

111 CÁC DẠNG BÀI TẬP VỀ HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

1. Bài toán sử dụng công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện

1.1. Phương pháp

Để làm bài toán về sử dụng công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện, ta cần nhớ và nắm vững những công thức và kiến thức cơ bản sau.

- Năng lượng của photon ánh sáng: $\varepsilon = hf$

Trong chân không: $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$

- Công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện:

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

Trong đó: λ : bước sóng ánh sáng kích thích, (m).

A : công thoát của kim loại. (J)

$v_{0\max}$: Vận tốc ban đầu cực đại của quang electron. (m/s)

- Giới hạn quang điện: $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$

- Công thoát của electron ra khỏi kim loại: $A = \frac{hc}{\lambda_0}$

CHÚ Ý

- Các hằng số:

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s;}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s;}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg;}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

- Đổi đơn vị:

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m;}$$

$$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m;}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J;}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

1.2. VÍ DỤ MINH HỌA

Ví dụ 1: Giới hạn quang điện của kẽm là $\lambda_0 = 0,35 \mu\text{m}$. Tính công thoát của electron khỏi kẽm?

A. 3,549eV

B. 3,549MeV

C. 5,349eV

D. 5,349MeV

Lời giải

Ví dụ này chỉ đơn thuần sử dụng công thức, và chú ý thay số cho chuẩn đơn vị.

Công thoát của e ra khỏi kim loại:

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,35 \cdot 10^{-6}} = 5,67 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,549 \text{ eV}$$

Đáp án A.

Ví dụ 2: Giới hạn quang điện của kim loại dùng làm catot là $0,66\mu m$. Tính:

a) Công thoát của kim loại dùng làm catot theo đơn vị J và eV.

b) Tính động năng cực đại ban đầu và độ lớn vận tốc cực đại của e quang điện khi bức ra khỏi catot, biết ánh sáng chiếu vào có bước sóng là $0,5\mu m$.

Lời giải

a) Công thoát của kim loại dùng làm catot là:

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,66 \cdot 10^{-6}} = 3,01 \cdot 10^{-19} J = 1,88 eV$$

b) Theo công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện, động năng ban đầu cực đại của quang e khi bức ra khỏi catot là:

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2} m v_{0\max}^2 \Rightarrow \frac{1}{2} m v_{0\max}^2 = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = 9,63 \cdot 10^{-20} J.$$

Độ lớn vận tốc ban đầu cực đại của quang e là:

$$v_{0\max} = \sqrt{\frac{2hc}{m_e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-6}} \left(\frac{1}{0,5} - \frac{1}{0,6} \right)} = 4,6 \cdot 10^5$$

Ví dụ 3: Chiếu lần lượt hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 600nm$ và $\lambda_2 = 0,3\mu m$ vào một tấm kim loại thì nhận được các quang e có vận tốc cực đại lần lượt là $v_1 = 2 \cdot 10^5 m/s$ và $v_2 = 4 \cdot 10^5 m/s$. Chiếu bằng bức xạ có bước sóng $\lambda_3 = 0,2\mu m$ thì vận tốc cực đại của quang điện tử là

- A. $5 \cdot 10^5 m/s$ B. $2\sqrt{7} \cdot 10^5 m/s$ C. $\sqrt{6} \cdot 10^5 m/s$ D. $6 \cdot 10^5 m/s$

Lời giải

Theo công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện, ta có

$$\begin{cases} \frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2} m v_1^2 \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{1}{2} m v_2^2 \\ \frac{hc}{\lambda_3} = A + \frac{1}{2} m v_3^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} hc \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) (1) \\ hc \left(\frac{1}{\lambda_3} - \frac{1}{\lambda_1} \right) = \frac{1}{2} m (v_3^2 - v_1^2) (2) \end{cases}$$

Lập tỉ số (2) và (1) ta có:

$$\frac{v_3^2 - v_1^2}{v_2^2 - v_1^2} = \frac{\frac{1}{\lambda_3} - \frac{1}{\lambda_1}}{\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}} \Rightarrow \frac{v_3^2 - 4 \cdot 10^{10}}{16 \cdot 10^{10} - 4 \cdot 10^{10}} = 2 \Rightarrow v_3 = 2\sqrt{7} \cdot 10^5 (m/s)$$

Đáp án B.

Ví dụ 4: Chiếu lần lượt 3 bức xạ đơn sắc có bước sóng theo tỉ lệ $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3 = 1 : 2 : 1,5$ vào catot của một tế bào quang điện thì nhận được các electron quang điện có vận tốc ban đầu cực đại tương ứng và có tỉ lệ

$v_1 : v_2 : v_3 = 2 : 1 : k$, với k bằng:

- A. $\sqrt{3}$ B. $\frac{1}{\sqrt{3}}$ C. $\sqrt{2}$ D. $\frac{1}{\sqrt{2}}$

Lời giải

Theo công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện, ta có:

$$\begin{cases} \frac{hc}{\lambda} = A + 4 \frac{mv^2}{2} & (1) \\ \frac{hc}{2\lambda} = A + \frac{mv^2}{2} & (2) \\ \frac{hc}{1,5\lambda} = A + k^2 \frac{mv^2}{2} & (3) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (1) - (2) \Rightarrow \frac{hc}{2\lambda} = 3 \frac{mv^2}{2} \\ (3) - (2) \Rightarrow \frac{hc}{6\lambda} = (k^2 - 1) \frac{mv^2}{2} \end{cases} \Rightarrow 3 = \frac{3}{k^2 - 1} \Rightarrow k = \sqrt{2}$$

Đáp án C.

2. Bài toán hiệu điện thế hãm, hiệu điện thế giữa anot và catot trong tế bào quang điện

2.1. Phương pháp

Khảo sát hiện tượng quang điện dùng tế bào quang điện.

Tế bào quang điện là một bình bằng thạch anh đã hút hết không khí (tế bào quang điện chân không) bên trong có hai điện cực:

- Anot: là một vòng dây kim loại.
- Catot: có dạng 1 chỏm cầu bằng kim loại mà ta cần khảo sát.

Chiếu ánh sáng có bước sóng thỏa mãn định luật I quang điện vào catot thì xảy ra hiện tượng quang điện và trong mạch xuất hiện dòng điện gọi là dòng quang điện, tạo nên bởi các electron bị bật ra từ catot.

Gọi hiệu điện thế giữa anot (A) và catot (K) là U_{AK}

- Khi $U_{AK} > 0$, giữa A và K xuất hiện một điện trường hướng từ A sang K. Điện trường này gây ra lực điện tác dụng lên các electron bật ra từ K, làm electron di chuyển từ K sang A tạo ra dòng điện. Khi ta tăng U_{AK} thì I tăng. Khi tăng U_{AK} đến một giá trị U_1 nào đó thì I không tăng nữa mà có một giá trị xác định. Tức là khi $U_{AK} \geq U_1$ thì cường độ dòng điện không đổi $I = I_{bh}$. Giá trị I_{bh} được gọi là cường độ dòng quang điện bão hòa.

- Khi $U_{AK} < 0$, giữa A và K xuất hiện một điện trường hướng từ K sang A. Điện trường này gây ra lực điện tác dụng lên các electron bật ra từ K, làm cản trở electron đi từ K sang A.

Khi ta giảm U_{AK} cho nó càng âm thì độ lớn của nó càng lớn, điện trường càng lớn, lực điện tác dụng lên electron càng lớn làm cản trở electron càng lớn.

- Khi U_{AK} giảm đến một giá trị $U_{AK} = -U_h$ ($U_h > 0$) thì cường độ dòng điện bằng không. Tức là khi $U_{AK} = -U_h$ thì cường độ dòng điện vẫn bằng không. Đây chính là điều kiện để dòng quang điện triệt tiêu.

Trong đó U_h được gọi là hiệu điện thế hãm.

- Áp dụng định lí biến thiên động năng, ta có:

$$0 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = F_d \cdot d \cdot \cos(\pi) = -(-e)E \cdot d = eU_{AK} = -eU_h$$

Trong đó $e = +1,6 \cdot 10^{-19} C$. Từ đó ta suy ra mối liên hệ giữa động năng ban đầu cực đại của quang e và

hiệu điện thế hãm là: $\frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = eU_h$

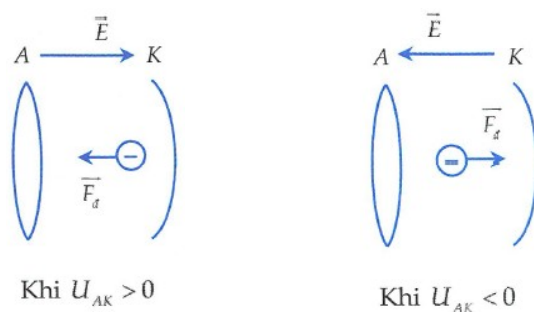
- Nếu đặt vào hai đầu A và K một hiệu điện thế U_{AK} thì theo định lí biến thiên động năng, ta có:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = eU_{AK}$$

Trong đó v là vận tốc của electron khi đập vào A.

Từ đó suy ra: $\frac{1}{2}mv^2 = eU_h + eU_{AK} = e(U_h + U_{AK})$

- Nếu chiếu một bức xạ điện từ vào một quả cầu kim loại đặt ra xa các vật khác thì quả cầu được tích điện đến điện thế cực đại V_m chính là hiệu điện thế hãm trong tế bào quang điện.



2.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Catốt của một tế bào quang điện có công thoát bằng 3,5eV.

- Tìm tần số giới hạn và giới hạn quang điện của kim loại ấy.
- Khi chiếu vào catốt một bức xạ có bước sóng 250 nm có xảy ra hiện tượng quang điện không?
- Tìm hiệu điện thế giữa A và K để dòng quang điện bằng 0.
- Tìm động năng ban đầu cực đại của các electron quang điện
- Tìm vận tốc của các electron quang điện khi bật ra khỏi K.

Lời giải

$$f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{A}{h} = \frac{3,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,625 \cdot 10^{-34}} = 0,845 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

a) Tần số giới hạn quang điện là:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,5 \cdot 10^{-19}} = 3,55 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 0,355 \mu\text{m}$$

Giới hạn quang điện là

b) Vì $\lambda = 250 \text{ nm} = 0,250 \mu\text{m} < \lambda_0 = 0,355 \mu\text{m}$ nên xảy ra hiện tượng quang điện.

c) Để dòng quang điện triệt tiêu thì: $\frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = eU_h$

$$U_k = \frac{mv_{0\max}^2}{2e} = \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right) = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{25 \cdot 10^{-8}} - 3,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right) = 1,47V$$

Vậy để dòng quang điện triệt tiêu thì $U_{AK} = -U_h = -1,47V$

d) Động năng ban đầu cực đại

$$W = \frac{1}{2}mv^2 = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{25 \cdot 10^{-8}} - \frac{1}{3,5 \cdot 10^{-8}} \right) = 0,235 \cdot 10^{-18} J$$

e) Vận tốc ban đầu cực đại của electron

$$v_0 = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,235 \cdot 10^{-18}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 7,19 \cdot 10^5 m/s$$

Ví dụ 2: Chiếu một ánh sáng có bước sóng $0,45 \mu m$ vào catot của một tế bào quang điện. Công thoát kim loại làm catot là $2eV$. Tìm hiệu điện thế giữa anot và catot để dòng quang điện triệt tiêu?

- A. $U_{AK} = -0,76V$ B. $U_{AK} = 0,76V$ C. $U_{AK} = -0,38V$ D. $U_{AK} = 0,38V$

Lời giải

Để triệt tiêu dòng quang điện thì $U_{AK} = -U_h$ với U_h được xác định bởi

$$U_h = \frac{mv_{0\max}^2}{2e} = \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right) = 0,76V$$

Đáp án A.

Ví dụ 3: Lần lượt chiếu vào catot của một tế bào quang điện hai bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,6 \mu m$ và $\lambda_2 = 0,5 \mu m$ thì hiệu điện thế hãm khác nhau ba lần. Giới hạn quang điện của kim loại làm catot là:

- A. $0,745 \mu m$ B. $0,723 \mu m$ C. $0,667 \mu m$ D. $0,689 \mu m$

Lời giải

Khi dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,6 \mu m$ ta có

$$\frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + eU_{h1}$$

Khi dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_2 = 0,5 \mu m$ ta có

$$\frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + eU_{h2}$$

$$\text{Vì } \lambda_2 < \lambda_1 \Rightarrow U_{h2} > U_{h1} \Rightarrow U_{h2} = 3U_{h1}$$

$$\begin{cases} 3\frac{hc}{\lambda_1} = 3\frac{hc}{\lambda_0} + 3eU_{h1} \\ \frac{hc}{\lambda_2} = 3\frac{hc}{\lambda_0} + 3eU_{h1} \end{cases} \Rightarrow \frac{3}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} = \frac{2}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{2\lambda_1\lambda_2}{3\lambda_2 - \lambda_1} = 0,667 \mu m$$

Từ đó ta có:

Ví dụ 4: Catốt của một tế bào trong quang điện có công thoát electron bằng 3,55eV. Người ta lần lượt chiếu vào catốt này các bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,390\mu m$ và $\lambda_2 = 0,270\mu m$. Với bức xạ nào thì hiện tượng quang điện xảy ra? Tính độ lớn của hiệu điện thế hãm trong trường hợp này. Cho vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3.10^8 m/s$, hằng số Planck $h = 6,625.10^{-34} J.s$; độ lớn của điện tích của electron $|e| = 1,6.10^{-19} C$; $1eV = 1,6.10^{-19} J$

A. $U_h = -1,05V$

B. $U_h = 1,05V$

C. $U_h = -0,38V$

D. $U_h = 0,38V$

Lời giải

Giới hạn quang điện $A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625.10^{-34} . 3.10^8}{3,55.1,6.10^{-19}} \approx 0,350\mu m$

Ta có $\lambda_1 > \lambda_0$: không xảy ra hiện tượng quang điện.

$\lambda_2 < \lambda_0$: xảy ra hiện tượng quang điện.

Vì $eU_h = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_0} + eU_h$

$$U_h = \frac{hc}{e} \left(\frac{\lambda_0 - \lambda_2}{\lambda_0 \lambda_2} \right) = 1,05V$$

Suy ra độ lớn hiệu điện thế hãm:

Ví dụ 5: Catốt của một tế bào quang điện có công thoát electron $A = 1,88 eV$. Chiếu một chùm sáng có bước sóng λ vào catốt này thì hiện tượng quang điện xảy ra. Để triệt tiêu hoàn toàn dòng quang điện thì hiệu điện thế hãm có độ lớn 1,15V. Biết rằng số Planck $h = 6,625.10^{-34} J.s$, vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3.10^8 m/s$; độ lớn điện tích của electron $|e| = 1,6.10^{-19} C$; $1eV = 1,6.10^{-19} J$. Tính bước sóng?

A. $0,41\mu m$

B. $0,72\mu m$

C. $0,67\mu m$

D. $0,28\mu m$

Lời giải

Từ công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện $\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = A + eU_h$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{A + eU_h} = \frac{6,625.10^{-34} . 3.10^8}{(1,88 + 1,15) . 1,6.10^{-19}} = 0,41.10^{-6} m$$

Ví dụ 6: Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,180\mu m$ vào katot của một tế bào quang điện thì hiện tượng quang điện xảy ra. Để triệt tiêu hoàn toàn dòng quang điện thì hiệu điện thế hãm có độ lớn 2,124V. Nếu đặt giữa anốt và catốt của tế bào quang điện hiệu điện thế $U_{AK} = 8V$ thì động năng cực đại của electron quang điện khi nó tới anốt bằng bao nhiêu?

A. 10,124eV

B. 5,062eV

C. 3,375eV

D. 2,696eV

Lời giải

Theo định lí biến thiên động năng, ta có $\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = eU_{AK}$

Trong đó v là vận tốc của electron khi đập vào anốt.

Từ đó suy ra động năng của electron khi tới anốt là:

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU_h + eU_{AK} = e(U_h + U_{AK}) = 10,124eV$$

Đáp án A.

Ví dụ 7: Chiếu ánh sáng bước sóng $\lambda = 0,42\mu m$ vào catốt của một tế bào quang điện có công thoát $A = 2eV$. Để triệt tiêu dòng quang điện thì hiệu điện thế đặt vào giữa anốt và catốt của tế bào quang điện đó phải thỏa mãn điều kiện gì? Biết rằng số Plăng $h = 6,625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$, vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 m/s$; độ lớn điện tích của electron $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} C$; $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$

A. $U_{AK} \leq -0,958V$ B. $U_{AK} \leq 0,958V$ C. $U_{AK} \leq -0,525V$ D. $U_{AK} \leq 0,525V$ **Lời giải**

Từ công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + eU_h \Rightarrow U_h = \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right) = 0,958V$$

Vậy để triệt tiêu dòng quang điện thì $U_{AK} \leq -0,958V$

Đáp án A.

Ví dụ 8: Katốt của tế bào quang điện có công thoát 1,5eV, được chiếu bởi bức xạ đơn sắc λ . Lần lượt đặt vào tế bào, điện áp $U_{AK} = 3V$ và $U_{AK} = 15V$, thì thấy vận tốc cực đại của elêctron khi đập vào anốt tăng gấp đôi. Giá trị của λ là:

A. $0,259\mu m$ B. $0,795\mu m$ C. $0,497\mu m$ D. $0,211\mu m$ **Lời giải**

Theo định lí biến thiên động năng:

$$\begin{cases} eU_{AK} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \\ eU'_{AK} = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = 4 \cdot \frac{mv^2}{2} - \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 \end{cases} \Rightarrow 3 \cdot \frac{mv^2}{2} = e(U'_{AK} - U_{AK})$$

Từ đó ta có $\frac{mv^2}{2} = 4eV$. Suy ra $\frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = \frac{1}{2}mv^2 - eU_{AK} = 1eV$

Bước sóng của ánh sáng dùng trong thí nghiệm là

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0\max}^2 = 1,5 + 1 = 2,5eV \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{2,5eV} = 0,497\mu m$$

Ví dụ 9: Một quả cầu bằng đồng (Cu) cô lập về điện được chiếu bởi 1 bức xạ điện từ có $\lambda = 0,14\mu m$.

Cho giới hạn quang điện của Cu là $\lambda_0 = 0,3(\mu m)$. Tính điện thế cực đại của quả cầu.

A. 4,73V

B. 2,69V

C. - 4,73V

D. - 2,69V

Lời giải

Ban đầu, quả cầu chưa tích điện. Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,14\mu m$ vào quả cầu thì electron bị bứt ra khỏi bề mặt quả cầu và quả cầu tích điện dương, quả cầu có một điện thế. Số electron bị bứt ra khỏi bề mặt quả cầu ngày càng tăng, điện thế của quả cầu tăng dần và khi điện thế quả cầu đạt đến giá trị $V_{\max}$ thì các electron vừa mới bị bứt ra thêm lại bị hút trở lại quả cầu, và điện thế của quả cầu không tăng nữa.

Vậy giá trị cực đại $V_{\max}$ của điện thế quả cầu chính là hiệu điện thế hãm trong tế bào quang điện.

Do đó ta có:
$$eU_h = eV_{\max} = \frac{1}{2}mv_{0\max}^2$$

Suy ra
$$V_{\max} = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{1}{0,14 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{0,3 \cdot 10^{-6}} \right) = 4,73V$$

Ví dụ 10: Công thoát electron khỏi đồng là 4,57eV. Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,14\mu m$ vào một quả cầu bằng đồng đặt xa các vật khác. Tính giới hạn quang điện của đồng và điện thế cực đại mà quả cầu đồng tích được.

A. $0,38\mu m$ và 4,1VB. $0,27\mu m$ và 4,3VC. $0,38\mu m$ và 4,57VD. $0,27\mu m$ và 3,5V

Lời giải

Giới hạn quang điện của đồng là:
$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,57 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,27 \cdot 10^{-6} m$$

Lập luận tương tự bài trên, ta có điện thế cực đại

$$eV_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - A \Rightarrow V_{\max} = \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right) = 4,3V$$

Ví dụ 11: Công thoát của electron đối với đồng là 4,47 eV.

a) Tính giới hạn quang điện của đồng?

b) Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,14\mu m$ vào một quả cầu bằng đồng cách li với vật khác thì tích điện đến điện thế cực đại là bao nhiêu? Tính vận tốc ban đầu cực đại của quang electron.

c) Khi chiếu bức xạ có bước sóng λ' vào quả cầu bằng đồng cách ly với các vật khác thì quả cầu đạt điện thế cực đại 3 (V). Tính λ' và vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện.

Cho biết: $h = 6,626.10^{-34} (J.s); c = 3.10^8 (m/s); m_e = 9,1.10^{-31} (kg)$

Lời giải

a) Giới hạn quang điện của đồng là: $\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 27.10^{-9} m = 27nm$

b) Gọi điện thế cực đại của quả cầu bằng đồng là V_{max}

Theo công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện: $\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_{0max}^2$

Mà điện thế cực đại của vật tính theo công thức:

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

Suy ra
$$V_{max} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A}{e} = \frac{\frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{0,14.10^{-6}} - 4,47.1,6.10^{-19}}{1,6.10^{-19}} = 4,403V$$

$$\frac{1}{2}mv_{0max}^2 = eV_{max} \Rightarrow v_{0max} = \sqrt{\frac{2 \cdot |e| \cdot V_{max}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6.10^{-19} \cdot 4,4}{9,1.10^{-31}}} = 1,244.10^6 m/s$$

Lại có:
$$\frac{1}{2}mv_{0max}^2 = eV_{max} \Rightarrow v_{0max} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot V_{max}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6.10^{-19} \cdot 4,403}{9,1.10^{-31}}} = 1,244.10^6 m/s$$

c) Bước sóng có giá trị là $\lambda' = \frac{hc}{A + eV_{max}} = 0,166(\mu m)$

Vận tốc ban đầu cực đại
$$v_{0max} = \sqrt{\frac{2eV_{max}}{m_e}} = 1,027.10^6 (m/s)$$

Ví dụ 12: Lần lượt chiếu hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,405(\mu m), \lambda_2 = 0,436(\mu m)$ vào bề mặt của một

kim loại và đo hiệu điện thế hãm tương ứng $U_{h1} = 1,15(V); U_{h2} = 0,93(V)$. Cho biết:

$h = 6,625.10^{-34} (J.s); c = 3.10^8 (m/s); e = 1,6.10^{-19} (C)$. Tính công thoát của kim loại đó.

A. 1,92eV

B. 1,15eV

C. 0,93eV

D. 2,1eV

Lời giải

Theo công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện, ta có

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

Từ đó ta có
$$\begin{cases} \frac{hc}{\lambda_1} = A + eU_{h1} \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A + eU_{h2} \end{cases}$$

$$A = \frac{1}{2} \left[hc \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} \right) - e(U_{h1} + U_{h2}) \right] = 1,92 \text{ (eV)}$$

Suy ra công thoát của kim loại là:

Đáp án A.

Ví dụ 13: Chiếu bức xạ có tần số f_1 vào quả cầu kim loại đặt cô lập thì xảy ra hiện tượng quang điện với điện thế cực đại của quả cầu là V_1 và động năng ban đầu cực đại của electron quang điện đúng bằng một nửa công thoát của kim loại. Chiếu tiếp bức xạ có tần số $f_2 = 1 + f$ vào quả cầu đó thì điện thế cực đại của quả cầu là $5V_1$. Hỏi chiếu riêng bức xạ có tần số f vào quả cầu trên (đang trung hòa về điện) thì điện thế cực đại của quả cầu là:

- A. $2V_1$ B. $2,5V_1$ C. $4V_1$ D. $3V_1$

Lời giải

Chiếu bức xạ có tần số f_1 thì: $hf_1 = A + \frac{1}{2}mv^2 = A + \frac{1}{2}A = 1,5A$

Điện thế cực đại là V_1 nên ta có: $eV_1 = W_{d, \max} = \frac{1}{2}A$

Chiếu bức xạ có tần số $f_2 = 1 + f$ thì:

$$hf_2 = A + eV_2 = A + e5V_1 = A + 5 \cdot 0,5A = 3,5A = hf_1 + hf$$

Chiếu bức xạ có tần số f thì hiệu điện thế cực đại của quả cầu là:

$$V_{\max} = \frac{1}{e}(hf - A) = \frac{1}{e}(hf_2 - hf_1 - A) = \frac{3,5A - 1,5A - A}{e} = \frac{A}{e}$$

Mà $eV_1 = \frac{1}{2}A$ nên suy ra $V_{\max} = 2V_1$

Đáp án A.

Ví dụ 14: Chiếu bức xạ có tần số f_1 vào quả cầu kim loại đặt cô lập thì xảy ra hiện tượng quang điện với điện thế cực đại của quả cầu là V_1 và động năng ban đầu cực đại của electron quang điện đúng bằng một phần ba công thoát của kim loại. Chiếu tiếp bức xạ có tần số $f_2 = 1 + f$ vào quả cầu kim loại đó thì điện thế cực đại của quả là $7V_1$. Hỏi chiếu riêng bức xạ có tần số f vào quả cầu kim loại trên (đang trung hòa về điện) thì điện thế cực đại của quả cầu là:

- A. $2V_1$ B. $2,5V_1$ C. $4V_1$ D. $3V_1$

Lời giải

Tương tự như câu trên.

Đáp án D.

3. Bài toán về hiệu suất lượng tử

3.1. Phương pháp

$$N = \frac{P}{\varepsilon}$$

- Số photon nguồn sáng phát ra trong 1 giây là:

- Số photon tới catốt trong mỗi giây chính bằng số photon mà nguồn phát ra:

$$N = \frac{P}{\varepsilon} = \frac{P}{\frac{hc}{\lambda}}$$

Trong đó: P là công suất của chùm sáng chiếu vào catốt.

ε là năng lượng của mỗi photon có bước sóng λ .

- Số electron quang điện bứt ra khỏi bề mặt kim loại trong mỗi giây là:

$$n = \frac{I_{bh}}{e}$$

Trong đó I_{bh} là cường độ dòng quang điện bão hòa (A).

- Hiệu suất lượng tử xác định bởi:

$$H = \frac{n}{N} \cdot 100\%$$

3.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một ngọn đèn phát ra ánh sáng đơn sắc có $\lambda = 0,6\mu m$ sẽ phát ra bao nhiêu photon trong 10s nếu công suất đèn là $P = 10W$.

A. $3,0189 \cdot 10^{20}$

B. $6 \cdot 10^{20}$

C. $3,0189 \cdot 10^{16}$

D. $6,04 \cdot 10^{16}$

Lời giải

Số photon phát ra trong 10s giây là

$$N' = 10W = 10 \frac{P}{\varepsilon} = 10 \frac{P\lambda}{hc} = 10 \cdot \frac{10 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 3,0189 \cdot 10^{20}$$

Đáp án A.

Ví dụ 2: Chiếu một chùm bức xạ vào tế bào quang điện có catốt làm bằng Na thì cường độ dòng quang điện bão hòa là $3\mu A$. Số electron bị bứt ra khỏi catốt trong hai phút là bao nhiêu?

A. $3,25 \cdot 10^{15}$

B. $2,35 \cdot 10^{14}$

C. $2,25 \cdot 10^{15}$

D. $4,45 \cdot 10^{15}$

Lời giải

Số electron bứt ra khỏi catốt trong hai phút là:

$$120n = 120 \frac{I_{bh}}{e} = 120 \cdot \frac{3 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,25 \cdot 10^{15} \quad (\text{electron})$$

Đáp án C.

Ví dụ 3: Chiếu vào catốt một ánh sáng có bước sóng $0,546\mu m$, thì dòng quang điện bão hòa có giá trị là 2mA. Công suất bức xạ là 1,515 W. Tính hiệu suất lượng tử.

A. 3%

B. 0,3%

C. 0,03%

D. 30%

Lời giải

Số photon tới catot trong mỗi giây là

$$N = \frac{P}{\varepsilon} = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{1,515.0,546.10^{-6}}{6,625.10^{-34}.3.10^8} = 4,16.10^{18}$$

Số electron quang điện bứt ra khỏi bề mặt kim loại trong mỗi giây là

$$n = \frac{I_{bh}}{e} = \frac{2.10^{-3}}{1,6.10^{-19}} = 1,25.10^{16}$$

$$H = \frac{n}{N} = \frac{1,25.10^{16}}{4,16.10^{18}} = 0,3\%$$

Hiệu suất lượng tử là

Đáp án B.

Ví dụ 4: Một tế bào quang điện có catot làm bằng Asen có công thoát electron bằng 5,15 eV. Chiếu chùm sáng đơn sắc có bước sóng $0,20\mu m$ vào catot của tế bào quang điện thì thấy cường độ dòng quang điện bão hòa là $4,5\mu A$. Biết công suất chùm bức xạ là 3 mW. Xác định vận tốc cực đại của electron khi nó vừa bị bật ra khỏi catot và hiệu suất lượng tử.

A. 0,093%

B. 0,95%

C. 100%

D. 93%

Lời giải

Động năng ban đầu cực đại của electron là:

$$\frac{mv_{0\max}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A \Rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)} = 0,6.10^6 \text{ m/s}$$

$$N = \frac{P}{\varepsilon} = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{0,03.0,2.10^{-6}}{6,625.10^{-34}.3.10^8} = 3.10^{16}$$

Số photon tới catot trong mỗi giây là

Số electron quang điện bứt ra khỏi bề mặt kim loại trong mỗi giây là

$$n = \frac{I_{bh}}{e} = \frac{4,5.10^{-6}}{1,6.10^{-19}} = 2,8.10^{13}$$

$$H = \frac{n}{N} = 0,093\%$$

Hiệu suất lượng tử là

Đáp án A.

Ví dụ 5: Nguồn sáng thứ nhất có công suất P_1 phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 450nm$.

Nguồn sáng thứ hai có công suất P_2 phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_2 = 0,60\mu m$. Trong cùng một khoảng thời gian, tỉ số giữa số photon mà nguồn thứ nhất phát ra so với số photon mà nguồn thứ hai phát ra là 3:1. Tỉ số P_1 và P_2 là:

A. 4

B. $\frac{9}{4}$

C. $\frac{4}{3}$

D. 3

Lời giải

$$\text{Ta có } \begin{cases} P_1 = N_1 \varepsilon_1 \\ P_2 = N_2 \varepsilon_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{N_1 \varepsilon_1}{N_2 \varepsilon_2} = \frac{N_1 \lambda_2}{N_2 \lambda_1} = 3 \cdot \frac{0,6}{0,45} = 4$$

Đáp án A.

4. Bài toán về chiếu đồng thời hai bức xạ vào tế bào quang điện

Ví dụ 1: Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,25\mu m$ vào catot của một tế bào quang điện cần một hiệu điện thế hãm $U_1 = 3V$ để triệt tiêu dòng quang điện. Chiếu đồng thời λ_1 và $\lambda_2 = 0,15\mu m$ thì hiệu điện thế hãm khi đó là bao nhiêu?

A. 6,3V

B. 3V

C. 4,5V

D. 6,5V

Lời giải

Hiệu điện thế hãm phải có giá trị sao cho nó cản trở được tất cả các electron bứt ra từ catot để triệt tiêu dòng quang điện.

Phương trình Anhtan về hiện tượng quang điện

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + eU_{h_1}$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A + eU_{h_2}$$

Từ đó suy ra rằng bước sóng càng nhỏ thì hiệu điện thế hãm càng lớn. Vì $\lambda_2 < \lambda_1$ nên hiệu điện thế hãm trong bài này là U_{h_2}

$$\text{Ta có } hc \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) = e(U_{h_2} - U_{h_1}) \quad \text{nên} \quad U_{h_2} = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) + U_{h_1} = 6,306V$$

Đáp án A.

Ví dụ 2: Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,276\mu m$ vào catot của một tế bào quang điện làm bằng nhôm thì hiệu điện thế hãm để triệt tiêu dòng quang điện là 1,05V. Thay bức xạ trên bằng bức xạ $\lambda_2 = 0,248\mu m$ và catot giờ làm bằng đồng thì hiệu điện thế hãm để triệt tiêu dòng quang điện giờ là 0,86V. Vậy khi chiếu đồng thời cả hai bức xạ λ_1 và λ_2 vào catot giờ là hợp kim đồng và nhôm thì hiệu điện thế hãm để triệt tiêu dòng quang điện là

A. 1,05V

B. 1,55V

C. 0,86V

D. 1,91V

Lời giải

Phương trình Anhtan về hiện tượng quang điện

$$\begin{cases} \frac{hc}{\lambda_1} = A_{Al} + eU_{h_1} \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A_{Cu} + eU_{h_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_{Al} = \frac{hc}{\lambda_1} - eU_{h_1} = 5,521 \cdot 10^{-19} J \\ A_{Cu} = \frac{hc}{\lambda_2} - eU_{h_2} = 6,638 \cdot 10^{-19} J \end{cases}$$

Vì $\lambda_2 < \lambda_1$ nên nếu hiệu điện thế hãm là U_h thì ta có $\frac{hc}{\lambda_2} = A_{Cu} + eU_h$

Từ phương trình trên, nếu công thoát càng nhỏ thì U_h càng lớn, mà công thoát của đồng lớn hơn công

thoát của nhôm, nên ta có: $\frac{hc}{\lambda_2} = A_{Al} + eU_h$

$$U_h = \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda_2} - A_{Al} \right) = 1,55V$$

Từ đó suy ra

Đáp án B.

5. Bài tập rèn luyện kỹ năng

Câu 1: Kết quả nào sau đây khi thí nghiệm với tế bào quang điện là không đúng?

- A. Hiệu điện thế hãm phụ thuộc vào tần số ánh sáng kích thích.
- B. Khi hiệu điện thế giữa anốt và catốt là $U_{AK} = 0$ vẫn có dòng quang điện.
- C. Cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ chùm sáng kích thích.
- D. Ánh sáng kích thích phải có tần số nhỏ hơn giới hạn quang điện.

Câu 2: Khi nói về thuyết lượng tử ánh sáng, phát biểu nào dưới đây là sai?

- A. 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. Khi ánh sáng truyền đi, lượng tử ánh sáng không bị thay đổi và không phụ thuộc khoảng cách tới nguồn sáng.
- C. Năng lượng của lượng tử ánh sáng đo lớn hơn năng lượng của lượng tử ánh sáng tím.
- D. Mỗi chùm sáng dù rất yếu cũng chứa một số rất lớn lượng tử ánh sáng.

Câu 3: Catốt của một tế bào quang điện làm bằng kim loại có giới hạn quang điện là $\lambda_0 = 0,825 \mu m$.

Chiếu đồng thời hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{2}$ và $\lambda_2 = \frac{3\lambda_0}{4}$ vào catốt. Cho $h = 6,6 \cdot 10^{-34} J \cdot s$, $c = 3 \cdot 10^8 m/s$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$. Hiệu điện thế hãm để triệt tiêu dòng quang điện là

- A. 1,5 V
- B. 2,0 V
- C. 0,2 V
- D. 0,5 V

Câu 4: Kết nào sau đây khi thí nghiệm với tế bào quang điện không đúng?

- A. Khi $U_{AK} = 0$ vẫn có thể có dòng quang điện.
- B. Đối với mỗi kim loại làm catốt, ánh sáng kích thích phải có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng một giới hạn λ_0 nào đó.
- C. Hiệu điện thế hãm phụ thuộc vào cường độ chùm ánh sáng kích thích.
- D. Cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ chùm sáng kích thích.

Câu 5: Giới hạn quang điện của mỗi kim loại là

- A. bước sóng giới hạn của ánh sáng kích thích có thể gây ra hiện tượng quang điện.
- B. bước sóng liên kết với quang electron.
- C. bước sóng của ánh sáng kích thích.
- D. công thoát electron ở bề mặt kim loại đó.

Câu 6: Chọn câu sai. Chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp vào mặt một tấm đồng cô lập về điện. Ta có:

- A.** Khi công của lực điện trường bằng với động năng ban đầu cực đại của các electron quang điện thì không còn electron quang điện bật ra khỏi quả cầu.
- B.** Quả cầu tích điện dương sẽ tạo một điện trường có tác dụng kéo các electron trở về quả cầu.
- C.** Các photon bật electron quang điện ra khỏi quả cầu nên quả cầu này tích điện dương.

D. Điện thế V của quả cầu đạt giá trị cực đại $V_{\max}$ với
$$V_{\max} = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{hc}{e\lambda_0} \quad (\text{với } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})$$

Câu 7: Chọn câu đúng.

- A.** Khi tăng cường độ của chùm ánh sáng kích thích lên hai lần thì cường độ dòng quang điện tăng lên hai lần.
- B.** Khi giảm bước sóng của chùm sáng kích thích xuống hai lần thì cường độ dòng quang điện tăng lên hai lần.
- C.** Khi tăng bước sóng của chùm sáng kích thích lên hai lần thì cường độ dòng quang điện tăng lên hai lần.
- D.** Khi ánh sáng kích thích gây ra được hiện tượng quang điện, nếu giảm bước sóng của chùm sáng kích thích thì động năng ban đầu cực đại của electron quang điện tăng lên.

Câu 8: Lần lượt chiếu vào catốt của tế bào quang điện hai bức xạ $\lambda_1 = 0,26 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 1,2\lambda_1$ thì vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện bật ra từ catốt lần lượt là với v_1 và v_2 ; $v_2 = 0,75v_1$. Giới hạn quang điện của kim loại làm catốt này bằng

- A.** $0,42 \mu\text{m}$ **B.** $0,2 \mu\text{m}$ **C.** $0,86 \mu\text{m}$ **D.** $1,2 \mu\text{m}$

Câu 9: Chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp vào catốt của tế bào quang điện: Để triệt tiêu dòng quang điện cần hiệu điện thế hãm U_h . Phát biểu nào sau đây sai?

- A.** khi cường độ chùm ánh sáng kích thích tăng thì $U_h' = U_h$
- B.** năng lượng photon ánh sáng bằng công thoát của electron khỏi kim loại thì $U_h = 0$
- C.** khi $U_{AK} > U_h$, sẽ không có electron nào đến được anốt.
- D.** khi ánh sáng kích thích có bước sóng giảm thì $U_h' > U_h$

Câu 10: Catốt của một tế bào quang điện làm bằng Xêsi là kim loại có công thoát electron A, được chiếu bởi bức xạ có bước sóng thích hợp. Cho cường độ dòng điện bão hòa $I_{bh} = 2 \mu\text{A}$ và hiệu suất quang điện $H = 0,5\%$. Cho $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Số photon tới catốt trong mỗi giây là

- A.** $2,5 \cdot 10^{12}$ photon **B.** $1,25 \cdot 10^{15}$ photon. **C.** $12,5 \cdot 10^{15}$ photon. **D.** $2,5 \cdot 10^{15}$ photon

Câu 11: Khi nói về thuyết lượng tử ánh sáng, phát biểu nào sau đây là đúng?

- A.** Ánh sáng được tạo bởi các hạt gọi là photon.
- B.** Photon có thể chuyển động hay đứng yên tùy thuộc vào nguồn sáng chuyển động hay đứng yên.
- C.** Năng lượng photon càng nhỏ khi cường độ chùm ánh sáng càng nhỏ.
- D.** Năng lượng của photon càng lớn khi tần số của ánh sáng ứng với photon đó càng nhỏ.

Câu 12: Chiếu vào một tế bào quang điện một chùm sáng đơn sắc có bước sóng $0,48 \mu\text{m}$ thì có dòng quang điện xuất hiện, khi đó nếu đặt vào hai đầu cực anốt và catốt một hiệu điện thế hãm có độ lớn bằng 1,88 V thì sẽ làm cường độ dòng quang điện triệt tiêu. Công thoát của kim loại làm catốt bằng

- A.** 0,07eV **B.** 0,707eV **C.** 70,7eV **D.** 7,07eV

Câu 13: Dòng quang điện bão hòa xảy ra khi

- A.** có bao nhiêu electron bay ra khỏi catốt thì có bấy nhiêu electron bay trở lại catốt.
- B.** tất cả các electron thoát ra khỏi catốt trong mỗi giây đều về anốt.

C. số electron bật ra khỏi catốt bằng số photon ánh sáng chiếu vào catốt.

D. các electron có vận tốc $V_{0\max}$ đều đến anốt.

Câu 14: Hiệu điện thế giữa anốt và catốt của ống Rơn-ghe-n là 20 kV. Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Bước sóng nhỏ nhất của tia Rơn-ghe-n do ống Rơn-ghe-n phát ra bằng

- A. $6,21 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ B. $6,625 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ C. $3,456 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ D. $8,25 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Câu 15: Năng lượng của photon sẽ được dùng

A. một nửa để electron thắng lực liên kết trong tinh thể thoát ra ngoài và một nửa biến thành động

năng ban đầu cực đại $\frac{1}{2} m v_{0\max}^2$

B. để electron bù đắp năng lượng do va chạm với các ion và thắng lực liên kết trong tinh thể thoát ra ngoài.

C. để electron thắng lực liên kết trong tinh thể thoát ra ngoài, phần còn lại biến thành động năng ban

đầu cực đại $\frac{1}{2} m v_{0\max}^2$

D. để thắng được lực cản của môi trường ngoài, phần còn lại biến thành động năng ban đầu cực đại $\frac{1}{2} m v_{0\max}^2$

Câu 16: Kim loại dùng làm catốt của một tế bào quang điện có công thoát electron $A = 2,2 \text{ eV}$. Chiếu vào catốt một bức xạ có bước sóng λ . Muốn triệt tiêu dòng quang điện, người ta phải đặt vào anốt và catốt một hiệu điện thế hãm. Bước sóng có giá trị

- A. $0,477 \mu\text{m}$ B. $0,377 \mu\text{m}$ C. $0,677 \mu\text{m}$ D. $0,577 \mu\text{m}$

Câu 17: Dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_1 chiếu vào catốt của một tế bào quang điện. Khi đặt vào anốt và catốt của tế bào quang điện này hiệu điện thế hãm U_{h1} thì dòng quang điện triệt tiêu. Khi dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_2 thì dòng quang điện triệt tiêu khi hiệu điện thế hãm $U_{h2} = 0,25 U_{h1}$. Tỷ

số vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện $\frac{V_{0\max1}}{V_{0\max2}}$ trên hai trường hợp trên là

- A. 0,5 B. 2 C. 4 D. 2,5

Câu 18: Trong thí nghiệm Hec-xơ: chiếu một chùm sáng, phát ra từ một hồ quang vào một tấm kẽm thì thấy các electron bật ra khỏi tấm kim loại. Khi chắn chùm sáng hồ quang bằng tấm thủy tinh dày thì thấy không có electron bật ra nữa, điều này chứng tỏ

A. ánh sáng phát ra từ hồ quang có bước sóng nhỏ hơn giới hạn quang điện của kẽm.

B. tấm thủy tinh đã hấp thụ tất cả ánh sáng phát ra từ hồ quang.

C. tấm kim loại đã tích điện dương và mang điện thế dương.

D. chỉ có ánh sáng thích hợp mới gây ra được hiện tượng quang điện.

Câu 19: Electron bật ra khỏi kim loại khi có ánh sáng chiếu vào là vì

A. ánh sáng đó có bước sóng xác định.

B. vận tốc của electron khi đến bề mặt kim loại lớn hơn vận tốc giới hạn của kim loại đó.

C. năng lượng photon lớn hơn công thoát của electron khỏi kim loại đó.

D. năng lượng photon ánh sáng đó lớn hơn năng lượng của electron.

Câu 20: Công thoát electron của một kim loại là $7,64 \cdot 10^{-19} J$. Chiếu lần lượt vào bề mặt tấm kim loại này các bức xạ có bước sóng là $\lambda_1 = 0,18 \mu m$, $\lambda_2 = 0,21 \mu m$ và $\lambda_3 = 0,35 \mu m$. Lấy $h = 6,625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$, $c = 3 \cdot 10^8 m/s$. Bức xạ nào gây được hiện tượng quang điện đối với kim loại đó?

- A. Cả ba bức xạ.
- B. Chỉ có bức xạ λ_1
- C. Không có bức xạ nào trong ba bức xạ trên
- D. Hai bức xạ (λ_1 và λ_2)

Câu 21: Chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp vào catốt của tế bào quang điện: Để triệt tiêu dòng quang điện cần hiệu điện thế hãm U_h . Phát biểu nào sau đây sai?

- A. Khi $U_{AK} > U_h$, sẽ không có electron nào đến được anốt.
- B. Khi ánh sáng kích thích có bước sóng giảm thì $U_h > U_h$
- C. Khi cường độ chùm ánh sáng kích thích tăng thì U_h không đổi.
- D. Khi $U_h = 0$, năng lượng photon ánh sáng bằng công thoát của electron khỏi kim loại.

Câu 22: Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,46 \mu m$ vào một tấm kim loại và electron quang điện bật ra với động năng ban đầu cực đại là $W_{d_0 \max}$. Thay bức xạ trên bởi bức xạ có bước sóng $\lambda_2 = 0,32 \mu m$ thì electron quang điện bật ra với động năng ban đầu cực đại là $3W_{d_0 \max}$. Giới hạn quang điện của kim loại bằng

- A. $0,45 \mu m$
- B. $0,59 \mu m$
- C. $0,625 \mu m$
- D. $0,485 \mu m$

Câu 23: Chọn câu đúng

- A. Hiệu điện thế hãm là hiệu điện thế âm cần đặt giữa catốt và anốt của tế bào quang điện để triệt tiêu dòng quang điện.
- B. Hiệu điện thế hãm là hiệu điện thế âm cần đặt giữa catốt và anốt của tế bào quang điện để vừa đủ triệt tiêu dòng quang điện.
- C. Hiệu điện thế hãm là hiệu điện thế dương cần đặt giữa catốt và anốt của tế bào quang điện để triệt tiêu dòng quang điện.
- D. Hiệu điện thế hãm là hiệu điện thế dương cần đặt giữa catốt và anốt của tế bào quang điện để vừa đủ triệt tiêu dòng quang điện.

Câu 24: Phát biểu nào sau đây là không đúng?

- A. Động năng ban đầu cực đại của electron quang điện không phụ thuộc vào cường độ của chùm ánh sáng kích thích.
- B. Động năng ban đầu cực đại của electron quang điện phụ thuộc vào bản chất kim loại dùng làm catốt.
- C. Động năng ban đầu cực đại của electron quang điện không phụ thuộc vào bước sóng của chùm ánh sáng kích thích.
- D. Động năng ban đầu cực đại của electron quang điện phụ thuộc vào bước sóng của chùm ánh sáng kích thích.

Câu 25: 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 26: 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.** Hiệu điện thế hãm.

Câu 27: Để gây được hiệu ứng quang điện, bức xạ dọi vào kim loại được thỏa mãn điều kiện nào sau đây?

- A.** Tần số lớn hơn giới hạn quang điện.
- B.** Tần số nhỏ hơn giới hạn quang điện.
- C.** Bước sóng nhỏ hơn giới hạn quang điện
- D.** Bước sóng lớn hơn giới hạn quang điện.

Câu 28: Chọn phát biểu Đúng. Với một bức xạ có bước sóng thích hợp thì cường độ dòng quang điện bão hoà:

- A.** triệt tiêu, khi cường độ chùm sáng kích thích nhỏ hơn một giá trị giới hạn.
- B.** tỉ lệ với bình phương cường độ chùm sáng.
- C.** tỉ lệ với căn bậc hai của cường độ chùm sáng.
- D.** tỉ lệ với cường độ chùm sáng.

Câu 29: Điều nào dưới đây sai, khi nói về những kết quả rút ra từ thí nghiệm với tế bào quang điện?

- A.** Hiệu điện thế giữa anốt và catốt của tế bào quang điện luôn có giá trị âm khi dòng quang điện triệt tiêu.
- B.** Dòng quang điện vẫn còn tồn tại ngay cả khi hiệu điện thế giữa anốt và catốt của tế bào quang điện bằng không.
- C.** Cường độ dòng quang điện bão hoà không phụ thuộc vào cường độ chùm sáng kích thích.
- D.** Giá trị của hiệu điện thế hãm phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích.

Câu 30: Phát biểu nào sau đây là đúng khi nói về hiện tượng quang điện?

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

ĐÁP ÁN

1-D	2-C	3-A	4-C	5-A	6-D	7-D	8-A	9-C	10-D
11-A	12-B	13-B	14-A	15-C	16-A	17-B	18-D	19-C	20-D
21-A	22-B	23-B	24-C	25-D	26-C	27-C	28-D	29-C	30-A

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Câu 1: Đáp án D

Vì theo định luật quang điện đối với mỗi kim loại ánh sáng kích thích phải có bước sóng λ nhỏ hơn hoặc bằng giới hạn quang điện của λ_0 của kim loại đó, mới gây ra được hiện tượng quang điện. Mặt khác

lại có: $\lambda = \frac{c}{f}$ nên để gây ra được hiện tượng quang điện thì tần số phải lớn hơn hoặc bằng tần số giới hạn của quang điện.

Câu 2: Đáp án C

Theo thuyết lượng tử ánh sáng ta có:

+ Chùm ánh sáng là chùm các photon (các lượng tử ánh sáng). Mỗi photon có năng lượng xác định (năng lượng của một photon là $\varepsilon = hf$, f là tần số của ánh sáng đơn sắc). Cường độ chùm sáng tỷ lệ với số photon phát ra trong một giây

+ Phân tử, nguyên tử, electron...phát xạ hay hấp thụ ánh sáng nghĩa là chúng phát xạ hay hấp thụ photon.

+ Các photon bay dọc theo tia sáng với tốc độ $c = 3.10^8 \text{ m/s}$ trong chân không: Năng lượng của mỗi photon rất nhỏ, một chùm sáng dù yếu cũng chứa rất nhiều photon do rất nhiều nguyên tử, phân tử phát ra nên ta nhìn thấy chùm sáng liên tục. Photon chỉ tồn tại trong trạng thái chuyển động, không có photon đứng yên.

Theo đó thì vì $f_d < f_t$ nên năng lượng của lượng tử ánh sáng đỏ phải nhỏ hơn ánh sáng tím.

Câu 3: Đáp án A

Tế bào quang điện có giới hạn $\lambda_0 = 0,825 \mu\text{m}$. Chiều đồng thời hai bức xạ $\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{2}; \lambda_2 = \frac{3\lambda_0}{4}$. Vì để triệt tiêu dòng quang điện thì cả hai bức xạ đều phải gây ra hiện tượng quang điện nên:

$$\begin{aligned} \frac{hc}{\lambda_1} &= \frac{hc}{\lambda_0} + eU \Leftrightarrow hc \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = eU \\ \Rightarrow U &= \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \\ &= \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \left(\frac{1}{\frac{0,825 \cdot 10^{-6}}{2}} - \frac{1}{0,825 \cdot 10^{-6}} \right) = 1,5V \end{aligned}$$

Câu 4: Đáp án C

Chỉ có cường độ dòng quang điện bão hòa tỷ lệ với cường độ của chùm sáng kích thích còn hiệu điện thế hãm không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích.

Câu 5: Đáp án A

Giới hạn quang điện của mỗi kim loại là bước sóng giới hạn của ánh sáng kích thích có thể gây ra hiện tượng quang điện.

Câu 6: Đáp án D

Khi chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp vào mặt một tấm đồng cô lập về điện thì điện thế V của quả

cầu đạt giá trị cực đại V_{max} với $V_{\text{max}} = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$

Câu 7: Đáp án D

Vì cường độ dòng quang điện bão hòa chỉ tỷ lệ với cường độ chùm ánh sáng kích thích chứ không phải tỷ lệ thuận nên khi tăng cường độ chùm ánh sáng kích thích lên hai lần thì cường độ dòng điện cũng tăng lên

nhưng không phải là tăng lên hai lần. Còn khi giảm bước sóng của chùm sáng kích thích thì động năng ban đầu cực đại của electron quang điện sẽ tăng lên.

Câu 8: Đáp án A

Theo định luật quang điện ta có:

$$\begin{cases} \frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{mv_1^2}{2} \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{mv_2^2}{2} = A + \frac{m(0,75v_1)^2}{2} = A + \frac{9}{16} \frac{mv_1^2}{2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{9}{16} \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{9}{16} A + \frac{9}{16} \frac{mv_1^2}{2} \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{9}{16} \frac{mv_1^2}{2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow hc \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{9}{16\lambda_1} \right) = \frac{7}{16} A = \frac{7}{16} \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = 0,42 \mu m$$

Câu 9: Đáp án C

Câu 10: Đáp án D

Ta có: $I_{th} = ne$ mà $H = \frac{n}{N} \Rightarrow N = \frac{n}{H} = \frac{I_{th}}{eH}$

Vậy số photon tới catot trong mỗi giây là:

$$N = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \cdot 10^{15} \text{ (photon)}$$

Câu 11: Đáp án A

Câu 12: Đáp án B

Ta có: $\frac{hc}{\lambda} = A + eU \Leftrightarrow \frac{19,8765 \cdot 10^{-26}}{0,48 \cdot 10^{-6}} = A + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,88 \Rightarrow A = 0,707 eV$

Câu 13: Đáp án B

Dòng quang điện bão hòa khi tất cả các electron thoát ra khỏi catot trong mỗi giây đều về anot.

Câu 14: Đáp án A

Bước sóng nhỏ nhất của tia Rơn-ghen do ống rơn-ghen phát ra là:

$$\frac{hc}{\lambda} = eU \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{eU} = \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 20 \cdot 10^3} = 6,21 \cdot 10^{-11} m$$

Câu 15: Đáp án C

Năng lượng của photon sẽ được dùng để electron thắng lực liên kết trong tinh thể thoát ra ngoài, phần còn

lại biến thành động năng ban đầu cực đại $\frac{1}{2} m v_{0max}^2$

Câu 16: Đáp án A

Ta có: $\frac{hc}{\lambda} = A + eU \Leftrightarrow \frac{19,875.10^{-26}}{\lambda} = 2,2.1,6.10^{-19} + 1,6.10^{-19}.0,4 \Rightarrow \lambda = 0,4777\mu m$

Câu 17: Đáp án B

Ta có:
$$\begin{cases} eU_1 = \frac{mV_{0\max 1}^2}{2} \\ eU_2 = \frac{mV_{0\max 2}^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \frac{V_{0\max 1}^2}{V_{0\max 2}^2} = \frac{U_1}{U_2} = 4 \Rightarrow \frac{V_{0\max 1}}{V_{0\max 2}} = 2$$

Câu 18: Đáp án D

Trong thí nghiệm Hecxo: chiếu một chùm sáng phát ra từ một hồ quang vào một tấm kẽm thì thấy các electron bật ra khỏi tấm kim loại. Khi chắn chùm sáng hồ quang bằng một tấm thủy tinh dày thì thấy không có electron bật ra nữa, điều này chứng tỏ chỉ có ánh sáng thích hợp mới gây ra được hiện tượng quang điện.

Câu 19: Đáp án C

Electron bật ra khỏi kim loại khi có ánh sáng chiếu vào vì năng lượng photon lớn hơn công thoát của electron kim loại đó.

Câu 20: Đáp án D

Công thoát của một kim loại là: $A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{19,875.10^{-26}}{7,64.10^{-19}} = 2,6014.10^{-7}m = 0,26\mu m$

Để xảy ra hiện tượng quang điện thì $\lambda \leq \lambda_0$, nên bức xạ gây ra được hiện tượng quang điện đối với kim loại này là: $\lambda_1; \lambda_2$

Câu 21: Đáp án A**Câu 22: Đáp án B**

Ta có:

$$\begin{cases} \frac{hc}{\lambda_1} = A + W_{0\max} \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A + 3W_{0\max} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{3hc}{\lambda_1} = 3A + 3W_{0\max} \\ \frac{hc}{\lambda_2} = A + 3W_{0\max} \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2A = \frac{3hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_2} = 19,875.10^{-26} \left(\frac{3}{0,46.10^{-6}} - \frac{1}{0,32.10^{-6}} \right)$$

$$= 6,75102.10^{-19}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = 5,888.10^{-7}m = 0,59\mu m$$

Câu 23: Đáp án B

Theo định nghĩa hiệu điện thế hãm là hiệu điện thế âm cần đặt vào giữa catot và anot của tế bào quang điện để vừa đủ triệt tiêu dòng quang điện.

Câu 24: Đáp án C

Theo công thức ta được $\frac{hc}{\lambda} = A + W_{0\max} \Rightarrow W_{0\max} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$ rõ ràng động năng ban đầu cực đại của electron quang điện phụ thuộc vào bước sóng của chùm ánh sáng kích thích.

Câu 25: Đáp án D

Nếu chiếu một chùm tia hồng ngoại vào tấm kẽm tích điện âm thì điện tích âm của tấm kẽm không thay đổi vì chùm tia hồng ngoại bao gồm các bức xạ có bước sóng lớn hơn hoặc bằng $0,76\mu m$. Còn tấm kẽm có bước sóng nằm trong vùng ánh sáng nhìn thấy nên khi chiếu chùm tia hồng ngoại vào thì không xảy ra hiện tượng quang điện nên tấm kẽm không thay đổi điện tích.

Câu 26: Đáp án C

Giới hạn quang điện của mỗi kim loại là bước sóng giới hạn của ánh sáng kích thích để gây ra hiện tượng quang điện kim loại đó.

Câu 27: Đáp án C

Để gây được hiệu ứng quang điện, bức xạ rọi vào kim loại được thỏa mãn điều kiện bước sóng nhỏ hơn giới hạn quang điện.

Câu 28: Đáp án D

Đối với một bức xạ có bước sóng thích hợp thì cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ với cường độ chùm sáng.

Câu 29: Đáp án C

Cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ với cường độ chùm sáng kích thích.

Câu 30: Đáp án A

Hiện tượng quang điện là hiện tượng electron bứt ra khỏi bề mặt kim loại khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào nó.