

◆ 用电子衍射说明不确定关系

电子经过缝时的位置
不确定 $\Delta x = b$.

一级最小衍射角

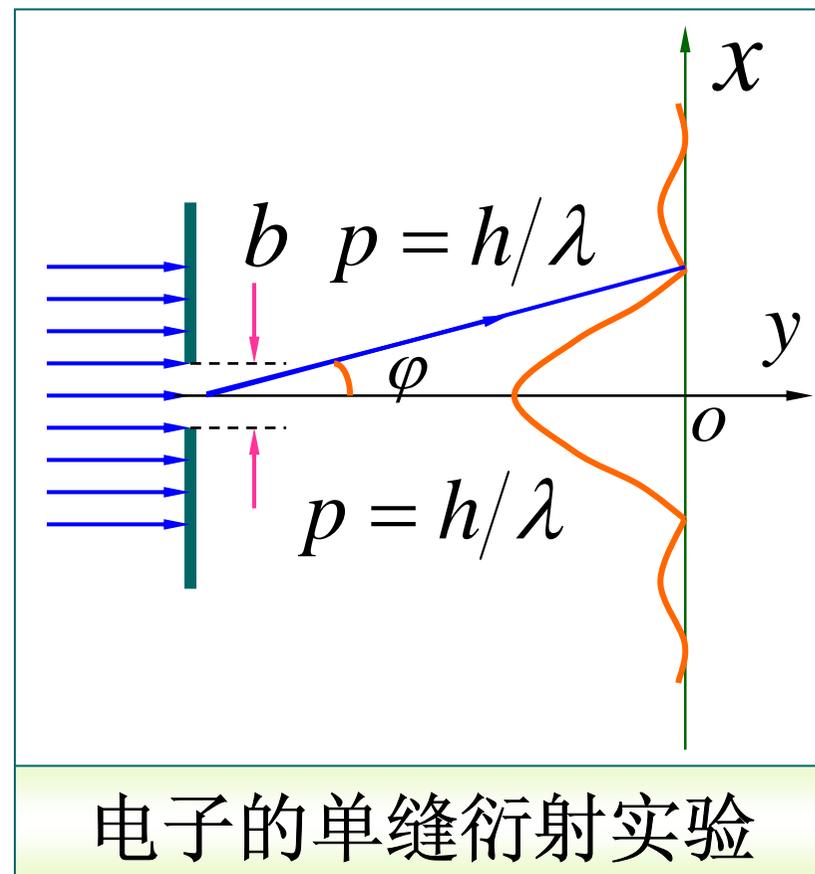
$$\sin \varphi = \lambda / b$$

电子经过缝后 x 方向
动量不确定

$$\Delta p_x = p \sin \varphi = p \frac{\lambda}{b}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \Delta p_x = \frac{h}{b}$$

$$\Delta x \Delta p_x = h \quad \text{考虑衍射次级有} \quad \Delta x \Delta p_x \geq h$$



◆ 海森伯于 1927 年提出不确定原理

对于微观粒子不能同时用确定的位置和确定的动量来描述。

不确定关系

物理意义

$$\Delta x \Delta p_x \geq h$$

$$\Delta y \Delta p_y \geq h$$

$$\Delta z \Delta p_z \geq h$$

1) 微观粒子同一方向上的坐标与动量不可同时准确测量,它们的精度存在一个终极的不可逾越的限制。

2) 不确定的根源是“波粒二象性”这是自然界的根本属性。

3) 对宏观粒子, 因 h 很小, 所以 $\Delta x \Delta p_x \rightarrow 0$ 可视为位置和动量能同时准确测量。

例 1 一颗质量为 10 g 的子弹, 具有 $200 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率。若其动量的不确定范围为动量的 0.01% (这在宏观范围是十分精确的), 则该子弹位置的不确定量范围为多大?

解 子弹的动量 $p = mv = 2 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

动量的不确定范围

$$\Delta p = 0.01\% \times p = 2 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

位置的不确定量范围

$$\Delta x \geq \frac{h}{\Delta p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2 \times 10^{-4}} \text{ m} = 3.3 \times 10^{-30} \text{ m}$$

例2 一电子具有 $200\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速率，动量的不确定范围为动量的 0.01% (这也是足够精确的了)，则该电子的位置不确定范围有多大？

解 电子的动量

$$p = mv = 9.1 \times 10^{-31} \times 200 \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$p = 1.8 \times 10^{-28} \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

动量的不确定范围

$$\Delta p = 0.01\% \times p = 1.8 \times 10^{-32} \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

位置的不确定量范围

$$\Delta x \geq \frac{h}{\Delta p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1.8 \times 10^{-32}} \text{m} = 3.7 \times 10^{-2} \text{m}$$

