

LÊ VĂN THÔNG

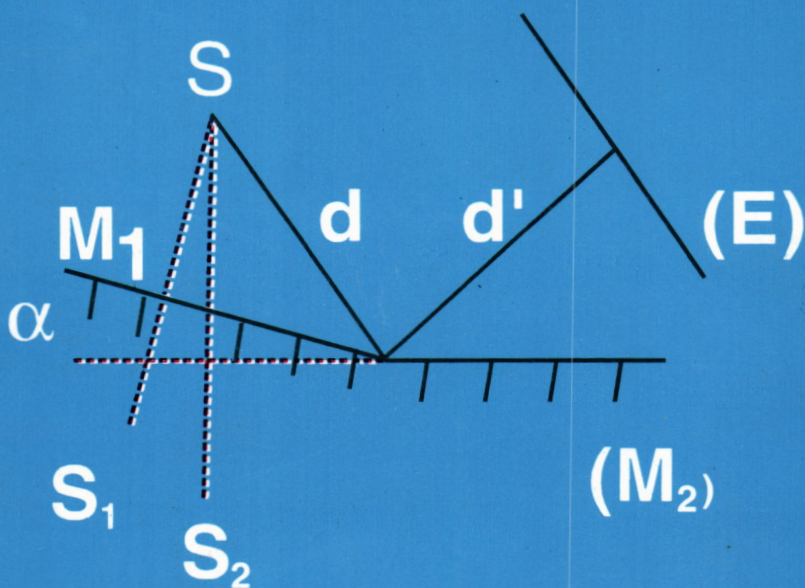
NGUYỄN VĂN THOẠI

GIẢI TOÁN

VẬT LÝ

**QUANG LÝ &
VẬT LÝ HẠT NHÂN**

(ÔN THI TÚ TÀI & LUYỆN THI ĐẠI HỌC)



NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

GIẢI TOÁN
VẬT LÝ
QUANG LÝ &
VẬT LÝ HẠT NHÂN

(ÔN THI TÚ TÀI & LUYỆN THI ĐẠI HỌC)

LÊ VĂN THÔNG

NGUYỄN VĂN THOẠI

GIẢI TOÁN

VẬT LÝ

QUANG LÝ &
VẬT LÝ HẠT NHÂN

(ÔN THI TÚ TÀI & LUYỆN THI ĐẠI HỌC)

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

GIẢI TOÁN QUANG HỌC VÀ VẬT LÝ HẠT NHÂN

LÊ VĂN THÔNG

Chịu trách nhiệm xuất bản:

LÊ HOÀNG

Biên tập:

YẾN CA

Sửa bản in:

NGUYỆT KIỀU

In 2.000 cuốn, khổ $14,5 \times 20,5$ cm. Tại Xí nghiệp In Bến Tre. Số đăng kí kế hoạch xuất bản 1411-211 do Cục xuất bản cấp ngày 30/11/99 và giấy trích ngang KHXB số 281/2000.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 04 năm 2000.

MỤC LỤC

PHẦN I : QUANG LÝ

▲ Chương I : TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

* Bài toán 1 : Tán sắc ánh sáng	6
* Bài toán 2 : Giao thoa ánh sáng đơn sắc	18
* Bài toán 3 : Giao thoa với ánh sáng hỗn tạp	30
* Bài toán 4 : Dịch chuyển hệ vân	40
* Bài toán 5 : Giao thoa ánh sáng với hai nguồn kết hợp không đồng pha.....	49
* Bài toán 6 : Một số đề thi giao thoa.....	55

▲ Chương II : LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG – QUANG PHỔ

* Bài toán 7 : Xác định các đặc trưng của Kim loại – Electron quang điện – Dòng điện	71
* Bài toán 8 : Electron quang điện chuyển động trong điện trường hoặc từ trường	76
* Bài toán 9 : Công suất bức xạ và hiệu suất lượng tử.....	84
* Bài toán 10 : Ứng dụng của hiện tượng quang điện.....	88
* Bài toán 11 : Tia Rơnghen	95
* Bài toán 12 : Quang phổ	100
* Bài toán 13 : Một số đề thi	108

PHẦN II : VẬT LÝ HẠT NHÂN

▲ Chương III: NHỮNG KIẾN THỨC SƠ BỘ VỀ HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

* Bài toán 14 : Tính khối lượng chất phóng xạ hoặc số hạt nhân vào thời điểm t.....	131
* Bài toán 15 : Độ phóng xạ H – cân bằng phóng xạ.....	136
* Bài toán 16 : Xác định chu kì phóng xạ T hoặc tuổi của mẫu vật t....	140
* Bài toán 17 : Tổng hợp về phóng xạ	144
* Bài toán 18 : Phản ứng hạt nhân.....	164
* Bài toán 19 : Năng lượng hạt nhân.....	167
* Bài toán 20 : Vận dụng định luật bảo toàn.....	173
* Bài toán 21 : Một số đề thi.....	179

Phần I

QUANG LÍ

● CHƯƠNG I :

TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

☑ BÀI TOÁN 1 : TÁN SẮC ÁNH SÁNG

A. Tóm tắt lý thuyết :

1. Tán sắc ánh sáng :

- a) Một chùm ánh sáng trắng song song đến lăng kính, khi ló ra khỏi lăng kính, bị tách ra thành một dãy có màu như ở cầu vồng gọi là quang phổ của ánh sáng trắng. Các tia màu đỏ bị lệch ít nhất, các tia màu tím bị lệch nhiều nhất. Hiện tượng này là hiện tượng tán sắc ánh sáng.

Góc lệch : $D_d < D_{\text{da cam}} < D_{\text{vàng}} < \dots < D_{\text{tím}}$.

- b) Nguyên nhân của hiện tượng tán sắc :

Do chiết suất (n) của môi trường phụ thuộc vào bước sóng λ và tần số f của ánh sáng :

$$n = g(\lambda)$$

Thông thường n giảm khi λ tăng.

2. Ánh sáng :

– Ánh sáng đơn sắc : là ánh sáng không bị tán sắc khi đi qua lăng kính. Mỗi ánh sáng đơn sắc có một màu nhất định gọi là một màu đơn sắc.

– Ánh sáng trắng : là tập hợp của vô số các ánh sáng đơn sắc khác nhau có màu biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.

– Quang phổ của ánh sáng trắng : là dãy có màu như màu cầu vồng, có 7 màu chính : đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm, tím.

- * Vùng đỏ có bước sóng từ : 0,760 μm đến 0,640 μm .
- * Vùng da cam và vàng : 0,640 μm đến 0,580 μm .
- * Vùng lục : 0,580 μm đến 0,495 μm .
- * Vùng lam – chàm : 0,495 μm đến 0,440 μm .
- * Vùng tím : 0,440 μm đến 0,400 μm

3. Công thức thông thường :

- **Phản xạ** : $i = i'$ (Góc phản xạ i' bằng góc tới i)
- **Khúc xạ** : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ (n_1, n_2 chiết suất tuyệt đối của môi trường 1 và môi trường 2 ; i_1, i_2 góc tạo bởi tia sáng và pháp tuyến trong hai môi trường 1 và 2).

- **Phản xạ toàn phần** :

$$\sin i_{\text{gh}} = \frac{n_2}{n_1} \quad (n_1 > n_2)$$

- **Lăng kính** :

Công thức về lăng kính :

- * **Trường hợp tổng quát** :

$$\begin{aligned} \sin i_1 &= n \cdot \sin r_1 \\ \sin i_2 &= n \cdot \sin r_2 \\ A &= r_1 + r_2 \\ D &= i_1 + i_2 - A \end{aligned}$$

- * **Trường hợp góc nhỏ (A, i_1)** :

$$\begin{aligned} i_1 &= n \cdot r_1 \\ i_2 &= n \cdot r_2 \\ A &= r_1 + r_2 \\ D &= (n - 1) \cdot A \end{aligned}$$

- * **Góc lệch cực tiểu** :

$$r_1 = r_2 = r ; \quad i_1 = i_2 = i$$

$$r = \frac{A}{2}$$

$$; \quad D_{\min} = 2i - A ;$$

$$\sin \frac{D + A}{2} = n \cdot \sin \frac{A}{2}$$

B. Bài tập ví dụ :

1.1a) Khảo sát một thấu kính mỏng có chiết suất n thay đổi theo bước sóng của ánh sáng thỏa hệ thức :

$$n = 1,550 + \frac{0,0096}{\lambda^2} \quad (\lambda \text{ tính bằng } \mu\text{m})$$

Nguồn sáng S phát ra một bức xạ lưỡng sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,4 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,6 \mu\text{m}$, tới song song với trục chính của thấu kính.

a. Mô tả hiện tượng tán sắc của chùm tia ló.

b. Với bức xạ có λ_1 , tiêu cự của thấu kính là $f_1 = 0,5\text{m}$. Xác định tiêu cự của thấu kính ứng với bức xạ có bước sóng λ_2 .

Giải

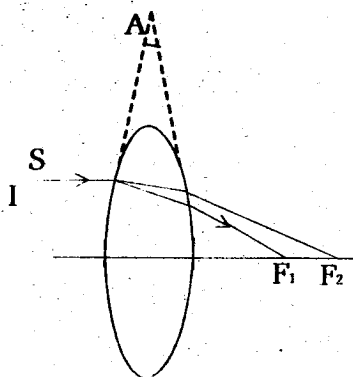
a) Tiêu cự của thấu kính là hàm của chiết suất :

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

mà chiết suất là hàm của bước sóng :

$$n = 1,500 + \frac{0,0096}{\lambda^2}$$

Do đó ứng với bước sóng λ_1 thấu kính có chiết suất n_1 , với bước sóng λ_2 thấu kính có chiết suất n_2 . Vậy, với tia tới lưỡng sắc, thấu kính sẽ cho hai tiêu điểm F_1 và F_2 ứng với hai tiêu cự f_1 và f_2 .



$$b) \frac{1}{f_1} = (n_1 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Với bước sóng λ_2 ta có :

$$\frac{1}{f_2} = (n_2 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Do đó :

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{n_1 - 1}{n_2 - 1}$$

$$\text{Với : } n_1 - 1 = 0,550 + \frac{0,0096}{\lambda_1^2} = 0,610$$

$$n_2 - 1 = 0,550 + \frac{0,0096}{\lambda_2^2} = 0,577$$

$$\text{Suy ra : } \frac{f_2}{f_1} = \frac{0,610}{0,577} = 1,06$$

Vậy :

$$f_2 = 1,06.f_1 = 1,06. 0,5 = 0,530 \text{ m}$$

1.2a) Một lăng kính thủy tinh có tiết diện thẳng là một tam giác cân ABC, đỉnh A. Một tia sáng rơi vuông góc vào mặt bên AB sau hai lần phản xạ toàn phần trên hai mặt AC và AB thì ló ra khỏi đáy BC theo phương vuông góc với BC.

a) Tính góc chiết quang A của lăng kính.

b) Tìm điều kiện mà chiết suất của lăng kính phải thỏa mãn.

c) Cho rằng chiết suất của lăng kính đối với tia sáng màu lục vừa đủ thỏa mãn điều kiện nêu ở trên. Khi đó, nếu tia tới là tia sáng trắng thì tia ló ra khỏi đáy BC theo phương vuông góc với BC có còn là ánh sáng trắng không ? Giải thích ?

Giải

a) Gọi SHIKR là đường đi của tia sáng. Tại H và K thì tia sáng truyền thẳng. Tại I và J thì tia sáng bị phản xạ toàn phần. (H. Vẽ).

Góc tới tại I là $i = \hat{A}$ (góc có cạnh đối một thẳng góc)

Do $S\hat{I}J$ so le với $I\hat{J}N$, nên :

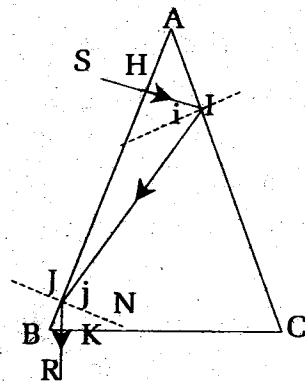
Góc tới tại J là $j = 2i = 2\hat{A}$

$$\text{Mặt khác : } \hat{B} = \hat{C} = \frac{180^\circ - \hat{A}}{2}$$

(ΔABC cân tại A)

Ta lại có : $j = \hat{B}$

(góc có cạnh đối một vuông góc)



$$\text{Suy ra : } j = \hat{B} = \hat{C} = \frac{180^\circ - \hat{A}}{2}$$

$$\text{Vậy : } 2\hat{A} = \frac{180^\circ - \hat{A}}{2}$$

$$\Rightarrow 5\hat{A} = 180^\circ \Rightarrow \hat{A} = 36^\circ$$

b) Muốn tia sáng phản xạ toàn phần trên mặt AC thì góc tới i phải lớn hơn hoặc bằng góc giới hạn phản xạ toàn phần i_{gh} hay $\sin i \geq \sin i_{gh}$.

$$\text{Mà : } \sin i_{gh} = \frac{1}{n} \quad \text{nên } \sin \hat{A} \geq \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow \sin 36^\circ \geq \frac{1}{n}$$

Vậy điều kiện chiết suất n của lăng kính phải thỏa mãn là :

$$n \geq \frac{1}{\sin 36^\circ} = 1,701 \quad (*)$$

c) Nếu chiết suất của lăng kính đối với tia màu lục vừa thỏa mãn điều kiện (*) thì chiết suất của lăng kính đối với các tia có bước sóng ngắn hơn bước sóng của tia màu lục sẽ thỏa mãn tốt hơn điều

kiện (*). Các tia này bị phản xạ toàn phần trên mặt AC và truyền theo đường thẳng IJKR.

Các tia còn lại trong quang phổ liên tục (vàng, cam, đỏ...) sẽ có một phần ló ra khỏi mặt AC, một phần phản xạ theo phương IJ.

Như vậy, những thành phần có bước sóng dài trong tia IJKR sẽ bị yếu đi. Do đó tia ló ra khỏi đáy BC sẽ không còn là ánh sáng trắng, nó sẽ ngả sang màu xanh.

1.3a) *Chiếu một chùm tia sáng trắng hẹp, coi như một tia sáng, vào một lăng kính có góc chiết quang $A = 5^\circ$, theo phương vuông góc với mặt phẳng phân giác của góc chiết quang. Điểm tới ở gần A. Chiết suất của lăng kính đối với tia tím là 1,54 và đối với tia đỏ là 1,50. Quang phổ được hứng trên một màn ảnh đặt song song và cách mặt phẳng phân giác của lăng kính 2m. Tính chiều rộng của quang phổ thu được trên màn ảnh.*

Giải

Góc lệch D của tia sáng khi qua lăng kính :

$$D = A(n - 1)$$

Xét tia tím :

$$D_t = A(n_t - 1)$$

$$D_t = 5 \cdot \frac{6,28}{360} (1,54 - 1) = 0,0471 \text{ rad}$$

Xét tia đỏ :

$$D_d = A(n_d - 1)$$

$$D_d = \frac{5 \cdot 3,14}{180} (1,5 - 1) = 0,0436 \text{ rad}$$

Góc lệch giữa hai tia tím và đỏ :

$$\Delta D = D_t - D_d = 0,0035 \text{ rad}$$

Chiều rộng của quang phổ :

$$\ell = \Delta D \cdot L = 0,0035 \cdot 2 = 0,007 \text{ m} = 7 \text{ mm}$$

1.4a) Một chùm sáng trắng, hẹp đập vào một lăng kính thủy tinh có tiết diện thẳng là tam giác đều trong điều kiện góc lệch của tia sáng vàng cực tiểu.

Tính góc tạo bởi tia đỏ và tia tím trong chùm ánh sáng ló.

Cho biết chiết suất của lăng kính ứng với các ánh sáng đỏ, vàng, tím lần lượt là : $n_d = 1,50$; $n_v = 1,51$; $n_t = 1,52$.

Giải

Xét ánh sáng vàng trong điều kiện góc lệch cực tiểu.

Góc khúc xạ :

$$r_v = \frac{A}{2} = \frac{60^\circ}{2} = 30^\circ$$

$$\text{Góc tới } i : \quad \sin i = n_v \cdot \sin r_v = 1,5 \cdot \frac{1}{2} = 0,755$$

$$i \approx 49^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Ta có :} \quad \sin r_{1d} &= \frac{\sin i}{n_d} \\ &= \frac{0,755}{1,5} = 0,503 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow r_{1d} \approx 30,22^\circ$$

$$\Rightarrow r_{2d} = A - r_{1d} = 60 - 30,22 = 29,78^\circ$$

$$\begin{aligned} \sin i_{2d} &= n_d \cdot \sin r_{2d} \\ &= 1,5 \cdot 0,497 = 0,7455 \Rightarrow i_{2d} = 48,2^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin r_{1t} &= \frac{\sin i}{n_t} \\ &= \frac{0,755}{1,52} = 0,497 \Rightarrow r_{1t} = 29,78^\circ \end{aligned}$$

$$\Rightarrow r_{2t} = A - r_{1t} = 30,22^\circ$$

$$\Rightarrow \sin i_{2t} = n_t \cdot \sin r_{2t} = 1,52 \cdot 0,503 = 0,765$$

$$\Rightarrow i_{2t} \approx 49,9^\circ$$

Góc lệch D giữa tia tới và tia ló :

$$D_d = i_{1d} + i_{2d} - A = i + 2i_{2d} - A$$

$$D_t = i_{1t} + i_{2t} - A = i + 2i_{2t} - A$$

Góc tạo bởi tia tím và tia đỏ :

$$\Delta D = D_t - D_d = i_{2t} - i_{2d}$$

$$= 49,9 - 48,2 = 1,7^\circ = 1^\circ 42'$$

C. Bài tập rèn luyện :

1.1b) Một lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác đều ABC, đáy BC nằm phía dưới và góc chiết quang là A. Chiết suất của thủy tinh làm lăng kính kính phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng theo công thức : $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$;

Trong đó : $a = 1,26$; $b = 7,555 \cdot 10^{-14} \text{m}^2$; còn λ được đo bằng đơn vị mét.

Chiếu một tia sáng trắng vào mặt bên AB của lăng kính sao cho tia tới nằm dưới pháp tuyến ở điểm tới. Tia tím có bước sóng $\lambda_1 = 0,4\mu\text{m}$, còn tia đỏ có bước sóng $\lambda_2 = 0,7\mu\text{m}$.

- Xác định góc tới của tia sáng trên mặt AB sao cho tia tím có góc lệch là cực tiểu. Tính góc lệch đó.
- Bây giờ muốn cho tia đỏ có góc lệch là cực tiểu thì phải quay lăng kính quanh cạnh A một góc là bao nhiêu theo chiều nào ?
- Góc tới của tia sáng trên mặt AB phải thỏa mãn điều kiện nào thì không có tia nào trong chùm sáng trắng ló ra khỏi mặt AC.

ĐS : a) 60° ;

b) 15° ngược chiều kim đồng hồ ;

c) $\sin i \leq 0,366 \Rightarrow i \leq 21^\circ 28'$.

1.2b) Một chùm sáng song song, sau khi qua một khe có độ rộng 1,00mm, tới mặt trên của một bản thủy tinh hai mặt song song dày $d = 50,0\text{mm}$, dưới góc tới $i = 60^\circ$.

- a) Tính độ rộng của chùm sáng trong thủy tinh khi ánh sáng trong chùm là đơn sắc có bước sóng λ_1 . Biết chiết suất của thủy tinh đối với bức xạ λ_1 là $n_1 = 1,732 \approx \sqrt{3}$.
- b) Giả sử chùm sáng tới có 2 bức xạ λ_1 và λ_2 và biết rằng đối với bức xạ λ_2 , chiết suất của thủy tinh là $n_2 = 1,725$. Tính góc giữa hai chùm tia khúc xạ ứng với λ_1 và λ_2 , biết rằng góc đó là nhỏ. muốn cho hai chùm tia ló ứng với hai bước sóng trên tách rời được hẳn nhau thì độ rộng lớn nhất của chùm sáng tới phải là bao nhiêu ?

ĐS : a) $d' = 1,73 \text{ mm}$; b) $7^{\circ}7'$; $74,4 \mu\text{m}$.

1.3b)

- a) Một thấu kính hội tụ có hai mặt cầu, bán kính cùng bằng 10cm. Chiết suất của thấu kính đối với tia tím là 1,69 và đối với tia đỏ là 1,60. Tính khoảng cách giữa tiêu điểm của các tia màu tím và tiêu điểm của các tia màu đỏ.
- b) Để cho tiêu điểm ứng với các tia màu tím trùng với tiêu điểm ứng với các tia màu đỏ, người ta ghép sát với thấu kính hội tụ nói trên một thấu kính phân kỳ có hai mặt giống nhau và cũng có bán kính là 10cm. Nhưng thấu kính này làm bằng một loại thủy tinh khác. Tìm hệ thức giữa chiết suất của thấu kính phân kỳ đối với ánh sáng tím và chiết suất của nó đối với ánh sáng đỏ.

ĐS : a) $1,08 \text{ cm}$; b) $n_t - n_d = 0,09$.

- 1.4b) Một tia sáng trắng tới mặt bên của một lăng kính bằng thủy tinh dưới góc tới 60° . Chiết suất của thủy tinh đối với ánh sáng tím là $n_t = 1,532$ và đối với ánh sáng đỏ là $n_d = 1,516$. Góc chiết quang của lăng kính là $A = 60^{\circ}$. Tìm góc hợp bởi hai tia ló màu đỏ và màu tím.

ĐS : $1^{\circ}20'$

☑ GIAO THOA ÁNH SÁNG

A. Tóm tắt lý thuyết :

1. Định nghĩa :

Giao thoa ánh sáng là sự tổng hợp hai sóng ánh sáng.

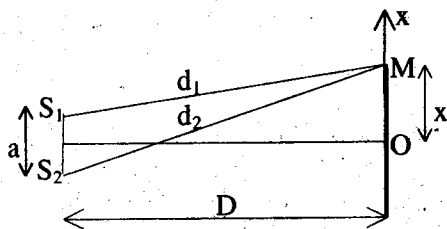
- Cùng phương dao động
- Cùng tần số
- Độ lệch pha không thay đổi theo thời gian.

2. Công thức :

a) Cho S_1 và S_2 là hai nguồn sáng đồng pha đặt trong không khí.

Hiệu quang lộ (quang trình) :

$$\delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}$$



b) Vị trí vân sáng :

$$\delta = \frac{ax}{D} = K\lambda$$

$$\Rightarrow \boxed{x = K \cdot \frac{D\lambda}{a}} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$|K|$: bậc giao thoa; $K = 0$ vân sáng trung tâm; $K = \pm 1$ vân sáng thứ nhất (bậc nhất); $K = \pm 2$ vân sáng thứ hai (bậc hai);...

c) Vị trí vân tối :

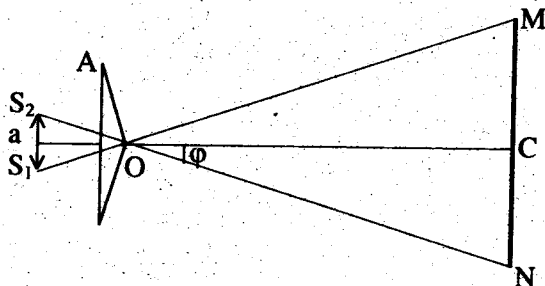
$$x = (K + \frac{1}{2}) \cdot \frac{D\lambda}{a} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$K = 0$ vân tối thứ nhất, $K = 1$ vân tối thứ hai, . . .

d) Khoảng vân : $i = \frac{D\lambda}{a}$

3. Phân quang hình học liên quan đến một số thí nghiệm giao thoa :

a) Lăng kính Fresnel :



- Góc lệch : $\varphi = A(n - 1)$

$$S_1S_2 = a = 2(n - 1).A.(SO)$$

- Chiều rộng trường giao thoa :

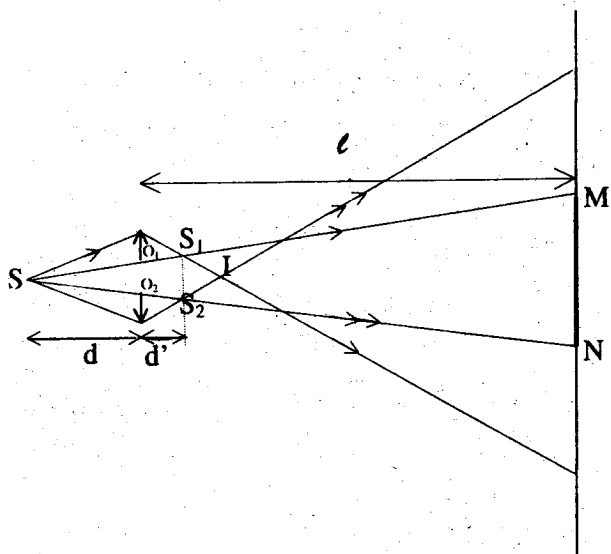
$$MN = 2.OC.A.(n - 1)$$

b) Bán thấu kính Billet :

$$S_1S_2 = \frac{d + d'}{d} (O_1O_2)$$

$$MN = \frac{d + \ell}{d} (O_1O_2)$$

$$\text{Với : } d' = \frac{df}{d - f}$$

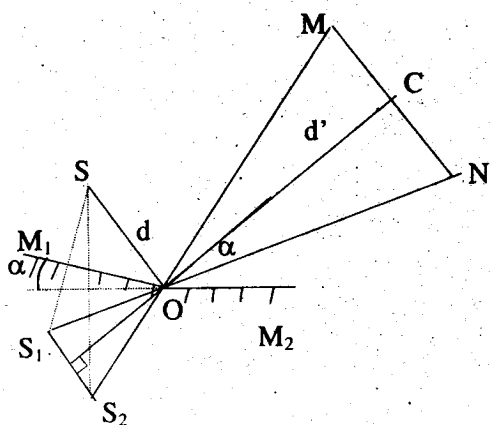


c) *Gương Fresnel :*

$$S_1S_2 = 2.SO.\alpha$$

$$D = SO + OC$$

$$MN = 2.D.\alpha$$



☑ BÀI TOÁN 2 : GIAO THOA ÁNH SÁNG ĐƠN SẮC

Một số công thức thường sử dụng ngoài các công thức ở phần tóm tắt lý thuyết :

- Khoảng cách giữa vân sáng thứ m và thứ n . $(n > m)$

$$\begin{aligned} \ell &= x_n - x_m = (n - m)i \\ \Rightarrow i &= \frac{\ell}{n - m} \quad n, m \in K \end{aligned}$$

- Khoảng cách giữa vân sáng thứ n và vân tối thứ m . $(n > m)$

$$\ell = x_n - x_m = ni - (m + \frac{1}{2}).i \quad n, m \in K$$

- Số vân trong trường giao thoa :

- Số khoảng vân : $n = \frac{L}{i}$

L : Chiều rộng trường giao thoa.

- Số vân tối đa : $m = [n] + 1;$

$[n]$: phần nguyên của n

- Số vân sáng luôn là số nguyên lẻ.

- Số vân tối luôn là số nguyên chẵn.

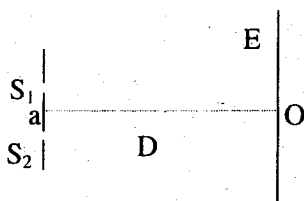
Có thể dùng công thức :

- Số vân sáng : $m = 2[\frac{L}{2i}] + 1$

- Số vân tối : $m = 2[\frac{L}{2i} + \frac{1}{2}]$

B. Bài tập ví dụ :

2.1a) Trong thí nghiệm Young về giao thoa ánh sáng, các khe S_1 và S_2 được chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc. Khoảng cách giữa hai khe $a=1\text{mm}$. Khoảng cách giữa một phẳng chứa hai khe và màn quan sát E là $D = 3\text{m}$. Khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp $i = 1,5\text{mm}$.



- Tìm bước sóng của ánh sáng tới:
- Xác định vị trí của vân sáng thứ ba và vân tối thứ tư.
- Tại vị trí M_1 , M_2 cách vân trung tâm lần lượt $7,5\text{mm}$ và $9,75\text{mm}$ ta có vân loại gì ? Bậc bao nhiêu ?
- Biết bề rộng trường giao thoa là 20mm . Tính số vân sáng, số vân tối quan sát được.

Giải

- a) Tính bước sóng λ của ánh sáng

Công thức tính khoảng vân :

$$i = \frac{D}{a} \lambda \Rightarrow \lambda = \frac{a \cdot i}{D}$$

$$\text{Nên : } \lambda = \frac{1 \cdot 1,5}{3 \cdot 10^3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{mm} = 0,5 \mu\text{m}$$

- b) Tính vị trí vân sáng thứ ba (x_{s3}), vân tối thứ tư (x_{t4})

- Công thức tính vị trí vân sáng so với vân trung tâm :

$$x_s = k \frac{D}{a} \lambda = k \cdot i \quad (k \in \mathbb{Z})$$

- Vị trí vân sáng thứ ba ($k = 3$)

$$x_{s3} = 3 \cdot (1,5) = 4,5\text{mm}$$

– Công thức tính vị trí vân tối so với vân trung tâm :

$$x_t = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{D}{a} \lambda = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot i \quad (k \in \mathbb{Z})$$

Vị trí vân tối thứ tư : ($k = 3$)

$$x_{t4} = \left(3 + \frac{1}{2}\right) \cdot 1,5 = 5,25 \text{ mm}$$

c) Xét M_1 : $\frac{x_{M1}}{i} = \frac{7,5}{1,5} = 5$

Vậy : tại M_1 có vân sáng bậc 5.

Do : $x_{M2} = 9,75 \text{ mm} = \left(6 + 0,5\right) \cdot 1,5 = \left(6 + \frac{1}{2}\right) i$

Vậy : tại M_2 có vân tối thứ 7.

d) Số khoảng vân :

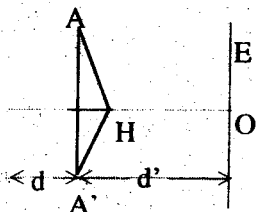
$$n = \frac{L}{i} = \frac{20}{1,5} = 13,3$$

$$\Rightarrow m = [n] = 13 \Rightarrow \text{Số vân tối đa là 14}$$

Vậy : có 13 vân sáng và 14 vân tối.

2.2a) Hai lăng kính cùng có góc ở đỉnh là $A = 20'$, làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$; có đáy gần chung với nhau làm thành một lưỡng lăng kính (H.Vẽ). Một nguồn sáng điểm S phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ đặt trên mặt phẳng của đáy chung và cách hai lăng kính một khoảng $d = 50 \text{ cm}$.

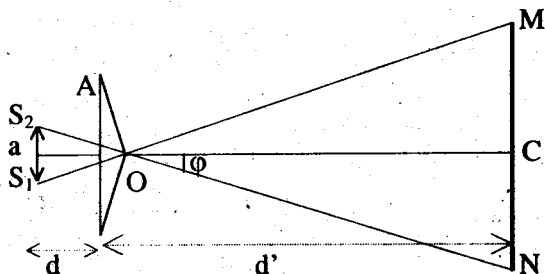
a) Tính khoảng cách giữa hai ảnh S_1, S_2 của S tạo bởi hai lăng kính. Xem rằng góc A là rất nhỏ, và các ảnh S_1, S_2 được dịch đi so với S theo phương vuông góc với đường SH. Cho $1' = 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$.



- b) Chứng minh rằng trên màn ảnh E đặt vuông góc với SH và cách H một khoảng $d' = 2,0\text{m}$ ta có thể quan sát được hệ vân giao thoa. Tính khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp và số vân quan sát được trên màn.
- c) Khoảng cách giữa các vân và số vân sáng quan sát được sẽ thay đổi thế nào nếu thay nguồn S bằng nguồn S' phát bức xạ $\lambda' = 0,450\mu\text{m}$. Cho n' không đổi
- d) Khoảng cách giữa các vân và số vân sáng quan sát được sẽ thay đổi thế nào nếu nguồn S đi xa dần hai lăng kính theo phương vuông góc với màn E.

Giải

- a) Khoảng cách giữa hai ảnh S_1, S_2 của S :



$$\begin{aligned}
 a &= S_1S_2 = 2(n-1).A.d \\
 &= 2(1,5-1)(20).3.10^{-4}(0,50) \\
 a &= S_1S_2 = 30.10^{-4} = 3,0\text{mm}
 \end{aligned}$$

- b) Chứng minh có thể quan sát được vân giao thoa :

- Hai chùm ánh sáng qua hai lăng kính đều lệch về đáy của lăng kính nên chúng giao nhau.
- Hai chùm ánh sáng trên thực chất phát ra từ S nên có cùng tần số, cùng pha nên độ lệch pha không thay đổi theo thời gian nên đó là hai nguồn kết hợp.
- Do A rất nhỏ nên hai đoàn sóng ánh sáng là hai đoàn sóng kết hợp.

Từ 3 điều trên cho thấy có thể quan sát được vân giao thoa trên màn ảnh E.

- Khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp :

$$i = \frac{(d + d')}{a} \lambda = \frac{(0,50 + 2,0)}{3,0 \cdot 10^{-3}} (0,50 \cdot 10^{-6}) = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{m}$$

- Bề rộng trường giao thoa MN :

$$MN = 2d' \tan \varphi \approx 2d'(n-1)\lambda$$

$$MN = 2 \cdot 2(1,5 - 1) (20 \cdot 3 \cdot 10^{-4}) = 12 \cdot 10^{-3} \text{m}$$

- Số khoảng vân n :

$$n = \frac{MN}{i} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{0,42 \cdot 10^{-3}} \approx 28,57$$

$$m = [n] = 28$$

- Số vân tối đa có trong trường giao thoa :

$$m + 1 = 29$$

- Số vân sáng quan sát được :

$$28 + 1 = 29$$

- c) Khoảng vân ứng với bức xạ : $\lambda' = 0,45 \mu\text{m} = 0,45 \cdot 10^{-6} \text{m}$

$$i' = \frac{D}{a} \lambda' = \frac{0,5 + 2}{3 \cdot 10^{-3}} (0,45 \cdot 10^{-6}) = 0,375 \cdot 10^{-3} \text{m}$$

- Số khoảng vân sáng n' tương ứng với λ' :

$$n' = \frac{MN}{i'} = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{0,375 \cdot 10^{-3}} = 32$$

- Số vân sáng tương ứng : $32 + 1 = 33$

- Số vân sáng tăng lên : $33 - 29 = 4$

d) Ta có : $i = \frac{D}{a} \lambda$

Với : $D = d + d'$; $a = 2(n - 1)A \cdot d$

Nên : $i = \frac{\lambda(d + d')}{2d(n - 1) \cdot A} = \frac{\lambda'}{2(n - 1) \cdot A} + \frac{\lambda \cdot d'}{2d(n - 1)A}$

- **Nhận xét :** Khi nguồn ra xa, d tăng dần nên khoảng vân giảm dần. Khi $d \rightarrow \infty$ thì $i_{gh} = \frac{\lambda}{2(n-1).A} = 0,08\text{mm}$

Số khoảng vân :

Ta có :

$$n = \frac{MN}{i} + 1 \quad ; \quad \text{với } MN = 2d'(n-1)A$$

$$n = \frac{2d'(n-1)A}{\lambda(d+d')} = \frac{2d'(n-1)A.2d(n-1)A}{\lambda(d+d')}$$

$$n = \frac{4d'(n-1)^2 A^2}{\lambda(1 + \frac{d}{d'})}$$

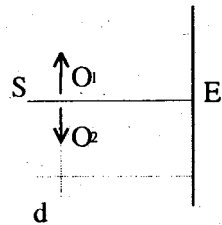
- **Nhận xét :** Khi d tăng thì n tăng .

$$n_{gh} = \frac{4d'(n-1)^2 A^2}{\lambda}$$

$$n_{gh} = \frac{4.2.(0,5)^2.(20)^2(3.10^{-4})^2}{0,5.10^{-6}} = 144$$

Số vân sáng : 145

2.3a) Cho một thấu kính hội tụ L , tiêu cự $f = 30\text{cm}$, bán kính khấu độ $r = 2\text{cm}$. Cách thấu kính một đoạn $d = 50\text{cm}$ người ta đặt một khe sáng hẹp S . Ánh sáng do khe S phát ra có bước sóng $\lambda = 0,55\mu\text{m}$.



Thấu kính được cưa dọc theo một đường kính thành hai nửa thấu kính L_1, L_2 . Các nửa thấu kính này được tách ra để thành một khe hở thẳng đứng O_1O_2 song song với khe S ; O_1, O_2 cách đều khe S và có bề rộng $O_1O_2 = 2\text{mm}$. (Hệ thống trên được gọi là lưỡng thấu kính Billet).

a) Cách lưỡng thấu kính một khoảng bằng ℓ , người ta đặt một màn quan sát (E) song song với khe S. Chứng minh rằng lưỡng thấu kính Billet tương đương với máy giao thoa của khe lằng.

Bắt đầu từ giá trị ℓ_0 nào của ℓ , ta có thể quan sát được các vân giao thoa trên màn (E).

b) Tìm sự phụ thuộc của khoảng vân i của các vân giao thoa theo khoảng cách ℓ ? Tính i khi $\ell = 3m$.

c) Với giá trị $\ell = 3m$ thì số vân sáng, vân tối quan sát được trên màn (E) là bao nhiêu?

Giải

a) Ánh sáng từ khe hẹp S truyền qua hai nửa thấu kính hội tụ tạo thành hai nguồn sáng hẹp S_1, S_2 (S_1, S_2 có dạng của khe hẹp S và $S_1 // S_2 // S$).

Khoảng cách giữa S_1, S_2 và thấu kính :

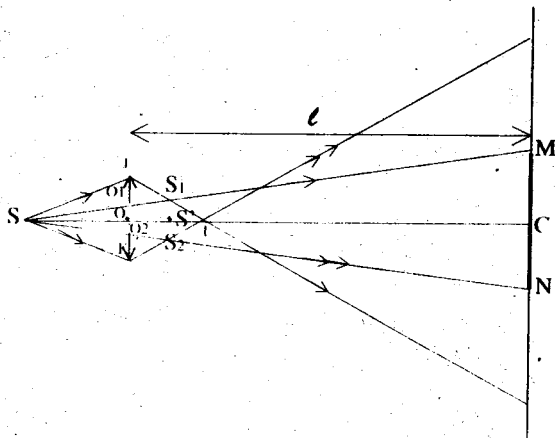
$$d' = \frac{d_1 f}{d - f} = \frac{50 \cdot 30}{50 - 30} = 75 \text{ cm}$$

$\Delta SOO_1 \sim \Delta SS'S_1$ suy ra :

$$S'S_1 = \frac{SS'}{SO} \cdot OO_1 = \frac{d + d'}{d} \cdot OO_2$$

$$S'S_1 = \frac{(50 + 75)}{50} \cdot 1 = 2,5 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow S_1 S_2 = 2 \cdot S'S_1 = 5 \text{ mm}$$



Hai nguồn sóng ánh sáng S_1, S_2 thực chất phát ra từ S nên cùng tần số và có độ lệch pha không thay đổi đó là hai nguồn kết hợp. Do đó ở vùng giao nhau của hai chùm ánh sáng sẽ có hiện tượng giao thoa ánh sáng.

Theo hình vẽ vùng giao nhau của hai chùm tia khúc xạ bắt đầu từ điểm I. Vậy $OI = \ell_0$.

$\Delta IJO \sim \Delta IS_1S'$:

$$\Rightarrow \frac{OI}{IS'} = \frac{OJ}{S'S_1}$$

$$\Rightarrow \ell_0 = OI = \frac{OJ \cdot IS'}{S'S_1} = \frac{2,1(\ell_0 - 750)}{2,5}$$

$$\Rightarrow \ell_0 = 850\text{mm} \approx 0,85\text{m}$$

Vận dụng công thức khoảng vân i trong lý thuyết vào bài tập này :

$$a = S_1S_2 \quad ; \quad D = S'C = \ell - d'$$

$$i = \frac{D}{a} \lambda = \frac{(\ell - d')\lambda}{S_1S_2}$$

Thay số :

$$i = \frac{(3 - 0,75) \cdot 0,55 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-3}} = 0,2475 \cdot 10^{-3}\text{m}$$

Chiều rộng MN trường giao thoa :

$$\frac{MN}{O_1O_2} = \frac{SC}{SO} = \frac{d + \ell}{d}$$

$$\Rightarrow MN = \frac{(d + \ell)O_1O_2}{d}$$

$$MN = \frac{(500 + 3 \cdot 10^3) \cdot 2}{500} = 14\text{mm}$$

Số khoảng vân trong trường giao thoa :

$$n = \frac{MN}{i} = \frac{14}{0,2475} = 56,56$$

Số vân sáng trên màn : 57

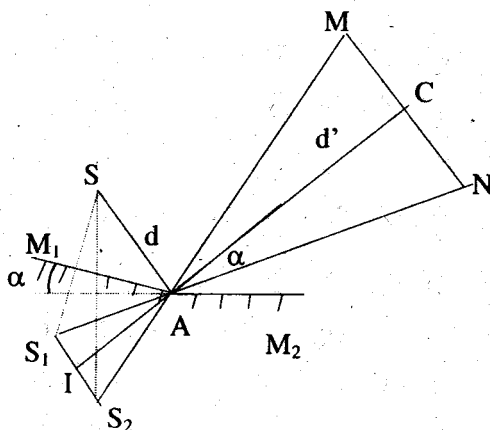
Số vân tối trên màn : 56

2.4a) Hai gương phẳng G_1, G_2 đặt sát nhau, nghiêng với nhau một góc nhỏ α (gương Fresnel). Một khe hẹp S được rọi bằng ánh sáng đơn sắc $\lambda = 0,54\mu\text{m}$ được đặt song song với giao tuyến A của hai gương, cách giao tuyến đó $d = 1\text{m}$. Khoảng vân trên màn đo được $i = 0,25(\text{mm})$

Đặt một màn quan sát E phía trước gương, song song với giao tuyến A và với S_1S_2 , cách giao tuyến A một khoảng 1m , người ta quan sát thấy các vân giao thoa trên màn. Tính góc tạo bởi hai gương và số vân sáng quan sát được.

Giải

a) Tính góc α tạo bởi hai gương :



Ta có :

$$S_1S_2 = 2S_1I = 2S_1A \cdot \sin \alpha$$

$$S_1S_2 \approx 2d \cdot \alpha$$

$$(\text{vì } \alpha \ll 1\text{rad})$$

Mặt khác :

$$i = \frac{D}{a} \lambda = \frac{IC}{S_1 S_2} \lambda$$

$$IC \approx IA + AC \approx d + AC = 2,0\text{m}$$

$$\Rightarrow S_1 S_2 = \frac{IC}{i} \lambda = \frac{2,054 \cdot 10^{-6}}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 4,32 \cdot 10^{-3} \text{m}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{a}{2d} = \frac{4,32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1,0} = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{rad}$$

b) Tìm số vân sáng quan sát được :

Chiều rộng trường giao thoa :

$$\begin{aligned} MN &= 2 \cdot AC \cdot \tan \alpha \approx 2 \cdot AC \cdot \alpha \\ &= 2 \cdot 1,0 \cdot 2,16 \cdot 10^{-3} = 4,32 \cdot 10^{-3} \text{m} \end{aligned}$$

Số khoảng vân :

$$n = \frac{MN}{i} = \frac{4,32 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 17,28$$

Số vân sáng quan sát được là 17.

C. Bài tập rèn luyện :

2.1b) Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng đơn sắc, khoảng cách giữa hai khe Young là $a = 0,8\text{mm}$, màn cách khe một khoảng $D = 2\text{m}$. Khoảng cách từ vân sáng thứ 1 đến vân sáng thứ 11 là 16mm .

a) Tính khoảng vân và bước sóng λ .

b) Tại vị trí M_1, M_2 cách vân trung tâm lần lượt 8mm và 12mm ta có vân loại gì ? Bậc bao nhiêu ?

c) Biết bề rộng trường giao thoa là 20mm . Tính số vân sáng, số vân tối quan sát được.

ĐS : a) $1,6\text{mm}$; $0,64\mu\text{m}$;

b) vân sáng thứ 5; vân tối thứ 7;

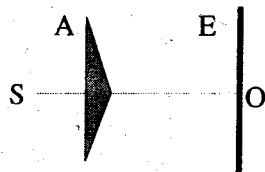
c) 13; 12.

2.2b) Một lưỡng lăng kính Fresnel (hai lăng kính giống nhau, có góc chiết quang nhỏ, cùng đáy) có chiết suất $n = 1,50$ đối với ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,500 \mu\text{m}$.

Khe S song song với các cạnh của lưỡng kính, ở trong cùng mặt phẳng của đáy hai lăng kính, và được chiếu sáng bằng ánh sáng đơn sắc nói trên. Khe sáng S cách màn quan sát giao thoa $1,5\text{m}$ và cách lưỡng lăng kính $0,30\text{m}$. Khoảng cách từ vân sáng bậc 1 đến vân sáng bậc 9 là $4,0\text{mm}$.

a) Tính :

- Khoảng vân.
- Khoảng cách giữa hai nguồn kết hợp;
- Góc chiết quang A của mỗi lăng kính;
- Số vân tối quan sát được trong vùng giao thoa.

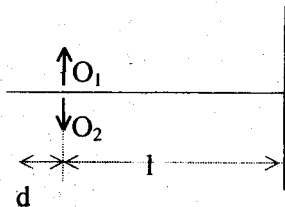


b) Khe sáng S và màn E được giữ cố định. Nếu tịnh tiến lưỡng lăng kính song song với chính nó dọc theo SO thì khoảng cách vân sẽ biến đổi ra sao ?

ĐS : a) $0,50\text{mm}$; $1,5\text{mm}$; 17° ; 12 ;

b) Dời lưỡng kính ra xa S thì i giảm.

2.3b) Cho một thấu kính hội tụ L, tiêu cự $f=20\text{cm}$. Cách thấu kính một đoạn $d=60\text{cm}$ người ta đặt một khe sáng hẹp S thẳng đứng. Ánh sáng do khe S phát ra có bước sóng $\lambda = 0,70\mu\text{m}$.

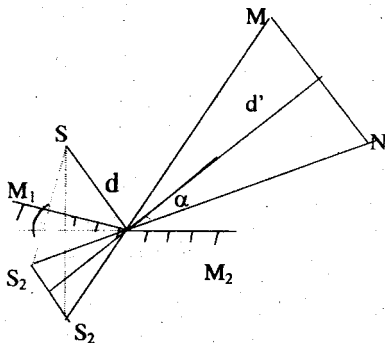


Thấu kính được chia dọc theo một đường kính thành hai nửa thấu kính L_1, L_2 . Các nửa thấu kính này được tách ra để thành một khe hở thẳng đứng O_1O_2 song song với khe S; O_1, O_2 cách đều khe S và có bề rộng $O_1O_2 = 2\text{mm}$. (Hệ thống trên được gọi là lưỡng thấu kính Billet).

Cách lưỡng thấu kính một khoảng bằng $\ell = 180\text{cm}$, người ta đặt một màn quan sát (E) song song với khe S. Tính số vân sáng và vân tối quan sát được trên màn.

ĐS : 23 ; 22.

2.4b) Thí nghiệm giao thoa ánh sáng với lưỡng gương Fresnel : gồm hai gương phẳng tạo với nhau một góc α rất nhỏ $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{rad}$. Nguồn sáng S và màn (E) quan sát vân giao thoa cách giao tuyến của hai gương những khoảng lần lượt là $d = 0,5\text{m}$ và $d' = 1,5\text{m}$.



Nguồn sáng S phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,48 \mu\text{m}$.

- Tính số vân sáng, vân tối quan sát được trên màn trong vùng giao thoa.
- Nếu đưa nguồn sáng S ra xa dần giao tuyến hai gương, thì số vân quan sát được trên màn thay đổi thế nào ?

ĐS : a) 7 vân sáng, 8 vân tối ;

$$b) \quad n = \frac{22,125d'}{d + 15} \quad (d \geq 0,5\text{m}).$$

$$m = 2 \left[\frac{14,06}{1 + \frac{1,5}{d}} \right] + 1$$

☑ BÀI TOÁN 3 : GIAO THOA VỚI ÁNH SÁNG HỖN TẠP

A. Tóm tắt lý thuyết :

• Phương pháp thông thường :

- Vị trí vân sáng của các bậc xạ trùng nhau :

$$\begin{aligned}x_1 &= x_2 & \Leftrightarrow & K_1 i_1 = K_2 i_2 \\& & \Leftrightarrow & K_1 = K_2 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (K_1 ; K_2 \in \mathbb{Z})\end{aligned}$$

$$|K_1| \leq \left[\frac{MN}{2i} \right]$$

- Giao thoa với ánh sáng trắng :

* Chiều rộng của quang phổ bậc n :

$$\Delta i = n(i_d - i_l) = n \frac{D}{a} (\lambda_{\text{đỏ}} - \lambda_{\text{tím}})$$

* Những bậc xạ có vân sáng tại vị trí x :

$$x = K \frac{D\lambda}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ax}{KD} \quad (K \in \mathbb{Z}) \quad (1)$$

$$0,4 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76 \mu\text{m} \quad (2)$$

* Những bậc xạ có vân tối tại vị trí x :

$$\lambda = \frac{ax}{(K + \frac{1}{2})D} \quad (k \in \mathbb{Z}) \quad (3)$$

$$\text{và} \quad 0,4 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76 \mu\text{m}$$

Từ (1), (2) và (3), suy ra K. Thay K vào (1) suy ra λ .

B. Bài tập ví dụ :

3.1a) Thực hiện thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Young, các khe hẹp S_1, S_2 cách nhau một đoạn $a = 1,0\text{mm}$. Nguồn sáng S cách đều hai khe. Các vân giao thoa hứng được trên màn (E) cách hai khe đoạn $D = 3\text{m}$. Bề rộng vùng giao thoa hứng được trên màn (E) là $14,6\text{mm}$.

a) Xét khe S phát ra hai ánh sáng đơn sắc, có bước sóng $\lambda_1 = 0,54\mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,36\mu\text{m}$. Hỏi ở những vị trí nào trên màn (E) trong vùng giao thoa, các vân sáng của hai ánh sáng đơn sắc nói trên trùng nhau?

b) Xét khe S phát ra ánh sáng trắng có bước sóng trong khoảng $0,680\mu\text{m}$ và $0,410\mu\text{m}$. Tính bước sóng của những bức xạ bị tắt tại điểm M trên màn (E) cách vân trung tâm 3mm . Hỏi tại M có bao nhiêu bức xạ cho vân sáng?

Giải

a) Khoảng vân ứng với bức xạ $\lambda_1 = 0,54.10^{-6}\text{m}$.

$$i_1 = \frac{D\lambda_1}{a} = \frac{3.0,54.10^{-6}}{1,0.10^{-3}} = 1,62.10^{-3}\text{m} = 1,62\text{mm}$$

Khoảng vân ứng với bức xạ $\lambda_2 = 0,36.10^{-6}\text{m}$.

$$i_2 = \frac{D\lambda_2}{a}$$

$$i_2 = \frac{3.0,36.10^{-6}}{1,0.10^{-3}} = 1,08.10^{-3}\text{m} = 1,08\text{mm}$$

Số vân sáng trong $\frac{1}{2}$ trường giao thoa ứng với bức xạ λ_2 :

$$n_2 = \left[\frac{MN}{2i_2} \right] = \left[\frac{14,6}{2.1,08} \right] = 6$$

Vị trí các vân sáng của hai ánh sáng đơn sắc trùng nhau :

$$x_1 = x_2 \Rightarrow k_1 i_1 = k_2 i_2$$

$$\Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2$$

Với $k_2 \in \mathbb{Z}$ và $|k_2| \leq 6$

$$\Rightarrow k_2 = k_1 \cdot \frac{0,54}{0,36} = \frac{3k_1}{2}$$

$$\Rightarrow |k_2| \text{ chia hết cho } 3$$

$$|k_2| = 0 ; 3 ; 6.$$

$$\Rightarrow k_2 = -6 ; -3 ; 0 ; 3 ; 6.$$

Vậy có 5 vị trí trùng nhau; ứng với :

$$|x| = 0 ; 3,24\text{mm} ; 6,48\text{mm}$$

b) Tính bước sóng λ của những bức xạ bị tắt tại M :

$$x_M = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{D\lambda}{a}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2ax_M}{D(2n+1)} \quad \text{với } n \in \mathbb{N}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{3(2n+1)} = \frac{2,0 \cdot 10^{-6}}{2n+1} \text{ (m)} \quad \text{với } n \in \mathbb{N}$$

$$\text{Mà : } 0,400 \cdot 10^{-6} \text{ (m)} \leq \lambda \leq 0,680 \cdot 10^{-6} \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow 0,400 \leq \frac{2,0}{2n+1} \leq 0,680$$

$$\Rightarrow 0,97 \leq n \leq 2 \quad \text{với } n \in \mathbb{N}$$

$$\Rightarrow n = 1 ; 2$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,400 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,400 \mu\text{m};$$

$$\Rightarrow \lambda' = 0,667 \mu\text{m}$$

Tính số bức xạ cho vân sáng tại M :

$$x_M = n \frac{D\lambda}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ax_M}{nD} \quad \text{với } n \in \mathbb{N}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{n \cdot 3} = \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{n} \quad \text{với } n \in \mathbb{N}$$

$$\Rightarrow 0,400 \cdot 10^{-6} \leq \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{n} \leq 0,680 \cdot 10^{-6}$$

$$\Rightarrow 1,47 \leq n \leq 2,5 \quad \text{với } n \in \mathbb{N}$$

$$\Rightarrow n = 2$$

Vậy có 1 bức xạ cho vân sáng tại M.

3.2a) Dùng hai gương Fresnel hợp với nhau góc α thật nhỏ, cạnh chung của hai gương là O. Khe sáng S cách O một khoảng $d = 0,25\text{m}$; qua hai gương cho hai ảnh S_1, S_2 . Các vân giao thoa

hiện trên màn (E) song song với S_1S_2 và cách O là $d' = 2m$. Với ánh sáng có bước sóng $\lambda_1 = 0,6 \mu m$ thì khoảng vân $i = 0,6mm$.

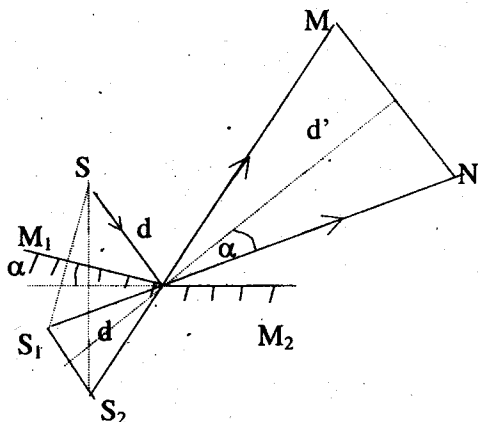
a) Tính khoảng cách a của S_1S_2 . Xác định trị số α .

b) Tính bề rộng của giao thoa trường, số vân sáng và vân tối trên màn.

c) Mô tả hiện tượng giao thoa trên màn khi ánh sáng gồm hai bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,60 \mu m$ và $\lambda_2 = 0,45 \mu m$.

Giải

a) Tính $a = S_1S_2$ và α :



Công thức khoảng vân :

$$i_1 = \frac{D\lambda}{a} = \frac{(d + d')\lambda_1}{a}$$

$$a = \frac{(d + d')\lambda_1}{i} = \frac{(0,25 + 2) \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}{0,6 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow a = 0,25 \cdot 10^{-3} (m) = 2,25 (mm)$$

Góc tạo bởi hai gương :

$$\alpha = \frac{a}{2d} = \frac{2,25 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,25} = 4,5 \cdot 10^{-3} (rad)$$

b) Bề rộng trường giao thoa :

$$MN = 2 \cdot d' \cdot \alpha = 2 \cdot 2,4 \cdot 5,10^{-3} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 18 \text{ mm}$$

Số khoảng vân :

$$n_1 = \frac{MN}{i_1} = \frac{18}{0,6} = 30 \quad (1)$$

Vậy có 30 vân tối và 31 vân sáng.

c) Khoảng vân ứng với bức xạ λ_2 :

$$i_2 = \frac{(d + d')}{a} \lambda_2 = 0,45 \text{ mm}$$

Số vân sáng trong nửa trường giao thoa ứng với λ_2 :

$$n_2 = \left[\frac{MN}{2i_2} \right] = 20$$

Vị trí hai vân sáng đơn sắc trùng nhau :

$$x_1 = x_2 \Rightarrow K_1 \cdot \lambda_1 = K_2 \cdot \lambda_2$$

$$\text{Với : } K_1, K_2 \in \mathbb{Z}; |K_2| \leq n_2 = 20 \quad ; \quad |K_1| \leq \frac{1}{2} n_2 = 15$$

$$\Rightarrow K_2 = K_1 \frac{0,6}{0,45} = \frac{4}{3} K_1$$

$$\Rightarrow |K_1| \text{ chia hết cho 3}$$

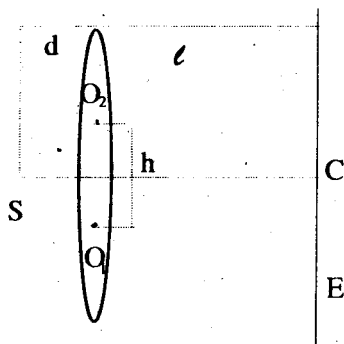
$$|K_1| = 0 ; 3 ; 6 ; 9 ; \dots$$

Theo (1) thì $|K_1| \leq 15$ nên $|K_1| = 0 ; 3 ; 6 ; 9 ; 12 ; 15$

$$|x| = |x_1| = |x_2| = |K_1| \cdot i = 0 ; 1,8 ; 3,6 ; 5,4 ; 7,2 ; 9,0 (\text{mm})$$

Ở vị trí trung tâm ta có hai vân sáng đơn sắc tím (λ_2) và vàng trùng nhau, kế đến là 1 vân tím thứ 1, rồi vân vàng thứ 1, vân tím thứ hai, rồi vân vàng thứ 2, vân tím thứ 3, vân vàng và tím trùng nhau, sau đó hiện tượng lặp lại.

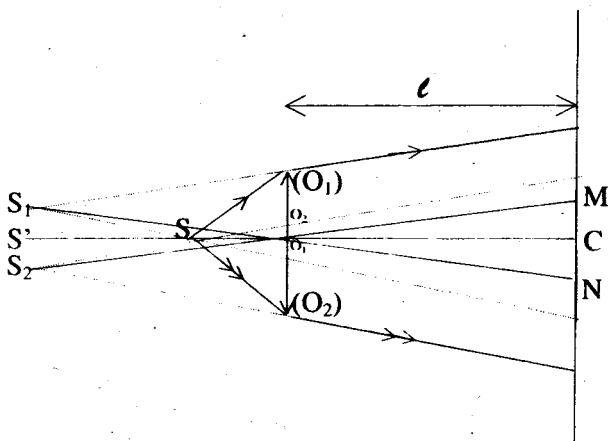
3.3a) Từ một thấu kính mỏng có độ tụ $+2,00\text{dp}$, người ta cắt bỏ một miếng rộng $h = 2,00\text{mm}$ dọc theo trục chính. Hai miếng còn lại của thấu kính được ghép lại thành một lưỡng thấu kính. Người ta đặt một nguồn sáng có dạng khe sáng cách lưỡng thấu kính này $d = 25\text{cm}$ và song song với đường ghép trên thấu kính.



Nguồn sáng là đơn sắc phát ánh sáng với bước sóng $\lambda_1 = 500\text{nm}$. Sau lưỡng thấu kính ở một khoảng cách $l = 1,00\text{m}$ người ta đặt một màn ảnh. Xác định :

- Khoảng vân.
- Số vân tối đa N có thể quan sát thấy trong trường hợp này.
- Nếu dùng nguồn sáng có bước sóng trong khoảng $0,40\mu\text{m}$ đến $0,75\mu\text{m}$. Hỏi M cách vân trung tâm $1,75\text{mm}$ có những ánh sáng đơn sắc nào có cường độ cực đại ?
- Đặt khe của một quang phổ kế tại M , sẽ thấy mấy vạch đen ?

Giải



Tiêu cự của thấu kính :

$$f = \frac{1}{D} = \frac{1}{2,00} = 0,500\text{m} = 50\text{cm}$$

$$\text{Cho } d = 25\text{cm} = \frac{f}{2}$$

$$d' = \frac{df}{d-f} = -f$$

$\Rightarrow S_1, S_2$ là ảnh ảo nằm trên tiêu diện của thấu kính

$$\Rightarrow \frac{SS'}{SO} = 1$$

$$\Rightarrow a = S_1S_2 = h = 2\text{ mm}$$

a) Khoảng vân :

$$i = \frac{D\lambda}{a} = \frac{(\ell + f)\lambda_1}{a} \\ = \frac{(1,00 + 0,50) \cdot 0,500 \cdot 10^{-6}}{2,00 \cdot 10^{-3}} = 0,375 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$i = 0,375 \text{ mm}$$

b) Chiều rộng trường giao thoa :

$$MN = S_1S_2 \cdot \frac{OC}{S'O} = 2,00 \cdot \frac{1,00}{0,500} = 4,00\text{mm}$$

Số vân sáng :

$$n = 2 \cdot \left[\frac{MN}{2i} \right] + 1 = 2 \cdot \left[\frac{4,00}{2 \cdot 0,375} \right] + 1 = 11$$

c) Công thức vị trí vân sáng :

$$x = K \cdot \frac{D\lambda}{a} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{ax}{KD} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

Xét :

$$x = 0,75 \text{ mm} \quad ; \quad 0,4 \cdot 10^{-6} \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,75 \cdot 10^{-6} \mu\text{m}$$

$$\Rightarrow 0,4 \cdot 10^{-6} \leq \frac{200 \cdot 1,75 \cdot 10^{-6}}{K \cdot 1500} \leq 0,75 \cdot 10^{-6} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow 3,11 \leq K \leq 5,8 \quad (K \in \mathbb{Z})$$

Xét :

$$K = 4 \quad \Rightarrow \quad \lambda_4 = 0,583 \mu\text{m}$$

$$K = 5 \quad \Rightarrow \quad \lambda_5 = 0,467 \mu\text{m}$$

Vậy tại m có 2 ánh sáng đơn sắc trên có cường độ cực đại.

d) Công thức vị trí vân tối :

$$x = \left(K + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{D\lambda}{a} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{ax}{D(K + 0,5)} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

Xét :

$$x = 0,75 \text{ mm} \quad ; \quad 0,4 \cdot 10^{-6} \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,75 \cdot 10^{-6} \mu\text{m}$$

$$\Rightarrow 0,4 \cdot 10^{-6} \leq \frac{200 \cdot 1,75 \cdot 10^{-6}}{150(K + 0,5)} \leq 0,75 \cdot 10^{-6} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow 2,61 \leq K \leq 5,3 \quad (K \in \mathbb{Z})$$

Xét :

$$K = 3 ; 4 ; 5, \text{ tương tự như trên}$$

Vậy sẽ thấy 3 vạch đen.

C. Bài tập rèn luyện :

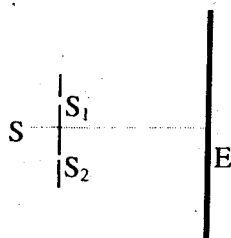
3.1b) Thực hiện thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Young, các khe hẹp S_1, S_2 cách nhau đoạn $a = 2,0\text{mm}$. Nguồn sáng S cách đều hai khe, phát ra ánh sáng vàng đơn sắc, có bước sóng $\lambda = 0,60 \mu\text{m}$.

Các vân giao thoa hứng được trên màn (E) cách hai khe đoạn $D = 2\text{m}$, bề rộng vùng giao thoa hứng được trên màn (E) là $10,5\text{mm}$.

a) Tính khoảng vân.

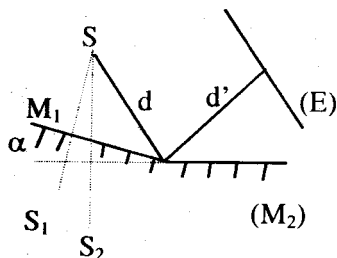
b) Tính số vân sáng, số vân tối quan sát được trong vùng giao thoa.

- c) Bây giờ khe S phát ra hai ánh sáng đơn sắc, có bước sóng là $\lambda = 0,60\mu\text{m}$ và khi ấy trên màn quan sát được các cực đại giao thoa của hai hệ vân trùng nhau tương ứng với các vân số 0, 4; 8 của hệ vân vàng. Xác định λ' biết $0,4\mu\text{m} \leq \lambda' \leq 0,50\mu\text{m}$.



- ĐS :** a) $i = 0,6\text{mm}$;
b) 17vân sáng ; 18 vân tối ;
c) $0,48\mu\text{m}$

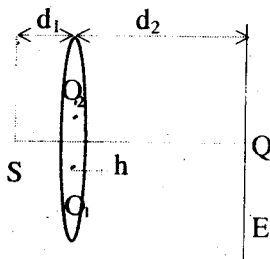
- 3.2b)** Thí nghiệm giao thoa ánh sáng với lưỡng gương Fresnel : gồm hai gương phẳng tạo với nhau một góc α rất nhỏ $\alpha = 2,57 \cdot 10^{-3}\text{rad}$. Nguồn sáng S và màn (E) quan sát vân giao thoa cách giao tuyến của hai gương những khoảng lần lượt là $d = 0,5\text{m}$ và $d' = 1,5\text{m}$.



- a) Nguồn sáng S phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,60\mu\text{m}$. Tìm số vân sáng.
b) Mô tả hiện tượng giao thoa trên màn khi ánh sáng gồm hai bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,60\mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,48\mu\text{m}$.

ĐS : a) 17 ; b) $|K_1| = 0 ; 4 ; 8$.

- 3.3b)** Một thấu kính hội tụ tiêu cự $f = 15\text{cm}$ được đưa đôi theo mặt phẳng chứa quang trục chính và vuông góc với tiết diện của thấu kính, rồi hớt đi mỗi nửa một lớp dày $h = 1,25\text{mm}$ tính từ quang tâm, xong dán lại thành lưỡng thấu kính (H.Vẽ), trong đó O_1 như quang



tâm vốn có của nửa thấu kính trên, O_2 của nửa thấu kính dưới.

Một nguồn sáng điểm phát ba bức xạ đơn sắc thuộc vùng đỏ, vùng lục, vùng lam, bước sóng được ký hiệu lần lượt là λ_1 , λ_2 , λ_3 được đặt trên trục đối xứng của lưỡng thấu kính, cách thấu kính một khoảng $d_1 = 7,5\text{cm}$.

- a) Xác định khoảng cách a giữa hai ảnh S_1 , S_2 của S qua lưỡng thấu kính.
- b) Đặt sau lưỡng thấu kính một màn hứng ảnh vuông góc với trục đối xứng của lưỡng thấu kính và cách lưỡng thấu kính một khoảng $d_2 = 235\text{cm}$. Che nguồn lần lượt bởi kính đỏ và kính lục (để lọt bức xạ đỏ hoặc bức xạ lục) và dùng kính lúp sẽ quan sát được hai hệ vân giao thoa tương ứng có độ rộng $i_1 = 0,64\text{mm}$ và $i_2 = 0,54\text{mm}$. Xác định bước sóng của hai bức xạ đó.
- c) Do thiếu kính lọc màu lam, phải dùng một kính lọc để lọt đồng thời hai bức xạ đỏ và lam. Khi ấy trên màn, quan sát được các cực đại giao thoa của cả hai loại màu : đỏ và lam. Đồng thời ở các vân số 0, số 3, số 6 của hệ vân đỏ thấy có sự trùng khít với các vân sáng màu lam. Xác định bước sóng màu lam, biết rằng màu lam tương ứng với dãy bước sóng từ $0,46\text{ }\mu\text{m}$ đến $0,50\text{ }\mu\text{m}$.
- d) Mô tả hiện tượng khi không dùng kính lọc nào. Hãy tính xem trong trường giao thoa có cả thấy bao nhiêu vệt sáng trắng, đó là cực đại thứ bao nhiêu của hệ vân đỏ. Cho biết : ba bức xạ mà bước sóng tính được trong bài này khi chồng chập lên nhau cho ta cảm giác sáng trắng.

ĐS : a) $2,5\text{mm}$; b) $0,64\text{ }\mu\text{m}$; $0,54\text{ }\mu\text{m}$;

c) $0,48\text{ }\mu\text{m}$; d) 3 vệt trắng , cực đại thứ 27.

☑ BÀI TOÁN 4 : DỊCH CHUYỂN HỆ VÂN

A. Tóm tắt lý thuyết :

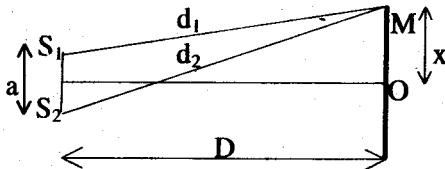
1. Khái niệm quang trình :

- Điều kiện để có vân sáng tại M :

Hai sóng (hai dao động thành phần) tại M cùng pha :

$$\Delta\varphi = 2\pi.f(t_2 - t_1) = 2.\pi.f\left(\frac{S_2M}{v} - \frac{S_1M}{v}\right) = K.2\pi$$

$$\Rightarrow S_2M - S_1M = K. \frac{v}{f}$$



- Bước sóng ánh sáng trong môi trường : $\lambda = \frac{v}{f}$
- Bước sóng ánh sáng trong chân không :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} = n \frac{v}{f} = n.\lambda$$

$$\Rightarrow S_2M - S_1M = K. \frac{\lambda_0}{n}$$

Trong trường hợp môi trường chân không :

$$S_2M - S_1M = K.\lambda_0$$

Trong trường hợp môi trường chiết suất n :

$$nS_2M - nS_1M = K.\lambda_0$$

Đặt : $[S_2M] = n.S_2M$. gọi là quang trình (quang lộ), với S_2M là quãng đường hình học.

2. Thí nghiệm giao thoa trong môi trường có chiết suất n :

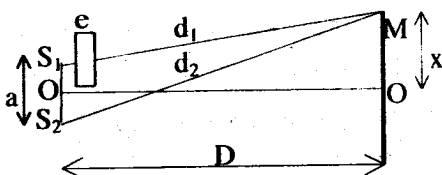
Hiệu quang trình : $\delta = [S_2M] - [S_1M] = n \frac{ax}{D}$

Vị trí vân sáng : $x = K \cdot \frac{D\lambda_0}{an}$

Khoảng vân : $i = \frac{D\lambda_0}{an} = \frac{i_0}{n}$, với $i_0 = \frac{D\lambda_0}{a}$

3. Thí nghiệm giao thoa Young có bản mặt song song mỏng :

Do bản mặt song song mỏng :



- Quang lộ từ S_1 đến M : $[S_1M] = (d_1 - e) + ne$
- Quang lộ từ S_2 đến M : $[S_2M] = d_2$
- Hiệu quang lộ : $\delta = d_2 - d_1 - e(n - 1) = \frac{ax}{D} - e(n - 1)$
- Vị trí vân sáng : $x = K \frac{D\lambda}{a} + \frac{D \cdot e}{a} (n - 1)$
- Hệ vân dời 1 đoạn x_0 về phía có đặt bản hai mặt song song :

$$x_0 = \frac{D \cdot e}{a} (n - 1)$$

B. Bài tập ví dụ :

4.1a) Hai khe Young S_1S_2 cách nhau $a = 1.0\text{mm}$ được chiếu sáng bằng một khe S song song và cách đều hai khe.

a) S được chiếu sáng bằng ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0.545\mu\text{m}$. Màn quan sát E đặt song song với mặt phẳng chứa hai khe và cách nó một khoảng 2.00m . Tính khoảng vân.

b) Thực hiện thí nghiệm trong chất lỏng có chiết suất n . Ta thấy vân sáng thứ ba di chuyển $0,75\text{mm}$. Tính n .

c) Đặt một bản thủy tinh mỏng, hai mặt song song có bề dày $e = 0,02\text{mm}$. Chắn một trong hai khe Young trên thấy hệ vân dời trên màn một khoảng $x_0 = 24\text{mm}$. Tính chiết suất n' của thủy tinh.

Giải

a) Tính khoảng vân :

$$i = \frac{D}{a} \lambda = \frac{2,00 \cdot 0,545 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{m} = 1,09 \text{mm}$$

b) Tính chiết suất n của chất lỏng :

Vị trí vân sáng thứ 3 khi thí nghiệm trong không khí :

$$x_3 = 3i = 3,27 \text{mm}$$

Vị trí vân sáng thứ 3 khi thí nghiệm trong chất lỏng : (lập luận như phần phương pháp giải dẫn đến công thức)

$$x'_3 = \frac{3 \cdot D \lambda}{n \cdot a} = \frac{x_3}{n}$$

Khoảng di chuyển của vân thứ 3 :

$$\Delta x = x_3 - x'_3 = x_3 \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

$$\Rightarrow n = \frac{x_3}{x_3 - \Delta x}$$

$$\Rightarrow n = \frac{3,27 \cdot 10^{-3}}{(3,27 - 0,75) \cdot 10^{-3}} \approx 1,3$$

c) Tính chiết suất n' : (lập luận như phần tóm tắt dẫn đến công thức) :

$$x_0 = (n' - 1) \frac{e \cdot D}{a}$$

$$\Rightarrow n' = 1 + \frac{a \cdot x_0}{e \cdot D}$$

$$\Rightarrow n' = 1 + \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 2,4 \cdot 10^{-3}}{0,02 \cdot 10^{-3} \cdot 2,00} = 1,6$$

4.2a) Lăng kính Fresnel làm bằng thủy tinh có góc ở đỉnh $A=30^\circ$. Khe sáng S nằm trong mặt phẳng của đáy chung O của hai lăng kính và cách lưỡng lăng kính là $d_1 = 50,0\text{cm}$, màn E được đặt cách lưỡng lăng kính $d_2 = 200\text{cm}$. Người ta chiếu S bằng hai bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,680\mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,400\mu\text{m}$.

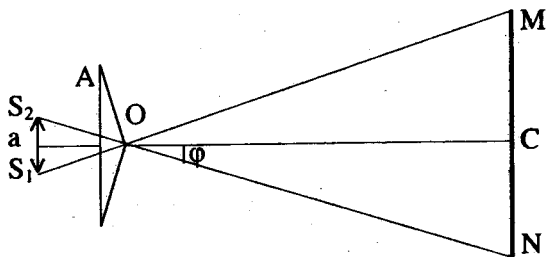
a) Tính khoảng vân tương ứng i_1, i_2 và tìm vị trí hai vân sáng đơn sắc trùng nhau.

b) Trước một trong hai lăng kính, người ta đặt một bản thủy tinh mỏng hai mặt song song, thì thấy hệ vân màu đỏ tịnh tiến một khoảng bằng $20i_1$. Tìm chiều dày của bản thủy tinh.

Cho chiết suất của thủy tinh ứng với bức xạ λ_1, λ_2 lần lượt là $n_1 = 1,50$ và $n_2 = 1,53$; $1' = 3.10^{-4}\text{rad}$.

Giải

a) Tính i_1 và i_2 :



Góc lệch φ của tia sáng qua lăng kính :

$$\varphi = (n - 1).A$$

Khoảng cách giữa hai nguồn sáng :

$$a = 2.\varphi.d_1 = 2(n-1).A.d_1$$

Khoảng vân i :

$$i = \frac{D}{a} \lambda = \frac{(d_1 + d_2)\lambda}{2(n-1).A.d_1}$$

Xét bức xạ λ_1 :

$$i_1 = \frac{(50 + 200).10^{-2}.0,680.10^{-6}}{2(1,50 - 1).30.3.10^{-4}.50.10^{-2}}$$

$$\Rightarrow i_1 \approx 0,378.10^{-3}\text{m} = 0,378\text{mm}$$

Xét bức xạ λ_2 :

$$i_2 = \frac{(50 + 200) \cdot 10^{-2} \cdot 0,400 \cdot 10^{-6}}{2(1,53 - 1)30 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 10^{-2}}$$

$$\Rightarrow i_2 \approx 0,210 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,210 \text{ mm}$$

Chiều rộng trường giao thoa : $MN = 2 d_2 \cdot A(n - 1)$

$$\begin{aligned} \text{Xét } \lambda_1 : \quad MN &= 2 \cdot 200 \cdot 10^{-2} \cdot 30 \cdot 3 \cdot 10^{-4} (1,5 - 1) \\ &= 18 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 18,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Xét } \lambda_2 : \quad M'N' &= 2 \cdot 200 \cdot 10^{-2} \cdot 30 \cdot 3 \cdot 10^{-4} (1,53 - 1) \\ &= 919,08 \cdot 10^{-3} = 19,08 \text{ mm} \end{aligned}$$

Vân sáng màu đỏ :

$$n_1 = 2 \left[\frac{MN}{2i_1} \right] + 1 = 47$$

Số vân sáng màu tím :

$$n_2 = 2 \cdot \left[\frac{M'N'}{2i_2} \right] + 1 = 91$$

Khi hai vân sáng đơn sắc trùng nhau :

$$k_1 i_1 = k_2 i_2 \Rightarrow k_1 \frac{\lambda_1}{n_1 - 1} = k_2 \frac{\lambda_2}{n_2 - 1}$$

$$\Rightarrow k_1 \frac{0,680}{0,50} = k_2 \frac{0,400}{0,53}$$

$$\Rightarrow k_2 = 1,8k_1 = \frac{9}{5}k_1 \quad (1) \text{ với } k_1, k_2 \in \mathbb{Z}$$

$$|k_1| \leq \left[\frac{n_1}{2} \right] = 23 \quad (2)$$

$$|k_2| \leq \left[\frac{n_2}{2} \right] = 45 \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3), suy ra : $k_1 = 0 ; \pm 5 ; \pm 10 ; \pm 15 ; \pm 20$

$$k_2 = 0 ; \pm 9 ; \pm 18 ; \pm 27 ; \pm 36$$

Vị trí hai vân sáng trùng nhau :

$$x = 0 ; \pm 1,89 ; \pm 3,78 ; \pm 5,67 ; \pm 7,56 \text{ (mm)}$$

b) Tìm chiều dày e :

$$x_0 = \frac{(n_1 - 1).e.D}{a}$$

$$\Rightarrow e = \frac{x_0 a}{D(n_1 - 1)} = \frac{20.D.\lambda_1.a}{a(n_1 - 1).D}$$

$$\Rightarrow e = \frac{20\lambda_1}{n_1 - 1} = \frac{20.0,680.10^{-6}}{(1,50 - 1)}$$

$$\Rightarrow e = 27,2.10^{-6}\text{m} = 27,2\mu\text{m}.$$

4.3a) Một thấu kính hội tụ L , tiêu cự $f = 20\text{cm}$, được cắt làm hai phần ngang qua quang tâm và đưa ra xa nhau $1/6(\text{mm})$. Nguồn sáng S được đặt cách thấu kính L khoảng 30cm và ở trên trục chính của L . Vân giao thoa được quan sát trên một màn E vuông góc với trục chính và cách S 190cm .

a) Dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,40\mu\text{m}$. Tính khoảng cách từ vân trung tâm đến điểm M nơi xuất hiện vân sáng thứ 25.

b) Dùng ánh sáng phức tạp có chứa các bước sóng trong khoảng từ $0,40\mu\text{m}$ đến $0,70\mu\text{m}$. Tại điểm M có bao nhiêu ánh sáng đơn sắc có cường độ cực đại ?

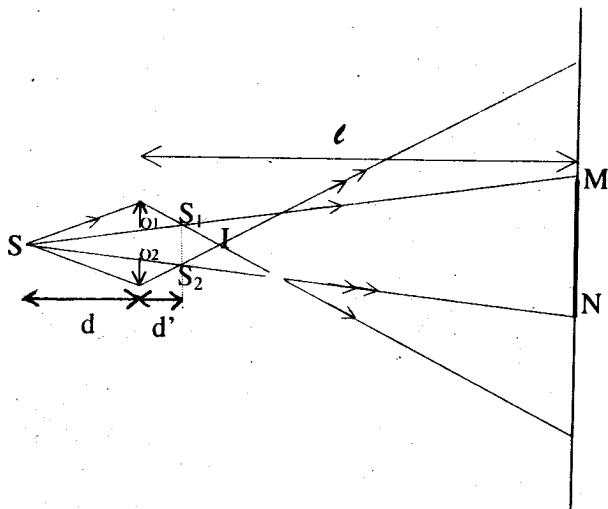
Đặt khe của một quang phổ kế tại M sẽ thấy bao nhiêu vạch đen ?

c) Tính bề dày của một bản mặt song song, chiết suất $n = 1,5$; làm mất các vạch đen khi bản được đặt trên đường đi của một trong hai chùm tia ló khỏi hai nửa thấu kính.

Giải

a) Tính khoảng cách giữa hai khoảng vân :

Khoảng cách từ thấu kính đến hai ảnh S_1, S_2 của S :



$$d' = \frac{d \cdot f}{d - f} = \frac{30 \cdot 20}{30 - 20} = 60 \text{ cm}$$

Khoảng cách giữa hai nguồn sáng :

$$a = S_1 S_2 = \frac{d + d'}{d} O_1 O_2 = \frac{30 + 60}{30} \cdot \frac{1}{6} = 0,5 \text{ mm}$$

Khoảng vân :

$$i = \frac{D \cdot \lambda}{a} = \frac{[L - (d + d')] \lambda}{a}$$

$$\Rightarrow i = \frac{(190 - 90) \cdot 10^{-2} \cdot 0,4 \cdot 10^{-6}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 0,8 \cdot 10^{-3} (\text{m}) = 0,8 (\text{mm})$$

Khoảng cách từ vân trung tâm đến vân sáng thứ 25 :

$$\Rightarrow x = CM = 25 \cdot i = 25(0,8) = 20 (\text{mm})$$

b) Xác định số bức xạ đơn sắc có cường độ cực đại tại M :

$$x = K \frac{D \cdot \lambda}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{x \cdot a}{K \cdot D} ; \text{ với } K \in \mathbb{N}$$

$$\text{Do : } 0,4 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,7 \mu\text{m}$$

$$\Rightarrow 0,4 \cdot 10^{-6} \leq \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{K \cdot 1} \leq 0,7 \cdot 10^{-6}$$

$$\Rightarrow 14,28 \leq K \leq 25 \quad (K \in \mathbb{N})$$

$$\Rightarrow K = 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25.$$

Có tất cả 11 bức xạ đơn sắc có cường độ cực đại tại M.

Số bức xạ cho vân tối tại M :

$$x = CM = \left(K + \frac{1}{2}\right) \frac{D\lambda}{a}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{x \cdot a}{\left(K + \frac{1}{2}\right) D} \quad (K \in \mathbb{N})$$

$$\Rightarrow 0,4 \cdot 10^{-6} \leq \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{\left(K + \frac{1}{2}\right) \cdot 1} \leq 0,7 \cdot 10^{-6} \quad (K \in \mathbb{N})$$

$$\Rightarrow 13,75 \leq K \leq 24,5$$

Vậy có 11 bức xạ bị tắt tại M. Do đó trong quang phổ có 11 vạch đen.

c) Tìm bề dày e của bản mặt song song :

Để tại M không có bức xạ cho vân tối thì bản mặt song song có tác dụng làm cho hệ vân di chuyển 1 khoảng $x_0 = CM$. (M trở thành vân trung tâm).

Ta có :

$$X_0 = CM = \frac{D \cdot e(n-1)}{a} \Rightarrow e = \frac{CM \cdot a}{D(n-1)}$$

$$\Rightarrow e = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{1(1,5-1)} = 20 \cdot 10^{-6}(\text{m}) = 20 \mu\text{m}.$$

C. Bài tập rèn luyện :

4.1b) Hai khe Young S_1 và S_2 cách nhau một khoảng $d = 0,2\text{mm}$ được chiếu sáng bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Màn quan sát E đặt song song với mặt phẳng chứa hai khe và cách nó một khoảng $D = 1,00\text{m}$. Vân sáng thứ ba cách vân trung tâm một khoảng $x = 7,5\text{mm}$.

a) Tính khoảng vân và bước sóng đã dùng.

b) Thực hiện thí nghiệm trong nước có chiết suất $n = 1,33$. Hãy tính khoảng vân. Vân sáng thứ ba đã dịch đi một đoạn là bao nhiêu so với vị trí của nó trước đây ?

- c) Trên đường đi của tia S_2M ta đặt một bản thủy tinh mỏng, hai mặt song song, có độ dày $e = 0,01\text{mm}$, chiết suất $n = 1,5$. Hãy xác định chiều dịch chuyển của hệ vân và độ dịch chuyển đó.

ĐS : a) $2,5\text{mm}$; $0,5\mu\text{m}$;
 b) $1,88\text{mm}$; $1,86\text{mm}$;
 c) Phía dưới ; 25mm .

4.2b) Lưỡng lăng kính Fresnel có góc ở đỉnh $A = 0,01\text{radian}$, chiết suất $n = 1,5$. Khe sáng S nằm trong mặt phẳng của đáy chung O của hai lăng kính và cách lưỡng lăng kính 20cm . S_1, S_2 là ảnh của S qua hai lăng kính nói trên.

- a) Định bề rộng của giao thoa trường trên màn E , thẳng góc với SO và cách lưỡng lăng kính 180cm .
 b) S được chiếu sáng bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,6\mu\text{m}$. Tính khoảng cách vân và số vân sáng trên màn E .
 c) Che mặt của lăng kính bởi một bản mặt song song mỏng, chiết suất $n = 1,6$.

Vân sáng trung tâm dời một khoảng $6,72\text{mm}$.

Vân sáng dời theo chiều nào ? Tính bề dày e của bản mặt song song.

ĐS : a) $1,8\text{cm}$; b) $0,6\text{mm}$; 31 c) $11,2\mu\text{m}$.

4.3b) Hai nguồn đồng pha S_1 và S_2 cách nhau là a , phát ra hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,5\mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,667\mu\text{m}$. Vân giao thoa hiện trên màn E cách S_1, S_2 là $D = 1\text{m}$. Quan sát điểm M trên màn E , cách vân trung tâm 1cm . Giả sử O , trung điểm của S_1S_2 , cố định; cho a lớn dần từ $0,25\text{mm}$ đến $0,50\text{mm}$.

Khi a bằng bao nhiêu thì tại M :

- a) Cả hai bức xạ đều cho vân sáng.
 b) Bức xạ λ_1 cho vân sáng và λ_2 cho vân tối.
 c) Bức xạ λ_1 cho vân tối và λ_2 cho vân sáng.
 d) Cả hai bức xạ cho vân tối.

ĐS : a) $0,40\text{mm}$; b) $0,30\text{mm}$; $0,50\text{mm}$;
 c) $0,275\text{mm}$; $0,325\text{mm}$; $0,475\text{mm}$; d) $0,375\text{mm}$.

☑ BÀI TOÁN 5 : GIAO THOA ÁNH SÁNG VỚI HAI NGUỒN KẾT HỢP KHÔNG ĐỒNG PHA

A. Tóm tắt lý thuyết :

1. Tính hiệu quang trình :

$$\delta = [SS_2] + [S_2M] - [SS_1] - [S_1M]$$

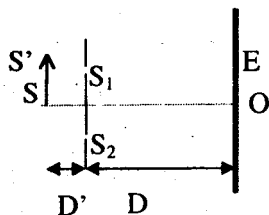
2. Công thức vị trí vân sáng :

$$\delta = K\lambda \Rightarrow x$$

B. Bài tập ví dụ :

5.1a) Trong thí nghiệm Young ta có :

$S_1S_2 = a = 2\text{mm}$; $D = 2\text{m}$. Một nguồn sáng đơn sắc S đặt cách đều hai khe S_1, S_2 và khoảng cách từ S đến mặt phẳng chứa hai khe S_1, S_2 là $D' = 0,5\text{m}$. Vân sáng trung tâm hiện tại O .



a) Nếu dời S song song với S_1S_2 về phía S_1 , đến S' với $SS' = 1\text{mm}$, thì vân sáng trung tâm (vân sáng bậc 0) sẽ dời một đoạn bao nhiêu trên màn ? theo chiều nào ?

b) Muốn vân sáng trung tâm trở về O thì ta phải chắn trước chùm tia phát ra từ S_1 hay S_2 một bản mỏng song song có bề dày bao nhiêu ? Biết chiết suất của bản song song là $n = 1,5$.

Giải

a) Hiệu quang trình khi S cách đều S_1S_2 :

$$\delta = [SS_2M] - [SS_1M] = S_2M - S_1M = \frac{ax}{D}$$

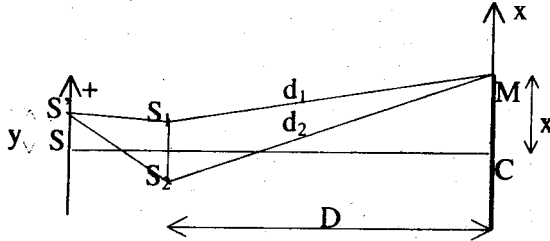
Hiệu quang trình khi S di chuyển đến S' :

$$\begin{aligned} \delta' &= [S'S_2M] - [S'S_1M] \\ &= (S'S_2 + S_2M) - (S'S_1 + S_1M) \end{aligned}$$

$$= (S'S_2 - S'S_1) + (S_2M - S_1M) = \frac{ay}{D'} + \frac{ax}{D}$$

Vị trí vân sáng khi di chuyển S :

$$\frac{ay}{D'} + \frac{ax}{D} = K\lambda$$



$$x = \frac{KD\lambda}{a} - \frac{D}{D'}y$$

So với hệ vân cũ hệ vân mới di chuyển ngược chiều với S_1

đoạn : $x' = \frac{D}{D'}y$

Độ dời của vân trung tâm :

$$x' = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 4 \text{ mm}$$

b) Ta biết khi đặt bản hai mặt song song thì hệ vân dời về phía có đặt bản mỏng một đoạn :

$$x_0 = \frac{e(n-1)D}{a}$$

Vậy phải đặt bản mỏng hai mặt song song trước S_1 có bề dày e thỏa mãn :

$$x_0 = x' \Leftrightarrow \frac{e(n-1)D}{a} = \frac{D}{D'}y$$

$$\Rightarrow e = \frac{ay}{(n-1)D'} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{(1,5-1)0,5} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 8 \mu\text{m}$$

5.2a) Một khe hẹp S phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ chiếu sáng hai khe hẹp S_1S_2 song song với S . Hai khe cách nhau $a = 0,50\text{mm}$. Một phẳng chứa hai khe cách màn quan sát $D = 1,0\text{m}$.

a) Tính khoảng vân.

b) Tịnh tiến khe S theo phương S_1S_2 một đoạn b bằng bao nhiêu để vân tối đến chiếm chỗ của một vân sáng kề nó. Biết khoảng cách từ S đến mặt phẳng chứa hai khe S_1S_2 là $d = 50\text{cm}$.

c) Không tịnh tiến khe S mà mở rộng dần khe S . Tính độ rộng của khe S để hệ vân biến mất.

Giải

a) Khoảng vân :

$$i = \frac{D\lambda}{a} = \frac{1,0,5 \cdot 10^{-6}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 10^{-3}\text{m} = 1\text{mm}$$

b) Hiệu quang trình khi S cách đều S_1S_2 :

$$\delta = \frac{ax}{D}$$

Vị trí vân sáng :

$$x_1 = K \cdot \frac{D\lambda}{a} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

Hiệu quang trình khi S di chuyển : (xem bài 5.1a)

$$\delta' = \frac{ax}{D} + \frac{ab}{d}$$

Vị trí vân sáng :

$$x_2 = K \cdot \frac{D\lambda}{a} - \frac{Db}{d} = x_1 - \frac{Db}{d}$$

Độ dời của hệ vân :

$$\Delta x = \frac{Db}{d}$$

Theo đầu bài yêu cầu : $\Delta x = \frac{i}{2}$

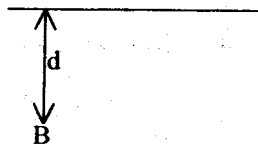
$$\Rightarrow \frac{Db}{d} = \frac{D\lambda}{2a} \Rightarrow b = \frac{d\lambda}{2a}$$

$$\Rightarrow b = \frac{0,50 \cdot 0,50 \cdot 10^{-6}}{2(0,50 \cdot 10^{-3})} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{m} = 0,25(\text{mm})$$

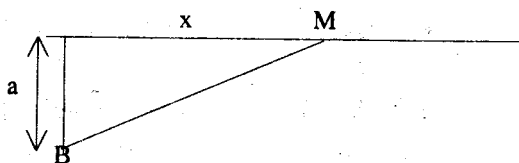
c) Gọi b' là độ rộng của khe. Ta xem như S di chuyển một đoạn b' . Tương tự câu b. Để hệ vân biến mất :

$$b' = \frac{d\lambda}{a} = 0,5(\text{mm}).$$

5.3a) Trong hình, A và B là hai nguồn phát sóng giống nhau, cùng pha với nhau, cùng một bước sóng λ . Các nguồn cách nhau một khoảng $a = 3,00\lambda$. Tìm khoảng cách lớn nhất từ A dọc theo trục x để xảy ra sự giao thoa triệt tiêu hoàn toàn. Biểu diễn khoảng cách ấy theo λ .



Giải



$$\text{Đặt : } AM = x \Rightarrow BM = \sqrt{a^2 + x^2}$$

Hiệu quang trình :

$$\delta = BM - AM = \sqrt{a^2 + x^2} - x$$

Vị trí xảy ra sự giao thoa triệt tiêu hoàn toàn (vân tối)

$$\delta = \sqrt{a^2 + x^2} - x = \left(K + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \quad (K \in \mathbb{N})$$

$$\Rightarrow a^2 + x^2 = x^2 + 2\left(K + \frac{1}{2}\right)\lambda x + \left(K + \frac{1}{2}\right)^2 \lambda^2$$

Với : $a = 3,00 \lambda$

$$\Rightarrow x = \frac{9\lambda - \left(K + \frac{1}{2}\right)^2 \lambda}{(2K + 1)}$$

Để dàng nhận thấy x cực đại khi $K = 0$

$$\Rightarrow x_{\max} = \frac{35\lambda}{4} = 8,75 \lambda$$

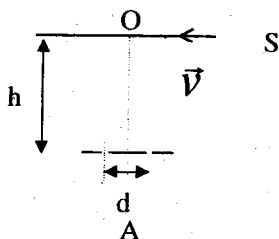
C. Bài tập rèn luyện :

5.1b) Hai khe Young cách nhau là $a = 1\text{mm}$ được chiếu sáng bằng một khe S song song và cách đều hai khe.

- S được chiếu sáng bằng ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,656\mu\text{m}$. Tính khoảng vân trên màn E cách hai khe $2,0\text{m}$.
- Lập lại thí nghiệm với ánh sáng màu lục. Biết bề rộng của 10 khoảng vân là $1,09\text{cm}$. Tính bước sóng của ánh sáng đơn sắc nói trên.
- Chiếu khe S bằng hai bức xạ có $\lambda_1 = 0,656 \mu\text{m}$ và λ_2 , thấy vân sáng thứ ba của bức xạ λ_2 trùng với vân sáng thứ hai của bức xạ λ_1 . Tính λ_2 . Ánh sáng nằm trong vùng nào của quang phổ ?
- S cách hai khe Young 60cm . Di chuyển S $3,0\text{mm}$ theo phương song song với màn E. Định chiều và độ dời của hệ vân trên màn E.
- Khe S được đưa về vị trí cũ. Chiếu khe S bằng ánh sáng trắng. Định bước sóng của những bức xạ bị tắt tại điểm cách vân sáng trung tâm 12mm . Cho biết ánh sáng trắng có bước sóng λ nằm trong khoảng từ $0,400\mu\text{m}$ và $0,700\mu\text{m}$.

ĐS : a) $1,31\text{mm}$; b) $0,545\mu\text{m}$; c) $0,437\mu\text{m}$; Ánh sáng nằm trong vùng tím của quang phổ ; d) Hệ thống vân dời 1cm theo chiều ngược với độ dời của nguồn S ; e) $0,631\mu\text{m}$; $0,571\mu\text{m}$; $0,521\mu\text{m}$; $0,480\mu\text{m}$; $0,444 \mu\text{m}$; $0,413\mu\text{m}$.

5.2b) Một nguồn sáng điểm S chuyển động thẳng đều theo phương song song với đoạn thẳng nối hai lỗ nhỏ S_1, S_2 trên một màn phẳng. Khoảng cách giữa hai lỗ là d . Nguồn cách màn đoạn h . Tại điểm A nằm trên trục của hệ hai khe có đặt một máy đo ánh sáng.



- a) Xác định vận tốc v của nguồn, biết rằng cứ mỗi giây máy đo ghi được 15 lần thay đổi tuần hoàn của cường độ sáng. Cho $\lambda = 600\text{nm}$; $d = 2,0\text{mm}$; $h = 1,00\text{m}$. Trong thời gian đo, nguồn dịch chuyển về phía trục của hệ hai lỗ S_1 và S_2 .
- b) Nếu nguồn phát đồng thời hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 600\text{nm}$ và $\lambda_2 = 400\text{nm}$ và bắt đầu chuyển động từ điểm O thì sau chớp sáng đầu tiên, các chớp sáng ghi được vào những thời điểm nào ? (chớp sáng đầu tiên do hai chớp sáng λ_1 và λ_2 xuất hiện đồng thời).

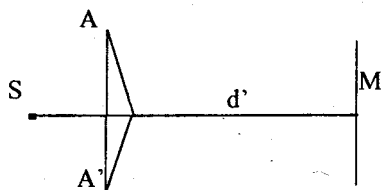
$$\text{ĐS : a) } 4,5\text{mm/s ; b) } t = \frac{6k}{45} \quad (k \in \mathbb{N})$$

5.3b) Một khe của thiết bị giao thoa hai khe được chắn bởi một tấm thủy tinh mỏng có chiết suất 1,4 ; còn khe thứ hai thì được che bởi một tấm thủy tinh mỏng có chiết suất 1,7. Vị trí của vân sáng chính giữa trước khi đặt các tấm thủy tinh thì bây giờ là vân sáng thứ 5 giả sử $\lambda = 480\text{nm}$ và các tấm thủy tinh có cùng độ dày e . Xác định e .

$$\text{ĐS : } 8,0 \mu\text{m}.$$

▣ BÀI TOÁN 6 : MỘT SỐ ĐỀ THI GIAO THOA

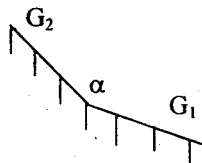
- 6.1)** Hai lăng kính A, A' có góc chiết quang A, A' đều bằng 20° , có đáy B chung, được làm bằng thủy tinh, chiết suất $n = 1,5$. Một nguồn sáng điểm S, đặt trong mặt phẳng của đáy B,



cách hai lăng kính một khoảng $d = 50\text{cm}$ phát ánh sáng đơn sắc, bước sóng $\lambda = 600\text{nm}$. Một màn M đặt cách hai lăng kính một khoảng $d' = 70\text{cm}$.

Chứng minh rằng, trên màn M ta quan sát được một hệ vân giao thoa; tính khoảng cách i giữa hai vân sáng liên tiếp và số vân có thể quan sát được. (Dược Hà Nội – 96)

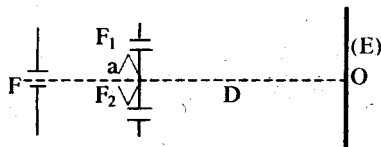
- 6.2)** Cho hệ hai gương phẳng G_1 , G_2 hợp với nhau một góc α , gần bằng 180° và một nguồn sáng điểm S phát ánh sáng đơn sắc về phía hai gương.



- Vẽ và giải thích cách vẽ hai chùm ánh sáng phản xạ bởi hai gương G_1 và G_2 .
- Tại phần giao nhau của hai chùm ánh sáng phản xạ phải đặt một màn ảnh như thế nào để quan sát được các vân giao thoa sáng, tối xen kẽ cách đều nhau.
- Gọi S_1 , S_2 là ảnh của S tạo bởi hai gương, màn ảnh cách đường thẳng qua S_1 , S_2 một khoảng $D = 2\text{m}$. Bước sóng ánh sáng của nguồn S là $\lambda = 0,400\mu\text{m}$; khoảng vân giao thoa trên màn là $i = 0,4\text{mm}$. Hãy tìm khoảng cách S_1S_2 .
- Hình ảnh hệ vân giao thoa sẽ như thế nào nếu S là nguồn điểm phát ánh sáng trắng. (Hàng Hải – 97)

6.3) Trong một thí nghiệm Young ; $a = 2\text{mm}$, $D = 1\text{m}$.

- a) Dùng bức xạ đơn sắc có bước sóng λ_1 chiếu vào khe hẹp F, người ta đo được khoảng vân giao thoa trên màn M là $i_1 = 0,2\text{mm}$. Tính bước sóng và tần số của bức xạ đó.



- b) Xác định vị trí vân sáng bậc 3 và vân tối thứ 4 ở cùng một phía của vân trung tâm trên màn M.
- c) Tắt bức xạ có bước sóng λ_1 , chiếu vào F bức xạ $\lambda_2 > \lambda_1$ thì tại vị trí vân sáng bậc 3 của bức xạ bước sóng λ_1 (câu b), ta quan sát được một vân sáng của bức xạ có bước sóng λ_2 . Xác định λ_2 và bậc của vân sáng đó. (Hàng Hải - 97)

6.4) Trong thí nghiệm của Young về giao thoa ánh sáng, các khe S_1 và S_2 được chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc. Khoảng cách giữa hai khe là a , Khoảng cách giữa mặt phẳng chứa hai khe và màn quan sát E là D .

- a) Thành lập công thức xác định vị trí của một vân sáng và một vân tối bất kỳ tới vân sáng trung tâm.
- b) Biết $a = 3\text{mm}$, $D = 3\text{m}$, khoảng cách giữa 9 vân sáng liên tiếp là 4mm . Tính bước sóng ánh sáng đơn sắc.
- c) Xác định vị trí vân sáng thứ hai và vân tối thứ ba.
- d) Thay ánh sáng đơn sắc bằng ánh sáng trắng. Tính bề rộng quang phổ bậc một và quang phổ bậc hai trên màn quan sát E. (Quân Y - 97)

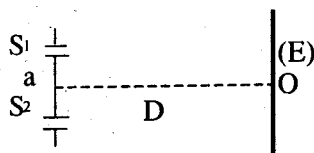
6.5) Hai khe Young S_1S_2 cách nhau $a = 2\text{mm}$ được chiếu bởi nguồn sáng S.

- a) S phát ánh sáng có bước sóng λ_1 , người ta quan sát 7 vân sáng mà khoảng cách giữa hai vân sáng ngoài cùng đo được $2,16\text{mm}$. Tìm bước sóng λ_1 . Biết màn quan sát cách S_1S_2 một khoảng $D = 1,2\text{m}$.

- b) S phát đồng thời thêm hai bức xạ : màu đỏ bước sóng $\lambda_2 = 640\text{nm}$ và màu lam bước sóng $\lambda_3 = 0,480 \mu\text{m}$. Tính khoảng vân i_2 và i_3 ứng với hai bức xạ này. Tìm khoảng cách từ vân sáng trung tâm (vân số 0) đến vân sáng cùng màu với nó gần nhất.
- c) S phát ánh sáng trắng. Điểm M cách vân sáng trung tâm O một khoảng $OM = 1\text{mm}$. Hỏi tại M mắt ta trông thấy vân sáng của những bức xạ nào ? (ĐH Công Đoàn – 97)

6.6) Trong thí nghiệm Young về giao thoa ánh sáng, các khe S_1 và S_2 được chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc. Khoảng cách giữa hai khe $a = 1\text{mm}$.

Khoảng cách giữa mặt phẳng chứa hai khe và màn quan sát (E) là $D = 1\text{m}$. Khoảng cách giữa hai vân tối liên tiếp là $i = 0,60 \text{ mm}$.

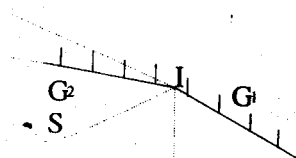


- a) Tìm bước sóng λ của ánh sáng tới.
- b) Xác định vị trí của vân sáng thứ ba và vân tối thứ tư trên màn (E) kể từ O. (ĐHQG TPHCM – 98)

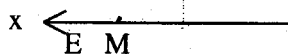
6.7) Một hệ gương Fresnel gồm hai gương phẳng G_1 và G_2 nghiêng với nhau một góc $\alpha = 15'$ (H. Vẽ). Đặt một khe sáng hẹp S song song với giao tuyến I của hai gương này và cách I một khoảng $SI = r = 18\text{cm}$. Gọi S_1 và S_2 là hai ảnh ảo của S cho bởi hai gương. Các tia sáng của khe S phản xạ trên G_1 và G_2 hình như phát ra từ S_1 , S_2 và truyền tới giao thoa với nhau trên màn ảnh E đặt vuông góc với mặt phẳng trung trực của đoạn thẳng S_1S_2 theo giao tuyến O. Khoảng cách từ màn ảnh E đến giao tuyến I của G_1 và G_2 là $OI = D = 2,96\text{m}$.

- a) Vẽ và tính khoảng cách a giữa hai ảnh S_1 và S_2 .

- b) Biết rằng với kích thước các gương G_1, G_2 đã được sử dụng ở trên thì bề rộng của vùng giao thoa trên màn E có giá trị lớn nhất là b , hãy tính b .



- c) Chứng minh rằng hiệu đường đi của hai tia sáng từ S phát ra, phản xạ trên



G_1 và G_2 , truyền tới giao thoa với nhau tại điểm M trên màn E được xác định bởi công thức :

$$S_1M - S_2M = d_1 - d_2 \approx \frac{a \cdot x}{D + r}$$

Với $x = \overline{OM}$ là tọa độ của điểm M so với điểm gốc O trên màn E. Từ đó suy ra công thức xác định vị trí các vân sáng và vị trí các vân tối trên màn E.

- d) Tính khoảng vân i và số vân sáng trong vùng giao thoa trên màn E đối với ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,650 \mu\text{m}$. Muốn tăng độ rộng của khoảng vân i thì phải tăng hay giảm góc nghiêng α giữa G_1 và G_2 .
- e) Giả sử ánh sáng phát ra từ khe S có mọi bước sóng λ từ $0,480 \mu\text{m}$ đến $0,760 \mu\text{m}$. Hãy tìm bước sóng của các ánh sáng đơn sắc cho vân tối tại điểm M trên màn E cách điểm O một khoảng $x_1 = 4,5\text{mm}$.

(ĐH Kinh Tế Quốc Dân – 98).

6.8) Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng Young, khoảng cách hai khe sáng là $a = 0,6\text{mm}$; khoảng cách từ hai khe đến màn quan sát là $D = 1,2\text{m}$. Giao thoa thực hiện với ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,75 \mu\text{m}$. (Các kết quả tính toán lấy đến 4 chữ số có nghĩa).

- a) Xác định vị trí vân sáng thứ 9 và vân tối thứ 9 trên màn.
- b) Thay ánh sáng trên bằng ánh sáng có bước sóng λ' thì thấy khoảng vân giao thoa giảm đi 1,2 lần. Tính λ' .

- c) Thực hiện giao thoa với ánh sáng trắng có bước sóng từ $0,4 \mu\text{m}$ đến $0,75 \mu\text{m}$. Tính độ rộng Δ của quang phổ bậc nhất trên màn. (ĐH Luật HN - 98)

• HƯỚNG DẪN GIẢI

6.1) Xem câu a bài 2.2a.

$$a = 2d.\varphi = 2d.A(n - 1)$$

$$i = \frac{D\lambda}{a} = \frac{(D + d')\lambda}{2d.A(n - 1)}$$

$$i = \frac{(0,50 + 0,70).600.10^{-9}}{2.0,50.20.2,9.10^{-4}(1,5 - 1)} = 0,248.10^{-3}\text{m} \approx 0,25\text{mm}$$

Chiều rộng trường giao thoa :

$$L = 2.\varphi.d' = 2.d'.A(n - 1)$$

$$= 2.0,70.20.2,9.10^{-4}(1,5 - 1) = 4,06.10^{-3}\text{m} \approx 4,1 \text{ mm}$$

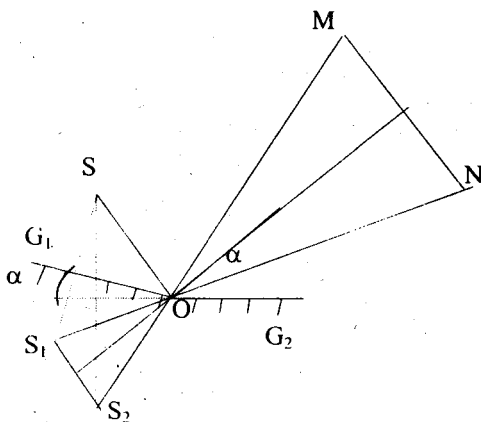
Số khoảng vân :

$$n = \frac{L}{i} = \frac{4,1}{0,25} = 16,4$$

Số vân sáng :

$$m = [n] + 1 = 17$$

6.2) Câu a ; b xem phần tóm tắt lý thuyết :



c) Khoảng vân i được tính bởi :

$$i = \frac{D\lambda}{a}$$

$$\Rightarrow a = \frac{D\lambda}{i} = \frac{0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2}{0,4 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2 \text{ mm}$$

d) Nếu S là nguồn điểm phát ánh sáng trắng, thì tại tâm O_1 của hệ vân (O_1 là giao điểm của đường trung trực của S_1S_2 với màn E), ta trông thấy một vân sáng màu trắng, hai bên có hai vân tối, gần như đen, các vân sau đó có màu sắc (đó là hiện tượng phát ngũ sắc), hầu như không còn vân tối nữa và cách O_1 chừng $5i = 2 \text{ mm}$, màn E chỉ còn có màu trắng bạc trên (tức ta không quan sát được vân nữa)

6.3) a) Tính bước sóng và tần số sóng :

$$i_1 = \frac{D\lambda_1}{a}$$

$$\Rightarrow \lambda_1 = \frac{a \cdot i_1}{D} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,4 \text{ } \mu\text{m}$$

$$f_1 = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,4 \cdot 10^{-6}} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

b) Vị trí vân sáng bậc 3 (của λ_1) :

$$x_3 = 3 \cdot i_1 = 0,6 \text{ mm}$$

Vị trí vân tối thứ 4 :

$$x_4 = (3 + 0,5) \cdot i_1 = 3,5 \cdot 0,2 = 0,7 \text{ mm}$$

c) Vị trí vân sáng thứ K của bức xạ $\lambda_2 > \lambda_1$

$$x_K = Ki_2 = \frac{KD\lambda_2}{a} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

Theo đầu bài :

$$x_K = x_3 \Leftrightarrow \frac{KD\lambda_2}{a} = 3 \frac{D}{a} \lambda_1 \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow \lambda_2 = 3 \frac{\lambda_1}{K} > \lambda_1 \quad \Rightarrow \quad K < 3$$

* Xét $K = 1 \Rightarrow \lambda_2 = 3 \lambda_1 = 1,2 \mu\text{m}$ ngoài vùng ánh sáng thấy được (loại).

* Xét $K = 2 \Rightarrow \lambda_2 = 1,5 \lambda_1 = 0,6 \mu\text{m}$ (nhận)

Vậy bậc giao thoa ánh sáng λ_2 là 2.

6.4) a) Xem phần tóm tắt lý thuyết :

b) Khoảng vân :

$$i = \frac{\ell}{9-1} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ mm}$$

Bước sóng ánh sáng :

$$\lambda = \frac{a i}{D} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{3} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,5 \mu\text{m}$$

c) $x_2 = 2i = 1 \text{ mm}$; $x_3 = 2,5 \cdot i = 1,25 \text{ mm}$

d) Khoảng cách giữa vân sáng bậc 1 của ánh sáng đỏ và ánh sáng tím gọi là bề rộng của quang phổ bậc 1.

$$\begin{aligned} \Delta x_1 &= x_d - x_t = \frac{D}{a} (\lambda_d - \lambda_t) \\ &= \frac{3 \cdot (0,75 - 0,4) \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-3}} = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Bề rộng quang phổ bậc 2 :

$$\Delta \ell_2 = 2 \frac{D}{a} (\lambda_d - \lambda_t) = 2 \cdot \Delta x_1 = 0,70 \text{ mm}$$

6.5) a) Khoảng vân ứng với bức xạ λ_1 :

$$i_1 = \frac{\ell}{7-1} = \frac{2,16}{6} = 0,36 \text{ mm}$$

Bước sóng λ_1 :

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \frac{a i_1}{D} \\ \lambda_1 &= \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,36 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,6 \mu\text{m} \end{aligned}$$

b) Khoảng vân i_2 ứng với bức xạ λ_2 :

$$i_2 = \frac{D\lambda_2}{a} = \frac{1,2.640.10^{-9}}{2.10^{-3}}$$

$$= 0,384.10^{-6} \text{ m} = 0,384 \text{ mm}$$

Khoảng vân i_2 ứng với bước sóng λ_3 :

$$i_3 = \frac{D\lambda_3}{a} = \frac{1,2.0,480.10^{-9}}{2.10^{-3}}$$

$$= 0,288.10^{-3} \text{ m} = 0,288 \text{ mm}$$

Tại vị trí 3 vân sáng ứng với bức xạ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ trùng nhau cho ta vân sáng cùng màu với vân trung tâm.

$$x_1 = x_2 = x_3 \Leftrightarrow K_1 i_1 = K_2 i_2 = K_3 i_3 \quad (K_1, K_2, K_3 \in \mathbb{N})$$

$$K_1 = \frac{i_2}{i_1} K_2 = \frac{0,384}{0,360} K_2 = \frac{16}{15} K_2$$

$\Rightarrow K_2$ chia hết cho 15 ; K_1 chia hết cho 16.

$$K_3 = \frac{i_2}{i_3} K_2 = \frac{0,384}{0,288} K_2 = \frac{4}{3} K_2$$

$\Rightarrow K_2$ chia hết cho 3 ; K_3 chia hết cho 4.

$$K_3 = \frac{i_1}{i_3} K_1 = \frac{0,360}{0,288} K_1 = \frac{5}{4} K_1$$

$\Rightarrow K_1$ chia hết cho 4 ; K_3 chia hết cho 5

Suy ra : K_1 chia hết cho 16 ; K_2 chia hết cho 15

$\Rightarrow K_3$ chia hết cho 20.

$$\Rightarrow x_1 = 16.0,36 = 5,76 \text{ mm}$$

c) Vị trí vân sáng :

$$x = K \frac{D\lambda}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ax}{KD} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$0,4 \text{ } \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\Rightarrow 0,4.10^{-6} \leq \frac{2.10^{-3}.10^{-3}}{K.1,2} \leq 0,76.10^{-6} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$2,19 \leq K \leq 4,17 \Rightarrow K = 3 ; K = 4$$

$$\lambda = \frac{2.10^{-3}.10^{-3}}{3.1,2} = 0,556.10^{-6} \text{ m} = 0,556 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\lambda' = \frac{2.10^{-3}.10^{-3}}{4.1,2} = 0,417.10^{-6} \text{ m} = 0,417 \text{ } \mu\text{m}$$

6.6) a) Tính bước sóng :

$$\begin{aligned} i &= \frac{D\lambda}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{a.i}{D} \\ &= \frac{1.10^{-3}.0,6.10^{-3}}{1} = 0,6.10^{-6} \text{ m} = 0,6 \text{ } \mu\text{m} \end{aligned}$$

b) Vị trí vân sáng thứ 3 :

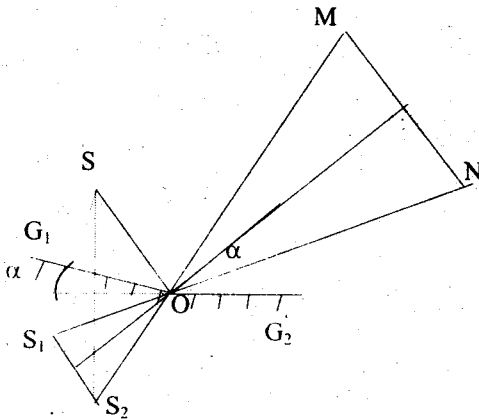
$$x_3 = 3.i = 3.0,6 = 1,8 \text{ mm}$$

Vị trí vân tối thứ 4 :

$$x_4 = \left(K + \frac{1}{2}\right).i = (3 + 0,5).0,6 = 2,1 \text{ mm}$$

6.7)

a) Hình vẽ :



$$a = 2\alpha \cdot r = 2.15 \cdot \frac{6,28}{360.60} \cdot 18.10^{-2}$$

$$= 1,57.10^{-3} \text{ m} = 1,57 \text{ mm}$$

b) Bề rộng vùng giao thoa :

$$MN = 2 \alpha \cdot D = 2.15 \cdot \frac{6,28}{360.60} \cdot 2,96$$

$$= 2,58.10^{-2} \text{ m} = 25,8 \text{ mm}$$

c) Xem giáo khoa.

d) Khoảng vân :

$$i = \frac{(D+r)\lambda}{a} = \frac{(D+r)\lambda}{2\alpha \cdot r}$$

$$= \frac{(2,96 + 0,18) \cdot 0,650.10^{-6}}{1,57.10^{-3}} = 1,3.10^{-3} \text{ m} = 1,3 \text{ mm}$$

Số vân sáng :

$$n = 2 \left[\frac{MN}{2i} \right] + 1 = 2 \left[\frac{25,8}{2 \cdot 1,3} \right] + 1 = 19$$

Theo công thức tính i để tăng độ rộng của i phải giảm α .

e) Vị trí vân tối :

$$x_t = (K + 0,5) \cdot \frac{D\lambda}{a} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{ax_t}{(K + 0,5)(D + r)}$$

$$\Rightarrow 0,480.10^{-6} \leq \frac{1,57.10^{-3} \cdot 4,5.10^{-3}}{(K + 0,5) \cdot 3,14} \leq 0,760.10^{-6} \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow 2,46 \leq K \leq 4,19 \quad (K \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow K = 3 ; 4$$

$$\Rightarrow \lambda_3 = 0,643 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\lambda_4 = 0,500 \text{ } \mu\text{m}$$

6.8)

a) Khoảng vân :

$$i = \frac{D\lambda}{a} = \frac{1,2 \cdot 0,75 \cdot 10^{-6}}{0,60 \cdot 10^{-3}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,500 \text{ mm}$$

Vị trí vân sáng thứ 9 :

$$x_s = K_9 \cdot i = 9 \cdot 1,500 = 13,50 \text{ mm}$$

Vị trí vân tối thứ 9 :

$$x_t = 8,5 \cdot 1,500 = 12,75 \text{ mm}$$

b) Khoảng vân ứng với bức xạ λ' : $i' = \frac{D\lambda'}{a}$

$$\Rightarrow \frac{i'}{i} = \frac{\lambda'}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda' = \frac{i'}{i} \cdot \lambda = \frac{0,75}{1,2} = 0,6250 \text{ } \mu\text{m}$$

c) Vị trí vân sáng ứng với bức xạ $\lambda'' = 0,4 \text{ } \mu\text{m}$

$$x_1 = i'' = \frac{D\lambda''}{a} = 0,8000 \text{ mm}$$

Độ rộng của quang phổ bậc 1 :

$$\Delta = i - i'' = 0,700 \text{ mm}$$

● CHƯƠNG II :

LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG – QUANG PHỔ²

A. Tóm tắt lý thuyết :

1. Hiện tượng quang điện :

Hiện tượng quang điện là hiện tượng khi chiếu ánh sáng thích hợp vào mặt kim loại, thì các electron ở mặt kim loại bật ra. Các electron bật ra gọi là quang electron. Dòng chuyển dời có hướng của các electron bật ra khỏi kim loại (catốt) bay về anốt tạo nên dòng điện gọi là dòng quang điện.

2. Phát biểu các định luật quang điện :

a) Định luật 1 :

Đối với mỗi kim loại dùng làm catốt có một bước sóng giới hạn λ_0 nhất định gọi là giới hạn quang điện. Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng λ của ánh sáng kích thích nhỏ hơn giới hạn quang điện. ($\lambda \leq \lambda_0$)

b) Định luật 2 :

Với ánh sáng kích thích có bước sóng thỏa mãn định luật quang điện thứ nhất thì cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

c) Định luật 3 :

Động năng ban đầu cực đại của electron quang điện không phụ thuộc vào cường độ của chùm ánh sáng kích thích, mà chỉ phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng kích thích và bản chất kim loại dùng làm catốt.

3. Nội dung thuyết lượng tử ánh sáng của Anhxtanh (Einstein):

Thuyết lượng tử ánh sáng, được Anhxtanh xây dựng trên cơ sở phát triển thuyết lượng tử của Plăng(Planck), có nội dung :

- Ánh sáng (quang năng) được phát xạ, hấp thụ và truyền đi dưới dạng những hạt riêng biệt, gọi là lượng tử ánh sáng hay photon. Mỗi photon của ánh sáng đơn sắc mang một năng lượng xác định $\epsilon = hf$, trong đó h là hằng số Plăng, f là tần số của ánh sáng ứng với photon đó.
- Trong mọi môi trường (kể cả chân không) photon truyền đi với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng. Khi ánh sáng truyền đi năng lượng các photon không bị thay đổi, không phụ thuộc vào khoảng cách tới nguồn sáng. Quỹ đạo của photon là đường truyền của tia sáng.
- Với ánh sáng có tần số xác định, cường độ của chùm sáng tỉ lệ với số photon phát ra từ nguồn trong một đơn vị thời gian. Vì mỗi photon có năng lượng rất nhỏ và số photon của chùm sáng rất lớn nên ta có cảm giác chùm sáng là liên tục.

4. Công thức Anhxtanh (Einstein) về hiện tượng quang điện :

- Theo Anhxtanh, photon chiếu vào kim loại bị hấp thụ trọn vẹn và truyền toàn bộ năng lượng $\epsilon = hf$ của nó cho electron ; phần năng lượng này dùng để cung cấp cho electron công thoát A (để nó thoát ra ngoài kim loại) và cung cấp cho electron động năng ban đầu.
- Công thức Anhxtanh :

$$hf = h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2}$$

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} \quad ; \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

5. Giới hạn quang điện (λ_0) :

Điều kiện để hiện tượng quang điện xảy ra : $\frac{hc}{\lambda} \geq A$

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

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

6. Hiệu điện thế hãm (U_h) :

- $U_h > 0$ vừa đủ làm triệt tiêu hoàn toàn dòng quang điện.
- Lúc $U_{AK} = -U_h < 0$ thì công của lực điện trường khi electron di chuyển từ catốt sang anốt cân bằng với động năng ban đầu cực đại của electron
- Định lý động năng :

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

$$\Rightarrow U_h = \frac{1}{|e|} \cdot \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = \frac{1}{|e|} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)$$

Với U_{AK} : là hiệu điện thế giữa anốt và catốt của ống.

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

7. Hiệu suất lượng tử :

$$H = \frac{\text{Số electron bị bật ra từ kim loại}}{\text{Số proton tới đập vào kim loại}}$$

8. Tia Rơnghen (Roentgen) :

Tia Rơnghen là sóng điện từ có bước sóng ngắn, trong khoảng từ 10^{-8} m (tia rơnghen mềm) đến 10^{-12} m (tia rơnghen cứng).

- Tia Rơnghen phát sinh ra do chùm electron có vận tốc lớn (chùm tia catốt) tới đập vào một miếng kim loại có nguyên tử lượng lớn (dùng làm đối catốt) như bạch kim, vonfram ...

- Bước sóng nhỏ nhất của tia Rơngien phát ra từ ống Rơngien :

$$\lambda_x \geq \lambda_{\min}, \text{ với } \lambda_{\min} = \frac{hc}{W_d} \quad (W_d \text{ là động năng của electron tới}$$

$$\text{đập vào đối catốt } W_d = \frac{1}{2} mv^2 = |e| U_{AK}).$$

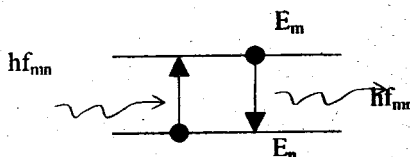
9. Mẫu nguyên tử Bo (Borh) :

- Hai tiên đề Bo :

a) Tiên đề về trạng thái dừng :

Nguyên tử chỉ tồn tại trong những trạng thái có năng lượng xác định (gồm động năng của electron và thế năng của chúng đối với hạt nhân), gọi là các trạng thái dừng ; trong trạng thái dừng nguyên tử không bức xạ ; bình thường nguyên tử ở trạng thái dừng có năng lượng nhỏ nhất (trạng thái cơ bản).

b) Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử :



Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_m sang trạng thái dừng có năng lượng E_n (với $E_m > E_n$) thì nguyên tử phát ra một photon có năng lượng đúng bằng hiệu E_m với E_n : $\epsilon = hf_{mn} = E_m - E_n$, với f_{mn} là tần số của sóng ánh sáng ứng với photon đó.

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_n thấp mà hấp thụ được một photon có năng lượng hf_{mn} đúng bằng $E_m - E_n$ thì nó chuyển lên trạng thái dừng có năng lượng E_m lớn hơn.

- Hệ quả quan trọng :

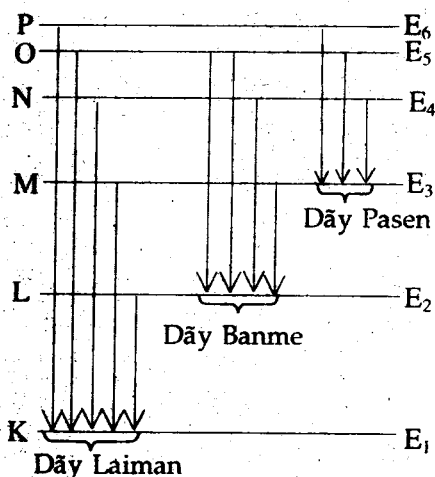
Trong các trạng thái dừng của nguyên tử, electron chỉ chuyển động quanh hạt nhân theo những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định, gọi là quỹ đạo dừng.

Với nguyên tử hydro, bán kính các quỹ đạo dừng tăng tỉ lệ với bình phương của các số nguyên liên tiếp : $r = n^2 r_0$; bán kính quỹ đạo K (là quỹ đạo gần hạt nhân nhất) là r_0 ($r_0 = 5,3.10^{-11}m$) ; của quỹ đạo L là $4r_0$; của quỹ đạo M là $9r_0$.

● **Năng lượng của nguyên tử hydro :**

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (eV) } n = 1, 2, 3, \dots \text{ được gọi là lượng tử số.}$$

10. **Quang phổ vạch của nguyên tử hydro gồm nhiều dãy xác định, tách rời nhau.**



Ở trạng thái bình thường (cơ bản) electron chuyển động trên quỹ đạo K gần hạt nhân nhất. Khi nguyên tử nhận năng lượng kích thích electron chuyển đến các quỹ đạo ứng với mức năng lượng cao hơn L, M, N...

Nguyên tử chỉ ở trạng thái kích thích trong thời gian rất ngắn (khoảng $10^{-8}s$), sau đó chuyển về các quỹ đạo bên trong và phát ra các photon.

☑ BÀI TOÁN 7 : XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA

- Kim loại : λ_0, A .
- Electron quang điện : $E_{đo}, \nu_0$.
- Dòng điện : I_{bh}, U_h .

• Phương pháp giải :

- Xác định giới hạn quang điện : $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$
- Xác định vận tốc ban đầu cực đại : $\nu_{\max} = \nu_0$.

+ Áp dụng công thức : $hf = A + \frac{1}{2} m \nu_0^2$

- + Công thức liên hệ giữa ν_0 và hiệu điện thế U_h :

$$\frac{1}{2} m \nu_0^2 = e \cdot U_h$$

- + Công thức liên hệ giữa ν_0 và điện thế cực đại V_h của một

vật tích điện : $\frac{1}{2} m \nu_0^2 = e \cdot V_h$

• Chú ý :

- * Để thuận tiện qui ước $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$, trường hợp phải lưu ý dấu sẽ ghi $-|e|$
- * Kí hiệu ν và v là như nhau để chỉ vận tốc.
- * $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$

B. Bài tập ví dụ :

7.1a) Người ta chiếu ánh sáng có bước sóng $0,4500 \mu m$ vào hai tế bào có công thoát $4,14eV$ và $2,07eV$. Tính hiệu điện thế hãm của mỗi ống.

Giải

- Giới hạn quang điện của kim loại :

$$\lambda_1 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,14 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,00 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{và : } \lambda_2 = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \lambda_1 < \lambda < \lambda_2.$$

Ở tế bào quang điện thứ nhất không có hiện tượng quang điện.

- Hệ thức Einstein (Anhxtanh) về quang điện :

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} m v_o^2 + A \quad (1)$$

- Theo định lý động năng :

$$\frac{1}{2} m v_o^2 = U_h \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

$$U_h = \frac{1}{e} \left[\frac{hc}{\lambda} - A \right]$$

- Xét :

$$\lambda = 0,4500 \mu\text{m} = 0,45 \cdot 10^{-6} \text{ m};$$

$$A_2 = 2,07 \text{ eV} = 2,07 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$U_h = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left[\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,45 \cdot 10^{-6}} - 2,07 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right] = 0,69 \text{ V}$$

* **Chú ý** : Năng lượng của ánh sáng chiếu đến

$E = \frac{hc}{\lambda} = 7,07 \text{ eV} < 4,14 \text{ eV}$ nên chỉ có hiện tượng quang điện đối với tế bào quang điện thứ hai

7.2a) Công thoát của Na bằng 2,48 eV. Mặt Natri được chiếu bằng ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,310 \mu\text{m}$. Hãy xác định :

a) Hiệu điện thế hãm.

b) Vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron bật ra.

c) Nếu bước sóng ánh sáng giảm đi chỉ còn $0,305\mu\text{m}$ thì hiệu điện thế hãm phải thay đổi bao nhiêu ?

Giải

a) Tính hiệu điện thế hãm :

Hệ thức Einstein (Anhxtanh) về quang điện :

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} m v_o^2 + A \quad (1)$$

Theo định lý động năng :

$$\frac{1}{2} m v_o^2 = e \cdot U_h \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

$$U_h = \frac{1}{e} \left[\frac{hc}{\lambda} - A \right]$$

Xét : $\lambda = 0,310\mu\text{m} = 0,31 \cdot 10^{-6}\text{m}$; $A_2 = 2,48 \cdot \text{eV}$

$$U_h = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left[\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,310 \cdot 10^{-6}} - 2,48 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right]$$

$$U_h = 1,53\text{V}$$

b) Vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron :

$$v_o = \sqrt{\frac{2e \cdot U_h}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,53}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 7,3 \cdot 10^5 \text{m/s}$$

c) Khi coi độ biến thiên của bước sóng như một đại lượng vi phân, A , hc , e không thay đổi, ta có :

$$dU = \frac{1}{e} \left[\frac{hc}{\lambda} - A \right] \cdot d\lambda = \frac{-1}{e} \frac{hc}{\lambda^2} d\lambda$$

$$dU = \frac{-6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 (0,305 - 0,310) \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19} (0,310 \cdot 10^{-6})^2}$$

$$dU = 0,065\text{V}$$

Phải tăng hiệu điện thế hãm $0,065\text{V}$.

7.3a) Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,405\mu\text{m}$ vào bề mặt catốt của một tế bào quang điện, ta được một dòng quang điện bão hòa có cường độ i . Có thể làm triệt tiêu dòng điện này bằng hiệu điện thế hãm $U_h = 1,26\text{V}$.

- Tìm vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện.
- Tìm công thoát của electron đối với kim loại làm catốt.
- Giả sử cứ mỗi photon đập vào catốt làm bật ra một electron (hiệu suất quang điện 100%). Nếu mỗi giây có $3,06 \cdot 10^{17}$ photon chiếu đến catốt. Tính cường độ dòng quang điện bão hòa.

Giải

a) Tính vận tốc ban đầu cực đại của electron

- Công thức Anhxtanh về quang điện :

$$\frac{hc}{\lambda} = A_0 + \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1)$$

- Theo định lý động năng :

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = e \cdot U_h \quad (2)$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2eU_h}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,26}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 0,666 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$$

b) Tính công thoát A_0 :

Từ (1) và (2) suy ra :

$$A_0 = \frac{hc}{\lambda} - eU_h = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,405 \cdot 10^{-6}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,26$$

$$A_0 = 2,89 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 1,8 \text{ eV}$$

c) Tính cường độ dòng quang điện bão hòa :

$i_0 = n \cdot q$; với n là số electron đến anốt trong 1s.

$$i_0 = 3,06 \cdot 10^{17} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ (A)} = 49 \text{ mA}$$

C. Bài tập rèn luyện :

7.1b) Khi chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 140\text{nm}$ vào một quả cầu bằng đồng (Cu) được đặt xa các vật khác thì quả cầu sẽ được tích điện tới điện thế cực đại là bao nhiêu ? Giới hạn quang điện của Cu là $\lambda_0 = 0,300\text{ }\mu\text{m}$.

ĐS : 4,7V

7.2b) Giới hạn quang điện của Rubi là $\lambda_0 = 0,81\text{ }\mu\text{m}$.

- a) Xác định vận tốc cực đại của các electron quang điện khi chiếu ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,40\text{ }\mu\text{m}$ vào Rubi.
- b) Hiệu điện thế hãm phải đặt vào tế bào quang điện có catốt Rubi là bao nhiêu thì làm ngừng được dòng quang điện ?
- c) Nếu bước sóng của ánh sáng tới giảm bớt dλ thì phải tăng hiệu điện thế hãm thêm 0,15V mới làm dòng quang điện triệt tiêu. Tính dλ.

ĐS : a) $7,4 \cdot 10^5\text{ m/s}$; b) 1,56V ; c) 2nm.

7.3b) Khi chiếu hai ánh sáng có bước sóng $\lambda_1 = 0,54\text{ }\mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,35\text{ }\mu\text{m}$ vào một kim loại làm catốt của một tế bào quang điện, người ta thấy tỉ số các vận tốc ban đầu cực đại của các quang electron bằng 2. Tìm công thoát electron của kim loại đó. Suy ra giới hạn quang điện.

ĐS : 1,88eV ; 0,659 μm .

☑ BÀI TOÁN 8 : ELECTRON QUANG ĐIỆN CHUYỂN ĐỘNG TRONG ĐIỆN TRƯỜNG HOẶC TỪ TRƯỜNG

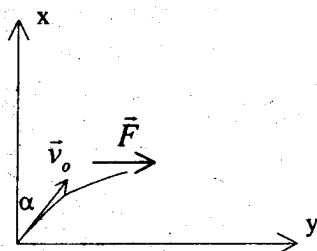
A. Tóm tắt lý thuyết :

- Xác định bán kính quỹ đạo của electron trong từ trường đều.
 - Dựa vào lực Lorenxơ (Lorentz) : $F = e.v.B\sin\alpha$
 - Dựa vào quan hệ giữa lực và gia tốc hướng tâm :

$$F = m a_n = \frac{mv^2}{r}$$

- Xác định độ lệch của electron trong điện trường đều :
 - Áp dụng công thức của chuyển động ném xiên :

$$\begin{cases} x = v_{ox}t = v_o \cdot \cos \alpha t \\ y = \frac{at^2}{2} + v_{oy}t = \frac{at^2}{2} + v_o \sin \alpha t \end{cases}$$



Với: $a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{md}$

B. Bài tập ví dụ :

8.1a) Catốt của một tế bào quang điện được phủ một lớp Cesi, có công thoát electron là 1,90eV. Catốt được chiếu sáng bởi một chùm sáng đơn sắc, bước sóng $\lambda = 0,56 \mu m$.

a) Xác định giới hạn quang điện của Cesi.

b) Dùng màn chắn tách ra một chùm hẹp các electron quang điện và hướng nó vào một từ trường đều có $\vec{B}$ vuông góc với $\vec{v}_{max}$ của electron và có $B = 6,1.10^{-5}T$. Xác định bán kính cực đại của quỹ đạo các electron đi trong từ trường.

c) Muốn tăng vận tốc của các electron thì người ta nên làm thế nào : thay đổi cường độ chùm sáng, còn giữ nguyên bước sóng

của ánh sáng hay làm ngược lại ? Khi bước sóng ánh sáng giữ không đổi thì cường độ ánh sáng có ảnh hưởng gì ?

Cho : $h = 6,6.10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3.10^8 \text{ m/s}$:

$e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9.10^{-31} \text{ kg}$.

Giải

a) Giới hạn quang điện λ_0 :

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,6.10^{-34} . 3.10^8}{1,9.1,6.10^{-19}}$$

$$= 0,6513.10^{-6} \approx 0,651 \mu\text{m}$$

b) Tính bán kính cực đại của quỹ đạo các electron trong từ trường :

Độ lớn của lực Lorenxơ tác dụng lên electron :

$$F = e . v . B . \sin \alpha = e . v . B \quad (\text{vì } \sin \alpha = \sin 90^\circ = 1) \quad (1)$$

Áp dụng định luật II Niuton :

$$F = m . a_N = m \frac{v^2}{r} \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

$$e . v . B = m \frac{v^2}{r}$$

Ta có : $r = \frac{mv}{eB}$

Vậy quỹ đạo có bán kính lớn nhất là ứng với electron có vận tốc ban đầu cực đại :

$$r_{\max} = \frac{mv_{\max}}{eB} \quad (3)$$

Tính vận tốc cực đại $v_{\max}$ của electron khi bứt ra khỏi Cesi.

Công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện :

$$A + \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = \frac{hc}{\lambda} \quad (4)$$

Suy ra :

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2}{9.10^{-31}} \left(\frac{6.6.10^{-34} \cdot 3.10^8}{0.56.10^{-6}} - 1.9.1.6.10^{-19} \right)}$$

$$\Rightarrow v_{\max} \approx 3.32.10^5 \text{ m/s}$$

Thay vào ta được :

$$r_{\max} = \frac{mv_{\max}}{eB} = \frac{9.10^{-31} \cdot 3.32.10^5}{1.6.10^{-19} \cdot 6.1.10^{-5}}$$

$$\Rightarrow r_{\max} \approx 3.06.10^{-2} \text{ m} = 3.06 \text{ cm.}$$

- c) Theo hệ thức (4), với một kim loại đã cho, vận tốc ban đầu cực đại chỉ phụ thuộc bước sóng, (tần số sóng) cường độ chùm sáng không có ảnh hưởng gì. Muốn tăng $v_{\max}$ phải giảm bước sóng ánh sáng kích thích.

Khi giữ nguyên bước sóng ánh sáng thì cường độ dòng quang điện qua tế bào chịu ảnh hưởng của cường độ chùm sáng. Nói riêng, cường độ dòng quang điện bão hòa tỉ lệ thuận với cường độ chùm sáng.

- 8.2a)** Tính cảm ứng từ cần thiết để uốn cong quỹ đạo theo một bán kính 20cm của các quang electron do Bari phát ra dưới tác dụng của bước sóng tới $4000\text{\AA}$. Cho công thoát của Bari 2.5 eV , vận tốc của quang electron vuông góc với cảm ứng từ $\vec{B}$.

Giải

Tính vận tốc ban đầu cực đại của quang electron theo hệ thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1)$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}$$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(\frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4000 \cdot 10^{-10}} - 2,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right)}$$

$$\Rightarrow v_o \approx 0,46 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Lực từ tác dụng lên electron là :

$$F = e \cdot v_o \cdot B \quad (2)$$

Mặt khác : $F = m \frac{v_o^2}{R} \quad (3)$

Từ (2) và (3) suy ra :

$$B = \frac{mv_o}{eR} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,46 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 20 \cdot 10^{-2}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

8.3a) Một điện cực phẳng bằng nhôm được rọi bằng ánh sáng tử ngoại có bước sóng $\lambda = 83 \text{ nm}$.

a) Hỏi electron quang điện có thể rời xa bề mặt điện cực một khoảng l tối đa là bao nhiêu, nếu bên ngoài điện cực có một điện trường cản $E = 7,5 \text{ v/cm}$? Cho biết giới hạn quang điện của nhôm là $\lambda_o = 332 \text{ nm}$.

b) Trong trường hợp không có điện trường hãm, và điện cực được nối đất qua điện trở $R = 1 \text{ M}\Omega$ thì dòng điện cực đại qua điện trở (đạt được khi cường độ chùm sáng đủ mạnh) là bao nhiêu ? Trình bày cách tính dòng điện đó. Cho $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ và $1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$.

Giải

a) Tính khoảng đường electron di chuyển từ lúc bật ra khỏi âm cực đến lúc dừng lại :

- Công thức Anhtan về hiện tượng quang điện :

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_o} + W_{\text{dmax}}$$

Với $W_{\text{dmax}} = \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2$ động năng ban đầu cực đại của quang electron.

Suy ra :

$$W_{dmax} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) = 0,18 \cdot 10^{-17} \text{J}$$

Áp dụng định lý động năng :

Độ biến thiên động năng bằng công của lực điện trường

$$0 - W_{dmax} = -eE\ell$$

Suy ra :

$$\ell = \frac{W_{dmax}}{eE} = \frac{0,18 \cdot 10^{-17}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 7,5} = 1,5 \text{cm}$$

Vậy electron quang điện có thể rời xa bề mặt điện cực một khoảng tối đa là 1,5cm.

b) Tính cường độ cực đại I_0 qua điện trở R :

Khi chiếu chùm ánh sáng đủ mạnh vào tấm nhôm đặt cách điện, khi số electron quang điện bật ra bằng với số electron bị hút trở lại tấm nhôm thì tấm nhôm đạt điện thế cực đại V_h được tính bởi công thức :

$$W_{dmax} = eV_h$$

Khi nối tấm nhôm với đất bằng một dây dẫn thì có dòng điện I_0 chạy từ tấm nhôm xuống đất (điện thế đất bằng 0) được

tính bởi công thức : $I_0 = \frac{V_h}{R} = \frac{W_{dmax}}{eR}$

$$I_0 = \frac{0,18 \cdot 10^{-17}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6} = 0,1121 \cdot 10^{-4} \text{A} \approx 11,2 \mu\text{A}$$

8.4a) Catốt của một tế bào quang điện chân không là tấm kim loại phẳng có giới hạn quang điện là $\lambda_0 = 3600 \text{\AA}$.

a) Tính ra eV công A_0 cần thiết để tách rời điện tử ra khỏi kim loại.

b) Chiếu catốt bằng bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,33 \mu\text{m}$. Tính vận tốc cực đại của các điện tử khi bật khỏi bản kim loại.

c) Anốt của tế bào quang điện cũng là tấm kim loại phẳng, đặt đối diện và cách catốt 1cm. Thiết lập giữa anốt và catốt một

hiệu điện thế 18,2V và chiếu catốt bằng chùm tia hẹp có bước sóng ở câu b. Xác định bán kính R lớn nhất của vùng trên bề mặt anốt mà các quang electron từ catốt đến đập vào nó.

Cho : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$;

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Giải

a) Công thoát :

$$A_o = \frac{hc}{\lambda_o}$$

$$= \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3600 \cdot 10^{-10}} = 5,5 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,44 \text{ eV}$$

b) Phương trình Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A_o + \frac{1}{2} m v_o^2$$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{2}{m} \cdot \left(\frac{hc}{\lambda} - A_o \right)}$$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,33 \cdot 10^{-6}} - 5,5 \cdot 10^{-19} \right)}$$

$$\Rightarrow v_o = 0,33 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

c) Tính bán kính R :

Electron bật ra khỏi catốt theo mọi phương. Trường hợp bật ra vuông góc với catốt sẽ chuyển động nhanh dần đều về anốt và đập vào O'. Các electron bật ra theo phương khác sẽ chuyển động giống như chuyển động ném xiên đến đập vào anốt trên một mặt tròn tâm O'. Dễ dàng nhận thấy electron bật ra song song với anốt (gần đúng) sẽ đập vào anốt trên một đường tròn tâm O' bán kính $R_{\max}$.

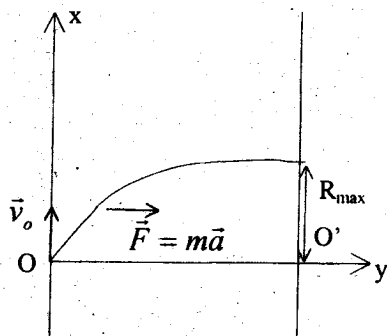
Gia tốc mà electron thu được :

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{EU}{md}$$

Chọn hệ trục Oxy như hình :

Ta có phương trình chuyển động :

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} at^2 = \frac{EU}{2md} t^2 \end{cases}$$



Phương trình quỹ đạo :

$$y = \frac{1}{2} \frac{EU}{md} \frac{x^2}{v_0^2}$$

Xét :

$$y = d \quad ; \quad x = R_{\max}$$

$$\Rightarrow R_{\max} = \sqrt{\frac{2m}{eU}} \cdot dv_0$$

$$\Rightarrow R_{\max} = \sqrt{\frac{2,91 \cdot 10^{-31}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 18,2}} \cdot 10^{-2} \cdot 0,83 \cdot 10^6$$

$$\Rightarrow R_{\max} = 0,26 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 0,26 \text{ cm}$$

C. Bài tập rèn luyện :

8.1b) Người ta chiếu các photon có $\lambda = 0,350 \mu\text{m}$ lên một mặt kim loại. Các electron bật ra với động năng cực đại sẽ chuyển động theo quỹ đạo tròn bán kính 18cm trong một từ trường $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Tính giới hạn quang điện của kim loại đó.

ĐS : $0,427 \mu\text{m}$.

8.2b) Chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 0,546 \mu\text{m}$ lên mặt kim loại dùng làm catốt của một tế bào quang điện, thu được dòng bão hòa có cường độ $I_0 = 2 \text{ mA}$. Công suất của bức xạ điện từ là $P = 1,515 \text{ W}$.

1. Tìm tỉ số giữa các electron thoát ra khỏi bề mặt kim loại và số photon rơi lên nó (tỉ số này gọi là "hiệu suất lượng tử" của hiệu ứng quang điện)
2. Giả sử các electron đó được tách ra bằng màn chắn để lấy một chùm hẹp hướng vào một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 10^{-4} \text{T}$, sao cho $\vec{B}$ vuông góc với phương ban đầu của vận tốc electron. Biết quỹ đạo của các electron có bán kính cực đại là $r = 23,32 \text{mm}$.
 - a) Xác định vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện theo các số liệu trên.
 - b) Tính giới hạn quang điện của kim loại làm catốt.

ĐS : $1/3 \cdot 10^{-3}$; 2/ a) $4,1 \cdot 10^5 \text{m/s}$; b) $0,691 \mu\text{m}$.

8.3b) Một đèn phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,50 \mu\text{m}$ được dùng để chiếu vào một tế bào quang điện làm bằng cêsi có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,66 \mu\text{m}$, quang electron bật ra bị điện trường cản $E = \text{const}$ nên chuyển động được đoạn đường tối đa là $2,0 \text{mm}$. Tính cường độ điện trường E .

ĐS : $3 \cdot 10^2 \text{V/m}$

8.4b) Khi rơi vào catốt phẳng của một tế bào quang điện, một bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 0,33 \mu\text{m}$ thì có thể làm dòng quang điện triệt tiêu bằng cách nối anốt và catốt của tế bào với hiệu điện thế $U_{AK} \leq -0,3125 \text{V}$.

- a) Xác định giới hạn quang điện của catốt.
- b) Anốt của tế bào đó cũng có dạng phẳng song song với catốt, đặt đối diện và cách catốt một khoảng $d = 1 \text{cm}$. Hỏi khi rơi chùm bức xạ rất hẹp trên vào tâm của catốt và đặt một hiệu điện thế $U_{AK} = 4,55 \text{V}$, thì bán kính lớn nhất của vùng trên bề mặt anốt mà các electron tới đập vào bằng bao nhiêu ?

Cho : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$;

$h = 6,6 \cdot 10^{-31} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$.

ĐS : a) $0,36 \mu\text{m}$; b) $5,4 \text{mm}$.

☑ BÀI TOÁN 9 : CÔNG SUẤT BỨC XẠ VÀ HIỆU SUẤT LƯỢNG TỬ

A. Tóm tắt lý thuyết :

• Hiệu suất lượng tử : $H = \frac{N_e}{N_f}$

– Cường độ dòng điện $i = \frac{N_e \cdot e}{t} = n_e \cdot e$

– Công suất bức xạ điện tử :

$$P = \frac{N_f}{t} \cdot \left(\frac{hc}{\lambda} \right) = n_f \frac{hc}{\lambda}$$

n_e : Số electron bứt ra khỏi catốt trong 1s.

n_f : Số photon chiếu đến catốt trong 1s.

B. Bài tập ví dụ :

9.1a) Năng lượng cực đại của các electron bị bứt ra khỏi một kim loại dưới tác dụng của ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,300 \mu\text{m}$ là 1,2eV. Cường độ ánh sáng là 3W/m^2 . Tính công thoát và số electron phát ra trên đơn vị diện tích trong đơn vị thời gian biết hiệu suất là 5%.

Giải

Tính công thoát A của kim loại :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + E_d \Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - E_d$$

$$A = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,300 \cdot 10^{-6}} - 1,2 = 2,9\text{eV}$$

Số photon chiếu đến 1m^2 trong 1s :

$$n = \frac{I_{as} \cdot \lambda}{hc} = \frac{3 \cdot 0,300 \cdot 10^{-6}}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 4,53 \cdot 10^{18} \text{ photon/m}^2\text{s}$$

Số electron cần tìm :

$$n' = \frac{5n}{100} = 0,227 \cdot 10^{18} \text{ electron/m}^2\text{s}$$

9.2a) Chiếu ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,350\mu\text{m}$ vào kim loại có công thoát $2,48\text{eV}$.

a) Tính hiệu điện thế hãm. Động năng cực đại của electron.

b) Cho biết cường độ ánh sáng là 3W/m^2 . Tính hiệu suất lượng tử cho biết cường độ dòng quang điện bão hòa là $0,02\text{A}$

Giải

a) Tính động năng cực đại của electron :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + E_{d\text{Max}}$$

$$\Rightarrow E_{d\text{max}} = \frac{hc}{\lambda} - A = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,350 \cdot 10^{-6}} - 2,48(1,6 \cdot 10^{-19})$$

$$\Rightarrow E_{d\text{max}} = 1,71 \cdot 10^{-19}(\text{J})$$

Tính hiệu điện thế hãm theo định lý động năng :

$$eU_h = E_{d\text{max}}$$

$$\Rightarrow U_h = \frac{E_{d\text{max}}}{e} = \frac{1,71 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,07(\text{V})$$

b) Số photon chiếu vào một đơn vị diện tích kim loại trong 1 giây

$$n = \frac{I\lambda}{h.c} = \frac{3 \cdot 0,350 \cdot 10^{-6}}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}$$

$$\Rightarrow n = 0,528 \cdot 10^{19} \approx 0,53 \cdot 10^{19}$$

Số electron thoát ra khỏi 1 đơn vị diện tích (m^2) kim loại trong 1 giây

$$n' = \frac{i}{e} = \frac{0,02}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,125 \cdot 10^{18}$$

Hiệu suất lượng tử :

$$H = \frac{n'}{n} = \frac{0,125 \cdot 10^{18}}{0,53 \cdot 10^{19}} = 0,0235 \approx 2,4\%$$

9.3a) Một ngọn đèn phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,45\mu\text{m}$. Năng suất chiếu sáng là 40W/m^2 (năng lượng ánh sáng phát ra trong 1s bởi một đơn vị diện tích của nguồn sáng).

a) Tìm số photon mà ngọn đèn phát ra trong 1giây trên diện tích 1m^2 .

b) Ngọn đèn trên chiếu vào tế bào quang điện mà catốt là kim loại có công thoát $2,5\text{eV}$. Tính động năng cực đại của electron khi tách khỏi catốt.

c) Diện tích catốt của tế bào quang điện là 6cm^2 . Hãy tính cường độ dòng quang điện bão hòa. Giả sử mỗi photon tới catốt làm bật ra một quang electron.

Giải

a) Số photon cần tìm :

$$n = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{40.0,45.10^{-6}}{6,625.10^{-34}.3.10^8} = 9.10^{19}$$

b) Động năng cực đại của quang electron :

$$\begin{aligned} E_{\text{dmax}} &= \frac{hc}{\lambda} - A \\ &= \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{0,45.10^{-6}} - 2,5.1,6.10^{-19} = 4,2.10^{-20}\text{J} \end{aligned}$$

c) Tính cường độ dòng quang điện bão hòa i :

Số electron bật ra từ catốt trong 1 giây :

$$N = n.S = 9.10^{19}.6.10^{-4} = 5,4.10^{16}(\text{s}^{-1})$$

Cường độ cần tìm :

$$i = N.e = 5,4.10^{16}.1,6.10^{-19} = 8,64.10^{-3}\text{A} = 8,64(\text{mA})$$

C. Bài tập rèn luyện :

9.1b) Người ta chiếu Kali bằng tia cực tím có bước sóng $\lambda = 0,2500\mu\text{m}$, biết công thoát của Kali là $2,21\text{eV}$. Cường độ bức xạ cực tím là 2W/m^2 . Tính vận tốc cực đại và số electron

do một đơn vị diện tích phát ra trong một đơn vị thời gian của quang electron, biết hiệu suất lượng tử 5%.

$$\text{ĐS : } 9,85.10^5 \text{ m/s ; } 1,26.10^{17} \text{ electron/m}^2\text{s}.$$

9.2b) Một đèn phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $0,40.10^{-6}\text{m}$ được dùng để chiếu vào một tế bào quang điện. Công thoát đối với kim loại dùng làm catốt $A = 2,26\text{eV}$.

- Tính bước sóng giới hạn của catốt.
- Tính vận tốc cực đại của các electron bị bật ra khỏi catốt.
- Bề mặt có ích của catốt nhận được một công suất chiếu sáng $p = 3\text{mW}$. Cường độ dòng điện bão hòa của tế bào quang điện $I = 6,43.10^{-6}\text{A}$.

Tính số photon n mà catốt nhận được trong mỗi giây và số electron n' bị bật ra trong mỗi giây. So sánh n với n' và rút ra kết luận.

$$\text{Cho : } m_e = 9.10^{-31}\text{kg ; } e = 1,6.10^{-19}\text{C ;}$$

$$h = 6,62.10^{-34}\text{Js ; } c = 3.10^8\text{m/s}.$$

$$\text{ĐS : a) } 0,549\mu\text{m ; b) } 5,48.10^5\text{m/s ; c) } 6,65.10^3$$

9.3b) Công tối thiểu để bứt một điện tử ra khỏi mặt lá kim loại là $1,88\text{eV}$. Dùng lá kim loại đó làm catốt trong một tế bào quang điện. Hãy tính :

- Giới hạn quang điện của kim loại đã cho.
- Vận tốc cực đại của điện tử bắn ra khỏi mặt kim loại khi chiếu vào đó ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,489\mu\text{m}$.
- Số điện tử tách ra khỏi mặt kim loại trong 1phút với giả thiết rằng tất cả các điện tử tách ra đều bị hút về anốt và cường độ dòng quang điện đo được là $I = 0,26\text{mA}$.
- Hiệu điện thế giữa hai cực của tế bào quang điện sao cho dòng điện triệt tiêu.

$$\text{ĐS : a) } 0,66 \mu\text{m ; b) } 0,48.10^6\text{m/s ; c) } 975.10^{14} ; \text{ d) } -0,66\text{V}.$$

☑ BÀI TOÁN 10 : ỨNG DỤNG CỦA HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

A. Tóm tắt lý thuyết :

Thường sử dụng các công thức :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_o^2$$

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

$$e.U_h = \frac{1}{2} m v_o^2$$

B. Bài tập ví dụ :

10.1a) Khi chiếu lần lượt hai bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda_1 = 0,25 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,30 \mu\text{m}$ vào một tấm kim loại M, người ta thấy vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện lần lượt là $v_1 = 7,31 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ và $v_2 = 4,93 \cdot 10^5 \text{ m/s}$.

- Từ các số liệu trên hãy xác định khối lượng m_e của electron và giới hạn quang điện của kim loại M.
- Chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng λ vào tấm kim loại trên được đặt cô lập về điện thì điện thế cực đại đạt được là 3V. Tính bước sóng λ của bức xạ đó.

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Giải

- Tính khối lượng m của electron, giới hạn quang điện λ_o của kim loại.

Áp dụng công thức Anhtan :

$$\frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_o} + \frac{1}{2} m v_1^2 \quad (1)$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_o} + \frac{1}{2} m v_2^2 \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

$$hc\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) = \frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)$$

$$\Rightarrow m = \left(\frac{2hc}{v_1^2 - v_2^2}\right)\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)$$

Thay số :

$$m = \frac{2,6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{(7,31)^2 \cdot 10^{10} - (4,93)^2 \cdot 10^{10}} \left(\frac{1}{0,25 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{0,3 \cdot 10^{-6}}\right)$$

$$m \approx 9,0968 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \approx 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Từ (1) suy ra :

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{mv_1^2}{2hc}$$

$$f_0 = \frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{\lambda_1} - \frac{mv_1^2}{2hc}$$

$$= \frac{1}{0,25 \cdot 10^{-6}} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} (7,31 \cdot 10^5)^2}{2 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}$$

$$f_0 \approx 2,777 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

Ta có :

$$\lambda_0 = \frac{1}{f_0} = \frac{1}{2,777 \cdot 10^6} = 0,360 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,360 \text{ } \mu\text{m}$$

b) Tính bước sóng λ của bức xạ :

Áp dụng công thức Anhxtanh : $\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{1}{2}mv_0^2$

Mặt khác động năng ban đầu cực đại của quang electron có giá trị bằng công của lực điện trường

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = e \cdot V_h$$

Suy ra :

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + eV_h \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{eV_h}{hc}$$

Thay số :

$$f = \frac{1}{\lambda} = 2,777 \cdot 10^6 + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 5,192 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

Suy ra :

$$\lambda = \frac{1}{f} = \frac{1}{5,192 \cdot 10^6} = 0,1926 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,193 \mu\text{m}$$

10.2a) Khi chiếu bức xạ tần số $f_1 = 2,200 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ vào một kim loại thì có hiện tượng quang điện và các quang electron bắn ra đều bị giữ lại bởi hiệu điện thế hãm $U_1 = 6,6 \text{ V}$. Còn khi chiếu bức xạ $f_2 = 2,538 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ vào kim loại đó thì các quang electron bắn ra đều bị giữ lại bởi hiệu điện thế hãm $U_2 = 8 \text{ V}$.

a) Xác định hằng số Planck.

b) Xác định giới hạn quang điện của kim loại này.

c) Khi chiếu đồng thời hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,400 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,560 \mu\text{m}$ vào kim loại trên thì hiện tượng quang điện có xảy ra không? Tìm hiệu điện thế hãm của chúng.

Cho biết : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Giải

a) Tính hằng số Planck (h) :

- Công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện :

$$hf_1 = A_t + \frac{1}{2} mv^2_1 \quad (1)$$

$$hf_2 = A_t + \frac{1}{2} mv^2_2 \quad (2)$$

- Công thức liên hệ giữa động năng ban đầu cực đại của quang electron với hiệu điện thế hãm :

$$\frac{1}{2} mv^2_1 = e \cdot U_1 \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} mv^2_2 = e \cdot U_2 \quad (4)$$

- Thay (3) vào (1) : $hf_1 = A_1 + e.U_1$

- Thay (4) vào (2) : $hf_2 = A_1 + e.U_2$

Suy ra : $hf_2 - hf_1 = e.U_2 - e.U_1$

Hay :

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{f_2 - f_1} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}(8 - 6,6)}{2,538 \cdot 10^{15} - 2,2 \cdot 10^{15}} = 6,627 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

b) Tính giới hạn quang điện của kim loại :

Viết lại (1) : $hf_1 = hf_0 + e.U_1$

Suy ra : $f_0 = f_1 - \frac{e.U_1}{h}$

$$f_0 = 2,200 \cdot 10^{15} - \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6,6}{6,627 \cdot 10^{-34}} = 0,6070 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Ta có :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,6070 \cdot 10^{15}} = 0,4942 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,494 \mu\text{m}$$

c) Tính hiệu điện thế hãm U_h :

Vì : $0,400 \mu\text{m} < 0,494 \mu\text{m} < 0,560 \mu\text{m}$

Nên : $\lambda_1 < \lambda_0 < \lambda_2$, do đó chỉ có bức xạ có bước sóng λ_1 gây ra hiện tượng quang điện với kim loại đã cho.

Tương tự câu (1) ta có :

$$\frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_0} + e.U_h$$

Suy ra :

$$U_h = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)$$

$$U_h = \frac{6,627 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19}} \left(\frac{1}{0,4 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{0,494 \cdot 10^{-6}} \right)$$

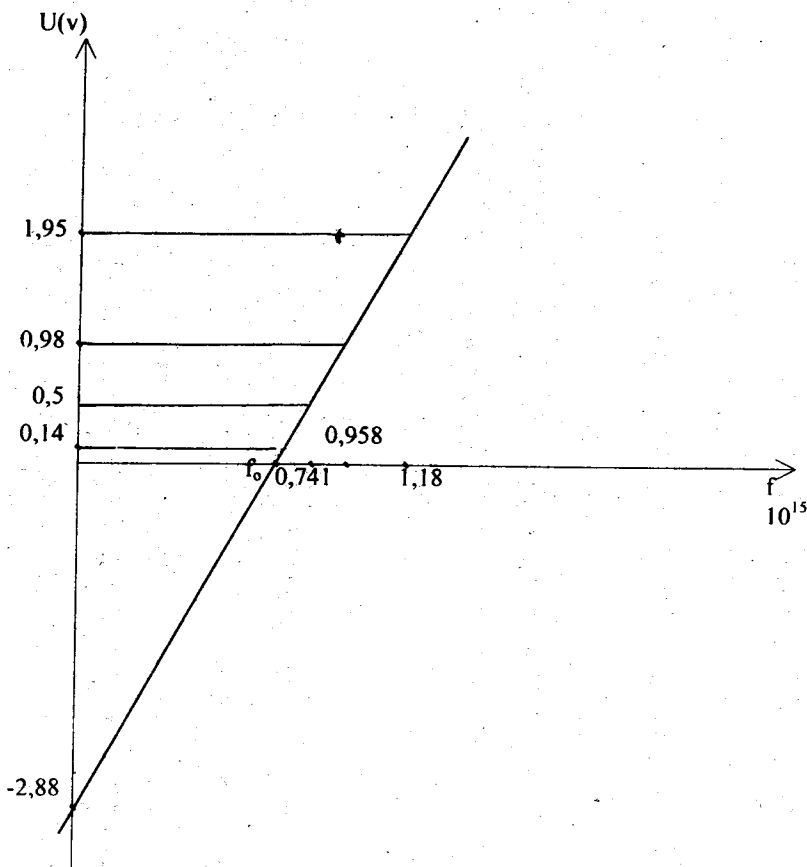
$$U_h = 0,59 \text{ (v)}$$

10.3a) Trong một thí nghiệm quang điện với cực phát bằng canxi, người ta ghi được các thế hãm sau đây :

$f \text{ (Hz} \times 10^{15}\text{)}$	1,18	0,958	0,822	0,741
$V_s \text{ (V)}$	1,95	0,98	0,50	0,14

Từ các dữ kiện trên hãy xác định giá trị của hằng số Planck.
Công thoát A và giới hạn quang điện của canxi.

Giải



Theo công thức Auhxtanh :

$$hf = A + E_{dmax}$$

Mặt khác : $E_{dmax} = eU_h$

$$\Rightarrow hf = A + eU_h$$

$$\Rightarrow U_h = \frac{hf}{e} - \frac{A}{e}$$

Do h, e, A là hằng số nên U_h biến đổi tuyến tính theo f . Ta vẽ đồ thị U_h theo f .

Theo đồ thị :

$$f = 0, \quad U_o = -2,88 \text{ V}$$

$$\Rightarrow A = 2,88 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 4,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$U = 0 \Rightarrow f_o = 0,7 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow h = \frac{A}{f} = \frac{4,61 \cdot 10^{-19}}{0,7 \cdot 10^{15}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}$$

$$\Rightarrow \lambda_o = \frac{hc}{A} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,6 \cdot 10^{-19}} = 0,43 \cdot 10^6 \text{ m}$$

C. Bài tập rèn luyện :

10.1b) Hãy xác định hằng số Plăng, biết rằng muốn hãm lại hoàn toàn các electron bị bật ra khỏi một kim loại nào đó bởi ánh sáng có tần số $f_1 = 2,2 \cdot 10^{15} \cdot s^{-1}$ thì phải đặt một hiệu điện thế hãm $U_1 = 7,0 \text{ V}$, nếu với ánh sáng có tần số $f_2 = 4,5 \cdot 10^{15} s^{-1}$ thì phải đặt một hiệu điện thế hãm bằng $U_2 = 16,5 \text{ V}$. (Đó là phương pháp đo hằng số Plăng của viện sĩ Lukixexki).

$$\text{ĐS : } 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s.}$$

10.2b) Để xác định hằng số Plăng, người ta rọi vào catốt của một tế bào quang điện các ánh sáng đơn sắc. Với ánh sáng có bước sóng $\lambda = 620 \text{ nm}$, dòng quang điện bắt đầu triệt tiêu nếu giữa anốt và catốt có hiệu điện thế hãm U_h . Khi dùng ánh sáng có bước sóng $\lambda_2 = 1,25\lambda$ thì hiệu điện thế hãm giảm $0,4 \text{ V}$.

- a) Xác định hằng số Plăng theo các số liệu đó, cho $c = 3.10^8 \text{ m/s}$.
- b) Công thoát electron đối với kim loại làm catốt là bao nhiêu biết rằng khi dùng ánh sáng có bước sóng $\lambda_3 = 1,5\lambda$ thì hiệu điện thế hãm giảm còn một nửa.

ĐS : a) $6,613.10^{-34} \text{ Js}$; b) $1,067.10^{-19} \text{ J}$.

10.3b) Giá trị của hiệu điện thế hãm U_h đo với các bước sóng khác nhau đối với Cêsi được ghi trong bảng sau đây :

$\lambda \text{ (Å)}$	5896	5461	4358	4047	3663	3303	3132	3039	2830	2537
$U_h \text{ (V)}$	0,12	0,28	0,86	1,08	1,39	1,78	1,98	2,11	2,20	2,92

Hãy dựng đồ thị nghiệm lại công thức Anhxtanh về hiệu ứng quang điện.

Từ đồ thị xác định hằng số Plăng h , công thoát A và tần số giới hạn f_0 đối với Cêsi.

☑ BÀI TOÁN 11 : TIA RƠNGHEN

A. Tóm tắt lý thuyết :

Một số công thức thường dùng :

1. Định lý động năng :

$$E_d - E_{do} = -|e| \cdot U_{kA} = e \cdot U_{AK}$$

E_d : động năng của electron ngay trước khi đập vào catốt.

E_{do} : động năng của electron ngay sau khi bật ra khỏi catốt.
(thông thường $E_{do} = 0$)

2. Định luật bảo toàn năng lượng :

$$E_d = \varepsilon + Q = hf + Q$$

ε : năng lượng của tia X

Q : nhiệt lượng làm nóng đối âm cực.

3. Cường độ dòng điện trong ống Rơnghen :

$$i = \frac{N}{t} \cdot e$$

N : số electron đập vào đối âm cực trong thời gian t .

B. Bài tập ví dụ :

11.1a) Chùm electron có năng lượng 35keV đập vào một tia Môlipđen phát tia X có phổ liên tục. Tính bước sóng giới hạn $\lambda_{\min}$?

Giải

Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có :

$$E_d = hf + Q$$

$$\Rightarrow hf = \frac{hc}{\lambda} \leq E_d$$

$$\Rightarrow \lambda \geq \frac{hc}{E_d} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{E_d}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3,00 \cdot 10^8}{35 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\min} = 3,55 \cdot 10^{-11} = 35,5 \text{ pm}$$

11.2a) Chứng minh rằng bước sóng giới hạn của phổ tia X liên tục được cho bởi $\lambda_{\min} = 1242 \text{ pm/V}$; với V là hiệu điện thế gia tốc chùm electron đo bằng kV.

Giải

Động năng của electron ngay trước khi đập vào đối âm cực :

$$E_d = |e| \cdot U_{AK}$$

Định luật bảo toàn năng lượng :

$$E_d = \frac{hc}{\lambda} + Q$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} \leq E_d$$

$$\Rightarrow \lambda \geq \frac{hc}{E_d} = \frac{hc}{|e|U_{AK}}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{|e|U_{AK}} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot V \cdot 10^3}$$

$$= 1242 \cdot \frac{10^{-12}}{V} \text{ m} = 1242 \text{ pm/V}$$

11.3a) Tia X được tạo trong ống tia X bởi hiệu điện thế 50kV. Nếu một electron thực hiện ba va chạm trong bia trước khi dừng yên và trong hai va chạm đầu tiên cứ sau mỗi va chạm động năng còn lại của nó lại mất một nửa. Xác định bước sóng của các photon tạo thành. Bỏ qua sự giật lùi của các nguyên tử nặng trong bia.

Giải

Động năng của electron ngay khi va chạm lần đầu :

$$E_d = |e| \cdot U = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50 \cdot 10^3 = 80 \cdot 10^{-16} \text{ (J)}$$

Động năng của electron ngay khi va chạm lần 2 :

$$E_{d2} = \frac{E_{d1}}{2} = 40 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

Động năng của electron ngay khi va chạm lần 3 :

$$E_{d2} = \frac{E_{d2}}{2} = 20 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

Bước sóng λ_1 tạo thành sau va chạm lần 1 :

$$\frac{hc}{\lambda_1} = E_{d1} - E_{d2}$$

$$\Rightarrow \lambda_1 = \frac{hc}{E_{d1} - E_{d2}}$$

$$\Rightarrow \lambda_1 = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{(80 - 40) \cdot 10^{-16}}$$

$$= 49,7 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 49,7 \text{ pm}$$

Bước sóng λ_2 tạo thành sau va chạm lần 2 :

$$\Rightarrow \lambda_2 = \frac{hc}{E_{d2} - E_{d3}} = 99,4 \text{ pm}$$

11.4a) Trong một ống Ronghen người ta tạo ra một hiệu điện thế không đổi $U = 2 \cdot 10^4 \text{ V}$ giữa hai cực.

- Tính động năng của điện tử khi đến đối catốt (Bỏ qua động năng của electron khi bứt ra khỏi catốt)
- Tính tần số cực đại của tia Ronghen.
- Trong 1 phút người ta đếm được $6 \cdot 10^{18}$ điện tử đập vào đối catốt. Tính cường độ dòng điện qua ống Ronghen.

Giải

- a) Tính động năng của điện tử theo định lý động năng :

$$E_d - E_{d0} = e.U$$

$$\text{mà } E_{d0} = 0$$

$$\Rightarrow E_d = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^4 = 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

- b) Tính tần số cực đại $f_{\max}$ của tia Rơnghen :

Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$E_d = h.f + Q \Rightarrow f \leq \frac{E_d}{h}$$

$$f_{\max} = \frac{E_d}{h} = \frac{3,2 \cdot 10^{-15}}{6,625 \cdot 10^{-34}} = 4,83 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$$

- c) Cường độ dòng điện qua ống :

$$i = \frac{N}{t} |e| = \frac{6 \cdot 10^{18}}{60} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 16 \text{ (mA)}$$

C. Bài tập rèn luyện :

- 11.1b)** Xác định hằng số Planck từ dữ liệu sau : bước sóng tia X cực tiểu tạo bởi chùm electron có năng lượng 40,0 keV là 31,1pm.

$$\text{ĐS : } 6,635 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

- 11.2b)** Xác định hiệu điện thế cực tiểu trên ống tia X để tạo được tia X có bước sóng 0,1nm ?

$$\text{ĐS : } 12,4 \text{ keV.}$$

- 11.3b)** Một ống Rơnghen phát được bức xạ có bước sóng nhỏ nhất là 5Å.

- a) Tính năng lượng của photon Rơnghen tương ứng, vận tốc của electron tới đập vào đối catốt và hiệu điện thế giữa hai cực của ống.

- b) Khi ống Rơnghen đó hoạt động, cường độ dòng điện qua ống là $0,002A$. Tính số electron đập vào đối catốt trong mỗi giây và nhiệt lượng tỏa ra trên đối catốt trong 1 phút.
- c) Để tăng độ cứng của tia Rơnghen, tức là để giảm bước sóng của nó, người ta cho hiệu điện thế giữa hai cực tăng thêm $\Delta U = 500V$. Tính bước sóng ngắn nhất của tia Rơnghen phát ra khi đó.

ĐS : a) $4 \cdot 10^{-16} J$; $2,96 \cdot 10^7 m/s$; $2500V$;

b) $1,25 \cdot 10^{16}$ electron ; $300 J$; c) $4A^\circ$.

11.4b) Trong một ống Rơnghen, số electron đập vào đối catốt trong mỗi giây là $n = 5 \cdot 10^{15}$ hạt, vận tốc mỗi hạt là $8 \cdot 10^7 m/s$. Hãy tính:

- a) Cường độ dòng điện qua ống và hiệu điện thế giữa anốt và catốt. Bỏ qua động năng của electron khi bứt ra khỏi catốt.
- b) Bước sóng nhỏ nhất trong chùm tia Rơnghen do ống phát ra. Giải thích sự tạo thành tia Rơnghen có bước sóng nhỏ nhất.
- c) Đối ca tốt là một khối bạch kim diện tích $1cm^2$, dày $2mm$. Hỏi sau bao lâu khối bạch kim đó nóng tới $1500^\circ C$, nếu nó không được làm nguội bằng dòng nước lạnh. Giả sử 99,9% động năng của electron đập vào đối catốt chuyển thành nhiệt năng đốt nóng đối catốt và bỏ qua bức xạ nhiệt của nó.

Cho $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$; vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 m/s$; hằng số Plăng $h = 6,625 \cdot 10^{-34} Js$; khối lượng riêng và nhiệt dung riêng của bạch kim : $D = 21 \cdot 10^3 kg/m^3$ và $C = 120 J/kg.K$, nhiệt độ trong phòng $t_0 = 20^\circ C$.

ĐS : a) $0,8mA$; $18200V$; b) $0,068 nm$; $6,8 \cdot 10^{-11} m$; c) $51,3s$.

☑ BÀI TOÁN 12 : QUANG PHỔ

A. Tóm tắt lý thuyết :

- Bước sóng của photon : $\lambda = \frac{c}{f}$
- Tiên đề 2 của Bo : $E_n - E_m = h \cdot f_{nm}$
- Năng lượng ion hóa khi nguyên tử ở trạng thái ứng với mức năng lượng thứ n :

$$\Delta E = E_{\infty} - E_n = -E_n = h \cdot f_n$$

B. Bài tập ví dụ :

12.1a) Trong quang phổ vạch của hiđrô bước sóng dài nhất trong dãy Laiman bằng $1215\text{\AA}$, bước sóng ngắn nhất trong dãy Banme bằng $3650\text{\AA}$. Tìm năng lượng cần thiết để bứt electron ra khỏi nguyên tử hiđrô khi electron ở trên quỹ đạo có năng lượng thấp nhất. Cho biết $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $1\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$.

Giải

Bước sóng dài nhất trong dãy Laiman ứng với sự chuyển từ mức năng lượng $n = 2$ về mức $n = 1$.

$$E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_{21}}$$

Bước sóng ngắn nhất trong dãy Banme tương ứng với sự chuyển từ mức vô cực đến mức 2.

$$E_{\infty} - E_2 = \frac{hc}{\lambda_2}$$

Năng lượng cần tìm :

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta E &= E_{\infty} - E_1 = hc \left(\frac{1}{\lambda_{21}} + \frac{1}{\lambda_2} \right) \\ &= 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{10^{10}}{1215} + \frac{10^{10}}{3650} \right) \\ \Delta E &= 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 13,6 \text{ eV} \end{aligned}$$

12.2a) Chiếu ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ vào khí hydro, người ta nhận thấy chất khí này phát ra bức xạ có phổ gồm 3 vạch (được ghi trên phim). Hỏi các vạch này thuộc dãy nào của phổ hydro, bước sóng của 3 vạch đó.

Giải

Ánh sáng có bước sóng λ làm cho nguyên tử hydro chuyển từ mức năng lượng E_1 (mức K) lên mức năng lượng E_3 (mức M), từ đó nó có thể trực tiếp trở về mức E_1 phát ra ánh sáng có bước sóng $\lambda = \lambda_{13}$ thuộc dãy Lyman.

$$hf_{31} = \frac{hc}{\lambda_{31}} = E_3 - E_1$$

$$\Rightarrow \lambda_{31} = \frac{hc}{E_3 - E_1}$$

$$\Rightarrow \lambda_{31} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\left(-\frac{13,6}{3^2} + 13,6\right) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,028 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Nếu chuyển từ mức (M) (E_3) về mức L (E_2) rồi mới từ mức (L) về mức K (E_1) sẽ phát ra hai bức xạ :

$$\Rightarrow \lambda_{32} = \frac{hc}{E_3 - E_2}$$

$$\lambda_{32} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\left(-\frac{13,6}{3^2} + \frac{13,6}{2^2}\right) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,6576 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Ánh sáng màu đỏ trong dãy Balmer :

$$\lambda_{21} = \frac{hc}{E_2 - E_1} = 0,6563 \mu\text{m}$$

Chú ý :

$$\frac{1}{\lambda_{34}} = \frac{1}{\lambda_{32}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

12.3a) Bước sóng của vạch phổ thứ nhất trong dãy Laiman của quang phổ hydro là $0,122 \mu\text{m}$.

Bước sóng của ba vạch phổ H_α , H_β , H_γ lần lượt là : $\lambda_1 = 0,656 \mu\text{m}$; $\lambda_2 = 0,486 \mu\text{m}$; $\lambda_3 = 0,434 \mu\text{m}$.

- Tính tần số của 4 bức xạ kể trên.
- Tính bước sóng của hai vạch tiếp theo trong dãy Laiman và hai vạch đầu tiên trong dãy Pasen.

Giải

a) Tần số của bức xạ :

– Vạch thứ nhất trong dãy Laiman :

$$f_{21} = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,122 \cdot 10^{-6}} = 0,246 \cdot 10^{15}$$

– Vạch thứ nhất trong dãy Banme :

$$f_{32} = \frac{c}{\lambda_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,656 \cdot 10^{-6}} = 0,457 \cdot 10^{15} \text{Hz}$$

– Vạch thứ hai trong dãy Banme :

$$f_{42} = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,486 \cdot 10^{-6}} = 0,617 \cdot 10^{15} \text{Hz}$$

– Vạch thứ ba trong dãy Banme :

$$f_{52} = \frac{c}{\lambda_3} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,434 \cdot 10^{-6}} = 0,691 \cdot 10^{15} \text{Hz}$$

b) Ta có :

$$E_2 - E_1 = hf_{21}$$

$$E_3 - E_2 = hf_{32}$$

$$\Rightarrow E_3 - E_1 = h(f_{21} + f_{32}) = h \cdot f_{31}$$

$$\Rightarrow f_{31} = f_{32} + f_{21} = 0,703 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Bước sóng của vạch thứ hai trong dãy Laiman :

$$\lambda_{31} = \frac{c}{f_{31}} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,703 \cdot 10^{15}} = 0,427 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Tương tự ta có :

$$f_{41} = f_{42} + f_{21} = 0,863 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\lambda_{41} = \frac{c}{f_{41}} = 0,348 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$f_{51} = f_{52} + f_{23}$$

$$= 0,619 \cdot 10^{15} - 0,457 \cdot 10^{15} = 0,162 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\lambda_{53} = 1,852 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$f_{43} = f_{42} + f_{23} = 0,16 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\lambda_{43} = \frac{c}{f_{43}} = 1,875 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

12.4a) Cho biết các mức năng lượng của quỹ đạo dừng trong nguyên tử hydro, có giá trị :

$$E_n = -13,6 \cdot \frac{1}{n^2} \text{ (eV)}$$

n là một số nguyên dương.

- a) Dãy quang phổ Lyman ứng với các bức xạ phát ra khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có $n \geq 2$ về trạng thái cơ bản $n = 1$.

Trong những vạch của quang phổ khí hydro, người ta thấy những bước sóng sau : 121,58 nm ; 102,58 nm. Các bức xạ đó có thuộc về dãy Lyman không ? Chúng ứng với những sự chuyển mức năng lượng nào ?

- b) Tính độ sai biệt $\Delta\lambda$ giữa bước sóng lớn nhất và nhỏ nhất của dãy Lyman.

Cho : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Giải

Xét phổ Laiman

$$E_n - E_1 = 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \left(-\frac{1}{n^2} + 1 \right) = \frac{hc}{\lambda_n} \quad \text{với } n \geq 2$$

Giả sử bức xạ $\lambda = 121,58 \text{ nm}$ thuộc phổ Laiman :

$$\Rightarrow 1 - \frac{1}{n^2} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 121,58 \cdot 10^{-9}} = 0,75$$

$$\Rightarrow n = 2.$$

Vậy $\lambda = 121,58 \text{ nm}$ là bức xạ thuộc dãy Laiman khi chuyển từ mức năng lượng L ($n = 2$) về mức K ($n = 1$).

Tương tự $\lambda' = 102,58 \text{ nm}$

$$\Rightarrow 1 - \frac{1}{n^2} = 0,89$$

$$\Rightarrow n = 3.$$

Vậy $\lambda' = 102,58 \text{ nm}$ là bức xạ thuộc dãy Laiman khi chuyển từ mức năng lượng M ($n = 3$) về mức K ($n = 1$).

12.5a) Thời kỳ đầu nghiên cứu quang phổ hydro, Banme đã lập công thức :

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{q^2} \right)$$

p và q là những số nguyên dương, $p = 1$ cho dãy Laiman, $p = 2$ cho dãy Banme. . . $q = p + 1, p + 2, \dots$

Hằng số Ritbe $R = 1,096 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$.

Hãy suy ra công thức Banme từ công thức $E = -\frac{13,6}{n^2} \text{ eV}$. Biết $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, hằng số Plăng $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, vận tốc ánh sáng $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Giải

Theo tiên đề của Bo về nguyên tử hydro :

$$\frac{hc}{\lambda_{qp}} = E_q - E_p$$

$$= -13,6.1,6.10^{-19} \left(\frac{1}{q^2} - \frac{1}{p^2} \right) \quad (q > p ; q, p \in \mathbb{N})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{qp}} = \frac{-13,6.1,6.10^{-19}}{6,62.10^{-34} \cdot 3.10^8} \cdot \left(\frac{1}{q^2} - \frac{1}{p^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{qp}} = 1,096.10^7 \cdot \left(\frac{1}{q^2} - \frac{1}{p^2} \right) \quad (q > p ; p, q \in \mathbb{N})$$

C. Bài tập rèn luyện :

12.1b) Tính năng lượng ion hóa của nguyên tử hydro biết rằng bước sóng ngắn nhất của dãy Banme là $3650\text{\AA}$. Cho biết các mức năng lượng của nguyên tử hydro được xác định bởi công thức :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \quad (n \in \mathbb{N})$$

ĐS : $13,6 \text{ eV}$.

12.2b) Trong một ống phóng điện tử các nguyên tử hydro chịu tác dụng của một dòng electron năng lượng $12,2 \text{ eV}$. Tìm bước sóng của các vạch phổ do hydro phát ra.

ĐS : $6563\text{\AA} ; 1215\text{\AA} ; 1026\text{\AA}$.

12.3b) Trong quang phổ của hydro các bước sóng λ (tính theo μm) của các vạch quang phổ như sau :

Vạch thứ nhất của dãy Lyman $\lambda_{21} = 0,121568$

Vạch H_α của dãy Banme $\lambda_{32} = 0,656279$

Ba vạch đầu tiên của dãy Pasen $\lambda_{43} = 1,8751$

$\lambda_{53} = 1,2818$

$\lambda_{63} = 1,0938$

- a) Tính tần số dao động của các bức xạ trên.
- b) Tính bước sóng của hai vạch quang phổ thứ hai và thứ ba của dãy Laiman và của các vạch H_{β} , H_{γ} , H_{δ} của dãy Banme.
- Cho biết vận tốc ánh sáng trong chân không là $c = 3.10^8 \text{ m/s}$.

ĐS : a) $2,47.10^{15} \text{ Hz}$; $4,57.10^{14} \text{ Hz}$; $1,6.10^{14} \text{ Hz}$; $2,34.10^{14} \text{ Hz}$; $2,74.10^{14} \text{ Hz}$
 b) $0,102568 \mu\text{m}$; $0,09725 \mu\text{m}$; $0,48613 \mu\text{m}$; $0,43405 \mu\text{m}$; $0,41017 \mu\text{m}$,

12.4b) Các mức năng lượng của nguyên tử hydro được xác định bởi công thức : $E_n = - \frac{E_0}{n^2}$, với $E_0 = 13,6 \text{ eV}$; n là những số nguyên dương 1, 2 , 3, 4 (tương ứng với các mức K, L, M, ...)

- a) Khi kích thích nguyên tử hydro ở trạng thái cơ bản bằng việc hấp thụ photon có năng lượng thích hợp, bán kính quỹ đạo dừng của electron tăng lên 9 lần. Tìm các bước sóng khả dĩ của bức xạ mà nguyên tử có thể phát ra.
- b) Khi lần lượt chiếu vào nguyên tử hydro ở trạng thái cơ bản các bức xạ mà photon có các năng lượng 6eV ; $12,75\text{eV}$ và 18eV . Trong mỗi trường hợp đó, nguyên tử hydro có hấp thụ photon không ? Và nếu có thì nguyên tử sẽ chuyển lên trạng thái nào ?
- c) Nguyên tử hydro ở trạng thái cơ bản va chạm với electron có năng lượng $10,6\text{eV}$. Trong quá trình tương tác, giả sử nguyên tử đứng yên và chuyển lên trạng thái kích thích đầu tiên. Hãy tìm động năng của electron sau va chạm.

ĐS : a) $\lambda_1 = 0,657 \mu\text{m}$; $\lambda_2 = 0,121 \mu\text{m}$; $\lambda_3 = 0,103 \mu\text{m}$;
 b) có hấp thụ photon và chuyển lên trạng thái kích thích $N (n = 4)$;
 c) $0,4\text{eV}$.

12.5b) Nguyên tử hydro gồm một hạt nhân và một electron quay xung quanh nó. Lực tương tác giữa hạt nhân và electron là lực Coulomb.

a) Tìm vận tốc của electron khi nó chuyển động trên quỹ đạo có bán kính $r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ (quỹ đạo K). Từ đó tìm số vòng quay của electron trong một đơn vị thời gian.

b) Cho biết năng lượng của electron trong nguyên tử Hydro có biểu thức $E_n = -\frac{Rh}{n^2}$; trong đó h là hằng số Planck, R là hằng số, n là các số nguyên dương $1, 2, \dots, \infty$.

$n = 1$ ứng với quỹ đạo K; quỹ đạo có năng lượng thấp nhất.

$n = 2$ ứng với quỹ đạo L.

Năng lượng này có trị số âm, có nghĩa là muốn bứt electron khỏi nguyên tử cần phải tốn một năng lượng, để đưa electron ra xa vô cùng ($E_\infty = 0$). Bước sóng dài nhất trong dãy Laiman bằng $1215 \text{ \AA}$, bước sóng ngắn nhất trong dãy Banme bằng $3650 \text{ \AA}$.

1- Tìm năng lượng cần thiết để bứt electron ra khỏi nguyên tử của nó khi electron ở trên quỹ đạo K.

2- Tìm giá trị của hằng số R .

Cho biết hằng số điện $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$.

ĐS : a) $2,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$; $n \approx 6,6 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$;

b) $13,6 \text{ eV}$; $R = 3,28 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$

☑ BÀI TOÁN 13 : MỘT SỐ ĐỀ THI

13.1) Một đèn phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,500 \mu\text{m}$ được dùng để chiếu vào một tế bào quang điện. Công thoát đối với kim loại dùng làm catốt là $A = 1,89\text{eV}$.

- a) Tính bước sóng giới hạn của catốt.
 - b) Tính vận tốc cực đại của các electron bị bật ra khỏi catốt.
- Cho $m = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$, $e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$; $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$;
 $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$. (ĐH Tài chính Hà Nội – 96)

13.2) Khi chiếu lần lượt hai bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda_1 = 0,25 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,30 \mu\text{m}$ vào một tấm kim loại thì vận tốc ban đầu cực đại của quang electron lần lượt $v_1 = 7,31 \cdot 10^5\text{m/s}$ và $v_2 = 4,93 \cdot 10^5\text{m/s}$. Xác định khối lượng của electron và giới hạn quang điện của kim loại đó. Cho biết $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$, $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$. (QG TPHCM – 96)

13.3) Khi chiếu lần lượt hai bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda_1 = 0,25 \cdot 10^{-6}\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,30 \cdot 10^{-6}\text{m}$ vào một tấm kim loại Z, người ta thấy vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện lần lượt là $v_1 = 7,31 \cdot 10^5\text{m/s}$ và $v_2 = 4,93 \cdot 10^5\text{m/s}$.

- a) Từ các số liệu trên hãy xác định khối lượng m_e của electron và giới hạn quang điện của kim loại Z.
- b) Chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng λ vào tấm kim loại trên được đặt cô lập về điện thì điện thế cực đại đạt được là 3V. Tính bước sóng λ của bức xạ đó.

Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

(ĐH Thái Nguyên – 96)

13.4) Catốt của một tế bào quang điện được phủ một lớp kim loại có giới hạn quang điện là λ_0 . Catốt được chiếu sáng bởi một chùm sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda < \lambda_0$. Dùng màn chắn tách ra một chùm hẹp các electron quang điện và hướng nó vào một từ trường đều với cảm ứng từ $\vec{B}$ và $\vec{B}$ vuông góc với

$\bar{v}_{\max}$ của electron. Lập biểu thức để tính bán kính cực đại của quỹ đạo các electron đi trong từ trường.
(ĐHQGTPHCM – 96)

13.5) Khi kim loại làm catốt của một tế bào quang điện có giới hạn quang điện λ_0 .

- Lần lượt chiếu tới bề mặt catốt bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,35 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,54 \mu\text{m}$ thì thấy vận tốc ban đầu cực đại của electron bắn ra khác nhau $n = 2$ lần. Tính λ_0 .
- Nếu chiếu tới catốt ánh sáng nhìn thấy có bước sóng nằm trong khoảng $0,39 \mu\text{m}$ đến $0,76 \mu\text{m}$ thì phải đặt giữa anốt và catốt một hiệu điện thế hãm bằng bao nhiêu để dòng quang điện bằng không?
- Tách từ chùm electron bắn ra từ catốt lấy một electron có vận tốc $v_0 = 6.10^5 \text{m/s}$ rồi cho nó bay vào trong một điện trường đều giữa hai điểm A, B dọc theo đường sức với $U_{AB} = -10 \text{V}$. Sau khi ra khỏi điện trường, tiếp tục cho electron bay vào trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 2.10^{-4} \text{T}$ theo phương vuông góc với đường cảm ứng từ. Tính lực từ tác dụng lên electron và bán kính quỹ đạo của nó trong từ trường.

Cho $e = -1,6.10^{-19} \text{C}$; $m_e = 9,1.10^{-31} \text{kg}$; $h = 6,625.10^{-34} \text{Js}$; $C = 3.10^8 \text{m/s}$. (Học viện Kỹ thuật Quân sự – 96)

13.6) Chiếu một bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,39 \mu\text{m}$ lên catốt của một tế bào quang điện.

Cho $h = 6,625.10^{-34} \text{Js}$; $c = 3.10^8 \text{m/s}$; $e = -1,6.10^{-19} \text{C}$.

- Biết hiệu điện thế hãm $U_h = -0,76 \text{V}$. Tính công thoát điện tử của kim loại làm catốt ra eV.
- Độ nhạy của tế bào quang điện ở chế độ bão hòa là $J = 5 \text{mA/W}$. Tìm hiệu suất lượng tử H của tế bào (J là tỉ số giữa cường độ dòng quang điện bão hòa I_{ph} và năng lượng bức xạ P chiếu tới catốt trong 1 giây, H là tỉ số giữa điện tử bắn ra n_e và số photon n_γ tới catốt)

- c) Nếu thay bức xạ trên bằng bức xạ có bước sóng $\lambda' = 0,55\mu\text{m}$ thì vận tốc ban đầu cực đại của điện tử bằng bao nhiêu ?

(GTVT- 96)

- 13.7)** Khi chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 0,185\mu\text{m}$ vào bề mặt ca tốt của một tế bào quang điện thì tạo ra một dòng điện bão hòa có cường độ i . Để không có một electron nào tới được anốt khi chiếu chùm sáng trên, người ta dùng một hiệu điện thế hãm có độ lớn $U_h = 2,2\text{V}$.

- Tính vận tốc ban đầu cực đại của electron.
- Tìm công thoát của electron của kim loại dùng làm catốt.
- Giả sử trong trường hợp lý tưởng, cứ mỗi photon đến đập vào mặt catốt làm bật ra một electron. Tìm giá trị của cường độ dòng điện bão hòa, biết rằng công suất của bức xạ trên là $1,5\text{W}$. Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ (CĐBC Marketing - 96)

- 13.8)** Công thoát điện tử khỏi kim loại được dùng làm catốt của một tế bào quang điện là $A = 3 \cdot 10^{-19}\text{J}$.

- Xác định bước sóng giới hạn của kim loại làm catốt ?
- Tính tốc độ cực đại của các quang electron khi tế bào quang điện được chiếu bởi chùm bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,3\mu\text{m}$?
- Dưới tác dụng của chùm bức xạ nói trên, biết khi bề mặt hữu ích của catốt nhận được một công suất chiếu sáng $P = 6,62\text{W}$ thì cường độ dòng quang điện bão hòa là $I = 10^{-5}\text{A}$. Tính số electron thoát khỏi catốt và số photon đến catốt trong một giây ? Nhận xét kết quả thu được ?

Cho $h = 6,62 \cdot 10^{-34}\text{Js}$; $m = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$; $q_e = -e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$; $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$ (ĐH Kỹ thuật Công nghiệp TPHCM - 96)

- 13.9)** Chiếu một ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,489\mu\text{m}$ lên kim loại kali (K) dùng làm catốt của một tế bào quang điện.

Biết hiệu điện thế hãm $U_h = 0,39\text{V}$. Tìm công thoát electron và giới hạn quang điện của Kali.

Biết cường độ dòng quang điện bão hòa là 5mA và công suất của ánh sáng chiếu tới là 1,250W. Tìm hiệu suất lượng tử của hiệu ứng quang điện.

Cho $c = 3.10^8 \text{ m/s}$; $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$; $h = 6,625.10^{-34} \text{ J.s}$.

(SP. Hà Nội 1 – 96)

13.10) Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,236 \mu\text{m}$ vào catốt của tế bào quang điện thì các quang điện tử đều bị giữ lại bởi hiệu điện thế hãm $U_1 = 2,749 \text{ V}$. Khi chiếu bức xạ $\lambda_2 = 0,138 \mu\text{m}$ thì hiệu điện thế hãm $U_2 = 6,487 \text{ V}$. Cho $c = 3.10^8 \text{ m/s}$, $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$.

- Xác định hằng số Planck (chính xác tới 4 số) và bước sóng giới hạn của kim loại làm catốt.
- Khi chiếu bức xạ $\lambda_3 = 0,410 \mu\text{m}$ tới catốt với công suất 3,03W thì cường độ dòng quang điện bão hòa $I_0 = 2 \text{ mA}$. Tính số photon đập vào và số điện tử bật ra khỏi trong 1s..

(GTVT – 97)

13.11) Catốt của tế bào quang điện làm bằng niken có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,248 \mu\text{m}$.

- Tính công thoát điện tử của niken.
- Chiếu sáng tế bào quang điện bằng bức xạ có bước sóng $0,1 \mu\text{m}$, tế bào quang điện cho một dòng quang điện có cường độ $0,5 \mu\text{A}$. Tính động năng ban đầu cực đại của các quang điện tử.
- Tính số photon gây ra dòng quang điện bão hòa trong mỗi phút. (Hàng Hải – 97)

13.12) Catốt của tế bào của tế bào quang điện làm bằng kim loại có công thoát 2,07eV. Chiếu ánh sáng trắng có bước sóng từ $0,41 \mu\text{m}$ đến $0,75 \mu\text{m}$ vào catốt.

- Chùm bức xạ đó có gây ra hiện tượng quang điện không ?
- Tìm vận tốc cực đại của điện tử thoát ra khỏi catốt và vận tốc của điện tử đó đến anốt khi $u_{AK} = 1 \text{ V}$ và $u_{AK} = -1 \text{ V}$.

Cho $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$; $C = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$;
 $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$. (GTVT - 98)

13.13) Chiếu lần lượt vào catốt của một tế bào quang điện chuyển tới anốt hai bức xạ điện từ có tần số f_1 và $f_2 = 2f_1$ thì hiệu điện thế làm cho dòng quang điện triệt tiêu có trị số tuyệt đối tương ứng là 6V và 16V. Tìm giới hạn quang điện λ_0 của kim loại làm catốt và các tần số f_1, f_2 . Cho $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$. (ĐHQG TP.HCM - 98)

13.14) Toàn bộ ánh sáng đơn sắc, bước sóng $\lambda = 0,42 \mu\text{m}$, phát ra từ một ngọn đèn có công suất phát xạ là 10W, được chiếu đến catốt của một tế bào quang điện làm xuất hiện dòng quang điện. Nếu đặt giữa anốt và catốt một hiệu điện thế hãm $U_h = 0,95 \text{V}$ thì dòng quang điện biến mất. Tính :

- Số photon do đèn phát ra trong 1 giây.
- Công thoát của electron khỏi bề mặt catốt (tính bằng eV).

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{J}$.

(ĐHQG TP.HCM - 98)

13.15) Catốt của một tế bào quang điện có công thoát $A = 4,52 \text{eV}$.

- Xác định giới hạn quang điện của kim loại đó.
- Rọi vào catốt bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,2 \mu\text{m}$. Để không có dòng quang điện thì hiệu điện thế giữa anốt và catốt của tế bào quang điện phải như thế nào ?

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$; $C_c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.

(ĐHQG TP.HCM - 98)

13.16) Trong một ống Rơnghen người ta tạo ra một hiệu điện thế không đổi $U = 2 \cdot 10^4 \text{V}$ giữa hai cực.

- Tính động năng của điện tử khi đến đối catốt (bỏ qua động năng ban đầu của điện tử bứt ra khỏi catốt).
- Tính tần số cực đại của tia Rơnghen.

- c) Trong một phút người ta đếm được 6.10^{18} điện tử đập vào đối ca tốt. Tính cường độ dòng điện qua ống Ronghen.
- d) Nói rõ cơ chế tạo thành tia Ronghen ở đối catốt.
- Cho $e = 1,6.10^{-19}\text{C}$; $h = 6,625.10^{-34}\text{J.s}$
(Mô - Địa Chất HN - 96)

13.17) Chiếu bức xạ có tần số $f = 6,25.10^{14}\text{Hz}$ lên catốt của một tế bào quang điện có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,576\text{ }\mu\text{m}$. Cho $h = 6,625.10^{-34}\text{J.s}$; $|e| = 1,6.10^{-19}\text{C}$; $m_e = 9,1.10^{-31}\text{kg}$; $c = 3.10^8\text{m/s}$. Hãy tính các đại lượng sau (chính xác đến 3 chữ số có nghĩa) :

- Công thoát điện tử A_0 khỏi catốt (ra đơn vị eV).
- Vận tốc ban đầu cực đại của các điện tử bắn ra khỏi catốt.
- Hiệu điện thế hãm U_h để triệt tiêu dòng quang điện.
- Công suất của bức xạ chiếu tới catốt, biết số điện tử bật khỏi catốt trong 1s là $N_e = 5,25.10^{16}$ hạt và bằng 2% số photon N_f đập vào catốt trong 1s. (ĐH Luật HN - 98)

13.18) Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,438\text{ }\mu\text{m}$ vào catốt của tế bào quang điện. Cho $h = 6,625.10^{-34}\text{J.s}$; $|e| = 1,6.10^{-19}\text{C}$; $m_e = 9,1.10^{-31}\text{kg}$; $c = 3.10^8\text{m/s}$.

- Tính vận tốc ban đầu cực đại của các quang điện tử (nếu có) khi catốt là kẽm có công thoát $A_0 = 56,8.10^{-20}\text{J}$ và khi catốt là kali có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,62\text{ }\mu\text{m}$. (Kết quả tính được lấy đến 3 chữ số có nghĩa).
- Biết cường độ dòng quang điện bão hòa $I_{bh} = 3,2\text{mA}$. Tính số điện tử N_e được giải phóng từ catốt trong 1s. Nếu cường độ chùm bức xạ tăng lên n lần thì N_e thay đổi thế nào ? Tại sao ? (ĐH GTVT - 98)

● HƯỚNG DẪN GIẢI

13.1)

a) Giới hạn quang điện :

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 0,657 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b) Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_o^2$$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} = 0,457 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

13.2)

Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$\Rightarrow m = 2hc \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \left(\frac{1}{v_1^2 - v_2^2} \right)$$

$$\Rightarrow m = 9,097 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

Ta lại có : $A = \frac{hc}{\lambda_0}$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{\lambda_1} - \frac{m v_1^2}{2hc} = 2,777 \cdot 10^6$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = 0,36 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,36 \text{ } \mu\text{m}$$

13.3) a) Giống câu a bài 13.2

b) Ta có :

$$\frac{1}{2} m v_o^2 = e \cdot V_h$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + e.V_0$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc\lambda_0}{hc + eV_h\lambda_0} = 0,2757.10^{-6} \text{ m} \approx 0,66 \text{ } \mu\text{m}$$

13.4) Xem phần tóm tắt.

13.5) a) Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = A + \frac{1}{2} m v_2^2$$

$$\text{Do } \lambda_1 < \lambda_2 \Rightarrow v_1 = 2 v_2$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{4}{2} m v_2^2$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{3} \left(\frac{4}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

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

$$\Rightarrow \lambda_0 = \frac{3\lambda_1\lambda_2}{4\lambda_1 - \lambda_2} = 0,659 \text{ } \mu\text{m} \approx 0,66 \text{ } \mu\text{m}$$

b) Ta có :

$$\frac{1}{2} m v_o^2 = |e| U_h$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} - |e| U_h$$

$$\Rightarrow U_h = \frac{hc}{|e|} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$\lambda_{\min} = 0,39 \text{ } \mu\text{m}.$$

Vậy để $I_{qd} = 0$ thì :

$$U_{\text{hmax}} = \frac{hc}{|e|} \left(\frac{1}{\lambda_{\text{min}}} - \frac{A}{\lambda_0} \right) = 1,1868 \text{ V} = 1,19 \text{ V}$$

c) Định lý động năng :

$$\frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = |e| \cdot U_{AB}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2|e|U_{AB}}{m} + v_0^2} = 1,97 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Lực từ tác dụng lên electron :

$$F = |e| v B = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,97 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^4 = 6,3 \cdot 10^{-9} \text{ N}$$

Bán kính quỹ đạo :

$$R = \frac{mv^2}{F} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} (1,97 \cdot 10^6)^2}{6,3 \cdot 10^{-9}} = 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

13.6) a) Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_0^2$$

Định lý động năng :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = e \cdot U_h$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - e \cdot U_h = 2,425 \text{ eV} \approx 2,43 \text{ eV}$$

b) Ta có :

$$J = \frac{I_{bh}}{P} = \frac{n_e}{n_e} \frac{|e|\lambda}{hc}$$

$$\Rightarrow H = \frac{n_e}{n_e} = \frac{Jhc}{|e|\lambda} = 1,59 \cdot 10^{-2} = 1,59\%$$

c) Giới hạn quang điện :

$$\lambda_o = \frac{hc}{A} = 0,51 \mu\text{m}$$

Do $\lambda > \lambda_o$ nên không có hiện tượng quang điện xảy ra nghĩa là không thể nói đến vận tốc của quang điện tử.

13.7) a) Định lý động năng :

$$\frac{1}{2} m v_o^2 = e \cdot U_h$$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_h}{m}} = 0,8796 \cdot 10^6 \text{ m/s} \approx 8,8 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

b) Công thức Anhxtanh :

$$A = \frac{hc}{\lambda} - e \cdot U_h = 4,51(\text{eV})$$

c) $I_{bh} = n_e \cdot e$

$$P = n_f \frac{hc}{\lambda}$$

$$n_e = n_f$$

$$\Rightarrow I_{bh} = \frac{P \cdot e \cdot \lambda}{hc} = 0,22 \text{ A}$$

13.8) a) Giới hạn quang điện :

$$\lambda_o = \frac{hc}{A} = 0,6625 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx 0,663 \mu\text{m}$$

b) Vận tốc cực đại của quang electron :

$$v_o = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} = 2,82 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$$

c) Ta có : $P = n_f \frac{hc}{\lambda}$

$$\Rightarrow n_f = \frac{P \cdot \lambda}{hc} = 1,00 \cdot 10^{20}$$

$$n_e = \frac{I}{q} = 6,25 \cdot 10^{13} \ll n_f$$

13.9) Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_0^2$$

Theo định lý động năng :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = e \cdot U_h$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - e \cdot U_h = 3,44 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,15 \text{ eV}$$

Giới hạn quang điện :

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 0,578 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,578 \text{ } \mu\text{m}$$

Hiệu suất lượng tử :

$$H = \frac{n_e}{n_f} = \frac{I_{bh} \cdot hc}{P \cdot e \cdot \lambda} = 1,016 \cdot 10^{-2} = 1,02\%$$

13.10) a) Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_1^2$$

Theo định lý động năng :

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = |e| \cdot U_1$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda_1} = |e| \cdot U_1 + A \quad (1)$$

Tương tự ta có :

$$\frac{hc}{\lambda_2} = |e| \cdot U_2 + A \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

$$h = \frac{|e|}{c} (U_2 - U_1) \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

Giới hạn quang điện :

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{hc\lambda_1}{hc - |e|U_1\lambda_1}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = 0,493.10^{-6} \text{ m} \approx 0,494 \text{ } \mu\text{m}$$

b) Do $\lambda_3 < \lambda_0$ nên có hiện tượng quang điện

Số photon đập vào catốt trong 1s :

$$n = \frac{P\lambda_3}{hc} = 6,25.10^{18}$$

Số electron bật ra khỏi catốt trong 1s :

$$n' = \frac{I}{|e|} = 1,25.10^{16}$$

13.11) a) Công thoát :

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} = 8,01.10^{-19} \text{ J}$$

b) Động năng ban đầu cực đại :

$$E_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - A = 11,865.10^{-19} \text{ J} = 11,9.10^{-19} \text{ J}$$

c) Số photon cần tìm :

$$n_f = n_e = \frac{I}{e} 60 = 1,875.10^{14}$$

13.12) a) Giới hạn quang điện :

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 0,60.10^{-6} \text{ m} = 0,6 \text{ } \mu\text{m}$$

Do : $0,41 \mu\text{m} < \lambda < 0,75 \mu\text{m}$ nên có những bức xạ $\lambda < 0,6 \mu\text{m}$ gây ra hiện tượng quang điện.

b) Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_o^2$$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda_{\min}} - A \right)} = 0,58.10^6 \text{ m/s}$$

Định lý động năng :

$$\frac{1}{2} m v_A^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = -|e| \cdot U_{KA}$$

$$\Rightarrow v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{2|e|U_{AK}}{m}} \quad ; \quad \text{với } U_{AK} = 1V$$

$$\Rightarrow v_A = 0,83 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

Tính hiệu điện thế hãm :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = |e| \cdot U_h$$

$$\Rightarrow U_h = \frac{mv_0^2}{2e} = 0,957 \text{ V}$$

$\Rightarrow U_{AK} = -1 \text{ V} < -U_h = 0,957 \text{ V}$ nên không có điện tử nào đến được anốt.

13.13) Công thức Anhxtanh :

$$hf_1 = A + E_{d1}$$

Định lý động năng :

$$E_{d1} = e \cdot U_1$$

$$\Rightarrow hf_1 = A + eU_1$$

Tương tự :

$$hf_2 = A + eU_2$$

$$\text{Mà } f_2 = 2f_1 \Rightarrow 2hf_1 = A + eU_2$$

$$\Rightarrow f_1 = \frac{e(U_2 - U_1)}{h}$$

$$= \frac{1,0 \cdot 10^{-19} (16 - 6)}{6,625 \cdot 10^{-34}} = 2,41 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\Rightarrow f_2 = 4,83 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{hf_1 - eU_1} = 0,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

13.14) Ta có :

$$P = \frac{n_f \cdot hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow n_f = \frac{P\lambda}{hc} = 2,113 \cdot 10^{19}$$

Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + E_{d\max} = A + e \cdot U_h$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - e \cdot U_h$$

$$= \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{0,42 \cdot 10^{-6}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,95 = 2,16 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Rightarrow A = 2 \text{ eV}$$

13.15) a) Giới hạn quang điện :

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

$$= \frac{19,875 \cdot 10^{-26}}{4,52 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,2748 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,275 \text{ } \mu\text{m}$$

b) Công thức Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = A + E_{d\max}$$

$$\text{Mà } E_{d\max} = e \cdot U_{KA}$$

$$\Rightarrow U_{KA} = \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right) = 1,69 \text{ V}$$

$$U_{AK} = -1,69 \text{ V}$$

13.16) Định lý động năng :

$$E_d = e \cdot U_{AK} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^4 = 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$E_d = hf + Q$$

$$\Rightarrow hf \leq E_d \quad \Rightarrow f \leq \frac{E_d}{h}$$

$$\Rightarrow f_M = \frac{E_d}{h} = \frac{3,2 \cdot 10^{-15}}{6,625 \cdot 10^{-34}} = 0,483 \cdot 10^{19} \text{ Hz}$$

Cường độ dòng điện :

$$I = n_e \cdot e = \frac{6 \cdot 10^{18}}{60} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 16 \text{ mA}$$

13.17)

a) Công thoát :

$$A_o = \frac{hc}{\lambda_o} = 3,45 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2,16 \text{ eV}$$

b) Vận tốc ban đầu cực đại của quang electron :

$$hf = A_o + \frac{1}{2} m v_o^2$$

$$\Rightarrow v_o = \sqrt{\frac{2h}{m} \left(h - \frac{c}{\lambda_o} \right)}$$

$$v_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(6,25 \cdot 10^{14} - \frac{3 \cdot 10^8}{0,576 \cdot 10^{-6}} \right)}$$

$$\Rightarrow v_o = 0,389 \cdot 10^6 \text{ (m/s)}$$

c) Hiệu điện thế hãm :

$$U_h = \frac{h}{e} \left(f - \frac{c}{\lambda_o} \right)$$

$$= \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \left(6,25 \cdot 10^{14} - \frac{3 \cdot 10^8}{0,576 \cdot 10^{-6}} \right)$$

$$\Rightarrow U_h = 0,431 \text{ V}$$

d) Công suất bức xạ :

$$\begin{aligned} P &= N_f \cdot hf = \frac{100}{2} \cdot N_e \cdot hf \\ &= \frac{100}{2} \cdot 5,25 \cdot 10^{16} \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 6,25 \cdot 10^{14} \\ P &= 1,09 \text{ W} \end{aligned}$$

13.18)

a) Giới hạn quang điện của kẽm :

$$\begin{aligned} \lambda_{Zn} &= \frac{hc}{A_o} \\ &= \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{56,8 \cdot 10^{-20}} = 0,350 \cdot 10^{-6} \text{ m} \end{aligned}$$

Do : $\lambda_{Zn} < \lambda < \lambda_o$

Nên hiện tượng quang điện chỉ xảy ra đối với catốt là kali.

Vận tốc ban đầu cực đại :

$$\begin{aligned} \frac{hc}{\lambda} &= \frac{hc}{\lambda_o} + \frac{1}{2} m v_o^2 \\ \Rightarrow v_o &= \sqrt{\frac{2 \cdot hc}{m} \cdot \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_o} \right)} \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9,1 \cdot 10^{-31}} \cdot \left(\frac{10^6}{0,438} - \frac{10^6}{0,62} \right)} \\ v_o &= 0,541 \cdot 10^6 \text{ m/s} \end{aligned}$$

b) Số điện tử N_e được giải phóng từ catốt trong 1s,

$$N_e = \frac{i}{e} = \frac{3,2 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^{16}$$

c) Do số electron tỉ lệ với số photon chiếu đến catốt nên cường độ chùm bức xạ tăng n lần thì số electron bứt ra cũng tăng n lần.

Phần II

VẬT LÝ HẠT NHÂN

● CHƯƠNG III :

NHỮNG KIẾN THỨC SƠ BỘ VỀ HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

A. Tóm tắt lý thuyết :

1. Cấu tạo hạt nhân nguyên tử :

a) Nuclôn :

- Hạt nhân có kích thước rất nhỏ (cỡ 10^{-15}m) nhưng nó có cấu tạo từ những hạt nhỏ hơn, gọi là nuclôn, gồm hai loại :

- * Prôtôn : ký hiệu p, mang điện tích nguyên tố dương +e, có khối lượng $m_p = 1,007276u$.

- * Nơtrôn : ký hiệu n, không mang điện, khối lượng $m_n = 1,008665u$.

b) Khối lượng số hay số khối :

Hạt nhân nguyên tử của nguyên tố Z trong bảng tuần hoàn có Z prôtôn, đúng bằng số electron quay quanh nó, khiến nguyên tử trung hòa về điện, và có N nơtrôn. Số nuclôn trong một hạt nhân $A = Z + N$, nó được gọi là khối lượng số hay số khối.

c) Ký hiệu hạt nhân nguyên tử X : A_ZX hoặc AX

Thí dụ : ${}_1^1\text{H}$; ${}_6^{12}\text{C}$; ${}^{23}\text{N}$

2. Đơn vị khối lượng nguyên tử u :

a) Định nghĩa :

Đơn vị khối lượng nguyên tử u là $\frac{1}{12}$ khối lượng một nguyên tử của đồng vị phổ biến ${}^{12}_6\text{C}$, do đó còn gọi là đơn vị cacbon.

b) Tính u theo đơn vị kilôgam :

- Lấy khối lượng của một mol cacbon (12g) chia cho số nguyên tử N_A chứa trong 1 mol đó rồi chia tiếp cho 12.

$$\text{Ta được : } u = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{12 \cdot N_A} = \frac{10^{-3}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

- Khối lượng, prôtôn, nơtrôn, electrôn lần lượt là :

$$m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

3. Sự phóng xạ :

a) Hiện tượng phóng xạ :

Là hiện tượng một hạt nhân tự động phóng ra những bức xạ, gọi là tia phóng xạ và biến đổi (phân rã) thành hạt nhân khác. Quá trình phóng xạ của một hạt nhân hoàn toàn do các nguyên nhân bên trong hạt nhân đó gây ra và không phụ thuộc vào các tác động bên ngoài.

Tia phóng xạ :

* Tia alpha (α) :

Là chùm hạt nhân Hêli ${}_2^4\text{He}$ chuyển động với vận tốc trên 10^7 m/s .

* Tia Beta (β) :

- Tia β^- : là dòng electrôn chuyển động với vận tốc gần bằng vận tốc ánh sáng , nên lệch về bản dương của tụ điện.

- Tia β^+ : là dòng hạt có khối lượng như electrôn nhưng mang điện tích $+e$, gọi là các pôzitron, nên lệch về bản cực âm của tụ điện.

* Tia gamma (γ) :

Là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn ($\lambda < 10^{-11} \text{ m}$).

b) Định luật phóng xạ :

- Phát biểu :

Mỗi chất phóng xạ được đặt trưng bởi một thời gian T gọi là chu kỳ bán rã. Cứ sau mỗi chu kỳ này thì $\frac{1}{2}$ số nguyên tử của chất ấy biến đổi thành chất khác.

- Công thức : $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} = \frac{N_0}{2^k}$

Hay : $m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} = \frac{m_0}{2^k}$

N_0, m_0 : lần lượt là số hạt nhân và khối lượng ban đầu.

N, m : là số hạt nhân và khối lượng ở thời điểm t .

K : là số chu kỳ bán rã trong khoảng thời gian t .

Hệ số λ : gọi là hằng số phóng xạ.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}$$

- Độ phóng xạ :

Độ phóng xạ H của một chất đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu, đo bằng số phân rã trong 1 giây

$$H(t) = - \frac{dN}{dt} = \lambda N(t) = \frac{\ln 2}{T} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = H_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Với : $H_0 = \frac{\ln 2}{T} N_0$: độ phóng xạ ban đầu.

Đơn vị là Becoren (Bq) bằng 1 phân rã/giây. Đơn vị Curi (Ci):
 $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

4. Phản ứng hạt nhân :

a) Định nghĩa :

Phản ứng hạt nhân là tương tác giữa hai hạt nhân dẫn đến sự biến đổi chúng thành các hạt nhân khác, theo sơ đồ :



b) Các định luật bảo toàn :

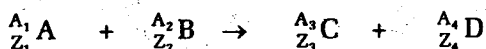
- Định luật bảo toàn số nuclôn (số khối A) :

Trong phản ứng hạt nhân prôtôn có thể chuyển thành nơtrôn và ngược lại nhưng tổng số nuclôn trước và sau phản ứng đều bằng nhau.

- Định luật bảo toàn điện tích (nguyên tử số Z) :

Trong điện tích của các hạt nhân ở hai vế của phương trình phản ứng hạt nhân luôn bằng nhau.

Do đó nếu có phản ứng :



thì : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

và : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

- Bảo toàn động lượng :

$$m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = m_C \vec{v}_C + m_D \vec{v}_D$$

- Bảo toàn năng lượng toàn phần (bao gồm năng lượng nghỉ và động năng của các hạt).

Không có định luật bảo toàn khối lượng của hệ.

5. Hệ thức Anhxtanh giữa năng lượng và khối lượng :

$$E = m.c^2$$

c : vận tốc ánh sáng trong chân không ($c = 3.10^8 \text{m/s}$).

6. Độ hụt khối năng lượng liên kết :

a) Độ hụt khối :

Giả sử Z prôtôn và N nơtrôn ban đầu chưa liên kết với nhau và đứng yên có tổng khối lượng là : $m_0 = Zm_p + Nm_n$

(m_p và m_n là khối lượng của prôtôn và nơtrôn)

Khi chúng liên kết với nhau thành một hạt nhân có khối lượng m thì điều đặc sắc là $m < m_0$.

Hiệu : $\Delta m = m_0 - m$ gọi là độ hụt khối.

Vậy độ hụt khối là độ giảm khối lượng của một hạt nhân (m) so với khối lượng m_0 của Z prôtôn và N notrôn riêng rẽ tạo thành hạt nhân đó :

$$\Delta m = m_0 - m = Zm_p + Nm_n - m$$

b) Năng lượng liên kết :

- Theo hệ thức Anhtanh : năng lượng nghỉ của các nuclôn riêng rẽ $E_0 = m_0c^2$; năng lượng nghỉ của hạt nhân $E = mc^2 < E_0$. Vậy khi các nuclôn liên kết lại thành một hạt thì có một năng lượng :

$\Delta E = E_0 - E = (m_0 - m)c^2$ được tỏa ra dưới dạng động năng của hạt nhân và năng lượng của bức xạ γ .

- Sự hụt khối dẫn đến sự tỏa năng lượng khi hình thành hạt nhân và hoàn toàn tự nhiên, bởi vì, khi muốn phá vỡ một hạt nhân thành các nuclôn riêng rẽ, ta phải tốn năng lượng để thắng lực liên kết hạt nhân. Vì vậy năng lượng $\Delta E = (m_0 - m)c^2$ gọi là năng lượng liên kết hạt nhân.

Năng lượng liên kết riêng : $\Delta E_r = \frac{\Delta E}{A}$ càng lớn hạt nhân càng bền vững.

7. Năng lượng của phản ứng hạt nhân :

$$Q = (M_0 - M) c^2$$

Trong đó : M_0 là tổng khối lượng (nghỉ) của các hạt nhân ban đầu trước phản ứng ($M_0 = m_A + m_B$) ; M là tổng khối lượng (nghỉ) của các hạt sản phẩm ($M = m_C + m_D$).

- Nếu $M_0 > M$ thì $Q > 0$: phản ứng tỏa năng lượng. Phản ứng tỏa năng lượng nếu các hạt sản phẩm có năng lượng liên kết lớn hơn các hạt ban đầu, và năng lượng tỏa ra (được gọi là năng lượng hạt nhân) bằng độ tăng năng lượng liên kết. Sự phân hạch và phản ứng nhiệt hạch là các phản ứng tỏa năng lượng.
- Nếu $M_0 < M$ thì $Q < 0$: phản ứng thu năng lượng. Phản ứng thu năng lượng không thể tự nó xảy ra mà phải cung cấp cho các hạt A và B (hoặc cho hạt đạn A nếu B đứng yên)

một lượng động năng $K > -Q$. Giá trị tối thiểu $K_{\min}$ của K được gọi là ngưỡng phản ứng. Dưới ngưỡng này thì phản ứng thu năng lượng không thể xảy ra.

- **Chú ý :**
 - $u.c^2 = 931,5 \text{ MeV}$
 - Khối lượng nguyên tử một số nguyên tố sử dụng trong sách này :

p :	1,007276	n :	1,008665	e :	0,000548
H :	1,007825	D :	2,014102	T :	3,016050
Al :	26,9815	⁶Li :	6,015125	⁷Li :	7,016004
¹⁴N :	14,003074	¹⁵N :	15,000108	¹⁵O :	15,003070
¹⁶O :	15,994915	¹⁷O :	16,999133	³He :	3,016030
⁴He :	4,002603	⁹Be :	9,012186	¹⁰Be :	10,013534
¹⁰B :	10,012939	¹¹B :	11,009305	³¹P :	30,973765
¹³C :	13,003354	¹⁴C :	14,003242	²³⁹Pu :	239,052146
²³⁴U :	234,040904	²³⁵U :	235,043915	²³⁸U :	238,048608

☑ BÀI TOÁN 14 : TÍNH KHỐI LƯỢNG CHẤT PHÁT XẠ HOẶC SỐ HẠT NHÂN VÀO THỜI ĐIỂM t

• PHƯƠNG PHÁP THÔNG THƯỜNG :

1. Các công thức ở phần tóm tắt.

2. Số mol :
$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$$

⇒ Số hạt nhân tương ứng : $N = n \cdot N_A$

$N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ ngử/mol : số Avôgadrô

M : khối lượng mol

m : khối lượng chất

3. Số hạt nhân bị phân rã trong thời gian từ t_1 đến t_2 .

$$\Delta N = N_1 - N_2 = N_0(e^{-\lambda t_1} - e^{-\lambda t_2})$$

* Nếu : $t_1 = 0 \Rightarrow \Delta N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$

B. Bài tập ví dụ :

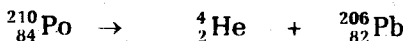
14.1a) Chu kỳ bán rã của $^{210}_{84}\text{Po}$ là 138 ngày đêm. Khi phóng xạ tia α , pôlôni biến thành chì.

a) Xác định có bao nhiêu nguyên tử Pôlôni bị phân rã sau 276 ngày trong 42mg $^{210}_{84}\text{Po}$.

b) Tìm khối lượng chì được tạo thành trong thời gian trên.

Giải

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Số hạt nhân $^{210}_{84}\text{Po}$ ban đầu :

$$N_0 = \frac{m_1}{M_1} N_A = \frac{42 \cdot 10^{-3}}{210} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 12,04 \cdot 10^{19}$$

Số hạt nhân $^{210}_{84}\text{Po}$ còn lại sau hai chu kỳ bán rã : $138.2 = 276$ ngày

$$N = \frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{4}$$

Số hạt nhân đã phân rã trong thời gian trên :

$$\Delta N = N_0 - N = \frac{3N_0}{4} = \frac{3.12,04.10^{19}}{4} = 9,03.10^{19}$$

Khối lượng chì sinh ra :

$$m = \frac{\Delta N}{N_A} M_2 = \frac{9,03.10^{19} \cdot 206}{6,02.10^{23}} = 3,09.10^{-2} \text{g} = 30,9 \text{mg}$$

14.2a) Hãy xác định có bao nhiêu hạt nhân trong $1 \text{mg } ^{144}_{58}\text{Ce}$ phân rã trong khoảng thời gian $\Delta t_1 = 1 \text{s}$ và $\Delta t_2 = 1 \text{năm}$. Chu kỳ bán rã của $^{144}_{58}\text{Ce}$ là 285 ngày.

Giải

Số hạt nhân có trong $1 \text{mg } ^{144}_{58}\text{Ce}$ ban đầu :

$$N_0 = \frac{m}{M} N_A = \frac{10^{-3}}{144} 6,02.10^{23} = 4,18.10^{18}$$

Số hạt nhân vào thời điểm t :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Số hạt nhân phân rã trong thời gian t :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Xét : $t = \Delta t_1 = 1 \text{s}$; $-\lambda \Delta t_1 \ll 1$

$$\Rightarrow e^{-\lambda \Delta t_1} \approx 1 - \lambda \Delta t_1$$

$$\Rightarrow \Delta N_1 = N_0 \cdot \lambda \cdot \Delta t_1$$

$$= 4,18.10^{18} \cdot \frac{0,693}{825.86400} \cdot 1 = 1,18.10^{11}$$

Số hạt nhân đã phân rã trong một năm :

$$\begin{aligned}\Delta N &= N_0(1 - e^{-\lambda t}) \\ &= 4,18 \cdot 10^{18} (1 - e^{-0,693 \cdot 365 / 285}) = 2,46 \cdot 10^{18}\end{aligned}$$

• **Chú ý :**

Số hạt nhân phân rã trong 1 giây :

$$\begin{aligned}H &= N_0 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} \\ &= 4,18 \cdot 10^{18} \cdot \frac{0,693}{285,86400} \cdot e^{-0,693 \cdot 1 / 285,86400} = 1,18 \cdot 10^{11} \text{ (Bq)}\end{aligned}$$

14.3a) Chất phóng xạ $^{210}_{82}\text{Po}$ (Pôlôni) có chu kỳ bán rã 138 ngày.

Tính khối lượng Po có độ phóng xạ 1 Ci.

Giải

- Khối lượng Po cần tìm :

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} = \frac{N_0 M}{N_A} e^{-\lambda t} \quad (1)$$

với : N_0 là số hạt nhân ban đầu.

$$M = 210 \text{ g}, N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

- Độ phóng xạ :

$$H = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2), suy ra :

$$\frac{m}{H} = \frac{M}{N_A \cdot \lambda} = \frac{M \cdot T}{N_A \cdot \ln 2}$$

$$m = \frac{M \cdot T \cdot H}{N_A \ln 2} = \frac{210 \cdot 138,86400 \cdot 3,7 \cdot 10^{10}}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,693}$$

$$\Rightarrow m = 0,222 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 0,222 \text{ mg}$$

14.4a) Ngày nay tỉ lệ của ^{235}U là 0,72% urani tự nhiên, còn lại là ^{238}U . Cho biết chu kỳ bán rã của chúng lần lượt là $7,04 \cdot 10^8$ năm và $4,46 \cdot 10^9$ năm.

Tính tỉ lệ của ^{235}U trong urani tự nhiên vào thời kỳ Trái Đất được tạo thành cách đây 4,5 tỉ năm.

Giải

Gọi N_{01} , N_{02} lần lượt là số hạt nhân ^{235}U , ^{238}U khi Trái Đất được tạo thành :

Số hạt nhân ^{238}U , ^{235}U hiện nay

$$N_1 = N_{01} \cdot e^{-\lambda_1 t}$$

$$N_2 = N_{02} \cdot e^{-\lambda_2 t}$$

$$\Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_{01}}{N_{02}} \cdot e^{-t(\lambda_1 - \lambda_2)}$$

$$\Rightarrow \frac{N_{01}}{N_{02}} = \frac{N_1}{N_2} \cdot e^{-t(\lambda_2 - \lambda_1)}$$

$$\Rightarrow \frac{N_{01}}{N_{02}} = \frac{0,72}{99,28} \cdot e^{-4,5 \cdot 10^9 \cdot 0,693 \left(\frac{1}{4,46 \cdot 10^9} - \frac{1}{0,704 \cdot 10^9} \right)} = 0,30$$

Tỉ lệ cần tìm :

$$\frac{N_{01}}{N_{01} + N_{02}} = \frac{N_{01}}{N_{01} + \frac{1}{0,3} \cdot N_{01}} = \frac{0,3}{1,3} = 0,2326 \approx 23\%$$

C. Bài tập rèn luyện :

14.1b) Tìm khối lượng của một mẫu $^{14}_6\text{C}$ chu kỳ bán rã $T = 5570$ năm, biết độ phóng xạ của mẫu là 5 Ci.

ĐS : 1,09g.

14.2b) Đồng vị ^{40}K có chu kỳ bán rã bằng $1,3 \cdot 10^9$ năm. Nếu hiện tại tìm thấy nó trong nguyên tố thiên niên với nồng độ là 1,71% so với ban đầu thì trước đây $6 \cdot 10^9$ năm, nồng độ của nó đã bằng bao nhiêu ?

ĐS : 42%.

14.3b) Đồng vị phóng xạ ^{64}Cu có chu kỳ bán rã là 12,7h. Hỏi bao nhiêu gam từ 5,5g mẫu ^{64}Cu tinh khiết ban đầu sẽ bị phân rã trong khoảng thời gian 2 giờ, bắt đầu từ 14 giờ sau đó ?

ĐS : 265mg

14.4b) Đồng vị phóng xạ của thủy ngân ^{197}Hg phân rã thành vàng, ^{197}Au với hằng số phân rã bằng $0,0108 \text{ h}^{-1}$.

- a) Tính chu kỳ bán rã T của nó.
- b) Hỏi số phần của mẫu còn lại sau thời gian $t = 3T$?
- c) Hỏi số phần của mẫu còn lại sau 10 ngày ?

ĐS : a) $T \approx 64,2\text{h}$; b) 12,5% ; c) 7,50%.

BIỂU BÀI TOÁN 15 : ĐỘ PHÓNG XẠ H – CÂN BẰNG PHÓNG XẠ

A. Tóm tắt lý thuyết :

– Phương pháp thông thường :

$$H_0 = \lambda \cdot N_0$$

$$H = - \frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N = H_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

– Cân bằng phóng xạ :

$$H_1 = H_2 \Leftrightarrow \lambda_1 \cdot N_1 = \lambda_2 \cdot N_2$$

B. Bài tập ví dụ :

15.1a) Tính độ phóng xạ của một gam $^{226}_{83}\text{Ra}$, biết chu kỳ bán rã của nó là 1622 năm.

Giải

Độ phóng xạ của 1g Ra :

$$H_0 = \lambda \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{T} \frac{m N_A}{M}$$

$$H_0 = \frac{0,693 \cdot 1,6,02 \cdot 10^{23}}{(1622)365,8,64 \cdot 10^4 226} (\text{Bq}) = 0,976 \text{Ci} \approx 1 \text{Ci}$$

15.2a) ^{234}U là sản phẩm phân rã của ^{238}U và chiếm tỉ lệ 0,006% trong quặng urani tự nhiên khi cân bằng phóng xạ được thiết lập. Tính chu kỳ bán rã ^{234}U . Cho chu kỳ bán rã của ^{238}U là $4,5 \cdot 10^9$ năm.

Giải

Điều kiện cân bằng phóng xạ :

$$H_1 = H_2 \Leftrightarrow \lambda_1 \cdot N_1 = \lambda_2 \cdot N_2$$

$$\Leftrightarrow \frac{N_1}{T_1} = \frac{N_2}{T_2}$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{N_1}{N_2} T_2 \quad \text{với:} \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{0,006}{100} = 6.10^{-5}$$

$$\Rightarrow T_1 = 6.10^{-5} \cdot 4,5.10^9 = 2,7.10^5 \text{ năm}$$

15.3a) Dòng điện ion hóa bão hòa khi có 1 milicuri (mCi) radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ trong không khí là $0,92\mu\text{A}$. Tính xem mỗi hạt α do radon phóng ra sẽ tạo được bao nhiêu ion trong không khí?

Giải

Ta có : $i_{bh} = \frac{N.e}{t}$

Xét trong 1 giây : $i_{bh} = N.e$

Số ion sinh ra trong 1 giây :

$$N = \frac{i_{bh}}{e} = \frac{0,92 \cdot 10^6}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,75 \cdot 10^{12}$$

Số hạt α phát ra trong 1 giây :

$$\Delta N_\alpha = H_0 = 10^{-3} \cdot 3,7 \cdot 10^{10} = 3,7 \cdot 10^7$$

Tỉ số cần tìm :

$$k = \frac{N}{N_\alpha} = \frac{5,75 \cdot 10^{12}}{3,7 \cdot 10^7} = 1,55 \cdot 10^5$$

15.4a) Tốc độ phân rã của $1\text{g } ^{226}\text{Ra}$ là 1curi. Trong một năm, 1g Ra sẽ cho $0,042\text{cm}^3$ heli do phóng xạ α . Hãy tính :

a) Số Avôgadrô.

b) Chu kỳ bán rã của ^{226}Ra .

Giải

Phản ứng hạt nhân :



Độ phóng xạ của 1g Ra được tính bởi :

$$H_0 = \lambda \cdot N_0 = \frac{\ln 2}{T} \frac{m}{M} N_A \quad (1)$$

Số hạt nhân ^{226}Ra phân rã trong thời gian $t = 1$ năm
 $= 365.86400$ (s)

$$\Delta N = N_0(1 - e^{-\lambda t_1}) \quad (2)$$

Số hạt nhân ^{226}Ra phân rã bằng số hạt nhân ^4_2He sinh ra nên :

$$\Delta N = \frac{V}{V_0} N_A \quad (3)$$

Từ (1) , (2) và (3) :

$$T = \frac{t_1 \ln 2}{\ln \frac{V_0 m}{V_0 m - VM}} = \frac{1.0,693}{0,000424} = 1635 \text{ năm}$$

$$N_A = \frac{H_0 TM}{m \ln 2} = \frac{3,7 \cdot 10^{10} \cdot 1635 \cdot 365.86400 \cdot 226}{1.0,693}$$

$$N_A = 6,22 \cdot 10^{23} \text{ ngử/mol}$$

C. Bài tập rèn luyện :

15.1b) Chất phóng xạ Co 60 dùng trong y tế có chu kỳ bán rã $T = 5,33$ năm. Tính độ phóng xạ ban đầu và sau 10 năm của 1kg chất ấy.

$$\text{ĐS : } 4,14 \cdot 10^{16} \text{ Bq ; } 1,13 \cdot 10^{16} \text{ Bq.}$$

15.2b) Urani thiên nhiên là hỗn hợp của ba đồng vị $^{234}_{92}\text{U}$; $^{235}_{92}\text{U}$; $^{238}_{92}\text{U}$. Hàm lượng của urani $^{234}_{92}\text{U}$ không đáng kể (0,006%), của urani $^{235}_{92}\text{U}$ là 0,71%, của urani $^{238}_{92}\text{U}$ là 99,28%. Chu kỳ bán rã của ba chất đồng vị đó tương ứng là $2,5 \cdot 10^5$ năm; $7,1 \cdot 10^8$ năm và $4,5 \cdot 10^9$ năm. Tính tỉ lệ phần trăm của độ phóng xạ do mỗi chất đồng vị đóng góp vào độ phóng xạ chung của urani thiên nhiên.

$$\text{ĐS : } 95,1\% ; 2,1\% ; 2,7\%$$

a) **15.3b)** Một nguồn radi chứa 1.00 mg ^{226}Ra đồng vị phóng xạ có chu kỳ bán rã $T_1 = 1600$ năm và phân rã cho ^{222}Rn có chu kỳ bán rã $T_2 = 3,82$ ngày $\ll T_1$

a) Tính độ phóng xạ của ^{226}Ra nói trên.

b) Cho biết số hạt nhân ^{222}Rn vào thời điểm t tính theo công thức :

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot N_0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

N_0 là số hạt nhân ^{226}Ra có trong 1,00 mg ^{226}Ra

λ_1 và λ_2 là hằng số phân rã của Ra và Rn.

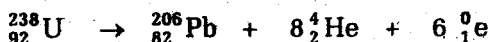
Hỏi cần bao lâu để xảy ra sự cân bằng phóng xạ.

c) Có bao nhiêu radon ở trạng thái cân bằng phóng xạ.

ĐS : a) $3,65 \cdot 10^7 \text{ Bq}$; b) $t \gg T_2$; c) $6,42 \text{ mg}$.

15.4b) Urani 238 sau một loạt phóng xạ α và β biến thành chì.

Phương trình phản ứng tổng hợp là :



Chu kỳ bán rã tổng hợp là $T = 4,6 \cdot 10^9$ năm. Giả sử một loại đá chỉ chứa Urani, không chứa chì. Nếu hiện nay tỷ lệ các

khối lượng của Urani và chì trong đá ấy là $\frac{m(\text{U})}{m(\text{Pb})} = 37$ thì

tuổi đá ấy là bao nhiêu ?

ĐS : $0,2 \cdot 10^9$ năm

**☑ BÀI TOÁN 16 : XÁC ĐỊNH CHU KÌ PHÓNG XẠ T
HOẶC TUỔI CỦA MẪU VẬT t**

A. Tóm tắt lý thuyết :

- Phương pháp thông thường :

$$N_0 = N \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{-\lambda t} = \frac{N_0}{N}$$

$$\Rightarrow t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{N_0}{N} = \frac{T}{\ln 2} \cdot \ln \frac{N_0}{N}$$

$$H = H_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \boxed{t = \frac{T}{\ln 2} \cdot \ln \frac{H_0}{H}}$$

B. Bài tập ví dụ :

16.1a) Tìm thời gian cần thiết để 5mg ^{22}Na lúc đầu ($T = 2,60$ năm) còn lại 1mg.

Giải

Thời gian t cần tìm :

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \ln \cdot e^{-\lambda t} = \ln \frac{m}{m_0} \quad \text{với } \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

$$t = \frac{T}{\ln 2} \cdot \ln \frac{m_0}{m} = \frac{2,60}{0,693} \ln \frac{5}{1} = 6,04(\text{năm})$$

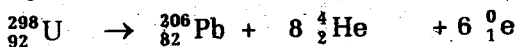
16.2a)

a) Trong một mẫu quặng urani, người ta tìm thấy có lẫn chì ^{206}Pb cùng với ^{238}U nếu tỉ lệ tìm thấy là cứ 10 nguyên tử urani thì có hai nguyên tử chì. Hãy xác định tuổi quặng. Cho $T = 4,5 \cdot 10^9$ năm.

b) Xác định chu kỳ bán rã của triti biết rằng số nguyên tử của đồng vị ấy cứ 5,11 năm giảm 25%.

Giải

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



Gọi N_0 là số hạt nhân ${}^{238}\text{U}$ lúc $t = 0$.

Gọi N là số hạt nhân ${}^{238}\text{U}$ lúc t .

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Số hạt nhân chì sinh ra trong thời gian t :

$$\Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

Ta có :

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}$$

$$\Rightarrow t = \frac{T}{\ln 2} \ln \left(\frac{\Delta N}{N} + 1 \right)$$

$$\Rightarrow t = \frac{4,5 \cdot 10^9}{0,693} \cdot \ln \left(\frac{2}{10} + 1 \right) = 1,18 \cdot 10^9 \text{ năm}$$

b) Gọi N_0 là số hạt nhân triti lúc $t = 0$.

Gọi N là số hạt nhân triti lúc $t = 5,11$ năm.

$$\text{Ta có : } \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{N}{N_0} \cong -\lambda t$$

$$\Rightarrow T = \frac{t \cdot \ln 2}{\ln \frac{N_0}{N}} = 12,3 \text{ năm}$$

16.3a) Các phép đo độ phóng xạ của một mẫu ${}_{24}^{55}\text{Cr}$ thực hiện sau 5 phút một các kết quả sau : 19,2 ; 7,13 ; 2,65 ; 0,99 ; 0,37 mCi
Tìm chu kỳ bán rã.

Giải

Độ phóng xạ :

$$H = \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

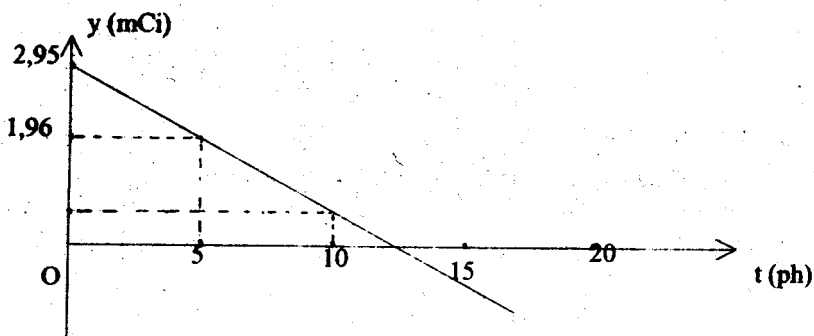
$$\Rightarrow \ln H = \ln \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \ln H = -\lambda t + \ln \lambda \cdot N_0$$

Ta thấy $\ln H$ thay đổi bậc nhất theo thời gian và độ dốc của đường biểu diễn bằng $-\lambda$. Từ số liệu đầu bài ta có bảng dưới đây:

tg(phút)	0	5	10	15	20
H(mCi)	19,2	7,13	2,65	0,99	0,37
$y = \ln(H)$	2,95	1,96	0,975	-0,010	-0,994

Đồ thị :



Theo đồ thị :

$$-\lambda = \text{tg} \alpha = -\frac{2,95 + 0,994}{20} = -0,197$$

Chu kỳ bán rã :

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{0,197} = 3,52 \text{ phút}$$

C. Bài tập rèn luyện :

16.1b) Tìm chu kỳ bán rã $^{200}_{79}\text{Au}$. Biết độ phóng xạ của 3.10^{-9}kg chất đó là 58,9Ci.

ĐS : $T = 48\text{phút}$.

16.2b) Xác định tuổi của những mẫu gỗ cũ, nếu biết độ phóng xạ tính riêng của đồng vị ^{14}C trong chúng bằng $3/5$ độ phóng xạ riêng của đồng vị này trong cây gỗ vừa mới chặt. Chu kỳ bán rã của các hạt nhân ^{14}C bằng 5570 năm.

ĐS : $4,1.10^3\text{năm}$.

16.3b) Thành phần đồng vị phóng xạ C^{14} có trong khí quyển có chu kỳ bán rã là 5568 năm. Mọi thực vật sống hấp thụ cacbon dưới dạng khí CO_2 đều chứa một lượng cân bằng C^{14} .

Một mảnh xương nặng 18g tìm thấy trong một ngôi mộ cổ cho thấy có chứa C^{14} với hoạt độ phóng xạ 112 phân rã/phút. Hỏi vật chất hữu cơ này đã chết cách đây bao lâu, biết rằng thực vật sống có hoạt độ phóng xạ từ C^{14} là 12 phân rã/phút.gam

ĐS : 5280 năm.

☑ BÀI TOÁN 17 : TỔNG HỢP VỀ PHÓNG XẠ

MỘT SỐ ĐỀ THI

17.1) Trên khoảng cách trong chân không bằng bao nhiêu để cường độ của một chùm nơtron năng lượng 5eV sẽ giảm đi một nửa ? Chu kỳ bán rã của nơtron $T = 12,8$ phút.

17.2) Ban đầu có 2g radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ là chất phóng xạ với chu kỳ bán rã $T = 3,8$ ngày. Tính :

a) Số nguyên tử ban đầu.

b) Số nguyên tử còn lại sau $t = 1,5T$.

c) Tính ra Becơren (Bq) và Curi (Ci) độ phóng xạ của lượng $^{222}_{86}\text{Rn}$ nói trên, sau $t = 1,5T$

17.3) Dùng đồ thị xác định chu kỳ bán rã của các nguyên tố phóng xạ chứa trong một mẫu theo các giá trị tốc độ đếm thu được trong khoảng từng giờ một sau đây :

t gian (h) : 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 6; 8; 10; 12

Số xung/ph : 210; 180; 165; 144; 130; 98; 78; 61; 48

17.4) Lúc ban đầu một mẫu poloni $^{210}_{84}\text{Po}$ nguyên chất có khối lượng $m = 1\text{g}$. Các hạt nhân poloni phóng xạ phát ra hạt α và chuyển thành một hạt nhân ^A_ZX bền.

a) Viết phương trình phản ứng, xác định nguyên tử số và khối lượng số và tên gọi của hạt nhân ^A_ZX .

b) Xác định chu kỳ bán rã của poloni phóng xạ, biết rằng trong một năm (365 ngày) nó tạo ra $V = 89,5\text{cm}^3$ khí héli ở điều kiện tiêu chuẩn.

- c) Tìm tuổi của mẫu chất trên biết rằng tại thời điểm khảo sát tỉ số giữa khối lượng A_ZX và khối lượng poloni có trong mẫu là 0,4. Tìm các khối lượng đó.

Cho số Avogadrô $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}/\text{mol}$

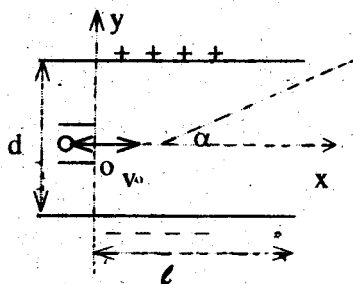
17.5) Tại tâm một bình cầu rỗng bằng thủy tinh, bán kính trong bằng 8cm, đã rút hết không khí có đặt 0,01mg ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ (có chu kỳ bán rã khá lớn). Mặt trong bình cầu tráng một lớp mỏng kẽm sunfur. Radi phát các hạt α đều theo mọi phương, gây nên các chớp sáng mỗi khi một hạt α đập vào lớp kẽm sunfur. Thí nghiệm cho thấy trong 100 giây đếm được 19 chớp sáng trên diện tích $0,01\text{mm}^2$ (ngắm qua kính hiển vi).

- Tính số hạt α mà 1mg radi phát ra trong 1 phút.
- Hứng một nửa số hạt α tìm được ở câu a lên một bản của tụ điện có điện dung $C = 10^{-11}\text{F}$, bản thứ hai nối đất. Hãy tính điện tích của một hạt α biết rằng sau 1 phút hiệu điện thế giữa hai bản tụ là 147V (hiệu điện thế lúc đầu là 0).
- Biết lượng khí hêli thoát ra từ 1mg trong 1 năm là $0,172\text{mm}^3$ trong điều kiện tiêu chuẩn. Hãy tính khối lượng một hạt α và số Avôgadrô (tức là số nguyên tử hêli chứa trong 22,4lít khí ở điều kiện tiêu chuẩn).

17.6) Để đo chu kỳ bán rã của một chất phóng xạ β^- người ta dùng máy “đếm xung” (khi một hạt β^- rơi vào máy, trong máy xuất hiện một xung điện, khiến các số trên hệ đếm của máy tăng thêm một đơn vị). Trong thời gian 1 phút máy đếm được 360 xung, nhưng 2h sau phép đo lần thứ nhất, trong một phút máy chỉ đếm được 90 xung (trong cùng điều kiện đo).

- Xác định chu kỳ bán rã của chất phóng xạ.

- b) Các hạt β^- phóng ra được đặt trong điện trường đều của một tụ điện. Giả sử chúng có cùng vận tốc v_0 và được bố trí sao cho phương của vận tốc vuông góc với phương của điện trường (H.Vẽ).



- α) Tìm phương trình quỹ đạo của hạt β^- trong điện trường.
 β) Khi ra đi khỏi tụ điện, hạt β^- bị lệch so với phương ban đầu một góc α . Tính giá trị của vận tốc v_0 .

Áp dụng : $\alpha = 10^\circ$; hiệu điện thế trên tụ điện $U = 100\text{V}$; bề rộng tụ điện $d = 10\text{cm}$; chiều dài tụ điện là $l = 0,2\text{m}$; $e/m \approx 1,76 \cdot 10^{11}\text{C/kg}$.

17.7) Chu kỳ bán rã của $\text{U}238$ là $4,5 \cdot 10^9$ năm.

- a) Tính số nguyên tử bị phân rã trong 1 năm trong 1g $\text{U}238$.
 b) Hiện nay trong quặng urani tự nhiên có lẫn $\text{U}238$ và $\text{U}235$ theo tỉ lệ số nguyên tử là $140 : 1$. Giả thiết ở thời điểm tạo thành Trái Đất tỉ lệ trên là $1 : 1$, Hãy tính tuổi của Trái Đất. Biết chu kỳ bán rã của $\text{U}235$ là $7,13 \cdot 10^8$ năm.

Chú thích :

Với $x \ll 1$ có thể coi $e^{-x} \approx 1 - x$; $\ln x = 2,3 \log x$

17.8) Hạt nhân $^{14}_6\text{C}$ là một chất phóng xạ, nó phóng ra tia β^- , có chu kỳ bán rã là 5600 năm.

- a) Viết phương trình của phản ứng phân rã.
 b) Sau bao lâu lượng chất phóng xạ của một mẫu chỉ còn bằng $1/8$ lượng chất phóng xạ ban đầu của mẫu đó.

- c) Trong cây cối có chất phóng xạ $^{14}_6\text{C}$. Độ phóng xạ của một mẫu gỗ tươi và một mẫu gỗ cổ đại đã chết cùng khối lượng lần lượt là 0,255Bq và 0,215Bq. Xác định xem mẫu gỗ cổ đại chết đã bao lâu ? Cho biết : $\ln(1,186) = 0,1706$

(ĐH An Ninh – 96)

- 17.9) Đồng vị phóng xạ coban $^{58}_{27}\text{Co}$ phát ra tia β và γ với chu kỳ bán rã $T = 71,3$ ngày. Viết phương trình phản ứng, chỉ rõ hạt nhân con của phản ứng. Hãy tính xem trong 1 tháng (30 ngày) chất coban này bị phân rã bao nhiêu phần trăm. (ĐH QGTPHCM – 96)

- 17.10) Khi phân tích một mẫu gỗ, người ta xác định được rằng : 87,5% số nguyên tử đồng vị phóng xạ $^{14}_6\text{C}$ đã bị phân rã thành các nguyên tử $^{14}_7\text{N}$. Xác định tuổi của mẫu gỗ này. Biết chu kỳ bán rã của $^{14}_6\text{C}$ là 5570 năm. (ĐHQG TPHCM – 98).

- 17.11) Cho biết $^{238}_{92}\text{U}$; $^{235}_{92}\text{U}$ là các chất phóng xạ có chu kỳ bán rã lần lượt là T_1 và T_2 .

- a) Ban đầu có 2,38g U^{238} . Tìm số nguyên tử của U^{238} còn lại sau thời gian $t = 1,5T_1$.
- b) Hiện nay trong quặng urani thiên nhiên có lẫn U^{238} và U^{235} theo tỉ lệ 160 : 1. Giả thiết ở thời điểm tạo thành Trái Đất tỷ lệ trên là 1:1. Hãy xác định tuổi Trái Đất.

Cho : $\ln 10 = 2,3$; $\ln 2 = 0,693$; $T_1 = 4,5 \cdot 10^9$ năm ; $T_2 = 7,13 \cdot 10^8$ năm ; $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}/\text{mol}$ (ĐHQG TPHCM – 98)

- 17.12) Chất phóng xạ poloni (Po) phát ra tia phóng xạ α và biến thành chì ($^{206}_{82}\text{Pb}$).

- a) Viết phương trình của phản ứng phân rã và xác định số khối và nguyên tử số của Po.

- b) Biết rằng ban đầu khối lượng của khối chất Po là 1g, và sau 6624h độ phóng xạ của khối chất Po bằng $4,17 \cdot 10^{13} \text{Bq}$, hãy xác định khối lượng của một hạt α và số Avôgadrô (tức số hạt có trong một mol chất ở điều kiện tiêu chuẩn). Biết chu kỳ bán rã của Po bằng 3312h và $\ln 2 = 0,693$. (BK HN -98)

17.13) Pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ là một chất phóng xạ α , có chu kỳ bán rã $T=138$ ngày.

- Viết phản ứng phân rã của hạt nhân Pôlôni. Hạt nhân con là hạt nhân nguyên tử của nguyên tố nào ?
- Chứng minh rằng động năng của hạt α và hạt nhân con tỉ lệ thuận với vận tốc của chúng. Tính vận tốc hạt α , biết rằng mỗi hạt nhân pôlôni khi phân rã thì tỏa ra một năng lượng $E = 2,60 \text{MeV}$.
- Tính độ phóng xạ ban đầu của 1mg pôlôni và độ phóng xạ của nó sau 17,25 ngày ; 34,5 ngày ; 69 ngày ; và 276 ngày. Cho biết : Số Avôgadrô $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ hạt/mol ; $\ln 2 = 0,693$. Coi khối lượng của hạt α là $m_\alpha = 4u$. (ĐH Công Đoàn - 98)

17.14) Đồng vị $^{24}_{11}\text{Na}$ là chất phóng xạ β^- và tạo thành đồng vị của magiê. Mẫu $^{24}_{11}\text{Na}$ có khối lượng ban đầu $m_0 = 0,24\text{g}$. Sau 105giờ, độ phóng xạ của nó giảm đi 128 lần. Cho $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} (\text{mol}^{-1})$.

- Viết phương trình phản ứng.
- Tìm chu kỳ bán rã và độ phóng xạ ban đầu (tính ra đơn vị Bq) của mẫu (Kết quả tính được lấy đến 3 chữ số có nghĩa).
- Tìm khối lượng magiê tạo thành sau thời gian 45 giờ. (ĐHGTVT - 98)

17.15)

- Hãy nêu cấu tạo hạt nhân của các nguyên tử $^{235}_{92}\text{U}$ và $^{238}_{92}\text{U}$.
- Cho chu kỳ bán rã của $^{235}_{92}\text{U}$ là $7,13 \cdot 10^8$ năm. Tính số nguyên tử bị phân rã của 1 gam $^{235}_{92}\text{U}$ trong hai năm.

- c) Hiện nay trong quặng thiên nhiên có chứa cả ${}_{92}^{238}\text{U}$ và ${}_{92}^{235}\text{U}$ theo tỉ lệ số nguyên tử là 140 : 1. Giả thiết ở thời điểm tạo thành một vật thể, tỉ lệ trên là 1 : 1. Hãy tính tuổi của vật thể ấy. Biết chu kỳ bán rã của ${}_{92}^{238}\text{U}$ là $4,5 \cdot 10^9$ năm.

Khi x rất nhỏ thì $e^{-x} \approx 1 - x$. (ĐH Nông nghiệp I – 98)

• HƯỚNG DẪN GIẢI

17.1)

Tính vận tốc của chùm nơtron theo động năng của chúng :

$$v = \sqrt{\frac{2k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5,16 \cdot 10^{-19}}{1,67 \cdot 10^{-27}}} = 3,1 \cdot 10^4 (\text{m/s}) = 31 (\text{km/s})$$

Trong thời gian $T = 12,8 \text{ phút} = 768 \text{ s}$ phân nửa số nơtron bị phân rã nên cường độ chùm nơtron giảm đi một nửa.

Khoảng đường nơtron đi trong thời gian trên :

$$S = v \cdot T = 31 \cdot 768 = 23,8 \cdot 10^3 (\text{km})$$

17.2)

Số nguyên tử radon ban đầu N_0 :

$$N_0 = N_A \frac{m}{M} = 6,023 \cdot 10^{23} \left(\frac{2}{222} \right) = 5,42 \cdot 10^{21}$$

Số nguyên tử radon còn lại sau thời gian $t = 1,5T$.

$$\begin{aligned} N &= N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 \cdot 2^{-1,5} \\ &= \frac{5,42 \cdot 10^{21}}{2\sqrt{2}} = 1,92 \cdot 10^{21} \end{aligned}$$

Tính độ phóng xạ (H) :

$$\begin{aligned} H &= \lambda \cdot N = \frac{0,693}{T} \cdot N = \frac{0,693}{3,8 \cdot 10^4} \cdot 1,91 \cdot 10^{21} \\ &= 4,05 \cdot 10^{15} \text{ Bq} \end{aligned}$$

Tính theo đơn vị Ci ; $H = \frac{4 \cdot 10^{15}}{3,7 \cdot 10^{10}} \approx 1,1 \cdot 10^5 \text{ Ci}$

17.3)

Độ phóng xạ :

$$H = \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \ln H = \ln \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \ln H = -\lambda t + \ln \lambda \cdot N_0$$

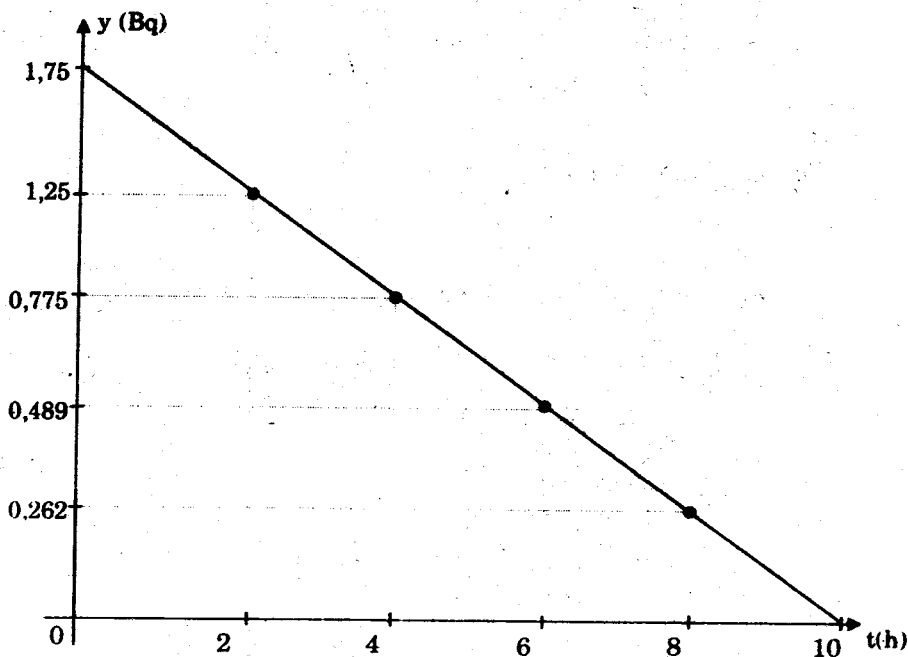
Ta thấy $\ln H$ thay đổi bậc nhất theo thời gian và độ dốc của đường biểu diễn bằng $-\lambda$. Từ số liệu đầu bài ta có bảng dưới đây :

t gian (h) : 2,0 ; 2,5 ; 3,0 ; 3,5 ; 4,0 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12

H (Bq) : 3,50 ; 3,00 ; 2,75 ; 2,4 ; 2,17 ; 1,63 ; 1,3 ; 1,02 ; 0,8

y = ln(H) : 1,25 ; 1,10 ; 1,01 ; 0,875 ; 0,775 ; 0,489 ; 0,262 ; 0,02 ; 0,223

Đồ thị :



Theo đồ thị :

$$-\lambda = \operatorname{tg} \alpha = -\frac{1,75}{10} = -0,175 \text{ (h}^{-1}\text{)}$$

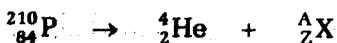
Chu kỳ bán rã :

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{0,175} = 3,96 \text{ h} \approx 4 \text{ h}$$

17.4)

a) Tính nguyên tử số, khối lượng số và tên gọi :

- Gọi Z, A lần lượt là nguyên tử số, khối lượng số của hạt nhân X :



- Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích hạt nhân :

Ta có :

$$210 = 4 + A \Rightarrow A = 206$$

$$84 = 2 + Z \Rightarrow Z = 82$$

Vậy : ${}_Z^AX \equiv {}_{82}^{206}\text{Pb}$

b) Chu kỳ bán rã T của poloni :

Gọi N_0 là số hạt nhân poloni ban đầu :

Ta có :

$$N_0 = N_A \left(\frac{m}{M} \right) \approx 2,87 \cdot 10^{21}$$

Gọi N là số hạt nhân poloni còn lại sau thời gian $t = 365$ ngày.

Theo định luật phóng xạ :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad ; \quad \text{với : } \lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}$$

Số hạt nhân poloni phân rã trong 365 ngày :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Số hạt nhân heli (hạt α) sinh ra trong 365 ngày nói trên :

$$\Delta N' = N_A \frac{V}{V_0} = 6,023 \cdot 10^{23} \cdot \frac{89,5 \cdot 10^{-3}}{22,4} = 2,41 \cdot 10^{21}$$

(V_0 là thể tích 1 mol khí ở điều kiện chuẩn)

Số hạt nhân heli sinh ra cũng chính bằng số hạt nhân poloni phân rã cùng thời.

Ta có :

$$\begin{aligned} \Delta N &= \Delta N' \Leftrightarrow 2,87 \cdot 10^{21} (1 - e^{-\lambda \cdot 365}) = 2,41 \cdot 10^{21} \\ \Rightarrow -365 \cdot \lambda &= \ln \frac{2,87 - 2,41}{2,87} = -1,83 \end{aligned}$$

Mà :

$$\lambda = \frac{0,693}{T} \Rightarrow T = \frac{365 \cdot 0,693}{1,83} \approx 138 \text{ ngày}$$

c) Tính tuổi của mẫu chất :

- Gọi P_0 là khối lượng poloni vào thời điểm t đang xét.

Ta có :

$$m_{po} = M_{po} \frac{N_0}{N_A} = M_{Po} \cdot \frac{N_0}{N_A} \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

- Gọi m_{pb} là khối lượng chì trong mẫu vào thời điểm t đang xét.

Ta có :

$$m_{pb} = M_{pb} \cdot \frac{\Delta N}{N_A} = M_{pb} \frac{N_0}{N_A} (1 - e^{-\lambda t}) \quad (2)$$

- Lấy (2) chia cho (1) :

$$\begin{aligned} \frac{m_{pb}}{m_{po}} &= \frac{M_{pb}}{M_{po}} \left(\frac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} \right) \\ \Rightarrow 0,4 &= \frac{206}{210} \left(\frac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} \right) \\ \Rightarrow e^{-\lambda t} &= \frac{206}{290} \approx 0,71 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln 0.71}{0.693} 138 = 68,4 \text{ ngày}$$

- Thay (3) vào (1) ta có :

$$m_{po} = 210 \frac{2,87 \cdot 10^{21}}{6,023 \cdot 10^{23}} \cdot 0,71 = 0,71 \text{ g}$$

- Thay (3) vào (2) ta có :

$$M_{pb} = \frac{206(2,87 \cdot 10^{21})}{6,023 \cdot 10^{23}} \cdot 0,71 = 0,28 \text{ g}$$

Vậy tuổi của mẫu chất là 68 ngày, khối lượng của P_o là 0,72g, khối lượng của chì là 0,28g.

17.5)

a) Tính số hạt α mà 1mg radi phát ra trong một phút.

Diện tích mặt cầu :

$$S = 4 \cdot \pi \cdot R^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot 8^2 \approx 804 \text{ cm}^2 = 804 \cdot 10^2 \text{ mm}^2$$

Số hạt α do 1mg Ra phát ra trong 60 giây.

$$N \frac{S}{\Delta S} \cdot \frac{t}{t'} \cdot n = \frac{804 \cdot 10^2 \cdot 60 \cdot 19}{0,01 \cdot 100} = 91656 \cdot 10^5$$

b) Tính điện tích q của hạt α .

Gọi Q là điện tích của tụ điện.

$$\text{Ta có : } Q = \frac{N_2}{2} q \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác : } Q = C \cdot U \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

$$q = \frac{2 \cdot U \cdot C}{N} = \frac{2 \cdot 147 \cdot 10^{-11}}{91656 \cdot 10^5} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

c) Tính khối lượng của một hạt α và số Avôgadrô.

Do chu kỳ bán rã của $^{226}_{88}\text{Ra}$ khá lớn khoảng hàng tỉ năm.

Nên một cách gần đúng; số hạt α (hạt nhân hêli) do 1mg radi phát ra trong 1 năm.

$$N' = N.365.60.24 \\ = 91656.10^5.365.60.24 \approx 481744.10^{10}$$

Số Avôgadrô N_A :

$$N_A = \frac{N'.V_0}{V} \approx 6,27.10^{23}$$

Khối lượng một hạt hêli.

$$M_{\text{Hê}} = \frac{4}{6,27.10^{23}} = 0,64.10^{-23} = 6,4.10^{-27} \text{ kg.}$$

17.6)

a) Tính chu kỳ bán rã T của chất phóng xạ.

- Gọi H_0 là độ phóng xạ ban đầu.
- H là độ phóng xạ vào thời điểm $t = 2$ giờ.
- Công thức tính độ phóng xạ :

$$H = H_0.e^{-\lambda t} \quad \Rightarrow \quad \frac{H}{H_0} = e^{-\lambda t}$$

Suy ra :

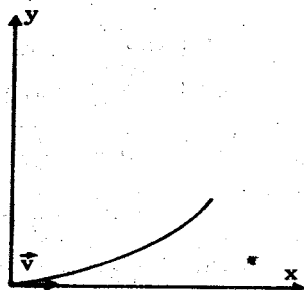
$$\ln \frac{H}{H_0} = -\lambda t \quad \Leftrightarrow \quad \ln \frac{90}{360} = -\frac{\ln 2}{T} . t$$

Ta có :

$$\frac{T}{t} = -\frac{\ln 2}{\ln \frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{t}{2} = 1 \text{ giờ}$$

b) α. Phương trình quỹ đạo của hạt β.

- Chọn hệ trục tọa độ như hình.
- Xét trên phương Ox, hạt β chuyển động thẳng đều với vận tốc v_0 .
- Xét trên phương Oy, hạt β chuyển động nhanh dần đều với gia tốc :



$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{md}$$

Ta có phương trình chuyển động :

$$\begin{cases} x = v_0 t \\ y = \frac{1}{2} at^2 \end{cases}$$

Phương trình quỹ đạo :

$$f(x) = y = \frac{1}{2} a \cdot \frac{x^2}{v^2} = \frac{1}{2} \frac{eU}{m.d.v_0^2} x^2$$

β. Tính giá trị của vận tốc v_0 .

$$f(x) = \frac{eU}{m.d.v_0^2} x$$

Theo đầu bài :

$$\operatorname{tg} \alpha = f(l) = \frac{eU}{m.d.v_0^2} . l$$

Suy ra :

$$v_0 = \sqrt{\frac{e.U.e}{m.d.\operatorname{tg} \alpha}}$$

Áp dụng bằng số :

$$v_0 = \sqrt{\frac{1,76.10^{11}.100.0,2}{0,1.0,176}} \approx 1,4.10^7 \text{ m/s}$$

17.7)

a) Số nguyên tử bị phân rã trong 1 năm.

Gọi N_0 là số nguyên tử có trong 1g U 238 ban đầu.

Ta có :

$$N_0 = n.N_A = \frac{m}{M} . N_A$$

Gọi N là số nguyên tử còn lại sau 1 năm.

Ta có :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\text{Với: } \lambda t = \frac{\ln 2}{T_1} \cdot t = \frac{0,693}{4,5 \cdot 10^9} = 1,54 \cdot 10^{-10} \ll 1$$

$$\text{Nên: } e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

Số nguyên tử U 238 bị phân rã :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 - N_0(1 - \lambda t)$$

$$= N_0 \cdot \lambda t = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot \lambda \cdot t$$

$$= \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{238} \cdot 1,54 \cdot 10^{-10} = 3,89 \cdot 10^{11}$$

b) Tính tuổi Trái Đất :

Gọi N_0 là số nguyên tử U 238 lúc mới tạo thành Trái Đất.

Gọi N_1 , N_2 là số nguyên tử U 238 và U 235 lúc đang xét (hiện nay).

Ta có :

$$N_1 = N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t}$$

$$\text{Với: } \lambda_1 = \frac{\ln 2}{T_1} = \frac{0,693}{4,5 \cdot 10^9} = 1,54 \cdot 10^{-10}$$

$$N_2 = N_0 \cdot e^{-\lambda_2 t}$$

$$\text{Với: } \lambda_2 = \frac{\ln 2}{T_2} = \frac{0,693}{7,13 \cdot 10^8} = 9,71 \cdot 10^{-11}$$

Suy ra :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{e^{-\lambda_1 t}}{e^{-\lambda_2 t}} = e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{N_1}{N_2} = -(\lambda_1 - \lambda_2) \cdot t$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln \frac{N_1}{N_2}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

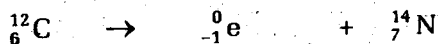
Ta có :

$$t = \frac{\ln 140}{(9,71 - 1,54)10^{-10}} = 0,6048.10^{10} \text{ năm} \approx 6 \text{ tỉ năm}$$

Vậy tuổi Trái Đất là 6 tỉ năm.

17.8)

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



b) Định luật phóng xạ :

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{T}{\ln 2} \ln \frac{m_0}{m}$$

$$t = \frac{5600}{\ln 2} \ln 8 = 16800 \text{ năm}$$

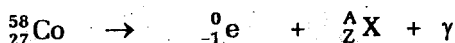
c) Công thức độ phóng xạ :

$$H = H_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{T}{\ln 2} \ln \frac{H_0}{H}$$

$$t = \frac{5600}{0,693} \ln \frac{0,255}{0,215} = 1379 \text{ năm}$$

17.9)

Phương trình phản ứng hạt nhân :



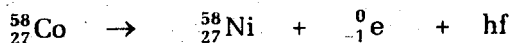
Theo định luật bảo toàn nuclôn và bảo toàn điện tích :

$$58 = 0 + A \Rightarrow A = 58$$

$$27 = -1 + Z \Rightarrow Z = 28$$

Vậy ${}^A_Z\text{X} \equiv {}^{58}_{28}\text{Ni}$ đó là hạt nhân niken.

Phương trình phản ứng đầy đủ là :



Thành phần phần trăm đã phân rã trong thời gian $t_1 = 30$ ngày.

Gọi N_{01} là số hạt nhân ${}^{58}_{27}\text{Co}$ ban đầu $t = 0$.

Gọi N_1 là số hạt nhân $^{58}_{27}\text{Co}$ lúc $t_1 = 30$ ngày.

Theo định luật phóng xạ :

$$N_1 = N_{01} \cdot e^{-\lambda t_1}$$

Số phần trăm hạt nhân $^{58}_{27}\text{Co}$ đã phân rã trong thời gian nói trên ($t_1 = 30$ ngày)

$$\begin{aligned} \frac{\Delta N_1}{N_{01}} &= \frac{N_{01} - N_1}{N_{01}} = 1 - e^{-\lambda t_1} \\ &= 1 - e^{-0.639 \left(\frac{30}{71.3} \right)} = 25,3\% \end{aligned}$$

Vậy trong 30 ngày chất Co bị phân rã 25,3%

17.10)

Định luật phóng xạ :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{với } \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

Số hạt nhân nguyên tử đã phân rã trong thời gian t :

$$\Delta N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} = 1 - \frac{\Delta N}{N_0}$$

$$\Rightarrow t = \frac{T}{\ln 2} \ln \frac{1}{1 - \frac{\Delta N}{N_0}}$$

$$\Rightarrow t = \frac{5570}{\ln 2} \ln \frac{1}{1 - 0,875}$$

$$\Rightarrow t = 5570 \cdot \frac{\ln 2^3}{\ln 2} = 3 \cdot 5570 = 16710 \text{ năm}$$

17.11)

a) Định luật phóng xạ :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{với } \lambda = \frac{\ln 2}{T}$$

Số hạt nhân nguyên tử đã phân rã trong thời gian t :

$$\Delta N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

với $N_0 = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{2,38}{238} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{24}$

$$\Delta N = 6,02 \cdot 10^{24}(1 - e^{-0,693 \cdot 1,5}) = 1,074 \cdot 10^{20}$$

c) Gọi $N_{01} = N_{02} = N_0$ là số hạt nhân ^{238}U ; ^{235}U ở thời điểm tạo thành Trái Đất $t = 0$

Số hạt nhân còn lại hiện nay tương ứng :

$$N_1 = N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t}$$

với : $\lambda_1 = \frac{\ln 2}{T_1} = \frac{0,693}{4,5 \cdot 10^9} = 0,154 \cdot 10^{-9}$

$$N_2 = N_0 \cdot e^{-\lambda_2 t}$$

với : $\lambda_2 = \frac{\ln 2}{T_2} = \frac{0,693}{7,13 \cdot 10^8} = 0,972 \cdot 10^{-9}$

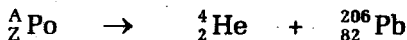
$$\frac{N_1}{N_2} = e^{-t(\lambda_1 - \lambda_2)}$$

$$\Rightarrow t = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \cdot \ln \frac{N_2}{N_1}$$

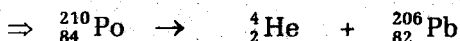
$$\Rightarrow t = \frac{1}{0,154 \cdot 10^{-9} - 0,972 \cdot 10^{-9}} \cdot \ln \frac{1}{160} = 6,2 \cdot 10^9 \text{ năm}$$

17.12)

Phương trình phản ứng hạt nhân :



$$\Rightarrow \begin{cases} A = 210 \\ Z = 84 \end{cases}$$



b) Định luật phóng xạ :

$$H = H_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} = \frac{m}{M} N_A \frac{\ln 2}{T} \cdot e^{-\frac{(\ln 2)t}{T}}$$

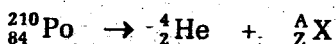
$$N_A = \frac{H.M.T}{m \ln 2 \cdot e^{-\lambda t}} = 6,027 \cdot 10^{23} \text{ (mol}^{-1}\text{)}$$

Khối lượng một hạt α :

$$m_\alpha = \frac{4}{6,027 \cdot 10^{23}} = 0,6637 \cdot 10^{-23} \text{ g} = 6,637 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

17.13)

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



$$\begin{cases} 210 = 4 + A \\ 84 = 2 + Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 206 \\ Z = 82 \end{cases}$$

$$\Rightarrow {}_{82}^{206}\text{X} \equiv {}_{82}^{206}\text{Pb} \quad \text{Hạt nhân nguyên tử chì.}$$

b) Định luật bảo toàn động lượng :

$$m_\alpha \cdot v_\alpha = m_{\text{Pb}} \cdot v_{\text{Pb}} \Rightarrow m_\alpha \cdot K_\alpha = m_{\text{Pb}} \cdot K_{\text{Pb}}$$

$$\frac{K_\alpha}{K_{\text{Pb}}} = \frac{m_\alpha v_\alpha}{m_{\text{Pb}} v_{\text{Pb}}} \cdot \frac{v_\alpha}{v_{\text{Pb}}} = \frac{v_\alpha}{v_{\text{Pb}}}$$

Chứng tỏ động năng của hạt α và hạt nhân con tỉ lệ với vận tốc của chúng.

Năng lượng tỏa ra :

$$\Delta E = K_\alpha + K_{\text{Pb}} = K_\alpha \left(1 + \frac{m_\alpha}{m_{\text{Pb}}}\right)$$

$$= \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 \left(1 + \frac{m_\alpha}{m_{\text{Pb}}}\right)$$

$$\Rightarrow v_\alpha = \sqrt{\frac{2\Delta E \cdot m_{\text{Pb}}}{m_\alpha (m_\alpha + m_{\text{Pb}})}} = 1,11 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

d) Số hạt nhân trong 1mg pôlôni :

$$N_0 = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{210} = 2,87 \cdot 10^{18}$$

Công thức độ phóng xạ :

$$H = H_0 \cdot e^{-\lambda t} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

với : $\lambda = \frac{0,693}{T}$; $e^{-\lambda t} = e^{-\frac{\ln 2 \cdot t}{T}} = e^{-\frac{\ln 2}{8}} = \frac{1}{\sqrt[8]{2}} = 0,917$

Xét : $t_1 = 17,25$ ngày

$$H_1 = \frac{0,693}{138,86400} \cdot 2,87 \cdot 10^{18} \cdot e^{-0,693 \cdot \frac{17,25}{138}} = 1,53 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$

Xét : $t_2 = 2t_1 = 34,5$ ngày

$$H_2 = H_1 \cdot e^{-\lambda(t_2 - t_1)} = H_1 \cdot e^{-\lambda t_1} = 1,40 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$

Xét : $t_3 = 2t_2 = 69$ ngày

$$H_3 = H_2 \cdot e^{-\lambda(t_3 - t_2)} = H_2 \cdot e^{-\lambda t_2} = H_2 \cdot (e^{-\lambda t_1})^2 = 1,18 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$$

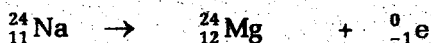
Xét : $t_4 = 276$ ngày = $16t_1$

$$H_4 = H_1 \cdot e^{-\lambda(t_4 - t_1)} = H_1 \cdot (e^{-\lambda t_1})^{15}$$

$$H_4 = 4,17 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

17.14)

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



b) Số hạt nhân có trong $m_0 = 0,24\text{g}$ natri ban đầu ($t = 0$) :

$$N_0 = \frac{m_0}{M_1} \cdot N_A$$

Độ phóng xạ vào thời điểm t :

$$H = H_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow T = \frac{t}{\frac{\ln H_0}{\ln H}} \ln 2$$

$$\Rightarrow T = \frac{105 \cdot \ln 2}{\ln 216} = 15 \text{ giờ}$$

Độ phóng xạ ban đầu :

$$H_0 = N_0 \cdot \lambda = \frac{m_0 N_A \cdot \ln 2}{M_1 \cdot T}$$

$$H_0 = \frac{0,24 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 0,693}{24 \cdot 15 \cdot 3600} = 7,72 \cdot 10^{16} \text{ Bq}$$

c) Số hạt nhân magiê sinh ra trong thời gian $t' = 45 \text{ giờ} = 3T$,

$$\Delta N = N_0(1 - e^{-\lambda t'})$$

Khối lượng magiê tạo thành :

$$m = \frac{\Delta N \cdot M_2}{N_A} = \frac{m_0 \cdot M_2}{M_1} (1 - e^{-\lambda t'}) = m_0 (1 - e^{-\lambda t'})$$

$$m = 0,21 \text{ g}$$

17.15)

a) Số nơtron của ${}_{92}^{235}\text{U}$:

$$N = A - Z = 143 \text{ nơtron}$$

Vậy hạt nhân ${}_{92}^{235}\text{U}$ có 92 prôtôn và 143 nơtron.

Số nơtron của ${}_{92}^{238}\text{U}$:

$$N' = A' - Z' = 146 \text{ nơtron}$$

Vậy hạt nhân ${}_{92}^{238}\text{U}$ có 92 prôtôn và 146 nơtron.

b) Số nguyên tử U235 trong 1 g.

Gọi N_0 là số nguyên tử có trong 1g U 235 ban đầu.

$$N_0 = \frac{N_A}{235} = \frac{6,022 \cdot 10^{23}}{235} = 2,56255 \cdot 10^{21}$$

Theo định luật phóng xạ :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\text{Với : } \lambda t = \frac{\ln 2}{T} \cdot t = \frac{0,693}{7,13 \cdot 10^8} \cdot 2 = 1,944 \cdot 10^{-10} \ll 1$$

$$\text{Nên : } e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

Số nguyên tử U 235 bị phân rã trong 2 năm :

$$\begin{aligned}\Delta N &= N_0 - N = N_0 - N_0(1 - \lambda t) \\ &= N_0 \lambda t = 2,56255 \cdot 10^{21} \cdot 1,944 \cdot 10^{-9} = 4,982 \cdot 10^{12}\end{aligned}$$

c) Gọi N_0 là số nguyên tử U238 hoặc U235 có lúc đầu trong vật thể.

Gọi N_1, N_2 là số nguyên tử U238 và U235 lúc đang xét (hiện nay).

Theo định luật phóng xạ :

$$N_1 = N_0 \cdot e^{-\lambda_1 t}$$

Với : $\lambda_1 = \frac{\ln 2}{T_1} = \frac{0,693}{4,5 \cdot 10^9} = 1,54 \cdot 10^{-10}$

$$N_2 = N_0 \cdot e^{-\lambda_2 t}$$

Với : $\lambda_2 = \frac{\ln 2}{T_2} = \frac{0,693}{7,13 \cdot 10^8} = 9,71 \cdot 10^{-10}$

Suy ra :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{e^{-\lambda_1 t}}{e^{-\lambda_2 t}} = e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{N_1}{N_2} = -(\lambda_1 - \lambda_2) \cdot t$$

$$\Rightarrow t = \frac{\ln \frac{N_1}{N_2}}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

Ta có :

$$t = \frac{\ln 140}{(9,71 - 1,54)10^{-10}}$$

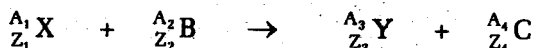
$$t = 0,6048 \cdot 10^{10} \text{ năm} \approx 6 \text{ tỉ năm}$$

☑ BÀI TOÁN 18 : PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

A. Tóm tắt lý thuyết :

• Phương pháp :

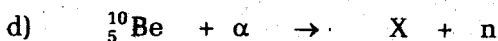
1. Dựa vào định luật bảo toàn điện tích hạt nhân và bảo toàn số khối.
2. Phản ứng hạt nhân :



- Bảo toàn số khối : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$
- Bảo toàn điện tích : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

B. Bài tập ví dụ :

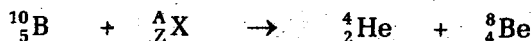
18.1a) Viết đầy đủ các phương trình phản ứng hạt nhân sau :



Giải

Gọi A, Z lần lượt là số khối, điện tích của hạt nhân X.

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích :

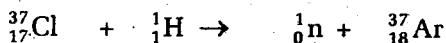
$$10 + A = 4 + 8 \Rightarrow A = 2$$

$$5 + Z = 2 + 4 \Rightarrow Z = 1$$

Vậy hạt nhân X là hạt nhân đơteri số khối 2 số thứ tự 1 ${}_1^2\text{D}$.

Tương tự :





Hạt nhân helium có số khối 4, số thứ tự 2.

Hạt nhân hi-rô có số khối 1 số thứ tự 1.

18.2a) Dùng hạt prôtôn bắn phá hạt nhân ${}_{28}^{60}\text{Ni}$ ta được chất phóng xạ x và một nơtron (neutron). Chất x tự phân rã thành chất y và phóng xạ tia β . Viết phương trình phản ứng xác định x và y.

Giải

Phương trình phản ứng hạt nhân



$$\begin{cases} 60 + 1 = A_1 + 1 \\ 28 + 1 = Z_1 + 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_1 = 60 \\ Z_1 = 29 \end{cases}$$

$$\Rightarrow {}_{29}^{60}\text{X} \equiv {}_{29}^{60}\text{Cu}$$



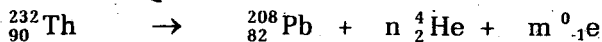
$$\begin{cases} 60 = A_2 + 0 \\ 29 = Z_2 - 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_2 = 60 \\ Z_2 = 30 \end{cases}$$

$$\Rightarrow {}_{30}^{60}\text{X} \equiv {}_{30}^{60}\text{Zn}$$

18.3a) Hạt nhân thô-rơ ${}_{90}^{232}\text{Th}$ sau quá trình phóng xạ biến thành đồng vị của chì ${}_{82}^{208}\text{Pb}$. Khi đó, mỗi hạt nhân thô-rơ đã phóng ra bao nhiêu hạt α và β ?

Giải

Phương trình phản ứng hạt nhân

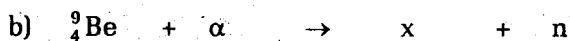


$$\begin{cases} 232 = 208 + 4n \\ 90 = 82 + 2n - m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = 6 \\ m = 4 \end{cases}$$

Vật phóng xạ phát 6 hạt α và 4 electron.

B. Bài tập rèn luyện :

18.1b) Viết đầy đủ các phương trình phản ứng hạt nhân sau :



18.2b) Dùng tia α phá hạt nhân ${}^{27}_{13}\text{Al}$, ta được chất x kèm theo sự phóng thích neutron. x là chất phóng xạ, tự phân rã thành chất y và một pôzitron (${}^0_1\text{e}$). Viết phương trình phản ứng. Xác định tên của x và y.

ĐS : P ; Si

18.3b) Hạt nhân thori ${}^{238}_{92}\text{U}$ sau quá trình phóng xạ biến thành đồng vị của chì ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Khi đó, mỗi hạt nhân thori đã phóng ra bao nhiêu hạt α và β ?

ĐS : 8 hạt α ; 6 electron.

▣ BÀI TOÁN 19: NĂNG LƯỢNG HẠT NHÂN

A. Tóm tắt lý thuyết :

- Năng lượng liên kết hạt nhân :

$$\Delta E = [Z m_p + (A - Z) m_n - m_{\text{hnh}}] \cdot c^2$$

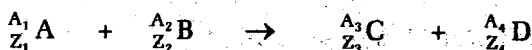
$$\Delta E = [Z m_H + (A - Z) m_n - m_{\text{ngtử}}] \cdot c^2$$

m_{hnh} : khối lượng hạt nhân ; $m_{\text{ngtử}}$: khối lượng nguyên tử.

- Năng lượng liên kết riêng :

$$\Delta E_r = \frac{\Delta E}{A}$$

- Năng lượng tỏa ra của phản ứng hạt nhân :



$$\Delta E = (m_A + m_B - m_C - m_D) \cdot c^2$$

$$\Delta E = (\Delta m_C + \Delta m_D - \Delta m_A - \Delta m_B) \cdot c^2$$

$m_A + m_B > m_C + m_D$ phản ứng tỏa năng lượng.

- Năng lượng mà phản ứng hạt nhân thu vào : $\Delta E < 0$

Với : $m_A + m_B < m_C + m_D$

Chú ý : m_A , m_B , m_C , m_D hiểu là khối lượng của hạt nhân nguyên tử, nhưng khi tính toán nếu dùng khối lượng nguyên tử cho tất cả vẫn đúng.

B. Bài tập ví dụ :

19.1a) Tính năng lượng liên kết của các hạt nhân ${}_{5}^{11}\text{B}$ và ${}_{15}^{31}\text{P}$; ${}_{94}^{239}\text{Pu}$. Hạt nhân nào bền vững nhất ?

Giải

Năng lượng liên kết hạt nhân :

$$\Delta E = [Z m_H + (A - Z) m_n - m_{\text{ngtử}}] c^2$$

Xét ${}_{5}^{11}\text{B}$:

$$\Delta E = (5 \cdot 1,007825 + 6 \cdot 1,008665 - 11,009305) \text{uc}^2$$

$$\Delta E = 0,08181.931,5 \text{ MeV} = 76,2 \text{ MeV}$$

Xét $^{31}_{15}\text{P}$:

$$\Delta E = (151,007825 + 16.1,008665 - 30,973765).931,5$$

$$\Delta E = 262,9 \text{ MeV}$$

Xét $^{239}_{94}\text{Pu}$:

$$\Delta E = (94.1,007825 + 145.1,008665 - 239,052146).931,5$$

$$\Delta E = 1807 \text{ MeV}$$

Năng lượng liên kết riêng :

$$^{11}\text{B} : \Delta E_r = 6,93 \text{ MeV}$$

$$^{31}\text{P} : \Delta E_r = 8,48 \text{ MeV}$$

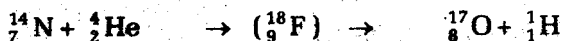
$$^{239}\text{Pu} : \Delta E_r = 7,56 \text{ MeV}$$

Vật hạt nhân ^{31}P bền vững nhất

19.2a) Khi bắn hạt nhân nitơ $^{14}_7\text{N}$ bằng các hạt α , có thể xảy ra trường hợp hạt nhân nguyên tử bắt lấy hạt α . Tức thời, một hạt nhân flo rất không bền được tạo thành. Hạt nhân này lại phân rã ngay và chuyển thành hạt nhân bền của ôxy. Đó là phản ứng hạt nhân được Rutherford thực hiện lần đầu tiên. Viết phương trình phản ứng và xác định xem phản ứng tỏa hay thu năng lượng. Tính năng lượng đó.

Giải

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Khối lượng các hạt nhân trước phản ứng :

$$M_0 = m_N + m_\alpha$$

$$= 13,999275 + 4,001506 = 18,000747(u)$$

Khối lượng các hạt nhân sau phản ứng :

$$M = m_o + m_p$$

$$= 16,994746 + 1,007276 = 18,002022(u) > M_0$$

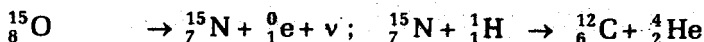
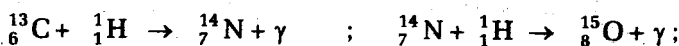
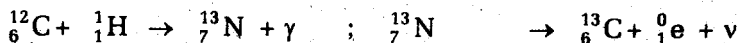
Phần ứng thu năng lượng

Phần năng lượng thu vào :

$$\Delta E = (M_0 - M) \cdot c^2 = (18,000741 - 18,002022)uc^2$$

$$\Delta E = -0,00128.931,5 = -1,19MeV$$

19.3a) Thừa nhận rằng, nguồn gốc của năng lượng bức xạ của Mặt Trời là năng lượng tạo thành heli từ hydro theo phản ứng tuần hoàn sau đây :



- a) Tính lượng hydro biến thành heli sau mỗi giây. Biết năng lượng bức xạ toàn phần của Mặt Trời trong 1 giây là $3,8.10^{26}J$.
- b) Cho rằng hydro chiếm 35% khối lượng của Mặt Trời, hãy tính xem dự trữ hydro đủ dùng trong bao nhiêu năm, nếu coi bức xạ của Mặt Trời là không đổi. $M_{MT} = 2.10^{30}kg$

Giải

- a) Phương trình phản ứng hạt nhân viết gọn :



Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp một hạt nhân Heli :

$$\begin{aligned} \Delta E_1 &= (4m_p - m_{He} - 2m_e) \cdot c^2 \\ &= (4.1,007276 - 4,001506 - 2.0,000548).931,5 \\ &= 24,7MeV \end{aligned}$$

Số hạt nhân tổng hợp được sau mỗi giây :

$$N = \frac{E}{E_1} = \frac{3,8.10^{26}}{24,7.1,6.10^{-13}} = 0,9615.10^{38}$$

Khối lượng hydro biến thành heli trong mỗi giây :

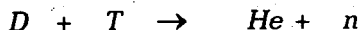
$$m = \frac{4N}{N_A} \cdot 1 = \frac{4.0,9615.10^{38}}{6,02.10^{26}} = 6,39.10^{11}kg$$

b) Thời gian cần tìm :

$$t = \frac{M.35\%}{m} = \frac{2.10^{30}.0,35}{6,39.10^{11}} = 1,095.10^{18}(\text{s})$$

$$= 3,47.10^{10} \text{ năm} \approx 3,5.10^{10} \text{ năm}$$

19.4a) Bom nhiệt hạch (bom khinh khí) dùng phản ứng :



a) Tính năng lượng tỏa ra nếu có 1kmol He được tạo thành do vụ nổ.

b) Năng lượng nói trên tương đương với lượng thuốc TNT là bao nhiêu ? Năng suất tỏa nhiệt của TNT là 4,1kJ/kg.

Cho : $m_D = 2,0136u$; $m_T = 3,0160u$; $m_{He} = 4,0015u$.

Giải

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



Năng lượng tỏa ra khi tạo thành một nguyên tử hêli :

$$\Delta E = (m_D + m_T - m_{He} - m_n) \cdot c^2$$

$$\Delta E = (2,0136 + 3,0160 - 4,0015 - 1,0087) \cdot 931,5$$

$$= 18,07 \text{ MeV}$$

Năng lượng tỏa ra khi tạo thành một Kmol hêli :

$$\Delta E' = N_A \cdot \Delta E = 6,02 \cdot 10^{26} \cdot 18,07 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}$$

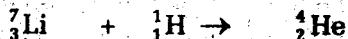
$$= 1,74 \cdot 10^{15} \text{ J} = 1,74 \cdot 10^{12} \text{ KJ}$$

b) Khối lượng thuốc nổ TNT cần tìm :

$$m = \frac{\Delta E'}{Q} = \frac{1,74 \cdot 10^{15}}{4,1 \cdot 10^3}$$

$$= 424,4 \cdot 10^6 \text{ kg} = 0,466 \text{ Mэгaton}$$

19.5a) Xác định năng lượng của phản ứng :



Nếu năng lượng liên kết riêng của ${}^7\text{Li}$ và ${}^4\text{He}$ tương ứng là $5,60\text{MeV}$ và $7,06\text{MeV}$.

Giải

Năng lượng liên kết của ${}^7\text{Li}$:

$$\Delta E = 7 \Delta E_{\text{rLi}} = 7 \cdot 5,60 = 39,2 \text{ MeV}$$

Năng lượng liên kết của ${}^4\text{He}$:

$$\Delta E_{\alpha} = 4 \Delta E_{\text{r}\alpha} = 4 \cdot 7,06 = 28,24 \text{ MeV}$$

Năng lượng tỏa ra của phản ứng :

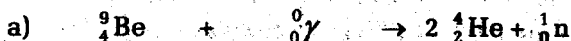
$$\Delta E = 2 \Delta E_{\alpha} - \Delta E_{\text{Li}} = 17,28 \text{ MeV} \approx 17,3 \text{ MeV}$$

C. Bài tập rèn luyện :

19.1b) Năng lượng liên kết của hạt nhân ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ là 298MeV . Hãy tính khối lượng của nó theo đơn vị u.

$$\text{ĐS : } 34,96941(u).$$

19.2b) Xác định năng lượng cực tiểu của các lượng tử γ cần thiết để tách hạt nhân beryl và hạt nhân cacbon theo những phản ứng :



$$\text{Đ S : a) } 1,57\text{MeV} ; \text{ b) } 7,27\text{MeV}.$$

19.3b) Biết rằng trong một lần phân chia hạt nhân ${}^{235}\text{U}$ năng lượng được giải phóng 200MeV , xác định :

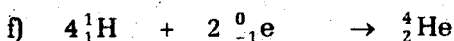
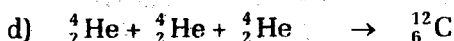
- a) Năng lượng tỏa ra khi thiêu hủy 1kg đồng vị ${}^{235}\text{U}$ và khối lượng than đá có năng suất tỏa nhiệt là 30kJ/g tương đương với nhiệt tỏa ra của một $\text{kg } \text{U}^{235}$.

- b) Khối lượng của đồng vị ^{235}U bị phân hủy khi nổ một quả bom nguyên tử tương đương với 33kt Kilôtôn thuốc nổ tôlit (thuốc nổ TNT), nếu đương lượng nhiệt của tôlit là $4,1\text{kJ/g}$.

$$1\text{tôn} \approx 907,2\text{kg} \approx 0,91 \cdot 10^3 \text{kg}$$

$$\text{ĐS : a) } 8,2 \cdot 10^{10} \text{kJ} ; 2,7 \cdot 10^6 \text{kg} ; \text{ b) } 1,5 \text{kg.6}$$

19.4b) Tính năng lượng giải phóng trong các phản ứng nhiệt hạch :



$$\text{ĐS : a) } 17,8 \text{ MeV; b) } 3,26 \text{ MeV; c) } 3,86 \text{ MeV;}$$

$$\text{d) } 7,27 \text{ MeV; e) } 23,84 \text{ MeV; f) } 24,7 \text{ MeV}$$

19.5b) Tính năng lượng cần thiết để tách một hạt nhân ^{20}Ne thành hai hạt α và một hạt nhân ^{12}C . Biết rằng năng lượng liên kết cho một nuclôn trong các hạt nhân ^{20}Ne , ${}^4\text{He}$ và ^{12}C tương ứng bằng 8,03 ; 7,07 và 7,68 MeV.

$$\text{ĐS : } 11,9 \text{ MeV}$$

☑ BÀI TOÁN 20 : VẬN DỤNG ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN

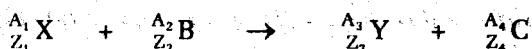
NĂNG LƯỢNG TOÀN PHẦN – ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN

ĐỘNG LƯỢNG TRONG PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

A. Tóm tắt lý thuyết :

- Phương pháp thông thường :

Xét phản ứng hạt nhân :



1. **Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần trong phản ứng hạt nhân :**

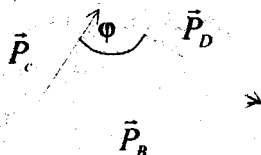
$$m_A \cdot c^2 + K_A + m_B \cdot c^2 + K_B = m_C \cdot c^2 + K_C + m_D \cdot c^2 + K_D$$

$$\Rightarrow \Delta E = (m_A + m_B - m_C - m_D) \cdot c^2 = K_C + K_D - K_A - K_B \quad (20.1)$$

2. **Định luật bảo toàn động lượng :**

$$m_A \cdot \vec{v}_A + m_B \cdot \vec{v}_B = m_C \cdot \vec{v}_C + m_D \cdot \vec{v}_D$$

- Trường hợp : $\vec{v}_A = 0$



$$P_B^2 = P_C^2 + P_D^2 - 2P_C \cdot P_D \cdot \cos \varphi$$

$$\boxed{m_B K_B = m_C K_C + m_D K_D - 2\sqrt{m_C m_D K_C K_D} \cdot \cos \varphi} \quad (20.2)$$

- Trường hợp : $\vec{v}_A = 0 ; \vec{v}_B = 0$

$$\Rightarrow m_C \cdot v_C = m_D \cdot v_D \Rightarrow m_C K_C = m_D K_D \quad (20.3)$$

Dựa vào (20.1) ; (20.2) ; (20.3), suy ra : động năng $K_B : K_C : K_D$

Vận tốc hạt nhân tương ứng :

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{2K}{m}}}$$

B. Bài tập ví dụ :

20.1a) Bắn hạt α vào hạt nhân $^{14}_7\text{N}$ đứng yên, ta có phản ứng :



- Phản ứng này thu hay tỏa bao nhiêu năng lượng ?
- Tính động năng các hạt sinh ra theo động năng W_α của hạt đạn α .
- Tính W_α theo MeV.

Biết $m(\alpha) = 4,0015u$; $m({}^{14}\text{N}) = 13,9992u$; $m({}^{17}\text{O}) = 16,9947u$;
 $m_p = 1,0073u$

Giải

- a) Năng lượng cần tìm :

$$\Delta E = [(m_\alpha + m_N) - (m_o + m_p)] \cdot c^2$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= (4,0015 + 13,9992 - 16,9947 - 1,0073) \cdot 931,5 \\ &= -1,21 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Phản ứng thu năng lượng giá trị 1,21 MeV

- b) Định luật bảo toàn động lượng :

$$m_\alpha \cdot \vec{v}_\alpha = (m_o + m_p) \cdot \vec{v}$$

$$\Rightarrow v = \frac{m_\alpha v_\alpha}{m_o + m_p} ; v_\alpha : \text{ vận tốc hạt } \alpha$$

Động năng hạt α :

$$W_\alpha = \frac{1}{2} m_\alpha \cdot v_\alpha^2 \quad (1)$$

Động năng hạt nhân Oxi :

$$W_o = \frac{1}{2} m_o \cdot v^2 = \frac{1}{2} m_o \left(\frac{m_\alpha v_\alpha}{m_o + m_p} \right)^2 \quad (2)$$

Động năng hạt prôtôn (hạt nhân Hidrô)

$$W_p = \frac{1}{2} m_p v^2 \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3), suy ra :

$$W_o = \frac{m_o m_\alpha}{(m_o + m_p)^2} W_\alpha$$

$$= \frac{16,9947 \cdot 4,0015}{(16,9947 + 1,0073)^2} W_\alpha \approx \frac{17}{81} W_\alpha$$

$$W_p = \frac{m_p m_\alpha}{m_o + m_p} W_p \approx \frac{W_\alpha}{81}$$

c) Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$\Delta E = W_o + W_p - W_\alpha$$

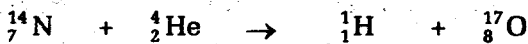
$$\Delta E = \left(\frac{17}{81} + \frac{1}{81} - 1 \right) W_\alpha = -\frac{7}{9} W_\alpha$$

$$W_\alpha = -\frac{9}{7} \Delta E = \frac{9,121}{7} \approx 1,56 \text{ MeV}$$

20.2a) Trong phản ứng $^{14}_7\text{N} (\alpha, p)$ động năng của hạt α bằng $K_\alpha = 9,7 \text{ MeV}$. Xác định góc giữa các phương chuyển động của hạt α và của prôtôn nếu biết động năng của prôtôn là $K_H = 7,0 \text{ MeV}$.

Giải

Phương trình phản ứng hạt nhân :



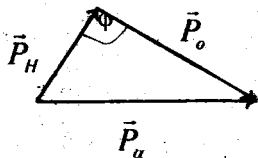
Gọi $\vec{P}_\alpha = m\vec{v}_\alpha$ là động lượng hạt α , $P_\alpha^2 = 2 \cdot m_\alpha \cdot K_\alpha$

Gọi $\vec{P}_H = m\vec{v}_H$ là động lượng hạt prôtôn, $P_H^2 = 2 \cdot m_H \cdot K_H$

Gọi $\vec{P}_o = m\vec{v}_o$ là động lượng hạt nhân oxy, $P_o^2 = 2 \cdot m_o \cdot K_o$

Theo định luật bảo toàn động lượng :

$$\vec{P}_\alpha = \vec{P}_H + \vec{P}_o$$



$$P_o^2 = P_H^2 + P_\alpha^2 - 2.P_H.P_\alpha.\cos\varphi$$

$$\Rightarrow m_o K_o = m_H K_H + m_\alpha K_\alpha - 2\sqrt{m_H m_\alpha K_H K_\alpha} \cdot \cos\varphi$$

Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$m_{NC}^2 + m_\alpha c^2 + K_\alpha = m_H c^2 + K_H + m_o c^2 + K_o$$

$$K_o = (m_N + m_\alpha - m_H - m_o)c^2 + K_\alpha - K_H$$

$$K_o = (1,4003074 + 4,002603 - 1,007825 - 16,999133).$$

$$.931,5 + 9,7 - 7,0 = 1,507 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow 17,1,507 = 1,7,0 + 4,9,7 - 2\sqrt{1,4,7,0,9,7} \cdot \cos\varphi$$

$$\Rightarrow \cos \varphi = 0,612$$

$$\Rightarrow \varphi = 52^\circ$$

20.3a) Cho phản ứng : ${}^1_7\text{N} + \alpha \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$, nếu động năng của O là $K_o = 1,37\text{MeV}$ và prôtôn bay dưới góc $\alpha = 60^\circ$ so với phương chuyển động của hạt α , có năng lượng $K_\alpha = 7,7\text{MeV}$. Tìm động năng của prôtôn.

Giải

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Gọi $\vec{P}_\alpha = m\vec{v}_\alpha$ là động lượng hạt α , $P_\alpha^2 = 2.m_\alpha.K_\alpha$

Gọi $\vec{P}_H = m\vec{v}_H$ là động lượng hạt prôtôn, $P_H^2 = 2.m_H.K_H$

Gọi $\vec{P}_o = m\vec{v}_o$ là động lượng hạt nhân oxy, $P_o^2 = 2.m_o.K_o$

Theo định luật bảo toàn động lượng :

$$\vec{P}_\alpha = \vec{P}_H + \vec{P}_o$$

$$P_o^2 = P_H^2 + P_\alpha^2 - 2.P_H.P_\alpha.\cos\varphi$$

$$\Rightarrow m_o K_o = m_H K_H + m_\alpha K_\alpha - 2\sqrt{m_H m_\alpha K_H K_\alpha} \cdot \cos\varphi$$

Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$m_{NC}^2 + m_\alpha c^2 + K_\alpha = m_H c^2 + K_H + m_o c^2 + K_o$$

$$K_0 = (m_N + m_\alpha - m_H - m_0)c^2 + K_\alpha - K_H$$

$$K_0 = (1,4003074 + 4,002603 - 1,007825 - 16,999133)931,5 \\ + 9,7 - 7,0 = 1.507 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow 17,1,2 = 1.K_H + 4,7,7 - 2 \sqrt{1,4.K_H \cdot 7,7} \quad \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow K_H^2 - 15,78 K_H + 56,4 = 0$$

$$\Rightarrow K_H = 5,47 \text{ MeV} \quad \text{hoặc} \quad K_H = 10,31 \text{ MeV} > K_\alpha \text{ (loại)}$$

vì phản ứng thu năng lượng.

20.4a) Các proton có động năng $1,0 \text{ MeV}$ bắn phá một bia lithium, gây ra phản ứng hạt nhân $p + {}^7\text{Li} \rightarrow 2 {}^4\text{He}$. Tìm động năng của mỗi hạt α và góc giữa các phương bay của chúng, nếu sự bay xảy ra đối xứng đối với phương của các proton bay.

Giải

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Gọi $\vec{P}_H = m\vec{v}_H$ là động lượng hạt proton, $P_H = 2.P_\alpha \cdot \cos \varphi$

$$\Rightarrow m_H K_H = 4m_\alpha K_\alpha \cdot \cos^2 \varphi \quad (1)$$

Gọi $\vec{P}_\alpha = m\vec{v}_\alpha$ là động lượng hạt α , $P_\alpha^2 = 2.m_\alpha \cdot K_\alpha$

Gọi $\vec{P}_\alpha = m\vec{v}_\alpha$ là động lượng hạt α , $P_\alpha^2 = 2.m_\alpha \cdot K_\alpha$

Theo định luật bảo toàn năng lượng :

$$\Delta E = 2K_\alpha - K_H \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

$$\cos^2 \varphi = \frac{m_H K_H}{2m_\alpha (\Delta E + K_H)}$$

$$K_\alpha = \frac{\Delta E + K_H}{2}$$

$$\Delta E = (M_{\text{Li}} + m_{\text{Li}} - 2m_\alpha) \cdot c^2$$

$$= (1,007825 + 7,016004 - 2 \cdot 4,002603) \cdot 931,5$$

$$\Delta E = 17,35 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow K_{\alpha} = 9,17 \text{ MeV}$$

$$\Rightarrow \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{8(17,35 + 1)}} = 0,0825$$

$$\Rightarrow \varphi = 85^{\circ}$$

Vậy góc cần tìm là : $2\varphi = 170^{\circ}$

C. Bài tập rèn luyện :

20.1b) Tìm vận tốc các sản phẩm của phản ứng :

${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^7_3\text{Li}$ sinh ra do tương tác của các nơtron rất chậm với các hạt nhân ${}^{10}\text{Bo}$ đứng yên.

$$\text{ĐS : } v_{\alpha} = 0,92.10^7 \text{ m/s ; } v_{\text{Li}} = 0,53.10^7 \text{ m/s.}$$

20.2b) Các photon có động năng 1,6 MeV bắn phá một bia litium, gây ra phản ứng hạt nhân :

$p + {}^7\text{Li} \rightarrow 2 {}^4\text{He}$. Tìm động năng của mỗi hạt α và góc giữa các phương bay của chúng, nếu sự bay xảy ra đối xứng đối với phương của các photon bay.

$$\text{ĐS : } 9,48 \text{ MeV ; } 148^{\circ}.$$

20.3b) Một hạt α có động năng 5,3 MeV gây ra phản ứng hạt nhân ${}^9\text{Be} (\alpha, n) {}^{12}\text{C}$ mà năng lượng của phản ứng là : + 5,7 MeV. Tìm động năng của nơtron bay vuông góc với phương chuyển động của hạt α .

$$\text{ĐS : } 8,5 \text{ MeV.}$$

☑ BÀI TOÁN 21 : MỘT SỐ ĐỀ THI

21.1) Người ta dùng prôtôn bắn phá hạt nhân beri. Hai hạt sinh ra là hêli và X : ${}^1_1\text{H} + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{X}$

- Viết đầy đủ phản ứng hạt nhân (ghi thêm các nguyên tử số Z và số khối A của X ở vế phải).
- Biết rằng Be đứng yên, prôtôn có động năng $K_H = 5,45\text{MeV}$; hêli có vận tốc vuông góc với vận tốc prôtôn và có động năng $K_{He} = 4\text{MeV}$. Tính động năng của hạt X.
- Tính năng lượng mà phản ứng tỏa ra. Cho rằng độ lớn của một hạt nhân (đo bằng đơn vị u) xấp xỉ bằng số khối A của nó. (Đề TSDH 93 – Đề 23)

21.2) Người ta dùng prôtôn có động năng $K_p = 1,6\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân đứng yên ${}^7_3\text{Li}$ và thu được hai hạt giống nhau có cùng động năng.

- Viết phương trình của phản ứng, ghi rõ các nguyên tử số Z và số khối A.
- Tính động năng K của mỗi hạt.
- Phản ứng hạt nhân này tỏa hay thu năng lượng, năng lượng này có phụ thuộc vào động năng của prôtôn không ?
- Nếu toàn bộ động năng của hai hạt thu được ở trên biến thành nhiệt, thì nhiệt lượng này có phụ thuộc vào động năng của prôtôn không.

Cho $m_p = 1,0073\text{u}$; $m_{\text{Li}} = 7,0144\text{u}$; $m_\alpha = 4,0015\text{u}$, với đơn vị khối lượng nguyên tử $\text{u} = 1,66055 \cdot 10^{-27}\text{kg} \approx 934\text{MeV}/c^2$. (Đề TSDH 93 – Đề 27)

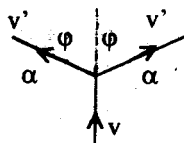
21.3) Dưới tác dụng của bức xạ gamma, hạt nhân của các đồng vị bền của ${}^9_4\text{Be}$ và của ${}^{12}_6\text{C}$ có thể tách thành các hạt nhân hêli ${}^4_2\text{He}$ và sinh hoặc không sinh các hạt khác kèm theo.

- Viết phương trình phản ứng của các biến đổi đó.

- b) Xác định tần số tối thiểu của các lượng tử gamma để thực hiện được các phản ứng đó. Cho khối lượng các nguyên tử :

$$m_{\text{Be}} = 9,01219u ; m_{\text{He}} = 4,00260u ; m_{\text{C}} = 12,00u ; \\ m_{\text{n}} = 1,008670u ; 1u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{kg và } h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{J.s} ; \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s. (Đề TSDH 93 – Đề 56)}$$

- 21.4)** Một hạt nhân nguyên tử hydro chuyển động với vận tốc $\vec{v}$ đến va chạm với hạt nhân nguyên tử liti. ${}^7_3\text{Li}$ đứng yên và bị hạt nhân liti bắt giữ. Sau va chạm xuất hiện hai hạt α bay ra với cùng giá trị vận tốc v' ($v' \ll c$). Quỹ đạo của hai hạt α làm với đường kéo dài của quỹ đạo của hạt prôtôn một góc $\varphi = 80^\circ$.



21.4

- Viết phương trình của phản ứng hạt nhân.
- Thành lập hệ thức xác định mối liên hệ giữa các giá trị sau đây : các vận tốc v và v' ; góc φ ; khối lượng m của hạt nhân nguyên tử hydro và m' của hạt α .
- Chứng minh rằng động năng của các hạt α sau tương tác lớn hơn động năng của hạt nhân nguyên tử hydro :
 - Giải thích mà không cần tính toán, sự biến thiên năng lượng đó như thế nào ?
 - Tính vận tốc v theo độ hụt khối của các hạt nhân trước và sau phản ứng.

$$\text{Cho } m_p = 1,0073u ; m_{\text{He}} = 4,0015u ; m_{\text{Li}} = 7,0144u ; \\ u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{kg. (Đề TSDH 93 – Đề 62)}$$

- 21.5)** Người ta dùng prôtôn bắn phá hạt nhân beri (${}^9_4\text{Be}$), hạt nhân sinh ra hêli và liti.

- Viết phương trình phản ứng.
- Cho rằng độ lớn của khối lượng của một hạt nhân (đo bằng đơn vị u) xấp xỉ bằng số khối của nó. Tính động năng của hạt liti. Biết rằng Be đứng yên, prôtôn có động năng

$K_H = 5,54\text{MeV}$; hêli có vận tốc vuông góc với vận tốc của prôtôn và có động năng $K_{He} = 4\text{MeV}$ (ĐHQG TPHCM - 96)

21.6) Hạt nhân phóng xạ $^{234}_{92}\text{U}$ phát ra hạt α .

- Viết phương trình phân rã phóng xạ.
- Tính năng lượng tỏa ra (dưới dạng động năng của hạt α và hạt nhân con). Tính động năng và vận tốc của hạt α và hạt nhân con.
- Trong thực tế người ta lại đo được động năng của hạt α chỉ bằng $13,00\text{MeV}$. Sự sai lệch giữa giá trị tính toán và giá trị đo được đó đã được giải thích bằng việc phát xạ bức xạ γ (cùng với hạt α). Hãy xác định bước sóng của bức xạ γ .

Cho : $m(\text{U234}) = 233,9904\text{u}$; $m(\text{Th230}) = 229,9737\text{u}$;
 $m_\alpha = 4,00151\text{u}$; $u = 1,66055 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ (ĐHSP Vinh - 96).

21.7) Sử dụng các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân hãy tính động năng của hạt α và hạt nhân con trong phóng xạ α của radi.

Cho biết : $m(\text{Ra}) = 225,977\text{u}$; $m(\text{Rn}) = 221,970\text{u}$;

$M(\alpha) = 4,0015\text{u}$; $1\text{u} = 931,5\text{MeV}/c^2$

21.8) Hạt nhân phóng xạ $^{210}_{84}\text{Po}$ phát ra hạt α , có chu kỳ bán rã 138 ngày.

- Viết phương trình phân rã của Po.
- Ban đầu có 1kg chất phóng xạ trên, hỏi sau bao lâu lượng chất phóng xạ chỉ còn 10g.

Tính năng lượng tỏa ra (theo đơn vị Mev) khi hạt Po phân rã.

- Tính động năng (theo đơn vị Mev) và vận tốc của hạt α và hạt nhân con (theo đơn vị m/s).

Cho biết : $m = 209,9828\text{u}$; $m_\alpha = 4,0026\text{u}$; $m_x = 205,9744\text{u}$;
 $1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg} = 931\text{MeV}/c^2$. (ĐH Ngoại Thương - 96).

21.9) Dùng prôtôn có động năng $K_p = 1,2\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân ^7_3Li đứng yên thì thu được hai hạt giống nhau ^A_ZX có cùng động năng.

- Viết phương trình phản ứng, nêu cấu tạo của hạt nhân được tạo ra.
- Phản ứng này tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng ?
- Tìm năng lượng tỏa ra khi tổng hợp một gam hạt nhân X.
- Tìm động năng của mỗi hạt nhân X.

Cho $m_p = 1,0070u$; $m_{Li} = 7,0140u$; $m_{He} = 4,0015u$; với một đơn vị khối lượng nguyên tử $u = 931\text{MeV}/c^2$, số Avôgadrô $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$ (ĐH Đà Nẵng - 97)

21.10) Hạt α có động năng $W_\alpha = 4\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân nitơ đứng yên gây ra phản ứng : $\alpha + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^1_1\text{H} + X$

- Xác định hạt nhân X.
- Tìm năng lượng của phản ứng hạt nhân (theo đơn vị MeV).
- Hai hạt sinh ra có cùng động năng :
 - Tìm vận tốc mỗi hạt.
 - Tìm góc tạo bởi hai hạt bay ra sau phản ứng.

Cho biết :

$$m_\alpha = 4,002603u \quad ; \quad m_N = 14,003074u ;$$

$$m_H = 1,0078252u \quad ; \quad m_X = 16,999133u ;$$

$$1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}. \quad (\text{NTThương - 98})$$

21.11) Đồng vị ${}^{234}_{92}\text{U}$ phóng xạ α biến thành thori (Th).

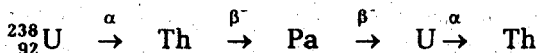
- Viết phương trình phản ứng (qui tắc dịch chuyển).
- Phản ứng trên tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng ?
- Nếu sản phẩm phóng xạ chỉ có thori và α (không kèm theo γ) thì động năng và vận tốc mỗi hạt α và Th là bao nhiêu ?

Cho $m_\alpha = 4,0015u$; $m_{U234} = 233,9904u$; $m_{Th} = 229,9737u$;
 $1u = 931\text{MeV}/c^2$. (GTVT - 98)

21.12)

- Hãy nêu và giải thích các qui tắc dịch chuyển khi phóng xạ α , β^- , β^+ , γ (không cần nêu ví dụ).

2. Urani 238 phân rã thành thori theo chuỗi phóng xạ sau :



- a) Viết đầy đủ chuỗi phóng xạ trên (ghi thêm A, Z của các hạt nhân)
 b) Chuỗi phóng xạ trên còn tiếp tục cho đến khi hạt nhân con là đồng vị bền Pb 206. Hỏi ${}_{92}^{238}\text{U}$ biến thành ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ sau bao nhiêu phóng xạ α và β^- (GTVT Hà Nội – 96)

21.13)

- a) Hạt nhân ${}_{92}^{238}\text{U}$ qua một dãy phóng xạ α và β biến thành hạt nhân ${}_{82}^{206}\text{Pb}$.

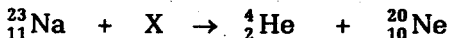
Trong quá trình đó, có bao nhiêu hạt nhân hêli và bao nhiêu electron được phóng ra ?

- b) Coi rằng mỗi hạt nhân U235 bị phân hạch sẽ cho một năng lượng 215MeV. Hỏi nếu 1kg U235 bị phân hạch hoàn toàn sẽ cho bao nhiêu Jun (J) ?

Cho : số Avôgadrô $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; điện tích electron $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. (ĐH Quốc Gia – 98)

21.14)

1. Xác định hạt nhân X trong phản ứng hạt nhân sau :



Phản ứng hạt nhân trên thuộc loại tỏa hay thu năng lượng ?

Tính độ lớn của năng lượng tỏa hoặc thu đó ra eV.

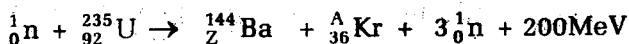
Cho biết khối lượng các hạt nhân ${}_{11}^{23}\text{Na} = 22,9837 \text{ u}$;
 ${}_2^4\text{He} = 4,0015 \text{ u}$; ${}_{10}^{20}\text{Ne} = 19,9870 \text{ u}$; ${}_1^1\text{H} = 1,0073 \text{ u}$;
 $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}/c^2$.

2. Radium ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ là nguyên tố phóng xạ α , nó phóng ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân con X.

- a) Viết phương trình phản ứng. Biết chu kỳ bán rã của radi là $T = 1570$ năm. Hãy tính độ phóng xạ của 1g radi. Cho số Avôgadrô $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- b) Phản ứng trên tỏa ra một năng lượng là $2,7\text{MeV}$. Giả sử ban đầu hạt nhân Radi đứng yên. Hãy tính động năng của hạt α và của hạt nhân con sau phản ứng. Coi khối lượng nguyên tử bằng số khối. (ĐH Thương Mại – 98)

21.15) Cho phản ứng phân hạch urani 235



($1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{J}$).

- Xác định các số Z và A trong phương trình phản ứng.
- Tính năng lượng E tỏa ra khi phân hạch hết một tấn uran 235 theo đơn vị jun (J). Nếu 20% năng lượng này biến thành nhiệt năng A thì A bằng bao nhiêu kwh ?
- Tính độ hụt khối ΔM của phản ứng theo đơn vị u, biết $u^2 = 931\text{MeV}$.

21.16) Biết độ hụt khối khi tạo thành các hạt nhân ${}_1^2\text{D}$, ${}_2^3\text{He}$ lần lượt là $\Delta m_D = 0,0024u$; $\Delta m_{\text{He}} = 0,0083u$. Hãy xét xem phản ứng :



là phản ứng tỏa hay thu năng lượng ? Tính năng lượng tỏa ra (hay thu vào) khi tổng hợp được 24g He từ phản ứng trên. Cho biết $u = 931\text{MeV}/c^2$; $N_0 = 6,02 \cdot 10^{23}\text{mol}^{-1}$.

• HƯỚNG DẪN GIẢI

21.1) Các phản ứng hạt nhân :

Gọi A, Z lần lượt là số khối và điện tích của hạt nhân X.

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích :

$$1 + 9 = 4 + A \Rightarrow A = 6$$

$$1 + 4 = 2 + Z \Rightarrow Z = 3$$

Vậy hạt nhân X là hạt nhân liti số khối 6 số thứ tự 3 ${}_3^6\text{Li}$.

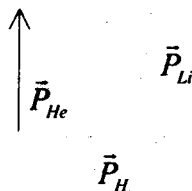
- a) Gọi $\vec{v}_H$, $\vec{v}_{He}$, $\vec{v}_{Li}$ lần lượt là vận tốc của hạt nhân hydro, hêli và liti.

Gọi $\vec{P}_H$, $\vec{P}_{He}$, $\vec{P}_{Li}$ lần lượt là động lượng của hạt nhân hydro, hêli và liti.

Theo định luật bảo toàn động lượng trong phản ứng hạt nhân ta có :

$$\vec{P}_H = \vec{P}_{He} + \vec{P}_{Li}$$

Theo đầu bài $\vec{P}_H$ vuông góc với $\vec{P}_{He}$ ta có giản đồ vectơ hình bên.



Theo định lý Pitago :

$$P_{Li}^2 = P_{He}^2 + P_H^2$$

$$\Leftrightarrow m_{Li}^2 v_{Li}^2 = m_{He}^2 v_{He}^2 + m_H^2 v_H^2$$

$$\Rightarrow m_{Li} \left(\frac{1}{2} m_{Li} v_{Li}^2 \right) = m_{He} \left(\frac{1}{2} m_{He} v_{He}^2 \right) + m_H \left(\frac{1}{2} m_H v_H^2 \right)$$

$$\Rightarrow m_{Li} \cdot K_{Li} = m_{He} \cdot K_{He} + m_H \cdot K_H$$

Động năng của hạt Li :

$$K_{Li} = \frac{m_{He} \cdot K_{He} + m_H \cdot K_H}{m_{Li}}$$

Lấy gần đúng :

$$m_{\text{He}} = 4u \quad ; \quad m_{\text{Li}} = 6u \quad ; \quad m_{\text{H}} = 1u$$

$$\Rightarrow K_{\text{Li}} = \frac{4u(4) + 1u(5,45)}{6u} = 3,575 \text{ MeV}$$

b) Năng lượng mà phản ứng tỏa ra :

Theo định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$\Delta E_1 + K_{\text{H}} = \Delta E_2 + K_{\text{He}} + K_{\text{Li}}$$

với ΔE_1 , ΔE_2 lần lượt là năng lượng nghỉ của các hạt nhân trước và sau phản ứng.

Ta có năng lượng mà phản ứng tỏa ra :

$$\Delta E_1 - \Delta E_2 = K_{\text{Li}} + K_{\text{He}} - K_{\text{H}} = 2,125 \text{ MeV}.$$

21.2)

a) Viết các phương trình phản ứng hạt nhân :

Gọi A, Z lần lượt là số khối và điện tích của hạt nhân X.

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích :

$$1 + 7 = 2A \Rightarrow A = 4$$

$$1 + 3 = 2Z \Rightarrow Z = 2$$

Vậy hạt nhân X là hạt nhân heli số khối 4 số thứ tự 2 ${}^4_2\text{He}$.

b) Tính động năng của mỗi hạt nhân :

Gọi m_{H} , m_{He} , m_{Li} lần lượt là khối lượng của hạt nhân hydro, heli và liti.

Năng lượng toàn phần trước phản ứng :

$$E = (m_{\text{Li}} + m_{\text{H}}) c^2 + K_{\text{p}}$$

Năng lượng toàn phần sau phản ứng :

$$E' = 2(m_{\text{He}} c^2) + 2K_{\text{He}}$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng ta có :

$$E = E'$$

$$\Leftrightarrow (m_{\text{Li}} + m_{\text{H}}) c^2 + K_p = 2(m_{\text{He}} c^2) + 2K_{\text{He}}$$

Động năng K_{He} của một hạt nhân hêli :

$$\begin{aligned} K_{\text{He}} &= \frac{1}{2} [(m_{\text{Li}} + m_{\text{H}} - 2m_{\text{He}}) c^2 + K_p] \\ &= \frac{1}{2} [0,0187(931) + 1,6] = 9,5 \text{ MeV} \end{aligned}$$

c) Độ biến thiên khối lượng các hạt nhân trong phản ứng :

$$\begin{aligned} \Delta m &= (m_{\text{Li}} + m_{\text{H}}) - 2m_{\text{He}} \\ &= 0,0187 \text{ u} > 0 \end{aligned}$$

Phản ứng hạt nhân này tỏa năng lượng ΔE .

Ta có :

$$\Delta E = \Delta m c^2 = 0,0187 \text{ u} c^2 = 0,0187(931) \text{ MeV}$$

$$\Delta E = 17,4 \text{ MeV}$$

Theo các công thức trên ta nhận thấy phần năng lượng tỏa ra không phụ thuộc động năng K_p của hạt Prôtôn.

Mặt khác :

$$\Delta E = 2K_{\text{He}} - K_{\text{H}} = 2(9,5) - 1,6 = 17,4 \text{ MeV}$$

d) Theo kết quả câu b ta có :

$$Q = 2 K_{\text{He}}$$

$$\Rightarrow Q = (m_{\text{Li}} + m_{\text{H}} - 2m_{\text{He}}) c^2 + K_p = 2(9,5) = 19 \text{ MeV}$$

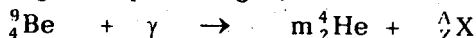
Vậy Q phụ thuộc vào động năng K_p của prôtôn.

21.3) Viết các phương trình phản ứng hạt nhân :

Gọi ${}^A_Z\text{X}$ là hạt nhân sinh ra trong sự tương tác giữa ${}^9_4\text{Be}$ với tia γ .

Gọi n là số hạt nhân ${}^4_2\text{He}$ sinh ra :

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích :

$$9 = 4n + A$$

$$4 = 2n + Z$$

Theo đầu bài n là số nguyên dương và $n \geq 2$

Suy ra :

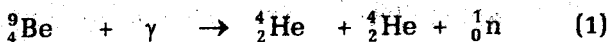
$$n = 1 \quad n = 2$$

$$Z = 2 \quad Z = 0$$

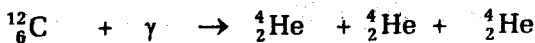
$$A = 5 \quad A = 1$$

Trường hợp $Z = 2$, $A = 5$ không xảy ra phản ứng. Hạt nhân hêli không có đồng vị.

Vậy phương trình phản ứng là :



Tương tự, ta có phương trình phản ứng do tương tác giữa ${}^{12}_6\text{C}$ với tia γ :



a) Tần số tối thiểu của các lượng tử γ :

Năng lượng mà phản ứng (1) thu tính theo hệ thức Anhxtanh.

$$\Delta E_1 = (m_{\text{Be}} - 2 m_{\text{He}} - m_n) c^2$$

$$= (9,01219 - 2 \cdot 4,00260 - 1,00867) \cdot 1,66055 \cdot 10^{-23} \cdot (3 \cdot 10^8)^2$$

$$= 2,523 \cdot 10^{-13} \text{J}$$

Năng lượng của lượng tử γ :

$$\varepsilon = hf$$

Để phản ứng (1) xảy ra :

$$\varepsilon \geq |\Delta E_1|$$

Suy ra :

$$f_1 \geq \frac{|\Delta E_1|}{h} = \frac{2,523 \cdot 10^{-13}}{6,625 \cdot 10^{-34}} = 0,38 \cdot 10^{21} \text{Hz}$$

Vậy tần số tối thiểu của các lượng tử γ là $0,38.10^{21}\text{Hz}$. Khi đó các hạt nhân sinh ra không có vận tốc.

Tương tự trường hợp phản ứng (2)

$$f_2 \geq \frac{\Delta E_2}{h} = \frac{3m_{\text{He}} - m_c}{h} \cdot c^2 = 1,762.10^{21}\text{Hz}$$

21.4)

a) Phương trình phản ứng :



b) Hệ thức xác định mối liên hệ giữa v , v' , φ , m , m' .

Gọi $\vec{P}_H = m_H \cdot \vec{v}'$ là động lượng của hạt nhân hiđrô :

Gọi $\vec{P}_\alpha = m_\alpha \cdot \vec{v}'$ là động lượng của hạt α (hạt nhân hêli).

Theo định luật bảo toàn động lượng ta có :

$$\vec{P}_H = \vec{P}'_\alpha + \vec{P}_\alpha \quad (1)$$

Biểu diễn (1) bằng giản đồ vectơ hình bên :

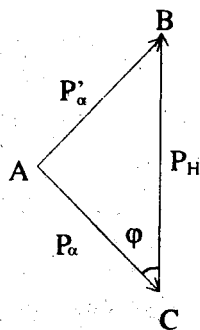
Do : $v'_1 = v'_2 = v'$

Nên ΔABC cân tại A.

Suy ra :

$$BC = 2.AC.\cos \varphi$$

$$\Rightarrow m_p.v = 2m_\alpha.v' \cos \varphi \quad (2)$$



c) α / Ta có :

$$W_d = \frac{1}{2} m_p.V^2 \quad (3)$$

$$W'_d = 2(W_{d\alpha}) = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot m_\alpha.v^2 = m_\alpha.v^2 \quad (4)$$

Độ biến thiên động năng :

$$\begin{aligned}\Delta W_d &= W'_d - W_d = \frac{m_p v^2}{2} \left[\frac{m_p}{2m_\alpha \cos^2 \varphi} - 1 \right] \\ &= 3,16 \frac{m_p v^2}{2} \quad (6)\end{aligned}$$

Phản ứng trên có độ hụt khối :

$$\Delta m = m_p + m_{\text{li}} - 2m_\alpha$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$W_d + \Delta E = W'_d$$

Vậy động năng của hạt α lớn hơn động năng của hạt prôtôn phần động năng thêm là phần năng lượng nghỉ ΔE ứng với độ hụt khối Δm trong phản ứng.

β / Ta có :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,0187 \text{ u} \cdot c^2 \approx 0,0187 \cdot (931) \text{ MeV}$$

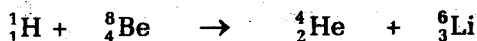
Từ (4) suy ra :

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta W_d}{3,16m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0187 \text{ u} \cdot c^2}{3,16 \cdot 1,0073 \text{ u}}}$$

$$v = 0,0183 \cdot 3 \cdot 10^8 = 3,25 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

21.5)

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Vậy hạt nhân X là hạt nhân đơteri số khối 6 số thứ tự 3 ${}_3^6\text{Li}$.

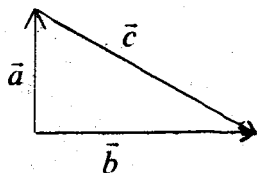
Gọi $\vec{v}_H$, $\vec{v}_\alpha$, $\vec{v}_{\text{Li}}$ lần lượt là vận tốc của hạt nhân hydro, α và liti.

Gọi $\vec{P}_H$, $\vec{P}_\alpha$, $\vec{P}_{\text{Li}}$ lần lượt là động lượng của hạt nhân hydro, α và liti.

Theo định luật bảo toàn động lượng trong phản ứng hạt nhân ta có :

$$\vec{P}_H = \vec{P}_\alpha + \vec{P}_{Li}$$

Theo đầu bài P_H vuông góc với P_α ta có giản đồ vectơ hình bên.



Theo định lý Pitago :

$$P_{Li}^2 = P_\alpha^2 + P_H^2$$

$$\Leftrightarrow m_{Li}^2 v_{Li}^2 = m_{He}^2 v_{He}^2 + m_H^2 v_H^2$$

$$\Rightarrow m_{Li} \left(\frac{1}{2} m_{Li} v_{Li}^2 \right) = m_{He} \left(\frac{1}{2} m_{He} v_{He}^2 \right) + m_H \left(\frac{1}{2} m_H v_H^2 \right)$$

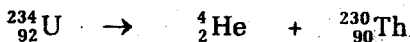
$$\Rightarrow m_{Li} K_{Li} = m_\alpha K_\alpha + m_H K_H$$

$$\Rightarrow 6 K_{Li} = 4.4 + 1.5,54$$

$$\Rightarrow K_{Li} = 3,95 \text{ MeV}$$

21.6)

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



b) Năng lượng tỏa ra :

$$\begin{aligned} \Delta E &= (m_U - m_\alpha - m_{Th}) \cdot c^2 \\ &= 0,01519 \text{ u} \cdot c^2 = 14,15 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Định luật bảo toàn động lượng :

$$\begin{aligned} m_\alpha v_\alpha &= m_{Th} v_{Th} \\ \Rightarrow m_\alpha K_\alpha &= m_{Th} K_{Th} \\ \Rightarrow 4 K_\alpha &= 230 K_{Th} \end{aligned} \quad (1)$$

Mà :

$$\Delta E = K_\alpha + K_{Th} = 14,15 \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

$$K_{Th} = 0,242 \text{ MeV} ; \quad K_\alpha = 13,91 \text{ MeV}$$

$$v_\alpha = \sqrt{\frac{2K_\alpha}{m_\alpha}} = 2,59 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

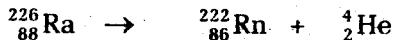
$$v_{Th} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$c) \quad \frac{hc}{\lambda} = K_{\alpha} - K'_{\alpha}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{K_{\alpha} - K'_{\alpha}} = 1,37 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

21.7)

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Năng lượng tỏa ra :

$$\Delta E = (m_{\text{Ra}} - m_{\alpha} - m_{\text{Rn}}) \cdot c^2 = 5,12 \text{ MeV}$$

Định luật bảo toàn động lượng :

$$m_{\alpha} \cdot v_{\alpha} = m_{\text{Rn}} \cdot v_{\text{Rn}} \Rightarrow m_{\alpha} \cdot K_{\alpha} = m_{\text{Rn}} \cdot K_{\text{Rn}}$$

$$\Rightarrow K_{\alpha} \approx 55,5 K_{\text{Rn}} \quad (1)$$

Mà :

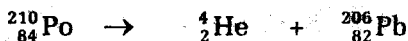
$$\Delta E = K_{\alpha} + K_{\text{Rn}} = 5,12 \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

$$K_{\alpha} = 5,02938 \text{ MeV} \quad ; \quad K_{\text{Rn}} = 0,09072 \text{ MeV}$$

21.8)

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



b) Định luật phóng xạ :

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \frac{T}{\ln 2} \ln \frac{m_0}{m}$$

$$t = \frac{138}{0,693} \ln 10^2 = 917 \text{ ngày}$$

Năng lượng tỏa ra :

$$\Delta E = (m_{\text{Po}} - m_{\alpha} - m_{\text{Pb}}) \cdot c^2 = 5,4 \text{ MeV}$$

Định luật bảo toàn động lượng :

$$m_{\alpha} \cdot v_{\alpha} = m_{\text{Pb}} \cdot v_{\text{Pb}} \Rightarrow m_{\alpha} \cdot K_{\alpha} = m_{\text{Pb}} \cdot K_{\text{Pb}}$$

$$\Rightarrow K_{\alpha} \approx 51,5 K_{\text{Pb}} \quad (1)$$

Mặt khác :

$$\Delta E = K_{\alpha} + K_{\text{Pb}} = 5,4 \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

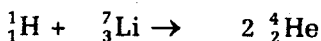
$$K_{\alpha} = 5,2971 \text{ MeV} ; \quad K_{\text{Pb}} = 0,1029 \text{ MeV}$$

$$v_{\alpha} = \sqrt{\frac{2K_{\alpha}}{m_{\alpha}}} = 1,6 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{Pb}} = 3,1 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

21.9)

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



Hạt nhân hêli có 2 prôtôn, 2 nơtrôn.

b) Xét :

$$\Delta M = m_{\text{p}} - m_{\text{Li}} - 2m_{\alpha} = 0,0184\text{u} > 0$$

phản ứng tỏa năng lượng

Phần năng lượng tỏa ra :

$$\Delta E = \Delta M \cdot c^2 = 16,758 \text{ MeV}$$

c) Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 1 gam hạt nhân hêli :

$$\begin{aligned} \Delta E' &= \frac{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 16,758}{8} \\ &= 12,62 \cdot 10^{23} \text{ MeV} = 0,202 \cdot 10^{12} \text{ J} \end{aligned}$$

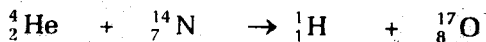
d) Theo định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$\Delta E = 2K_{\alpha} - K_{\text{p}}$$

$$\Rightarrow K_{\alpha} = \frac{1}{2} (\Delta E + K_{\text{p}}) = 8,979 \text{ MeV}$$

21.10)

a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



Hạt nhân X là hạt nhân nguyên tử oxi.

b) Năng lượng của phản ứng hạt nhân :

$$\Delta E = (m_{\alpha} + m_N - m_H - m_D).c^2 = -1,193 \text{ MeV}$$

Phản ứng thu năng lượng.

Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$\Delta E = K_H + K_O - K_{\alpha}$$

Với : $K_{\alpha} = W_{\alpha} = 4 \text{ MeV}$

$$K_H = K_O = K \Rightarrow K = \frac{K_{\alpha} + \Delta E}{2} = 1,403 \text{ MeV}$$

$$v_H = \sqrt{\frac{2K_H}{m_H}} = 1,64 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

$$v_O = \sqrt{\frac{2K_O}{m_O}} = 0,399 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

Định luật bảo toàn động lượng :

$$m_{\alpha} \cdot \vec{v}_{\alpha} = m_H \cdot \vec{v}_H + m_O \cdot \vec{v}_O$$

$$P_{\alpha}^2 = P_H^2 + P_O^2 - 2 \cdot P_H \cdot P_O \cdot \cos \varphi$$

$$\Rightarrow m_{\alpha} K_{\alpha} = m_H K_H + m_O K_O$$

$$- 2 \sqrt{m_H m_O K_H K_O} \cdot \cos \varphi$$

$$\Rightarrow m_{\alpha} K_{\alpha} = K(m_H + m_O - 2 \sqrt{m_H m_O} \cdot \cos \varphi)$$

$$\Rightarrow 4,4 = 1,4 \cdot (1 + 17 - 2 \cdot \sqrt{17} \cos \varphi)$$

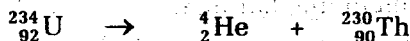
$$\Rightarrow \cos \varphi = 0,797 \Rightarrow \varphi \approx 37,16^{\circ} = 37^{\circ}$$

Vậy góc tạo bởi hai hạt prôtôn và hạt nhân oxi sau phản ứng là :

$$\beta = 180^{\circ} - \varphi = 143^{\circ}$$

21.11)

Phương trình phản ứng hạt nhân :



$$\Delta M = m_U - m_{\alpha} - m_{Th} = 0,0152 \text{ u} > 0$$

Phản ứng tỏa năng lượng.

Năng lượng tỏa ra :

$$\Delta E = (m_U - m_\alpha - m_{Th}).c^2$$

$$\approx 0,01519 \text{ u} \cdot c^2 = 14,15 \text{ MeV}$$

Định luật bảo toàn động lượng :

$$m_\alpha \cdot v_\alpha = m_{Th} \cdot v_{Th} \Rightarrow m_\alpha \cdot K_\alpha = m_{Th} \cdot K_{Th}$$

$$\Rightarrow 4 \cdot K_\alpha = 230 K_{Th} \quad (1)$$

Mà :

$$\Delta E = K_\alpha + K_{Th} = 14,15 \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

$$K_{Th} = 0,242 \text{ MeV} ; \quad K_\alpha = 13,91 \text{ MeV}$$

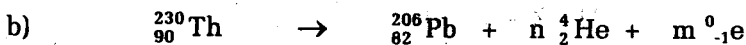
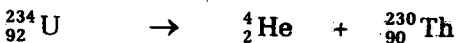
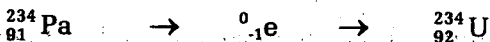
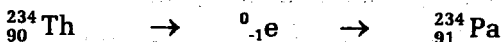
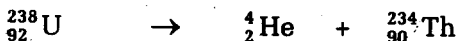
$$v_\alpha = \sqrt{\frac{2K_\alpha}{m_\alpha}} = 2,59 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

$$v_{Th} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

21.12)

1. (Xem giáo khoa)

2. a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



$$\Rightarrow \begin{cases} 230 = 206 + 4n \\ 90 = 82 + 2n - m \end{cases}$$

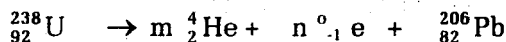
$$\Rightarrow n = 6 ; \quad m = 4$$

Vậy ${}^{238}\text{U}$ biến thành chì ${}^{206}\text{Pb}$ sau 8 lần phóng xạ α và 6 lần phóng xạ β .

21.13)

a) Gọi m và n là số hạt α và β được phóng ra :

Phương trình phản ứng hạt nhân :



Áp dụng định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta

$$\text{có : } \begin{cases} 238 = 4m + 206 \\ 92 = 2m - n + 82 \end{cases}$$

$$\Rightarrow m = 8 ; \quad n = 6$$

Vậy có 8 hạt nhân hêli và 6 electron phóng ra.

b) Số hạt nhân U235 có trong 1kg U235 :

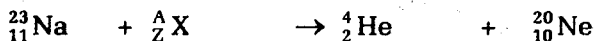
$$N = \frac{N_A}{A} \cdot 10^3 = \frac{6,023 \cdot 10^{23} \cdot 10^3}{235} = 2,563 \cdot 10^{24}$$

Năng lượng tỏa ra khi 1kg U235 phân hạch hoàn toàn :

$$\begin{aligned} Q &= 215 \cdot n = 5,51 \cdot 10^{26} \text{ MeV} \\ &= 5,51 \cdot 10^{32} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 8,817 \cdot 10^{13} \text{ J} \end{aligned}$$

21.14)

1. Phương trình phản ứng hạt nhân :



Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta có :

$$\begin{cases} 23 + A = 4 + 20 \\ 11 + Z = 2 + 10 \end{cases}$$

$$\Rightarrow A = 1 ; \quad Z = 1$$

Vậy hạt nhân đó chính là ${}_1^1\text{X} \equiv {}_1^1\text{H}$

Ta có :

$$\begin{aligned} \Delta m &= m_{\text{Na}} + m_{\text{H}} - m_{\text{He}} - m_{\text{Ne}} \\ &= 22,983\text{u} + 1,0073\text{u} - 4,0015\text{u} - 19,9870\text{u} \\ \Delta m &= 0,0025 \text{ u} > 0 \end{aligned}$$

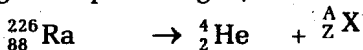
Vậy phản ứng tỏa năng lượng.

Năng lượng tỏa ra là :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,0025.931 = 2,3275 \text{ MeV}$$

$$\Delta E = 2,3275.10^6 \text{ eV}$$

2. a) Phương trình phản ứng hạt nhân :



Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta có :

$$\begin{cases} 226 = 4 + A \\ 88 = 2 + Z \end{cases}$$

$$\Rightarrow A = 222 \quad ; \quad Z = 86$$

Vậy hạt nhân đó chính là ${}_{86}^{222}\text{X} \equiv {}_{86}^{222}\text{Rn}$

Số hạt nhân N_0 trong 1 gam radi :

$$N_0 = \frac{N_A}{A}$$

Độ phóng xạ H_0 của 1 gam radi :

$$H_0 = \lambda \cdot N_0 = \frac{N_A}{A} \cdot \frac{\ln 2}{T}$$

$$\Rightarrow H_0 = \frac{\ln 2}{1570,365,25.86400} \cdot \frac{6,022.10^{23}}{226}$$

$$\Rightarrow H_0 = 3,728.10^{10} \text{ Bq}$$

b) Định luật bảo toàn động lượng :

$$m_\alpha \cdot \vec{v}_\alpha + m_{\text{Rn}} \cdot \vec{v}_{\text{Rn}} = 0$$

$$\Rightarrow v_\alpha = \frac{m_{\text{Rn}}}{m_\alpha} v_{\text{Rn}} \quad (1)$$

Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần :

$$E = K_\alpha + K_{\text{Rn}}$$

$$E = \frac{1}{2} m_\alpha \cdot v_\alpha^2 + \frac{1}{2} m_{\text{Rn}} \cdot v_{\text{Rn}}^2 \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra :

$$K_\alpha = \frac{m_{\text{Rn}} \cdot E}{m_\alpha + m_{\text{Rn}}}$$

$$K_{\alpha} = \frac{222.2,7}{4 + 222} = 2,65 \text{ MeV}$$

$$K_{Rn} = \frac{m_{Rn} \cdot E}{m_{\alpha} + m_{Rn}} = 0,05 \text{ MeV}$$

21.15)

Định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối :

$$1 + 235 = 144 + A + 3 \Rightarrow A = 9$$

$$92 = Z + 36 \Rightarrow Z = 56$$

b) Năng lượng tỏa ra :

$$\begin{aligned} E &= \frac{m}{M} N_A \cdot 200 (\text{MeV}) \\ &= \frac{1000 \cdot 10^3}{235} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 200 = 5,12 \cdot 10^{29} \text{ MeV} \end{aligned}$$

$$E = 8,2 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

Nhiệt năng :

$$A = 20\% E = 1,64 \cdot 10^{10} \text{ J} = 2,2 \cdot 10^4 \text{ KWh}$$

c) Độ hụt khối của phản ứng :

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = 200 \frac{\text{MeV}}{c^2} = 0,2148 \text{ W}$$

21.16)

Độ hụt khối của phản ứng :

$$\Delta m = 2 m_D - m_{\alpha} - m_n = \Delta m_{\alpha} - 2 \Delta m_D$$

$$= (0,0083 - 2 \cdot 0,0024) \text{ u}$$

$$\Delta m = 0,0035 \text{ u} > 0 : \text{ phản ứng tỏa năng lượng.}$$

Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 1 hạt nhân ${}^4_2\text{He}$:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,0035 \cdot 931 \text{ MeV} = 3,2585 \text{ MeV}$$

Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 24g hêli :

$$E = \frac{m}{M} N_A \cdot \Delta E = 1,57 \cdot 10^{25} \text{ MeV}$$