

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

16 января 2013 года

**Сначала, пожалуйста, прочитайте следующее:**

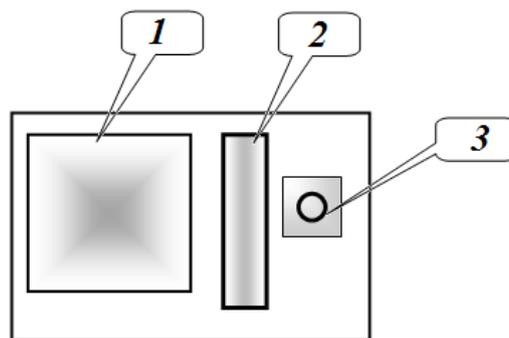
1. Экспериментальный тур состоит из одной задачи. Продолжительность тура 3 часа.
2. Пользуйтесь только той ручкой, которая Вам предоставлена.
3. Для расчетов Вы можете использовать свой непрограммируемый калькулятор. Если своего у вас нет, тогда Вы можете попросить его у организаторов олимпиады.
4. Вам предоставлены чистые листы бумаги и *Листы для записи (Writing sheets)*. Чистые листы бумаги предназначены для черновых записей, их Вы можете использовать по Вашему усмотрению, они не проверяются. На *Writing sheets* следует записывать решения задач, которые будут оценены при проверке работы. В решениях как можно меньше используйте словесные описания. В основном Вы должны использовать уравнения, числа, буквенные обозначения, рисунки и графики.
5. Используйте только лицевую сторону *Writing sheets*. При записи не выходите за пределы отмеченной рамки.
6. На каждом использованном *Writing sheets*, в отведенных для этого графах, необходимо указать Вашу страну (*Country*), Ваш код (*Student Code*), текущий номер каждого листа (*Page Number*) и полное количество листов, использованных при решении всех задач (*Total Number of Pages*). Если Вы не хотите, чтобы какие-нибудь использованные *Writing sheets* были включены в ответ, тогда перечеркните их большим крестом на весь лист и не включайте их в Ваш подсчет полного количества листов.
7. Когда Вы закончите тур, разложите все листы в следующем порядке:
  - Пронумерованные по порядку *Writing sheets*;
  - Черновые листы;
  - Неиспользованные листы;
  - Отпечатанные условия задачи

Положите все листы бумаги в конверт и оставьте на столе. Вам не разрешается выносить из аудитории *любые* листы бумаги, приборы, материалы и принадлежности.

## Рекламные трюки [15 баллов]

**Оборудование:** Лазер, штатив с зажимом, собирающая линза на подставке, картонный экран, миллиметровая бумага, две направляющие линейки, измерительная линейка, пластинка с тремя оптическими элементами:

1. Зеркало Френеля (квадратный кусок фольги с нанесенными кольцами);
2. блестящая отражающая полоска;
3. пластиковый преломляющий элемент (оранжевый кусочек, закрывающий отверстие).

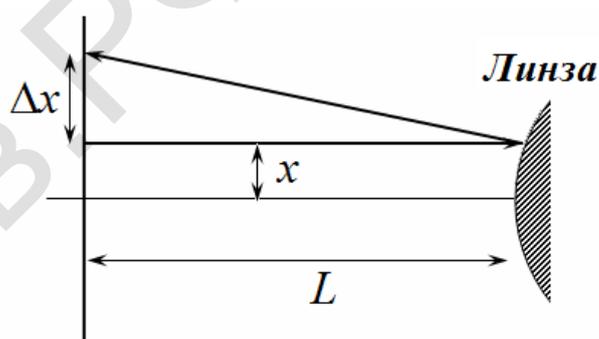


**Включайте лазер только во время проведения измерений!**  
 Длина волны излучения лазера  $\lambda = 680 \text{ нм}$ .

### Часть 1. Линза

В данной части задачи углы отклонения луча от оптической оси считать малыми.

Расположите линзу на подставке между направляющими линейками так, чтобы она могла смещаться параллельно самой себе. Лазер закрепите в лапке штатива. На лазере закрепите картонный экран. Направьте луч лазера в центр линзы, так, чтобы отраженный луч был виден на экране и отражался приблизительно в обратном направлении. При смещении линзы вдоль направляющих отраженное пятно перемещается по экрану. Пятно получается размытым, поэтому при измерениях находите середину этого пятна.



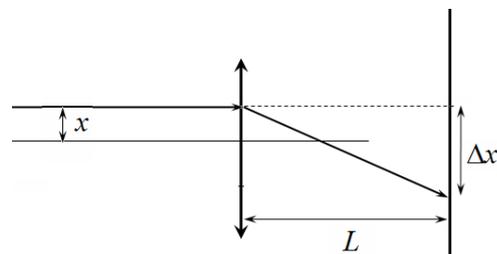
1.1 Для обеих поверхностей линзы измерьте зависимость смещения отраженного луча на экране  $\Delta x$  от смещения линзы  $x$ . Постройте графики полученных зависимостей.

1.2 Используя полученные данные, определите радиусы кривизны  $R_1$  и  $R_2$  обеих поверхностей линзы.

1.3 Расположите экран на некотором расстоянии  $L$  за линзой. Измерьте зависимость смещения  $\Delta x$  преломленного луча на экране от смещения линзы  $x$ . Постройте график полученной зависимости.

1.4. Используя полученные экспериментальные данные, определите фокусное расстояние линзы  $F$ .

1.5 Рассчитайте показатель преломления материала линзы  $n$ . Оцените погрешность измерения показателя преломления.



*Подсказка: Вы можете использовать следующую формулу для фокусного расстояния  $F$  собирающей линзы*

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

**В дальнейших частях задачи вычисление погрешностей не требуется!**

### **Часть 2. Зеркало Френеля**

Прикрепите с помощью куска пластилина пластиковую полоску с оптическими элементами на линзу, то есть используйте линзу лишь как подставку.

Расположите полученное устройство между направляющими так, чтобы луч лазера попадал на зеркало Френеля 1. Лазер с экраном расположите на расстоянии 15-20 см от зеркала. Тщательно отъюстируйте установку, так чтобы при смещении зеркала луч лазера двигался вдоль диаметра зеркала. На экране должно наблюдаться размытое отраженное пятно, которое при смещении зеркала должно двигаться практически горизонтально и на уровне выходящего из лазера луча.

Зеркало Френеля представляет собой систему концентрических колец, радиусы которых зависят от номера  $k$ , отсчитываемого от центра, по закону

$$r_k = r_0 k^\gamma \quad (1)$$

**В этой части работы углы отклонения нельзя считать малыми.**

2.1 Измерьте зависимость смещения середины отраженного пятна  $\Delta x_1$  от смещения зеркала  $x$ . Постройте график зависимости синуса угла отражения от смещения зеркала.

2.2 Оцените показатель степени  $\gamma$  в формуле (1).

### **Часть 3. Блестящая полоска**

Направьте луч лазера на блестящую полоску 2. На экране можно увидеть несколько отраженных лучей.

3.1 Предложите такую структуру отражающей полоски, чтобы она объясняла наблюдаемую картину отраженных лучей. Определите численные значения параметров этой структуры.

### **Часть 4. Пластиковый преломляющий элемент**

Направьте луч лазера на отверстие, закрытое пластиковым оранжевым элементом. Этот элемент имеет объемную структуру. За этим элементом расположите экран, на котором в проходящем свете можно увидеть ряд ярких пятен.

4.1 Предложите такую структуру этого оптического элемента, которая бы объясняла наблюдаемую картину прошедших лучей.

4.2 Оцените показатель преломления материала, из которого изготовлен этот оптический элемент.