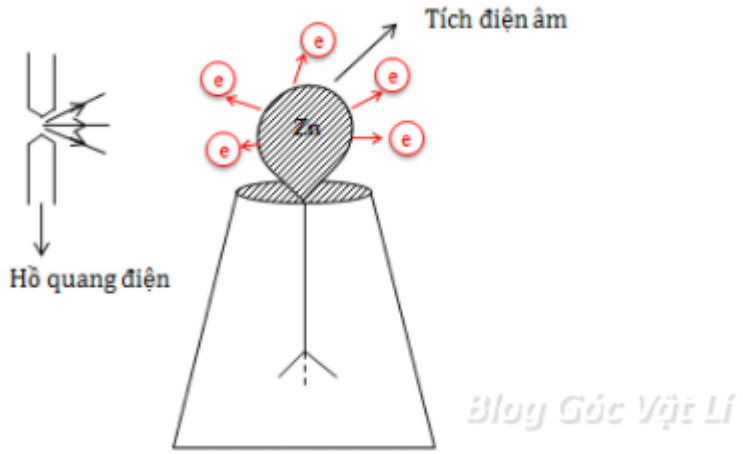
I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

Để hiểu về hiện tượng quang điện, ta cần xét thí nghiệm Hecxơ về hiện tượng quang điện.



Ban đầu, 2 lá nhôm mỏng *xòe* ra vì cùng tiếp xúc với quả cầu Zn tích điện âm.

Dưới tác dụng của nguồn Hồ quang điện, một số electron đã bứt ra khỏi bề mặt kim loại Zn, làm cho điện tích quả cầu giảm đi, kết quả làm 2 lá nhôm mỏng bị *cụp* lại.

Điều đó chứng tỏ: dưới tác dụng của nguồn sáng kích thích làm cho các e nhận thêm năng lượng và chuyển động mạnh đến mức thắng *lực liên kết với hạt nhân* để trở thành e tự do ! (mà có dòng các e- chuyển động là có dòng điện nha). Đây chính là hiện tượng quang - điện em nhé.

Đồng thời cho thấy, nguồn sáng có năng lượng để có thể *truyền cho* electron.

Thí nghiệm của Héc cũng cho thấy với nguồn sáng yếu hơn, các e <u>không đủ sức để bứt ra khỏi bề mặt kim loại</u>. Điều này cho thấy ***có một giới hạn để xảy ra*** hiện tượng quang điện

- Hiện tượng quang điện có hiện tượng ***quang điện ngoài*** và hiện tượng ***quang điện trong***

+ Quang điện ngoài: Hiện tượng ánh sáng làm bật các electron ra khỏi mặt kim loại.

+ Quang điện trong: Hiện tượng ánh sáng giải phóng các electron liên kết để trở thành các electron dẫn.

- Giới hạn quang điện:

$\lambda \leq \lambda_0$ (λ là bước sóng ánh sáng kích thích; λ_0 là giới hạn quang điện của kim loại)

Bảng giới hạn quang điện 1 số kim loại

Tên kim loại	Giới hạn quang điện (λ_0)
Bạc (Ag)	0,26 μm
Đồng (Cu)	0,30 μm
Kẽm (Zn)	0,35 μm
Nhôm (Al)	0,36 μm
Canxi (Ca)	0,43 μm
Natri (Na)	0,50 μm
Kali (K)	0,55 μm
Xesi (Cs)	0,58 μm

- Ánh sáng được tạo bởi các *hạt* gọi là phôtôn, mỗi phôtôn mang năng lượng là:

$$e = \varepsilon = h.f = \frac{hc}{\lambda}$$

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, λ là tần số, bước sóng của ánh sáng.

$m = 9{,}1.10^{-31}$ (kg) là khối lượng electron

- Cường độ của chùm sáng tỉ lệ với số phôtôn phát ra trong 1 giây.

- Phân tử, nguyên tử, electron … phát xạ hay hấp thụ ánh sáng, nghĩa là chúng phát xạ hay hấp thụ phôtôn.

- Các phôtôn bay dọc theo tia sáng với tốc độ c = 3.10^{8} m/s trong chân không.

- Phôtôn chỉ tồn tại trong trạng thái chuyển động. Không có phôtôn đứng yên.

- Công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện

$$h.f = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}m.v_{0max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + W_{đmax}$$

- Giới hạn quang điện của kim loại

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

- Công thoát của e ra khỏi kim loại

$$A = \frac{hc}{\lambda_0}$$

- Để dòng quang điện triệt tiêu

$U_{AK} \leq U_h$ ($U_h < 0$), U_h gọi là hiệu điện thế hãm.

$$|e|.U_h = \frac{1}{2}m.v_{0\max}^2$$

- Xét vật cô lập về điện, có điện thế cực đại V_{max} và khoảng cách cực đại d_{max} mà electron chuyển động trong điện trường cản có cường độ E được tính theo công thức:

$$|e|.V_{\max} = \frac{1}{2}m.v_{0\max}^2 = |e|.E_{đ\max}$$

- Với U là hiệu điện thế giữa anốt và catốt, V_A là vận tốc cực đại của electron khi đập vào anốt, $V_K = V_{0\,max}$ là vận tốc ban đầu cực đại của electron khi rời catốt thì:

$$|e|U = \frac{1}{2}m.v_A^2 - \frac{1}{2}m.v_K^2$$

- Hiệu suất lượng tử (hiệu suất quang điện)

$$H = \frac{n}{n_0}$$

(với n và n_0 là số electron quang điện bứt khỏi catốt và số phôtôn đập vào catốt trong cùng một khoảng thời gian t)

- Công suất của nguồn sáng (nguồn bức xạ)

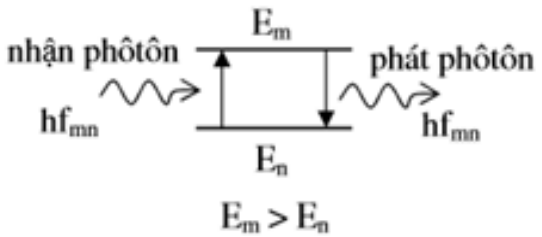
$$P = n_0 . \frac{hc}{\lambda}$$

- Cường độ dòng quang điện bão hòa: $I_{bh} = n.|e|$
- Lưỡng tính sóng – hạt của ánh sáng

+ Ánh sáng có tính chất sóng và có tính chất hạt.

+ Sóng có bước sóng càng ngắn, phôtôn ứng với nó có năng lượng càng lớn thì tính chất hạt thể hiện càng rõ và ngược lại.

- Mẫu nguyên tử Bo



+ Quang phổ vạch của nguyên tử hyđrô

$$E_n - E_m = h.f = \frac{hc}{\lambda}$$

+ Bán kính quỹ đạo dừng thứ n của electron trong nguyên tử hyđrô: $r_n = n^2 r_0$; với $r_0 = 0,53.10^{-11}$m là bán kính Bo (ở quỹ đạo K)

Trạng thái dừng	1	2	3	4	5	6
Tên quỹ đạo dừng	K	L	M	N	O	P
Bán kính $r_n = n^2.r_0$	r_0	$4r_0$	$9r_0$	$16r_0$	$25r_0$	$36r_0$

+ Năng lượng của electron trong nguyên tử hyđrô

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} eV \quad (n \in N^*)$$

Các thông số cần nhớ:

$h = 6,625.10^{-34}$J.s ; $c = 3.10^8$ m/s ; $m_e = 9,1.10^{-31}$kg;

$e = -1,6.10^{-19}$ C ; 1eV = $1,6.10^{-19}$J

II. CÁC DẠNG BÀI TẬP

1. Tính giới hạn quang điện, công thoát

Phương pháp giải

- Giới hạn quang điện

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

- Công thoát

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

- Phương trình Anhtanh

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

Bài tập 1: Giới hạn quang điện của kẽm là λo = 0,35mm. Tính công thoát của êlectron khỏi kẽm?

A. 5,35 eV **B.** 3,55 eV **C.** 35,5 eV **D.** 55,3 eV

Đáp án: B

Giải chi tiết

Từ công thức

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} => A = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{0,35.10^{-6}}$$

= 5,67857.10-19 J = 3,55 eV

Bài tập 2: Giới hạn quang điện của đồng là λ_0 = 0,30μm. Biết hằng số h = $6,625.10^{-34}$ J.s và vận tốc truyền ánh sáng trong chân không c = 3.10^8 m/s. Công thoát của êlectrôn khỏi bề mặt của đồng là

A. $6,625.10^{-19}$ J **B.** $6,265.10^{-19}$ J

C. $8,526.10^{-19}$ J **D.** $8,625.10^{-19}$ J

Đáp án: A

Giải chi tiết

Công thoát

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{0,3.10^{-6}} = 6,625.10^{-19}\ J$$

Bài tập 3: Gới hạn quang điện của Ge là λo = 1,88mm. Tính năng lượng kích hoạt (năng lượng cần thiết để giải phóng 1 êlectron liên kết thành êlectron dẫn) của Ge?

A. 0,86 eV **B.** 0,48 eV **C.** 0,66 eV **D.** 0,74 eV

Đáp án: C

Giải chi tiết

- Từ công thức

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} => A = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{1,88.10^{-6}}$$

$$= 1,057.10^{-19}\ J = 0,66\ eV$$

Bài tập 4: Một kim loại có công thoát là 2,5eV. Giới hạn quang điện của kim loại đó là:

A. 0,947 μm **B.** 0,479 μm **C.** 0,497 μm **D.** 0,974 μm

Đáp án: C

Giải chi tiết

Giới hạn quang điện

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6.625.10^{-34}.3.10^8}{2.5.1,6.10^{-19}}$$

$$= 4,97.\ 10^{-7}\ m = 0,497\ \mu m$$

Bài tập 5: Chiếu chùm bức xạ điện từ có tần số f = $5,76.10^{14}$ Hz vào một miếng kim loại thì các quang electron có vận tốc ban đầu cực đại là v = $0,4.10^6$ m/s. Tính công thoát electron.

Đáp án: A = $3,088.\ 10^{-19}$J

Giải chi tiết

Theo công thức Anhtanh

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

$$A = h.f - \frac{1}{2}m.v_{0\,max}^2 = 3,088.10^{-19}\ J$$

2. Tìm động năng và vận tốc cực đại của electron quang điện

Phương pháp giải

- Tính động năng cực đại từ công thức Anhtanh

$$h.f = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}m.v_{0max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + W_{đmax}$$

→ $W_{đ\,max}$ với lưu ý 1eV = $1,6.10^{-19}$J

- Vận tốc ban đầu cực đại của electron

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}m_e.v_0^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}m_e.v_0^2$$

$$=> v_0 = \sqrt{\frac{2hc}{m_e}(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0})}$$

- Vận tốc cực đại của electron khi đập vào catot

$$|e|.U_{AK} = \frac{m.v^2}{2} = E_đ$$

từ đó suy ra được v

Bài tập 1: Công thoát electron khỏi kim loại Natri là 2,48 eV. Một tế bào quang điện có catôt làm bằng natri được chiếu sáng bằng chùm bức xạ có λ = 0,36 mm. Tính vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện?

A. $0,32.10^5$ m/s **B.** $0,58.10^6$ m/s

C. $0,46.10^6$ m/s **D.** $0,74.10^5$ m/s

Đáp án: B

Giải chi tiết

Theo công thức Anhtanh

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

$$v_{0max}^2 = 2.\frac{(hc/\lambda) - A}{m} \Rightarrow v_{0max} = 0,58.10^6 \text{ m/s}$$

Bài tập 2: Công thoát electron của một kim loại là A_0, giới hạn quang điện là λ_0. Khi chiếu vào bề mặt kim loại đó chùm bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,5\lambda_0$ thì động năng ban đầu cực đại của electron quang điện bằng:

A. A_0 **B**. $2A_0$ **C**. $\frac{3}{4}A_0$ **D**. $\frac{1}{2}A_0$

Đáp án: A

Giải chi tiết

Tính động năng cực đại từ công thức Anhxtanh

$$h.f = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}m.v_{0max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + W_{đmax}$$

$$W_đ = \frac{h.c}{\lambda} - \frac{h.c}{\lambda_0} = \frac{h.c}{0,5\lambda_0} - \frac{h.c}{\lambda_0} = \frac{h.c}{\lambda_0} = A_0$$

Bài tập 3: Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,4$ mm vào catôt của một tế bào quang điện. Biết công thoát electron của kim loại làm catôt là A = 2 eV, điện áp giữa anôt và catôt là $U_{AK} = 5$ V. Tính động năng cực đại của các quang electron khi tới anôt.

A. 10,1 eV **B.** 12,1 eV

C. 11,6 eV **D.** 9,7 eV

Đáp án: A

Giải chi tiết

Tính động năng

$$W_đ = \frac{h.c}{\lambda} - A = 8,17.10^{-19} J$$

Động năng cực đại

$$W_{đmax} = W_đ + |e|.U_{AK} = 16,17.10^{-19} J = 10,1eV$$

Bài tập 4: Công thoát electron của một kim loại là A_0, giới hạn quang điện là λ_0. Khi chiếu vào bề mặt kim loại đó chùm bức xạ có bước sóng $\lambda = \lambda_0/3$ thì động năng ban đầu cực đại của e quang điện bằng:

A. $2A_0$ **B.** A_0 **C.** $3A_0$ **D.** $A_0/3$

Đáp án: A

Giải chi tiết

Tính động năng cực đại từ công thức Anhxtanh

$$h.f = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}m.v_{0max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + W_{đmax}$$

$$W_đ = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{hc}{\lambda_0/3} - \frac{hc}{\lambda_0} = 2A_0$$

Bài tập 5: Chiếu ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,5$ µm vào một tấm kim loại dùng làm Catot của tế bào quang điện có công thoát A = 2,27 eV. Tính vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện?

A. $1,32.10^5$ m/s **B.** $2,01.10^6$ m/s

C. $1,46.10^6$ m/s **D.** $1,94.10^5$ m/s

Đáp án: D

Giải chi tiết

Theo công thức Anhxtanh

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

$$v_{0max}^2 = 2.\frac{(h.c/\lambda) - A}{m_e} \Rightarrow v_{0\,max} = 1,94.10^5\,m/s$$

3. Tìm hiệu điện thế hãm

Phương pháp giải

- Hiện tượng các electron không về được anot là do điện trường sinh công cản.

- Công cản điện trường có giá trị nhỏ nhất bằng động năng ban đầu cực đại của các electron quang điện

$$|e.U_h| = W_đ = \frac{m_e.v_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow U_h = \frac{m_e.v_0^2}{2|e|} = \frac{1}{e}\left(\frac{h.c}{\lambda} - A\right) = \frac{1}{e}\left(\frac{h.c}{\lambda} - \frac{h.c}{\lambda_0}\right)$$

- Lưu ý: Khi chọn kết quả thì Uh < 0. Trong bài toán trắc nghiệm nếu không có giá trị âm thì chọn giá trị độ lớn.

Bài tập 1: Chiếu một ánh sáng có bước sóng 0,45μm vào catot của một tế bào quang điện. Công thoát kim loại làm catot là 2eV. Hiệu điện thế giữa anot và catot để dòng quang điện triệt tiêu là:

A. – 0,63V **B**. – 0,76V

C. – 0,45V **D**. – 0,58V

Đáp án: B

Giải chi tiết

Từ công thức tính hiệu điện thế hãm:

$$|eU_h| = \frac{m_e.v_0^2}{2} \Rightarrow U_h = \frac{m_e.v_0^2}{2|e|}$$

$$\Leftrightarrow U_h = \frac{m_e.v_0^2}{2|e|} = \frac{1}{e}\left(\frac{h.c}{\lambda} - A\right) = -0,76V$$

Bài tập 2: Chiếu bức xạ có bước sóng λ = 0,438 μm vào catôt của một tế bào quang điện. Biết kim loại làm catôt của tế bào quang điện có giới hạn quang điện là λ_0 = 0,62 μm. Tìm điện áp hãm làm triệt tiêu dòng quang điện.

A. – 0,68V **B**. – 0,76V

C. – 0,92V **D**. – 0,83V

Đáp án: D

Giải chi tiết

Từ công thức

$$\frac{h.c}{\lambda} = A + \frac{m_e.v_0^2}{2} = \frac{h.c}{\lambda_0} + W_đ$$

$$\Rightarrow W_đ = \frac{h.c}{\lambda} - \frac{h.c}{\lambda_0} = 1,33.10^{-19} J$$

$$\Rightarrow U_h = -\frac{W_đ}{e} = -0,83V$$

Bài tập 3: Catot của tế bào quang điện làm bằng đồng, công thoát khỏi đồng là 4,47eV. Chiếu đồng thời 2 bức xạ điện từ có bước sóng λ_1 = 0,210 μm và λ_2 = 0,320 μm vào catot của tế bào quang điện trên.

Hỏi bước sóng nào gây ra hiện tượng quang điện và phải đặt hiệu thế hãm bằng bao nhiêu để triệt tiêu hoàn toàn dòng quang điện?

A. λ_1 ; 1,44V **B**. λ_1 ; 2,14V

C. λ_2 ; 1,68V **D**. λ_2 ; 2,32V

Đáp án: A

Giải chi tiết

- Giới hạn quang điện của đồng:

$$\lambda_0 = \frac{h.c}{A} = 0,278\ \mu m \rightarrow \lambda_1 < \lambda_0 < \lambda_2$$

Vậy chỉ có bức xạ điện từ thứ nhất mới gây ra hiện tượng quang điện

- Từ công thức:

$$|e.U_h| = W_{đ\,max} = \frac{m_e.v_0^2}{2}$$

Để triệt tiêu hoàn toàn dòng quang điện thì:

$$U_h > \frac{W_{đ\,max}}{e} = \frac{1}{e}\left(\frac{h.c}{\lambda} - A\right) = 1,44V$$

4. Tìm số electron, số photon và hiệu suất quang điện

Phương pháp giải

Cần nhớ các công thức sau:

- Số photon đập vào Catot trong khoảng thời gian t

$$n_0 = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{P.t.\lambda}{h.c}$$

- Công suất của nguồn sáng (nguồn bức xạ)

$$P = n_0.\frac{hc}{\lambda}$$

- Cường độ dòng quang điện bão hòa:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{n.|e|}{t}$$

- Hiệu suất lượng tử (hiệu suất quang điện)

$$H = \frac{n}{n_0}$$

(với n và n_0 là số electron quang điện bứt khỏi Catot và số phôtôn đập vào Catot trong cùng một khoảng thời gian t).

Bài tập 1: Một ngọn đèn phát ra ánh sáng đơn sắc có λ= 0,6μm sẽ phát ra bao nhiêu photon trong 10s nếu công suất đèn là P = 10W?

A. $3,02.10^{20}$ **B**. $1,03.10^{20}$

C. $1,32.10^{19}$ **D**. $2,46.10^{19}$

Đáp án: A

Giải chi tiết

- Số photon đập vào Catot trong khoảng thời gian t

$$n_0 = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{P.t.\lambda}{h.c}$$

Trong thời gian 10s, số photon tính được là:

$$n_0 = \frac{10.0,6.10^{-6}.10}{6,625.10^{-34}.3.10^{8}} = 3,02.10^{21}$$

Bài tập 2: Nguồn Laser mạnh phát ra những xung bức xạ có năng lượng W = 3000J. Bức xạ phát ra có bước sóng λ = 480nm. Tính số photon trong mỗi bức xạ đó?

A. $6,02.10^{20}$ **B**. $7,25.10^{21}$

C. $8,32.10^{19}$ **D**. $5,46.10^{21}$

Đáp án: B

Giải chi tiết

- Gọi số photon trong mỗi xung là N. Năng lượng của mỗi xung Laser là:

$$W = n.\varepsilon \Rightarrow n = \frac{W}{\varepsilon} = \frac{W.\lambda}{h.c}$$

- Số photon trong mỗi bức xạ là:

$$n = \frac{3000.480.10^{-9}}{6,625.10^{-34}.3.10^{8}} = 7,25.10^{21}$$

Bài tập 3: Cho cường độ dòng quang điện bão hòa là 0,32mA. Tính số e bật ra khỏi Katot của tế bào quang điện trong thời gian 20s, biết chỉ có 80% số e bật ra đến được Anot?

A. 6.10^{16} hạt **B**. 6.10^{15} hạt

C. 5.10^{16} hạt **D**. 5.10^{15} hạt

Đáp án: C

Giải chi tiết

- Từ công thức tính hiệu suất, ta có:

$$H = \frac{n}{n_0} = 0,8 \Rightarrow n_0 = \frac{n}{H} = \frac{I_{bh}}{e.H}$$

- Số lượng e bật ra khỏi Catot là:

$$N = n_0.t = \frac{I_{bh}.t}{e.H} = \frac{0,32.10^{-3}.20}{1,6.10^{-19}.0,8} = 5.10^{16}$$

Bài tập 4: Khi chiếu 1 bức xạ điện từ có bước sóng λ = 0,5 μm vào bề mặt của tế bào quang điện, tạo ra dòng điện bão hòa là 0,32A. Công suất bức xạ đập vào Katot là P =1,5W. Hiệu suất của tế bào quang điện là:

A. 60% **B**. 58% **C**. 53% **D**. 64%

Đáp án: C

Giải chi tiết

- Tính số electron quang điện bứt khỏi Catot

$$I = \frac{q}{t} = \frac{n.|e|}{t} \rightarrow n = \frac{I.t}{e}$$

- Tính số phôtôn đập vào Catot

$$n_0 = \frac{A}{\varepsilon} = \frac{P.t}{\varepsilon} = \frac{P.t.\lambda}{h.c}$$

- Hiệu suất của tế bào quang điện là:

$$H = \frac{n}{n_0} = \frac{I.h.c}{e.P.\lambda}$$

$$H = \frac{0,32.6,625\ .10^{-34}.3.10^{8}}{1,6.10^{-19}.1,5.0,5.1\ 0^{-6}}100\% = 53\%$$

Bạn có thể tải về free tại đây nhé.