

# X射线的晶体衍射

# 一、X射线

1895年德国的伦琴发现X射线。

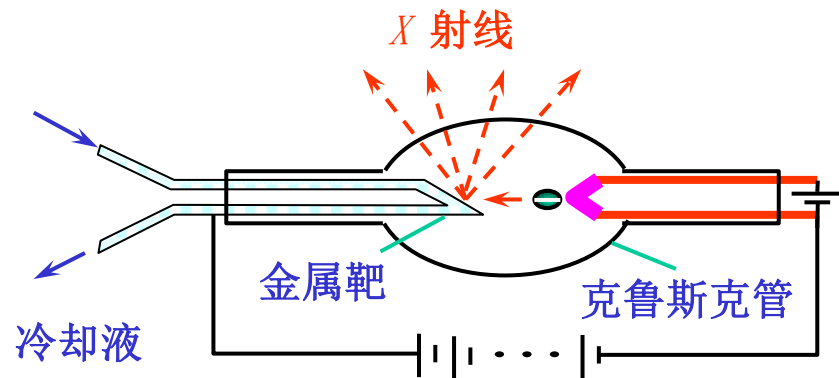
## 1.X射线产生机制

- 一种是由于高能电子打到靶上后，电子受原子核电场的作用而速度骤减，电子的动能转换成辐射能——轫制辐射，X光谱连续。
- 其次是高能电子将原子内层的电子激发出来，当回到基态时，辐射出X射线，光谱不连续。

## 2. X射线性质：

1. X射线在磁场或电场中不发生偏转，是一种电磁波。
2. X射线穿透力很强，波长很短。

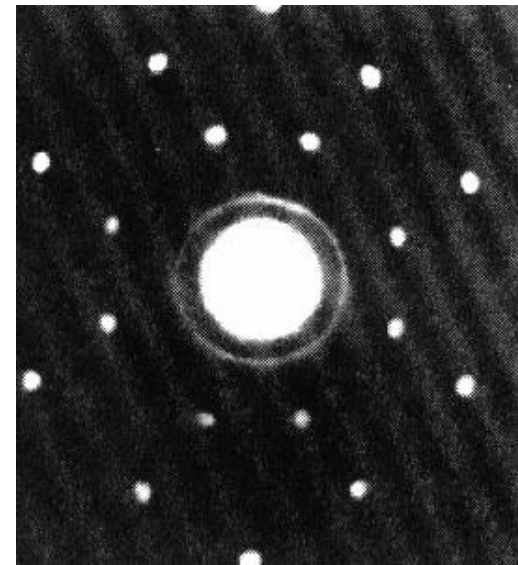
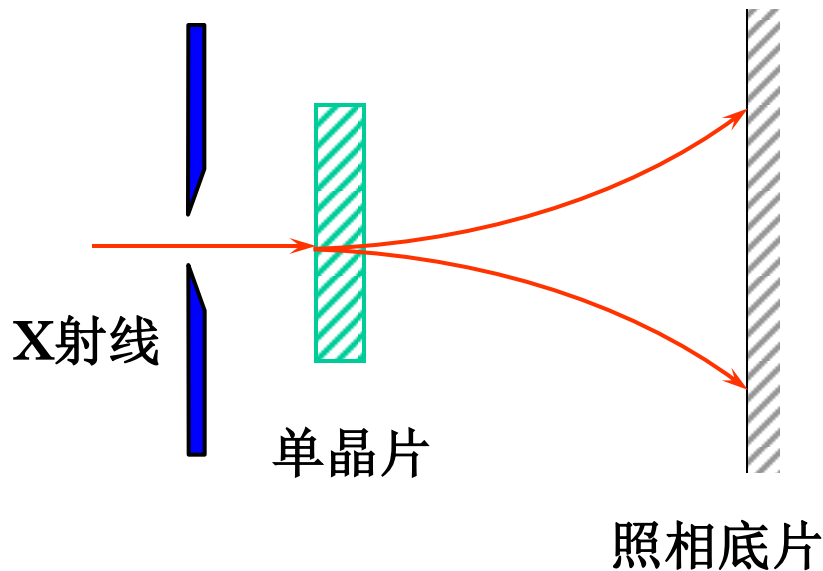
$4 \times 10^{-2} \sim 100\text{nm}$  衍射现象很小。



天然晶体可以看作是光栅常数很小的空间三维衍射光栅。

## 二、劳厄斑

1912年德国慕尼黑大学的实验物理学教授冯·劳厄用晶体中的衍射拍摄出X射线衍射照片。由于晶体的晶格常数约10nm，与X射线波长接近，衍射现象明显。



在照相底片上形成对称分布的若干衍射斑点，称为劳厄斑。

### 三、布拉格公式

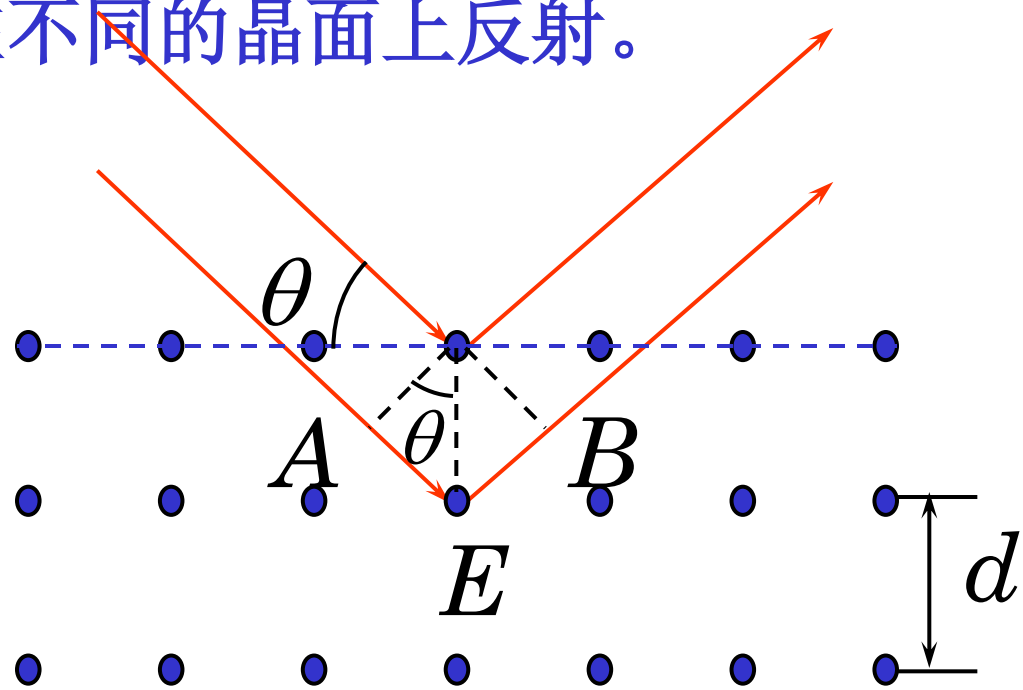
1913年英国的布拉格父子，提出了另一种精确研究 X 射线的方法，并作出了精确的定量计算。由于父子二人在 X 射线研究晶体结构方面作出了巨大贡献，于1915年共获诺贝尔物理学奖。

晶体是由彼此相互平行的原子层构成。这些原子层称作晶面。X射线会在不同的晶面上反射。

掠射角  $\theta$ : X 射线射到晶面时与晶面夹角。

晶格常数:  $d$

X射线经两晶面反射后，两束光的光程差为:



$$\delta = \overline{AE} + \overline{EB} = 2d \sin \theta$$

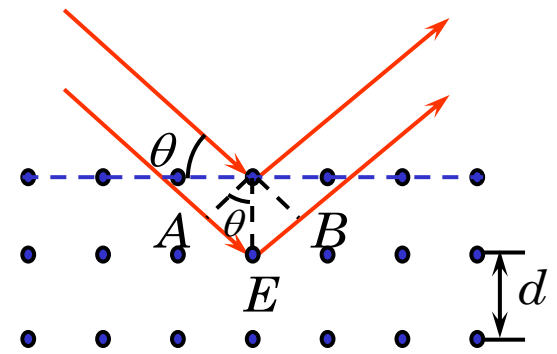
布拉格公式

$$\delta = 2d \sin \theta = k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \text{ 加强}$$

即当  $2d \cdot \sin \varphi = k\lambda$  时各层面上的反射光相干加强，形成亮点，称为  $k$  级干涉主极大。该式称为布喇格公式。

X 射线的应用不仅开创了研究晶体结构的新领域，而且用它可以作光谱分析，在科学研究和工程技术上有着广泛的应用。

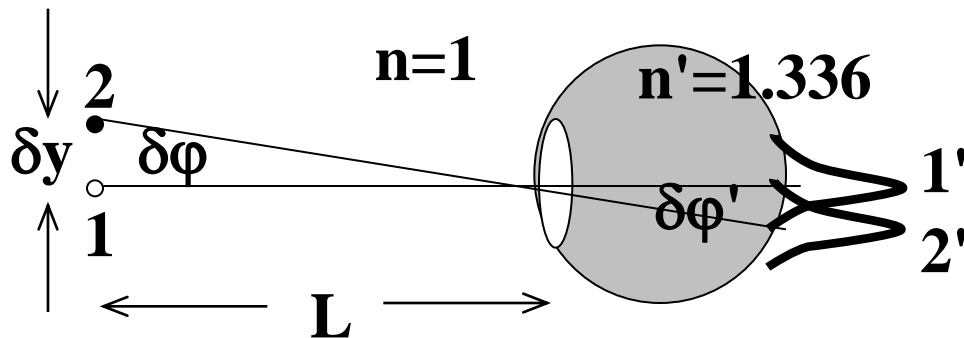
在医学和分子生物学领域也不断有新的突破。1953年英国的威尔金斯、沃森和克里克利用X射线的结构分析得到了遗传基因脱氧核糖核酸（DNA）的双螺旋结构，荣获了1962年度诺贝尔生物和医学奖。



## \* 人眼、显微镜、照相物镜的分辨率

### ## 人眼

设人眼瞳孔直径为 **$D$** ，  
玻璃体折射率为 **$n'$** ，  
可把人眼看成一枚凸  
透镜，焦距只有**20毫  
米**，其成象实为夫琅和费衍射的图样。



由瑞利判据得： $\delta\varphi' = 1.22\lambda'/D = 1.22\lambda/(n'D)$

折射定律： $n \cdot \sin(\delta\varphi) = n' \sin(\delta\varphi')$ ， $n \cdot (\delta\varphi) = n'(\delta\varphi')$

$$\delta\varphi = \delta\varphi' \cdot n' / n = 1.22\lambda / n'D \cdot (n' / n) = 1.22\lambda / D$$

所以： $\delta\varphi = 1.22\lambda / D$

所以： $\delta\varphi$ 为眼外两个恰可分辨的物点对瞳孔中心所张的角，称为眼外最小分辨角。

## ## 照相物镜的分辨本领

一般对远近不同物体拍摄时，其象距总是和镜头焦距  $f'$  很接近，类似人眼的讨论，物镜恰可分辨的两个象点的最小间距为：

$$\delta y' = f' \cdot \delta \varphi' = f' (1.22\lambda/D) \quad \mathbf{D}$$
是物镜的有效孔径；

照相机底片处每毫米所能分辨的最多刻线数为：

$$N = 1 / \delta y'$$

$\mathbf{D}/f'$  称为物镜的相对孔径。其倒数俗称光圈

一般的胶卷颗粒大小只能分辨每毫米 200 刻痕左右，这相应使用光圈为 8，来拍摄所能分辨的刻痕数。