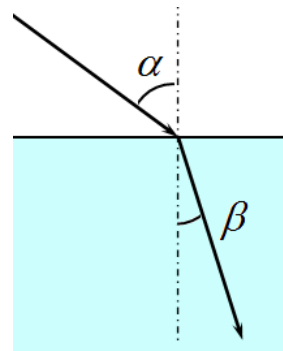


Условие

Задача 2. Преломление света.

Если луч света проходит через границу двух сред, то он преломляется. Это явление вам знакомо, оно лежит в основе работы линз. Однако закон преломления света не совсем прост. Если закон отражения был известен уже древним грекам в 5 веке до н. э., то закон отражения был открыт 2000 лет спустя. Этот устанавливает связь между углом падения α и углом преломления β . Напоминаем, что в оптике углы отсчитываются от перпендикуляра (нормали) к поверхности в точке падения луча (см. рис.)



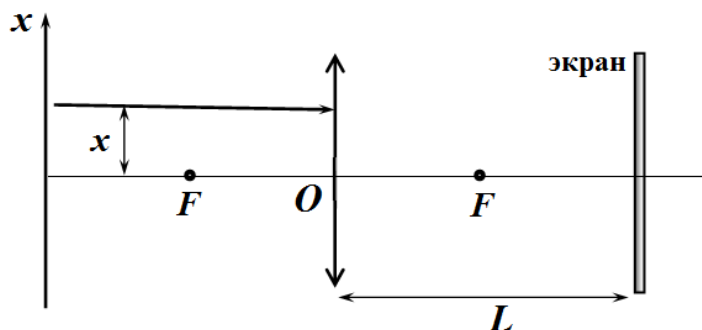
В данной работе вам необходимо исследовать количественно это явление, получить приближенный закон преломления света, а также изучить условия, при которых круговой цилиндр может считаться тонкой линзой.

Приборы и оборудование: Лазер с блоком питания, стеклянная чашка Петри, вода, разграфленный лист бумаги (с угломерной шкалой), линейка, пластилин (для крепления), молоко.

Часть 1. Прохождение света через «линзу».

1.1. Теоретическая задача.

Пусть луч света падает на тонкую линзу с центром O с фокусным расстоянием F параллельно его главной оптической оси на расстоянии x от главной оптической оси. На расстоянии L ($L > F$) от линзы находится экран, плоскость которого параллельна плоскости линзы. Постройте ход луча после преломления в линзе, укажите точку падения



луча на экран. Получите формулу, определяющую координату x_1 точки падения луча на экран.

1.2 Измерения.

Расположите лазер так, чтобы его луч шел параллельно столу на небольшом расстоянии от его поверхности и мог проходить через боковые стенки чашки Петри. Не забудьте заполнить ее водой полностью. Чашку Петри расположите в центре угломерной шкалы.

Будем считать, что чашка является тонкой линзой, плоскость которой проходит через центр чашки. Экран расположите за линзой так, чтобы луч, прошедший через чашку попадал на него (как показано на рисунке в Теоретической задаче). Проведите измерения зависимости координаты x_1 точки падения луча на экран от расстояния x .

*Расстояние L выберите самостоятельно. Не забудьте указать его в своей работе. При измерениях следите, чтобы при смещении лазера направление его луча не изменялось.

Постройте график полученной зависимости. Укажите диапазон значений координаты x , при которых полученная вами в теоретической задаче формула является справедливой. Найдите фокусное расстояние линзы в этом диапазоне.

Часть 2. Закон преломления света.

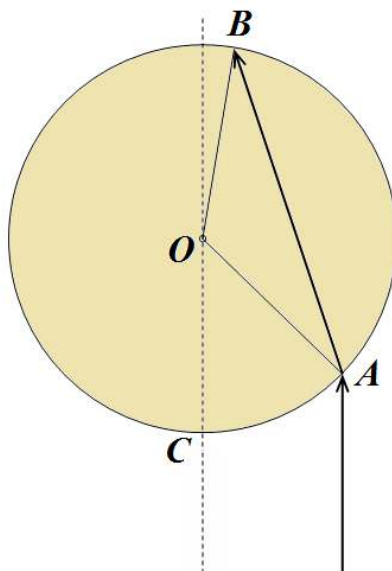
Добавьте в чашку Петри маленькую каплю воды, так чтобы она слегка помутнела. В этом случае луч в чашке станет видимым сверху.

Расположите чашку Петри и направляйте луч лазера так, чтобы по угломерной шкале можно было измерять углы $\angle COA = \varphi$ и $\angle COB = \gamma$ (AB - видимый в чашке луч).

2.1 Укажите какой из углов, показанных на рисунке, является углом падения α , а какой углом преломления β . Запишите формулу, позволяющую по измеренным углам φ и γ рассчитать угол преломления β .

2.2 Смещая луч лазера (но не меняя его направления), измерьте зависимость угла преломления от угла падения $\beta(\alpha)$. Постройте график полученной зависимости.

2.3 Укажите при каких углах падения α угол преломления β оказывается прямо пропорциональным углу падения α . Для этого диапазона найдите отношение $\frac{\alpha}{\beta}$, которое называется показателем преломления воды.



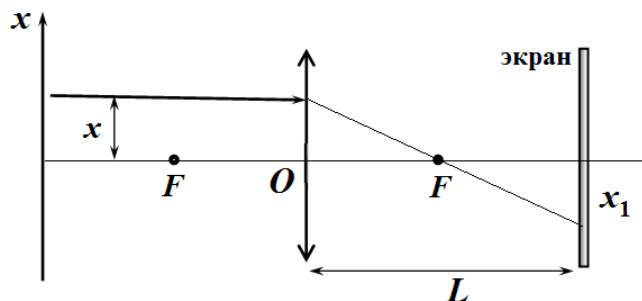
Решение

Задача 9-2.

Часть 1. Прохождение света через «линзу».

1.1. Теоретическая задача. На рисунке показан ход луча после преломления в тонкой линзе. Из подобия треугольников следует соотношение между координатой точки падения луча и координатой луча на экране

$$-\frac{x_1}{L - F} = \frac{x}{F} \quad (1)$$



Из этого отношения следует искомая зависимость

$$x_1 = -\frac{L-F}{F}x \quad (2)$$

1.2 Измерения. Результаты измерений зависимости координаты светового пятна на экране x_1 от координаты точки падения луча на «линзу» приведены в Таблице 1. На рис. 1 показан график полученной зависимости. Измерения проведены при $L = 13,5$ см.

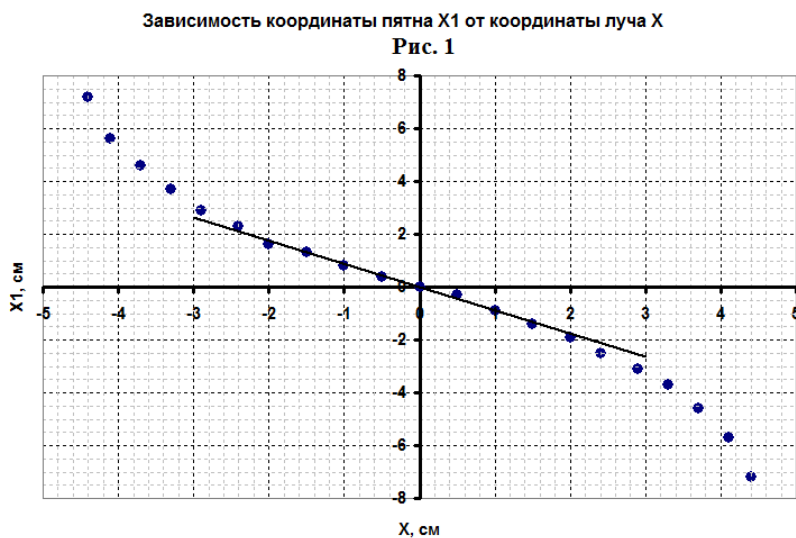


Таблица 1.

** X , см**	** X_1 , см**	** X , см**	** X_1 , см**
0	0	0	0
0,5	-0,3	-0,5	0,4
1	-0,9	-1	0,8
1,5	-1,4	-1,5	1,3
2	-1,9	-2	1,6
2,4	-2,5	-2,4	2,3
2,9	-3,1	-2,9	2,9
3,3	-3,7	-3,3	3,7
3,7	-4,6	-3,7	4,6
4,1	-5,7	-4,1	5,6
4,4	-7,2	-4,4	7,2

Полученная зависимость не является линейной, как предсказывает формула (2). Однако в диапазоне $x = \pm 2$ см ее можно считать линейной. По графику находим коэффициент наклона $k \approx -0,87$ этой прямой. Из формулы (2) следует, что

$$|k| = \frac{L-F}{F} \Rightarrow F = \frac{L}{|k|+1} \approx 7,2 \text{ см} \quad (3)$$

Часть 2. Закон преломления света.

2.1 Очевидно, что углом падения является угол $\alpha = \angle COA = \varphi$, а углом преломления $\angle OAB$.

Так как треугольник OAB является равнобедренным, то угол преломления может быть рассчитан по формуле

$$\beta = \frac{180^\circ - (\gamma - \alpha)}{2} \quad (3)$$

2.2 Результаты измерений зависимости угла выхода луча $\gamma = \angle COB$ от угла падения $\alpha = \angle COA$ представлены в таблице 2, там же приведены значения рассчитанных по формуле (3) углов преломления β . На рис. 2 показан график зависимости угла преломления β от угла падения α .

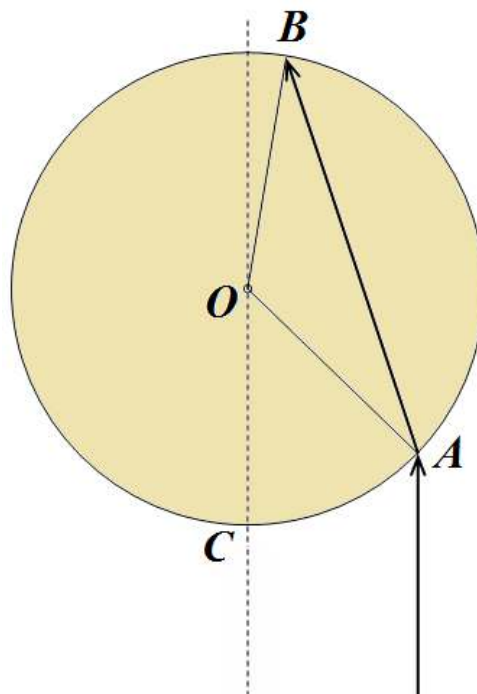
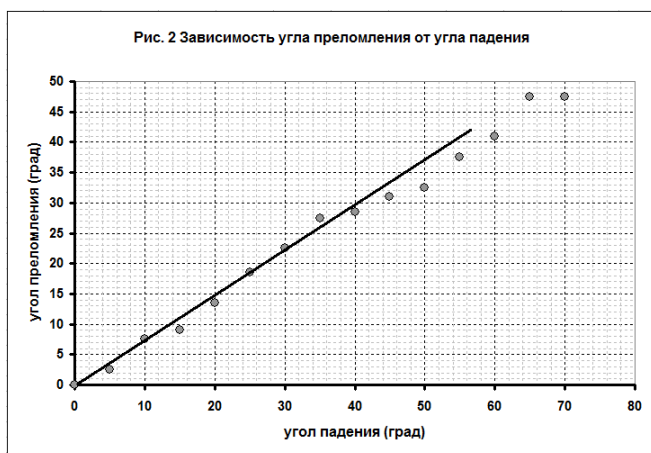


Таблица 2.

α°	γ°	β°
0	180	0
5	180	2,5
10	175	7,5
15	177	9
20	173	13,5
25	168	18,5
30	165	22,5
35	160	27,5
40	163	28,5
45	163	31
50	165	32,5
55	160	37,5
60	158	41
65	150	47,5
70	155	47,5

2.3 Видно, что прямо пропорциональная зависимость между указанными углами наблюдается до углов меньших 30° . Рассчитанный в этом диапазоне (по углу наклона графика) показатель преломления воды оказывается равным $n = 1,34$.

Задача 10-1 Хроматография