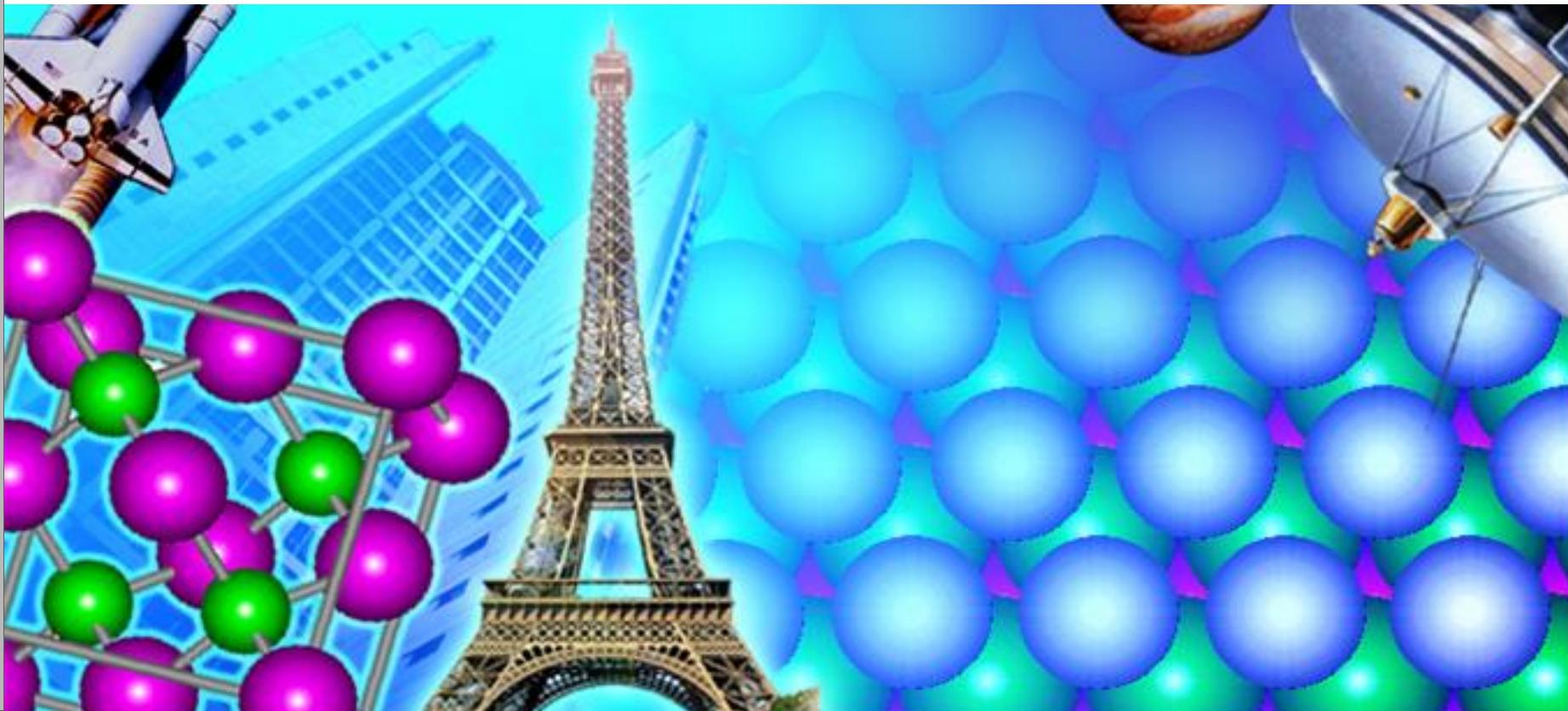




# 第七章 晶体结构的点阵理论

Chapt 7 Lattice Theory of Crystal Structure



### § 7.1 晶体的点阵结构与晶体的缺陷

7.1.1 晶体概述

7.1.2 晶体的点阵结构理论

### § 7.2 晶体结构的对称性

7.2.1 晶体的宏观对称性

7.2.2 晶体宏观对称性的分类

7.2.3 晶体的微观对称性



## 绚丽多姿的晶体



名称：块状电气石  
尺寸：(厘米) 高30

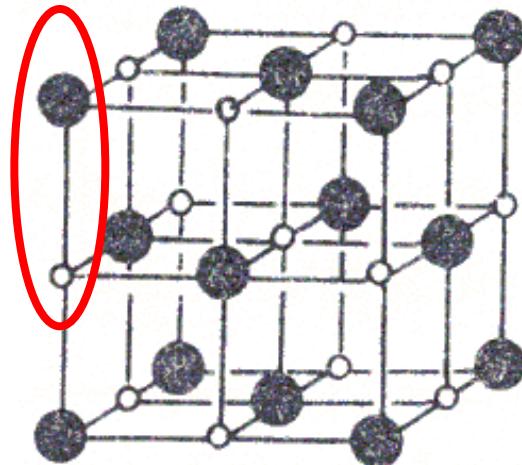


名称：玻璃钠钾  
尺寸：(厘米) 高150  
重量：(克) 1000





固态物质按其原子（或分子、离子）在空间排列是否长程有序分成晶态和无定形两类。



NaCl晶体

## § 7.1 晶体的点阵结构与晶体的缺陷

### 7.1.1 晶体概述

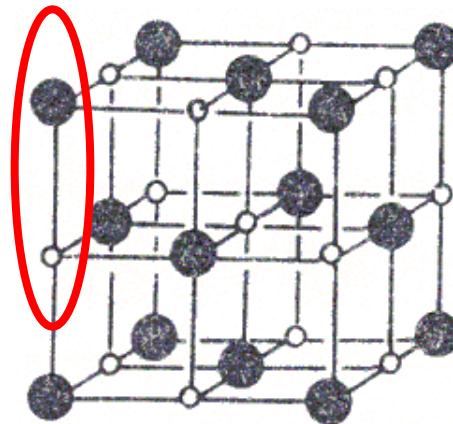
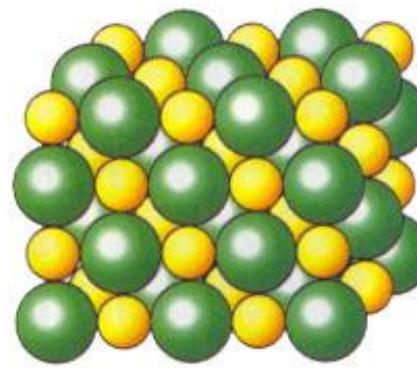
#### 7.1.1.1 晶体及其特性

晶体是由原子(离子、分子)或基团(分子片段)在空间按一定规律周期重复地排列构成的固体物质。



晶体的内部质点(分子、原子或离子等)在空间有规则地排列。

### 食盐(NaCl)的晶体结构



理想晶体也可以看成是由一个**基本单位**在空间按一定的规则周期性无限重复构成的。



## 晶体特性：

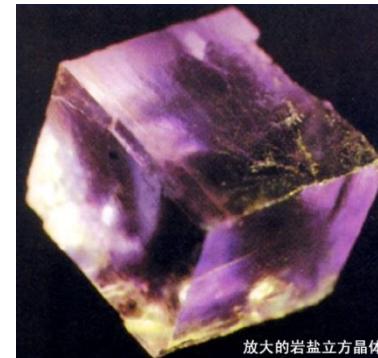
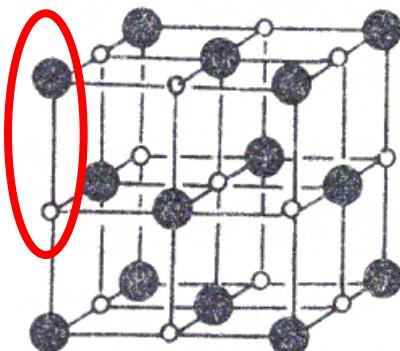
**1.自范性：**自发地形成多面体外形。

自发形成晶面，晶面相交成为晶棱，晶棱会聚成顶点，由此形成多面体外形。



**2.均匀性：**晶体各部分的宏观性质完全相同。

晶体中原子周期性排布，由于周期极小，宏观分辨不出微观的不连续性。



放大的岩盐立方晶体



## 3. 各向异性：晶体在不同方向的性质各不相同。

晶体内部三维的结构基元在不同方向上原子、分子的排列与取向不同。

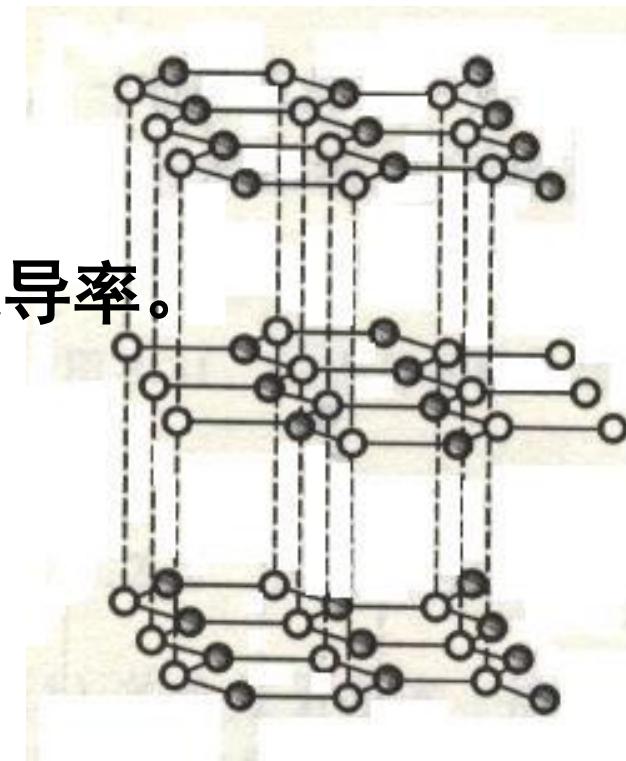
例：石墨晶体，层状结构，

层向的电导率 $>>$ 与层相垂直方向的电导率。

## 4. 确定的熔点：

因为微粒规整排列。

NaCl晶体的熔点为801 °C





其它：对称性、衍射特性、晶体缺陷等。

当电磁波照射到晶体上时，被晶体中原子散射，各散射电磁波之间产生互相干涉现象，称为晶体的**衍射特性**。可用于晶体结构的测定。

在实际的晶体中，由于晶体形成条件、原子的热运动及其它条件的影响，原子的排列与完整周期性点阵结构的**偏离**就是**晶体中的缺陷**。**点、线、面、体缺陷**。

晶体缺陷的存在对晶体的性质会产生明显的影响。**实际晶体或多或少都有缺陷**。适量的某些点缺陷的存在可以大大增强半导体材料的**导电性和发光材料的发光性**，起到有益的作用；而位错等缺陷的存在，会使材料易于断裂，比近于没有晶格缺陷的晶体的**抗拉强度**，降低至几十分之一。

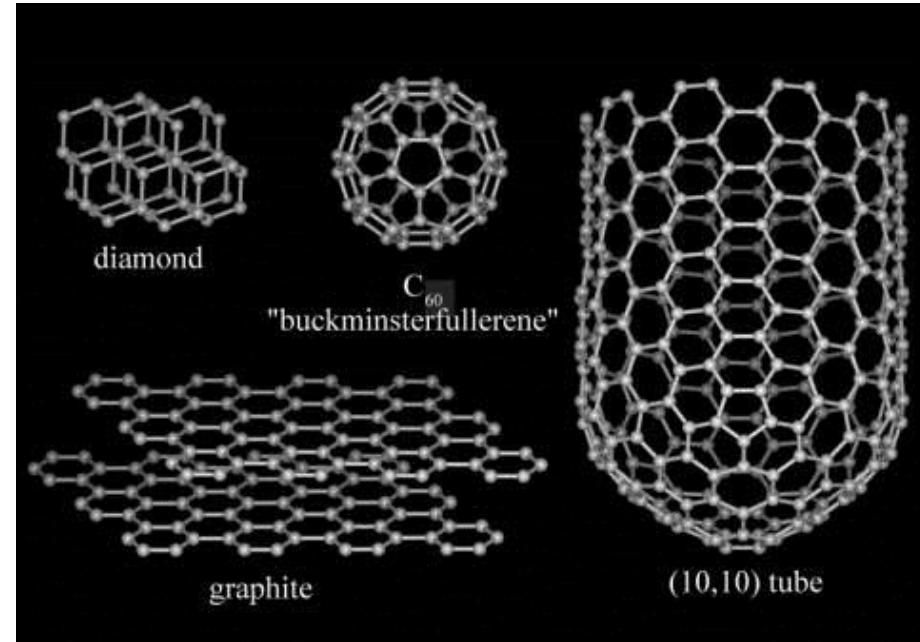


## 7.1.1.2 晶体的同素异构及其应用示例

### (1) 同素异构

同一种原子或基团可能形成不同结构的晶体。

例：金刚石、石墨和C<sub>60</sub>等是碳的同素异构体。



### (2) 人工智能材料 形状记忆合金

50%钛和50%镍形成的合金，称为镍钛诺尔。

这类合金能够记住自己的形状，对它进行变形后，它仍能恢复自己原来的形状。

不同条件下形成的同素异构体，出现了相变和逆相变而使其具有了形状记忆功能。





## 7.1.2 晶体的点阵结构理论



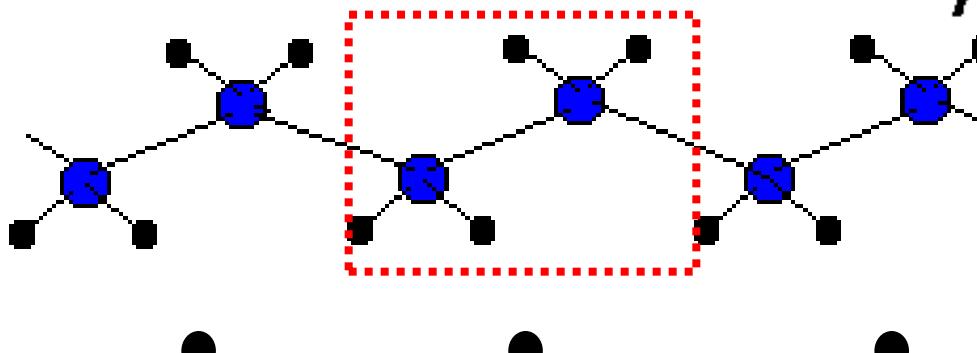
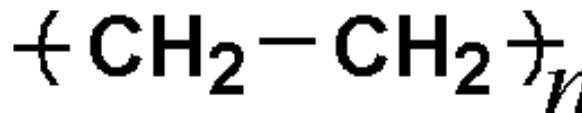
实际晶体空间结构的数学描述形式

### 7.1.2.1 点阵和结构基元

#### (1) 点阵和平移

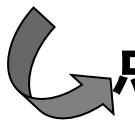
将晶体中重复的**结构单元**用一个**点**表示，这些点在空间按周期性排列，就构成一个**点阵**。

例：聚乙烯





## (2) 结构基元

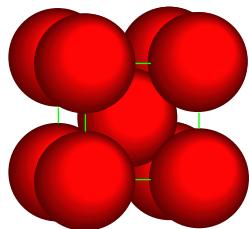


点阵点所代表的具体内容，

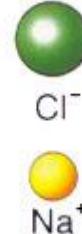
如上例中，点阵点代表-(CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>)-。

晶体中所有基本单位（也称基元，motif）的化学组成  
相同、空间结构相同、排列取向相同、周围环境相同。

基元可以是单个原子，也可以是一组相同或不同的原子。



$\alpha\text{-Fe}$



NaCl晶体

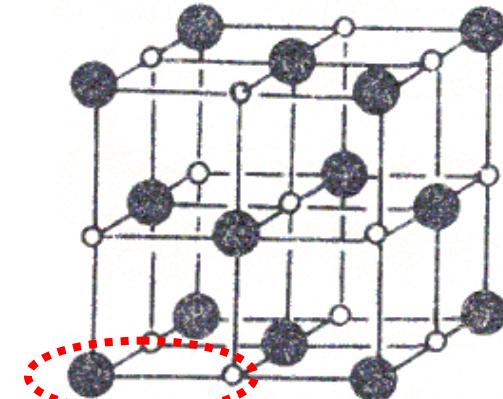
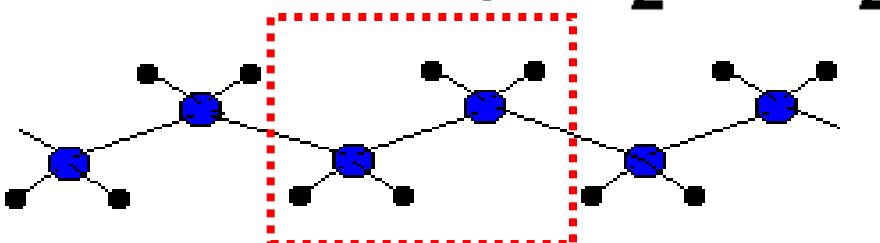
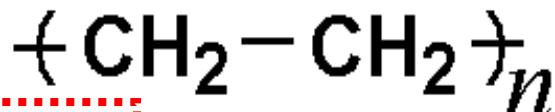
晶体结构 = 点阵 + 结构基元



### (3) 直线点阵

例：NaCl晶体中一条晶棱上原子排列：

例：聚乙烯



NaCl晶体

任意两个点相连可得一向量，按此向量平移能使它复原。即点阵具有平移操作对称性。

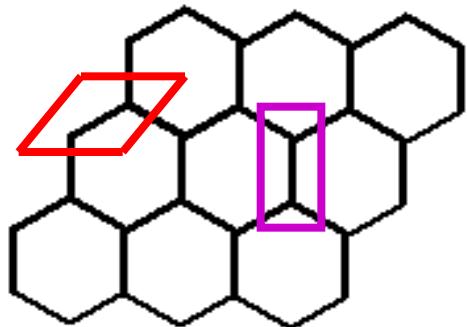
$$\text{平移群: } T = m\underline{a}$$

$\underline{a}$ 为素向量,  $m\underline{a}$ 为复向量 ( $m=1, 2, 3, \dots$ )

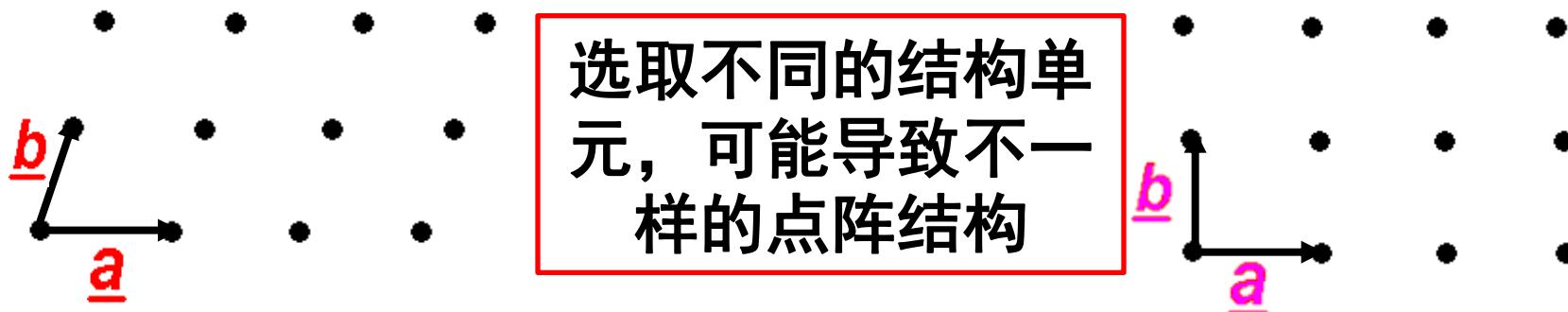
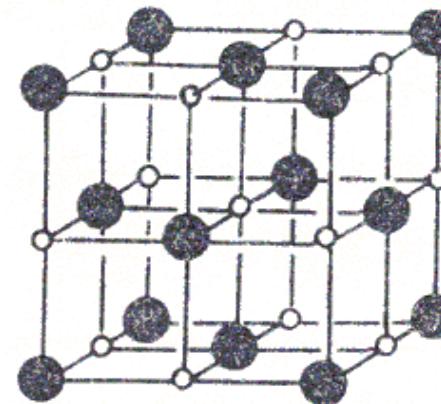


#### (4) 平面点阵

平面构型的晶体分子、晶体的某个晶面，ect.



石墨分子

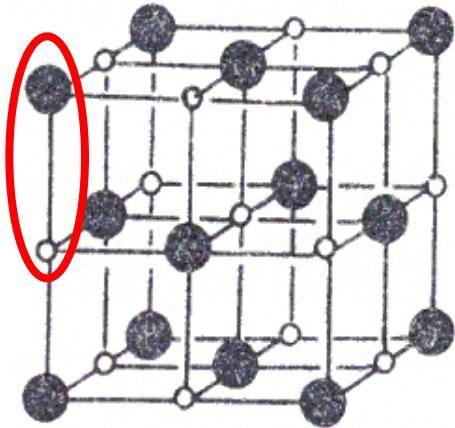


选取不同的结构单元，可能导致不一样的点阵结构

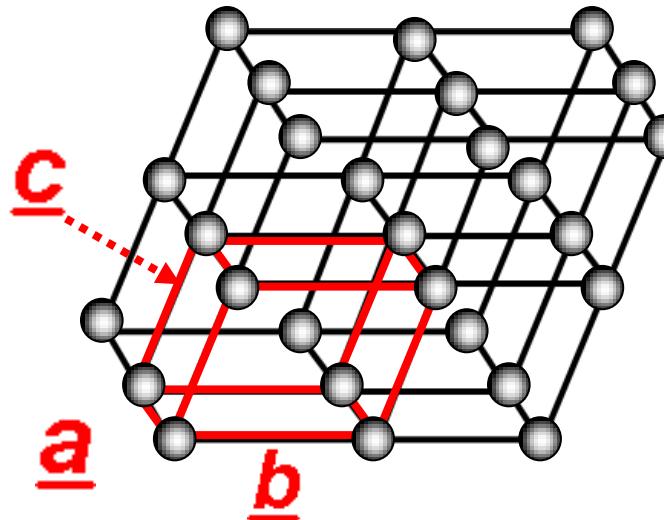
平移群:  $T = m\underline{a} + n\underline{b}$

## (5) 空间点阵

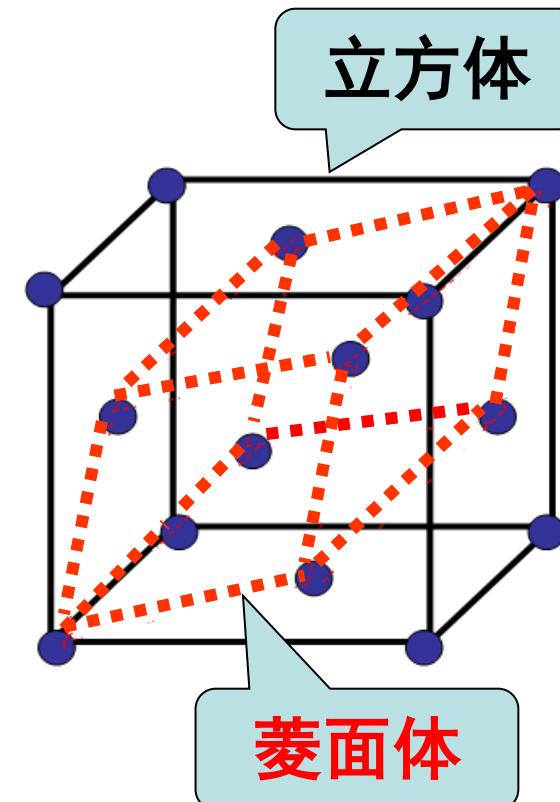
### — 三维晶体结构



NaCl晶体



$$\text{平移群: } T = m\underline{a} + n\underline{b} + p\underline{c}$$

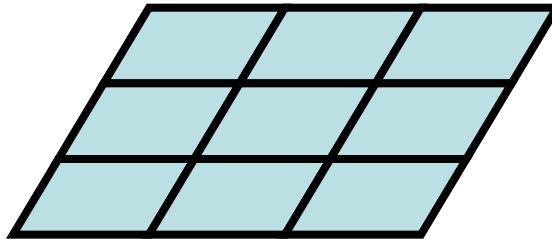


选择不同的基向量，  
六面体形状不同。

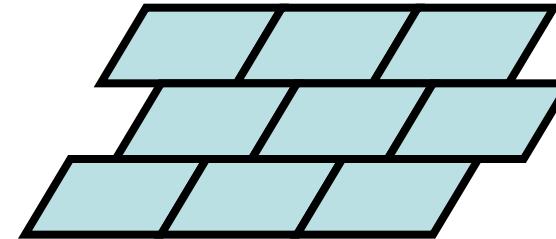


### 7.1.2.2 晶胞及晶胞二要素

(1) 晶胞：晶体结构的基本重复单位。  
六面体，并置堆砌构成晶体。



并置堆砌



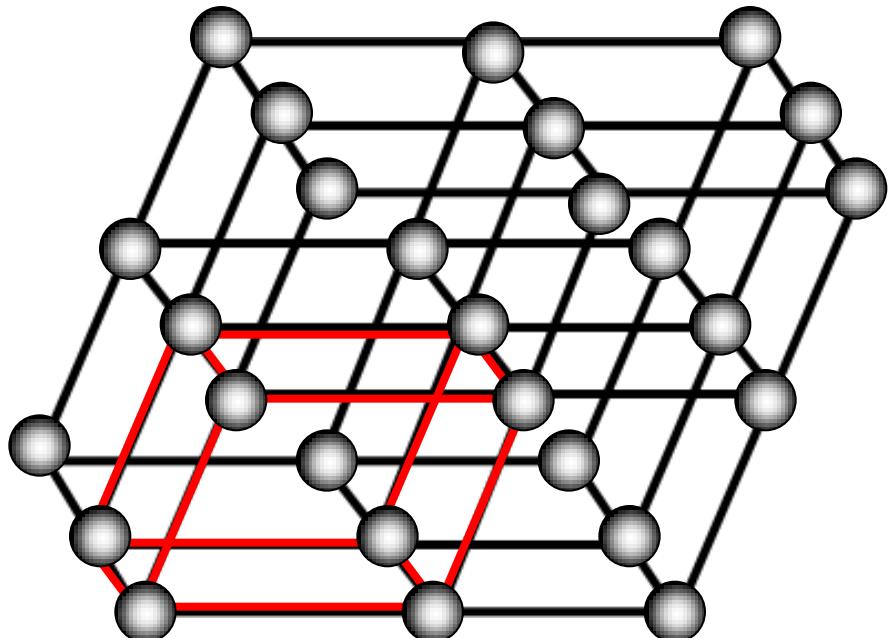
非并置堆砌

每个六面体的顶点由8个六面体共有。  
每一条边由4个六面体共享.....

晶胞 { 素晶胞：含结构基元(点阵点)1个  
复晶胞：含结构基元(点阵点)  $\geq 2$  个



## 晶胞内点阵点数目计算



## 点阵点分摊

顶点..... $\frac{1}{8}$

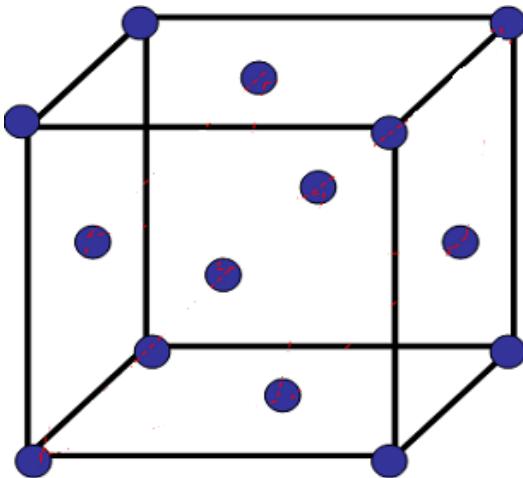
棱上点..... $\frac{1}{4}$

面上点..... $\frac{1}{2}$

体内点.....1

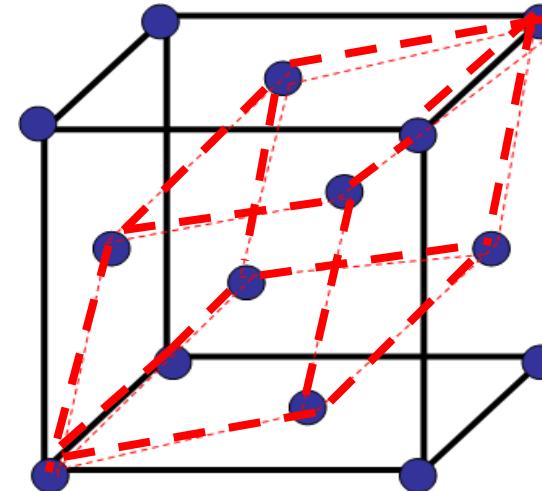


例:立方面心点阵



$$\text{点阵点} = 8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$$

立方体: 复晶胞



$$\text{点阵点} = 8 \times 1/8 = 1$$

菱面体: 素晶胞

同一晶体, 选择素向量不同, 可得到不同形状的晶胞。



## 正当晶胞 —— 对称性高、含结构基元少的晶胞



晶轴的夹角  
优先考虑 $90^\circ$ 、 $60^\circ$  ...



优选素晶胞，  
其次复晶胞

### Notes:

- ① 优先考虑对称性；
- ② 对称性相同时，优先选择素晶胞

---

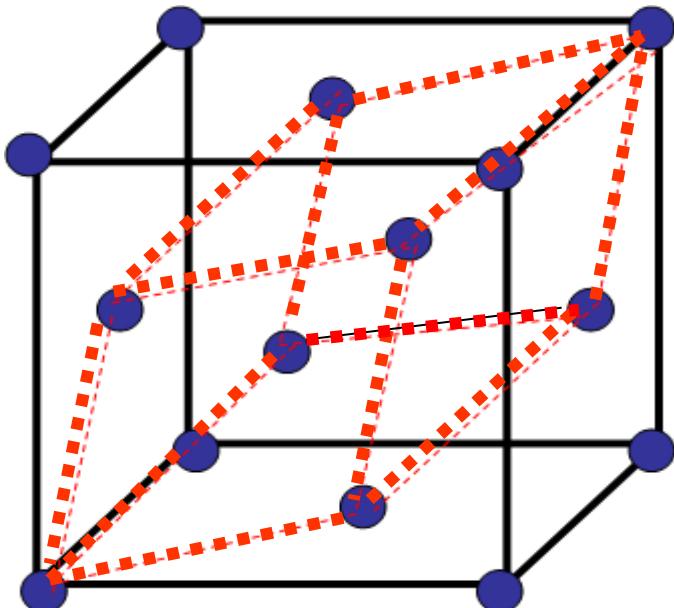
晶胞 { 素晶胞：含结构基元(点阵点)1个  
          复晶胞：含结构基元(点阵点)  $\geq 2$  个

正当晶胞：对称性高、含结构基元少的晶胞。  
可能是素晶胞，也可能是复晶胞。



## 例1：立方面心点阵

P220 图7.22



对称性高

立方体：  
复晶胞

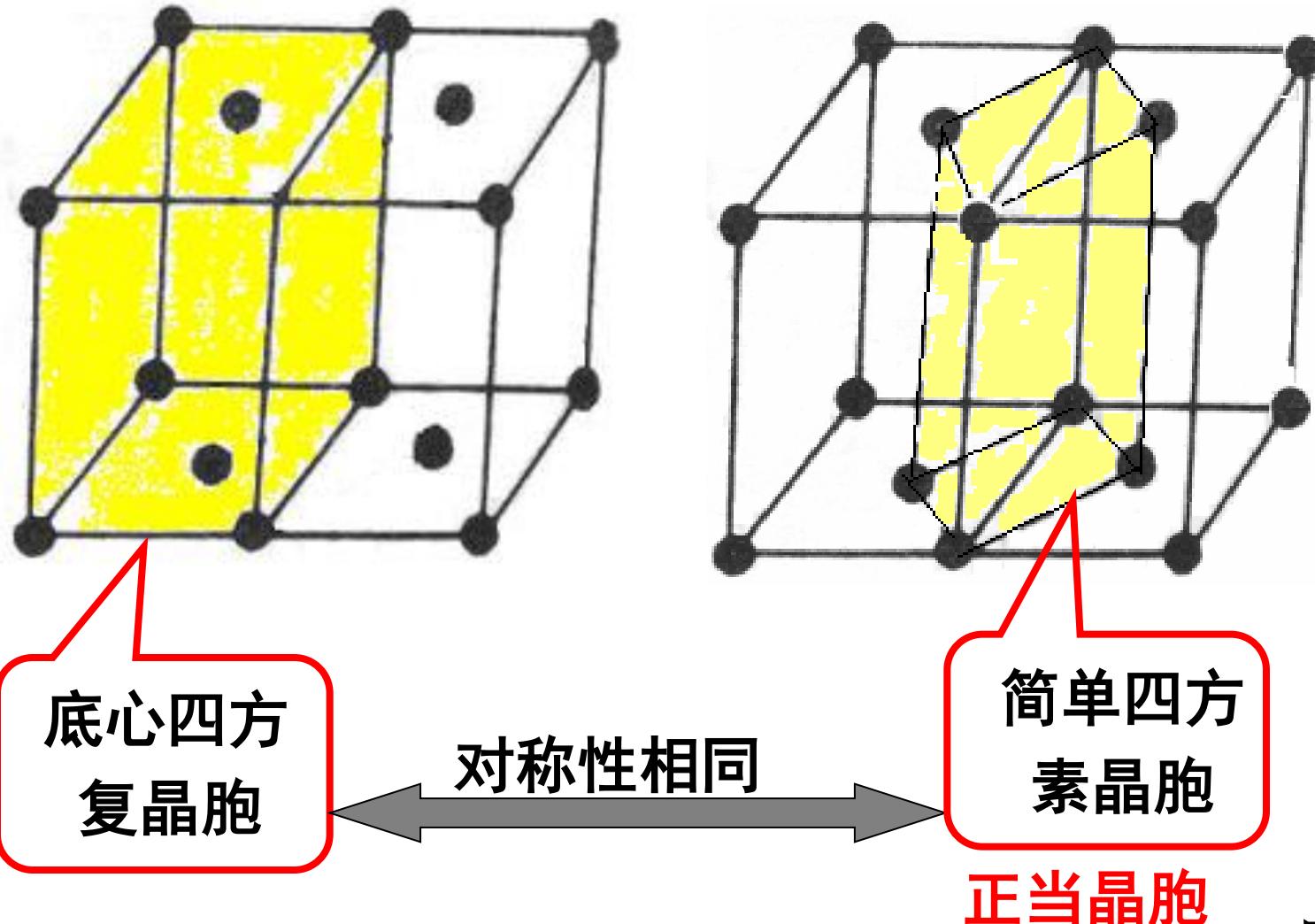
正当晶胞

$$\text{点阵点} = 8 * 1/8 + 6 * 1/2 = 4$$

菱面体：  
素晶胞

$$\text{点阵点} = 8 * 1/8 = 1$$

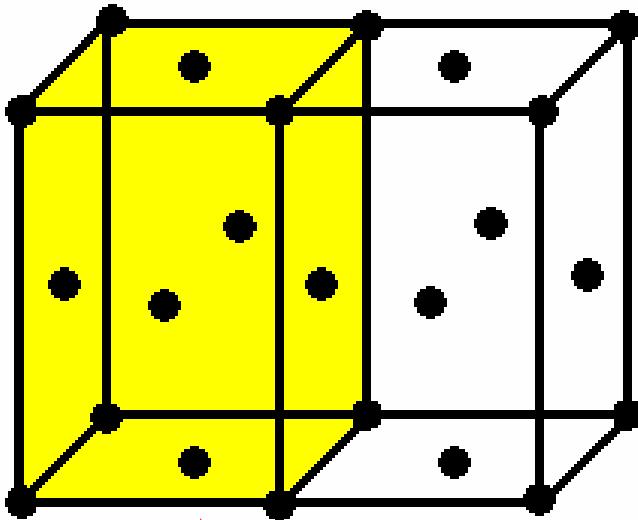
## 例2：底心四方点阵



P220  
图7.22<sup>20</sup>



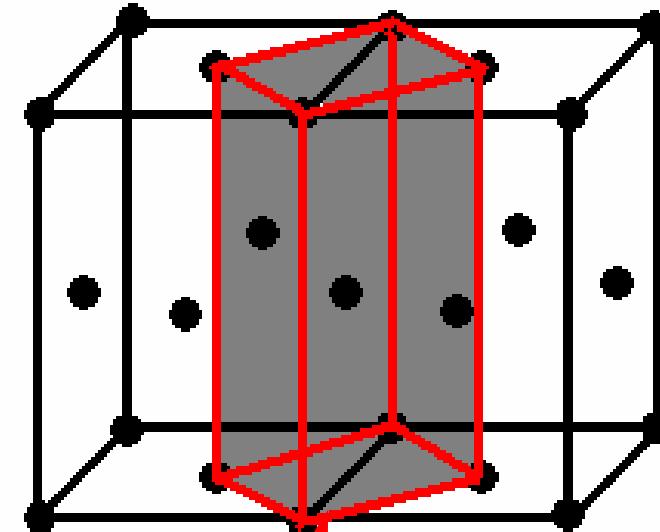
## 例3：四方面心点阵



四方面心  
复晶胞

对称性相同

含点阵点4个



四方体心  
复晶胞

正当晶胞

含点阵点2个

图7.22



晶胞共有14种型式, 分属7个晶系:

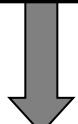
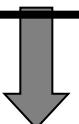
P 220

立方、

三方、六方、

四方、

正交、单斜、三斜



简单立方  
体心立方  
面心立方

简单四方  
体心四方



四方底心, 四方面心





## 点阵与晶体的相互关系

数学模型

实际结构

空间点阵

晶体

(点)阵点

结构基元

直线点阵

晶棱

平面点阵

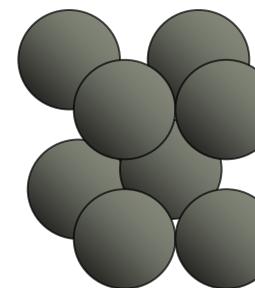
晶面

素单位

素晶胞

复单位

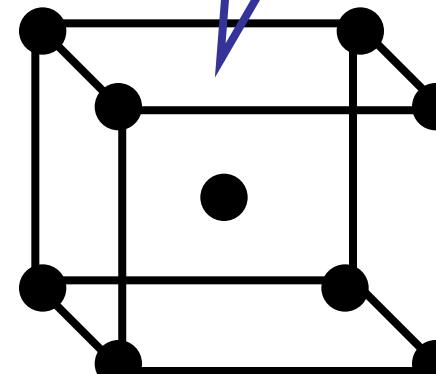
复晶胞



钠晶体

平面点阵

晶面

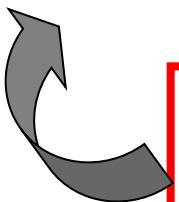
线性点阵  
晶棱

整个晶体：空间点阵



## (2) 晶胞的二个基本要素

① 晶胞参数  $\longrightarrow$  晶胞形状

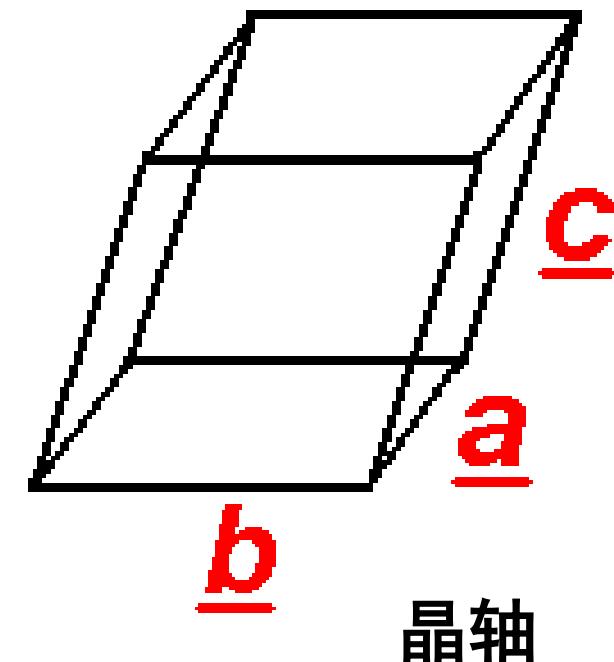


$a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$

$$\alpha = \underline{b} \wedge \underline{c}$$

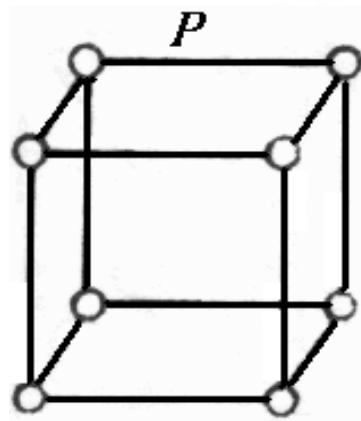
$$\beta = \underline{a} \wedge \underline{c}$$

$$\gamma = \underline{a} \wedge \underline{b}$$





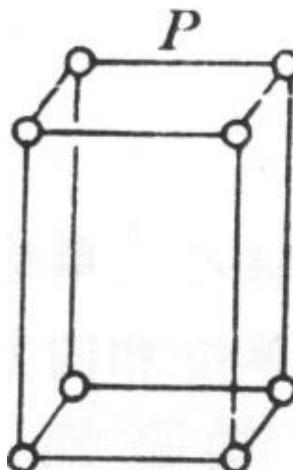
## 立方晶胞



$$a = b = c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

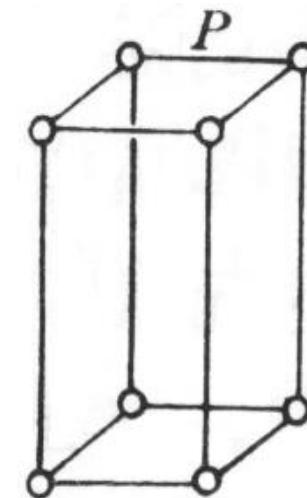
## 四方晶胞



$$a = b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

## 正交晶胞

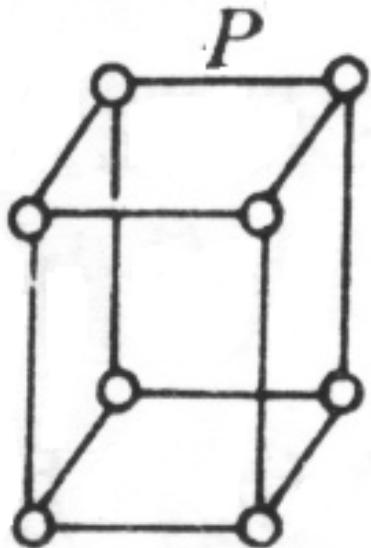


$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



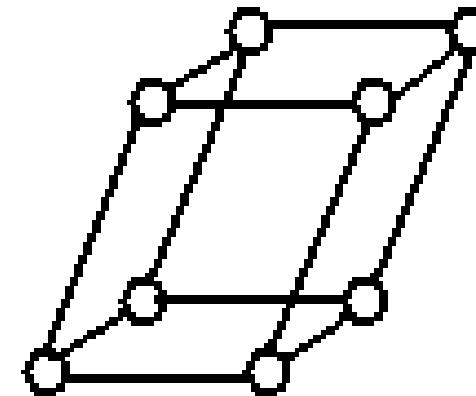
## 单斜晶胞



$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ, \quad \beta \neq 90^\circ$$

## 三斜晶胞

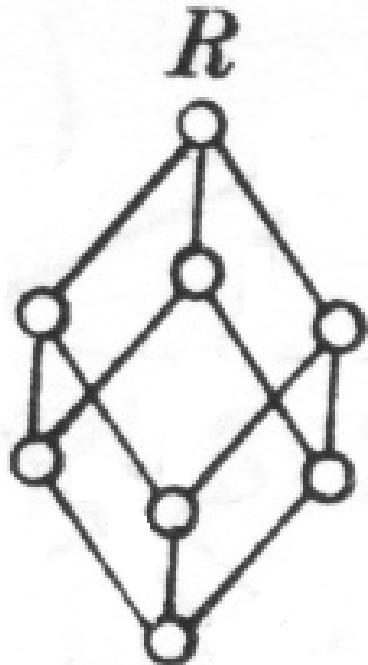


$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



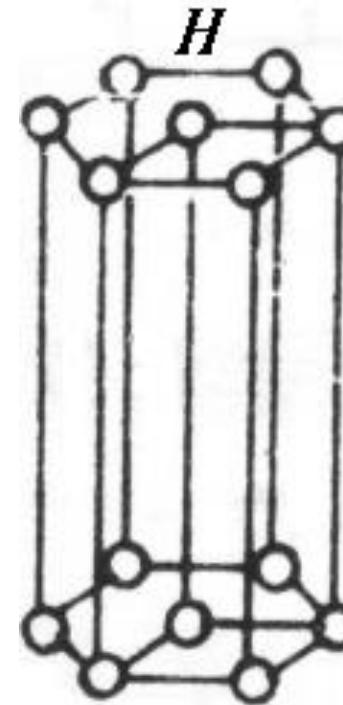
## 三方晶胞



$$a=b=c$$

$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

## 六方晶胞

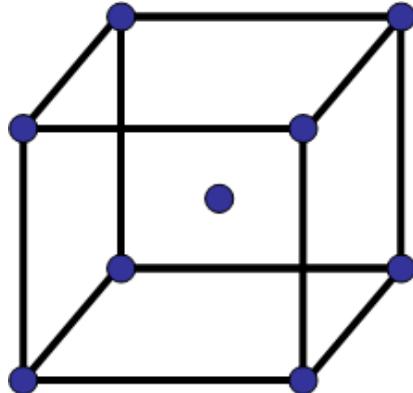


$$a=b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

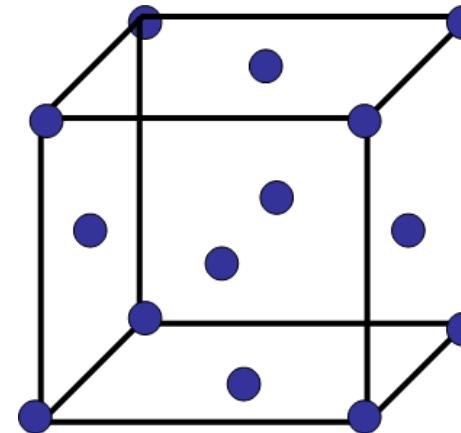
## ②晶胞内各原子的位置 ← 分数坐标

例1：某种金属，  
立方体心晶胞



含原子数为  $8 \times 1/8 + 1 = 2$   
 $(0,0,0), (1/2,1/2,1/2)$   
(顶点1, 体心1)

例2：某种金属，立方面心晶胞



含原子数为  $8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$   
 $(0,0,0)$  (顶点1)  
 $(1/2,1/2,0)$   $(1/2,0,1/2)$   $(0,1/2,1/2)$   
(面心3)



例3. 某化合物属立方晶系，含Hg、Cs和Cl三种元素，Hg位于体心，Cs位于顶点，Cl则位于面心。

各原子的分数坐标为：

Hg: (  $1/2$ ,  $1/2$ ,  $1/2$  ) ,

Cl: (  $1/2$ ,  $1/2$ ,  $0$  ) (  $0$ ,  $1/2$ ,  $1/2$  ) (  $1/2$ ,  $0$ ,  $1/2$  ) ,

Cs: (  $0$ ,  $0$ ,  $0$  )

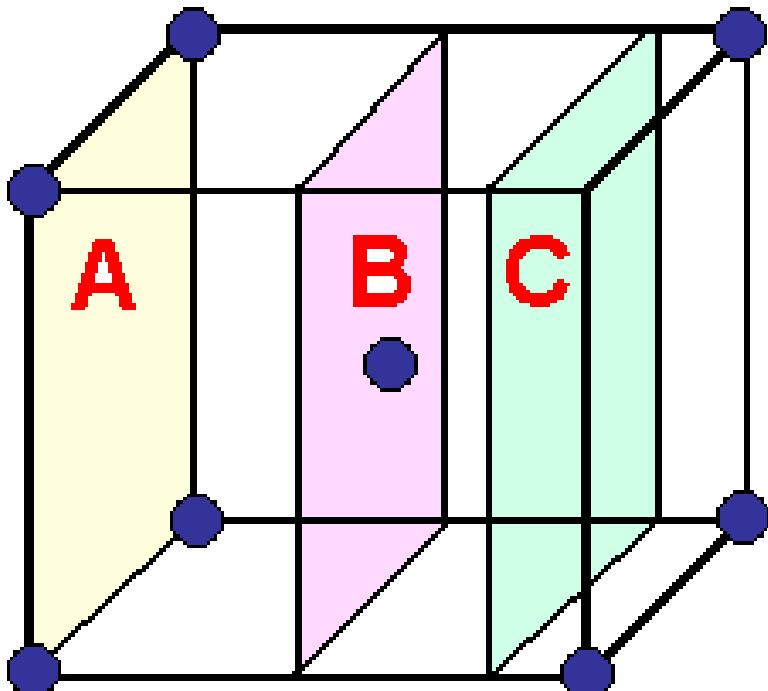


### 7.1.2.3 晶面和晶面指标

结构基元

(1) **晶面** ←→ 点阵点构成的平面

例1： 体心立方点阵



A、B是晶面

C不是晶面



## (2) 晶面指标 (Miller指标)

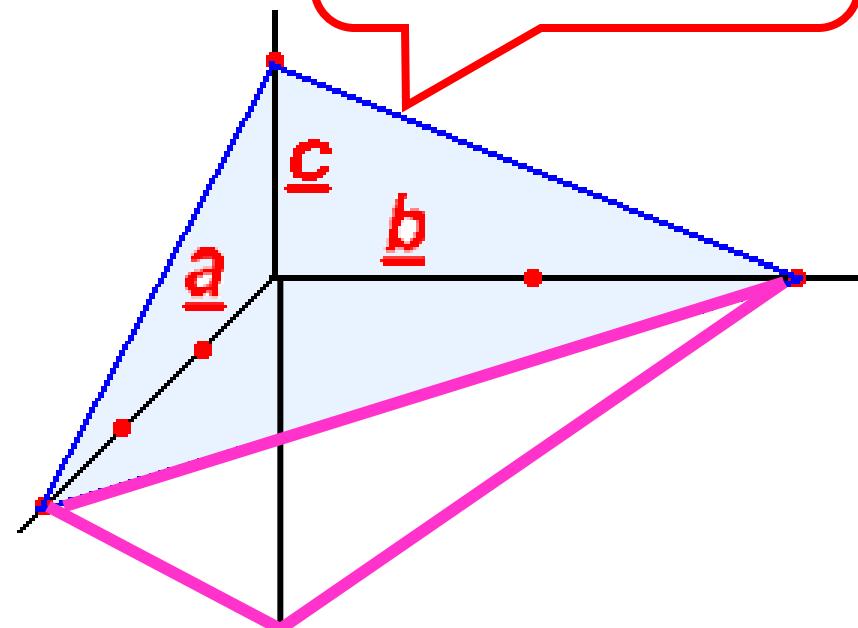
晶面在三个晶轴上的  
倒易截数的互质比

设：晶面在三个晶轴上的  
截距分别为  $h'a, k'b, l'c$

截数 —  $h', k', l'$

倒易截数 —  $\frac{1}{h'}, \frac{1}{k'}, \frac{1}{l'}$

晶面截数为：  
3, 2, 1





$$\frac{1}{h'} : \frac{1}{k'} : \frac{1}{l'} = h^* : k^* : l^* \text{ (互质比)}$$

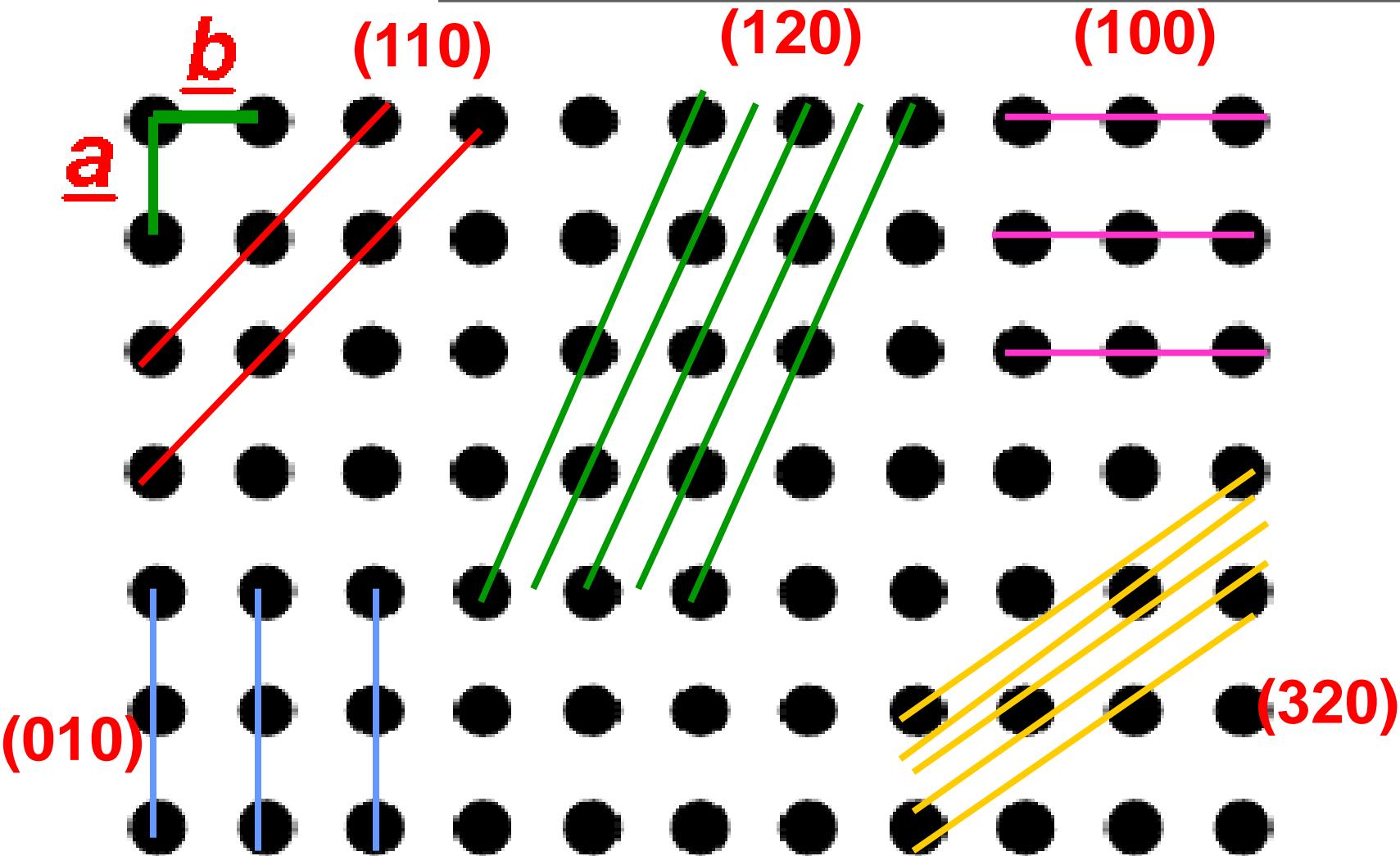
$(h^* k^* l^*)$  —— Miller指标

例1：上图， 晶面截数 3, 2, 1

$$\frac{1}{3} : \frac{1}{2} : \frac{1}{1} = 2 : 3 : 6$$

该晶面指标为 (236)

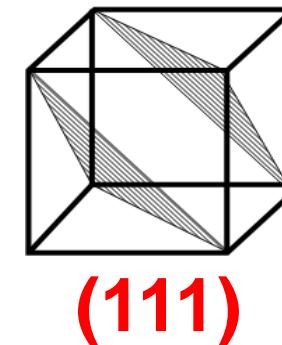
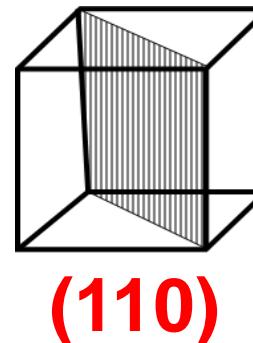
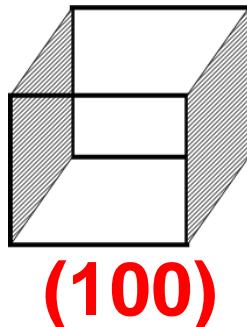
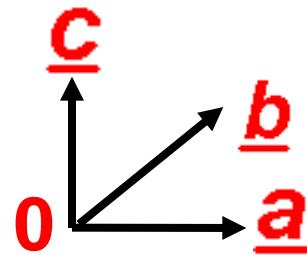
$(h^* k^* l^*) \rightarrow$  一组平行的晶面



晶面指标数字↑，晶面距↓



## 例2：立方晶体的几组晶面指标



Notes:

①  $(h^*k^*l^*)$

$h^*=0 \rightarrow$  晶面平行于 a

$k^*=0 \rightarrow$  晶面平行于 b

$l^*=0 \rightarrow$  晶面平行于 c

② 截数为负时，加“-”，例  $(\bar{2}\bar{3}\bar{3})$



③( $h^*k^*l^*$ )---等间距平行晶面

**晶面间距 ( $d$ )** ——晶面( $h^*k^*l^*$ )中相邻的两个平面的间距。

当**晶胞常数a、b、c、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$** 已知时, 即可用下列公式算出:

$$\begin{aligned} d = & V [ h^{*2} b^2 c^2 \sin^2 \alpha + k^{*2} a^2 c^2 \sin^2 \beta + l^{*2} a^2 b^2 \sin^2 \gamma \\ & + 2h^* k^* abc^2 (\cos \alpha \cos \beta - \cos \gamma) \\ & + 2k^* l^* a^2 bc (\cos \beta \cos \gamma - \cos \alpha) \\ & + 2h^* l^* ab^2 c (\cos \alpha \cos \gamma - \cos \beta) ]^{-1/2} \end{aligned}$$

$$V = abc (1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma)^{1/2}$$



正交晶系:

$$d_{h^*k^*l^*} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{h^*}{a}\right)^2 + \left(\frac{k^*}{b}\right)^2 + \left(\frac{l^*}{c}\right)^2}}$$

四方晶系:

$$d_{h^*k^*l^*} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{h^{*2}+k^{*2}}{a^2}\right) + \left(\frac{l^*}{c}\right)^2}}$$

立方晶系:

$$d_{h^*k^*l^*} = \frac{a}{\sqrt{(h^*)^2 + (k^*)^2 + (l^*)^2}}$$

例: 某正交晶系晶胞参数为  $a=5 \text{ \AA}$ ,  $b=10 \text{ \AA}$ ,  $c=15 \text{ \AA}$

$$d_{123} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{5}\right)^2 + \left(\frac{2}{10}\right)^2 + \left(\frac{3}{15}\right)^2}} \\ = 2.88 \text{ \AA}$$

$$d_{236} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2}{5}\right)^2 + \left(\frac{3}{10}\right)^2 + \left(\frac{6}{15}\right)^2}} \\ = 1.56 \text{ \AA}$$



## § 7.2 晶体结构的对称性

晶体的对称性不同于分子的对称性。

### 7.2.1 晶体的宏观对称性 → 外形, 晶胞形状

晶体的宏观对称性又称为点对称性。因为宏观对称操作中空间至少有一点不动(点对称操作)。

#### 7.2.1.1 晶体宏观对称元素、对称操作

①旋转轴  $n$

旋轴  $L(2\pi/n)$

②反映面  $m$

反映  $M$

③对称中心  $i$

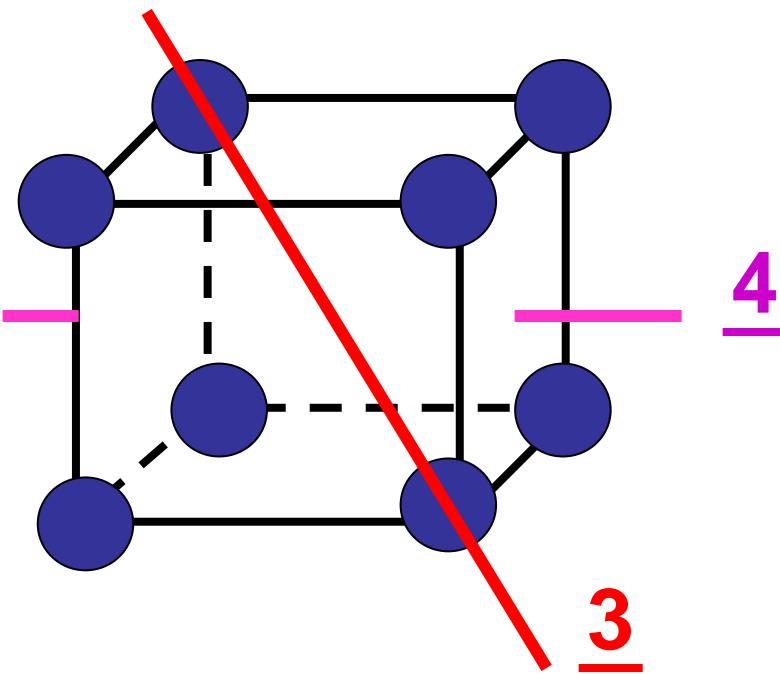
倒反  $I$

复合操作

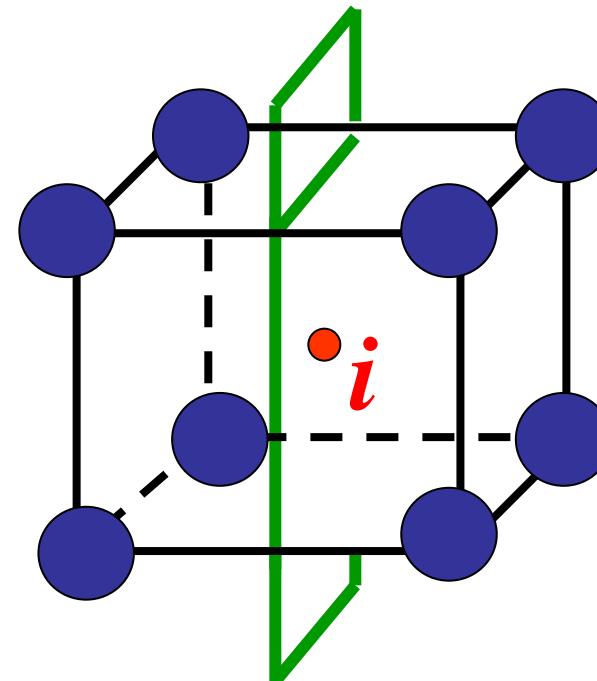
④反轴  $\bar{n}$

旋转倒反  $L(2\pi/n) I$

例：



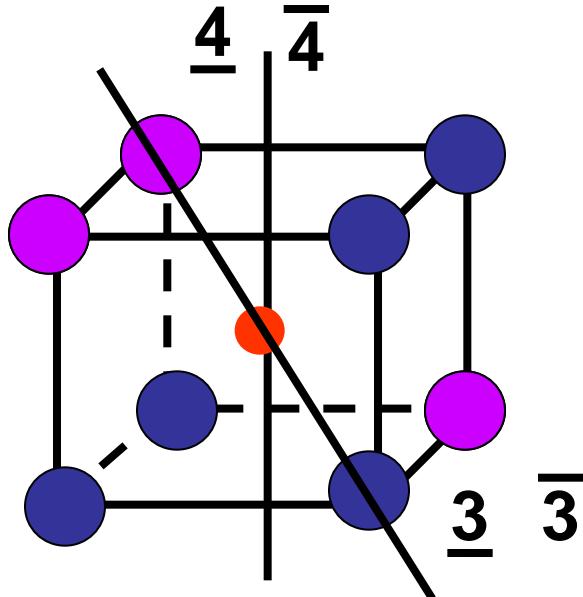
4个3、  
3个4



*m* 有几个?



$\bar{n}$  : 直线+点



穿过体心的  
直线+体心

$\bar{4}$

常见的反轴有:  $\bar{3}, \bar{4}, \bar{6}$

可以独立存在

先

可以独立存在的宏观对称元素 (四类八个) :

$i \ m$

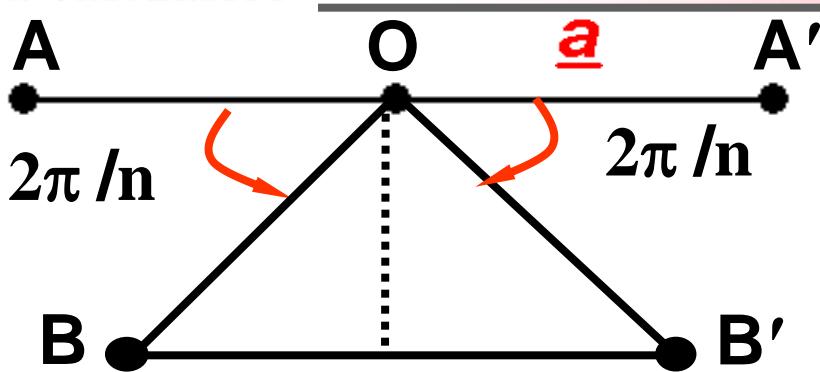
1	2	3	4	6
---	---	---	---	---

旋转轴

$\bar{4}$

反轴

后



n (过O)

$$BB'=m \underline{a}$$

$$ma=2/OB/\cos(2\pi /n)=2a \cos (2\pi /n)$$

$$m/2=\cos (2\pi /n)$$

$$|m/2| \leq 1$$

$$m=2, 1, 0, -1, -2$$

$n=1, 2, 3, 4, 6$  P216 表7.3

实际晶体上可以存在的旋转轴只有五种(1, 2, 3, 4, 6次)。五次和高于六次的旋转轴都不存在，此定律为晶体的对称定律。





理想晶体只有4次反轴。

不能独立存在

$$\bar{1} = IL\left(\frac{2\pi}{1}\right) = I$$

$$\bar{2} = IL\left(\frac{2\pi}{2}\right) = M$$

$$(\bar{3})^2 = \left(IL\left(\frac{2\pi}{3}\right)\right)^2 = \underline{3}$$

$$(\bar{3})^3 = \left(IL\left(\frac{2\pi}{3}\right)\right)^3 = I$$

不能独立存在

$$(\bar{6})^2 = \left(IL\left(\frac{2\pi}{6}\right)\right)^2 = \underline{3}$$

$$(\bar{6})^3 = \left(IL\left(\frac{2\pi}{6}\right)\right)^3 = M$$

独立存在

$$\bar{4} = IL\left(\frac{2\pi}{4}\right) = L\left(\frac{3\pi}{2}\right)M$$

$$(\bar{4})^2 = \left(IL\left(\frac{2\pi}{4}\right)\right)^2 = 2$$

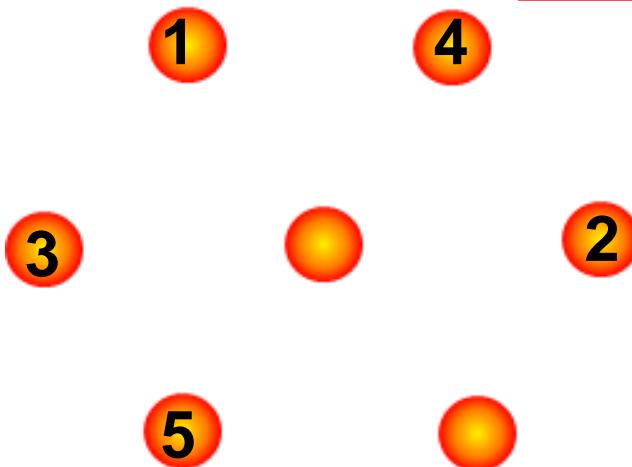
独立存在

$$(\bar{4})^3 = \left(IL\left(\frac{2\pi}{4}\right)\right)^3 = L\left(\frac{\pi}{2}\right)M$$



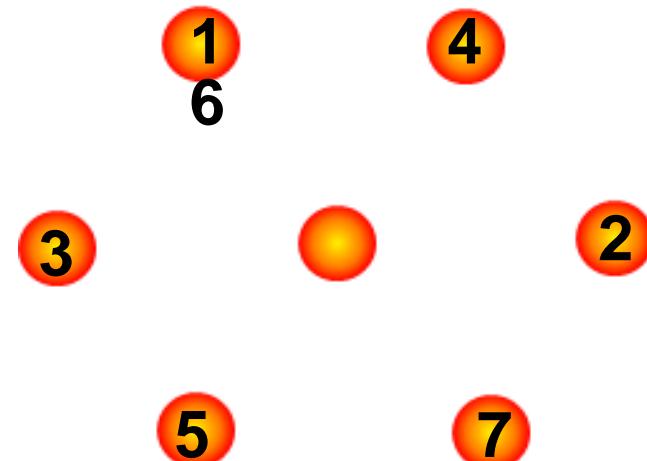
$$(\bar{3})^2 = \left( I L \left( \frac{2\pi}{3} \right) \right)^2 = \underline{3} \quad (\bar{3})^3 = \left( I L \left( \frac{2\pi}{3} \right) \right)^3 = I$$

假设  $\underline{3}$  及  $I$  经过  
中心的那个原子



经过,  $(\bar{3})^2$

1号→5号, 相当于  $\underline{3}$



经过,  $(\bar{3})^3$

1号→7号, 相当于  $I$





## 7.2.2 晶体宏观对称性的分类

### 7.2.2.1 宏观对称元素的组合和32个点群

晶体中可能存在的宏观对称元素只有8种：

$i \ m \ \underline{1} \ \underline{2} \ \underline{3} \ \underline{4} \ \underline{6} \ \bar{4}$

一种晶体可能存在1种或多种宏观对称元素，相互组合，可形成32种晶体学点群。同样采用熊夫里符号表示，参见P218-219.

Notes: 晶体点群



分子点群

例：晶态苯的正交结构  $D_{2h}$

苯分子  $D_{6h}$



## 7.2.2.2 特征对称元素与7个晶系

32个晶体学点群正好对应于7个晶系：

立方，三方，四方，六方，正交，单斜，三斜。

不同的晶系对应于不同形状的晶胞。

同一晶系具有相同的特征对称元素。

立方，三方，四方，六方，

正交，单斜，三斜

有4个 3

3    4    6

没有高次轴

高级晶族

中级晶族

低级晶族



## 7.2.2.3 十四种空间点阵

空间正当格子只有七种形状  
(对应于七个晶系) 十四种型式。

布拉维(Bravais A) 1885 布拉维空间格子。

立方晶系: 简单立方 $P$ 、体心立方 $I$ 、面心立方 $F$ 。

四方晶系: 简单四方 $P$ 、体心四方 $I$ 。

正交晶系:  $P$ 、 $I$ 、 $F$ 、 $C$  (侧心)。

单斜晶系:  $P$ 、 $C$ 。

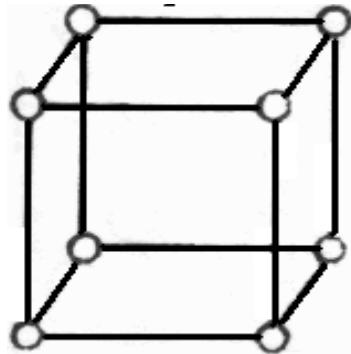
三斜素格子:  $P$

三方、六方素格子, 分别记为 $R$ 、 $H$ 。

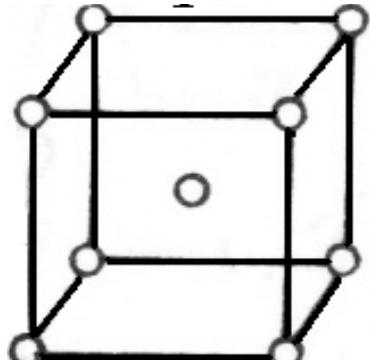
## 立方晶系

$a=b=c$      $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

### 简单立方 **P**



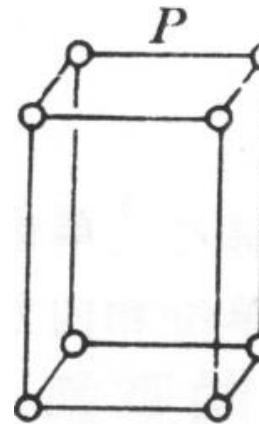
### 体心立方 **I**



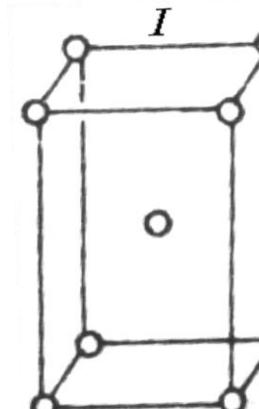
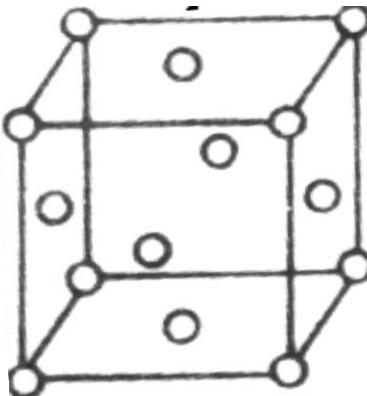
## 四方晶系

$a=b\neq c$      $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

### 简单四方 **P**



### 面心立方 **F**

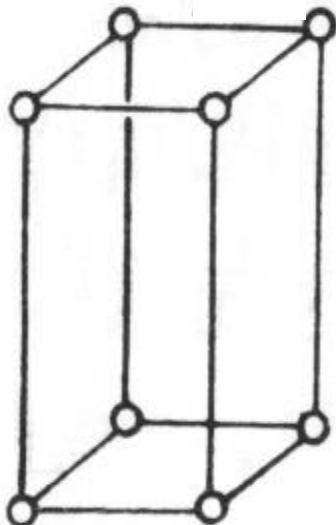
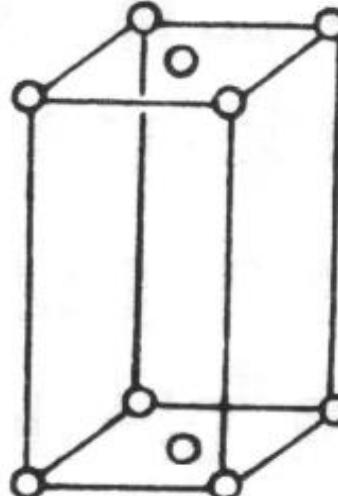
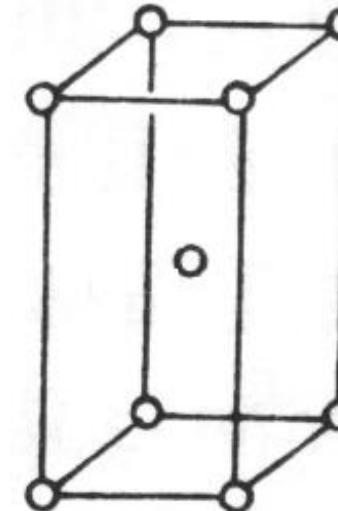
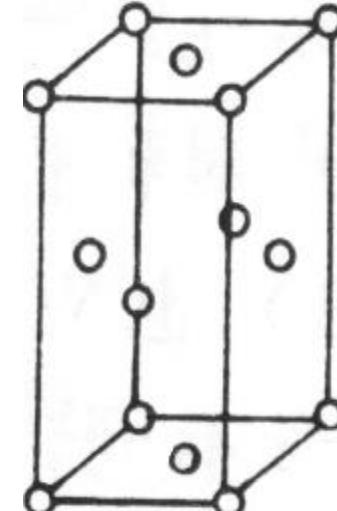


### 体心四方 **I**



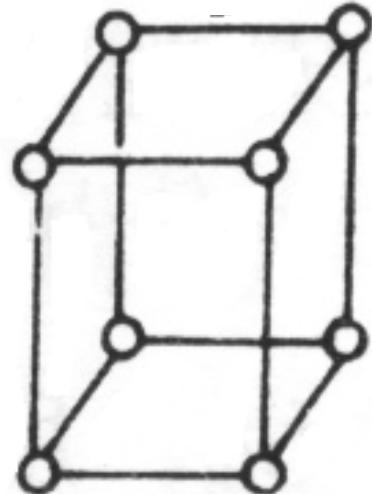
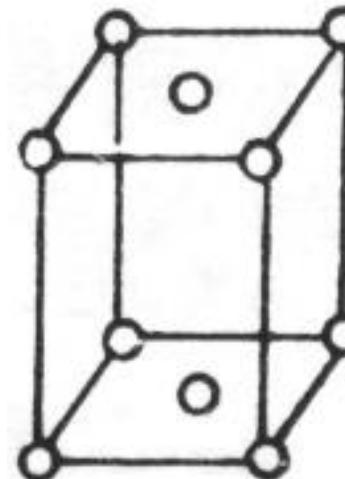


正交晶系

 $a \neq b \neq c$  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ **P****C****I****F**



## 单斜晶系

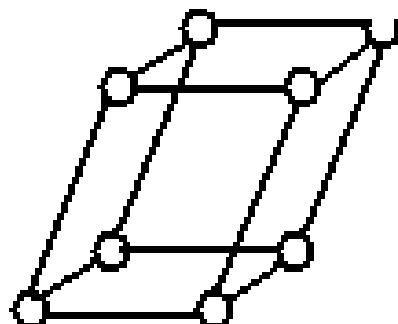
**P****C**

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ,$$

$$\beta \neq 90^\circ$$

## 三斜晶系

**P**

$$a \neq b \neq c$$

$$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



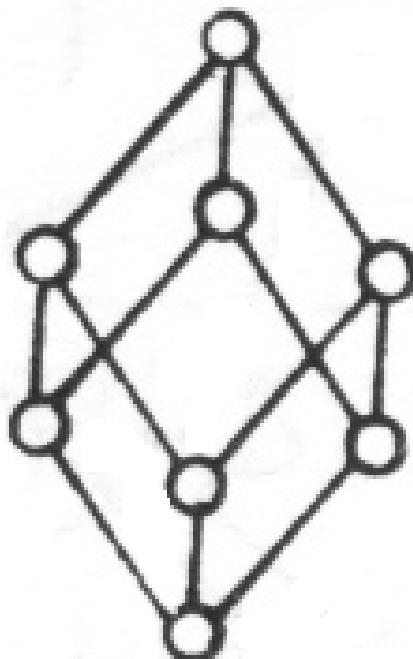


## 三方晶系

$$a=b=c$$

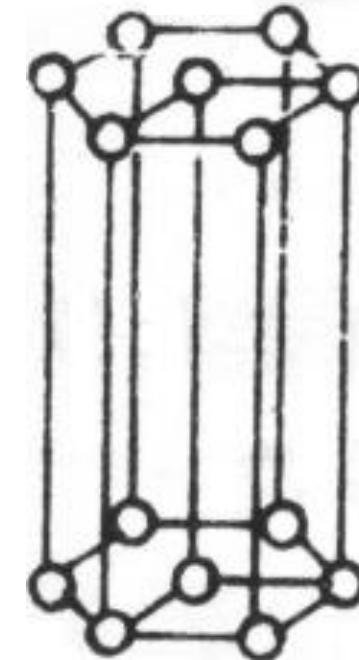
$$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$$

**R**



## 六方晶系

**H**



$$a=b \neq c$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ, \\ \gamma = 120^\circ$$





## 7.2.3 晶体的微观对称性

### 7.2.3.1 晶体的微观对称性和对称操作

晶体的微观对称性：晶体内部点阵结构的对称性。

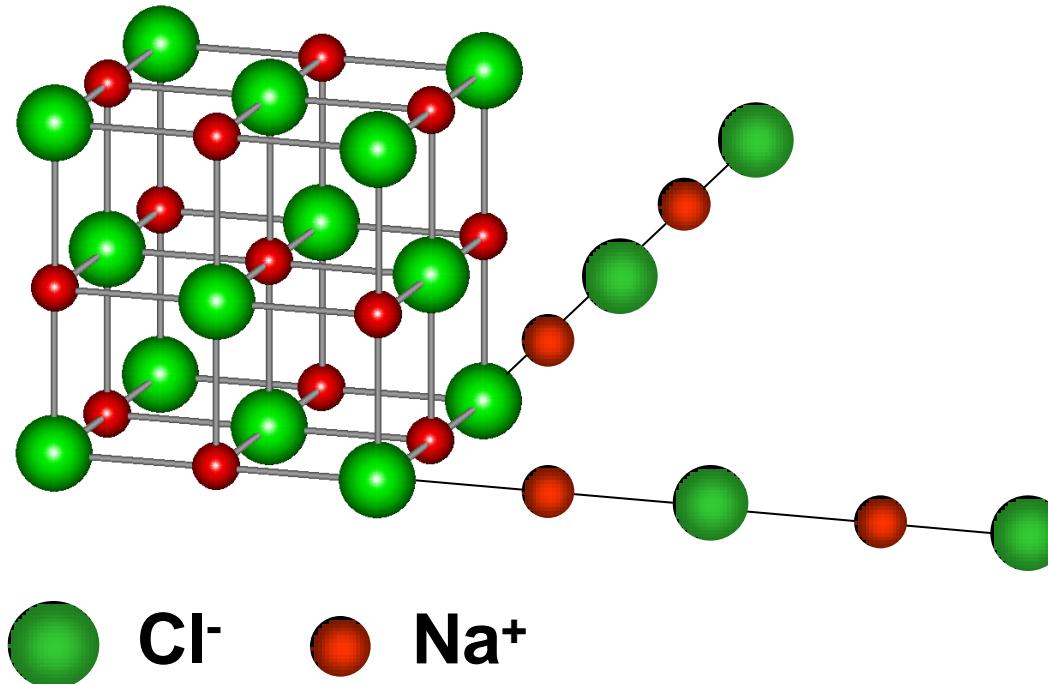
晶体的微观结构对称性在宏观对称元素的基础上，还**增加了下列三种：平移轴、螺旋轴、滑移面。**

范畴		对称元素	对称操作
宏观	宏观	镜面(反映面) 旋转轴 对称中心 反轴	反映 旋转 倒反(反演) 旋转倒反
		平移轴 螺旋轴 滑移面	平移 旋转+平移(螺旋旋转) 反映+平移(滑移反映)



平移轴 ← 晶体中微粒周期性排列

NaCl  
晶体

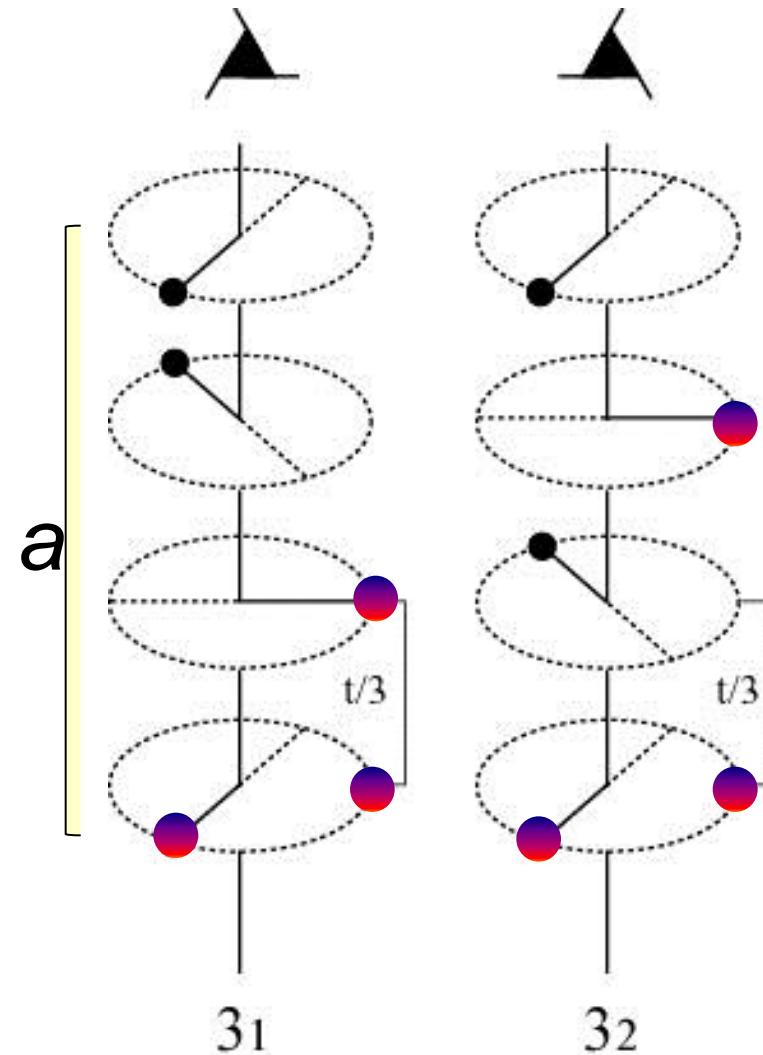
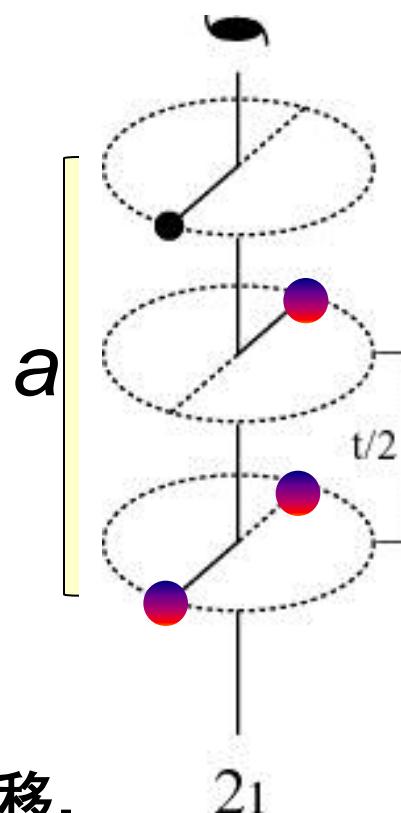


螺旋轴— $n_s$ 

$$n_s = L(2\pi / n) \cdot T(sa / n)$$

I	I	I	I
2 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	4 <sub>1</sub>	6 <sub>1</sub>
3 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	6 <sub>2</sub>	
4 <sub>3</sub>	6 <sub>3</sub>		
6 <sub>4</sub>			
6 <sub>5</sub>			

共11种



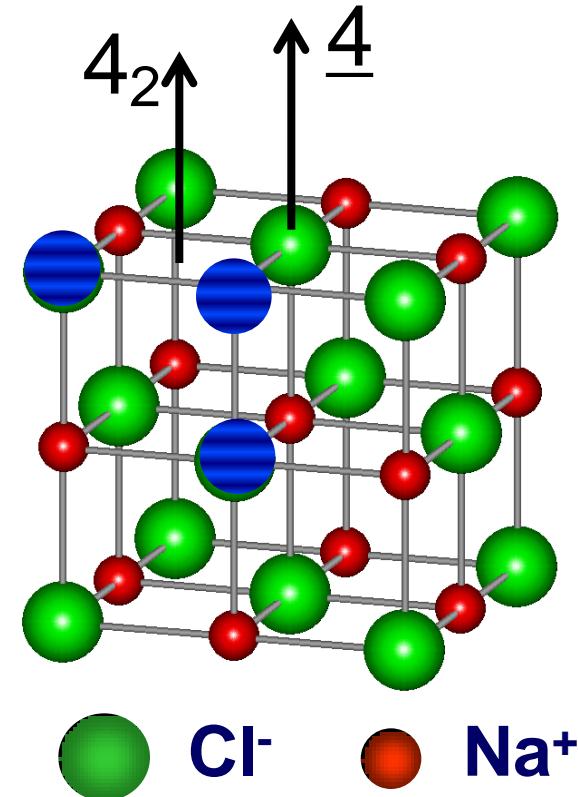
可以先绕轴旋转后平移，  
也可以先平移后绕轴旋转



微观的螺旋轴与宏观的对称轴  
有一定的对应关系。

若晶体宏观上有  $n$ ,  
则微观上与  $n$  平行的方向上必有  
一个或几个螺旋轴。

NaCl 晶体



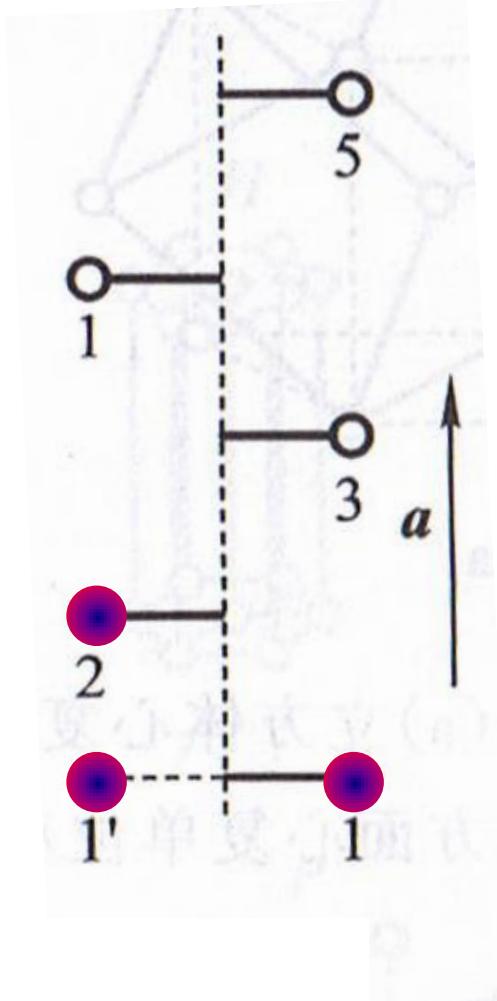
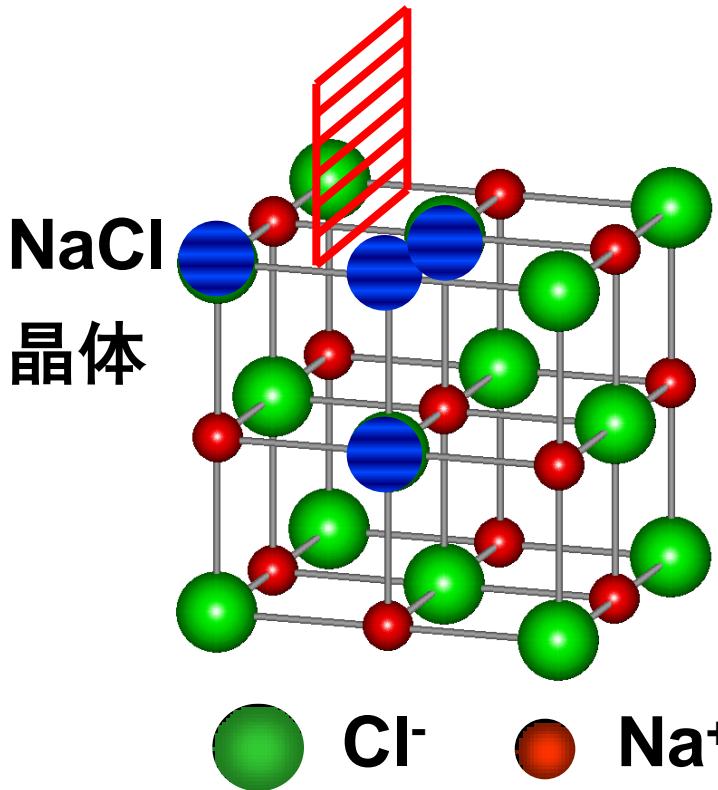


**滑移面：**由反映+平移(平移+反映)构成的符合操作。顺序无关。

1) 轴线滑移面 $a$  (或  $b$ 或  $c$ ) :

反映, 再沿 $a$  (或  $b$ 或  $c$ ) 轴

平移 $a/2$  (或  $b/2$ 或  $c/2$ )



2) 对角线滑移面  $n$ 

反映后，再平移  $a/2 + b/2$

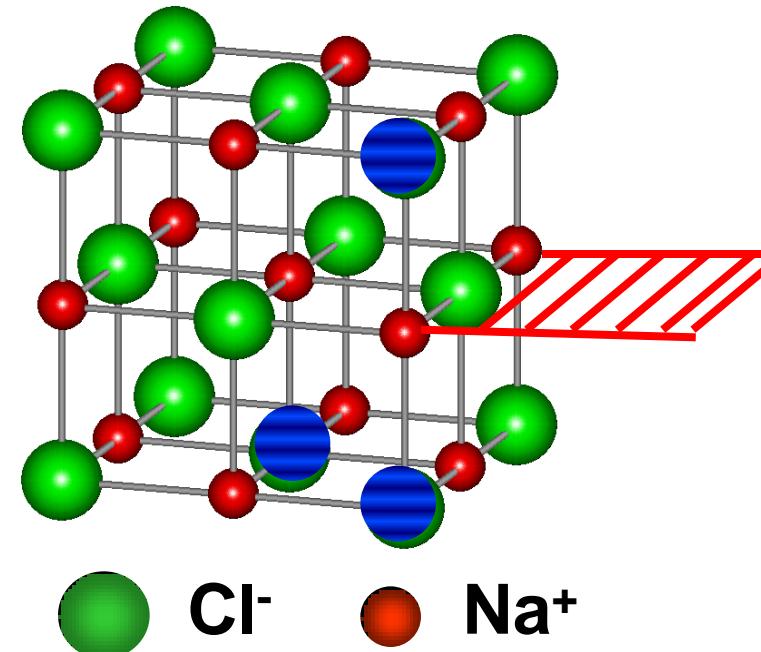
【沿  $a$  轴移动  $a/2$ ，  
沿  $b$  轴移动  $b/2$ 】

类似地，

反映后，再平移  $b/2 + c/2$

反映后，再平移  $a/2 + c/2$

NaCl 晶体



3)菱形滑移面d  
(金刚石滑移面)

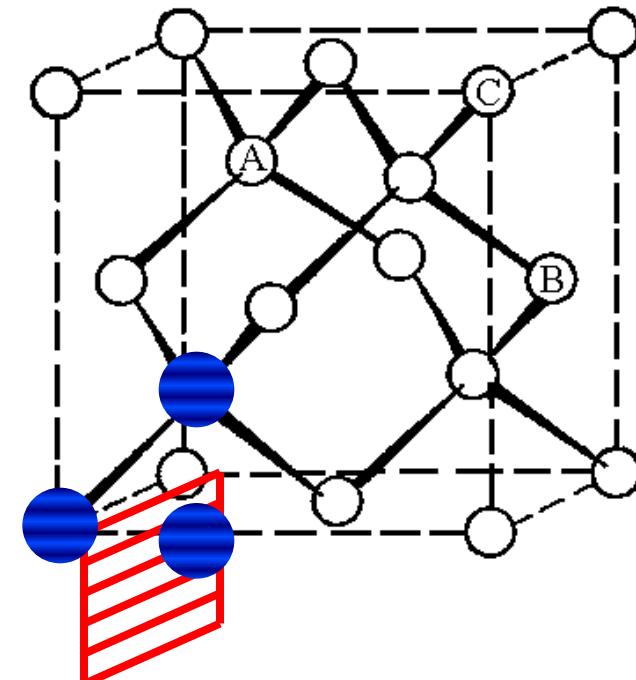
金刚石结构

反映后，再平移 $a/4 + b/4$   
【沿a轴移动 $a/4$ ，  
沿b轴移动 $b/4$ 】

类似地，

反映后，再平移 $b/4 + c/4$   
反映后，再平移 $a/4 + c/4$

体内阵点4

 $(1/4, 1/4, 1/4) (3/4, 3/4, 1/4)$  $(1/4, 3/4, 3/4) (3/4, 1/4, 3/4)$ 

1/8位置





晶体内部结构所有对称元素的集合——空间群

微观对称元素组合，可以得到**230个空间群**( space group)。

一个空间群可看成是由两部分组成的：

1) 晶体结构中所有平移轴的集合，称为**平移群**；晶体中可能的平移群有14种，与14种布拉维格子类型对应。

**平移群:**  $T = m\underline{a} + n\underline{b} + p\underline{c}$

2)**点群**，即晶体宏观对称要素的集合。

关于晶体

- 7 种晶系（晶胞形状）
- 14 种布拉维格子（14种型式）
- 32 个晶体学点群
- 230 种晶体空间群



## 空间群的符号：

包含了空间格子类型, 对称元素及其相互之间的关系。

## 国际符号分两个部分：

1)前半部分是平移群的符号, 即**布拉维格子的符号**, 按格子类型的不同而分别用字母P、R、I、C、F等表示之。

2)后半部分则是**其它对称要素之集合的符号**, 类似于点群符号的表达, 但有的被微观对称要素取代.

例：F $\bar{4}3c$

