

14.5 Преломление света

• **14.5.1.** В каком направлении пловец, нырнувший в воду, видит заходящее Солнце?

14.5.2. Найдите угол падения луча света на поверхность стекла, если известно, что он больше угла преломления на $\varphi = 17,2^\circ$.

14.5.3. Каким должен быть угол падения луча света на стекло, чтобы отраженный луч был перпендикулярен преломленному?

14.5.4. Стержень опущен концом в прозрачную жидкость, показатель преломления которой равен n , и образует с поверхностью жидкости некоторый угол α . Наблюдателю, который смотрит сверху, конец стержня, погруженный в жидкость, кажется смещенным на угол β . При каком угле наклона стержня угол смещения β будет максимальным?

14.5.5. На дне реки лежит монета. Человек хочет толкнуть ее шестом. Прицеливаясь, он держит шест под углом $\varphi = 20^\circ$ к горизонту. На каком расстоянии от монеты воткнется шест в дно реки, если ее глубина $h = 50$ см?

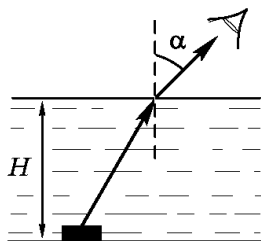


Рис. 14.5.1

14.5.6. На дне водоема глубиной $H = 1$ м лежит камень. Определите, на какой глубине увидит изображение камня человек, если он смотрит на камень под углом $\alpha = 30^\circ$ относительно нормали к поверхности воды (рис. 14.5.1). Расположение глаз принять таким, чтобы соответствующие им лучи зрения лежали в одной вертикальной плоскости.

14.5.7. Наблюдатель, перемещаясь вертикально, определяет на глаз углы, образованные с вертикалью лучами, идущими от малого объекта, находящегося на дне озера. На высотах $h_1 = 1$ м и $h_2 = 90$ см от уровня воды в озере он определил углы $\alpha_1 = 5^\circ$ и $\alpha_2 = 10^\circ$ соответственно. Чему равна глубина озера?

14.5.8. В дно водоема глубиной $H = 1$ м вбит столб, выступающий из воды на $h = 0,1$ м. Найдите длину тени от столба на дне водоема при угле падения лучей $\alpha = 70^\circ$.

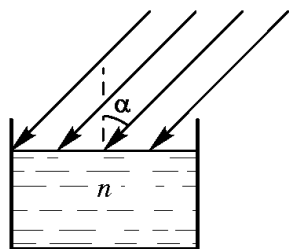


Рис. 14.5.2

14.5.9. Пучок параллельных лучей падает под углом $\alpha = 45^\circ$ из воздуха на поверхность воды, находящейся в сосуде, имеющем форму куба. Сосуд наполовину заполнен водой (рис. 14.5.2). Во сколько раз тень, отбрасываемая боковой стенкой сосуда на его дно, укорачивается по сравнению с тенью, полученной при отсутствии воды в сосуде?

14.5.10. Угол падения пучка параллельных лучей на поверхность воды $\alpha = 60^\circ$. Ширина пучка в воздухе $l_1 = 10$ см. Определите ширину пучка в воде.

• **14.5.11.** На поверхности водоема глубиной $h = 2$ м находится круглый плот, радиус которого $R = 3$ м. Определите радиус тени от плота на дне озера при освещении водоема рассеянным светом.

14.5.12. Во сколько раз действительная глубина реки больше, чем нам кажется, когда мы смотрим на ее дно?

14.5.13. На расстоянии $h = 1,5$ м от поверхности воды висит лампа. Чему равно кажущееся расстояние от поверхности воды до лампы для человека под водой?

14.5.14. В сосуд налиты две несмешивающиеся жидкости: сверху с показателем преломления $n_1 = 1,3$, снизу — $n_2 = 1,5$. Наблюдателю, смотрящему вертикально вниз, дно сосуда кажется расположенным на расстоянии $l = 20$ см от поверхности жидкости. Найдите высоту каждого слоя жидкости, если отношение высот $\frac{h_1}{h_2} = 2$.

14.5.15. На горизонтальном дне водоема глубиной $h = 1,2$ м лежит плоское зеркало. На каком расстоянии от места вхождения луча в воду этот луч снова выйдет на поверхность воды после отражения от зеркала? Угол падения луча на поверхность воды $\alpha = 30^\circ$.

14.5.16. Луч света от фонарика, лежащего на дне водоема, попадает на зеркало, расположенное над поверхностью воды под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту, и дальше распространяется вертикально вверх. Под каким углом к вертикали направлен луч от фонарика в воде?

14.5.17. На дне стеклянной ванночки лежит зеркало, поверх которого налит слой воды высотой $h = 20$ см. На высоте $H = 30$ см над поверхностью воды висит лампа. На каком расстоянии от поверхности зеркала будет изображение лампы в нем?

14.5.18. Человек смотрит на свое изображение в зеркале, расположенном на горизонтальное дно сосуда, наполненного водой. На каком расстоянии человек видит свое изображение, если его лицо находится на высоте $h = 10$ см над уровнем воды, а зеркало — на глубине $h_0 = 8$ см под уровнем воды?

Ответы:

$$14.5.2. \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{n \sin \varphi}{n \cos \varphi - 1} \right) = 41,8^\circ.$$

У к а з а н и е. Здесь и далее n — показатель преломления вещества.

$$14.5.3. \alpha = \operatorname{arctg} n = 74^\circ.$$

$$14.5.4. \alpha = \arccos \left(\frac{1}{\sqrt{n+1}} \right).$$

14.5.5.

$$s = h \left(\operatorname{ctg} \varphi - \frac{\cos \varphi}{\sqrt{n_B^2 - \cos^2 \varphi}} \right) = 0,85 \text{ м.}$$

14.5.6.

$$h = n_B^2 H \left(\frac{\cos \alpha}{\sqrt{n_B^2 - \cos^2 \alpha}} \right) = 61 \text{ см.}$$

$$14.5.7. H \approx 1 \text{ м.}$$

14.5.8.

$$l = h \operatorname{tg} \alpha + \frac{H \sin \alpha}{\sqrt{n_B^2 - \sin^2 \alpha}} = 1,36 \text{ м.}$$

$$14.5.9. \eta = \frac{2\sqrt{n_B^2 - \cos^2 \alpha}}{\sqrt{n_B^2 - \cos^2 \alpha} + \sin \alpha} \approx 1,23.$$

14.5.10.

$$l_2 = \frac{l_1 \sqrt{n_B^2 - \sin^2 \alpha}}{n_B \cos \alpha} = 0,15 \text{ м.}$$

$$14.5.12. \text{ Больше в } 1,3 \text{ раза.}$$

$$14.5.13. H = n_B h \approx 2 \text{ м.}$$

$$14.5.14. h_2 = \frac{ln_1 n_2}{2n_2 + n_1} \approx 9,07 \text{ см;}$$

$$h_1 = 2h_2 = 18,14 \text{ см.}$$

$$14.5.15. s = 2h \frac{\sin \alpha}{\sqrt{n_B^2 - \sin^2 \alpha}} \approx 1 \text{ м.}$$

$$14.5.16. \beta = \arcsin \left(\frac{\sin 2\alpha}{n_B} \right) \approx 42^\circ.$$

$$14.5.17. s = H + h \frac{2 - n_B}{n_B} = 40 \text{ см.}$$

$$14.5.18. \text{ На } l = 2 \left(h + \frac{h_0}{n_B} \right) = 32 \text{ см.}$$