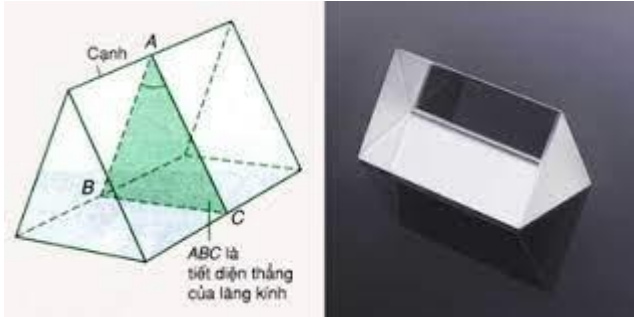


23. Công thức mắt và các dụng cụ quang học

I. Lý thuyết

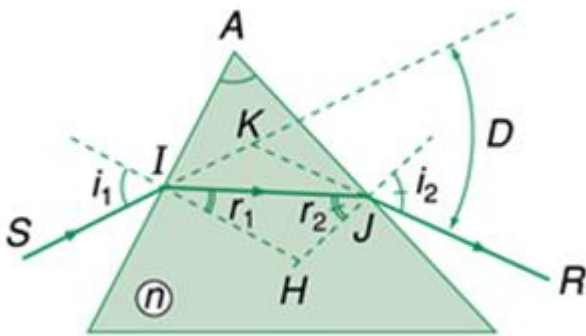
1. Lăng kính là một khối chất trong suốt, đồng chất (thủy tinh, nhựa,...) thường có dạng lăng trụ tam giác.



Một lăng kính được đặc trưng bởi góc chiết quang A và chiết suất n .

Tia sáng đơn sắc truyền qua lăng kính đặt trong môi trường chiết quang kém hơn thì tia ló bao giờ cũng lệch về phía đáy của lăng kính so với tia tới.

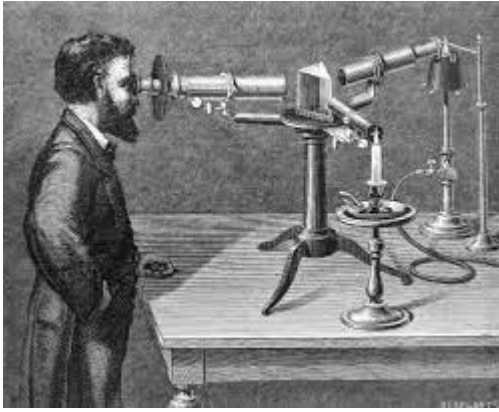
Góc tạo bởi tia ló và tia tới gọi là góc lệch D của tia sáng khi truyền qua lăng kính.



Lăng kính có thể phân tích chùm sáng phức tạp thành những thành phần đơn sắc.

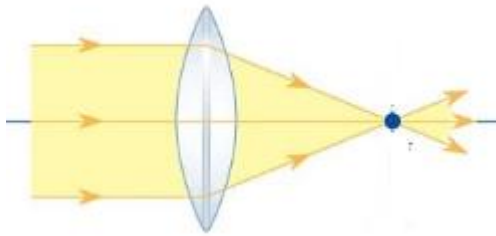


Lăng kính là thành phần quan trọng của máy quang phổ

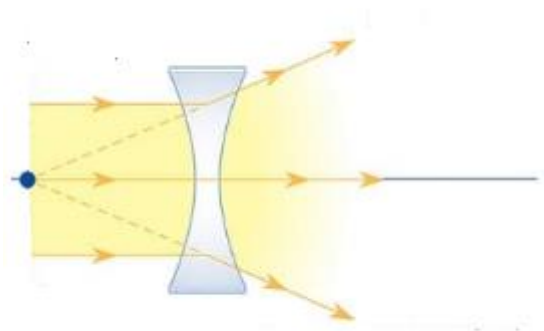


2. Thấu kính là một khối chất trong suốt giới hạn bởi hai mặt cong hoặc bởi một mặt cong và một mặt phẳng.

- Thấu kính lồi (rìa mỏng) có tác dụng hội tụ chùm tia sáng song song khi qua nó, gọi là thấu kính hội tụ:



- Thấu kính lõm (có rìa dày) có tác dụng làm phân kì chùm sáng song song khi qua nó, gọi là thấu kính phân kỳ.

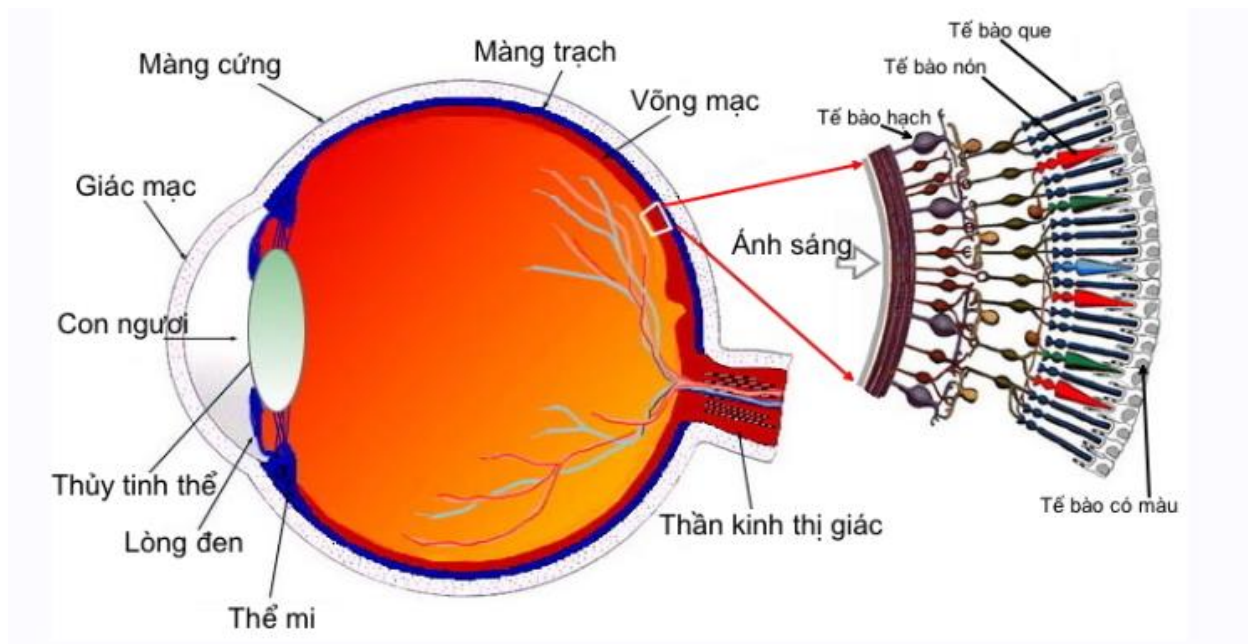


- Mỗi thấu kính có hai tiêu điểm chính F (tiêu điểm vật) và F' (tiêu điểm ảnh) đối xứng với nhau qua quang tâm.

- Khi đặt vật sáng trước thấu kính thì thu được ảnh của vật, có thể là ảnh thật hoặc ảnh ảo.

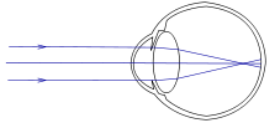
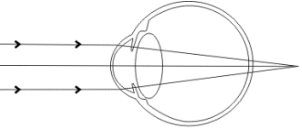
3. Mắt

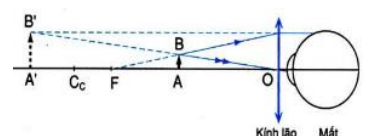
Mắt là một hệ gồm nhiều môi trường trong suốt tiếp giáp nhau bằng các mặt cầu.



Sự điều tiết của mắt là sự thay đổi tiêu cự của thấu kính mắt (bằng cách thay đổi độ cong của thể thủy tinh) sao cho ảnh của vật cần quan sát hiện rõ nét trên màng lưới.

- Điểm cực cận là điểm gần mắt nhất mà mắt còn nhìn rõ. Càng lớn tuổi, điểm cực cận càng đi ra xa mắt.
- Điểm cực viễn là điểm xa mắt nhất mà mắt còn nhìn rõ. Đối với người có mắt không có tật thì điểm cực viễn ở xa vô cùng.
- Các tật của mắt và cách khắc phục:

Tật của mắt	Đặc điểm	Cách khắc phục
<p>Mắt cận</p>  <p>Chùm tia sáng song song truyền đến mắt cho chùm tia ló hội tụ ở một điểm trước màng lưới.</p>	<ul style="list-style-type: none"> + $f_{\max} < OV$. + OC_v hữu hạn. + Không nhìn rõ các vật ở xa. + C_c ở rất gần mắt hơn bình thường. 	<ul style="list-style-type: none"> + Cần đeo thấu kính phân kì + $f_k = -OC_v$ (kính sát mắt)
<p>Mắt viễn</p>  <p>Chùm tia sáng song song truyền đến mắt cho chùm tia</p>	<ul style="list-style-type: none"> + $f_{\max} > OV$. + Nhìn vật ở vô cực phải điều tiết. + C_c ở rất xa mắt hơn bình thường. 	<ul style="list-style-type: none"> + Cần đeo một thấu kính hội. + Tiêu cự có giá trị sao cho mắt đeo kính nhìn gần như mắt không tật.

ló hội tụ ở một điểm sau màng lưới.		
Mắt lão	Khi tuổi cao khả năng điều tiết giảm vì cơ mắt yếu đi và thể thủy tinh cứng hơn nên điểm cực cận C_c dời xa mắt.	Phải đeo kính hội tụ để nhìn rõ vật ở gần như mắt bình thường. 

4. Kính lúp

Kính lúp là một dụng cụ quang hỗ trợ cho mắt dùng để quan sát các vật nhỏ. Có cấu tạo là một thấu kính hội tụ (hoặc hệ thấu kính ghép tương đương thấu kính hội tụ) có tiêu cự ngắn.

5. Kính hiển vi

Kính hiển vi là một dụng cụ quang hỗ trợ cho mắt dùng để quan sát các vật rất nhỏ bằng cách tạo ảnh có góc trông lớn.

Kính hiển vi gồm:

+ Vật kính là một thấu kính hội tụ có tiêu cự rất ngắn (cỡ mm) có tác dụng tạo một ảnh lớn hơn vật.

+ Thị kính là một kính lúp dùng để quan sát ảnh thật tạo bởi vật kính.

Hệ kính được ghép đồng trục sao cho khoảng cách giữa hai kính được giữ không đổi.

Ngoài ra còn có bộ phận tụ sáng để chiếu sáng cho vật cần quan sát (thường là một gương cầu lõm).

6. Kính thiên văn

Kính thiên văn là một dụng cụ quang hỗ trợ cho mắt dùng để quan sát các vật ở rất xa bằng cách tăng góc trông.

Kính thiên văn gồm:

+ Vật kính L_1 là thấu kính hội tụ có tiêu cự dài (và dm đến vài m) có tác dụng tạo ra một ảnh thật tại tiêu diện của vật kính.

+ Thị kính L_2 là thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn (vài cm), có vai trò quan sát ảnh tạo bởi vật kính như một kính lúp.

Vật kính và thị kính đặt đồng trục, khoảng cách giữa chúng thay đổi được.

II. Công thức – đơn vị đo

1. Xét một lăng kính có chiết suất n đặt trong không khí.

Công thức lăng kính:

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

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

$$A = r_1 + r_2$$

$$D = i_1 + i_2 - A$$

Trong đó:

+ i_1 là góc tới của tia sáng từ không khí vào lăng kính tại mặt bên thứ nhất (tại I);

+ i_2 là góc ló của tia sáng đi từ lăng kính ra không khí từ mặt bên thứ hai (tại J);

+ D là góc lệch giữa tia tới và tia ló;

+ A là góc ở đỉnh

+ r_1 là góc khúc xạ tại mặt bên thứ nhất (tại I)

+ r_2 là góc tới của tia sáng tại mặt bên thứ hai (tại J)

2. Công thức thấu kính

Công thức xác định vị trí ảnh: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'}$

Công thức xác định số phóng đại: $k = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{d'}{d}$

Độ tụ của thấu kính là $D = \frac{1}{f}$.

Quy ước về dấu của các đại lượng như sau:

Tên đại lượng	Kí hiệu	Đơn vị đo	Quy ước dấu
Tiêu cự	f	mét	Thấu kính hội tụ: $f > 0$ Thấu kính phân kì: $f < 0$
Độ tụ	D	Diop (dp)	Thấu kính hội tụ: $D > 0$ Thấu kính phân kì: $D < 0$
Khoảng cách từ vật đến TK	$\overline{OA} = d$	mét	Vật thật: $d > 0$

			Vật ảo: $d < 0$
Khoảng cách từ ảnh đến TK	$\overline{OA'} = d'$	mét	Ảnh thật: $d' > 0$ Ảnh ảo: $d' < 0$
Số phóng đại ảnh	$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = k$		Ảnh > vật : $ k > 1$ Ảnh < vật: $ k < 1$ Ảnh = vật: $ k = 1$ Ảnh cùng chiều vật: $k > 0$ Ảnh ngược chiều vật: $k < 0$

3. Các công thức về mắt

Độ tụ của mắt được xác định bằng công thức

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{OV}$$

Trong đó:

- + D là độ tụ của mắt, có đơn vị dp;
- + d là khoảng cách từ vật đến mắt, có đơn vị mét (m);
- + OV là khoảng cách từ mắt đến võng mạc, có đơn vị mét (m).

Sửa tật cận thị:

- Mắt cận thị muốn nhìn các vật ở xa vô cùng mà không cần điều tiết cần đeo thấu kính phân kì có tiêu cự là : $f_k = - (OC_V - L)$

- Mắt cận thị muốn nhìn các vật ở cách mắt 25 cm như người bình thường cần đeo thấu kính hội tụ có tiêu cự là : $\frac{1}{f_k} = \frac{1}{0,25 - L} + \frac{1}{-(OC_C - L)}$

Mắt viễn thị muốn nhìn các vật ở cách mắt 25 cm như người bình thường cần đeo thấu kính hội tụ có tiêu cự là : $\frac{1}{f_k} = \frac{1}{0,25 - L} + \frac{1}{-(OC_C - L)}$

Mắt lão thị cần đeo kính để đọc được sách cách mắt 25 cm như người bình thường tiêu cự kính cần đeo là:

$$\frac{1}{f_k} = \frac{1}{0,25 - L} + \frac{1}{-(OC_C - L)}$$

Nếu kính đeo sát mắt thì $L = 0$

4. Công thức số bội giác của kính lúp

Công thức tổng quát cho các trường hợp: $G = |k| \cdot \frac{OC_c}{|OA'| + L}$

Khi ngắm chừng ở vô cực:

$$G = \frac{OC_c}{f}$$

Trong đó:

- + f là tiêu cự của kính lúp, có đơn vị cm hoặc m.
- + OC_c là khoảng cực cận của mắt, thường lấy là $25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$
- + G là số bội giác khi ngắm chừng ở vô cực.

5. Công thức số bội giác của kính hiển vi

Trường hợp tổng quát: $G = |k_1| \cdot G_2 = |k_1| \cdot |k_2| \cdot \frac{OC_c}{|d'_2| + L}$

Khi ngắm chừng ở vô cùng

$$G_\infty = |k_1| G_2 = \frac{\delta \cdot OC_c}{f_1 f_2}$$

Trong đó:

- + G_∞ là số bội giác của kính hiển vi khi ngắm chừng ở vô cực.
- + k_1 là số phóng đại ảnh của vật kính L_1
- + G_2 là số bội giác khi ngắm chừng ở vô cực của thị kính L_2
- + $\delta = F_1'F_2 = O_1O_2 - f_1 - f_2$ là độ dài quang học của kính
- + f_1 là tiêu cự của vật kính L_1
- + f_2 là tiêu cự của thị kính L_2 .

6. Công thức số bội giác của kính thiên văn

Trường hợp tổng quát: $G = |k_2| \cdot \frac{OC_c}{|d'_2| + L}$

Khi ngắm chừng ở vô cùng:

$$G_\infty = \frac{f_1}{f_2}$$

Trong đó :

- + G_{∞} là số bội giác khi ngắm chừng ở vô cực
- + f_1 là tiêu cự của vật kính
- + f_2 là tiêu cự của thị kính
- + L là khoảng cách giữa hai kính.

III. Mở rộng

1. Nếu góc chiết quang A nhỏ ($< 10^0$), ta gọi lăng kính là nôm quang học.

Chiếu tới nôm quang học một tia tới có góc tới i nhỏ ($i < 10^0$), ta có các công thức lăng kính như sau:

$$i_1 = nr_1 ; i_2 = nr_2$$

$$A = r_1 + r_2$$

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

2. Đối với hệ thấu kính đồng trục L_1, L_2 có khoảng cách giữa hai tâm là O_1O_2 thì ảnh của L_1 trở thành vật đối với thấu kính L_2

Khi đó khoảng cách từ vật sáng $A_1'B_1'$ đến thấu kính L_2 là: $d_2 = O_1O_2 - d_1'$

$$\text{Số phóng đại ảnh } k = k_1k_2 = \frac{d_1'd_2}{d_1d_2}$$

Trong đó:

+ d_2 là khoảng cách từ ảnh của vật AB tạo bởi thấu kính L_1 , nay là vật sáng đối với L_2 đến thấu kính L_2 .

+ d_1' là khoảng cách từ ảnh của vật AB tạo bởi thấu kính L_1 đến thấu kính L_1

+ O_1O_2 là khoảng cách giữa hai quang tâm của hai thấu kính.

Nếu hệ thấu kính ghép sát thì $O_1O_2 = 0$, khi đó $d_2 = -d_1'$ và $k = k_1k_2 = \frac{d_1'd_2}{d_1d_2} = -\frac{d_2}{d_1}$

Độ tụ của thấu kính tương đương với hệ hai thấu kính mỏng đồng trục ghép sát là:

$$D = D_1 + D_2$$

Trong đó:

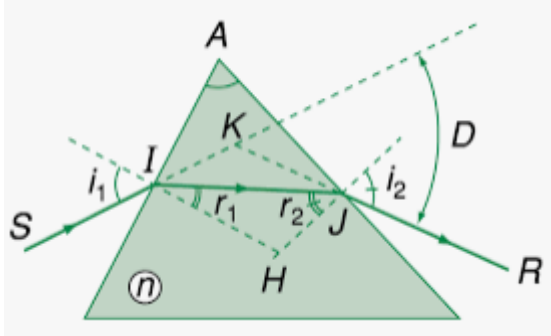
+ D là độ tụ thấu kính tương đương, có đơn vị dp;

+ D_1 và D_2 lần lượt là độ tụ của các thấu kính trong hệ ghép sát đồng trục, có đơn vị dp.

IV. Bài tập ví dụ

Bài 1: Một lăng kính thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$. Tiết diện thẳng là một tam giác đều ABC. Chiếu một tia sáng nằm trong mặt phẳng của tiết diện thẳng, tới AB với góc tới 30° . Xác định đường truyền của tia sáng.

Bài giải:



Tại I luôn có tia khúc xạ, ta có:

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

$$\sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n} = \frac{\sin 30^\circ}{1,5} = \frac{1}{3} \Rightarrow r_1 = 19^\circ 28'$$

Tại J: $r_2 = 60^\circ - 19^\circ 28' = 40^\circ 32'$

Áp dụng công thức thấu kính, ta có: $\sin i_2 = n \sin r_2 \Rightarrow i_2 = 77^\circ$

Bài 2: Cho một thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 20$ cm. Đặt một vật sáng AB cao 4 cm trước thấu kính và cách thấu kính 40 cm. Xác định vị trí và chiều cao của ảnh.

Bài giải:

Áp dụng công thức thấu kính:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow d' = \frac{d \cdot f}{d - f} = \frac{40 \cdot 20}{40 - 20} = 40 \text{ (cm)}$$

Áp dụng công thức độ phóng đại ảnh

$$k = -\frac{d'}{d} = -\frac{40}{40} = -1$$

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = k \Rightarrow \overline{A'B'} = k \cdot \overline{AB} = -1 \cdot 4 = -4 \text{ (cm)}$$

Vậy ảnh A'B' cao 4 cm, dấu “-” cho biết ảnh ngược chiều với vật.

Bài 3:

Một kính hiển vi có các tiêu cự vật kính và thị kính là $f_1 = 1 \text{ cm}$ và $f_2 = 4 \text{ cm}$. Độ dài quang học của kính là 20 cm . Người quan sát có mắt không bị tật và có khoảng cực cận là $OC_C = 20 \text{ cm}$. Tính số bội giác khi ngắm chừng ở vô cực.

Bài giải:

$$\text{Áp dụng công thức } G_{\infty} = \frac{\delta \cdot OC_C}{f_1 f_2} = \frac{20 \cdot 20}{1 \cdot 4} = 100$$

Đáp án: $G_{\infty} = 100$.