



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

电子显微分析技术

电子作用

主讲：杨治刚

# 目录



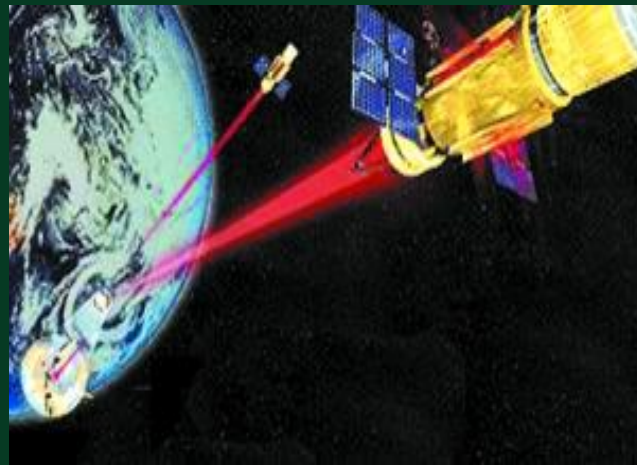
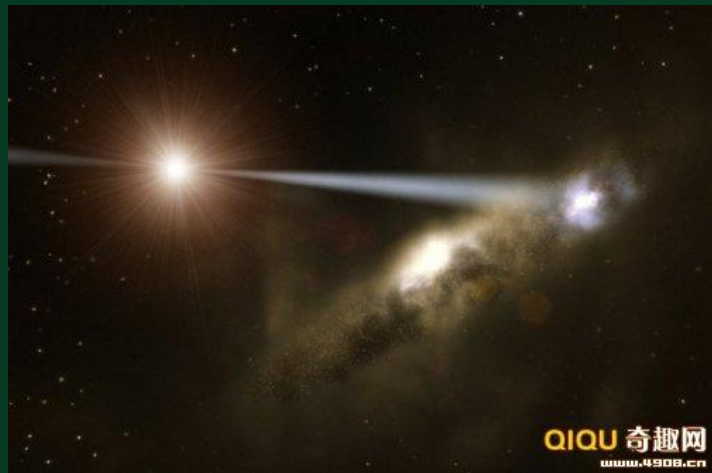
在线开放课程

电子散射作用

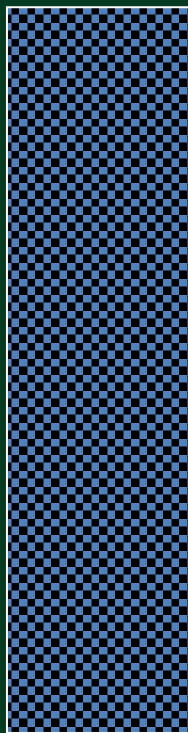
电子透射作用

电子吸收作用

# 电子与固体物质的作用



- 散射
- 透过
- 吸收

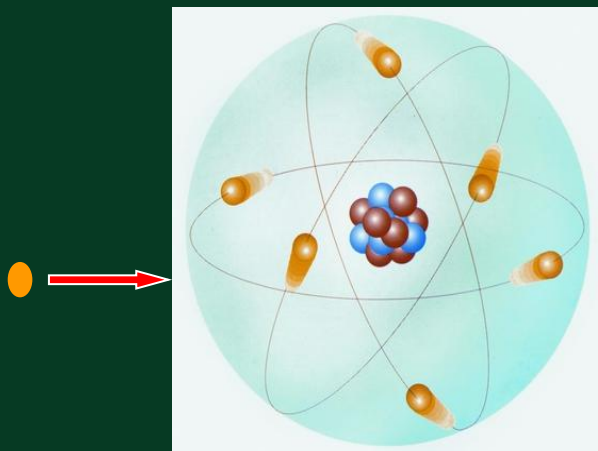


# 电子散射

- 当一束聚焦电子束沿一定方向射入试样时，在原子库仑电场作用下，入射电子**方向改变**，称为电子散射。
- 原子对电子的散射可分为**弹性散射**和**非弹性散射**。
- 在弹性散射过程中，电子只改变方向，而**能量**基本无损失。
- 在非弹性散射过程中，电子不但改变方向，能量也有不同程度的减少，**转变为**热、光、X射线和二次电子发射。

# 原子对电子的散射

- 原子核对电子的弹性散射
- 原子核对电子的非弹性散射
- 核外电子对入射电子的非弹性散射



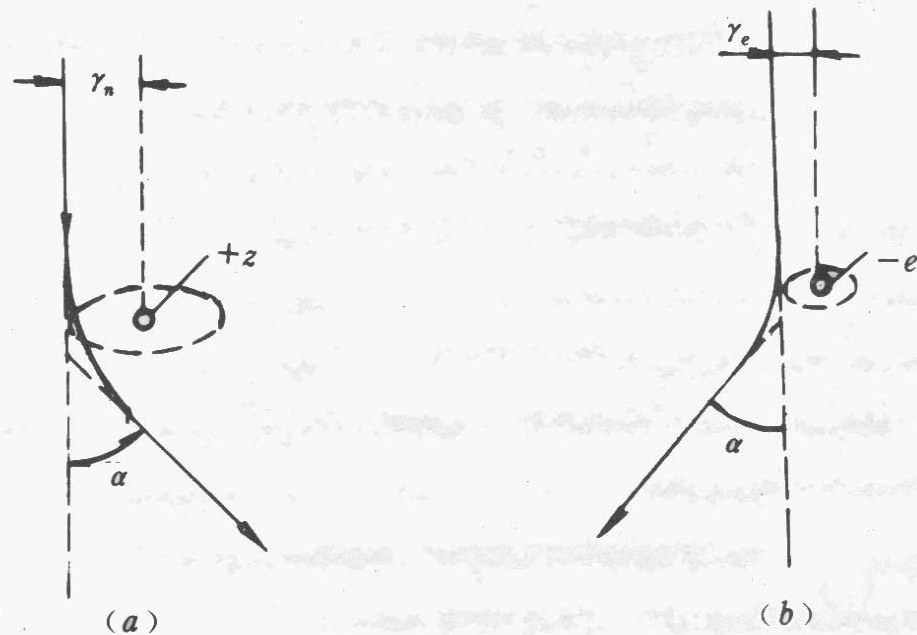


图 2-13

(a)原子核对入射电子的弹性散射；

(b)核外电子对入射电子的非弹性散射

# 散射截面

$$2\theta = \frac{Ze}{Ur_n}$$

或

$$r_n = \frac{Ze}{U(2\theta)}$$

弹性散射截面

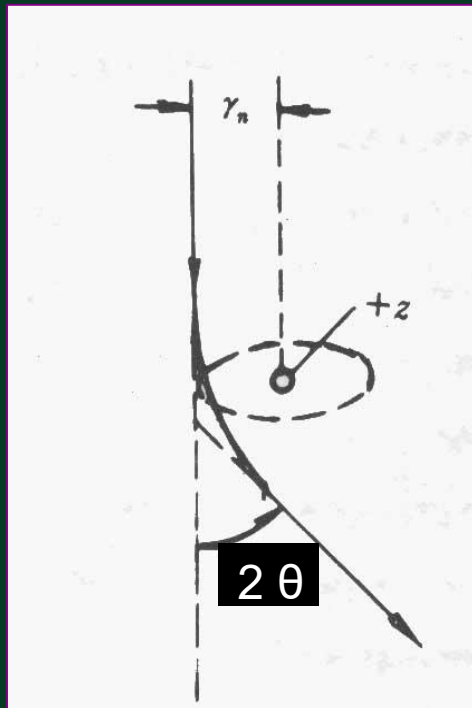
$$\sigma_n = \pi r_n^2$$

孤立核外  
电子散射

$$r_e = \frac{e}{U(2\theta)}$$

非弹性散射截面

$$\sigma_e = \pi r_e^2$$





# 散射截面

孤立原子散射

$$\sigma = \sigma_n + Z\sigma_e$$

$$\frac{\sigma_n}{\sigma_e} = \frac{\pi r_n^2}{Z\pi r_e^2} = \frac{\pi \left( \frac{Ze}{U(2\theta)} \right)^2}{Z\pi \left( \frac{e}{U(2\theta)} \right)^2} = Z$$

原子核散射比例： $\frac{Z}{Z+1}$

核外电子散射比例： $\frac{1}{Z+1}$

原子核散射为主

Z增加，弹性散射比例提高

# 电子透射

- 当试样厚度小于入射电子的穿透深度时，电子从另一表面射出，这样的电子称为透射电子。
- **TEM**就是应用透射电子成像的。如果试样只有**10~20nm**的厚度，则透射电子主要由弹性散射电子组成，成像清晰。
- 如果试样较厚，则透射电子有相当部分是非弹性散射电子，能量低于 $E_0$ ，且是变量，经过磁透镜后，由于色差，影响了成像清晰度。

# TEM (投射电镜)

集微网微信: jlwenet



# 电子吸收

- 入射电子经过多次非弹性散射后能量损失殆尽，不再产生其它效应，一般被试样吸收，这种电子称为**吸收电子**。
- 利用测量吸收电子产生的电流，既可以**成像**，又可以获得不同元素的**定性分布**情况，它被广泛用于扫描电镜和电子探针中。

# 小结

电子散射：弹性与非弹性散射

电子透射：TEM设备

电子吸收：电子探针（能谱分析）