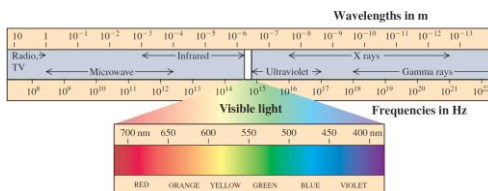


1. Bản chất sóng điện từ của ánh sáng.
2. Hàm sóng ánh sáng.
3. Mặt sóng và tia sóng.
4. Định luật phản xạ và khúc xạ ánh sáng.
5. Sự tán sắc ánh sáng.
6. Sự tán xạ ánh sáng.
7. Nguyên lý Huygen.

1. Bản chất sóng điện từ của ánh sáng

Thời đại Newton (1642-1727), các nhà khoa học cho rằng ánh sáng là chùm hạt (rất nhỏ) phát ra từ nguồn sáng và truyền thẳng.

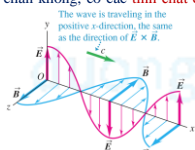
Năm 1873, Maxwell tiên đoán sự tồn tại của sóng điện từ và tính toán được tốc độ truyền sóng. Năm 1887, kết quả thí nghiệm của Hertz đã chứng tỏ ánh sáng là sóng điện từ có bước sóng trong khoảng 0,4 đến 0,75 μm . Vận tốc ánh sáng trong chân không: $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.



1. Bản chất sóng điện từ của ánh sáng

Sóng điện từ là sóng ngang, điện và từ trường biến đổi lan truyền theo phương vuông góc trong môi trường và chân không, có các tính chất chung trong truyền sóng:

- Phản xạ (Reflection)
- Khúc xạ (Refraction)
- Chồng chất (Superposition)
- Giao thoa (Interference)
- Nhiễu xạ (Diffraction)
- Phân cực (Polarization)



Từ cuối thế kỷ 19, nhiều thí nghiệm liên quan đến hiện tượng phát xạ và hấp thụ ánh sáng bộc lộ tính hạt (photon) của ánh sáng: Hiện tượng bức xạ nhiệt, hiệu ứng quang điện, Compton.

Từ 1930, sự phát triển của lý thuyết điện động lực học lượng tử được ứng dụng cho cả tính chất sóng và hạt của ánh sáng.

Nguồn sáng: vật nóng bức xạ xạ nhiệt, mặt trời, sét, tia lửa điện, đèn cây, lửa...; đèn neon, huỳnh quang, laser... Ánh sáng tự nhiên và ánh sáng nhân tạo.

2. Hàm sóng ánh sáng đơn sắc

Chỉ có thành phần điện trường của ánh sáng tác dụng vào mắt gây cảm giác sáng nên dao động của vector \vec{E} được gọi là dao động sáng.

Dao động sáng điều hòa tần số góc ω tại O:

$$u(0) = E_0 \cos \omega t$$

\Rightarrow Phương trình dao động sáng tại điểm x trên phương truyền:

$$u(x) = E_0 \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$$

Với $\omega = 2\pi f$, bước sóng $\lambda = v/f = v \cdot T$, f: tần số, T: chu kỳ

Cường độ sáng tại 1 điểm là đại lượng có giá trị bằng năng lượng truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền sáng tại điểm đó trong một đơn vị thời gian. **Cường độ sáng tỉ lệ với bình phương biên độ dao động sáng:**

$$I = k E_0^2, \quad k = \epsilon_0 c / 2, \quad c: \text{vận tốc ánh sáng trong chân không}$$

3. Mặt sóng và tia sóng

Mặt sóng (wave fronts) là mặt chứa các điểm có cùng pha dao động của sóng. Thường vẽ các mặt sóng liên kế có cùng pha.

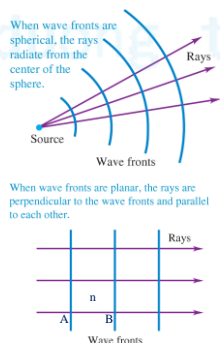
Tia sóng (rays) biểu thị phương chiều truyền sóng.

- Trong môi trường đồng nhất, đẳng hướng, tia sóng là đường thẳng.
- Tia sóng vuông góc với các mặt sóng.

Định lý Malus: Thời gian truyền sóng bằng nhau giữa 2 điểm tương ứng của 2 mặt sóng.

Quang lộ của các tia sóng giữa 2 mặt sóng thì bằng nhau.

$$L_{AB} = n \cdot AB$$



4. Định luật phản xạ và khúc xạ ánh sáng

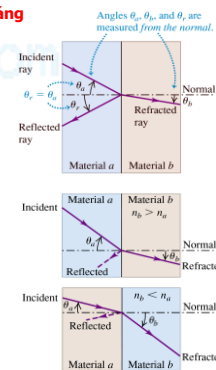
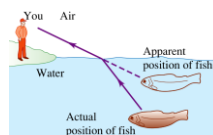
Tia đến, tia phản xạ, tia khúc xạ đều nằm trong cùng 1 mặt phẳng vuông góc với mặt phân cách 2 môi trường.

- Góc phản xạ: $\theta_r = \theta_i$.

- Góc khúc xạ: (định luật Snell)

$$\frac{\sin \theta_a}{\sin \theta_b} = \frac{n_b}{n_a} = \frac{v_a}{v_b}, \quad n = \sqrt{\epsilon \mu} = \frac{c}{v}$$

$$\Rightarrow n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$$



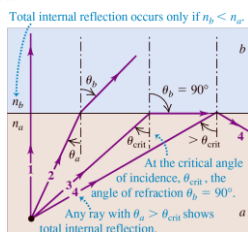
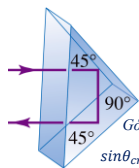
4. Định luật phản xạ và khúc xạ ánh sáng

Phản xạ toàn phần: góc tới hạn θ_{critical}

$$\sin \theta_{\text{crit}} = \frac{n_b}{n_a}, n_b < n_a$$

Bước sóng λ trong môi trường:

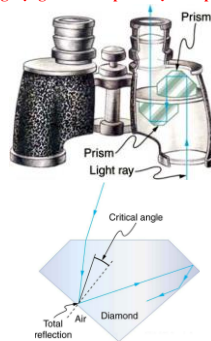
$$f = c/\lambda_0 = v/\lambda \Rightarrow \lambda = \lambda_0/n, n \geq 1$$



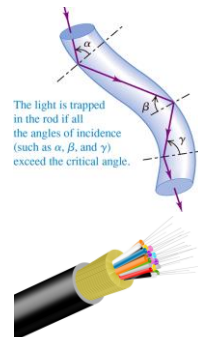
Góc giới hạn của thủy tinh:

$$\sin \theta_{\text{crit}} = \frac{1}{n_{\text{glass}}} = \frac{1}{1,52} = 0,658 \Rightarrow \theta_{\text{crit}} = 41,1^\circ$$

Ứng dụng tính chất phản xạ toàn phần

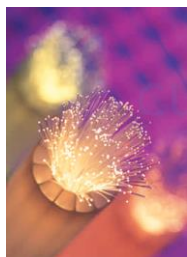


(Góc giới hạn của kim cương nhỏ $\approx 24,5^\circ$ vì $n \approx 2,4$)

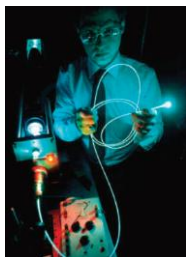


(Sợi quang - Optical Fiber)

Ứng dụng tính chất phản xạ toàn phần

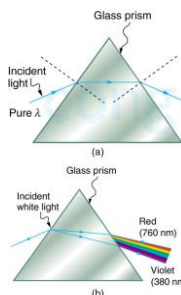


Sợi quang được dùng truyền dẫn tín hiệu âm thanh, video và dữ liệu trong mạng viễn thông.



Sợi quang - tia laser truyền theo dây dẫn cong.

5. Sự tán sắc ánh sáng (Dispersion)

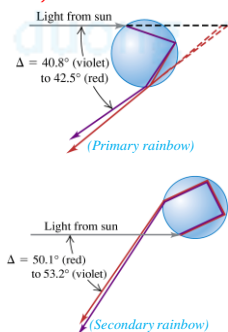
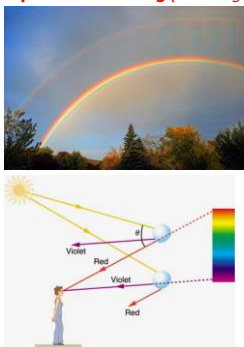


Chiết suất (hệ số khúc xạ) của môi trường phụ thuộc bước sóng ánh sáng: $n_{\text{đỏ}} < \dots < n_{\text{tím}}$

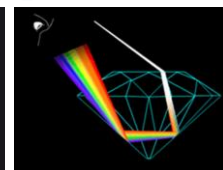
Sự phụ thuộc của vận tốc ánh sáng và chiết suất môi trường vào bước sóng được gọi là **sự tán sắc**. Ánh sáng trắng (tổng hợp các bước sóng) khi bị khúc xạ tách ra thành các chùm sáng có màu sắc khác nhau.

(Tán sắc bởi lăng kính)

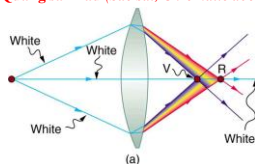
5. Sự tán sắc ánh sáng (Cầu vồng - Rainbows)



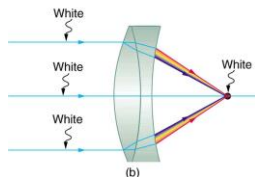
Ứng dụng tính chất phản xạ toàn phần và tán sắc ánh sáng



Kim cương trong suốt, chiết suất lớn ($n \approx 2,417$), tán sắc mạnh, góc giới hạn phản xạ toàn phần nhỏ $\theta_{\text{m}} = 24,44^\circ$. Kim cương với các mặt và góc cạnh được mài thích hợp, ánh sáng đi vào sẽ phản xạ và tán sắc nhiều lần các mặt trong trước khi thoát ra ngoài, tạo nên ánh sáng lấp lánh nhiều màu sắc rực rỡ.

Quang sai màu (Sắc sai, Chromatic aberration)

(a) Quang sai màu do sự phụ thuộc của chiết suất vào bước sóng.

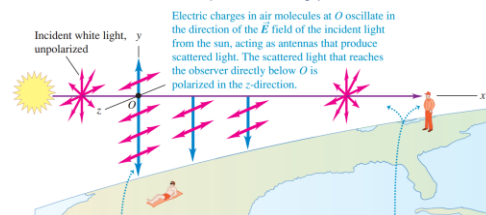


(b) Lắp đặt hệ thấu kính phù hợp có thể hiệu chỉnh quang sai màu. Sử dụng hệ nhiều thấu kính trong các ống kính camera.

12

6. Sự tán xạ ánh sáng (Scattering of light)

Ánh sáng mặt trời phải đi qua khí quyển để đến trái đất. Hiện tượng tán xạ (hấp thụ và bức xạ theo mọi phương) của khí quyển đối với các bước sóng ngắn (xanh lam) mạnh hơn bước sóng dài (đỏ) làm cho bầu trời trở nên xanh và màu đỏ lúc bình minh hay hoàng hôn. Mặt trời, bầu trời, mây có màu sắc khác nhau là do sự tán xạ AS trong điều kiện khí quyển và thời tiết khác nhau.



Air molecules scatter blue light more effectively than red light, so we see the sky overhead by scattered light, so it looks blue.

This observer sees reddened sunlight because most of the blue light has been scattered out.

13

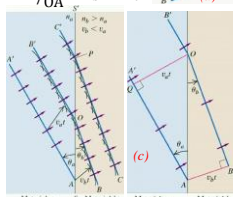
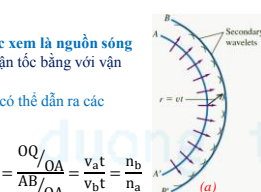
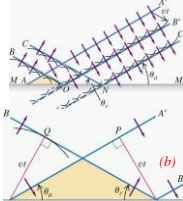
7. Nguyên lý Huygen (1678)

Mỗi phần tử của một sóng có thể được xem là nguồn sóng thứ cấp lan truyền theo mọi chiều với vận tốc bằng với vận tốc truyền sóng (hình a).

Từ nguyên lý Huygen và định lý Malus có thể dẫn ra các định luật phản xạ và khúc xạ.

- Phản xạ (b): $\Delta(POA) = \Delta(QAO) \Rightarrow \theta_a = \theta_r$

- Khúc xạ (c): $\Delta(QOA) = \Delta(BAO) \Rightarrow \frac{\sin \theta_a}{\sin \theta_b} = \frac{OQ/OA}{AB/OA} = \frac{v_a t}{v_b t} = \frac{n_b}{n_a}$



14