

VŨ THANH KHIẾT

NHỮNG BÀI TẬP
VẬT LÝ
CƠ BẢN-HAY VÀ KHÓ
TRONG CHƯƠNG TRÌNH PTTH

TẬP III

QUANG HỌC - VẬT LÝ HẠT NHÂN



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

VŨ THANH KHIẾT

**NHỮNG BÀI TẬP VẬT LÝ
CƠ BẢN – HAY VÀ KHÓ
TRONG CHƯƠNG TRÌNH PHỔ THÔNG TRUNG HỌC**
Tập III
QUANG HỌC - VẬT LÝ HẠT NHÂN

Sách dùng cho:

- ❖ Ôn luyện thi Đại học và Cao đẳng
- ❖ Ôn luyện thi tốt nghiệp phổ thông trung học
- ❖ Bồi dưỡng học sinh giỏi môn vật lí

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI - 2001

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc NGUYỄN VĂN THỎA

Tổng biên tập NGUYỄN THIỆN GIÁP

Biên tập:

TƯỜNG GIANG

QUANG HÙNG

Sửa bản in và trình bày bìa:

ĐINH QUANG HÙNG

NHỮNG BÀI TẬP VẬT LÝ CƠ BẢN - HAY VÀ KHÓ

Trong chương trình Phổ thông trung học

TẬP III: QUANG HỌC - VẬT LÝ HẠT NHÂN

Mã số: 01.131.ĐH2001 - 503.2001.

In 1500 cuốn tại Xí nghiệp in Bắc Thái.

Số xuất bản: 68/503/CXB. Số trích ngang 242KH/XB.

In xong và nộp lưu chiểu quý III năm 2001.

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn sách này bao gồm các bài tập về *Quang học và Vật lý hạt nhân* thuộc chương trình lớp 12 cải cách. Cuốn sách có các nội dung:

- Quang hình học.
- Tính chất sóng của ánh sáng (quang lý).
- Lượng tử ánh sáng và vật lý hạt nhân
- Một số đề thi tuyển sinh vào Đại học, Cao đẳng trong những năm gần đây.

Mỗi nội dung được chia thành ba phần:

Phần thứ nhất gồm những bài tập theo chủ đề; đó là những bài tập cơ bản trong chương trình vật lý lớp 12.

Phần thứ hai đề cập những bài tập mở rộng. Những bài tập trong phần này đã được chọn lọc khá cẩn thận có thể coi đó là những bài tập hay và khó.

Phần thứ ba là những đề thi vào các trường Đại học và Cao đẳng trong những năm gần đây có kèm theo lời giải để bạn đọc tham khảo.

Các tác giả rất quý trọng thì giờ của bạn đọc. Vì vậy, chúng tôi tự đề ra cho mình là chỉ chọn lọc một khối lượng bài tập vừa đủ nhưng phải bao quát được nhiều hiện tượng, nhiều tình huống.

Kinh nghiệm cho thấy rằng có một số vấn đề thường bị hiểu sai hay hiểu lầm. Qua cuốn sách này, bạn đọc có thể tìm thấy cách hiểu đúng hơn, chính xác hơn đối với những vấn đề đó.

Cuối cùng, các tác giả có lời khuyên sau đây đối với bạn đọc là: khi sử dụng cuốn sách, các bạn chỉ nên coi lời giải của bài tập như những gợi ý. Tốt nhất là sau khi đọc đề bài tập, các bạn hãy tự mình tìm cách giải. Chỉ khi gặp khó khăn các bạn mới nghĩ đến sự viện trợ của lời giải.

Các tác giả mong rằng cuốn sách sẽ giúp ích cho bạn muốn có những hiểu biết sâu hơn, chắc chắn hơn đáp ứng được yêu cầu các kỳ thi tốt nghiệp phổ thông, thi vào đại học hay cao đẳng đạt kết quả tốt hơn.

TÁC GIẢ

Phần thứ nhất

NHỮNG BÀI TẬP CƠ BẢN THEO CHỦ ĐỀ

I. QUANG HÌNH HỌC

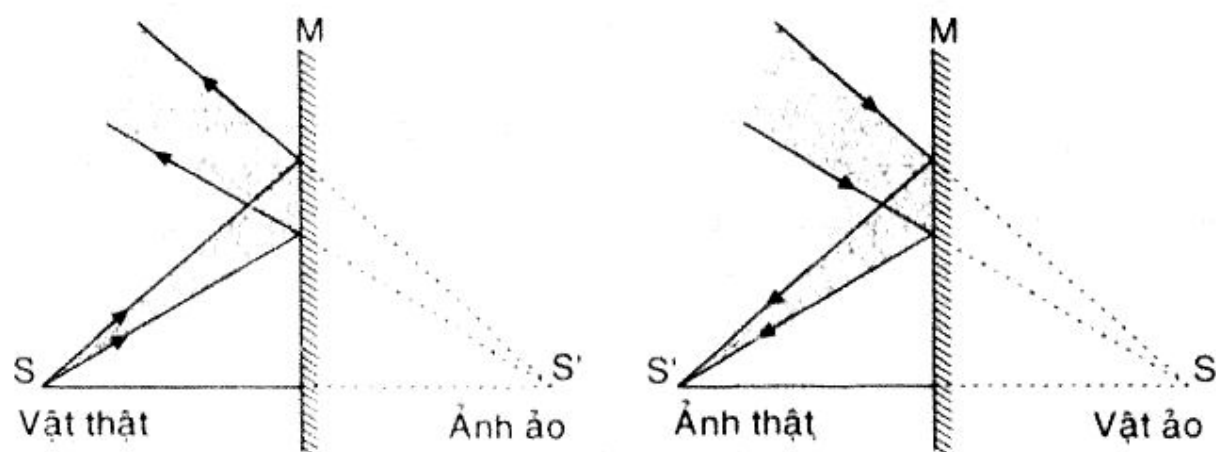
A. GƯƠNG PHẪNG

1. *Gương phẳng* là phần mặt phẳng (nhẵn) phản xạ được hầu như toàn bộ ánh sáng chiếu tới nó.

2. *Đặc điểm của ảnh tạo bởi gương phẳng :*

+ Vật thật (trước gương) cho ảnh ảo (sau gương). Vật ảo (sau gương) cho ảnh thật (trước gương) (xem Hình A.1).

+ Ảnh đối xứng với vật qua mặt phẳng của gương. Ảnh lớn bằng vật nhưng không chồng khít được lên vật.



Hình A.1

3. Khi phương của tia tới không đổi, nếu quay gương phẳng quanh một trục vuông góc với mặt phẳng tới một góc α thì tia phản xạ sẽ quay một góc 2α cùng chiều quay của gương.

BÀI TẬP

BÀI 1. Hai gương phẳng song song G_1 và G_2 có mặt phản xạ quay vào nhau, đặt cách nhau một khoảng $AB = d$. Giữa hai gương, trên đường thẳng AB , người ta đặt một điểm sáng S , cách gương G_1 một đoạn $SA = a$. Xét một điểm O nằm trên đường thẳng đi qua S và vuông góc với AB có khoảng cách $OS = h$.

- a) Vẽ đường đi của tia sáng xuất phát từ S phản xạ trên gương G_2 (tại điểm I) và truyền qua O .
 - b) Vẽ đường đi của một tia sáng xuất phát từ S , phản xạ lần lượt trên gương G_2 (tại điểm H) trên gương G_1 (tại điểm K) rồi truyền qua O .
 - c) Tính khoảng cách từ I, H, K đến AB .
- (Đề thi tuyển sinh ĐHBK Tp. Hồ Chí Minh).

LỜI GIẢI

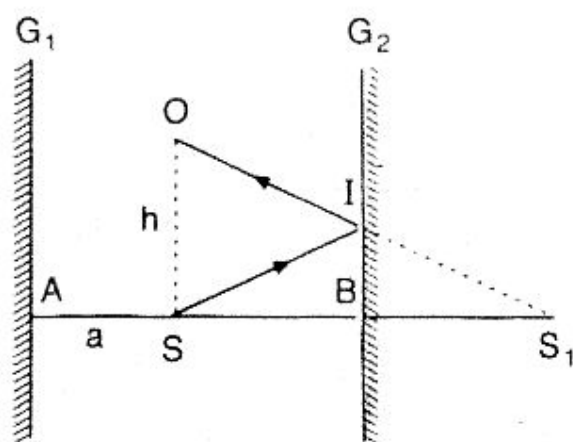
a) Muốn cho tia sáng tới SI có tia phản xạ qua O thì đường kéo dài của tia IO phải qua ảnh S_1 của S cho bởi G_2 . Từ đó suy ra cách vẽ: Vẽ ảnh S_1 của S cho bởi G_2 ($BS_1 = BS$). Nối S_1O , cắt gương G_2 tại I . SIO là đường đi của tia sáng cần vẽ. (Hình A.2a).

b) Sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow{G_2} S_1 \xrightarrow{G_1} S_2 .$$

Theo định luật phản xạ thì đường kéo dài của tia KO phải

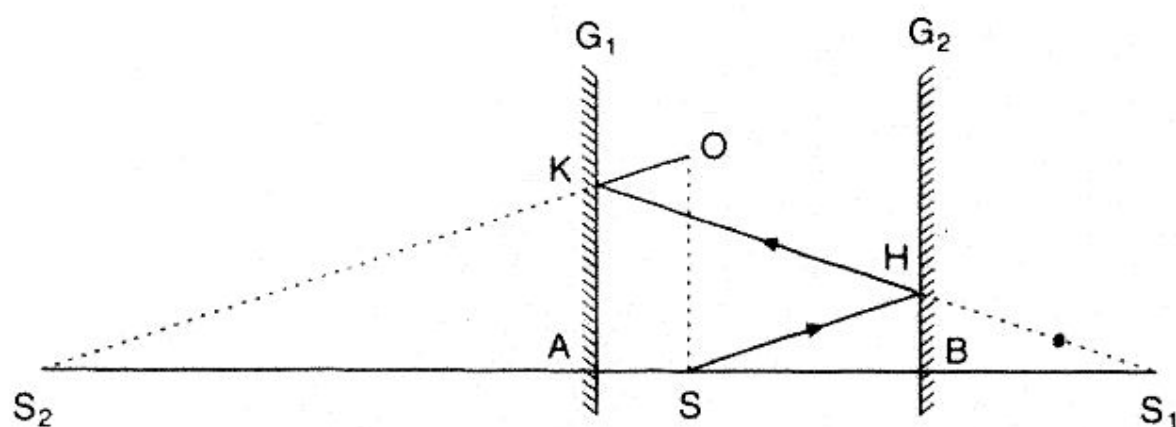
qua S_2 và phần kéo dài của tia HK phải qua S_1 . Suy ra cách vẽ: Vẽ các ảnh S_1 và S_2 ($BS_1 = BS$; $AS_1 = AS_2$). Nối OS_2 cắt gương G_1 tại K, nối KS_1 cắt gương G_2 tại H. Đường đi của tia sáng cần vẽ là SHKO. (Hình A.2b).



Hình A.2a

c) Ta có (Hình A.2a):

$$BI = \frac{OS}{2} = \frac{h}{2}.$$



Hình A.2b

Mặt khác (Hình A.2b):

$$\frac{AK}{SO} = \frac{AS_2}{SS_2}$$

$$\Rightarrow AK = SO \cdot \frac{AS_2}{SS_2},$$

trong đó

$$\begin{aligned} AS_2 &= AS_1 = AB + BS_1 = AB + BS \\ &= AB + (AB - AS) \\ &= 2d - a; \\ SS_2 &= SA + AS_2 = a + (2d - a) \\ &= 2d. \end{aligned}$$

Suy ra: $AK = \left(1 - \frac{a}{2d}\right) \cdot h$

Ta có: $\frac{BH}{AK} = \frac{BS_1}{AS_1} = \frac{BS}{AS_2}$

$$\Rightarrow BH = AK \cdot \frac{BS}{AS_1},$$

trong đó $BS = d - a; AS_1 = AS_2 = 2d - a.$

Suy ra $BH = \frac{(d - a)h}{2d}.$

BÀI 2. Hai gương phẳng đặt nghiêng với nhau một góc $\alpha = 120^\circ$ có các mặt phản xạ hướng vào nhau. Một điểm sáng S nằm khoảng giữa 2 gương, và cách giao tuyến của hai gương một khoảng $R = 12\text{cm}$.

- Hãy tính khoảng cách giữa hai ảnh ảo đầu tiên của điểm sáng S qua các gương G_1 và G_2 .
- Hãy tìm cách dịch chuyển điểm sáng S sao cho khoảng cách giữa hai ảnh ảo ở câu (a) không đổi.

(ĐTTS ĐHSP Tp HCM năm 1976).

LỜI GIẢI

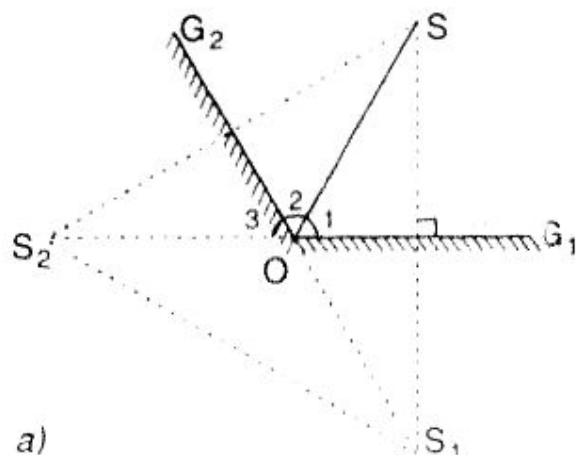
a) Ta có (Hình A.3a):

$$\widehat{SOS_1} = 2\widehat{SOG_1},$$

$$\widehat{SOS_2} = 2\widehat{SOG_2}$$

Từ đó:

$$\begin{aligned} \widehat{SOS_1} + \widehat{SOS_2} &= 2(\widehat{SOG_1} + \widehat{SOG_2}) \quad a) \\ &= 2\alpha = 240^\circ, \end{aligned}$$



Hình A.3a

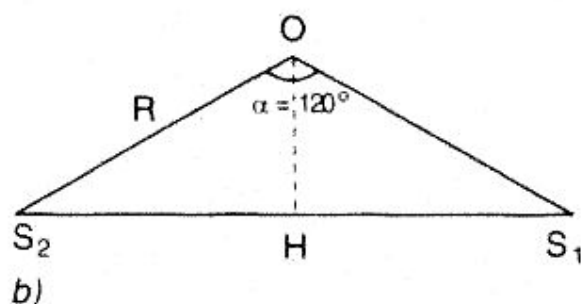
và, do đó $\widehat{S_1OS_2} = 360^\circ - 240^\circ = 120^\circ$.

Trong tam giác cân S_1OS_2 , $\widehat{S_1OS_2} = 120^\circ$,

suy ra $S_1S_2 = OS_1 \sqrt{3} = OS \sqrt{3} = 12\sqrt{3} \text{ (cm)}$.

b) Ta có, theo câu (a), $S_1S_2 = 2R \sin \frac{\alpha}{2}$. Khi α không đổi,

S_1S_2 chỉ phụ thuộc vào R . Vậy để khoảng cách S_1S_2 không đổi thì phải có R không đổi. Muốn R không đổi thì S phải dịch chuyển trên phần mặt trụ có trục là giao tuyến của hai gương, bán kính đáy $R = 12\text{cm}$, phần mặt trụ này giới hạn bên trong hai gương.



Hình A.3b

B. GƯƠNG CẦU. THỊ TRƯỜNG CỦA GƯƠNG

1. Gương cầu là một phần của mặt cầu (thường là một chỏm cầu) phản xạ hầu như hoàn toàn ánh sáng chiếu tới nó. Gương cầu lõm: mặt phản xạ là mặt lõm. Gương cầu lồi: mặt phản xạ là mặt lồi.

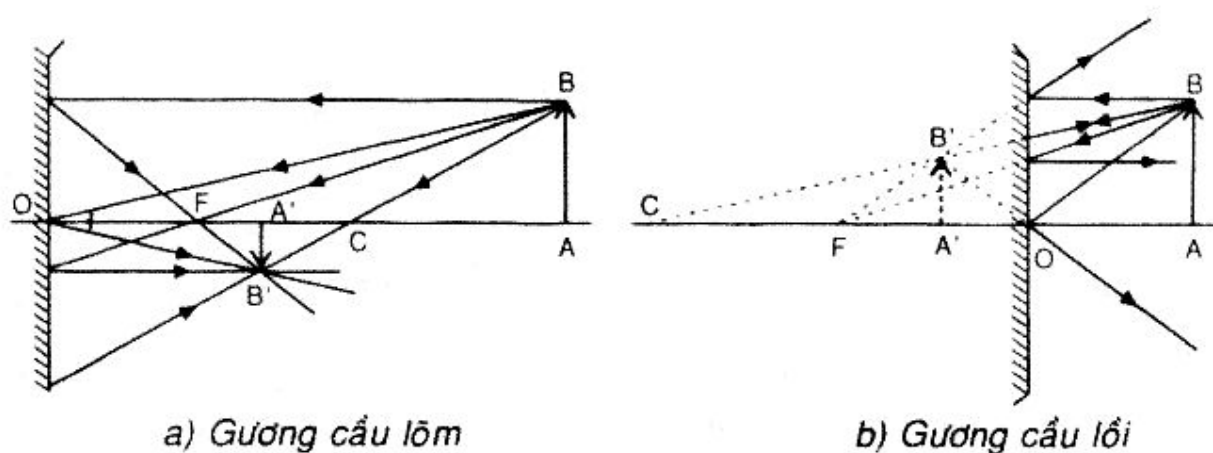
2. Cách vẽ ảnh của một vật cho bởi gương cầu

+ Nếu vật là điểm sáng (B chẳng hạn) nằm ngoài trục chính thì dùng 2 trong số 4 tia đặc biệt (Hình B1.a, b).

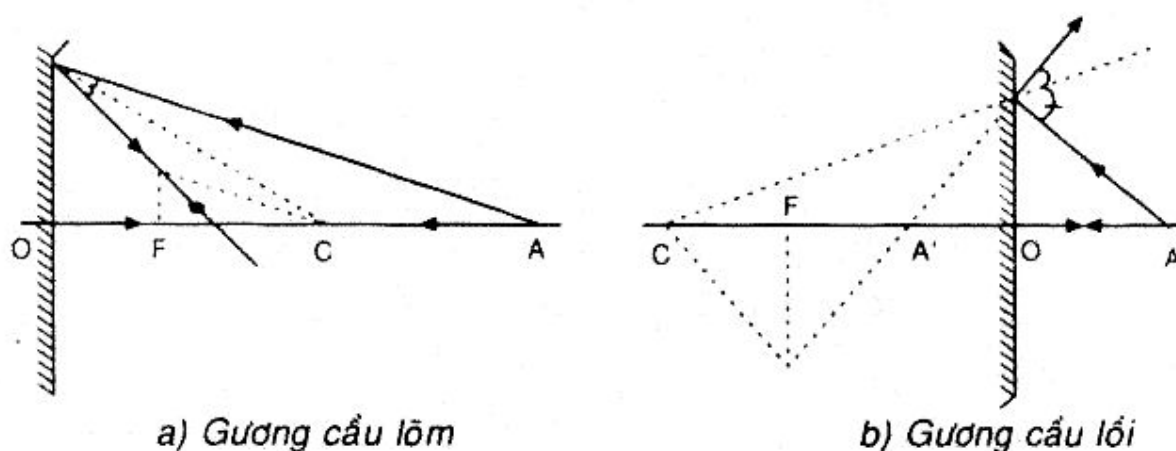
+ Nếu vật là điểm sáng (A chẳng hạn) nằm trên trục chính thì dùng 1 tia đặc biệt (trùng với trục chính) và 1 tia bất kỳ (Hình B2, a, b).

+ Nếu vật là đoạn thẳng nhỏ AB vuông góc với trục chính thì ảnh của nó cũng là một đoạn thẳng nhỏ A'B' vuông góc với trục chính (nếu A'B' là ảnh ảo thì đoạn A'B' vẽ bằng nét đứt),

do đó chỉ cần vẽ ảnh B' của B rồi vẽ đoạn thẳng $A'B'$ vuông góc với trục chính (Hình B.1).



Hình B.1



Hình B.2

3. Vị trí và tính chất của vật và ảnh

a) Với gương cầu lõm:

+ Vật thật ở ngoài tiêu điểm F có ảnh thật ngược chiều với vật. Vật thật ở trong F có ảnh ảo cùng chiều với vật và lớn hơn vật.

+ Vật ảo có ảnh thật cùng chiều, nhỏ hơn vật và ở trong F .

b) Với gương cầu lồi:

+ Vật thật có ảnh ảo cùng chiều và nhỏ hơn vật, ở giữa

đỉnh gương O và tiêu điểm F (ảo);

+ Vật ảo ở trong F có ảnh thật cùng chiều và lớn hơn vật.
Vật ảo ở ngoài F có ảnh ảo ngược chiều với vật ảo và ở ngoài F.

c) Nhận xét:

+ Khi vật di chuyển (lại gần hoặc ra xa gương), ảnh và vật luôn di chuyển theo hướng ngược nhau đối với gương;

+ Vật ở đúng tiêu diện thì ảnh ở xa vô cực và ta không hứng được ảnh;

+ Vật thật hoặc ảnh thật (có thể hứng trên màn) ở trước gương. Vật ảo hoặc ảnh ảo ở sau gương.

+ Vẽ vật ảo, một điểm ảo A chẳng hạn, dùng 2 tia sáng đi tới gương có đường kéo dài gặp nhau ở sau gương (thường chọn 2 tia đặc biệt), hai tia phản xạ của chúng gặp nhau tại A' là ảnh của điểm ảo A.

4. Công thức gương cầu:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

$$k = -\frac{d'}{d} \quad (2)$$

$$A'B' = |k| AB.$$

Với quy ước :

+ Vật thật (vật sáng) $d > 0$, vật ảo $d < 0$;

+ Ảnh thật $d' > 0$; ảnh ảo $d' < 0$;

+ Gương lõm $f = \frac{R}{2}$; gương lồi $f = -\frac{R}{2}$ (R là bán kính mặt cong của gương).

+ $k > 0$: ảnh và vật cùng chiều;

$k < 0$: ảnh ngược chiều với vật

Chú ý :

+ Từ (1) suy ra

$$d' = \frac{df}{d-f}; \quad d = \frac{d'f}{f-d'}; \quad f = \frac{dd'}{d+d'}$$

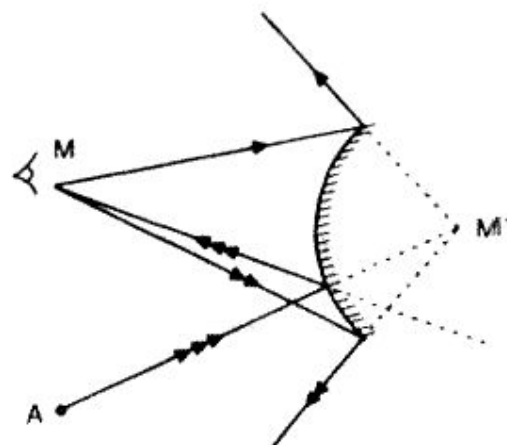
+ Từ (2) suy ra

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

+ Khoảng cách giữa vật và ảnh : $|d - d'|$

5. Thị trường của gương

đối với mắt là khoảng không gian trước gương chứa những vật mà mắt nhìn thấy ảnh (ảo) của chúng sau gương. Để xác định (vẽ) thị trường của gương (gương cầu hoặc gương phẳng), vẽ ảnh M' của mắt M , rồi vẽ mặt nón có đỉnh là M' và mặt bên tựa lên vành gương. Vùng không gian ở phía trước gương giới hạn bởi mặt nón đó được gọi là *thị trường của gương*. Trên hình B.3 có vẽ thị trường của gương cầu lõm.



Hình B.3

+ Với cùng một bán kính vành gương và cùng khoảng cách từ mắt đến gương thì gương cầu lõm có thị trường rộng nhất, gương phẳng có thị trường hẹp hơn và thị trường của gương cầu lồi hẹp nhất.

BÀI TẬP

BÀI 3. Một vật phẳng $AB = 1\text{cm}$, đặt vuông góc với trục

chính của một gương cầu lõm có bán kính 24cm, điểm A nằm trên trục chính và cách gương 8cm.

- Xác định vị trí, tính chất và độ lớn ảnh của vật AB qua gương. Vẽ hình.
- Không thay đổi vị trí của gương, nếu có một vật A_1B_1 đặt đúng vị trí của ảnh, hãy xác định tính chất của vật, tính chất vị trí và độ lớn ảnh của A_1B_1 .

LỜI GIẢI

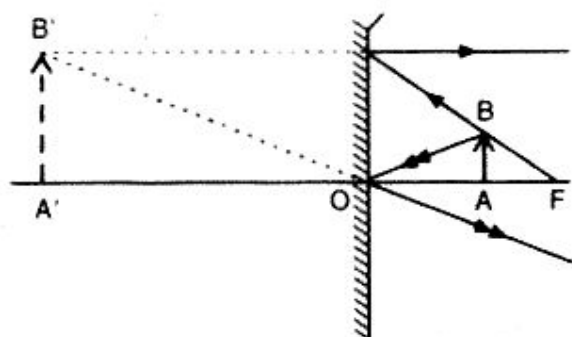
a) Ta có

$$f = \frac{R}{2} = 12\text{cm};$$

$$d = 8\text{cm};$$

Áp dụng công thức gương cầu ta có:

$$\begin{aligned} d' &= \frac{df}{d-f} = \frac{8 \cdot 12}{8-12} \\ &= -24\text{cm} < 0 \end{aligned}$$



Hình B.4

Ảnh $A'B'$ là ảnh ảo.

Độ phóng đại:

$$k = -\frac{d'}{d} = -\frac{(-24)}{8} = 3 > 0$$

Ảnh $A'B'$ cùng chiều với vật AB và có độ lớn :

$$A'B' = |k| AB = 3 \cdot 1 = 3 \text{ (cm)}.$$

– Vẽ hình (xem Hình B.4).

b) Nếu vật A_1B_1 đặt ở $A'B'$ tức là sau gương thì A_1B_1 là vật ảo.

Xét một điểm trên A_1B_1 , thí dụ B_1 chẳng hạn. Theo tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng chùm tia tới có phần kéo

dài hội tụ tại B (đảo ngược chiều các tia sáng trên hình B.4 và thay điểm B' bằng điểm B₁) thì dễ dàng thấy rằng chùm tia phản xạ trên gương phải hội tụ tại điểm B'₁ là ảnh của B₁. Nghĩa là vật ảo A₁B₁ đặt đúng vị trí của ảnh A'B' ở câu (a) sẽ có ảnh thật A'₁B'₁ tạo bởi gương ở đúng vị trí của vật AB ở câu (a). Nếu vật ảo A₁B₁ có kích thước đúng bằng ảnh A'B' ở câu (a) thì ảnh thật A'₁B'₁ của vật ảo có kích thước đúng bằng kích thước của vật ở câu (a). Vậy nếu có một vật A₁B₁ đặt đúng vị trí của ảnh ở câu (a) thì ảnh A'₁B'₁ của nó là ảnh thật cách gương 8cm.

Cách khác. Bây giờ vật A₁B₁ là ảo nên ta có :

$d_1 = -|d'| = -24\text{cm}$. Áp dụng công thức gương cầu ta có:

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{-24 \cdot 12}{-24 - 12} = 8\text{cm} > 0. \text{ Và, nếu như } A_1B_1 = A'B'$$

thì dễ dàng thấy rằng $A'_1B'_1 = AB = 1\text{cm}$.

BÀI 4. Một gương cầu lõm có bán kính $R = 50\text{cm}$. Đặt một vật sáng AB vuông góc với trục chính, gương cho ảnh A'B' cách AB 37,5cm. Xác định vị trí vật và ảnh.

LỜI GIẢI

Ta biết gương cầu lõm cho vật thật một ảnh ảo, nên trong trường hợp này thì $d > 0$ và $d' < 0$. Biết khoảng cách giữa vật và ảnh là $|d - d'|$; trong trường hợp này khoảng cách đó là $d - d'$, và theo đề bài ta có

$$d - d' = 37,5\text{cm} \quad (1).$$

Ngoài ra ta có $d' = \frac{df}{d - f}$, trong đó tiêu cự f của gương bằng

$$f = -\frac{R}{2} = -25\text{cm}$$

$$\text{Do đó ta có } d' = - \frac{25d}{d + 25} \quad (2)$$

Từ (1) ta có $d' = d - 37,5$.

Thế vào (2) ta được:

$$\begin{aligned} d - 37,5 &= - \frac{25d}{d + 25} \\ \Rightarrow d^2 + 12,5d - 937,5 &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Phương trình (3) có 2 nghiệm: $d_1 = 25\text{cm}$ và $d_2 = -37,5\text{cm}$ (loại vì vật thật). Vậy vị trí của vật và ảnh tương ứng là:

$$\begin{aligned} d &= 25\text{cm}, \\ \text{và } d' &= d - 37,5 = -12,5\text{cm}. \end{aligned}$$

BÀI 5. Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của một gương cầu lõm có bán kính 40cm, gương lõm cho vật AB ảnh $A'B' = 2AB$. Xác định vị trí của vật và ảnh.

LỜI GIẢI

Tiêu cự của gương

$$f = \frac{R}{2} = 20\text{cm}.$$

$$\text{Ta có } d' = \frac{df}{d - f} = \frac{20d}{d - 20} \quad (1)$$

Theo đề bài $\frac{A'B'}{AB} = 2$, suy ra $|k| = 2$, nghĩa là:

$$\frac{d'}{d} = \pm 2 \quad (2)$$

$$+ \text{Trường hợp } \frac{d'}{d} = 2 \quad (3)$$

Từ (1) và (3) ta có :

$$2d = \frac{20d}{d - 20}$$

$$\Rightarrow d(d - 30) = 0$$

$$\Rightarrow d = 0 \text{ (loại)}$$

$$\text{và } d = 30\text{cm.}$$

Vậy $d = 30\text{cm}$ (vật thật) và $d' = 2d = 60\text{cm}$ (ảnh thật)

$$+ \text{Trường hợp } \frac{d'}{d} = -2 \quad (4)$$

Từ (1) và (4) suy ra

$$d(d - 10) = 0.$$

$$\text{Từ đó } d = 0 \text{ (loại)}$$

$$\text{và } d = 10\text{cm.}$$

$$\text{Vậy } d = 10\text{cm (vật thật),}$$

$$\text{và } d' = -2d = -20\text{cm (ảnh ảo).}$$

BÀI 6. Một điểm sáng A nằm trên trục chính của một gương lõm bán kính 30cm, có ảnh tạo bởi gương là A'. Khi A dịch chuyển ra xa gương thêm 4cm thì ảnh A' dịch chuyển một đoạn 20cm. Hãy xác định vị trí của vật và ảnh trước và sau khi dịch chuyển.

LỜI GIẢI

Trước khi dịch chuyển vị trí của vật là d và của ảnh là d' .

Tiêu cự của gương $f = \frac{R}{2} = 15\text{cm}$. Ta có:

$$d' = \frac{df}{d-f} = \frac{15d}{d-15} \quad (1)$$

Sau khi dịch chuyển vị trí của vật là

$$d_1 = d + 4 \quad (2)$$

Vì ảnh A' dịch chuyển ngược chiều với A, nên khi A dịch chuyển ra xa gương ảnh A' dịch chuyển lại gần gương. Vì vậy, sau khi dịch chuyển vị trí của ảnh là

$$d'_1 = d' - 20 \quad (3)$$

Ta có:
$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f}$$

suy ra
$$d' - 20 = \frac{(d+4)15}{d-11} \quad (4)$$

Từ (1) và (4) suy ra

$$d^2 - 26d + 120 = 0$$

Phương trình này có hai nghiệm là: $d = 20\text{cm}$ và $d = 6\text{cm}$.

+ Với $d = 20\text{cm}$, vị trí của vật và ảnh trước khi dịch chuyển là

$$d = 20\text{cm};$$

$$d' = \frac{15 \cdot 20}{20 - 15} = 60\text{cm};$$

và sau khi dịch chuyển: $d_1 = 24\text{cm}$; $d'_1 = 40\text{cm}$.

+ Với $d = 6\text{cm}$, vị trí của vật và ảnh trước khi dịch chuyển là: $d = 6\text{cm}$; $d' = -10\text{cm}$; và sau khi dịch chuyển $d_1 = 10\text{cm}$ và $d'_1 = -30\text{cm}$.

BÀI 7. Một người đứng trước một gương cầu lõm nhìn thấy ảnh của mình trong gương cao bằng $\frac{1}{5}$ chiều cao của mình. Tiến lại gần gương thêm $0,5\text{m}$, người đó thấy ảnh cao bằng $\frac{1}{4}$ chiều cao của mình. Tính bán kính của gương và độ dịch chuyển của ảnh.

LỜI GIẢI

Ảnh nhìn thấy qua gương cầu lõm là ảnh ảo, cùng chiều với vật (nghĩa là $d' < 0$ và $k > 0$).

Ta có:

+ Ở vị trí ban đầu của người đó: $k = \frac{f}{f - d_1} = \frac{1}{5}$, suy ra

$$d_1 = -4f \quad (1)$$

+ Ở vị trí sau: $k = \frac{f}{f - d_2} = \frac{1}{4}$, suy ra

$$d_2 = -3f \quad (2)$$

Theo đề bài $d_1 - d_2 = 0,5\text{m}$, do đó ta có:

$$(-4f) - (-3f) = 0,5$$

$$\Rightarrow f = -0,5\text{m}$$

Vậy bán kính của gương là

$$R = 2|f| = 1\text{m}$$

Ta có $d_1 = -4f = 2\text{m}$,

do đó $d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = -0,4\text{m};$

Ta lại có $d_2 = -3f = 1,5\text{m};$

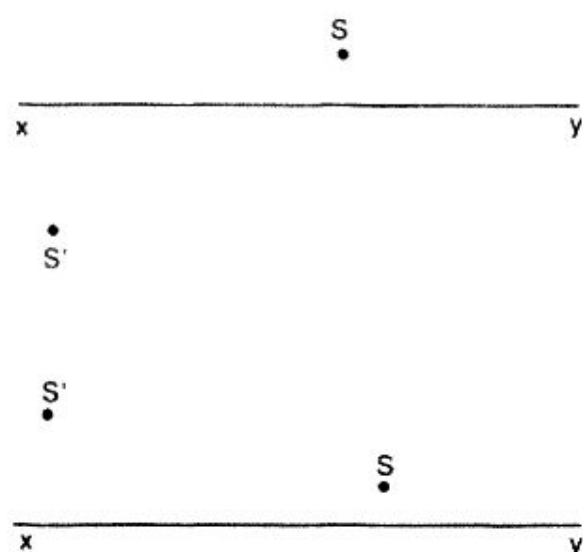
do đó $d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = -0,375\text{m}$

Độ dịch chuyển của ảnh bằng:

$$|d'_2 - d'_1| = |-0,375 + 0,4| = 0,025\text{m} = 2,5\text{cm}.$$

BÀI 8. Bằng cách vẽ, hãy xác định: tâm, đỉnh, tiêu điểm của các gương cầu có trục chính xy, điểm vật S, điểm ảnh

S'. Cho biết chiều truyền của ánh sáng tới là chiều từ trái sang phải. Trong mỗi trường hợp cho biết tính chất của gương (lồi hay lõm). (Hình B.5).



Hình B.5

LỜI GIẢI

a) Giả sử bài toán đã vẽ xong. Ta có nhận xét (Hình B.6):

- Tia SO và OS' đối xứng nhau qua trục chính;
- SS' cắt trục chính tại tâm C của gương.

Ta suy ra cách vẽ:

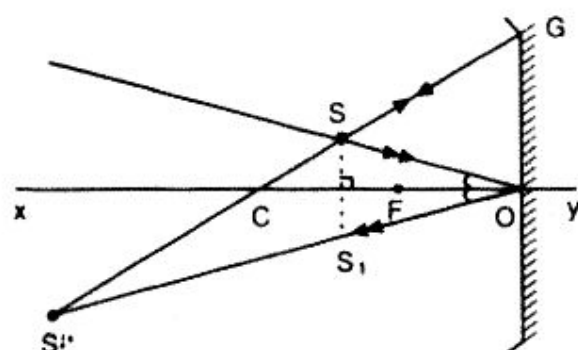
+ Nối S và S' cắt trục xy tại C. Đó là tâm C của gương;

+ Lấy điểm S_1 đối xứng với S qua xy. Nối S' và S_1 , cắt trục xy tại O. Đó là đỉnh gương;

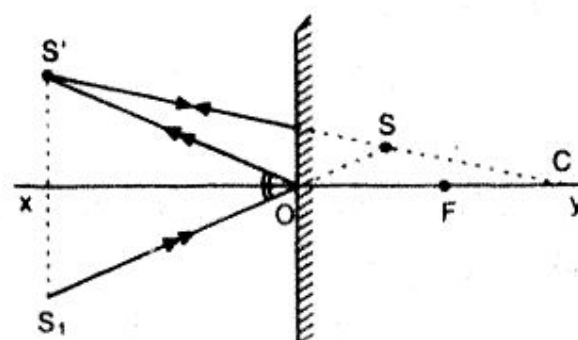
+ Trung điểm của CO là tiêu điểm chính F.

G là gương cầu lõm, vì S (vật thật) có ảnh S' (thật).

b) Giải tương tự như câu (a). Ta xác định được C, O, F như trên hình B.7. (Chú ý S_1 là điểm đối xứng với S' qua xy). G



Hình B.6



Hình B.7

là gương cầu lồi, vì: vật ảo S ở sau gương (theo chiều truyền ánh sáng) có ảnh thật S', và khoảng cách từ S' đến trục chính lớn hơn khoảng cách từ S đến trục chính (coi như ảnh thật lớn hơn vật).

BÀI 9. Một kính chiếu hậu tạo bởi một gương cầu lồi dạng vành tròn đường kính 10cm. Bán kính mặt cầu $R = 120\text{cm}$. Mắt M coi như ở trên trục chính của gương. Phía trước gương là một bức tường vuông góc với trục chính của gương và cách gương 2m.

- Xác định kích thước của phần tường được mắt M thấy ảnh ảo ở sau gương, khi mắt M cách gương 40cm.
- Thay mắt M bằng một bóng đèn điện S (coi như điểm sáng) của đèn pha chiếu vào gương. Xác định vệt sáng trên tường được chiếu bởi chùm tia phản xạ trên gương. Giả sử bức tường rất rộng.

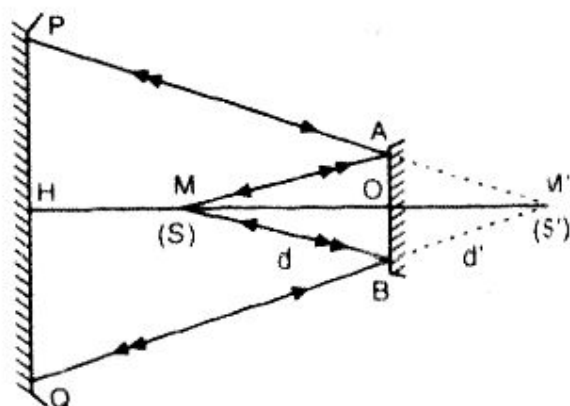
LỜI GIẢI

a) Gọi M' là ảnh ảo của mắt M cho bởi gương cầu lồi. Khoảng cách của M' đến gương được xác định bởi:

$$d' = \frac{df}{d - f} < 0$$

(d là khoảng cách từ M đến gương).

Vì vành gương hình tròn đường kính $AB = 10\text{cm}$ nên thị trường là vùng không gian trước gương giới hạn bởi mặt phản xạ của gương và một mặt nón cắt tròn xoay tạo bởi các



Hình B.8

tia tới là những đường sinh tựa vào vành gương và cùng đồng quy tại M' (Hình B.8). Bức tường sẽ cắt mặt nón theo một thiết diện tròn đường kính PQ. Phần tường được mắt M thấy ảnh trong gương được giới hạn với đường tròn đó.

Theo hình vẽ ta có:

$$\frac{PQ}{AB} = \frac{OH + |d'|}{|d'|}$$

với $OH = 2m = 200cm;$

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

mà $f = -\frac{R}{2} = -60cm,$

$$d = OM = 40cm,$$

suy ra $d' = -24cm.$

Từ đó: $PQ = \frac{200 + 24}{24} \cdot AB = \frac{224}{24} \cdot 10 \approx 93,3cm.$

b) Theo kết quả xác định thị trường trên, ta thấy tất cả các tia sáng từ phần tường giới hạn bởi đường tròn đường kính PQ tới gặp gương sẽ đi vào mắt M. Do đó, áp dụng tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng, nếu tại M ta đặt nguồn sáng S (bóng đèn điện) thì ảnh ảo S' của S trùng với M' và chùm tia tới phát ra từ S đi tới gương (Hình B.8) sẽ phản xạ, chiếu lên tường và vệt sáng trên tường cũng giới hạn bởi đường tròn đường kính PQ đã tính ở câu (a). Độ lớn của PQ (vệt sáng) cũng thay đổi theo vị trí của bóng đèn điện của đèn pha.

C. ÁP DỤNG ĐỊNH LUẬT KHÚC XẠ ÁNH SÁNG. LƯỜNG CHẤT PHẪNG – BẢN MẶT SONG SONG – LĂNG KÍNH

1. Công thức của định luật khúc xạ ánh sáng

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

hay $n_1 \sin i = n_2 \sin r$.

Với n_1, n_2 là chiết suất tuyệt đối của môi trường 1 (chứa tia tới) và môi trường 2 (chứa tia khúc xạ); n_{21} là chiết suất tỉ đối của môi trường 2 đối với môi trường 1.

2. Hiện tượng phản xạ toàn phần xảy ra khi $n_1 > n_2$ và góc tới phải lớn hơn góc giới hạn phản xạ toàn phần i_{gh} :

$$i \geq i_{gh}, \quad \text{với} \quad \sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_{12}}.$$

3. Ảnh tạo bởi lưỡng chất phẳng:

+ Vật thật cho ảnh ảo; vật ảo cho ảnh thật;

+ Vị trí của ảnh: $\frac{d}{d'} = \frac{n_1}{n_2}$ (n_1 là môi trường chứa vật)

hay tổng quát $\frac{d}{d'} = -\frac{n_1}{n_2}$.

4. Bản (hai) mặt song song:

+ Tia sáng truyền qua bản không đổi phương;

+ Vật thật cho ảnh ảo; vật ảo cho ảnh thật. Ảnh có độ lớn (độ cao) bằng vật.

+ Khoảng cách vật – ảnh (độ dịch chuyển ảnh):

$$SS' = e \left(1 - \frac{1}{n} \right),$$

với e là bề dày của bản; n là chiết suất của bản (đối với môi trường xung quanh).

5. Lăng kính

+ Tia tới đi từ phía đáy đập vào mặt bên của lăng kính cho tia ló lệch về phía đáy;

+ Công thức lăng kính:

$$\sin i_1 = n \sin r_1;$$

$$\sin i_2 = n \sin r_2;$$

$$A = r_1 + r_2;$$

$$D = i_1 + i_2 - A$$

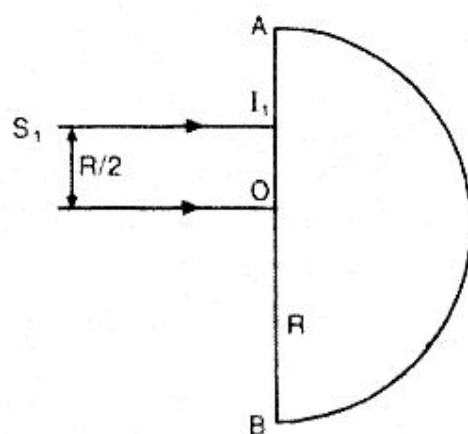
với A là góc chiết quang, D là góc lệch (của tia ló so với tia tới).

+ D có giá trị cực tiểu khi $i_1 = i_2$; khi đó $D = 2i_1 - A$;

+ Khi góc A và góc tới i_1 nhỏ ($A, i_1 < 10^\circ$) thì $D = (n - 1)A$.

BÀI TẬP

BÀI 10. Cho một khối thủy tinh hình bán cầu có tâm O , bán kính R , chiết suất của thủy tinh là $n = 1,414$. Chiếu một chùm tia sáng song song, rộng vào mặt phẳng AB của hình bán cầu theo phương vuông góc với mặt phẳng đó (Hình C.1)



Hình C1

- Tính góc giới hạn phản xạ toàn phần đối với một tia sáng từ thủy tinh ra không khí;
- Vẽ đường đi của tia sáng S_1I_1 cách tia đi qua O một đoạn $R/2$ (Hình C.1) và tính góc lệch của tia này khi đi ra khỏi khối thủy tinh;
- Chứng minh rằng khoảng cách từ O tới giao điểm P của tia sáng không đi qua O ló ra khỏi mặt cầu

với tia sáng đi qua O phụ thuộc góc tới i trên mặt cầu.

(Trích ĐTTS ĐH Quốc gia Hà Nội).

LỜI GIẢI

a) Góc giới hạn phản xạ toàn phần i_{gh} đối với tia sáng đi từ thủy tinh ra không khí được tính theo công thức:

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,414} \approx \frac{1}{\sqrt{2}} = \sin 45^\circ$$

$$\Rightarrow i_{gh} \approx 45^\circ$$

b) Tia S_1I_1 vuông góc với mặt phẳng AB của bán cầu, qua mặt đó không bị lệch, và tới bán cầu tại điểm I' dưới góc i . Ta có (Hình C.2).

$$\begin{aligned} \sin i &= \frac{OI_1}{OI'} = \frac{R}{R} \\ &= \frac{1}{2} \end{aligned}$$

$$\text{Vậy } i = 30^\circ$$

và theo định luật khúc xạ ánh sáng:

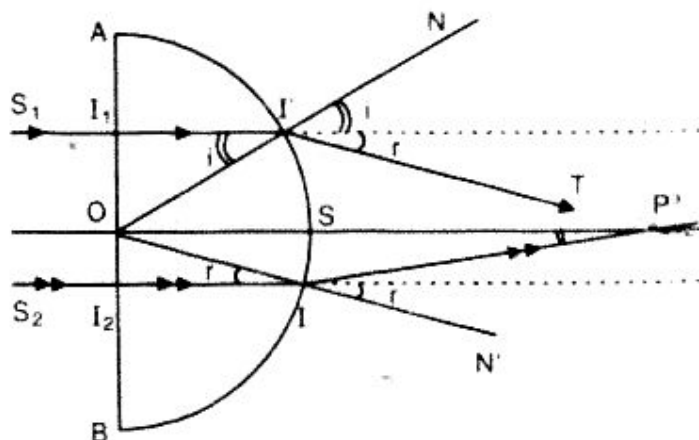
$$\sin r = n \sin i = 1,414 \cdot \frac{1}{2} \approx \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\Rightarrow r = 45^\circ$$

Vậy góc lệch của tia ló I'T là:

$$D = r - i = 45 - 30 = 15^\circ$$

c) Xét tia S_2I_2 không đi qua O ló ra khỏi mặt cầu, tới điểm I



Hình C2

trên bán cầu dưới góc tới i (sao cho $i < i_{gh} = 45^\circ$); Tia IP ló ra khỏi mặt cầu, dưới góc r và cắt OS tại P (OS là đường đi của tia sáng đi qua O). Xét tam giác OIP, ta có hệ thức (Hình C.2)

$$\frac{OP}{\sin r} = \frac{IP}{\sin i} = \frac{OI}{\sin \widehat{IPO}}.$$

Nhưng $\widehat{IPO} = r - i$, và $OI = R$,

nên
$$OP = R \frac{\sin r}{\sin(r - i)} = R \frac{\sin r}{\sin r \cos i - \sin i \cos r},$$

với $\sin r = n \sin i$; $\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r} = \sqrt{1 - n^2 \sin^2 i}$

Từ đó
$$OP = R \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 i} - \frac{1}{n} \sqrt{1 - n^2 \sin^2 i}}$$

$$= \frac{Rn^2}{n^2 - 1} \left[\sqrt{1 - \sin^2 i} + \sqrt{\frac{1}{n^2} - \sin^2 i} \right]$$

Biểu thức này cho ta thấy rằng OP phụ thuộc góc tới i của tia sáng trên mặt cầu. Ta thấy rằng OP có giá trị cực đại khi $i = 0$,

khi đó $OP_{\max} = \frac{R \cdot n}{n - 1}$; và OP có giá trị nhỏ nhất khi $i = i_{gh} = 45^\circ$

(giá trị lớn nhất của i để có tia ló), khi đó

$$OP_{\min} = \frac{Rn(n + \sqrt{2 - n^2})}{\sqrt{2}(n^2 - 1)}.$$

BÀI 11. Nhúng một phần thước thẳng AB vào một bể nước

trong suốt có chiết suất $n = \frac{4}{3}$ sao cho thước tạo với

mặt nước một góc α . Đầu A chạm đáy bể. I là giao điểm giữa mặt nước và thước (Hình C.3). Khi nhìn xuống đáy bể theo phương thẳng đứng, người ta thấy

điểm A được nâng lên tại vị trí A' và cách mặt nước 15cm.

a) Tính độ cao của nước trong bể;

b) Gọi β là góc hợp bởi A'I và AI. Hãy xác định α để β đạt giá trị lớn nhất.

(ĐTTS ĐH Xây dựng HN)

LỜI GIẢI

a) Có thể coi điểm A ở ngoài và sát với lớp nước. Như vậy các tia sáng đi từ A đến mắt phải qua một bản mặt song song với bề dày l , chiết suất $n = \frac{4}{3}$. Độ dịch chuyển AA' khi đó được tính theo công thức:

$$AA' = h \left(1 - \frac{1}{n} \right) \quad (1)$$

Theo hình C.3 ta thấy:

$$AA' = OA - OA' = h - OA' \quad (2)$$

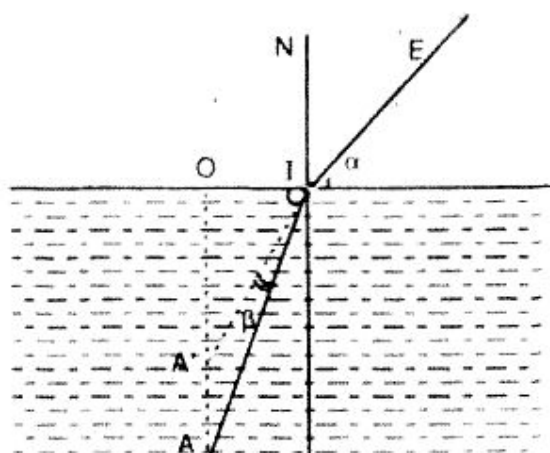
Đổi chiếu (1) và (2) suy ra

$$OA' = \frac{h}{n},$$

và do đó
$$h = n.OA' = \frac{4}{3}.15 = 20\text{cm}.$$

b) Gọi α' là góc OIA', thì theo hình C.3

$$\text{tg}\alpha = \frac{OA}{OI},$$



Hình C.3

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{OA'}{OI},$$

suy ra
$$\frac{\operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{OA'}{OA} = \frac{\frac{h}{n}}{\frac{h}{n}} = \frac{1}{n} = \frac{3}{4}$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha' = \frac{3}{4} \operatorname{tg} \alpha. \quad (3)$$

Từ đẳng thức $\beta = \alpha - \alpha'$, suy ra (chú ý đến (3)):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha'}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha'} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{4 + 3 \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

Để tìm giá trị lớn nhất của β , tức là của $\operatorname{tg} \beta$, ta đặt $\operatorname{tg} \beta = x$ ở biểu thức trên, lấy đạo hàm $\operatorname{tg} \beta$ theo x và cho đạo hàm triệt

tiêu, suy ra $\operatorname{tg} \beta$ cực đại khi $x = \frac{2\sqrt{3}}{3}$. Vậy β đạt giá trị lớn

nhất khi $\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\sqrt{3}}{3}$, suy ra $\alpha \approx 49^\circ 7'$.

Ghi chú: Ở câu (a)), có thể coi A' là ảnh của A qua lưỡng chất phẳng nước – không khí (A nằm trong nước), do đó áp

dụng công thức lưỡng chất phẳng ta được: $\frac{OA}{OA'} = \frac{n}{1}$

$$\Rightarrow OA' = \frac{h}{n}.$$

BÀI 12. Một lăng kính có góc chiết quang A và chiết suất n .

Một tia tới SI lướt trên mặt tới AB , đi qua lăng kính và ló ra theo tia $I'R$ làm với pháp tuyến tại I' một góc (ló) i_2

a) Chứng minh rằng có hệ thức

$$\sqrt{n^2 - 1} = \frac{\cos A + \sin i_2}{\sin A}$$

b) Tính góc ló i_2 và góc lệch D , biết rằng $A = 60^\circ$; $n = 1,5$

LỜI GIẢI

a) Áp dụng các công thức về lăng kính

Theo đề bài $i_1 = 90^\circ$ từ đó

$$\sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n} = \frac{1}{n} \quad (1)$$

và
$$\cos r_1 = \sqrt{1 - \sin^2 i_1} = \frac{\sqrt{n^2 - 1}}{n} \quad (2)$$

Ta có

$$\begin{aligned} A &= r_1 + r_2 \\ \Rightarrow r_2 &= A - r_1; \\ \sin i_2 &= n \sin r_2 = n \sin(A - r_1) \\ &= n(\sin A \cos r_1 - \cos A \sin r_1) \end{aligned} \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3) suy ra hệ thức cần tìm:

$$\sqrt{n^2 - 1} = \frac{\sin i_2 + \cos A}{\sin A}$$

b) Với $A = 60^\circ$, $n = 1,5$, từ (4) ta được

$$\begin{aligned} \sin i_2 &= 0,4682 \\ \Rightarrow i_2 &= 27^\circ 55' \end{aligned}$$

Ta có góc lệch của tia ló IR:

$$D = i_1 + i_2 - A = 57^\circ 55'.$$

D. THẤU KÍNH

1. Có hai loại thấu kính: thấu kính hội tụ và thấu kính

phân kỳ. Mỗi thấu kính có *hai tiêu điểm chính* (vật và ảnh, F và F') nằm đối xứng với nhau ở hai bên quang tâm O. Khoảng cách OF là tiêu cự f của thấu kính. Mặt phẳng vuông góc với trục chính tại F (hoặc F') gọi là các *tiêu diện*. Một điểm bất kỳ trên tiêu diện (trừ F, F') được gọi là *tiêu điểm phụ*. Tiêu điểm của thấu kính phân kỳ là tiêu điểm ảo.

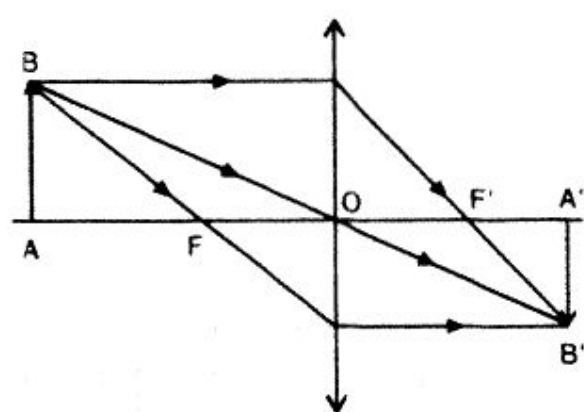
2. Độ tụ D của thấu kính

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

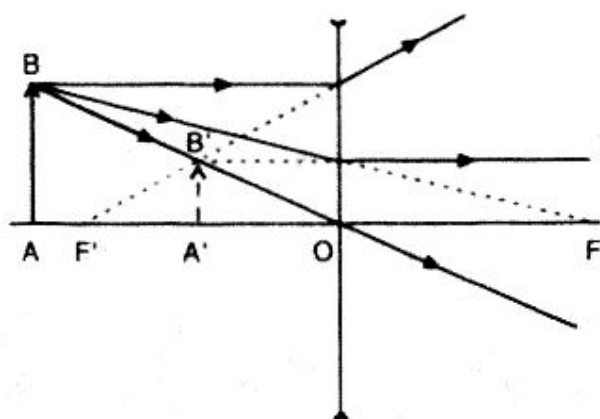
với n là chiết suất tỉ đối của chất làm thấu kính đối với môi trường đặt thấu kính, R_1, R_2 là bán kính của hai mặt thấu kính, với quy ước: mặt cầu lồi $R > 0$, mặt cầu lõm $R < 0$, mặt phẳng $\frac{1}{R} = 0$. Với thấu kính hội tụ $D > 0, f > 0$; với thấu kính phân kỳ $D < 0, f < 0$.

3. Cách vẽ ảnh một vật cho bởi thấu kính

+ Để vẽ ảnh của một điểm ở ngoài trục chính (điểm B chẳng hạn) dùng 2 trong 3 tia đặc biệt (Hình D.1)



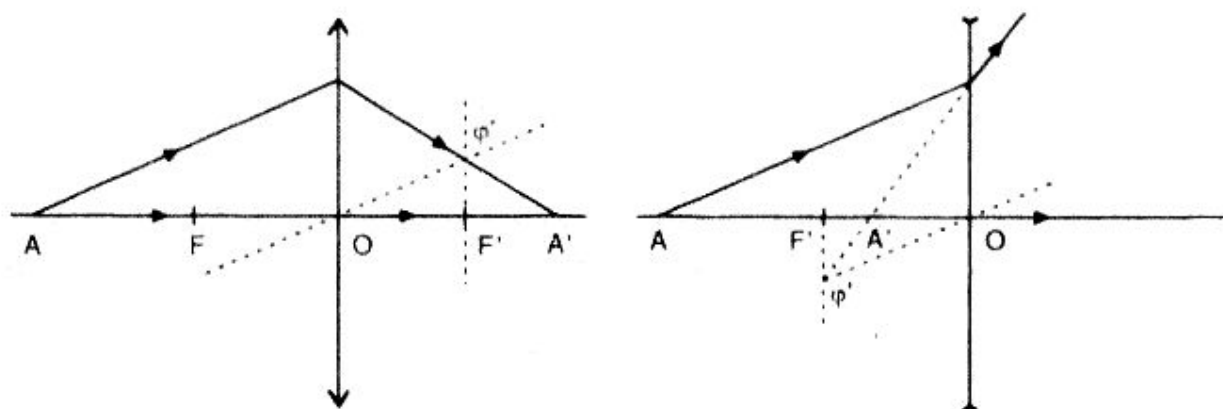
a) Thấu kính hội tụ



b) Thấu kính phân kỳ

Hình D.1

+ Để vẽ ảnh của một điểm ở trên trục chính, dùng 1 tia đặc biệt (tia tới trùng với trục chính) và 1 tia bất kỳ (Hình D.2).



a) Thấu kính hội tụ

b) Thấu kính phân kỳ

Hình D.2

+ Nếu vật là một đoạn thẳng nhỏ AB vuông góc với trục chính, ảnh A'B' của nó cũng là một đoạn thẳng vuông góc với trục chính (chú ý nếu A'B' là ảnh ảo thì vẽ A'B' bằng nét đứt), do đó chỉ cần vẽ ảnh B' của đầu trên B (Hình D.1) rồi vẽ đoạn thẳng A'B' vuông góc với trục chính.

4. Mối liên hệ giữa vật và ảnh

a) Với thấu kính hội tụ:

- + Vật thật ở ngoài F có ảnh thật ngược chiều với vật
- + Vật thật ở trong F có ảnh ảo cùng chiều và lớn hơn vật;
- + Vật ảo có ảnh thật cùng chiều và nhỏ hơn vật.

b) Với thấu kính phân kỳ:

- + Vật thật có ảnh ảo cùng chiều và nhỏ hơn vật;
- + Vật ảo ở trong F có ảnh thật cùng chiều và lớn hơn vật,
- vật ảo ở ngoài F có ảnh ảo ngược chiều với vật.

c) Nhận xét:

- Khi vật di chuyển (lại gần hoặc ra xa thấu kính) ảnh và vật luôn luôn di chuyển cùng chiều;

- Vật ở đúng tiêu điểm F thì ảnh ở xa vô cùng (vô cực) và ta không hứng được ảnh;

- Vật thật ở trước thấu kính, ảnh thật ở sau thấu kính (có thể hứng được trên màn quan sát) theo chiều truyền của ánh sáng, tới thấu kính. Vật ảo ở sau thấu kính, ảnh ảo ở trước thấu kính (theo chiều truyền của ánh sáng).

- Muốn vẽ một điểm (vật) ảo, dùng 2 tia sáng đi tới thấu kính có đường kéo dài gặp nhau tại A (nên chọn các tia đặc biệt), hai tia ló của chúng (hoặc đường kéo dài) tạo nên ảnh của điểm (vật) ảo đó.

5. Công thức thấu kính

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

$$k = - \frac{d'}{d} \quad (2)$$

$$AB = |k| AB$$

Với quy ước:

- Vật thật (vật sáng) $d > 0$; vật ảo $d < 0$;
- Ảnh thật $d' > 0$; ảnh ảo $d' < 0$;
- $k > 0$; ảnh cùng chiều với vật;
- $k < 0$; ảnh ngược chiều với vật;

Chú ý:

+ Từ (1), suy ra

$$d' = \frac{df}{d-f}; \quad d = \frac{d'f}{d'-f}; \quad f = \frac{dd'}{d+d'}$$

+ Từ (2), suy ra

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

+ Khoảng cách giữa vật và ảnh là $|d + d'|$;

Với vật thật có ảnh thật thì $d + d' \geq 4f$.

BÀI TẬP

BÀI 13. Một thấu kính hai mặt lồi cùng bán kính R , làm bằng thủy tinh, khi đặt trong không khí thì có tiêu cự $f = 30\text{cm}$. Nhúng chìm thấu kính vào một bể nước, cho trục chính của nó thẳng đứng, rồi cho một chùm sáng song song rơi thẳng đứng từ trên xuống thấu kính thì thấy điểm hội tụ của chùm tia sáng ở cách thấu kính 80cm . Tính R và chiết suất của thủy tinh. Cho biết chiết suất của nước bằng $4/3$.

LỜI GIẢI

Gọi n_1, n_2 lần lượt là chiết suất của thủy tinh và nước, ta có $n_2 = 4/3$. Gọi f' là tiêu cự của thấu kính khi đặt trong nước theo đề bài ta có $f' = 80\text{cm}$.

Vì hai mặt cầu giống nhau nên theo công thức tính tiêu cự thấu kính ta có:

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= (n_1 - 1) \frac{2}{R} \\ \Rightarrow \frac{1}{30} &= (n_1 - 1) \frac{2}{R} \quad (1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{1}{f'} &= \left(\frac{n_1}{n_2} - 1\right) \frac{2}{R} \\ \Rightarrow \frac{1}{80} &= \left(\frac{3n_1}{4} - 1\right) \frac{2}{R} \quad (2)\end{aligned}$$

Từ (1) và (2), suy ra

$$\frac{80}{30} = \frac{4(n_1 - 1)}{3n_1 - 4}$$

$$\Rightarrow n_1 = \frac{5}{3}.$$

Thay giá trị của n_1 vào (1), ta được:

$$R = 60 (n_1 - 1) = 40 \text{ cm.}$$

BÀI 14. Một vật sáng hình mũi tên AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính phẳng lồi bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$, bán kính mặt lồi 10 cm, cho ảnh rõ nét trên màn đặt cách vật một khoảng l .

- Xác định khoảng cách ngắn nhất của l .
- Xác định các vị trí của thấu kính trong trường hợp $l = 90\text{cm}$. Vẽ ảnh của vật trên màn. So sánh độ phóng đại của ảnh thu được trong các trường hợp đó.

LỜI GIẢI

a) Vì vật thật và ảnh thật nên

$$l = d + d' \quad (d > 0, d' > 0)$$

Vì
$$d' = \frac{df}{d - f}$$

nên ta có
$$l = d + \frac{df}{d - f}$$

$$\Rightarrow d^2 - ld + lf = 0 \quad (1)$$

Muốn cho phương trình bậc hai theo d (1) có nghiệm, ta phải có : $\Delta = l^2 - 4lf \geq 0$. Suy ra

$$l \geq 4f. \quad (2)$$

Áp dụng công thức tính tiêu cự thấu kính:

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

(với mặt phẳng $\frac{1}{R_2} = 0$)

$$\Rightarrow f = \frac{R_1}{n - 1} = \frac{10}{1,5 - 1} = 20\text{cm}.$$

Do đó khoảng cách ngắn nhất của l là $l_{\min} = 4f = 80\text{ cm}$.

b) Với $l = 90\text{cm} > l_{\min}$, thay giá trị của l vào (1) ta có phương trình:

$$d^2 - 90d + 1800 = 0.$$

Phương trình này có 2 nghiệm : $d_1 = 30\text{cm}$, và $d_2 = 60\text{cm}$.

Như vậy có 2 vị trí của thấu kính (tới vật AB). Suy ra hai vị trí tương ứng của ảnh:

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = 60\text{cm}$$

$$\text{và } d'_2 = 30\text{cm}.$$

Bạn đọc tự vẽ hình (chú ý chọn tỉ xích thích hợp cho d , d' , f , còn vật AB thì có chiều cao thích hợp để vẽ ảnh được thuận tiện).

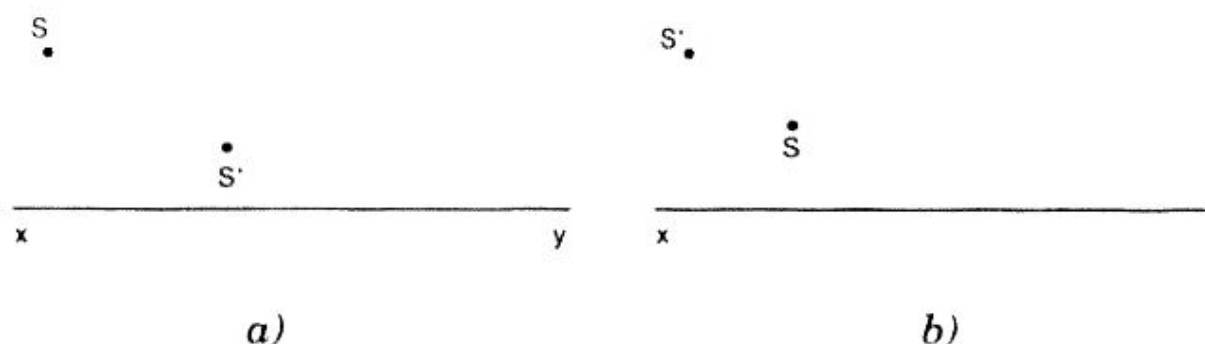
Độ phóng đại tương ứng với hai trường hợp đó (có thể thấy ngay sau khi vẽ ảnh):

$$k_1 = - \frac{d'_1}{d_1} = -2$$

$$\text{và } k_2 = - \frac{d'_2}{d_2} = -\frac{1}{2}$$

$$\text{Ta thấy } k_1 = \frac{1}{k_2}.$$

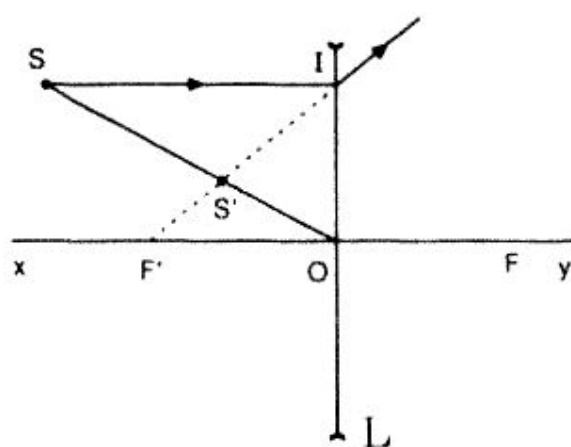
BÀI 15. Trong các trường hợp hình vẽ sau đây (Hình D.3, a và b); xy là trục chính của thấu kính, S' là ảnh của điểm vật S , chiều truyền của ánh sáng từ trái sang phải. Hãy cho biết tính chất của S , S' và của thấu kính. Xác định quang tâm O và các tiêu điểm chính của thấu kính.



Hình D.3

LỜI GIẢI

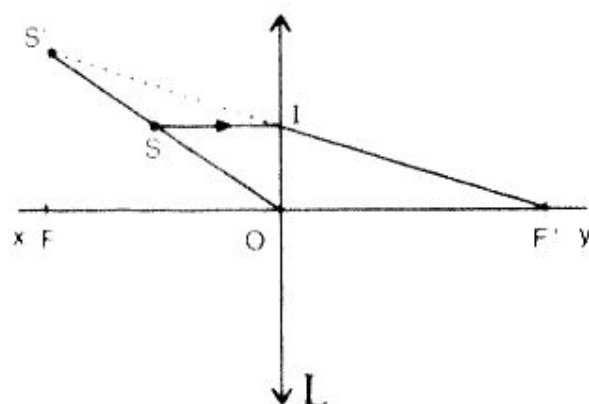
a) Nối SS' cắt xy tại O , O là quang tâm của thấu kính. S là vật thật, vì ở cùng bên với ánh sáng tới; S' là ảnh ảo, vì ở cùng bên với ánh sáng tới. Thấu kính L cho vật thật S , ảnh ảo S' cùng chiều và nhỏ hơn vật (hay khoảng cách từ S' đến L nhỏ hơn khoảng cách từ S đến L), nên L là thấu kính phân kì.



Hình D.4

Để xác định tiêu điểm chính F' , kẻ tia tới SI song song với trục chính xy . Nối $S'I$ (đường nét đứt) cắt trục chính tại F' , F' là tiêu điểm ảnh chính. Lấy F đối xứng với F' qua O .

b) Tương tự như câu (a)) ta xác định được quang tâm O (Hình D.5) S là vật thật, S' là ảnh ảo. Thấu kính L cho vật thật S một ảnh ảo S' có khoảng cách đến L lớn hơn khoảng cách từ S đến L nên L là thấu kính hội tụ. Cũng tương tự như câu (a)) ta xác định được các tiêu điểm F và F'.



Hình D.5

BÀI 16. Một thấu kính phân kỳ có tiêu cự $f = -25\text{cm}$ cho ảnh cách vật $56,25\text{ cm}$. Xác định vị trí, tính chất của vật và ảnh. Tính độ phóng đại cho mỗi trường hợp.

LỜI GIẢI

Theo đề bài ta có:

$$l = |d + d'| = 56,25\text{cm}; \quad (1)$$

$$d' = \frac{df}{d - f} = -\frac{25d}{d + 25} \quad (2)$$

a) Trường hợp $d + d' = 56,25$. Ta có:

$$d + \left(-\frac{25d}{d + 25}\right) = 56,25$$

$$\Rightarrow d^2 - 56,25d - 1406,25 = 0 \quad (3)$$

Phương trình (3) có 2 nghiệm: $d_1 = 75\text{cm}$ và $d_2 = -18,75\text{ cm}$.

Với $d_1 = 75\text{ cm}$ (vật thật), ta có

$$d'_1 = -\frac{25d_1}{d_1 + 25} = -18,75\text{cm (ảnh ảo)}.$$

Với $d_1 = -18,75\text{cm}$ (vật ảo) ta có $d'_2 = 75\text{cm}$ (ảnh thật).

Độ phóng đại:

$$k_1 = -\frac{d'_1}{d_1} = 0,25 > 0: \text{ảnh và vật cùng chiều;}$$

$$k_2 = -\frac{d'_2}{d_2} = 4 > 0: \text{ảnh và vật cùng chiều.}$$

b) Trường hợp $d + d' = -56,25\text{ cm}$. Ta có phương trình:

$$d^2 + 56,25d + 1406,25 = 0 \quad (4)$$

Phương trình này vô nghiệm ($\Delta < 0$)

Vậy có 2 vị trí của vật và ảnh tương ứng ở trên (trường hợp a).

Ghi chú: Có thể vẽ hình để kiểm tra. Cần chú ý vẽ vật ảo và ảnh ảo bằng nét đứt. Muốn vẽ vật ảo (vẽ đầu trên A của vật, chẳng hạn), đánh dấu điểm A ở sau thấu kính (theo chiều truyền ánh sáng), rồi vẽ hai tia tới có đường kéo dài giao nhau tại A: một tia song song với trục chính còn tia thứ hai đi qua quang tâm (nối OA). Khi đó các tia khúc xạ qua thấu kính giao nhau (hoặc đường kéo dài giao nhau) tại A' là ảnh của A.

BÀI 17. Vật sáng AB được đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ và cách thấu kính 36cm; ta thu được ảnh A_1B_1 của AB trên màn E đặt vuông góc với trục chính. Dịch chuyển AB một đoạn 6cm về phía thấu kính. Hỏi phải dịch chuyển màn E như thế nào để thu được ảnh A_2B_2 của AB. Cho biết $A_2B_2 = 1,6.A_1B_1$. Tìm tiêu cự của thấu kính và độ cao của các ảnh A_1B_1 và A_2B_2 biết rằng $AB = 1\text{ cm}$.

LỜI GIẢI

Vì vật và ảnh dịch chuyển cùng chiều, nên khi vật AB tiến

đến gần thấu kính ta phải dịch chuyển màn E ra xa thấu kính để thu được ảnh của AB trên màn.

Độ phóng đại của ảnh A_1B_1 là:

$$k_1 = - \frac{d'_1}{d_1} = \frac{f}{f - d_1}$$

Vì vật thật, ảnh thật nên

$$d_1 > f$$

$$\Rightarrow k_1 < 0 \text{ (ảnh và vật ngược chiều nhau).}$$

$$\text{Do đó} \quad |k_1| = \frac{f}{d_1 - f} = \frac{f}{36 - f} \quad (1)$$

Độ phóng đại của ảnh A_2B_2 là:

$$k_2 = - \frac{d'_2}{d_2} = \frac{f}{f - d_2},$$

$$\text{với} \quad d_2 = d_1 - 6 = 30\text{cm}$$

Tương tự như trên, ta có

$$|k_2| = \frac{f}{30 - f} \quad (2)$$

$$\text{Ta có} \quad A_1B_1 = |k_1| AB,$$

$$A_2B_2 = |k_2| AB.$$

$$\text{Theo đề bài} \quad A_2B_2 = 1,6 A_1B_1,$$

$$\text{Do đó ta có} \quad |k_2| = 1,6 |k_1| \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3), suy ra

$$(36 - f) = 1,6 (30 - f)$$

$$\Rightarrow f = 20\text{cm}$$

$$\text{Từ đó:} \quad |k_1| = \frac{20}{36 - 20} = \frac{5}{4}$$

$$\Rightarrow A_1B_1 = |k_1| AB = \frac{5}{4} = 1,25\text{cm};$$

$$|k_2| = \frac{20}{30 - 20} = 2$$

$$\Rightarrow A_2B_2 = |k_2| AB = 2\text{cm}.$$

BÀI 18. Khoảng cách từ vật đến tiêu điểm vật của một thấu kính hội tụ bằng $1/4$ khoảng cách từ ảnh thật của vật đến tiêu điểm ảnh của thấu kính. Tính độ phóng đại của ảnh đó.

LỜI GIẢI

Gọi x là khoảng cách từ vật đến tiêu điểm vật ($x > 0$).
Khoảng cách từ ảnh thật đến tiêu điểm ảnh là $4x$.

Vị trí của vật và ảnh là:

$$d = f + x \quad (d > 0);$$

$$d' = f + 4x \quad (d' > 0);$$

Ta có:
$$d' = \frac{df}{d - f}$$

$$\Rightarrow f + 4x = \frac{(f + x)f}{(f + x) - f}$$

$$\Rightarrow 4x^2 = f^2.$$

Suy ra
$$x = \frac{f}{2}.$$

Do đó
$$d = f + x = \frac{3f}{2};$$

$$d' = f + 4x = 3f$$

Độ phóng đại của ảnh:

$$k = -\frac{d'}{d} = -2 < 0 \text{ (ảnh ngược chiều với vật).}$$

Ghi chú: Một cách khái quát, nếu gọi x' là khoảng cách từ ảnh thật đến tiêu điểm ảnh, tương tự như trên ta có hệ thức: $xx' = f^2$.

BÀI 19. Một vật sáng AB được đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính phân kỳ và cách thấu kính một khoảng d_1 , cho một ảnh A_1B_1 . Cho vật tiến gần lại thấu kính một đoạn 40cm thì ảnh của vật bây giờ là A_2B_2 cách A_1B_1 một khoảng 5cm và có độ lớn gấp đôi ảnh trước. Tìm tiêu cự của thấu kính và vị trí ban đầu của vật.

LỜI GIẢI

Thấu kính phân kỳ luôn luôn cho vật thật một ảnh ảo cùng chiều với vật.

Lúc đầu vật có vị trí d_1 , và độ phóng đại ảnh là:

$$k_1 = \frac{f}{f - d_1}. \quad (1)$$

Lúc sau, vật có vị trí

$$d_2 = d_1 - 40$$

và độ phóng đại ảnh là:

$$k_2 = \frac{f}{f - d_2} = \frac{f}{f - d_1 + 40}. \quad (2)$$

$$\text{Theo đề bài } k_2 = 2k_1. \quad (3)$$

$$\text{Do đó } \frac{f}{f - d_1 + 40} = 2 \cdot \frac{f}{f - d_1}$$

$$\Rightarrow d_1 = f + 80 \quad (4)$$

Mặt khác

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f},$$

$$d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f},$$

với $d'_2 = d'_1 + 5,$

suy ra
$$\frac{(d_1 - 40)f}{(d_1 - 40) - f} = \frac{d_1 f}{d_1 - f} + 5 \quad (5)$$

Thay d_1 từ (4) vào (5), ta rút ra

$$f^2 = 400$$

$$\Rightarrow f = -20\text{cm (vì là thấu kính phân kì)}.$$

Từ (4) ta được:

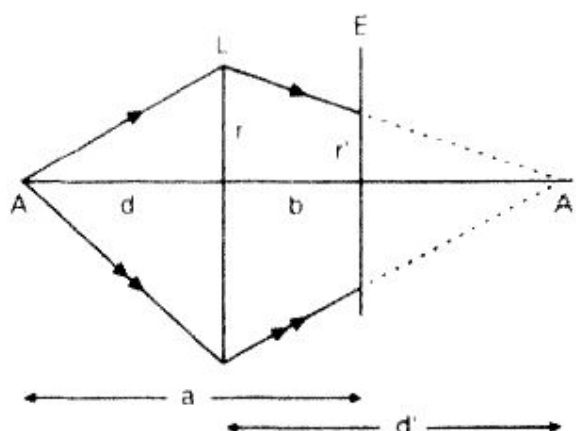
$$d_1 = -20 + 80 = 60\text{cm}.$$

BÀI 20. Một điểm sáng A đặt cách màn E một khoảng $a = 50\text{cm}$. Trong khoảng giữa A và E người ta đặt một thấu kính L sao cho A nằm trên trục chính và L song song với E. Khi tịnh tiến thấu kính theo trục chính trong khoảng giữa A và E người ta thấy vết sáng trên màn không bao giờ thu lại thành một điểm; nhưng khi L cách E một khoảng $b = 20\text{cm}$ thì vết sáng trên màn có bán kính nhỏ nhất.

- 1) Tính tiêu cự của thấu kính L.
- 2) Tính đường kính nhỏ nhất của vết sáng trên màn. Biết rằng thấu kính L có dạng phẳng lồi, thủy tinh làm thấu kính có chiết suất $n = 1,5$ và chỗ dày nhất của thấu kính đo được $0,2\text{cm}$.

LỜI GIẢI

1) Theo đề bài, điểm hội tụ A' của chùm tia ló luôn ở sau màn E . Ta có đường đi của chùm tia sáng từ A đến A' như trên hình D.6. Dựa vào tính chất của các tam giác đồng dạng trên hình vẽ (Hình D.6) ta có:



Hình D.6

$$\frac{r'}{r} = \frac{d'-b}{d'} = 1 - \frac{b}{d'}$$

$$= 1 - \frac{a-d}{d'} = 1 - \frac{a}{d'} + \frac{d}{d'}$$

$$\Leftrightarrow \frac{r'}{r} = 1 - a \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{d} \right) + \left(\frac{d}{f} - 1 \right) = \frac{a}{d} + \frac{d}{f} - \frac{a}{f} \quad (1)$$

Với r' là bán kính vết sáng trên màn, r là bán kính vành ngoài của thấu kính. Để tìm giá trị nhỏ nhất của r' khi d thay đổi (thấu kính dịch chuyển) ta lấy đạo hàm biểu thức trên theo d và cho đạo hàm bằng không, ta có:

$$\frac{1}{f} - \frac{a}{d^2} = 0$$

$$\Rightarrow d = \sqrt{af}$$

Do đó $a - b = d = \sqrt{af}$,

suy ra
$$f = \frac{(a-b)^2}{a} = \frac{(50-20)^2}{50} = 18\text{cm}.$$

2) Ta tính bán kính r của vành ngoài thấu kính dựa vào hình D.7. Ta có:

$$r = \sqrt{OH(2R - OH)},$$

với $OH = 0,2\text{cm}$. Tiêu cự của thấu kính được tính theo công thức:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \frac{1}{R}$$

$$\Rightarrow R = (n - 1)f$$

$$= (1,5 - 1)18$$

$$= 9\text{cm.}$$

Từ đó $r \approx 1,9\text{cm.}$

Theo (1) và (2)

$$r'_{\min} = \left(\frac{a}{d} + \frac{d}{f} - \frac{a}{f} \right) r,$$

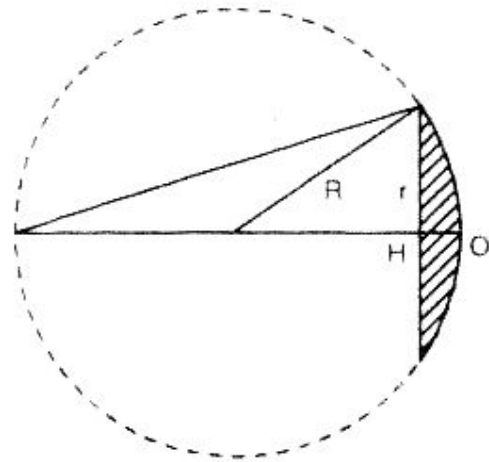
với $d = \sqrt{af} = \sqrt{50 \cdot 18} = 30\text{cm.}$

Thay số ta được

$$r'_{\min} \approx 1,05\text{cm.}$$

Đường kính nhỏ nhất của vết sáng trên màn:

$$D_{\min} = 2r'_{\min} \approx 2,1\text{cm.}$$



Hình D.7

E. HỆ QUANG HỌC

1. Hệ quang học (quang hệ) gồm các phần tử, như thấu kính, gương, bản mặt song song, lưỡng chất phẳng, lăng kính... ghép với nhau.

2. Ảnh của vật AB qua (tạo bởi) phần tử thứ nhất trở thành vật đối với phần tử thứ hai, ảnh qua phần tử thứ hai trở thành vật đối với phần tử thứ ba... Và ảnh tạo bởi phần tử cuối cùng chính là ảnh của vật AB tạo bởi cả hệ.

a) Để xác định ảnh lần lượt tạo bởi các phần tử, ta áp dụng các công thức đã biết, cho phép xác định vị trí và độ lớn (độ cao) của ảnh.

b) Muốn vẽ ảnh của một điểm của vật, ta xét đường đi của hai tia sáng phát ra từ vật đi tới hệ; vẽ thật đúng đường đi của từng tia sáng đi từ vật đến phần tử thứ nhất, khúc xạ qua (hay phản xạ trên) phần tử đó, rồi đi tiếp tới phần tử thứ hai... Nếu hai tia ló cuối cùng giao nhau tại 1 điểm thì ta có ảnh thật; còn nếu đường kéo dài của chúng giao nhau thì ta có ảnh ảo.

3. Thường gặp quang hệ đồng trục (các phần tử có cùng trục chính) phổ biến là trường hợp quang hệ đồng trục có hai phần tử (gương – gương, gương – thấu kính, thấu kính – thấu kính...). Khi đó vật AB đặt vuông góc với trục chính của hệ có ảnh A'B' tạo bởi hệ cũng vuông góc với trục chính.

a) Hệ hai thấu kính

Sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1(f_1)} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{L_2(f_2)} A_2B_2 \equiv A'B'$$

$$d_1 \rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}; \quad d_2 = l - d'_1 \quad (\text{với } l > 0 \text{ là khoảng cách}$$

$$\text{hai thấu kính}) \rightarrow d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2}.$$

Nếu $d'_2 > 0$: ảnh A'B' (A_2B_2) là ảnh thật; nếu $d'_2 < 0$: ảnh A'B' là ảnh ảo; nếu $d'_2 = \infty$: ảnh A'B' ở xa vô cùng, chùm tia ló khỏi L_2 (hệ) là chùm song song.

Độ phóng đại ảnh:

$$k = k_1 \cdot k_2 = \left(-\frac{d'_1}{d_1} \right) \left(-\frac{d'_2}{d_2} \right) = \frac{d'_1 d'_2}{d_1 d_2}$$

Nếu $k > 0$: A'B' cùng chiều với AB; nếu $k < 0$: A'B' ngược chiều với AB. Độ lớn (độ cao) của ảnh : $A'B' = |k|AB$.

b) *Hệ hai thấu kính ghép sát ($l = 0$): tương đương với một thấu kính có độ tụ $D = D_1 + D_2$, và bài toán quy về xét ảnh của vật qua thấu kính L có độ tụ D được đặt tại vị trí của L_1 (và L_2).*

c) Hệ thấu kính – gương.

+ Nếu vật ở ngoài hệ, sơ đồ tạo ảnh là:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L(f_1)} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{G(f_2)} A_2B_2 \xrightarrow[d_3]{L} A_3B_3 \equiv A'B'$$

$$d_1 \rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}; \quad d_2 = l - d'_1; \quad d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2};$$

$$d_3 = l - d'_2; \quad d'_3 = \frac{d_3 f_1}{d_3 - f_1}$$

Độ phóng đại ảnh:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = -\frac{d'_1 d'_2 d'_3}{d_1 d_2 d_3}$$

và

$$A'B' = |k| AB.$$

Nếu G là gương phẳng thì $d_2 = -d'_2$ và phép tính đơn giản hơn.

+ Nếu vật ở giữa thấu kính và gương thì vật có 2 ảnh:

– Ảnh 1 tạo bởi thấu kính;

– Ảnh 2 có sơ đồ tạo ảnh như sau:

$$AB \xrightarrow{G} A_1B_1 \xrightarrow{L} A_2B_2$$

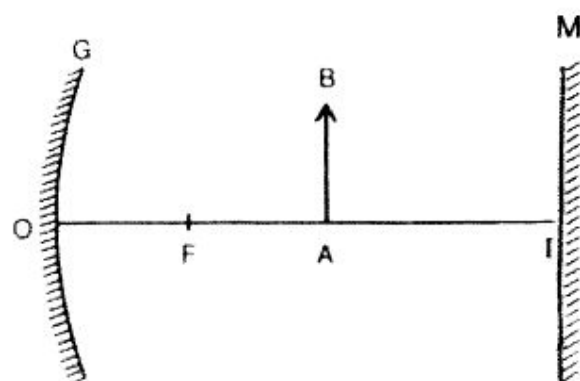
d) Hệ thấu kính gương ghép sát ($l = 0$) thì hệ tương đương một gương cầu có độ tụ $D = 2D_{tk} + D_g$, và bài toán quy về xét ảnh của vật qua một gương cầu có độ tụ D đặt tại vị trí của thấu kính.

e) Hệ hai gương đồng trục. Tùy theo yêu cầu của đề bài cần phải xét bao nhiêu lần phản xạ trên các gương mà ta có bấy nhiêu ảnh trung gian của vật, và ảnh tạo bởi lần phản xạ cuối cùng chính là ảnh của vật phải xét. Sơ đồ tạo ảnh như sau:

$$AB \xrightarrow{G_1} A_1B_1 \xrightarrow{G_2} A_2B_2 \xrightarrow{G_1} A_3B_3 \dots$$

Áp dụng các công thức và phương pháp tính toán giống như các trường hợp trên.

BÀI 21. Gương phẳng M đặt vuông góc với trục chính của một gương cầu lõm G (có tiêu cự $f = 40\text{cm}$), cách G một khoảng $l = 80\text{cm}$. Một vật sáng $AB = 1\text{cm}$ đặt vuông góc với trục chính của G cách G một khoảng $AO = 50\text{cm}$ (Hình E.1).



Hình E.1

Xác định vị trí, tính chất và độ lớn của ảnh, vẽ đường đi của ánh sáng, sau ba lần phản xạ liên tiếp cho hai trường hợp:

- Ảnh sáng phản xạ trên M trước;
- Ảnh sáng phản xạ trên G trước.

LỜI GIẢI

a) Trường hợp 1 (Hình E.2)

Sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[d_1]{M} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{G} A_2B_2 \xrightarrow[d_3]{M} A_3B_3 \equiv A'B'$$

Theo đề bài (H.E.1)

$$d_1 = IA = l - AO = 30\text{cm};$$

$$d'_1 = -d_1 = -30\text{cm};$$

$$d_2 = l - d'_1 = 80 + 30 \\ = 110\text{cm}$$

$$d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{440}{7} \text{ cm};$$

$$d_3 = l - d'_2 = \frac{120}{7} \text{ cm}$$

$$d'_3 = -d_3 = -\frac{120}{7} \text{ cm}$$

$$\approx -17,1\text{cm}.$$

Ảnh A'B' là ảnh ảo cách gương M một đoạn 17,1cm.

Độ phóng đại.

$$k = -\frac{d'_1 d'_2 d'_3}{d_1 d_2 d_3} = -\frac{4}{7} < 0$$

Ảnh A'B' ngược chiều với vật và có độ lớn:

$$A'B' = |k|AB \approx 0,57\text{cm}.$$

Vẽ đường đi của ánh sáng: Hình E.2.

b) Trường hợp 2 (Hình E.3)

Sơ đồ tạo ảnh:

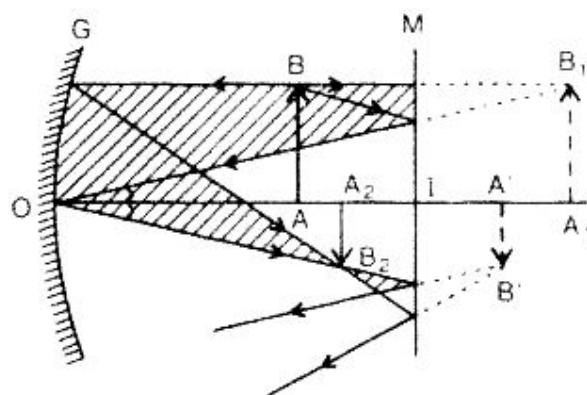
$$AB \xrightarrow[d_1]{d'_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{d'_2} A_2B_2 \xrightarrow[d_3]{d'_3} A_3B_3 \equiv A'B'$$

Theo đề bài

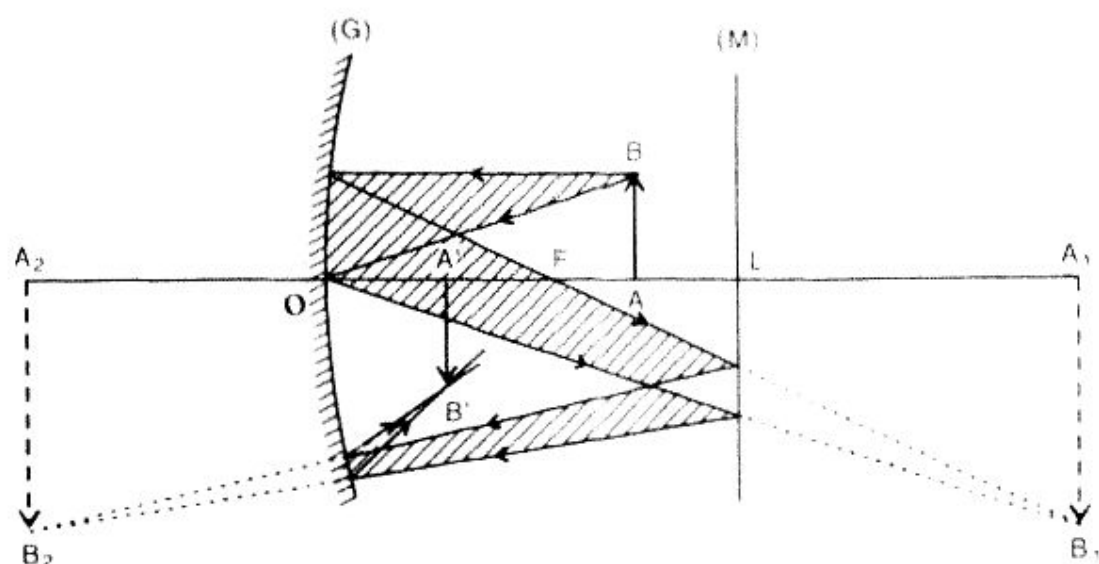
$$d_1 = 50\text{cm};$$

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = 200\text{cm};$$

$$d_2 = l - d'_1 = -120\text{cm};$$



Hình E.2



Hình E.3

$$d'_2 = -d_2 = 120\text{cm};$$

$$d_3 = l - d'_2 = -40\text{cm};$$

$$d'_3 = \frac{d_3 f}{d_3 - f} = 20\text{cm} > 0.$$

Ảnh A'B' là ảnh thật cách G một đoạn 20cm.

Độ phóng đại:

$$k = - \frac{d'_1 d'_2 d'_3}{d_1 d_2 d_3} = -2 < 0: \text{ảnh A'B' ngược chiều}$$

với vật và có độ lớn :

$$A'B' = |k| AB = 2\text{cm}.$$

Vẽ đường đi của ánh sáng: Hình E.3.

BÀI 22. Một gương cầu lõm bán kính $R = 20\text{cm}$, có trục chính thẳng đứng, mặt phản xạ hướng lên trên. Một điểm sáng A đặt trên trục chính cách đỉnh gương 30cm . Đổ một lớp nước mỏng (chiết suất $n = 4/3$) vào gương.

a) Xác định vị trí và tính chất của ảnh của A tạo bởi

hệ (coi như gồm gương + lưỡng chất phẳng (không khí – nước)).

- b) Tìm vị trí của A để mọi tia sáng phát từ A truyền qua hệ lại trở về A.

LỜI GIẢI

a) Tiêu cự của gương

$$f = \frac{R}{2} = 10\text{cm}.$$

Sơ đồ tạo ảnh: $A \xrightarrow{\text{LCP}} A_1 \xrightarrow{\text{G}} A_2 \xrightarrow{\text{LCP}} A_3 \equiv A'$

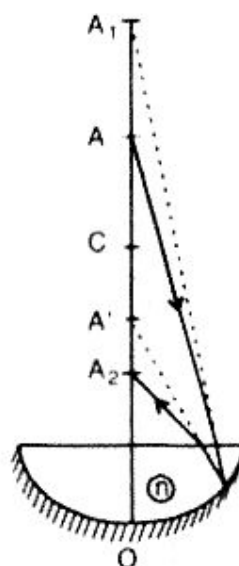
(Hình E.4).

Xét ảnh A_1 tạo bởi lưỡng chất phẳng không khí – nước. Ta áp dụng công thức đại số (bao hàm cả tính chất của vật và ảnh):

$$\frac{d}{d'} = -\frac{n_1}{n_2}.$$

Theo đề bài: $d_1 = 30\text{cm}$ (vì lớp nước mỏng);
 $n_1 = 1$; $n_2 = n = 4/3$. Từ đó

$$d'_1 = -nd_1 = -\frac{4}{3} \cdot 30 = -40\text{cm};$$



Hình E.4

A_1 là ảnh ảo tạo bởi lưỡng chất phẳng, ở trước gương, cách mặt nước, cũng tức là cách gương (vì lớp nước mỏng) một khoảng 40cm. (A_1 là vật thật đối với gương). Vậy

$$d_2 = -d'_1 = 40\text{cm} \text{ (vì } l \approx 0).$$

Ta có $d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{40}{3} \text{ cm} > 0$: A_2 là ảnh thật tạo

bởi G.

Ở trước gương, cách gương $40/3 \text{ cm}$; A_2 là vật ảo đối với

lượng chất phẳng. Ta có

$$d_3 = -d'_2 = -40/3 \text{ cm (vì lớp nước mỏng, } l \approx 0).$$

Áp dụng công thức lượng chất phẳng (nước – không khí) ta có:

$$\frac{d_3}{d'_3} = -\frac{n}{1}$$

$$\Rightarrow d'_3 = -\frac{d_3}{n} = 10\text{cm} > 0;$$

Ảnh A' của A tạo bởi hệ là ảnh thật, cách gương 10cm.

b) Mọi tia sáng phát từ A truyền qua hệ lại trở về A, điều đó có nghĩa là ảnh A' trùng với A. Theo sơ đồ tạo ảnh nói trên, dựa vào tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng, ta nhận thấy rằng: muốn cho A' trùng với A thì A₂ phải trùng với A₁, nghĩa là:

$$d'_2 = d_2$$

$$\Rightarrow \frac{d_2 f}{d_2 - f} = d_2$$

$$\Rightarrow d_2 = 2f.$$

Nghĩa là A₁ trùng với tâm gương C. Ta có

$$d'_1 = -d_2 = -2f = -20\text{cm}$$

Để xác định vị trí của A, ta áp dụng công thức lượng chất phẳng:

$$\frac{d_1}{d'_1} = -\frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow d_1 = -\frac{d'_1}{n} = \frac{20}{4/3} = 15\text{cm}.$$

Vậy muốn cho mọi tia sáng phát từ A truyền qua hệ lại trở về A, điểm sáng A phải đặt cách gương 15cm.

Ghi chú: Có thể giải bài toán bằng cách khác, nếu coi lớp nước mỏng như một thấu kính nước phẳng – lồi và hệ gồm gương và thấu kính ghép sát (khác với yêu cầu của đề bài). Khi đó tiêu cự của thấu kính là $f_l = \frac{R}{n-1} = \frac{20}{4/3-1} = 60\text{cm}$. Độ tụ của hệ thấu kính – gương ghép sát là:

$$D = 2D_{\text{tk}} + D_g = \frac{2}{f_l} + \frac{1}{f} = \frac{40}{3} \text{ điốp},$$

và hệ tương đương với một gương cầu có tiêu cự

$$f_h = \frac{1}{D} = \frac{3}{40} \text{ m} = 7,5\text{cm}.$$

Ảnh A' được xác định bằng công thức:

$$d' = \frac{df_h}{d - f_h},$$

với $d = 30\text{cm}$.

Suy ra $d' = 10\text{cm}$ (trùng với d'_3 ở bài giải). Muốn cho A' trùng với A, ta phải có:

$$d' = d$$

$$\Rightarrow d = 2f_h = 15\text{cm},$$

trùng với kết quả của bài giải ở trên.

BÀI 23. Điểm sáng S được đặt trên trục chính của một gương cầu lõm G (bán kính $R = 10\text{cm}$) cách gương 16cm . Trong khoảng giữa vật và gương người ta đặt vuông góc với trục chính một bản mặt song song B (Hình E.5) bề dày $e = 3\text{cm}$, làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$.

a) Xác định vị trí và tính chất của ảnh S' của S tạo bởi hệ.

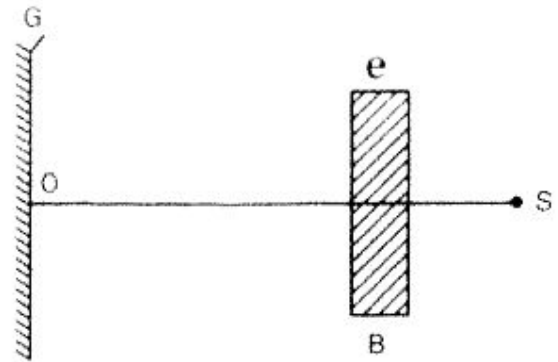
- b) Tìm vị trí của S để S' trùng với S.

LỜI GIẢI

a) Sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow{(B)} S_1$$

$$\xrightarrow{(G)} S_2 \xrightarrow{(B)} S'$$



Hình E.5

S là vật thật đối với bản mặt song song, có ảnh S_1 là ảnh ảo, cách vật theo chiều truyền ánh sáng một đoạn

$$SS_1 = e \left(1 - \frac{1}{n} \right) = 1\text{cm}$$

Do đó S_1 cách gương G:

$$d = OS_1 = OS - SS_1 = 15\text{cm}$$

Ta có
$$d' = \frac{df}{d-f},$$

với
$$f = \frac{R}{2} = 5\text{cm}.$$

$$\Rightarrow d' = \frac{15 \cdot 5}{15 - 5} = 7,5\text{cm} > 0$$

S_2 là ảnh thật cách gương 7,5cm.

Tùy theo vị trí của bản B, mà S_2 là vật thật hoặc vật ảo đối với B. Nếu S_2 ở trước B theo chiều truyền ánh sáng (ánh sáng phản xạ từ gương), nghĩa là B cách gương một khoảng lớn hơn 7,5cm, thì S_2 là vật thật đối với B, và do đó S' là ảnh ảo còn nếu S_2 ở sau B theo chiều truyền ánh sáng, nghĩa là B cách gương một khoảng nhỏ hơn 7,5cm thì S_2 là vật ảo đối với B, và do đó S' sẽ là ảnh thật. Trong cả hai trường hợp đó, ảnh S' đều cách vật S_2 theo chiều truyền ánh sáng, tức là theo chiều ra xa gương,

một đoạn:

$$S_2S' = e \left(1 - \frac{1}{n} \right) = 1\text{cm}$$

Do đó ảnh S' tạo bởi hệ cách gương $7,5 + 1 = 8,5\text{cm}$.

b) Theo sơ đồ tạo ảnh nói ở câu (a), dựa theo tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng, ta nhận thấy: muốn cho S' trùng với S thì S_2 phải trùng với S_1 , nghĩa là phải có:

$$d' = d$$

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

$$\Rightarrow d = 2f = 10\text{cm}.$$

Nghĩa là S_1 phải trùng với tâm gương. Do đó S phải cách gương:

$$OS = OS_1 + S_1S = 10 + 1 = 11\text{cm}.$$

(Và khi đó S' là ảnh thật!).

BÀI 24. Hai gương cầu, một gương lõm G_1 tiêu cự $f_1 = -10\text{cm}$ và một gương cầu lõm G_2 tiêu cự $f = 10\text{cm}$, được đặt đồng trục, mặt phản xạ hướng vào nhau, hai đỉnh cách nhau $l = 25\text{cm}$. Điểm sáng S được đặt trên trục chính cách G_1 10cm . Xác định vị trí và tính chất các ảnh của S tạo bởi hai gương. Vẽ đường đi của các tia sáng phát từ S .

LỜI GIẢI

a) *Trường hợp 1:* Xét các tia sáng tới G_1 trước (Hình E.6).
Sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow[d_1]{G_1} S_1 \xrightarrow[d_2]{G_2} S_2 \xrightarrow[d_3]{G_3} S_3 \dots$$

Xét ảnh S_1 :

Theo đề bài

$$d_1 = O_1S = 10\text{cm};$$

$$\Rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{10(-10)}{10 - (-10)} = -5\text{cm} < 0$$

Ảnh S_1 là ảnh ảo, cách G_1 một đoạn 5cm.

Xét ảnh S_2 :

$$d_2 = l - d'_1 = 25 - (-5) = 30\text{cm};$$

$$\Rightarrow d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{30 \cdot 10}{30 - 10} = 15\text{cm} > 0.$$

Ảnh S_2 là ảnh thật cách G_2 một đoạn 15cm, tức là cách G_1 một đoạn

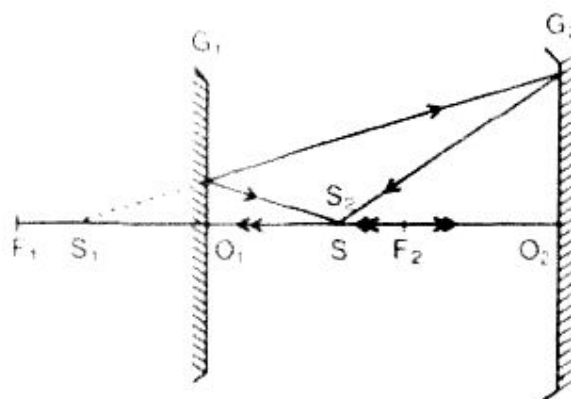
$$d_2 = l - d'_2 = 25 - 15 = 10\text{cm}.$$

Vậy S_2 trùng với S . Như vậy sau hai lần phản xạ liên tiếp trên G_1 , rồi trên G_2 , chùm tia sáng lại hội tụ tại S . Do đó các lần phản xạ tiếp theo sẽ lại cho các ảnh S_1 và S_2 . Như vậy ta có hai ảnh như ở hình E.6.

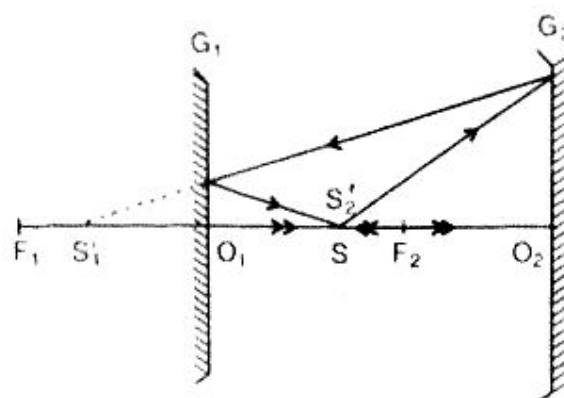
b) Trường hợp 2: Xét các tia sáng tới G_2 trước (Hình E.7).

$$\text{Sơ đồ tạo ảnh: } S \xrightarrow{G_2} S'_1 \xrightarrow{G_1} S'_2 \xrightarrow{G_2} S'_3 \dots$$

Theo tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng, ta suy ra ngay rằng: $S'_1 \equiv S_1$; $S'_2 \equiv S_2 \equiv S$. (Xem hình E.7). Như vậy trong mọi trường hợp ta có tất cả hai ảnh là S_1 và S_2 .

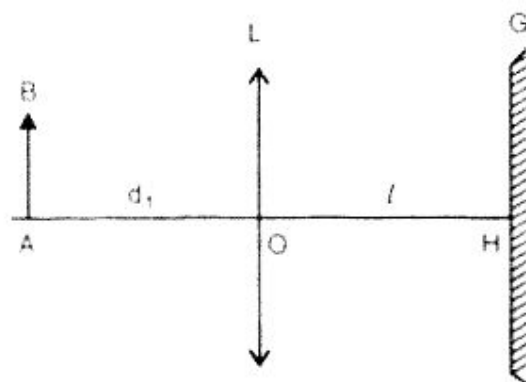


Hình E.6



Hình E.7

BÀI 25. Cho quang hệ gồm thấu kính hội tụ L có tiêu cự $f = 10\text{cm}$ và một gương phẳng G đặt vuông góc với trục chính của L, mặt phản xạ hướng vào L và cách L một khoảng l .



Hình E.8

- Một vật sáng $AB = 1,3\text{cm}$ đặt vuông góc với trục chính của L, cách L một khoảng $d_1 = 35\text{cm}$. Xác định vị trí, tính chất và độ lớn của ảnh $A'B'$ của AB tạo bởi hệ khi $l = 25\text{cm}$. Vẽ ảnh.
- l phải có giá trị bằng bao nhiêu để cho độ lớn của ảnh $A'B'$ không phụ thuộc vào vị trí của vật AB. Tính độ phóng đại của ảnh khi đó.

LỜI GIẢI

a) Sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{G} A_2B_2 \xrightarrow[d_3]{L} A'B'$$

Ta có $d_1 = 35\text{cm}$

$$\Rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = 14\text{cm};$$

$$d_2 = l - d'_1 = 25 - 14 = 11\text{cm}$$

$$\Rightarrow d'_2 = -d_2 = -11\text{cm}$$

$$d_3 = l - d'_2 = 25 + 11 = 36\text{cm}$$

$$\Rightarrow d'_3 = \frac{d_3 f}{d_3 - f} \approx 13,8\text{cm} > 0$$

Ảnh A'B' của vật tạo bởi hệ là ảnh thật, cách thấu kính 13,8cm.

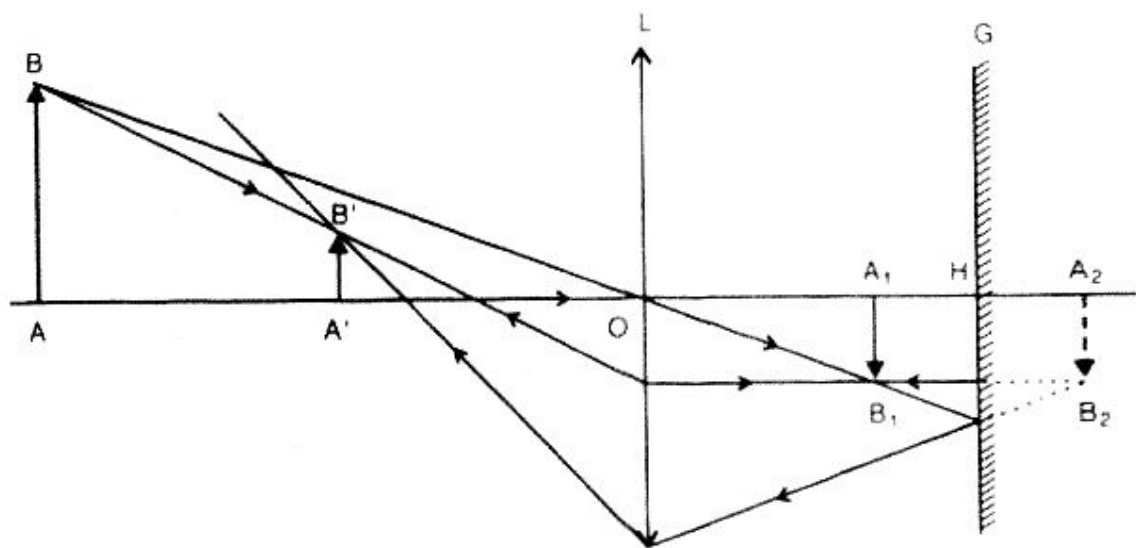
Độ phóng đại:

$$k = -\frac{d'_1 d'_2 d'_3}{d_1 d_2 d_3} = \frac{2}{13} > 0,$$

ảnh A'B' cùng chiều với vật và có độ lớn là

$$A'B' = |k|AB = \frac{2}{13} \times 1,3 = 0,2\text{cm}.$$

Vẽ ảnh (Hình E.9).



Hình E.9

b) Bây giờ d_1 và l có thể thay đổi. Ta có

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{10d_1}{d_1 - 10};$$

$$d_2 = l - d'_1;$$

$$d'_2 = -d_2 = d'_1 - l; \quad d_3 = l - d'_2 = l - (d'_1 - l) \\ = 2l - d'_1$$

$$\Rightarrow d_3 = \frac{2(ld_1 - 5d_1 - 10l)}{d_1 - 10};$$

Độ phóng đại :

$$k = k_1 k_2 k_3 = \frac{f}{f - d_1} \cdot \frac{f}{f - d_3}$$
$$= \frac{50}{(l - 10)d_1 - 10l + 50}$$

Theo biểu thức trên của k ta thấy khi $l = 10\text{cm}$ thì k có cùng một trị số với mọi d_1 . Vậy ảnh $A'B'$ có độ lớn không đổi không phụ thuộc vào vị trí của AB khi $l = 10\text{cm}$. Khi đó $k = -1$. (Ảnh ngược chiều với vật và có độ lớn bằng vật).

Ghi chú: Để cho lời giải bài toán được gọn, trước hết có thể tìm biểu thức của d_3 và k như ở câu b). Sau đó với câu (a) thì thế vào đó $d_1 = 35\text{cm}$ và $l = 25\text{cm}$. Còn với câu b) thì lập luận như trên.

BÀI 26. Cho quang hệ đồng trục gồm một thấu kính phân kỳ L có tiêu cự 10cm và một gương cầu lõm G có bán kính $R = 20\text{cm}$, mặt phản xạ hướng vào L . Người ta nhận thấy khi chiếu vào thấu kính một chùm sáng song song với trục chính thì sau khi đi qua thấu kính, phản xạ trên gương lại ló qua thấu kính, chùm tia ló song song với trục chính.

- Tính khoảng cách l giữa L và G .
- Đặt một vật sáng AB vuông góc với trục chính, ở trước thấu kính. Chứng tỏ rằng hệ luôn luôn cho ta một ảnh ảo bằng vật.
- Đặt vật cách thấu kính 15cm . Tìm khoảng cách từ ảnh tạo bởi hệ đến gương. Vẽ ảnh.

LỜI GIẢI

- Chùm sáng song song với trục chính có thể coi như ứng

với một điểm sáng S ở vô cực trên trục chính.

Sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow[d_1]{L(F_1)} S_1 \xrightarrow[d_2]{G(F_2)} S_2 \xrightarrow[d_3]{L} S'$$

Theo đề bài ta có S và S' ở xa vô cực:

$$d_1 = \infty \quad \text{và} \quad d'_3 = \infty$$

Vì $d_1 = \infty$, ta có

$$d'_1 = f_1 = -10\text{cm};$$

$$d_2 = l - d'_1 = l + 10$$

Vì $d'_3 = \infty$ nên

$$d_3 = f_1 = -10\text{cm},$$

và từ

$$d_3 = l - d'_2,$$

suy ra

$$d'_2 = l - d_3 = l + 10.$$

Nghĩa là $d'_2 = d_2$

$$\Rightarrow \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = d_2$$

$$\Rightarrow d_2 = 2f_2 = R = 20\text{cm}.$$

Từ đó $l = d_2 - 10 = 10\text{cm}.$

b) Sơ đồ tạo ảnh của vật AB:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{G} A_2B_2 \xrightarrow[d_3]{L} A'B'.$$

$$\text{Ta có} \quad d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{-10d_1}{d_1 + 10};$$

$$\Rightarrow d_2 = l - d'_1 = 10 + \frac{10d_1}{d_1 + 10} = \frac{10(2d_1 + 10)}{d_1 + 10}$$

$$d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2},$$

- BÀI 27.** Cho quang hệ đồng trục gồm hai thấu kính, thấu kính phân kỳ L_1 có tiêu cự $f_1 = -30\text{cm}$ và thấu kính hội tụ L_2 có tiêu cự $f_2 = 48\text{cm}$, đặt cách nhau một khoảng l . Đặt trước L_1 một vật sáng $AB = 1\text{cm}$, vuông góc với trục chính và cách L_2 một khoảng bằng 88cm .
- Muốn cho ảnh $A'B'$ của vật qua hệ là ảnh thật thì l phải thỏa mãn điều kiện gì?
 - Với $l = 68\text{cm}$, hãy xác định vị trí, tính chất và độ lớn của ảnh $A'B'$.
 - Xác định l để $A'B'$ là ảnh ảo có độ lớn bằng $1,6\text{cm}$.

LỜI GIẢI

$$\text{a) Sơ đồ tạo ảnh: } AB \xrightarrow[d_1 \quad d'_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2 \quad d'_2]{L_2} A'B'$$

Ta biết thấu kính phân kỳ L_1 cho vật thật AB một ảnh ảo, do đó $d'_1 < 0$. Vị trí của vật A_1B_1 đối với L_2 : $d_2 = l - d'_1 > 0$, nghĩa là A_1B_1 là vật thật đối với L_2 . Muốn cho ảnh $A'B'$ tạo bởi L_2 là ảnh thật, ta phải có điều kiện $d_2 > f_2$ hay

$$l - d'_1 > f_2 \quad (1)$$

Theo đề bài:

$$\begin{aligned} d_1 &= 88 - l \\ \Rightarrow d'_1 &= \frac{-30(88 - l)}{118 - l} \\ \Rightarrow l - d'_1 &= l + \frac{30(88 - l)}{118 - l} = \frac{-l^2 + 88l + 2640}{118 - l} \end{aligned}$$

Vậy điều kiện trên trở thành:

$$\frac{-l^2 + 88l + 2640}{118 - l} > 48 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Vì} \quad 0 &\leq l \leq 88 \\ \Rightarrow (118 - l) &> 0 \end{aligned}$$

nên muốn cho (2) được thỏa mãn, ta phải có:

$$l^2 - 136l + 3024 < 0$$

Phương trình

$$l^2 - 136l + 3024 = 0$$

có hai nghiệm $l_1 = 28\text{cm}$ và $l_2 = 108\text{cm}$.

$$\text{Suy ra } 28 < l \leq 88\text{cm} \quad (3)$$

(vì theo đề bài $l \leq 88\text{cm}$).

b) Với $l = 68\text{cm}$, ta có

$$d_1 = 88 - l = 20\text{cm}$$

$$\Rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = -12\text{cm}$$

$$\Rightarrow d_2 = l - d'_1 = 80\text{cm};$$

$$d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = 120\text{cm} > 0;$$

A'B' là ảnh thật cách thấu kính hội tụ L_2 một khoảng 120cm.

Độ phóng đại:

$$k = \frac{d'_1 d'_2}{d_1 d_2} = -\frac{9}{10} < 0;$$

ảnh A'B' ngược chiều với vật và có độ lớn:

$$A'B' = |k| AB = 0,9\text{cm}.$$

c) Muốn cho A'B' là ảnh ảo, ta phải có

$$l < 28\text{cm} \quad (4)$$

Độ phóng đại :

$$k = k_1 \cdot k_2 = \frac{f_1}{f_1 - d_1} \cdot \frac{f_2}{f_2 - d_2}$$

Dựa vào câu (a) ta tính được:

$$k = \frac{1440}{l^2 - 136l + 3024}.$$

Theo đề bài $|k| = \frac{A'B'}{AB} = 1,6$

Vì $A'B'$ là ảnh ảo, nên theo câu (a) thì

$$l^2 - 136l + 3024 > 0,$$

do đó ta có $\frac{1440}{l^2 - 136l + 3024} = 1,6$

Suy ra phương trình:

$$l^2 - 136l + 2124 = 0$$

Giải ra ta được

$$l_1 = 18\text{cm} \quad \text{và} \quad l_2 = 118\text{cm}.$$

Theo điều kiện (4) ta suy ra kết quả $l = 18\text{cm}$.

Ghi chú:

+ Có thể giải câu (a) bằng cách khác nhưng tính toán phức tạp hơn: Tính d'_3 theo l , sau đó đặt điều kiện $d'_3 > 0$.

+ Với câu c), về nguyên tắc, ta có $|k| = 1,6$, nghĩa là có hai trường hợp $k = 1,6$ và $k = -1,6$, và về nguyên tắc phải xét cả hai trường hợp và lập luận để tìm ra kết quả. Nhưng ở trên, dựa vào câu (a), muốn $A'B'$ là ảnh ảo, ta phải có $d_2 < f_2$, suy ra

$$l_2 - 136l + 3024 > 0,$$

nên có ngay $k = 1,6$ (không phải xét thêm trường hợp $k = -1,6$, trường hợp này sẽ bị loại bỏ khi tính toán cụ thể).

F. MẮT – CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

1. *Vật kính của máy ảnh* là một thấu kính hội tụ (hoặc một hệ thấu kính tương đương với thấu kính hội tụ) cho ảnh của vật

cần chụp hiện rõ trên phim ảnh).

2. *Thủy tinh thể của mắt* có vai trò như vật kính của máy ảnh, còn võng mạc có vai trò như phim.

a) Vì mắt chỉ có thể điều tiết trong một phạm vi nhất định nên mắt chỉ nhìn rõ vật khi đặt trong *giới hạn nhìn rõ*, từ điểm cực cận C_c đến điểm cực viễn C_v . Khi nhìn vật ở điểm cực viễn C_v mắt không cần điều tiết (nhìn lâu không thấy mỏi, mắt ở trạng thái nghỉ). Còn khi nhìn vật đặt ở điểm cực cận C_c mắt phải điều tiết tối đa (rất chóng mỏi mắt).

b) *Mắt bình thường*, không có tật có điểm cực cận cách mắt từ 10cm đến 25cm (thường lấy $Đ = OC_c = 25\text{cm}$), còn điểm cực viễn ở xa vô cùng ($OC_v = \infty$) (O là quang tâm của thủy tinh thể của mắt).

c) *Mắt cận thị* có điểm cực viễn ở tương đối gần mắt và có độ tụ lớn hơn mắt bình thường. Thường sửa tật cận thị bằng cách đeo thấu kính phân kì.

d) *Mắt viễn thị* là mắt khi không điều tiết, tiêu điểm của mắt nằm sau võng mạc; điểm cực cận xa hơn mắt bình thường. Thường sửa tật viễn thị bằng cách đeo thấu kính hội tụ.

e) Góc trông của vật AB:

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha = \frac{AB}{OA}.$$

Điều kiện để phân biệt hai điểm A và B là

$$\alpha \geq \alpha_{\min}$$

$$\text{với } \alpha_{\min} \approx 1' = \frac{1}{3500} \text{ rad (năng suất phân li).}$$

3) *Kính lúp* là một thấu kính hội tụ (hoặc hệ thấu kính) có tiêu cự f nhỏ (chừng vài cm), có tác dụng làm tăng góc trông.

Độ bội giác của kính lúp:

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} = |k| \frac{D}{|d'| + l}$$

với k là độ phóng đại, l là khoảng cách từ kính đến mắt.

Khi ngắm chừng ở vô cực (ảnh của vật ở điểm cực viễn):

$$G_{\infty} = \frac{D}{f} = \frac{0,25}{f(\text{mét})}$$

4) *Kính hiển vi* gồm vật kính (có tiêu cự nhỏ) và thị kính (có vai trò như kính lúp).

Độ phóng đại của kính hiển vi:

$$G = k_v G_t,$$

với k_v là độ phóng đại của vật kính, G_t là độ bội giác của thị kính.

Khi ngắm chừng ở vô cực:

$$G_{\infty} = \frac{\delta D}{f_1 f_2},$$

với $\delta = F'_1 F_2$ là độ dài quang học của kính hiển vi.

5) *Kính thiên văn* gồm vật kính và thị kính là các thấu kính hội tụ, có tác dụng làm tăng góc trông của những vật ở rất xa.

Khi ngắm chừng ở vô cực, độ bội giác của kính thiên văn là:

$$G_{\infty} = \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{f_1}{f_2}.$$

BÀI TẬP

BÀI 28: Vật kính của một máy ảnh là một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 10\text{cm}$, bán kính mở $0,5\text{cm}$. Phim chỉ dịch

chuyển trong đoạn cách vật kính từ 10cm đến 12,5cm.

- 1) Tìm khoảng cách giữa các vị trí của vật để có ảnh ghi được trên phim (gọi là chiều sâu của trường).
- 2) Máy được dùng để chụp ảnh một vật cách máy 10,1m.
 - a) Xác định vị trí đặt phim để có ảnh rõ của vật.
 - b) Giả sử ngay lúc điều chỉnh được vị trí đặt phim đúng như trên thì vật lại chuyển động hướng về phía máy với vận tốc 1 m/s. Hỏi người chụp có thể bấm máy chậm nhất là bao nhiêu lâu để ảnh trên phim còn có thể coi là rõ? Cho biết ảnh của một điểm vật được coi là rõ nếu giới hạn trong vòng tròn bán kính không quá 0,05mm (thời gian mở màn chắn được coi là tức thời).

LỜI GIẢI

1) Vị trí đặt phim là vị trí ảnh của vật tạo bởi vật kính máy ảnh. Theo đề bài ta có:

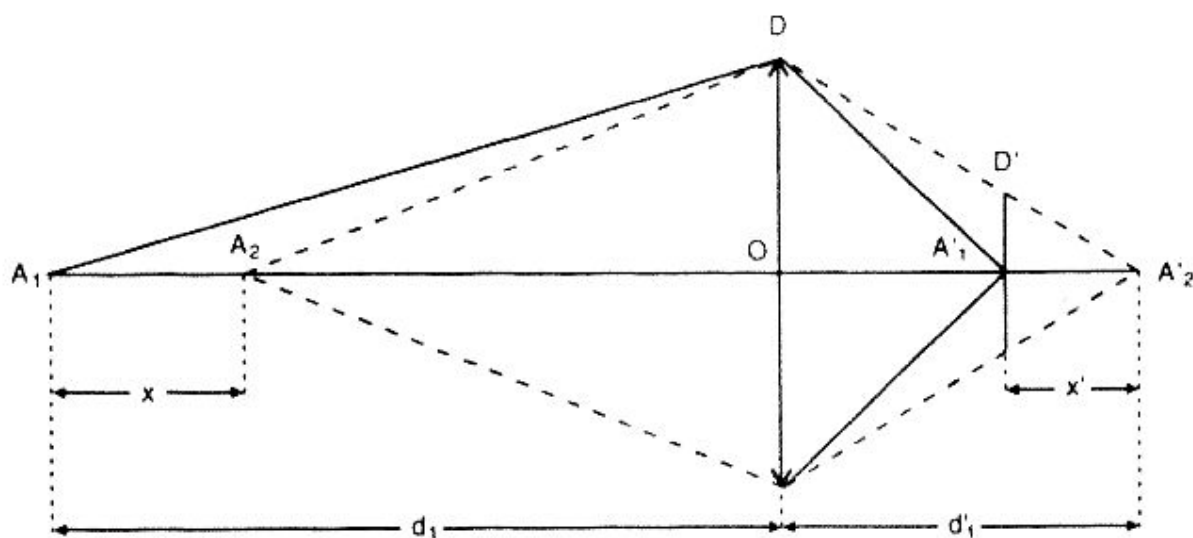
$$\begin{aligned}d'_1 &= 10\text{cm} = f \\ \Rightarrow d_1 &= \frac{d'_1 f}{d'_1 - f} = \infty; \\ d'_2 &= 12,5\text{cm} \\ \Rightarrow d_2 &= \frac{d'_2 f}{d'_2 - f} = 50\text{cm}.\end{aligned}$$

Chiều sâu của trường là khoảng cách từ điểm cách vật kính 50cm đến vô cực.

$$\begin{aligned}2) \text{ a) } \quad d &= 10,1\text{m} = 1010\text{cm} \\ \Rightarrow d' &= \frac{df}{d - f} = 10,1\text{cm}:\end{aligned}$$

Phim phải đặt cách vật kính 10,1cm để ghi ảnh rõ của vật.

b) Phim đã được đặt cố định, nếu vật dịch chuyển về phía máy thì ảnh dịch chuyển ra xa phim làm cho ảnh có thể bị nhòe. Xét chùm tia sáng phát ra từ một điểm vật A trên trục chính. Khi điểm vật dịch chuyển vạch đoạn $A_1A_2 = x$ thì ảnh di chuyển vạch đoạn $A'_1A'_2 = x'$ (Hình F.1).



Hình F.1

Từ hình F.1, ta có:

$$\frac{D}{D'} = \frac{d'_1 + x'}{x'}, \quad (1)$$

với D là đường kính khẩu độ của vật kính, D' là đường kính vòng tròn sáng trên phim tạo ra do vật dịch chuyển.

Đặt $D'_0 = 2.0,05 = 0,1\text{mm} = 10^{-4}\text{m}$ là giới hạn để ảnh còn có thể coi là rõ theo đề bài, ta phải có:

$$D' \leq D'_0 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra:

$$\frac{D}{D'_0} \leq \frac{d'_1}{x'} + 1$$

$$\Rightarrow x' \leq \frac{d'_1}{\frac{D}{D'_0} - 1} \quad (3)$$

Từ công thức xác định vị trí của ảnh A'_2

$$d'_1 + x' = \frac{(d_1 - x)f}{(d_1 - x) - f}$$

với $d'_1 = 10,1\text{cm}$; $d_1 = 10,1\text{m}$; $f = 10\text{cm}$, ta tìm được:

$$x' = \frac{x}{10^3(10 - x)} \quad (4)$$

Biết $D = 2 \times 0,5\text{cm} = 10^{-2}\text{m}$, từ (3) và (4) ta tìm được

$$x \leq \frac{10,2}{2,02} \approx 5,05\text{m}.$$

Như vậy thời gian bấm máy Δt phải thỏa mãn điều kiện:
 $v \cdot \Delta t \leq 5,05\text{m}$, với v là vận tốc của vật.

$$\text{Suy ra} \quad \Delta t \leq \frac{5,05}{v} = \frac{5,05}{1} = 5,05\text{s}.$$

Vậy muốn phim ghi được ảnh còn có thể coi là rõ, ta phải bấm máy không trễ hơn 5,05s sau khi chỉnh nét.

BÀI 29. Một người có điểm cực viễn C_v cách mắt 40cm và điểm cực cận C_c cách mắt 10cm.

- Mắt người này bị tật gì?
- Muốn nhìn thấy vật ở rất xa mà không cần điều tiết người đó phải đeo kính có độ tụ bao nhiêu? Cho biết kính đeo sát mắt.
- Khi đeo kính đó người này nhìn thấy điểm gần nhất cách mắt bao nhiêu?

LỜI GIẢI

a) Điểm cực viễn C_v cách mắt một khoảng hữu hạn. Vậy mắt người này bị tật cận thị.

b) Gọi f_k là tiêu cự của kính đeo. Theo đề bài ta phải có

$d = \infty$, $d' = -O_k C_v = -40\text{cm}$ (ảnh của vật qua kính đeo là ảnh ảo nằm tại điểm cực viễn). Từ đó

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f_k}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{-40} = \frac{1}{f_k}$$

$$\Rightarrow f_k = -40\text{cm} = -0,4\text{m}$$

Độ tụ của kính đeo là

$$D = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{-0,4} = -2,5 \text{ điốp.}$$

c) Gọi B là điểm gần nhất mà mắt đeo kính thấy được, có vị trí xác định bởi

$$\frac{1}{d_B} + \frac{1}{d'_{B'}} = \frac{1}{f_k},$$

với $d'_{B'} = -10\text{cm}$. Suy ra

$$d_B = \frac{d'_{B'} \cdot f_k}{d'_{B'} - f_k} = \frac{(-10)(-40)}{(-10) - (-40)} = \frac{40}{3} = 13,3\text{cm.}$$

BÀI 30. Một người đứng tuổi có khả năng nhìn rõ những vật ở xa khi mắt không điều tiết, nhưng để nhìn rõ những vật gần nhất cách mắt 27cm thì phải đeo kính có trị số +2 điốp. Kính mang cách mắt 2cm.

- 1) Xác định khoảng nhìn rõ gần nhất khi mắt không mang kính. Nếu đưa kính đó vào sát mắt thì người ấy thấy được vật cách xa mắt bao nhiêu?
- 2) Kính vẫn được mang cách mắt 2cm. Tính độ bội giác của ảnh khi người ấy nhìn một vật ở gần mắt nhất.
(Trích ĐTTS ĐH Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh năm 1996).

LỜI GIẢI

1) Tiêu cự của kính:

$$f = \frac{1}{D} = \frac{1}{2} = 0,5\text{m} = 50\text{cm};$$

$$d' = \frac{df}{d-f} = \frac{(27-2)50}{(27-2)-50} = -50\text{cm}$$

Vậy $O_k C_c = 50\text{cm}$, và $OC_c = 50 + 2 = 52\text{cm}$ (O_k là quang tâm của kính đeo, O là quang tâm của mắt).

Khi người ấy đeo kính sát mắt thì O_k trùng với O . Khi đó nếu người đó ngắm chừng ở điểm cực viễn C_v thì

$$d' = -OC_v = \infty$$

$$\text{và } d = f = 50\text{cm}.$$

Nếu người đó ngắm chừng ở điểm cực cận thì:

$$d' = -OC_c = -52\text{cm}$$

$$\text{và } d = \frac{d'f}{d'-f} = \frac{(-52)50}{(-52)-50} \approx 25,5 \text{ cm}.$$

Vậy khi đeo kính sát mắt, người ấy sẽ nhìn thấy các vật nằm cách mắt trong khoảng $25,5 \leq d \leq 50\text{cm}$.

2) Kính vẫn đặt cách mắt 2cm.

a) Khi ngắm chừng ở điểm cực cận thì độ bội giác G_c bằng độ phóng đại dài (vì $|d'| + l = D$):

$$G_c = |k| = \left| -\frac{d'}{d} \right| = \frac{50}{25} = 2 \text{ lần.}$$

b) Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn, tức là ở xa vô cùng, thì độ bội giác là (vì $|d'| = \infty$ và $d = f$):

$$G_\infty = \frac{D}{f} = \frac{OC_c}{f} = \frac{52}{50} = 1,04 \text{ lần.}$$

(Độ phóng đại không lớn hơn đơn vị bao nhiêu, vì khi không có kính, thì vật đặt cách mắt 52cm, và khi đeo kính, chỉ đặt vật gần thêm có 2cm, nên góc trông ảnh lớn hơn góc trông vật với mắt trần một lượng không đáng kể).

BÀI 31. Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 45cm.

- 1) Xác định độ tụ của kính cần đeo để người này có thể nhìn rõ các vật ở xa vô cùng mà không cần điều tiết, kính cách mắt 5cm.
- 2) Khi đeo kính (kính vẫn cách mắt 5cm) người này có thể đọc được sách cách mắt gần nhất 25cm. Hỏi khoảng cực cận của mắt người này khi không đeo kính là bao nhiêu?
- 3) Để đọc được những dòng chữ nhỏ mà không cần điều tiết, người này bỏ kính ra và dùng một kính lúp có tiêu cự $f = 5\text{cm}$ đặt sát mắt. Khi đó trang sách đặt cách kính lúp bao nhiêu? Độ bội giác của ảnh là bao nhiêu?

(Trích Đề thi tuyển sinh Trường Đại học An ninh nhân dân năm 1996).

LỜI GIẢI

1) Vật ở xa vô cùng, ảnh của nó phải ở tiêu điểm ảnh F' của kính đeo. Vì kính ở cách mắt 5cm, nên tiêu cự kính phải có giá trị:

$$\begin{aligned}|f'| &= OC_v - OO_k = 45 - 5 = 40\text{cm} \\ &= 0,4\text{m}.\end{aligned}$$

Độ tụ của kính:

$$D = \frac{1}{-0,4} = -2,5 \text{ điốp}.$$

2) Vật đặt cách kính:

$$d = 20 - 5 = 15\text{cm}.$$

Do đó khoảng cách tới ảnh là:

$$d' = \frac{df}{d-f} \approx -11\text{cm}$$

Khoảng cách cực cận D_c là:

$$D_c = |d'| + 5 = 16\text{cm}.$$

3) Kính lúp đặt sát mắt, ảnh của trang sách tại điểm cực viễn nên: $d' = -45\text{cm}$. Do đó

$$d = \frac{d'f}{d'-f} = \frac{(-45)(5)}{(-45)-5} = 4,5\text{cm}.$$

Độ bội giác thu được là:

$$\begin{aligned}G &= \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{A'B'}{D_v} \cdot \frac{D_c}{AB} \\ &= \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{D_c}{D_v}\end{aligned}$$

$$\Rightarrow G = \left| -\frac{d'}{d} \right| \cdot \frac{D_c}{D_v}$$

Nhưng $|d'| = D_v,$

nên $G = \frac{D_c}{d} = \frac{16}{4,5} \approx 3,56 \text{ lần.}$

BÀI 32. Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự 5cm, thị kính tiêu cự 4cm. Vật được đặt trước tiêu diện kính vật, cách tiêu diện 0,1mm. Người quan sát, mắt không có tật, khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 20cm, điều chỉnh ống kính (khoảng cách giữa hai kính) để mắt quan sát được ảnh không phải điều tiết.

- Tìm độ bội giác của ảnh và độ dài quang học của kính hiển vi.
- Năng suất phân li của mắt là $2'$ ($1' = 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$). Tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên vật mà mắt người nói trên còn phân biệt được hai ảnh của chúng qua kính hiển vi.
- Để độ bội giác có độ lớn bằng số phóng đại dài k của ảnh, người quan sát phải điều chỉnh độ dài ống kính bằng bao nhiêu (vật và kính được giữ cố định). Tìm độ bội giác đó.

(Trích ĐTTS ĐH Luật Hà Nội năm 1996).

LỜI GIẢI

a) Khoảng cách d'_1 từ quang tâm O_1 của vật kính tới ảnh A_1B_1 của vật (cho bởi vật kính):

$$d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1},$$

với $d_1 = 0,5 + 0,01 = 0,51\text{cm}$

$$\Rightarrow d'_1 = 25,5 \text{ cm}.$$

Ảnh A_1B_1 ở đúng tiêu diện của vật kính (để mắt quan sát được ảnh của vật qua kính hiển vi không phải điều tiết), do đó độ dài quang học của kính là:

$$\delta = d'_1 - f_1 = 25\text{cm}.$$

Độ phóng đại k_1 của ảnh A_1B_1 :

$$|k_1| = \left| -\frac{d'_1}{d_1} \right| = \frac{f_1}{d_1 - f_1} = 50 \text{ lần}$$

Độ bội giác của thị kính:

$$G_t = \frac{D}{f_2} = \frac{20}{4} = 5 \text{ lần}$$

Vậy độ bội giác của ảnh tạo bởi kính hiển vi là:

$$G = |k_1| G_t = 250 \text{ lần}$$

b) Góc trông vật AB (hai điểm A, B còn phân biệt được):

$$\alpha = \frac{\alpha'}{G} = \frac{2.3.10^{-4}}{250} = 2,4.10^{-6} \text{ rad}$$

Khoảng cách $l = AB$ cần tìm là:

$$l = D.\alpha = 0,2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-6}\text{m} = 0,48 \mu \text{ m}.$$

c) Để độ bội giác bằng độ phóng đại dài thì ảnh cuối cùng phải ở điểm cực cận, tức là

$$d'_2 = -D = -20\text{cm}.$$

Do đó:
$$d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{10}{3} \text{ cm}$$

Độ dài ống kính O_1O_2 (trước đây bằng $d'_1 + f_2 = 29,5\text{cm}$) bây giờ là:

$$29,5 + \frac{10}{3} = 28,833 \text{ cm}$$

Độ phóng đại của ảnh:

$$k = k_1 \cdot k_2 = 50 \left| -\frac{d'_2}{d_2} \right| = 300 \text{ lần.}$$

Vậy độ bội giác là

$$G' = k = 300 \text{ lần.}$$

BÀI 33. Vật kính của một kính thiên văn có tiêu cự f_1 và thị kính có tiêu cự f_2 .

- 1) Vẽ đường đi của tia sáng và sự tạo ảnh qua kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực. Tìm công thức tính độ bội giác khi đó. Áp dụng bằng số: $f_1 = 15\text{m}$; $f_2 = 1,25\text{cm}$.
- 2) Dùng kính thiên văn trên để quan sát Mặt Trăng, hỏi có thể quan sát được vật trên Mặt Trăng có kích thước nhỏ nhất là bao nhiêu? Cho biết năng suất phân li của mắt là $2'$ và khoảng cách từ Mặt Trăng tới Trái Đất là 384000 km .

(Trích ĐTTS ĐH Giao thông Vận tải HN).

LỜI GIẢI

1) Học sinh vẽ hình như trong SGK Vật lí 12 và tiến hành lập luận, tính toán như trong sách:

$$\operatorname{tg} \alpha = A_1 B_1 / f_2,$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = A_1 B_1 / f_1.$$

Suy ra độ bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực:

$$G = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{f_1}{f_2}$$

Thay chữ bằng số: $f_1 = 15\text{m}$; $f_2 = 1,25\text{cm} = 1,25 \cdot 10^{-2}\text{m}$, ta được:

$$G = \frac{f_1}{f_2} = 1200 \text{ lần.}$$

2) Khi nhìn trực tiếp bằng mắt thì khoảng cách giữa hai điểm A, B mà mắt còn phân biệt được là:

$$\begin{aligned} AB_{\min} &= D \cdot \operatorname{tg} \alpha \approx D \cdot \alpha \\ &= (384000 \cdot 10^3) \cdot 2,3 \cdot 10^{-4} \\ &= 230,4 \text{ km.} \end{aligned}$$

Quan sát qua kính với độ bội giác G thì khoảng cách này nhỏ đi G lần, tức là bằng:

$$\frac{230,4}{1200} = 0,1916 \text{ (km).}$$

Vậy dùng kính thiên văn có thể quan sát trên Mặt Trăng có kích thước nhỏ nhất bằng $0,1916 \text{ km} \approx 200 \text{ m}$.

II. TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

G. SỰ TÁN SẮC ÁNH SÁNG – SỰ GIAO THOA ÁNH SÁNG

1. Ánh sáng trắng (hay ánh sáng phức tạp), như ánh

sáng Mặt Trời, ánh sáng đèn... là hỗn hợp của nhiều ánh sáng đơn sắc, có màu biến thiên liên tục, từ màu đỏ ($\lambda = 0,760\mu\text{m}$) đến màu tím ($\lambda = 0,400\mu\text{m}$) (trong miền ánh sáng trông thấy, còn gọi là *quang phổ khả kiến*).

a) Một chùm ánh sáng trắng song song đến lăng kính, khi ló ra khỏi lăng kính, bị phân tích thành một dải nhiều màu, từ đỏ đến tím, gọi là quang phổ của ánh sáng trắng. Tia đỏ bị lệch (về phía đáy lăng kính) ít nhất, còn tia tím bị lệch nhiều nhất. Đó là *hiện tượng tán sắc ánh sáng*. Nguyên nhân của sự tán sắc là do chiết suất n của môi trường (thủy tinh, nước...) phụ thuộc vào bước sóng (tần số) của ánh sáng. Đối với thủy tinh và nước chiết suất giảm khi bước sóng tăng.

Bước sóng λ_n của ánh sáng đơn sắc trong môi trường:

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} \quad (\lambda \text{ là bước sóng trong chân không}).$$

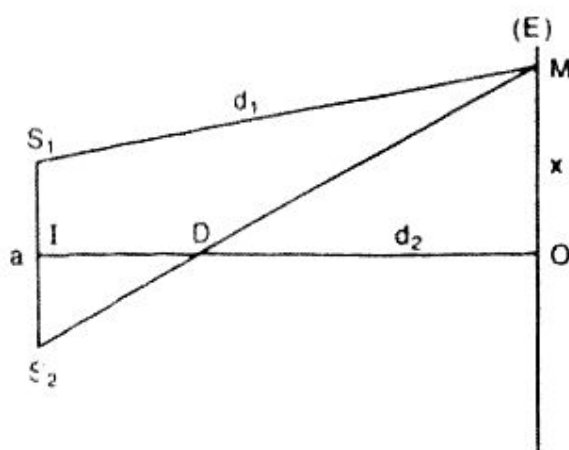
2. Giao thoa ánh sáng là sự tổng hợp của hai sóng ánh sáng kết hợp (cùng phương, cùng bước sóng (hay tần số) và có hiệu số pha dao động không đổi với thời gian).

a) Những điểm sáng nhất (gọi là vân sáng, cực đại giao thoa) là điểm tại đó hiệu đường đi của hai sóng:

$$d_2 - d_1 = k\lambda$$

($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$).

Những điểm tối nhất (gọi là vân tối, cực tiểu giao thoa) là điểm tại đó



Hình G.1

$$d_2 - d_1 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

(Hình G.1)

b) *Vị trí các vân* trên màn quan sát E (đặt song song với S_1S_2 (hai nguồn sáng) và cách S_1S_2 một khoảng D):

Hiệu đường đi

$$d_2 - d_1 = \frac{ax}{D} \quad (a = S_1S_2);$$

Vị trí vân sáng bậc k:

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

với $i = \frac{\lambda D}{a}$ được gọi là *khoảng vân* (khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai vân tối); $k = 0$; vân sáng chính giữa (vân sáng trung tâm); $k = \pm 1$: vân sáng bậc 1...

Vị trí vân tối:

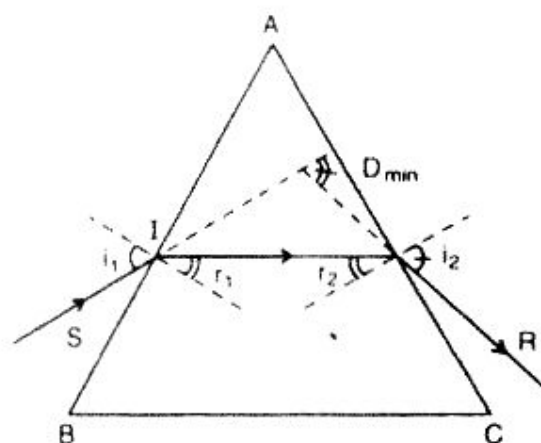
$$x_t = (k + \frac{1}{2}) \frac{\lambda D}{a} = (k + \frac{1}{2}) i.$$

c) Trong trường hợp dùng ánh sáng trắng, vân sáng trung tâm có màu trắng. Các vân sáng bậc 1 tạo nên quang phổ bậc 1 (bờ tím ở phía O)...

d) Trong thí nghiệm giao thoa, người ta tạo ra hai nguồn sáng kết hợp (thí nghiệm Iâng, lưỡng lăng kính Frênxen, lưỡng thấu kính Biê, hai gương phẳng Frênxen...). Trong thí nghiệm Iâng, người ta chiếu ánh sáng đơn sắc từ một nguồn S vào hai khe hẹp song song và rất gần nhau S_1, S_2 ; S_1, S_2 trở thành hai nguồn kết hợp.

BÀI TẬP

BÀI 34. Cho một lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác đều ABC, đáy BC nằm ở phía dưới và góc chiết quang là A. Chiết suất của thủy tinh làm lăng kính phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng theo công thức:



Hình G.2

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

trong đó: $a = 1,26$; $b = 7,555 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$, còn λ được đo bằng đơn vị mét. Chiếu một tia sáng trắng SI vào mặt bên AB của lăng kính sao cho tia tới nằm dưới pháp tuyến ở điểm tới. Tia tím có bước sóng $\lambda_t = 0,4 \mu\text{m}$, còn tia đỏ có bước sóng $\lambda_d = 0,7 \mu\text{m}$.

- a) Xác định góc tới của tia sáng SI trên mặt AB sao cho tia tím có góc lệch cực tiểu. Tính góc lệch đó.
- b) Bây giờ muốn cho tia đỏ có góc lệch cực tiểu thì phải quay lăng kính quanh cạnh A một góc là bao nhiêu? Theo chiều nào? Muốn cho một tia đơn sắc bất kì có góc lệch cực tiểu thì góc quay lăng kính phải thỏa mãn điều kiện gì?

LỜI GIẢI

a) $\lambda_t = 0,4 \mu\text{m} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{m};$

$$\lambda_d = 0,7 \mu m = 0,7.10^{-6} m$$

Ta tính chiết suất của lăng kính đối với tia tím và tia đỏ:

$$\begin{aligned} n_t &= 1,26 + \frac{7,555.10^{-14}}{(0,4.10^{-6})^2} = 1,26 + 47,22.10^{-2} \\ &\approx 1,7322 \approx \sqrt{3} \\ n_d &= 1,26 + \frac{7,555.10^{-14}}{(0,7.10^{-6})^2} \approx 1,4142 \approx \sqrt{2} \end{aligned}$$

Khi góc lệch của tia tím cực tiểu thì:

$$\begin{aligned} i_1 &= i_2; \\ r_1 &= r_2 = \frac{A}{2} \end{aligned}$$

(Hình G.2)

và

$$D_{tmin} = i_1 + i_2 - A = 2i_t - A,$$

hay

$$i_1 = \frac{D_{tmin} + A}{2}$$

Ta có:

$$\sin i_1 = n_t \sin r_1$$

$$\Rightarrow \sin \frac{D_{tmin} + A}{2} = n_t \sin \frac{A}{2} \quad (1)$$

Với $n_t = \sqrt{3}$, $A = 60^\circ$ ta được

$$\sin \frac{D_{tmin} + A}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} = \sin 60^\circ$$

$$\Rightarrow D_{tmin} + 60^\circ = 120^\circ$$

$$\Rightarrow D_{tmin} = 60^\circ,$$

và góc tới của tia sáng trắng SI ở mặt AB là:

$$i_1 = \frac{D_{tmin} + A}{2} = 60^\circ$$

b) Tương tự như vậy muốn cho góc lệch của tia đỏ là cực

tiểu thì, tương tự như (1) ta phải có:

$$\sin \frac{D_{\text{dmin}} + A}{2} = n_d \sin \frac{A}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} = \sin 45^\circ$$

$$\Rightarrow D_{\text{dmin}} + A = 90^\circ$$

$$\Rightarrow D_{\text{dmin}} = 30^\circ,$$

và góc tới của tia sáng trắng SI trên mặt AB phải bằng:

$$i'_1 = \frac{D_{\text{dmin}} + A}{2} = 45^\circ$$

Như vậy so với trường hợp tia tím, để tia đỏ có góc lệch cực tiểu phải giảm góc tới một lượng là

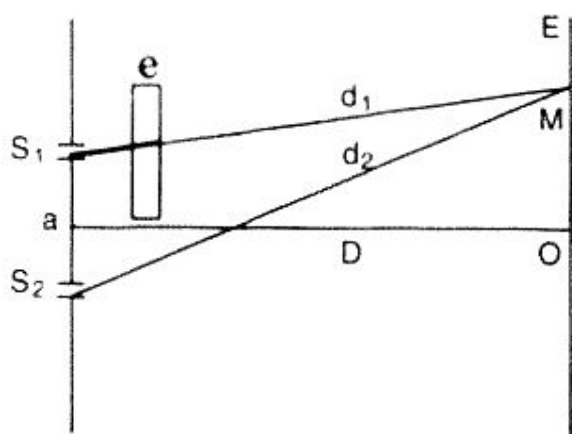
$$i_1 - i'_1 = 60^\circ - 45^\circ = 15^\circ.$$

Vì tia SI có phương cố định nên muốn giảm góc tới đa phải quay lăng kính quanh cạnh A theo chiều ngược chiều kim đồng hồ, và phải quay một góc 15° .

Đối với một tia đơn sắc bất kì trong tia sáng trắng SI, chiết suất của lăng kính nằm trong khoảng $\sqrt{2} < n < \sqrt{3}$. Do đó theo phương trình (1), góc lệch cực tiểu của tia đơn sắc đó có giá trị D_{min} nằm trong khoảng $30^\circ < D_{\text{min}} < 60^\circ$. Và để cho góc lệch của tia đơn sắc đó có giá trị cực tiểu, góc tới i_1 của tia sáng trắng SI phải có giá trị i nằm trong khoảng $45^\circ < i < 60^\circ$. Nghĩa là muốn cho một tia sáng đơn sắc bất kì trong tia sáng trắng SI có góc lệch cực tiểu thì góc quay α của lăng kính sẽ có giá trị trong khoảng $0 < \alpha < 15^\circ$, (và chiều quay ngược chiều kim đồng hồ, nếu ban đầu chọn góc tới i_1 để cho tia tím có góc lệch cực tiểu).

BÀI 35. 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 $a = 1\text{mm}$. Khoảng cách giữa mặt phẳng chứa hai khe và màn quan sát E là $D = 3\text{m}$ (Hình G.3).

1. Biết bước sóng của chùm sáng đơn sắc là $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$. Hãy tính khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai vân tối liên tiếp trên màn quan sát.



Hình G.3

2. Hãy xác định vị trí vân sáng bậc hai và vân tối bậc bốn trên màn quan sát.
3. Đặt ngay sau S_1 một bản mỏng hai mặt song song bề dày $e = 10 \mu\text{m}$. Hỏi hệ thống vân giao thoa trên màn E dịch chuyển về phía nào? Nếu chiết suất bản mỏng là $n = 1,51$, hãy tính độ dịch chuyển của vân chính giữa so với khi chưa đặt bản mỏng.
(Trích ĐTTS ĐH Hàng Hải năm 1996).

LỜI GIẢI

1) Ta biết khoảng cách giữa hai vân sáng (hoặc tối) liên tiếp là $i = \lambda D/a$, ta có ($a = 1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$)

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

2) Vị trí vân sáng bậc hai ($k = 2$)

$$x_s = k \cdot i = 2 \cdot 1,5 = 3\text{mm}.$$

Vị trí vân tối bậc bốn ($k = 3$):

$$x_t = (k + \frac{1}{2})i = 3,5i = 5,25\text{mm}.$$

3) Nếu chỉ xét những vân gần trung tâm (phương truyền ánh sáng vuông góc với mặt bản) thì thời gian ánh sáng đi

trong bản mỏng là $t = \frac{e}{v}$. Cũng trong thời gian này ánh sáng đi trong không khí một khoảng:

$$e' = ct = c \cdot \frac{e}{v} = ne,$$

với $n = \frac{c}{v}$ là chiết suất của bản.

Bản mỏng có tác dụng làm chậm sự truyền ánh sáng hoặc tương đương với sự kéo dài đường đi của tia sáng S_1M một đoạn

$$e' - e = (n - 1)e$$

Do đó quãng đường đi d_1 sẽ thành

$$d'_1 = d_1 + e(n - 1)$$

Hiệu đường đi từ hai nguồn đến điểm M trên màn là

$$d_2 - d'_1 = d_2 - d_1 - (n - 1)e$$

Ta biết $d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}$

suy ra $d_2 - d'_1 = \frac{ax}{D} - (n - 1)e.$

Như vậy khi đặt bản mỏng trước S_1 hiệu đường đi thay đổi một lượng $(n - 1)e$ cho tất cả mọi điểm gần O trên màn quan sát. Do đó các vân đều dịch chuyển như nhau. Để tính độ dịch chuyển này, ta chỉ cần tính độ dịch chuyển x_0 của vân trung tâm $d'_2 - d_1 = k\lambda$ với $k = 0$, ta có

$$\frac{ax_0}{D} - (n - 1)e = 0,$$

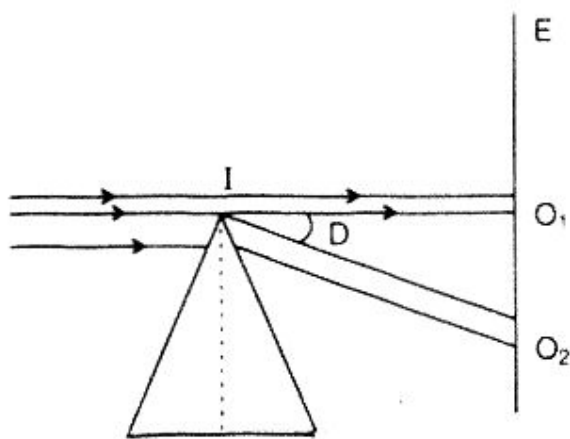
suy ra $x_0 = \frac{(n - 1)eD}{a}.$

Thay chữ bằng số ta được

$$x_0 = \frac{(1,51 - 1) \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 3}{10^{-3}} = 15,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Rightarrow x_0 = 15,3 \text{ mm}.$$

BÀI 36. Để quan sát sự tán sắc của ánh sáng, người ta bố trí thí nghiệm như sau (Hình G.4). Chiếu một chùm tia sáng song song hẹp vào cạnh của một lăng kính (có góc chiết quang $A = 8^\circ$) theo phương vuông góc với mặt phẳng phân giác của góc chiết quang, sao cho một phần của chùm sáng không qua lăng kính và một phần qua lăng kính. Đặt một màn ảnh E vuông góc với phương của chùm tia tới và cách lăng kính 1m.



Hình-G.4

- 1) Lúc đầu ta chiếu chùm ánh sáng màu vàng. Xác định khoảng cách giữa hai vết sáng đó, biết rằng chiết suất của lăng kính đối với ánh sáng vàng bằng 1,65.
- 2) Sau đó ta chiếu chùm ánh sáng trắng, hãy xác định chiều rộng từ màu đỏ đến màu tím của quang phổ liên tục quan sát được trên màn E. Cho biết chiết suất của lăng kính đối với màu đỏ và đối với màu tím lần lượt bằng 1,61 và 1,68.

LỜI GIẢI

1) Phần của chùm sáng không qua lăng kính tạo ra trên màn E vết sáng O_1 (Hình G.4). Còn phần chùm sáng qua lăng kính bị khúc xạ và tạo ra vết sáng O_2 . Góc $\widehat{O_1IO_2}$ chính là góc lệch D của tia ló so với tia tới. Vì góc chiết quang của lăng kính là góc nhỏ ($A = 8^\circ$), góc tới của chùm tia sáng cũng là góc nhỏ ($i_1 = \frac{A}{2} = 4^\circ$), góc khúc xạ r_1 cũng nhỏ

$$\Rightarrow \sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n}$$

$$\Leftrightarrow r_1 \approx \frac{i_1}{n}$$

$$\Rightarrow r_2 = A - r_1 = A - \frac{i_1}{n},$$

góc ló i_2 nhỏ:

$$\Rightarrow \sin i_2 = n \sin r_2$$

$$\Leftrightarrow i_2 \approx n r_2 = nA - i_1.$$

Từ đó góc lệch D là:

$$D = i_1 + i_2 - A = (n - 1)A.$$

Với $A = 8^\circ$, $n = 1,65$, ta có

$$D = 5,2^\circ.$$

Từ đó khoảng cách O_1O_2 của hai vết sáng trên màn E là:

$$O_1O_2 = IO_1 \tan D \approx IO_1 \cdot D.$$

Thay $IO_1 = 1\text{m} = 100\text{cm}$

và $D = 5,2^\circ = \frac{\pi}{180} \cdot 5,2 = 0,091\text{rad},$

ta được: $O_1O_2 = 9,1\text{cm}.$

2) Góc lệch của tia tím là

$$D_t = (n_t - 1)A = 5,44^\circ.$$

Góc lệch của tia đỏ là:

$$D_d = (n_d - 1)A = 4,88^\circ.$$

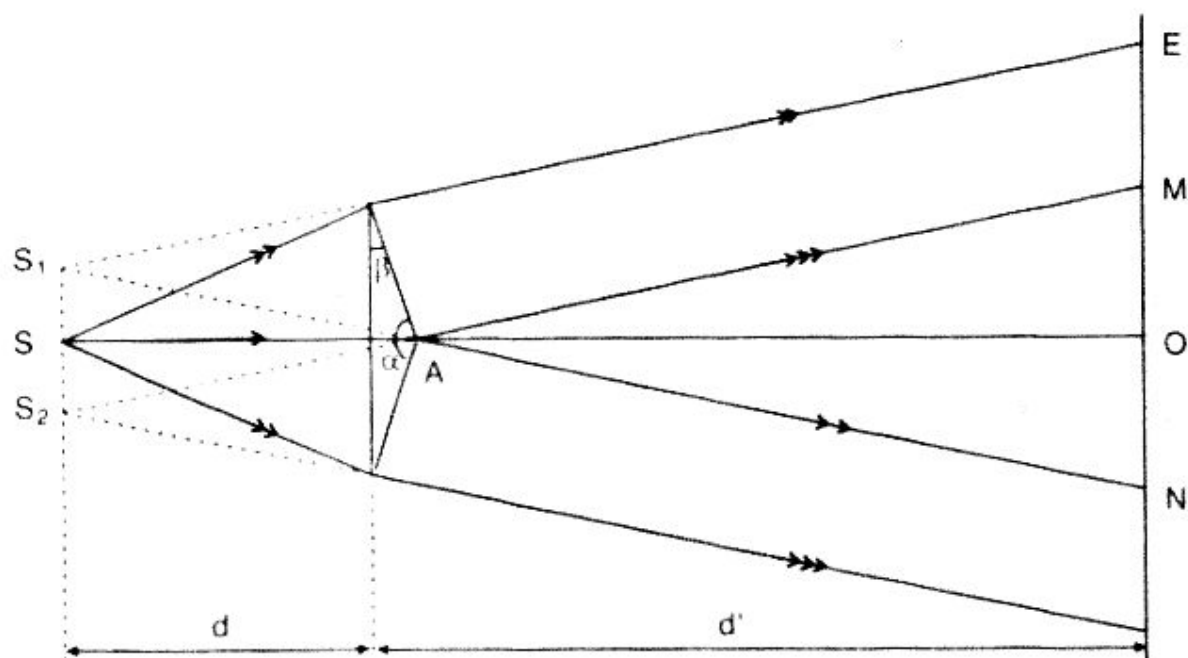
Khoảng cách giữa hai vết sáng tím trên màn E bằng $IO_1 \cdot D_t$ và khoảng cách giữa hai vết sáng đỏ trên màn E bằng $IO_1 \cdot D_d$. Do đó chiều rộng từ màu đỏ đến màu tím của quang phổ liên tục trên màn E là

$$d = IO_1 D_t - IO_1 D_d = IO_1 (D_t - D_d).$$

Thay số ta được

$$d = 100 (5,44 - 4,88) \cdot \frac{\pi}{180} \approx 0,98\text{cm}.$$

BÀI 37. Để xác định độ lớn của góc rất tù (gần 180°) của một lăng kính người ta bố trí sơ đồ giao thoa như ở hình G.5. Bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,633 \mu\text{m}$ 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 $d = 1,2\text{m}$ quan sát được 8 vân tối, đồng thời chính tại M và N là hai vân sáng.



Hình G.5

- Giải thích hiện tượng.
- Tính góc α của lăng kính, biết khe S cách lăng kính một khoảng $d' = 30\text{cm}$, chiết suất của thủy tinh ứng với λ_1 là $n_1 = 1,5$.
- Giữ nguyên cách bố trí thí nghiệm, rọi lên khe S

chùm sáng đơn sắc có $\lambda_2 = 0,515 \mu\text{m}$ thì thu được hệ vân có khoảng vân $i_2 = 0,35 \mu\text{m}$. Xác định chiết suất n_2 của thủy tinh làm lăng kính đối với bức xạ này.
(Trích ĐTTS Học viện Quân Y Hà Nội năm 1996).

LỜI GIẢI

a) Hai nửa chùm tia tới lăng kính sinh ra từ cùng một chùm tia tới khe nên giống nhau về mọi mặt: bước sóng và pha ban đầu. Do đó trong miền giao nhau của hai chùm khúc xạ AMN, hai sóng này giao thoa với nhau. Các vân sáng, tối trên màn E chính là cực đại, cực tiểu giao thoa.

b) Theo đề bài, trong khoảng MN có 8 vân tối mà chính tại M và N là hai vân sáng, thành thử trong khoảng MN có 8 khoảng vân, và, do đó ta có:

$$i_1 = \frac{MN}{8} = \frac{3,8}{8} = 0,475 \text{ mm.}$$

$$\text{Từ } S_1S_2 = 2d(n_1 - 1)\beta = \frac{\lambda D}{i},$$

$$d = 30\text{cm} = 0,3\text{m}$$

$$\text{và } D = d + d'$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{\lambda_1 D}{2d(n_1 - 1)i_1} \quad (1)$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{0,633 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5}{2 \cdot 0,3(1,5 - 1) \cdot 0,475 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow \beta \approx 0,00666 \text{ rad} \approx 0^\circ 22,5'$$

$$\text{và, do đó } \alpha = 180^\circ - 2\beta = 180^\circ - 0^\circ 45' = 179^\circ 15'.$$

c) Vì β , d , D giữ nguyên không đổi, nên tương tự như (1) ta có:

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

từ đó suy ra
$$\frac{(n_2 - 1)i_2}{(n_1 - 1)i_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1},$$

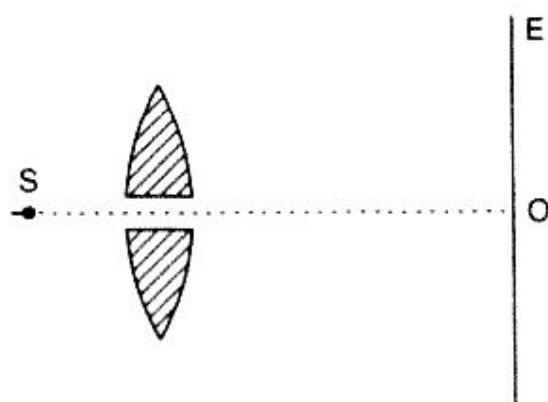
do đó,
$$(n_2 - 1) = (n_1 - 1) \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \cdot \frac{i_1}{i_2}$$

Thay chữ bằng số ta được:

$$(n_2 - 1) = (1,5 - 1) \cdot \frac{0,515}{0,633} \cdot \frac{0,475}{0,35} \approx 0,5521.$$

Vậy
$$n_2 = 1,5521.$$

BÀI 38. Một thấu kính hội tụ mỏng có tiêu cự $f = 50\text{cm}$ được cắt ra làm hai phần bằng nhau theo mặt phẳng qua trục chính và vuông góc với tiết diện của thấu kính. Một nguồn sáng điểm S phát ánh sáng đơn sắc đặt trên trục chính và cách thấu kính một khoảng $d = 1\text{m}$. (Hình G.6).



Hình G.6

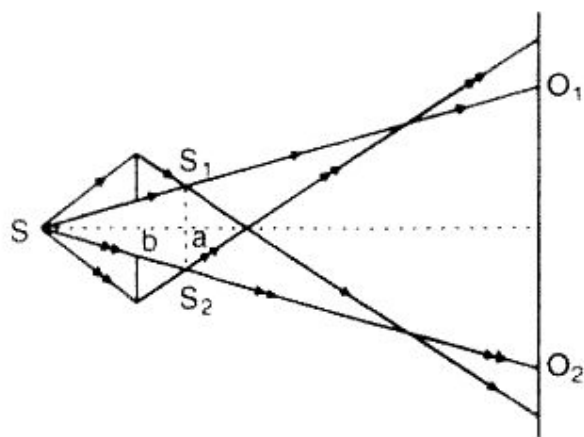
- 1) Phải tách hai nửa thấu kính này ra đến khoảng cách nào (một cách đối xứng qua trục chính) để nhận được hai ảnh S_1, S_2 cách nhau 4mm .
- 2) Đặt một màn quan sát E vuông góc với trục chính và cách các nguồn S_1, S_2 một khoảng $D = 3\text{m}$. Tìm độ rộng của vùng giao thoa trên màn E . Người ta đo

được khoảng cách từ vân sáng trung tâm đến vân sáng thứ 8 là 3,2mm. Tìm bước sóng λ của ánh sáng.
(Trích ĐTTS ĐH Lâm nghiệp Hà Nội năm 1996).

LỜI GIẢI

1) Ảnh của S qua thấu kính được xác định theo công thức:

$$\begin{aligned} d' &= \frac{df}{d-f} \\ &= \frac{1.0,5}{1-0,5} = 1\text{m}. \end{aligned}$$



Hình G.7

Do tách thấu kính làm hai nửa nên ta có hai ảnh thật S_1 , S_2 tạo bởi hai nửa thấu kính (Hình G.7), các ảnh này cũng cách thấu kính một khoảng bằng $d' = 1\text{m}$. Từ các tam giác đồng dạng, ta có (đặt $S_1S_2 = a$).

$$\frac{b}{a} = \frac{d}{d+d'} = \frac{1}{1+1} = \frac{1}{2}.$$

Suy ra $b = \frac{a}{2} = \frac{4}{2} = 2\text{mm}.$

Bề rộng phải tách của hai nửa thấu kính là 2mm.

2) Độ rộng của vùng giao thoa trên màn E là O_1O_2 (độ rộng của miền giao nhau của hai chùm tia khúc xạ qua hai nửa thấu kính). Cũng từ tam giác đồng dạng trên hình G.7 ta có:

$$\frac{b}{O_1O_2} = \frac{d}{d+d'+D} = \frac{1}{5},$$

suy ra $O_1O_2 = 5b = 10\text{mm}.$

Theo đề bài ta có

$$8i = 3,2 \text{ mm},$$

suy ra
$$i = \frac{3,2}{8} = 0,4 \text{ mm}.$$

Mặt khác
$$i = \frac{\lambda D}{a},$$

ta có
$$\lambda = \frac{ia}{D} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3} \approx 0,533 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 0,533 \text{ } \mu\text{m}.$$

III. LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

H. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN

1) Khi chiếu một chùm ánh sáng thích hợp (có bước sóng ngắn) vào một tấm kim loại thì nó làm cho các electron ở mặt kim loại đó bị bật ra (*hiện tượng quang điện*).

Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng λ của ánh sáng kích thích thỏa mãn điều kiện: $\lambda \leq \lambda_0$, với λ_0 gọi là *giới hạn quang điện* của kim loại.

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

(A là *công thoát của electron*, tính bằng jun hay electron-vôn: $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$; h là hằng số Planck $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{J.s}$, c là vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$).

2) *Lượng tử ánh sáng* hay *phôtôn* mang năng lượng.

$$\varepsilon = hf,$$

với f là tần số ánh sáng ($f = \frac{c}{\lambda}$)

Chùm ánh sáng được coi là dòng các photon.

3) Mỗi photon bị electron hấp thụ sẽ truyền toàn bộ năng lượng của nó cho electron đó. Công thức Anhstang về hiện tượng quang điện:

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

với $\frac{mv_{0\max}^2}{2}$ là động năng ban đầu cực đại của electron quang điện.

4) Muốn cho dòng quang điện trong tế bào quang điện bị triệt tiêu hoàn toàn ($I = 0$) thì hiệu điện thế giữa anốt và catốt của tế bào quang điện phải đạt tới một giá trị âm $-U_h$ nào đó; U_h được gọi là hiệu điện thế hãm, được xác định nhờ hệ thức:

$$eU_h = \frac{1}{2} mV_{0\max}^2 \quad (e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}).$$

5. Hiệu suất của hiệu ứng quang điện (hiệu suất lượng tử):

$$H = \frac{\text{số electron quang điện (bật ra từ kim loại)}}{\text{số photon tới kim loại}}$$

6. Bước sóng nhỏ nhất của tia rơnghen phát xạ từ một ống Rơnghen:

$$\lambda_x \geq \lambda_{\min},$$

với
$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{W_d},$$

W_d là động năng của các electron tới đập vào đối catốt của

ống Rơnghen $W_d = \frac{mv^2}{2} = eU$, U là hiệu điện thế giữa anôt và catôt của ống Rơnghen.

BÀI TẬP

BÀI 39. Một đèn phát sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,5 \cdot 10^{-6}$ m được dùng để chiếu vào một tế bào quang điện. Công thoát đối với kim loại dùng làm catôt là $A = 1,89 \text{ eV}$.

- 1) Tính giới hạn quang điện của kim loại làm catôt.
- 2) Tính vận tốc cực đại của các êlectrôn bị bật ra khỏi catôt. Cho biết khối lượng của êlectrôn làm $= 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, điện tích của êlectrôn là $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; hằng số Plăng $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

(Trích ĐTTS Đại học Tài chính – Kế toán Hà Nội năm 1996).

LỜI GIẢI

- 1) Giới hạn quang điện của kim loại làm catôt:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,89 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \\ \approx 6,57 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \lambda_0 = 0,657 \text{ } \mu\text{m}.$$

2) Áp dụng công thức Anhs tanh:

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

ta có:
$$\frac{mv_{0\max}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A$$

Suy ra
$$v_{0\max} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)}$$

Thay số ta được

$$v_{0\max} = \sqrt{\frac{2.9,51.10^{11}}{9,1}} \approx 4,57.10^5 \text{ m/s.}$$

$$\Rightarrow v_{0\max} = 475 \text{ km/s.}$$

BÀI 40. Chiếu một ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,489 \mu\text{m}$ lên kim loại kali (K) dùng làm catốt của một tế bào quang điện. Biết hiệu điện thế hãm $U_h = 0,39\text{V}$. Tìm công thoát electron và giới hạn quang điện của kali.

Biết cường độ dòng bão hòa là 5mA và công suất của ánh sáng chiếu tới là $1,250\text{W}$. Tìm hiệu suất lượng tử của hiệu ứng quang điện.

(Trích Đề thi tuyển sinh Trường Đại học Sư phạm Hà Nội 2 năm 1996).

LỜI GIẢI

Hiệu điện thế hãm U_h liên hệ với động năng ban đầu cực đại của electron bằng công thức:

$$eU_h = \frac{mv_{0\max}^2}{2}$$

Theo công thức Anhtan

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

ta có:
$$A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{mv_{0\max}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - eU_h.$$

Thay số ta được:

$$\begin{aligned} A &= \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,489 \cdot 10^{-6}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,39 \\ &\approx 3,44 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

hay
$$A = \frac{3,44 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,15 \text{ eV}.$$

Giới hạn quang điện của kali:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} \approx 5,776 \cdot 10^{-7} \text{ m} \approx 0,58 \mu\text{m}.$$

Số quang electron sinh ra trong mỗi giây:

$$N_1 = \frac{I}{e}$$

Số photon rơi vào catốt:

$$N_2 = \frac{P}{\varepsilon} = \frac{P}{hf} = \frac{P\lambda}{hc}.$$

Hiệu suất quang điện:

$$H = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I}{e} \cdot \frac{hc}{P\lambda} = \frac{Ihc}{eP\lambda} \approx 0,01$$

$$\Rightarrow H \approx 1\%.$$

BÀI 41. Khi chiếu lần lượt hai bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda_1 = 0,25.10^{-6}$ m và $\lambda_2 = 0,30.10^{-6}$ m vào một tấm kim loại Z, người ta thấy vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện lần lượt là $v_1 = 7,31.10^5$ m/s và $v_2 = 4,93.10^5$ m/s.

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

(Trích ĐTTS ĐH Thái Nguyên).

LỜI GIẢI

1) Áp dụng công thức Anhxtanh cho hai bức xạ trên ta có:

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{1}{2} m_e v_1^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{m_e v_1^2}{2} \quad (1)$$

$$\frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{m_e v_2^2}{2} \quad (2)$$

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

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

Thay số ta được:

$$m_e \approx 9,0968.10^{-31} \approx 9,10.10^{-31} \text{ kg}.$$

Thay giá trị của m_e vào (1) ta được:

$$\frac{1}{\lambda_0} = \frac{1}{\lambda} - \frac{mv_1^2}{2hc} \approx 2,778.10^6$$

Suy ra $\lambda_0 \approx 0,36.10^{-6} \text{ m} = 0,36 \mu\text{m}.$

2) Điện thế cực đại trên tấm kim loại cô lập do mất electron quang điện sẽ đạt được khi độ lớn của thế năng của electron ở điện thế đó tại mặt kim loại đúng bằng động năng ban đầu cực đại của electron vừa bay ra:

$$eV_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

Mặt khác, theo công thức Anhxtanh

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{mv_{0\max}^2}{2},$$

suy ra
$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + eV_{\max},$$

hay
$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{eV_{\max}}{hc} \approx 5,1931.10^6.$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,1926 \mu\text{m}.$$

BÀI 42. Trong một ống Rơnghen, người ta tạo ra được một hiệu điện thế không đổi $U = 2.10^4 \text{ v}$ giữa hai cực.

a) Tính động năng của electron đến đối catốt (bỏ qua động năng ban đầu của electron khi bứt ra khỏi catốt).

b) Tính tần số cực đại của tia rơnghen.

c) Trong một phút, người ta đếm được 6.10^{18} electron

đập vào đôi catốt. Tính cường độ dòng điện qua ống Rơnghen.

(Trích Đề thi tuyển sinh Đại học Mỏ – Địa chất Hà Nội năm 1996).

LỜI GIẢI

a) Bỏ qua công bứt điện tử ra khỏi kim loại, thì động năng mà electron có được là nhờ công của lực điện trường.

$$\begin{aligned}\text{Do đó: } E_d &= \frac{mv^2}{2} = eU = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^4 \\ &= 3,2 \cdot 10^{-15} \text{ J.}\end{aligned}$$

b) Áp dụng công thức Anhxtanh, coi động năng của electron chuyển hoàn toàn thành năng lượng của photon tia X, ta được:

$$\begin{aligned}hf_{\max} &= E_d, \\ \text{do đó } f_{\max} &= \frac{E_d}{h} = \frac{3,2 \cdot 10^{-15}}{6,625 \cdot 10^{-34}} \approx 4,83 \cdot 10^{18} \\ f_{\max} &= 4,83 \cdot 10^{18} \text{ Hz}\end{aligned}$$

c) Cường độ dòng điện qua ống Rơnghen:

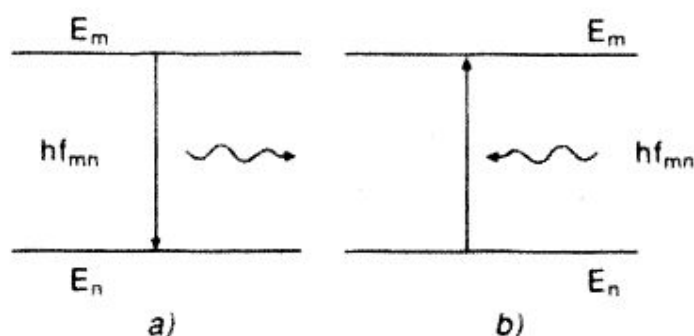
$$\begin{aligned}I &= \frac{q}{t} = \frac{Ne}{60} = \frac{6 \cdot 10^{18} \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{60} \approx 0,016 \text{ A.} \\ \Rightarrow I &= 16 \text{ mA.}\end{aligned}$$

K. ỨNG DỤNG THUYẾT LƯỢNG TỬ TRONG NGUYÊN TỬ HIĐRÔ. THUYẾT BO

1) Nguyên tử chỉ tồn tại ở những trạng thái dừng, có năng lượng xác định E_1, E_2, \dots và electron chỉ chuyển động quanh hạt

nhân theo những quỹ đạo dừng có bán kính r hoàn toàn xác định: $r = n^2 \cdot r_0$, với r_0 là bán kính quỹ đạo K, gần hạt nhân nhất ($n = 1$) (r_0 còn được gọi là bán kính Bo, $r_0 = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$); với $n = 2, n = 3 \dots$ ta có quỹ đạo L, M...

2) Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng cao E_m (ứng với electron chuyển động trên quỹ đạo $r_m = r_0 \cdot n^2$) sang trạng thái dừng có năng lượng thấp hơn E_n (ứng với quỹ đạo có bán kính $r_n = r_0 \cdot n^2$; $n < m$) thì nó sẽ phát ra một photon (bức xạ) có năng lượng ε bằng: (Hình K.1a)

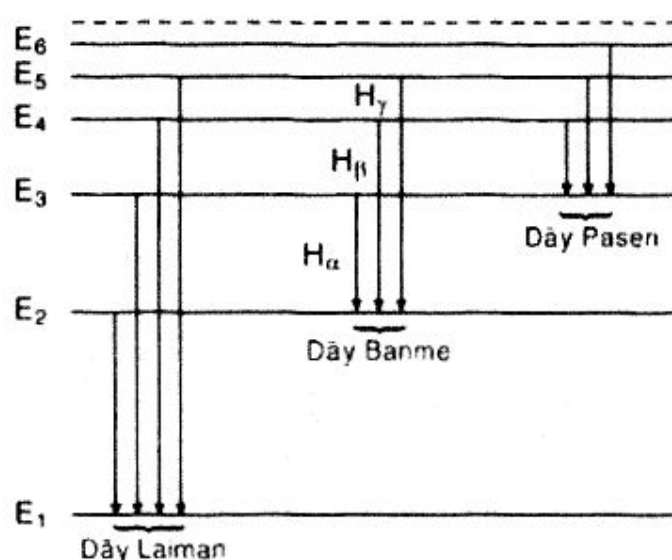


Hình K.1

$$\varepsilon = E_m - E_n = hf_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}}$$

Ngược lại, khi nguyên tử chuyển từ trạng thái có năng lượng thấp E_n sang trạng thái dừng có năng lượng cao hơn E_m thì nó sẽ hấp thụ một photon có năng lượng bằng hiệu $E_m - E_n$ (Hình K.1b) (f_{mn} , λ_{mn} tương ứng là tần số và bước sóng của ánh sáng (photon) do nguyên tử phát xạ hoặc hấp thụ).

3) Nguyên tử hiđrô phát ra quang phổ vạch, gồm nhiều dãy xác định, tách rời nhau, như dãy Laiman (trong vùng tử ngoại, $n = 1$); dãy Banme (trong vùng ánh sáng nhìn



Hình K.2

thấy, $n = 2$) có 4 vạch H_α (đỏ), H_β (lam), H_γ (chàm) và H_δ (tím); dãy Pasen (trong vùng hồng ngoại, $n = 3$)... (Hình K.2).

BÀI TẬP

BÀI 43. Trong quang phổ của nguyên tử hiđrô, bước sóng λ (tính bằng micrômét) của các vạch quang phổ như sau:

– Vạch thứ nhất của dãy Laiman:

$$\lambda_{21} = 0,121568 \mu\text{m}$$

– Vạch H_γ của dãy Banme:

$$\lambda_{32} = 0,656279 \mu\text{m}$$

– Ba vạch đầu tiên của dãy Pasen:

$$\lambda_{43} = 1,8751 \mu\text{m};$$

$$\lambda_{53} = 1,2818 \mu\text{m};$$

$$\lambda_{63} = 1,0938 \mu\text{m}.$$

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

LỜI GIẢI

a) Tần số dao động của các bức xạ được tính theo bước sóng bởi công thức $f = c/\lambda$. Ta có:

$$f_{21} = \frac{c}{\lambda_{21}} = 2,46775.10^{15} \text{ Hz};$$

$$f_{32} = \frac{c}{\lambda_{32}} = 4,57123.10^{15} \text{ Hz};$$

$$f_{43} = \frac{c}{\lambda_{43}} = 1,5999.10^{14} \text{ Hz};$$

$$f_{53} = \frac{c}{\lambda_{53}} = 2,3405.10^{14} \text{ Hz};$$

$$f_{63} = \frac{c}{\lambda_{63}} = 2,7427.10^{14} \text{ Hz};$$

b) Theo thuyết Bo, ta có:

$$\frac{1}{\lambda_{m\ n}} = \frac{E_m - E_n}{hc}.$$

Đề bài cho ta:

$$\frac{1}{\lambda_{21}} = \frac{E_2 - E_1}{hc};$$

$$\frac{1}{\lambda_{32}} = \frac{E_3 - E_2}{hc};$$

$$\frac{1}{\lambda_{43}} = \frac{E_4 - E_3}{hc};$$

$$\frac{1}{\lambda_{53}} = \frac{E_5 - E_3}{hc};$$

$$\frac{1}{\lambda_{63}} = \frac{E_6 - E_3}{hc}.$$

Từ đó suy ra bước sóng của hai vạch quang phổ thứ hai và thứ ba của dãy Laiman (Hình K.2):

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda_{31}} &= \frac{E_3 - E_1}{hc} = \frac{1}{\lambda_{21}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \\ &= 9,74959.10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \lambda_{31} \approx 0,10257 \text{ }\mu\text{m};$$

$$\frac{1}{\lambda_{41}} = \frac{E_4 - E_1}{hc} = \frac{1}{\lambda_{43}} + \frac{1}{\lambda_{32}} + \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\approx 10,28289 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{41} \approx 0,09725 \text{ }\mu\text{m}.$$

Bước sóng của các vạch H_β , H_γ và H_δ của dãy Banme là:

$$\frac{1}{\lambda_{42}} = \frac{E_4 - E_2}{hc} = \frac{1}{\lambda_{43}} + \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$\approx 2,05705 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{42} \approx 0,48613 \text{ }\mu\text{m (H}_\beta\text{);}$$

$$\frac{1}{\lambda_{52}} = \frac{E_5 - E_2}{hc} = \frac{1}{\lambda_{53}} + \frac{1}{\lambda_{32}} = 2,3039 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{52} \approx 0,43405 \text{ }\mu\text{m (H}_\gamma\text{);}$$

$$\frac{1}{\lambda_{62}} = \frac{E_6 - E_2}{hc} = \frac{1}{\lambda_{63}} + \frac{1}{\lambda_{32}}$$

$$= 2,437986 \cdot 10^6 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow \lambda_{62} = 0,41017 \text{ }\mu\text{m (H}_\delta\text{).}$$

BÀI 44. Trong nguyên tử hiđrô bán kính của các quỹ đạo dừng và năng lượng của electron trên các quỹ đạo đó có biểu thức:

$$r_n = r_0 \cdot n^2 \text{ (}\overset{\circ}{\text{A}}\text{);}$$

$$E_n = - \frac{E_0}{n^2} \text{ (eV);}$$

$$n = 1, 2 \dots$$

trong đó $r_0 = 0,53 \overset{\circ}{\text{A}}$; $E_0 = 13,6 \text{ eV}$, n là các số nguyên dương, tương ứng với các mức (quỹ đạo) K, L, M, N...

- 1) Xác định bán kính quỹ đạo thứ 2, thứ 3 và tính vận tốc của electron trên các quỹ đạo đó.
- 2) Biểu diễn các chuyển dời sau đây trên sơ đồ các mức năng lượng của nguyên tử hiđrô:
 - a) Từ trạng thái cơ bản đầu tiên ($n = 1$) đến trạng thái kích thích thứ hai ($n = 3$);
 - b) Từ trạng thái $n = 4$ đến trạng thái $n = 2$;
 - c) Chuyển dời ứng với sự ion hóa khi nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản.
- 3) Tính bước sóng của các photon (phát xạ hoặc hấp thụ) tương ứng với các chuyển dời trên.

LỜI GIẢI

1) Áp dụng công thức $r_n = r_0 \cdot n^2$, ta có:

$$r_2 = 4r_0 = 2,12\text{\AA};$$

$$r_3 = 9r_0 = 4,77\text{\AA}.$$

Bởi vì lực hấp dẫn không đáng kể nên lực tương tác giữa electron và hạt nhân trong nguyên tử hiđrô chỉ là lực hút tĩnh điện

$$f = k \cdot \frac{e^2}{r^2} \quad (k = 9 \cdot 10^9 \text{ đơn vị SI})$$

lực này gây ra gia tốc hướng tâm của electron trên quỹ đạo tròn quanh hạt nhân, do đó:

$$k \cdot \frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$\Rightarrow v = e \sqrt{\frac{k}{mr}}$$

hay
$$v_n = e \sqrt{\frac{k}{mr_0 \cdot n^2}} = \frac{e}{n} \sqrt{\frac{k}{mr_0}} \approx \frac{2,18 \cdot 10^6}{n} \text{ m/s.}$$

Suy ra
$$v_2 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ m/s;}$$

$$v_3 = 0,73 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

2) Sơ đồ các mức năng lượng của nguyên tử hiđrô: (Hình K.3)

3) Chuyển dời a) ứng với trường hợp nguyên tử hấp thụ một photon có bước sóng λ_{13} tính theo công thức:

$$\frac{1}{\lambda_{13}} = \frac{E_3 - E_1}{hc}$$

$$= \frac{E_0}{hc} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

với
$$E_0 = 13,6 \text{ eV} = 13,6 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

Suy ra
$$\lambda_{13} = 0,103 \text{ } \mu\text{m.}$$

Chuyển dời b) ứng với trường hợp nguyên tử phát xạ một photon có bước sóng λ_{42} :

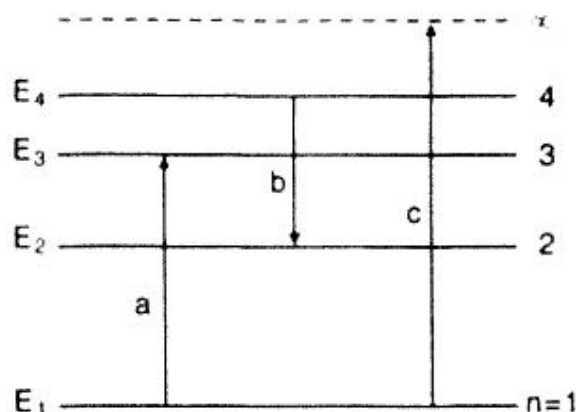
$$\frac{1}{\lambda_{42}} = \frac{E_4 - E_2}{hc} = \frac{E_0}{hc} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

$$\Rightarrow \lambda_{42} = 0,487 \text{ } \mu\text{m.}$$

Chuyển dời c) ứng với trường hợp nguyên tử hấp thụ photon có bước sóng λ_1 :

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{E_\infty - E_1}{hc} = \frac{E_0}{hc} \cdot \frac{1}{1^2}$$

$$\Rightarrow \lambda_1 = 0,913 \cdot 10^{-7} \text{ m.}$$



Hình K.3

IV. VẬT LÝ HẠT NHÂN

M. CẤU TẠO HẠT NHÂN, SỰ PHÓNG XẠ. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

1) *Hạt nhân nguyên tử* được cấu tạo từ: *prôtôn* (kí hiệu p, mang điện tích +e) và *ơtrôn* (kí hiệu n, không mang điện tích), gọi chung là *nuclôn*. Prôtôn và ơtrôn có khối lượng $m_p = 1,007276u$; $m_n = 1,008665u$, với u là đơn vị khối lượng nguyên tử: $1u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.

a) Một hạt nhân gồm Z prôtôn (Z là nguyên tử số) và

$$N = A - Z \text{ ơtrôn}$$

(A là số khối hay khối lượng số).

b) *Đồng vị* là những nguyên tử mà hạt nhân có cùng số prôtôn Z nhưng có số khối A khác nhau.

c) *Kí hiệu hạt nhân* X: ${}_Z^AX$. Để cho gọn, đôi khi không cần ghi Z mà viết, chẳng hạn C_{12} , C_{13} ...

d) *Độ hụt khối* của hạt nhân:

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{hn}$$

(M_{hn} là khối lượng của hạt nhân).

e) *Năng lượng liên kết*: $\Delta E = \Delta M \cdot c^2$ (c là vận tốc ánh sáng trong chân không); nếu $\Delta M = 1u$ thì

$$\Delta E = 931 \text{ MeV} \quad (1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}).$$

2) *Phóng xạ* là hiện tượng một hạt nhân tự động phóng ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác.

a) *Các loại tia phóng xạ*: Tia α , gồm hạt nhân nguyên tử

hêli ${}^4_2\text{He}$ (phóng xạ α); Tia β (phóng xạ β) gồm tia β^- (các electron ${}^0_{-1}\text{e}^-$) và tia β^+ (các electron dương hay pôzitrôn ${}^0_{+1}\text{e}^+$); và tia γ (sóng điện từ có bước sóng rất ngắn).

b) Định luật phóng xạ:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = \frac{N_0}{2^{t/T}} ;$$

hay
$$m = m_0 e^{-\lambda t} = \frac{m_0}{2^{t/T}}$$

trong đó N_0 , m_0 là số hạt nhân và lượng chất phóng xạ ban đầu (lúc $t = 0$); N , m là số hạt nhân và lượng chất phóng xạ ở thời điểm t ; λ là *hằng số phóng xạ* và T là *chu kì bán rã* của chất phóng xạ:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}$$

3) **Độ phóng xạ** của một lượng chất phóng xạ đo bằng số hạt nhân bị phân rã (biến đổi) trong 1 giây:

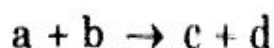
$$H(t) = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = H_0 e^{-\lambda t}$$

với $H_0 = \lambda N_0$ là độ phóng xạ ban đầu.

Đơn vị của H là becquerel (kí hiệu Bq); còn dùng đơn vị curi (kí hiệu Ci): $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{Bq}$.

4) **Phản ứng hạt nhân** là tương tác giữa hai hạt nhân dẫn đến sự biến đổi chúng thành các hạt nhân khác.

a) Phương trình phản ứng hạt nhân:



b) Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân:

+ Bảo toàn số khối (số nuclôn):

$$A_a + A_b = A_c + A_d$$

+ Bảo toàn điện tích:

$$Z_a + Z_b = Z_c + Z_d$$

+ Bảo toàn động lượng:

$$M_a \vec{v}_a + M_b \vec{v}_b = M_c \vec{v}_c + M_d \vec{v}_d$$

+ Bảo toàn năng lượng (bao gồm năng lượng nghỉ và động năng của các hạt).

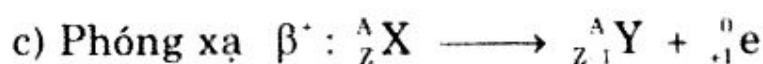
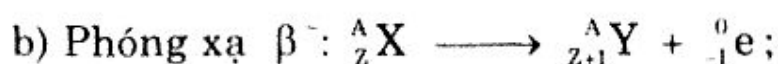
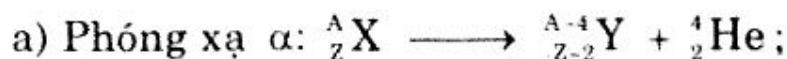
c) Năng lượng của phản ứng hạt nhân:

$$E = (M_0 - M)c^2$$

Với $M_0 = M_a + M_b$; $M = M_c + M_d$. Nếu $M_0 > M$: phản ứng tỏa năng lượng ($E > 0$); còn nếu $M_0 < M$: phản ứng thu năng lượng ($E < 0$).

Có hai loại phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng quan trọng: phản ứng *phân hạch* và phản ứng *nhập hạch*.

5) **Quy tắc dịch chuyển** trong sự phóng xạ (phương trình phân rã phóng xạ).



6) **Máy gia tốc xiclotrôn**: hạt có khối lượng m , điện tích q và vận tốc v đi vào từ trường có cảm ứng từ B vuông góc với v sẽ vạch ra quỹ đạo tròn có bán kính $R = \frac{mv}{qB}$ và được tăng tốc.

Thời gian hạt đi được một vòng (chu kì)

$$T = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2\pi R}{v}$$

Tần số của hiệu điện thế xoay chiều đặt vào máy gia tốc

$$f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}.$$

Máy gia tốc xiclotrôn thường gồm hai phần hộp chữ D và trong một vòng quay hạt được gia tốc 2 lần.

BÀI TẬP

BÀI 45. Đồng vị phóng xạ coban ${}^{60}_{27}\text{Co}$ phát ra tia β^- và tia γ với chu kì bán rã $T = 71,3$ ngày.

- Hãy cho biết thành phần cấu tạo của hạt nhân nguyên tử coban như thế nào? Tính độ hụt khối và năng lượng liên kết của hạt nhân coban. Cho biết: $m(\text{Co}) = 55,940\text{u}$.
- Hãy tính xem trong 1 tháng (30 ngày) lượng chất coban này bị phân rã bao nhiêu phần trăm.
- Viết phương trình phản ứng, chỉ rõ hạt nhân con của phản ứng.

(Trích ĐTTS ĐH Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh năm 1996).

LỜI GIẢI

a) Xét hạt nhân ${}^{60}_{27}\text{Co}$, thì 27 biểu thị số prôtôn: $Z = 27$; 60 biểu thị số nuclôn A : $A = Z + N = 60$, với N là số nơtrôn.

$$N = A - Z = 33.$$

Vậy hạt nhân ${}^{60}_{27}\text{Co}$ gồm có 27 prôtôn và 33 nơtrôn.

Độ hụt khối:

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_{\text{hn}}$$

Thay chữ bằng số ta được:

$$\Delta M = 27.1,007276u + 33.1,008665u - 55,940u$$

$$\Delta M = 4,542397u = 7,543.10^{-27}\text{kg}.$$

Năng lượng liên kết:

$$\begin{aligned}\Delta E &= \Delta M.c^2 = 4,542397.931 \approx 4229\text{MeV} \\ &= 6,766.10^{-10}\text{J}.\end{aligned}$$

b) Lượng chất phóng xạ còn lại được tính theo công thức:

$$m = m_0 e^{-\lambda t},$$

với
$$\lambda = \frac{0,693}{T} = 9,72.10^{-3} \text{ ngày}^{-1}$$

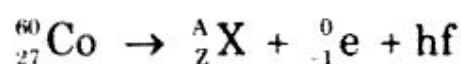
Trong một tháng lượng chất côban còn lại:

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\lambda t} = e^{-9,72.10^{-3}.30} \approx 0,747 = 74,7\%.$$

Do đó phần hạt nhân côban bị phân rã sau 1 tháng là:

$$100\% - 74,7\% = 25,3\%.$$

c) Phương trình phản ứng



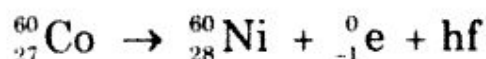
Áp dụng định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta có:

$$27 = Z - 1 \Rightarrow Z = 28.$$

$$60 = A + 0 \Rightarrow A = 60$$

Đây là hạt nhân của ${}_{28}^{60}\text{Ni}$

Vậy phương trình phản ứng đầy đủ là:



BÀI 46. Có bao nhiêu hạt β^- được giải phóng trong 1 giờ từ 1 microgam (10^{-6}g) đồng vị $^{24}_{11}\text{Na}$ biết rằng chu kỳ bán rã của $^{24}_{11}\text{Na}$ là $T = 15$ giờ.

LỜI GIẢI

Lượng chất phóng xạ còn lại được tính theo công thức:

$$m = m_0 e^{-\lambda t}$$

với

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = 0,0462 \text{ (giờ)}^{-1}$$

Phần hạt nhân Na còn lại sau 1 giờ:

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\lambda t} = e^{-0,0462 \times 1} = 95,48\%.$$

Phần hạt nhân bị phân rã sau 1 giờ là:

$$100\% - 95,48\% = 4,52\%.$$

1 μg đồng vị Na có:

$$\begin{aligned} n &= \frac{N_A \cdot m}{M} = \frac{6,023 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-6}}{24} \\ &= 2,51 \cdot 10^{16} \text{ nguyên tử } \text{Na}_{24}. \end{aligned}$$

Mỗi hạt nhân Na_{24} phân rã phóng ra một hạt β^- .

Số hạt nhân Na_{24} bị phân rã sau 1 giờ là:

$$2,51 \cdot 10^{16} \times 4,52\% = 1,134 \cdot 10^{15} \text{ hạt.}$$

Đó cũng là số hạt β^- được giải phóng trong 1 giờ từ 1 μg đồng vị Na_{24} .

BÀI 47. Hạt nhân $^{14}_6\text{C}$ là một chất phóng xạ, nó phóng ra tia β^- , có chu kỳ bán rã là 5600 năm.

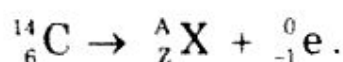
- 1) Viết phương trình của phản ứng phân rã.
- 2) Sau bao lâu lượng chất phóng xạ của mẫu chỉ còn bằng $1/8$ lượng chất phóng xạ ban đầu của mẫu đó.
- 3) Trong cây cối có chất phóng xạ $^{14}_6\text{C}$. Độ phóng đại của một mẫu gỗ tươi và một mẫu gỗ cổ đại đã chết cùng khối lượng lần lượt bằng $0,255\text{Bq}$ và $0,215\text{Bq}$. Xác định xem mẫu gỗ cổ đại chết đã bao lâu.

Cho biết: $\ln(1,186) = 0,1706$.

(Trích ĐTTS ĐH An ninh nhân dân năm 1996).

LỜI GIẢI

- 1) Phương trình của phản ứng phân rã:

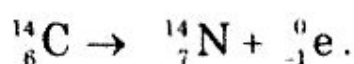


Áp dụng định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta thu được:

$$A = 14; Z = 7.$$

Đó là hạt nhân nitơ $^{14}_7\text{N}$.

Phương trình đầy đủ là:



- 2) Theo đề bài

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2^3}$$

Vì vậy, ta áp dụng công thức

$$m = m_0 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}},$$

hay

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^{t/T}}.$$

Đổi chiều (1) và (2) ta có

$$2^{\frac{t}{T}} = 2^3$$

$$\Rightarrow t = 3T = 3.5600 = 16800 \text{ năm.}$$

Vậy sau 16800 năm lượng chất phóng xạ của mẫu chỉ còn bằng 1/8 ban đầu.

3) Áp dụng công thức của độ phóng xạ $H = H_0 e^{-\lambda t}$

ta có
$$\frac{H}{H_0} = e^{-\lambda t},$$

hay
$$\ln \frac{H_0}{H} = \lambda t = \frac{0,693}{T} t.$$

Theo đề bài

$$\ln \frac{H_0}{H} = \ln \frac{0,255}{0,215} = \ln 1,186 = 0,1706.$$

Suy ra
$$\frac{0,693}{T} t = 0,1706.$$

$$\Rightarrow t = \frac{0,1706.5600}{0,693} \approx 1378,58 \text{ năm.}$$

Vậy mẫu gỗ cổ đại chết đã gần 1379 năm.

BÀI 48. Hạt nhân phóng xạ ${}^{234}_{92}\text{U}$ (đứng yên) phóng ra hạt α (hạt nhân của nguyên tử Hêli).

1) Viết phương trình phân rã.

2) Tính năng lượng tỏa ra (dưới dạng động năng của hạt nhân và hạt α).

3) Tính động năng của hạt α và hạt nhân con.

4) Trong thực tế người ta lại đo được động năng của

hạt α và hạt nhân con chỉ bằng 13,00 MeV. Sự sai lệch giữa giá trị tính toán và giá trị đo được đã được giải thích bằng việc phát ra bức xạ γ (cùng với hạt α). Hãy xác định bước sóng của bức xạ γ .

Cho biết khối lượng hạt nhân:

$$mU_{234} = 233,9004u;$$

$$mTh_{230} = 229,9737u;$$

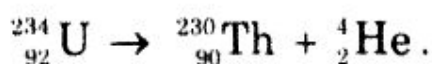
$$m(\alpha) = 4,00151u;$$

$$u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}/c^2.$$

(Trích ĐTTS ĐH Sư phạm Vinh và Học viện Quan hệ Quốc tế năm 1996).

LỜI GIẢI

1) Áp dụng định luật bảo toàn số khối và định luật bảo toàn điện tích, ta tìm được phương trình phân rã:



2) Năng lượng tỏa ra:

$$E = (M_0 - M)c^2, \text{ với}$$

$$\begin{aligned} M_0 - M &= 233,9904u - (229,9737u + 4,00151u) \\ &\approx 0,0152u \end{aligned}$$

$$\text{Ta có} \quad E = 0,0152 \times 931 = 14,15 \text{ MeV}.$$

3) Gọi E_1 và E_2 là động năng của hạt nhân thori và hạt α .

$$\text{Ta có:} \quad E_1 + E_2 = E = 14,15 \text{ MeV} \quad (1)$$

Gọi \vec{P}_1 , \vec{P}_2 là động lượng của hai hạt đó; theo định luật bảo toàn động lượng, ta phải có: $0 = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$

$$\Rightarrow P_1 = -P_2.$$

$$\text{Do đó: } E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{P_1^2}{2m_1}; E_2 = \frac{P_2^2}{2m_2}$$

$$\Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{4}{230} = \frac{2}{115} \Rightarrow E_2 = \frac{115}{2} E_1 \quad (2)$$

Từ (1) và (2), ta được

$$E_1 = \frac{14,15 \times 2}{117} \approx 0,242 \text{ MeV.}$$

và $E_2 \approx 13,91 \text{ MeV.}$

4) Độ sai lệch là:

$$\Delta E = E_1 + E_2 - E_{\text{đo}} = 0,24 + 13,91 - 13$$

$$= 1,15 \text{ MeV.}$$

Đó là năng lượng của bức xạ γ . Vậy bước sóng của bức xạ γ là:

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{1,15 \cdot 10^6 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 1,08 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \lambda \approx 1,08 \text{ pm.}$$

BÀI 49. Người ta dùng prôtôn bắn phá hạt nhân bêri (${}^9_4\text{Be}$), hạt nhân sinh ra là hêli và liti.

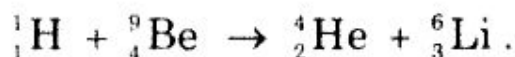
a) Viết phương trình phản ứng;

b) Cho rằng độ lớn khối lượng của một hạt nhân (đo bằng đơn vị u) xấp xỉ bằng số khối của nó. Tính động năng của hạt liti. Biết rằng Be đứng yên, prôtôn có động năng $K_H = 5,45 \text{ MeV}$; hêli có vận tốc vuông góc với vận tốc của prôtôn và có động năng $K_{He} = 4 \text{ MeV}$.

(Trích ĐTTS ĐHQG Tp. Hồ Chí Minh năm 1996).

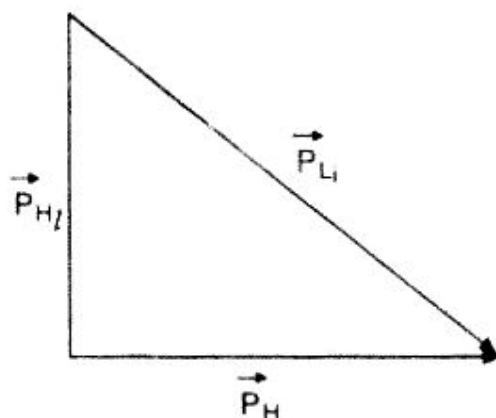
LỜI GIẢI

a) Áp dụng định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta có phương trình phản ứng:



b) Gọi \vec{P}_H , \vec{P}_{He} và \vec{P}_{Li} lần lượt là các động lượng của các hạt nhân H, He, Li, thì phương và chiều của các vectơ đó có dạng như trên hình M.1.

($\vec{P}_{He} \perp \vec{P}_H$ và theo định luật bảo toàn động lượng



Hình M.1

$\vec{P}_H = \vec{P}_{He} + \vec{P}_{Li}$). Từ hình vẽ ta có:

$$P_{Li}^2 = P_H^2 + P_{He}^2 \quad (1)$$

Thay $P = mv$ vào các số hạng của (1) ta được:

$$m_{Li}^2 \cdot v_{Li}^2 = m_H^2 \cdot v_H^2 + m_{He}^2 \cdot v_{He}^2 \quad (2)$$

Nhưng động năng $K = \frac{mv^2}{2}$, nên

$$P^2 = m^2 v^2 = 2mK$$

do đó hệ thức (2) trở thành:

$$2m_{Li}K_{Li} = 2m_HK_H + 2m_{He}K_{He}$$

Từ đó tìm được động năng của hạt liti:

$$K_{Li} = \frac{m_H K_H + m_{He} K_{He}}{m_{Li}}$$

Lấy gần đúng $m_H = 1u$; $m_{He} = 4u$; $m_{Li} = 6u$ ta

thu được:
$$K_{Li} = \frac{K_H + 4K_{He}}{6} = \frac{5,45 + 4 \times 4}{6}$$
$$= 3,575 \text{ MeV.}$$

BÀI 50. Giữa hai phần hộp chữ D của máy xiclôtron có bán kính $R = 1\text{m}$, người ta đặt một hiệu điện thế xoay chiều 80kV , tần số $f = 10 \text{ MHz}$. Một chùm hạt prôtôn được gia tốc trong máy này.

- 1) Xác định cảm ứng từ B để máy hoạt động bình thường;
- 2) Tìm vận tốc và động năng của mỗi hạt khi bay ra khỏi xiclôtron;
- 3) Tìm số vòng quay của mỗi hạt trước khi bay ra khỏi máy.

LỜI GIẢI

1) Trong máy gia tốc xiclôtron, bán kính R được xác định theo công thức:

$$R = \frac{mv}{qB} \quad (1)$$

với v là vận tốc của hạt trước khi bay ra khỏi máy, q là điện tích của hạt. Chu kì $T = 2\pi \frac{R}{V} = 2\pi \frac{m}{qB}$: chu kì không phụ thuộc

vào bán kính của máy và vận tốc của hạt. Tần số của hiệu điện thế xoay chiều đặt vào máy:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$$

Từ đó rút ra:

$$B = \frac{2\pi m \cdot f}{q}$$

Thay số: $m_p = 1,007276u \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg};$

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

$$f = 10 \text{ MHz} = 10^7 \text{ Hz},$$

ta được

$$B \approx 0,655 \text{T}.$$

2) Từ (1) ta có:

$$v = \frac{qBR}{m} \approx 6,28 \cdot 10^7 \text{ m/s}.$$

Động năng của hạt khi bay ra khỏi máy:

$$W_d = \frac{mv^2}{2} = 32,93 \cdot 10^{-13} \text{J} = 20,58 \text{ MeV}.$$

3) Trong 1 vòng quay hạt được gia tốc 2 lần vì nó qua khoảng không gian giữa hai hộp chữ D 2 lần; sau N vòng quay hạt được gia tốc 2N lần; mỗi lần được gia tốc động năng của nó được tăng thêm $q \cdot U$. Do đó khi đi ra khỏi máy nó đạt được động năng $2NqU$, đó chính là động năng W_d đã tính ở trên.

Vậy ta có

$$W_d = 2NqU$$

suy ra số vòng quay của hạt:

$$N = \frac{W_d}{2qU} = \frac{32,93 \cdot 10^{-13}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \times 8 \cdot 10^4} \approx 128 \text{ vòng}.$$

Phần thứ hai

NHỮNG BÀI TẬP CHỌN LỌC, HAY VÀ KHÓ

I. QUANG HÌNH HỌC

BÀI 1

Một đèn pha gồm một gương cầu lõm (vành gương có đường kính $D_0 = 24\text{cm}$) và một bóng đèn điện mà dây tóc được coi như một nguồn sáng điểm S có thể di chuyển dễ dàng dọc theo trục chính của gương từ điểm A (gần gương nhất) đến điểm B (xa gương nhất) với $AB = 2\text{cm}$. Để điều chỉnh cho dây tóc của bóng đèn nằm đúng ở tiêu điểm F của gương, người ta làm như sau:

a) Đặt một màn ảnh E vuông góc với trục chính của gương, cách gương một khoảng $l_1 = 1\text{m}$ và đưa bóng đèn tới vị trí A , người ta thấy có một vết sáng tròn trên màn E với đường kính $D = 28\text{cm}$.

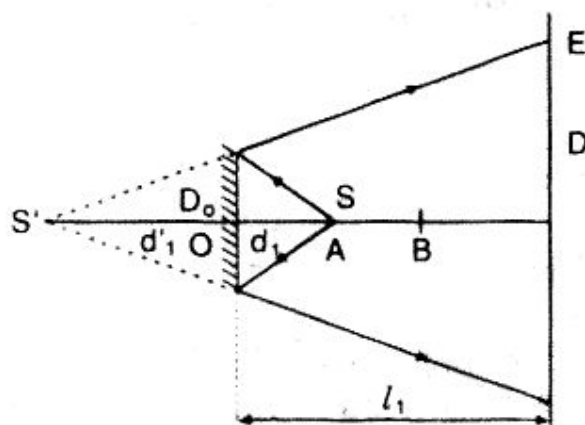
b) Di chuyển bóng đèn đến vị trí B , người ta thấy vết sáng trên màn nhỏ hơn D_0 và càng đưa màn ra xa, vết sáng nhỏ dần đi. Khi màn E cách gương một khoảng $l_2 = 6,5\text{m}$ thì ta thấy ảnh rõ nét của dây tóc trên màn.

Hãy xác định tiêu cự của gương và vị trí của điểm A ;

Hỏi phải di chuyển bóng đèn từ vị trí A đi một đoạn bằng bao nhiêu thì chùm sáng phản xạ từ gương là chùm song song.

LỜI GIẢI

Gọi d_1 là khoảng cách từ điểm A đến gương. Khi bóng đèn ở vị trí A, chùm tia phản xạ từ gương tạo ra trên màn E vết sáng có đường kính $D = 28\text{cm} > D_0$. Như vậy, có nghĩa là chùm tia phản xạ là chùm phân kì, ảnh của dây tóc khi đó là ảnh ảo S_1 ở sau gương (cần chú ý rằng cũng có thể có khả năng chùm tia phản xạ là chùm hội tụ và màn E ở sau điểm hội tụ của chùm tia sao cho vết sáng trên màn có đường kính D, nhưng điều đó sẽ mâu thuẫn với trường hợp bóng đèn ở vị trí B). Biết khoảng cách từ màn đến gương l_1 ($l_1 = 1\text{m}$) và biết D, D_0 , xét hai tam giác đồng dạng có đỉnh là S' ta tìm được vị trí của S' (Hình 1.1). Ta có:



Hình 1.1

$$\frac{D}{D_0} = \frac{|d'_1| + l_1}{|d'_1|}$$

$$\Rightarrow |d'_1| = 600\text{cm}.$$

Như vậy $d'_1 = -600\text{cm}$

(vì S' là ảnh ảo).

Từ đó ta có

$$f = \frac{d_1 d'_1}{d_1 + d'_1} = \frac{-600 d_1}{d_1 - 600} \quad (1)$$

Khi bóng đèn ở vị trí B ta có

$$d_2 = d_1 + 2$$

(vì $AB = 2\text{cm}$).

Khi màn E cách gương $l_1 = 6,5\text{m} = 650\text{cm}$ ta thu được ảnh rõ nét của dây tóc, nghĩa là ta có

$$d'_2 = 650\text{cm}.$$

Từ đó ta lại có:

$$f = \frac{d_2 d'_2}{d_2 + d'_2} = \frac{650(d_1 + 2)}{d_1 + 652} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta tìm được phương trình xác định d_1 :

$$d_1^2 + 2d_1 - 624 = 0;$$

Phương trình này có 2 nghiệm:

$$d_1 = 24\text{cm}$$

$$\text{và } d_2 = -26\text{cm} < 0 \text{ (loại)}.$$

A cách đỉnh gương 24cm. Thay $d_1 = 24\text{cm}$ vào (1), ta tìm được

$$f = 25\text{cm}.$$

Muốn cho chùm sáng phản xạ trên gương là chùm song song thì bóng đèn S phải ở đúng tiêu điểm F của gương. Nghĩa là ta phải di chuyển bóng đèn từ vị trí A về F, khoảng di chuyển là

$$f - d_1 = 25 - 24 = 1\text{m}.$$

BÀI 2

Tại mặt dưới của một khối trụ trong suốt bán kính R và chiết suất n có gắn một bản mặt song song chiết suất $n' < n$. Tâm O của bản mặt song song nằm trên trục hình trụ. Một tia tới (đơn sắc) SI chiếu đến mặt trụ, khúc xạ theo đúng IO, phản xạ toàn phần tại O. Hãy tính khoảng cách tối đa từ I đến đáy hình trụ để điều này có thể xảy ra. Tính khoảng cách từ điểm tia sáng ló ra đến đáy hình trụ và góc tới i. Tìm điều kiện khả hữu của bài toán.

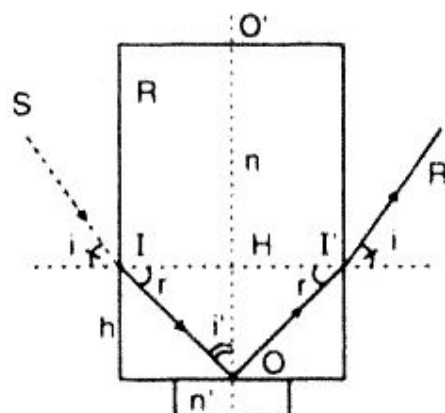
Áp dụng số: $n = 1,612$; $n' = 1,314$; $R = 1,34\text{cm}$.

LỜI GIẢI

Muốn cho tia tới SI có thể khúc xạ theo đúng IO thì SI phải nằm trong mặt phẳng chứa trục OO' của hình trụ (nghĩa là nằm trong mặt phẳng của hình 2.1). Gọi i' là góc tới tại O. Muốn có phản xạ toàn phần tại O ta phải có:

$$i' > i_{gh}$$

với $\sin i_{gh} = \frac{n'}{n}$.



Hình 2.1

Theo hình vẽ

$$\sin i' = \frac{IH}{IO} = \frac{R}{\sqrt{h^2 + R^2}},$$

với h là khoảng cách từ điểm I đến đáy hình trụ ($h = HO$).

Ta có

$$\begin{aligned} \sin i' &> \sin i_{gh} \\ \Rightarrow \frac{R}{\sqrt{h^2 + R^2}} &> \frac{n'}{n} \\ \Rightarrow \frac{R^2}{h^2 + R^2} &> \frac{n'^2}{n^2} \\ \Rightarrow h &< R \sqrt{\frac{n^2}{n'^2} - 1} \end{aligned} \quad (1)$$

Như vậy, khoảng cách tối đa từ điểm tới I đến đáy hình trụ

để ánh sáng phản xạ toàn phần tại O là $R \sqrt{\left(\frac{n}{n'}\right)^2 - 1}$

Tia phản xạ toàn phần OI' đến I' với góc tới r như góc khúc xạ tại I nên ló ra ngoài với góc ló bằng góc tới ban đầu. Do đó khoảng cách từ điểm tia sáng ló ra I' đến đáy hình trụ cũng bằng h .

Ta tính góc tới i . Theo hình vẽ ta có:

$$\sin r = \frac{HO}{IO} = \frac{h}{\sqrt{h^2 + R^2}}$$

Do đó
$$\sin i = n \sin r = \frac{nh}{\sqrt{h^2 + R^2}}$$

và
$$i = \arcsin \frac{nh}{\sqrt{h^2 + R^2}} \quad (2)$$

Ta tìm điều kiện khả hữu của bài toán. Dĩ nhiên phải có

$$\sin i \leq 1$$

$$\Rightarrow \frac{nh}{\sqrt{h^2 + R^2}} \leq 1$$

$$\Leftrightarrow h \leq \frac{R}{\sqrt{n^2 - 1}}.$$

Mặt khác điều kiện (1) cũng phải được thỏa mãn. Muốn vậy phải có:

$$R \sqrt{\frac{n^2}{n'^2} - 1} \leq \frac{R}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

$$\left(\frac{n}{n'}\right)^2 \leq \frac{1}{n^2 - 1} + 1 = \frac{n^2}{n^2 - 1}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{n'^2} \leq \frac{1}{n^2 - 1}$$

$$\Leftrightarrow n^2 - n'^2 \leq 1 \quad (3)$$

Đó là điều kiện khả hữu của bài toán.

Áp dụng số: $n = 1,612$;

$n' = 1,314$;

$R = 1,34\text{cm}$.

Ta thấy $n^2 - n'^2 \approx 0,872 < 1$.

Vậy điều kiện (3) được thỏa mãn. Ta có $h \leq 0,95\text{cm}$

$$\text{và} \quad \sin i = \frac{nh}{\sqrt{h^2 + R^2}} \leq \frac{1,612 \cdot 0,95}{\sqrt{0,95^2 + 1,34^2}} \approx 0,9323.$$

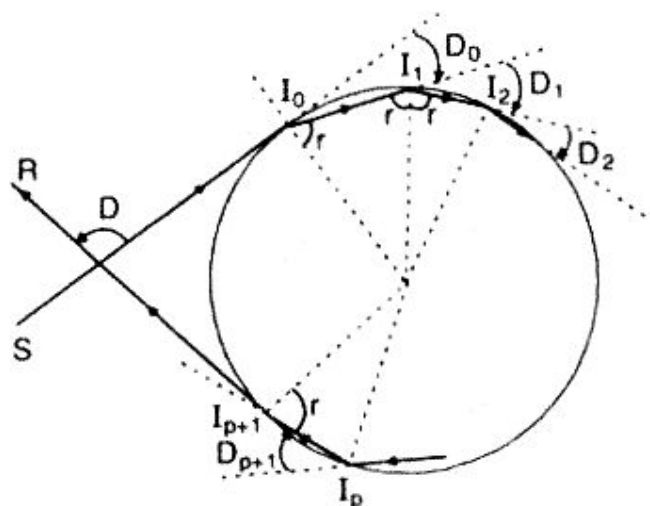
$$\Rightarrow i \leq 68^\circ 47' 76''.$$

BÀI 3

Một tia sáng đi từ không khí vào một khối cầu trong suốt chiết suất n dưới góc tới i , khúc xạ theo góc r đến mặt phân giới với góc tới cũng là r ; một phần ló ra khỏi khối cầu, một phần phản xạ. Ta chỉ xét các tia phản xạ. Sau lần phản xạ, tia sáng ló ra khỏi khối cầu.

a) Tính góc lệch D hợp bởi tia tới và tia ló này.

b) Chứng minh rằng: khi cho góc tới i biến thiên thì góc lệch D sẽ qua một giá trị cực tiểu D_m . Tính góc tới i_m ứng với D_m . Tìm điều kiện về n để có D_m .



Hình 3.1

Áp dụng số:

$$n = \frac{4}{3}, \quad p = 1.$$

LỜI GIẢI

a) Gọi SI_0 là tia tới mặt cầu, tia khúc xạ là I_0I_1 và tia phản

xạ đầu tiên từ mặt phân giới là I_1I_2 . Các tia phản xạ tiếp theo là $I_2I_3, I_3I_4, \dots, I_{p-1}I_p$ và cuối cùng là I_pI_{p+1} (p lần phản xạ).

Góc lệch tại I_0 :

$$D_0 = (\vec{SI_0}, \vec{I_0I_1}) = i - r.$$

Ta thấy góc lệch tại các điểm I_1, I_2, \dots, I_p đều bằng nhau và cùng có trị số:

$$D_1 = D_2 = \dots = D_p = (\vec{I_0I_1}, \vec{I_1I_2}) = \pi - 2r$$

(xem hình 3.1).

Tại điểm I_p tia phản xạ đến điểm I_{p+1} với góc tới r (trong khối cầu). Vì chỉ xét phần phản xạ nên ta xét tia ló tại I_{p+1} . Góc tới trong khối cầu là r , nên áp dụng định luật khúc xạ ta thấy góc ló tại I_{p+1} phải bằng i (góc tới ban đầu tại I_0). Góc lệch tại I_{p+1} là:

$$D_{p+1} = (\vec{I_pI_{p+1}}, \vec{I_{p+1}R}) = i - r.$$

Tất cả các độ lệch D_0, D_1, \dots, D_{p+1} đều cùng chiều lệch (Hình 3.1) nên góc lệch D hợp bởi tia tới và tia ló bằng tổng các góc lệch đó:

$$\begin{aligned} D &= (\vec{SI}, \vec{I_{p+1}R}) = D_0 + (D_1 + \dots + D_p) + D_{p+1} \\ \Rightarrow D &= (i - r) + p(\pi - 2r) + (i - r) \\ &= 2i - 2(p + 1)r + p\pi \\ \Rightarrow D &= 2i - 2(p + 1)r + p\pi \end{aligned} \quad (1)$$

b) Ta thấy D phụ thuộc vào i . Để chứng tỏ D có giá trị cực tiểu D_m , ta lấy đạo hàm của D theo i :

$$\frac{dD}{di} = 2 - 2(p + 1) \frac{dr}{di} \quad (2)$$

Để tìm $\frac{dr}{di}$, ta dựa vào định luật khúc xạ

$$\sin i = n \sin r.$$

Ta có
$$\frac{dr}{di} = \frac{\cos i}{n \cos r}.$$

Do đó
$$\frac{dD}{di} = 2 - \frac{2(p+1)\cos i}{n \cos r}$$

D qua cực trị khi $\frac{dD}{di} = 0$

$$\Leftrightarrow 1 - (p+1) \frac{\cos i_m}{n \cos r_m} = 0$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow (p+1)\cos i_m &= n \cos r_m = n \sqrt{1 - \sin^2 r_m} \\ &= \sqrt{n^2 - \sin^2 i_m} \end{aligned} \quad (3)$$

(vì $\sin i_m = n \sin r_m$).

Lấy bình phương hai vế phương trình trên và thay

$$\sin^2 i_m = 1 - \cos^2 i_m,$$

ta được:
$$\cos^2 i_m = \frac{n^2 - 1}{p(p+2)} \quad (4)$$

Để khẳng định giá trị tương ứng của D là cực tiểu, ta xét dấu của $\frac{dD}{di}$. Từ (2) và (3) suy ra

$$\begin{aligned} \frac{dD}{di} &= \frac{2(p+1)}{n} \left(\frac{\cos i_m}{\cos r_m} - \frac{\cos i}{\cos r} \right) \\ &= \frac{2(p+1)}{n \left(\frac{\cos i_m}{\cos r_m} + \frac{\cos i}{\cos r} \right)} \times \frac{\cos^2 i_m \cos^2 r - \cos^2 r_m \cos^2 i}{\cos^2 r_m \cos^2 r} \end{aligned}$$

Ta thấy dấu của $\frac{dD}{di}$ là dấu của biểu thức

$$A = \cos^2 i_m \cos^2 r - \cos^2 r_m \cos^2 i.$$

Chuyển từ các hàm cos sang hàm sin và áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng ta có:

$$A = \frac{n^2 - 1}{n^2} (\sin i + \sin i_m) (\sin i - \sin i_m)$$

Từ đó ta thấy $\frac{dD}{di}$ là đại lượng âm khi $i < i_m$ và dương khi $i > i_m$. Nghĩa là D đạt cực tiểu khi $i = i_m$.

Vậy góc lệch D qua cực tiểu khi góc tới i có giá trị i_m xác định bởi (4):

$$\cos^2 i_m = \frac{n^2 - 1}{p(p + 2)}$$

Điều kiện mà chiết suất n phải thỏa mãn, suy từ bất đẳng thức

$$\begin{aligned} 0 < \cos^2 i_m < 1 \\ \Leftrightarrow 0 < \frac{n^2 - 1}{p(p + 2)} < 1 \end{aligned}$$

Vì $n > 1$ nên ta luôn có $\frac{n^2 - 1}{p(p + 2)} > 0$. Như vậy chỉ cần có

$$\begin{aligned} \frac{n^2 - 1}{p(p + 2)} < 1 \\ \Rightarrow n < p + 1. \end{aligned}$$

Vậy ta phải có

$$1 < n < p + 1.$$

Áp dụng số: $n = \frac{4}{3}$, $p = 1$. Ta có

$$\cos^2 i_m = \frac{n^2 - 1}{p(p + 2)} = 0,5092$$

$$\Rightarrow i_m \approx 59^\circ 23'.$$

BÀI 4

Một chậu nước có đáy phẳng tráng bạc, lớp nước trong chậu có độ cao $h = 10\text{cm}$, chiết suất của nước là $n = 4/3 = 1,33$.

a) Chiếu vào chậu một tia sáng đơn sắc nghiêng 45° so với mặt nước. Tính khoảng cách từ điểm tia tới đi vào mặt nước đến điểm ló của tia phản xạ đi ra khỏi mặt nước.

b) Phải nghiêng chậu một góc bao nhiêu để tia phản xạ nói trên không còn ló ra khỏi mặt nước.

c) Một người soi mặt vào chậu (khi chậu nằm ngang) sẽ thấy ảnh mình cách xa bao nhiêu nếu mặt người ấy cách mặt nước 10cm .

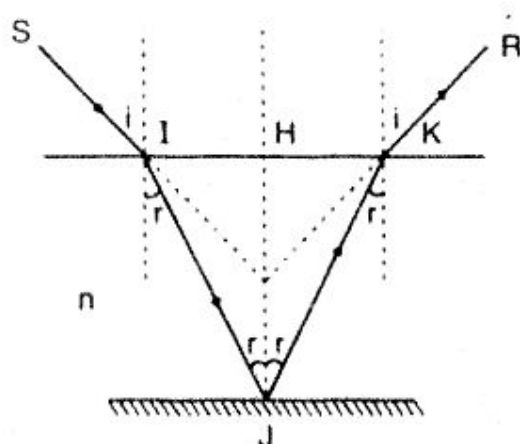
Giả sử kích thước của chậu đủ bảo đảm cho thí nghiệm trên thực hiện được.

LỜI GIẢI

a) Tia SI đến mặt nước, với góc tới

$$i = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

khúc xạ theo IJ, góc khúc xạ là r . Đến gương phẳng tại J (với góc tới cũng là r), tia sáng phản xạ theo JK với góc tới tại K cũng là r , do đó nó ló ra theo KR với góc ló bằng i (áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại



Hình 4.1

K). Như vậy các tia sáng đối xứng nhau qua pháp tuyến JH với gương phẳng (và có thể thấy rằng $KR \perp SI$). Ta tính IK.

Ta có $IK = 2IH = 2.H.tgr = 2htgr.$

Ta lại có

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sin 45^\circ}{1,33} \approx 0,5317$$

$$\Rightarrow r \approx 32^\circ 7'$$

và do đó $tgr \approx 0,6277.$

$$IK = 2htgr = 2.10.0,6277 \approx 12,56\text{cm}.$$

b) Để không có tia ló ra khỏi mặt nước thì tia phản xạ JK phải đến mặt nước với góc tới $r' \geq i_{gh}$, với

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n} = 0,75$$

$$\Rightarrow i_{gh} \approx 48^\circ 35' 4''.$$

Vậy phải nghiêng chậu một góc α để tia phản xạ bây giờ là JL (Hình 4.2) chứ không phải là JK như trước. Ta biết khi gương quay góc α thì tia phản xạ quay góc 2α . Nghĩa là tia phản xạ mới JL và tia phản xạ cũ JK hợp với nhau góc 2α . Trong tam giác JKL, ta có

$$\hat{K} = 90^\circ + r, \hat{J} = 2\alpha, \hat{L} = 90^\circ - r',$$

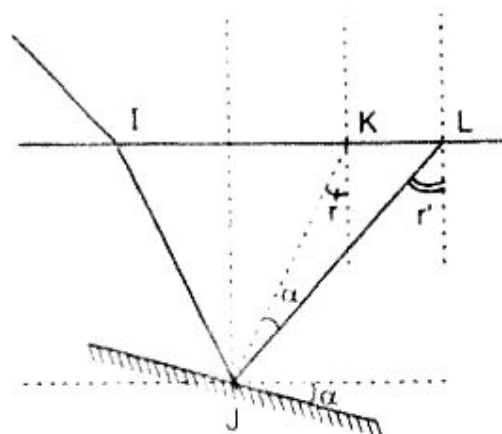
suy ra $(90^\circ + r) + 2\alpha + (90^\circ - r') = 180^\circ$

$$\Rightarrow r' = r + 2\alpha.$$

Vì $r' \geq i_{gh}$ nên ta có

$$\alpha \geq \frac{i_{gh} - r}{2}$$

$$\Rightarrow \alpha \geq 8^\circ 14' 8''.$$



Hình 4.2

vành gương. Gọi vị trí này của nguồn sáng là vị trí S_1 .

2) Từ vị trí S_1 dịch chuyển nguồn một đoạn $a = 6\text{cm}$; vòng sáng trên màn khi đó có đường kính $D' = 60\text{cm}$.

a) Tìm tiêu cự của gương.

b) Hỏi phải dịch chuyển nguồn từ vị trí S_1 theo chiều nào, đi một đoạn bao nhiêu, để ảnh của dây tóc đèn hiện rõ nét trên màn?

LỜI GIẢI

a) Vòng tròn sáng có đường kính bằng đường kính trên màn, có nghĩa là có thể có hai tình huống:

- Tình huống 1: chùm sáng phản xạ trên gương là chùm sáng song song và nguồn sáng ở đúng tiêu điểm F của gương, nghĩa là S_1 cách gương một đoạn $d_1 = f_1$.

- Tình huống 2: chùm sáng phản xạ trên gương hội tụ tại điểm S'_1 ở đúng giữa gương và màn, khi đó S'_1 cách gương

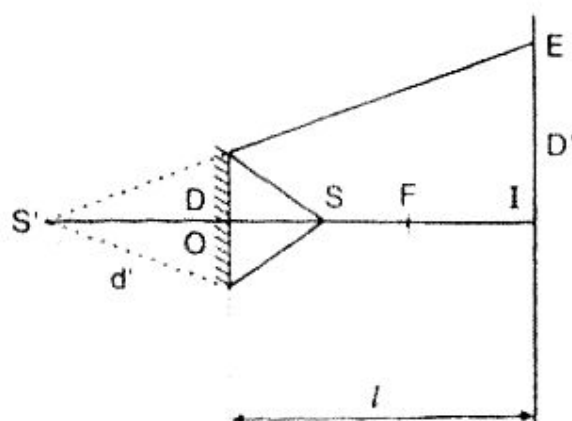
$$d'_1 = \frac{l}{2} = \frac{3,6}{2} = 1,8\text{m} = 180\text{cm}.$$

Ta xét tình huống 1. Ta phân biệt hai trường hợp.

+ Trường hợp 1: Nguồn sáng từ vị trí S_1 dịch lại gần gương một đoạn $a = 6\text{cm}$, khi đó $d = f - 6$ và ảnh S' của nguồn là ảnh ảo ở sau gương (Hình 5.1). Từ hình vẽ ta có: (theo đề bài).

$$\frac{S'O}{S'I} = \frac{D}{D'}$$

$$\Rightarrow \frac{|d'|}{|d'| + l} = \frac{20}{60} = \frac{1}{3}$$



Hình 5.1

$$f_1 = 20,4\text{cm}$$

$$\text{và } f_2 = -26,4\text{cm (loại)}.$$

b) + Trường hợp $f = 36\text{cm} = d_1$. Với $d'_2 = l = 360\text{cm}$, ta có vị trí của nguồn

$$d_2 = \frac{d'_2 f}{d'_2 - f} = 40\text{cm}.$$

Như vậy từ vị trí S_1 phải dịch nguồn sáng S (bóng đèn) ra xa gương một đoạn $40 - 36 = 4\text{cm}$.

+ Trường hợp $f = 20,4\text{cm} = d_1$. Với $d'_2 = l = 360\text{cm}$ ta có vị trí của nguồn

$$d_2 = \frac{d'_2 f}{d'_2 - f} = 21,63\text{cm}.$$

Vậy phải dịch nguồn sáng S ra xa thêm

$$21,63 - 20,4 = 1,23\text{cm}.$$

Chú ý: Nếu ta xét tình huống 2 thì ảnh S'_1 cách gương:

$$d'_1 = \frac{l}{2} = 180\text{cm}$$

và vị trí S_1 ban đầu của nguồn được xác định bởi:

$$d_1 = \frac{d'_1 f}{d'_1 - f} = \frac{180f}{180 - f}.$$

Khi đó ta có:

+ Trường hợp 1: `

$$d = d_1 - 6; d' = -180\text{cm}$$

$$f = \frac{dd'}{d + d'} = \frac{(d_1 - 6)(-180)}{d_1 - 6 + (-180)} = \frac{180d_1}{d_1 + 180}$$

Suy ra phương trình cho d_1 :

$$d_1^2 - 6d_1 - 540 = 0$$

Phương trình này có hai nghiệm

$$d_1 = 26,4\text{cm}$$

$$\text{và } d_2 = -20,4\text{cm (loại)}$$

Từ đó tìm được

$$f = \frac{180d_1}{d_1 + 180} \approx 23\text{cm}.$$

Để có ảnh rõ nét trên màn:

$$d_2 = \frac{d'_2 f}{d'_2 - f} = 24,6\text{cm}$$

($d'_2 = 360\text{cm}$), nghĩa là phải dịch nguồn lại gần gương một đoạn

$$d_1 - d_2 = 1,8\text{cm}.$$

+ Trường hợp 2. Giải tương tự như trên, tìm được

$$d_1 = 36\text{cm},$$

$$f = 30\text{cm}$$

và phải dịch nguồn lại gần là

$$36 - 32,7 = 3,3\text{cm}.$$

BÀI 6

Một người dùng một máy ảnh (vật kính là một thấu kính hội tụ) để chụp một bức tranh. Lần đầu đặt máy sao cho bức tranh ở cách vật kính của máy một khoảng d_1 thì ảnh chụp được cao 4cm. Từ vị trí ấy cho máy dịch lại gần tranh thêm 1m thì phải cho phim dịch xa thêm 0,5cm ảnh mới trở lại rõ nét và cao 8cm. Hỏi để ảnh chụp được có độ cao 5,33cm phải dịch chuyển máy đi bao nhiêu cm, theo chiều nào?

LỜI GIẢI

Gọi d_1 là khoảng cách từ vật kính đến phim ở vị trí thứ nhất của máy ảnh thì

$$d_2 = d_1 - 100;$$

$$d'_2 = d'_1 + 0,5$$

Ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} f = \frac{d_1 d'_1}{d_1 + d'_1} = \frac{(d_1 - 100)(d'_1 + 0,5)}{(d_1 - 100) + (d'_1 + 0,5)} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} AB = 4 \frac{d_1}{d'_1} = 8 \frac{(d_1 - 100)}{d'_1 + 0,5} \end{cases} \quad (2)$$

Từ (1) suy ra:

$$200d'_1 (d'_1 + 0,5) = d_1 (d_1 - 100) \quad (3)$$

Từ (2) suy ra:

$$d_1 (d'_1 + 0,5) = 2d'_1 (d_1 - 100) \quad (4)$$

Giải ra ta được

$$d_1 = 210\text{cm}; d'_1 = 10,5\text{cm}.$$

và từ đó có $f = 10\text{cm}.$

Độ cao của vật $AB = 80\text{cm}.$

Để ảnh có độ cao $5,33\text{ cm} = \frac{16}{3}\text{ cm}$, tức là có độ phóng đại

$$|k| = \frac{16}{3 \cdot 80} = \frac{1}{15}$$

thì, dựa vào công thức

$$k = \frac{f}{f - d}$$

suy ra

$$d = 160\text{cm}$$

và

$$d' = \frac{df}{d - f} \approx 10,67\text{cm}.$$

Như vậy máy ảnh phải lùi xa:

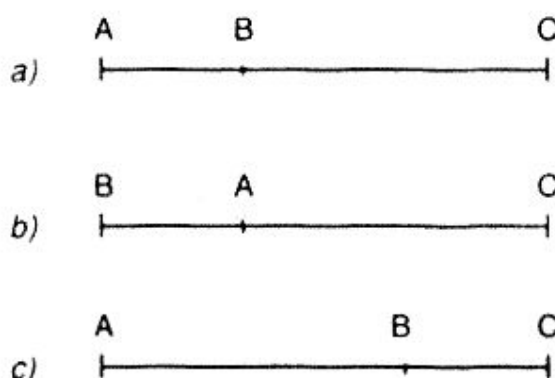
$$160 - (210 - 100) = 50\text{cm}$$

và phim phải dịch lại gần vật kính:

$$(10,5 + 0,5) - 10,67 = 0,33\text{cm} (\approx 1/3\text{cm}).$$

BÀI 7

Có ba điểm A, B, C nằm trên trục chính của một thấu kính. Nếu ta đặt điểm sáng ở A thì thu được ảnh ở B, nếu đặt điểm sáng ở B ta thu được ảnh ở C. Hãy xác định loại thấu kính, vị trí và tiêu cự thấu kính trong các trường hợp sau (Hình 7.1):



Hình 7.1

a) $AB = 8\text{cm}$; $BC = 24\text{cm}$;

b) $AB = 24\text{cm}$; $BC = 72\text{cm}$;

c) $AB = 54\text{cm}$; $BC = 16\text{cm}$;

LỜI GIẢI

a) Theo nguyên lý về sự trở lại ngược chiều của ánh sáng thì ảnh ở B là ảnh ảo, bởi vì nếu B là ảnh thật thì khi S ở B, ảnh S' phải ở A (chứ không ở C theo yêu cầu của đề bài). Hơn nữa khi vật dịch chuyển từ A đến B, ảnh dịch chuyển từ B đến C, mà $AB < BC$, nghĩa là ảnh ảo dịch chuyển nhanh hơn vật. Vậy thấu kính phải là hội tụ.

Với thấu kính hội tụ, ảnh ảo và vật ở cùng phía thấu kính, hơn nữa ảnh ảo nằm ngoài vật (so với thấu kính); do đó thấu kính phải ở bên trái vật (xem hình 7.2). Kí hiệu khoảng cách từ thấu kính đến điểm A là d_A . Vật S ở A cho ảnh ảo ở B suy ra

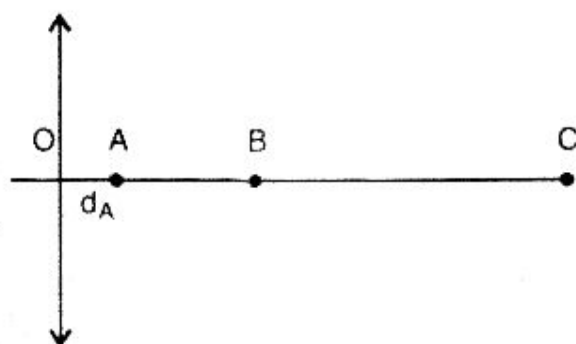
$$d_A \rightarrow d'_A = -(d_A + 8).$$

Vật S ở B cho ảnh ảo ở C:

$$d_B = d_A + 8.$$

$$\Rightarrow d'_B = -(d_A + 8 + 24) = -(d_A + 32).$$

Áp dụng công thức thấu kính:



Hình 7.2

$$f = \frac{d_A d'_A}{d_A + d'_A} = \frac{d_B d'_B}{d_B + d'_B}$$

$$\Rightarrow \frac{-d_A(d_A + 8)}{d_A - (d_A + 8)} = \frac{-(d_A + 8)(d_A + 32)}{(d_A + 8) - (d_A + 32)}$$

Từ đó $d_A = 16\text{cm}$

và $f = 48\text{cm}.$

b) Lập luận tương tự như trên cho thấy ảnh ở B là ảnh ảo và thấu kính là hội tụ. Với thấu kính hội tụ khi vật dịch ra xa thấu kính thì ảnh ảo cũng dịch chuyển xa thấu kính theo cùng chiều, nhưng ảnh ở C không theo quy luật đó (dịch chuyển ngược chiều dịch chuyển của vật), vì vậy ảnh ở C là ảnh thật và B, C phải ở hai bên thấu kính. Do đó thấu kính phải đặt giữa A và C. Kí hiệu khoảng cách từ thấu kính đến A là d_A , lập luận và tính toán tương tự như ở câu (a), ta được:

$$f = \frac{-d_A(d_A + 24)}{d_A - (d_A + 24)} = \frac{(48 - d_A)(d_A + 24)}{(48 - d_A) + (d_A + 24)}$$

Suy ra $d_A = 12\text{cm}$

và $f = 18\text{cm}.$

c) Lập luận tương tự như câu (a), ta có B là ảnh ảo. Mặt khác khi vật dịch chuyển từ A đến B ảnh dịch chuyển từ B đến C mà $BC < AB$, nghĩa là ảnh di chuyển cùng chiều nhưng chậm hơn vật. Như vậy thấu kính phải là thấu kính phân kì và được

đặt ở bên phải điểm C. Kí hiệu khoảng cách từ thấu kính đến C là d_C , lập luận và tính toán như ở câu (a), ta suy ra:

$$d_C = 20\text{cm}$$

và $f = -45\text{cm}.$

BÀI 8

Trên trục chính của một thấu kính có tiêu cự f , người ta đặt một điểm sáng S cách thấu kính một đoạn d_1 .

a) Cho S dịch chuyển một đoạn $x = d_2 - d_1$, dọc theo trục chính của thấu kính. Hãy tính độ dịch chuyển $x' = d'_2 - d'_1$ của ảnh của S.

b) Xét ba điểm A, B, C trên trục chính lần lượt theo phương truyền ánh sáng, với $AB = a$, $BC = b$. Biết rằng khi đặt S ở A thì ảnh của nó ở B và khi đặt S ở B thì ảnh của nó ở C. Hãy lập biểu thức tính tiêu cự thấu kính theo a , b .

LỜI GIẢI

a) Áp dụng công thức thấu kính ta có:

$$\begin{aligned} x' &= \frac{d_2 f}{d_2 - f} - \frac{d_1 f}{d_1 - f} = f \left[\frac{d_2}{d_2 - f} - \frac{d_1}{d_1 - f} \right] \\ &= f^2 \left[\frac{d_1 - d_2}{(d_2 - f)(d_1 - f)} \right] \end{aligned}$$

Suy ra
$$x' = -x \cdot \frac{f^2}{(d_2 - f)(d_1 - f)} = -x \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (1)$$

với $k_1 = \frac{f}{f - d_1}$, $k_2 = \frac{f}{f - d_2}$ là các độ phóng đại ở vị trí đầu và vị trí cuối của vật.

b) Ta thấy khi S dịch chuyển từ A đến B thì ảnh của nó dịch chuyển từ B đến C. Theo đề bài ta có:

$$d_1 + d'_1 = a; \quad (2)$$

$$|d_2| = |d'_1| = OB$$

$$\Rightarrow d_2 = -d'_1 \quad (3)$$

(vì ảnh ở B phải là ảnh ảo, theo nguyên lý về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng). Áp dụng hệ thức (1) ở câu (a) với (theo đề bài) $x = -a$ và $x' = b$, ta có

$$\begin{aligned} \frac{a}{b} &= \left(\frac{d_2}{f} - 1 \right) \left(\frac{d_1}{f} - 1 \right) \\ \Rightarrow \left(\frac{d'_1}{f} + 1 \right) \left(\frac{d_1}{f} - 1 \right) &= \left[d'_1 \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} \right) + 1 \right] \left[d_1 \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} \right) - 1 \right] \\ &= -\frac{a}{b} \\ \Rightarrow \left(\frac{d'_1}{d_1} + 2 \right) \frac{d_1}{d'_1} &= -\frac{a}{b} \\ \Rightarrow 2 \frac{d_1}{d'_1} &= -\frac{a+b}{b} \quad (4) \end{aligned}$$

Từ (2) và (4), suy ra

$$\begin{aligned} \frac{d_1}{a+b} = -\frac{d'_1}{2b} &= \frac{a}{a-b} \\ \Rightarrow d_1 = \frac{a(a+b)}{a-b}, \quad d'_1 &= \frac{-2ab}{a-b} \end{aligned}$$

$$\text{Do đó} \quad f = \frac{d_1 d'_1}{d_1 + d'_1} = -2 \frac{ab(a+b)}{(a-b)^2}$$

Ta thấy: Nếu $a < b$, thấu kính là hội tụ; còn nếu $a > b$ thấu kính là phân kì.

BÀI 9

Một vật phẳng AB đặt trước một màn E. Giữa vật và màn có một thấu kính L và một bản hai mặt song song có độ dày $e = 5,7\text{cm}$, làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$. Giữ vật và màn cố định, dịch chuyển thấu kính và bản thủy tinh người ta tìm được một vị trí của thấu kính, mà dù đặt bản thủy tinh ở trước, hay sau thấu kính thì ảnh vẫn rõ nét trên màn. Khi bản thủy tinh ở trước thấu kính thì ảnh cao 10mm , còn khi bản thủy tinh ở sau thấu kính thì ảnh cao $8,1\text{mm}$. Hãy tính tiêu cự của thấu kính; độ lớn của vật; khoảng cách từ thấu kính đến vật và đến màn.

LỜI GIẢI

Bản mặt song song gây ra một độ dịch chuyển của ảnh:

$$x = e \left(1 - \frac{1}{n} \right) = 5,7 \left(1 - \frac{1}{1,5} \right) = 1,9\text{cm},$$

theo chiều truyền ánh sáng. Do đó khi đặt bản giữa vật và thấu kính thì vật tựa như được đưa lại gần thấu kính một đoạn x , và khi đặt bản giữa thấu kính và màn thì ảnh bị đưa ra xa thêm, cũng một đoạn $x = 1,9\text{cm}$.

Gọi d và d' là khoảng cách từ thấu kính đến vật và màn. Khi đặt bản giữa vật và thấu kính ta có phương trình:

$$\frac{1}{d - 1,9} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

$$A'B' = 10 = AB \frac{d'}{d - 1,9} \quad (2)$$

(ảnh trên màn là ảnh thật);

Khi đặt bản giữa thấu kính và màn, ta có:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'-1,9} = \frac{1}{f} \quad (3)$$

$$A''B'' = 8,1 = AB \frac{d'-1,9}{d} \quad (4)$$

Từ (1) và (3), suy ra

$$d(d-1,9) = d'(d-1,9) \quad (5)$$

Từ (2) và (4), suy ra

$$8,1dd' = 10(d-1,9)(d'-1,9) \quad (6)$$

Chia (5) cho (6), ta được:

$$8,1 \cdot \frac{d}{d'-1,9} = 10 \cdot \frac{d-1,9}{d'},$$

suy ra $d' = \frac{10}{9}(d-1,9)$

Từ (5) và (7), ta được:

$$d = 19\text{cm};$$

$$d' = 19\text{cm}.$$

Thay vào (1) và (2) ta được:

$$f = 9\text{cm}$$

và $AB = 9\text{mm}.$

BÀI 10

Một thấu kính hai mặt lồi cùng bán kính $R = 15\text{cm}$ làm bằng thủy tinh chiết suất n . Một vật phẳng, nhỏ AB đặt trên trục chính của thấu kính, cách nó một khoảng không đổi $d = 30\text{cm}$, cho một ảnh thật $A'B'$. Một bản hai mặt song song, làm bằng cùng một thứ thủy tinh như thấu kính, có độ dày e .

1) Đặt bản giữa vật và thấu kính thì ảnh $A'B'$ bị dịch

chuyển (dọc theo trục chính) một đoạn bằng 3,75cm;

2) Đặt bản giữa thấu kính và ảnh A'B' thì ảnh bị dịch một đoạn bằng 3cm.

Hãy tính tiêu cự của thấu kính; độ dày của bản và chiết suất của thủy tinh.

LỜI GIẢI

Khi đặt bản thủy tinh giữa thấu kính và ảnh thì ảnh bị dịch chuyển 3cm. Độ dịch chuyển này cũng là độ dịch chuyển của ảnh vật AB khi đặt bản giữa vật và thấu kính.

Vậy khi đặt bản giữa vật và thấu kính, thì vật đối với thấu kính là ảnh của vật AB qua bản hai mặt song song, được đặt cách thấu kính:

$$d_1 = d - 3 = 30 - 3 = 27\text{cm}.$$

Trước khi đặt bản thì ảnh cách thấu kính (ảnh A'B'):

$$d' = \frac{df}{d-f} = \frac{30f}{30-f}.$$

Sau khi đặt bản thì ảnh ở cách thấu kính:

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{27f}{27-f},$$

Ảnh này bị dịch chuyển xa thấu kính (so với A'B') một đoạn 3,75cm (do vật lại gần thấu kính). Ta có phương trình:

$$d'_1 - d' = \frac{27f}{27-f} - \frac{30f}{30-f} = 3,75$$

$$\Rightarrow f^2 - 285f + 4050 = 0$$

Phương trình bậc hai này có hai nghiệm dương

$$f_1 = 270\text{cm}$$

và

$$f_2 = 15\text{cm}$$

đều có ý nghĩa vật lí. Tuy nhiên, theo đề bài A'B' là ảnh thật,

nên

$$f < d_1 = 30\text{cm}$$

Do đó chỉ có nghiệm f_2 là phù hợp với điều kiện của đề bài. Như vậy tiêu cự của thấu kính là $f = 15\text{cm}$.

Áp dụng công thức tính tiêu cự thấu kính ta có:

$$\frac{1}{f} = (n - 1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right) = \frac{(n - 1)2}{R}.$$

$$\text{Suy ra} \quad (n - 1) = \frac{R}{2f} = \frac{15}{2 \cdot 15} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow n = 1,5.$$

Độ dịch chuyển do bản mặt song song gây ra được tính theo công thức:

$$x = e \left(1 - \frac{1}{n}\right).$$

$$\text{Ở đây} \quad x = 3\text{cm},$$

$$n = 1,5$$

ta rút ra độ dày của bản $e = 9\text{cm}$.

BÀI 11

Hai điểm sáng S_1 và S_2 được đặt trên trục chính của một thấu kính hội tụ tiêu cự $f = 24\text{cm}$, ở hai bên thấu kính sao cho các khoảng cách d_1, d_2 từ chúng đến thấu kính thỏa mãn điều kiện $d_1 = 4d_2$. Hãy xác định các khoảng cách d_1, d_2 trong hai trường hợp:

a) Ảnh của hai điểm sáng trùng nhau.

b) Ảnh của hai điểm sáng cách nhau 84cm và ở cùng một bên thấu kính.

LỜI GIẢI

a) Muốn cho hai ảnh S'_1 , S'_2 của S_1 và S_2 trùng nhau thì, do S_1 , S_2 ở hai bên thấu kính, một phải là ảnh thật, ảnh kia là ảnh ảo, nghĩa là ta phải có

$$d'_2 = -d'_1 \quad (1)$$

Mặt khác $d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f}$,

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{4d_2 f}{4d_2 - f}$$

Do đó (1) trở thành

$$\frac{d_2 f}{d_2 - f} = -\frac{4d_2 f}{4d_2 - f}$$

$$\Rightarrow d_2 = \frac{5f}{8} = 15\text{cm}$$

và $d_1 = 4d_2 = 60\text{cm}.$

b) Ảnh của hai điểm sáng ở cùng một bên thấu kính nên một ảnh phải là ảnh thật (S'_1), còn ảnh kia là ảo (S'_2). Gọi l là khoảng cách hai ảnh (theo đề bài $l = 84\text{cm}$)

ta có

$$|d'_2 + d'_1| = l$$

$$\Rightarrow \left| \frac{d_2 f}{d_2 - f} + \frac{4d_2 f}{4d_2 - f} \right| = 84$$

Trường hợp 1:

$$\frac{d_2 f}{d_2 - f} + \frac{4d_2 f}{4d_2 - f} = 84$$

Thay $f = 24\text{cm}$, giải ra ta được 2 nghiệm là:

$$d_1 = 8\text{cm}$$

và $d_2 = 42\text{cm}$.

Ta chỉ lấy được nghiệm thỏa mãn điều kiện d_2 nhỏ hơn f .
Do đó ta có

$$d_2 = 8\text{cm}$$

và $d_2 = 32\text{cm}$.

Trường hợp 2:

$$\frac{d_2 f}{d_2 - f} + \frac{4d_2 f}{4d_2 - f} = -84$$

Giải ra ta được 2 nghiệm là:

$$d_2 \approx 4,593\text{cm}$$

và $d_2 \approx 19,95\text{cm}$.

Giá trị $d_2 = 4,593\text{cm}$ tương ứng với $d_1 = 18,372\text{cm} < f$ và ảnh S'_1 cũng là ảnh ảo, trái với giả thiết. Như vậy chỉ có nghiệm $d_2 = 19,95\text{cm}$ là chấp nhận được và khi đó $d_1 = 79,8\text{cm}$

Vậy chỉ có hai vị trí của S_1, S_2 ứng với

$$d_1 = 32\text{cm};$$

$$d_2 = 8\text{cm}$$

và $d_1 \approx 79,8\text{cm};$

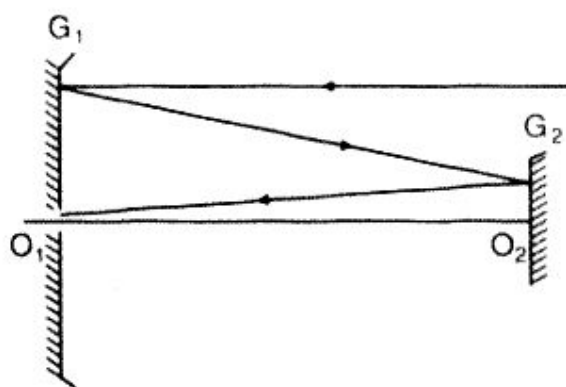
$$d_2 \approx 19,95\text{cm}.$$

BÀI 12

Một gương cầu lõm G_1 (bán kính $R_1 = 1\text{m}$) và một gương cầu lồi G_2 (bán kính $R_2 = 25\text{cm}$) được đặt cho trục chính trùng nhau và cho mặt phản xạ của chúng hướng vào nhau (Hình 12.1). Gương G_1 lớn hơn gương G_2 nhiều và ở đỉnh của G_1 có một lỗ tròn nhỏ O_1 . Một chùm sáng đi từ một vật sáng nhỏ AB đặt trên trục chính, trước G_1 và ở xa hơn G_2 , sau khi phản xạ lần lượt trên G_1 rồi trên G_2 , sẽ qua lỗ O_1 và tạo ảnh của vật.

a) Cho biết khoảng cách giữa hai gương G_1 và G_2 là $l = 40\text{cm}$. Hỏi vật AB phải đặt cách G_1 ít nhất bao nhiêu để hệ hai gương cho ảnh thật?

b) Cho biết $l = 41\text{cm}$ và vật AB có kích thước $AB = 2\text{cm}$, đặt cách G_1 một khoảng $d_1 = 25,5\text{m}$. Hãy xác định vị trí và độ lớn của ảnh $A'B'$ tạo bởi hệ. Muốn cho ảnh đó nằm ở đúng lỗ O_1 thì phải dịch gương G_2 đi một khoảng bao nhiêu? Theo chiều nào?



Hình 12.1

LỜI GIẢI

Sơ đồ tạo ảnh của vật AB cho bởi hệ hai gương:

$$AB \xrightarrow[d_1]{G_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{G_2} A_2B_2 \equiv A'B'$$

$$\text{Ta có } d_1 \rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{50d_1}{d_1 - 50}$$

$$(\text{vì } f_1 = \frac{R_1}{2} = 50\text{cm});$$

$$d_2 = l - d'_1 = \frac{ld_1 - 50(d_1 + l)}{d_1 - 50};$$

$$d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-12,5d_2}{d_2 + 12,5}$$

$$(\text{vì } f_2 = \frac{-R_2}{2} = -12,5\text{cm})$$

$$\Leftrightarrow d'_2 = \frac{-12,5[l d_1 - 50(d_1 + l)]}{l d_1 - 12,5(3d_1 + 4l) - 625} \quad (1)$$

a) Cho $l = 40\text{cm}$, ta có

$$d'_2 = \frac{125(d_1 + 200)}{2,5d_1 - 2625}$$

Muốn cho ảnh A'B' tạo bởi hệ là ảnh thật

$$d'_2 > 0$$

$$\Rightarrow d_1 > 1050\text{cm}.$$

b) Cho $l = 41\text{cm}$, $d_1 = 25,5\text{m} = 2550\text{cm}$, từ (1) ta có

$$d'_2 = 50\text{cm}$$

Ảnh A'B' là ảnh thật cách G_2 một khoảng 50cm. Độ phóng đại của ảnh $k = d'_1 d'_2 / d_1 d_2$ và độ lớn của ảnh A'B' = $|k| AB$. Thay số vào các biểu thức trên ta được A'B' = 1,6mm.

Muốn cho ảnh $A_2 B_2$ ở đúng lỗ O_1 , ta phải có $d'_2 = l$. Thay vào (1) $d'_2 = l$ và $d_1 = 2550\text{cm}$, ta tìm được $l = 41,4\text{cm}$. Nghĩa là phải dịch gương G_2 ra xa G_1 một đoạn $41,4 - 41 = 0,4\text{cm}$.

BÀI 13

Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính phân kì L_1 và cách quang tâm O_1 một khoảng 70cm. Sau L_1 người ta đặt một màn E vuông góc với trục chính của L_1 và cách L_1 một khoảng 70cm. Trong khoảng giữa L_1 và màn, người ta đặt một thấu kính hội tụ L_2 ($f_2 = 20\text{cm}$) cùng trục chính với L_1 . Dịch chuyển L_2 , người ta thấy có hai vị trí của L_2 cho ảnh rõ nét trên màn và hai vị trí này cách nhau 30cm. Hãy tính:

a) Tiêu cự f_1 của L_1 .

b) Độ phóng đại ảnh ứng với mỗi vị trí của L_2 .

LỜI GIẢI

a) Ta có sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d'_2]{L_2} A_2B_2$$

Xét thấu kính L_2 . Vì AB và L_2 cố định nên A_1B_1 cố định.

Gọi l là khoảng cách từ A_1B_1 đến màn:

$$d'_2 = l - d_2 \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác} \quad d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{20d_2}{d_2 - 20} \quad (2)$$

Từ (1) và (2), suy ra

$$d_2^2 - ld_2 + 20l = 0.$$

Theo đề bài, có hai giá trị của d_2 , muốn vậy

$$\Delta = l^2 - 80l > 0$$

$$\Rightarrow l > 80\text{cm}.$$

Khoảng cách giữa hai vị trí của L_2 là:

$$x = \frac{l + \sqrt{\Delta}}{2} - \frac{l - \sqrt{\Delta}}{2} = \sqrt{\Delta} = \sqrt{l^2 - 80l}.$$

Theo đề bài $x = 30\text{cm}$. Suy ra phương trình xác định l :

$$l^2 - 80l - 900 = 0,$$

Giải phương trình

$$l = 90\text{cm} \text{ (ta loại nghiệm âm)}.$$

Biết L_1 cách màn 70cm , ta suy ra vị trí của A_1B_1 đối với L_1 :

$$d'_1 = 70 - 90 = -20\text{cm}.$$

Theo đề bài ta biết $d_1 = 70\text{cm}$; từ đó tìm được tiêu cự thấu kính L_1 :

$$f_1 = \frac{d_1 d'_1}{d_1 + d'_1} = -28\text{cm}.$$

b) Với $l = 90\text{cm}$, hai vị trí của L_2 là:

$$d_{21} = \frac{l + \sqrt{\Delta}}{2} = 60\text{cm}$$

$$\text{và } d_{22} = \frac{l - \sqrt{\Delta}}{2} = 30\text{cm}.$$

+ Với $d_2 = 60\text{cm}$, $d'_2 = l - d_2 = 30\text{cm}$. Độ phóng đại ảnh:

$$k = \frac{d'_1 d'_2}{d_1 d_2} \approx -0,14;$$

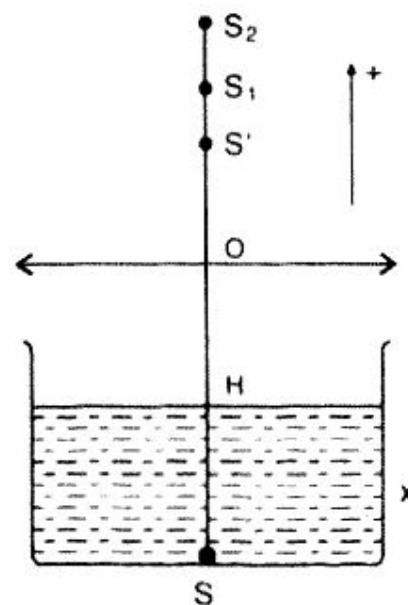
+ Với $d_2 = 30\text{cm}$, $d'_2 = l - d_2 = 60\text{cm}$. Độ phóng đại ảnh

$$k \approx -0,57.$$

BÀI 14

Ở đáy chậu có một bóng đèn S. Phía trên đáy chậu 60cm người ta đặt một thấu kính hội tụ tiêu cự $f = 20\text{cm}$ có trục chính thẳng đứng đi qua đèn (Hình 14.1). Đổ nước vào chậu thì thấy ảnh của bóng đèn di chuyển một đoạn $10/3\text{cm}$. Tính chiều cao x của lớp nước đổ vào chậu. Cho biết chiết suất của nước

$$n = \frac{4}{3}.$$



Hình 14.1

LỜI GIẢI

Khi chưa đổ nước bóng đèn S có ảnh S', xác định bởi:

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

với $d = 60\text{cm}; f = 20\text{cm}.$

Suy ra $d' = 30\text{cm}.$

Ảnh S' cách thấu kính OS' = 30cm (chiều dương hướng lên trên, Hình 14.1).

Gọi x là độ cao lớp nước đổ vào

$$\overline{SH} = x > 0 \text{ (và } 0 < x < 60\text{cm)}.$$

Ta có sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow{\text{LCP}} S_1 \xrightarrow{\text{TK}} S_2.$$

Ảnh qua lưỡng chất phẳng nước – không khí:

$$\frac{\overline{HS}}{n_1} = \frac{\overline{HS}_2}{n_2}$$

với $n_1 = \frac{4}{3}, \quad n_2 = 1.$

$$\text{Suy ra } \overline{HS}_1 = \frac{n_2}{n_1} \overline{HS} = -\frac{3}{4} x$$

$$\Rightarrow \overline{SH}_1 = \frac{3}{4} x.$$

Vị trí của S₁ đối với thấu kính:

$$\begin{aligned} d = \overline{S_1O} &= \overline{S_1H} + \overline{HO} = \frac{3}{4} x + 60 - x \\ &= \frac{240 - x}{4} \end{aligned}$$

Do đó
$$d' = \frac{df}{d-f} = \frac{20(240-x)}{160-x} = \overline{OS_2}$$

Theo đề bài ảnh dịch chuyển một đoạn $\frac{10}{3}$ cm so với khi đổ nước, nghĩa là

$$\overline{S'S_2} = \pm 10/3 \text{ (cm)}$$

hay
$$\overline{S'O} + \overline{OS_2} = \pm \frac{10}{3}$$

$$\Rightarrow -30 + \frac{20(240-x)}{160-x} = \pm \frac{10}{3}.$$

Trường hợp 1:

$$-30 + \frac{20(240-x)}{160-x} = +\frac{10}{3}.$$

Giải ra ta được $x = 40\text{cm}$.

Trường hợp 2:

$$-30 + \frac{20(240-x)}{160-x} = -\frac{10}{3}.$$

Giải ra ta được

$$x = -80\text{cm} < 0 \text{ (loại)}.$$

Vậy chiều cao của lớp nước là 40cm.

Chú ý: Bằng lập luận định tính về sự dịch chuyển ảnh có thể thấy ngay rằng chỉ có trường hợp 1 là đúng.

BÀI 15

Hai lăng kính, ABC và BCD, có tiết diện thẳng là các tam giác vuông cân và có chiết suất tương ứng là n_1, n_2 , được gắn với nhau ở mặt BC như trên hình 15.1. Một chùm ánh sáng hẹp đơn sắc SI_0 , song song chiếu vuông góc tới mặt AB và khúc xạ ở I_1 ở mặt BC.

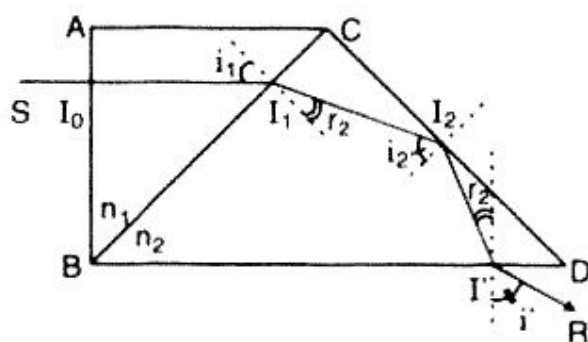
a) Muốn chùm tia sáng này ló ra khỏi mặt BD ở I' sau khi phản xạ toàn phần trên mặt CD thì các chiết suất n_1 và n_2 phải thỏa mãn điều kiện gì.

b) Cho biết

$$n_1 = 1,5$$

$$\text{và } n_2 = 1,5.$$

Tính góc lệch giữa tia tới và tia ló.



Hình 15.1

LỜI GIẢI

a) Tại I_0 tia khúc xạ truyền thẳng tới I_1 trên mặt BC. Tại I_1 ta có $i_1 = 45^\circ$. Theo đề bài, tia sáng khúc xạ ở I_1 :

$$n_1 \sin 45^\circ = n_2 \sin r_1$$

$$\Rightarrow \sin r_1 = \frac{n_1}{n_2 \sqrt{2}}.$$

Tại I_2 trên mặt CD, tia sáng phản xạ toàn phần. Ta có

$$\sin i_2 > \frac{1}{n_2}.$$

$$\text{Vì } r_1 + i_2 = \hat{C} = 90^\circ$$

$$\text{nên ta có: } \cos r_1 > \frac{1}{n_2}$$

$$\Rightarrow \sqrt{1 - \sin^2 r_1} > \frac{1}{n_2}.$$

$$\text{Suy ra } \sqrt{2n_2^2 - n_1^2} > \sqrt{2} \quad (\text{và phải có } n_2 > \frac{n_1}{\sqrt{2}}) \quad (1)$$

Tại điểm I' trên mặt BD ta có góc tới

$$r_2 = 45^\circ - (90^\circ - i_2) = i_2 - 45^\circ.$$

Vì tia sáng khúc xạ tại I' và ló ra ngoài không khí nên ta có:

$$\begin{aligned} \sin r_2 &< \frac{1}{n_2} \\ \Rightarrow \sin(i_2 - 45^\circ) &< \frac{1}{n_2} \\ \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} (\sin i_2 - \cos i_2) &< \frac{1}{n_2} \\ \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\frac{\sqrt{2n_2^2 - n_1^2}}{n_2 \sqrt{2}} - \frac{n_1}{n_2 \sqrt{2}} \right] &< \frac{1}{n_2} \\ \Rightarrow \sqrt{2n_2^2 - n_1^2} &< n_1 + 2 \end{aligned} \quad (2)$$

Kết hợp (1) và (2) ta có

$$\sqrt{2} < \sqrt{2n_2^2 - n_1^2} < n_1 + 2 \quad (3)$$

b) Với $n_1 = 1,5$ và $n_2 = 1,6$ ta có:

$$\sqrt{2n_2^2 - n_1^2} \approx 1,69,$$

nghĩa là điều kiện (3) được thỏa mãn và có tia ló I'R. Vì tia tới $SI_0 // BD$ nên góc lệch D giữa tia tới SI_0 và tia ló I'R bằng:

$$D = 90^\circ - i',$$

trong đó góc i' được tính theo định luật khúc xạ:

$$\sin i' = n_2 \sin r_2.$$

$$\text{Suy ra} \quad \cos D = \sin i' = n_2 \sin r_2 = \left[\frac{\sqrt{2n_2^2 - n_1^2} - n_1}{2} \right].$$

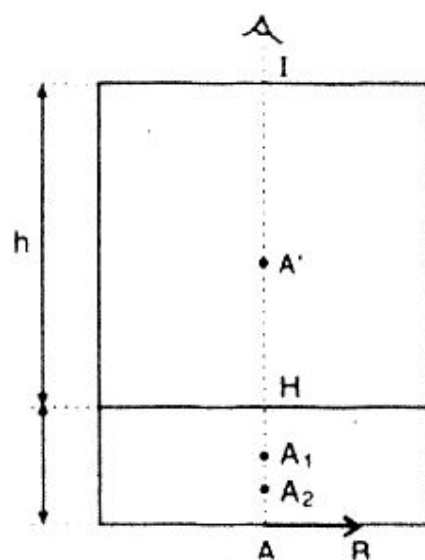
Thay số ta được:

$$\cos D = \frac{0,19}{2} = 0,095.$$

Suy ra $D \approx 84^{\circ}33'.$

BÀI 16

Đáy của một cốc thủy tinh là một bản mặt song song chiết suất $n = 1,5$. Đặt cốc lên một tờ giấy nằm ngang rồi nhìn qua đáy cốc theo phương thẳng đứng thì thấy hàng chữ tựa như nằm trong thủy tinh, cách mặt trong của đáy 6mm. Khi đổ nước vào đáy cốc rồi nhìn qua lớp nước theo phương thẳng đứng, người ta thấy hàng chữ tựa như nằm trong nước, cách mặt nước 10,8cm. Tính độ dày của đáy cốc và chiều cao của cốc. Biết chiết suất của nước $n_1 = 4/3$.



Hình 16.1

LỜI GIẢI

Ta xét ảnh của điểm A của hàng chữ trên giấy và coi như A nằm trong thủy tinh (ở sát mặt dưới của đáy cốc). Gọi e là độ dày của đáy cốc:

$$e = AH.$$

Khi cốc không chứa nước, mắt ta nhìn thấy ảnh A_1 của A tạo bởi lưỡng chất phẳng thủy tinh – không khí. Ta có:

$$\frac{HA}{HA_1} = \frac{n}{1}$$

$$\Rightarrow HA = e = n.HA_1 = 1,5.6 = 9\text{mm} = 0,9\text{cm}.$$

Khi cốc chứa đầy nước, với độ cao lớp nước $HI = h$, mắt thấy ảnh A' của A tạo bởi quang hệ gồm lưỡng chất phẳng thủy tinh nước và lưỡng chất phẳng nước – không khí. Sơ đồ tạo ảnh của A :

$$A \xrightarrow{\text{LCP(T-N)}} A_2 \xrightarrow{\text{LCP(N-K)}} A'$$

Xét ảnh A_2 , ta có

$$\frac{HA}{HA_2} = \frac{n}{n_1}$$

$$\Rightarrow HA_2 = \frac{n_1}{n} HA.$$

$$\Rightarrow HA_2 = \frac{4}{3.1,5} \cdot 9 = 8\text{mm}.$$

Xét ảnh A' (coi như A_2 nằm trong nước và A' nằm trong không khí và dùng công thức lưỡng chất phẳng) ta có:

$$\frac{IA_2}{IA'} = \frac{n_1}{1}$$

$$\Rightarrow IA_2 = n_1 IA'.$$

Theo đề bài

$$IA' = 10,8\text{cm} = 108\text{mm},$$

ta có
$$IA_2 = \frac{4}{3} \cdot 108 = 144\text{mm}$$

Chiều cao của cốc là:

$$AI = AA_2 + A_2I = (e - HA_2) + A_2I$$

$$\Rightarrow AI = (9 - 8) + 144 = 145\text{mm} = 14,5\text{cm}.$$

Chú ý: Cũng có thể xét ảnh A' của A_2 qua bản mặt song song là lớp nước, nhưng khi đó A_2 là ảnh của A tạo bởi lưỡng chất phẳng thủy tinh – không khí. Phép tính sẽ phức tạp hơn.

BÀI 17

Hai gương cầu lõm G_1, G_2 cùng bán kính $R = 80\text{cm}$ được đặt đồng trục, mặt phản xạ hướng vào nhau, hai đỉnh cách nhau $l = 50\text{cm}$.

a) Tìm vị trí của vật sáng AB đặt trong khoảng giữa hai gương để tỉ số độ cao của các ảnh ảo tương ứng tạo bởi sự phản xạ trên hai gương bằng $1/2$.

b) Tìm điều kiện về khoảng cách giữa hai gương để câu hỏi (a) có nghiệm.

LỜI GIẢI

a) Gọi x là khoảng cách cần tìm của AB đến gương G_1 . Ta lần lượt xét hai ảnh tạo ra do sự phản xạ trên mỗi gương một lần, hai lần... Tiêu cự của hai gương:

$$f = \frac{R}{2} = 40\text{cm}.$$

Xét sự tạo ảnh do phản xạ trên mỗi gương lần thứ nhất ta có sơ đồ:

$$AB \xrightarrow[d_{11}]{G_1} A_1B_1 \text{ và } AB \xrightarrow[d_{21}]{G_2} A_2B_2$$

Với $d_{11} = x$; $d_{21} = l - x$. Theo đề bài lần lượt ta phải có:

$$+ k_1 > 0 \Rightarrow \frac{f}{f-x} > 0 \Rightarrow x < f; \quad (1)$$

$$+ k_2 > 0 \Rightarrow \frac{f}{f-(l-x)} > 0 \Rightarrow x > l-f \quad (2)$$

$$+ \frac{k_2}{k_1} = 2 \Rightarrow \frac{f-x}{f-(l-x)} = 2 \Rightarrow x = \frac{2l-f}{3} \quad (3)$$

Thay chữ bằng số ta được

$$x = \frac{2.50 - 40}{3} = 20\text{cm}.$$

Ta thấy giá trị đó của x thỏa mãn các điều kiện (1) và (2). Như vậy nếu xét sự tạo ảnh do phản xạ trên mỗi gương lần thứ nhất, vật AB phải đặt cách một trong hai gương đoạn 20cm.

Bây giờ ta xét sự tạo ảnh do phản xạ lần thứ hai bởi hệ gương:

$$AB \xrightarrow[d_{11} \quad d'_{11}]{G_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_{12} \quad d'_{12}]{G_2} A'_1B'_1;$$

$$AB \xrightarrow[d_{21} \quad d'_{21}]{G_2} A_2B_2 \xrightarrow[d_{22} \quad d'_{22}]{G_1} A'_2B'_2$$

Với $d_{11} = x = 20\text{cm}$; $d_{21} = l - x = 30\text{cm}$, suy ra:

$$d'_{11} = \frac{d_{11}f}{d_{11} - f} = -40\text{cm};$$

$$d_{12} = l - d'_{11} = 90\text{cm};$$

$$d'_{12} = \frac{d_{12}f}{d_{12} - f} = 72\text{cm} > 0;$$

ảnh $A'_1B'_1$ là ảnh thật;

$$d'_{21} = \frac{d_{21}f}{d_{21} - f} = -120\text{cm};$$

$$d_{22} = l - d'_{21} = 170\text{cm};$$

$$d'_{22} = \frac{d_{22}f}{d_{22} - f} = \frac{170.40}{170 - 40} \approx 52,3\text{cm} > 0;$$

ảnh $A'_2B'_2$ là ảnh thật.

Như vậy sự phản xạ lần thứ hai trên hai gương đều tạo ảnh thật, trái với yêu cầu của đề bài. Xét tiếp sự phản xạ trong

những lần sau ta cũng thấy đều tạo ảnh thật (làm phép tính tương tự như trên).

Do đó chỉ có sự phản xạ trên mỗi gương lần thứ nhất mới cho ảnh thỏa mãn yêu cầu của đề bài và vật AB phải đặt cách một trong hai gương một đoạn 20cm.

b) Từ các điều kiện (1), (2) và (3), ta suy ra:

$$+ \frac{2l-f}{3} < f \quad \Rightarrow l < 2f.$$

$$+ \frac{2l-f}{3} > l-f \quad \Rightarrow l < 2f.$$

Vậy điều kiện về l để bài toán có nghiệm là:

$$l < 2f,$$

hay $l < 80\text{cm}.$

BÀI 18

Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ L. Trên một màn E đặt cách vật 90cm người ta thu được ảnh rõ nét của vật, lớn bằng hai lần vật.

a) Tính tiêu cự của thấu kính.

b) Sau thấu kính L người ta đặt thêm một gương cầu lõm G cùng trục chính và, đặt màn E ở trước vật và L, cách vật 30cm; trên màn E ta thu được ảnh rõ nét của vật, cùng chiều với vật và bằng hai lần vật. Tính tiêu cự của gương cầu và xác định vị trí đặt gương.

c) Thay vật AB bằng một điểm sáng S trên trục chính của hệ. Xác định vị trí của S để chùm tia ló ra khỏi thấu kính lần thứ hai:

+ Là chùm song song;

+ Hội tụ ngay tại S.

LỜI GIẢI

a) Theo đề bài ta có:

$$d + d' = 90\text{cm};$$

$$k = -\frac{d'}{d} = -2 \text{ (vì là ảnh thật).}$$

Suy ra $-\frac{d'}{d} = -2$

$$\Rightarrow d' = 2d.$$

Do đó $d + d' = 3d = 90\text{cm}.$

Từ đó $d = 30\text{cm}$

và $d' = 60\text{cm}.$

Tiêu cự thấu kính

$$f = \frac{dd'}{d + d'} = 20\text{cm}.$$

b) Sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L(f)} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{G(f')} A_2B_2 \xrightarrow[d_3]{L} A'B'.$$

Xét ảnh A_1B_1 :

$$d_1 = 30\text{cm}$$

$$\Rightarrow d'_1 = 60\text{cm};$$

$$k_1 = -\frac{d'_1}{d_1} = -2.$$

Xét ảnh $A'B'$: Theo đề bài, ảnh $A'B'$ cách vật AB 30cm, nên

$$d'_3 = 30 + d_1 = 30 + 30 = 60\text{cm}.$$

và, từ đó $d_3 = \frac{d'_3 f}{d'_3 - f} = 30\text{cm},$

và
$$k_3 = -\frac{d'_3}{d_3} = -2.$$

Xét ảnh A_2B_2 : Gọi l là khoảng cách từ gương cầu đến thấu kính; ta có:

$$d_2 = l - d'_1 = l - 60,$$

$$d'_2 = l - d_3 = l - 30$$

và
$$k_2 = -\frac{d'_2}{d_2} = -\frac{l-30}{l-60}$$

Theo đề bài $k = 2$

$$\Rightarrow k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 2.$$

Suy ra:
$$-4 \frac{l-30}{l-60} = 2$$

$$\Rightarrow 3l = 120$$

$$\Rightarrow l = 40\text{cm: gương đặt cách thấu kính } 40\text{cm.}$$

Ngoài ra ta có:

$$d_2 = l - 60 = -20\text{cm;}$$

$$d'_2 = l - 30 = 10\text{cm.}$$

Vậy tiêu cự của gương là:

$$f = \frac{d_2 d'_2}{d_2 + d'_2} = 20\text{cm.}$$

c) + Trường hợp chùm tia ló là chùm song song tạo ảnh S' ở vô cực: ta có sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow[d_1]{L} S_1 \xrightarrow[d_2]{G} S_2 \xrightarrow[d_3]{L} S' (\infty)$$

Ta có $d'_3 = \infty$

$$\Rightarrow d_3 = f; d'_2 = l - d_3 = 40 - 20 = 20\text{cm} = f.$$

Do đó $d_2 = \infty$

và $d'_1 = l - d_2 = \infty$

$$\Rightarrow d_1 = f = 20\text{cm.}$$

Như vậy S phải đặt ở tiêu điểm (vật) của thấu kính.

+ Trường hợp chùm tia hội tụ ngay tại S, nghĩa là ảnh S' trùng với S: $S' \equiv S$. Khi đó:

$$d'_3 = d_1$$

Suy ra $d_3 = \frac{d'_3 f}{d'_3 - f} = \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

$$\Rightarrow d'_2 = l - d_3 = \frac{20d_1 - 800}{d_1 - 20}$$

Mặt khác: $d'_1 = \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

$$\Rightarrow d_2 = l - d'_1 = \frac{20d_1 - 800}{d_1 - 20} = d'_2$$

Suy ra $\frac{d_2 f'}{d_2 - f'} = d_2$

$$\Rightarrow d_2 = 2f' = 40\text{cm}$$

$$\Rightarrow \frac{20d_1 - 800}{d_1 - 20} = 40$$

$$\Rightarrow d_1 = 0.$$

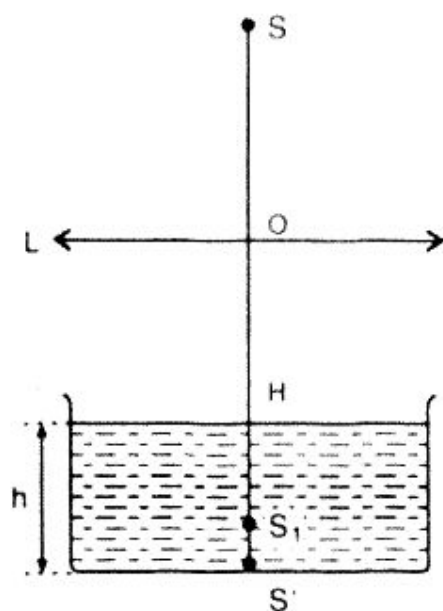
Như vậy phải đặt điểm sáng tại quang tâm O_1 của thấu kính, cũng có nghĩa là tại tâm gương cầu (vì $l = 40\text{cm} = 2f'$).

BÀI 19

Một thấu kính hội tụ L tiêu cự 40cm được đặt nằm ngang phía trên một chậu nước và cách đáy chậu 90cm. Phía trên thấu kính, cách 80cm có một điểm sáng S trên trục chính.

a) Phải đổ nước (chiết suất $n = 4/3$) vào chậu đến độ cao nào để ảnh S' của S ở đúng đáy chậu (Hình 19.1).

b) Thay nước bằng một lượng chất lỏng khác cùng thể tích thì thấy rằng muốn cho ảnh S' của điểm sáng vẫn ở đúng đáy chậu mà không dịch chuyển thấu kính thì phải đưa S ra xa thấu kính thêm 6cm. Tính chiết suất n' của chất lỏng.



Hình 19.1

LỜI GIẢI

a) S' là ảnh của S tạo bởi quang hệ gồm thấu kính L và lưỡng chất phẳng không khí – nước. Sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow[d_1]{L} S_1 \xrightarrow[d_2]{LCP} S'$$

$$\text{Xét ảnh } S_1: d_1 \Rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = 80\text{cm} = \overline{OS_1}$$

Xét ảnh S' . Gọi h là độ cao của nước trong chậu, ta có:

$$\frac{\overline{HS_1}}{\overline{HS'}} = \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow \overline{HS_1} = \frac{\overline{HS'}}{n} = \frac{h}{n}$$

$$\text{Ta có } \overline{S_1 S'} = \overline{HS'} - \overline{HS_1} = h \left(1 - \frac{1}{n}\right).$$

$$\text{Mặt khác } \overline{S_1 S'} = \overline{OS'} - \overline{OS_1} = l - d'_1,$$

với $l = 90\text{cm}$. Suy ra

$$\overline{S_1 S'} = 90 - 80 = 10\text{cm},$$

và từ đó

$$h = \frac{\overline{S_1 S'}}{1 - \frac{1}{n}} = \frac{10}{1 - \frac{3}{4}} = 40\text{cm}$$

b) Theo đề bài độ cao của lớp chất lỏng cũng bằng $h = 40\text{cm}$ như trên. Lập luận tính toán như trên, nhưng bây giờ S cách thấu kính $d = 80 + 6 = 86\text{cm}$, do đó ảnh A_1 bây giờ cách thấu kính

$$\overline{OA_1} = d' = \frac{df}{d - f} = \frac{86 \cdot 40}{86 - 40} \approx 74,78\text{cm},$$

và khoảng cách hai ảnh A' và A_1 bây giờ là:

$$\overline{A_1 A'} = 90 - d' \approx 15,22\text{cm}.$$

Thực hiện tính toán như trên ta có:

$$\overline{A_1 A'} = h \left(1 - \frac{1}{n'}\right)$$

Thay các giá trị của $\overline{A_1 A'}$ và h vào ta tìm được $n' \approx 1,61$.

Chú ý: Có thể coi đoạn $\overline{A_1 A'}$ là độ dịch chuyển của ảnh A_1 qua bản mặt song song là lớp nước (hay lớp chất lỏng) có độ cao h ; khi đó ta có ngay công thức như trên.

BÀI 20

Một thấu kính mỏng chiết suất n có 2 mặt tiếp giáp với hai môi trường trong suốt có chiết suất khác nhau n_1 và n_2 . Hãy thiết lập công thức xác định vị trí của ảnh S' của điểm sáng S trên trục chính tạo bởi thấu kính trong hai trường hợp:

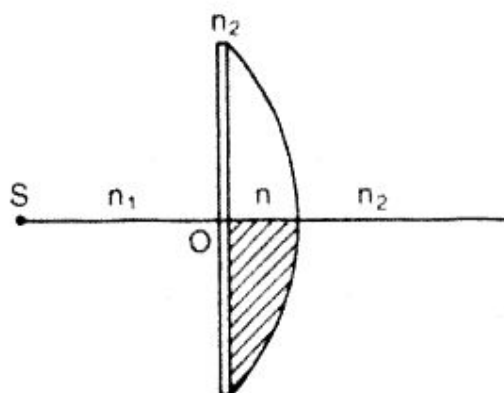
a) Thấu kính có 1 mặt phẳng và một mặt lồi bán kính R , mặt phẳng tiếp giáp với môi trường n_1 (S ở trong môi trường n_1 hoặc trong môi trường n_2).

b) Thấu kính có hai mặt lồi cùng bán kính R và S ở trong môi trường n_1 .

LỜI GIẢI

a) + S ở môi trường n_1 :

Để dàng thấy rằng một bản mặt song song vô cùng mỏng không có ảnh hưởng trong sự tạo ảnh của quang hệ (bởi vì, bản mặt song song chỉ tạo ra độ dịch chuyển ảnh, mà độ dịch chuyển này là không đáng kể khi độ dày của bản không đáng kể). Do đó, để có thể áp dụng công thức tính độ tụ của thấu kính (2 mặt bên của thấu kính tiếp giáp với hai môi trường có cùng chiết suất) ta có thể xem là giữa hai mặt phẳng của thấu kính và môi trường chiết suất n_1 có một bản mặt song song vô cùng mỏng, chiết suất n_2 (Hình 20.1). Khi đó ta có một quang hệ gồm: lưỡng chất phẳng do hai môi trường n_1, n_2 ; và thấu kính L đặt trong môi trường n_2 . Sơ đồ tạo ảnh của S :



Hình 20.1

$$S \xrightarrow[d_1]{LCP} S_1 \xrightarrow[d_2]{L} S'$$

Xét ảnh S_1 : Ta có

$$\frac{d_1}{n_1} = -\frac{d'_1}{n_2}$$

(dấu “-” có liên quan đến tính chất của vật và ảnh)

$$\Rightarrow d'_1 = -\frac{n_2}{n_1} d_1.$$

Xét ảnh S' (chú ý độ dày của bản mặt song song không

đáng kể):

$$d_2 = -d'_1 = \frac{n_2}{n_1} d_1$$

Tiêu cự thấu kính (đặt trong môi trường n_2):

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{n - n_2}{n_2 R}.$$

Ta có
$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d_2} = \frac{n - n_2}{n_2 R} - \frac{n_1}{n_2 d_1}$$

Cuối cùng ta có công thức xác định vị trí của ảnh S':

$$\frac{n_2}{d'_2} + \frac{n_1}{d_1} = \frac{n - n_2}{R}$$

hay
$$\frac{n_2}{d'} + \frac{n_1}{d} = \frac{n - n_2}{R}$$

+ S ở trong môi trường n_2 .

Lập luận và tính toán như trên, ta có:

$$\frac{n_1}{d'} + \frac{n_2}{d} = \frac{n - n_2}{R}.$$

b) Xét thấu kính đã cho đặt trong môi trường n_1 (ở phía tiếp giáp với môi trường n_2 ta tưởng tượng có một lớp rất mỏng chiết suất n_2 , lớp này không có ảnh hưởng gì đến sự tạo ảnh). Áp dụng công thức tính độ tụ đã biết:

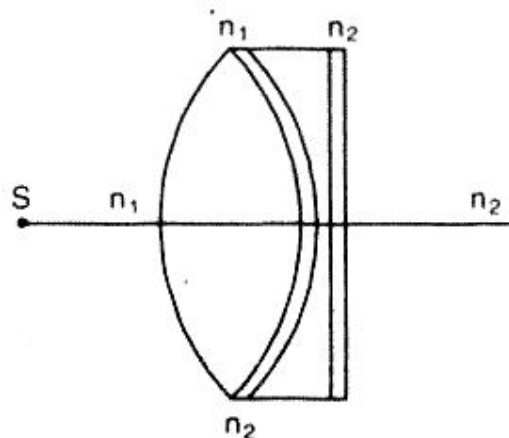
$$D_1 = \frac{1}{f_1} = \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right) \frac{2}{R} = \frac{2(n - n_1)}{n_1 R}$$

Có thể coi thấu kính đã cho ghép sát với một thấu kính phẳng lồi (Hình 20.2) làm bằng chất có chiết suất n_2 (và xem như giữa mặt phẳng của thấu kính này và môi trường chiết

suất n_2 có một lớp ngăn cách rất mỏng chiết suất n_1). Độ tụ của thấu kính phẳng lõm (trong môi trường n_1) là:

$$D_2 = \frac{1}{f_2} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \frac{1}{-R}$$

$$= \frac{(n_1 - n_2)}{n_1 R}$$



Hình 20.2

Hệ hai thấu kính ghép sát tương đương với thấu kính L có độ tụ (trong môi trường n_1):

$$D = D_1 + D_2 = \frac{2n - (n_1 + n_2)}{n_1 R}$$

Do đó sự tạo ảnh của vật AB có thể coi là do quang hệ gồm thấu kính (L) tương đương và lưỡng chất phẳng $n_1 - n_2$:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{LCP} A'B'$$

Xét ảnh A_1B_1 :

$$\frac{1}{d'_1} + \frac{1}{d_1} = \frac{2n - (n_1 + n_2)}{n_1 R}$$

Xét ảnh A_2B_2 : (thấu kính rất mỏng):

$$d_2 = -d'_1; \quad \frac{n_1}{d_2} = -\frac{n_2}{d'_1}$$

$$\Rightarrow \frac{n_2}{d'_1} = \frac{n_1}{d_1} = \frac{2n - (n_1 + n_2)}{R} - \frac{n_1}{d_1}$$

$$\Rightarrow \frac{n_2}{d'_1} + \frac{n_1}{d_1} = \frac{2n - (n_1 + n_2)}{R}$$

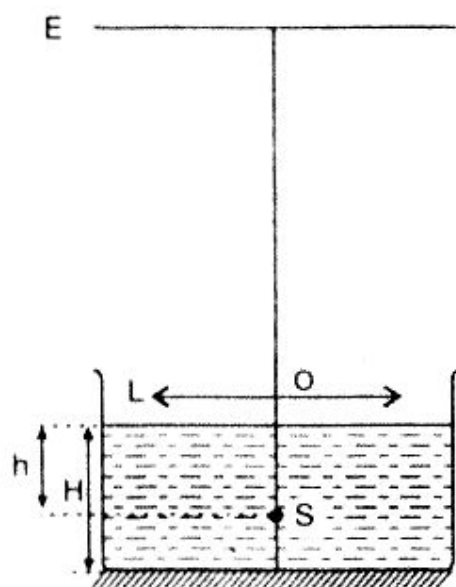
Hay, tổng quát hơn,

$$\frac{n_2}{d'} + \frac{n_1}{d} = \frac{2n - (n_1 + n_2)}{R}$$

BÀI 21

Một chậu nước có đáy là một bản kim loại nhẵn bóng chứa một lớp nước có độ sâu $H = 30\text{cm}$, chiết suất $n = \frac{4}{3}$. Trong nước

có một bóng đèn nhỏ S nằm cách mặt thoáng h . Trên sát mặt thoáng, người ta đặt một thấu kính hội tụ L có tiêu cự $f = 10\text{cm}$, có trục chính vuông góc với mặt thoáng và đi qua S . Đặt một màn E vuông góc với trục chính của thấu kính, người ta thấy có hai vị trí của màn nhận được ảnh rõ nét của S , hai vị trí này cách nhau 15cm (Hình 21.1).



Hình 21.1

a) Xác định h và các vị trí của màn.

b) Muốn cho hai ảnh đó trùng nhau thì ta phải đặt bóng đèn ở đâu?

LỜI GIẢI

a) Quang hệ cho hai ảnh đó theo sơ đồ:

$$\text{Ảnh 1: } S \xrightarrow[d]{\text{LCP}} S_1 \xrightarrow[d_2]{L} S_2$$

$$\text{Ảnh 2: } S \xrightarrow[d_1]{G} S'_1 \xrightarrow[d_0]{\text{LCP}} S'_2 \xrightarrow[d_3]{L} S_3$$

Xét ảnh 1 (S_2); $d = h$.

$$\begin{aligned}
\text{Ta có} \quad & \frac{d'}{d} = \frac{1}{n} \\
\Rightarrow \quad & d' = \frac{d}{n} = \frac{3}{4}h. \\
& d_2 = d' \\
\Rightarrow \quad & d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{30h}{3h - 40} \quad (1)
\end{aligned}$$

Xét ảnh 2 (S_3):

$$\begin{aligned}
& d_1 = H - d = 30 - d; \\
& d'_1 = -d_1 = d - 30 = h - 30; \\
& d_0 = H - d'_1 = 60 - h; \\
& \frac{d'_0}{d_0} = \frac{1}{n} \\
\Rightarrow \quad & d'_0 = \frac{d_0}{n} = \frac{3(60 - h)}{4}; \\
& d_3 = d'_0 = \frac{3(60 - h)}{4}; \\
& d'_3 = \frac{d_3 f}{d_3 - f} = \frac{10(180 - 3h)}{140 - 3h} \quad (2)
\end{aligned}$$

Khoảng cách giữa hai vị trí của màn chính là khoảng cách giữa hai ảnh S_2 và S_3 , nghĩa là $S_2 S_3 = 15\text{cm}$.

Từ đó, theo (1) và (2) có:

$$\frac{10(180 - 3h)}{140 - 3h} - \frac{30h}{3h - 40} = l \quad (3)$$

với $l = \pm 15\text{cm}$.

- Trường hợp 1: $l = 15\text{cm}$ suy ra

$$9h^2 - 380h + 800 = 0$$

Phương trình này có 2 nghiệm :

$$h = 40\text{cm}$$

$$\text{và } h = \frac{20}{9}\text{cm}.$$

Nghiệm $h = 40\text{cm}$ bị loại vì phải có $h \leq H = 30\text{cm}$;

Xét nghiệm $h = \frac{20}{9}\text{cm}$. Thay giá trị của h vào (1), ta có

$$d'_2 = -2\text{cm} < 0,$$

không phù hợp, vì ảnh S_2 phải là ảnh thật.

Như vậy không xảy ra trường hợp 1.

- Trường hợp 2:

$$l = -15$$

$$\Rightarrow h^2 - 700h + 10400 = 0$$

Phương trình này có 2 nghiệm:

$$h = 57,7\text{cm (loại)}$$

$$\text{và } h = 20\text{cm}.$$

Thay giá trị của h vào (1) và (2) ta được các vị trí của màn:

$$d'_2 = 30\text{cm}$$

$$\text{và } d'_3 = 15\text{cm}.$$

b) Để cho hai ảnh trùng nhau, ta phải có $d'_2 = d'_3$

$$\Rightarrow \frac{10(180 - 3h)}{140 - 3h} = \frac{30h}{3h - 40}$$

$$\Rightarrow h = 30\text{cm},$$

nghĩa là phải đặt bóng đèn ở sát đáy chậu.

Chú ý: Dựa vào đặc điểm của sự dịch chuyển của vật và ảnh tạo bởi thấu kính có thể lập luận để thấy rằng chỉ có thể xảy ra trường hợp 2 ở câu (a).

BÀI 22

Trên màn E đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ L_1 tiêu cự $f_1 = 25\text{cm}$ người ta thu được ảnh rõ nét của một điểm sáng S đặt trên trục chính thấu kính.

1) Xác định vị trí của vật, màn đối với thấu kính để khoảng cách vật – màn là nhỏ nhất.

2) Sau L_1 , người ta đặt thấu kính L_2 có cùng trục chính với L_1 và cách L_1 một khoảng 20cm. Khi đó trên màn E có một vết sáng. Hãy tính tiêu cự f_2 của L_2 trong các trường hợp sau:

a) Khi tịnh tiến màn E dọc theo trục chính vết sáng trên màn có đường kính không thay đổi;

b) Khi tịnh tiến màn ra xa hệ thấu kính thêm 10cm vết sáng trên màn có đường kính tăng gấp đôi;

c) Khi tịnh tiến màn ra xa thêm 10cm vết sáng trên màn có đường kính giảm đi một nửa.

LỜI GIẢI

1) Khi ảnh hiện rõ trên màn, khoảng cách vật – màn là khoảng cách L giữa vật thật và ảnh thật. Dễ dàng chứng minh rằng L ($L = d + d'$) phải thỏa mãn điều kiện $L \geq 4f$. Như vậy

$$L_{\min} = 4f = 100\text{cm}, \text{ và do đó } d = d' = \frac{L}{2} = 50\text{cm}.$$

2) Sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow[d_1]{L_1} S_1 \xrightarrow[d_2]{L_2} S_2 \equiv S', \text{ với } d_1 = d'_1 = 50\text{cm}$$

- Trường hợp 1. Vì vết sáng trên màn có đường kính không đổi khi tịnh tiến màn nên chùm tia ló tạo bởi L_2 phải là chùm tia song song với trục chính. Nghĩa là ảnh của S tạo với hệ hai

thấu kính phải ở xa vô cùng.

Ta có $d'_2 \rightarrow \infty$

$$\Rightarrow d_2 = f_2,$$

với $d_2 = \ell - d'_1 = 20 - 50 = -30\text{cm}.$

Như vậy $f_2 = -30\text{cm}$: L_2 là thấu kính phân kì.

- Trường hợp 2. Theo đề bài chùm tia ló có thể là hội tụ hay phân kì.

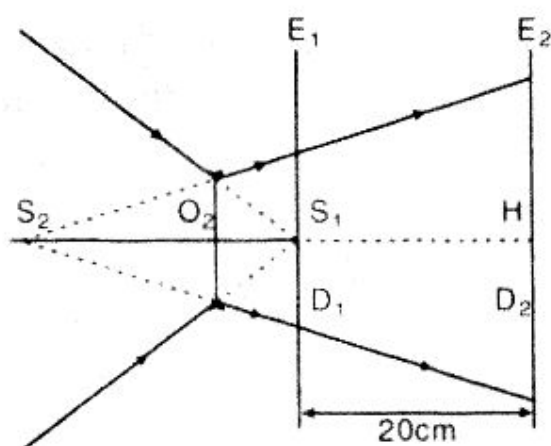
Nếu chùm tia ló là chùm phân kì (L_2 là thấu kính phân kì), ảnh S_2 là ảnh ảo (Hình 22.1). Từ hình vẽ ta có:

$$\frac{D_2}{D_1} = 2 = \frac{O_2 S_2 + O_2 S_1 + 10}{O_2 S_2 + O_2 S_1}$$

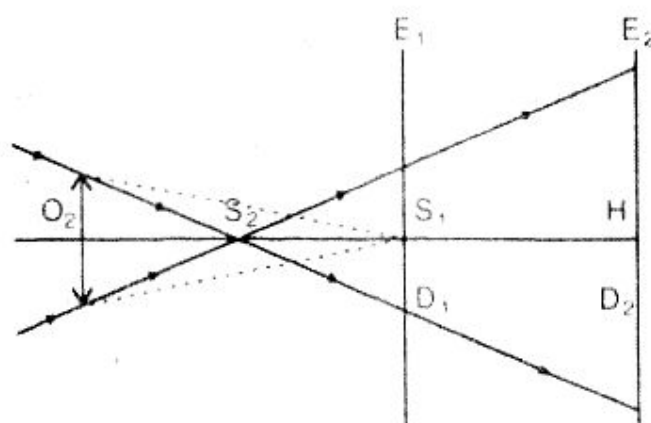
$$\Rightarrow 2 = \frac{|d_2| + |d'_2| + 10}{|d_2| + |d'_2|}$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{40 - d'_2}{30 - d'_2}$$

$$\Rightarrow d'_2 = 20\text{cm}: \text{ Vô lí!}$$



Hình 22.1



Hình 22.2

Như vậy chùm tia ló tạo bởi L_2 phải là chùm tia hội tụ và ảnh S_2 là ảnh thật. Nếu L_2 là thấu kính hội tụ ta có hình 22.2.

Từ hình vẽ ta có:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{40 - d'_2}{30 - d'_2} = 2 \Rightarrow d'_2 = 20\text{cm}$$

và, từ đó $f_2 = \frac{d_2 d'_2}{d_2 + d'_2} = 60\text{cm}.$

Còn nếu L_2 là thấu kính phân kì (bạn đọc tự vẽ hình, S' nằm trong khoảng giữa hai vị trí của màn), ta có

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{40 - d'_2}{d'_2 - 30} = 2$$

$$\Rightarrow d'_2 = \frac{100}{3} \text{ cm},$$

và từ đó $f_2 = -300\text{cm}.$

- Trường hợp 3. Theo đề bài chùm tia ló tạo bởi L_2 là chùm tia hội tụ, S_2 là ảnh thật, ảnh này có thể nằm trong khoảng giữa hai màn hoặc nằm sau vị trí thứ hai của màn (bạn đọc tự vẽ hình).

Nếu ảnh S_2 nằm trong khoảng giữa 2 vị trí của màn, ta có:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{40 - d'_2}{d'_2 - 30} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow d'_2 = \frac{110}{3} \text{ cm}$$

và, từ đó, $f_2 = -165\text{cm}$: L_2 là thấu kính phân kì.

Nếu ảnh S_2 nằm sau vị trí thứ hai của màn, ta có:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{d'_2 - 40}{d'_2 - 30} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow d'_2 = 50\text{cm},$$

và, từ đó, $f_2 = -75\text{cm}$: L_2 cũng là thấu kính phân kì.

BÀI 23

Hai thấu kính mỏng L_1, L_2 có độ tụ D_1, D_2 được đặt đồng trục cách nhau một đoạn l . Vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính, trước L_1 , có ảnh $A'_1B'_1$ tạo bởi hệ với độ phóng đại k . Giữ nguyên vị trí của vật AB nhưng hoán vị hai thấu kính cho nhau, khi đó ảnh của vật tạo bởi hệ là $A'_2B'_2$ với độ phóng đại k' . Hãy thiết lập hệ thức giữa D_1, D_2, l và k, k' .

LỜI GIẢI

$$+ \text{ Sơ đồ tạo ảnh lúc đầu : } AB \xrightarrow[d_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d'_2]{L_2} A'_1B'_1$$

Độ phóng đại của ảnh $A'_1B'_1$

$$k = k_1 \cdot k_2 = \frac{f_1}{f_1 - d_1} \cdot \frac{f_2}{f_2 - d_2},$$

với

$$d_2 = l - d'_1 = l - \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}$$

ta suy ra

$$\begin{aligned} k_2 &= \frac{f_2}{f_2 - d_2} = \frac{f_2}{f_2 + \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} - l} \\ &= \frac{f_2(d_1 - f_1)}{d_1(f_1 + f_2 - l) + l f_1 - f_1 f_2} \end{aligned}$$

Do đó

$$k = k_1 \cdot k_2 = \frac{f_1 f_2}{f_1 f_2 - l f_1 - d_1(f_1 + f_2 - l) - l f_1}$$

Suy ra

$$\frac{1}{k} = 1 - \frac{1}{f_2} - d_1 \left(\frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_1} - \frac{l}{f_1 f_2} \right)$$

$$\text{Hay} \quad \frac{1}{k} = 1 - D_2 l - d_1 (D_2 + D_1 - l D_1 D_2) \quad (1)$$

$$+ \text{ Sơ đồ tạo ảnh lúc sau: } AB \xrightarrow[d_1]{L_2} A_2 B_2 \xrightarrow[d_3]{L_1} A'_2 B'_2$$

Lập luận và tính toán như trên ta lại có:

$$\frac{1}{k'} = 1 - D_1 l - d_1 (D_2 + D_1 - l D_1 D_2) \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta suy ra:

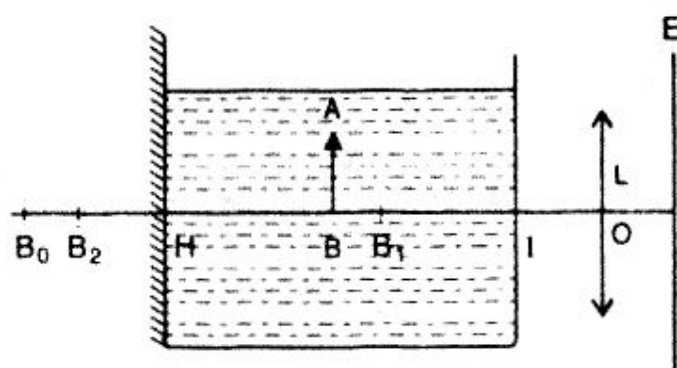
$$D_2 l + \frac{1}{k} = D_1 l + \frac{1}{k'}$$

$$\Rightarrow (D_1 - D_2) l = \frac{1}{k} - \frac{1}{k'}$$

$$\text{hay} \quad D_1 - D_2 = \frac{k' - k}{l k k'}$$

BÀI 24

Một bể nhỏ hình hộp chữ nhật trong đó có chứa nước. Thành bể phía trước là một tấm thủy tinh có độ dày không đáng kể, thành bể phía sau là một gương phẳng, khoảng cách giữa hai thành bể này là $a = 48\text{cm}$. Giữa bể có một vật sáng AB thẳng đứng. Đặt một thấu kính hội tụ L trước bể và một màn E để thu ảnh của vật (Hình 24.1). Ta thấy có hai vị trí của



Hình 24.1

ảnh trên màn lần lượt là 6cm và 4,5cm. Hãy tính tiêu cự của thấu kính, khoảng cách từ thấu kính đến thành bể phía trước và độ lớn của vật. Cho biết chiết suất của nước là $\frac{4}{3}$.

LỜI GIẢI

Chùm sáng đi từ AB đến thành bể phía trước sẽ tạo ảnh A_1B_1 của vật trên màn, còn chùm sáng đi từ AB đến thành bể phía sau sẽ cho ảnh A_2B_2

$$\text{Sơ đồ tạo ảnh: } AB \xrightarrow{\text{BM}} A_1B_1 \xrightarrow[d_1]{L} A'_1B'_1;$$

$$AB \xrightarrow{G} A_0B_0 \xrightarrow{\text{BM}} A_2B_2 \xrightarrow[d_2]{L} A'_2B'_2$$

- Vật AB qua bản mặt song song (lớp nước) có bề dày $\frac{a}{2} = 24\text{cm}$ cho ảnh A_1B_1 , với

$$BB_1 = e \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{a}{2} \left(1 - \frac{1}{n}\right) = 6\text{cm}$$

và $A_1B_1 = AB$.

Vật A_1B_1 qua thấu kính L cho ảnh $A'_1B'_1 = 6\text{cm}$, nghĩa là:

$$AB \frac{d'_1}{d_1} = 6 \quad (1)$$

- Vật AB qua gương cho ảnh A_0B_0 đối xứng với AB qua gương ($A_0B_0 = AB$; $HB_0 = \frac{a}{2}$); sau đó A_0B_0 qua bản mặt song song có bề dày:

$$B_0I = \left(a + \frac{a}{2}\right) = \frac{3a}{2}$$

cho ảnh A_2B_2 với

$$A_2B_2 = A_0B_0 = AB$$

và
$$B_0B_2 = e \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{3a}{2} \left(1 - \frac{1}{n}\right) = 18\text{cm}.$$

A_2B_2 cách A_1B_1 một khoảng là:

$$\begin{aligned} B_1B_2 &= B_1B + BH + HB_0 - B_0B_2 \\ \Rightarrow B_1B_2 &= 6 + 24 + 24 - 18 = 36\text{cm}, \end{aligned}$$

và B_2 cách thấu kính: $d_2 = OB_2 = OB_1 + B_1B_2 = d_1 + 36.$ (2)

Vật A_2B_2 qua thấu kính cho ảnh $A'_2B'_2 = 4,5\text{cm}$, nghĩa là

$$AB \cdot \frac{d'_2}{d_2} = 4,5 \quad (3)$$

với $d'_2 = d'_1 - 3$ (theo đề bài) (4)

Ta có
$$f = \frac{d_1 d'_1}{d_1 + d'_1} = \frac{d_2 d'_2}{d_2 + d'_2} = \frac{(d_1 + 36)(d'_1 - 3)}{(d_1 + 36) + (d'_1 - 3)} \quad (5)$$

Từ (1), (3) và (5) rút ra

$$d_1 = 144\text{cm};$$

$$d'_1 = 48\text{cm}$$

$$AB = 18\text{cm}$$

và $f = 36\text{cm}.$

Khoảng cách từ thấu kính đến thành bể phía trước là:

$$d = OI = OB_1 + B_1B - BI = 126\text{cm}.$$

BÀI 25

Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ L_2 tiêu cự f_2 . Sau thấu kính đặt một gương phẳng G vuông góc với trục chính thấu kính, có mặt phản xạ hướng về L_2 và cách AB một khoảng 90cm . Khi dịch chuyển L_2 trong khoảng giữa AB và G , người ta thấy có hai vị trí M và N

của L_2 cách nhau $MN = 30\text{cm}$ cho ảnh của hệ thấu kính – gương trùng với vị trí của vật AB. Giữ gương phẳng G cố định, người ta dịch chuyển vật AB ra xa gương thêm một đoạn 5cm. Sau đó đặt thêm một thấu kính L_1 (tiêu cự f_1) trong khoảng giữa L_2 và AB, tại một vị trí P với $PM = 15\text{cm}$, sao cho khi tịnh tiến L_2 trong khoảng giữa L_1 và G thì ảnh cuối cùng cho bởi hệ vẫn trùng với vật AB khi L_2 ở M và ở N.

a) Tính f_1 và f_2 ;

b) Giữ cho khoảng cách giữa L_1 và L_2 có giá trị không đổi bằng 20cm và tịnh tiến hệ thấu kính L_1L_2 trong khoảng giữa AB và G. Xác định các vị trí của hệ L_1L_2 để ảnh cuối cùng của AB trùng với vị trí của vật.

LỜI GIẢI

a) Sơ đồ tạo ảnh cho bởi hệ $L_2 - G$:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_2} A_1B_1 \xrightarrow[d'_1]{G} A_2B_2 \xrightarrow{L_2} A_3B_3$$

Theo nguyên lý về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng, muốn cho A_3B_3 trùng với AB thì A_2B_2 phải trùng với A_1B_1 . Vì G là gương phẳng nên điều này chỉ xảy ra khi A_1B_1 ở ngay sát gương (và A_2B_2 cũng ở tại đó). Do đó, theo đề bài

$$l = d_1 + d'_1 = 90\text{cm}.$$

Mặt khác $d'_1 = \frac{d_1 f_2}{d_1 - f_2}.$

Do đó ta có phương trình

$$d_1 + \frac{d_1 f_2}{d_1 - f_2} = l.$$

Giải phương trình này, ta tìm được hai vị trí M và N của L_2 ứng với

$$d_{11} = \frac{l - \sqrt{l^2 - 4lf_2}}{2}$$

và
$$d_{12} = \frac{l + \sqrt{l^2 - 4lf_2}}{2}$$

($d_{11} = \overline{AN}$ và $d_{12} = \overline{AM}$).

Khoảng cách hai vị trí đó

$$\overline{MN} = d_{12} - d_{11} = \sqrt{l^2 - 4f_2l}.$$

Theo đề bài $\overline{MN} = 30\text{cm}$ và $l = 90\text{cm}$, ta tìm được $f_2 = 20\text{cm}$.
Do đó ta cũng tìm được vị trí của M và N (cách AB):

$$\overline{AM} = d_{11} = 30\text{cm};$$

$$\overline{AN} = d_{12} = 60\text{cm}.$$

Khi đặt thêm thấu kính L_1 ta có sơ đồ tạo ảnh của vật AB:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[A_2B_2]{L_2} A_2B_2 \xrightarrow[G]{G} A_3B_3 \xrightarrow[A_4B_4]{L_2} A_4B_4 \xrightarrow[A_5B_5]{L_1} A_5B_5$$

Theo nguyên lý về tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng muốn cho ảnh cuối cùng A_5B_5 trùng với vật AB thì A_2B_2 phải ở sát gương (và A_3B_3 cũng ở tại đó). Mặt khác, theo yêu cầu của đề bài, M và N vẫn là hai vị trí của L_2 để ảnh cuối cùng trùng với vật; muốn vậy A_1B_1 phải ở vị trí của AB khi chưa đặt L_1 , nghĩa là A_1B_1 phải cách gương G một khoảng 90cm và cách AB (vị trí mới của vật) 5cm. Như vậy có nghĩa là ta phải có

$$d_1 + d'_1 = 5\text{cm}.$$

Mặt khác
$$d_1 = \overline{AP} = \overline{AM} - \overline{MP} = (30 + 5) - 15$$

$$= 20\text{cm};$$

từ đó
$$d'_1 = 5 - d_1 = -15\text{cm}.$$

Do đó tiêu cự của L_1 bằng

$$f_1 = \frac{d_1 d'_1}{d_1 + d'_1} = -60\text{cm}: L_1 \text{ là thấu kính phân kì.}$$

b) Muốn cho ảnh cuối cùng trùng với vật thì, theo câu (a), A_2B_2 phải ở sát gương phẳng, nghĩa là

$$\overline{AA_2} = 90 + 5 = 95\text{cm},$$

hay $\overline{AO_1} + \overline{O_1O_2} + \overline{O_2A_2} = 95\text{cm}.$

Theo đề bài $\overline{O_1O_2} = 20\text{cm}.$

$$\Rightarrow d_1 + 20 + d'_2 = 95$$

$$\Rightarrow d_1 + d'_2 = 75. \quad (1)$$

Ta lại có $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{-60d_1}{d_1 + 60}$

$$\Rightarrow d_2 = \overline{O_1O_2} - d'_1 = \frac{40(2d_1 + 30)}{d_1 + 60}$$

$$d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{40(2d_1 + 3)}{3d_1} \quad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta tìm được phương trình:

$$3d_1^2 - 145d_1 + 120 = 0$$

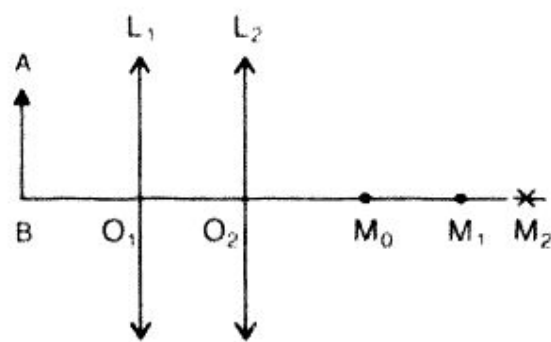
Phương trình này có 2 nghiệm: $d_1 \approx 47,5\text{cm}$ và $d_1 \approx 0,84\text{cm}.$

Như vậy thấu kính L_1 của hệ L_1L_2 phải đặt cách vật AB một khoảng 47,5cm hoặc 0,84cm.

BÀI 26

Hai thấu kính hội tụ L_1, L_2 có tiêu cự f_1, f_2 và có cùng trục chính. Một mặt phẳng nhỏ AB đặt trước L_1 , vuông góc với trục chính cho một ảnh rõ nét cao 4,5cm trên một màn E đặt tại M_0 . Nếu giữ cố định vật AB và L_1 , mà bỏ L_2 đi, thì phải đặt màn ở

điểm M_1 , xa M_0 hơn mới thu được ảnh của vật và ảnh cao 9cm (Hình 26.1). Nếu giữ cố định vật AB và thấu kính L_2 mà bỏ L_1 đi, thì phải đặt màn ở điểm M_2 xa M_0 hơn, mới thu được ảnh của vật và ảnh cao 0,5cm. Biết hai khoảng cách M_0M_1 và M_0M_2 lần lượt là 6cm và 8cm. Hãy xác định các tiêu cự f_1 , f_2 và độ cao của vật AB.



Hình 26.1

LỜI GIẢI

Gọi A_1B_1 là ảnh của vật AB tạo bởi thấu kính L_1 , A_1B_1 nằm tại M_1 ($A_1B_1 = 9\text{cm}$). Khi đặt thêm thấu kính O_2 thì A_1B_1 dùng làm vật ảo đối với L_2 và L_2 cho ảnh thật $A'B'$ nằm tại M_0 . Gọi d_2 là khoảng cách từ A_1B_1 đến L_2 ($|d_2| = O_2M_1$), ta có

$$|d_2| - d'_2 = M_1M_0 = 6\text{cm}. \quad (1)$$

Ta lại có ($A'B' = 4,5\text{cm}$):

$$\frac{A'B'}{A_1B_1} = \frac{d'_2}{|d_2|} = \frac{4,5}{9} = \frac{1}{2} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra

$$d'_2 = 6\text{cm};$$

$$|d_2| = 12\text{cm},$$

nghĩa là $d_2 = -12\text{cm}.$

Tiêu cự f_2 của L_2 là:

$$f_2 = \frac{d_2 d'_2}{d_2 + d'_2} = \frac{(-12) \cdot 6}{(-12) + 6} = 12\text{cm}.$$

Nếu bỏ L_1 đi thì L_2 tạo ảnh A_2B_2 của vật AB nằm tại M_2

($A_2B_2 = 0,5\text{cm}$), ảnh này cách O một khoảng

$$d' = O_2M_0 + M_0M_2 = d'_2 + M_0M_2 = 6 + 8 = 14\text{cm}$$

Do đó vật AB cách L_2 :

$$d = BO_2 = \frac{d'f_2}{d' - f_2} = \frac{14 \cdot 12}{14 - 12} = 84\text{cm}.$$

Độ phóng đại ảnh bây giờ là

$$\frac{A_2B_2}{AB} = \frac{0,5}{AB} = \frac{d'}{d} = \frac{14}{84} = \frac{1}{6}$$

Suy ra $AB = 0,5 \cdot 6 = 3\text{cm}$.

Xét ảnh A_1B_1 tạo bởi thấu kính L_1 : ảnh này nằm tại M_1 .

$$\begin{aligned}\text{Ta có} \quad d'_1 + d_1 &= BM_1 = BO_2 + O_2M_1 = 84 + |d_2| \\ &= 96\text{cm}.\end{aligned}$$

$$\text{Mặt khác} \quad \frac{d'_1}{d_1} = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{9}{3} = 3$$

$$\Rightarrow d'_1 = 3d_1$$

Từ đó rút ra $d_1 = 24\text{cm}$

và $d'_1 = 72\text{cm}$.

Tiêu cự f_1 của L_1 là:

$$f_1 = \frac{d_1 d'_1}{d_1 + d'_1} = 18\text{cm}.$$

BÀI 27

Cho một hệ thấu kính đồng trục, thấu kính L_1 tiêu cự f_1 và thấu kính hội tụ L_2 tiêu cự $f_2 = 6\text{cm}$, đặt cách nhau 35cm . Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính, cách L_1 20cm . Sau L_2 đặt một màn E vuông góc với trục chính của hệ. Một bản mặt song song có độ dày 15cm , chiết suất $1,5$, khi đặt sau và sát với

L_1 cũng như khi đặt sau và sát với L_2 đều cho ảnh rõ nét trên màn. Xác định tiêu cự f_1 và vị trí của màn.

LỜI GIẢI

- Khi đặt bản mặt song song sau L_1 , ta có sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{BM} A_2B_2 \xrightarrow[d_2]{L_2} A_3B_3$$

Ta có $d_1 = 20\text{cm}$;

$$d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20f_1}{20 - f_1}.$$

Độ dịch chuyển ảnh A_1A_2 qua bản mặt song song:

$$A_1A_2 = e \left(1 - \frac{1}{n}\right) = 15 \left(1 - \frac{1}{1,5}\right) = 5\text{cm}.$$

Ảnh A_2B_2 cách L_1 :

$$d''_1 = d_1 + 5 = \frac{20f_1}{20 - f_1} + 5$$

Suy ra $d_2 = l - d''_1 = 35 - (d_1 + 5) = \frac{50(12 - f_1)}{20 - f_1}$

$$\Rightarrow d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{300(12 - f_1)}{-44f_1 + 480} \quad (1)$$

- Khi đặt bản mặt song song sau L_2 ta có sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d]{L_2} A'_2B'_2 \xrightarrow[d'_3]{BM} A'_3B'_3$$

Ta có: $d_1 = 20\text{cm}$,

$$d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20f_1}{20 - f_1};$$

$$d = l - d'_1 = 35 - \frac{20f_1}{20 - f_1} = \frac{700 - 55f_1}{20 - f_1}$$

$$\Rightarrow d' = O_2B'_2 = \frac{df_2}{d - f_2} = \frac{6(700 - 55f_1)}{580 - 49f_1}$$

Độ dịch chuyển ảnh $A'_2A'_3$ qua bản mặt song song:

$$A'_2A'_3 = e \left(1 - \frac{1}{n}\right) = 5\text{cm}$$

Ảnh A'_3 cách L_2 :

$$d'_3 = d' + 5 = \frac{7100 - 575f_1}{580 - 49f_1} \quad (2)$$

– Theo đề bài trong hai trường hợp đó ảnh đều nằm trên màn E, nghĩa là ta có $d'_2 = d'_3$. Ta có phương trình:

$$106f_1^2 - 2380f_1 + 13200 = 0$$

Phương trình này có hai nghiệm:

$$f_1 = 12,45\text{cm}$$

và $f_1 = 10\text{cm}$.

Với $f_1 = 12,45\text{cm}$, thay vào (2) ta có $d'_3 = 1,95\text{cm}$. Kết quả này không chấp nhận được, vì độ dày của bản là 15cm , nghĩa là màn E phải cách L_2 một khoảng lớn hơn 15cm . Với $f_1 = 10\text{cm}$ ta có $d'_3 = 15\text{cm}$, kết quả này phù hợp. Như vậy tiêu cự $f_1 = 10\text{cm}$ và màn đặt cách L_2 15cm .

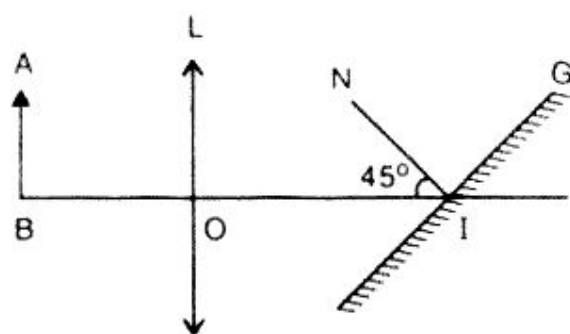
BÀI 28

Một thấu kính tiêu cự $f = 15\text{cm}$ có hai mặt lồi cùng bán kính R và bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$. Một vật sáng AB cao $1,2\text{cm}$ đặt trước thấu kính, vuông góc với trục chính, cho điểm B ở trên trục và cách tâm O thấu kính 60cm . Sau thấu

kính cách tâm O của nó 10cm có một gương phẳng G đặt sao cho pháp tuyến IN của mặt phản xạ làm với trục chính của thấu kính một góc 45° .

a) Tính bán kính cong R của hai mặt thấu kính. Xác định vị trí, chiều và độ lớn của ảnh A'B' cho bởi hệ.

b) Thay gương G bằng một lăng kính phản xạ toàn phần có mặt huyền trùng với vị trí gương G, cho quang trục OI của thấu kính đi qua tâm điểm I của mặt huyền. Hai cạnh góc vuông của lăng kính có độ dài $a = 6\text{cm}$ và thủy tinh làm lăng kính có chiết suất $n = 1,5$. Xác định vị trí, chiều và độ lớn của ảnh cho bởi hệ.



Hình 28.1

LỜI GIẢI

Ta có
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \frac{2}{R}$$

$$\Rightarrow R = 2(n - 1)f = 15\text{cm}.$$

Ảnh A_1B_1 của AB cho bởi thấu kính ở cách thấu kính :

$$d' = \frac{df}{d - f} = 20\text{cm},$$

và có độ lớn
$$A_1B_1 = AB \cdot \frac{d'}{d} = 0,4\text{cm}.$$

Ảnh A_1B_1 ở sau gương phẳng, dùng làm vật ảo cho gương phẳng và có ảnh thật A'B' đối xứng với nó. Vì A_1B_1 vuông góc với trục chính của thấu kính và gương nghiêng 45° so với trục chính nên IB' vuông góc với trục chính và ảnh A'B' song song với trục chính (A' ở gần thấu kính hơn B'), cách trục chính

10cm, chân B' của vật cách thấu kính một đoạn bằng OI tức là bằng 10cm (chú ý rằng vì $d' = OB_1 = 20\text{cm}$ nên $IB_1 = 10\text{cm}$). Độ lớn của ảnh

$$A'B' = A_1B_1 = 0,4\text{cm}.$$

b) Khi đặt lăng kính phản xạ toàn phần, cho mặt huyền của lăng kính ở đúng chỗ gương G thì mặt này tác dụng hoàn toàn như gương đó tức là tạo ảnh A'B' theo hướng vuông góc với trục chính. Nhưng các tia sáng tạo thành ảnh còn đi qua thủy tinh một đoạn với tổng độ dài bằng a (đoạn tới + đoạn phản xạ = a) cho nên, về mặt tạo ảnh, lăng kính phản xạ toàn phần tương đương với một bản mặt song song (có bề dày a, chiết suất n) và một gương phẳng. Nghĩa là sơ đồ tạo ảnh bây giờ là:

$$AB \xrightarrow{L} A_1B_1 \xrightarrow{BM} A_2B_2 \xrightarrow{G} A'B'.$$

Độ dịch chuyển ảnh A_2B_2 qua bản mặt song song là

$$x = a \left(1 - \frac{1}{n}\right) = 6 \left(1 - \frac{1}{1,5}\right) = 2\text{cm}$$

Do đó bây giờ A_2 cách I một đoạn $10 + 2 = 12\text{cm}$. Vì vậy ảnh A'B' tạo bởi hệ thấu kính - lăng kính song song với trục chính của thấu kính, cách trục chính 12cm, chân B' của vật cách thấu kính một đoạn bằng OI tức là 10cm.

BÀI 29

Hai thấu kính L_1 ($f_1 = -60\text{cm}$) và L_2 ($f_2 = 30\text{cm}$) có cùng trục chính cách nhau một khoảng l . Một điểm sáng S nằm trên trục chính, trước L_1 , cách L_1 một khoảng 60cm.

a) Biết ảnh thật S' của S cho bởi hệ thấu kính cách L_2 một khoảng bằng 50cm. Tính l .

b) Trong khoảng giữa hai thấu kính, người ta đặt một bản mặt song song vuông góc với trục chính, có độ dày 9cm và chiết suất $n = 1,5$. Xác định vị trí của ảnh S'' cho bởi hệ. Muốn cho

ảnh S'' vẫn ở nguyên vị trí như ở câu (a) thì phải dịch chuyển thấu kính L_2 đi một khoảng bằng bao nhiêu?

LỜI GIẢI

a) Ta có $d_1 = 60\text{cm}$

$$\Rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = -30\text{cm};$$

$$d_2 = l - d'_1 = l - 30$$

$$\Rightarrow d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{30(l + 30)}{l}.$$

Theo đề bài $d'_2 = 50\text{cm}$.

Suy ra $l = 45\text{cm}$.

b) Sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow[d_1]{L_1} S_1 \xrightarrow{\text{BM}} S_2 \xrightarrow[d']{L_2} S''$$

Ta có $d'_1 = -30\text{cm}$. Độ dịch chuyển $S_1 S_2$ của ảnh qua bản mặt song song:

$$\overline{S_1 S_2} = e \left(1 - \frac{1}{n}\right) = 3\text{cm}.$$

Như vậy S_2 cách L_1 một khoảng

$$d''_1 = -30 + 3 = -27\text{cm}$$

và S_2 cách L_2 : $d = l - d''_1 = 72\text{cm}$.

Ảnh S'' có vị trí:

$$d' = \frac{d f_2}{d - f_2} \approx 51,4\text{ cm}$$

Muốn cho ảnh S'' vẫn nằm đúng vị trí của S (như câu (a)) thì nó phải cách S_2 một đoạn là:

$$d + 50 = 122\text{cm}.$$

Muốn vậy, ta phải dịch chuyển L_2 và bây giờ khoảng cách giữa L_1 và L_2 là $l' \neq l$. Ở vị trí mới L_2 cho S_2 ảnh S' . Bây giờ S_2 cách L_2 là

$$d_3 = (l' - d'_1) - 3 = l' + 27,$$

còn ảnh S' cách L_2 là

$$d'_3 = 122 - d_3 = 95 - l'.$$

Theo công thức thấu kính:

$$f_2 = \frac{d_3 d'_3}{d_3 + d'_3}$$

$$\Rightarrow 30 = \frac{(l' + 27)(95 - l')}{(l' + 27) + (95 - l')}$$

Suy ra phương trình

$$l'^2 - 68l' + 1095 = 0.$$

Phương trình này có hai nghiệm: $l' \approx 41,8\text{cm}$ và $l' \approx 26,2\text{cm}$. Như vậy, có hai vị trí đặt thấu kính L_2 để ảnh cuối cùng tạo bởi hệ vẫn ở vị trí S' như ở câu a. Khoảng dịch chuyển của L_2 là $l - l'$, tức là bằng 3,2cm và 18,8cm: L_2 dịch chuyển lại gần L_1 .

BÀI 30

Một thấu kính hội tụ L_1 có tiêu cự $f_1 = 40\text{cm}$ và một thấu kính L_2 đặt cách nhau 51cm, cho trục chính trùng nhau. Một vật AB đặt trước L_1 cách L_1 một khoảng $d_1 = 16,4\text{m}$.

a) Đặt mắt sau L_2 , người ta trông thấy một ảnh ảo $A'B'$ ngược chiều vật, ở trước L_1 và cách L_1 một khoảng 39cm. Hỏi L_2 là thấu kính gì có tiêu cự bằng bao nhiêu?

b) Để được một ảnh của vật AB, vẫn là ảo, vẫn bằng và ở đúng vị trí như trong trường hợp trên, nhưng cùng chiều với

vật, người ta thay L_2 bằng thấu kính L_3 . Hỏi L_3 là thấu kính gì? Tiêu cự bao nhiêu và phải đặt ở đâu? Đối với người quan sát, thì sau khi thay thấu kính, mắt có cần thay đổi gì không?

LỜI GIẢI

a) Vật AB ở khá xa thấu kính hội tụ L_1 , vậy L_1 cho một ảnh thật A_1B_1 ngược chiều vật. Ảnh A_1B_1 này dùng làm vật cho thấu kính L_2 , mà L_2 lại cho một ảnh ảo ngược chiều vật AB, tức là cùng chiều vật A_1B_1 .

– Nếu L_2 là thấu kính phân kì, thì nó cho ảnh ảo $A'B'$ của vật A_1B_1 trong hai trường hợp:

+ A_1B_1 là vật thật, khi đó ảnh nhỏ hơn vật và ở gần L_2 hơn vật. Điều này trái với giả thiết ($A'B'$ ở xa L_2 hơn A_1B_1);

+ A_1B_1 là vật ảo, khi đó ảnh có thể lớn hơn vật nhưng lại ngược chiều vật A_1B_1 (tức là cùng chiều vật AB). Điều này cũng trái với giả thiết.

– Nếu L_2 là thấu kính hội tụ và vật A_1B_1 là vật thật thì ảnh $A'B'$ có thể thỏa mãn cả hai điều kiện: lớn hơn vật và cùng chiều vật A_1B_1 . Vậy L_2 là thấu kính hội tụ.

Ảnh A_1B_1 của vật cho bởi L_1 , ở cách L_1 :

$$d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = 0,41\text{m} = 41\text{cm}.$$

Ảnh này cách L_2 một khoảng

$$d_2 = l - d'_1 = 10\text{cm}.$$

Ảnh $A'B'$ của A_1B_1 cho bởi L_2 , ở cách L_2 :

$$d'_2 = -(l + 39) = -(51 + 39) = -90\text{cm}.$$

Vậy L_2 có tiêu cự:

$$f_2 = \frac{d_2 d'_2}{d_2 + d'_2} = 11,25\text{cm}.$$

b) Để ảnh cuối cùng là ảnh ảo, cùng chiều vật AB, tức là ngược chiều ảnh A_1B_1 dùng làm vật đối với nó, thì L_3 phải là thấu kính phân kì. Để ảnh cũng lớn bằng ảnh trước thì độ phóng đại cho bởi hai thấu kính L_2 và L_3 phải bằng nhau, do đó:

$$\left| \frac{d'_3}{d_3} \right| = \left| \frac{d'_2}{d_2} \right| = \frac{90}{10} = 9.$$

Mặt khác ta lại có:

$$|d_3| + |d'_3| = O_1B' + O_1B_1 = 39 + 41 = 80\text{cm}.$$

Suy ra $d_3 = -8\text{cm};$

$$d'_3 = -72\text{cm}$$

(vì L_3 là thấu kính phân kì và $A'B'$ là ảnh ảo).

Và từ đó, tiêu cự của thấu kính L_3 là:

$$f_3 = \frac{d_3 d'_3}{d_3 + d'_3} = -7,2\text{cm}.$$

Khoảng cách từ thấu kính L_3 đến L_1 là:

$$\begin{aligned} l' = O_1O_3 &= O_1A_1 + d_3 = 41 - 8 \\ &= 33\text{cm}. \end{aligned}$$

Quan sát ảnh bằng kính L_2 thì ảnh ở cách mắt 90cm. Còn quan sát ảnh bằng kính L_3 thì ảnh ở cách mắt 72cm. Vậy khi dùng thấu kính L_3 thay cho L_2 mắt phải tăng mức điều tiết, mới trông thấy rõ ảnh của vật.

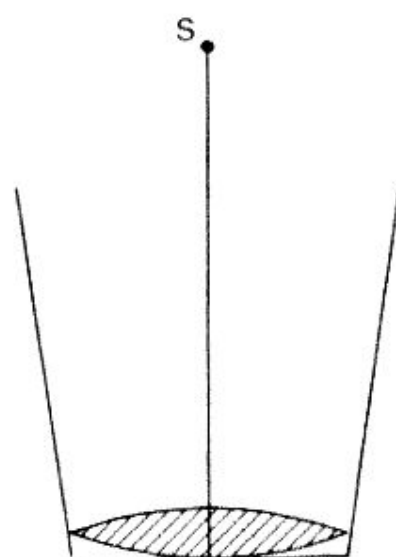
BÀI 31

Một thấu kính mỏng bằng thủy tinh, chiết suất $n = 1,5$ có hai mặt lồi cùng bán kính $R = 20\text{cm}$, được đặt ở đáy một cái cốc

bằng thủy tinh. Một điểm sáng S ở trên trục chính của thấu kính, phía trên cách thấu kính 90cm.

a) Đổ vào cốc một ít nước cho đủ ngập cả thấu kính. Hỏi phải đặt màn ở đâu để hứng ảnh?

b) Đổ thêm nước đến độ cao $h = 12\text{cm}$. Hỏi phải dịch chuyển màn bao nhiêu, theo chiều nào, để hứng ảnh. Cho biết chiết suất của nước $n_0 = 4/3$. Bỏ qua độ dày của đáy cốc.



Hình 31.1

LỜI GIẢI

a) Lớp nước đổ vào làm thành hai thấu kính phẳng lõm, cùng bán kính R , chiết suất $n_0 = \frac{4}{3}$. Tiêu cự và độ tụ của mỗi thấu kính đó là:

$$f' = \frac{-R}{n_0 - 1} = \frac{-20}{\frac{4}{3} - 1} = -60\text{cm} = -0,6\text{m}.$$

$$\Rightarrow D' = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{0,6} = -\frac{5}{3} \text{ điốp}.$$

Tiêu cự và độ tụ của thấu kính thủy tinh là:

$$D_0 = \frac{1}{f_0} = (n - 1) \frac{2}{R} = 5 \text{ điốp};$$

$$\Rightarrow f_0 = \frac{1}{5} = 0,2\text{m} = 20\text{cm}$$

Độ tụ của hệ hai thấu kính phân kì và một thấu kính hội tụ đặt sát nhau là:

$$D = D' + D_0 + D' = \frac{5}{3} \text{ điốp.}$$

Tiêu cự của hệ:

$$f = \frac{1}{D} = \frac{3}{5} \text{ m} = 0,6\text{m} = 60\text{cm.}$$

Để hứng ảnh, màn phải đặt cách đáy cốc:

$$d' = \frac{df}{d - f} = \frac{90.60}{90 - 60} = 180\text{cm.}$$

b) Lớp nước đổ dày $h = 12\text{cm}$ tác dụng như một bản mặt song song, cho một ảnh ảo S_1 của điểm sáng S , dịch chuyển lại gần bản một đoạn:

$$a = h \left(1 - \frac{1}{n_0}\right) = 3\text{cm.}$$

S_1 dùng làm vật cho hệ thấu kính, ở cách hệ một đoạn

$$d_1 = d - 3 = 87 \text{ cm}$$

Do đó ảnh S'' của S ở cách đáy cốc:

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} \approx 193,3\text{cm.}$$

Như vậy phải dịch chuyển màn ra xa đáy cốc một đoạn

$$d'_1 - d' \approx 13,3\text{cm.}$$

BÀI 32

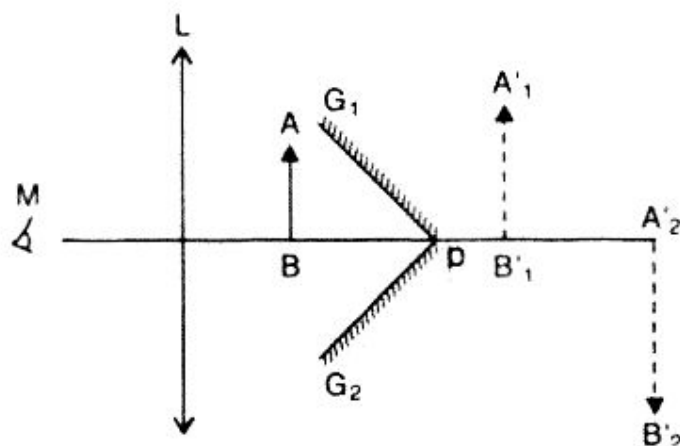
Một thấu kính hội tụ L có quang tâm O , trục chính xy , tiêu cự $f = 12\text{cm}$. Một vật sáng nhỏ AB đặt vuông góc với xy cách O một đoạn $OB = 4\text{cm}$. Mắt người quan sát đặt ở M nhìn vật qua thấu kính. Phía sau vật AB có hai gương phẳng nhỏ G_1 và G_2 đặt đối xứng với nhau qua trục chính xy và đều nghiêng 45° so

với xy, đỉnh P cách B một đoạn $PB = 2\text{cm}$ (Hình 32.1). Biết rằng mắt người quan sát đã nhìn thấy hai ảnh của AB ngược chiều nhau và to bằng nhau. Hãy giải thích và tính khoảng cách từ mắt đến thấu kính L.

LỜI GIẢI

Chùm sáng từ vật AB đi thẳng đến thấu kính L, khúc xạ qua thấu kính tạo ảnh $A'_1B'_1$.

Chùm sáng từ vật AB tới hệ hai gương phẳng G_1G_2 , phản xạ trên hai gương rồi đi tới thấu kính tạo ảnh $A'_2B'_2$.



Hình 32.1

Sơ đồ tạo hai ảnh:

$$AB \xrightarrow[d]{L} A'_1B'_1$$

$$AB \xrightarrow{G_1} A_1B_1 \xrightarrow{G_2} A_2B_2 \xrightarrow[d_2]{L} A'_2B'_2$$

- Xét ảnh $A'_1B'_1$.

Ta có $d = \overline{OB} = 4\text{cm}$

$$\Rightarrow d' = \frac{df}{d-f} = -6\text{cm} < 0;$$

$A'_1B'_1$ là ảnh ảo, cách L một đoạn 6cm.

Độ phóng đại:

$$k = -\frac{d'}{d} = +1,5 > 0;$$

ảnh $A'_1B'_1$ cùng chiều với AB và có độ cao

$$A'_1B'_1 = |k|AB = 1,5.AB$$

– Xét ảnh $A'_2B'_2$.

Ảnh A_1B_1 tạo bởi gương G_1 đối xứng với vật AB qua gương G_1 , do đó ta có $A_1B_1 = AB$ và vì G_1 nghiêng 45° so với AB , (Hình 32.1) A_1B_1 nằm song song với xy , ở phía trên xy cách xy một đoạn $PB_1 = PB = 2\text{cm}$

Ảnh A_2B_2 của A_1B_1 tạo bởi gương G_2 đối xứng với A_1B_1 qua gương G_2 , do đó ta có:

$$A_2B_2 = A_1B_1 = AB$$

và, vì G_2 nghiêng 45° so với A_1B_1 , nên A_2B_2 vuông góc với trục xy (A_2 ở dưới trục xy) và cách P một đoạn

$$B_2P = PB_1 = 2\text{cm} \text{ (} B_2 \text{ ở sau hai gương).}$$

Nghĩa là, A_2B_2 cách thấu kính một đoạn:

$$OB_2 = OB + BP + PB_2 = 8\text{cm}.$$

Ảnh $A'_2B'_2$ của A_2B_2 tạo bởi thấu kính:

$$d_2 = 8\text{cm}$$

$$\Rightarrow d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = -24\text{cm} < 0:$$

$A'_2B'_2$ là ảnh ảo, cách thấu kính 24cm.

$$\text{Độ phóng đại: } k = -\frac{d'_2}{d_2} = 3 > 0:$$

Ảnh $A'_2B'_2$ cùng chiều với A_2B_2 , tức là ngược chiều với AB , và có độ cao:

$$A'_2B'_2 = |k| A_2B_2 = 3.AB.$$

Như vậy mắt đã nhìn thấy hai ảnh $A'_1B'_1$ và $A'_2B'_2$ ngược chiều nhau. Độ cao của hai ảnh khác nhau nhưng mắt nhìn thấy to bằng nhau, là vì ảnh sinh ra trên võng mạc bằng nhau, hay góc trông hai ảnh từ M bằng nhau. Gọi x là khoảng cách từ mắt đến thấu kính ($OM = x$), ta có các góc trông ảnh $A'_1B'_1$ và $A'_2B'_2$ lần lượt bằng:

$$\alpha_1 \approx \frac{A'_1 B'_1}{MB'_1} = \frac{1,5AB}{x+6} ;$$

$$\alpha_2 \approx \frac{A'_2 B'_2}{MB'_2} = \frac{3AB}{x+24}$$

Theo đề bài $\alpha_1 = \alpha_2$,

suy ra $x = 12\text{cm}$: Mắt cách thấu kính một đoạn là 12cm.

BÀI 33

Một kính thiên văn nhỏ được ngắm chừng để một người có mắt bình thường có thể nhìn rõ ảnh của những vật ở xa vô cực mà không cần điều tiết; tiêu cự của vật kính là 1m. Kính thiên văn này được hướng xuống một giếng sâu sao cho trục chính của kính vuông góc với mặt nước và vật kính nằm ngang miệng giếng.

a) Hướng kính thiên văn vào một vật nổi trên mặt nước trong giếng, khi đó mắt muốn thấy ảnh của vật mà không cần điều tiết thì thị kính phải dịch chuyển 8cm ra xa vật kính. Hỏi khi nhắm kính vào ảnh của một điểm sáng nằm ngang miệng giếng qua mặt nước thì thị kính phải dịch chuyển theo chiều nào, một đoạn bao nhiêu, để có thể nhìn thấy ảnh ảo mà không cần điều tiết.

b) Khi thay đổi kính thiên văn như trên, mắt thấy rõ các vật nằm ở đáy giếng mà không cần điều tiết. Tính bề dày lớp nước trong giếng và độ sâu của giếng. Cho biết chiết suất của nước bằng $\frac{4}{3}$.

LỜI GIẢI

a) Khi ngắm chừng vật ở xa vô cực, muốn cho mắt bình

thường quan sát ảnh qua kính mà không cần điều tiết thì thị kính phải cách vật kính một đoạn:

$$l_1 = f_1 + f_2.$$

Khi dùng kính quan sát vật nổi trên mặt nước trong giếng ta có sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[\substack{d \\ \text{Vật kính}}]{\substack{d'_1 \\ \text{Thị kính}}} A_1B_1 \xrightarrow[\substack{d_2 \\ \text{Mắt}}]{\substack{d'_2 \\ \text{Mắt}}} A_2B_2 \rightarrow A_3B_3$$

với d là khoảng cách từ vật đó đến vật kính (tức là từ mặt nước đến vật kính) cũng là khoảng cách từ mặt nước đến miệng giếng (vì vật kính nằm ngang miệng giếng). Vì mắt thấy ảnh mà không điều tiết nên A_2B_2 ở vô cực:

$$d'_2 = \infty$$

$$\Rightarrow d_2 = f_2;$$

ta lại có
$$d'_1 = \frac{df_1}{d - f_1} = \frac{100d}{d - 100} \quad (\text{vì } f_1 = 1\text{m} = 100\text{cm}).$$

Theo đề bài, bây giờ khoảng cách giữa vật kính và thị kính là:

$$l_2 = l_1 + 8 = f_1 + f_2 + 8.$$

Mặt khác $d_2 = l_2 - d'_1.$

Suy ra
$$f_2 = (f_1 + f_2 + 8) - \frac{100d}{d - 100}$$

$$\Rightarrow \frac{100d}{d - 100} = f_1 + 8 = 108$$

$$\Rightarrow d = 1350\text{cm}.$$

Mặt nước cách miệng giếng 1350cm.

Gọi S_1 là điểm sáng nằm ngang miệng giếng và S'_1 là ảnh của điểm sáng này qua mặt nước (coi như gương phẳng), ta thấy S'_1 cách vật kính một khoảng $d_1 = 2d$. Với sơ đồ tạo ảnh

tương tự như trên (S'_1 trở thành vật đối với kính thiên văn) ta có (mắt không điều tiết) :

$$\begin{aligned} d'_2 &= \infty \\ \Rightarrow d_2 &= f_2; \\ d'_1 &= \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{100d}{d - 100} \approx 103,85\text{cm}. \end{aligned}$$

Khoảng cách giữa vật kính và thị kính bây giờ là

$$l_3 = d_2 + d'_1 = f_2 + d'_1$$

So sánh với khoảng cách ban đầu l_1 giữa vật kính và thị kính ta thấy thị kính phải dời đi một đoạn:

$$\Delta l = l_3 - l_1 = d'_1 - f_1 = 3,85\text{cm}.$$

Như vậy so với vị trí đầu tiên thị kính phải dịch chuyển ra xa vật kính một đoạn 3,85cm. Còn so với vị trí thứ hai thị kính phải dịch chuyển lại gần vật kính một đoạn $8 - 3,85 = 4,15\text{cm}$.

b) Thị kính ở cách vật kính:

$$l_3 = f_2 + 103,85 \text{ (cm)}.$$

Sơ đồ tạo ảnh của vật ở đáy giếng:

$$\begin{array}{ccccccc} AB & \xrightarrow{\text{LCP}} & A_1B_1 & \xrightarrow{\text{VK}} & A_2B_2 & \xrightarrow{\text{TK}} & A_3B_3 \\ d_0 & & d'_0 & & d_1 & & d'_1 & & d_2 & & d'_2 \end{array}$$

Mắt nhìn thấy ảnh các vật ở đáy giếng mà không cần điều tiết nên A_3B_3 ở vô cực: $d'_2 = \infty$ và $d_2 = f_2$.

- Xét ảnh A_1B_1 :

$$\begin{aligned} \frac{d_0}{d'_0} &= \frac{n}{1} \\ \Rightarrow d'_0 &= \frac{d_0}{n} = \frac{3}{4}d = \frac{3}{4}h, \end{aligned}$$

với h là bề dày của lớp nước trong giếng.

Khoảng cách từ A_1B_1 tới vật kính là:

$$d_1 = \frac{3}{4}h + d$$

($d = 1350\text{cm}$).

Ta có $d_2 = \ell_3 - d'_1 = f_2$

$$\Leftrightarrow \ell_3 = d'_1 + f_2$$

mà $\ell_3 = f_2 + 103,85$

$$\Leftrightarrow d'_1 + f_2 = f_2 + 103,85$$

$$\Leftrightarrow d'_1 = 103,85.$$

với
$$d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{100(\frac{3}{4}h + 1350)}{\frac{3}{4}h + 1250}$$

Suy ra $h = 1800\text{cm} = 18\text{m}$.

Vậy bề dày của lớp nước trong giếng là 18m và độ sâu của giếng là

$$H = h + d = 19,35\text{m}.$$

II. TÍNH CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

BÀI 34

Chiếu một chùm sáng trắng song song hẹp, coi như một tia sáng SI, vào một bể đựng nước với độ sâu 1m, dưới góc tới 60° . Dưới đáy bể có một gương phẳng đặt song song với mặt nước. Tính chiều rộng của dải màu mà ta thu được ở chùm sáng ló ra khỏi mặt nước. Cho biết chiết suất của nước đối với ánh sáng tím là 1,34 và đối với ánh sáng đỏ là 1,33.

LỜI GIẢI

Gọi $IJ_tK_tR_t$ và $IJ_dK_dR_d$ là các đường đi của tia tím và tia đỏ (Hình 34.1); i là góc tới; r_t và r_d là góc khúc xạ của tia tím và tia đỏ; h là chiều sâu của lớp nước trong bể. Theo hình vẽ ta có

$$IK_t = 2htgr_t;$$

$$IK_d = 2htgr_d.$$

Từ đó:

$$K_tK_d = IK_d - IK_t = 2h (tgr_d - tgr_t) \quad (1)$$

Gọi a là chiều rộng của dải màu khi ló ra ngoài không khí, ta có

$$a = K_tK_d \cos i \quad (2)$$

(do tính đối xứng của các tia sáng đối với pháp tuyến của gương).

Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng ta có:

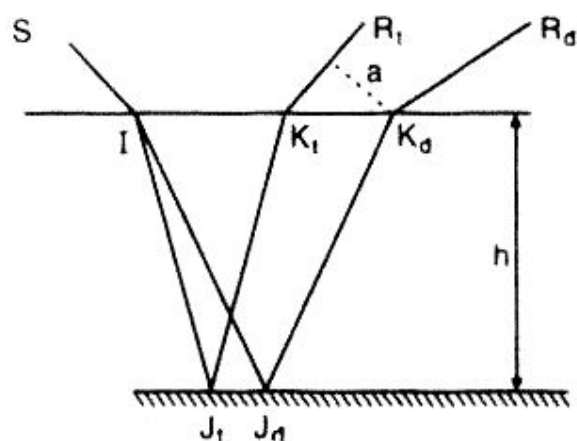
$$\sin r_d = \frac{\sin i}{n_d},$$

với $i = 60^\circ, \quad n_d = 1,33.$

Suy ra
$$\sin r_d = \frac{\sqrt{3}}{2,66},$$

$$\cos r_d = \sqrt{1 - \sin^2 r_d} = \frac{\sqrt{4,07}}{2,66}$$

và
$$tgr_d = \sqrt{\frac{3}{4,07}} \approx 0,858.$$



Hình 34.1

Tương tự, với $n_t = 1,34$ ta có

$$\text{tgr}_t = \sqrt{\frac{3}{4,18}} \approx 0,847$$

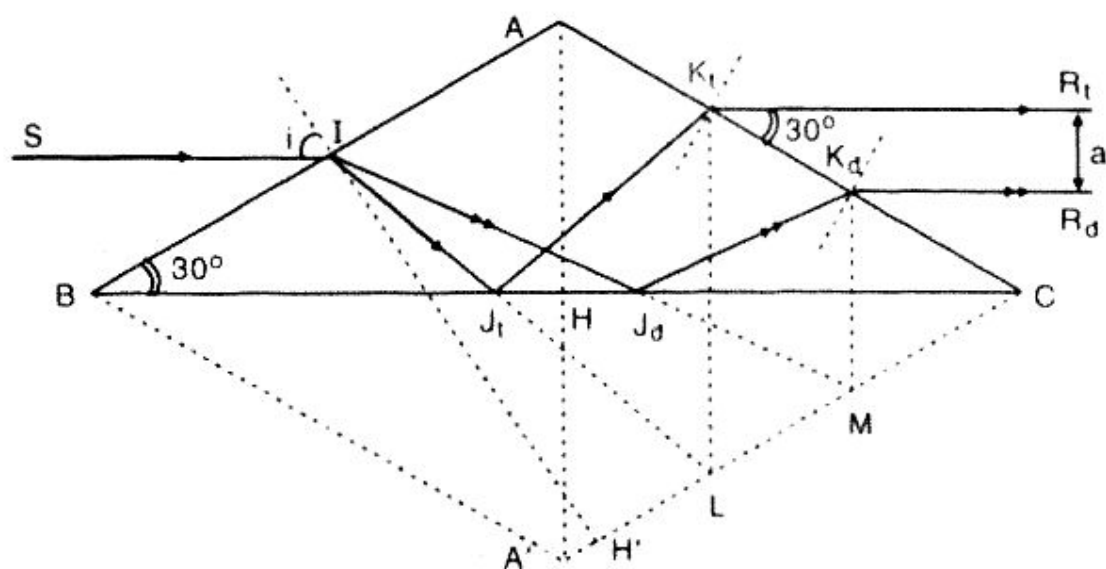
với $h = 1\text{m}$, từ (2) ta có

$$a = 2 (0,858 - 0,847) \approx 0,022\text{m}$$

$$\Rightarrow a = 22\text{mm}.$$

BÀI 35

Một lăng kính có dạng tam giác cân ABC, góc chiết quang bằng 120° , làm bằng thủy tinh, có chiết suất phụ thuộc vào bước sóng, ứng với tia đỏ và tia tím chiết suất lần lượt là $n_d \approx \sqrt{2}$ và $n_t \approx \sqrt{3}$. Đặt lăng kính trong không khí và chiếu một tia sáng trắng SI theo phương song song với đáy BC, tới đập vào mặt bên AB tại điểm I (Hình 35.1)



Hình 35.1

a) Chứng minh rằng tại mọi khúc xạ đều phản xạ toàn phần tại mặt đáy BC và chùm ló khỏi mặt AC song song với

đáy BC. Mô tả quang phổ của chùm ló đó.

b) Tính độ rộng của nó. Độ rộng đó có phụ thuộc vào điểm tới I không. Cho biết chiều cao của lăng kính $AH = h = 5\text{cm}$.

LỜI GIẢI

a) Vì góc $\hat{A} = 120^\circ$

nên $\hat{B} = \hat{C} = \frac{60}{2} = 30^\circ$

Góc tới i của tia sáng SI trên mặt AB là

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow r_d = 37^\circ 45'.$$

Như vậy chùm tia khúc xạ trong lăng kính có đủ các màu của quang phổ (khả kiến) giới hạn bởi: tia tím IJ_t lệch nhiều nhất, gần pháp tuyến nhất ($r_t = 30^\circ$), và tia đỏ IJ_d lệch ít nhất ($r_d = 37^\circ 45'$). Ở mặt BC các tia tím IJ_t và tia đỏ IJ_d lần lượt có góc tới:

$$i_t = 30^\circ + r_t = 60^\circ;$$

$$i_d = 30^\circ + r_d = 67^\circ 45'.$$

Góc giới hạn phản xạ toàn phần ứng với các tia tím và tia đỏ được xác định bởi:

$$\sin(i_{gh})_t = \frac{1}{n_t} \approx 0,577$$

$$\Rightarrow (i_{gh})_t \approx 35^\circ 15';$$

và
$$\sin(i_{gh})_d = \frac{1}{n_d} \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow (i_{gh})_d = 45^\circ.$$

Ta nhận thấy: $i_t > (i_{gh})_t$ và $i_d > (i_{gh})_d$. Nghĩa là hai tia giới hạn IJ_t , và IJ_d của chùm khúc xạ đều phản xạ toàn phần tại mặt BC. Do đó mọi tia sáng trong chùm khúc xạ đều phản xạ toàn phần ở mặt BC.

Ta xét chùm tia ló khỏi mặt AB (Hình 35.1). Do sự đối xứng trong hiện tượng phản xạ và do cấu tạo đối xứng của lăng kính (đối với đường cao AH), góc tới ở mặt AC đối với tia tím và tia đỏ lần lượt là:

$$i_{K_t} = r_t = 30^\circ;$$

$$i_{K_d} = r_d = 37^\circ 45'.$$

Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại K_t và K_d ta suy ra các góc khúc xạ tại mặt AC (góc ló) là:

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

Như vậy chùm tia ló ra khỏi mặt AC là chùm song song với đáy BC. Ngoài ra khi phản xạ toàn phần trên mặt BC ta có $i_t < i_d$. Do đó điểm tới K_t của tia tím cách xa đáy BC hơn điểm tới K_d của tia đỏ. Vậy chùm tia ló có đủ màu của quang phổ, ánh sáng tím ở trên, ánh sáng đỏ ở dưới.

b) Để tính được độ rộng a của chùm tia ló, ta vẽ các điểm A' , L, M lần lượt là điểm đối xứng với A, K_t , K_d đối với BC và dựng $IH' \perp A'C$ (Hình 35.1). Ta có

$$a = K_t K_d \sin 30^\circ = \frac{K_t K_d}{2}$$

Mặt khác $K_t K_d = LM = H'M - H'L = IH' (tgr_d - tgr_l)$.

Từ hình vẽ ta thấy IH' có độ dài bằng đường cao của tam giác đều ABA' , do đó

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

Vậy: $LM = h\sqrt{3} (tgr_d - tgr_l) = K_t K_d$

và, từ đó $a = \frac{h\sqrt{3}}{2} (tgr_d - tgr_l)$

Thay số ta được

$$a \approx 0,854 \text{ cm.}$$

Qua các phép tính trên đây ta thấy độ rộng a chỉ phụ thuộc vào độ dài của IH' , mà độ dài này bằng chiều cao của tam giác đều có cạnh AB , nghĩa là có một giá trị nhất định không phụ thuộc vào điểm tới I . Vậy độ rộng của chùm tia ló không phụ thuộc vào điểm tới I của tia sáng đập vào mặt AB .

BÀI 36

Hai lăng kính có cùng góc ở đỉnh là $A = 20^\circ$, làm bằng thủy tinh có 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 một 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). Tính khoảng vân và số vân quan sát được trên màn, biết

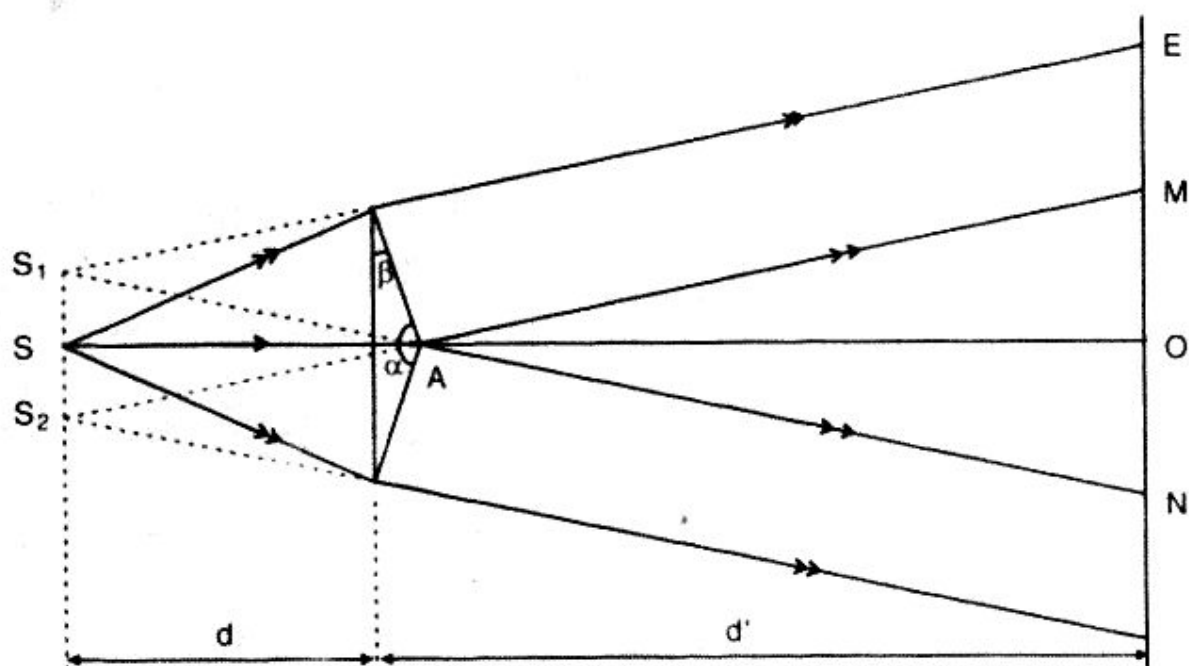
khoảng cách từ màn tới lưỡng lăng kính là $d' = 200\text{cm}$.

b) 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' nói trên đi xa dần lưỡng lăng kính theo phương vuông góc với màn E.

LỜI GIẢI



Hình 36.1

a) Ta có $a = S_1S_2 = 2d \tan D \approx 2dD$ (Hình 36.1).

Với góc nhỏ ta có

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

với $A = 20' \approx 20.3.10^{-4}\text{rad} = 6.10^{-4}\text{rad}$.

Biết $d = 50\text{cm}$, ta được $a \approx 3\text{mm}$.

Khoảng vân:

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

với

$$\lambda = 0,5 \mu\text{m} = 5 \cdot 10^{-7} \text{m};$$

$$d' = 200 \text{cm} = 2 \text{m}; d = 50 \text{cm} = 0,5 \text{m};$$

$$a = 3 \text{mm} = 3 \cdot 10^{-3} \text{m}$$

Suy ra $i \approx 0,42 \text{mm}.$

Theo đề bài ta tính được bề rộng $MN = l$ của trường giao thoa (vùng mà hai chùm khúc xạ qua hai lăng kính giao nhau) Hình 36.1, ta có:

$$l = 2d' \cdot \text{tg} D \approx 2d'D = 2(n - 1)d'A \approx 12 \text{mm}.$$

Do đó số vân sáng quan sát được trong mỗi nửa trường giao thoa (OM hoặc ON trên hình 36.1, không kể vân sáng trung tâm tại O, được xác định bởi:

$$\frac{l}{2} = ki$$

$$\Rightarrow k = \frac{l}{2i}.$$

Ta có $\frac{l}{2i} \approx 14,3$

Vậy $k = 14$

và tổng số vân sáng quan sát được là:

$$N = 2k + 1 = 29 \text{ vân}.$$

b) + Thay nguồn sáng S bằng nguồn S' có $\lambda' = 0,45 \mu\text{m}$:

Ta có khoảng vân mới:

$$i' = \frac{\lambda'(d + d')}{a} = 0,375 \text{mm}.$$

Suy ra tổng số vân sáng quan sát được là:

$$N' = \frac{l}{i'} + 1 \approx 33 \text{ vân}$$

+ Nếu nguồn S' dịch ra xa lăng kính thì d tăng lên.

$$\begin{aligned}\text{Ta có } i' &= \frac{\lambda(d + d')}{a} = \frac{\lambda(d + d')}{2(n - 1)dA} \\ &= \frac{\lambda'}{2(n - 1)A} + \frac{\lambda'd'}{2(n - 1)dA}.\end{aligned}$$

Ta thấy khi d tăng lên, khoảng vân i' giảm đi. Số vân quan sát được giảm đi, vì bề rộng l của trường giao thoa không thay đổi.

Khi nguồn S' ở xa vô cùng ($d \rightarrow \infty$), khoảng vân i' có giá trị:

$$i'_{\min} = \frac{\lambda'}{2(n - 1)A} = 0,075\text{mm}.$$

Và số vân quan sát được khi đó bằng:

$$N' = \frac{l}{i'_{\min}} + 1 = 161.$$

(Cần chú ý rằng, trên thực tế khi d đủ lớn thì khoảng cách a của hai nguồn kết hợp S_1S_2 khá lớn, khiến cho trường giao thoa thu hẹp lại và ta không quan sát được hệ vân giao thoa trên màn nữa).

BÀI 37

Trong thí nghiệm giao thoa Iâng, hai nguồn cách nhau $S_1S_2 = 1\text{mm}$; khoảng cách từ nguồn S đến hai nguồn S_1S_2 là $d = 1\text{m}$ và khoảng cách từ S_1S_2 đến màn quan sát là $D = 2\text{m}$.

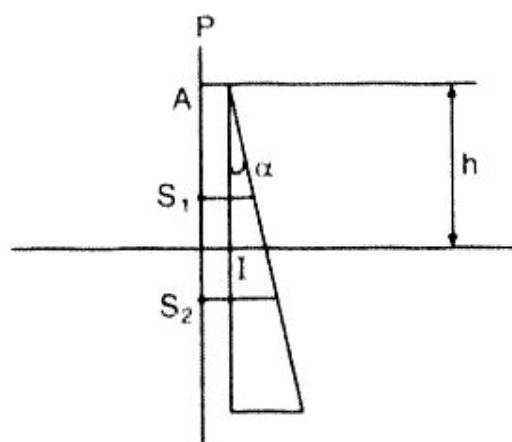
1) Tính khoảng vân, biết ánh sáng đơn sắc do S phát ra có bước sóng $\lambda = 0,6\mu\text{m}$.

2) Đặt sát vào màn P chứa hai khe S_1S_2 một lăng kính thủy tinh có góc chiết quang $\alpha = 10^{-2}\text{rad}$, chiết suất $n = 1,5$ cạnh song song với các khe, xa trung điểm I một đoạn $h = 1\text{cm}$ về phía S_1 . (Hình 37.1).

a) Tính bề dày của lăng kính tại chỗ các tia sáng từ S_1S_2 phải đi qua để tới màn quan sát E.

b) Xác định vị trí vân trung tâm O' trên màn E.

c) Chứng minh rằng vị trí vân trung tâm không phụ thuộc vào h , và nếu khe S ở vị trí bất kì S' thì vị trí vân trung tâm mới O'' nằm trên đường đi của tia sáng $S'I$ sau khi qua lăng kính (giả sử màn P được bỏ đi).



Hình 37.1

LỜI GIẢI

1) Khoảng vân:

$$i = \frac{\lambda D}{a} = 1,2\text{mm}.$$

2) a) Bề dày của lăng kính tại chỗ các tia sáng từ S_1 và S_2 đi qua là (hình 37.1) là:

$$l_1 = AS_1 \text{tg}\alpha \approx AS_1 \cdot \alpha; \quad l_2 = AS_2 \text{tg}\alpha \approx AS_2 \cdot \alpha,$$

với
$$AS_1 = AH - S_1H = h - \frac{a}{2} = \frac{2h - a}{2}$$

$$AS_2 = AH + S_2H = h + \frac{a}{2} = \frac{2h + a}{2}$$

Do đó
$$l_1 = (2h - a) \frac{\alpha}{2}; \quad l_2 = (2h + a) \frac{\alpha}{2}$$

Thay số ta được

$$l_1 \approx 0,095\text{mm};$$

$$l_2 = 0,105\text{mm}.$$

b) Lăng kính làm cho hiệu đường đi tăng thêm một lượng (giống như bản mặt song song) $e(n-1)$, với e là bề dày lăng kính tại chỗ tia sáng đi qua. Do đó hiệu đường đi của hai tia S_1M và S_2M , từ S_1 và S_2 tới điểm M trên màn E bây giờ là:

$$\begin{aligned} d'_2 - d'_1 &= [d_2 + l_2(n-1)] - [d_1 + l_1(n-1)] \\ &= d_2 - d_1 + (l_2 - l_1)(n-1) \end{aligned}$$

$\Rightarrow d'_2 - d'_1 = \frac{ax}{D} + a\alpha(n-1)$, (x là tọa độ của M trên màn E)

Vân sáng trung tâm ứng với

$$d'_2 - d'_1 = 0,$$

suy ra $\frac{ax_0}{D} + a\alpha(n-1) = 0$

$$\Rightarrow x_0 = -(n-1)\alpha.D \quad (1)$$

Thay số ta được: $x = -10^{-2}m = -1cm$.

Như vậy, so với trường hợp không có lăng kính, vân trung tâm mới O' dịch chuyển về phía S_2 (vì $x < 0$), dưới đường IH một đoạn $x = 1cm$.

(Điều này tương đương với trường hợp đặt trước S_1 và S_2 hai bản mỏng có bề dày l_1 và l_2).

c) Theo biểu thức của x_0 (1) ta thấy x_0 không phụ thuộc vào h . Như vậy vị trí của vân trung tâm không phụ thuộc h .

Giả sử khe S ở vị trí bất kì S' và $S'S \parallel S_1S_2$ và S' cách S một khoảng b bất kì (Hình 37.2). Nếu không có lăng kính thì hiệu đường đi của các tia sáng tới màn bị giảm đi một lượng bằng $S'S_2 - S'S_1$. (Khi nguồn sáng ở S thì hiệu đường đi chỉ bằng

$$S_2M - S_1M \text{ (vì } SS_1 = SS_2) \quad \text{(Hình 37.2)}$$

Tính toán tương tự như khi tính $d_2 - d_1$.

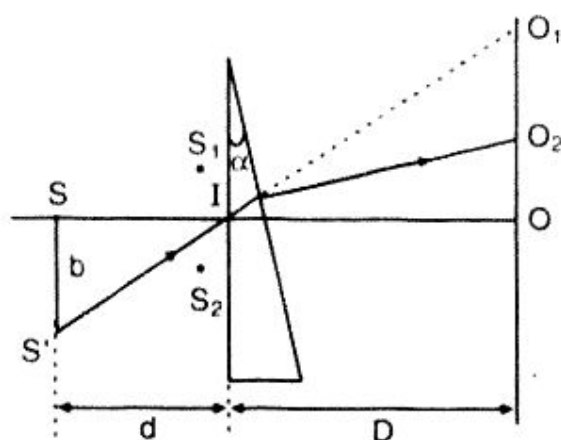
(Xem SGK Vật lí 12), ta có

$$S'S_2 - S'S_1 = -\frac{ab}{d} \quad (2)$$

Nếu có lăng kính thì do có lăng kính mà hiệu đường đi tăng thêm một lượng bằng

$$a \cdot \alpha(n-1).$$

Như vậy khi nguồn sáng ở vị trí bất kì S' , hiệu đường đi tổng cộng của hai tia giao thoa tại M là:



Hình 37.2

$$d'_2 - d'_1 = d_2 - d_1 + a\alpha(n-1) - \frac{ab}{d}$$

$$d'_2 - d'_1 = \frac{ax}{D} + a\alpha(n-1) - \frac{ab}{d} \quad (3)$$

Gọi O'' là vị trí mới của vân sáng trung tâm (ứng với $d'_2 - d'_1 = 0$), ta có

$$\frac{ax'_0}{D} + a\alpha(n-1) - \frac{ab}{d} = 0 \quad (4)$$

$$\Rightarrow OO' = x'_0 = \frac{bD}{d} - (n-1)\alpha \cdot D \quad (5)$$

Ta cũng thấy vị trí của vân sáng trung tâm O'' không phụ thuộc h . Bây giờ ta chứng minh O'' nằm trên đường đi của tia $S'I$. Xét tia $S'I$ có đường kéo dài gặp màn quan sát tại O_1 . Ta có

$$OO_1 = \frac{bD}{d} \text{ (xét tam giác đồng dạng, hình 37.2). Góc lệch } \Delta \text{ của}$$

tia ló gặp màn quan sát tại O_1 là:

$$\Delta = (n-1)\alpha.$$

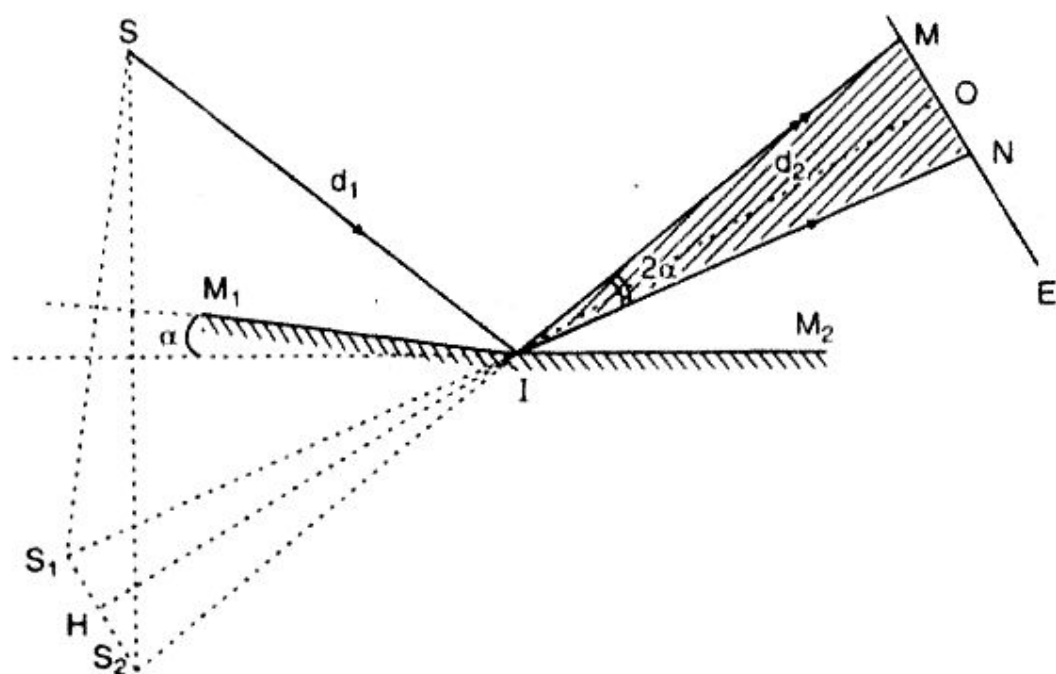
$$\text{Suy ra } O_1O_2 = IO_2 \cdot \Delta \approx IO \cdot \Delta = (n-1)\alpha \cdot D$$

$$\Rightarrow OO_2 = OO_1 - O_1O_2 = \frac{bD}{d} - (n-1)\alpha \cdot D \quad (6)$$

Đối chiếu (5) và (6), ta thấy $OO'' = OO_2$, có nghĩa là vị trí O'' của vân trung tâm mới chính là điểm O_2 , nằm trên đường đi của tia sáng $S'I$ sau khi qua lăng kính.

BÀI 38

Hai gương phẳng M_1, M_2 đặt nghiêng với nhau một góc rất nhỏ $\alpha = 5 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ (gọi là hai gương *Frênxen*); khoảng cách từ giao tuyến I của hai gương đến khoảng S và màn quan sát E đặt song song với S_1S_2 (là ảnh của S tạo bởi hai gương) lần lượt bằng $d_1 = 1 \text{ m}$; $d_2 = 1 \text{ m}$. Bước sóng của ánh sáng đơn sắc do S phát ra là $\lambda = 0,54 \mu\text{m}$ (Hình 38.1).



Hình 38.1

- a) Tính khoảng vân và số vân quan sát được trên màn E .
- b) Nếu S là nguồn phát ánh sáng trắng ($0,4 \leq \lambda \leq 0,8 \mu\text{m}$) thì tại điểm M cách vân trung tâm O một khoảng $x = 0,8 \text{ mm}$ có những bức xạ nào cho vân tối?
- c) Giữ nguyên vị trí gương M_2 , cho M_1 tịnh tiến trong mặt phẳng của nó đến vị trí I_1M_1 , với $I_1I = b$. Tính b để bề rộng của

trường giao thoa giảm đi một nửa. Cho biết tia tới SI tạo ra gương M_1 một góc $\beta = 30^\circ$.

LỜI GIẢI

a) (Hình 38.1)

S_1 và S_2 là ảnh ảo của khe S tạo bởi hai gương, được coi như hai nguồn kết hợp, hai chùm sáng phản xạ trên hai gương có phần giao nhau MIN, tại đó có các vân giao thoa.

Ta có $\widehat{S_1IS_2} = 2\alpha$;

$$S_1S_2 = a = 2d_1 \sin \alpha \approx 2d_1 \alpha.$$

Khoảng cách từ hai nguồn kết hợp đến màn quan sát:

$$D = HO = d_1 \cos \alpha + d_2 \approx d_1 + d_2, (\cos \alpha \approx 1).$$

$$\text{Khoảng vân } i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{\lambda(d_1 + d_2)}{2d_1 \alpha} \approx 10^{-4} \text{m} = 0,01 \text{cm}.$$

Bề rộng của trường giao thoa trên màn E:

$$MN = 2l = 2d_2 \sin \alpha \approx 2d_2 \alpha = 10^{-2}$$

Số vân quan sát được:

$$N = \frac{2l}{i} + 1 = \frac{4\alpha d_1 d_2}{\lambda(d_1 + d_2)} + 1 = 101 \text{ vân}$$

b) Các bức xạ cho vân tối tại M ($x = OM = 0,8 \text{mm}$) có bước sóng λ thỏa mãn điều kiện:

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

với $a = 2d_1 \alpha$

và $D = d_1 + d_2 = 2d_1$

(vì $d_1 = d_2 = 1 \text{m}$),

hay $x = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{\alpha}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2\alpha x}{2k+1} \quad (1)$$

Thay vào (1) $x = 0,8\text{mm}$, $\alpha = 5.10^{-3}\text{rad}$ và biết

$$0,4 \leq \lambda \leq 0,8\mu\text{m},$$

$$\Rightarrow 0,4.10^{-6} \leq \frac{8.10^{-6}}{2k+1} \leq 0,8.10^{-6}$$

$$\Leftrightarrow 0,4 \leq \frac{8}{2k+1} \leq 0,8$$

$$\Leftrightarrow 4,5 \leq k \leq 9,5 \quad (2)$$

Như vậy là chỉ có thể có các trị số $k = 5, 6, 7, 8, 9$.

Thay lần lượt các trị số đó của k vào (1), suy ra:

$$k = 5 \Rightarrow \lambda = 0,727\mu\text{m}$$

$$k = 6 \Rightarrow \lambda = 0,615\mu\text{m}$$

$$k = 7 \Rightarrow \lambda = 0,533\mu\text{m}$$

$$k = 8 \Rightarrow \lambda = 0,471\mu\text{m}$$

$$k = 9 \Rightarrow \lambda = 0,421\mu\text{m}$$

Đó là bước sóng của các bức xạ cho vân tối tại M.

c) Để cho bề rộng của trường giao thoa giảm đi một nửa thì vị trí gương G_1 phải như hình vẽ. (Hình 38.2). Kí hiệu

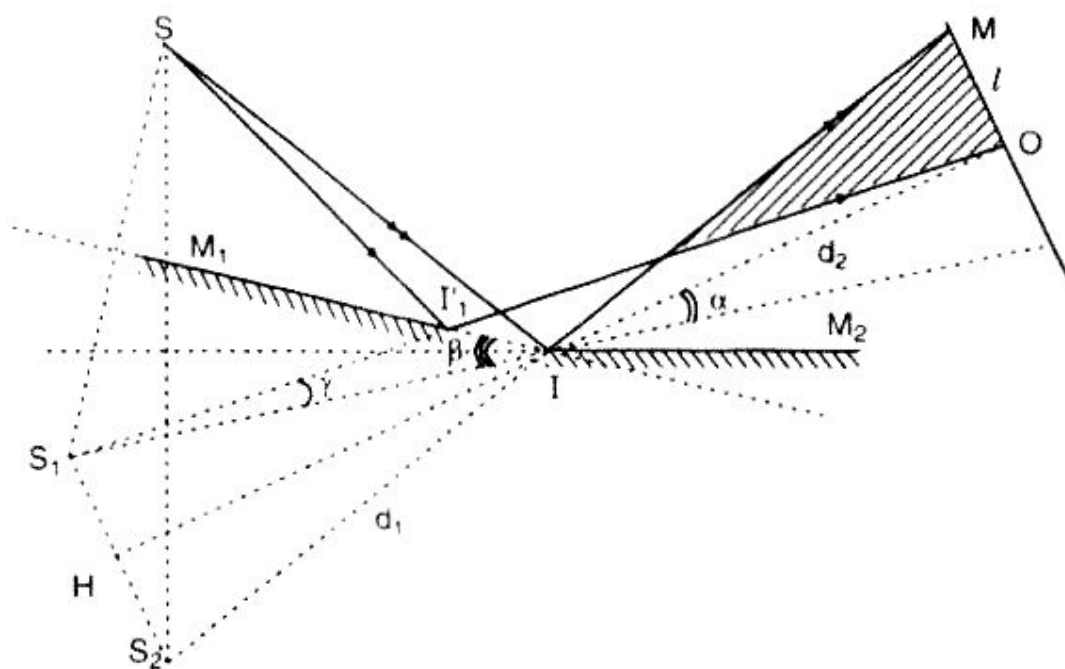
$$\widehat{I'_1 S_1 I} = \gamma$$

và biết $\widehat{I'_1 I S_1} = \beta = 30^\circ$.

Xét tam giác $S_1 I I'_1$, ta có:

$$\frac{I I_1}{\sin \gamma} = \frac{I S_1}{\sin \widehat{S_1 I' I}}$$

$$\Rightarrow \frac{b}{\sin \gamma} = \frac{d_1}{\sin(\beta + \gamma)}$$



Hình 38.2

$$\Rightarrow \frac{b}{d_1} = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta \cos \gamma + \sin \gamma \cos \beta}$$

Vì góc γ là nhỏ nên $\sin \gamma \approx \gamma$ và $\cos \gamma \approx 1$, do đó ta có:

$$b \approx \frac{\gamma d_1}{\sin \beta + \gamma \cos \beta} \approx \frac{\gamma d_1}{\cos \beta \sin \beta} \quad (3)$$

Xét tam giác S_1IO , ta lại có:

$$\frac{IO}{\sin \gamma} = \frac{IS_1}{\sin(\alpha - \gamma)}$$

Vì γ và α đều nhỏ nên ta có:

$$\frac{d_2}{\gamma} = \frac{d_1}{\alpha - \gamma},$$

suy ra
$$\gamma = \frac{\alpha d_2}{d_1 + d_2} = \frac{\alpha}{2} \text{ (vì } d_1 = d_2 \text{)}.$$

Thay vào (3), ta được

$$b = \frac{2\gamma d_1}{2\sin\beta + \alpha\cos\beta}.$$

Thay số ta được:

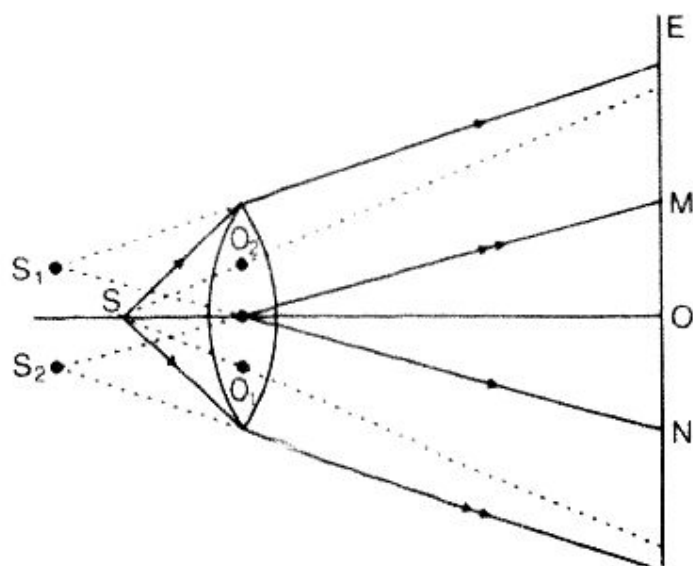
$$b \approx 9,96 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 9,96 \text{ mm}.$$

BÀI 39

Một thấu kính hội tụ (tiêu cự $f = 15\text{cm}$) được chia đôi theo mặt phẳng chứa quang trục chính, rồi cắt đi mỗi nửa một lớp dày $h = 1,25\text{mm}$ tính từ quang tâm, xong dán lại thành lưỡng thấu kính (Hình 39.1, trong đó O_1 là vị trí quang tâm vốn có (ban đầu) đối với nửa thấu kính trên, O_2 đối với nửa thấu kính dưới). Một nguồn sáng điểm S , phát 3 bức xạ đơn sắc thuộc vùng đỏ, vùng lục, vùng lam có bước sóng lần lượt là $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, được đặt trên trục đối xứng của lưỡng thấu kính, cách thấu kính một khoảng $d_1 = 7,5\text{cm}$. Phía sau lưỡng thấu kính người ta đặt một màn E vuông góc với trục đối xứng của lưỡng thấu kính và cách lưỡng thấu kính khoảng $d_2 = 235\text{cm}$.

a) Xác định khoảng cách a giữa hai ảnh S_1, S_2 của S tạo bởi lưỡng thấu kính. Vẽ đường đi của tia sáng qua lưỡng thấu kính.

b) Che nguồn S lần lượt bằng kính đỏ và



Hình 39.1

kính lọc (để lọc bức xạ đỏ, hoặc bức xạ lục) trên màn E có hai hệ vân giao thoa với các khoảng vân tương ứng bằng $i_1 = 0,64\text{mm}$ và $i_2 = 0,54\text{mm}$. Xác định λ_1 và λ_2 của hai bức xạ đó.

c) Do thiếu kính lọc màu lam, người ta dùng một kính lọc để lọc đồng thời hai bức xạ đỏ và lam. Khi đó trên màn E ta quan sát được các cực đại giao thoa cả hai loại màu, đỏ và lam. Đồng thời ở các vân số 0, số 3 và số 6 của hệ vân đỏ thấy có sự trùng khít với các vân sáng màu lam. Xác định bước sóng màu lam λ_1 , biết rằng $0,46\text{ }\mu\text{m} \leq \lambda_3 \leq 0,50\text{ }\mu\text{m}$.

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 giao thoa 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?

LỜI GIẢI

a) 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 cắt đi rất nhỏ, nên các khoảng cách các ảnh vẫn có thể tính toán như vật đặt trên trục chính. Ta có:

$$d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = -15\text{cm:}$$

S_1 và S_2 là ảnh ảo, cách thấu kính 15cm.

Mỗi ảnh này đều nằm trên đường thẳng nối S với quang tâm ban đầu của nửa thấu kính tương ứng (Hình 39.1). Các tia ló qua mỗi nửa thấu kính đều có đường kéo dài giao nhau tại ảnh đó. Đường đi của tia sáng qua lưỡng thấu kính vẽ như trên hình 39.1.

Hai tam giác đồng dạng SS_1S_2 và SO_1O_2 cho ta:

$$\frac{S_1 S_2}{O_1 O_2} = \frac{|d'_1| - d_1}{d_1}.$$

Suy ra $a = S_1 S_2 = \frac{|d'_1| - d_1}{d_1} \cdot O_1 O_2$

với $O_1 O_2 = 2h$

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

b) S_1 và S_2 là hai nguồn kết hợp. Hai chùm tia khúc xạ bởi hai nửa thấu kính có vùng giao thoa, tại đó xảy ra hiện tượng giao thoa. Với mỗi bức xạ λ , khoảng vân có biểu thức:

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

Từ đó suy ra

$$\lambda = \frac{ai}{|d'_1| + d_2} = i \cdot 10^{-3} \text{ (m)}$$

Dựa theo đề bài ta có:

$$\lambda_1 = i_1 \cdot 10^{-3} = 0,64 \cdot 10^{-6} \text{m} = 0,64\mu\text{m}$$

$$\lambda_2 = i_2 \cdot 10^{-3} = 0,54 \cdot 10^{-6} \text{m} = 0,54\mu\text{m}$$

c) Gọi x là tọa độ của điểm trên màn E, tại đó có sự trùng khít của các vân giao thoa sáng màu đỏ và màu lam, ta có:

$$x = k_1 i_1 = k_3 i_3$$

$$\Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_3 \lambda_3,$$

với $k_1 = 0,3$ và 6 . Suy ra

$$k'_3 \lambda_3 = 3\lambda_1, \quad k'_3 \lambda_3 = 6\lambda_1,$$

$$\Rightarrow (k'_3 - k_3) \lambda_3 = 3\lambda_1$$

$$\Rightarrow n\lambda_3 = 3\lambda_1$$

$$\Rightarrow \lambda_3 = \frac{3\lambda_1}{n} = \frac{1,92}{n} \mu\text{m}.$$

Mặt khác theo đề bài:

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

$$\text{Suy ra} \quad 0,46 \leq \frac{1,92}{n} \leq 0,50$$

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

Vậy $n = 4$, và từ đó

$$\lambda_3 = \frac{1,92}{n} = 0,48 \mu\text{m}.$$

d) Khi không dùng kính lọc thì cả 3 bức xạ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ đều có hệ vân giao thoa trên màn. Vân trung tâm là vân sáng với mọi bước sóng, do đó tại trung tâm O có sự chồng chập ba vân sáng của ba bức xạ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ tạo ra cảm giác sáng trắng. Từ vân trung tâm, về cả hai bên, do khoảng vân của 3 hệ vân có trị số khác nhau nên các vân sáng ứng với các bước sóng khác nhau sẽ so le nhau. Nhưng tại những vị trí xác định trên màn (ngoài O), lại có xảy ra sự chồng chập ba vân sáng của ba bức xạ $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ và ta lại quan sát được các vân trắng giống như tại O. Và số vân trắng quan sát được tùy thuộc vào bề rộng của trường giao thoa.

Trước hết ta xét các vị trí trên màn E mà tại đó có sự chồng chập các vân sáng của $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$; các vị trí này được xác định từ điều kiện:

$$x = k_1 i_1 = k_2 i_2 = k_3 i_3$$

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

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

$$\text{hay} \quad 2^6 k_1 = 2 \cdot 3^3 k_2 = 2^4 \cdot 3 k_3$$

Bội số chung của các số này là:

$$K = 2^6 \cdot 3^3 \cdot k_1 k_2 k_3 \\ = 1728n,$$

với n là số nguyên.

Ta có bảng kết quả sau đây:

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

Trị số khả dĩ của x tùy thuộc vào bề rộng của trường giao thoa. Theo hình 39.1, bề rộng l của trường giao thoa được tính như sau:

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

$$\Rightarrow l = \frac{d_2}{|d'_1|} a \approx 39,2\text{mm}$$

Như vậy trị số cực đại của x là

$$x_{\max} = \frac{l}{2} = 19,6\text{mm}.$$

Đối chiếu với bảng trên, ta thấy chỉ có một vân sáng trắng (ứng với $n = 1$) ở vị trí $x_1 = 17,28\text{mm}$. Như vậy, số vân sáng trắng tổng cộng quan sát được là

$$N = 1 + 2 \cdot 1 = 3 \text{ vân}$$

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

$$k_0 = 0, k_1 = \pm 27.$$

III. LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

BÀI 40

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 $i = 98\text{mA}$; dòng này có thể làm triệt tiêu bằng một hiệu điện thế hãm $U_h = 1,26\text{V}$.

a) Tìm công thoát của electron đối với kim loại làm catốt và vận tốc ban đầu cực đại của electron quang điện.

b) Giả sử cứ 2 photon đập vào catốt thì làm bật ra một electron (hiệu suất quang điện bằng 50%). Tính công suất của nguồn bức xạ chiếu vào catốt (coi như toàn bộ công suất của nguồn được chiếu vào catốt).

LỜI GIẢI

a) Ta có
$$eU_h = \frac{mv_{0\text{max}}^2}{2},$$

suy ra
$$v_{0\text{max}} = \sqrt{\frac{2eU_h}{m}} \approx 9,7 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

Theo công thức Anhstang

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_0^2}{2},$$

ta có
$$A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - eU_h \approx 2,9 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 1,8\text{eV}$$

b) Gọi n_0 là số electron bị bật ra khỏi catốt mỗi giây, cường độ dòng bão hòa bằng:

$$i = n_0 e$$

suy ra
$$n_0 = \frac{i}{e}$$

Số photon đập vào catốt mỗi giây bằng

$$N = 2n_0 = \frac{2i}{e}$$

Năng lượng bức xạ mà catốt nhận được mỗi giây là công suất của nguồn:

$$P = N\varepsilon = N \frac{hc}{\lambda} = \frac{2i}{e} \cdot \frac{hc}{\lambda}$$

Thay số: $i = 98\text{mA}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{J.s}$
 $c = 3 \cdot 10^8\text{m/s}$, $\lambda = 0,405\mu\text{m} = 0,405 \cdot 10^{-6}\text{m}$

ta được
$$P = 0,6\text{W}.$$

BÀI 41

Chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda = 0,546\mu\text{m}$ lên mặt kim loại dùng làm catốt của một tế bào quang điện, người ta thu được dòng quang điện bão hòa $i = 2\text{mA}$. Biết công suất của bức xạ điện từ là $P = 1,515\text{W}$.

a) Tính hiệu suất lượng tử của hiệu ứng quang điện.

b) Dùng màn chắn tách ra một chùm hẹp các electron và hướng chúng vào một từ trường đều có phương vuông góc với vận tốc ban đầu cực đại của electron và có cảm ứng từ $B = 10^{-4}\text{T}$, thì quỹ đạo các electron là đường tròn có bán kính $R = 2,332\text{cm}$. Tính vận tốc ban đầu cực đại của electron và giới hạn quang điện của kim loại làm catốt.

LỜI GIẢI

a) Công suất bức xạ photon:

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

suy ra số photon tới đập vào catôt mỗi giây:

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

Số quang electron bứt ra từ catôt mỗi giây

$$n = \frac{i}{e}$$

Hiệu suất lượng tử:

$$H = \frac{n}{N} = \frac{i}{e} \cdot \frac{hc}{P\lambda}$$

Thay số ta được:

$$H \approx 0,03\%$$

b) Lực tác dụng của từ trường lên các quang electron:

$$F = ev_0B$$

với v_0 là vận tốc ban đầu cực đại của chúng, lực này gây ra gia tốc hướng tâm, làm cho electron chuyển động trên quỹ đạo tròn bán kính R .

Ta có: $F = ev_0B = \frac{mv_0^2}{R}$

$$\Rightarrow v_0 = \frac{eBR}{m}$$

Thay số ta được

$$v_0 = 4,1 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

Áp dụng công thức Anhstang:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{mv_0^2}{2},$$

ta có: $\lambda_0 = \frac{2hc\lambda}{2hc - m\lambda v_0^2} \approx 0,69 \mu\text{m}.$

BÀI 42

Catôt của một tế bào quang điện làm bằng kim loại có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,275\mu\text{m}$.

a) Tìm công thoát electron đối với kim loại đó.

b) Một tấm kim loại làm bằng kim loại nói trên, cô lập, được chiếu sáng đồng thời bởi hai bức xạ: một có bước sóng $\lambda_1 = 0,2\mu\text{m}$ và một có tần số $f_2 = 1,67 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$. Tính điện thế cực đại của tấm kim loại đó.

c) Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,2\mu\text{m}$ vào tế bào quang điện kể trên, để không một electron nào về được anôt thì hiệu điện thế hãm phải là bao nhiêu?

LỜI GIẢI

a) Ta có
$$\lambda_0 = \frac{hc}{A}$$

suy ra
$$A = \frac{hc}{\lambda_0} = 7,23 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 4,52 \text{ eV}$$

b) Khi chiếu các bức xạ vào tấm kim loại, các photon làm bật ra các electron quang điện, tấm kim loại được tích điện dương tăng dần; điện tích dương này tạo nên điện thế V tăng dần cho tấm kim loại. Điện thế V của tấm kim loại sẽ đạt đến một giá trị cực đại khi các electron quang điện bị bật ra từ tấm kim loại đều bị lực điện trường kéo trở lại tấm kim loại kể cả các electron đã đi tới gần mặt đất, nơi có điện thế bằng không. Áp dụng định lý động năng ta suy ra

$$\frac{mv_0^2}{2} = e(V_{\text{max}} - 0) = eV_{\text{max}}$$

với v_0 là vận tốc ban đầu cực đại của electron. Áp dụng công

thức Anhstanh, ta có:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_0^2}{2} = A + eV_{\max};$$

suy ra
$$V_{\max} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}}{e}$$

Theo đề bài, với bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,2\mu\text{m}$, thay số ta được

$$(V_{\max})_1 = 1,7\text{V}.$$

Với bức xạ có tần số

$$f_2 = 1,67 \cdot 10^{15} \text{Hz} \left(\frac{hc}{\lambda_2} = hf_2 \right)$$

ta có:
$$(V_{\max})_2 = 2,4\text{V}$$

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

$$V_{\max} = 2,4\text{V}.$$

c) Khi chiếu bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,2\mu\text{m}$, hiệu điện thế hãm U_h được tính theo công thức

$$eU_h = \frac{mv_0^2}{2} = e(V_{\max})_1,$$

suy ra
$$U_h = (V_{\max})_1 = 1,7\text{V}$$

BÀI 43

Trong một ống tia Rơnghen, cường độ dòng điện đi qua ống là $0,8\text{mA}$ và hiệu điện thế giữa anôt và catôt của ống là $U = 1,2\text{kV}$.

a) Tính số electron đập vào đối catôt mỗi giây và vận tốc

của electron khi tới đối catốt.

b) Tính bước sóng nhỏ nhất của tia rơnghen mà ống đó có thể phát ra.

c) Đối catốt là một bản platin có diện tích 1cm^2 và dày 2mm . Giả sử toàn bộ động năng của electron đập vào đối catốt dùng để đốt nóng bản platin đó. Hỏi sau bao lâu nhiệt độ của bản platin đó tăng thêm được 1000°C .

Cho biết khối lượng riêng và nhiệt dung riêng của platin là $D = 21.10^3 \text{ kg/m}^3$; $c = 120 \text{ J/kg.K}$.

LỜI GIẢI

a) Số electron đập vào đối catốt mỗi giây:

$$n = \frac{i}{e} = 5.10^{15} \text{ hạt}$$

Electron được tăng tốc trong điện trường giữa anốt (đối catốt) và catốt, ta có:

$$\frac{mv^2}{2} = eU,$$

với v là vận tốc của electron khi tới đập vào đối catốt.

Suy ra
$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = 2,05.10^7 \text{ m/s}$$

b) Trong trường hợp thuận lợi nhất, toàn bộ động năng của electron chuyển thành năng lượng của photon tia X, ta có:

$$\frac{hc}{\lambda_{\min}} = eU$$

$$\Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{eU} = 1,035.10^{-9} \text{ m} = 10,35 \text{ \AA}.$$

c) Năng lượng cần để nung nóng bản platin lên thêm 1000°C :

$$Q = mc \cdot \Delta t^{\circ} = cDV \cdot \Delta t^{\circ},$$

với V là thể tích bản platin, D là khối lượng riêng của platin và C là nhiệt dung riêng của platin.

Thay số (với $\Delta t^{\circ} = 1000^{\circ}\text{C}$) ta được

$$Q = 504\text{J}.$$

Mỗi electron mang tới bản một năng lượng:

$$W_d = eU \approx 1,92 \cdot 10^{-16}\text{J}$$

Mỗi giây có $n = 5 \cdot 10^{15}$ electron tới bản, vậy thời gian cần thiết là:

$$t = \frac{Q}{n \cdot W_d} = 525\text{s} = 8\text{ph } 45\text{s}.$$

BÀI 44

Một điện cực phẳng làm bằng nhôm có công thoát electron bằng $3,74\text{eV}$, được chiếu bằng bức xạ tử ngoại có bước sóng $\lambda = 0,083\text{ }\mu\text{m}$.

a) Electron quang điện có thể rời xa bề mặt điện cực một đoạn tối đa bằng bao nhiêu theo phương điện trường nếu đặt điện cực trong một điện trường đều cản lại chuyển động của electron có cường độ $E = 1500\text{ V/m}$.

b) Nếu không có điện trường hãm đó và điện cực được nối đất qua điện trở $R = 1\text{k}\Omega$ thì dòng điện cực đại qua điện trở (đạt được khi chùm sáng đủ mạnh) là bao nhiêu?

LỜI GIẢI

a) Động năng ban đầu cực đại $\frac{mv_0^2}{2}$ của electron khi bị bứt ra khỏi mặt kim loại:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_0^2}{2}$$

Suy ra
$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A$$

Lực của điện trường hãm sinh công âm. Quãng đường s tối đa mà electron quang điện đi được theo phương của điện trường, ra xa khỏi mặt điện cực, được xác định bởi định lí động năng:

$$\Delta W_d = -\frac{1}{2}mv_0^2 = -eEs;$$

do đó
$$s = \frac{mv_0^2}{2eE} = \frac{1}{eE} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)$$

Thay số ta được

$$s = 7,5\text{mm}.$$

b) Khi cường độ chùm sáng đủ mạnh, giữa điện cực và đất có một hiệu điện thế $U = V_{\max}$ với V_{\max} là giá trị cực đại của điện thế của điện cực khi được chiếu sáng. Ta có (xem bài tập 41 – Phần thứ nhất):

$$\begin{aligned} \frac{mv_0^2}{2} &= eV_{\max} \\ \Rightarrow V_{\max} &= \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right) \end{aligned}$$

Vậy dòng điện cực đại qua điện trở (dòng electron từ đất đến điện cực) là:

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

Thay số ta được:

$$I_{\max} \approx 11\text{mA}$$

BÀI 45

Một ống tia rơnghen phát được bức xạ có bước sóng nhỏ nhất là 5 \AA .

a) Tính vận tốc của electron tới đập vào đối catốt và hiệu điện thế giữa hai cực của ống.

b) Khi ống rơnghen đó hoạt động thì cường độ dòng điện qua ống là $0,002\text{A}$. Tính số electron đập vào đối catốt trong mỗi giây và nhiệt lượng tỏa ra trên đối catốt trong mỗi phút nếu coi rằng toàn bộ động năng của electron đập vào đối catốt được dùng để đốt nóng nó.

c) Để tăng “độ cứng” của tia rơnghen, tức là để giảm bước sóng của nó, người ta cho hiệu điện thế giữa hai cực tăng thêm $\Delta U = 500\text{V}$. Tính bước sóng ngắn nhất của tia rơnghen phát ra khi đó.

LỜI GIẢI

a) Ta có
$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{W_d} = \frac{hc}{eU}$$

Suy ra
$$U = \frac{hc}{e\lambda_{\min}} \approx 2485\text{V}$$

và
$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2hc}{m\lambda_{\min}}} \approx 2,96 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

b) Số electron tới đập vào đối catốt mỗi giây:

$$n = \frac{I}{e},$$

với I là cường độ dòng điện qua ống.

Năng lượng mà electron cung cấp cho đối catốt để làm nóng nó mỗi giây là:

$$P = n \cdot \frac{mv^2}{2} = \frac{I}{e} \cdot eU = UI$$

Nhiệt lượng tỏa ra trên đối catốt trong một phút là :

$$Q = Pt = UIt, \text{ với } t = 60s.$$

Thay số ta được

$$Q = 298,2J.$$

c) Từ $\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU},$

suy ra. $\frac{\lambda'_{\min}}{\lambda_{\min}} = \frac{U}{U'} = \frac{U}{U + \Delta U} \approx 0,83$

$$\Rightarrow \lambda'_{\min} = 0,83\lambda_{\min} = 4,15 \text{ \AA}.$$

BÀI 46

Khi chiếu vào vatốt phẳng hình tròn của một tế bào quang điện một bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,33 \mu m$, người ta thấy hiệu điện thế hãm phải bằng $U_h = 0,3125V$.

a) Tính công thoát electron và giới hạn quang điện của kim loại.

b) Anốt của tế bào quang điện đó cũng có dạng bán phẳng hình tròn, song song với catốt, đặt đối diện và cách catốt một đoạn $d = 2cm$. Đặt vào giữa anốt và catốt của tế bào quang điện đó một hiệu điện thế $U = 2,28V$ và chiếu vào tâm catốt một chùm bức xạ rất hẹp. Muốn cho toàn bộ số electron quang điện bứt ra từ mặt catốt đều đến mặt anốt thì mặt anốt phải có kích thước tối thiểu bằng bao nhiêu. Xét trường hợp chùm bức xạ chiếu vào toàn bộ mặt catốt có bán kính $r = 1cm$. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

LỜI GIẢI

a) Ta có
$$eU_h = \frac{mv_0^2}{2}.$$

Áp dụng công thức Anhstanh.

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_0^2}{2} = A + eU_h,$$

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

và
$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{hc\lambda}{hc - e\lambda U_h}$$

Thay số ta được :

$$\lambda_0 = 0,36 \mu m$$

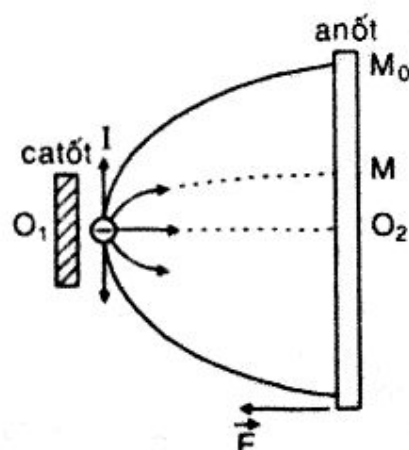
và
$$A = 5,521 \cdot 10^{-19} J = 3,45 eV$$

b) Các êlectrôn bị bứt ra khỏi catôt phẳng từ tâm O_1 có vận tốc ban đầu v_0 theo mọi hướng (Hình 46.1)

Dưới tác dụng của lực của điện trường E , các electron này có những quỹ đạo khác nhau. Vì lực điện trường hướng vuông góc với hai bản cực và bỏ qua tác dụng của trọng lực nên ta thấy:

- Êlectrôn có phương vuông góc với catôt chuyển động thẳng nhanh dần đều (vì lực F ngược hướng điện trường) tới đập vào tâm O_2 của anôt (Hình 46.1);

- Các êlectrôn có phương xiên góc với catôt chuyển động theo đường parabol tới đập vào anôt tại điểm M cách tâm anôt



Hình 46.1

đoạn O_2M , và hơn nữa góc hợp bởi v_0 và O_1O_2 càng lớn thì O_2M càng lớn (vì thành phần của vận tốc v_0 theo phương song song với anốt và catốt càng lớn). Điểm xa nhất M_0 mà electron tới đập vào anốt (O_2M_0 lớn nhất) ứng với trường hợp $\overline{v_0}$ hướng song song với mặt catốt (và ta có bài toán tương tự với bài toán ném ngang). Khi đó chuyển động của electron coi như gồm hai chuyển động thành phần:

– Chuyển động đều theo phương vuông góc với điện trường (theo phương song song mặt anốt và catốt) với vận tốc v_0 có phương trình $x = v_0 t$ (1)

– Chuyển động nhanh dần theo phương điện trường với gia tốc

$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{e}{m} \cdot \frac{U}{d} \quad (2)$$

(U là hiệu điện thế giữa hai bản cực, d là khoảng cách giữa chúng), có phương trình

$$d = \frac{at^2}{2} \quad (3)$$

Từ đó suy ra:

$$\begin{aligned} O_2M_0 = x &= v_0 \sqrt{\frac{2d}{a}} \\ \Rightarrow O_2M_0 &= v_0 \sqrt{\frac{2md^2}{eU}} = d \cdot \sqrt{\frac{2mv_0^2}{eU}} \end{aligned} \quad (4)$$

Mặt khác ta có:

$$\frac{mv_0^2}{2} = eU_h \quad (5)$$

Từ (4) và (5) ta được

$$O_2M_0 = 2d \sqrt{\frac{U_h}{U}} \approx 14,8 \text{ mm} = 1,48 \text{ cm}$$

Vậy muốn cho toàn bộ số electron quang điện bật ra từ mặt catốt đều đến được mặt anốt thì mặt anốt phải có bán kính tối thiểu bằng

$$R_{\min} = O_2M_0 = 1,48\text{cm}.$$

Nếu chùm bức xạ chiếu toàn bộ mặt catốt thì mặt anốt phải có kích thước sao cho các electron ở các điểm ngoài cùng của catốt, như điểm I chẳng hạn, có thể tới đập vào mặt anốt. Lập luận tương tự như trên cho thấy anốt phải có bán kính tối thiểu bằng:

$$R_{\min} = O_2M_0 + O_1I = 2,48\text{ cm}$$

BÀI 47

Các mức năng lượng của nguyên tử hiđrô được cho bởi công thức

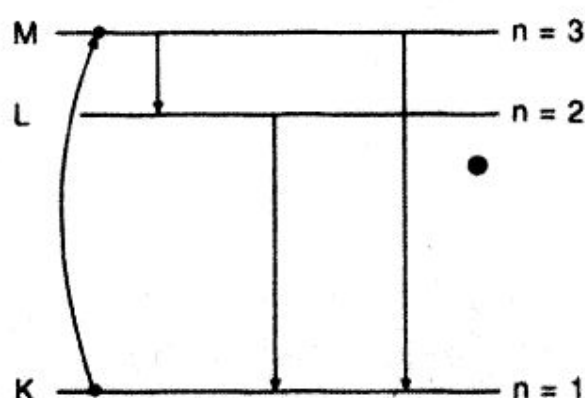
$$E_n = -\frac{E_0}{n^2},$$

với

$$E_0 = 13,6\text{eV};$$

$$n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

Tương ứng với các mức (quỹ đạo dừng) K, L, M, N...



Hình 47.1

a) Khi kích thích nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản bằng việc hấp thụ photon có năng lượng thích hợp, bán kính quỹ đạo dừng của electron tăng lên 9 lần. Tìm các bước sóng khả dĩ của bức xạ mà nguyên tử có thể phát ra.

b) Khi cung cấp cho nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản các photon có các năng lượng: 6eV; 12,75eV; 18eV thì trong mỗi trường hợp trên nguyên tử có thể hấp thụ được photon không?

Và khi đó nguyên tử ở trong trạng thái nào?

c) Nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản và chạm với một electron có năng lượng 10,6eV. Trong quá trình tương tác, giả sử nguyên tử đứng yên và chuyển lên trạng thái kích thích đầu tiên. Tìm động năng của electron sau va chạm.

LỜI GIẢI

a) Từ công thức $r_n = r_0 \cdot n^2$ ta thấy bán kính tăng lên 9 lần có nghĩa là $n = 3$; electron chuyển từ mức K ($n = 1$, cơ bản) lên mức M ($n = 3$) (Hình 47.1). Sau đó electron có thể chuyển về các mức năng lượng thấp hơn và phát ra photon với bước sóng λ :

$$\text{Từ } M \rightarrow L: \frac{hc}{\lambda_1} = E_0 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{5}{36} E_0$$

$$\rightarrow \lambda_1 = 0,657 \mu\text{m};$$

$$\text{Từ } L \rightarrow K: \frac{hc}{\lambda_2} = E_0 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3}{4} E_0 \rightarrow \lambda_2 = 0,121 \mu\text{m};$$

$$\text{Từ } M \rightarrow K: \frac{hc}{\lambda_3} = E_0 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2} \right) = \frac{8}{9} E_0 \rightarrow \lambda_3 = 0,103 \mu\text{m};$$

b) Ta có sơ đồ các mức năng lượng của nguyên tử Hiđrô (Hình 47.2), với

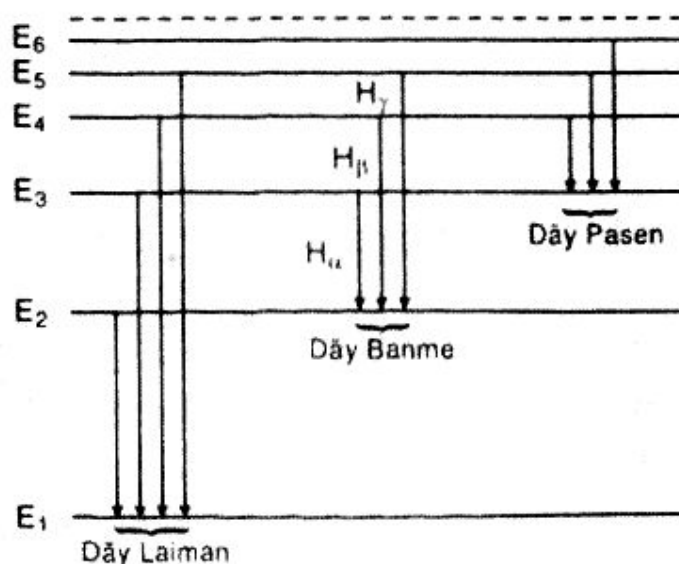
$$E_1 = -13,6\text{eV};$$

$$E_2 = -3,4\text{eV};$$

$$E_3 = -1,51\text{eV};$$

$$E_4 = -0,85\text{eV}; \dots;$$

$$E_\infty = 0).$$



Hình 47.2

Electron chỉ chuyển động trên những quỹ đạo dừng có năng lượng xác định.

+ Với photon có năng lượng 6eV: nguyên tử không hấp thụ photon này, vì nếu hấp thụ thì năng lượng của electron là

$$E = -13,6 + 6 = -7,6\text{eV}.$$

Trên sơ đồ không có mức này, do đó nguyên tử không hấp thụ photon 6eV và vẫn ở trạng thái cơ bản ($n = 1$);

+ Với photon có năng lượng 12,75eV: nguyên tử hấp thụ photon này, vì lúc đó năng lượng của electron là

$$E = -13,6 + 12,75 = -0,85\text{eV};$$

Đây là mức ứng với $n = 4$. Như vậy, nguyên tử hấp thụ photon 12,75eV và chuyển lên trạng thái kích thích N ($n = 4$);

+ Với photon có năng lượng 18eV: nguyên tử hấp thụ và bị ion hóa; lúc đó electron bứt khỏi nguyên tử và có động năng

$$W_d = 18 - 13,6 = 4,4\text{eV}.$$

c) Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: Trước va chạm năng lượng của hệ (electron + nguyên tử) là:

$$E_t = W_d + E_1,$$

với W_d là năng lượng của electron, E_1 là năng lượng của nguyên tử ở trạng thái cơ bản.

Sau va chạm, năng lượng của hệ là:

$$E_s = W'_d + E_2,$$

với W'_d là động năng của electron, E_2 là năng lượng của nguyên tử ở trạng thái kích thích đầu tiên. Ta có

$$E_t = E_s,$$

suy ra

$$W_d + E_1 = W'_d + E_2$$

$$\Rightarrow W'_d = W_d + E_1 - E_2 = 0,4\text{eV}.$$

BÀI 48

a) Dùng chùm electron bắn vào nguyên tử hydro để kích thích nó. Muốn thu được 3 và chỉ 3 vạch phát xạ thì động năng của electron phải bằng bao nhiêu? 3 vạch đó thuộc dãy nào, có bước sóng bằng bao nhiêu? Vẽ sơ đồ các mức năng lượng và các bức xạ.

b) Một photon có năng lượng 16eV làm bật electron ra khỏi nguyên tử hydro ở trạng thái cơ bản. Tính vận tốc của electron khi bật ra.

LỜI GIẢI

a) Vẽ sơ đồ mức năng lượng của nguyên tử hydro (như hình K.2), tính $E_1, E_2, E_3, E_4 \dots$ từ công thức

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \quad (E_0 = 13,6\text{eV}).$$

Từ sơ đồ ta thấy: muốn cho 3 và chỉ có 3 vạch phát xạ thì nguyên tử phải nhảy lên mức kích thích E_3 , và electron phải có động năng W_d lớn hơn hoặc bằng $E_3 - E_1$, nhưng bé hơn $E_4 - E_1$:

$$W_d \geq 13,6 - 1,5 = 12,1 \text{ eV};$$

$$W_d < 13,6 - 0,85 = 12,75 \text{ eV}.$$

Vậy phải có

$$12,1 \text{ eV} \leq W_d < 12,75 \text{ eV}.$$

Các vạch có bước sóng $\lambda_1 = 121\text{nm}$ và $\lambda_2 = 103\text{nm}$ (ứng với sự chuyển của nguyên tử từ các mức $n = 2$ và $n = 3$ về mức $n = 1$) thuộc dãy Lyman. Vạch có bước sóng $\lambda_3 = 651\text{nm}$ (từ $n = 3$ về $n = 2$) là vạch đầu tiên của dãy Balmer.

b) Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng

$$hf = E_0 + \frac{mv^2}{2},$$

suy ra $v = 9,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}.$

IV. VẬT LÝ HẠT NHÂN

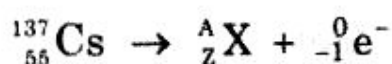
BÀI 49

Đầu năm 1998 một phòng thí nghiệm mua một nguồn phóng xạ Xêsi $^{137}_{55}\text{Cs}$ có độ phóng xạ $H_0 = 1,8 \cdot 10^6 \text{Bq}$. Chu kì bán rã của Xêsi là 30 năm.

- Phóng xạ Xêsi là phóng xạ β^- . Viết phương trình phân rã.
- Tính khối lượng Xêsi chứa trong mẫu.
- Tìm độ phóng xạ của mẫu vào năm 2008.
- Vào thời gian nào độ phóng xạ của mẫu bằng $3,6 \cdot 10^4 \text{Bq}$.

LỜI GIẢI

- a) Áp dụng quy tắc dịch chuyển trong sự phóng xạ ta có:



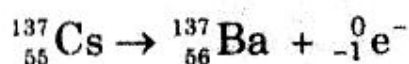
với

$$A = 137;$$

$$Z = 55 + 1 = 56$$

X là hạt nhân bari $^{137}_{56}\text{Ba}$

Phương trình phân rã:



- b) Biết $H_0 = \lambda N_0$, ta suy ra

$$N_0 = \frac{H_0}{\lambda} = \frac{H_0 \cdot T}{0,693};$$

Mặt khác $N_0 = \frac{m}{A} \cdot N_A$

hay $m = \frac{N_0 A}{N_A} = \frac{H_0 T A}{0,693 \cdot N_A}$

Thay số: $H_0 = 1,8 \cdot 10^5 \text{Bq};$

$T = 30 \text{ năm} = 9,46 \cdot 10^8 \text{s}$

$A = 137, N_A = 6,02 \cdot 10^{23} / \text{mol}$

$\Rightarrow m \approx 5,6 \cdot 10^{-8} \text{g}.$

c) Vào đầu năm 2008 tức là sau 10 năm kể từ ngày mua ta có độ phóng xạ của mẫu là:

$$H = H_0 e^{-\lambda t} = H_0 e^{-\frac{0,693 \cdot 10}{30}} = 1,8 \cdot 10^5 e^{-0,231}$$

$$H \approx 1,4 \cdot 10^5 \text{Bq}$$

d) Ta thay $H = 3,6 \cdot 10^4 \text{Bq} = H_0 e^{-\lambda t},$
với $H_0 = 1,8 \cdot 10^5 \text{Bq}.$

Suy ra $t = \frac{\ln 5}{\lambda} = \frac{\ln 5 \cdot T}{0,693} \approx \frac{1,6 \cdot 30}{0,693} \approx 69 \text{ năm}.$

Như vậy vào năm 2067 ($1998 + 69 = 2067$) độ phóng xạ của mẫu còn bằng $3,6 \cdot 10^4 \text{Bq}.$

BÀI 50

Để đo chu kỳ 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, khiến cho các số trên hệ đếm của máy tăng thêm một đơn vị. Ban đầu trong thời gian một phút, máy đếm được 360 xung; nhưng 2 giờ sau phép đo lần thứ nhất,

trong 1 phút máy chỉ đếm được 90 xung (trong cùng điều kiện đó).

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 (giữa hai bản cách nhau khoảng d có hiệu điện thế U). Giả sử các hạt β^- đều có cùng vận tốc đầu v_0 và được bố trí sao cho phương của v_0 vuông góc với phương của điện trường.

- Lập phương trình quỹ đạo của các hạt β^- trong điện trường. Bỏ qua tác dụng của trọng lực;

- Khi đi ra khỏi tụ điện, hạt β^- bị lệch so với phương ban đầu góc α . Tính v_0 theo α .

Áp dụng số: $\alpha = 10^\circ$; $U = 100V$; $d = 10cm$; $l = 20cm$.

LỜI GIẢI

a) Một cách khái quát, có thể xem số xung đếm được Δn tỉ lệ thuận với số hạt nhân phân rã ΔN trong thời gian đo $\Delta t = 1\text{phút}$:

$$\Delta n = k \Delta N.$$

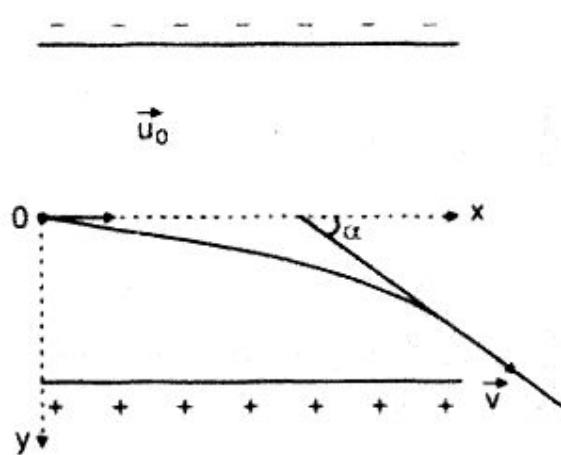
(k là hệ số tỉ lệ).

Ở thời điểm ban đầu, số hạt nhân là N_1 . Sau thời gian Δt , số hạt nhân còn lại là $N_1 e^{-\lambda t}$, và do đó số hạt nhân phân rã là

$$\Delta N_1 = N_1(1 - e^{-\lambda \Delta t})$$

Do đó số xung đếm được là:

$$\Delta n_1 = k N_1 (1 - e^{-\lambda \Delta t})$$



Hình 50.1

Tương tự, sau $t = 2$ giờ số hạt nhân còn lại là N_2 , với $N_2 = N_1 e^{-\lambda t}$ ($t = 2$ giờ). Lí luận như trên, ta có số xung đếm được là:

$$\Delta n_2 = k N_2 (1 - e^{-\lambda \Delta t}).$$

Suy ra :

$$\frac{\Delta n_1}{\Delta n_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{e^{-\lambda t}} = e^{\lambda t}$$

$$\Rightarrow \lambda t = \ln \frac{\Delta n_1}{\Delta n_2}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{t} \ln \frac{\Delta n_1}{\Delta n_2}$$

$$\Rightarrow T = \frac{0,693}{\lambda} = \frac{0,693t}{\ln \frac{\Delta n_1}{\Delta n_2}} = \frac{0,693 \cdot 2}{\ln 4} = 1h.$$

b) Khi đi vào bên trong điện trường hạt β^- chịu tác dụng của lực điện trường hướng theo phương vuông góc với hai bản tụ điện, tức là theo phương vuông góc với v_0 . Do đó chuyển động của hạt β^- xem như gồm hai chuyển động thành phần: chuyển động đều theo phương Ox với vận tốc v_0 , có phương trình

$$x = v_0 t, \quad (1)$$

chuyển động nhanh dần đều theo phương trình Oy (Hình 50.1) với gia tốc

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

(U là hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện; d là khoảng cách giữa hai bản), có phương trình:

$$y = \frac{at^2}{2} = \frac{eU}{2md} t^2 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta suy ra phương trình quỹ đạo của hạt:

$$y = \frac{eU}{2mdv_0^2} x^2 \quad (3)$$

Đây là phương trình của một nhánh parabol có đỉnh O, bề lõm hướng theo trục Oy.

Phương của vận tốc hạt β^- lúc ra khỏi điện trường hợp với phương của vận tốc đầu v_0 góc α xác định bởi:

$$\operatorname{tg} \alpha = y' = \frac{dy}{dx} = \frac{eUl}{mdv_0^2} \quad (\text{thay } x = l)$$

Do đó ta được:

$$v_0 = \sqrt{\frac{eUl}{m \cdot \operatorname{tg} \alpha}}$$

Áp dụng bằng số:

$$U = 100\text{V}; \quad d = 10\text{cm} = 0,1\text{m};$$

$$l = 20\text{cm} = 0,2\text{m}; \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}; \quad m = 9,1 \cdot 10^{-31}\text{kg};$$

$$\alpha = 10^\circ$$

$$\Rightarrow v_0 \approx 1,41 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

Thay $v_0 = 1,41 \cdot 10^7$ vào (3)

$$\Rightarrow y = 0,44x^2$$

Chú ý: Có thể xác định α như sau:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x},$$

với

$$v_x = 0,$$

$$v_y = \frac{eU}{md} t = \frac{eU}{md} \cdot \frac{l}{v_0}$$

BÀI 51

Ở Californie (Hoa Kỳ) gần vết nứt San Andréas thường xuyên có động đất. Năm 1979 người ta lấy hai mẫu thực vật đã bị hủy diệt do các trận động đất và đo độ phóng xạ của chúng nhờ đồng vị phóng xạ C14 (có chu kỳ bán rã là 5700 năm). Kết quả của các phép đo là: mẫu 1 có độ phóng xạ là 0,233 Bq và mẫu 2 có độ phóng xạ là 0,215 Bq.

a) Hãy tìm tuổi của hai mẫu thực vật đó và chỉ ra năm xảy ra các trận động đất. Cho biết độ phóng xạ của đất không bị chôn vùi chứa mẫu thực vật còn sống luôn luôn không đổi và bằng 0,255 Bq.

b) Hãy tìm tỉ số của C14 đối với C12, biết rằng ở mẫu vật sống tỉ số này là $1 : 10^6$.

LỜI GIẢI

a) Với C14, chu kỳ $T = 5700$ năm

$$\Rightarrow \lambda = \frac{0,693}{T} = 1,22 \cdot 10^{-4} / \text{năm}.$$

Áp dụng công thức của độ phóng xạ $H = H_0 e^{-\lambda t}$, trong đó $H_0 = 0,255 \text{ Bq}$.

$$\Rightarrow t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{H_0}{H}$$

Với mẫu 1, $H = 0,233 \text{ Bq}$, ta tính được $t \approx 740$ năm và năm động đất là năm $1979 - t = 1239$

Với mẫu 2, $H = 0,215 \text{ Bq}$, ta tính được $t \approx 1399$ năm và năm động đất là năm 580.

b) Tỉ số của C14 đối với C12 sẽ tỉ lệ với độ phóng xạ:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{H}{H_0},$$

với
$$P_0 = \frac{1}{10^6}.$$

Từ đó
$$P = P_0 \frac{H}{H_0} = 10^{-6} \cdot \frac{0,215}{0,255} = 8,4 \cdot 10^{-7}$$

BÀI 52

Ban đầu, một mẫu pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ nguyên chất có khối lượng $m_0 = 1\text{g}$. Các hạt nhân pôlôni phóng xạ phát ra hạt α và biến thành hạt nhân bền ^A_ZX .

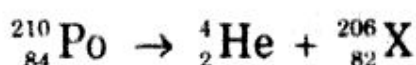
a) Xác định hạt nhân ^A_ZX và viết phương trình phản ứng.

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 hêli ở điều kiện tiêu chuẩn.

c) Tính tuổi của mẫu chất trên, biết rằng tại thời điểm khảo sát, tỉ số giữa khối lượng ^A_ZX và khối lượng pôlôni có trong mẫu chất là 0,4. Tính các khối lượng đó.

LỜI GIẢI

a) Áp dụng công quy tắc dịch chuyển trong sự phóng xạ ta có phương trình:



Vậy hạt nhân đó là chì $^{206}_{82}\text{Pb}$.

b) Mỗi hạt α từ phản ứng phân rã phóng xạ cho một nguyên tử hêli. Số hạt α được tạo ra do phân rã của mẫu pôlôni

sau $t = 1$ năm được tính bởi:

$$\Delta n_{\alpha} = \frac{V}{V_0} N_A,$$

với V_0 là thể tích mol ở điều kiện tiêu chuẩn, N_A là số Avôgađrô.

Mặt khác, áp dụng định luật phóng xạ ta có số hạt nhân phân rã sau thời gian $t = 1$ năm.

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

Do đó ta có:

$$N_0(1 - e^{-\lambda t}) = \frac{V}{V_0} N_A$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} = \frac{m_0 V_0 - AV}{m_0 V_0}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{t} \ln \left[\frac{m_0 V_0}{m_0 V_0 - AV} \right]$$

$$\Rightarrow T = \frac{0,693}{\lambda} = \frac{0,693t}{\ln \left[\frac{m_0 V_0}{m_0 V_0 - AV} \right]}$$

$$(\text{Chú ý rằng } \frac{N_A}{N_0} = \frac{A}{m_0})$$

Thay số ta được $T \approx 0,379$ năm ≈ 138 ngày.

c) Số nguyên tử chỉ được tạo ra bằng số hạt nhân pôlôni bị phân rã:

$$N(\text{Pb}) = \Delta N = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

Số nguyên tử pôlôni còn lại:

$$N(\text{Po}) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Các khối lượng chì và pôlôni tương ứng là:

$$m(\text{Pb}) = \frac{A(\text{Pb})}{N_A} \cdot |\Delta N| ;$$

$$m(\text{Po}) = \frac{A(\text{Po})}{N_A} N.$$

Do đó ta có:

$$\frac{m(\text{Pb})}{m(\text{Po})} = \frac{A(\text{Pb})}{A(\text{Po})} \cdot \frac{\Delta N}{N} = \frac{206}{210} \cdot \frac{(1 - e^{-\lambda t})}{e^{-\lambda t}}$$

$$\Rightarrow e^{-\lambda t} = \frac{206}{290}$$

$$\Rightarrow \lambda t = \ln 1,41$$

Vậy $t = \frac{\ln 1,41 \cdot T}{0,693} = 68,1 \text{ ngày}$

Từ đó suy ra:

$$m(\text{Po}) = \frac{A(\text{Po})}{N_A} N = \frac{A(\text{Po})}{N_A} N_0 e^{-\lambda t} = m_0 e^{-\lambda t}$$

$$= 0,71\text{g};$$

$$m(\text{Pb}) = 0,4 m(\text{Po}) = 0,28\text{g}.$$

BÀI 53

Để xác định thể tích máu trong cơ thể một bệnh nhân, bác sĩ tiêm vào máu người đó 10 cm^3 một dung dịch có chứa $^{24}_{11}\text{Na}$ (có chu kỳ bán rã là 15 giờ) với nồng độ là 10^{-3} mol/lít .

a) Hãy tính số mol (và số gam) Na_{24} đã đưa vào trong máu bệnh nhân.

b) Hỏi sau 6 giờ lượng chất phóng xạ Na_{24} còn lại trong máu bệnh nhân là bao nhiêu?

c) Sau 6 giờ người ta lấy ra 10cm^3 máu của bệnh nhân và

đã tìm thấy $1,5 \cdot 10^{-8}$ mol của chất Na_{24} . Hãy tính thể tích máu trong cơ thể bệnh nhân. Giả thiết rằng chất phóng xạ được phân bố đều trong toàn bộ thể tích máu bệnh nhân.

LỜI GIẢI

a) Thể tích dung dịch tiêm vào máu bệnh nhân là:

$$10\text{cm}^3 = 10^{-2} \text{ l.}$$

Nồng độ 10^{-3} mol/l. Vậy lượng chất phóng xạ Na đưa vào là:

$$m_0 = 10^{-3} \text{ mol/l} \cdot \frac{1}{100} \text{ lít} = 10^{-5} \text{ mol} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ g.}$$

b) Vì Na_{24} là chất phóng xạ nên lượng chất Na_{24} giảm dần theo thời gian $m = m_0 e^{-\lambda t}$. Sau 6 giờ lượng chất Na_{24} còn lại là:

$$\begin{aligned} m &= 10^{-5} e^{-\frac{0,693 \cdot 6}{15}} \text{ mol} = 0,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \\ &= 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ g.} \end{aligned}$$

c) Trong 10cm^3 ($= 10^{-2}$ lít) máu lấy ra có chứa $1,5 \cdot 10^{-8}$ mol ($3,6 \cdot 10^{-7}$ g) chất Na_{24} . Lượng chất Na_{24} còn lại trong cơ thể sau 6 giờ là $1,8 \cdot 10^{-4}$ g. Suy ra thể tích máu của cơ thể là:

$$V = \frac{1,8 \cdot 10^{-4}}{3,6 \cdot 10^{-7}} \cdot 10 = 5000\text{cm}^3 = 5 \text{ lít}$$

hay
$$V = \frac{0,75 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-2}}{1,5 \cdot 10^{-8}} = 5 \text{ lít.}$$

BÀI 54

Người ta dùng prôtôn 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.

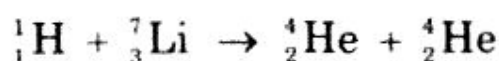
a) Viết phương trình của phản ứng. Ghi rõ các số A và Z.

b) Phản ứng hạt nhân này tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng? Năng lượng này có phụ thuộc vào động năng của prôtôn không? Tính động năng K của mỗi hạt.

c) Nếu toàn bộ động năng của hai hạt thu được ở trên biến thành nhiệt thì nhiệt lượng này có phụ thuộc vào động năng của prôtôn không? Cho biết $m_p = 1,0073u$, $m(\text{Li}) = 7,0144u$, $m(\alpha) = 4,0015u$.

LỜI GIẢI

a) Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối, ta có phương trình



b) $\Delta m = m(\text{H}) + m(\text{Li}) - 2m_\alpha = 0,0187u > 0$

Suy ra phản ứng tỏa năng lượng và bằng:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 0,0187 \cdot 931 \approx 17,41 \text{ MeV}.$$

Biểu thức của ΔE không phụ thuộc động năng K_p của prôtôn.

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$\begin{aligned} K_p + \Delta E &= 2K_\alpha \\ \Rightarrow K_\alpha &= \frac{K_p + \Delta E}{2} = \frac{1,60 + 17,41}{2} = 9,505 \text{ MeV}. \end{aligned}$$

c) Theo kết quả ở trên và dựa vào giả thiết của đề bài, nhiệt lượng tỏa ra bằng

$$Q = 2K_\alpha = K_p + \Delta E \approx 19 \text{ MeV} = 3,04 \cdot 10^{-12} \text{ J}.$$

Biểu thức của Q chứa K_p . Vậy Q phụ thuộc động năng của prôtôn.

BÀI 55

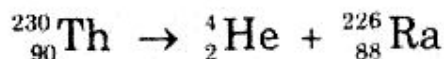
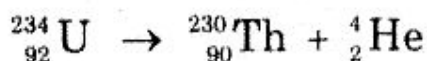
Do hiện tượng xói mòn, một phần đá bị tan vào nước biển. Một số các hạt này có chứa urani 234 (${}_{92}^{234}\text{U}$). U_{234} là một chất phóng xạ và khi phân rã nó cho thori (${}_{90}^{230}\text{Th}$). Chất thori cũng là chất phóng xạ α có chu kì bán rã 80.000 năm. Urani tan vào nước biển, trong khi đó thori không tan và lắng xuống đáy biển. Nồng độ urani không đổi trong nước biển, ta suy ra tốc độ lắng của thori xuống đáy biển cũng không đổi.

a) Viết các phương trình phân rã tương ứng với các phóng xạ ở trên.

b) Một mẫu vật dạng hình trụ có chiều cao $h = 10\text{cm}$ được lấy ở đáy biển. Phân tích lớp bề mặt phía trên của mẫu, người ta thấy nó chứa 10^{-6}g Th_{230} , trong khi đó một lớp bề mặt phía dưới cùng của mẫu chỉ chứa $0,12 \cdot 10^{-6}\text{g Th}_{230}$. Tìm tốc độ tích tụ của các trầm tích biển ở vị trí lấy mẫu (theo đơn vị mm/năm).

LỜI GIẢI

a) Áp dụng quy tắc dịch chuyển trong sự phóng xạ, ta có các phương trình:



b) Ở lớp dưới của mẫu vì lắng đã lâu nên lượng thori giảm, ở lớp trên của mẫu vừa mới lắng nên lượng thori còn nhiều. Thời gian tích tụ để có mẫu trên được tính theo công thức:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{m_0}{m},$$

với

$$m_0 = 10^{-6}\text{g};$$

$$m = 0,12 \cdot 10^{-6}\text{g};$$

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = 8,66.10^{-6} \text{ năm.}$$

$$\Rightarrow t = 2.45.10^5 \text{ năm.}$$

Tốc độ lắng là:

$$v = \frac{h}{t} \approx 0,41.10^{-3} \frac{\text{mm}}{\text{năm}}$$

BÀI 56

Dưới tác dụng của bức xạ γ , hạt nhân của các đồng vị bền của bery (${}^9_4\text{Be}$) và của cacbon (${}^{12}_6\text{C}$) có thể tách thành các hạt nhân hêli (${}^4_2\text{He}$) và sinh hoặc không sinh ra các hạt khác kèm theo.

a) Viết phương trình của các phản ứng biến đổi đó.

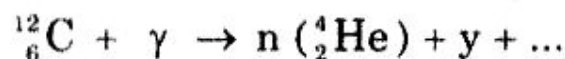
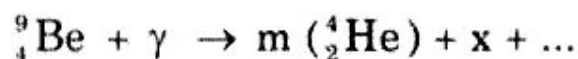
b) Xác định tần số tối thiểu của các lượng tử γ để thực hiện được các phản ứng đó. Cho biết:

$$m(\text{Be}) = 9,0122\text{u}; m(\text{He}) = 4,0015\text{u};$$

$$m(\text{C}) = 12\text{u}; m_n = 1,0087\text{u}.$$

LỜI GIẢI

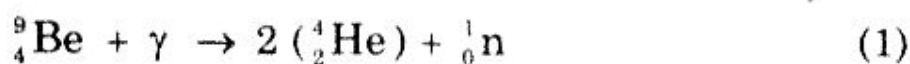
a) Theo giả thiết của đề bài ta có thể viết:



Áp dụng các định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích; ta suy ra:

$$m = 2, x = {}^1_0\text{n}; n = 3; y = 0.$$

Vậy phương trình của phản ứng là:



b) Gọi ΔE là năng lượng của phản ứng, tần số tối thiểu của lượng tử γ được xác định bởi:

$$hf \geq \Delta E.$$

Với phản ứng (1),

$$\Delta E = \Delta m_1 \cdot c^2 \text{ với}$$

$$\Delta m_1 = (2m_{\text{He}} + m_{\text{n}}) - m(\text{Be}).$$

Thay số, suy ra:

$$(f_1)_{\min} \approx 3,8 \cdot 10^{20} \text{Hz}.$$

Với phản ứng (2),

$$\Delta E = \Delta m_2 \cdot c^2 \text{ với}$$

$$\Delta m_2 = 3m(\text{He}) - m(\text{C}).$$

Thay số, suy ra

$$(f_2)_{\min} \approx 1,762 \cdot 10^{21} \text{Hz}.$$

BÀI 57

Một hạt đơtôn (${}^2_1\text{D}$) được gia tốc trong máy xiclôtrôn có bán kính $R = 50\text{cm}$, cảm ứng từ của từ trường $B = 1,31\text{T}$.

a) Tìm tần số của hiệu điện thế xoay chiều đặt vào máy.

b) Tìm vận tốc và động năng của hạt khi bay ra khỏi máy.

c) Biết rằng số vòng mà hạt đơtôn đã quay trong máy trước khi bay ra khỏi máy là 68 vòng. Tìm hiệu điện thế xoay chiều đặt vào máy.

d) Sau khi bay ra khỏi máy hạt đơtôn bắn vào hạt nhân liti (${}^7_3\text{Li}$) đứng yên và một trong hai hạt sinh ra sau phản ứng là

bêri (${}^8_4\text{Be}$).

1) Viết phương trình phản ứng hạt nhân và tính năng lượng của phản ứng hạt nhân này.

2) Biết rằng hai hạt sinh ra có cùng vận tốc. Tính động năng của mỗi hạt. Cho biết $m(\text{Li}) = 7,01823\text{u}$; $m(\text{D}) = 2,0136\text{u}$; $m_n = 1,0087\text{u}$; $m(\text{Be}) = 8,00785\text{u}$.

LỜI GIẢI

a) Trong máy xiclotrôn ta có:

$$T = \frac{2\pi R}{qB},$$

và tần số của hiệu điện thế xoay chiều đặt vào máy là:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}.$$

Thay số:

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}; \quad B = 1,31\text{T};$$

$$m = 2,0136\text{u} = 2,0136 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg},$$

ta được $f \approx 10\text{MHz}$.

b) Ta có
$$R = \frac{mv}{qB}.$$

Suy ra
$$v = \frac{qBR}{m} \approx 3,13 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

và động năng của đơtôn:

$$W(\text{D}) = \frac{mv^2}{2} = 0,1637 \cdot 10^{-11}\text{J} \approx 10,23 \text{ MeV}.$$

c) Trong một vòng quay hạt được gia tốc hai lần. Gọi N là số vòng quay, U là hiệu điện thế xoay chiều đặt vào máy, ta có:

$$W(\text{D}) = 2N \cdot qU.$$

Suy ra
$$U = \frac{WD}{2Nq} \approx 752000V = 75KV$$

d)1) Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối lượng, ta có phương trình của phản ứng:



Năng lượng của phản ứng:

$$E = \Delta m \cdot c^2,$$

với
$$\Delta m = [m(Li) + m(D)] - [m(Be) + m_n]$$

$$= 0,01528u$$

Suy ra $E = 0,01528.931 \approx 14,23 \text{ MeV} > 0$ phản ứng tỏa năng lượng.

2) Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng:

$$W(D) + [m(Li) + m(D)]c^2 = [m(Be) + m_n]c^2 + W(Be) + W(n)$$

với
$$W(Be) = \frac{m(Be)v^2}{2},$$

$$W(n) = \frac{m_n v^2}{2}$$

(hai hạt cùng vận tốc v).

Suy ra
$$W(D) + E = W(Be) \left[1 + \frac{m(n)}{m(Be)} \right] = 24,46 \text{ MeV}.$$

Từ đó
$$W(Be) \approx 21,70 \text{ MeV}$$

và
$$W(n) \approx 2,73 \text{ MeV}.$$

Phần thứ ba

MỘT SỐ ĐỀ THI TUYỂN SINH VÀO CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC, CAO ĐẲNG NHỮNG NĂM GẦN ĐÂY

ĐỀ 1

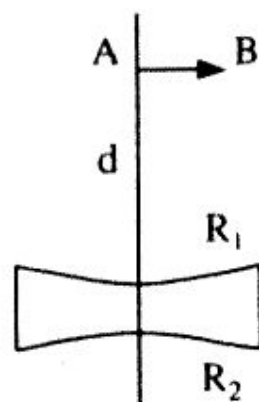
Cho một hệ hai thấu kính L_1 , L_2 có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 20\text{cm}$, $f_2 = -10\text{cm}$; L_1 ở bên trái L_2 và có trục chính trùng nhau. Một vật sáng cao 3cm vuông góc với trục chính, ở phía bên trái L_1 và cách L_1 một khoảng $d_1 = 30\text{cm}$. Tính khoảng cách giữa hai thấu kính để:

- Ảnh tạo bởi hệ là ảnh thật.
- Ảnh tạo bởi hệ cùng chiều với vật và cao 2cm .
- Ảnh tạo bởi hệ có chiều cao không đổi khi di chuyển vật dọc theo trục chính.

ĐỀ 2

Cho một thấu kính hai mặt lõm cùng bán kính $R_1 = R_2 = 20\text{ cm}$ làm bằng thủy tinh chiết suất $n = 1,5$. Thấu kính được đặt sao cho trục chính thẳng đứng. Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính và cách thấu kính một khoảng d .

- Biết rằng ảnh của AB qua thấu kính



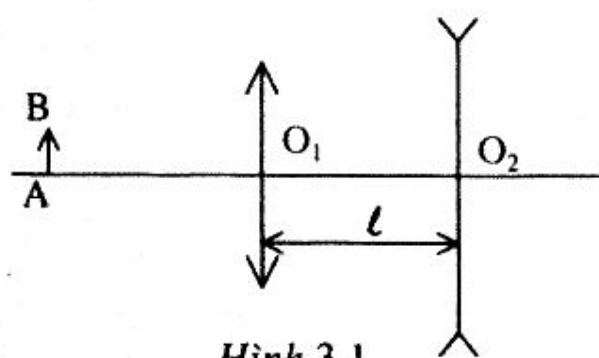
Hình 1.1

cách AB một khoảng 10cm. Hãy xác định d.

2) Giữ AB và thấu kính cố định, đổ một chất lỏng chiết suất n' vào mặt lõm của R_1 và mặt lõm R_2 được tráng bạc, ta thấy ảnh của AB nằm cách thấu kính một khoảng 4,5cm. Tìm chiết suất n' của chất lỏng, biện luận kết quả.

ĐỀ 3

Cho một thấu kính hội tụ O_1 , có tiêu cự $f_1 = 30$ cm và một thấu kính phân kì O_2 , có tiêu cự $f_2 = -10$ cm, đặt đồng trục và cách nhau một khoảng l (Hình 3.1).



Hình 3.1

Vật AB đặt trên và vuông góc với trục chính, cách thấu kính O_1 một khoảng 36 cm.

a) Cho $l = 10$ cm. Xác định vị trí, tính chất và độ phóng đại của ảnh A_2B_2 của AB qua hệ thấu kính.

b) Cho vật AB và thấu kính O_1 cố định. Xác định những giá trị của l để ảnh A_2B_2 qua hệ là ảnh thật.

c) Xác định l để cho độ lớn của ảnh A_2B_2 qua hệ không phụ thuộc vào vị trí của vật AB (AB luôn vuông góc với trục chính).

ĐỀ 4

Một người cận thị chỉ nhìn rõ các vật cách mắt từ 15cm đến 45cm.

1) Người này dùng kính lúp có độ tụ $D = 25$ dp để quan sát một vật nhỏ. Mắt cách kính 10cm. Độ bội giác của ảnh bằng 3. Xác định khoảng cách từ vật đến kính.

2) Người này đặt mắt sát vào thị kính của một kính hiển vi và quan sát được ảnh của một vật nhỏ trong trạng thái không điều tiết. Cho biết tiêu cự của vật kính bằng 1cm, tiêu cự của thị kính bằng 5cm, độ dài quang học của kính hiển vi bằng 10cm.

Tính khoảng cách từ vật đến vật kính và độ bội giác của ảnh khi đó.

ĐỀ 5

Cho hai thấu kính đồng trục O_1, O_2 đặt cách nhau 24cm, có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 12\text{cm}$ và $f_2 = -6\text{cm}$. Trước thấu kính O_1 đặt một vật sáng AB vuông góc với trục chính và cách O_1 một khoảng d_1 .

1) Để ảnh của AB cho bởi hệ thấu kính là ảnh ảo thì khoảng cách d_1 phải thỏa mãn điều kiện gì?

2) Tại vị trí của thấu kính O_2 , ta thay thấu kính O_2 bằng một gương phẳng đặt vuông góc với trục chính, có mặt phản xạ quay về phía thấu kính O_1 . Hãy xác định d_1 để ảnh cuối cùng của AB qua hệ thấu kính – gương phẳng trùng vào vị trí của AB.

ĐỀ 6

Vật sáng AB đặt thẳng góc với quang trục chính của một gương cầu lõm, cho ảnh A_1B_1 . Khi dịch vật xa gương thêm một đoạn bằng 1,8m thì thấy ảnh cũng dịch xa gương thêm 0,18m và nhỏ hơn A_1B_1 1,6 lần.

1) Xác định tiêu cự của gương cầu lõm đó.

2) Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 1m. Hỏi người đó phải đứng cách gương cầu trên một khoảng bao nhiêu để có thể nhìn được ảnh của mình mà mắt không phải điều tiết?

ĐỀ 7

Một kính hiển vi gồm hai thấu kính có tiêu cự lần lượt bằng 5cm và 0,5cm, đặt cùng trục chính và cách nhau 21cm. Người quan sát có điểm cực cận cách mắt 20cm, điểm cực viễn ở vô cực. Mắt đặt sát thị kính.

- Hỏi kính nào là vật kính, kính nào là thị kính? Tại sao?
- Hỏi vật cần quan sát phải đặt trong khoảng nào trước vật kính?
- Độ bội giác mà kính hiển vi nói trên biến thiên trong khoảng nào?

ĐỀ 8

Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 50cm và điểm cực cận cách mắt 15cm.

1) Nếu người ấy muốn nhìn rõ một vật ở xa vô cực mà không phải điều tiết thì phải đeo sát mắt một thấu kính có độ tụ là bao nhiêu? Khi đeo kính đó, người ấy nhìn rõ điểm gần nhất cách mắt bao nhiêu?

2) Nếu người ấy muốn cho điểm nhìn rõ gần nhất cách mắt cách mắt 25cm thì phải đeo sát mắt một thấu kính có độ tụ là bao nhiêu? Khi đó thì điểm xa nhất mà người ấy có thể nhìn rõ được cách mắt bao nhiêu?

Từ hai kết quả tính toán ở trên, rút ra kết luận gì?

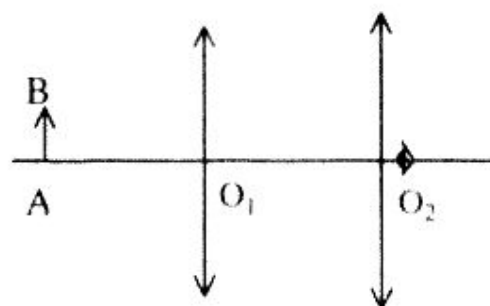
ĐỀ 9

Một người có khoảng nhìn rõ từ 20cm đến vô cực nhìn vật AB qua một quang hệ gồm hai thấu kính hội tụ O_1 có $f_1 = 30\text{cm}$ và O_2 có $f_2 = 4\text{cm}$. Hai thấu kính đồng trục và cách nhau 34cm. Mắt người quan sát đặt sát O_2 .

a) Tìm khoảng cách từ vật đến mắt khi ảnh cuối cùng rơi vào điểm cực viễn của mắt.

b) Tìm khoảng cách từ vật đến mắt khi ảnh cuối cùng rơi vào điểm cực cận của mắt.

c) Người vẫn đứng ở vị trí cũ, bỏ quang hệ, quan sát trực tiếp AB ở các vị trí nói ở mục a) và b) trên thì góc trông vật giảm đi bao nhiêu lần so với khi quan sát qua quang hệ.



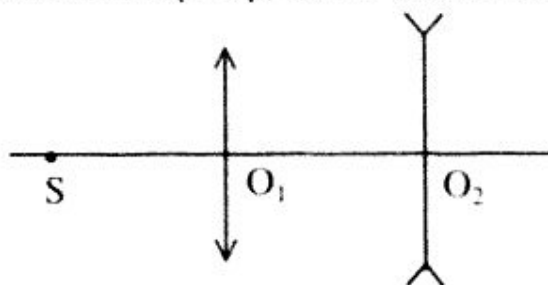
Hình 9.1

ĐỀ 10

Một điểm sáng S đặt trên trục chính của một thấu kính hội tụ mỏng có tiêu cự bằng 10cm, cách thấu kính một khoảng bằng 15cm.

a) Vẽ và xác định ảnh S_1 của S qua thấu kính, ảnh S_1 là ảnh gì?

b) Đặt thêm một thấu kính phân kì mỏng có tiêu cự bằng 4cm, có cùng trục chính với thấu kính hội tụ, cách thấu kính hội tụ một khoảng bằng 34cm như trên hình 10.1. Vẽ và xác định ảnh S_2 của S qua hệ hai thấu kính.



Hình 10.1

c) Đặt một bản thủy tinh có

hai mặt song song dày 16cm trong khoảng giữa hai thấu

kính đã cho trong câu (a) và (b) sao cho bản thủy tinh vuông góc với trục chính của hai thấu kính và mặt gần thấu kính hội tụ cách thấu kính hội tụ một khoảng bằng 10cm; ta nhận được một ảnh thật của S qua hệ ở trên trục chính và cách thấu kính phân kì một khoảng bằng 4cm. Xác định chiết suất tỉ đối đối với không khí của bản thủy tinh. Coi hệ đặt trong không khí.

ĐỀ 11

Vật sáng AB đặt trước một thấu kính hội tụ tiêu cự $f = 24\text{cm}$ cho ảnh ảo cao 4cm . Di chuyển vật sáng đi 6cm dọc theo trục chính thì ảnh tạo bởi thấu kính vẫn là ảnh ảo cao 8cm .

1) Tìm chiều cao vật sáng AB.

2) Giả sử vật đặt cách thấu kính một khoảng d_1 rồi đặt sau thấu kính một gương phẳng vuông góc với trục chính, cách thấu kính 20cm và quay mặt phản xạ về phía thấu kính. Xác định giá trị của d_1 để ảnh qua hệ thấu kính–gương là ảnh thật và cao 2cm . Vẽ ảnh trong trường hợp đó.

ĐỀ 12

Cho một hệ gồm hai thấu kính O_1, O_2 có cùng trục chính, tiêu cự lần lượt là $f_1 = 24\text{cm}$; $f_2 = -12\text{cm}$, đặt cách nhau một khoảng $l = 36\text{cm}$. Đặt vật sáng nhỏ AB vuông góc với trục chính ở phía trước O_1 và cách O_1 là 24cm .

1) Xác định vị trí của ảnh, tính chất và độ phóng đại của ảnh qua hệ. Vẽ hình?

2) Tìm vị trí của vật để ảnh qua hệ là ảnh ảo lớn gấp 3 lần vật?

ĐỀ 13

Cho một thấu kính hội tụ L_1 , tiêu cự $f_1 = 15\text{cm}$. Trước thấu kính, người ta dịch chuyển vật sáng nhỏ AB sao cho vật sáng AB luôn luôn vuông góc với trục chính.

1) Xác định khoảng cách ngắn nhất từ vật sáng AB đến ảnh thực của nó.

2) Vật đặt tại vị trí thứ nhất cho ảnh thực lớn gấp 6 lần vật. Khi dịch chuyển vật một đoạn x so với vị trí thứ nhất ảnh

thu được cũng là thực và lớn gấp 2 lần vật. Xác định độ dịch chuyển x.

3) Sau thấu kính L_1 , đặt một thấu kính L_2 có tiêu cự $f_2 = 10\text{cm}$ có trục chính với L_1 , khoảng cách giữa hai thấu kính là l . Chứng minh rằng: với $l > 25\text{cm}$ có thể tìm được hai vị trí đặt vật AB trước thấu kính L_1 để hai ảnh tương ứng của vật AB cho bởi hệ quang học trên có độ lớn như nhau.

ĐỀ 14

Cho một thấu kính hội tụ tiêu cự $f = 10\text{cm}$.

1) Đặt vật sáng AB song song và cách màn ảnh một khoảng $L = 45\text{cm}$. Tìm vị trí đặt thấu kính để thu được ảnh rõ nét của AB trên màn. Vẽ ảnh.

2) Đặt một điểm sáng S cách màn $L' = 22,5\text{cm}$.

a) Chứng minh rằng không có vị trí nào của thấu kính thu được ảnh rõ nét của S trên màn.

b) Giả thiết thấu kính hình tròn, đường kính rìa là $D = 3\text{cm}$. Hãy tìm một vị trí đặt thấu kính sao cho trên màn ảnh thu được một vùng sáng hình tròn có diện tích nhỏ nhất. Tính diện tích vùng sáng đó.

ĐỀ 15

Một người cận thị vì già chỉ nhìn rõ những vật nằm trong khoảng cách từ $0,4\text{m}$ đến $0,8\text{m}$.

a) Để nhìn rõ những vật ở rất xa mà mắt không phải điều tiết, người này phải đeo kính L_1 có độ tụ bằng bao nhiêu (cho kính đeo sát mắt)? Xác định giới hạn nhìn rõ của mắt người đó khi đeo kính L_1 .

b) Để nhìn rõ vật gần nhất cách mắt 25cm , người đó gắn thêm vào L_1 một kính L_2 . Tính độ tụ của L_2 .

ĐỀ 16

Một vật sáng phẳng AB vuông góc với trục chính và trước thấu kính phân kì L_1 có độ lớn của tiêu cự bằng 15cm. Sau L_1 đặt thấu kính hội tụ L_2 có cùng trục chính và có độ lớn của tiêu cự bằng 25cm.

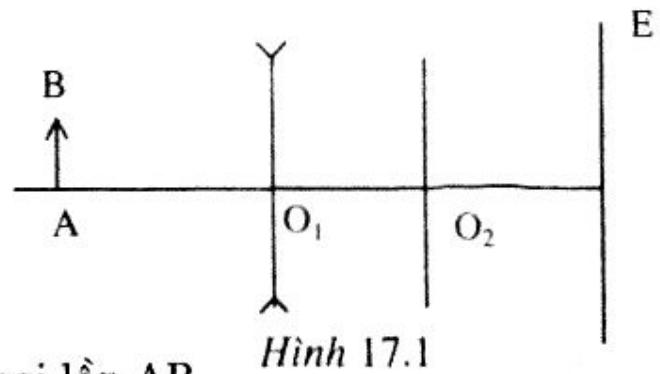
1) Xác định khoảng cách giữa hai thấu kính để độ cao của ảnh qua hệ không phụ thuộc vào vị trí vật AB trước L_1 .

2) Giữ nguyên vị trí hai thấu kính như ở trường hợp (1). Xen dịch vật trước L_1 , đặt mắt sát L_2 , người ta nhìn thấy một ảnh cách L_2 là 25cm. Xác định vị trí vật AB và vẽ hình tạo ảnh trong trường hợp này.

ĐỀ 17

Cho quang hệ hình bên (hình 17.1). Thấu kính O_1 có tiêu cự $f_1 = -20\text{cm}$. Vật AB cách O_1 một khoảng $d_1 = 20\text{cm}$.

1) Tìm tiêu cự f_2 của thấu kính O_2 , biết rằng màn ảnh E cách AB một đoạn $L = 70\text{cm}$, ảnh A_2B_2 rõ nét trên màn và cao gấp hai lần AB.



Hình 17.1

2) Cố định AB và O_1 , di chuyển O_2 một đoạn a .

a) Chứng tỏ rằng A_2B_2 luôn là ảnh thật, không phụ thuộc a .

b) Tìm a và chiều di chuyển của O_2 để $A_2B_2 = \frac{1}{2}AB$. Khi đó màn phải di chuyển bao nhiêu, theo chiều nào để thu được ảnh A_2B_2 rõ nét?

ĐỀ 18

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

1) Xác định giới hạn quang điện của kim loại đó.

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

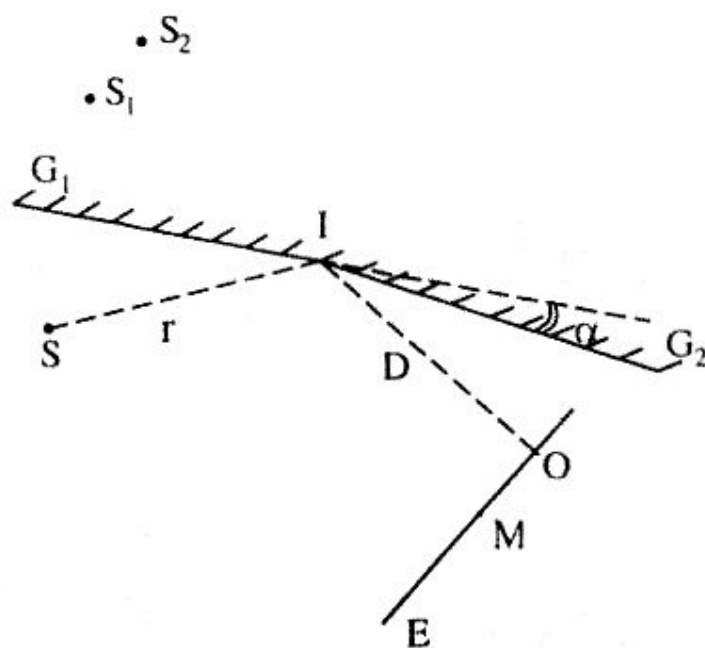
3) Khi chiếu bức xạ có tần số f_1 và tế bào quang điện kể trên, để không một electron nào bay về anôt thì hiệu điện thế giữa anôt và catôt phải như thế nào?

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

ĐỀ 19

Một hệ gương frêsen gồm hai gương phẳng G_1 và G_2 nghiêng nhau một góc $\alpha = 15^\circ$ (hình 19.1).

Đặt một khe sáng hẹp S song song với giao tuyến I của hai gương này và cách I một khoảng $SI = r = 18 \text{cm}$. Gọi S_1 và S_2 là hai ảnh ảo của S cho bởi hai gương. Các tia sáng của khe S phản xạ lên G_1 và G_2 hình như phát ra từ S_1 và S_2 và truyền tới giao thoa với nhau trên màn



Hình 19.1

ảnh E đặt vuông góc với mặt phẳng trung trực của đoạn S_1S_2 theo giao tuyến O. Khoảng cách từ màn ảnh E đến giao tuyến I của G_1 và G_2 là $OI = D = 2,96\text{m}$.

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

2) Biết rằng với kích thước các gương đã được sử dụng ở trên

thì bề rộng của vùng giao thoa trên màn E có giá trị lớn nhất là b. Hãy tính b.

3) Chứng minh rằng hiệu đường đi của hai tia sáng từ S phát xạ, phản xạ trên G_1 và G_2 truyền tới giao thoa với nhau tại điểm M trên màn E được xác định bằng công thức:

$$S_1M - S_2M = d_1 - d_2 = \frac{ax}{D + r}$$

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

4) Tính khoảng vân i và số vân sáng trong vùng giao thoa trên màn E đối với ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,650\mu\text{m}$. Muốn tăng độ rộng của khoảng vân i thì phải tăng hay giảm góc nghiêng α giữa G_1 với G_2 ?

5) Giả sử ánh sáng phát ra từ khe S với mọi bước sóng λ từ $0,480\mu\text{m}$ đến $0,760\mu\text{m}$. Hãy tìm bước sóng của các ánh sáng đơn sắc cho vân tối tại điểm M trên màn E cách điểm O một khoảng $x_1 = 4,5\text{mm}$.

ĐỀ 20

Khi lần lượt chiếu ánh sáng với tần số $f_1 = 7,5 \cdot 10^{14}\text{Hz}$ và $f_2 = 5,76 \cdot 10^{14}\text{Hz}$ vào một miếng kim loại cô lập thì các quang điện tử có vận tốc ban đầu cực đại tương ứng là $v_1 = 0,643 \cdot 10^6\text{m/s}$, và

$$v_2 = 0,400.10^6 \text{ m/s.}$$

1) Xác định khối lượng của điện tử (lấy đến bốn chữ số có nghĩa).

Tính công thoát điện tử và bước sóng giới hạn quang điện của kim loại.

2) Tìm bước sóng của bức xạ điện từ chiếu vào tấm kim loại để điện thế cực đại của nó là $V = 3$ von.

Cho biết: $h = 6,625.10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3.10^8 \text{ m/s}$; $|e| = 1,6.10^{-19} \text{ C}$.

ĐỀ 21

Biết bước sóng ứng với hai vạch đầu tiên trong dãy laiman của quang phổ nguyên tử hiđrô là

$$\lambda_{L_1} = 0,122 \mu \text{ m,}$$

$$\lambda_{L_2} = 103 \text{ nm.}$$

Biết mức năng lượng của trạng thái kích thích thứ hai là $-1,51 \text{ eV}$.

1) Hãy tìm bước sóng của vạch $H\alpha$ trong quang phổ nhìn thấy của nguyên tử hiđrô

2) Tìm mức năng lượng của trạng thái cơ bản và của trạng thái kích thích thứ nhất (theo đơn vị eV)

Cho biết: $h = 6,625.10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3.10^8 \text{ m/s}$; $|e| = 1,6.10^{-19} \text{ C}$.

ĐỀ 22

Trong một thí nghiệm giao thoa ánh sáng với 2 khe young, khoảng cách giữa hai khe $a = S_1S_2 = 1,5 \text{ mm}$. Hai khe đặt cách màn ảnh $D = 2 \text{ m}$.

1) Chiếu ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 0,48 \mu \text{ m}$. Tìm

khoảng cách gần nhất giữa hai vân sáng liên tiếp và khoảng cách từ vân sáng trung tâm O đến vân sáng bậc 4.

2) Chiếu đồng thời hai bức xạ đơn sắc λ_1 và $\lambda_2 = 0,64\mu\text{m}$. Tìm khoảng cách gần nhất giữa hai vân sáng cùng màu so với vân sáng ở O.

ĐỀ 23

Khi chiếu chùm bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,33\mu\text{m}$ vào catôt của một tế bào quang điện thì hiệu điện thế hãm là U_h .

a) Để có hiệu điện thế hãm U_h' với giá trị $|U_h'|$ giảm đi 1 von so với $|U_h|$ thì phải dùng bức xạ có bước sóng λ' bằng bao nhiêu?

b) Cho giới hạn quang điện của catôt là $\lambda_0 = 0,66\mu\text{m}$ và đặt giữa anôt và catôt hiệu điện thế dương $U_{AK} = 1,5$ von. Tính động năng cực đại của êlectrôn khi đập vào anôt nếu dùng bức xạ có $\lambda = 0,33\mu\text{m}$.

Cho biết hằng số plăng: $h = 6,625 \cdot 10^{-34}\text{J.s}$; vận tốc ánh sáng trong chân không:

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

điện tích của êlectrôn: $e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

ĐỀ 24

Trong một ống Culigơ hiệu điện thế giữa anôt (A) và catôt (K) là 15KV và cường độ dòng điện qua ống là 20 mA.

1) Tính vận tốc và động năng của các êlectrôn khi tới đối catôt. Tìm bước sóng nhỏ nhất của tia X do ống phát ra.

2) Tính nhiệt lượng tỏa ra trên đối catôt trong mỗi phút và lưu lượng nước (lượng nước đi qua ống trong một giây) để làm

nguội catôt. Biết rằng nhiệt độ nước đi vào ống là $t_1 = 20^\circ\text{C}$ và ra khỏi ống là $t_2 = 40^\circ\text{C}$; nhiệt dung riêng của nước là $C_n = 4186 \text{ J / kg.độ}$.

ĐỀ 25

Khi chiếu bức xạ điện từ có bước sóng $\lambda_1 = 0,30 \mu\text{m}$ vào một tấm kim loại, người ta thấy vận tốc ban đầu cực đại của quang electron là $v_{01} = 4,93.10^5 \text{ m/s}$.

a) Xác định giới hạn quang điện λ_0 của kim loại này.

b) Để có vận tốc cực đại ban đầu của quang electron bằng $v_{02} = 7,31.10^5 \text{ m/s}$ thì phải chiếu lên kim loại này bức xạ có tần số f_2 bằng bao nhiêu? Đặt tấm kim loại trên cô lập và chiếu lên nó bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,2279 \mu\text{m}$. Hỏi điện thế cực đại của nó đạt được bằng bao nhiêu?

Cho biết hằng số plăng: $h = 6,625.10^{-34} \text{ J.s}$; vận tốc ánh sáng trong chân không: $c = 3.10^8 \text{ m/s}$; khối lượng electron: $m_e = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$; điện tích electron: $e = -1,6.10^{-19} \text{ C}$

ĐỀ 26

Catôt của một tế bào quang điện làm bằng vonfram có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,275 \mu\text{m}$

1) Công thoát của điện tử ra khỏi vonfram là bao nhiêu?

2) Chiếu vào catôt của tế bào quang điện này một chùm bức xạ đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,185 \mu\text{m}$. Tính vận tốc cực đại của quang điện tử khi nó vừa bứt ra khỏi catôt.

3) Muốn không có một quang điện tử nào tới được Anôt khi chiếu chùm bức xạ nói trên thì hiệu điện thế giữa Anôt và Catôt phải bằng bao nhiêu?

Cho: $h = 6,625.10^{-34} \text{ J.s}$; $C = 3.10^8 \text{ m/s}$
 $m_e = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$; $e = -1,6.10^{-19} \text{ C}$.

ĐỀ 27

Chiếu một bức xạ điện từ vào catôt của một tế bào quang điện có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,5 \mu\text{m}$, ta thu được electron quang điện bắn ra có vận tốc ban đầu cực đại V_0 . Khi hướng các electron quang điện này vào một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 2 \cdot 10^{-5} \text{ (T)}$ thì có chuyển động theo một đường hình ốc có bán kính $R = 1 \text{ m}$ và bước $h = 5 \text{ m}$

- Tính giá trị V_0 của electron quang điện trên.
- Tính bước sóng λ của bức xạ điện từ chiếu tới catôt

ĐỀ 28

Trong thí nghiệm Iâng về hiện tượng giao thoa ánh sáng, nguồn ánh sáng đơn sắc là một khe S đặt song song và cách đều hai khe S_1, S_2 ; khoảng cách $S_1 S_2 = a = 0,2 \text{ mm}$. Vân giao thoa hứng được trên màn E đặt sau hai khe S_1, S_2 và song song với $S_1 S_2$, cách $S_1 S_2$ một khoảng $D = 1 \text{ m}$.

- Biết rằng khoảng cách giữa 10 vân sáng cạnh nhau là $2,7 \text{ cm}$. Tính bước sóng đơn sắc của nguồn.
- Chiếu khe S bằng ánh sáng trắng có bước sóng nằm trong khoảng từ $0,4 \mu\text{m}$ đến $0,75 \mu\text{m}$. Hỏi ở những điểm nằm cách vân sáng chính giữa $2,7 \text{ cm}$ có những vân sáng của những ánh sáng đơn sắc nào trùng nhau.

ĐỀ 29

Vạch quang đầu tiên (có bước sóng dài nhất) của các dãy Laiman, Banme và Pasen trong quang phổ của nguyên tử hiđrô có bước sóng lần lượt là: $0,122 \mu\text{m}$; $0,656 \mu\text{m}$ và $1,875 \mu\text{m}$. Xác

định bước sóng của vạch quang phổ thứ hai của dãy Laiman và dãy Banme. Các vạch đó thuộc miền nào của thang sóng điện từ?

ĐỀ 30

Một đèn phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,4.10^{-6}\text{m}$ được dùng để chiếu vào catôt của một tế bào quang điện. Công thoát đối với kim loại dùng làm catôt là $A = 2,26\text{ eV}$.

1) Tìm bước sóng giới hạn của kim loại dùng làm catôt.

2) Tìm vận tốc cực đại của êlectrôn bị bật ra khỏi catôt.

3) Bề mặt của catôt nhận được một công suất chiếu sáng $P = 3\text{ mW}$. Cường độ dòng điện bão hoà của tế bào quang điện $I = 6,43.10^{-6}\text{A}$.

Tính số phôtôn n mà catôt nhận được trong mỗi giây và số êlectrôn n' bị bật ra khỏi catôt trong mỗi giây.

Cho biết: Khối lượng của êlectrôn $m_e = 9,1.10^{-31}\text{kg}$;

Điện tích của êlectrôn $e = 1,6.10^{-19}\text{C}$;

Hằng số Plăng $h = 6,625.10^{-34}\text{j.s}$;

Vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3.10^8\text{m/s}$.

ĐỀ 31

Hai gương phẳng G_1, G_2 đặt sát nhau và nghiêng với nhau một góc α rất nhỏ (gương Fresnen). Một khe hẹp S được rọi bằng ánh sáng đơn sắc bước sóng λ , đặt song song với giao tuyến A của hai gương và cách A một đoạn r . Một màn quan sát E song song với A và với S_1, S_2 (S_1, S_2 là hai ảnh của khe S qua hai gương) và cách A một đoạn d .

Cho $\alpha = 15'(1' = 3.10^{-4}\text{rad})$; $\lambda = 0,5\text{ }\mu\text{m}$; $r = 1\text{m}$; $d = 2\text{m}$.

1) Tại sao ta có thể dùng các công thức của khe lằng cho

bài toán giao thoa đôi với gương Fresnen.

2) Tính khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp và số vân sáng có thể quan sát được trên màn E.

ĐỀ 32

Chiếu lần lượt hai bức xạ đơn sắc có tần số $f_1 = 1,2 \cdot 10^{15}$ Hz, $f_2 = 1,0 \cdot 10^{15}$ Hz vào catôt làm bằng kẽm của một tế bào quang điện. Khi đó người ta đo được các hiệu điện thế hãm để cho dòng quang điện bắt đầu triệt tiêu tương ứng là $U_1 = 1,43$ V và $U_2 = 0,60$ V. Sử dụng các số liệu đã cho, hãy tính:

1) Hằng số Plăng h.

2) Công thoát của êlectrôn ra khỏi kẽm (tính ra eV). Cho biết $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

ĐỀ 33

1) Chiếu sáng qua khe hẹp trong máy quang phổ bằng chùm tia sáng phát ra từ một đèn phóng điện chứa hiđrô. Hãy mô tả quang phổ thu được. Trong quang phổ này có những bức xạ nào nằm ngoài vùng ánh sáng nhìn thấy?

2) Cần phải thay và thêm những bộ phận nào trong máy quang phổ để phát hiện những bức xạ nằm ngoài vùng ánh sáng nhìn thấy trong quang phổ của khí hiđrô? Giải thích rõ tác dụng của những bộ phận đó.

3) Khi chiếu chùm bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,1026 \mu\text{m}$ qua chất khí hiđrô ở nhiệt độ và áp suất thích hợp thì chất khí đó phát ra ba bức xạ đơn sắc có các bước sóng $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$. Giải thích tại sao? Cho biết $\lambda_3 = 0,6563 \mu\text{m}$ ứng với bức xạ màu đỏ, hãy tính giá trị của các bước sóng λ_1 , λ_2 và nói rõ chúng ứng với loại bức xạ nào?

ĐỀ 34

Người ta chiếu một chùm bức xạ có tần số $f = 1,5 \cdot 10^{15}$ Hz và catôt của một tế bào quang điện có công thoát $A = 4$ eV.

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

b) Cho biết hiệu suất lượng tử của tế bào quang điện là 10% (100 photon của bức xạ đập vào catôt làm bật 10 electron ra khỏi catôt), số electron bật ra khỏi catôt trong một giây là $n_e = 9 \cdot 10^{15}$. Hãy tính công suất bức xạ P được dùng. Cho hằng số Planck $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ J.s; khối lượng của electron $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg; $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J.

ĐỀ 35

Đồng vị $^{24}_{11}\text{Na}$ là chất phóng xạ β^- và tạo thành đồng vị của magiê. Mẫu $^{24}_{11}\text{Na}$ có khối lượng ban đầu $m_0 = 0,24$ g. Sau 105 giờ, độ phóng xạ của nó giảm đi 128 lần.

Cho $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ (mol $^{-1}$).

Viết phương trình phản ứng.

1) Tìm chu kỳ bán rã và độ phóng xạ ban đầu (Tính ra đơn vị Bq) của mẫu (kết quả tính được lấy đến ba chữ số có nghĩa)

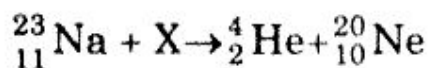
2) Tính khối lượng magiê tạo ra sau thời gian 45 giờ.

ĐỀ 36

Lúc đầu có một mẫu pôlôni $^{210}_{84}\text{Po}$ nguyên chất là chất phóng xạ có chu kỳ bán rã 138 ngày. Các hạt Pôlôni phát ra tia phóng xạ và chuyển thành hạt nhân chì $^{206}_{82}\text{Pb}$. Hỏi Pôlôni phát ra loại tia phóng xạ nào? Tính tuổi của chất trên nếu lúc khảo sát khối lượng pôlôni lớn gấp 4 lần khối lượng chì?

ĐỀ 37

Xác nhận hạt nhân X trong phản ứng hạt nhân sau:



Phản ứng hạt nhân trên thuộc loại tỏa hay thu năng lượng? Tính độ lớn của năng lượng tỏa hoặc thu đó ra electron-von (eV). Cho biết khối lượng các hạt nhân:

$${}_{11}^{23}\text{Na} = 22,873 \text{ u}$$

$${}_2^4\text{He} = 4,0015 \text{ u}$$

$${}_{10}^{20}\text{Ne} = 19,9870 \text{ u}$$

$${}_1^1\text{H} = 1,0073 \text{ u}$$

$$\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}/c^2.$$

ĐỀ 38

Pôlôni ${}_{84}^{210}\text{Po}$ là chất phóng xạ α với chu kỳ bán rã là 138 ngày.

1) Viết phương trình phân rã và tìm khối lượng ban đầu của pôlôni, cho biết độ phóng xạ ban đầu của nó là $1,67 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$

2) Sau thời gian bao lâu độ phóng xạ của nó giảm đi 16 lần.

3) Tìm năng lượng tỏa ra khi lượng chất phóng xạ trên phân rã hết.

Cho: $m(\text{Po}) = 209,9828 \text{ u}$; $m(\alpha) = 4,0026 \text{ u}$;

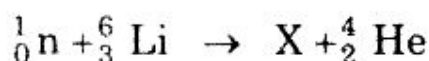
$m(\text{Pb}) = 205,9744 \text{ u}$;

$1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2$;

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} / \text{mol}$.

ĐỀ 39

Nơtrôn có động năng $K_n = 1,1 \text{ MeV}$ bắn vào hạt nhân liti đứng yên gây ra phản ứng:



a) Viết đầy đủ phản ứng trên và cho biết phản ứng trên thu hay tỏa năng lượng.

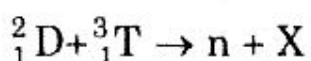
b) Hạt nhân hêli bay ra vuông góc với phương của hạt nhân X. Tìm động năng K_X của hạt nhân X và động năng K_α của hạt nhân hêli.

Cho $m_{{}_2^4\text{He}} = 4,00160 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m_x = 3,01600 \text{ u}$;

$m_{{}_3^6\text{Li}} = 6,00808 \text{ u}$; $1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2$.

ĐỀ 40

Cho phản ứng hạt nhân:



a) Hỏi hạt nhân X là hạt nhân gì? Số prôtôn và nơtrôn có trong hạt nhân ấy bằng bao nhiêu?

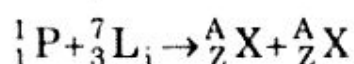
b) Cho biết khối lượng các hạt nhân: $m_D = 2,0136 \text{ u}$; $m_T = 3,0160\text{u}$; $m_n = 1,0087 \text{ u}$; $m_x = 4,0015 \text{ u}$. Hỏi phản ứng đã cho thu hay tỏa năng lượng? Tính năng lượng đó ra MeV, biết rằng $1\text{u} = 931\text{MeV}/c^2$.

3) Nước trong thiên nhiên chứa 0,015% nước nặng D_2O . Hỏi nếu dùng toàn bộ đơteri có trong 1m^3 nước để làm nhiên liệu cho phản ứng trên thì năng lượng thu được (tính ra kJ) là bao nhiêu?

Cho số Avôgađrô $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ hạt/ mol; khối lượng riêng của nước $\rho = 1\text{kg/lít}$.

ĐỀ 41

Prôtôn bắn vào hạt nhân liti đứng yên gây ra phản ứng



a) Xác định hạt nhân của nguyên tử X, nó còn được gọi là hạt gì?. Tính năng lượng tỏa ra theo đơn vị MeV.

b) Tính năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 1g chất X.

Cho: $m_p = 1,007 \text{ (u)}$, $m({}_3^7\text{Li}) = 7,000 \text{ (u)}$,

$m({}_2^4\text{He}) = 4,000 \text{ (u)}$, $1\text{u} = 931 \text{ MeV}/c^2$,

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ nguyên tử/mol

ĐỀ 42

Người ta dùng prôtôn bắn phá hạt nhân ${}_4^9\text{Be}$ đứng yên. Phản ứng cho ta hạt α và hạt nhân X

1) Viết đầy đủ phản ứng hạt nhân trên.

2) Biết động năng của prôtôn là $K_p = 5,45 \text{ MeV}$, của hạt α là $K_\alpha = 4 \text{ MeV}$, vận tốc của prôtôn và của hạt α vuông góc với nhau. Tính động năng và vận tốc của hạt nhân X.

3) Tính năng lượng tỏa ra của phản ứng.

Coi khối lượng của một hạt nhân (Đo bằng đơn vị u) xấp xỉ bằng số khối A của nó và $1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931 \text{ MeV}/c^2$

ĐỀ 43

Đồng vị ${}_{11}^{24}\text{Na}$ là một chất phóng xạ β^- có chu kỳ bán rã $T = 15$ giờ

a) Hãy viết đầy đủ phương trình phản ứng và cho biết hạt nhân con hình thành sau phản ứng là hạt nhân gì?

b) Một mẫu $^{24}_{11}\text{Na}$ ở thời điểm $t = 0$ có khối lượng $m_0 = 24\text{g}$. Sau một thời gian t , khối lượng của mẫu chỉ còn $m = 0,3\text{g}$. Tính số hạt β^- được sinh ra và hãy tính khoảng thời gian t đó.

Cho số Avôgađrô $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ (1/mol)}$.

ĐỀ 44

Hạt nhân pôlôni (Po) phóng xạ ra một hạt α và một hạt nhân X:



a) Hãy cho biết cấu tạo của hạt nhân X. Phản ứng này tỏa ra bao nhiêu năng lượng? Tính năng lượng này ra MeV.

Cho biết: $m(^{210}_{84}\text{Po}) = 209,93730 \text{ (u)}$,

$m(\text{X}) = 205,92944 \text{ (u)}$,

$m_\alpha = 4,00150 \text{ (u)}$,

$1\text{u} = 931 \text{ (MeV}/c^2\text{)}$

b) Nếu khối lượng ban đầu của mẫu chất pôlôni là $2,1\text{g}$ thì sau 276 ngày sẽ có bao nhiêu hạt α được tạo thành? Cho biết chu kỳ bán rã của pôlôni là 138 ngày, số Avôgađrô $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ (hạt/mol)}$.

c) Trong phân rã trên hạt nhân pôlôni đứng yên. Hãy tính động năng của hạt α được tạo thành.

ĐỀ 45

Dùng prôtôn có động năng $K_p = 1,20\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân ^7_3Li đứng yên thì thu được hai hạt nhân giống nhau ^A_ZX .

a) Viết phương trình phản ứng.

b) Phản ứng này tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng?

Năng lượng này có phụ thuộc vào động năng của hạt prôtôn hay không? Giải thích.

c) Tìm động năng của mỗi hạt X, biết rằng chúng có cùng vận tốc.

Cho khối lượng các hạt nhân: $m(p) = 1,0073u$;

$m(\text{Li}) = 7,0140u$; $m(X) = 4,0015u$;

$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $1u = 931 \frac{\text{MeV}}{c^2}$.

ĐỀ 46

Hạt nhân $^{210}_{84}\text{Po}$ phóng xạ α và biến đổi thành hạt nhân X.

Cho khối lượng các hạt nhân:

$m(\text{Po}) = 209,9828u$; $m(\alpha) = 4,0015u$;

$m(X) = 205,9744u$; $u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

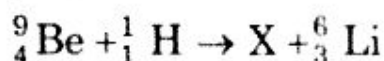
1) Tìm khối lượng ban đầu của khối chất phóng xạ, biết độ phóng xạ ban đầu của nó là 2(ci) và chu kỳ bán rã của pôlôni là 138 ngày.

2) Xác định hạt nhân X và tìm năng lượng tỏa ra của một phân rã.

3) Xét một hạt nhân pôlôni đứng yên phóng xạ và không kèm theo phát tia γ . Tìm động năng và vận tốc của hạt α (khối lượng mỗi hạt tính theo u xem gần đúng bằng số khối A của nó).

ĐỀ 47

Cho phản ứng hạt nhân:



a) X là hạt nhân của nguyên tử nào và còn gọi là hạt gì?

b) Biết: $m_{\text{Be}} = 9,01219\text{u}$; $m_{\text{p}} = 1,00783\text{u}$;

$m_{\text{Li}} = 6,01513\text{u}$; $m_{\text{x}} = 4,00260\text{u}$.

Đây là phản ứng tỏa hay thu năng lượng? Tại sao?

c) Tính năng lượng tỏa ra hay thu vào của phản ứng. Cho $n = 931\text{MeV}/\text{C}^2$.

d) Cho biết hạt prôtôn có động năng $5,45\text{MeV}$ bắn phá hạt nhân Be đứng yên , hạt nhân Li bay ra với động năng $3,55\text{MeV}$. Tìm động năng của hạt nhân X bay ra.

ĐỀ 48

Ra đi ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ là nguyên tố phóng xạ α , nó phóng ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân con X.

a) Viết phương trình phản ứng. Biết chu kỳ bán rã của radi là $T = 1570$ năm. Hãy tính độ phóng xạ của 1g radi. Cho số Avôgađrô $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}/\text{mol}$.

b) Phản ứng trên tỏa ra một năng lượng là $2,7\text{MeV}$. Giả sử ban đầu hạt nhân radi đứng yên. Hãy tính động năng của hạt α và của hạt nhân con sau phản ứng. Coi khối lượng nguyên tử bằng số khối.

ĐỀ 49

Dùng hạt prôtôn bắn phá hạt nhân ${}^{23}_{11}\text{Na}$ tạo ra hạt α và hạt nhân X.

1) Viết phương trình phản ứng và gọi tên hạt nhân X.

2) Tính năng lượng tỏa ra (hay thu vào) của phản ứng trên.

3) Nếu hạt prôtôn có động năng là $3,5\text{MeV}$ và hạt ${}^{23}_{11}\text{Na}$ đứng yên thì vận tốc của hạt α và hạt X có cùng độ lớn.

Hãy xác định động năng của hạt X.

Cho biết: $m(\text{Na}) = 22,983734\text{u}$; $m(\text{p}) = 1,007276\text{u}$;

$m(\alpha) = 4,001506\text{u}$; $m(\text{X}) = 19,986950\text{u}$; $u = 931\text{MeV}/c^2$

ĐỀ 50

Một prôtôn có động năng $W_p = 1\text{MeV}$ bắn vào hạt nhân ${}^7_3\text{Li}$ đang đứng yên thì sinh ra phản ứng tạo thành hai hạt α có bản chất giống nhau và không kèm theo bức xạ gamma γ .

1) Viết phương trình phản ứng và cho biết phản ứng tỏa hay thu bao nhiêu năng lượng.

2) Tính động năng của mỗi hạt X được tạo ra.

3) Tính góc giữa phương chuyển động của hai hạt X, biết rằng chúng bay ra đối xứng với nhau qua phương tới của hạt prôtôn.

Cho biết khối lượng của các hạt:

$$m_{\text{Li}} = 7,0144\text{u};$$

$$m_{\text{p}} = 1,0073\text{u};$$

$$m_{\text{x}} = 4,0015\text{u};$$

$$1\text{u} = 931\text{MeV}/c^2;$$

$$\cos 85,27^\circ = 0,0824.$$

HƯỚNG DẪN GIẢI

LỜI GIẢI ĐỀ 1

Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow[d_1 \quad d_1']{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_1 \quad d_2']{L_2} A_2B_2$

a) Ta có: $d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = 60\text{cm};$

$$d_2 = l - d_1' = l - 60;$$

$$d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{10(60 - l)}{l - 50}$$

Để A_2B_2 là ảnh thật, phải có $d_2' > 0$, suy ra:

$$50\text{cm} < l < 60\text{cm}.$$

b) Ta có:

$$k = \left(-\frac{d_1'}{d_1}\right)\left(-\frac{d_2'}{d_2}\right) = \frac{-20}{l - 50}$$

Để A_2B_2 cùng chiều AB phải có $k > 0$, suy ra

$$0 < l < 50\text{cm}$$

Để $A_2B_2 = 2\text{cm}$, nghĩa là $\frac{A_2B_2}{AB} = \frac{2}{3}$, và A_2B_2 cùng chiều với

AB phải có $k = \frac{2}{3}$. Suy ra:

$$\frac{-20}{l - 50} = \frac{2}{3} \rightarrow l = 20\text{cm}$$

c) Ta có: $d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20d_1}{d_1 - 20};$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= l - d_1' = \frac{ld_1 - 20l - 20d_1}{d_1 - 20}; \\
 d_2' &= \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(-10)(ld_1 - 20l - 20d_1)}{(l - 10)d_1 - 20l - 200}; \\
 k &= \left(-\frac{d_1'}{d_1}\right) \left(-\frac{d_2'}{d_2}\right) = \frac{-200}{(l - 10)d_1 - 20(l - 10)(l + 10)} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Để A_2B_2 có chiều cao không đổi, nghĩa là k có trị số không đổi với mọi giá trị của d_1 (khi di chuyển vật dọc theo trục chính), thì theo (1), phải có: $l - 10 = 0 \rightarrow l = 10\text{cm}$.

LỜI GIẢI ĐỀ 2

1) Kí hiệu f_0 là tiêu cự thấu kính, ta có:

$$\frac{1}{f_0} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \text{ với } n = 1,5; R_1 = R_2 = -20\text{cm}$$

$\rightarrow f_0 = -20\text{cm}$. Theo đề bài $|d + d'| = 10$

Ta có: $d + d' = 10$

$$\rightarrow d - \frac{20l}{d + 20} = 10$$

$$\rightarrow d^2 - 10d - 200 = 0$$

$$\rightarrow d = 20\text{cm}$$

$$\text{và } d = -10\text{cm (loại)}.$$

Trường hợp $d + d' = -10$, ta thu được phương trình vô nghiệm. Vậy

$$d = 20\text{cm}.$$

2) Ta có hệ hai thấu kính (một thấu kính phẳng lồi L_1 tạo bởi chất lỏng và thấu kính bán đầu L_0) và một gương cầu lồi G (bán kính R_2) ghép sát. Kí hiệu f_1 là tiêu cự của L_1 , ta có:

$$\frac{1}{f_1} = (n' - 1) \frac{1}{10} \quad (1)$$

Hệ thấu kính ($L_1 + L_2$) và gương G ghép sát tương đương một gương có tiêu cự f , mà:

$$\frac{1}{f} = 2\left(\frac{1}{f_0} + \frac{1}{f_1}\right) + \frac{1}{f_G} \quad (2)$$

với $f_G = -\frac{20}{2} = -10\text{cm}$

Ảnh của AB tạo bởi hệ:

$$d' = \frac{df}{d - f} \quad (3)$$

với $d = 20\text{cm}$.

Theo đề bài $d' = \pm 4,5\text{cm}$ (vì đề bài không nói rõ là ảnh thật hay ảnh ảo)

– Trường hợp $d' = 4,5\text{cm}$; Từ (1), (2) và (3) tìm được:

$$n' = 5,72$$

Đây là giá trị chiết suất quá lớn đối với một chất lỏng, nên loại trường hợp này.

– Trường hợp $d' = -4,5\text{cm}$: Từ (1), (2) và (3) tìm được:

$$n' \approx 1,28$$

LỜI GIẢI ĐỀ 3

Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow[d_1]{O_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{O_2} A_2B_2$

a) Với $l = 10\text{cm}$:

$$d_1 = 36\text{cm}$$

$$\rightarrow d_1' = 180\text{cm};$$

$$d_2 = l - d_1' = -170\text{cm};$$

$$d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = -10,625\text{cm} < 0$$

Ảnh A_2B_2 là ảnh ảo, ở trước cả O_1, O_2 và cách O_1 một khoảng $10,625 - 10 = 0,625\text{cm}$.

Độ phóng đại của ảnh A_2B_2 :

$$k = \frac{d_1' d_2'}{d_1 d_2} = \frac{3}{16} > 0: \text{Ảnh } A_2B_2 \text{ cùng chiều với}$$

vật AB.

b) $d_1 = 36\text{cm}$

$$\rightarrow d_1' = 180\text{cm}; d_2 = l - 180$$

$$d_2' = \frac{-10(l - 180)}{l - 170}$$

Để A_2B_2 là ảnh thật, phải có $d_2' > 0$. Suy ra

$$170\text{cm} < l \leq 180\text{cm}$$

c) Ta có:

$$k = \frac{f_1}{f_1 - d_1} \cdot \frac{f_2}{d_2 - f_2},$$

với

$$d_2 = l - d_1',$$

$$d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}.$$

Từ đó tìm được:

$$k = \frac{f_1 f_2}{d_1(l - f_1 - f_2) + f_1 f_2 - l f_1} \quad (1)$$

Muốn cho độ lớn của ảnh A_2B_2 qua hệ không phụ thuộc vào vị trí của vật AB, thì k phải có biểu thức không phụ thuộc vào d_1 , muốn vậy hệ số của d_1 trong biểu thức (1) phải triệt tiêu, nghĩa là phải có:

$$l - f_1 - f_2 = 0$$

$$\rightarrow l = f_1 + f_2 = 20\text{cm}.$$

Ta thấy điều kiện này được thoả mãn khi tiêu điểm ảnh F'_1 của O_1 trùng với tiêu điểm vật F_2 của O_2 , và hệ được gọi là "hệ vô tiêu".

LỜI GIẢI ĐỀ 4

1) Áp dụng công thức tính độ bội giác của kính lúp:

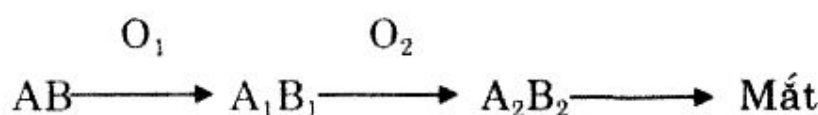
$$G = |k| \frac{D}{|d'| + l} = \frac{|d'| + f}{f} \cdot \frac{D}{|d'| + l}$$

với $f = \frac{1}{D}$

Suy ra: $d' = \frac{f(Gl - D)}{(Gf - D)} = -20\text{cm}$

$$\rightarrow d = \frac{d'f}{d - f} = \frac{10}{3} \approx 3,3\text{cm}$$

2) Sơ đồ tạo ảnh:



với A_2B_2 là ảnh ảo, nằm ở C_V , nghĩa là $d'_2 = -45\text{cm}$.

Suy ra:

$$d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = 4,5\text{cm}$$

$$\rightarrow d_1 = l - d_2 = 11,5\text{cm}$$

(Ở đây $l = \delta + f_1 + f_2 = 16\text{cm}$)

$$\rightarrow d_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = 1,095\text{cm}$$

Ta có: $G = |k_1| |k_2| \cdot \frac{D}{|d'_2|}$ (vì mắt đặt sát thị kính)

$$\rightarrow G = \left| \frac{d_1 D}{d_1 d_2} \right| = 35$$

LỜI GIẢI ĐỀ 5

1) Sơ đồ tạo ảnh:

$$\begin{array}{ccccccc} & O_1 & & O_2 & & & \\ AB & \xrightarrow{\quad} & A_1B_1 & \xrightarrow{\quad} & A_2B_2 & & \\ & d_1 & d_1' & d_2 & d_2' & & \end{array}$$

Ta có:

$$d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{12 \cdot d_1}{d_1 - 12}$$

$$d_2 = l - d_1' = \frac{12d_1 - 288}{d_1 - 12}$$

$$d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-4(d_1 - 24)}{d_1 - 20}$$

Muốn cho A_2B_2 là ảnh ảo, thì $d_2' < 0$, suy ra:

$0 < d_1 < 20$ cm, hoặc $d_1 > 24$ cm.

2) Sơ đồ tạo ảnh:

$$\begin{array}{ccccccc} & O_1 & & G & & O_1 & \\ AB & \xrightarrow{\quad} & A_1B_1 & \xrightarrow{\quad} & A_2B_2 & \xrightarrow{\quad} & A_3B_3 \\ & d_1 & d_1' & d_2 & d_2' & d_3 & d_3' \end{array}$$

Ta có:

$$d_1' = \frac{12d_1}{d_1 - 12}$$

$$d_2 = \frac{12d_1 - 288}{d_1 - 12}$$

$$d_2' = -d_2 = \frac{-(12d_1 - 288)}{d_1 - 12} \tag{1}$$

Mặt khác, theo đề bài $d_3' \equiv d_1$, suy ra:

$$d_3 = \frac{d_3' f_1}{d_3' - f_1} = \frac{12d_1}{d_1 - 12}$$

$$d'_2 = l - d_3 = -\frac{12d_1 - 288}{d_1 - 12} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra:

$$\begin{aligned} 12d_1 - 288 &= 0 \\ \rightarrow d_1 &= 24\text{cm}; \\ \frac{1}{d_1 - 12} &= \frac{-1}{d_1 - 12} \\ \rightarrow d_1 &= 12\text{cm} \end{aligned}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 6

1) Tại vị trí ban đầu của vật ta có:

$$d \rightarrow d' = \frac{df}{d-f}; \quad k = \frac{f}{f-d} \quad (1)$$

(Đối với vật thật, gương cầu lồi cho ảnh ảo, cùng chiều nên $k > 0$).

Tại vị trí sau khi dịch chuyển của vật, ta có:

$$\begin{aligned} d_1 &= d + 1,8 \\ \rightarrow d'_1 &= \frac{(d + 1,8)f}{(d + 1,8) - f} \\ k' &= \frac{f}{f - (d + 1,8)} \end{aligned} \quad (2)$$

Vì $k, k' > 0$, nên theo đề bài, ta có:

$$k' = 1,6k \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3) tìm được:

$$f = -1,2 \text{ m.}$$

2) Theo đề bài, ảnh tạo bởi gương là ảnh ảo, nằm tại điểm cực viễn của mắt, nghĩa là khoảng cách vật - ảnh là 1m, hay (chú ý $d' < 0$):

$$|d - d'| = 1 \rightarrow d - d' = 1 \rightarrow d' = d - 1$$

$$\rightarrow d - 1 = \frac{df}{d - f} = \frac{-1,2.d}{d + 1,2}$$

$$\rightarrow d^2 + 1,4d - 1,2 = 0$$

Giải ra ta được: $d = 0,6\text{m}$ (loại nghiệm âm). Vậy người đó phải đứng cách gương $0,6\text{m}$.

LỜI GIẢI ĐỀ 7

a) Trong kính hiển vi, vật kính có tác dụng tạo một ảnh thật rất lớn của vật, nên có tiêu cự rất ngắn, còn thị kính có tác dụng như một kính lúp để quan sát ảnh thật nói trên, nên cũng có tiêu cự ngắn nhưng lớn hơn tiêu cự của vật kính. Vì vậy, kính có tiêu cự $f_1 = 0,5\text{cm}$ là vật kính, còn kính có tiêu cự $f_2 = 5\text{cm}$ là thị kính.

b) Sơ đồ tạo ảnh khi quan sát:

$$\begin{array}{ccccc} & L_1 & & L_2 & \\ AB & \xrightarrow{\quad} & A_1B_1(\text{thật}) & \xrightarrow{\quad} & A_2B_2(\text{ảo}) \\ & d_1 \quad d_1' & & d_2 \quad d_2' & \end{array}$$

Khi đặt mắt sát kính L_2 (quang tâm O_2), muốn cho người đó nhìn rõ vật, A_1B_1 phải nằm trong giới hạn nhìn rõ $C_C C_V$, nghĩa là:

$$O_2C_C \leq |d_2'| \leq O_2C_V,$$

với

$$OC_C \equiv O_2C_C = 20\text{ cm},$$

$$OC_V \equiv O_2C_V = \infty.$$

Như vậy phải có:

$$20\text{cm} \leq |d_2'| \leq \infty$$

– Khi $d_2' = -20\text{cm}$ (vì A_2B_2 là ảnh ảo) ta có:

$$d_2 = \frac{d_2' f_2}{d_2' - f_2} = 4\text{cm};$$

$$d'_1 = l - d_2 = 17\text{cm};$$

$$d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = 0,515\text{cm};$$

– Khi $d'_2 = \infty$, ta có:

$$d_2 = f_2 = 5\text{cm};$$

$$d'_1 = 16\text{cm};$$

$$d_1 = 0,516\text{cm}.$$

Vậy phải có:

$$0,515(\text{cm}) \leq d_1 \leq 0,516\text{cm}.$$

c) Độ bội giác:

$$G = \frac{\alpha}{\alpha'} = \frac{d'}{d} \cdot \frac{OC}{d}$$

– Khi ngắm ở điểm cực cận $A_2 \equiv C_C$ ($d'_2 = -20\text{cm}$)

$$G_C = \frac{17}{0,515} \cdot \frac{20}{4} \approx 165$$

– Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn $A_2 \equiv C_C$:

$$G_C = \frac{16}{0,516} \cdot \frac{20}{5} = 124$$

Vậy $124 \leq G \leq 165.$

LỜI GIẢI ĐỀ 8

1) Muốn nhìn rõ một vật ở xa vô cực mà không phải điều tiết, phải có:

$$d' = -\overline{OC_V} = -50\text{cm},$$

khi

$$d = \infty.$$

Suy ra:

$$f_k = d' = -50\text{cm}.$$

Độ tụ của kính đeo:

$$D_k = \frac{1}{f_k} = -2 \text{ điốp.}$$

Khi đeo kính đó, người đó nhìn rõ điểm gần nhất cách mắt một khoảng d mà:

$$d' = -\overline{OC_C} = -15\text{cm.}$$

Suy ra:
$$d = \frac{d' f_k}{d' - f_k} = \frac{150}{7} \approx 21,4\text{cm.}$$

2) Muốn cho điểm nhìn rõ gần nhất cách mắt $d = 25\text{cm}$ thì phải đeo sát mắt một thấu kính có tiêu cự f sao cho:

$$d' = -\overline{OC_C} = -15\text{cm.}$$

Từ đó:
$$f = \frac{dd'}{d + d'} = -37,5\text{cm.}$$

Độ tụ của kính đeo:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{-8}{3} \text{ điốp} \approx -2,67 \text{ điốp.}$$

Khi đeo kính này, điểm xa nhất mà người đó có thể nhìn rõ được cách mắt một khoảng d , sao cho với $d = \infty$ thì $d' = -d_v$. Suy ra:

$$\begin{aligned} d' &= f \\ \rightarrow d_v &= -d' = -f \\ &= +37,5\text{cm.} \end{aligned}$$

Ta thấy trường hợp sau ứng với người đeo kính "quá nặng": mắt luôn luôn ở trạng thái điều tiết, nên rất chóng mỏi mắt.

LỜI GIẢI ĐỀ 9

Theo đề bài ta có $\overline{OC_C} = 20\text{cm}$ và $\overline{OC_V} = \infty$. Nhận xét rằng quang hệ cho trong đề bài chính là một kính thiên văn ($l = f_1 + f_2$). Ta có sơ đồ tạo ảnh như sau:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2']{L_2} A_2B_2.$$

Vì mắt quan sát ảnh A_2B_2 nên A_2B_2 là ảnh ảo.

a) Vì A_2B_2 rơi vào C_V nên

$$d'_2 = -\infty$$

$$\rightarrow d_2 = f_2 = 4\text{cm}$$

$$d'_1 = l - d_2 = 30\text{cm} = f_1$$

$\rightarrow d_1 = \infty$: vật cách mắt một khoảng rất lớn (xem như ở vô tận).

Độ bội giác trong trường hợp này có thể tính như trường hợp ngắm chừng ở vô cực của kính thiên văn:

$$G_\infty = \frac{f_1}{f_2} = \frac{30}{4} = 7,5.$$

b) Vì A_2B_2 rơi vào C_C , ta có:

$$d'_2 = -\overline{OC_C} = -20\text{cm}.$$

Suy ra:
$$d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{10}{3}(\text{cm});$$

$$d'_1 = l - d_2 = \frac{92}{3}(\text{cm}).$$

$$\rightarrow d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = 1380\text{cm} = 13,8\text{m}.$$

c) Trong trường hợp (a) xét trên:

$$G_\infty = \frac{\alpha}{\alpha_0} = 7,5; \text{ góc trông trực tiếp } \alpha_0 \text{ giảm đi}$$

7,5 lần so với góc trông vật qua quang hệ.

- Trong trường hợp (b) xét ở trên ta có (có thể vẽ hình để minh họa):

$$\alpha_0 = \frac{AB}{d_1 + l};$$

$$\alpha = \frac{A_2 B_2}{|d_2|} = \frac{A_1 B_1}{d_2}$$

Suy ra:
$$\frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{A_1 B_1}{AB} \cdot \frac{d_1 + l}{d_2} = \left| \frac{d_1}{d_1} \right| \cdot \frac{d_1 + l}{d_2}$$

$\rightarrow \frac{\alpha}{\alpha_0} = 9,4$: Khi nhìn trực tiếp vật, góc trông giảm đi 9,4 lần

LỜI GIẢI ĐỀ 10

a) Bạn đọc tự vẽ hình. Dùng 2 tia phát ra từ S: tia SO_1 trùng với trục chính cho tia ló cũng trùng với trục chính; tia SI bất kì cho tia ló đi qua tiêu điểm phụ F_p (là giao điểm của tiêu diện và đường thẳng kẻ từ O_1 song song với tia tới).

Ta có: $D = 15\text{cm}$

$\rightarrow d' = \frac{df}{d-f} = 30\text{cm}$: S'' là ảnh thật, cách O_1 một đoạn 30cm.

b) Ta có $O_1 O_2 = 34\text{cm}$ và $f_2 = -4\text{cm}$, vậy tiêu điểm ảnh của kính O_2 trùng với ảnh S_1 của S tạo bởi O_1 . Bạn đọc tự vẽ hình: Dùng hai tia. Tia SO_1 trùng với trục chính của hai thấu kính, cho tia ló $O_2 M$ cũng trùng với trục chính. Tia SI bất kì cho tia ló IS_1 sau O_1 , tia sáng này cho tia ló KQ đi qua tiêu điểm phụ của O_2 (là giao điểm của tiêu diện ảnh của O_2 và đường thẳng kẻ từ O_2 song song với $IS_1 K$). Tia ló KQ có đường kéo dài ra trước thấu kính O_2 , cắt $O_2 M$ tại S_2 . Đó là ảnh của S qua hệ và là ảnh ảo.

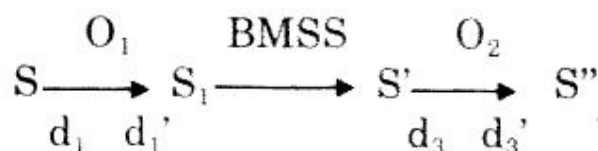
Ta có: $d_1 = 15\text{cm}$

$$\rightarrow d_1' = 30\text{cm}$$

$$\rightarrow d_2 = l - d_1' = 4\text{cm}$$

$\rightarrow d_2' = -2\text{cm}$: S_2 nằm trước O_2 và cách O_2 một đoạn bằng 2cm.

c) Ta có sơ đồ tạo ảnh:



Ta có: $d_1' = 30\text{cm}$. Ký hiệu Δd là độ dịch chuyển ảnh S_1S' qua bản mặt song song (theo chiều truyền ánh sáng)

$$\Delta d = e\left(1 - \frac{1}{n}\right),$$

với e là bề dày bản mặt song song, n là chiết suất. S' cách kính O_2 một đoạn:

$$d_3 = (l - d_1') - \Delta d = 4 - \Delta d$$

$$\text{Từ đó: } d_3' = \frac{d_3 f_2}{d_3 - f_2} = \frac{(4 - \Delta d)(-4)}{8 - \Delta d} \quad (1)$$

Theo đề bài:

$$d_3' = 4\text{cm} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) tìm được:

$$\Delta d = 6\text{cm}$$

$$\rightarrow 16\left(1 - \frac{1}{n}\right) = 6$$

$$\rightarrow n = 1,6.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 11

1) Độ phóng đại:

$$k = \frac{f}{f - d}.$$

Do tạo ảnh ảo nên $k > 0$ và $d < f \rightarrow d < 7\text{cm}$.

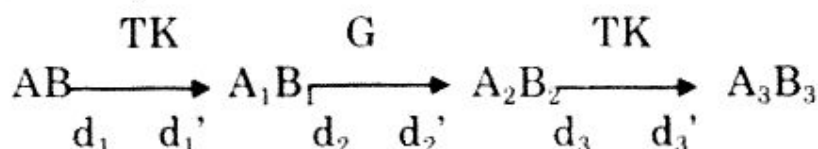
Theo đề bài khi dịch chuyển AB (d thay đổi), độ cao của ảnh tăng lên (k tăng), muốn vậy d phải tăng: vật phải dịch chuyển ra xa thấu kính. Từ đó, theo đề bài ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} \frac{4}{AB} = \frac{24}{24 - d} \\ \frac{8}{AB} = \frac{24}{24 - (d + 6)} \end{cases}$$

Giải ra tìm được:

$$d = 12\text{cm}; \quad AB = 2\text{cm}.$$

2) Sơ đồ tạo ảnh:



$$\text{Ta có: } d_1 \rightarrow d_1' = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{24d_1}{d_1 - 24};$$

$$d_2 = l - d_1' = \frac{4(d_1 + 120)}{24 - d_1};$$

$$d_2' = -d_2 = \frac{4(d_1 + 120)}{d_1 - 24};$$

$$d_3 = l - d_2' = \frac{16(d_1 - 60)}{d_1 - 24};$$

$$d_3' = \frac{d_3 f}{d_3 - f} = -\frac{48(d_1 - 60)}{d_1 + 48}.$$

Điều kiện để A₃B₃ là ảnh thật: $d_3' > 0 \rightarrow d_1 < 60\text{cm}$.

Độ phóng đại:

$$k = \frac{d_1' d_2' d_3'}{d_1 d_2 d_3} = -\frac{72}{d_1 + 48} < 0: \text{ Hệ cho ảnh thật}$$

ngược chiều vật.

Muốn cho ảnh cao 2cm thì:

$$|k| = \frac{2}{AB} = 1 \rightarrow k = \pm 1$$

Kết hợp với trên, ta có

$$k = -1$$

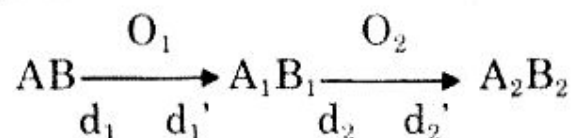
$$\rightarrow d_1 = 24\text{cm};$$

khi đó $d_3' = 24\text{cm}$: Ảnh A_3B_3 là ảnh thật, cao 2cm, nằm ngay trên tiêu điểm vật của thấu kính và trùng với vị trí của vật AB.

Độc giả tự vẽ hình (sử dụng tia song song với trục chính và tia đi qua quang tâm thấu kính).

LỜI GIẢI ĐỀ 12

1) Sơ đồ tạo ảnh:



Ta có: $d_1 = 24\text{cm}$

$$\rightarrow d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \infty;$$

$$d_2 = l - d_1' = -\infty;$$

$d_2' = f_2 = -12\text{cm}$: Ảnh A_2B_2 tạo bởi hệ là ảnh ảo, ở trước O_2 cách O_2 12cm.

Độ phóng đại của ảnh:

$$\begin{aligned} k &= \left(-\frac{d_1'}{d_1}\right) \left(-\frac{d_2'}{d_2}\right) = \frac{f_1 - d_1'}{f_1} \cdot \frac{f_2}{f_2 - d_2}; \\ &= \frac{f_2}{f_1} = -\frac{1}{2} < 0 \end{aligned}$$

A_2B_2 ngược chiều với AB và có độ cao bằng nửa AB.

2) Ta có:

$$k = \frac{f_1}{f_1 - d_1} \cdot \frac{f_2}{f_2 - d_2},$$

với

$$d_2 = l - d_1' = l - \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}$$

$$k = \frac{f_1 f_2}{(l - f_2)(d_1 - f_1) - d_1 f_1}$$

Theo đề bài: $k = 3$;

$$f_1 = 24\text{cm};$$

$$f_2 = -12\text{cm};$$

$$l = 36\text{cm}$$

Suy ra: $d_1 = 44\text{cm}.$

LỜI GIẢI ĐỀ 13

1) Khoảng cách từ vật AB đến ảnh thật của nó:

$$l = d + d' = d + \frac{df}{d - f} = \frac{d^2}{d - f}$$

$$\rightarrow d^2 - ld + lf = 0$$

Phương trình này chỉ có nghiệm khi:

$$\Delta = l^2 - 4lf \geq 0 \rightarrow l \geq 4f$$

$$\rightarrow l_{\min} = 4f = 60\text{cm}.$$

2) Ở vị trí thứ nhất (ảnh thật ngược chiều vật), ta có:

$$k_1 = -6 = -\frac{d'_1}{d_1} = \frac{f}{f - d_1} = \frac{15}{15 - d_1}$$

$$\rightarrow d_1 = 17,5\text{cm};$$

Tương tự, ở vị trí thứ hai ta có:

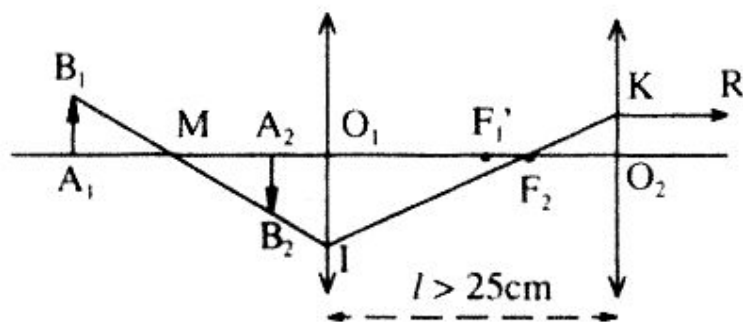
$$k_2 = -2 = \frac{f'}{f - d_2} = \frac{15}{15 - d_2}.$$

$$\rightarrow d_2 = 22,5\text{cm}$$

Vì $d_2 > d_1$ nên vật dịch ra xa thấu kính một đoạn:

$$x = d_2 - d_1 = 5\text{cm}.$$

3) Vì $f_1 = 15\text{cm}$; $f_2 = 10\text{cm}$, nên khi $l > 25\text{cm}$ thì tiêu điểm ảnh F_1' của O_1 ở trước tiêu điểm vật F_2 của thấu kính O_2 . Như vậy ta có thể tìm được một điểm M trên trục chính của hệ, ở trước O_1 sao cho ảnh thật của M qua O_1 là F_2 , và do đó độ cao của ảnh tạo bởi quang hệ có trị số bằng O_2K .



Hình 13.1

(Thật vậy: $d_1 = \overline{O_1F_2} = l - 10$

$$\rightarrow d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{15(l - 10)}{l - 25} > 0 \text{ với } l > 25\text{cm})$$

Khi đó ta có thể vẽ một tia tới B_1MI đi qua M, cho tia ló đi qua O_1 là IK đi qua F_2 , và cho tia ló đi qua O_2 là KR song song với trục chính. Từ đó ta thấy có thể chọn hai vị trí A_1 và A_2 trước O_1 , đối xứng nhau qua M, sao cho vật sáng, dù là ở vị trí A_1B_1 hay A_2B_2 (hình 13.1) đều cho ảnh cao bằng O_2K , nghĩa là cho hai ảnh tương ứng có cùng độ cao.

LỜI GIẢI ĐỀ 14

1) Ta có $d + d' = 45\text{cm}$

$$\rightarrow d + \frac{10d}{d - 10} = 45 \rightarrow d^2 - 45d + 450 = 0$$

Phương trình này có hai nghiệm: $d_1 = 30\text{cm}$ và $d_2 = 15\text{cm}$.

- Với $d_1 = 30\text{cm}$; $d'_1 = 45 - 30 = 15\text{cm}$; $k_1 = -\frac{d'_1}{d_1} = -\frac{1}{2}$.

- Với $d_1 = 15\text{cm}$; $d'_1 = 45 - 15 = 30\text{cm}$; $k_2 = -\frac{d'_2}{d_2} = -2$

Bạn đọc tự vẽ hình.

2. a) Ta có: $d + d' = 22,5\text{cm}$

$$\rightarrow d + \frac{10d}{d - 10} = 22,5.$$

$$\rightarrow d^2 - 22,5d + 225 = 0$$

$\Delta' < 0 \rightarrow$ phương trình vô nghiệm: Ảnh thật S' của S luôn luôn ở sau màn.

b) Xem hình 14.1.

Xét vùng sáng $M'N'$ trên màn có đường kính D' .

Từ hình vẽ ta có:

$$\frac{M'N'}{MN} = \frac{d + d' - L'}{d'}$$

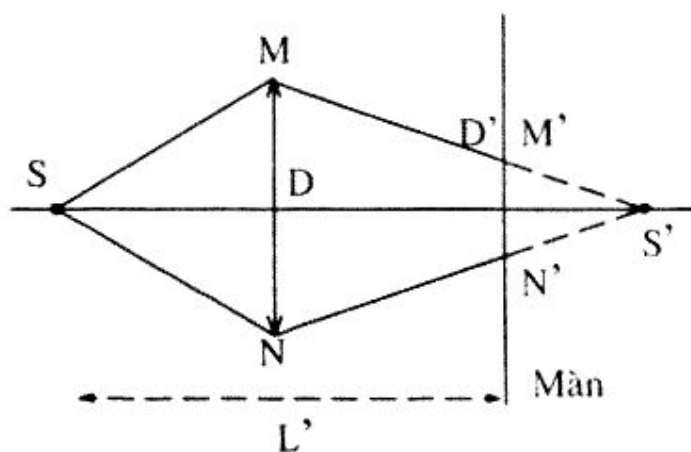
$$\rightarrow \frac{D'}{D} = \frac{d + \frac{df}{d-f} + L'}{\frac{df}{d-f}}$$

$$\rightarrow \frac{D'}{D} = \frac{d}{f} + \frac{L'}{d} - \frac{L'}{f}$$

$$\rightarrow D' = D\left(\frac{d}{f} + \frac{L'}{d} - \frac{L'}{f}\right)$$

Ta thấy D' phụ thuộc d và đạt giá trị cực tiểu khi $\left(\frac{d}{f} + \frac{L'}{d}\right)$

đạt cực tiểu, tức là khi ta có (vì $\frac{d}{f} \cdot \frac{L'}{d} = \frac{L'}{f} = \text{const}$):



Hình 14.1

$$\frac{d_m}{f} = \frac{L'}{d_m}$$

$$\rightarrow d_m = \sqrt{L'f} = 15(\text{cm}).$$

Khi đó:
$$d'_m = \frac{d_m f}{d_m - f} = 30(\text{cm})$$

$$D'_{\min} = D\left(\frac{d_m}{f} + \frac{L'}{d_m} - \frac{L'}{f}\right) = 2,25(\text{cm}).$$

Diện tích nhỏ nhất của vùng sáng trên màn:

$$S_{\min} = \frac{\pi D_{\min}^2}{4} = 3,97(\text{cm}^2).$$

LỜI GIẢI ĐỀ 15

Theo đề bài: $\overline{OC_C} = 0,4\text{m}$; $\overline{OC_V} = 0,8\text{m}$

a) Khi đeo kính L_1 :

$$d = \infty;$$

$$d' = -\overline{OC_V} = -0,8\text{m}.$$

Suy ra: $f_1 = d' = -0,8\text{m}$

Độ tụ của L_1 .

$$D_1 = \frac{1}{f_1} = -1,25\text{dp}.$$

Kí hiệu C'_C là điểm cực cận mới của người đó như đeo kính L_1 , ta có:

$$d' = -\overline{OC_C} = -0,4\text{m},$$

$$f_1 = -0,8\text{m}$$

$$\rightarrow d = \overline{OC'_C} = \frac{d'f}{d' - f} = 0,8(\text{m})$$

Như vậy, khi đeo kính L_1 , người đó nhìn được các vật cách mắt từ 0,8m đến xa vô cùng.

b) Muốn nhìn rõ vật cách mắt gần nhất thì phải đeo kính L tiêu cự f sao cho:

$$d = 25\text{cm} = 0,25\text{m}$$

$$d' = -\overline{OC_C} = -0,4\text{m}.$$

Suy ra: $f = \frac{d \cdot d'}{d + d'} = \frac{1}{1,5} \text{ m}.$

Từ đó $D = \frac{1}{f} = 1,5\text{dp}$

Nếu vẫn dùng kính L_1 thì phải dán vào L_1 một kính L_2 có độ tụ D_2 sao cho thu được kính có độ tụ D:

$$D_1 + D_2 = D$$

$$\rightarrow D_2 = D - D_1 = 1,5 - (-1,25) = 2,75\text{dp}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 16

1) Sơ đồ tạo ảnh:

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{L_2} A_2B_2$$

Ta có $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{-15d_1}{d_1 + 15};$

$$d_2 = l - d'_1 = \frac{ld_1 + 15d_1 + 15l}{d_1 + 15};$$

$$d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{25(ld_1 + 15d_1 + 15l)}{(l - 10)d_1 - 15l - 375}$$

Độ phóng đại:

$$k = \left(-\frac{d'_1}{d_1}\right) \left(-\frac{d'_2}{d_2}\right) = \frac{-375}{(l - 10)d_1 + 15l - 375}$$

Để độ cao của ảnh không phụ thuộc d_1 , thì k phải không

phụ thuộc d_1 ; Muốn vậy, theo biểu thức trên, ta phải có :

$$l - 10 = 0$$

$$\rightarrow l = 10 \text{ cm.}$$

2) Vì mắt nhìn thấy A_2B_2 qua L_2 , suy ra A_2B_2 là ảnh ảo, do đó ta có: $d'_2 = -25 \text{ cm}$. Từ đó:

$$d'_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = 12,5 \text{ cm;}$$

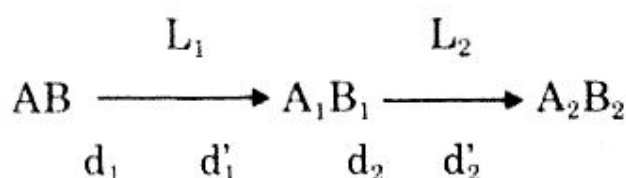
$$d'_1 = l - d_2 = -2,5 \text{ cm;}$$

$$d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = 3 \text{ cm.}$$

Bạn đọc tự vẽ hình (sử dụng hai tia: Tia tới L_1 song song với trục chính và tia qua quang tâm của L_1) .

LỜI GIẢI ĐỀ 17

Sơ đồ tạo ảnh:



1) Kí hiệu L là khoảng cách L_1 và L_2 , ta có

$$d_1 = 20 \text{ cm}$$

$$\rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = -10(\text{cm});$$

$$d_2 = l - d'_1 = l + 10 > 0 .$$

Theo đề bài, A_2B_2 hiện rõ trên màn, suy ra:

$$d_1 + l + d'_2 = L = 70 \text{ (cm)}$$

$$\rightarrow d'_2 = 50 - l > 0 .$$

Theo đề bài, ta lại có:

$$|k| = 2 \rightarrow \left| \frac{d'_1 d'_2}{d_1 d_2} \right| = \left| \frac{50 - l}{2(l + 10)} \right| = 2$$

$$\rightarrow \frac{50 - l}{2(l + 10)} = 2 \rightarrow l = 2 \text{ cm.}$$

Từ đó tìm được:

$$d_2 = l + 10 = 12 \text{ (cm);}$$

$$d'_2 = 50 - l = 48 \text{ (cm);}$$

Do đó:

$$f_2 = \frac{d_2 d'_2}{d_2 + d'_2} = 9,6 \text{ (cm).}$$

2. a) Ta vẫn có $d_1 = 20 \text{ cm}$; $d'_1 = -10 \text{ cm}$; nhưng khoảng cách giữa hai thấu kính bây giờ là:

$$l' = l + a = a + 2.$$

Vì $l' > 0$ nên $a + 2 \geq 0$, hay $a \geq -2 \text{ (cm)}$.

Ta có: $d_2 = l' - d'_1 = a + 12$

$$\rightarrow d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{9,6(a + 12)}{a + 2,4} \quad (1)$$

Vì $a \geq -2 \text{ (cm)}$, nên ta có $d'_2 > 0$: Ảnh $A_2 B_2$ luôn luôn là ảnh thật, không phụ thuộc vào a .

$$\begin{aligned} \text{b) Ta có: } \frac{A_2 B_2}{AB} &= |k| = \left| \frac{d'_1}{d_1} \right| \cdot \left| \frac{d'_2}{d_2} \right| \\ &= \left| \frac{-10}{20} \right| \cdot \frac{9,6(a + 12)}{a + 2,4} \cdot \frac{1}{a + 12} = \frac{1}{2} \\ \rightarrow \frac{9,6}{a + 2,4} &= 1 \rightarrow a = 7,2 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Vậy L_2 dịch ra xa L_1 một khoảng $a = 7,2 \text{ cm}$.

Thay trị số của a vào biểu thức (1) ta có:

$$d'_2 = 19,2 \text{ cm}$$

Khoảng cách giữa A_2B_2 (màn) và AB bây giờ là:

$$L' = d_1 + l' + d_2 = 48,4 \text{ cm} < L.$$

Như vậy, để thu được ảnh A_2B_2 rõ nét phải di chuyển màn lại gần AB một đoạn:

$$\Delta L = L - L' = 70 - 48,4 = 21,6 \text{ (cm)}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 18

1) Ta có: $\lambda_0 = \frac{hc}{A_0} = 0,275 \mu\text{m}.$

2) Khi chiếu một chùm sáng có bước sóng thích hợp vào một vật kim loại cô lập về điện thì các electron tự do trong kim loại nhận được năng lượng của các photon, sẽ bật ra khỏi kim loại và làm cho vật kim loại tích điện dương; điện tích dương của vật kim loại tạo nên điện thế dương của vật nên vật hút các electron quang điện trở lại vật; số electron ra khỏi vật kim loại càng nhiều, điện thế của vật kim loại càng lớn và số electron bị hút trở lại vật càng nhiều. Sau một thời gian nhất định số electron bị bật ra khỏi vật kim loại và số electron trở lại vật bằng nhau (trạng thái cân bằng động). Khi đó, động năng cực đại của electron quang điện bằng công của lực tĩnh điện gây bởi vật kim loại được chiếu sáng, nghĩa là ta có:

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = eV_{\max}$$

và vật có một điện thế cực đại ổn định V_{\max} .

Ta có: $eV_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = hf - A_0.$

Khi chiếu bức xạ có tần số f_1 ta có:

$$\frac{mv_{\max 1}^2}{2} = hf_1 - A_0 = 2,71 \cdot 10^{-19} \text{ J}. \quad (1)$$

Khi chiếu bức xạ có bước sóng λ_2 , ta có:

$$\frac{mv_{\max 2}^2}{2} = hf_2 - A_0 = 3,81 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (2)$$

So sánh (1) và (2) ta thấy $V_{\max 2} > V_{\max 1}$. Vậy khi chiếu đồng thời hai bức xạ đó vào tấm kim loại điện thế cực đại V_{\max} được quyết định bởi $V_{\max 2}$, nghĩa là ta có:

$$V_{\max} = \frac{mv_{\max 2}^2}{2e} = 2,38 \text{ (V)}.$$

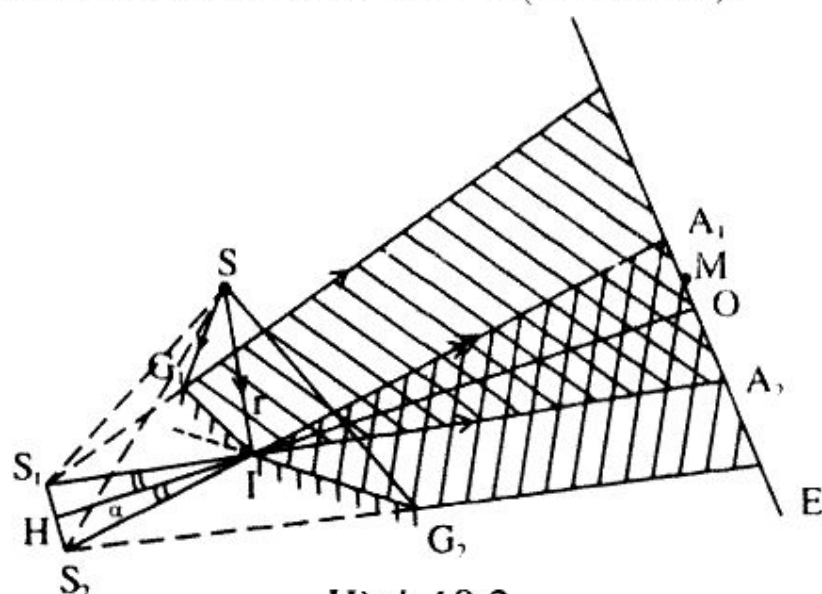
3) Để không có một electron nào bay tới được anốt thì hiệu điện thế giữa anốt và catốt phải có trị số âm (anốt nối với cực âm của nguồn điện) và có độ lớn U_h sao cho:

$$eU_h \geq \frac{mv_{\max 1}^2}{2} \rightarrow U_h \geq 1,69 \text{ V}$$

hay $U_{AK} \leq -1,69 \text{ V}.$

LỜI GIẢI ĐỀ 19

1) Ba điểm S, S_1, S_2 cùng ở trên đường tròn tâm I , bán kính $IS = r$. Góc giữa hai gương là α , thì góc tạo bởi hai tia phản xạ S_1I và S_2I của tia tới SI là 2α . Ta có (hình 19.2):



Hình 19.2

$$a = S_1 S_2 = 2IH.tg\alpha \approx 2r\alpha$$

$$\rightarrow a \approx 1,5\text{mm}.$$

2) Bề rộng vùng giao thoa có giá trị lớn nhất khi hai tia phản xạ ở mép ngoài của mỗi gương của không gặp các tia phản xạ ở mép trong của gương kia, như đã vẽ trên hình 19.2 (để đảm bảo điều kiện này, chỉ cần hai gương G_1, G_2 có kích thước đủ lớn).

Khi đó, độ rộng của vùng giao thoa (còn gọi là trường giao thoa) là:

$$b = A_1 A_2.$$

Hai tam giác đồng dạng $OA_1 A_2$ và $OS_1 S_2$ cho ta:

$$\frac{A_1 A_2}{S_1 S_2} = \frac{IO}{IM} = \frac{D}{r}$$

$$b = A_1 A_2 = S_1 S_2 \cdot \frac{D}{r} \approx 25,4\text{mm}$$

3) Ta vẽ lại vị trí tương đối của các điểm S_1, S_2, M, I, O theo một tỷ lệ khác như hình 19.3, để cho dễ thấy.

Ta có các hệ thức cho tam giác

$MS_1 S_2$:

$$\overline{S_2 M}^2 - \overline{S_1 M}^2 = 2\overline{S_1 S_2} \cdot \overline{HK}$$

$$\begin{aligned} d_2^2 - d_1^2 &= (d_1 + d_2)(d_2 - d_1) \\ &= 2ax \end{aligned}$$

Vì $a, x \ll OH$, nên

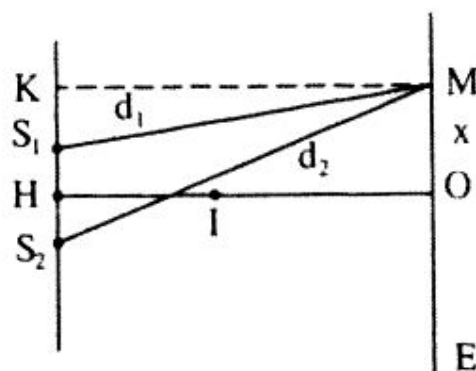
$$d_1 + d_2 \approx 2HO,$$

với

$$HO = HI + IO = D + r.$$

$$\text{Do đó: } d_2 - d_1 = \frac{2ax}{d_1 + d_2} \approx \frac{2ax}{2(D + r)} = \frac{ax}{D + r} \text{ (đpcm)} \quad (1)$$

Nếu $d_2 - d_1 = k\lambda$, với $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ thì tại M có vân sáng k . Khoảng cách x_k từ O tới vân sáng thứ k là:



Hình 19.3

$$k\lambda = \frac{ax_k}{D+r}$$

$$\rightarrow x_k = k \frac{\lambda(D+r)}{a} \quad (2)$$

- Nếu $d_2 - d_1 = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$, với $k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ thì tại M có vân tối. Khoảng cách từ O tới vân tối là:

$$(2k+1) \frac{\lambda}{2} = \frac{ax_t}{D+r}$$

$$\rightarrow x_t = (k + \frac{1}{2}) \frac{\lambda(D+r)}{a} \quad (3)$$

4) Khoảng vân i là:

$$i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda(D+r)}{a} = \frac{\lambda(D+r)}{2r\alpha} \quad (4)$$

với $\lambda = 0,650\mu\text{m} = 6,5 \cdot 10^{-7}\text{m};$
 $D+r = 3,14\text{m};$
 $r = 0,18\text{m};$
 ta được: $i \approx 1,3\text{mm}.$

Số khoảng vân i chứa trong vùng giao thoa:

$$N = \frac{b}{i} = \frac{25,4}{1,3} = 19,53.$$

Có 19,5 khoảng vân, đáng lẽ ta có thể trông thấy 19 vân sáng. Nhưng trong thực tế, do có hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng nên hai mép A_1, A_2 của trường giao thoa không thật rõ nét, số vân thật sự quan sát được bao giờ cũng nhỏ hơn N vài đơn vị. Như vậy, số vân sáng quan sát được nhiều nhất là 19 vân.

Biểu thức (4) của i cho thấy rằng i tỷ lệ nghịch với α . Do đó để tăng độ rộng của khoảng vân, ta phải giảm góc nghiêng α giữa hai gương G_1, G_2 .

5) Để tại M có vân tối ứng với bước sóng λ thì λ phải thỏa mãn điều kiện:

$$OM = k'i = k' \frac{\lambda(D+r)}{a}$$

với k' là một số bán nguyên ($k' = k + \frac{1}{2}$, với $k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$).

Vì λ bị giới hạn trong khoảng từ $\lambda_1 = 0,480\mu\text{m}$ đến $\lambda_2 = 0,760\mu\text{m}$ nên k' cũng bị giới hạn trong khoảng từ k_1' đến k_2' tương ứng.

Với $\lambda_1 = 0,480\mu\text{m}$, ta có:

$$i_1 = \frac{\lambda_1(D+r)}{a} = 0,96\text{mm}.$$

Với $\lambda_2 = 0,760\mu\text{m}$, ta có:

$$i_2 = \frac{\lambda_2(D+r)}{a} = 1,52\text{mm}.$$

Do đó:
$$k_1' = \frac{OM}{i_1} = \frac{4,5}{0,96} = 4,69$$

$$k_2' = \frac{OM}{i_2} = 2,96.$$

Như vậy phải có:

$$2,96 \leq k' \leq 4,69,$$

Nghĩa là k' chỉ có thể có hai giá trị bán nguyên là 3,5 và 4,5. Do đó, chỉ có hai bức xạ cho vân tối; khoảng vân ứng với hai bức xạ đó là:

$$i' = \frac{OM}{3,5} = \frac{4,5}{3,5} = 1,286 \text{ mm}$$

và
$$i'' = \frac{OM}{4,5} = 1 \text{ mm}.$$

Bước sóng tương ứng của hai bức xạ cho vân tối:

$$\lambda' = \lambda \frac{i'}{i} = 0,650 \cdot \frac{1,286}{1,3} \approx 0,643\mu\text{ m};$$

và

$$\lambda'' = \lambda \frac{i''}{i} = 0,650 \cdot \frac{1}{1,3} \approx 0,5 \mu \text{ m}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 20

1) Theo công thức Anhstang ta có:

$$hf_1 = A + \frac{mv_1^2}{2}; \quad (1)$$

$$hf_2 = A + \frac{mv_2^2}{2}; \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Suy ra: } hf_1 - hf_2 &= \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} \\ \rightarrow m &= \frac{2h(f_1 - f_2)}{v_1^2 - v_2^2} \end{aligned} \quad (3)$$

Thay số ta được:

$$m = 9,097 \cdot 10^{-31} \text{ kg}.$$

Từ (2) suy ra:

$$\begin{aligned} A &= hf_2 - \frac{mv_2^2}{2} \approx 3,088 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &\approx 1,93 \text{ eV}. \end{aligned}$$

Giới hạn quang điện:

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} \approx 0,6436 (\mu \text{ m}).$$

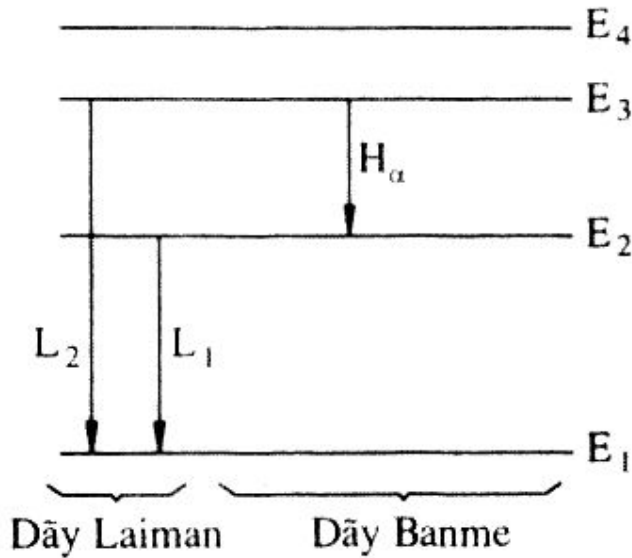
2) Lập luận như ở đề 18, ta có:

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

$$\text{Suy ra: } \lambda = \frac{hc}{A + |e|V_{\max}} \approx 0,252 \mu \text{ m}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 21

Xét một số mức năng lượng của nguyên tử hiđrô ứng với các vạch quang phổ xét trong đề bài như hình 21.1.



Hình 21.1

1) Đối với các vạch L_1 và L_2

($\lambda_{L_1} = 0,122\mu\text{m}$; $\lambda_{L_2} = 103\text{nm} = 0,103\mu\text{m}$), ta có:

$$\frac{hc}{\lambda_{L_1}} = E_2 - E_1 \quad (1)$$

$$\frac{hc}{\lambda_{L_2}} = E_3 - E_1 \quad (2)$$

Đối với vạch H_α ta có:

$$\begin{aligned} \frac{hc}{\lambda_\alpha} &= E_3 - E_2 = (E_3 - E_1) - (E_2 - E_1) \\ &= \frac{hc}{\lambda_{L_1}} - \frac{hc}{\lambda_{L_2}} \end{aligned}$$

Suy ra:
$$\lambda_\alpha = \frac{\lambda_{L_1} \cdot \lambda_{L_2}}{\lambda_{L_1} - \lambda_{L_2}} = 0,661\mu\text{m}.$$

2) Theo đề bài $E_3 = -1,51 \text{ eV}$.

Từ (2) ta tìm được mức năng lượng của trạng thái cơ bản (theo đơn vị eV):

$$E_1 = E_3 - \frac{hc}{\lambda_{L_2}}$$

$$\rightarrow E_1 = -1,51 - 12,1 \approx -13,6 \text{ (eV)}.$$

Từ (1) ta tìm được mức năng lượng của trạng thái kích thích thứ nhất (theo đơn vị eV):

$$E_2 = E_1 + \frac{hc}{\lambda_{L_1}}$$

$$\rightarrow E_2 \approx -3,4 \text{ eV}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 22

1) Khoảng cách giữa 2 vân sáng liên tiếp (khoảng vân):

$$i_1 = \frac{\lambda_1 D}{a} \approx 0,64(\mu\text{m}).$$

Khoảng cách từ vân sáng trung tâm O đến vân sáng bậc 4 là:

$$x_{S_4} = 4.i_1 = 2,56 \text{ mm}.$$

2) Tại điểm M trên màn có cả hai vân sáng ứng với hai bức xạ λ_1 và λ_2 khi:

$$x_M = k_1 i_1 = k_2 i_2 \quad (1)$$

Với k_1, k_2 là hai số nguyên khác 0. Khoảng cách gần nhất giữa M và O ứng với trị số nhỏ nhất của k_1 và k_2 (tại O có cả hai vân sáng ứng với λ_1 và λ_2).

Ta có:
$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{0,48}{0,64} = \frac{3}{4}$$

Do đó, theo (1):

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{4}{3}.$$

Suy ra giá trị nhỏ nhất của k_1 và k_2 là:

$$k_1 = 4;$$

$$k_2 = 3.$$

Từ đó tìm được:

$$x_{\text{Mmin}} = k_1 i_1 = 4.0,64 = 2,56 \text{ (mm)}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 23

a) Áp dụng công thức Anhstanh, ta có:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_{0\text{max}}^2}{2} = A + |e||U_h|.$$

Theo đề bài ta có:

$$\frac{hc}{\lambda} = A + |e||U_h|.$$

$$\frac{hc}{\lambda'} = A + |e||U_h'| = A + |e|(|U_h| - 1).$$

Suy ra:
$$\frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = |e|$$

$$\rightarrow \frac{hc}{\lambda'} = \frac{hc}{\lambda} - |e|.$$

Thay số ta được:

$$\lambda' = 0,45\mu\text{m}.$$

b) Động năng cực đại của electron bứt ra khỏi catôt:

$$E_{\text{dmax}} = \frac{mv_{0\text{max}}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0};$$

với $\lambda = 0,33\mu\text{m};$

$$\lambda_0 = 0,66\mu\text{m}.$$

Động năng cực đại E'_{dmax} của quang electron khi đập vào anôt được tính theo công thức:

$$E'_{\text{dmax}} - E_{\text{dmax}} = eU,$$

với $U = U_{AK} = 1,5V$.

Suy ra: $E'_{dmax} = eU + \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$.

Thay số ta được:

$$E'_{dmax} = 5,41.10^{-19} J.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 24

1) Công của lực điện trường làm tăng động năng của các electron. Giả sử vận tốc ban đầu của electron bằng không, khi đó ở đối catôt động năng của electron là:

$$E_d = eU = 2,4.10^{-15} J.$$

Vận tốc của electron khi tới đối catôt là:

$$V = \sqrt{\frac{2E_d}{m}} = \sqrt{\frac{2.2,4.10^{-15}}{9,1.10^{-31}}} = 7,3.10^7 m/s.$$

Bước sóng nhỏ nhất λ_{min} của tia X phát ra:

$$\frac{hc}{\lambda_x} \leq E_d$$

$$\rightarrow \lambda_{min} = \frac{hc}{E_d} = 8,28.10^{-11}(m).$$

2) Số electron đập vào đối catôt trong 1 giây là:

$$n = \frac{I}{e} = 1,25.10^{17}(\text{hạt}).$$

Giả sử khi đập vào đối catôt, các electron truyền hết động năng cho đối catôt và làm nóng đối catôt. Nhiệt lượng toả ra ở đối catôt mỗi phút:

$$Q = nE_d t = \frac{I}{e} \cdot e_x U \cdot t = IU t = 18.000 (J).$$

Kí hiệu $M(\text{g/s})$ là lưu lượng nước làm nguội đối catôt, lượng nước này thu nhiệt tỏa ra từ đối catôt trong một giây khiến nó nóng lên; ta có:

$$MC_n(t_2 - t_1) = \frac{Q}{t}$$

$$\rightarrow M = \frac{Q}{C_n(t_2 - t_1).t} \approx 3,6 \text{ g/s.}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 25

a) Áp dụng công thức Anhstang:

$$\frac{hc}{\lambda_1} = A + \frac{mv_{01}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{mv_{01}^2}{2}$$

$$\rightarrow \lambda_0 = \frac{hc}{\frac{hc}{\lambda_1} - \frac{mv_{01}^2}{2}} \approx 0,36 (\mu\text{m}).$$

b) Ta có: $hf_2 = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{mv_0^2}{2}$

$$\rightarrow f_2 = \frac{c}{\lambda_0} + \frac{mv_0^2}{2h} \approx 1,2 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

Kí hiệu $V_{0\text{max}}$ là điện thế cực đại của tấm kim loại. Lập luận như hướng dẫn giải đề 18, ta có:

$$|e|V_{\text{max}} = \frac{mv_{02}^2}{2}$$

$$\rightarrow V_{\text{max}} = \frac{mv_{02}^2}{2|e|} \approx 2(\text{V})$$

LỜI GIẢI ĐỀ 26

$$1. \quad A = \frac{hc}{\lambda_0} = 7,23 \cdot 10^{-19} (\text{J}) = 4,52 \text{ eV}$$

2. Áp dụng công thức Anhstanh

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{mv_{0\max}^2}{2}$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2hc(\lambda_0 - \lambda)}{m\lambda_0\lambda}} = 8,8.10^5 \text{ m/s}$$

3. Muốn cho không có một electron quang điện nào tới được anôt khi chiếu bức xạ trên thì hiệu điện thế giữa anôt và catôt $U_{AK} = -U_h$ với eU_h đúng bằng động năng cực đại của các electron quang điện, tức là:

$$eU_h = \frac{mv_{0\max}^2}{2}$$

$$\rightarrow eU_h = \frac{hc(\lambda_0 - \lambda)}{\lambda_0\lambda}$$

$$\rightarrow U_h = \frac{hc(\lambda_0 - \lambda)}{e\lambda_0\lambda} = 2,2 \text{ (V)}$$

hay $U_{AK} = -2,2 \text{ (V)}.$

LỜI GIẢI ĐỀ 27

a) Giả sử \vec{v}_0 hợp với từ trường \vec{B} một góc α . Ta phân tích \vec{v}_0 làm hai thành phần: $\vec{v}_0 = \vec{v}_{0\perp} + \vec{v}_{0//}$, trong đó $\vec{v}_{0\perp}$ là thành phần vuông góc với \vec{B} , có độ lớn $v_{0\perp} = v_0 \sin \alpha$; còn $\vec{v}_{0//}$ là thành phần song song với \vec{B} , có độ lớn $v_{0//} = v_0 \cos \alpha$.

Khi electron bay vào trong từ trường với vận tốc \vec{v}_0 , nó chịu tác dụng của lực Lorenxơ \vec{F} vuông góc với \vec{v}_0 và \vec{B} , và có độ lớn bằng:

$$F = ev_0 B \sin \alpha = e v_{0\perp} B.$$

Điều này có nghĩa là lực Lorenxơ chỉ liên quan đến thành

phần vuông góc $\vec{v}_{0\perp}$ của \vec{v}_0 , làm cho electron chuyển động theo quỹ đạo tròn bán kính R trong mặt phẳng vuông góc với \vec{B} . Đồng thời do có thành phần $\vec{v}_{0\parallel}$ nên electron chuyển động đều dọc theo phương của \vec{B} với vận tốc $v_{0\parallel}$.

– Đối với chuyển động tròn, lực Lorentz đóng vai trò là lực hướng tâm, nên ta có:

$$\begin{aligned} \frac{mv_{0\perp}^2}{R} &= ev_{0\perp}B \\ \rightarrow v_{0\perp} &= \frac{eBR}{m} \end{aligned} \quad (1)$$

– Đối với chuyển động đều dọc theo phương của \vec{B} , theo đề bài có bước là h . Nghĩa là ta có: $h = v_{0\parallel}T$, với T là chu kỳ trong chuyển động tròn, tức là thời gian electron đi hết một vòng quỹ đạo tròn. Ta có:

$$\begin{aligned} T &= \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v_{0\perp}} \\ \text{Như vậy: } v_{0\parallel} &= \frac{h}{T} = \frac{h \cdot v_{0\perp}}{2\pi R} = \frac{heB}{2\pi m} \end{aligned} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có:

$$\begin{aligned} v_0 &= \sqrt{v_{0\parallel}^2 + v_{0\perp}^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{heB}{2\pi m}\right)^2 + \left(\frac{eBR}{m}\right)^2} \\ \rightarrow v_0 &= \frac{eB}{m} \sqrt{R^2 + \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2} \end{aligned}$$

Thay số ta được:

$$v_0 \approx 3,5 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

b) Áp dụng công thức Anhstang:

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

với

$$v_{0\max} \equiv v_0$$

$$\rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_0} + \frac{mv_0^2}{2hc}}$$

Thay số ta được:

$$\lambda = 0,033\mu\text{m}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 28

a) Khoảng cách giữa 10 vân sáng cạnh nhau có chứa 9 khoảng vân, do đó:

$$9i = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}$$

$$\rightarrow i = 0,3 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

Từ đó: $\lambda = \frac{ai}{D} = 0,6(\mu\text{m})$

b) Tọa độ vân sáng:

$$x_s = k \frac{\lambda D}{a} = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ (m)}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{ax_s}{kD} = \frac{1}{k} \cdot 5,4 \text{ (}\mu\text{m)} \quad (1)$$

Theo đề bài: $0,4 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,75 \mu\text{m}$

Ta có: $0,4 \leq \frac{5,4}{k} \leq 0,75$

$$\rightarrow 7,2 \leq k \leq 13,5$$

Như vậy, k có các trị số: k = 8, 9, 10, 11, 12, 13. Thay vào

(1) ta tìm được bước sóng của các ánh sáng đơn sắc có vân sáng tại điểm $x_S = 2,7 \text{ cm}$:

$$\begin{aligned}\lambda_8 &= 0,675 \text{ } \mu\text{m}; & \lambda_9 &= 0,6 \text{ } \mu\text{m} \\ \lambda_{10} &= 0,54 \text{ } \mu\text{m}; & \lambda_{11} &= 0,49 \text{ } \mu\text{m} \\ \lambda_{12} &= 0,45 \text{ } \mu\text{m}; & \lambda_{13} &= 0,415 \text{ } \mu\text{m}\end{aligned}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 29

Xem hình 29.1. Theo đề bài, ta có:

$$\lambda_{21} = 0,122 \text{ } \mu\text{m};$$

$$\lambda_{32} = 0,656 \text{ } \mu\text{m}$$

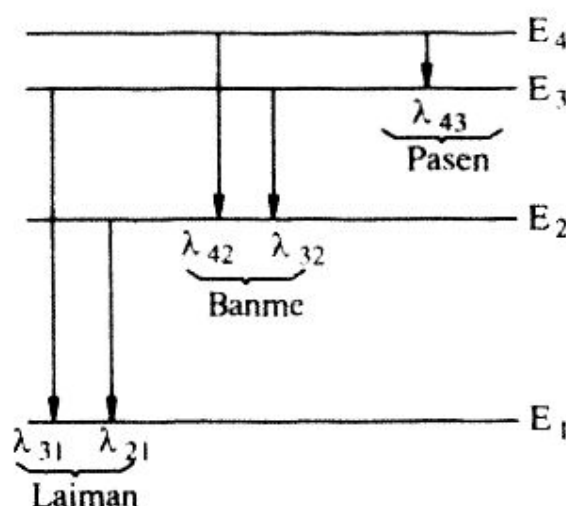
và $\lambda_{43} = 1,875 \text{ } \mu\text{m}$

Theo thuyết Bo, ta có:

$$\frac{hc}{\lambda_{21}} = E_2 - E_1; \quad (1)$$

$$\frac{hc}{\lambda_{32}} = E_3 - E_2; \quad (2)$$

$$\frac{hc}{\lambda_{43}} = E_4 - E_3; \quad (3)$$



Hình 29.1

Đối với vạch thứ hai của dãy Laiman (Hình 29.1), ta có:

$$\frac{hc}{\lambda_{31}} = E_3 - E_1 = E_3 - E_2 + E_2 - E_1.$$

Sử dụng (1) và (2) ta được:

$$\frac{hc}{\lambda_{31}} = \frac{hc}{\lambda_{32}} + \frac{hc}{\lambda_{21}}$$

$$\rightarrow \lambda_{31} = \frac{\lambda_{32}\lambda_{21}}{\lambda_{32} + \lambda_{21}} = 0,103 (\mu\text{m}).$$

Vạch này thuộc miền phổ tử ngoại.

Tương tự, đối với vạch thứ hai của dãy Banme, ta có:

$$\frac{hc}{\lambda_{42}} = \frac{hc}{\lambda_{43}} + \frac{hc}{\lambda_{32}}$$

$$\rightarrow \lambda_{42} = \frac{\lambda_{32}\lambda_{43}}{\lambda_{32} + \lambda_{43}} = 0,486 (\mu\text{m}).$$

Đây là vạch màu lam (H_{β}) thuộc miền nhìn thấy (khả kiến) của thang sóng điện từ.

LỜI GIẢI ĐỀ 30

1) Ta có: $\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 0,55 \mu\text{m}.$

2) Áp dụng công thức Anhstang:

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

$$\rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right)} \approx 5,45 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

3) Ta có: $I_{bh} = en'$

$$\rightarrow n' = \frac{I_{bh}}{e} = 4 \cdot 10^{13} (\text{hạt}).$$

Ta lại có $P = n\varepsilon = n \frac{hc}{\lambda}$

$$\rightarrow n = \frac{P\lambda}{hc} \approx 6 \cdot 10^{15} (\text{hạt}).$$

LỜI GIẢI ĐỀ 31

1) Vẽ ảnh S_1, S_2 của S tạo bởi G_1, G_2 . Hai chùm sáng do S phát ra phản xạ trên 2 gương có thể được xem như phát ra từ S_1 và S_2 (xem hình 31.1), và về thực chất đều do S phát ra, nên chúng là các sóng kết hợp có thể giao thoa với nhau. Điều đó có

nghĩa là S_1, S_2 đóng vai trò như hai khe S_1 và S_2 trong thí nghiệm Iâng. S, S_1 và S_2 đều nằm trên đường tròn tâm A , bán kính $SA = r$. Góc $\widehat{S_1SS_2} = \alpha$ (góc có cạnh tương ứng vuông góc).

Suy ra: $\beta = \widehat{S_1AS_2} = 2\widehat{S_1SS_2} = 2\alpha$.

(góc ở tâm bằng 2 lần góc nội tiếp cùng chắn một cung)

Suy ra: $AH = r \cdot \cos \frac{\beta}{2} = r \cdot \cos \alpha \approx r$ (vì $\alpha = 15.10^{-4}$ rad, rất bé)

$$a = S_1S_2 = 2r \cdot \sin \frac{\beta}{2} = 2r \cdot \sin \alpha \approx 2r\alpha$$

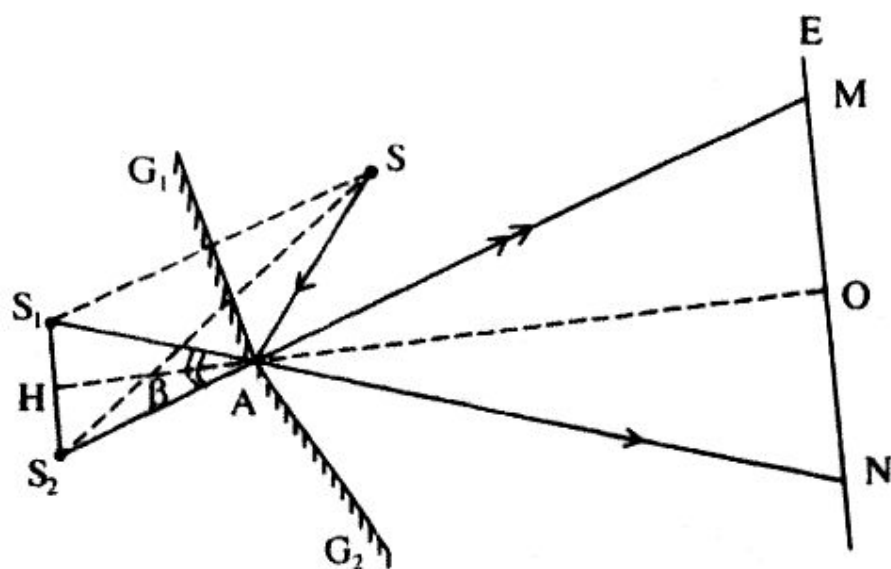
$$\rightarrow a = 3 \text{ mm}.$$

Vì $a \ll d$ nên ta có thể áp dụng được tất cả các công thức đã được rút ra từ thí nghiệm Iâng về giao thoa ánh sáng.

2) Ta có: $i = \frac{\lambda D}{a}$,

với $D = d + AH = d + r = 3 \text{ (m)}.$

$$\rightarrow i = 0,5 \text{ mm}.$$



Hình 31.1

Vùng giao thoa (trường giao thoa) trên màn E là đoạn MN

(tại đó hai chùm sáng phản xạ từ G_1 và G_2 giao nhau).

Từ hình 31.1 ta có:

$$\frac{MN}{S_1 S_2} = \frac{d}{r}$$

$$\rightarrow MN = \frac{S_1 S_2 \cdot d}{r} = 6\text{mm}.$$

Số vân sáng trên đoạn OM = $\frac{MN}{2}$ là:

$$n = \frac{OM}{i} = 6$$

Số vân sáng tổng cộng có thể quan sát được trên màn E là:

$$N = 2n + 1 = 13 \text{ (vân)}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 32

1) Áp dụng công thức Anhstanh:

$$hf = A + \frac{mv_{0\max}^2}{2},$$

và
$$e|U_h| = \frac{mv_{0\max}^2}{2},$$

hay
$$hf = A + e|U_h|$$

Theo đề bài, ta lần lượt có

$$hf_1 = A + eU_1 \tag{1}$$

$$hf_2 = A + eU_2 \tag{2}$$

Suy ra:
$$h = \frac{e(U_1 - U_2)}{f_1 - f_2} = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

2) Từ (2) ta có:

$$A = hf_2 - eU_2 = 5,68 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,55\text{eV}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 33

1) Quang phổ thu được gồm các vạch riêng lẻ, sắp xếp thành nhiều dãy phân biệt, ba dãy đầu tiên là:

a) Dãy Banme, gồm 4 vạch H_α , H_β , H_γ , H_δ (màu đỏ, lam, chàm và tím) cùng một số vạch quang phổ trong miền tử ngoại gần (không trông thấy nhng chụp được trên kính ảnh).

b) Dãy Laiman, trong miền tử ngoại xa.

c) Dãy Pasen, trong miền tử ngoại gần.

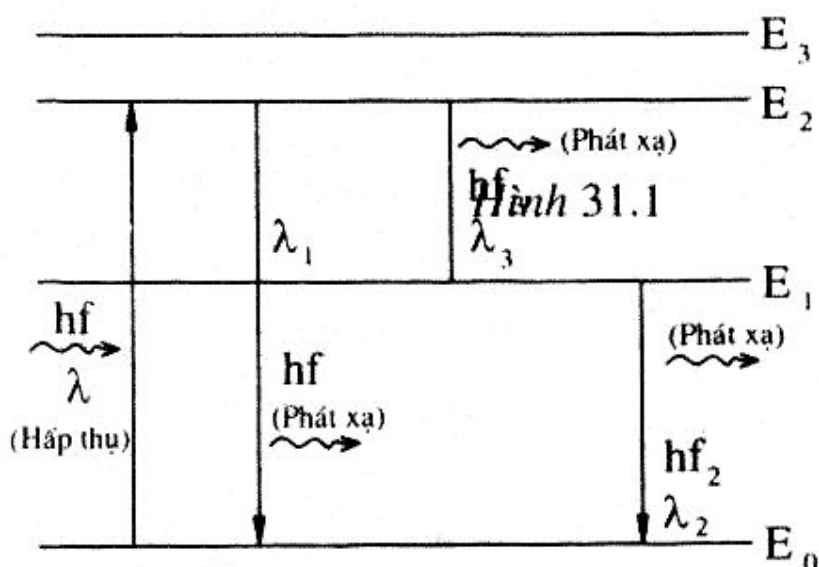
Thực ra trong miền hồng ngoại xa còn phát hiện được 2-3 dãy nữa và kỹ thuật càng tiến bộ càng giúp ta phát hiện được những dãy mới, với các vạch có bước sóng càng dài.

2) Máy quang phổ mô tả trong sách giáo khoa có lăng kính và thấu kính bằg thủy tinh nên chỉ phát hiện được dãy Banme. Muốn phát hiện được hai dãy còn lại phải thay và thêm một số bộ phận của máy. Để phát hiện dãy Pasen phải bỏ kính ảnh đi và dùng một cặp nhiệt điện. (Thực ra trừ vạch đầu của dãy Pasen, còn các dãy sau đều có thể chụp được với kính ảnh hồng ngoại).

3) Trên hình 33.1 là sơ đồ các mức năng lượng của nguyên tử hiđrô. Bình thường, nguyên tử hiđrô ở mức thấp nhất E_0 .

Khi hấp thụ bức xạ

λ , nguyên tử chuyển lên một mức cao hơn, E_1 , E_2 , E_3 , hoặc E_m , ($m > 3$), rồi nhảy vọt xuống các mức thấp hơn và phát ra bức xạ. Mức E_n càng cao thì số mức dới càng nhiều và nguyên tử phát ra được càng nhiều bức



xạ khác nhau.

Theo đề bài, nguyên tử chỉ phát ra 3 bức xạ, vì vậy mức kích thích cao chỉ có thể là mức E_2 như trên hình 33.1. Vì từ E_2 có thể có 3 sự chuyển mức năng lượng sau:

$$E_2 \rightarrow E_0; E_2 \rightarrow E_1 \text{ rồi } E_1 \rightarrow E_0$$

Như vậy, vạch λ là vạch thứ hai trong dãy Laiman và đó chính là vạch λ_1 ; còn vạch λ_3 ứng với sự chuyển mức $E_2 \rightarrow E_1$, và vạch λ_2 ứng với sự chuyển mức $E_1 \rightarrow E_0$ lại là vạch thứ nhất của dãy Laiman.

Như vậy, ta có:

$$E_2 - E_0 = \frac{hc}{\lambda_1}$$

$$E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_3}$$

và
$$E_1 - E_0 = \frac{hc}{\lambda_2}$$

Từ đó:
$$E_2 - E_0 = (E_2 - E_1) + (E_1 - E_0)$$

$$\rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{\lambda_3} + \frac{1}{\lambda_2}$$

$$\rightarrow \lambda_2 = \frac{\lambda_3 \lambda_1}{\lambda_3 - \lambda_1} \approx 0,1216(\mu\text{m})$$

Tóm lại, ta có:

$$\lambda_1 = 0,1026\mu\text{m} \quad \text{và} \quad \lambda_2 = 0,1216\mu\text{m}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 34

a) Áp dụng công thức Anhstanh:

$$hf = A + \frac{mv_{0\text{max}}^2}{2}$$

$$\rightarrow v_{0\max} = \sqrt{\frac{2(hf - A)}{m}} \approx 8,8.10^5 (\text{m/s})$$

b) Ký hiệu n là số photon đập vào catôt trong 1s, theo đề bài:

$$\frac{n_e}{n} = 10\% = 0,1$$

$$\rightarrow n = 10n_e = 9.10^{16} (\text{hạt})$$

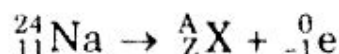
Công suất bức xạ:

$$P = n\varepsilon = nhf \approx 89,4.10^{-3} \text{ W}$$

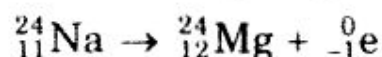
$$\rightarrow P = 89,4 \text{ mW.}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 35

1) Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối tìm được: $A = 24$; $Z = 12$. Suy ra phương trình:



2) Ta có nhận xét: $128 = 2^7$. Theo đề bài, ta có,:

$$H = \frac{H_0}{2^{\frac{t}{T}}}$$

$$\rightarrow \frac{H}{H_0} = \frac{1}{128} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}}$$

$$\rightarrow \frac{t}{T} = 7$$

$$\rightarrow T = \frac{t}{7} = \frac{105}{7} = 15 (\text{giờ})$$

Độ phóng xạ ban đầu:

$$H_0 = \lambda N_0 = \frac{0,693}{T} N_0,$$

với
$$N_0 = \frac{m_0 \cdot N_A}{A} = \frac{0,24}{24} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ (hạt)} \quad (1)$$

$$T = 15 \text{ giờ} = 15 \cdot 3600 \text{ (s)}$$

Suy ra
$$H_0 \approx 7,73 \cdot 10^{16} \text{ Bg.}$$

3) Sau 45 giờ, tức là sau thời gian $t = 3T$, số hạt nhân natri còn lại là:

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{N_0}{8},$$

với N_0 tính theo công thức (1) ở trên.

Số hạt nhân magiê được tạo thành (bằng số hạt nhân natri bị phân rã phóng xạ) là:

$$\Delta N = N_0 - N = \frac{7N_0}{8}$$

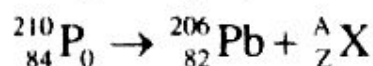
khối lượng magiê được tạo thành là:

$$m_{\text{Mg}} = \frac{A_{\text{Mg}} \cdot \Delta N}{N_A} = 24 \cdot \frac{7N_0}{8} \cdot \frac{1}{N_A} = \frac{7m_0}{8}$$

$$\rightarrow m_{\text{Mg}} = 0,21 \text{ g.}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 36

Hạt nhân pôlôni phóng xạ tia X theo phương trình:



Áp dụng các định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối:

$$A = 210 - 206 = 4;$$

$$Z = 84 - 82 = 2$$

Vậy tia X là tia α (${}_2^4\text{He}$)

Số hạt nhân pôlôni còn lại sau thời gian t:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Khối lượng pôlôni còn lại sau thời gian t:

$$m = \frac{210}{N_A} \cdot N = \frac{210}{N_A} \cdot N_0 e^{-\lambda t}$$

Số hạt nhân chì được tạo thành sau thời gian t:

$$N(\text{Pb}) = \Delta N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Khối lượng chì được tạo thành:

$$m(\text{Pb}) = \frac{206}{N_A} N(\text{Pb}) = \frac{206}{N_A} \cdot N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Theo đề bài: $\frac{m}{m(\text{Pb})} = 4$

$$\rightarrow \frac{210e^{-\lambda t}}{206(1 - e^{-\lambda t})} = 4$$

$$\rightarrow e^{-\lambda t} = 0,797$$

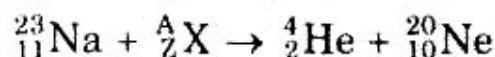
$$\rightarrow \lambda t = 0,227$$

$$\rightarrow t = \frac{0,227}{\lambda} = \frac{0,227}{0,693} T$$

$$\rightarrow t = 45,2 \text{ ngày.}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 37

Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối tìm được: $Z = 1$; $A = 1$;

Hạt nhân X chính là hạt prôtôn ${}_1^1\text{H}$

Độ hụt khối của phản ứng:

$$\Delta m = [m(\text{Na}) + m(\text{H})] - [m(\text{He}) + m(\text{Ne})]$$

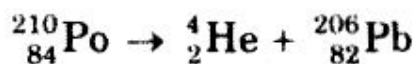
→ $\Delta m = 0,0025\text{u} > 0$: Phản ứng hạt nhân thuộc loại phản ứng tỏa năng lượng.

Năng lượng tỏa ra là:

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = 0,0025.931 \approx 2,33\text{MeV}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 38

1) Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số khối ta viết được phương trình phân rã:



Độ phóng xạ ban đầu:

$$H_0 = \lambda N_0,$$

Suy ra số hạt nhân pôlôni ban đầu:

$$N_0 = \frac{H_0}{\lambda} = \frac{H_0}{0.693} \cdot T = 2,873.10^{18} \text{ hạt}.$$

Khối lượng ban đầu của pôlôni:

$$m_0 = \frac{N_0}{N_A} \cdot A \approx 0,001(\text{g}).$$

2) Ta có: $\frac{H}{H_0} = \frac{1}{2^{t/T}} = \frac{1}{16}$

$$\rightarrow 2^{t/T} = 16 = 2^4.$$

$$t = 4T = 552 \text{ ngày}$$

Năng lượng tỏa ra khi 1 hạt nhân pôlôni bị phân rã:

$$\Delta E = \Delta m.c^2$$

với $\Delta m = m(\text{Po}) - [m(\text{He}) + m(\text{Pb})]$

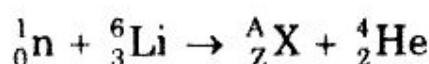
Suy ra: $\Delta E \approx 5,4\text{MeV} = 8,64.10^{-13} \text{ J}$

Năng lượng tỏa ra khi lượng chất phóng xạ trên phân rã hết:

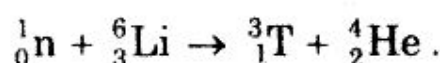
$$E = N_0 \Delta E = 2,48.10^6 (J)$$

LỜI GIẢI ĐỀ 39

a) Phương trình phản ứng hạt nhân:



Áp dụng các định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta tìm được: $Z = 1$; $A = 3$. Vậy X là hạt nhân triti ${}_1^3\text{H}$ hay ${}_1^3\text{T}$. Ta có phương trình đầy đủ:



Ta có: $\Delta m = (m_n + m_{\text{Li}}) - (m_{\text{T}} + m_{\text{He}}) = -0,00086 < 0$;

Phản ứng thu năng lượng:

$$E = \Delta m.c^2 = -0,8\text{MeV}.$$

b, Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$\vec{p}_n = \vec{p}_x + \vec{p}_\alpha;$$

Theo đề bài: $\vec{p}_\alpha \perp \vec{p}_x$.

$$\text{Từ đó ta có: } p_n^2 = p_x^2 + p_\alpha^2. \quad (1)$$

$$\text{Ta biết: } K = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}.$$

Do đó từ (1) suy ra:

$$2.m_n.K_n = 2m_\alpha K_\alpha + 2.m_x.K_x. \quad (2)$$

với K_n, K_x, K_α tương ứng là động năng của hạt nơtron, hạt α và hạt X.

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng, ta có:

$$\Delta E + K_n = K_\alpha + K_x. \quad (3)$$

$$\rightarrow K_{\alpha} + K_X - K_n = \Delta E = -0,8 \text{ MeV}.$$

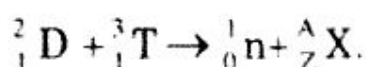
Theo đề bài, đã biết K_n , m_n , m_{α} , m_X , nên từ (2) và (3) ta tìm được:

$$K_{\alpha} = 0,2 \text{ MeV}$$

$$K_X = 0,1 \text{ MeV}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 40

a) Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số nuclôn ta có: $A = 4$; $Z = 2$.

Vậy X chính là hạt nhân nguyên tử hêli (hạt α), trong hạt nhân này có $Z = 2$ proton và $A - Z = 2$ nơtron.

b) Năng lượng của phản ứng là:

$$\Delta E = [(m_D + m_T) - (m_n + m_{\alpha})].c^2.$$

$$\Delta E = [2,0136 + 3,016 - 1,0087 - 4,0015]. \frac{931}{c^2}.c^2$$

$$\rightarrow \Delta E \approx 18,06 \text{ MeV}.$$

c) 1 m^3 nước thiên nhiên nặng 1000 kg, do đó nước nặng chứa trong 1 m^3 nước bằng:

$$m = 0,015\%.1000 = 0,15 \text{ kg} = 150 \text{ g}.$$

Số hạt nhân đơteri có trong 150 g D_2O là:

$$N = 2. \frac{m}{A_{\text{D}_2\text{O}}} . N_A = 2. \frac{150}{20} . 6,023.10^{23}$$

$$\rightarrow N = 9,0345.10^{24} \text{ hạt}.$$

N cũng chính là số phản ứng xảy ra nếu dùng hết 1 m^3 nước thiên nhiên làm nhiên liệu cho phản ứng trên. Lúc này năng lượng tỏa ra bằng:

$$Q = N. \Delta E = 9,0345.10^{24}.18,06$$

$$= 16,32 \cdot 10^{25} \text{ MeV.}$$

$$\rightarrow Q = 2,61 \cdot 10^{10} \text{ kJ.}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 41

a. Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn nuclôn ta có:

$$1 + 7 = 2A \rightarrow A = 4;$$

$$1 + 3 = 2Z \rightarrow Z = 2.$$

Vậy X chính là hạt nhân nguyên tử heli; còn được gọi là hạt α .

b, Năng lượng của phản ứng là:

$$\Delta E = (m_p + m_{Li} - 2m_{\alpha}) \cdot C^2$$

$$\rightarrow \Delta E = (1,007 + 7 - 2 \cdot 4,000) \frac{931}{C^2} \cdot C^2$$

$$\Delta E = 6,517 \text{ MeV}$$

c, Trong 1g heli có chứa n hạt nhân:

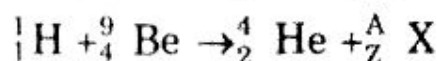
$$n = \frac{m}{A} \cdot N_A = \frac{1}{4} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,505 \cdot 10^{23} \text{ (hạt)}$$

Cứ tạo ra 2 hạt nhân heli thì tỏa ra một lượng năng lượng bằng ΔE . Vậy khi tạo ra 1g heli, năng lượng tỏa ra là:

$$Q = \frac{n}{2} \cdot 6,517 = 4,9 \cdot 10^{23} \text{ (MeV).}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 42

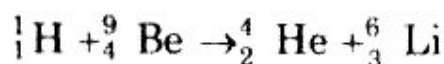
1, Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số nuclôn, ta thu được: $Z = 3$; $A = 6$

Vậy X là hạt nhân nguyên tử liti (${}^6_3\text{Li}$).

Phương trình phản ứng đầy đủ là:



2, Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$m_P \vec{v}_P = m_\alpha \vec{v}_\alpha + m_{\text{Li}} \vec{v}_{\text{Li}}$$

Vì theo đề bài $\vec{v}_P \perp \vec{v}_\alpha$ nên ta có:

$$m_P^2 \cdot v_P^2 + m_\alpha^2 \cdot v_\alpha^2 = m_{\text{Li}}^2 \cdot v_{\text{Li}}^2$$

$$\rightarrow 2m_P \cdot K_P + 2m_\alpha \cdot K_\alpha = 2m_{\text{Li}} \cdot K_{\text{Li}}$$

Suy ra:
$$K_{\text{Li}} = \frac{m_P \cdot K_P + m_\alpha \cdot K_\alpha}{m_{\text{Li}}} = \frac{1.5,45 + 4.4}{6}$$

$$K_{\text{Li}} = 3,575 \text{ MeV} \approx 3,58 \text{ MeV}.$$

Ta có:
$$K_{\text{Li}} = \frac{m_{\text{Li}} \cdot v_{\text{Li}}^2}{2}$$

$$\rightarrow v_{\text{Li}} = \sqrt{\frac{2K_{\text{Li}}}{m_{\text{Li}}}} = 1,07 \cdot 10^7 \text{ m/s}.$$

3, Vì không cho chính xác tỉ số của khối lượng các hạt nhân nên để tìm năng lượng tỏa ra của phản ứng ta áp dụng định luật bảo toàn năng lượng:

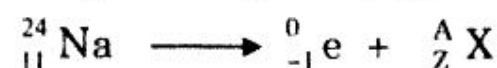
$$K_P + \Delta E = K_\alpha + K_{\text{Li}}$$

Suy ra:
$$\Delta E = K_\alpha + K_{\text{Li}} - K_P$$

$$\rightarrow \Delta E = 4 + 3,58 - 5,45 = 2,13 \text{ MeV} > 0$$

LỜI GIẢI ĐỀ 43

a) Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số nuclôn, ta tìm được $A = 24, Z = 12$.

Vậy hạt nhân con là hạt nhân magiê ${}_{12}^{24}\text{Mg}$.

Phương trình đầy đủ của phản ứng là:



b) Kí hiệu m là khối lượng của natri ${}_{11}^{24}\text{Na}$, sau khoảng thời gian t , theo đề bài ta có:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{0,3}{2,4} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2^3} \quad (1)$$

Theo định luật phóng xạ:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} \quad (2)$$

Từ (1) và (2), ta tìm được $\frac{t}{T} = 3 \rightarrow t = 3T = 45$ giờ

Lượng Na đã bị phân rã là:

$$\Delta m = 2,4 - 0,3 = 2,1(\text{g}).$$

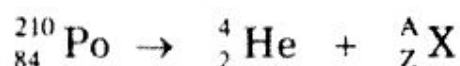
Mỗi hạt nhân Na khi phân rã cho một hạt β^- . Số hạt β^- được sinh ra sau thời gian t bằng số hạt nhân Na bị phân rã, nghĩa là bằng:

$$N = \frac{\Delta m}{A} \cdot N_A = \frac{2,1}{24} \cdot 6,023 \cdot 10^{23}$$

$$\rightarrow N = 5,27 \cdot 10^{22} \text{ hạt } \beta^-$$

LỜI GIẢI ĐỀ 44

a) Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và định luật bảo toàn

số khối, ta được: $Z = 82$, $A = 206$.

Vậy hạt nhân X chính là hạt nhân chì $^{206}_{82}\text{Pb}$ hạt nhân này có: $Z = 82$ prôtôn, và $A - Z = 206 - 82 = 124$ nơtrôn.

Năng lượng do phản ứng này tỏa ra là:

$$\Delta E = [m_{\text{Po}} - (m_{\alpha} + m_X)].C^2$$

$$\rightarrow \Delta E = [209,9373 - (4,00150 + 205,92944)].\frac{931}{C^2}.C^2$$

$$\Delta E = 5,92 \text{ MeV.}$$

b) Số hạt α được tạo thành bằng số hạt nhân pôlôni bị phân rã ΔN :

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}})$$

với N_0 là số hạt nhân pôlôni ban đầu bằng:

$$N_0 = \frac{m_0}{A} \cdot N_A = \frac{2,1}{210} \cdot 6,023 \cdot 10^{23}$$

$$= 6,023 \cdot 10^{21} \text{ hạt}$$

$$t = 276 \text{ ngày} = 2T$$

$$\frac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{1}{4}.$$

$$\text{Suy ra } \Delta N = N_0(1 - \frac{1}{4}) = \frac{3N_0}{4} \approx 4,515 \cdot 10^{21} \text{ hạt}$$

c) Ký hiệu K_{α} , K_X là động năng của hạt α và hạt nhân X.

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$m_{\alpha} \overline{V_{\alpha}} + m_X \overline{V_X} = 0$$

$$\rightarrow m_{\alpha} V_{\alpha} = m_X V_X$$

$$\rightarrow m_{\alpha}^2 v_{\alpha}^2 = m_X^2 v_X^2$$

$$\rightarrow m_{\alpha} \cdot K_{\alpha} = m_X K_X \quad (1)$$

Mặt khác, áp dụng định luật bảo toàn năng lượng ta có:

$$K_{\alpha} + K_X = \Delta E \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta tìm được:

$$K_{\alpha} \approx 5,81 \text{ MeV.}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 45

a) Phương trình phản ứng:



Áp dụng định luật bảo toàn số nuclôn và bảo toàn điện tích, ta được:

$$1 + 7 = A + A \rightarrow A = 4;$$

$$1 + 3 = Z + Z \rightarrow Z = 2;$$

Vậy hạt nhân X chính là hạt nhân hêli ${}_2^4\text{He}$, còn gọi là hạt α

Phương trình đầy đủ của phản ứng:



b) Ta có:

$$M_0 = m(p) + m(\text{Li}) = 8,0213\text{u}.$$

$$M = 2m(\text{He}) = 8,0030\text{u}$$

Ta thấy $M_0 > M$, vậy phản ứng này tỏa năng lượng.

Năng lượng tỏa ra là:

$$\begin{aligned} \Delta E &= (M_0 - M) C^2 = (0,0183 \cdot \frac{931}{C^2}) C^2 \\ &= 17,04 \text{ MeV.} \end{aligned}$$

Năng lượng tỏa ra này là do có độ hụt khối của các hạt nhân, nên không phụ thuộc vào động năng của hạt prôtôn.

c) Kí hiệu K_p , k_X tương ứng với động năng của hạt prôtôn và hạt nhân X. Theo đề bài, hai hạt nhân X có cùng vận tốc, tức là có cùng động năng. Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng ta có:

$$M_0 C^2 + K_p = M C^2 + 2K_x$$

$$\rightarrow \Delta E + K_p = 2K_x$$

$$\text{Suy ra: } K_x = \frac{\Delta E + K_p}{2} = 9,12 \text{ (MeV)}.$$

(Nhận xét: Dữ kiện N_A cho trong đề không cần dùng đến).

LỜI GIẢI ĐỀ 46

1) Độ phóng xạ ban đầu tính theo công thức:

$$H_0 = \lambda N_0$$

$$\rightarrow N_0 = \frac{H_0}{\lambda} = \frac{H_0 \cdot T}{0,693}$$

với

$$T = 138 \text{ ngày} = 138.243.600(\text{s});$$

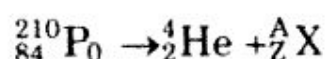
$$H_0 = 2(\text{Ci}) = 2.3,7.10^{10} \text{ Bq}.$$

$$\text{Suy ra: } N_0 = 1,27.10^{18} \text{ (hạt)}.$$

Khối lượng ban đầu của khối chất phóng xạ là:

$$m_0 = \frac{N_0 A}{N_A} = 4,43.10^{-4} \text{ g} = 0,443 \text{ mg}.$$

2) Phương trình phân rã phóng xạ ở dạng:



Theo định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích ta có:

$$210 = 4 + A$$

$$\rightarrow A = 206;$$

$$84 = 2 + Z$$

$$\rightarrow Z = 82.$$

Vậy X là hạt nhân chì ${}_{82}^{206}\text{Pb}$.

$$\text{Ta có: } \Delta E = [m(\text{Po}) - m(\alpha) + m(\text{Pb})] C^2.$$

$$\Delta E = (209,9828 - 4,0015 - 205,9744) \cdot \frac{931}{C^2} \cdot C^2$$

$$\rightarrow \Delta E = 6,4239 \text{ MeV.}$$

3) Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$0 = m_{\alpha} \vec{v}_{\alpha} + m_X \vec{v}_X$$

$$\text{Suy ra: } m_X^2 v_X^2 = m_{\alpha}^2 v_{\alpha}^2$$

$$\rightarrow 2m_X k_X = 2m_{\alpha} k_{\alpha}$$

$$\rightarrow k_X = \frac{m_{\alpha}}{m_X} k_{\alpha} \quad (1)$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng:

$$\Delta E = k_X + k_{\alpha} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) tìm được:

$$\Delta E = k_{\alpha} + \frac{m_{\alpha}}{m_X} k_{\alpha}$$

$$\rightarrow k_{\alpha} = \frac{\Delta E}{1 + \frac{m_{\alpha}}{m_X}}$$

$$\rightarrow k_{\alpha} = \frac{6,4239}{1 + \frac{4}{206}} = 6,3(\text{MeV})$$

$$\text{Ta lại có: } k_{\alpha} = \frac{m_{\alpha} v_{\alpha}^2}{2}$$

$$\rightarrow v_{\alpha} = \sqrt{\frac{2k_{\alpha}}{m_{\alpha}}} = 1,75 \cdot 10^7 \text{ m/s.}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 47

a) Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn số nuclôn và bảo toàn điện tích ta được: $A = 4$; $Z = 2$.

Vậy X là hạt nhân nguyên tử hêli ${}^4_2\text{He}$, còn gọi là hạt nhân α .

b) Tổng khối lượng các hạt nhân trước phản ứng:

$$M_0 = m(\text{Be}) + m(\text{H}) = 10,02002\text{u}$$

Tổng khối lượng các hạt nhân sau phản ứng:

$$M = m(\text{Li}) + m(\alpha) = 10,01773\text{u}$$

Ta thấy: $M_0 > M$. Vậy phản ứng tỏa năng lượng.

c) Năng lượng tỏa ra trong mỗi phản ứng:

$$\Delta E = (M_0 - M)C^2 = \left(0,00229 \cdot \frac{931}{C^2}\right)C^2$$

$$\rightarrow \Delta E = 2,13\text{MeV}$$

d) Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng ta có:

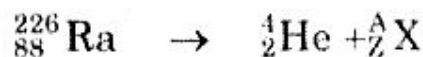
$$M_0C^2 + K_P = MC^2 + K_{Li} + K_X$$

$$\rightarrow K_X = (M_0 - M)C^2 + K_P - K_{Li}$$

$$K_X = \Delta E + K_P - K_{Li} = 4,03\text{MeV}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 48

a) Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích, ta được: $A = 222$ và $Z = 86$.

Vậy hạt nhân con có nguyên tử số $Z = 86$ và số khối là $A = 222$.

Độ phóng xạ của 1g radđ được tính theo công thức:

với

$$H = \lambda N,$$

$$\lambda = \frac{0,693}{T} = \frac{0,693}{1570.365.24.3600};$$

$$N = \frac{m.N_A}{A} = \frac{1}{226}.6,023.10^{23} \text{ (hạt)}.$$

Từ đó tìm được:

$$H \approx 3,7.10^{10} \text{ Bq}.$$

b) Áp dụng định luật bảo toàn động lượng:

$$\vec{P}_\alpha + \vec{P}_X = 0$$

$$P_\alpha^2 = P_X^2$$

$$\rightarrow 2m_\alpha k_\alpha = 2m_X k_X$$

$$k_X = \frac{m_\alpha}{m_X} k_\alpha = \frac{2k_\alpha}{111}. \quad (1)$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng:

$$\Delta E = k_\alpha + k_X$$

$$\rightarrow k_\alpha + k_X = 2,7(\text{MeV}) \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta tìm được:

$$k_\alpha = 2,65\text{MeV}$$

và

$$K_X = 0,05\text{MeV}.$$

LỜI GIẢI ĐỀ 49

1) Phương trình phản ứng có dạng sau:



Theo định luật bảo toàn số nuclôn và bảo toàn điện tích, ta có:

$$A + 4 = 1 + 23$$

$$\begin{aligned}\rightarrow A &= 20 \\ Z + 2 &= 1 + 11 \\ \rightarrow Z &= 10.\end{aligned}$$

Vậy X là hạt nhân nguyên tử nêôn ${}_{10}^{20}\text{Ne}$.

2) Năng lượng phản ứng trên:

$$\begin{aligned}\Delta E &= [(m(p) + m(\text{Na})) - (m(\alpha) - m(x))]C^2 \\ \rightarrow \Delta E &= (1,007276 + 22,983734 - 4,001506 \\ &\quad - 19,986950) \cdot \frac{931}{C^2} \cdot C^2\end{aligned}$$

$$\Delta E \approx 2,38\text{MeV} > 0: \text{Phản ứng tỏa năng lượng.}$$

3) Theo đề bài:

$$v_\alpha = v_X.$$

Biết
$$k_\alpha = \frac{m_\alpha v_\alpha^2}{2}$$

$$k_X = \frac{m_X v_X^2}{2}$$

Suy ra :
$$\frac{k_\alpha}{k_X} = \frac{m_\alpha}{m_X}$$

$$k_\alpha = \frac{m_\alpha}{m_X} k_X \quad (1)$$

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng:

$$k_p + \Delta E = k_\alpha + k_X \quad (2)$$

Từ (1) và (2), ta được:

$$\begin{aligned}k_p + \Delta E &= \frac{m_\alpha}{m_X} k_X + k_X \\ \rightarrow k_X &= \frac{k_p + \Delta E}{1 + \frac{m_\alpha}{m_X}} \approx 4,9(\text{MeV}).\end{aligned}$$

LỜI GIẢI ĐỀ 50

1) Phương trình phản ứng có dạng:



Áp dụng định luật bảo toàn điện tích và bảo toàn số nuclôn:

$$1 + 7 = 2A$$

$$\rightarrow A = 4$$

$$1 + 3 = 2Z$$

$$\rightarrow Z = 2.$$

Vậy X là hạt nhân nguyên tử hêli, còn gọi là hạt nhân α .
Do đó, phương trình phản ứng đầy đủ là:



Năng lượng phản ứng bằng:

$$\Delta E = (m_p + m_{\text{Li}} - 2m_{\alpha})c^2$$

$$\Delta E = (1,0073 + 7,0144 - 2 \cdot 4,0015)c^2$$

$$= 0,0187 \cdot \frac{931}{c^2} \cdot c^2$$

$$\Delta E = 17,41 \text{ MeV} > 0$$

Vậy phản ứng tỏa năng lượng bằng 17,41 MeV.

2) Kí hiệu W_{α} là động năng một hạt X(hạt α).

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng, ta có:

$$(m_p + m_{\text{Li}})c^2 + W_p = 2m_{\alpha} \cdot c^2 + 2W_{\alpha}$$

$$\rightarrow W_p + \Delta E = 2W_{\alpha}$$

$$\rightarrow W_{\alpha} = \frac{W_p + \Delta E}{2} = \frac{1,0 + 17,4}{2} = 9,2 \text{ MeV}.$$

3) Kí hiệu \vec{P}_H , \vec{P}_{α} và \vec{P}_{α}' tương ứng là động lượng của hạt prôtôn và 2 hạt α .

Áp dụng định luật bảo toàn động lượng ta có:

$$\vec{P}_H = \vec{P}_\alpha + \vec{P}'_\alpha,$$

với $P_\alpha = P'_\alpha$ (hai hạt như nhau). Do đó ta có hình vẽ 50.1.

Từ hình vẽ, ta có:

$$P_H = 2P_\alpha \cdot \cos \frac{\theta}{2}$$

với θ là góc giữa phương chuyển động của 2 hạt α .

Chú ý rằng

$$W_P = \frac{P_H^2}{2m_P},$$

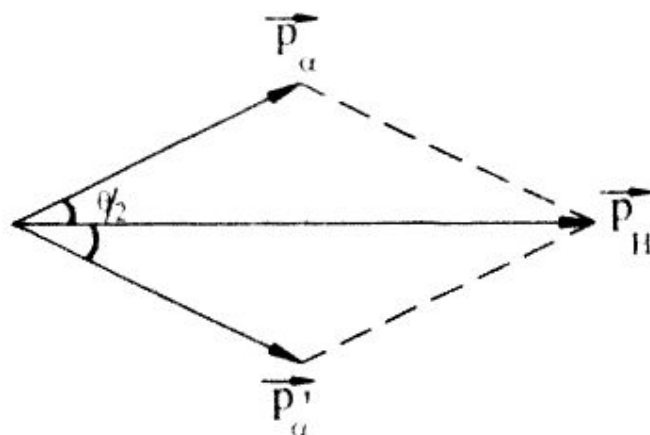
và
$$W_\alpha = \frac{P_\alpha^2}{2m_\alpha}$$

ta có:
$$\cos^2 \frac{\theta}{2} = \left(\frac{P_H}{2P_\alpha} \right)^2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{2m_P W_P}{2m_\alpha W_\alpha} = \frac{m_P W_P}{4m_\alpha W_\alpha}$$

$$\rightarrow \cos \frac{\theta}{2} = 0,0824$$

$$\rightarrow \frac{\theta}{2} = 85,27^\circ.$$

$$\rightarrow \theta = 170,54^\circ.$$



Hình 50.1

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
<i>Phần thứ nhất: Những bài tập theo chủ đề</i>	5
I. Quang hình học	5
A. Gương phẳng	5
B. Gương cầu. Thị trường của gương	9
C. Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng: Lăng chất phản - Bản mặt song song - Lăng kính	21
D. Thấu kính	28
E. Hệ quang học	43
F. Mắt - Các dụng cụ quang học	62
II. Tính chất sóng của ánh sáng	75
G. Sự tán sắc ánh sáng - Sự giao thoa ánh sáng	75
III. Lượng tử ánh sáng	89
H. Hiện tượng quang học	89
K. Ứng dụng thuyết lượng tử. Thuyết Bo	96
IV. Vật lý hạt nhân	103
M. Cấu tạo hạt nhân - Sự phóng xạ - Phản ứng hạt nhân	103
<i>Phần thứ hai: Những bài tập chọn lọc, hay và khó</i>	116
I. Quang hình học	116

II. Tính chất sóng của ánh sáng	194
III. Lượng tử ánh sáng	215
IV. Vật lý hạt nhân	231
Phần thứ ba: Một số đề thi tuyển sinh vào các trường đại học, cao đẳng những năm gần đây	247
<i>Đề 1 - đề 50</i>	247
<i>Hướng dẫn lời giải</i>	271