

ДИСТАНЦІЙНІ ПРАКТИЧНІ

ЗАНЯТТЯ з

ОПТИКИ,

запроваджені у зв'язку з
карантином

для запобігання розповсюдженню
COVID19

***Вчіться і БУДЬТЕ
ЗДОРОВІ!***

Іванова В.В.

ФТІ НТУУ “КПІ ім. І.Сікорського”

Елементи кристалооптики. Штучна анізотропія

1. Подвійне променезаломлення. Одновісні кристали. Властивості звичайного і незвичайного променів. Поляризаційні призми.
2. Фазові пластинки.
3. Інтерференція поляризованого світла.
4. Поляризація при штучному двоприменезаломленні.
5. Застосування електрооптичних ефектів.

Вивчаємо:

- ☐ Лекції проф. Парновського С.Л.
- ☐ Навч. посібник Іванової В.В.: с.107-118, задачі 4.2 (с.119), 4.3 (с.121);

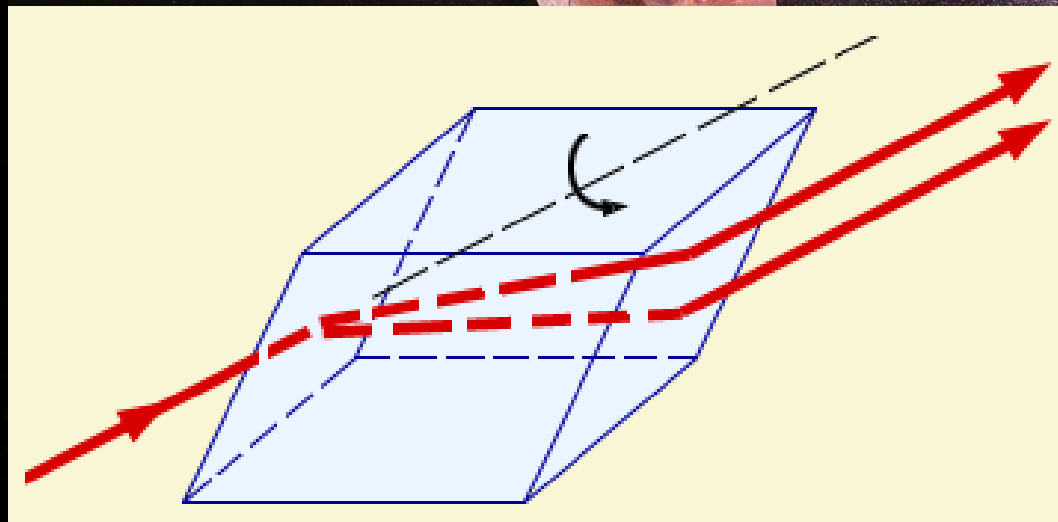
Результати навчання:

Основні поняття (знати і розуміти):

Розповсюдження звичайного і незвичайного променів в одновісному кристалі, оптична вісь кристалу, додатні і від'ємні кристали, поляризаційні призми, фазові пластинки і перетворення поляризації, інтерференційні схеми для поляризованого світла. Електрооптичні і магнітооптичні ефекти.

Уміння: визначати вид поляризації після проходження фазових пластинок, визначати параметри картини при інтерференції поляризованого світла, розраховувати показники двоприменезаломлення в ефектах, Керра, Поккельса, Коттон-Мутона, обертання площини поляризації в ефекті Фарадея.

Подвійне променезаломлення



Подвійне променезаломлення

Властивості звичайного та незвичайного променів:

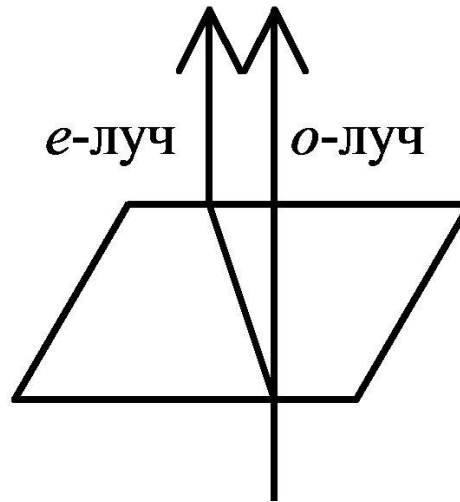
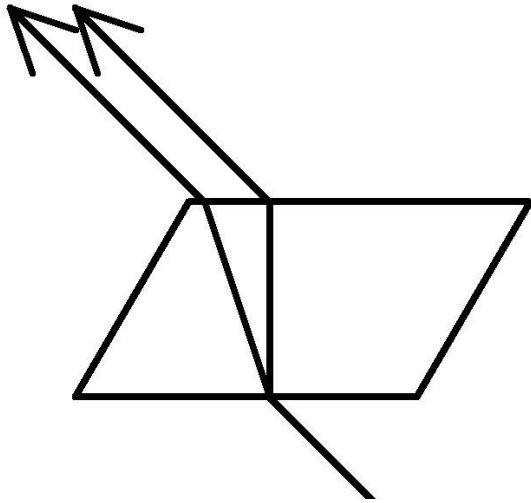
- ✓ обидва промені утворюються в точці падіння на вхідній грані кристалу; всередині кристалу промені йдуть вздовж різних напрямів, а на виході з кристалу – паралельно один одному;
- ✓ обидва промені лінійно поляризовані у взаємно перпендикулярних площинах; звичайний – у площині, що перпендикулярна до оптичної осі кристалу ($O'-O'$);

незвичайний – у площині, що паралельна оптичній осі кристалу, тобто $\vec{E}_0 \perp \vec{E}_e$

- ✓ для звичайного променя чинний закон заломлення Снелліуса $\sin \varepsilon_1 / \sin \varepsilon_{20}' = n_0 = const$
для незвичайного – ні, $n_e(\varepsilon_1) \neq const$
- ✓ всередині кристалу звичайний та незвичайний промінь розповсюджуються з різними швидкостями

$$v_0 = \frac{c}{n_0} = const \quad v_e(\varepsilon_1) = \frac{c}{n_e(\varepsilon_1)} \neq const$$
- ✓ у напрямі, що паралельний оптичній осі кристала ($O'-O'$), обидва промені розповсюджуються з однаковою швидкістю $v_0 = v_e(\varepsilon_1)$ та не розіляються один з одним, $n_0 = n_e(\varepsilon_1)$
- ✓ У напрямі, перпендикулярному до оптичної осі кристалу, обидва промені також не розділюються просторово, але мають найбільшу різницю швидкості розповсюдження та найбільшу різницю показників заломлення, що називається показником двопроменезаломлення; $n_e(\varepsilon_1) - n_0 = b$

Подвійне променезаломлення



- якщо промінь світла, що падає на кристал, є **природнім**, то звичайний та незвичайний промені **некогерентні** між собою, а їх інтенсивності визначаються як

$$I_o = \frac{1}{2} T_o I_{np}$$

де T_o та T_e – коефіцієнти пропускання кристалом відповідно звичайного та незвичайного променів

$$I_e = \frac{1}{2} T_e I_{np}$$

- якщо промінь світла, що падає на кристал, **лінійно поляризований**, то звичайний та незвичайний промені **когерентні** між собою, а їх інтенсивності

$$I_e = I_1 T_e \cos^2 \alpha$$

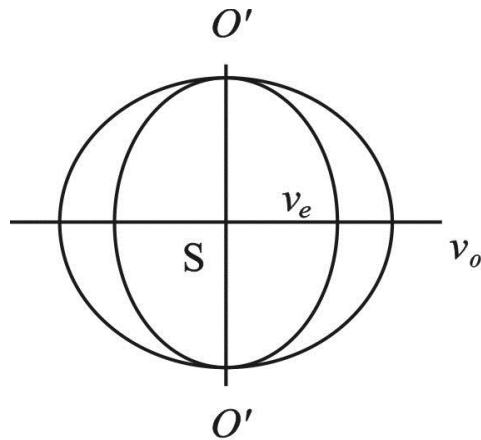
$$I_o = I_1 T_o \sin^2 \alpha$$

, α - кут між площиною поляризації променя, що падає, та оптичною віссю кристалу ($O'-O'$)

Заняття №10

Подвійне променезаломлення

Перерізи хвильових фронтів звичайного і незвичайного променів



а)

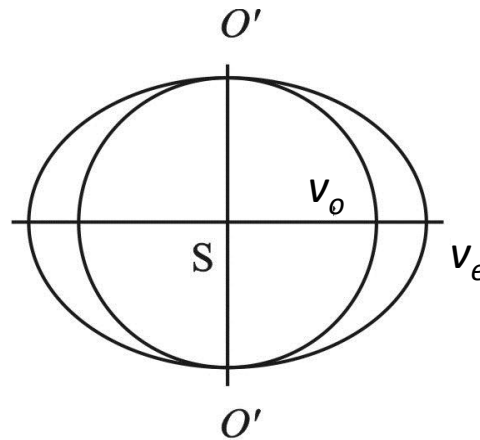
Кварц

$$n_e = 1.55; n_o = 1.54$$

$$b = n_e - n_o; b = 0.01$$

Оптично додатній кристал

$$\varepsilon_{\perp} < \varepsilon_{\parallel}$$



б)

Ісландський шпат

$$n_e = 1.486; n_o = 1.558;$$

$$b = n_e - n_o; b = -0.172$$

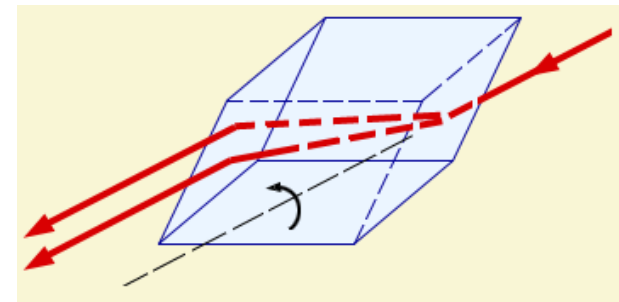
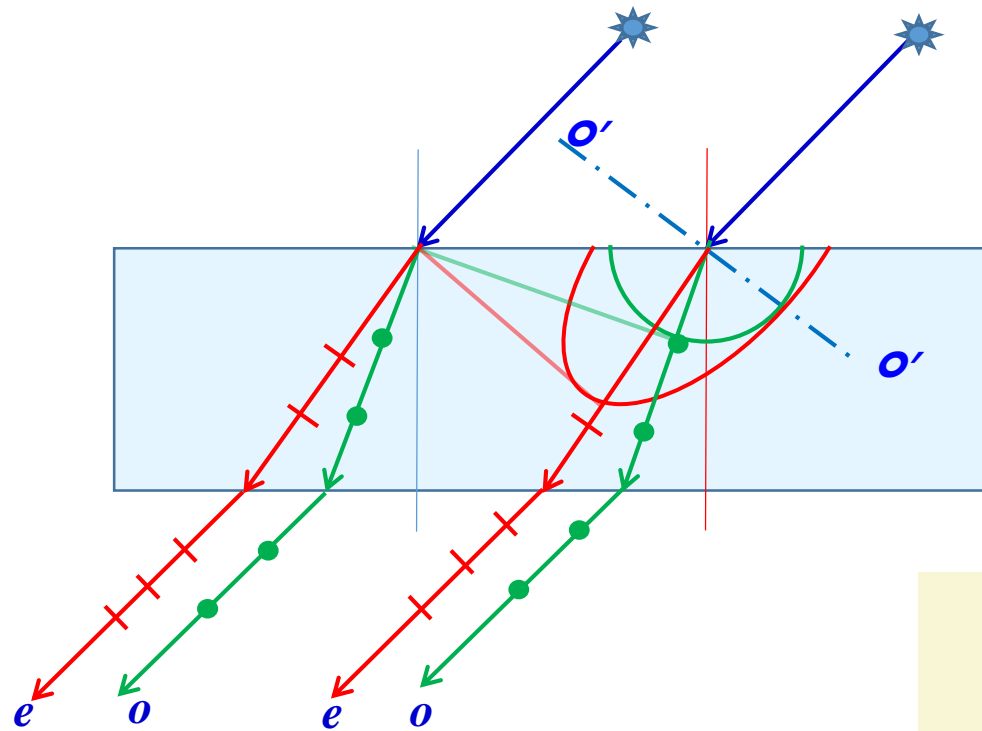
Оптично від'ємний кристал

$$\varepsilon_{\perp} > \varepsilon_{\parallel}$$

Заняття №10

Подвійне променезаломлення

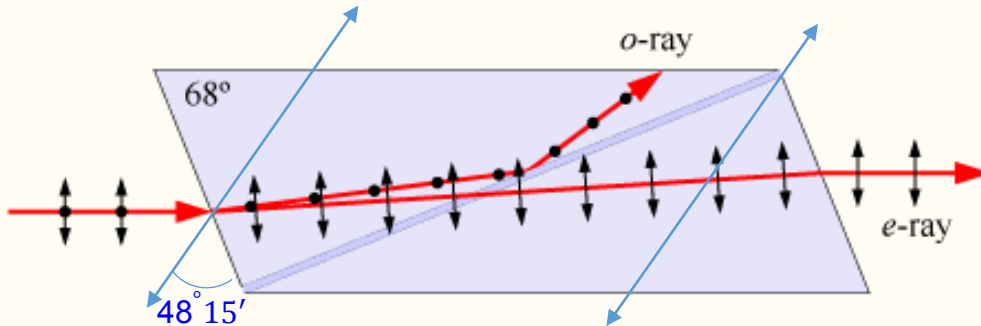
Задача 4.2. (Іванова В.В.)



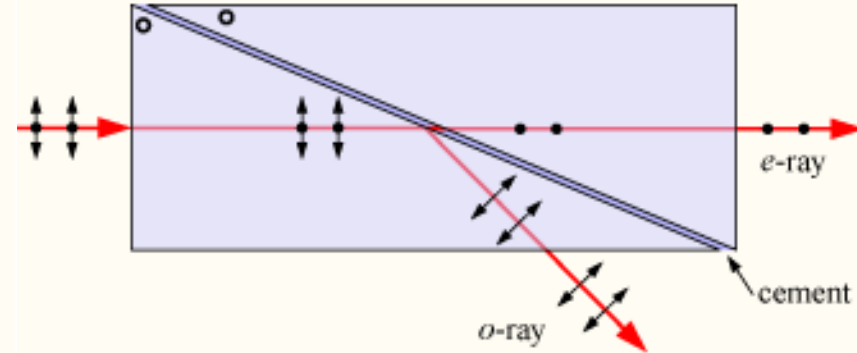
Побудова Гюйгенса для заломлення у оптично від'ємному кристалі

Заняття №10

Поляризаційні призми

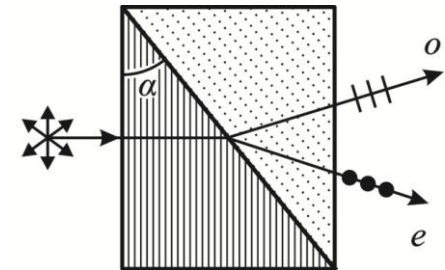


Призма Ніколя



Призма Глана-Томпсона

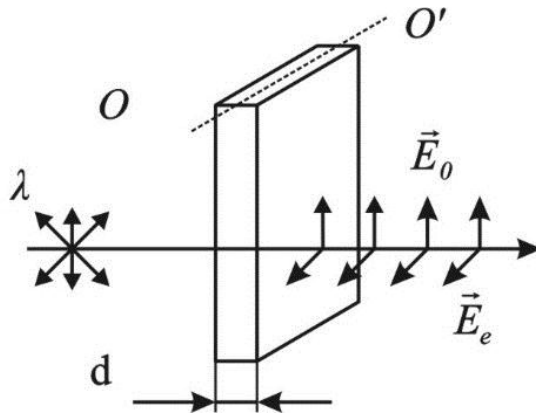
Призма Ніколя (шотл. вчений 1768—1851) є подвійною призмою з ісландського шпату, склеєну канадським бальзамом, $n = 1,55$.



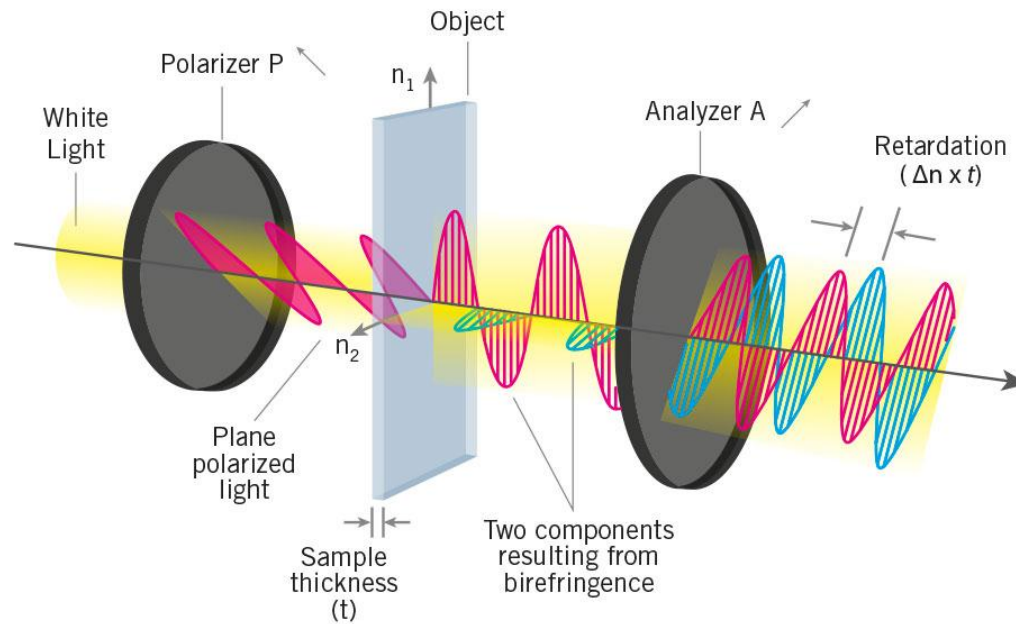
Призма Воластона

Заняття №10

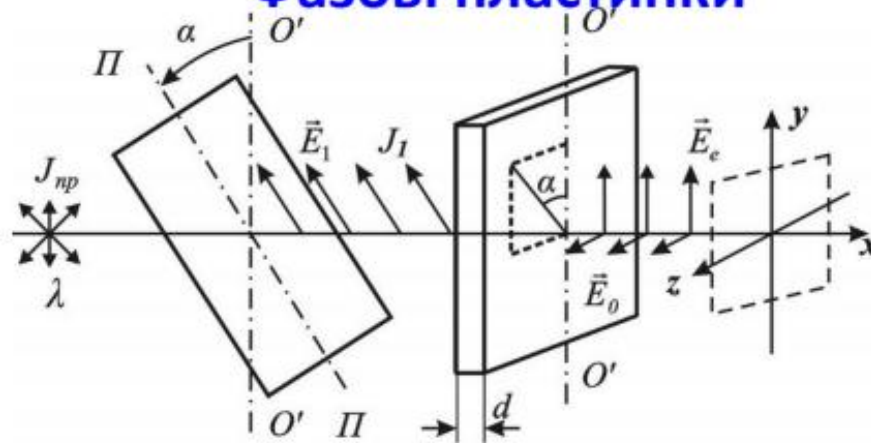
Подвійне променезаломлення Фазові пластинки



$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_e - n_o) d$$

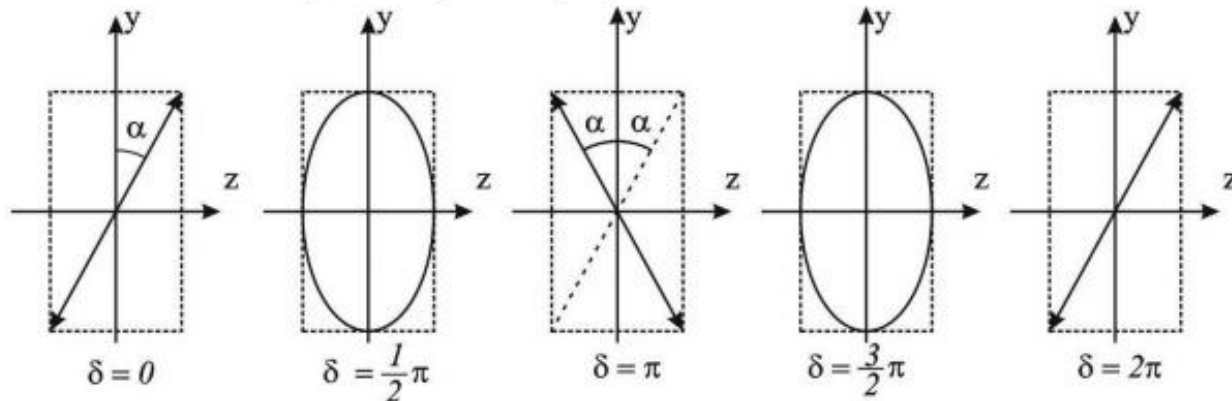


Подвійне променезаломлення Фазові пластинки



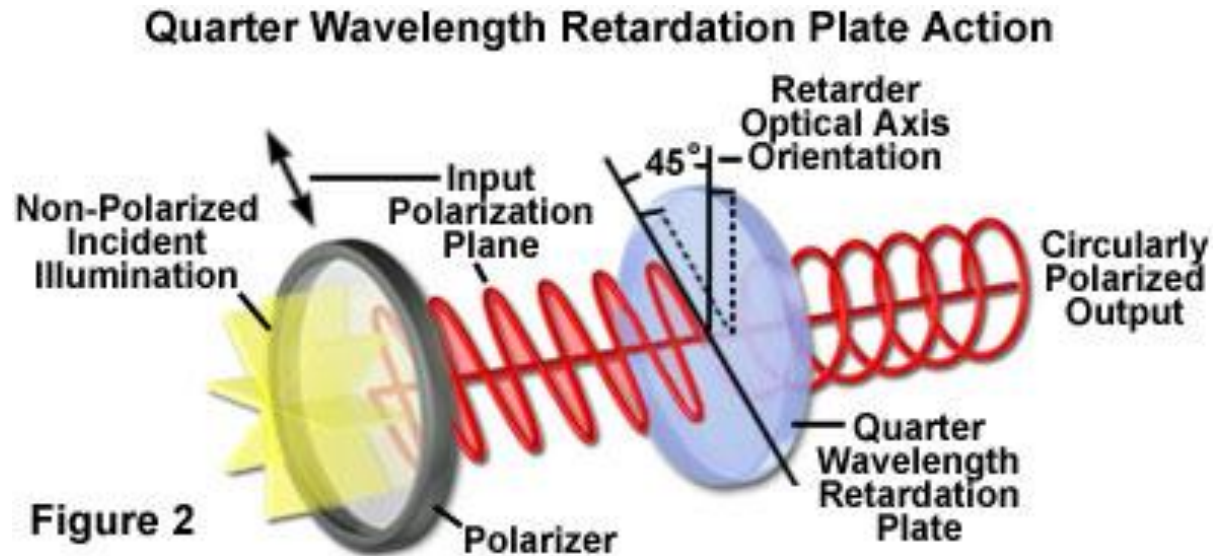
В результаті додавання двох взаємно перпендикулярних світлових коливань однієї частоти ω з різницею фаз δ утворюється еліптично поляризоване світло з рівнянням еліпсу у основі

$$\frac{y^2}{E_e^2} + \frac{z^2}{E_0^2} - \frac{2yz}{E_e E_0} \cos \delta = \sin^2 \delta \quad \delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_e - n_o) d$$



Заняття №10

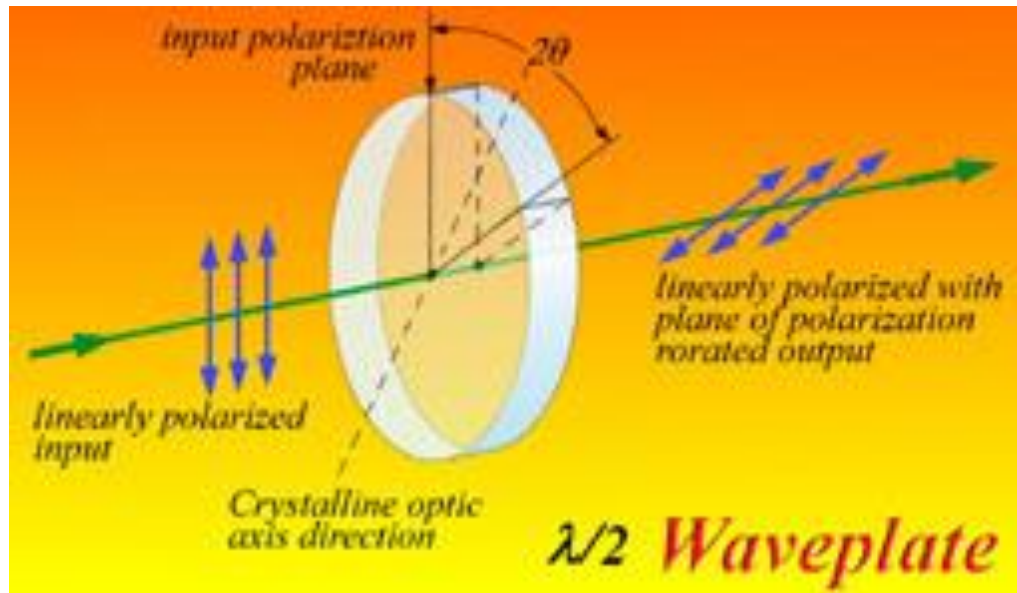
Подвійне променезаломлення Фазові пластинки



Перетворення лінійно поляризованого світла на циркулярно поляризоване за допомогою чвертьхвильової пластинки

Заняття №10

Подвійне променезаломлення Фазові пластинки



Зміна площини поляризації лінійно
поляризованого світла за допомогою
півхвильової пластинки

Заняття №10

Питання для САМОКОНТРОЛЮ

1. Промінь світла падає нормально на плоскопаралельну пластинку з ісландського шпату.

- Що відбувається з цим променем, якщо він проходить крізь пластинку вздовж оптичної осі двопроменезаломлюючого кристалу?
 - а) На виході - два промені, паралельні один одному.
 - б) Проходить, не заломлюючись. На виході один промінь.
 - в) Проходить, не заломлюючись. На виході два промені, які не розділяються просторово, але мають ортогональні площини поляризації
- Що відбувається з цим променем, якщо він проходить крізь пластинку перпендикулярно до оптичної осі двопроменезаломлюючого кристалу?
 - а) На виході два промені, просторово розділені, паралельні один одному.
 - б) Проходить, не заломлюючись. На виході два промені, які не розділяються просторово, але мають ортогональні площини поляризації і максимально можливу різницю фаз
 - б) Проходить, не заломлюючись. На виході два промені, які не розділяються просторово, але мають ортогональні площини поляризації і мінімально можливу різницю фаз

Штучна анізотропія

(це подвійне променезаломлення, яке виникає у ізотропних прозорих речовинах під дією пружних деформацій, електричного та магнітного полів)

Ефект фотопружності $(n_e - n_o)' = k\sigma$

σ - внутрішнє напруження,
викликане деформацією

Ефект Керра (1875 р.)

$$(n_e - n_o)' = B\lambda E^2$$

Виникає під дією сильного поперечного електричного поля в деяких ізотропних рідинах (нітробензол)

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L = \frac{2\pi}{\lambda} (n_e - n_o)' l = 2\pi b E^2 l$$

Ефект Поккельса

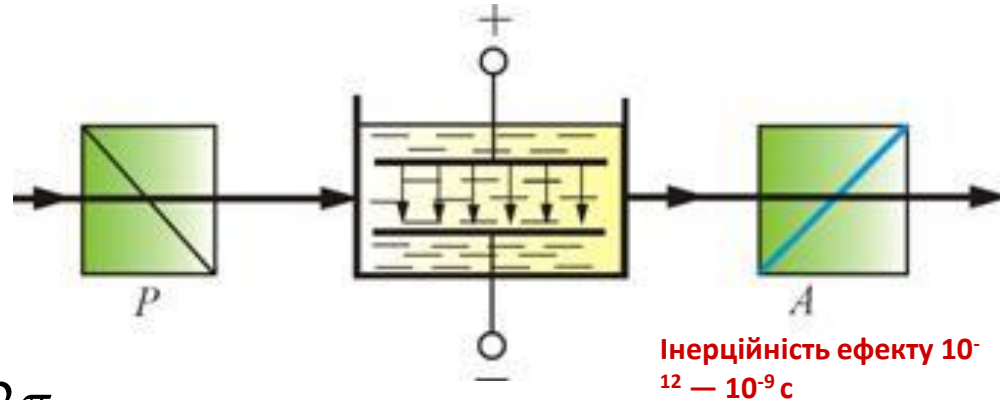
$$(n_e - n_o)' = zE$$

Виникає під дією поперечного (або поздовжнього) електричного поля в деяких ізотропних кристалах

Ефект Коттона - Мутона

$$(n_e - n_o)' = C\lambda H^2$$

Виникає під дією сильного поперечного магнітного поля в деяких ізотропних рідинах (нітробензол, ацетон)



Заняття №10

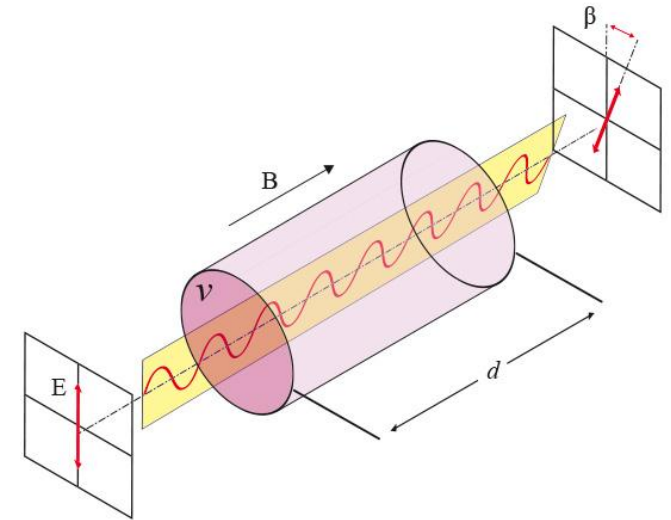
Обертання площини поляризації

Ефект Фарадея

Штучне обертання площини поляризації у прозорих оптично неактивних речовинах у поздовжньому магнітному полі

$$\psi = V H d$$

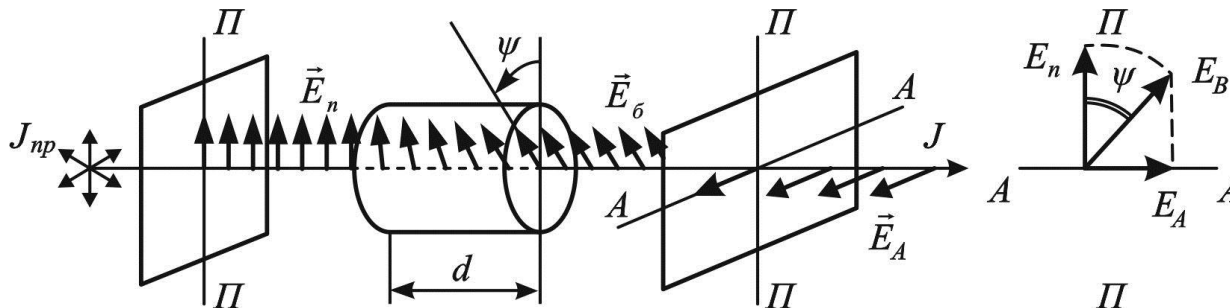
V – питоме магнітне обертання
(стала Верде)



Природне обертання (закручення) площини поляризації

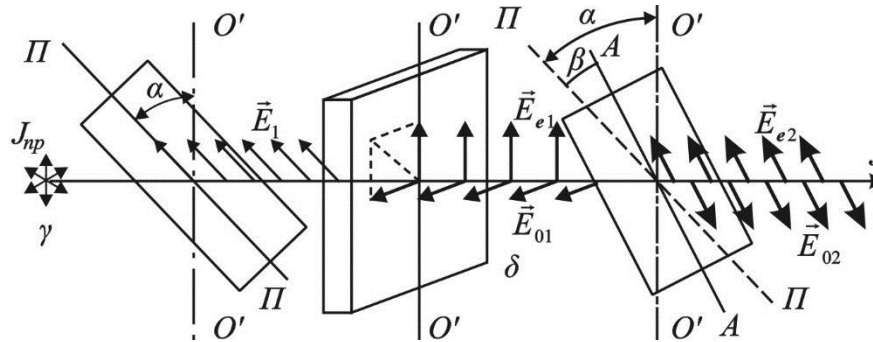
$$\psi = \alpha d$$

Виникає при проходженні лінійно поляризованого світла крізь прозорі оптично активні речовини (кварц)



Заняття №10

Інтерференція поляризованого світла



$$I = \frac{1}{2} I_{np} (\cos^2 \beta - \sin 2\alpha \sin 2(\alpha - \beta) \sin^2 \frac{\delta}{2})$$

поляризатор і аналізатор паралельні ($\beta = 0$):

$$I_{\parallel} = \frac{1}{2} I_{np} \cos^2 \frac{\delta}{2}$$

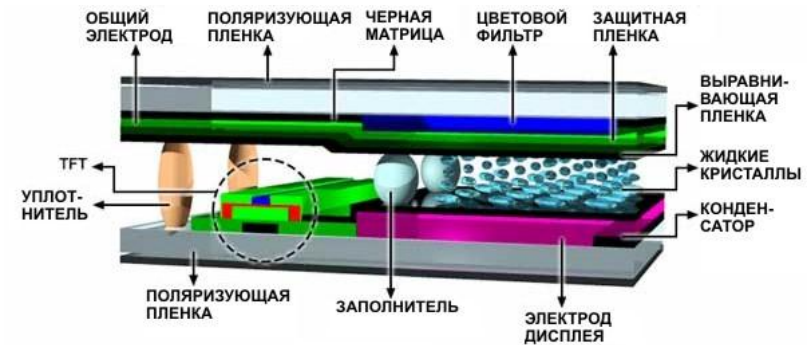
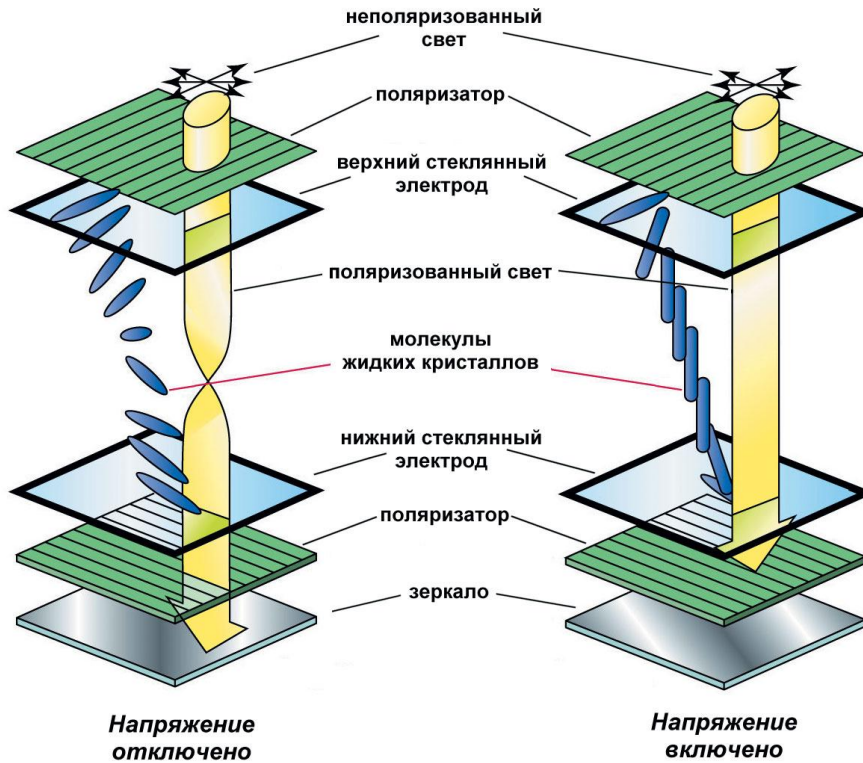
поляризатор і аналізатор схрещені ($\beta = 90^\circ$):

$$I_{\perp} = \frac{1}{2} I_{np} \sin^2 \frac{\delta}{2}$$

Заняття №10

Застосування поляризації

LCD Рідкокристалічні дисплеї



$$I_{\perp} = \frac{1}{2} I_{np} \sin^2 \frac{\delta}{2}$$

Заняття №10

Елементи кристалооптики. Штучна анізотропія

Домашнє завдання: (термін виконання: до 18.05.2020 р.(14-00))

- ☐ Питання самоконтролю
- ☐ Задачник під ред. Овчинкіна В.А.: № 11.32, 11-74, 11-75, 11-76, 11-77;
- ☐ Задачник Іванової В.В.: № 4.45.

На перевірку можна надсилати тільки 4.45!

Д/З подаються у вигляді файлу типу `прізвище_ДЗ_10.pdf` в Telegram

Вимоги до оформлення Д/З:

- Рисунки виконуються «під лінійку» з усіма необхідними позначеннями!
- Розв'язки супроводжуються належними СЛОВЕСНИМИ поясненнями з посиланням на закони і формули!
- При наявності в умові задачі числових даних, відповідь має бути обрахована!
- Неохайно оформлена задача, з закресленнями, розділена на кілька файлів, тобто така, яка ускладнює її нормальну перевірку, розглядатись не буде!
- Списані задачі не зараховуються!
- Фотографії аркушів з Д/З, якщо інша форма представлення не обумовлена, мають бути чіткі, якісні, відформатовані!