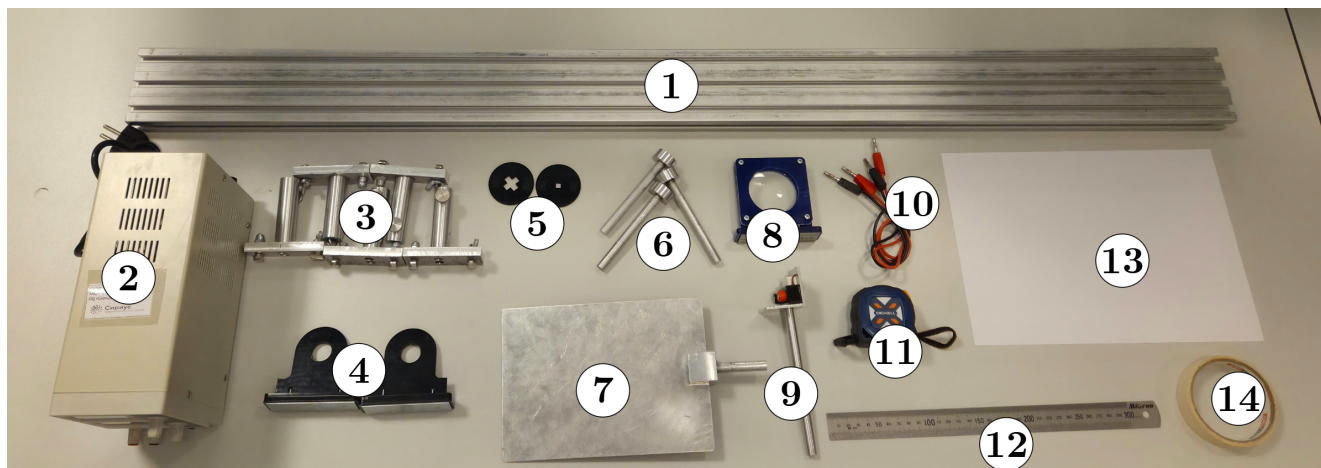


Road to IPhO

Оптика стала четче

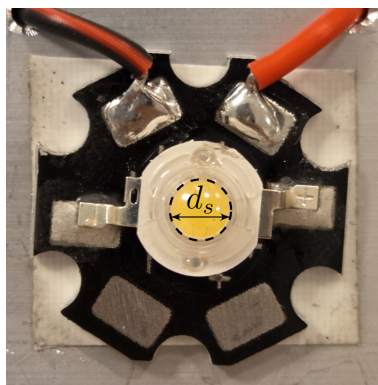
Оборудование



1. Оптическая скамья
2. Источник постоянного напряжения
3. Каретки для оптической скамьи (5 шт.)
4. Магнитные держатели для диафрагм (2 шт.)
5. Диафрагмы разных форм (2 шт.)
6. Магнитные держатели (3 шт.)
7. Экран
8. Линза
9. Светодиод в держателе
10. Провод банан-банан (2 шт.)
11. Рулетка
12. Линейка
13. Лист А4
14. Малярный скотч

Источник света в данной задаче — светодиод диаметром $d_s = (4.0 \pm 0.2)$ мм (см. фотографию).

Лист А4 предназначен для того, чтобы закреплять его на экране.



Фотография светодиода

Road to IPhO

Примечания

- **Не подавайте на светодиод напряжение больше 8 В! Это может привести к его перегоранию!**
- **Светодиод очень мощный, не смотрите на него, когда он включен!**
- Пользуйтесь индивидуальной лампой для освещения рабочего места.
- Светодиод — полярный элемент и светится только при соблюдении полярности при подключении его в цепь.
- Красное гнездо соответствует плюсу светодиода, черное — минусу.
- Для питания светодиода используйте источник постоянного напряжения $U = 8$ В. При корректной работе светодиод должен ярко светиться и НЕ должен сильно нагреваться.
- После включения бананов в гнезда на корпусе светодиода больше не вынимайте их! Это может привести к поломке корпуса светодиода.
- **Оценка погрешности и кресты ошибок на графиках требуются во всех пунктах, если явно не указано обратное!**

Часть А. Введение (0.6 балла)

Соберите установку из источника, линзы и экрана, как показано на рисунке. Введем ось x и обозначим координату линзы a , координату экрана h . Фокусное расстояние линзы обозначим за f .

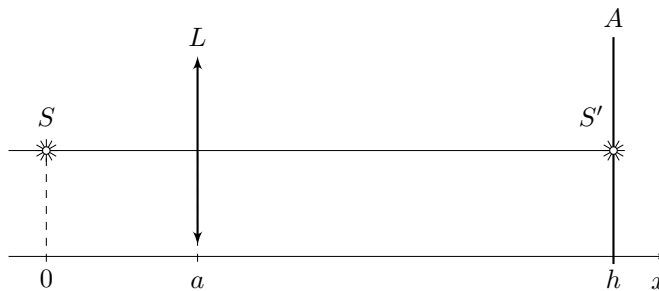
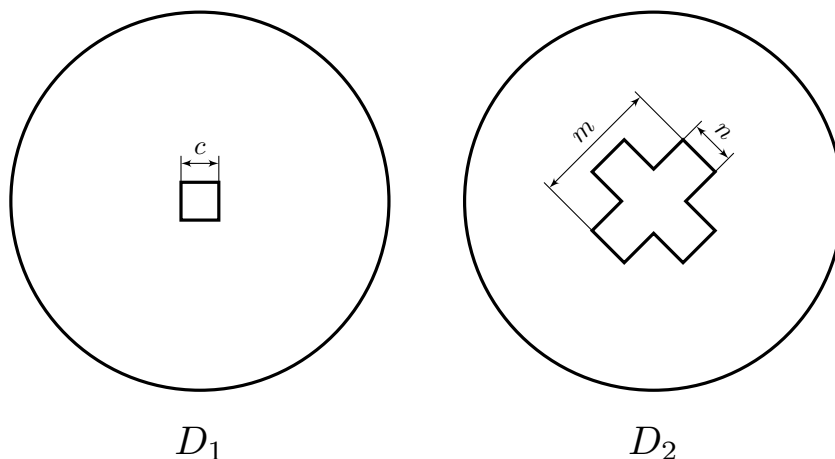


Схема установки А1

А1 Для 5 различных значений a получите 5 соответствующих значений h , при которых изображение S' светодиода сфокусировано на экране. Для каждого измерения рассчитайте значение фокусного расстояния f . Усредните полученные значения f и запишите в лист ответов усреднённое значение f_{avg} . **0.6**

Road to IPhO

Часть В. Одна диафрагма (2.6 балла)



Диафрагмы

Введем указанные на рисунке размеры диафрагм: размер c диафрагмы D_1 и размеры m, n диафрагмы D_2 . Во всех последующих частях задачи **диафрагмы должны быть ориентированы так, как показано на рисунке**, т.е. должны давать на экране изображение квадрата (стороны горизонтальны и вертикальны) и креста (стороны диагональны, т.е. примерно 45 градусов с уровнем горизонта).

В этой и всех следующих частях используйте $h = h_{\max} = 1.15$ м.

При фиксированном h существуют два положения линзы, при которых на экране видно четкое изображение. Вам необходимо выбрать то, в котором требуемые измерения будут иметь наибольшую точность.

Вначале изучим, как одна диафрагма влияет на изображение, получаемое на экране. Соберите следующую установку: источник, диафрагма D_2 (крест), линза и экран (см. рисунок). Расположите линзу на таком расстоянии a_0 от источника, чтобы его изображение S' было сфокусировано на экране. Диафрагму расположите на расстоянии $d = a_0/2$ от источника.

Внимание! В этом пункте и далее крайне важна точная юстировка установки! Необходимо, чтобы центры всех оптических элементов, расположенных на оптической скамье, лежали на одной прямой. Любые отклонения от точной юстировки могут привести к существенным искажениям результата эксперимента.

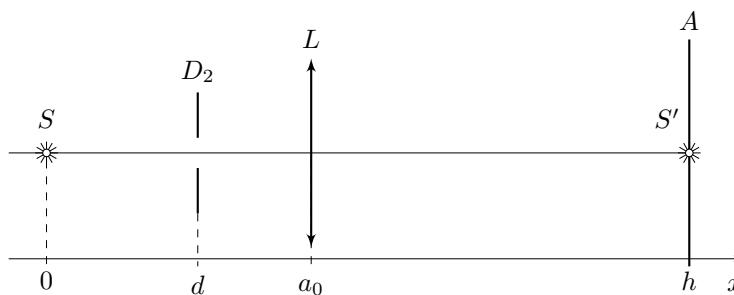


Схема установки В1

В0 Измерьте и запишите в листы ответов расстояние a_0 .

0.1

В1 Меняя расположение d диафрагмы, наблюдайте изменения изображения на экране. Отметьте галочкой (✓) в листах ответов все верные утверждения.

0.4

Road to IPhO

Теперь расположите линзу на расстоянии $a_0 + f$ от источника.

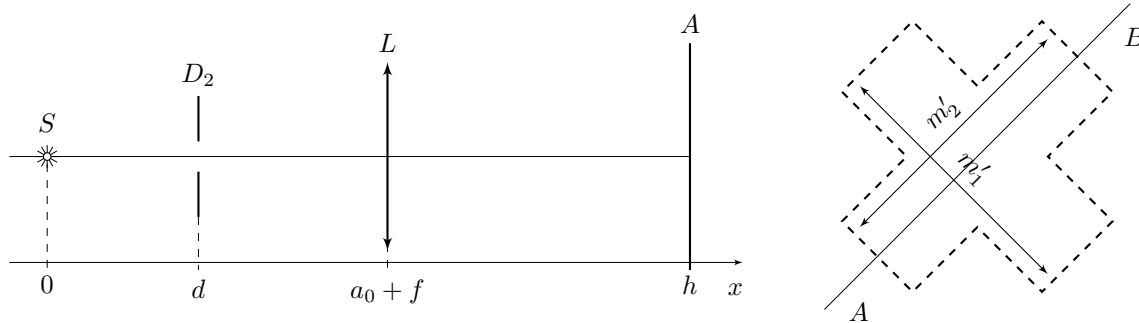


Схема установки В2.

В2 Для 8 различных расстояний d между источником и диафрагмой D_2 измерьте размеры m'_1 , m'_2 обеих диагоналей изображения креста на экране. Изменяйте d в максимально возможном диапазоне. Рассчитайте для каждого d усредненный размер изображения m' . **0.6**

В3 Получите теоретическую зависимость $m'(d)$ через m , d , f , a_0 . Постройте линеаризованный график и получите размер m креста. **1.5**

Часть С. Две диафрагмы (6.8 балла)

Соберите на оптической скамье схему, изображенную на рисунке. Расстояние между источником и первой диафрагмой D_1 (квадрат) — $d_1 = f/2$, расстояние между источником и второй диафрагмой D_2 (крест) — $d_2 = f$. Линзу расположите на расстоянии $a = a_0$ от источника. Будем называть такое положение диафрагм и линзы **исходным положением**.

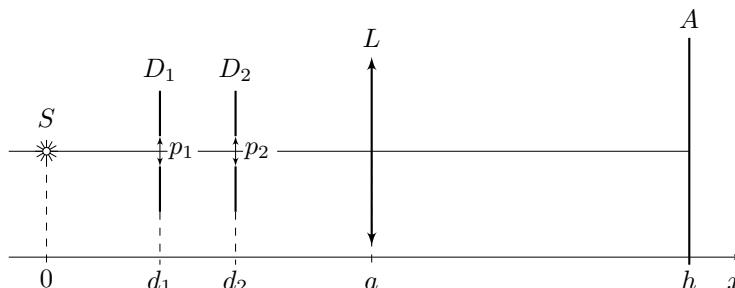


Схема установки часть С

С1 При перемещении линзы вид изображения на экране будет меняться. Изменяйте положение линзы (то есть значение a) и для каждого a зарисуйте в листы ответов вид изображения. На вашем изображении должны быть явно обозначены (штриховкой или как-либо иначе) свет, тень и полутень (при наличии). **1.8**

Расположите линзу на таком расстоянии a_1 , чтобы на экране получилось сфокусированное изображение диафрагмы D_1 (квадрат).

С2 Измерьте и запишите a_1 . Меняя только положение диафрагмы D_2 (крест), снимите 8 точек зависимости минимальной горизонтальной ширины v_2 изображения (ширины в самом узком месте) от расстояния d_2 между источником и диафрагмой D_2 . Изменяйте d_2 в максимально возможном диапазоне. **0.9**

Road to IPhO

Верните установку в исходное положение. Расположите линзу на таком расстоянии a_2 от источника, чтобы на экране получилось сфокусированное изображение диафрагмы D_2 (крест).

C3 Измерьте и запишите a_2 . Меняя только положение диафрагмы D_1 (квадрат), снимите 8 точек зависимости максимальной диагональной ширины v_1 (вдоль прямой AB , показанной на рисунке к пункту **B2**) изображения от расстояния d_1 между источником и диафрагмой D_1 . Изменяйте d_1 в максимально возможном диапазоне. **0.9**

Перейдем к теоретическому описанию изображения на экране. Пусть диафрагмы D'_1 и D'_2 — параллельные узкие прорезы размерами p_1 и p_2 , расположенные на расстояниях d_1 и d_2 от источника соответственно. Центры прорезей лежат на оптической оси системы.

C4 Пусть расстояние a между линзой и источником такое, что на экране получается сфокусированное изображение диафрагмы D'_1 . Найдите зависимость размера изображения l_2 на экране от расстояния d_2 между источником и второй диафрагмой D'_2 . Найдите d'_2 , при котором меняется характер зависимости. Ответы выразите через h , a , d_1 , d_2 , p_1 , p_2 . **0.8**

C5 Пусть теперь расстояние a между линзой и источником такое, что на экране получается сфокусированное изображение диафрагмы D'_2 . Найдите зависимость размера изображения l_1 на экране от расстояния d_1 между источником и второй диафрагмой D'_1 . Найдите d'_1 , при котором меняется характер зависимости. Ответы выразите через h , a , d_1 , d_2 , p_1 , p_2 . **0.4**

C6 Получите выражения для $v_1(d_1)$ и $v_2(d_2)$. Ответы выразите через h , a , d_1 , d_2 , m , n , c . **0.6**

C7 Постройте линеаризованный график зависимости, снятой в пункте **C2**, и получите размеры c и n диафрагм. Оценка погрешности конечного ответа c и n не требуется. **0.7**

C8 Постройте линеаризованный график зависимости, снятой в пункте **C3**, и получите размеры c и m диафрагм. Оценка погрешности конечного ответа c и m не требуется. **0.7**