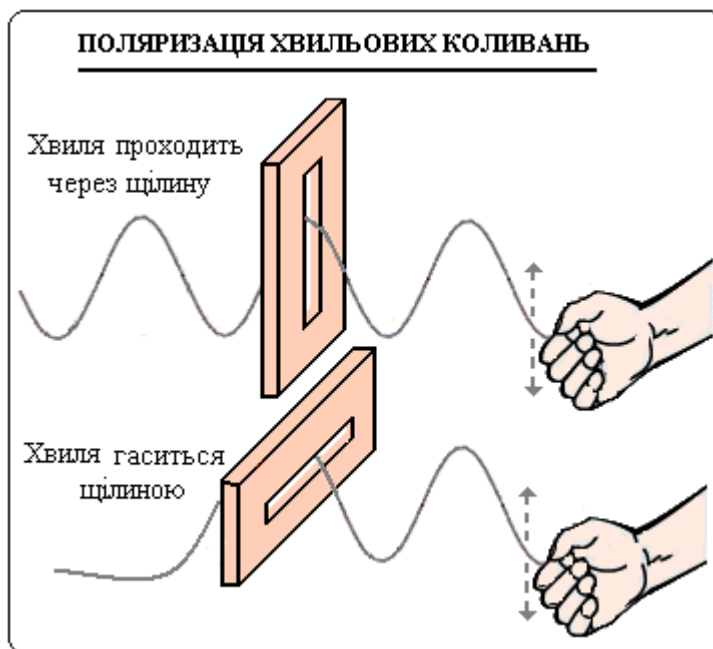


### 1. Явище поляризації та його спостереження. Закон Малю

**Поляризація** це наявність у хвилі постійно орієнтованого напрямку коливань. *Плоскополяризованою* (лінійно поляризованою) є хвиля з постійно орієнтованою площиною коливань. Очевидно, такою може бути лише поперечна хвиля. Оскільки світло є електромагнітною хвилею, в якій здійснюються поперечні коливання електричного і магнітного поля, то виникає можливість існування поляризованого світла.

Одна з властивостей плоскополяризованої хвилі ілюструється механічною хвилею на шнурі. Ця хвиля проходить через щілину, орієнтовану в площині коливань, і не проходить через щілину перпендикулярну напрямку коливань. Таким чином щілина може відігравати роль пристрою, який з багатьох хвиль здатний виділити хвилю певної поляризації – **поляризатора**. Також щілина може відігравати роль пристрою, за допомогою якого можна встановити напрямок поляризації поперечної хвилі – **аналізатора**.

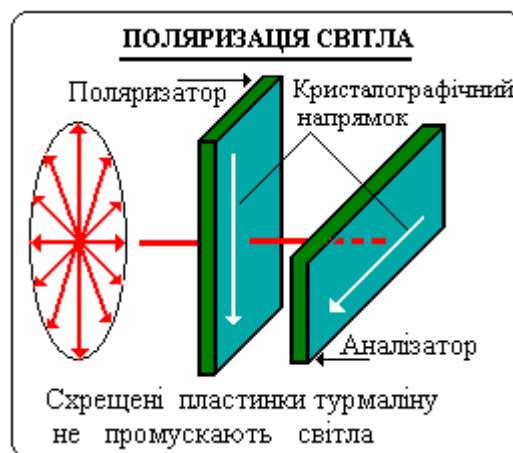


Відомий дослід з проходження електромагнітної хвилі ЗВЧ через дві послідовні металеві решітки. Якщо стрижні однієї решітки перпендикулярні стрижням іншої, то хвиля не проходить через них. Це свідчить про те, що перша решітка пропускає лише хвилю поляризовану в певній площині, яку не пропускає решітка з перпендикулярною орієнтацією стрижнів.

Можна очікувати наявність подібних властивостей і у світлової хвилі. Дійсно, якщо взяти пластинку турмаліну, вирізану паралельно його кристалографічній осі, то вона виявиться напівпрозорою для білого світла, і в прохідних променях виглядає мутно-зеленуватого кольору. Дві схрещені пластинки затримують світло.

Це означає, що природне світло містить хвилі різного напрямку поляризації, перша пластинка пропускає світло поляризоване в певному напрямку, тому наступна пластинка затримує світло, так як її напрямку пропускання перпендикулярний напрямку поляризації падаючого світла.

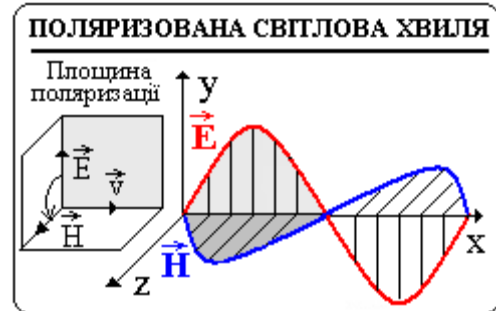
Термін поляризація був введений французьким фізиком Малю (Малюсом), хоча він і не зміг дати пояснення цьому явищу.



МАЛЮ (MALUS) Етьєн Луї (23.07.1775 – 24.02.1812). Член Паризької АН (з 1820). Народився в Парижі. Закінчив Політехнічну школу (1796), в якій викладав після служби у інженерних військах. Розробив теорію подвійного променезаломлення світла у кристалах і встановив закон зміни інтенсивності поляризованого світла (закон Малюса). У 1808 відкрив поляризацію світла при відбиванні і заломленні.

Як вже зазначалось, явище поляризації пояснюється на основі електромагнітної теорії наявністю певної орієнтації коливань електричного поля світлової хвилі

Існує декілька **видів поляризації** світла. Крім плоскої, або **лінійної** поляризації, при якій вектор напруженості здійснює коливання в площині постійної орієнтації, можливою є **еліптична та колова**, при яких кінці векторів хвилі описують названі лінії.



Хоча властивості світла визначаються напруженістю електричного поля світлової хвилі, з історичних причин за **площину поляризації** світла приймають не площину коливань вектора напруженості, а перпендикулярну їй площину.

Якщо, другу по шляху променя, пластинку турмаліну повертати навколо осі променя, то залежність інтенсивності вихідного світла  $I$  від інтенсивності вхідного  $I_0$  буде визначатися кутом  $\alpha$  між кристалографічними напрямками пластин.

Це можна пояснити тим, що електричний вектор світлової хвилі після поляризатора напрямлений під кутом  $\alpha$  до пропускового напрямку аналізатора, і в прохідній хвилі залишається лише поздовжня до пропускового напрямку складова цього вектора, рівна величиною

$$E = E_0 \cos \alpha.$$

Оскільки інтенсивність  $I$  прямопропорційна квадрату величини вектора  $E$

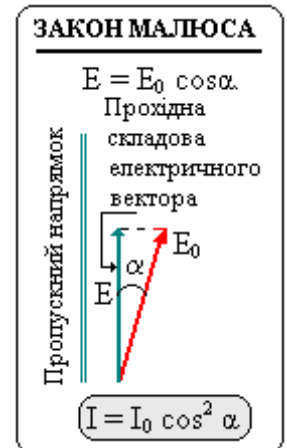
$$I \sim E^2,$$

то маємо залежність

$$I = I_0 \cos^2 \alpha,$$

яка виражає **закон Малюса**.

Розглядаються *три способи отримання поляризованого світла*. До них, крім названого, відносять поляризацію на основі явища відбивання та подвійного променезаломлення.

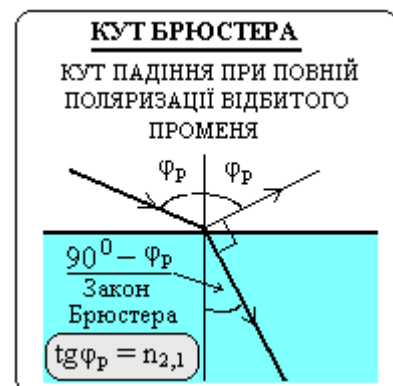


за

## 2. Поляризація при відбиванні та заломленні світла. Закон Брюстера

Промінь природного світла на поверхні розділу прозорих діелектриків розкладається на частково відбитий і заломлений. Розташувачи на шляху цих пучків аналізатор у вигляді кристалу турмаліну можна виявити, що відбитий та заломлений промінь, в загальному випадку, частково поляризуються, в тому розумінні, що світлові вектори променів, залишаючись в площині нормальній до напрямку поширення, здійснюють коливання в переважному напрямку.

При певному для двох для даних двох середовищ куту падіння  $\varphi_p$  відбитий промінь виявляється повністю



лінійно поляризованим. Такий кут падіння  $\varphi_p$  називається **кутом Брюстера, або кутом повної поляризації**.

Оскільки в ряді випадків при цьому відбитий і заломлений промінь виявляються взаємоперпендикулярними, то за законом заломлення

$$n_{2,1} = \frac{\sin \varphi_p}{\sin (90^\circ - \varphi_p)} = \frac{\sin \varphi_p}{\cos \varphi_p} = \operatorname{tg} \varphi_p,$$

що відповідає **закону Брюстера, за яким**

$$\operatorname{tg} \varphi_p = n_{2,1},$$

де  $n_{2,1}$  – показник заломлення другого середовища відносно першого.

Цей закон справджується для відбивання від діелектриків (скло, кварц, вода і т. п.) і незастосовний до відбивання від металевих поверхонь.

Для скла з показником заломлення  $n = 1,53$  кут Брюстера становить біля  $57^\circ$ .

Якщо на шляху відбитого променя помістити пластинку з того ж відбиваючого матеріалу так, щоб промінь падав під тим же кутом Брюстера, але в схресному напрямку до попереднього, то другого відбивання не відбудеться. Але, якщо пластинку повернути на  $90^\circ$  навколо осі падаючого променя, то інтенсивність відбиття буде максимальною. Такими дослідами було встановлено, що вектор напруженості електричного поля хвилі, відбитої під кутом повної поляризації, перпендикулярний відбиваючій площині.

### 3. Обертання площини поляризації

Якщо між схрещеними поляризатором і аналізатором помістити пластинку з кварцу (одновісний кристал), вирізаною перпендикулярно оптичній осі, то світло через таку систему не повинно проходити. Проте, як виявилось в дослідях Араго (1811 р.), світло таки проходить. Однак, при повороті аналізатора на деякий кут, останній перестає пропускати світло. Таке явище пояснюється тим, що кварц повертає площину поляризації світла визначену поляризатором. *Речовини, які здійснюють обертання площини поляризації називають оптично активними.* До таких речовин належать кварц, цукор, винна кислота.

Оптична активність пояснюється, як будовою молекул речовини (асиметрією), так і особливостями їх розташування в кристалічній ґратці.

Фарадей (1845 р.) виявив *обертання площини поляризації в оптично неактивних речовинах під впливом магнітного поля (ефект Фарадея).*

Кут повороту площини поляризації  $\varphi$  при проходженні відстані  $d$  в оптично активних кристалах та чистих рідинах речовині визначається формулою

$$\varphi = \alpha d.$$

Тут  $\alpha$  – питомий оберт, чисельно рівний куту повороту, здійсненому шаром речовини одиничної товщини.

У випадку розчинів вводиться додатковий множник  $C$  – масова концентрація оптично активної речовини ( $\text{кг} / \text{м}^3$ )

$$\varphi = [\alpha]Cd.$$

Всі коефіцієнти визначаються в залежності від температури та довжини хвилі.

На здатності повертати площину поляризації ґрунтується дія приладів призначених для визначення концентрації оптично активних розчинів – **поляриметрів**. Ті, які призначені для визначення концентрації цукру називаються **цукрометрами**.

### 4. Використання явища поляризації

Поляризацію світла при відбиванні використовують для *просвітлення оптики*, створюючи на поверхні лінзи тонкий шар, площина поляризації якого перпендикулярна площині

поляризації відбитого лінзою світла. Таким чином в об'єктивах фотокамер зменшують втрати на відбивання, запобігаючи утворенню небажаних відблисків.

Окуляри з перпендикулярно поляризованими лінзами (*стерео окуляри*) дозволяють кожному оку бачити лише своє зображення, накладання яких створює ілюзію об'ємності.