

# VẬT LÝ II

**TS. Ngô Văn Thanh,**  
*Viện Vật lý.*

*Chuyên ngành : Điện tử - Viễn thông , Công nghệ thông tin,  
Điện - Điện tử*

## *Phần III: VẬT LÝ LƯỢNG TỬ*

---

### **Chương 8: Cơ học lượng tử.**

- 8.1 Lượng tính sóng-hạt của các vi hạt.
- 8.2 Hệ thức bất định Heisenberg.
- 8.3 Hàm sóng và ý nghĩa thống kê.
- 8.4 Phương trình Schrödinger và ứng dụng.

## Cơ học cổ điển



- Cơ học Newton – 3 định luật cơ học.
- Không gian và thời gian là tuyệt đối.
- Khối lượng là bất biến.
- Vận tốc truyền tương tác là vô hạn.
- Áp dụng cho thế giới vĩ mô chuyển động với vận tốc bé  $v \ll c$ .

## Cơ học lý thuyết



- Nguyên lý tương đối của Galilean.
- Lý thuyết tương đối của Einstein.
- Không gian và thời gian có tính tương đối.
- Khối lượng của vật phụ thuộc vào vận tốc.
- Áp dụng cho thế giới vĩ mô chuyển động với vận tốc lớn.

## Cơ học lượng tử

- Các vi hạt mang lưỡng tính sóng-hạt (giả thuyết của de Broglie).
- Hệ thức bất định Heisenberg.
- Chuyển động của hạt được mô tả bởi hàm sóng (phương trình Schrödinger).
- Áp dụng cho thế giới vi mô.

## 8.1 Lưỡng tính sóng-hạt của các vi hạt.

### 8.1 Lưỡng tính sóng-hạt của các vi hạt.

#### ■ Các giai đoạn lịch sử:

- 1900: Trong quá trình nghiên cứu về bức xạ của vật đen
  - M. Planck đưa ra giả thiết về tính gián đoạn của năng lượng bức xạ điện từ.
  - Năng lượng bức xạ điện từ bằng bội số nguyên của vi lượng  $h\nu$
- 1905: A. Einstein đề xuất tính chất hạt của ánh sáng, hạt *photon*.
  - Giải thích được hiệu ứng quang điện.
  - 1923: Hiệu ứng Compton đã kiểm chứng lý thuyết hạt của ánh sáng.
- 1913: N. Bohr cho rằng, năng lượng của nguyên tử của các vật liệu cũng gián đoạn và được gọi là các mức năng lượng.
  - 1914: Franck và Hertz đã kiểm chứng giả thiết của Bohr bằng thực nghiệm.
- 1923: L. de Broglie đưa ra giả thiết về lưỡng tính sóng-hạt của các vi hạt như các electron, proton...
  - 1927: Davisson và Germer quan sát bằng thực nghiệm thấy hiện tượng nhiễu xạ của chùm tia điện tử trên tinh thể.
- 1925: Heisenberg đưa ra hệ thức bất định.
- 1926: Schrödinger đưa ra phương trình chuyển động của vi hạt.

## 8.1 Lượng tính sóng-hạt của các vi hạt.

- Giả thiết của L. de Broglie (1923):
  - Đưa ra giả thiết về lượng tính sóng hạt của electron và các vi hạt nói chung.
    - Một vi hạt tự do có năng lượng xác định, động lượng xác định tương ứng với một sóng phẳng đơn sắc xác định.
    - Năng lượng của vi hạt liên hệ với tần số dao động của sóng tương ứng theo các hệ thức:

$$\epsilon = h\nu; \quad \epsilon = h\frac{\omega}{2\pi} = \hbar\omega; \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

- Động lượng của vi hạt liên hệ với bước sóng của sóng hạt tương ứng theo hệ thức:

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

- Bước sóng  $\lambda$  được gọi là bước sóng de Broglie.

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad \Rightarrow \quad \vec{p} = m\vec{v} = \hbar\vec{k}$$

- $\vec{k}$  gọi là vector truyền (sóng).

## 8.1 Lượng tính sóng-hạt của các vi hạt.

- Xét một hạt có khối lượng  $m$ , theo thuyết tương đối của Einstein:

$$\epsilon - p^2 c^2 = m^2 c^4$$

- sử dụng  $p = \frac{h}{\lambda}$  suy ra

$$\lambda = \frac{hc}{\sqrt{(\epsilon - mc^2)(\epsilon + mc^2)}} \approx \frac{hc}{\epsilon}$$

- Mặt khác:

$$\epsilon = mc^2 + \frac{p^2}{2m} = mc^2 + E_t; \quad E_t = \frac{p^2}{2m}$$

- Với  $E$  là động năng của hạt không tương đối.
- Cuối cùng:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_t}}$$

## 8.1 Lượng tính sóng-hạt của các vi hạt.

- Thí nghiệm nhiễu xạ sóng hạt electron:  
(Davisson và Germer -1927)

- Cực đại nhiễu xạ:

$$n\lambda = d \sin \theta$$

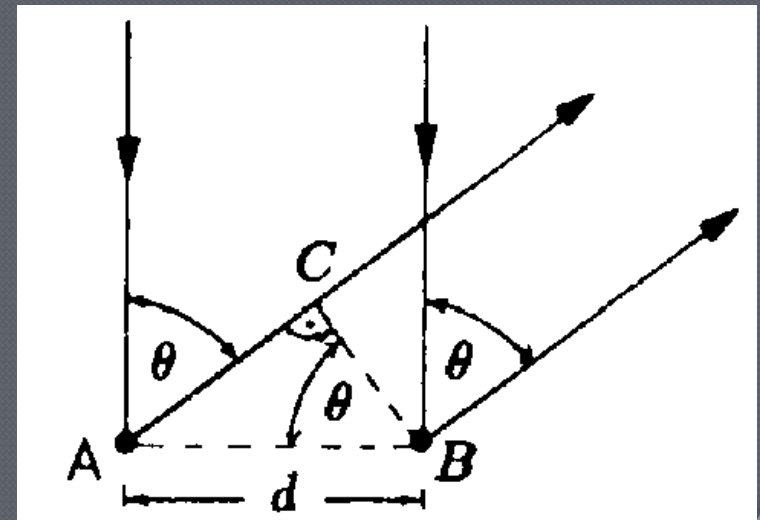
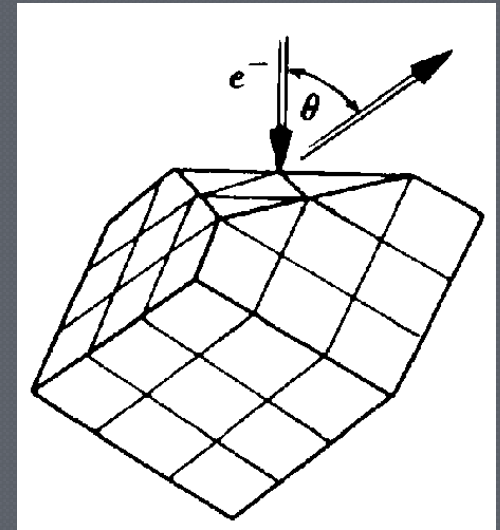
- Giả sử điện tử được tăng tốc bởi điện thế  $U$ , suy ra năng lượng của điện tử là  $eU$ .
- Sử dụng biểu thức:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_t}} = \frac{h}{\sqrt{U}\sqrt{2me}}$$

- Ta có:

$$\frac{nh}{d\sqrt{2me}} = \sqrt{U} \sin \theta$$

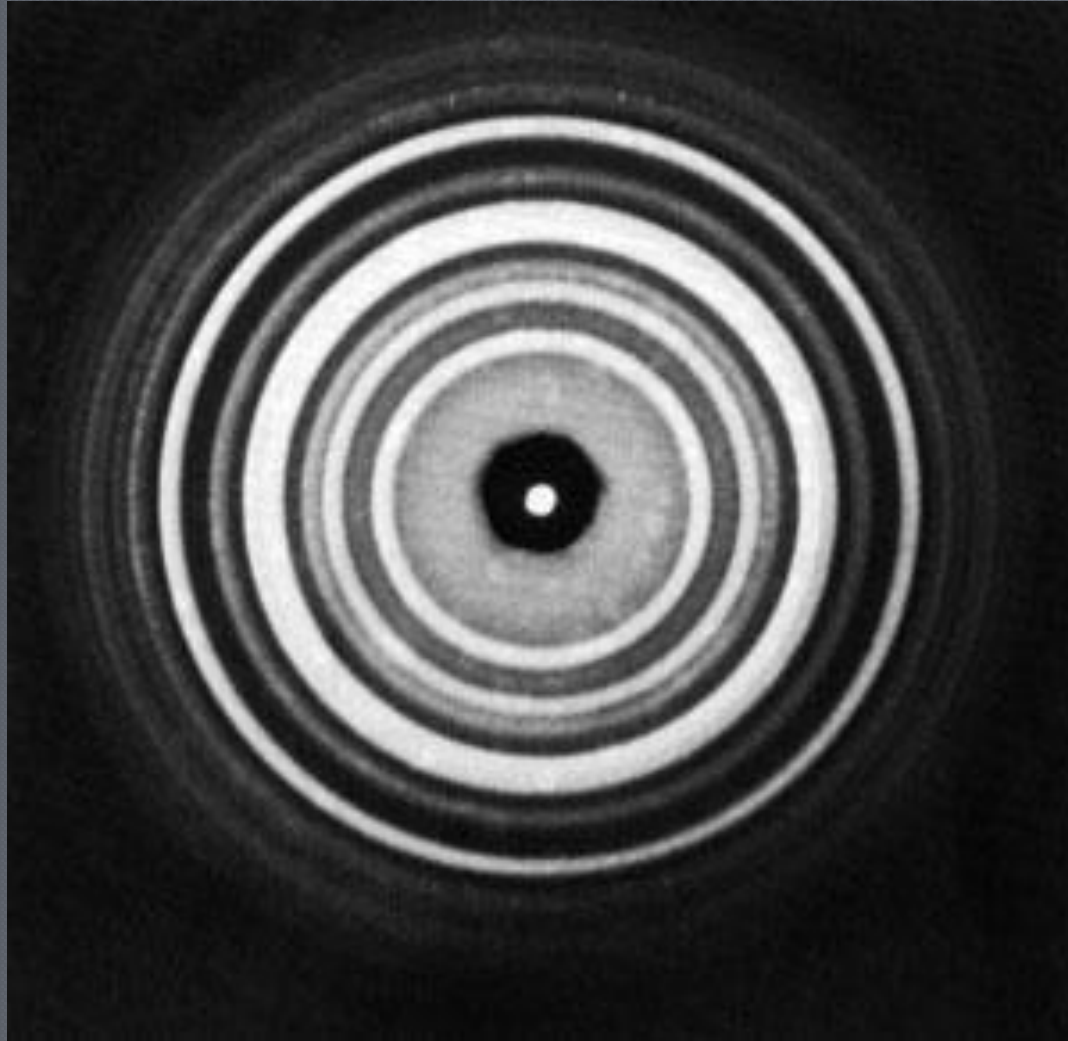
- Biểu thức này đã được kiểm chứng bằng thực nghiệm.





## ***8.1 Lượng tính sóng-hạt của các vi hạt.***

- Thí nghiệm nhiễu xạ sóng hạt electron:





## 8.1 Lượng tính sóng-hạt của các vi hạt.

- Thí nghiệm tán xạ tia X trên tinh thể:

(Tartakowski và Thomson)

- Cực đại nhiễu xạ - điều kiện Wulf-Bragg:  $2d \sin \theta = n\lambda$

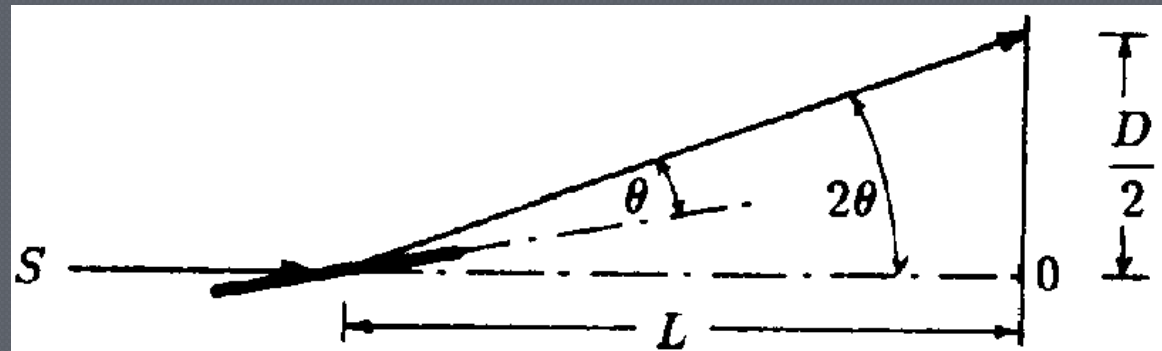
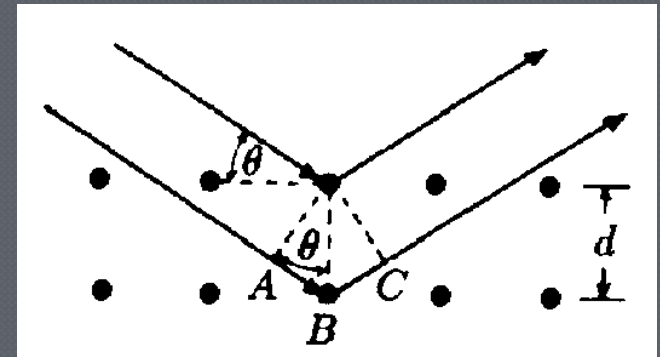
- Bán kính của vân giao thoa trên màn ảnh:  $\tan(2\theta) = \frac{D}{2L} \approx 2\theta$

suy ra:  $Dd = 2nL\lambda$

- Sử dụng biểu thức:  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{U}\sqrt{2me}}$

- Cuối cùng ta có:

$$D\sqrt{U} = \frac{2nLh}{d\sqrt{2me}}$$



## ***8.1 Lượng tính sóng-hạt của các vi hạt.***

- Thí nghiệm nhiễu xạ tia X trên tinh thể:

