



MODULE 3 ***VẬT LÝ LƯỢNG TỬ***

GV. Đặng Thị Bích Hợp

LOGO



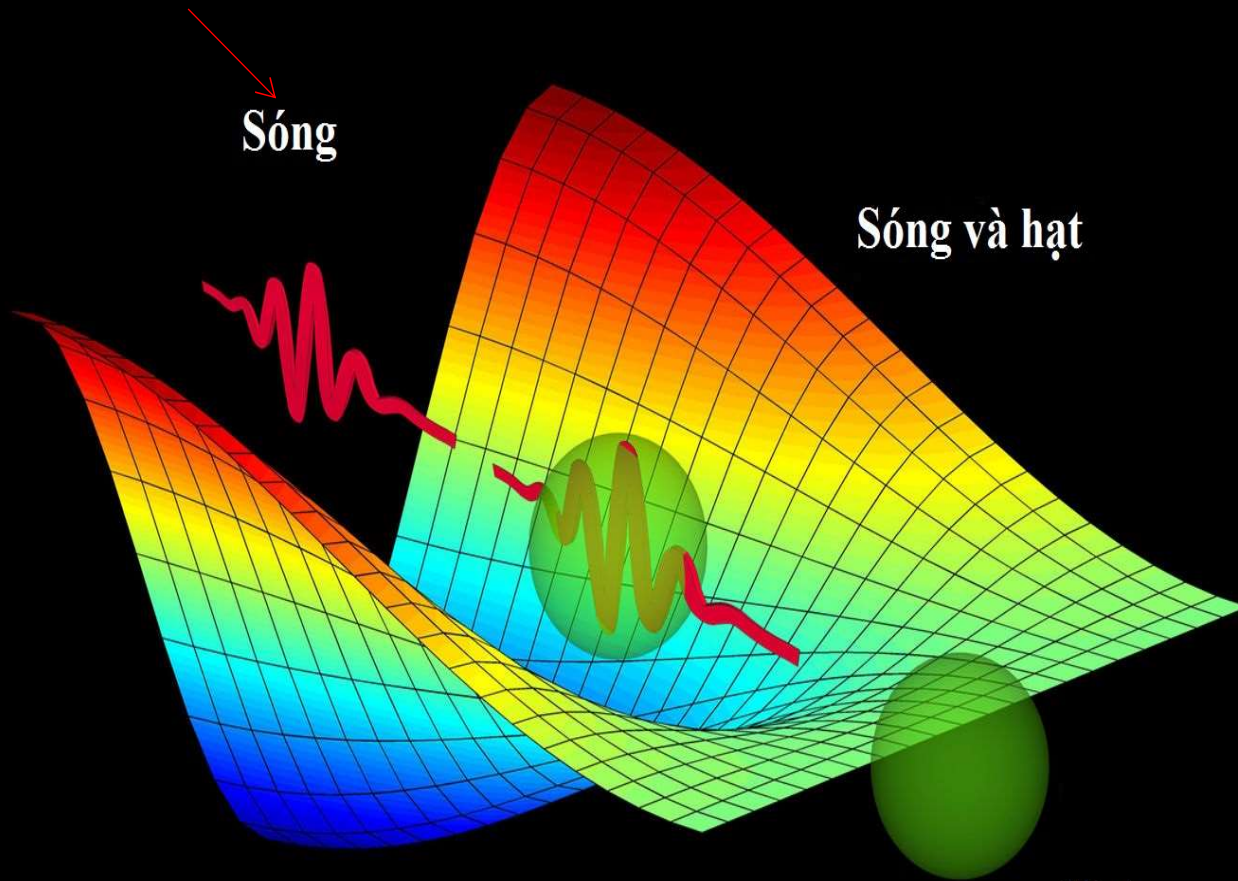
Giao thoa, nhiễu xạ, phân cực

Sóng

Sóng và hạt

Hạt

Bức xạ nhiệt, hiệu ứng quang điện





VẬT LÝ LƯỢNG TỬ

I. Bức xạ nhiệt

II. Thuyết lượng tử năng lượng Planck

III. Hiệu ứng quang điện

IV. Thuyết photon ánh sáng của Einstein

V. Hiệu ứng Compton



I. Bức xạ nhiệt

1. Bức xạ nhiệt cân bằng

+ ***Bức xạ nhiệt***: là các sóng điện từ phát ra từ các vật khi bị kích thích bởi tác dụng nhiệt.

+ ***Bức xạ nhiệt cân bằng***: nếu phần năng lượng của vật bị mất đi do phát xạ bằng phần năng lượng vật thu được do hấp thụ, thì nhiệt độ của vật sẽ không đổi theo thời gian và bức xạ nhiệt của vật cũng không đổi.



I. Bức xạ nhiệt

2. Định luật Kirchhoff về bức xạ nhiệt cân bằng

❖ **Nội dung:** Tỉ số giữa hệ số phát xạ đơn sắc $r_{\lambda,T}$ và hệ số hấp thụ đơn sắc $a_{\lambda,T}$ của một vật bất kỳ ở trạng thái bức xạ nhiệt cân bằng không phụ thuộc vào bản chất của vật đó, mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ T của nó và bước sóng λ của chùm bức xạ đơn sắc.

❖ **Biểu thức:**

$$\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} = f_{\lambda,T}$$

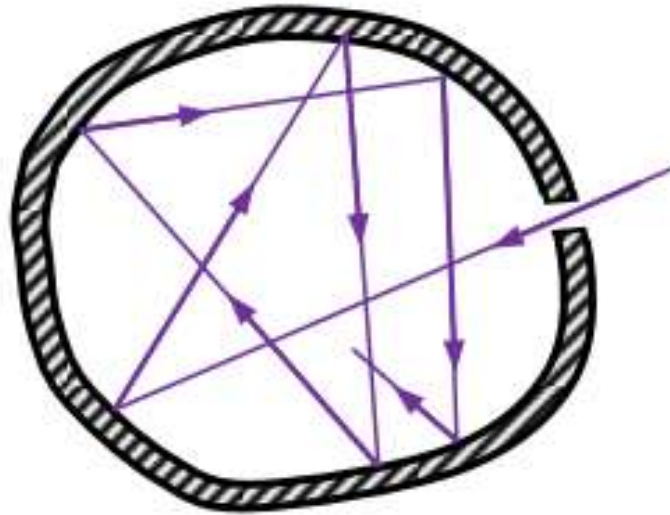
trong đó $f_{\lambda,T}$ là hàm số chung cho mọi vật nên được gọi là hàm phổ biến.



I. Bức xạ nhiệt

3. Định luật phát xạ của vật đen tuyệt đối

- ❖ *Vật đen tuyệt đối*: Những vật hấp thụ hoàn toàn năng lượng của chùm bức xạ gửi tới với mọi nhiệt độ và mọi bước sóng.



Ánh sáng bị hấp thụ hoàn toàn bởi vật đen tuyệt đối.



I. Bức xạ nhiệt

3. Định luật phát xạ của vật đen tuyệt đối

- ❖ **Định luật Stefan – Boltzmann:** Năng suất phát xạ toàn phần của vật đen tuyệt đối tỷ lệ thuận với lũy thừa bậc bốn của nhiệt độ tuyệt đối của vật đó.

$$\varepsilon_T = \sigma T^4$$

Trong đó σ được gọi là hằng số *Stefan – Boltzmann* và có giá trị bằng:

$$\sigma = 5,6703.10^{-8} \text{ W/m}^2.\text{K}^{-4}$$

- ❖ **Ứng dụng:** xác định nhiệt độ T của vật đen tuyệt đối, nếu đo được năng suất phát xạ toàn phần ε_T của nó.



II. Thuyết lượng tử năng lượng Planck

- ❖ **Phát biểu:** Các nguyên tử và phân tử phát xạ hay hấp thụ năng lượng một cách gián đoạn, nghĩa là phần năng lượng phát xạ hay hấp thụ luôn là bội số nguyên của một lượng năng lượng nhỏ xác định gọi là lượng tử năng lượng. Một lượng tử năng lượng của bức xạ điện từ đơn sắc tần số f , bước sóng λ có giá trị:

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

- ❖ **Công thức Planck:** xác định hệ số phát xạ đơn sắc của vật đen tuyệt đối

$$\varepsilon_{f,T} = \frac{2\pi f^2}{c^2} \frac{hf}{e^{hf/kT} - 1}$$

trong đó k là hằng số Boltzmann, T là nhiệt độ tuyệt đối.

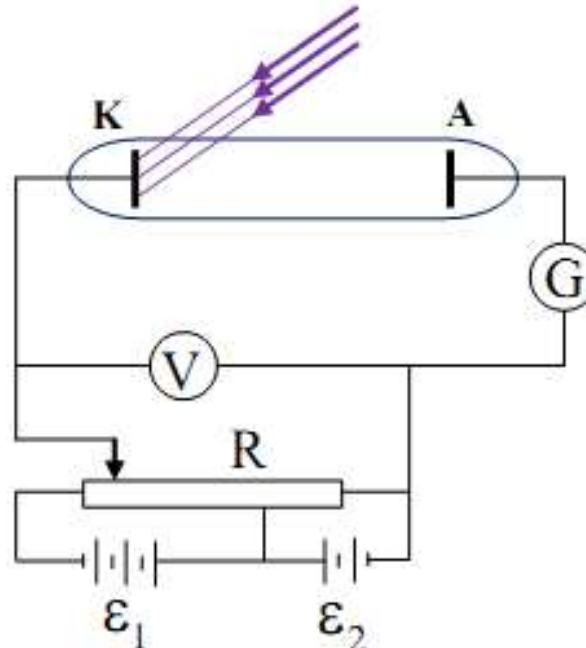
h là hằng số Planck: $h = 6,625.10^{-34} Js$



III. Hiệu ứng quang điện

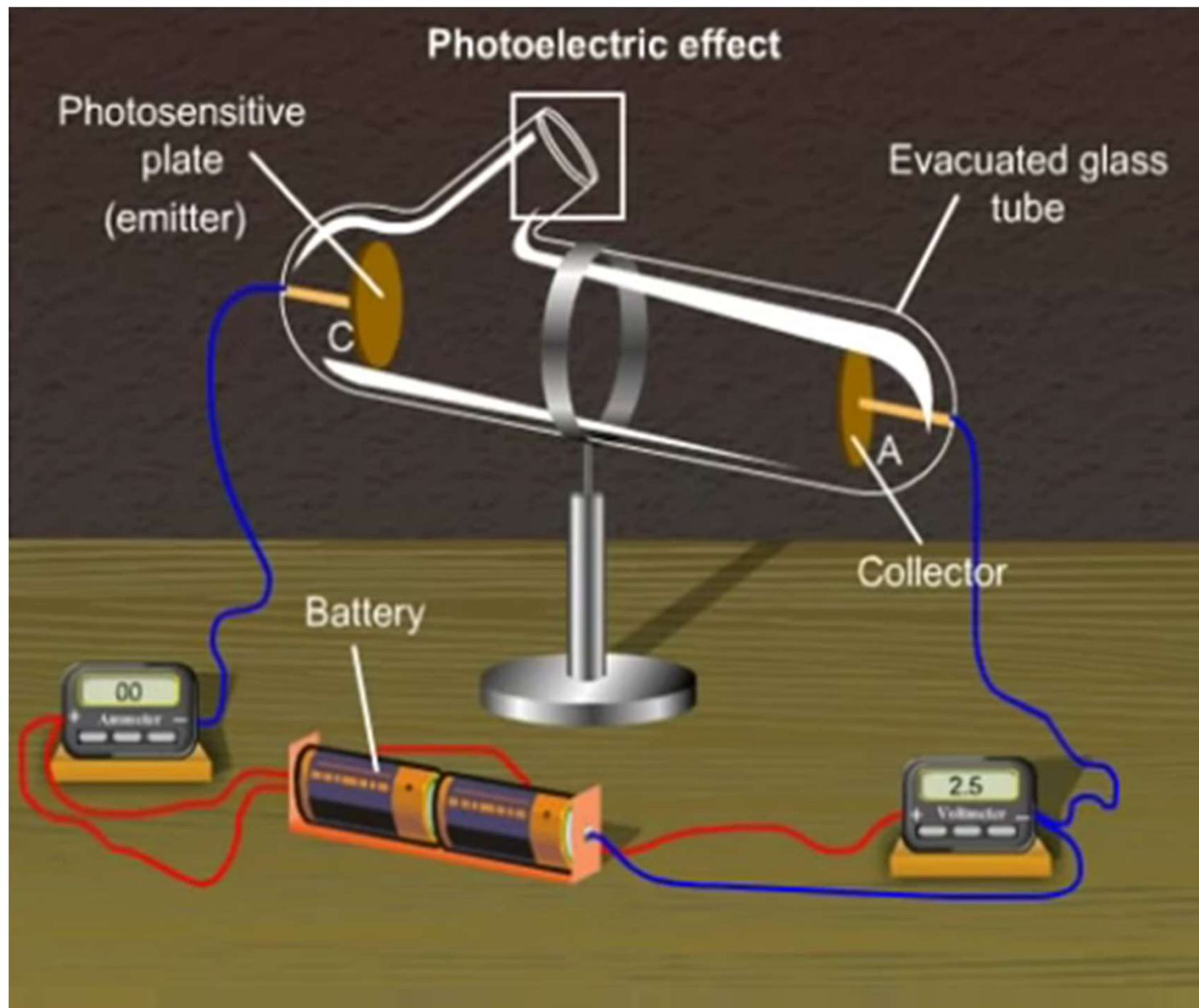
1. Hiệu ứng quang điện

Hiệu ứng quang điện: là hiện tượng các electron được giải phóng khỏi mặt ngoài của bản kim loại khi rọi một chùm ánh sáng thích hợp tới mặt bản kim loại đó.





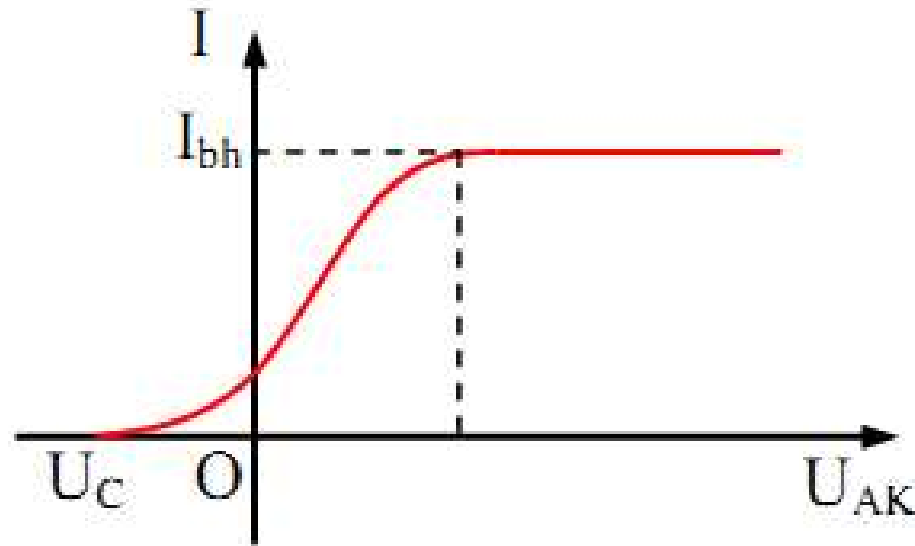
III. Hiệu ứng quang điện





III. Hiệu ứng quang điện

Đường đặc trưng vôn – ampe



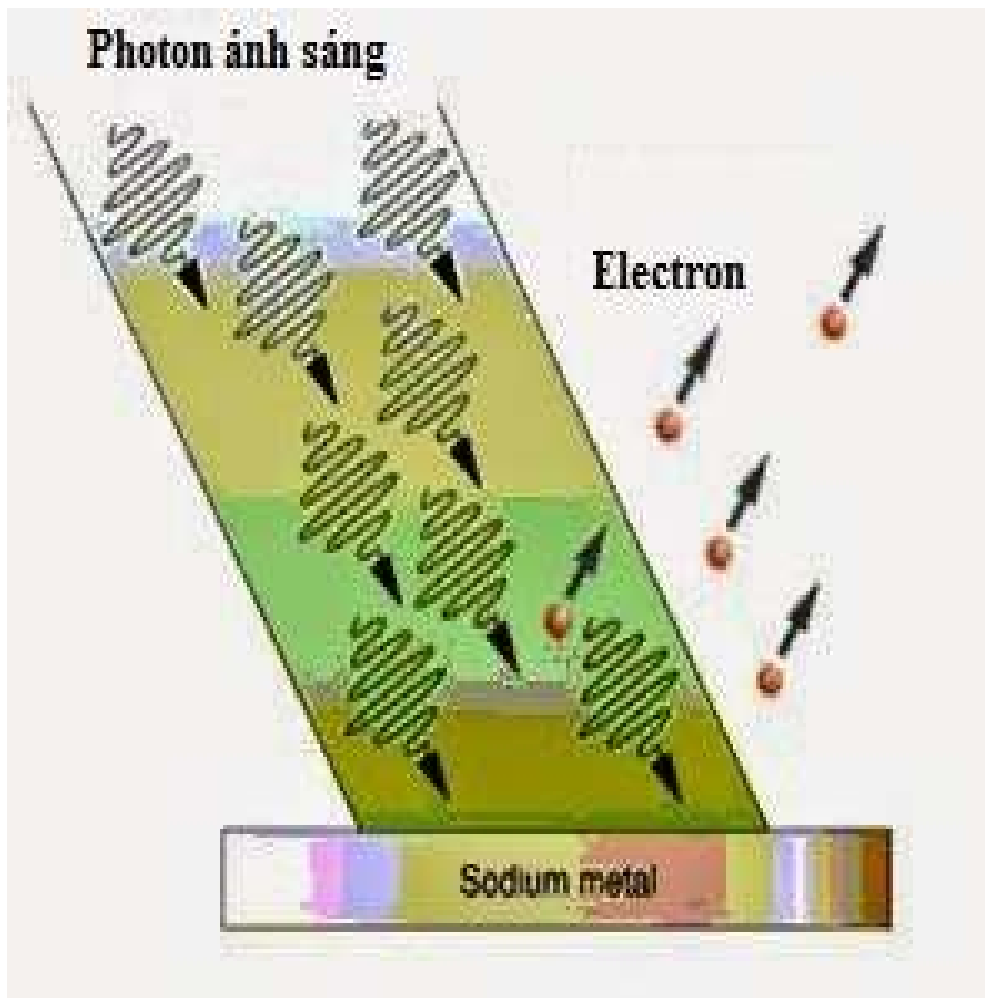
Hiệu thế cản U_c gây ra một công cản eU_c của điện trường về độ lớn ít nhất phải bằng động năng cực đại của các hạt electron bị bứt khỏi bản K, nghĩa là:

$$eU_c = \frac{1}{2}mv_{0max}^2$$



III. Hiệu ứng quang điện

2. Các định luật quang điện



□ Định luật về giới hạn quang điện

Đối với mỗi kim loại xác định, hiệu ứng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng λ của chùm ánh sáng rọi tới nhỏ hơn một giá trị xác định λ_0 , gọi là giới hạn quang điện.

$$\lambda \leq \lambda_0$$

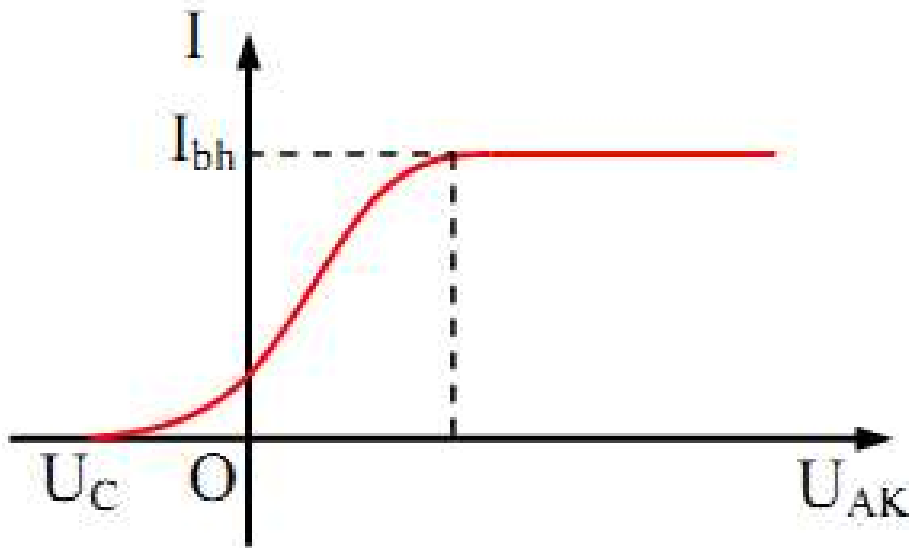


III. Hiệu ứng quang điện

2. Các định luật quang điện

□ Định luật về dòng quang điện bão hòa:

Cường độ dòng quang điện bão hòa I_{bh} tăng tỷ lệ thuận với cường độ sáng I của chùm ánh sáng chiếu tới kim loại.

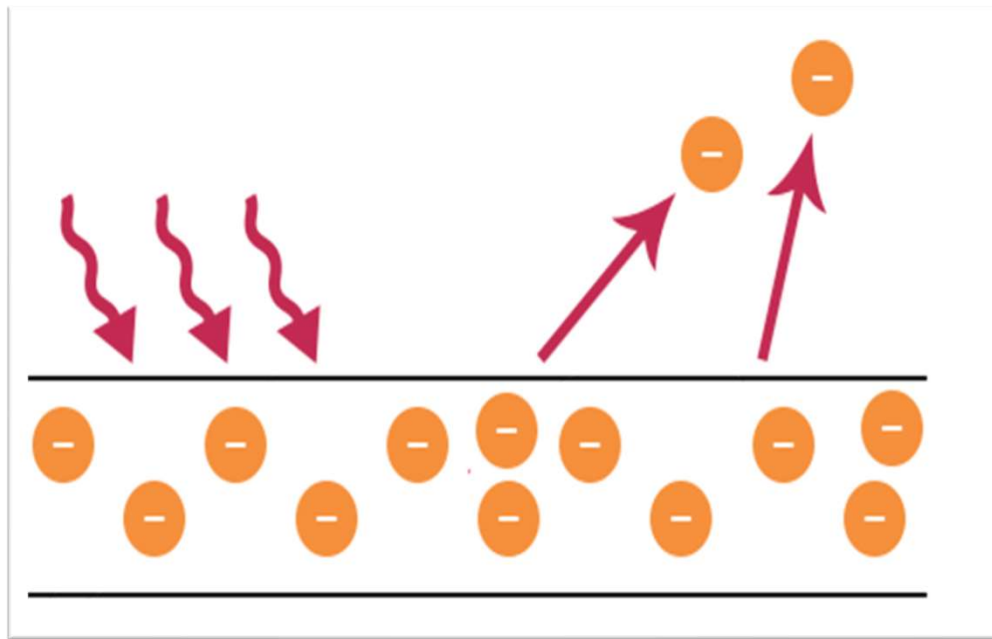


$$I_{bh} \sim I_{AS}$$



III. Hiệu ứng quang điện

2. Các định luật quang điện



□ Định luật Einstein về động năng cực đại của quang electron

Động năng cực đại của các quang electron tỉ lệ với tần số f của chùm ánh sáng rọi tới nó và không phụ thuộc vào cường độ sáng I của chùm ánh sáng đó.

$$W_{đ0max} \sim f$$



III. Hiệu ứng quang điện

3. Sự bất lực của thuyết điện từ về ánh sáng

- ✓ Không giải thích được vì sao có giới hạn quang điện.
- ✓ Không giải thích được tại sao $W_{đ\max}$ không phụ thuộc vào cường độ sáng mà chỉ phụ thuộc vào tần số ánh sáng.
- ✓ Theo thuyết điện từ cổ điển để xuất hiện electron quang điện đầu tiên cần mấy chục phút, thực tế thì t rất nhỏ.



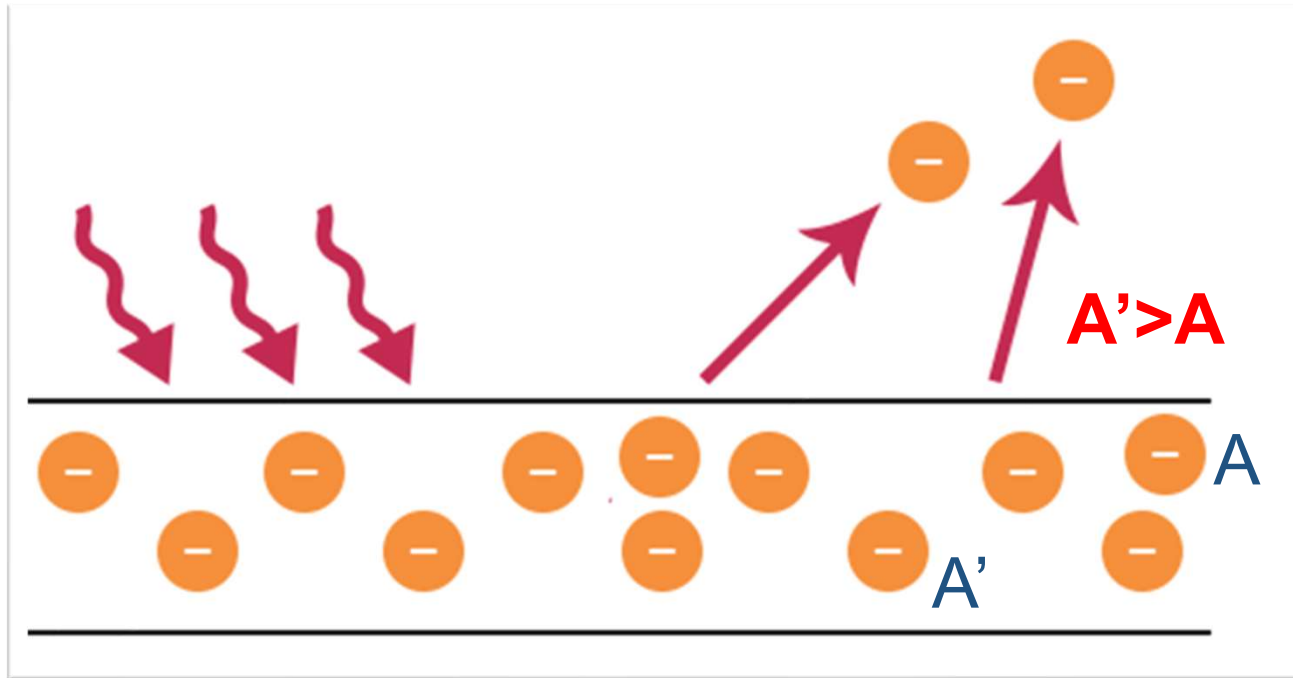
IV. Thuyết photon ánh sáng của Anhxtanh

1. Thuyết photon ánh sáng của Anhxtanh

- Ánh sáng gồm những hạt rất nhỏ gọi là photon (lượng tử ánh sáng). Mỗi photon mang một lượng tử năng lượng:
 $\varepsilon = h.f$
- Trong chân không các photon truyền đi với vận tốc xác định: $c = 3.10^8 \text{ m/s}$.
- Phân tử, nguyên tử, electron... phát xạ hay hấp thụ ánh sáng, cũng có nghĩa là chúng phát xạ hay hấp thụ photon.
- Cường độ của chùm sáng tỉ lệ với số photon phát ra từ nguồn sáng trong một vị thời gian: $I_{AS} \sim n_P$



IV. Thuyết photon ánh sáng của Anhxtanh



Công thức Anhxtanh:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + W_{d0\max} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$$



IV. Thuyết photon ánh sáng của Anhxtanh

2. Giải thích các định luật quang điện

□ Định luật về giới hạn quang điện

Đối với mỗi kim loại xác định, hiệu ứng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng λ của chùm ánh sáng rơi tới nhỏ hơn một giá trị xác định λ_0 , gọi là giới hạn quang điện.

$$\lambda \leq \lambda_0$$

□ Giải thích

+ Điều kiện để hiệu ứng quang điện xảy ra:

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} \geq A \rightarrow \lambda \leq \frac{hc}{A}$$

+ Đặt $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$ gọi là giới hạn quang điện.

$$\text{Vậy: } \lambda \leq \lambda_0 = \frac{hc}{A}$$



IV. Thuyết photon ánh sáng của Anhxtanh

2. Giải thích các định luật quang điện

❑ Định luật về dòng quang điện bão hòa:

Cường độ dòng quang điện bão hòa I_{bh} tăng tỷ lệ thuận với cường độ sáng I của chùm ánh sáng chiếu tới kim loại.

$$I_{bh} \sim I_{AS}$$

❑ Giải thích

$$\left. \begin{array}{l} n_p \sim I_{AS} \\ n_e \sim n_p \\ I_{bh} \sim n_e \end{array} \right\} \Rightarrow I_{bh} \sim I_{AS}$$



IV. Thuyết photon ánh sáng của Anhxtanh

2. Giải thích các định luật quang điện

□ Định luật Einstein về động năng cực đại của quang electron

Động năng cực đại của các quang electron tỉ lệ với tần số f của chùm ánh sáng rọi tới nó và không phụ thuộc vào cường độ sáng I của chùm ánh sáng đó.

$$W_{đ0max} \sim f$$

□ Giải thích

+ Theo công thức Einstein:

$$hf = A + W_{đ0max} \rightarrow W_{đ0max} = hf - A$$



$$W_{đ0max} \sim f$$



IV. Thuyết photon ánh sáng của Anhxtanh

3. Động lực học photon

- ✓ Năng lượng của photon ứng với một bức xạ điện từ đơn sắc tần số f là: $\varepsilon = h \cdot f = \frac{hc}{\lambda}$
- ✓ Khối lượng của photon: $m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{hc}{c^2 \lambda} = \frac{h}{c\lambda}$

Theo thuyết tương đối $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, do đó $m_o = m \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Vận tốc của photon bằng c , do đó photon có khối lượng nghỉ bằng 0

- ✓ Động lượng của photon:

$$p = mc = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

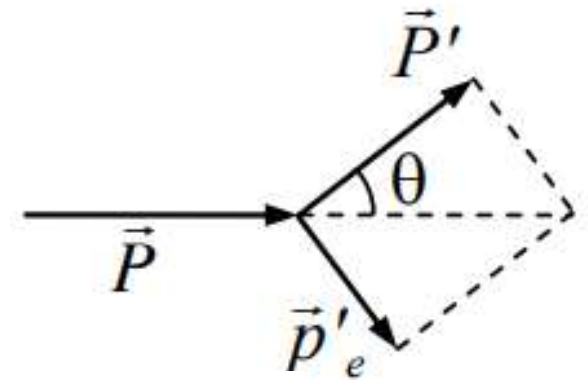


V. Hiệu ứng Compton

Hiệu ứng Compton: Hiện tượng biến thiên của bước sóng ánh sáng khi tán xạ trên các electron tự do được gọi là hiệu ứng Compton.

✓ **Độ tăng bước sóng:**

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$



Với bước sóng Compton: $\lambda_c = \frac{h}{m_{oe}c} = 2,426.10^{-12} m$

➤ **Ánh sáng có lưỡng tính sóng – hạt:** $\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} \\ p = mc = \frac{h}{\lambda} \end{array} \right.$



CÔNG THỨC CẦN NHỚ

Dạng 1. Bức xạ nhiệt

Định luật Stefan – Boltzmanm: $\varepsilon_T = \sigma T^4$, $\varepsilon_T = \frac{P}{S}$

$\sigma = 5,6703 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$ - hằng số Stefan – Boltzmanm

P- công suất bức xạ, S- diện tích

Dạng 2. Hiện tượng quang điện

Công thức Anhxtanh: $\varepsilon = A + W_{d0\max} \rightarrow hf = h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_{0\max}^2$

Hiệu điện thế hãm: $eU_h = W_{d0\max}$

Điều kiện xảy ra hiện tượng quang điện: $\lambda \leq \lambda_0$; $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$

Công suất chùm sáng : $P = N\varepsilon = Nhf = N \frac{hc}{\lambda}$

Cường độ dòng quang điện bão hòa : $I_{bh} = n.e$

Hiệu suất lượng tử: $H = \frac{n}{N} \cdot 100\%$