

Урок № 73-74

Тема: Геометрична оптика як граничний випадок хвильової. Закони геометричної оптики

Мета уроку:

навчальна – сформулювати в учнів уявлення про заломлення світла та закони заломлення; дати означення понять «показник заломлення світла»;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

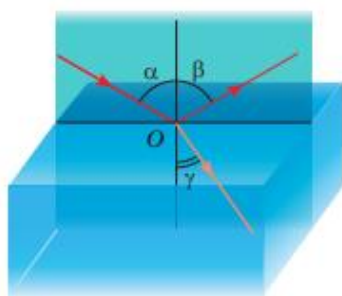
Матеріал до уроку

Установлюємо закони заломлення світла

В одному з давньогрецьких трактатів описано дослід: «Потрібно стати так, щоб плоске кільце, покладене на дно посудини, сховалося за її краєм. Потім, не змінюючи положення очей, налити в посудину воду. Світло заломиться на поверхні води, і кільце стане видимим». Такий «фокус» ви можете показати своїм друзям і зараз (див. рис. 1), а от пояснити його зможете тільки після вивчення цього параграфа.



гою. Якщо в чашці немає води, ми не бачимо монету, що лежить на її дні, дно чашки ніби підніметься і монета стане видимою (б)



Заломлення світла — зміна напрямку поширення світла на межі поділу двох середовищ

Рис. 2. Спостереження заломлення світла в разі його переходу з повітря в скло: α — кут падіння; β — кут відбивання; γ — кут заломлення

скло. Отже, під час переходу з повітря в скло напрямок поширення світла змінюється.

Кут γ (гамма), утворений заломленим променем і перпендикуляром до межі поділу двох середовищ,

проведеним із точки падіння променя, називають **кутом заломлення**.

Провівши низку дослідів з оптичною шайбою, помітимо, що зі збільшенням кута падіння кут заломлення теж збільшується, а зі зменшенням кута падіння кут заломлення зменшується (рис. 3). Якщо ж світло падає перпендикулярно до межі поділу двох середовищ (кут падіння $\alpha=0$), напрямок поширення світла не змінюється.

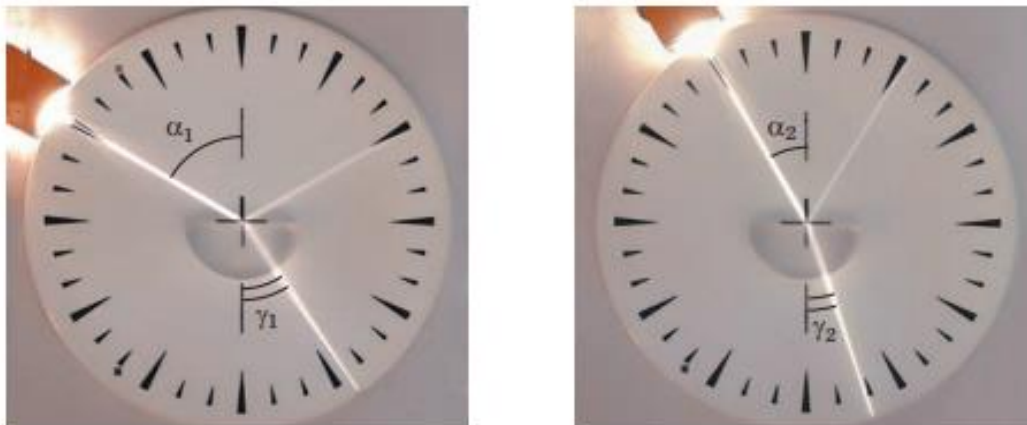


Рис. 3. Установлення законів заломлення світла: в разі зменшення кута падіння $\alpha_2 < \alpha_1$ кут заломлення теж зменшується, при цьому $\gamma_2 < \gamma_1$. при цьому $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} < \frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma_2}$

Дізнаємося про причину заломлення світла

Чому ж світло, переходячи з одного середовища в інше, змінює свій напрямок?

Річ у тім, що в різних середовищах світло поширюється з різною швидкістю, але завжди повільніше, ніж у вакуумі. Наприклад, у воді швидкість поширення світла в 1,33 разу менша, ніж у вакуумі; коли світло переходить із води в скло, швидкість поширення світла зменшується ще в 1,3 разу; у повітрі швидкість поширення світла в 1,7 разу більша, ніж у склі, й лише трохи менша (приблизно в 1,0003 разу), ніж у вакуумі.

Саме зміна швидкості поширення світла в разі переходу з одного прозорого середовища в інше є причиною заломлення світла.

Прийнято говорити про **оптичну густину середовища**: чим менша швидкість поширення світла в середовищі (чим більший показник заломлення), тим більшою є оптична густина середовища.

Закони заломлення світла:

1. Промінь падаючий, промінь заломлений і перпендикуляр до межі поділу двох середовищ, встановлений із точки падіння променя, лежать в одній площині.

2. Відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення для двох даних середовищ є величиною незмінною:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$$



де n_{21} — фізична величина, яку називають *відносним показником заломлення середовища 2* (середовища, в якому світло поширюється після заломлення) *відносно середовища 1* (середовища, із якого світло падає).

З'ясуємо фізичний зміст показника заломлення



Відносний показник заломлення (n_{21}) показує, у скільки разів швидкість поширення світла в середовищі 1 більша (або менша), ніж швидкість поширення світла в середовищі 2:

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

Згадавши другий закон заломлення світла: $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$, маємо:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_2}{v_1}$$

Проаналізувавши останню формулу, доходимо висновків:

1) *чим більше на межі поділу двох середовищ змінюється швидкість поширення світла, тим більше світло заломлюється;*

2) *якщо промінь світла переходить у середовище з більшою оптичною густиною (тобто швидкість світла зменшується: $v_2 < v_1$), то кут заломлення є меншим від кута падіння: $\gamma < \alpha$ (див., наприклад, рис. 2, 3);*

3) *якщо промінь світла переходить у середовище з меншою оптичною густиною (тобто швидкість світла збільшується: $v_2 > v_1$), то кут заломлення є більшим за кут падіння: $\gamma > \alpha$ (рис. 4).*

Зазвичай швидкість поширення світла в середовищі порівнюють зі швидкістю його поширення у вакуумі. Коли світло потрапляє в середовище з вакууму, показник заломлення n називають абсолютним показником заломлення.



Абсолютний показник заломлення показує, у скільки разів швидкість поширення світла в середовищі менша, ніж у вакуумі

$$n = \frac{c}{v}$$

де c — швидкість поширення світла у вакуумі ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с); v — швидкість по-

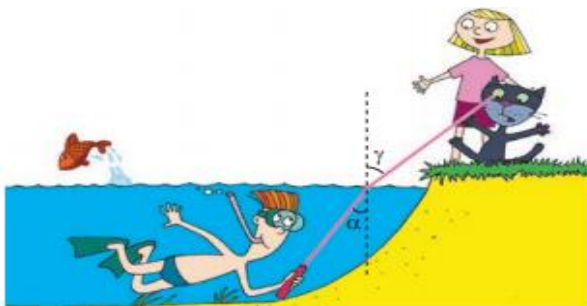


Рис. 4. У разі переходу світла із середовища з більшою оптичною густиною в середовище з меншою оптичною

ширення світла в середовищі.

Швидкість поширення світла у вакуумі більша, ніж у будь-якому середовищі, тому абсолютний показник заломлення завжди більший за одиницю (див. таблицю).

Зверніть увагу: $n_{\text{повітря}} \approx 1$, тому, розглядаючи перехід світла з повітря в середовище, вважають, що відносний показник заломлення середовища дорівнює абсолютному показнику.

Явище заломлення світла є основою роботи численних оптичних пристроїв, про деякі з яких ви дізнаєтеся пізніше.

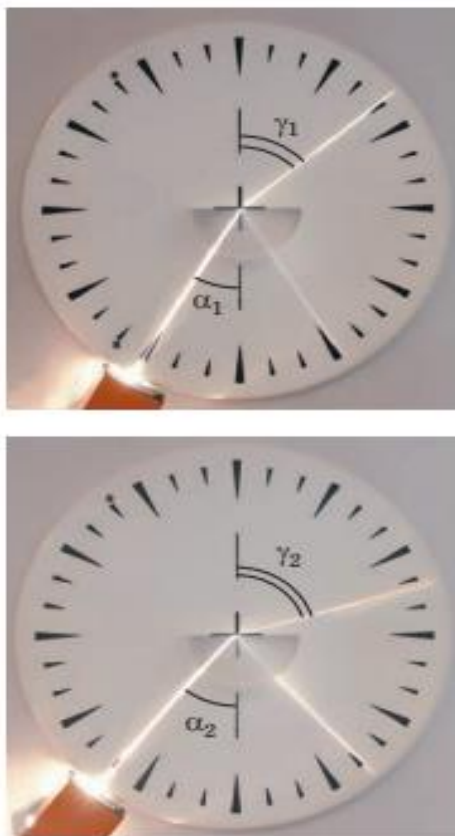


Рис. 5. Якщо світло падає зі скла в повітря, в разі збільшення кута падіння кут заломлення наближається до 90° , а яскравість заломленого пучка зменшується

Застосовуємо явище повного внутрішнього відбивання світла

Розглянемо випадок, коли світло переходить із середовища з більшою оптичною густиною в середовище з меншою оптичною густиною (рис. 5). Бачимо, що в разі збільшення кута падіння ($\alpha_2 > \alpha_1$) кут заломлення γ наближається до 90° , яскравість заломленого пучка зменшується, а яскравість відбитого, навпаки, збільшується. Зрозуміло, якщо й далі збільшувати кут падіння, кут заломлення сягне 90° , заломлений пучок зникне, а падаючий пучок цілком (без втрат енергії) повернеться в перше середовище — світло повністю відіб'ється.



Явище, за якого заломлення світла відсутнє (світло повністю відбивається від середовища з меншою оптичною густиною), називають повним внутрішнім відбиванням світла.

Явище повного внутрішнього відбивання добре знайоме тим, хто хоча б раз плавав під водою з розплющеними очима (рис. 6).

Ювеліри протягом сторіч використовують явище повного внутрішнього відбивання, щоб підвищити привабливість коштовних каменів. Природні камені огранюють — надають їм форми багатогранників: грані каменя виконують роль «внутрішніх дзеркал», і камінь «грає» в променях



Рис. 6. Спостерігачеві, який перебуває під водою, частина поверхні води здається блискучою, мов дзеркало

світла, що падає на нього.

Повне відбивання світла застосовують в оптичній техніці (рис. 7). Проте головне застосування цього явища пов'язане з **волоконною оптикою**. Якщо в торець суцільної «скляної нитки» спрямувати пучок світла, то після багаторазового відбивання світло вийде на її протилежному кінці незалежно від того, якою буде трубка — вигнутою чи прямою. Таку «нитку» називають **світловодом** (рис. 8).

Світловоди застосовують у медицині для дослідження внутрішніх органів (ендоскопія); у техніці, зокрема для виявлення несправностей усередині двигунів без їх розбирання; для освітлення сонячним світлом закритих приміщень; у декоративних світильниках тощо (рис. 9).

Однак найчастіше світловоди використовують як кабелі для передачі інформації (рис. 10). «Скляний кабель» є набагато дешевшим, він легший за мідний, практично не змінює своїх властивостей під впливом навколишнього середовища, дозволяє передавати сигнали на великі відстані без підсилення. Сьогодні волоконно-оптичні лінії зв'язку стрімко витісняють традиційні. Коли ви будете дивитися телевизор або користуватися Інтернетом, згадайте, що більшу частину свого «шляху» сигнал долає «скляною дорогою».

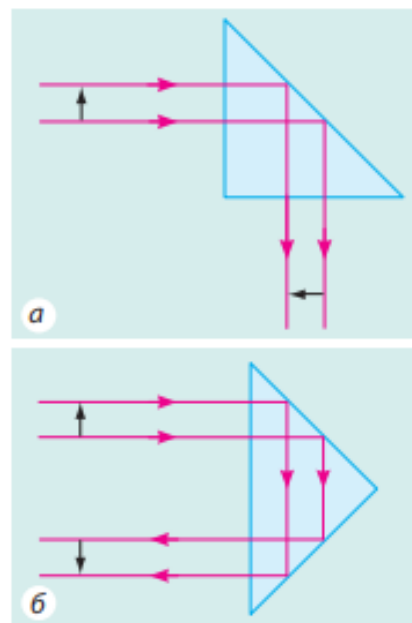


Рис. 7. У багатьох оптичних приладах напрямок поширення світла змінюють за допомогою призми повного відбивання: а — призма повертає зображення; б — призма перевертає зображення

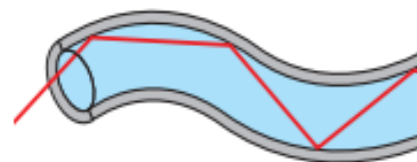


Рис. 8. Поширення світлового пучка світловодом

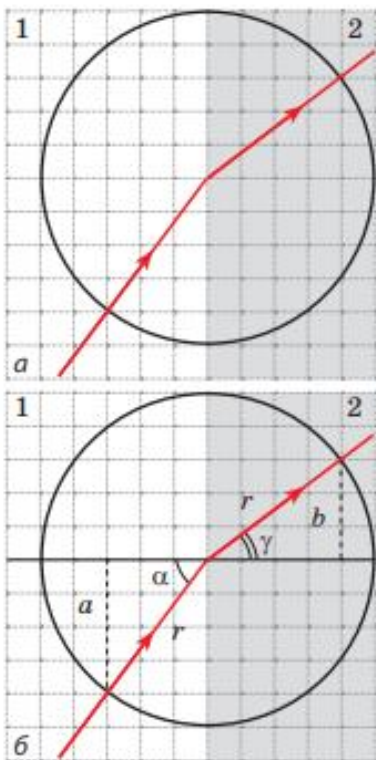


Рис. 9. Декоративний світильник зі світловодами



Рис. 10. Оптоволоконний кабель

Закріплення нових знань і вмінь



Задача. Світловий промінь переходить із середовища 1 у середовище 2 (рис. 11, а). Швидкість поширення світла в середовищі 1 становить $2,4 \cdot 10^8$ м/с. Визначте абсолютний показник заломлення середовища 2 і швидкість поширення світла в цьому середовищі.

Аналіз фізичної проблеми

Із рис. 11, а бачимо, що на межі поділу двох середовищ світло заломлюється, отже, швидкість його поширення змінюється.

Виконаємо пояснювальний рисунок (рис. 11, б), на якому:

- 1) зобразимо промені, наведені в умові задачі;
- 2) проведемо через точку падіння променя перпендикуляр до межі поділу двох середовищ;

3) позначимо α кут падіння і γ — кут заломлення. Абсолютний показник заломлення — це показник заломлення відносно вакууму. Тому для розв'язання задачі слід згадати

значення швидкості поширення світла у вакуумі та знайти швидкість поширення світла в середовищі 2 (v_2). Для знаходження v_2 визначимо синуси кута падіння та кута заломлення.

Дано:

$$v_1 = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$
$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Знайти:

$$n_2 - ?$$
$$v_2 - ?$$

Пошук математичної моделі, розв'язання

За означенням абсолютного показника заломлення:

$$n_2 = \frac{c}{v_2}$$

Оскільки $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$, то $v_2 = \frac{v_1 \sin \gamma}{\sin \alpha}$.

Із рис. 12.11, б бачимо, що $\sin \alpha = \frac{a}{r}$, а $\sin \gamma = \frac{b}{r}$, де r — радіус кола.

Знайдемо значення шуканих величин:

$$\sin \alpha = \frac{a}{r} = \frac{4}{5} = 0,8, \quad \sin \gamma = \frac{b}{r} = \frac{3}{5} = 0,6;$$

$$v_2 = \frac{2,4 \cdot 10^8 \cdot 0,6}{0,8} = 1,8 \cdot 10^8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right); \quad n_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{1,8 \cdot 10^8} = \frac{30}{18} = \frac{5}{3} = 1,7.$$

Аналіз розв'язання. За умовою задачі кут падіння більший, ніж кут заломлення, і це означає, що швидкість світла в середовищі 2 менша від швидкості світла в середовищі 1. Отже, отримані результати є реальними.

Відповідь: $n_2 \approx 1,7$; $v_2 = 1,8 \cdot 10^8$ м/с.

ПЕРЕВІРТЕ СЕБЕ

- Промінь світла падає з повітря у воду під кутом 60° . Кут між відбитим і заломленим променями становить 80° . Обчисліть кут заломлення променя:
 - 30° ;
 - 40° ;
 - 50° ;
 - 70° .
- За який час світло доходить від дна озера глибиною 900 м до поверхні води?
 - 2 мс;
 - 3 мкс;
 - 2,8 мкс;
 - 4 мкс.
- Порівняйте кут падіння з кутом заломлення при переході променя до середовища з більш оптичною густиною:
 - кут падіння більше;
 - кути рівні;
 - кут заломлення більше;
 - заломлення не спостерігається.
- Установіть відповідність між фізичними поняттями та математичними виразами.

1. Абсолютний показник заломлення	А. $v = \frac{c}{n}$
2. Відносний показник заломлення	Б. $n = \frac{c}{v}$
3. Закон заломлення світла	В. $n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$
4. Закон відбивання світла	Г. $\angle \alpha = \angle \beta$
	Д. $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$

ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Написати конспект. Опрацювати параграф №22 (С.152-155).

Зворотній зв'язок

- **Viber** 0662728430
- **E-mail** partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua

!!!! у повідомленні з д/з не забуваєм вказувати прізвище, групу і дату уроку.