

BÙI QUANG HÂN

ĐÀO VĂN CỰ - HỒ VĂN HUYẾT - NGUYỄN THÀNH TUÔNG

(Trưởng phổ thông trung học chuyên Lê Hồng Phong)

giáo sư - tiến sĩ - Lê Nguyễn Thị Phi Hùng

GIẢI TOÁN

VẬT LÝ

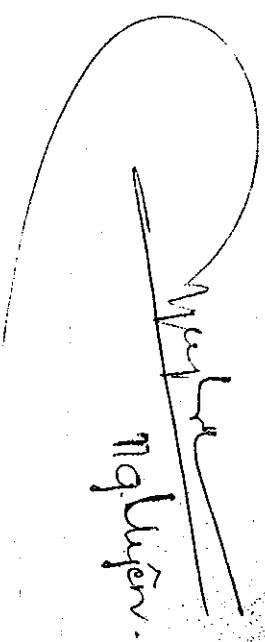
12

TẬP BA

QUANG LÝ VÀ VẬT LÝ HẠT NHÂN

(Dùng cho học sinh các lớp chuyên)

(Tái bản lần thứ 4)



Nguyễn Văn Hùng

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC - 1999



LỜI NÓI ĐẦU

Bộ sách Giải toán Vật lí 12 gồm ba cuốn :

- Dao động và sóng cơ học (tập I)
- Dòng điện xoay chiều và Dao động điện từ (tập II)
- Quang lí và Vật lí hạt nhân (tập III)

Mục đích và cách trình bày bộ sách này được kế thừa hai bộ sách Giải toán Vật lí 10 và 11 đã xuất bản, nhằm cung cấp công cụ để tự củng cố và nâng cao kiến thức cho học sinh khá, giỏi; học sinh các lớp chọn, lớp chuyên. Sách còn dùng để luyện thi vào Đại học và làm tài liệu tham khảo cho giáo viên. Các bài tập được phân loại theo trình tự học tập của học sinh, từ đơn giản đến phức tạp. Mỗi Bài toán là một nội dung bao quát, có Hướng dẫn phương pháp giải, tiếp theo là các Bài tập thí dụ có lời giải và một hệ thống các Bài tập luyện tập.

Theo tinh thần của chương trình Vật lí hiện hành, phần Vật lí nguyên tử được đưa vào nội dung Quang phổ thuộc về Quang lí. Do đó, chúng tôi cũng sắp xếp các bài tập theo bố cục này.

Quang lí và Vật lí hạt nhân là những nội dung của Vật lí hiện đại, được giảng dạy vào cuối năm học. Có một số học sinh chưa quan tâm đúng mức đến các nội dung này. Do đó, khi biên soạn tập III này, chúng tôi tăng cường số lượng các Bài tập thí dụ. Các bài tập này được trích chọn từ Bộ đề thi tuyển sinh vào Đại học mà nội dung khá phong phú và đa dạng.

Với sự xuất bản bộ Giải toán Vật lí 12 này, chúng tôi đã đưa tới bạn đọc trọn bộ Giải toán Vật lí bậc Phổ thông trung học. Trong tương lai, chúng tôi sẽ hoàn chỉnh thêm để bộ sách có thể là một tài liệu hữu ích hơn. Vì vậy, chúng tôi rất mong nhận được sự góp ý của các em học sinh và các bạn đồng nghiệp.

CÁC TÁC GIẢ

PHẦN MỘT

QUANG LÍ

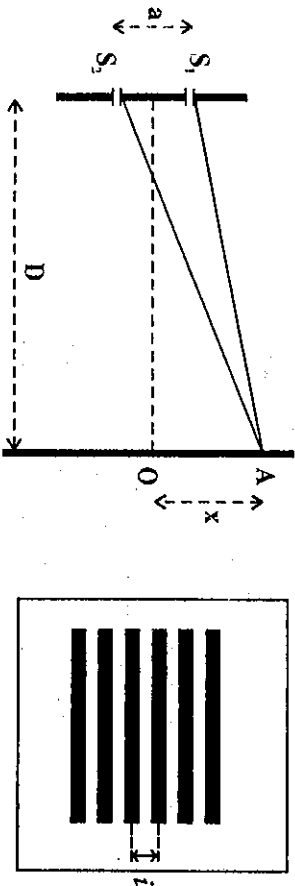
Chương I

TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

A. TÓM TẮT GIÁO KHOA

I GIAO THOA ÁNH SÁNG

1. Vị trí vân sáng - Vị trí vân tối - Khoảng vân



• Vân sáng :

$$x = k \frac{\lambda D}{a}$$

• Vân tối :

$$x = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a}$$

• Khoảng vân :

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

2. Giao thoa với ánh sáng trắng

(Ánh sáng trắng : $0,40\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76\mu\text{m}$)

- Ánh sáng đơn sắc có vân sáng tại vị trí đang xét :

$$x = k \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ax}{kD}$$

Xác định k bởi :

$$0,40(\mu\text{m}) \leq \frac{ax}{kD} \leq 0,76(\mu\text{m})$$

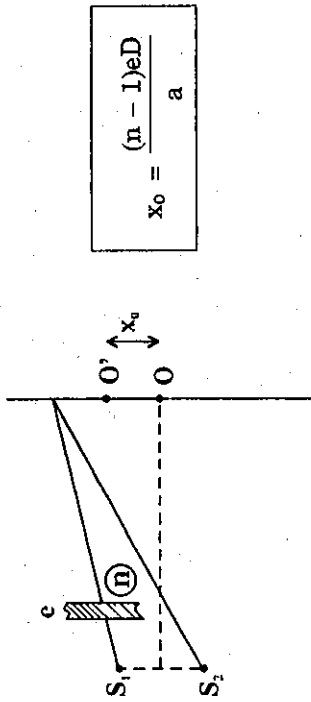
- Ánh sáng đơn sắc có vân tối tại điểm đang xét :

$$x = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a} \Rightarrow \lambda = \frac{2ax}{(2k + 1)D}$$

Xác định k bởi :

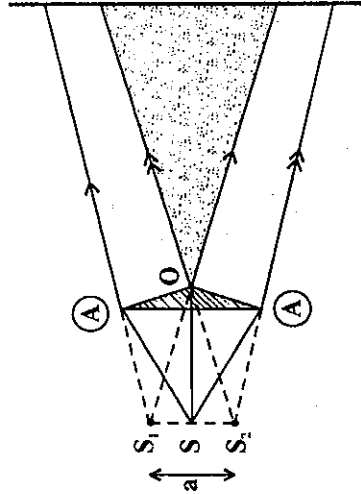
$$0,40(\mu\text{m}) \leq \frac{2ax}{(2k + 1)D} \leq 0,76(\mu\text{m})$$

3. Độ dời của hệ vân do bán mỏng



4. Các thiết bị tạo giao thoa ánh sáng (ngoài khe lằng (Young)).

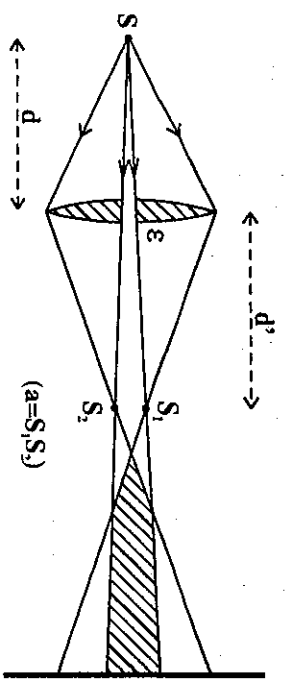
a) Lăng kính Fresnel (Fresnel) :



$$a = 2(n - 1) A \cdot OS$$

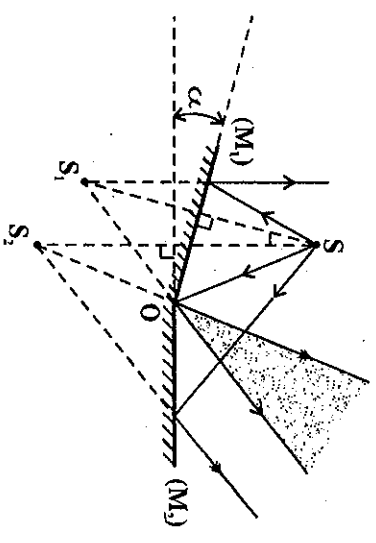
n : chiết suất của lăng kính
 A : góc chiết quang

b) Bán thấu kính Biè (Billet) :



$$a = \left(1 + \frac{d^2}{f^2}\right) f$$

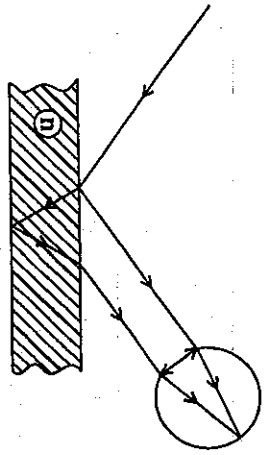
c) *Guang Fresmen*



$$a = 2\alpha SO$$

(α : tính bằng rad)

d) *Giao thoa tạo bởi màng mỏng*



- Hai tia phản xạ ở hai mặt của màng mỏng giao thoa với nhau.
- Quan sát bằng mắt có thể thấy :
- * Vân sáng hoặc vân tối (ánh sáng đơn sắc)

- * *Nhiều màu sắc* (ánh sáng trắng).
- Kết quả tùy thuộc mỗi *quan hệ về pha* giữa hai tia phản xạ do bề dày của màng mỏng gây ra.

Chú ý :

Trong hiện tượng giao thoa bởi màng mỏng kết quả còn do một hiện tượng khác ảnh hưởng tới : Đó là sự *ngược pha* giữa sóng sáng phản xạ và sóng sáng tới.

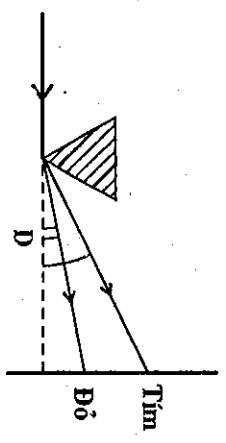
Thực nghiệm cho thấy :

- * Nếu ánh sáng truyền từ môi trường chiết quang kém tới phần xạ ở mặt phân cách với môi trường chiết quang hơn thì sự ngược pha giữa hai sóng xảy ra.
- * Nếu ánh sáng truyền từ môi trường chiết quang hơn tới phần xạ ở mặt phân cách với môi trường chiết quang kém thì sự ngược pha giữa hai sóng không xảy ra.

II. TÁN SẮC ÁNH SÁNG

- Biểu hiện :

$$D_{đỏ} > D_{tím}$$



- Nguyên nhân :

$$n = f(\lambda)$$

$$(n_{\text{tím}} > n_{\text{đỏ}})$$

B - HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 1

Xác định vị trí vân sáng, vân tối. Tính khoảng vân hoặc bước sóng ánh sáng. Tìm số vân. Tính các khoảng cách.

- Vị trí vân :

Áp dụng các công thức :

$$x = k \frac{\lambda D}{a} \text{ (vân sáng)}$$

$$x = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a} \text{ (vân tối)}$$

- Khoảng vân hoặc bước sóng ánh sáng :

Áp dụng công thức :

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

- Số vân :

• Xác định bề rộng L của trường giao thoa dựa vào các đặc điểm hình học.

• Tính số vân sáng trong một nửa trường giao thoa.

$$k = \frac{aL}{2\lambda D} \quad (k \in \mathbb{N})$$

• Suy ra số vân sáng tổng cộng : $N = 2k + 1$

□ BÀI TẬP THÍ DỤ :

1.1

Trong thí nghiệm Iâng 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 $a = 1,0\text{mm}$. Khoảng cách giữa một phẳng chứa hai khe và màn quan sát là $D = 300\text{cm}$.

Khoảng vân đo được $i = 1,5\text{mm}$.

- Tìm bước sóng của ánh sáng tới.
- Xác định vị trí của vân sáng thứ ba và vân tối thứ tư.

GIẢI

a) Bước sóng của ánh sáng

Ta có biểu thức của khoảng vân :

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

$$\text{Vậy : } \lambda = \frac{ai}{D} = \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{3,00}$$

$$= 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ (m)} = \boxed{0,5(\mu\text{m})}$$

b) Vị trí các vân :

- Vân sáng : Ta có công thức :

$$x = k \frac{\lambda D}{a} = ki$$

Vân sáng thứ ba ứng với $k = 3$. Do đó :

$$x_3 = 3 \cdot 1,5$$

$$= \boxed{4,5 \text{ (mm)}}$$

- Vân tối : Ta có công thức :

$$x' = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a} = (2k + 1) \frac{i}{2}$$

Vân tối thứ tư ứng với $k = 3$. Do đó :

$$x_3 = 7 \cdot \frac{1,5}{2}$$

$$= \boxed{5,25 \text{ (mm)}}$$

1.2

Hai lăng kính cùng có góc ở đỉnh là $A = 20^\circ$, làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$ có đáy gắn chung với nhau tạo thành một lưỡng lăng kính. Một khe sáng S phát ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,5\mu\text{m}$ đặt trên mặt của đáy chung, cách hai lăng kính khoảng $d = 50\text{cm}$.

a) Tính khoảng cách giữa hai ảnh S_1, S_2 của S tạo bởi hai lăng kính. (Coi S_1 và S_2 cùng nằm trong một mặt phẳng với S).

b) Chứng tỏ rằng trên màn E đặt song song với mặt phẳng chứa S_1, S_2 ta quan sát được một hệ vân giao thoa. Tính khoảng vân và số vân quan sát được trên màn, biết khoảng cách từ màn tới lưỡng lăng kính là $d' = 200\text{cm}$.

c) Khoảng vân và số vân quan sát được sẽ thay đổi như thế nào nếu :

- Thay nguồn S bằng nguồn S' phát ánh sáng có bước sóng $\lambda' = 0,45\mu\text{m}$ đặt tại vị trí của nguồn S ?

- Nguồn S' nơi trên đi xa dần lưỡng lăng kính theo phương vuông góc với màn E ?

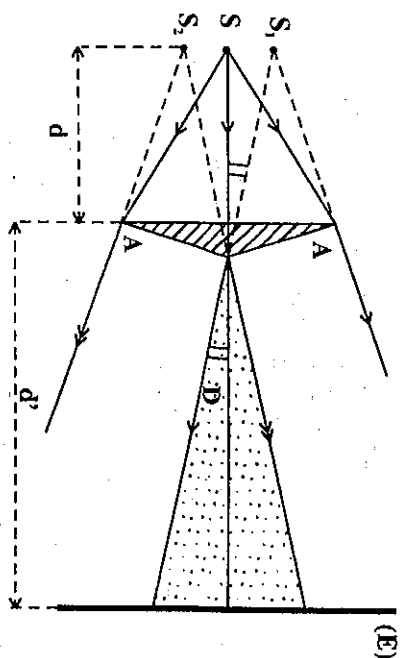
GIẢI

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 20^\circ \approx 20,3 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \\ \approx 6,10 \cdot 10^{-3} \text{ rad} \end{array} \right.$$

$$n = 1,5$$

$$d = 50\text{cm}$$

$$\lambda = 0,50\mu\text{m}$$



a) Khoảng cách $S_1S_2 = a$.

Với góc nhỏ ta có :

$$D = (n - 1)A = \text{const}$$

Do đó :

$$a = S_1S_2 = 2d \cdot \text{tg}D \approx 2dD$$

$$\approx 2(n - 1)dA = 2(1,5 - 1) \cdot 0,50 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = \boxed{3,0 \text{ (mm)}}$$

b) Hệ vân giao thoa.

- S_1 và S_2 là hai ảnh đối xứng của S. Chúng hoàn toàn giống nhau. Đó là hai nguồn sáng kết hợp.

Do đó trong vùng ánh sáng chung từ hai nguồn, có sự tổng hợp của hai sóng sáng kết hợp.

* Tại nơi hai sóng cùng pha, năng lượng cực đại : *vân sáng*

* Tại nơi hai sóng ngược pha, năng lượng triệt tiêu : *vân tối*.

- Biểu thức của khoảng vân :

$$i = \frac{\lambda(d + d')}{a}$$

Vậy ta có :

$$i = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 2,50}{3 \cdot 10^{-3}} \approx 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ (m)}$$
$$\approx \boxed{0,42 \text{ (mm)}}$$

- Theo đề, ta tính được bề rộng của trường giao thoa :

$$L = 2d' \cdot \text{tg}D \approx 2d'D$$
$$\approx 2(n-1)d'A = 2(1,5-1) \cdot 2,00 \cdot 6 \cdot 10^{-3}$$
$$\approx 12,00 \text{ (mm)}$$

Do đó số vân sáng trong mỗi nửa trường giao thoa (không kể vân sáng trung tâm) được xác định bởi :

$$\frac{L}{2} = ki$$
$$\Rightarrow k = \frac{L}{2i} \quad (k \in \mathbb{N})$$

$$\text{Với: } \frac{L}{2i} = \frac{3,12,00}{2,50} \approx 14,4 \text{ ta có:}$$
$$k = 14$$

Vậy tổng số vân sáng quan sát được là :

$$N = 2k + 1 = \boxed{29}$$

c) Hệ vân với nguồn sáng S'.

- Với $\lambda' = 0,45 \mu\text{m}$ ta có :

$$i' = \frac{\lambda'(d+d')}{a}$$
$$= \frac{0,45 \cdot 10^{-6} \cdot 2,50}{3 \cdot 10^{-3}} = \boxed{0,375 \text{ (mm)}}$$

Suy ra tổng số vân sáng quan sát được :

$$N' = \frac{L}{i'} + 1 = \frac{12,00}{0,375} + 1$$
$$= \boxed{33}$$

- Nếu nguồn S' dịch chuyển ra xa thì d tăng.

Do đó :

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

Khi $d \rightarrow \infty$ thì khoảng vân i có giá trị giới hạn là :

$$i'_{\text{lim}} = \frac{\lambda'}{2(n-1)A} = \frac{0,45 \cdot 10^{-6}}{2(1,5-1) \cdot 6 \cdot 10^{-3}}$$
$$= \boxed{0,075 \text{ (mm)}}$$

Số vân sáng quan sát được là :

$$N' = \frac{L}{i'} + 1 = \frac{12,00}{0,075} + 1$$
$$= \boxed{161}$$

Chú ý :

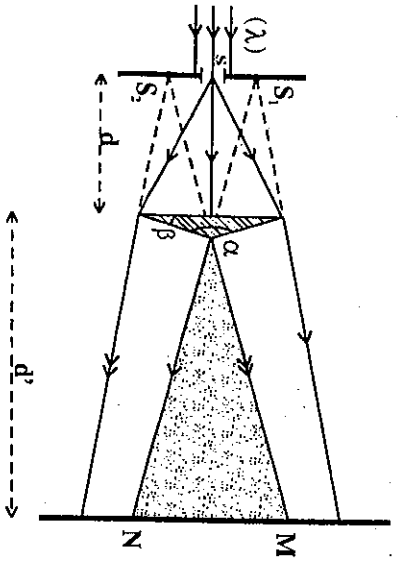
Cách tính trên chỉ là do vận dụng các công thức thiết lập được.

Thực ra khi d đủ lớn, khoảng cách $a = S_1S_2$ khá lớn khiến trường giao thoa thu hẹp lại và màn không còn cắt vùng này. Do đó, ta không quan sát được hệ vân giao thoa trên màn nữa.

1.3

Để xác định độ lớn của góc rất tù (gần 180°) của một lăng kính, người ta bố trí một thí nghiệm giao thoa ánh sáng theo sơ đồ của hình bên.

Bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 633 \text{nm}$ được rọi lên khe hẹp S tạo ra chùm sáng phân kì sau khe. Chùm này rọi lên đáy lăng kính.



Trong khoảng $MN = 3,8\text{mm}$ trên màn cách lăng kính $1,20\text{m}$ ta quan sát thấy 8 vân tối, đồng thời chính tại M và N là 2 vân sáng.

- Giải thích hiện tượng.
- Tính góc α của lăng kính. Cho biết khe S cách lăng kính một khoảng $d = 30\text{cm}$, chiết suất của thủy tinh ứng với bức xạ λ_1 là $n_1 = 1,50$.
- Giữ nguyên cách bố trí thí nghiệm. Rọi lên khe S chùm sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_2 = 515\text{nm}$ thì thu được hệ vân có độ rộng $i_2 = 0,4\text{mm}$. Xác định chiết suất n_2 của thủy tinh làm lăng kính đối với bức xạ này.

GIẢI

a) Giải thích hiện tượng.

Mỗi nửa lăng kính tạo một ảnh ảo của khe S . Trong điều kiện nói trong đề bài, các ảnh S_1, S_2 này cách đều S và có thể coi như ở trong một phẳng của khe S .

Hai ảnh S_1, S_2 là những nguồn kết hợp. Trong phần chung của hai chùm ló ứng với S_1, S_2 có sự tổng hợp của hai sóng sáng.

Do đó, trên màn, tùy theo vị trí của điểm quan sát ta có thể thu được :

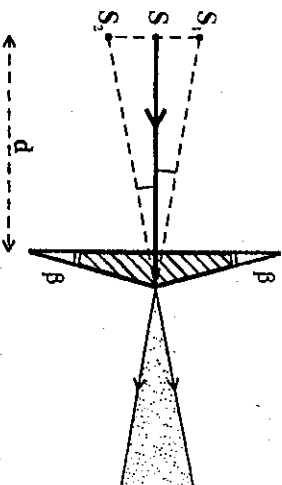
- * vân sáng : tại đó hai sóng sáng cùng pha.
- * vân tối : tại đó hai sóng sáng ngược pha.

b) Góc α .

- Mỗi nửa lăng kính có thể coi là một lăng kính có góc chiết quang β rất nhỏ.

Góc lệch của các tia sáng có giá trị :

$$D = (n - 1)\beta$$



Do đó khoảng cách giữa hai ảnh S_1S_2 được tính bởi :

$$S_1S_2 = a = 2d \cdot \text{tg}D \approx 2dD$$

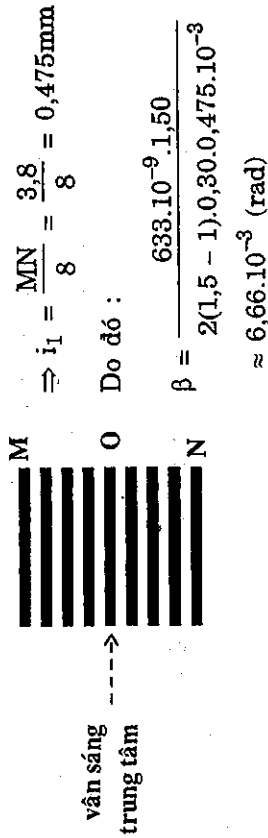
$$\Rightarrow a \approx 2d(n - 1)\beta$$

Khi giao thoa, khoảng vân có công thức :

$$i_1 = \frac{\lambda_1(d + d')}{a} = \frac{\lambda_1(d + d')}{2d(n_1 - 1)\beta}$$

Suy ra :
$$\beta = \frac{\lambda_1(d + d')}{2(n_1 - 1)di_1}$$

- Theo đề ta có :



Lấy $1' \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$ ta có :

$$\beta = \frac{6,66 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-4}} \approx 22,2 \text{ (phút)}$$

Suy ra :

$$\alpha = 180^\circ - 2\beta = 180^\circ - 44,4 \text{ (phút)} \approx \boxed{179^\circ 15'}$$

c) Chiết suất của thủy tinh đổi với bước xạ λ_2
 Tương tự như lí luận ở câu b, khi thay bước xạ λ_1 bằng λ_2 ta có biểu thức của khoảng vân i_2 :

$$i_2 = \frac{\lambda_2(d + d')}{2d(n_2 - 1)\beta}$$

Lập tỉ số với i_1 ta có :

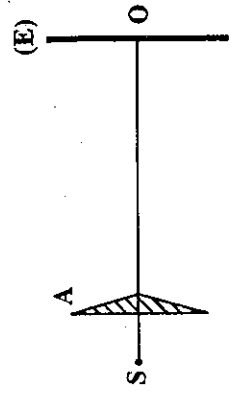
$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot \frac{(n_1 - 1)}{(n_2 - 1)}$$

Suy ra :

$$n_2 = 1 + \frac{i_1}{i_2} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1} (n_1 - 1) = 1 + \frac{0,475}{0,4} \cdot \frac{515}{633} \cdot (1,5 - 1) \approx \boxed{1,48}$$

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

1.4 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 $\lambda = 0,546 \mu\text{m}$.



Khe S song song với các cạnh của lăng 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 1m và cách lưỡng lăng kính 0,5m. Khoảng cách từ vân sáng bậc 1 đến vân sáng bậc 9 là 1,84mm.

a) Tính :

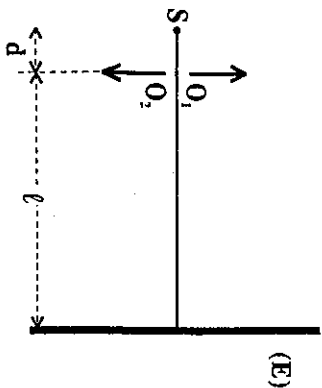
- * khoảng cách vân;
- * khoảng cách giữa hai nguồn kết hợp;
- * góc chiết quang A của mỗi lăng kính;
- * số vân tối quan sát được trong vùng giao thoa.

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

ĐS : a) 0,23mm; 2,87mm; A = 16'; 10 vân

b) $i' = \frac{D}{2d} i$ (d : khoảng cách từ S đến lưỡng lăng kính).

1.5 Cho một thấu kính hội tụ L, tiêu cự $f = 50\text{cm}$, bán kính khẩu độ $r = 3\text{cm}$. Cách thấu kính một đoạn $d = 75\text{cm}$, người ta đặt một khe sáng hẹp S thẳng đứng. Ánh sáng do khe S phát ra có bước sóng $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$.



(E) Thấu kính được đưa 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 $O_1O_2 = 1\text{mm}$. (Hệ thống như trên gọi là lưỡng thấu kính Biê).

a) Cách lưỡng thấu kính một khoảng bằng l , người ta đặt một màn quan sát (E) song song với khe S. Chúng mình rằng lưỡng thấu kính Biê 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 $l = 3\text{m}$.

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

ĐS : a) $l_0 = 1,578\text{m}$

b) $i = \frac{\lambda(l - d')}{S_1S_2}$; $0,25\text{mm}$

c) 21 vân sáng; 20 vân tối.

1.6 Thực hiện giao thoa ánh sáng với lưỡng thấu kính Biê. Tiêu cự của thấu kính là 10cm .

a) * Một nguồn sáng S được đặt trên trục chính và cách thấu kính 30cm . Định vị trí và tính chất ảnh S' của S qua thấu kính.

* Sau đó đưa đôi thấu kính theo một đường kính, rồi tách hai nửa ra xa trục chính để quang tâm của chúng bầy giờ

cách nhau một đoạn $O_1O_2 = 1\text{mm}$, ta được hai ảnh thật S_1, S_2 . Tính khoảng cách S_1S_2 .

b) Màn quan sát vân giao thoa đặt vuông góc với trục chính và cách hai ảnh S_1, S_2 một khoảng $D = 1,85\text{m}$. Khoảng cách vân giao thoa là $i = 0,740\text{mm}$.

* Xác định bước sóng của ánh sáng đơn sắc phát ra từ nguồn S.

* Tính số vân sáng, vân tối quan sát được trên màn.

c) Bỏ thấu kính đi, thay vào đúng vị trí của thấu kính một lưỡng lăng kính Fresnel, chiết suất $n = 1,5$. Nguồn sáng và màn vẫn giữ nguyên vị trí. Tính góc chiết quang A của mỗi lăng kính để khoảng cách vân vẫn có giá trị như câu b.

ĐS : a) $d' = 15\text{cm}$; $S_1S_2 = a = 1,5\text{mm}$

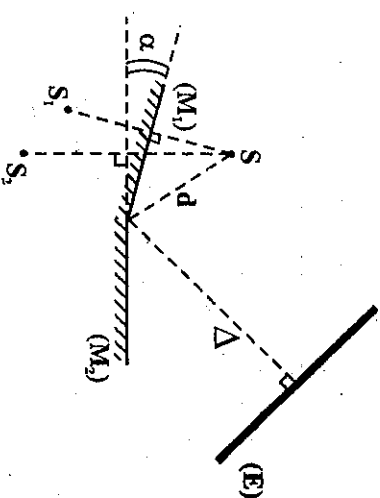
b) $\lambda = 0,600\mu\text{m}$; 11 vân sáng; 10 vân tối.

c) $A = 6,2 \cdot 10^{-3}$ rad

1.7

Thí nghiệm giao thoa ánh sáng với lưỡng gương Fresnel: gồm hai gương phẳng tạo với nhau một góc α rất nhỏ. Nguồn sáng S và màn (E) quan sát vân giao thoa cách trục của hai gương những khoảng lần lượt là $d = 0,5\text{m}$ và $A = 1,5\text{m}$.

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

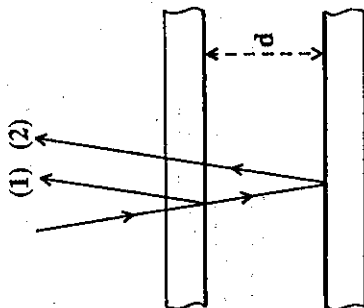


Khoảng cách vân quan sát trên màn (E) đo được là $i = 0,64\text{mm}$.

- a) Tính góc α tạo bởi hai gương.
 b) Tính số vân sáng, vân tối quan sát được trên màn trong vùng giao thoa.
 c) 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) $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-3}$ rad
 b) 7 vân sáng; 8 vân tối
 c) $N = \frac{22,125d}{d + 15}$ ($d \geq 0$)

- 1.8* Hai bản thủy tinh, đặt song song, cách nhau một lớp không khí mỏng bề dày d . Mặt trong của hai bản thủy tinh được phủ một lớp kim loại rất mỏng. Chùm tia sáng hẹp chiếu đến chúng theo phương vuông góc sẽ có một phần được phản xạ giữa hai mặt trong như hình vẽ.



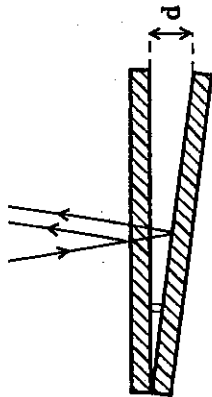
- a) cho vân sáng.
 b) cho vân tối.

Biết ánh sáng sử dụng có bước sóng $\lambda = 600\text{nm}$.

ĐS : a) $d = n \cdot \frac{\lambda}{2}$ (0; 300nm; 600 nm)
 b) $d = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{4}$ (150nm ; 450nm ; 750nm.)

- 1.9* Hai bản thủy tinh được đặt hợp với nhau một góc rất nhỏ (gần như song song với nhau) để tạo giữa chúng một nêm

không khí. Một tia sáng với góc tới nhỏ có hai tia phản xạ ở hai mặt tiếp xúc với nêm không khí. Chúng có phương gần như vuông góc với các mặt phản xạ và giao thoa với nhau khi lọt vào mắt người quan sát.

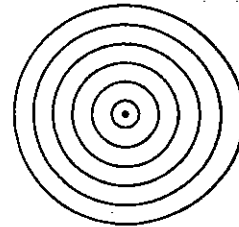
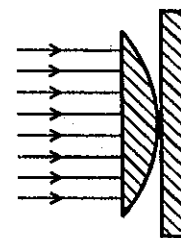


Chiếu ánh sáng có bước sóng $\lambda = 589\text{nm}$ tới hai bản, ta quan sát được 5 vân tối song song với cạnh của nêm.

Tính khoảng hở d giữa hai bản thủy tinh ở đầu không tiếp xúc nhau.

ĐS : $d = 4 \left(\frac{\lambda}{2} \right) = 1178\text{nm}$

- 1.10* Thấu kính phẳng lồi được đặt trên một tấm thủy tinh phẳng như hình vẽ. Khi chiếu chùm sáng có bước sóng $\lambda = 500\text{nm}$ từ trên xuống theo hướng vuông góc với mặt phẳng thấu kính, người ta quan sát thấy một hệ các vân tròn sáng tối đồng tâm với tâm là điểm tiếp xúc giữa thấu kính với mặt thủy tinh. Điểm này là điểm tối.



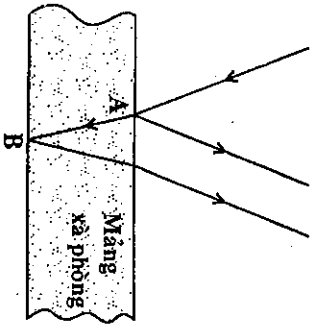
Hệ vân giao thoa tròn đồng tâm.

Hãy tính bề dày lớp không khí :

- a) ở vân tối thứ 3.
- b) ở vân sáng thứ 2.

ĐS : a) 750nm
b) 375nm

1.11* Chiết suất của dung dịch xà phòng là $n = 1,38$. Dưới ánh sáng của đèn hơi natri (có bước sóng $\lambda = 589,3\text{nm}$), người



ta quan sát chùm tia phản xạ theo hướng vuông góc với một màng xà phòng.

Bề dày tối thiểu của màng xà phòng phải là bao nhiêu để nó trở nên tối đen ?

ĐS : $d_{\min} = 214\text{nm}$

Bài toán 2

Giao thoa với ánh sáng phức tạp gồm nhiều thành phần đơn sắc hoặc ánh sáng trắng.

- Ánh sáng phức tạp gồm nhiều thành phần đơn sắc :
- Áp dụng công thức về vị trí vân sáng và khoảng vân đối với mỗi thành phần đơn sắc.
- Hiện tượng chồng chập các vân sáng xảy ra ở những vị trí xác định bởi :

$$x = k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 = \dots = k_n \lambda_n$$

- Ánh sáng trắng :

- Mô tả hiện tượng :
- + Giá trị của $\lambda : 0,4 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,76 \mu\text{m}$
- + Sự chênh lệch của khoảng vân i :

$$i_{\text{tối}} \leq i \leq i_{\text{đỏ}} \Rightarrow \text{vân sáng nhuộm màu}$$

+ Vùng sáng trắng bậc cao : tại mỗi điểm đều có sự chồng chập của nhiều λ .

- Ánh sáng đơn sắc có vân sáng tại vị trí x :

$$\lambda = \frac{2ax}{kD} ; \quad 0,40(\mu\text{m}) \leq \frac{2ax}{kD} \leq 0,76(\mu\text{m})$$

- Ánh sáng đơn sắc có vân tối tại vị trí x :

$$\lambda = \frac{2ax}{(2k+1)D} ; \quad 0,40(\mu\text{m}) \leq \frac{2ax}{(2k+1)D} \leq 0,76(\mu\text{m})$$

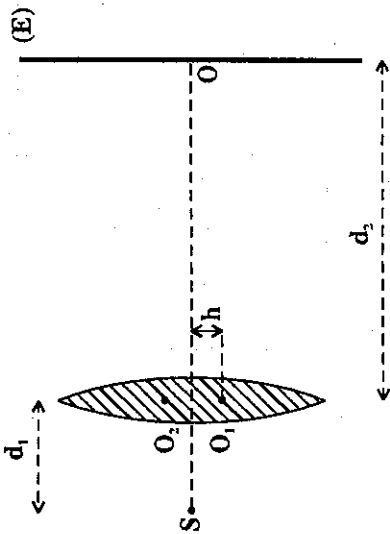
BÀI TẬP THÍ DỤ :

2.1

Một thấu kính hội tụ (tiêu cự $f = 15\text{cm}$) được cưa đôi theo mặt phẳng chứa quang trục chính, rồi hốt đi mỗi nửa một lớp dày $h = 1,25\text{mm}$ tính từ quang tâm, xong dán lại thành lưỡng thấu kính. Hệ có cấu tạo trình bày bởi hình bên, trong đó O_1 là vị trí quang tâm ban đầu đối với nửa thấu kính trên, O_2 đối với nửa thấu kính dưới.

Một nguồn sáng điểm S phát ba bức xạ đơn sắc thuộc vùng đỏ, vùng lục, vùng lam có bước sóng lần lượt là $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$; S được đặt trên trục đối xứng của lưỡng thấu kính, cách thấu kính 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. Vẽ đường đi của các tia sáng qua lưỡng thấu kính.



b) Đặt sau lưỡng thấu kính một màn (E) vuông góc với trục đối xứng của lưỡng thấu kính và cách lưỡng thấu kính khoảng $d_2 = 235\text{cm}$. Dùng kính lọc để lần lượt cho bức xạ đỏ rồi bức xạ lục qua lưỡng thấu kính. Ta quan sát được bằng kính lúp hai hệ vân giao thoa trên màn có các khoảng vân tương ứng là $i_1 = 0,64\text{mm}$ và $i_2 = 0,54\text{mm}$. Xác định λ_1 và λ_2 .

c) Thay kính lọc ở câu b bằng một kính lọc để lọt qua đồng thời hai bức xạ đỏ và lam. Khi đó trên màn ta quan sát được hai hệ vân giao thoa ứng với các bức xạ đỏ và lam mà các cực đại giao thoa số 0, số 3 và số 6 của hệ đỏ chồng chập với các cực đại giao thoa của hệ lam.

Xác định λ_3 biết rằng $0,46\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0,50\mu\text{m}$.

d) Cho biết sự chồng chập của vân sáng ứng với ba bức xạ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ tạo cảm giác sáng trắng. Hãy mô tả hiện tượng khi không dùng kính lọc. Tính tổng số vân sáng trắng quan sát được trong trường giao thoa. Các vân này ứng với cực đại giao thoa bậc nào của hệ vân đỏ ?

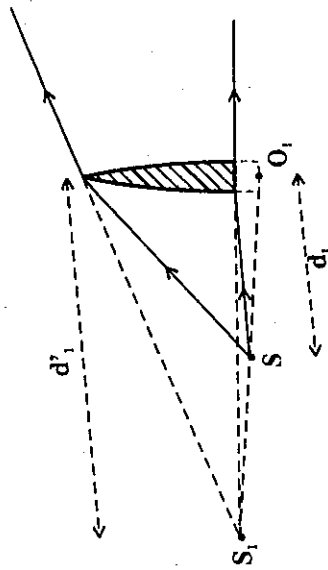
GIẢI

a) *Khoảng cách giữa hai ảnh - Đường đi của các tia sáng.*
 - Trước hết ta nhận xét rằng tuy điểm S không còn ở trên trục chính đối với mỗi nửa thấu kính còn lại nhưng độ dời tạo bởi khoảng hở đi rất nhỏ nên các khoảng cách vẫn có thể tính toán như thể vật đặt trên trục chính. Ta có :

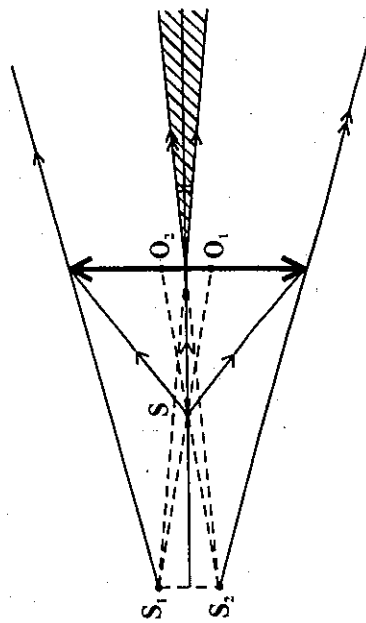
$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{7,5 \cdot 15}{7,5 - 15} = -15 \text{ (cm)}$$

Ảnh ảo, cách thấu kính 15cm.

Mỗi ảnh đều nằm trên đường thẳng nối S với quang tâm ban đầu của nửa thấu kính tương ứng. Các tia ló qua mỗi nửa thấu kính đều có đường nối dài giao nhau tại ảnh đó.



- Ta có đường đi của các tia sáng như hình bên.



Hai tam giác đồng dạng SS_1S_2 và SO_1O_2 cho :

$$\frac{S_1S_2}{O_1O_2} = \frac{|d'_1| - d_1}{d_1}$$

Suy ra :

$$S_1S_2 = a = \frac{|d'_1| - d_1}{d_1} \cdot O_1O_2$$

$$= \frac{7,5}{7,5} \cdot 2h$$

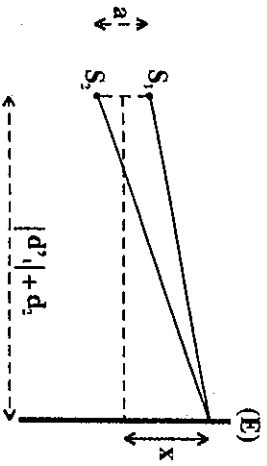
Vậy :

$$a = 2h = \boxed{2,5\text{mm}}$$

b) Xác định λ_1 và λ_2 .

S_1 và S_2 là hai nguồn sáng kết hợp. Trong vùng ánh sáng chung của hai nguồn này, sự tổng hợp hai sóng sáng tạo giao thoa.

Với mỗi bậc xạ λ , khoảng vân có hiệu thức :



$$i = \frac{\lambda(|d'_1| + d_2)}{a}$$

Do đó ta suy ra :

$$\lambda = \frac{ai}{|d'_1| + d_2}$$

Theo đề ta được :

$$* \lambda_1 = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,64 \cdot 10^{-3}}{0,15 + 2,35}$$

$$= \boxed{0,64(\mu\text{m})}$$

$$* \lambda_2 = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,54 \cdot 10^{-3}}{0,15 + 2,35}$$

$$= \boxed{0,54(\mu\text{m})}$$

c) Xác định λ_3 .

Vị trí các cực đại giao thoa chồng chập được xác định bởi :

$$x = k_1 i_1 = k_2 i_2$$

$$\Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 \quad (k \in \mathbb{N})$$

Theo đề ta có :

$$\begin{cases} k_3 \lambda_3 = 3\lambda_1 \\ k' \lambda_3 = 6\lambda_1 \end{cases}$$

$$(k' - k_3) \lambda_3 = 3\lambda_1$$

$$\Rightarrow n \lambda_3 = 3\lambda_1 \quad (n \in \mathbb{N})$$

$$\text{Do đó : } \lambda_3 = \frac{3\lambda_1}{n} = \frac{1,92}{n} \text{ (}\mu\text{m)}$$

Mặt khác :

$$0,46 \mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0,50 \mu\text{m}$$

$$\Rightarrow 0,46 \leq \frac{1,92}{n} \leq 0,50$$

$$\Rightarrow 3,84 \leq n \leq 4,17$$

Vậy $n = 4$. Ta tính được :

$$\lambda_3 = \boxed{0,48 \mu\text{m}}$$

Chú ý : Cũng có thể tính λ_3 từ một giá trị của k_1 dựa vào tính chất thuộc về số nguyên của k .

d) Mô tả hiện tượng - Số vân sáng trắng

- Khi không dùng kính lọc, cả ba bức xạ đều có hệ vân giao thoa trên màn. Vân trung tâm là vân sáng với mọi λ . Do đó tại vân trung tâm có sự chồng chập ba vân sáng của ba bức xạ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ gây ra cảm giác sáng trắng.

Từ vân trung tâm, về cả hai bên, do khoảng vân i khác nhau, các vân sáng ứng với các bước sóng khác nhau sẽ so le nhau. Nhưng tại những vị trí xác định, sự chồng chập lại xảy ra và ta lại quan sát được vân sáng trắng.

Số vân sáng trắng quan sát được tùy thuộc bề rộng của trường giao thoa.

- Vị trí tại đó có sự chồng chập các vân sáng được xác định bởi :

$$x = k_1 i_1 = k_2 i_2 = k_3 i_3 \quad (k \in N)$$

$$\Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2 = k_3 \lambda_3$$

$$\Rightarrow 64k_1 = 54k_2 = 48k_3$$

$$\Rightarrow 2^6 k_1 = 2 \cdot 3^3 k_2 = 2^4 \cdot 3 k_3$$

Bội số chung của các số này là :

$$K = 2^6 \cdot 3^3 \cdot k_1 k_2 k_3 = 1728n \quad (n \in N)$$

Ta có bảng kết quả sau :

n	1	2	3	4
k_1	27	54	81	108
x (mm)	17,28	34,56	51,84	69,12

Mặt khác, bề rộng của trường giao thoa được tính như sau :

$$\frac{l}{a} = \frac{d_2}{|d'_1|}$$

$$\Rightarrow l = \frac{d_2}{|d'_1|} \cdot a = \frac{235}{15} \cdot 2,5(\text{mm}) \approx 39,2\text{mm}$$

Số vân sáng trong mỗi nửa trường giao thoa được xác định bởi :

$$x \leq \frac{l}{2} \approx 19,6\text{mm}$$

Với các giá trị ở bảng trên ta chỉ có một vân sáng trắng ở vị trí :

$$x_1 = 17,28\text{mm}$$

- Vậy số vân sáng trắng quan sát được là :

$$N_s = 2 \cdot 1 + 1 = 3$$

Các vân này ứng với cực đại giao thoa của vân bức xạ đỏ có bậc :

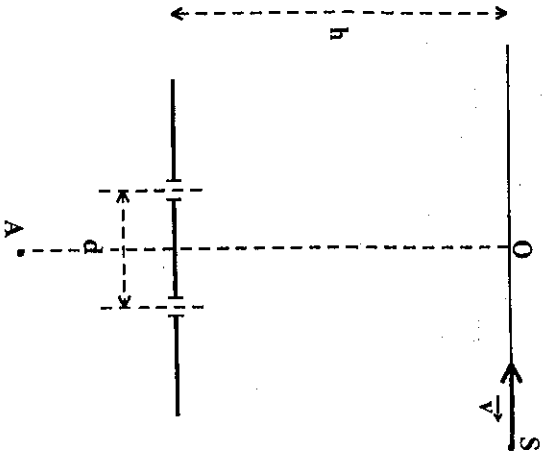
$$k_0 = 0$$

$$k_1 = \pm 27$$

2.2

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 đối tuần hoàn



tiên, các chóp sáng ghi được vào những thời điểm nào ?
(Chóp sáng đầu tiên do hai chóp sáng λ_1 và λ_2 xuất hiện đồng thời).

a) Vận tốc của nguồn

- Với mỗi vị trí của nguồn S, hai sóng ánh sáng sau khi truyền qua S_1, S_2 sẽ giao thoa với nhau.

Nếu A ứng với vị trí vân sáng, máy đo ghi nhận một cực đại.

Nếu A ứng với vị trí vân tối, máy đo không ghi nhận được gì.

- Áp dụng tính thuận nghịch của đường đi ánh sáng, ta có thể hoán vị vai trò của S và A. Khi đó :

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
bước 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 chóp sáng đầu

GIẢI

hay

$$v = 4,5(\text{mm/s})$$

b) Thời điểm ghi được các chóp sáng

- Ta cũng lí luận bằng cách áp dụng tính thuận nghịch như trên. Ở O có sự chồng chập của hai vân sáng ứng với λ_1, λ_2 . Do đó khi S ở O ta ghi được chóp sáng đầu tiên.

* A là nguồn cố định tạo hệ vân giao thoa trên màn qua O.
* S là máy đo di động ghi nhận được một cực đại mỗi lần tới vị trí của một vân sáng.

Ta có biểu thức của khoảng vân :

$$i = \frac{\lambda h}{d}$$

Vận tốc của S được

tính bởi :

$$v = \frac{s}{t}$$

Theo đề :

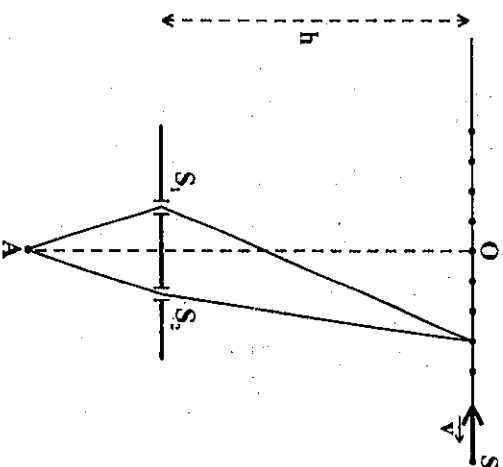
$$t = 1 \text{ giây} ;$$

$$s = 15i$$

Do đó :

$$v = \frac{15\lambda h}{d}$$

$$= \frac{15 \cdot 6,00 \cdot 10^{-7} \cdot 1,00}{2,0 \cdot 10^{-3}} = 45 \cdot 10^{-4} (\text{m/s})$$



Vị trí các vân sáng được cho bởi :

$$\begin{cases} x_1 = k \cdot \frac{\lambda_1 h}{d} \\ x_2 = k \cdot \frac{\lambda_2 h}{d} \end{cases} \quad (k \in \mathbb{N})$$

- Với chuyển động thẳng đều có vận tốc v , ta suy ra :

* Thời điểm ghi được cường độ cực đại của λ_1 :

$$t_1 = \frac{x_1}{v} = \frac{k}{15} = \frac{3k}{45}$$

* Thời điểm ghi được cường độ cực đại của λ_2 :

$$t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{2k}{45}$$

Vậy các thời điểm ghi được chớp sáng sau chớp sáng đầu tiên được cho bởi :

$$t = \frac{6k}{45} \quad (k \in \mathbb{N}^*)$$

$$\left(t = \frac{6}{45} \text{ s} ; \frac{12}{45} \text{ s} ; \frac{18}{45} \text{ s} ; \dots \right)$$

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

2.3 Hai khe lằng cách nhau $a = 1,0\text{mm}$ được chiếu sáng bằng nguồn đơn sắc đặt ở xa có bước sóng $\lambda = 0,50\mu\text{m}$. Người ta quan sát các vân giao thoa trên một màn song song với mặt phẳng của hai khe và cách mặt phẳng này khoảng $D = 1,00\text{m}$.

a) Tính khoảng vân của hệ vân giao thoa.

b) Thay nguồn sáng đơn sắc bằng nguồn sáng trắng. Mô tả hiện tượng trên màn.

Tại điểm M trên màn cách vân trung tâm $2,0\text{mm}$, đặt khe của kính quang phổ song với các vân. Nhìn qua kính quang phổ ta thấy quang phổ nhiều màu của ánh sáng trắng nhưng trong đó có 2 vân tối.

Giải thích hiện tượng.

ĐS : a) $i = 0,5\text{mm}$

b) Hai vân tối ứng với

$$\lambda_1 = 0,57\mu\text{m} ; \lambda_2 = 0,44\mu\text{m}$$

2.4 Trong thí nghiệm với lưỡng lăng kính Fresnen, khoảng cách từ nguồn sáng đơn sắc ($\lambda = 0,6\mu\text{m}$) đến lưỡng lăng kính là $a = 20\text{cm}$. Khoảng cách từ lưỡng lăng kính đến màn quan sát là $l = 180\text{cm}$. Góc chiết quang của lưỡng lăng kính là $\alpha = 0,01$ rad. Chiết suất của lưỡng lăng kính là $n = 1,5$.

a) Tính khoảng cách giữa hai nguồn sáng kết hợp và độ rộng của trường giao thoa trên màn quan sát.

b) Tính khoảng vân và số vân tối xuất hiện trong trường giao thoa.

c) Bây giờ thay nguồn sáng đơn sắc bằng nguồn ánh sáng trắng ($0,4 \mu\text{m} < \lambda < 0,76 \mu\text{m}$). Tìm tất cả các thành phần đơn sắc trong ánh sáng trắng cho cường độ sáng bằng không tại điểm P cách vân trung tâm một khoảng $x = 3,3\text{mm}$.

ĐS : a) $4\text{mm} ; 36\text{mm}$

b) $0,6\text{mm} ; 60$

c) $0,440\mu\text{m} ; 0,508\mu\text{m} ; 0,600\mu\text{m} ; 0,733\mu\text{m}$

2.5 Hai gương Fresnen làm với nhau góc rất nhỏ α được chiếu sáng bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,5\mu\text{m}$. Nguồn

sáng và màn quan sát đặt cách giao tuyến của hai gương những khoảng tương ứng $a = l = 1,00\text{m}$

a) Thiết lập biểu thức tính khoảng vân và tổng số vân sáng quan sát được trong miền hai chùm tia chồng lên nhau.

b) Nếu trong phần hai chùm tia chồng lên nhau tại chỗ đặt màn quan sát, chứa 15 khoảng vân, thì góc α phải bằng bao nhiêu ?

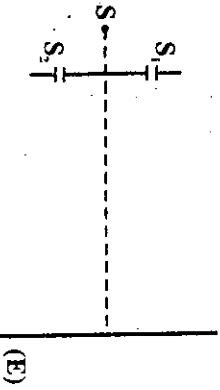
c) Nếu thay ánh sáng đơn sắc bằng ánh sáng trắng ($0,4\mu\text{m} < \lambda < 0,8\mu\text{m}$). Hãy tìm tất cả các thành phần đơn sắc trong ánh sáng trắng cho một vân tối tại điểm P trên màn E cách vân trung tâm một khoảng $x = 1,56\text{mm}$.

$$BS : a) i = \frac{\lambda(a+l)}{2a\alpha} ; m = 4\alpha^2 \frac{al}{\lambda(a+l)} + 1$$

b) $\alpha = 6'25''$

c) $\lambda = 0,647\mu\text{m}; \lambda = 0,530\mu\text{m};$
 $\lambda = 0,448\mu\text{m}$

2.6 Thực hiện thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe lằng, 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 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 $\lambda' = 0,48\mu\text{m}$. Hỏi ở những vị trí nào trên màn (E) trong vùng giao thoa, các vân sáng của hai ánh sáng đơn sắc nơi trên trùng nhau ?

$$BS : a) i = 0,6\text{mm}$$

b) 17 vân sáng; 18 vân tối.

c) $|x| = 0; 2,4\text{mm}; 4,8\text{mm}$

2.7 Thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe lằng, các khe S_1, S_2 cách nhau đoạn $a = 1\text{mm}$. Khe sáng S cách đều hai khe S_1, S_2 và phát ra ánh sáng trắng. Quan sát hiện tượng trên màn (E) cách hai khe S_1, S_2 đoạn $D = 1\text{m}$.

Tính bước sóng tương ứng với những vạch đen trên quang phổ cho bởi một kính quang phổ, có khe đặt tại M cách vân trung tâm đoạn 6mm . Biết rằng ánh sáng trắng gồm các ánh sáng đơn sắc có bước sóng biến thiên liên tục từ $\lambda_t = 0,400\mu\text{m}$ đến $\lambda_v = 0,760\mu\text{m}$

$$BS : 7 \text{ bức xạ có } \lambda(\mu\text{m}) :$$

(0,414 ; 0,444 ; 0,480 ; 0,522 ;

0,571 ; 0,632 ; 0,706)

Bài toán 3

Dịch chuyển của hệ vân giao thoa tạo bởi bản mỏng song song.

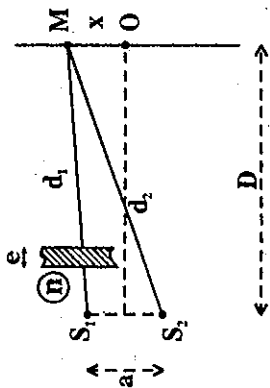
- Quang trình ứng với các đường đi từ hai nguồn :

* Đường đi có bản mỏng :

$$l_1 = d_1 + (n - 1)e$$

* Đường đi không có bản mỏng :

$$l_2 = d_2$$



- Hiệu quang trình :

$$\begin{aligned} \delta &= l_2 - l_1 \\ &= (d_2 - d_1) - (n - 1)e \\ &= \frac{ax}{D} - (n - 1)e \end{aligned}$$

- Vị trí vân sáng :

$$\delta = k\lambda \quad (k \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow \frac{ax}{D} - (n - 1)e = k\lambda$$

$$\Rightarrow x = k \frac{\lambda D}{a} + \frac{(n - 1)eD}{a}$$

- Độ dời của hệ vân :

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

□ BÀI TẬP THÍ DỤ

3.1

Trong thí nghiệm Iâng 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 $a = 1,0\text{mm}$; giữa mặt phẳng chứa hai khe và màn quan sát E là $D = 3,00\text{m}$.

Khoảng vân trên màn đo được $i = 1,5\text{mm}$.

a) Tính bước sóng của ánh sáng tới.

b) Xác định vị trí của vân sáng thứ ba và vân tối thứ tư.

c) Đặt ngay sau một trong hai khe sáng một bản mỏng, phẳng có hai mặt song song dày $e = 10 \mu\text{m}$, ta thấy hệ vân dời đi trên màn một khoảng $x_0 = 1,50\text{cm}$.

Tính chiết suất của chất làm bản mỏng.

GIẢI

a) *Bước sóng của ánh sáng tới*

Ta có công thức của khoảng vân :

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

Suy ra :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{ai}{D} \\ &= \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{3,00} \\ &= 0,50 \cdot 10^{-6} (\text{m}) = \boxed{0,50 (\mu\text{m})} \end{aligned}$$

b) *Vị trí các vân*

Kể từ vân sáng

trung tâm ta có :

* vị trí vân sáng :

$$x = ki$$

* vị trí vân tối :

$$x' = (2k + 1) \frac{i}{2}$$



Do đó, suy ra :

* Vân sáng thứ ba ứng với $k = 3$:

$$x_3 = 3,1,5$$

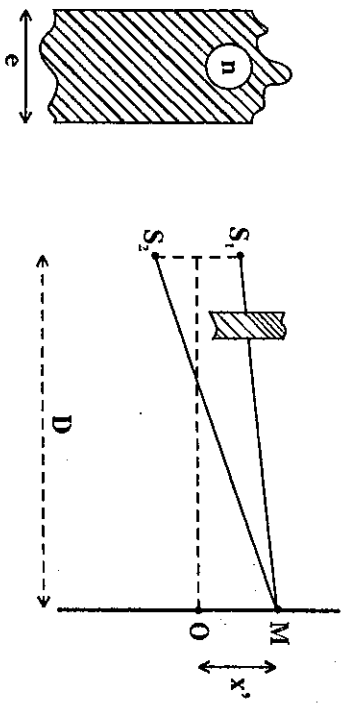
$$= \boxed{4,5 \text{ (mm)}}$$

* Vân tối thứ tư ứng với $k = 3$:

$$x'_4 = (2,3 + 1) \cdot \frac{1,5}{2}$$

$$= \boxed{5,25 \text{ (mm)}}$$

c) *Chiết suất của chất lam bán mỏng*



- Trong hiện tượng giao thoa, khoảng cách $|x|$ từ O đến các điểm khác nhau trong trường giao thoa đều rất nhỏ so với khoảng cách D từ hai nguồn kết hợp đến màn.

Do đó các tia sáng truyền qua bán mỏng có thể xem gần đúng là theo *phương vuông góc*.

Với bề dày e của bán, thời gian để các tia sáng truyền qua bán là:

$$\Delta t = \frac{e}{v} \quad (v : \text{vận tốc ánh sáng trong bán mỏng})$$

Quang đường trong chân không tương ứng với bề dày e của bán là :

$$e' = c \Delta t = \frac{c}{v} \cdot e$$

$$= ne$$

Nếu bán mỏng che khuất nguồn S_1 thì *quang trình* từ S_1 tới

M là :

$$l_1 = d_1 - e + ne \quad (d_1 = S_1M)$$

$$= d_1 + (n - 1)e$$

Vì bán mỏng không che khuất nguồn S_2 nên quang trình từ

S_2 tới M là :

$$l_2 = d_2 \quad (d_2 = S_2M)$$

Vậy hiệu hai quang trình là :

$$\Delta l = l_2 - l_1$$

$$= d_2 - d_1 - (n - 1)e$$

$$= \frac{ax'}{D} - (n - 1)e$$

Suy ra vị trí các vân sáng được xác định bởi :

$$\Delta l = k\lambda \quad (k \in \mathbb{Z})$$

$$\Rightarrow \frac{ax'}{D} - (n - 1)e = k\lambda$$

$$\Rightarrow x' = k \frac{\lambda D}{a} + \frac{(n - 1)eD}{a}$$

Khi không có bán mỏng, vị trí các vân sáng được xác định

bởi :

$$x = k \cdot \frac{\lambda D}{a}$$

Vậy hệ vân giao thoa đã dời đi về phía đặt bản một khoảng xác định bởi :

$$x_0 = x' - x = \frac{(n-1)eD}{a}$$

Do đó ta có :

$$n = 1 + \frac{ax_0}{eD} = 1 + \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 1,50 \cdot 10^{-2}}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 3,00} = \boxed{1,5}$$

3.2

Một thấu kính hội tụ mỏng có tiêu cự $f = 50\text{cm}$ được cắt làm hai phần bằng nhau theo một mặt phẳng qua trục chính. Một nguồn sáng điểm S phát ánh sáng đơn sắc đặt trên trục chính, cách thấu kính khoảng $d = 1,00\text{m}$.

a) Phải tách hai nửa thấu kính đến khoảng cách nào (đối xứng qua trục chính) để có hai ảnh S_1, S_2 cách nhau $a = 4,0\text{mm}$?

b) Đặt màn quan sát E vuông góc với trục chính và cách hai nguồn khoảng $D = 3,00\text{m}$. Tính độ rộng của vùng giao thoa trên màn.

Khoảng cách từ vân sáng trung tâm (vân số không) đến vân sáng thứ 10 là $4,10\text{mm}$. Tính bước sóng của ánh sáng.

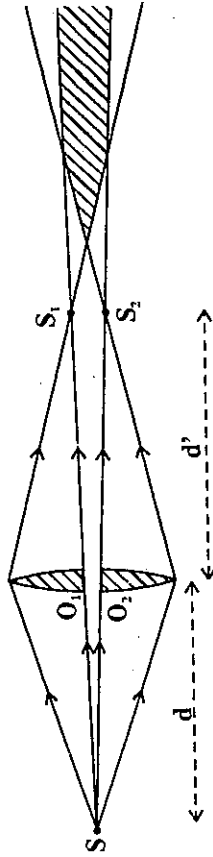
c) Đặt ngay trước một trong hai nguồn (S_1 hoặc S_2) một bản mỏng có hai mặt song song bằng thủy tinh, bề

dày $e = 0,008\text{mm}$, chiết suất $n = 1,5$. Hỏi hệ thống vân sẽ dịch chuyển về phía nào và một đoạn bằng bao nhiêu ?

d) Bỏ bản mỏng đi, nguồn sáng S có mọi bước sóng giới hạn từ $0,650\mu\text{m}$ đến $0,410\mu\text{m}$. Tìm bước sóng của các bức xạ tạo vân tối trên màn quan sát ở M cách trục chính $3,0\text{mm}$.

GIẢI

a) Khoảng cách hai nửa thấu kính



Các khoảng hở đều rất nhỏ nên khoảng cách từ thấu kính đến vật và ảnh đều có thể tính theo trục chính.

Ta có :

$$d' = \frac{df}{d-f} = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100(\text{cm})$$

Hai ảnh S_1 và S_2 đều ở trên các đường thẳng nối S với hai quang tâm O_1, O_2 .

Tính đồng dạng cho :

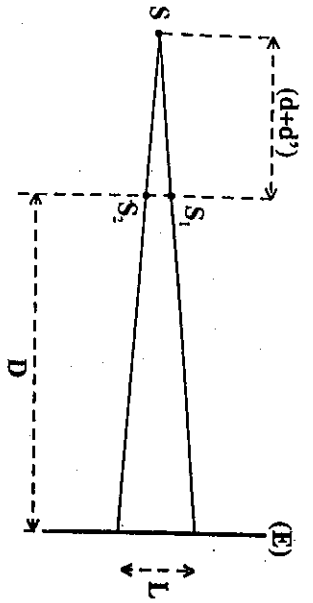
$$\frac{S_1 S_2}{\varepsilon} = \frac{a}{\varepsilon} = \frac{d+d'}{d} = 2$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{a}{2} = \frac{4,0}{2} = \boxed{2,0(\text{mm})}$$

42

43

b) Độ rộng của vùng giao thoa - Bước sóng.



- Tính chất đồng dạng cho :

$$\frac{L}{a} = \frac{D + (d + d')}{d + d'} = \frac{5}{3}$$

Do đó :

$$L = \frac{5}{3} \cdot 4,0 \approx \boxed{6,7(\text{mm})}$$

- Từ vân sáng trung tâm ($k = 0$) đến vân sáng thứ 10 ($k = 10$) có tất cả 10 khoảng vân i .

Theo đề ta có :

$$10i = 4,1$$

$$\Rightarrow i = \frac{4,1}{10} = 0,41(\text{mm})$$

Công thức của khoảng vân là :

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

$$\text{Do đó : } \lambda = \frac{ia}{D} = \frac{0,41 \cdot 10^{-3} \cdot 4,0 \cdot 10^{-3}}{3,00}$$

$$\approx 0,55 \cdot 10^{-6} (\text{m}) = \boxed{0,55 (\mu\text{m})}$$

44

c) Dịch chuyển của hệ thống vân

Ta chứng minh được (xem bài 3.1) :

Khi xen bản mỏng vào trước một trong hai nguồn thì :

* hệ vân giao thoa dịch chuyển về phía đặt bản ;

* độ dịch chuyển là :

$$\begin{aligned} x_0 &= \frac{(n-1)eD}{a} \\ &= \frac{(1,5-1) \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 3,00}{4,0 \cdot 10^{-3}} \\ &= \boxed{3,0 (\text{mm})} \end{aligned}$$

d) Các bước sóng của bức xạ tạo vân tối ở M.

Vị trí vân tối được xác định bởi :

$$x_k = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a}$$

Muốn cho vân tối được tạo ở M, phải có :

$$x_M = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a} \Rightarrow \lambda = \frac{2ax_M}{(2k + 1)D}$$

Ta tính được :

$$\lambda = \frac{2 \cdot 4,0 \cdot 10^{-3} \cdot 3,0 \cdot 10^{-3}}{(2k + 1) \cdot 3,00} = \frac{8,0}{2k + 1} \cdot 10^{-6} (\text{m})$$

Theo đề ta có :

$$0,410 \leq \frac{8,0}{2k + 1} \leq 0,650$$

Suy ra :

$$5,65 \leq k \leq 9,25$$

45

Vậy các bức xạ tạo vân tối ở M có bước sóng xác định như sau :

$$\bullet k_1 = 6 : \quad \lambda_1 = \frac{8,0}{13} \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\approx \boxed{0,615 \mu\text{m}}$$

$$\bullet k_2 = 7 : \quad \lambda_2 = \frac{8,0}{15} \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\approx \boxed{0,533 \mu\text{m}}$$

$$\bullet k_3 = 8 : \quad \lambda_3 = \frac{8,0}{17} \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\approx \boxed{0,470 \mu\text{m}}$$

$$\bullet k_4 = 9 : \quad \lambda_4 = \frac{8,0}{19} \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\approx \boxed{0,421 \mu\text{m}}$$

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

3.3 Hai khe Iâng 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 $x = 7,5\text{mm}$

- Tính khoảng vân và bước sóng đã dùng.
- 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.
- Bây giờ bỏ bản thủy tinh và 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 ?

- ĐS : a) $2,5\text{mm}$; $0,5\mu\text{m}$
 b) Phía dưới, 25mm
 c) $1,8\text{mm}$

3.4 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 $\frac{1}{6}\text{mm}$. 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 .

- Dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,4\mu\text{m}$. Tính khoảng cách từ vân trung tâm đến điểm M nơi xuất hiện vân sáng thứ 25.
- Dùng ánh sáng phức tạp có chứa các bước sóng trong khoảng từ $0,4\mu\text{m}$ đến $0,7\mu\text{m}$. Tại điểm M có bao nhiêu ánh sáng đơn sắc có cường độ cực đại ?

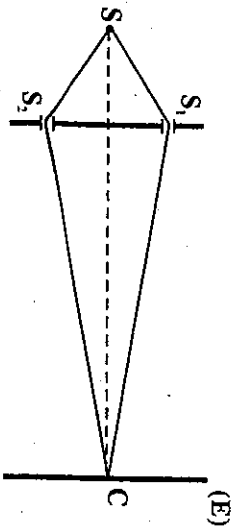
Đặt khe của một quang phổ kế kể tại M sẽ thấy bao nhiêu vạch đen ?

- Tính bề dày 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.

- ĐS : a) 20mm
 b) 11; 11
 c) $0,2\text{mm}$

3.5 Thực hiện giao thoa ánh sáng bằng thí nghiệm như hình bên.

Cho : $S_1S_2 = a = 1,2\text{mm}$



(E) Màn (E) đặt cách mặt phẳng S_1S_2 đoạn $D = 2m$.

a) Ta đo được khoảng vân $i = 1mm$. Tính λ .

b) Thay ánh sáng đơn sắc trên đây bằng ánh sáng trắng. Mô tả hiện tượng quan sát được trên màn. Tại vị trí cách

C 1cm, những ánh sáng đơn sắc nào bị mất (có vân tối ở đó) ?

c) Vân dùng ánh sáng trắng, ta đặt sau S_1 một bản thủy tinh song song dày 6 μ . Vân trung tâm dời đi 5mm. Tính chiết suất bản thủy tinh.

ĐS : a) $\lambda = 0,6\mu m$

b) $\lambda = \frac{2}{(2k + 1)D}$ với $7 \leq k \leq 14$

c) $n = 1,5$.

3.6 Trong thí nghiệm giao thoa Iâng, khoảng cách giữa hai khe là $l = 1,0mm$; từ màn quan sát tới mặt phẳng chứa hai khe là $D = 3,00m$. Khi thiết bị thí nghiệm được đặt trong không khí người ta đo được khoảng vân $i = 1,5mm$.

a) Tính bước sóng của ánh sáng tới.

b) Xác định vị trí của vân sáng thứ ba và vân tối thứ tư.

c) Đặt trước một khe sáng một bản mỏng phẳng, hai mặt song song, có chiết suất $n = 1,5$, bề dày $e = 10\mu m$. Xác định độ dịch chuyển của hệ vân giao thoa trên màn.

d) Trong điều kiện của câu c, nếu thí nghiệm được thực hiện trong nước (chiết suất $n' = 1,33$) thì hệ thống vân giao thoa có gì thay đổi ? Tính khoảng vân trong trường hợp này.

ĐS : a) $\lambda = 0,5\mu m$

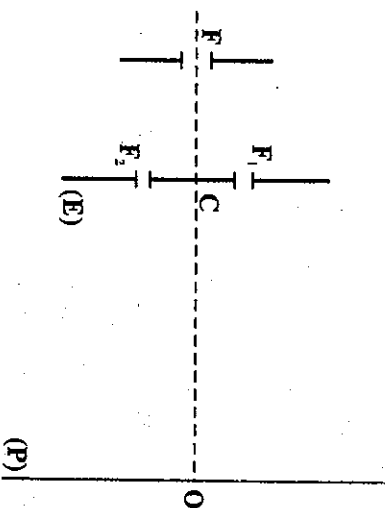
b) 4,5mm ; 5,25mm

c) 1,5cm

d) Các vân sát lại nhau.

$i' = 1,13mm$.

3.7 Chùm ánh sáng đơn sắc phát ra từ khe hẹp F được rơi vào màn E cách khe sáng đoạn $FC = 1,00m$.



Trên màn E có hai khe hẹp F_1, F_2 song song với nhau và cách đều khe F. Khoảng cách giữa hai khe F_1, F_2 là $l = 1,0mm$.

Cách E đoạn $L = 1,20m$, ta đặt màn P song song với màn E để quan sát các vân giao thoa. Vân sáng trung tâm ở O.

- a) Khoảng vân i đo được 0,6mm. Tính bước sóng của ánh sáng phát ra bởi khe F.
- b) Trước khe F_1 , đặt bản mỏng trong suốt có hai mặt song song, bề dày $e = 2\mu\text{m}$ và chiết suất $n = 1,55$. Xác định vị trí mới của vân trung tâm.

Phải dịch khe F bao nhiêu, theo chiều nào trên phương vuông góc với CO để đưa vân trung tâm trở về O ?

- c) Đưa khe F về vị trí ban đầu và bỏ bản mỏng đi. Giả sử khe F phát ánh sáng trắng ($0,4\mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,7\mu\text{m}$). Tại vị trí ứng với vân tối thứ 15 tính từ O với ánh sáng đơn sắc ban đầu, nếu phân tích quang phổ ánh sáng thu được tại đó thì trong quang phổ thu được có bao nhiêu vạch tối ? Tính bước sóng tương ứng.

ĐS : a) $\lambda = 0,50\mu\text{m}$

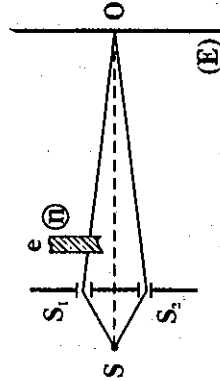
b) 1,32mm ; 1,1mm về phía F_1

c) 8 vạch.

- 3.8 Thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe láng, khe sáng S cách đều S_1, S_2 . Người ta hứng được các vân giao thoa trên màn (E). O là vân sáng trung tâm của hệ vân đó. Trên đường đi của chùm tia xuất phát từ S_1 , người ta đặt một bản thủy tinh, có bề dày e , chiết suất n .

- a) Chứng minh rằng khoảng cách vân i không thay đổi khi đặt bản thủy tinh. Suy ra vân trung tâm (vân sáng bậc 0) cũng như toàn hệ vân bị di chuyển. Xác định chiều di chuyển.

- b) Chứng tỏ độ dịch chuyển của vân trung tâm càng lớn khi n càng lớn. Nếu ứng dụng.



- c) Nếu không đặt bản thủy tinh, mà đổ vào khoảng giữa màn ảnh (E) và mặt phẳng chứa hai khe một chất lỏng có chiết suất n' . Hỏi vân trung tâm có bị dịch chuyển không ? Khoảng cách vân i' có thay đổi không ? Tính i' .

ĐS : a) Về phía khe bị chắn bản mỏng

b) $OO' = \frac{(n-1)eD}{a}$

c) $i' = \frac{i}{n}$

- 3.9 Thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe láng các khe S_1, S_2 cách nhau đoạn $S_1S_2 = a$. Khe sáng S cách đều hai khe S_1, S_2 , phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ . Vân giao thoa hứng được trên màn (E) đặt cách hai khe S_1, S_2 đoạn D. Vân sáng bậc k cách vân trung tâm đoạn x .

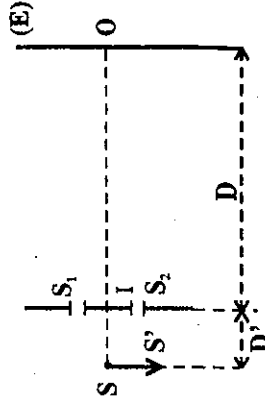
Khi đặt một bản mặt song song có bề dày e , chiết suất n trên đường đi của chùm tia sáng phát ra từ S_1 thì thấy vân tối thứ k' (với $k' = k - 1$) xê dịch đến vị trí của vân sáng bậc k .

Tìm công thức tính n .

ĐS : $n = \frac{\lambda}{2e} + 1$

- 3.10 Trong thí nghiệm Iâng 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_2 , 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 $n = 1,5$.

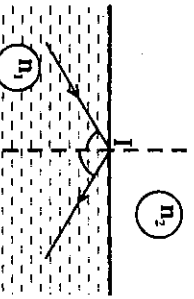
ĐS : a) Dời 4mm ngược chiều dời của S
b) $e = 8\mu\text{m}$

Bài toán 4

Tán sắc ánh sáng

Áp dụng các công thức có liên quan :

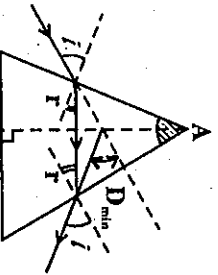
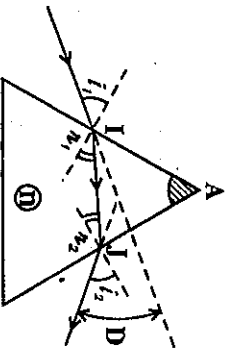
- Điều kiện để xảy ra phản xạ toàn phần :



$$\begin{matrix} n_1 > n_2 \\ i > i_{gh} \end{matrix}$$

$$\left(\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} \right)$$

- Công thức vẽ lăng kính :



• Trường hợp tổng quát :

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

• Trường hợp góc nhỏ (A, i_1) :

$$\begin{matrix} i_1 = nr_1 \\ i_2 = nr_2 \\ A = r_1 + r_2 \\ D = (n - 1)A \end{matrix}$$

• Góc lệch cực tiểu :

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

$$\sin i_{\min} = n \cdot \sin \frac{A}{2}$$

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

- Nguyên nhân của hiện tượng tán sắc :

$$\begin{matrix} \lambda_{\text{tím}} \leq \lambda \leq \lambda_{\text{đỏ}} \\ n = f(\lambda) \\ n_{\text{tím}} \geq n_{\lambda} \geq n_{\text{đỏ}} \end{matrix}$$

- Các tính chất hình học thường gặp :

- Tính chất của góc có cạnh tương ứng vuông góc
- Tính chất góc trong và góc ngoài của tam giác.
- Thực hiện tính toán đối với độ biến thiên nhỏ :
 - Phép tính đạo hàm.
 - Phép tính vi phân.

□ BÀI TẬP THÍ DỤ

4.1

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.

- Tính góc chiết quang A của lăng kính.
- Tìm điều kiện mà chiết suất của lăng kính này phải thỏa.
- Giải sử chiết suất của lăng kính đối với tia sáng màu lục vừa thỏa điều kiện trên. Khi đó, nếu tia tới là tia sáng trắng thì tia ló khỏi đáy BC theo phương vuông góc với BC còn là ánh sáng trắng không? Giải thích.

GIẢI

a) Góc chiết quang của lăng kính

- Ở mặt AB tia sáng truyền thẳng tới I trên AC.

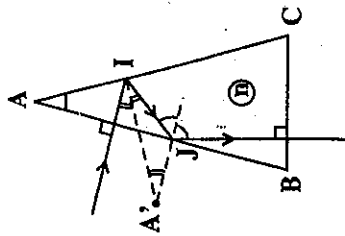
Ở I và J tia sáng phản xạ toàn phần.

Tính chất của góc có cạnh vuông góc từng đôi một cho :

$$\hat{i}_J = \hat{A}; \hat{A}' = \hat{A}; \hat{i}_J = \hat{B}$$

Tính chất góc ngoài lại cho :

$$\hat{i}_J = \hat{A}' + \hat{i}'_J = 2\hat{A}$$



Vậy :

$$\hat{B} + \hat{C} + \hat{A} = 5\hat{A} = 180^\circ$$

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

b) Điều kiện mà chiết suất lăng kính phải thỏa

Vì $i_J < i_J$ nên muốn cho phản xạ toàn phần xảy ra ở I và

J chỉ cần :

$$i_J > i_{gh}$$

$$\Rightarrow \sin i_J > \sin i_{gh}$$

$$\Rightarrow \sin A > \frac{1}{n}$$

Do đó :

$$n > \frac{1}{\sin 36^\circ}$$

$$\Rightarrow \boxed{n > 1,70}$$

c) Tia tới là tia sáng trắng

Ta có :

$$n_{tím} > n_{chàm} > n_{lam} > n_{lục} > n_{vàng} > n_{cam} > n_{đỏ}$$

Nếu điều kiện về chiết suất vừa được thỏa với bức xạ lục thì theo bảng trên điều kiện này cũng thỏa với các bức xạ : tím, chàm, lam.

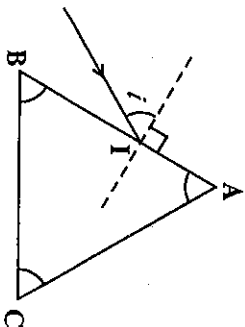
Do đó, tia sáng ló khỏi mặt BC theo phương vuông góc gồm các bức xạ thuộc các vùng TÍM - CHÀM - LAM - LỤC.

Đó không phải là ánh sáng trắng.

Cho một lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác đều ABC, đáy BC ở dưới và góc chiết quang là A. Chiết suất của thủy tinh làm lăng kính phụ thuộc bước sóng của ánh sáng theo công thức :

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

$$\begin{cases} a = 1,26 \\ b = 7,555 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2 ; \lambda(\text{m}) \end{cases}$$



Chiếu một tia sáng trắng vào mặt bên AB của lăng kính sao cho tia tới nằm dưới pháp tuyến ở điểm tới I (xem hình). Cho biết :

$$\lambda_{\text{tím}} = 0,4\mu\text{m} ; \lambda_{\text{đỏ}} = 0,7\mu\text{m}.$$

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

GIẢI

a) Tia tím có góc lệch cực tiểu

Chiết suất của lăng kính đối với tia tím là :

$$n_t = 1,26 + \frac{7,555 \cdot 10^{-14}}{0,4^2 \cdot 10^{-12}} = 1,732 \approx \sqrt{3}$$

Trong điều kiện có góc lệch cực tiểu thì đường đi của tia sáng đối xứng qua mặt phẳng phân giác của góc chiết quang A.

Suy ra :

$$r = \frac{A}{2} = 30^\circ$$

Do đó :

$$\begin{aligned} \sin i_1 &= n \cdot \sin 30^\circ \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow i_1 = \boxed{60^\circ}$$

Góc lệch cực tiểu đối với tia tím có giá trị :

$$\begin{aligned} (D_{\text{tím}})_{\text{t}} &= 2i_1 - A \\ &= \boxed{60^\circ} \end{aligned}$$

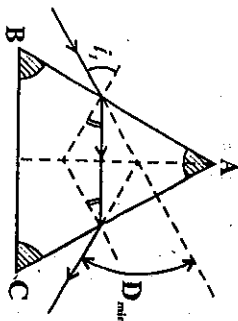
b) Tia đỏ có góc lệch cực tiểu

Chiết suất của lăng kính đối với tia đỏ là :

$$\begin{aligned} n_{\text{đ}} &= 1,26 + \frac{7,555 \cdot 10^{-14}}{0,7^2 \cdot 10^{-12}} \\ &= 1,414 \approx \sqrt{2} \end{aligned}$$

Góc tới i_2 trên mặt AB tương ứng được xác định bởi :

$$\begin{aligned} \sin i_2 &= n_{\text{đ}} \cdot \sin 30^\circ \\ &= \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \Rightarrow i_2 &= 45^\circ \end{aligned}$$



Vì $i_2 < i_1$ nên phải quay lăng kính quanh cạnh AC ngược chiều kim đồng hồ (giảm i) góc:

$$|\Delta i| = |i_2 - i_1| = \boxed{15^\circ}$$

c) Không có tia sáng nào ló ra khỏi AC

- Với cùng góc tới i trên mặt AB, vì $n_t > n_d$ nên ta suy ra:

$$r_t < r_d$$

Do đó, ở mặt AC đối với các góc tới i' ta có:

$$i'_t > i'_d$$

- Để không có tia sáng nào ló khỏi mặt AC phải có:

$$\begin{cases} i'_t > (i_{gh})_t \\ i'_d > (i_{gh})_d \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \sin i'_t > \frac{1}{n_t} = \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \sin i'_d > \frac{1}{n_d} = \frac{1}{\sqrt{2}} \end{cases}$$

Ta suy ra điều kiện:

$$\begin{aligned} \sin i'_d &> \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \Rightarrow i'_d &> 45^\circ \\ \Rightarrow r_d &< 60^\circ - 45^\circ = 15^\circ \\ \Rightarrow \sin i &< \sqrt{2} \cdot \sin 15^\circ = 0,366 \end{aligned}$$

Vậy: $i < \boxed{21^\circ 28'}$

4.3 Một bản thủy tinh hai mặt song song dày $d = 3\text{cm}$ có chiết suất đối với bức xạ λ_1 là $n_1 = 1,732 \approx \sqrt{3}$. Một chùm sáng song song, bước sóng λ_1 sau khi truyền qua một khe có độ rộng a thì tới mặt trên của bản với góc tới $i = 60^\circ$ (mặt phẳng tới vuông góc với khe).

a) Tính độ rộng a' của chùm sáng trong thủy tinh theo a .

b) Bây giờ, chiếu chùm sáng gồm hai bức xạ λ_1 và λ_2 . Chiết suất của thủy tinh đối với λ_2 là $n_2 = 1,725$.

- Coi góc δ tạo bởi hai chùm tia khúc xạ ứng với λ_1, λ_2 là nhỏ. Hãy tính δ .

- Tính độ rộng lớn nhất của chùm sáng tới để hai chùm tia ló ứng với λ_1 và λ_2 tách rời hẳn được nhau.

GIẢI

a) Độ rộng chùm tia sáng trong thủy tinh.

- Góc khúc xạ được

xác định bởi:

$$\sin r_1 = \frac{\sin i}{n_1} = \frac{\sin 60^\circ}{\sqrt{3}}$$

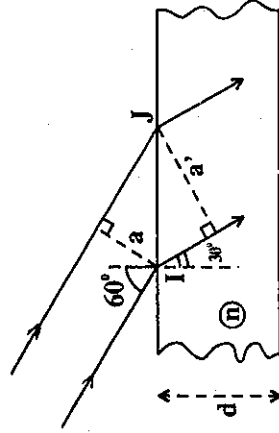
$$= \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow r_1 = 30^\circ$$

- Ta có:

$$a = IJ \cdot \cos 60^\circ$$

$$a' = IJ \cdot \cos 30^\circ$$



Vậy :

$$a' = \frac{\cos 30^\circ}{\cos 60^\circ} \cdot a = \sqrt{3} \cdot a$$

$$\Rightarrow a' = \boxed{1,732a}$$

b) Chùm sáng gồm hai bức xạ λ_1, λ_2 .

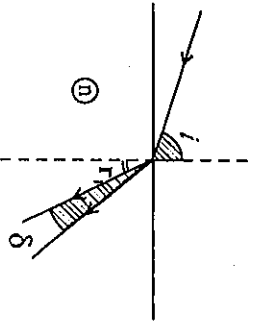
• Góc lệch δ giữa hai chùm khúc xạ

Vì $n_1 > n_2$ ta suy ra :

$$r_1 < r_2$$

Vậy :

$$r_2 = r_1 + \delta$$



Do đó :

$$\sin r_2 = \sin(r_1 + \delta)$$

$$= \sin r_1 \cdot \cos \delta + \sin \delta \cdot \cos r_1$$

$$\delta \text{ là góc rất nhỏ } \Rightarrow \begin{cases} \cos \delta \approx 1 \\ \sin \delta \approx \delta \text{ (rad)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \sin r_2 = \sin r_1 + \delta \cdot \cos r_1$$

Vậy :

$$\delta = \frac{1}{\cos r_1} [\sin r_2 - \sin r_1]$$

$$= \frac{2}{\sqrt{3}} \left[\frac{\sin 60^\circ}{n_2} - \sin 30^\circ \right]$$

$$= \frac{2}{\sqrt{3}} \left[\frac{\sqrt{3}}{2 \cdot 1,725} - \frac{1}{2} \right]$$

$$= \frac{1}{1,725} - \frac{1}{1,732}$$

$$\approx 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ (rad)}$$

$$\approx \boxed{8'}$$

• Độ rộng lớn nhất để hai chùm ló tách rời

Chùm ló ứng với

bức xạ λ_1 được giới hạn

bởi $I_1 J_1$. Chùm ló ứng

với bức xạ λ_2 được giới

hạn bởi $I' J'$.

Muốn cho hai

chùm ló này tách rời

nhau, phải có :

$$I_1 J_1 \leq I_1' J' = H I' - H I_1$$

$$\Rightarrow \frac{a}{\cos i} \leq d (\operatorname{tg} r_2 - \operatorname{tg} r_1)$$

$$\Rightarrow a \leq d \cdot \cos i \cdot \frac{\delta}{\cos r_1 \cdot \cos r_2}$$

Vậy :

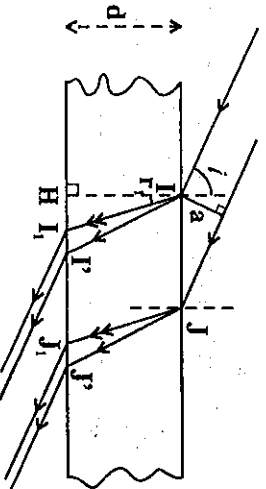
$$a_{\max} = d \cdot \cos i \cdot \frac{\delta}{\cos r_1 \cdot \cos r_2}$$

Vì δ quá nhỏ ta có :

$$\cos r_2 \approx \cos r_1$$

Do đó :

$$a_{\max} \approx \frac{\cos i}{\cos^2 r_1} \delta d$$



$$\approx \frac{2}{3} \cdot 2,34 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-2}$$

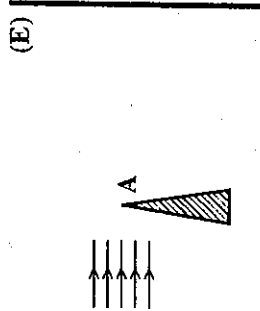
$$\approx 4,7 \cdot 10^{-5} (\text{m})$$

$$\approx \boxed{0,0047 \cdot 10^{-2} (\text{mm})}$$

4.4

Một lăng kính có góc chiết quang nhỏ $\hat{A} = 6^\circ$ và có chiết suất $n = 1,62$ đối với ánh sáng màu lục. Chiều một chùm tia tới song song, hẹp, màu lục vào cạnh của lăng kính theo phương vuông góc với mặt phẳng phân giác của góc chiết quang A sao cho một phần của chùm tia sáng không qua lăng kính và một phần qua lăng kính.

Trên màn E, đặt song song với mặt phẳng phân giác của góc chiết quang và cách nó 1,00m, có hai vật sáng màu lục.



a) Xác định khoảng cách giữa hai vật sáng đó.

b) Cho lăng kính dao động quanh cạnh của nó hai bên vị trí đã cho với một biên độ rất nhỏ. Các vật sáng trên màn E sẽ di chuyển như thế nào ?

c) Nếu chùm tia tới nói trên là chùm tia sáng trắng và chiết suất của lăng kính đối với ánh sáng tím là 1,68, đối với ánh sáng đỏ là 1,61, thì chiều rộng từ màu tím đến màu đỏ của quang phổ liên tục trên màn là bao nhiêu ?

GIẢI

a) Khoảng cách giữa hai vật sáng.

- Phần chùm sáng không qua lăng kính truyền thẳng và tạo vật sáng V_0 trên màn.

Phần chùm sáng truyền qua lăng kính bị lệch (về đáy lăng kính) và tạo vật sáng V trên màn.

- Góc lệch D của chùm sáng qua lăng kính là góc lệch trong điều kiện góc nhỏ (i, A đều nhỏ). Ta có :

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

Do đó, khoảng cách giữa hai vật sáng là :

$$h = L \cdot \text{tg}D$$

$$\approx LD = (n - 1) LA$$

$$\approx (1,62 - 1) \cdot 100 \cdot \frac{6,3,14}{180}$$

$$\approx \boxed{6,5(\text{cm})}$$

b) Di chuyển của vật sáng trên màn.

Khi lăng kính dao động quanh cạnh, hai bên vị trí ban đầu với biên độ rất nhỏ thì góc tới i của chùm tia tới thay đổi nhưng vẫn còn là góc nhỏ.

Góc lệch D của phần chùm sáng qua lăng kính có giá trị không đổi :

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

Phần chùm truyền thẳng tạo vết sáng V_0 cố định ; góc lệch D không đổi, do đó vết sáng V cũng cố định.

c) *Chiều rộng của quang phổ.*

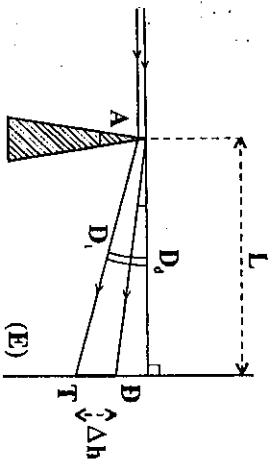
Nếu chùm tia tới là chùm tia sáng trắng thì chiết suất của lăng kính n với các màu khác nhau bị giới hạn bởi :

$$1,61 \leq n \leq 1,68$$

Do đó góc lệch của các tia ló có các giới hạn :

$$\begin{cases} D_d = (n_d - 1)A : \text{tia đỏ} \\ D_t = (n_t - 1)A : \text{tia tím} \end{cases}$$

Chiều rộng của quang phổ là :



$$DT = \Delta h = L(D_t - D_d)$$

$$= LA(n_t - n_d)$$

$$= 100 \cdot \frac{3,14}{30} (1,68 - 1,61)$$

$$\approx \boxed{0,73(\text{cm})}$$

4.5

Một lăng kính có dạng tam giác cân ABC, các góc ở đáy bằng 30° , làm bằng thủy tinh có chiết suất phụ thuộc bước sóng.

Lăng kính đặt trong không khí. Một tia sáng trắng rơi theo phương song song với đáy BC của lăng kính và đập vào mặt AB tại điểm I tùy ý.

a) Mô tả tính chất của chùm tia khúc xạ trong lăng kính và chứng minh rằng mọi tia khúc xạ đều phân xạ toàn phần tại mặt đáy BC. Cho biết chiết suất của thủy

trình ứng với tia đỏ và tia tím lần lượt là $n_d = 1,414 \approx \sqrt{2}$ và $n_t = 1,732 \approx \sqrt{3}$.

b) Mô tả chùm ló khỏi mặt AC về phương điện màu sắc và chứng minh rằng chùm ló song song với đáy BC của lăng kính.

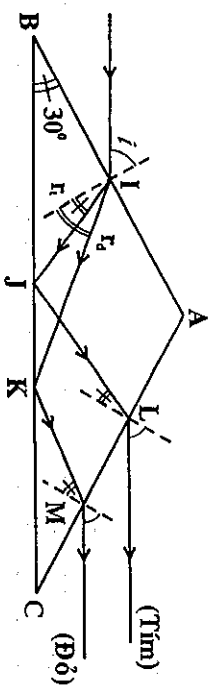
c) Tính độ rộng của chùm ló này. Độ rộng đó có phụ thuộc vào điểm tới I không? Cho chiều cao của lăng kính là $AH = h = 5\text{cm}$.

GIẢI

a) *Tính chất của chùm khúc xạ*

- Góc tới của tia sáng trên mặt AB là :

$$i = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$



Các góc khúc xạ r_t , r_d ứng với tia tím và tia đỏ được xác định bởi :

$$\sin r_t = \frac{\sin i}{n_t} = \frac{\sin 60^\circ}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow r_t = 30^\circ$$

$$\sin r_d = \frac{\sin i}{n_d} = \frac{\sin 60^\circ}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \approx 0,612$$

$$\Rightarrow r_d \approx 37^\circ 45'$$

Vậy chùm tia khúc xạ trong lăng kính có đủ các màu của quang phổ giới hạn bởi :

- tia tím lệch nhiều nhất, gần pháp tuyến nhất ($r_t = 30^\circ$)
- tia đỏ lệch ít nhất ($r_d \approx 37^\circ 45'$)
- Ở mặt BC các tia tím và đỏ lần lượt có góc tới :

$$\begin{cases} i_J = 30^\circ + r_t = 60^\circ \\ i_K = 30^\circ + r_d = 67^\circ 45' \end{cases}$$

Góc khúc xạ giới hạn ứng với các tia này được xác định bởi :

$$\begin{cases} \sin(i_{gh,t}) = \frac{1}{n_t} = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0,577 \\ \Rightarrow (i_{gh,t}) \approx 35^\circ 15' \\ \sin(i_{gh,d}) = \frac{1}{n_d} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \\ \Rightarrow (i_{gh,d}) = 45^\circ \end{cases}$$

Ta đều có :

$$i_J > (i_{gh,t}) ; \quad i_K > (i_{gh,d})$$

Hai tia giới hạn của chùm khúc xạ đều phản xạ toàn phần trên mặt BC. Do đó mọi tia của chùm sáng đều phản xạ toàn phần ở mặt BC.

b) Chùm tia ló khỏi mặt AC

- Do sự đối xứng hiện tượng phản xạ và do sự đối xứng về cấu tạo của hệ, góc tới ở mặt AC đối với tia tím và tia đỏ lần lượt là :

$$\begin{cases} i_L = r_t = 30^\circ \\ i_M = r_d = 37^\circ 45' \end{cases}$$

Theo tính thuận nghịch của đường đi ánh sáng ta suy ra các góc khúc xạ trên mặt AC là :

$$i_t = i_d = 60^\circ$$

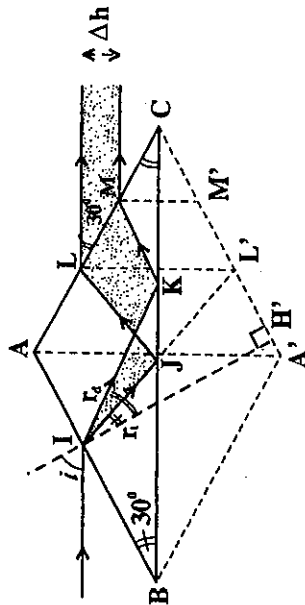
Vậy chùm tia ló ra khỏi mặt AC là chùm tia song song với đáy BC.

- Ngoài ra khi phản xạ toàn phần trên mặt BC ta có $i_J < i_K$. Do đó điểm tới L của tia tím cách xa đáy BC hơn điểm tới M của tia đỏ.

Vậy chùm tia ló ra khỏi mặt AC là chùm song song với đáy BC, có đủ màu của quang phổ, ánh sáng tím ở trên ánh sáng đỏ ở phía dưới.

c) Độ rộng của chùm tia ló.

- Độ rộng của chùm tia ló được xác định bởi Δh như trong hình vẽ.



Ta có :

$$\begin{aligned} \Delta h &= LM \cdot \sin 30^\circ \\ &= \frac{LM}{2} \end{aligned}$$

Dựng hình thoi AB'A'C'. Theo tính đối xứng của hiện tượng phản xạ ta suy ra :

$$LM = LM' = HM' - HL'$$

$$= IH'(tg r_d - tg r_t)$$

IH' có độ dài bằng đường cao của tam giác đều ABA'. Do đó :

$$IH' = \frac{AB\sqrt{3}}{2} = h\sqrt{3}$$

Vậy :

$$LM = h\sqrt{3}(tg r_d - tg r_t)$$

Suy ra :

$$\Delta h = \frac{h\sqrt{3}(tg r_d - tg r_t)}{2}$$

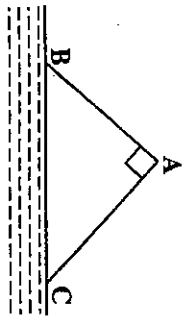
$$= \frac{5.1.732(0,7746 - 0,57735)}{2}$$

$$\approx \boxed{0,854(\text{cm})}$$

- Cách tính trên đây chỉ phụ thuộc vào đoạn IH' tức là khoảng cách giữa hai cạnh song song AB và A'C nên không phụ thuộc vị trí của điểm tới I.

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

4.6 Lăng kính thủy tinh có tiết diện thẳng là tam giác vuông cân ABC với góc A = 90°, mặt huyền BC tiếp xúc với mặt thoáng của nước.



Chiếu tới mặt bên AB một chùm tia sáng song song hẹp đơn sắc SI. Khi góc tới i ở mặt AB có giá trị $i_1 = 24^\circ 30'$ thì tia khúc xạ phản xạ toàn phần ở mặt huyền BC. Góc tới tại mặt này khi đó là

61°. Hãy tính : Chiết suất của thủy tinh và của nước.
ĐS : 1,504 ; 1,32

4.7 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.

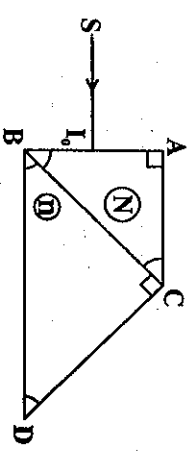
Cho biết chiết suất của lăng kính ứng với các ánh sáng đỏ, vàng, tím lần lượt là :

$$n_d = 1,50 ; n_v = 1,51 ; n_t = 1,52$$

$$\text{ĐS : } 1^\circ 42'$$

4.8 Gắn hai lăng kính có tiết diện thẳng là các tam giác vuông cân như hình vẽ. Lăng kính ABC bằng thủy tinh có chiết suất N, lăng kính BCD có chiết suất n.

Một chùm tia sáng song song, hẹp, đơn sắc chiếu vuông góc tới mặt AB và khúc xạ tại I ở mặt BC.



a) Muốn chùm tia này ló ra khỏi mặt BD tại I' sau khi phản xạ toàn phần trên CD thì các chiết suất N, n phải thỏa điều kiện nào ? Xác định góc lệch tạo bởi phương tia tới và tia ló khi đó.

b) Giả sử đối với bức xạ vàng có bước sóng λ_v thì hai chiết suất N và n bằng nhau.

Tính độ biến thiên của độ lệch tia khúc xạ tại I trên mặt BC và tia ló tại I' trên mặt BD đối với các bức xạ khác

mà các chiết suất là $(N + \Delta N)$ và $(n + \Delta n)$ với $\Delta N, \Delta n$ rất nhỏ.

Vẽ tia ló của bức xạ tím và bức xạ đỏ nếu chùm sáng tới SI_0 là chùm sáng trắng. Coi lăng kính chiết suất N tán sắc nhiều hơn lăng kính chiết suất n .

ĐS: a) $2 < 2n^2 - N^2 < (2 + N)^2$;

$$\arccos \frac{1}{2} (\sqrt{2n^2 - N^2} - N)$$

b) $\Delta r = \frac{\Delta N - \Delta n}{n}$

$$\Delta i' = \Delta n - \Delta N$$

4.9 Một lăng kính bằng thủy tinh có chiết suất $n = 1,50$. Tiết diện thẳng là tam giác ABC vuông góc ở A và góc B = 75° . Người ta dùng ánh sáng đơn sắc thỏa điều kiện : tia sáng vào mặt AB, bị phản xạ toàn phần ở mặt BC và ló ra mặt AC. Góc tới được chọn sao cho phương tia ló vuông góc với phương tia tới.

- a) Tính các góc tới, góc khúc xạ, góc phản xạ và góc ló.
- b) Lăng kính giữ cố định và chiết suất n không đổi. Tia tới quay một góc rất nhỏ $\Delta i = 1'$. Tính góc quay của tia ló.
- c) Lăng kính và tia tới cố định. Người ta thay ánh sáng đơn sắc bằng ánh sáng trắng. Đối với ánh sáng trắng, lăng kính có chiết suất n biến thiên trong khoảng từ 1,50 đến 1,51. Xác định góc θ hợp bởi hai tia ló của tia tím và tia đỏ.

ĐS : a) $i' = i = 48^\circ 35'$

b) $\Delta i' = - \Delta i = - 1'$

(Tia ló quay ngược chiều tia tới)

c) $\theta \approx 52'$

Chương II

LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG (PHỐTÔN) QUANG PHỔ

A - TÓM TẮT GIÁO KHOA

I. LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

$$\epsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

f : tần số của bức xạ

λ : bước sóng của bức xạ trong chân không

h : hằng số Plăng (Planck)

II. PHƯƠNG TRÌNH ANHXTANH (Einstein)

$$\epsilon = A + \frac{1}{2} mv_0^2$$

A : công thoát của êlectrôn khỏi kim loại

v_0 : vận tốc đầu cực đại của êlectrôn

III. GIỚI HẠN QUANG ĐIỆN

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

IV. CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN SÁNG

$$P = n_{\lambda} \epsilon$$

n_{λ} : số photon ứng với bức xạ λ phát ra mỗi giây

ϵ : lượng tử ánh sáng

V. CƯỜNG ĐỘ DÒNG QUANG ĐIỆN BẢO HÒA

$$I_{bh} = n_e \cdot e$$

n_e : số electron tới anốt mỗi giây

e : điện tích nguyên tố

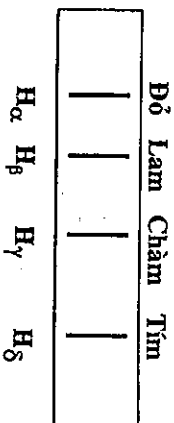
VI. HIỆU SUẤT LƯỢNG TỬ

$$\mathcal{H} = \frac{N_e}{n_{\lambda}}$$

N_e : số electron bứt ra khỏi catốt kim loại mỗi giây

n_{λ} : số photon đập vào catốt (do nguồn phóng ra) mỗi giây.

VII. QUANG PHỔ CỦA NGUYÊN TỬ HIDRÔ



1. Công thức thực nghiệm

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$: hằng số Ribbec (Rydberg)

* $n_1 = 1$; $n_2 = 2, 3, 4, \dots$: dãy Laiman (Lyman)

* $n_1 = 2$; $n_2 = 3, 4, 5, \dots$: dãy Banne (Balmer)

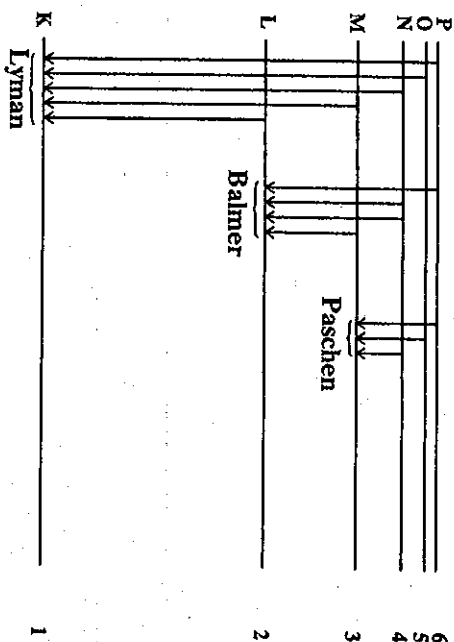
* $n_1 = 3$; $n_2 = 4, 5, 6, \dots$: dãy Pasen (Paschen)

* $n_1 = 4$; $n_2 = 5, 6, 7, \dots$: dãy Bracket (Brackett)

* $n_1 = 5$; $n_2 = 6, 7, 8, \dots$: dãy Pofun (Pfund)

2. Công thức theo mẫu nguyên tử Bo.

$$hf = E_{cao} - E_{thấp}$$



B – HƯỚNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 5

Xác định các đặc trưng của :

- kim loại : λ_0 ; A
- electron quang điện : $(E_d)_0$; v_0
- dòng quang điện : I_{bh} ; U_h

Áp dụng các công thức liên quan đến hiện tượng quang điện :

- Lượng tử ánh sáng :

$$\epsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

- Giới hạn quang điện :

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

- Phương trình Anhtanh :

$$\epsilon = A + \frac{1}{2} mv_0^2$$

- Hiệu điện thế hãm :

$$\frac{1}{2} mv_0^2 = eU_h$$

□ BÀI TẬP THÍ DỤ

5.1

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 $U_h = 1,26\text{V}$.

a) Tìm vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện.

b) Tìm công thoát của electron đối với kim loại làm catốt.

c) Giả sử cứ mỗi photon đập vào catốt làm bật ra một electron (hiệu suất quang điện 100%). Ta đo được $i = 49\text{mA}$. Tính số photon đập vào catốt mỗi giây. Suy ra công suất của nguồn bức xạ (coi là toàn bộ công suất này chỉ dùng để chiếu sáng catốt).

Cho : $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{Js}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

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

GIẢI

a) Vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện :

Giá trị U_h của hiệu điện thế hãm $U_{KA} > 0$ ứng với trường hợp electron quang điện có vận tốc đầu cực đại chuyển động tới sát anốt thì dừng lại ($v = 0$).

Áp dụng định lí động năng ta

có :

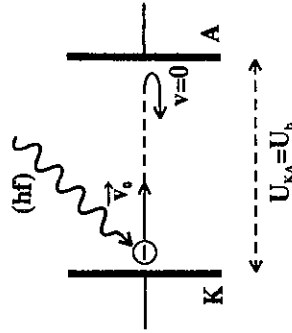
$$\Delta E_d = -\frac{1}{2} mv_0^2 = -eU_h$$

(bỏ qua $P_e = m_e g$)

$$\text{Suy ra : } v_0 = \sqrt{\frac{2eU_h}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,26}{9,1 \cdot 10^{-31}}}$$

$$\approx 6,6 \cdot 10^6 (\text{m/s})$$



b) Công thoát của electron

Ta có phương trình Anhtxtanh :

$$\epsilon = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_0^2$$

Theo kết quả của chứng minh trên ta suy ra :

$$A = \frac{hc}{\lambda} - eU_h$$

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

$$\approx 2,9 \cdot 10^{-19} \text{ (J)}$$

$$\approx \boxed{1,8 \text{ (eV)}}$$

c) Số photon đập vào catot mỗi giây ~ Công suất nguồn

- Khi tất cả số electron bị bật ra khỏi catot mỗi giây chuyển động về được anốt, ta có dòng quang điện bão hòa. Do đó :

$i = n_e \cdot e$ (n_e : số electron bật ra khỏi catot mỗi giây)

$$\Rightarrow n_e = \frac{i}{e}$$

$$= \frac{49 \cdot 10^{-8}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\approx 3,06 \cdot 10^{17}$$

Theo giả thiết, ta suy ra số photon đập vào catot mỗi giây :

$$n_\lambda = n_e = \boxed{3,06 \cdot 10^{17} \text{ photon/s}}$$

- Mỗi photon có năng lượng $\epsilon = \frac{hc}{\lambda}$. Năng lượng bức xạ mà

catot nhận được mỗi giây là công suất của nguồn :

$$P_s = n_\lambda \cdot \epsilon = n_\lambda \cdot \frac{hc}{\lambda}$$

$$= 3,06 \cdot 10^{17} \cdot \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,405 \cdot 10^{-6}}$$

$$\approx \boxed{1,5 \text{ (W)}}$$

5.2

Catốt của một tế bào quang điện làm bằng kim loại có công thoát electron là $A_0 = 7,23 \cdot 10^{-19}$ J.

a) Xác định giới hạn quang điện của kim loại.

b) Một tấm kim loại loại đó, có lắp, được rọi sáng đồng thời bởi hai bức xạ : một có tần số $f_1 = 1,5 \cdot 10^{15}$ Hz và một có bước sóng $\lambda_2 = 0,18 \mu\text{m}$. Tính điện thế cực đại trên tấm kim loại.

c) Khi rọi bức xạ có tần số f_1 vào tế bào quang điện kể trên, để không một electron nào về được anốt thì hiệu điện thế giữa anốt và catốt phải là bao nhiêu ?

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

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

GIẢI

a) Giới hạn quang điện

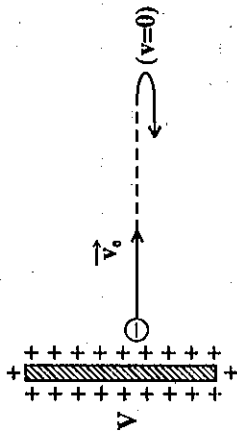
$$\text{Ta có : } \lambda_0 = \frac{hc}{A_0}$$

$$= \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{7,23 \cdot 10^{-19}}$$

$$\approx \boxed{0,275 \text{ (}\mu\text{m)}}$$

b) Điện thế cực đại trên tấm kim loại

- Khi các photon bức electron quang điện khỏi tấm kim loại thì tấm này tích điện dương tăng dần.



Điện tích dương này tạo điện thế V tăng dần cho tấm kim loại.

Điện thế V đạt giá trị cực đại khi các electron quang điện bị bật ra khỏi kim loại đều bị lực điện trường kéo trở lại tấm kim loại kể luôn cả các electron đã tới sát đất, nơi có V = 0.

Áp dụng định lí động năng ta suy ra :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = e V_{\max}$$

Kết hợp với phương trình Anhtan ta có :

$$\frac{hc}{\lambda} - A = e V_{\max}$$

$$\Rightarrow V_{\max} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A}{e}$$

- Theo đề :

• Với bức xạ tần số f_1 ta có :

$$(V_{\max})_1 = \frac{hf_1 - A}{e} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 1,5 \cdot 10^{15} - 7,23 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$= \frac{6,625 \cdot 1,5 - 7,23}{1,6} \approx 1,7 \text{ (V)}$$

• Với bức xạ bước sóng λ_2 ta có :

$$(V_{\max})_2 = \frac{\frac{hc}{\lambda_2} - A}{e} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,18 \cdot 10^{-6}} - 7,23 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 2,4 \text{ (V)}$$

Khi rọi đồng thời cả hai bức xạ nêu trên, điện thế cực đại của tấm kim loại là :

$$V_{\max} = \boxed{2,4V}$$

c) Hiệu điện thế giữa anốt và catốt.

Hiệu điện thế U_{AK} giữa anốt và catốt trong điều kiện của đề bài là hiệu điện thế tạo cho catốt $(V_{\max})_1$ như trên.

Do đó :

$$U_{AK} = \boxed{-1,7V}$$

5.3 Công thoát của electron đối với đồng là 4,47eV.

- Tính giới hạn quang điện của đồng.
- Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,14 \mu\text{m}$ vào một quả cầu bằng đồng đặt cách li các vật khác thì quả cầu được tích điện đến điện thế cực đại là bao nhiêu ?
- Chiếu một bức xạ bước sóng λ' vào quả cầu bằng đồng cách li các vật khác thì quả cầu đạt điện thế cực đại 3,0V.

Tính λ' và vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện.

Cho : $c = 3.10^8 \text{ m/s}$; $h = 6,625.10^{-34} \text{ Js}$;

$m_e = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$

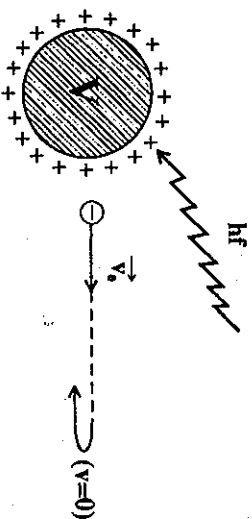
GIẢI

a) Giới hạn quang điện của đồng.

Giới hạn quang điện λ_0 của đồng được xác định bởi :

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= \frac{hc}{A} \\ &= \frac{6,625.10^{-34} \cdot 3.10^8}{4,471,6.10^{-19}} \\ &\approx \boxed{0,278(\mu\text{m})} \end{aligned}$$

b) Điện thế cực đại của quả cầu bằng đồng



Khi các photon bứt electron quang điện khỏi quả cầu bằng đồng thì quả cầu này tích điện dương tăng dần. Do đó điện thế V của quả cầu cũng tăng dần.

Điện thế V đạt giá trị cực đại V_{max} khi các electron quang điện bứt khỏi kim loại đều bị lực điện trường kéo trở lại kể cả các electron đã tới nơi có $V = 0$.

Áp dụng định lý động năng ta có :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = eV_{\text{max}}$$

Kết hợp với phương trình Anhtxanh ta có :

$$\frac{hc}{\lambda} - A = eV_{\text{max}}$$

Suy ra :

$$\begin{aligned} V_{\text{max}} &= \frac{\frac{hc}{\lambda} - A}{e} \\ &= \frac{\frac{6,625.10^{-34} \cdot 3.10^8}{0,14.10^{-6}} - 4,471,6.10^{-19}}{1,6.10^{-19}} \\ &\approx \boxed{9,73(\text{V})} \end{aligned}$$

Chú ý : Tác dụng của V_{max} tương tự như hiệu điện thế hãm U_h .

c) Bước sóng λ' và vận tốc đầu cực đại v_0 của electron

- Lí luận tương tự câu trên ta có :

$$\frac{hc}{\lambda'} - A = eV_{\text{max}}$$

Do đó :

$$\begin{aligned} \lambda' &= \frac{hc}{A + eV_{\text{max}}} \\ &= \frac{6,625.10^{-34} \cdot 3.10^8}{4,471,6.10^{-19} + 1,6.10^{-19} \cdot 3,0} \\ &= \frac{6,625.3 \cdot 10^{-6}}{7,47.16} \\ &\approx \boxed{0,17(\mu\text{m})} \end{aligned}$$

- Ta cũng suy ra :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{hc}{\lambda'} - A = eV_{\max}$$

Vậy :

$$v_0 = \sqrt{\frac{2eV_{\max}}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2.1.6.10^{-19} \cdot 3.0}{9.1.10^{-31}}}$$

$$\approx 1.03.10^6 \text{ (m/s)}$$

5.4

Một ống phát tia Ronghen (Roentgen) hoạt động dưới hiệu điện thế 50000V khi đó cường độ dòng điện qua ống là 5mA. Cho rằng chỉ có 1% năng lượng của chùm electron được chuyển hóa thành năng lượng của tia Ronghen, và năng lượng trung bình của các tia sinh ra bằng 75% năng lượng của tia có bước sóng ngắn nhất.

- Tính số photon tia Ronghen phát ra trong mỗi giây.
- Đối catốt được làm nguội bằng một dòng nước có nhiệt độ 10°C, hãy tính lưu lượng (lít/phút) nước phải dùng để giữ cho nhiệt độ catốt không thay đổi, biết rằng khi ra khỏi ống thì nhiệt độ của nước là 25°C. Nhiệt dung riêng của nước là 4.2.10³J/kg.K

GIẢI

a) Số photon phát ra mỗi giây.

Công suất của dòng điện qua ống Ronghen chính là năng lượng của chùm electron mang tới đối catốt trong một giây. Theo giả thiết thì 1% của năng lượng này chuyển hóa thành năng lượng

của các tia Ronghen. Vậy năng lượng của chùm tia Ronghen được sinh ra trong một giây là :

$$W = 0,01.U.I$$

Tia Ronghen có bước sóng ngắn nhất mang năng lượng cao nhất W_{\max} . Với tia đó, toàn bộ năng lượng do electron đem tới đều chuyển hóa hoàn toàn thành năng lượng bức xạ :

$$W_{\max} = e.U$$

Theo giả thiết, năng lượng trung bình của các tia Ronghen chỉ bằng 75% năng lượng cực đại W_{\max} . Ta có :

$$W = 0,75.e.U$$

Số photon tia Ronghen sinh ra trong một giây là :

$$N = \frac{W}{W_{\max}} = \frac{0,01.U.I}{0,75.e.U} = 0,75e$$

$$N = 4,2.10^{14} \text{ (photon/s)}$$

b) Lưu lượng của nước

Phần năng lượng biến thành nhiệt lượng Q nơi đối catốt trong mỗi giây bằng 99% năng lượng tổng cộng của chùm electron, như vậy :

$$Q = 0,99.U.I$$

Để giữ cho nhiệt độ của đối catốt không đổi thì phần nhiệt lượng này phải được dòng nước cuốn đi, gọi μ là khối lượng nước đi qua trong mỗi giây, c là nhiệt dung riêng của nước, ta có :

$$Q = 0,99.U.I = \mu.c.\Delta t$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{0,99.U.I}{c \cdot \Delta t} = \frac{0,99.5.10^4 \cdot 5.10^{-3}}{4,2.10^3 \cdot 15} = 0,39.10^{-2} \text{ (kg/s)}$$

$$\mu = 0,23(\text{kg/phút})$$

hay : $V =$ $0,23 (\text{lit/phút})$

BÀI TẬP LUYỆN TẬP

5.5 Xác định giới hạn của lượng tử ánh sáng ứng với quang phổ ánh sáng thấy được ($400\text{nm} \leq \lambda \leq 700\text{nm}$).

$$DS : 1,77\text{eV} \leq \epsilon \leq 3,10\text{eV}$$

5.6 Xác định năng lượng photon của bức xạ điện từ trong vùng sóng FM có tần số 100MHz.

$$DS : 4,14 \cdot 10^{-7} \text{ eV}$$

5.7 Động năng của electron trong nguyên tử hiđrô thay đổi một lượng bao nhiêu khi nguyên tử này phát ra một photon có bước sóng $\lambda = 0,486\mu\text{m}$?

$$DS : 2,56\text{eV}.$$

5.8 Phim chụp ảnh sử dụng muối AgBr để ghi ảnh. Tác động của ánh sáng phân tích các phân tử AgBr thành nguyên tử. Cho biết năng lượng phân li của AgBr là $23,9\text{kcal mol}^{-1}$.

a) Xác định tần số và bước sóng của bức xạ vừa đủ phân li phân tử AgBr.

b) Tính lượng tử của bức xạ có tần số 100MHz (theo eV).

Giải thích tại sao sóng vô tuyến của một đài truyền hình có công suất 50000W và tần số 100MHz không tác động lên phim.

$$DS : \text{ a) } 1190\text{nm} ; 2,52 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{ b) } 4,14 \cdot 10^{-7} \text{ eV}.$$

5.9 Một nguồn LASER mạnh phát ra những xung bức xạ có năng lượng 3000J ; bức xạ phát ra có bước sóng 480nm. Có bao nhiêu photon trong mỗi xung như vậy ?

$$DS : N = 7,24 \cdot 10^{21}$$

5.10 Hãy xác định tần số ánh sáng cần thiết để bứt được electron ra khỏi mặt kim loại nào đó, biết rằng tần số giới hạn đối với kim loại đó là $f_0 = 6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$ và sau khi thoát ra, các electron này sẽ bị hãm lại hoàn toàn bởi hiệu điện thế 3 vôn.

$$DS : 13,2 \cdot 10^{14}$$

5.11 Hiệu điện thế hãm của electron trong một kim loại thay đổi ra sao nếu bước sóng của ánh sáng kích thích giảm từ 400nm xuống còn 360nm ?

$$DS : \text{Tăng } 0,34\text{V}$$

5.12 Hãy tính :

a) Hiệu điện thế tối thiểu để một ống tia X sản xuất được tia X có bước sóng 0,05nm;

b) Bước sóng ngắn nhất của tia X sản xuất được khi hiệu điện thế là $2 \cdot 10^6 \text{ V}$.

$$DS : \text{ a) } 2,48 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$$\text{ b) } 0,62\text{pm}$$

5.13 Trong chân không ánh sáng vàng có bước sóng 6000Å. Chiết suất của thủy tinh đối với ánh sáng này là 1,571.

a) Hãy tính tần số và bước sóng của ánh sáng vàng trong thủy tinh.

- b) Nếu dùng ánh sáng vàng nói trên để chiếu vào một bản kim loại có công thoát là $0,8\text{eV}$ thì hiệu điện thế hãm của dòng quang điện là bao nhiêu ?
- c) Giới hạn quang điện trong chân không của kim loại nói trên là bao nhiêu ?

ĐS : a) $5,10 \cdot 10^{14}\text{Hz}$; 3955Å
 b) $1,27\text{V}$
 c) $1,553\mu\text{m}$.

5.14 Công tối thiểu để bứt một electron ra khỏi mặt kim loại là $1,88\text{eV}$. Dùng lá kim loại đó làm catốt trong một tế bào quang điện. Hãy xác định :

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

ĐS : a) $\lambda = 0,66\mu\text{m}$.
 b) $v = 0,48 \cdot 10^6\text{m/s}$.
 c) $n = 9,75 \cdot 10^{16}$
 d) $U = -0,66\text{V}$.

5.15* Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng và định luật bảo toàn động lượng để chứng minh rằng electron tự do không thể bứt xạ hay hấp thụ lượng tử ánh sáng.

HD : Chứng minh rằng :
 $v_1 + v_2 > 2c$ (vô lí)

5.16 Thực hiện tính toán để trả lời các câu hỏi sau :

- a) Electron phải có vận tốc bao nhiêu để động năng của nó bằng năng lượng của photon có bước sóng $\lambda = 5200\text{Å}$?
 b) Năng lượng của photon phải bằng bao nhiêu để khối lượng của nó bằng khối lượng nghỉ của electron ?

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

ĐS : a) $9,2 \cdot 10^5\text{m/s}$
 b) $0,51\text{MeV}$.

5.17 Cho ánh sáng có bước sóng nhỏ hơn bước sóng giới hạn quang điện λ_0 chiếu vào catốt của một tế bào quang điện. Nói hai cực của tế bào quang điện với một nguồn điện một chiều. Hiệu điện thế giữa hai cực của tế bào là 80V . Một micro-ampe kế mắc trong mạch chỉ $3,2\mu\text{A}$.

- a) Tính số photon đập vào catốt đã gây ra hiện tượng quang điện trong mỗi giây đồng hồ.
 b) Tính nhiệt lượng tỏa ra ở anốt của tế bào quang điện trong mỗi giây, giả sử rằng các electron khi rời catốt đều có vận tốc $v_0 = 4 \cdot 10^5\text{m/s}$.

Cho : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$
 $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$; $h = 6,6 \cdot 10^{-34}\text{Js}$

ĐS : a) $N = 2 \cdot 10^{13}$ photon/s
 b) $Q = 257,5\mu\text{J/s}$

5.18 Khi rọi ánh sáng có bước sóng 300nm vào kim loại kali (K) thì các electron quang điện bị bứt ra có động năng cực đại là $2,03\text{eV}$.

- a) Tính năng lượng của photon ánh sáng tới.

- b) Tính công thoát của electron ứng với kali.
 c) Tính hiệu điện thế hãm nếu ánh sáng kích thích có bước sóng 400nm.

ĐS : a) 4,13eV
 b) 2,10eV
 c) 1,00V

5.19 Công thoát của electron đối với xêdi (Cs) là 1,9eV.

- a) Tính tần số giới hạn và bước sóng giới hạn của hiện tượng quang điện.
 b) Nếu bức xạ kích thích có bước sóng 300nm thì hiệu điện thế hãm là bao nhiêu ?

ĐS : a) $4,59 \cdot 10^{14}$ Hz ; 653nm
 b) 2,23V.

5.20 Giới hạn quang điện của Rb là $\lambda_0 = 0,81\mu\text{m}$.

- a) Xác định vận tốc cực đại của các electron quang điện khi chiếu ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,40\mu\text{m}$ vào Rb.
 b) Hiệu điện thế hãm phải đặt vào tế bào quang điện có catốt Rb là bao nhiêu thì làm ngừng được dòng quang điện ?
 c) Nếu bước sóng của ánh sáng tới giảm bớt 2nm thì phải thay đổi hiệu điện thế hãm bao nhiêu ?

ĐS : a) $v_0 = 7,4 \cdot 10^5$ m/s
 b) $U_h = 1,6$ V
 c) $\Delta U_h = 1,55$ V

5.21* Dùng lượng tử ánh sáng $\epsilon = hf$ để thiết lập biểu thức của áp suất ánh sáng tác động lên một bề mặt phản xạ với góc tới i .

ĐS : $p = 2\omega \cos i$
 (ω : mật độ khối của quang năng)

Bài toán 6

Chuyển động của electron quang điện trong điện trường và từ trường.

- Trong điện trường đều \vec{E} :
 Trong lực không đáng kể nên lực tác dụng lên electron quang điện là lực điện trường :

$\vec{f} = -e\vec{E}$

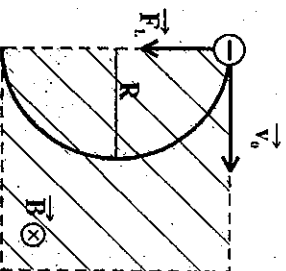


- Trong từ trường đều \vec{B} :

Trong lực không đáng kể nên lực tác dụng lên electron quang điện là lực Lorentz (Lorentz).

- Nếu v_0 vuông góc với \vec{B} :

$$\begin{cases} \vec{F} \perp \vec{v} \\ \vec{F} = ev_0\vec{B} \end{cases} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{v}$$



Electron chuyển động tròn đều với bán kính :

$$R = \frac{mv_0}{eB}$$

• Nếu \vec{v}_0 xiên góc với \vec{B} :

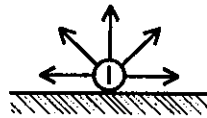
$$\vec{v}_0 \begin{cases} \vec{v}_n \perp \vec{B} \\ \vec{v}_t \parallel \vec{B} \end{cases} \Rightarrow \vec{F} = e v_n B$$

Electron chuyển động theo đường xoắn ốc.

Bán kính của đường tròn xoắn ốc :

$$R = \frac{mv_n}{eB}$$

- Phương của \vec{v}_0 :



Các electron quang điện bật ra khỏi bề mặt kim loại do tác động của các photon có vận tốc đầu \vec{v}_0 theo mọi phương.

□ BÀI TẬP THÍ DỤ

6.1

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

- Xác định giới hạn quang điện của Cs.
- Dùng màn chắn tách ra một chùm hẹp các electron quang điện và hướng nó vào một từ trường đều có vector \vec{B} vuông góc với $(\vec{v}_0)_{\text{max}}$ của các electron.

Cho $B = 6,1 \cdot 10^{-5} \text{T}$. Xác định bán kính cực đại của quỹ đạo các electron trong từ trường.

Cho : $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$;
 $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{C}$; $m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{kg}$.

GIẢI

a) Giới hạn quang điện

Ta có :

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,90 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$\approx \frac{6,6 \cdot 3}{1,90 \cdot 1,6} \cdot 10^{-7}$$

$$\approx 0,651 (\mu\text{m})$$

b) Bán kính cực đại của quỹ đạo

- Khi đi vào từ trường đều, electron quang điện chịu tác dụng của lực Lorentz xác định bởi quy tắc bàn tay trái.

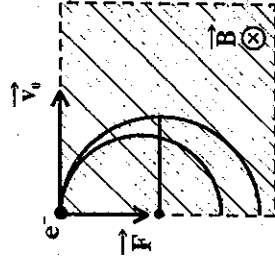
Ta có : $\vec{F} \perp \vec{v} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{v}$

Electron chuyển động tròn đều. Bán kính của quỹ đạo tròn được xác định như sau :

$$F = ev_0 B = m \frac{v_0^2}{R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{mv_0}{eB}$$

Nếu v_0 cực đại thì bán kính quỹ đạo cũng đạt cực đại.



Do đó :

$$R_{\max} = \frac{m(v_0)_{\max}}{eB}$$

- Vận tốc cực đại của quang electron được suy ra từ phương trình Anhxtanh :

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} m (v_0)_{\max}^2 + A$$

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

Ta suy ra :

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

$$= \frac{\sqrt{2.9.10^{-31}\left(\frac{6,6.10^{-34} \cdot 3.10^8}{0,56.10^{-6}} - 1,90.1,6.10^{-19}\right)}}{1,6.10^{-19} \cdot 6,1.10^{-5}}$$

$$= \boxed{3,06 \text{ (cm)}}$$

6.2 Một điện cực phẳng bằng nhôm được rọi bằng bức xạ tử ngoại có bước sóng $\lambda = 83\text{nm}$.

a) Electron quang điện có thể rời xa bề mặt điện cực một đoạn tối đa bao nhiêu nếu điện trường đều cản lại chuyển động của electron có độ lớn $E = 7,5\text{V/cm}$?

Cho biết giới hạn quang điện của kim loại là $\lambda_0 = 332\text{nm}$.

b) Nếu 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 ?

GIẢI

a) Đoạn dời xa tối đa của electron quang điện

- Khi bị bứt khỏi bản kim loại, các electron quang điện có động năng tối đa xác định bởi phương trình Anhxtanh :

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} m v_0^2 + A$$

$$= \frac{1}{2} m v_0^2 + \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m v_0^2 = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

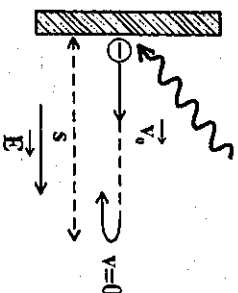
- Lực của điện trường hãm sinh công âm. Quỹ đạo đường s tối đa mà electron quang điện dời xa bề mặt điện cực được xác định bởi định lí động năng :

$$\Delta E_d = - \frac{1}{2} m v_0^2 = A_F \cdot s$$

$$\Rightarrow - \frac{1}{2} m v_0^2 = - eEs$$

Do đó :

$$s = \frac{m v_0^2}{2eE} = \frac{hc}{eE} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

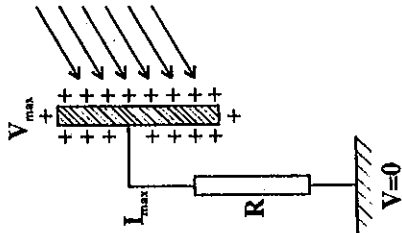


$$= \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 750 \cdot 10^{-9}} \left(\frac{1}{83} - \frac{1}{332} \right)$$

$$\approx 1,5 \text{ (cm)}$$

b) Cường độ dòng điện cực đại

- Khi cường độ chùm sáng đủ mạnh, các electron quang điện bị bật khỏi điện cực, tích điện dương cho điện cực. Điện thế của điện cực tăng và đạt *tức thì* giá trị cực đại V_{\max} .



Do đó giữa điện cực và đất có thể coi như có hiệu điện thế $U = V_{\max}$. Các electron từ đất chuyển động về điện cực tạo thành dòng điện qua R. Khi có một electron từ đất tới điện cực thì chùm sáng cũng bật một electron khỏi điện cực. Ta có một *cân bằng động* duy trì V_{\max} không đổi.

Cường độ dòng điện cực đại được tạo bởi hiệu điện thế V_{\max} qua điện trở R.

- Ta có :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) = e V_{\max}$$

$$\Rightarrow V_{\max} = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

Vậy cường độ dòng điện cực đại là :

$$I_{\max} = \frac{V_{\max}}{R} = \frac{hc}{eR} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$= \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6 \cdot 10^{-9}} \left(\frac{1}{83} - \frac{1}{332} \right)$$

$$\approx 11 (\mu A)$$

6.3

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

a) Xác định giới hạn quang điện của kim loại.

b) Anốt của tế bào cũng có dạng bản phẳng song song với catốt đặt đối diện và cách catốt đoạn $d = 1,0cm$. Khi rọi chùm bức xạ rất hẹp vào tâm của catốt và đặt hiệu điện thế $U_{AK} = 4,55V$ giữa anốt và catốt thì bán kính lớn nhất của vùng trên bề mặt catốt mà các electron tới đập vào bằng bao nhiêu ?

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

$h = 6,6 \cdot 10^{-34} Js$; $c = 3 \cdot 10^8 m/s$

GIẢI

a) Giới hạn quang điện

Theo đề ta có hiệu điện thế hãm U_h là :

$$U_h = |U_{AK}|_{\min} = 0,3125V$$

U_h ứng với các electron quang điện có vận tốc đầu cực đại bị hãm dừng lại ở sát anốt. Áp dụng định lí động năng ta có :

$$\frac{1}{2} m_e v_0^2 = e U_h$$

Kết hợp với phương trình Anhtxtanh, ta có :

$$\frac{hc}{\lambda} - A = eU_h$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - eU_h$$

Vây giới hạn quang điện của kim loại là :

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

$$= \frac{hc}{\frac{hc}{\lambda} - eU_h} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda} - \frac{eU_h}{hc}}$$

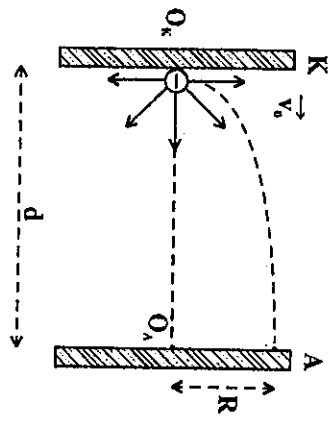
$$= \frac{hc\lambda}{hc - \lambda eU_h}$$

$$= \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 0,33 \cdot 10^{-6}}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 - 0,33 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,3125}$$

$$= \boxed{0,36(\mu m)}$$

b) Bán kính lớn nhất của vùng có electron đập vào.

- Các electron bị bật khỏi catốt phẳng từ tâm catốt O_K có \vec{v}_0 theo mọi hướng.



Dưới tác dụng của lực điện trường các electron này có những quỹ đạo khác nhau :

- Electron có \vec{v}_0 vuông góc với catốt chuyển động thẳng nhanh dần đều tới đập vào tâm anốt O_A .

- Electron có \vec{v}_0 xiên góc với catốt chuyển động theo những parabol tới đập vào anốt tại M_1 cách tâm anốt đoạn $O_A M_1$.
- Xét electron quang điện có \vec{v}_0 hợp với phương điện trường góc α .

Ta áp dụng phương pháp tọa độ để khảo sát chuyển động. Ta có :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m_e} = -\frac{eE}{m_e}$$

$$(P_e = m_e g \ll F)$$

Do đó trên hai trục ta có các thành phần :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU_{AK}}{m_e d} \\ a_y = 0 \end{cases}$$

$$\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Suy ra :

$$x = \frac{1}{2} \left(\frac{eU_{AK}}{m_e d} \right) \cdot t^2 + v_0 \cdot \cos \alpha t ; y = v_0 \sin \alpha t$$

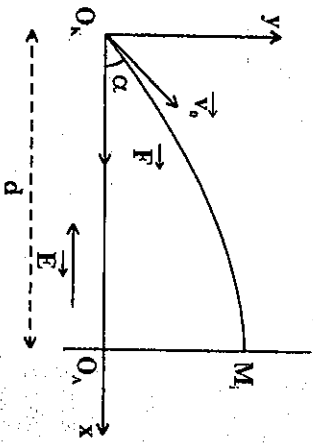
Vây đoạn $O_A M_1$ biểu diễn giá trị của y ứng với $x = d$.

Ta thấy :

$$O_A M_1 \text{ cực đại khi } \begin{cases} t \text{ cực đại} \\ \sin \alpha \text{ cực đại} \Rightarrow \sin \alpha = 1 \end{cases}$$

Khi đó ta có :

$$d = \frac{1}{2} \left(\frac{eU_{AK}}{m_e d} \right) t^2 \Rightarrow t = d \sqrt{\frac{2m_e}{eU_{AK}}}$$



$$R = (O_A M_i)_{\max} = v_0 d \sqrt{\frac{2m_e}{eU_{AK}}}$$

Mặt khác theo trên ta có :

$$\frac{1}{2} m_e v_0^2 = eU_h$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2eU_h}{m_e}}$$

Do đó :

$$R = 2d \sqrt{\frac{U_h}{U_{AK}}} = 2.1.0 \sqrt{\frac{0,3125}{4,55}} = 5,24(\text{mm})$$

Các electron quang điện bị bứt ra từ tâm O_K của catốt sẽ tới đập vào một vùng hình tròn, tâm O_A trên anốt và có bán kính $R \approx 5,24\text{mm}$.

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

6.4* Một bề mặt kim loại có giới hạn quang điện λ_0 được rọi một bức xạ có bước sóng $\lambda < \lambda_0$.

a) Lập biểu thức của vận tốc đầu cực đại của các electron rời khỏi bề mặt kim loại.

b) Đặt một hiệu điện thế hãm U_h giữa catốt và anốt cách nhau đoạn d . Lập biểu thức của khoảng đường xa nhất từ catốt mà các electron quang điện có vận tốc đầu \vec{v}_0 vuông góc với bề mặt catốt có thể đi được.

c) Một chùm electron quang điện (chấn bởi một khe hẹp đặt ở bề mặt catốt) bay vào một từ trường đều có cảm ứng từ B . Mô tả chuyển động của electron trong hai trường hợp.

$$* \vec{B} \perp \vec{v}_0$$

* \vec{B} hợp với \vec{v}_0 góc $\alpha \neq 90^\circ$

$$\text{ĐS : a) } v_0 = \sqrt{\frac{2hc}{m_e} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)}$$

$$\text{b) } s = \frac{hcd}{eU_h} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$\text{c) * Tròn đều : } R = \frac{m_e v_0}{eB}$$

$$* \text{ Xoắn ốc : } R = \frac{m_e v_n}{eB} ; h = \frac{2\pi m_e v_t}{eB}$$

(\vec{v}_n : thành phần $\perp B$;

\vec{v}_t : thành phần $\parallel B$)

6.5 Chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,546\mu\text{m}$ lên mặt kim loại dùng làm catốt của một tế bào quang điện. Các electron bị bứt khỏi catốt được tách ra bằng màn chắn để tạo một chùm hẹp hướng vào một từ trường đều có cảm ứng từ B vuông góc với phương của vận tốc đầu \vec{v}_0 của các electron. Biết rằng $B = 10^{-4} \text{ T}$ và quỹ đạo của các electron có bán kính cực đại $R = 23,32\text{mm}$.

a) Xác định vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện.

b) Tính giới hạn quang điện của kim loại dùng làm catốt.

Cho : $m_e = 9,1.10^{-31} \text{kg}$; $e = 1,6.10^{-19} \text{C}$
 $h = 6,6.10^{-34} \text{Js}$; $c = 3.10^8 \text{m/s}$

ĐS : a) $v_0 = 4,1.10^5 \text{m/s}$
 b) $\lambda_0 = 0,692 \mu\text{m}$

6.6 Trong khối phổ kí, khối lượng các ion được xác định dựa vào độ lệch quỹ đạo của chúng trong từ trường. Ion Cl^- được bắn ra theo hướng vuông góc với vector cảm ứng từ \vec{B} của từ trường với vận tốc đầu $v_0 = 5.10^4 \text{m/s}$. Ion Cl^- có hai đồng vị chủ yếu có khối lượng lần lượt là 34,97u và 36,97u.
 Tính các bán kính quỹ đạo của hai loại đồng vị trong từ trường B. Cho B = 0,15T.

ĐS : 17,3mm ; 18,3mm

Bài toán 7

Công suất và hiệu suất của hiện tượng quang điện

- Công suất chiếu sáng (công suất nguồn) :

$$P = n_{\lambda} e = n_{\lambda} \cdot \frac{hc}{\lambda}$$

(n_{λ} : số photon tới bề mặt kim loại hoặc phát bởi nguồn trong mỗi giây)

- Cường độ dòng quang điện bão hòa :

$$I_{bh} = n_e e$$

(n_e : số electron quang điện tới anốt trong mỗi giây)

- Hiệu suất quang điện (hiệu suất lượng tử) :

$$\eta = \frac{n_e}{n_{\lambda}}$$

- Kết hợp các công thức trên với các phương trình khác của hiện tượng quang điện.

BÀI TẬP THÍ DỤ

7.1

Một đèn phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,40 \mu\text{m}$ được dùng để chiếu vào một tế bào quang điện. Công thoát đối với kim loại dùng làm catốt là $A = 2,26 \text{eV}$.

a) Tính giới hạn quang điện của catốt.

b) Tính vận tốc cực đại của các electron bị bật ra khỏi catốt.

c) Bề mặt có ích của catốt nhận được công suất chiếu sáng $P = 3 \text{mW}$. Cường độ dòng quang điện bão hòa của tế bào quang điện là $I_{bh} = 6,43.10^{-6} \text{A}$.

Tính số photon n mà catốt nhận được trong mỗi giây và số electron n' bị bật ra trong mỗi giây.

Suy ra hiệu suất quang điện.

Cho biết : $m_e = 9,0.10^{-31} \text{kg}$; $e = 1,60.10^{-19} \text{C}$
 $h = 6,62.10^{-34} \text{Js}$; $c = 3.10^8 \text{m/s}$

GIẢI

a) Giới hạn quang điện

Ta có :

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

$$= \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{2,26 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}}$$

$$= \boxed{0,549(\mu\text{m})}$$

b) Vận tốc cực đại của các electron quang điện

Ta áp dụng phương trình Anhxtanh :

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} m v_0^2 + A$$

Suy ra :

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

$$= \sqrt{\frac{2\left(\frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,40 \cdot 10^{-6}} - 2,26 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19}\right)}{9 \cdot 10^{-31}}}$$

$$\approx \boxed{5,48 \cdot 10^5(\text{m/s})}$$

c) Số photon nhận được, số electron bật ra trong mỗi giây.

Hiệu suất quang điện

- Công suất chiếu sáng là năng lượng các photon truyền cho trong mỗi giây. Ta có :

$$P = n_\lambda \frac{hc}{\lambda}$$

Do đó :

$$n_\lambda = \frac{P\lambda}{hc}$$

$$= \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,40 \cdot 10^{-6}}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}$$

$$\approx \boxed{6,04 \cdot 10^{15}(\text{photon/s})}$$

- Khi số electron bị bứt ra mỗi giây chuyển động hết tới anốt, ta có dòng điện bão hòa.

Ta có :

$$I_{bh} = n_e \cdot e$$

Do đó :

$$n_e = \frac{I_{bh}}{e} = \frac{6,43 \cdot 10^{-6}}{1,60 \cdot 10^{-19}}$$

$$= \boxed{4,02 \cdot 10^{13}(\text{electron/s})}$$

- Suy ra hiệu suất quang điện :

$$\mathcal{H} = \frac{n_e}{n_\lambda} = \frac{4,02 \cdot 10^{13}}{6,04 \cdot 10^{15}}$$

$$\approx \boxed{0,67\%}$$

7.2

Một nguồn sáng có công suất 2W, phát ra những sóng ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,597\mu\text{m}$ tỏa ra đều theo khắp mọi hướng. Hãy tính xem ở khoảng cách bao xa người ta còn trông thấy được nguồn sáng này biết rằng mắt còn thấy nguồn sáng khi có ít nhất 80 photon phát từ nguồn này lọt vào con người trong mỗi giây, con người có đường kính vào khoảng 4mm. Bỏ qua sự hấp thụ ánh sáng của khí quyển.

GIAI

Gọi R là khoảng cách từ nguồn đến quan sát viên, r là bán kính của con người. Vì năng lượng được tỏa ra đều trong không

gian nên khi tới con người của quan sát viên thì năng lượng ấy phân bố đều trên mặt cầu diện tích $S = 4\pi R^2$, phần lọt vào con người của mặt cầu này có diện tích $S' = \pi r^2$.

Gọi P là công suất của nguồn và P' là công suất đi vào mắt quan sát viên, ta có :

$$\frac{P'}{P} = \frac{S'}{S} = \frac{r^2}{4R^2} \Rightarrow P' = \frac{Pr^2}{4R^2} \quad (1)$$

Với N là số photon lọt vào con người trong một giây, công suất P' chính là năng lượng do N photon đó đem tới, vậy :

$$P' = N \cdot \frac{hc}{\lambda} \quad (2)$$

Từ (1) và (2), ta có :

$$N = \frac{\lambda Pr^2}{4hcR^2}$$

Để mắt nhìn thấy được nguồn, theo giả thiết ta phải có :

$$N \geq 80 \Rightarrow \frac{\lambda Pr^2}{4hcR^2} \geq 80 \Rightarrow R \leq r \sqrt{\frac{\lambda P}{320hc}}$$

Từ biểu thức trên, ta tính được :

$$R \leq 274.10^3 \text{m}$$

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

7.3 Độ nhạy của mắt người trong tối được xác định là 60 photon/s với ánh sáng có bước sóng 555nm. Tính cường độ ánh sáng và công suất của nguồn sáng. Cho biết :

- khoảng cách từ nguồn tới mắt là 10km;
- đường kính con người trong tối là 8mm.

$$DS : I = 4,3.10^{-13} \text{W/m}^2$$

$$P = 5,4.10^{-4} \text{W}$$

7.4

Mắt người có thể thấy được một chớp sáng phát ra 100 photon đập vào võng mạc trong một khoảng thời gian nhỏ hơn 0,05s.

Hỏi phải đặt một đèn natri phát ánh sáng vàng có $\lambda = 590\text{nm}$ ở cách xa bao nhiêu để mắt còn thấy được ánh sáng của đèn ?

Cho biết đèn có công suất 10W, phát ánh sáng đều theo mọi hướng, môi trường không hấp thụ ánh sáng và đường kính con người là 6mm.

$$DS : 200\text{km}$$

Bài toán 8

Ứng dụng của hiện tượng quang điện vào việc đo các hằng số vật lí.

- Áp dụng :

- Công thức của lượng tử ánh sáng :

$$\epsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

- Phương trình Anhtxanh :

$$\epsilon = A + \frac{1}{2} m v_0^2$$

- Phương trình về hiệu điện thế hãm :

$$eU_h = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad (U_h = |U_{AK}|)$$

- Thực hiện biến đổi để xác định đại lượng phải tìm.

□ BÀI TẬP THÍ DỤ :

8.1

Để xác định hằng số Plăng người ta rọi vào catốt của một tế bào quang điện các ánh sáng đơn sắc có bước sóng khác nhau.

- Với ánh sáng có bước sóng $\lambda_1 = 620\text{nm}$, dòng quang điện bắt đầu triệt tiêu nếu giữa anốt và catốt có hiệu điện thế hãm U_h .

- Với ánh sáng có bước sóng $\lambda_2 = 1,25\lambda_1$ thì hiệu điện thế hãm giảm $0,40\text{V}$.

a) Xác định hằng số Plăng theo các số liệu đã cho. Biết $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

b) Xác định công thoát của êlectrôn đối với kim loại làm catốt biết rằng với ánh sáng có bước sóng $\lambda_3 = 1,5\lambda_1$ thì hiệu điện thế hãm giảm còn một nửa.

GIẢI

a) Hằng số Plăng (Planck) -

Phương trình Anhxtanh có thể viết :

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} mv_0^2$$

Hiệu điện thế hãm được xác định bởi :

$$\frac{1}{2} mv_0^2 = eU_h$$

Kết hợp hai phương trình trên ta có :

$$eU_h = \frac{hc}{\lambda} - A$$

Theo đề bài :

$$\left\{ \begin{array}{l} * \text{ với } \lambda_1 : eU_{h1} = \frac{hc}{\lambda_1} - A \\ * \text{ với } \lambda_2 : eU_{h2} = \frac{hc}{\lambda_2} - A \end{array} \right.$$

Suy ra :

$$e(U_{h2} - U_{h1}) = hc \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

$$e\Delta U_h = \frac{hc}{\lambda_1} \left(\frac{1}{1,25} - 1 \right) = - \frac{0,2hc}{\lambda_1}$$

Do đó :

$$h = - \frac{e\lambda_1 \cdot \Delta U_h}{0,2c} = - \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 620 \cdot 10^{-9} (-0,40)}{0,2 \cdot 3 \cdot 10^8}$$

$$= \boxed{6,61 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)}}$$

b) Công thoát của êlectrôn

Theo kết quả ở trên ta có với ánh sáng có bước sóng λ_3 :

$$eU_{h3} = \frac{hc}{\lambda_3} - A$$

Suy ra :

$$\frac{U_{h3}}{U_{h1}} = \frac{\frac{hc}{\lambda_3} - A}{\frac{hc}{\lambda_1} - A} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda_1} - A = \frac{2hc}{\lambda_3} - 2A$$

$$\Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda_1} \left(\frac{4}{3} - 1 \right) = \frac{hc}{3\lambda_1}$$

$$= \frac{6,61 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3 \cdot 620 \cdot 10^{-9}}$$

$$\approx 1,07 \cdot 10^{-19} \text{ (J)}$$

$$\approx \boxed{0,67 \text{ (eV)}}$$

8.2

Khi chiếu bức xạ tần số $f_1 = 2.200.10^{15}$ Hz vào một kim loại thì có hiện tượng quang điện và các electron quang điện bắn ra đều bị giữ lại bởi hiệu điện thế hãm $U_1 = 6,6$ V. Khi chiếu bức xạ $f_2 = 2.538.10^{15}$ Hz vào kim loại đó thì các electron quang điện bắn ra đều bị giữ lại bởi hiệu điện thế hãm $U_2 = 8,0$ 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 ?

Nếu có, tìm hiệu điện thế hãm tương ứng.

Cho biết : $e = 1,60.10^{-19} \text{ C}$; $c = 3.10^8 \text{ m/s}$

GIẢI

a) *Hằng số Planck*

Ta có : - Phương trình Anhtanh :

$$e = hf = A + \frac{1}{2} m v_0^2$$

- Hệ thức xác định hiệu điện thế hãm :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = eU_h$$

Suy ra :

$$\begin{cases} eU_1 = hf_1 - A \\ eU_2 = hf_2 - A \end{cases}$$

$$\Rightarrow e(U_2 - U_1) = h(f_2 - f_1)$$

$$\text{Vậy : } h = \frac{e(U_2 - U_1)}{f_2 - f_1}$$

$$= \frac{1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 1,4}{0,338 \cdot 10^5}$$

$$\approx \boxed{6,627 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)}}$$

b) *Giới hạn quang điện*

Với giá trị của hằng số h tìm thấy ở trên ta có :

$$A = hf_1 - eU_1$$

$$= 6,627 \cdot 10^{-34} \cdot 2,200 \cdot 10^{15} - 1,60 \cdot 10^{-19} \cdot 6,6$$

$$= (6,627 \cdot 2,200 - 1,60 \cdot 6,6) \cdot 10^{-19}$$

$$\approx 4,02 \cdot 10^{-19} \text{ (J)}$$

Do đó, giới hạn quang điện của kim loại là :

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,627 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,02 \cdot 10^{-19}}$$

$$\approx \boxed{0,495 \text{ (}\mu\text{m)}}$$

c) Hiện tượng quang điện có xảy ra? Hiệu điện thế hãm

- Ta có:

$$\begin{cases} \lambda_1 < \lambda_0 : \text{có hiện tượng quang điện} \\ \lambda_2 > \lambda_0 : \text{không có hiện tượng quang điện} \end{cases}$$

- Hiệu điện thế hãm U_1 ứng với bức xạ có bước sóng λ_1 được xác định bởi:

$$eU_1 = \frac{hc}{\lambda_1} - A$$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{\frac{hc}{\lambda_1} - A}{e}$$

$$= \frac{6,627 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,400 \cdot 10^{-6}} - \frac{4,02 \cdot 10^{-19}}{1,60 \cdot 10^{-19}}$$

$$\approx 0,593 \text{ (V)}$$

8.3 Khi chiếu lần lượt hai bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,25 \mu\text{m}$ và $\lambda_2 = 0,30 \mu\text{m}$ vào một tấm kim loại M, 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) Xác định khối lượng m_e của electron và giới hạn quang điện của kim loại M.

b) Chiếu bức xạ có bước sóng λ vào tấm kim loại trên được có lập về điện thế điện thế cực đại đạt được là 3,0V. Tính λ .

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

a) Khối lượng của electron

- Áp dụng phương trình Anhxtanh ta có:

$$\begin{cases} \frac{1}{2} m_e v_{01}^2 = \frac{hc}{\lambda_1} - A \\ \frac{1}{2} m_e v_{02}^2 = \frac{hc}{\lambda_2} - A \end{cases}$$

Suy ra:

$$m_e = \frac{2hc \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)}{v_{01}^2 - v_{02}^2}$$

$$= \frac{2 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \left(\frac{1}{0,25} - \frac{1}{0,30} \right)}{10^{-6} - (7,31^2 - 4,93^2) \cdot 10^{10}}$$

$$\approx 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ (kg)}$$

- Công thoát của electron đối với kim loại M được xác định bởi:

$$A = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{1}{2} m_e v_{01}^2$$

$$= \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,25 \cdot 10^{-6}} - \frac{1}{2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 7,31^2 \cdot 10^{10}$$

$$= 5,52 \cdot 10^{-19} \text{ (J)}$$

Suy ra giới hạn quang điện của kim loại :

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

$$= \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5,52 \cdot 10^{-19}}$$

$$\approx \boxed{0,36(\mu\text{m})}$$

b) Tính bước sóng λ của bức xạ

Các photon của bức xạ bức electron quang điện khỏi tấm kim loại làm nó tích điện dương tăng dần. Do đó điện thế V của tấm kim loại tăng dần.

Điện thế này đạt giá trị cực đại V_{max} khi các electron quang điện bật khỏi tấm kim loại đều bị lực điện trường kéo trở lại kể cả các electron đã tới nơi có $V = 0$.

Áp dụng định lý động năng ta có :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = e V_{\text{max}}$$

Kết hợp với phương trình Anhtxtanh ta suy ra :

$$\frac{hc}{\lambda} - A = e V_{\text{max}}$$

Do đó :

$$\lambda = \frac{hc}{A + e V_{\text{max}}}$$

$$= \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{(5,52 + 1,6 \cdot 3,0) \cdot 10^{-19}}$$

$$\approx \boxed{0,19 (\mu\text{m})}$$

8.4

Trong một thí nghiệm quang điện với Na ta được bảng kết quả sau đây về sự phụ thuộc của hiệu điện thế hãm vào bước sóng của ánh sáng kích thích :

U_h (V)	4,20	2,06	1,05	0,41	0,03
λ (nm)	200	300	400	500	600

Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của U_h theo biến số thích hợp. Dựa vào đồ thị hãy xác định :

- a) Công thoát của electron ;
- b) Tần số giới hạn ;
- c) Giá trị của tỉ số $\frac{h}{e}$.

GIẢI

Ta có phương trình Anhtxtanh :

$$e = hf = \frac{1}{2} m v_0^2 + A$$

Ngoài ra giữa động năng cực đại của các electron quang điện và hiệu điện thế hãm, ta có hệ thức :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = e U_h$$

Do đó :

$$e U_h = hf - A$$

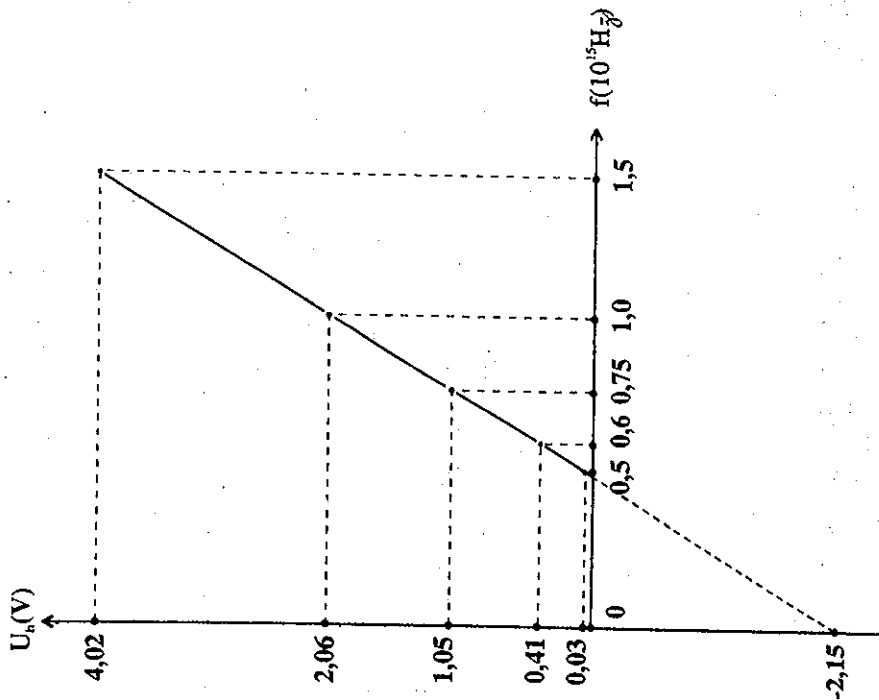
$$\Rightarrow U_h = \frac{h}{e} f - \frac{A}{e}$$

Sự phụ thuộc của U_h vào tần số bức xạ là sự phụ thuộc tuyến tính. Do đó ta vẽ đồ thị biểu diễn U_h theo f .

Theo đề bài ta có bảng sau :

U_h (V)	4,20	2,06	1,05	0,41	0,03
λ (nm)	200	300	400	500	600
f (Hz)	$1,5 \cdot 10^{15}$	$1,0 \cdot 10^{15}$	$0,75 \cdot 10^{15}$	$0,60 \cdot 10^{15}$	$0,50 \cdot 10^{15}$

Suy ra đồ thị sau :



a) Công thoát của electron đối với Na

Dựa vào đồ thị, bằng phương pháp ngoại suy ta xác định được giá trị của U_h ứng với $f = 0$.

$$(U_h)_0 = - 2,15V$$

Theo biểu thức của U_h giá trị này là $-\frac{A}{e}$.

Do đó :

$$A = 2,15 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$= 3,44 \cdot 10^{-19} (J) = 2,15 (eV)$$

b) Tần số giới hạn

Tần số giới hạn f_0 được xác định bởi giao điểm của đồ thị với trục f . Ta có :

$$f_0 \approx 0,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

c) Tỷ số $\frac{h}{e}$

Theo biểu thức của U_h ta suy ra ứng với $U_h = 0$:

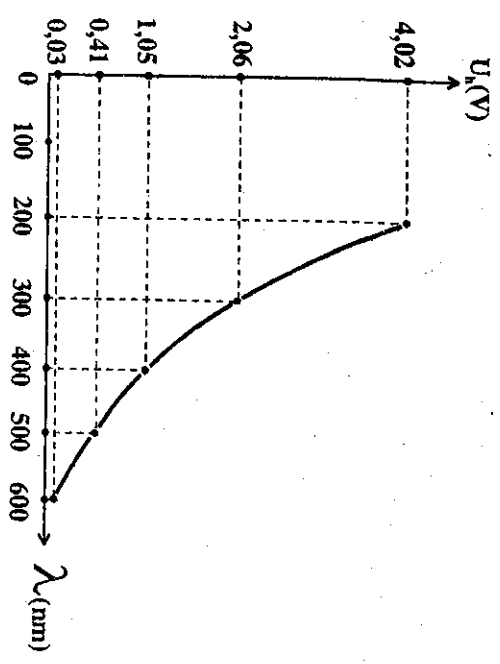
$$\frac{h}{e} f_0 = \frac{A}{e}$$

Suy ra :

$$\frac{h}{e} = \frac{A}{e f_0} = \frac{2,15}{0,5 \cdot 10^{15}}$$

$$= 4,3 \cdot 10^{-15} (JsC^{-1})$$

Chú ý :
 Nếu biểu diễn sự phụ thuộc của U_h theo λ ta có đồ thị dạng sau :



Sử dụng đường cong để tính bằng phương pháp ngoại suy kém chính xác hơn sử dụng đường thẳng.

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

8.5 Muốn hãm lại hoàn toàn các electron bị bật ra khỏi một kim loại nào đó bởi ánh sáng có tần số $f_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$ Hz thì phải đặt hiệu điện thế hãm $U_{h1} = 6,6$ V.

Với ánh sáng có tần số $f_2 = 4,5 \cdot 10^{15}$ Hz thì hiệu điện thế hãm là $U_{h2} = 16,5$ V.

Từ các số liệu trên, hãy xác định hằng số Planck.

$$ĐS : h = \frac{e(U_{h1} - U_{h2})}{f_1 - f_2} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

8.6 Catốt của một tế bào quang điện được rọi lần lượt với các bức xạ có bước sóng : $\lambda_1 = 440 \text{ nm}$; $\lambda_2 = 680 \text{ nm}$

Hiệu điện thế hãm thay đổi theo hệ số 3,3.
 Hãy tính công thoát của electron đối với kim loại làm catốt.

ĐS : $A = 1,3 \text{ eV}$

8.7 Chiều các bức xạ có bước sóng khác nhau vào một bề mặt kim loại và đo hiệu điện thế hãm tương ứng, người ta lập được bảng kết quả sau :

λ_{nm}	U_h (V)
366	1,48
405	1,15
436	0,93
492	0,62
546	0,36
579	0,24

Vẽ đồ thị biểu diễn sự biến thiên của hiệu điện thế hãm U_h theo tần số f của bức xạ kích thích. Dựa vào đó thì vẽ được hãy xác định :

- a) Tần số giới hạn quang điện ;
- b) Bước sóng giới hạn quang điện ;
- c) Công thoát của kim loại ;
- d) Hằng số Planck (Planck).

ĐS : a) $4,58 \cdot 10^{14}$ Hz
 b) 654 nm
 c) 1,90 eV
 d) $6,62 \cdot 10^{-34}$ Js

Mẫu Bo (Bohr) của nguyên tử hiđrô và quang phổ của hiđrô

Áp dụng các công thức về quang phổ của hiđrô :

- Công thức thực nghiệm :

H_α H_β H_γ H_δ



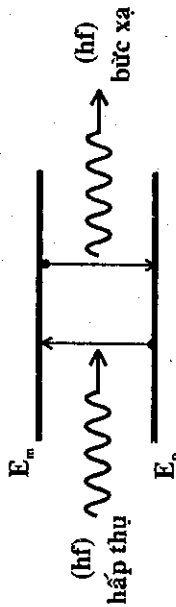
dãy banme

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$: hằng số Rítbec

- * $n_1 = 1$; $n_2 = 2, 3, 4, \dots$: dãy Laiman
- * $n_1 = 2$; $n_2 = 3, 4, 5, \dots$: dãy Banme
- * $n_1 = 3$; $n_2 = 4, 5, 6, \dots$: dãy Pasen
- ...

- Công thức theo mẫu nguyên tử Bo :



$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{|E_m - E_n|}{h}$$

□ BÀI TẬP THÍ DỤ

9.1*

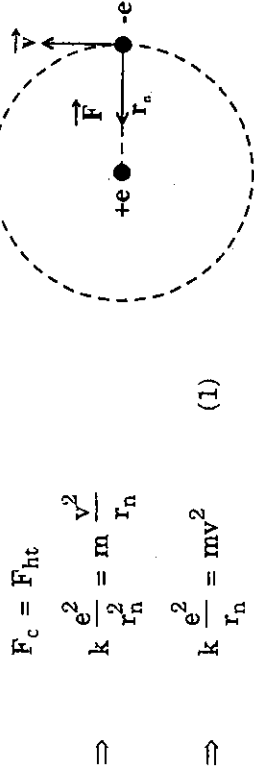
Áp dụng các tiên đề của Bo và định luật Culông (Coulomb) về lực tương tác tĩnh điện, hãy thiết lập biểu thức của :

- a) Bán kính quỹ đạo dừng thứ n của êlectrôn trong nguyên tử H;
- b) Năng lượng của êlectrôn ở quỹ đạo dừng thứ n trong nguyên tử H.

GIẢI

a) Biểu thức của bán kính quỹ đạo dừng thứ n.

- Coi chuyển động của êlectrôn là tròn đều có bán kính r_n dưới tác dụng của lực hút Culông, ta có :



$$F_c = F_{ht}$$

$$\Rightarrow k \frac{e^2}{r_n^2} = m \frac{v^2}{r_n}$$

$$\Rightarrow k \frac{e^2}{r_n} = mv^2 \quad (1)$$

- Theo tiên đề của Bo, khi chuyển động trên quỹ đạo dừng thứ n có bán kính r_n , mômen động của êlectrôn có giá trị :

$$mvr_n = n \cdot \frac{h}{2\pi} \quad (2)$$

Kết hợp (1) và (2) ta có :

$$\frac{ke^2}{v} = n \frac{h}{2\pi}$$

$$\Rightarrow v = \frac{2\pi ke^2}{nh}$$

- Ta suy ra :

$$r_n = \frac{nh}{2\pi mv} = \frac{nh}{2\pi m \cdot \frac{2\pi k e^2}{nh}}$$

hay :

$$r_n = \frac{h^2 n^2}{4\pi^2 m k e^2}$$

Người ta thường đặt :

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

Do đó :

$$r_n = \frac{\hbar^2 n^2}{m k e^2}$$

b) Biểu thức năng lượng của electron ở quỹ đạo dừng thứ n.

- Năng lượng toàn phần của electron gồm động năng và thế năng :

$$E_d = \frac{mv^2}{2} ; \quad E_t = -k \frac{e^2}{r_n}$$

Theo trên ta có :

$$E_d = \frac{mv^2}{2} = \frac{k e^2}{2r_n}$$

Suy ra biểu thức của năng lượng toàn phần ứng với quỹ đạo dừng thứ n :

$$E_n = E_d + E_t \\ = -\frac{k e^2}{2r_n}$$

Thay r_n bằng biểu thức tìm thấy ở câu a, ta có :

$$E_n = -\frac{2m\pi^2 k^2 e^4}{h^2 n^2}$$

hay :

$$E_n = -\frac{mk^2 e^4}{2\hbar^2 n^2}$$

Chú ý :

Áp dụng định đề về cơ chế bức xạ ta suy ra :

$$f_{n_2 n_1} = \frac{E_{n_2} - E_{n_1}}{h} \\ = \frac{mk^2 e^4}{4\pi\hbar^3} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) ; \quad (n_2 > n_1)$$

Do đó :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{mk^2 e^4}{4\pi\hbar^3} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Ta tìm lại được công thức thực nghiệm về quang phổ của hiđrô.

9.2

Trong quang phổ của hiđrô, bước sóng λ (tính bằng μm) của các vạch quang phổ như sau :

* Vạch thứ nhất của dãy Laiman : $\lambda_{21} = 0,121568$

* 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 đây.

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 : $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

GIẢI

a) Tần số dao động của các bức xạ

Tần số dao động được tính theo bước sóng của các bức xạ bởi công thức :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Do đó ta có :

$$f_{21} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,121568 \cdot 10^{-6}} = 2,46775 \cdot 10^{15} \text{ (Hz)}$$

$$f_{32} = \frac{3 \cdot 10^8}{0,656279 \cdot 10^{-6}} = 4,57123 \cdot 10^{15} \text{ (Hz)}$$

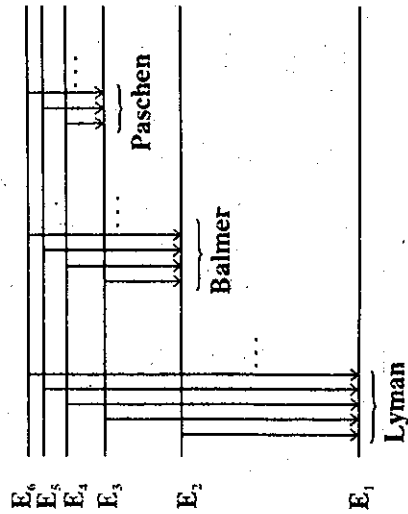
$$f_{43} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,8751 \cdot 10^{-6}} = 1,5999 \cdot 10^{14} \text{ (Hz)}$$

$$f_{53} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,2818 \cdot 10^{-6}} = 2,3405 \cdot 10^{14} \text{ (Hz)}$$

$$f_{63} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,0938 \cdot 10^{-6}} = 2,7427 \cdot 10^{14} \text{ (Hz)}$$

b) Các bước sóng

Ta có biểu đồ trình bày cơ chế phát các bức xạ của quang phổ hiđrô như sau :



Theo thuyết của Bo ta có :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_{n_2} - E_{n_1}}{hc}$$

Để bài cho :

$$\frac{1}{\lambda_{21}} = \frac{E_2 - E_1}{hc} \quad \frac{1}{\lambda_{43}} = \frac{E_4 - E_3}{hc}$$

$$\frac{1}{\lambda_{32}} = \frac{E_3 - E_2}{hc} \quad \frac{1}{\lambda_{53}} = \frac{E_5 - E_3}{hc}$$

$$\frac{1}{\lambda_{63}} = \frac{E_6 - E_3}{hc}$$

Do đó ta suy ra :

• Dãy Laiman :

$$* \frac{1}{\lambda_{31}} = \frac{E_3 - E_1}{hc} = \frac{1}{\lambda_{32}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$= 9,74959 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{31} \approx \boxed{0,10257(\mu\text{m})}$$

$$* \frac{1}{\lambda_{41}} = \frac{E_4 - E_1}{hc} = \frac{1}{\lambda_{43}} + \frac{1}{\lambda_{32}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$= 10,28289 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{41} \approx \boxed{0,09725(\mu\text{m})}$$

• Dãy Banne :

$$* \frac{1}{\lambda_{42}} = \frac{E_4 - E_2}{hc} = \frac{1}{\lambda_{43}} + \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$= 2,05705 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{42} \approx \boxed{0,48613 \text{ (}\mu\text{m)}} \quad (\text{H}\beta)$$

$$\begin{aligned} * \frac{1}{\lambda_{52}} &= \frac{E_5 - E_2}{hc} = \frac{1}{\lambda_{53}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \\ &= 2,3039 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \lambda_{52} \approx \boxed{0,43405 \text{ (}\mu\text{m)}} \quad (\text{H}\gamma)$$

$$\begin{aligned} * \frac{1}{\lambda_{62}} &= \frac{E_6 - E_2}{hc} = \frac{1}{\lambda_{63}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \\ &= 2,437986 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \lambda_{62} = \boxed{0,41017 \text{ (}\mu\text{m)}} \quad (\text{H}\delta)$$

Chú ý :

Có thể tính nhanh hơn như sau bằng cách sử dụng công thức thực nghiệm :

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

• Với dãy Lyman :

$$* \text{ Vạch thứ nhất : } \frac{1}{\lambda_{21}} = R \left(1 - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3R}{4}$$

$$* \text{ Vạch thứ hai : } \frac{1}{\lambda_{31}} = R \left(1 - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{8R}{9}$$

$$* \text{ Vạch thứ ba : } \frac{1}{\lambda_{41}} = R \left(1 - \frac{1}{4^2} \right) = \frac{15R}{16}$$

Ta suy ra :

$$\lambda_{31} = \frac{27}{32} \cdot \lambda_{21} ; \lambda_{41} = \frac{4}{5} \lambda_{21}$$

9.3

• Với dãy Balmer :

$$* \text{ Vạch H} : \frac{1}{\lambda_{32}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{5R}{36}$$

$$* \text{ Vạch H}\beta : \frac{1}{\lambda_{42}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) = \frac{3R}{16}$$

$$* \text{ Vạch H}\gamma : \frac{1}{\lambda_{52}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right) = \frac{21R}{100}$$

$$* \text{ Vạch H}\delta : \frac{1}{\lambda_{62}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right) = \frac{2R}{9}$$

Ta suy ra :

$$\lambda_{42} = \frac{20}{27} \cdot \lambda_{32} ; \lambda_{52} = \frac{125}{189} \cdot \lambda_{32} ; \lambda_{62} = \frac{5}{8} \lambda_{32}$$

Nguyên tử hiđrô gồm một hạt nhân và một electron quay chung quanh hạt nhân này. Lực tương tác giữa hạt nhân và electron là lực Coulông.

a) Tính 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 H có biểu thức :

$$E_n = - \frac{R_h}{n^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h : \text{hằng số Planck} \\ R : \text{một hằng số} \\ n : \text{số tự nhiên (1, 2, 3, \dots, \infty)} \end{array} \right.$$

$n = 1$ ứng với quỹ đạo K (năng lượng thấp nhất)

$n = 2$ ứng với quỹ đạo L.

...

Cho biết bước sóng dài nhất trong dãy Laiman bằng 1215Å; bước sóng ngắn nhất trong dãy Banme bằng 3650Å

- Tính năng lượng cần thiết để bứt êlectrôn ra khỏi nguyên tử H khi nó ở trên quỹ đạo K.

- Tính giá trị của hằng số R.

Cho : $k = 9.10^9 \text{Nm}^2 \text{C}^{-2}$; $e = 1,6.10^{-19} \text{C}$

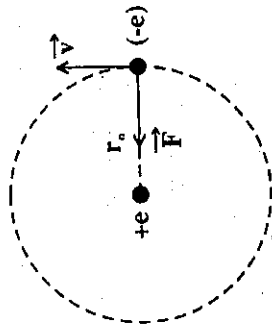
$m_e = 9,1.10^{-31} \text{kg}$; $h = 6,625.10^{-34} \text{Js}$;

$1\text{Å} = 10^{-10} \text{m}$.

GIAI

a) Vận tốc của êlectrôn - Số vòng quay trong 1 giây

- Lực Coulông tác dụng vào êlectrôn chính là lực hướng tâm gây ra chuyển động tròn đều.



Ta có :

$$k \frac{e^2}{r_0^2} = m_e \frac{v^2}{r_0}$$

Suy ra :

$$\begin{aligned} v &= e \sqrt{\frac{k}{m_e}} \\ &= \frac{1,6.10^{-19}}{5,3.10^{-11}} \sqrt{\frac{9.10^9}{9,1.10^{-31}}} \\ &= \frac{1,6}{5,3} \sqrt{\frac{9}{9,1}} \cdot 10^{12} \\ &\approx \boxed{3,0.10^{11} (\text{m/s})} \end{aligned}$$

- Do đó, số vòng quay của êlectrôn trong 1 giây được tính bởi :

$$\begin{aligned} n &= \frac{v}{2\pi r_0} \\ &\approx \frac{3,0.10^{11}}{6,28.5,3.10^{-11}} \\ &\approx \boxed{9,0.10^{10} (\text{vòng/s})} \end{aligned}$$

b) Năng lượng bứt êlectrôn - Giá trị của hằng số R

- Ta có sơ đồ về cơ chế bức xạ các vạch quang phổ của nguyên tử H :

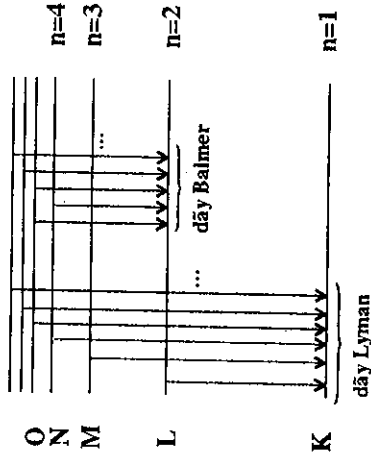
Ta suy ra :

• Với dãy Laiman :

$$\frac{1}{\lambda_L} = \frac{E_n - E_1}{hc}$$

$$= \frac{R}{c} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

($n \in \mathbb{N}$; $n \geq 2$)



Bước sóng dài nhất trong dãy này (λ_L)_{max} ứng với :

$n = 2$

Vậy :

$$\frac{1}{(\lambda_L)_{\text{max}}} = \frac{R}{c} \left(1 - \frac{1}{4} \right) = \frac{3R}{4c}$$

• Với dãy Balmer :

$$\frac{1}{\lambda_B} = \frac{E_n - E_2}{hc} = \frac{R}{c} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

(n ∈ N ; n ≥ 3)

Bước sóng ngắn nhất trong dãy này (λ_B)_{max} ứng với khi :
n → ∞

Vậy :

$$\frac{1}{(\lambda_B)_{\min}} = \frac{R}{4c}$$

- Khi chuyển động trên quỹ đạo K thì electron có năng lượng E₁. Khi bị bứt ra khỏi nguyên tử H, electron có năng lượng E_∞ → 0.

Năng lượng W cần thiết để bứt electron khỏi nguyên tử H được xác định bởi :

$$E_1 + W = E_\infty$$

$$\Rightarrow W = -E_1 = Rh$$

$$= \frac{4hc}{3(\lambda_L)_{\max}} = \frac{4hc}{(\lambda_B)_{\min}}$$

$$= 21,8 \cdot 10^{-19} \text{ (J)}$$

$$\approx \boxed{13,6 \text{ (eV)}}$$

- Ta cũng suy ra :

$$R = \frac{W}{h} = \frac{21,8 \cdot 10^{-19}}{6,625 \cdot 10^{-34}}$$

$$\approx \boxed{3,29 \cdot 10^{15} \text{ Hz}}$$

Ghi chú :

Hằng số R trong bài này không phải là hằng số Rydberg.

9.4

Giá trị năng lượng của các trạng thái dừng của nguyên tử H được cho bởi công thức :

$$E_n = -\frac{Rh}{n^2}$$

- h : hằng số Planck
- R : một hằng số
- n : số tự nhiên (1, 2, 3, ..., ∞)

Cho biết năng lượng ion hóa của nguyên tử H là 13,5eV. Hãy xác định những vạch quang phổ của H xuất hiện khi bắn phá nguyên tử H ở trạng thái cơ bản bằng chùm electron có động năng 12,5eV.

GIẢI

- Năng lượng ion hóa của nguyên tử H là năng lượng để bứt electron khỏi nguyên tử từ trạng thái dừng có năng lượng E₁.

Khi bị bứt khỏi nguyên tử H, năng lượng của electron là E_∞ → 0.

Năng lượng ion hóa W được xác định bởi :

$$E_1 + W = E_\infty$$

$$\Rightarrow W = -E_1 = Rh$$

Vậy, biểu thức năng lượng các trạng thái dừng của nguyên tử H được cho bởi :

$$E_n = -\frac{E_1}{n^2}$$

- Khi được kích thích bởi chùm electron, nguyên tử H được chuyển tới trạng thái dừng có năng lượng E_n xác định bởi :

$$E_n \leq E_1 + 12,5$$

$$\Rightarrow \frac{E_1}{n^2} \leq E_1 + 12,5 = -1,0$$

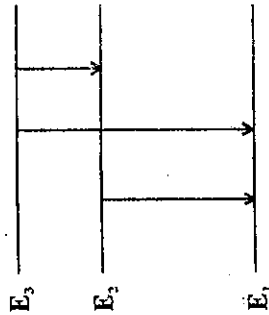
Do đó :

$$n \leq \sqrt{\frac{13,5}{1}} = 3,67$$

Ta suy ra :

$$n = 2 ; n = 3$$

- Ở hai trạng thái kích thích E_2 và E_3 , nguyên tử không bền. Nó có thể chuyển tới các trạng thái có năng lượng thấp hơn và phát bức xạ.



Bước sóng của các bức xạ có thể phát ra được xác định bởi :

$$f = \frac{E_{n_2} - E_{n_1}}{h} \quad (n_2 > n_1)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{E_{n_2} - E_{n_1}}{hc}$$

Vậy :

$$\begin{aligned} * \frac{1}{\lambda_{21}} &= \frac{E_2 - E_1}{hc} = \frac{E_1}{hc} \left(\frac{1}{2^2} - 1 \right) = \frac{3W}{4hc} \\ &= \frac{3 \cdot 13,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} \\ &= 8,15 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \lambda_{21} \approx \boxed{0,1227(\mu\text{m})}$$

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

9.5 Biểu diễn bằng mũi tên trên sơ đồ mức năng lượng các chuyển dời của nguyên tử H từ trạng thái dừng này sang trạng thái dừng khác ứng với các bức xạ có bước sóng ngắn.

9.6 Xác định các giá trị cực tiểu và cực đại của bước sóng các bức xạ thuộc dãy Balmer.

$$\text{Cho : } R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \text{ (hàng số Ritbec)}$$

$$\text{ĐS : } \lambda_{\min} = 0,365 \mu\text{m}$$

$$\lambda_{\max} = 0,656 \mu\text{m}$$

9.7 Bước sóng của vạch phổ thứ nhất trong dãy Laiman của quang phổ hiđrô là $\lambda_0 = 0,122\mu\text{m}$.

Bước sóng của ba vạch phổ H_α , H_β , H_γ lần lượt là :
 $\lambda_1 = 0,656\mu\text{m}$; $\lambda_2 = 0,486\mu\text{m}$; $\lambda_3 = 0,434\mu\text{m}$.

a) Tính tần số của bốn bức xạ kể trên.

b) Tính bước sóng của hai vạch tiếp theo trong dãy Laiman và hai vạch đầu tiên trong dãy Pasen.

ĐS : a) $f_0 = 2,46 \cdot 10^{15}$ Hz

$f_1 = 4,57 \cdot 10^{14}$ Hz

$f_2 = 6,17 \cdot 10^{14}$ Hz

$f_3 = 6,91 \cdot 10^{14}$ Hz

b) $0,103\mu\text{m}$; $0,097\mu\text{m}$;
 $1,88 \mu\text{m}$; $1,28 \mu\text{m}$.

9.8 Cho một chùm electron bắn phá các nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản để kích thích chúng.

a) Xác định vận tốc cực tiểu của các electron sao cho có thể làm xuất hiện tất cả các vạch của quang phổ phát xạ của hiđrô.

b) Muốn cho quang phổ hiđrô chỉ có 1 vạch thì năng lượng của electron phải nằm trong khoảng nào ?

ĐS : a) $2,1 \cdot 10^6$ m/s

b) $10,2\text{eV} \leq E \leq 12,1\text{eV}$.

9.9 Electron của nguyên tử H ở trạng thái cơ bản thu năng lượng $12,1\text{eV}$.

a) Electron này chuyển tới mức năng lượng nào ?

b) Nguyên tử H được kích thích như trên đây có thể phát ra các bức xạ có bước sóng bằng bao nhiêu ?

Cho : $R = 1,097 \cdot 10^{17} \text{m}^{-1}$ (hằng số Ritz)

ĐS : a) $n = 3$

b) 1025Å ; 1215Å ; 6560Å

9.10 Photon có năng lượng $16,5\text{eV}$ làm bật electron ra khỏi nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản.

Tính vận tốc cực đại của electron khi rời nguyên tử H.

Biết : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$; năng lượng ion hóa của hiđrô là $13,6\text{eV}$.

ĐS : $v_0 = 1,01 \cdot 10^6$ m/s

9.11

Một tế bào quang điện có catốt bằng natri (Na) được chiếu sáng bằng một đèn hiđrô. Giữa đèn và tế bào có một kính lọc chỉ để lọt một số bức xạ xác định. Hãy tính vận tốc đầu cực đại của các electron quang điện trong các trường hợp sau :

a) Kính lọc để lọt các bức xạ H_α ($\lambda_1 = 0,656\mu\text{m}$) và H_β ($\lambda_2 = 0,486 \mu\text{m}$).

b) Kính lọc để lọt các bức xạ H_β ($\lambda_2 = 0,486\mu\text{m}$) và H_γ ($\lambda_3 = 0,434 \mu\text{m}$).

Biết : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$;

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

Công thoát của electron đối với Na là $A = 2,48\text{eV}$

$$H.D : v_0 = \sqrt{\frac{2\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}{m_e}}$$

9.12* Nguyên tử heli khi bị mất một electron thì tương đương nguyên tử hiđrô, và mẫu nguyên tử Bo (Bohr) có thể áp dụng được cho nó.

Trên cơ sở đó hãy tính :

- Bán kính quỹ đạo dừng của electron còn lại ở trạng thái cơ bản.
- Năng lượng photon phát ra ứng với sự dịch chuyển của electron từ mức năng lượng $n = 2$ tới mức năng lượng $n = 1$.

ĐS : a) $r_0 = 26\text{pm}$
b) $40,8\text{ eV}$

VẬT LÝ HẠT NHÂN

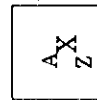
PHẦN HAI

Chương III

Kiến thức sơ bộ về hạt nhân nguyên tử

A - Tóm tắt giáo khoa

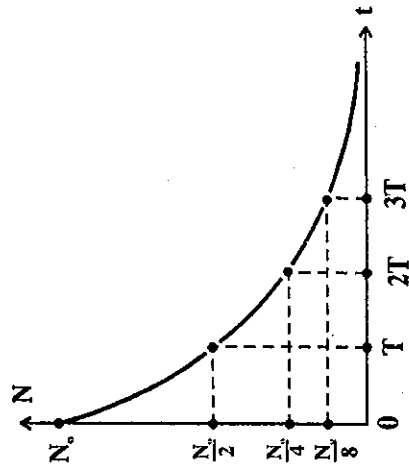
I. Cấu tạo của hạt nhân nguyên tử



Z : nguyên tử số (số proton trong hạt nhân)
 N : số neutron
 $A = Z + N$: số khối

II. Hiện tượng phóng xạ tự nhiên

1. Định luật phóng xạ



$$N = N_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$m = m_0 e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = m_0 e^{-\lambda t}$$

N_0, m_0 : số hạt nhân, khối lượng ban đầu

N, m : số hạt nhân, khối lượng ở thời điểm t

T : chu kỳ bán rã (thời gian để $\frac{1}{2}$ số hạt nhân bị phân rã).

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T} : \text{hằng số phóng xạ}$$

2. Độ phóng xạ :

$$H = -\frac{dN}{dt} = \lambda N(t) = H_0 e^{-\lambda t} \quad (H_0 = \lambda N_0)$$

H : độ phóng xạ ở thời điểm t

H_0 : độ phóng xạ ban đầu

Đơn vị : 1Bq = 1 phân rã/s ; 1Ci = 3,7.10¹⁰Bq

II. PHÂN ỨNG HẠT NHÂN

1. Độ hụt khối của hạt nhân

$$\Delta m = m_0 - m = Zm_p + Nm_n - m$$

m_0 : tổng khối lượng các nucleon

m : khối lượng hạt nhân

m_p : khối lượng proton

m_n : khối lượng neutron

2. Hệ thức Anhxtanh

$$E = mc^2$$

m : khối lượng của vật

c : vận tốc ánh sáng trong chân không

E : năng lượng nghỉ của vật

Các hệ quả :

* Đơn vị khối lượng nguyên tử :

$$1u = \frac{1}{12} m_c = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{kg} \approx 931 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

* Năng lượng liên kết hạt nhân :

$$\Delta E = (m_0 - m) \cdot c^2$$

3. Các định luật bảo toàn



* Bảo toàn số khối :

$$A_3 + A_4 = A_1 + A_2$$

* Bảo toàn điện tích (nguyên tử số) :

$$Z_3 + Z_4 = Z_1 + Z_2$$

* Bảo toàn động lượng :

$$\sum m_i \vec{v}_i = \text{const}$$

* Bảo toàn năng lượng :

$$\sum E_i = \text{const}$$

B - HUỐNG DẪN GIẢI TOÁN

Bài toán 10

Hiện tượng phóng xạ tự nhiên.

- Số hạt nhân còn lại :
- Số hạt nhân bị phân rã :
- Cân bằng phóng xạ của hai chất phóng xạ :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$|\Delta N| = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

$$H_1 = H_2 \Leftrightarrow \lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2$$

$$\frac{N_0}{N} = e^{\lambda t}$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{N_0}{N}\right)$$

- Tính khối lượng

$$m = \frac{N}{N_A} \cdot M$$

N_A : số Avôgadro

M : khối lượng mol

□ BÀI TẬP THÍ DỤ

10.1

Xác định hằng số phóng xạ của ^{55}Co biết rằng số nguyên tử của đồng vị ấy cứ mỗi giờ giảm đi 3,8%.

GIẢI

Áp dụng định luật phóng xạ :

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Sau thời gian $t = 1$ giờ, số nguyên tử bị mất đi là :

$$N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Theo giả thiết, ta có :

$$\frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - e^{-\lambda t} = 0,038$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} = 0,962$$

$$\Rightarrow -\lambda t = \ln(0,962) \approx -0,04$$

Hằng số phóng xạ của ^{55}Co là :

$$\lambda = 0,04(\text{h}^{-1})$$

10.2

Urani ($^{238}_{92}\text{U}$) có chu kỳ bán rã là $4,5 \cdot 10^9$ năm. Khi phóng xạ α , urani biến thành thori ($^{234}_{90}\text{Th}$). Hỏi có bao nhiêu gam thori được tạo thành trong 23,8g urani sau $9 \cdot 10^9$ năm ?

GIẢI

Ta nhận thấy thời gian $t = 9 \cdot 10^9$ năm bằng hai lần chu kỳ bán rã của urani. Sau thời gian ấy, số nguyên tử urani còn lại

$$\text{bằng } \frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{4}$$

Vậy số nguyên tử urani bị phân rã, đồng thời cũng là số nguyên tử thời được sinh ra là :

$$\Delta N = N_0 - \frac{N_0}{4} = \frac{3}{4} N_0 = 0,75 \cdot N_0$$

23,8g urani, chính là 0,1 mol U, có số nguyên tử là :

$$N_0 = 0,1 \cdot N_A \Rightarrow \Delta N = 0,075 \cdot N_A$$

Số mol thời được tạo thành sau $9 \cdot 10^9$ năm là 0,075 mol ứng với khối lượng :

$$m = 234 \cdot 0,075 = 17,53 \text{ (g)}$$

10.3

Ban đầu có 2,00g radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ là chất phóng xạ với chu kỳ bán rã $T = 3,8$ ngày. Hãy tính :

- Số nguyên tử ban đầu;
- Số nguyên tử còn lại sau thời gian $t = 1,5T$;
- Độ phóng xạ của lượng ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ nói trên sau thời gian $t = 1,5T$ (đùng các đơn vị Bq và Ci).

GIẢI

a) Số nguyên tử ban đầu

Ta có :

$$\begin{aligned} N_0 &= \frac{m}{M} \cdot N_A \\ &= \frac{2,00}{222} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \\ &\approx 5,42 \cdot 10^{21} \text{ (nguyên tử)} \end{aligned}$$

b) Số nguyên tử còn lại

Áp dụng công thức của định luật phóng xạ, ta có :

$$\begin{aligned} N &= N_0 e^{-\frac{0,693}{T} t} = N_0 e^{-0,693 \cdot 1,5} \\ &= 5,42 \cdot 10^{21} \cdot e^{-0,693 \cdot 1,5} \\ &\approx 1,91 \cdot 10^{21} \text{ (nguyên tử)} \end{aligned}$$

c) Độ phóng xạ

Ta có :

$$\begin{aligned} H &= - \frac{dN}{dt} = - \frac{d}{dt} (N_0 e^{-\lambda t}) \\ &= \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N \\ &= \frac{0,693}{3,8 \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 1,91 \cdot 10^{21} \\ &\approx 4,05 \cdot 10^{15} \text{ (Bq)} \end{aligned}$$

Biết rằng $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}$ Bq, ta cũng có :

$$\begin{aligned} H &= \frac{4,05 \cdot 10^{15}}{3,7 \cdot 10^{10}} \\ &\approx 1,10 \cdot 10^5 \text{ (Ci)} \end{aligned}$$

10.4

- ${}^{60}_{27}\text{Co}$ là đồng vị phóng xạ phát ra tia β^- và tia γ với chu kỳ bán rã $T_1 = 71,3$ ngày.
 - Viết phương trình phân ứng.
 - Tính tỉ lệ phân rã (%) của ${}^{60}_{27}\text{Co}$ trong 30 ngày.

b) Có bao nhiêu hạt β^- được giải phóng trong 1 giờ từ 1 μg đồng vị phóng xạ $^{24}_{11}\text{Na}$, biết rằng chu kỳ bán rã của $^{24}_{11}\text{Na}$ là $T_2 = 15$ giờ?

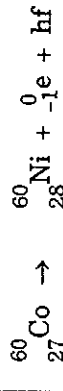
GIẢI

a) Phương trình - Tỷ lệ phân rã

- Sản phẩm của phân ứng phân rã là :



Vậy phương trình của phản ứng phân rã là :



- Theo định luật phóng xạ ta có :

$$m = m_0 e^{-\lambda t}$$

Tỷ lệ khối lượng còn lại sau thời gian t là :

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\lambda t}$$

Ta có :

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = \frac{0,693}{71,3} \approx 9,72 \cdot 10^{-3} / \text{ngày}$$

Với $t = 30$ ngày, ta có :

$$\frac{m}{m_0} = e^{-9,72 \cdot 10^{-3} \cdot 30} \approx 74,7\%$$

Do đó tỷ lệ phân rã là :

$$\frac{|\Delta m|}{m_0} \approx (100 - 74,7)\% \approx 25,3\%$$

b) Số hạt β^- được giải phóng trong 1 giờ Ta có hằng số phóng xạ của $^{24}_{11}\text{Na}$ là :

$$\lambda' = \frac{0,693}{T_2} = \frac{0,693}{15} \approx 0,0462 / \text{giờ}$$

Tương tự câu trên, tỷ lệ khối lượng chất phóng xạ còn lại sau thời gian $t = 1$ giờ là :

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\lambda' t} = e^{-0,0462 \cdot 1} \approx 95,48\%$$

Suy ra tỷ lệ phân rã sau 1 giờ :

$$\frac{|\Delta m|}{m_0} \approx (100 - 95,48)\%$$

$$\approx 4,52\%$$

Với $m_0 = 1 \mu\text{g}$ số nguyên tử $^{24}_{11}\text{Na}$ ban đầu là :

$$N_0 = \frac{m_0}{M} \cdot N_A$$

$$= \frac{10^{-6}}{24} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \approx 2,51 \cdot 10^{16} \text{ (nguyên tử)}$$

Mỗi nguyên tử $^{24}_{11}\text{Na}$ bị phân rã giải phóng 1 hạt β^- . Do đó số hạt β^- được giải phóng trong 1 giờ là :

$$|\Delta N| = 4,52\% N_0 \approx 1,134 \cdot 10^{15} \text{ (hạt)}$$

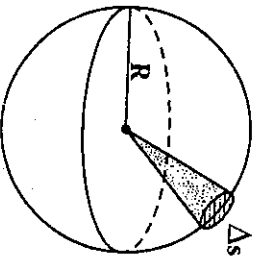
Tại tâm của một bình cầu rỗng bằng thủy tinh, bán kính mặt trong 8,0cm, đã rút hết không khí, có đặt $^{226}_{88}\text{Ra}$ (có chu kì bán rã khá lớn : $T = 1590$ năm).

Mặt trong bình cầu được tráng một lớp mỏng kẽm sunfua. Radi phát các hạt α đều theo mọi phương, tạo ra các chớp sáng mỗi khi hạt α đập vào lớp kẽm sunfua. Thí nghiệm cho thấy (qua kính hiển vi) trong 100 giây đếm được 19 chớp sáng trên diện tích $\Delta s = 0,01\text{mm}^2$.

- a) Tính số hạt α mà $^{226}_{88}\text{Ra}$ phát ra trong 1 phút. Coi thời gian này là rất nhỏ so với chu kì bán rã.
- b) Hứng một nửa số hạt α tính được ở câu a vào một bán của tụ điện có điện dung $C = 10\mu\text{F}$, bán kia nối với đất. Sau 1 phút, hiệu điện thế giữa hai bản tụ là 147V (hiệu điện thế lúc đầu là 0). Hãy tính điện tích của một hạt α .
- c) Lượng khí He tạo ra bởi $^{226}_{88}\text{Ra}$ trong một năm là $0,172\text{mm}^3$ trong điều kiện tiêu chuẩn. Coi thời gian 1 năm vẫn rất nhỏ so với chu kì bán rã của $^{226}_{88}\text{Ra}$. Tính khối lượng của một hạt α và số Avôgadrô N_A .

GIẢI

a) Số hạt α phát ra trong 1 phút bởi $^{226}_{88}\text{Ra}$.



- Độ phóng xạ của một chất phóng xạ ở thời điểm t được tính bởi :

$$H = - \frac{dN}{dt} = \lambda N(t).$$

Nếu xét những khoảng thời gian Δt rất nhỏ so với chu kì bán

rã (để H có thể coi là không đổi trong khoảng thời gian đó) thì số phân rã trong khoảng thời gian Δt có thể tính bởi :

$$\Delta N = H \cdot \Delta t = \lambda N(t) \cdot \Delta t$$

Vậy, số hạt phân rã tỉ lệ với thời gian và khối lượng chất phóng xạ.

- Theo đề, trong $\Delta t_1 = 100\text{s}$, số hạt α xuất hiện (tức số phân rã) trên bề mặt $\Delta s = 0,01\text{mm}^2$ với $\Delta m_1 = 0,01\text{mg Ra}$ là $|\Delta N_1| = 19$. Ta suy ra trong $\Delta t_2 = 60\text{s}$ số phân rã xuất hiện trên toàn thể diện tích mặt cầu (tức khắp mọi hướng) với $\Delta m_2 = 1\text{mg } ^{226}_{88}\text{Ra}$ là :

$$\begin{aligned} |\Delta N_2| &= \frac{|\Delta N_1|}{\Delta m_1 \cdot \Delta s \cdot \Delta t_1} \cdot 4\pi R^2 \cdot \Delta t_2 \cdot \Delta m_2 \\ &= \frac{19}{10^{-8} \cdot 10^2 \cdot 10^{-2}} \cdot 4.3,14.8,0^2 \cdot 10^{-4} \cdot 60 \cdot 1 \\ &\approx \boxed{9,16 \cdot 10^9 \text{ (hạt } \alpha \text{)}} \end{aligned}$$

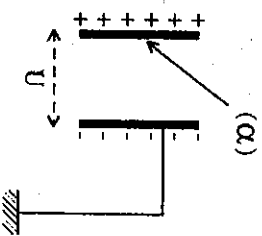
b) Điện tích của hạt α

Các hạt α bám vào một bản tụ, tích điện dương cho bản này. Bản kia tích điện âm do các electron từ đất truyền tới. Giữa hai bản xuất hiện hiệu điện thế U.

Đặt q_α là điện tích của 1 hạt α .

Sau 1 phút, theo đề ta có điện tích của tụ là :

$$Q = \frac{|\Delta N_2|}{2} q_\alpha$$



Nhưng ta cũng có thể viết :

$$Q = CU$$

Do đó :

$$q_{\alpha} = \frac{2CU}{|\Delta N_2|}$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-11} \cdot 147}{9,16 \cdot 10^9}$$

$$\approx \boxed{3,21 \cdot 10^{-19} \text{ (C)} = 2e}$$

c) Số Avôgadrô. Khối lượng của hạt α .

- Theo đề, số hạt α phóng ra bởi 1mg ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ trong 1 năm

là :

$$N_{\alpha} = |\Delta N_2| \cdot t \quad (t = 1 \text{ năm, tính ra phút)}$$

$$= 9,16 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60$$

$$\approx 4,81 \cdot 10^{15} \text{ (hạt } \alpha)$$

Mỗi hạt α được phóng ra từ sự phân rã của Ra biến thành 1 nguyên tử He.

Khí He có khối lượng mol là 4g chiếm thể tích $V_0 = 22,4$ lít ở điều kiện tiêu chuẩn.

Suy ra số hạt α ứng với $0,172\text{mm}^3$ He ở điều kiện tiêu chuẩn

là :

$$N_{\alpha} = \frac{0,172 \cdot 10^{-9}}{22,4 \cdot 10^{-3}} \cdot N_A = \frac{0,172}{22,4} \cdot 10^{-6} N_A$$

Do đó ta có :

$$N_A = \frac{22,4 \cdot 10^6}{0,172} \cdot N_{\alpha}$$

$$= \frac{22,4 \cdot 10^6 \cdot 4,81 \cdot 10^{15}}{0,172}$$

$$\approx \boxed{6,26 \cdot 10^{23}}$$

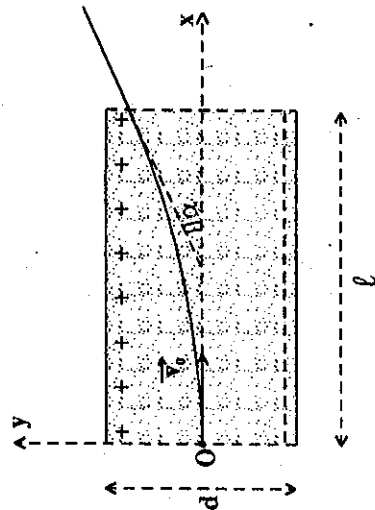
- Suy ra khối lượng của 1 hạt α :

$$m_{\alpha} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{6,26 \cdot 10^{23}}$$

$$\approx \boxed{6,38 \cdot 10^{-27} \text{ (kg)}}$$

10.6

Để đo chu kì bán rã của một chất phóng xạ β^- người ta dùng "máy đếm xung". Khi một hạt β^- đập vào máy, trong máy xuất hiện một xung điện ; hệ đếm của máy tăng số đếm thêm một đơn vị. Ban đầu, trong 1 phút máy đếm được 360 xung. Nhưng 2 giờ sau phép đo lần thứ nhất, trong 1 phút máy đếm được 90 xung (trong cùng điều kiện đo).



a) Xác định chu kì bán rã của chất phóng xạ.

b) Các hạt β^- phóng ra được đặt trong một điện trường đều của một tụ điện. Giả sử các hạt β^- đều có cùng vận tốc đầu \vec{v}_0 và được bố trí sao cho phương của \vec{v}_0 vuông góc với phương của điện trường.

- Lập phương trình quỹ đạo của các hạt β^- trong điện trường.

- Khi ra khỏi điện trường, hạt β^- bị lệch so với phương ban đầu góc α . Tính vận tốc đầu v_0 theo α .

Áp dụng số : $\alpha = 10^\circ$

$U = 100V$ (hiệu điện thế của tụ)

$d = 10cm$ (bề rộng của tụ)

$l = 0,2m$ (chiều dài của tụ)

(Cho : $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} C \cdot kg^{-1}$)

GIAI

a) Chu kỳ bán rã

Tổng quát, có thể xem số xung đếm được Δn tỉ lệ thuận với số hạt nhân phân rã $|\Delta N|$ trong thời gian đo $\Delta t = 1$ phút

$$\Delta n = k |\Delta N| \quad (k : \text{hệ số tỉ lệ})$$

Ở thời điểm ban đầu, số hạt nhân là N_1 . Sau thời gian Δt , số hạt nhân còn lại là $N_2 e^{-\lambda \Delta t}$. Số hạt nhân phân rã là :

$$|\Delta N_1| = N_1(1 - e^{-\lambda \Delta t})$$

Do đó số xung đếm được là :

$$\Delta n_1 = k N_1(1 - e^{-\lambda \Delta t})$$

Tương tự, sau $t = 2$ giờ, số hạt nhân còn lại là N_2 . Lí luận như trên ta có số xung đếm được là :

$$\Delta n_2 = k N_2(1 - e^{-\lambda \Delta t})$$

Suy ra :

$$\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$N_2 = N_1 e^{-\lambda t}$$

Nhưng :

$$\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} = \frac{1}{e^{-\lambda t}} = e^{\lambda t}$$

Vậy :

$$\Rightarrow \lambda t = \ln \left(\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} \right)$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} \right)$$

Ta suy ra :

$$T = \frac{0,693t}{\ln \left(\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} \right)} = \frac{0,693 \cdot 2}{\ln 4}$$

$$= \boxed{1(h)}$$

b) Quỹ đạo - Vận tốc đầu

- Khi chuyển động vào bên trong điện trường theo các điều kiện của đề, hạt β^- :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{chịu tác dụng của lực điện trường} \\ \vec{F} = -e\vec{E} \text{ (bỏ qua trọng lực).} \\ \text{có vận tốc đầu } \vec{v}_0. \end{array} \right.$$

Đây là phương trình của một nhánh parabol ($x > 0$) có đỉnh O, bề lõm hướng theo trục y.

- Phương của vận tốc hạt β^- lúc ra khỏi điện trường hợp với phương của vận tốc đầu \vec{v}_0 góc α xác định bởi :

$$\operatorname{tg} \alpha = y' = \frac{dy}{dx} ; x = l$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{eUl}{mdv_0^2}$$

Do đó ta suy ra :

$$v_0 = \sqrt{\frac{eUl}{md \cdot \operatorname{tg} \alpha}}$$

- Áp dụng số :

Theo đề :

$$\begin{cases} U = 100V \\ d = 10\text{cm} = 0,10\text{m} \\ l = 0,2\text{m} \\ \frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Ckg}^{-1} \end{cases}$$

Ta tính được :

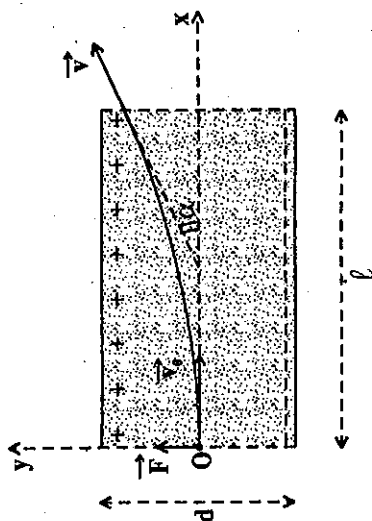
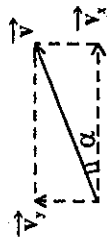
$$v_0 \approx 1,41 \cdot 10^7 \text{ m/s} ; \quad y = 0,44x^2$$

Chú ý : Có thể xác định α như sau :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

Theo trên :

$$v_x = v_0 ; \quad v_y = \frac{eU}{md} \cdot t$$



Gia tốc của chuyển động là :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = -\frac{eE}{m}$$

Ta nghiên cứu chuyển động của hạt β^- trong hệ trục tọa độ Oxy.

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{md} \end{cases} ; \quad \vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$$

Suy ra các phương trình chuyển động :

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

Khử t ta được :

$$y = \frac{eU}{2mdv_0^2} \cdot x^2$$

Với $t = \frac{L}{v_0}$ ta suy ra :

$$\frac{eUL}{m\Delta v_0} = \frac{eUL}{m\Delta v_0^2}$$

10.7 Chu kì bán rã của ^{238}U là $T_1 = 4,5 \cdot 10^9$ năm.

a) Tính số nguyên tử bị phân rã trong 1 năm từ $1\text{g } ^{238}\text{U}$.

b) Hiện nay trong quặng urani thiên nhiên có cả ^{238}U và ^{235}U theo tỉ lệ số nguyên tử 140 : 1.

Giải sử ở thời điểm hình thành Trái Đất, tỉ lệ trên là 1 : 1, hãy tính tuổi của Trái Đất. Biết chu kì bán rã của ^{235}U là $T_2 = 7,13 \cdot 10^8$ năm.

Chú thích : * Với $x \ll 1$ ta có $e^{-x} \approx 1 - x$
* $\ln x = 2,3 \log x$

GIẢI

a) Số nguyên tử bị phân rã trong 1 năm.

Theo định luật phóng xạ, với khối lượng ban đầu là $1\text{g } ^{238}\text{U}$ thì sau thời gian t , số nguyên tử còn lại là :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{0,693}{T} \cdot t}$$

Với $t = 1$ năm ta có :

$$\lambda t = \frac{0,693}{4,5 \cdot 10^9} \cdot 1 \approx 1,54 \cdot 10^{-10} \ll 1$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

Do đó :

$$N \approx N_0(1 - \lambda t)$$

Vậy số nguyên tử bị phân rã trong 1 năm là :

$$\begin{aligned} | \Delta N | &= N_0 - N \approx N_0 \lambda t \\ &\approx \frac{1}{238} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 1,54 \cdot 10^{-10} \\ &\approx 3,9 \cdot 10^{11} \text{ (nguyên tử)} \end{aligned}$$

b) Tuổi của Trái Đất

Đặt $\begin{cases} N_{01} ; N_1 : \text{số nguyên tử ban đầu và hiện tại của } ^{238}\text{U} \\ N_{02} ; N_2 : \text{số nguyên tử ban đầu và hiện tại của } ^{235}\text{U} \end{cases}$

Theo đề : $N_{01} = N_{02} = N_0$

Ta có :

$$N_1 = N_{01} e^{-\lambda_1 t} ; \quad N_2 = N_{02} e^{-\lambda_2 t}$$

Do đó :

$$\frac{N_1}{N_2} = e^{-(\lambda_1 - \lambda_2)t} \Rightarrow (\lambda_2 - \lambda_1)t = \ln 140$$

Suy ra :

$$\begin{aligned} t &= \frac{\ln 140}{\lambda_2 - \lambda_1} \\ \lambda_2 &= \frac{0,693}{7,13 \cdot 10^8} \approx 9,72 \cdot 10^{-10} / \text{năm} ; \\ \lambda_1 &= \frac{0,693}{4,5 \cdot 10^9} \approx 1,54 \cdot 10^{-10} / \text{năm} \end{aligned}$$

Vậy :

$$t = \frac{4,94}{(9,72 - 1,54)} \cdot 10^{10}$$

$$\approx 6,04 \cdot 10^9 \text{ (năm)}$$

10.8

Ban đầu, một mẫu pôlôni ${}^{210}_{84}\text{Po}$ nguyên chất có khối lượng $m = 1,00\text{g}$. Các hạt nhân pôlôni phóng xạ phát ra hạt α và biến thành hạt nhân bên ${}^A_Z\text{X}$.

a) Xác định hạt nhân ${}^A_Z\text{X}$ và viết phương trình phản ứng.

b) Xác định chu kỳ bán rã của pôlôni phóng xạ, biết rằng trong 1 năm (365 ngày) nó tạo ra thể tích $V = 89,5\text{cm}^3$ khí heli ở điều kiện tiêu chuẩn.

c) Tìm tuổi của mẫu chất trên, biết rằng tại thời điểm khảo sát, tỉ số giữa khối lượng ${}^A_Z\text{X}$ và khối lượng pôlôni có trong mẫu chất là 0,4.

Tính các khối lượng đó.

Cho : $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}/\text{mol}$ (số Avôgadrô)

GIẢI

a) Xác định hạt nhân ${}^A_Z\text{X}$ - Phương trình phản ứng

Ta có :

$$\alpha = {}^4_2\text{He}$$

Áp dụng định luật bảo toàn số Z và số A ta có :

$$A = 210 - 4 = 206$$

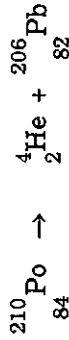
$$Z = 84 - 2 = 82$$

154

Vậy :

$${}^A_Z\text{X} = \begin{matrix} 206 \\ 82 \end{matrix} \text{Pb}$$

Suy ra phương trình phản ứng :



b) Chu kỳ bán rã của ${}^{210}_{84}\text{Po}$

Mỗi hạt α từ phản ứng phân rã cho 1 nguyên tử He. Do đó số hạt α do phân rã sau $t = 1$ năm có thể tính bởi :

$$\Delta n_\alpha = \frac{V}{V_0} \cdot N_A \quad \left\{ \begin{array}{l} N_A : \text{số Avôgadrô} \\ V_0 : \text{thể tích mol ở điều kiện} \\ \text{tiêu chuẩn.} \end{array} \right.$$

Mặt khác, áp dụng định luật phóng xạ ta cũng có biểu thức của số hạt nhân phân rã trong thời gian $t = 1$ năm :

$$|\Delta N| = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Do đó ta có :

$$N_0(1 - e^{-\lambda t}) = \frac{V}{V_0} \cdot N_A$$

$$\Rightarrow 1 - e^{-\lambda t} = \frac{V}{V_0} \cdot \frac{N_A}{N_0} = \frac{V}{V_0} \cdot m$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} = 1 - \frac{AV}{mV_0} = \frac{mV_0 - AV}{mV_0}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{t} \ln \left[\frac{mV_0}{mV_0 - AV} \right] = \frac{0,693}{T}$$

Vậy :

155

$$T = \frac{0,693t}{\ln \left[\frac{mV_0}{mV_0 - \Delta V} \right]}$$

$$= \frac{0,693 \cdot 1}{\ln \left[\frac{1,00 \cdot 22,4 \cdot 10^3}{1,00 \cdot 22,4 \cdot 10^3 - 210 \cdot 89,5} \right]} = \frac{0,693}{\ln 6,21}$$

$$\approx \boxed{0,379 \text{ (năm)}} = 138 \text{ (ngày)}$$

c) Tuổi mẫu chất - Các khối lượng

- Số nguyên tử Pb tạo ra bằng số hạt nhân ^{210}Po bị phân

rã :

$$N_{\text{Pb}} = |\Delta N| = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Số nguyên tử ^{210}Po còn lại :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Suy ra các khối lượng tương ứng :

$$m_{\text{Pb}} = \frac{A_{\text{Pb}}}{N_A} \cdot |\Delta N|; \quad m_{\text{Po}} = \frac{A_{\text{Po}}}{N_A} \cdot N$$

Do đó ta có :

$$\frac{m_{\text{Pb}}}{m_{\text{Po}}} = \frac{A_{\text{Pb}}}{A_{\text{Po}}} \cdot \frac{|\Delta N|}{N}$$

$$= \frac{206}{210} \cdot \frac{(1 - e^{-\lambda t})}{e^{-\lambda t}}$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} = \frac{206}{290} \quad \Rightarrow e^{\lambda t} = \frac{290}{206} \approx 1,41$$

$$\Rightarrow \lambda t = \frac{0,693}{T} \cdot t = \ln 1,41$$

Vậy :

$$t = \frac{\ln 1,41 \cdot T}{0,693}$$

$$\approx \boxed{68,4 \text{ (ngày)}}$$

- Theo kết quả trên ta suy ra :

$$m_{\text{Po}} = \frac{A_{\text{Po}}}{N_A} \cdot N = \frac{A_{\text{Po}}}{N_A} \cdot N_0 e^{-\lambda t} = m_0 e^{-\lambda t}$$

$$= 1,00 \cdot \frac{206}{290} \approx \boxed{0,71 \text{ (g)}}$$

$$m_{\text{Pb}} = 0,4 \cdot m_{\text{Po}}$$

$$= 0,4 \cdot 0,71 \approx \boxed{0,28 \text{ (g)}}$$

10.9

Một mảnh gỗ cổ có độ phóng xạ của ^{14}C là 3 phân rã/phút.
 Một lượng gỗ mới tương đương cho thấy tốc độ đếm xung là 14 xung/phút.

Biết rằng chu kỳ bán rã của ^{14}C là 5568 năm, hãy tính tuổi của mảnh gỗ cổ.

GIẢI

Độ phóng xạ của mảnh gỗ cho bởi :

$$H_t = H_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Độ phóng xạ lúc ban đầu của ^{14}C chứa trong mảnh gỗ cổ coi như bằng độ phóng xạ của mảnh gỗ mới cùng loại :

$$H_0 = 14 \text{ /phút}$$

Ta có :
$$\frac{H_t}{H_0} = e^{-\lambda t} = \frac{3}{14}$$

$$\Rightarrow -\lambda t = \ln\left(\frac{3}{14}\right) = -1,54$$

Tuổi của mảnh gỗ cổ là :

$$t = \frac{1,54}{\lambda} = \frac{1,54}{0,693} = \frac{1,54 \cdot T}{0,693}$$

$$t \approx 12400(\text{năm})$$

10.10

Trong tầng cao của bầu khí quyển, khi một nơtron trong tia vũ trụ gặp một hạt nhân $^{14}_7\text{N}$ thì gây ra phản ứng tạo $^{14}_6\text{C}$, một đồng vị phóng xạ của cacbon $^{14}_6\text{C}$.

- a) Xác định hạt sinh ra cùng với $^{14}_6\text{C}$ và viết phương trình phản ứng.
- b) Hạt nhân $^{14}_6\text{C}$ bị phân rã và phóng tia phóng xạ β^- . Viết phương trình của phản ứng phân rã.
- c) Cây cối hấp thụ khí CO_2 từ khí quyển. Khí này gồm cả $^{12}_6\text{C}$ và $^{14}_6\text{C}$. Khi cây sống, tỉ lệ hai đồng vị này như nhau trong cây và trong khí quyển. Khi cây chết, $^{14}_6\text{C}$ có trong cây bị phân rã. Chu kì bán rã của $^{14}_6\text{C}$ là 5570 năm.

- Hỏi bao lâu sau khi cây chết thì số $^{14}_6\text{C}$ mà nó có lúc vừa mới chết giảm đi chỉ còn một nửa ?

- So sánh sự phóng xạ β^- của một mẫu gỗ cổ với một mẫu gỗ tương tự còn sống, cả hai cùng chứa một lượng $^{12}_6\text{C}$. Máy đếm hạt β^- cho thấy số hạt β^- phát ra

từ mẫu gỗ cổ ít hơn 4 lần so với mẫu gỗ còn đang sống. Xác định tuổi của mẫu gỗ cổ.

GIẢI

a) Xác định hạt sản phẩm - Phương trình phản ứng

Hạt sinh ra cùng $^{14}_6\text{C}$ có cấu tạo :



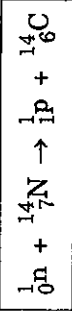
Áp dụng định luật bảo toàn số A và số Z ta có :

$$A = (1 + 14) - 14 = 1$$

$$Z = 7 - 6 = 1$$

Vậy :
$$^A_Z\text{X} = ^1_1\text{H} = \boxed{^1_1\text{p}}$$

Phương trình phản ứng là :

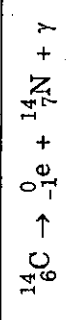


b) Phương trình của phản ứng phân rã

Ta có :

$$\beta^- = ^0_{-1}\text{e}$$

Suy ra phương trình của phản ứng phân rã :



c) Thời gian để số nguyên tử $^{14}_6\text{C}$ còn phân nửa - Tuổi của mẫu gỗ cổ

- Theo định nghĩa của chu kì bán rã, ta suy ra thời gian để số nguyên tử phóng xạ $^{14}_6\text{C}$ còn lại phân nửa chính là chu kì bán rã của nó.

$$t = T = \boxed{5570 \text{ (năm)}}$$

- Theo đề, hai mẫu gỗ có cùng lượng $^{12}_6\text{C}$ nên chúng có lượng $^{14}_6\text{C}$ như nhau N_0 lúc ban đầu. Đặt t là tuổi mẫu gỗ cổ, thì số nguyên tử $^{14}_6\text{C}$ còn lại trong mẫu gỗ này hiện tại là :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Cùng theo đề, có thể coi là độ phóng xạ H của mẫu gỗ cổ giảm 4 lần so với độ phóng xạ H_0 của mẫu gỗ tươi.

$$\frac{H}{H_0} = \frac{1}{4}$$

Nhưng :

$$H_0 = \lambda N_0$$

$$H = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

Do đó ta có :

$$e^{-\lambda t} = \frac{1}{4} \Rightarrow e^{\lambda t} = 4$$

$$\Rightarrow \lambda t = \frac{\ln 2}{T} \cdot t = 2 \ln 2$$

Vậy :

$$t = 2T = \boxed{11140 \text{ (năm)}}$$

□ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

10.11 Chất pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ có chu kỳ bán rã là 140 ngày đêm.

a) Sau 280 ngày đêm có bao nhiêu nguyên tử pôlôni trong 2,1mg bị phân rã ?

b) Độ phóng xạ của lượng pôlôni còn lại là bao nhiêu curie ?

$$ĐS : a) 4,5 \cdot 10^{18} ;$$

$$b) 2,3 \text{ Ci}$$

10.12 a) Xác định hằng số phóng xạ của ^{55}Co biết rằng số nguyên tử của đồng vị ấy cứ mỗi giờ giảm đi 3,8%.

b) Tính chu kỳ bán rã của thôri, biết rằng sau 100 ngày độ phóng xạ của nó giảm đi 1,07 lần.

$$ĐS : a) \lambda = 0,04\text{h}^{-1}$$

$$b) T = 1023 \text{ ngày}$$

10.13 a) Đồng vị strônti ^{90}Sr có tính phóng xạ β^- với chu kỳ bán rã 20 năm.

Hỏi sau những thời gian lần lượt 10 năm, 50 năm và 100 năm thì lượng Sr còn lại là bao nhiêu (so với giá trị ban đầu) ?

b) Urani ($^{238}_{92}\text{U}$) có chu kỳ bán rã là $4,5 \cdot 10^9$ năm. Khi phóng xạ α , urani biến thành thôri ($^{234}_{90}\text{Th}$). Hỏi có bao nhiêu gam thôri được tạo thành trong 23,8g urani sau $9 \cdot 10^9$ năm ?

$$ĐS : a) 0,707 ; 0,18 ; 0,031$$

$$b) 17,53\text{g}$$

10.14 Một hạt bụi $^{226}_{88}\text{Ra}$ có khối lượng $1,8 \cdot 10^{-8}$ g nằm cách màn huỳnh quang 1cm. Màn có điện tích $0,03\text{cm}^2$. Hỏi sau 1 phút có bao nhiêu chấm sáng trên màn ?

Cho biết chu kỳ bán rã của Ra là $T = 1590$ năm.

$$ĐS : 100$$

10.15 Để đo chu kỳ bán rã của một chất phóng xạ, người ta dùng máy đếm xung.

Ban đầu trong 1 phút có 250 xung nhưng 1 giờ sau khi đo lần thứ nhất chỉ còn đếm được 92 xung trong 1 phút.

Tính chu kỳ bán rã của chất phóng xạ

ĐS : 41 phút 30 giây

10.16 Lúc đầu, một nguồn phóng xạ Co có 10^{14} hạt nhân phân rã mỗi ngày.

Tính số hạt nhân Co của nguồn đó phân rã trong 2 ngày vào thời gian 8 năm sau. Biết chu kỳ bán rã của Co là $T = 4$ năm.

ĐS : 5.10^{13} hạt nhân.

10.17 ^{234}U là sản phẩm phân rã của ^{238}U và chiếm tỉ lệ 0,006% trong quặng urani thiên nhiên khi cân bằng phóng xạ được thiết lập.

Hãy xác định chu kỳ bán rã của ^{234}U , biết rằng chu kỳ bán rã của ^{238}U là $4,5.10^9$ năm.

ĐS : $2,7.10^5$ năm.

10.18 Trong các mẫu quặng urani, người ta thấy có lẫn chì ^{206}Pb cùng với ^{238}U . Chu kỳ bán rã của ^{238}U là $4,5.10^{10}$ năm. Hãy tính tuổi của quặng trong các trường hợp :

a) Tỉ lệ nguyên tử tìm thấy là cứ 10 nguyên tử U thì có 2 nguyên tử Pb.

b) Tỉ lệ khối lượng tìm thấy là cứ 1g Pb thì có 5g U.

ĐS : a) $1,18.10^9$ năm
b) $1,23.10^9$ năm.

10.19 Phân tích một mẫu đá lấy từ Mặt Trăng, các nhà khoa học xác định được 82% nguyên tố ^{40}K của nó đã phân rã thành ^{40}Ar . Quá trình này có chu kỳ bán rã $1,2.10^9$ năm.

Hãy định tuổi của mẫu đá này.

ĐS : $3,0.10^9$ năm.

10.20 Trong các vụ thử hạt nhân người ta thấy có các đồng vị phóng xạ ^{131}I lan ra trong khí quyển (đồng vị này có thể gây ung thư tuyến giáp trạng). Mưa sẽ làm có nhiễm đồng vị phóng xạ này và cuối cùng nó xuất hiện trong sữa bò. Giả sử sau một vụ thử hạt nhân, người ta đo được độ phóng xạ của ^{131}I trong sữa bò tại một nơi nào đó là 2900 Bq/lít.

Hỏi sau bao lâu thì sữa bò tại đó mới đạt mức an toàn cho phép là 185 Bq/lít. Biết chu kỳ bán rã của ^{131}I là 8,04 ngày.

ĐS : 32 ngày

10.21 Hai nhà bác học Pie Quyri và Mari Quyri (Pierre Curie và Marie Curie) được giải Nobel (Nobel) Vật lý năm 1903 vì đã tách riêng được 0,1g clorua ^{226}Ra (RaCl_2). Tính độ phóng xạ của mẫu chất này ra Bq và Ci. (Chu kỳ bán rã của ^{226}Ra là 1600 năm).

ĐS : 2,78 GBq = 75,2m Ci

10.22 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 : $7,04.10^8$ năm và $4,46.10^9$ năm. Hãy tính tỉ lệ của ^{235}U trong urani tự nhiên vào thời kỳ Trái Đất được tạo thành cách đây 4,5 tỉ năm.

ĐS : 23%.

10.23 Trong khí quyển có đồng vị phóng xạ ^{14}C với chu kỳ bán rã $T = 5568$ năm. Mọi thực vật sống trên Trái Đất hấp thụ cacbon từ khí quyển đều chứa một lượng ^{14}C cân bằng.

Trong một mẫu gỗ cổ, có ^{14}C với độ phóng xạ 112 phân rã / phút. Xác định tuổi của mẫu gỗ này. Cho biết độ phóng xạ của ^{14}C ở thực vật sống là 216 phân rã/phút.

ĐS : 5280 năm

10.24* Biết rằng hằng số phóng xạ của hạt nhân là λ . Hãy xác định :

a) Xác suất để hạt nhân phân rã sau khoảng thời gian từ 0 đến t .

b) Thời gian sống trung bình τ của hạt nhân.

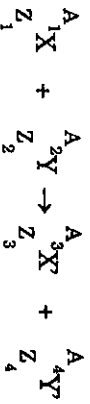
ĐS : a) $1 - e^{-\lambda t}$

b) $\frac{1}{\lambda}$

Bài toán 11

Phản ứng hạt nhân

Phản ứng có dạng :



- Xác định hạt nhân tham gia phản ứng :

Áp dụng định luật bảo toàn số A và số Z :

$$\begin{cases} A_3 + A_4 = A_1 + A_2 \\ Z_3 + Z_4 = Z_1 + Z_2 \end{cases}$$

- Xác định phản ứng tỏa năng lượng hay thu năng lượng.

• So sánh năng lượng nghỉ :

$$\begin{cases} (m_X + m_Y) > (m_X + m_Y) : \text{thu năng lượng} \\ (m_X + m_Y) < (m_X + m_Y) : \text{tỏa năng lượng} \end{cases}$$

• So sánh năng lượng liên kết :

$$\begin{cases} (\Delta m_3 + \Delta m_4) > (\Delta m_1 + \Delta m_2) : \text{tỏa năng lượng} \\ (\Delta m_3 + \Delta m_4) < (\Delta m_1 + \Delta m_2) : \text{thu năng lượng} \end{cases}$$

- Tính năng lượng của phản ứng hạt nhân :

• Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng.

• Sử dụng độ hụt khối của các hạt nhân.

• Kết hợp với định luật bảo toàn động lượng.

Chú ý :

$$\begin{cases} 1u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2} \\ 1\text{kg} = 9 \cdot 10^{16} \frac{\text{J}}{c^2} \approx 5,6 \cdot 10^{29} \frac{\text{MeV}}{c^2} \end{cases}$$

□ BÀI TẬP THÍ DỤ

11.1

a) Hãy cho biết thành phần cấu tạo của hạt nhân nguyên tử $^{210}_{84}\text{Po}$.

b) Nguyên tử trên đây có tính phóng xạ. Nó phóng ra một hạt α và biến đổi thành nguyên tố Pb. Xác định cấu tạo của hạt nhân Pb và viết phương trình của phản ứng.

c) Cho biết : $^{210}\text{Po} = 209,937303u$;

$^4\text{He} = 4,001506u$; $^{206}\text{Pb} = 205,929442u$

($u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

Tính năng lượng cực đại tỏa ra bởi phản ứng hạt nhân ở cấu b theo đơn vị J và MeV.

GIẢI

a) Thành phần cấu tạo của hạt nhân ${}^{210}_{84}\text{Po}$

Theo kí hiệu của hạt nhân ta có :

$$Z = 84 \Rightarrow \text{Số proton là : } \boxed{84}$$

$$A = 210 \Rightarrow \text{Số neutron là : } N = A - Z = 210 - 84 = \boxed{126}$$

b) Cấu tạo của hạt nhân Pb - Phương trình phân ứng.

- Ta có :

$$\alpha = {}^4_2\text{He}$$

Áp dụng các định luật bảo toàn, ta xác định được các số Z và A của Pb :

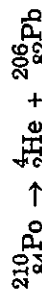
$$Z = 84 - 2 = 82$$

$$A = 210 - 4 = 206$$

Vậy ta có cấu tạo của hạt nhân Pb như sau :

$$\boxed{{}^{206}_{82}\text{Pb}}$$

- Phương trình của phản ứng :



c) Năng lượng cực đại tỏa ra bởi phản ứng

Ta có :

$$m_{\text{He}} + m_{\text{Pb}} = 209,930948u$$

$$m_{\text{Po}} = 209,937303u$$

$$\Rightarrow \Delta m = (m_{\text{He}} + m_{\text{Pb}}) - m_{\text{Po}} = -0,006355u < 0 \Rightarrow \Delta E < 0$$

Vậy phản ứng tỏa năng lượng.

Năng lượng cực đại tỏa ra bởi phản ứng là :

$$|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2$$

Theo hệ thức Anhxtanh, ta suy ra với $m = 1\text{kg}$ ta có :

$$E = 1 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \text{ (J)}$$

$$\Rightarrow 1\text{kg} = \frac{9 \cdot 10^{16}}{c^2} \text{ (J)}$$

Do đó theo kết quả trên :

$$|\Delta E| = 6,355 \cdot 10^{-3} \cdot 1,66055 \cdot 10^{-27} \cdot \frac{9 \cdot 10^{16}}{c^2} \cdot c^2$$

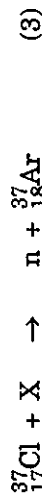
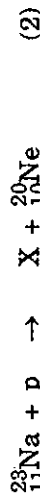
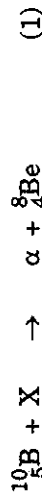
$$= \boxed{9,5 \cdot 10^{-13} \text{ (J)}}$$

hoặc :

$$|\Delta E| = \frac{9,5 \cdot 10^{-13}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6} \approx \boxed{5,936 \text{ (MeV)}}$$

11.2

1. Cho các phản ứng hạt nhân :



a) Viết đầy đủ các phản ứng đó; cho biết tên gọi, số khối và số thứ tự của các hạt nhân X.

b) Trong các phản ứng (2) và (3), phản ứng nào thuộc loại tỏa và phản ứng nào thuộc loại thu năng lượng ?

Tính độ lớn của năng lượng tỏa hoặc thu đó ra eV (electron-vôn).

Cho khối lượng các hạt nhân :

$${}^{23}_{11}\text{Na} = 22,983734 \text{ u} ; \quad {}^{37}_{17}\text{Cl} = 36,956563 \text{ u} ;$$

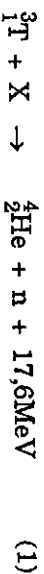
$${}^{37}_{18}\text{Ar} = 36,956889 \text{ u} ; \quad {}^1_1\text{H} = 1,007276 \text{ u} ;$$

$${}^4_2\text{He} = 4,001506 \text{ u} ; \quad {}^{20}_{10}\text{Ne} = 19,986950 \text{ u} ;$$

$${}_0^1\text{n} = 1,008670 \text{ u} ;$$

$$u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}/c^2.$$

2. Cho phản ứng hạt nhân :



a) Xác định hạt nhân X.

b) Tính năng lượng tỏa ra từ phản ứng trên khi tổng hợp được 1 gam heli.

Cho biết số Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ phân tử/mol.

GIẢI

1a) *Xác định hạt nhân - Phương trình các phản ứng*

Đặt ${}^A_Z\text{X}$ là kí hiệu của hạt nhân cần xác định.

Áp dụng các định luật bảo toàn số Z và số A ta có :

* Với phản ứng (1) :

$$\alpha = {}^4_2\text{He}$$

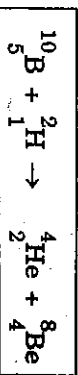
$$\text{Vậy : } Z + 5 = 2 + 4 \Rightarrow Z = 6 - 5 = 1$$

$$A + 10 = 4 + 8 \Rightarrow A = 12 - 10 = 2$$

Suy ra :

$${}^A_Z\text{X} = {}^2_1\text{H} \text{ (hay } {}^2_1\text{D)}$$

Phương trình của phản ứng là :



* Với phản ứng (2) :

$$p = {}^1_1\text{H}$$

Vậy :

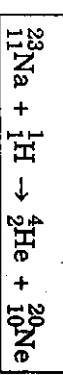
$$11 + 1 = Z + 10 \Rightarrow Z = 2$$

$$23 + 1 = A + 20 \Rightarrow A = 4$$

Suy ra :

$${}^A_Z\text{X} = {}^4_2\text{He} \text{ (hay } \alpha)$$

Phương trình của phản ứng là :



* Với phản ứng (3) :

$$n = {}^1_0\text{n}$$

Vậy :

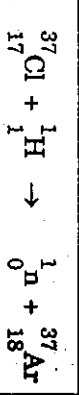
$$Z + 17 = 18 \Rightarrow Z = 1$$

$$A + 37 = 1 + 37 \Rightarrow A = 1$$

Suy ra :

$${}^A_Z\text{X} = {}^1_1\text{H} \text{ (hay p)}$$

Phương trình của phản ứng là :



1b) Phản ứng tỏa năng lượng hay thu năng lượng - Độ lớn của năng lượng tỏa ra hay thu vào.

* Với phản ứng (2) :

Ta có :

$$m_{\text{Na}} + m_{\text{H}} = 23,991010\text{u}$$

$$m_{\text{He}} + m_{\text{Ne}} = 23,988456\text{u}$$

$$\Rightarrow \Delta m = (m_{\text{He}} + m_{\text{Ne}}) - (m_{\text{Na}} + m_{\text{H}})$$

$$= -2,554 \cdot 10^{-3} \text{u} < 0 \Rightarrow \Delta E < 0$$

Phản ứng tỏa năng lượng.

Độ lớn của năng lượng tỏa ra là :

$$|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 = 2,554 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{931}{c^2} \cdot c^2 \approx 2,38 \text{ (MeV)}$$

* Với phản ứng (3) :

Ta có :

$$m_{\text{Cl}} + m_{\text{H}} = 37,963839\text{u}$$

$$m_{\text{Ar}} + m_{\text{p}} = 37,965559\text{u}$$

$$\Rightarrow \Delta m = (m_{\text{Ar}} + m_{\text{p}}) - (m_{\text{Cl}} + m_{\text{H}})$$

$$= 1,72 \cdot 10^{-3} \text{u} > 0 \Rightarrow \Delta E > 0$$

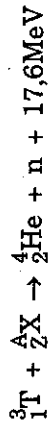
Phản ứng thu năng lượng.

Độ lớn của năng lượng thu vào là :

$$|\Delta E| = \Delta m \cdot c^2 = 1,72 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{931}{c^2} \cdot c^2 \approx 1,60 \text{ (MeV)}$$

2a) Xác định hạt nhân X.

Theo đề ta có :



• Áp dụng các định luật bảo toàn số Z và số A ta suy ra :

$$Z + 1 = 2 \Rightarrow Z = 1$$

$$A + 3 = 4 + 1 \Rightarrow A = 2$$

Do đó :

$${}^A_Z\text{X} = \boxed{{}^2_1\text{H}} \text{ (hay } {}^2_1\text{D)}$$

2b) Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp 1g He

Số nguyên tử He trong 1g heli :

$$N = \frac{1}{4} N_A$$

$$= \frac{6,023 \cdot 10^{23}}{4} \approx 1,506 \cdot 10^{23} \text{ (nguyên tử)}$$

Theo phương trình trên, năng lượng tỏa ra là :

$$\Delta E = 1,506 \cdot 10^{23} \cdot 17,6$$

$$= 2,65 \cdot 10^{24} \text{ (MeV)}$$

$$= 2,65 \cdot 10^{24} \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ (J)}$$

$$\approx \boxed{4,24 \cdot 10^{11} \text{ (J)}}$$

11.3

Người ta dùng proton có động năng $K_p = 1,60\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân đứng yên ${}^7_3\text{Li}$ và thu được hai hạt giống nhau có cùng động năng.

a) Viết phương trình của phản ứng. Ghi rõ các số Z và A.

b) Tính động năng K của mỗi hạt.

c) Phản ứng hạt nhân này tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng? Năng lượng này có phụ thuộc vào động năng của proton không?

d) 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 proton không?

Cho : $m_p = 1,0073u$; $m_L = 7,0144u$

$m_\alpha = 4,0015u$; $u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 931 \frac{\text{MeV}}{c^2}$

GIẢI

a) Phương trình của phản ứng

Hạt nhân sản phẩm có kí hiệu :



Áp dụng các định luật bảo toàn số Z và số A ta suy ra :

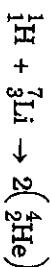
$$Z = \frac{1+3}{2} = 2$$

$$A = \frac{1+7}{2} = 4$$

Do đó :



Phương trình của phản ứng là :



b) Động năng của mỗi hạt

Ta có :

$$(m_L + m_H) = 8,0217u$$

$$2m_\alpha = 8,0030u$$

$$\Rightarrow \Delta m = 2m_\alpha - (m_L + m_H)$$

$$= -0,0187u < 0 \Rightarrow \Delta E < 0$$

Phản ứng tỏa năng lượng. Năng lượng tỏa bởi phản ứng là :

$$|\Delta E| = 17,41 \text{ MeV}$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng ta có :

$$K_p + |\Delta E| = 2K_\alpha$$

$$\Rightarrow K_\alpha = \frac{K_p + |\Delta E|}{2}$$

$$= \frac{1,60 + 17,41}{2}$$

$$\approx 9,50 \text{ (MeV)}$$

c) Năng lượng của phản ứng

Theo chứng minh ở câu b ta đã có biểu thức năng lượng của phản ứng :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

Vì $\Delta m < 0 \Rightarrow \Delta E < 0 \Rightarrow E_2 < E_1$: Phản ứng tỏa năng lượng.

Năng lượng tỏa ra là :

$$|\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2$$

$$= 0,0187 \cdot 931 \left(\frac{\text{MeV}}{c^2} \cdot c^2 \right)$$

$$\approx 17,41 \text{ (MeV)}$$

Biểu thức của $|\Delta E|$ không phụ thuộc động năng K_p của proton.
 d) *Nhiệt lượng.*

Theo kết quả ở trên và dựa vào giả thiết của đề ta có :

$$Q = 2K_\alpha = |\Delta E| + K_p = 19,0 \text{ (MeV)} = 3,61 \cdot 10^{-18} \text{ (J)}$$

Biểu thức của Q chứa K_p . Vậy Q phụ thuộc động năng của proton.

1. Trong phản ứng phân hạch hạt nhân urani $^{235}_{92}\text{U}$, năng lượng trung bình tỏa ra khi phân hạch một hạt nhân là 200MeV.

a) Tính năng lượng tỏa ra trong quá trình phân hạch hạt nhân của 1kg urani trong lò phản ứng.

b) Cần phải đốt một lượng than bằng bao nhiêu để có được lượng nhiệt như trên, biết rằng năng suất tỏa nhiệt của than bằng $2,93 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$?

2. Một nhà máy điện nguyên tử dùng nhiên liệu urani trên, có công suất 50000kW, hiệu suất là 20% .

a) Tính lượng tiêu thụ hàng năm của nhiên liệu urani

b) Để có cùng công suất thì lượng than tiêu thụ hàng năm của nhà máy nhiệt điện bằng bao nhiêu, biết rằng hiệu suất của nhà máy nhiệt điện là 75% .

(Cho một năm bằng 365 ngày; số Avogadro $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} / \text{mol}$).

GIẢI

1a) *Năng lượng tỏa ra khi phân hạch 1kg urani*
 Số hạt nhân ^{235}U có trong 1 kg là :

$$N = \frac{m}{A} \cdot N_A = \frac{1000}{235} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \approx 2,563 \cdot 10^{24} \text{ (hạt nhân)}$$

Theo đề cứ 1 hạt nhân ^{235}U khi phân hạch giải phóng năng lượng $|\Delta E| = 200\text{MeV}$

Do đó sự phân hạch 1kg ^{235}U tỏa năng lượng :

$$E_1 = N \cdot |\Delta E| = 2,563 \cdot 10^{24} \cdot 200 = 5,126 \cdot 10^{26} \text{ (MeV)} = 8,20 \cdot 10^{13} \text{ (J)}$$

1b) *Lượng than tương đương với 1kg ^{235}U*

Ta có : $Q = \lambda m_t = E_1$

Suy ra :

$$m_t = \frac{E_1}{\lambda} = \frac{8,20 \cdot 10^{13}}{2,93 \cdot 10^7} \approx 2,8 \cdot 10^6 \text{ (kg)}$$

2a) *Lượng tiêu thụ ^{235}U hàng năm*

Sản lượng điện hàng năm của nhà máy :

$$\begin{aligned}
 W &= Pt \\
 &= 5.10^8 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \\
 &= 1,5768 \cdot 10^{16} \text{ (J)}
 \end{aligned}$$

Với hiệu suất $\eta = 20\%$ thì năng lượng cần cung cấp cho nhà máy điện nguyên tử là :

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{W}{\eta} \\
 &= \frac{1,5768 \cdot 10^{16}}{0,2} \\
 &= 7,884 \cdot 10^{16} \text{ (J)}
 \end{aligned}$$

Suy ra lượng nhiên liệu ^{235}U tiêu thụ hàng năm của nhà máy :

$$\begin{aligned}
 m_{\text{U}} &= \frac{E}{E_1} \\
 &= \frac{7,884 \cdot 10^{16}}{8,20 \cdot 10^{13}} \\
 &\approx \boxed{961 \text{ (kg)}}
 \end{aligned}$$

2b) *Lượng than tiêu thụ hàng năm của nhà máy nhiệt điện*

Với cùng công suất nhưng với hiệu suất 75% thì năng lượng cần cung cấp cho nhà máy nhiệt điện là :

$$\begin{aligned}
 E' &= \frac{W}{\eta'} \\
 &= \frac{1,5768 \cdot 10^{16}}{0,75} \\
 &= 2,1024 \cdot 10^{16} \text{ (J)}
 \end{aligned}$$

Suy ra lượng than tiêu thụ hàng năm :

$$\begin{aligned}
 m'_t &= \frac{E'}{Q} \cdot m_t \\
 &= \frac{2,1024 \cdot 10^{16}}{8,20 \cdot 10^{13}} \cdot 2800 \\
 &\approx \boxed{7,18 \cdot 10^8 \text{ (kg)}}
 \end{aligned}$$

11.5

Dưới tác dụng của bức xạ γ , hạt nhân của các đồng vị bên của beri (^9Be) và của cacbon (^{12}C) có thể tách thành các hạt nhân heli (^4He) và sinh hoặc không sinh các hạt khác kèm theo.

a) Viết phương trình của các phản ứng biến đổi đó.

b) Xác định tần số tối thiểu của các lượng tử γ để thực hiện được các phản ứng đó.

Cho biết :

$$\begin{aligned}
 ^9\text{Be} &= 9,01219\text{u}; & ^4\text{He} &= 4,002604\text{u}; & ^{12}\text{C} &= 1,00\text{u} \\
 ^1_0\text{n} &= 1,008670\text{u}; & ^1_0\text{u} &= 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \\
 h &= 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}; & c &= 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}.
 \end{aligned}$$

GIẢI

a) *Phương trình của các phản ứng*

Theo giả thiết của đề ta có thể viết :

$$\begin{cases}
 ^9_4\text{Be} + \gamma \rightarrow m \left(^4_2\text{He} \right) + x + \dots \\
 ^{12}_6\text{C} + \gamma \rightarrow n \left(^4_2\text{He} \right) + y + \dots
 \end{cases}$$

(m, n \in N*)

Áp dụng các định luật bảo toàn số Z và số A ta có :

$$\begin{cases} A_x \\ Z_x \end{cases} \begin{cases} Z = 4 - 2m = 0 \\ A = 9 - 4m = 1 \end{cases} \Rightarrow m = 2 \Rightarrow \begin{matrix} A \\ x \end{matrix} = \begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix} n$$

Vậy phương trình của phản ứng là :

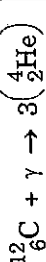
(1)



$$\begin{cases} A' \\ Z' \end{cases} \begin{cases} Z' = 6 - 2n = 0 \\ A' = 12 - 4n = 0 \end{cases} \Rightarrow n = 3 \Rightarrow y = 0$$

Vậy phương trình của phản ứng là :

(2)



b) Tần số tối thiểu của lượng tử

Đặt ΔE là năng lượng của phản ứng, tần số tối thiểu của lượng tử γ được xác định bởi :

$$hf \geq \Delta E$$

Do đó :

* Với phản ứng (1) :

$$hf_1 \geq \Delta m_1 \cdot c^2 \geq \left[\left(2m_{\text{He}} + m_n \right) - m_{\text{Be}} \right] \cdot c^2$$

Suy ra :

$$(f_1)_{\min} = \frac{\left[\left(2m_{\text{He}} + m_n \right) - m_{\text{Be}} \right] \cdot c^2}{h} = \frac{1,688 \cdot 10^{-3} \cdot 1,66055 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{6,625 \cdot 10^{-34}}$$

$$\approx 3,8 \cdot 10^{20} \text{ (Hz)}$$

* Với phản ứng (2) :

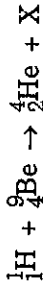
$$hf_2 \geq \Delta m_2 \cdot c^2 \geq \left(3m_{\text{He}} - m_{\text{C}} \right) c^2$$

Suy ra :

$$(f_2)_{\min} = \frac{\left(3m_{\text{He}} - m_{\text{C}} \right) \cdot c^2}{h} = \frac{7,812 \cdot 10^{-3} \cdot 1,66055 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{6,625 \cdot 10^{-34}} \approx 1,762 \cdot 10^{21} \text{ (Hz)}$$

11.5

Người ta dùng proton bắn phá hạt nhân bery. Hai hạt sinh ra là heli và X :



a) Viết đầy đủ phản ứng hạt nhân (xác định A và Z của X).

b) Biết rằng hạt nhân Be đứng yên, proton có động năng $K_p = 5,45 \text{ MeV}$, He có vận tốc v_{He} vuông góc với vận tốc v_{H} của proton và có động năng $K_{\text{He}} = 4,00 \text{ MeV}$.

Tính động năng của hạt X.

c) Tính năng lượng do phản ứng tỏa ra.

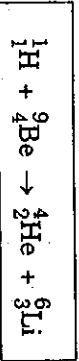
(Chú ý : Trong các tính toán, có thể lấy khối lượng gần đúng của các hạt nhân tính bằng đơn vị u có giá trị bằng số khối A của chúng).

a) Phản ứng dây chuyền

Áp dụng các định luật bảo toàn số Z và số A ta suy ra :

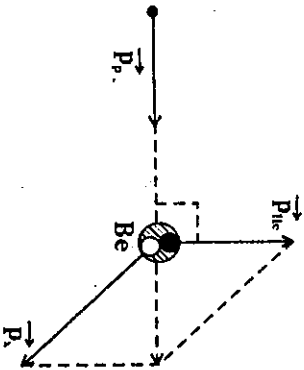
$$\left. \begin{aligned} Z &= 5 - 2 = 3 \\ A &= 10 - 4 = 6 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{matrix} \text{AX} \\ \text{Z} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{He} \\ 3 \end{matrix}$$

Phản ứng dây chuyền có phương trình :



b) Động năng của AX.

Va chạm của các hạt tuân theo các định luật bảo toàn động lượng.



Ta có : $\vec{p}_X + \vec{p}_{He} = \vec{p}_p$
Theo giả thiết của đề ta suy ra :

$$p_X^2 = p_{He}^2 + p_p^2$$

$$\Rightarrow m_X^2 v_X^2 = m_{He}^2 v_{He}^2 + m_p^2 v_p^2$$

$$\Rightarrow m_X K_X = m_{He} K_{He} + m_p K_p$$

Do đó :

$$K_X = \frac{m_{He} K_{He} + m_p K_p}{m_X}$$

Với : $\begin{cases} m_X \approx 6u \\ m_{He} \approx 4u \\ m_p \approx u \end{cases}$

ta có :

$$K_X = \frac{4.4,00 + 5,45}{6} \approx \boxed{3,575 \text{ (MeV)}}$$

c) Năng lượng của phản ứng

Định luật bảo toàn năng lượng cho :

$$K_p + |AE| = K_{He} + K_{Li}$$

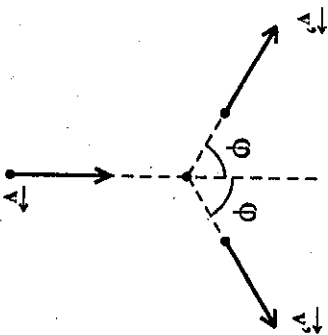
Do đó năng lượng tỏa bởi phản ứng là :

$$|AE| = K_{He} + K_{Li} - K_p = \boxed{2,125 \text{ (MeV)}}$$

11.6

Một hạt nhân nguyên tử hiđrô 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 hợp với đường nối dài của quỹ đạo hạt proton góc $\varphi = 80^\circ$.



a) Viết phương trình của phản ứng hạt nhân.

b) Thiết lập hệ thức xác định mối liên hệ giữa $v, v', \varphi, m_H, m_\alpha$.

c) Chứng tỏ rằng động năng của các hạt α sau tương tác lớn hơn động năng của hạt nhân nguyên tử H.

d) Tính vận tốc v theo độ hụt khối của các hạt nhân trước và sau phản ứng.

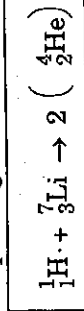
Cho : $m_p = 1,007u$; $m_{He} = 4,000u$;

$m_{Li} = 7,000u$; $u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.

GIẢI

a) Phương trình của phản ứng hạt nhân

Theo đề ta có phương trình :



b) Hệ thức liên lạc giữa v, v', m_H, m_α, φ.

Va chạm của các hạt nhân tuân theo định luật bảo toàn động lượng. Ta có :

$$\vec{p}_H = (p_{\alpha})_1 + (p_{\alpha})_2$$

Suy ra :

$$m_{Hv} = 2m_{\alpha} v' \cos \varphi$$

c) So sánh các động năng

Ta có :

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta m \cdot c^2 \\ &= [2m_{He} - (m_p + m_{Li})] \cdot c^2 \\ &= -0,007 \cdot c^2 < 0 \end{aligned}$$

Phản ứng tỏa năng lượng. Định luật bảo toàn năng lượng cho :

$$2K_{\alpha} = K_p + |\Delta E|$$

$$\Rightarrow 2K_{\alpha} > K_p$$

d) Tính vận tốc của prôtôn.

Phương trình bảo toàn năng lượng trên đây có thể viết :

$$2 \left(\frac{1}{2} m_{\alpha} v^2 \right) = \frac{1}{2} m_{Hv}^2 + |\Delta m| \cdot c^2$$

$$\Rightarrow |\Delta m| c^2 = m_{\alpha} \cdot \left(\frac{m_{Hv}}{2m_{\alpha} \cos \varphi} \right)^2 - \frac{m_{Hv}^2}{2}$$

$$= \frac{m_{Hv}^2}{2} \left[\frac{m_H}{2m_{\alpha} \cos^2 \varphi} - 1 \right]$$

$$= 3,145 \cdot \frac{m_{Hv}^2}{2}$$

Do đó ta suy ra :

$$v = 0,797c \sqrt{\frac{|\Delta m|}{m_H}}$$

$$\approx 0,0667 \cdot c = 0,0667 \cdot 3 \cdot 10^8$$

$$\approx 2 \cdot 10^7 \text{ (m/s)}$$

11.7

Hạt tích điện được tăng tốc trong xiclotron có từ trường đều B = 1T, tần số của hiệu điện thế f = 7,5MHz. Dòng hạt có cường độ trung bình I = 1mA từ vòng cuối có bán kính R = 1m đập vào bia. Bia này được làm lạnh bằng dòng nước có lưu lượng μ = 1kg/s. Tính độ tăng nhiệt độ của nước; cho biết nhiệt dung riêng của nước là c = 4200J/kg.K

GIẢI

Gọi q là điện tích của hạt mang điện và m_h là khối lượng của nó. Trong từ trường đều có vector cảm ứng từ B, hạt mang điện

chuyển động với vận tốc \vec{v} chịu tác dụng của lực Lorentz có độ lớn :

$$F = qvB \text{ (lực này có phương vuông góc với các vector } \vec{v} \text{ và } \vec{B} \text{).}$$

Dưới tác dụng của lực Lorentz hạt có chuyển động tròn trên đường tròn bán kính R . Ta có :

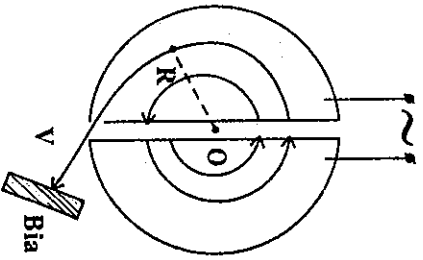
$$a_{ht} = \frac{F}{m} = \frac{qvB}{m}$$

$$\text{Mặt khác : } a_{ht} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow \text{Bán kính quỹ đạo : } R = \frac{mv}{qB} \quad (1)$$

Trong máy xyclotron vì hạt được tăng tốc mỗi khi đi qua khe hở, nên quỹ đạo của hạt mang điện là những nửa vòng tròn có bán kính tăng dần. Tần số quay của hạt là :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{v}{2\pi R} = \frac{qB}{2\pi m} \quad (2)$$

Ta nhận thấy tần số này không phụ thuộc vận tốc của hạt.



Gọi N là số hạt mang điện đập vào bia trong mỗi giây, ta có :

$$N = \frac{I}{q}$$

Động năng của N hạt này sẽ chuyển hóa thành nhiệt khi các hạt chạm vào bia ; như vậy nhiệt lượng bia nhận được trong mỗi giây là :

$$Q = N \cdot \frac{1}{2} mv^2 = \frac{I \cdot m \cdot v^2}{2q} \quad (3)$$

(v là vận tốc trên nửa vòng cuối của quỹ đạo)

Từ (1) ta suy ra :

$$v = \frac{RqB}{m} \Rightarrow v^2 = \frac{R^2 q^2 B^2}{m^2} \text{ (R là bán kính quỹ đạo cuối cùng).}$$

Từ (2) ta suy ra :

$$\frac{q}{m} = \frac{2\pi f}{B}$$

Thế vào hệ thức (3), ta có :

$$Q = \pi R^2 B f \cdot I \quad (4)$$

Gọi μ là lưu lượng nước đi qua bia trong một giây và Δt là độ tăng nhiệt độ của nước, nhiệt lượng do nước tải đi là :

$$Q = \mu \cdot c \cdot \Delta t \quad (5)$$

Từ (4) và (5) ta có được độ tăng nhiệt độ của nước là :

$$\Delta t = \frac{\pi R^2 B f \cdot I}{\mu \cdot c}$$

$$\Rightarrow \Delta t = 5,6(K)$$

■ BÀI TẬP LUYỆN TẬP

11.8 Hãy tính :

- Số nguyên tử trong 1g khí heli.
- Số nguyên tử trong 1g khí ôxi.
- Số nguyên tử ôxi trong 1g khí cacbôníc.

Cho biết : He = 4,003 ; O = 15,995 ; C = 12,011.

- ĐS : a) $1,5 \cdot 10^{23}$;
 b) $1,88 \cdot 10^{20}$;
 c) $274 \cdot 10^{20}$

11.9 a) Hãy tính khối lượng của electron ra đơn vị u.

b) Nếu một nguyên tử ^{12}C có khối lượng là 12u thì một hạt nhân ^{12}C có khối lượng bao nhiêu ?

ĐS : a) 0,00055u ;

b) 11,9967u

11.10 Công thức gần đúng cho bán kính hạt nhân là

$$R = R_0 \cdot A^{\frac{1}{3}}$$
 với $R_0 = 1,2$ femi (fm). Tính khối lượng riêng và mật độ điện tích của hạt nhân ^{197}Au . Cho biết $1\text{fm} = 10^{-15}\text{m}$.

ĐS : $\rho = 2,3 \cdot 10^{17} \text{kg/m}^3$; $q = 9 \cdot 10^{24} \text{C/m}^3$.

• Trong những bài tập từ 11-11 đến 11-16 dưới đây, người ta cho các giá trị :

$u = 1,676 \cdot 10^{-27} \text{kg}$; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$;

$m_p = 1,0073u$; $m_N = 1,0087u$.

11.11 Tính năng lượng liên kết của các hạt nhân :

a) Đơteri (^2_1H hoặc ^2_1H) khối lượng 2,0136u.

b) Liti (^7_3Li) khối lượng 7,0160u.

ĐS : a) 2,2MeV

b) 37,9 MeV

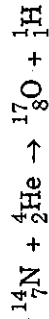
11.12 Hạt α có khối lượng 4,0015u. Tính năng lượng tỏa ra khi tạo thành một mol heli.

ĐS : $2,73 \cdot 10^{12} \text{J}$

11.13 Cần năng lượng bao nhiêu kilowatt-giờ (kWh) để tách các hạt nhân trong 1 gam ^4_2He thành các proton và neutron tự do ?

ĐS : $18,7 \cdot 10^4 \text{kWh}$.

11.14 Cho phản ứng hạt nhân :



Biết $m_N = 14,003u$; $m_O = 16,999u$.

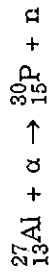
a) Phản ứng này thu nhiệt hay tỏa nhiệt ?

b) Tính năng lượng nhỏ nhất tỏa ra hoặc thu vào của phản ứng.

ĐS : a) Thu nhiệt

b) 1,19MeV

11.15 Xét phản ứng hạt nhân xảy ra khi bắn phá nhôm bằng các hạt α :



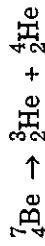
Cho biết khối lượng các hạt nhân :

$m_{\text{Al}} = 26,97u$; $m_p = 29,970u$; $m_\alpha = 4,0015u$.

Tính năng lượng tối thiểu của hạt α để phản ứng xảy ra. Bỏ qua động năng của các hạt sinh ra.

ĐS : 2,98MeV

11.16 Quá trình phân rã sau đây có thể xảy ra được không :



Cho : $m_{\text{Be}} = 7,0169u$; $m_{\text{He}} = 3,0160u$; $m_{^4\text{He}} = 4,0026u$.

ĐS : Không.

11.17 Thực hiện các tính toán để xác định :

a) Năng lượng cần thiết để bắt một neutron khỏi hạt nhân ^{23}Na .

b) Năng lượng nhỏ nhất để tách hạt nhân ^4He làm hai phần giống nhau.

c) Năng lượng nhỏ nhất để tách hạt nhân ^{12}C làm ba phần giống nhau.

ĐS : a) 12,4 MeV

b) 23,8 MeV

c) 7,26 MeV.

11.18 Để phân ứng $^{12}\text{C} + \gamma \rightarrow 3 \left(^4\text{He} \right)$ có thể xảy ra, lượng tử γ phải có năng lượng tối thiểu bao nhiêu ?

ĐS : 7,26 MeV

11.19 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 nucleon trong các hạt nhân ^{20}Ne , ^4He và ^{12}C tương ứng bằng 8,03; 7,07 và 7,68 MeV.

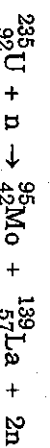
ĐS : 11,9 MeV

11.20 Coi như mỗi phân hạch của hạt nhân ^{235}U giải phóng một năng lượng 200MeV.

Hãy xác định khối lượng ^{235}U bị phân hạch khi nổ một quả bom nguyên tử tương đương với 30 kilotôn thuốc nổ tólit (TNT) nếu đương lượng nhiệt của tólit bằng 4,1kJ/kg.

ĐS : 1,5kg

11.21 Một phản ứng phân hạch của Uranium ^{235}U là :



(Mo là kim loại molipđen, La là kim loại lanthan, thuộc họ đất hiếm).

Cho biết : $m_n = 1,0087u$; $m_{\text{Mo}} = 94,88u$;

$m_{\text{La}} = 138,87u$; $m_U = 234,99u$.

a) Tính ra MeV năng lượng mà một phân hạch tỏa ra.

b) ^{235}U có thể phân hạch theo nhiều kiểu khác nhau. Nếu lấy kết quả tìm được ở câu a làm giá trị trung bình của năng lượng tỏa ra trong một phân hạch thì Igam ^{235}U phân hạch hoàn toàn tỏa ra bao nhiêu năng lượng ?

Tính khối lượng xăng tương đương biết rằng năng suất tỏa nhiệt của xăng là $46 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$.

ĐS : a) 215 MeV

b) $88 \cdot 10^9 \text{ J}$; 1,9 tấn.

11.22 Một nhà máy điện nguyên tử tiêu thụ 19,2 kg uranium ^{235}U mỗi năm. Biết hiệu suất của nhà máy là 25%, hãy tính công suất của nhà máy điện.

ĐS : $1,25 \cdot 10^5 \text{ kW}$

11.23 Quả bom nguyên tử thả xuống Hiroshima được làm bằng ^{235}U và tương đương 12,5 kilotôn TNT. Tự tìm các số liệu cần thiết và tính khối lượng ^{235}U cần thiết để chế tạo quả bom này. Cho biết hiệu suất của bom là 1%.

ĐS : 64kg

11.24* Giả sử có 14kg ^{235}U tinh khiết được hợp lại để đạt khối lượng vượt hạn với hệ số nhân neutron $s = 1,8$. Cho thời gian trung bình giữa hai phân hạch là $\tau = 10\text{ns}$.

Hãy tính thời gian để toàn khối ^{235}U phân hạch hết và năng lượng tỏa ra.

$$\text{ĐS : } 990\text{ns} ; 1,1 \cdot 10^{15}\text{J}$$

11.25 Trong phản ứng hạt nhân $^{14}_7\text{N}(\alpha, p)$, động năng của hạt α là $E_1 = 7,7\text{MeV}$.

Hãy xác định góc tạo bởi phương chuyển động của các hạt α và p , biết rằng động năng của p là $E_2 = 8,5\text{MeV}$.

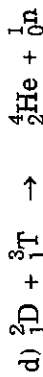
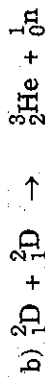
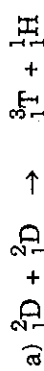
$$\text{ĐS : } 54^\circ$$

11.26 Một proton có năng lượng $E_p = 2,5\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân Li đứng yên. Sau phản ứng, xuất hiện 2 hạt α bắn ra với vận tốc $v = 2,2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ theo các phương hợp với phương chuyển động của proton góc φ bằng nhau.

Hãy xác định φ .

$$\text{ĐS : } \varphi \approx 90^\circ$$

11.27 Tính năng lượng của các phản ứng nhiệt hạch dùng hạt nhân đơteri làm nhiên liệu sau đây :



Cho : $m_{\text{D}} = 2,01410\text{u}$; $m_{\text{T}} = 3,01605\text{u}$; $m_{\text{p}} = 1,00783\text{u}$
 $m_{\text{n}} = 1,00870\text{u}$; $m_{^3_2\text{He}} = 3,01603\text{u}$; $m_{^4_2\text{He}} = 4,00260\text{u}$

ĐS : a) 4 MeV

b) 3,26 MeV

c) 18,3 MeV

d) 17,6 MeV

11.28 Bom nhiệt hạch (bom khinh khí) dùng phản ứng :



a) Tính năng lượng tỏa ra nếu có 1 kmol He được tạo thành do vụ nổ.

b) Năng lượng nói trên tương đương với lượng thuốc nổ TNT là bao nhiêu ? Năng suất tỏa nhiệt của TNT là 4,1kJ/kg.

Cho biết : $m_{\text{D}} = 2,0136\text{u}$; $m_{\text{T}} = 3,0160\text{u}$;

$m_{\text{He}} = 4,0015\text{u}$.

ĐS : a) $17,4 \cdot 10^{14} \text{ J}$

b) 42,5 megaton

11.29 Phản ứng kết hợp hạt nhân D - D tạo ra ^3_2He và ^1_1H . Các hạt nhân này lại có thể tham gia phản ứng kết hợp hạt nhân tiếp theo. Kết quả chung là có 7,2MeV tỏa ra cho 1 hạt nhân đơteri.

Cho biết 0,015% của hạt nhân hiđrô trong nước biển là hạt nhân đơteri và độ sâu trung bình của các đại dương là 3km. Hãy tính xem với số nhiên liệu của phản ứng kết hợp hạt nhân này thì nước biển có thể cung cấp năng lượng cho loài người trong bao lâu với công suất 10^{13}W như hiện nay.

ĐS : $4 \cdot 10^{10}$ năm

11.30 Sau khi được tăng tốc trong xyclotron, hạt nhân đơteri bắn vào hạt nhân ${}^7\text{Li}$ và gây ra một phản ứng hạt nhân. Hãy xác định :

a) Năng lượng liên kết của ${}^7\text{Li}$.
 b) Sản phẩm thứ hai của phản ứng, biết rằng chỉ có hai sản phẩm mà một là neutron.

c) Năng lượng tỏa ra bởi phản ứng.

d) Tần số của hiệu điện thế xoay chiều đặt vào hai nửa của xyclotron. Cho biết cảm ứng từ có giá trị $B = 1,26\text{T}$.

(Chú ý : Tra cứu các số liệu cần thiết về khối lượng các hạt nhân.)

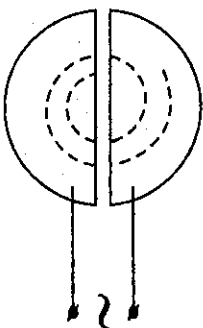
ĐS : a) 35,7 MeV

b) ${}^4\text{He}$

c) 14,2 MeV

d) $9,6 \cdot 10^6 \text{Hz}$.

11.31* A. Xyclotron là máy gia tốc gồm hai hộp rỗng bằng kim loại hình chữ D cách nhau bằng một khe. Có một từ trường với cảm ứng từ B không đổi, vuông góc với mặt hộp. Nguồn phát ra hạt tích điện với vận tốc v vuông góc với B .
 Biết khối lượng m và điện tích q của hạt.



a) Chứng minh rằng quỹ đạo của hạt trong từ trường là đường tròn. Tính bán kính của đường tròn này.

b) Có một hiệu điện thế xoay chiều đặt vào hai hộp D với tần số thích hợp để hạt được tăng tốc mỗi lần đi qua khe. Quỹ đạo của hạt gần giống đường xoắn ốc. Chính xác thì quỹ đạo ấy như thế nào ?

c) Tính tần số quay của hạt, cho nhận xét về tần số này. Tần số của hiệu điện thế xoay chiều phải bằng bao nhiêu để hạt được tăng tốc mỗi lần đi qua khe ?

B. Trong phần dưới đây, xét trường hợp gia tốc hạt proton có khối lượng $m_p = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ và điện tích $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$. Hiệu điện thế đặt vào các "D" có tần số $f = 10^7 \text{Hz}$; vòng cuối cùng của proton trước khi ra khỏi xyclotron có bán kính $0,42 \text{m}$.

a) Tính cảm ứng từ B và động năng cuối cùng của proton (động năng tính bằng MeV).

b) Cực đại của hiệu điện thế giữa các "D" là 20kV. Tính số vòng mà proton đã quay trước khi ra khỏi xyclotron.

ĐS : A. a) $B = \frac{mv}{qR}$

b) Cung tròn nối rộng khi hạt qua khe

c) $f = \frac{Bq}{2\pi m}$

B. a) $B = 0,65155\text{T}$; $E_d = 3,6 \cdot 10^8 \text{MeV}$

b) $9 \cdot 10^7$ vòng

PHỤ LỤC
Thuật ngữ Việt - Anh
(Vietnamese - English Terminology)

- Anốt	: Anode
Ánh sáng đơn sắc	: Monochromatic light
Ánh sáng không thấy được	: Invisible light
Ánh sáng thấy được	: Visible light
Ánh sáng trắng	: White light
- Bán kính quỹ đạo dừng	: Radius of stationary orbits
Bức xạ	: Radiation; to radiate
- Catốt	: Cathode
Chiết suất	: Index of refraction
Chu kì bán rã	: Half-life
Công thoát	: Work function
- Dây Banne	: Balmer series
Dãy Laiman	: Lyman series
Dãy Pasen	: Paschen series
Dòng quang điện	: Photoelectric current
Dòng quang điện bão hòa	: Saturated photoelectric current
Dưới hạn	: Subcritical
- Định tuổi bằng ^{14}C	: ^{14}C Dating

Đơn sắc	: Monochromatic
Độ hụt khối	: Mass defect
Độ phóng xạ	: Activity
Đốt catốt	: Anti-cathode
Đồng pha	: In phase
Đồng vị	: Isotope
Đồng vị phóng xạ	: Radioactive isotope
- Giao thoa	: Interference
Giới hạn quang điện	: Photoelectric threshold
- Hạt nhân	: Nucleus
Hạt nhân con	: Daughter nucleus
Hạt nhân mẹ	: Parent nucleus
Hạt sơ cấp	: Elementary particles
Hằng số phóng xạ	: Radioactive constant (Decay constant)
Hiệu điện thế hãm	: Stopping voltage (cut-off potential)
Hồng ngoại	: Infra-red (IR)
- Khe	: Slit
Khe Iâng	: Young's double-slit
Khối lượng nghỉ	: Rest mass
- Lượng tử	: Quantum
Lượng tử ánh sáng	: Light quantum
Lưỡng tính	: Duality
Lưỡng tính sóng-hạt	: Wave-particle duality

- Mẫu Bo	: Bohr's model
Máy gia tốc nhân tạo	: Artificial accelerator
Máy quang phổ	: Spectroscope
- Năng lượng liên kết	: Binding energy
Năng lượng nghỉ	: Rest energy
Nguồn kết hợp	: Coherent sources
Ngược pha	: In opposite phase
Nuclêôn	: Nucleon
- Ống chuẩn trực	: Collimator
Phản ứng dây chuyền	: Chain reaction
Phản ứng hạt nhân	: Nuclear reaction
Phản ứng nhiệt-hạt nhân (Kết hợp hạt nhân)	: Thermo-nuclear reaction (fusion)
Phản ứng phân hạch	: Reaction of fission
Phản ứng tối hạn	: Critical reaction
Phản ứng tỏa nhiệt	: Exothermic reaction
Phản ứng thu nhiệt	: Endothermic reaction
Phân rã	: Decay
Phương pháp phân tích quang phổ	: Spectroscopic analysis
Phóng xạ	: Radioactivity ; radioactive
- Quang điện	: Photoelectricity
Quang II	: Physical optics
Quang phổ	: Light spectrum
Quang hợp	: Photosynthesis
Quang trình	: Optical path

- Tán sắc	: Dispersion
Tế bào quang điện	: Photoelectric cell
Tia phóng xạ	: Radioactive ray
Tia X	: X-Ray
Trạng thái dừng	: Stationary state
Trạng thái cơ bản	: Ground state
Tử ngoại	: Ultra-violet (UV)
Thuyết lượng tử	: Theory of quanta
- Vân giao thoa	: Fringes of interference
Vân sáng	: Bright fringe
Vân sáng chính giữa	: Central bright fringe
Vân tối	: Dark fringe
Vượt hạn	: Supercritical

Bài toán 7. Công suất và hiệu suất của hiện tượng quang điện	100
Bài toán 8. Ứng dụng của hiện tượng quang điện vào việc đo các hằng số vật lí	105
Bài toán 9. Mẫu Bô của nguyên tử hiđrô và quang phổ của hiđrô	118

PHẦN HAI

VẬT LÝ HẠT NHÂN

Chương III. KIẾN THỨC SƠ BỘ VỀ HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ	138
Bài toán 10. Hiện tượng phóng xạ tự nhiên	164
Bài toán 11. Phản ứng hạt nhân	

PHỤ LỤC

THUẬT NGỮ VIỆT - ANH

Trang

MỤC LỤC

Lời nói đầu

PHẦN MỘT
QUANG LÝ

Chương I. TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

Bài toán 1. Xác định vị trí vân sáng, vân tối. Tính khoảng vân hoặc bước sóng ánh sáng. Tìm số vân. Tính các khoảng cách	10
Bài toán 2. Giao thoa với ánh sáng phức tạp gồm nhiều thành phần ánh sáng đơn sắc hoặc ánh sáng trắng	24
Bài toán 3. Dịch chuyển của hệ vân giao thoa tạo bởi bán mỏng song song	37
Bài toán 4. Tán sắc ánh sáng	52
Chương II. LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG - QUANG PHỔ	
Bài toán 5. Xác định các đặc trưng của kim loại, electron kim loại, dòng quang điện	74
Bài toán 6. Chuyển động của electron quang điện trong điện trường và từ trường	89