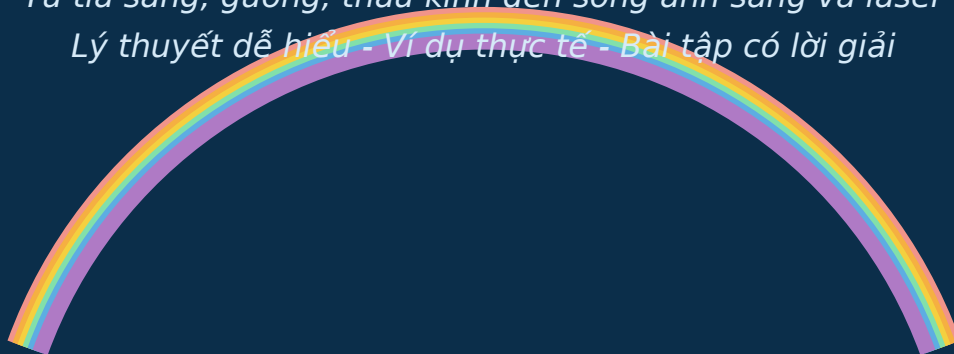


TỦ SÁCH VẬT LÝ PHỔ THÔNG

BÍ MẬT CỦA ÁNH SÁNG

HÀNH TRÌNH KHÁM PHÁ QUANG HỌC

Từ tia sáng, gương, thấu kính đến sóng ánh sáng và laser
Lý thuyết dễ hiểu - Ví dụ thực tế - Bài tập có lời giải



MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

CHƯƠNG 0 — ÁNH SÁNG LÀ GÌ?

- 0.1 Nguồn sáng, vật sáng và sự truyền ánh sáng
- 0.2 Định luật truyền thẳng ánh sáng - Tia sáng, chùm sáng
- 0.3 Bóng tối, bóng nửa tối và nhật thực - nguyệt thực
- 0.4 Bản chất của ánh sáng: sóng hay hạt?

CHƯƠNG 1 — PHẢN XẠ ÁNH SÁNG: GƯƠNG PHẪNG VÀ GƯƠNG CẦU

- 1.1 Định luật phản xạ ánh sáng
- 1.2 Ảnh tạo bởi gương phẳng
- 1.3 Gương cầu lồi
- 1.4 Gương cầu lõm

CHƯƠNG 2 — KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

- 2.1 Hiện tượng khúc xạ ánh sáng
- 2.2 Định luật khúc xạ ánh sáng - Chiết suất
- 2.3 Phản xạ toàn phần

CHƯƠNG 3 — THẤU KÍNH

- 3.1 Thấu kính hội tụ
- 3.2 Thấu kính phân kỳ
- 3.3 Công thức thấu kính và cách dựng ảnh

CHƯƠNG 4 — MẮT VÀ CÁC DỤNG CỤ QUANG HỌC

- 4.1 Cấu tạo và hoạt động của mắt
- 4.2 Các tật khúc xạ của mắt và cách khắc phục
- 4.3 Kính lúp
- 4.4 Kính hiển vi và kính thiên văn
- 4.5 Máy ảnh
- 4.6 Kính áp tròng và phẫu thuật khúc xạ bằng laser

CHƯƠNG 5 — ÁNH SÁNG TRẮNG VÀ SỰ TÁN SẮC

- 5.1 Thí nghiệm tán sắc ánh sáng của Newton
- 5.2 Ánh sáng đơn sắc và ánh sáng trắng
- 5.3 Sự trộn màu ánh sáng và màu sắc các vật

CHƯƠNG 6 — SÓNG ÁNH SÁNG VÀ GIAO THOA

- 6.1 Ánh sáng là một loại sóng điện từ
- 6.2 Hiện tượng giao thoa ánh sáng - Thí nghiệm Y-âng
- 6.3 Ứng dụng của giao thoa ánh sáng

CHƯƠNG 7 — NHIỄU XẠ VÀ PHÂN CỰC ÁNH SÁNG

- 7.1 Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng
- 7.2 Hiện tượng phân cực ánh sáng

CHƯƠNG 8 — QUANG PHỔ VÀ BỨC XẠ ĐIỆN TỪ

- 8.1 Máy quang phổ và các loại quang phổ
- 8.2 Tia hồng ngoại và tia tử ngoại
- 8.3 Tia X (tia Rơn-ghen)

8.4 Thang sóng điện từ

CHƯƠNG 9 — QUANG HỌC TRONG ĐỜI SỐNG VÀ CÔNG NGHỆ

9.1 Vì sao bầu trời có màu xanh, hoàng hôn có màu đỏ?

9.2 Cầu vồng được hình thành như thế nào?

9.3 Sợi quang học và truyền thông hiện đại

9.4 Tia laser - ánh sáng đặc biệt

9.5 Công nghệ màn hình hiển thị hiện đại

CHƯƠNG 10 — ÔN TẬP TỔNG HỢP: CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

CHƯƠNG 11 — BÀI TẬP TỔNG HỢP NÂNG CAO

CHƯƠNG 12 — THÍ NGHIỆM QUANG HỌC ĐƠN GIẢN TẠI NHÀ

CHƯƠNG 13 — LƯỢC SỬ KHÁM PHÁ ÁNH SÁNG

CHƯƠNG 14 — ĐỀ KIỂM TRA TỔNG HỢP MẪU

PHỤ LỤC A — BẢNG TỔNG HỢP CÔNG THỨC QUANG HỌC

PHỤ LỤC B — ĐÁP SỐ BÀI TẬP TỰ LUYỆN

PHỤ LỤC C — BẢNG THUẬT NGỮ QUANG HỌC VIỆT - ANH

PHỤ LỤC D — BẢNG TỰ ĐÁNH GIÁ TIẾN ĐỘ HỌC TẬP

PHỤ LỤC E — CÂU HỎI THẢO LUẬN MỞ RỘNG

PHỤ LỤC F — BÀI TẬP GHÉP NỐI ÔN TẬP NHANH

LỜI KẾT

LỜI NÓI ĐẦU

Ánh sáng là thứ quen thuộc đến mức chúng ta hiếm khi dừng lại để tự hỏi: nó thực sự là gì? Vì sao ta nhìn thấy được vạn vật xung quanh? Vì sao có cầu vồng sau cơn mưa, vì sao bầu trời ban ngày có màu xanh còn hoàng hôn lại nhuộm sắc đỏ cam? Đằng sau những hiện tượng tưởng chừng giản dị ấy là cả một chuyên đề Vật lý phong phú và đầy mê hoặc: Quang học.

Cuốn sách "Bí Mật Của Ánh Sáng - Hành Trình Khám Phá Quang Học" sẽ đưa bạn đi từ những khái niệm cơ bản nhất (tia sáng, sự truyền thẳng, phản xạ, khúc xạ) đến các chủ đề nâng cao hơn như thấu kính, các dụng cụ quang học, sóng ánh sáng, giao thoa, và cả những công nghệ hiện đại dựa trên ánh sáng như sợi quang, laser.

Giống như tập sách đầu tiên về Cơ học trong tủ sách này, mỗi chương đều có ví dụ minh họa có lời giải chi tiết và bài tập tự luyện, cùng các hộp "Em có biết?" chia sẻ những sự thật thú vị về ánh sáng trong tự nhiên và công nghệ. Đáp số bài tập được tổng hợp tại Phụ lục B cuối sách.

Hãy cùng bắt đầu hành trình khám phá bí mật của thứ ánh sáng vẫn soi rọi quanh ta mỗi ngày!

"Ánh sáng là sứ giả mang thông tin của cả vũ trụ đến với đôi mắt ta"

HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

Để việc học tập với cuốn sách này đạt hiệu quả cao nhất, bạn nên nắm rõ cấu trúc và các loại hộp nội dung được sử dụng xuyên suốt sách:

Hộp công thức: liệt kê nhanh các công thức trọng tâm của mục đang học

★ **Mẹo giải nhanh / Mẹo nhỏ**

- Hộp màu vàng chứa các mẹo giúp bạn giải bài nhanh hơn, ghi nhớ tốt hơn, hoặc lưu ý những điểm hay bị nhầm lẫn.

📌 **Ví dụ minh họa**

Hộp màu xanh lá trình bày các bài toán mẫu có lời giải chi tiết từng bước.

► **Em có biết?**

Hộp màu đỏ cam chia sẻ những sự thật thú vị, ứng dụng công nghệ liên quan đến ánh sáng.

Bài tập tự luyện

1. Hộp màu xanh dương ở cuối mỗi chương chứa bài tập để bạn tự thực hành. Đáp số tại Phụ lục B.

TỔNG KẾT CHƯƠNG

✓ Hộp màu tím tổng kết những ý chính cần nhớ ở cuối mỗi chương - hữu ích để ôn tập nhanh.

Gợi ý lộ trình học tập: Nên đọc tuần tự từ Chương 0 đến Chương 9 để xây dựng nền tảng vững chắc, sau đó làm Chương 10 (trắc nghiệm) và Chương 11 (bài tập nâng cao) để tự kiểm tra. Chương 12-13 là các chương mở rộng thú vị, có thể đọc xen kẽ bất cứ lúc nào.

0.1 Nguồn sáng, vật sáng và sự truyền ánh sáng

Nguồn sáng là những vật tự nó phát ra ánh sáng, ví dụ: Mặt Trời, ngọn lửa, bóng đèn đang sáng. Vật sáng là khái niệm rộng hơn, bao gồm cả nguồn sáng và những vật hắt lại ánh sáng chiếu vào nó, ví dụ: Mặt Trăng (phản chiếu ánh sáng Mặt Trời), trang giấy trắng dưới ánh đèn. Ta nhìn thấy một vật khi có ánh sáng từ vật đó truyền đến mắt ta.

Quang học là chuyên đề Vật lý nghiên cứu về ánh sáng: bản chất, sự truyền đi, và các hiện tượng xảy ra khi ánh sáng gặp các loại vật chất khác nhau (phản xạ, khúc xạ, tán sắc, giao thoa...).

0.2 Định luật truyền thẳng ánh sáng - Tia sáng, chùm sáng

Trong một môi trường trong suốt và đồng tính (như không khí, nước, thủy tinh không có vật cản), ánh sáng truyền đi theo đường thẳng. Đây gọi là định luật truyền thẳng của ánh sáng - một trong những định luật nền tảng nhất của Quang học hình học.

- Tia sáng: đường thẳng biểu diễn đường truyền của ánh sáng, được vẽ với mũi tên chỉ chiều truyền.
- Chùm sáng: tập hợp nhiều tia sáng. Có ba loại chùm sáng: chùm sáng song song (các tia không giao nhau), chùm sáng hội tụ (các tia gặp nhau tại một điểm) và chùm sáng phân kỳ (các tia loe rộng ra khi truyền đi, xuất phát như từ một điểm).

★ Ứng dụng thực tế

- Định luật truyền thẳng ánh sáng là cơ sở để giải thích vì sao ta có thể dùng một sợi dây căng thẳng để kiểm tra một hàng cây có thẳng hàng hay không - bằng cách ngắm dọc theo hàng cây, tương tự như cách tia sáng truyền thẳng.

0.3 Bóng tối, bóng nửa tối và nhật thực - nguyệt thực

Do ánh sáng truyền theo đường thẳng, khi gặp một vật cản không trong suốt, phía sau vật sẽ xuất hiện một vùng không nhận được ánh sáng, gọi là bóng tối. Nếu nguồn sáng có kích thước lớn (không phải một điểm sáng), xung quanh bóng tối còn có một vùng chỉ nhận được một phần ánh sáng từ nguồn, gọi là bóng nửa tối.

Hiện tượng nhật thực xảy ra khi Mặt Trăng đi vào giữa Trái Đất và Mặt Trời, che khuất ánh sáng Mặt Trời chiếu tới một vùng trên Trái Đất. Nguyệt thực xảy ra khi Trái Đất đi vào giữa Mặt Trời và Mặt Trăng, khiến Mặt Trăng bị che khuất trong bóng tối của Trái Đất - đây là hai hiện tượng thiên văn kinh điển được giải thích hoàn toàn dựa trên định luật truyền thẳng ánh sáng.

👉 Ví dụ 0.1

Một ngọn nến được đặt cách một tấm bìa cản sáng 20 cm, phía sau tấm bìa 60 cm có một màn hứng bóng. Biết ngọn nến là nguồn sáng điểm. Hỏi trên màn có xuất hiện bóng nửa tối hay không? Vì sao?

Lời giải: Vì ngọn nến được coi là nguồn sáng điểm (kích thước rất nhỏ so với khoảng cách), nên trên màn chỉ xuất hiện bóng tối hoàn toàn (bóng đen rõ nét), không có vùng bóng nửa tối - vì bóng nửa tối chỉ hình thành khi nguồn sáng có kích thước đáng kể.

0.4 Bản chất của ánh sáng: sóng hay hạt?

Trong phần lớn nội dung sách này, ta sẽ dùng mô hình Quang học hình học - coi ánh sáng truyền theo các tia thẳng, thuận tiện để giải thích các hiện tượng phản xạ, khúc xạ, tạo ảnh qua gương và thấu kính. Tuy nhiên, đến Chương 6, ta sẽ thấy rằng ánh sáng còn có bản chất sóng - thể hiện qua các hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ mà mô hình tia sáng đơn thuần không giải thích được.

► Em có biết?

Trong Vật lý hiện đại (Vật lý lượng tử), ánh sáng còn được chứng minh có bản chất "hạt" - gọi là photon. Sự lưỡng tính sóng - hạt này là một trong những phát hiện kỳ lạ và thú vị nhất của Vật lý thế kỷ 20, cho thấy ánh sáng phức tạp hơn nhiều so với những gì ta thường hình dung trong đời sống hằng ngày.

🔗 Ví dụ 0.2

Trong hiện tượng nhật thực toàn phần, tại sao chỉ những người đứng trong một dải hẹp trên bề mặt Trái Đất mới quan sát được nhật thực toàn phần, trong khi phần lớn những nơi khác chỉ thấy nhật thực một phần hoặc không thấy gì?

Lời giải: Vì Mặt Trăng có kích thước nhỏ hơn nhiều so với Trái Đất, vùng bóng tối hoàn toàn (nơi Mặt Trời bị che khuất hoàn toàn) mà Mặt Trăng tạo ra trên bề mặt Trái Đất chỉ là một dải hẹp. Những người ở vùng bóng nửa tối xung quanh dải này chỉ nhận được một phần ánh sáng Mặt Trời (do góc quan sát khác), nên chỉ thấy Mặt Trời bị che khuất một phần - đúng theo nguyên lý hình thành bóng tối và bóng nửa tối đã học ở mục 0.3.

Bài tập tự luyện - Chương 0

1. Phân biệt khái niệm "nguồn sáng" và "vật sáng", cho ví dụ minh họa cho mỗi loại.
2. Vẽ hình minh họa và giải thích vì sao khi che một bóng đèn tròn (kích thước lớn) bằng một cây bút, trên tường phía sau xuất hiện cả vùng bóng tối lẫn bóng nửa tối.
3. Giải thích hiện tượng nhật thực toàn phần bằng định luật truyền thẳng ánh sáng, có vẽ hình minh họa vị trí Mặt Trời - Mặt Trăng - Trái Đất.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 0

- ✓ Nguồn sáng tự phát ra ánh sáng; vật sáng gồm cả nguồn sáng và vật hắt lại ánh sáng.
- ✓ Trong môi trường trong suốt đồng tính, ánh sáng truyền theo đường thẳng.
- ✓ Bóng tối và bóng nửa tối hình thành do ánh sáng bị vật cản chặn lại.
- ✓ Ánh sáng có thể được mô tả bằng mô hình tia sáng (Quang học hình học) hoặc mô hình sóng.

01

PHẢN XẠ ÁNH SÁNG: GƯƠNG PHẪNG VÀ GƯƠNG CẦU

1.1 Định luật phản xạ ánh sáng

Khi ánh sáng gặp một bề mặt nhẵn bóng (như mặt gương), phần lớn ánh sáng bị hắt trở lại môi trường cũ - gọi là hiện tượng phản xạ ánh sáng.

$$\text{Góc phản xạ} = \text{Góc tới} (i' = i)$$

Định luật phản xạ ánh sáng phát biểu: tia phản xạ nằm trong mặt phẳng chứa tia tới và pháp tuyến của gương tại điểm tới; góc phản xạ (i') luôn bằng góc tới (i), với góc được tính từ tia sáng đến pháp tuyến (đường vuông góc với mặt gương tại điểm tới).

1.2 Ảnh tạo bởi gương phẳng

Ảnh của một vật tạo bởi gương phẳng có các đặc điểm: là ảnh ảo (không hứng được trên màn), có độ lớn bằng vật, và khoảng cách từ ảnh đến gương bằng khoảng cách từ vật đến gương. Ảnh và vật đối xứng nhau qua mặt gương.

Ví dụ 1.1

Một người đứng cách gương phẳng 1,5 m. Hỏi ảnh của người đó trong gương cách người đó bao nhiêu mét?

Lời giải: Vì khoảng cách từ ảnh đến gương bằng khoảng cách từ vật đến gương, ảnh cách gương 1,5 m. Vậy khoảng cách giữa người và ảnh của người đó là $1,5 + 1,5 = 3$ m.

★ Mẹo dựng ảnh qua gương phẳng

- Cách nhanh nhất để dựng ảnh của một vật qua gương phẳng: lấy đối xứng từng điểm của vật qua mặt gương, không cần vẽ đường tia sáng phức tạp - vì ảnh luôn đối xứng với vật qua gương.

1.3 Gương cầu lồi

Gương cầu lồi là gương có mặt phản xạ là một phần mặt cầu, với mặt phản xạ hướng ra ngoài (phình ra ngoài phía người quan sát). Ảnh của một vật tạo bởi gương cầu lồi luôn là ảnh ảo, nhỏ hơn vật, và vùng nhìn thấy được của gương cầu lồi rộng hơn so với gương phẳng có cùng kích thước.

★ Ứng dụng thực tế

- Nhờ vùng quan sát rộng, gương cầu lồi thường được lắp ở các khúc cua khuất tầm nhìn, làm gương chiếu hậu xe ô tô/xe máy, hoặc gương quan sát trong siêu thị để giúp người dùng nhìn được phạm vi rộng hơn, dù ảnh nhìn thấy sẽ nhỏ hơn so với thực tế.

1.4 Gương cầu lõm

Gương cầu lõm có mặt phản xạ là mặt trong của một phần mặt cầu (mặt phản xạ lõm vào phía người quan sát). Tùy vào vị trí đặt vật, gương cầu lõm có thể cho ảnh ảo (lớn hơn vật, khi vật ở gần gương) hoặc ảnh thật (khi vật ở xa gương, ảnh hứng được trên màn).

Đặc biệt, gương cầu lõm có khả năng biến đổi một chùm tia tới song song thành một chùm tia phản xạ hội tụ tại một điểm gọi là tiêu điểm - đây là tính chất được ứng dụng rất nhiều trong thực tế.

► Em có biết?

Các nhà khoa học tin rằng nhà bác học Hy Lạp cổ đại Archimedes đã từng sử dụng một hệ thống các tấm gương cầu lõm khổng lồ để hội tụ ánh sáng Mặt Trời, đốt cháy các chiến thuyền La Mã đang tấn công thành Syracuse - dù tính xác thực lịch sử của câu chuyện này vẫn còn nhiều tranh cãi trong giới sử học và vật lý học ngày nay.

★ Ứng dụng thực tế

- Gương cầu lõm được dùng làm pha đèn (đèn pin, đèn ô tô) để tạo chùm sáng song song mạnh (đặt nguồn sáng tại tiêu điểm), làm gương trang điểm phóng đại (khi đặt mặt gần gương), và làm ăng-ten thu sóng của kính thiên văn phản xạ.

🔍 Ví dụ 1.2 (Gương cầu lõm)

Một gương cầu lõm có tiêu cự 15 cm được dùng làm gương trang điểm. Nếu đặt mặt cách gương 10 cm (trong khoảng tiêu cự), ảnh thu được có tính chất gì? Giải thích ngắn gọn tại sao gương trang điểm cần đặt vật trong khoảng này.

Lời giải: Khi vật (khuôn mặt) đặt trong khoảng tiêu cự của gương cầu lõm ($d = 10 \text{ cm} < f = 15 \text{ cm}$), ảnh thu được là ảnh ảo, cùng chiều và lớn hơn vật - đây chính là lý do gương trang điểm luôn được thiết kế để người dùng soi ở khoảng cách gần, giúp nhìn rõ chi tiết khuôn mặt phóng to hơn kích thước thật.

Bài tập tự luyện - Chương 1

1. Một tia sáng chiếu tới một gương phẳng với góc tới 40° . Tính góc phản xạ và góc hợp bởi tia tới và tia phản xạ.
2. Một cây bút chì cao 15 cm đặt cách gương phẳng 40 cm. Xác định độ cao ảnh và khoảng cách từ ảnh đến gương.
3. Vì sao trên các xe buýt, xe khách người ta thường lắp thêm gương cầu lồi ở phía trước đầu xe, gần cửa lên xuống?
4. So sánh đặc điểm ảnh tạo bởi gương phẳng, gương cầu lồi và gương cầu lõm (khi vật ở gần gương) về độ lớn và tính chất ảnh (thật/ảo).

TỔNG KẾT CHƯƠNG 1

- ✓ Định luật phản xạ ánh sáng: góc phản xạ luôn bằng góc tới.
- ✓ Gương phẳng cho ảnh ảo, bằng vật, đối xứng với vật qua gương.
- ✓ Gương cầu lồi cho ảnh ảo nhỏ hơn vật, có vùng quan sát rộng - dùng làm gương chiếu hậu, gương quan sát.
- ✓ Gương cầu lõm có thể hội tụ chùm sáng song song tại tiêu điểm - dùng làm pha đèn, gương trang điểm.

2.1 Hiện tượng khúc xạ ánh sáng

Khi ánh sáng truyền từ môi trường trong suốt này sang môi trường trong suốt khác (ví dụ từ không khí vào nước), tia sáng bị gãy khúc tại mặt phân cách - hiện tượng này gọi là khúc xạ ánh sáng. Đây là lý do khi nhìn một chiếc đũa cắm trong cốc nước, ta thấy nó như bị gãy tại mặt nước.

2.2 Định luật khúc xạ ánh sáng - Chiết suất

Mỗi môi trường trong suốt có một đại lượng đặc trưng cho khả năng làm chậm tốc độ ánh sáng khi truyền qua nó, gọi là chiết suất (n). Chiết suất của một môi trường luôn lớn hơn hoặc bằng 1 (chiết suất chân không/không khí xấp xỉ bằng 1).

Định luật khúc xạ: $n_1 \cdot \sin(i) = n_2 \cdot \sin(r)$

Chiết suất tỉ đối: $n = c/v$ (c : tốc độ ánh sáng trong chân không, v : tốc độ trong môi trường)

trong đó i là góc tới, r là góc khúc xạ (đều tính từ pháp tuyến), n_1, n_2 lần lượt là chiết suất môi trường chứa tia tới và tia khúc xạ. Từ công thức này: khi ánh sáng truyền từ môi trường chiết quang kém sang môi trường chiết quang hơn ($n_1 < n_2$), tia khúc xạ sẽ bị lệch gần pháp tuyến hơn so với tia tới (góc khúc xạ nhỏ hơn góc tới).

✎ Ví dụ 2.1

Một tia sáng truyền từ không khí ($n_1 = 1$) vào nước ($n_2 = 1,33$) với góc tới 45° . Tính góc khúc xạ (làm tròn kết quả).

Lời giải: Áp dụng định luật khúc xạ: $\sin(r) = n_1 \cdot \sin(i) / n_2 = 1 \times \sin 45^\circ / 1,33 \approx 0,707 / 1,33 \approx 0,532$. Suy ra $r \approx 32^\circ$. Ta thấy góc khúc xạ (32°) nhỏ hơn góc tới (45°) vì ánh sáng truyền từ môi trường chiết quang kém (không khí) sang môi trường chiết quang hơn (nước).

★ Mẹo ghi nhớ

- "Vào môi trường chiết quang hơn thì tia sáng bị gãy lại gần pháp tuyến hơn" - hãy hình dung như một chiếc xe đang chạy xiên góc vào vùng đất lầy (môi trường "cản" nhiều hơn): bánh xe phía trước chạm vùng lầy trước sẽ chậm lại, khiến cả xe bị "bẻ hướng" gần với phương vuông góc mặt phân cách hơn.

2.3 Phản xạ toàn phần

Khi ánh sáng truyền từ môi trường chiết quang hơn sang môi trường chiết quang kém hơn (ví dụ từ nước ra không khí) với góc tới đủ lớn, toàn bộ ánh sáng sẽ bị phản xạ trở lại môi trường cũ mà không có tia khúc xạ nào ló ra ngoài - hiện tượng này gọi là phản xạ toàn phần.

Điều kiện phản xạ toàn phần: $n_1 > n_2$ và góc tới $i \geq$ góc giới hạn $i(\text{gh})$

$$\sin(i(\text{gh})) = n_2/n_1$$

► Em có biết?

Hiện tượng phản xạ toàn phần chính là nguyên lý hoạt động của sợi quang học - loại cáp mảnh như sợi tóc nhưng có thể truyền dữ liệu Internet với tốc độ ánh sáng đi hàng nghìn km mà hầu như không thất thoát tín hiệu, nhờ ánh sáng liên tục bị phản xạ toàn phần bên trong lõi sợi quang (sẽ được tìm hiểu kỹ hơn ở Chương 9).

🔑 Ví dụ 2.2 (Phản xạ toàn phần)

Một khối bán trụ thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$ đặt trong không khí. Một tia sáng chiếu từ bên trong khối thủy tinh đến mặt cong với góc tới 45° . Tia sáng có bị phản xạ toàn phần không?

Lời giải: Tính góc giới hạn: $\sin(i_{\text{gh}}) = n_2/n_1 = 1/1,5 \approx 0,667 \rightarrow i_{\text{gh}} \approx 41,8^\circ$. Vì góc tới (45°) lớn hơn góc giới hạn ($41,8^\circ$), tia sáng sẽ bị phản xạ toàn phần, không có ánh sáng ló ra khỏi khối thủy tinh tại điểm này.

► Em có biết?

Chiết suất của kim cương rất cao (khoảng 2,42), khiến góc giới hạn phản xạ toàn phần của nó rất nhỏ (khoảng 24°). Đây chính là lý do các thợ kim hoàn cắt giác kim cương với rất nhiều mặt phẳng nhỏ theo góc chính xác - để ánh sáng đi vào viên kim cương liên tục bị phản xạ toàn phần nhiều lần bên trong trước khi ló ra ngoài, tạo nên độ lấp lánh đặc trưng nổi tiếng của đá quý này.

Bài tập tự luyện - Chương 2

1. Một tia sáng truyền từ không khí vào thủy tinh (chiết suất $n = 1,5$) với góc tới 60° . Tính góc khúc xạ.
2. Tính góc giới hạn phản xạ toàn phần khi ánh sáng truyền từ nước ($n = 1,33$) ra không khí.
3. Giải thích vì sao khi nhìn một vật dưới đáy hồ nước trong, ta thường thấy đáy hồ có vẻ nông hơn so với độ sâu thực tế.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 2

- ✓ Khúc xạ ánh sáng là hiện tượng tia sáng bị gãy khúc khi truyền qua mặt phân cách hai môi trường trong suốt khác nhau.
- ✓ Định luật khúc xạ: $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$.
- ✓ Phản xạ toàn phần xảy ra khi ánh sáng truyền từ môi trường chiết quang hơn sang môi trường chiết quang kém với góc tới đủ lớn ($i \geq$ góc giới hạn).
- ✓ Phản xạ toàn phần là nguyên lý hoạt động của sợi quang học.

03 THẤU KÍNH

3.1 Thấu kính hội tụ

Thấu kính là một khối chất trong suốt (thường là thủy tinh hoặc nhựa) giới hạn bởi hai mặt cong (hoặc một mặt cong, một mặt phẳng). Thấu kính hội tụ (rìa mỏng, giữa dày) có khả năng làm hội tụ một chùm tia sáng song song tới một điểm gọi là tiêu điểm sau khi đi qua thấu kính.

Ảnh của một vật qua thấu kính hội tụ có tính chất thay đổi tùy vào vị trí đặt vật so với tiêu cự f : nếu vật đặt ngoài khoảng tiêu cự, ảnh là ảnh thật, ngược chiều với vật; nếu vật đặt trong khoảng tiêu cự, ảnh là ảnh ảo, cùng chiều và lớn hơn vật.

★ Cách nhận diện nhanh

- Thấu kính hội tụ thường có hình dạng "phình giữa, mỏng rìa" giống mặt kính lúp - đây là cách nhận diện trực quan nhanh nhất khi cầm một thấu kính trên tay.

3.2 Thấu kính phân kỳ

Ngược lại với thấu kính hội tụ, thấu kính phân kỳ (rìa dày, giữa mỏng) làm chùm tia sáng song song sau khi qua thấu kính bị loe rộng ra (phân kỳ) như xuất phát từ một điểm - gọi là tiêu điểm ảo. Ảnh của một vật qua thấu kính phân kỳ luôn là ảnh ảo, cùng chiều và nhỏ hơn vật, bất kể vị trí đặt vật.

3.3 Công thức thấu kính và cách dựng ảnh

Công thức thấu kính: $1/f = 1/d + 1/d'$

Độ phóng đại: $k = -d'/d = A'B'/AB$

trong đó f là tiêu cự thấu kính, d là khoảng cách từ vật đến thấu kính, d' là khoảng cách từ ảnh đến thấu kính. Quy ước dấu: $f > 0$ với thấu kính hội tụ, $f < 0$ với thấu kính phân kỳ; $d' > 0$ ứng với ảnh thật, $d' < 0$ ứng với ảnh ảo.

🔗 Ví dụ 3.1

Một vật sáng AB đặt vuông góc với trục chính của thấu kính hội tụ có tiêu cự $f = 20$ cm, cách thấu kính $d = 30$ cm. Xác định vị trí và tính chất ảnh.

Lời giải: Áp dụng công thức thấu kính: $1/f = 1/d + 1/d' \rightarrow 1/d' = 1/20 - 1/30 = (3-2)/60 = 1/60 \rightarrow d' = 60$ cm. Vì $d' > 0$ nên đây là ảnh thật, cách thấu kính 60 cm. Độ phóng đại: $k = -d'/d = -60/30 = -2$, dấu âm cho biết ảnh ngược chiều với vật và có độ lớn gấp 2 lần vật.

🔗 Ví dụ 3.2 (Thấu kính phân kỳ)

Một vật sáng cao 6 cm đặt cách thấu kính phân kỳ có tiêu cự 24 cm một khoảng $d = 24$ cm (bằng đúng tiêu cự). Xác định vị trí và độ cao ảnh.

Lời giải: Với thấu kính phân kỳ, $f = -24$ cm. Áp dụng công thức thấu kính: $1/f = 1/d + 1/d' \rightarrow 1/d' = 1/(-24) - 1/24 = -2/24 = -1/12 \rightarrow d' = -12$ cm (ảnh ảo, cách thấu kính 12 cm). Độ phóng đại: $k = -d'/d = -(-12)/24 = 0,5 \rightarrow$ độ cao ảnh $= 0,5 \times 6 = 3$ cm (ảnh cùng chiều, nhỏ hơn vật một nửa).

★ Mẹo giải nhanh dạng bài thấu kính

- Với thấu kính hội tụ: nếu $d > f$, ảnh luôn là ảnh thật; nếu $d < f$, ảnh luôn là ảnh ảo - hãy so sánh nhanh d với f trước khi tính toán để dự đoán trước loại ảnh, giúp kiểm tra chéo kết quả cuối cùng.
- Với thấu kính phân kỳ, ảnh luôn là ảnh ảo trong mọi trường hợp - không cần so sánh d với f .

► Em có biết?

Chiếc kính đeo mắt đầu tiên trong lịch sử được cho là xuất hiện ở Ý vào cuối thế kỷ 13, sử dụng các thấu kính hội tụ đơn giản mài từ thạch anh hoặc thủy tinh. Trước khi các định luật quang học được hiểu rõ, việc chế tạo kính chủ yếu dựa trên kinh nghiệm thử - sai của các thợ mài kính lành nghề, mãi đến nhiều thế kỷ sau các nhà khoa học mới giải thích được đầy đủ nguyên lý hoạt động của chúng bằng công thức thấu kính đã học trong chương này.

Bài tập tự luyện - Chương 3

1. Một thấu kính hội tụ có tiêu cự 15 cm. Vật đặt cách thấu kính 25 cm. Tính khoảng cách từ ảnh đến thấu kính và cho biết tính chất ảnh.
2. Một vật cao 4 cm đặt cách thấu kính phân kỳ có tiêu cự 20 cm một khoảng 30 cm. Tính khoảng cách ảnh đến thấu kính và độ cao của ảnh (gợi ý: với thấu kính phân kỳ, f mang giá trị âm).
3. Phân biệt đặc điểm ảnh tạo bởi thấu kính hội tụ (khi vật ở ngoài và trong tiêu cự) với ảnh tạo bởi thấu kính phân kỳ.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 3

- ✓ Thấu kính hội tụ (rìa mỏng, giữa dày) hội tụ chùm sáng song song tại tiêu điểm thật.
- ✓ Thấu kính phân kỳ (rìa dày, giữa mỏng) luôn cho ảnh ảo, cùng chiều, nhỏ hơn vật.
- ✓ Công thức thấu kính: $1/f = 1/d + 1/d'$; độ phóng đại $k = -d'/d$.
- ✓ Với thấu kính hội tụ, vật ngoài tiêu cự cho ảnh thật; vật trong tiêu cự cho ảnh ảo.

4.1 Cấu tạo và hoạt động của mắt

Về mặt quang học, mắt người có thể coi như một hệ thống gồm thể thủy tinh (đóng vai trò một thấu kính hội tụ) và màng lưới (võng mạc) (đóng vai trò như màn hứng ảnh). Ánh sáng từ vật đi qua giác mạc, thể thủy tinh, hội tụ tạo ảnh thật, ngược chiều và nhỏ hơn vật trên màng lưới - từ đó tín hiệu được truyền qua dây thần kinh thị giác lên não bộ để xử lý thành hình ảnh ta "nhìn thấy".

Điểm đặc biệt của thể thủy tinh là khả năng tự động thay đổi độ cong (và do đó thay đổi tiêu cự) để mắt có thể nhìn rõ các vật ở những khoảng cách khác nhau - gọi là sự điều tiết của mắt.

4.2 Các tật khúc xạ của mắt và cách khắc phục

- Cận thị: mắt chỉ nhìn rõ vật ở gần, không nhìn rõ vật ở xa - do ảnh của vật ở xa hội tụ trước màng lưới. Khắc phục bằng cách đeo thấu kính phân kỳ để kéo ảnh lùi về đúng màng lưới.
- Viễn thị: mắt chỉ nhìn rõ vật ở xa, không nhìn rõ vật ở gần (hoặc phải điều tiết nhiều mới nhìn rõ) - do ảnh của vật ở gần hội tụ sau màng lưới. Khắc phục bằng cách đeo thấu kính hội tụ.
- Lão thị: xảy ra ở người lớn tuổi do khả năng điều tiết của mắt suy giảm, khiến việc nhìn gần trở nên khó khăn - về bản chất triệu chứng gần giống viễn thị, cũng khắc phục bằng thấu kính hội tụ.

★ Mẹo ghi nhớ

- "Cận đeo phân kỳ, viễn đeo hội tụ" - đây là quy tắc cốt lõi để nhớ loại kính cần đeo tương ứng với từng tật khúc xạ của mắt.

4.3 Kính lúp

Kính lúp thực chất là một thấu kính hội tụ có tiêu cự ngắn, được dùng để quan sát các vật nhỏ. Khi đặt vật trong khoảng tiêu cự của kính lúp, ta thu được một ảnh ảo, cùng chiều và lớn hơn vật - giúp mắt quan sát chi tiết vật rõ ràng hơn so với khi nhìn trực tiếp.

Số bội giác của kính lúp (ngắm chừng ở vô cực): $G_{\infty} = \frac{Đ}{f}$
(Đ: khoảng cực cận của mắt, f: tiêu cự kính lúp)

4.4 Kính hiển vi và kính thiên văn

Kính hiển vi là hệ gồm hai thấu kính hội tụ (vật kính có tiêu cự rất ngắn và thị kính đóng vai trò như kính lúp), dùng để quan sát các vật rất nhỏ (tế bào, vi khuẩn) với độ phóng đại rất lớn, thường từ vài trăm đến hàng nghìn lần.

Kính thiên văn cũng là hệ hai thấu kính (hoặc kết hợp gương cầu và thấu kính với kính thiên văn phản xạ), nhưng vật kính có tiêu cự rất lớn, dùng để quan sát các thiên thể ở khoảng cách cực xa (Mặt Trăng, các hành tinh, các ngôi sao) - làm cho ảnh của vật ở xa hiện lên với

góc trông lớn hơn nhiều so với khi quan sát bằng mắt thường.

4.5 Máy ảnh

Máy ảnh hoạt động dựa trên nguyên lý tương tự mắt người: vật kính (một hệ thấu kính hội tụ) tạo ra ảnh thật, ngược chiều và nhỏ hơn vật trên cảm biến (hoặc phim ảnh trong máy ảnh cổ điển) - đóng vai trò tương tự như màng lưới của mắt. Khác với mắt có thể tự điều tiết, máy ảnh điều chỉnh nét bằng cách thay đổi khoảng cách giữa vật kính và cảm biến.

► Em có biết?

Nguyên lý hoạt động cơ bản của máy ảnh và mắt người giống đến mức từ "camera" (máy ảnh) và "camera obscura" (buồng tối - tiền thân của máy ảnh) đã được các nhà khoa học và họa sĩ thời Phục Hưng như Leonardo da Vinci nghiên cứu và mô tả từ hàng trăm năm trước khi máy ảnh hiện đại ra đời, dựa trên chính hiện tượng ánh sáng đi qua một lỗ nhỏ tạo ảnh ngược trên tường đối diện.

4.6 Kính áp tròng và phẫu thuật khúc xạ bằng laser

Ngoài kính gọng truyền thống, ngày nay còn có hai phương pháp phổ biến khác để khắc phục tật khúc xạ của mắt:

- Kính áp tròng (contact lens): về bản chất quang học vẫn là một thấu kính (hội tụ hoặc phân kỳ tùy tật khúc xạ), nhưng được đặt trực tiếp lên giác mạc thay vì cách mắt một khoảng như kính gọng - giúp trường nhìn rộng hơn và không bị vướng khi vận động mạnh.
- Phẫu thuật khúc xạ bằng laser (LASIK): sử dụng tia laser (đã giới thiệu ở mục 9.4) để bào mỏng và định hình lại chính xác hình dạng giác mạc, thay đổi trực tiếp khả năng hội tụ ánh sáng của mắt mà không cần đeo kính hỗ trợ - đây là ứng dụng y học điển hình kết hợp cả kiến thức về mắt (Chương 4) lẫn công nghệ laser hiện đại.

🔧 Ví dụ 4.1

Một người bị viễn thị, điểm cực cận cách mắt 100 cm (bình thường điểm cực cận của mắt khỏe mạnh là 25 cm). Người này cần đeo kính có tiêu cự bao nhiêu để nhìn rõ vật đặt cách mắt 25 cm (giống người mắt thường)?

Lời giải: Kính cần tạo ảnh ảo của vật đặt tại $d = 25$ cm sao cho ảnh đó nằm đúng tại điểm cực cận thực tế của mắt ($d' = -100$ cm, dấu âm vì là ảnh ảo). Áp dụng công thức thấu kính: $1/f = 1/d + 1/d' = 1/25 + 1/(-100) = 4/100 - 1/100 = 3/100 \rightarrow f \approx 33,3$ cm. Vậy người này cần đeo thấu kính hội tụ có tiêu cự khoảng 33,3 cm.

Bài tập tự luyện - Chương 4

1. Một người bị cận thị chỉ nhìn rõ được các vật cách mắt không quá 50 cm. Người này cần đeo loại thấu kính nào để nhìn rõ vật ở xa? Giải thích ngắn gọn.
2. Một kính lúp có tiêu cự 5 cm, khoảng cực cận của mắt người quan sát là 25 cm. Tính số bội giác của kính lúp khi ngắm chừng ở vô cực.
3. So sánh điểm giống và khác nhau giữa cấu tạo quang học của mắt người và máy ảnh.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 4

- ✓ Mắt hoạt động như một hệ quang học với thể thủy tinh (thấu kính) và màng lưới (màn hứng ảnh).
- ✓ Cận thị khắc phục bằng thấu kính phân kỳ; viễn thị và lão thị khắc phục bằng thấu kính hội tụ.
- ✓ Kính lúp là thấu kính hội tụ tiêu cự ngắn, tạo ảnh ảo lớn hơn vật.
- ✓ Kính hiển vi và kính thiên văn là hệ hai thấu kính, dùng quan sát vật rất nhỏ hoặc rất xa.
- ✓ Máy ảnh hoạt động theo nguyên lý quang học tương tự mắt người.

5.1 Thí nghiệm tán sắc ánh sáng của Newton

Năm 1666, Isaac Newton thực hiện một thí nghiệm kinh điển: cho một chùm ánh sáng Mặt Trời hẹp đi qua một lăng kính thủy tinh (khối trong suốt có tiết diện hình tam giác). Kết quả thu được trên màn không phải một vệt sáng trắng như tia tới, mà là một dải màu biến thiên liên tục từ đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm đến tím - gọi là hiện tượng tán sắc ánh sáng.

Newton giải thích rằng ánh sáng trắng (ánh sáng Mặt Trời) thực chất là hỗn hợp của nhiều ánh sáng màu đơn sắc khác nhau. Vì chiết suất của thủy tinh đối với mỗi màu ánh sáng là khác nhau (chiết suất với ánh sáng tím lớn nhất, với ánh sáng đỏ nhỏ nhất), mỗi màu bị lăng kính làm lệch với góc khác nhau, khiến chúng tách rời nhau ra sau khi qua lăng kính.

5.2 Ánh sáng đơn sắc và ánh sáng trắng

Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng có một màu (một bước sóng) xác định, không bị tán sắc thêm khi đi qua lăng kính (chỉ bị lệch phương truyền, không tách thành các màu khác). Ánh sáng trắng (như ánh sáng Mặt Trời, ánh sáng đèn sợi đốt) là hỗn hợp của rất nhiều ánh sáng đơn sắc có bước sóng biến thiên liên tục.

Ví dụ 5.1

Vì sao khi chiếu một tia sáng đơn sắc màu đỏ qua lăng kính, trên màn chỉ thu được một vệt sáng màu đỏ bị lệch phương, mà không có hiện tượng tán sắc thành nhiều màu?

Lời giải: Vì ánh sáng đơn sắc chỉ chứa một bước sóng (một màu) duy nhất, không phải hỗn hợp của nhiều màu như ánh sáng trắng, nên khi qua lăng kính chỉ có hiện tượng khúc xạ làm lệch phương truyền (theo đúng một góc lệch nhất định ứng với chiết suất của lăng kính đối với màu đỏ), không có sự tách màu vì không có gì để tách ra cả.

5.3 Sự trộn màu ánh sáng và màu sắc các vật

Khi trộn các ánh sáng màu khác nhau, ta thu được các màu mới, tuân theo quy luật cộng màu ánh sáng (khác với quy luật pha trộn màu vẽ/màu sắc tố mà ta thường học ở môn Mỹ thuật): ba màu ánh sáng cơ bản đỏ, lục, lam khi trộn với nhau theo các tỉ lệ khác nhau có thể tạo ra hầu hết các màu sắc mà mắt người cảm nhận được, và khi trộn đủ ba màu này với cường độ bằng nhau sẽ thu được ánh sáng trắng.

Màu sắc mà ta nhìn thấy ở một vật không tự phát sáng phụ thuộc vào ánh sáng nào vật đó hấp thụ và ánh sáng nào vật đó phản xạ lại. Ví dụ, một chiếc áo màu đỏ dưới ánh sáng trắng là vì bề mặt áo hấp thụ hầu hết các màu khác và chỉ phản xạ lại ánh sáng đỏ đến mắt ta.

★ Thí nghiệm tư duy thú vị

- Nếu chiếu một chiếc áo màu đỏ dưới ánh sáng đơn sắc màu lục (không có thành phần đỏ), chiếc áo sẽ có vẻ như chuyển sang màu đen (hoặc rất tối) - vì không có ánh sáng đỏ nào để áo phản xạ lại, trong khi áo lại hấp thụ hầu hết ánh sáng lục chiếu tới.

► Em có biết?

Màn hình điện thoại, tivi mà bạn đang xem hằng ngày thực chất chỉ dùng ba màu ánh sáng cơ bản: Đỏ (Red), Lục (Green), Lam (Blue) - viết tắt là hệ màu RGB. Hàng triệu điểm ảnh nhỏ li ti kết hợp ba màu này với cường độ khác nhau đã tạo nên toàn bộ dải màu sắc phong phú mà bạn nhìn thấy trên màn hình.

Bảng bước sóng ứng với các màu ánh sáng đơn sắc

Màu sắc	Bước sóng gần đúng (nm)	Ghi chú
Đỏ	620 - 760	Bước sóng dài nhất trong dải nhìn thấy
Cam	590 - 620	-
Vàng	570 - 590	-
Lục (xanh lá)	495 - 570	Mắt người nhạy cảm nhất với vùng này
Lam (xanh dương)	450 - 495	-
Chàm - Tím	380 - 450	Bước sóng ngắn nhất trong dải nhìn thấy

Bài tập tự luyện - Chương 5

- Giải thích vì sao ánh sáng Mặt Trời khi đi qua lăng kính lại tách thành dải bảy màu, còn tia laser (ánh sáng đơn sắc) thì không.
- Một tấm kính lọc chỉ cho ánh sáng màu lam đi qua. Nếu chiếu ánh sáng trắng vào tấm kính này, ánh sáng ló ra có màu gì? Giải thích.
- Vì sao khi nhìn một chiếc lá cây dưới ánh sáng trắng ta thấy nó có màu xanh lục?

TỔNG KẾT CHƯƠNG 5

- ✓ Ánh sáng trắng là hỗn hợp của nhiều ánh sáng đơn sắc có bước sóng khác nhau.
- ✓ Sự tán sắc ánh sáng xảy ra do chiết suất của lăng kính khác nhau đối với mỗi màu ánh sáng.
- ✓ Ánh sáng đơn sắc không bị tán sắc thêm khi qua lăng kính, chỉ bị lệch phương truyền.
- ✓ Màu sắc một vật không tự phát sáng phụ thuộc vào ánh sáng mà vật đó phản xạ lại.

6.1 Ánh sáng là một loại sóng điện từ

Trong suốt phần lớn sách này, ta đã dùng mô hình tia sáng để giải thích các hiện tượng phản xạ, khúc xạ. Tuy nhiên, các nghiên cứu của Huygens, Young, Fresnel và sau này là Maxwell đã chứng minh rằng ánh sáng thực chất là một dạng sóng điện từ - dao động của điện trường và từ trường lan truyền trong không gian, kể cả trong chân không (không cần môi trường vật chất để truyền như sóng âm).

Liên hệ bước sóng - tần số: $\lambda = c/f$ ($c \approx 3 \times 10^8$ m/s: tốc độ ánh sáng trong chân không)

Mỗi màu ánh sáng đơn sắc ứng với một bước sóng (hoặc tần số) xác định trong khoảng ánh sáng nhìn thấy được (khoảng 380-760 nanomet), với ánh sáng tím có bước sóng ngắn nhất và ánh sáng đỏ có bước sóng dài nhất trong dải quang phổ nhìn thấy.

6.2 Hiện tượng giao thoa ánh sáng - Thí nghiệm Y-âng

Năm 1801, nhà khoa học Thomas Young thực hiện thí nghiệm cho ánh sáng đi qua hai khe hẹp song song rất gần nhau, sau đó chiếu lên một màn quan sát. Kết quả thu được không phải hai vệt sáng đơn giản, mà là một hệ thống các vân sáng và vân tối xen kẽ nhau - đây chính là hiện tượng giao thoa ánh sáng, bằng chứng thuyết phục cho bản chất sóng của ánh sáng (vì chỉ sóng mới có thể giao thoa, tăng cường hoặc triệt tiêu lẫn nhau).

Khoảng vân: $i = \lambda D/a$

(λ : bước sóng ánh sáng, D : khoảng cách từ khe đến màn, a : khoảng cách hai khe)

Ví dụ 6.1

Trong thí nghiệm Y-âng, hai khe cách nhau $a = 0,5$ mm, màn quan sát cách hai khe $D = 2$ m, ánh sáng dùng có bước sóng $\lambda = 0,6$ μm . Tính khoảng vân i .

Lời giải: Đổi đơn vị: $a = 0,5 \times 10^{-3}$ m, $\lambda = 0,6 \times 10^{-6}$ m. Áp dụng công thức: $i = \lambda D/a = (0,6 \times 10^{-6} \times 2)/(0,5 \times 10^{-3}) = 2,4 \times 10^{-3}$ m = 2,4 mm.

★ Mẹo ghi nhớ

- Khoảng vân i tỉ lệ thuận với bước sóng λ - đây là lý do khi làm thí nghiệm Y-âng với ánh sáng đỏ (bước sóng dài hơn), hệ vân giao thoa quan sát được sẽ "thưa" hơn (khoảng vân rộng hơn) so với khi dùng ánh sáng tím (bước sóng ngắn hơn).

6.3 Ứng dụng của giao thoa ánh sáng

- Đo bước sóng ánh sáng: từ công thức khoảng vân, nếu biết a , D và đo được i , ta có thể tính ngược lại được bước sóng λ của ánh sáng đang dùng - đây từng là một trong những phương pháp đầu tiên xác định chính xác bước sóng ánh sáng nhìn thấy.

- Lớp phủ chống phản xạ trên tròng kính, ống kính máy ảnh: dựa trên nguyên lý giao thoa triệt tiêu, các lớp phủ mỏng được thiết kế để ánh sáng phản xạ từ hai mặt của lớp phủ giao thoa triệt tiêu lẫn nhau, giảm đáng kể lượng ánh sáng phản xạ gây chói, lóa.
- Màu sắc lung linh trên bong bóng xà phòng, vầng dầu trên mặt nước: là kết quả của hiện tượng giao thoa ánh sáng trắng qua lớp màng mỏng có độ dày thay đổi, khiến các màu khác nhau bị tăng cường hoặc triệt tiêu tại từng vị trí khác nhau trên bề mặt.

Ví dụ 6.2 (Vân tối)

Vẫn với dữ kiện thí nghiệm Y-âng ở Ví dụ 6.1 ($i = 2,4 \text{ mm}$), hãy xác định vị trí vân tối thứ 2 tính từ vân trung tâm.

Lời giải: Vị trí vân tối được tính theo công thức $x = (k + \frac{1}{2}).i$, với vân tối thứ nhất ứng với $k = 0$, vân tối thứ hai ứng với $k = 1$: $x = (1 + \frac{1}{2}) \times 2,4 = 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ mm}$.

Bài tập tự luyện - Chương 6

1. Trong thí nghiệm Y-âng, hai khe cách nhau 1 mm, màn cách hai khe 2,5 m, khoảng vân đo được là 1,5 mm. Tính bước sóng ánh sáng dùng trong thí nghiệm.
2. Giải thích vì sao chỉ khi dùng ánh sáng đơn sắc (hoặc ánh sáng kết hợp), ta mới quan sát được hệ vân giao thoa rõ nét trong thí nghiệm Y-âng.
3. Giải thích hiện tượng màu sắc lung linh biến đổi trên một bong bóng xà phòng dựa trên hiện tượng giao thoa ánh sáng.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 6

- ✓ Ánh sáng là một loại sóng điện từ, có thể truyền được trong chân không.
- ✓ Thí nghiệm Y-âng chứng minh bản chất sóng của ánh sáng qua hiện tượng giao thoa.
- ✓ Công thức khoảng vân: $i = \lambda D/a$.
- ✓ Giao thoa ánh sáng được ứng dụng để đo bước sóng và tạo lớp phủ chống phản xạ.

7.1 Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng

Nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng ánh sáng bị lệch khỏi phương truyền thẳng khi đi qua một khe hẹp hoặc gặp một vật cản có kích thước nhỏ, gần tương đương với bước sóng ánh sáng - kết quả là ánh sáng có thể "vòng" ra sau vật cản, đi vào cả những vùng lẽ ra phải là bóng tối hoàn toàn nếu ánh sáng chỉ truyền thẳng tuyệt đối.

Cùng với giao thoa, hiện tượng nhiễu xạ là một trong những bằng chứng quan trọng khẳng định bản chất sóng của ánh sáng - vì hiện tượng "uốn quanh vật cản" là đặc trưng của sóng nói chung (sóng nước, sóng âm cũng có hiện tượng nhiễu xạ tương tự), không thể giải thích được nếu chỉ coi ánh sáng gồm các tia thẳng tuyệt đối.

★ Vì sao ta ít khi để ý hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng?

- Bước sóng ánh sáng nhìn thấy rất nhỏ (cỡ vài trăm nanomet), nên hiện tượng nhiễu xạ chỉ thể hiện rõ rệt khi khe hoặc vật cản có kích thước rất nhỏ, cỡ gần bằng bước sóng ánh sáng - đây là lý do trong đời sống hằng ngày, với các vật cản kích thước lớn (cửa sổ, bức tường), ta gần như chỉ quan sát thấy ánh sáng truyền thẳng và tạo bóng rõ nét, ít khi nhận ra hiện tượng nhiễu xạ.

7.2 Hiện tượng phân cực ánh sáng

Ánh sáng tự nhiên (như ánh sáng Mặt Trời, ánh sáng đèn) dao động theo mọi phương vuông góc với phương truyền. Khi cho ánh sáng tự nhiên đi qua một số loại vật liệu đặc biệt (gọi là kính phân cực), chỉ có thành phần ánh sáng dao động theo một phương xác định mới có thể truyền qua được - ánh sáng thu được gọi là ánh sáng phân cực.

Đây cũng là một bằng chứng cho thấy ánh sáng là sóng ngang (phương dao động vuông góc với phương truyền sóng) - vì hiện tượng phân cực chỉ xảy ra với sóng ngang, không xảy ra với sóng dọc (như sóng âm).

► Em có biết?

Kính râm phân cực (polarized sunglasses) sử dụng nguyên lý phân cực ánh sáng để giảm chói: ánh sáng phản xạ từ các bề mặt nằm ngang như mặt nước, mặt đường thường bị phân cực theo phương ngang, và kính phân cực được thiết kế để chặn chính thành phần ánh sáng chói này, trong khi vẫn cho phần lớn ánh sáng thông thường đi qua, giúp người đeo nhìn rõ hơn mà không bị lóa mắt.

Ví dụ 7.1

Hai tấm kính phân cực được đặt chồng lên nhau. Khi trục phân cực của chúng song song, ánh sáng truyền qua khá nhiều. Nếu xoay dần một tấm kính đi 90° so với tấm còn lại, ánh sáng truyền qua thay đổi như thế nào? Giải thích.

Lời giải: Khi hai trục phân cực song song, ánh sáng đã bị phân cực bởi tấm kính thứ nhất có thể truyền qua gần như hoàn toàn qua tấm thứ hai. Khi xoay dần đến khi hai trục vuông góc nhau (lệch 90°), hầu như không còn ánh sáng nào truyền qua được cả hệ hai tấm kính - vì ánh sáng đã bị phân cực theo một phương xác định bởi tấm thứ nhất, còn tấm thứ hai chỉ cho phép ánh sáng dao động theo phương vuông góc với phương đó đi qua.

Bài tập tự luyện - Chương 7

1. Giải thích ngắn gọn vì sao hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng khó quan sát được trong đời sống hằng ngày với các vật cản có kích thước lớn.
2. Nêu một ứng dụng thực tế của hiện tượng phân cực ánh sáng mà em biết, giải thích nguyên lý hoạt động cơ bản.
3. Tại sao hiện tượng phân cực ánh sáng lại là bằng chứng cho thấy ánh sáng là sóng ngang chứ không phải sóng dọc?

TỔNG KẾT CHƯƠNG 7

- ✓ Nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng ánh sáng lệch khỏi đường truyền thẳng khi qua khe hẹp hoặc vật cản nhỏ - bằng chứng cho bản chất sóng của ánh sáng.
- ✓ Phân cực ánh sáng là hiện tượng chỉ giữ lại thành phần ánh sáng dao động theo một phương xác định - bằng chứng cho thấy ánh sáng là sóng ngang.
- ✓ Kính râm phân cực ứng dụng hiện tượng phân cực để giảm chói từ ánh sáng phản xạ.

8.1 Máy quang phổ và các loại quang phổ

Máy quang phổ là dụng cụ dùng để phân tích ánh sáng phức tạp thành các thành phần đơn sắc, dựa trên nguyên lý tán sắc ánh sáng qua lăng kính (đã học ở Chương 5) hoặc nhiễu xạ qua cách tử. Dựa vào đặc điểm quang phổ thu được, người ta phân thành ba loại chính:

- Quang phổ liên tục: là một dải màu biến đổi liên tục từ đỏ đến tím, do các vật rắn, lỏng hoặc khí ở áp suất lớn khi bị nung nóng phát ra (ví dụ: dây tóc bóng đèn sợi đốt).
- Quang phổ vạch phát xạ: gồm các vạch sáng riêng lẻ, màu sắc khác nhau, ngăn cách bởi các khoảng tối, do các chất khí ở áp suất thấp phát ra khi bị kích thích (ví dụ: đèn hơi natri, hơi thủy ngân). Mỗi nguyên tố hóa học có một hệ vạch quang phổ đặc trưng riêng, giống như "vân tay" của nguyên tố đó.
- Quang phổ vạch hấp thụ: là quang phổ liên tục nhưng bị thiếu đi một số vạch màu (xuất hiện dưới dạng các vạch tối) do ánh sáng đi qua một khối khí ở nhiệt độ thấp hơn nguồn sáng phía sau, khối khí này hấp thụ đúng những bước sóng mà nó có thể phát ra.

► Em có biết?

Nhờ phân tích quang phổ vạch hấp thụ trong ánh sáng Mặt Trời, các nhà khoa học đã xác định được thành phần hóa học của Mặt Trời và các ngôi sao xa xôi - dù chưa từng có bất kỳ phi thuyền hay thiết bị nào thực sự chạm tới các thiên thể đó. Đây là một trong những ứng dụng ấn tượng nhất của quang phổ học trong ngành Thiên văn học.

8.2 Tia hồng ngoại và tia tử ngoại

Ngoài dải ánh sáng nhìn thấy, còn tồn tại các loại bức xạ điện từ có bước sóng nằm ngoài khoảng mắt người cảm nhận được:

- Tia hồng ngoại: có bước sóng dài hơn ánh sáng đỏ, do các vật có nhiệt độ cao hơn môi trường xung quanh phát ra. Có tác dụng nhiệt mạnh, được ứng dụng trong điều khiển từ xa, camera nhìn đêm, sấy khô nông sản, sưởi ấm hồng ngoại.
- Tia tử ngoại: có bước sóng ngắn hơn ánh sáng tím, do các vật có nhiệt độ rất cao (như bề mặt Mặt Trời, hồ quang điện) phát ra. Có tác dụng sinh học và hóa học mạnh, được ứng dụng để diệt khuẩn, khử trùng nước, nhưng cũng là nguyên nhân gây cháy nắng, tổn thương da nếu tiếp xúc quá nhiều.

8.3 Tia X (tia Rơn-ghen)

Tia X có bước sóng ngắn hơn tia tử ngoại rất nhiều, được phát hiện năm 1895 bởi nhà vật lý người Đức Wilhelm Röntgen. Đặc điểm nổi bật của tia X là khả năng đâm xuyên mạnh qua nhiều loại vật chất mà ánh sáng thường không xuyên qua được (giấy, gỗ, các mô mềm của cơ thể), nhưng bị cản lại đáng kể bởi các vật liệu dày đặc như xương, kim loại.

★ Ứng dụng thực tế

- Nhờ khả năng đâm xuyên chọn lọc này, tia X được sử dụng rộng rãi trong y học để chụp X-quang xương, phát hiện dị vật trong cơ thể, và trong công nghiệp để kiểm tra khuyết tật bên trong các mối hàn, vật đúc kim loại mà không cần phá hủy mẫu vật.

8.4 Thang sóng điện từ

Tất cả các loại bức xạ đã đề cập - từ sóng vô tuyến, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia X đến tia gamma - đều có cùng bản chất là sóng điện từ, chỉ khác nhau về bước sóng (và tần số). Toàn bộ dải bước sóng này được sắp xếp liên tục, gọi là thang sóng điện từ.

Loại bức xạ	Bước sóng (gần đúng)	Đặc điểm nổi bật
Sóng vô tuyến	$> 0,1 \text{ mm}$	Dùng trong phát thanh, truyền hình
Tia hồng ngoại	$760 \text{ nm} - 0,1 \text{ mm}$	Tác dụng nhiệt mạnh
Ánh sáng nhìn thấy	$380 - 760 \text{ nm}$	Mắt người cảm nhận được
Tia tử ngoại	$10 - 380 \text{ nm}$	Tác dụng sinh học, hóa học mạnh
Tia X	$0,01 - 10 \text{ nm}$	Khả năng đâm xuyên mạnh
Tia gamma	$< 0,01 \text{ nm}$	Năng lượng rất cao, đâm xuyên cực mạnh

Quy luật chung: bước sóng càng ngắn thì tần số càng lớn, năng lượng của mỗi photon bức xạ đó càng cao, và khả năng đâm xuyên (cũng như mức độ nguy hiểm đối với cơ thể sống) thường càng lớn.

🔧 Ví dụ 8.1

Ánh sáng nhìn thấy có bước sóng trong khoảng từ 380 nm (tím) đến 760 nm (đỏ). Biết tốc độ ánh sáng trong chân không $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, tính tần số ứng với bước sóng 500 nm (ánh sáng lục).

Lời giải: Áp dụng công thức $\lambda = c/f \rightarrow f = c/\lambda = (3 \times 10^8)/(500 \times 10^{-9}) = (3 \times 10^8)/(5 \times 10^{-7}) = 6 \times 10^{14} \text{ Hz}$. Đây là tần số dao động cực lớn, khoảng 600 nghìn tỷ dao động mỗi giây - cho thấy vì sao mắt người không thể "đếm" trực tiếp các dao động này mà chỉ cảm nhận được kết quả tổng hợp dưới dạng màu sắc.

Bài tập tự luyện - Chương 8

1. Phân biệt quang phổ liên tục, quang phổ vạch phát xạ và quang phổ vạch hấp thụ về nguồn gốc phát sinh.
2. Vì sao tia X được dùng trong y học để chụp ảnh xương mà không gây hại nghiêm trọng như tia gamma (dù cả hai đều là bức xạ có khả năng đâm xuyên)?
3. Sắp xếp các loại bức xạ sau theo thứ tự bước sóng tăng dần: tia tử ngoại, sóng vô tuyến, ánh sáng nhìn thấy, tia X.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 8

- ✓ Có ba loại quang phổ: liên tục, vạch phát xạ, vạch hấp thụ - mỗi loại có nguồn gốc phát sinh riêng.
- ✓ Tia hồng ngoại có tác dụng nhiệt mạnh; tia tử ngoại có tác dụng sinh học, hóa học mạnh.
- ✓ Tia X có khả năng đâm xuyên mạnh, ứng dụng nhiều trong y học và công nghiệp.
- ✓ Thang sóng điện từ sắp xếp các loại bức xạ theo bước sóng, từ sóng vô tuyến đến tia gamma.

Chương này sẽ giải đáp một số câu hỏi thú vị về ánh sáng trong tự nhiên, đồng thời giới thiệu những công nghệ hiện đại đang thay đổi cuộc sống của chúng ta, tất cả đều dựa trên các nguyên lý Quang học đã học ở các chương trước.

9.1 Vì sao bầu trời có màu xanh, hoàng hôn có màu đỏ?

Ánh sáng Mặt Trời khi đi qua bầu khí quyển sẽ bị các phân tử khí (chủ yếu là nitơ và oxy) làm tán xạ - tức là bị hắt đi theo nhiều hướng khác nhau. Hiện tượng tán xạ này xảy ra mạnh hơn rất nhiều đối với ánh sáng có bước sóng ngắn (như ánh sáng lam, tím) so với ánh sáng có bước sóng dài (như ánh sáng đỏ, cam) - đây gọi là tán xạ Rayleigh.

Vào ban ngày, khi Mặt Trời ở trên cao, ánh sáng chỉ cần đi qua một lớp khí quyển tương đối mỏng để đến mắt ta - ánh sáng lam bị tán xạ mạnh theo mọi hướng khiến bầu trời có màu xanh lam (dù mắt người ít nhạy với ánh sáng tím hơn lam nên ta thấy trời màu xanh lam chứ không phải tím). Vào lúc hoàng hôn, Mặt Trời ở gần đường chân trời, ánh sáng phải đi qua một lớp khí quyển dày hơn rất nhiều - hầu hết ánh sáng lam, tím đã bị tán xạ hết dọc đường, chỉ còn lại chủ yếu ánh sáng đỏ, cam (ít bị tán xạ hơn) truyền tới mắt ta trực tiếp, tạo nên sắc đỏ cam đặc trưng của hoàng hôn.

9.2 Cầu vồng được hình thành như thế nào?

Cầu vồng hình thành khi ánh sáng Mặt Trời chiếu vào các hạt nước mưa còn lơ lửng trong không khí. Bên trong mỗi hạt nước, ánh sáng trắng bị khúc xạ khi đi vào giọt nước, sau đó bị phản xạ toàn phần ở mặt trong của giọt nước, rồi lại bị khúc xạ thêm một lần nữa khi ló ra khỏi giọt nước - quá trình khúc xạ hai lần này chính là nguyên nhân tán sắc ánh sáng trắng thành dải bảy màu, tương tự như thí nghiệm lăng kính của Newton nhưng với vô số "lăng kính hình cầu" tí hon là các giọt nước mưa.

★ Vì sao đôi khi có cầu vồng đôi?

- Cầu vồng thứ hai (mờ hơn, nằm phía ngoài cầu vồng chính, và có thứ tự màu sắc bị đảo ngược) hình thành do ánh sáng bị phản xạ toàn phần hai lần bên trong giọt nước trước khi ló ra ngoài, thay vì chỉ một lần như cầu vồng chính - mỗi lần phản xạ thêm sẽ làm cường độ ánh sáng giảm đi, đó là lý do cầu vồng phụ luôn mờ hơn cầu vồng chính.

9.3 Sợi quang học và truyền thông hiện đại

Sợi quang học là một sợi trong suốt rất mảnh (thường làm từ thủy tinh siêu tinh khiết), gồm phần lõi có chiết suất lớn hơn được bao bọc bởi lớp vỏ có chiết suất nhỏ hơn. Khi ánh sáng đi vào lõi sợi quang với góc tới đủ lớn, nó liên tục bị phản xạ toàn phần tại mặt phân cách giữa lõi và vỏ, giúp ánh sáng truyền đi dọc theo sợi quang trên quãng đường rất dài (hàng trăm, hàng nghìn km) mà hầu như không thất thoát ra ngoài.

Thông tin (dữ liệu Internet, cuộc gọi điện thoại, hình ảnh) được mã hóa thành các xung ánh sáng truyền qua sợi quang với tốc độ cực nhanh, gần bằng tốc độ ánh sáng trong sợi quang - đây chính là hạ tầng cốt lõi của mạng Internet toàn cầu hiện nay, thay thế phần lớn cho dây cáp đồng truyền thống nhờ băng thông lớn hơn và tổn hao tín hiệu thấp hơn nhiều.

9.4 Tia laser - ánh sáng đặc biệt

Laser (viết tắt của "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation") là một nguồn sáng đặc biệt, phát ra chùm ánh sáng có những tính chất khác hẳn ánh sáng thông thường: đơn sắc rất cao (gần như chỉ một bước sóng duy nhất), định hướng cao (chùm tia gần như song song tuyệt đối, ít bị phân kỳ dù truyền đi xa), và kết hợp (các sóng ánh sáng dao động cùng pha với nhau).

- Y học: laser dùng trong phẫu thuật mắt (chữa cận thị, đục thủy tinh thể), phẫu thuật thẩm mỹ, điều trị một số bệnh ngoài da.
- Công nghiệp: cắt, khắc, hàn kim loại và nhiều vật liệu khác với độ chính xác rất cao.
- Công nghệ thông tin: đầu đọc đĩa CD/DVD/Blu-ray, máy in laser, và là nguồn sáng chính được sử dụng để truyền tín hiệu qua sợi quang học đã đề cập ở mục 9.3.
- Đo lường chính xác: máy đo khoảng cách laser, máy thủy bình laser trong xây dựng, và thậm chí được dùng để đo khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng với độ chính xác đến từng centimet.

► Em có biết?

Các phi hành gia trong chương trình Apollo đã để lại những tấm gương phản xạ đặc biệt trên bề mặt Mặt Trăng. Đến ngày nay, các nhà khoa học vẫn có thể chiếu tia laser từ Trái Đất, phản xạ qua các tấm gương này và đo thời gian ánh sáng đi - về để tính khoảng cách Trái Đất - Mặt Trăng với độ chính xác đáng kinh ngạc, chỉ sai lệch vài centimet trên quãng đường gần 384.000 km!

9.5 Công nghệ màn hình hiển thị hiện đại

Màn hình điện thoại, máy tính, tivi mà chúng ta sử dụng hằng ngày cũng là những ứng dụng tinh vi của Quang học, đặc biệt liên quan đến sự trộn màu ánh sáng đã học ở mục 5.3:

- Màn hình LCD (Liquid Crystal Display): sử dụng một lớp đèn nền phát ánh sáng trắng, kết hợp với các tinh thể lỏng có khả năng xoay phương phân cực ánh sáng (dựa trên hiện tượng phân cực đã học ở mục 7.2) để điều khiển lượng ánh sáng đi qua từng điểm ảnh, kết hợp với các bộ lọc màu đỏ - lục - lam để tạo ra màu sắc mong muốn.
- Màn hình OLED (Organic Light-Emitting Diode): khác với LCD, mỗi điểm ảnh trong màn hình OLED tự phát sáng độc lập (đóng vai trò như một nguồn sáng cực nhỏ), không cần đèn nền riêng - nhờ vậy màn hình OLED có thể hiển thị màu đen thực sự (tắt hẳn điểm ảnh) và có độ tương phản cao hơn đáng kể so với LCD truyền thống.

★ Kết nối kiến thức

• Dù công nghệ chế tạo khác nhau, cả hai loại màn hình đều dựa trên cùng một nguyên lý trộn màu ánh sáng RGB (đỏ - lục - lam) đã học ở mục 5.3 - một minh chứng cho thấy các nguyên lý Quang học cơ bản vẫn là nền tảng cho cả những công nghệ hiển thị tiên tiến nhất hiện nay.

Bài tập tự luyện - Chương 9

1. Giải thích vì sao bầu trời ban ngày có màu xanh lam nhưng vào lúc hoàng hôn lại chuyển sang màu đỏ cam, dựa trên hiện tượng tán xạ ánh sáng.
2. Trình bày ngắn gọn quá trình ánh sáng bị khúc xạ và phản xạ bên trong một giọt nước mưa để tạo thành cầu vồng.
3. Nêu hai tính chất đặc biệt của tia laser so với ánh sáng thông thường, và một ứng dụng tương ứng với mỗi tính chất đó.
4. So sánh điểm khác nhau cơ bản giữa nguyên lý hoạt động của màn hình LCD và màn hình OLED.

TỔNG KẾT CHƯƠNG 9

- ✓ Bầu trời xanh và hoàng hôn đỏ đều là kết quả của hiện tượng tán xạ Rayleigh phụ thuộc bước sóng.
- ✓ Cầu vồng hình thành do ánh sáng bị khúc xạ - phản xạ toàn phần - khúc xạ bên trong giọt nước mưa.
- ✓ Sợi quang học ứng dụng hiện tượng phản xạ toàn phần để truyền dữ liệu tốc độ cao.
- ✓ Laser có tính đơn sắc, định hướng và kết hợp cao, ứng dụng rộng rãi trong y học, công nghiệp, công nghệ thông tin.

Chương này tổng hợp các câu hỏi trắc nghiệm bao quát toàn bộ nội dung Quang học đã học, giúp bạn tự kiểm tra mức độ nắm vững kiến thức. Đáp án được tổng hợp tại Phụ lục B cuối sách.

Chương 0 - Ánh sáng là gì?

1. Vật nào sau đây là nguồn sáng?

- A. Mặt Trăng B. Ngọn nến đang cháy C. Trang giấy trắng D. Gương phẳng

2. Trong môi trường trong suốt và đồng tính, ánh sáng truyền đi theo:

- A. Đường tròn B. Đường cong bất kỳ C. Đường thẳng D. Đường gấp khúc

3. Bóng nửa tối hình thành khi:

- A. Nguồn sáng là nguồn sáng điểm B. Nguồn sáng có kích thước đáng kể C. Không có vật cản D. Vật cản trong suốt

Chương 1 - Phản xạ ánh sáng

1. Theo định luật phản xạ ánh sáng:

- A. Góc phản xạ lớn hơn góc tới B. Góc phản xạ nhỏ hơn góc tới C. Góc phản xạ bằng góc tới D. Không có mối liên hệ xác định

2. Ảnh tạo bởi gương phẳng có đặc điểm:

- A. Ảnh thật, nhỏ hơn vật B. Ảnh ảo, bằng vật C. Ảnh thật, bằng vật D. Ảnh ảo, lớn hơn vật

3. Gương nào sau đây thường được dùng làm gương chiếu hậu ô tô để mở rộng vùng quan sát?

- A. Gương phẳng B. Gương cầu lõm C. Gương cầu lồi D. Không loại nào phù hợp

Chương 2 - Khúc xạ ánh sáng

1. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng xảy ra khi:

- A. Ánh sáng gặp gương phẳng B. Ánh sáng truyền qua mặt phân cách hai môi trường trong suốt khác nhau C. Ánh sáng bị hấp thụ hoàn toàn D. Ánh sáng truyền trong chân không

2. Phản xạ toàn phần xảy ra khi ánh sáng truyền từ môi trường:

- A. Chiết quang kém sang chiết quang hơn B. Chiết quang hơn sang chiết quang kém với góc tới đủ lớn C. Có cùng chiết suất D. Chân không sang không khí

Chương 3 - Thấu kính

1. Thấu kính hội tụ có đặc điểm hình dạng:

- A. Rìa dày, giữa mỏng B. Rìa mỏng, giữa dày C. Hai mặt phẳng song song D. Hình lập phương

2. Thấu kính phân kỳ luôn cho ảnh:

- A. Thật, ngược chiều, lớn hơn vật B. Ảo, cùng chiều, nhỏ hơn vật C. Thật, cùng chiều, bằng vật D. Ảo, ngược chiều, lớn hơn vật

3. Công thức thấu kính đúng là:

- A. $1/f = 1/d - 1/d'$ B. $1/f = 1/d + 1/d'$ C. $f = d + d'$ D. $f = d.d'$

Chương 4 - Mắt và dụng cụ quang học

1. Người bị cận thị cần đeo loại thấu kính nào để nhìn rõ vật ở xa?

- A. Thấu kính hội tụ B. Thấu kính phân kỳ C. Không cần đeo kính D. Gương cầu lõm

2. Kính lúp thực chất là:

- A. Gương cầu lõm B. Thấu kính phân kỳ C. Thấu kính hội tụ tiêu cự ngắn D. Gương phẳng

Chương 5 - Ánh sáng trắng và tán sắc

1. Ánh sáng trắng khi qua lăng kính sẽ:

- A. Không đổi màu B. Bị tán sắc thành dải nhiều màu C. Biến mất hoàn toàn D. Chỉ đổi phương truyền, không đổi màu

2. Ánh sáng đơn sắc khi qua lăng kính sẽ:

- A. Bị tán sắc thành nhiều màu B. Chỉ bị lệch phương, không đổi màu C. Biến thành ánh sáng trắng D. Bị hấp thụ hoàn toàn

Chương 6-7 - Sóng ánh sáng, giao thoa, nhiễu xạ, phân cực

1. Hiện tượng nào chứng minh ánh sáng có bản chất sóng?

- A. Phản xạ ánh sáng B. Khúc xạ ánh sáng C. Giao thoa ánh sáng D. Truyền thẳng ánh sáng

2. Công thức tính khoảng vân trong thí nghiệm Y-âng là:

- A. $i = \lambda D/a$ B. $i = \lambda a/D$ C. $i = aD/\lambda$ D. $i = \lambda/aD$

3. Hiện tượng phân cực ánh sáng chứng tỏ ánh sáng là:

- A. Sóng dọc B. Sóng ngang C. Không phải sóng D. Sóng âm

Chương 8 - Quang phổ và bức xạ điện từ

1. Tia nào có khả năng đâm xuyên mạnh, ứng dụng trong chụp X-quang y tế?

- A. Tia hồng ngoại B. Tia tử ngoại C. Tia X D. Ánh sáng nhìn thấy

2. Trong thang sóng điện từ, loại bức xạ nào có bước sóng dài nhất?

- A. Tia gamma B. Tia X C. Ánh sáng nhìn thấy D. Sóng vô tuyến

Chương 9 - Quang học trong đời sống

1. Bầu trời có màu xanh lam vào ban ngày là do hiện tượng:

- A. Khúc xạ ánh sáng B. Tán xạ ánh sáng (mạnh hơn với bước sóng ngắn) C. Phản xạ toàn phần D. Giao thoa ánh sáng

2. Sợi quang học truyền tín hiệu dựa trên nguyên lý:

- A. Tán sắc ánh sáng B. Phản xạ toàn phần C. Giao thoa ánh sáng D. Phân cực ánh sáng

Ôn tập nhanh - Câu hỏi tổng hợp

1. Cầu vồng hình thành nhờ những hiện tượng quang học nào kết hợp lại?

- A. Chỉ phản xạ ánh sáng B. Khúc xạ và phản xạ toàn phần trong giọt nước C. Chỉ tán xạ ánh sáng D. Chỉ giao thoa ánh sáng

2. Kính áp tròng và kính gọng khác nhau chủ yếu ở điểm nào?

- A. Nguyên lý quang học hoàn toàn khác nhau B. Vị trí đặt thấu kính so với mắt C. Kính áp tròng không phải thấu kính D. Không có điểm khác biệt nào

3. Vì sao kim cương có độ lấp lánh đặc trưng?

- A. Vì kim cương tự phát sáng B. Vì chiết suất rất cao khiến ánh sáng phản xạ toàn phần nhiều lần bên trong C. Vì kim cương có màu trắng tự nhiên D. Vì kim cương hấp thụ mọi ánh sáng

4. Laser đầu tiên trên thế giới được chế tạo thành công vào khoảng năm nào?

- A. 1895 B. 1905 C. 1960 D. 2000

11

BÀI TẬP TỔNG HỢP NÂNG CAO

Các bài tập trong chương này kết hợp kiến thức từ nhiều chương khác nhau, đòi hỏi bạn vận dụng linh hoạt các công thức và phương pháp đã học.

🔑 Bài tập nâng cao 11.1 (Khúc xạ + Phản xạ toàn phần)

Một khối thủy tinh có chiết suất $n = 1,5$ đặt trong không khí. Tính góc giới hạn phản xạ toàn phần của khối thủy tinh này. Nếu một tia sáng chiếu tới mặt trong khối thủy tinh với góc tới 50° , tia sáng có bị phản xạ toàn phần không?

Lời giải: Góc giới hạn: $\sin(i_{gh}) = n_2/n_1 = 1/1,5 \approx 0,667 \rightarrow i_{gh} \approx 41,8^\circ$. Vì góc tới $50^\circ > i_{gh} \approx 41,8^\circ$, nên tia sáng sẽ bị phản xạ toàn phần, không có tia khúc xạ ló ra ngoài khối thủy tinh.

🔑 Bài tập nâng cao 11.2 (Thấu kính + Mắt)

Một người cận thị có điểm cực viễn cách mắt 40 cm (chỉ nhìn rõ vật trong khoảng 40 cm trở lại). Để nhìn rõ vật ở rất xa (vô cực), người này cần đeo kính có tiêu cự bao nhiêu?

Lời giải: Kính cần đeo phải tạo ảnh ảo của vật ở vô cực ngay tại điểm cực viễn của mắt (cách mắt 40 cm) để mắt có thể nhìn rõ. Với vật ở vô cực, $d \rightarrow \infty$ nên $1/d \approx 0$. Áp dụng công thức thấu kính với $d' = -40$ cm (ảnh ảo): $1/f = 1/d + 1/d' \approx 0 + 1/(-40) \rightarrow f = -40$ cm. Vậy người này cần đeo thấu kính phân kỳ có tiêu cự 40 cm ($f = -40$ cm).

🔑 Bài tập nâng cao 11.3 (Giao thoa ánh sáng)

Trong thí nghiệm Y-âng, khoảng cách hai khe $a = 1$ mm, khoảng cách từ khe đến màn $D = 2$ m. Tại vị trí cách vân trung tâm 2,4 mm là một vân sáng bậc 2. Tính bước sóng ánh sáng dùng trong thí nghiệm.

Lời giải: Vị trí vân sáng bậc k : $x = k \cdot \lambda D / a$. Với vân sáng bậc 2 ($k=2$): $2,4 \times 10^{-3} = 2 \times \lambda \times 2 / (1 \times 10^{-3}) \rightarrow \lambda = (2,4 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3}) / (2 \times 2) = 0,6 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,6 \text{ } \mu\text{m}$ - đây là ánh sáng màu cam-đỏ trong dải nhìn thấy được.

🔑 Bài tập nâng cao 11.4 (Gương cầu + Thấu kính kết hợp)

Một hệ quang học gồm một thấu kính hội tụ tiêu cự 10 cm đặt trước một vật sáng AB cách thấu kính 15 cm. Xác định vị trí ảnh cuối cùng qua thấu kính.

Lời giải: Áp dụng công thức thấu kính: $1/f = 1/d + 1/d' \rightarrow 1/d' = 1/10 - 1/15 = (3-2)/30 = 1/30 \rightarrow d' = 30$ cm. Vì $d' > 0$, đây là ảnh thật, cách thấu kính 30 cm. Độ phóng đại: $k = -d'/d = -30/15 = -2$ (ảnh ngược chiều, lớn gấp đôi vật).

★ Chiến lược làm bài tập tổng hợp Quang học

- Luôn vẽ hình minh họa đường truyền tia sáng trước khi tính toán - hình vẽ giúp xác định đúng dấu của các đại lượng (đặc biệt là d' và f) và tránh nhầm lẫn giữa ảnh thật, ảnh ảo.
- Với bài toán mắt và kính đeo, hãy xác định rõ mắt đang bị tật gì và kính cần tạo ảnh nằm ở đâu (tại điểm cực viễn hoặc cực cận của mắt) trước khi áp dụng công thức thấu kính.
- Với bài toán giao thoa, luôn đổi đơn vị bước sóng (thường cho theo μm hoặc nm) và khoảng cách hai khe (thường cho theo mm) về đơn vị mét trước khi thay vào công thức.

Dưới đây là một số thí nghiệm Quang học đơn giản, an toàn, có thể thực hiện ngay tại nhà, giúp bạn quan sát trực tiếp các hiện tượng đã học.

Thí nghiệm 1: Tán sắc ánh sáng bằng đĩa CD/DVD

Chuẩn bị: Một đĩa CD hoặc DVD cũ không dùng nữa, một nguồn sáng trắng (đèn pin hoặc ánh sáng Mặt Trời).

Cách làm: Chiếu ánh sáng trắng vào mặt có in của đĩa CD với góc nghiêng nhỏ, quan sát ánh sáng phản xạ trên tường hoặc trần nhà.

Giải thích: Bề mặt đĩa CD/DVD có hàng nghìn rãnh nhỏ li ti (dùng để lưu dữ liệu), đóng vai trò như một "cách tử nhiễu xạ" - làm ánh sáng trắng bị tách thành các màu khác nhau tương tự hiện tượng tán sắc qua lăng kính, dù cơ chế vật lý chính xác (nhiều xạ qua cách tử) có khác đôi chút so với tán sắc qua lăng kính đã học ở Chương 5.

Thí nghiệm 2: Tạo cầu vồng nhân tạo bằng vòi nước

Chuẩn bị: Một vòi nước có thể phun sương (vòi tưới cây hoặc vòi sen), thực hiện vào một ngày nắng.

Cách làm: Đứng quay lưng lại phía Mặt Trời, phun nước thành các hạt sương mù nhỏ ở phía trước mặt, quan sát trong vùng sương.

Giải thích: Đây chính là cách tái hiện hiện tượng cầu vồng tự nhiên đã học ở mục 9.2 - mỗi hạt nước nhỏ đóng vai trò như một lăng kính hình cầu tí hon, khúc xạ và phản xạ toàn phần ánh sáng Mặt Trời, tách thành dải màu mà mắt bạn nhìn thấy khi đứng đúng góc quan sát.

Thí nghiệm 3: Đường đi của tia sáng qua thấu kính bằng ly nước

Chuẩn bị: Một ly thủy tinh hình trụ trong suốt, nước sạch, một cây bút laser nhỏ (hoặc đèn pin có khe hẹp), một ít sữa hoặc vài giọt kem (để làm mờ nhẹ nước, giúp nhìn rõ đường đi tia sáng).

Cách làm: Đổ nước vào ly, thêm vài giọt sữa và khuấy nhẹ để nước hơi đục. Chiếu tia laser xuyên qua thành ly nước theo phương ngang, quan sát đường đi của ánh sáng trong nước.

Giải thích: Các hạt sữa lơ lửng trong nước làm tán xạ một phần ánh sáng laser, giúp mắt quan sát được rõ đường truyền của tia sáng trong môi trường nước (điều mà bình thường mắt không thể nhìn thấy trực tiếp) - đây là cách trực quan hóa khái niệm "tia sáng" đã học ở Chương 0.

Thí nghiệm 4: Đồng xu biến mất nhờ khúc xạ ánh sáng

Chuẩn bị: Một chiếc bát không trong suốt (bát sứ hoặc bát nhựa), một đồng xu, nước.

Cách làm: Đặt đồng xu vào đáy bát, lùi ra xa dần cho đến khi vừa đúng lúc không còn nhìn thấy đồng xu (bị thành bát che khuất). Giữ nguyên vị trí đầu, nhờ người khác từ từ đổ nước vào bát và quan sát.

Giải thích: Khi đổ nước vào, ánh sáng từ đồng xu bị khúc xạ khi ra khỏi mặt nước, khiến tia sáng đi theo một đường "gãy khúc" có thể vòng qua được thành bát để đến mắt bạn - dù về

mặt hình học, đường thẳng nối trực tiếp từ đồng xu đến mắt vẫn bị thành bát chắn. Đây là minh chứng trực quan cho hiện tượng khúc xạ ánh sáng học ở Chương 2.

Thí nghiệm 5: Kính lúp tự chế bằng giọt nước

Chuẩn bị: Một tấm nhựa trong suốt (hoặc màng bọc thực phẩm căng trên một khung nhỏ), một ống nhỏ giọt, nước sạch, một tờ báo có chữ nhỏ.

Cách làm: Nhỏ một giọt nước nhỏ lên tấm nhựa trong, đặt phía trên chữ trên tờ báo (cách một khoảng nhỏ), quan sát chữ qua giọt nước.

Giải thích: Giọt nước có hình dạng vòm cong (rìa mỏng, giữa dày) hoạt động giống hệt một thấu kính hội tụ tí hon đã học ở Chương 3 - khi đặt vật (chữ trên báo) trong khoảng tiêu cự của "thấu kính giọt nước" này, ta thu được ảnh ảo phóng to, giúp nhìn rõ chữ hơn - đúng nguyên lý hoạt động của kính lúp.

★ Lưu ý an toàn khi thực hiện thí nghiệm

- Không bao giờ chiếu tia laser (kể cả loại công suất thấp) trực tiếp vào mắt người hoặc động vật.
- Khi làm thí nghiệm ngoài trời với ánh nắng Mặt Trời, tuyệt đối không nhìn trực tiếp vào Mặt Trời, kể cả qua kính lúp hay các dụng cụ quang học.
- Nên có sự giám sát của người lớn khi thực hiện các thí nghiệm dùng nước gần các thiết bị điện.

Câu hỏi "ánh sáng là gì?" đã thách thức các nhà tư tưởng và khoa học suốt hàng nghìn năm, với nhiều cuộc tranh luận thú vị xoay quanh bản chất thực sự của nó.

Thời kỳ cổ đại: Những suy đoán đầu tiên

Các nhà triết học Hy Lạp cổ đại đã có nhiều giả thuyết khác nhau về ánh sáng và thị giác - một số cho rằng mắt phát ra một loại "tia" đặc biệt để "chạm" tới vật thì mới nhìn thấy được, trong khi những người khác (như nhà toán học Euclid) đã bắt đầu nghiên cứu về đường truyền thẳng của ánh sáng và định luật phản xạ một cách khá hệ thống, làm nền tảng ban đầu cho Quang học hình học sau này.

Thế kỷ 17: Cuộc tranh luận sóng - hạt đầu tiên

Isaac Newton (1643-1727) - người mà chúng ta đã gặp lại nhiều lần trong tập sách về Cơ học - cho rằng ánh sáng gồm những hạt vật chất cực nhỏ bay đi theo đường thẳng (thuyết hạt ánh sáng). Cùng thời điểm đó, nhà khoa học người Hà Lan Christiaan Huygens (1629-1695) lại đề xuất thuyết sóng, cho rằng ánh sáng lan truyền tương tự như sóng nước. Do uy tín khoa học rất lớn của Newton, thuyết hạt ánh sáng đã chiếm ưu thế trong suốt hơn một thế kỷ sau đó.

Thế kỷ 19: Thuyết sóng giành chiến thắng

Năm 1801, thí nghiệm giao thoa ánh sáng qua hai khe của Thomas Young (đã học ở Chương 6) đưa ra bằng chứng thực nghiệm thuyết phục cho bản chất sóng của ánh sáng - vì hiện tượng giao thoa chỉ có thể giải thích được bằng mô hình sóng, không thể giải thích bằng mô hình hạt đơn thuần của Newton. Đến năm 1865, nhà vật lý người Scotland James Clerk Maxwell đã chứng minh bằng lý thuyết rằng ánh sáng chính là một dạng sóng điện từ, thống nhất Quang học với lý thuyết về điện và từ trường trong cùng một hệ phương trình toán học.

Thế kỷ 20: Sự trở lại bất ngờ của bản chất hạt

Đến đầu thế kỷ 20, các thí nghiệm về hiệu ứng quang điện (ánh sáng chiếu vào kim loại làm bật ra electron) lại không thể giải thích trọn vẹn bằng mô hình sóng thuần túy. Năm 1905, Albert Einstein đã đề xuất rằng ánh sáng, dù có bản chất sóng, còn mang những tính chất giống như các "hạt năng lượng" rời rạc, sau này gọi là photon - đóng góp này là một trong những lý do chính giúp Einstein nhận giải Nobel Vật lý năm 1921.

★ Kết luận thú vị của Vật lý hiện đại

- Ngày nay, các nhà khoa học chấp nhận rằng ánh sáng có lưỡng tính sóng - hạt: nó thể hiện tính chất sóng trong các hiện tượng như giao thoa, nhiễu xạ, nhưng lại thể hiện tính chất hạt trong các hiện tượng như hiệu ứng quang điện. Đây không phải là một mâu thuẫn, mà là một trong những đặc điểm kỳ diệu và sâu sắc nhất mà Vật lý lượng tử đã hé lộ về bản chất của tự nhiên.

► Em có biết?

Tốc độ ánh sáng trong chân không (khoảng 300.000 km/s) được xem là giới hạn tốc độ tối đa của vũ trụ theo Thuyết tương đối hẹp của Einstein - không có vật chất hay thông tin nào có thể di chuyển nhanh hơn tốc độ này. Đây là một trong những hằng số quan trọng nhất trong toàn bộ nền Vật lý hiện đại.

Bảng mốc thời gian các phát hiện quan trọng về ánh sáng

Năm (khoảng)	Nhà khoa học	Đóng góp chính
~300 TCN	Euclid	Nghiên cứu hệ thống về truyền thẳng và phản xạ ánh sáng
1621	Willebrord Snell	Định luật khúc xạ ánh sáng (định luật Snell)
1666	Isaac Newton	Thí nghiệm tán sắc ánh sáng qua lăng kính
1678	Christiaan Huygens	Đề xuất thuyết sóng ánh sáng
1801	Thomas Young	Thí nghiệm giao thoa hai khe, chứng minh bản chất sóng
1865	James C. Maxwell	Chứng minh ánh sáng là sóng điện từ
1895	Wilhelm Röntgen	Phát hiện tia X
1905	Albert Einstein	Thuyết photon, giải thích hiệu ứng quang điện
1960	Theodore Maiman	Chế tạo thành công laser hoạt động đầu tiên

Đề kiểm tra mẫu dưới đây bao quát toàn bộ nội dung Quang học đã học trong sách, gồm hai phần: trắc nghiệm và tự luận. Thời gian làm bài đề xuất: 45 phút.

Phần I - Trắc nghiệm (6 điểm, mỗi câu 0,5 điểm)

1. Ảnh của một vật tạo bởi gương phẳng là:

- A. Ảnh thật, nhỏ hơn vật B. Ảnh ảo, bằng vật C. Ảnh thật, bằng vật D. Ảnh ảo, lớn hơn vật

2. Định luật khúc xạ ánh sáng được biểu diễn bằng công thức:

- A. $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$ B. $n_1 \cos(i) = n_2 \cos(r)$ C. $n_1 / \sin(i) = n_2 / \sin(r)$ D. $n_1 \cdot i = n_2 \cdot r$

3. Thấu kính nào sau đây luôn cho ảnh ảo, nhỏ hơn vật?

- A. Thấu kính hội tụ khi vật ở ngoài tiêu cự B. Thấu kính phân kỳ C. Gương cầu lõm D. Gương phẳng

4. Người bị viễn thị cần đeo loại thấu kính nào?

- A. Thấu kính phân kỳ B. Thấu kính hội tụ C. Không cần đeo kính D. Gương cầu lồi

5. Hiện tượng tán sắc ánh sáng chứng tỏ:

- A. Ánh sáng trắng là ánh sáng đơn sắc B. Ánh sáng trắng là hỗn hợp nhiều ánh sáng đơn sắc C. Lăng kính không làm đổi màu ánh sáng D. Ánh sáng không có bản chất sóng

6. Công thức tính khoảng vân trong thí nghiệm Y-âng:

- A. $i = \lambda D / a$ B. $i = a D / \lambda$ C. $i = \lambda a / D$ D. $i = a / (\lambda D)$

7. Hiện tượng nào chứng tỏ ánh sáng là sóng ngang?

- A. Phản xạ ánh sáng B. Khúc xạ ánh sáng C. Phân cực ánh sáng D. Truyền thẳng ánh sáng

8. Tia nào có bước sóng ngắn nhất trong các tia sau?

- A. Tia hồng ngoại B. Ánh sáng nhìn thấy C. Tia tử ngoại D. Sóng vô tuyến

9. Sợi quang học truyền tín hiệu ánh sáng dựa trên hiện tượng:

- A. Tán sắc ánh sáng B. Giao thoa ánh sáng C. Phản xạ toàn phần D. Nhiễu xạ ánh sáng

10. Bầu trời có màu xanh lam vào ban ngày chủ yếu do:

- A. Ánh sáng lam bị khúc xạ mạnh B. Ánh sáng lam bị tán xạ mạnh hơn ánh sáng đỏ C. Bầu khí quyển có màu xanh D. Ánh sáng Mặt Trời vốn có màu xanh

11. Máy quang phổ dùng để:

- A. Tạo ra ánh sáng trắng B. Phân tích ánh sáng phức tạp thành các thành phần đơn sắc C. Khuếch đại cường độ ánh sáng D. Tạo ảnh phóng đại của vật

12. Laser có đặc điểm nổi bật là:

- A. Đơn sắc, định hướng, kết hợp cao B. Đa sắc, phân kỳ mạnh C. Không có tính định hướng D. Giống hệt ánh sáng Mặt Trời

Phần II - Tự luận (4 điểm)

Câu 1 (1,5 điểm)

1. Một tia sáng truyền từ không khí vào nước (chiết suất $n = 1,33$) với góc tới 50° . a) Tính góc khúc xạ. b) Nếu góc tới tăng lên, góc khúc xạ thay đổi như thế nào?

Câu 2 (1,5 điểm)

1. Một vật sáng AB cao 2 cm đặt vuông góc với trục chính của thấu kính hội tụ có tiêu cự 12 cm, cách thấu kính 18 cm. a) Xác định vị trí ảnh. b) Tính độ cao của ảnh.

Câu 3 (1 điểm)

1. Trong thí nghiệm Y-âng, hai khe cách nhau 0,8 mm, màn cách hai khe 2 m, ánh sáng dùng có bước sóng 0,5 μm . Tính khoảng vân và vị trí vân sáng bậc 3.

Đáp án đề kiểm tra tổng hợp mẫu

Phần I: 1-B, 2-A, 3-B, 4-B, 5-B, 6-A, 7-C, 8-C, 9-C, 10-B, 11-B, 12-A

- Câu 1: a) $\sin(r) = \sin(i)/n = \sin 50^\circ / 1,33 \approx 0,766 / 1,33 \approx 0,576 \rightarrow r \approx 35,2^\circ$. b) Khi góc tới tăng, góc khúc xạ cũng tăng theo (nhưng luôn nhỏ hơn góc tới vì $n_2 > n_1$).
- Câu 2: a) $1/f = 1/d + 1/d' \rightarrow 1/d' = 1/12 - 1/18 = (3-2)/36 = 1/36 \rightarrow d' = 36 \text{ cm}$ (ảnh thật). b) $k = -d'/d = -36/18 = -2 \rightarrow \text{độ cao ảnh} = |k| \times AB = 2 \times 2 = 4 \text{ cm}$ (ảnh ngược chiều vật).
- Câu 3: $i = \lambda D/a = (0,5 \times 10^{-6} \times 2) / (0,8 \times 10^{-3}) = 1,25 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,25 \text{ mm}$. Vị trí vân sáng bậc 3: $x_3 = 3 \times i = 3,75 \text{ mm}$.

Phản xạ và khúc xạ ánh sáng

Đại lượng	Công thức	Ghi chú
Định luật phản xạ	$i' = i$	Góc phản xạ = góc tới
Định luật khúc xạ	$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$	i, r tính từ pháp tuyến
Chiết suất tỉ đối	$n = c/v$	$c \approx 3 \times 10^8$ m/s
Góc giới hạn phản xạ toàn phần	$\sin(i(\text{gh})) = n_2/n_1$	Điều kiện: $n_1 > n_2$

Thấu kính

Đại lượng	Công thức	Ghi chú
Công thức thấu kính	$1/f = 1/d + 1/d'$	$f > 0$: hội tụ; $f < 0$: phân kỳ
Độ phóng đại	$k = -d'/d$	$k < 0$: ảnh ngược chiều vật
Số bội giác kính lúp	$G_\infty = \Delta/f$	Δ : khoảng cực cận mắt

Sóng ánh sáng và giao thoa

Đại lượng	Công thức	Ghi chú
Liên hệ bước sóng - tần số	$\lambda = c/f$	Trong chân không
Khoảng vân giao thoa Y-âng	$i = \lambda D/a$	a : khoảng cách 2 khe
Vị trí vân sáng bậc k	$x = k \cdot \lambda D/a = k \cdot i$	$k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$
Vị trí vân tối	$x = (k + \frac{1}{2}) \cdot \lambda D/a$	$k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$

Chiết suất một số môi trường phổ biến

Môi trường	Chiết suất gần đúng	Ghi chú
Chân không	$n = 1$ (chính xác)	Định nghĩa gốc
Không khí	$n \approx 1,0003$ (thường lấy ≈ 1)	Điều kiện thường
Nước	$n \approx 1,33$	Ở nhiệt độ phòng
Thủy tinh thường	$n \approx 1,5$	Tùy loại thủy tinh
Kim cương	$n \approx 2,42$	Chiết suất rất cao

So sánh nhanh: Gương và Thấu kính

Dụng cụ	Nguyên lý	Đặc điểm ảnh nổi bật
Gương phẳng	Phản xạ ánh sáng	Ảnh ảo, bằng vật, đối xứng qua gương
Gương cầu lồi	Phản xạ ánh sáng	Ảnh ảo, nhỏ hơn vật, vùng quan sát rộng
Gương cầu lõm	Phản xạ ánh sáng	Ảnh ảo (vật gần) hoặc ảnh thật (vật xa)
Thấu kính hội tụ	Khúc xạ ánh sáng	Ảnh thật (vật ngoài f) hoặc ảo (vật trong f)
Thấu kính phân kỳ	Khúc xạ ánh sáng	Luôn cho ảnh ảo, nhỏ hơn vật

Chương 0

- Câu 1: Nguồn sáng tự phát ra ánh sáng (Mặt Trời, ngọn lửa); vật sáng gồm cả nguồn sáng và vật hắt lại ánh sáng (Mặt Trăng, trang giấy dưới ánh đèn).
- Câu 2, 3: Học sinh tự vẽ hình và đối chiếu với lý thuyết mục 0.3.

Chương 1

- Câu 1: Góc phản xạ = 40° ; góc giữa tia tới và tia phản xạ = 80° .
- Câu 2: Ảnh cao 15 cm, cách gương 40 cm.
- Câu 3: Giúp mở rộng vùng quan sát, hạn chế điểm mù khi xe di chuyển hoặc dừng đỗ.
- Câu 4: Học sinh tự lập bảng so sánh dựa trên nội dung mục 1.2-1.4.

Chương 2

- Câu 1: $\sin(r) = \sin 60^\circ / 1,5 \approx 0,577 \rightarrow r \approx 35,3^\circ$.
- Câu 2: $\sin(i(\text{gh})) = 1/1,33 \approx 0,752 \rightarrow i(\text{gh}) \approx 48,8^\circ$.
- Câu 3: Do ánh sáng từ đáy hồ bị khúc xạ khi ra khỏi mặt nước, khiến mắt ta ngoại suy vị trí ảnh nông hơn vị trí thực của đáy hồ.

Chương 3

- Câu 1: $d' = 37,5$ cm; ảnh thật (vì $d > f$).
- Câu 2: Với $f = -20$ cm: $1/d' = 1/(-20) - 1/30 \rightarrow d' = -12$ cm (ảnh ảo); độ cao ảnh = 1,6 cm.
- Câu 3: Học sinh tự lập bảng so sánh dựa trên nội dung mục 3.1-3.2.

Chương 4

- Câu 1: Cần đeo thấu kính phân kỳ vì mắt cận thị không nhìn rõ vật ở xa.
- Câu 2: $G_\infty = D/f = 25/5 = 5$ (lần).
- Câu 3: Cả hai đều dùng hệ thấu kính hội tụ tạo ảnh thật trên màn hứng (màng lưới/cảm biến); khác nhau ở cơ chế lấy nét (mắt điều tiết bằng cách đổi độ cong, máy ảnh đổi khoảng cách).

Chương 5

- Câu 1: Ánh sáng Mặt Trời là ánh sáng trắng (hỗn hợp nhiều màu) nên bị tán sắc; tia laser là ánh sáng đơn sắc nên không bị tách màu.
- Câu 2: Ánh sáng ló ra có màu lam (chỉ ánh sáng lam được truyền qua kính lọc).
- Câu 3: Vì lá cây hấp thụ hầu hết các màu khác và chỉ phản xạ lại ánh sáng màu lục đến mắt ta.

Chương 6

- Câu 1: $\lambda = i.a/D = (1,5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3})/2,5 = 0,6 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,6 \text{ } \mu\text{m}$.

- Câu 2: Cần ánh sáng kết hợp (cùng tần số, hiệu số pha không đổi theo thời gian) để hệ vân giao thoa ổn định, quan sát được rõ nét; ánh sáng thường từ hai nguồn độc lập không đảm bảo điều kiện này.
- Câu 3: Do hiện tượng giao thoa ánh sáng trắng qua lớp màng xà phòng có độ dày thay đổi liên tục theo vị trí và thời gian.

Chương 7

- Câu 1: Vì bước sóng ánh sáng rất nhỏ so với kích thước vật cản thông thường trong đời sống.
- Câu 2: Kính râm phân cực - chặn ánh sáng chói phản xạ theo phương ngang từ mặt nước, mặt đường.
- Câu 3: Vì hiện tượng phân cực chỉ xảy ra với sóng có phương dao động vuông góc với phương truyền (sóng ngang); sóng dọc dao động cùng phương truyền nên không thể phân cực.

Chương 8

- Câu 1: Quang phổ liên tục từ vật rắn/lỏng/khí áp suất cao bị nung nóng; quang phổ vạch phát xạ từ khí áp suất thấp bị kích thích; quang phổ vạch hấp thụ khi ánh sáng liên tục đi qua khí ở nhiệt độ thấp hơn nguồn.
- Câu 2: Vì tia X có năng lượng và mức độ nguy hiểm sinh học thấp hơn nhiều so với tia gamma, và liều lượng sử dụng trong y tế được kiểm soát chặt chẽ, an toàn cho cơ thể khi dùng đúng liều.
- Câu 3: Tia X < tia tử ngoại < ánh sáng nhìn thấy < sóng vô tuyến (thứ tự bước sóng tăng dần).

Chương 9

- Câu 1-3: Học sinh tự trình bày dựa trên nội dung các mục 9.1-9.4.
- Câu 4: LCD dùng đèn nền chung và tinh thể lỏng điều khiển phân cực ánh sáng; OLED có từng điểm ảnh tự phát sáng độc lập, không cần đèn nền, cho màu đen sâu hơn.

Đáp án trắc nghiệm - Chương 10

Chương 0: 1-B, 2-C, 3-B Chương 1: 1-C, 2-B, 3-C Chương 2: 1-B, 2-B

Chương 3: 1-B, 2-B, 3-B Chương 4: 1-B, 2-C Chương 5: 1-B, 2-B

Chương 6-7: 1-C, 2-A, 3-B Chương 8: 1-C, 2-D Chương 9: 1-B, 2-B

Ôn tập nhanh: 1-B, 2-B, 3-B, 4-C

Bảng thuật ngữ dưới đây giúp bạn làm quen với tên gọi tiếng Anh của các khái niệm Quang học đã học, hữu ích khi tra cứu thêm tài liệu quốc tế.

Tiếng Việt	Tiếng Anh	Ký hiệu
Nguồn sáng	Light source	-
Tia sáng	Ray of light	-
Phản xạ ánh sáng	Reflection of light	-
Khúc xạ ánh sáng	Refraction of light	-
Chiết suất	Refractive index	n
Phản xạ toàn phần	Total internal reflection	-
Gương cầu lồi	Convex mirror	-
Gương cầu lõm	Concave mirror	-
Thấu kính hội tụ	Convex / Converging lens	-
Thấu kính phân kỳ	Concave / Diverging lens	-
Tiêu cự	Focal length	f
Ảnh thật	Real image	-
Ảnh ảo	Virtual image	-
Độ phóng đại	Magnification	k
Cận thị	Myopia / Near-sightedness	-
Viễn thị	Hyperopia / Far-sightedness	-
Kính lúp	Magnifying glass	-
Tán sắc ánh sáng	Dispersion of light	-
Ánh sáng đơn sắc	Monochromatic light	-
Giao thoa ánh sáng	Interference of light	-
Khoảng vân	Fringe spacing	i
Nhiều xạ ánh sáng	Diffraction of light	-
Phân cực ánh sáng	Polarization of light	-
Quang phổ	Spectrum	-
Tia hồng ngoại	Infrared ray	-
Tia tử ngoại	Ultraviolet ray	-

Tiếng Việt	Tiếng Anh	Ký hiệu
Tia X	X-ray	-
Sợi quang học	Optical fiber	-
Tia laser	Laser	-

Hãy đánh dấu vào bảng dưới đây sau khi hoàn thành mỗi chủ đề, kèm theo mức độ tự tin của bạn (1 = chưa hiểu, 5 = rất tự tin) để có kế hoạch ôn tập phù hợp.

Chủ đề	Đã học?	Đã làm bài tập?	Mức tự tin (1-5)
0. Ánh sáng là gì?	☐	☐	—
1. Phản xạ ánh sáng - Gương phẳng, gương cầu	☐	☐	—
2. Khúc xạ ánh sáng	☐	☐	—
3. Thấu kính	☐	☐	—
4. Mắt và dụng cụ quang học	☐	☐	—
5. Ánh sáng trắng và tán sắc	☐	☐	—
6. Sóng ánh sáng và giao thoa	☐	☐	—
7. Nhiễu xạ và phân cực ánh sáng	☐	☐	—
8. Quang phổ và bức xạ điện từ	☐	☐	—
9. Quang học trong đời sống và công nghệ	☐	☐	—
10-11. Trắc nghiệm & bài tập nâng cao	☐	☐	—
14. Để kiểm tra tổng hợp mẫu	☐	☐	—

★ Gợi ý sử dụng bảng tự đánh giá

- Với các chủ đề có mức tự tin dưới 3, hãy quay lại đọc phần lý thuyết và làm thêm bài tập tự luyện tương ứng trước khi chuyển sang chủ đề tiếp theo.
- Nên đánh giá lại bảng này sau khoảng 2-3 tuần để kiểm tra mức độ ghi nhớ kiến thức có được duy trì theo thời gian hay không.

Khác với các bài tập tính toán, những câu hỏi dưới đây không có một đáp số duy nhất - chúng được thiết kế để khuyến khích bạn suy nghĩ sâu hơn, kết nối kiến thức đã học với những tình huống mới, hoặc thảo luận cùng bạn bè, thầy cô. Đây là cách tuyệt vời để kiểm tra xem bạn đã thực sự "hiểu" hay mới chỉ "nhớ" kiến thức.

Câu hỏi thảo luận

1. Nếu con người có thể nhìn thấy được tia hồng ngoại như tia sáng thường, thế giới xung quanh ta sẽ trông khác đi như thế nào? Hãy tưởng tượng và mô tả.
2. Vì sao các nhà thiên văn học lại phải xây dựng kính thiên văn ở những nơi có độ cao lớn, xa ánh sáng thành phố, thay vì đặt ngay trong đô thị?
3. Nếu chiết suất của nước bất ngờ tăng gấp đôi so với hiện tại, các hiện tượng khúc xạ mà ta quan sát hằng ngày (ví dụ nhìn vật dưới nước) sẽ thay đổi ra sao?
4. Tại sao việc phát minh ra sợi quang học lại được xem là một bước ngoặt quan trọng của cuộc cách mạng công nghệ thông tin, hơn hẳn so với dây cáp đồng truyền thống?
5. Hãy thử liên hệ: nếu không có hiện tượng tán xạ Rayleigh trong khí quyển, bầu trời ban ngày sẽ có màu gì? Bầu trời trên Mặt Trăng (không có khí quyển) thực tế có màu gì, và vì sao?
6. Cuộc tranh luận sóng - hạt về bản chất ánh sáng đã kéo dài hàng trăm năm giữa các nhà khoa học lỗi lạc nhất. Điều này cho em thấy gì về bản chất của quá trình tìm hiểu khoa học nói chung?

★ Gợi ý sử dụng

- Hãy thử trả lời những câu hỏi này bằng chính ngôn ngữ của mình, không cần công thức - việc diễn đạt lại một hiện tượng khoa học bằng lời văn tự nhiên là một cách kiểm tra hiểu biết rất hiệu quả, thường được dùng trong các buổi phỏng vấn học thuật hoặc bài luận khoa học.



BÀI TẬP GHÉP NỐI ÔN TẬP NHANH

Hãy nối mỗi hiện tượng/khái niệm ở cột A với định nghĩa hoặc đặc điểm tương ứng ở cột B. Đây là cách ôn tập nhanh, phù hợp để rà soát lại toàn bộ thuật ngữ trước khi làm bài kiểm tra.

Cột A	Cột B
1. Phản xạ toàn phần	a. Ảnh hứng được trên màn
2. Ảnh ảo	b. Nguyên lý hoạt động của sợi quang học
3. Ảnh thật	c. Không hứng được trên màn
4. Tán sắc ánh sáng	d. Bằng chứng ánh sáng là sóng ngang
5. Giao thoa ánh sáng	e. Ánh sáng trắng tách thành dải nhiều màu
6. Phân cực ánh sáng	f. Bằng chứng bản chất sóng của ánh sáng
7. Tia X	g. Khả năng đâm xuyên mạnh, dùng chụp X-quang
8. Laser	h. Ánh sáng đơn sắc, định hướng, kết hợp cao

Đáp án: 1-b, 2-c, 3-a, 4-e, 5-f, 6-d, 7-g, 8-h.

LỜI KẾT

Vậy là bạn đã cùng chúng tôi đi qua toàn bộ hành trình khám phá Quang học - từ những tia sáng đơn giản nhất, qua gương và thấu kính, đến sóng ánh sáng, giao thoa, và cả những công nghệ hiện đại như sợi quang, laser dựa trên chính những nguyên lý ấy.

Hy vọng rằng sau khi đọc xong cuốn sách này, mỗi khi nhìn thấy cầu vồng sau cơn mưa, ánh sáng lung linh trên bong bóng xà phòng, hay đơn giản là hình ảnh phản chiếu của chính mình trong gương, bạn sẽ có thêm một góc nhìn mới mẻ và thú vị hơn về những hiện tượng tưởng chừng quen thuộc ấy - đó chính là "bí mật của ánh sáng" mà cuốn sách muốn chia sẻ cùng bạn.

Đây mới chỉ là một chương trong bức tranh lớn của Vật lý học. Sau khi nắm vững nền tảng Quang học, bạn hoàn toàn có thể tự tin bước tiếp sang các chủ đề khác như Điện từ học, Vật lý lượng tử - nơi bản chất hạt của ánh sáng (photon) sẽ được khám phá sâu hơn nữa. Chúc bạn luôn giữ được ánh mắt tò mò trước những điều kỳ diệu của thế giới tự nhiên!

"Ánh sáng luôn ở đó, chỉ chờ ta đặt đúng câu hỏi để khám phá nó"

— Hết —

TÀI LIỆU THAM KHẢO GỢI Ý

Để tiếp tục mở rộng và củng cố kiến thức Quang học sau khi hoàn thành cuốn sách này, bạn có thể tham khảo thêm các nguồn tài liệu sau:

- Sách giáo khoa Vật lý 9, 11, 12 (chương trình phổ thông hiện hành) - phần Quang học hình học và Sóng ánh sáng.
- Các bài giảng Quang học đại cương của những trường đại học kỹ thuật, khoa học tự nhiên.
- Các nền tảng học trực tuyến quốc tế có bài giảng về Optics nhập môn bằng tiếng Anh - vừa củng cố kiến thức, vừa luyện thêm thuật ngữ chuyên ngành (tham khảo Phụ lục C).
- Các thí nghiệm mô phỏng Quang học trực tuyến (PhET Interactive Simulations và các nền tảng tương tự) - giúp trực quan hóa đường truyền tia sáng qua gương, thấu kính bằng mô hình tương tác.

Cuốn sách này được biên soạn với mục tiêu làm tài liệu nhập môn, giúp bạn xây dựng nền tảng vững chắc trước khi tiếp cận các tài liệu chuyên sâu hơn về Quang học và Vật lý hiện đại.

LỜI CẢM ƠN

Xin chân thành cảm ơn bạn đã dành thời gian đồng hành cùng cuốn sách "Bí Mật Của Ánh Sáng - Hành Trình Khám Phá Quang Học" từ những trang đầu tiên cho đến tận trang cuối cùng này. Việc kiên trì theo đuổi một cuốn sách chuyên môn từ đầu đến cuối đã là một minh chứng cho tinh thần ham học hỏi rất đáng trân trọng.

Cuốn sách chắc chắn còn nhiều điểm có thể hoàn thiện hơn nữa. Nếu trong quá trình học tập, bạn phát hiện những nội dung cần làm rõ thêm, đó chính là những đóng góp quý giá giúp tài liệu ngày càng hoàn thiện hơn cho những người học sau này.

Một lần nữa, xin chúc bạn luôn giữ vững ngọn lửa đam mê với môn Vật lý nói riêng và khoa học nói chung.

"Every expert was once a beginner"

Về phiên bản sách: Đây là phiên bản 1.0 của ebook "Bí Mật Của Ánh Sáng - Hành Trình Khám Phá Quang Học", tập trung vào chuyên đề Quang học trong chương trình Vật lý phổ thông. Cuốn sách này là tập thứ hai trong Tủ Sách Vật Lý Phổ Thông, tiếp nối tập đầu tiên về Cơ học ("Vật Lý Không Khó"), và các chuyên đề tiếp theo về Điện học, Vật lý lượng tử có thể được biên soạn thành các tập tiếp theo trong cùng tủ sách.