

Chương 5: Sóng Ánh Sáng

Chương này tập trung nghiên cứu các hiện tượng thể hiện bản chất sóng của ánh sáng như tán sắc, nhiễu xạ, giao thoa. Đồng thời, tìm hiểu về các loại quang phổ và các bức xạ không nhìn thấy như tia hồng ngoại, tia tử ngoại và tia X.

1. Tán sắc ánh sáng

Tán sắc ánh sáng là hiện tượng một chùm ánh sáng phức tạp (như ánh sáng trắng) bị phân tách thành các chùm sáng đơn sắc khác nhau khi đi qua lăng kính.

a. Thí nghiệm của Newton

Newton đã thực hiện thí nghiệm cho một chùm ánh sáng Mặt Trời hẹp đi qua một lăng kính. Kết quả là chùm sáng bị phân tách thành một dải màu liên tục biến thiên từ đỏ đến tím, gọi là quang phổ của ánh sáng Mặt Trời. Chùm sáng màu đỏ bị lệch ít nhất, chùm sáng màu tím bị lệch nhiều nhất.

b. Giải thích hiện tượng

Hiện tượng tán sắc xảy ra do chiết suất của môi trường trong suốt (như thủy tinh) phụ thuộc vào bước sóng (hoặc tần số) của ánh sáng. Đối với ánh sáng nhìn thấy, chiết suất tăng dần khi bước sóng giảm dần.

- Ánh sáng đỏ có bước sóng dài nhất ($\lambda_{\text{đỏ}}$ lớn nhất) → chiết suất nhỏ nhất → bị lệch ít nhất.

- Ánh sáng tím có bước sóng ngắn nhất ($\lambda_{\text{tím}}$ nhỏ nhất) → chiết suất tím lớn nhất → bị lệch nhiều nhất.

c. Ánh sáng đơn sắc và ánh sáng trắng

- **Ánh sáng đơn sắc:** là ánh sáng không bị tán sắc khi đi qua lăng kính, có một màu xác định và một tần số (và bước sóng trong chân không) xác định.
- **Ánh sáng trắng:** là hỗn hợp của vô số ánh sáng đơn sắc có màu biến thiên liên tục từ đỏ đến tím.

2. Nhiễu xạ và Giao thoa ánh sáng

a. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng

Nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng ánh sáng truyền sai lệch so với sự truyền thẳng khi gặp vật cản (khe hẹp, lỗ nhỏ...). Đây là bằng chứng cho thấy ánh sáng có tính chất sóng.

b. Hiện tượng giao thoa ánh sáng

Giao thoa ánh sáng là hiện tượng hai sóng ánh sáng kết hợp gặp nhau, tạo ra những vùng sáng và tối xen kẽ nhau. Những vùng sáng là nơi hai sóng tăng cường lẫn nhau, những vùng tối là nơi hai sóng triệt tiêu nhau.

- **Sóng kết hợp:** Là hai sóng có cùng tần số và có hiệu số pha không đổi theo thời gian.

c. Thí nghiệm Y-âng (Young) về giao thoa ánh sáng

Trong thí nghiệm, ánh sáng từ một nguồn S được chiếu tới hai khe hẹp S1, S2 song song và gần nhau. Hai chùm sáng từ S1, S2 là hai sóng kết hợp và giao thoa với nhau ở vùng phía sau. Trên màn quan sát E, ta thu được một hệ vân

gồm các vạch sáng và tối xen kẽ, song song và cách đều nhau.

d. Công thức trong giao thoa Y-âng

Gọi:

- **a**: khoảng cách giữa hai khe S1, S2.
- **D**: khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn quan sát.
- **λ** : bước sóng của ánh sáng đơn sắc.
- **x**: tọa độ của một điểm trên màn so với vân trung tâm.

Vị trí vân sáng (cực đại giao thoa): Hiệu đường đi của hai sóng ánh sáng tới điểm đó bằng một số nguyên lần bước sóng.

$$x_s = k * (\lambda D / a) \text{ (với } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

- Vân sáng trung tâm: $k = 0$
- Vân sáng bậc 1: $k = \pm 1$
- Vân sáng bậc 2: $k = \pm 2$

Ví dụ 1: Trong thí nghiệm Y-âng, $a = 1 \text{ mm}$, $D = 2 \text{ m}$, $\lambda = 0,6 \text{ }\mu\text{m}$. Vị trí vân sáng bậc 3 là:

$$x_{s3} = 3 * (0,6 * 10^{-6} * 2) / (1 * 10^{-3}) = 3,6 * 10^{-3} \text{ m} = 3,6 \text{ mm}.$$

Vị trí vân tối (cực tiểu giao thoa): Hiệu đường đi của hai sóng ánh sáng tới điểm đó bằng một số bán nguyên lần bước sóng.

$$x_t = (k + 1/2) * (\lambda D / a) \text{ (với } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

- Vân tối thứ nhất: $k = 0$ hoặc $k = -1$

- Vân tối thứ hai: $k = 1$ hoặc $k = -2$

Ví dụ 2: Với các thông số như trên, vị trí vân tối thứ 4 (ứng với $k = 3$) là:

$$x_{t_4} = (3 + 1/2) * (0,6 * 10^{-6} * 2) / (1 * 10^{-3}) = 3,5 * 1,2 * 10^{-3} \text{ m} = 4,2 \text{ mm}.$$

Khoảng vân (i): Là khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai vân tối liên tiếp.

$$i = \lambda D / a$$

Ví dụ 3: Với các thông số như trên, khoảng vân là:

$$i = (0,6 * 10^{-6} * 2) / (1 * 10^{-3}) = 1,2 * 10^{-3} \text{ m} = 1,2 \text{ mm}.$$

e. Giao thoa với ánh sáng trắng

Khi thực hiện giao thoa với ánh sáng trắng, ta thu được:

- Vân trung tâm là một vân sáng trắng (vì tại đó mọi ánh sáng đơn sắc đều cho vân sáng).
- Hai bên vân trung tâm là các dải quang phổ có màu cầu vồng, với màu tím ở trong và màu đỏ ở ngoài.

3. Các loại quang phổ

a. Máy quang phổ lăng kính

Là dụng cụ dùng để phân tích một chùm sáng phức tạp thành những thành phần đơn sắc. Cấu tạo gồm 3 bộ phận chính:

1. **Ống chuẩn trực:** Tạo ra chùm tia sáng song song.
2. **Hệ tán sắc:** Thường là một hoặc vài lăng kính, có tác dụng tán sắc chùm sáng.
3. **Buồng ảnh (hoặc buồng tối):** Dùng để quan sát hoặc chụp ảnh quang phổ.

b. Quang phổ phát xạ

Là quang phổ do các chất bị nung nóng phát ra. Gồm 2 loại:

• Quang phổ liên tục:

- **Định nghĩa:** Là một dải màu liên tục từ đỏ đến tím.
- **Nguồn phát:** Chất rắn, lỏng, khí có áp suất lớn khi bị nung nóng.
- **Đặc điểm:** Chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn phát, không phụ thuộc vào bản chất của nguồn. Nhiệt độ càng cao, quang phổ càng mở rộng về phía ánh sáng có bước sóng ngắn (phía màu tím).

• Quang phổ vạch phát xạ:

- **Định nghĩa:** Gồm các vạch màu riêng lẻ, ngăn cách nhau bởi những khoảng tối.
- **Nguồn phát:** Chất khí hoặc hơi ở áp suất thấp khi bị kích thích (bằng nhiệt hoặc điện).
- **Đặc điểm:** Quang phổ vạch của các nguyên tố khác nhau thì khác nhau về số lượng vạch, vị trí (bước sóng) và độ sáng tỉ đối giữa các vạch. Mỗi nguyên tố hóa học có một quang phổ vạch đặc trưng riêng.

c. Quang phổ hấp thụ

- **Định nghĩa:** Là các vạch hay đám vạch tối trên nền một quang phổ liên tục.
- **Điều kiện thu được:** Chiếu ánh sáng trắng qua một đám khí hay hơi được nung nóng ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng trắng.

- **Đặc điểm:** Vị trí các vạch tối trong quang phổ hấp thụ của một nguyên tố trùng với vị trí các vạch màu trong quang phổ vạch phát xạ của nguyên tố đó.

Tiêu chí	Quang phổ liên tục	Quang phổ vạch phát xạ	Quang phổ hấp thụ
Đặc điểm	Dải màu liên tục từ đỏ đến tím	Các vạch màu riêng lẻ trên nền tối	Các vạch tối trên nền quang phổ liên tục
Nguồn phát	Rắn, lỏng, khí ở áp suất lớn, bị nung nóng	Khí/hơi ở áp suất thấp, bị kích thích	Ánh sáng từ nguồn QPLT chiếu qua khí/hơi có nhiệt độ thấp hơn
Tính chất	Phụ thuộc nhiệt độ, không phụ thuộc bản chất nguồn	Đặc trưng cho từng nguyên tố	Đặc trưng cho từng nguyên tố

4. Tia hồng ngoại và Tia tử ngoại

a. Tia hồng ngoại (IR)

- **Bản chất:** Là bức xạ điện từ không nhìn thấy, có bước sóng dài hơn bước sóng của ánh sáng đỏ ($\lambda > 760\text{ nm}$).
- **Nguồn phát:** Mọi vật có nhiệt độ cao hơn 0 K đều phát ra tia hồng ngoại. Nguồn phát thông thường là bếp gas, bếp than, đèn dây tóc, cơ thể người...

- **Tính chất nổi bật:** Tác dụng nhiệt rất mạnh, có thể gây ra một số phản ứng hóa học, làm phát quang một số chất, có thể biến điệu.
- **Ứng dụng:** Sấy khô, sưởi ấm, chụp ảnh hồng ngoại (trong quân sự, y tế), điều khiển từ xa (remote TV, điều hòa).

b. Tia tử ngoại (UV)

- **Bản chất:** Là bức xạ điện từ không nhìn thấy, có bước sóng ngắn hơn bước sóng của ánh sáng tím ($\lambda < 380 \text{ nm}$).
- **Nguồn phát:** Các vật có nhiệt độ rất cao (trên 2000°C) như Mặt Trời, hồ quang điện, đèn hơi thủy ngân.
- **Tính chất nổi bật:** Tác dụng mạnh lên phim ảnh, kích thích sự phát quang của nhiều chất, có tác dụng sinh học (hủy diệt tế bào, vi khuẩn, tổng hợp vitamin D), bị nước và thủy tinh hấp thụ mạnh.
- **Ứng dụng:** Tiệt trùng dụng cụ y tế, thực phẩm; chữa bệnh còi xương; kiểm tra vết nứt trên bề mặt sản phẩm, phát hiện tiền giả.

5. Tia X (Tia Rơn-ghen)

a. Bản chất và cách tạo ra

- **Bản chất:** Là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn, từ 10^{-11} m đến 10^{-8} m .
- **Cách tạo ra:** Dùng ống Cu-lít-giơ (Coolidge). Một chùm electron có năng lượng lớn được tăng tốc bởi hiệu điện thế cao đập vào một đối catốt (anot) làm bằng kim loại khó nóng chảy.

b. Tính chất

- **Khả năng đâm xuyên:** Rất mạnh, có thể đi qua các vật liệu như giấy, gỗ, vải, kim loại mỏng. Bị cản mạnh bởi các kim loại nặng như chì (Pb).
- **Tác dụng lên phim ảnh:** Làm đen phim ảnh.
- **Ion hóa không khí** và làm phát quang một số chất.
- **Tác dụng sinh lí:** Hủy diệt tế bào, gây đột biến gen.

c. Ứng dụng

- **Trong y tế:** Chẩn đoán hình ảnh (chụp X-quang xương, phổi), xạ trị để điều trị ung thư nông.
- **Trong công nghiệp:** Dò tìm các khuyết tật bên trong sản phẩm đúc, kiểm tra chất lượng mối hàn.
- **Trong an ninh:** Chiếu hành lý ở sân bay để kiểm tra vật cấm.

6. Thang sóng điện từ

Sóng vô tuyến, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia X và tia gamma đều có cùng bản chất là sóng điện từ, chỉ khác nhau về tần số (hay bước sóng). Chúng tạo thành một phổ liên tục gọi là thang sóng điện từ.

Sắp xếp theo thứ tự bước sóng giảm dần (và tần số, năng lượng tăng dần):

Sóng vô tuyến → Tia hồng ngoại → Ánh sáng nhìn thấy (Đỏ → Tím) → Tia tử ngoại → Tia X → Tia Gamma