

Chương VI : SÓNG ÁNH SÁNG

I. Bản chất điện từ của ánh sáng :

- Các sóng điện từ truyền trong chân không với vận tốc $c = 3.10^8$ m/s. Trong số đó, các sóng ánh sáng khả kiến tần số nằm trong khoảng 4.10^{14} Hz đến 8.10^{14} Hz, bước sóng từ $0,4 \mu\text{m}$ (màu tím) đến $0,8 \mu\text{m}$ (đỏ). Sự phát xạ của sóng ánh sáng gắn liền với sự chuyển mức điện từ trong các nguyên tử hay phân tử.
- Trong môi trường trong suốt đồng tính đẳng hướng, vận tốc truyền ánh sáng $v = \frac{c}{n}$

II. Các nguồn sáng :

1. Phát xạ của một nguyên tử :

- Năng lượng của một nguyên tử biến đổi liên tục, có nghĩa là nó có thể nhận các giá trị chính xác, được gọi là các mức năng lượng. Mức căn bản thấp nhất và mức năng lượng thấp nhất, và những mức khác được gọi là những mức kích thích.
- Ở nhiệt độ thấp, các nguyên tử hầu như tập trung ở mức năng lượng thấp nhất của nó.
- Khi có sự chuyển mức từ mức trên xuống mức dưới sẽ phát ra photon có năng lượng $\Delta\xi = h\nu$. Trong vùng khả kiến, $\Delta\xi$ vào khoảng 1eV.

• Đoàn sóng :

- Một sóng phẳng đơn sắc, truyền theo phương Oz có dạng :

$$\vec{E} = E_{xm} \cos[\omega(t - \frac{z}{c}) + \varphi] \vec{e}_x + E_{ym} \cos[\omega(t - \frac{z}{c}) + \varphi] \vec{e}_y$$

Một nguyên tử riêng biệt phát xạ trong khoảng thời gian giới hạn $\tau_0 \ll 10^{-11}$ s. Giá trị trung bình của τ_0 phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường, và nói riêng nó phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường và chiều dài của các nguyên tử đáng kể ở nhiệt độ cao làm gián đoạn sự phát xạ, và do đó làm giảm τ_0 .

- Chúng ta có thể biểu diễn $\vec{E}_A(M, t)$ điện trường tại điểm M của sóng phát ra từ nguyên tử đặt tại A theo phương Oz bằng một đoàn sóng.

- Nếu $t - \frac{z}{c} \in [t_1, t_1 + \tau_0]$:

$$\vec{E}_A(z, t) = E_{xm} \cos[\omega(t - \frac{z}{c}) + \varphi_A] \vec{e}_x + E_{ym} \cos[\omega(t - \frac{z}{c}) + \varphi_A] \vec{e}_y$$

- Nếu $t - \frac{z}{c} \notin [t_1, t_1 + \tau_0]$: $\vec{E}_A(M, t) = 0$.

Thời gian mà điện trường tồn tại, thời gian ghi nhận đoàn sóng là τ_0 . Vào một thời điểm xác định, chiều dài của đoàn sóng là $l_0 = c\tau_0$.

Sóng ánh sáng nhận được tại M là tổng của những đoàn sóng phát ra bởi một số lớn nguyên tử. Cấu trúc của nó phụ thuộc vào bản chất của nguồn.

2. Cấu trúc thời gian của sóng ánh sáng phát ra bởi nguồn cổ điển (tự nhiên):

- Trong một nguồn cổ điển, còn được gọi là nguồn không kết hợp, các nguyên tử phát xạ một cách hỗn loạn như những đoàn sóng với thời gian τ_0 và pha ngẫu nhiên.

- Sóng phát xạ bởi nguồ n là sóng quasi-sinusoidale, nh ớ ng pha vào 2 th ời đi ể m khác nhau, cách nhau m ột kho ả ng th ời gian l ờ n h ờ n τ_o , thì hoàn toàn đ ể c l ậ p v ớ i nhau. Có nghĩa là không có m ối quan h ệ nào v ớ pha c ủa các đ ồ n sóng phát xạ trong kho ả ng th ời gian τ_o .
- Th ời gian k ể t h ể p và chi ều dài k ể t h ể p :
- Th ời gian k ể t h ể p τ_c là th ời gian trung bình c ủa nh ớ ng đ ồ n sóng t ừ i m ột đ ể m cho tr ể c. Đ ể i v ớ i nguồ n c ể đ ể n, τ_c trùng v ớ i th ời gian phát xạ τ_o c ủa nguyên t ử .
- Chi ều dài k ể t h ể p $l_c = c\tau_c$ là chi ều dài trung bình c ủa các đ ồ n sóng (còn đ ể c g ể i là chi ều dài c ủa s ố k ể t h ể p th ời gian), đ ể i v ớ i nguồ n c ể đ ể n v ớ i $\tau_c \approx 10^{-11}$, $l_c \approx$ vài mm.

3. C ấ u trúc th ời gian c ủa m ột sóng ánh sáng phát ra b ởi m ột laser :

- Mô t ể m ột laser :
- Phát xạ c ể ể ng b ể c : khi m ột nguyên t ử ể m ột tr ể ng thái kích thích đ ể c đ ể t trong tr ể ể ng sóng đ ể n t ử có t ể n s ố v sao cho $E_2 - E_1 = h\nu$, v ớ i E_2 và E_1 là 2 m ức năng l ờ ể ng c ủa nguyên t ử , lúc đó xác su ấ t tái h ể p có b ể c x ố photon s ố t ể ng l ể n đ ể ng k ể . Ngoài ra, sóng đ ể c b ể c x ố có cùng t ể n s ố và đ ể ng pha v ớ i sóng t ể i.
- Laser khí bao g ể m ể ng ch ể a khí đ ể t g ể i a 2 g ể ể ng, m ột trong 2 g ể ể ng (g ể ể ng ra) cho m ột ph ể n nh ể năng l ờ ể ng c ủa sóng t ể i đi qua. Khí đ ể c kích thích b ể ng s ố phóng đ ể n s ố ể tr ể ng thái không cân b ể ng nhi ể t. Lúc đó, s ố nguyên t ử ể tr ể ng thái kích thích v ớ i m ức năng l ờ ể ng E_2 s ố nhi ể u h ờ n ể m ức $E_1 =$ s ố đ ể o l ờ n m ột đ ể.
- ể ng khí g ể ể ng nh ể m ột máy khu ể ch đ ể i ánh sáng v ớ i t ể n s ố t ể ể ng ể ng v ớ i s ố chuy ể n m ức $E_2 - E_1$: n ể u sóng đi vào ể ng khí có t ể n s ố này, thì s ố có nhi ể u photon phát xạ b ể i s ố phát xạ c ể ể ng b ể c h ờ n là s ố photon b ể h ể p thu, và sóng đi ra kh ể i môi tr ể ể ng có biên đ ể l ờ n h ờ n.
- Khi đ ể l ể i năng l ờ ể ng c ủa m ể i l ờ n t ể i và lui c ủa chùm tia bù v ớ i nh ể ng m ột mát thì s ố có chùm tia laser.
- T ể n s ố phát xạ cũng ph ể thu ể c vào kho ả ng cách g ể i a các g ể ể ng. Các sóng ch ể ng ch ể t nhau sau m ể i l ờ n t ể i và lui trong môi tr ể ể ng ph ể i đ ể ng pha v ớ i nhau đ ể không đ ể p t ể t l ờ n nhau.
- Các tính ch ể t c ủa sóng phát xạ b ể i m ột laser :
- Các nguyên t ử phát xạ m ột cách có tr ể t t ể , v ớ i pha g ể n b ể ng nhau. Sóng có đ ể ng :

$$\left. \begin{aligned} E_x(z,t) &= E_{xm} \cos[\omega(t - \frac{z}{c}) + \varphi(t)] \\ E_y(z,t) &= E_{ym} \cos[\omega(t - \frac{z}{c}) + \psi(t)] \end{aligned} \right\} \varphi(t) \text{ và } \psi(t) \text{ thay đ ể i r ể t ch ể m.}$$
- Các biên đ ể E_{xm} và E_{ym} không đ ể i theo th ời gian. Trong khi chu kỳ dao đ ể ng vào kho ả ng 10^{-7} s, thì kho ả ng th ời gian đ ể c tr ể ng c ủa s ố bi ể n đ ể pha vào kho ả ng 10^{-7} (đ ể i v ớ i laser liên t ể c), t ể ể ng ể ng v ớ i chi ều dài k ể t h ể p nhi ể u mét.

- Thời điểm của chùm tia chiếu rọi rớt chiếu (nhỏ hơn 1m trên km): các tia sóng gần song song.
- Các tia laser khi đi ra buồng chiếu có các tính chất gần với sóng phẳng đơn sắc.

III. Sự phân cực của sóng ánh sáng:

- Một sóng ánh sáng phân cực thông thường phụ thuộc của điện trường $\vec{E}(z,t)$ không đổi, để có $\vec{r}$ và t .
- Vectơ $\vec{E}$ của một sóng điện từ lan truyền theo phương Oz có thể được phân tích trong mặt phẳng (x,y) thành các thành phần:

$$\vec{E}(z,t) = E_x(z,t)\vec{e}_x + E_y(z,t)\vec{e}_y$$

→ sóng $\vec{E}(z,t)$ được xem như là tổng của hai sóng phân cực thông thường theo các phương của $\vec{e}_x$ và $\vec{e}_y$.

- Sự phân tích này không phải là duy nhất, cặp số $(\vec{e}_x, \vec{e}_y)$ có thể quay quanh trục Oz.
- Trên thực tế, sự phân tích này được thực hiện bởi polariseurs.
- Ánh sáng tự nhiên không phân cực: sóng là sự chồng chập của nhiều đoàn sóng phát ra bởi các nguyên tử của tim đèn. Mỗi đoàn sóng có tính phân cực, nhưng ngẫu nhiên, với thời gian được trung bình τ_c . Một cách trung bình, mọi phương phân cực đều như nhau. Trong trường hợp này, ánh sáng tự nhiên không phân cực.

IV. Công suất sóng:

- Trong đời của sóng ánh sáng, các máy thu chuyển đổi năng lượng công suất bức xạ bởi sóng điện từ.
- Công suất này tỉ lệ với bình phương của điện trường và tỉ lệ với diện tích hiệu dụng của máy thu.
- Các máy thu có một thời gian đáp ứng τ_R nào đó, trong khoảng thời gian đó chúng lấy tích phân giá trị của $\vec{E}^2$.
- Thời gian các máy thu hoạt động với giá trị trung bình của công suất nhận được, trên một số rớt lớn chu kỳ.
- Một máy thu có diện tích hiệu dụng S cung cấp tín hiệu tỉ lệ với $S\langle E^2 \rangle$, với $\langle E^2 \rangle$ là giá trị trung bình của $\vec{E}^2$ trên thời gian đáp ứng của máy thu.
- Ta định nghĩa cường độ sóng là công suất bức xạ trung bình phát xạ bởi sóng $I = K\langle \vec{E}^2 \rangle$, K là hằng số tỉ lệ.

$$\vec{E} = E_x\vec{e}_x + E_y\vec{e}_y$$

$$I = K\langle E^2 \rangle = K\langle E_x^2 + E_y^2 \rangle = K\langle E_x^2 \rangle + K\langle E_y^2 \rangle$$

I_x và I_y là cường độ của mỗi sóng phân cực: $I = I_x + I_y$.

Cường độ của một sóng bằng tổng cường độ của 2 sóng phân cực thành phần theo 2 phương vuông góc nhau.

- Trường hợp sóng đơn sắc:

$$E = \text{Re}(\underline{E}) \text{ v\ddot{a} } E = E_m \cos(\omega t + \varphi(M))$$

$$\underline{E} = \underline{E}_0 \exp(i\omega t)$$

$$\langle E^2 \rangle = E_m^2 \langle \cos^2(\omega t) \rangle \text{ n\ddot{u} đ\ddot{a} c\acute{a} t\ddot{h} tr\ddot{e}n m\ddot{a}t s\ddot{a} l\ddot{a}n chu kỳ}$$

$$\langle \cos^2(\omega t) \rangle = \frac{1}{2} \Rightarrow I = \frac{1}{2} K E_m^2$$

$$E_m^2 = |\underline{E}|^2 = \underline{E} \cdot \underline{E}^* \Rightarrow I = \frac{1}{2} K \underline{E} \cdot \underline{E}^*$$

V. Bi\ddot{u}u di\ddot{a}n v\ddot{o} h\ddot{a}ng c\ddot{a}a s\ddot{o}ng \acute{a}nh s\ddot{a}ng:

1. S\ddot{o}ng ph\ddot{a}n c\ddot{a}c th\ddot{a}ng :

- M\ddot{a}t s\ddot{o}ng ph\ddot{a}n c\ddot{a}c th\ddot{a}ng đ\ddot{a}c theo ph\ddot{a}ng Ox đ\ddot{a}c m\ddot{o}t b\ddot{a}i m\ddot{a}t h\ddot{a}m v\ddot{o} h\ddot{a}ng s(M,t):

$$\vec{E}(M,t) = s(M,t) \vec{e}_x \text{ v\ddot{a} } I = K \langle s^2 \rangle$$

- Kh\ddot{o}o s\ddot{a}t tr\ddot{a}c ti\ddot{e}n tr\ddot{a}ng h\ddot{a}p hai s\ddot{o}ng ph\ddot{a}n c\ddot{a}c theo c\ddot{u}ng m\ddot{a}t ph\ddot{a}ng $\vec{e}_y$.

$$\vec{E}_1 = s_1(M,t) \vec{e}_y \text{ v\ddot{a} } \vec{E}_2 = s_2(M,t) \vec{e}_y$$

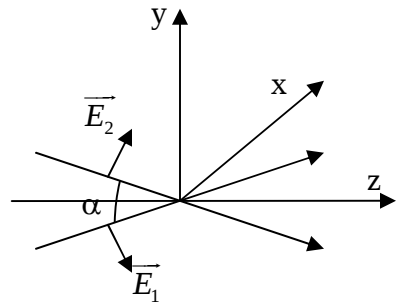
c\ddot{o} th\ddot{a} vi\ddot{e}t t\ddot{a}ng $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ v\ddot{a} i h\ddot{a}m v\ddot{o} h\ddot{a}ng s(M,t).

$$\vec{E} = s(M,t) \vec{e}_y \text{ v\ddot{a} } s(M,t) = s_1(M,t) + s_2(M,t)$$

$$I = K \langle s^2 \rangle = K \langle (s_1 + s_2)^2 \rangle$$

- Tr\ddot{a}ng h\ddot{a}p 2 s\ddot{o}ng ph\ddot{a}n c\ddot{a}c trong m\ddot{a}t ph\ddot{a}ng x\ddot{a}c đ\ddot{a}nh b\ddot{a}i c\ddot{a}c ph\ddot{a}ng truy\ddot{e}n c\ddot{a}a ch\ddot{u}ng:

$$\begin{aligned} \vec{E}(M,t) &= s_1(M,t) \vec{u}_1 + s_2(M,t) \vec{u}_2 \\ &= [s_1(M,t) + s_2(M,t)] \cos \alpha \cdot \vec{e}_x + [s_1(M,t) - s_2(M,t)] \sin \alpha \cdot \vec{e}_z \\ \text{N\ddot{u} } \alpha \text{ đ\ddot{a} nh\ddot{a} : } \vec{E}_1 &\approx s_1(M,t) \vec{e}_x \text{ v\ddot{a} } \vec{E}_2 \approx s_2(M,t) \vec{e}_x \\ \Rightarrow \vec{E} &\approx s(M,t) \vec{e}_x \text{ v\ddot{a} } s(M,t) = s_1(M,t) + s_2(M,t) \\ \text{v\ddot{a} } I &\approx K \langle s^2 \rangle \approx K \langle (s_1 + s_2)^2 \rangle \end{aligned}$$



- Tr\ddot{a}ng h\ddot{a}p 2 s\ddot{o}ng ph\ddot{a}n c\ddot{a}c theo 2 ph\ddot{a}ng v\ddot{u}ng g\ddot{o}c nh\ddot{a}u:

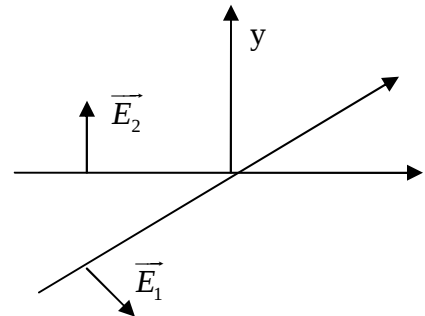
$$\vec{E}(M,t) = s_1(M,t) \vec{u}_1 + s_2(M,t) \vec{u}_2$$

$$\langle E^2 \rangle = \langle s_1^2 \rangle + \langle s_2^2 \rangle \neq \langle (s_1 + s_2)^2 \rangle$$

Ta kh\ddot{o}ng th\ddot{a} chuy\ddot{e}n s\ddot{a} ch\ddot{a}ng ch\ddot{a}t c\ddot{a}a c\ddot{a}c s\ddot{o}ng

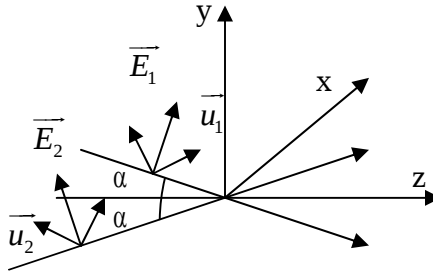
$\vec{E}_1(M,t)$ v\ddot{a} $\vec{E}_2(M,t)$ b\ddot{a}ng t\ddot{a}ng c\ddot{a}a c\ddot{a}c s\ddot{o}ng v\ddot{o} h\ddot{a}ng.

Đi\ddot{a}u n\ddot{a}y ch\ddot{a} đ\ddot{a}c khi 2 s\ddot{o}ng c\ddot{o} c\ddot{a}c ph\ddot{a}ng ph\ddot{a}n c\ddot{a}c g\ddot{a}n nh\ddot{a}u.



2. Sóng ánh sáng tự nhiên không phân cực :

- Mũi sóng là một ánh sáng tự nhiên, gồm nhiều sóng, bao gồm nhiều đoàn sóng có sự phân cực và pha ngẫu nhiên.



- Nếu các phương truyền sóng gồm nhau (α nhỏ), ta có thể đồng thời trùng các vectơ đơn vị $\vec{u}_1$ và $\vec{u}_2$ với $\vec{e}_x$.

$$\vec{E} = (E_{x1} + E_{x2})\vec{e}_x + (E_{y1} + E_{y2})\vec{e}_y.$$

- Tính $\langle E^2 \rangle$ trên thời gian đáp ứng τ_R của máy thu, giả sử lớn đối với thời gian kết hợp :

$$\langle E^2 \rangle = \langle (E_{x1} + E_{x2})^2 \rangle + \langle (E_{y1} + E_{y2})^2 \rangle.$$

Do sự phân cực của mũi sóng là ngẫu nhiên theo thời gian, các phương của chúng với mặt thời gian kẻ đồng đều nhau:

$$\begin{aligned} \langle (E_{x1} + E_{x2})^2 \rangle &= \langle (E_{y1} + E_{y2})^2 \rangle \\ \Rightarrow \langle E^2 \rangle &= 2 \langle (E_{y1} + E_{y2})^2 \rangle \end{aligned}$$

- Có thể gồm mũi sóng với mặt sóng vô hướng :

$$s_1(M, t) = \sqrt{2} \cdot E_{y1}(M, t) \text{ và } s_2(M, t) = \sqrt{2} \cdot E_{y2}(M, t)$$

và đồng thời : $I = K \langle E^2 \rangle = K \langle s^2 \rangle$ với $s = s_1 + s_2$

sóng vô hướng đồng đều với trục ngang $\vec{E}_1(M, t)$ có dạng : $s_1 = s_{1m} \cos[\omega t - \vec{k}_1 \cdot \vec{r} + \varphi_1(t)]$

có thể không tính đến những thăng giáng của biên độ và xem như s_{1m} là const.

3. Tín hiệu ánh sáng :

- Thông tin hữu ích để tính công suất để chiếu sáng trong hàm vô hướng $s(M, t)$ mà ta gọi là tín hiệu ánh sáng.
- Nếu ánh sáng đơn sắc, ta có thể đồng thời :

$$\begin{aligned} s(M, t) &= s_m(M) \cos(\omega t + \varphi_{A \rightarrow M} + \varphi_0) \\ &= s_m(M) \cos(\varphi(M, t)). \end{aligned}$$

với điểm A cố định nào đó, xem như gốc thời gian.

$\varphi_{A \rightarrow M} = \varphi(M, t) - \varphi(A, t)$: hiệu pha giữa các điểm A và M vào cùng thời điểm.

$\varphi_{A \rightarrow M}$ phụ thuộc vào vị trí của A và M, cũng như vào môi trường phân cách chúng.

Biên độ phức : $\underline{s} = \underline{s}_0(M)e^{i\varphi}$ với $\varphi(M, t) = \omega t + \varphi_{A \rightarrow M}$.

4. Cường độ của sóng điện từ :

- Cường độ của sóng là $I = s_m^2 = \underline{s} \cdot \underline{s}^*$.

VI. Pha của sóng ánh sáng :

Các tia sáng của quang hình học tiếp tục tìm kiếm điểm điếm trên phông truy n sóng.

1. Hiệu pha giữa 2 điểm trên cùng mặt tia sáng :

a. Truy n trong môi trường đồng nhất :

Chọn suất n.

- Tia sáng thẳng để xác định điểm O nào đó và vectơ đơn vị $\vec{u}$.

M là điểm điếm trên tia $\Rightarrow r = \vec{u} \cdot \vec{OM}$ là chiều dài đoạn đường ánh sáng đi từ O tới M, là đường trong chiều truy n sóng. Pha của sóng tại M :

$$\phi(M, t) = \omega t - kr + \varphi_0 = \omega t - \frac{2\pi\nu}{v}r + \varphi_0$$

$$\text{hay} \quad \phi(M, t) = \omega t - \frac{2\pi n\nu}{c}r + \varphi_0 = \omega t - \frac{2\pi nr}{\lambda_0} + \varphi_0$$

λ_0 : bước sóng trong chân không.

- Vào mặt điếm, hiệu pha giữa O và M :

$$\phi_{O \rightarrow M} = -\frac{2\pi n\nu}{c}r = -\frac{2\pi}{\lambda_0}nr = -\frac{2\pi}{\lambda_0}n\vec{u} \cdot \vec{OM} = -\vec{k} \cdot \vec{OM}$$

$$\text{với } \vec{k} = n \cdot \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \vec{u}$$

b. Tính liên tục của pha :

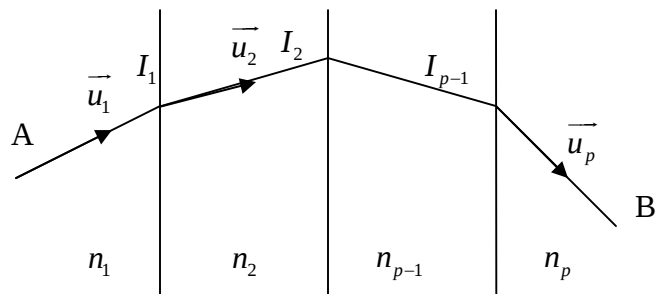
n_1 : chiết suất của môi trường sóng tới.

n_2 : chiết suất của môi trường bên cạnh.

- Pha của sóng khúc xạ bằng pha của sóng tới.
- Pha của sóng phản xạ :
 - Nếu $n_1 > n_2$: bằng pha của sóng tới.
 - Nếu $n_1 < n_2$: lệch π so với pha của sóng tới.
- Khi mặt sóng đi qua mặt điếm hội tụ, cần phải thêm π vào hiệu pha để tính.
- Sóng phản xạ trên kim loại lệch pha π .

c. Lan truyền trong dãy các môi trường trong suốt :

$$n_1, n_2, \dots$$



Theo tính liên tục của pha :

$$\varphi_{A \rightarrow B} = \varphi_{A \rightarrow I_1} + \varphi_{I_1 \rightarrow I_2} + \dots + \varphi_{I_{p-1} \rightarrow I_B}$$

$$\varphi_{A \rightarrow B} = -\frac{2\pi}{\lambda_0} (n_1 \vec{u}_1 \cdot \vec{AI_1} + n_2 \vec{u}_2 \cdot \vec{I_1 I_2} + \dots + n_i \vec{u}_i \cdot \vec{I_{i-1} I_i} + \dots + n_p \vec{u}_p \cdot \vec{I_{p-1} B})$$

Quang lộ : $(AB) = \sum n_i \vec{u}_i \vec{L_i}$ với $\vec{L_i}$ là đoạn đường mà tia sáng đi trong môi trường chiết suất n_i .

- Ghi chú : quang lộ bằng quãng đường mà ánh sáng phải đi qua trong chân không với cùng thời gian, hoặc để có cùng độ lệch pha.

$$\varphi_{A \rightarrow B} = -\frac{2\pi}{\lambda_0} (AB)$$

Nếu có sự không liên tục của pha : $\varphi_{A \rightarrow B} = -\frac{2\pi}{\lambda_0} (AB) + \varphi_{\text{sup}}$.

φ_{sup} do sự phản xạ hoặc đi qua điểm hội tụ. Tổng quát φ_{sup} bởi số của π .

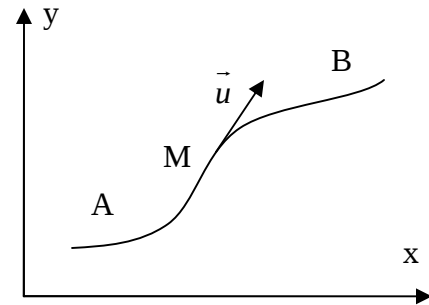
d. Quang lộ và pha :

- Trong trường hợp tổng quát, chiết suất có thể biến đổi liên tục và tia là đường cong.

$$(AB) = \int_A^B n \cdot \vec{u} \cdot d\vec{l}$$

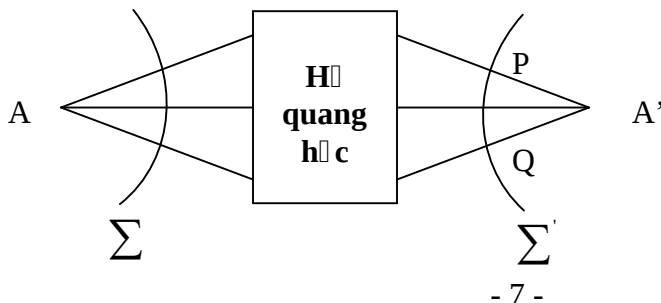
$\vec{u}$: vectơ đơn vị tiếp tuyến với tia.

Nếu đường truyền sóng biến đổi liên tục, các tia sáng không thay đổi.



2. Định lý Malus :

- Mặt sóng là tập hợp những điểm cách đều nguồn với cùng quang lộ. Nếu sóng là đơn sắc, mặt sóng là các mặt phẳng đồng pha.
- Định lý Malus : Các mặt sóng vuông góc với các tia sáng.
- Tính chất của các điểm liên tiếp:



A' là ảnh của A qua hộp quang học

Khảo sát 2 tia nđi A và A', chúng cđt mđt sóng $\sum'$ tđi P và Q.

Theo đđnh lý Malus : $(AP) = (AQ)$.

Theo đđnh luật nghđch đđo : $(A'P) = (A'Q) \Rightarrow (PA') = (QA')$

$$\Rightarrow (AP) + (PA') = (AQ) + (QA')$$

$\Rightarrow$ Quang lđ giđ a 2 đđm liên hiđp bđi mđt hđ quang hđ c không phđ thuđ c vào tia nđi chúng.

www.mientayvn.com

- Chúng tôi đã dđch đđ đđ c mđt sđ chđ đđ ng cđ a mđt sđ khóa hđ c thuđ c chđ đđ ng trđnh hđ c liđ u mđ cđ a hai trđ đđ ng đđ i hđ c nđi tiđ ng thđ giđ i MIT và Yale.
- Chi tiđ t xin xem tđ i:
- http://mientayvn.com/OCW/MIT/Vat_li.html
- http://mientayvn.com/OCW/YALE/Ki_thuat_y_sinh.html