

Практичне заняття 12. Поляризація світла

План:

1. Поляризація світла при відбиванні від діелектрика.
2. Поляризація при заломленні.
3. Закон Брюстера.
4. Подвійне променезаломлення. Закон Малюса.

Основні формули:

1) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{n_2}{n_1}$ – закон Брюстера; α – кут повної поляризації

світла; $\frac{n_2}{n_1}$ – відносний показник заломлення другого середовища відносно першого.

2) $I_2 = I_1 \cdot \cos^2 \alpha$ – закон Малюса, де I_2 – інтенсивність світла, що виходить із аналізатора, I_1 – інтенсивність світла, що виходить із поляризатора і потрапляє на аналізатор.

$I_1 = \frac{I_0}{2}$, де I_0 – інтенсивність світла, яке падає на систему,

тобто інтенсивність природного світла. Поляризатор розділяє це світло на звичайне та незвичайне, інтенсивність яких однакова. Тому закон Малюса можна записати і так:

$I_2 = \frac{I_0}{2} \cos^2 \alpha$, де α – кут між головними площинами поляризатора й аналізатора.

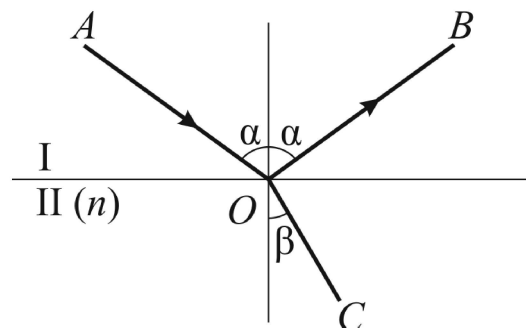
Приклади розв'язування задач

Задача 1. Чому дорівнює показник заломлення скла, якщо при відбиванні від нього світла відбитий промінь буде повністю поляризований при куті заломлення 30° ?

Аналіз та розв'язок

Дано:
 $\beta = 30^\circ$

$n = ?$



За законом Брюстера $\operatorname{tg} \alpha = n \Rightarrow \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ за зако-

ном заломлення. $\sin \beta = \cos \alpha$; тому $\alpha + \beta = 90^\circ$, тобто кут

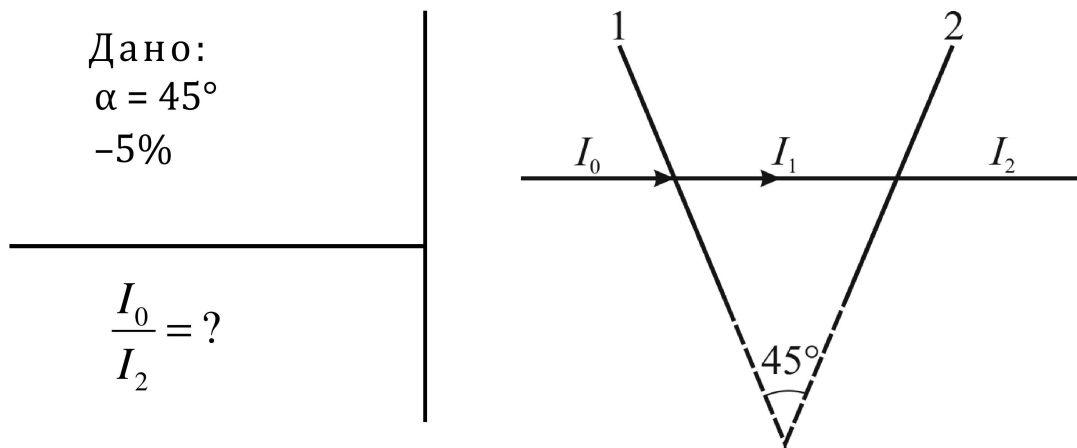
$$\angle BOC = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 90^\circ - \beta = 60^\circ.$$

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = 1,73.$$

Відповідь: $n = 1,73$, а також ми показали, що при повній поляризації кут між відбитим і заломленим променями дорівнює 90° , тобто вони взаємно перпендикулярні.

Задача 2. У скільки разів ослаблюється світло при проходженні через два ніколи, площини поляризації яких створюють між собою кут 45° , якщо кожен ніколь поглинає 5% світла, що проходить крізь нього.

Аналіз та розв'язок



Без поглинання закон Малюса запишемо у вигляді:

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

З урахуванням поглинання

$$I_2 = \frac{I_0}{2} \cdot 0,95 \cdot \cos^2 \alpha \cdot 0,95.$$

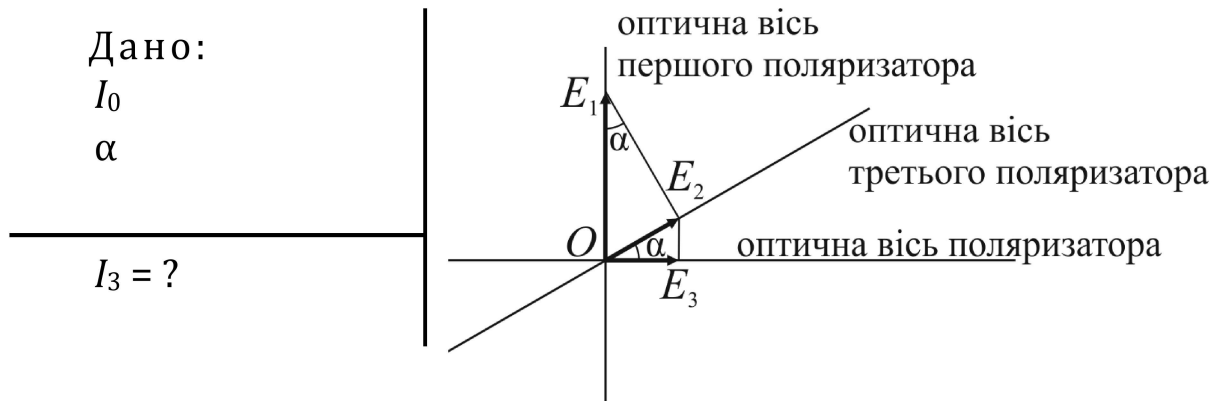
Тобто

$$\frac{I_0}{I_2} = \frac{2 \cdot 4}{(0,95)^2 \cdot 2} = 4,43.$$

Відповідь: інтенсивність зменшиться в 4,43 раза.

Задача 3. Якщо між двома схрещеними поляроїдами розмістити третій, оптична вісь якого складає кут α з оптичною віссю аналізатора, то поле зору посвітлішає. Знайти інтенсивність пройденого світла. Втратами світла на відбиття та поглинання знехтувати.

Аналіз та розв'язок



I_0 – інтенсивність природного світла;
 I_3 – інтенсивність світла, що вийшло із системи поляроїдів.

У незвичайного променя, що пройшов крізь поляризатор, вектор напруженості електричного поля буде E_1 , а проекцією вектора E_1 на оптичну вісь третього поляроїда буде напруженість електричного поля променя, який пройшов третій поляроїд $E_2 = E_1 \sin \alpha$. Аналогічно E_3 – це проекція E_2 на оптичну вісь аналізатора, тобто напруженість електричного поля променя, який пройшов крізь аналізатор $E_3 = E_2 \cos \alpha$. Підставивши E_2 , отримаємо $E_3 = E_1 \sin \alpha \cos \alpha$. Інтенсивність хвилі пропорційна квадрату вектора напруженості: $I_2 = E_1^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha$. Враховуючи, що аналізатор пропустив тільки незвичайний промінь, інтенсивність $I_1 = \frac{I_0}{2}$, тоді $I_3 = \frac{I_0}{2} \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha = \frac{1}{8} I_0 \sin^2 2\alpha$.

Відповідь: $I_3 = \frac{1}{8} I_0 \sin^2 2\alpha$.

Задачі для самостійного розв'язування та домашнього завдання

1. Знайти кут повної поляризації при відбиванні світла від скла, показник заломлення якого 1,57.
2. Граничний кут повного внутрішнього відбивання для деякої речовини дорівнює 45° . Чому дорівнює для цієї речовини кут повної поляризації?
3. Під яким кутом до горизонту повинно знаходитися Сонце, щоб його промені відбивання від поверхні озера були б найбільш поляризовані?
4. Промінь світла проходить крізь рідину, налиту в скляну ($n = 1,5$) посудину, і відбивається від дна. Відбитий промінь повністю поляризований при падінні його на дно посуду під кутом $42^\circ 37'$. Знайти 1) показник заломлення рідини; 2) під яким кутом повинен падати на дно посудини промінь світла, який іде в цій рідині, щоб наступило повне внутрішнє відбивання.
5. Чому дорівнює кут між головними площинами аналізатора і поляризатора, коли інтенсивність природного світла, яке пройшло крізь поляризатор та аналізатор, зменшилась у чотири рази? Поглинанням світла нехтувати.
6. Природне світло проходить крізь поляризатор та аналізатор, які розташовані так, що кут між головними площинами дорівнює α . Як поляризатор, так і аналізатор поглинають та відбивають 8% світла, яке на них падає. Сталося так, що інтенсивність променя, який вийшов із аналізатора, дорівнює 9% інтенсивності природного світла, яке падає на поляризатор. Знайти кут α .
7. Під яким кутом потрібно відбити промінь від кристала кам'яної солі ($n = 1,544$), щоб отримати максимальну поляризацію відбитого променя?
8. Головні площини двох призм Ніколя створюють між собою кут у 30° . Як зміниться інтенсивність світла, що їх пройшло, коли головні площини поставити під кутом у 45° ?
9. За допомогою якого простого досліду можна довести, що світлові вектори в природному світлі орієнтовані симетрично відносно напрямку поширення?

10. Природне світло проходить крізь поляризатор та аналізатор. Інтенсивність світла, яке виходить з аналізатора, становить 25% інтенсивності природного світла. Визначити кут α між площинами пропускання поляризатора та аналізатора.
11. У скільки разів послаблюється інтенсивність світла, що проходить крізь два ніколі, площини поляризації яких утворюють кут $\alpha = 60^\circ$, якщо в кожному ніколі втрачається $k = 10\%$ падаючого на нього світлового потоку?
12. Природне світло падає на систему з трьох послідовно розміщених поляроїдів. Площини пропускання перших двох поляроїдів утворюють кут $\varphi = 60^\circ$, а напрям площини пропускання третього поляроїда збігається з напрямом площини першого. Коефіцієнт пропускання кожного поляроїда $\tau = 90\%$. У скільки разів зменшиться інтенсивність світла після проходження системи?
13. Природне світло інтенсивністю I_0 проходить крізь поляризатор та аналізатор, головні площини яких утворюють кут $\alpha = 30^\circ$. Після проходження системи світло падає на дзеркало і, відбившись, знову проходить крізь неї. Якою буде інтенсивність I світла після його зворотного проходження?
14. Визначити показник заломлення скла n , якщо у разі відбивання від нього світлового пучка у повітрі кут максимальної поляризації становить 60° . Як зміниться кут максимальної поляризації, якщо скло занурити у воду?
15. Встановити найменше значення кута повної поляризації під час падіння світла з повітря на поверхню речовини, показник заломлення якої $n \geq 1$.
16. Яким повинен бути заломлюючий кут скляної призми, щоб кути входу та виходу променя з призми були кутами повної поляризації? Який при такому заломлюючому куті кут найменшого відхилення?