



*Республиканская
физическая
олимпиада
(III этап)
2007 год*

*Экспериментальный тур
Решения задач*

11 класс.**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

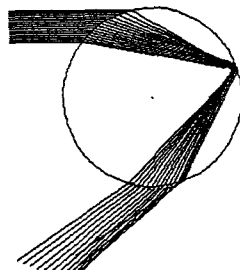
$$d = R \frac{2-n}{n-1}. \quad (1)$$

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

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

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

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

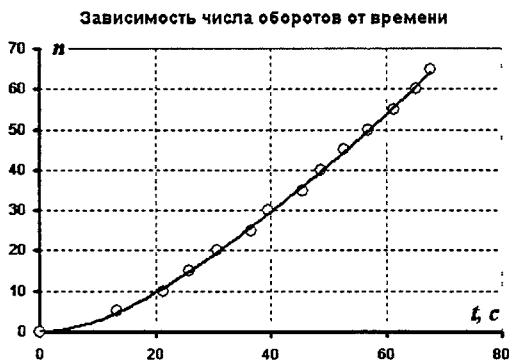
4. При изменении цвета блика от темно красного, до синего (виден плохо, сразу за зеленым) смещение блика оказалось равным примерно 15 мм, что соответствует изменению показателя преломления на $\Delta n = 1,1 \cdot 10^{-2}$ (что, кстати, примерно совпадает с табличными данными)

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 $\Delta n \approx 2,5 \cdot 10^{-3}$.

Задание 2. «Кручение и верчение»

Проведение эксперимента не вызывает затруднений. Таблица 1 результатов измерений времени раскручивания (начальная закрутка равнялась 68 оборотов – так уж получилось) до нужного числа оборотов приведена ниже. Рядом построен график закона движения

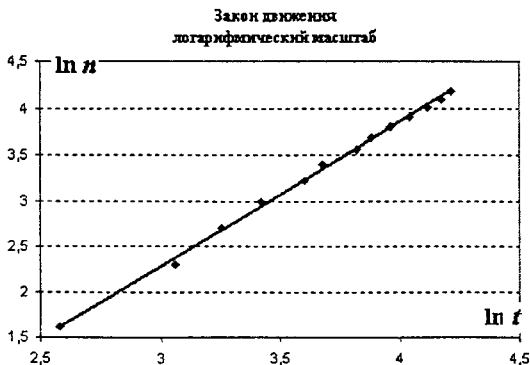
Число сделанных оборотов n	Время раскручивания t, c
5	13,23
10	21,38
15	25,85
20	30,65
25	36,6
30	39,54
35	45,59
40	48,7
45	52,69
50	56,89
55	61,3
60	65,15
65	67,73



Зависимость явно не линейна, но и не квадратична. Для подгонки под степенную функцию строим график в логарифмическом масштабе

С высокой степенью точности – линейная зависимость. Рассчитанный по МНК коэффициент наклона (он же показатель степени в законе движения) равен 1,56. Что очень близко к $\frac{3}{2}$.

Таким образом, эмпирический закон движения имеет вид



$$n = Ct^{\frac{1}{2}}$$

(почти третий закон Кеплера – может не случайно?)

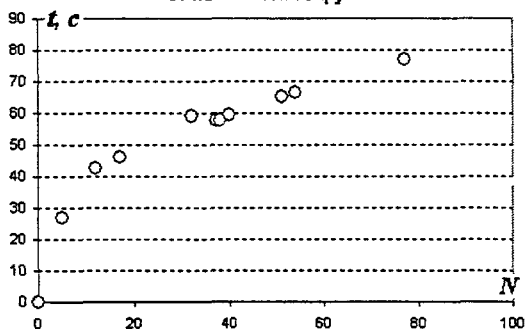
Аналогичные значения были получены и для других начальных закруток

Часть вторая – время раскручивания.

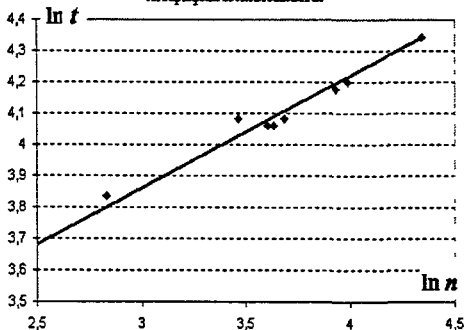
Поступаем аналогично: таблица, график, логарифмический масштаб, МНК. Вот результаты.

Число оборотов закрутки N	Время раскрутки t, с
5	12,14
10	19,55
15	24,75
20	28,98
25	32,95
30	38,63
35	41,59
40	45,74
45	51,13
50	55,08
55	56,49

Зависимость времени раскрутки от начальной закрутки



Время раскрутки от числа закрутки логарифмический масштаб



Расчет коэффициента наклона дал значение 0,36, что приводит к примерной степенной зависимости вида

$$T = CN_0^{\frac{1}{3}}$$

Красиво, но не понятно!