

Радуга

Условие

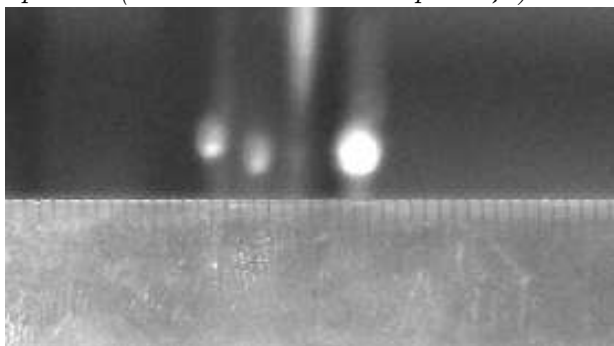
Задание 1 «Радуга»

Приборы и оборудование:

1. Лампочка на подставке с питанием (батарейка, или ЛИП) 2. Линза собирающая 3. Экран 4. Линейка пластмассовая – прозрачная (!!!) 5. Лист белой бумаги накрыть стол, на нем можно рисовать. 6. Пробирка на подставке. 7. Рулетка или мерная лента 8. Гель для мытья посуды 9. Кусок пластилина (как крепежный материал).

Задания.

1. Измерьте фокусное расстояние представленной вам линзы.
2. Определите показатель преломления воды ($\bar{n}$ - средний для всех волн видимого диапазона). *Методику определения этой величины разработайте самостоятельно. Не забудьте ее описать в своей работе.*
3. В направлении, образующем угол около $\alpha \approx 40^\circ$ к первоначальному направлению распространения света образуется достаточно яркая цветная полоса (это и есть радуга). Измерьте с максимальной точностью этот угол. Нарисуйте ход лучей, образующих эту радугу. Докажите экспериментально справедливость вашего объяснения этой цветной полосы. *Не забудьте кратко (достаточно пол страницы) описать свои наблюдения и измерения.*



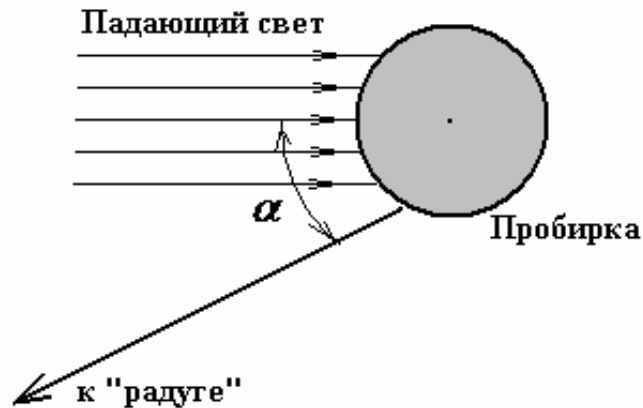
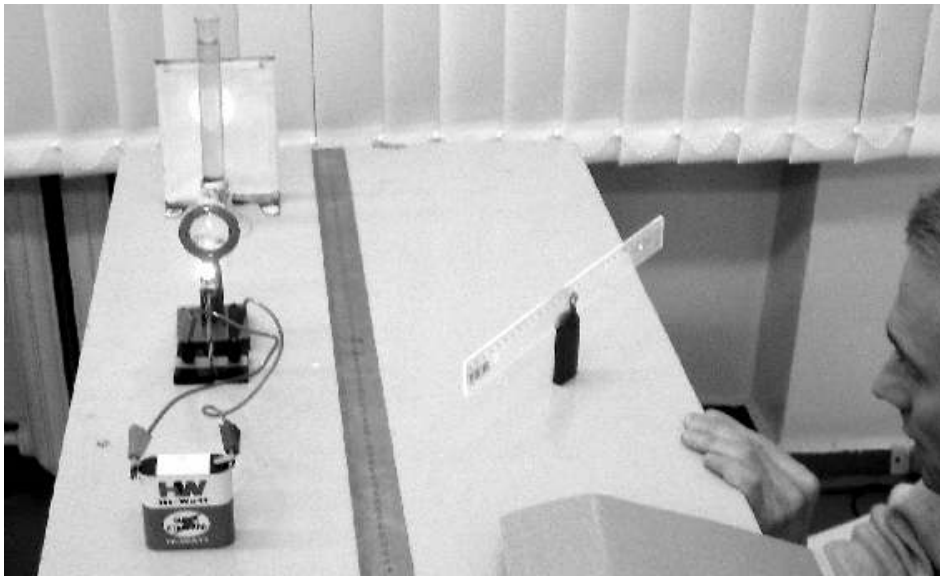
После того, как вы нашли «радугу» экране, расположите на месте экрана свой глаз. При этом вблизи края пробирки вы увидите яркий цветной блик. Этот блик можно видеть и с большого расстояния. Для того, чтобы его видеть нужно также подбирать и высоту, на которой расположен ваш глаз. Между пробиркой и местом расположения глаза расположите горизонтально прозрачную линейку, так чтобы блик был виден на фоне шкалы линейки (или чуть выше). *Помните – в оптических измерениях основное – юстировка!*

Угол α , определяющий направление максимальной яркости (блика) зависит от показателя преломления. При малых изменениях показателя преломления на величину Δn этот угол изменяется на малую величину

$$\delta\alpha = -2 \frac{\Delta n}{\bar{n}} \sqrt{\frac{4 - \bar{n}^2}{\bar{n}^2 - 1}}.$$

Эту формулу выводить не надо!

4. Оцените в каких пределах изменяется показатель преломления воды при изменении длины волны света в пределах видимого диапазона.
5. Добавляя в воду гель, исследуйте зависимость показателя преломления раствора от концентрации геля. Постройте график этой зависимости.



Решение

Задание 1 «Радуга»

*Отметим основные моменты решения этой задачи:

1. Прежде всего, нужна тщательная юстировка – особенно при изменении малых изменений показателя преломления. Важно не сдвинуть с места ни лампочку, ни линзу, ни пробирку, ни прозрачную линейку. 2. В качестве подставок под пробирку и под линейку можно использовать пластилин – лучше запастись им, каждому по два куска! 3. Полное затемнение не нужно, но лучше когда в комнате сумрачно, тогда на экране лучше видна радуга. Наблюдать блик и измерять его положение можно и при дневном свете. 4. Прозрачную линейку лучше располагать на расстоянии порядка 50 см, а глаз за ней еще на сантиметров 25 дальше.*

Теперь о решении.

1. Измерение фокусного расстояния линзы традиционная лабораторная работа. Лучше всего использовать формулу линзы и получить несколько изображений. 2. Для измерения среднего показателя преломления проще всего измерить расстояние d от задней поверхности пробирки до экрана, на котором фокусируются лучи. Рассмотрение хода луча в параксиальном приближении приводит к формуле

$$d = R \frac{2 - n}{n - 1}. \quad (1)$$

из которой легко определить n .

3. Радуга образуется лучами, испытавшими два преломления на поверхности пробирки и одно отражение от внутренней поверхности. Важно отметить, что резкий блик возможен только из-за наличия максимума в зависимости угла отклонения α этого луча от точки попадания луча на поверхность пробирки. Экспериментальное доказательство – перекрыть дальнюю половинку пробирки и радуга исчезает. Численное значение угла $\alpha \approx 42^\circ$.

Зная среднее значение показателя преломления $n = 1,33$, формула, приведенная в условии, принимает вид

$$\delta\alpha = -2 \frac{\Delta n}{\bar{n}} \sqrt{\frac{4 - \bar{n}^2}{\bar{n}^2 - 1}} = -2,56 \Delta n.$$

Угол $\delta\alpha$ измеряется легко. Необходимо расположить линейку перпендикулярно найденному направлению на блик на известном расстоянии от пробирки. В наших измерениях это расстояние равнялось $L = 520$ мм. Если смещение блика на линейке равно δx , то изменение угла, очевидно равно $\delta\alpha = \frac{\delta x}{L}$. Таким образом, формула для расчета изменения показателя преломления имеет вид

$$\Delta n = \frac{\delta x}{2,56 L}.$$

4. При изменении цвета блика от темно красного, до синего (виден плохо, сразу за зеленым) смещение блика оказалось равным примерно 15 мм, что соответствует изменению показателя преломления на $\Delta n = 1,1 \cdot 10^{-2}$ (что, кстати, примерно совпадает с табличными данными).

5. При добавлении геля в воду блик монотонно смещается в пределах до примерно $\delta x = -25 \div 30$ мм. Следовательно, показатель преломления возрастает на величину порядка $\Delta n \approx 2,5 \cdot 10^{-2}$.

