

PHẦN 6. QUANG HỌC

Chuyên đề 1. LIÊN QUAN ĐẾN PHẢN XẠ - KHÚC XẠ

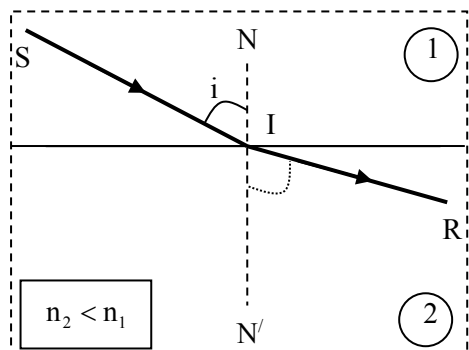
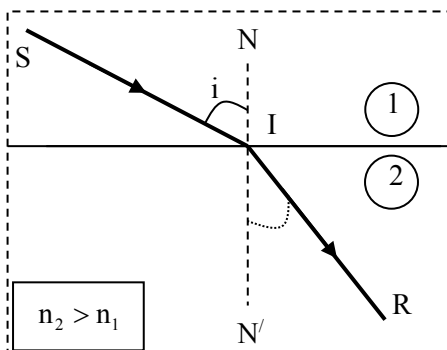
I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Khúc xạ ánh sáng

- + Khúc xạ ánh sáng là hiện tượng chùm tia sáng bị đổi phương đột ngột khi đi qua mặt phân cách giữa 2 môi trường trong suốt khác nhau.
- + Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở bên kia pháp tuyến so với tia tới.
- + Tia tới và tia khúc xạ nằm ở hai bên pháp tuyến tại điểm tới
- + Đối với hai môi trường trong suốt nhất định, tỉ số giữa sin của góc tới và sin của góc khúc xạ là một hằng số: $\frac{\sin i}{\sin r} = \text{const} = n_{21}$ (trong đó hằng số n_{21} được gọi là chiết suất tỉ đối của môi trường khúc xạ (2) đối với môi trường tới (1): $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$)

Lưu ý:

- + Nếu $n_2 > n_1 \Rightarrow r < i$ (môi trường 2 chiết quang hơn môi trường 1) $\Rightarrow$ tia khúc xạ ở gần pháp tuyến hơn, và ngược lại. Chiết suất càng lớn môi trường càng chiết quang.
- + Khi truyền từ môi trường có chiết bé sang môi trường có chiết suất lớn thì tia khúc xạ lại gần pháp tuyến hơn so với tia tới và ngược lại



2. Chiết suất của môi trường

- + **Chiết suất tỉ đối:** Chiết suất tỉ đối của môi trường 2 đối với môi trường 1

bằng tỉ số giữa tốc độ v_1 và v_2 của ánh sáng khi truyền trong môi trường 1 (môi trường tới) và môi trường 2 (môi trường khúc xạ).

$$\text{Do đó: } n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

+ **Chiết suất tuyệt đối:** Chiết suất tuyệt đối của môi trường là chiết suất tỉ đối của môi trường đối với chân không. Ta có: $n = \frac{c}{v}$. Vì $c \geq v \Rightarrow n \geq 1$.

Chú ý: Chiết suất của không khí gần bằng chiết suất của chân không và bằng 1

3. Tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng

Ánh sáng truyền đi và truyền ngược lại trên cùng 1 đường thẳng: $n_{12} = \frac{1}{n_{21}} = \frac{n_1}{n_2}$

II. CÁC DẠNG TOÁN

Dạng 1. Các bài toán liên quan đến khúc xạ ánh sáng

A. PHƯƠNG PHÁP GIẢI

- Sử dụng định luật khúc xạ ánh sáng để vẽ hình và xác định đường đi của tia sáng từ đó tính toán các yêu cầu của bài dựa vào dữ kiện của bài toán.
- Coi chiết suất của không khí bằng 1.

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Chiếu một tia sáng từ không khí vào nước với góc tới 30° . Cho biết chiết suất của nước là $n = 4/3$. Hãy tính:

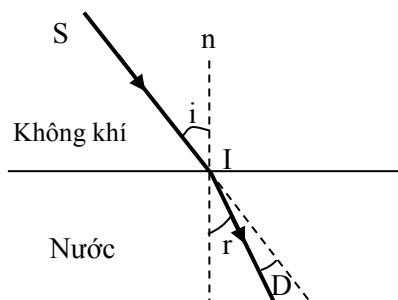
- Góc khúc xạ.
- Góc lệch D (góc giữa tia tới và tia khúc xạ).

Hướng dẫn giải

a) Vận dụng định luật khúc xạ ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow 1 \cdot \sin 30^\circ = \frac{4}{3} \cdot \sin r$$

$$\Rightarrow \sin r = \frac{3}{8} \Rightarrow r \approx 22^\circ$$



b) Góc lệch D: Từ hình vẽ ta có:

$$D = i - r = 30^\circ - 22^\circ = 8^\circ$$

Ví dụ 2: Một tia sáng truyền từ môi trường A vào môi trường B dưới góc tới là 9° thì góc khúc xạ là 8° .

- Tìm góc khúc xạ khi góc tới là 60° .
- Tính vận tốc truyền ánh sáng trong môi trường A biết vận tốc ánh sáng trong môi trường B là 200000 km/s.

Hướng dẫn giải

a) Khi tia sáng truyền từ môi trường A vào môi trường B dưới góc tới là 9° thì góc khúc xạ là 8° .

Ta có: $n_A \sin 9^\circ = n_B \sin 8^\circ$ (1)

Khi tia sáng truyền với góc tới $i = 60^\circ$ thì: $n_A \sin 60^\circ = n_B \sin r$ (2)

Lấy (2) chia cho (1) ta có:

$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin 9^\circ} = \frac{\sin r}{\sin 8^\circ} \Rightarrow \sin r = \sin 8^\circ \frac{\sin 60^\circ}{\sin 9^\circ} = 0,77 \Rightarrow r = 50,4^\circ$$

b) Ta có:
$$\begin{cases} n_A = \frac{c}{v_A} \\ n_B = \frac{c}{v_B} \end{cases} \Rightarrow \frac{n_B}{n_A} = \frac{v_A}{v_B} \Rightarrow v_A = \frac{n_B}{n_A} v_B = \frac{\sin i}{\sin r} v_B = 224805,6 (\text{km/s})$$

Ví dụ 3: Ba môi trường trong suốt (1), (2), (3) có thể đặt tiếp giáp nhau. Với cùng góc tới : $i = 60^\circ$:

- nếu ánh sáng truyền từ (1) vào (2) thì góc khúc xạ là 45° .
- nếu ánh sáng truyền từ (1) vào (3) thì góc khúc xạ là 30° .

Hỏi nếu ánh sáng truyền từ (2) vào (3) thì góc khúc xạ là bao nhiêu?

Hướng dẫn giải

- Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng cho các trường hợp, ta có:

+ nếu ánh sáng truyền từ (1) vào (2) thì: $\frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$ (1)

+ nếu ánh sáng truyền từ (1) vào (3) thì: $\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{n_3}{n_1}$ (2)

+ nếu ánh sáng truyền từ (2) vào (3) thì: $\frac{\sin 60^\circ}{\sin x} = \frac{n_3}{n_2}$ (3)

- Từ (1), (2) và (3) suy ra: $\frac{\sin 60^\circ}{\sin x} = \frac{\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}}{\frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ}} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$

$$\Rightarrow \sin x = \frac{\sin 60^\circ}{\sqrt{2}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \Rightarrow x = 38^\circ.$$

Vậy: Nếu ánh sáng truyền từ (2) vào (3) thì góc khúc xạ là 38° .

Ví dụ 4: Chiếu một tia sáng từ không khí vào một môi trường có chiết suất $n = \sqrt{3}$ sao cho tia khúc xạ vuông góc với tia phản xạ. Coi tốc độ của ánh sáng trong không khí là $c = 3.10^8$ m/s. Hãy tính:

- Vận tốc của ánh sáng khi truyền trong môi trường này.
- Góc tới và góc khúc xạ.

Hướng dẫn giải

a) Ta có: $n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3.10^8}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}.10^8$ (m/s) $\approx 1,73.10^8$ (m/s)

b) Từ hình vẽ ta có: $\alpha + \beta = 90^\circ$

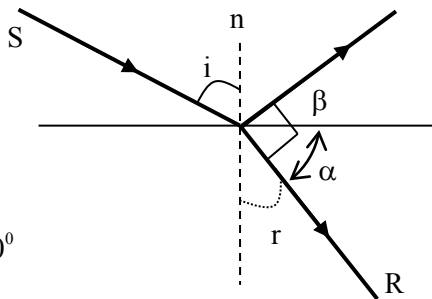
$$\Leftrightarrow (90 - r) + (90 - i) = 90^\circ \Rightarrow r + i = 90^\circ \Rightarrow r = 90^\circ - i$$

Vận dụng định luật khúc xạ ta có:

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

$$\Leftrightarrow 1. \sin i = \sqrt{3} \sin(90 - i) \Leftrightarrow \sin i = \sqrt{3} \cos i$$

$$\Rightarrow \tan i = \sqrt{3} \Rightarrow i = 60^\circ \Rightarrow r = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$



Vậy góc tới $i = 60^\circ$ và góc khúc xạ $r = 30^\circ$

Ví dụ 5: Một thợ lặn dưới nước nhìn thấy Mặt Trời ở độ cao 60° so với đường chân trời. Tính độ cao thực của Mặt Trời (tạo một góc bao nhiêu độ so với đường chân trời), biết chiết suất của nước là $n = 4/3$.

Hướng dẫn giải

+ Góc tạo bởi Mặt Trời và phương ngang chính là góc của Mặt Trời so với đường chân trời.

+ Từ hình vẽ ta có ngay góc khúc xạ là:

$$r = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ.$$

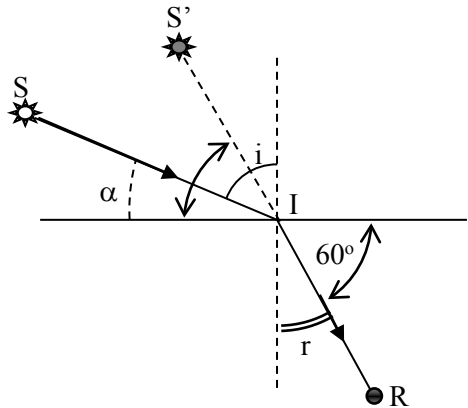
+ Vận dụng định luật khúc xạ ta có:

$$\sin i = n \sin r$$

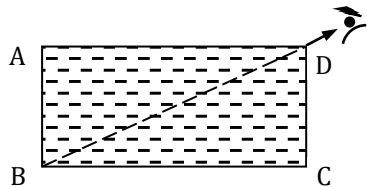
$$\Leftrightarrow \sin i = \frac{4}{3} \sin 30^\circ \Rightarrow i = 41,8^\circ$$

+ Vì góc tới i của tia sáng Mặt Trời đến mắt thợ lặn là $i = 41,8^\circ$ nên góc mà Mặt Trời tạo với đường chân trời là:

$$\alpha = 90 - i = 48,2^\circ$$



Ví dụ 6: Một chậu hình hộp chữ nhật đựng chất lỏng. Biết $AB = a$; $AD = 2a$. Mắt nhìn theo phương BD nhìn thấy được trung điểm M của BC. Tính chiết suất của chất lỏng.

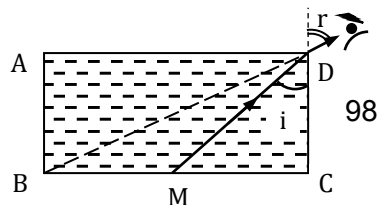


Hướng dẫn giải

- Khi mắt nhìn theo phương BD thấy được điểm M nghĩa là tia sáng từ M qua D sẽ đến được mắt, hay tia tới theo phương MD và tia khúc xạ theo phương BD.

- Theo định luật khúc xạ ánh sáng, ta có: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n} \Rightarrow n = \frac{\sin r}{\sin i}$.

với: $\sin i = \frac{MC}{MD} = \frac{a}{a\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$.

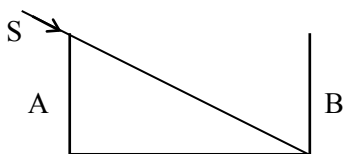


$$\sin r = \sin \widehat{BDC} = \frac{BC}{BD} = \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + a^2}} = \frac{2}{\sqrt{5}}.$$

$$\Rightarrow n = \frac{\frac{2}{\sqrt{5}}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{4}{\sqrt{10}} = 1,26$$

Vậy: Chiết suất của chất lỏng là 1,26.

Ví dụ 7: Một cái máng nước sâu 20cm, rộng 40cm có hai thành bên thẳng đứng. Đúng lúc máng cạn nước thì bóng râm của thành A kéo dài tới đúng chân thành B đối diện. Người ta đổ nước vào máng đến một độ cao h thì bóng của thành A ngắn bớt đi 7cm so với trước. Biết chiết suất của nước là $n = 4/3$.



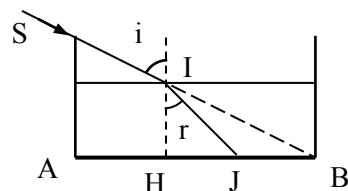
Hãy tính h; vẽ tia sáng giới hạn bóng râm của thành máng khi có nước.

Hướng dẫn giải

- Trước khi đổ nước, bóng của thành A là AB; sau khi đổ nước, bóng của thành A là AJ.

- Ta có: $\tan i = \frac{HB}{HI} \Rightarrow HB = HI \cdot \tan i = h \cdot \tan i$.

$$\tan r = \frac{HJ}{HI} \Rightarrow HJ = HI \cdot \tan r = h \cdot \tan r.$$



- Theo đề: $AB - AJ = HB - HJ = 7\text{cm}$.

$$\Leftrightarrow h \cdot \tan i - h \cdot \tan r = h(\tan i - \tan r) = 7 \Rightarrow h = \frac{7}{\tan i - \tan r}$$

- Mặt khác: $\sin i = \frac{AB}{SB} = \frac{AB}{\sqrt{AS^2 + AB^2}} = \frac{40}{\sqrt{30^2 + 40^2}} = 0,8$.

$$\Rightarrow \cos i = 0,6 \text{ và } \tan i = \frac{0,8}{0,6} = \frac{4}{3}.$$

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} = 0,8 \cdot \frac{3}{4} = 0,6 \Rightarrow \cos r = 0,8 \text{ và } \tan r = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4} \Rightarrow h = \frac{7}{\frac{4}{3} - \frac{3}{4}} = 12\text{cm}.$$

Vậy: Chiều cao của lớp nước trong máng là $h = 12\text{cm}$.

Ví dụ 7: Một bể chứa nước có thành cao 80 cm và đáy phẳng dài 120 cm. Độ cao mực nước trong bể là 60 cm, chiết suất của nước là $4/3$. Ánh sáng chiếu theo phương nghiêng 1 góc 30° so với phương ngang.

- Hãy tìm độ dài của bóng đen tạo thành trên mặt nước.
- Hãy tìm độ dài của bóng đen tạo thành dưới đáy bể.

Hướng dẫn giải

a) Ánh sáng chiếu nghiêng 1 góc 30° so với phương ngang nên $\Rightarrow i = 60^\circ$

+ Từ hình vẽ ta có: $\tan i = \frac{x}{MA} \Rightarrow x = MA \cdot \tan 60 = 20\sqrt{3}\text{ cm}$

+ Vậy độ dài của bóng đen tạo trên mặt nước là $x = 20\sqrt{3}\text{ cm}$.

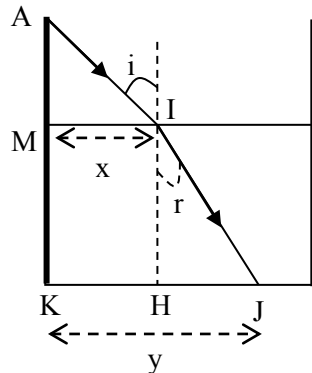
b) Cũng từ hình vẽ lại có:

$$\sin r = \frac{HJ}{\sqrt{HI^2 + HJ^2}} \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = n$$

$$\Leftrightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\sqrt{HI^2 + HJ^2}}{HJ} = n$$

$$\Leftrightarrow \frac{3}{4} \left(\frac{60^2 + HJ^2}{HJ^2} \right) = \frac{16}{9} \Rightarrow HJ = 51,25\text{ cm}$$

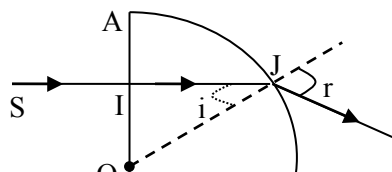
+ Độ dài vệt sáng dưới đáy bể là: $y = x + HJ = 85,9\text{ cm}$



Ví dụ 8: Cho một khối thủy tinh dạng bán cầu có bán kính R , chiết suất $n = 1,5$. Chiếu thẳng góc tới mặt phẳng của bán cầu một tia sáng SI. Biết điểm tới I cách tâm O của khối bán cầu đoạn $R/2$. Xác định đường đi của tia sáng qua bán cầu.

Hướng dẫn giải

+ Tia sáng đi thẳng qua mặt phẳng AB của khối bán cầu, tới mặt cầu tại J với góc tới là i .



+ Ta có: $\sin i = \frac{OI}{OJ} = \frac{1}{2} \Rightarrow i = 30^\circ$

+ Tại J ta có:

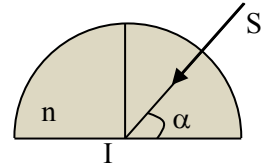
$$n \sin i = \sin r \Leftrightarrow 1,5 \sin 30 = \sin r$$

$$\Rightarrow \sin r = 0,75 \Rightarrow r = 48^\circ 36'$$

Như vậy tia sáng sau khi chiếu thẳng góc tới mặt phẳng của bán cầu sẽ truyền thẳng tới J và cuối cùng khúc xạ ra ngoài (hình vẽ).

Ví dụ 9: Một tia sáng SI truyền từ bán trụ thủy tinh ra không khí như hình vẽ. Biết chiết suất của không khí $n_2 \approx 1$, của thủy tinh $n_1 = \sqrt{2}$, $\alpha = 60^\circ$.

- Tìm góc khúc xạ của tia sáng khi đi ra không khí.
- Giữ nguyên góc tới đưa khối thủy tinh vào trong nước tính góc khúc xạ, biết chiết suất của nước là $4/3$.
- Tìm vận tốc truyền ánh sáng trong thủy tinh, biết vận tốc truyền ánh sáng trong chân không là $c = 3.10^8 \text{m/s}$



Hướng dẫn giải

Từ hình vẽ dễ dàng tính được góc tới của tia SI trong lưỡng chất cầu là $i = 30^\circ$

a) Vận dụng định luật khúc xạ tại điểm I ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow \sqrt{2} \sin 30^\circ = 1 \cdot \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow r = 45^\circ$$

b) Vận dụng định luật khúc xạ tại điểm I ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow \sqrt{2} \sin 30^\circ = \frac{4}{3} \cdot \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{3}{4\sqrt{2}} \Rightarrow r = 32^\circ$$

c) Vận tốc của ánh sáng khi truyền trong thủy tinh là:

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3.10^8}{\sqrt{2}} = 2,12.10^8 \text{ (m/s)}$$

Ví dụ 10: Một bản mặt song song có bề dày $d = 9 \text{ cm}$, chiết suất $n = 1,5$. Tính độ dời của điểm sáng S khi nhìn nó qua bản mặt song song này theo phương vuông góc với hai mặt phẳng giới hạn trong trường hợp:

- Bản mặt song song và điểm sáng nằm trong không khí
- Bản mặt song song và điểm sáng đặt trong nước có chiết suất $n_2 = 4/3$

Hướng dẫn giải

Độ dời của điểm sáng là đoạn SS'

a) Bản mặt song song và điểm sáng nằm trong không khí

Từ hình vẽ ta có:

$$SS' = MI = d - MK$$

$$\tan i = \frac{KJ}{MK} \Leftrightarrow i \approx \frac{KJ}{MK} \Rightarrow KJ = i.MK$$

$$\tan r = \frac{KJ}{KI} \Leftrightarrow r \approx \frac{KJ}{KI} \Rightarrow KJ = r.KI$$

$$\Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{KI}{MK} = \frac{d}{MK}$$

+ Áp dụng định luật khúc xạ cho góc bé ta có:

$$1. \sin i = n_1 \sin r \Rightarrow \frac{i}{r} \approx n_1 \Rightarrow MK = \frac{d}{n_1}$$

+ Khi nhìn qua bản mặt song song thì điểm sáng S dời đến điểm S' . Ta có:

$$SS' = MI = IK - MK = d \left(1 - \frac{1}{n} \right) = 3(\text{cm})$$

b) Vật AB và bản đặt trong một chất lỏng có chiết suất $n_2 = 4/3$

+ Từ hình vẽ ta có :

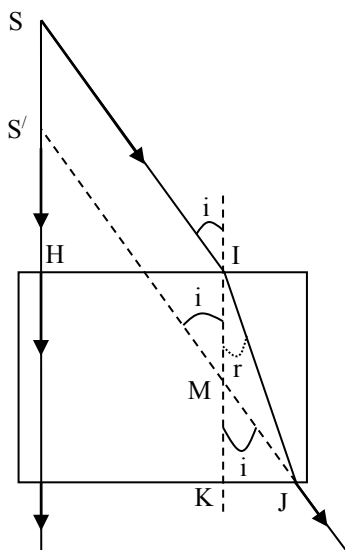
$$SS' = MI = d - MK$$

$$\tan i = \frac{KJ}{MK} \Leftrightarrow i \approx \frac{KJ}{MK} \Rightarrow KJ = i.MK$$

$$\tan r = \frac{KJ}{KI} \Leftrightarrow r \approx \frac{KJ}{KI} \Rightarrow KJ = r.KI$$

$$\Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{KI}{MK} = \frac{d}{MK}$$

+ Áp dụng định luật khúc xạ cho góc bé ta có:



$$n_2 \sin i = n \sin r \Leftrightarrow \frac{i}{r} \approx \frac{n}{n_2} \Rightarrow MK = d \frac{n_2}{n}$$

+ Khi nhìn qua bản mặt song song thì điểm sáng S dời đến điểm S'. Ta có:

$$SS' = MI = IK - MK = d - d \frac{n_2}{n} = d \left(1 - \frac{n_2}{n} \right) = 1(\text{cm})$$

Ví dụ 11: Đáy của một cốc thủy tinh là một bản mặt song song chiết suất $n = 1,5$. Đặt cốc lên một trang sách rồi nhìn qua đáy cốc theo phương gần thẳng đứng thì thấy dòng chữ trên trang sách dường như nằm trong thủy tinh, cách mặt trong của đáy 0,6 cm.

- Tính bề dày của đáy cốc.
- Đổ nước vào đầy cốc rồi lại nhìn qua lớp nước theo phương thẳng đứng thì thấy dòng chữ trên trang sách dường như nằm trong nước, cách mặt nước 10,2 cm. Cho chiết suất của nước là $n = 4/3$. Tính chiều cao của lớp nước trong cốc và chiều cao của cốc.

Hướng dẫn giải

a) Coi đáy cốc thủy tinh là một bản mặt song song có độ dày là h_1 , ảnh của điểm A qua bản mặt song song thủy tinh là A_1 .

+ Độ dịch chuyển ảnh A_1 so với A là:

$$AA_1 = h_1 \left(1 - \frac{1}{n} \right) = h_1 \left(1 - \frac{1}{1,5} \right) = \frac{h_1}{3}$$

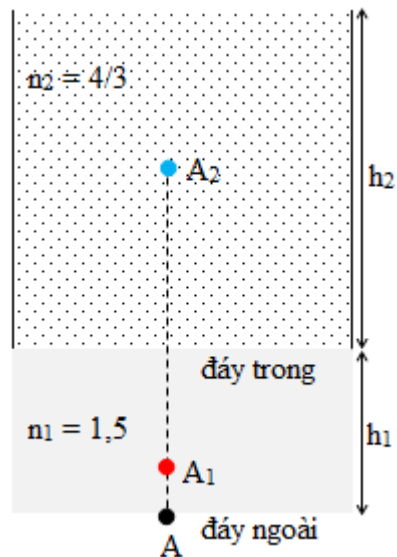
+ Theo đề ra, ảnh A_1 cách đáy trong đoạn 0,6 cm nên: $AA_1 = h_1 - 0,6$

$$\Leftrightarrow \frac{h_1}{3} = h_1 - 0,6 \Rightarrow h_1 = 0,9(\text{cm})$$

b) Ảnh A_1 của A tạo bởi bản mặt song song là thủy tinh là vật đối với bản mặt song song là lớp nước có độ dày là h_2 , qua bản mặt song song là nước ta thu được ảnh A_2

+ Độ dịch chuyển ảnh A_2 so với A_1 là:

$$A_1A_2 = h_2 \left(1 - \frac{1}{n_2} \right) = h_2 \left(1 - \frac{3}{4} \right) = \frac{h_2}{4}$$



+ Theo đề ra ta có: $A_1A_2 = h_2 - 10,2 \Leftrightarrow \frac{h_2}{4} = h_2 - 10,2 + 0,6 \Rightarrow h_2 = 12,8(\text{cm})$

Vậy chiều cao của cốc nước là $h = h_2 + 0,9 = 13,7 \text{ cm}$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Hãy xác định giá trị của góc tới trong các trường hợp sau:

- Dùng tia sáng truyền từ thủy tinh và khúc xạ ra không khí. Biết tia khúc xạ và tia phản xạ ở mặt thủy tinh tạo với nhau 1 góc 90° , chiết suất của thủy tinh là 1,5.
- Tia sáng truyền từ nước và khúc xạ ra không khí. Tia khúc xạ và tia phản xạ ở mặt nước vuông góc nhau. Nước có chiết suất là $4/3$. Hãy xác định góc tới.

Bài 2. Tia sáng đi từ không khí tới gặp mặt phân cách giữa không khí và môi trường trong suốt có chiết suất n với góc tới i .

- Khi góc tới $i = 45^\circ$ thì thấy góc hợp bởi tia khúc xạ và tia phản xạ là 105° . Hãy tính chiết suất của n của môi trường trong suốt nói trên.
- Thay môi trường trên bằng một môi trường có chiết suất $n = 1,5$. Phải điều chỉnh góc tới đến giá trị nào thì góc tới gấp 2 lần góc khúc xạ.

Bài 3. Hãy tính chiết suất của môi trường trong suốt trong các trường hợp sau:

- Tia sáng đi từ không khí tới gặp mặt phân cách giữa không khí và môi trường trong suốt có chiết suất n với góc tới $i = 45^\circ$. Khi đó góc hợp bởi tia tới và tia khúc xạ là 15° (theo chiều truyền ánh sáng).
- Chiếu 1 tia sáng SI đi từ không khí vào 1 chất lỏng có chiết suất n , thì góc hợp bởi tia tới và tia khúc xạ của tia sáng khi đi vào chất lỏng là 30° và tia khúc xạ hợp với mặt thoáng 1 góc 60° .

Bài 4. Một cái gậy dài 2m cắm thẳng đứng ở đáy hồ. Gậy nhô lên khỏi mặt nước 0,5m. Ánh sáng Mặt Trời chiếu xuống hồ theo phương hợp với pháp tuyến của mặt nước góc 60° .

Tính chiều dài bóng của cây gậy in trên đáy hồ.

Bài 5. Một người đặt mắt sát mặt nước nhìn một hòn đá dưới đáy của một cái bể, có cảm giác hòn đá nằm ở độ sâu 0,8 m. Chiều sâu thực của bể nước là bao nhiêu nếu người đó nhìn hòn đá dưới góc 60° so với pháp tuyến. Biết chiết suất của nước là $4/3$.

Bài 6. Một bể nước cao $h = 80 \text{ cm}$ chứa đầy nước, một người đặt mắt nhìn xuống đáy bể theo phương gần vuông góc thấy đáy bể cách mắt mình 110 cm. Hỏi người này đặt mắt cách mặt nước bao nhiêu? Cho chiết suất của nước là $4/3$.

Bài 7. Một cái bể hình chữ nhật có đáy phẳng nằm ngang chứa đầy nước. Một người nhìn vào điểm giữa của mặt nước theo phương hợp với phương thẳng đứng một góc 45° thì vừa vặn nhìn thấy một điểm nằm trên giao tuyến của thành bể và đáy bể. Tính độ sâu của bể. Cho biết chiết suất của nước là $n = 4/3$, hai thành bể cách nhau 30 cm.

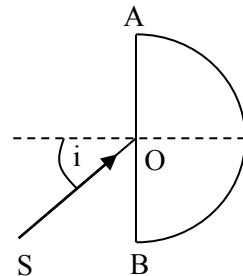
Bài 8. Một cái bể nước sâu 30 cm, rộng 40 cm, có hai thành bên thẳng đứng. Đúng lúc máng cạn nước thì bóng râm của thành bên A kéo dài đến đúng chân thành B đối diện. Một người đổ nước vào máng đến độ cao h thì bóng râm thành A ngắn lại 7 cm so với trước. Biết chiết suất của nước là $4/3$. Xác định độ cao của nước trong bể.

Bài 9. Mắt người và cá cùng cách mặt nước 60 cm, cùng nằm trên mặt phẳng vuông góc với mặt nước. Biết chiết suất của nước là $n = 4/3$. Hỏi người thấy cá cách mình bao xa và cá thấy người cách nó bao xa?

Bài 10. Một bản mặt song song (một bản trong suốt giới hạn bởi hai mặt phẳng song song) có bề dày $d = 10$ cm, chiết suất $n = 1,5$ được đặt trong không khí. Chiều tới bản một tia tới SI có góc tới 45° .

- Chứng minh rằng tia ló ra khỏi bản song song với tia tới. Vẽ đường đi của tia sáng qua bản
- Tính khoảng cách giữa giá (phương) của tia ló và tia tới.

Bài 11. Tiết diện thẳng của một khối đồng chất, trong suốt nửa hình trụ là nửa hình tròn tâm O, bán kính R, khối này làm bằng chất có chiết suất $n = \sqrt{2}$, đặt trong không khí. Tia sáng SI nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục của hình trụ, tới mặt phẳng của khối này với góc tới 45° .



- Vẽ đường đi của tia sáng khi điểm tới I trùng với tâm O, nói rõ cách vẽ. Tính góc ló và góc lệch D giữa tia tới và tia ló.
- Xác định vị trí điểm tới I để góc lệch D bằng không, vẽ hình

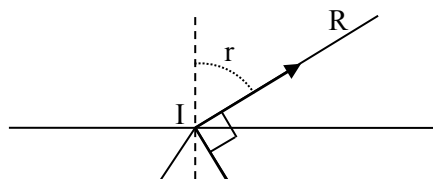
Bài 12. Một tia sáng từ không khí tới gặp một tấm thủy tinh phẳng trong suốt với góc tới i mà $\sin i = 0,8$ cho tia phản xạ và khúc xạ vuông góc với nhau.

- Tính vận tốc ánh sáng trong tấm thủy tinh.
- Tính độ dời ngang của tia sáng ló so với phương tia tới. Biết bề dày của bản là $e = 5$ cm.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Từ hình vẽ ta có:



$$(90 - r) + (90 - i) = 90^0$$

$$\Rightarrow r + i = 90^0 \Rightarrow r = 90^0 - i$$

Theo định luật khúc xạ ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r (*)$$

a) Khi tia sáng truyền từ thủy tinh và khúc xạ ra không khí

$$\text{Từ } (*) \text{ ta có: } 1,5 \cdot \sin i = 1 \cdot \sin(90 - i) \Leftrightarrow 1,5 \sin i = 1 \cdot \cos i \Rightarrow \tan i = \frac{1}{1,5} \Rightarrow i = 33,7^0$$

b) Khi tia sáng truyền từ nước và khúc xạ ra không khí

$$\text{Từ } (*) \text{ ta có: } \frac{4}{3} \cdot \sin i = 1 \cdot \sin(90 - i) = \cos i \Rightarrow \tan i = \frac{3}{4} \Rightarrow i = 37^0$$

Bài 2.

$$\text{a) Ta có: } 90 - r + 90 - i = 105 \Rightarrow r + i = 75^0 \Rightarrow r = 30^0$$

Áp dụng định luật khúc xạ ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow 1 \cdot \sin 45 = n_2 \sin 30 \Rightarrow n_2 = \sqrt{2}$$

$$\text{b) Ta có: } 1 \cdot \sin i = 1,5 \sin \frac{i}{2} \Leftrightarrow 2 \sin \frac{i}{2} \cdot \cos \frac{i}{2} = 1,5 \sin \frac{i}{2} \Leftrightarrow \sin \frac{i}{2} \left(2 \cos \frac{i}{2} - 1,5 \right) = 0$$

$$\text{Vì } i = 2r \text{ nên } i \neq 0 \Rightarrow \sin \frac{i}{2} \neq 0 \Rightarrow 2 \cos \frac{i}{2} - 1,5 = 0$$

$$\Leftrightarrow \cos \frac{i}{2} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{i}{2} = 41,41^0 \Rightarrow i = 82,82^0$$

Bài 3.

$$\text{a) Theo đề ta có: } i - r = 15 \Rightarrow r = 30^0$$

+ Vận dụng định luật khúc xạ ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow 1 \cdot \sin 45 = n_2 \sin 30 \Rightarrow n_2 = \sqrt{2}$$

$$\text{b) Vì góc hợp bởi tia tới và tia khúc xạ bằng } 30^0 \text{ nên: } i - r = 30^0$$

+ Lại có tia khúc xạ hợp với mặt thoáng 1 góc 60^0 nên:

$$r = 90^0 - 60^0 = 30^0 \Rightarrow i = 60^0$$

+ Vận dụng định luật khúc xạ ta có:

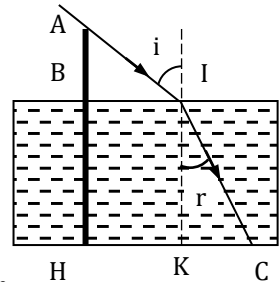
$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow 1. \sin 60 = n_2 \sin 30 \Rightarrow n_2 = \sqrt{3}$$

Bài 4.

- Theo đề, ta có: $i = 60^0$; $AB = 0,5\text{m}$; $BH = 2 - 0,5 = 1,5\text{m}$.

- Theo định luật khúc xạ ánh sáng: $\sin i = n \sin r$.

$$\Rightarrow \sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{4}{3}} = \frac{3\sqrt{3}}{8} \Rightarrow \tan r = 0,855.$$



- Tam giác IKC cho: $KC = IK. \tan r = 1,5.0,855 = 1,28\text{m}$.

- Tam giác ABI cho: $BI = AB. \tan i = AB. \tan 60^0 = 0,5. \sqrt{3} = 0,866\text{m}$.

$$\Rightarrow HC = HK + KC = BI + KC = 0,866 + 1,28 = 2,15\text{m}.$$

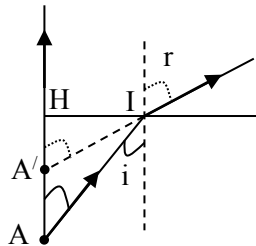
Vậy: Chiều dài bóng gậy in trên mặt hồ là $HC = 2,15\text{m}$.

Bài 5.

+ Áp dụng định luật khúc xạ ta có:

$$\frac{4}{3} \sin i = 1. \sin 60^0 \Rightarrow i = 40,51^0$$

+ Từ hình vẽ ta có:
$$\begin{cases} \tan i = \frac{HI}{HA} \\ \tan r = \frac{HI}{HA'} \end{cases}$$



$$\Rightarrow \frac{\tan i}{\tan r} = \frac{HA'}{HA} \Leftrightarrow \frac{\tan 40,51}{\tan 60} = \frac{0,8}{HA} \Rightarrow HA = 1,62\text{m}$$

Bài 6.

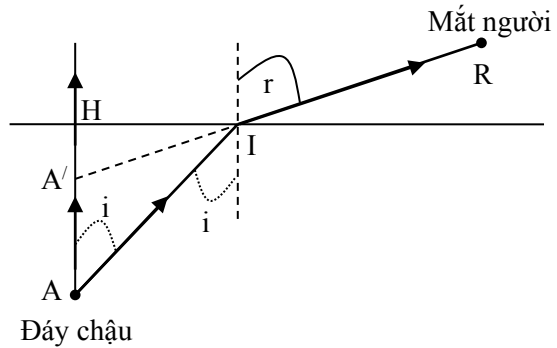
+ Gọi A là đáy chậu thật và A' là ảnh của đáy chậu

+ Từ hình vẽ ta có:

$$\tan i = \frac{HI}{HA} \Rightarrow i \approx \frac{HI}{HA}$$

$$\tan r = \frac{HI}{HA'} \Rightarrow r \approx \frac{HI}{HA'}$$

$$\Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{HA'}{HA} \quad (1)$$



+ Vì mắt nhìn xuống đáy chậu gần vuông góc nên góc r rất nhỏ $\Rightarrow i$ cũng rất nhỏ.

+ Ta có: $n \sin i = \sin r \Leftrightarrow n.i \approx r \Rightarrow \frac{i}{r} \approx \frac{1}{n} \quad (2)$

+ Từ (1) và (2) ta có: $\frac{HA'}{HA} = \frac{1}{n} \Rightarrow HA' = \frac{HA}{n} = \frac{80}{4/3} = 60 \text{ cm}$

+ Khoảng cách từ mặt nước tới ảnh của đáy chậu là $HA' = 60 \text{ cm}$

+ Khi người này nhìn vào chậu và thấy đáy chậu cách mắt mình 110 cm , khoảng cách này chính là khoảng cách từ mắt người quan sát đến ảnh A' của đáy chậu.

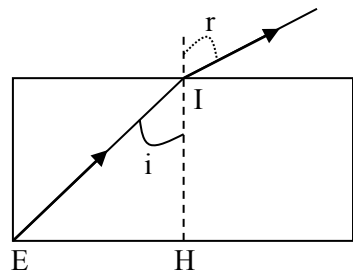
+ Do đó khoảng cách từ mắt người tới mặt nước là: $h = 110 - 60 = 50 \text{ cm}$

Bài 7.

+ Ta có: $\sin i = \frac{EH}{\sqrt{EH^2 + HI^2}} = \frac{15}{\sqrt{15^2 + h^2}} \quad (1)$

+ Theo đề ra ta có:

$$r = 45^\circ \Rightarrow \sin r = \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (2)$$



+ Áp dụng định luật khúc xạ ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow \frac{4}{3} \cdot \sin i = 1 \cdot \sin r \quad (3)$$

+ Thay vào (1) và (2) vào (3) ta có: $\frac{4}{3} \frac{15}{\sqrt{15^2 + h^2}} = 1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow h = 24 \text{ cm}$

Bài 8.

Theo hình vẽ ta có:

$$EB = HB - HE \Leftrightarrow 7 = h(\tan i - \tan r)$$

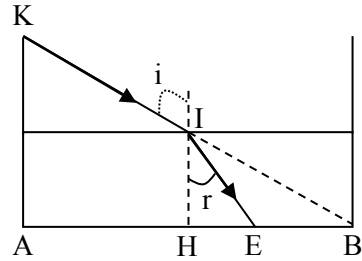
Và $\sin i = \frac{AB}{\sqrt{AK^2 + AB^2}} = \frac{4}{5} \Rightarrow \tan i = \frac{4}{3}$

+ Theo định luật khúc xạ ta có:

$$\sin i = n \sin r \Leftrightarrow \frac{4}{5} = \frac{4}{3} \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{3}{5}$$

Mà $\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r} = \frac{4}{5} \Rightarrow \tan r = \frac{\sin r}{\cos r} = \frac{3}{4}$

Vậy ta có: $7 = h(\tan i - \tan r) \Rightarrow h = \frac{7}{\tan i - \tan r} = \frac{7}{4/3 - 3/4} = 12 \text{ cm}$

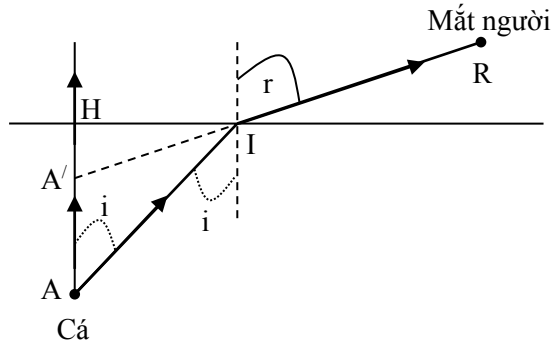


Bài 9.

* Khi người nhìn thấy cá thì tia sáng từ cá đến mắt người (hình vẽ)

+ Vì mắt nhìn xuống đáy chậu gần vuông góc nên góc r rất nhỏ $\Rightarrow i$ cũng rất nhỏ.

+ Gọi A là cá thật và A' là ảnh của cá



+ Từ hình vẽ ta có:
$$\begin{cases} \tan i = \frac{HI}{HA} \Rightarrow i \approx \frac{HI}{HA} \\ \tan r = \frac{HI}{HA'} \Rightarrow r \approx \frac{HI}{HA'} \end{cases} \Rightarrow \frac{i}{r} = \frac{HA'}{HA} \quad (1)$$

Ta có: $n \sin i = \sin r \Leftrightarrow n.i \approx r \Rightarrow \frac{i}{r} \approx \frac{1}{n}$ (2)

Từ (1) và (2) ta có: $\frac{HA'}{HA} = \frac{1}{n} \Rightarrow HA' = \frac{HA}{n} = \frac{60}{4/3} = 45(\text{cm}) \Rightarrow$ ảnh con cá cách mặt nước đoạn $HA' = 45 \text{ cm}$

Vậy người này nhìn thấy con cá cách mắt mình đoạn $60 + 45 = 105 \text{ cm}$

* Khi cá nhìn thấy người thì tia sáng từ người đến mắt cá (hình vẽ)

+ Gọi M là mắt thật và M' là ảnh của mắt người mà cá nhìn thấy

+ Từ hình vẽ ta có:
$$\begin{cases} \tan i = \frac{HI}{HM} \\ \tan r = \frac{HI}{HM'} \end{cases} \Rightarrow \frac{\tan i}{\tan r} = \frac{HM'}{HM}$$

+ Để nhìn rõ thì góc r bé nên i cũng bé

Ta có:
$$\begin{cases} \frac{\tan i}{\tan r} \approx \frac{i}{r} = \frac{HM'}{HM} \\ 1.\sin i = n.\sin r \Leftrightarrow i \approx n.r \Rightarrow \frac{i}{r} \approx n \end{cases}$$

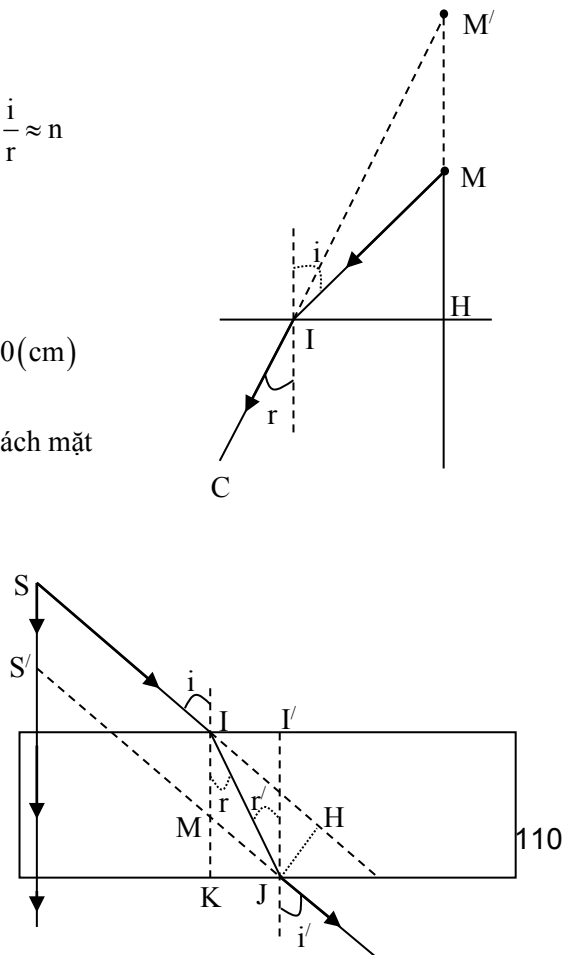
Vậy ta có: $\frac{HM'}{HM} = n$

$\Rightarrow HM' = n.HM = \frac{4}{3}.60 = 80(\text{cm})$

$\Rightarrow$ ảnh mắt người mà cá nhìn thấy cách mặt nước đoạn $HM' = 80 \text{ cm}$.

+ Vậy con cá sẽ nhìn thấy mắt người cách mắt nó đoạn: $60 + 80 = 140 \text{ cm}$

Bài 10.



+ Hình vẽ quá trình truyền của tia sáng qua bản mỏng

a) Áp dụng định luật khúc xạ tại hai điểm tới I và J ta có:
$$\begin{cases} 1.\sin i = n \sin r \\ n \sin r' = 1.\sin i' \end{cases}$$

+ Vì $r = r' \Rightarrow i = i' \Rightarrow \text{đpcm}$

b) Từ hình vẽ ta có: $JH = IJ \sin(i - r)$

+ Theo định luật khúc xạ ta có: $1.\sin 45^\circ = 1,5 \sin r \Rightarrow r = 28,13^\circ$

+ Lại có: $IJ = \sqrt{JK^2 + 10^2}$

+ Mà $JK = d \tan r = 5,35 \Rightarrow IJ = 11,34 \text{ cm} \Rightarrow JH = 3,3 \text{ cm}$

Bài 11.

+ Với tia tới $SI = SO$, tia khúc xạ OJ chính là bán kính của đường tròn nên thẳng góc với mặt cầu tại J . Do đó, tia OJ truyền thẳng qua mặt trụ

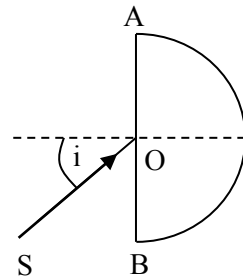
+ Từ định luật khúc xạ ánh sáng: $n_1 \sin i = n_2 \sin r \Rightarrow \sin r = 0,5 \Rightarrow r = 30^\circ$

+ Góc ló tại J ra khỏi mặt cầu bằng 0 nên góc lệch của tia ló so với tia tới SO là

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

+ Góc tới i luôn là 45° nên góc khúc xạ luôn là $r = 30^\circ$

+ Nếu điểm J ở K , trung điểm cung AB , tia khúc xạ tới mặt trụ với góc $r = 30^\circ$.



$$\text{Ta có: } n_2 \sin r = n_1 \sin i' \Rightarrow \sin i' = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow i' = i = 45^\circ$$

+ Khi đó tia ló song song với tia tới nên góc lệch triệt tiêu. Điểm I ở vị trí I_0 .

$$\text{Ta có: } OI_0 = OK \tan r = R \tan 30^\circ = R \frac{\sqrt{3}}{3}$$

Bài 12.

a) Tốc độ của ánh sáng khi truyền trong thủy tinh: $v = \frac{c}{n}$

+ Theo đề ra ta có: $i + r = 90^\circ \Rightarrow i = 90 - r \Rightarrow \sin i = \cos r$

+ Lại có: $\sin^2 i = 1 - \sin^2 r \Rightarrow \sin r = 0,6$

+ Theo định luật khúc xạ ta có: $\frac{\sin i}{\sin r} = n \Rightarrow n = \frac{0,8}{0,6} = \frac{4}{3}$

+ Vậy tốc độ của ánh sáng khi truyền trong thủy tinh: $v = \frac{c}{n} = 2,25 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$

b) Độ dời ngang của tia ló so với tia tới là đoạn $JH = \delta$

+ Xét $\triangle HIJ$ ta có:

$$\sin(i - r) = \frac{JH}{IJ} = \frac{\delta}{IJ} \quad (1)$$

+ Xét $\triangle IKJ$ ta có:

$$\cos r = \frac{IK}{IJ} = \frac{e}{IJ} \quad (2)$$

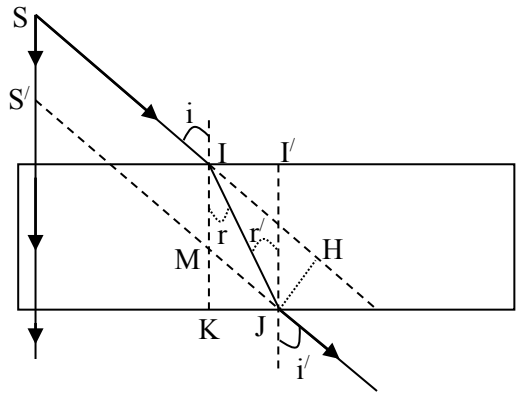
+ Lấy (1) chia (2) ta có:

$$\frac{\sin(i - r)}{\cos r} = \frac{\delta}{e} \Rightarrow \delta = e \frac{\sin(i - r)}{\cos r}$$

$$\delta = e \left(\frac{\sin i \cos r - \sin r \cos i}{\cos r} \right) = e \left(\sin i - \frac{\sin r \cos i}{\cos r} \right) = e \left(\sin i - \frac{\sin r \sqrt{1 - \sin^2 i}}{\cos r} \right)$$

Thay số vào ta có:

$$\delta = e \left(\sin i - \frac{\sin r \sqrt{1 - \sin^2 i}}{\cos r} \right) = 5 \left(0,8 - \frac{0,6 \sqrt{1 - 0,8^2}}{0,8} \right) = 1,75 \text{ (cm)}$$



Dạng 2. Phản xạ toàn phần

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1 - Định nghĩa :

Phản xạ toàn phần là hiện tượng phản xạ toàn bộ tia sáng tới , xảy ra ở mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt

2 - Điều kiện để có phản xạ toàn phần

- + Tia sáng chiếu tới phải truyền từ môi trường chiết quang hơn sang môi trường chiết quang kém .
- + Góc tới $i \geq i_{gh}$ (i_{gh} góc giới hạn toàn phần)

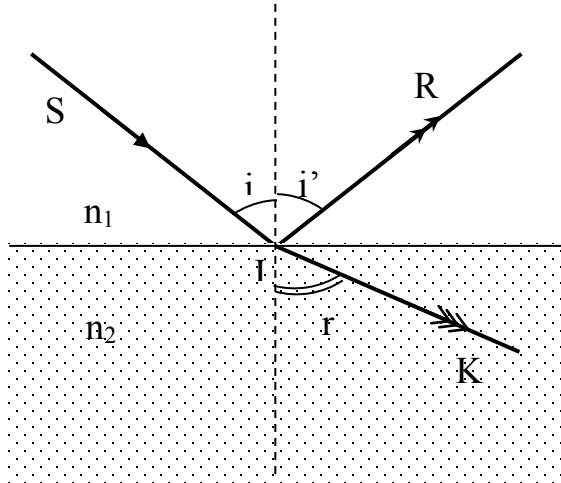
Trong đó : $\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{bé}}{n_{lớn}}$

n_1 : chiết suất của môi trường tới

n_2 : chiết suất của môi trường khúc xạ .

- + Giả sử ban đầu chiếu một tia sáng từ môi trường 1 sang môi trường 2 với $n_1 > n_2 \Rightarrow r > i$ khi đó sẽ xảy ra các trường hợp :

- Khi góc tới $i < i_{gh}$ Tia khúc xạ IK còn rất sáng còn tia phản xạ IR rất mờ
- Khi góc tới $i = i_{gh}$ Tia khúc xạ IK nằm ngay trên mặt phân cách và rất mờ còn tia phản xạ IR rất sáng .
- Khi $i \geq i_{gh}$: không còn tia khúc xạ . toàn bộ tia tới bị phản xạ ngược lại ban đầu . lúc này tia phản xạ sáng như tia tới.



B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Có ba môi trường trong suốt. Với cùng góc tới i : nếu tia sáng truyền từ (1) vào (2) thì góc khúc xạ là 30° , truyền từ (1) vào (3) thì góc khúc xạ là 45° . Hãy tính góc giới hạn phản xạ toàn phần ở mặt phân cách (2) và (3):

Hướng dẫn giải

- + Khi ánh sáng truyền từ môi trường (1) sang (2): $n_1 \sin i = n_2 \sin 30^\circ$ (*)
- + Khi ánh sáng truyền từ môi trường (1) sang (3): $n_1 \sin i = n_3 \sin 45^\circ$ (**)
- + Từ (*) và (**) ta có: $n_2 \sin 30^\circ = n_3 \sin 45^\circ \Leftrightarrow \frac{n_2}{2} = \frac{n_3}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{n_2}{n_3} = \sqrt{2}$ (***)

+ Từ (***) ta thấy $n_2 > n_3$ nên chỉ xảy ra phản xạ toàn phần khi ánh sáng truyền từ (2) sang (3).

+ Vậy góc giới hạn phản xạ toàn phần ở mặt phân cách (2) và (3) là:

$$\sin i_{gh} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow i_{gh} = 45^\circ$$

Ví dụ 2: Một tấm thủy tinh mỏng, trong suốt, chiết suất $n_1 = 1,5$ có tiết diện là hình chữ nhật ABCD (AB rất lớn so với AD), mặt đáy AB tiếp xúc với một chất lỏng có chiết suất $n_2 = \sqrt{2}$. Chiều tia sáng SI nằm trong mặt phẳng ABCD tới mặt AD sao cho tia tới nằm phía trên pháp tuyến ở điểm tới và tia khúc xạ trong thủy tinh gặp đáy AB ở điểm K. Tính giá trị lớn nhất của góc tới i để có phản xạ toàn phần tại K.

Hướng dẫn giải

+ Góc giới hạn phản xạ toàn phần:

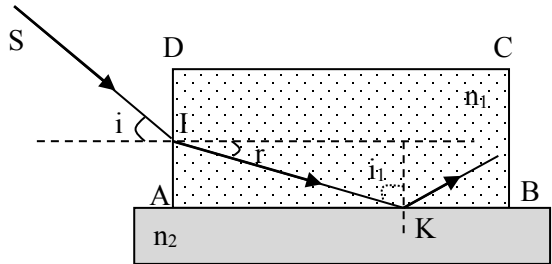
$$\sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sqrt{2}}{1,5} \Rightarrow i_{gh} = 70,53^\circ$$

+ Để tại K xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần thì:

$$i_1 \geq i_{gh} = 70,53^\circ \Rightarrow i_{1-\min} = 70,53^\circ$$

+ Từ hình vẽ ta có:

$$r_{\max} = 90 - i_{1-\min} = 90 - 70,53 = 19,47^\circ$$



+ Định luật khúc xạ tại I: $1 \cdot \sin i = n_1 \sin r$

$$\Rightarrow 1 \cdot \sin i_{\max} = n_1 \sin r_{\max} \Rightarrow \sin i_{\max} = 1,5 \sin(19,47) = 0,5 \Rightarrow i_{\max} = 30^\circ$$

Ví dụ 3: Một tia sáng trong thủy tinh đến mặt phân cách giữa thủy tinh với không khí tại điểm I với góc tới $i = 30^\circ$ thì tia phản xạ và khúc xạ vuông góc nhau.

a) Tính chiết suất của thủy tinh.

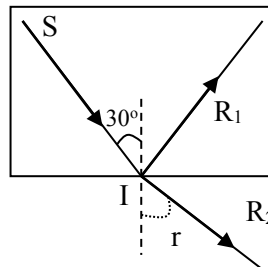
b) Tính góc tới i để không có tia sáng ló ra không khí tại I.

Hướng dẫn giải

a) Ta có:
$$\begin{cases} i' + 90 + r = 180 \\ i' = i = 30^\circ \end{cases} \Rightarrow r = 60^\circ$$

+ Định luật khúc xạ tại I ta có:

$$n \sin 30 = 1 \cdot \sin 60 \Rightarrow n = \sqrt{3}$$



b) Để không có tia sáng ló ra không khí tại I thì phải xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần.

+ Góc giới hạn phản xạ toàn phần là: $\sin i_{gh} = \frac{n_{kk}}{n_{tt}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow i_{gh} = 35,26^\circ$

+ Vậy điều kiện của góc tới i là $i \geq i_{gh} = 35,26^\circ$

Ví dụ 4: Một khối thủy tinh P có chiết suất $n_1 = 1,5$. Biết tiết diện thẳng là một tam giác ABC vuông cân tại B. Chiếu vuông góc tới mặt AB một chùm sáng song song SI.

- Khối thủy tinh P ở trong không khí. Tính góc D hợp bởi tia ló và tia tới
- Tính lại góc D nếu khối P ở trong nước có chiết suất $n_2 = 4/3$

Hướng dẫn giải

a) Tia SI đi đến mặt vuông góc với AB nên truyền thẳng đến mặt AC tại J với góc tới i . Vì ABC vuông cân tại B nên dễ dàng tính được $i = 45^\circ$.

+ Góc giới hạn phản xạ toàn phần là:

$$\sin i_{gh} = \frac{n_{kk}}{n_{tt}} = \frac{1}{1,5} \Rightarrow i_{gh} = 41,81^\circ$$

+ Vậy tại J xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần với góc phản xạ 45° nên tia phản xạ vuông góc với BC.

+ Vậy góc tạo bởi tia tới SI và tia ló JR ra khỏi lăng kính là $D = 90^\circ$.

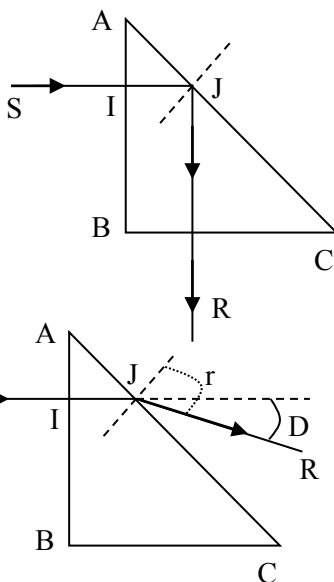
b) Khi khối P ở trong nước thì góc giới hạn phản xạ toàn phần là

$$\sin i_{gh} = \frac{n_{nc}}{n_{tt}} = \frac{4/3}{1,5} \Rightarrow i_{gh} = 62,73^\circ$$

+ Vì tia SI đi vuông góc với AB nên đi thẳng và tới mặt AC tại J với góc tới $45^\circ < i_{gh}$ nên có tia khúc xạ tại J. Áp dụng định luật khúc xạ tại J ta có:

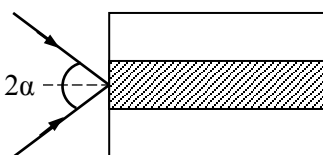
$$1,5 \sin 45 = \frac{4}{3} \sin r \Rightarrow \sin r = 0,7955 \Rightarrow r = 52,7^\circ$$

+ Từ hình ta tính được góc lệch D lúc này là: $D = r - i = 7,7^\circ$



Ví dụ 5: Một ống dẫn sáng hình trụ với lõi có chiết suất $n_1 = 1,5$ và phần bọc ngoài có chiết suất $n_2 = 1,41$. Chùm tia tới hội tụ tại mặt trước của ống với 2α .

Định α để tia sáng trong chùm đều truyền đi được trong ống.



Hướng dẫn giải

- Xét đường đi của một tia sáng: SIJK. Để mọi tia sáng đều truyền đi được trong ống (phản xạ toàn phần trên mặt ngoài của lõi) thì góc tới tại J phải thỏa mãn:

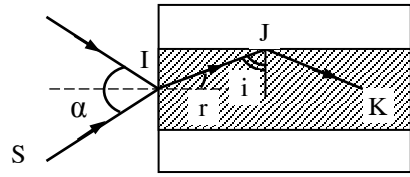
$$i \geq i_{gh} \Leftrightarrow \sin i \geq \sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,41}{1,5} = 0,94$$

$$\begin{aligned} - \text{ Vì } i + r = 90^\circ &\Rightarrow \sin i = \cos r \Leftrightarrow \cos r \geq 0,94 \\ &\Rightarrow \sin r \leq 0,34. \end{aligned}$$

- Áp dụng định luật khúc xạ tại điểm tới I:

$$\sin \alpha = n_1 \sin r \leq 1,5 \cdot 0,34 = 0,51 \Rightarrow \alpha \leq 30^\circ$$

Vậy: Để tia sáng trong chùm đều truyền đi được trong ống thì $\alpha \leq 30^\circ$.



Ví dụ 6: Một khối nhựa trong suốt hình lập phương, chiết suất n . Định điều kiện mà n phải nghiệm để mọi tia sáng từ không khí xuyên vào một mặt, tới mặt kề đều phản xạ toàn phần trên mặt này.

Hướng dẫn giải

Xét một tiết diện chứa mặt phẳng tới. Theo đề thì tại I có khúc xạ và tại J có phản xạ toàn phần. Ta có:

$$\text{- Tại I: } \sin i_1 = n \sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n} \quad (1)$$

$$\text{- Tại J: } \sin i_{gh} = \frac{1}{n}, i_2 > i_{gh}.$$

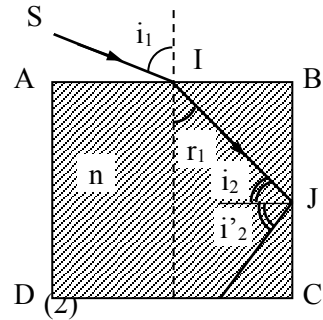
$$\Rightarrow \sin i_2 > \frac{1}{n} \text{ hay } \cos r_1 > \frac{1}{n} \Leftrightarrow \sqrt{1 - \sin^2 r_1} > \frac{1}{n}$$

$$\text{Thay (1) vào (2) ta được: } \sqrt{1 - \frac{\sin^2 i_1}{n^2}} > \frac{1}{n} \Leftrightarrow \sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} > 1$$

$$\Rightarrow n > \sqrt{1 + \sin^2 i_1}$$

$$\text{Vì } i_{1\max} = 90^\circ \Rightarrow n > \sqrt{1 + 1} = \sqrt{2}.$$

Vậy: Để mọi tia sáng từ không khí xuyên vào một mặt đều phản xạ toàn phần trên mặt bên tiếp theo là $n > \sqrt{2}$.

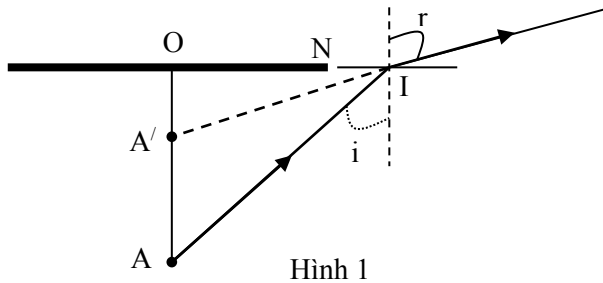


Ví dụ 7: Một miếng gỗ mỏng hình tròn, bán kính $R = 4$ cm. Ở tâm O, cắm thẳng góc một đỉnh OA. Thả miếng gỗ nổi trong một chậu nước có chiết suất $n = 1,33$. Đỉnh OA ở trong nước.

- Cho $OA = 6$ cm. Mắt trong không khí sẽ thấy đầu A cách mặt nước bao nhiêu?
- Tìm chiều dài lớn nhất của OA để mắt không thấy đầu A của đỉnh.
- Thay nước bằng một chất lỏng có chiết suất n' . Khi giảm chiều dài OA của đỉnh tới 3,2 cm thì mắt không thấy được đầu A của đỉnh nữa. Tính n' .

Hướng dẫn giải

a) Mắt trong không khí thấy tia khúc xạ từ nước ra, do đó mắt quan sát thấy ảnh A' của A (xem hình 1)

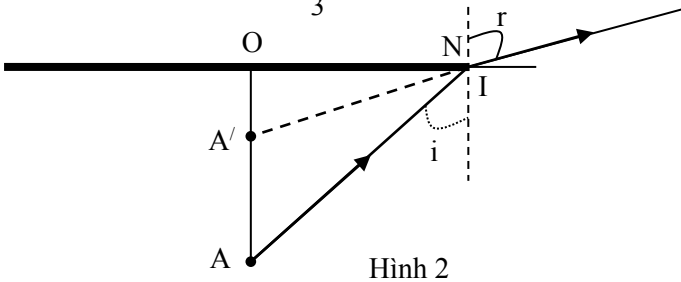


Hình 1

+ Áp dụng công thức lưỡng chất phẳng ta có:

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{n_{kk}}{n_t} = \frac{1}{1,33} \Rightarrow OA' = 4,5(\text{cm})$$

b) Góc tới giới hạn: $\sin i_{gh} = \frac{n_{kk}}{n_{nc}} = \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4} \Rightarrow i_{gh} = 48,59^\circ$



Hình 2

+ Để mắt không thấy đầu A của đỉnh thì góc tới $i \geq i_{gh}$ vì lúc đó không có tia khúc xạ từ nước ra không khí. Chiều dài lớn nhất của OA thỏa điều kiện $i = i_{gh}$ và đồng thời phải bị cạnh của miếng gỗ che lấp (xem hình 2).

$$\text{Ta có: } \tan i = \tan i_{gh} = \frac{ON}{OA} \Rightarrow OA = \frac{ON}{\tan i_{gh}} = \frac{R}{\tan 48,59^\circ} = 3,53(\text{cm})$$

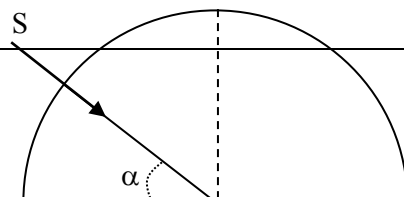
c) Tương tự trên ta có: $\tan i = \frac{ON}{OA} = \frac{4}{3,2} = 1,25$

+ Ta có: $\cot i = \frac{1}{\tan i} = 0,8$.

+ Mà $\sin^2 i = \frac{1}{1 + \cot^2 i} \Rightarrow \sin i = \frac{1}{\sqrt{1 + \cot^2 i}} = 0,78 = \sin i_{gh}$

+ Lại có: $\sin i_{gh} = \frac{1}{n} \Leftrightarrow 0,78 = \frac{1}{n} \Rightarrow n = 1,28$ (xem hình 2)

Ví dụ 8: Một khối bán trụ trong suốt có chiết suất $n = \sqrt{3}$. Một chùm sáng hẹp



nằm trong mặt phẳng của tiết diện vuông góc, chiếu tới khối bán trụ như hình vẽ. Hãy xác định đường đi của tia sáng với các giá trị của góc α trong các trường hợp sau:

- Khi $\alpha = 60^\circ$.
- Khi $\alpha = 45^\circ$.
- Khi $\alpha = 30^\circ$.

Hướng dẫn giải

Ở I ánh sáng truyền từ môi trường có chiết suất lớn sang môi trường có chiết suất bé nên có thể xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần.

Góc giới hạn phản xạ toàn phần: $\sqrt{2} \sin i_{gh} = 1 \sin 90^\circ \Rightarrow i_{gh} = 45^\circ$

a) Khi $\alpha = 60^\circ \Rightarrow i = 30^\circ < i_{gh} \Rightarrow$ có hiện tượng khúc xạ

+ Định luật khúc xạ tại I: $\sqrt{2} \sin 30^\circ = \sin r \Rightarrow r = 45^\circ$

$\Rightarrow$ tia sáng khúc xạ ra không khí với góc khúc xạ 45° (hình a)

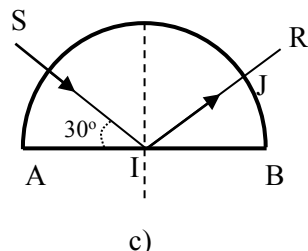
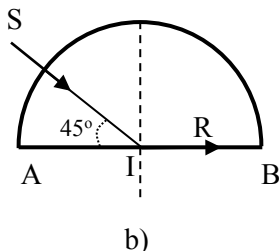
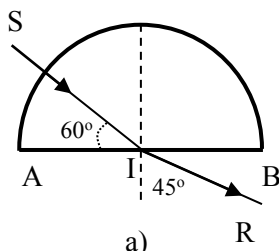
b) Khi $\alpha = 45^\circ \Rightarrow i = 45^\circ = i_{gh} \Rightarrow r = 90^\circ \Rightarrow$ tia sáng đi là IB (hình b)

c) $\alpha = 30^\circ \Rightarrow i = 60^\circ > i_{gh} = 45^\circ$

$\Rightarrow$ xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần tại tâm I, với góc tới $i' = 60^\circ$

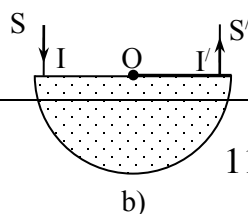
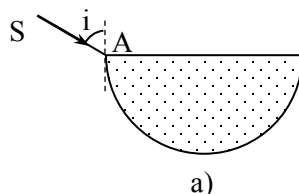
+ Tia phản xạ IR đến gặp mặt cầu tại J với góc tới $i_1 = 0^\circ$

$\Rightarrow$ đi thẳng ra ngoài (hình c).



Ví dụ 9: Cho một khối bán trụ tròn trong suốt, đồng chất chiết suất n đặt trong không khí (coi chiết suất bằng 1).

- Cho $n = \sqrt{3}$. Trong một mặt phẳng của tiết diện vuông góc với trục của bán trụ, có tia sáng chiếu tới mặt phẳng của bán trụ dưới góc tới $i = 60^\circ$ ở mép A của tiết diện (Hình a). Vẽ đường truyền của tia sáng.
- Chiếu tia sáng SI tới vuông góc với mặt



phẳng của bán trụ thì tia sáng ló duy nhất của nó là $I'S'$ cũng vuông góc với mặt này (Hình b). Cho bán kính của khối trụ là R , tìm khoảng cách nhỏ nhất từ điểm tới I của tia sáng đến trục O của bán trụ. Ứng với khoảng cách ấy, tìm giá trị nhỏ nhất của n .

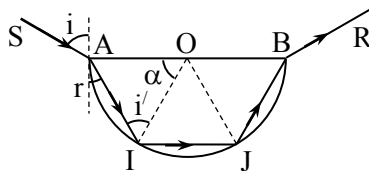
Hướng dẫn giải

a) Áp dụng định luật khúc xạ tại $A \Rightarrow \sin i = n \sin r \Rightarrow r = 30^\circ$

+ Vì α là góc ở tâm, r là góc chắn cung $\Rightarrow \alpha = 2r = 60^\circ \Rightarrow \triangle AOI$ đều $\Rightarrow i' = 60^\circ$

+ Gọi i_{gh} góc tới giới hạn, $\sin i_{gh} = \frac{1}{n} \Rightarrow i_{gh} = 30^\circ$

+ Vì $i' > i_{gh} \Rightarrow$ tại I tia sáng bị phản xạ toàn phần, tương tự, tại J cũng bị phản xạ toàn phần. Dễ thấy, mỗi lần phản xạ góc ở tâm thay đổi 60° vì thế sau khi phản xạ ở J thì tia sáng ló ra ở mép B , với góc ló đúng bằng góc tới $i = 60^\circ$.



b) Vì chỉ có một tia ló duy nhất nên tia sáng bị phản xạ toàn phần nhiều lần ở mặt trụ trước khi ló ra ở I'

+ Giả sử phản xạ k lần trước khi ló ra ngoài nên:

$$180^\circ = \alpha + (k-1)2\alpha + \alpha = 2k\alpha \Rightarrow OI = R \cos \alpha$$

+ Vì bị phản xạ toàn phần nên $i > 0 \Rightarrow \alpha < 90^\circ \Rightarrow \frac{180}{2n} < 90 \Rightarrow k > 1$

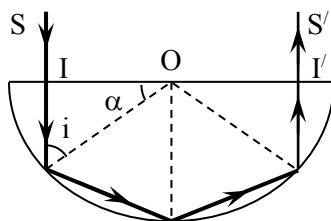
+ Vì k là số lần phản xạ nên k là số nguyên

$\Rightarrow k = 2, 3, 4, \dots \Rightarrow k \geq 2$

$$\Rightarrow \alpha \leq 45^\circ \Rightarrow OI_{\min} = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

+ Khi $OI_{\min}$ thì $\alpha = 45^\circ \Rightarrow i = 45^\circ \geq i_{gh}$

$$\Rightarrow \sin 45^\circ \geq \frac{1}{n} \Rightarrow n \geq \sqrt{2} \Rightarrow n_{\min} = \sqrt{2}$$



C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một đèn chiếu ở trong nước rọi một chùm tia sáng song song lên mặt thoáng của nước, phía trên mặt thoáng là một màn E nằm ngang. Ta sẽ nhận được một vệt sáng trên màn E khi góc tới thỏa mãn điều kiện nào. Biết chiết suất của nước là $n = \frac{4}{3}$.

Bài 2. Tia sáng đi từ thủy tinh có chiết suất $n_1 = 1,5$ đến mặt phân cách với nước $n_2 = 4/3$. Hãy tìm điều kiện của góc tới.

a) Để không có tia khúc xạ vào trong nước.

b) Để có tia khúc xạ vào nước.

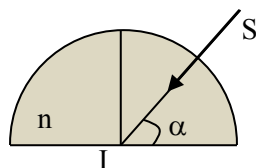
Bài 3. Ở đáy một chậu nước, cách mặt nước 10 cm người ta đặt một nguồn sáng điểm S. Cho biết chiết suất của nước là $\frac{4}{3}$.

- Vẽ đường đi của tia sáng xuất phát từ S, nghiêng một góc 60° với phương nằm ngang.
- Đặt một đĩa gỗ tròn trên mặt nước, tâm của đĩa nằm trên đường thẳng đứng đi qua S. Tìm bán kính tối thiểu của đĩa để toàn bộ ánh sáng phát ra từ nguồn không ra khỏi mặt nước được.

Bài 4. Một khối thủy tinh P có chiết suất n đặt trong không khí. Tiết diện thẳng là một tam giác cân ABC vuông tại B. Chiều vuông góc tới mặt AB một chùm sáng song song SI thì tia sáng đi là là mặt AC. Xác định chiết suất n của khối chất P.

Bài 5. Có 3 môi trường trong suốt. Nếu tia sáng truyền từ môi trường 1 vào môi trường 2 dưới góc tới i thì góc khúc xạ là 30° . Nếu tia sáng truyền từ môi trường 1 vào môi trường 3 cũng dưới góc tới i thì góc khúc xạ là 45° . Hãy tìm góc giới hạn phản xạ toàn phần ở mặt phân cách giữa môi trường 2 và 3.

Bài 6. Một tia sáng SI truyền từ bán trụ thủy tinh ra không khí như hình vẽ. Biết chiết suất của không khí $n_2 \approx 1$, của thủy tinh $n_1 = \sqrt{2}$, $\alpha = 60^\circ$.



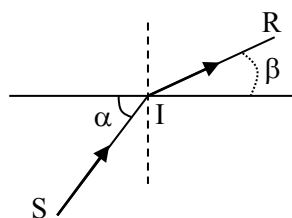
- Tìm góc giới hạn phản xạ toàn phần.
- Tìm góc khúc xạ của tia sáng khi đi ra không khí.
- Giữ nguyên góc tới đưa khối thủy tinh vào trong nước tính góc khúc xạ, biết chiết suất của nước là $n_3 = \frac{4}{3}$.
- Tìm vận tốc truyền ánh sáng trong thủy tinh, biết vận tốc truyền ánh sáng trong chân không là $c = 3.10^8 \text{ m/s}$

Bài 7. Một đĩa tròn mỏng, bằng gỗ, bán kính $R = 5 \text{ cm}$ nổi trên mặt nước. Ở tâm đĩa có gắn một cây kim, thẳng đứng, chìm trong nước $\left(n = \frac{4}{3} \right)$. Dù đặt mắt trên mặt thoáng ở đâu cũng không thấy cây kim. Hãy tính chiều dài tối đa của cây kim.

Bài 8. Một khối thủy tinh P có chiết suất $n_1 = \sqrt{2}$. Biết tiết diện thẳng là một tam giác ABC vuông cân tại B. Chiều vuông góc tới mặt AB một chùm sáng song song SI.

- Khối thủy tinh P ở trong không khí. Tính góc D hợp bởi tia ló và tia tới
- Tính lại góc D nếu khối P ở trong nước có chiết suất $n_2 = 4/3$

Bài 9. Một tia sáng đi từ một chất lỏng trong suốt có chiết suất n chưa biết sang không khí với góc tới như hình vẽ. Cho biết $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 30^\circ$.



- Tính chiết suất n của chất lỏng.
- Tính góc α lớn nhất để tia sáng không thể ló sang môi trường không khí phía trên.

Bài 10. Chiếu tia sáng đơn sắc từ không khí vào trong chất lỏng trong suốt với góc tới bằng $i = \frac{\pi}{3}(\text{rad})$ thì góc khúc xạ là $r = \frac{\pi}{6}(\text{rad})$.

- Coi tốc độ ánh sáng trong không khí bằng $c = 3.10^8 \text{ m/s}$. Hãy tính tốc độ ánh sáng khi truyền trong chất lỏng.
- Tìm góc giới hạn phản xạ toàn phần khi chiếu tia sáng trên theo chiều ngược lại.

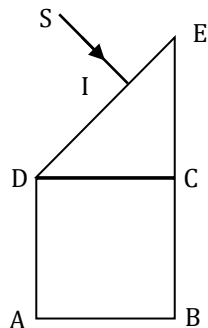
Bài 11. Có ba môi trường (1), (2), (3). Với cùng một góc tới, nếu ánh sáng đi từ (1) vào (2) thì góc khúc xạ là 30° , nếu ánh sáng đi từ (1) vào (3) thì góc khúc xạ là 45° .

- Hai môi trường (2) và (3), môi trường nào chiết quang hơn?
- Tính góc giới hạn phản xạ toàn phần giữa (2) và (3).

Bài 12. Một thợ lặn đứng ở đáy sông nhìn lên mặt nước thì thấy ảnh của những vật ở đáy sông cách mình kể từ khoảng $R = 15\text{m}$.

- Giải thích.
- Cho biết mắt người này ở độ cao $1,5\text{m}$. Tính độ sâu của sông.

Bài 13. Một khối thủy tinh có tiết diện thẳng như hình vẽ, đặt trong không khí (ABCD: hình vuông; CDE: tam giác vuông cân). Trong mặt phẳng của tiết diện thẳng, chiếu một chùm tia sáng đơn sắc hẹp SI vuông góc với DE ($IE < ID$). Chiết suất của thủy tinh là $n = 1,5$. Vẽ tiếp các đường đi của tia sáng trong khối thủy tinh, nếu tia sáng ló ra ngoài thì góc ló bằng bao nhiêu?



Bài 14. Một khối cầu trong suốt, bán kính R làm bằng chất có chiết suất n_2 được đặt trong một môi trường trong suốt chiết quang hơn có chiết suất n_1 ($n_2 < n_1$). Một tia sáng đơn sắc SI trong môi trường n_1 tới mặt cầu. Gọi l là khoảng cách từ tâm O của mặt cầu đến tia sáng SI.

- Tìm điều kiện mà l phải thỏa để tia sáng khúc xạ được qua khối cầu.
- Giả sử điều kiện này được thỏa, hãy tính góc lệch D của tia sáng.

Áp dụng số: $R = 2\text{cm}$, $l = 1\text{cm}$, $n_1 = \sqrt{3}$, $n_2 = 1$.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

+ Góc giới hạn phản xạ toàn phần là i_{gh} : $\frac{4}{3} \sin i_{gh} = 1 \cdot \sin 90^\circ$

$$\Rightarrow \sin i_{gh} = \frac{3}{4} \Rightarrow i_{gh} \approx 48,6^\circ$$

+ Vậy với góc tới lớn hoặc bằng $48,6^\circ$ thì trên màn sẽ không thu được vệt sáng vì khi đó tia sáng xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần.

Bài 2.

a) Để không có tia khúc xạ vào trong nước thì tại điểm tới phải xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần

+ Góc giới hạn phản xạ toàn phần là i_{gh} : $\sin i_{gh} = \frac{n_{kx}}{n_t} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{8}{9} \Rightarrow i_{gh} \approx 62,73^\circ$.

+ Vậy để không có tia khúc xạ vào nước thì góc tới $i \geq i_{gh} = 62,73^\circ$

b) Để có tia khúc xạ vào trong nước thì tại điểm tới phải không xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần

+ Vậy để có tia khúc xạ vào nước thì góc tới $i < i_{gh} = 62,73^\circ$

Bài 3.

a) Vì SI tạo với mặt ngang góc $60^\circ \Rightarrow i = 30^\circ$.

+ Vận dụng định luật khúc xạ tại I ta có:

$$\frac{4}{3} \sin 30^\circ = 1 \sin r \Rightarrow r = 41,81^\circ$$

b) Góc giới hạn phản xạ toàn phần:

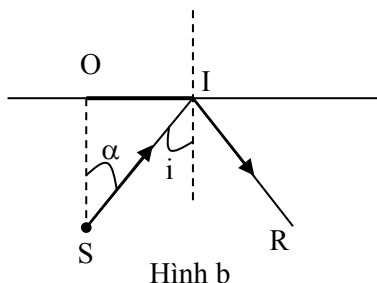
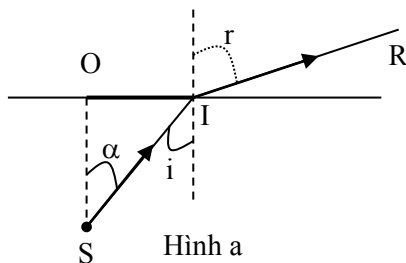
$$\sin i_{gh} = \frac{n_{kk}}{n_{nc}} = \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4}$$

+ Gọi O là tâm của đĩa tròn, càng xa O thì góc tới i càng tăng, để không có tia sáng nào lọt ra ngoài không khí thì ngay tại vị trí xa O nhất xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần. Gọi I là vị trí xa O nhất tại đó vừa bắt đầu xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần. Ta có:

$$\sin \alpha = \frac{OI}{\sqrt{OI^2 + OS^2}}$$

+ Với $\alpha = i_{gh} \Rightarrow \sin i_{gh} = \frac{OI}{\sqrt{OI^2 + OS^2}}$

$$\Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{OI}{\sqrt{OI^2 + OS^2}} \Leftrightarrow \frac{9}{16} = \frac{OI^2}{OI^2 + OS^2} \Leftrightarrow \frac{9}{16} = \frac{OI^2}{OI^2 + 10^2} \Rightarrow OI = 11,34(\text{cm})$$



Bài 4.

+ Vì tia SI đi vuông góc với mặt AB nên đi thẳng tới mặt bên AC với góc tới i .

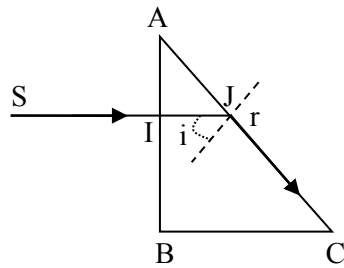
+ Vì tam giác ABC vuông và cân tại B nên:

$$\hat{A} = \hat{C} = i = 45^\circ$$

+ Tia ló đi là mặt AC nên $r = 90^\circ$

+ Áp dụng định luật khúc xạ tại J ta có:

$$n \sin 45^\circ = 1 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow n = \sqrt{2}$$

**Bài 5.**

+ Áp dụng định luật khúc xạ cho môi trường tới 1 và môi trường khúc xạ 2:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin 30^\circ \quad (1)$$

+ Áp dụng định luật khúc xạ cho môi trường tới 1 và môi trường khúc xạ 3:

$$n_1 \sin i = n_3 \sin 45^\circ \quad (2)$$

+ Từ (1) và (2) ta có: $n_2 \sin 30^\circ = n_3 \sin 45^\circ \Rightarrow \frac{n_3}{n_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow n_2 > n_3$

+ Góc tới giới hạn ở mặt phân cách giữa môi trường 2 và môi trường 3:

$$\sin i_{gh} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow i_{gh} = 45^\circ$$

Bài 6.

a) Ở I ánh sáng truyền từ môi trường có chiết suất lớn sang môi trường có chiết suất bé nên có thể xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần.

+ Góc giới hạn phản xạ toàn phần: $\sqrt{2} \sin i_{gh} = 1 \sin 90^\circ \Rightarrow i_{gh} = 45^\circ$

b) Từ hình vẽ suy ra được góc tới i tại điểm I là: $i = 90^\circ - \alpha = 90 - 60 = 30^\circ$

$\Rightarrow$ có tia khúc xạ

+ Áp dụng định luật khúc xạ tại I ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow \sqrt{2} \sin 30 = 1 \cdot \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow r = 45^\circ$$

c) Khi đưa khối thủy tinh vào nước thì góc tới vẫn không thay đổi nên $i = 30^\circ$

+ Áp dụng định luật khúc xạ tại I ta có:

$$n_1 \sin i = n_3 \sin r \Leftrightarrow \sqrt{2} \sin 30 = \frac{4}{3} \cdot \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{3\sqrt{2}}{8} \Rightarrow r = 32,03^\circ$$

d) Ta có: $n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{2}} = 2,12 \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$

Bài 7.

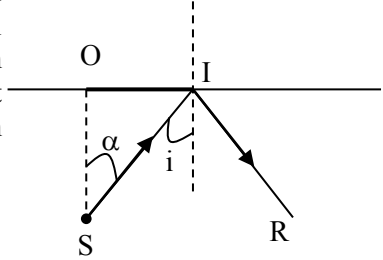
+ Góc giới hạn phản xạ toàn phần $\sin i_{gh} = \frac{n_{kk}}{n_{nc}} = \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4}$

+ Gọi O là tâm của đĩa tròn, càng xa O thì góc tới i càng tăng, để không có tia sáng nào lọt ra ngoài không khí thì ngay tại vị trí xa O nhất xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần. Gọi I là vị trí xa O nhất

phần. Ta có: $\sin \alpha = \frac{OI}{\sqrt{OI^2 + OS^2}}$

Và $\alpha = i_{gh} \Rightarrow \sin i_{gh} = \frac{OI}{\sqrt{OI^2 + OS^2}}$

$$\Leftrightarrow \frac{3}{4} = \frac{OI}{\sqrt{OI^2 + OS^2}} \Leftrightarrow \frac{9}{16} = \frac{OI^2}{OI^2 + OS^2} \Leftrightarrow \frac{9}{16} = \frac{5^2}{5^2 + OS^2} \Rightarrow OS = 4,4(\text{cm})$$



Bài 8.

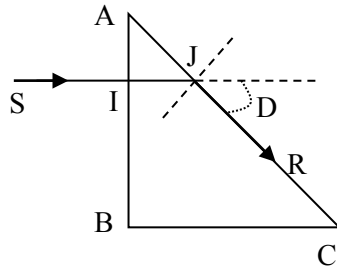
a) Tia SI đi đến mặt vuông góc với AB nên truyền thẳng đến mặt AC tại J với góc tới i. Vì ABC vuông cân tại B nên dễ dàng tính được $i = 45^\circ$.

+ Góc giới hạn phản xạ toàn phần là:

$$\sin i_{gh} = \frac{n_{kk}}{n_{tt}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow i_{gh} = 45^\circ = i$$

+ Vậy tại J xảy ra hiện tượng tia khúc xạ đi là mặt AC

+ Vậy góc tạo bởi tia tới SI và tia JR là $D = 45^\circ$



b) Khi khối P ở trong nước thì góc giới hạn phản xạ toàn phần là:

$$\sin i_{gh} = \frac{n_{nc}}{n_{tt}} = \frac{4/3}{\sqrt{2}} \Rightarrow i_{gh} = 70,53^\circ$$

+ Vì tia SI đi vuông góc với AB nên đi thẳng và tới mặt AC tại J với góc tới $45^\circ < i_{gh}$ nên có tia khúc xạ tại J

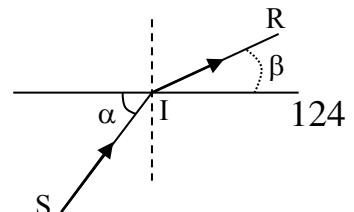
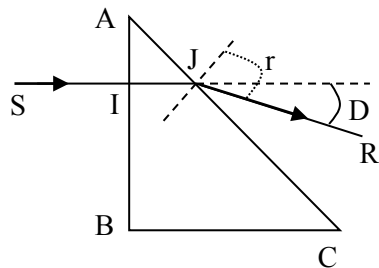
Áp dụng định luật khúc xạ tại J ta có:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Leftrightarrow \sqrt{2} \sin 45^\circ = \frac{4}{3} \sin r$$

$$\Rightarrow \sin r = 0,75 \Rightarrow r = 48,59^\circ$$

+ Từ hình ta tính được góc lệch D lúc này là:

$$D = r - i = 3,59^\circ$$



Bài 9.

a) Từ hình vẽ ta tính được góc tới và góc khúc xạ là:

$$i = 90 - \alpha = 30^0, r = 90 - \beta = 60^0$$

Định luật khúc xạ:

$$n \cdot \sin i = 1 \cdot \sin r \Leftrightarrow n \cdot \sin 30^0 = 1 \cdot \sin 60^0 \Rightarrow n = \sqrt{3}$$

b) Để không có tia ló thì tại điểm tới phải xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần

$$\text{Góc giới hạn phản xạ toàn phần: } \sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow i_{gh} = 35,26^0$$

$$\Rightarrow i \geq 35,26^0 \Rightarrow i_{min} = 35,26^0 \Rightarrow \alpha_{max} = 90 - i_{min} = 54,74^0$$

Bài 10.

a) Gọi n là chiết suất của chất lỏng. Theo định luật khúc xạ ta có:

$$1 \cdot \sin \frac{\pi}{3} = n \sin \frac{\pi}{6} \Rightarrow n = \sqrt{3}$$

$$\text{Tốc độ của ánh sáng khi truyền trong chất lỏng là: } v = \frac{c}{n} = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \cdot 10^8 \text{ (m/s)}$$

$$\text{b) Góc giới hạn phản xạ toàn phần: } \sin i_{gi} = \frac{n_{kk}}{n_{long}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow i_{gh} = 32,26^0$$

Bài 11.

a) Môi trường nào chiết quang hơn?

- Khi ánh sáng truyền từ môi trường (1) vào môi trường (2):

$$\frac{\sin i}{\sin 30^0} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

- Khi ánh sáng truyền từ môi trường (1) vào môi trường (3):

$$\frac{\sin i}{\sin 45^0} = \frac{n_3}{n_1} \quad (2)$$

$$\text{- Từ (1) và (3) suy ra: } \frac{\sin 45^0}{\sin 30^0} = \frac{n_2}{n_3} \Rightarrow \frac{n_2}{n_3} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} > 1.$$

Vậy: Môi trường (2) chiết quang hơn môi trường (3).

b) Góc giới hạn phản xạ toàn phần giữa (2) và (3): Khi ánh sáng truyền từ môi trường (2) vào môi trường (3) thì:

$$\sin i_{gh} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow i_{gh} = 45^0$$

Vậy: Góc giới hạn phản xạ toàn phần giữa môi trường (2) và (3) là 45^0 .

Bài 12.

a) Giải thích?

Tia sáng từ vật A ở đáy sông đến mặt nước bị phản xạ toàn phần và đi vào mắt người, mắt người sẽ nhìn thấy ảnh A' của vật A.

b) Độ sâu của sông:

Theo đề thì $NA = R = 15\text{m}$; $MN = h = 1,5\text{m}$.

- Ta có:

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{3}{4} = 0,75 \Rightarrow \tan i_{gh} = 1,134.$$

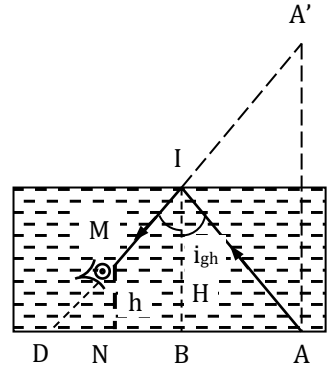
$$\Leftrightarrow \tan i_{gh} = \frac{BA}{BI} = \frac{DN+R}{2H} \quad (1)$$

- Hai tam giác đồng dạng DIB và DMN cho:

$$\frac{h}{H} = \frac{DN}{DB} = \frac{2DN}{DN+R} \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $H = \frac{h}{2} + \frac{R}{2\tan i} = \frac{1,5}{2} + \frac{15}{2 \cdot 1,134} = 7,36\text{m}.$

Vậy: Độ sâu của sông là $H = 7,36\text{m}.$



Bài 13.

Đường đi của tia sáng trong khối thủy tinh

- Góc giới hạn phản xạ toàn phần:

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,5} = 0,667 \Rightarrow i_{gh} = 41^\circ 48'$$

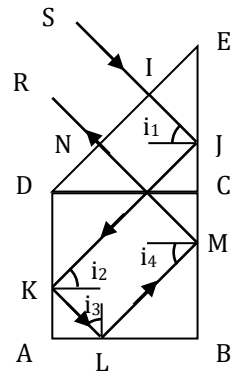
- Tia tới SI vuông góc với mặt DE sẽ truyền thẳng đến mặt EC tại J với góc tới $i_1 = 45^\circ > i_{gh}$ nên sẽ phản xạ toàn phần tại mặt EC (tia JK).

- Tia JK đến mặt bên AD cũng dưới góc tới $i_2 = 45^\circ > i_{gh}$ nên cũng phản xạ toàn phần tại mặt AD (tia KL).

- Tia KL đến mặt bên AB cũng dưới góc tới $i_3 = 45^\circ > i_{gh}$ nên cũng phản xạ toàn phần tại mặt AB (tia LM).

- Tia LM đến mặt bên BC cũng dưới góc tới $i_4 = 45^\circ > i_{gh}$ nên cũng phản xạ toàn phần tại mặt BC (tia MN).

- Tia MN đến mặt bên DE dưới góc tới bằng 0 nên ló thẳng ra ngoài theo phương song song với tia tới (tia NR).



Bài 14.

a) Điều kiện mà l phải thỏa để tia sáng khúc xạ được qua khối cầu

- Để tia SI khúc xạ vào trong khối cầu thì:

$$i < i_{gh} \Leftrightarrow \sin i < \sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1}.$$

$$\text{với: } \sin i = \frac{IH}{IO} = \frac{l}{R} \Rightarrow \frac{l}{R} < \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow l < \frac{n_2}{n_1} R.$$

Vậy: Để tia sáng khúc xạ được qua khối cầu thì $l < \frac{n_2}{n_1} R$.

b) Góc lệch của tia sáng

- Dễ thấy: $r_1 = r_2 = r \Rightarrow i_2 = i_1 = i$.
- Tam giác cân DIJ cho: $\widehat{D} = 2\widehat{DIJ} = 2(r - i)$ (liên hệ giữa góc ngoài và góc trong tam giác).
- Tam giác vuông OHI cho: $\sin \widehat{HOI} = \sin i = \frac{IH}{IO} = \frac{l}{R} = \frac{1}{2} \Rightarrow i = 30^\circ$.
- Theo định luật khúc xạ ánh sáng:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{n_1}{n_2} \sin i = \frac{\sqrt{3}}{1} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow r = 60^\circ$$

Từ đó: $\widehat{D} = 2(60^\circ - 30^\circ) = 60^\circ$.

Vậy: Góc lệch của tia sáng là $\widehat{D} = 60^\circ$.

Chuyên đề 2. Lăng kính

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

Các công thức của lăng kính:

Tại mặt phẳng AB: $\sin i_1 = n \cdot \sin r_1$

Tại mặt phẳng AC: $\sin i_2 = n \cdot \sin r_2$

Góc chiết quang: $A = r_1 + r_2$

Góc lệch giữa tia tới và tia ló:

$$D = i_1 + i_2 - A$$

Khi có góc lệch cực tiểu (hay các tia sáng đối xứng qua mặt phân

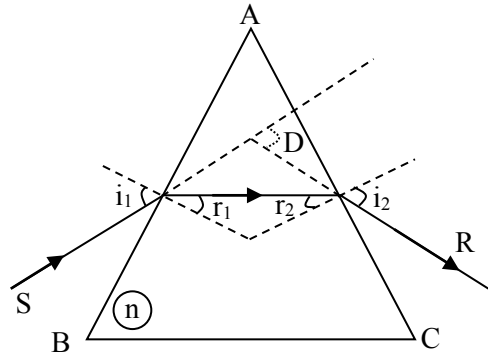
giác của góc A) thì:
$$\begin{cases} r_1 = r_2 = \frac{A}{2} \\ i_1 = i_2 = i \end{cases}$$

$$\Rightarrow D_{\min} = i_1 + i_2 - A = 2i - A$$

Nếu góc chiết quang $A < 10^\circ$ và góc tới nhỏ, ta có:
$$\begin{cases} i_1 = n \cdot r_1 \\ i_2 = n \cdot r_2 \end{cases}$$

Khi đó: $D = i_1 + i_2 - A = n \cdot A - A = (n - 1)A$

Với n là chiết suất tỉ đối của lăng kính với môi trường chứa nó: $n = \frac{n_{lk}}{n_{mt}}$



B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một lăng kính thủy tinh có chiết suất $n = \sqrt{2}$. Tiết diện thẳng của lăng kính là một tam giác đều ABC. Chiếu một tia sáng nằm trong mặt phẳng của tiết diện thẳng, tới AB với góc tới $i_1 = 45^\circ$. Xác định đường truyền của tia sáng. Vẽ hình.

Hướng dẫn giải

+ Áp dụng định luật khúc xạ tại I ta có:

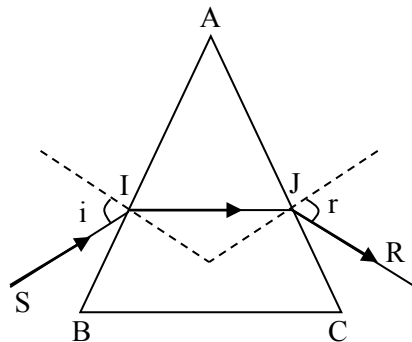
$$\sin i_1 = n \sin r_1$$

$$\Leftrightarrow \sin 45 = \sqrt{2} \sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \frac{1}{2} \Rightarrow r_1 = 30^\circ$$

+ Lại có: $A = r_1 + r_2 \Rightarrow r_2 = A - r_1 = 30^\circ$

+ Áp dụng định luật khúc xạ tại J ta có:

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



$$\Leftrightarrow \sin i_2 = \sqrt{2} \sin 30 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow i_2 = 45^\circ$$

Ví dụ 2: Một lăng kính có góc chiết quang A. Chiếu tia sáng SI đến vuông góc với mặt bên của lăng kính. Biết góc lệch của tia ló và tia tới là $D = 15^\circ$. Cho chiết suất của lăng kính là $n = 1,5$. Tính góc chiết quang A?

Hướng dẫn giải

Vì chiếu tia tới vuông góc với mặt nên $i_1 = 0 \Rightarrow r_1 = 0$

Ta có: $A = r_1 + r_2 \Rightarrow A = r_2$

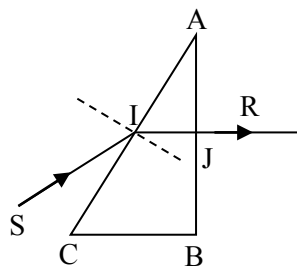
Mà: $D = i_1 + i_2 - A \Leftrightarrow 15 = 0 + i_2 - A \Rightarrow i_2 = 15 + A$

Lại có: $\sin i_2 = n \sin r_2 \Leftrightarrow \sin(15 + A) = 1,5 \sin A$

$$\Leftrightarrow \sin 15 \cos A + \sin A \cos 15 = 1,5 \sin A \Leftrightarrow \sin 15 \cos A = (1,5 - \cos 15) \sin A$$

$$\Leftrightarrow \tan A = \frac{\sin 15}{(1,5 - \cos 15)} \Rightarrow A \approx 25,85^\circ$$

Ví dụ 3: Một lăng kính có chiết suất $n = \sqrt{2}$. Chiếu một tia sáng đơn sắc vào mặt bên của lăng kính góc tới $i = 45^\circ$, tia ló ra khỏi lăng kính vuông góc với mặt bên thứ hai như hình vẽ. Tìm góc chiết quang A của lăng kính?



Hướng dẫn giải

Tại điểm tới I của mặt thứ nhất ta có: $\sin i_1 = n \sin r_1$

$$\Leftrightarrow \sin 45 = \sqrt{2} \sin r_1 \Leftrightarrow \sin r_1 = \frac{1}{2} \Rightarrow r_1 = 30^\circ$$

Vì tia ló ra khỏi mặt thứ 2 đi vuông góc nên $i_2 = 0 \Rightarrow r_2 = 0$

Ta có: $A = r_1 + r_2 \Rightarrow A = r_2 = 30^\circ$

Ví dụ 4: Cho một lăng kính tam giác đều ABC, chiết suất $n = \sqrt{3}$. Chiếu tia sáng đơn sắc tới mặt bên AB của lăng kính với góc tới $i = 0$ thì đường đi của tia sáng như thế nào ?

Hướng dẫn giải

+ Ta có: $i = 0 \Rightarrow r_1 = 0 \Rightarrow r_2 = A = 60^\circ$

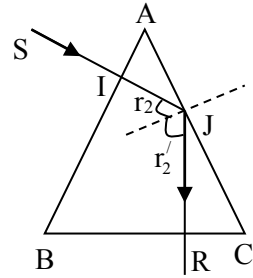
+ Định luật khúc xạ tại J:

$$\sin i_2 = n \sin r_2 = \sqrt{3} \sin 60^\circ = 1,5 > 1$$

+ Vậy phản xạ toàn phần tại J

+ Theo định luật phản xạ có:

$$r'_2 = r_2 = 60^\circ \Rightarrow \widehat{RJC} = 30^\circ \Rightarrow JR \perp BC$$



Vậy tia sáng đi vuông góc đến mặt đáy BC rồi ra ngoài.

Ví dụ 5: Cho một lăng kính có chiết suất $n = \sqrt{3}$ và góc chiết quang A. Tia sáng đơn sắc sau khi khúc xạ qua lăng kính cho tia ló có góc lệch cực tiểu đúng bằng A.

a) Tính góc chiết quang A.

b) Nếu nhúng lăng kính này vào nước có chiết suất $n_{nc} = \frac{4}{3}$ thì góc tới i phải bằng bao nhiêu để có góc lệch cực tiểu? Tính góc lệch cực tiểu khi đó?

Hướng dẫn giải

$$\text{a) Khi } D_{\min} \Rightarrow \begin{cases} r_1 = r_2 = \frac{A}{2} \\ i_1 = i_2 = i \end{cases} \Rightarrow D_{\min} = 2i - A \Leftrightarrow A = 2i - A \Rightarrow i = A$$

$$\text{Ta có: } \sin i = n \sin r \Leftrightarrow \sin A = \sqrt{3} \sin \frac{A}{2} \Leftrightarrow 2 \sin \frac{A}{2} \cos \frac{A}{2} = \sqrt{3} \sin \frac{A}{2}$$

$$\Leftrightarrow \cos \frac{A}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow A = 60^\circ$$

$$\text{b) Khi } D_{\min} \Rightarrow \begin{cases} r_1 = r_2 = \frac{A}{2} = 30^\circ \\ i_1 = i_2 = i \end{cases}$$

$$\text{Ta có: } \sin i = \frac{n_{lk}}{n_{nc}} \sin 30^\circ \Leftrightarrow \sin i = \frac{\sqrt{3}}{4/3} \sin 30^\circ = \frac{3\sqrt{3}}{8} \Rightarrow i = 40,5^\circ$$

$$\text{Góc lệch cực tiểu khi đó: } D_{\min} = 2i - A = 21^\circ$$

Ví dụ 6: Lăng kính thủy tinh có $n = 1,5$ góc $A = 60^\circ$. Chiếu một chùm tia sáng hẹp đơn sắc tới lăng kính trong mặt phẳng của tiết diện vuông góc.

- Tính i_1 để tia ló và tia tới đối xứng nhau qua mặt phẳng phân giác của A.
- Tính góc lệch.

Hướng dẫn giải

- Tính i_1 để tia ló và tia tới đối xứng nhau qua mặt phẳng phân giác của A
- Khi tia ló và tia tới đối xứng nhau qua mặt phẳng phân giác của A thì:

$$r_1 = r_2 = \frac{A}{2} = 30^\circ$$

- Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại I (hình vẽ), ta có:

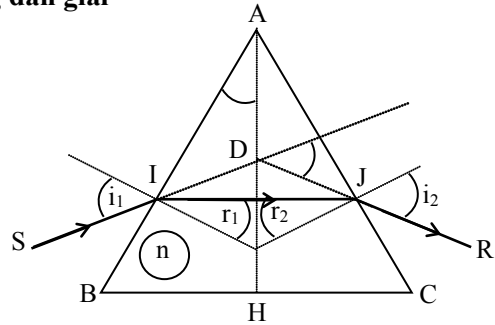
$$\sin i_1 = n \sin r_1 = 1,5 \sin 30^\circ = 0,75 \Rightarrow i_1 = 48,59^\circ = 48^\circ 35'.$$

Vậy: Để tia ló và tia tới đối xứng nhau qua mặt phẳng phân giác của A thì $i_1 = 48^\circ 35'$.

- Góc lệch D

$$\text{Ta có: } D = i_1 + i_2 - A = 2i_1 - A = 2.48^\circ 35' - 60^\circ = 37^\circ 10'.$$

Vậy: Góc lệch giữa tia ló và tia tới là $D = 37^\circ 10'$.

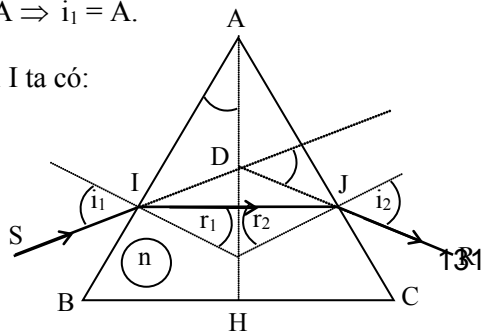


Ví dụ 7: Một lăng kính thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$. Một tia sáng qua lăng kính có góc lệch cực tiểu bằng góc chiết quang A của lăng kính. Tính A.

Hướng dẫn giải

- Khi góc lệch có giá trị cực tiểu thì: $D_{\min} = 2i_1 - A$; $r_1 = \frac{A}{2}$.
- Theo đề bài thì $D_{\min} = A \Leftrightarrow 2i_1 - A = A \Rightarrow i_1 = A$.
- Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại I ta có:

$$n \sin r_1 = \sin i_1 \Leftrightarrow n \sin \frac{A}{2} = \sin A$$



$$\Leftrightarrow n \sin \frac{A}{2} = 2 \sin \frac{A}{2} \cos \frac{A}{2}$$

Vì $\sin \frac{A}{2} \neq 0$ nên: $\cos \frac{A}{2} = \frac{n}{2} = 0,75$

$$\Rightarrow \frac{A}{2} = 41,41^\circ \Rightarrow A = 82,82^\circ = 82^\circ 49'.$$

Vậy: Góc chiết quang A của lăng kính bằng $82^\circ 49'$.

Ví dụ 8: Một lăng kính thủy tinh chiết suất $n = 1,732 = \sqrt{3}$ có tiết diện vuông góc là một tam giác đều ABC. Tia sáng SI, nằm trong mặt phẳng của của tiết diện vuông góc tới mặt AB dưới góc tới $i = 60^\circ$. Vẽ đường đi của tia sáng.

. Hướng dẫn giải

a) Đường đi của tia sáng

- Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại I, ta có:

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

$$\Leftrightarrow \sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2}$$

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

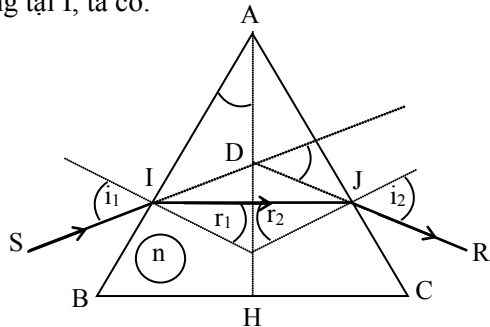
$$\text{và } r_2 = A - r_1 = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$$

- Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại J, ta có:

$$\sin i_2 = n \sin r_2 = \sqrt{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow i_2 = 60^\circ$$

- Đường đi của tia sáng được vẽ như hình vẽ trên.

* *Nhận xét:* Vì $i_2 = i_1$ và $r_2 = r_1$ nên tia sáng qua lăng kính đối xứng qua mặt phẳng phân giác AH của góc chiết quang A và góc lệch đạt giá trị cực tiểu $D = D_{\min}$.



Ví dụ 9: Một lăng kính thủy tinh chiết suất $n = 1,41 = \sqrt{2}$, góc chiết quang A =

60° . Tia sáng SI từ đáy truyền lên tới mặt lăng kính ở I với góc tới i.

a) Xác định giá trị của i:

- ứng với góc lệch cực tiểu.
- để không có tia ló.

b) Nếu $A = 90^\circ$ thì có kết quả gì? (Cho: $\sqrt{2} \sin 15^\circ = \sin 21^\circ 28'$)

Hướng dẫn giải

a) Giá trị của góc tới i

* Khi góc lệch cực tiểu

Khi góc lệch có giá trị cực tiểu thì tia sáng đối xứng qua mặt phẳng phân giác AH của góc chiết quang A (hình vẽ).

Ta có: $r_1 = r_2 = \frac{A}{2} = 30^\circ$ và $\sin i_1 = n \sin r_1 = \sqrt{2} \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow i_1 = 45^\circ$.

* Khi không có tia ló

Ta có: $\sin i_1 = n \sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n}$

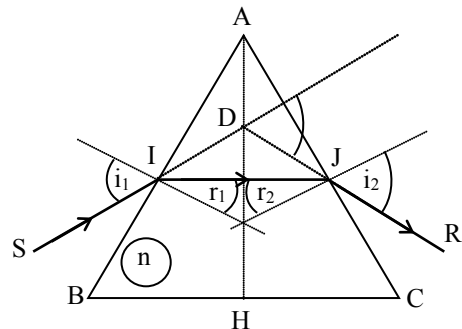
$$\Rightarrow r_1 = \arcsin\left(\frac{\sin i_1}{n}\right)$$

$$\text{và } r_2 = A - r_1 = A - \arcsin\left(\frac{\sin i_1}{n}\right)$$

$$\sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow i_{gh} = 45^\circ.$$

- Để không có tia ló thì phải có phản xạ toàn phần tại J trên mặt AC, suy ra:

$$r_2 > i_{gh} \Leftrightarrow A - \arcsin\left(\frac{\sin i_1}{n}\right) > i_{gh}$$



$$\Rightarrow \arcsin\left(\frac{\sin i_1}{n}\right) < A - i_{gh} = 60^\circ - 45^\circ = 15^\circ$$

$$\Rightarrow \frac{\sin i_1}{n} < \sin 15^\circ \Rightarrow \sin i_1 < n \sin 15^\circ = \sqrt{2} \sin 15^\circ = \sin 21^\circ 28' \Rightarrow i_1 < 21^\circ 28'.$$

Vậy: Giá trị của góc tới i ứng với góc lệch cực tiểu là $i_1 = 45^\circ$ và để không có tia ló là $i_1 < 21^\circ 28'$.

b) Trường hợp $A = 90^\circ$

* Khi góc lệch cực tiểu

$$\text{Ta có: } r_1 = r_2 = \frac{A}{2} = 45^\circ$$

$$\Leftrightarrow \sin i_1 = n \sin r_1 = \sqrt{2} \sin 45^\circ = 1 \Rightarrow i_1 = 90^\circ$$

Trường hợp này tia tới SI đi sát (lướt) trên mặt AB.

* Khi không có tia ló

Tương tự, để không có tia ló thì phải có phản xạ toàn phần tại J trên mặt AC,

$$\text{suy ra: } r_2 > i_{gh} \Rightarrow A - \arcsin\left(\frac{\sin i_1}{n}\right) > i_{gh}$$

$$\Rightarrow \arcsin\left(\frac{\sin i_1}{n}\right) < A - i_{gh} = 90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$$

$$\Rightarrow \frac{\sin i_1}{n} < \sin 45^\circ \Rightarrow \sin i_1 < n \sin 45^\circ = \sqrt{2} \sin 45^\circ = 1 \Rightarrow i_1 < 90^\circ.$$

Như vậy, chỉ có một trường hợp duy nhất có tia ló khi $i_1 = 90^\circ$. Khi đó tia tới đi sát mặt AB cho tia ló đi sát mặt AC.

Ví dụ 10: Một lăng kính thủy tinh có chiết suất $n = 1,6$. Chiếu một tia sáng theo phương vuông góc mặt bên của lăng kính. Tia sáng phản xạ toàn phần ở mặt bên thứ hai. Tính giá trị nhỏ nhất của A .

Hướng dẫn giải

- Tia tới SI vuông góc AB, truyền thẳng gặp mặt AC tại J với góc tới $i = A$ (góc có cạnh tương ứng vuông góc).

Ta có: $\sin i_{gh} = \frac{1}{n}$

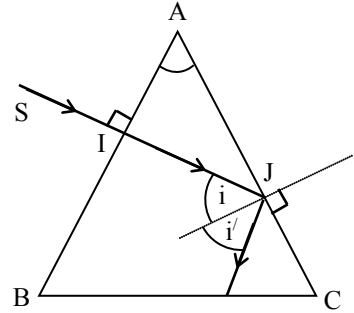
- Vì tia sáng phản xạ toàn phần tại J nên $i \geq i_{gh}$.

$$\Rightarrow \sin A = \sin i \geq \sin i_{gh} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,6} = 0,625$$

$$\Rightarrow \sin A \geq \sin 38^{\circ}41'$$

$$\Rightarrow A \geq 38^{\circ}41' \Rightarrow A_{\min} = 38^{\circ}41'.$$

Vậy: Giá trị nhỏ nhất của A là $A_{\min} = 38^{\circ}41'$.



Ví dụ 11: Một lăng kính có tiết diện vuông góc là một tam giác đều ABC. Một chùm tia sáng đơn sắc hẹp SI được chiếu tới mặt AB trong mặt phẳng của tiết diện vuông góc và theo phương vuông góc với đường cao AH của ABC. Chùm tia ló khỏi mặt AC theo phương sát với mặt này. Tính chiết suất của lăng kính.

Hướng dẫn giải

- Áp dụng các công thức về lăng kính, ta có:

$$\sin i_1 = n \sin r_1 \quad (1)$$

$$\sin i_2 = n \sin r_2 \quad (2)$$

$$r_1 + r_2 = A \quad (3)$$

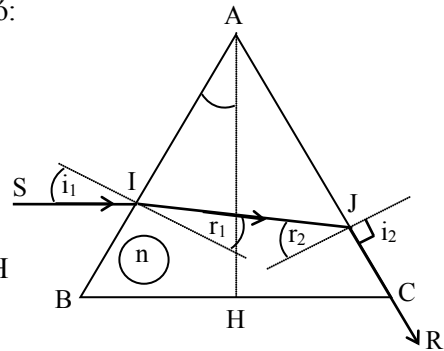
- Vì tia tới SI vuông góc với đường cao AH

$$\text{nên ta có: } i_1 = \frac{A}{2} = \frac{60}{2} = 30^{\circ}$$

(góc có cạnh tương ứng vuông góc).

- Tia ló JR theo phương sát với mặt AC nên $i_2 = 90^{\circ}$.

- Từ (1) ta có: $\sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n} = \frac{\sin 30^{\circ}}{n} = \frac{1}{2n}$



$$\Rightarrow \cos r_1 = \sqrt{1 - (\sin r_1)^2} = \sqrt{1 - \frac{1}{4n^2}} = \frac{1}{2n} \sqrt{4n^2 - 1}$$

$$\text{- Từ (2) ta có: } \sin r_2 = \frac{\sin i_2}{n} = \frac{\sin 90^\circ}{n} = \frac{1}{n} \quad (4)$$

$$\text{- Từ (3) ta có: } r_2 = A - r_1$$

$$\Rightarrow \sin r_2 = \sin(A - r_1) = \sin A \cos r_1 - \cos A \sin r_1 = \sin 60^\circ \cos r_1 - \cos 60^\circ \sin r_1$$

$$\Rightarrow \sin r_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2n} \sqrt{4n^2 - 1} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2n} = \frac{1}{4n} [\sqrt{3(4n^2 - 1)} - 1] \quad (5)$$

$$\text{- Từ (4) và (5), ta có: } \frac{1}{4n} [\sqrt{3(4n^2 - 1)} - 1] = \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow \sqrt{3(4n^2 - 1)} - 1 = 4 \Rightarrow n = \sqrt{\frac{7}{3}} = 1,53$$

Vậy: Chiết suất của lăng kính là $n = 1,53$.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Lăng kính có chiết suất $n = \sqrt{2}$ và góc chiết quang $A = 60^\circ$. Một chùm sáng đơn sắc hẹp được chiếu vào mặt bên AB của lăng kính với góc tới 30° . Tính góc ló của tia sáng khi ra khỏi lăng kính và góc lệch của tia ló và tia tới.

Bài 2. Lăng kính có chiết suất $n = 1,6$ và góc chiết quang bé $A = 5^\circ$. Một chùm sáng đơn sắc hẹp được chiếu vào mặt bên AB của lăng kính với góc tới nhỏ. Tính góc lệch của tia ló và tia tới.

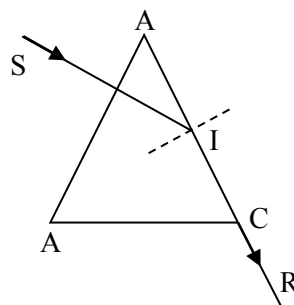
Ví dụ 5: Lăng kính có góc chiết quang $A = 60^\circ$, chiết suất $n = 1,41 \approx \sqrt{2}$ đặt trong không khí. Chiếu tia sáng đơn sắc SI tới mặt bên với góc tới $i = 45^\circ$.

a) Tính góc lệch của tia sáng qua lăng kính.

b) Nếu ta tăng hoặc giảm góc tới 10° thì góc lệch tăng hay giảm.

Bài 3. Lăng kính thủy tinh chiết suất $n = \sqrt{2}$, có góc lệch cực tiểu $D_{\min}$ bằng nửa góc chiết quang A. Tìm góc chiết quang A của lăng kính?

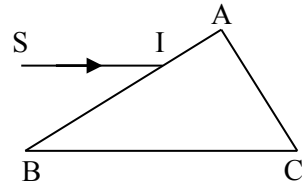
Bài 4. Hình vẽ bên là đường truyền của tia sáng đơn sắc qua lăng kính đặt trong không khí có chiết suất $n = \sqrt{2}$. Biết tia tới vuông góc với mặt bên AB và tia



ló ra khỏi lăng kính đi là là mặt AC. Tính góc chiết quang lăng kính.

Bài 5. Chiếu một tia sáng đơn sắc đến mặt bên AB của một lăng kính tiết diện là một tam giác đều ABC, theo phương song song với đáy BC. Tia ló ra khỏi AC đi là là mặt AC. Tính chiết suất của chất làm lăng kính ?

Bài 6. Một lăng kính có tiết diện thẳng là một tam giác vuông cân ABC, $A = 90^\circ$; $B = 30^\circ$ và $C = 60^\circ$. Chiếu một tia sáng đơn sắc SI tới mặt bên AB của lăng kính theo phương song song với đáy BC. Tia sáng đi vào lăng kính và ló ra ở mặt bên AC. Biết chiết suất của lăng kính (ứng với ánh sáng đơn sắc chiếu tới lăng kính) là n .



- 1) Để tia sáng ló ra khỏi mặt bên AC thì chiết suất của lăng kính phải thỏa mãn điều kiện gì?
- 2) Với n bằng bao nhiêu thì tia sáng phản xạ toàn phần ở mặt bên AC và ló ra khỏi mặt bên BC theo phương vuông góc với BC.

Bài 7. Một lăng kính thủy tinh có góc chiết quang A, chiết suất $n = 1,5$. Chiếu tia sáng qua lăng kính để có góc lệch cực tiểu bằng góc chiết quang A. Tính góc B của lăng kính biết tiết diện thẳng là tam giác ABC cân tại A.

Bài 8. Chiếu một chùm tia sáng hẹp song song, đơn sắc vào một lăng kính có có tiết diện thẳng là tam giác đều ABC, chiết suất $n = \sqrt{3}$ đối với ánh sáng đơn sắc này.

- a) Tính góc tới để có góc lệch cực tiểu. Tính góc lệch cực tiểu này.
- b) Góc tới phải có giá trị trong giới hạn nào để có tia ló ở mặt AC.

Bài 9. Một lăng kính thủy tinh có $n = 1,5$. Tiết diện vuông góc là tam giác vuông cân ABC ($A = 90^\circ$). Tia sáng đơn sắc SI được chiếu tới mặt AB theo phương song song BC. Xác định đường đi của tia sáng qua lăng kính.

Bài 10. Một lăng kính thủy tinh có tiết diện thẳng là tam giác cân ABC đỉnh A. Một tia sáng rơi vuông góc vào mặt bên AB sau hai lần phản xạ toàn phần liên tiếp trên mặt AC và AB thì ló ra khỏi BC theo phương vuông góc BC.

- a) Tính góc chiết quang A.
- b) Tìm điều kiện chiết suất phải thỏa mãn.

Bài 11. Một lăng kính có tiết diện thẳng là tam giác vuông cân ABC, $A = 90^\circ$ được đặt sao cho mặt huyền BC tiếp xúc với mặt nước trong chậu, nước có $n = 4/3$.

- a) Một tia sáng đơn sắc SI đến mặt bên AB theo phương song song với BC. Chiết suất n của lăng kính và khoảng cách AI phải thỏa mãn điều kiện gì để tia sáng phản xạ toàn phần tại mặt BC ?

- b) Giả sử AI thỏa mãn điều kiện tìm được, $n = 1,41$. Hãy vẽ đường đi của tia sáng ?

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Áp dụng định luật khúc xạ tại I thuộc mặt ánh sáng tới ta có: $\sin i_1 = n \sin r_1$

$$\Leftrightarrow \sin 30 = \sqrt{2} \sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \frac{1}{2\sqrt{2}} \Rightarrow r_1 = 20,7^\circ$$

Lại có: $A = r_1 + r_2 \Rightarrow r_2 = A - r_1 = 39,3^\circ$

Áp dụng định luật khúc xạ tại J thuộc mặt ánh sáng ló ra ta có: $\sin i_2 = n \sin r_2$

$$\Leftrightarrow \sin i_2 = \sqrt{2} \sin 39,3 = 0,8956 \Rightarrow i_2 = 63,59^\circ$$

Góc lệch giữa tia ló và tia tới: $D = i_1 + i_2 - A = 33,59^\circ$

Bài 2.

+ Ta có: $A = r_1 + r_2$

+ Vì góc tới i nhỏ nên: $\begin{cases} \sin i \approx i \\ \sin r \approx r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_1 = n.r_1 \\ i_2 = n.r_2 \end{cases} \Rightarrow n.r_1 + n.r_2 = n(r_1 + r_2) = n.A$

+ Mà: $D = i_1 + i_2 - A = n.A - A = (n - 1)A = (1,6 - 1)5^\circ = 3^\circ$

Bài 3.

Ta có: $D_{\min} = 2i - A \Leftrightarrow i = 3\frac{A}{4} \Rightarrow \sin\left(3\frac{A}{4}\right) = n \sin \frac{A}{2} \Leftrightarrow \sin 3x = \sqrt{2} \sin 2x$

$$\Leftrightarrow 3\sin x - 4\sin^3 x = 2\sqrt{2} \sin x \cos x \Leftrightarrow 3 - 4\sin^2 x - 2\sqrt{2} \cos x = 0$$

$$4\cos^2 x - 2\sqrt{2} \cos x - 1 = 0 \Rightarrow \begin{cases} \cos x = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4} \Rightarrow x = 15^\circ \Rightarrow A = 60^\circ \\ \cos x = \frac{-\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4} \Rightarrow x = 105^\circ \Rightarrow A = 420^\circ \end{cases}$$

Vậy $A = 60^\circ$

Bài 4.

Vì chiếu tia tới vuông góc với mặt nên $i_1 = 0 \Rightarrow r_1 = 0$

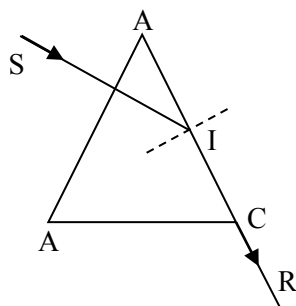
Ta có: $A = r_1 + r_2 \Rightarrow A = r_2$

Vì tia ló đi là mặt AC nên $i_2 = 90^\circ$

Lại có: $\sin i_2 = n \sin r_2$

$$\Leftrightarrow \sin 90 = \sqrt{2} \sin A \Leftrightarrow \sin A = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow A = 45^\circ$$

Bài 5.



Vì $\triangle ABC$ là tam giác đều và tia tới đi song song với cạnh đáy BC nên dễ suy ra được $i_1 = 30^\circ$.

$$\text{Mà: } \sin i_1 = n \sin r_1 \Leftrightarrow \sin 30^\circ = n \sin r_1 \Rightarrow 0,5 = n \sin r_1 \quad (1)$$

Vì tia ló đi là mặt AC nên $i_2 = 90^\circ$.

$$\begin{aligned} \text{Lại có: } \sin i_2 &= n \sin r_2 \Leftrightarrow \sin 90^\circ = n \sin (A - r_1) \\ \Leftrightarrow \sin 90^\circ &= n \sin (60^\circ - r_1) \Leftrightarrow 1 = n \sin (60^\circ - r_1) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{Lấy (2) chia (1) ta có: } \frac{\sin (60^\circ - r_1)}{\sin r_1} = 2 \Leftrightarrow \sin (60^\circ - r_1) = 2 \sin r_1$$

$$\Leftrightarrow \sin 60^\circ \cos r_1 - \sin r_1 \cdot \cos 60^\circ = 2 \sin r_1 \Leftrightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} \cos r_1 - \frac{1}{2} \sin r_1 = 2 \sin r_1$$

$$\Leftrightarrow \left(2 + \frac{1}{2}\right) \sin r_1 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cos r_1 \Rightarrow \tan r_1 = \frac{\sqrt{3}}{5} \Rightarrow r_1 = 19,11^\circ$$

$$\text{Thay vào (1) ta có: } 0,5 = n \sin 19,11^\circ \Rightarrow n = 1,53$$

Bài 6.

$$1) \text{ Ta có: } i_1 = 60^\circ \Rightarrow \sin i_1 = n \sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \frac{\sin 60^\circ}{n} = \frac{\sqrt{3}}{2n}$$

$$+ \text{ Vì } r_1 + r_2 = A \text{ nên } \sin r_2 = \cos r_1 = \sqrt{1 - \sin^2 r_1} = \frac{\sqrt{4n^2 - 3}}{2n}$$

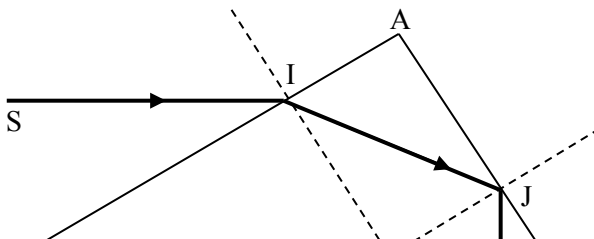
$$+ \text{ Lại có: } \sin i_2 = n \sin r_2 = \frac{\sqrt{4n^2 - 3}}{2}$$

$$+ \text{ Để có tia ló ra khỏi mặt bên AC thì: } \sin r_2 \leq \sin i_{\text{gh}} = \frac{1}{n}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\sqrt{4n^2 - 3}}{2n} \leq \frac{1}{n} \Rightarrow n \leq \frac{\sqrt{7}}{2}$$

2) Tia sáng bị phản xạ toàn phần tại J nên tam giác JRC là tam giác vuông. Suy ra góc CJR = $30^\circ \Rightarrow r_2 = 60^\circ \Rightarrow r_1 = 30^\circ$ (tứ giác AIJK có K = 90°)

$$+ \text{ Ta có } \sin i_1 = n \sin r_1 \text{ suy ra } n = \sqrt{3}$$



Bài 7.

$$+ \text{Khi } D_{\min} \Rightarrow \begin{cases} r_1 = r_2 = \frac{A}{2} \Rightarrow D_{\min} = 2i - A \Leftrightarrow A = 2i - A \Rightarrow i = A \\ i_1 = i_2 = i \end{cases}$$

$$+ \text{Ta có: } \sin i = n \sin r \Leftrightarrow \sin A = 1,5 \sin \frac{A}{2} \Leftrightarrow 2 \sin \frac{A}{2} \cos \frac{A}{2} = 1,5 \sin \frac{A}{2} \\ \Leftrightarrow \cos \frac{A}{2} = 0,75 \Rightarrow A = 82,82^\circ \Rightarrow B = C = \frac{180 - A}{2} = 48,59^\circ$$

Bài 8.

$$\text{a) } D_{\min} \Rightarrow \begin{cases} i_1 = i_2 = i \\ r_1 = r_2 = \frac{A}{2} = 30^\circ \end{cases} \Rightarrow \sin i = n \sin r_1 = \sqrt{3} \sin 30^\circ \Rightarrow i = 60^\circ \Rightarrow D_{\min} = 60^\circ$$

b) Có tia ló khi tại mặt AC không xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần $\Rightarrow r_2 \leq i_{gh}$

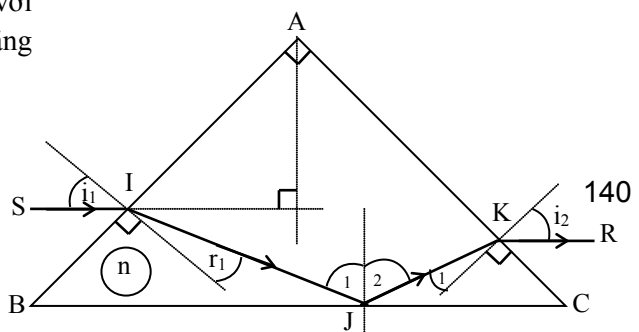
$$\Leftrightarrow A - r_l \leq i_{gh} \Rightarrow r_l \geq A - i_{gh} \Rightarrow \sin r_l \geq \sin(A - i_{gh}) \Leftrightarrow \frac{\sin i}{n} \geq \sin(A - i_{gh})$$

$$\Leftrightarrow \sin i \geq n \sin(A - i_{\text{gh}}) = \sqrt{3} \sin\left(60 - \arcsin\left(\frac{1}{n}\right)\right) \Rightarrow i \geq 46,45^\circ$$

Bài 9.

a) *Trường hợp 1*: Tia khúc xạ từ I gặp mặt đáy BC (hình a)

- Vì tia tới SI song song với mặt đáy BC nên góc tới lằng kính là:



$$i_1 = \frac{A}{2} = 45^\circ$$

(góc có cạnh tương ứng vuông góc).

- Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại I, ta có:

$$\sin i_1 = n \sin r_1 \quad (1)$$

$$\Rightarrow \sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2 \cdot 1,5} = 0,4714 \Rightarrow r_1 = 28,12^\circ$$

- Tia khúc xạ IJ gặp mặt đáy BC tại J với góc tới J_1 .

$$\text{Ta có: } J_1 = B + r_1 = 45^\circ + 28,12^\circ = 73,12^\circ$$

- Góc giới hạn phản xạ toàn phần tại J là: $\sin i_{\text{gh}} = \frac{1}{n} = \frac{1}{1,5} \Rightarrow i_{\text{gh}} = 48,8^\circ$.

- Vì $J_1 > i_{\text{gh}}$ nên xảy ra phản xạ toàn phần tại J, cho tia phản xạ JK với góc phản xạ là: $J_2 = J_1 = 73,12^\circ$

- Tia phản xạ từ J gặp mặt AC tại K với góc tới K_1 . Ta có:

$$K_1 = J_2 - C = 73,12^\circ - 45^\circ = 28,12^\circ = r_1$$

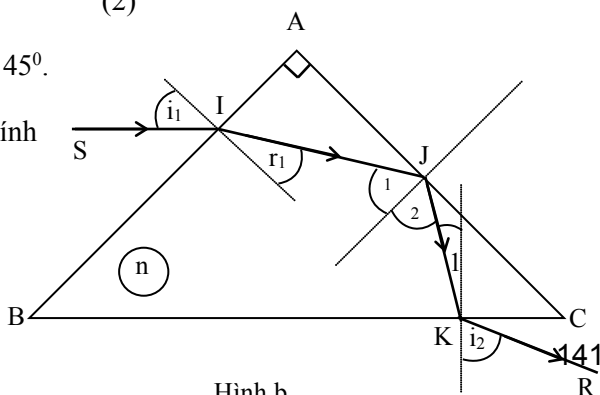
- Vì $K_1 < i_{\text{gh}}$ nên có khúc xạ tại K cho tia ló ra khỏi lăng kính KR với góc khúc xạ i_2 . Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại K, ta có:

$$\sin i_2 = n \sin K_1 = n \sin r_1 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $i_2 = i_1 = 45^\circ$.

Vậy: Tia ló ra khỏi lăng kính KR song song với tia tới SI.

b) Trường hợp 2:



Tia khúc xạ từ I gặp mặt
bên AC (hình b)

- Góc tới i_1 và góc khúc xạ
 r_1 tại I trên mặt AB là:

$$i_1 = 45^\circ; r_1 = 28,12^\circ.$$

- Góc tới tại J trên mặt AC là:

$$J_1 = A - r_1 = 90^\circ - 28,12^\circ = 61,88^\circ$$

Ta có: $J_1 > i_{gh} \Rightarrow$ có phản xạ toàn phần tại J với góc phản xạ $J_2 = J_1 = 61,88^\circ$.

- Góc tới tại K_1 trên mặt BC là: $K_1 = J_2 - C = 61,88^\circ - 45^\circ = 16,88^\circ$

Vì $K_1 < i_{gh}$ nên có khúc xạ tại K cho tia ló ra khỏi lăng kính KR với góc khúc xạ i_2 .

- Áp dụng định luật khúc xạ ánh sáng tại K ta có:

$$\sin i_2 = n \sin K_1 = 1,5 \sin 16,88^\circ = 0,4356 \Rightarrow i_2 = 25,82^\circ = 25^\circ 49'$$

Vậy: Tia ló ra khỏi mặt BC với góc ló $i_2 = 25^\circ 49'$.

Bài 10.

a) Tia tới $SI \perp AB \Rightarrow i_1 = 0 \Rightarrow r_1 = 0 \Rightarrow r_2 = A$

+ Vì $SJ \parallel Kn$ (cùng vuông góc với AB)

$$\Rightarrow r_3 = 2r_2 = 2A$$

+ Từ hình suy ra $\hat{B} = r_3 = 2A$.

$$+ \text{ Mà } \hat{B} = \hat{C} \Rightarrow \hat{B} = \frac{180 - A}{2} = 2A \Rightarrow A = 36^\circ$$

+ Từ đó suy ra được $B = C = 72^\circ$

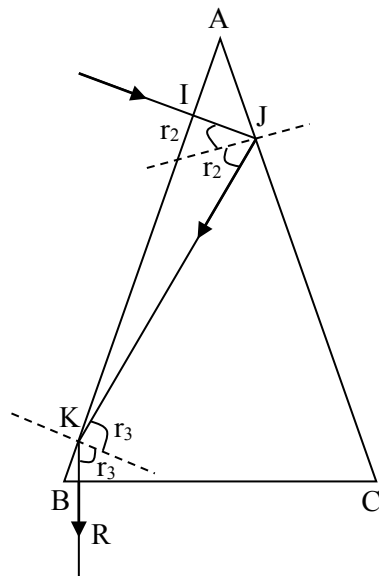
b) Để xảy ra phản xạ toàn phần tại J thì:

$$r_2 \geq i_{gh} \Leftrightarrow A \geq i_{gh}.$$

+ Để xảy ra phản xạ toàn phần tại K thì:

$$r_3 = 2A \geq i_{gh} \Rightarrow A \geq \frac{i_{gh}}{2}$$

+ Để xảy ra phản xạ toàn phần tại J, K
thì chỉ cần $A \geq i_{gh} \Leftrightarrow \sin A \geq \sin i_{gh}$



$$\Leftrightarrow \sin 36^\circ \geq \frac{1}{n} \Rightarrow n \geq 1,7$$

Bài 11.

Để suy ra được góc tới tại I là 45°

Áp dụng định luật khúc xạ tại I ta có:

$$\sin 45^\circ = n \sin r \quad (*)$$

Lại có góc $B = O = 45^\circ \Rightarrow i = 45 + r$

(góc ngoài i = tổng hai góc không kề với nó)

Để tại J xảy ra phản xạ toàn phần thì:

$$i \leq i_{gh} \Leftrightarrow \sin i \leq \sin i_{gh} = \frac{n_{nc}}{n} = \frac{4}{3n}$$

$$\Leftrightarrow \sin(45 + r) \leq \frac{4}{3n} \Leftrightarrow \sin 45 \cos r + \sin r \cos 45^\circ \leq \frac{4}{3n} \Leftrightarrow \cos r + \sin r \leq \frac{4\sqrt{2}}{3n} \quad (**)$$

Từ (*) ta có: $\sin r = \frac{1}{n\sqrt{2}}$

$$\text{Từ (**)} \text{ có: } \sqrt{1 - (\sin r)^2} + \sin r \leq \frac{4\sqrt{2}}{3n} \Leftrightarrow \sqrt{1 - \left(\frac{1}{n\sqrt{2}}\right)^2} + \frac{1}{n\sqrt{2}} \leq \frac{4\sqrt{2}}{3n}$$

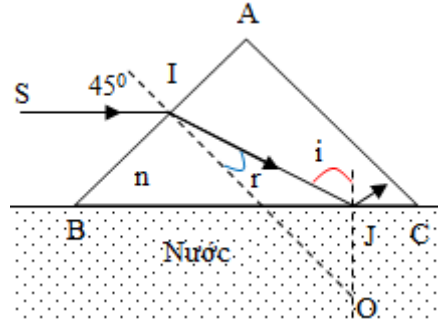
$$\Leftrightarrow \frac{1}{n\sqrt{2}} \sqrt{2n^2 - 1} + \frac{1}{n\sqrt{2}} \leq \frac{4\sqrt{2}}{3n} \Leftrightarrow \sqrt{2n^2 - 1} + 1 \leq \frac{8}{3} \Leftrightarrow \sqrt{2n^2 - 1} \leq \frac{5}{3} \Rightarrow 2n^2 - 1 \leq \frac{25}{9}$$

$$\Leftrightarrow 2n^2 \leq \frac{34}{9} \Rightarrow n \leq \sqrt{\frac{17}{9}} = \frac{\sqrt{17}}{3} = 1,37$$

Để có tia tới mặt BC thì góc $r \leq \widehat{ICA}$ (dấu "=" xảy ra khi J rơi vào C)

$$\sin r \leq \sin \widehat{ICA} = \frac{AI}{\sqrt{AI^2 + AC^2}} = \frac{AI}{\sqrt{AI^2 + AB^2}} \Leftrightarrow \frac{1}{n\sqrt{2}} \leq \frac{AI}{\sqrt{AI^2 + AB^2}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2n^2} \leq \frac{AI^2}{AI^2 + AB^2} \Leftrightarrow AI^2 + AB^2 \leq 2n^2 AI^2 \Rightarrow AI \leq \frac{AB}{\sqrt{2n^2 - 1}} = \frac{3AB}{\sqrt{59}}$$

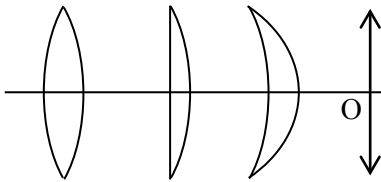


Chuyên đề 3. THẤU KÍNH

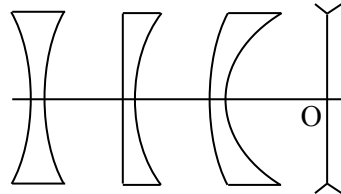
I. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Định nghĩa. Phân loại thấu kính

- + Là khối chất trong suốt được giới hạn bởi 2 mặt cong (hoặc 1 mặt cong và 1 mặt phẳng).
- + Phân loại thấu kính (xét trong không khí):
 - Thấu kính rìa mỏng (thấu kính hội tụ): Phần rìa mỏng hơn phần giữa.
 - Thấu kính mép dày (thấu kính phân kỳ): Phần giữa mỏng hơn phần rìa.
- + Kí hiệu của thấu kính (xem hình dưới):



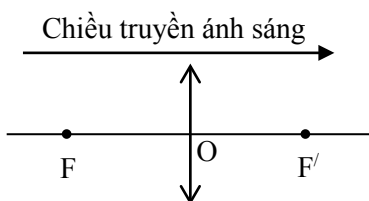
Thấu kính mép mỏng



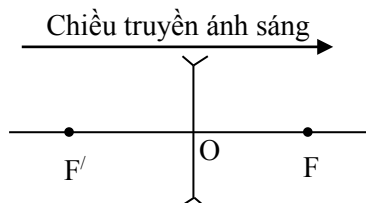
Thấu kính mép dày

2. Các đặc điểm của thấu kính

- + **Quang tâm:** Là điểm nằm giữa thấu kính.
 - Tính chất của quang tâm: Mọi tia sáng đi qua quang tâm đều truyền thẳng.
- + **Trục chính:** Đường thẳng qua quang tâm O và vuông góc với thấu kính gọi là trục chính. Các đường thẳng khác qua O gọi là trục phụ.
- + **Tiêu điểm chính:** Là điểm đặc biệt nằm trên trục chính, là nơi hội tụ (hoặc điểm đồng quy) của chùm tia ló (hoặc tia tới). Một thấu kính có 2 tiêu điểm chính (1 tiêu điểm vật F và 1 tiêu điểm ảnh F').
 - Tính chất: Nếu tia tới qua tiêu điểm vật chính thì tia ló song song với trục chính. Nếu tia tới song song với trục chính thì tia ló đi qua tiêu điểm ảnh chính.



Thấu kính hội tụ (TKHT)



Thấu kính phân kì (TKPK)

- Tiêu điểm vật của thấu kính hội tụ nằm trước thấu kính, của thấu kính phân kì thì nằm sau thấu kính (phía trước thấu kính là phía ánh sáng tới, phía sau thấu kính là phía ánh sáng ló ra khỏi thấu kính).
- Mặt phẳng vuông góc với trục chính tại tiêu điểm vật F gọi là tiêu diện vật. Mặt phẳng vuông góc với trục chính tại tiêu điểm ảnh F' gọi là tiêu diện ảnh.
- Giao của trục phụ với tiêu diện vật hay tiêu diện ảnh gọi là tiêu điểm vật phụ (F_p) hay tiêu điểm ảnh phụ (F'_p).

+ Tiêu cự - Độ tụ

- Tiêu cự là trị số đại số f của khoảng cách từ quang tâm O đến các tiêu điểm chính với quy ước:
 - $f > 0$ với thấu kính hội tụ.
 - $f < 0$ với thấu kính phân kì. ($|f| = OF = OF'$)
- Khả năng hội tụ hay phân kì chùm tia sáng của thấu kính được đặc trưng bởi độ tụ D xác định bởi:

$$D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_{tk}}{n_{mt}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Trong đó:

Bán kính $R > 0$: mặt lồi; $R < 0$: mặt lõm; $R = \infty$: mặt phẳng; đơn vị là m

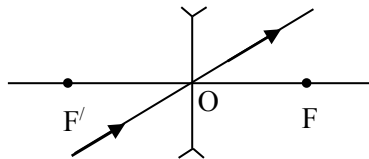
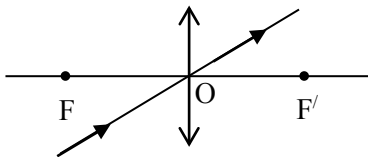
Tiêu cự f , đơn vị là m;

Độ tụ D, đơn vị là điốp – dp

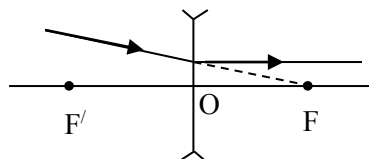
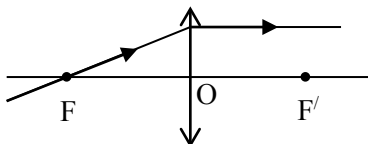
3. Đường đi của tia sáng qua thấu kính

☞ Các tia đặc biệt:

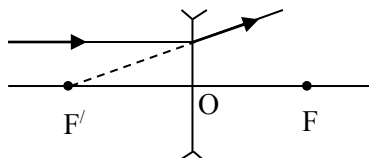
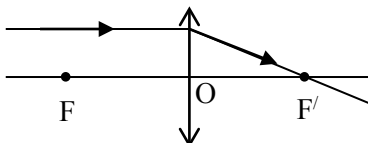
- + Tia qua quang tâm O thì truyền thẳng



- + Tia qua tiêu điểm chính (hoặc có đường kéo dài qua tiêu điểm chính F) cho tia ló song song trục chính.

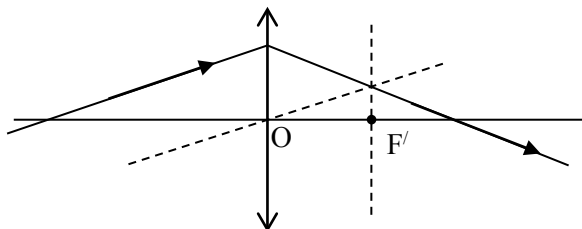


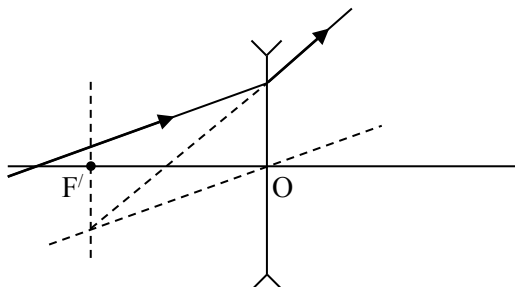
- + Tia tới song song trục chính cho tia ló (hoặc đường kéo dài của tia ló) đi qua tiêu điểm chính F'.



☞ Tia tới bất kỳ:

- + Vẽ tia tới SI bất kì đến gặp thấu kính.
- + Kẻ tiêu diện vuông góc trục chính tại tiêu điểm chính ảnh F'
- + Kẻ trục phụ song song với SI, cắt tiêu diện ảnh tại tiêu điểm ảnh phụ F'_p.
- + Tia ló (hoặc đường kéo dài của tia ló) đi qua tiêu điểm ảnh phụ F'_p.





4. Các công thức thấu kính

+ Công thức thấu kính: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow f = \frac{d \cdot d'}{d + d'}$; $d = \frac{d' \cdot f}{d' - f}$; $d' = \frac{d \cdot f}{d - f}$

+ Số phóng đại (chiều và độ lớn ảnh): $k = -\frac{d'}{d} = \frac{A'B'}{AB}$

Một số quy ước cần chú ý:

- ✎ Vật thật: $d > 0$; vật ảo $d < 0$
- ✎ Ảnh thật: $d' > 0$; ảnh ảo $d' < 0$
- ✎ Ảnh và vật ngược chiều: $k < 0$ (Ảnh và vật cùng tính chất).
- ✎ Ảnh và vật cùng chiều: $k > 0$ (Ảnh và vật trái tính chất).

II. CÁC DẠNG TOÁN

Dạng 1. Liên quan đến vẽ hình

A. Phương pháp giải

+ Sử dụng 2 trong 3 tia đặc biệt để vẽ. Cụ thể:

- Tia tới đi qua quang tâm O thì đi thẳng.
- Tia tới song song với trục chính cho tia ló (hoặc đường kéo dài của tia ló) đi qua tiêu điểm chính F' .
- Tia tới (hoặc đường kéo dài của tia tới) qua tiêu điểm chính F cho tia ló song song với trục chính.

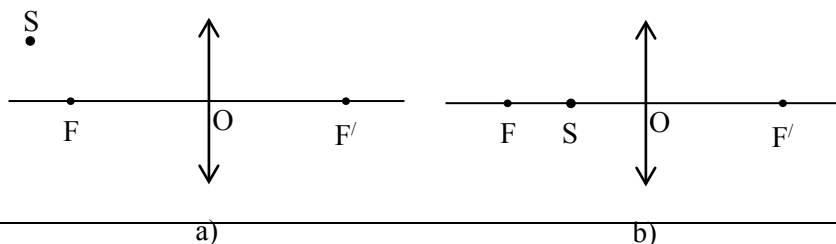
Những lưu ý khi giải quyết bài toán liên quan đến vẽ hình

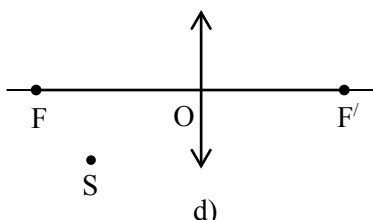
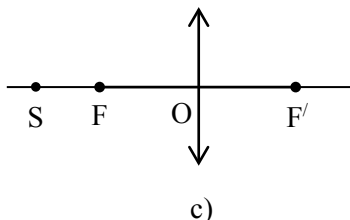
+ Tia tới bất kì song song với trục phụ thì tia ló (hoặc đường kéo dài của tia ló) đi qua tiêu điểm ảnh phụ F'_p .

- + Tia tới dọc theo vật, tia ló dọc theo ảnh.
- + Điểm vật, điểm ảnh, quang tâm thẳng hàng.
- + Giao của tia tới và tia ló là một điểm trên thấu kính.
- + Khi điểm sáng nằm trên trục chính, lúc này 3 tia đặc biệt trùng nhau nên phải sử dụng thêm tia bất kì.
 - ✎ Cách vẽ đường đi của tia tới bất kì:
 - Vẽ tia tới bất kì đến gặp thấu kính tại I.
 - Kẻ trục phụ song song với SI.
 - Kẻ tiêu diện ảnh.
 - Giao của trục phụ với tiêu diện ảnh là tiêu điểm ảnh phụ F'_p .
 - Tia ló là tia qua IF'_p
- ✎ Vật thật, ảnh thật thì ngược chiều (khác bên thấu kính). Vật thật, ảnh ảo thì cùng chiều (cùng bên thấu kính).
- ✎ Vật thật, ảnh thật vẽ bằng nét liền, ảnh ảo vẽ bằng nét đứt. Tia sáng vẽ bằng nét liền, có dấu mũi tên chỉ chiều truyền của tia sáng.
- + Nếu vật ở dạng đoạn thẳng AB và vuông góc với trục chính thì tiến hành dựng và xác định điểm ảnh A' và B' như phần điểm sáng. Nếu A nằm trên trục chính thì chỉ cần xác định B' rồi hạ vuông góc $\Rightarrow$ vị trí của A' .
- + Nếu vật ở dạng đoạn thẳng và tạo với trục chính một góc α thì ta sử dụng thêm tính chất: tia tới dọc theo vật và tia ló dọc theo ảnh để xác định.
- + Căn cứ vào tính chất và kích thước ảnh so với vật để xác định loại thấu kính.
 - Nếu vật và ảnh cùng bên thấu kính hoặc cùng chiều thì trái bản chất (vật thật, ảnh ảo).
 - Nếu vật và ảnh khác bên thấu kính hoặc ngược chiều thì cùng bản chất (vật thật, ảnh thật).

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Hãy vận dụng đường đi của tia sáng qua thấu kính hội tụ (TKHT) để dựng ảnh của vật trong các hình sau đây.



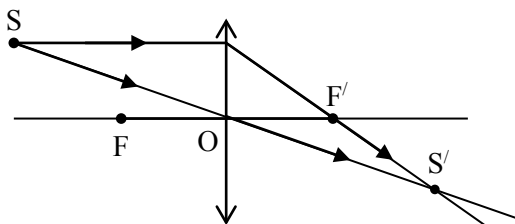


Hướng dẫn giải

a) Qua S kẻ tia tới song song với trục chính, tia ló đi qua tiêu điểm ảnh F' .

+ Qua S kẻ tia tới đi qua quang tâm O thì tia sáng truyền thẳng.

+ Giao của hai tia ló là ảnh S' cần xác định.

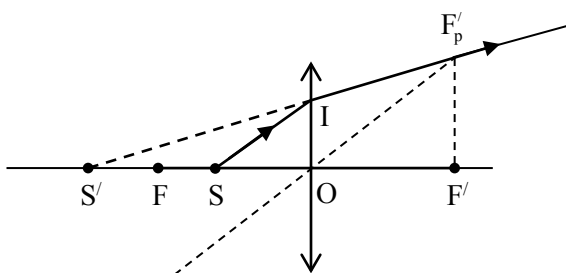


b) Vì S nằm trên trục chính nên ảnh S' cũng nằm trên trục chính.

+ Kẻ tia tới SI bất kì đến gặp thấu kính tại I

+ Kẻ trục phụ song song với tia SI

+ Kẻ tiêu diện ảnh qua F' , giao của trục phụ và tiêu diện ảnh là tiêu điểm ảnh phụ F'_p .



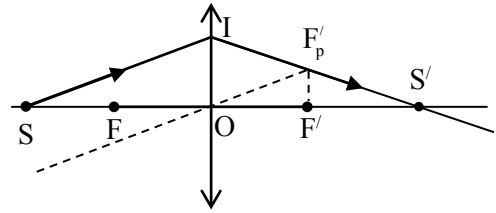
+ Tia tới song song với trục phụ thì tia ló đi qua tiêu điểm ảnh phụ, nên tia ló của tia tới SI đi qua F'_p . Giao của tia ló IF'_p với trục chính là ảnh S' của S cần xác định.

c) Kẻ tia tới SI bất

+ Kẻ trục phụ song song với SI

+ Qua F' kẻ đường vuông góc với trục chính, cắt trục phụ tại tiêu điểm phụ F'_p .

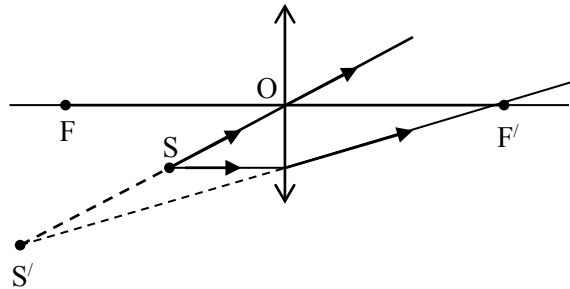
+ Tia tới song song với trục phụ thì tia ló qua tiêu điểm phụ nên tia ló qua I và F'_p , tia ló này cắt trục chính tại S' . S' là ảnh cần xác định.



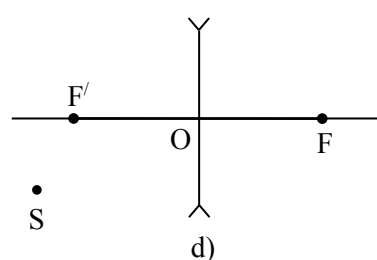
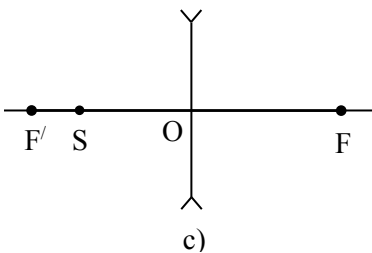
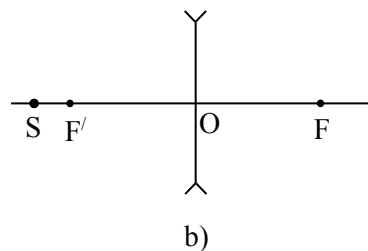
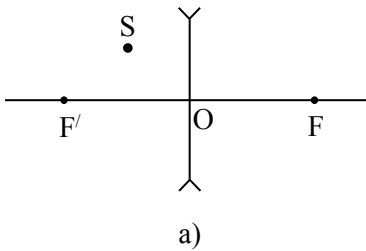
d) Qua S kẻ tia tới song song với trục chính, tia ló đi qua tiêu điểm ảnh F' .

+ Qua S kẻ tia tới đi qua quang tâm O thì tia sáng truyền thẳng.

+ Đường kéo dài của hai tia ló giao nhau tại S' là ảnh của S cần xác định.



Ví dụ 2: Hãy vận dụng đường đi của tia sáng qua thấu kính phân kỳ (TKPK) để dựng ảnh của vật trong các hình sau đây.

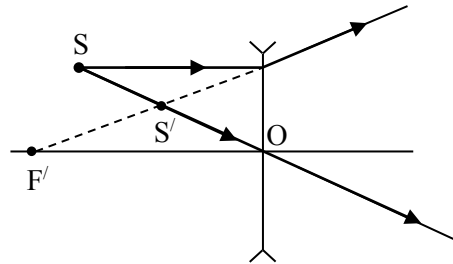


Hướng dẫn giải

a) Qua S kẻ tia tới song song với trục chính, tia ló có đường kéo dài đi qua tiêu điểm ảnh F' .

+ Qua S kẻ tia tới đi qua quang tâm O thì tia sáng truyền thẳng.

+ Đường kéo dài của hai tia ló giao nhau tại S' là ảnh của S cần xác định.

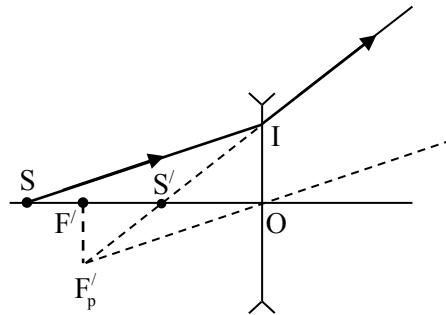


b) Vì S nằm trên trục chính nên ảnh S' cũng nằm trên trục chính.

+ Kẻ tia tới SI bất kì đến gặp thấu kính tại I.

+ Kẻ trục phụ song song với tia SI.

+ Kẻ tiêu diện ảnh qua F' , giao của trục phụ và tiêu diện ảnh là tiêu điểm ảnh phụ F'_p .

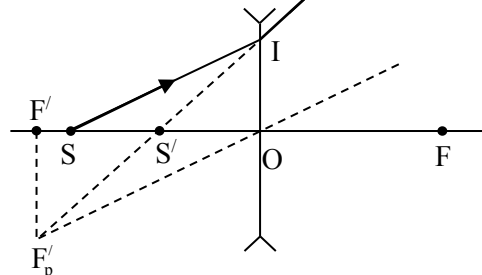


+ Tia tới song song với trục phụ thì tia ló có đường kéo dài đi qua tiêu điểm ảnh phụ, nên tia ló của tia tới SI đi qua F'_p . Đường kéo dài của tia ló IF'_p giao với trục chính tại S' là ảnh của S cần xác định.

c) Kẻ tia tới SI bất

+ Kẻ trục phụ song song với SI

+ Qua F' kẻ đường vuông góc với trục chính, cắt trục phụ tại tiêu điểm phụ F'_p .

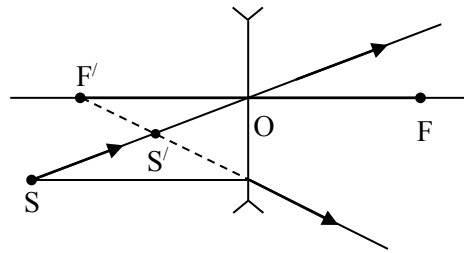


+ Tia tới song song với trục phụ thì tia ló có đường kéo dài qua tiêu điểm phụ nên tia ló qua I và F'_p , tia ló này kéo dài cắt trục chính tại S' . S' là ảnh cần xác định.

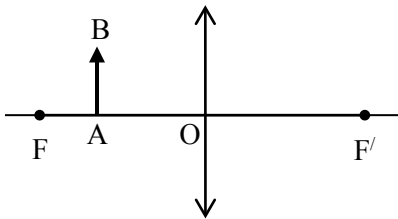
d) Qua S kẻ tia tới song song với trục chính, tia ló có đường kéo dài đi qua tiêu điểm ảnh F' .

+ Qua S kẻ tia tới đi qua quang tâm O thì tia sáng truyền thẳng.

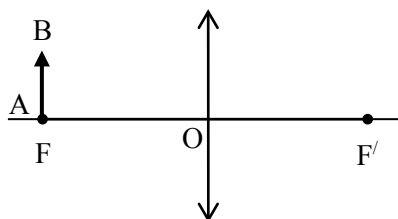
+ Đường kéo dài của hai tia ló giao nhau tại S' là ảnh của S cần xác định.



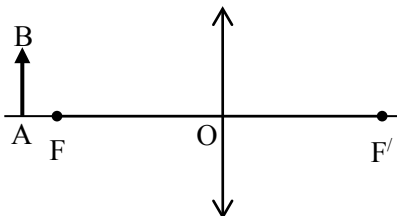
Ví dụ 3: Hãy vận dụng đường đi của tia sáng qua thấu kính hội tụ (TKHT) để dựng ảnh của vật trong các hình sau đây. Sau đó hãy nhận xét về sự tạo ảnh của thấu kính này.



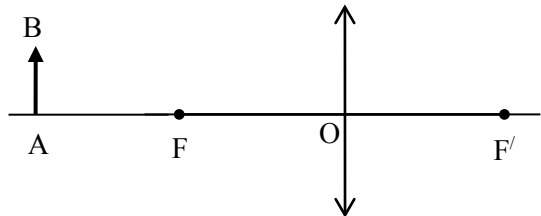
a)



b)



c)



d)

Hướng dẫn:

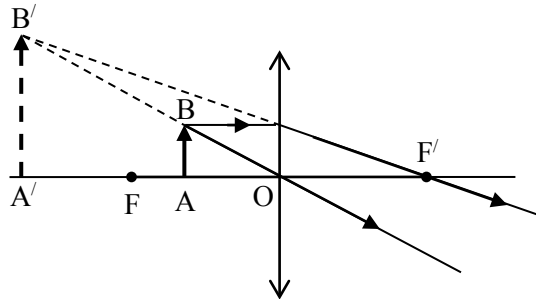
a) Qua B kẻ tia tới song song với trục chính thì tia ló đi qua tiêu điểm ảnh F' .

+ Qua B kẻ tia tới qua quang tâm O, thì tia ló truyền thẳng

+ Kéo dài hai tia ló, giao của chúng là ảnh B' . (ảnh ảo)

+ Từ B' hạ vuông góc xuống trục chính tại A' .

+ Vậy $A'B'$ là ảnh ảo lớn hơn vật AB ($0 < d < f$).

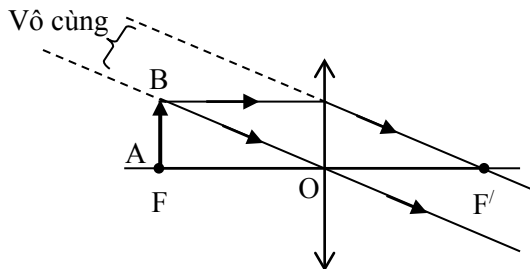


b) Qua B kẻ tia tới song song với trục chính thì tia ló đi qua tiêu điểm ảnh F'

+ Qua B kẻ tia tới qua quang tâm O, thì tia ló truyền thẳng

+ Hai tia tới song song nên kéo dài hai tia ló sẽ cho ảnh ở vô cùng (hai tia song song thì không cắt nhau)

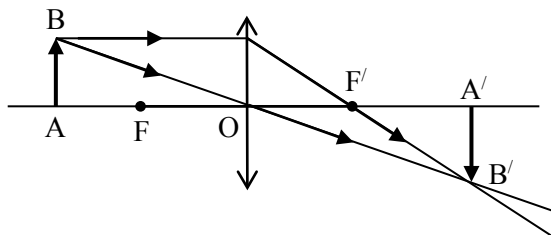
+ Vậy $A'B'$ là ảnh ảo ở vô cùng ($d = f$).



c) Qua B kẻ tia tới song song với trục chính thì tia ló đi qua tiêu điểm ảnh F' .

+ Qua B kẻ tia tới qua quang tâm O, thì tia ló truyền thẳng.

+ Giao của hai tia ló là ảnh B' . (ảnh thật)



+ Từ B' hạ vuông góc xuống trục chính tại A'.

+ Vậy A'B' là ảnh thật nhỏ hơn vật AB ($f < d < 2f$).

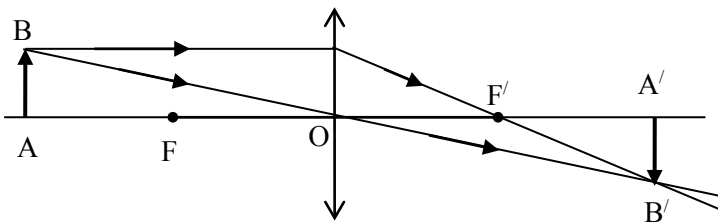
d) Qua B kẻ tia tới song song với trục chính thì tia ló đi qua tiêu điểm ảnh F'

+ Qua B kẻ tia tới qua quang tâm O, thì tia ló truyền thẳng.

+ Giao của hai tia ló là ảnh B' (ảnh thật).

+ Từ B' hạ vuông góc xuống trục chính tại A'

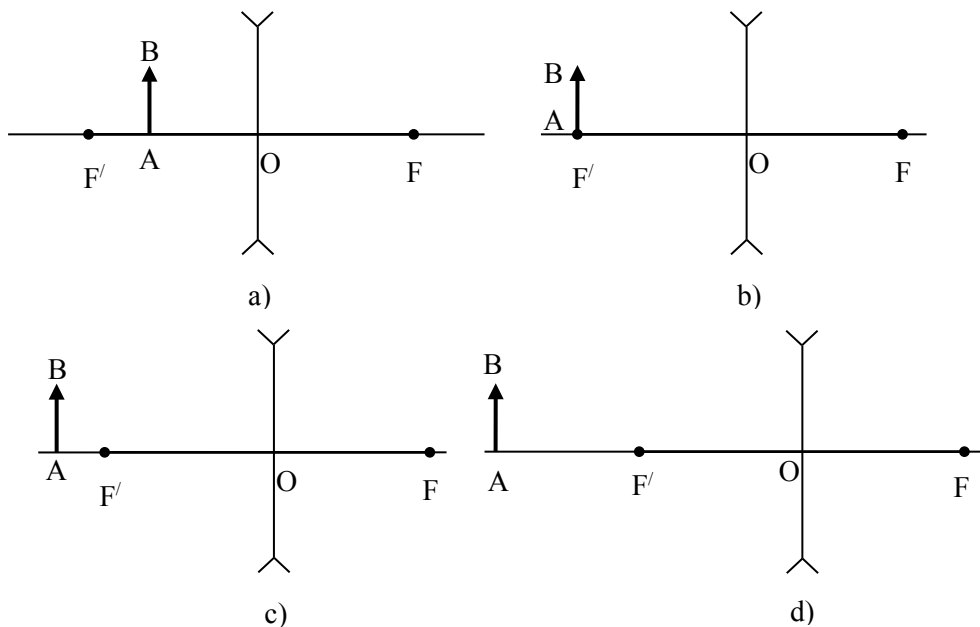
+ Vậy A'B' là ảnh thật, ngược chiều và cao bằng vật ($d = 2f$).



Nhận xét: Vật thật đặt trước thấu kính hội tụ thì ảnh có thể là ảnh thật hoặc ảnh ảo tùy thuộc vào khoảng cách vật đến thấu kính. Cụ thể như bảng sau:

Vật	Ảnh
$0 < d < f$	Ảnh ảo, cùng chiều và lớn hơn vật.
$d = f$	Ảnh ở vô cùng.
$f < d < 2f$	Ảnh thật, ngược chiều và lớn hơn vật.
$d = 2f$	Ảnh thật và cao bằng vật.
$2f < d$	Ảnh thật, ngược chiều và nhỏ hơn vật.

Ví dụ 4: Hãy vận dụng đường đi của tia sáng qua thấu kính phân kỳ (TKPK) để dựng ảnh của vật trong các hình sau đây. Sau đó hãy nhận xét về sự tạo ảnh của thấu kính này.



Hướng dẫn giải

Vật thật đặt trước thấu kính phân kỳ luôn cho ảnh ảo, cùng chiều và nhỏ hơn vật.

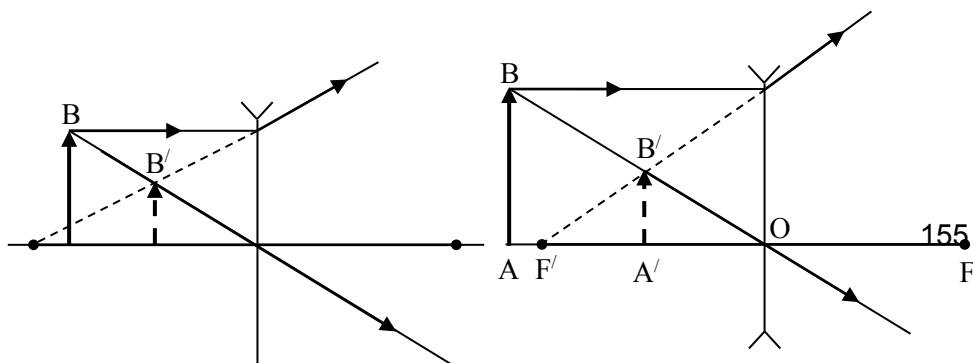
Vì thế để xác định ảnh của vật qua thấu kính phân kỳ ta chỉ cần hai tia để vẽ.

Tia thứ nhất: song song với trục chính.

Tia thứ hai: đi qua quang tâm.

Cụ thể như sau

- + Qua B kẻ tia tới song song với trục chính thì tia ló kéo dài qua tiêu điểm ảnh F' .
- + Qua B kẻ tia tới qua quang tâm O, thì tia ló truyền thẳng
- + Kéo dài hai tia ló, giao của chúng là ảnh B' .
- + Từ B' hạ vuông góc xuống trục chính tại A' .
- + Vậy $A'B'$ là ảnh của AB cần dựng.

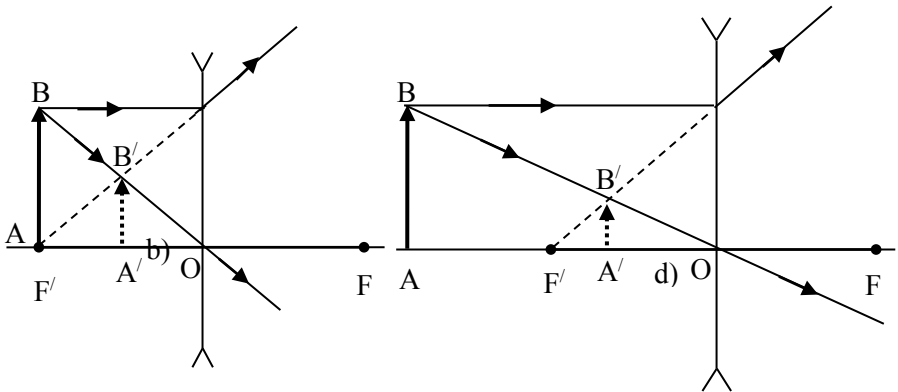


$F' \quad A \quad A' \quad O$

F

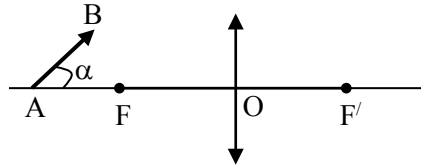
a

c



Nhận xét: Vật thật qua thấu kính phân kỳ luôn cho ảnh ảo nhỏ hơn vật.

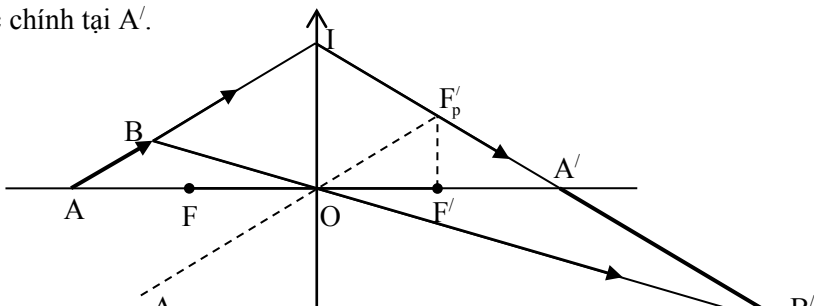
Ví dụ 5: Cho vật sáng AB có dạng đoạn thẳng AB, tạo với trục chính một góc α như hình. Hãy dựng ảnh của vật AB qua thấu kính, nói rõ cách dựng.



Hướng dẫn giải

+ Kẻ trục phụ Δ song song với AB, qua F' kẻ đường vuông góc với trục chính, cắt trục phụ tại tiêu điểm phụ F'_p .

+ Kẻ tia ABI đi trùng vào AB, tia khúc xạ tại I qua tiêu điểm phụ F'_p đi trùng vào $A'B'$. Vì A thuộc trục chính nên A' cũng thuộc trục chính, do đó tia khúc xạ IF'_p cắt trục chính tại A' .



+ Kẻ tia xuất phát từ B qua quang tâm O truyền thẳng cắt tia khúc xạ IF_p' tại $B' \Rightarrow A'B'$ chính là ảnh cần dựng.

Cũng có thể tìm riêng lẻ từng ảnh của hai điểm A, B.

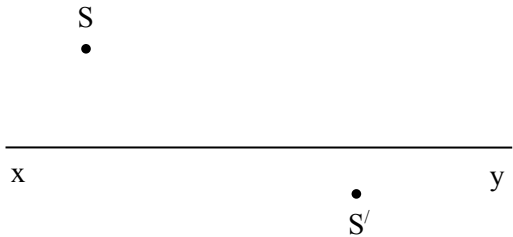
Điểm B nằm ngoài trục chính nên để tìm ảnh của B ta cần vẽ hai tia là tia xuất phát từ B song song với trục chính và tia đi qua quang tâm.

Điểm A nằm trên trục chính nên chỉ cần 1 tia là tia bất kỳ tới thấu kính. Vì nó không phải là tia đặc biệt nên cần vẽ thêm trục phụ và sau đó xác định tiêu điểm ảnh phụ nữa là xong.

Các bạn tự vẽ hình trường hợp này nhé!

Ví dụ 6: Trong hình dưới xy là trục chính của thấu kính, S là điểm vật thật, S' là điểm ảnh. Với mỗi trường hợp hãy xác định:

- S' là ảnh gì ?
- Thấu kính thuộc loại nào ?
- Các tiêu điểm chính bằng phép vẽ, nêu cách vẽ.

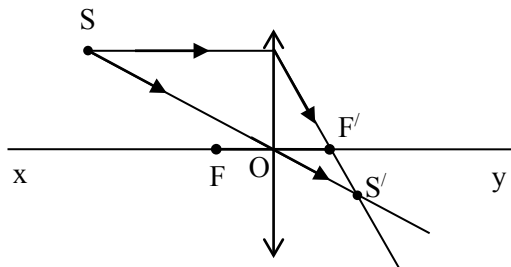


Hướng dẫn giải

a) Vì S' và S ở hai bên thấu kính nên cùng tính chất, do đó S' là ảnh thật.

b) Vì S' là ảnh thật nên thấu kính là thấu kính hội tụ.

c) Xác định tiêu điểm chính của thấu kính.



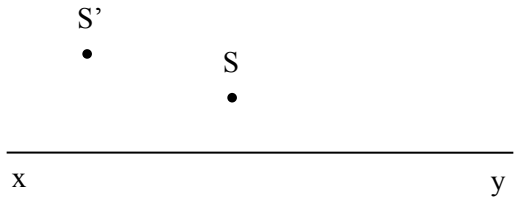
+ Quang tâm là giao điểm của đường thẳng nối điểm vật, điểm ảnh với trục chính nên SS' cắt xy tại O .

+ Qua O dựng thấu kính hội tụ vuông góc với xy .

+ Vẽ tia SI song song với trục chính xy thì tia ló IS' sẽ cắt trục chính xy tại tiêu điểm F' . Qua O lấy F đối xứng với F' .

Ví dụ 7: Trong hình dưới xy là trục chính của thấu kính, S là điểm vật thật, S' là điểm ảnh. Với mỗi trường hợp hãy xác định:

- S' là ảnh gì ?
- Thấu kính thuộc loại nào ?
- Các tiêu điểm chính bằng phép vẽ, nêu cách vẽ.

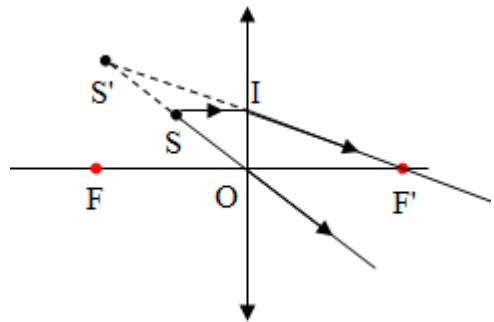


Hướng dẫn giải

a) Vì S' và S ở cùng bên thấu kính nên trái tính chất. Theo bài ra, S là vật thật do đó S' là ảnh ảo.

b) S' là ảnh ảo có khoảng cách từ S' tới trục chính lớn hơn khoảng cách từ vật đến trục chính nên thấu kính là thấu kính hội tụ.

c) Xác định tiêu điểm chính của thấu kính.



+ Vì điểm vật, điểm ảnh, quang tâm O thẳng hàng nên nối S với S' cắt xy tại O .

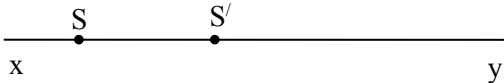
+ Qua O dựng thấu kính hội tụ vuông góc với xy .

+ Vẽ tia SI song song với trục chính xy thì tia ló IS' sẽ cắt trục chính xy tại tiêu điểm F' . Qua O lấy F đối xứng với F' .

Ví dụ 8: Trong hình dưới xy là trục chính của thấu kính, S là điểm vật thật, S' là

điểm ảnh. Với mỗi trường hợp hãy xác định:

- S' là ảnh gì ?
- Thấu kính thuộc loại nào ?
- Các tiêu điểm chính bằng phép vẽ, nêu cách vẽ.



Hướng dẫn giải

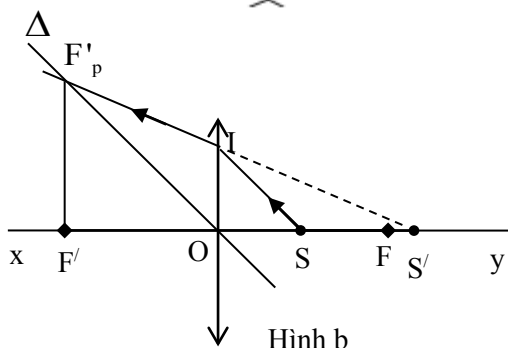
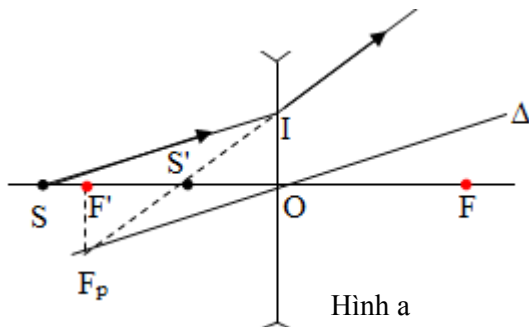
a) Từ hình vẽ ta thấy: S' và S cùng nằm trên trục chính nên S' chưa thể xác định là ảnh thật hay ảnh ảo.

b) Thấu kính thuộc loại nào?

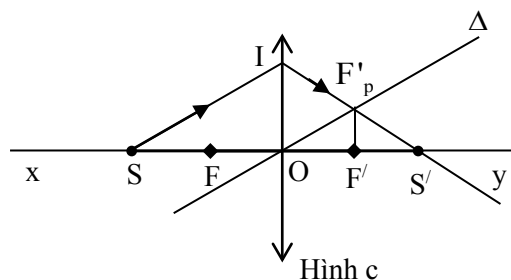
- Trường hợp 1: S, S' cùng một bên so với thấu kính thì S' là ảnh ảo. Trong trường hợp này thấu kính có thể là hội tụ hoặc phân kỳ.

+ Nếu thấu kính là phân kỳ thì phải đặt thấu kính bên phải S và S' như hình a.

+ Nếu thấu kính là hội tụ thì phải đặt thấu kính bên trái S và S' như hình b.



- Trường hợp 2: Nếu S, S' nằm ở hai bên so với thấu kính thì S' là ảnh thật. Trong trường hợp này thấu kính chỉ có thể là hội tụ. Khi đó thấu kính hội tụ phải đặt giữa S và S' như hình c.

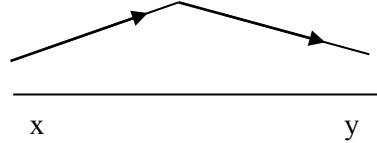
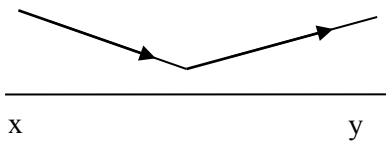


c) Xác định tiêu điểm chính của thấu kính.

+ Vẽ thấu kính thẳng góc với trục chính.

+ Vẽ tia tới SI bất kì song song với trục phụ Δ , tia ló IS' có đường kéo dài cắt trục phụ tại F'_p , từ F'_p hạ vuông góc xuống trục chính, cắt trục chính tại F' , lấy F đối xứng với F' qua O.

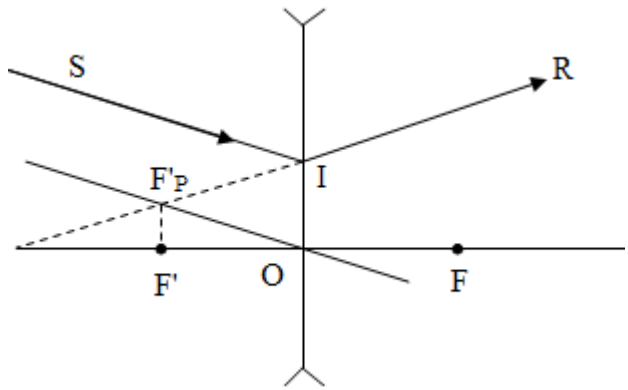
Ví dụ 9: Hãy xác định loại thấu kính, quang tâm O và các tiêu điểm chính của thấu kính?



Hướng dẫn giải a)

a) Vì tia tới có đường kéo dài qua trục chính nên thấu kính là thấu kính phân kì.

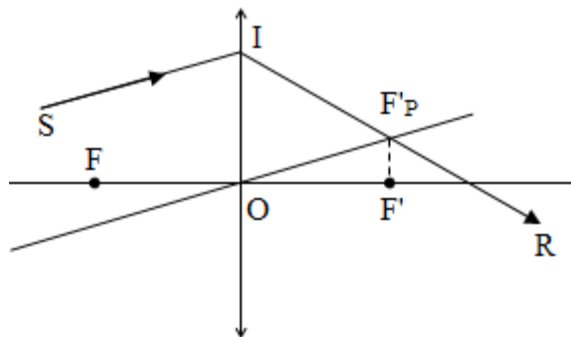
+ Giao của tia tới và tia ló là một điểm trên thấu kính. Gọi I là giao của tia tới và tia ló. Từ I kẻ vuông góc đến trục chính xy thì cắt xy tại O. Qua O dựng thấu kính phân kì.



+ Kẻ trục phụ song song với tia tới SI, trục phụ cắt đường kéo dài của tia ló tại tiêu điểm phụ F'_p . Hạ vuông góc từ F'_p đến trục chính, cắt trục chính tại F' . Lấy F đối xứng với F' qua O.

b) Vì tia ló IR đi qua trục chính nên thấu kính là thấu kính hội tụ.

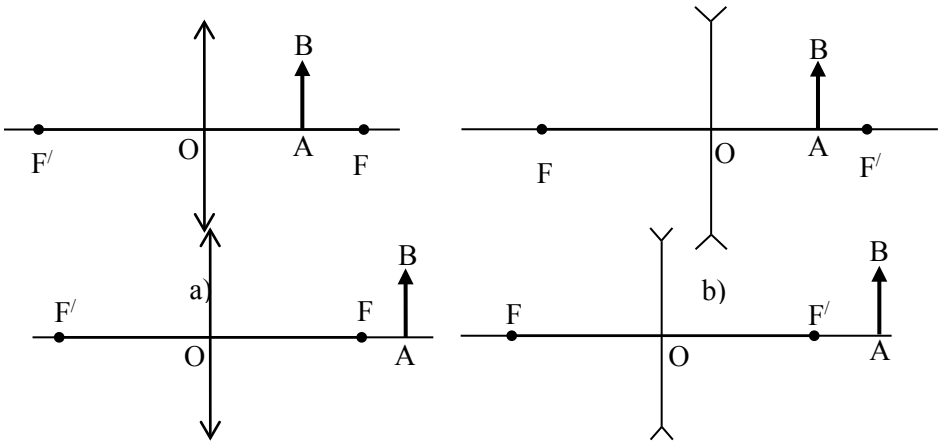
+ Giao của tia tới SI và tia ló IR là một điểm trên thấu kính. Gọi I là giao của tia tới và tia ló. Từ I kẻ vuông góc đến trục chính xy thì cắt xy tại O. Qua O dựng thấu kính hội tụ.



+ Kẻ trục phụ song song với tia tới SI, trục phụ cắt đường tia ló IR tại tiêu điểm phụ F'_p . Hạ vuông góc từ F'_p đến trục chính, cắt trục chính tại F' . Lấy F đối xứng với F' qua O.

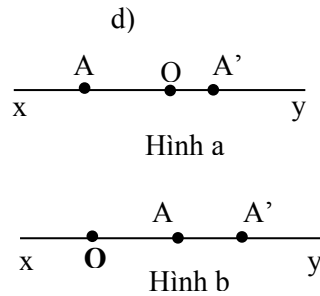
C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Hãy vẽ ảnh $A'B'$ của vật sáng AB trong các trường hợp sau:

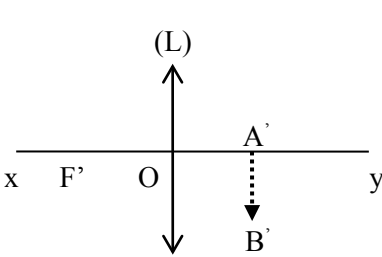


Bài 2. Trong hình vẽ, xy là trục chính của thấu kính, A là điểm vật thật, A' là ảnh của A tạo bởi thấu kính, O là quang tâm của thấu kính. Với mỗi trường hợp, hãy xác định:

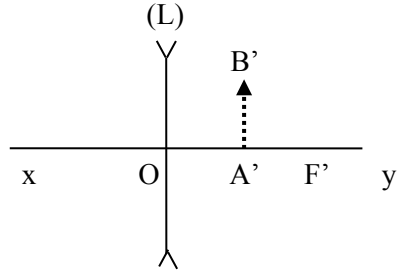
- A' là ảnh thật hay ảo?
- Loại thấu kính.
- Các tiêu điểm chính (bằng phép vẽ).



Bài 3. Trong hình vẽ sau đây, xy là trục chính của thấu kính (L), F' là tiêu điểm ảnh chính của thấu kính, $A'B'$ là ảnh ảo của vật AB . Với mỗi trường hợp, hãy xác định vị trí vật bằng phép vẽ. Nêu cách vẽ.



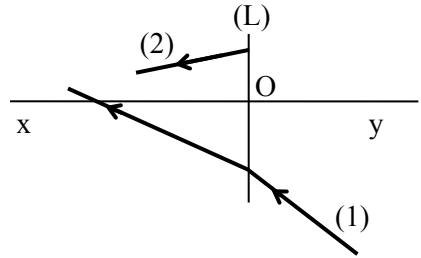
Hình a



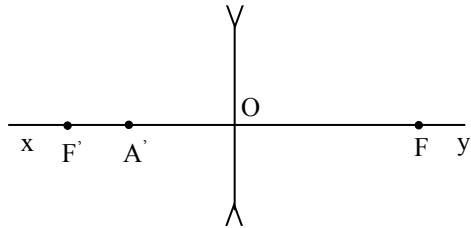
Hình b

Bài 4. Cho xy là trục chính của thấu kính (L): (1) là đường đi của một tia sáng truyền qua thấu kính. (2) là một phần của tia sáng khác.

Hãy bổ sung phần còn thiếu của (2). Nêu cách vẽ.

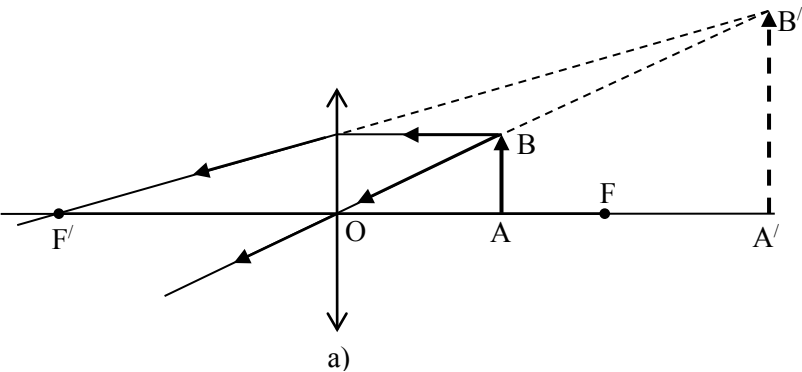


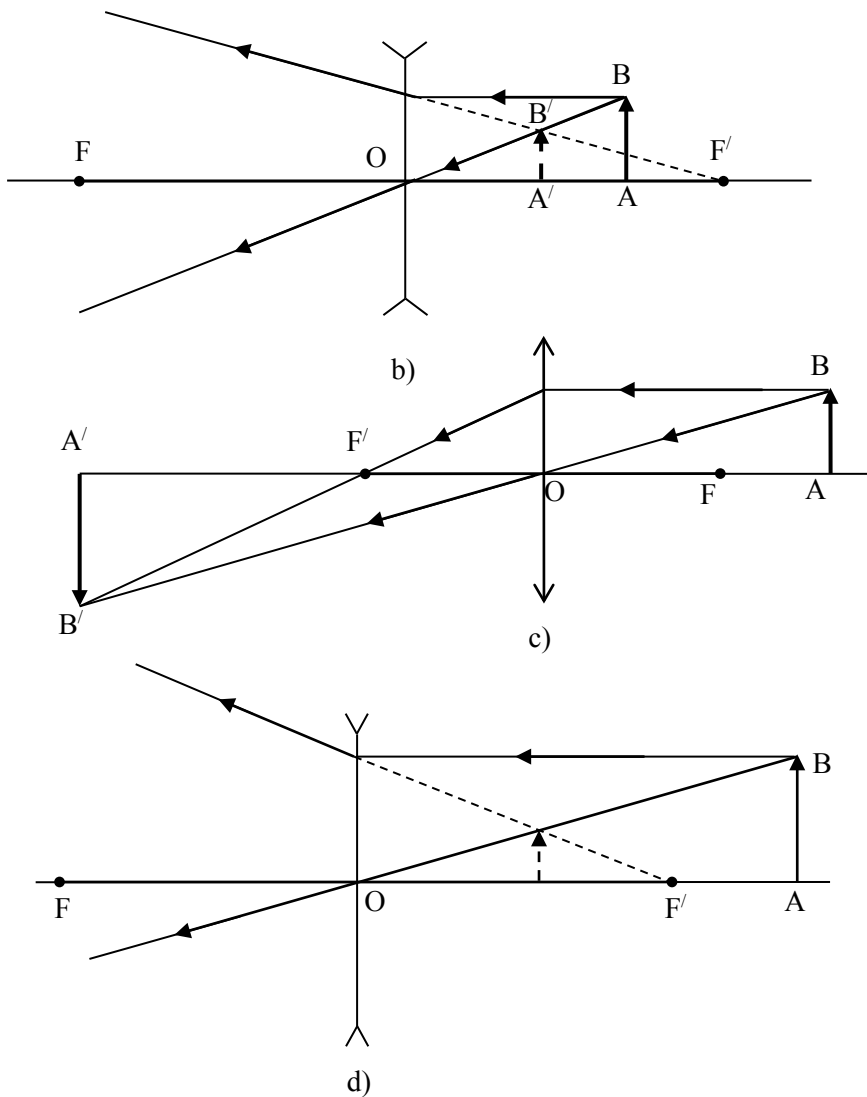
Bài 5. Trong hình vẽ dưới, xy là trục chính của thấu kính, A là điểm vật, A' là ảnh của A tạo bởi thấu kính. Bằng phép vẽ, hãy xác định vị trí của điểm vật A .



D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Sử dụng 2 trong 3 tia đặc biệt ta vẽ được ảnh $A'B'$ của vật sáng AB như các hình dưới.



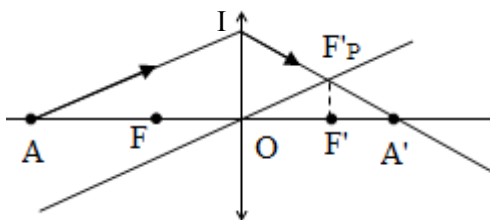


Bài 2.

* Hình a:

- + Vì A, A' nằm hai phía của quang tâm O , A là vật thật nên A' là ảnh thật của A nên đây là thấu kính hội tụ.
- + Từ O , dựng thấu kính hội tụ vuông góc với trục chính.

- + Dựng tia sáng bất kì cắt thấu kính tại I, nối IA' cắt trục phụ song song với AI tại tiêu điểm ảnh phụ F'_p , từ tiêu điểm ảnh phụ hạ đường thẳng vuông góc với trục chính cắt trục chính tại tiêu điểm ảnh chính F' .

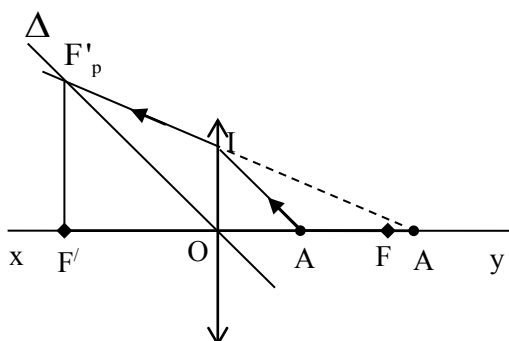


- + Lấy F đối xứng với F' qua O.

*** Hình b:**

- + Vì A, A' nằm cùng phía so với quang tâm O, A là vật thật nên A' là ảnh ảo của A, $A'O > AO$ nên đây là thấu kính hội tụ.
- + Từ O, dựng thấu kính hội tụ vuông góc với trục chính.

- + Dựng tia sáng bất kì cắt thấu kính tại I, nối IA' cắt trục phụ song song với AI tại tiêu điểm ảnh phụ F'_p , từ tiêu điểm ảnh phụ hạ đường thẳng vuông góc với trục chính cắt trục chính tại tiêu điểm ảnh chính F' .

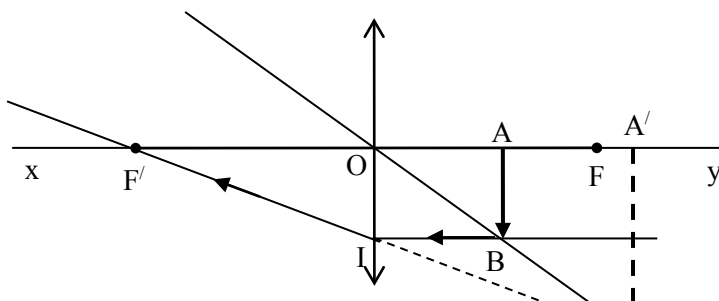


- + Lấy F đối xứng với F' qua O.

Bài 3.

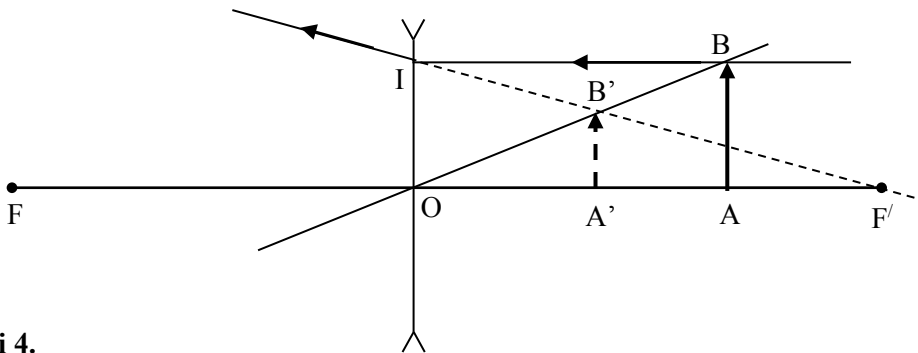
*** Hình a:**

- + $A'B'$ là ảnh ảo và nằm khác phía với F' so với thấu kính nên F' nằm bên kia thấu kính so với chiều truyền ánh sáng.
- + Nối $B'F'$ cắt thấu kính tại I, từ I dựng đường thẳng song song với trục chính.
- + Nối $B'O$ cắt đường thẳng song song ở trên tại B.
- + Từ B hạ đường thẳng vuông góc với trục chính cắt trục chính tại A.



* **Hình b:**

- + $A'B'$ là ảnh ảo và cùng phía với F' so với thấu kính nên F' nằm cùng phía so với chiều truyền ánh sáng.
- + Nối $B'F'$ cắt thấu kính tại I , từ I dựng đường thẳng song song với trục chính.
- + Nối $B'O$ cắt đường thẳng song song ở trên tại B .
- + Từ B hạ đường thẳng vuông góc với trục chính cắt trục chính tại A .



Bài 4.

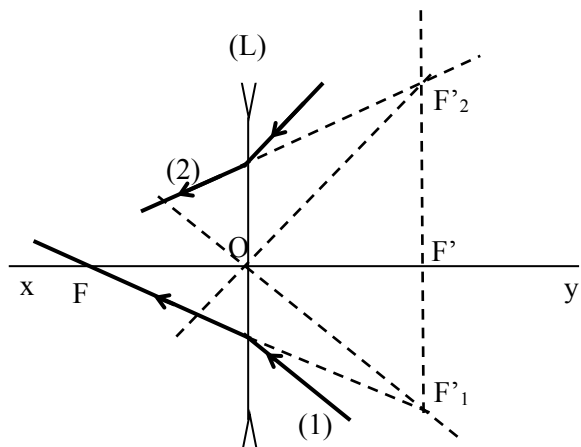
* Xác định F, F' , loại thấu kính:

- + Dựng trục phụ song song với tia tới của (1).
- + Kéo dài tia ló của (1) cắt trục phụ tại F_1' .
- + Từ F_1' hạ đường thẳng vuông góc với trục chính cắt trục chính tại F' .
- + Lấy F đối xứng với F' qua O .

+ Vì F' cùng phía với tia tới nên thấu kính là thấu kính phân kì.

* Vẽ phần còn thiếu của (2):

- + Kéo dài tia ló của (2) cắt tiêu diện ảnh tại F_2' .
- + Nối F_2' và O ta được trục phụ của (2).
- + Vẽ tia tới song song với trục phụ vừa vẽ.

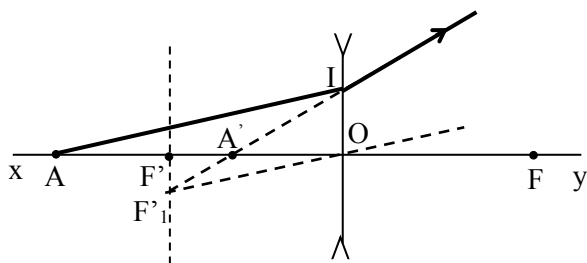


Bài 5.

Xác định vị trí của điểm vật

A:

- Vì thấu kính phân kì nên F' nằm cùng phía với tia tới so với thấu kính nên tia tới sẽ truyền từ trái sang phải.



- Vẽ tia ló bất kì qua ảnh A' cắt tiêu diện ảnh tại tiêu điểm ảnh phụ F_1' , cắt thấu kính tại I.
- Nối F_1' và O ta được trục phụ ứng với tia tới tương ứng.
- Từ I dựng tia tới song song với trục phụ cắt trục chính tại A: A là vị trí của điểm đặt vật.

Dạng 2. Liên quan đến tiêu cự và độ tụ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

- Tiêu cự là trị số đại số f của khoảng cách từ quang tâm O đến các tiêu điểm chính với quy ước:

$f > 0$ với thấu kính hội tụ.

$f < 0$ với thấu kính phân kì. ($|f| = OF = OF'$)

- Khả năng hội tụ hay phân kì chùm tia sáng của thấu kính được đặc trưng bởi độ tụ D xác định bởi :

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

Trong đó:

+ D là độ tụ, đơn vị là điốp – dp.

+ f là tiêu cự, đơn vị là thứ nguyên của độ dài.

+ R_1, R_2 là các bán kính (mặt lồi $R > 0$; mặt cầu lõm $R < 0$; mặt phẳng $R = \infty$)

+ n là chiết suất của thấu kính.

+ n' là chiết suất của môi trường. (môi trường là không khí thì $n' = 1$)

Chú ý: Khi tính D thì đơn vị của f và R là đơn vị chuẩn (đơn vị m)

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Thủy tinh làm thấu kính có chiết suất $n = 1,5$.

a) Tìm tiêu cự của các thấu kính khi đặt trong không khí. Nếu:

- Hai mặt lồi có bán kính 10 cm, 30 cm
- Mặt lồi có bán kính 10 cm, mặt lõm có bán kính 30 cm.

b) Tính lại tiêu cự của thấu kính trên khi chúng được chìm vào trong nước có chiết suất $n_1 = 4/3$.

Hướng dẫn giải

a) Ta có:
$$D = \frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n'} - 1\right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Khi thấu kính đặt trong không khí thì: $n' = 1$

Khi hai mặt lồi có bán kính 10 cm, 30 cm thì: $R_1 = 10\text{cm}$; $R_2 = 30\text{cm}$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \left(\frac{1,5}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{30} \right) \Rightarrow f = 15(\text{cm})$$

Khi mặt lồi có bán kính 10 cm, mặt lõm có bán kính 30 cm thì:

$$R_1 = 10\text{cm}; R_2 = -30\text{cm}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \left(\frac{1,5}{1} - 1 \right) \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{-30} \right) \Rightarrow f = 30(\text{cm})$$

b) Khi chìm trong nước thì $n' = 4/3$

Hai mặt lồi có bán kính 10 cm, 30 cm:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1,5}{4/3} - 1 \right) \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{30} \right) \Rightarrow f = 60(\text{cm})$$

Mặt lồi có bán kính 10 cm, mặt lõm có bán kính 30 cm:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{1,5}{4/3} - 1 \right) \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{-30} \right) \Rightarrow f = 120(\text{cm})$$

Ví dụ 2: Một thấu kính hai mặt lồi. Khi đặt trong không khí, thấu kính có độ tụ D_1 ; khi đặt trong chất lỏng có chiết suất $n' = 1,68$ thấu kính lại có độ tụ $D_2 = -\frac{D_1}{5}$.

a) Tính chiết suất n của thấu kính.

b) Cho $D_1 = 2,5\text{dp}$ và biết rằng một mặt có bán kính cong gấp 4 lần bán kính cong của mặt kia. Hãy tính các bán kính cong của hai mặt thấu kính.

Hướng dẫn giải

Khi thấu kính đặt trong không khí thì:

$$D_1 = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (1)$$

Khi thấu kính đặt trong chất lỏng có chiết suất n' thì:

$$D_2 = \left(\frac{n}{n'} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (2)$$

a) Chiết suất n của thấu kính

Từ (1) và (2) ta có:
$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\frac{n}{n'} - 1}{n - 1} \Leftrightarrow -\frac{1}{5} = \frac{\frac{n}{1,68} - 1}{n - 1}$$

$$\Leftrightarrow 5 \cdot \left(\frac{n}{1,68} - 1 \right) = (1 - n) \Leftrightarrow \frac{167}{42}n = 6 \Rightarrow n = 1,5.$$

Vậy: Chiết suất của thấu kính là $n = 1,5$.

b) Bán kính cong của hai mặt thấu kính

Từ: $D_1 = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \Leftrightarrow 2,5 = (1,5 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{4R_1} \right).$

$$\Rightarrow R_1 = 0,25\text{m} = 25\text{cm} \text{ và } R_2 = 4R_1 = 4 \cdot 25 = 100\text{cm}.$$

Vậy: Bán kính cong của hai mặt thấu kính là $R_1 = 25\text{cm}$ và $R_2 = 100\text{cm}$.

Ví dụ 3: Một thấu kính bằng thuỷ tinh (chiết suất $n = 1,5$) đặt trong không khí có độ tụ 8 điốp. Khi nhúng thấu kính vào một chất lỏng nó trở thành một thấu kính phân kì có tiêu cự 1m. Tính chiết suất của chất lỏng.

Hướng dẫn giải

Khi đặt thấu kính trong không khí thì:

$$D = (1,5 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = 8\text{dp} \quad (1)$$

Khi đặt thấu kính trong chất lỏng có chiết suất n' thì:

$$D_1 = \left(\frac{1,5}{n'} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = -1\text{dp} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có:
$$-8 = \frac{(1,5-1)}{\left(\frac{1,5}{n'}-1\right)} \Rightarrow \left(\frac{1,5}{n'}-1\right) = \frac{-1}{16} \Rightarrow n' = 1,6$$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Đặt thấu kính phẳng – lồi bằng thủy tinh nằm ngang trong không khí sao cho mặt phẳng ở trên. Biết bán kính cong của mặt lồi là 20 cm và chiết suất của thủy tinh $n = 1,5$. Xác định độ tụ của thấu kính nói trên.

Bài 2. Một thấu kính thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$. Khi đặt trong không khí, thấu kính có tụ số 5dp; khi nhúng thấu kính vào chất lỏng chiết suất n' thấu kính có tiêu cự $f' = -1\text{m}$. Tính chiết suất n' của chất lỏng.

Bài 3. Một thấu kính có dạng một mặt phẳng một mặt cầu, làm bằng thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$. Đặt trong không khí. Một chùm tia sáng tới song song với trục chính cho chùm tia ló hội tụ tại điểm phía sau thấu kính, cách thấu kính 12 cm.

a) Thấu kính thuộc loại lồi hay lõm.

b) Tính bán kính mặt cầu ?

Bài 4. Một thấu kính hai mặt lồi cùng bán kính R , khi đặt trong không khí 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 thì thấy điểm hội tụ cách thấu kính 80 cm. Tính R , cho biết chiết suất của nước bằng $4/3$.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Độ tụ của thấu kính đặt trong không khí:
$$D = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Theo bài ra:
$$\begin{cases} R_1 = 20\text{cm} = 0,2\text{m} \\ R_2 = \infty \end{cases} \Rightarrow D = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} \right) = (1,5-1) \left(\frac{1}{0,2} \right) = 2,5\text{dp}$$

Bài 2.

Khi thấu kính đặt trong không khí thì:

$$D = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = 5\text{dp} \quad (1)$$

Khi thấu kính đặt trong chất lỏng có chiết suất n' :

$$D' = \left(\frac{n}{n'} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f'} = \frac{1}{-1} = -1dp \quad (2)$$

Từ (1) và (2) $\Rightarrow \frac{D'}{D} = \frac{\frac{n}{n'} - 1}{\frac{n}{n} - 1} = -\frac{1}{5} \Leftrightarrow 5(n - n') = -(n - 1)n'$

$$\Rightarrow n' = \frac{5n}{6 - n} = \frac{5 \cdot 1,5}{6 - 1,5} = 1,67$$

Vậy: Chiết suất của chất lỏng là $n' = 1,67$.

Bài 3.

a) Vì chùm tia ló hội tụ nên đó là thấu kính hội tụ $\Rightarrow$ mặt cầu là mặt lồi

b) Theo đề ra ta có: $f = 12(\text{cm})$

Mà: $\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \Leftrightarrow \frac{1}{12} = (1,5 - 1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow R = 6(\text{cm})$

Bài 4.

Khi đặt thấu kính trong không khí thì: $\frac{1}{f} = \frac{1}{30} = (n - 1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) \quad (1)$

Khi đặt thấu kính trong nước thì điểm hội tụ cách thấu kính 80 cm nên $f_1 = 80 \text{ cm}$.

Ta có: $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{80} = \left(\frac{n}{4/3} - 1 \right) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) \quad (2)$

Từ (1) và (2) ta có: $\frac{80}{30} = \frac{n - 1}{\frac{n}{4/3} - 1} \Rightarrow n = \frac{5}{3}$

Thay $n = \frac{5}{3}$ vào (1) ta có: $\frac{1}{30} = \left(\frac{5}{3} - 1 \right) \left(\frac{2}{R} \right) \Rightarrow R = 40(\text{cm})$

Dạng 3. Xác định vị trí vật, ảnh, kích thước ảnh.

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

+ Công thức thấu kính: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

$$\text{▪ Hệ quả: } f = \frac{d \cdot d'}{d + d'} \quad ; \quad d = \frac{d' \cdot f}{d' - f} \quad ; \quad d' = \frac{d \cdot f}{d - f}$$

Trong đó:

d : là vị trí của vật so với thấu kính; vật thật: $d > 0$; vật ảo $d < 0$

d' : là vị trí của ảnh so với thấu kính; ảnh thật: $d' > 0$; ảnh ảo $d' < 0$

f là tiêu cự của thấu kính, $f > 0$ với thấu kính hội tụ và $f < 0$ với thấu kính phân kì.

+ Chiều và độ lớn ảnh (số phóng đại): $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d}$

Nếu ảnh và vật cùng chiều thì $k > 0$, ngược lại $k < 0$

Độ lớn (chiều cao của ảnh): $A'B' = |k|AB$

Chú ý:

- $\overline{A'B'}$ là độ dài đại số (có thể âm, dương, bằng 0), $A'B'$ độ dài hình học (luôn dương).
- Điểm sáng hay vật sáng thì là vật thật, ảnh hứng trên màn là ảnh thật.

B. VÍ DỤ MẪU

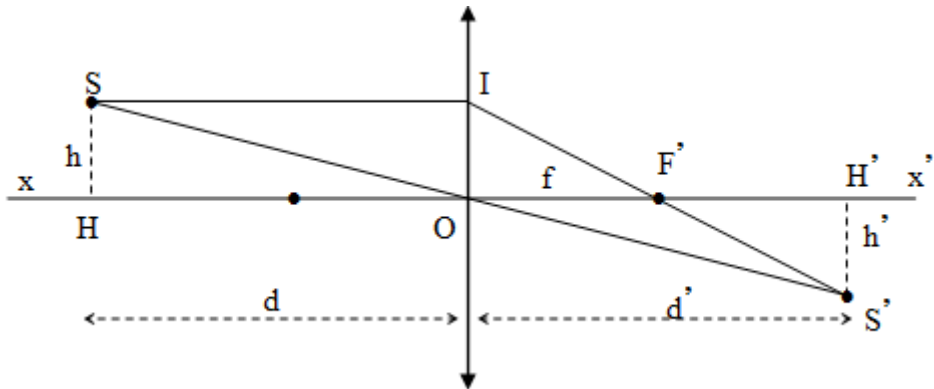
Ví dụ 1: Một thấu kính hội tụ có tiêu cự f . Điểm sáng S qua thấu kính cho ảnh thật S' . Gọi khoảng cách từ S đến thấu kính là d , từ S' đến thấu kính là d' , chứng minh

công thức: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$.

Hướng dẫn giải

a) Dựng ảnh thật S' của S bằng cách sử dụng 2 tia tới:

- Tia $SI \parallel xx'$ qua thấu kính cho tia ló đi qua tiêu điểm F' .
- Tia SO đi qua quang tâm O của thấu kính thì truyền thẳng.
- Dựng SH và $S'H' \perp xx'$.



+ Ta có $\Delta SOH \sim \Delta S'OH' \Rightarrow \frac{S'H'}{SH} = \frac{OH'}{OH}$ (1)

+ Ta lại có: $\Delta OF'I \sim \Delta H'F'S' \Rightarrow \frac{S'H'}{IO} = \frac{F'H'}{F'O}$ (2)

Với $SH = IO$ nên từ (1) và (2) $\Rightarrow \frac{OH'}{OH} = \frac{F'H'}{F'O} \Leftrightarrow \frac{d'}{d} = \frac{d' - f}{f}$
 $\Leftrightarrow d' \cdot f = d \cdot d' - f \cdot d \Rightarrow d \cdot d' = f \cdot d' + f \cdot d$ (3)

+ Chia cả 2 vế (3) cho tích $d \cdot d' \cdot f \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$ (đpcm)

Ví dụ 2: Vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 20$ cm. Xác định tính chất, chiều, độ lớn của ảnh qua thấu kính và vẽ hình trong những trường hợp sau:

- Vật cách thấu kính 30 cm.
- Vật cách thấu kính 20 cm.
- Vật cách thấu kính 10 cm.

Hướng dẫn giải

a) Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d' = \frac{df}{d-f} = \frac{30 \cdot 20}{30-20} = 60(\text{cm}) > 0$

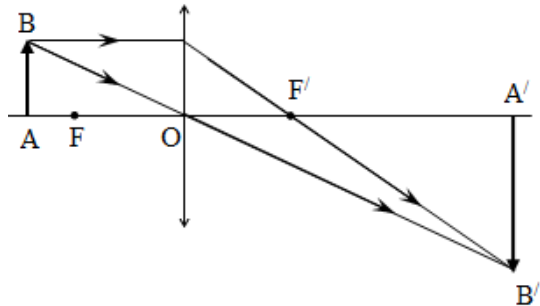
Ảnh là ảnh thật và cách thấu

kính đoạn 60 cm

Số phóng đại của ảnh:

$$k = -\frac{d'}{d} = -\frac{60}{30} = -2 < 0$$

$\Rightarrow$ ảnh ngược chiều với vật và lớn gấp 2 lần vật.

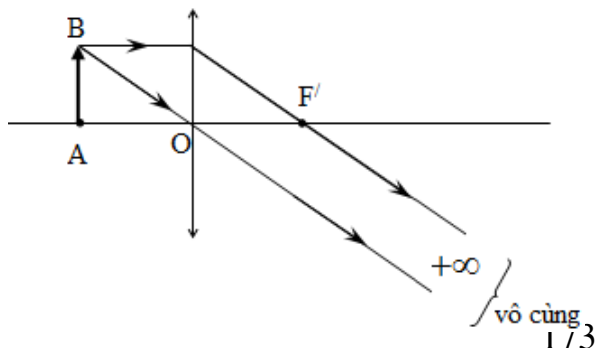


b) Ta có:

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

$$\Rightarrow d' = \frac{df}{d-f} = \frac{20 \cdot 20}{20-20} = +\infty$$

$\Rightarrow$ ảnh ở vô cùng



c) Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

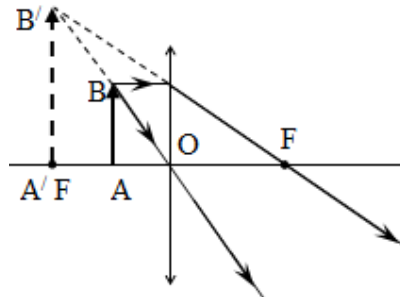
$$\Rightarrow d' = \frac{df}{d-f} = \frac{10 \cdot 20}{10-20} = -20(\text{cm}) < 0$$

Ảnh là ảnh ảo và cách thấu kính đoạn 20 cm

Số phóng đại của ảnh:

$$k = -\frac{d'}{d} = -\frac{-20}{10} = 2 > 0 \Rightarrow \text{ảnh cùng}$$

chiều với vật và lớn gấp 2 lần vật.



Ví dụ 3: Một thấu kính hội tụ có tiêu cự 20 cm. Vật sáng AB là một đoạn thẳng đặt vuông góc trục chính của thấu kính cho ảnh cao gấp 2 lần vật. Xác định vị trí vật và ảnh.

Hướng dẫn giải

Ta có: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \Rightarrow d' = \frac{d \cdot f}{d-f}$

Theo bài ra, ảnh cao gấp 2 lần vật nên chưa thể xác định là ảnh thật hay ảnh ảo vì

$$\text{thế: } k = \pm 2 \Leftrightarrow -\frac{d'}{d} = \pm 2 \Leftrightarrow \frac{\frac{d \cdot f}{d-f}}{d} = \pm 2 \Leftrightarrow \frac{f}{f-d} = \pm 2$$

$$\Leftrightarrow \frac{20}{(20-d)} = \pm 2 \Rightarrow \begin{cases} 10 = (20-d) \\ 10 = -(20-d) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d = 10(\text{cm}) > 0 \\ d = 30(\text{cm}) > 0 \end{cases} \quad (\text{cả 2 vị trí đều thỏa mãn})$$

Khi vật cách thấu kính $d = 10 \text{ cm} \Rightarrow d' = \frac{d \cdot f}{d-f} = \frac{10 \cdot 20}{10-20} = -20(\text{cm}) < 0$

Khi vật cách thấu kính $d = 30 \text{ cm} \Rightarrow d' = \frac{d \cdot f}{d-f} = \frac{30 \cdot 20}{30-20} = 60(\text{cm}) > 0$

Ví dụ 4: Một thấu kính hội tụ có tiêu cự 20cm. Vật sáng AB là một đoạn thẳng đặt vuông góc trục chính của thấu kính cho ảnh bằng vật. Xác định vị trí vật và ảnh.

Hướng dẫn giải

Vật thật qua thấu kính hội tụ cho ảnh bằng vật $\Rightarrow \text{ảnh thật} \Rightarrow \begin{cases} d' > 0 \\ k < 0 \end{cases}$

Ta có: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \Rightarrow d' = \frac{d \cdot f}{d-f}$

Theo bài ra ta có: $k = -1 \Leftrightarrow -\frac{d'}{d} = -1 \Leftrightarrow \frac{d.f}{d-f} = 1 \Leftrightarrow \frac{f}{d-f} = 1 \Rightarrow d = 2f = 40 \text{ (cm)}$

$$\Rightarrow d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{40.20}{40-20} = 40 \text{ (cm)} > 0$$

Ví dụ 5: Một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 20 \text{ cm}$. Vật sáng AB cao 2 cm cho ảnh A'B' cao 1 cm. Tính độ phóng đại của ảnh và xác định vị trí vật?

Hướng dẫn giải

Vật thật qua thấu kính hội tụ cho ảnh nhỏ hơn vật nên ảnh đó chỉ có thể là ảnh thật (vì ảnh ảo qua thấu kính hội tụ luôn lớn hơn vật).

Do đó ta có: $k = -\frac{d'}{d} = -\frac{1}{2}$. Mà: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \Rightarrow d' = \frac{d.f}{d-f}$

Lại có: $k = -\frac{d'}{d} \Rightarrow k = \frac{\frac{d.f}{d-f}}{d} = \frac{f}{f-d} \Leftrightarrow -\frac{1}{2} = \frac{f}{f-d} \Leftrightarrow -\frac{1}{2} = \frac{20}{20-d} \Rightarrow d = 60 \text{ (cm)}$

Ví dụ 6: Một vật sáng AB có dạng mũi tên đặt vuông góc trục chính của thấu kính phân kỳ, cho ảnh cao 3,6 cm và cách thấu kính 6 cm. Thấu kính có tiêu cự 15 cm. Xác định vị trí và kích thước của vật. Vẽ hình.

Hướng dẫn giải

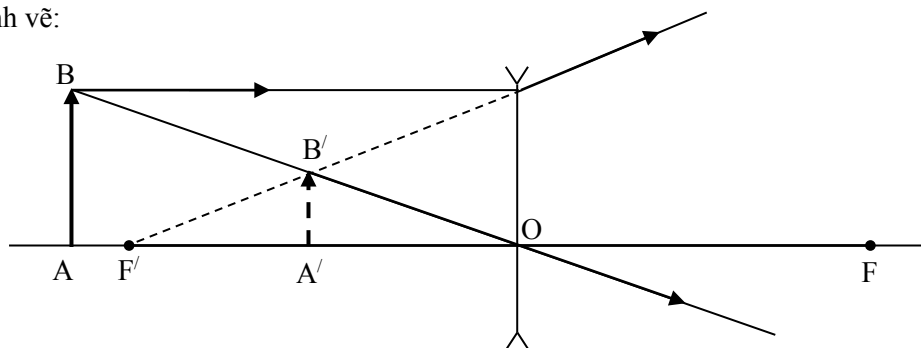
+ Áp dụng công thức thấu kính ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d = \frac{d'.f}{d'-f}$

+ Vì thấu kính phân kỳ nên $f = -15 \text{ (cm)}$ và vật thật cho ảnh ảo nên $d' = -6 \text{ (cm)}$

+ Vị trí của vật AB: $d = \frac{d'.f}{d'-f} = \frac{(-6)(-15)}{(-6)-(-15)} = 10 \text{ (cm)}$

+ Kích thước (chiều cao) của vật: $AB = \frac{A'B'}{|k|} = \frac{A'B'}{\left|-\frac{d'}{d}\right|} = \frac{3,6}{\frac{6}{10}} = 6 \text{ (cm)}$

Hình vẽ:



Ví dụ 7: Chứng tỏ rằng thấu kính hội tụ luôn luôn tạo được:

- a) ảnh ảo lớn hơn vật thật.
- b) ảnh thật nhỏ hơn vật ảo.

Hướng dẫn giải

a) Chứng minh: ảnh ảo qua thấu kính hội tụ lớn hơn vật thật

- Ta có: Vật thật: $d > 0$; thấu kính hội tụ: $f > 0$; ảnh ảo: $d' < 0$.

$$\text{Mà: } d' = \frac{df}{d-f} \Leftrightarrow \frac{df}{d-f} < 0 \Rightarrow 0 < d < f$$

- Số phóng đại: $|k| = \left| -\frac{d'}{d} \right| = \left| \frac{f}{f-d} \right| > 1$.

Vậy: Vật thật qua thấu kính hội tụ cho ảnh ảo lớn hơn vật.

b) Chứng minh: ảnh thật qua thấu kính hội tụ nhỏ hơn vật ảo

- Ta có: Vật ảo: $d < 0$; thấu kính hội tụ: $f > 0$; ảnh thật: $d' > 0$.

$$\text{Mà: } d' = \frac{df}{d-f} \Leftrightarrow \frac{df}{d-f} > 0 \Rightarrow d' > 0 \text{ (với mọi } d < 0).$$

- Số phóng đại: $|k| = \left| -\frac{d'}{d} \right| = \left| \frac{f}{f-d} \right| < 1$.

Vậy: Vật ảo qua thấu kính hội tụ cho ảnh thật nhỏ hơn vật.

Ví dụ 8: Chứng tỏ rằng thấu kính phân kì luôn luôn tạo được:

- a) ảnh thật lớn hơn vật ảo.
- b) ảnh ảo nhỏ hơn vật thật.

Hướng dẫn giải

a) Chứng minh: ảnh thật qua thấu kính phân kì lớn hơn vật ảo

- Ta có: Thấu kính phân kì: $f < 0$, vật ảo: $d < 0$, ảnh thật: $d' > 0$.

$$\text{Mà: } d' = \frac{df}{d-f} \Leftrightarrow \frac{df}{d-f} > 0 \Rightarrow f < d < 0$$

- Số phóng đại: $|k| = \left| -\frac{d'}{d} \right| = \left| \frac{f}{f-d} \right| > 1$.

Vậy: Vật ảo qua thấu kính phân kì cho ảnh thật lớn hơn vật.

b) Chứng minh: ảnh ảo qua thấu kính phân kì nhỏ hơn vật thật

- Ta có: Thấu kính phân kì: $f < 0$, vật thật: $d > 0$, ảnh ảo: $d' < 0$.

$$\text{Mà: } d' = \frac{df}{d-f} < 0 \Rightarrow d' < 0 \text{ (với mọi } d > 0).$$

$$\text{- Số phóng đại: } |k| = \left| -\frac{d'}{d} \right| = \left| \frac{f}{f-d} \right| < 1.$$

Vậy: Vật thật qua thấu kính phân kì cho ảnh ảo nhỏ hơn vật.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một vật sáng AB có dạng mũi tên cao 6 cm đặt vuông góc trục chính của thấu kính hội tụ, cách thấu kính 15cm. Thấu kính có tiêu cự 10 cm. Xác định kích thước và vị trí của ảnh.

Bài 2. Một vật sáng AB có dạng mũi tên đặt vuông góc trục chính của thấu kính phân kỳ, cho ảnh cao 3,6 cm và cách thấu kính 6 cm. Thấu kính có tiêu cự 15 cm. Xác định vị trí và kích thước của vật. Vẽ hình.

Bài 3. Người ta dùng một thấu kính hội tụ để thu ảnh của một ngọn nến trên một màn ảnh. Hỏi phải đặt ngọn nến cách thấu kính bao nhiêu và màn cách thấu kính bao nhiêu để có thể thu được ảnh của ngọn nến cao gấp 5 lần ngọn nến. Biết tiêu cự thấu kính là 10 cm, nến vuông góc với trục chính.

Bài 4. Cho thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 10$ cm. Vật sáng AB là một đoạn thẳng đặt vuông góc trục chính của thấu kính, cách thấu kính 30 cm. Hãy xác định vị trí ảnh, tính chất ảnh và số phóng đại ảnh. Vẽ hình đúng tỷ lệ.

Bài 5. Cho thấu kính phân kỳ có tiêu cự $f = -10$ cm. Vật sáng AB là một đoạn thẳng đặt vuông góc trục chính của thấu kính, cách thấu kính 20 cm. Hãy xác định vị trí ảnh, tính chất ảnh và số phóng đại ảnh.

Bài 6. Vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ và cách thấu kính 10 cm. Nhìn qua thấu kính thấy 1 ảnh cùng chiều và cao gấp 3 lần vật. Xác định tiêu cự của thấu kính.

Bài 7. Một thấu kính hội tụ có tiêu cự 20 cm. Vật sáng AB là một đoạn thẳng đặt vuông góc trục chính của thấu kính cho ảnh cao bằng nửa vật. Xác định vị trí vật và ảnh.

Bài 8. Một thấu kính phân kỳ có tiêu cự $f = -20$ cm. Vật sáng AB là một đoạn thẳng đặt vuông góc trục chính của thấu kính cho ảnh cao bằng nửa vật. Xác định vị trí vật và ảnh.

Bài 9. Đặt một thấu kính cách một trang sách 20 cm, nhìn qua thấu kính thấy ảnh của dòng chữ cùng chiều với dòng chữ nhưng cao bằng một nửa dòng chữ thật. Tìm tiêu cự của thấu kính, suy ra thấu kính loại gì?

Bài 10. Ảnh ảo của một vật tạo bởi thấu kính hội tụ bằng 2 lần vật và cách thấu kính 16cm.

- Tính tiêu cự của thấu kính.
- Thấu kính thuộc loại phẳng – cầu có $n=1,5$. Tính R.

Bài 11. Chứng tỏ rằng:

- Với thấu kính hội tụ, vật và ảnh không thể cùng ảo.
- Với thấu kính phân kì, vật và ảnh không thể cùng thật.

Bài 12. Chứng minh rằng thấu kính tạo được:

- ảnh thật cho vật thật.
 - ảnh ảo lớn hơn vật thật.
 - ảnh thật nhỏ hơn vật ảo.
- phải là thấu kính hội tụ.

Bài 13. Chứng minh rằng thấu kính tạo được:

- ảnh ảo cho vật ảo.
 - ảnh thật lớn hơn vật ảo.
 - ảnh ảo nhỏ hơn vật thật.
- phải là thấu kính phân kì.

Bài 14. Với mỗi loại thấu kính hãy xác định vị trí của vật để ảnh tạo bởi thấu kính.

- là ảnh thật.
- là ảnh ảo.
- cùng chiều với vật.
- ngược chiều với vật.
- bằng vật.
- lớn hơn vật.
- nhỏ hơn vật.
- có khoảng cách vật - ảnh cùng bản chất nhỏ nhất.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Áp dụng công thức thấu kính ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d' = \frac{d \cdot f}{d - f} = \frac{15 \cdot 10}{15 - 10} = 30(\text{cm})$

Chiều cao của ảnh: $A'B' = |k|AB = \left| -\frac{d'}{d} \right| AB = \left| -\frac{30}{15} \right| \cdot 6 = 12(\text{cm})$

Bài 2.

+ Áp dụng công thức thấu kính ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d = \frac{d' \cdot f}{d' - f}$

+ Vì thấu kính phân kì nên $f = -15(\text{cm})$ và vật thật cho ảnh ảo nên $d' = -6(\text{cm})$

+ Vị trí của vật AB: $d = \frac{d' \cdot f}{d' - f} = \frac{(-6)(-15)}{(-6) - (-15)} = 10(\text{cm})$

+ Kích thước (chiều cao) của vật: $AB = \frac{A'B'}{|k|} = \frac{A'B'}{\left| -\frac{d'}{d} \right|} = \frac{3,6}{\frac{6}{10}} = 6(\text{cm})$

Bài 3.

+ Vì ảnh hứng được trên màn nên ảnh là ảnh thật nên $\Rightarrow k < 0$

Theo bài ra: $k = -5 \Leftrightarrow -\frac{d'}{d} = -5 \Rightarrow d' = 5d$

+ Từ công thức thấu kính ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d' = \frac{d \cdot f}{d - f}$

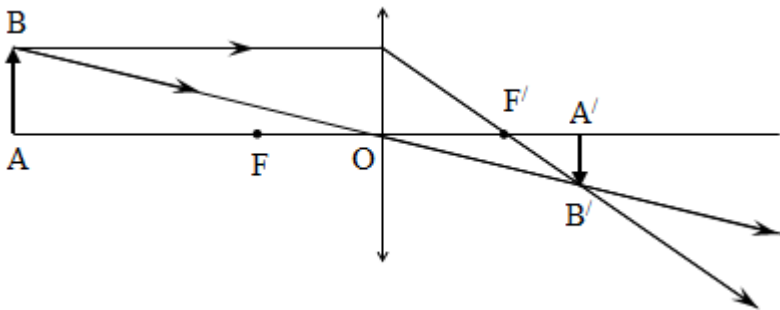
$$\Leftrightarrow 5d = \frac{df}{d - f} \Rightarrow d = 1,2f = 12(\text{cm})$$

Bài 4.

Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d' = \frac{df}{d - f} = \frac{30 \cdot 10}{30 - 10} = 15(\text{cm}) > 0$

Ảnh là ảnh thật và cách thấu kính đoạn $d' = 15 \text{ cm}$

Số phóng đại của ảnh: $k = -\frac{d'}{d} = -\frac{15}{30} = -\frac{1}{2} < 0 \Rightarrow$ ảnh ngược chiều với vật

**Bài 5.**

Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d' = \frac{df}{d - f} = \frac{20 \cdot (-10)}{20 - (-10)} = -\frac{20}{3}(\text{cm}) < 0$

Ảnh là ảnh ảo và cách thấu kính đoạn $\frac{20}{3}(\text{cm})$

Số phóng đại của ảnh: $k = -\frac{d'}{d} = -\frac{-\frac{20}{3}}{20} = \frac{1}{3} \Rightarrow$ ảnh cùng chiều với vật

Bài 6.

Vật thật qua thấu kính hội tụ cho ảnh cùng chiều với vật thì đó là ảnh ảo $\Rightarrow d' < 0$

Suy ra $k > 0$. Theo bài ra $\Rightarrow k = 3$

Ta có: $k = -\frac{d'}{d} = -\frac{\frac{d.f}{d-f}}{d} = \frac{f}{(f-d)} \Leftrightarrow 3 = \frac{f}{f-10} \Rightarrow f = 15(\text{cm})$

Bài 7.

Vật thật qua thấu kính hội tụ cho ảnh nhỏ hơn vật $\Rightarrow$ ảnh thật $\Rightarrow \begin{cases} d' > 0 \\ k < 0 \end{cases}$

Ta có: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \Rightarrow d' = \frac{d.f}{d-f}$

Theo bài ta có: $k = -\frac{1}{2} \Leftrightarrow -\frac{d'}{d} = -\frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{\frac{d.f}{d-f}}{d} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{f}{d-f} = \frac{1}{2} \Rightarrow d = 3f = 60(\text{cm})$
 $\Rightarrow d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{60.20}{60-20} = 30(\text{cm}) > 0$

Vậy vật đặt trước thấu kính hội tụ cách thấu kính 60 (cm) và ảnh nằm sau thấu kính và cách thấu kính 30 (cm).

Bài 8.

Vật thật qua thấu kính phân kì cho ảnh ảo $\Rightarrow \begin{cases} d' < 0 \\ k > 0 \end{cases}$

Ta có: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \Rightarrow d' = \frac{d.f}{d-f}$

Theo bài ra ta có: $k = \frac{1}{2} \Leftrightarrow -\frac{d'}{d} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{\frac{d.f}{d-f}}{d} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{f}{f-d} = \frac{1}{2} \Rightarrow d = -f = 20(\text{cm})$
 $\Rightarrow d' = \frac{d.f}{d-f} = \frac{20.(-20)}{20-(-20)} = -10(\text{cm}) < 0$

Bài 9.

Ảnh cùng chiều với vật thật $\Rightarrow$ ảnh ảo. Vật thật cho ảnh ảo nhỏ hơn vật $\Rightarrow$ đó là thấu kính phân kì. Vì ảnh ảo nên $k > 0 \Rightarrow k = \frac{1}{2}$

$\Leftrightarrow k = \frac{1}{2} \Leftrightarrow -\frac{d'}{d} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{df}{d(f-d)} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{f}{f-d} = \frac{1}{2} \Rightarrow f = -d = -20(\text{cm})$

Bài 10.

Ảnh ảo cách thấu kính 16cm nên $d' = -16\text{cm}$; ảnh ảo gấp 2 lần vật nên $k = 2$.
 a) Tiêu cự của thấu kính

- Số phóng đại của ảnh là: $k = \frac{f-d'}{f} = 2 \Rightarrow f = -d' = 16\text{cm}$

Vậy: Tiêu cự của thấu kính là $f = 16\text{cm}$.

b) Bán kính của mặt cầu

Ta có: $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$, với $R_2 = \infty$ nên: $\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty}\right)$

$$\Rightarrow R = (n-1).f = (1,5-1).16 = 8\text{cm}$$

Vậy: Bán kính của mặt cầu là $R = 8\text{cm}$.

Bài 11.

a) Chứng tỏ: với thấu kính hội tụ, vật và ảnh không thể cùng ảo

- Ta có: Thấu kính hội tụ: $f > 0$.

+ Nếu vật ảo: $d < 0$ thì $d' = \frac{df}{d-f} > 0$: ảnh thật.

+ Nếu ảnh ảo: $d' < 0$ thì $d = \frac{d'f}{d'-f} > 0$: vật thật.

Vậy: Với thấu kính hội tụ, vật ảo thì ảnh thật; ảnh ảo thì vật thật.

b) Chứng tỏ: với thấu kính phân kì, vật và ảnh không thể cùng thật

- Ta có: Thấu kính phân kì: $f < 0$.

+ Nếu vật thật: $d > 0$ thì $d' = \frac{df}{d-f} < 0$: ảnh ảo.

+ Nếu ảnh thật: $d' > 0$ thì $d = \frac{d'f}{d'-f} < 0$: vật ảo.

Vậy: Với thấu kính phân kì, vật thật thì ảnh ảo; ảnh thật thì vật ảo.

Bài 12.

- Trường hợp 1: Ảnh thật cho vật thật: $d > 0$; $d' > 0$.

Ta có: $f = \frac{dd'}{d+d'} > 0$: thấu kính hội tụ.

- Trường hợp 2: Ảnh ảo lớn hơn vật thật: $d > 0$, $d' < 0$ và $|d'| > d$.

Ta có: $f = \frac{dd'}{d+d'}$, với $dd' < 0$; $d+d' < 0$.

$$\Rightarrow f = \frac{dd'}{d+d'} > 0 \text{ : thấu kính hội tụ.}$$

- Trường hợp 3: Ảnh thật nhỏ hơn vật ảo: $d < 0$, $d' > 0$ và $d' < |d|$.

Ta có: $f = \frac{dd'}{d+d'}$, với $dd' < 0$; $d+d' < 0$.

$$\Rightarrow f = \frac{dd'}{d + d'} > 0 : \text{thấu kính hội tụ.}$$

Vậy: Cả ba trường hợp trên đều là thấu kính hội tụ.

Bài 13.

- Trường hợp 1: Ảnh ảo cho vật ảo: $d < 0$; $d' < 0$.

$$\text{Ta có: } f = \frac{dd'}{d + d'} < 0 : \text{thấu kính phân kì.}$$

- Trường hợp 2: Ảnh thật lớn hơn vật ảo: $d < 0$, $d' > 0$ và $d' > |d|$.

$$\text{Ta có: } f = \frac{dd'}{d + d'}, \text{ với } dd' < 0; d + d' > 0.$$

$\Rightarrow f < 0$: thấu kính phân kì.

- Trường hợp 3: Ảnh ảo nhỏ hơn vật thật: $d > 0$, $d' < 0$ và $|d'| < d$.

$$\text{Ta có: } f = \frac{dd'}{d + d'}, \text{ với } dd' < 0; d + d' > 0.$$

$\Rightarrow f < 0$: thấu kính phân kì.

Vậy: Cả ba trường hợp trên đều là thấu kính phân kì.

Bài 14.

a) Để ảnh là ảnh thật:

- Trường hợp thấu kính hội tụ:

$$\text{Ta có: } f > 0, d' > 0 \Rightarrow d' = \frac{df}{d - f} > 0.$$

+ Nếu $d < 0$: bất đẳng thức trên luôn được nghiệm đúng.

+ Nếu $d > 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d > f$.

- Trường hợp thấu kính phân kì:

$$\text{Ta có: } f < 0, d' > 0 \Rightarrow d' = \frac{df}{d - f} > 0.$$

+ Nếu $d < 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d > f$: vật ảo nằm trong khoảng OF.

+ Nếu $d > 0$: bất đẳng thức trên không được nghiệm đúng.

b) Để ảnh là ảnh ảo:

- Trường hợp thấu kính hội tụ:

$$\text{Ta có: } f > 0, d' < 0 \Rightarrow d' = \frac{df}{d - f} < 0.$$

+ Nếu $d < 0$: bất đẳng thức không được nghiệm đúng.

+ Nếu $d > 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d < f$: vật thật nằm trong khoảng OF.

- Trường hợp thấu kính phân kì:

Ta có: $f < 0, d' < 0 \Rightarrow d' = \frac{df}{d-f} < 0$.

+ Nếu $d < 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d < f$: vật ảo nằm ngoài khoảng OF.

+ Nếu $d > 0$: bất đẳng thức trên luôn được nghiệm đúng.

c) Để ảnh cùng chiều với vật:

- Trường hợp thấu kính hội tụ:

Ta có: $f > 0; k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} > 0$.

+ Nếu $d < 0$: bất đẳng thức luôn được nghiệm đúng.

+ Nếu $d > 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d < f$: vật thật nằm trong khoảng OF.

- Trường hợp thấu kính phân kì:

Ta có: $f < 0, k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} > 0$.

+ Nếu $d < 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d > f$: vật ảo nằm trong khoảng OF.

+ Nếu $d > 0$: bất đẳng thức trên luôn được nghiệm đúng.

d) Để ảnh ngược chiều với vật:

- Trường hợp thấu kính hội tụ:

Ta có: $f > 0; k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} < 0$.

+ Nếu $d < 0$: bất đẳng thức không được nghiệm đúng.

+ Nếu $d > 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d > f$: vật thật nằm ngoài khoảng OF.

- Trường hợp thấu kính phân kì:

Ta có: $f < 0, k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} < 0$.

+ Nếu $d < 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d < f$: vật ảo nằm ngoài khoảng OF.

+ Nếu $d > 0$: bất đẳng thức trên không được nghiệm đúng.

e) Để ảnh bằng vật:

- Trường hợp thấu kính hội tụ:

Ta có: $f > 0$; $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} = -1$.

+ Nếu $d < 0$: bất đẳng thức không được nghiệm đúng.

+ Nếu $d > 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d = 2f$: vật thật nằm tại C.

- Trường hợp thấu kính phân kì:

Ta có: $f < 0$, $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} = -1$.

+ Nếu $d < 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d = 2f$: vật ảo nằm tại C.

+ Nếu $d > 0$: bất đẳng thức trên không được nghiệm đúng.

f) Để ảnh lớn hơn vật:

- Trường hợp thấu kính hội tụ:

Ta có: $f > 0$; $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} > 1$ (ảnh – vật cùng chiều) hoặc

$k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} < -1$ (ảnh – vật ngược chiều).

+ Nếu $d < 0$: bất đẳng thức không được nghiệm đúng.

+ Nếu $d > 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $0 < d < 2f$: vật thật trong khoảng CF.

- Trường hợp thấu kính phân kì:

Ta có: $f < 0$; $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} > 1$ (ảnh – vật cùng chiều) hoặc

$k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} < -1$ (ảnh – vật ngược chiều).

+ Nếu $d < 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $2f < d < f$: vật ảo nằm trong khoảng CF.

+ Nếu $d > 0$: bất đẳng thức trên không được nghiệm đúng.

g) Để ảnh nhỏ hơn vật:

- Trường hợp thấu kính hội tụ:

Ta có: $f > 0$; $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} < 1$ (ảnh – vật cùng chiều) hoặc

$k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} > -1$ (ảnh – vật ngược chiều).

+ Nếu $d < 0$: bất đẳng thức luôn được nghiệm đúng.

+ Nếu $d > 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d > 2f$: vật thật nằm ngoài C.

- Trường hợp thấu kính phân kì:

Ta có: $f < 0$; $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} < 1$ (ảnh – vật cùng chiều) hoặc

$k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} > -1$ (ảnh – vật ngược chiều).

+ Nếu $d < 0$: để bất đẳng thức trên được nghiệm đúng thì $d < 2f$: vật ảo nằm ngoài C.

+ Nếu $d > 0$: bất đẳng thức trên luôn được nghiệm đúng.

h) Có khoảng cách vật – ảnh cùng bản chất nhỏ nhất:

- Trường hợp thấu kính hội tụ:

Ta có: $f > 0$; $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} < 0$.

Mà: $d + d' = L \Rightarrow -\frac{L-d}{d} = \frac{f}{f-d} \Leftrightarrow d^2 - Ld + Lf = 0$

$\Rightarrow \Delta = L^2 - 4Lf = L(L - 4f)$

- Để tồn tại d thì $\Delta \geq 0 \Leftrightarrow L(L - 4f) \geq 0 \Rightarrow L_{\min} = 4f$ và $d = 2f > 0$: vật thật.

Vậy: Với thấu kính hội tụ, để khoảng cách vật – ảnh cùng bản chất nhỏ nhất thì $d = 2f > 0$.

- Trường hợp thấu kính phân kì:

Ta có: $f < 0$; $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} < 0$

Mà: $d + d' = -L \Rightarrow -\frac{-L-d}{d} = \frac{f}{f-d} \Leftrightarrow d^2 + Ld - Lf = 0$

$\Rightarrow \Delta = L^2 + 4Lf = L(L + 4f)$

- Để tồn tại d thì $\Delta \geq 0 \Leftrightarrow L(L + 4f) \geq 0 \Rightarrow L_{\min} = -4f$ và $d = 2f < 0$: vật ảo.

Vậy: Với thấu kính phân kì, để khoảng cách vật – ảnh cùng bản chất nhỏ nhất thì $d = 2f < 0$.

Dạng 4. Liên quan đến khoảng cách vật ảnh

A. PHƯƠNG PHÁP GIẢI

Áp dụng các công thức về ảnh tạo bởi thấu kính:
$$\begin{cases} d' = \frac{df}{d-f} \\ k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} \end{cases}$$

Vật và ảnh cùng tính chất thì trái chiều và ngược lại

Trong mọi trường hợp khoảng cách giữa vật và ảnh là: $L = |d + d'|$

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một màn ảnh đặt song song với vật sáng AB và cách AB một đoạn L. Một thấu kính hội tụ có tiêu cự f đặt trong khoảng giữa vật và màn sao cho AB vuông góc với trục chính của thấu kính. Tìm mối liên hệ giữa L và f để

- a) có 2 vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn.
- b) có 1 vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn.
- c) không có vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn.

Hướng dẫn giải

Vì ảnh hứng trên màn là ảnh thật nên $d' > 0 \Rightarrow L = d + d'$

Ta có: $d = \frac{d' \cdot f}{d' - f} \Rightarrow L = \frac{d' \cdot f}{d' - f} + d'$

$$\Leftrightarrow L(d' - f) = (d')^2 \Rightarrow (d')^2 - L \cdot d' + f \cdot L = 0 \quad (*)$$

Ta có: $\Delta = b^2 - 4ac = L^2 - 4fL$

a) Để có hai ảnh rõ nét trên màn thì phương trình (*) phải có hai nghiệm phân biệt hay $\Delta > 0 \Leftrightarrow L^2 - 4fL > 0 \Rightarrow L - 4f > 0 \Rightarrow L > 4f$

b) Để có 1 vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn thì phương trình (*) phải có nghiệm kép hay $\Delta = 0 \Leftrightarrow L^2 - 4fL = 0 \Rightarrow L - 4f = 0 \Rightarrow L = 4f$

c) Để không có vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn thì phương trình (*) phải vô nghiệm hay $\Delta < 0 \Leftrightarrow L^2 - 4fL < 0 \Rightarrow L - 4f < 0 \Rightarrow L < 4f$

Ví dụ 2: Một vật sáng AB = 4 mm đặt thẳng góc với trục chính của một thấu kính hội tụ có tiêu cự 40 cm, cho ảnh cách vật 36 cm. Xác định vị trí, tính chất và độ lớn của ảnh và vị trí của vật.

Hướng dẫn giải

Ta có: $L = |d + d'| = 36 \Leftrightarrow d + d' = \pm 36$

Ta có: $d' = \frac{df}{d-f} \Rightarrow L = d + \frac{df}{d-f} = \pm 36 \Leftrightarrow d^2 = \pm 36(d-f) \Leftrightarrow d^2 = \pm 36(d-40)$

$$\Leftrightarrow d^2 = \pm 36(d-40) \Rightarrow \begin{cases} d^2 - 36d + 36.40 = 0 & (1) \\ d^2 + 36d - 36.40 = 0 & (2) \end{cases}$$

Giải (1): $d^2 - 36d + 36.40 = 0 \Rightarrow$ vô nghiệm

Giải (2): $d^2 + 36d - 36.40 = 0 \Rightarrow \begin{cases} d = 24(\text{cm}) \\ d = -60(\text{cm}) \text{ (loại vì vật thật } d > 0) \end{cases}$

Vị trí ảnh: $d' = \frac{df}{d-f} = \frac{24.40}{24-40} = -60(\text{cm}) < 0 \Rightarrow$ ảnh ảo

Số phóng đại của ảnh: $k = -\frac{d'}{d} \Rightarrow k = -\frac{-60}{24} = 2,5 > 0 \Rightarrow$ ảnh cùng chiều với vật.

Độ lớn của ảnh: $A'B' = |k|AB = 2,5.4 = 10(\text{mm})$

Ví dụ 3: Đặt 1 vật sáng AB có chiều cao 2cm trước 1 thấu kính hội tụ có tiêu cự f = 20 cm. Cách vật AB đoạn 90 cm người ta đặt 1 màn hứng.

- a) Hãy tìm vị trí đặt thấu kính để có thể hứng ảnh rõ nét trên màn ?
b) Tìm độ cao của ảnh trong câu a ?

Hướng dẫn giải

a) Vì ảnh hứng trên màn nên $L = d + d' = 90$

Ta có: $d' = \frac{df}{d-f} \Leftrightarrow d + d' = 90 \Leftrightarrow d + \frac{df}{d-f} = 90$

$$\Leftrightarrow d^2 = 90(d-f) \Rightarrow d^2 - 90d + 90f = 0 \Leftrightarrow d^2 - 90d + 1800 = 0 \Rightarrow \begin{cases} d_1 = 30(\text{cm}) \\ d_2 = 60(\text{cm}) \end{cases}$$

Vậy phải đặt thấu kính cách vật đoạn 60cm hoặc 30cm

b) Số phóng đại của ảnh khi $d_1 = 30$ cm: $k_1 = -\frac{d'_1}{d_1} = \frac{\frac{d_1 f}{f - d_1}}{d_1} = \frac{f}{f - d_1} = \frac{20}{20 - 30} = -2$

Số phóng đại của ảnh khi $d_2 = 60$ cm: $k_2 = -\frac{d'_2}{d_2} = \frac{\frac{d_2 f}{f - d_2}}{d_2} = \frac{f}{f - d_2} = \frac{20}{20 - 60} = -\frac{1}{2}$

Ví dụ 4: Một màn ảnh đặt song song với vật sáng AB và cách AB một đoạn $L = 72$ cm. Một thấu kính hội tụ có tiêu cự f đặt trong khoảng giữa vật và màn sao cho AB vuông góc với trục chính của thấu kính, người ta tìm được hai vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn. Hai vị trí này cách nhau $a = 48$ (cm). Tính tiêu cự thấu kính.

Hướng dẫn giải

Gọi $d_1; d'_1$ là khoảng cách từ vật và ảnh đến thấu kính trước khi di chuyển.

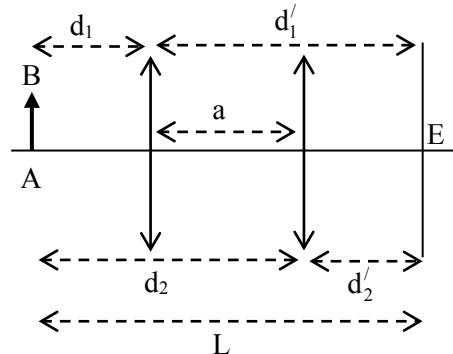
Gọi $d_2; d'_2$ là khoảng cách từ vật và ảnh đến thấu kính sau khi di chuyển.

Theo tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng ta có: $\begin{cases} d_1 = d'_2 \\ d_2 = d'_1 \end{cases}$

Ta có: $\begin{cases} d_1 + d'_1 = L \\ d'_1 - d_1 = a \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d_1 = \frac{L - a}{2} \\ d'_1 = \frac{L + a}{2} \end{cases}$

Lại có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{2}{L - a} + \frac{2}{L + a}$

$\Leftrightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{72 - 48} + \frac{2}{72 + 48} \Rightarrow f = 10(\text{cm})$



Ví dụ 5: Vật thật AB đặt cách màn một khoảng $L = 90$ cm. Trong khoảng giữa vật và màn ta đặt 1 thấu kính, dịch chuyển thấu kính ta thấy có 2 vị trí cho ảnh rõ nét trên màn có độ cao lần lượt là $A'B' = 8$ cm, $A''B'' = 2$ cm.

- a) Xác định độ cao của vật AB.
- b) Tính tiêu cự thấu kính.

Hướng dẫn giải

$$\text{a) Ta có: } \begin{cases} d_1 = d'_2 \\ d'_1 = d_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_1 = -\frac{d'_1}{d_1} \\ k_2 = -\frac{d'_2}{d_2} \end{cases} \Rightarrow k_1 \cdot k_2 = 1$$

$$\Leftrightarrow \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{A''B''}{AB} = 1 \Rightarrow AB = \sqrt{A'B' \cdot A''B''} = 4(\text{cm})$$

$$\text{b) Ta có: } L = d_1 + d'_1 = d_1 + \frac{d_1 f}{d_1 - f} = 90 \Rightarrow d_1^2 - 90d_1 + 90f = 0 \quad (1)$$

$$+ \text{ Theo bài ra ta có: } |k_1| = \frac{A'B'}{AB} = \frac{8}{4} = 2(\text{cm})$$

$$+ \text{ Vì ảnh thật nên } k_1 < 0 \Rightarrow k_1 = -2$$

$$+ \text{ Lại có: } k_1 = -\frac{d'_1}{d_1} = \frac{f}{f - d_1} = -2 \Rightarrow d_1 = 1,5f \quad (2)$$

$$+ \text{ Thay (2) vào (1) ta có: } (1,5f)^2 - 90(1,5f) + 90f = 0$$

$$\Rightarrow 1,5^2 f - 90 \cdot 1,5 + 90 = 0 \Rightarrow f = 20(\text{cm})$$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Thấu kính hội tụ có tiêu cự 24cm. Vật AB được đặt cách màn E một đoạn 108cm. Có hai vị trí của thấu kính trong khoảng giữa vật và màn tạo được ảnh rõ nét của vật trên màn. Xác định hai vị trí của thấu kính.

Bài 2. Một vật sáng AB đặt thẳng góc với trục chính của một thấu kính hội tụ có $f = 20$ cm cho ảnh thật cách vật 90 cm. Xác định vị trí của vật và ảnh.

Bài 3. Một thấu kính hội tụ có tiêu cự 6 cm. Vật sáng AB là một đoạn thẳng đặt vuông góc trục chính của thấu kính cho ảnh cách vật 25 cm. Xác định vị trí vật và ảnh.

Bài 4. Vật sáng AB đặt song song và cách màn một khoảng 54 cm, giữa vật và màn, người ta đặt 1 thấu kính sao cho thu được ảnh $A'B'$ hiện rõ trên màn và lớn gấp 2 lần vật.

Hãy cho biết thấu kính trên là thấu kính loại gì ?

Khoảng cách từ vật và ảnh đến thấu kính ?

Tiêu cự của thấu kính nói trên ?

Bài 5. Đặt một vật AB vuông góc với trục chính của 1 thấu kính hội tụ, cho ảnh thật lớn gấp 4 lần vật và cách vật 150cm.

Xác định tiêu cự của thấu kính nói trên ?

Xác định vị trí của ảnh thu được.

Bài 6. Một vật sáng AB cho ảnh thật qua một thấu kính hội tụ L, ảnh này hứng trên một màn E đặt cách vật một khoảng 180 cm, ảnh thu được cao bằng $\frac{1}{5}$ vật.

Tính tiêu cự của thấu kính.

Giữ nguyên vị trí của AB và màn E. Dịch chuyển thấu kính trong khoảng AB và màn. Có vị trí nào khác của thấu kính để ảnh lại xuất hiện trên màn E không?

Bài 7. Một màn ảnh đặt song song với vật sáng AB và cách AB một đoạn $L = 90$ cm. Một thấu kính hội tụ có tiêu cự f đặt trong khoảng giữa vật và màn sao cho AB vuông góc với trục chính của thấu kính, người ta tìm được hai vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn. Hai vị trí này cách nhau $a = 60(\text{cm})$.

Xác định hai vị trí của thấu kính so với vật.

Tính tiêu cự thấu kính.

Bài 8. Một vật sáng AB đặt cố định, song song và cách màn ảnh 1,8m. Một thấu kính hội tụ có tiêu cự f , được đặt trong khoảng giữa vật và màn. Trục chính của thấu kính vuông góc với vật và màn, điểm A nằm trên trục chính.

Cho $f = 25\text{cm}$. Xác định vị trí thấu kính để có ảnh rõ nét trên màn.

Xác định tiêu cự của thấu kính để chỉ có một vị trí của nó ảnh rõ nét trên màn.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Vì thấu kính đặt giữa vật và màn nên vật và ảnh đều thật.

$$\text{Ta có: } \begin{cases} d + d' = L = 108 \\ \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} \end{cases} \Leftrightarrow \frac{1}{d} + \frac{1}{108-d} = \frac{1}{24}$$

$$\Leftrightarrow d^2 - 108d + 2592 = 0 \Rightarrow d_1 = 36\text{cm}; d_2 = 72\text{cm}.$$

Vậy: Có hai vị trí của thấu kính trong khoảng giữa vật và màn tạo được ảnh rõ nét của vật trên màn, cách vật 36cm hoặc 72cm.

Bài 2.

Ảnh thật nên $d' > 0 \Rightarrow L = d + d' = 90$

$$\text{Ta có: } d' = \frac{df}{d-f} \Rightarrow L = d + \frac{df}{d-f} = 90 \Leftrightarrow d^2 = 90(d-f) \Leftrightarrow d^2 = 90(d-20)$$

$$\Leftrightarrow d^2 = 90(d - 20) \Leftrightarrow d^2 - 90d + 1800 = 0 \Rightarrow \begin{cases} d = 60(\text{cm}) \Rightarrow d' = 30(\text{cm}) \\ d = 30(\text{cm}) \Rightarrow d' = 60(\text{cm}) \end{cases}$$

Bài 3.

Khoảng cách giữa vật và ảnh: $L = |d + d'| = 25 \Rightarrow d + d' = \pm 25$

$$\text{TH1: } d + d' = 25 \Leftrightarrow d + \frac{d.f}{d-f} = 25 \Leftrightarrow d^2 = 25(d-f) \Leftrightarrow d^2 - 25d + 25f = 0$$

$$\Leftrightarrow d^2 - 25d + 150 = 0 \Rightarrow \begin{cases} d = 10(\text{cm}) \\ d = 15(\text{cm}) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d' = 15(\text{cm}) \\ d' = 10(\text{cm}) \end{cases}$$

$$\text{TH2: } d + d' = -25 \Leftrightarrow d + \frac{d.f}{d-f} = -25 \Leftrightarrow d^2 = -25(d-f) \Leftrightarrow d^2 + 25d - 25f = 0$$

$$\Leftrightarrow d^2 + 25d - 150 = 0 \Rightarrow \begin{cases} d = 5(\text{cm}) \\ d = -30(\text{cm}) < 0(\text{loại}) \end{cases} \Rightarrow d' = -30(\text{cm})$$

Bài 4.

a) Vì vật thật cho ảnh thật nên đó là thấu kính hội tụ

$$\text{b) Vì ảnh thật nên } d' > 0 \Rightarrow \begin{cases} k < 0 \\ L > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k = -2 \\ L = d + d' = 54 \end{cases}$$

$$\text{Ta có: } d' = \frac{df}{d-f} \Rightarrow k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} = -2 \Rightarrow f = \frac{2}{3}d \quad (1)$$

$$\text{Lại có: } L = d + d' = 54 \Rightarrow d + \frac{\frac{2}{3}d^2}{d - \frac{2}{3}d} = 54 \Leftrightarrow 3d = 54 \Rightarrow d = 18(\text{cm}) \quad (2)$$

$$\text{Vị trí ảnh: } d + d' = 54 \Rightarrow d' = 54 - d = 36(\text{cm})$$

$$\text{c) Thay (2) vào (1) ta có: } f = \frac{2}{3}d \Rightarrow f = 12(\text{cm})$$

Bài 5.

a) Vì ảnh thật nên $d' > 0 \Rightarrow \begin{cases} k < 0 \\ L > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k = -4 \\ L = d + d' = 150 \end{cases}$

Ta có: $d' = \frac{df}{d-f} \Rightarrow \begin{cases} k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} = -4 \Rightarrow d = 1,25f & (1) \\ L = d + d' = d + \frac{df}{d-f} & (2) \end{cases}$

Thay (1) vào (2) ta có: $1,25f + \frac{1,25f^2}{1,25f-f} = 150 \Rightarrow f = 24(\text{cm})$

b) Thay $f = 24 \text{ cm}$ vào (3) ta có: $d = 1,25f = 30(\text{cm})$

Vị trí ảnh: $d + d' = 150 \Rightarrow d' = 150 - d = 120(\text{cm})$

Bài 6.

a) Vì vật thật nên $d' > 0 \Rightarrow \begin{cases} k < 0 \\ L > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k = -\frac{1}{5} \\ L = d + d' = 180 \end{cases}$

Ta có: $d' = \frac{df}{d-f} \Rightarrow k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} = -\frac{1}{5} \Rightarrow d = 6f$

Lại có: $L = d + d' = 180 \Rightarrow d + \frac{df}{d-f} = 180 \Leftrightarrow 6f + \frac{6f^2}{6f-f} = 180 \Rightarrow f = 25(\text{cm})$

b) Vì $L = 180(\text{cm}) > 4f = 100(\text{cm}) \Rightarrow$ trong khoảng giữa màn và vật có hai vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn. Nên khi di chuyển thấu kính trong khoảng giữa vật AB và màn E còn có một vị trí nữa cho ảnh rõ nét trên màn.

Bài 7.

Theo tính thuận nghịch của chiều truyền ánh sáng ta có: $\begin{cases} d_1 = d'_2 \\ d_2 = d'_1 \end{cases}$

+ Ta có: $\begin{cases} d_1 + d'_1 = L \\ d'_1 - d_1 = a \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} d_1 = \frac{L-a}{2} = 15(\text{cm}) = d'_2 \\ d'_1 = \frac{L+a}{2} = 75(\text{cm}) = d_2 \end{cases}$

a) Vậy thấu kính cách vật đoạn 15 (cm) hoặc 75 (cm).

b) Từ công thức thấu kính: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow f = \frac{d_1 \cdot d'_1}{d_1 + d'_1} = \frac{15 \cdot 75}{15 + 75} = 12,5(\text{cm})$

Bài 8.

a) Ta có: $d + d' = 1,8\text{m}$ (1)

+ Công thức thấu kính: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$ (2)

+ Từ (1) và (2) $\Rightarrow (d')^2 - 1,8d' + 1,8f = 0$ (3)

+ Với $f = 0,25\text{m} \Rightarrow$ Giải (3) có 2 nghiệm $d' = 1,5\text{m}$ hoặc $d' = 0,3\text{m}$

+ Thấu kính đặt cách màn 1,5 m hoặc 0,3m đều cho ảnh rõ nét trên màn

b) Ta có: $\Delta' = 1,8^2 - 7,2f$

+ Để chỉ có một vị trí của thấu kính cho ảnh rõ thì (3) phải có nghiệm kép

$$\Rightarrow \Delta' = 1,8^2 - 7,2f = 0 \Rightarrow f = 0,45(\text{m})$$

Dạng 4. Liên quan đến dời vật, dời thấu kính.

A. Phương pháp giải

- + Công thức về thấu kính: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$
- + Đối với mỗi thấu kính nhất định thì f không đổi nên khi d tăng thì d' giảm và ngược lại. Do đó ảnh và vật luôn dịch chuyển cùng chiều nhau.
- + Giả sử vị trí ban đầu của ảnh và vật là d_1 và d'_1 . Gọi Δd và $\Delta d'$ là khoảng dịch chuyển của vật và ảnh thì vị trí sau của vật và ảnh:

$$\text{Vật dịch lại gần thấu kính thì ảnh dịch ra xa thấu kính: } \begin{cases} \Delta d = d_2 - d_1 < 0 \\ \Delta d' = d'_2 - d'_1 > 0 \end{cases}$$

$$\text{Vật dịch ra xa thấu kính thì ảnh dịch lại gần thấu kính: } \begin{cases} \Delta d = d_2 - d_1 > 0 \\ \Delta d' = d'_2 - d'_1 < 0 \end{cases}$$

Lưu ý

- + Khi cho tỉ số $\frac{k_2}{k_1}$ thì nên dùng công thức: $k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{f-d_1}{f-d_2}$

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một thấu kính hội tụ có $f = 12\text{cm}$. Điểm sáng A trên trục chính có ảnh A'. Dời A gần thấu kính thêm 6cm, A' dời 2cm (không đổi tính chất). Định vị trí vật và ảnh lúc đầu.

Hướng dẫn giải

Gọi $d_1; d'_1$ là khoảng cách từ vật và từ ảnh đến thấu kính trước khi di chuyển vật.

Gọi $d_2; d'_2$ là khoảng cách từ vật và từ ảnh đến thấu kính sau khi di chuyển vật.

- Vì ảnh và vật chuyển động cùng chiều đối với thấu kính, nên khi vật dịch chuyển lại gần thấu kính thì ảnh sẽ dịch chuyển ra xa thấu kính.

$$+ \text{ Độ dời của vật: } \Delta d = d_2 - d_1 = -6\text{cm}.$$

$$+ \text{ Độ dời của ảnh: } \Delta d' = d'_2 - d'_1 = 2\text{cm}.$$

- Từ công thức của thấu kính: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

$$\text{Trước khi dời vật: } \frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} \Rightarrow d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{d_1 \cdot 12}{d_1 - 12}$$

$$\text{Sau khi dời vật: } \frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{d_1 - 6} + \frac{1}{d'_1 + 2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{12} = \frac{1}{d_1 - 6} + \frac{1}{\frac{12 \cdot d_1}{d_1 - 12} + 2}$$

$$\Leftrightarrow d_1^2 - 30d_1 - 216 = 0 \Rightarrow d_1 = 36\text{cm} \text{ và } d_1' = \frac{36 \cdot 12}{36 - 12} = 18\text{cm}.$$

Vậy: Vị trí vật và ảnh lúc đầu là 36cm và 18cm.

Ví dụ 2: Thấu kính phân kì có $f = -10\text{cm}$. Vật AB trên trục chính, vuông góc trục chính, có ảnh A'B'. Dịch chuyển AB lại gần thấu kính thêm 15cm thì ảnh dịch chuyển 1,5cm. Xác định vị trí vật và ảnh lúc đầu.

Hướng dẫn giải

- Vì ảnh và vật chuyển động cùng chiều đối với thấu kính, nên khi vật dịch chuyển lại gần thấu kính thì ảnh sẽ dịch chuyển ra xa thấu kính.
 - + Độ dời của vật: $\Delta d = d_2 - d_1 = -15\text{cm}$.
 - + Độ dời của ảnh: $\Delta d' = d_2' - d_1' = 1,5\text{cm}$.
- Từ công thức của thấu kính: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

Trước khi dời vật: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} \Rightarrow d_1' = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{d_1 \cdot (-10)}{d_1 + 10} = \frac{-10d_1}{d_1 + 10}$.

Sau khi dời vật: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{d_1 - 15} + \frac{1}{d_1' + 1,5}$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{(-10)} = \frac{1}{d_1 - 15} + \frac{1}{\frac{(-10) \cdot d_1}{d_1 + 10} + 1,5}$$

$$\Leftrightarrow d_1^2 + 5d_1 - 1050 = 0 \Leftrightarrow d_1 = 30\text{cm} \text{ (nhận); } d_1 = -35\text{cm} \text{ (loại)}.$$

Vị trí ảnh lúc đầu: $d_1' = \frac{-10d_1}{d_1 + 10} = \frac{-10 \cdot 30}{30 + 10} = -7,5\text{cm}$.

Vậy: Vị trí vật và ảnh lúc đầu là 30cm và -7,5cm.

Ví dụ 3: Vật cao 5cm. Thấu kính tạo ảnh cao 15cm trên màn. Giữ nguyên vị trí thấu kính nhưng dời vật xa thấu kính thêm 1,5cm. Sau khi dời màn để hứng ảnh rõ của vật, ảnh có độ cao 10cm. Tính tiêu cự của thấu kính.

Hướng dẫn giải

- Độ dời của vật: $\Delta d = d_2 - d_1 = 1,5\text{cm}$.
- Vật qua thấu kính tạo ảnh hứng được trên màn thì thấu kính đó là thấu kính hội tụ, ảnh thật nên ảnh và vật ngược chiều:

Theo bài ra ta có: $\begin{cases} k_1 = -3 \\ k_2 = -2 \end{cases}$

Ta lại có: $\begin{cases} k = -\frac{d'}{d} \\ d' = \frac{df}{d-f} \end{cases} \Rightarrow k = \frac{f}{f-d}$

Trước khi dời vật: $k_1 = \frac{f}{f-d_1} = -3 \Leftrightarrow 3d_1 = 4f \Rightarrow d_1 = \frac{4}{3}f$

Sau khi dời vật: $k_2 = \frac{f}{f-d_2} = \frac{f}{f-(d_1+1,5)} = \frac{f}{f-\frac{4}{3}f-1,5} = -2$

$$\Rightarrow f = 2 \cdot \left(\frac{f}{3} + 1,5\right) \Rightarrow f = 9\text{cm}.$$

Vậy: Tiêu cự của thấu kính là $f = 9\text{cm}$.

Ví dụ 4: Vật AB đặt cách thấu kính hội tụ một đoạn 30cm. Ảnh A_1B_1 là ảnh thật. Dời vật đến vị trí khác, ảnh của vật là ảnh ảo cách thấu kính 20cm. Hai ảnh có cùng độ lớn. Tính tiêu cự của thấu kính.

Hướng dẫn giải

- Vật qua thấu kính tạo ảnh thật A_1B_1 nên thấu kính là thấu kính hội tụ, ảnh và vật ngược chiều.

Như vậy trước khi dời vật: $k_1 = \frac{f}{f-d_1} = \frac{f}{f-30} < 0$

- Dời vật đến vị trí khác tạo ảnh ảo cách thấu kính 20cm, ảnh và vật cùng chiều.

Như vậy sau khi dời vật: $k_2 = \frac{f-d'_2}{f} = \frac{f+20}{f} > 0$

- Vì hai ảnh có cùng độ lớn, khác tính chất nên: $k_2 = -k_1$.

$$\Leftrightarrow \frac{f+20}{f} = -\frac{f}{f-30} \Leftrightarrow (f+20)(f-30) = -f^2$$

$$\Leftrightarrow f^2 - 5f - 300 = 0 \Rightarrow \begin{cases} f = 20\text{cm} \\ f = -15\text{cm} \end{cases}$$

Vì thấu kính là hội tụ nên tiêu cự của thấu kính phải dương vì thế tiêu cự của thấu kính là $f = 20\text{cm}$.

Ví dụ 5: Thấu kính hội tụ có tiêu cự 5cm. A là điểm vật thật trên trục chính, cách thấu kính 10cm.

- a) Tính khoảng cách AA' . Chứng tỏ đây là khoảng cách ngắn nhất từ A tới ảnh thật của nó tạo bởi thấu kính.

b) Giữ vật cố định và tịnh tiến thấu kính theo một chiều nhất định. Ảnh chuyển động ra sao?

Hướng dẫn giải

a) Khoảng cách AA'

Ta có: $d' = \frac{df}{d-f} = \frac{10.5}{10-5} = 10\text{cm} \Rightarrow L = AA' = d + d' = 10 + 10 = 20\text{cm}$

- Chứng tỏ $L = 20\text{cm} = L_{\min}$:

Ta có: $d = \frac{d'.f}{d'-f} \Rightarrow L = \frac{d'.f}{d'-f} + d' \Leftrightarrow L(d' - f) = (d')^2$
 $\Rightarrow (d')^2 - L.d' + f.L = 0 \quad (*)$

$$\Rightarrow \Delta = b^2 - 4ac = L^2 - 4fL$$

Vì ảnh thu được trên màn là ảnh thật nên phương trình (*) phải có nghiệm hay

$$\Delta \geq 0 \Rightarrow L^2 - 4fL \geq 0 \Rightarrow L \geq 4f \Rightarrow L_{\min} = 4f = 20(\text{cm}) = L \quad (\text{Đpcm})$$

b) Ảnh chuyển động ra sao khi tịnh tiến thấu kính: Khi giữ vật cố định:

- Dịch chuyển thấu kính ra xa vật: Khi A từ vị trí $d = 2f$ ra xa vô cực thì A' là ảnh thật, dịch chuyển từ vị trí $2f$ đến f .
- Dịch chuyển thấu kính lại gần vật:
 - + Khi A từ vị trí $2f$ đến f thì A' là ảnh thật, dịch chuyển từ vị trí $2f$ đến vô cực.
 - + Khi A từ vị trí f đến quang tâm O thì A' là ảnh ảo, dịch chuyển từ $-\infty$ đến quang tâm O.

Ví dụ 6: Đặt vật sáng trên trục chính của thấu kính thì cho ảnh lớn gấp 3 lần vật. Khi dời vật lại gần thấu kính một đoạn 12 cm thì vẫn cho ảnh có chiều cao gấp 3 lần vật.

- a) Xác định loại thấu kính.
- b) Xác định tính tiêu cự của thấu kính đó.
- c) Xác định vị trí ban đầu và lúc sau của vật.

Hướng dẫn giải

a) Ảnh trước và ảnh sau cùng chiều cao và lớn hơn vật nên một ảnh là thật một ảnh là ảo. Vật thật cho ảnh ảo lớn hơn vật đó là thấu kính hội tụ.

b) Khi vật ở trong khoảng OF thì cho ảnh ảo, mà quá trình di chuyển từ xa lại gần O nên suy ra ảnh lúc đầu là ảnh thật, ảnh lúc sau là ảnh ảo.

Do đó: $\begin{cases} k_1 = -3 \\ k_2 = 3 \end{cases} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = 1 \Rightarrow \frac{f-d_1}{f-d_2} = -1 \Rightarrow d_1 + d_2 = 2f \quad (1)$

Vì dịch lại gần nên: $d_2 = d_1 - 12 \quad (2)$

Thay (2) vào (1) có: $d_1 + d_1 - 12 = 2f \Rightarrow d_1 = f + 6$

Lại có: $k_1 = -3 = \frac{f}{f-d_1} \Leftrightarrow -3 = \frac{f}{f-(f+6)} \Rightarrow f = 18(\text{cm})$

c) Vị trí ban đầu của vật: $d_1 = f + 6 = 24(\text{cm})$

Vị trí sau của vật: $d_2 = d_1 - 12 = 12(\text{cm})$

Ví dụ 7: Một vật thật AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính. Ban đầu ảnh của vật qua thấu kính A_1B_1 là ảnh thật. Giữ thấu kính cố định di chuyển vật dọc trục chính lại gần thấu kính 2 cm thì thu được ảnh của vật là A_2B_2 vẫn là ảnh thật và cách A_1B_1 một đoạn 30 cm. Biết ảnh sau và ảnh trước có chiều dài lập theo tỉ số $\frac{A_2B_2}{A_1B_1} = \frac{5}{3}$.

$$\text{tỉ số } \frac{A_2B_2}{A_1B_1} = \frac{5}{3}.$$

- a) Xác định loại thấu kính, chiều dịch chuyển của ảnh?
- b) Xác định tiêu cự của thấu kính?

Hướng dẫn giải

a) Vật thật cho ảnh thật $\Rightarrow$ thấu kính là thấu kính hội tụ

Vì vật dịch lại gần nên ảnh dịch ra xa

b) Tiêu cự của thấu kính.

$$\text{Độ dời vật: } d_2 - d_1 = -2 \quad (1)$$

$$\text{Độ dời ảnh: } d'_2 - d'_1 = 30 \quad (2)$$

$$\text{Từ (2) ta có: } \frac{d_2 f}{d_2 - f} - d'_1 = 30 \Leftrightarrow \frac{(d_1 - 2)f}{d_1 - 2 - f} - \frac{d_1 f}{d_1 - f} = 30 \quad (3)$$

$$\text{Lại có: } \frac{A_2B_2}{A_1B_1} = \frac{5}{3} \Leftrightarrow \frac{A_2B_2}{AB} \cdot \frac{AB}{A_1B_1} = \frac{5}{3} \Leftrightarrow |k_2| \cdot \frac{1}{|k_1|} = \frac{5}{3}$$

$$\text{Vì ảnh trước và sau đều là thật nên: } \begin{cases} k_1 < 0 \\ k_2 < 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{5}{3}$$

$$\Leftrightarrow \frac{f - d_1}{f - d_2} = \frac{5}{3} \Leftrightarrow \frac{f - d_1}{f - d_1 - 2} = \frac{5}{3} \Rightarrow d_1 = f + 5 \quad (4)$$

$$\text{Thay (4) vào (3) ta có: } \frac{(f + 5 - 2)f}{f + 5 - 2 - f} - \frac{(f + 5)f}{f + 5 - f} = 30 \Leftrightarrow \frac{(f + 3)f}{3} - \frac{(f + 5)f}{5} = 30$$

$$\Leftrightarrow 5(f + 3)f - 3(f + 5)f = 30.15 \Rightarrow 2f^2 = 30.15 \Rightarrow f = \pm 15(\text{cm})$$

Vì thấu kính hội tụ nên tiêu cự của thấu kính $f > 0$ nên $f = 15(\text{cm})$.

Ví dụ 8: Đặt một vật phẳng nhỏ AB trước một thấu kính, vuông góc với trục chính của thấu kính. Trên màn vuông góc với trục chính, ở phía sau thấu kính thu được một ảnh rõ nét lớn hơn vật, cao 4 cm. Giữ vật cố định, dịch chuyển thấu kính dọc theo trục chính 5 cm về phía màn ảnh thì phải dịch chuyển màn dọc theo trục chính đoạn 35 cm mới lại thu được ảnh rõ nét, cao 2 cm.

- a) Tính tiêu cự của thấu kính và độ cao của vật AB.
- b) Vật AB, thấu kính và màn đang ở vị trí có ảnh cao 2 cm. Giữ vật và màn

cố định. Hỏi phải dịch chuyển thấu kính dọc theo trục chính về phía màn đoạn bằng bao nhiêu để lại có ảnh rõ nét trên màn.

Hướng dẫn giải

a) Ảnh lúc sau bằng nửa lúc đầu và cả hai ảnh đều là ảnh thật nên ta có: $\frac{k_2}{k_1} = \frac{1}{2}$

$$\text{Mà } k = \frac{f}{f-d} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{f-d_1}{f-d_2} = \frac{1}{2} \quad (1)$$

Ảnh và vật dịch chuyển cùng chiều nên khi thấu kính dịch lại gần màn 5 cm

$$\Rightarrow \text{màn sẽ dịch lại gần thấu kính 35 cm. Do đó: } \begin{cases} d_2 = d_1 + 5 & (2) \\ d'_2 = d'_1 - 40 & (3) \end{cases}$$

$$\text{Lại có: } \begin{cases} d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{(d_1 + 5)f}{d_1 + 5 - f} \\ d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} \end{cases}$$

$$\text{Thay vào (3) ta được: } \frac{(d_1 + 5)f}{d_1 + 5 - f} = \frac{d_1 f}{d_1 - f} - 40 \quad (4)$$

$$\text{Thay (2) vào (1) ta được: } \frac{f-d_1}{f-(d_1+5)} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow 2f-2d_1 = f-d_1-5 \Rightarrow d_1 = f+5 \quad (5)$$

$$\text{Thay (5) vào (4) ta có: } \frac{(f+5+5)f}{f+5+5-f} = \frac{(f+5)f}{f+5-f} - 40 \Leftrightarrow \frac{(f+10)f}{10} = \frac{(f+5)f}{5} - 40$$

$$\Leftrightarrow (f+10)f - 2(f+5)f = -400 \Rightarrow -f^2 = -400 \Rightarrow f = 20(\text{cm})$$

$$\text{Số phóng đại của ảnh lúc đầu: } k_1 = -\frac{d'_1}{d_1} = \frac{f}{f-d_1} = \frac{f}{f-(f+5)} = \frac{f}{-5} = -4$$

$$\text{Lúc đầu ảnh cao 4 cm} \Rightarrow \frac{A'B'}{AB} = |k_1| = 4 \Rightarrow AB = 1(\text{cm})$$

$$\text{b) Khi vật ở vị trí mà ảnh cao 2 cm thì: } \begin{cases} d_2 = d_1 + 5 = 30(\text{cm}) \\ d'_2 = (d'_1 - 5) - 35 = 60(\text{cm}) \end{cases}$$

$$\text{Khoảng cách giữa vật và ảnh lúc này là: } L_2 = d_2 + d'_2 = 90(\text{cm})$$

$$\text{Ta có: } d + d' = 90(\text{cm}) \Leftrightarrow d + \frac{df}{d-f} = 90 \Rightarrow d^2 - 90(d-f) = 0$$

$$\Leftrightarrow d^2 - 90d + 1800 = 0 \Rightarrow \begin{cases} d = 30(\text{cm}) \\ d = 60(\text{cm}) \end{cases}$$

thấu kính dọc theo trục chính ra xa AB một đoạn 15 cm, thì thấy ảnh của AB cũng di chuyển 15 cm so với vị trí ảnh ban đầu. Tính tiêu cự f của thấu kính và khoảng cách từ vật AB đến thấu kính lúc chưa di chuyển và sau khi dịch chuyển.

Bài 9. Một vật thật AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính. Ban đầu ảnh của vật qua thấu kính là ảnh ảo và bằng nửa vật. Giữ thấu kính cố định di chuyển vật dọc trục chính 100 cm. Ảnh của vật vẫn là ảnh ảo và cao bằng $\frac{1}{3}$ vật. Xác định chiều dài của vật, vị trí ban đầu của vật và tiêu cự của thấu kính?

Bài 10. Đặt 1 vật AB trên trục chính của thấu kính hội tụ, vật cách kính 30 cm. Thu được ảnh hiện rõ trên màn. Dịch chuyển vật lại gần thấu kính thêm 10 cm thì ta phải dịch chuyển màn ảnh thêm 1 đoạn nữa mới thu được ảnh, ảnh sau cao gấp đôi ảnh trước.

- Hỏi phải dịch chuyển màn theo chiều nào ?
- Tìm tiêu cự của thấu kính ?
- Tính số phóng đại của các ảnh ?

Bài 11. Đặt vật sáng AB vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ. Qua thấu kính cho ảnh thật A_1B_1 . Nếu tịnh tiến vật dọc trục chính lại gần thấu kính thêm một đoạn 30 cm lại thu được ảnh A_2B_2 vẫn là ảnh thật và cách vật AB một khoảng như cũ. Biết ảnh lúc sau bằng 4 lần ảnh lúc đầu.

- Tìm tiêu cự của thấu kính và vị trí ban đầu ?
- Để ảnh cao bằng vật thì phải dịch chuyển vật từ vị trí ban đầu một khoảng bằng bao nhiêu, theo chiều nào?

Bài 12. Thấu kính hội tụ có tiêu cự f . Khi dịch chuyển vật lại gần thấu kính một đoạn 5 cm thì ảnh dịch chuyển lại gần hơn so với lúc đầu 1 đoạn 90 cm và có độ cao bằng $\frac{1}{2}$ so với ảnh lúc đầu. Hãy xác định tiêu cự của thấu kính ?

Bài 13. Vật AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ có tiêu cự 12 cm, qua thấu kính cho ảnh ảo A_1B_1 . Dịch chuyển AB ra xa thấu kính một đoạn 8 cm, thì thu được ảnh thật A_2B_2 cách A_1B_1 đoạn 72 cm. Xác định vị trí của vật AB.

Bài 14. Một thấu kính hội tụ cho ảnh thật S' của điểm sáng S đặt trên trục chính. Kể từ vị trí ban đầu nếu dời S gần thấu kính 5 cm thì ảnh dời 10 cm, nếu dời S ra xa thấu kính 40 cm thì ảnh dời 8 cm. Tính tiêu cự của thấu kính?

Bài 15. A, B, C là 3 điểm thẳng hàng. Đặt vật ở A, một thấu kính ở B thì ảnh thật hiện ở C với độ phóng đại $|k_1| = 3$. Dịch thấu kính ra xa vật đoạn 64 cm thì ảnh của

vật vẫn hiện ở C với độ phóng đại $|k_2| = \frac{1}{3}$. Tính f và đoạn AC.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

- Ảnh thật lớn bằng 3 lần vật nên $k = -3$: $k = -\frac{d_1'}{d_1} = -3 \Rightarrow d_1' = 3d_1$
- Vì ảnh và vật luôn chuyển động cùng chiều với nhau nên:

+ Độ dời của vật: $\Delta d = d_2 - d_1 = 3\text{cm}$.

+ Độ dời của ảnh: $\Delta d' = d_2' - d_1' = -18\text{cm}$.

- Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{3d_1} = \frac{4}{3d_1}$

và $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{d_1+3} + \frac{1}{d_1'-18} = \frac{1}{d_1+3} + \frac{1}{3d_1-18}$

$$\Rightarrow \frac{4}{3d_1} = \frac{1}{d_1+3} + \frac{1}{3d_1-18} \Rightarrow d_1 = 24\text{cm}$$

và $f = \frac{3d_1}{4} = \frac{3 \cdot 24}{4} = 18\text{cm}$.

Vậy: Tiêu cự của thấu kính là $f = 18\text{cm}$.

Bài 2.

- Vì ảnh và vật chuyển động cùng chiều đối với thấu kính nên:

+ Độ dời của vật: $\Delta d = d_2 - d_1 = -45\text{cm}$.

+ Độ dời của ảnh: $\Delta d' = d_2' - d_1' = 18\text{cm}$.

- Vì ảnh thật A_1B_1 cao 2cm, ảnh thật A_2B_2 cao 20cm nên $k_2 = 10k_1$.

+ Với $k_1 = \frac{f}{f-d_1}$; $k_2 = \frac{f}{f-d_2} = \frac{f}{f-d_1+45}$

$$\Leftrightarrow \frac{f}{f-d_1+45} = 10 \cdot \frac{f}{f-d_1} \Leftrightarrow 10 \cdot (f-d_1+45) = f-d_1$$

$$\Leftrightarrow 9(f-d_1) = -450 \Leftrightarrow d_1 = f+50 \quad (1)$$

+ Với $k_1 = \frac{f-d_1'}{f}$; $k_2 = \frac{f-d_2'}{f} = \frac{f-d_1'-18}{f}$

$$\Leftrightarrow \frac{f-d_1-18}{f} = 10 \cdot \frac{f-d_1'}{f} \Leftrightarrow 10 \cdot (f-d_1') = f-d_1-18$$

$$\Leftrightarrow 9 \cdot (f-d_1') = -18 \Leftrightarrow d_1' = f+2 \quad (2)$$

a) Tiêu cự của thấu kính

- Ta có: $f = \frac{d_1 d_1'}{d_1 + d_1'}$.

- Thay (1) và (2) vào biểu thức của f , ta có: $f = \frac{(f+50)(f+2)}{f+50+f+2} = \frac{(f+50)(f+2)}{2f+52}$

$$\Leftrightarrow 2f^2 + 52f = f^2 + 52f + 100 \Leftrightarrow f = 10\text{cm}.$$

Vậy: Tiêu cự của thấu kính hội tụ là $f = 10\text{cm}$.

b) Vị trí ban đầu của vật

Từ (1) ta có: $d_1 = f + 50 = 10 + 50 = 60\text{cm}$.

Vậy: Vị trí ban đầu của vật là $d_1 = 60\text{cm}$.

Bài 3.

Ta có: $k_1 = \frac{f}{f - d_1} \Rightarrow d_1 = \frac{(k_1 - 1)f}{k_1}$ và $k_2 = \frac{f}{f - d_2} \Rightarrow d_2 = \frac{(k_2 - 1)f}{k_2}$.

- Độ dời của vật: $\Delta d = d_2 - d_1 = a$.

$$\Leftrightarrow d_2 - d_1 = \frac{(k_2 - 1)f}{k_2} - \frac{(k_1 - 1)f}{k_1} = a$$

$$\Leftrightarrow k_1 k_2 f - k_1 f - k_1 k_2 f + k_2 f = a k_1 k_2 \Rightarrow f = \frac{a k_1 k_2}{k_2 - k_1}$$

Vậy: Tiêu cự của thấu kính là $f = \frac{a k_1 k_2}{k_2 - k_1}$.

Bài 4.

Vì vật dịch lại gần nên ta có: $d_2 = d_1 - 3 = 12(\text{cm})$

Ảnh lúc sau cao gấp 2 lần ảnh trước nên: $\frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} = 2 \Leftrightarrow \left| \frac{k_2}{k_1} \right| = 2$

Ảnh trước và sau đều là thật nên ta có: $\begin{cases} k_2 < 0 \\ k_1 < 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = 2$

$$\text{Ta có: } \begin{cases} k = -\frac{d'}{d} \\ d' = \frac{df}{d - f} \end{cases} \Rightarrow k = \frac{f}{f - d} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = \frac{f - d_1}{f - d_2} = 2 \Leftrightarrow \frac{f - 15}{f - 12} = 2 \Rightarrow f = 9(\text{cm})$$

Bài 5.

a) Gọi d và d' là khoảng cách từ điểm sáng S và màn đến thấu kính.

Ta có: $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$ = không đổi (với d và d' đều dương)

Khi S di chuyển về gần thấu kính tức d giảm thì d' phải tăng. Vậy màn phải ra xa thấu kính.

b) Vị trí S và màn lúc đầu:

+ Độ dời của vật: $\Delta d = d_2 - d_1 = -5\text{cm} \Rightarrow d_2 = d_1 - 5$ (1).

+ Độ dời của ảnh: $\Delta d' = d_2' - d_1' = 22,5\text{cm} \Rightarrow d_2' = d_1' + 22,5$ (2).

Trước khi dịch chuyển vật và màn: $\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} = \frac{1}{f} \Rightarrow d_1' = \frac{d_1 f}{d_1 - f} = \frac{15 d_1}{d_1 - 15}$ (3)

Sau khi dịch chuyển vật và màn: $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{f} \Rightarrow d_2' = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{15d_2}{d_2 - 15}$ (4)

Thay (1) vào (4) ta có: $d_2' = \frac{15(d_1 - 5)}{(d_1 - 5) - 15}$ (5)

Thay (5) và (3) vào (2) ta có: $\frac{15(d_1 - 5)}{(d_1 - 5) - 15} = \frac{15d_1}{d_1 - 15} + 22,5$

Biến đổi ta có: $d_1^2 - 35d_1 + 250 = 0$ (6)

Giải (6) ta có: $d_1 = 25 \text{ cm}$ và $d_1 = 10 \text{ cm}$

Vì ảnh trên màn là ảnh thật nên $d_1 > f = 15(\text{cm})$ nên chọn nghiệm $d_1 = 25 (\text{cm})$

Từ (3) ta có: $d_1' = 37,5 \text{ cm}$

Bài 6.

a) Tiêu cự của thấu kính:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = (1,5 - 1) \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{1}{20} \Rightarrow f = 20(\text{cm})$$

Vì ảnh hứng trên màn là ảnh thật nên $d' > 0 \Rightarrow L = d + d'$

Ta có: $d = \frac{d' \cdot f}{d' - f} \Rightarrow L = \frac{d' \cdot f}{d' - f} + d'$

$$\Leftrightarrow L(d' - f) = (d')^2 \Rightarrow (d')^2 - L.d' + f.L = 0 \quad (*)$$

Ta có: $\Delta = b^2 - 4ac = L^2 - 4fL$

Vì trên màn thu được ảnh rõ nét nên phương trình (*) phải có nghiệm hay

$$\Delta \geq 0 \Rightarrow L^2 - 4fL \geq 0 \Rightarrow L \geq 4f \Rightarrow L_{\min} = 4f = 80(\text{cm})$$

b) Thay $L = 90 \text{ cm}$ và $f = 20 \text{ cm}$ vào phương trình (*) ta có: $(d')^2 - 90d' + 1800 = 0$

Giải phương trình (**) ta có: $\begin{cases} d_1' = 60(\text{cm}) \Rightarrow d_1 = 30(\text{cm}) \\ d_2' = 30(\text{cm}) \Rightarrow d_2 = 60(\text{cm}) \end{cases}$

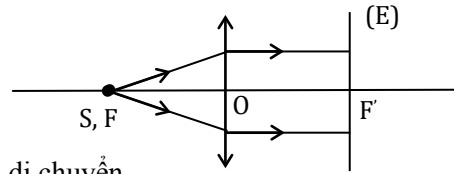
Vậy phải thấu kính đặt cách vật đoạn $d = 30 \text{ cm}$ hoặc $d = 60 \text{ cm}$

Số phóng đại trong mỗi trường hợp: $\begin{cases} k_1 = -\frac{d_1'}{d_1} = -\frac{60}{30} = -2 \\ k_2 = -\frac{d_2'}{d_2} = -\frac{30}{60} = -\frac{1}{2} \end{cases}$

Bài 7.

a) Đường đi của tia sáng và hình dạng vật sáng

Điểm sáng S đặt tại tiêu điểm F sẽ cho chùm tia ló song song, nên vật sáng trên màn sẽ có hình dạng và kích thước của mặt thấu kính.



b) Kích thước vật sáng thay đổi ra sao khi S di chuyển

- Khi thấu kính và màn được đặt cố định, di chuyển S trên trục chính và ra xa thấu kính thì d tăng nên $d_2 > d_1$:

$$\Rightarrow \frac{1}{d_2} < \frac{1}{d_1} \Rightarrow -\frac{1}{d_2} > -\frac{1}{d_1}$$

- Mà: $\frac{1}{d'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d} \Rightarrow \frac{1}{d_2'} > \frac{1}{d_1'} \Rightarrow d_2' < d_1' \Rightarrow \left| -\frac{d_2'}{d_2} \right| < \left| -\frac{d_1'}{d_1} \right| \Leftrightarrow |k_2| < |k_1|$

Vậy: Kích thước của vật sáng trên màn nhỏ dần.

Bài 8.

Thấu kính dịch ra xa vật thì ảnh dịch lại gần thấu kính. Vì thấu kính dịch lại gần màn thêm 15 cm đồng thời màn cũng dịch lại gần thấu kính thêm 15 cm nên:

+ Độ dời của vật: $\Delta d = d_2 - d_1 = 15 \text{ cm}$.

+ Độ dời của ảnh: $\Delta d' = d_2' - d_1' = -30 \text{ cm}$.

Trước khi dời thấu kính, ảnh thật cao gấp 2 lần vật nên $k_1 < 0$.

$$k_1 = -2 \Rightarrow \frac{f}{d_1 - f} = -2 \Rightarrow d_1 = 1,5f \quad (1)$$

Sau khi dời thấu kính, ảnh vẫn được hướng trên màn nên cũng là ảnh thật.

$$\text{Ta có: } d_2' - d_1' = -30 \Leftrightarrow \frac{d_2 f}{d_2 - f} - \frac{d_1 f}{d_1 - f} = -30 \Leftrightarrow \frac{(d_1 + 15)f}{d_1 + 15 - f} - \frac{d_1 f}{d_1 - f} = -30 \quad (2)$$

. Thay (1) và (2) vào ta có:

$$\frac{(1,5f + 15)f}{1,5f + 15 - f} - \frac{1,5f^2}{1,5f - f} = -30 \Rightarrow f = 30(\text{m})$$

Vị trí ban đầu của vật là: $d_1 = 1,5f = 45(\text{m})$

Vị trí của vật lúc sau khi di chuyển thấu kính: $d_2 = d_1 + 15 = 60(\text{cm})$

Bài 9.

+ Vật thật qua thấu kính cho ảnh ảo nhỏ hơn vật $\Rightarrow$ thấu kính là thấu kính phân kì

$$\text{+ Theo đề ra ta có: } \begin{cases} -\frac{d_1'}{d_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow d_1 = -2d_1' = 2 \frac{d_1 f}{f - d_1} \Rightarrow d_1 = -f \\ -\frac{d_2'}{d_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow d_2 = -3d_2' = 3 \frac{d_2 f}{f - d_2} \Rightarrow d_2 = -2f \end{cases}$$

+ Vì thấu kính là thấu kính phân kì nên $f < 0 \Rightarrow d_2 > d_1 \Rightarrow$ dịch vật ra xa thấu kính
 + Do đó ta có: $d_2 = d_1 + 100 \Leftrightarrow -2f = -f + 100 \Rightarrow f = -100(\text{cm}) \Rightarrow d_1 = 100(\text{cm})$

Bài 10.

a) Khi dịch vật lại gần thì ảnh dịch ra xa $\Rightarrow$ phải dịch màn ra xa

b) Vì vật dịch lại gần nên ta có: $d_2 = d_1 - 10 = 30 - 10 = 20(\text{cm})$

Ảnh lúc sau cao gấp 2 lần ảnh trước nên: $\frac{A_2B_2}{A_1B_1} = 2 \Leftrightarrow \left| \frac{k_2}{k_1} \right| = 2$

Ảnh trước và sau đều là thật nên ta có: $\begin{cases} k_2 < 0 \\ k_1 < 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = 2$

$$\frac{f - d_1}{f - d_2} = 2 \Leftrightarrow \frac{f - 30}{f - 20} = 2 \Rightarrow f = 10(\text{cm})$$

Bài 11.

a) Vì vật dịch lại gần 30 cm nên: $d_2 = d_1 - 30$ (1)

Vì ảnh lúc trước và lúc sau đều là ảnh thật và cùng cách vật một khoảng như nhau

nên ta có: $L = d_1 + d'_1 = d_2 + d'_2 \Leftrightarrow d_1 + \frac{d_1 f}{d_1 - f} = d_1 - 30 + \frac{d_2 f}{d_2 - f}$

$$\Leftrightarrow d_1 + \frac{d_1 f}{d_1 - f} = d_1 - 30 + \frac{(d_1 - 30)f}{d_1 - 30 - f} \Leftrightarrow \frac{d_1^2}{d_1 - f} = \frac{(d_1 - 30)^2}{d_1 - 30 - f} \quad (2)$$

Vì ảnh lúc sau bằng 4 lần ảnh lúc đầu nên:

$$\frac{A_2B_2}{A_1B_1} = 4 \Leftrightarrow \frac{A_2B_2}{AB} \cdot \frac{AB}{A_1B_1} = 4 \Leftrightarrow |k_2| \cdot \frac{1}{|k_1|} = 4$$

Vì ảnh trước và sau đều là thật nên: $\begin{cases} k_1 < 0 \\ k_2 < 0 \end{cases} \Rightarrow \frac{k_2}{k_1} = 4$

$$\Leftrightarrow \frac{f - d_1}{f - d_2} = 4 \Leftrightarrow \frac{f - d_1}{f - (d_1 - 30)} = 4 \Rightarrow d_1 = f + 40 \quad (3)$$

Thay (3) vào (2) ta có: $\frac{(f + 40)^2}{f + 40 - f} = \frac{(f + 40 - 30)^2}{f + 40 - 30 - f} \Leftrightarrow \frac{(f + 40)^2}{40} = \frac{(f + 10)^2}{10}$

$$\Rightarrow f + 40 = 2(f + 10) \Rightarrow f = 20(\text{cm})$$

Thay vào (3) $\Rightarrow$ vị trí ban đầu của vật là: $d_1 = 20 + 40 = 60(\text{cm})$

b) Ảnh lúc sau cao bằng vật $\Rightarrow k_2 = -1 \Rightarrow d_2 = d'_2$

$$\Leftrightarrow d_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} \Rightarrow f = d_2 - f \Rightarrow d_2 = 2f = 40(\text{cm}) < d_1 = 60(\text{cm}) \Rightarrow \text{vật dịch lại gần}$$

thêm đoạn 20 cm.

Bài 12.

Khi dịch vật lại gần mà ảnh cũng lại gần thì ảnh đó phải là ảnh ảo.

$$\text{Ta có: } \begin{cases} d_2 = d_1 - 5 \\ |d'_2| = |d'_1| - 90 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d_2 = d_1 - 5 \\ d'_2 = d'_1 + 90 \end{cases} \quad (1) \quad (2)$$

$$\text{Lại có: } \frac{k_2}{k_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{f - d_1}{f - d_2} = \frac{1}{2}. \quad (3)$$

$$\text{Thay (1) vào (3) ta có: } \frac{f - d_1}{f - d_1 + 5} = \frac{1}{2} \Rightarrow d_1 = f - 5 \quad (4)$$

$$\text{Thay (4) vào (1) suy ra: } d_2 = f - 10 \quad (5)$$

$$\text{Biến đổi (2) ta có: } \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{d_1 f}{d_1 - f} + 90 \quad (6)$$

$$\text{Thay (4) và (5) vào (6) ta có: } \frac{(f - 10)f}{f - 10 - f} = \frac{(f - 5)f}{f - 5 - f} + 90$$

$$\Leftrightarrow \frac{(f - 10)f}{-10} = \frac{(f - 5)f}{-5} + 90 \Leftrightarrow 5(f - 10)f = 10(f - 5)f - 90.50$$

$$\Leftrightarrow 5f^2 = 90.50 \Rightarrow f = 30(\text{cm})$$

Bài 13.

Vật dịch ra xa thấu kính nên: $d_2 = d_1 + 8$

Thấu kính hội tụ cho ảnh ảo cùng bên với vật, ảnh thật khác bên với vật so với thấu kính. Do đó ảnh ảo và ảnh thật ở hai bên thấu kính hội tụ nên khoảng cách giữa ảnh

$$\text{ảo } A_1B_1 \text{ và ảnh thật } A_2B_2 \text{ là: } |d'_1| + d'_2 = 72 \Leftrightarrow d'_2 - d'_1 = 72$$

$$\text{Ta có: } \begin{cases} d'_1 = \frac{d_1 f}{d_1 - f} \\ d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} \end{cases} \Rightarrow d'_2 - d'_1 = 72 \Leftrightarrow \frac{d_2 f}{d_2 - f} - \frac{d_1 f}{d_1 - f} = 72$$

$$\Leftrightarrow \frac{(d_1 + 8)f}{d_1 + 8 - f} - \frac{d_1 f}{d_1 - f} = 72 \Leftrightarrow \frac{12(d_1 + 8)}{d_1 + 8 - 12} - \frac{12d_1}{d_1 - 12} = 72 \Leftrightarrow \frac{(d_1 + 8)}{d_1 - 4} - \frac{d_1}{d_1 - 12} = 6$$

$$\Leftrightarrow (d_1 + 8)(d_1 - 12) - d_1(d_1 - 4) = 6(d_1 - 4)(d_1 - 12)$$

$$\Leftrightarrow d_1^2 - 16d_1 + 64 = 0 \Rightarrow d_1 = 8(\text{cm}) \Rightarrow d_2 = 16(\text{cm})$$

Vị trí ban đầu của vật là $d_1 = 8$ cm, vị trí sau là 16 cm

Bài 14.

$$\text{Ta có: } \frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} = \frac{1}{d_1 - 5} + \frac{1}{d'_1 + 10} = \frac{1}{d_1 + 40} + \frac{1}{d'_1 - 8}$$

$$\text{Do đó: } \begin{cases} \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} = \frac{1}{d_1 - 5} + \frac{1}{d'_1 + 10} \\ \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} = \frac{1}{d_1 + 40} + \frac{1}{d'_1 - 8} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_1 - 5} = \frac{1}{d'_1 + 10} - \frac{1}{d'_1} \\ \frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_1 + 40} = \frac{1}{d'_1 - 8} - \frac{1}{d'_1} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{d_1(d_1 - 5)} = \frac{2}{d'_1(d'_1 + 10)} & (1) \\ \frac{5}{d_1(d_1 + 40)} = \frac{1}{d'_1(d'_1 - 8)} & (2) \end{cases}$$

Lấy (1) chia (2) ta có: $\frac{d_1 + 40}{5(d_1 - 5)} = \frac{2(d'_1 - 8)}{(d'_1 + 10)} \quad (*)$

Biến đổi (*) ta có: $d_1 d'_1 + 10d_1 + 40d'_1 + 400 = 10d_1 d'_1 - 80d_1 - 50d'_1 + 400$

$$\Leftrightarrow 9d_1 d'_1 - 90d_1 - 90d'_1 = 0 \Leftrightarrow d_1 d'_1 = +10d_1 + 10d'_1$$

$$\Rightarrow 1 = \frac{10}{d_1} + \frac{10}{d'_1} \Rightarrow \frac{1}{10} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = 10(\text{cm})$$

Bài 15.

Lúc đầu ảnh thật nên: $k_1 = -3 \Leftrightarrow -\frac{d'_1}{d_1} = -3 \Rightarrow d'_1 = 3d_1 \quad (1)$

Khi dịch thấu kính ra xa thêm 64 cm so với vật tại A thì thấu kính sẽ lại gần ảnh thêm 64 cm (vì A và C cố định). Vậy bài toán tương đương với dịch vật ra xa thấu

kính 64 cm thì ảnh dịch lại gần 64 cm. Do đó: $\begin{cases} d_2 = d_1 + 64 \\ d'_2 = d'_1 - 64 \end{cases} \quad (2)$

Vì ảnh lúc sau vẫn ở trên màn nên ảnh là ảnh thật do đó:

$$k_2 = -\frac{1}{3} \Leftrightarrow \frac{d'_2}{d_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow d'_2 = \frac{d_2}{3} \quad (3)$$

Thay (1) và (3) vào (2) ta có: $\begin{cases} d_2 = d_1 + 64 \\ \frac{d_2}{3} = d'_1 - 64 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} d_2 = d_1 + 64 \\ d_2 = 3d'_1 - 3.64 \end{cases}$

$$\Rightarrow d_1 + 64 = 3d'_1 - 3.64 \Rightarrow d_1 = 3d'_1 - 4.64. \text{ Thay (1) vào ta có:}$$

$$d_1 = 3.3d_1 - 4.64 \Rightarrow d_1 = 32(\text{cm}) \Rightarrow d'_1 = 96(\text{cm})$$

Tiêu cự của thấu kính là: $f = \frac{d_1 \cdot d'_1}{d_1 + d'_1} = \frac{32 \cdot 96}{32 + 96} = 24(\text{cm})$

Khoảng cách AC chính là khoảng cách vật và ảnh nên:

$$AC = L = d_1 + d'_1 = 32 + 96 = 128(\text{cm})$$

Chuyên đề 4. Quang hệ ghép

Dạng 1. Hệ 2 thấu kính đồng trục ghép cách nhau một đoạn l

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

$$+ \text{ Sơ đồ tạo ảnh: } AB \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_1 \\ d_1' \end{smallmatrix} \right\}]{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_2 \\ d_2' \end{smallmatrix} \right\}]{(L_2)} A_2B_2$$

- + Vật AB được thấu kính L_1 cho ảnh A_1B_1 , ảnh này trở thành vật đối với thấu kính L_2 và được L_2 cho ảnh cuối cùng là A_2B_2

✎ Vị trí và tính chất của ảnh A_2B_2

- + Đối với L_1 : $d_1 = \overline{O_1A}$ và $d_1' = \overline{O_1A_1} = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}$
- + Đối với L_2 : $d_2 = \overline{O_2A_1} = \ell - d_1'$ và $d_2' = \overline{O_2A_2} = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2}$
- Nếu $d_2' > 0 \Rightarrow$ ảnh A_2B_2 là ảnh thật
 - Nếu $d_2' < 0 \Rightarrow$ ảnh A_2B_2 là ảnh ảo
 - Nếu $d_2' = \infty \Rightarrow$ ảnh A_2B_2 ở vô cùng

✎ Chiều và độ cao của ảnh A_2B_2

- + Độ phóng đại của ảnh qua hệ thấu kính:

$$k = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} \cdot \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{d_1'}{d_1} \cdot \frac{d_2'}{d_2} = k_1 \cdot k_2$$

- Nếu $k > 0 \Rightarrow$ ảnh A_2B_2 cùng chiều với vật AB
- Nếu $k < 0 \Rightarrow$ ảnh A_2B_2 ngược chiều với vật AB.
- Độ lớn ảnh qua hệ hai thấu kính: $|k| = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} \Rightarrow A_2B_2 = |k| AB$

✎ Ảnh của một vật đặt giữa hai thấu kính

- + Khi có một vật đặt giữa hai thấu kính thì sẽ có 2 chiều truyền ánh sáng ngược nhau. Với mỗi chiều truyền qua thấu kính, thì cho một ảnh.
- + Mỗi lần tạo ảnh ta lại áp dụng các công thức về thấu kính đối với ảnh tương

$$\text{ứng. } \begin{cases} \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \\ k = -\frac{d'}{d} = \frac{f}{f-d} = \frac{f-d'}{d} \end{cases}$$

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một thấu kính hội tụ (O_1) có tiêu cự $f_1 = 15\text{cm}$ và một thấu kính phân kì (O_2) có tiêu cự $f_2 = -20\text{cm}$ được đặt cách nhau $l = 7,5\text{cm}$.

Trục chính hai thấu kính trùng nhau. Điểm sáng S trên trục chính trước (O_1) và cách (O_1) đoạn $d_1 = 45\text{cm}$. Xác định ảnh S' của S tạo bởi hệ.

Hướng dẫn giải

Xác định ảnh S' của S tạo bởi hệ

$$- \text{ Sơ đồ tạo ảnh: } S \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_1 \\ d_1' \end{smallmatrix} \right\}]{(O_1)} S_1 \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_2 \\ d_2' \end{smallmatrix} \right\}]{(O_2)} S'.$$

- Xét các quá trình tạo ảnh qua hệ:

$$+ \text{ Với } S_1: \begin{cases} d_1 = 45\text{cm} \\ d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{45 \cdot 15}{45 - 15} = 22,5\text{cm} \end{cases}$$

$$+ \text{ Với } S': \begin{cases} d_2 = l - d_1' = 7,5 - 22,5 = -15\text{cm} \\ d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-15 \cdot (-20)}{-15 + 20} = 60\text{cm} > 0 \end{cases}$$

Vậy: Ảnh cuối cùng qua hệ là ảnh thật cách (O_2) 60cm .

Ví dụ 2: Trước thấu kính hội tụ (L_1) đặt vật sáng AB vuông góc với trục chính (A ở trên trục chính).

a) Biết rằng ảnh A_1B_1 của AB là thật, lớn gấp 3 lần vật và cách vật 160cm . Xác định khoảng cách từ AB đến thấu kính và tiêu cự thấu kính.

b) Giữa AB và (L_1) đặt thêm thấu kính (L_2) giống hệt (L_1) có cùng trục chính với (L_1). Khoảng cách từ AB đến (L_2) là 10cm . Xác định ảnh cuối cùng của AB cho bởi hệ hai thấu kính.

Hướng dẫn giải

a) Khoảng cách từ AB đến thấu kính và tiêu cự thấu kính

- Vì ảnh A_1B_1 của AB là ảnh thật, lớn gấp 3 lần vật nên ta có:

$$k = -\frac{d'}{d} = -\frac{160 - d}{d} = -3 \Rightarrow d = 40\text{cm}$$

$$\text{và } d' = 160 - d = 160 - 40 = 120\text{cm}$$

$$- \text{ Tiêu cự của thấu kính: } f = \frac{dd'}{d + d'} = \frac{40 \cdot 120}{40 + 120} = 30\text{cm}.$$

Vậy: Khoảng cách từ AB đến thấu kính là $d = 40\text{cm}$ và tiêu cự thấu kính là $f = 30\text{cm}$.

b) Vẽ và xác định ảnh cuối cùng của AB cho bởi hệ hai thấu kính

$$- \text{ Sơ đồ tạo ảnh qua hệ: } AB \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_1 \\ d_1' \end{smallmatrix} \right\}]{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_2 \\ d_2' \end{smallmatrix} \right\}]{(L_2)} A_2B_2.$$

- Xét các quá trình tạo ảnh qua hệ:

$$+ \text{ Với } A_1 B_1: \begin{cases} d_1 = 10\text{cm} \\ d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{10 \cdot 30}{10 - 30} = -15\text{cm} \end{cases}$$

Khoảng cách giữa hai thấu kính: $l = 40 - 10 = 30\text{cm}$.

$$+ \text{ Với } A_2 B_2: \begin{cases} d_2 = l - d'_1 = 30 + 15 = 45\text{cm} \\ d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{45 \cdot 30}{45 - 30} = 90\text{cm} \end{cases}$$

$$- \text{ Số phóng đại của ảnh cuối cùng: } k = \frac{d'_2}{d_2} \cdot \frac{d'_1}{d_1} = \frac{90}{45} \cdot \frac{-15}{10} = -3.$$

Vậy: Ảnh cuối cùng là ảnh thật, cách thấu kính (L_1) 90cm, ngược chiều và bằng 3 lần vật.

Ví dụ 3: Cho một hệ gồm hai thấu kính hội tụ L_1 và L_2 có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 30\text{ cm}$ và $f_2 = 20\text{ cm}$ đặt đồng trục cách nhau $l = 60\text{ cm}$. Vật sáng $AB = 3\text{ cm}$ đặt vuông góc với trục chính (A ở trên trục chính) trước L_1 cách O_1 một khoảng d_1 . Hãy xác định vị trí, tính chất, chiều và độ cao của ảnh cuối cùng $A_2 B_2$ qua hệ thấu kính trên và vẽ ảnh với:

a) $d_1 = 45\text{ cm}$

b) $d_1 = 75\text{ cm}$

Hướng dẫn giải

a) Xác định vị trí, tính chất, chiều, độ lớn của ảnh $A_2 B_2$ cho bởi hệ thấu kính

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1 B_1 \xrightarrow{L_2} A_2 B_2$

$$+ \text{ Với } A_1 B_1: \begin{cases} d_1 = 45\text{cm} \\ d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{45 \cdot 30}{45 - 30} = 90(\text{cm}) \end{cases}$$

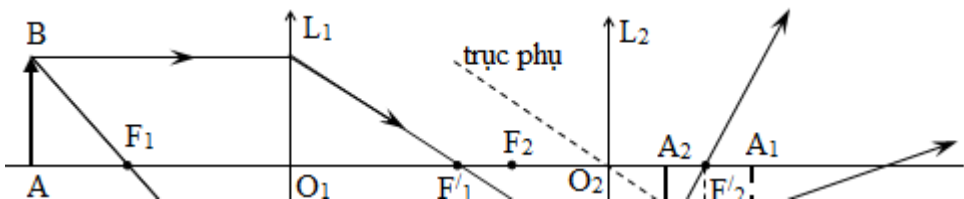
$$+ \text{ Với } A_2 B_2: \begin{cases} d_2 = l - d'_1 = 60 - 90 = -30\text{cm} \\ d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(-30) \cdot 20}{-30 - 20} = 12(\text{cm}) > 0 \end{cases}$$

+ Số phóng đại của ảnh qua hệ thấu kính:

$$k = \frac{A_2 B_2}{AB} = \frac{A_1 B_1}{AB} \cdot \frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{90}{45} \cdot \frac{12}{(-30)} = -\frac{4}{5} = -0,8 < 0 \quad (2)$$

$$+ \text{ Độ cao của ảnh } A_2 B_2 \text{ qua hệ thấu kính: } A_2 B_2 = |k| \cdot AB = 0,8 \cdot 3 = 2,4(\text{cm}) \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3) suy ra ảnh cuối cùng $A_2 B_2$ là ảnh thật, cách thấu kính L_2 đoạn 12 cm, ngược chiều với AB và có độ lớn bằng 2,4 cm.



b) Xác định vị trí, tính chất, chiều, độ lớn của ảnh A_2B_2 cho bởi hệ thấu kính

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

$$+ \text{ Với } A_1B_1: \begin{cases} d_1 = 75\text{cm} \\ d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{75 \cdot 30}{75 - 30} = 50(\text{cm}) \end{cases}$$

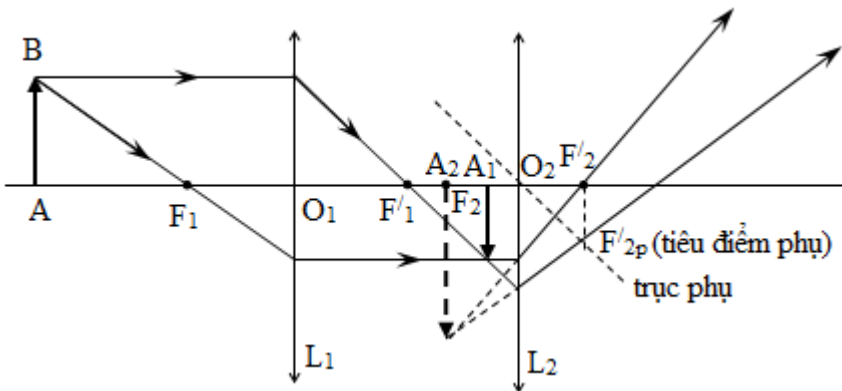
$$+ \text{ Với } A_2B_2: \begin{cases} d_2 = \ell - d'_1 = 60 - 50 = 10(\text{cm}) \\ d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{10 \cdot 20}{10 - 20} = -20(\text{cm}) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

+ Số phóng đại của ảnh qua hệ thấu kính:

$$k = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} \cdot \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{50}{75} \cdot \frac{-20}{10} = -\frac{4}{3} < 0 \quad (2)$$

$$+ \text{ Độ cao của ảnh } A_2B_2 \text{ qua hệ thấu kính: } A_2B_2 = |k| \cdot AB = \frac{4}{3} \cdot 3 = 4(\text{cm}) \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3) suy ra ảnh cuối cùng A_2B_2 là ảnh ảo, cách thấu kính L_2 đoạn 20 cm, ngược chiều với AB và có độ lớn bằng 4 cm.



Ví dụ 4: Một vật sáng AB cao 1 cm được đặt vuông góc trục chính của một hệ gồm hai thấu kính L_1 và L_2 đồng trục cách L_1 một khoảng cách $d_1 = 30$ cm. Thấu kính L_1 là thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_1 = 20$ cm, thấu kính L_2 là thấu kính phân kỳ có tiêu cự $f_2 = -30$ cm, hai thấu kính cách nhau $l = 40$ cm. Hãy xác định vị trí, tính chất, chiều và độ cao của ảnh cuối cùng A_2B_2 qua hệ thấu kính trên. Vẽ ảnh.

Hướng dẫn giải

Xác định vị trí, tính chất, chiều, độ lớn của ảnh A_2B_2 cho bởi hệ thấu kính

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

$$+ \text{ Với } A_1B_1: \begin{cases} d_1 = 30 \text{ cm} \\ d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{30 \cdot 20}{30 - 20} = 60 \text{ (cm)} \end{cases}$$

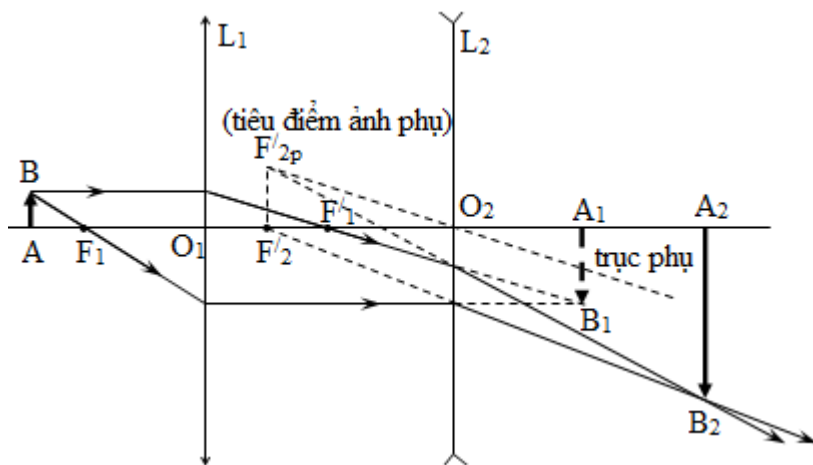
$$+ \text{ Với } A_2B_2: \begin{cases} d_2 = l - d'_1 = 40 - 60 = -20 \text{ (cm)} \\ d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(-20) \cdot (-30)}{-20 - (-30)} = 60 \text{ (cm)} > 0 \end{cases} \quad (1)$$

+ Số phóng đại của ảnh qua hệ thấu kính:

$$k = \frac{A_2B_2}{AB} = \frac{A_1B_1}{AB} \cdot \frac{A_2B_2}{A_1B_1} = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{60}{30} \cdot \frac{60}{-20} = -6 < 0 \quad (2)$$

$$+ \text{ Độ cao của ảnh } A_2B_2 \text{ qua hệ thấu kính: } A_2B_2 = |k| \cdot AB = 6 \cdot 1 = 6 \text{ (cm)} \quad (3)$$

+ Từ (1), (2) và (3) suy ra ảnh cuối cùng A_2B_2 là ảnh thật, cách thấu kính L_2 đoạn 60 cm, ngược chiều với AB và có độ lớn bằng 6 cm.



Ví dụ 5: Hai thấu kính hội tụ có các tiêu cự lần lượt là $f_1 = 10\text{cm}$ và $f_2 = 20\text{cm}$ được đặt đồng trục và cách nhau $l = 30\text{cm}$.

- Vật sáng AB được đặt vuông góc với trục chính trước (L_1) cách quang tâm O_1 một đoạn 12cm . Xác định ảnh của vật cho bởi hệ. Vẽ đường đi của một chùm tia sáng.
- Chứng tỏ độ lớn của ảnh không phụ thuộc vị trí của vật.
- Suy rộng cho hai thấu kính hội tụ có tiêu cự f_1, f_2 tổng quát. Hệ hai thấu kính này gọi là hệ gì?

Hướng dẫn giải

- Xác định ảnh của vật cho bởi hệ và vẽ đường đi của một chùm tia sáng

- Sơ đồ tạo ảnh qua hệ: $AB \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_1 \\ d_1' \end{smallmatrix} \right\}]{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_2 \\ d_2' \end{smallmatrix} \right\}]{(L_2)} A_2B_2$.

- Xét các quá trình tạo ảnh qua hệ:

+ Với A_1B_1 : $\begin{cases} d_1 = 12\text{cm} \\ d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{12 \cdot 10}{12 - 10} = 60\text{cm} \end{cases}$

+ Với A_2B_2 : $\begin{cases} d_2 = l - d_1' = 30 - 60 = -30\text{cm} \\ d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{-30 \cdot (20)}{-30 - 20} = 12\text{cm} \end{cases}$

- Số phóng đại của ảnh: $k = \left(-\frac{d_2'}{d_2} \right) \cdot \left(-\frac{d_1'}{d_1} \right) = \left(-\frac{12}{-30} \right) \cdot \left(-\frac{60}{12} \right) = -2$.

Vậy: Ảnh cuối cùng là ảnh thật cách (O_2) 12cm và cao gấp đôi vật.

- Chứng tỏ độ lớn của ảnh không phụ thuộc vị trí của vật

Ta có: $k = \frac{f_2}{f_2 - d_2} \cdot \frac{f_1}{f_1 - d_1} = \frac{f_2}{f_2 - (l - d_1')} \cdot \frac{f_1}{f_1 - d_1}$.

$\Leftrightarrow k = \frac{f_2}{f_2 - l + \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}} \cdot \frac{f_1}{f_1 - d_1} = \frac{20}{20 - 30 + \frac{10d_1}{d_1 - 10}} \cdot \frac{10}{10 - d_1}$

$\Leftrightarrow k = \frac{20(d_1 - 10)}{100} \cdot \frac{10}{10 - d_1} = -2$

Vậy: Độ lớn của ảnh không phụ thuộc vị trí của vật.

- Suy rộng cho hai thấu kính hội tụ có tiêu cự f_1, f_2

Ta có: $k = \frac{f_2}{f_2 - l + \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}} \cdot \frac{f_1}{f_1 - d_1} = \frac{-f_2(f_1 - d_1)}{f_2 d_1 - f_1 f_2 - l d_1 + l f_1 + d_1 f_1} \cdot \frac{f_1}{f_1 - d_1}$.

$$\Leftrightarrow k = \frac{-f_1 f_2}{d_1(f_1 + f_2 - l) - f_1(f_2 - l)} \text{ với: } l = f_1 + f_2 \Rightarrow k = \frac{f_2}{f_2 - l} = -\frac{f_2}{f_1}.$$

Vậy: Độ lớn của ảnh không phụ thuộc vị trí của vật mà chỉ phụ thuộc vào tiêu cự của hai thấu kính. Hệ thấu kính này gọi là hệ vô tiêu.

Ví dụ 6: Hai thấu kính L_1, L_2 có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 20 \text{ cm}, f_2 = 10 \text{ cm}$ đặt cách nhau một khoảng $\ell = 55 \text{ cm}$, sao cho trục chính trùng nhau. Đặt vật AB cao 1 cm trước thấu kính L_1 .

- Để hệ cho ảnh thật thì vật phải đặt vật trong khoảng cách nào ?
- Để qua hệ thu được 1 ảnh thật có chiều cao bằng 2 cm và cùng chiều với vật AB thì phải đặt vật AB cách thấu kính L_1 đoạn bằng bao nhiêu.

Hướng dẫn giải

a) Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Gọi d_1 là khoảng cách từ AB đến thấu kính L_1

+ Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = 55 - \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{\left(55 - \frac{20d_1}{d_1 - 20}\right)10}{55 - \frac{20d_1}{d_1 - 20} - 10}$

$$\Leftrightarrow d'_2 = \frac{(55d_1 - 20.55 - 20d_1)10}{55d_1 - 55.20 - 20d_1 - 10d_1 + 10.20} = \frac{10(35d_1 - 1100)}{25d_1 - 900} = \frac{14d_1 - 440}{d_1 - 36}$$

Để vật AB cho ảnh A_2B_2 là ảnh thật thì $d'_2 > 0 \Rightarrow \frac{14d_1 - 440}{d_1 - 36} > 0$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 14d_1 - 440 > 0 \\ d_1 - 36 > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} d_1 > \frac{220}{7} \\ d_1 > 36 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} d_1 > 36(\text{cm}) \\ 0 < d_1 < \frac{220}{7}(\text{cm}) \end{cases}$$

Vậy khi đặt vật thỏa mãn điều kiện $0 < d_1 < \frac{220}{7}(\text{cm})$ hay $d_1 > 36(\text{cm})$

b) Theo bài ta có: $k = 2 \Leftrightarrow \frac{d'_1}{d_1} \frac{d'_2}{d_2} = 2 \Leftrightarrow \frac{f_1}{d_1 - f_1} \frac{f_2}{d_2 - f_2} = 2$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{20}{d_1 - 20} \right) \left(\frac{10}{d_2 - 10} \right) = 2 \Leftrightarrow \left(\frac{20}{d_1 - 20} \right) \left(\frac{10}{55 - \frac{20d_1}{d_1 - 20} - 10} \right) = 2$$

$$\Leftrightarrow \frac{100}{25d_1 - 900} = 1 \Rightarrow d_1 = 40 \text{ (cm)} \text{ thỏa mãn điều kiện cho ảnh thật}$$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một hệ đồng trục gồm một thấu kính hội tụ L_1 có tiêu cự $f_1 = 40$ cm và có thấu kính phân kỳ L_2 có tiêu cự f_2 đặt cách nhau $l = 60$ cm. Một vật sáng AB cao 4 cm đặt vuông góc trục chính trước thấu kính L_1 cách L_1 một khoảng $d_1 = 60$ cm. Biết ảnh cuối A_2B_2 của AB qua hệ thấu kính là ảnh ảo cùng chiều và cách thấu kính L_2 đoạn 30 cm. Hãy xác định tiêu cự f_2 của thấu kính phân kỳ. Tính độ cao của ảnh cuối cùng qua hệ khi đó.

Bài 2. Cho thấu kính L_1 có độ tụ $D_1 = 4$ dp đặt đồng trục với thấu kính L_2 có độ tụ $D_2 = -5$ dp, khoảng cách $O_1O_2 = 70$ cm (với O_1 và O_2 là quang tâm của thấu kính). Điểm sáng S nằm trên trục chính của hệ, trước O_1 và cách O_1 một khoảng 50 cm. Hãy xác định ảnh S_2 tạo bởi quang hệ có tính chất như thế nào ?

Bài 3. Hai thấu kính L_1, L_2 được ghép đồng trục, cách nhau 40cm, tiêu cự của L_1 là 20cm, còn độ tụ của L_2 là -5 dp. Đặt trước L_1 một vật sáng AB có chiều cao 4cm, cách L_1 một khoảng 25cm.

- Xác định tính chất, vị trí và độ cao của ảnh cuối cùng tạo bởi hệ thấu kính trên ?
- Muốn ảnh cuối cùng là ảnh thật và cách L_2 một đoạn là 20 cm thì vật sáng AB phải được đặt cách L_1 bao nhiêu cm ?

Bài 4. Một hệ gồm hai thấu kính hội tụ O_1 và O_2 đồng trục cách nhau $l = 50$ cm có tiêu cự lần lượt là $f_1 = 20$ cm và $f_2 = 10$ cm. Vật sáng AB đặt vuông góc trục chính và cách O_1 một khoảng d_1 . Xác định d_1 để hệ cho:

- Ảnh A_2B_2 thật cách O_2 đoạn 20 cm
- Ảnh A_2B_2 ảo cách O_2 đoạn 10 cm

Bài 5. Một hệ đồng trục: L_1 là một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_1 = 20$ cm và L_2 là 1 thấu kính phân kỳ có tiêu cự $f_2 = -50$ cm đặt cách nhau một khoảng $l = 50$ cm. Trước L_1 khác phía với L_2 , đặt 1 vật sáng AB đặt vuông góc trục chính cách L_1 một đoạn $d_1 = 30$ cm

- Xác định vị trí, tính chất ảnh cuối cùng A_2B_2 qua hệ.
- Giữ AB và L_1 cố định. Hỏi cần dịch chuyển L_2 trong khoảng nào để ảnh của AB qua hệ luôn là ảnh thật.

Bài 6. Cho hệ thấu kính L_1, L_2 cùng trục chính, cách nhau 7,5 cm. Thấu kính L_2 có tiêu cự $f_2 = 15$ cm. Một vật sáng AB đặt vuông góc trục chính trước và cách L_1 đoạn 15 cm. Xác định giá trị của f_1 để:

- Hệ cho ảnh cuối cùng là ảnh ảo.
- Hệ cho ảnh cuối cùng là ảnh ảo cùng chiều với vật.
- Hệ cho ảnh cuối cùng là ảnh ảo cùng chiều và lớn gấp 4 lần vật.

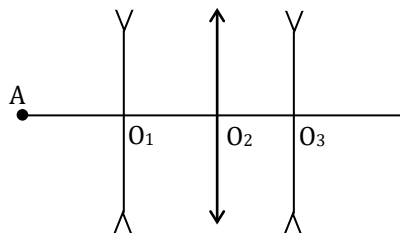
Bài 7. Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính L_1 có tiêu cự f_1 qua thấu kính cho ảnh A_1B_1 cùng chiều và cao bằng $1/2$ lần vật. Giữ thấu kính cố định, dịch chuyển vật một khoảng 10 cm thì thấu kính cho ảnh cùng chiều với vật và cao bằng $1/3$ lần vật.

- Tính tiêu cự f_1 của thấu kính L_1 đó .
- Đặt vật AB ở vị trí thấu kính cho ảnh cao bằng $1/2$ lần vật, sau thấu kính L_1 đặt thấu kính hội tụ L_2 có tiêu cự $f_2 = 20$ cm và lúc đầu cách L_1 một khoảng 25cm. Bây giờ giữ nguyên vật AB và thấu kính L_1 , dịch chuyển thấu kính L_2 ra xa dần L_1 thì ảnh cuối cùng cho bởi hệ dịch chuyển như thế nào ?

Bài 8. Đặt một vật sáng AB vuông góc với trục chính của thấu kính hội tụ L_1 có tiêu cự $f_1 = 32$ cm và cách thấu kính 40cm. Sau L_1 , ta đặt một thấu kính L_2 có tiêu cự $f_2 = -15$ cm, đồng trục với L_1 và cách L_1 một đoạn a.

- Cho $a = 190$ cm. Xác định ảnh của AB cho bởi hệ thấu kính.
- Khoảng cách a ở trong khoảng nào thì ảnh của AB cho bởi hệ là ảnh thật?
- Tìm a để độ lớn của ảnh cuối cùng của AB không phụ thuộc khoảng cách từ vật AB tới hệ.

Bài 9. Cho hệ ba thấu kính đồng trục (L_1), (L_2), (L_3) lần lượt có tiêu cự $f_1 = -20$ cm; $f_2 = 10$ cm; $f_3 = -20$ cm. Khoảng cách giữa các quang tâm là $O_1O_2 = O_2O_3 = 5$ cm. Đặt điểm sáng A trên trục chính, bên trái của hệ với $O_1A = d_1 = 60$ cm. Xác định ảnh sau cùng của A tạo bởi hệ.



Bài 10. Vật sáng AB được đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ (L_1). Ảnh A_1B_1 cho bởi (L_1) là ảnh thật, cách AB 90cm và cao gấp đôi AB. Đặt thêm thấu kính phân kì (L_2) trong khoảng giữa AB và (L_1) sao cho hai trục chính trùng nhau, hai quang tâm cách nhau 10cm. Ảnh cuối cùng của AB cho bởi hệ hai thấu kính ở vô cùng.

- Xác định các tiêu cự của (L_1) và (L_2).
- Giữ nguyên vị trí của AB, đổi chỗ hai thấu kính (L_2) và (L_1). Xác định vị trí của ảnh sau cùng.

Bài 11. Một hệ đồng trục gồm một thấu kính phân kỳ O_1 có tiêu cự $f_1 = -18 \text{ cm}$ và 1 thấu kính hội tụ O_2 có tiêu cự $f_2 = 24 \text{ cm}$ đặt cách nhau một khoảng a . Vật sáng AB đặt vuông góc trục chính cách O_1 đoạn 18 cm . Xác định L để:

- Hệ cho ảnh thật, ảnh ảo, ảnh ở vô cực.
- Hệ cho ảnh cao gấp 3 lần vật.
- Hệ cho ảnh ảo trùng vị trí vật.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

$$+ \text{ Với } A_1B_1: \begin{cases} d_1 = 60 \text{ cm} \\ d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{60 \cdot 40}{60 - 40} = 120 (\text{cm}) \end{cases}$$

$$+ A_1B_1 \text{ là vật đối với } L_2 \text{ và cách } O_2 \text{ đoạn: } d_2 = \ell - d'_1 = 60 - 120 = -60 (\text{cm})$$

$$+ \text{ Ảnh } A_2B_2 \text{ cách } O_2 \text{ đoạn: } d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2}$$

$$+ \text{ Vì ảnh } A_2B_2 \text{ là ảnh ảo nên } d'_2 = -30 \Leftrightarrow -30 = \frac{(-60)f_2}{-60 - f_2} \Rightarrow f_2 = -20 (\text{cm})$$

+ Số phóng đại của ảnh qua hệ thấu kính:

$$k = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} \cdot \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{120}{60} \cdot \frac{-30}{-60} = 1 > 0$$

$$+ \text{ Độ cao của ảnh } A_2B_2 \text{ qua hệ thấu kính: } A_2B_2 = |k| \cdot AB = 1 \cdot 4 = 4 (\text{cm})$$

Ảnh cuối cùng A_2B_2 cùng chiều với AB và có độ lớn bằng 4 cm .

Bài 2.

$$+ \text{ Tiêu cự của thấu kính } L_1 \text{ và } L_2 \text{ lần lượt là: } \begin{cases} f_1 = \frac{1}{D_1} = \frac{1}{4} (\text{m}) = 25 (\text{cm}) \\ f_2 = \frac{1}{D_2} = \frac{1}{-5} (\text{m}) = -20 (\text{cm}) \end{cases}$$

$$+ \text{ Ảnh } A_1B_1 \text{ cách } O_1 \text{ đoạn: } d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{25 \cdot 50}{50 - 25} = 50 (\text{cm})$$

$$+ A_1B_1 \text{ là vật đối với } L_2 \text{ và cách } O_2 \text{ đoạn: } d_2 = \ell - d'_1 = 70 - 50 = 20 (\text{cm})$$

$$+ \text{ Ảnh } A_2B_2 \text{ cách } O_2 \text{ đoạn: } d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{20(-20)}{20 + 20} = -10 (\text{cm})$$

$$+ \text{ Số phóng đại của ảnh: } k = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{50}{50} \cdot \frac{-10}{20} = -\frac{1}{2} < 0$$

Vậy ảnh A_2B_2 là ảnh ảo, ngược chiều và có độ lớn bằng một nửa vật AB

Bài 3.

a) Tiêu cự có thấu kính L_2 là: $f_2 = \frac{1}{D_2} = \frac{1}{-5}(\text{m}) = -20(\text{cm})$

+ Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{25 \cdot 20}{25 - 20} = 100(\text{cm})$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = 40 - 100 = -60(\text{cm})$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(-60)(-20)}{-60 + 20} = -30(\text{cm})$

+ Số phóng đại của ảnh: $k = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{100}{25} \cdot \frac{-30}{-60} = 2 > 0$

Vậy ảnh A_2B_2 là ảnh ảo, cùng chiều và có độ cao gấp 2 lần vật AB

b) Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = 40 - \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} \Leftrightarrow 20 = \frac{\left(40 - \frac{20d_1}{d_1 - 20}\right)(-20)}{40 - \frac{20d_1}{d_1 - 20} + 20}$

$\Leftrightarrow -1 = \left(\frac{20d_1 - 800}{40d_1 - 1200}\right) \Leftrightarrow 1 = \left(\frac{40 - d_1}{2d_1 - 60}\right) \Rightarrow 2d_1 - 60 = 40 - d_1 \Rightarrow d_1 = \frac{100}{3}(\text{cm})$

Bài 4.

a) Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = 50 - \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} \Leftrightarrow 20 = \frac{\left(50 - \frac{20d_1}{d_1 - 20}\right) \cdot 10}{50 - \frac{20d_1}{d_1 - 20} - 10}$

$\Leftrightarrow 2 = \left(\frac{30d_1 - 1000}{20d_1 - 800}\right) \Leftrightarrow 2 = \left(\frac{3d_1 - 100}{2d_1 - 80}\right) \Rightarrow d_1 = 60(\text{cm})$

b) Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = 50 - \frac{20d_1}{d_1 - 20}$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} \Leftrightarrow -10 = \frac{\left(50 - \frac{20d_1}{d_1 - 20}\right)(10)}{50 - \frac{20d_1}{d_1 - 20} - 10}$

$\Leftrightarrow -1 = \left(\frac{30d_1 - 1000}{20d_1 - 800}\right) \Leftrightarrow -1 = \left(\frac{3d_1 - 100}{2d_1 - 80}\right) \Rightarrow d_1 = 36(\text{cm})$

Bài 5.

a) Vị trí, tính chất ảnh cuối cùng A_2B_2 qua hệ

+ Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{30 \cdot 20}{30 - 20} = 60(\text{cm})$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = 50 - 60 = -10(\text{cm})$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(-10)(-50)}{-10 + 50} = 12,5(\text{cm})$

+ Số phóng đại của ảnh $k = \frac{f_1}{d_1 - f_1} \cdot \frac{f_2}{d_2 - f_2} = -2,5 < 0$

Vậy ảnh qua hệ là ảnh thật, ngược chiều và có độ lớn gấp 2,5 lần vật AB

b) Gọi a là khoảng cách giữa L_1 và L_2 để luôn cho ảnh thật

+ Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{30 \cdot 20}{30 - 20} = 60(\text{cm})$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = a - 60$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(a - 60)(-50)}{a - 60 + 50} = \frac{50(60 - a)}{a - 10}$

+ Vì ảnh là ảnh thật nên: $d'_2 > 0$

$$\Leftrightarrow \frac{50(60 - a)}{a - 10} > 0 \Rightarrow \begin{cases} 60 - a > 0 \\ a - 10 > 0 \end{cases} \Leftrightarrow 10 < a < 60(\text{cm})$$

Vậy để thu được ảnh thật thì khoảng dịch chuyển của L_2 là $10 < a < 60(\text{cm})$

Bài 6.

+ Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{15f_1}{15 - f_1}$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = 7,5 - \frac{15f_1}{15 - f_1}$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{\left(7,5 - \frac{15f_1}{15 - f_1}\right)(15)}{7,5 - \frac{15f_1}{15 - f_1} - 15}$

$$\Rightarrow d'_2 = \frac{7,5 \cdot 15 - 22,5f_1}{7,5 \cdot 15 - 7,5f_1 - 15 \cdot 15} = \frac{3f_1 - 15}{f_1 + 15}$$

a) Để ảnh cho bởi hệ là ảnh ảo nên: $d'_2 < 0$

$$\Leftrightarrow \frac{3f_1 - 15}{f_1 + 15} < 0 \Rightarrow 3f_1 - 15 < 0 \Rightarrow f_1 < 5(\text{cm})$$

b) Để ảnh cho bởi hệ là ảnh ảo và cùng chiều với vật: $\begin{cases} d'_2 < 0 \\ k > 0 \end{cases}$

Ta có: $k = \frac{f_1}{d_1 - f_1} \cdot \frac{f_2}{d_2 - f_2} = \frac{f_1}{15 - f_1} \cdot \frac{15}{7,5 - \frac{15f_1}{15 - f_1} - 15} = \frac{-2f_1}{15 + f_1} > 0$

Suy ra: $\begin{cases} f_1 < 0 \\ f_1 < 15 \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} f_1 > 0 \\ f_1 > 15 \end{cases} \Rightarrow f_1 < 0 \text{ hoặc } f_1 > 15(\text{cm})$

Theo câu a điều kiện để cho ảnh ảo là $f_1 < 5(\text{cm})$ vậy điều kiện chung là $f_1 < 0$

Vậy thấu kính L_1 phải là thấu kính phân kì.

c) Khi ảnh cùng chiều và lớn gấp 4 lần vật thì: $k = 4 \Leftrightarrow \frac{-2f_1}{15 + f_1} = 4 \Rightarrow f_1 = -10(\text{cm})$

Bài 7.

a) Tính f_1

+ Vì vật thật qua thấu kính cho ảnh cùng chiều và nhỏ hơn vật nên ảnh là ảo suy ra thấu kính L_1 là thấu kính phân kì.

+ Gọi d_1 ; d_2 là khoảng cách giữa vật và thấu kính lúc đầu và sau khi dịch chuyển vật. Gọi k_1 ; k_2 là độ phóng đại của ảnh lúc trước và sau khi dịch chuyển vật, vì ảnh

ảo cùng chiều với vật nên $k > 0 \Rightarrow \begin{cases} k_1 = \frac{1}{2} \\ k_2 = \frac{1}{3} \end{cases}$

$$\text{Ta có } K_1 = \begin{cases} k_1 = \frac{f_1}{f_1 - d_1} & (1) \\ k_2 = \frac{f_1}{f_1 - d_2} & (2) \end{cases}$$

+ Vì sau khi dịch chuyển vật, kích thước của ảnh giảm nên vật di chuyển ra xa thấu

kính nên $d_2 = d_1 + 10$ thay vào (2) ta có: $k_1 = \frac{f_1}{f_1 - d_1 - 10} \quad (3)$

Lấy (1) : (3) ta có $\frac{k_1}{k_2} = \frac{f_1 - d_1 - 10}{f_1 - d_1} = \frac{3}{2} \Rightarrow f_1 - d_1 = -20 \quad (4)$

Thay (4) vào (1) ta có $f_1 = -10\text{cm}$

b) Vị trí của vật khi $k_1 = 1/2$. Theo (4) ta có $d_1 = f_1 + 20 = -10 + 20 = 10\text{cm}$

+ Sơ đồ tạo ảnh qua hệ: $AB \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_1 \\ d'_1 \end{smallmatrix} \right\}]{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow[\left\{ \begin{smallmatrix} d_{32} \\ d'_{32} \end{smallmatrix} \right\}]{(L_3)} A'_2B'_2$

+ Tính d'_1 : Ta có $d'_1 = \frac{d_1 \cdot f_1}{d_1 - f_1} = -5(\text{cm})$

+ Tính d_2 : ta có $d_2 = a - d'_1 = a + 5\text{cm}$

+ Vì ban đầu L_2 cách thấu kính L_1 một khoảng $a = 25\text{cm}$ nên vật A_1B_1 cách thấu kính L_2 một khoảng $d_2 = a + 5 = 30\text{cm} > f_2$ nên ảnh A_2B_2 ban đầu luôn là ảnh thật, do đó sau khi dịch chuyển thấu kính L_2 ra xa thấu kính L_1 thì A_1B_1 luôn nằm ngoài tiêu cự của L_2 nên ảnh A_2B_2 luôn là ảnh thật và dịch chuyển lại gần thấu kính đến khi L_2 dịch chuyển ra xa vô cùng thì ảnh A_2B_2 ở tiêu diện ảnh của nó (vì $d_2 = \infty$ thì $d'_2 = f_2$).

Bài 8.

a) Xác định vị trí, tính chất, chiều, độ lớn của ảnh A_2B_2 cho bởi hệ thấu kính

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{40 \cdot 32}{40 - 32} = 160(\text{cm})$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = a - d'_1 = 190 - 160 = 30(\text{cm})$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{30(-15)}{30 + 15} = -10(\text{cm}) < 0$

+ Số phóng đại của ảnh qua hệ thấu kính:

$$k = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} \cdot \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{160}{40} \cdot \frac{-10}{30} = -\frac{4}{3} < 0$$

Vậy ảnh A_2B_2 là ảnh ảo ngược chiều với AB và có độ lớn là $A_2B_2 = \frac{4}{3}AB$

b) Tìm khoảng xác định của a để hệ cho ảnh cuối cùng là ảnh thật

+ Vị trí của vật AB và thấu kính L_1 không đổi nên ta vẫn có $d_1 = 40 \text{ cm}$, $d'_1 = 160(\text{cm})$.

+ Suy ra: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(a - 160)(-15)}{a - 145}$

+ Để ảnh A_2B_2 là ảnh thật, ta phải có $d'_2 > 0$

$$\text{Suy ra: } \frac{(a - 160)(-15)}{a - 145} > 0 \Leftrightarrow \frac{(a - 160)}{a - 145} < 0 \Rightarrow \begin{cases} a - 160 > 0 \\ a - 145 < 0 \\ a - 160 < 0 \\ a - 145 > 0 \end{cases}$$

Suy ra: $160(\text{cm}) < a < 145(\text{cm}) \rightarrow \text{loại}$ hay $145(\text{cm}) < a < 160(\text{cm})$

c) Khi vật di chuyển thì vị trí của vật AB so với thấu kính L_1 là d_1 (thay đổi khi di chuyển). Gọi a là khoảng cách giữa hai thấu kính L_1 và L_2 .

+ Ta có: Ảnh A_1B_1 cách O_1 đoạn: $d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}$

+ A_1B_1 là vật đối với L_2 và cách O_2 đoạn: $d_2 = \ell - d'_1 = a - \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1}$

+ Ảnh A_2B_2 cách O_2 đoạn: $d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2}$

+ Số phóng đại: $k = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{AB}} = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{f_1}{d_1 - f_1} \cdot \frac{f_2}{d_2 - f_2} = \frac{f_1}{d_1 - f_1} \cdot \frac{f_2}{a - \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} - f_2}$

$$\Leftrightarrow k = \frac{f_1 f_2}{a(d_1 - f_1) - d_1 f_1 - f_2(d_1 - f_1)} = \frac{f_1 f_2}{(a - f_1 - f_2)d_1 + f_1(f_2 - a)}$$

+ Muốn độ lớn của ảnh A_2B_2 không đổi khi di chuyển vật lại gần thấu kính, thì k phải độc lập với d_1 . Do đó: $a - f_1 - f_2 = 0 \Rightarrow a = f_1 + f_2 = 17(\text{cm})$ (hệ vô tiêu)

Bài 9.

a) Xác định ảnh sau cùng của A tạo bởi hệ

- Sơ đồ tạo ảnh qua hệ: $A \xrightarrow[(L_1)]{d_1} A_1 \xrightarrow[(L_2)]{d_2} A_2 \xrightarrow[(L_3)]{d_2} A_3$.

- Xét quá trình tạo ảnh liên tiếp, ta có:

$$+ \text{ Với } A_1: \begin{cases} d_1 = 60\text{cm} \\ d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{60 \cdot (-20)}{60 + 20} = -15\text{cm} \end{cases}$$

$$+ \text{ Với } A_2: \begin{cases} d_2 = O_1 O_2 - d_1' = 5 + 15 = 20\text{cm} \\ d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{20 \cdot 10}{20 - 10} = 20\text{cm} \end{cases}$$

$$+ \text{ Với } A_3: \begin{cases} d_3 = O_2 O_3 - d_2' = 5 - 20 = -15\text{cm} \\ d_3' = \frac{d_3 f_3}{d_3 - f_3} = \frac{-15 \cdot (-20)}{-15 + 20} = 60\text{cm} \end{cases}$$

Vậy: Ảnh cuối cùng của A là ảnh thật, cách (L_3) 60cm, đối xứng với vật qua O_2 .

Bài 10.

a) Tiêu cự của (L_1) và (L_2)

- Khi chưa đặt thêm (L_2) : Với $A_1 B_1$:

$$d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = l - d_1 = 90 - d_1 \text{ và: } k = -\frac{d_1'}{d_1} = -\frac{90 - d_1}{d_1} = -2$$

$$\Rightarrow d_1 = 30\text{cm} \text{ và } d_1' = 90 - 30 = 60\text{cm}.$$

$$f_1 = \frac{d_1 d_1'}{d_1 + d_1'} = \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = 20\text{cm}.$$

- Khi đặt thêm thấu kính (L_2) , ta có sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow[\begin{smallmatrix} \{d_1 \\ d_1' \end{smallmatrix}]{(L_2)} A_1 B_1 \xrightarrow[\begin{smallmatrix} \{d_2 \\ d_2' \end{smallmatrix}]{(L_1)} A_2 B_2.$

$$+ \text{ Với } A_1 B_1: \begin{cases} d_1 = 30 - 10 = 20\text{cm} \\ d_1' = \frac{d_1 f_2}{d_1 - f_2} = \frac{20 f_2}{20 - f_2} \end{cases}$$

$$+ \text{ Với } A_2 B_2: \begin{cases} d_2 = l - d_1' = 10 - \frac{20 f_2}{20 - f_2} = \frac{200 - 30 f_2}{20 - f_2} \\ d_2' = \infty \end{cases}$$

- Để ảnh cuối cùng ở vô cùng thì: $d_2 = f_1 = 20\text{cm}$.

$$\Leftrightarrow \frac{200 - 30 f_2}{20 - f_2} = 20 \Rightarrow f_2 = -20\text{cm}.$$

Vậy: Tiêu cự của các thấu kính là $f_1 = 20\text{cm}$ (TKHT) và $f_2 = -20\text{cm}$ (TKPK).

b) Vị trí và độ phóng đại của ảnh sau cùng: Khi đổi chỗ hai thấu kính cho nhau:

- Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow[\begin{smallmatrix} \{d_1 \\ d_1' \end{smallmatrix}]{(L_1)} A_1 B_1 \xrightarrow[\begin{smallmatrix} \{d_2 \\ d_2' \end{smallmatrix}]{(L_2)} A_2 B_2.$

- Xét các quá trình tạo ảnh qua hệ:

$$+ \text{ Với } A_1B_1: \begin{cases} d_1 = 20\text{cm} \\ d'_1 = \infty \end{cases}$$

$$+ \text{ Với } A_2B_2: \begin{cases} d_2 = \infty \\ d'_2 = f_2 = -20\text{cm} \end{cases}$$

Vậy: Ảnh cuối cùng qua hệ là ảnh ảo, cách thấu kính (L_2) 20cm.

Bài 11.

a) Xác định điều kiện của a để hệ cho ảnh thật, ảnh ảo, ảnh ở vô cực

$$+ \text{ Ảnh } A_1B_1 \text{ cách } O_1 \text{ đoạn: } d'_1 = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{18 \cdot (-18)}{18 + 18} = -9(\text{cm})$$

$$+ A_1B_1 \text{ là vật đối với } L_2 \text{ và cách } O_2 \text{ đoạn: } d_2 = \ell - d'_1 = a + 9$$

$$+ \text{ Ảnh } A_2B_2 \text{ cách } O_2 \text{ đoạn: } d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(a + 9)24}{a - 15}$$

$$\text{Khi hệ cho ảnh thật: } d'_2 > 0 \Leftrightarrow \frac{(a + 9)24}{a - 15} > 0 \Rightarrow a - 15 > 0 \Rightarrow a > 15(\text{cm})$$

$$\text{Khi hệ cho ảnh ảo: } d'_2 < 0 \Leftrightarrow \frac{(a + 9)24}{a - 15} < 0$$

$$\Rightarrow a - 15 < 0 \Rightarrow a < 15(\text{cm}) \Rightarrow 0 < a < 15(\text{cm})$$

$$\text{Khi hệ cho ở vô cực: } d'_2 = \infty \Leftrightarrow \frac{(a + 9)24}{a - 15} = \infty \Rightarrow a - 15 = 0 \Rightarrow a = 15(\text{cm})$$

b) Điều kiện của a để hệ cho ảnh cao gấp 3 lần

$$+ \text{ Ta có: } k = \pm 3 \Leftrightarrow \frac{f_1}{d_1 - f_1} \cdot \frac{f_2}{d_2 - f_2} = \pm 3$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{-18}{18 + 18} \right) \left(\frac{24}{a + 9 - 24} \right) = \pm 3 \Rightarrow \begin{cases} a = 11(\text{cm}) \\ a = 19(\text{cm}) \end{cases}$$

c) Hệ cho ảnh ảo trùng vị trí vật khi: $d'_2 = -(18 + a)$

$$\Leftrightarrow -(18 + a) = \frac{(a + 9)24}{a - 15} \Rightarrow a = 1,87(\text{cm})$$

Dạng 2. Hệ thấu kính ghép sát

A. PHƯƠNG PHÁP GIẢI

Hệ 2 thấu kính đồng trục ghép sát nhau:

Với hệ này có 2 cách:

+ Lập sơ đồ như hệ 2 thấu kính ghép đồng trục nhưng khoảng cách L_1 đến L_2 là $l = 0$

+ Hoặc dùng thấu kính tương đương

Thay hệ thấu kính bằng một thấu kính tương đương có độ tụ:

$$D_h = D_1 + D_2 + \dots + D_n \Leftrightarrow \frac{1}{f_h} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \dots + \frac{1}{f_n} \quad (*)$$

+ Thực hiện các tính toán trên hệ thấu kính tương đương

+ Khi hai thấu kính không cùng kích thước ghép sát nhau:

- Phần chung (phần giữa) được thay bằng thấu kính tương đương.
- Phần riêng (phần rìa) là một thấu kính đơn.

Chứng minh (*)

$$+ \text{Ta có: } \begin{cases} \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} = \frac{1}{f_1} \\ \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{f_2} \end{cases}$$

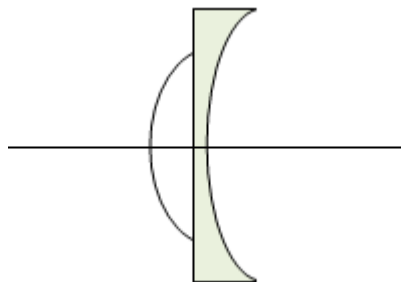
$$+ \text{Vì ghép sát nên: } l = d'_1 + d_2 = 0 \Rightarrow d_2 = -d'_1$$

$$+ \text{Vậy: } \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_2} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Leftrightarrow \frac{1}{f_h} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Leftrightarrow D_h = D_1 + D_2$$

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Hai thấu kính ghép đồng trục như hình. Thấu kính phẳng lõm L_1 có bán kính mặt lõm là 20 cm, thấu kính phẳng lồi có bán kính mặt lồi 30 cm. Chiết suất của chất làm hai thấu kính như nhau và đều bằng 1,5.

- Đặt vật AB trước L_1 một đoạn 40 cm vuông góc với trục chính. Xác định vị trí của ảnh cho bởi hệ thấu kính trên.
- Vật AB đặt trong khoảng nào thì các ảnh trên cùng chiều với vật.



Hướng dẫn giải

+ Tiêu cự của thấu kính phẳng – lõm:

$$\frac{1}{f_1} = (n-1) \frac{1}{R_{\text{lồi}}} = (1,5-1) \frac{1}{20} = \frac{1}{40} \Rightarrow f_1 = 40(\text{cm})$$

+ Tiêu cự của thấu kính phẳng – lõm:

$$\frac{1}{f_2} = (n-1) \frac{1}{R_{\text{lõm}}} = (1,5-1) \frac{1}{-30} = -\frac{1}{60} \Rightarrow f_2 = -60(\text{cm})$$

+ Gọi f_h là tiêu cự của hệ thấu kính ghép sát. Ta có:

$$\frac{1}{f_h} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{40} - \frac{1}{60} = \frac{1}{120} \Rightarrow f_h = 120(\text{cm})$$

+ Phần mà hai thấu kính O_1, O_2 chắn lẫn nhau cho ta hệ 2 thấu kính ghép sát nên hệ này cho một ảnh S_1 . Phần của thấu kính lớn không bị chắn bởi thấu kính bé cho ta một ảnh S_2 . Vậy có 2 ảnh của S được tạo bởi hệ.

+ Sơ đồ tạo ảnh của thấu kính tương đương và thấu kính đơn có rìa lớn

$$\underset{\text{d}}{S} \xrightarrow{L_{12}} \underset{\text{d}_1}{S_1} \quad \text{và} \quad \underset{\text{d}}{S} \xrightarrow{L_2} \underset{\text{d}_2}{S_2}$$

+ Vị trí ảnh cho bởi thấu kính tương đương:

$$\frac{1}{f_h} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'_1} \Rightarrow d'_1 = \frac{d \cdot f_h}{d - f_h} = \frac{40 \cdot 120}{40 - 120} = -60(\text{cm})$$

+ Vị trí ảnh cho bởi thấu kính đơn L_2 có rìa lớn:

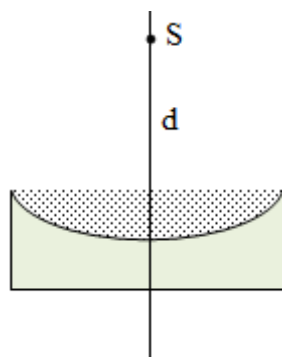
$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'_2} \Rightarrow d'_2 = \frac{d \cdot f_2}{d - f_2} = \frac{40 \cdot (-60)}{40 + 60} = -24(\text{cm})$$

b) Thấu kính tương đương coi như thấu kính hội tụ, thấu kính đơn L_2 là thấu kính phân kì. Thấu kính phân kì luôn cho ảnh ảo cùng chiều với vật do đó chỉ cần biện luận với thấu kính tương đương.

Điều kiện để ảnh cùng chiều với (thấu kính tương đương) là vật phải nằm trong khoảng từ quang tâm đến tiêu cự nên: $0 < d < f_h \Leftrightarrow 0 < d < 120(\text{cm})$

Ví dụ 2: Một thấu kính phẳng – lõm làm bằng thủy tinh có tiêu cự $f_1 = -20 \text{ cm}$. Thấu kính được đặt sao cho trục chính thẳng đứng, mặt lõm hướng lên trên. Một điểm sáng S nằm trên trục chính và cách thấu kính một đoạn d (hình vẽ).

- Ảnh S' của S tạo bởi thấu kính cách thấu kính 12 cm. Tính d.
- Giữ nguyên S và cố định thấu kính. Đổ một chất lỏng trong suốt vào mặt lõm. Bây giờ ảnh S' của S là ảnh ảo và cách thấu kính 20 cm. Tính tiêu cự f_2 của thấu kính chất lỏng phẳng – lõm.



Hướng dẫn giải

a) Tính d

+ Vì S' là ảnh của thấu kính phân kì nên: $d' = -12(\text{m})$

+ Áp dụng công thức thấu kính ta có:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{(-12)(-20)}{-12 + 20} = 30(\text{cm})$$

b) Tiêu cự f_2

+ Hệ thấu kính bây giờ gồm thấu kính chất lỏng dạng phẳng – lõm và thấu kính thủy tinh dạng phẳng – lõm được ghép sát đồng trục với nhau.

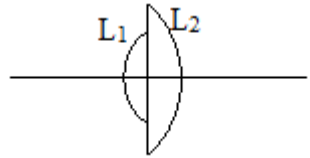
+ Theo đề, ảnh S' là ảnh ảo và cách thấu kính tương đương 20 cm $\Rightarrow d' = -20(\text{cm})$

+ Vì vật được giữ cố định nên lúc này vật cách thấu kính tương đương $d = 30 \text{ cm}$

+ Ta có:
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow f = \frac{d \cdot d'}{d + d'} = \frac{30 \cdot (-20)}{30 - 20} = -60(\text{cm})$$

+ Lại có:
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Leftrightarrow \frac{1}{-60} = \frac{1}{-20} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = 30(\text{cm})$$

Ví dụ 3: Một thấu kính phẳng lõm L_1 có tiêu cự $f_1 = 20 \text{ cm}$ được ghép sát đồng trục với một thấu kính phẳng lõm L_2 có tiêu cự $f_2 = 60 \text{ cm}$. Mặt phẳng 2 kính ghép sát nhau như hình vẽ. Thấu kính L_2 có đường kính gấp đôi L_1 . Một điểm sáng S nằm trên trục chính của hệ, trước L_1 .



a) Chứng tỏ rằng có 2 ảnh của S được tạo bởi hệ.

b) Tìm điều kiện về vị trí của S để 2 ảnh đều thật và đều ảo.

Hướng dẫn giải

a) Phần mà hai thấu kính O_1, O_2 chắn lẫn nhau cho ta hệ 2 thấu kính ghép sát nên hệ này cho một ảnh S_1 . Phần của thấu kính lớn không bị chắn bởi thấu kính bé cho ta một ảnh S_2 . Vậy có 2 ảnh của S được tạo bởi hệ.

b) Gọi f_h là tiêu cự của hệ thấu kính ghép sát (thấu kính tương đương). Ta có:

$$\frac{1}{f_h} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_h = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2} = \frac{20 \cdot 60}{20 + 60} = 15(\text{cm})$$

+ Sơ đồ tạo ảnh của thấu kính tương đương và thấu kính đơn có rìa lớn

$$\underset{d}{S} \xrightarrow{L_{12}} \underset{d_1}{S_1} \quad \text{và} \quad \underset{d}{S} \xrightarrow{L_2} \underset{d_2}{S_2}$$

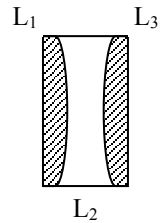
+ Vì thấu kính tương đương và thấu kính đơn L_2 đều là thấu kính hội tụ nên điều

kiện để cho ảnh thật là:
$$\begin{cases} d > f_2 = 60(\text{cm}) \\ d > f_h = 15(\text{cm}) \end{cases} \Rightarrow d > 60(\text{cm})$$

+ Muốn cho hai ảnh đều là ảnh ảo thì: $\begin{cases} 0 < d < f_2 = 60(\text{cm}) \\ 0 < d < f_h = 15(\text{cm}) \end{cases} \Rightarrow 0 < d < 15(\text{cm})$

Ví dụ 4: Có ba thấu kính (L_1), (L_2) và (L_3) có thể ghép sát để tạo thành một bản mặt song song như hình vẽ.

- Khi ghép sát (L_1) và (L_2) hệ có tiêu cự f' .
 - Khi ghép sát (L_2) và (L_3) hệ có tiêu cự f'' .
- Hãy tính theo f' và f'' các tiêu cự f_1 , f_2 , f_3 của ba thấu kính.



Bài giải

Ta có: Thấu kính (L_1) và (L_3) là thấu kính hội tụ, thấu kính (L_2) là thấu kính phân kì.

- Khi ghép sát (L_1) và (L_2) hệ có tiêu cự: $\frac{1}{f'} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ (1)

- Khi ghép sát (L_2) và (L_3) hệ có tiêu cự: $\frac{1}{f''} = \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$ (2)

- Từ (1) và (2), ta có: $\frac{1}{f'} + \frac{1}{f''} = \frac{1}{f_1} + \frac{2}{f_2} + \frac{1}{f_3}$ (3)

- Tiêu cự của thấu kính (L_1): $\frac{1}{f_1} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{n-1}{R_1}$ (4)

- Tiêu cự của thấu kính (L_3): $\frac{1}{f_3} = (n-1) \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{n-1}{R_3}$ (5)

(với quy ước: $R_1 > 0$, $R_3 > 0$).

- Tiêu cự của thấu kính (L_2):

$$\frac{1}{f_2} = (n-1) \left(\frac{1}{-R_1} + \frac{1}{-R_3} \right) = -(n-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (6)$$

- Từ (4), (5) và (7), ta có: $\frac{1}{f_2} = - \left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_3} \right)$ (7)

- Từ (3) và (7), ta có: $\frac{1}{f'} + \frac{1}{f''} = \frac{1}{f_2}$ (8)

$$\Rightarrow f_2 = \frac{f' f''}{f' + f''}$$

- Thay (8) vào (1), ta có: $\frac{1}{f'} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f'} + \frac{1}{f''} \Rightarrow f_1 = -f''$
- Thay (8) vào (2), ta có: $\frac{1}{f''} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f''} + \frac{1}{f_3} \Rightarrow f_3 = -f'$

Vậy: $f_1 = -f''$; $f_2 = \frac{f'f''}{f' + f''}$; $f_3 = -f'$.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một thấu kính mỏng, phẳng lõm làm bằng thủy tinh, chiết suất $n = 1,5$ Mặt lõm có bán kính $R = 20$ cm. Thấu kính được đặt sao cho trục chính thẳng đứng là mặt lõm hướng lên trên. Một điểm sáng S đặt trên trục chính ở phía trên thấu kính và cách nó một khoảng d.

- Biết ảnh S' của S cho bởi thấu kính nằm cách thấu kính một khoảng 20 cm. Xác định d.
- Giữ cố định S và thấu kính. Đổ một lớp chất lỏng vào mặt lõm. Bây giờ ảnh cuối cùng của S nằm cách thấu kính 30cm. Tính chiết suất n' của chất lỏng, biết $n' < 2$.

Bài 2. Đặt thấu kính phẳng – lõm bằng thủy tinh nằm ngang, đổ một chất lỏng trong suốt có chiết suất $n' = 1,8125$ vào mặt lõm (quay lên). Biết bán kính cong của mặt lõm là 12,5 cm và chiết suất của thủy tinh $n = 1,5$. Từ bề mặt của chất lỏng ta truyền cho viên bi một vận tốc $v_0 = 3$ m/s thẳng đứng hướng lên. Hỏi viên bi cho ảnh thật và cho ảnh ảo qua thấu kính trong bao lâu? Lấy $g = 10$ m/s².

Bài 3. Một thấu kính phẳng – lõm làm bằng thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$ ghép sát với một thấu kính khác có tụ số 8dp. Hệ thấu kính ghép tạo ảnh thật cách hệ một đoạn $66,7\text{cm} \approx \frac{200}{3}$ cm khi vật thật đặt cách hệ 40cm.

- Tính bán kính mặt lõm.
- Đặt thấu kính phẳng – lõm nằm ngang. Đổ vào mặt lõm một chất lỏng trong suốt chiết suất n' .

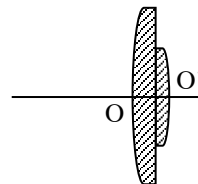
Định n' để thấu kính chứa chất lỏng là thấu kính hội tụ.

Bài 4. Hai thấu kính phẳng – lồi giống nhau cùng tiêu cự $f = 40\text{cm}$ được ghép sát đồng trục sao cho hai mặt lồi tiếp xúc nhau.

- Vật là điểm sáng trên trục chính cách hệ thấu kính 40cm. Xác định ảnh.
- Đổ một chất lỏng trong suốt vào khoảng trống giữa hai thấu kính ghép. Ảnh của điểm vật nói trên dời xa vị trí ban đầu một đoạn 80cm. Tính chiết suất của chất lỏng. Biết chiết suất của thủy tinh làm thấu kính là $n = 1,5$.

Bài 5. Hai thấu kính phẳng – lồi (O) và (O') cùng làm bằng thủy tinh, chiết suất $n = 1,5$ có tiêu cự lần lượt là f và f' . Thấu kính (O') nhỏ hơn (O) và mặt phẳng của hai thấu kính được dán với nhau sao cho trục chính của chúng trùng nhau. Một vật phẳng nhỏ AB đặt trên trục chung, vuông góc với trục.

- Tính bán kính cong R và R' của hai mặt lồi của (O) và (O').



- b) Chứng minh rằng vật AB có hai ảnh. Tìm điều kiện để hai ảnh ấy là thật cả hoặc ảo cả.
 c) Phải đặt vật ở cách hệ bao nhiêu để hai ảnh ấy là thật cả và ảnh nọ lớn gấp k lần ảnh kia. Biện luận.

Bài 6. Thấu kính L_1 có tiêu cự $f_1 = 15\text{cm}$ có kích thước nhỏ được ghép sát vào thấu kính hội tụ L_2 , $f_2 = 10\text{ cm}$ có kích thước lớn hơn L_1 nhiều lần. Hai thấu kính được coi là mỏng có trục chính trùng nhau.

- a) Xác định vị trí của vật AB để 2 ảnh có độ lớn bằng nhau.
 b) Tìm điều kiện đặt vật để cho 2 ảnh thật hoặc 2 ảnh ảo. Chứng minh khi cả 2 ảnh đều thật hoặc đều ảo thì độ lớn của chúng không thể bằng nhau.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

a) Tiêu cự của thấu kính: $\frac{1}{f} = (n-1)\frac{1}{R_{\text{lõm}}} = (1,5-1)\frac{1}{-20} = \frac{1}{-40} \Rightarrow f = -40(\text{cm})$

+ Thấu kính là thấu kính phân kì nên ảnh qua thấu kính là ảnh ảo $\Rightarrow d' = -20(\text{cm})$

+ Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{(-20) \cdot (-40)}{-20 + 40} = 40(\text{cm})$

b) Khi đổ chất lỏng vào mặt lõm thì sẽ được hệ thấu kính ghép sát gồm một thấu kính lõm có dạng phẳng – lõm và một thấu kính thủy tinh có dạng phẳng – lõm.

Trường hợp 1: Ảnh là ảnh thật $\Rightarrow d' = 30\text{ cm}$

+ Ta có: $\frac{1}{f_h} = \frac{1}{f_l} + \frac{1}{f_{\text{lỏng}}} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Leftrightarrow \frac{1}{-40} + \frac{1}{f_{\text{lỏng}}} = \frac{1}{40} + \frac{1}{30} \Rightarrow \frac{1}{f_{\text{lỏng}}} = \frac{1}{12}$

+ Lại có: $\frac{1}{f_{\text{lỏng}}} = (n-1)\frac{1}{R_{\text{lồi}}} \Leftrightarrow \frac{1}{12} = (n-1)\frac{1}{20} \Rightarrow n = \frac{8}{3} > 2 \Rightarrow \text{loại}$

Trường hợp 2: Ảnh là ảnh ảo $\Rightarrow d' = -30\text{ cm}$

+ Ta có: $\frac{1}{f_h} = \frac{1}{f_l} + \frac{1}{f_{\text{lỏng}}} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Leftrightarrow \frac{1}{-40} + \frac{1}{f_{\text{lỏng}}} = \frac{1}{40} + \frac{1}{-30} \Rightarrow \frac{1}{f_{\text{lỏng}}} = \frac{1}{60}$

+ Lại có: $\frac{1}{f_{\text{lỏng}}} = (n-1)\frac{1}{R_{\text{lồi}}} \Leftrightarrow \frac{1}{60} = (n-1)\frac{1}{20} \Rightarrow n = \frac{4}{3} < 2 \Rightarrow \text{thỏa mãn điều kiện}$

Bài 2.

+ Độ tụ của thấu kính thủy tinh phẳng – lõm: $D_1 = (n-1)\frac{1}{R} = -4\text{dp}$

+ Độ tụ của thấu kính lõm phẳng – lồi: $D_2 = (n-1)\frac{1}{R'} = 6,5\text{dp}$

+ Độ tụ của hệ thấu kính ghép sát: $D = D_1 + D_2 = 2,5\text{ dp}$

+ Tiêu cự của hệ thấu kính: $f = \frac{1}{D} = 0,4\text{m}$

+ Chọn trục Oy thẳng đứng, hướng lên trên, gốc tọa độ tại điểm ném, phương trình chuyển động của viên bi là: $y = 3t^2 - 5t$

+ Khi vật qua vị trí tiêu điểm F: $3t - 5t^2 = 0,4$

+ Giải ra ta được $t_1 = 0,2s$; $t_2 = 0,4s$.

+ Thời gian vật cho ảnh thật từ t_1 đến t_2 : $\Delta t_1 = t_2 - t_1 = 0,2s$.

+ Thời gian vật cho ảnh ảo: $\Delta t_2 = 2t_1 = 0,4s$.

Bài 3.

Gọi thấu kính phẳng – lõm là thấu kính (L_1) và thấu kính kia là thấu kính (L_2).

- Với thấu kính (L_1): $\frac{1}{f_1} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{\infty}\right) = \frac{1,5-1}{R_1} = \frac{1}{2R_1}$

$$\Rightarrow f_1 = 2R_1$$

- Với thấu kính (L_2): $f_2 = \frac{1}{8} = 0,125m = 12,5cm$.

- Với hệ thấu kính: $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{2R_1} + \frac{1}{12,5}$ (1)

$$\Rightarrow f = \frac{25R_1}{2R_1 + 12,5}$$

- Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{40} + \frac{3}{200} = \frac{8}{200}$ (2)

- Từ (1) và (2), ta có: $\frac{1}{2R_1} + \frac{1}{12,5} = \frac{8}{200} \Rightarrow R_1 = -12,5cm$

Vậy: Bán kính của mặt lõm là 12,5cm.

b) Xác định n' để thấu kính chứa chất lỏng là thấu kính hội tụ

- Sau khi đổ chất lỏng vào, ta có:

$$\frac{1}{f_1} = \left(\frac{n'}{n} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{\infty}\right) = \left(\frac{1,5}{n'} - 1\right)\left(\frac{1}{-12,5}\right) = \frac{n' - 1,5}{12,5n'}$$

- Để thấu kính chứa chất lỏng là thấu kính hội tụ thì: $f_1 > 0 \Rightarrow n' > 1,5$.

Bài 4.

a) Xác định ảnh qua hệ

- Tiêu cự của hệ thấu kính: Từ $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{40} + \frac{1}{40} = \frac{2}{40} \Rightarrow f = 20cm$

- Vị trí của ảnh: $d' = \frac{df}{d-f} = \frac{40.20}{40-20} = 40cm$

Vậy: Ảnh tạo bởi hệ thấu kính trên là ảnh thật, cách hệ thấu kính 40cm.

b) Chiết suất của chất lỏng

- Khi đổ một chất lỏng trong suốt vào khoảng trống giữa hai thấu kính ghép thì hệ được xem gồm hai thấu kính hội tụ (L_1), (L_2) và thấu kính phân kì (L_3) ghép sát nhau như hình vẽ:

- Với các thấu kính (L_1) và (L_2): Ta có:

$$\frac{1}{f_1} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{1,5-1}{R} = \frac{1}{2R} = \frac{1}{f_2}$$

$$\Rightarrow R = \frac{f_1}{2} = \frac{40}{2} = 20\text{cm}$$

- Với thấu kính (L_3): Ta có:

$$\frac{1}{f_3} = (n'-1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = (n'-1) \left(\frac{1}{-20} + \frac{1}{-20} \right) = \frac{1-n'}{10}$$

- Với hệ thấu kính (L_1), (L_2) và (L_3) ta có:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} = \frac{1}{40} + \frac{1}{40} + \frac{n'-1,5}{10n'} = \frac{1}{20} + \frac{1-n'}{10}$$

- Vì ảnh dời xa vị trí ban đầu một đoạn 80cm nên: $d' = 40 + 80 = 120\text{cm}$.

$$\text{Ta có: } \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Leftrightarrow \frac{1}{20} + \frac{1-n'}{10} = \frac{1}{40} + \frac{1}{120} \Rightarrow n' = \frac{7}{6} \approx 1,17$$

Vậy: Chiết suất của chất lỏng là $n' = 1,17$.

Bài 5.

- a) Bán kính cong R và R' của hai mặt lồi của (O) và (O')

- Với thấu kính (O): $\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{n-1}{R} \Rightarrow R = (n-1)f$

- Với thấu kính (O'): $\frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{R'} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{n-1}{R'} \Rightarrow R' = (n-1)f'$

Vậy: Bán kính cong R và R' của hai mặt lồi của (O) và (O') là

$$R = (n-1)f; R' = (n-1)f'.$$

- b) Chứng minh vật AB có hai ảnh

- Vật AB qua hệ có hai ảnh: một ảnh tạo bởi phần giữa (phần chung của hai thấu kính), một ảnh tạo bởi phần rìa của thấu kính (O).

- Sơ đồ tạo ảnh:

$$+ AB \xrightarrow{O} A_1B_1 \text{ (O có tiêu cự } f).$$

$$+ AB \xrightarrow{O, O'} A_2B_2 \text{ (O, O' có tiêu cự } f_h: f_h < f, f').$$

- Để hai ảnh đều thật thì: $(d > f) \cap (d > f_h) \Rightarrow d > f$.

- Vì AB là vật thật, ta suy ra:

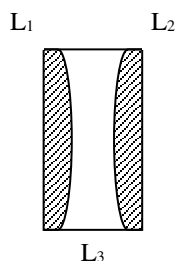
- Để hai ảnh đều ảo thì: $(0 < d < f) \cap (0 < d < f_h) \Rightarrow 0 < d < f_h$.

$$\text{với: } \frac{1}{f_h} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f'} \Rightarrow f_h = \frac{ff'}{f+f'} \Rightarrow 0 < d < \frac{ff'}{f+f'}$$

Vậy: Để hai ảnh đều thật thì $d > f$; để hai ảnh đều ảo thì $0 < d < \frac{ff'}{f+f'}$.

- c) Khoảng cách giữa vật và hệ để hai ảnh là thật cả và ảnh nọ lớn gấp k lần ảnh kia

- Để hai ảnh đều là thật cả và ảnh nọ lớn gấp k lần ảnh kia thì:



$$\begin{cases} d > f \\ k_2 = k.k_1 \end{cases}$$

$$\text{Ta có: } k_1 = \frac{f}{f-d}; k_2 = \frac{f'}{f'-d} \Leftrightarrow \frac{f'}{f'-d} = k \cdot \frac{f}{f-d} \Leftrightarrow (1-k)ff' = d(f'-kf)$$

$$\Rightarrow d = \frac{ff'(1-k)}{f'-kf}$$

$$\text{Vậy: Để hai ảnh là thật cả và ảnh nọ lớn gấp } k \text{ lần ảnh kia thì } d = \frac{ff'(1-k)}{f'-kf}.$$

Bài 6.

+ Phần mà hai thấu kính L_1, L_2 chắn lẫn nhau cho ta hệ 2 thấu kính ghép sát nên hệ này cho một ảnh A_1B_1 . Phần của thấu kính lớn không bị chắn bởi thấu kính bé cho ta một ảnh A_2B_2 . Vậy có 2 ảnh của AB được tạo bởi hệ.

+ Gọi f_h là tiêu cự của hệ thấu kính ghép sát (thấu kính tương đương). Ta có:

$$\frac{1}{f_h} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_h = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2} = \frac{15 \cdot 10}{15 + 10} = 6(\text{cm})$$

+ Sơ đồ tạo ảnh của thấu kính tương đương và thấu kính đơn có rìa lớn

$$\underbrace{AB}_d \xrightarrow{L_{12}} \underbrace{A_1B_1}_{d_1} \quad \text{và} \quad \underbrace{AB}_d \xrightarrow{L_2} \underbrace{A_2B_2}_{d_2}$$

$$\text{a) Để hai ảnh có độ lớn bằng nhau thì: } |k_h| = |k_2| \Rightarrow \begin{cases} k_h = k_2 \\ k_h = -k_2 \end{cases}$$

$$+ \text{ TH1: } k_h = k_2 \Leftrightarrow \frac{f_h}{f_h - d} = \frac{f_2}{f_2 - d} \Leftrightarrow \frac{6}{6-d} = \frac{10}{10-d} \Rightarrow 60 - 6d = 60 - 10d \Rightarrow d = 0$$

$$+ \text{ TH2: } k_h = -k_2 \Leftrightarrow \frac{f_h}{f_h - d} = -\frac{f_2}{f_2 - d} \Leftrightarrow \frac{6}{6-d} = \frac{-10}{10-d}$$

$$\Rightarrow -60 + 6d = 60 - 10d \Rightarrow 16d = 120 \Rightarrow d = 7,5(\text{cm})$$

Vậy phải đặt vật cách hệ thấu kính ghép sát đoạn $d = 7,5 \text{ cm}$ thì hai ảnh có độ lớn bằng nhau.

b) Tìm điều kiện đặt vật để cho 2 ảnh thật hoặc 2 ảnh ảo

+ Vì thấu kính tương đương và thấu kính đơn L_2 đều là thấu kính hội tụ nên điều

$$\text{kiện để cho ảnh thật là: } \begin{cases} d > f_2 = 10(\text{cm}) \\ d > f_h = 6(\text{cm}) \end{cases} \Rightarrow d > 10(\text{cm})$$

$$+ \text{ Muốn cho hai ảnh đều là ảnh ảo thì: } \begin{cases} 0 < d < f_2 = 10(\text{cm}) \\ 0 < d < f_h = 6(\text{cm}) \end{cases} \Rightarrow 0 < d < 6(\text{cm})$$

$$* \text{ Khi hai ảnh có độ lớn bằng nhau thì } |k_h| = |k_2|$$

+ Vì hai ảnh cùng tính chất hoặc đều thật hoặc đều ảo nên $k_h = k_2$

$$\Leftrightarrow \frac{f_h}{f_h - d} = \frac{f_2}{f_2 - d} \Leftrightarrow \frac{6}{6 - d} = \frac{10}{10 - d} \Rightarrow 60 - 6d = 60 - 10d \Rightarrow d = 0$$

+ Vậy không tồn tại điều kiện hai ảnh đều thật hay đều ảo mà có cùng chiều cao.

Chuyên đề 5. BÀI TOÁN VỀ MẮT

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Mắt thường

- + Là mắt khi không điều tiết có tiêu điểm nằm trên võng mạc (màng lưới)
- + Mắt bình thường có điểm cực cận C_c cách mắt cỡ 25cm ($OC_c = Đ \approx 25\text{cm}$), điểm cực viễn ở vô cùng ($OC_v = \infty$)
- + Giới hạn nhìn rõ của mắt [C_c ; C_v]

+ Công thức về thấu kính mắt: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$ $\xrightarrow{d' = OV}$ $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{OV}$

- Khi quan sát ở vô cực (không điều tiết) thì $d = OC_v = \infty$:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{OV} \Rightarrow D = \frac{1}{f} = \frac{1}{OV}$$

- Khi quan sát ở cực cận (điều tiết tối đa) thì $d = OC_c = Đ$:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{OC_c} + \frac{1}{OV}$$

- Khi chuyển từ trạng thái quan sát vật ở vị trí cách mắt d_1 sang trạng thái quan sát vật ở vị trí cách mắt d_2 thì độ biến thiên độ tụ của mắt là:

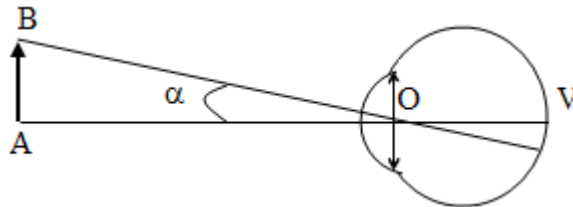
$$\Delta D = \frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1}$$

- Khi chuyển từ trạng thái không điều tiết sang trạng thái điều tiết tối đa thì:

$$\Delta D = \frac{1}{OC_c} - \frac{1}{OC_v}$$

- + Góc trông vật AB là góc α tạo bởi hai tia sáng xuất phát từ hai điểm A và B tới mắt.

- + Năng suất phân li của mắt $\alpha_{\min}$ là góc trông nhỏ nhất giữa hai điểm mà mắt còn có thể phân biệt được hai điểm đó. $\tan \alpha = \frac{AB}{OA} = \frac{AB}{\ell}$



🔗 **Lưu ý:** Khi tính toán các công thức liên quan đến độ tụ D hay độ biến thiên độ tụ ΔD thì nhất thiết phải để đơn vị chiều dài ở dạng mét (m)

2. Mắt cận thị

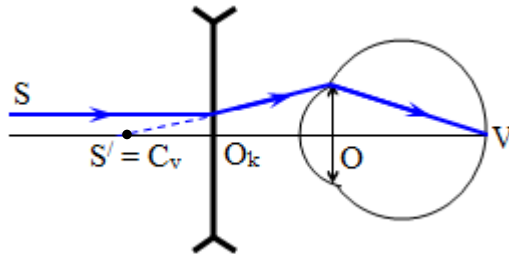
- + Mắt cận thị là mắt khi không điều tiết có tiêu điểm nằm trước võng mạc. Do đó có $f_{\max} < OV$ với OV là khoảng cách từ quang tâm thủy tinh thể tới võng mạc. Khoảng cực cận $OC_c = \Phi < 25\text{cm}$, OC_v có giá trị hữu hạn
- + Cách sửa (có 2 cách, cách 1 có lợi nhất thường được sử dụng)

Cách 1: Đeo thấu kính phân kỳ để nhìn xa như người bình thường, tức là vật ở vô cực cho ảnh ảo qua kính nằm ở điểm cực viễn.

▪ Sơ đồ tạo ảnh: $S \equiv \infty \xrightarrow{O_k} S' \equiv C_v \xrightarrow{O} S'' \equiv V$

▪
$$\begin{cases} d = \infty \Rightarrow d' = -O_k C_v = -(OC_v - \ell) = f_k \\ \text{Khi đeo kính sát mắt} \Rightarrow \ell = 0 \Rightarrow d' = -O_k C_v = -OC_v = f_k \end{cases}$$

với $\ell = OO_k$ là khoảng cách từ kính tới mắt.



Cách 2: Đeo thấu kính phân kỳ để nhìn gần như người bình thường, tức là vật đặt cách mắt 25cm cho ảnh ảo qua kính nằm ở điểm cực cận.

Ta có:
$$\begin{cases} d = 25 - \ell \Rightarrow d' = -O_k C_c = -(OC_c - \ell) \\ \text{Khi đeo kính sát mắt} \Rightarrow \ell = 0 \Rightarrow \begin{cases} d = \Phi = 25(\text{cm}) \\ d' = -O_k C_c = -OC_c \end{cases} \end{cases}$$

Độ tụ của kính: $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

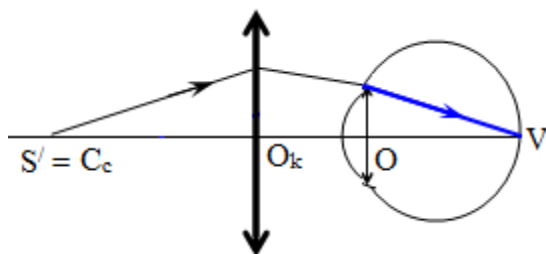
với $\ell = OO_k$ là khoảng cách từ kính tới mắt.

🔗 **Chú ý:** $OC_c = \Phi$ là khoảng thấy rõ ngắn nhất của mắt là khoảng cách từ điểm cực cận (C_c) đến mắt.

3. Mắt viễn thị

- + Là mắt khi không điều tiết có tiêu điểm nằm sau võng mạc ($f_{\max} > OV$)
- + Điểm cực cận ở xa hơn mắt bình thường ($OC_c = D > 25\text{cm}$)
- + **Cách sửa:**
 - Đeo thấu kính hội tụ để nhìn gần như người bình thường, tức là vật đặt cách mắt 25cm cho ảnh ảo qua kính nằm ở điểm cực cận.
 - Sơ đồ tạo ảnh: $S \xrightarrow{O_k} S' \equiv C_c \xrightarrow{O} S'' \equiv V$
 - $\begin{cases} d' = -O_k C_c = -(OC_c - l) \\ \text{Khi đeo kính sát mắt} \Rightarrow l = 0 \Rightarrow d' = -O_k C_c = -OC_c \end{cases}$
(với $l = OO_k$ là khoảng cách từ kính tới mắt)

- Tiêu cự của kính: $\begin{cases} f_k = \frac{dd'}{d+d'} > 0 \\ D_k = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \end{cases}$



B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một người có mắt bình thường (không tật) nhìn thấy được các vật ở rất xa mà không phải điều tiết. Khoảng cực cận của người này là $OC_c = 25\text{ cm}$. Độ tụ của mắt người này khi điều tiết tối đa tăng thêm bao nhiêu ?

Hướng dẫn giải

Theo bài ra: $OC_c = 25\text{ cm}$, $OC_v = \infty$.

Ảnh thu được nằm trên võng mạc nên $d' = OV$.

Áp dụng công thức về thấu kính mắt: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{d} + \frac{1}{OV}$

+ Khi mắt nhìn vật ở điểm cực viễn (ngắm chừng ở cực viễn $d = OC_v$):

$$D_{\min} = \frac{1}{f_{\max}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_v} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{\infty} = \frac{1}{OV}$$

+ Khi mắt nhìn vật ở điểm cực cận (ngắm chừng ở cực cận $d = OC_c$):

$$D_{\max} = \frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_c} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{0,25}$$

+ Độ biến thiên độ tụ: $\Delta D = D_{\max} - D_{\min} = \frac{1}{0,25} = 4dp$

Ví dụ 2: Mắt một người bình thường về già, khi điều tiết tối đa thì tăng độ tụ thêm 1 dp.

- Xác định điểm cực cận và cực viễn của mắt
- Tính độ tụ của thấu kính phải đeo (cách mắt 2 cm) để mắt nhìn thấy một vật cách mắt 25 cm không điều tiết.

Hướng dẫn giải

a) Điểm cực viễn của mắt bình thường ở vô cùng $\Rightarrow OC_v = \infty$

+ Khi mắt nhìn vật ở điểm cực viễn: $D_{\min} = \frac{1}{f_{\max}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_v} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{\infty} = \frac{1}{OV}$

+ Khi mắt nhìn vật ở điểm cực cận: $D_{\max} = \frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_c}$

+ Độ biến thiên độ tụ: $\Delta D = D_{\max} - D_{\min} = \frac{1}{OC_c} = 1dp \Rightarrow OC_c = 1(m)$

Vậy điểm cực cận của mắt người này cách mắt 100 cm

b) Để mắt nhìn thấy vật mà không phải điều tiết thì qua kính ảnh phải hiện ở vô cùng $\Rightarrow d' = \infty$, muốn vậy thì vật phải đặt ở tiêu điểm vật của kính.

$$\Rightarrow d = f = OC_v - l = 25 - 2 = 23 \text{ (cm)} = 0,23 \text{ (m)}$$

Vậy độ tụ của kính là: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,23} = 4,35dp$

Ví dụ 3: Một mắt bình thường có tiêu cự biến thiên từ $f_{\min} = 14 \text{ mm}$ đến $f_{\max}$. Biết khoảng cách từ thủy tinh thể đến võng mạc là 15 mm . Tìm phạm vi nhìn rõ của mắt và độ biến thiên độ tụ của mắt khi chuyển từ trạng thái không điều tiết sang điều tiết tối đa.

Hướng dẫn giải

+ Khoảng cách từ thủy tinh thể đến võng mạc: $d' = OV = 15(\text{mm}) = 15 \cdot 10^{-3}(\text{m})$

+ Mắt bình thường, khi nhìn vật ở cực viễn C_v thì $d = OC_v = \infty$ tiêu cự của thủy tinh thể lúc này cực đại $f_{\max}$.

$$\text{Ta có: } D_{\min} = \frac{1}{f_{\max}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_v} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{\infty} = \frac{1}{15 \cdot 10^{-3}} = \frac{200}{3} \text{ dp}$$

+ Khi mắt nhìn vật ở cực cận C_c thì $d = OC_c$ tiêu cự của thủy tinh thể lúc này cực tiểu $f_{\min} = 14 \text{ mm} \Rightarrow D_{\max} = \frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{14 \cdot 10^{-3}} = \frac{500}{7} \text{ dp}$

$$\text{Ta có: } \frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_c} \Leftrightarrow \frac{1}{14} = \frac{1}{15} + \frac{1}{OC_c} \Rightarrow OC_c = 210(\text{mm}) = 21(\text{cm})$$

+ Vậy phạm vi nhìn rõ của mắt người này từ 21 cm trở ra đến vô cùng

+ Độ biến thiên độ tụ của mắt khi chuyển từ trạng thái không điều tiết sang điều tiết tối đa: $\Delta D = D_{\max} - D_{\min} = \frac{500}{7} - \frac{200}{3} = \frac{100}{21} \approx 4,76 \text{ dp}$

Ví dụ 4: Mắt một người có điểm cực viễn C_v cách mắt 50 cm .

- Mắt người này bị tật gì ?
- Muốn nhìn thấy vật ở vô cực không điều tiết, người đó phải đeo kính có độ tụ bao nhiêu ? (Coi kính đeo sát mắt).
- Điểm C_c cách mắt 10 cm . Khi đeo kính trên (sát mắt) thì người đó nhìn thấy điểm gần nhất cách mắt bao nhiêu ?

Hướng dẫn giải

Mắt người bình thường có điểm cực viễn C_v ở vô cùng và cực cận C_c cách mắt cỡ 25 cm ($OC_c = 25 \text{ cm}$).

Mắt người viễn thị có điểm cực viễn C_v ở vô cùng và cực cận C_c xa hơn mắt thường ($OC_c > 25 \text{ cm}$).

Mắt người cận thị có điểm cực viễn C_v không nằm ở vô cùng mà cách mắt một khoảng cách hữu hạn nào đó và cực cận C_c gần hơn mắt thường ($OC_c < 25\text{cm}$).

Từ các đặt điểm của mắt như phân tích ở trên ta dễ dàng nhận ra tật của mắt người này như sau:

a) Mắt người này có điểm cực viễn C_v cách mắt 50 cm (giá trị hữu hạn) nên mắt người này bị cận thị.

b) Muốn mắt nhìn ở vô cực mà không phải điều tiết thì người này phải đeo kính có độ tụ D_1 sao cho vật đặt ở vô cực cho ảnh ảo ở điểm cực viễn của mắt.

Do đó ta có: $d = \infty$; $d' = -OC_v < 0$ (vì ảnh là ảnh ảo nên $d' < 0$).

$$\text{Độ tụ kính cần đeo: } D = \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-OC_v} = -\frac{1}{0,5} \Rightarrow D = -2\text{dp}$$

c) Khi đeo kính trên mà nhìn vật cách mắt đoạn gần nhất là d , thì ảnh ảo sẽ hiện ở điểm cực cận của mắt ($d' = -10\text{ cm}$).

$$\text{Ta có: } D = \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{d} + \frac{1}{-OC_c} \Leftrightarrow -2 = \frac{1}{d} + \frac{1}{-0,1} \Rightarrow d = 0,125(\text{m}) = 12,5(\text{cm})$$

Vậy khi đeo kính trên (kính đeo sát mắt) thì người đó nhìn thấy điểm gần nhất cách mắt 12,5 cm.

Ví dụ 5: Một người đeo sát mắt một kính có độ tụ $D = -1,25\text{ dp}$ thì nhìn rõ những vật nằm cách mắt trong khoảng từ 20 cm đến rất xa. Mắt người này mắc tật gì ? Xác định giới hạn nhìn rõ của mắt người ấy khi không đeo kính ?

Hướng dẫn giải

$$+ \text{ Tiêu cự của thấu kính là: } f = \frac{1}{D} = \frac{1}{-1,25} = -0,8(\text{m}) = -80\text{cm}$$

+ Vật ở rất xa tức là $d = \infty$ cho ảnh $d' = f = -80\text{ cm}$ là ảnh ảo trước thấu kính (tức trước mắt) là 80 cm. Vậy điểm cực viễn cách mắt 80 cm $< \infty$ nên mắt đó là mắt cận thị.

+ Khi nhìn vật qua kính, ở cách mắt $d = 20\text{ cm}$ thì sẽ cho ảnh ảo ở điểm cực cận nên ta có $d' = -OC_c$. Mà: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{-80} = \frac{1}{20} - \frac{1}{OC_c} \Rightarrow \frac{1}{OC_c} = \frac{3}{80} \Rightarrow OC_c = \frac{80}{3}(\text{cm}) = 26,67(\text{cm})$$

Vậy giới hạn nhìn rõ của mắt người này là từ 26,67 cm đến 80 cm.

Ví dụ 6: Mắt một người cận thị có khoảng cực cận là 12,5 cm và khoảng nhìn rõ của mắt là 37,5 cm.

- Hỏi người này phải đeo kính có độ tụ bằng bao nhiêu để nhìn rõ được các vật ở vô cực mà không phải điều tiết ?
- Người đó đeo kính có độ tụ như thế nào thì sẽ không nhìn thấy rõ được bất kì vật nào trước mắt ? Coi kính đeo sát mắt.

Hướng dẫn giải

a) Khoảng cách từ mắt đến điểm cực viễn: $OC_v = 12,5 + 37,5 = 50(\text{cm})$

+ Khi đeo kính nhìn vật ở vô cực thì cho ảnh ảo ở điểm cực viễn nên ta có:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-OC_v} = -\frac{1}{50} \Rightarrow f = -50(\text{cm}) = -0,5(\text{m})$$

+ Độ tụ của kính là: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0,5} = -2\text{dp}$

b) Để không nhìn thấy vật thì ảnh phải nằm ngoài phạm vi nhìn rõ của mắt

+ Nếu kính là thấu kính hội tụ thì ảnh ảo sẽ nằm trước kính từ sát kính đến xa vô cùng tức là luôn có những vị trí của vật cho ảnh ảo nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt và mắt có thể nhìn rõ được các vật đó.

+ Với thấu kính phân kì ảnh của mọi vật là ảo nằm trong khoảng từ kính đến tiêu điểm ảnh $F' \Rightarrow$ Nếu F' nằm bên trong điểm cực cận C_c thì mắt không thể nhìn rõ được bất cứ vật nào. Do đó ta có: $OF' < OC_c \Leftrightarrow |f| < 12,5(\text{cm}) = 0,125(\text{m})$

$$\Leftrightarrow -0,125(\text{m}) < f < 0 \Leftrightarrow -0,125(\text{m}) < \frac{1}{D} < 0 \Rightarrow D < -8\text{dp}$$

Vậy, muốn không nhìn thấy rõ được bất kì vật nào trước mắt thì người này phải đeo kính phân kỳ có độ tụ thỏa mãn $D < -8\text{dp}$.

Ví dụ 6: Một người cận thị có giới hạn nhìn rõ từ 20 cm đến 50 cm. Có thể sửa tật cận thị của người đó bằng hai cách:

- + Đeo kính cận L_1 để có thể nhìn rõ vật ở rất xa.
 - + Đeo kính cận L_2 để có thể nhìn vật ở gần nhất là 25 cm.
 - a) Hãy xác định số kính (độ tụ) của L_1 và L_2 .
 - b) Tìm khoảng cực cận khi đeo kính L_1 và khoảng cực viễn khi đeo kính L_2 .
 - c) Hỏi sửa tật cận thị theo cách nào có lợi hơn ? Vì sao ?
- Giả sử kính đeo sát mắt.

Hướng dẫn giải

a) Xác định số kính:

* Khi đeo kính L_1 :

+ Qua L_1 vật ở vô cực cho ảnh ảo ở điểm cực viễn của mắt cận.

$$\text{N như vậy: } \begin{cases} d = \infty \\ d' = -OC_V = -50\text{cm} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-50} \Rightarrow f_1 = -50(\text{cm}) = -0,5(\text{m})$$

$$\text{Độ tụ của kính } L_1 \text{ là: } D_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{-0,5} = -2\text{dp}$$

* Khi đeo kính L_2 :

+ Vật ở cách mắt 25cm cho ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt

$$\text{N như vậy: } \begin{cases} d = 25 \\ d' = -OC_C = -20\text{cm} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{f_2} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-20} \Rightarrow f_2 = -100(\text{cm}) = -1(\text{m})$$

$$\text{Độ tụ của kính } L_2 \text{ là: } D_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{-1} = -1\text{dp}$$

b) Tìm khoảng cực cận khi đeo kính L_1 và khoảng cực viễn khi đeo kính L_2 :

* Khoảng cực cận khi đeo kính L_1

+ Vật chỉ có thể đặt gần mắt nhất ở vị trí cho ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt.

$$\text{+ Như vậy: } \begin{cases} d'_1 = -20\text{cm} \\ f_1 = -50\text{cm} \end{cases} \Rightarrow d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{(-20)(-50)}{(-20) - (-50)} = 33,3\text{cm}$$

Vậy điểm gần nhất khi đeo kính L_1 còn nhìn rõ vật cách mắt là 33,3 cm

*Khoảng nhìn rõ xa nhất khi đeo kính L_2

+ Vật chỉ có thể đặt xa mắt nhất ở vị trí cho ảnh ảo ở điểm cực viễn của mắt.

$$+ \text{Như vậy: } \begin{cases} d'_2 = -50\text{cm} \\ f_2 = -100\text{cm} \end{cases} \Rightarrow d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{(-50)(-100)}{(-50) - (-100)} = 100\text{cm}$$

Vậy điểm xa nhất khi đeo kính L_2 còn nhìn rõ vật cách mắt là 100 cm.

c) Khi đeo kính L_1 phạm vi nhìn từ 33,3 cm đến vô cùng, còn khi đeo kính L_2 phạm vi nhìn từ 25 cm đến 100 cm. Vậy đeo kính L_1 có lợi hơn.

Ví dụ 7: Mắt viễn thị nhìn rõ được vật cách mắt gần nhất 40 cm. Tính độ tụ của kính phải đeo để có thể nhìn rõ vật đặt cách mắt gần nhất là 25 cm. Biết kính đeo sát mắt.

Hướng dẫn giải

Theo đề ra ta có: $OC_c = 40\text{ cm}$

Khi đeo kính sát mắt, mắt nhìn thấy ảnh ảo của vật tại C_c .

$$\text{Do đó: } \begin{cases} d' = -OC_c = -40(\text{cm}) \\ d = 25(\text{cm}) \end{cases}$$

$$\text{Ta có: } D_k = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{0,25} + \frac{1}{-0,4} = 1,5\text{dp}$$

Ví dụ 8: Một người chỉ nhìn rõ được các vật cách mắt từ 50 cm trở ra xa

- Mắt bị tật gì?
- Tính độ biến thiên độ tụ của thủy tinh thể khi người này quan sát các vật trong khoảng nhìn rõ của mắt.
- Người này phải đeo kính hội tụ hay phân kì, có độ tụ bao nhiêu để có thể nhìn rõ các vật ở trước mắt 25 cm ? Coi kính đeo sát mắt.

Hướng dẫn giải

a) Mắt người này chỉ nhìn rõ được các vật cách mắt từ 50 cm trở ra xa nghĩa là có điểm cực cận C_c cách mắt 50 cm ($OC_c > 25\text{cm}$) và có điểm cực viễn C_v ở vô cùng nên mắt người này bị viễn thị.

b) Sơ đồ tạo ảnh: $\begin{cases} AB \rightarrow A'B' \equiv OV \text{ (võng mạc)} \\ d \quad d' \end{cases}$

+ Khi vật ở C_C : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = D_1 \Leftrightarrow \frac{1}{OC_C} + \frac{1}{OV} = D_1$

+ Khi vật ở C_V : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = D_2 \Leftrightarrow \frac{1}{OC_V} + \frac{1}{OV} = D_2$

+ Vậy độ biến thiên của độ tụ của thủy tinh thể là:

$$\Delta D = D_1 - D_2 = \frac{1}{OC_C} - \frac{1}{OC_V} = \frac{1}{0,5} - \frac{1}{\infty} = 2dp$$

c) Vì mắt người này bị viễn thị nên cần đeo kính hội tụ sao cho khi nhìn vật ở cách mắt 25 cm thì cho ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt.

Ta có: $\frac{1}{f_k} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{d} + \frac{1}{-OC_C} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-50} \Rightarrow f_k = 50(\text{cm})$

Vậy người này phải đeo kính hội tụ có độ tụ là: $D_k = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{0,5} = 2dp$.

Ví dụ 9: Một người mắt bị viễn thị.

- Nếu người này đeo kính có độ tụ $D = 4 dp$, thì mắt có thể nhìn thấy rõ một vật cách mắt 25 cm. Kính đeo sát mắt. Tính khoảng cực cận của mắt.
- Khi về già, mắt nhìn thấy rõ những vật gần mắt nhất là 40cm. Người này phải đeo kính có độ tụ bao nhiêu để thấy rõ nhất một vật cách mắt 25cm (kính đeo sát mắt).

Hướng dẫn giải

a) Tiêu cự của kính này là: $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{4} = 0,25(\text{m}) = 25(\text{cm})$

+ Khi đeo kính này nếu vật đặt ở điểm cực cận của mắt thì sẽ cho ảnh ảo cách mắt 25 cm nên $\Rightarrow d' = -25 \text{ cm}$. Do đó vị trí đặt vật là: $d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{-25 \cdot 25}{-25 - 25} = 12,5(\text{cm})$

+ Vậy khoảng cực cận của mắt là 12,5 cm

b) Khi về già thì điểm cực cận của mắt là $C_c = 40 \text{ cm}$.

+ Người này phải dùng kính có tiêu cự f sao cho khi đặt vật cách mắt 25 cm thì cho ảnh ảo cách mắt 40 cm. Do đó ta có: $f = \frac{d.d'}{d + d'} = \frac{25.(-40)}{25 - 40} = \frac{200}{3}(\text{cm}) = \frac{2}{3}(\text{m})$

+ Độ tụ của kính phải đeo: $D = \frac{1}{f} = 1,5(\text{dp})$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một mắt không có tật có quang tâm nằm cách võng mạc một khoảng bằng 1,6 cm. Hãy xác định tiêu cự và độ tụ của mắt đó khi:

- Mắt không điều tiết (nghi).
- Mắt điều tiết để nhìn rõ một vật đặt cách mắt 20cm.

Bài 2. Thủy tinh thể L của mắt bình thường có tiêu cự là 15 mm khi nhìn vật ở điểm cực viễn. Người này chỉ có thể đọc sách gần nhất là 25 cm.

- Xác phạm vi thấy rõ của mắt.
- Tính tụ số của thủy tinh thể khi nhìn vật ở điểm cực cận.

Bài 3. Một mắt bình thường có võng mạc cách thủy tinh thể một đoạn 15 mm. Hãy xác định tiêu cự và độ tụ của thủy tinh thể khi nhìn vật sáng AB trong các trường hợp sau:

- Vật AB ở vô cực
- Vật AB cách mắt 80 cm

Bài 4. Một người chỉ nhìn rõ các vật cách mắt từ 10 cm đến 40 cm. Mắt người đó mắc tật gì ? Khi đeo sát mắt một kính có độ tụ $D = -2,5$ điốp thì người đó có thể nhìn rõ những vật nằm trong khoảng nào trước mắt ?

Bài 5. Một người chỉ nhìn rõ được các vật cách mắt từ 10cm đến 25cm

- Mắt bị tật gì?
- Tính độ biến thiên độ tụ của thủy tinh thể khi người này quan sát các vật trong khoảng nhìn rõ của mắt .
- Người này phải đeo kính hội tụ hay phân kì, có độ tụ bao nhiêu để có thể nhìn rõ các vật ở xa vô cùng mà mắt không phải điều tiết ? Khi đeo kính đó, người đó có thể nhìn rõ được vật gần nhất cách mắt bao nhiêu? (Kính đeo sát mắt).

Bài 6. Một người đứng tuổi nhìn rõ được các vật ở xa khi mắt không điều tiết. Muốn nhìn rõ vật gần nhất cách mắt 27cm thì phải đeo kính +2,5dp cách mắt 2cm.

- Xác định các điểm C_C và C_V của mắt.
- Nếu đeo kính sát mắt thì có thể nhìn rõ các vật ở trong khoảng nào?

Bài 7. Một người cận thị lớn tuổi chỉ còn nhìn thấy rõ các vật trong khoảng cách mắt 50 cm đến 67 cm. Tính độ tụ của các kính phải đeo để người này có thể:

- + nhìn xa vô cùng không điều tiết.
 - + đọc được sách khi đặt gần mắt nhất, cách mắt 25 cm.
- Coi kính đeo sát mắt.

Bài 8. Một người mắt có tật, phải đeo kính có độ tụ -2 điốp. Khi đeo kính người này nhìn rõ các vật ở xa vô cùng không cần điều tiết và đọc được trang sách đặt cách mắt gần nhất là 25 cm. Coi kính đeo sát mắt.

- a) Người này mắt bị tật gì ?
- b) Xác định phạm vi nhìn rõ của mắt người này khi không dùng kính.

Bài 9. Mắt một người có điểm cực viễn cách mắt 50 cm và độ biến thiên độ tụ từ trạng thái không điều tiết đến trạng thái điều tiết tối đa là 8 dp. Hỏi điểm cực cận của mắt người này cách mắt bao nhiêu?

Bài 10. Một mắt cận thị về già chỉ nhìn rõ được các vật nằm cách mắt trong khoảng từ 40cm đến 80cm.

- a) Để nhìn rõ vật ở xa cần đeo kính số mấy (kính đeo sát mắt) ? Khi đó điểm nhìn rõ gần nhất qua kính cách mắt bao nhiêu ?
- b) Để đọc sách cách mắt 25cm cần đeo kính số mấy (kính đeo sát mắt) ? Khi đó điểm nhìn rõ xa nhất cách mắt bao nhiêu ?
- c) Để khi đọc sách khỏi phải lấy kính cận ra thì phải dán thêm một tròng nữa. Hỏi kính dán thêm có độ tụ bằng bao nhiêu ?

Bài 11. Một người viễn thị nhìn rõ được vật gần nhất cách mắt 40cm.

- a) Tính độ tụ của kính phải đeo để có thể nhìn rõ vật gần nhất cách mắt 25cm. Kính đeo sát mắt.
- b) Nếu người ấy đeo một kính có độ tụ +1 điốp thì sẽ nhìn được vật gần nhất cách mắt bao nhiêu?

Bài 12. Mắt của một người có điểm cực viễn và điểm cực cận cách mắt lần lượt 0,5m và 0,15m.

- a) Người này bị tật gì về mắt?
- b) Phải ghép sát vào mắt thấu kính có tụ số bao nhiêu để nhìn thấy vật đặt cách mắt 20m không điều tiết.

Bài 13. Mắt của một người cận thị có điểm C_v cách mắt 20cm.

- a) Để sửa tật này, người đó phải đeo (sát mắt) kính gì, tụ số bao nhiêu để nhìn rõ các vật ở xa vô cùng.

- b) Người này muốn đọc một thông báo cách mắt 40cm nhưng không có kính cận mà lại sử dụng một thấu kính phân kì có tiêu cự 15cm. Để đọc được thông báo trên mà không phải điều tiết thì phải đặt thấu kính phân kì cách mắt bao nhiêu?

Bài 14. Một người cận thị phải đeo kính (sắt mắt) có tụ số $-4dp$ mới nhìn rõ các vật ở xa vô cùng. Khi đeo kính, người đó chỉ đọc được trang sách cách mắt mình ít nhất là 25cm. Xác định giới hạn nhìn rõ của mắt người cận thị này.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

- a) Khoảng cách từ quang tâm của thủy tinh thể đến võng mạc là:

$$d' = OV = 1,6 \text{ (cm)}$$

+ Khi mắt không điều tiết tức là nhìn vật ở vô cực ($d = OC_v = \infty$) lúc này ảnh qua thấu kính mắt hiện đúng trên võng mạc (màng lưới).

$$\text{Ta có: } \frac{1}{f_{\max}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_v} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{\infty} = \frac{1}{OV} = \frac{1}{1,6} \Rightarrow f_{\max} = 1,6 \text{ (cm)}$$

$$\text{Độ tụ của thủy tinh thể lúc này: } D_{\min} = \frac{1}{f_{\max}} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-2}} = 62,5dp$$

- b) Khi vật đặt cách mắt 20 cm thì $d = 20 \text{ cm}$, lúc này ảnh của vật qua thấu kính mắt (thủy tinh thể) không hiện trên võng mạc, để nhìn rõ người này phải điều tiết mắt để ảnh hiện trên đúng võng mạc nên $d' = OV$.

$$\text{Ta có: } \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{20} + \frac{1}{1,6} \Rightarrow f = \frac{40}{27} \approx 1,48 \text{ (cm)}$$

$$\text{Độ tụ của thủy tinh thể lúc này: } D = \frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{40}{27} \cdot 10^{-2}} = 67,5dp$$

Bài 2.

- a) Mắt người này bình thường nên sẽ nhìn rõ từ điểm cực cận C_c đến điểm cực viễn C_v . Do đó phạm vi nhìn rõ của mắt người này là từ 25 cm ra vô cùng

- b) Khoảng cách từ thủy tinh thể đến võng mạc (màng lưới): $d' = OV$

+ Khi nhìn ở điểm cực viễn thì $d = OC_v = \infty$ lúc này tiêu cự của thủy tinh thể max

Ta có: $\frac{1}{f_{\max}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_v} \Leftrightarrow \frac{1}{1,5} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{\infty} \Rightarrow OV = 1,5(\text{cm})$

+ Khi mắt nhìn ở điểm cực cận $d = OC_c = 25 \text{ cm}$ thì $f_{\min}$ nên $D_{\max}$. Ta có:

$$D_{\max} = \frac{1}{f_{\min}} = \frac{1}{OV} + \frac{1}{OC_c} = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{-2}} + \frac{1}{25 \cdot 10^{-2}} = \frac{212}{3} \approx 70,67 \text{dp}$$

Bài 3.

Mắt bình thường cho ảnh trên võng mạc nên $d' = OV = 15 \text{ mm}$

a) Khi nhìn vật ở vô cực ($d = \infty$), ảnh hiện trên võng mạc. Do đó:

+ Tiêu cự của thủy tinh thể là:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{OV} \Rightarrow f = OV = 15(\text{mm}) = 0,015(\text{m})$$

+ Độ tụ của thủy tinh thể: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,015} = \frac{200}{3} \text{dp} \approx 66,67 \text{dp}$

b) Khi nhìn vật ở cách mắt 80 cm $\Rightarrow d = 80 \text{ cm}$

+ Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{80} + \frac{1}{1,5} \Rightarrow f = \frac{240}{165}(\text{cm}) = 0,0147(\text{m})$

+ Độ tụ của thủy tinh thể: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,0147} \approx 67,92 \text{dp}$

Bài 4.

+ Mắt người đó không nhìn được các vật ở xa vô cực nên mắt bị tật cận thị.

+ Theo đề bài $OC_v = 40 \text{ cm}$ và $OC_c = 10 \text{ cm}$

+ Khi ảnh ở điểm cực viễn:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Leftrightarrow D = \frac{1}{d} + \frac{1}{-OC_v} \Leftrightarrow -2,5 = \frac{1}{d} - \frac{1}{0,4} \Rightarrow d = \infty$$

+ Khi ảnh ở điểm cực cận:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Leftrightarrow D = \frac{1}{d} + \frac{1}{-OC_c} \Leftrightarrow -2,5 = \frac{1}{d} - \frac{1}{0,1} \Rightarrow d = \frac{2}{15}(\text{m}) = \frac{40}{3}(\text{cm})$$

Vậy khi đeo kính, mắt có thể nhìn rõ các vật trong từ $\frac{40}{3}(\text{cm})$ đến vô cùng.

Bài 5.

a) Vì mắt chỉ nhìn được trong phạm vi gần mắt nên mắt cận thị

b) Sơ đồ tạo ảnh: $\begin{cases} AB \rightarrow A'B' \equiv OV \text{ (võng mạc)} \\ d \quad d' \end{cases}$

+ Khi vật ở C_C : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = D_1 \Leftrightarrow \frac{1}{OC_C} + \frac{1}{OV} = D_1$

+ Khi vật ở C_V : $\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = D_2 \Leftrightarrow \frac{1}{OC_V} + \frac{1}{OV} = D_2$

+ Vậy độ biến thiên của độ tụ của thủy tinh thể là:

$$\Delta D = D_1 - D_2 = \frac{1}{OC_C} - \frac{1}{OC_V} = \frac{1}{0,1} - \frac{1}{0,25} = 6\text{dp}$$

c) Cần đeo kính phân kì sao cho khi nhìn vật ở xa vô cùng thì cho ảnh ảo ở điểm cực viễn của mắt

Ta có: $\frac{1}{f_k} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow \frac{1}{f_k} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-OC_V}$

$$\Rightarrow f_k = -OC_V = -0,25(\text{m}) \Rightarrow D_k = \frac{1}{f_k} = -4\text{dp}$$

+ Khi nhìn vật gần nhất thì ảnh ảo ở C_C , suy ra $d' = -OC_C = -10(\text{cm})$

Ta có: $d = \frac{d'f}{d' - f} = 16,7\text{cm}$

Vậy khi đeo kính người này nhìn rõ được vật gần nhất cách mắt 16,7cm.

Bài 6.

a) Tiêu cự của kính: $f_k = \frac{1}{D} = \frac{1}{2,5} = 0,4(\text{m}) = 40(\text{cm})$

+ Vì nhìn rõ được các vật ở xa khi mắt không điều tiết $\Rightarrow OC_V = \infty$

+ Vật cách mắt 27 cm nên cách kính $d = 27 - 2 = 25 \text{ cm}$

+ Khi nhìn vật ở gần thì cho ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt nên:

$$\frac{1}{f_k} = \frac{1}{d} + \frac{1}{-(OC_c - 2)} \Leftrightarrow \frac{1}{40} = \frac{1}{25} - \frac{1}{OC_c - 2} \Rightarrow OC_c = \frac{206}{3}(\text{cm})$$

b) Khi đeo kính sát mắt thì $\ell = 0$

+ Khi nhìn vật ở gần thì cho ảnh ảo ở điểm cực cận nên:

$$\frac{1}{f_k} = \frac{1}{d_c} + \frac{1}{-OC_c} \Leftrightarrow \frac{1}{40} = \frac{1}{d} - \frac{1}{206/3} \Rightarrow d = 25,3(\text{cm})$$

+ Khi nhìn vật ở xa cho ảnh ảo ở điểm cực viễn nên:

$$\frac{1}{f_k} = \frac{1}{d_v} + \frac{1}{-OC_v} \Leftrightarrow \frac{1}{40} = \frac{1}{d_v} - \frac{1}{\infty} \Rightarrow d_v = 40(\text{cm})$$

+ Vậy khi đeo kính sát mắt thì phạm vi nhìn là từ 25,3 cm đến 40 cm

Bài 7.

+ Khi mắt nhìn ở vô cực thì không phải điều tiết. Vậy người này phải đeo kính có độ tụ D_1 sao cho vật đặt ở vô cực cho ảnh ảo ở điểm cực viễn của mắt. Do đó ta có:

$$D_1 = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-OC_v} = -\frac{1}{0,67} \Rightarrow D \approx -1,5 \text{ dp}$$

+ Để đọc được sách khi đặt gần mắt nhất, cách mắt 25 cm thì người này phải dùng kính có độ tụ D_2 sao cho khi đặt sách cách mắt 25 cm ($d = 0,25 \text{ m}$) thì cho ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt ($d' = -OC_c = -0,5 \text{ m} = -0,5 \text{ m}$). Do đó ta có:

$$D_2 = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{0,25} + \frac{1}{-0,5} = 2 \text{ dp}$$

Bài 8.

a) Vì phải đeo kính có độ tụ âm nên mắt người này bị cận thị

b) Tiêu cự của kính phải đeo là: $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{-2} = -0,5(\text{m}) = -50(\text{cm})$

+ Vì sách đặt cách mắt 25 cm nên $\Rightarrow d = 25 \text{ cm}$, qua kính sẽ cho ảnh ảo hiện ở OC_c của mắt nên $d' = -OC_c$. Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{-50} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-OC_c} \Rightarrow \frac{1}{OC_c} = \frac{1}{25} + \frac{1}{50} \Rightarrow OC_c = \frac{50}{3} = 16,67(\text{cm})$$

+ Vì khi nhìn vật ở vô cực ($d = \infty$), qua kính sẽ cho ảnh ảo hiện ở điểm cực viễn của mắt nên $d' = -OC_v$. Ta có: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{-50} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-OC_v} \Rightarrow \frac{1}{OC_v} = \frac{1}{50} \Rightarrow OC_v = 50(\text{cm})$$

Vậy phạm vi nhìn rõ của mắt người này là từ 16,67 cm đến 50 cm

Bài 9.

+ Khi nhìn vật ở điểm cực viễn thì mắt không phải điều tiết, qua thủy tinh thể sẽ cho ảnh ở màng lưới nên độ tụ của thủy tinh thể là: $D_{\min} = \frac{1}{OC_v} + \frac{1}{OV}$

+ Khi nhìn vật ở điểm cực cận thì mắt phải điều tiết tối đa, qua thủy tinh thể sẽ cho ảnh ở màng lưới nên độ tụ của thủy tinh thể là: $D_{\max} = \frac{1}{OC_c} + \frac{1}{OV}$

+ Độ biến thiên độ tụ là: $\Delta D = D_{\max} - D_{\min} = \frac{1}{OC_c} - \frac{1}{OC_v}$

$$\Leftrightarrow 8 = \frac{1}{OC_c} - \frac{1}{0,5} \Rightarrow OC_c = 0,1(\text{m}) = 10(\text{cm})$$

Bài 10.

a) Khi nhìn vật ở xa thì $d = \infty$, qua kính sẽ cho ảnh ảo ở điểm cực viễn của mắt nên $d' = -OC_v = -80(\text{cm})$

+ Ta có: $D_1 = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{d'} = -\frac{1}{0,8} = -1,25(\text{dp})$

+ Khi dùng kính trên để nhìn vật ở gần thì ảnh ảo sẽ ở cực cận nên:

$$d' = -OC_c = -40(\text{cm}) \Rightarrow \frac{1}{d} = D_1 - \frac{1}{d'} = -1,25 - \frac{1}{-0,4} \Rightarrow d = 0,8(\text{m}) = 80(\text{cm})$$

b) Khi đọc sách cách mắt 25 cm thì $d = 25 \text{ cm}$ và $d' = -OC_c = -40(\text{cm})$

+ Ta có: $D_2 = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{0,25} + \frac{1}{-0,4} = 1,5(\text{dp})$

+ Đeo kính này nhìn vật ở xa thì ảnh ảo ở điểm cực viễn nên ta có:

$$D_2 = \frac{1}{d} + \frac{1}{-OC_v} \Leftrightarrow 1,5 = \frac{1}{d} + \frac{1}{-0,8} \Rightarrow d = \frac{4}{11}(\text{m}) = \frac{400}{11}(\text{cm})$$

c) Giả sử phải dán thêm kính có độ tụ $D_3 \Rightarrow D_{\text{hệ}} = D_1 + D_3$

+ Ta có: $D_{\text{he}} = D_2 = 1,5(\text{dp}) \Rightarrow D_3 = 2,75(\text{dp})$

Bài 11.

a) Phải đeo kính có độ tụ D sao cho qua kính vật ở $d = 25 \text{ cm}$ thì cho ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt $\Rightarrow d' = -40 \text{ cm}$.

+ Ta có: $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = 1,5(\text{dp})$

b) Khi đeo kính có độ tụ $D = 1 \text{ dp}$

+ Nhìn vật ở gần thì qua kính ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt $\Rightarrow d' = -40 \text{ cm}$.

+ Ta có: $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow \frac{1}{d} = D - \frac{1}{d'} = 1 - \frac{1}{-0,4} \Rightarrow d = \frac{2}{7}(\text{m}) = \frac{200}{7}(\text{cm})$

Bài 12.

a) Tật của mắt

Vì điểm cực viễn C_v ở trước mắt và cách mắt một khoảng hữu hạn, nên mắt của người này bị tật cận thị.

b) Tụ số của kính

- Khi đeo kính sát mắt để thấy vật ở cách mắt 20m không điều tiết thì ảnh của vật qua kính phải là ảnh ảo và ở điểm cực viễn C_v của mắt. Sơ đồ tạo ảnh:

$$A \xrightarrow{O_k} A'_{C_v} \text{ (ảnh ảo)}$$

Ta có: $d_1 = 20\text{m} = 2000\text{cm}$; $d'_1 = -O_k C_v = -O_m C_v = -50\text{cm}$.

$$\Rightarrow f_k = \frac{dd'}{d + d'} = \frac{2000 \cdot (-50)}{2000 - 50} = -51,28\text{cm} = -0,513\text{m}$$

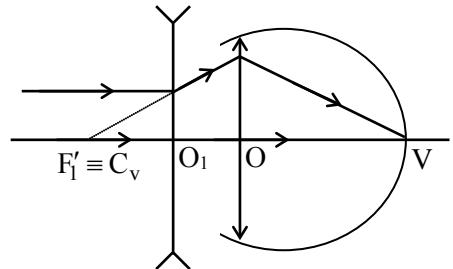
- Tụ số của kính: $D_k = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{-0,513} = -1,95\text{dp}$

Vậy: Để nhìn thấy vật đặt cách mắt 20m không điều tiết thì phải ghép sát vào mắt thấu kính phân kì có tụ số $D_k = -1,95\text{dp}$.

Bài 13.

a) Loại kính và tụ số của kính phải đeo

- Khi đeo kính (L_1) sát mắt để nhìn rõ vật ở xa vô cùng không điều tiết thì ảnh của vật ở xa vô cùng qua kính (L_1) phải là ảnh ảo và ở điểm cực viễn C_v của mắt. Ta có sơ đồ tạo ảnh (hình a):



Hình a

$$A \text{ (ở vô cực)} \xrightarrow{O_1} A_1 \text{ (ảnh ảo, tại } C_v \text{)}$$

$$\xrightarrow{O} A' \text{ (ảnh thật, tại V)}$$

với:

$$d_1 = \infty; d'_1 = -O_1 C_v = -O C_v = -20\text{cm} = -0,2\text{m}.$$

$$\text{Suy ra: } f_1 = d'_1 = -0,2\text{m} \text{ (} F'_1 \equiv C_v \text{)}$$

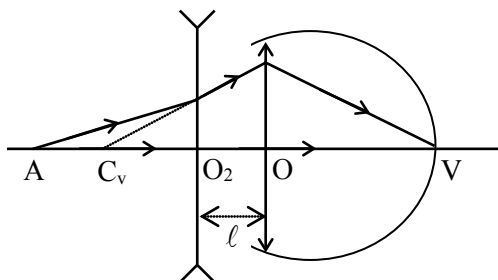
- Tụ số của thấu kính (L_1): $D_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{-0,2} = -5\text{dp}$.

Vậy: Để mắt nhìn rõ vật ở vô cùng không điều tiết thì phải đeo kính phân kì (L_1) có tụ số $D_1 = -5dp$.

b) Khoảng cách từ kính phân kì đến mắt

- Để đọc được thông báo mà không phải điều tiết thì ảnh của thông báo (vật A) qua thấu kính phân kì phải là ảnh ảo và ở điểm cực viễn C_v của mắt.

Gọi $\ell = OO_2$ là khoảng cách từ kính phân kì đến mắt.



Hình b

- Sơ đồ tạo ảnh (hình b):

$$A \xrightarrow{O_2} A' \text{ (ảnh ảo, tại } C_v \text{)}$$

với: $d_2 = O_2A = OA - \ell = 40 - \ell$;

$$d'_2 = -O_2C_v = -(OC_v - \ell) = -(20 - \ell) = (\ell - 20); f_2 = -15cm.$$

- Mặt khác, ta có: $f_2 = \frac{d_2 d'_2}{d_2 + d'_2} \Leftrightarrow -15 = \frac{(40 - \ell) \cdot (\ell - 20)}{(40 - \ell) + (\ell - 20)}$

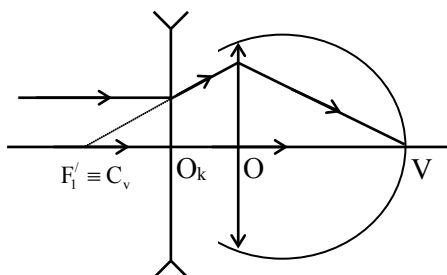
$$\Leftrightarrow \ell^2 - 60\ell + 500 = 0 \Rightarrow \ell = 10cm \text{ và } \ell = 50cm \text{ (loại vì quá xa mắt).}$$

Vậy: Để đọc được thông báo mà không phải điều tiết thì phải đặt thấu kính phân kì cách mắt 10cm.

Bài 14.

- Điểm cực viễn C_v

Người cận thị phải đeo kính (sắt mắt) có tụ số $-4dp$ mới nhìn rõ các vật ở xa vô cùng, suy ra ảnh của vật ở xa vô cùng qua kính là ảnh ảo ở C_v (tức là $F'_1 \equiv C_v$). Ta có sơ đồ tạo ảnh (hình a):



Hình a

$$A \text{ (vô cực)} \xrightarrow{O_k} A' \text{ (ảnh ảo, tại } C_v \text{)}$$

với: $d_1 = \infty$; $d'_1 = f = \frac{1}{D} = \frac{1}{-4} = -0,25\text{m} = -25\text{cm}$

Mặt khác: $d'_1 = -O_k C_v = -OC_v = -25\text{cm} \Rightarrow OC_v = 25\text{cm}$.

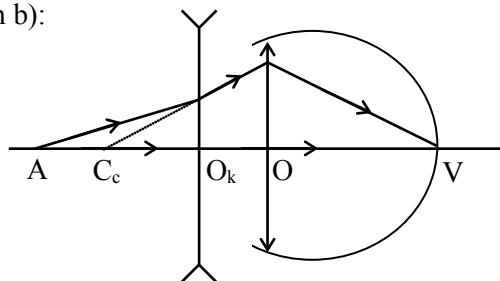
- Điểm cực cận C_c

Khi đeo kính (sắt mắt), người đó chỉ đọc được trang sách cách mắt mình ít nhất là 25cm, suy ra khi đó trang sách đặt cách mắt 25cm qua kính cho ảnh ảo tại điểm cực cận C_c . Sơ đồ tạo ảnh (hình b):

$A \xrightarrow{O_k} A'$ (ảnh ảo, tại C_c)

với: $d_2 = 25\text{cm}$;

$f = \frac{1}{D} = \frac{1}{-4} = -0,25\text{m} = -25\text{cm}$



Hình b

$\Rightarrow d'_2 = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{25 \cdot (-25)}{25 - (-25)} = -12,5\text{cm}$

Mặt khác: $d'_2 = -O_k C_c = -OC_c = -12,5\text{cm} \Rightarrow OC_c = 12,5\text{cm}$.

Vậy: Giới hạn nhìn rõ của mắt cận thị này là từ 12,5cm đến 25cm.

CHUYÊN ĐỀ 6. BÀI TẬP VỀ KÍNH LÚP

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

- + Kính lúp là dụng cụ quang học hỗ trợ cho mắt trong việc quan sát các vật nhỏ bằng cách tạo ra một ảnh ảo cùng chiều lớn hơn vật và nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt.
- + Kính lúp đơn giản nhất là một thấu kính hội tụ tiêu cự ngắn (cỡ vài cm).

Cách ngắm chừng:

- + Đặt vật AB trước kính, **trong khoảng tiêu cự của kính** để có một ảnh ảo A'B' cùng chiều và lớn hơn vật. Mắt đặt sau kính để quan sát ảnh ảo này. Cần điều chỉnh vị trí vật hay vị trí kính **để ảnh ảo này nằm trong giới hạn nhìn rõ của mắt**.
- + Nếu điều chỉnh để ảnh ở C_c , ta có ngắm chừng ở điểm cực cận.
- + Nếu điều chỉnh để ảnh ở C_v , ta có ngắm chừng ở điểm cực viễn.
- + Nếu điều chỉnh để ảnh ở vô cực, ta có ngắm chừng ở vô cực.

Số (độ) bội giác của kính lúp: là tỉ số giữa góc trông ảnh (α) qua dụng cụ và góc trông vật (α_0) trực tiếp bằng mắt khi đặt vật ở điểm cực cận.

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0}$$

Từ hình vẽ (H1) ta có:

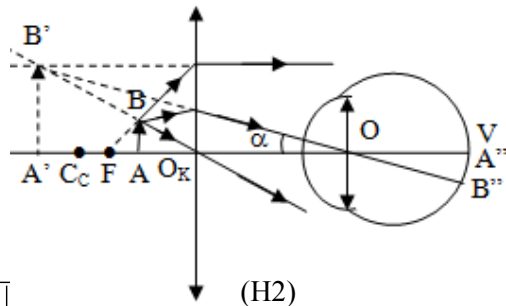
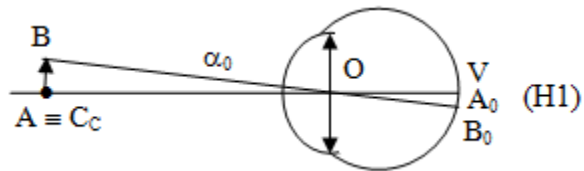
$$\tan \alpha_0 = \frac{AB}{OC_c}$$

Từ hình vẽ (H2) ta có:

$$\tan \alpha = \frac{A'B'}{OA'}$$

$$= \frac{A'B'}{OO_k + O_k A'} = \frac{A'B'}{\ell + |d'|}$$

$$\Rightarrow G = \frac{A'B'}{AB} \left(\frac{OC_c}{\ell + |d'|} \right) = k \left(\frac{OC_c}{\ell + |d'|} \right)$$

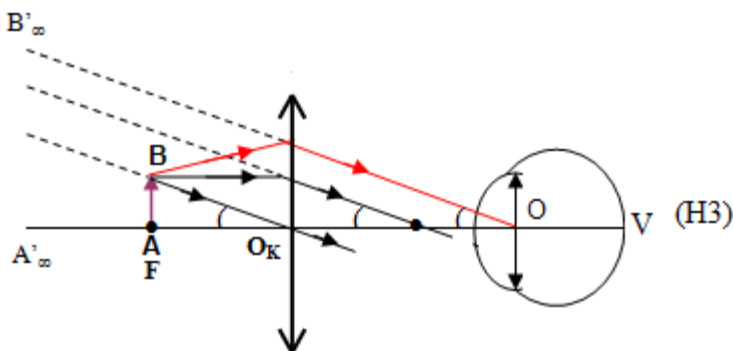


- + Ngắm chừng ở cực cận thì: $OA' = OC_c = d' + \ell \Rightarrow G_c = \frac{d'}{d} = k_c$

- + Ngắm chừng ở điểm cực viễn thì: $OA' = OC_v = d' + \ell \Rightarrow G_v = k_v \cdot \frac{OC_c}{OC_v}$

- + Ngắm chừng ở vô cực: $\tan \alpha = \frac{AB}{f} \Rightarrow G_\infty = \frac{OC_c}{f} = \frac{D_c}{f}$ (H 3)

- + Khi trên kính lúp ghi là 8x thì ta hiểu: $G = 8 = \frac{0,25}{f}$ (f đo bằng m)



B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một kính lúp là thấu kính hội tụ có độ tụ +10dp.

- Tính độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực.
- Tính độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh khi người quan sát ngắm chừng ở điểm cực cận. Cho biết $OC_c = 25\text{cm}$. Mắt đặt sát kính.

Hướng dẫn giải

- Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực

- Tiêu cự của kính lúp: $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{10} = 0,1\text{m} = 10\text{cm}$.

- Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{D}{f} = \frac{OC_c}{f} = \frac{25}{10} = 2,5$.

Vậy: Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực là $G_\infty = 2,5$.

- Độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh khi người quan sát ngắm chừng ở điểm cực cận

- Khi ngắm chừng ở điểm cực cận thì vật qua kính cho ảnh ảo ở C_c . Sơ đồ tạo ảnh (hình vẽ):

$A \xrightarrow{O_K \equiv O} A'$ (ảnh ảo, tại cực cận)

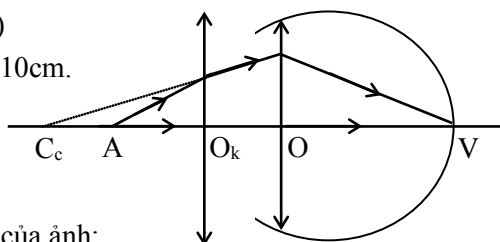
với: $d' = -O_K C_c = -OC_c = -25\text{cm}$; $f = 10\text{cm}$.

Suy ra:

$$d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{(-25) \cdot 10}{-25 - 10} = 7,14\text{cm}.$$

- Độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh:

$$G_c = |k| = \left| -\frac{d'}{d} \right| = \left| -\frac{-25}{7,14} \right| = 3,5$$



Vậy: Độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh khi người quan sát ngắm chừng ở điểm cực cận là $G_c = |k| = 3,5$.

Ví dụ 2: Một người cận thị có điểm C_c , C_v cách mắt lần lượt 10cm và 50cm. Người này dùng kính lúp có độ tụ +10dp để quan sát một vật nhỏ. Mắt đặt sát kính.

- Vật phải đặt trong khoảng nào trước kính?
- Tính độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh trong các trường hợp:
 - Ngắm chừng ở C_v .
 - Ngắm chừng ở C_c .

Hướng dẫn giải

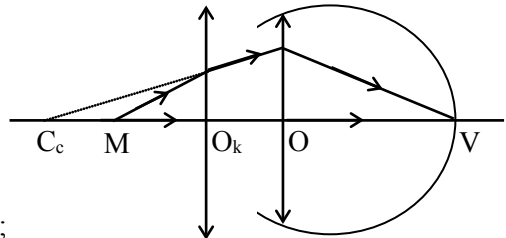
- Khoảng đặt vật trước kính
 - Khoảng đặt vật trước kính là MN sao cho ảnh của M, N qua kính lúp là các ảnh ảo lần lượt tại C_c , C_v .
 - Sơ đồ tạo ảnh (hình a và b):

$$M \xrightarrow{O_k \equiv O} A_1 (\text{ảnh ảo, tại } C_c)$$

$$N \xrightarrow{O_k \equiv O} A_2 (\text{ảnh ảo, tại } C_v)$$

$$\text{Ta có: } d'_c = -O_k C_c = -OC_c = -10\text{cm};$$

$$d'_v = -O_k C_v = -OC_v = -50\text{cm}.$$

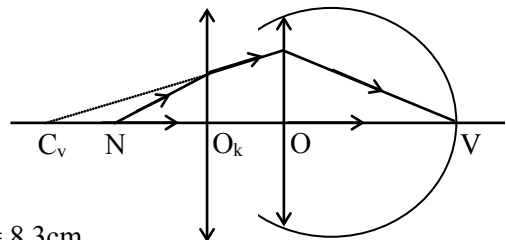


Hình a

$$f = \frac{1}{D} = \frac{1}{+10} = 0,1\text{m} = 10\text{cm}.$$

$$\Rightarrow d_c = \frac{d'_c f}{d'_c - f} = \frac{(-10) \cdot 10}{-10 - 10} = 5\text{cm}$$

$$\text{và } d_v = \frac{d'_v f}{d'_v - f} = \frac{(-50) \cdot 10}{-50 - 10} = \frac{50}{6} = 8,3\text{cm}.$$



Hình b

Vậy: Phải đặt vật trước kính cách mắt từ 5cm đến 8,3cm.

- Độ bội giác của kính và độ phóng đại của ảnh
 - Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn C_v :

$$+ \text{ Độ phóng đại của ảnh: } k_v = -\frac{d'_v}{d_v} = -\frac{-50}{\frac{50}{6}} = 6.$$

$$+ \text{ Độ bội giác của kính: } G_v = |k_v| \cdot \frac{D}{|d'_v| + \ell}$$

$$\text{với: } |d'_v| + \ell = OC_v = 50\text{cm}; D = 10\text{cm} \Rightarrow G_v = 6 \cdot \frac{10}{50} = 1,2$$

Vậy: Độ phóng đại của ảnh và độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở điểm cực cận C_v lần lượt là $k_v = 6$ và $G_v = 1,2$.

- Ngắm chừng ở điểm cực cận C_c :

+ Độ phóng đại của ảnh: $k_c = -\frac{d'_c}{d_c} = -\frac{-10}{5} = 2$.

+ Độ bội giác của kính: $G_c = k_c \cdot \frac{D}{|d'_c| + \ell}$

với: $D = |d'_c| + \ell \Rightarrow G_c = k_c = 2$.

Vậy: Độ phóng đại của ảnh và độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở điểm cực cận C_c là $k_c = G_c = 1,2$.

Ví dụ 3: Kính lúp có $f = 4\text{cm}$. Mắt người quan sát có giới hạn nhìn rõ từ 11cm đến 65cm . Mắt đặt cách kính 5cm .

- Xác định phạm vi ngắm chừng.
- Tính độ bội giác của kính ứng với trường hợp mắt không điều tiết.

Hướng dẫn giải

- Phạm vi ngắm chừng

- Phạm vi ngắm chừng của mắt khi quan sát qua kính lúp là khoảng phải đặt vật trước kính MN sao cho ảnh của M, N qua kính lúp là các ảnh ảo lần lượt tại C_c , C_v .

- Sơ đồ tạo ảnh (hình a và b):

$$M \xrightarrow{O_k} M' \text{ (ảnh ảo, tại } C_c)$$

$$N \xrightarrow{O_k} N' \text{ (ảnh ảo, tại } C_v)$$

Ta có:

$$\begin{aligned} d'_c &= -O_k C_c = -(OC_c - \ell) \\ &= -(11 - 5) = -6\text{cm}. \end{aligned}$$

$$d'_v = -O_k C_v = -(OC_v - \ell) = -(65 - 5) = -60\text{cm}.$$

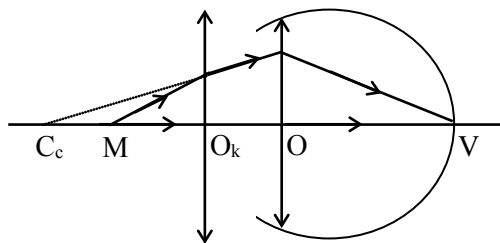
$$f = 4\text{cm}.$$

$$\text{Suy ra: } d_c = \frac{d'_c f}{d'_c - f} = \frac{(-6) \cdot 4}{-6 - 4} = 2,4\text{cm}$$

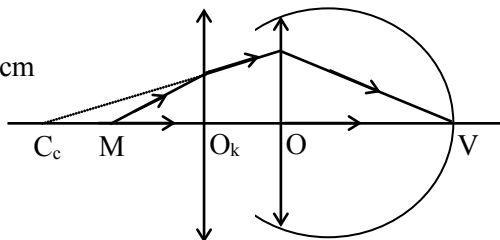
$$d_v = \frac{d'_v f}{d'_v - f} = \frac{(-60) \cdot 4}{-60 - 4} = 3,75\text{cm}$$

Vậy: Phạm vi ngắm chừng cách mắt từ $2,4\text{cm}$ đến $3,75\text{cm}$.

- Độ bội giác của kính khi mắt không điều tiết



Hình a



Hình b

- Để mắt không điều tiết thì phải quan sát ảnh ở điểm cực viễn C_v .

Ta có: $G_v = \left| k_v \right| \cdot \frac{Đ}{\left| d'_v \right| + \ell}$

- Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn C_v : $\left| d'_v \right| + \ell = OC_v = 65\text{cm}$; $Đ = OC_c = 11\text{cm}$:

$$\left| k_v \right| = \left| \frac{-d'_v}{d_v} \right| = \left| \frac{-60}{3,75} \right| = 16 \Rightarrow G_v = 16 \cdot \frac{11}{65} = 2,7$$

Vậy: Độ bội giác của kính ứng với trường hợp mắt không điều tiết là $G_v = 2,7$.

Ví dụ 4: Một người đứng tuổi khi nhìn những vật ở xa thì không phải đeo kính nhưng khi đeo kính (sát mắt) có tụ số 1dp thì đọc được trang sách đặt gần nhất là 25cm.

- Xác định vị trí của các điểm cực viễn và cực cận của mắt người này.
- Xác định độ biến thiên của độ tụ mắt người này từ trạng thái không điều tiết đến điều tiết tối đa.
- Người này bỏ kính ra và dùng một kính lúp trên vành có ghi X8 để quan sát một vật nhỏ (lấy $Đ = 25\text{cm}$). Mắt cách kính 30cm.
Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính? Xác định phạm vi biến thiên của độ bội giác ảnh.

Hướng dẫn giải

- Vị trí của các điểm cực viễn và cực cận

- Điểm cực viễn C_v : Mắt nhìn rõ vật ở xa không đeo kính nên C_v ở xa vô cùng.
- Điểm cực cận C_c :

+ Tiêu cự của kính: $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{1} = 1\text{m} = 100\text{cm}$.

+ Sơ đồ tạo ảnh: $A \xrightarrow{O_k} A'$ (ảnh ảo, tại C_c)

Ta có: $d = 25\text{cm}$; $d' = -O_k C_c = -OC_c = \frac{df}{d - f} = \frac{25 \cdot 100}{25 - 100} = -\frac{100}{3}\text{cm}$.

Suy ra: $OC_c = \frac{100}{3} = 33,33\text{cm}$.

Vậy: Điểm cực viễn C_v ở xa vô cực và điểm cực cận C_c cách mắt 33,33cm.

- Độ biến thiên của độ tụ mắt

- Độ tụ cực đại của mắt (khi quan sát tại C_c):

$$D_{\max} = D_c = \frac{1}{f_c} = \frac{1}{OC_c} + \frac{1}{OV}$$

- Độ tụ cực tiểu của mắt (khi quan sát tại $C_v \equiv \infty$):

$$D_{\min} = D_v = \frac{1}{f_v} = \frac{1}{OC_v} + \frac{1}{OV} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{OV} = \frac{1}{OV}$$

$$- \text{Độ biến thiên độ tụ của mắt: } \Delta D = D_{\max} - D_{\min} = \frac{1}{d_c} = \frac{1}{\frac{100}{3}} = 3\text{dp.}$$

Vậy: Độ biến thiên độ tụ của mắt người này là $\Delta D = 3\text{dp}$.

c) Khoảng đặt vật trước kính và phạm vi biến thiên của độ bội giác ảnh

- Khoảng đặt vật trước kính:

$$+ \text{ Tiêu cự của kính: } f = \frac{25}{8} = 3,125\text{cm.}$$

$$+ \text{ Sơ đồ tạo ảnh: } A \xrightarrow{O_k} A' \text{ (ảnh ảo tại } C_c \text{ hoặc } C_v)$$

+ Khi quan sát ở C_c :

$$d' = d'_c = -O_k C_c = -(OC_c - \ell) = -\left(\frac{100}{3} - 30\right) = \frac{10}{3} = -3,33\text{cm.}$$

$$\Rightarrow d = d_c = O_k A = \frac{d'_c f}{d'_c - f} = \frac{\left(-\frac{10}{3}\right) \cdot 3,125}{-\frac{10}{3} - 3,125} = 1,61\text{cm.}$$

$$+ \text{ Khi quan sát ở } C_v: d' = d'_v = -O_k C_v = -(OC_v - \ell) = -\infty.$$

$$\Rightarrow d = d_v = f = 3,125 \text{ cm} \approx 3,13\text{cm.}$$

Vậy: Khoảng đặt vật trước kính là $1,61\text{cm} \leq d \leq 3,13\text{cm}$.

- Phạm vi biến thiên của độ bội giác ảnh

$$+ \text{ Khi ngắm chừng ở } C_c: G_c = |k_c| = \left| -\frac{d'_c}{d_c} \right| = \left| -\frac{3,33}{1,61} \right| = 2,07.$$

$$+ \text{ Khi ngắm chừng ở } C_v \equiv \infty: G_v = G_\infty = \frac{D}{f} = \frac{OC_c}{f} = \frac{\frac{100}{3}}{3,125} = 10,67.$$

Vậy: Phạm vi biến thiên của độ bội giác của ảnh là $2,07 \leq G \leq 10,67$.

Ví dụ 5: Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 50cm.

a) Xác định độ tụ của kính mà người này phải đeo để có thể nhìn rõ một vật ở xa vô cùng không điều tiết.

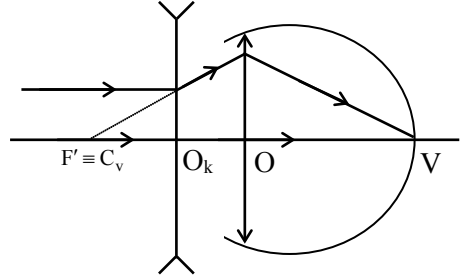
b) Khi đeo kính, người này có thể đọc được trang sách cách mắt gần nhất là 20cm. Hỏi điểm cực cận của mắt cách mắt bao xa?

c) Để đọc được những dòng chữ nhỏ mà không phải điều tiết, người này bỏ kính ra và dùng một kính lúp có tiêu cự 5cm đặt sát mắt. Khi đó phải đặt

Hướng dẫn giải

- a) Độ tụ của kính phải đo để có thể nhìn rõ vật ở xa vô cùng không điều tiết

Để có thể nhìn rõ vật ở xa vô cùng không điều tiết thì ảnh của vật ở xa vô cùng qua kính phải là ảnh ảo ở điểm cực viễn C_v của mắt. Xét trường hợp kính sát mắt.



- Sơ đồ tạo ảnh:

A (vô cực) $\xrightarrow{O_k \equiv O}$ A' (ảnh ảo, tại C_v)

với: $d_v = \infty \Rightarrow f = d'_v = -OC_v = -50\text{cm} = -0,5\text{m}$.

- Độ tụ của kính phải đo: $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0,5} = -2\text{dp}$.

Vậy: Độ tụ của kính phải đo để mắt có thể nhìn rõ vật ở xa vô cùng không điều tiết là $D = -2\text{dp}$ (thấu kính phân kì).

- b) Điểm cực cận của mắt

- Ảnh của trang sách đặt gần mắt nhất qua kính là ảnh ảo tại điểm cực cận C_c .

- Sơ đồ tạo ảnh: $A \xrightarrow{O_k \equiv O} A'$ (ảnh ảo, tại C_c)

với: $d_c = OA = 20\text{cm}$; $f = -50\text{cm}$.

$$\Rightarrow d'_c = -OC_c = \frac{d_c f}{d_c - f} = \frac{20 \cdot (-50)}{20 - (-50)} = \frac{100}{7} = -14,3\text{cm} \Rightarrow OC_c = 14,3\text{cm}$$

Vậy: Điểm cực cận của mắt cách mắt 14,3cm.

- c) Vị trí đặt trang sách khi dùng kính lúp

- Mắt đọc các dòng chữ nhỏ không điều tiết nên ảnh của trang sách qua kính là ảnh ảo tại điểm cực viễn C_v của mắt.

- Sơ đồ tạo ảnh:

$A \xrightarrow{O_k \equiv O} A'$ (ảnh ảo, tại C_v)

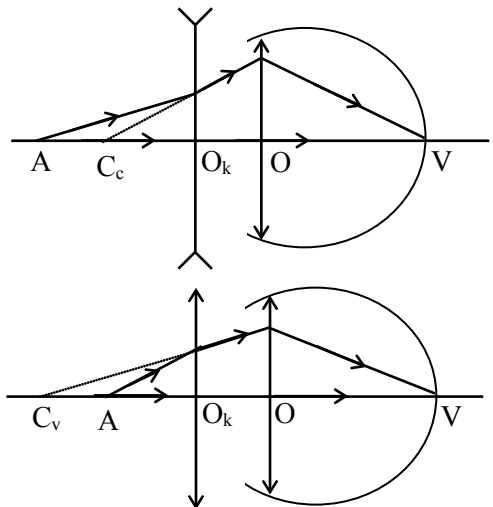
với: $d' = -OC_v = -50\text{cm}$; $f = 5\text{cm}$.

- Vị trí đặt trang sách: $d = OA = \frac{d' f}{d' - f}$

$$\Rightarrow d = \frac{(-50) \cdot 5}{(-50) - 5} = \frac{50}{11} = 4,55\text{cm}$$

- Độ bội giác của ảnh

(khi quan sát ở $C_v \neq \infty$):



$$G = |k| \cdot \frac{Đ}{|d'| + \ell} = \frac{Đ}{OC_v}, \text{ với: } |k| = \left| \frac{d'}{d} \right|; \ell = 0$$

$$\Rightarrow G = \left| \frac{Đ}{d} \right| = \left| \frac{OC_c}{d} \right| = \left| \frac{\frac{100}{7}}{\frac{50}{11}} \right| = 3,14$$

Vậy: Phải đặt trang sách cách kính lúp 4,55cm; độ bội giác của ảnh lúc này là $G = 3,14$.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một người cận thị có khoảng nhìn rõ ngắn nhất $OC_c = 10$ cm và giới hạn nhìn rõ là 20 cm. Người này quan sát một vật nhỏ qua kính lúp có tiêu cự 5cm. Kính đeo sát mắt.

- Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính.
- Tính số bội giác của kính trong các trường hợp người này ngắm chừng ở điểm cực viễn và ở điểm cực cận.

Bài 2. Một kính lúp có độ tụ 50 dp. Mắt có điểm cực cận cách mắt 20 cm đặt tại tiêu điểm ảnh của kính để nhìn vật AB dưới góc trông $\alpha = 0,05\text{rad}$, mắt ngắm chừng ở vô cực.

- Xác định chiều cao của vật.
- Đặt mắt cách kính lúp 5cm và ngắm chừng ở điểm cực cận. Tính số bội giác.

Bài 3. Một người mắt bình thường có khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 20cm quan sát một vật nhỏ nhờ một kính lúp trên vành ghi 5x. Kính lúp đặt sát mắt.

- Hỏi vật phải đặt trong khoảng nào trước kính lúp ?
- Tính số bội giác của kính khi ngắm chừng ở điểm cực cận và ở vô cực.

Bài 4. Một người cận thị có khoảng nhìn rõ ngắn nhất $OC_c = 15$ cm và giới hạn nhìn rõ là 35 cm. Người này quan sát một vật nhỏ qua kính lúp có tiêu cự 5cm. Mắt đặt cách kính 10 cm.

- Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính.
- Tính số bội giác của kính trong các trường hợp người này ngắm chừng ở điểm cực viễn và ở điểm cực cận.

Bài 5. Một thợ đồng hồ có giới hạn nhìn rõ từ 50 cm đến ∞ . Người này dùng kính lúp loại 5x để sửa đồng hồ. Kính cách mắt 5 cm.

- Khi sửa đồng hồ người này phải đặt các chi tiết của đồng hồ cách kính trong giới hạn nào.
- Tính độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực.
- Tính độ bội giác khi ngắm chừng ở điểm cực cận.

Bài 6. Một người cận thị có khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận là 10cm và đến điểm cực viễn là 50cm, quan sát một vật nhỏ nhờ một kính lúp có tiêu cự $f = 4\text{cm}$. Kính lúp đặt cách mắt 2cm.

- Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính ?
- Tính số bội giác của kính lúp khi vật đặt trước kính và cách kính 3,5cm.
- Tính số bội giác của kính lúp khi ngắm chừng ở cực cận.
- Tính số bội giác của kính lúp khi ngắm chừng ở cực viễn.

Bài 7. Một người mắt bình thường có khoảng nhìn rõ ngắn nhất (khoảng cực cận) là 20cm quan sát một vật nhỏ qua một kính lúp có tiêu cự $f = 5\text{cm}$. Kính đặt cách mắt 10cm.

- Phải đặt vật trong khoảng nào trước kính ?
- Tính độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở điểm cực cận và ở vô cực.
- Tính độ bội giác của kính khi vật đặt cách kính 4cm.
- Phải đặt vật ở vị trí nào để có số (độ) bội giác là 3,5 ?

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Từ bài ra ta có: $C_c = 10\text{ cm}$ và $C_v = 20 + 10 = 30\text{ cm}$

a) Khi đặt vật ở gần thì qua kính sẽ cho ảnh ảo ở điểm cực cận nên ta có:

$$d'_1 = -OC_c = -10(\text{cm}) \Rightarrow d_1 = \frac{d'_1 f}{d'_1 - f} = \frac{(-10) \cdot 5}{-10 - 5} = \frac{10}{3}(\text{cm})$$

+ Khi đặt vật ở xa thì qua kính sẽ cho ảnh ảo ở điểm cực viễn nên ta có:

$$d'_2 = -OC_v = -30(\text{cm}) \Rightarrow d_2 = \frac{d'_2 f}{d'_2 - f} = \frac{(-30) \cdot 5}{-30 - 5} = \frac{30}{7}(\text{cm})$$

+ Vậy phải đặt vật trước kính đoạn từ $\frac{10}{3}(\text{cm})$ đến $\frac{30}{7}(\text{cm})$

b) Khi ngắm chừng ở điểm cực cận thì: $\tan \alpha = \frac{A'B'}{OA'} = \frac{A'B'}{OC_c}$

+ Độ bội giác khi ngắm chừng ở cực cận:

$$G_c = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{\frac{A'B'}{OC_c}}{\frac{AB}{OC_c}} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{|d'|}{d} = \frac{10}{10/3} = 3$$

* Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn thì: $\tan \alpha = \frac{A'B'}{OA'} = \frac{A'B'}{OC_v}$

+ Độ bội giác khi ngắm chừng ở cực cận:

$$G_c = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{\frac{A'B'}{OC_v}}{\frac{AB}{OC_c}} = \frac{A'B'}{AB} \frac{OC_c}{OC_v} = \frac{|d'|}{d} \frac{OC_c}{OC_v} = \frac{30}{30/7} \frac{10}{30} = \frac{7}{3}$$

Bài 2.

a) Tiêu cự của thấu kính: $f = \frac{1}{D} = \frac{1}{50} = 0,02(\text{m}) = 2(\text{cm})$

+ Góc trông ảnh khi ngắm chừng ở vô cực:

$$\tan \alpha = \frac{A'B'}{d' + f} = \frac{AB}{f} \xrightarrow{\alpha \ll} \tan \alpha \approx \alpha = \frac{AB}{f} \Rightarrow AB = f\alpha = 0,1(\text{cm}) = 1(\text{mm})$$

b) Khi ngắm chừng ở điểm cực cận thì vật phải đặt ở gần, khi đó sẽ cho ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt. Do đó ta có: $d' = -(OC_c - \ell) = -15(\text{cm})$

+ Vị trí đặt vật: $d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{-15 \cdot 2}{-15 - 2} = \frac{30}{17}(\text{cm})$

+ Số bội giác khi ngắm chừng ở cực cận: $G_c = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0}$

$$\text{Với: } \begin{cases} \tan \alpha = \frac{A'B'}{OC_c} \\ \tan \alpha_0 = \frac{AB}{OC_c} \end{cases} \Rightarrow G_c = \frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{d'}{d} \right| = 8,5$$

Bài 3.

+ Vành kính ghi 5x $\Leftrightarrow \frac{25(\text{cm})}{f} = 5 \Rightarrow f = 5\text{cm}$.

a) Ngắm chừng ở C_c : $d' = -OC_c = -20(\text{cm})$

+ Ta có: $d_c = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{-20 \cdot 5}{-20 - 5} = 4(\text{cm})$

+ Ngắm chừng ở vô cực: $d_v = f = 5\text{cm}$.

+ Vậy: $4\text{ cm} \leq d \leq 5\text{cm}$.

b) Khi ngắm chừng ở điểm cực cận: $G_c = |k_c| = \left| \frac{d'}{d_c} \right| = \frac{20}{4} = 5$

+ Khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{D_c}{f} = \frac{20}{5} = 4$

Bài 4.

Từ bài ra ta có: $C_c = 15\text{ cm}$ và $C_v = 35 + 15 = 50\text{ cm}$

a) Khi đặt vật ở gần thì qua kính sẽ cho ảnh ảo ở điểm cực cận nên ta có:

$$d'_1 = -(OC_c - \ell) = -5(\text{cm}) \Rightarrow d_1 = \frac{d'_1 f}{d'_1 - f} = \frac{(-5) \cdot 5}{-5 - 5} = 2,5(\text{cm})$$

+ Khi đặt vật ở xa thì qua kính sẽ cho ảnh ảo ở điểm cực viễn nên ta có:

$$d'_2 = -(OC_v - \ell) = -40(\text{cm}) \Rightarrow d_2 = \frac{d'_2 f}{d'_2 - f} = \frac{(-40) \cdot 5}{-40 - 5} = \frac{40}{9}(\text{cm})$$

+ Vậy phải đặt vật trước kính đoạn từ 2,5 cm đến $\frac{40}{9}(\text{cm})$

b) Khi ngắm chừng ở điểm cực cận thì: $\tan \alpha = \frac{A'B'}{OA'} = \frac{A'B'}{OC_c}$

+ Độ bội giác khi ngắm chừng ở cực cận:

$$G_c = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{\frac{A'B'}{OC_c}}{\frac{AB}{OC_c}} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{|d'|}{d} = \frac{5}{2,5} = 2$$

* Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn thì: $\tan \alpha = \frac{A'B'}{OA'} = \frac{A'B'}{OC_v}$

+ Độ bội giác khi ngắm chừng ở cực cận:

$$G_c = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{\frac{A'B'}{OC_v}}{\frac{AB}{OC_c}} = \frac{A'B'}{AB} \frac{OC_c}{OC_v} = \frac{|d'|}{d} \frac{OC_c}{OC_v} = \frac{40}{40/9} \frac{5}{50} = 2,7$$

Bài 5.

Theo bài ra ta có: $OC_c = 50 \text{ cm}$ và $OC_v = \infty$

+ Vì kính lúp loại 5x nên ta có: $\frac{25}{f} = 5 \Rightarrow f = 5(\text{cm})$

a) Khi đặt vật ở gần thì cho ảnh ảo ở điểm cực cận nên ta có:

$$d'_1 = -OC_c = -(OC_c - \ell) = -45(\text{cm}) \Rightarrow d_c = \frac{d'_1 f}{d'_1 - f} = \frac{-45 \cdot 5}{-45 - 5} = 4,5(\text{cm})$$

+ Khi đặt vật ở xa thì qua kính cho ảnh ảo hiện ở vô cùng $\Rightarrow d_v = f = 5 \text{ cm}$

+ Vậy giới hạn nhìn rõ qua kính lúp của người này là từ 4,5 cm đến 5 cm

b) Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{OC_c}{f} = \frac{50}{5} = 10$

c) Khi ngắm chừng ở điểm cực cận thì: $\tan \alpha = \frac{A'B'}{OC_c} = \frac{A'B'}{OC_c}$

$$+ \text{ Do đó, độ bội giác là: } G_c = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{\frac{A'B'}{OC_c}}{\frac{AB}{OC_c}} = \frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{d'}{d} \right| = \frac{45}{4,5} = 10$$

Bài 6.

a) Khi quan sát vật ở gần thì ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt. Ta có:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_c} + \frac{1}{-(OC_c - 2)} \Leftrightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{d_c} + \frac{1}{-8} \Rightarrow d_c = \frac{8}{3}(\text{cm})$$

+ Khi quan sát vật ở xa thì ảnh ảo ở điểm cực viễn của mắt. Ta có:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_v} + \frac{1}{-(OC_v - 2)} \Leftrightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{d_v} + \frac{1}{-48} \Rightarrow d_v = \frac{48}{13}(\text{cm})$$

+ Vậy phải đặt vật trong khoảng từ $\frac{8}{3}(\text{cm})$ đến $\frac{48}{13}(\text{cm})$ trước kính lúp

b) Khi vật cách kính $d = 3,5 \text{ cm}$ thì cho ảnh cách kính đoạn d' .

$$\text{Ta có: } \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Leftrightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{3,5} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d' = -28(\text{cm})$$

+ Số bội giác của kính:

$$G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{\frac{A'B'}{|d'| + \ell}}{\frac{AB}{OC_c}} = \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{OC_c}{|d'|} = \left| \frac{d'}{d} \right| \cdot \frac{OC_c}{|d'| + \ell} = \frac{OC_c}{d} = \frac{8}{3}$$

c) Khi ngắm chừng ở điểm cực cận:

$$+ \text{ Vị trí ảnh so với kính: } d' = -(OC_c - 2) = -8(\text{cm})$$

$$+ \text{ Vị trí của vật: } d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{-8 \cdot 4}{-8 - 4} = \frac{8}{3}(\text{cm})$$

$$+ \text{ Số bội giác lúc này: } G_c = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{\frac{A'B'}{OC_c}}{\frac{AB}{OC_c}} = \frac{A'B'}{AB} = \left| \frac{d'}{d} \right| = 3$$

d) Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn:

$$+ \text{ Vị trí ảnh so với kính: } d' = -(OC_v - 2) = -48(\text{cm})$$

$$+ \text{ Vị trí của vật: } d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{-48 \cdot 4}{-48 - 4} = \frac{48}{13}(\text{cm})$$

$$+ \text{Số bội giác lúc này: } G_v = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{\frac{A'B'}{OC_v}}{\frac{AB}{OC_c}} = \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{OC_c}{OC_v} = \left| \frac{d'}{d} \right| \cdot \frac{OC_c}{OC_v} = 2,6$$

Bài 7.

a) Mắt người bình thường nên $OC_v = \infty$

+ Khi ngắm chừng ở điểm cực cận (d_c) thì ảnh ảo ở điểm cực cận của mắt $\Rightarrow$ ảnh ảo này cách kính lúp đoạn $d'_c = -(OC_c - \ell) = -10(\text{cm})$

$$+ \text{Áp dụng công thức thấu kính ta có: } d_c = \frac{d'_c f}{d'_c - f} = \frac{-10.5}{-10 - 5} = \frac{10}{3}(\text{cm})$$

+ Khi ngắm chừng ở điểm cực viễn (d_v) thì ảnh ảo ở điểm cực viễn của mắt (ở vô cực) nên $d_v = f = 5(\text{cm})$

+ Vậy phạm vi đặt vật trước kính lúp là từ $\frac{10}{3}(\text{cm})$ đến $5(\text{cm})$

$$b) \text{ Khi ngắm chừng ở điểm cực cận: } G_c = \left| \frac{d'}{d} \right| = \frac{10}{10/3} = 3$$

$$+ \text{ Khi ngắm chừng ở vô cực: } G_\infty = \frac{OC_c}{f} = \frac{20}{5} = 4$$

c) Khi vật cách kính $d = 4 \text{ cm}$ thì cho ảnh cách kính đoạn:

$$d' = \frac{df}{d - f} = \frac{4.5}{4 - 5} = -20(\text{cm})$$

+ Độ bội giác (số bội giác) của kính lúc này:

$$G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{OC_c}{|d'| + \ell} = \left| \frac{d'}{d} \right| \cdot \frac{OC_c}{|d'| + \ell} = \frac{20.20}{4.(20 + 10)} = \frac{10}{3}$$

$$d) \text{ Gọi } d \text{ là vị trí đặt vật so với kính } \Rightarrow \text{ vị trí ảnh } d' = \frac{df}{d - f} = \frac{5f}{d - 5}$$

$$+ \text{ Độ bội giác (số bội giác) của kính: } G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{OC_c}{|d'| + \ell} = \left| \frac{d'}{d} \right| \cdot \frac{OC_c}{|d'| + \ell}$$

$$+ \text{ Theo bài ra ta có: } \left| \frac{d'}{d} \right| \cdot \frac{OC_c}{|d'| + \ell} = 3,5 \Leftrightarrow \left| \frac{5}{d - 5} \right| \cdot \frac{20}{\left| \frac{5d}{d - 5} \right| + 10} = 3,5 \text{ với } (d' = \frac{5d}{d - 5})$$

$$\Rightarrow \frac{5.20}{5d + 10|d - 5|} = 3,5 \Rightarrow \frac{100}{50 - 5d} = 3,5 \Rightarrow d = \frac{30}{7}(\text{cm})$$

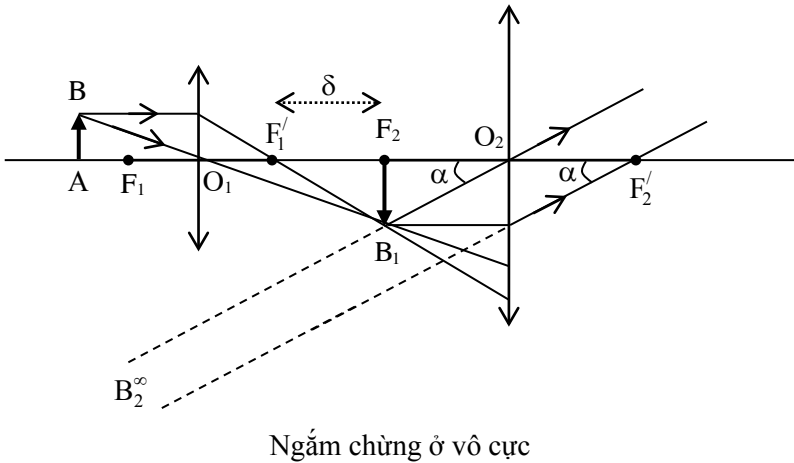
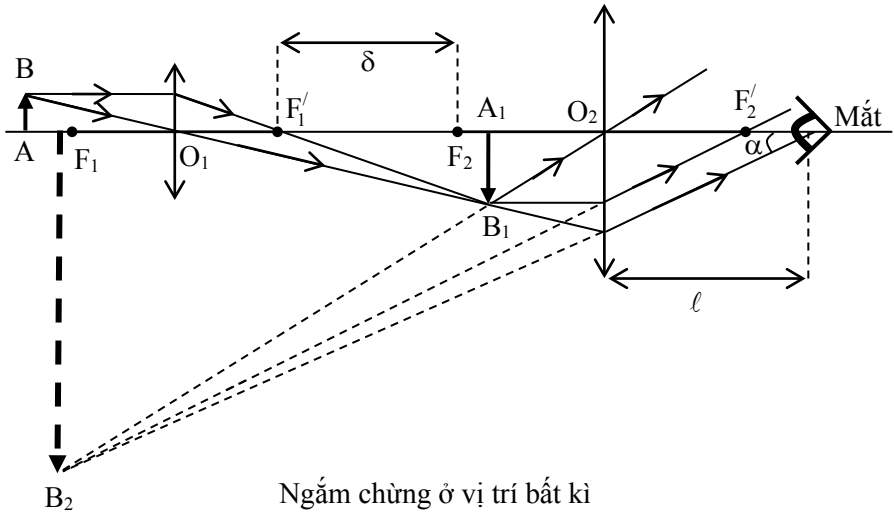
CHUYÊN ĐỀ 7. KÍNH HIỂN VI

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

+ Kính hiển vi là dụng cụ quang học hỗ trợ cho mắt làm tăng góc trông ảnh của những vật rất nhỏ, với độ bội giác lớn hơn rất nhiều so với kính lúp.

+ Sơ đồ tạo ảnh qua kính hiển vi: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ **Độ bội giác:** $G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0}$ (với $\tan \alpha_0 = \frac{AB}{OC_C} = \frac{AB}{D_C}$)



✎ Ngắm chừng ở vị trí bất kì: $\tan \alpha = \frac{A_2B_2}{|d'_2| + \ell}$

$$\Rightarrow G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{A_2 B_2}{AB} \cdot \frac{D}{|d'_2| + \ell} = \frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} \cdot \frac{A_1 B_1}{AB} \cdot \frac{D}{|d'_2| + \ell} = |k_1| |k_2| \cdot \frac{D}{|d'_2| + \ell}$$

Thực tế mắt thường đặt sát với thị kính nên $\ell = 0 \Rightarrow G = |k_1| |k_2| \cdot \frac{D}{|d'_2|}$

✎ Khi ngắm chừng ở cực cận: $\tan \alpha = \frac{A_2 B_2}{D} \Rightarrow G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{A_2 B_2}{AB} = |k_1| |k_2|$

✎ Ngắm chừng ở vô cực: $\tan \alpha = \frac{A_1 B_1}{f_2}$

$$\Rightarrow G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{A_1 B_1}{AB} \cdot \frac{D}{f_2} = \frac{\delta D}{f_1 f_2} \quad \left(\text{với } \frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{F'_1 F_2}{O_1 F'_1} = \frac{\delta}{f_1} \right)$$

Vậy ngắm chừng ở vô cực không phụ thuộc vào vị trí đặt mắt

Trong đó: Khoảng cách giữa hai tiêu điểm $F'_1 F_2 = \delta$ gọi là độ dài quang học của kính hiển vi; D là khoảng nhìn rõ ngắn nhất; f_1, f_2 là tiêu cự của vật kính và thị kính

✎ **Chú ý:** Khoảng cách giữa vật kính và thị kính của kính hiển vi cố định không đổi và được tính theo: $a = f_1 + f_2 + \delta$

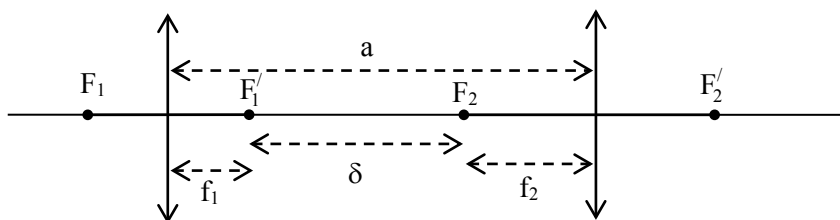
B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự $f_1 = 1$ cm và thị kính với tiêu cự $f_2 = 4$ cm. Hai thấu kính cách nhau $a = 17$ cm. Tính số bội giác trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực. Lấy $D = 25$ cm.

Hướng dẫn giải

+ Độ dài quang học của kính hiển vi này là: $\delta = a - (f_1 + f_2) = 17 - 5 = 12$ (cm)

+ Số bội giác trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{\delta D}{f_1 f_2} = 75$



Chú ý: Trong kính hiển vi khoảng cách a giữa hai thấu kính luôn cố định không đổi nên: $a = f_1 + f_2 + \delta$

Ví dụ 2: Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự $f_1 = 3 \text{ mm}$, thị kính với tiêu cự $f_2 = 25 \text{ mm}$ và độ dài quang học $\delta = 16 \text{ cm}$. Người ta đặt một tấm phim ảnh vuông góc với quang trục của hệ, cách thị kính 20 cm .

- Cần đặt vật AB ở vị trí nào trước vật kính để ảnh cuối cùng của nó ghi được rõ nét trên phim.
- Tính số phóng đại khi đó.

Hướng dẫn giải

a) Khoảng cách hai kính: $a = f_1 + \delta + f_2 = 18,8(\text{cm})$

+ Quá trình tạo ảnh của kính thiên văn giống như quá trình tạo ảnh qua hệ hai thấu kính ghép đồng trục và được tóm tắt qua sơ đồ sau: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Để ảnh A_2B_2 rõ nét trên phim thì $d'_2 = 20(\text{cm})$

$$\Rightarrow d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{20 \cdot 2,5}{20 - 2,5} = 2,86(\text{cm})$$

+ Vị trí ảnh A_1B_1 so với vật kính: $d'_1 = a - d_2 = 15,94(\text{cm})$

$$\Rightarrow d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{15,94 \cdot 0,3}{15,94 - 0,3} \approx 0,306(\text{cm})$$

+ Vậy cần đặt vật AB trước vật kính một khoảng $0,306 \text{ cm}$.

b) Số phóng đại ảnh: $|k| = |k_1 \cdot k_2| = \left| \frac{d'_2}{d_2} \cdot \frac{d'_1}{d_1} \right| = \left| \frac{20}{2,86} \cdot \frac{15,94}{0,306} \right| \approx 364,27$

Ví dụ 3: Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 1 \text{ cm}$, thị kính có tiêu cự $f_2 = 4 \text{ cm}$, độ dài quang học $\delta = 16 \text{ cm}$. Người quan sát có mắt không có tật và có khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 20 cm . Tính độ bội giác của ảnh trong các trường hợp người quan sát ngắm chừng ở vô cực và điểm cực cận. Coi mắt đặt sát kính.

Hướng dẫn giải

a) Ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{\delta D}{f_1 f_2} = \frac{16 \cdot 20}{1 \cdot 4} = 80$

b) Ngắm chừng ở điểm cực cận

+ Khoảng cách giữa vật kính và thị kính: $a = f_1 + \delta + f_2 = 1 + 16 + 4 = 21(\text{cm})$

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Khi ngắm chừng ảnh A_2B_2 ở điểm cực cận của mắt, ta có:

$$d'_2 = \overline{O_2 A_2} = -OC_c = -20\text{cm}$$

$$d_2 = \overline{O_2 A_1} = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{-20 \cdot 4}{-20 - 4} = \frac{10}{3}\text{cm}$$

$$d'_1 = \overline{O_1 A_1} = a - d_2 = 21 - \frac{10}{3} = \frac{53}{3}\text{cm}$$

$$d_1 = \overline{O_1A} = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{\frac{53}{3} \cdot 1}{\frac{53}{3} - 1} = \frac{53}{50} \text{ cm}$$

+ Độ bội giác: $G_C = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0}$. Với $\tan \alpha = \frac{A_2 B_2}{|d'_2|} = \frac{A_2 B_2}{Đ}$ và $\tan \alpha_0 = \frac{AB}{Đ}$

Nên: $G_C = \frac{A_2 B_2}{AB} = \frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} \cdot \frac{A_1 B_1}{AB} = \left| \frac{d'_2}{d_2} \right| \left| \frac{d'_1}{d_1} \right| = \frac{20}{10/3} \cdot \frac{53/3}{53/50} = 100$

Ví dụ 4: Vật kính và thị kính của một kính hiển vi có tiêu cự lần lượt là 4mm và 25mm. Các quang tâm cách nhau 160mm. Định vị trí vật để ảnh sau cùng ở vô cực.

Hướng dẫn giải

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1 B_1 \xrightarrow{L_2} A_2 B_2$ (ảnh ảo).

Gọi ℓ là khoảng cách giữa vật kính và thị kính.

Vì ảnh ảo $A_2 B_2$ ở ∞ nên: $d'_2 = -\infty$.

$$\Rightarrow d_2 = f_2 = 25\text{mm}; d'_1 = \ell - d_2 = 160 - 25 = 135\text{mm}.$$

$$\Rightarrow d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{135 \cdot 4}{135 - 4} = 4,1221\text{mm}.$$

Vậy: Để ảnh sau cùng ở vô cực phải đặt vật cách vật kính 4,1221mm.

Ví dụ 5: Vật kính và thị kính của một kính hiển vi có các tiêu cự lần lượt là $f_1 = 1\text{cm}$; $f_2 = 4\text{cm}$. Độ dài quang học của kính là $\delta = 15\text{cm}$.

Người quan sát có điểm C_c cách mắt 20cm và điểm C_v ở vô cực.

Hỏi phải đặt vật trong khoảng nào trước kính?

Hướng dẫn giải

- Gọi a là khoảng cách giữa hai thấu kính:

$$a = \delta + (f_1 + f_2) = 15 + (1 + 4) = 20\text{cm}.$$

- Xét trường hợp mắt đặt sát kính.

- Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1 B_1 \xrightarrow{L_2} A_2 B_2$ ($A_2 B_2$ là ảnh ảo thuộc khoảng $C_c C_v$).

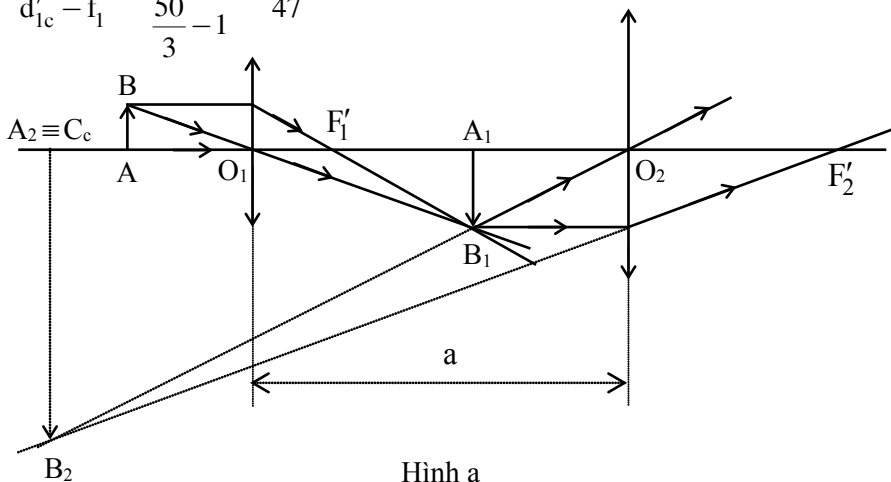
- Khi quan sát ở C_c (hình a): Lúc đó $A_2 \equiv C_c$. Do đó:

$$d'_2 = d'_{2c} = -O_2 A_2 = -O C_c = -20\text{cm};$$

$$d_2 = d_{2c} = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{(-20) \cdot 4}{-20 - 4} = \frac{20}{6} = 3,33\text{cm}.$$

$$d'_1 = d'_{1c} = a - d_{2c} = 20 - \frac{20}{6} = \frac{50}{3} = 16,67\text{cm}.$$

$$d_{1c} = \frac{d'_{1c} f_1}{d'_{1c} - f_1} = \frac{\frac{50}{3} \cdot 1}{\frac{50}{3} - 1} = \frac{50}{47} = 1,064 \text{ cm.}$$



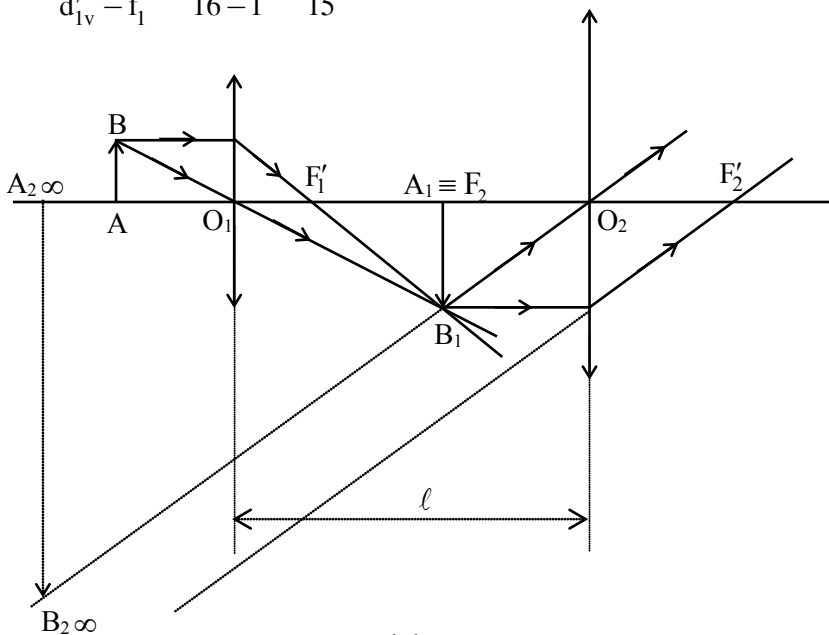
Hình a

- Khi quan sát ở \$C_v\$ (hình b): Lúc đó \$A_2 \equiv C_v\$ (\$\theta \rightarrow \infty\$). Do đó:

$$d'_2 = d'_{2v} = -O_2 A_2 = -\infty; d_2 = d_{2v} = f_2 = 4 \text{ cm.}$$

$$d'_1 = d'_{1v} = a - d_{2v} = 20 - 4 = 16 \text{ cm.}$$

$$d_1 = d_{1v} = \frac{d'_{1v} f_1}{d'_{1v} - f_1} = \frac{16 \cdot 1}{16 - 1} = \frac{16}{15} = 1,067 \text{ cm.}$$



Hình b

Suy ra: $1,064\text{cm} \leq d_1 \leq 1,067\text{cm}$.

$\Rightarrow \Delta d = d_{1v} - d_{1c} = 1,067 - 1,064 = 0,003\text{cm} = 0,03\text{mm}$.

Vậy: Phải đặt vật cách kính từ $1,064\text{cm}$ đến $1,067\text{cm}$.

Ví dụ 6: Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 5\text{ mm}$, thị kính có tiêu cự $f_2 = 4\text{ cm}$. Vật được đặt trước tiêu diện vật kính, cách tiêu diện $0,1\text{ mm}$. Người quan sát, mắt không có tật, khoảng nhìn rõ ngắn nhất là 20 cm , điều chỉnh ống kính để mắt quan sát không phải điều tiết. Coi mắt sát kính.

- Tìm độ bội giác của ảnh và độ dài quang học của kính hiển vi
- Năng suất phân li của mắt là $2'$ ($1' = 3.10^{-4}\text{ rad}$). Tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm trên vật mà mắt người còn có thể phân biệt được hai ảnh của chúng qua kính hiển vi.
- Để độ bội giác có độ lớn bằng độ phóng đại k của ảnh người quan sát phải điều chỉnh độ dài ống kính bằng bao nhiêu?

Hướng dẫn giải

a) Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Vì vật đặt cách tiêu diện vật của thị kính đoạn $0,1\text{ mm}$ nên:

$$d_1 = 0,1 + 5 = 5,1(\text{mm}) \Rightarrow d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = 255(\text{mm})$$

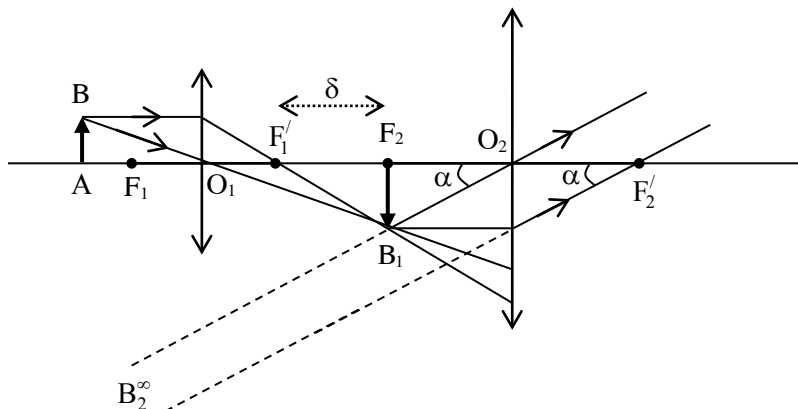
+ Vì ngắm chừng ở vô cực nên: $d_2' = \infty \Rightarrow d_2 = f_2 = 4(\text{cm}) = 40(\text{mm})$

+ Khoảng cách giữa hai kính: $a = d_1' + d_2 = 295(\text{mm})$

+ Độ dài quang học của kính hiển vi này: $\delta = a - (f_1 + f_2) = 250(\text{mm}) = 25(\text{cm})$

+ Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{\delta D}{f_1 f_2} = 250$

b) Mắt trông ảnh A_2B_2 dưới góc trông α . Để phân biệt được hai điểm A, B qua kính tức phân biệt 2 ảnh A_2B_2 của nó, muốn vậy $\alpha \geq \varepsilon$



Ngắm chừng ở vô cực

+ Ta có: $\alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = \frac{A_2 B_2}{|d'_2|}$

+ Vì ngắm chừng ở vô cực nên: $\frac{A_2 B_2}{|d'_2|} = \frac{A_1 B_1}{f_2}$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{A_1 B_1}{f_2} \geq \varepsilon \Rightarrow A_1 B_1 \geq f_2 \varepsilon \quad (1)$$

+ Mà: $\frac{A_1 B_1}{AB} = \left| \frac{d'_1}{d_1} \right| \Rightarrow A_1 B_1 = \left| \frac{d'_1}{d_1} \right| \cdot AB \quad (2)$

+ Từ (1) và (2) cho: $\left| \frac{d'_1}{d_1} \right| \cdot AB \geq f_2 \varepsilon$

$$\Rightarrow AB \geq f_2 \varepsilon \left| \frac{d_1}{d'_1} \right| = 40.2 \cdot (3 \cdot 10^{-4}) \cdot \frac{5,1}{255} = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ (mm)} = 0,48 (\mu\text{m})$$

+ Vậy khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm A, B mà mắt còn phân biệt được là 0,48 μm .

c) Khi điều chỉnh chiều dài ống kính thì không còn ngắm chừng ở vô cực nữa, ta

có: $|K| = \frac{A_2 B_2}{AB}$

+ Lại có: $G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{A_2 B_2}{|d'_2|} \cdot \frac{D}{AB}$

+ Theo đề ta có: $G = |K| \Rightarrow |d'_2| = D = 20 \text{ (cm)}$

+ Vì ảnh $A_2 B_2$ là ảnh ảo nên: $d'_2 = -20 \text{ (cm)}$

+ Ta có: $d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{-20 \cdot 4}{-20 - 4} = \frac{10}{3} \text{ (cm)}$

+ Chiều dài của ống lúc này: $a' = d'_1 + d_2 = 25,5 + \frac{10}{3} \approx 28,83 \text{ (cm)}$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự $f_1 = 1 \text{ cm}$ và thị kính với tiêu cự $f_2 = 4 \text{ cm}$. Hai thấu kính cách nhau $a = 15 \text{ cm}$. Tính số bội giác trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực. Lấy $D = 25 \text{ cm}$.

Bài 2. Vật kính của một kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 1 \text{ cm}$, thị kính có tiêu cự $f_2 = 4 \text{ cm}$. Chiều dài quang học của kính là 15 cm . Người quan sát có điểm cực cận cách mắt 20 cm và điểm cực viễn ở vô cực. Hỏi phải đặt vật trong khoảng nào trước vật kính. Biết mắt đặt sát sau thị kính.

Bài 3. Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự $f_1 = 4 \text{ mm}$, thị kính với tiêu cự $f_2 = 20 \text{ mm}$ và độ dài quang học $\delta = 156 \text{ mm}$. Người quan sát có mắt bình thường với điểm cực cận cách mắt $D = 250 \text{ mm}$. Mắt đặt tại tiêu điểm ảnh của thị kính. Hãy xác định:

- Khoảng cách từ vật đến vật kính trong trường hợp ngắm chừng này.
- Số bội giác của kính trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực.
- Góc trông ảnh, biết $AB = 2 \mu\text{m}$.

Bài 4. Kính hiển vi có vật kính O_1 tiêu cự $f_1 = 0,8 \text{ cm}$ và thị kính O_2 tiêu cự $f_2 = 2 \text{ cm}$. Khoảng cách giữa hai kính là $\ell = 16 \text{ cm}$.

- Kính được ngắm chừng ở vô cực. Tính khoảng cách từ vật đến vật kính và độ bội giác.

Biết người quan sát có mắt bình thường với khoảng nhìn rõ ngắn nhất $D = 25 \text{ cm}$.

- Giữ nguyên vị trí vật và vật kính, ta dịch thị kính một khoảng nhỏ để thu được ảnh của vật trên màn đặt cách thị kính (ở vị trí sau) 30 cm .

Tính độ dịch chuyển của thị kính, xác định chiều dịch chuyển. Tính độ phóng đại của ảnh.

Bài 5. Vật kính của kính hiển vi có tiêu cự $f_1 = 0,8 \text{ cm}$, thị kính có tiêu cự $f_2 = 2 \text{ cm}$, khoảng cách giữa hai kính là $a = 16 \text{ cm}$. Một người mắt không tật quan sát một vật nhỏ qua kính trong trạng thái ngắm chừng ở vô cực. Tính khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm A, B trên vật mà mắt người ấy còn phân biệt được khi nhìn qua kính

biết năng suất phân li của mắt là $\varepsilon = 1' \approx \frac{1}{3500} (\text{rad})$.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

+ Độ dài quang học của kính hiển vi này là:

$$\delta = a - (f_1 + f_2) = 15 - 5 = 10 (\text{cm})$$

+ Số bội giác trong trường hợp ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{\delta D}{f_1 f_2} = 62,5$

Bài 2.

+ Khoảng cách giữa vật kính và thị kính: $a = f_1 + \delta + f_2 = 1 + 15 + 4 = 20 (\text{cm})$

+ Quá trình tạo ảnh của kính hiển vi giống như quá trình tạo ảnh qua hệ hai thấu kính ghép đồng trục và được tóm tắt qua sơ đồ sau: $AB \xrightarrow{L_1} A_1 B_1 \xrightarrow{L_2} A_2 B_2$

* Khi ngắm chừng ảnh $A_2 B_2$ ở điểm cực cận của mắt, ta có:

$$d'_2 = -OC_c = -20\text{cm} \Rightarrow d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{-20.4}{-20-4} = \frac{10}{3}\text{cm}$$

$$d'_1 = a - d_2 = 20 - \frac{10}{3} = \frac{50}{3}\text{cm} \Rightarrow d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{\frac{50}{3} \cdot 1}{\frac{50}{3} - 1} = \frac{50}{47} \approx 1,064\text{cm}$$

+ Khi ngắm ảnh A_2B_2 ở điểm cực cận thì vật AB cách vật kính 1,064 cm

* Khi ngắm ảnh A_2B_2 ở cực viễn (tức vô cực $d'_2 = \infty$), ta có:

$$d'_2 = \infty \Rightarrow d_2 = f_2 = 4\text{cm}$$

$$d'_1 = a - d_2 = 20 - 4 = 16\text{cm}$$

$$d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{16.1}{16-1} = \frac{16}{15} \approx 1,067\text{cm}$$

+ Khi ngắm ảnh A_2B_2 ở vô cực thì vật AB cách vật kính 1,067 cm

+ Vậy vật AB phải dịch từ 1,064 cm đến 1,067 cm trước vật kính.

Bài 3.

+ Khoảng cách giữa vật kính và thị kính: $a = f_1 + \delta + f_2 = 4 + 156 + 20 = 180(\text{mm})$

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

* Khi ngắm chừng ảnh A_2B_2 ở điểm cực cận của mắt, ta có:

$$d'_2 = -(OC_c - \ell) = -(250 - 20) = -230\text{mm}$$

$$d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{-230.20}{-230-20} = 18,4\text{mm}$$

$$d'_1 = a - d_2 = 180 - 18,4 = 161,6\text{mm}$$

$$d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{161,6.4}{161,6-4} = \frac{808}{197}\text{mm} \approx 4,10152\text{mm}$$

+ Khi ngắm ảnh A_2B_2 ở điểm cực cận thì vật AB cách vật kính 4,10152 mm

* Khi ngắm ảnh A_2B_2 ở cực viễn (tức vô cực $d'_2 = \infty$), ta có:

$$d'_2 = \infty \Rightarrow d_2 = f_2 = 20\text{mm}$$

$$d'_1 = a - d_2 = 180 - 20 = 160\text{mm}$$

$$d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{160.4}{160-4} = \frac{160}{39}\text{mm} = 4,10256\text{mm}$$

+ Khi ngắm ảnh A_2B_2 ở vô cực thì vật AB cách vật kính 4,10256 mm

+ Vậy vật AB phải dịch từ 4,10152 mm đến 4,10256 mm trước vật kính.

Bài 4.

a) Khoảng cách từ vật đến kính và độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực (hình a)

- Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$ (ảnh ảo, ở vô cực)
- Khoảng cách từ vật đến vật kính: Vì ảnh ảo A_2B_2 ở vô cực, nên:
 $d'_2 = -\infty$; $d_2 = f_2 = 2\text{cm}$ ($A_1 \equiv F_2$).

$$d'_1 = \ell - d_2 = 16 - 2 = 14\text{cm}; d_1 = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{14 \cdot 0,8}{14 - 0,8} = 0,848\text{cm}.$$

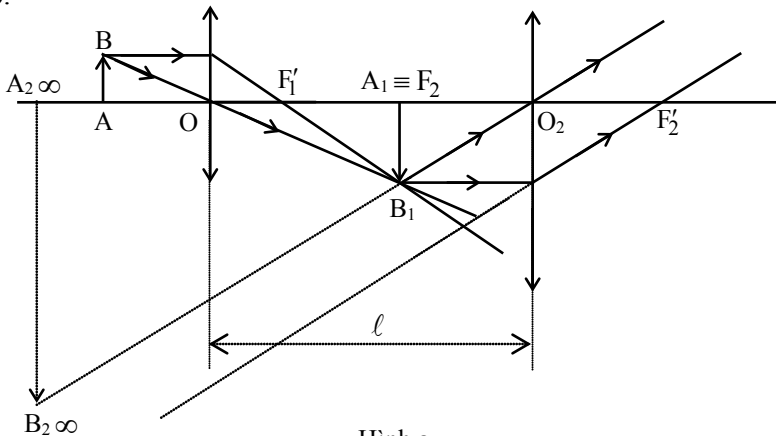
- Độ bội giác:

+ Độ dài quang học của kính:

$$\delta = O_1O_2 - (f_1 + f_2) = \ell - (f_1 + f_2) = 16 - (0,8 + 2) = 13,2\text{cm}$$

+ Độ bội giác: $G_\infty = \frac{\delta D}{f_1 f_2} = \frac{13,2 \cdot 25}{0,8 \cdot 2} = 206.$

Vậy: Khoảng cách từ vật đến kính và độ bội giác của kính lần lượt là 0,848cm và 206.



Hình a

- b) Độ dịch chuyển, chiều dịch chuyển của kính và độ phóng đại của ảnh (hình b)
 Giữ nguyên vị trí vật và vật kính nên d_1 và d'_1 không thay đổi. Khi dịch chuyển thị kính thì ℓ , d'_2 và d_2 thay đổi.

Ta có: $d_1 = 0,848\text{cm}$; $d'_1 = 14\text{cm}$; $d_2 = \ell' - d'_1 = \ell' - 14$.

$$d'_2 = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = \frac{(\ell' - 14) \cdot 2}{(\ell' - 14) - 2} = \frac{(\ell' - 14) \cdot 2}{\ell' - 16}$$

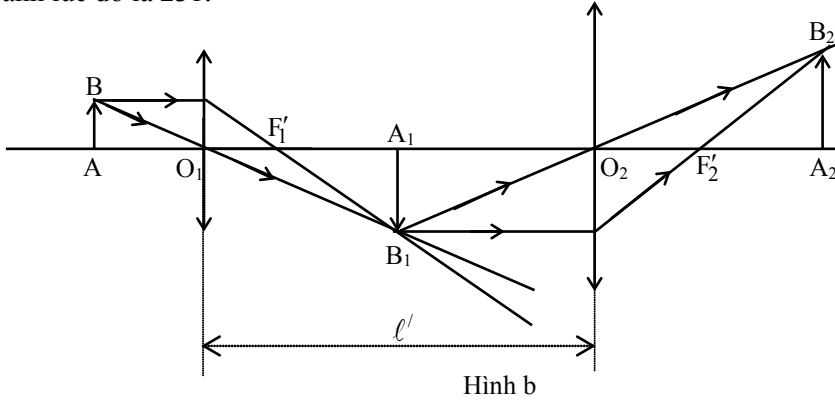
Mặt khác, ảnh thu được trên màn cách vị trí sau của thị kính 30 cm nên $d'_2 = 30\text{cm}$.

Suy ra: $\frac{(\ell' - 14) \cdot 2}{\ell' - 16} = 30 \Rightarrow \ell' = 16,143\text{cm}.$

- Độ dịch chuyển của thị kính: $\Delta \ell = 16,143 - 16 = 0,143\text{cm}.$
 Vì $\ell' > \ell$ nên phải dịch thị kính ra xa vật kính.

- Độ phóng đại của ảnh: $k = \left| \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_l}{d_2} \right| = \left| \frac{14}{0,848} \cdot \frac{30}{16,143 - 14} \right| = 231$

Vậy: Để thu được ảnh của vật trên màn đặt cách thị kính (ở vị trí sau) 30cm thì phải dịch thị kính ra xa vật kính một đoạn $\Delta \ell = 0,143\text{cm}$ và độ phóng đại của ảnh lúc đó là 231.



Bài 5.

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Khi ngắm chừng ảnh A_2B_2 ở điểm cực viễn của mắt, ta có:

$$d'_2 = \infty \Rightarrow d_2 = f_2 = 2\text{cm}$$

$$d'_1 = \overline{O_1A_1} = a - d_2 = 16 - 2 = 14\text{cm}$$

$$d_1 = \overline{O_1A} = \frac{d'_1 f_1}{d'_1 - f_1} = \frac{14 \cdot 0,8}{14 - 0,8} = \frac{28}{33} (\text{cm})$$

+ Mắt trông ảnh A_2B_2 dưới góc trông α . Để phân biệt được hai điểm A, B qua kính tức phân biệt 2 ảnh A_2B_2 của nó, muốn vậy $\alpha \geq \varepsilon$

+ Ta có: $\alpha \approx \text{tg} \alpha = \frac{A_2B_2}{|d'_2|} \Rightarrow \frac{A_2B_2}{|d'_2|} \geq \varepsilon \Rightarrow A_2B_2 \geq |d'_2| \varepsilon$ (1)

+ Mà: $\frac{A_2B_2}{AB} = \frac{A_2B_2}{A_1B_1} \cdot \frac{A_1B_1}{AB} = \left| \frac{d'_2}{d_2} \right| \cdot \left| \frac{d'_1}{d_1} \right| \Rightarrow A_2B_2 = \left| \frac{d'_2}{d_2} \right| \cdot \left| \frac{d'_1}{d_1} \right| \cdot AB$ (2)

+ Từ (1) và (2) cho: $\left| \frac{d'_2}{d_2} \right| \cdot \left| \frac{d'_1}{d_1} \right| \cdot AB \geq |d'_2| \varepsilon$

$$\Rightarrow AB \geq \varepsilon \left| \frac{d_2 d_1}{d'_1} \right| = \frac{1}{3500} \cdot \frac{2 \cdot \frac{28}{33}}{14} = 3,46 \cdot 10^{-5} (\text{cm})$$

+ Vậy khoảng cách nhỏ nhất giữa hai điểm A, B mà mắt còn phân biệt được là $3,46 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$

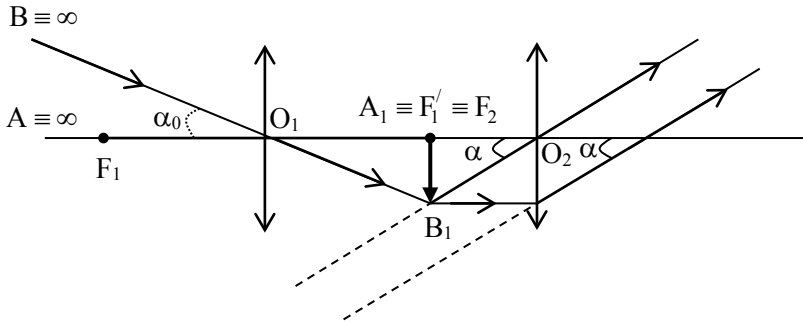
CHUYÊN ĐỀ 8. KÍNH THIÊN VĂN

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

+ Kính thiên văn là dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt làm tăng góc trông ảnh của những vật ở rất xa (các thiên thể).

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

Trong đó ta luôn có: $d_1 = \infty \Rightarrow d'_1 = f_1$ (vì $A_1 \equiv F'_1$)



Ngắm chừng ở vô cực

+ **Độ bội giác:**

- Với kính thiên văn thì $\tan \alpha_0 = \frac{A_1B_1}{f_1}$
- Ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{f_1}{f_2}$
- Ngắm chừng ở một vị trí bất kì: $\tan \alpha = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{d_2} \Rightarrow G = \frac{f_1}{d_2}$
- Khi ngắm chừng ở vô cực thì $d_2 = f_2$.

Lưu ý: Khoảng cách giữa vật kính và thị kính của kính thiên văn thay đổi được và được tính theo công thức: $a = f_1 + d_2 \xrightarrow{d_2 = f_2} a = f_1 + f_2$

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1: Vật kính của một kính thiên văn dùng trong nhà trường có tiêu cự $f_1 = 1$ m, thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_2 = 4$ cm. Tính khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực.

Hướng dẫn giải

+ Khi ngắm chừng ở vô cực thì $F'_1 \equiv F_2$ nên khoảng cách giữa hai kính là:

$$a = O_1O_2 = f_1 + f_2 = 100 + 4 = 104(\text{cm})$$

+ Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực : $G_\infty = \frac{f_1}{f_2} = \frac{100}{4} = 25$

Ví dụ 2: Vật kính của một kính thiên văn học sinh có tiêu cự $f_1 = 120$ cm, thị kính có tiêu cự $f_2 = 4$ cm. Một học sinh có điểm cực viễn cách mắt 50 cm quan sát ảnh của Mặt Trăng qua kính thiên văn nói trên sao cho mắt không điều tiết. Tính khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác. Mắt đặt sát sau thị kính

Hướng dẫn giải

+ Mắt quan sát ảnh ảo A_2B_2 ở trạng thái mắt không điều tiết nên A_2B_2 ở cực viễn của mắt tức $d'_2 = -O_2A_2 = -OC_v = -50$ cm

$$\Rightarrow A_1B_1 \text{ cách thị kính: } d_2 = O_2A_1 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{-50 \cdot 4}{-50 - 4} \approx 3,7 \text{ (cm)}$$

+ Khoảng cách giữa hai kính là: $a = f_1 + d_2 = 120 + 3,7 = 123,7$ (cm)

$$+ \text{Độ bội giác: } G_v = \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} \quad (1)$$

$$\text{Với } \alpha \text{ là góc trông ảnh cho bởi } \tan \alpha = \frac{A_2B_2}{|d'_2|} \quad (2)$$

α_0 là góc trông Mặt Trăng bằng mắt không qua kính, cho bởi

$$\tan \alpha_0 = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{f_1} \quad (3)$$

$$+ \text{Từ (1), (2) và (3) ta có: } G_v = \frac{A_2B_2}{|d'_2|} \cdot \frac{f_1}{A_1B_1}$$

$$\Rightarrow G_v = \frac{A_2B_2}{A_1B_1} \cdot \frac{f_1}{|d'_2|} = \left| \frac{d'_2}{d_2} \right| \cdot \frac{f_1}{|d'_2|} = \frac{f_1}{d_2} = \frac{120}{3,7} \approx 32,4$$

Ví dụ 3: Một kính thiên văn khúc xạ được điều chỉnh cho một người có mắt bình thường nhìn được ảnh rõ nét của một vật ở vô cực mà không phải điều tiết. Khi đó khoảng cách giữa vật kính và thị kính là 62 cm và số bội giác của kính là $G = 30$.

a) Xác định tiêu cự của vật kính và thị kính.

b) Vật quan sát Mặt Trăng có góc trông $\alpha_0 = \frac{1}{100}$ (rad). Tính đường kính của

Mặt Trăng cho bởi vật kính.

Hướng dẫn giải

a) Quá trình tạo ảnh của kính thiên văn giống như quá trình tạo ảnh qua hệ hai thấu kính ghép đồng trục và được tóm tắt qua sơ đồ sau: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Vì quan sát Mặt Trăng ở rất xa nên $d_1 = \infty \Rightarrow d'_1 = f_1$

+ Vì ngắm chừng ở vô cực nên $d'_2 = \infty \Rightarrow d_2 = f_2$

+ Gọi a là khoảng cách giữa hai kính, ta có:

$$a = d'_1 + d_2 = f_1 + f_2 = 62 \quad (1)$$

+ Số bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực:

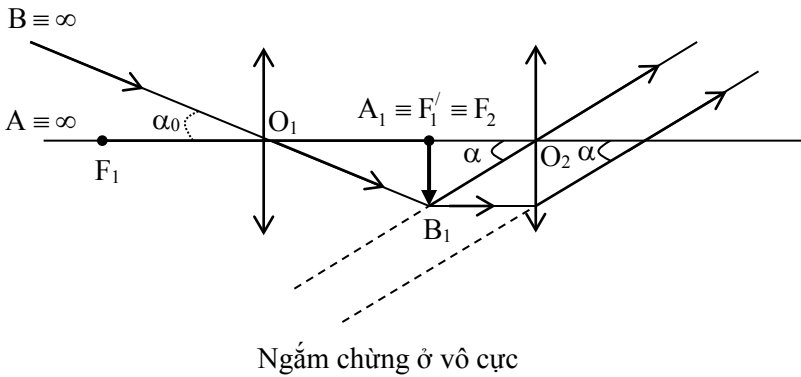
$$G_\infty = \frac{f_1}{f_2} = 30 \quad (2)$$

+ Từ (1) và (2) suy ra $f_1 = 60 \text{ cm}$ và $f_2 = 2 \text{ cm}$

b) Mặt Trăng là vật AB ở xa vô cực $\Rightarrow d_1 = \infty$, qua vật kính cho ảnh A_1B_1 ở ngay tiêu điểm ảnh $F'_1 \Rightarrow d'_1 = f_1$

+ Từ hình vẽ suy ra đường kính của Mặt Trăng cho bởi vật kính là:

$$\tan \alpha_0 = \frac{A_1B_1}{f_1} \Rightarrow A_1B_1 = f_1 \tan \alpha_0 \approx f_1 \alpha_0 = \frac{60}{100} = 0,6 (\text{cm})$$



C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Vật kính của một kính thiên văn dùng ở trường học có tiêu cự $f_1 = 120 \text{ cm}$. Thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_2 = 4 \text{ cm}$. Tính khoảng cách giữa hai kính và số bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực.

Bài 2. Vật kính của một kính thiên văn là một thấu kính hội tụ có tiêu cự lớn, thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự nhỏ. Một người, mắt không có tật, dùng kính thiên văn này để quan sát Mặt Trăng ở trạng thái không điều tiết. Khi đó khoảng cách giữa vật kính và thị kính là 90 cm . Số bội giác của kính là 17 . Tính tiêu cự của vật kính và thị kính. Coi mắt đặt sát kính.

Bài 3. Một kính thiên văn có vật kính với độ tụ $0,5$ điốp. Thị kính cho phép nhìn một vật cao 1 mm đặt tại tiêu diện vật dưới một góc là $\varphi = 0,05 \text{ rad}$.

- Tìm tiêu cự của thị kính.
- Tính số bội giác của kính thiên văn lúc ngắm chừng ở vô cực.
- Tính khoảng cách giữa hai điểm trên Mặt Trăng, nếu góc trông hai điểm này nhìn qua kính là $4'$. Coi khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng là 400000 km .

Bài 4. Vật kính của một kính thiên văn học sinh có tiêu cự $f_1 = 1,2\text{m}$. Thị kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f_2 = 4\text{cm}$.

- a) Tính khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực.
- b) Một học sinh dùng kính thiên văn nói trên để quan sát Mặt Trăng. Điểm cực viễn của học sinh này cách mắt 50cm . Tính khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính khi học sinh đó quan sát không điều tiết.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Vì quan sát ở rất xa nên $d_1 = \infty \Rightarrow d'_1 = f_1$

+ Vì ngắm chừng ở vô cực nên $d'_2 = \infty \Rightarrow d_2 = f_2$

+ Gọi a là khoảng cách giữa hai kính, ta có:

$$a = d'_1 + d_2 = f_1 + f_2 = 124(\text{cm})$$

+ Số bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = \frac{f_1}{f_2} = 30$

Bài 2.

+ Sơ đồ tạo ảnh: $AB \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2$

+ Vì quan sát Mặt Trăng ở rất xa nên $d_1 = \infty \Rightarrow d'_1 = f_1$

+ Vì ngắm chừng ở vô cực nên $d'_2 = \infty \Rightarrow d_2 = f_2$

+ Gọi a là khoảng cách giữa hai kính, ta có:

$$a = d'_1 + d_2 = f_1 + f_2 = 90 \quad (1)$$

+ Số bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực:

$$G_\infty = \frac{f_1}{f_2} = 17 \quad (2)$$

+ Từ (1) và (2) suy ra $f_1 = 85\text{ cm}$ và $f_2 = 5\text{ cm}$

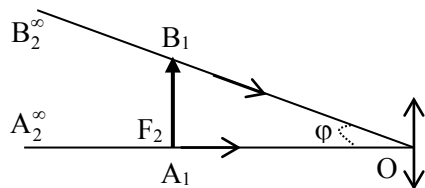
Bài 3.

a) Tiêu cự của vật kính: $f_1 = \frac{1}{0,5} = 2(\text{m}) = 200(\text{cm})$

+ Vật A_1B_1 đặt tại tiêu diện vật F_2 của thị kính nên ảnh A_2B_2 ở vô cực nên ta có:

$$\tan \varphi = \frac{A_1B_1}{f_2} \approx \varphi$$

$$\Rightarrow f_2 = \frac{A_1B_1}{\varphi} = \frac{0,1}{0,05} = 2(\text{cm})$$



b) Số bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực:

$$G_{\infty} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{200}{2} = 100$$

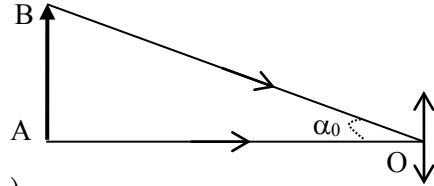
c) Ta có: $G_{\infty} = \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{f_1}{f_2} = 100 \Rightarrow \alpha_0 = \frac{\alpha}{100}$

+ Theo đề: $\alpha = 4' = \frac{4}{60} \frac{\pi}{180} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ (rad)}$

$$\Rightarrow \alpha_0 = 1,16 \cdot 10^{-5} \text{ (rad)}$$

+ Ta có: $\tan \alpha_0 = \frac{AB}{OA} \approx \alpha_0$

$$\Rightarrow AB = OA \cdot \alpha_0 = 4 \cdot 10^5 \cdot 1,16 \cdot 10^{-5} = 4,65 \text{ (km)}$$



Bài 4.

a) Khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực

- Sơ đồ tạo ảnh: $AB \text{ (vô cực)} \xrightarrow{L_1} A_1B_1 \xrightarrow{L_2} A_2B_2 \text{ (ảnh ảo)}$

Ta có: Vật AB ở vô cực nên ảnh A_1B_1 ở $F'_1 \Rightarrow d'_1 = f_1 = 120 \text{ cm}$.

- Khi ngắm chừng ở vô cực, ảnh ảo A_2B_2 ở $F'_2 \Rightarrow d'_2 = -\infty \Rightarrow d_2 = f_2 = 4 \text{ cm}$.

- Khoảng cách giữa hai kính: $a = O_1O_2 = d'_1 + d_2 = f_1 + f_2 = 124 \text{ cm}$ (hệ vô tiêu).

- Độ bội giác của kính: $G_{\infty} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{120}{4} = 30$.

Vậy: Khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính thiên văn khi ngắm chừng ở vô cực lần lượt là 124cm và 30.

b) Khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính khi học sinh quan sát không điều tiết

- Sơ đồ tạo ảnh (kính sát mắt): $AB_{\text{(vô cực)}} \xrightarrow{O_1} A_1B_1 \xrightarrow{O_2} A_2B_2 \text{ (ảnh ảo)}$

Ta có: $d_1 = \infty$; $d'_1 = f_1 = 120 \text{ cm}$; $d'_2 = -O_2C_v = -OC_v = -50 \text{ cm}$.

$$\Rightarrow d_2 = \frac{d'_2 f_2}{d'_2 - f_2} = \frac{(-50) \cdot 4}{-50 - 4} = 3,7 \text{ cm}$$

- Khoảng cách giữa hai kính:

$$a = O_1O_2 = d'_1 + d_2 = 120 + 3,7 = 123,7 \text{ cm}.$$

- Độ bội giác của kính: $\tan \alpha_0 = \frac{A_1 B_1}{f_1}$.
- Mặt khác, ta có: $\tan \alpha = \frac{A_2 B_2}{OA_2} = \frac{A_2 B_2}{|d'_2| + \ell}$.
- Độ bội giác: $G = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} = \frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} \cdot \frac{f_1}{|d'_2| + \ell} = \left| \frac{d'_2}{d_2} \right| \cdot \frac{f_1}{|d'_2| + \ell}$.
- Trường hợp mắt sát kính: $\ell = 0 \Rightarrow G = \left| \frac{d'_2}{d_2} \right| \cdot \frac{f_1}{|d'_2|} = \frac{f_1}{|d_2|} \Rightarrow G = \frac{120}{3,7} = 32,4$

Vậy: Khoảng cách giữa hai kính và độ bội giác của kính khi học sinh quan sát không điều tiết lần lượt là 123,7cm và 32,4.