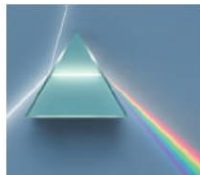




§ 29. ДИСПЕРСІЯ СВІТЛА. СПЕКТРОСКОП



Ще в давнину помітили, що сонячний промінь, пройшовши крізь скляну призму, стає розбіжним кольоровим, а якщо за призмою поставити екран, то на ньому з'явиться райдужна смужка. Вважалося, що причина появи смужки криється у властивості призми забарвлювати білий колір. Чи так це насправді, з'ясував у 1665 р. І. Ньютон, провівши серію дослідів.

1 Досліди І. Ньютона з розкладання білого світла у спектр

Джерелом світла в дослідях Ньютона слугував невеликий отвір у віконниці, який освітлювався сонцем. Коли перед отвором встановлювали призму, на протилежній стіні замість круглої світлої плями з'являлася різнокольорова смужка, яку Ньютон назвав **спектром**. На смужці, як і у веселці, виділялося *сім кольорів*: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій, фіолетовий (рис. 29.1). Коли на шляху різнокольорових пучків, що вийшли з призми, Ньютон розмістив ще одну призму, на стіні з'явилася незабарвлена світла пляма.

За допомогою отвору вчений також виділяв із широкого різнокольорового пучка променів вузькі монохроматичні (одноколірні) пучки світла і спрямовував їх на іншу призму. Пучки відхилялися призмю, але вже не розкладалися у спектр (рис. 29.2).

Результати цих дослідів дозволили Ньютону дійти таких висновків: 1) *призма не фарбує біле світло, а розкладає його у спектр*; 2) *пучок білого світла складається з багатьох різнокольорових пучків*; 3) *показник заломлення середовища для променів різного кольору є різним*.

2 Що таке дисперсія світла

Згідно з хвильовою теорією світла колір світла визначається частотою електромагнітної хвилі, якою є світло. Найменшу частоту має червоне світло, найбільшу — фіолетове (див. таблицю). Аналізуючи досліди Ньютона та спираючись на хвильову

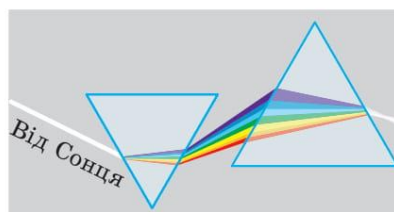


Рис. 29.1. Розкладання білого світла у спектр при його проходженні крізь призму. Найбільше заломлюються фіолетові промені, найменше — червоні

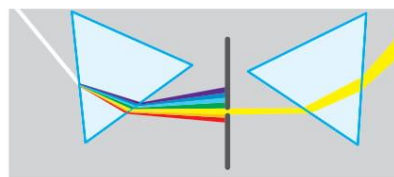


Рис. 29.2. Монохроматичний промінь, виділений зі спектра, при проходженні крізь призму відхиляється, але не розкладається у спектр

Спектральні кольори та їхні характеристики

Колір світла	Частота світла, ТГц (10^{12} Гц)	Довжина хвилі у вакуумі, нм (10^{-9} м)
Червоний	480–400	625–740
Оранжевий	510–480	590–625
Жовтий	530–510	565–590
Зелений	600–530	500–565
Блакитний	620–600	485–500
Синій	680–620	440–485
Фіолетовий	790–680	380–440

Чому небо блакитне

Багато вчених замислювались над тим, чому небо блакитне. Найкращу відповідь на це запитання дав у 1899 р. англійський фізик *Джон Релей* (1842–1919).



Сонце випромінює біле світло. Частина фотонів, що потрапляють від Сонця в атмосферу Землі, проходить між молекулами газу, не змінюючи свого напрямку, а частина розсіюється на флуктуаціях (неоднорідностях) повітря. Найкраще розсіюється короткохвильове світло (закон Релея). Природне біле світло містить хвилі всього видимого спектра, короткохвильова частина якого відповідає синьо-блакитним кольорам, а довгохвильова — жовто-червоним. Отже, атмосфера краще розсіює синьо-блакитну частину спектра, а жовто-червону пропускає. Саме тому небо блакитне (атмосфера розсіює світло цієї частини спектра), а Сонце, що заходить, має жовто-червоний колір (атмосфера пропускає світло цієї частини спектра).

теорію світла, доходимо висновку: *показник заломлення світла залежить від частоти світлової хвилі*. Для більшості середовищ абсолютний показник заломлення зростає зі збільшенням частоти світла.

Якщо розкладання світла у спектр, зумовлене залежністю абсолютного показника заломлення середовища від частоти світлової хвилі, називають **дисперсією світла**.

Зверніть увагу: при переході з одного середовища в інше швидкість v поширення світла змінюється, але частота ν світлової хвилі, а отже, і колір світла залишаються незмінними. Тому згідно з формулою хвилі ($v = \lambda \nu$) змінюється довжина λ світлової хвилі. При переході в середовище з більшою оптичною густиною довжина хвилі, як і її швидкість, зменшується:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

? Якою є довжина хвилі світла зеленого кольору у склі, абсолютний показник заломлення якого 1,5?

3 Для чого потрібні спектральні апарати і як вони побудовані

Випромінюване будь-яким джерелом світло, як правило, має складну будову. Сукупність частот світлових хвиль, що містяться у випромінюванні будь-якої речовини, називають *спектром випромінювання цієї речовини*. Для кожної речовини в газоподібному атомарному стані спектр випромінювання є унікальною характеристикою — він не збігається зі спектром випромінювання жодної іншої речовини. Саме на цій унікальності ґрунтується **спектральний аналіз** — *метод визначення хімічного складу речовини за її спектром*.

Спектральний склад світла вивчають за допомогою *спектральних апаратів*. Розглянемо будову одного з них, принцип дії якого заснований на дисперсії світла (рис. 29.3). Такий апарат складається з трьох основних частин: коліматора, призми, лінзи.

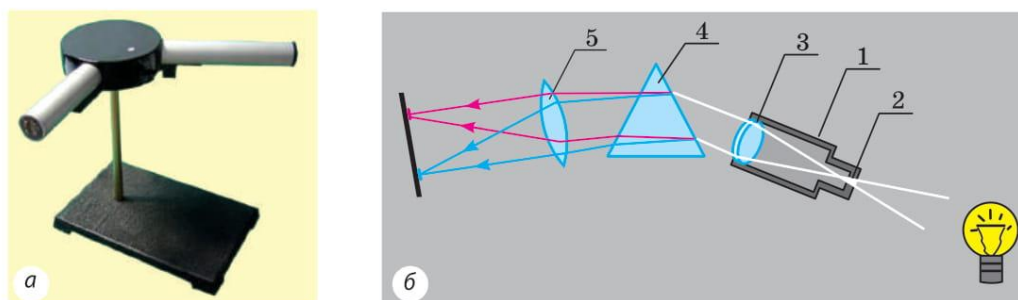


Рис. 29.3. Дисперсійний спектральний апарат: а — вигляд; б — будова та принцип дії

Коліматор (1) являє собою вузьку трубку, на одному кінці якої розташована ширма зі щілиною (2); щілина перебуває у фокальній площині *збиральної лінзи* (3). Вузький паралельний пучок світла від коліматора спрямовується на *призму* (4). Оскільки кожній частоті світла (кожному кольору) відповідає власний показник заломлення, після заломлення з призми виходять монохроматичні паралельні пучки, кожний з яких відхиляється на власний кут. Ці пучки потрапляють на *іншу збиральну лінзу* (5) і фокусуються на її фокальній площині.

? Чому промені після заломлення в лінзі (3) стають паралельними? Чому лінза (5) збирає в даній точці фокальної площини промені лише одного кольору?

Якщо у фокальній площині лінзи (5) розташовано фотопластину, екран тощо, такий прилад називають **спектрографом**; якщо замість лінзи (4) та екрана використовують зорову трубу, маємо справу зі **спектроскопом** (від латин. *spectrum* — уява, видіння, грец. *graphō* — пишу, зображую, грец. *skopeō* — спостерігаю).

Зрозуміло, що сучасні спектральні апарати є набагато складнішими: досліджувану речовину піддають випромінюванню, застосовують більш складні оптичні системи, для спостереження використовують вбудовані екрани із CCD-матрицею і різноманітні датчики; дані можуть передаватися мережею комунікацій і опрацьовуватися комп'ютером.

4 Чому навколишній світ є різнокольоровим

Колір того чи іншого тіла, яке ми спостерігаємо, визначається частотою хвиль, що потрапляють в око *після взаємодії світла з матеріалом*, із якого складається тіло, а саме після часткового *поглинання і розсіювання* світла.

Розсіювання світла — це явище перетворення світла матеріальним середовищем, яке супроводжується зміною напрямку поширення світла і виявляється як невластне світіння середовища.

Поглинання світла — зменшення інтенсивності світла, яке проходить через матеріальне середовище.

Колір тіла визначається його властивістю відбивати (розсіювати) світлові хвилі тієї чи іншої частоти (довжини). Якщо тіло освітлюється білим світлом і відбиває всі падаючі світлові хвилі, то тіло здаватиметься



нам білим; якщо тіло відбиває хвилі переважно синього кольору, а інші поглинає, тіло здаватиметься синім. Якщо тіло майже повністю поглинає падаюче світло, тіло здаватиметься чорним. До того ж *колір тіла залежить від характеристики світлової хвилі, що його освітлює*. Наприклад, якщо тіло, яке має властивість відбивати переважно синє світло, освітлюється монохроматичним червоним світлом, тіло практично не відбиватиме світло і здаватиметься чорним. Таким чином, колір тіла залежить також від складу падаючого світла, а отже, *поняття кольору в темряві позбавлене будь-якого сенсу*.



Підбиваємо підсумки

- Дисперсія світла — явище розкладання світла у спектр, зумовлене залежністю абсолютного показника заломлення середовища (а отже, і швидкості поширення світла в цьому середовищі) від частоти світлової хвилі. Для більшості середовищ показник заломлення зростає зі збільшенням частоти світлової хвилі.
- Спектральний склад світла досліджується за допомогою спектральних апаратів — спектроскопів і спектрографів.
- Колір світлової хвилі визначається частотою хвилі. Біле сонячне світло містить увесь спектр частот електромагнітних хвиль видимого діапазону.
- Усе різноманіття кольорів, які мають тіла навколо нас, зумовлене спектральним складом світла, що падає на тіла, і здатністю цих тіл відбивати хвилі певної частини оптичного спектра.



Контрольні запитання

1. Опишіть досліди І. Ньютона з вивчення дисперсії світла.
2. Назвіть сім спектральних кольорів.
3. Світло якого кольору найменше заломлюється в речовині? найбільше заломлюється в речовині?
4. Дайте означення дисперсії.
5. Які характеристики світлової хвилі змінюються під час переходу з одного середовища в інше?
6. Опишіть будову та принцип дії дисперсійного спектрального апарата.
7. Чому навколишній світ ми бачимо різнокольоровим?



Вправа № 29

1. Яким ви побачите білий аркуш паперу, якщо освітити його червоним світлом? Чи зміниться відповідь, якщо взяти аркуш кольорового паперу?
2. Що означає словосполучення «м'яч червоний»?
3. Яким є показник заломлення середовища для світла фіолетового кольору, якщо довжина світлової хвилі в даному середовищі дорівнює 250 нм, а у вакуумі — 400 нм? Якою є швидкість поширення цього світла в даному середовищі?
4. Чи можуть хвилі світла різного кольору мати однакову довжину? мати однакову частоту? Якщо можуть, то за яких умов?
5. Для світла деякого кольору довжина хвилі в бензині дорівнює 450 нм. Яким є колір цього світла?
6. Якщо змішати жовту і синю фарби, отримаємо зелену. Якщо накласти одну на одну жовту і синю прозорі пластинки і подивитися крізь них на світло, пластинки здаватимуться чорними. Як це можна пояснити?
7. Згадайте або дізнайтесь, які кольори називають основними. Якими є їхні властивості? Де ці властивості застосовують?