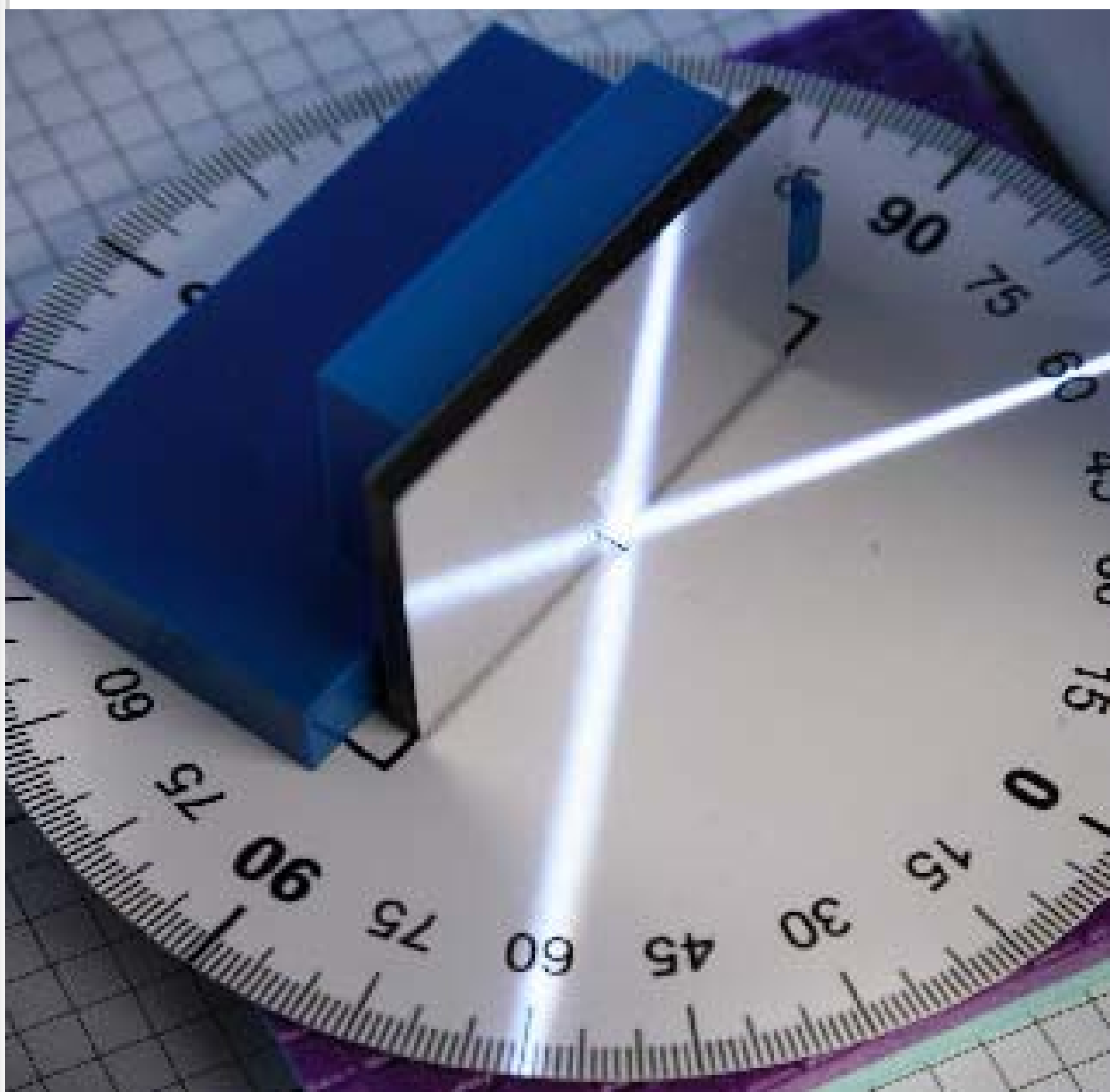


Виртуальный курс физики

Оптика

Геометрическая оптика. Задачи с решениями



Оптика

Геометрическая оптика

Задачи с решениями

З а д а ч а 1. Скорость света в первой среде равна 225000, а во второй – 200000 км/с. Луч света падает на границу раздела этих сред под углом 30° и переходит в другую среду (рис. 14.8). Определить относительный показатель преломления сред и угол преломления.

Дано: $v_1 = 225000$ км/с, $v_2 = 200000$ км/с, $i = 30^\circ$
$n_{21} = ?$ $\gamma = ?$

Решение. По определению

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{225000}{200000} = 1,125.$$

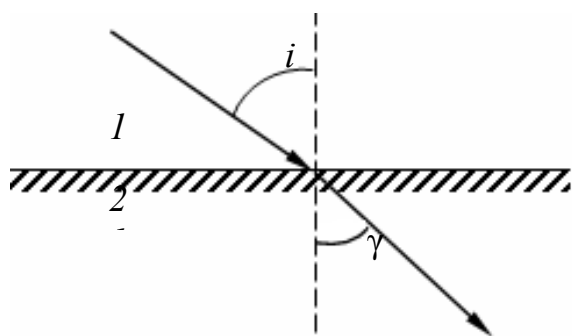


Рис. 14.8

Так как $n_{21} = \frac{\sin i}{\sin \gamma}$, имеем

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{\sin i}{n_{12}}\right).$$

Подстановка данных и вычисления приводят к следующему результату: $\gamma = 26,5$.

Ответ: $n_{21} = 1,125$, $\gamma = 26,5$.

З а д а ч а 2. Луч падает из воздуха на поверхность воды. При этом угол между преломленным и отраженным лучами оказался равным 90° . Определить, под каким углом падает луч.

Дано: $\alpha = 90^\circ$
$i = ?$

Решение. На рис. 14.9 изображен ход лучей, соответствующий условию задачи.

Согласно законам отражения $i = i'$, а по законам преломления

$$\frac{\sin i}{\sin \gamma} = n_{21}.$$

Из таблиц находим, что показатель преломления воды относительно воздуха $n_{21} = 1,33$. Из рисунка видно, что углы i' , γ и α связаны равенством

$$i' + \gamma + \alpha = 180^\circ.$$

Так как $\alpha = 90^\circ$, имеем

$$i' + \gamma = 90^\circ, \text{ или } i + \gamma = 90^\circ.$$

В результате получаем

$$\frac{\sin i}{\sin(90^\circ - i)} = n_{21},$$

$$\frac{\sin i}{\cos i} = \operatorname{tg} i = n_{21}.$$

$$i = \operatorname{arctg} n_{21}, \quad i = \operatorname{arctg}(1,33) = 53^\circ.$$

Ответ: $i = 53^\circ$.

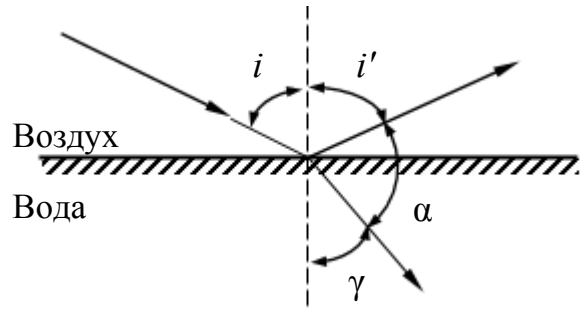


Рис. 14.9

З а д а ч а 3. На дне водоема глубиной 0,5 м лежит монета. Наблюдатель пытается попасть в эту монету тонким стержнем, прицелившись и держа этот стержень под углом 45° к вертикали. На каком расстоянии от монеты стержень воткнется в дно, если показатель преломления воды равен 1,3?

<p>Дано:</p> <p>$h = 0,5 \text{ м}, i = 45^\circ,$</p> <p>$n = 1,3$</p> <p>$l = ?$</p>

Решение. На рисунке показаны направление CB , вдоль которого движется стержень, и ход лучей AC , идущих от монеты и попадающих после преломления в глаз наблюдателя.

Искомое расстояние l соответствует отрезку AB .

Из рисунка видно, что

$$l = BD - AD.$$

Из треугольников BCD и ACD следует, что

$$BD = CD \operatorname{tg} i,$$

$$AD = CD \operatorname{tg} \gamma.$$

Подставив эти выражения в формулу для l , получим

$$l = CD \operatorname{tg} i - CD \operatorname{tg} \gamma = CD (\operatorname{tg} i - \operatorname{tg} \gamma).$$

По закону преломления

$$\frac{\sin i}{\sin \gamma} = n.$$

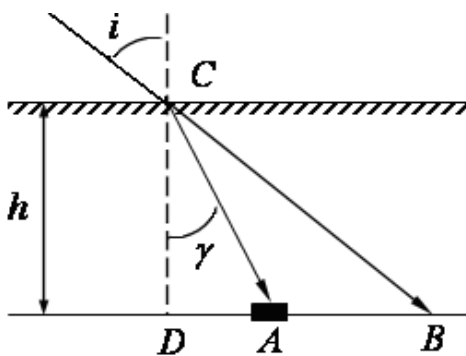


Рис. 14.10

Выразим $\operatorname{tg} \gamma$ через известные величины:

$$\sin \gamma = \frac{\sin i}{n}, \quad \cos \gamma = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma},$$
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} = \frac{\sin i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}.$$

Подставляя выражение для $\operatorname{tg} \gamma$ в формулу для вычисления l , находим

$$l = CD \left(\operatorname{tgi} - \frac{\sin i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \right).$$

Учитывая, что $CD = h$, а $\operatorname{tg} 45^\circ = 1$, получаем

$$l = h \left(1 - \frac{\sin i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \right).$$

Подстановка численных значений дает $l = 0,175$ м.

Ответ: $l = 0,175$ м.

З а д а ч а 4. Предмет находится на расстоянии 20 см от плоского зеркала. Затем его переместили на 10 см в направлении, перпендикулярном к его поверхности, и на 50 см параллельно поверхности зеркала. Чему стало равно расстояние между предметом и его изображением?

Дано: $d = 0,2$ м, $\Delta d_1 = 0,1$ м, $\Delta d_2 = 0,5$ м <hr/> $l = ?$	<i>Решение.</i> Так как расстояние от изображения до плоского зеркала равно расстоянию от предмета до зеркала, первоначальное расстояние $l_0 = 2d$. Перемещение вдоль поверхности зеркала не изменяет расстояния l_0 , а перемещение вдоль перпендикуляра и поверхности приводит к увеличению этого расстояния:
---	---

$$l = 2(d + \Delta d).$$

Подстановка численных значений дает $l = 0,6$ м.

Ответ: $l = 0,6$ м.

З а д а ч а 5. Лампа находится на расстоянии 2 м от экрана. На каком расстоянии от лампы следует поставить собирающую линзу с фокусным расстоянием, равным 0,4 м, чтобы получить на экране увеличенное изображение лампы?

<p>Дано: $F = 0,4 \text{ м}, d + f = 2 \text{ м}$ <hr style="width: 100%;"/> $d = ?$</p>	<p><i>Решение.</i> Для решения задачи воспользуемся формулой тонкой линзы</p> $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$
--	--

где F – фокусное расстояние; d – расстояние от лампы до линзы; f – расстояние от линзы до экрана.

Подставив в эту формулу значение $f = 2 - d$, получим

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{2-d} = \frac{2}{d(2-d)}.$$

Решая это уравнение относительно d , находим

$$d^2 - 2d + 0,8 = 0,$$

откуда следует, что

$$d = 1 \pm \sqrt{1 - 0,8}.$$

Это означает, что $d_1 = 0,55 \text{ м}$, $d_2 = 1,45 \text{ м}$. Увеличенному изображению соответствует значение d_1 , так как при этом $f / d > 1$.

Ответ: $d = 0,55 \text{ м}$.

З а д а ч а 6. Предмет находится на расстоянии 0,1 м от переднего фокуса собирающей линзы, а экран расположен на расстоянии 40 см за ее задним фокусом. Найти оптическую силу линзы. Рисунок выполнить самостоятельно.

<p>Дано: $a = 0,1 \text{ м}, b = 0,4 \text{ м}$ <hr style="width: 100%;"/> $D = ?$</p>	<p><i>Решение.</i> Так как по условию задачи изображение находится на экране, оно является действительным, а следовательно, предмет расположен перед передним фокусом.</p>
--	--

Запишем формулу линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D.$$

Как следствие взаимного расположения предмета, линзы и экрана имеем

$$d = F + a, \quad f = b + F.$$

Подставляя эти выражения в формулу линзы и решая уравнение относительно D , получаем

$$D = \frac{1}{\sqrt{ab}}, \text{ или } D = \frac{1}{\sqrt{0,1 \cdot 0,4}} = 5 \text{ дптр.}$$

Ответ: $D = 5$ дптр.

