

B- Lời giải bài tập

Bài 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 hợp bởi tiết diện chính của hai kính trên.

$$I_2 = \frac{1}{4} I_0$$

$$\alpha = ?$$

Giải

Sau khi đi qua kính phân cực, chùm ánh sáng tự nhiên bị phân cực trong hai mặt phẳng vuông góc với nhau. Gọi E , E_x , E_y lần lượt là biên độ dao động sáng của ánh sáng tự nhiên, của ánh sáng phân cực theo hai phương x , y vuông góc với nhau. ta có :

$$E^2 = E_x^2 + E_y^2$$

Vì sự biến đổi độ lớn và phương của vectơ, dao động sáng E là hoàn toàn hỗn loạn nên lấy trung bình ta có :

$$E_x^2 = E_y^2 = \frac{1}{2} E^2$$

Vì cường độ sáng tỉ lệ với bình phương biên độ dao động sáng, nên sau khi đi qua kính phân cực, ánh sáng có cường độ :

$$I_1 = 0,5I_0$$

Sau khi đi qua kính phân tích, cường độ sáng được tính theo định luật Maluyt :

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$$

α – góc giữa hai tiết diện chính của hai kính.

Theo đề bài,
$$I_2 = \frac{1}{4} I_0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{4} I_0 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$

Hay
$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ và } \alpha = 45^\circ$$

Đáp số : $\alpha = 45^\circ$

Bài 2

Góc hợp bởi tiết diện chính của kính phân cực và kính phân tích bằng α , cho một chùm tia sáng tự nhiên lần lượt truyền qua hai kính đó. Biết rằng hai kính cùng hấp thụ và phản xạ 8% cường độ chùm sáng đập vào chúng; sau khi truyền qua kính phân tích, cường độ sáng bằng 9% cường độ ánh sáng tự nhiên tới kính phân cực. Hãy xác định góc α ?

$$k = 8\%$$

$$I_2 = 9\% I_0$$

$$\alpha = ?$$

Giải

Do ánh sáng bị hấp thụ và phản xạ khi qua mỗi kính là 8% nên hiệu suất ánh sáng truyền qua mỗi kính sẽ là 92%.

Theo phân tích ở bài 1, ta biết rằng cường độ ánh sáng sau khi đi qua kính phân cực là $I_1 = 0,5I_0$ nhưng do hiệu suất truyền qua chỉ còn 92% nên ta suy ra :

$$I_1 = 92\% \cdot 0,5I_0 = 46\% I_0$$

Sau khi đi qua kính phân tích, cường độ sáng được tính theo định luật Maluyt :

$$I_2 = (1 - k) I_1 \cos^2 \alpha = 92\% \cdot 46\% I_0 \cos^2 \alpha$$

$$\text{Theo đề bài,} \quad I_2 = 9\% I_0$$

$$\Rightarrow \quad \alpha = 62^\circ 32'$$

Đáp số : $\alpha = 62^\circ 32'$

Bài 3

Mặt phẳng chính (mặt phẳng dao động) của hai lăng kính nicol N_1 và N_2 hợp với nhau một góc $\alpha = 60^\circ$. Hỏi:

a) Cường độ ánh sáng giảm đi bao nhiêu lần sau khi đi qua một nicol (N_1) ?

b) Cường độ ánh sáng giảm đi bao nhiêu lần sau khi đi qua cả hai nicol ?

Biết rằng khi truyền qua mỗi lăng kính nicol, ánh sáng bị phản xạ và hấp thụ mất $k = 5\%$.

$$\alpha = 60^\circ$$

$$k = 5\%$$

a. $\frac{I_0}{I_1} = ?$

b. $\frac{I_0}{I_2} = ?$

Giải

Khi ánh sáng đi qua hai lăng kính Nicol thì lăng kính nicol 1 sẽ là nicol phân cực và lăng kính nicol 2 sẽ là nicol phân tích.

Hiệu suất ánh sáng truyền qua mỗi lăng kính là : $1 - k$

a) Theo bài 2, ta suy ra :

$$I_1 = (1-k) \cdot 0,5I_0$$

Hay
$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{2}{1-k} = 2,1 \text{ (lần)}$$

b) Sau khi đi qua lăng kính nicol phân tích, cường độ sáng là:

$$\begin{aligned} I_2 &= (1-k) I_1 \cos^2 \alpha \\ &= (1-k)^2 \cdot 0,5I_0 \cos^2 \alpha \end{aligned}$$

Hay
$$\frac{I_0}{I_2} = \frac{2}{(1-k)^2} \cos^2 \alpha = 8,86 \text{ (lần)}$$

Đáp số : a. giảm 2,1 lần
b. giảm 8,86 lần

Bài 4

Ánh sáng phản chiếu trên một mặt thủy tinh đặt trong không khí sẽ bị phân cực toàn phần khi góc khúc xạ $\gamma = 30^\circ$.

Tìm chiết suất của loại thủy tinh trên ?

$$\gamma = 30^\circ$$

$$n = ?$$

Giải

Khi cho ánh sáng tự nhiên phản xạ trên mặt thủy tinh đặt trong không khí, ánh sáng phản xạ sẽ bị phân cực toàn phần nếu góc tới i_B thỏa mãn định luật Briuxơ :

$$\operatorname{tg} i_B = n_{21} \quad (i_B \text{ là góc tới})$$

Áp dụng định luật khúc xạ :

$$\sin i_B = n_{21} \sin \gamma$$

\Rightarrow

$$\sin i_B = \operatorname{tg} i_B \cdot \sin \gamma$$

Hay

$$\cos i_B = \sin \gamma = \sin 30^\circ = 0,5$$

$$i_B = 60^\circ$$

Như vậy

$$n = n_{21} = \operatorname{tg} 60^\circ \approx 1,73$$

Đáp số : $n = 1,73$

Bài 5

Chiếu một chùm ánh sáng tự nhiên lên mặt một bản thủy tinh nhẵn bóng, nhúng trong một chất lỏng. Tia phản xạ (trên mặt bản thủy tinh) hợp với tia tới một góc $\varphi = 97^\circ$, và bị phân cực toàn phần.

Xác định chiết suất của chất lỏng, cho $n_{tt} = 1,5$.

$$\varphi = 97^\circ$$

$$n_{tt} = 1,5$$

$$n_l = ?$$

Giải

Theo bài ra ta có góc tới của chùm sáng là $\frac{\varphi}{2}$

Tia phản xạ bị phân cực toàn phần thì góc tới của nó bằng góc tới Briuxơ

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{n_{tt}}{n_l}$$

\Rightarrow

$$n_l = \frac{n_{tt}}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} = \frac{1,5}{\operatorname{tg} \frac{97^\circ}{2}} = 1,33$$

Đáp số : $n_l = 1,33$

Bài 6

Xác định góc tới bruxto của một mặt thủy tinh có chiết suất $n_1 = 1,57$ khi môi trường ánh sáng tới là :

- a) Không khí
- b) Nước (có chiết suất $n_2 = \frac{4}{3}$)

$$n_1 = 1,57$$

$$n_2 = \frac{4}{3}$$

$$n_0 = 1$$

$$i_B = ?$$

Giải

- a) Khi môi trường ánh sáng tới là không khí $n_0 = 1$

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{n_1}{n_0} = \frac{1,57}{1} = 1,57$$

\Rightarrow

$$i_B = \arctg 1,57 = 57^\circ 30'$$

- b) Khi môi trường ánh sáng tới là nước $n_2 = \frac{4}{3}$

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1,57}{\frac{4}{3}} = 1,1775$$

\Rightarrow

$$i_B = \arctg 1,1775 = 49^\circ 39'$$

Đáp số : a. $i_B = 57^\circ 30'$

b. $i_B = 49^\circ 39'$

Bài 7

Một chất có góc giới hạn của hiện tượng phản xạ toàn phần là 45° . Tìm góc tới bruxto ứng với chất đó ?

$$\alpha_o = 45^\circ$$

$$i_B = ?$$

Giải

α_o là góc giới hạn phản xạ toàn phần nên: $n_{21} \cdot \sin \alpha_o = 1$

\Rightarrow

$$n_{21} = \frac{1}{\sin \alpha_o} = \frac{1}{\sin 45^\circ} = \sqrt{2}$$

Góc tới briuxơ của chất đó thỏa mãn:

$$\operatorname{tg} i_B = n_{21} = \sqrt{2}$$

\Rightarrow

$$i_B = \operatorname{arctg} \sqrt{2} = 54^\circ 44'$$

Đáp số : $i_B = 54^\circ 44'$

Bài 8

Một chùm tia sáng, sau khi truyền qua chất lỏng đựng trong một bình thủy tinh, phản xạ trên đáy bình. Tia phản xạ bị phân cực toàn phần khi góc tới trên đáy bình bằng $45^\circ 37'$, chiết suất của bình thủy tinh $n = 1,5$. Tính:

- Chiết suất của chất lỏng
- Góc tới trên đáy bình để chùm tia phản xạ trên đó phản xạ toàn phần

$$i_B = 42^\circ 37'$$

$$n_{tt} = 1,5$$

a. $n_l = ?$

b. $\alpha = ?$

Giải

- a. Tia phản xạ phân cực toàn phần ứng với góc tới Briuxơ:

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{n_{tt}}{n_l}$$

\Rightarrow

$$n_l = \frac{n_{tt}}{\operatorname{tg} i_B} = \frac{1,5}{\operatorname{tg} 42^\circ 37'} = 1,63$$

- b. Với α_o là góc giới hạn phản xạ toàn phần thì:

$$n_l \sin \alpha_o = n_{tt} \sin 90^\circ$$

\Rightarrow

$$\sin \alpha_o = \frac{n_{tt}}{n_l} = \frac{1,5}{1,63} = 0,92 \text{ hay } \alpha_o = 66^\circ 56'$$

Suy ra góc tới trên đáy bình thỏa mãn cho chùm tia phản xạ toàn phần là $\alpha \geq 66^\circ 56'$

Đáp án : a. $n_l = 1,63$

b. $\alpha \geq 66^\circ 56'$

Bài 9

Một chùm tia sáng phân cực phẳng (có bước sóng trong chân không $\lambda = 0,589 \mu m$) được rọi thẳng góc với quang trục của một bản tinh thể băng lan. Chiết suất của tinh thể băng lan đối với tia thường và tia bất thường lần lượt bằng $n_o = 1,658$ và $n_e = 1,488$.

Tìm bước sóng của tia thường và tia bất thường trong tinh thể ?

$$\lambda = 0,589 \mu m$$

$$n_o = 1,658$$

$$n_e = 1,488$$

$$\lambda_o = ?$$

$$\lambda_e = ?$$

Giải

Ánh sáng khi chiếu vào trong môi trường khác thì tần số f của nó không đổi, và vận tốc của nó bằng: $v_{as} = \frac{c}{n_{mt}}$ (c là vận tốc ánh sáng trong chân không, n_{mt} là chiết suất của môi trường)

Mặt khác ta lại có: $f = \frac{v_{as}}{\lambda_{as}} = const$, suy ra:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{v_o}{\lambda_o}$$

$$\Rightarrow \lambda_o = \lambda \cdot \frac{v_o}{c} = \frac{\lambda}{n_o}$$

Như vậy, bước sóng của tia thường là:

$$\lambda_o = \frac{\lambda}{n_o} = \frac{0,589}{1,658} = 0,355(\mu m)$$

Bước sóng của tia bất thường là:

$$\lambda_e = \frac{\lambda}{n_e} = \frac{0,589}{1,488} = 0,396(\mu m)$$

$$\text{Đáp số : } \lambda_o = 0,355\mu m$$

$$\lambda_e = 0,396\mu m$$

Bài 10

Áp dụng nguyên lý Huyghen, vẽ mặt đầu sóng và hướng truyền của tia thường và tia bất thường trong một tinh thể đơn trục dương nếu quang trục của nó:

- Vuông góc với mặt phẳng tới và song song với mặt tinh thể
- Nằm trong mặt phẳng tới và song song với mặt tinh thể
- Nằm trong mặt phẳng tới và nghiêng trên mặt tinh thể một góc 45^0 , tia tới vuông góc với quang trục

Bài 11

Tìm bề dày của bản $\frac{1}{2}$ sóng nếu chiết suất của bản đối với tia thường và tia bất thường lần lượt bằng $n_o = 1,658$ và $n_e = 1,488$, bước sóng ánh sáng $\lambda = 0,589\mu m$?

$$\lambda = 0,589\mu m$$

$$n_o = 1,658$$

$$n_e = 1,488$$

$$d = ?$$

Giải

$$\text{Bề dày của bản } \frac{1}{2} \text{ sóng : } d = \frac{(2k+1)\lambda}{2(n_o - n_e)} = \frac{(2k+1)0,589}{2(1,658 - 1,488)} = 1,73(2k+1) (\mu m) \quad k=0,1,2,\dots$$

$$\text{Đáp số : } d = 1,73 (2k+1) \mu m$$

Bài 12

Tìm bề dày nhỏ nhất của bản $\frac{1}{4}$ sóng nếu chiết suất của bản đối với tia thường và tia bất thường lần lượt bằng $n_o = 1,658$ và $n_e = 1,488$, bước sóng ánh sáng $\lambda = 0,545 \mu m$?

$$\lambda = 0,545 \mu m$$

$$n_o = 1,658$$

$$n_e = 1,488$$

$$d_{\min} = ?$$

Giải

$$\text{Bề dày của bản } \frac{1}{4} \text{ sóng : } d = \frac{(2k+1)\lambda}{4(n_o - n_e)}$$

Bề dày nhỏ nhất của bản ứng với $k = 0$, suy ra:

$$d_{\min} = \frac{0,545}{4(1,658 - 1,488)} = 0,8 \mu m$$

$$\text{Đáp số : } d = 0,8 \mu m$$

Bài 13

Một bản tinh thể được cắt song song với quang trục và có bề dày $d = 0,25 \text{ mm}$, được dùng làm bản $\frac{1}{4}$ sóng (đối với bước sóng $\lambda = 0,530 \mu m$)

Hỏi đối với bước sóng nào của ánh sáng trong vùng quang phổ thấy được, nó cũng là bản $\frac{1}{4}$ sóng? Coi rằng đối với tia mọi bước sóng trong vùng quang phổ thấy được ($\lambda_0 = 0,4 \mu m \div 0,7 \mu m$) hiệu chiết suất của tinh thể đối với tia bất thường và tia thường là:

$$n_e - n_o = 0,009$$

$$d = 0,25 \text{ mm}$$

$$\lambda = 0,530 \mu m$$

$$\lambda_{\min} = 0,4 \mu m$$

$$\lambda_{\max} = 0,7 \mu m$$

$$n_e - n_o = 0,009$$

$$d_{\min} = ?$$

Giải

Bề dày của bản $\frac{1}{4}$ sóng : $d = \frac{(2k+1)\lambda}{4(n_e - n_o)}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{4d(n_e - n_o)}{2k+1} \text{ và } k = \frac{2d(n_e - n_o)}{\lambda} - \frac{1}{2}$$

Trong vùng quang phổ thấy được, bước sóng ứng với bề dày d là bản $\frac{1}{4}$ sóng:

$$\Rightarrow \frac{2d(n_e - n_o)}{\lambda_{\min}} - \frac{1}{2} \geq k \geq \frac{2d(n_e - n_o)}{\lambda_{\max}} - \frac{1}{2}$$

Thay số ta được $10,75 \geq k \geq 5,93$. Do k nguyên nên $k = 6, 7, 8, 9, 10$

Thay k vào ta tính được các bước sóng thỏa mãn:

$$\lambda_1 = 0,692 \mu m$$

$$\lambda_2 = 0,600 \mu m$$

$$\lambda_3 = 0,530 \mu m$$

$$\lambda_4 = 0,473 \mu m$$

$$\lambda_5 = 0,430 \mu m$$

Đáp số : $\lambda_1 = 0,692 \mu m$

$$\lambda_2 = 0,600 \mu m$$

$$\lambda_3 = 0,530 \mu m$$

$$\lambda_4 = 0,473 \mu m$$

$$\lambda_5 = 0,430 \mu m$$

Bài 14

Người ta cắt một bản thạch anh song song với quang trục với bề dày không quá 0,5 mm. Tìm bề dày lớn nhất của bản để một chùm ánh sáng phân cực thẳng bước sóng $\lambda = 0,589 \mu m$ sau khi truyền qua bản:

- Mặt phẳng phân cực chỉ bị quay đi một góc nào đó
- Trở thành ánh sáng phân cực tròn.

Biết rằng hiệu chiết suất của tinh thể đối với tia bất thường và tia thường là: $n_e - n_o = 0,009$

$$\lambda = 0,589 \mu m$$

$$n_o - n_e = 0,009$$

$$d_{\max} = ?$$

Giải

a) Mặt phẳng phân cực chỉ bị quay đi một góc nào đó, suy ra bản phải thỏa mãn điều kiện bản $\frac{1}{2}$ sóng :

$$\begin{aligned}d &= \frac{(2k+1)\lambda}{2(n_e - n_o)} \leq 0,5 \text{ (mm)} \\ \Rightarrow 2k+1 &\leq \frac{0,5 \cdot 2 \cdot (n_e - n_o)}{\lambda} \\ \Rightarrow k &\leq \frac{0,5(n_e - n_o)}{\lambda} - \frac{1}{2} = 7,14 \\ \Rightarrow k_{\max} &= 7 \\ \Rightarrow d_{\max} &= \frac{(2 \cdot 7 + 1) \cdot 0,589 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 0,009} \approx 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ (m)} = 0,49 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

b) Để trở thành ánh sáng phân cực tròn bản phải thỏa mãn điều kiện bản $\frac{1}{4}$ sóng :

$$\begin{aligned}d &= \frac{(2k+1)\lambda}{4(n_e - n_o)} \leq 0,5 \text{ (mm)} \\ \Rightarrow k &\leq \frac{4 \cdot 0,5(n_e - n_o)}{2\lambda} - \frac{1}{2} = 14,78 \\ \Rightarrow k_{\max} &= 14 \\ \Rightarrow d_{\max} &= \frac{(2 \cdot 14 + 1) \cdot 0,589 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 0,009} \approx 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ (m)} = 0,47 \text{ (mm)}\end{aligned}$$

Đáp số : a. $d_{\max} = 0,49 \text{ (mm)}$
b. $d_{\max} = 0,47 \text{ (mm)}$

Bài 15

Tìm bề dày nhỏ nhất của một bản thạch anh có mặt được cắt song song với quang trục để ánh sáng phân cực thẳng sau khi truyền qua bản trở thành ánh sáng phân cực tròn. Với ánh sáng có bước sóng $\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, chiết suất của bản đối với tia thường và tia bất thường lần lượt bằng $n_o = 1,5442$ và $n_e = 1,5533$?

$$\begin{aligned}\lambda &= 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} \\ n_o &= 1,5442 \\ n_e &= 1,5533 \\ d_{\min} &= ?\end{aligned}$$

Giải

Để ánh sáng phân cực thẳng sau khi truyền qua bản thạch anh trở thành ánh sáng phân cực tròn thì bản phải thỏa mãn điều kiện của bản $\frac{1}{4}$ sóng :

$$d = \frac{(2k+1)\lambda}{4(n_e - n_o)}$$

Suy ra d_{\min} ứng với $k = 0$, khi đó :

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4(n_e - n_o)} = \frac{5.10^{-7}}{4(1,5533 - 1,5442)} \approx 1,4.10^{-5}(\text{m}) = 14 (\mu\text{m})$$

Đáp số : $d_{\min} = 14 \mu\text{m}$.

Bài 16

Một bản thạch anh được cắt song song với quang trục và đặt vào giữa hai nicol bất chéo nhau sao cho quang trục của bản hợp với mặt phẳng chính của các nicol một góc $\alpha = 45^\circ$

Tìm bề dày nhỏ nhất của bản để ánh sáng bước sóng $\lambda_1 = 0,643\mu\text{m}$ có cường độ sáng cực đại còn ánh sáng có bước sóng $\lambda_2 = 0,564\mu\text{m}$ có cường độ sáng cực tiểu, sau khi chúng truyền qua hệ thống hai nicol trên.

Coi hiệu chiết suất của tinh thể đối với tia bất thường và tia thường là: $n_e - n_o = 0,0090$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\lambda_1 = 0,643\mu\text{m}$$

$$\lambda_2 = 0,564\mu\text{m}$$

$$n_e - n_o = 0,0090$$

$$d_{\min} = ?$$

Giải

Đối với ánh sáng bước sóng λ_1 , bản phải có bề dày thỏa mãn điều kiện của bản $\frac{1}{2}$ sóng để ánh sáng phân cực sau khi ló ra khỏi bản thạch anh là ánh sáng phân cực thẳng và phương dao động sáng quay đi một góc $-\frac{\pi}{2}$.

Đối với ánh sáng bước sóng λ_2 , bản phải có bề dày thỏa mãn điều kiện của bản 1 sóng để ánh sáng phân cực sau khi ló ra khỏi bản thạch anh là ánh sáng phân cực thẳng với phương dao động sáng như cũ.

$$\Rightarrow (n_e - n_o)d = (2k_1 + 1)\frac{\lambda_1}{2} = k_2\lambda_2$$

$$\Rightarrow k_2 = \frac{2k_1 + 1}{2} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \approx 1,44 \cdot \frac{2k_1 + 1}{2}$$

Mặt khác k_1, k_2 nguyên nên ứng với bề dày nhỏ nhất của bản thạch anh d_{\min} thì:

$$k_1 = 3; k_2 = 4$$

$$\Rightarrow d_{\min} = \frac{3,5\lambda_1}{n_e - n_o} = \frac{3,5 \cdot 0,643 \cdot 10^{-6}}{0,009} \approx 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ (m)} = 0,25 \text{ (mm)}$$

Đáp số : $d_{\min} = 0,25 \text{ mm}$

Bài 17

Bằng một bản pôlaroit và một bản $\frac{1}{4}$ sóng làm bằng tinh thể đơn trục dương ($n_e > n_o$) làm thế nào để phân biệt được:

- a) Ánh sáng phân cực tròn quay trái với ánh sáng phân cực tròn quay phải
- b) Ánh sáng tự nhiên với ánh sáng phân cực tròn
- c) Ánh sáng tự nhiên với hỗn hợp ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực tròn.

Giải

a) Chọn Oy là phương song song với phương dao động của tia bất thường, Ox là phương song song với phương dao động của tia thường.

• Với ánh sáng phân cực tròn quay trái (đối với người quan sát) thì phương trình chuyển động của đầu mút vector dao động sáng là :

$$\begin{cases} x = a \cos(\omega t) \\ y = a \sin(\omega t) \end{cases} \quad (\omega = 2\pi c / \lambda)$$

Vì $n_o < n_e$ nên sau khi tia sáng đi qua bản $\frac{1}{4}$ sóng, dao động sáng theo phương Oy sẽ sớm pha hơn dao động sáng theo phương Ox thêm một lượng $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$.

Chọn lại mốc thời gian sao cho $\begin{cases} x = a \cos(\omega t) \\ y = a \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \end{cases} \Rightarrow x = y = a \cos(\omega t)$

Suy ra sau khi qua bản $\frac{1}{4}$ sóng, ánh sáng phân cực tròn quay trái trở thành ánh sáng phân cực thẳng với phương dao động sáng hợp với trục Oy một góc 45° (hình 1)

• Đối với ánh sáng phân cực tròn quay phải (đối với người quan sát) thì phương trình dao động sáng :

$$\begin{cases} x = a \sin(\omega t) \\ y = a \cos(\omega t) \end{cases}$$

Lý luận tương tự ta có: sau khi qua bản $\frac{1}{4}$ sóng, phương trình dao động sáng có dạng

$$\begin{cases} x = a \sin(\omega t) \\ y = a \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = a \sin(\omega t) \\ y = -a \sin(\omega t) \end{cases}$$

Như vậy, sau khi đi qua bản $\frac{1}{4}$ sóng, ánh sáng phân cực tròn quay phải trở thành ánh sáng phân cực thẳng với phương dao động sáng tạo với trục Oy góc -45^0 (hình 2)

b) Ánh sáng tự nhiên sau khi đi qua bản $\frac{1}{4}$ sóng sẽ trở thành ánh sáng phân cực tròn, như vậy nếu sau đó ta đặt bản pôlarôit và quay nó thì cường độ sáng luôn không đổi.

Ánh sáng phân cực tròn sau khi qua bản $\frac{1}{4}$ sóng sẽ trở thành ánh sáng phân cực thẳng (như lý luận ở câu a), như vậy nếu đặt bản pôlarôit ở phía sau và quay thì cường độ sáng thay đổi và có khi tắt hẳn.

c) Tương tự câu b, nếu là ánh sáng phân cực elip thì tia ló sau hệ thống cũng thay đổi và có khi tắt hẳn khi quay bản pôlarôit.

d) Cũng làm tương tự câu b, nếu là hỗn hợp của ánh sáng tự nhiên và ánh sáng phân cực tròn thì tia ló sau hệ thống thay đổi nhưng không thể đạt giá trị 0 (không tắt hẳn).

Bài 18

Một bản thạch anh dày $d = 2\text{mm}$, được cắt vuông góc với quang trục, sau đó được đặt vào giữa hai nicol song song. Người ta thấy mặt phẳng phân cực bị quay đi một góc $\varphi = 53^0$.

Hỏi chiều dày của bản phải bằng bao nhiêu để ánh sáng đơn sắc dùng trong thí nghiệm trên không qua được bản phân tích ?

$$d = 2 \text{ mm}$$

$$\varphi = 53^0$$

$$d' = ?$$

Giải

Ta có góc quay mặt phẳng phân cực của ánh sáng là:

$$\varphi = [\alpha] \cdot d$$

Vì hai nicol được đặt song song nhau nên để ánh sáng đơn sắc không đi qua được nicol phân tích thì mặt phẳng phân cực phải bị quay đi một góc $\theta = 90^0$

Ta lại có: $\theta = [\alpha] \cdot d'$ (d' là bề dày bản thạch anh ứng với $\theta = 90^0$)

$$\Rightarrow \frac{\theta}{\varphi} = \frac{d'}{d}$$

$$\Rightarrow d' = d \cdot \frac{\theta}{\varphi} = 2 \cdot \frac{90}{53} \approx 3,4 \text{ (mm)}$$

Đáp số : $d' = 3,4 \text{ mm}$

Bài 19

Chất nicotin (lỏng tinh khiết) đựng trong một bình thủy tinh dài $l = 8\text{cm}$ sẽ làm quay mặt phẳng phân cực của ánh sáng natri một góc $\alpha = 136,6^\circ$. khối lượng riêng của nicotin $\rho = 1,01\text{g/cm}^3$.

Xác định góc quay riêng $[\alpha]$ của nicotin ?

$$\begin{aligned} l &= 8\text{ cm} \\ \alpha &= 136,6^\circ \\ \rho &= 1,01\text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$$[\alpha] = ?$$

Giải

Áp dụng công thức tính góc quay mặt phẳng phân cực:

$$\alpha = [\alpha] \rho l$$

$$\Rightarrow [\alpha] = \frac{\alpha}{\rho l} = \frac{136,6^\circ}{1,01 \cdot 8} = 16,9 \text{ (độ.cm}^3/\text{g.cm)} = 169 \text{ (độ.cm}^3/\text{g.dm)}$$

$$\text{Đáp số : } [\alpha] = 169 \text{ độ.cm}^3/\text{g.dm}$$

Bài 20

Dung dịch đường glucôzơ nồng độ $C_1 = 0,28\text{ g/cm}^3$ đựng trong một bình trụ thủy tinh sẽ làm quay mặt phẳng phân cực của ánh sáng xanh đi qua bình một góc $\alpha_1 = 32^\circ$

Hãy xác định nồng độ C_2 của một dung dịch cũng đựng trong bình như trên, biết nó làm quay mặt phẳng phân cực của ánh sáng xanh một góc $\alpha_2 = 24^\circ$.

$$\begin{aligned} C_1 &= 0,28\text{ g/cm}^3 \\ \alpha_1 &= 32^\circ \\ \alpha_2 &= 24^\circ \end{aligned}$$

$$C_2 = ?$$

Giải

Mặt phẳng phân cực của ánh sáng khi đi qua dung dịch đường glucôzơ sẽ bị quay đi một góc: $\alpha = [\alpha] C d$

Trong đó : $[\alpha]$ là góc quay riêng của dung dịch chất glucôzơ đối với as đó

C là nồng độ dung dịch

d là bề dày của dung dịch mà ánh sáng truyền qua

Góc quay của mặt phẳng phân cực trong hai trường hợp là:

$$\alpha_1 = [\alpha] C_1 d$$

$$\alpha_2 = [\alpha] C_2 d$$

$$\Rightarrow C_2 = C_1 \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = 0,28 \cdot \frac{24}{32} = 0,21 (\text{g/cm}^3)$$

$$\text{Đáp số : } C_2 = 0,21\text{ g/cm}^3$$

Bài 21

Cho một chùm tia sáng đơn sắc truyền qua một hệ thống hai bản pôlôit đặt bất chéo nhau. Giữa hai bản polaroit đặt một bản thạch anh có các mặt vuông góc với quang trục

Hãy xác định bề dày nhỏ nhất của bản thạch anh để ánh sáng bước sóng $\lambda_1 = 0,436 \mu m$ bị hệ thống trên làm tắt hoàn toàn, còn ánh sáng bước sóng $\lambda_2 = 0,497 \mu m$ truyền qua được một nửa. Cho biết hằng số quay của thạch anh đối với hai bước sóng trên lần lượt bằng 41,5 và 31,1 độ/mm.

$$\lambda_1 = 0,436 \mu m$$

$$\lambda_2 = 0,497 \mu m$$

$$[\alpha_1] = 41,5 \text{ độ/mm}$$

$$[\alpha_2] = 31,1 \text{ độ/mm}$$

$$d_{\min} = ?$$

Giải

Khi truyền dọc theo quang trục của tinh thể đơn trục, vector dao động sáng của ánh sáng phân cực bị quay đi một góc α ($\alpha = [\alpha]d$) với :

$[\alpha]$ là hằng số quay của tinh thể

d là bề dày của bản tinh thể

Cường độ ánh sáng sau khi qua bản pôlarôit thứ nhất và thứ hai lần lượt là I_1, I_2

Ta có:

$$I_2 = I_1 \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$$

$$\text{Đối với tia } \lambda_1, I_2 = 0 \Rightarrow \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right) = 0 \Rightarrow \alpha_1 = k_1\pi$$

$$\text{Đối với tia } \lambda_2, I_2 = \frac{1}{2}I_1 \Rightarrow \cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_2\right) = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha_2 = (2k_2 + 1)\frac{\pi}{4}$$

Mặt khác:

$$\alpha_1 = [\alpha_1]d$$

$$\alpha_2 = [\alpha_2]d$$

$$\Rightarrow \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{[\alpha_1]}{[\alpha_2]} \rightarrow \frac{k_1\pi}{(2k_2 + 1)\frac{\pi}{4}} = \frac{41,5}{31,1} \approx \frac{4}{3}$$

Hay

$$\frac{k_1}{2k_2 + 1} = \frac{1}{3}$$

Để bề dày cần thiết là cực tiểu d_{\min} thì $k_1 = k_2 = 1$.

$$\Rightarrow d_{\min} = \frac{k_1 \cdot 180^\circ}{[\alpha_1]} = \frac{180^\circ}{41,5} \approx 4,34(mm)$$

Đáp số : $d_{\min} = 4,34 \text{ mm}$

Bài 22

Giữa hai nicol bất chéo trong một đường kẻ, người ta đặt một ống thủy tinh dài 20cm đựng trong dung dịch đường có nồng độ $C = 0,2 \text{ g/cm}^3$.

a) Hỏi cường độ sáng giảm đi bao nhiêu lần sau khi nó đi qua nicol thứ nhất.

b) Tính góc quay của mặt phẳng phân cực gây ra bởi dung dịch đường

Cho biết góc quay riêng đối với ánh sáng vàng natri bằng $[\alpha] = 67,8^\circ \cdot \text{cm}^3/\text{g} \cdot \text{dm}$ và ánh sáng đi qua nicol sẽ bị nicol hấp thụ 5%

$$C = 0,2 \text{ g/cm}^3$$

$$d = 20 \text{ cm}$$

$$[\alpha] = 67,8^\circ \cdot \text{cm}^3/\text{g} \cdot \text{dm}$$

$$k = 5\%$$

a. $\frac{I_0}{I_1} = ?$

b. $\alpha = ?$

Giải

a. Sau khi đi qua Nicol thứ nhất :

Chuyển động sáng bị giảm một nửa do ánh sáng tự nhiên sau khi qua kính bị phân cực hoàn toàn, đồng thời Nicol hấp thụ mất $k = 5\%$ suy ra:

$$I_1 = (1 - k) \cdot \frac{1}{2} \cdot I_0$$

Như vậy cường độ sáng giảm:

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{2}{1 - k} = \frac{2}{0,95} = 2,105 \text{ (lần)}$$

b. Góc quay của mặt phẳng phân cực sau khi đi qua dung dịch đường:

$$\alpha = [\alpha] \cdot C \cdot d$$

Trong đó: $[\alpha] = 67,8^\circ \cdot \text{cm}^3/\text{g} \cdot \text{dm}$, $C = 0,2 \text{ g/cm}^3$

d được tính theo đơn vị dm : $d = 2 \text{ dm}$.

$$\Rightarrow \alpha = 67,8 \cdot 0,2 \cdot 2 = 27,12^\circ = 27^\circ 4'$$

Lưu ý rằng bản nê-m thứ 2 dùng để xác định góc quay của mặt phẳng phân cực sau khi đi qua dung dịch đường.

$$\text{Đáp số : a. } \frac{I_0}{I_1} = 2,105$$

$$\text{b. } \alpha = 27^\circ 4'$$