



VẬT LÝ 2

Khoa Vật lý



CHƯƠNG 9

QUANG

LƯỢNG TỬ

- 9.1. Tương tác của ánh sáng với vật chất
- 9.2. Định luật Kirchhoff
- 9.3. Bức xạ của vật đen tuyệt đối
- 9.4. Hiệu ứng quang điện
- 9.5. Hiệu ứng Compton

Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.1. Tương tác của ánh sáng với vật chất

(1) Ánh sáng:

- Bức xạ điện từ phát ra do sự thay đổi trạng thái của các hạt hạ nguyên tử cấu tạo nên nguyên tử hoặc hạt nhân.
- Lượng tính sóng – hạt.

(2) Tương tác giữa ánh sáng và vật chất:

Khi ánh sáng đi đến bề mặt vật chất:

- Hấp thụ
- Phản xạ
- Truyền qua

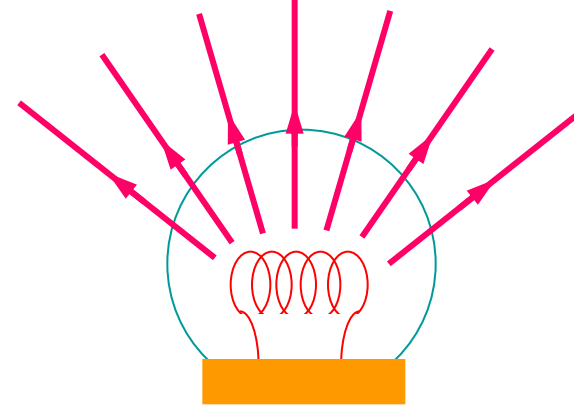


Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.1. Tương tác của ánh sáng với vật chất

Bức xạ nhiệt:

- Tất cả vật chất tồn tại trong vũ trụ đều có nhiệt độ lớn hơn 0 K. Nghĩa là **các phân tử, nguyên tử chất luôn luôn chuyển động** → liên tục thay đổi trạng thái năng lượng → phát ra sóng điện từ.
- Sự phát ra sóng điện từ do sự chuyển động nhiệt của các phân tử, nguyên tử được gọi là bức xạ nhiệt. Sóng điện từ được phát ra cũng gọi là **bức xạ nhiệt** hoặc **tia nhiệt**.
- Khi bức xạ nhiệt, nhiệt độ vật giảm đi. Khi hấp thụ bức xạ nhiệt, nhiệt độ vật tăng lên. Lượng hấp thụ bằng bức xạ → bức xạ nhiệt không đổi (hay **bức xạ nhiệt cân bằng**).



Bóng đèn dây tóc

Đồ vật



Cơ thể người

Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.2. Định luật Kirchhoff

(1) Năng suất phát xạ:

* **Năng suất phát xạ toàn phần:** Năng lượng vật phát xạ ra trên một đơn vị diện tích bề mặt trong một đơn vị thời gian. Biểu thức:

$$R_T = \frac{dW}{dS.dt} (W / m^2)$$

* **Năng suất phát xạ đơn sắc:** Năng lượng vật phát xạ trên một đơn vị diện tích bề mặt trong một đơn vị thời gian ở một bước sóng nhất định.

$$r_{\lambda T} = \frac{dR_T}{d\lambda} (W / m^3)$$

Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.2. Định luật Kirchhoff

(1) Năng suất phát xạ

* Liên hệ giữa năng suất bức xạ toàn phần và năng suất bức xạ đơn sắc:

$$\boxed{dR_T = r_{\lambda T} d\lambda} \quad \longrightarrow \quad \boxed{R_T = \int_0^{\infty} r_{\lambda T} d\lambda}$$

Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.2. Định luật Kirchhoff

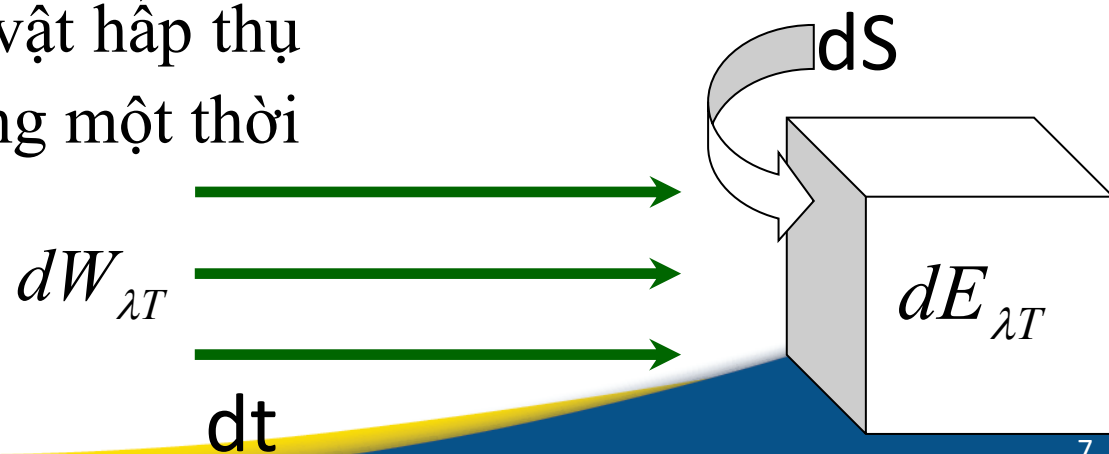
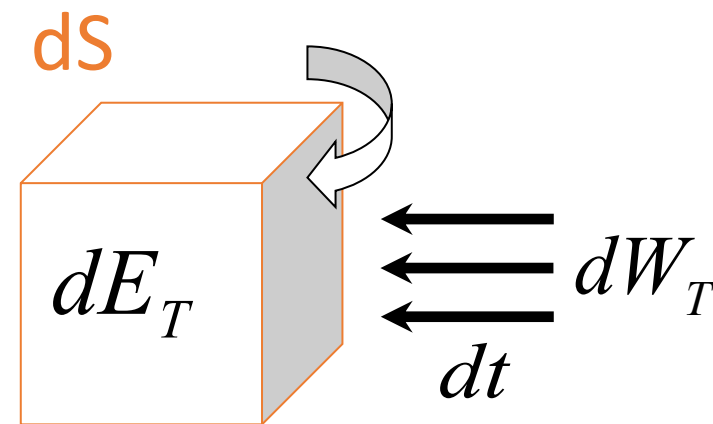
(2) Hệ số hấp thụ

* **Hệ số hấp thụ toàn phần:** Tỉ số giữa năng lượng vật hấp thụ được và năng lượng gửi đến bề mặt vật trong cùng một thời gian. **Như vậy:** $0 < A_T < 1$

$$A_T = \frac{dE_T}{dW_T}$$

* **Hệ số hấp thụ đơn sắc:** Tỉ số giữa năng lượng vật hấp thụ được và năng lượng gửi đến bề mặt vật trong cùng một thời gian ứng với một bước sóng nhất định.

$$a_{\lambda T} = \frac{dE_{\lambda T}}{dW_{\lambda T}}$$



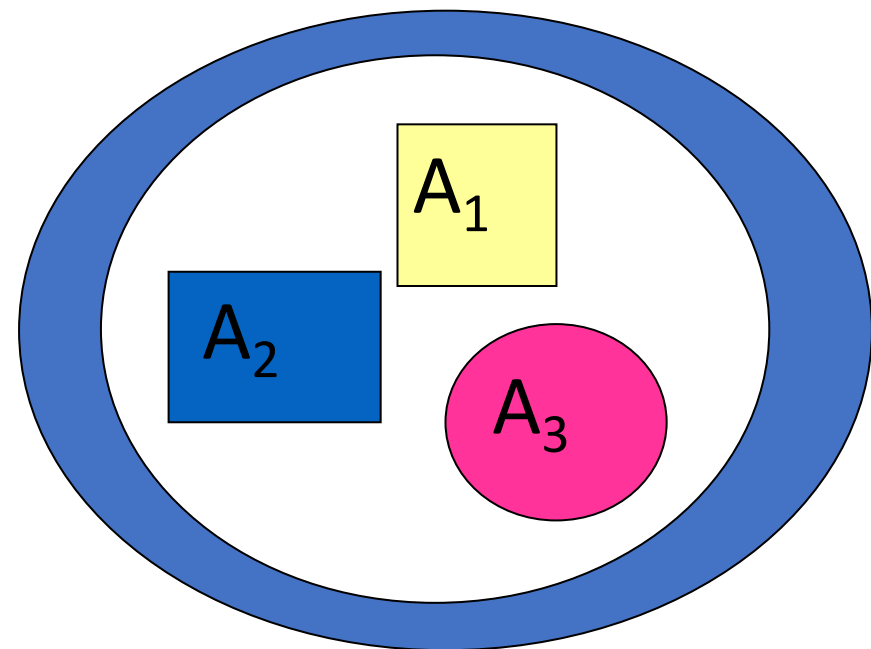
Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.2. Định luật Kirchhoff

(3) Định luật Kirchhoff: *Tỉ số giữa năng suất phát xạ đơn sắc và hệ số hấp thụ đơn sắc của một vật bất kì ở trạng thái cân bằng nhiệt không phụ thuộc vào bản chất của vật mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng đơn sắc và nhiệt độ của vật.*

$$\left(\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}}\right)_{\text{vật 1}} = \left(\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}}\right)_{\text{vật 2}} = \dots = \left(\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}}\right)_{\text{vật n}}$$

$$\frac{r_{\lambda T}}{a_{\lambda T}} = f(\lambda, T) \text{ gọi là hàm phổ biến.}$$



Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

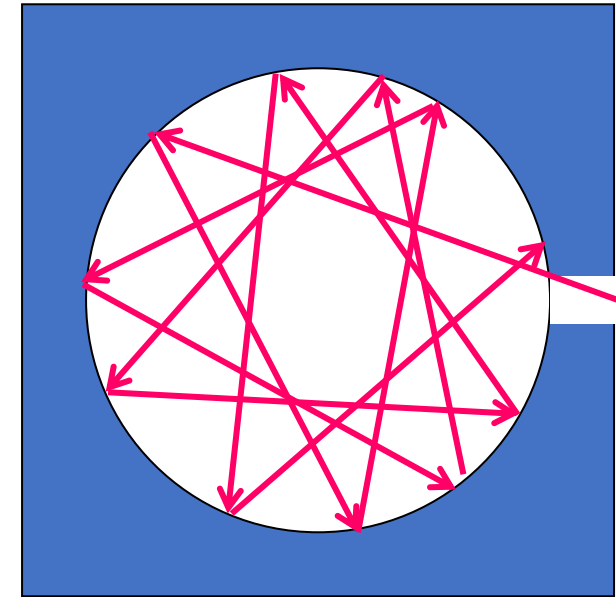
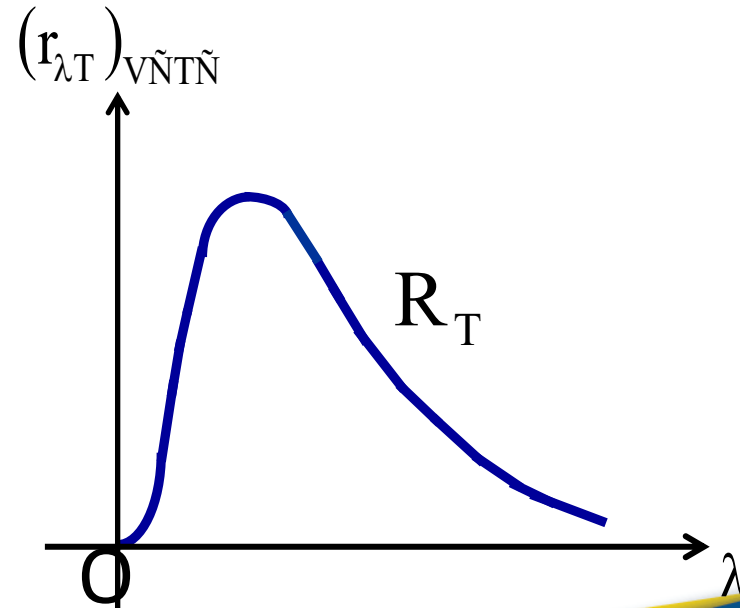
9.3. Bức xạ của vật đen tuyệt đối

(1) Vật đen tuyệt đối: Là vật có hệ số hấp thụ đơn sắc bằng 1.

(2) Năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối:

$$\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} = f(\lambda, T), \text{ suy ra: } r_{\lambda,T} = f(\lambda, T)$$

$$\Rightarrow R_T = \int_0^{\infty} r_{\lambda,T} d\lambda$$



Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

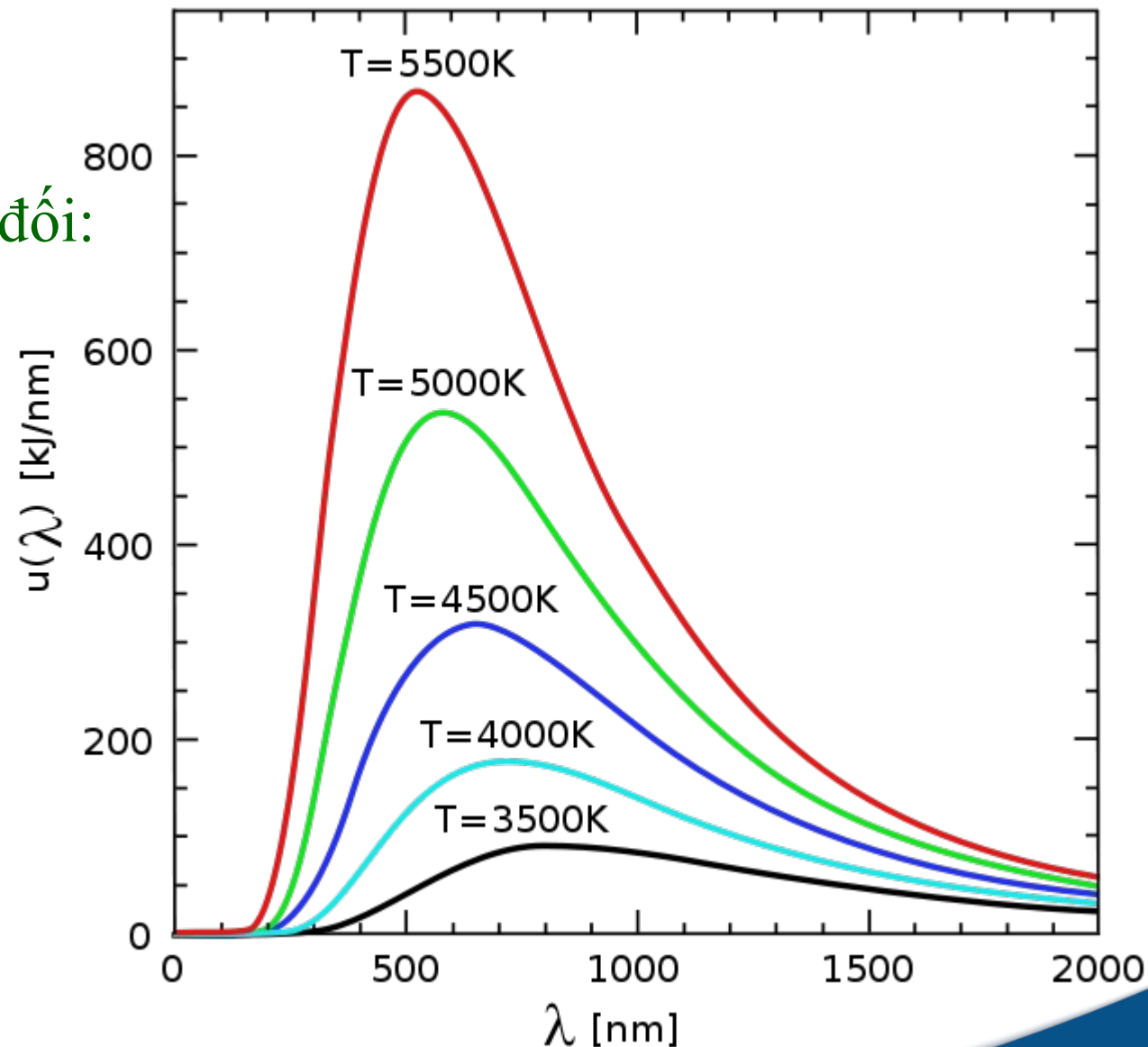
9.3. Bức xạ của vật đen tuyệt đối

(2) Năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối:

* Nhận xét:

- Khi T tăng thì năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối tăng.
- Khi T tăng thì cực đại của năng suất bức xạ dời về phía bước sóng ngắn.

(3) Nguyên lý Stefan – Boltzmann:



Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.3. Bức xạ của vật đen tuyệt đối

(3) Nguyên lý Stefan – Boltzmann:

* **Phát biểu:** Năng suất phát xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của nhiệt độ tuyệt đối của vật.

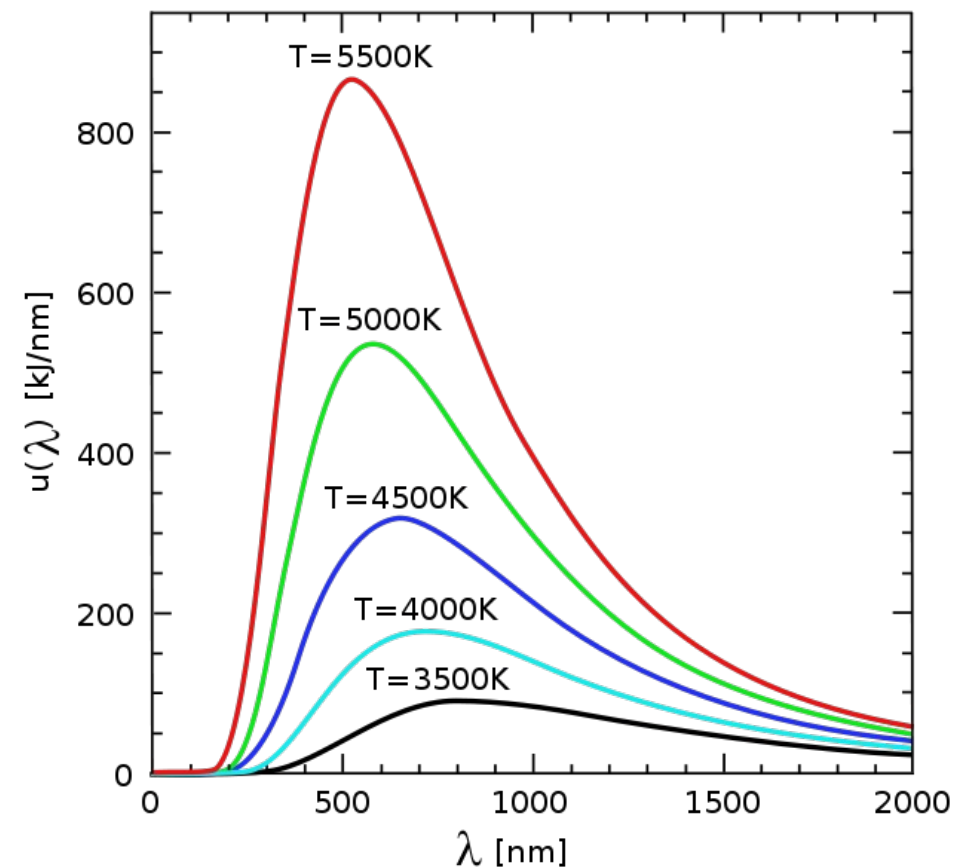
* **Biểu thức:** σ là hằng số Stefan – Boltzmann

$$R_T = \sigma T^4 \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} (\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4})$$

(4) Định luật Wien:

* **Phát biểu:** Đối với vật đen tuyệt đối, bước sóng λ_{max} ứng với năng suất phát xạ đơn sắc cực đại tỉ lệ nghịch với nhiệt độ của vật.

* **Biểu thức:** $\lambda_{\text{max}} T = b$ $b = 2,898 \cdot 10^{-3} (\text{mK})$ là hằng số Wien



Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.4. Hiệu ứng quang điện

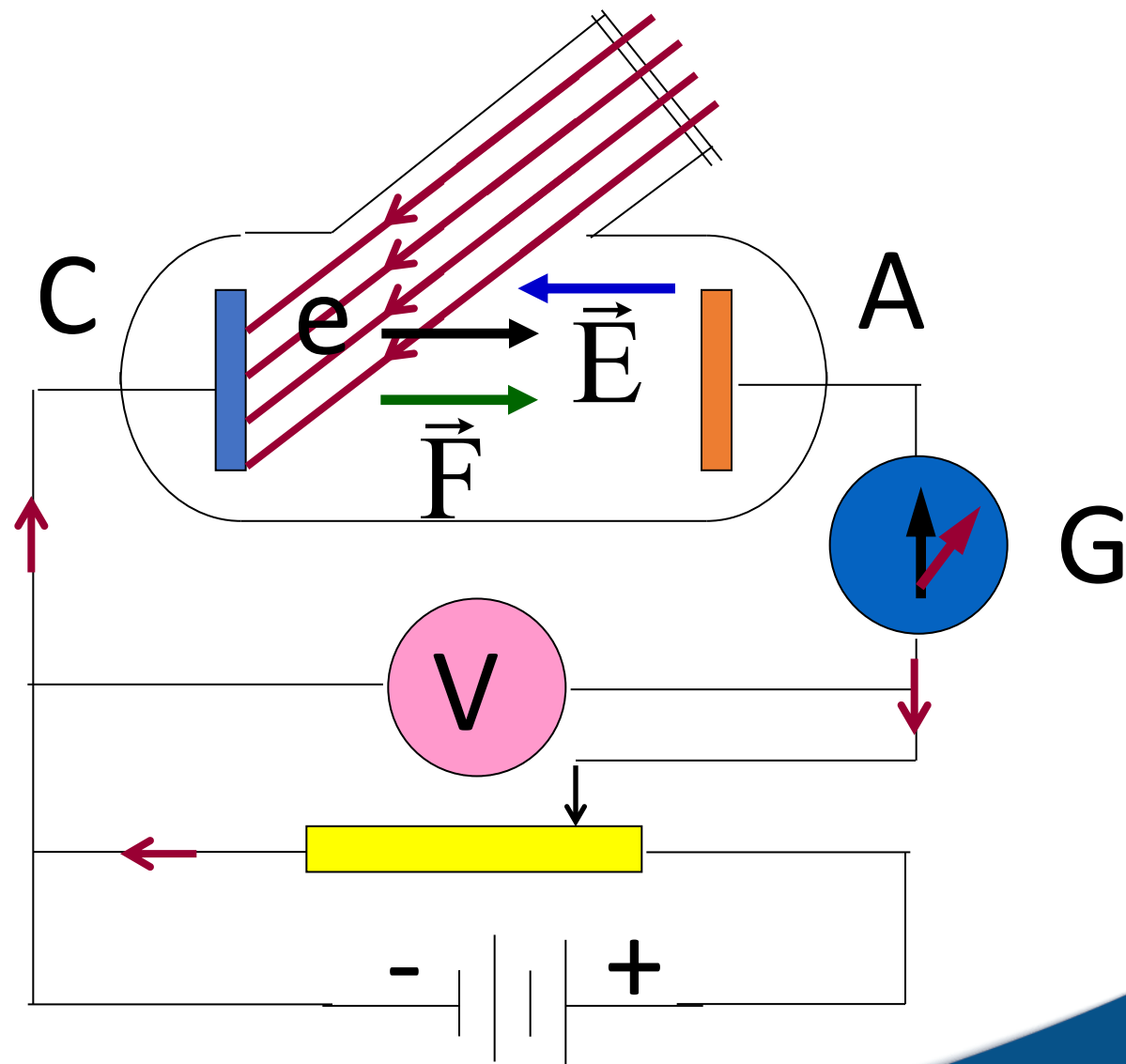
(1) Thí nghiệm:

* Bố trí hệ thí nghiệm như hình bên.

* Nhận xét:

- Khi chiếu ánh sáng thích hợp vào bản kim loại kiềm \rightarrow electron bức ra khỏi bề mặt kim loại.

\rightarrow hiện tượng các electron bức ra khỏi bề mặt kim loại khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào được gọi là hiện tượng quang điện (quang điện ngoài).



Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.4. Hiệu ứng quang điện

(2) Các định luật quang điện:

1. Mỗi kim loại có một bước sóng giới hạn λ_0 . Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng ánh sáng chiếu tới $\lambda < \lambda_0$.

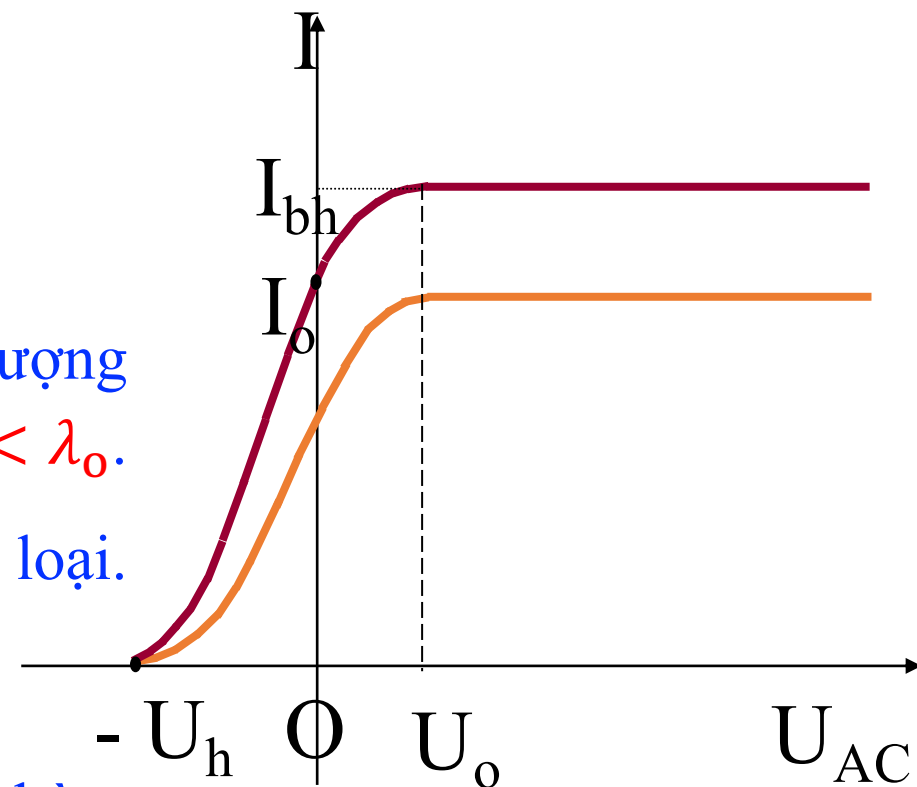
Giá trị: $W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$ gọi là công thoát, phụ thuộc bản chất kim loại.

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + K_{\max}$$

2. Cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ với cường độ chùm ánh sáng chiếu tới.

3. Động năng cực đại của electron quang điện phụ thuộc tần số ánh sáng tới. Có thể triệt tiêu dòng quang điện bằng cách thiết lập một hiệu điện thế hãm U_h .

$$\text{Khi đó: } |eU_h| = K_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$$



Chương 9. QUANG LƯỢNG TỬ

9.5. Hiệu ứng Compton

(1) Hiện tượng tán xạ Compton

Hiện tượng tia X bị thay đổi bước sóng (tần số) khi bị tán xạ bởi electron gọi là hiện tượng tán xạ Compton (hiệu ứng Compton).

(2) Biểu thức:

Sự thay đổi bước sóng sau tán xạ: $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$

Trong đó: θ là góc tán xạ

$\lambda_c = \frac{h}{mc} = 2.43 \times 10^{-12} \text{ m}$ gọi là bước sóng Compton

