

-2 Преломление света

Условие



Задание 9-2 Преломление света.

Еще древнегреческие ученые в V веке до нашей эры знали закон прямолинейного распространения и отражения света. Третий закон геометрической оптики – закон преломления открыл в 1621 году голландский ученый Виллеброрд Снелл (печатался под латинизированным именем Снеллиус).

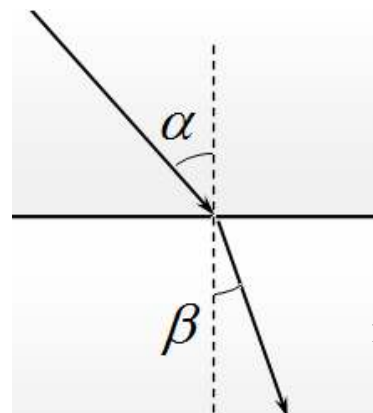
В данном задании Вам необходимо исследовать приближение, которое использовали древнегреческие ученые при описании этого явления.

Для проведения измерений Вам предоставляется следующее **оборудование**: прозрачная чашка Петри с водой; лист картона, лист белой бумаги, 4 булавки, транспортир.

Введение.

Если луч света падает на границу раздела двух прозрачных сред, то он преломляется, изменяет направление своего распространения. Углы падения (α) и преломления (β) отсчитываются от перпендикуляра (нормали) к поверхности раздела в точке падения.

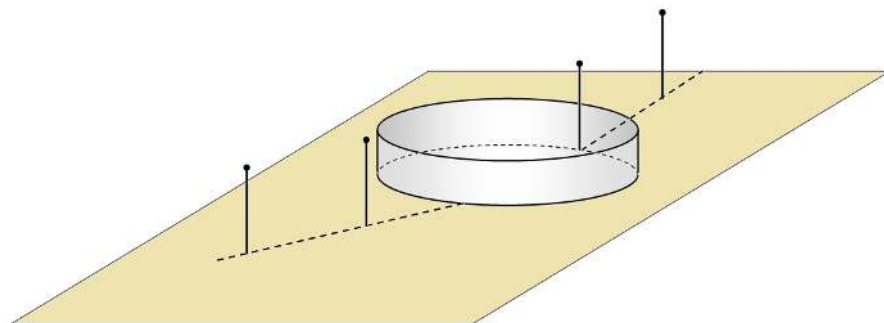
При малых углах закон преломления формулируется следующим образом:



отношение угла преломления к углу падения есть величина постоянная для данных двух сред (эта величина называется показателем преломления):

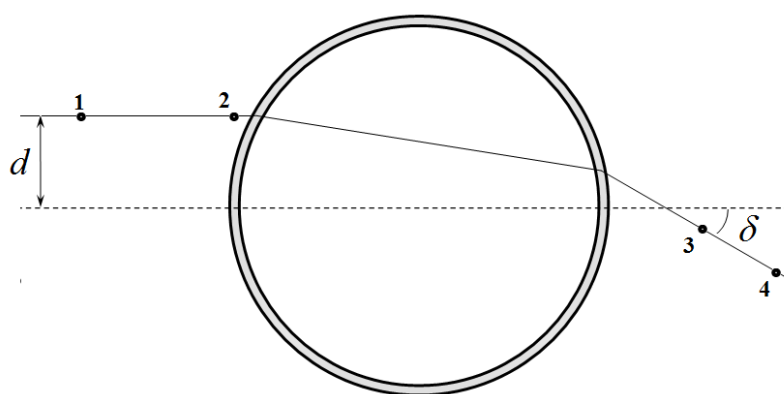
$$\frac{\alpha}{\beta} = n. \quad (1)$$

Вам необходимо проверить справедливость этого закона, и определить, при каких углах падения он справедлив.



Заполните прозрачную чашку водой, расположите ее на листе белой бумаги, под которым расположите лист картона. В картон вы можете втыкать вертикально булавки и наблюдать их сквозь боковую сторону заполненной чашки. Тем самым вы можете построить на листе бумаги ход луча. Преломление света в стенках чашки в данном случае не играет существенной роли, основную роль играет преломление света в воде.

Часть 1. Единичное измерение показателя преломления.



Расположите булавки 1, 2 так, чтобы луч, проходящий через них, проходил от центра чашки на расстоянии d примерно равном половине радиуса чашки.

С помощью булавок 3, 4 найдите выходящий луч.

1.1 На листе бумаги укажите положение чашки, ее центра, положение всех булавок. Постройте ход луча, проходящего через все булавки, постройте его ход через чашку.

1.2 Укажите на этом же листе углы падения и преломления лучей на входе и выходе из чашки. Проведите измерения этих углов, рассчитайте показатель преломления воды, оцените погрешность найденного значения.

Не забудьте сдать лист со своими построениями!

Часть 2. Угол отклонения луча.

Возьмите новый лист бумаги и проводите измерения с его помощью. Не забудьте сдать и этот лист!

В этой части задания Вы можете измерять углы с помощью транспортира (это проще, но менее точно). Также вы можете проводить дополнительные построения на миллиметровой бумаге, измерять длины отрезков и уже по ним рассчитывать углы. Если вы выбрали второй путь, то укажите, какие построения вы проводили, какие отрезки измеряли, по каким формулам рассчитывали углы.

2.1 Исследуйте зависимость угла отклонения луча при прохождении чашки δ (см. рис.) от расстояния d . Для каждого значения d измерьте угол падения α .

2.2 Считая, что закон преломления света в приближенном виде (задаваемом формулой (1)), справедлив, получите формулу для зависимости угла отклонения δ от угла падения α . Постройте график теоретической зависимости. Учítывая, что показатель преломления определен с некоторой погрешностью, постройте область, в которой должны лежать экспериментальные точки, полученные в п. 2.1

2.3 Нанесите на график экспериментальные точки (значения, полученные в п. 2.1).

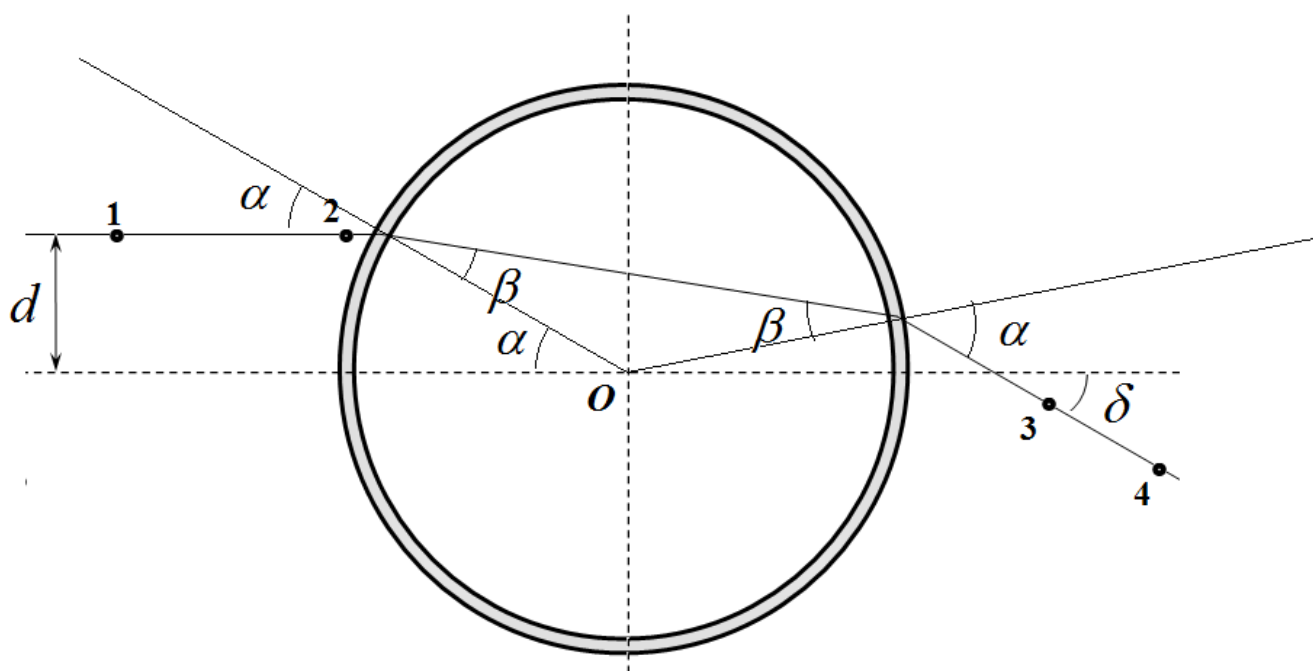
2.4 Укажите, в каком диапазоне значений углов α можно применять приближенный закон преломления (1).

Решение

Задание 9-2 Преломление света.

Часть 1. Единичное измерение показателя преломления.

2.1 Необходимые измерения показаны на рисунке. Нормалью к поверхности является прямая, проходящая через центр чашки и точку падения луча. Углы падения и преломления



указаны на рисунке. Падающий луч проходит через булавки 1, 2 до пересечения со стенкой чашки, луч выходящий: через булавки 3, 4 до пресечения со стенкой чашки. Измерения можно провести в точке падения и в точке выхода луча.

Результаты измерений:

В точке падения: $\alpha = 49^\circ$, $\beta = 36^\circ$

В точке выхода: $\alpha = 50^\circ$, $\beta = 37^\circ$

Погрешность измерения углов примерно равна $\Delta\alpha = \Delta\beta \approx 1^\circ$, что составляет цену деления шкалы транспортира. Относительная погрешность измерения углов $\varepsilon \approx 0,02$.

Отметим, что различия в измерениях углов на входе в чашку и на выходе из нее укладываются в интервал погрешностей.

По этим данным рассчитываем показатель преломления

$$n = \frac{\alpha}{\beta} = 1,35. \quad (1)$$

Относительная погрешность расчета показателя преломления примерно равна сумме погрешностей измерений углов, т.е. $\varepsilon_n \approx 0,04$. Следовательно, абсолютная погрешность измерения показателя преломления равна

$$\Delta n = \varepsilon_n n = 0,05 \quad (2)$$

Часть 2. Угол отклонения луча.

2.1 Результаты измерений зависимости угла отклонения δ от расстояния d приведены в таблице 1. В ней же приведены рассчитанные значения угла падения α . Подчеркнем, что значения

угла отклонения δ , приведенные в данной таблице, также рассчитаны по измерению катетов треугольников, построенных для каждого выходящего луча. **Таблица 1.**

d , см	α°	δ°
0,5	6,4	4,2
1,0	12,8	7,5
1,5	19,5	10,5
2,0	26,4	15,5
2,5	33,7	18,4
3,0	41,8	23,4
3,5	51,1	31,4

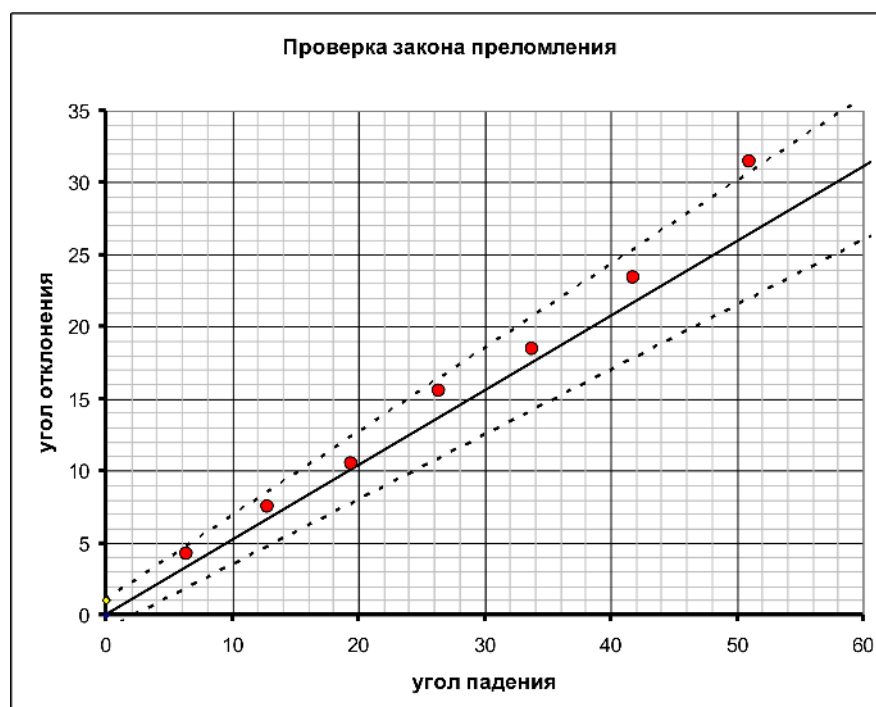
2.2 С помощью рисунка, приведенного в решении первой части, легко заметить, что при каждом преломлении луч отклоняется от своего первоначального направления на величину $(\alpha - \beta)$. Поэтому полное отклонение луча при прохождении через чашку оказывается равным

$$\delta = 2(\alpha - \beta) \quad (2)$$

Из закона преломления следует, что $\beta = \frac{\alpha}{n}$, поэтому

$$\delta = 2(\alpha - \beta) = 2\frac{n-1}{n}\alpha. \quad (3)$$

Графиком этой функции является прямая линия, проходящая через начало координат.



На рисунке показан график теоретической зависимости (сплошная линия) и границы, рассчитанные при минимальном и максимальном значении показателя преломления $(n \pm \Delta n)$ и

дано смещение на погрешность измерения углов ($\pm 1^\circ$)-пунктирные линии. Кружками отмечены экспериментальные данные, приведенные в таблице 1. Результаты показывают, что для углов $\alpha < 40^\circ$, экспериментальные точки попадают в рассчитанную область. Следовательно, приближенный закон преломления можно применять в этом же диапазоне углов.