

10 класс

Тонкая линза

Решение.

Экспериментальная часть.

- Для определения расстояния от края вырезанного кусочка линзы до ее оптической оси соберем установку как на рис. 1. Линзу закрепим в канцелярском зажиме. Экран расположим так, чтобы на нем было сфокусировано изображение диода фонарика.

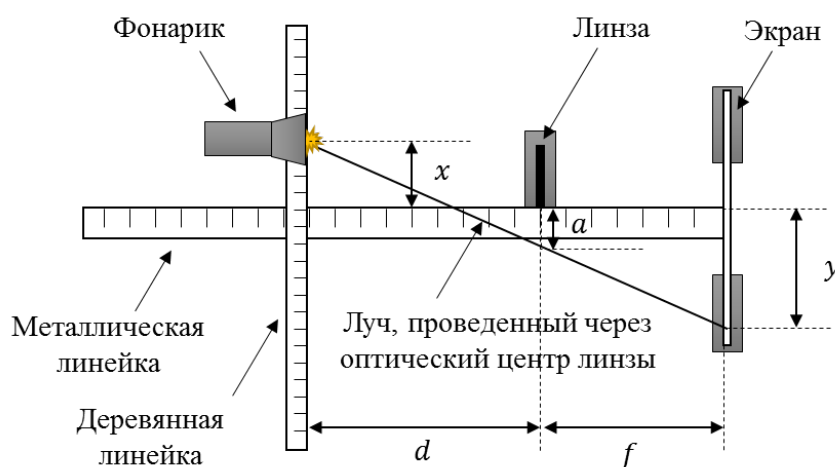


Рис. 1. Схема установки, используемой для поиска оптической оси

Несложно заметить, что из подобия треугольников следует, что:

$$\frac{x + a}{d} = \frac{y - a}{f}, \quad (1)$$

где x — расстояние от светодиада фонарика до края линзы вдоль направления перпендикулярного оптической оси линзы, y — расстояние от изображения светодиада на экране до края линзы вдоль направления перпендикулярного оптической оси линзы, f и d — расстояния от светодиада до линзы и от изображения до линзы вдоль оптической оси.

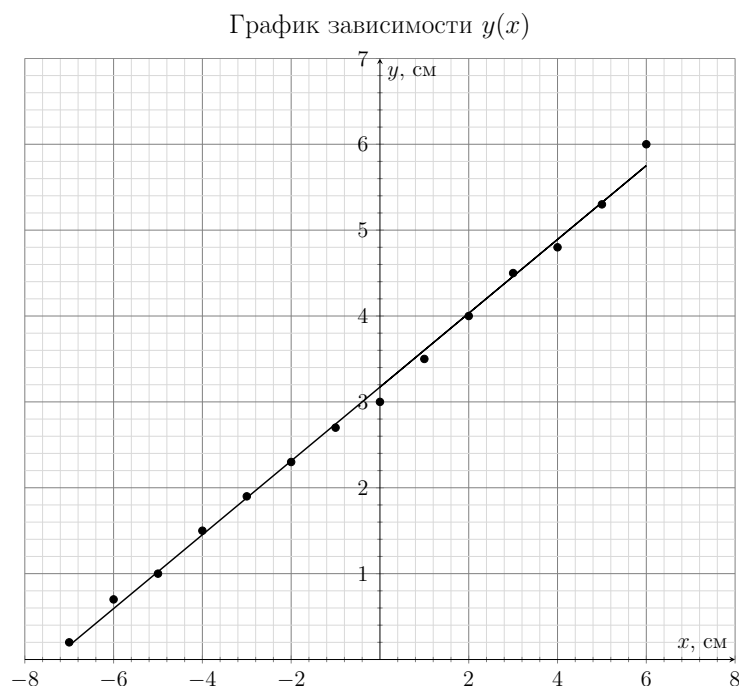
Преобразовав формулу (1), получим, что зависимость должна описываться линейной функцией:

$$y = \frac{f}{d} x + a \left(\frac{f}{d} + 1 \right) \quad (2)$$

Снимем зависимость $y(x)$, результаты измерений представлены ниже.

x , см	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-5.0	-6.0	-7.0
y , см	3.0	3.5	4.0	4.5	4.8	5.3	2.7	2.3	1.9	1.5	1.0	0.7	0.2

Построим график полученной зависимости:



Измерим f/d из углового коэффициента графика:

$$\frac{f}{d} = (0.430 \pm 0.007)$$

Для измерения a найдем точку пересечения графика с осью ординат:

$$a \left(\frac{f}{d} + 1 \right) = (3.17 \pm 0.03) \text{ см}$$

Откуда получаем, что

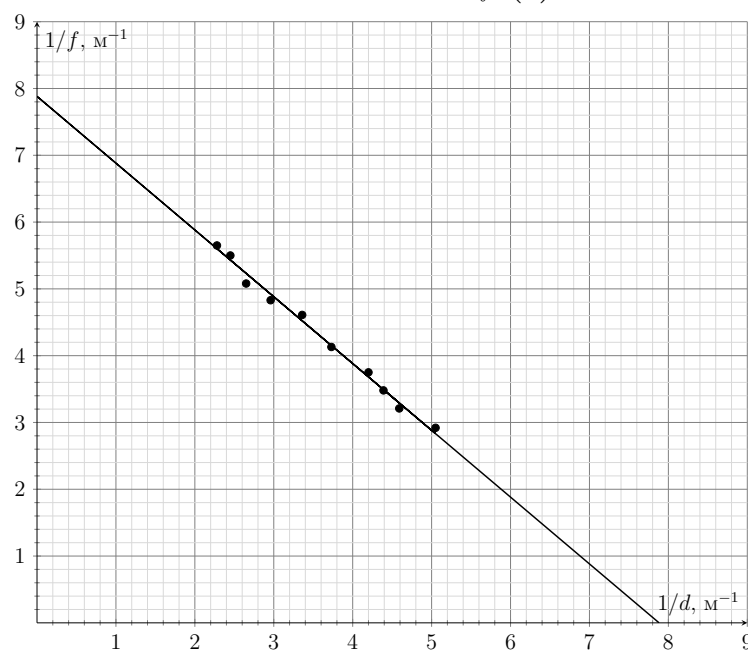
$$a = (2.22 \pm 0.05) \text{ см.}$$

- Для поиска фокуса воспользуемся предыдущей установкой и снимем зависимость величины f (расстояния от изображения до линзы вдоль оптической оси линзы) от величины d (расстояния от светодиода фонарика до линзы вдоль ее оптической оси). Для этого установим линзу на металлическую линейку и запишем ее координату $x_{\text{л}} = (58.8 \pm 0.1) \text{ см}$. В опыте для каждого положения фонарика $x_{\text{ф}}$ будем подбирать такое положение экрана $x_{\text{э}}$, чтобы изображение светодиода на экране было четким. Результаты измерений представлены в таблице ниже.

x_{Φ} , см	x_{Δ} , см	d , см	f , см	$1/d$, м ⁻¹	$1/f$, м ⁻¹
15	76.5	43.8	17.7	2.28	5.65
18	77	40.8	18.2	2.45	5.5
21	78.5	37.8	19.7	2.65	5.08
25	79.5	33.8	20.7	2.96	4.83
29	80.5	29.8	21.7	3.36	4.61
32	83	26.8	24.2	3.73	4.13
35	85.5	23.8	26.7	4.2	3.75
37	90	21.8	31.2	4.59	3.21
36	87.5	22.8	28.7	4.39	3.48
39	93	19.8	34.2	5.05	2.92

Построим график зависимости $\frac{1}{f} \left(\frac{1}{d} \right)$.

График зависимости $\frac{1}{f} \left(\frac{1}{d} \right)$



Проведем через точки аппроксимирующую прямую, которая будет пересекать оси графика в точках с равными координатами. По этому пересечению определим оптическую силу линзы, а также ее фокусное расстояние.

$$D = \frac{1}{F} = (7.93 \pm 0.08) \text{ дптр}$$

$$F = (12.6 \pm 0.1) \text{ см}$$

3. Для определения показателя преломления линзы сделаем следующее. Оставим на предметном стекле небольшую каплю воды. Прижмем линзу ребристой стороной к стеклу. Закрепим систему с помощью канцелярского зажима. Таким образом, получим систему двух линз. Одна из линз исходная собирающая с оптической силой, выражающейся через формулу шлифовщика:

$$D = \frac{n - 1}{R} \quad (3)$$

А вторая – рассеивающая «водяная» линза, оптическая сила которой:

$$D_1 = -\frac{n_{\text{в}} - 1}{R}, \quad (4)$$

где $n_{\text{в}} = 1.33$ — показатель преломления воды.

Так как линзы находятся вплотную друг другу, то их система будет вести себя как одна линза с оптической силой равной сумме оптических сил составляющих ее линз:

$$D' = D + D_1 = \frac{n - n_{\text{в}}}{R} \quad (5)$$

На практике оказывается, что оптическая сила такой системы мала. Если пользоваться предыдущей схемой установки, то нахождение экраном изображения затруднительно, так как близкое к четкому изображение получается довольно в большой области координат экрана. Для уменьшения ошибки следует сделать как можно меньшим расстояние от линзы до изображения. Следовательно, необходимо сделать максимальным расстояние от источника до линзы.

Поэтому в этом опыте в качестве «оптической скамьи» будем использовать вертикальную стойку кабинки. Закрепим с помощью магнита в верхней точке стойки кабинки фонарик. Установим с помощью магнита систему линз в нижней четверти стойки. И найдем с помощью экрана положение изображения светодиода фонарика. Линейкой измерим расстояние d' от источника до линзы и расстояние f' от линзы до экрана.

$$f' = (39 \pm 1) \text{ см}$$

$$d' = (122.0 \pm 0.5) \text{ см}$$

Найдем оптическую силу получившейся системы:

$$D' = \frac{1}{d'} + \frac{1}{f'} = (3.38 \pm 0.07) \text{ дптр}$$

Основываясь на формулах (3) и (5) получим для показателя преломления линзы:

$$n = \frac{n_B - D'/D}{1 - D'/D} = (1.58 \pm 0.04) \quad (6)$$

И окончательно для радиуса кривизны:

$$R = \frac{n - 1}{D} = (7.3 \pm 0.6) \text{ см}$$