

## 55

## BÀI TẬP VỀ DỤNG CỤ QUANG

**1.** Vật sáng  $AB$  nằm trong mặt phẳng  $P$  song song với màn ảnh  $M$  và cách  $M$  một khoảng 2 m. Đặt giữa vật sáng và  $M$  một thấu kính hội tụ  $L$  có tiêu cự  $f = \frac{3}{8}$  m. Trục chính của thấu kính vuông góc với các mặt phẳng  $P$  và  $M$  và đi qua điểm  $A$  của vật sáng  $AB$ .

a) Có mấy vị trí của thấu kính cho phép hứng được ảnh  $A'B'$  của  $AB$  rõ nét trên màn  $M$ ? Xác định khoảng cách giữa các vị trí của thấu kính đến màn  $M$ . Tính số phóng đại trong từng trường hợp.

b) Nếu chỉ có một vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn, thì tiêu cự  $f$  của thấu kính phải bằng bao nhiêu?

c) Thay màn  $M$  bằng một gương phẳng  $G$  có mặt phản xạ hướng về phía thấu kính. Thay đổi vị trí thấu kính sao cho tiêu diện của nó trùng với mặt phẳng  $P$  mà vật sáng  $AB$  nằm trong mặt phẳng đó. Hãy vẽ và xác định vị trí ảnh  $A'B'$  của  $AB$  cho bởi hệ thấu kính và gương.

*Bài giải :*

a) Sơ đồ tạo ảnh qua  $L$

Để tóm tắt một cách trực quan các điều kiện đã cho và điều phải tìm đối với một bài toán quang, người ta đưa ra sơ đồ tạo ảnh qua từng dụng cụ quang, hay qua toàn bộ quang hệ.

Ở sơ đồ này, ta cần dựa vào các yếu tố đã biết về vật, dụng cụ quang, hay hệ quang và ảnh, cùng với các quan hệ giữa chúng. Ví dụ như :

$$AB \xrightarrow[d]{L} A'B', \text{ trong đó } d + d' = 2 \text{ m.}$$

Ta có

$$d + d' = 2 \text{ m}$$

và

$$d = \frac{d'f}{d' - f} = \frac{\frac{3}{8}d'}{\frac{3}{8} - d'} = \frac{3d'}{8d' - 3}$$

Vậy

$$\frac{3d'}{8d' - 3} + d' = 2 \Rightarrow 3d' + (8d' - 3)(d' - 2) = 0 \Rightarrow 4d'^2 - 8d' + 3 = 0$$

Giải phương trình cho ta 2 nghiệm  $d'$  ứng với 2 khoảng cách từ thấu kính đến màn :

$$d' = \frac{4 \pm 2}{4} = 1,5 \text{ m và } 0,5 \text{ m.}$$

Số phóng đại :

Với  $d'_1 = 1,5 \text{ m} \Rightarrow d_1 = 0,5 \text{ m}$  cho  $k_1 = \frac{-1,5}{0,5} = -3$

Với  $d'_2 = 0,5 \text{ m} \Rightarrow d_2 = 1,5 \text{ m}$  cho  $k_2 = -\frac{0,5}{1,5} = -\frac{1}{3}$

b) Xác định giá trị của  $f$  khi chỉ có một vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn.

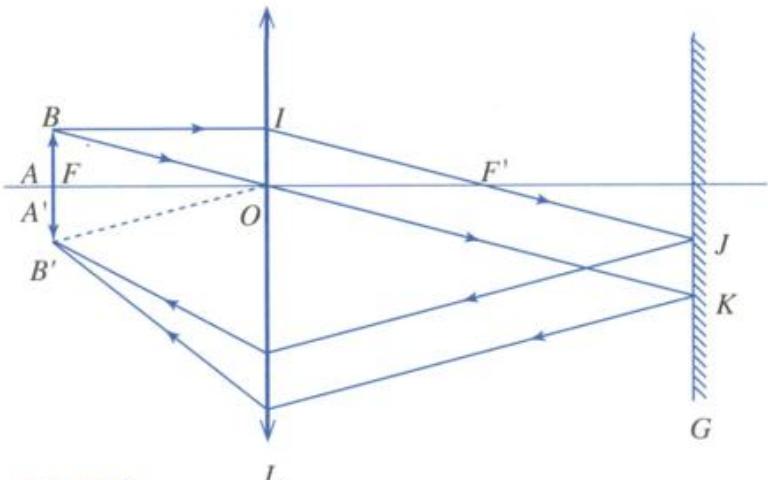
Để chỉ có một vị trí của thấu kính cho ảnh rõ nét trên màn thì phương trình bậc hai theo  $d'$  ở trên phải cho nghiệm kép.

$$\text{Từ } d + d' = 2m \Rightarrow \frac{d'f}{d'-f} + d' = 2 \Rightarrow d'^2 - 2d' + 2f = 0.$$

$$\text{Vậy } \Delta' = 1 - 2f = 0 \Rightarrow f = 0,5 \text{ m.}$$

c) Vẽ ảnh  $A'B'$  của  $AB$

Từ  $B$  vẽ 2 tia : Tia  $BI$  song song trực chính đi qua tiêu điểm ảnh  $F'$  đến gương  $G$ , tia  $BO$  qua quang tâm đến gương  $G$ . Do vật  $AB$  đặt tại mặt phẳng tiêu diện của thấu kính nên ánh sáng từ  $B$  đi qua thấu kính ló ra một chùm song song đi đến  $G$ , phản xạ tại  $G$ , chùm phản xạ đối xứng với phương  $BO$  qua phương song song với trực chính. Mặt khác, chùm phản xạ cũng là chùm song song, nên sau khi qua thấu kính, sẽ hội tụ tại  $B'$  trên mặt phẳng tiêu diện và đối xứng với  $B$  qua trực chính. Tóm lại, ảnh  $A'B'$  là ảnh thật, cũng nằm trên tiêu diện của thấu kính, ngược chiều và có độ lớn bằng  $AB$  (Hình 55.1).



Hình 55.1

**2.** Một mắt cận thị về già, khi điều tiết tối đa, độ tụ chỉ tăng thêm 1 diop so với khi mắt không điều tiết.

a) Xác định vị trí điểm cực cận. Biết điểm cực viễn cách mắt 2 m và khoảng cách từ quang tâm của mắt đến võng mạc là  $OV = 15 \text{ mm}$ .

b) Tính độ tụ của kính  $L_1$  để khi đeo kính cách mắt 2 cm, mắt nhìn rõ vật ở vô cực không phải điều tiết.

c) Để nhìn gần, người ta gắn thêm một kính  $L_2$  sát  $L_1$  và nằm ở nửa dưới  $L_1$  để tạo thành kính hai tròng. Tính độ tụ của  $L_2$  để khi nhìn qua hệ  $L_1, L_2$  thấy vật đặt cách mắt 25 cm mà cũng không phải điều tiết.

*Bài giải*

a) Xác định vị trí điểm cực cận

Xác định độ tụ của mắt lúc chưa điều tiết ( $D_0$ ).

Sơ đồ tạo ảnh (vật ở điểm cực viễn) :

$$AB \xrightarrow{d=2 \text{ m}} \text{mắt} \xrightarrow{d'=0,015 \text{ m}} A'B'$$

$$D_0 = \frac{1}{f_0} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow D_0 = \frac{1}{2} + \frac{1}{0,015} \approx 67,2 \text{ điopt}$$

Xác định độ tụ của mắt lúc điều tiết tối đa ( $D$ ) :

$$D = 1 + D_0 \Rightarrow D = 1 + 67,2 = 68,2 \text{ điopt}$$

Xác định vị trí điểm cực cận :

Sơ đồ tạo ảnh (vật ở điểm cực cận)

$$\begin{array}{c} AB \xrightarrow[d?]{\substack{\text{mắt} \\ D=68,2}} \text{mắt} \xrightarrow[d'=0,015\text{m}]{\quad} A'B' \\ \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f} = D \Rightarrow \frac{1}{d} + 66,7 = 68,2 \\ d = \frac{1}{1,5} \text{ m} = 66,7 \text{ cm} \end{array}$$

Điểm cực cận của mắt cận thị về già xa mắt hơn so với khi còn trẻ vì khả năng điều tiết của mắt về già kém.

b) Tính độ tụ của kính  $L_1$

Kính  $L_1$  phải có tiêu điểm ảnh  $F'$  ở điểm cực viễn của mắt, nghĩa là  $F'$  trước mắt  $2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$ , hay trước kính  $200 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 198 \text{ cm}$ .

Vậy  $L_1$  có tiêu cự  $f_1 = -198 \text{ cm}$ , là thấu kính phân kì.

$$\text{Độ tụ của } L_1 = \frac{1}{-1,98} \approx -0,51 \text{ điopt.}$$

c) Tính độ tụ của kính  $L_2$

Ta coi như thấu kính  $L_2$  được ghép sát với  $L_1$ . Quang tâm của hai thấu kính này coi như trùng nhau. Khi đó ta có thể thay hệ hai thấu kính ghép sát này bằng một thấu kính tương đương có độ tụ  $D$  bằng tổng độ tụ  $D_1, D_2$  của các thấu kính của hệ.

$$D = D_1 + D_2$$

Công thức này được chứng minh như sau :

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ hai thấu kính :

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1} L_1 \xrightarrow[d'_1]{A_1B_1} A_1B_1 \xrightarrow[d_2]{L_2} L_2 \xrightarrow[d'_2]{A_2B_2} A_2B_2$$

Sơ đồ tạo ảnh qua thấu kính tương đương :

$$AB \xrightarrow[d_1]{L} L \xrightarrow[d'_2]{A_2B_2} A_2B_2$$

Các phương trình đối với hệ hai thấu kính :

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d'_1} \tag{1}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d'_2} \tag{2}$$

$$d_1' + d_2 = \overline{O_1 O_2} = 0 \quad (3)$$

Phương trình đối với thấu kính tương đương :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2'} \quad (4)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_1'} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_2'} = \frac{1}{d_1} + \left( \frac{d_2 + d_1'}{d_1 d_2} \right) + \frac{1}{d_2'} \quad (5)$$

Từ (3) và (5) suy ra :

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2'} \quad (6)$$

Vết phải của (6) trùng với vết phải của (4) nên :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow D = D_1 + D_2$$

Mắt nhìn vật cách mắt 25 cm (tức là cách kính 25 cm – 2 cm = 23 cm) mà không phải điều tiết, nghĩa là ảnh của vật qua kính "hai tròng" phải nằm ở điểm cực viễn của mắt, cách mắt 200 cm (cách kính 198 cm).

Sơ đồ tạo ảnh (vật ở điểm cực cận) :

$$AB \xrightarrow{d=23 \text{ cm}} \text{kính ghép} \xrightarrow{\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}} A'B'$$

$$\text{Vậy } \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \rightarrow \frac{1}{23} + \frac{1}{-198} = \frac{1}{-198} + \frac{1}{f_2} \rightarrow f_2 = 23 \text{ cm}$$

$L_2$  có tiêu cự  $f_2 = 23$  cm, là kính hội tụ.

Độ tụ của  $L_2$  là  $D_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{0,23} \approx 4,3$  điôp.

**3.** Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự  $f_1 = 3$  mm, thị kính với tiêu cự  $f_2 = 25$  mm và độ dài quang học  $\delta = 16$  cm. Người ta đặt một tấm phim ảnh vuông góc với quang trục của hệ, cách thị kính 20 cm.

a) Cần đặt vật  $AB$  ở vị trí nào trước vật kính để ảnh cuối cùng của nó ghi được rõ nét trên phim.

b) Tính số phóng đại  $k$ .

*Bài giải*

a) Xác định vị trí đặt vật  $AB$

Khoảng cách hai kính là :

$$O_1O_2 = \delta + (f_1 + f_2) = 16 \text{ cm} + 0,3 \text{ cm} + 2,5 \text{ cm} = 18,8 \text{ cm.}$$

Sơ đồ tạo ảnh :

$$AB \xrightarrow{d_1} L_1 \xrightarrow{d'_1} A_1B_1 \xrightarrow{d_2} L_2 \xrightarrow{d'_2} A_2B_2$$

$A_2B_2$  rõ nét trên phim nên  $d'_2 = 20 \text{ cm.}$

$$d_2 = \frac{20,2,5}{20 - 2,5} = 2,86 \text{ cm}$$

$A_1B_1$  ở trước  $O_2$  một khoảng 2,86 cm nên ở sau  $O_1$  là  $18,8 \text{ cm} - 2,86 \text{ cm} = 15,94 \text{ cm.}$   
 $A_1B_1$  là ảnh thật của  $L_1$ , với  $d'_1 = 15,94 \text{ cm.}$

$$d_1 = \frac{15,94 \cdot 0,3}{15,94 - 0,3} \approx 0,306 \text{ cm}$$

Vật  $AB$  cần đặt trước vật kính một khoảng là 0,306 cm.

b) Tính số phóng đại  $k$

$$|k| = |k_1 \cdot k_2| = \left| \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} \right| \approx 364$$

Số phóng đại  $k \approx 364$ .

**4.** Một kính thiên văn có vật kính với độ tụ 0,5 điôp. Thị kính cho phép nhìn một vật cao 1 mm đặt trong tiêu diện vật dưới một góc là 0,05 rad.

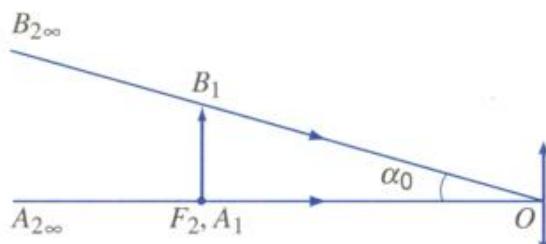
- a) Tìm tiêu cự của thị kính.
- b) Tính số bội giác của kính thiên văn lúc ngắm chừng ở vô cực.
- c) Tính khoảng cách giữa hai điểm trên Mặt Trăng, nếu góc trông hai điểm này nhìn qua kính là  $4'$ . Coi khoảng cách từ Trái Đất tới Mặt Trăng là 400 000 km.

*Bài giải*

a) Tìm tiêu cự của thị kính

Vật  $A_1B_1$  đặt tại tiêu điểm vật  $F_2$  của thị kính,  $A_2B_2$  ở vô cực (Hình 55.2).

$$\tan \alpha_0 = \frac{A_1B_1}{f_2} \approx \alpha_0 \Rightarrow f_2 = \frac{A_1B_1}{\alpha_0} = \frac{0,1}{0,05} = 2 \text{ cm}$$



Hình 55.2

b) Tính số bội giác lúc ngắm chừng ở vô cực

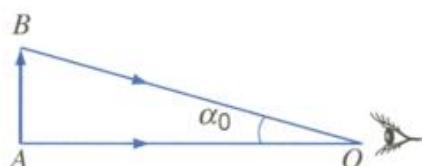
$$f_1 = \frac{1}{0,5} \text{m} = 200 \text{ cm}$$

$$G_{\infty} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{200}{2} = 100.$$

c) Tính khoảng cách giữa hai điểm trên Mặt Trăng

$$G_{\infty} = \frac{\alpha}{\alpha_0} = 100 \Rightarrow \alpha_0 = \frac{\alpha}{100}$$

$$\alpha = 4' = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ rad} \rightarrow \alpha_0 = 1,16 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$



Hình 55.3

Hình 55.3 cho thấy :

$$\tan \alpha_0 = \frac{AB}{OB} \approx \alpha_0$$

$$OB = 400\,000 \text{ km}$$

$$AB = \alpha_0 \cdot OB = 1,16 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^5 \text{ km} = 4,64 \text{ km}.$$