



法国物理学家德布罗意
(Louis Victor de Broglie 1892 –
1987)

思想方法 自然界在许多方面都是明显地对称的，他采用类比的方法提出物质波的假设。

“整个世纪以来，在辐射理论上，比起波动的研究方法来，是过于忽略了粒子的研究方法；在实物理论上，是否发生了相反的错误呢？是不是我们关于‘粒子’的图象想得太多，而过分地忽略了波的图象呢？”



一 德布罗意假设 (1924 年)

德布罗意假设：实物粒子具有波粒二象性。

$$E = h\nu$$

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



德布罗意公式

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad \nu = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h}$$

注意

1) 若 $v \ll c$ 则 $m = m_0$

若 $v \rightarrow c$ 则 $m = \gamma m_0$

2) 宏观物体的德布罗意波长小到实验难以测量的程度，因此宏观物体仅表现出粒子性。



例 在一束电子中，电子的动能为 200eV ，求此电子的德布罗意波长 λ ?

解 $v \ll c$, $E_k = \frac{1}{2}m_0v^2$ $v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_0}}$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 200 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}} \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 8.4 \times 10^6 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

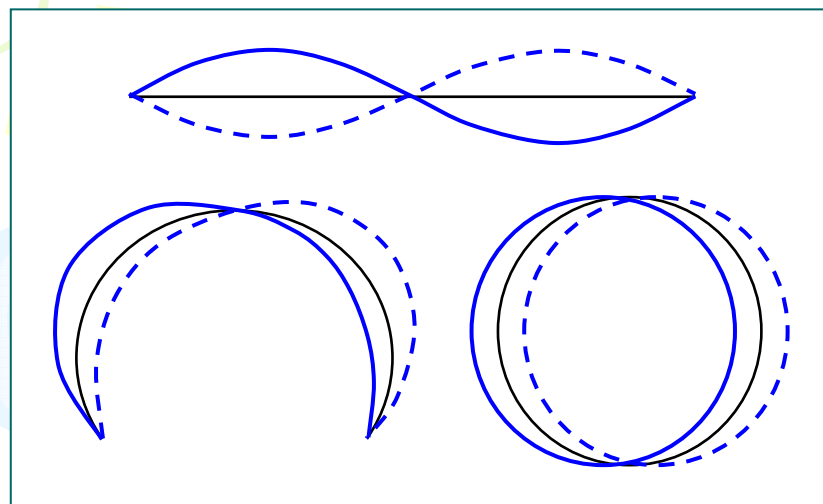
$$\because v \ll c \quad \therefore \lambda = \frac{h}{m_0v} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 8.4 \times 10^6} \text{nm}$$

$$\lambda = 8.67 \times 10^{-2} \text{nm}$$

此波长的数量级与 X 射线波长的数量级相当。



例2 从德布罗意波导出氢原子波尔理论中角动量量子化条件.



解 两端固定的弦，
若其长度等于波长则可形成稳定的驻波.

将弦弯曲成圆时

$$2\pi r = \lambda$$

$$2\pi r = n\lambda \quad n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

电子绕核运动其德布罗意波长为

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

$$2\pi r m v = n h$$

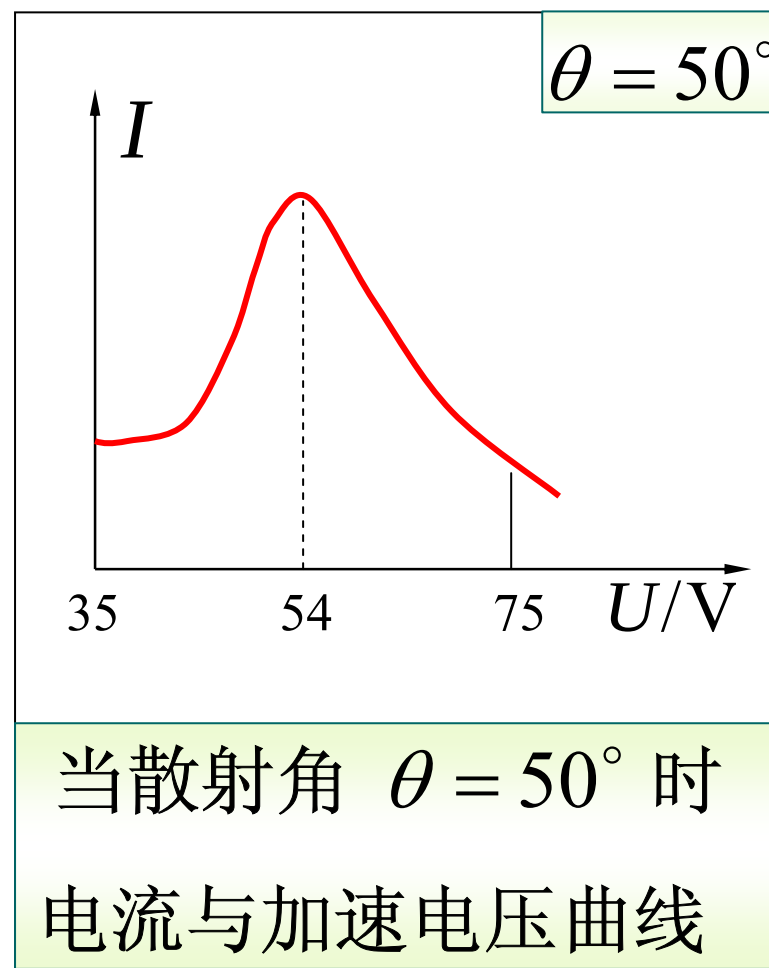
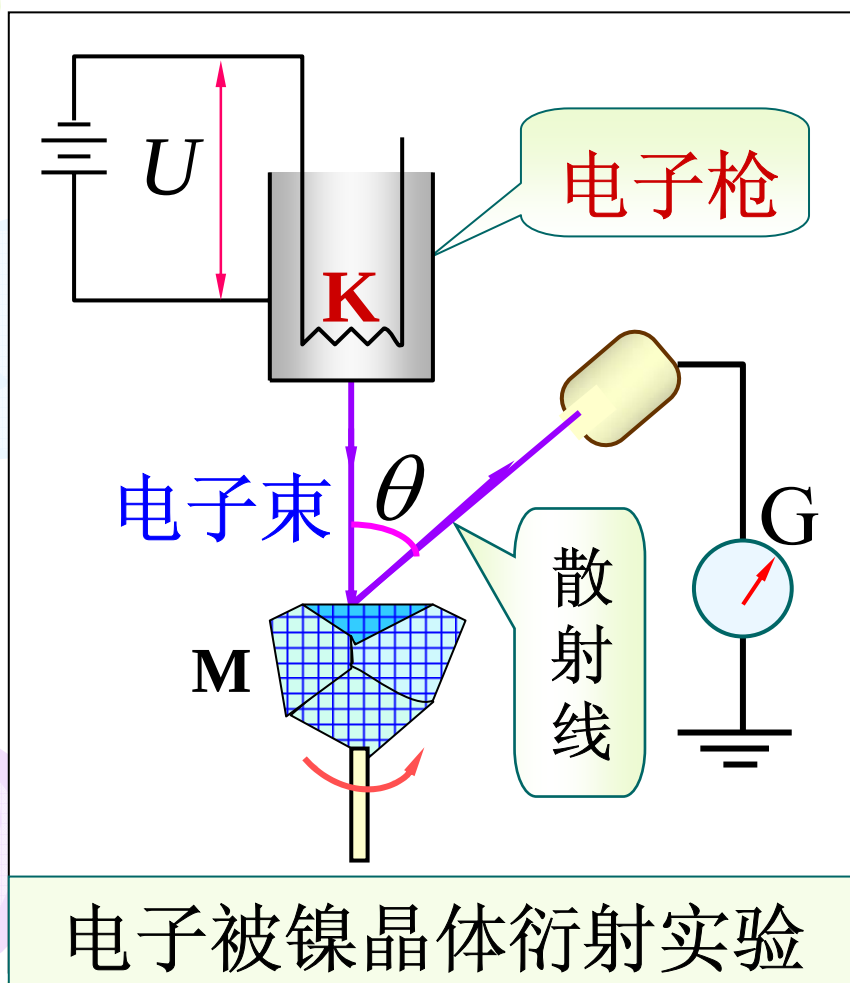
角动量量子化条件

$$L = m v r = n \frac{h}{2\pi}$$

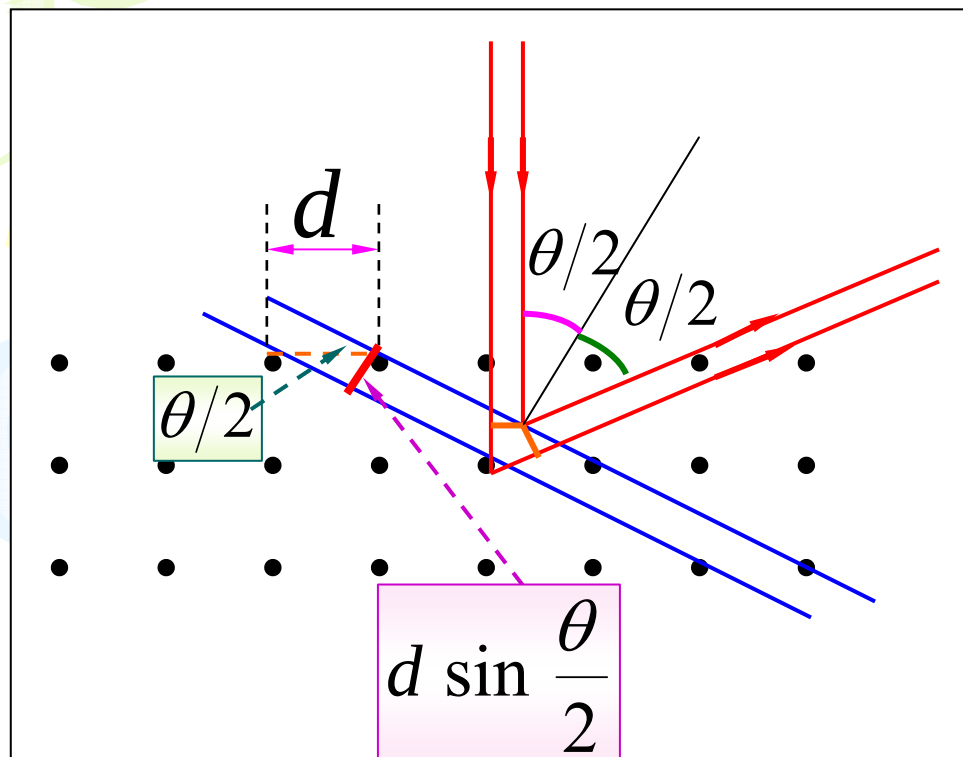


二 德布罗意波的实验证明

1 戴维孙 — 革末电子衍射实验（1927年）



两相邻晶面电子束反射射线干涉加强条件



$$2d \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} = k\lambda$$

$$d \sin \theta = k\lambda$$

$$k = 1, \quad \theta = 50^\circ$$

镍晶体

$$d = 2.15 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda = d \sin \theta = 1.65 \times 10^{-10} \text{ m}$$

电子波的波长

$$\lambda = \frac{h}{m_e v} = \frac{h}{\sqrt{2m_e E_k}} = 1.67 \times 10^{-10} \text{ m}$$



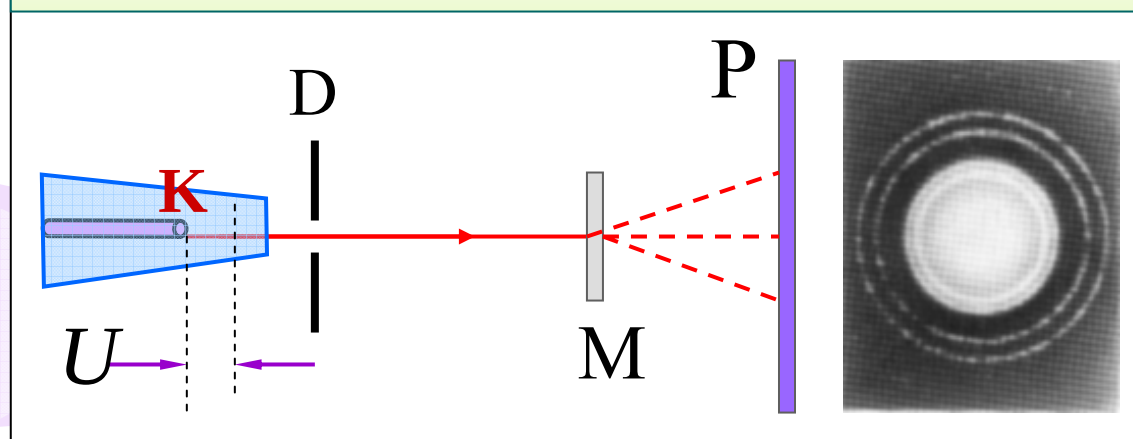
$$d \sin \theta = kh \sqrt{\frac{1}{2emU}} \quad \sin \theta = \frac{kh}{d} \sqrt{\frac{1}{2emU}}$$

$$\sin \theta = 0.777k$$

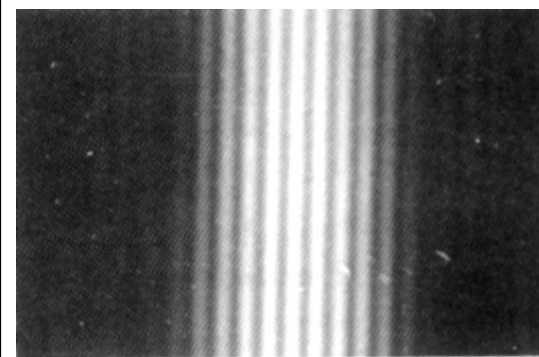
当 $k = 1$ 时, $\theta = \arcsin 0.777 = 51^\circ$ 与实验结果相近.

2 G. P. 汤姆孙电子衍射实验 (1927年)

电子束透过多晶铝箔的衍射



双缝衍射图



三 应用举例

1932年德国人鲁斯卡成功研制了电子显微镜；1981年德国人宾尼希和瑞士人罗雷尔制成了扫描隧道显微镜。

例3 试计算温度为25°C时慢中子的德布罗意波长。

解 在热平衡状态时，按照能均分定理慢中子的平均平动动能可表示为

$$T = 298\text{K}$$

平均平动动能 $\bar{\varepsilon} = \frac{3}{2}kT = 3.85 \times 10^{-2} \text{ eV}$

$$m_n = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$p = \sqrt{2m_n \bar{\varepsilon}} = 4.54 \times 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

慢中子的德布罗意波长

$$\lambda = \frac{h}{p} = 0.146 \text{ nm}$$



四 德布罗意波的统计解释

经典**粒子** 不被分割的整体，有确定位置和运动轨道；经典的**波** 某种实际的物理量的空间分布作周期性的变化，波具有相干叠加性。**二象性** 要求将波和粒子两种对立的属性统一到同一物体上。

◆ 1926 年玻恩提出 德布罗意波是**概率波**。

统计解释：在某处德布罗意波的强度是与粒子在该处邻近出现的概率成正比的。

概率概念的哲学意义：在已知给定条件下，不可能精确地预知结果，只能预言某些可能的结果的概率。

