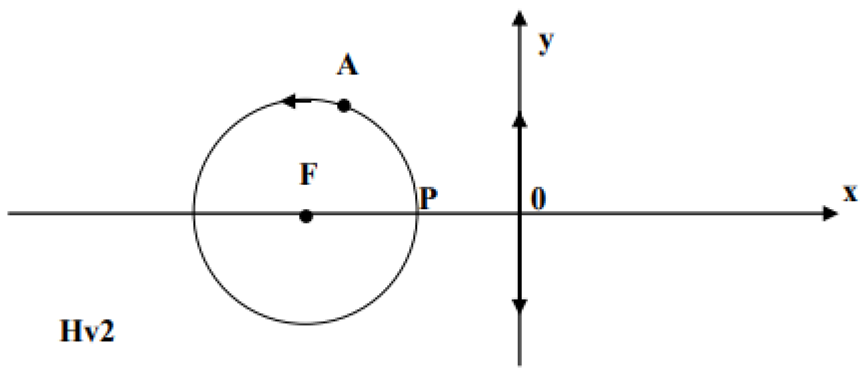
Luyện tập 30-08

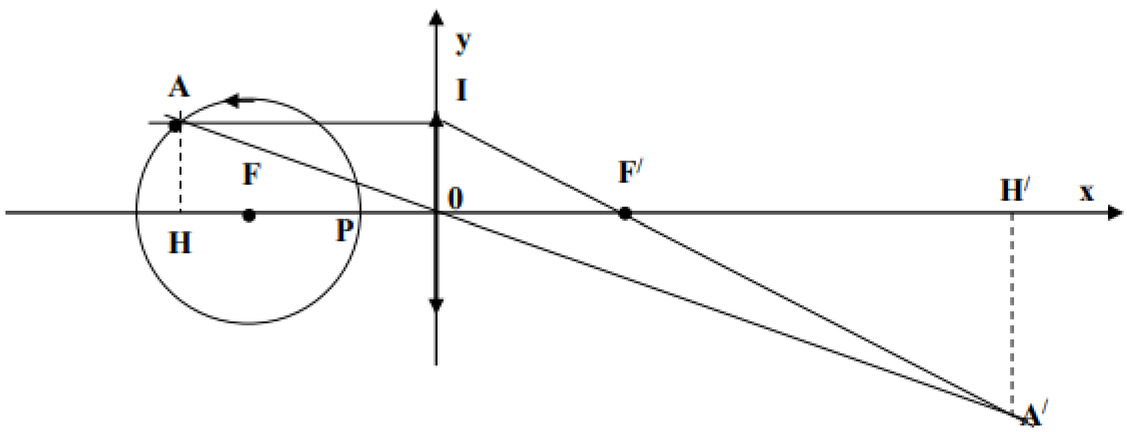
Bài 1

Một điểm sáng A ban đầu ở vị trí P nằm ở trục chính của một thấu kính hội tụ mỏng có tiêu cự f , điểm P cách đều quang tâm 0 và tiêu điểm chính F của thấu kính. Tại thời điểm $\mathrm{t}=0$ người ta cho A chuyển động tròn xung quang tâm F thuộc mặt phẳng x 0 y với tốc độ góc không đổi là ω, với 0 x là trục chính thấu kính (Hv2).

1. Viết phương trình quĩ đạo ảnh A' của A qua thấu kính. Vẽ đồ thì biểu diễn quĩ đạo ảnh A'. Từ đồ thị nhận xét tính chất, vị trí của ảnh A' theo vị trí của A .
2. Biết $\mathrm{f}=20 \mathrm{~cm}, \omega=2 \pi \mathrm{rad} / \mathrm{s}$. Tìm vị trí ảnh và vận tốc của ảnh A' ở thời điểm 1,5 giây chuyển động của A .



Lời giải



Đặt $\overline{OH}=x_1, \overline{0H'}=x, \overline{HA}=y_1, \overline{H'A'}=y, \overline{0F'}=f$

Xét tam giác A 0 H đồng dạng tam giác $\mathrm{A}'0\mathrm{H}'$ ta có : $\frac{H'A'}{HA}=\frac{OH'}{OH}$ hay $y=y_1 \frac{x}{x_1}(1)$

Xét tam giác $\mathrm{F}'0\mathrm{I}$ dồng dạng tam giác $\mathrm{F}'\mathrm{H}'\mathrm{A}'$ ta có : $\frac{H'A'}{OI}=\frac{OH'-OF'}{OF'}$ hay

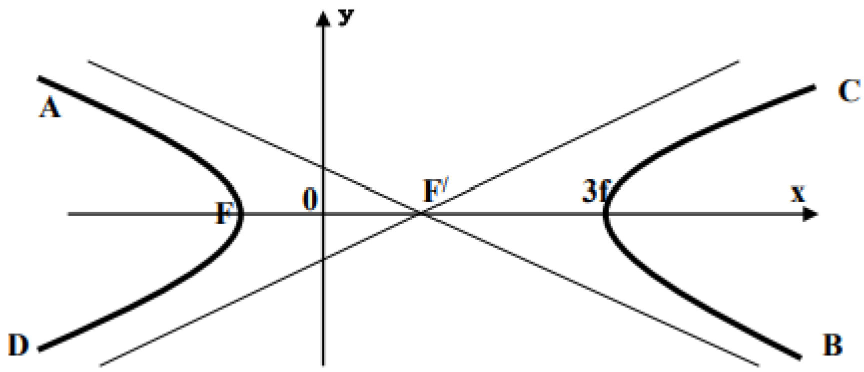
$$y=y_1 \frac{x}{f}(2)$$

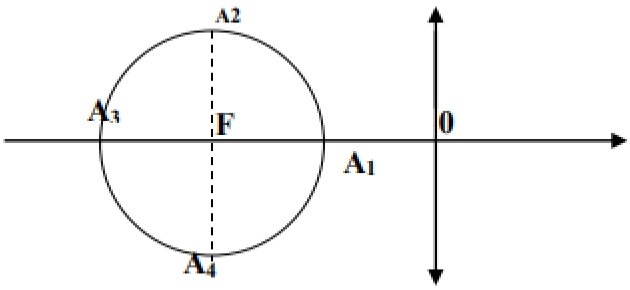
Từ (1) và (2) $x=x_1\frac{f}{x_1+f}(3), y=y_1\frac{f}{x_1+f}(4)$
Gọi $\varphi=\angle AF0=\omega$t ta có $\mathrm{x}_1=\frac{f}{2}\cos\varphi-f$ và $\mathrm{y}_1=\frac{f}{2}\sin\varphi$ thay vào trên ta có Tọa độ của ảnh A' : $\mathrm{y}=\mathrm{ftg}\,\mathrm{tg}$ (5)

$$\mathrm{x}=\frac{f}{1+\frac{2}{\cos\varphi-2}} \tag{6}$$

Từ (5) và (6) ta có phương trình quĩ đạo của ảnh $\frac{(x-f)^2}{4f^2}-\frac{y^2}{f^2}=1$ (7)
Chú ý : Học sinh có thể dùng công thức thấu kính hoặc công thức Niu tơn để giải bài toán

b)) Đồ thị biễu diễn (7) là đường hypebol

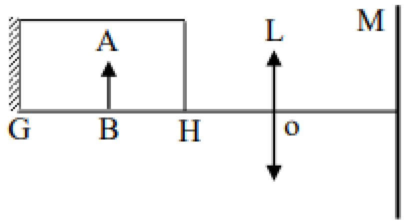




Khi A chuyển động từ A_1 đến A_2 thì ảnh của nó qua thấu kính là ảnh ảo chuyển động từ F đến A ở vô cùng
Khi A chuyển động từ A_2 đến A_3 thì ảnh của nó qua thấu kính là thật chuyển động từ vô cùng B đến vị trí 3 f
Khi A chuyển động từ A_3 đến A_4 thì ảnh của nó qua thấu kính là ảnh thật chuyển động từ vị trí 3 f đến C ở vô cùng
Khi A chuyển động từ A_4 đến A_1 thì ảnh của nó qua thấu kính là ảnh ảo chuyển động từ vố cùng D đến F

Bài 2

Một bể nhỏ hình hộp chữ nhật trong có chứa nước. Thành bể phía trước là một tấm thủy tinh có bề dày không đáng kể, thành bể phía sau là một gương phẳng, khoảng cách giữa hai thành bể này là $\mathrm{GH}=\mathrm{a}=32\ \mathrm{cm}$. Chính giữa bể có một vật phẳng nhỏ AB thẳng đứng. Đặt một thấu kính hội tụ L trước bể và một màn M để thu ảnh của vật thì thấy có hai vị trí của màn cách nhau một khoảng $\mathrm{d}=2\ \mathrm{cm}$ đều thu được ảnh rõ nét trên màn. Độ lớn của hai ảnh này lần lượt là 6 cm và $4,5\ \mathrm{cm}$. Chiết suất của nước là $4/3$. Tính tiêu cự của thấu kính và độ cao của vật.



Lời giải

Sơ đồ tạo ảnh qua hệ

$$+AB \xrightarrow{LCP} A_1B_1 \, d_1 \xrightarrow{L} d_1' \, A_1'B_1'$$

Áp dụng công thức lưỡng chất phẳng, tính được

$$HB_1 = 12 \text{ cm}$$

$$+AB \xrightarrow{GP} A'B' \xrightarrow{LCP} A_2B_2 \, d_2 \xrightarrow{L} d_2' \, A_2'B_2'$$

Áp dụng công thức gương phẳng và lưỡng chất phẳng, tính được $HB_2 = 36 \text{ cm} \ldots \mathrm{A}_1 \mathrm{~B}_1$ và $\mathrm{A}_2 \mathrm{~B}_2$ đều là vật thật của thấu kính $\rightarrow d_2 = d_1 + 24 \text{ cm}$

- Xét sự tạo ảnh qua thấu kính:
  Vị trí 1: $d_1' = \frac{d_1 \cdot f}{d_1 - f}(1)$, $\frac{f}{d_1 - f} = \frac{6}{AB}(2)$
  Vị trí 2: $d_1' - 2 = \frac{(d_1+24) \cdot f}{(d_1+24) - f}(3)$

$$\frac{f}{(d_1 + 24) - f} = \frac{4,5}{AB} \tag{4}$$

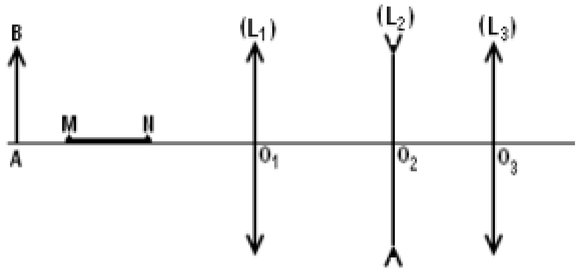
- Từ (2) và (4); biến đổi ta được: $d_1 - f = 72 \rightarrow d_1 = f + 72(5)$.
  Từ (1) và (3) ta có: $\frac{d_1 \cdot f}{d_1 - f} - 2 = \frac{(d_1+24) \cdot f}{d_1 + 24 - f}$ (6) .
- Từ (5) và (6), biến đổi ta được: $f^2 = 576 \rightarrow f = 24 \text{ cm}$ và $f = -24 \mathrm{cn}$
  $\rightarrow d_1 = 96 \text{ cm}.$
- Thay f và d_1 vào (2) ta được $\mathrm{AB} = 18 \text{ cm}.$

Bài 3

Cho hệ 03 thấu kính $(\mathrm{L}_1), (\mathrm{L}_2), (\mathrm{L}_3)$ đặt đồng trục và được sắp xếp như hình vẽ. Vật sáng phẳng, nhỏ có chiều cao AB đặt vuông góc với trục chính, ở trước (L_1) và chỉ tịnh tiến dọc theo trục chính. Hai thấu kính (L_1) và (L_3) được giữ cố định tại hai vị trí O_1 và O_3 cách nhau $70(\text{ cm})$. Thấu kính (L_2) chỉ tịnh tiến trong khoảng $\mathrm{O}_1\mathrm{O}_3$. Các khoảng $\mathrm{O}_1\mathrm{M} = 45$ $(\mathrm{cm}), \mathrm{O}_1 \mathrm{~N} = 24(\text{ cm})$.

a. Đầu tiên vật AB được đặt tại điểm M , thấu kính (L_2) đặt tại vị trí cách (L_1) khoảng $\mathrm{O}_1\mathrm{O}_2 = 36(\text{ cm})$, khi đó ảnh cuối của vật AB cho bởi hệ ở sau (L_3) và cách (L_3) một khoảng bằng $255(\mathrm{~cm})$. Trong trường hợp này nếu bỏ (L_2) đi thì ảnh cuối không có gì thay đổi và vẫn ở vị trí cũ. Nếu không bỏ (L_2) mà dịch chuyển nó từ vị trí đã cho về phía (L_3) một đoạn $10(\mathrm{~cm})$, thì ảnh cuối ra vô cực. Tìm các tiêu cự $\mathrm{f}_1, \mathrm{f}_2, \mathrm{f}_3$ của các thấu kính.

b. Tìm các vị trí của (L_2) trong khoảng $\mathrm{O}_1\mathrm{O}_3$ mà khi đặt (L_2) cố định tại các vị trí đó thì ảnh cuối có độ lớn luôn luôn không thay đổi khi ta tịnh tiến vật AB trước (L_1).



Lời giải

Sơ đồ tạo ảnh với hệ ba thấu kính

$$AB \xrightarrow[\begin{cases} d_1 \\ d_1' \end{cases}]{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow[\begin{cases} d_2 \\ d_2' \end{cases}]{(L_2)} A_2B_2 \xrightarrow[\begin{cases} d_{31} \\ d_{31}' \end{cases}]{(L_3)} A_1'B_1'$$

Sơ đồ tạo ảnh với hệ hai thấu kính (L1), (L3)

$$AB \xrightarrow[\begin{cases} d_1 \\ d_1' \end{cases}]{(L_1)} A_1B_1 \xrightarrow[\begin{cases} d_{32} \\ d_{32}' \end{cases}]{(L_3)} A_2'B_2'$$

Vi : $\overline{A_2' B_2'}=\overline{A_1' B_1'} ; \mathrm{d}_{31}'=\mathrm{d}_{32}'$ nên: $\mathrm{d}_{32}=\mathrm{d}_{31} \Rightarrow \mathrm{d}_2'=\mathrm{d}_2=0$

Ta có : $\quad \mathrm{d}_2=\mathrm{O}_1\mathrm{O}_2-\mathrm{d}_1' \quad \Rightarrow \mathrm{d}_1'=\mathrm{O}_1\mathrm{O}_2=36(\mathrm{~cm})$

$$\mathrm{d}_3=\mathrm{O}_2\mathrm{O}_3-\mathrm{d}_2' \quad \Rightarrow \mathrm{d}_3=\mathrm{O}_2\mathrm{O}_3=34(\mathrm{~cm})$$

Tiêu cự của thấu kính (L_1) : $\mathrm{f}_1=\frac{d_1 d_1'}{d_1+d_1'}=\frac{45.36}{45+36}=20(\mathrm{~cm})$

Tiêu cự của thấu kính (L_3) : $\mathrm{f}_3=\frac{d_3 d_3'}{d_3+d_3'}=\frac{34.255}{34+255}=30(\mathrm{~cm})$

Khi dịch chuyển (L_2) ta có sơ đồ tạo ảnh bởi (L_2) (vị trí mới) và (L_3) như sau :

$$A_1B_1 \xrightarrow[\begin{cases} d_{22} \\ d_{22}' \end{cases}]{(L_2)} A_2B_2 \xrightarrow[\begin{cases} d_{33} \\ d_{33}' \end{cases}]{(L_3)} A_3'B_3'\ (\infty)$$

Vì $\mathrm{d}_{33}' \rightarrow \infty \Rightarrow \mathrm{d}_{33}=\mathrm{f}_3=30(\mathrm{~cm})$

Mà

$$\mathrm{d}_{33}=\mathrm{O}_2'\mathrm{O}_3-\mathrm{d}_{22}' \Rightarrow \mathrm{d}_{22}'=\mathrm{O}_2'\mathrm{O}_3-\mathrm{d}_{33}=24-30=-6(\mathrm{~cm})$$

$$\mathrm{d}_{22}=\mathrm{O}_1\mathrm{O}_2'-\mathrm{d}_1'=46-36=10(\mathrm{~cm})$$

Tiêu cự của thấu kính $\left(\mathrm{L}_2\right)$: $\mathrm{f}_2=\frac{d_{22} d_{22}^{\prime}}{d_{22}+d_{22}^{\prime}}=\frac{10 \cdot(-6)}{10-6}=-15(\mathrm{~cm})$

b)

- Khi tịnh tiến vật AB trước thấu kính $\left(L_1\right)$, tia tới từ B song song với trục chính không đổi. Có thể coi là tia này do một điểm vật ở vô cực trên trục chính phát ra.

Nếu ảnh sau cùng có độ lớn không đổi, ta có một tia ló khỏi $\left(\mathrm{L}_3\right)$ song song với trục chính cố định. Có thể coi tia này tạo điểm ảnh ở vô cực trên trục chính. Hai tia này tương ứng với nhau qua hệ thấu kính.

$$\begin{aligned} \text{Ta có : } \mathrm{d}_1 \rightarrow \infty \Rightarrow \mathrm{d}_1^{\prime}=\mathrm{f}_1=20(\mathrm{~cm}) \\ \mathrm{d}_3^{\prime} \rightarrow \infty \Rightarrow \mathrm{d}_3=\mathrm{f}_3=30(\mathrm{~cm}) \end{aligned}$$

Gọi x là khoảng cách từ $\left(\mathrm{L}_1\right)$ đến $\left(\mathrm{L}_2\right)$ thỏa yêu cầu đề bài; ta có :

$$\begin{aligned} \mathrm{d}_2=\mathrm{x}-\mathrm{d}_1^{\prime}=\mathrm{x}-20 \\ \mathrm{d}_3=70-\mathrm{x}-\mathrm{d}_2^{\prime}=30 \end{aligned}$$

Từ (1) và (2) ta được: $70-x-\frac{(x-20)(-15)}{x-20+15}=30$

$$\begin{aligned} & \Leftrightarrow 70 x-350-x^2+5 x+15 x-300=30 x-150 \\ & \Leftrightarrow x^2-60 x+500=0 \quad\left(^*\right) \end{aligned}$$

Phương trình (*) cho ta 02 giá trị

$$\mathrm{x}=50(\mathrm{~cm}) ; \mathrm{x}=10(\mathrm{~cm})$$

Bài 4 (Bỏ / không tính được)

Một thấu kính mỏng, có một mặt phẳng và một mặt lồi. Thấu kính được đặt sao cho trục chính vuông góc với mặt phẳng nằm ngang.
Một điểm sáng S ở trên trục chính phía mặt phẳng của thấu kính và cách mặt phẳng của thấu kính một khoảng d. - Nếu toàn bộ hệ ở trong không khí thì ảnh của S ở cách thấu kính 5cm về phía mặt cong

- Nếu toàn bộ hệ ở trong nước, chiết suất n’ = 4/3 thì ảnh của S dịch xa thấu kính thêm 25 cm Hỏi ảnh S sẽ ở đâu nếu a) Đặt thấu kính chìm trong nước, mặt phẳng của thấu kính sát mặt nước b) Đặt thấu kính chìm trong nước, mặt lồi của thấu kính sát mặt nước

Gọi R là bán kính mặt lồi của thấu kính
Sử dụng công thức sự tạo ta có

- Trong không khí:

$$1 / d+1 / 5=(n-1) / R$$

- Trong nước:

$$1 / d+1 / 30=\left(n / n^{\prime}-1\right) / R$$

Từ đó tính được: $\mathrm{d}=45 \mathrm{~cm} ; \mathrm{R}=22,5 \mathrm{~cm}$
tiêu cự của thấu kính khi chìm trong nước là $\mathrm{f}^{\prime}=18 \mathrm{~cm}$, ở trong không khí là $4,5 \mathrm{~cm}$
a) Đặt thấu kính chìm trong nước, mặt phẳng của thấu kính sát mặt nước

Coi như có một lớp nước rất mỏng giữa mặt phẳng của thấu kính và không khí. Vậy ánh sáng từ S đi qua lưỡng chất phẳng không khí - nước để đi vào trong nước sau đó đi qua thấu kính có tiêu cự $\mathrm{f}^{\prime}$ nằm trong nước
sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow{\text{LCP}} S_1 \xrightarrow{f} S_2$$

$\mathrm{d}_1=45 \mathrm{~cm},\ \mathrm{d}_1{}^{\prime}=-60 \mathrm{~cm},\ \mathrm{d}_2=60 \mathrm{~cm},\ \mathrm{d}_2{}^{\prime}=25,7 \mathrm{~cm}$. Vậy ảnh qua hệ là ảnh thật nằm dưới mặt nước $25,7 \mathrm{~cm}$
b) Đặt thấu kính chìm trong nước, mặt lồi của thấu kính sát mặt nước
Trường hợp này vật S ở dưới nước. Ánh sáng từ S đi lên qua một thấu kính có tiêu cự f' nằm trong nước rồi sau đó khúc xạ qua lưỡng chất phẳng ra ngoài mặt nước
sơ đồ tạo ảnh:

$$S \xrightarrow{f} S_1 \xrightarrow{\text{LCP}} S_2$$

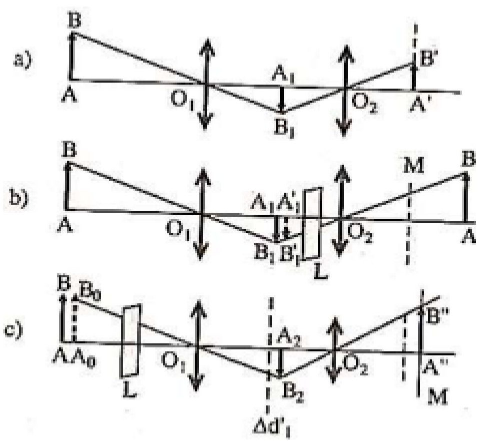
$$\mathrm{d}_1=45 \mathrm{~cm} ; \mathrm{d}_1^{\prime}=30 ; \mathrm{d}_2=-30 \mathrm{~cm} ; \mathrm{d}_2^{\prime}=22,5 \mathrm{~cm}$$

Vậy ảnh qua hệ là ảnh thật nằm ngoài không khí $22,5 \mathrm{~cm}$

Bài 5

Hai thâu kính hội tụ $\mathrm{O}_1, \mathrm{O}_2$ có cùng trục chính, đặt cách nhau một khoảng l. Một vật $\mathrm{AB}=6 \mathrm{~cm}$, đặt trước O_1 có một ảnh $\mathrm{A}^{\prime} \mathrm{B}^{\prime}=1,5 \mathrm{~cm}$, cùng chiều với vật, trên một màn M. Đặt một bản mặt song song bằng thủy tinh, độ dày $\mathrm{e}=8 \mathrm{~cm}$, chiết suất $\mathrm{n}=1,6$ giữa hai thấu kính, thì phải dịch chuyển màn một đoạn 3 cm và ảnh cao 6 cm . Đặt bản đó giữa vật và O_1, thì phải dịch màn $\frac{1}{3} \mathrm{~cm}$ và ảnh cao $1,6 \mathrm{~cm}$. Tính tiêu cự f_1 và f_2 của hai thấu kính và khoảng cách l.

Lời giải



Hình vẽ $a), b$), c) là các vị trí của thấu kính, vật AB và màn, ứng với các vị trí khác nhau của bản

L.

Ban đầu, khi chưa đặt bản L , thì số phóng đại của ảnh A'B' là:

$$k'=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{1,5}{6}=\frac{1}{4}; k_1=\frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}; k_2=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}}$$

Bản L đặt giữa hai thấu kính, thì vật $\overline{A_1B_1}$, đối với O_2 bị dịch chuyển lại gần O_2 một đoạn:

$$\Delta d_2=A_1A_1'=e\left(1-\frac{1}{n}\right)=3\ \mathrm{cm}$$

Và làm cho ảnh $A'B'$ bị dịch chuyển một đoạn $\Delta d_2^{'}=3\ \mathrm{cm}$ Gọi k_2' là số phóng đại của ảnh này, ta có: $\frac{\Delta d_2^{'}}{\Delta d_2}=k_2^{'}k_2=\frac{3}{3}=1$

Mặt khác: $\frac{k_2^{'}}{k_2}=\frac{A''B''}{A'B'}=\frac{6}{1,5}=4$

Do đó: $k_2k_2^{'}\cdot\frac{k_2'}{k_2}=4\rightarrow k_2'^2=4\rightarrow k_2'=-2$ và $k_2=\frac{1}{2}$

Từ đó ta tính được: $d_2=6\ \mathrm{cm}, d_2^{'}=3\ \mathrm{cm}, f_2=2\ \mathrm{cm}$. Ta lại có: $\overline{A_1B_1}=\frac{\overline{A'B'}}{k_2}=\frac{-1,5}{-0,5}=3\ \mathrm{cm}$. Số phóng đại k_1 khi qua O_1 là: $k_1=\frac{AB_1}{AB}=\frac{-3}{6}=-\frac{1}{2}$

Khi đặt bản L giữa AB và O_1 là $\mathrm{A}_0\ \mathrm{B}_0$, bị dịch chuyển lại gần O_1, một đoạn $\Delta d_1=3\ \mathrm{cm}$.

Sự dịch chuyển này của vật AB lại gây ra độ dịch chuyển $\Delta d_1^{'}$ của ảnh A_1B_1 ra xa O_1. Vật $\mathrm{A}_1\ \mathrm{B}_1$ đối với O_2 bị dịch chuyển một đoạn $\Delta d_2=\Delta d_1^{'}$ về phía O_2 làm cho ảnh cuối cùng bị dịch chuyển $\frac{1}{3}\ \mathrm{cm}$ ra xa O_2, tức là: $\Delta d_2^{'}=\frac{1}{3}\ \mathrm{cm}$. Ta có:

$d_2-\Delta d_2=\frac{\left(d_2^{'}+\Delta d_2^{'}\right)f_2}{d_2^{'}+\Delta d_2^{'}-f_2}=\frac{20}{4}=5\ \mathrm{cm}$

Do đó: $\Delta d_1^{'}=\Delta d_2=d_2-5=6-6=1\ \mathrm{cm}$ và $k^{''}=\frac{d_2^{'}+\Delta d_2^{'}}{d_2-\Delta d_2}=\frac{10}{15}=\frac{2}{3}$

Mặt khác, ta lại có: $\frac{\Delta d_2^{'}}{\Delta d_1}=\frac{\Delta d_2^{'}}{\Delta d_2}\frac{\Delta d_2}{\Delta d_1}=\frac{\Delta d_2^{'}}{\Delta d_2}\frac{\Delta d_1^{'}}{\Delta d_1}\leftrightarrow\frac{1}{3.3}=\frac{1}{3}k_1k_1^{'}\rightarrow k_1k_1^{'}=\frac{1}{3}$

Khi chưa đặt bản L thì: $k=\frac{A'B'}{AB}=\frac{1,5}{6}=k_1k_2=k_1\cdot\left(-\frac{1}{2}\right)$

Do đó: $k_1=-\frac{1}{2}, d_1^{'}=\frac{d_1}{2}; k_1^{'}=\frac{1}{3}\cdot 2=\frac{2}{3}$

Ta lại có phương trình: $d_1^{'}=\frac{d_1}{2}=9\ \mathrm{cm}, f_1=6\ \mathrm{cm}, l=d_1^{'}+d_2=15\ \mathrm{cm}$