Урок 53 Повне відбивання світла

Мета уроку:

Навчальна: Закріпити та поглибити знання учнів про повне відбивання.

Розвивальна. З метою розвитку мислення розвивати вміння: пояснювати подібні матеріали; виявляти аналогії; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності; встановлювати головне, суттєве у матеріалі, що вивчається; самостійно знаходити причинно-наслідкові зв'язки (робити висновки); узагальнювати; систематизувати, встановлювати зв'язки нового з раніше вивченим; стисло і грамотно висловлювати свої міркування та обґрунтовувати їхню правильність; діяти за аналогією.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок вивчення нового матеріалу.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

1. Провести бесіду за матеріалом § 26

Бесіда за питаннями

1. Які явища спостерігаються, коли світло проходить через межу поділу двох середовищ?

2. Який кут називають кутом заломлення?

3. Сформулюйте закони заломлення світла та доведіть ці закони, користуючись принципом Гюйгенса.

4. У чому причина заломлення світла?

5. Яким є фізичний зміст відносного та абсолютного показників заломлення світла?

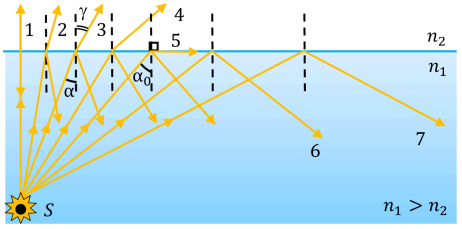
2. Перевірити виконання вправи № 26: завдання 1, 2.

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

За допомогою якого оптичного явища передається велика кількість інформації в мережі Інтернет?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Повне внутрішнє відбивання світла



Світло переходить із середовища з більшою оптичною густиною в середовище з меншою оптичною густиною. У цьому випадку $n_1 > n_2$, тому згідно із законом заломлення світла $\sin\sin\alpha < \sin\sin\gamma$. Кут заломлення γ більший, ніж кут падіння α ($\gamma > \alpha$).

Зі збільшенням кута падіння світлового променя збільшується і кут заломлення, водночас, інтенсивність заломленого променя зменшується.

Досягши певного значення кута падіння α_0, промінь взагалі не перетинає межу поділу середовищ – кут заломлення становить 90°. Коли кут падіння $\alpha > \alpha_0$, світло не переходить у друге середовище, а лише відбивається від його межі, тобто відбувається *явище повного внутрішнього відбивання*.

Явище повного внутрішнього відбивання – це явище, коли заломлення світла відсутнє, тобто світло повністю відбивається від межі поділу із середовищем меншої оптичної густини.

Граничний кут повного внутрішнього відбивання α_0 – це найменший кут падіння, починаючи з якого вся світлова енергія повністю відбивається від межі поділу двох прозорих середовищ.

За законом заломлення світла: $\frac{\sin\sin\alpha}{\sin\sin\gamma} = n_{21}$ $\quad n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ $\quad => \quad \frac{\sin\sin\alpha}{\sin\sin\gamma} = \frac{n_2}{n_1}$

За кута падіння $\alpha = \alpha_0$ кут заломлення дорівнює $\gamma = 90°$:

$$\frac{\sin\sin\alpha_0}{\sin\sin 90°} = \frac{n_2}{n_1} \quad => \quad \sin\sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

n_1 і n_2 – абсолютні показники заломлення першого і другого середовищ відповідно.

2. Застосування явища повного відбивання світла

Проблемне питання

• Де застосовують явище повного відбивання світла?

У багатьох оптичних приладах напрямок поширення світла змінюють за допомогою призм повного відбивання: а – поворотна призма; б – оборотна призма.

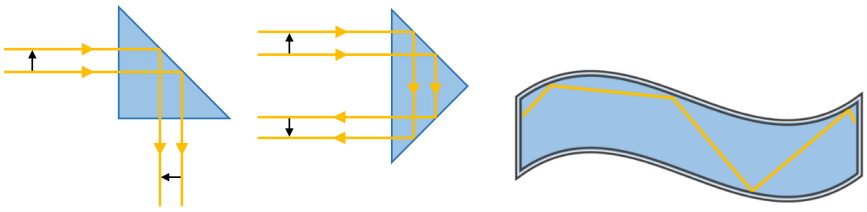


Рис. а *Рис. б* *Рис. в*

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. в).

Світловоди – це гнучкі нитки, що проводять світло на основі повного внутрішнього відбивання.

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;
- як кабелі для передачі інформації (волоконно-оптичні лінії зв'язку), коли ми дивимося телевізор або користуємося Інтернетом, то, скоріш за все, й не здогадуємося, що більшу частину свого «шляху» сигнал долає «скляною дорогою».

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

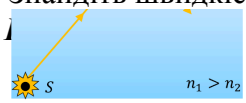
1. Граничний кут повного внутрішнього відбивання для межі поділу середовищ скло – повітря дорівнює 34°. Знайдіть швидкість світла в цьому склі.

Дано:

$\alpha_0 = 34°$

$v_2 = 3\cdot10^8 \frac{м}{с}$

v_1 – ?



$$\sin\sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{cv_1}{cv_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$v_1 = v_2 \sin\sin\alpha_0, \quad v_1 = 3\cdot10^8 \bullet \sin\sin 34° \approx 1,68\cdot10^8 \frac{м}{с}$$

Відповідь: $v_1 \approx 1,68\cdot10^8 \frac{м}{с}$.

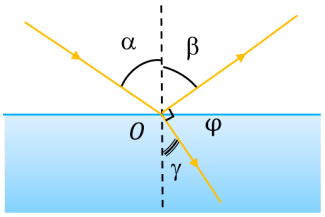
2. Визначте кут падіння променя з повітря на прозоре середовище, якщо швидкість поширення світла в цьому середовищі дорівнює $2\cdot10^5$ км/с, а відбитий і заломлений промені взаємно перпендикулярні.

Дано:

$v_1 = 3{\cdot}10^8 \frac{м}{с}$

$v_2 = 2{\cdot}10^5 \frac{м}{с}$

α – ?



Розв'язання

За 2-м законом відбивання світла: $\alpha = \beta$

$$\beta + \varphi + \gamma = 180° \qquad \gamma = 90° - \beta = 90° - \alpha$$

Відносний показник заломлення n_{21}:

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

За 2-м законом заломлення світла:

$$n_{21} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{\sin\alpha}{\sin(90° - \alpha)} = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \alpha$$

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

$$\alpha = \frac{v_1}{v_2} \qquad \alpha = \frac{3{\cdot}10^8}{2{\cdot}10^5} \approx 56°$$

Відповідь: $\alpha \approx 56°$.

3. Відносний показник заломлення на межі поділу середовищ повітря-скло дорівнює 1,6, а на межі поділу середовищ повітря-вода — 1,3. Визначте значення відносного показника заломлення на межі поділу середовищ вода-скло.

Дано:

$n_1 = 1,3$

$n_2 = 1,6$

n_{21} – ?

Розв'язання

Вважатимемо, що швидкість світла в повітрі дорівнює швидкості світла у вакуумі.

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \qquad n_2 = \frac{c}{v_2}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{cv_1}{cv_2} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21} \quad => \quad n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_{21} = \frac{1,6}{1,3} \approx 1,23$$

Відповідь: $n_{21} \approx 1,23$.

4. Промінь світла падає на плоскопаралельну скляну пластинку завтовшки 6 см під кутом 40°. Знайдіть зсув променя при виході із пластинки.

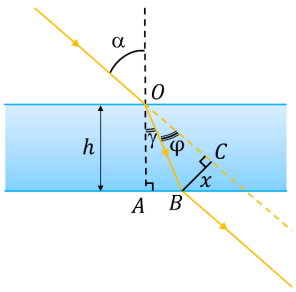
Дано:

$h = 6$ см $= 0,06$ м

$\alpha = 40°$

$n = 1,6$

x – ?



Розв'язання

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

$$\gamma = \arcsin \frac{\sin\alpha}{n}$$

$$\gamma = \arcsin \frac{\sin 40°}{1,6} \approx 23,7°$$

ΔOAB і ΔOBC – прямокутні із спільною гіпотенузою OB

$$OB = \frac{h}{\cos\gamma} \qquad OB = \frac{x}{\sin\varphi} = \frac{x}{\sin(\alpha - \gamma)}$$

$$\frac{h}{\cos\gamma} = \frac{x}{\sin(\alpha - \gamma)} \quad => \quad x = \frac{h\sin(\alpha - \gamma)}{\cos\gamma}$$

$$x = \frac{0,06{\cdot}\sin(40° - 23,7°)}{\cos 23,7°} = \frac{0,06{\cdot}0,28}{0,916} \approx 0,0184 \text{ (м)}$$

Відповідь: $x \approx 1,84$ см.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. За яких умов на межі двох середовищ спостерігається повне внутрішнє відбивання?

2. Що таке кут повного внутрішнього відбивання? Як він пов'язаний із показником заломлення?

3. Наведіть приклади застосування повного внутрішнього відбивання світла.

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ Опрацювати § 26, Вправа № 26 (3, 5)

Додаткові задачі

1. В алмазі світло поширюється зі швидкістю $1{,}22 \bullet 10^8$ м/с. Знайдіть граничний кут повного внутрішнього відбивання світла в алмазі при переході з алмаза в повітря.

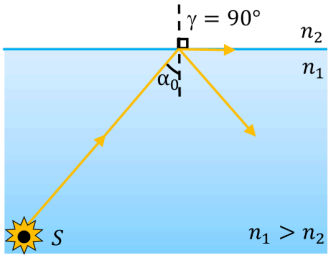
Дано:

$v_1 = 1{,}22 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$

$v_2 = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$

$\alpha_0 - ?$

Розв'язання



$$\sin sin\, \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{cv_1}{cv_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\left[\sin sin\, \alpha_0\right] = \frac{\frac{м}{с}}{\frac{м}{с}} = 1$$

$$\sin sin\, \alpha_0 = \frac{1{,}22 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^8} \approx 0{,}41$$

$$\alpha_0 = \arcsin\ arcsin\, 0{,}41 = 24°$$

Відповідь: $\alpha_0 = 24°$.

2. Промінь, що падає на поверхню води, частково відбивається й частково заломлюється. При якому куті падіння відбитий і заломлений промені взаємно перпендикулярні?

Дано:

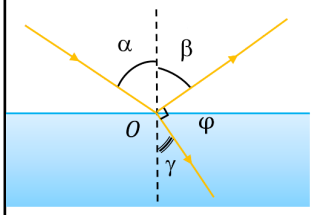
$n = 1{,}33$

$\alpha - ?$

Розв'язання

За 2-м законом відбивання світла:

$$\alpha = \beta$$



$$\beta + \varphi + \gamma = 180°$$

$$= 90° - \beta = 90° - \alpha$$

$$n = n_{21} = \frac{\sin sin\, \alpha}{\sin sin\, \gamma} = \frac{\sin sin\, \alpha}{\sin sin\, (90° - \alpha)} = \frac{\sin sin\, \alpha}{\cos cos\, \alpha} = \alpha$$

$\alpha = n \qquad \alpha = 1{,}33 \approx 53°$

Відповідь: $\alpha \approx 53°$.

3. Відносний показник заломлення на межі поділу середовищ повітря-вода дорівнює 1,3, а на межі поділу середовищ повітря-алмаз — 2,42. Визначте значення відносного показника заломлення на межі поділу середовищ вода-алмаз.

Дано:

$n_1 = 1{,}3$

$n_2 = 2{,}42$

$n_{21} - ?$

Розв'язання

Вважатимемо, що швидкість світла в повітрі дорівнює швидкості світла у вакуумі.

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \qquad n_2 = \frac{c}{v_2}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{cv_1}{cv_2} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21} \quad => \quad n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_{21} = \frac{2{,}42}{1{,}3} \approx 1{,}86$$

Відповідь: $n_{21} \approx 1{,}86$.

4. Промінь світла падає на плоскопаралельну скляну пластинку під кутом 30°. Зміщення променя при виході з пластинки становить 1 см. Знайдіть товщину пластинки.

Дано:

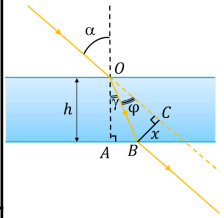
$\alpha = 30°$

$x = 1$ см $= 0,01$ м

$n = 1,6$

$h - ?$

Розв'язання



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

$$\sin\sin\gamma = \frac{\sin\sin\alpha}{n}$$

$$\gamma = \arcsin\ arcsin\ \frac{\sin\sin\alpha}{n}$$

$$\gamma = \arcsin\ arcsin\ \frac{\sin\sin 30°}{1,6} \approx 18,2°$$

ΔOAB і ΔOBC – прямокутні із спільною гіпотенузою OB

$$OB = \frac{h}{\cos\cos\gamma} \qquad OB = \frac{x}{\sin\sin\varphi} = \frac{x}{\sin\sin(\alpha-\gamma)}$$

$$\frac{h}{\cos\cos\gamma} = \frac{x}{\sin\sin(\alpha-\gamma)} \quad => \quad h = \frac{x\cos\cos\gamma}{\sin\sin(\alpha-\gamma)} \qquad [h] = \text{м}$$

$$h = \frac{0,01\cdot\cos\cos 18,2°}{\sin\sin(30°-18,2°)} = \frac{0,01\cdot 0,95}{0,2} \approx 0,0475\ (\text{м})$$

Відповідь: $x \approx 4,75$ см.

5. Водолаз, що працює на дні озера, направив промінь ліхтаря на поверхню води. Кут падіння променя дорівнює 25°. Визначте кут заломлення променя.

Дано:

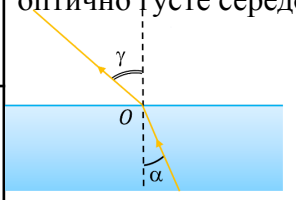
$\alpha = 25°$

$n = 1,33$

$\gamma - ?$

Розв'язання

Світло переходить з більш оптично густого середовища в менш оптично густе середовище.



$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_{21}} = \frac{\sin\sin\alpha}{\sin\sin\gamma}$$

$$\sin\sin\gamma = n\sin\sin\alpha$$

$$\gamma = \arcsin\ arcsin\ n\sin\sin\alpha$$

$$\gamma = \arcsin\ arcsin\ 1,33\cdot\sin\sin 25° \approx 34°$$

Відповідь: $\gamma \approx 34°$.

6. Кут падіння променя з повітря на поверхню води дорівнює 30°. Знайдіть кут між заломленим променем і поверхнею води.

Дано:

$\alpha = 30°$

$n = 1,33$

$\varphi - ?$

Розв'язання

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

$$\sin\sin\gamma = \frac{\sin\sin\alpha}{n}$$

$$\gamma = \arcsin\ arcsin\ \frac{\sin\sin\alpha}{n}$$

$$\gamma = \arcsin\ arcsin\ \frac{\sin sin\ 30°}{1{,}33} \approx 22°$$

$\varphi = 90° - \gamma$ $\qquad$ $\varphi = 90° - 22° = 68°$

Відповідь: $\varphi = 68°$.

7. Коли на поверхню прозорої рідини падає світловий промінь під кутом 30° до поверхні, кут заломлення становить 40°. Яким буде кут заломлення, якщо кут між падаючим променем і поверхнею рідини збільшити до 60°?

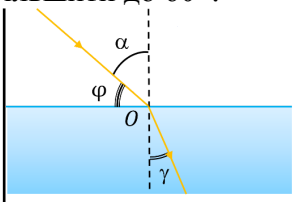
Дано:

$\varphi_1 = 30°$

$\gamma_1 = 40°$

$\varphi_2 = 60°$

γ_2 – ?



Розв'язання

За 2-м законом заломлення світла:

$$n_{21} = \frac{\sin sin\ \alpha_1}{\sin sin\ \gamma_1} = \frac{\sin sin\ (90° - \varphi_1)}{\sin sin\ \gamma_1}$$

$$n_{21} = \frac{\sin sin\ \alpha_2}{\sin sin\ \gamma_2} = \frac{\sin sin\ (90° - \varphi_2)}{\sin sin\ \gamma_2}$$

$$\frac{\sin sin\ (90° - \varphi_1)}{\sin sin\ \gamma_1} = \frac{\sin sin\ (90° - \varphi_2)}{\sin sin\ \gamma_2}$$

$$\sin\ sin\ \gamma_2 = \frac{\sin sin\ \gamma_1 \bullet \sin sin\ (90° - \varphi_2)}{\sin sin\ (90° - \varphi_1)}$$

$$\sin\ sin\ \gamma_2 = \frac{\sin sin\ 40° \bullet \sin sin\ (90° - 60°)}{\sin sin\ (90° - 30°)} = \frac{0{,}643 \cdot 0{,}5}{0{,}866} \approx 0{,}371$$

$$\gamma_2 = \arcsin\ arcsin\ 0{,}371 \approx 22°$$

Відповідь: $\gamma_2 \approx 22°$.

8. Кут падіння світлового променя на скляну плоско-паралельну пластинку завтовшки 3 см дорівнює 60°. На скільки змістився промінь у пластинці?

Дано:

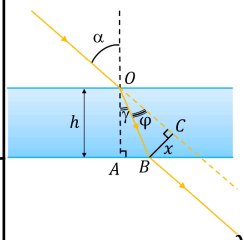
$h = 3$ см $= 0{,}03$ м

$\alpha = 60°$

$n = 1{,}6$

x – ?

Розв'язання



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

$$\sin\ sin\ \gamma = \frac{\sin sin\ \alpha}{n}$$

$$\gamma = \arcsin\ arcsin\ \frac{\sin sin\ \alpha}{n}$$

$$\gamma = \arcsin\ arcsin\ \frac{\sin sin\ 60°}{1{,}6} \approx 32{,}77°$$

ΔOAB і ΔOBC – прямокутні із спільною гіпотенузою OB

$$OB = \frac{h}{\cos cos\ \gamma} \qquad OB = \frac{x}{\sin sin\ \varphi} = \frac{x}{\sin sin\ (\alpha - \gamma)}$$

$$\frac{h}{\cos cos\ \gamma} = \frac{x}{\sin sin\ (\alpha - \gamma)} \quad => \quad x = \frac{h \sin sin\ (\alpha - \gamma)}{\cos cos\ \gamma} \qquad [x] = \text{м}$$

$$x = \frac{0{,}03 \cdot \sin sin\ (60° - 32{,}77°)}{\cos cos\ 32{,}77°} = \frac{0{,}03 \cdot 0{,}458}{0{,}84} \approx 0{,}0164\ (\text{м})$$

Відповідь: $x \approx 1{,}64$ см.