

РОЗДІЛ III. ОПТИКА

§ 24. РОЗВИТОК УЯВЛЕНЬ ПРО ПРИРОДУ СВІТЛА



Перші уявлення про природу світла виникли ще в Стародавніх Греції та Єгипті. Серед безлічі теорій того часу були і дуже близькі до сучасних, і зовсім примітивні. Наприклад, деякі вчені давнини вважали, що з очей виходять тонкі щупальця, які обмацують предмети, внаслідок чого й виникають зорові відчуття. Близькою до сучасних можна вважати теорію Демокрита, який уявляв світло як потік частинок. Згадаємо, що таке світло, і дізнаємось, як розвивалися уявлення про його природу.

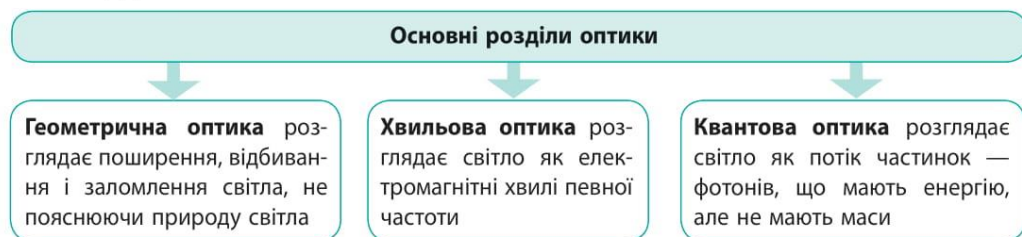
1 Оптика — наука про світло

Світло — це електромагнітні хвилі, які сприймає око людини, тобто хвилі довжиною від 380 нм (світло фіолетового кольору) до 760 нм (світло червоного кольору).

- Світло випромінюється внаслідок процесів, які відбуваються всередині атомів (детальніше про випромінювання світла ви дізнаєтесь із матеріалу § 37).
- Будь-яке фізичне тіло, атоми якого випромінюють електромагнітні хвилі видимого діапазону, називають *джерелом світла*. Джерела світла бувають *природними* (зоря, Сонце, блискавка, світлячок тощо) і *штучними* (багаття, свічка, факел, електрична лампа).

Розділ фізики, який вивчає явища, пов'язані з поширенням електромагнітних хвиль видимого діапазону та з взаємодією цих хвиль із речовинами, називають **оптикою** (від грец. *optikē* — наука про зір; *optos* — видимий).

Останнім часом оптика вивчає також електромагнітні хвилі *інфрачервоного* (довжиною 760 нм — 1 мм) та *ультрафіолетового* (довжиною 10–380 нм) діапазонів.



У наступних параграфах ми розглянемо основні поняття і закони кожного із зазначених розділів оптики, а зараз коротко зупинимось на історії формування уявлень про природу світла.

2 Корпускулярна теорія І. Ньютона і хвильова теорія К. Гюйгенса

Наприкінці XVII ст. майже одночасно виникли дві різні теорії, які пояснювали природу світла, ґрунтуючись на законах *механіки*: **корпускулярна теорія** англійського фізика *Ісаака Ньютона* (1643–1727) і **хвильова теорія** голландського фізика *Крістіана Гюйгенса* (1629–1695).

Корпускулярна теорія світла І. Ньютона

Згідно з корпускулярною теорією І. Ньютона: *світло — це потік корпускул (частинок), що випромінюються світними тілами, причому рух світлових корпускул підпорядковується законам механіки.*

Так, відбивання світла Ньютон пояснював пружним відбиванням корпускул від поверхні, на яку падає світло, а заломлення світла — зміною швидкості руху корпускул унаслідок їх притягання до частинок заломного середовища. Ньютону належить *теорія кольору*, відповідно до якої *біле світло є сумішшю різних кольорів, а предмети здаються кольоровими, оскільки певні складові білого кольору вони відбивають інтенсивніше за інші.*

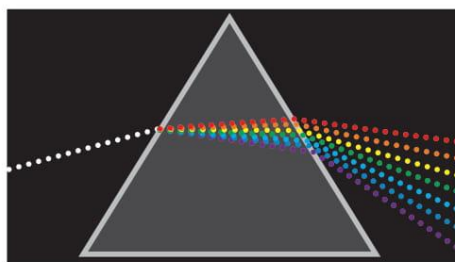


Схема досліду І. Ньютона
з розкладання білого світла в спектр

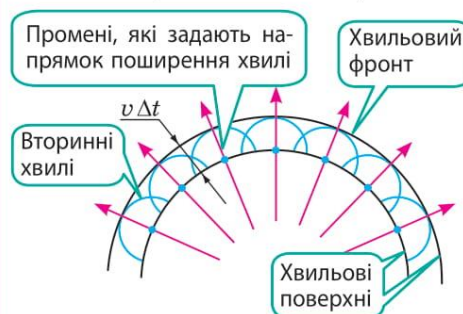
Експериментальні дослідження світла, здійснені І. Ньютоном, до XIX ст. були найдосконалішими, а його монографія «Оптика» (1704 р.) була основним джерелом у створенні підручників.

Зазначимо: корпускулярна теорія вела до хибного висновку, що швидкість світла в середовищі є більшою, ніж у вакуумі; також вона не могла пояснити, чому світлові пучки, перетинаючись, не впливають один на одного.

Хвильова теорія світла К. Гюйгенса

Згідно із хвильовою теорією К. Гюйгенса: *світло — це позовжні механічні хвилі, що поширюються у світовому ефірі — гіпотетичному пружному середовищі, яке заповнює весь світовий простір.* Гюйгенс сформулював принцип поширення світлової хвилі, відомий сьогодні як **принцип Гюйгенса**:

Кожна точка середовища, до якої дійшла хвиля, стає джерелом вторинної хвилі, а обвідна вторинних хвиль дає положення хвильового фронту в наступний момент часу.



Спираючись на цей принцип, Гюйгенс обґрунтував явища відбивання і заломлення світла, принцип незалежності поширення світлових променів, проте не зміг пояснити утворення кольорів. «Трактат про світло» Гюйгенса (1690 р.) став першою науковою працею з хвильової оптики. Після появи на початку XIX ст. праць англійського вченого *Томаса Юнга* (1773–1829) і французького фізика *Огюстена Жана Френеля* (1788–1827), які, досліджуючи світло, спостерігали явища, характерні лише для хвиль, а саме *дифракцію* та *інтерференцію* світла, в науці стала переважати теорія Гюйгенса.

3**Формування сучасних уявлень про природу світла**

У 60-х рр. XIX ст. *Дж. Максвелл* створив теорію електромагнітного поля, одним із наслідків якої було встановлення можливості існування електромагнітних хвиль. За розрахунками вченого, швидкість поширення електромагнітних хвиль дорівнювала швидкості поширення світла: $c \approx 300\,000$ км/с.

На основі своїх теоретичних досліджень Максвелл дійшов висновку, що *світло — це окремий випадок електромагнітних хвиль*. Після дослідів *Г. Герца* (див. § 22) жодних сумнівів щодо електромагнітної природи світла не залишилось.

Електромагнітна теорія світла, однак, не могла пояснити явища, які виникають під час взаємодії світла з речовиною: поглинання й випромінювання світла, фотоефект (випромінювання електронів з поверхні речовини під дією світла) та ін. Ці явища пояснила *квантова теорія світла*, основи якої були закладені в 1900 р. німецьким фізиком *Максом Планком* (1858–1947). Згідно з квантовою теорією, світло випромінюється, поширюється та поглинається речовиною не безперервно, а скінченними порціями — *квантами*. Кожний окремий квант світла поводить себе як частинка, а сукупність квантів поводить себе як хвиля. Така двоїста природа світла отримала назву **корпускулярно-хвильовий дуалізм**.

У сучасній фізиці квантові уявлення не суперечать хвильовим, а поєднуються на основах квантової механіки і квантової електродинаміки.

❓ Чому і корпускулярна теорія світла І. Ньютона, і хвильова теорія К. Гюйгенса виявилися хибними?

Вимірювання швидкості поширення світла

Ще *Г. Галілей* вважав, що світло поширюється зі скінченною, хоча й дуже великою швидкістю. Саме Галілей зробив першу (на жаль, невдалу) спробу виміряти швидкість поширення світла.

Першим швидкість поширення світла визначив данський астроном *Оле Крістенсен Реммер* (1644–1710) у 1676 р., спостерігаючи затемнення Io — супутника Юпітера (див. рисунок на с. 143).

Експериментально швидкість поширення світла вперше виміряв французький фізик *Арман Іпполіт Луї Фізо* (1819–1896) у 1849 р.

Американський фізик *Альберт Абрахам Майкельсон* (1852–1931) удосконалив методику вимірювання швидкості поширення світла. У 1924–1927 рр. він провів серію дослідів, використавши дві гірські вершини в Каліфорнії, відстань між якими була ретельно виміряна (див. рисунок). На вершині гори Маунт-Вільсон було встановлено дугову лампу, світло від якої проходило крізь щілину і падало на призму із 8 дзеркальними гранями. Відбившись від грані призми, світло прямувало до системи дзеркал, розташованої на вершині іншої гори — Сан-Антоніо, відбивалось і поверталось до призми. Відбившись від іншої грані призми, світло потрапляло в зорову трубу.

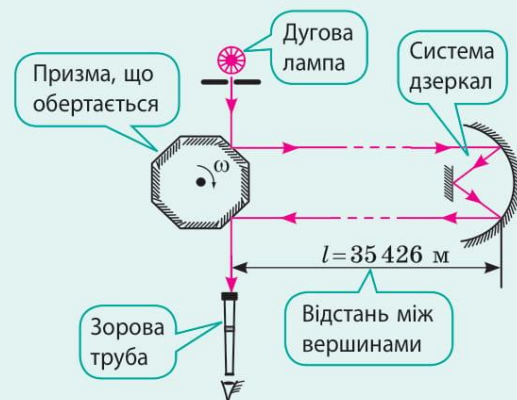


Схема досліду А. Майкельсона

Коли призму починали обертати, світло потрапляло в зорову трубу тільки за певної швидкості обертання призми — за умови, що за час проходження світла від призми до системи дзеркал і назад призма поверталася на $1/8$ оберту.

Знаючи кількість n обертів призми за секунду та відстань l між вершинами, А. Майкельсон визначив швидкість v поширення світла ($v = \frac{2l}{t}$, де $t = \frac{1/8 \text{ оберту}}{n}$). Середнє значення швидкості поширення світла, яке отримав учений, становило 299 798 км/с.



Підбиваємо підсумки

- Оптика — розділ фізики, який вивчає явища, пов'язані з поширенням електромагнітних хвиль оптичного діапазону (видиме світло, інфрачервоне й ультрафіолетове випромінювання) та з взаємодією цих хвиль із речовинами.
- Корпускулярна теорія І. Ньютона розглядала світло як потік частинок, які випромінює світне тіло, а властивості частинок описувала за допомогою законів класичної механіки.
- Хвильова теорія К. Гюйгенса розглядала світло як поперечні механічні хвилі, що поширюються у світовому ефірі, який заповнює весь простір.
- Згідно із сучасною квантовою теорією світло — це потік квантів, причому для опису їх властивостей використовують закони не класичної, а квантової механіки.
- Сучасна хвильова теорія розглядає світло як електромагнітну хвилю.
- Існування двох теорій про природу світла (корпускулярної та хвильової), які не суперечать одна одній, зумовлене двоїстою природою світла — корпускулярно-хвильовим дуалізмом.



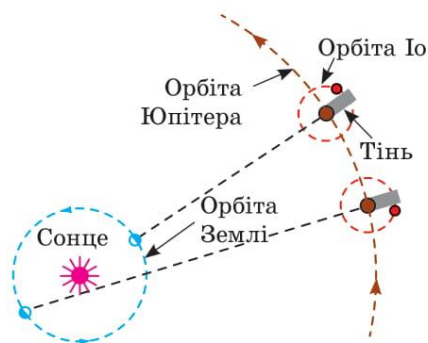
Контрольні запитання

1. Що таке світло? Які об'єкти його випромінюють?
2. Хто є засновником корпускулярної теорії світла? Які її основні положення?
3. Які оптичні явища не можна було описати на основі корпускулярної теорії світла?
4. Хто є засновником хвильової теорії світла? Які її основні положення?
5. Чому дорівнює швидкість поширення світла? Як її було виміряно?
6. Які сучасні уявлення про природу світла?
7. У чому сутність корпускулярно-хвильового дуалізму?



Вправа № 24

1. Одним із висновків корпускулярної теорії І. Ньютона є те, що швидкість поширення світла в речовині більша за швидкість поширення світла у вакуумі. Чи дійсно це так?
2. Чому у встановленні природи світла значну роль відіграло визначення швидкості поширення світла?
3. Згадайте основні властивості електромагнітних хвиль і наведіть приклади на підтвердження того, що світло має ці властивості.
4. Знаючи відстань між вершинами гір Маунт-Вільсон і Сан-Антоніо (див. с. 142), визначте середню частоту, з якою оберталася призма в досліді А. Майкельсона.
5. Скористайтесь додатковими джерелами інформації та дізнайтесь: чому Г. Галілей не зміг виміряти швидкість поширення світла? Що в «поведінці» Іо (супутника Юпитера) дозволило О. Ремеру досить точно виміряти швидкість поширення світла (див. також [рисунок](#))? Який пристрій використовував у своїх досліді А. Фізо? Коли і як швидкість поширення світла було виміряно найточніше?



Астрономічний метод О. Ремера з вимірювання швидкості поширення світла