

I. Khái niệm chung về Độ bội giác (G)

Các dụng cụ quang học bổ trợ cho mắt (kính lúp, kính hiển vi, kính thiên văn) đều có tác dụng tạo ra một ảnh ảo có góc trông lớn hơn góc trông vật khi quan sát trực tiếp bằng mắt. Đại lượng đặc trưng cho tác dụng này là độ bội giác.

1. Định nghĩa

Độ bội giác (G) của một dụng cụ quang học là tỉ số giữa góc trông ảnh qua kính (α) và góc trông vật trực tiếp (α_0) khi vật được đặt ở vị trí quan sát rõ nhất (thường là điểm cực cận của mắt).

Công thức tổng quát:

$$G = \alpha / \alpha_0$$

Với các góc trông nhỏ, ta có thể dùng công thức gần đúng:

$$G \approx \tan(\alpha) / \tan(\alpha_0)$$

- α : Góc trông ảnh qua dụng cụ quang học.
- α_0 : Góc trông vật khi đặt vật tại điểm cực cận (C_c) của mắt. Khoảng cách từ mắt đến điểm cực cận ký hiệu là D hoặc OC_c . Đối với mắt không có tật, $D = 25 \text{ cm}$.

II. Kính lúp

1. Tổng quan

- **Công dụng:** Dùng để quan sát các vật nhỏ.
- **Cấu tạo:** Là một thấu kính hội tụ (hoặc hệ ghép tương đương thấu kính hội tụ) có tiêu cự ngắn (vài centimet).
- **Nguyên tắc:** Vật cần quan sát được đặt trong khoảng tiêu cự của kính ($d < f$) để cho một ảnh ảo, cùng chiều và lớn hơn vật. Mắt đặt sau kính để quan sát ảnh ảo này.

2. Công thức tính độ bội giác của kính lúp

a. Khi ngắm chừng ở vô cực ($d' \rightarrow \infty$)

Đây là trạng thái quan sát thoải mái nhất vì mắt không phải điều tiết.

- **Điều kiện:** Vật AB phải được đặt tại tiêu điểm vật chính của kính ($d = f$).
- **Công thức độ bội giác:**

$$G_{\infty} = D / f = OC_c / f$$

- **Giải thích:** Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực không phụ thuộc vào vị trí đặt mắt sau kính. Giá trị G_{∞} thường được ghi trên vành kính (ví dụ: 5x, 10x), tính với $D = 25 \text{ cm}$.

Ví dụ 1: Một kính lúp có tiêu cự $f = 5 \text{ cm}$. Một người có mắt bình thường (điểm cực cận cách mắt 25 cm) dùng kính này 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 $G_{\infty} = D / f$.

Với $D = 25 \text{ cm}$ và $f = 5 \text{ cm}$, ta có: $G_{\infty} = 25 / 5 = 5$. Vậy độ bội giác là $5x$.

Ví dụ 2: Trên vành của một kính lúp có ghi $2,5x$. Tính tiêu cự của kính lúp này. (Biết rằng giá trị này ứng với mắt bình thường).

Giải:

Giá trị ghi trên kính là G_{∞} ứng với $D = 25 \text{ cm}$.

Từ công thức $G_{\infty} = D / f$, ta suy ra $f = D / G_{\infty}$.

$f = 25 / 2.5 = 10 \text{ cm}$. Vậy tiêu cự của kính là 10 cm .

b. Khi ngắm chừng ở điểm cực cận ($d' = -OC_c$)

Đây là trạng thái quan sát cho ảnh có độ bội giác lớn nhất, nhưng mắt phải điều tiết tối đa.

- **Điều kiện:** Kính phải tạo ảnh ảo $A'B'$ hiện ra ở điểm cực cận của mắt.

Khoảng cách từ ảnh đến kính là $|d'| = OC_c - l$ (với l là khoảng cách từ mắt đến kính). Nếu đặt mắt sát kính ($l = 0$), thì $|d'| = OC_c = D$.

- **Công thức độ bội giác (khi mắt đặt sát kính):**

$$G_c = |k_c| = (D / f) + 1$$

- **Giải thích:** Độ bội giác khi ngắm chừng ở cực cận lớn hơn khi ngắm chừng ở vô cực. $G_c = G_{\infty} + 1$.

Ví dụ 1: Sử dụng kính lúp có $f = 10 \text{ cm}$, một người có điểm cực cận cách mắt 20 cm quan sát vật nhỏ. Tính độ bội giác khi ngắm chừng ở điểm cực cận (coi mắt đặt sát kính).

Giải:

Áp dụng công thức $G_c = (Đ / f) + 1$.

Với $Đ = 20 \text{ cm}$ và $f = 10 \text{ cm}$, ta có: $G_c = (20 / 10) + 1 = 3$.

Ví dụ 2: Một người sử dụng một kính lúp có độ tụ 20 dp để quan sát. Mắt người này có khoảng cực cận là 25cm. Tìm độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực và ở cực cận (mắt sát kính).

Giải:

Tiêu cự của kính: $f = 1/D = 1/20 = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$.

Độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực: $G_\infty = Đ / f = 25 / 5 = 5$.

Độ bội giác khi ngắm chừng ở cực cận: $G_c = G_\infty + 1 = 5 + 1 = 6$.

III. Kính hiển vi

1. Tổng quan

- **Công dụng:** Dùng để quan sát những vật rất nhỏ mà kính lúp không đủ độ phóng đại.
- **Cấu tạo:** Gồm hai thấu kính hội tụ:
 - **Vật kính (L1):** có tiêu cự rất ngắn (vài mm).
 - **Thị kính (L2):** có tiêu cự ngắn (vài cm), đóng vai trò như một kính lúp.

Hai kính được đặt đồng trục, khoảng cách giữa chúng không đổi.

- **Nguyên tắc:** Vật AB được đặt rất gần tiêu điểm vật của vật kính ($d_1 > f_1$). Vật kính tạo ra ảnh thật A1B1 lớn hơn vật và nằm trong khoảng tiêu cự của thị kính. Thị kính tạo ra ảnh ảo cuối cùng A2B2 lớn hơn nhiều lần so với vật.

2. Công thức tính độ bội giác của kính hiển vi (ngắm chừng ở vô cực)

Đây là trường hợp quan sát phổ biến nhất với kính hiển vi.

- **Điều kiện:** Ảnh thật A1B1 tạo bởi vật kính phải nằm đúng tại tiêu điểm vật của thị kính (F2).

- **Công thức độ bội giác:**

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

- **Giải thích các đại lượng:**

- **|k₁|**: Độ phóng đại của vật kính.
- **G_{2∞}**: Độ bội giác của thị kính (coi như kính lúp).
- **f₁, f₂**: Lần lượt là tiêu cự của vật kính và thị kính.
- **Đ (hoặc OC_c)**: Khoảng cực cận của mắt người quan sát.
- **δ = F'₁F₂**: Độ dài quang học của kính hiển vi. Đây là khoảng cách từ tiêu điểm ảnh của vật kính đến tiêu điểm vật của thị kính.

Ví dụ 1: Một kính hiển vi có vật kính với tiêu cự $f_1 = 1 \text{ cm}$ và thị kính với tiêu cự $f_2 = 4 \text{ cm}$. Độ dài quang học của kính là $\delta = 16 \text{ cm}$. Người quan sát có mắt bình thường ($Đ = 25 \text{ cm}$). Tính độ bội giác của kính khi ngắm chừng ở vô cực.

Giải:

Áp dụng công thức $G_{\infty} = (\delta * Đ) / (f_1 * f_2)$.

$$G_{\infty} = (16 * 25) / (1 * 4) = 400 / 4 = 100.$$

Ví dụ 2: Một kính hiển vi có vật kính $f_1 = 5 \text{ mm}$, thị kính $f_2 = 2 \text{ cm}$. Khoảng cách giữa hai kính là $l = 17 \text{ cm}$. Một người mắt tốt ($D=25\text{cm}$) quan sát. Tính độ bội giác khi ngắm chừng ở vô cực.

Giải:

Đầu tiên, ta tính độ dài quang học δ :

$$\delta = l - f_1 - f_2 = 17 - 0.5 - 2 = 14.5 \text{ cm}.$$

Sau đó, áp dụng công thức độ bội giác:

$$G_{\infty} = (\delta * D) / (f_1 * f_2) = (14.5 * 25) / (0.5 * 2) = 362.5 / 1 = 362.5.$$

IV. Kính thiên văn

1. Tổng quan

- **Công dụng:** Dùng để quan sát các vật ở rất xa (các thiên thể).
- **Cấu tạo (loại khúc xạ):** Gồm hai thấu kính hội tụ:
 - **Vật kính (L1):** có tiêu cự rất dài (có thể hàng chục mét).
 - **Thị kính (L2):** có tiêu cự ngắn, đóng vai trò như một kính lúp.
- **Nguyên tắc:** Vật ở rất xa nên chùm tia tới là chùm song song. Vật kính tạo ảnh thật A_1B_1 của vật tại tiêu diện ảnh của nó. Thị kính được điều chỉnh để quan sát ảnh A_1B_1 này.

2. Công thức tính độ bội giác của kính thiên văn (ngắm chừng ở vô cực)

Đây là trạng thái quan sát tự nhiên khi quan sát các thiên thể.

- **Điều kiện:** Ảnh thật A_1B_1 tạo bởi vật kính phải nằm đúng tại tiêu điểm vật của thị kính (F_2). Điều này có nghĩa là tiêu điểm ảnh của vật kính trùng với

tiêu điểm vật của thị kính ($F'_1 \equiv F_2$). Hệ này gọi là hệ vô tiêu.

- **Công thức độ bội giác:**

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

- **Giải thích các đại lượng:**

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

Ví dụ 1: Một kính thiên văn khúc xạ có tiêu cự vật kính là $f_1 = 120$ cm và tiêu cự thị kính là $f_2 = 4$ cm. Tính độ bội giác của kính và khoảng cách giữa hai kính khi ngắm chừng ở vô cực.

Giải:

Độ bội giác của kính: $G_{\infty} = f_1 / f_2 = 120 / 4 = 30$.

Khoảng cách giữa hai kính: $l = f_1 + f_2 = 120 + 4 = 124$ cm.

Ví dụ 2: Một người chế tạo một kính thiên văn đơn giản với vật kính có độ tụ 1 dp và thị kính có độ tụ 20 dp. Tính độ bội giác của kính này khi ngắm chừng ở vô cực.

Giải:

Tiêu cự vật kính: $f_1 = 1/D_1 = 1/1 = 1$ m = 100 cm.

Tiêu cự thị kính: $f_2 = 1/D_2 = 1/20 = 0.05$ m = 5 cm.

Độ bội giác của kính: $G_{\infty} = f_1 / f_2 = 100 / 5 = 20$.

V. Bảng tổng hợp 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 rất gần	Quan sát vật rất lớn ở rất xa
Cấu tạo	1 TKHT có tiêu cự ngắn (cm)	Hệ 2 TKHT: f1 rất ngắn (mm), f2 ngắn (cm)	Hệ 2 TKHT: f1 rất dài (m), f2 ngắn (cm)
Vị trí vật	Trong khoảng tiêu cự (d < f)	Rất gần tiêu điểm vật của vật kính (d1 > f1 và rất nhỏ)	Ở rất xa (vô cực)
Ảnh trung gian	Không có	Ảnh thật, ngược chiều, lớn hơn vật	Ảnh thật, ngược chiều, nhỏ hơn vật
Ảnh cuối cùng	Ảnh ảo, cùng chiều, lớn hơn vật	Ảnh ảo, ngược chiều, lớn hơn vật	Ảnh ảo, ngược chiều, lớn hơn vật
Công thức G _∞	$G_{\infty} = D / f$	$G_{\infty} = (D * D) / (f_1 * f_2)$	$G_{\infty} = f_1 / f_2$