

CÁC DẠNG BÀI TẬP VỀ TIA RÖN-GHEN (TIA X)

- Tia X là sóng điện từ có bước sóng từ $10^{-8}m$ đến $10^{-11}m$.
- Cách tạo ra tia X: Ống phát ra tia X đơn giản là các ống tia catốt, trong đó có lắp thêm một điện cực bằng kim loại có nguyên tử lượng lớn để chặn dòng tia catốt. Cực kim loại này gọi là đối catốt.

Chú ý

Các electron từ âm cực (Katot) được tăng tốc trong điện trường mạnh, nên có động năng lớn. Khi electron đập vào đối âm cực, chúng xuyên qua lớp vỏ nguyên tử, tương tác với hạt nhân và electron ở bên trong và phát ra sóng điện từ có bước sóng cực ngắn (tia X).

1. Bước sóng nhỏ nhất, tần số lớn nhất của tia X.

1.1. Phương pháp

Gọi U_{AK} là điện áp đặt vào Anốt và Catốt của ống Cu-lít-giơ (ống Ronghen). Theo định lí biến thiên động năng, ta có:

$$W_{dA} - W_{dK} = eU_{AK}$$

Nếu coi động năng của electron khi bứt ra khỏi Catốt vô cùng nhỏ thì ta có

$$W_{dA} = eU_{AK}$$

Khi đến Anốt, các electron có năng lượng là W_{dA} , năng lượng này sẽ chuyển hóa thành nhiệt lượng làm nóng Anốt và một phần năng lượng phát ra tia X. Vậy ta có

$$W_{dA} = eU_{AK} = Q + \frac{hc}{\lambda_X} \geq \frac{hc}{\lambda_X}$$

Từ đó suy ra $\lambda_X \geq \frac{hc}{eU_{AK}}$. Dấu bằng xảy ra khi $Q = 0$, tức là toàn bộ động năng của electron khi đập vào Anốt chuyển thành năng lượng của tia X.

Vậy bước sóng ngắn nhất của tia X phát ra là: $\lambda_{X \min} = \frac{hc}{eU_{AK}}$

Tần số lớn nhất của tia X là: $f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{X \min}}$

1.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Trong một ống Rön ghen. Biết hiệu điện thế giữa anốt và catốt là $U = 2.10^4 (V)$. Hãy tìm bước sóng nhỏ nhất λ_{\min} của tia Rön ghen do ống phát ra? Bỏ qua động năng ban đầu của êlectron khi bứt ra khỏi catốt

A. 0,31 pm.

B. 0,62 pm.

C. 0,93 pm.

D. 0,46 pm.

Lời giải

Bước sóng ngắn nhất của tia X phát ra là: $\lambda_{X \min} = \frac{hc}{eU_{AK}}$.

Thay số với

$$U_{AK} = 2.10^4 (V); h = 6,625.10^{-34} (J.s); e = 1,6.10^{-19} (C); c = 3.10^8 (m/s).$$

$$\text{Ta có: } \lambda_{\min} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{1,6.10^{-19}.2.10^{16}} = 0,62.10^{-12} (m) = 0,62 (pm)$$

Đáp án B.

Ví dụ 2: Hiệu điện thế giữa anốt và catốt của ống Ronghen là 18,75kV. Bỏ qua động năng ban đầu của electron khi bứt ra khỏi catốt. Tần số lớn nhất mà tia Ronghen phát ra là bao nhiêu? Cho $e = 1,6.10^{-19}$, $h = 6,625.10^{-34} J.s$, $c = 3.10^8 m/s$.

- A.** $3,8.10^{18} \text{ Hz}$. **B.** $6,3.10^{18} \text{ Hz}$. **C.** $4,2.10^{18} \text{ Hz}$. **D.** $2,1.10^{18} \text{ Hz}$.

Lời giải

$$\text{Bước sóng ngắn nhất của tia X phát ra là: } \lambda_{X \min} = \frac{hc}{eU_{AK}}$$

$$\text{Tần số lớn nhất của tia X là: } f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{X \min}} = \frac{eU_{AK}}{h} = 4,2.10^{18} \text{ Hz}$$

Đáp án C.

Ví dụ 3: Một ống Cu-lít-giơ (ống tia X) đang hoạt động. Bỏ qua động năng ban đầu của các electron khi bứt ra khỏi catốt. Ban đầu, hiệu điện thế giữa anốt và catốt là U thì tốc độ của electron khi đập vào anốt là v . Khi hiệu điện thế giữa anốt và catốt là $1,5U$ thì tốc độ của electron đập vào anốt thay đổi một lượng 4000 km/s so với ban đầu. Giá trị của v là

- A.** $1,78.10^7 \text{ m/s}$. **B.** $3,27.10^6 \text{ m/s}$.
C. $8,00.10^7 \text{ m/s}$. **D.** $2,67.10^6 \text{ m/s}$.

Lời giải

$$\text{Ta có: } \frac{1}{2}mv^2 = eU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} \Rightarrow v \sim \sqrt{U}$$

Gọi vận tốc lúc đầu là v_1 , lúc sau là v_2

$$\Rightarrow \begin{cases} v_2 - v_1 = 4000 \text{ km/s} = 4.10^6 \text{ m/s} \\ \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{1,5U}{U}} = \sqrt{1,5} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = v = 1,78.10^7 \text{ m/s} \\ v_2 = 2,18.10^7 \text{ m/s} \end{cases}$$

Đáp án A.

1.3. Bài tập tự luyện

Câu 1: Ống Ronghen đặt dưới hiệu điện thế $U_{AK} = 19995V$. Tính bước sóng ngắn nhất của tia X mà ống có thể phát ra

- A.** $6,2.10^{-8} m$. **B.** $3,1.10^{-8} m$. **C.** $9,3.10^{-8} m$. **D.** $5,8.10^{-8} m$.

Câu 2: Hiệu điện thế giữa hai điện cực của ống Cu-lít-giơ (Ống tia X) là $U_{AK} = 2.10^4 V$. Bỏ qua động năng ban đầu của electron khi bứt ra khỏi catốt. Tính tần số lớn nhất của tia X mà ống có thể phát ra

- A. $0,215.10^{19} \text{ Hz}$. B. $0,398.10^{19} \text{ Hz}$. C. $0,483.10^{19} \text{ Hz}$. D. $0,5.10^{19} \text{ Hz}$.

ĐÁP ÁN

Câu 1: Đáp án A.

Bước sóng ngắn nhất của tia X mà ống có thể phát ra là:

$$\lambda_{X \min} = \frac{hc}{eU_{AK}} = \frac{19,875.10^{-26}}{1,6.10^{-19}.19995} = 6,2.10^{-8} \text{ m}.$$

Câu 2: Đáp án C.

Tần số lớn nhất mà ống có thể phát ra:

$$f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{X \min}} = \frac{eU_{AK}}{h} = \frac{1,6.10^{-19}.19995}{6,625.10^{-34}} = 4,83.10^{18} \text{ (Hz)}.$$

2. Vận tốc cực đại của electron khi đập vào anốt

2.1. Phương pháp

Nếu bỏ qua động năng ban đầu của e , ta có

$$W_{dA} = eU_{AK} = \frac{m_e v_A^2}{2} \Rightarrow v_A = \sqrt{\frac{2eU_{AK}}{m_e}}$$

Nếu động năng ban đầu của e khi bứt khỏi Catốt là W_{dK} thì ta có

$$W_{dA} - W_{dK} = eU_{AK} \Rightarrow \frac{m_e v_A^2}{2} = v_A = \sqrt{\frac{2(eU_{AK} + W_{dK})}{m_e}}$$

2.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Hiệu điện thế giữa Anốt và Catốt của ống Cu-lít-giơ là 20kV. Cho $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$, $h = 6,625.10^{-34} \text{ Js}$, $c = 3.10^8 \text{ m/s}$. Bỏ qua động năng ban đầu của electron. Tính vận tốc của electron khi đập vào anốt?

- A. $8,4.10^7 \text{ m/s}$. B. $4,2.10^7 \text{ m/s}$. C. $6,7.10^7 \text{ m/s}$. D. $4,8.10^7 \text{ m/s}$.

Lời giải

Nếu bỏ qua động năng ban đầu của e , ta có vận tốc của electron khi tới anốt là:

$$W_{dA} = eU_{AK} = \frac{m_e v_A^2}{2} \Rightarrow v_A = \sqrt{\frac{2eU_{AK}}{m_e}} = 8,4.10^7 \text{ m/s}$$

Đáp án A.

Ví dụ 2: Một ống Cu-lit-giơ có công suất trung bình 300W, hiệu điện thế giữa anốt và catốt có giá trị 10 kV. Tính tốc độ cực đại của các electron khi tới anốt.

- A. $0,57.10^8 \text{ m/s}$. B. $0,32.10^8 \text{ m/s}$.
C. $0,64.10^8 \text{ m/s}$. D. $0,58.10^8 \text{ m/s}$.

Lời giải

Nếu bỏ qua động năng ban đầu của electron, ta có vận tốc của electron khi tới anốt là:

$$W_{dA} = eU_{AK} = \frac{m_e v_A^2}{2} \Rightarrow v_A = \sqrt{\frac{2eU_{AK}}{m_e}} = 0,58 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Đáp án D.

Ví dụ 3: Khi tăng hiệu điện thế của một ống tia X lên n lần với $n > 1$, thì bước sóng cực tiểu của tia X mà ống phát ra giảm một lượng $\Delta\lambda$. Hiệu điện thế ban đầu của ống là:

A. $\frac{hc}{e(n-1)\Delta\lambda}$. B. $\frac{hc(n-1)}{en\Delta\lambda}$. C. $\frac{hc}{en\Delta\lambda}$. D. $\frac{hc(n-1)}{e\Delta\lambda}$.

Lời giải

Ta có:
$$\begin{cases} eU_{AK} = \frac{hc}{\lambda} \\ enU_{AK} = \frac{hc}{\lambda - \Delta\lambda} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{U_{AK}} = \frac{e\lambda}{hc} \\ \frac{1}{nU_{AK}} = \frac{e(\lambda - \Delta\lambda)}{hc} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{U_{AK}} \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{e\Delta\lambda}{hc}$$

Từ đó suy ra hiệu điện thế ban đầu của ống là $U_{AK} = \frac{hc(n-1)}{en\Delta\lambda}$

Đáp án B.

2.3. Bài tập tự luyện

Câu 1: Trong ống Cu-lit-giơ để tạo ra tia X (tia Rơn-ghen), biết tốc độ của êlectrôn tới anốt là $5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$. Bỏ qua động năng ban đầu của êlectrôn khi bật ra khỏi catốt. Để giảm tốc độ của êlectrôn khi đến anốt $4 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ thì hiệu điện thế giữa hai đầu ống phải giảm là

A. 1465 V. B. 1092 V. C. 1535 V. D. 1635 V.

Câu 2: Điện áp cực đại giữa anốt và catốt của một ống Cu-lít-giơ là $U_0 = 18200\text{V}$. Bỏ qua động năng của êlectron khi bứt ra khỏi catốt. Tính bước sóng ngắn nhất của tia X do ống phát ra. Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

A. 68pm. B. 6,8pm. C. 34pm. D. 3,4pm.

Câu 3: Điện áp cực đại giữa anốt và catốt của một ống Cu-lít-giơ là 18,75 kV. Biết độ lớn điện tích êlectrôn (êlectron), tốc độ sáng trong chân không và hằng số Plăng lần lượt là $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ và $6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$. Bỏ qua động năng ban đầu của êlectrôn. Bước sóng nhỏ nhất của tia Ronghen do ống phát ra là

A. $0,4625 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. B. $0,5625 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.
C. $0,6625 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. D. $0,6625 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Câu 4: Ống Cu-lít-giơ hoạt động với hiệu điện thế cực đại 50 (kV). Bước sóng nhỏ nhất của tia X mà ống có thể tạo ra là: (lấy gần đúng). Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

A. 0,25 (Angstrom). B. 0,75 (Angstrom).
C. 2 (Angstrom). D. 0,5 (Angstrom).

Câu 5: Điện áp cực đại giữa anốt và catốt của một ống Cu-lít-giơ là $U_0 = 25\text{ kV}$. Coi vận tốc ban đầu của chùm electron (electron) phát ra từ catốt bằng không. Cho $h = 6,625.10^{-34}\text{ J.s}$; $c = 3.10^8\text{ m/s}$; $|e| = 1,6.10^{-19}\text{ C}$. Tần số lớn nhất của tia Ronghen do ống này có thể phát ra là

- A. $6,038.10^{18}\text{ Hz}$. B. $60,380.10^{15}\text{ Hz}$.
C. $6,038.10^{15}\text{ Hz}$. D. $60,380.10^{18}\text{ Hz}$.

Câu 6: Một ống Cu-lít-giơ phát ra bức xạ có bước sóng ngắn nhất là $2,65.10^{-11}\text{ m}$. Bỏ qua động năng ban đầu của các electron khi thoát ra khỏi bề mặt catốt. Cho $h = 6,625.10^{-34}\text{ J.s}$; $c = 3.10^8\text{ m/s}$; $|e| = 1,6.10^{-19}\text{ C}$. Điện áp cực đại giữa hai cực của ống là:

- A. 46875V. B. 4687,5V. C. 15625V. D. 1562,5V.

Câu 7: Một ống Cu-lít-giơ phát ra bức xạ có bước sóng nhỏ nhất là 5 Å . Cho điện tích electron là $1,6.10^{-19}\text{ C}$, hằng số Planck là $6,625.10^{-34}\text{ J.s}$, vận tốc của ánh sáng trong chân không là 3.10^8 m/s . Hiệu điện thế cực đại U_0 giữa anốt và catốt là bao nhiêu?

- A. 2500 V. B. 2485 V. C. 1600 V. D. 3750 V.

Câu 8: Một ống Cu-lít-giơ phát ra bức xạ có bước sóng ngắn nhất là $6,21.10^{-11}\text{ m}$. Biết độ lớn điện tích electron (electron), tốc độ sáng trong chân không và hằng số Planck lần lượt là $1,6.10^{-19}\text{ C}$, 3.10^8 m/s và $6,625.10^{-34}\text{ J.s}$. Bỏ qua động năng ban đầu của electron. Điện áp cực đại giữa anốt và catốt của ống là

- A. 2 kV. B. 20 kV. C. 2,15 kV. D. 21,15 kV.

ĐÁP ÁN

1-B	2-A	3-D	4-A	5-A	6-A	7-B	8-B
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Câu 1: Đáp án B.

Khi bỏ qua động năng ban đầu của e , ta có vận tốc của electron khi tới anot sẽ là:

$$v_A = \sqrt{\frac{2eU_{AK}}{m_e}}$$

Nên khi $v_A = 5.10^7\text{ (m/s)}$ thì hiệu điện thế giữa anot và catot của ống Cu-lít-giơ là:

$$U_{AK} = 7109,375V.$$

Còn để vận tốc khi đến anot giảm xuống còn $v_A = 4,6.10^7\text{ (m/s)}$ thì hiệu điện thế lúc này là:

$$U_{AK} = 6017,375V.$$

Vậy hiệu điện thế giữa hai đầu ống phải giảm

$$7109,375 - 6017,375 = 1092V.$$

Câu 2: Đáp án A.

Bước sóng ngắn nhất của tia X do ống Cu-lít-giơ phát ra là:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU} = \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 18200} = 6,8 \cdot 10^{-11} = 678 \text{ pm}.$$

Câu 3: Đáp án D.

Bước sóng nhỏ nhất của tia X do ống Cu-lít-giơ phát ra là:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU_{AK}} = \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 18,75 \cdot 10^3} = 0,6625 \cdot 10^{-10} \text{ m}.$$

Câu 4: Đáp án A.

Bước sóng nhỏ nhất tia X có thể tạo ra là:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU_{AK}} = \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50 \cdot 10^3}$$

$$= 2,484375 \cdot 10^{-11} = 0,2484375 \text{ A}^0$$

Câu 5: Đáp án A.

Tần số lớn nhất tia Rơn ghen do ống này có thể phát ra là:

$$f = \frac{eU_{AK}}{h} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 25 \cdot 10^3}{6,625 \cdot 10^{-34}} = 6,038 \cdot 10^{18} \text{ Hz}.$$

Câu 6: Đáp án A.

Điện áp cực đại giữa hai cực của ống là:

$$U_{AK} = \frac{hc}{e\lambda_{\min}} = \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,65 \cdot 10^{-11}} = 46875 \text{ V}.$$

Câu 7: Đáp án B.

Hiệu điện thế cực đại U_0 giữa anot và catot là:

$$U_0 = \frac{hc}{e\lambda_{\min}} = \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-10}} = 2484,375 \text{ V}.$$

Câu 8: Đáp án B.

Điện áp cực đại giữa anot và catot là:

$$U_{AK} = \frac{hc}{e\lambda_{\min}} = \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6,21 \cdot 10^{-11}} = 20003 \text{ V} = 20,003 \text{ kV}.$$