

第六节

X射线的衍射

一、X射线的获得

1895年 伦琴 (Roentgen) 发现故称为伦琴射线。

波长范围：10埃 ~ 0.01埃

欲观察其衍射现象

则衍射线度应与其波长差不多

晶体的晶格常数恰是这样的线度



德国物理学家

伦琴

M.K.Röntgen

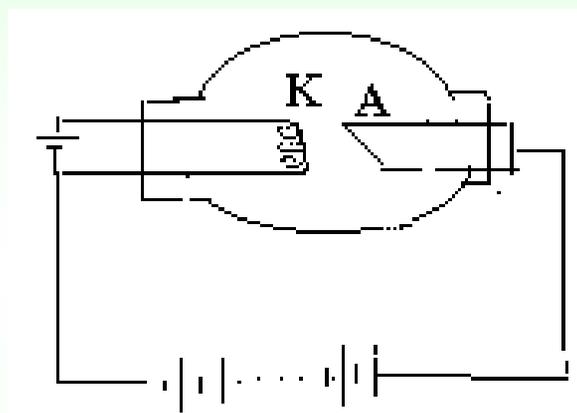
(1845-1923)

伦琴是德国维尔茨堡大学校长，第一届诺贝尔奖获得者。1895年他发现一种穿透力很强的一种射线。后来很快在医学上得到应用，也引起各方面重视。

抽真空容器，阴极**K**，阳极**A**，也叫对阴极，由金属(铜,钨,钨)制成，**K**、**A**间加高压。

工作过程：X射线是由阴极加发射出(热)电子，经高速电压加速，获得能量，运动速度很大，这种高速电子去撞击阳极**A**，而发射出X射线。

A---**K**间加几万伏高压，加速阴极发射的热电子。

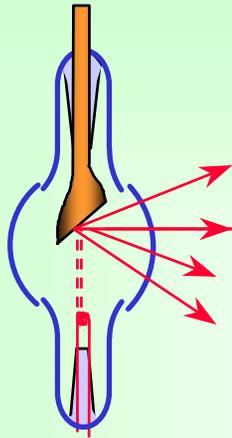


实验装置

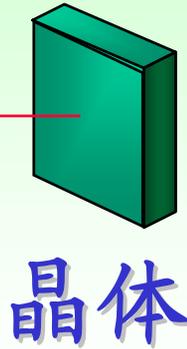
X射线性质：为不带电的粒子流，由实验发现不受电场磁场的影响。本质和光一样。是波长很短的电磁波。

波长：0.1~100埃

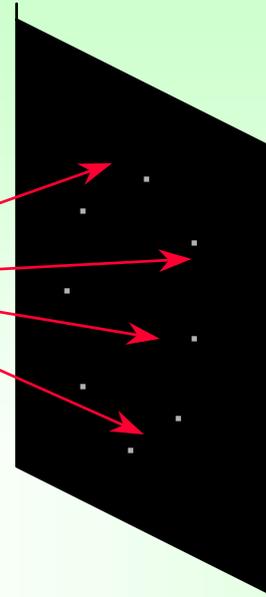
X射线管



铅屏

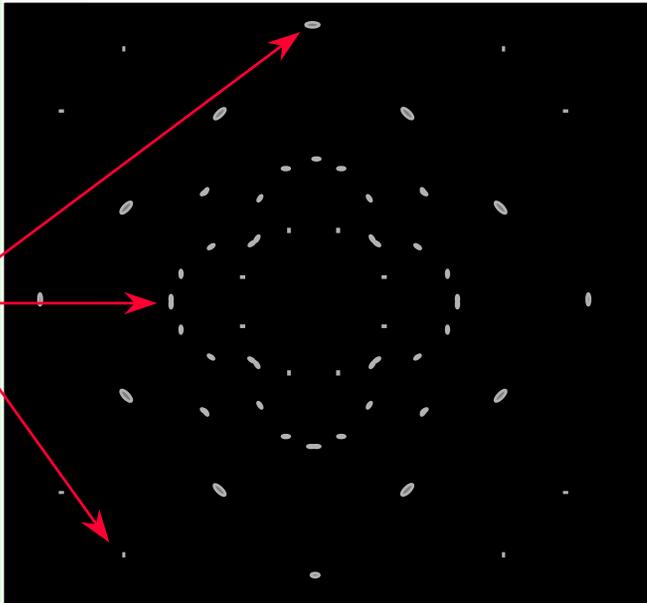


晶体



底片

劳厄斑点



晶体可看作三维
立体光栅

根据劳厄斑点的
分布可算出晶面间距
掌握晶体点阵结构

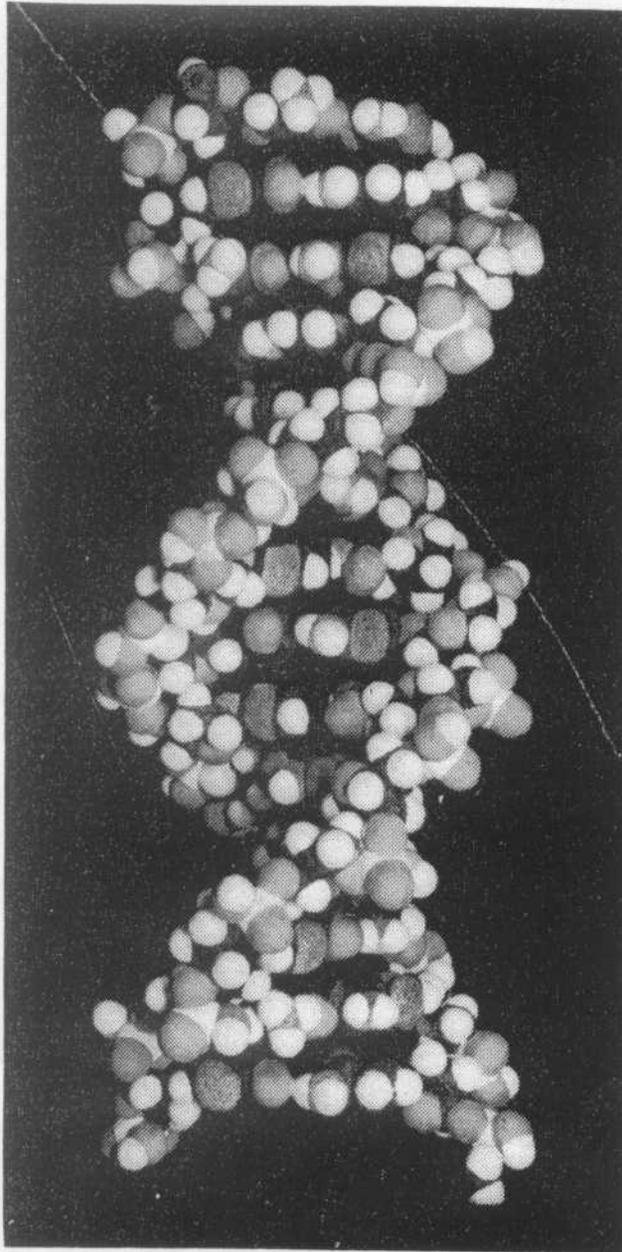


德国物理学家

劳厄

M.von.Laue

(1879-1960)



X-ray diffraction photographs such as this one led to the discovery of the double-helix form of the DNA molecule. A model of a small part of a DNA molecule is shown. A human DNA molecule, which is normally coiled and folded into a microscopic package called a chromosome, would be a meter or so long if stretched out. The development and functioning of every living organism is controlled by the DNA in its cells. When the organism reproduces, copies of its DNA are passed on to the new generation.



伦琴夫人的手

X照片

戒指

二、X射线的衍射

为研究X射线的性质，作X射线的衍射实验。但由于其波长很短，用前面所讲的衍射物—单缝，园孔，光栅都较大($a \gg \lambda$)，观察不到衍射现象。后来人们采用晶体。晶体内原子按一定点阵排列得十分整齐，原子间距为几个埃，将晶体当作光栅常数很小的空间光栅。

研究X射线的两种方法：

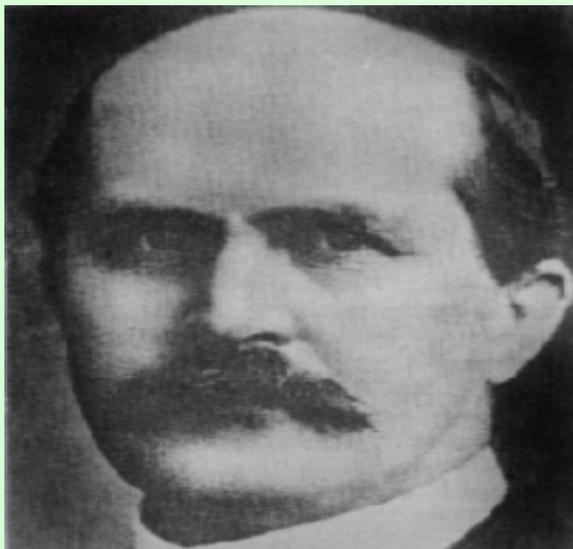
1、劳厄法

1912年劳厄利用天然晶体作衍射物，获得X射线衍射图，得到劳厄斑点，是X射线透过晶体的衍射。通过劳厄斑点分析可了解晶体结构。

2、布喇格法

是1913年英国的布喇格父子提出，與此同时苏联的乌布利也作了类似的研究，也称为乌布利—布喇格方法。

布喇格父子 (W.H.Bragg, W.L.Bragg)



布喇格, W. H.



布喇格, W. L.



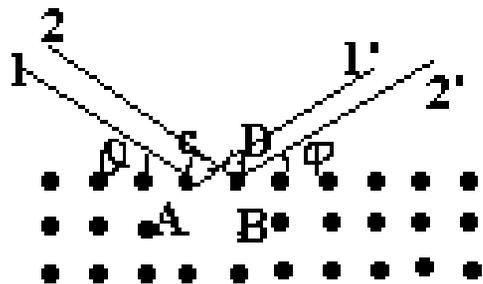
第4章结束

研究X射线在晶体中的原子上发生散射时的衍射图样。

晶体结构为点阵排列，是由一系列的原子层构成。当X射线射至晶体原子上时，每个原子成为新的子波波源，向外发出子波

__散射光。不仅表面层的原子有散射，内层原子也有散射波，这些散射波相遇，产生叠加__干涉。散射波产生的散射效应有两部分：表面层和内层。

3、表面层的散射



如图,入射线的入射角 θ , 散射波沿各个方向都有, 现取沿 ϕ 方向, ϕ 是散射角。

原子间距 $\overline{AB} = h$

讨论1,2光束

入射时,两相邻光程差 $BC = h \cos \theta$

散射时两相邻光程差 $AD = h \cos \phi$

散射后相遇的总光程差 $\Delta = AD - BC = h(\cos \phi - \cos \theta) = k\lambda$ 加强

$k = 0$ $\Delta = 0$ $\phi = \theta$ 干涉为最强处, 即入射角和散射角相等的方向上干涉最强, 即表示各原子层散射射线中满足反射定律的散射射线相遇, 干涉最强。

4、晶体内层反射

X射线射至晶体内部,原子层间散射的X射线相遇也产生干涉
讨论表面层符合反射定律的那些散射线在层间散射后相遇的情况 如图

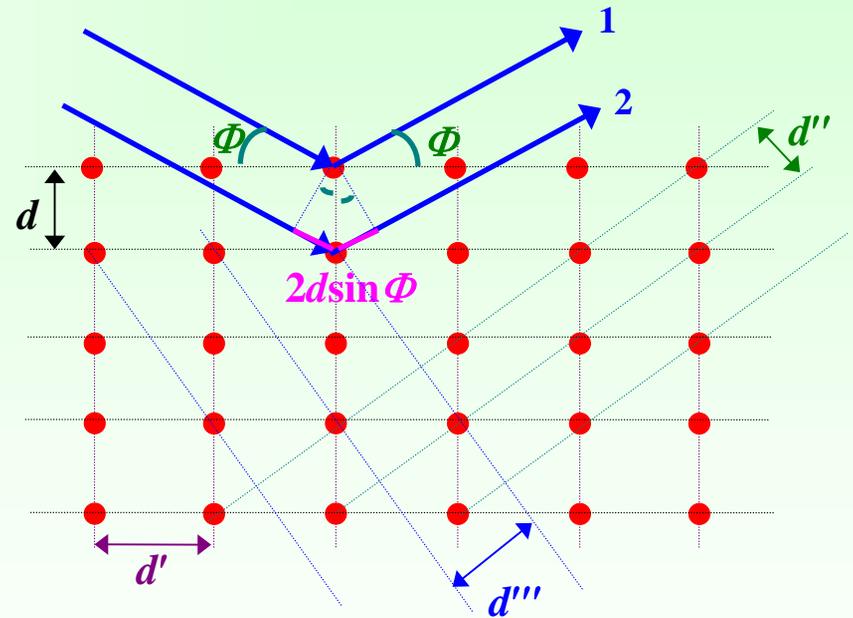
$$\Delta = AC + CB = 2d \sin \phi = k\lambda \quad \text{加强}$$

d 为原子层间距,称为晶格常数。上式即为著名的布喇格公式。

三、X散射的应用

1、测波长 λ , 知 ϕ d

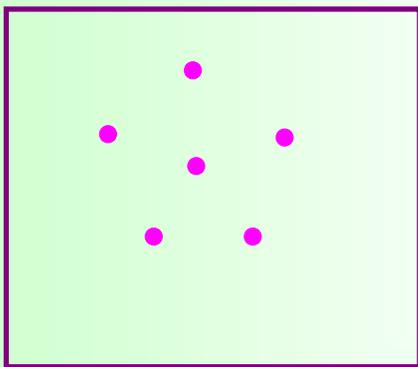
2、研究晶体结构, 测 d 知 λ ϕ



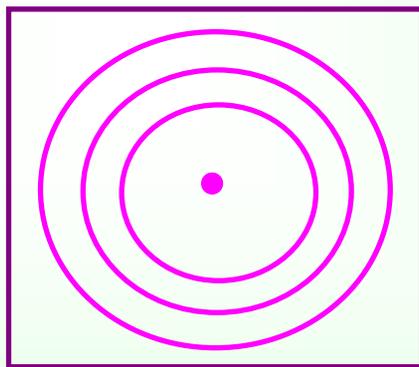
X射线在晶体上的衍射

四、实际观察X射线衍射的作法

1.劳厄法：使用 λ 连续的X射线照射晶体，得到所有晶面族反射的主极大。每个主极大对应一个亮斑(劳厄斑)。此法可定晶轴方向。



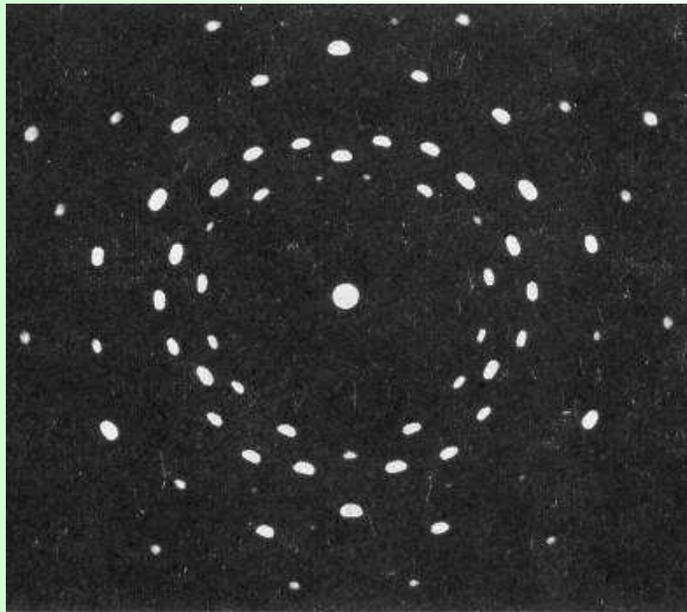
劳厄相



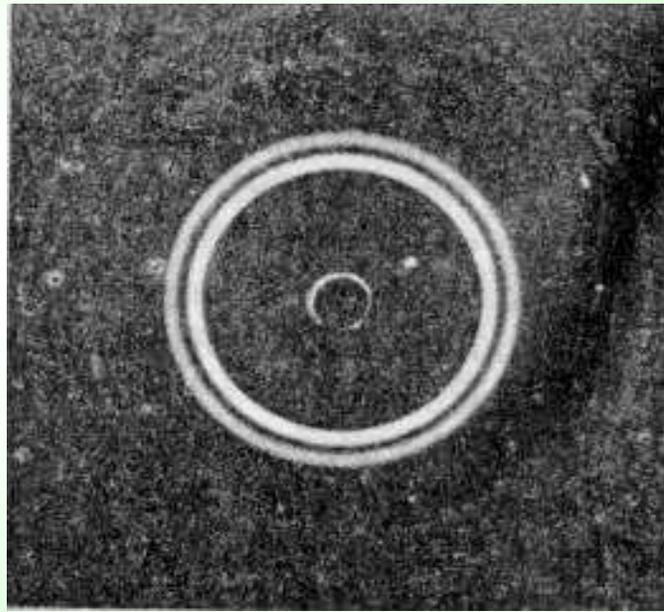
德拜相

X射线的衍射图样

2.粉末法：用确定 λ 的X射线入射到多晶粉末上。大量无规的晶面取向，总可使布喇格条件满足。这样得到的衍射图叫德拜 SiO_2 的劳厄相粉末铝的德拜相(Dedye)相，此法可定晶格常数。



SiO_2 的劳厄相



粉末铝的德拜相