

Световые волны: Примеры решения задач

1. Плоское зеркало повернули на угол $\alpha = 17^\circ$ вокруг оси, лежащей в плоскости зеркала. На какой угол β повернется отраженный от зеркала луч, если направление падающего луча осталось неизменным?

Решение. Пусть φ — первоначальный угол падения луча (рис. 8.16). По закону отражения угол отражения также равен φ , и, следовательно, угол между падающим лучом и отраженным лучом равен 2φ . При повороте зеркала на угол α перпендикуляр I к зеркалу, восстановленный в точке падения, также повернется на угол α и займет положение II . Значит, новый угол падения будет равен $\varphi + \alpha$. Таким же будет и новый угол отражения.

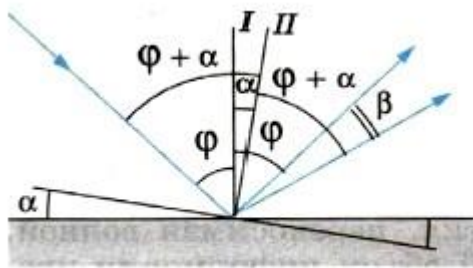


Рис. 8.16

Поэтому угол, на который повернется отраженный луч $\beta = (\varphi + \alpha) + \alpha - \varphi = 2\alpha = 34^\circ$ (см. рис. 8.16).

2. Определите, на какой угол θ отклоняется световой луч от своего первоначального направления при переходе из воздуха в воду, если угол падения $\alpha = 75^\circ$.

Решение. Из рисунка 8.17 видно, что $\theta = \alpha - \beta$.

Согласно закону преломления

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n,$$

где n — показатель преломления воды.

Отсюда

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} \approx 0,727.$$

Из таблицы синусов находим: $\beta \approx 46^\circ 33'$. Следовательно,

$$\beta \approx 75^\circ - 46^\circ 33' = 28^\circ 27'.$$

3. Начертите ход лучей сквозь треугольную стеклянную призму, основанием которой является равнобедренный прямоугольный треугольник. Лучи падают на широкую грань перпендикулярно этой грани. Показатель преломления стекла равен 1,5.

Решение. Проходя через широкую грань, лучи не изменяют своего направления, так как угол падения равен нулю (рис. 8.18). На узкой грани АВ лучи полностью отражаются, так как угол падения равен 45° и, следовательно, больше предельного угла полного отражения для стекла, равного 42° . После полного отражения от левой грани лучи падают на правую грань, снова полностью отражаются и выходят из призмы по направлению, перпендикулярному широкой грани. Таким образом, направление пучка света изменяется на 180° . Такой ход лучей используется, например, в призматических биноклях.

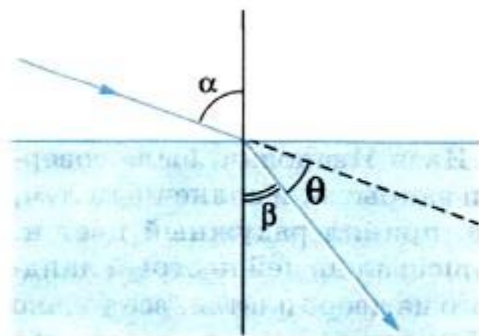


Рис. 8.17

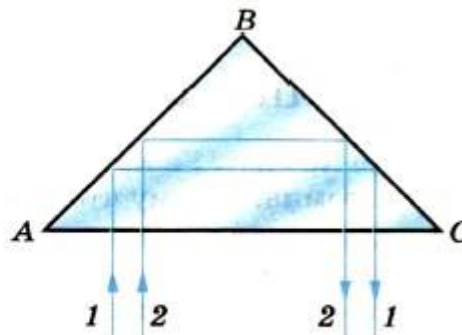


Рис. 8.18

4. Определите, во сколько раз истинная глубина водоема больше кажущейся, если смотреть по вертикали вниз.

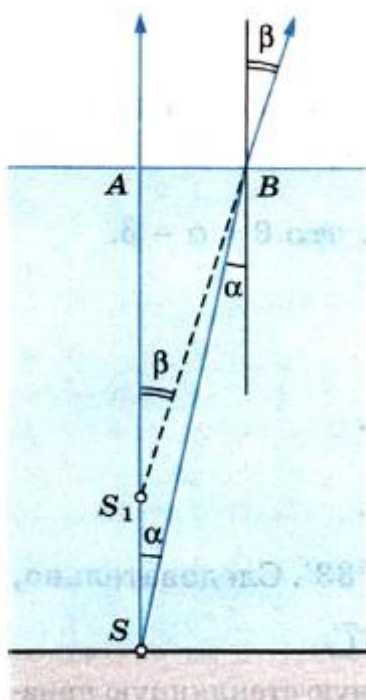


Рис. 8.19

Решение. Построим ход лучей, вышедших из точки S на дне водоема и попавших в глаз наблюдателя (рис. 8.19). Так как наблюдение ведется по вертикали, один из лучей SA направим перпендикулярно поверхности воды, другой SB — под малым углом α к перпендикуляру, восстановленному в точке B (при больших углах α лучи не попадут в глаз). Точка S_1 пересечения луча SA и продолжения преломленного луча SB — мнимое изображение точки S.

Угол ASB равен углу падения α (внутренние накрест лежащие углы), а угол AS_1B равен углу преломления β (соответственные углы при параллельных прямых). Прямоугольные треугольники ASB и AS_1B имеют общий катет AB, который можно выразить через истинную глубину водоема $SA = H$ и через

кажущуюся глубину $S_1A = h$:

$$AB = H \operatorname{tg} \alpha = h \operatorname{tg} \beta.$$

Отсюда

$$\frac{H}{h} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Так как углы α и β малы, то

$$\frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} \approx \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = n,$$

где n — показатель преломления воды.

Следовательно, $\frac{H}{h} = n$.

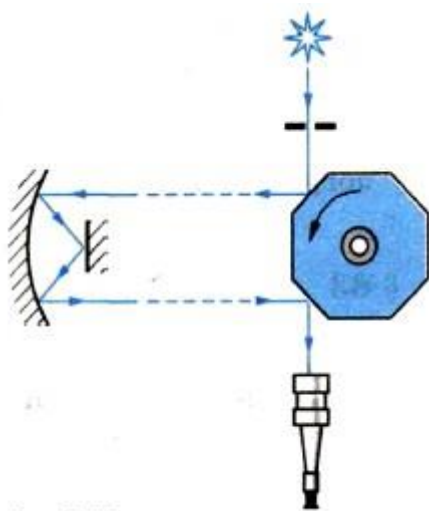
Истинная глубина водоема больше кажущейся в $n = 1,3$ раза.

ЗАДАНИЕ

Разобрать примеры решения задач и кратко записать в рабочую тетрадь.

Упражнение (решить не менее трёх задач)

1. «Комната, в которую вступил Иван Иванович, была совершенно темна, потому что ставни были закрыты, и солнечный луч, проходя в дыру, сделанную в ставне, принял радужный цвет и, ударяясь в противоположную стену, рисовал на ней пестрый ландшафт из крыш, деревьев и развешанного на дворе платья, все только в обратном виде» (Н. В. Гоголь. «Повесть о том, как поссорился Иван Иванович с Иваном Никифоровичем»). Объясните это явление.
2. Почему тень ног человека на земле от фонаря резко очерчена, а тень головы более расплывчата?
3. На рисунке 8.20 представлена схема опыта Майкельсона по определению скорости света. С какой частотой должна вращаться восьмиугольная зеркальная призма, чтобы источник был виден в зрительную трубу, если световой луч проходит расстояние, примерно равное 71 км?



4. Небольшой предмет расположен между двумя плоскими зеркалами, образующими угол $\alpha = 30^\circ$.

Предмет находится на расстоянии $l=10$ см от линии пересечения зеркал и на одинаковом расстоянии от обоих зеркал. Определите расстояние между мнимыми изображениями этого предмета в зеркалах.

5. Луч от точечного источника S падает на плоское зеркало в точке A и, отражаясь, проходит через точку B (рис. 8.21). Докажите, что если бы луч от того же источника прошел через точку B , отразившись от зеркала в точке D , соседней с точкой A , то:

- 1) не был бы выполнен закон отражения;

2) путь SDB был бы пройден светом за большее время, чем путь SAB.

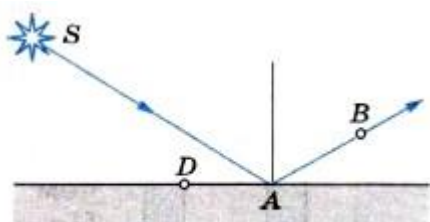


Рис. 8.21

6. Какой высоты должно быть плоское зеркало, висящее вертикально, чтобы человек, рост которого H , видел себя в нем во весь рост?

7. Вычислите показатель преломления воды относительно алмаза и сероуглерода относительно льда.

8. Сечение призмы представляет собой равносторонний треугольник. Луч проходит сквозь призму, преломляясь в точках, равноотстоящих от вершины (рис. 8.22). Чему равно наибольшее допустимое значение показателя преломления вещества призмы?

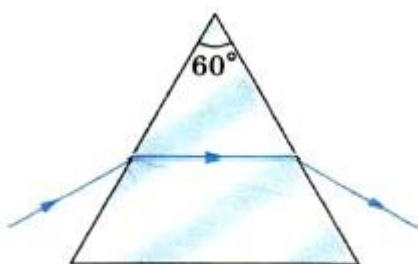


Рис. 8.22

9. Изобразите ход лучей через треугольную стеклянную призму, основанием которой является равнобедренный прямоугольный треугольник. Лучи падают на призму, как показано на рисунке (8.23, а, б.) Останется ли ход лучей таким же, если призму погрузить в воду?

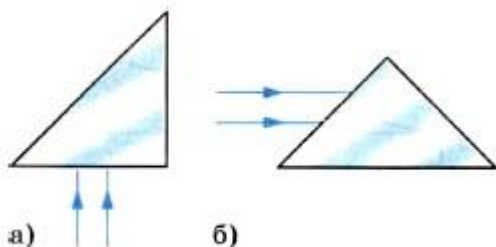


Рис. 8.23