

BÀI GIẢNG VẬT LÝ ĐẠI CƯỜNG

Tác giả: PGS. TS Đỗ Ngọc Uẩn

Viện Vật lý kỹ thuật

Trường ĐH Bách khoa Hà nội

Chương 6

CƠ HỌC LƯỢNG TỬ

1. TÍNH SÓNG HẠT CỦA VẬT CHẤT TRONG THỂ GIỚI VI MÔ

1.1. Tính sóng hạt của ánh sáng

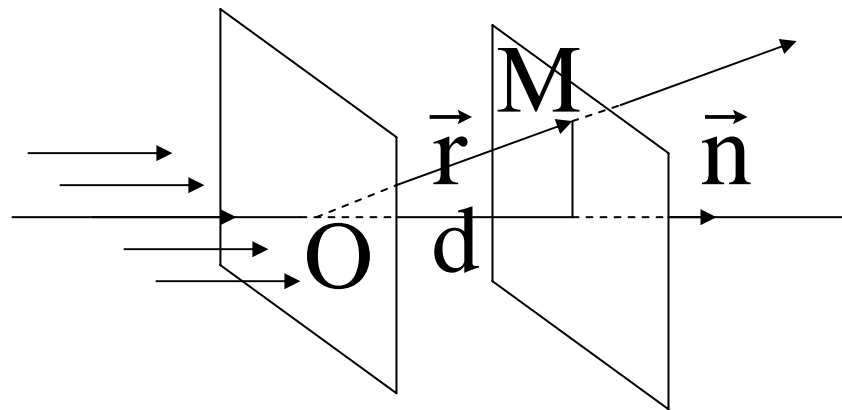
Tính sóng: Giao thoa, nhiễu xạ, phân cực; λ , ν .

Tính hạt: Quang điện, Compton; ε , p .

Liên hệ giữa hai tính sóng hạt:

Năng lượng: $\varepsilon = h\nu$ Động lượng: $p = \frac{h}{\lambda}$

Hàm sóng



Chiếu chùm ánh sáng song song, các mặt sóng cũng là mặt phẳng song song

Tại O dao động sáng: $x_0 = A \cos 2\pi \nu t$

Tại điểm cắt mặt chứa M ánh sáng đi được d, và:

$$x_M = A \cos 2\pi \nu (t - d/c) = A \cos 2\pi (\nu t - d/\lambda)$$

$$d = r \cos \alpha = \vec{r} \cdot \vec{n} \quad x = A \cos 2\pi \left(\nu t - \frac{\vec{r} \cdot \vec{n}}{\lambda} \right)$$

Đây là sóng phẳng chạy, dạng phức:

$$\psi = \psi_0 e^{-2\pi i \left(\nu t - \frac{\vec{r} \cdot \vec{n}}{\lambda} \right)} \quad \text{hay} \quad \psi = \psi_0 e^{-\frac{i}{\hbar} (\epsilon t - \vec{p} \cdot \vec{r})}$$

$$\mathbf{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \vec{p} = \hbar \vec{k} \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\psi = \psi_0 e^{-i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})}$$

1.2. GIẢ THIẾT ĐỜIBRƠI (de Broglie)

Một vi hạt tự do tùy ý có năng lượng xác định, động lượng xác định tương ứng với một sóng phẳng đơn sắc;

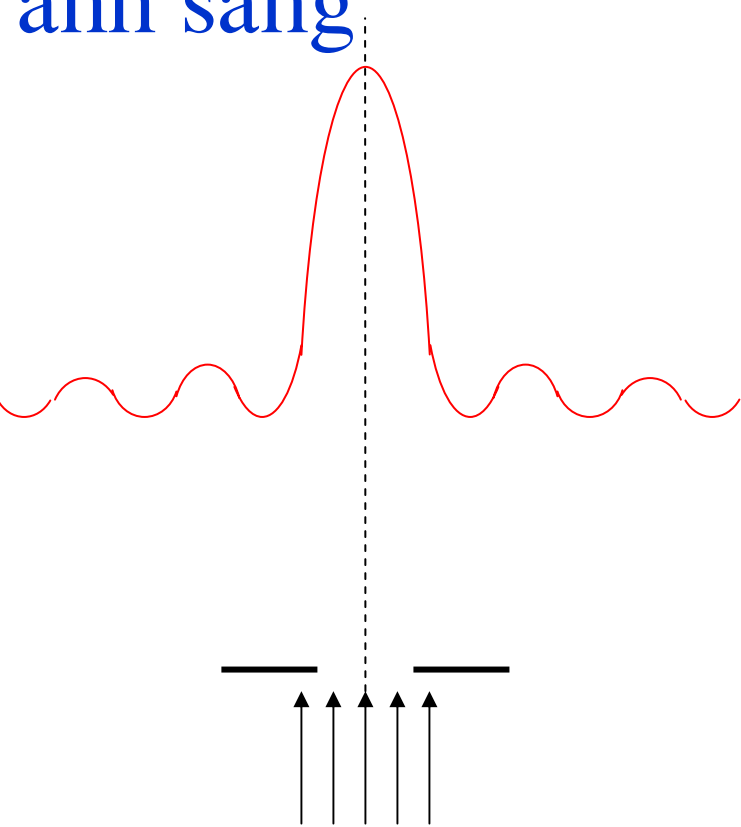
a. **Năng lượng** của vi hạt liên hệ với tần số dao động của sóng tương ứng $\varepsilon=h\nu$ hay $\varepsilon = \hbar\omega$

b. **Động lượng** \vec{p} của vi hạt liên hệ với bước sóng λ theo: $p = \frac{h}{\lambda}$ hay $\vec{p} = \hbar\vec{k}$

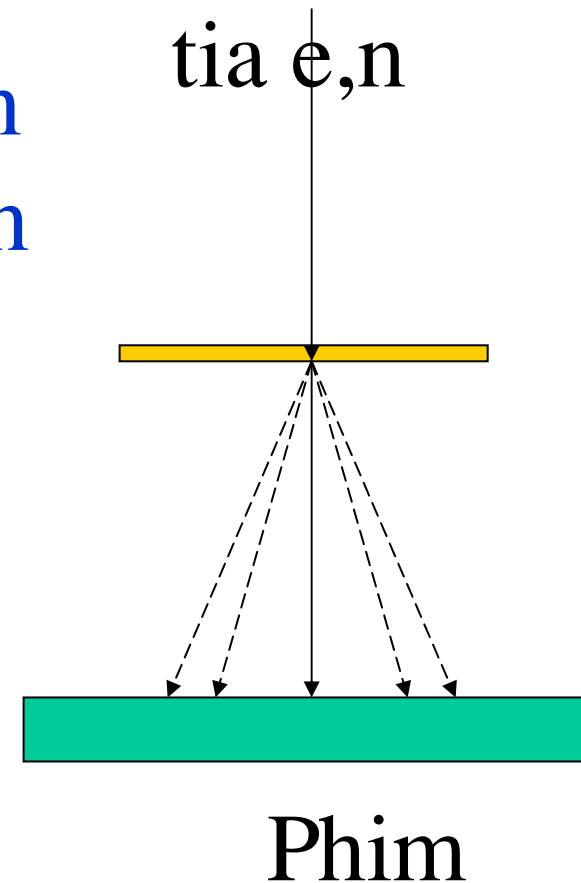
Tính sóng hạt là hai mặt đối lập biểu hiện sự mâu thuẫn bên trong của đối tượng vật chất

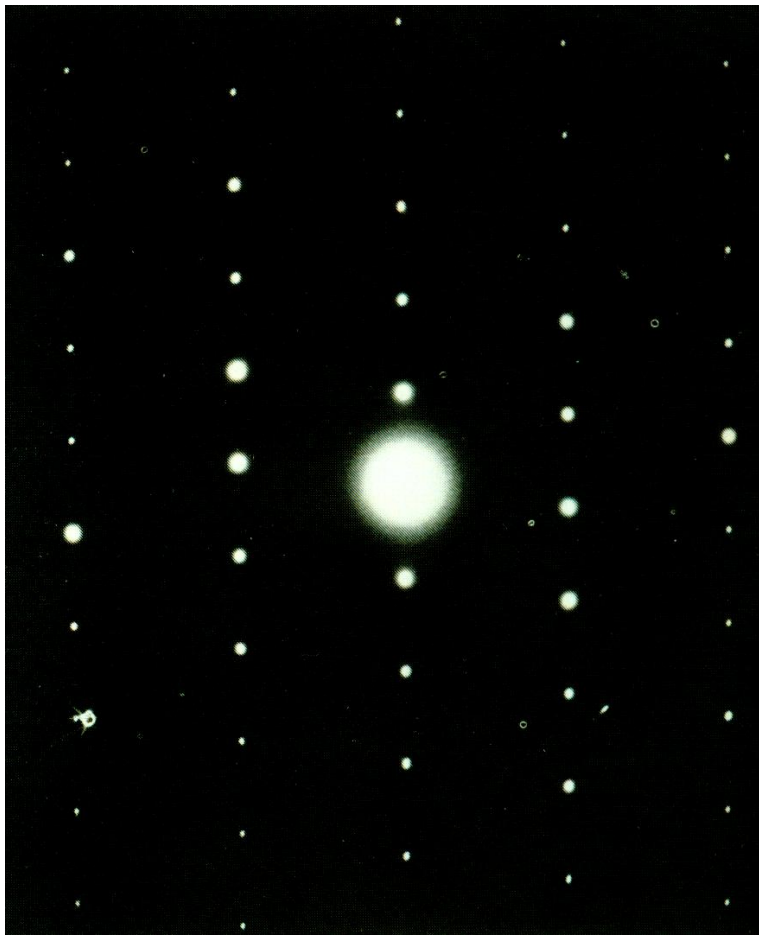
1.3. THỰC NGHIỆM CHỨNG MINH LƯỢNG TÍNH SÓNG HẠT CỦA VI HẠT

a. Nhiều xạ điện tử: Chiếu chùm tia điện tử qua khe hẹp, ảnh nhiễu xạ giống như đối với sóng ánh sáng

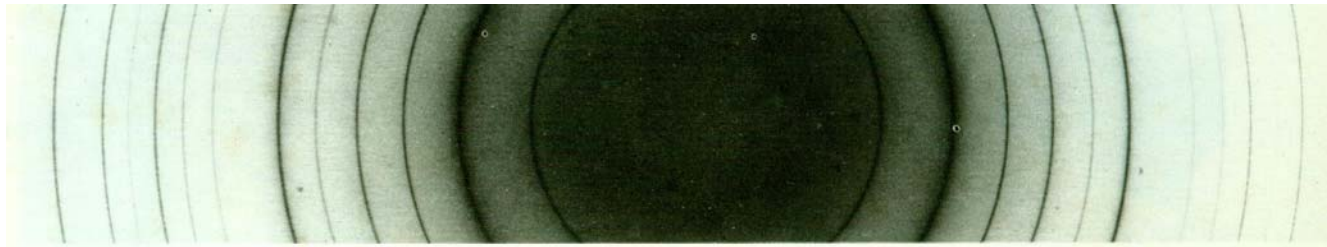


Nhiều xạ điện tử, neutron trên tinh thể





Nhiều xạ điện tử
truyền qua trên
tinh thể Si



Nhiều xạ truyền qua trên Bromid Thallium

2. HỆ THỨC BẤT ĐỊNH HAIĐENBÉC (Heisenberg)

2.1. Hệ thức bất định

Toạ độ của điện tử trong khe:

$$0 \leq x \leq b \Rightarrow \Delta x = b$$

Hình chiếu của động lượng
lên trục x: $0 \leq p_x \leq p \sin \varphi$

ứng với hạt rơi vào cực đại giữa

$$\Delta p_x \approx p \sin \varphi_1 \quad \sin \varphi_1 = \lambda / b$$

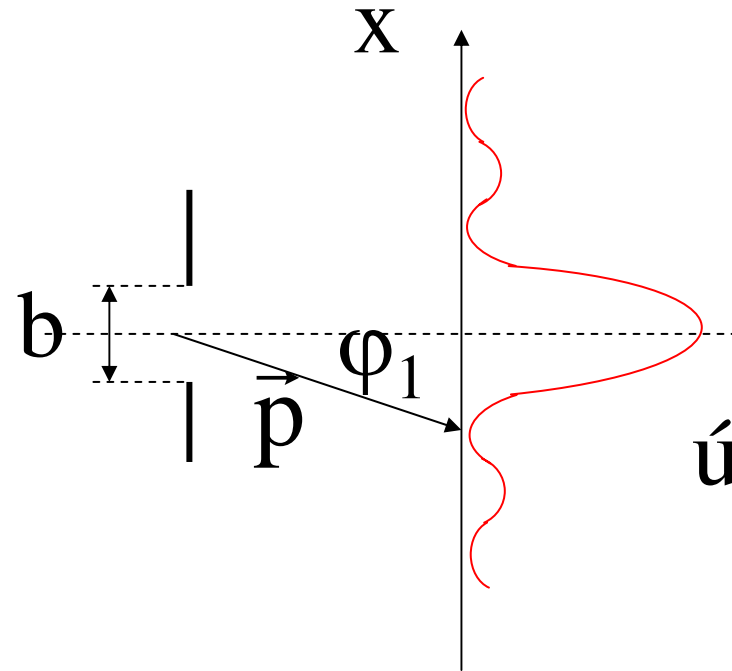
$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx p \lambda$$

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx h$$

$$\Delta y \cdot \Delta p_y \approx h$$

$$\Delta z \cdot \Delta p_z \approx h$$

Ý nghĩa: Vị trí và động lượng của vi hạt không xác định đồng thời



Ví dụ: Trong phạm vi nguyên tử $\Delta x \sim 10^{-10} \text{m}$

Vận tốc điện tử có:

$$\Delta v_x = \frac{\Delta p_x}{m_e} \approx \frac{h}{m_e \Delta x} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10}} \approx 7 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$m_e \sim 10^{-31}$ vi hạt \rightarrow Vận tốc không xác định \rightarrow
không có quỹ đạo xác định

$m \sim 10^{-15} \text{kg}$, $\Delta x \sim 10^{-8} \text{m}$ hạt lớn (Vĩ hạt): Vận tốc
xác định \rightarrow Quỹ đạo xác định:

$$\Delta v_x \approx \frac{h}{m_e \Delta x} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{10^{-15} \cdot 10^{-8}} \approx 6,6 \cdot 10^{-11} \text{ m/s}$$

Hệ thức bất định đối với năng lượng $\Delta W \cdot \Delta t \approx h$

$$\Delta W \approx h / \Delta t$$

Trạng thái có năng lượng bất định là trạng thái không bền, Trạng thái có năng lượng xác định là trạng thái bền

2.2 Ý NGHĨA TRIẾT HỌC CỦA HỆ THỨC BẤT ĐỊNH HEISENBERG:

Duy tâm: Hệ thức bất định phụ thuộc vào chủ quan của người quan sát: Xác định được quỹ đạo thì không xác định được năng lượng. Nhận thức của con người là giới hạn

Duy vật: Không thể áp đặt quy luật vận động vật chất trong cơ học cổ điển cho vi hạt. Cơ học cổ điển có giới hạn, nhận thức của con người không giới hạn, không thể nhận thức thế giới vi mô