

Phương pháp giải bài tập về độ phóng đại của Kính hiển vi và Kính thiên văn

Kính hiển vi và kính thiên văn là hai dụng cụ quang học quan trọng giúp con người quan sát những vật thể rất nhỏ hoặc rất xa. Hiểu và vận dụng thành thạo các công thức tính độ bội giác (độ phóng đại) là kỹ năng cốt lõi để giải quyết các bài toán liên quan. Tài liệu này sẽ hệ thống hóa toàn bộ kiến thức và phương pháp giải bài tập về chủ đề này.

I. Kiến thức nền tảng về Độ bội giác (G)

1. Định nghĩa

Độ bội giác (G) của một dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt là đại lượng đặc trưng cho tác dụng làm tăng góc trông ảnh của vật qua dụng cụ đó. Nó được định nghĩa bằng tỉ số giữa góc trông ảnh của vật qua kính (α) và góc trông trực tiếp vật (α_0) khi vật được đặt ở vị trí quan sát rõ nhất (thường là điểm cực cận C_c của mắt).

Công thức tổng quát: $G = \tan(\alpha) / \tan(\alpha_0)$

Với các góc trông nhỏ, ta có thể viết: **$G \approx \alpha / \alpha_0$** (α và α_0 tính theo đơn vị radian).

- α : Góc trông ảnh A'B' của vật AB qua kính.

- α_0 : Góc trông trực tiếp vật AB khi đặt tại điểm cực cận của mắt. Ta có $\tan(\alpha_0) \approx \mathbf{AB} / \mathbf{OCc} = \mathbf{AB} / \mathbf{Đ}$, với Đ là khoảng cực cận của mắt (thường lấy Đ = 25 cm nếu đề không cho giá trị khác).

II. Phương pháp giải bài tập về Kính hiển vi

1. Cấu tạo và nguyên tắc

Kính hiển vi gồm hai bộ phận chính là vật kính và thị kính, được lắp đồng trục.

- **Vật kính (L_1):** Là một thấu kính hội tụ có tiêu cự rất ngắn (vài mm). Vật AB được đặt rất gần tiêu điểm vật F_1 của vật kính. L_1 tạo ra ảnh thật A_1B_1 lớn hơn vật và ngược chiều với vật.
- **Thị kính (L_2):** Là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn (vài cm), đóng vai trò như một kính lúp để quan sát ảnh A_1B_1 .

Khoảng cách giữa hai quang tâm O_1 và O_2 không đổi. Độ dài quang học của kính hiển vi là khoảng cách từ tiêu điểm ảnh chính F'_1 của vật kính đến tiêu điểm vật chính F_2 của thị kính: $\delta = \mathbf{F'_1F_2}$.

2. Công thức độ bội giác của Kính hiển vi

a. Ngắm chừng ở vô cực (G_∞)

Đây là trạng thái quan sát thoải mái nhất, không gây mỏi mắt. Để ngắm chừng ở vô cực, ảnh trung gian A_1B_1 phải nằm tại tiêu điểm vật F_2 của thị kính.

Công thức: $G_\infty = |k_1| \cdot G_2 = (\delta \cdot \mathbf{Đ}) / (f_1 \cdot f_2)$

Giải thích:

- **k_1** : Độ phóng đại của vật kính. Vì vật đặt rất gần F_1 nên ảnh A_1B_1 tạo ra ở rất xa, do đó $|k_1| \approx \delta / f_1$.
- **G_2** : Độ bội giác của thị kính (khi ngắm chừng ở vô cực), $G_2 = D / f_2$.
- **δ** : Độ dài quang học của kính.
- **D** : Khoảng cực cận của mắt (thường là 25 cm).
- **f_1, f_2** : Lần lượt là tiêu cự của vật kính và thị kính.

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. Độ dài quang học của kính là $\delta = 15$ cm. Một người mắt tốt ($D = 25$ cm) quan sát một vật nhỏ ở trạng thái không điều tiết (ngắm chừng ở vô cực). Tính độ bội giác của kính.

Hướng dẫn giải:

Áp dụng công thức tính độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực:

$$G_{\infty} = (\delta \cdot D) / (f_1 \cdot f_2) = (15 \cdot 25) / (1 \cdot 4) = 375 / 4 = 93,75.$$

Vậy độ bội giác của kính là 93,75.

Ví dụ 2: Một kính hiển vi học sinh có các thông số: $f_1 = 0,5$ cm, $f_2 = 2$ cm, $D = 25$ cm. Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực là $G_{\infty} = 250$. Tìm độ dài quang học của kính.

Hướng dẫn giải:

Từ công thức $G_{\infty} = (\delta \cdot D) / (f_1 \cdot f_2)$, ta suy ra độ dài quang học δ :

$$\delta = (G_{\infty} \cdot f_1 \cdot f_2) / D = (250 \cdot 0,5 \cdot 2) / 25 = 250 / 25 = 10 \text{ cm}.$$

Vậy độ dài quang học của kính là 10 cm.

b. Ngắm chừng ở điểm cực cận (G_c)

Khi cần quan sát với độ phóng đại lớn nhất, người ta điều chỉnh để ảnh cuối cùng A_2B_2 hiện ra ở điểm cực cận của mắt. Khi đó, ảnh trung gian A_1B_1 phải được thị kính tạo ảnh ảo ở điểm C_c .

Công thức: $G_c = |k_1| \cdot G_{2c}$

Trong đó, G_{2c} là độ bội giác của thị kính khi ngắm chừng ở cực cận: $G_{2c} = D/f_2 + 1$.

Giải thích:

- Công thức này ít phổ biến hơn trong các bài tập cơ bản nhưng cần nắm vững để giải các bài toán nâng cao.
- Độ phóng đại $|k_1|$ vẫn được tính dựa trên vị trí của vật và ảnh trung gian.

Ví dụ 3: Sử dụng kính hiển vi ở Ví dụ 1 ($f_1 = 1$ cm, $f_2 = 4$ cm, $\delta = 15$ cm, $D = 25$ cm). Người quan sát điều chỉnh để ngắm chừng ở điểm cực cận. Tính độ bội giác khi đó.

Hướng dẫn giải:

1. Xác định vị trí ảnh trung gian A_1B_1 : Để ảnh cuối cùng ở cực cận ($d'_2 = -D = -25$ cm), ảnh A_1B_1 phải đặt trước thị kính một khoảng d_2 . Áp dụng công thức thấu kính cho thị kính L_2 :

$$\begin{aligned} 1/f_2 &= 1/d_2 + 1/d'_2 \Rightarrow 1/d_2 = 1/f_2 - 1/d'_2 = 1/4 - 1/(-25) = 1/4 + 1/25 = 29/100 \\ \Rightarrow d_2 &= 100/29 \approx 3,45 \text{ cm.} \end{aligned}$$

2. Xác định vị trí ảnh A_1B_1 so với vật kính O_1 : $d'_1 = O_1O_2 - d_2$. Ta có $O_1O_2 = l = f_1 + \delta + f_2 = 1 + 15 + 4 = 20$ cm. Vậy $d'_1 = 20 - 3,45 = 16,55$ cm.

3. Tính độ phóng đại của vật kính: $k_1 = -d'_1/d_1$. Ta cần tìm d_1 . $1/f_1 = 1/d_1 + 1/d'_1 \Rightarrow 1/d_1 = 1/1 - 1/16,55 \approx 0,939 \Rightarrow d_1 \approx 1,065$ cm. Vậy $|k_1| = d'_1/d_1 \approx 16,55 / 1,065 \approx 15,54$.

4. Tính độ bội giác G_c : $G_c = |k_1| \cdot (D/f_2 + 1) \approx 15,54 \cdot (25/4 + 1) = 15,54 \cdot (7,25) \approx 112,66$.

III. Phương pháp giải bài tập về Kính thiên văn

1. Cấu tạo và nguyên tắc

Kính thiên văn (khúc xạ) dùng để quan sát các vật ở rất xa (coi như ở vô cực). Cấu tạo cũng gồm vật kính và thị kính.

- **Vật kính (L_1):** Là một thấu kính hội tụ có tiêu cự rất dài (có thể hàng chục mét). Nó tạo ra ảnh thật A_1B_1 của vật ở vô cực ngay tại tiêu diện ảnh của nó.
- **Thị kính (L_2):** Là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn, dùng như kính lúp để quan sát ảnh A_1B_1 .

Để quan sát vật ở vô cực mà mắt không phải điều tiết (ngắm chừng ở vô cực), người ta điều chỉnh sao cho tiêu điểm ảnh của vật kính (F'_1) trùng với tiêu điểm vật của thị kính (F_2).

2. Công thức độ bội giác của Kính thiên văn

Đối với kính thiên văn, trường hợp sử dụng phổ biến nhất và gần như duy nhất trong chương trình phổ thông là ngắm chừng ở vô cực.

Công thức: $G_{\infty} = f_1 / f_2$

Giải thích:

- f_1 : Tiêu cự của vật kính.
- f_2 : Tiêu cự của thị kính.
- Khi ngắm chừng ở vô cực, khoảng cách giữa vật kính và thị kính là: $L = O_1O_2 = f_1 + f_2$.

Ví dụ 1: Một kính thiên văn khúc xạ có vật kính với tiêu cự $f_1 = 120$ cm và thị kính với tiêu cự $f_2 = 5$ cm. Tính độ bội giác của kính và khoảng cách giữa hai kính khi ngắm chừng ở vô cực.

Hướng dẫn giải:

Độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực:

$$G_{\infty} = f_1 / f_2 = 120 / 5 = 24.$$

Khoảng cách giữa hai kính khi đó:

$$L = f_1 + f_2 = 120 + 5 = 125 \text{ cm}.$$

Ví dụ 2: Một người chế tạo một kính thiên văn đơn giản. Khi ngắm chừng ở vô cực, kính có độ bội giác là 30 và chiều dài của kính là 93 cm. Tìm tiêu cự của vật kính và thị kính.

Hướng dẫn giải:

Ta có hệ phương trình:

$$1. G_{\infty} = f_1 / f_2 = 30 \Rightarrow f_1 = 30f_2$$

$$2. L = f_1 + f_2 = 93$$

Thay (1) vào (2), ta được:

$$30f_2 + f_2 = 93 \Rightarrow 31f_2 = 93 \Rightarrow f_2 = 3 \text{ cm.}$$

Thay $f_2 = 3 \text{ cm}$ vào (1):

$$f_1 = 30 * 3 = 90 \text{ cm.}$$

Vậy tiêu cự của vật kính là 90 cm và của thị kính là 3 cm.

IV. Bảng so sánh và Tổng kết phương pháp

1. So sánh Kính hiển vi và Kính thiên văn

Tiêu chí	Kính hiển vi	Kính thiên văn (khúc xạ)
Mục đích	Quan sát vật rất nhỏ, ở gần	Quan sát vật rất lớn, ở rất xa
Vật kính (L_1)	Tiêu cự rất ngắn (f_1 nhỏ)	Tiêu cự rất dài (f_1 lớn)
Thị kính (L_2)	Tiêu cự ngắn (f_2 nhỏ)	Tiêu cự ngắn (f_2 nhỏ)
Độ bội giác G_∞	$G_\infty = (\delta \cdot Đ) / (f_1 \cdot f_2)$	$G_\infty = f_1 / f_2$
Khoảng cách O_1O_2 (khi ngắm chừng ở vô cực)	$l = f_1 + \delta + f_2$	$L = f_1 + f_2$

2. Các bước giải bài tập chung

- Đọc và phân tích đề:** Xác định rõ đây là kính hiển vi hay kính thiên văn. Ghi ra các đại lượng đã biết ($f_1, f_2, \delta, l, L, Đ...$).
- Xác định trạng thái ngắm chừng:** Đề bài yêu cầu ngắm chừng ở đâu? Ở vô cực (mắt không điều tiết), ở điểm cực cận, hay một vị trí cụ thể nào đó. Đây là bước quan trọng nhất để chọn đúng công thức.

3. Áp dụng công thức:

- **Kính hiển vi (ngắm chừng ở vô cực):** $G_{\infty} = (\delta \cdot \Delta) / (f_1 \cdot f_2)$
- **Kính thiên văn (ngắm chừng ở vô cực):** $G_{\infty} = f_1 / f_2$ và $L = f_1 + f_2$

4. **Thực hiện tính toán:** Thay số vào công thức và tính toán cẩn thận. Chú ý đổi đơn vị cho thống nhất (thường là cm).

5. **Kiểm tra và kết luận:** Xem lại kết quả có hợp lý không và ghi rõ kết luận theo yêu cầu của bài toán.