

Условие

Задание 11-2. Преломление света

Показатель преломления вещества является одной из важнейших оптических характеристик вещества. Показатель преломления зависит от длины волны света. Пусть при изменении длины на величину $\Delta\lambda$ показатель преломления изменяется на величину Δn . Тогда дисперсией показателя преломления называется отношение

$$D = \frac{\Delta n}{\Delta \lambda}. \quad (1)$$

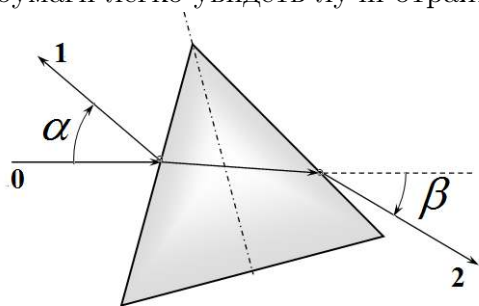
В данном задании Вам необходимо провести ряд экспериментальных исследований, связанных с преломлением света в стекле и жидкости.

Приборы и оборудование: стеклянная равносторонняя призма, чашка Петри с исследуемой жидкостью, лазер полупроводниковый (длина волны $\lambda = 670\text{ нм}$) с блоком питания, светодиодный фонарик белого света, штатив с лапкой, две собирающие линзы на подставках, экран на подставке, линейка измерительная 40 см, линейка прозрачная, пластилин, лист белой бумаги, 2 измерительных лимба на бумаге, два кусочка клейкой ленты.

Все оптические установки собирайте на листе белой бумаги, закрывающий стол, на этом листе может делать необходимые вам геометрические построения и измерения. При необходимости элементы оптических схем можете закреплять в нужном вам положении с помощью пластилина.

Часть 1. Показатель преломления и дисперсия стекла.

В данной части используйте равностороннюю стеклянную призму, которую размещайте непосредственно на столе. На призму направляйте луч лазера, который закрепите на столе с помощью кусочка пластилина. Если луч направить под малым углом к горизонту, то на листе бумаги легко увидеть лучи отраженные и преломленные призмой (см. фото 1).



В данной части необходимо исследовать следующие лучи: 0 - луч, падающий на грань призмы; 1 - луч, отраженный этой гранью; 2 - луч преломленный призмой. Можно увидеть и другие лучи, испытывающие отражения внутри призмы. Их принимать во внимание не надо. Обозначим: α - угол отклонения отраженного луча; β - угол отклонения преломленного луча (этот угол отсчитывается от направления падающего луча 0).

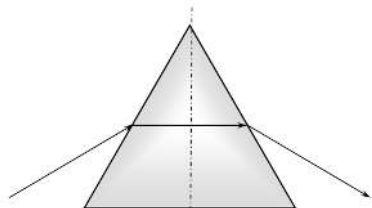
1.1 Измерьте зависимость угла β от угла α . Постройте график полученной зависимости.

При выполнении данного пункта задания для измерения углов используйте угомерный лимб №1, обеспечивающий достаточную точность измерений. Результаты измерений и необходимых расчетов приведите в Таблице 1.

При повороте призмы угол отклонения преломленного угла β изменяется не монотонно. При определенном угле падения преломленный угол принимает минимальное значение $\beta_{\min}$, при этом угол отклонения отраженного луча принимает некоторое значение, которое мы обозначим $\alpha_{\min}$ (понятно, что это не есть минимальный угол α).

1.2 Измерьте с максимальной точностью угол минимального отклонения $\beta_{\min}$ и соответствующий угол отклонения отраженного угла $\alpha_{\min}$. При выполнении этого пункта точности измерения углов с помощью бумажного лимба недостаточно. Поэтому проведите измерения с большей точностью. Укажите, как вы увеличили точность измерений. Оцените погрешность измерения этих углов.

1.3 Рассчитайте показатель преломления материала призмы по измеренному значению угла $\alpha_{\min}$. **1.4** Рассчитайте показатель преломления материала призмы по измеренному значению угла $\beta_{\min}$. Приведите вывод формул для расчета показателя преломления.



Подсказка. Минимальному углу отклонения соответствует симметричный ход луча через призму.

Закрепите фонарик в лапке штатива. С помощью двух линз сформируйте параллельный пучок белого света, распространяющийся параллельно столу.

1.5 Нарисуйте оптическую схему, формирующую параллельный пучок света. Укажите геометрические параметры вашей схемы (расстояния между элементами схемы) и примерный ход лучей.

Направьте параллельный пучок света на призму (для призмы используйте подставку). При «правильном» положении призмы и экрана, на экране можно получить спектр – цветную полоску (см. фото 2)

1.6 Приведите оптическую схему, с помощью которой вам удалось получить спектр на экране (укажите положение призмы, ее примерную ориентацию относительно падающего пучка света; положение экрана, примерный ход лучей) Для более четкой (но менее яркой) цветной полоски на экране, на передней грани призмы с помощью двух кусочков липкой ленты можно сделать небольшую щель толщиной в несколько мм.

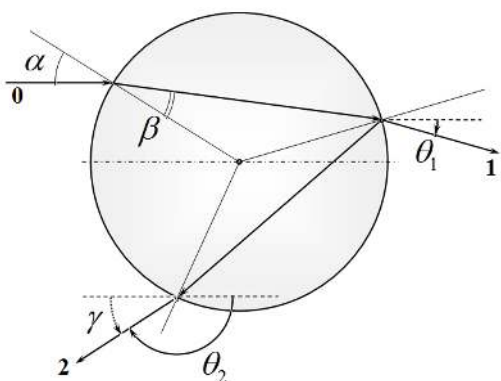
1.7 Проведите необходимые измерения и определите, на сколько изменяется показатель преломления Δn стекла в пределах видимого диапазона. Укажите, какие величины вы измеряли, приведите расчетные формулы.

1.8 Оцените дисперсию показателя преломления D стекла в видимом диапазоне света.

Дисперсию показателя преломления указать с точностью до одной значащей цифры.

Часть 2. Преломление в жидкости и... радуга.

В данной части задания Вам необходимо исследовать преломление света в круглом сосуде (чашке Петри) с жидкостью. Чашку Петри расположите на столе, луч лазера направляйте на боковую поверхность чашки. Глядя сверху, можно видеть путь луча в жидкости (см. фото 3). Для измерения необходимых углов используйте угломерный лимб №2, который положите под чашку. Значения всех углов приводите в градусах.



На рисунке показан ход лучей через цилиндрический сосуд: 0 – падающий луч, 1 – луч, преломленный в сосуде, 2 – луч, испытавший одно отражение на стенке сосуда. Обозначим: α – угол падения луча; β – угол преломления луча; θ_1 – угол отклонения луча 1 (от направления падающего луча); θ_2 – угол отклонения луча 2 (от направления падающего луча); γ – угол выхода луча 2 из сосуда.

2.1 Измерьте зависимость угла преломления β от угла падения α . Для изменения угла падения лучи передвигать чашку Петри (вместе с измерительным лимбом), чтобы направление падающего лазерного луча оставалось неизменным. Укажите на рисунке, какие величины Вы измеряли. Приведите формулы для расчета углов α , β . Результаты непосредственных измерений и значения углов приведите в Таблице 2.

2.2 Постройте график связывающий результаты измерений углов α , β , таким образом, чтобы он, во-первых, мог подтвердить закон преломления света; во-вторых позволил рассчитать значение показателя преломления жидкости.

2.3 Укажите, подтверждают ли ваши измерения закон преломления света.

2.4 Рассчитайте показатель преломления жидкости n . Оцените погрешность его измерения. Далее Вам необходимо провести расчеты.

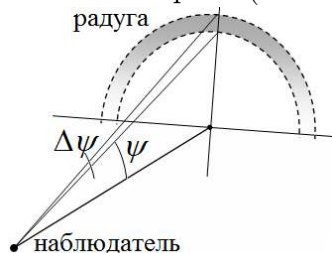
2.5 Получите формулы выражающие углы отклонения θ_1 и θ_2 через углы α , β .

2.6 Проведите расчет зависимостей углов β , θ_1 , θ_2 и угла γ от угла падения α . При расчетах используйте значение показателя преломления, найденное в п. 2.4. Результаты расчетов приведите в Таблице 3.

2.7 Постройте на одном бланке графики зависимостей углов θ_1 и γ от угла падения α .

2.8 Используя полученные графики, кратко (не более 50 слов) объясните, почему радуга наблюдается в отраженном свете и не наблюдается в проходящем свете.

Направьте на чашку параллельный пучок белого света от фонарика. При наблюдении под определенным углом на поверхности чашки можно увидеть радугу, или получить ее изображение на экране (конечно, не полную дугу, а ее малый участок).



2.9 Изобразите оптическую схему установки, позволяющую увидеть радугу (или получить ее изображение на экране). Укажите какие величины Вы измеряли.

2.10 Измерьте угловой размер радуги ψ и ее угловую ширину $\Delta\psi$.

Покажите на схеме, как вы провели эти измерения.

Фотографии к заданию 11-2. Преломление света

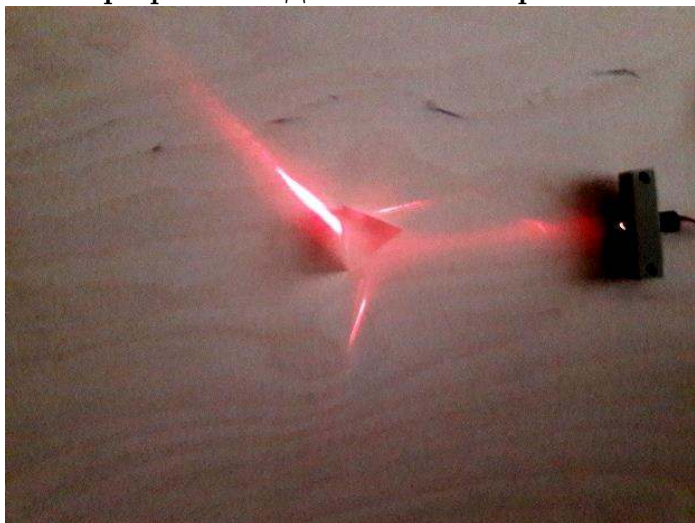


Фото 1.

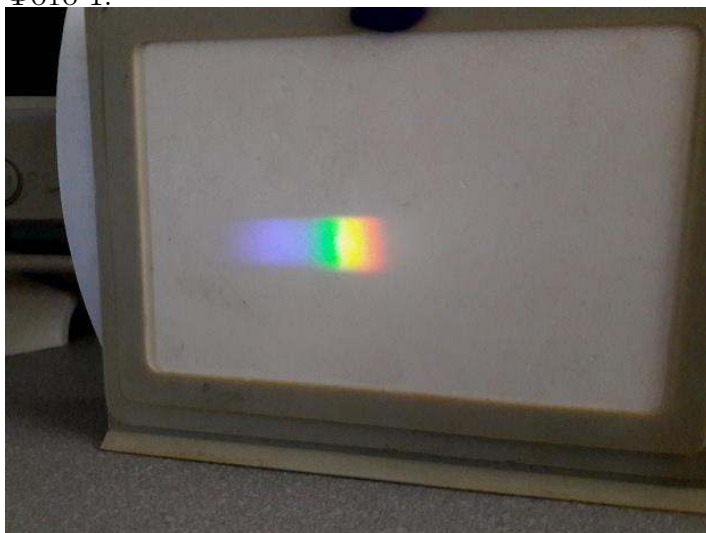


Фото 2.



Фото 3.