

# **ОПТИКА, СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ**

Казакова Ирина Викторовна

**1.** Пучок параллельных световых лучей падает из воздуха на толстую стеклянную пластину под углом  $60^\circ$  и, преломляясь, переходит в стекло. Ширина пучка в воздухе 10 см. Определите ширину пучка в стекле. Показатель преломления стекла 1,51. Результат представьте в единицах СИ и округлите до сотых.

<b>Дано:</b>	<b>Решение:</b>
$\alpha = 60^\circ$ $a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $n_1 = 1$ $n_2 = 1,51$	
$b = ?$	

**Дано:**

$$\alpha = 60^\circ$$

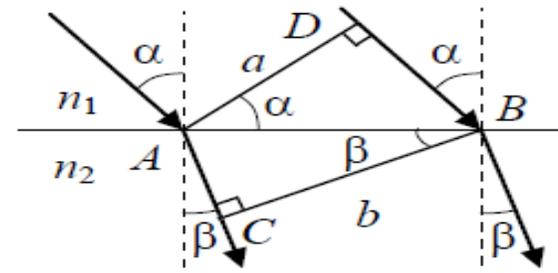
$$a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1,51$$

$$b = ?$$

**Решение:**



Для решения задачи необходимо выполнить рисунок.

Для падающего и преломленного лучей запишем закон преломления.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_2.$$

Отсюда определим угол преломления  $\beta$ .

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n_2} = \frac{\sin 60^\circ}{1,51} \approx 0,574.$$

$$\beta = \arcsin 0,574 \approx 35^\circ.$$

Из рисунка видно, что прямоугольные треугольники  $ABC$  и  $ABD$  имеют общую гипотенузу  $AB$ .

$$AB = \frac{a}{\cos \alpha}; \quad AB = \frac{b}{\cos \beta}.$$

Приравнивая правые части уравнений, получим.

$$\frac{a}{\cos \alpha} = \frac{b}{\cos \beta}.$$

Отсюда ширина пучка  $b$  в стекле будет равна.

$$b = \frac{a \cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{0,1 \cdot \cos 35^\circ}{\cos 60^\circ} = 0,16 \text{ (м)}.$$

**Ответ:**  $b = 0,16 \text{ м}$

2. Каков преломляющий угол призмы из стекла с показателем преломления 1,56, если луч, упавший нормально на одну ее грань, выходит вдоль другой? Ответ представьте в градусах и округлите до целого числа.

<b>Дано:</b>	<b>Решение:</b>
$n_1 = 1$ $n_2 = 1,56$ $\beta = 90^\circ$	
$\gamma = ?$	

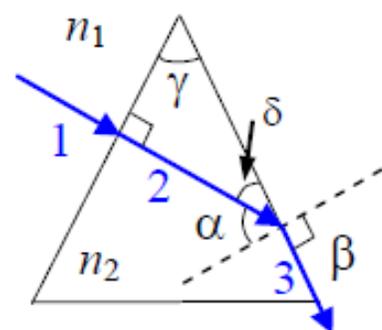
**Дано:**

$n_1 = 1$

$n_2 = 1,56$

$\beta = 90^\circ$

$\gamma = ?$

**Решение:**

Преломляющий угол призмы – это угол между гранями призмы, на которую падает луч и из которой выходит луч. Из рисунка видно, что нам нужно определить угол  $\gamma$ .

По условию задачи первый луч падает из воздуха, показатель преломления которого

равен 1, на грань призмы нормально. Следовательно, он проходит в стекло, не преломляясь. Далее луч падает на границу раздела «стекло-воздух» под углом  $\alpha$ . Здесь луч преломляется и выходит вдоль другой грани. Следовательно, угол преломления  $\beta = 90^\circ$ . Закон преломления:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2}. \quad (1)$$

Тогда

$$\sin \alpha = \sin \beta \cdot \frac{n_1}{n_2}. \quad (2)$$

Угол же  $\alpha$  связан с преломляющим углом призмы  $\gamma$ .

$$\delta = 90^\circ - \alpha. \quad (3)$$

--

Или из треугольника:

$$\delta = 180^\circ - 90^\circ - \gamma = 90^\circ - \gamma. \quad (4)$$

Приравниваем правые части уравнений (3) и (4).

$$90^\circ - \alpha = 90^\circ - \gamma \quad \text{или} \quad \alpha = \gamma. \quad (5)$$

Заменяем в уравнении (2)  $\alpha$  на  $\gamma$  и рассчитаем его значение.

$$\sin \gamma = \sin \beta \cdot \frac{n_1}{n_2} = \sin 90^\circ \cdot \frac{1}{1,56} = 0,641.$$

Тогда преломляющий угол призмы равен.

$$\gamma = \arcsin 0,641 \approx 40^\circ.$$

**Ответ:**  $\alpha = 40^\circ$

3. Из одной точки, в которой находится точечный источник света  $S$ , на поверхность жидкости падают взаимно перпендикулярные лучи 1 и 2. Угол преломления первого луча  $30^\circ$ , угол преломления второго луча  $45^\circ$ . Определите показатель преломления жидкости. Ответ округлите до сотых.

<b>Дано:</b>	<b>Решение:</b>
$\beta = 30^\circ$ $\beta' = 45^\circ$ $n_1 = 1$	
$n_2 = ?$	

**Дано:**

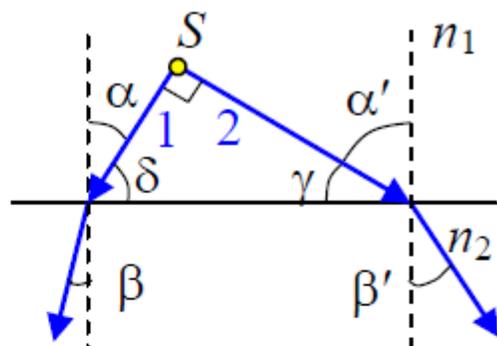
$$\beta = 30^\circ$$

$$\beta' = 45^\circ$$

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = ?$$

**Решение:**



Запишем закон преломления для первого и второго лучей.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'} = \frac{n_2}{n_1}.$$

В этих уравнениях правые части равны, приравняем и левые.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'}. \quad (1)$$

В полученном выражении два неизвестных  $\alpha$  и  $\alpha'$ . Выразим одно неизвестное через другое. Из рисунка:

$$\delta = 90^\circ - \alpha,$$

$$\gamma = 180^\circ - \delta - 90^\circ = 90^\circ - \delta = 90^\circ - 90^\circ + \alpha = \alpha.$$

$$\alpha' = 90^\circ - \gamma = 90^\circ - \alpha. \quad (2)$$

Подставим полученное выражение (2) в (1).

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{\sin(90^\circ - \alpha)}{\sin\beta'} = \frac{\cos\alpha}{\sin\beta'}$$

$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{\sin\beta}{\sin\beta'} \quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\beta}{\sin\beta'} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ} = 0,707.$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} 0,707 \approx 35^\circ.$$

Полученное значение угла  $\alpha$  подставим в закон преломления и рассчитаем показатель преломления жидкости.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1}. \quad n_2 = n_1 \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = 1 \cdot \frac{\sin 35^\circ}{\sin 30^\circ} \approx 1,15.$$

**Ответ:**  $n = 1,15$

# Домашнее задание:

1. Свет падает на границу раздела двух сред под углом  $30^\circ$  и переходит во вторую среду. Показатель преломления первой среды 2,4. Определите показатель преломления второй среды, если отраженный и преломленный лучи перпендикулярны друг другу. Ответ округлите до десятых.

2. На грань стеклянной призмы под углом  $30^\circ$  падает луч света. Преломляющий угол призмы  $60^\circ$ . Показатель преломления стекла 1,5. На какой угол от первоначального направления отклоняется вышедший из призмы луч? Ответ представьте в градусах и округлите до целого числа.

