

§ 32. ПОЛЯРИЗАЦІЯ СВІТЛА. ПОЛЯРОЇДИ*



Око людини здатне сприймати дві важливі характеристики світла: *колір* (довжину світлової хвилі) і *рівень освітленості* (енергію світлової хвилі). Світло має і третю характеристику — *ступінь поляризації*, яку око людини, на відміну, наприклад, від ока бджоли, сприймати не здатне. Виявлення поляризації світла однозначно доводить, що **світло — це поперечна хвиля**.

1 Чи поляризоване природне світло

Світлова хвиля характеризується *вектором напруженості $\vec{E}$* і *вектором магнітної індукції $\vec{B}$* , які коливаються у взаємно перпендикулярних площинах. Площину, в якій коливається вектор напруженості $\vec{E}$, називають *площиною коливань*. Площину, в якій здійснює коливання вектор магнітної індукції $\vec{B}$, називають *площиною поляризації*.

Окремо взяті молекула або атом випромінюють електромагнітну хвилю, для якої площина коливання вектора $\vec{E}$, а отже, і площина коливання вектора $\vec{B}$ є чітко фіксованими (рис. 32.1). Проте будь-яке світне тіло складається з величезної кількості частинок. Випромінювання кожної з них

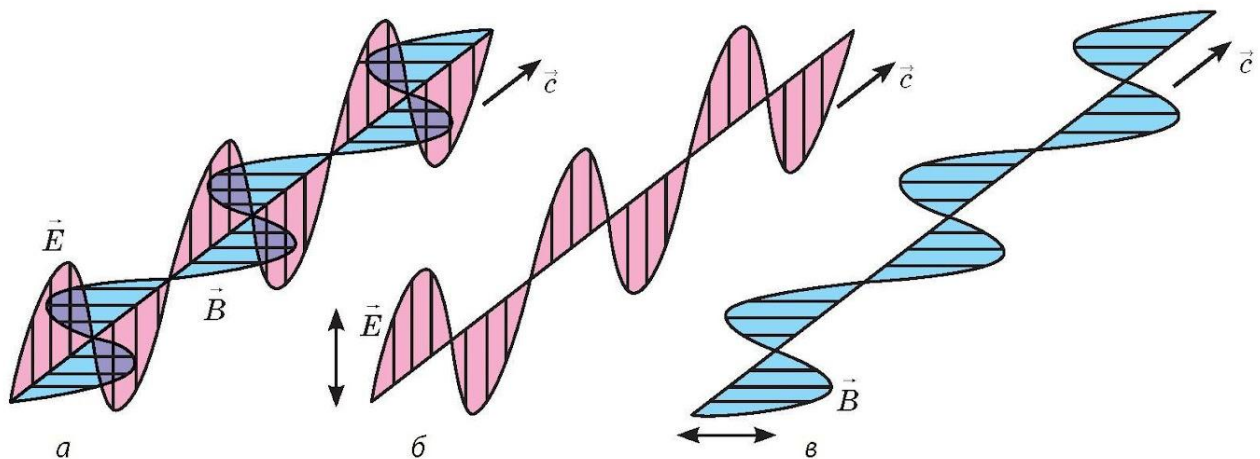


Рис. 32.1. Світлова хвиля, випромінювана окремим атомом (а). Площини коливань вектора $\vec{E}$ (б) і вектора $\vec{B}$ (в) є фіксованими

* Цей параграф не є обов'язковим для вивчення.

зазвичай не пов'язане з випромінюванням сусідніх частинок, тому площини коливань різних векторів $\vec{E}$ не залежать одна від одної. У сумарному випромінюванні, що випускається світним тілом, безліч різноманітно орієнтованих площин коливань, а от середня амплітуда коливань векторів $\vec{E}$ в будь-якій площині однакова. Таке світло *називають природним або неполяризованим*. Прикладами неполяризованого світла є сонячне випромінювання, випромінювання ламп розжарювання, ламп денного світла тощо.

Якщо на шляху природного світла поставити **поляризатор** — *пристрій, що пропускає світлові хвилі лише в певній площині коливань векторів $\vec{E}$* , то у світлі, що пройшло крізь поляризатор, коливання векторів $\vec{E}'$ відбуватимуться тільки в цій певній площині, яка перпендикулярна до напрямку поширення хвилі (рис. 32.2). Таке світло називають **плоскополяризованим** або **лінійно поляризованим** (окрім лінійної існують й інші види поляризації, проте ми їх не розглядатимемо).

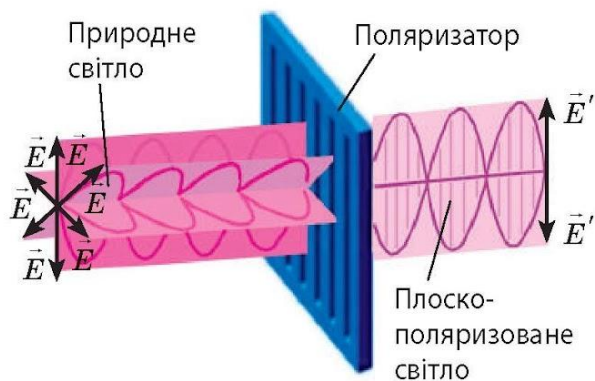


Рис. 32.2. У плоскополяризованому світлі коливання вектора $\vec{E}$ відбуваються лише в одній площині

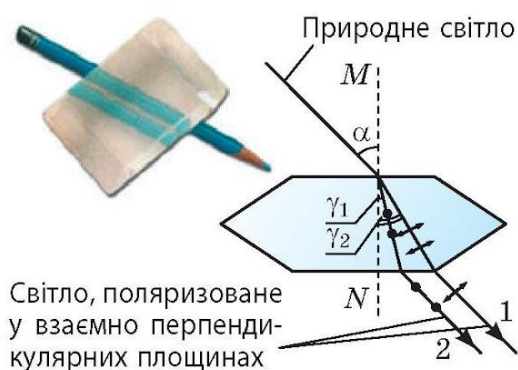


Рис. 32.3. Подвійне променезаломлення природного світла в монокристалі ісландського шпату. MN — оптична вісь кристала (світло, напрямлене вздовж оптичної осі, не заломлюється і не роздовжується)

2

Як отримати поляризоване світло

Розглянемо деякі приклади поляризації світла.

1. Ще наприкінці XVII ст. було виявлено, що монокристал ісландського шпату роздовжує пучки світла, які проходять крізь нього. Це явище, яке можна спостерігати в більшості монокристалів, дістало назву *подвійного променезаломлення* (рис. 32.3). Спроба одержати інтерференційну картину шляхом накладання двох заломлених пучків не дає результату, хоча ці пучки когерентні. Цей факт пояснюється тим, що заломлені пучки поляризовані у взаємно перпендикулярних площинах: у пучку 1 коливання вектора $\vec{E}$ відбуваються в площині поширення світла (позначено стрілками); в пучку 2 — в площині, яка перпендикулярна до площини поширення світла (позначено точками).

2. Якщо з монокристала турмаліну вздовж його оптичної осі вирізати пластину, то вона буде пропускати лише ті світлові хвилі, вектор напруженості яких паралельний оптичній осі кристала. Побачити це можна за допомогою ще одної такої самої пластини, обертаючи її в площині, паралельній першій пластині.

У міру збільшення кута між оптичними осями кристалів інтенсивність світла, що проходить крізь пластини, зменшуватиметься. Коли осі кристалів встановляться перпендикулярно одна до одної, світло не пройде зовсім — воно поглинеться. У цьому випадку перша пластинка виконує функції поляризатора, а друга — *аналізатора*: поляризатор виділяє з природного світла пучок з однією площиною коливань вектора $\vec{E}$, аналізатор визначає площину, в якій відбуваються коливання в поляризованому пучку (рис. 32.4). *Поляризатори й аналізатори мають спільну назву — поляроїди.*

На практиці як поляроїди використовують спеціальні плівки, що наносять на скляну або целюлоїдну пластинку, наприклад плівки з кристаликів герпатиту.

3. Світло завжди частково поляризується при відбиванні та заломленні на поверхні діелектрика. У відбитій хвилі вектор $\vec{E}$ переважно перпендикулярний до площини падіння, а в заломленої — лежить у площині падіння.

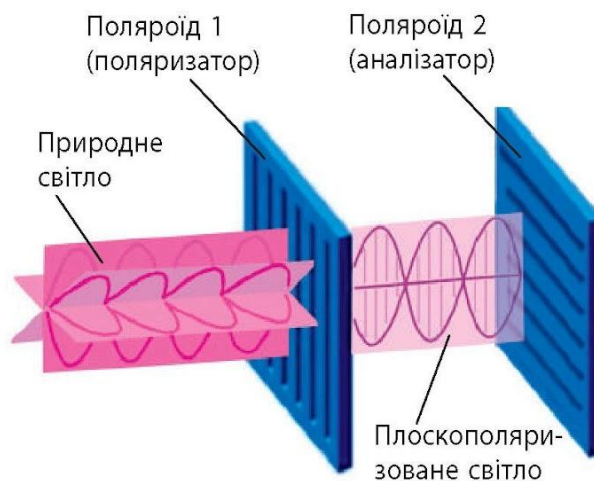


Рис. 32.4. Схема дії поляризатора й аналізатора

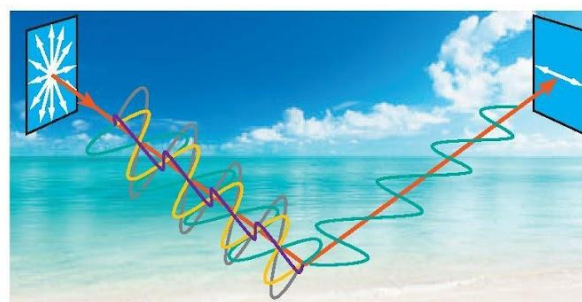


Рис. 32.5. Якщо світло падає на поверхню води під кутом, що дорівнює куту Брюстера, відбите світло буде повністю поляризованим у площині, яка перпендикулярна до площини поширення світла

Закон Брюстера*: для кожної пари прозорих середовищ існує кут падіння α_B , за якого відбите світло стає повністю плоскополяризованим:

$$\operatorname{tg} \alpha_B = n_{21},$$

де n_{21} — показник заломлення середовища 2 відносно середовища 1.

Цей кут падіння називають *кутом Брюстера* (рис. 32.5). *За кута Брюстера відбитий і заломлений промені взаємно перпендикулярні.*

Поляризованість відбитого світла (наприклад, відблисків на поверхні води або скляних вітрин) визначає методи боротьби з цим явищем. Якщо дивитися на відблиск крізь поляроїдний фільтр, то, обертаючи цей фільтр, неважко підібрати такий кут, за якого відблиск повністю або майже повністю зникає. Використання поляроїдних фільтрів у фотографії, для виготовлення сонцезахисних окулярів, вітрового скла дозволяє загасити сліпучі відблиски від скляних вітрин, поверхні води або вологого шосе.

* На честь шотландського фізика Девіда Брюстера (1781–1868), який установив цей закон у 1815 р.



Підбиваємо підсумки

- Світло, у якого вектори напруженості $\vec{E}$ коливаються в будь-якій площині, а середня амплітуда коливань у кожній площині однакова, називають природним або неполяризованим.
- Світло, у якого коливання векторів $\vec{E}$ відбуваються тільки в одній площині, називають плоскополяризованим. Для поляризації світла використовують спеціальні пристрої — поляризатори.
- У випадку відбиття світла від поверхні діелектрика відбитий і заломлений промені завжди частково поляризовані. Кут падіння α_B , за якого відбита хвиля є повністю поляризованою, називають кутом Брюстера і визначають за формулою $\text{tg } \alpha_B = n_{21}$, де n_{21} — відносний показник заломлення.



Контрольні запитання

1. Чому природне світло завжди неполяризоване?
2. Яке світло називають плоскополяризованим?
3. Наведіть приклади поляризації світла.
4. Які функції виконують поляроїди і як залежно від цього вони називаються?
5. Що таке кут Брюстера?
6. З якою метою використовують поляроїдні фільтри?



Вправа № 32

1. Виберіть одну правильну відповідь. Поляризація світла доводить, що світло: а) здатне обгинати перешкоди; б) є електромагнітною хвилею; в) є поперечною хвилею; г) є поздовжньою хвилею.
2. Одна з важливих задач світлотехніки — плавне регулювання освітленості. Існують декілька способів такого регулювання, наприклад зміна сили струму в лампах за допомогою реостата; пропускання світла через два поляроїди, один із яких може повертатися. У чому, на вашу думку, переваги і недоліки кожного із зазначених способів?
3. Світло падає на поверхню скла під кутом 60° ; кут між відбитим і заломленим променями дорівнює 90° . Яким є показник заломлення цього сорту скла? Яку властивість має відбите світло?
4. Під яким кутом до горизонту напрямлені сонячні промені, якщо, відбившись від поверхні води, вони виявляються повністю поляризованими?
5. Водіям автомобілів відомо, яку небезпеку для руху може спричинити осліплення світлом фар зустрічних автомобілів. Запропонуйте спосіб захисту від осліплення, застосовуючи явище поляризації.
6. Дізнайтесь, як застосовують поляризацію світла для визначення вмісту цукру в розчині; як «працюють» поляризаційні окуляри; як за допомогою поляроїдів дізнатися про розподіл механічних напруг у деформованому зразку.



Експериментальне завдання

Для поляризації світла є механічна аналогія. Якщо взяти гумовий шнур і, розгойдуючи його кінець у різних напрямках, створити хвилю, то після проходження крізь щілину ця хвиля стане плоскополяризованою. Якщо на шляху плоскополяризованої хвилі поставити другу щілину, яка перпендикулярна до першої, хвиля зникне (див. рисунок). Проведіть подібний дослід.



Джерело: Фізика. Підручник для 11 класу закладів загальної середньої освіти
за ред. Бар'яхтара В.Г., Довгого С.О. – Харків, «Ранок», 2019р