

Phương pháp giải bài tập về độ phóng đại của các dụng cụ quang học

Các dụng cụ quang học hỗ trợ cho mắt như kính lúp, kính hiển vi, kính thiên văn giúp chúng ta quan sát được những vật rất nhỏ hoặc rất xa. Đại lượng đặc trưng cho khả năng này là độ bội giác (hay còn gọi là độ phóng đại). Tài liệu này sẽ tổng hợp đầy đủ các công thức và phương pháp giải bài tập liên quan.

I. Khái niệm cơ bản về Độ bội giác (G)

1. Góc trông vật và Độ bội giác

- **Góc trông vật (α):** Là góc tạo bởi hai tia sáng xuất phát từ hai điểm đầu và cuối của vật tới mắt.
- **Độ bội giác (G):** Là đại lượng cho biết ảnh quan sát qua kính lớn hơn vật quan sát trực tiếp bằng mắt bao nhiêu lần về góc trông.

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

Trong đó:

- α' : Góc trông ảnh của vật qua kính.
- α : Góc trông vật trực tiếp khi vật đặt ở vị trí thuận lợi nhất cho mắt (thường là ở điểm cực cận Đ).

Với các góc trông nhỏ, ta có công thức gần đúng: **$G \approx \alpha' / \alpha$**

II. Kính lúp

Kính lúp là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn, dùng để quan sát các vật nhỏ. Để quan sát, vật phải được đặt trong khoảng tiêu cự của kính để cho ảnh ảo, cùng chiều và lớn hơn vật.

1. Độ bội giác khi ngắm chừng ở Vô cực (G_{∞})

Đây là trường hợp quan sát thoải mái nhất vì mắt không phải điều tiết. Để ngắm chừng ở vô cực, vật phải được đặt tại tiêu điểm vật chính của kính ($d = f$).

Công thức: $G_{\infty} = D / f$

Giải thích:

- **D**: Khoảng nhìn rõ ngắn nhất của mắt (khoảng cực cận). Nếu không có ghi chú gì thêm, ta thường lấy $D = 25 \text{ cm}$.
- **f**: Tiêu cự của kính lúp (đơn vị cm).

Ví dụ 1: Một người có khoảng cực cận $D = 25 \text{ cm}$, dùng một kính lúp có tiêu cự $f = 5 \text{ cm}$ để quan sát một vật nhỏ. Tính độ bội giác của kính khi người này ngắm chừng ở vô cực.

Giải: Áp dụng công thức, ta có: $G_{\infty} = D / f = 25 / 5 = 5$. Vậy độ bội giác là 5x.

Ví dụ 2: Trên vành của một kính lúp có ghi "10x". Biết người sử dụng có mắt bình thường ($D = 25 \text{ cm}$). Tính tiêu cự của kính lúp này.

Giải: Độ bội giác ghi trên kính là độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực. Từ công thức $G_{\infty} = D / f$, suy ra $f = D / G_{\infty} = 25 / 10 = 2.5 \text{ cm}$.

2. Độ bội giác khi ngắm chừng ở Cực cận (G_c)

Khi ngắm chừng ở cực cận, ảnh ảo của vật sẽ hiện ra ở điểm cực cận của mắt. Mắt phải điều tiết tối đa, nhưng ảnh thu được có độ bội giác lớn nhất.

Công thức: $G_c = |k| = \frac{D}{f} + 1$ (với mắt đặt sát kính)

Giải thích:

- $|k|$ là độ phóng đại của ảnh qua kính.

Ví dụ 3: Một người có $D = 20$ cm dùng kính lúp có $f = 4$ cm. Để quan sát ảnh ở điểm cực cận, người đó phải đặt vật cách kính bao nhiêu? Tính độ bội giác khi đó.

Giải:

- Ảnh hiện ở điểm cực cận nên là ảnh ảo, $d' = -D = -20$ cm.
- Áp dụng công thức thấu kính: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d'} \Rightarrow \frac{1}{d} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d'} = \frac{1}{4} - \frac{1}{(-20)} = \frac{6}{20} \Rightarrow d = \frac{20}{6} \approx 3.33$ cm.
- Độ bội giác khi ngắm chừng ở cực cận: $G_c = \frac{D}{f} + 1 = \frac{20}{4} + 1 = 6$.

III. Kính hiển vi

Kính hiển vi là hệ quang học gồm hai thấu kính hội tụ (vật kính L1 và thị kính L2) dùng để quan sát những vật rất nhỏ. Vật kính có tiêu cự rất ngắn (vài mm), thị kính có tiêu cự ngắn (vài cm).

1. Độ bội giác khi ngắm chừng ở Vô cực (G_∞)

Đây là trạng thái ngắm chừng không điều tiết. Ảnh của vật qua vật kính ($A'B'$) phải nằm đúng tại tiêu điểm vật của thị kính.

Công thức: $G_{\infty} = |k_1| * G_{2\infty} = (\delta * Đ) / (f_1 * f_2)$

Giải thích:

- **δ** : Độ dài quang học của kính hiển vi ($\delta = O_1O_2 - f_1 - f_2$).
- **$Đ$** : Khoảng cực cận của mắt (thường là 25 cm).
- **f_1** : Tiêu cự của vật kính.
- **f_2** : Tiêu cự của thị kính.

Ví dụ 1: Một kính hiển vi có vật kính $f_1 = 1$ cm, thị kính $f_2 = 4$ cm. Khoảng cách giữa hai kính là $O_1O_2 = 17$ cm. Một người mắt tốt ($Đ = 25$ cm) quan sát. Tính độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực.

Giải:

- Độ dài quang học: $\delta = O_1O_2 - f_1 - f_2 = 17 - 1 - 4 = 12$ cm.
- Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực: $G_{\infty} = (\delta * Đ) / (f_1 * f_2) = (12 * 25) / (1 * 4) = 75$.

Ví dụ 2: Một kính hiển vi có độ bội giác $G_{\infty} = 150$. Vật kính có tiêu cự $f_1 = 5$ mm. Thị kính có tiêu cự $f_2 = 2.5$ cm. Mắt người quan sát có $Đ = 25$ cm. Tính độ dài quang học và khoảng cách giữa hai kính.

Giải:

- Đổi đơn vị: $f_1 = 0.5$ cm.
- Từ công thức $G_{\infty} = (\delta * Đ) / (f_1 * f_2) \Rightarrow \delta = (G_{\infty} * f_1 * f_2) / Đ = (150 * 0.5 * 2.5) / 25 = 7.5$ cm.
- Khoảng cách giữa hai kính: $O_1O_2 = \delta + f_1 + f_2 = 7.5 + 0.5 + 2.5 = 10.5$ cm.

IV. Kính thiên văn

Kính thiên văn là hệ quang học gồm hai thấu kính hội tụ (vật kính L1 và thị kính L2) dùng để quan sát các vật ở rất xa. Vật kính có tiêu cự rất dài, thị kính có tiêu cự ngắn.

1. Độ bội giác khi ngắm chừng ở Vô cực (G_{∞})

Do vật ở rất xa (vô cực) nên ảnh của vật qua vật kính (A'B') sẽ nằm tại tiêu diện ảnh của vật kính. Để ngắm chừng ở vô cực (mắt không điều tiết), ảnh này phải trùng với tiêu điểm vật của thị kính. Khi đó, tiêu điểm ảnh của vật kính trùng với tiêu điểm vật của thị kính.

Công thức: $G_{\infty} = f_1 / f_2$

Giải thích:

- f_1 : Tiêu cự của vật kính.
- f_2 : Tiêu cự của thị kính.
- Khoảng cách giữa hai kính lúc này là $L = f_1 + f_2$.

Ví dụ 1: Một kính thiên văn khúc xạ có vật kính với tiêu cự $f_1 = 100$ cm và thị kính với tiêu cự $f_2 = 5$ cm. Tính độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực và khoảng cách giữa hai kính.

Giải:

- Độ bội giác: $G_{\infty} = f_1 / f_2 = 100 / 5 = 20$.
- Khoảng cách giữa hai kính: $L = f_1 + f_2 = 100 + 5 = 105$ cm.

Ví dụ 2: Một học sinh chế tạo một kính thiên văn đơn giản. Khi ngắm chừng ở vô cực, kính có độ bội giác là 15 và khoảng cách giữa vật kính và thị kính là 80 cm. Tìm tiêu cự của vật kính và thị kính.

Giải:

- Ta có hệ phương trình:
- (1) $G_{\infty} = f_1 / f_2 = 15 \Rightarrow f_1 = 15 * f_2$
- (2) $L = f_1 + f_2 = 80$
- Thế (1) vào (2): $15 * f_2 + f_2 = 80 \Rightarrow 16 * f_2 = 80 \Rightarrow f_2 = 5 \text{ cm.}$
- Suy ra $f_1 = 15 * 5 = 75 \text{ cm.}$
- Vậy vật kính có tiêu cự 75 cm và thị kính có tiêu cự 5 cm.

V. Bảng tổng kết và so sánh

Tiêu chí	Kính lúp	Kính hiển vi	Kính thiên văn
Công dụng	Quan sát vật nhỏ ở gần	Quan sát vật rất nhỏ ở gần	Quan sát vật rất lớn ở rất xa
Cấu tạo	1 TKHT, f ngắn	Hệ 2 TKHT. Vật kính f ₁ rất ngắn, thị kính f ₂ ngắn.	Hệ 2 TKHT. Vật kính f ₁ rất dài, thị kính f ₂ ngắn.
Độ bội giác (ngắm chừng ở vô cực)	$G_{\infty} = D / f$	$G_{\infty} = (\delta * D) / (f_1 * f_2)$	$G_{\infty} = f_1 / f_2$