



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

VẬT LÝ 2/3 VÀ THÍ NGHIỆM

TS. Nguyễn Thị Thúy Liễu

Tel: 0939249960

Email: lieuntt@ptit.edu.vn

NỘI DUNG

Chương 1: Dao động - sóng.

Chương 2: Giao thoa ánh sáng.

Chương 3: Nhiễu xạ ánh sáng.

Chương 4: Tán sắc, hấp thụ và tán xạ ánh sáng.

Chương 5: Phân cực ánh sáng.

Chương 6: Thuyết tương đối hẹp Einstein.

Chương 7: Quang học lượng tử.

Chương 8: Cơ học lượng tử.

Chương 9: Vật lí nguyên tử.

Chương 10: Vật lý chất rắn và bán dẫn.



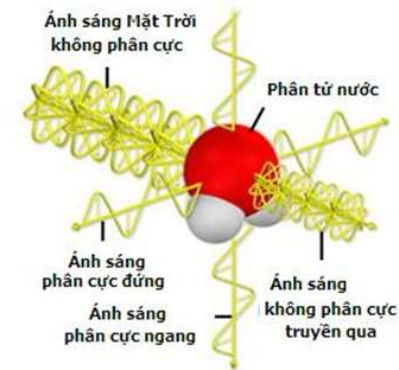
Chương 5: Phân cực ánh sáng



Sự khúc xạ kép trong tinh thể canxi








Kính 3D



Sự phân cực của ánh sáng Mặt Trời tán xạ



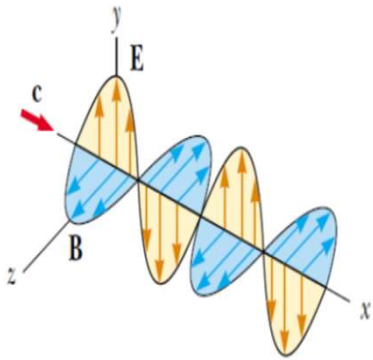
Chương 5: Phân cực ánh sáng

1. Sự phân cực ánh sáng 
2. Phân cực do lưỡng chiết 
3. Phân cực elip, phân cực tròn 
4. Lưỡng chiết nhân tạo 
5. Sự quay mặt phẳng phân cực 

1. Sự phân cực ánh sáng

➤ Ánh sáng tự nhiên

Ánh sáng: sóng điện từ ➔ **Ánh sáng tự nhiên: có vectơ cường độ điện trường dao động đều đặn theo mọi phương vuông góc tia sáng**



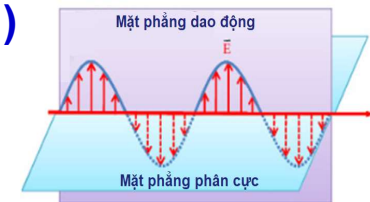
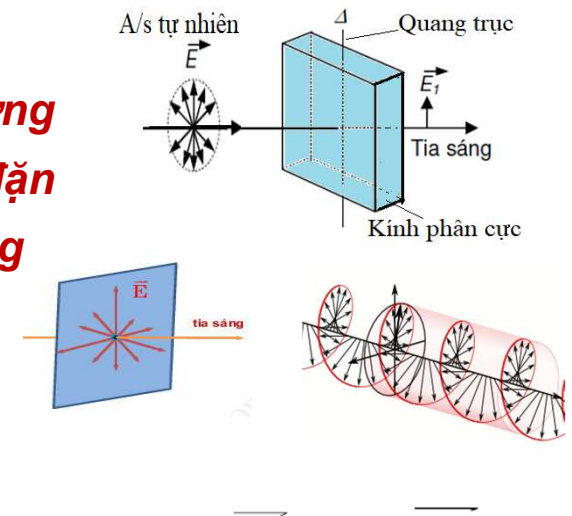
➤ Ánh sáng phân cực

* Ánh sáng phân cực toàn phần.

* Ánh sáng phân cực một phần.

* Ánh sáng phân cực elip (hay phân cực tròn)

Hiện tượng ánh sáng tự nhiên biến thành ánh sáng phân cực gọi là **hiện tượng phân cực ánh sáng**.

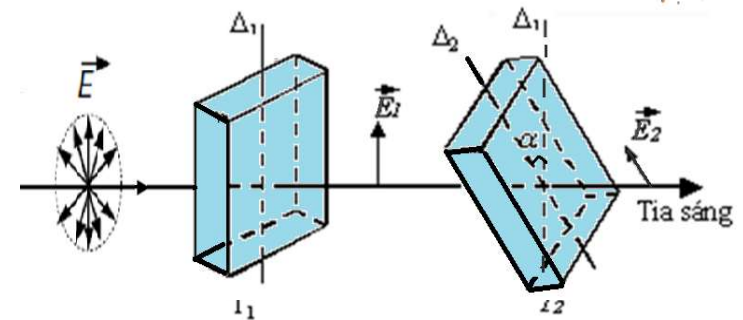
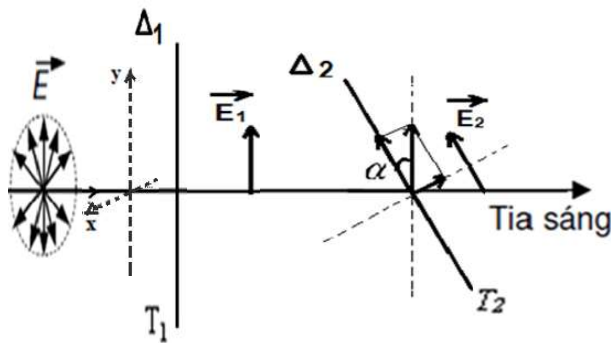


1. Sự phân cực ánh sáng

➤ Định luật Malus về phân cực ánh sáng

Khi cho một chùm tia sáng tự nhiên truyền qua hai bản tuamalin có quang trục hợp với nhau một góc α thì cường độ sáng I nhận được tỉ lệ với $\cos^2 \alpha$.

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$



❖ Xây dựng định luật:

$$\vec{E}_x \perp \Delta_1; \vec{E}_y // \Delta_1 \rightarrow E^2 = E_x^2 + E_y^2 \quad \overline{E_x^2} = \overline{E_y^2} = \frac{1}{2} \overline{E^2}$$

sau khi qua bản T_1 : $\vec{E}_1 = \vec{E}_y \rightarrow I_1 = E_1^2 = \overline{E_y^2} = \frac{1}{2} \overline{E^2} = \frac{1}{2} I_0$

Δ_2 : $\alpha = (\Delta_1, \Delta_2) \rightarrow$ sau bản T_2 : $\vec{E}_2 = \vec{E}_1 \cos \alpha // \Delta_2$

$$\text{Và: } I_2 = E_2^2 = E_1^2 \cos^2 \alpha = I_1 \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$

1. Sự phân cực ánh sáng

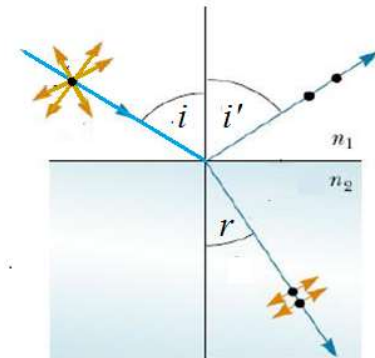
➤ Sự phân cực ánh sáng do phản xạ và khúc xạ - góc tới Brewster

Khi góc tới i thỏa mãn điều kiện:

$$i = i_B; \tan i_B = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

thì tia phản xạ sẽ phân cực toàn phần.

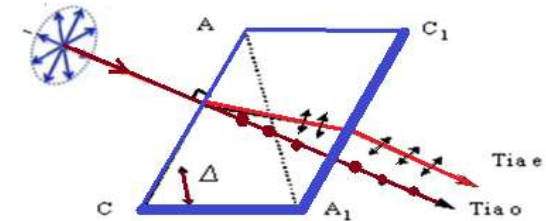
i_B : góc tới Brewster (góc phân cực toàn phần).



2. Phân cực do lưỡng chiết

➤ Tính lưỡng chiết của tinh thể:

Chiếu một tia sáng tự nhiên đến tinh thể thì được hai tia khúc xạ \Rightarrow hiện tượng lưỡng chiết.



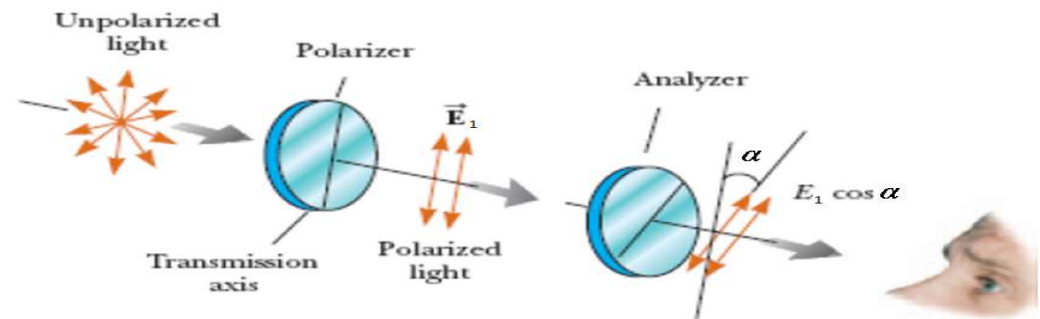
- **Tia thường (o)**: tuân theo định luật khúc xạ ánh sáng; phân cực toàn phần, có vector sáng vuông góc với mặt phẳng chính của tia đó; $n_o = \text{const}$
- **Tia bất thường (e)**: không tuân theo định luật khúc xạ ánh sáng; phân cực toàn phần, có vector sáng nằm trong mặt phẳng chính của nó; n_e phụ thuộc vào phương truyền.

Hiệu quang lộ hai tia là:
$$\Delta L = L_o - L_e = (n_o - n_e)d$$

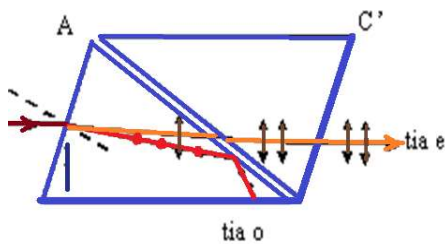
Khi ra khỏi tinh thể, tia (o) và tia (e) chỉ khác nhau về phương phân cực.

2. Phân cực do lưỡng chiết

- Sử dụng các tinh thể lưỡng chiết để chế tạo kính phân cực

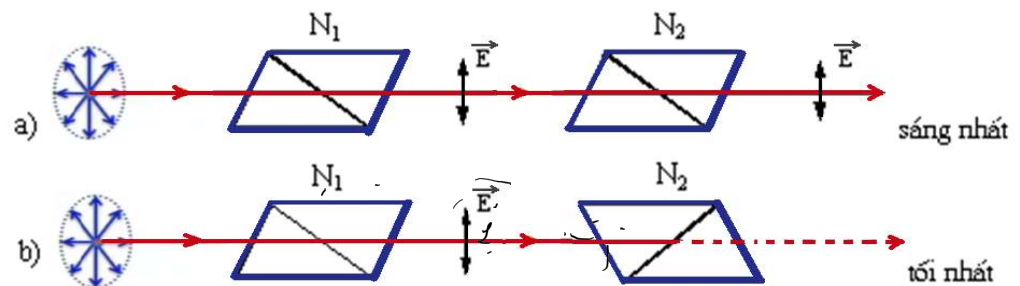


- Lăng kính Nicol (Nicôn)



Lăng kính Nicol

Phương pháp phân cực ánh sáng bằng kính phân cực.



a) Hai nicôn song song

b) Hai nicôn bắt chéo



3. Ánh sáng phân cực elip, phân cực tròn

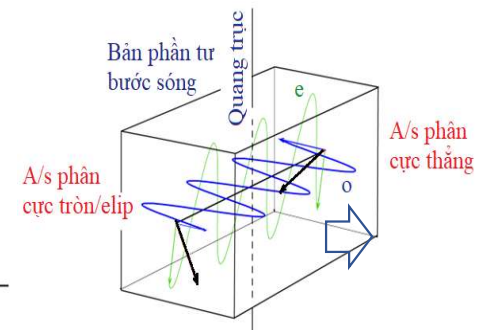
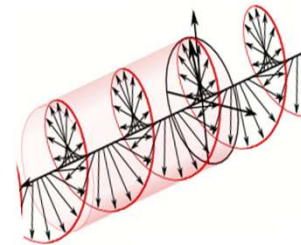
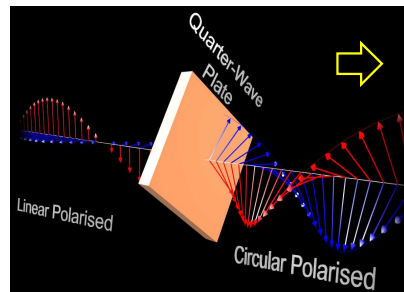
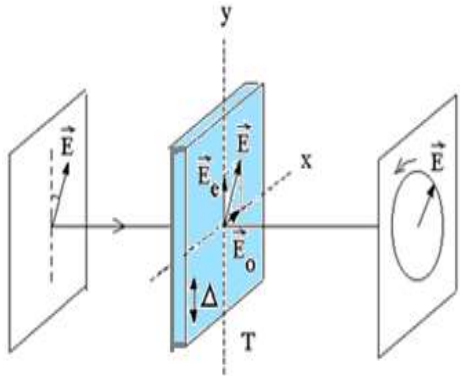
Chiếu tia sáng phân cực toàn phần vào bản tinh thể có $(\vec{E}, \Delta) = \alpha$

→ tia sáng bị tách thành hai tia có: \vec{E}_o , và \vec{E}_e → Tại điểm M sau bản tinh thể: $\vec{E} = \vec{E}_o + \vec{E}_e$

→ Đầu mút vectơ \vec{E} có quỹ đạo: $\frac{x^2}{E_o^2} + \frac{y^2}{E_e^2} - \frac{2xy}{E_o E_e} \cos \Delta\varphi = \sin^2 \Delta\varphi$ Với $E_o = E \sin \alpha$; $E_e = E \cos \alpha$

và

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (L_o - L_e) = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d \quad ; \quad \Delta L = L_o - L_e = (n_o - n_e) d$$



3. Ánh sáng phân cực elip, phân cực tròn



➤ Trường hợp đặc biệt:

$$\frac{x^2}{E_0^2} + \frac{y^2}{E_e^2} - \frac{2xy}{E_0 E_e} \cos \Delta \varphi = \sin^2 \Delta \varphi$$

1. Bản phần tư bước sóng

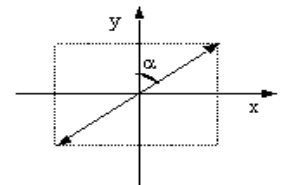
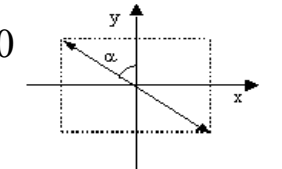
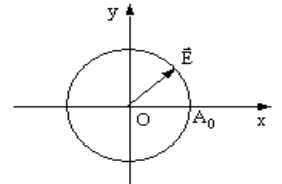
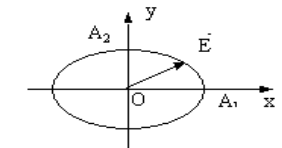
$$\Delta L = (n_o - n_e)d = (2k+1)\frac{\lambda}{4} \leftrightarrow \Delta \varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2} \rightarrow \frac{x^2}{E_0^2} + \frac{y^2}{E_e^2} = 1$$

nếu $\alpha = 45^\circ$ thì $E_0 = E_e = A_0 \rightarrow x^2 + y^2 = A_0^2 \rightarrow$ **phân cực tròn**

2. Bản nửa bước sóng

$$\Delta L = (n_o - n_e)d = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \leftrightarrow \Delta \varphi = (2k+1)\pi \rightarrow \frac{x}{E_0} + \frac{y}{E_e} = 0$$

⇒ vẫn là ánh sáng **phân cực thẳng**, nhưng phương dao động đã quay đi một góc 2α so với trước khi đi vào bản.



3. Bản một bước sóng

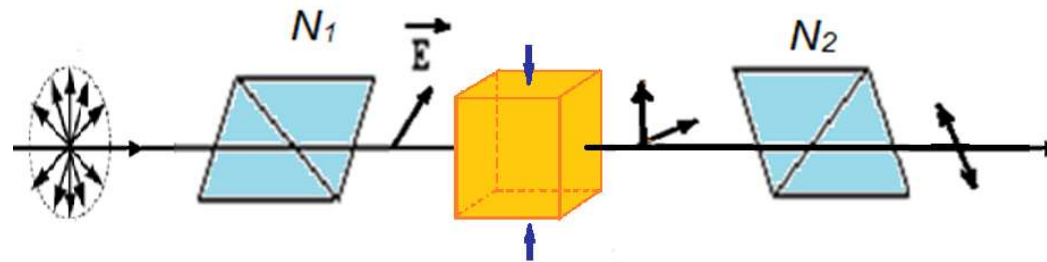
$$\Delta L = (n_o - n_e)d = k\lambda \leftrightarrow \Delta \varphi = 2k\pi \rightarrow \frac{x}{E_0} - \frac{y}{E_e} = 0$$

⇒ qua bản một bước sóng ánh sáng **phân cực thẳng**, giữ nguyên không đổi.



4. Lượng chiết nhân tạo

➤ Lượng chiết do biến dạng cơ học



$$n_0 - n_e = Cp \quad \Rightarrow \quad \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_0 - n_e)d = \frac{2\pi Cp}{\lambda}d$$

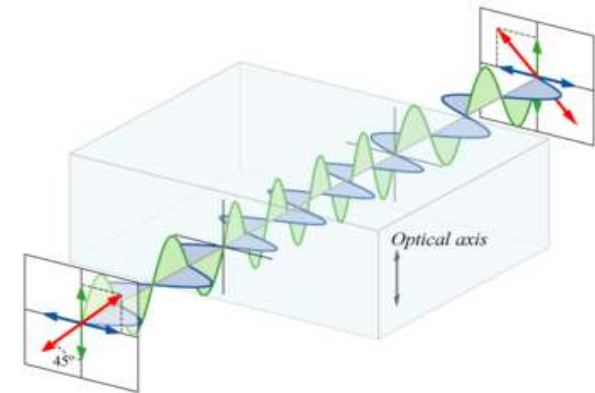
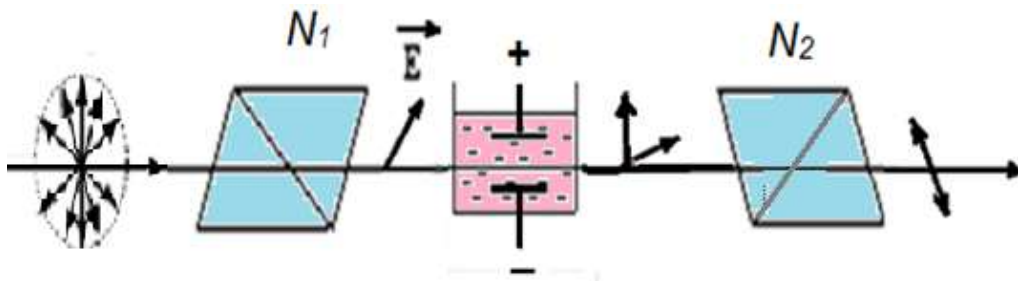
C: hệ số tỷ lệ, phụ thuộc bản chất của vật và bước sóng ánh sáng.

Nghiên cứu đường đẳng sắc \rightarrow xác định phân bố áp suất bên trong vật.

- Gọi là phương pháp quang đàn hồi.

4. Lượng chiết nhân tạo

➤ Lượng chiết do điện trường-Hiệu ứng Kerr



$$n_o - n_e = kE^2 \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d = \frac{2\pi}{\lambda} kE^2 d = 2\pi B E^2 d$$

Tế bào Kerr hoạt động như một bộ trễ sóng

$B = k/\lambda$: hằng số Kerr, phụ thuộc nhiệt độ của chất lỏng và λ ánh sáng.

➡ Tạo van quang học đóng ngắt ánh sáng không có quán tính.



5. Sự quay mặt phẳng phân cực

Góc quay φ của mặt phẳng phân cực tỷ lệ thuận với độ dày d của môi trường:

- Môi trường là tinh thể : $\varphi = \alpha d$

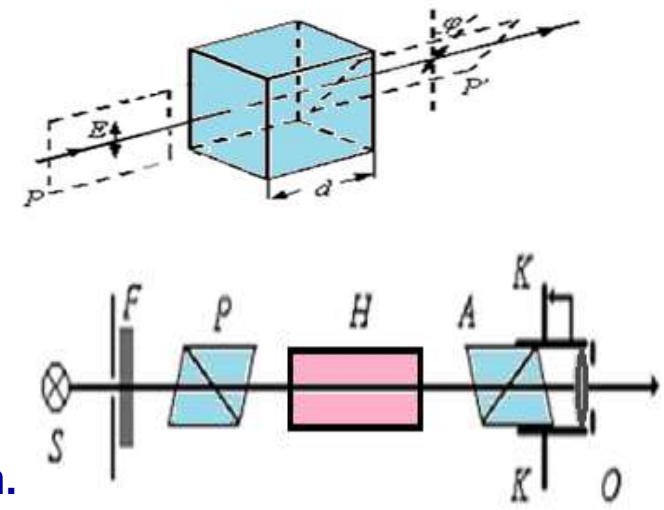
- Môi trường là dung dịch: $\varphi = [\alpha] c d$

$[\alpha]$: hệ số quay riêng, phụ thuộc bản chất và nhiệt độ của dung dịch hoạt quang, và bước sóng λ của ánh sáng

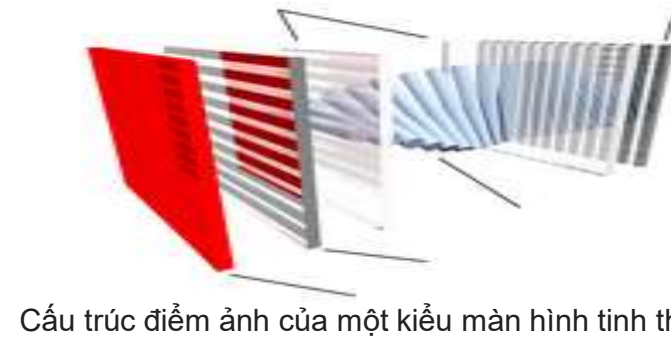
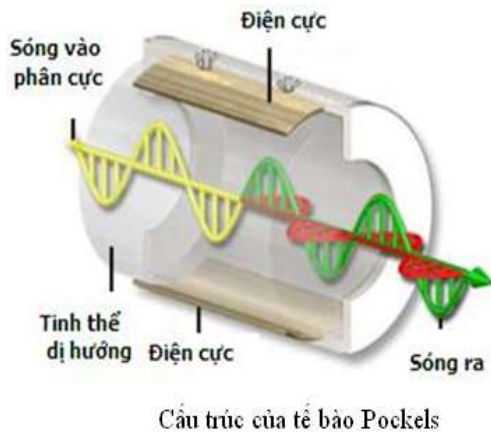
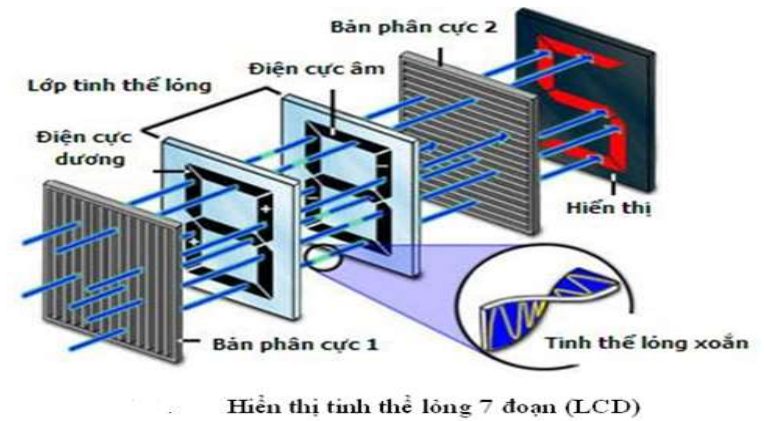
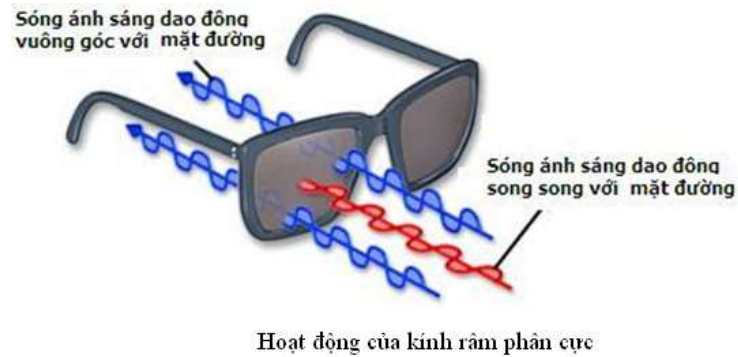
→ Ứng dụng trong **đường kế** để xác định nồng độ dung dịch.

Nếu biết d và $[\alpha]$ của dung dịch hoạt quang, sẽ xác định được nồng độ c của dung dịch:

$$c = \frac{\varphi}{[\alpha] d} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{[\alpha] d}$$



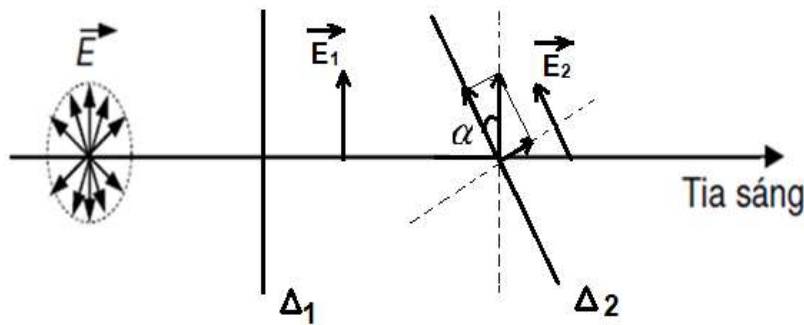
Các ứng dụng khác



Bài tập ví dụ



- 1 Một chùm tia sáng tự nhiên sau khi truyền qua một cặp kính phân cực và kính phân tích, cường độ sáng giảm đi 4 lần; coi phần ánh sáng bị hấp thụ không đáng kể. Hãy xác định góc hai quang trục của hai kính trên.



Phân tích vectơ sáng thành 2 thành phần

→ Cường độ sáng sau khi qua kính phân cực:

$$I_1 = E_1^2 = \frac{1}{2} I_0$$

- Cường độ sáng sau khi qua kính phân tích:

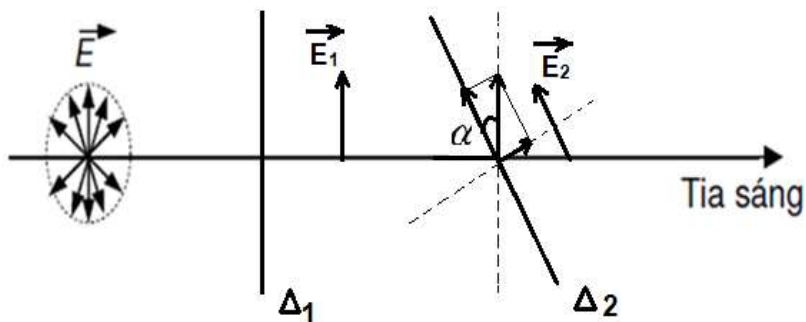
$$I_2 = E_2^2 = I_1 \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{2I_2}{I_0} = \frac{1}{2} \rightarrow \alpha = 45^\circ$$

Bài tập ví dụ



- 2 Quang trục của kính phân cực và kính phân tích hợp với nhau một góc 30° . Cho biết khi truyền qua mỗi kính năng lượng ánh sáng bị phản xạ và hấp thụ 5%. Hỏi:
- Cường độ ánh sáng tự nhiên bị giảm bao nhiêu lần sau khi truyền qua kính phân cực?
 - Cường độ ánh sáng tự nhiên bị giảm bao nhiêu lần sau khi truyền qua cả hai kính phân cực và kính phân tích?



Phân tích vectơ sáng thành 2 thành phần

→ Cường độ sáng sau khi qua kính phân cực:

$$I_1 = (95\%) \frac{1}{2} I_0 \rightarrow \frac{I_0}{I_1} = \dots$$

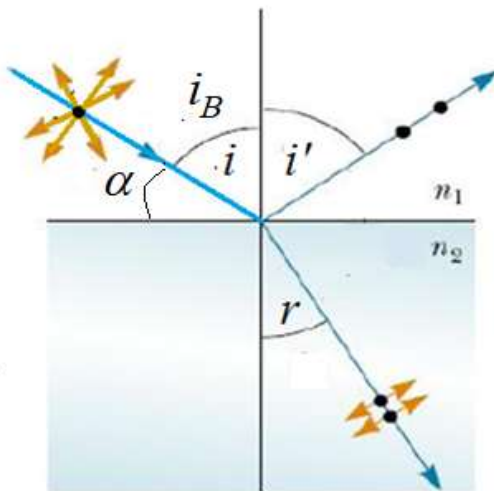
- Cường độ sáng sau khi qua kính phân tích:

$$I_2 = (95\%) I_1 \cos^2 \alpha = (95\%)^2 \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha \rightarrow \frac{I_0}{I_2} = \dots$$

Bài tập ví dụ



- 3 Hỏi góc nghiêng của mặt trời so với chân trời phải bằng bao nhiêu để những tia sáng mặt trời phản chiếu trên mặt hồ bị phân cực toàn phần. Biết rằng chiết suất của nước hồ $n = 1,33$

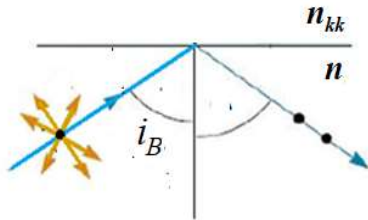


- Góc Brewster $\operatorname{tg} i_B = \frac{n}{n_{kk}} = 1,33 \Rightarrow i_B = 53^{\circ}5'$

$$\alpha = 90^{\circ} - i_B = 36^{\circ}55'$$

4

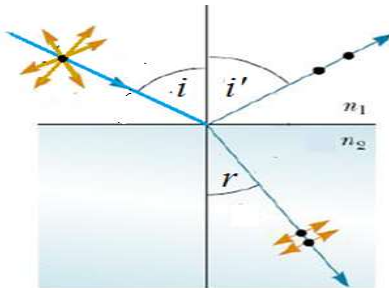
Cho biết khi ánh sáng truyền từ môi trường chất có chiết suất n ra ngoài không khí thì xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần khi góc giới hạn $i_{gh} = 45^\circ$. Xác định góc tới Brewster đối với chất này khi môi trường chứa tia tới là không khí.



$n > n_{kk}$ nên xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần:

$$\sin i_{gh} = \frac{n_{kk}}{n} < 1$$

$$\sin i_{gh} = \sin 45^\circ \rightarrow n = \dots$$



$$\tan i_B = \frac{n}{n_{kk}} = \dots \rightarrow i_B = \dots$$

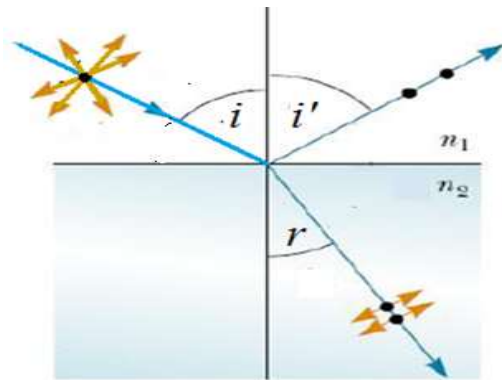
Bài tập ví dụ



5

Một chùm tia sáng truyền qua một chất lỏng đựng trong một bình thủy tinh và phản xạ trên đáy bình. Tia phản xạ bị phân cực toàn phần khi góc tới trên đáy bình bằng $42^{\circ}37'$, chiết suất của bình thủy tinh $n = 1,5$. Tính:

- Chiết suất của chất lỏng n' .
- Góc tới trên đáy bình để xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần.



- Góc Brewster

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{tt}}{n_{cl}} = \frac{n}{n'} \Rightarrow n_{cl} = n' = \frac{n_{tt}}{\operatorname{tg} i_B}$$

- Định luật khúc xạ

$$\rightarrow \sin i_{gh} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n}{n'} \rightarrow i = i_{gh}$$

6 Một bản thạch anh được cắt song song với quang trục của nó với độ dày không vượt quá 0,5mm. Xác định độ dày lớn nhất của bản thạch anh để chùm ánh sáng phân cực phân cực thẳng có bước sóng $\lambda = 0,589\mu\text{m}$ sau khi truyền qua bản thoả mãn điều kiện sau:

- Mặt phẳng phân cực bị quay (vector dao động sáng bị quay) đi một góc nào đó
- Trở thành ánh sáng phân cực tròn. Cho biết : $n_e - n_o = 0,009$.

a. - Điều kiện bản $\frac{1}{2}$ bước sóng: $\Delta L = (n_o - n_e)d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$

$$d = \frac{(2k + 1)\lambda}{2(n_e - n_o)} \leq 0,5 \rightarrow k_{\max} = 7 \rightarrow d_{\max} = 0,496\text{mm}.$$

b. - Điều kiện bản $\frac{1}{4}$ bước sóng: $\Delta L = (n_o - n_e)d = (2k + 1)\frac{\lambda}{4}$

$$d = \frac{(2k + 1)\lambda}{4(n_e - n_o)} \leq 0,5 \rightarrow k_{\max} = 14 \rightarrow d_{\max} = 0,475\text{mm}$$

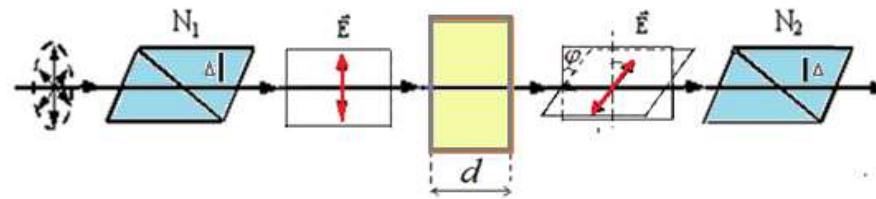
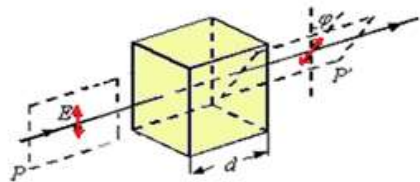


Bài tập ví dụ



- 7 Giữa hai kính nicon có quang trục song song người ta đặt một bản thạch anh có mặt vuông góc với quang trục. Khi bản thạch anh có độ dày $d_1 = 2mm$ thì mặt phẳng phân cực của ánh sáng đơn sắc truyền qua nó bị quay đi một góc
- $$\varphi_1 = 53^\circ$$

Hãy xác định độ dày d_2 của bản thạch anh để ánh sáng đơn sắc không truyền qua được kính nicon phân tích.



$$\varphi = \alpha \cdot d$$

$$\rightarrow \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{d_1}{d_2}; \varphi_2 = 90^\circ$$

$$\rightarrow d_2$$



Bài tập ví dụ

