



6.2.1 微观粒子的运动特征

天津大学

邱海霞



物质波

光具有波粒二象性

光的波动性

光具有频率和波长
能发生干涉和衍射

光的粒子性

光子有动量、质量
光电效应

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



物质波

物质波 (1924年)

电子等微粒具有波粒二象性
运动着的实物粒子都具有
波粒二象性

德布罗意关系式

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

m : 粒子的质量

v : 粒子的运动速度



法国物理学家德布罗意
(1892-1987)

获1929年诺贝尔物理奖



宏观物体的波动性

微观粒子 质量小，动量小

波动性不能忽略

电子 $m = 9.10 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $v = 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{9.10 \times 10^{-31} \times 10^6} = 7.28 \times 10^{-10} \text{ m}$$

属于X-射线波长

宏观物体 质量大，动量大 波动性不易察觉

子弹 $m = 1.0 \times 10^{-2} \text{ kg}$, $v = 1.0 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

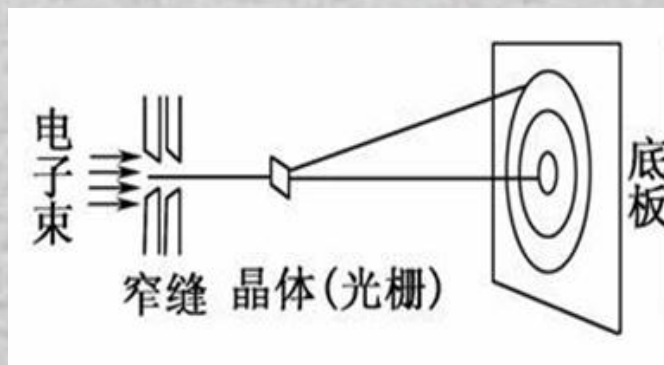
$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-34}}{1.0 \times 10^{-2} \times 10^3} = 6.6 \times 10^{-35} \text{ m}$$



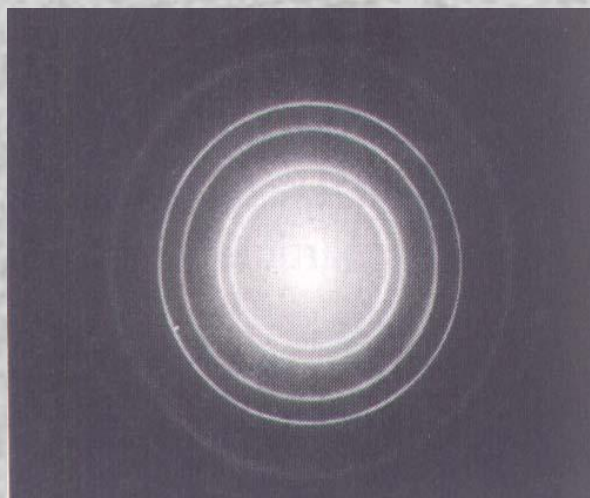
微粒波粒二象性的实验验证



美国物理学家
戴维逊和盖末



电子衍射实验(1927年)





不确定原理 (uncertainty principle)

宏观物体

可以同时测得它在某一瞬间的位置和速度

微观粒子

位置和动量不可能同时确定

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Δx 位置的测量偏差

Δp 动量的测量偏差



海森堡 (1901-1976)

获1932年诺贝尔物理学奖



不确定原理

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

电子 $m = 9.10 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $v = 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

位置的偏差 $\Delta x = 10^{-10} \text{ m}$

则速度的偏差 $10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 大于电子运动的速度

微观粒子的运动不遵循经典力学的规律



微观粒子运动规律的统计性

不确定原理并不意味着微观粒子的运动无规律可循



电子衍射实验

微粒的运动无固定轨道，只有概率分布规律

微观粒子的波动性 大量粒子运动的统计结果



微观粒子运动的特征

- ◆ 能量量子化
- ◆ 波粒二象性
- ◆ 统计性