

-2. Закон преломления света. Приборы и оборудование

Условие

Задание 9-2. Закон преломления света.

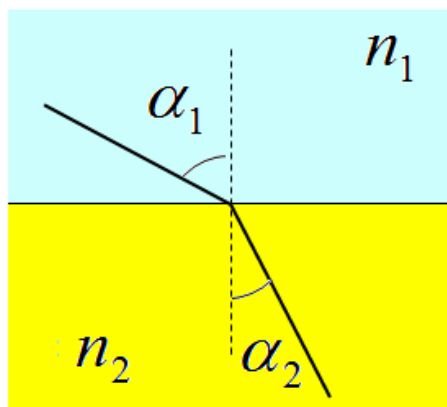
Приборы и оборудование: Лазер с источником питания, экран на подставке, призма треугольная, призма трапециевидная, линейка 40 см, транспортир, кусок пластилина, лист бумаги.

Небольшая теоретическая подсказка.

Вы изучали преломление света, но не обязаны знать формулу для закона преломления (который называется законом Снелиуса). При прохождении луча света через границу двух сред углы падения и преломления связаны простым соотношением

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \quad (1)$$

Здесь n_1, n_2 - показатели преломления сред. Для воздуха $n \approx 1$. Углы отсчитываются от нормали к границе раздела. Это соотношение не зависит от того, с какой стороны свет падает на границу. При углах меньших 30°



$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha, \cos \alpha \approx 1 \quad (2)$$

Только не забывайте, что в этих формулах углы должны измеряться в радианах.

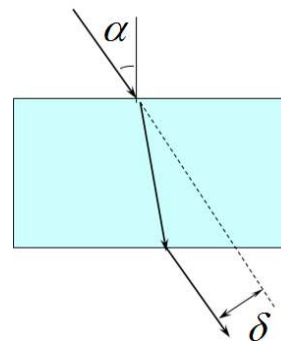
Рекомендации по проведению экспериментов. 1. Все эксперименты проводите на листе бумаги, на котором вы можете чертить, рисовать, проводить измерения. Только не забудьте перенести нужные чертежи на свои рабочие листы. 2. Для визуализации хода лучей вы можете использовать экран на подставке, линейку, а также лист бумаги на столе. Для проведения измерений можете использовать линейку, транспортир. При необходимости оптические детали можно закреплять с помощью пластилина. 3. Для того, чтобы уменьшить диаметр лазерного луча может использовать небольшой кусочек бумаги с проделанным отверстием. Эту бумажку можно прикрепить к лазеру пластилином. 4. При проведении измерений луч лазера и экран лучше оставлять неподвижными, а перемещать изучаемые объекты. 5. Не забудьте в каждой части работы привести на своих рабочих листах те оптические схемы, которые вы использовали. На схемах обязательно должно быть указано, какие геометрические характеристики вы измеряли (и как).

Наконец задания.

Часть 1. Прохождение луча света через две параллельные границы.

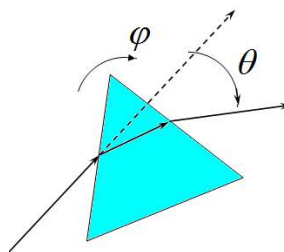
В этой части используйте трапециевидную призму.

После прохождения луча света через плоскопараллельную пластинку, направление распространения луча не изменяется, происходит его сдвиг.



1.1 Докажите теоретически и экспериментально высказано утверждение о ходе луча. 1.2 Получите теоретическую формулу для зависимости величины сдвига луча δ от угла падения α . Здесь углы можно считать малыми. 1.3 Измерьте зависимость величины сдвига луча δ от угла падения α . Постройте график полученной зависимости. 1.4 Рассчитайте показатель преломления материала призмы.

Часть 2. Преломление света в треугольной призме.



После прохождения луча света через треугольную призму, направление его распространения изменяется.

2.1 Измерьте зависимость тангенса угла отклонения луча $\tan \theta$ от угла поворота призмы φ . Постройте график полученной зависимости.

2.2 Рассчитайте показатель преломления этой призмы.

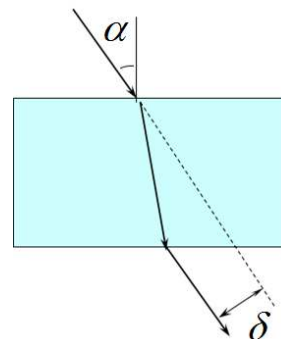
Считайте, что при $\varphi = 0$ луч падает на грань призмы нормально (перпендикулярно). Не старайтесь получить общую формулу для зависимости $\theta(\varphi)$ – это очень сложно, постарайтесь найти какой-нибудь простой и особый случай.

Решение

Задание 9-2. Закон преломления света.

Часть 1. Прохождение луча света через две параллельные грани.

1.1 После прохождения луча света через плоскопараллельную пластинку, направление распространения луча не изменяется, происходит его сдвиг. Для доказательства этого утверждения необходимо рассмотреть преломление на двух поверхностях: так как уравнение закона преломления не зависит от направления распространения света, то после второго преломления угол между выходящим лучом и нормалью восстановит свое прежнее значение α , то есть пойдет параллельно падающему лучу.



1.2 Согласно закону преломления света и на основании простых геометрических построений следует, что величина сдвига луча определяется формулой

$$\delta = h \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}. \quad (1)$$

Где β - угол преломления, h - толщина пластины. В приближении малых углов (когда $\alpha = n\beta$) эта формула упрощается:

$$\delta \approx h \frac{(\alpha - \beta)}{1} = \frac{n-1}{n} \alpha. \quad (2)$$

И приводит к линейной зависимости сдвига луча от угла падения.

1.3 Схема оптических измерений в данном случае очевидна: луч лазера падает на призму, расположенную на транспортире, после преломления луч падает нормально на линейку, которая служит экраном. Полученная зависимость, строго говоря, не является линейной, но при углах меньших $\alpha < 30^\circ$ можно выделить линейный участок.

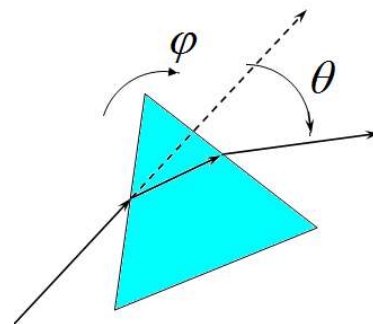
1.4 Как следует из формулы (2) коэффициент наклона зависимости $\delta(\alpha)$ равен $K = \frac{\Delta\delta}{\Delta\alpha} = \frac{n-1}{n}$. Этот коэффициент можно найти графически, или по методу наименьших

квадратов. После этого можно вычислить показатель преломления материала призмы, который должен лежать в диапазоне от 1,5 до 1,65.

Часть 2. Преломление света в треугольной призме.

2.1 После прохождения луча света через треугольную призму, направление его распространения изменяется, причем эта зависимость оказывается нелинейной и немонотонной. Существует и легко находится положение призмы при угле минимального отклонения.

2.2 При угле минимального отклонения внутри призмы луч идет параллельно ее основанию. Так как призма правильная, то в этом случае преломленный угол равен $\beta = 30^\circ$, поэтому закон преломления света на передней грани имеет вид



$$\sin \alpha = n \sin 30^\circ = \frac{n}{2} \quad (3)$$

Угол падения α можно измерить непосредственно на установке с помощью транспортира, а затем с помощью формулы (3) рассчитывается показатель преломления материала треугольной призмы. Этот показатель также лежит в интервале от 1,5 до 1,65.