

# CHUYÊN ĐỀ LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

## I. Hiện tượng quang điện ngoài:

1. **Hiện tượng quang điện ngoài:** Khi chiếu một chùm tia sáng thích hợp vào bề mặt tấm kim loại thì nó làm cho các electron bứt ra khỏi bề mặt kim loại gọi là hiện tượng quang điện (hay còn gọi là hiện tượng quang điện ngoài), electron thoát ra khỏi bề mặt kim loại gọi là electron quang điện

### 2. Các định luật quang điện:

#### a) Định luật 1: (định luật về giới hạn quang điện)

Đối với mỗi kim loại, hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi ánh sáng kích thích chiếu vào kim loại đó phải có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng bước sóng  $\lambda_0$ .  $\lambda_0$  gọi là giới hạn quang điện của kim loại đó.

$$\lambda \leq \lambda_0$$

### 3. Thuyết lượng tử ánh sáng:

- Chùm ánh sáng là một chùm hạt, mỗi hạt gọi là photon (lượng tử năng lượng). Năng lượng một lượng tử ánh

sáng (hạt photon) 
$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = mc^2$$

➤ **Trong đó:**  $h = 6,625.10^{-34}$  Js là hằng số Plăng.  $c = 3.10^8$  m/s là vận tốc ánh sáng trong chân không.;  $f, \lambda$  là tần số, bước sóng của ánh sáng (của bức xạ).;  $m$  là khối lượng của photon.  $\varepsilon$  chỉ phụ thuộc vào tần số của ánh sáng, mà không phụ thuộc khoảng cách từ nó tới nguồn

- Với mỗi ánh sáng đơn sắc, các photon đều giống nhau, mỗi photon mang năng lượng  $\varepsilon = hf$ .
- Trong chân không, các photon bay dọc theo tia sáng với tốc độ  $c = 3.10^8$  (m/s).
- Cường độ của chùm sáng tỉ lệ với số photon do nguồn phát ra trong 1 đơn vị thời gian.
- Khi nguyên tử, phân tử hay electron phát xạ hay hấp thụ ánh sáng, cũng có nghĩa là chúng phát xạ hay hấp thụ photon.

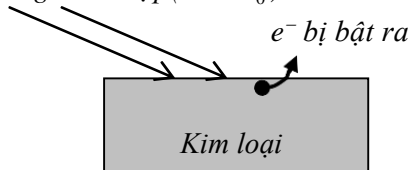
#### ❖ **Chú ý:**

- Chùm sáng dù rất yếu cũng chứa rất nhiều photon, nên ta nhìn chùm sáng như liên tục.
- Các photon chỉ tồn tại trong trạng thái chuyển động, không có photon đứng yên.

## 4. GIẢI THÍCH CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN BẰNG THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG:

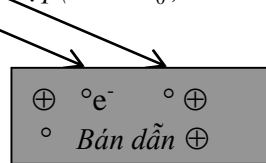
• Mô tả hiện tượng quang điện ngoài.

Ánh sáng thích hợp ( $\lambda \leq \lambda_0$ )



• mô tả hiện tượng quang điện trong.

Ánh sáng thích hợp ( $\lambda' \leq \lambda'_0$ )



## I. Công thức Einstein (Anh-xtanh) về hiện tượng quang điện:

Theo Einstein, mỗi photon bị hấp thụ sẽ truyền toàn bộ năng lượng cho một electron. Năng lượng  $\varepsilon$  này dùng để:

- cung cấp cho electron một công thoát  $A$  để nó thắng được lực liên kết với mạng tinh thể và thoát ra khỏi bề mặt kim loại.
- truyền cho nó một động năng ban đầu.  $W_{e0max}$
- Truyền một phần năng lượng cho mạng tinh thể. Đối với các electron nằm trên bề mặt kim loại thì động năng này có giá trị cực đại vì không mất phần năng lượng cho mạng tinh thể.

Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có:

$$\varepsilon = hf = A_t + W_{e0max}$$

$$\text{hay } h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m_e \cdot v^2$$

## II. Giải thích các định luật quang điện:

### - Giải thích định luật 1:

Để có hiện tượng quang điện xảy ra, tức là có electron bật ra khỏi kim loại, thì:

$$\varepsilon \geq A \text{ hay } h \frac{c}{\lambda} \geq A \Rightarrow \lambda \leq \frac{hc}{A} \text{ hay } \lambda \leq \lambda_0$$

• với  $\lambda_0$  gọi là giới hạn quang điện của kim loại dùng làm Catot

$\lambda_0 =$	$\frac{hc}{A_t}$
---------------	------------------

- Công thoát của e ra khỏi kim loại :

$$A = \frac{h \cdot c}{\lambda_0}$$

- Tần số sóng ánh sáng giới hạn quang điện :  $f_0 = \frac{c}{\lambda_0}$

**Bảng giá trị giới hạn quang điện**

Chất kim loại	$\lambda_0(\mu\text{m})$	Chất kim loại	$\lambda_0(\mu\text{m})$	Chất bán dẫn	$\lambda_0(\mu\text{m})$
Bạc	0,26	Natri	0,50	Ge	1,88
Đồng	0,30	Kali	0,55	Si	1,11
Kẽm	0,35	Xesi	0,66	PbS	4,14
Nhôm	0,36	Canxi	0,75	CdS	0,90

**5. *Lưỡng tính sóng - hạt của ánh sáng***

- Ánh sáng vừa có tính chất sóng, vừa có tính chất hạt. Ta nói ánh sáng có lưỡng tính sóng - hạt.
- Trong mỗi hiện tượng quang học, ánh sáng thường thể hiện rõ một trong hai tính chất trên. Khi tính chất sóng thể hiện rõ thì tính chất hạt lại mờ nhạt, và ngược lại.
- Sóng điện từ có bước sóng càng ngắn, photon có năng lượng càng lớn thì tính chất hạt thể hiện càng rõ, như ở hiện tượng quang điện, ở khả năng đâm xuyên, khả năng phát quang..., còn tính chất sóng càng mờ nhạt.
- Trái lại sóng điện từ có bước sóng càng dài, photon ứng với nó có năng lượng càng nhỏ, thì tính chất sóng lại thể hiện rõ hơn như ở hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ, tán sắc, ..., còn tính chất hạt thì mờ nhạt.

**Dạng 1: HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN**

**A. PHƯƠNG PHÁP.**

**1. Năng lượng một lượng tử ánh sáng (hạt photon)**

$$\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda} = mc^2 ;$$

Trong đó  $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$  là hằng số Plăng.  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  là vận tốc ánh sáng trong chân không.  $f, \lambda$  là tần số, bước sóng của ánh sáng (của bức xạ).

**2. Công thoát của e ra khỏi kim loại :**  $A = \frac{h \cdot c}{\lambda_0}$

**3. Giới hạn quang điện của kim loại ( $\lambda_0$ )** Từ công thức:  $A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A}$  với  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

❖ **Điều kiện để xảy ra hiện tượng quang điện :**  $\varepsilon \geq A \Leftrightarrow f \geq f_0 \Leftrightarrow \lambda \leq \lambda_0$

**B. BÀI TẬP** ( Cho  $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  )

**Câu 1.** Catốt của một tế bào quang điện làm bằng vonfram. Biết công thoát của electron đối với vonfram là  $7,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . Giới hạn quang điện của vonfram bằng

- A. 0,475  $\mu\text{m}$ .                      B. 0,375  $\mu\text{m}$ .                      C. 0,276  $\mu\text{m}$ .                      D. 0,425  $\mu\text{m}$ .

**Câu 2.** Công thoát electron của một kim loại là  $7,64 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . Chiếu lần lượt vào bề mặt tấm kim loại này các bức xạ có bước sóng là  $\lambda_1 = 0,18 \mu\text{m}$ ,  $\lambda_2 = 0,21 \mu\text{m}$  và  $\lambda_3 = 0,35 \mu\text{m}$ . Bức xạ nào gây được hiện tượng quang điện đối với kim loại đó?

- A. Ba bức xạ ( $\lambda_1, \lambda_2$  và  $\lambda_3$ ).    B. Chỉ có bức xạ  $\lambda_1$ .                      C. Hai bức xạ ( $\lambda_1$  và  $\lambda_2$ ).    D. Không có bức xạ.

**Câu 3.** Giới hạn quang điện của kẽm là  $0,36 \mu\text{m}$ , công thoát e của kẽm lớn hơn natri 1,4 lần. Giới hạn quang điện của natri là

- A. 0,257  $\mu\text{m}$ .                      B. 2,57  $\mu\text{m}$ .                      C. 0,504  $\mu\text{m}$ .                      D. 5,04  $\mu\text{m}$ .

**Câu 4.** Cho công thoát electron của kim loại là  $A = 2\text{eV}$ . Bước sóng giới hạn quang điện của kim loại là:

- A. 0,625  $\mu\text{m}$                       B. 0,525                      C. 0,675  $\mu\text{m}$                       D. 0,585  $\mu\text{m}$

**Câu 5.** Chọn câu **Đúng**. Nếu chiếu một chùm tia hồng ngoại vào tấm kẽm tích điện âm, thì:

- A. tấm kẽm mất dần điện tích dương.                      B. Tấm kẽm mất dần điện tích âm.  
C. Tấm kẽm trở nên trung hoà về điện.                      D. điện tích âm của tấm kẽm không đổi.

**Câu 6.** Chọn câu trả lời **Đúng**. Giới hạn quang điện của mỗi kim loại là:

- A. bước sóng của ánh sáng kích thích chiếu vào kim loại.  
B. Công thoát của các electron ở bề mặt kim loại đó.  
C. Bước sóng giới hạn của ánh sáng kích thích để gây ra hiện tượng quang điện kim loại đó.  
D. là giá trị năng lượng tối thiểu để gây ra hiện tượng quang điện.

**Câu 7.** Để gây được hiệu ứng quang điện, bức xạ dội vào kim loại được thỏa mãn điều kiện nào sau đây?

A. Tần số lớn hơn giới hạn quang điện.  
C. Bước sóng nhỏ hơn giới hạn quang điện.

B. Tần số nhỏ hơn giới hạn quang điện.  
D. Bước sóng lớn hơn giới hạn quang điện.

**Câu 8.** Phát biểu nào sau đây là **đúng** khi nói về hiện tượng quang điện?

- A. Là hiện tượng hiện tượng electron bứt ra khỏi bề mặt tấm kim loại khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào nó.
- B. Là hiện tượng hiện tượng electron bứt ra khỏi bề mặt tấm kim loại khi tấm kim loại bị nung nóng.
- C. Là hiện tượng hiện tượng electron bứt ra khỏi bề mặt tấm kim loại bị nhiễm điện do tiếp xúc với một vật nhiễm điện khác.
- D. Là hiện tượng hiện tượng electron bứt ra khỏi bề mặt tấm kim loại do bất kỳ nguyên nhân nào khác.

**Câu 9. (2013)** Giới hạn quang điện của một kim loại là  $0,75 \mu\text{m}$ . Công thoát electron ra khỏi kim loại này bằng

- A.  $2,65 \cdot 10^{-19}\text{J}$ .
- B.  $26,5 \cdot 10^{-19}\text{J}$ .
- C.  $2,65 \cdot 10^{-32}\text{J}$ .
- D.  $26,5 \cdot 10^{-32}\text{J}$ .

**Câu 10.** Chọn câu **Đúng**. Theo giả thuyết lượng tử của Planck thì năng lượng....

- A. của mọi electron
  - B. của một nguyên tử
  - C. của một phân tử
  - D. của một chùm sáng đơn sắc
- phải luôn luôn bằng số lần lượng tử năng lượng.

**Câu 11.** Chọn câu **Đúng**. Theo thuyết photon của Anh-xtanh, thì năng lượng:

- A. của mọi photon đều bằng nhau.
- B. của một photon bằng một lượng tử năng lượng.
- C. giảm dần khi photon ra xa dần nguồn sáng.
- D. của photon không phụ thuộc vào bước sóng.

**Câu 12.** Phát biểu nào sau đây là **sai** khi nói về thuyết lượng tử ánh sáng?

- A. Những nguyên tử hay phân tử vật chất không hấp thụ hay bức xạ ánh sáng một cách liên tục mà thành từng phần riêng biệt, đứt quãng.
- B. Chùm sáng là dòng hạt, mỗi hạt là một photon.
- C. Năng lượng của các photon ánh sáng là như nhau, không phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng.
- D. Khi ánh sáng truyền đi, các lượng tử ánh sáng không bị thay đổi, không phụ thuộc khoảng cách tới nguồn sáng.

**Câu 14.** Trong chân không, ánh sáng nhìn thấy có bước sóng từ  $0,38 \mu\text{m}$  đến  $0,76 \mu\text{m}$ . Tần số của ánh sáng nhìn thấy có giá trị

- A. từ  $3,95 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  đến  $7,89 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .
- B. từ  $3,95 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  đến  $8,50 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .
- C. từ  $4,20 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  đến  $7,89 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .
- D. từ  $4,20 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  đến  $6,50 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .

**Câu 15.** Chiếu bức xạ có tần số  $f$  vào một kim loại có công thoát  $A$  gây ra hiện tượng quang điện. Giả sử một electron hấp thụ photon sử dụng một phần năng lượng làm công thoát, phần còn lại biến thành động năng  $K$  của nó. Nếu tần số của bức xạ chiếu tới là  $2f$  thì động năng của electron quang điện đó là

- A.  $K - A$ .
- B.  $K + A$ .
- C.  $2K - A$ .
- D.  $2K + A$ .

**Câu 16.** Chiếu bức xạ có bước sóng  $\lambda$  vào một kim loại có công thoát  $A$  gây ra hiện tượng quang điện. Giả sử một electron hấp thụ photon sử dụng một phần năng lượng làm công thoát, phần còn lại biến thành động năng  $K$  của nó. Giới hạn quang điện của kim loại này là  $\lambda_0$ . Nếu chiếu bức xạ đơn sắc có bước sóng  $\lambda = 0,6\lambda_0$  vào tấm kim loại trên thì

động năng ban đầu cực đại của các electron quang điện tính theo  $A$  là:

- A.  $0,6A$ .
- B.  $\frac{3A}{2}$ .
- C.  $\frac{2A}{3}$ .
- D.  $\frac{5A}{3}$ .

**Câu 18. (Đề thi đại học năm 2013)** Gọi  $\epsilon_D$  là năng lượng của photon ánh sáng đỏ;  $\epsilon_L$  là năng lượng của photon ánh sáng lục;  $\epsilon_V$  là năng lượng của photon ánh sáng vàng. Sắp xếp nào sau đây đúng?

- A.  $\epsilon_D > \epsilon_V > \epsilon_L$ .
- B.  $\epsilon_L > \epsilon_D > \epsilon_V$ .
- C.  $\epsilon_V > \epsilon_L > \epsilon_D$ .
- D.  $\epsilon_L > \epsilon_V > \epsilon_D$ .

**Câu 19. (2012)** Biết công thoát electron của các kim loại: canxi, kali, bạc và đồng lần lượt là:  $2,89 \text{ eV}$ ;  $2,26 \text{ eV}$ ;  $4,78 \text{ eV}$  và  $4,14 \text{ eV}$ . Chiếu ánh sáng có bước sóng  $0,33 \mu\text{m}$  vào bề mặt các kim loại trên. Hiện tượng quang điện không xảy ra với các kim loại nào sau đây?

- A. Kali và đồng.
- B. Canxi và bạc.
- C. Bạc và đồng.
- D. Kali và canxi.

**DẠNG 2 : CÔNG SUẤT BỨC XẠ**

- **PHƯƠNG PHÁP :** Gọi:  $P$  là công suất của nguồn sáng;  $W$  là năng lượng ánh sáng của nguồn sáng phát ra trong thời gian  $t$ ;  $N$  là số photon phát ra trong thời gian  $t$ ;  $\epsilon$  là năng lượng của một photon;  $\lambda$  là bước sóng của ánh sáng phát ra;  $f$  là tần số của ánh sáng phát ra.