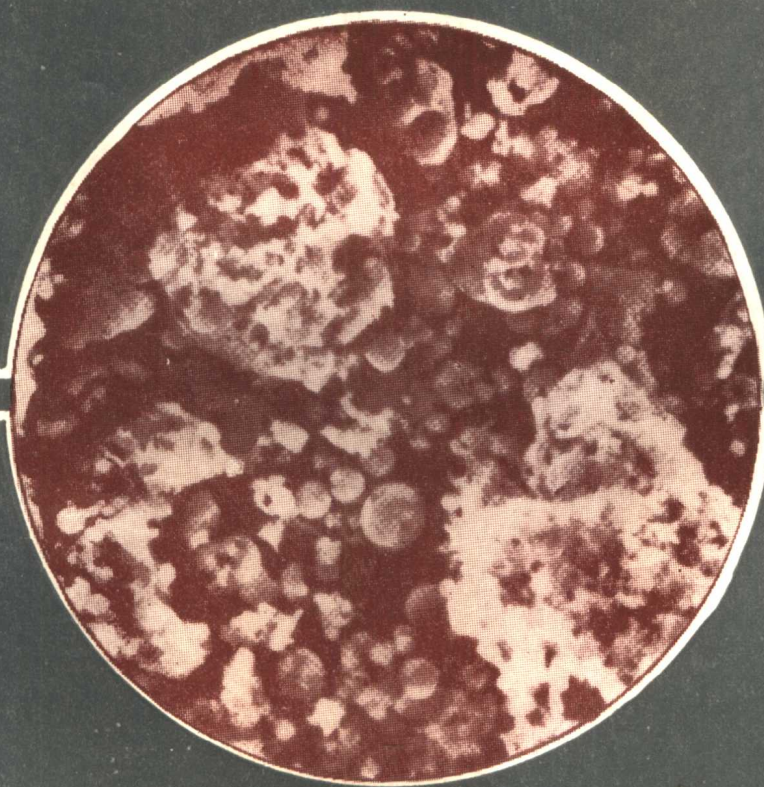


硅酸盐岩相学实验

GUISUANYANYANXIANGXUESHIYAN

方亭亭 主编

曹文聪 杨学忠 策划



武汉工业大学出版社

硅酸盐岩相学实验

方亭亭 主编

策划 曹文聪 杨学忠

武汉工业大学出版社

(鄂)新登字 13 号

图书在版编目(CIP)数据

硅酸盐岩相学实验/方亭亭主编. —武汉:武汉工业大学出版社,1995.5

ISBN 7-5629-0976-8

I. 硅…

I. 方…

Ⅱ. 硅酸盐—岩石学—岩相—实验

IV. TQ170.1-33

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌路狮路14号 邮编430070)

湖北省石首市第二印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 5 字数: 108千字

1995年5月第1版 1995年5月第1次印刷

印数: 1—8000册 定价: 5.00元

前 言

《硅酸盐岩相学实验》是大专院校教科书《硅酸盐岩相学》的配套教材。供无机非金属材料、硅酸盐工程和材料科学专业使用。亦可用作生产、科研和设计部门工程技术人员的参考书。

本书根据大纲要求,综合各专业需要,内容包括结晶学、矿物岩石学基础、晶体光学及岩相分析等部分,共二十个实验。各实验均详细阐述了目的要求、实验原理、实验方法及步骤。精炼列入了有关理论及必要图表,每个实验后均列有思考题,引导学生深化实验过程,举一反三。书后并附有实验报告图表供学生填写实验结果。不同专业使用可按要求自行取舍。

本书由武汉工业大学方亭亭高级工程师主编,岳文海教授主审。于应魁老师编写了矿物岩石学基础部分的实验五、实验六及实验七,其余部分为主编完成。于应魁老师还承担了全书图表的整编工作。

由于时间仓促,编者水平有限,书中谬误之处在所难免,敬请读者指正。

编 者

1995年4月

目 录

实验一	晶体对称要素分析	(1)
实验二	单形分析	(5)
实验三	聚形分析和双晶观察	(7)
实验四	晶体定向及结晶符号	(9)
实验五	矿物形态和物理性质	(12)
实验六	识别矿物	(17)
实验七	识别岩石	(19)
实验八	光率体讨论	(21)
实验九	偏光显微镜的构造、调节与校正	(22)
实验十	单偏光镜下的晶体光学性质观测	(26)
实验十一	正交偏光镜下的晶体光学性质观测	(30)
实验十二	锥光镜下的晶体光学性质观测	(35)
实验十三	油浸法	(39)
实验十四	矿物粒径及百分含量的测定	(41)
实验十五	制片技术	(43)
实验十六	反光显微镜的构造与调节	(45)
实验十七	硅酸盐水泥熟料的观察	(47)
实验十八	玻璃结石观察	(50)
实验十九	陶瓷岩相观察	(53)
实验二十	耐火材料显微结构观察	(55)
实验报告		(57)

实验一 晶体对称要素分析

一、目的要求

1. 学会在晶体模型上寻找对称要素的基本方法, 建立晶体的对称概念;
2. 掌握各晶系的对称特点。

二、原理

晶体的对称性及对称组合定理。

三、实验用具及模型

木制晶体模型: 每晶系一个单形或聚形、四方四面体、三方柱, 共 9 个。

四、实验内容

分别找出各晶体模型上的全部对称要素(C 、 P 、 L 、 L' 、 L''), 组合成对称型, 并根据各对称型的特点确定其所在晶族、晶系。

五、实验方法及步骤

(一) 找对称中心(C)

1. 晶体上可没有 C 或只有一个 C ;
2. 晶体上各对应晶面均是两两反向平行、同形等大, 则此晶体有 C 存在, 反之则无 C ;
3. 操作方法: 通过晶体中定点进行反伸。通常可用简易方法迅速确定 C 的有无。即将晶体模型放在桌上, 观察其上面的晶面是否与接触桌面的晶面反向平行、同形等大。如此逐一检查各晶面, 若晶体上所有晶面均能找到与之反向平行、同形等大的对应晶面, 则可确定该晶体有 C 存在, 反之则无 C 。

(二) 找对称面(P)

1. 晶体上可有一个或多个 P , 最多有 9 个 P ;

2. 对称面一般是通过

角平分线
面平分线
晶 棱

 的平面;

3. 操作方法: 观察上述平面, 若其两侧成互为镜像反映的两相同部分, 则此平面为 P 。

(三) 找对称轴(L)

1. 晶体上可出现一个或数个相同或不同轴次的对称轴, 不可能出现五次或高于六次的对称轴;

2. 对称轴一般是

两对应晶面中心
两对应晶棱中点
角顶与晶面中心
棱中点与面中心
两对应角顶

 的连线;

3. 操作方法: 绕上述连线旋转 360° , 观察晶体上相同部分(即相同的晶面、晶棱或角顶)重复出现的次数, 以确定对称轴的轴次(L' 不考虑)。

(四)找旋转反伸轴(L_i^5)

1. 旋转反伸轴($L_i^2, L_i^3, L_i^4, L_i^5$)在实际应用中通常只考虑 L_i^4 和 L_i^5 两种,其余的则均以与之等效的简单对称要素或它们的组合来代替(如: $L_i^2 = P, L_i^3 = L^3 + C$)。

晶体中若有对称中心存在,则必无 L_i^4 和 L_i^5 。

2. 操作方法

(1)四次旋转反伸轴(L_i^4)

L_i^4 是一个独立的复合对称要素,它不能用其它对称要素或它们的组合来代替。一般晶体若无 C ,但有一个 L^3 时,则此 L^3 就可能是 L_i^4 。有 L_i^4 出现时,其所包含的 L^3 则不再写入对称型中。

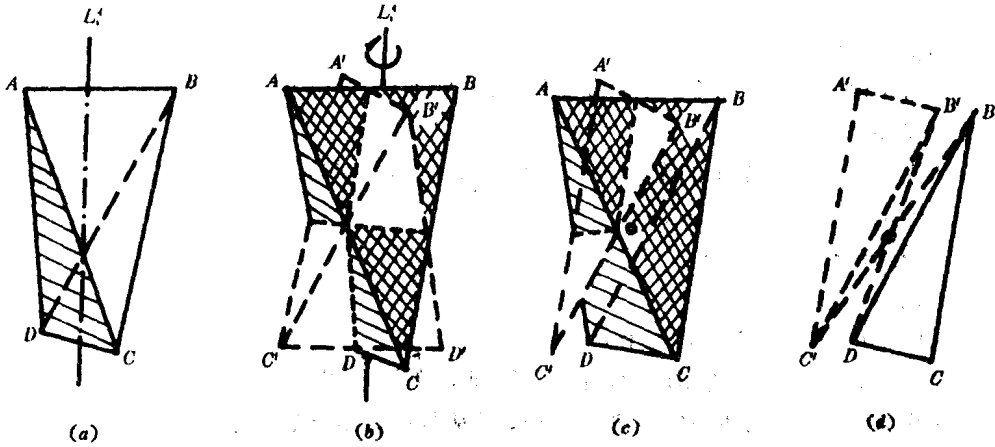


图1 L_i^4 的对称变换

图1中的四方四面体 $ABCD$ 是一个具有 L_i^4 的晶体,图(a)表示其处于原始位置,当晶体顺时针绕 L_i^4 轴旋转 90° 至图(b)中虚线所示 $A'B'C'D'$ 位置时,图形 $A'B'C'D'$ 上的所有晶面均能通过 L_i^4 轴上的定点反伸后,在原始位置图形 $ABCD$ [图(b)中实线所示] 上得到重复。如原始位置中,晶面 ABC 顺时针绕 L_i^4 轴旋转 90° 后至 $A'B'C'$ 位置 [图(b)], 通过定点反伸后即可与原始位置中的晶面 CDB 重复 [图(c)、(d)], 其余晶面均此类推,则整个晶体复原。晶体每旋转 90° 重复一次,旋转 360° 则重复四次,故为 L_i^4 。

(2)六次旋转反伸轴(L_i^6)

通常晶体若无 C ,而存在 L^3 及垂直于 L^3 的对称面,则此 L^3 及垂直于它的对称面即为 L_i^6 。 L_i^6 虽然与 $L^3 + P$ 组合等效,但它在对称分类中具有特殊意义,故通常用 L_i^6 来代替 $L^3 + P$ 的组合。

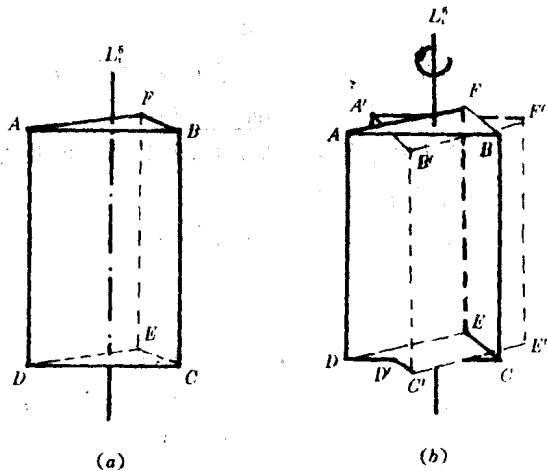


图2 L_i^6 的对称变换

图2中的三方柱 $(ABCDEF)$ 是一个具有 L_i^6 的晶体,图(a)表示其处于原始位

置,当晶体顺时针绕 L_6^5 轴旋转 60° 至图(b)中虚线位置 $A'B'C'D'E'F'$ 时,则其上的所有晶面均能通过 L_6^5 轴上的定点反伸后,在原始位置图形(ABCDEF)上得到重复。如原始位置中,晶面 ABCD 顺时针绕 L_6^5 轴旋转 60° 后至 $A'B'C'D'$ 位置[图(b)],通过定点反伸后即可与原始位置中的晶面 FBCE 重复,其余晶面均此类推,则整个晶体复原。晶体每旋转 60° 重复一次,旋转 360° 则重复六次,故为 L_6^5 。

(五)确定晶体的对称型

按上述方法找出晶体的全部对称要素后,将它们依照从左到右先写对称轴(轴次由高到低),再写对称面,最后写对称中心的顺序书写下来,即为该晶体的对称型。然后,再将所确定的对称型与《晶体分类简表》中 32 种对称型对照,若有不符,则需检查所找的对称要素有无遗漏或重复,重新确定对称型,直至正确为止。

(六)确定晶体所属晶族和晶系

根据晶体对称型的特点确定其所属晶族和晶系,即先根据对称型中高次轴的有无或多寡,确定其所在的晶族(高、中、低);再根据对称型中对称轴的轴次及数量,确定其所属的晶系(各晶系对称特点见表 1)。

六、实验报告要求

将实验结果分别填入《实验报告》表内。

七、思考题

1. 何谓晶体对称性?
2. 三方柱晶体为什么属于六方晶系? 对称型 L_3^3P 、 $L_3^3L^24P$ 属何晶系? 为什么?

表 1 晶体分类简表

序号	对称型种类	对称特点	晶族	晶系
1	L^1	无 L^2 , 无 P	低级晶族(无高次轴)	三斜
2	C			单斜
3	L^2	斜方		
4	P		L^2 或 P 不多于 1 个	
5	L^2PC			
6	$3L^2$	L^2 或 P 多于 1 个	中级晶族(只有一个高次轴)	四方
7	L^22P			
8	$3L^23PC$			
9	L^4	有一个 L^4 或 L^2	中级晶族(只有一个高次轴)	四方
10	L^44L^2			
11	L^4PC			
12	L^44P			
13	L^44L^26PC			
14	L^4	有一个 L^3	中级晶族(只有一个高次轴)	三方
15	L^42L^22P			
16	L^3			
17	L^33L^2			
18	L^33P	有一个 L^6 或 L^3	中级晶族(只有一个高次轴)	六方
19	L^3C			
20	L^33L^23PC			
21	L^6			
22	L^63L^23P			
23	L^6	高级晶族 (有数个高次轴)	等轴	
24	L^66L^2			
25	L^6PC			
26	L^66P			
27	L^66L^27PC			
28	$3L^24L^3$			有四个 L^3
29	$3L^24L^33PC$			
30	$3L^24L^36P$			
31	$3L^24L^36L^2$			
32	$3L^24L^36L^29PC$			

实验二 单形分析

一、目的要求

1. 认识 47 种单形；
2. 分析常见单形。

二、原理

晶体形态、分布规律。

三、实验用具及模型

木制模型：47 种单形；常见单形 7 个（每晶系一个）。

四、实验内容及方法

(一) 认识 47 种单形

1. 单形定义：单形是由对称要素联系起来的一组晶面的总和。
2. 对照图表按晶族逐一认识 47 种单形，注意观察各单形的几何外形、横切面形状、晶面形状、晶面数目及其相互关系、晶面与对称要素的相对位置。
3. 对比下列相似单形之异同：
 - (1) 斜方柱与四方柱；
 - (2) 复三方柱与六方柱；
 - (3) 三方双锥、菱面体、三方偏方面体；
 - (4) 复三方双锥、六方偏方面体、六方双锥；
 - (5) 斜方双锥、四方双锥、八面体；
 - (6) 斜方四面体、四方四面体、四面体；
 - (7) 菱形十二面体、五角十二面体；
 - (8) 三角三八面体、四角三八面体、五角三八面体、偏方复十二面体；
 - (9) 四六面体与六四面体。
4. 区分下列单形的左形和右形：
 - (1) 左右形是互成镜像反映，但不能以旋转操作使之重合的两个多面体。只有不具对称面、对称中心和旋转反映轴的对称型才有左右对称型。
 - (2) 偏方面体类：三方偏方面体、四方偏方面体、六方偏方面体。区分左形和右形的方法：将其高次对称轴直立，面对单形上部的一个偏方晶面（图 3），以该晶面下方两条不等长的边为准，长边在左者为左形，长边在右者为右形（图 4）。



图 3 偏方晶面

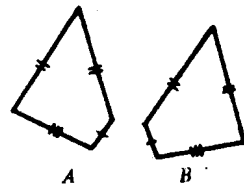


图 4 偏方面体左右形的区分
A—左形，B—右形

(3) 五角三四面体

判断左形和右形的方法:将相邻两 L^3 出露点连接起来,在此连线之间有一条由三条晶棱组成的折线,将连线直立,若此折线最下方的一条晶棱位于连线的左侧者为左形,位于连线右侧者为右形(图 5)。

(4) 五角三八面体

判断左形和右形的方法:将相邻的两 L^4 出露点连成一条直线,在此连线之间有一条由三条晶棱组成的折线,将连线直立,若折线中最上边一条晶棱偏在连线左侧者为左形,偏在连线右侧者为右形(图 6)。

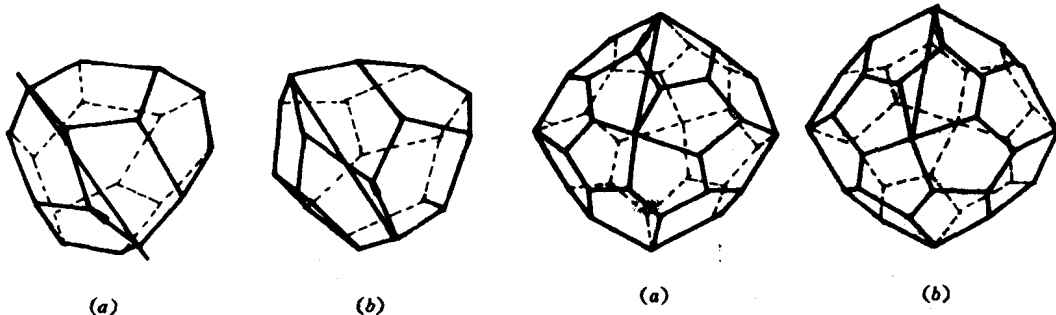


图 5 五角三四面体的左形(a)和右形(b)

图 6 五角三八面体的左形(a)和右形(b)

5. 分析下列单形(确定对称型):

木制晶体模型:常见单形 7 个(每晶系一个)。

五、实验报告要求

将实验结果填入《实验报告》表内。

六、思考题

1. 真实晶体能否是开形? 单形四方柱能单独出现吗?
2. 实际晶体是否均能以理想的单形形态出现?
3. 在模型上同一单形的晶面一定同形等大,在实际晶体上同一单形的晶面会出现大小不等现象,为什么? 如何鉴定?

实验三 聚形分析和双晶观察

一、目的要求

1. 认识常见聚形,了解聚合规律;
2. 学会聚形分析的基本方法;
3. 认识几种常见双晶。

二、原理

聚合规律、双晶要素及双晶律。

三、实验用具及模型

木制晶体模型:常见聚形 7 个(每晶系 1 个);常见双晶 5~7 个。

四、实验内容及方法

(一)认识及分析聚形

1. 聚形定义:两个或两个以上单形的聚合称为聚形。

2. 聚形分析步骤

(1)分别找出各聚形的全部对称要素,确定其对称型,并根据对称型的特点确定其所属晶族、晶系(方法见实验一);

(2)观察聚形上有几种不同的晶面,据此确定该聚形是由几个单形组成的(形状相同、大小相等的一组晶面为一个单形,有几种晶面即有几种单形);

(3)分别数出聚形上各单形所包括的晶面数目;

(4)确定各单形的名称;

①根据每个单形的晶面数目、晶面间相对位置及晶面与对称要素的关系,并与其所属对称型中的单形相比较,确定出单形的名称,并将晶面数目写于单形名称后之()中;

②同一单形之晶面若不能直接相交,则可想象延长相交(设想其它单形的晶面均不存在),再据晶面的分布及相交后形成的形态定出单形名称;

③确定单形名称时,要注意单形在各晶系中的分布,以防定错。

(二)认识常见双晶

1. 双晶定义:两个或两个以上同种晶体按一定的对称规律形成的规则连生,称为双晶。相邻两个个体的相应的面、棱、角并非完全平行,但可借助对称操作——反映、旋转反伸,使两个个体彼此重合或平行。

2. 认识几种常见双晶

(1)接触双晶

①简单双晶:石膏燕尾双晶、锡石膝状双晶;

②聚片双晶:斜长石聚片双晶;

③环状双晶:金红石轮式双晶、白铅矿三连晶。

(2)穿插双晶

正长石双晶、萤石双晶、十字石双晶。

五、实验报告要求

将实验结果填入《实验报告》表内。

六、思考题

1. 为什么不同对称型的单形不能聚合在一个晶体上?
2. 当单形与其它单形相聚成聚形时,由于单形互相切割而使单形的晶面形状有所改变,能否以变化后的形状来确定单形的名称?

实验四 晶体定向及结晶符号

一、目的要求

1. 进一步熟练掌握在晶体上找对称要素及确定其晶族、晶系的基本方法；
2. 掌握各晶系晶体定向原则及晶体几何常数特征，学会定向方法；
3. 学会确定晶面符号和单形符号。

二、原理

整数定律、晶体常数、定向原则。

三、实验用具及模型

木制晶体模型：单形或聚形共 7 个（每晶系一个）。

四、实验内容

对所给各晶体模型进行定向工作，并确定其米氏晶面符号及单形符号。

五、实验方法及步骤

(一) 晶体定向步骤

1. 找出晶体模型上的全部对称要素并确定其所在晶族、晶系（方法见实验一）；
2. 按各晶系定向原则确定坐标轴方向（即安置好结晶轴）；

(1) 坐标系有两种（图 7①、②）。

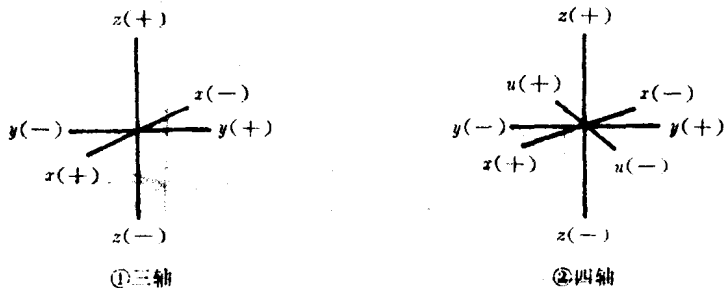


图 7 三轴和四轴坐标系

一般三方、六方晶系的晶体用四轴定向，其余各晶系均用三轴定向。

(2) 各晶系定向原则见表 2。

3. 定轴率（单位面截距比）。

肉眼定向略。

(二) 确定晶面符号

1. 米氏晶面符号的一般形式

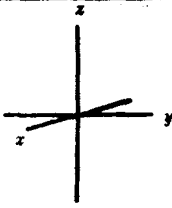
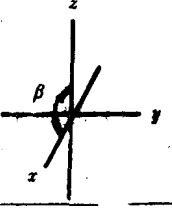
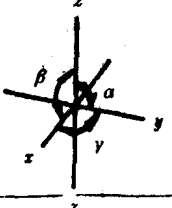
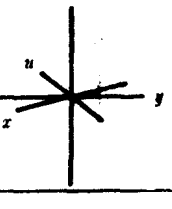
(1) 三轴： $(h \ k \ l)$

$\begin{matrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x & y & z \\ \text{轴} & \text{轴} & \text{轴} \\ \text{指} & \text{指} & \text{指} \\ \text{数} & \text{数} & \text{数} \end{matrix}$

(2) 四轴： $(h \ k \ i \ l)$

$\begin{matrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x & y & u & z \\ \text{轴} & \text{轴} & \text{轴} & \text{轴} \\ \text{指} & \text{指} & \text{指} & \text{指} \\ \text{数} & \text{数} & \text{数} & \text{数} \end{matrix}$

表 2 各晶系晶轴的选择及晶体常数特点

晶系	晶体常数	结晶轴的选择	结晶轴的安置
等轴	$a=b=c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	以互相垂直的 $3L^4$ 或 $3L^2$ 为 x, y, z 轴	 <p>z 轴直立 x 轴前后水平 y 轴左右水平</p>
四方	$a=b \neq c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	以 L^4 为 z 轴, 互相垂直的 $2L^2$ 为 x, y 轴	同上
斜方	$a \neq b \neq c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	以互相垂直的 $3L^2$ 为 x, y, z 轴	同上
单斜	$a \neq b \neq c$ $\alpha=\gamma=90^\circ$ $\beta > 90^\circ$	以 L^2 或 P 的法线为 y 轴, 垂直 y 轴的两主要晶棱方向为 x, z 轴	 <p>z 轴直立 y 轴左右水平 x 轴前后, 正端前倾</p>
三斜	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	以不在同一平面的三个主要晶棱方向为 x, y, z 轴	 <p>z 轴直立 y 轴左右, 向右倾 x 轴大致前后朝前倾</p>
六方和三方	$a=b \neq c$ $\alpha=\beta=90^\circ$ $\gamma=120^\circ$	以唯一之 L^6 (L^3) 或 L^2 为 z 轴, 以互为 60° 交角的 $3L^2$ 或 $3P$ 的法线(或晶棱)方向为 x, y, u 轴	 <p>z 轴直立 y 轴左右水平 x 轴水平前偏左 30° u 轴水平前偏右 30°</p>

2. 米氏晶面符号的含义

表示某晶面之截距系数的倒数比。

3. 确定米氏晶面符号需遵循的规律

(1) 晶面与轴相交, 轴单位相等 ($a=b=c$) 时, 若其截距也相等, 则指数也相等, 如八面体中 (111) 晶面;

(2) 晶面与轴相交, 轴单位不等 ($b \neq c$), 截距也不等, 若截距系数相等 (nb, nc), 则指数也相等, 如四方双锥中 (111) 晶面;

(3) 晶面平行晶轴时, 其对应晶轴的指数为零, 如 (001) 、 (100) 、 (010) ;

(4) 晶面与轴相交于负端时, 其对应轴上指数上方要加负号, 如 $(\bar{1}\bar{1}1)$ 、 $(\bar{h}\bar{k}l)$ 等;

(5) 晶面与轴不能直接相交时, 可想象延长相交;

(6) 晶面指数不能用数字表示时, 可用字母表示, 如 (hkl) 、 $(hkil)$, 有下列情况:

- ①若两个指数相等,则可用相同字母表示,如写成 (hkk) 或 (hhl) ;
- ②若三个指数均相等,则可写成 (111) ;
- ③若一指数为零,另两指数相等,则可写成 (110) 等;
- ④若两指数为零,则另一不为零的指数可写成1,如 (010) 、 (100) 、 (001) ;
- (7)一个晶面符号中,不能出现字母与阿拉伯数字并用的情况,例如:不能用 $(h02)$,应写成 $(h0l)$;

(8)晶体上如果两晶面平行,则它们在三个结晶轴上的指数绝对值必定对应相等,而正负号均相反,如 (321) 平行 $(\bar{3}\bar{2}\bar{1})$ 等;

(9)晶体上各晶面符号一般按前后、左右、上下顺序书写,以便查对;

(10)晶体若为聚形,则需按单形分别一一列出它们的晶面符号;

(11)聚形中同名称单形若有几个时,应加绘出晶面形状以示区别。

(三)确定单形符号

1. 单形符号的定义:代表单形各晶面在空间位置的符号称单形符号。即在单形中选一个代表晶面,将该晶面的晶面符号用 $\{ \}$ 括起来,用其代表单形。

2. 单形符号的形式: $\{hkl\}$ 、 $\{hkl\}$ 。

3. 确定单形符号的总原则

(1)正指数最多的晶面,至少尽可能 l 为正;

(2)指数绝对值递减:中级晶族尽可能 $|h| \geq |k|$;高级晶族尽可能使 $|h| \geq |k| \geq |l|$,至少应使 $|l|$ 为最小。

4. 确定单形符号的具体法则

(1)中低级晶族按先上、次前、后右法则选择;

(2)高级晶族按先前、次右、后上法则选择;

(3)前、右、上的标准是:

①三轴定向中,以 x 、 y 、 z 轴正端所指方向为前、右、上;

②四轴定向中,以 x 轴正端与 u 轴负端间分角线方向为前, y 、 z 轴正端为右、上。

六、实验报告要求

将实验结果填入《实验报告》表中。

七、思考题

- 1. 晶体定向在矿物鉴定及矿物形态、内部构造和物理性质的研究工作中有何重要意义?
- 2. 晶面符号和单形符号的区别是什么?

实验五 矿物形态和物理性质

一、目的要求

1. 认识矿物的常见形态；
2. 认识矿物的基本物理性质；
3. 了解鉴别矿物物理性质的简易方法和工具。

二、实验用具及标本

1. 小刀、放大镜、磁铁、条痕板、摩氏硬度计、盐酸及紫外光灯；
2. 矿物形态及物理性质标准陈列样品；
3. 矿物手标本 8~10 块。

三、实验内容

通过认真观察矿物形态及物理性质的标准陈列样品，增强学生感性认识，掌握专业用语，学会描述矿物形态及物理性质的方法。

四、实验方法及步骤

(一) 认识矿物的常见形态

1. 矿物形态：是指矿物的外表形状，是矿物结晶习性的表现。矿物单个晶体的形态称单体形态；同种矿物多个单体聚集在一起的整体称集合体形态。

2. 观察矿物的单体形态

(1) 一向伸长的：单体在三维空间有一个方向发育得特别快($a \approx b \ll c$)。

- ① 长柱状：角闪石、绿柱石；
- ② 针状：电气石、辉钼矿、针状硅灰石；
- ③ 纤维状：石棉、纤维石膏、纤维状硅灰石；

(2) 二向延长的：单体在三维空间中有一个方向发育较差($a \approx b \gg c$)。

- ① 短柱状：辉石、正长石；
- ② 板状：重晶石、石膏、板状硅灰石；
- ③ 片状：云母、石墨、辉钼矿；

(3) 三向等长的：单体在三维空间发育程度基本相等($a \approx b \approx c$)。

粒状或等轴状：石榴子石、橄榄石、磁铁矿。

3. 观察矿物的集合体形态

- (1) 粒状集合体：黄铁矿、石榴子石、磁铁矿；
- (2) 片状集合体：云母、辉钼矿；
- (3) 鳞片状集合体：石墨、绿泥石；
- (4) 板状集合体：重晶石、石膏；
- (5) 柱状集合体：辉石、绿柱石；
- (6) 针状集合体：电气石、辉钼矿；
- (7) 晶簇状集合体：水晶、方解石；