích nhiệt nói chung chỉ dùng nghiên cứu đối với đơn khoáng vật, đặc biệt đối với khoáng vật sét, hợp chất hiđroxit, cacbonat và những khoáng vật chứa nước khác. Tuy nhiên, cũng có trường hợp người ta đem trộn lẫn các khoáng vật khác nhau với những tỷ lệ nhất định để vẽ những đường cong tiêu chuẩn dùng trong việc phân tích định lượng các hỗn hợp khoáng vật.

Trước mắt, một số phòng thí nghiệm đang được dần dần cải tiến hoàn chỉnh để có thể mở rộng phạm vi nghiên cứu đối với các khoáng vật khác.

PHẦN THỨ BA
MÔ TẢ KHOÁNG VẬT

PHÂN LOẠI VÀ CÁCH GỌI TÊN KHOÁNG VẬT

1- Mục đích và nhiệm vụ của việc phân loại

Để tiến hành mô tả khoáng vật một cách có hệ thống, đồng thời làm rõ mối quan hệ có tính chất qui luật giữa các khoáng vật, tất yếu phải có sự phân loại hợp lý và khoa học. Bất kỳ một ngành khoa học nào, việc phân loại các đối tượng nghiên cứu đều đi từ sự tổng kết qui nạp một số lớn tài liệu thực tế sẵn có. Do mức độ hiểu biết các tài liệu thực tế nông hay sâu mà quan điểm phân loại và nguyên tắc phân loại khác nhau. Việc phân loại khoáng vật phát triển và biến đổi không ngừng chứng tỏ mức độ nghiên cứu các đối tượng khoáng vật học càng ngày càng sâu sắc. Cho đến nay công tác nghiên cứu phân loại khoáng vật trước sau vẫn là một bộ phận quan trọng trong khoáng vật.

Đơn vị cơ sở của việc phân loại khoáng vật là *loại khoáng vật*. Mỗi một loại khoáng vật đều có tên riêng của mình, mỗi một tên gọi tiêu biểu cho những tính chất liên quan với khoáng vật này. Đồng thời, trong khoáng vật học mỗi tên khoáng vật đều bao hàm một ý nghĩa nhất định.

2- Nguyên tắc phân loại

Trong thời gian đầu, việc phân loại chủ yếu dựa vào tính chất vật lý của khoáng vật. Đến thế kỷ thứ 19 và đầu thế kỷ 20 khoáng vật học phát triển tới mức gọi là “giai đoạn hóa học”, người ta nắm tương đối vững và có hệ thống thành phần của khoáng vật, lúc đó phân loại khoáng vật dựa vào hợp chất hóa học. Điển hình cho trường phái này là nhà khoáng vật học Mỹ D. Dana với phân loại khoáng vật của ông (1837). Tiếp sau đó là nhà bác học Đức P. Grôt dùng hình thái tinh thể bổ sung vào sự phân loại của D. Dana. Năm 1927 V. I. Vecnatxki đã phân loại theo giả thuyết kết cấu hóa học của khoáng vật mà ông đưa ra (đối với các silicat alumin) bổ sung cho sự phân loại của D. Dana thêm hoàn hảo.

Nhưng tất cả những cách phân loại ở trên đều mang khuynh hướng hóa học thuần túy.

Khi khoáng vật học phát triển tới giai đoạn mới, đặc biệt sau khi dùng tia X để phát hiện kiến trúc bên trong của khoáng vật, lúc đó mới gắn liền thành phần hóa học và kiến trúc bên trong của khoáng vật lại thành một thể thống nhất. Do đó phát sinh ra phương hướng phân loại mới: phương hướng hóa học tinh thể. Những năm 1930 - 1935, nhà bác học Anh W. L. Bragơ và các nhà bác học khác đã dựa vào nguyên tắc này để phân loại khoáng vật. Sự phân loại này đã đẩy khoáng vật học tiến lên những bước mới; sửa đổi cách phân loại cũ, đính chính lại những phân loại sai lầm, phân loại một cách tỉ mỉ hợp lý hơn các silicat v.v...

Nói như vậy việc phân loại theo hóa học tinh thể không phải có thể làm sáng tỏ hoàn toàn nguồn gốc và đặc điểm địa hóa của các nguyên tố. Do đó mỗi cách phân loại đều có những nhược điểm của nó. Mong rằng những người am hiểu khoáng vật học hãy nỗ lực đóng góp thêm ý kiến của mình.

3- Hệ thống phân loại

Hệ thống phân loại này dựa vào hóa học tinh thể làm cơ sở. Nó không những chỉ phản ánh những tính chất hóa học nói chung mà còn phản ánh cả tính chất của mối liên kết bên trong. Phân nhóm dựa vào tính chất của kiến trúc tinh thể; lớp và nhánh thì dựa cả vào tính chất mối liên kết lẫn thành phần hóa học để phân loại. Thứ tự những đơn vị nhỏ đến lớn gồm có: *loại, nhóm (nhóm phụ), lớp (lớp phụ), nhánh*.

Trong giáo trình này trình bày hệ thống phân loại như sau:

Nhánh I: Nguyên tố tự nhiên

Nhánh II: Sunfua và hợp chất tương tự

Lớp 1: Sunfua đơn giản

Lớp 2: Sunfua phức tạp

Nhánh III: Halogenua

Nhánh IV: Oxit và hiđroxit

Lớp 1: Oxit

Lớp 2: Hiđroxit

Nhánh V: Muối oxi

Lớp 1: Silicat

Lớp 2: Cacbonat

Lớp 3: Sunfat

Lớp 4: Cromat

Lớp 5: Molipdat và vonframmat

Lớp 6: Fotfat, acsenat và vanadat

4- Cách gọi tên khoáng vật

Đơn vị cơ bản trong phân loại khoáng vật học là loại khoáng vật. Mỗi loại khoáng vật có thành phần hóa học và kiến trúc nhất định, thành phần của nó có thể biến đổi liên tục trong một phạm vi nhất định. Tên mỗi loại khoáng vật có thể dựa vào những nguyên tắc sau đây để gọi:

Căn cứ vào thành phần hóa học để gọi tên. Ví dụ, cromit (FeCr_2O_4) là do trong thành phần của nó có chứa nguyên tố crom

Căn cứ vào hình dạng tinh thể để gọi tên. Ví dụ, lepidolit do từ chữ "lepis" là vảy, vì khoáng vật này có dạng vảy mỏng.

Căn cứ vào tên địa điểm phát hiện để gọi tên. Ví dụ, inmenit phát hiện ở núi Inmenxki.

Căn cứ vào tên người để đặt tên. Ví dụ: gadolinit, tên đặt để kỷ niệm nhà bác học A. B. Gadoli, gagarinit là khoáng vật lấy tên nhà du hành vũ trụ đầu tiên người Nga I. V. Gagarin.

Tên đặt không có ý nghĩa gì. Ví dụ, apatit gốc từ chữ Hy Lạp "apatao" – có nghĩa là "nhầm" vì nó dễ nhầm với một số khoáng vật khác.

Gần đây người ta có xu hướng gọi tên khoáng vật theo *chữ cái đầu tiên của các ký hiệu hóa học*. Ví dụ, tuheolit (Th, U, He, O...) hay alkanasun (Al, K, Na, SO_4 , ...).

Nói chung cách gọi tên khoáng vật hợp lý nhất là dựa vào nguyên tắc sau đây:

Thành phần hóa học của toàn bộ hoặc các nguyên tố hoá trị dương chủ yếu có trong thành phần của khoáng vật.

Gọi theo hệ thống kiểu hợp chất hóa học.

Gọi theo kiểu kiến trúc tinh thể.

NHÁNH I - NGUYÊN TỔ TƯ NHIÊN

Trong thiên nhiên chúng ta biết có 40 nguyên tố tự nhiên tồn tại độc lập, trong đó gồm các nguyên tố kim loại, bán kim và nguyên tố không kim loại. Nguyên tố tự nhiên chiếm khoảng 0,1% trọng lượng vỏ Trái Đất và phân bố không đều. Có một số tập trung rất giàu, thậm chí có thể thành khoáng sàng (như lưu hoàng, than chì, bạch kim...). Một số nguyên tố khác thì chỉ có ở trạng thái phân tán (H.9.1).

	1																
	H																
2	3	4	5	6	7	8	9										
He	Li	Be	B	C	N	O	F										
10	11	12	13	14	15	16	17										
Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl										
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I
54	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
Xe	Cs	Ba	TR	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At
86	87	88	89	90	91	92											
Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U											

Hình 9.1 Các nguyên tố gấp ở trạng thái tự nhiên
(chữ đậm nét trong bảng Mendeleev)

Về kiến trúc, kim loại có kiểu chông khít lập phương (ô mạng lập phương tâm mặt) và chông khít sáu phương. Mỗi liên kết giữa các chất điểm là mỗi liên kết kim loại, do đó có một loạt các tính chất đặc trưng: năng suất phản xạ cao, không trong suốt, có ánh kim. Màu kim loại rất đặc trưng. Màu vết vạch gần giống màu của bản thân kim loại. Có tính kéo dài và dẫn điện tốt, dẫn nhiệt tốt, độ cứng thấp, không cát khai, tỉ trọng lớn.

Các nguyên tố bán kim và không kim loại, mỗi liên kết nội bộ có nhiều loại: mỗi liên kết kim loại, mỗi liên kết hóa trị và mỗi liên kết phân tử v.v... Do đó so với các nguyên tố kim loại, chúng có những đặc điểm riêng. Ví dụ: tính dẻo (lưu hoàng), tính cắt khai (grafit) và tính thăng hoa, v.v...

Về nguồn gốc, các nguyên tố tự nhiên rất khác nhau. Các nguyên tố nhóm bạch kim thường thấy trong khoáng sàng macma, tồn tại trong đá siêu bazơ. Các nguyên tố nhóm đồng thường thấy trong khoáng sàng nhiệt dịch hoặc phần dưới đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua. Kim cương, nguồn gốc chủ yếu liên quan với đá macma siêu bazơ; còn grafit và lưu hoàng có nhiều nguồn gốc khác nhau.

9.1 ĐỒNG TỰ NHIÊN - Cu

Thành phần hóa học: Trong thành phần của đồng tự nhiên nguyên sinh còn có Fe, Ag, Au và các tạp chất khác lẫn vào. Thành phần của đồng tự nhiên thứ sinh tương đối sạch.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng tám mặt sáu $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$. Nhóm không gian $O_h^9 - Im\bar{3}m$; $a_0 = 2,86 \text{ \AA}$.

Kiến trúc tinh thể: Nguyên tử chồng khít kiểu lập phương tâm mặt. Nguyên tử đồng nằm ở đỉnh và trung tâm mỗi mặt của ô mạng cơ sở (H.9.2). *Hình dạng tinh thể:* Thành khối lập phương nhưng rất ít gặp. Thông thường thành tập hợp dạng cành cây không qui luật.

Đồng tự nhiên trong quá trình ngoại sinh trôi vào các khe nứt của đá có tập hợp dạng lá, vảy mỏng. Trong đới làm giàu thứ sinh đồng tự nhiên có tập hợp dạng khối nặng hàng tấn.

Tính chất vật lý: Màu đồng đỏ, có sắc xanh, ánh kim. Độ cứng 2,5 - 3, có tính kéo dài, không cát khai, vết vỡ có dạng răng cưa. Tỷ trọng 8,5 - 9. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Đồng tự nhiên hình thành trong điều kiện khử oxi của các quá trình địa chất:

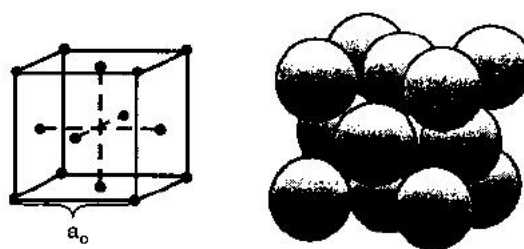
Lấp đầy các lỗ hổng trong đá bazan, cộng sinh với zeolit, canxit, thạch anh. Nguồn gốc của chúng có liên quan đến nhiệt dịch.

Đồng tự nhiên thường gặp nhất là nằm trong đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua. Nó là sản phẩm trung gian trong quá trình chuyển biến từ sunfua đến oxit.

Đồng tự nhiên rất dễ bị oxi hóa thành oxit đồng và cacbonat đồng như cuprit và malachit.

Ở Việt Nam đồng tìm thấy ở một số địa điểm dọc sông Đà (Vạn Sai) và ở mỏ đồng Biển Động (Bắc Giang).

Công dụng: Khi tập trung nhiều thì có thể khai thác. Cu là nguyên liệu không thể thiếu được trong công nghiệp điện và cơ khí. Trước kia người ta dùng đồng để đúc tiền.



Hình 9.2 Kiến trúc tinh thể của đồng tự nhiên

9.2 VÀNG TỰ NHIÊN - Au

Vàng là kim loại được loài người biết đến từ lâu. Nó cũng là khoáng vật rất phổ biến trong tự nhiên.

Thành phần hóa học: Trong thành phần của nó chứa Ag. Khi chứa Ag vượt quá 15% thì ta có electrum (Au, Ag). Có lúc còn chứa cả đồng và các nguyên tố khác. Vàng tự nhiên thứ sinh rất nghèo bạc.

Tinh hệ: Lập phương. *Kiến trúc tinh thể.* Giống như đồng tự nhiên.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể hoàn chỉnh rất ít gặp, đơn hình hay gặp chủ yếu là [111], ít hơn là [110] và [100]. Thường xuất hiện nhất là tập hợp hạt phân tán và dạng cành cây không qui luật (H.9.3).

Tính chất vật lý: màu vàng kim, thứ chứa nhiều Ag thì màu nhạt dần. Vết vạch có màu kim sáng. Ánh kim. Độ cứng 2,5 - 3,0. Tính kéo dài tốt, không cát khai, tỷ trọng 15,6 - 18,3 (vàng nguyên chất tỷ trọng 19,3) dẫn nhiệt, dẫn điện tốt.



Hình 9.3 Vàng tự nhiên dạng móc câu trong thạch anh

Nguồn gốc và khoáng sàng: Vàng tự nhiên thường gặp nhất là trong khoáng sàng nhiệt dịch (khoáng sàng nguyên sinh), nhiều khi gặp trong sa khoáng (khoáng sàng thứ sinh). Đôi khi thấy trong đới oxi hoá của khoáng sàng sunfua.

Những khoáng sàng nhiệt dịch có chứa vàng thường liên quan với macma axit. Khoáng sàng chủ yếu là mạch thạch anh chứa vàng. Trong nhiệt dịch nhiệt độ cao vàng cộng sinh với pirit, acsenpirit và có tuamalin đi theo. Trong khoáng sàng nhiệt dịch nhiệt độ thấp cùng đi với vàng tự nhiên có pirit, sfalerit, galen, tetraedrit ...

Ở Việt Nam đã phát hiện nhiều mỏ và điểm quặng vàng có đặc điểm nguồn gốc và kiểu khoáng hóa khác nhau.

Nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình và thấp có các kiểu khoáng hóa sau:

Kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh tạo thành mạch, stocvec, đới xâm nhiễm trong đá phiến kết tinh, cát bột kết và quaczit. Thành phần khoáng vật quặng có vàng, pirit, manhetit, pirotin, sfalerit, galenit.

Mỏ đặc trưng cho kiểu này là ở Bồ Cu, Khau Âu, Hiệp Đức, Krong H'Năng.

Kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh - sunfua có diện phân bố rộng thân quặng dạng mạch có độ tương phản cao với đá vây quanh. Chúng thường định xứ trong granit, các đá phun trào axit, đá biến chất từ đá sét, cát kết và cacbonat. Thành phần khoáng vật đặc trưng là vàng tự nhiên, một ít calaverit, menicovit. Nổi bật

hơn cả là tổ hợp sunfua có mặt thường xuyên trong quặng như acgentit, galenit, sfalerit, chancopirit, pirotin, pirit, acsenopirit, hematit, manhetit. Điển hình cho kiểu khoáng hóa này là mỏ Pac Lạng (Cao Bằng), Trà Năng (Lâm Đồng), Bồng Miêu (Quảng Nam), Làng Vài, Tà Sỏi (Nghệ An), Sông Hình, Đá Bàn (Khánh Hòa), An Khê (Bình Định).

Kiểu khoáng hóa vàng-sunfua đặc trưng bởi tổ hợp các khoáng vật sunfua vượt trội về khối lượng so với các kiểu trên gồm pirit, acsenopirit, chancopirit, galenit, sfalerit. Tiêu biểu cho kiểu khoáng hóa này là các mỏ Sinh Quyền (Lào Cai), Bó Xinh (Sơn La), Chợ Điền, Tú Lệ (Yên Bái), Nam Đông (Thừa Thiên - Huế), Suối Linh, Phú Lý, Hiếu Liêm, Vĩnh An (Đồng Nai).

Nguồn gốc viễn nhiệt (epithermal) đặc trưng bởi tổ hợp khoáng vật nhiệt độ thấp, thường gặp khoáng hóa vàng - bạc, cacbonat, sunfo muối phân bố trên diện rộng, hàm lượng vàng thấp hơn hàm lượng bạc. Các đá biến đổi phổ biến là alunit hóa, xerixit hóa, propilit hóa, clorit hóa, canxit hóa trên nền đá phun trào axit - trung tính và đá vôi.

Mỏ điển hình là Nà Pái (Lạng Sơn), Pìn Hồ (Quảng Ninh), Làng Nèo (Thanh Hóa). Các điểm khoáng hóa theo kiểu này gặp ở Hóa An (Bình Dương), đèo Bảo Lộc (Lâm Đồng), đèo Rù Rì (Nha Trang).

Khoáng hóa vàng nguồn gốc phong hóa đã có những nghiên cứu bước đầu, nhưng cơ chế tập trung vàng trong đới oxi hóa chưa có nhiều tài liệu minh họa. Tuy nhiên đã tìm thấy dấu hiệu tích tụ vàng trong vỏ phong hóa laterit - kaolin, laterit - bauxit (Lâm Đồng), mũ sắt (Thái Nguyên) là những dấu hiệu đáng tin cậy để phát triển tìm kiếm thăm dò chúng.

Vàng nguồn gốc sa khoáng là loại hình quặng vàng tích tụ hiện đại đang được khai thác ở ạt. Vàng thường tập trung theo các dòng chảy: hoặc theo lòng sông, suối hoặc theo các thềm sông, bãi bồi hiện đại. Hàm lượng vàng tuy thấp nhưng dễ khai thác song cũng dễ tổn thất, thu hồi chỉ được 30 - 50% hàm lượng vàng trong đất đá. Triển vọng nhất là các lòng sông Lô, sông Gâm, sông Kỳ Cùng, sông Hiếu, sông Mã, sông Sa Thầy, sông Ba, sông La Ngà và các lưu vực của chúng. Tập hợp khoáng vật trong sa khoáng rất đa dạng. Vàng tự nhiên có dạng hạt, vẩy, bụi (vàng cám).

Trên thế giới mỏ vàng Vitvatesran (Nam Phi) có sản lượng khai thác chiếm 40% sản lượng thế giới. Nhiều mỏ vàng ở Alaska (Mỹ) được khai thác từ thế kỷ trước nay vẫn còn tiếp tục. Ở Nga có nhiều mỏ nổi tiếng như mỏ Berezov, Daraxun, Balei. Ngoài ra vùng Đông Nam Á như Indonexia, Niu Dilân, Pa Pua Niu Ghinê đều có nhiều mỏ vàng.

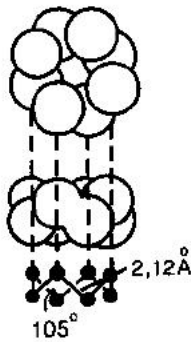
Công dụng: Vàng tự nhiên là quặng chủ yếu nhất của Au. Vàng dùng để chế đồ trang sức và đúc tiền vàng, nhưng trong công nghiệp thì công dụng không lớn lắm.

9.3 LƯU HOÀNG - S

Lưu hoàng có ba biến thể đa dạng là: α - lưu hoàng, β - lưu hoàng và γ - lưu hoàng. Ngoài ra còn có các trạng thái khác nhau của lưu hoàng như dạng keo, tương khí và tương lỏng. Trong các biến thể đa dạng thì α - lưu hoàng là phổ biến nhất, ổn định nhất. Dưới đây là tính chất của α - lưu hoàng.

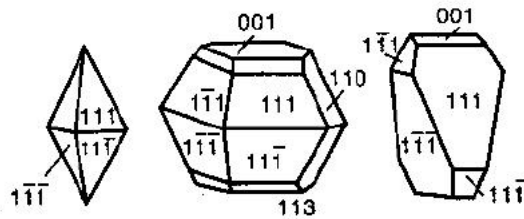
Thành phần hóa học: trong nhiều trường hợp lưu hoàng rất nguyên chất. Lưu hoàng nguồn gốc núi lửa thường chứa một lượng rất nhỏ của As, Se, Te, Tl. Trong những lớp trầm tích lưu hoàng thấy có chứa những tạp chất bùn bitum.

Tinh thể: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: $3L_23PC$, nhóm không gian $D_{2h}^{24} - Fddd$; $a_0 = 10,437 \text{ \AA}$; $b_0 = 12,845 \text{ \AA}$; $c_0 = 24,369 \text{ \AA}$. **Kiến trúc tinh thể:** Lưu hoàng tự nhiên có kiến trúc phân tử, 1 phân tử lưu hoàng có 8 nguyên tử sắp xếp xen kẽ nhau thành vòng gấp khúc, do đó phân tử lưu hoàng thường được biểu diễn bởi công thức S_8 (H.9.4). Mỗi ô mạng cơ sở lưu hoàng tự nhiên có 16 phân tử liên kết với nhau nhờ mối liên kết phân tử. **Hình dạng tinh thể:** Tinh thể có dạng tháp đôi hay tấm dầy do mặt tháp, lăng trụ thoi và mặt đáy tạo thành (H.9.5). Thường gặp khối hạt đặc xít.



Hình 9.4

Kiến trúc phân tử của lưu hoàng



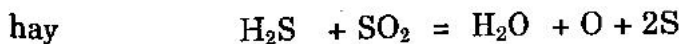
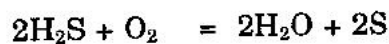
Hình 9.5

Các tinh thể của lưu hoàng

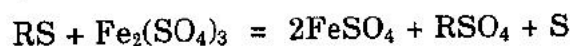
Tính chất vật lý: lưu hoàng tự nhiên thường có màu vàng với nhiều sắc thái khác nhau. Mặt tinh thể có ánh kim cương, trên vết vỡ có ánh mỡ. Độ cứng 1 - 2. Dòn, cắt khai không rõ. Tỷ trọng 2,05 - 2,08.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Lưu hoàng tự nhiên thấy ở phần trên cùng của vỏ Trái Đất và trên mặt đất, sự hình thành của nó có nhiều cách:

Là sản phẩm của sự thăng hoa các khí núi lửa theo phản ứng sau:

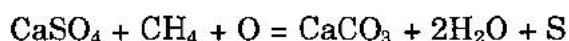


Do sự phá hủy các sunfua kim loại (chủ yếu là pirit) trong quá trình oxi hóa các khoáng sàng:



trong đó R biểu diễn cho nguyên tố kim loại.

Trong những tầng trầm tích, do thạch cao phân hủy thành. Trong trường hợp này lưu hoàng thường cộng sinh với canxit:



Lưu hoàng có nguồn gốc sinh vật có giá trị công nghiệp rất lớn. Trong đó lưu hoàng thường cộng sinh với thạch cao và bitum...

Đặc điểm nhận biết: màu vàng, độ cứng thấp, giòn, vết vỡ có ánh mỡ, dễ nóng chảy, có mùi khét.

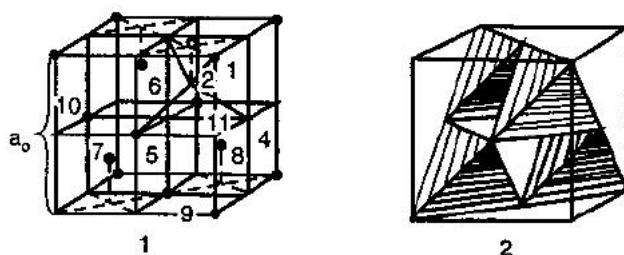
Trên thế giới lưu hoàng tự nhiên gặp rất nhiều mỏ lớn: Gauadát, Soroxu, Karakum (Nga), Xixin (Ý); Tecdat, Luidian, (Mỹ); Tứ Xuyên, Thanh Hải (Trung Quốc). Lưu hoàng thường thấy nằm bên trên các mỏ dầu khí nên người ta cũng dùng làm dấu hiệu tìm kiếm các mỏ dầu.

Công dụng: chủ yếu dùng để chế axit sunfuric, dùng trong nông nghiệp, công nghiệp cao su và công nghiệp khác.

9.4 KIM CƯƠNG VÀ GRAFIT

Kim cương và grafit là hai biến thể đa dạng của cacbon.

Kiến trúc của kim cương về cơ bản giống như lập phương tâm mặt; điểm khác nhau là nguyên tử cacbon không những chỉ nằm trên mặt lập phương mà còn nằm trong nửa số lập phương nhỏ xen kẽ với những lập phương bỏ trống. Mỗi nguyên tử C bị bốn nguyên tử cacbon xung quanh bao vây lập thành một tứ diện. Toàn bộ kiến trúc có thể thấy gồm nhiều tứ diện nối với nhau qua các đỉnh (H.9.6). Giữa các nguyên tử các cacbon mỗi liên kết duy nhất là cộng hóa trị. Khoảng cách giữa C-C là 1,54 Å.

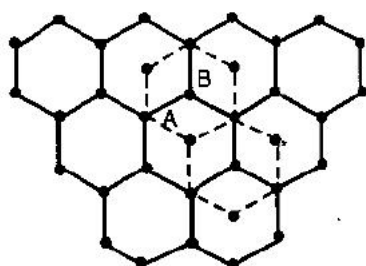


1- Biểu diễn các trung tâm nguyên tử; 2- Biểu diễn thành những tứ diện mà đỉnh và trung tâm chính là những trung tâm của các nguyên tử cacbon

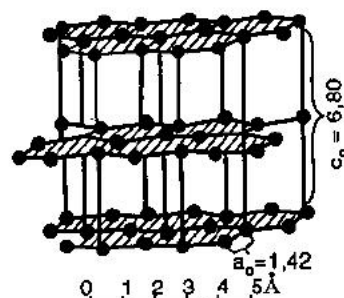
Hình 9.6 Kiến trúc tinh thể của kim cương

Kiến trúc của grafit có cấu tạo lớp dạng tổ ong điển hình, mỗi lớp do nhiều hình lục giác cacbon liên kết với nhau tạo thành. Nguyên tử cacbon ở tầng trên chiếu đúng vào tâm của các vòng lục giác nằm dưới (H.9.7). Khoảng cách nguyên tử C-C trong cùng một lớp là 1,42 Å, còn khoảng cách giữa hai mặt mạng là 3,40 Å (H.9.8).

Vì kiến trúc của kim cương và grafit không giống nhau nên tính chất của chúng cũng hoàn toàn khác nhau.



Hình 9.7 Kiến trúc tinh thể của grafit chiếu trên mặt (0001)

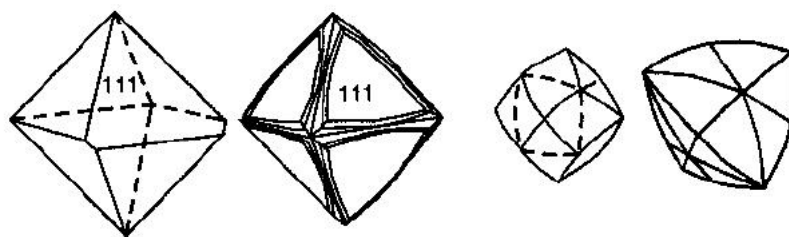


Hình 9.8 Kiến trúc tinh thể của grafit

Kim cương - C

Thành phần hóa học: Thử không màu trong suốt do cacbon nguyên chất tạo nên. Tạp chất thường gặp là Si, Al, Ca, Mg, Fe và Ti, hàm lượng của chúng có thể tới 4,8%. Màu xanh có liên quan với Cr. Kim cương màu vàng thì hàm lượng Al cao.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bốn mặt sáu: $4L_33L_26P$. Nhóm không gian $O_h^1 - Fd3m$. **Hình dạng tinh thể:** bát diện, 12 mặt thoi. Tương đối ít gặp hơn là lập phương và tứ diện. Mặt của kim cương thường có dạng mặt cong xung quanh rìa tinh thể có dạng tù (H.9.9).



Hình 9.9 Tinh thể kim cương

Tính chất vật lý: Trong suốt, không màu hay có mang một số sắc đen nâu, vàng xanh. Có ánh kim cương tiêu chuẩn. Chiết suất $N = 2,40 - 2,48$. Độ cứng 10. Dòn. Song song với {111} cắt khai trung bình. Tỷ trọng 3,47 - 3,56.

Nguồn gốc của khoáng sàng: Nguồn gốc của kim cương có liên quan với các đá xâm nhập sâu (đunit, đunit có mica). Trong các đá này, kim cương kết tinh dưới điều kiện nhiệt độ và áp suất cao. Kim cương là một trong những khoáng vật kết tinh sớm nhất trong magma. Nguồn cacbon từ magma hay đá vây quanh mang lại cho đến nay chưa rõ.

Trong điều kiện ngoại sinh các đá có chứa kim cương bị bào mòn vỡ vụn trôi vào sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Độ cứng cao nhất. Ánh kim cương tiêu chuẩn. Tinh thể thường có dạng mặt cong. Phát lân quang.

Ở Việt Nam kim cương được phát hiện trong sa khoáng vùng Lộc Ninh (Bình Phước) (H.9.10). Trong mẫu đá trọng sa đồng gặp tập hợp khoáng vật kim cương, cromit, cromspinen, granat, corindon, inmenit, apatit, ziacon, rutin.

Vấn đề có tồn tại mỏ kim cương ở nước ta hay không cần phải tiến hành nghiên cứu thêm về các dấu hiệu và tiền đề cấu trúc địa chất, thạch học macma, biến chất, địa mạo, khoáng vật chỉ thị, v.v... mới khẳng định được.

Trên thế giới mỏ kim cương lớn nhất gặp ở Nam Phi. Mỏ được khai thác từ độ sâu hàng kilomet. Ở đây người ta đào loại "quặng màu xanh" đưa lên mặt đất rồi chuyển về các nhà máy để tuyển lọc kim cương.

Ở Nga có vùng mỏ kim cương Iacutia được khai thác từ các ống nổ núi lửa cổ. Các mỏ kim cương sa khoáng gặp ở Braxin, Ấn Độ, Thái Lan.

Công dụng: Kim cương trong suốt dùng trang sức, những thứ khác được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật công nghiệp hiện đại, ví dụ, đầu mũi khoan, dùng làm nguyên liệu mài và các dụng cụ cắt gọt.

Grafit - C

Thành phần hóa học: Loại nguyên chất rất hiếm, thường có chứa nhiều tạp chất.

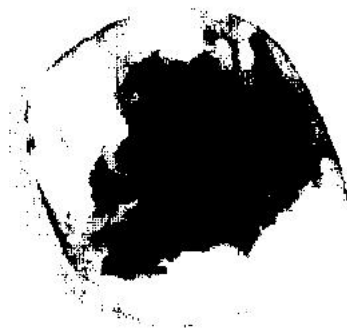
Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng thấp đôi sáu phương kép: L_66L_27PC . Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P6/mmc$. **Hình dạng tinh thể:** Dạng tám hay lá lục giác (H.9.11). Tinh thể hoàn chỉnh rất ít gặp. Thông thường có dạng vẩy mỏng, dạng khối, dạng đất.

Tính chất vật lý: Màu đen sẫm đến màu xám thép. Vết vạch màu đen sáng. Ánh kim. Thứ ẩn tinh màu nhạt hơn. Độ cứng 1. Cát khai hoàn toàn theo {0001}. Lá mỏng có thể uốn được, sờ hơi trơn, bần tay. Tỷ trọng 2,09 - 2,23. Dẫn điện tốt.

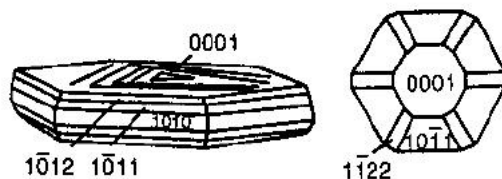
Nguồn gốc và khoáng sàng: Grafit thường thành tạo dưới điều kiện nhiệt độ cao:

Thường gặp trong các đá macma. Grafit gặp trong đá macma có liên quan với tác dụng đồng hóa các đá vây quanh chứa chất than, bitum hay đá vôi.

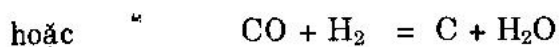
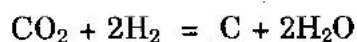
Grafit có nguồn gốc biến chất tiếp xúc gặp trong đới tiếp xúc giữa đá vôi và các thể xâm nhập do hiện tượng khử CO_2 bị phân hủy từ đá vôi ra.



Hình 9.10 Viên kim cương trong sa khoáng vùng Lộc Ninh (Việt Nam)



Hình 9.11 Tinh thể grafit



Phân bố rộng rãi nhất là các khoáng sàng grafit trầm tích biến chất. Những khoáng sàng này là do các đá trầm tích có chứa chất than, bitum hoặc là những lớp than trải qua biến chất khu vực mà thành.

Đặc điểm nhận biết: màu đen sẫm, sờ trơn tay, cắt khai rất hoàn toàn. Phân biệt với các tinh thể dạng tấm của molipđenit khi uốn thường bị gãy, tỷ trọng thấp hơn molipđenit.

Mỏ grafit Việt Nam có ở vùng Phố Mới (Lao Cai). Nguồn gốc của nó là biến chất khu vực, nằm trong đá granit và đá phiến kết tinh dọc tả ngạn sông Hồng. Mỏ grafit Hưng Nhượng (Quảng Ngãi) nằm trong tầng đá phiến kết tinh của rìa khối nâng Kontum.

Công dụng: Tính chất hóa học ổn định, dùng trong các lò luyện kim. Trong công nghiệp cơ khí dùng làm lớp bột đệm tránh ma sát. Trong kỹ thuật nguyên tử dùng làm chất giảm tốc. Người ta còn dùng grafit trong việc chế tạo lõi bút chì.

NHÁNH II - SUNFUA VÀ CÁC HỢP CHẤT TƯƠNG TỰ

Nhánh này bao gồm những hợp chất của lưu hoàng với một loạt các kim loại. Ngoài ra còn có những hợp chất của selen, telur và arsen. Số lượng khoáng vật của nhánh này có khoảng 350 loại trong đó sunfua chiếm chủ yếu. Theo tính toán sunfua chiếm khoảng 0,15% toàn bộ trọng lượng vỏ Trái Đất trong đó chủ yếu là sunfua sắt, các hợp chất sunfua còn lại chỉ chiếm chừng 0,001% toàn bộ trọng lượng vỏ Trái Đất. Mặc dù tỷ lệ phần trăm trọng lượng của chúng có giới hạn nhưng chúng có thể tập trung thành những khoáng sàng của các nguyên tố đất hiếm phân tán, của các kim loại màu có giá trị công nghiệp rất lớn.

Những nguyên tố chủ yếu hợp với lưu hoàng để thành các sunfua là: đồng, kẽm, chì, thủy ngân, niken, coban, mangan, bạc, molipđen, cadimi, bismut, antimon, acsen, v.v... Các nguyên tố gali, indi, reni đều không kết hợp với lưu hoàng thành những khoáng vật độc lập mà chỉ thành hỗn hợp đồng hình trong các khoáng vật khác.

	1																		
	H																		
2	3	4	5	6	7	8	9												
He	Li	Be	B	C	N	O	F												
10	11	12	13	14	15	16	17												
Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl												
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53		
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		
54	55	56	57-71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85		
Xe	Cs	Ba	TR	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		
86	87	88	89	90	91	92													
Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U													

Hình 10.1 Các nguyên tố có trong thành phần sunfua và hợp chất tương tự (chữ đậm nét trong bảng Mendeleev)

Nguyên tố hợp với selen để thành các selenua là đồng, bạc, thủy ngân, vàng, chì, bismut, coban, v.v... Ngoài ra Se có thể thành hỗn hợp đồng hình với lưu hoàng trong sunfua.

Những nguyên tố hợp với arsen để thành các arsenua là sắt, niken, coban và bạch kim.

Những ion nêu ở trên là một bộ phận của các kim loại có hợp chất với S, Se, Te, As đều nằm bên phải của bảng tuần hoàn Mendêlêep (H.10.1). Chúng có ái lực đặc biệt với lưu hoàng. Hợp chất của chúng khó hoặc gần như không hòa tan trong nước.

Ngoài ra hidro hợp với lưu hoàng thành sunfua hidro (có tác dụng vận chuyển giống như nước), trong sự hình thành các sunfua kim loại nó có vai trò rất lớn.

Về kiến trúc tinh thể, sunfua và các hợp chất tương tự thuộc về loại hợp chất ion, nhưng trên một loạt tính chất nó khác với các hợp chất ion (ví dụ: các oxit) và có xu hướng gần nguyên tố kim loại tự nhiên. Có tình trạng đó là do các ion trong sunfua và các hợp chất tương tự quyết định.

Ion dương trong sunfua và hợp chất tương tự có bán kính tương đối nhỏ, hóa trị lớn, có khả năng phân cực mạnh. Các ion âm như lưu hoàng selen, telur, arsen có bán kính lớn hơn nhiều so với oxi, rất dễ bị phân cực, do đó mỗi liên kết trong sunfua và hợp chất tương tự có vị trí trung gian giữa liên kết cộng hóa trị và liên kết kim loại.

Về tính chất vật lý: Phần lớn khoáng vật sunfua và hợp chất tương tự đều không trong suốt, có ánh kim và dẫn điện được. Độ cứng tương đối thấp, nói chung nằm giữa 2 - 4. Các sunfua có kiến trúc dạng lớp như molipdenit, covelin, telur hoàng, v.v... độ cứng giảm xuống tới 1 - 2. Các khoáng vật nhóm pirit có các ion: S_2^{2-} , As_2^{2-} hoặc $(As - S)^{2-}$ thì độ cứng tăng lên đến 5 - 6,5. Tỷ trọng khoáng vật của nhánh này nói chung trong khoảng trên 4. Sunfua tỷ trọng tương đối lớn là vì các nguyên tố kim loại hợp với lưu hoàng có bán kính nguyên tử tương đối nhỏ và trọng lượng nguyên tử tương đối lớn.

Về nguồn gốc, các sunfua và hợp chất tương tự thành tạo trong điều kiện tương đối sâu của vỏ Trái Đất. Phạm vi nhiệt độ để hình thành nên sunfua tương đối lớn, trong giai đoạn magma có thể thành tạo các khoáng sàng pirotin-penlandit-chancopirit, nhưng đại bộ phận sunfua và các hợp chất tương tự lại có liên quan mật thiết với giai đoạn nhiệt dịch. Do đó tuyệt đại bộ phận trong chúng tập trung trong các khoáng sàng kim loại có nguồn gốc nhiệt dịch. Như vậy có thể giả thuyết rằng các kim loại nặng trong lò magma tách ra thành những thành phần bay hơi hoặc thành phần dễ hoạt động, trong điều kiện nhiệt độ và áp suất hạ thấp thì đầu tiên lắng đọng sunfua trong các giai đoạn nhiệt dịch.

Căn cứ vào tài liệu thực nghiệm, sự di chuyển các hợp chất này trong nhiệt dịch có thể dưới dạng các hợp chất của kim loại nặng với Cl, F, B ... Khi nhiệt độ hạ thấp, sunfua hidro phân giải thành lưu hoàng và hidro, lúc đó sunfua là sản phẩm khó tan do phản ứng trao đổi tạo ra: $ZnCl_2 + H_2S = 2HCl + ZnS$

Ngoài ra còn gặp sunfua và các hợp chất tương tự tồn tại trong vật chất trầm tích chứa chất bùn, bitum hoặc chất than. Nó hình thành trong điều kiện khử và có mặt của sunfua hiđro.

Trong quá trình phong hóa, do có nước và oxi nên sunfua và hợp chất tương tự không ổn định bị oxi hóa thành oxit, hiđroxit, cacbonat và các muối khác tạo nên những tổ hợp cộng sinh rất đặc trưng. Trong quá trình làm giàu thứ sinh, một số sunfua bị hòa tan và một số sunfua khác được thành tạo làm giàu thêm các nguyên tố có ích.

10.1 LỚP I - SUNFUA ĐƠN GIẢN VÀ HỢP CHẤT TƯƠNG TỰ

1- Nhóm chancozin

Hợp chất của nhóm này có kiểu A_2X (A là các nguyên tố kim loại, X là lưu hoàng), khoáng vật chủ yếu là chancozin, nó có nhiều biến thể: ở nhiệt độ thấp, dưới 91° có α -chancozin thuộc tinh hệ thoi là biến thể vững bền trong điều kiện thường. Trên 91° có β -chancozin thuộc hệ sáu phương ứng đúng với công thức Cu_2S . Nhưng chúng không vững bền thường biến thành α -chancozin (hay digenit) thuộc hệ lập phương, kết tinh theo kiểu fluorin ứng với công thức $Cu_{2-x}S$ (trong đó $x = 0,2$). Trong tự nhiên chancozin thường gặp là một hỗn hợp của α -chancozin và β -chancozin.

Chancozin - Cu_2S

Thành phần hóa học: Cu – 79,86%, S – 20,14%, nói chung thường có chứa Ag. Có lúc còn chứa Fe, Co, Ni, As và Au dưới dạng hỗn hợp cơ học.

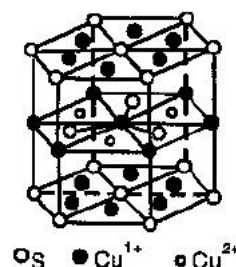
Tinh hệ: Biến thể nhiệt độ cao thuộc tinh hệ sáu phương. Dạng đối xứng thấp đôi sáu phương kép L_66L_27PC . Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P6/mmc$; $a_0 = 3,90 \text{ \AA}$; $c_0 = 6,69 \text{ \AA}$.

Biến thể nhiệt độ thấp thuộc tinh hệ thoi. Dạng đối xứng thấp đôi hệ thoi $3L_23PC$. Nhóm không gian $C_{2v}^{15} - Abm$; $a_0 = 11,92 \text{ \AA}$; $b_0 = 27,33 \text{ \AA}$; $c_0 = 13,44 \text{ \AA}$.

Kiến trúc tinh thể: Trong kiến trúc biến thể nhiệt độ cao (β -chancozin) ion lưu hoàng chôn gói ở trung tâm các tam giác của sáu phương còn đồng nằm ở trung tâm các tam giác của mỗi tầng, tức có phối trí 3 (H.10.2). Biến thể nhiệt độ thấp rất phức tạp ở đây không trình bày. *Hình dạng tinh thể:* Tinh thể đẹp rất ít gặp, dạng tấm hay lăng trụ ngắn sáu phương. Thường gặp nhất là khối hạt đặc xít.

Tính chất vật lý: Màu xám chì, vết vạch màu xám sẫm. Ánh kim. Độ cứng 2 - 3, hơi có tính kéo dài. Cát khai theo (110) không hoàn toàn. Tỷ trọng 5,5 - 5,8. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Chancozin có thể thành tạo trong các tác dụng nội sinh và cũng có thể thành tạo trong điều kiện ngoại sinh ở nhiệt độ dưới 105°C .



Hình 10.2 Kiến trúc tinh thể chancozin

Trong điều kiện nội sinh thường gặp trong quặng sunfua giàu đồng nhưng nghèo lưu hoàng, cộng sinh với chancopirit nội sinh.

Đại bộ phận chancozin đều thành tạo trong điều kiện ngoại sinh, chủ yếu gặp trong đới làm giàu thứ sinh của tất cả các khoáng sàng sunfua đồng. Quá trình xảy ra theo trình tự sau:

Sunfua đồng nguyên sinh bị oxi hóa thành sunfat đồng theo phản ứng:



Chancopirit nguyên sinh

Sunfat đồng trong dung dịch thấm lọc xuống dưới đới oxi hóa tác dụng với các sunfua nguyên sinh (có thể là chancopirit, pirit hoặc bocnit) tạo thành chancozin theo phản ứng:



Bocnit nguyên sinh chancozin covelin

Chancozin trong tự nhiên không vững bền dễ bị phá hủy để thành oxit hoặc Cu tự nhiên:



(phản ứng xảy ra trong điều kiện oxi hóa không hoàn toàn).

Đặc điểm nhận biết: Màu xám chì, độ cứng thấp, tính kéo dài, cộng sinh với các khoáng vật khác của đồng.

Ở Việt Nam, trong các mỏ đồng chancozin thấy trong đới làm giàu thứ sinh thường đi kèm với malachit và azurit ở Biển Động (Bắc Giang). Ở Nga có mỏ đồng nổi tiếng ở Tuarinxki (Uran). Ở Mỹ có mỏ Biut (Montana).

Công dụng: Là quặng quan trọng của đồng, là quặng sunfua giàu Cu nhất. Trong luyện kim màu đây là nguyên liệu chủ yếu để luyện đồng.

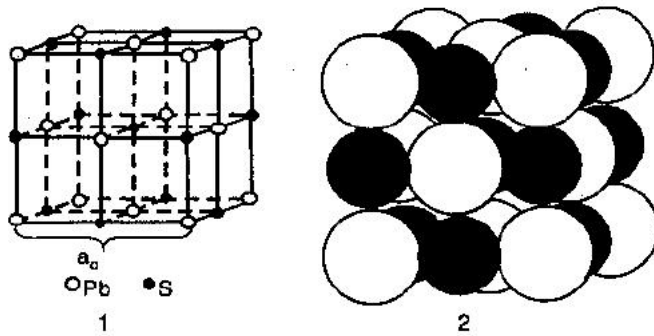
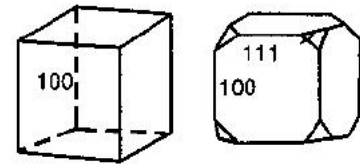
2. Nhóm galen

Các khoáng vật nhóm này thuộc kiểu hợp chất AX phổ biến nhất là galen.

Galen - PbS

Thành phần hóa học: Pb: 86,6%; S: 13,4%. Các nguyên tố khác lẫn vào thường gặp nhất là Ag, Cu, Zn; thứ yếu có Se, Bi, Fe, As, Sb, Mo. Nhiều trường hợp chúng lẫn vào dưới dạng hỗn hợp cơ học.

Tinh thể: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu: $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$. Nhóm không gian $O_h^5 - Fm3m$; $a_0 = 5,924 \text{ \AA}$. **Kiến trúc tinh thể:** Thuộc kiểu NaCl. Lưu hoàng chồng khít lập phương (H.10.3). **Hình dạng tinh thể:** thường có dạng lập phương đơn giản, có lúc thành tự hình của bát diện và lập phương (H.10.4). Thông thường chúng thành tập hợp hạt hoặc khối đặc xít.

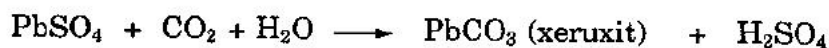
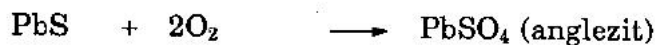
**Hình 10.3** Kiến trúc tinh thể của galen**Hình 10.4** Tinh thể galen

Tính chất vật lý: Màu xám chì, vết vạch đen xám. Ánh kim. Độ cứng 2 - 3, cắt khai theo {100} rất hoàn toàn. Thử có chứa Bi thì có tách khai theo {111}. Tỷ trọng 7,4 - 7,6. Dẫn điện yếu và có tính chất kiểm ba (lọc sóng) tốt.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Galen thành tạo trong khoáng sàng nhiệt dịch với điều kiện khác nhau về nhiệt độ và hoàn cảnh địa chất.

Trong nhiệt dịch nhiệt độ thấp và trung bình, khoáng sàng galen có giá trị công nghiệp lớn nhất. Galen thường cộng sinh với sfalerit, pirit, chancopirit, tetraedrit, v.v..

Trong điều kiện oxi hóa, galen không bền bị biến đổi thành anglezit và xeruxit:



Đặc điểm nhận biết: Cắt khai hoàn toàn theo lập phương, tỷ trọng nặng, hòa tan trong HNO_3 cho kết tủa sunfat chì màu trắng PbSO_4 .

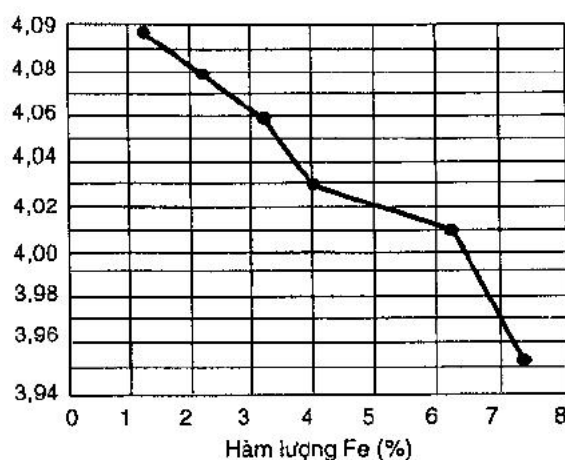
Ở Việt Nam galen gặp ở Chợ Điền, Tú Lệ (Yên Bái) và một số khoáng sàng chì kẽm khác. Trong các khoáng sàng chì kẽm, galen cộng sinh với sfalerit, pirit, chancopirit, thạch anh, canxit, v.v.. Ở Bồng Miêu (Quảng Nam) galen nằm trong mạch thạch anh cộng sinh với pirit và vàng. Ở Gia Bạc (Ninh Thuận) có những mạch chì bạc hàm lượng galen tới 83% và bạc chiếm tới 1,5kg trong 1 tấn quặng.

Liên bang Nga có khoáng sàng lớn nhất ở Antai, Capcadơ và các nước vùng Trung Á như Uzobekistan, Tatgikistan cũng có mỏ chì kẽm lớn.

Công dụng: Là quặng chì chủ yếu. Nếu chứa nhiều Ag thì có thể khai thác lấy Ag.

Sfalerit - ZnS

Thành phần hóa học: Zn: 67,1%; S: 32,9%. Trong thành phần của sfalerit thường chứa các nguyên tố phân tán như Cd, In, Ge, Tl; các nguyên tố Fe, Mn, Cu, Sn cũng hay gặp. Trong đó nguyên tố Fe có ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước của ô mạng, tỷ trọng (H.10.5) và màu sắc của sfalerit.

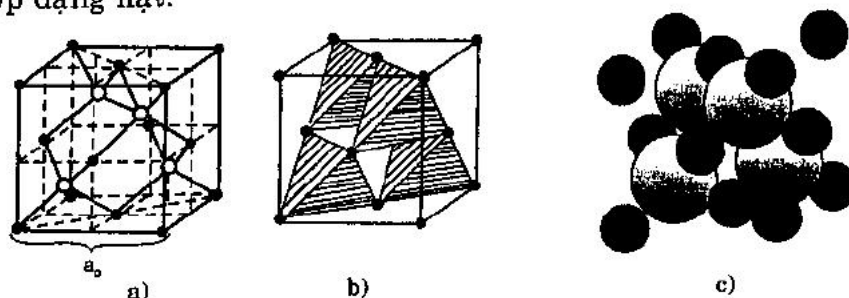


Hình 10.5 Sự phụ thuộc giữa hàm lượng Fe và tỷ trọng của sfalerit

Màu của sfalerit	không màu	màu nâu	nâu đen	màu đen
Hàm lượng Fe%	0,15	10,31	18,25	26,20
Kích thước ô mạng	5,423 Å	5,432 Å	5,442 Å	5,450 Å

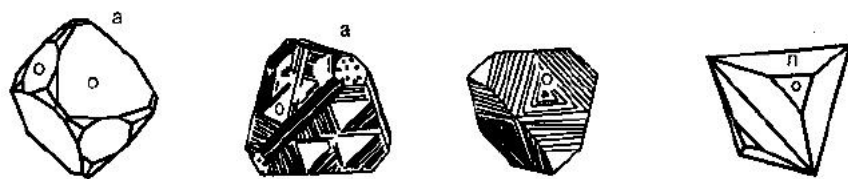
Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu: $3Li_44L_36P$. Nhóm không gian $T_d^2 - F43m$

Kiến trúc tinh thể: Lưu hoàng chồng khít lập phương, Zn điền vào một nửa hổng tứ diện và chiếm các đỉnh của ô mạng lập phương tâm mặt. S chiếm trung tâm một nửa lập phương nhỏ, đồng thời với một ion S nằm giữa 4 ion Zn với số phối trí 4, các tứ diện hướng về cùng một phương (H.10.6). Nếu đem hình vẽ kéo dài theo ba trục sẽ tạo ra ô mạng mà vị trí ion S giống hệt vị trí của Zn. Lúc đó số phối trí của ion Zn và S đều là 4. Khoảng cách Zn – S là 2,35. Trên cùng một mạng (110) số lượng ion S và Zn phân bố tương đương, nên mỗi liên kết trong mặt này tương đối mạnh hơn các phương hướng khác, nhưng mỗi liên kết giữa các mặt đó lại yếu nhất. Điều đó quyết định tính cắt khai hoàn toàn song song theo phương (110).
Hình dạng tinh thể: Tinh thể thường có dạng tứ diện (H.10.7). Trên tứ diện chính và tứ diện phụ ánh và hình xâm thực rõ ràng có sự khác nhau. Thường gặp nhất là những tập hợp dạng hạt.



Hình 10.6 Kiến trúc tinh thể của sfalerit

- Vị trí của các ion kẽm (chấm đen) và lưu hoàng (vòng trắng)
- Kiến trúc sfalerit biểu diễn theo các tứ diện, trung tâm tứ diện là ion S
- Cách xếp chồng khít theo các quả cầu



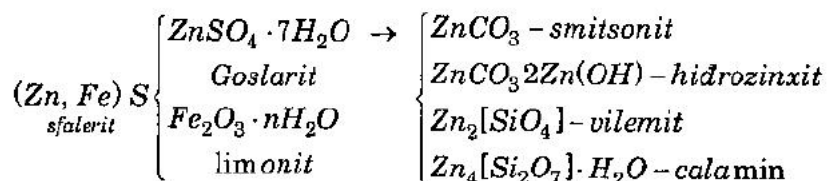
$o\{111\}$; $a\{100\}$; $n\{112\}$

Hình 10.7 Các tinh thể của sfalerit

Tính chất vật lý: Từ không màu đến vàng nhạt, màu nâu hung đến màu đen tùy theo hàm lượng Fe. Vết vạch từ trắng đến nâu. Ánh từ ánh nhựa đến ánh kim cương. Trong suốt đến nửa trong suốt. Cát khai theo (110) hoàn toàn. Tỷ trọng 3,9 - 4. Không dẫn điện.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Giống như nguồn gốc của galen. Thường cộng sinh với galen, chancopirit trong khoáng sàng nhiệt dịch. Trong môi trường trầm tích rất ít gặp sfalerit, đôi khi gặp chúng trong các vỉa than.

Trong điều kiện ngoại sinh, sfalerit bị biến đổi thành một loạt các khoáng vật theo sơ đồ sau:



Trong nguồn gốc nội sinh Pb và Zn cộng sinh với nhau rất mật thiết dưới dạng khoáng vật galen và sfalerit. Dưới tác dụng phong hóa, sfalerit bị oxi hóa thành sunfua kẽm dễ hòa tan trong nước trên mặt và trôi đi mất; còn galen sau khi bị phong hóa biến thành các khoáng vật sunfua chì, cacbonat chì, fotfat chì khó hòa tan và nằm tại chỗ. Do đó trong đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua chì kẽm, các khoáng vật thứ sinh của kẽm rất ít gặp; ngược lại khoáng vật thứ sinh của chì thì rất phong phú. Nói một cách khác, trong đới oxi hóa chì và kẽm tách rời nhau.

Đặc điểm nhận biết: Ánh nhựa hoặc ánh kim cương; cát khai hoàn toàn theo 12 mặt thoi, thường cộng sinh với galen.

Sfalerit ở Việt Nam thường gặp cộng sinh với pirit, galen; đôi khi cộng sinh với chancopirit và grinockit. Có nơi nó cộng sinh với cả thần sa, với quặng đồng xám và barit. Sfalerit ở Thanh Mọi, làng Ca màu lục sẫm; ở Phong Thổ, Chợ Điều có màu vàng lục; ở Lũng Đại gần thị xã Đông Hải có màu vàng nhạt đến đỏ giống như nhựa thông.

Các khoáng sàng lớn nhất trên thế giới thường gặp ở Nagôni (Ukraina), Psibram (Cộng hoà Sec); ở Bientan (Thụy Sĩ) có những tinh thể trong suốt nằm trong các tinh hốc rất đẹp.

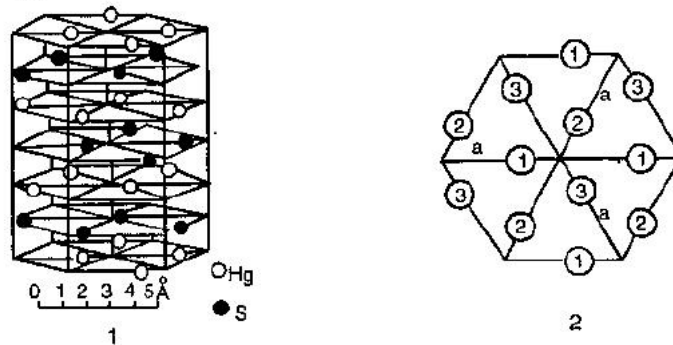
Công dụng: Quặng chính của kẽm. Có thể thu hồi Cd, In, Ga khi luyện kẽm. Những nguyên tố đó đều là nguyên liệu quan trọng trong công nghiệp hiện đại.

3- Nhóm thần sa

Khoáng vật nhóm này thuộc hợp chất kiểu AX chủ yếu là HgS. Nó có hai biến thể: lập phương và ba phương. Ở đây chúng ta chỉ học loại thần sa ba phương.

Thần sa - HgS, còn gọi là *cinaba*

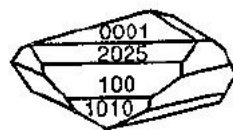
Thành phần hóa học: Hg: 86,2%, S: 13,8%. Có lúc chứa một lượng ít Se và rất ít Te dưới dạng hỗn hợp cơ học.



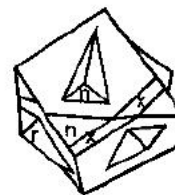
1- Kiến trúc tinh thể thần sa theo phối trí ion; 2- Hình chiếu của ion Hg trên mặt (0001)

Hình 10.8 Kiến trúc tinh thể của thần sa

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng khối mặt thang ba phương: L_33L_2 . Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P3_12$; $a_0 = 4,16 \text{ \AA}$; $c_0 = 9,54 \text{ \AA}$. **Kiến trúc tinh thể:** giống kiểu NaCl bị bóp méo đi. Hg và S đều có số phối trí 6. Do kiến trúc là biến hình của NaCl cho nên song song với trục C có một trục xoắn ốc bậc 3 xuất hiện. Dùng các ion Hg chiếu trên mặt (0001) ta thấy rõ điều đó: tất cả các ion không nằm ở đỉnh bằng một phần ba khoảng cách giữa các đỉnh (H.10.8). Cứ ba tầng chồng khít lại lập lại những vị trí cũ, nghĩa là thuộc kiểu chồng khít lập phương, trong mỗi tầng khoảng cách Hg - Hg bằng a , khoảng cách giữa các tầng bằng c . Nếu dịch chuyển ion S theo $1/3a$ thì kiến trúc thần sa trở lại kiến trúc của NaCl, lúc đó các ion Hg và S có phối trí giống hệt như ion Na và Cl nghĩa là đều bằng 6. **Hình dạng tinh thể:** Tinh thể có dạng tám nhỏ, dầy hoặc mặt thoi ba phương (H.10.9). Song tinh theo quy luật xuyên cầm (H.10.10). Tập hợp hạt, có lúc dạng khối đặc xít hoặc dạng màng mỏng.



Hình 10.9
Tinh thể thần sa



Hình 10.10 Song tin thần sa
 $r\{10\bar{1}1\}$; $n\{20\bar{2}1\}$; $x\{42\bar{6}3\}$

Tính chất vật lý: Màu đỏ. Vết vạch đỏ. Ánh kim cương. Độ cứng 2 - 2,5; cắt khai hoàn toàn song song với (1011). Tỷ trọng 8,09. Không dẫn điện (điểm này không giống với thần sa lập phương)

Nguồn gốc khoáng sàng: Thân sa là khoáng vật phổ biến nhất của Hg, hình thành trong điều kiện nhiệt dịch nhiệt độ thấp và lắng đọng trong môi trường kiềm, cộng sinh với antimonit, pirit, canxit. Đôi khi cộng sinh với thur hoàng và hùng hoàng.

Trong điều kiện ngoại sinh thân sa vững bền hơn một số sunfua khác nên có trong sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Màu đỏ, vết vạch đỏ. Tỷ trọng lớn. Độ cứng thấp.

Ở Việt Nam đã phát hiện nhiều vành phân tán Hg rộng lớn ở vùng Hoàng Bồ-Cẩm Phả (Quảng Ninh), ở đông bắc Thái Nguyên, ở Hà Giang v.v... Ở Liên bang Nga mỏ lớn nhất có ở Niketopka, bắc Donetsk. Mỏ nổi tiếng trên thế giới là Annamden (Tây Ban Nha), Idra (Nam Tư). Ở Vân Nam (Trung Quốc) thân sa thành những song tinh và tinh thể lớn trong các tinh hốc.

Công dụng: là quặng chính của Hg. Hg dùng trong công nghiệp và dụng cụ khoa học tương đối phổ biến. Hg còn dùng để lọc vàng, chế tạo các thuốc thử, ngòi nổ, v.v...

4- Nhóm pirotin

Khoáng vật nhóm này gồm những hợp chất của Fe, Co, Ni với S hoặc As, thuộc kiểu AX. Chủ yếu nhất là pirotin. Ngoài ra còn có penlandit cũng tương tự như pirotin.

Pirotin - Fe_{1-x}S

Thành phần hóa học: Pirotin so với FeS thì S nhiều hơn, có nghĩa là hàm lượng lưu hoàng không phải 36,4% mà tới 39 - 40%. Trong thành phần của nó $x = 0,1 - 0,2$. Các tạp chất Cu, Ni, Co và các nguyên tố khác.

Tinh thể: Sáu phương (khi $x = 0,113$ thì thành biến thể một xiên). Dạng đối xứng thấp đôi sáu phương kép: L_66L_27PC . Nhóm không gian $D_{6h}^4 - p6/mmc$, $a_0 = 3,44 \text{ \AA}$; $c_0 = 5,69 \text{ \AA}$. **Hình dạng tinh thể:** Thường thành dạng tấm, hiếm khi gấp lưỡng thấp và dạng trụ (H.10.11). Tinh thể của pirotin rất ít gặp, luôn luôn thành dạng khối đặc xít.



Hình 10.11 Tinh thể pirotin
 $c(0001)$; $u(2021)$

Tính chất vật lý: Màu vàng đồng, bề mặt do hiện tượng oxi hóa nên có sắc cầu vồng. Vết vạch màu đen. Ánh kim. Độ cứng 4. Dòn. Cát khai không hoàn toàn theo (1010). Có tách khai theo mặt đáy (0001). Tỷ trọng 4,58 - 4,70. Có từ tính mạnh. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thường thấy trong điều kiện nhiệt dịch nhiệt độ thấp đến trung bình. Nguồn gốc của nó không những chỉ do nhiệt độ quyết định mà còn tùy thuộc vào nồng độ của lưu hoàng trong dung dịch quyết định nữa. Nếu nồng độ của S^{2-} cao thì thường thành tạo sunfua kép (FeS_2). Nếu nồng độ hạ thấp thì thành tạo sunfua đơn (FeS). Pirotin hầu như chỉ phổ biến trong các khoáng sàng nội sinh:

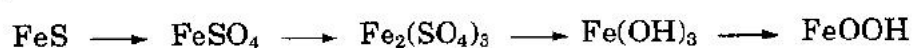
Trong đá macma bazơ nó là khoáng vật chính của khoáng sàng Cu – Ni, cùng cộng sinh với chancopirit và penlandit.

Trong khoáng sàng tiếp xúc trao đổi có khi tập trung một lượng pirotin rất lớn. Cộng sinh với nó có chancopirit, pirit, manhetit, sfalerit, acsenpirit.

Trong skacơ thành tạo vào giai đoạn cuối.

Trong khoáng sàng nhiệt dịch pirotin cộng sinh với penlandit, sfalerit, galen, chancopirit, caxiterit v.v...

Trong tự nhiên pirotin bị phá hủy và biến đổi thành các khoáng vật khác theo trình tự:



Đặc điểm nhận biết: Màu vàng đồng, có sắc loáng, từ tính mạnh, khó phân giải trong HNO_3 và HCl .

Ở Việt Nam gặp pirotin thành khoáng vật phụ cộng sinh với khoáng vật sunfua khác. Ở Quần Bạ (Hà Giang) pirotin cộng sinh với chancopirit, malachit, pirit, thạch anh. Ở Thanh Sơn (Vĩnh Phú) gặp pirotin cộng sinh với sfalerit, galen, pirit, macazit. Ở Bắc Thái, vùng sông Đà, Nghệ An rải rác đều có gặp pirotin. Ở Quý Hợp (Nghệ An) có nhiều mạch và thấu kính chứa pirotin đi cùng penlandit đặc xít.

Các khoáng sàng lớn trên thế giới là Satberi (Canada), Bucven (Phi Châu) ở Uran (Liên bang Nga).

Công dụng: Dùng làm nguyên liệu cho kỹ nghệ điều chế axit sunfuaric, nhưng ý nghĩa của nó không lớn như của pirit.

Penlandit - $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$

Thành phần hóa học: Thành phần không cố định. Tỷ lệ Fe : Ni gần bằng 1 : 1. Thành phần lý thuyết: Fe – 32,55%; Ni – 34,22%; S – 33,23%. Thường hỗn hợp cơ học với Co, tới 3%. Có khi cả với Fe, Te.

Tinh thể: Lập phương, dạng đối xứng tám mặt sáu $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian $O_h^5 - Fm3m$ Å; $a_0 = 10,17$ Å. **Hình dạng tinh thể:** Những tinh thể hoàn chỉnh trong tự nhiên chưa gặp, thường gặp tản mạn trong quặng pirotin của khoáng sàng macma thành những hạt nhỏ méo mó.

Tính chất vật lý: Màu vàng đồng đều, vết vạch màu đen lục. Ánh kim. Độ cứng 3 - 4. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo bát diện {111}. Tỷ trọng 4,5 - 5. Không có từ tính. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Penlandit hầu như luôn luôn cộng sinh với pirotin, chancopirit trong khoáng sàng sunfua Cu – Ni, có liên quan với macma bazơ và siêu bazơ. Ngoài ra còn thấy cộng sinh với một ít manhetit, các khoáng vật nhóm bạch kim.

Trong đới oxi hóa, penlandit bị phá hủy thành tạo những sunfat dễ hòa tan trong nước như $\text{NiSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ và $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Khoáng sàng lớn là Satberi (Canada). Thế quặng thành mạng nằm trong các khối macma bazơ gồm các đá norit, gabro, v.v... và thấy cả trong phức hệ đá biến chất xung quanh.

Đặc điểm nhận biết: Dễ nhầm với pirotin, phân biệt nhờ không có từ tính. Cho hòa tan trong HNO_3 , rồi nhỏ vào dung dịch NH_4OH cho ta oxit Fe màu nâu kết tủa, nhỏ dimetin glioxim cho dung dịch màu hồng (phản ứng Ni).

Công dụng: Là quặng quan trọng của Ni; có thể lấy một ít Co, Cu, các kim loại nhóm bạch kim.

5- Nhóm antimonit

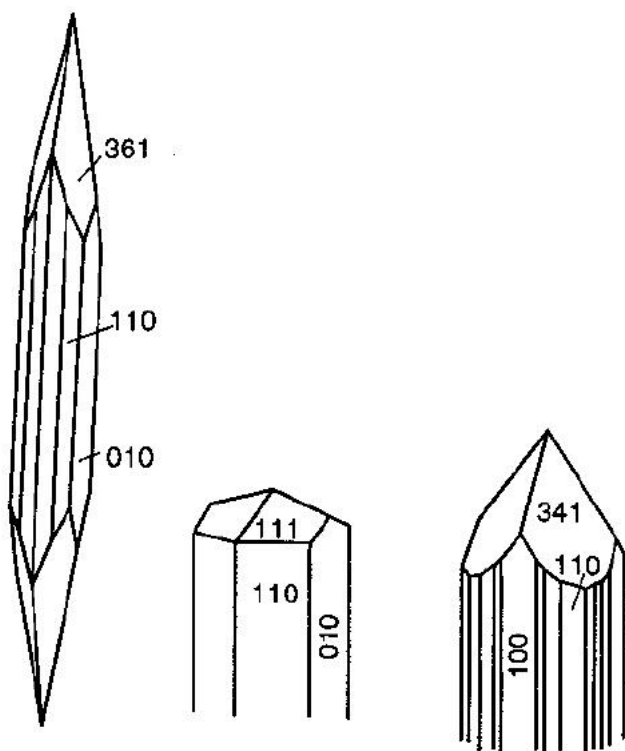
Các hợp chất nhóm này thuộc loại A_2X_3 . Chủ yếu gồm các antimonit và bismutin. Tinh hệ thoi, kiến trúc dạng mạch.

Antimonit - Sb_2S_3

Thành phần hóa học: Sb – 71,4%; S – 28,6%. Có chứa một ít As, Bi, Pb, Fe, Cu. Có lúc chứa cả Au và Ag. Đại bộ phận tồn tại dưới dạng hỗn hợp cơ học.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng thấp đôi hệ thoi: $3L_23PC$. Nhóm không gian $D_{2h}^{18} - Pnma$; $a_0 = 11,20 \text{ \AA}$; $b_0 = 11,28 \text{ \AA}$; $c_0 = 3,83 \text{ \AA}$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể thường kéo dài theo trục C thành dạng hình trụ, hình kim, trên mặt tinh thể có nhiều khía dọc song song. Thường gặp nhất là các đơn hình $\{110\}$, $\{010\}$ (H.10.12). Tập hợp có dạng khối đặc xít hay hình que phóng tỏa (H.10.13).



Hình 10.12 Các tinh thể antimonit



Hình 10.13 Tinh đám antimonit

Tính chất vật lý: màu và màu vết vạch đều xám. Tinh thể thường có sắc xanh. Ánh kim. Độ cứng 2 - 2,5. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo phương song song với {010}. Trên mặt cát khai có vết ngang của song tinh tụ phiến. Tỷ trọng 4,6.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Antimonit là khoáng vật phổ biến nhất của Sb. Chủ yếu gặp trong khoáng sàng nhiệt dịch nhiệt độ thấp. Ngoài các mạch thạch anh-antimonit còn thấy trong nhiều khoáng sàng thủy ngân-antimon. Các khoáng vật cộng sinh có thạch anh, fluorin, barit, canxit và khoáng vật quặng có thân sa, thur hoàng, hùng hoàng.

Trong đới oxi hóa, antimonit dễ hòa tan biến thành các loại oxit Sb màu vàng như valentinit, xecvantit, xenacmontit, v.v...

Đặc điểm nhận biết: Tinh thể dạng trụ. Đối với khối hạt đặc xít giở một giọt KOH lập tức cho ta dung dịch màu vàng sau đó biến thành đỏ da cam. Dung phản ứng màu có thể phân biệt được với bismutin.

Ở Việt Nam, các mạch antimonit thấy ở vùng mỏ Khe Chim (Quảng Ninh), mỏ Yên Minh (Hà Giang), ở Làng Kiên, Làng Ngọc (Thanh Hóa), Chiêm Hóa (Tuyên Quang), Tà Soi (Nghệ An), vùng Cát Tiên (Lâm Đồng). Ngoài ra còn gặp các mỏ kiểu antimon đi với thân sa như ở Yên Vệ (Ninh Bình), Vàng Pục (Lạng sơn). Thường cũng hay gặp quặng antimon đi với vàng.

Liên bang Nga có mỏ antimonit lớn ở Radôninhxki (Krasnoiac). Nhật Bản có mỏ Isinokawa. Vùng Vân Nam (Trung Quốc) cũng có những khoáng sàng lớn kiểu thạch anh - antimonit.

Công dụng: Là nguyên liệu chủ yếu để lấy Sb. Sb dùng để chế hợp kim chống mòn và đúc chữ in.

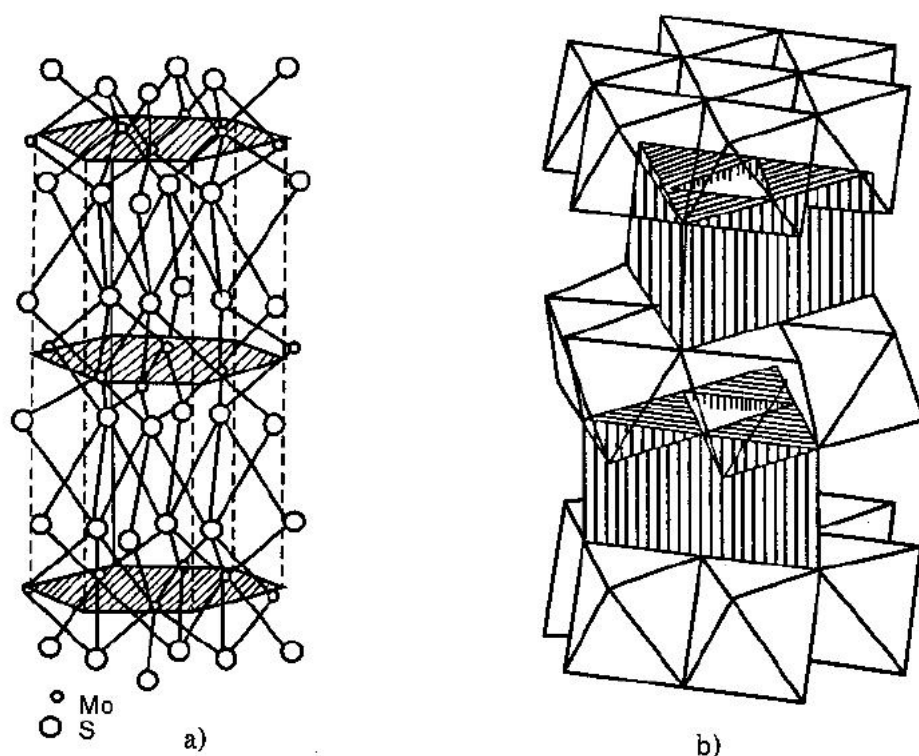
6. Nhóm molipđenit

Nhóm này gồm các hợp chất của ion dương hóa trị 4 với S thuộc kiểu AX_2 . Khoáng vật thuộc nhóm này có kiến trúc lớp tiêu chuẩn. Tinh hệ sáu phương.

Molipđenit - MoS_2

Thành phần hóa học: Mo - 60%; S - 40%. Thường có đồng hình của Re. Các nguyên tố khác rất ít gặp. Hàm lượng của Re có thể tới 0,33%.

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương kép L_66L_27PC . Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P6/mmc$; $a_0 = 3,16 \text{ \AA}$; $c_0 = 12,32 \text{ \AA}$. *Kiến trúc tinh thể:* Trong kiến trúc lớp của molipđenit, Mo tạo thành mặt mạng nằm kẹp giữa hai lớp do S tạo thành song song với mặt đáy (0001). Cả ba lớp này tạo thành một tầng. Trong mỗi tầng liên kết rất chặt chẽ còn giữa các tầng thì liên kết yếu ớt do đó song song với (0001) cát khai rất hoàn toàn. Mo có số phối trí 6 nhưng lại không nằm trong bát diện mà nằm trong các lăng trụ tam giác do lưu hoàng tạo nên (H.10.14).



Hình 10.14 Kiến trúc tinh thể molipdenit

a) Biểu diễn theo phối trí ion (các lớp chứa ion Mo có gạch chéo)

b) Biểu diễn theo phối trí đa diện

Hình dạng tinh thể: tinh thể có dạng tấm lục giác nhưng thường không được nguyên vẹn. Trên mặt (0001) thường có vết khía. Thường thấy xuất hiện dạng vảy mỏng.

Tính chất vật lý: Màu xám chì. Vết vạch màu đen xám hơi có sắc lục. Ánh kim. Độ cứng 1. Cát khai song song với (0001) rất hoàn toàn. Phiến mỏng có tính dẻo. Tỷ trọng 4,7 - 5,0.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là khoáng vật phổ biến nhất của molipđen nhưng ít khi thấy tập trung thành khối lớn.

Khoáng sàng molipdenit có liên quan với các đá xâm nhập axit. Khoáng sàng quan trọng thấy trong nhiệt dịch nhiệt độ cao và trung bình. Đặc biệt là trong những mạch thạch anh - molipđen. Khoáng vật cộng sinh tương đối đơn giản; trừ một số ít pirit tản mạn, các khoáng vật sunfua khác rất ít khi gặp.

Trong khoáng sàng skacơ, molipdenit cộng sinh với thạch anh, sielit, chancopirit, pirit, v.v ...

Trong điều kiện ngoại sinh thường gặp povelit (CaMoO_4) giả hình theo molipdenit.

Đặc điểm nhận biết: Màu xám chì. Ánh kim mạnh. Độ cứng thấp. Cát khai theo mặt đáy hoàn toàn. Phân biệt với grafit nhờ tính không dẫn điện và các tấm tách ra rất dẻo.

Ở Việt Nam gặp molipdenit trong mạch thạch anh-molipdenit ở vùng Núi Sam (An Giang). Ở Hòn Sạn, Hòn Rồng (Khánh Hoà) molipdenit cộng sinh trong mạch nhiệt dịch cùng với các sunfua khác. Molipdenit còn gặp ở Hồ Đá Bạc, Krông Pha (Ninh Thuận) trong các mạch thạch anh - fenpat hoặc ổ xâm tán dạng vẩy nhỏ. Cộng sinh với molipdenit có khoáng vật đất hiếm và phóng xạ như octit, thorit, monazit, uraninit, vàng và các sunfua kim loại khác. Nằm bên sườn phía đông dãy Fanxipan có những mạch thạch anh - molipdenit hoặc fenpat - thạch anh - molipdenit chứa pirit, chancopirit, bocnit, vonframit.

Khoáng sàng molipdenit lớn nhất ở Klaimec (Mỹ) chiếm khoảng 55 - 60% molipdenit khai thác trên thế giới.

Ở Nga molipdenit có ở Capcadơ, Đông Xibia và Viễn Đông.

Công dụng: Là quặng chủ yếu của Mo. Mo có thể dùng để chế các hợp kim cứng. Molipdenit là nguyên liệu quan trọng để lấy Re.

7- Nhóm covelin

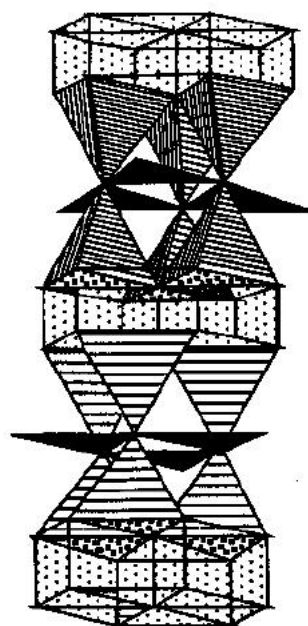
Các khoáng vật nhóm này thuộc kiểu hợp chất AX nhưng ion âm và dương đều có hai loại có hóa trị khác nhau. Ví dụ, covelin (CuS) nên viết là $\text{Cu}_2\text{S}.\text{CuS}_2$ tức là Cu có Cu^{1+} và Cu^{2+} , S có S^{2-} và S_2^{2-} .

Covelin - CuS ($\text{Cu}_2\text{S}.\text{CuS}_2$)

Thành phần hóa học: Cu - 66,5%; S - 33,5%. Ngoài ra có hỗn hợp cơ giới của Fe, một ít Se, Ag, và Pb.

Tinh thể: Sáu phương. Dạng đối xứng thấp đôi sáu phương kép: L_66L_27PC . Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P6/mmc$; $a_0 = 3,80 \text{ \AA}$; $c_0 = 16,32 \text{ \AA}$. **Kiến trúc tinh thể:** Covelin có kiến trúc sáu phương dạng lớp phức tạp. Căn cứ vào tài liệu thực nghiệm, tỷ số giữa ion đồng và lưu hoàng là 1:1. Nhưng đồng và lưu hoàng đều có hai loại hóa trị. Cu^{2+} nằm giữa các tam giác đều do S_2^{2-} cấu thành, vì vậy Cu^{2+} có số phối trí 3, các tam giác này liên kết nhau qua các đỉnh tạo thành lớp và thẳng góc với trục xoắn ốc bậc 6. Cu^{1+} nằm ở trung tâm các tứ diện, số phối trí bằng 4. Bốn đỉnh của tứ diện do ion S^{2-} và 3 cặp ion $[\text{S}_2^{2-}]$ chiếm tạo thành dạng lớp phức tạp (H.10.15).

Covelin cắt khai hoàn toàn theo (0001), có tính chất quang học rất đặc biệt, khi đun nóng, một bộ phận lưu hoàng thăng hoa. Những tính chất đó đều do kiến trúc của nó trực tiếp ảnh hưởng.

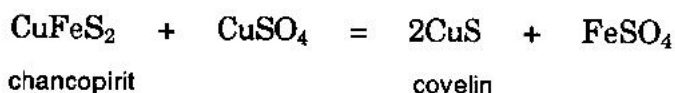


Hình 10.15 Kiến trúc tinh thể covelin theo N. V. Bielov

Hình dạng tinh thể: tinh thể rất ít gặp. Có dạng tấm mỏng, nhỏ sáu phương. Thường gặp nhất là dạng bột và màng mỏng.

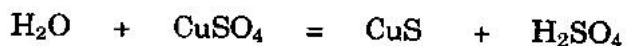
Tính chất vật lý: Màu xanh chàm đến xanh đen. Vết vạch đen. Ánh kim (nếu là tinh thể). Thường khối bột chỉ có ánh đất. Độ cứng mềm 1,5 - 2. Dòn. Cát khai theo (0001) hoàn toàn. Tỷ trọng 4,59 - 4,67.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Covelin chủ yếu gặp trong điều kiện ngoại sinh. Đó là khoáng vật thường gặp nhất trong đới làm giàu thứ sinh của khoáng sàng sunfua đồng. Sự thành tạo covelin tương tự như chancozin, chỉ khác là quá trình covelin hóa tiến hành trong điều kiện oxi hóa hoàn toàn hơn.

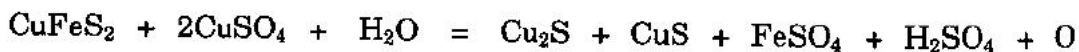


Bocnit, sfalerit, galen nguyên sinh gặp dung dịch CuSO_4 đều có thể thành tạo covelin.

Trong tác dụng nhiệt dịch rất ít thấy covelin. Trong dung nham núi lửa có phát hiện thấy; nó là sản phẩm của sự phun khí có chứa lưu hoàng. Phản ứng tiến hành như sau:



Trong đới làm giàu thứ sinh tổ hợp cộng sinh của covelin với chancozin rất điển hình. Cả hai khoáng vật trên được thành tạo theo phản ứng:



Trong đới oxi hóa covelin cộng sinh với cuprit. Chúng được tạo thành do phản ứng oxi hóa chancozin:



Covelin có thể biến thành chancozin, còn trong điều kiện oxi hóa nó dễ bị hòa tan thành chancantit ($\text{Cu}[\text{SO}_4] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) và chuyển thành oxit đồng.

Đặc điểm nhận biết: Màu xanh chàm, độ cứng thấp, đi kèm theo các sunfua Cu và các khoáng vật cộng sinh khác.

Ở Việt Nam, covelin thấy ở vùng Đá Chông cùng cộng sinh với chancopirit, ở Piaoac thấy những tinh thể chancopirit đang biến đổi dần dần thành covelin.

Tinh thể covelin do Coveli. N (1790 - 1829) mô tả đầu tiên ở Vêduvơ (Ý) trong các sản phẩm núi lửa.

Công dụng: Covelin không thành khoáng sàng độc lập; nó cùng với chancozin tạo thành quặng đồng chủ yếu.

8- Nhóm thư hoàng

Các khoáng vật nhóm thư hoàng có kiến trúc lớp. Ngoài thư hoàng còn có hùng hoàng. Về thành phần, tính chất và nguồn gốc gần tương tự nhau.

Thư hoàng - As_2S_3 , còn gọi là ocpimen

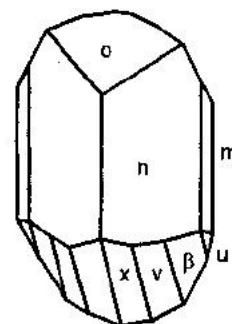
Thành phần hóa học: As - 61%, S - 39%. Có lúc chứa một lượng ít Hg.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ: L_2PC . Nhóm không gian $C_{2h}^5 - P2_1/2$; $a_0 = 11,46 \text{ \AA}$; $b_0 = 9,59 \text{ \AA}$; $c_0 = 4,24 \text{ \AA}$; $\beta = 90^\circ 27'$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể có dạng trụ ngắn (H.10.16). Tập hợp dạng phiến, phóng tỏa với cấu tạo thên, dạng hình cầu.

Tính chất vật lý: Màu vàng chanh. Độ cứng 1 - 2. Cát khai theo (010) rất hoàn toàn, phiến mỏng dẻo. Tỷ trọng 3,4 - 3,5.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thư hoàng chủ yếu thấy trong khoáng sàng nhiệt dịch nhiệt độ thấp cộng sinh với hùng hoàng, antimonit macazit, aragonit, thạch anh, v.v... Ngoài ra còn thấy thư hoàng trong sản phẩm thăng hoa của núi lửa, cộng sinh với lưu hoàng tự nhiên, các clorua.



$o\{301\}$, $u\{210\}$, $m\{110\}$,
 $x\{3\bar{1}1\}$, $v\{321\}$, $\beta\{12.94\}$, $u\{33\bar{1}\}$

Hình 10.16 Tinh thể thư hoàng

Trong điều kiện ngoại sinh gặp trong các khoáng sàng than và limonit là sản phẩm của H_2S tác dụng với acsen trong dung dịch.

Đặc điểm nhận biết: Màu vàng chanh, độ cứng thấp. Phân biệt với lưu hoàng nhờ có cát khai rất hoàn toàn theo (010). Ánh kim cương.

Công dụng: Dùng làm quặng của acsen, điều chế As_2O_3 và dùng làm màu vàng. Acsen là một chất độc. Mặc dầu đã có công ước quốc tế cấm chế tạo sử dụng vũ khí hóa học nhưng một số nước bất chấp, đã dùng acsen để chế các loại chất độc hóa học sử dụng trong chiến tranh xâm lược, gây ra tội ác dã man nhất trong lịch sử nhân loại.

Hùng hoàng - AsS , còn gọi là reanga

Thành phần hóa học: As - 70,1%; S - 29,9%.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ: L_2PC . Nhóm không gian

$C_{2h}^6 - P2_1/n$; $a_0 = 9,27 \text{ \AA}$; $b_0 = 13,50 \text{ \AA}$; $c_0 = 6,56 \text{ \AA}$; $\beta = 106^\circ 33'$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể thường rất nhỏ, có dạng trụ. Nói chung thường gặp khối đặc xít hoặc khối đất.

Tính chất vật lý: Màu đỏ quít. Vết vạch màu đỏ quít nhạt. Trên mặt tinh thể có ánh kim cương. Độ cứng 1,5 - 2. Cát khai song song với (010) và (120) hoàn toàn. Tỷ trọng 3,4 - 3,6. Khi ánh sáng tác dụng lâu bị phá hủy và biến đổi màu thành bột màu đỏ cam.

Nguồn gốc khoáng sàng: Điều kiện hình thành hoàn toàn giống thư hoàng và thường cộng sinh với thư hoàng. Điểm khác với thư hoàng là hùng hoàng không tồn tại trên mặt đất vì khi ánh sáng chiếu vào thì bị phá hủy.

Đặc điểm nhận biết: Màu đỏ quít. Độ cứng thấp, thường cộng sinh với thư hoàng. Phản ứng ống thổi phát sinh mùi tỏi, bốc khói As_2O_3 màu trắng.

Công dụng: Dùng làm quặng As, AsS có thể dùng làm màu, dùng trong công nghiệp thủy tinh.

9- Nhóm pirit

Những khoáng vật nhóm pirit thuộc loại hợp chất AX_2 . Trong đó A là Fe, Co, Ni, Mn, Pt và Ru. Còn X_2 là S_2 , As_2 , Se_2 , AsS và SbS . Kiến trúc tinh thể có các ion âm hình quả tạ (quả cầu kép), thuộc kiểu kiến trúc muối mỏ. Các ion âm hình quả tạ tương đương với ion Cl^- và trong kiến trúc là S_2^{2-} , As_2^{2-} , $(\text{As} - \text{S})^{2-}$ hoặc $(\text{Sb} - \text{S})^{2-}$. Do đặc điểm và kiến trúc đó nó quyết định một số tính chất đặc trưng của các khoáng vật nhóm pirit: Độ cứng cao, nói chung từ 5 - 6,5 (có loại độ cứng lên tới 7 - 8). Bản thân các ion âm liên kết với nhau bởi mỗi liên kết cộng hóa trị rất chặt chẽ làm cho khoảng cách giữa chúng thu nhỏ lại. Ví dụ, khoảng cách S - S là 2,05 Å, trong lúc đó khoảng cách hai lần bán kính của lưu hoàng là 3,50 Å. Do đó làm cho khoảng cách giữa các ion dương của kim loại và các cặp ion âm cũng rút ngắn lại, mật độ vật chất trong ô mạng cao hơn.

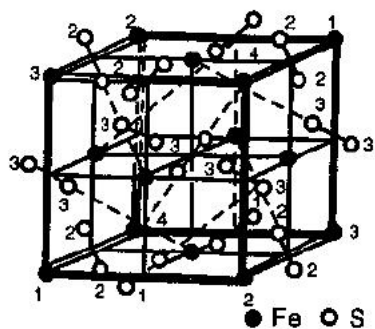
Pirit - FeS_2

Thành phần hóa học: Fe - 46,6%; S - 53,4%. Trong thành phần của nó có Co và Ni thành hỗn hợp đồng hình; còn As có thể tới 2,70%.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng, khối 12 mặt: $4L_33L_23PC$. Nhóm không gian $T_h^6 - Pa3$; $a_0 = 5,4006 \text{ Å}$. **Kiến trúc tinh thể:** Hoàn toàn giống kiến trúc của NaCl. Chỉ khác là ion Fe^{2+} thay cho Na^+ , những cặp ion S_2^{2-} hình quả tạ thay thế cho Cl^- . Trục của các cặp ion S_2^{2-} trùng với phương đường chéo của lập phương con (H.10.17).

Nguồn gốc và khoáng sàng: Pirit là khoáng vật sunfua phổ biến nhất trong vỏ Trái Đất, gặp trong nhiều loại đá và quặng. Nó được hình thành trong nhiều hoàn cảnh địa chất khác nhau.

Trong macma chúng là khoáng vật phụ thành những hạt tản mạn hoặc xuất hiện trong các khoáng sàng trao đổi biến chất (trong skacơ) và khoáng sàng manhetit.



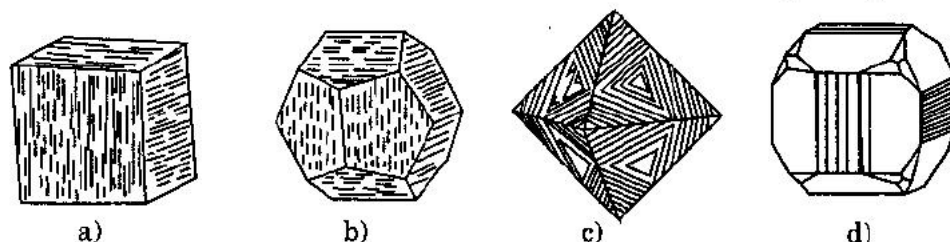
Hình 10.17 Kiến trúc tinh thể của pirit

Quan trọng nhất là các khoáng sàng nhiệt dịch của pirit, tập trung thành những khoáng sàng lớn và kèm theo có các khoáng vật của nhánh oxit, sunfua và nhánh nguyên tố tự nhiên.

Trong trầm tích gặp thành những kết hạch. Sự xuất hiện những kết hạch đó có liên quan với sự phá hủy các cơ thể sinh vật trong điều kiện khử oxi.

Trong đới oxi hóa, pirit bị phá hủy thành khoáng vật hidroxit Fe và sunfat Fe.

Đặc điểm nhận biết: Màu vàng đồng, tinh thể lập phương hay 12 mặt ngũ giác, các vết khía trên mặt tinh thể. Độ cứng cao. Những dấu hiệu đó có thể giúp để phân biệt với các khoáng vật trong tự nhiên như macazit, chancopirit, pirotin.



Hình 10.18 Các tinh thể pirit

a) Lập phương; b) 12 mặt ngũ giác; c) Bát diện
d) Tụ hình của bát diện, 12 mặt ngũ giác và lập phương

Mỏ pirit ở Việt Nam được biết đến khá lâu. Mỏ Giáp Lai (Phú Thọ) đã được khai thác từ những năm 60 của thế kỷ trước. Pirit còn tập trung ở các mỏ Đồi Trinh, Minh Quang (Hà Tây), Kim Bôi (Hòa Bình), Nam Đông (Thừa Thiên - Huế). Ở mỏ Nam Đông khoáng hóa pirit trong các mạch pirit - thạch anh, trong các đai mạch diabaz; khoáng hóa pirit - pirotin dạng skacơ. Tổ hợp khoáng vật quặng gồm pirit, pirotin, acsenopirit, vàng,...

Nga có nhiều mỏ pirit lớn ở vùng Uran, Tây Ban Nha có những mỏ pirit nổi tiếng ở vùng Guenva, Riotinto.

Công dụng: là nguyên liệu chủ yếu để điều chế axit sunfuaric trong công nghiệp. Có lúc còn có thể lấy Se, Ga và các nguyên tố phân tán khác.

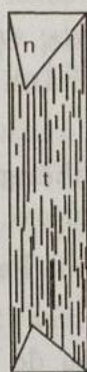
Acsenpirit - FeAsS

Thành phần hóa học: Fe - 34,3%; As - 46,0%; S - 19,7%.

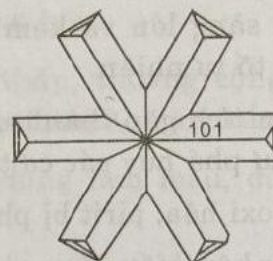
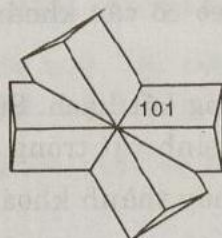
Thường có chứa Co dưới dạng hỗn hợp đồng hình, hàm lượng có thể đạt tới 3%. Acsenpirit chứa Co gọi là acsenpirit coban. Ngoài ra còn thấy các nguyên tố Ag, Au, Cu, Pb, Bi và Sb dưới dạng hỗn hợp cơ học.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng: L_2PC . Nhóm không gian $C_{2h}^5 - P2_1/C$;
 $a_0 = 9,58 \text{ \AA}$; $b_0 = 5,69 \text{ \AA}$; $c_0 = 6,42 \text{ \AA}$; $\beta = 90^\circ$.

Hình dạng tinh thể: Thường có tinh thể lăng trụ hoàn chỉnh. Trên mặt tinh thể có vết khía song song với trục c (H.10.19). Có khi còn thấy song tinh xuyên cắt hình chữ thập (H.10.20). Tập hợp thường là khối đặc xít hay tập hợp hình que (H.10.21).

**Hình 10.19**

Tinh thể acsenpirit $n(101); t\{230\}$

**Hình 10.20**

Song tinh và tam tinh acsenpirit

Tính chất vật lý: Màu trắng thiếc, trên mặt thường có sắc loáng màu xanh. Vết vạch đen. Ánh kim. Độ cứng 5,5 - 6. Dòn. Cát khai song song với (101) rõ, song song với (001) không hoàn toàn. Tỷ trọng 4,9 - 6,2. Đập búa vào ngửi có mùi tỏi.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Acsenpirit là khoáng vật phổ biến nhất của acsen nguồn gốc nguyên sinh trong khoáng sàng kim loại.

Giới hạn nhiệt độ thành tạo rất rộng từ nhiệt độ cao đến nhiệt độ thấp nhưng đại bộ phận acsenpirit tập trung trong khoáng sàng nhiệt độ cao đến nhiệt độ trung bình. Ở nhiệt độ cao acsenpirit thường cộng sinh với quặng thiếc, vonfram trong mạch thạch anh, ngoài ra còn cộng sinh với fenpat, mica, tuamalin, v.v...

Trong đới oxi hóa, acsenpirit bị phá hủy tạo thành những khoáng vật thứ sinh như scorodit.

Đặc điểm nhận biết: Màu trắng thiếc, độ cứng cao, đập búa có mùi tỏi.

Ở Việt Nam gặp acsenpirit ở Phia Oắc, vùng thung lũng sông Lô và ở Ngân Sơn. Trong mỏ vàng Trà Năng, acsenpirit là khoáng vật đi kèm rất phổ biến.

Ở Liên bang Nga khoáng sàng acsenpirit lớn nhất nằm ở Uran, Đông Xibia (khoáng sàng Đaraxun).

Công dụng: Là quặng chính của acsen, là nguyên liệu để chế các hợp chất của As.

**Hình 10.21 Acsenopirit**

10.2 LỚP II - SUNFUA PHỨC TẠP VÀ SUNFÔ MUỐI

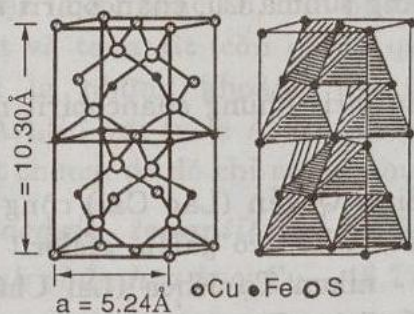
1. Nhóm chancopirit

Nhóm này bao gồm các khoáng vật là các hợp chất sunfua phức tạp của Cu, Fe và Sn. Kiến trúc tinh thể giống hai ô mạng cơ sở của sfalerit chồng lên nhau tạo thành ô mạng cơ sở thuộc tinh hệ bốn phương.

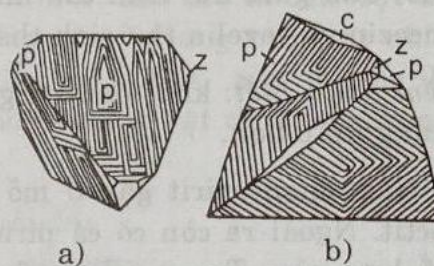
Chancopirit - CuFeS_2

Thành phần hóa học: Cu – 34,56%; Fe – 30,52%; S – 34,92%. Thường còn chứa hỗn hợp cơ học của Ag, Au, TI, Se, Te, v.v....

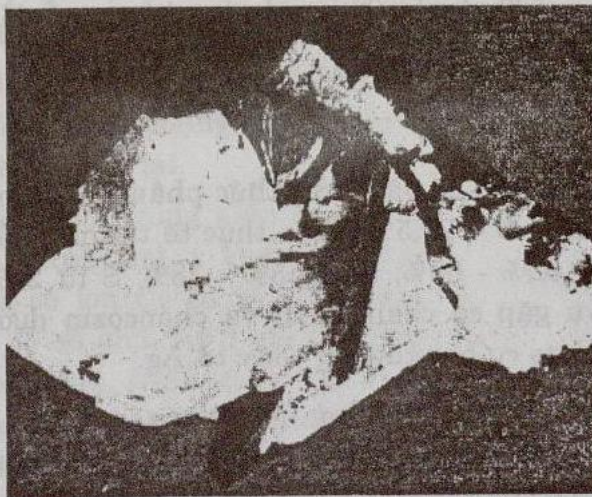
Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng khối tam giác lệch bốn phương $L_{i4} 2L_2 2P$. Nhóm không gian $D_{2d}^{12} - I42d_0$; $a_0 = 5,24 \text{ \AA}$; $c_0 = 10,30 \text{ \AA}$. *Kiến trúc tinh thể:* Giống hai ô mạng của sfalerit, mỗi ion lưu hoàng trong kiến trúc bị bốn ion kim loại nằm ở đỉnh tứ diện vây quanh (hai ion sắt, hai ion đồng) (H.10.22). Mỗi ion kim loại bị bốn ion lưu hoàng vây quanh. *Hình dạng tinh thể:* Tinh thể ít gặp. Nếu có tinh thể thì có dạng tứ diện bốn phương (H.10.23, 10.24). Song tinh thường gặp theo (112). Tập hợp thường gặp là tập hợp khối hạt đặc xít.



Hình 10.22 Kiến trúc tinh thể của chancopirit



Hình 10.23 Tinh thể (a) và song tinh (b) chancopirit $\{111\}$, $z\{011\}$, $c\{001\}$



Hình 10.24 Tinh thể chancopirit

Tính chất vật lý: Màu vàng đồng, nhưng thường xuất hiện những đốm màu vàng nâu, vàng sẫm. Vết vạch có màu đen lục. Ánh kim. Độ cứng 3 - 4. Dòn. Cát khai theo (101) không hoàn toàn. Tỷ trọng 4,1 - 4,3. Có tính dẫn điện.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Chancopirit có thể thành tạo trong những điều kiện khác nhau.

Sự bố trí các trung tâm nguyên tử Cu, Fe và S (hình trái) cùng kiến trúc đó biểu diễn bằng tứ diện (hình phải)

Thường gặp trong khoáng sàng macma của sunfua Cu, Ni, có liên quan với các đá bazơ. Cộng sinh với piroxen, sfalerit, galen, thạch anh, canxit, v.v..

Trong điều kiện ngoại sinh, thỉnh thoảng cũng gặp trong đá trầm tích. Nó là sản phẩm có tác dụng lẫn nhau giữa sunfua hiđro do phá hủy các chất hữu cơ với những dung dịch nước có chứa Cu.

Chancopirit trong tác dụng phong hóa, biến thành sunfat Cu dễ hòa tan trong nước. Dung dịch sunfat Cu tác dụng với dung dịch cacbonat có thể hình thành malachit, azurit. Nếu trong dung dịch chứa silic thì tạo thành crizocon.

Trong đới làm giàu thứ sinh của khoáng sàng sunfua Cu, chancopirit thường bị bocnit, chancozin và covelin thứ sinh thay thế.

Đặc điểm nhận biết: khối đặc xít giống như pirit nhưng chancopirit màu vàng hơn và độ cứng thấp hơn.

Ở Việt Nam chancopirit gặp ở mỏ đồng Sinh Quyền (Lào Cai) cộng sinh với manhetit, octit. Ngoài ra còn có cả pirit, pirotin, ít hơn có galen, sfalerit cùng tồn tại trong tổ hợp này. Trong mỏ sunfua đồng - niken Tạ Khoa (Lai Châu) ngoài chancopirit và pirotin còn chứa các nguyên tố nhóm Pt có liên quan với các đá macma bazơ. Ở vùng mỏ Đức Phú, Đức Bó (Quảng Nam) chancopirit cộng sinh với sfalerit, pirit và galen liên quan với nhiệt dịch nhiệt độ trung bình.

Ở nước ngoài, các mỏ đồng lớn trên thế giới đều ở Chilê như mỏ Trukikatama. Mỏ Catanga (Cộng gô), mỏ Turinski (Nga) đều là những mỏ đồng nổi tiếng.

Công dụng: Dùng làm quặng của Cu.

Bocnit - Cu_5FeS_4

Thành phần hóa học: Căn cứ vào công thức phân tử, thành phần lý thuyết gồm có: Cu - 63,3%; Fe - 11,2%; S - 25,5%. Trên thực tế thành phần của nó còn thay đổi rất nhiều. Cu có thể từ 52% - 65%; Fe từ 8% - 18%; S từ 20% - 27%. Trong thành phần của bocnit đôi khi gặp cả chancopirit và chancozin dưới dạng hỗn hợp đồng hình hay bao thể. Hỗn hợp cơ học thường thấy có Ag.

Tinh thể: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian $O_h - Fd3m$; $a_0 = 21,94 \text{ \AA}$. **Hình dạng tinh thể:** Tinh thể rất ít thấy thường thành khối đặc xít hay tập hợp hạt.

Tính chất vật lý: Trên mặt mới vỡ có màu đỏ xám hơi tím. Trên vết vỡ cũ bị phủ một lớp màng mỏng màu cầu vồng hay màu cổ vịt. Vết vạch màu đen. Ánh bán kim. Độ cứng 3. Dòn. Tỷ trọng 4,9 - 5,0. Có tính dẫn điện.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Becnit là khoáng vật phân bố rất rộng rãi trong các khoáng sàng đồng; có hai loại nội sinh và ngoại sinh.

Về nguồn gốc nội sinh, bocnit thường gặp trong khoáng sàng nhiệt dịch. Trong nhiều trường hợp thấy có bao thể của chancopirit sắp xếp thành lớp mỏng do hiện tượng phá hủy hỗn hợp đồng hình ở nhiệt độ thấp gây ra. Cộng sinh với bocnit có chancopirit, chancozin nội sinh, galen, sfalerit, pirit, v.v...

Trong đới oxi hóa, bocnit dễ bị phá hủy tạo thành malachit, azurit, cuprit, v.v...

Đặc điểm nhận biết: Màu đỏ đồng sẫm, hơi tím, sắc cầu vồng, độ cứng thấp.

Công dụng: Là loại quặng Cu rất quan trọng.

2- Nhóm tetraedrit

Các khoáng vật nhóm này gồm một loạt hỗn hợp đồng hình thuộc kiểu hợp chất $A_{12}B_4X_{13}$. Trong đó A chủ yếu là Cu, một số ít trường hợp là Ag, Zn, Fe hoặc Hg; B hoặc là As hoặc Sb, một phần là Bi; X là S. Hai cấu tử của loạt đồng hình là tetraedrit và tenantit (còn gọi là quặng đồng xám) nhưng trong tự nhiên phân bố rộng rãi là những khoáng vật trung gian của loạt, tức là các khoáng vật $Cu_{12}(Sb,As)_4S_{12}$ với tỷ lệ As: Sb thay đổi. Các khoáng vật thuộc nhóm này có nhiều tính chất chung, do đó chỉ mô tả chung.

Tetraedrit - tenantit: $Cu_{12}Sb_4S_{12} - Cu_{12}As_4S_{12}$

Thành phần hóa học: Cu - 45,77%; Sb - 29,22%;

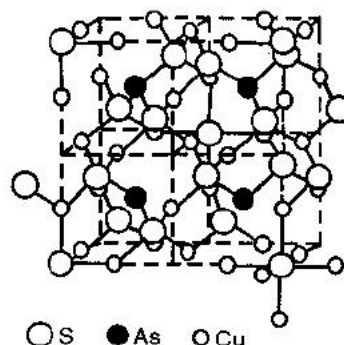
S - 25,01% (tetraedrit) hoặc Cu - 51,57%; As - 20,26%

S - 28,17% (tenantit). Zn, Fe, Ag, Hg và Ni, Co có thể thay thế đồng hình cho Cu.

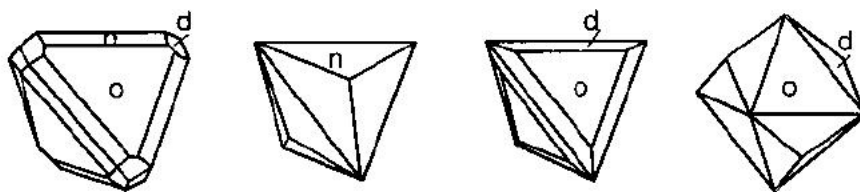
Bi có thể thay thế As và Sb.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng tứ diện sáu: $4L_33L_26P$. Nhóm không gian $T_d^2 - 143m$; $a_0 = 10,196 \text{ \AA}$. **Kiến trúc tinh thể:** rất phức tạp (H.10.25), giống như kiến trúc của sfalerit nhưng kích thước của ô mạng cơ sở lớn gấp đôi. Mỗi ô mạng cơ sở gồm 8 ô mạng cơ sở của sfalerit ghép lại.

Một nửa số tứ diện CuS_4 trong kiến trúc tinh thể của tetraedrit thì đỉnh thứ 4 không có lưu hoàng, tức là một nửa số ion Cu có số phối trí 4 và một nửa số ion Cu có số phối trí 3. Sb hoặc As bị 3 ion lưu hoàng bao quanh. **Hình dạng tinh thể:** Các tinh thể có hình tứ diện gồm các đơn hình $\{111\}$, $\{112\}$ và $\{011\}$ tạo thành (H.10.26). Thường gặp nhất là tập hợp đặc xít, khối hạt tản mạn.



Hình 10.25 Kiến trúc tinh thể của tetraedrit



Hình 10.26 Các tinh thể của tetraedrit

Tính chất vật lý: Màu xám thép đến màu đen sắt (loại có chứa nhiều Fe). Màu vết vạch giống màu khoáng vật. Ánh kim hoặc bán kim. Độ cứng 3 - 4 (tenantit cứng hơn tetraedrit). Dòn, không cát khai. Tỷ trọng 4,4 - 5,1 tetraedrit nặng hơn tenantit, loại có chứa Ag và Hg tỷ trọng càng lớn. Dẫn điện yếu.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Tetraedrit rất phổ biến nhưng rất ít khi hình thành khoáng sàng lớn. Thường gặp chúng trong các loại khoáng sàng nhiệt dịch cộng sinh với các loại sunfua khác nhau.

Trong khoáng sàng chứa W, Au và Sb - Hg thường gặp tetraedrit, trong khoáng sàng của pirit thì lại thường gặp tenantit.

Thứ có chứa Ag đầu tiên tìm thấy trong khoáng sàng chì - kẽm. Thứ có chứa Zn thì tìm thấy trong khoáng sàng đồng - kẽm.

Những khoáng vật nhóm này nói chung thường gặp trong khoáng sàng đồng và chì - kẽm nhiệt dịch nhiệt độ trung bình, cộng sinh mật thiết với chancoprit, sfalerit, galen.

Khi khoáng sàng bị phong hóa, các khoáng vật này dễ bị phá hủy để thành các khoáng vật thứ sinh: covelin, malachit, azurit, limonit và các khoáng vật oxit của As và Sb.

Đặc điểm nhận biết: Các tinh thể hình tứ diện. Tinh dòn rõ. Trên than cho vết bám Sb_2O_3 và As_2O_3 .

Công dụng: Tetraedrit không thành khoáng sàng độc lập lớn mà thường khai thác cùng với các sunfua Cu khác làm quặng Cu.