



石家莊鐵道大學  
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

电子显微分析技术

显微镜

主讲：杨治刚

# 目录

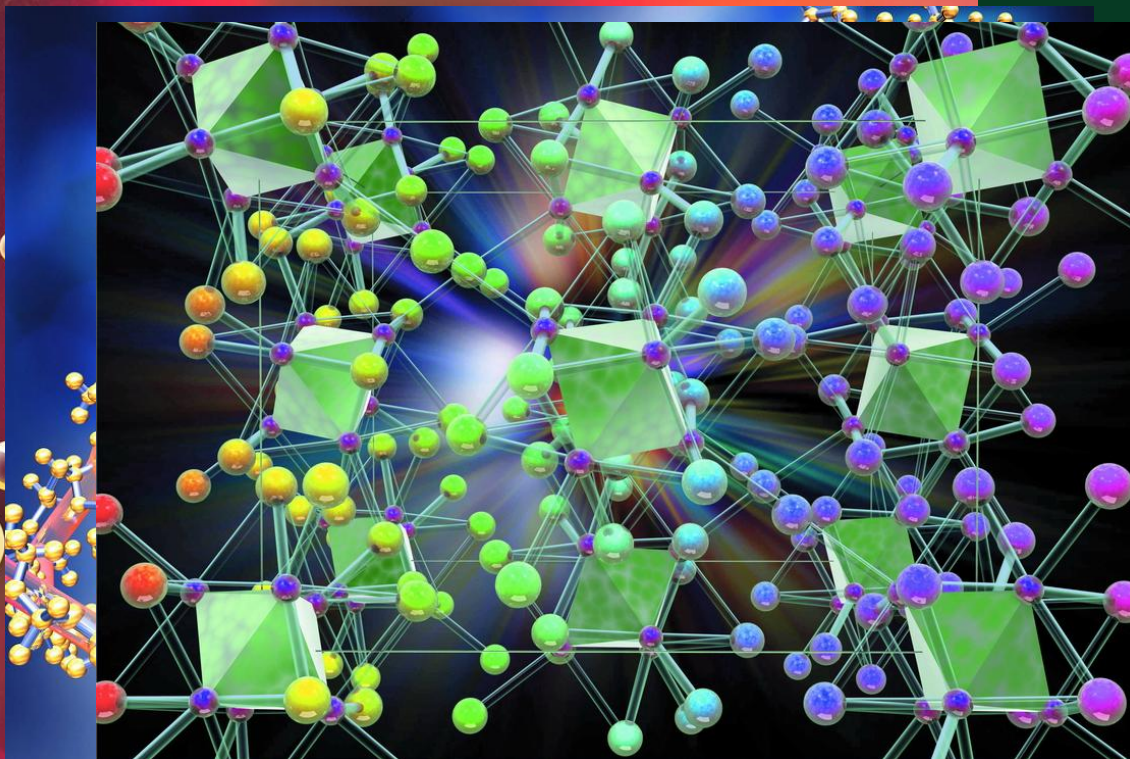


在线开放课程

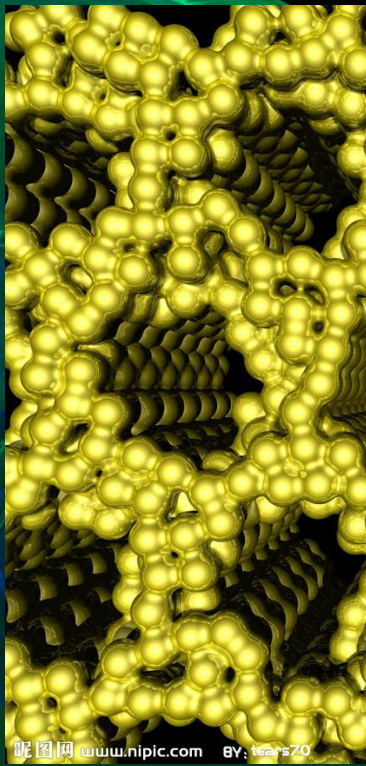
## 显微镜分辨率

## 电子波

# 微观世界



# 微观世界



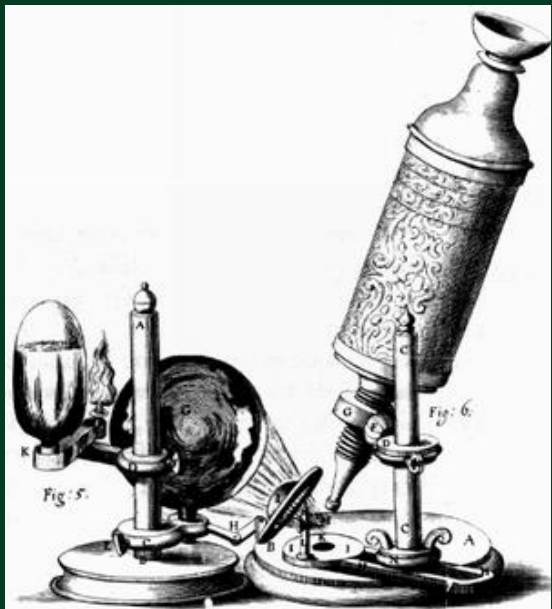
# 放大倍数和分辨率

- 分辨率：辨认物质的关键
  - 人眼分辨率：0.2mm



# 光学显微镜

- 第一台：1595年
- 放大倍数：十几倍
- 现代光学显微镜：约1000X



# 显微镜的分辨率

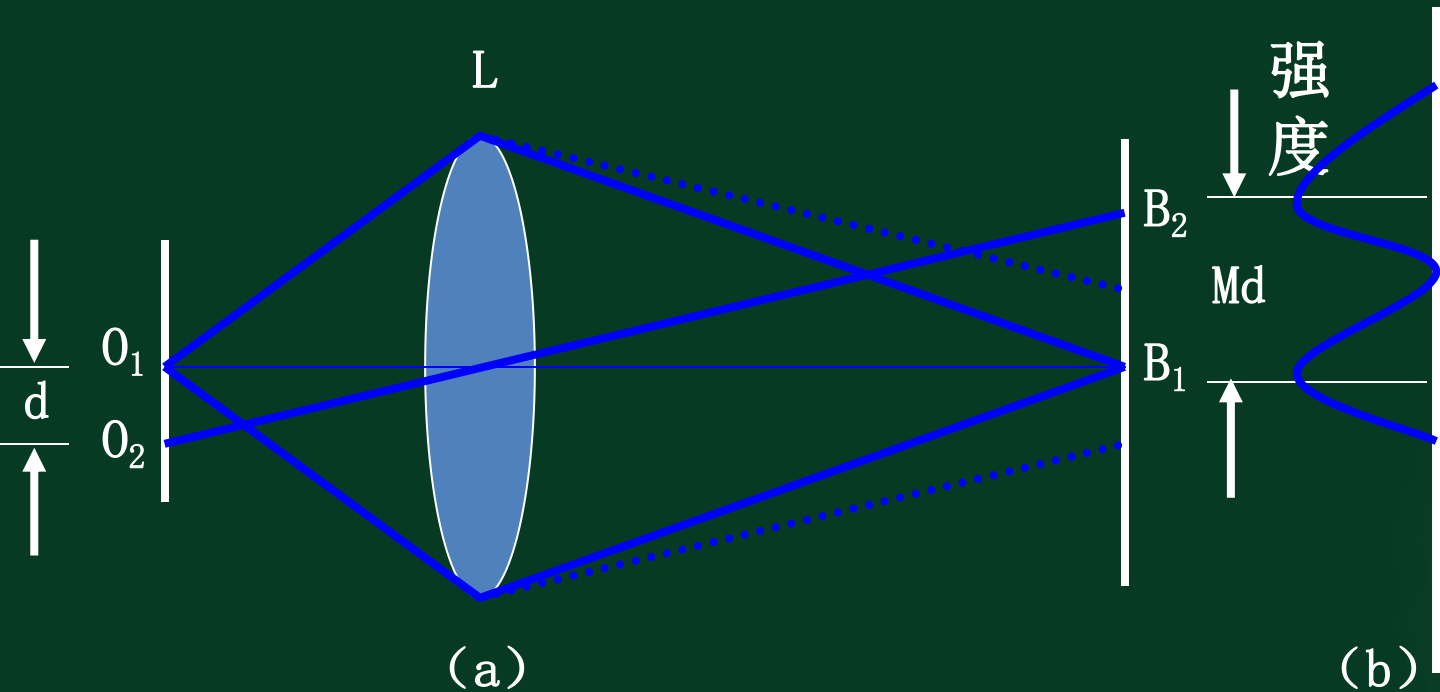
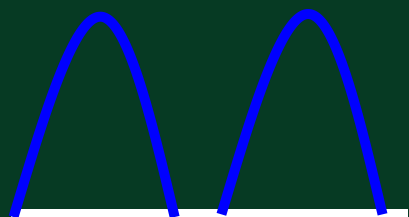
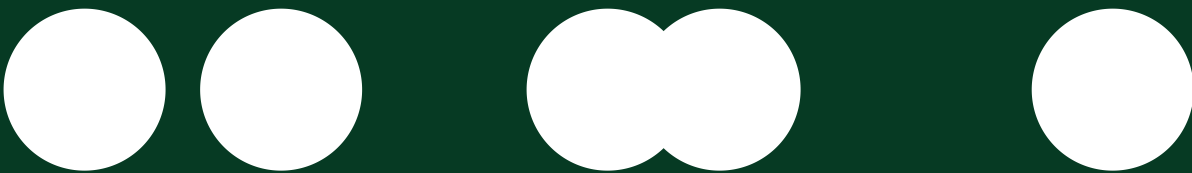
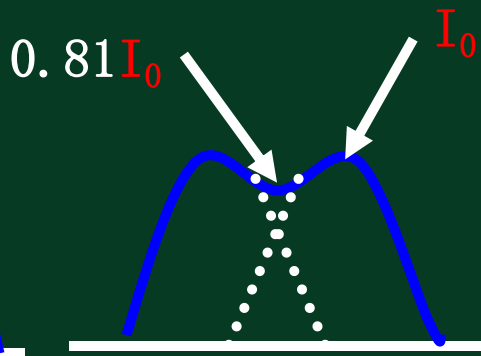


图 (a) 点  $O_1$ 、 $O_2$  形成两个Airy斑；图 (b) 是强度分布。

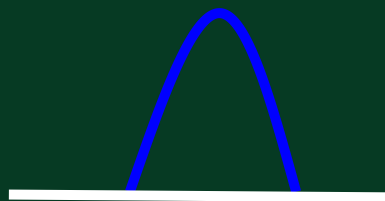
# 显微镜的分辨率



两个Airy斑  
明显可分辨出。



两个Airy斑刚好  
可分辨出。



两个Airy斑分辨  
不出。

最小距离 $r_0$



# 显微镜的分辨率

$$r_0 = 0.61 \frac{\lambda}{n \sin \alpha} \approx \frac{1}{2} \lambda$$

$r_0$ 指物镜能够分开两个点之间的最短距离，称为物镜的分辨本领或分辨能力；

$\lambda$ 为入射光的波长；

$n$ 为透镜周围介质的折射率

$\alpha$ 为物镜的半孔径角

➤ 可见光的波长在**390~770nm**之间

光学显微镜分辨率极限：**0.2微米**左右

# 电磁波谱

$\gamma$ 射线  $\rightarrow$  X射线  $\rightarrow$  紫外光  $\rightarrow$  可见光  $\rightarrow$   
红外光  $\rightarrow$  微波  $\rightarrow$  无线电波

波长

高能辐射区

$\gamma$ 射线

能量最高，来源于核能级跃迁

X射线

来自内层电子能级的跃迁

光学光谱区

紫外光

来自原子和分子外层电子能级的跃迁

可见光

红外光

来自分子振动和转动能级的跃迁

波谱区

微波

来自分子转动能级及电子自旋能级跃迁

无线电波

来自原子核自旋能级的跃迁

长

# 电子波

- 波粒二象性

## 德布罗意物质波

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

h ——  
Plank 常数  
m —— 质量  
v —— 速度

# 人的波长

例：质量  $m=50\text{Kg}$  的人，以  $v=15\text{ m/s}$  的速度运动，试求人的德布罗意波波长。

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{50 \times 15} \text{ m} = 8.8 \times 10^{-37} \text{ m}$$

人的德波波长仪器观测不到，宏观物体的波动性不必考虑，只考虑其粒子性。

# 电子波

电子的速度与其加速电压 ( $U$ ) 有关

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU \longrightarrow v = \sqrt{2eU/m}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$$

# 电子波长

例：求静止电子经 200kV 电压加速后的德波波长。

解：

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meU}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 200000}} \\ = 2.74 \times 10^{-12} \text{m} = 2.74 \times 10^2 \text{ \AA}$$



电子的德波波长很短，用电子显微镜可放大200万倍！！！！

# 小结



在线开放课程

- 显微镜分辨率
- 电子波