

Полное отражение

Теорию смотрите в соответствующем разделе статьи «[Преломление света](#)» базового курса.

ЗАДАЧА 1. На дне водоёма, имеющего глубину H , находится точечный источник света. Какой минимальный радиус R должен иметь круглый непрозрачный диск, плавающий на поверхности воды над источником, чтобы этот источник нельзя было обнаружить с вертолёта? Показатель преломления воды равен n .

$$\frac{1 - \frac{1}{n^2}}{H} = \frac{1}{R}$$

ЗАДАЧА 2. Водолаз стоит на горизонтальном дне водоёма, имеющего глубину $H = 15$ м. Рост водолаза равен $h = 1,7$ м. На каком расстоянии l от водолаза находятся те части дна, которые он может увидеть отражёнными от поверхности воды? Показатель преломления воды $n = 4/3$.

$$n \frac{h}{H} \approx \frac{1 - \frac{1}{n^2}}{4 - H^2} < l$$

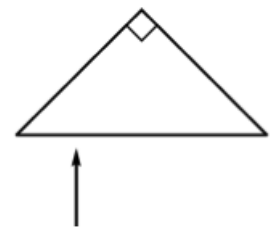
ЗАДАЧА 3. Сечение стеклянной призмы имеет вид равнобедренного треугольника с преломляющим углом φ . Луч света идёт вдоль одной боковой грани призмы по направлению к вершине. При каком наименьшем угле φ преломлённый луч претерпит полное отражение на другой боковой грани? Показатель преломления стекла равен n .

$$\frac{\varphi}{2} \approx \arcsin \frac{1}{n}$$

ЗАДАЧА 4. Призма с преломляющим углом $\varphi = 60^\circ$ сделана из стекла с показателем преломления $n = 7/4$. При каком угле падения α светового луча на одну из граней он не сможет выйти через вторую грань?

$$\alpha \approx \arcsin \left(\frac{1}{n} \cos \frac{\varphi}{2} \right)$$

ЗАДАЧА 5. (МФО, 2012, 11) На призму, сечение которой имеет вид равнобедренного прямоугольного треугольника, перпендикулярно нижней грани падает луч от лазерной указки. Каким должен быть показатель преломления n материала, из которого сделана призма, чтобы свет от указки вышел из призмы наружу только через эту же грань?

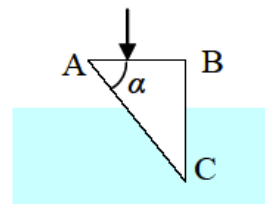


$$n < \sqrt{2}$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 1994) На горизонтальном дне водоёма лежит монета радиуса $r = 2$ см. На каком максимальном расстоянии от монеты надо поместить в воде плоский экран радиуса $R = 5$ см, чтобы монету нельзя было обнаружить из воздуха при спокойной поверхности воды? Показатель преломления воды $n = 4/3$.

$$L \approx \sqrt{R^2 - r^2} \approx 4,6 \text{ см}$$

ЗАДАЧА 7. («Покори Воробьёвы горы!», 2015, 10–11) Прямоугольный клин из оптического стекла с показателем преломления $n_1 = 1,7$ помещён в глицерин ($n_2 = 1,47$), как показано на рисунке. При каких значениях угла α луч света, падающий перпендикулярно грани AB , выйдет в глицерин из грани AC ?

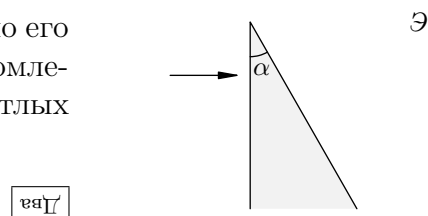


$$\alpha \approx 59,8^\circ \approx \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

ЗАДАЧА 8. («Покори Воробьёвы горы!», 2014, 10–11) Прозрачный цилиндр, верхний торец которого находится в воздухе, помещён в воду. Точечный источник света S расположен вне цилиндра на его оси вблизи верхнего торца. Найдите минимальный показатель преломления n материала цилиндра, при котором ни один луч, вошедший через основание, не выйдет через боковую поверхность наружу. Показатель преломления воды $n_в = 1,33$.

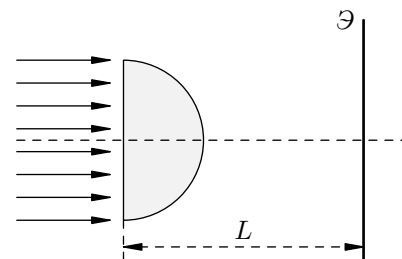
$$n \approx 1,33 \approx 1 + \frac{n_в^2}{2} \approx n$$

ЗАДАЧА 9. (МФТИ, 1979) На стеклянный клин перпендикулярно его грани падает тонкий луч света (см. рисунок). Показатель преломления стекла $n = 1,41$, угол при вершине $\alpha = 10^\circ$. Сколько светлых пятен будет видно на экране, поставленном за клином?



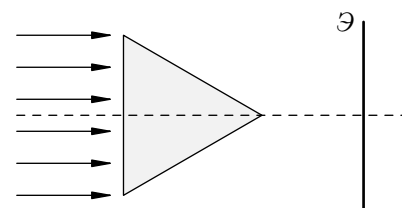
два

ЗАДАЧА 10. (МФТИ, 1979) На половину шара, изготовленного из стекла с показателем преломления $n = 1,41$, падает параллельный пучок лучей (см. рисунок). На расстоянии $L = 4,82$ см расположен экран Э. Определите радиус светлого пятна на экране, если радиус шара $r = 2$ см.



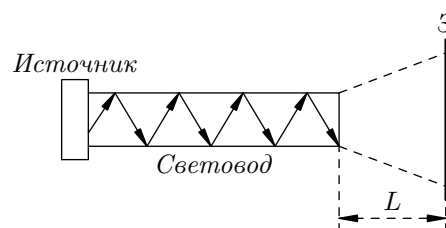
2 см

ЗАДАЧА 11. (МФТИ, 1983) Параллельный пучок света падает на основание стеклянного конуса ($n = 1,5$) вдоль его оси. Сечение пучка совпадает с основанием конуса, радиус которого $R = 1$ см. Высота конуса равна $\sqrt{3}$ см. Определить площадь светлого пятна на экране, перпендикулярном оси конуса и расположенном на расстоянии 1 см от вершины конуса (см. рисунок).



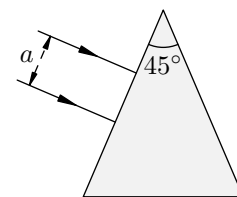
$$S = 4\pi \left(1 + \sqrt{3}\right) \text{ см}^2$$

ЗАДАЧА 12. (МФТИ, 1977) Световод (длинная тонкая нить) изготовлен из прозрачного материала с показателем преломления $n = 1,2$. Один из торцов световода прижат к источнику рассеянного света, другой торец размещён на расстоянии $L = 5$ см от экрана (см. рисунок). Найдите диаметр светового пятна на экране.



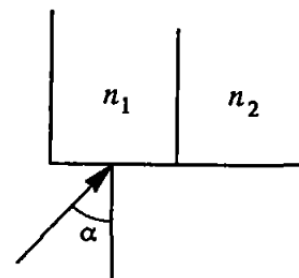
$$D = 2L \sqrt{\frac{n^2 - 1}{2}} \approx 8,8 \text{ см}$$

Задача 13. («Ломоносов», 2015, 10–11) На левую грань равнобедренной стеклянной призмы падает по нормали к ней параллельный пучок света шириной $a = 1$ см (см. рисунок), причём после прохождения левой грани пучок целиком попадает на правую грань призмы. Найдите ширину b пучка, выходящего из призмы, если угол при вершине призмы равен 45° , а показатель преломления стекла $n = 1,7$. Ответ приведите в миллиметрах, округлив до одного знака после запятой.



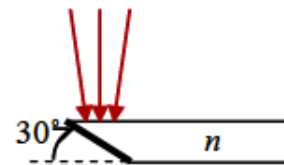
$$b = a \frac{\sin(\alpha/2)}{\cos(\alpha/2) - n \sin(\alpha/2)} = 1 \frac{\sin(22.5^\circ)}{\cos(22.5^\circ) - 1.7 \sin(22.5^\circ)} = 0.82 \text{ см}$$

Задача 14. (МФТИ, 1997) Высокий прямоугольный сосуд разделён вертикальной перегородкой на два отсека (см. рисунок). Первый отсек заполнен жидкостью с показателем преломления $n_1 = 1,4$, второй — с показателем преломления $n_2 < n_1$. На дно первого отсека падает узкий пучок света под углом $\alpha = 30^\circ$. При каких значениях показателя преломления n_2 луч не сможет проникнуть во второй отсек? Все вертикальные стенки и дно являются прозрачными плоскопараллельными пластинами.



$$n_2 \approx \frac{v_{\text{крит}}}{c} \lambda > n_1 \sin \alpha$$

Задача 15. («Покори Воробьёвы горы!», 2016, 10–11) Плоскопараллельная пластина, изготовленная из прозрачного материала с показателем преломления $n = \sqrt{2} \approx 1,41$, срезана с одной стороны под углом 30° , и срез покрыт хорошо отражающим слоем. Узкие пучки параллельных световых лучей, излучаемые лазером, направляются на пластину в плоскости, перпендикулярной ребру среза, таким образом, что они отражаются от среза. При каких углах падения эти пучки попадут на край пластины, противоположный срезу, с интенсивностью, близкой к исходной? Размеры пластины очень значительно превышают её толщину.



$$\alpha \approx \arcsin \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 45^\circ$$