Урок 52 Заломлення світла. Закони заломлення світла

Мета уроку:

Навчальна: Закріпити та поглибити знання учнів про закони заломлення світла; пояснити фізичний зміст показника заломлення.

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

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Чому тіло, опущене в склянку з рідиною, здається нам зламаним на межі повітря і рідини?

Як поводиться світло, переходячи з одного середовища в інше?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Причини заломлення світла

Якщо пучок світла падає на межу поділу двох прозорих середовищ, то частина світлової енергії повертається в перше середовище, утворюючи відбитий пучок світла, а частина — проходить через межу в друге середовище, утворюючи пучок світла, який, як правило, змінює напрямок.



Заломленням світла – це зміна напрямку поширення світла в разі його проходження через межу поділу двох середовищ.

Заломлений промінь – це промінь, що задає напрямок заломленого пучка світла.

Заломлення світла в разі його переходу з повітря в скло:

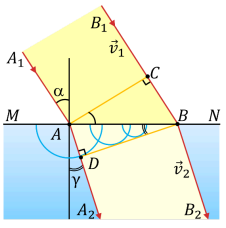
α – кут падіння

β – кут відбивання

γ (гамма) – кут заломлення (кут, утворений заломленим променем і перпендикуляром до межі поділу двох середовищ, проведеним із точки падіння променя)

Кількісний закон, що описує заломлення світла, був установлений експериментально в 1621 р. голландським природознавцем *Віллебрордом Снелліусом* (1580-1626) й отримав назву *закон Снелліуса*. Одержимо цей закон за допомогою принципу Гюйґенса.

2. Закон заломлення світла на основі принципу Гюйґенса



Розглянемо плоску хвилю, що падає на межу поділу MN двох середовищ. Напрямок поширення хвилі задамо променями A_1A і B_1B, паралельними один одному та перпендикулярними до хвильової поверхні AC.

Спочатку поверхні MN досягне промінь A_1A, а вже після цього її досягне промінь B_1B – через час $\Delta t = \frac{CB}{v_1}$, де v_1 – швидкість світла у першому середовищі.

У момент, коли вторинна хвиля в точці B тільки починає збуджуватися, хвиля від точки A вже поширюється у другому середовищі на відстань $AD = v_2\Delta t$, де v_2 – швидкість світла у другому середовищі. Провівши площину DB, дотичну до всіх вторинних хвиль, одержимо хвильову поверхню заломленої хвилі.

Розглянемо прямокутні трикутники ΔACB і ΔADB. У трикутнику ΔACB кут $\angle CAB$ дорівнює куту падіння α (як кути з відповідно перпендикулярними сторонами), отже, $CB = AB \sin sin\, \alpha$. Урахувавши, що $CB = v_1 \Delta t$, знайдемо AB:

$$AB = \frac{v_1}{\sin sin\, \alpha} \Delta t \quad (1)$$

Аналогічно в трикутнику ΔADB кут $\angle ABD$ дорівнює куту заломлення γ, отже, $AD = AB \sin sin\, \gamma$. Урахувавши, що $AD = v_2 \Delta t$, знайдемо AB:

$$AB = \frac{v_2}{\sin sin\, \gamma} \Delta t \quad (2)$$

Прирівнявши праві частини рівностей (1) і (2), маємо:

$$\frac{\sin sin\, \alpha}{\sin sin\, \gamma} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}$$

n_{21} – відносний показник заломлення (показник заломлення середовища 2 відносно середовища 1) – незмінна для двох даних середовищ величина, яка не залежить від кута падіння світла.

Закони заломлення світла (закони Снелліуса):

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

2. Для двох даних середовищ відношення синуса кута падіння α до синуса кута заломлення γ є величиною незмінною:

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

3. Показник заломлення

Проблемне питання

• Що характеризує відносний показник заломлення?

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

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

Зміна швидкості поширення світла в разі його переходу з одного прозорого середовища в інше є причиною заломлення світла.



Прийнято говорити про ***оптичну густину середовища:*** чим більшою є оптична густина середовища, тим меншою є швидкість поширення світла в цьому середовищі.

Проблемне питання

• У повітрі швидкість поширення світла в 1,33 разу більша, ніж у воді, оптична густина якого середовища менша – води чи повітря? (повітря)

• Коли світло переходить із води в скло, його швидкість зменшується ще в 1,3 разу, оптична густина якого середовища більша – води чи скла? (скла)

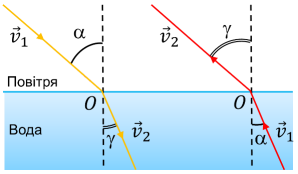
Відносний показник заломлення n_{21}:

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

За 2-м законом заломлення світла:

$$n_{21} = \frac{\sin sin\, \alpha}{\sin sin\, \gamma} \quad => \quad \frac{\sin sin\, \alpha}{\sin sin\, \gamma} = \frac{v_1}{v_2}$$

Властивості заломлення світла:



1) чим більше змінюється швидкість 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: $\gamma < \alpha$;

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: $\gamma > \alpha$.

Зазвичай швидкість поширення світла в середовищі порівнюють зі швидкістю його поширення у вакуумі.

Абсолютний показник заломлення середовища – це фізична величина, яка характеризує оптичну густину середовища і показує, у скільки разів швидкість поширення світла в середовищі менша, ніж у вакуумі.

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

Проблемне питання

• Чи пов'язані між собою абсолютний та відносний показники заломлення?

Речовина	n
Повітря	$1,003$
Лід	$1,31$
Вода	$1,33$
Етиловий спирт	$1,36$
Бензин	$1,50$
Скло	$1,52$
Алмаз	$2,42$

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

n_{21} – відносний показник заломлення

$n_1,\ n_2$ – абсолютні показники заломлення першого і другого середовищ

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Обчисліть швидкість поширення світла в шматку льоду.

Дано:

$n = 1,31$

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v - ?$

Розв'язання

$$n = \frac{c}{v} \quad => \quad v = \frac{c}{n}; \quad [v] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{1} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = \frac{3 \cdot 10^8}{1,31} = 2,29 \bullet 10^8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Відповідь: $v = 2,29 \bullet 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2. Кут падіння променя з повітря на поверхню прозорого пластику дорівнює 50°, кут заломлення – 25°. Який показник заломлення цього пластику відносно повітря?

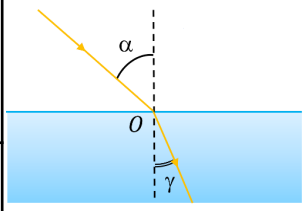
Дано:

$\alpha = 50°$

$\gamma = 25°$

$n_{21} - ?$

Розв'язання



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

$$n_{21} = \frac{\sin 50°}{\sin 25°} = \frac{0{,}766}{0{,}423} \approx 1{,}81$$

Відповідь: $n_{21} \approx 1{,}81$.

3. Промінь світла падає під кутом 60° з повітря на поверхню деякого прозорого середовища. Заломлений промінь зміститься на 15° щодо свого початкового напрямку. Визначте швидкість поширення світла в другому середовищі, якщо у повітрі швидкість світла $3 \cdot 10^8$ м/с.

Дано:

$\alpha = 60°$

$\varphi = 15°$

$v_1 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_2 - ?$

Розв'язання

Відносний показник заломлення n_{21}:

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

За 2-м законом заломлення світла:

$$n_{21} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} \qquad \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\alpha = \gamma + \varphi \quad => \quad \gamma = \alpha - \varphi$$

$$\frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha-\varphi)} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$v_2 = \frac{v_1 \cdot \sin(\alpha-\varphi)}{\sin\alpha} \qquad \left[v_2\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1}{1} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot \sin 45°}{\sin 60°} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \approx 2{,}45 \cdot 10^8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Відповідь: $v_2 = 2{,}45 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

4. Якщо кут падіння світла становить 60°, кут заломлення дорівнює 45°. Визначте кут заломлення в цьому середовищі при куті падіння 30°.

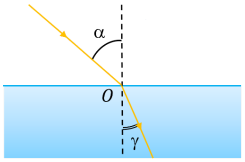
Дано:

$\alpha_1 = 60°$

$\gamma_1 = 45°$

$\alpha_2 = 30°$

$\gamma_2 - ?$



Розв'язання

За 2-м законом заломлення світла:

$$n_{21} = \frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} \qquad n_{21} = \frac{\sin\alpha_2}{\sin\gamma_2}$$

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} = \frac{\sin\alpha_2}{\sin\gamma_2} \qquad \sin\gamma_2 = \frac{\sin\gamma_1 \cdot \sin\alpha_2}{\sin\alpha_1}$$

$$\sin\gamma_2 = \frac{\sin 45° \cdot \sin 30°}{\sin 60°} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{3}} \approx 0{,}41$$

$$\gamma_2 = \arcsin 0{,}41 = 24°$$

Відповідь: $\gamma_2 = 24°$.

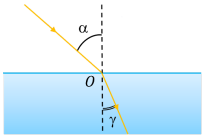
5. При якому куті падіння променя з повітря на скло кут заломлення в два рази менший від кута падіння?

Дано:

$n = 1,6$

$\alpha = 2\gamma$

$\alpha - ?$



Розв'язання

$$n = n_{21} = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{\sin 2\gamma}{\sin\gamma}$$

$$= \frac{2\sin\gamma\cos\gamma}{\sin\gamma} = 2\cos\gamma$$

$\cos\gamma = \frac{n}{2}$ $\quad \alpha = 2\gamma = 2\arccos\frac{n}{2}$

$$\alpha = 2\cdot\arccos\frac{1,6}{2} \approx 74°$$

Відповідь: $\alpha \approx 74°$.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

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?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ Опрацювати § 26, Вправа № 26 (1, 2)

Додаткові задачі

1. Перистоустих комарів у воді не видно через їх прозорість, але очі в цих істот добре помітні у вигляді чорних крапок. Чому цих істот не видно у воді? Чому очі у них непрозорі? Чи залишаться вони невидимими в повітрі?

Комара не видно у воді тому, що показник заломлення тіла комахи близький до показника заломлення води.

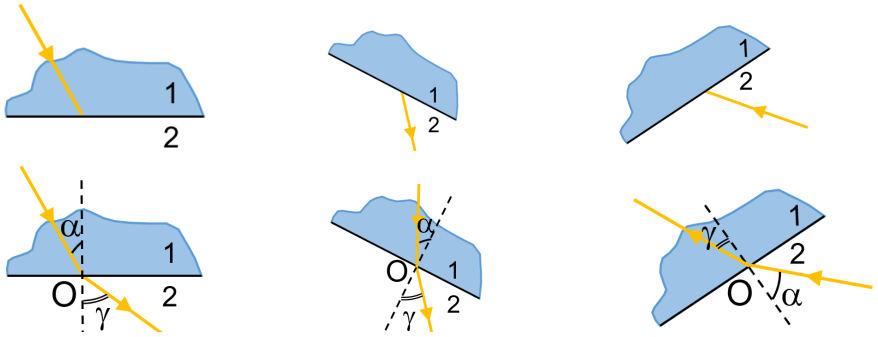
Очі видно тому, що показник заломлення очей відмінний від показника заломлення води.

У повітрі комара видно тому, що показник заломлення у повітрі зовсім інший, ніж у тіла комара.

2. Чому, відкриваючи очі під водою, ми бачимо розмиті обриси предметів? Чому маска для підводного плавання дозволяє чітко бачити під водою?

Коли світло потрапляє із повітря в око то світло заломлюється. До такого заломлення наші очі адаптовані і ми бачимо чітке зображення. У воді це заломлення дуже послаблюється тому, що показники заломлення води та ока практично однакові. В результаті зображення стає розмитим. При наявності ж маски око межує не з водою, а з повітрям всередині маски. А проходження світла крізь плоске скло маски практично не впливає на чіткість зображення.

3. Перенесіть рисунки до зошита. Для кожного випадку накресліть заломлений або падаючий промінь, вважаючи, що всі зображені тіла виготовлені зі скла.



4. Чи можна створити плащ-невидимку, як у Гаррі Поттера?

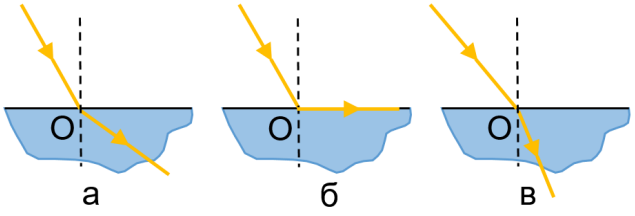


Так, можна. Коли ми бачимо об'єкт, ми бачимо видиме світло, яке відбивається від об'єкта. Винайдений плащ-невидимка не відбиває світло, а заломлює його таким чином, що світло огинає плащ і йде далі, не відбиваючись від його поверхні. Виходить, людина не бачить відбитого світла, і об'єкт у плащі стає невидимим.

5. Для чого скло автомобільних фар роблять не гладким, а рифленим, що складається ніби з маленьких тригранних призм?

Набір призмочок, з яких складається скло, збирає світло лампи і відхиляє його вниз на дорогу.

6. Промінь світла падає на межу між повітрям та склом. Який рисунок правильний?



Правильний рисунок в. Тому що, 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: $\gamma < \alpha$;

7. За який час світло проходить шматок льоду товщиною 1 м?

Дано:	***Розв'язання***
$l = 1$ м	$t = \frac{l}{v}$; $n = \frac{c}{v}$ => $v = \frac{c}{n}$;

$n = 1,31$

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$t - ?$

$$t = \frac{ln}{c}; \qquad [t] = \frac{\text{м}\cdot 1}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \text{с}$$

$$t = \frac{1{\cdot}1,31}{3{\cdot}10^8} = 4,4{\cdot}10^{-9}(\text{с})$$

Відповідь: $t = 4,4$ нс.

8. Визначте абсолютний показник заломлення середовища, в якому світло поширюється зі швидкістю 200 000 км/с.

Дано:

$v = 200000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

$= 2 \bullet 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$n - ?$

Розв'язання

$$n = \frac{c}{v} \qquad [n] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = 1$$

$$n = \frac{3{\cdot}10^8}{2{\bullet}10^8} = 1,5$$

Відповідь: $n = 1,5$.

9. Промінь світла падає під кутом 30° з повітря на поверхню деякого прозорого середовища. Знайдіть кут заломлення, якщо заломлений промінь зміститься на 10° відносно свого початкового напрямку.

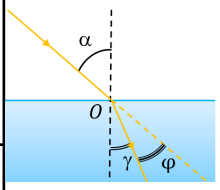
Дано:

$\alpha = 30°$

$\varphi = 10°$

$\gamma - ?$

Розв'язання



$$\alpha = \gamma + \varphi$$

$$\gamma = \alpha - \varphi$$

$$\gamma = 30° - 10° = 20°$$

Відповідь: $\gamma = 20°$.

10. Світловий промінь переходить із повітря у прозору рідину. Якщо кут падіння променя становить 45°, то кут заломлення дорівнює 30°. На який кут відхиляється промінь від початкового напряму? Знайдіть показник заломлення рідини.

Дано:

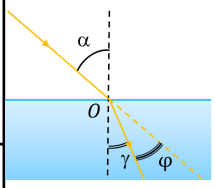
$\alpha = 45°$

$\gamma = 30°$

$\varphi - ?$

$n_{21} - ?$

Розв'язання



$$\alpha = \gamma + \varphi \qquad \varphi = \alpha - \gamma$$

$$\varphi = 45° - 30° = 15°$$

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

$$n_{21} = \frac{\text{sin}\,45°}{\text{sin}\,30°} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} \approx 1,41$$

Відповідь: $\varphi = 15°$, $n_{21} \approx 1,41$.

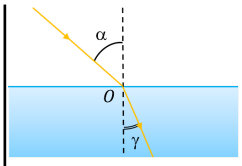
11. Визначте абсолютний показник заломлення середовища, якщо кут падіння світла дорівнює 60°, а кут заломлення – 30°.

Дано:

$\alpha = 60°$

$\gamma = 30°$

Розв'язання



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

$$n = \frac{\text{sin}\,60°}{\text{sin}\,30°} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3} \approx 1,73$$

n – ?

Відповідь: $n \approx 1,73$.

12. Визначте абсолютний показник заломлення середовища, якщо кут падіння світла 45°, а кут заломлення 30°.

Дано:

$\alpha = 45°$

$\gamma = 30°$

n – ?

Розв'язання

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

$$n = \frac{\sin 45°}{\sin 30°} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2} \approx 1,41$$

Відповідь: $n \approx 1,41$.

13. Якщо кут падіння світла становить 60°, кут заломлення дорівнює 40°. Визначте кут падіння в цьому середовищі, якщо кут заломлення 22°.

Дано:

$\alpha_1 = 60°$

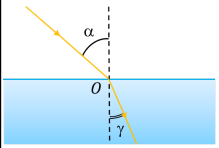
$\gamma_1 = 40°$

$\gamma_2 = 22°$

α_2 – ?

Розв'язання

За 2-м законом заломлення світла:



$$n_{21} = \frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1}$$

$$n_{21} = \frac{\sin\alpha_2}{\sin\gamma_2}$$

$$\frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} = \frac{\sin\alpha_2}{\sin\gamma_2}$$

$$\sin\alpha_2 = \frac{\sin\alpha_1 \cdot \sin\gamma_2}{\sin\gamma_1}$$

$$\sin\alpha_2 = \frac{\sin 60° \cdot \sin 22°}{\sin 40°} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0,37}{0,64} = \frac{\sqrt{2}}{2\sqrt{3}} \approx 0,5$$

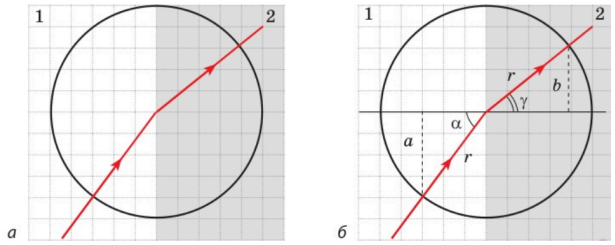
$$\gamma_2 = \arcsin 0,5 = 30°$$

Відповідь: $\alpha_2 = 30°$.

14. Чи може відбутися повне внутрішнє відбивання при переході світла з води в скло?

Ні, тому що скло – оптично густіше середовище ніж вода.

15. Світловий промінь переходить із середовища 1 у середовище 2 (рис. 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 середовищі 2.



Дано:

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

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Розв'язання

За означенням абсолютного показника заломлення:

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

$n_2 - ?$

$v_2 - ?$

$$\frac{\sin\sin\alpha}{\sin\sin\gamma} = \frac{v_1}{v_2} \quad => \quad v_2 = \frac{v_1 \bullet \sin\sin\gamma}{\sin\sin\alpha}$$

Із рисунка б бачимо (r – радіус кола):

$$\sin\sin\alpha = \frac{a}{r}; \qquad \sin\sin\gamma = \frac{b}{r}$$

$$\sin\sin\alpha = \frac{4}{5} = 0,8; \qquad \sin\sin\gamma = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$v_2 = \frac{2,4\cdot10^8\cdot0,6}{0,8} = 1,8\cdot10^8\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

$$n_2 = \frac{3\cdot10^8}{1,8\cdot10^8} \approx 1,67$$

Відповідь: $n_2 \approx 1,67$; $v_2 = 1,8\cdot10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.