

§ 38. РОЗВИТОК УЯВЛЕНЬ ПРО ПРИРОДУ СВІТЛА



Світло відіграє надзвичайно важливу роль у нашому житті. Так, до 80 % інформації про навколишній світ людина одержує за допомогою зору. У цьому розділі ми будемо вивчати саме науку про світло — оптику (*від грец. ὀπτική — поява або погляд*).

Оптика — розділ фізики, що вивчає явища, пов'язані з поширенням електромагнітних хвиль видимого діапазону та з їхньою взаємодією з речовиною. Останнім часом до об'єктів вивчення оптики також відносять електромагнітні хвилі інфрачервоного та ультрафіолетового діапазонів.



Якими були ранні уявлення про природу світла

Перші уявлення про природу світла виникли ще в Давній Греції та Єгипті. Серед безлічі теорій того часу були і зовсім примітивні, і дуже близькі до сучасних. Наприклад, деякі вчені давнини вважали, що з очей виходять тонкі щупальця, які осягають предмети, внаслідок чого й виникають зорові відчуття. Близькою до сучасних можна вважати теорію Демокріта, який уявляв світло як потік частинок, що мають певні фізичні властивості, за винятком кольору, відчуття якого є наслідком входження світла в око.

Ми не будемо розглядати численні теорії світла, більшість із яких до того ж не витримали перевірки часом. Зупинимось лише на двох основних, які виникли наприкінці XVII ст. майже одночасно. Це *корпускулярна* теорія І. Ньютона і *хвильова* теорія нідерландського фізика Крістіана Гюйгенса (1629–1695).



У чому сутність корпускулярної теорії світла Ньютона

Згідно з *корпускулярною теорією Ньютона* світло — це потік частинок (*корпускул*), що випускаються світними тілами, причому рух світлових корпускул підпорядковується законам механіки. Так, відбиття світла Ньютон пояснював пружним відбиванням корпускул від поверхні, на яку падає світло, а заломлення світла — зміною швидкості корпускул внаслідок їх притягування до частинок заломного середовища.

Але корпускулярна теорія приводила до хибного висновку, що швидкість світла в середовищах є більшою, ніж у вакуумі. До того ж ця теорія не могла пояснити, чому світлові пучки, перетинаючись у просторі, не впливають один на одного.

Тим не менше експериментальні дослідження світла, здійснені Ньютоном, аж до XIX ст. були поза всякими порівняннями, а його монографія «Оптика», яку було опубліковано у 1704 р., стала основним джерелом для написання всіх підручників того часу. Ньютону належить *теорія кольору*, відповідно до якої біле світло є сумішшю всіх кольорів, а предмети здаються кольоровими, оскільки відбивають одні складові білого кольору більш інтенсивно, ніж інші.

3 У чому сутність хвильової теорії Гюйгенса

«Трактат про світло» Гюйгенса, опублікований у 1690 р., ввійшов в історію науки як перша наукова праця з *хвильової оптики*.

Згідно з *хвильовою теорією Гюйгенса* світло — це хвилі, що поширюються у світовому ефірі — гіпотетичному пружному середовищі, яке заповнює весь світовий простір, а також проміжки між дрібними частинками тіл. Вважаючи світло позовжньою механічною хвилею, Гюйгенс обґрунтував явища відбивання й заломлення світла, принцип незалежності світлових променів, частково розглянув питання кольору. Вчений сформулював принцип поширення світлової хвилі, відомий сьогодні як *принцип Гюйгенса*.

Принцип Гюйгенса:

Кожна точка середовища, до якої дійшли коливання, сама стає джерелом вторинних хвиль.

Сукупність усіх точок простору, яких досягає світлова хвиля в певний момент часу, називають *хвильовою поверхнею* (*хвильовим фронтом*). Промені, що задають напрямок поширення хвилі, перпендикулярні до хвильової поверхні. Знаючи положення хвильової поверхні в момент часу t , можна, користуючись принципом Гюйгенса, знайти її положення в наступний момент часу $t + \Delta t$ (рис. 38.1).

Хвильова теорія світла була підтримана такими видатними вченими, як М. В. Ломоносов і Л. Ейлер, однак, незважаючи на це, до кінця XVIII ст. загальновизнаною залишалася корпускулярна теорія Ньютона. Так тривало до початку XIX ст., поки не з'явилися роботи англійського фізика *Томаса Юнга* (1773–1829) й французького фізика *Огюстена Жана Френеля* (1788–1827), які, досліджуючи світло, спостерігали явища, характерні лише для хвиль: явище огинання світлом перешкод (дифракція) та явище посилення й послаблення світла при накладанні світлових пучків (інтерференція). З того часу в науці стала превалювати хвильова теорія Гюйгенса.

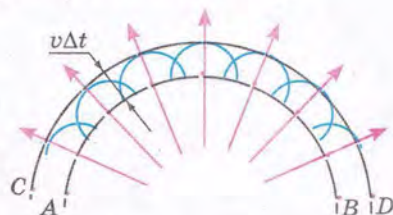


Рис. 38.1. Визначення форми хвильового фронту за допомогою принципу Гюйгенса: AB — положення хвильового фронту в момент часу t ; CD — положення хвильового фронту в момент часу $t + \Delta t$; v — швидкість поширення хвилі

4 * Як виміряли швидкість поширення світла

Важливу роль у з'ясуванні природи світла відіграло дослідне визначення швидкості його поширення.

Першим швидкість світла зміг виміряти данський астроном *Олаф Кристенсен Ремер* (1644–1710) у 1676 р. Спостерігаючи за супутником Юпітера Іо, він помітив, що супутник входить у тінь Юпітера через кожні 42 год 28 хв (рис. 38.2). Але протягом півроку, коли



Рис. 38.2. Астрономічний метод Ремера щодо вимірювання швидкості світла

Земля, обертаючись навколо Сонця, віддалялася від Юпітера, затемнення супутника відбувалося з дедалі більшим запізненням. Ремер дійшов висновку, що таке запізнення пояснюється збільшенням відстані, яку долає світло, поширюючись від супутника до Землі. Знаючи діаметр орбіти Землі та час запізнення, вчений визначив швидкість світла.

Швидкість світла вимірювали й у межах земної поверхні. Щоб з'ясувати ідею подібних вимірювань, розглянемо метод, який застосував американський учений Альберт Абрахам Майкельсон (1852–1931).

Для проведення дослідів Майкельсон вибрав дві гірські вершини в Каліфорнії, відстань між якими була ретельно виміряна (рис. 38.3). На вершині гори Маунт-Вільсон було встановлено джерело світла (1), від якого світло, проходячи крізь щілину (2), падало на призму (3) з 8 дзеркальними гранями. Відбившись від грані, світло потрапляло на систему дзеркал (4), розташовану на горі Сан-Антоніо, поверталася до призми й, відбившись від її іншої грані, потрапляло в зорову трубу (5). Коли за допомогою двигуна дзеркальній призмі надавали обертального руху, зображення джерела світла в зоровій трубці зникало й знову з'являлося за певної швидкості обертання призми.



Рис. 38.3. Схема дослідів Майкельсона з вимірювання швидкості світла

Зрозуміло, що таке могло відбутися тільки за умови, що за час проходження світла до дзеркала й назад призма поверталася на $1/8$ оберту. Знаючи кількість обертів призми за секунду та відстань між вершинами, Майкельсон визначив, що швидкість світла дорівнює $(299\,796 \pm 4)$ км/с.

За допомогою сучасної лазерної техніки швидкість світла у вакуумі визначена з точністю до 1,2 м/с: $c = (299\,792\,458 \pm 1,2)$ м/с.

Якими є сучасні уявлення про природу світла

У 60-х роках XIX ст. Дж. Максвелл створив теорію електромагнітного поля, одним з наслідків якої було встановлення можливості існування електромагнітних хвиль. За розрахунками, швидкість поширення електромагнітних хвиль дорівнювала швидкості світла. На основі своїх теоретичних досліджень Максвелл дійшов висновку, що *світло — це окремий випадок електромагнітних хвиль*. Після дослідів Г. Герца (див. § 34) жодних сумнівів щодо електромагнітної природи світла не залишилось.

Електромагнітна теорія світла дозволила пояснити багато оптичних явищ, однак уже на початку XX ст. з'ясувалося, що цієї теорії недостатньо для пояснення явищ, які виникають під час взаємодії світла з речовиною. До них насамперед належать процеси поглинання й випромінювання світла, явище фотоефекту та ін. Ці явища можна пояснити тільки з позицій квантової теорії світла, згідно з якою світло випромінюється, поширюється та поглинається речовиною не

безперервно, а скінченними порціями — квантами. Кожний окремий квант світла має властивості частинки, а сукупність квантів поводить подібно до хвилі. Така двоїста природа світла (та й будь-якої частинки) отримала назву **корпускулярно-хвильовий дуалізм**. У сучасній фізиці квантові уявлення не суперечать хвильовим, а поєднуються на основі квантової механіки й квантової електродинаміки.

! Підбиваємо підсумки

Оптика — розділ фізики, що вивчає явища, пов'язані з поширенням електромагнітних хвиль видимого діапазону та з їхньою взаємодією з речовиною. Корпускулярна теорія Ньютона розглядала світло як потік частинок, які випускає світне тіло, а властивості частинок описувала за допомогою законів класичної механіки. Хвильова теорія Гюйгенса розглядала світло як механічні хвилі, що поширюються у світовому ефірі, який заповнює весь простір.

Згідно із сучасною квантовою теорією світло — це потік квантів, причому для опису їхніх властивостей використовуються закони не класичної, а квантової механіки. Сучасна хвильова теорія розглядає світло як електромагнітну хвилю.

Існування двох протилежних теорій про природу світла (корпускулярної та хвильової) зумовлене двоїстою природою світла — корпускулярно-хвильовим дуалізмом.

? Контрольні запитання

1. Що являє собою світло відповідно до гіпотези Демокріта? **2.** Хто є засновником корпускулярної теорії світла? Які її основні положення? **3.** Які оптичні явища не можна було описати в межах корпускулярної теорії світла? **4.** Хто є засновником хвильової теорії світла? Які її основні положення? Які недоліки? **5.** Чому у встановленні природи світла значну роль відіграло визначення швидкості поширення світла? Як її було визначено? **6.** Які сучасні уявлення про природу світла? **7.** У чому сутність корпускулярно-хвильового дуалізму?