

§ 43. ДИСПЕРСІЯ СВІТЛА. СПЕКТРОСКОП



Ще в давнину було помічено, що промінь білого світла, пройшовши крізь скляну призму, стає розбіжним кольоровим. Якщо поставити на шляху променя, що пройшов крізь призму, екран, то на екрані буде видно райдужну смужку. 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 цікавих дослідів.



1 Досліди Ньютон з розкладання білого світла у спектр

Джерелом світла в дослідах Ньютон слугував невеликий отвір у віконниці, що освітлювалася сонцем. Коли перед отвором встановлювалася призма, на протилежній стіні замість круглої світлої плями з'являлась різнокольорова смужка, яку Ньютон назвав **спектром**. На смужці, як і у веселці, Ньютон виділив *сім кольорів*: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій, фіолетовий (рис. 43.1).

Розмістивши лінзу на шляху різнокольорових пучків, що вийшли з призми, Ньютон знову отримав на екрані незабарвлену світлу пляму. Далі вчений за допомогою отвору виділяв з широкого різнокольорового пучка променів вузькі монохроматичні (однокольорові) пучки світла і знову спрямовував їх на призму. Пучки відхилялися призмою, але вже не розкладалися у спектр (рис. 43.2).

Результати цих дослідів дозволили Ньютону зробити такі висновки: 1) призма не фарбує біле світло, а розкладає його у спектр; 2) пучок білого світла складається з багатьох різнокольорових пучків; 3) показник заломлення певного 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 (таблиця). Аналізуючи досліди Ньютон та спираючись на хвильову теорію світла, робимо висновок: **показник заломлення світла залежить від частоти світлової хвилі**. Для більшості середовищ абсолютний показник заломлення зростає зі збільшенням частоти світла.

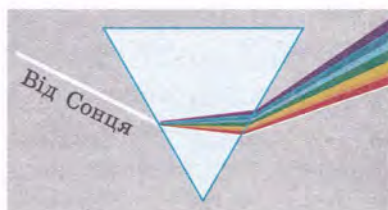


Рис. 43.1. Розкладання білого світла у спектр під час проходження крізь призму. Найбільше заломлюються фіолетові промені, найменше — червоні

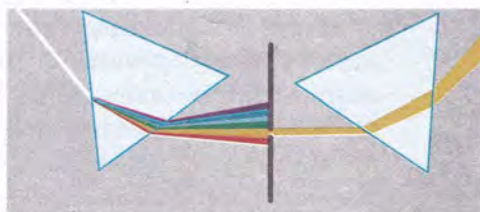


Рис. 43.2. Дослід Ньютон: після проходження крізь другу призму монохроматичний промінь відхиляється, але не розкладається у спектр

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

Спектральні кольори та їхні характеристики

Колір світла	Частота світла, ТГц	Довжина хвилі у вакуумі, нм
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

Зверніть увагу: під час переходу 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. Під час переходу в середовище з більшою оптичною густиною довжина хвилі, як і її швидкість, зменшується: $n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$.

3 Для чого потрібен спектроскоп і як він побудований

Випромінюване будь-яким джерелом світло, як правило, має складну будову. Сукупність частот світлових хвиль, що містяться у випромінюванні будь-якої речовини, називається *спектром випромінювання цієї речовини*. Для кожної речовини в газоподібному стані спектр випромінювання є унікальною характеристикою, що не збігається з жодною іншою речовиною. 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 (рис. 43.3), принцип дії якого заснований на дисперсії світла. Такий апарат складається з трьох основних частин: коліматора, призми й зорової труби (або лінзи та екрана).

Коліматор являє собою вузьку трубку, на одному кінці якої розташована ширма зі щілиною 1, яка перебуває у фокусі збиральної

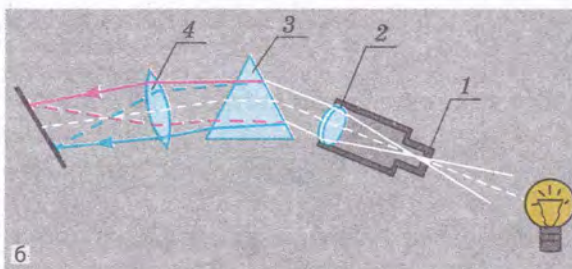


Рис. 43.3. Дисперсійний спектральний апарат: а — зовнішній вигляд; б — будова та принцип дії

лінзи 2. Вузький паралельний пучок світла від коліматора спрямовується на *призму* 3. Оскільки кожній частоті світла (кожному кольору) відповідає власний показник заломлення, то після заломлення з призми виходять монохроматичні паралельні пучки, кожний з яких відхиляється на власний кут.

Якщо пучки фокусуються збиральною лінзою 4 на фотопластині або екрані, такий прилад називається *спектрографом*. Якщо замість лінзи і екрана використовується зорова труба — маємо справу зі *спектроскопом*.

4

Чому навколишній світ є різнокольоровим

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

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

Поглинання світла — зменшення інтенсивності світла, що 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 воно здаватиметься нам білим; якщо тіло відбиває хвилі переважно синього кольору, а інші поглинає — то синім. Якщо тіло майже повністю поглинає падаюче світло, то воно 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, то воно практично не відбиватиме світло і здаватиметься чорним. Таким чином, колір речовини залежить від характеристики падаючого світла, а отже, *поняття кольору в темряві позбавлене будь-якого змісту*.

Особливий інтерес являє розсіювання світла на малих частинках, розміри яких значно менші за довжину хвилі, наприклад розсіювання сонячного світла в атмосфері Землі на малих флуктуаціях густини повітря. Відповідно до *закону Релея* в розсіяному світлі переважає короткохвильове світло, а в прохідному (тобто такому, що пройшло через середовище) — довгохвильове. Природне біле світло від Сонця містить хвилі всього видимого спектра, короткохвильова частина якого відповідає синьо-блакитним кольорам, а довгохвильова — жовто-червоним кольорам. Отже, атмосфера краще розсіює синьо-блакитну частину спектра, а жовто-червону пропускає. Саме тому небо блакитне (розсіяне світло), а призахідне Сонце має жовто-червоний колір (прохідне світло).



Підбиваємо підсумки

Дисперсія світла — явище розкладання світла у спектр, зумовлене залежністю абсолютного показника заломлення середовища і швидкості світла в ньому від частоти світлової хвилі. Для більшості середовищ показник заломлення зростає зі збільшенням частоти світла.

Спектральний склад світла досліджується за допомогою спектральних апаратів.

Колір світлової хвилі визначається довжиною хвилі. Біле сонячне світло містить увесь спектр довжин хвиль видимого електромагнітного випромінювання. Усе різноманіття кольорів, які мають тіла навколо нас, зумовлене їхньою здатністю відбивати хвилі певної частини оптичного спектра, а також спектральним складом світла, що падає на предмет.



Контрольні запитання

1. Опишіть досліди Ньютона з вивчення дисперсії світла.
2. Чим визначається колір світла?
3. Дайте визначення дисперсії.
4. Які характеристики світлової хвилі змінюються під час переходу з одного середовища в інше?
5. Опишіть будову та принцип дії дисперсійних спектральних апаратів.
6. Що означає фраза: «М'яч червоний»?
7. Яким ви побачите білий аркуш паперу, якщо освітити його червоним світлом? Чи зміниться відповідь, якщо взяти аркуш кольорового паперу?
8. Чому колір неба є блакитним?