



Республиканская физическая олимпиада 2022 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

9 класс.

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач.

2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. **При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.**

3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы.

4. Все графики рекомендуем строить на листе миллиметровой бумаги, выданном для выполнения каждого задания. Обязательно пронумеруйте и подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

5. Подписывать рабочие страницы и графики запрещается.

6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к организаторам.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

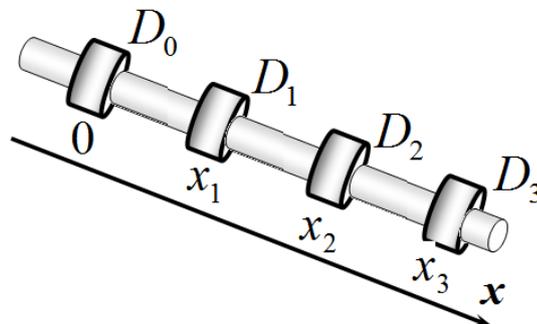
Данный комплект заданий содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (3 стр.).

Задание 9-1. Ускоренное движение.

Приборы и оборудование: установка для фиксации времен; штатив с лапкой, линейка, два шарика, металлический цилиндр.

В вашем распоряжении имеется установка для точной фиксации времен. На прозрачной трубке закреплены четыре оптических датчика D_0, D_1, D_2, D_3 , подключенные к электронной системе. Когда некоторое тело (у Вас – шарик, или цилиндр) проходит через датчик – с точностью 10^{-3} с фиксируется время прерывания (т.е. время, когда исследуемое тело проходит через датчик). Счетчик времени запускается, когда тело проходит через начальный (нулевой датчик). На экране высвечиваются времена прохождения тела через три оставшихся датчика.



Внимательно ознакомьтесь с инструкцией по работе с этой установкой!

Положение датчиков на трубке не изменяйте!

Ч помощью штатива с лапкой вы можете закреплять трубку под произвольным углом к горизонту. Измерять эти углы следует с помощью линейки.

1. Измерьте и запишите координаты всех датчиков.

Далее вам следует исследовать скатывание металлических шариков по трубке в зависимости от угла наклона к горизонту.

Расположите трубку под углом $\alpha \approx 45^\circ$ к горизонту.

2. На основании экспериментальных данных проверьте, можно ли считать движение шарика равноускоренным.

Приведите теоретические формулы, результаты измерений и обработки, обосновывающие ваш вывод.

Далее считайте, что движение тел в трубке является примерно равноускоренным.

3. Предложите формулу, позволяющую по результатам измерений времен прохождения датчиков (и известным координатам датчиков) рассчитывать среднее ускорение тела.

4. Исследуйте зависимость ускорения a скатывания шарика от угла наклона трубки α . Предложите такую функцию угла наклона $z(\alpha)$, чтобы зависимость $a(z)$ была линейной. Постройте график этой линейной зависимости, рассчитайте ее параметры.

5. Проведите аналогичные исследования для шарика другого диаметра.

6. Можно ли считать, что эти шарики скатываются одинаково (т.е. их ускорения равны при одинаковых углах наклона)?

Проведите исследования соскальзывания металлического цилиндра по трубке.

7. Исследуйте зависимость ускорения цилиндра a при его соскальзывании по трубке от угла наклона трубки α . Постройте график полученной зависимости $a(\alpha)$.
8. Используя все полученные экспериментальные данные, рассчитайте коэффициент трения цилиндра по трубке. Опишите метод, который Вы использовали для расчета коэффициента трения.

Задание 9-2. Закон преломления света.

Приборы и оборудование: Лазер с источником питания, экран на подставке, призма треугольная, призма трапециевидная, линейка 40 см, транспортир, кусок пластилина, лист бумаги.

Небольшая теоретическая подсказка.

Вы изучали преломление света, но не обязаны знать формулу для закона преломления (который называется законом Снелиуса).

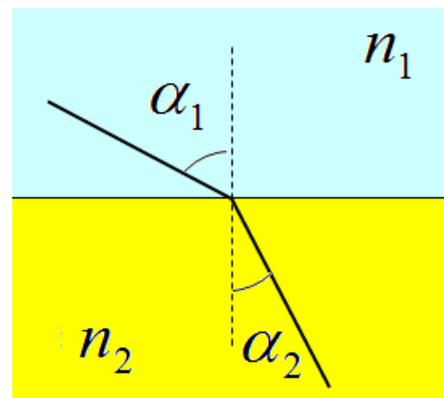
При прохождении луча света через границу двух сред углы падения и преломления связаны простым соотношением

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \quad (1)$$

Здесь n_1, n_2 - показатели преломления сред. Для воздуха $n \approx 1$. Углы отсчитываются от нормали к границе раздела. Это соотношение не зависит от того, с какой стороны свет падает на границу. При углах меньших 30°

$$\sin \alpha \approx tg \alpha \approx \alpha, \quad \cos \alpha \approx 1 \quad (2)$$

Только не забывайте, что в этих формулах углы должны измеряться в радианах.



Рекомендации по проведению экспериментов.

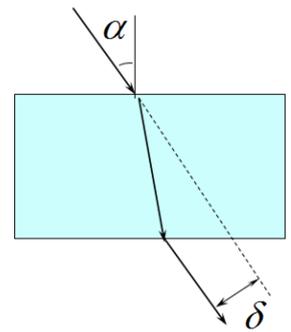
1. Все эксперименты проводите на листе бумаги, на котором вы можете чертить, рисовать, проводить измерения. Только не забудьте перенести нужные чертежи на свои рабочие листы.
2. Для визуализации хода лучей вы можете использовать экран на подставке, линейку, а также лист бумаги на столе. Для проведения измерений можете использовать линейку, транспортир. При необходимости оптические детали можно закреплять с помощью пластилина
3. Для того, чтобы уменьшить диаметр лазерного луча может использовать небольшой кусочек бумаги с проделанным отверстием. Эту бумажку можно прикрепить к лазеру пластилином.
4. При проведении измерений луч лазера и экран лучше оставлять неподвижными, а перемещать изучаемые объекты.
5. Не забудьте в каждой части работы привести на своих рабочих листах те оптические схемы, которые вы использовали. На схемах обязательно должно быть указано, какие геометрические характеристики вы измеряли (и как).

Наконец задания.

Часть 1. Прохождение луча света через две параллельные границы.

В этой части используйте трапециевидную призму.

После прохождения луча света через плоскопараллельную пластинку, направление распространения луча не изменяется, происходит его сдвиг.

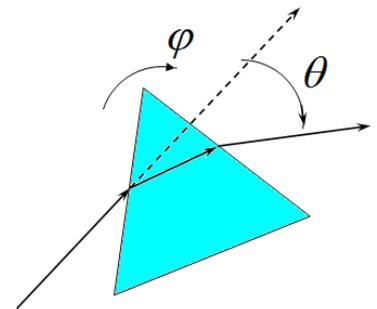


- 1.1 Докажите теоретически и экспериментально высказано утверждение о ходе луча.
- 1.2 Получите теоретическую формулу для зависимости величины сдвига луча δ от угла падения α . Здесь углы можно считать малыми.
- 1.3 Измерьте зависимость величины сдвига луча δ от угла падения α . Постройте график полученной зависимости.
- 1.4 Рассчитайте показатель преломления материала призмы.

Часть 2. Преломление света в треугольной призме.

После прохождения луча света через треугольную призму, направление его распространения изменяется.

- 2.1 Измерьте зависимость тангенса угла отклонения луча $\operatorname{tg} \theta$ от угла поворота призмы φ . Постройте график полученной зависимости.
- 2.2 Рассчитайте показатель преломления этой призмы.



Считайте, что при $\varphi = 0$ луч падает на грань призмы нормально (перпендикулярно).

Не старайтесь получить общую формулу для зависимости $\theta(\varphi)$ – это очень сложно, постарайтесь найти какой-нибудь простой и особый случай.



Республиканская физическая олимпиада 2022 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

10 класс.

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач.

2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. **При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.**

3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы.

4. Все графики рекомендуем строить на листе миллиметровой бумаги, выданном для выполнения каждого задания. Обязательно пронумеруйте и подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

5. Подписывать рабочие страницы и графики запрещается.

6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к организаторам.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Данный комплект заданий содержит:

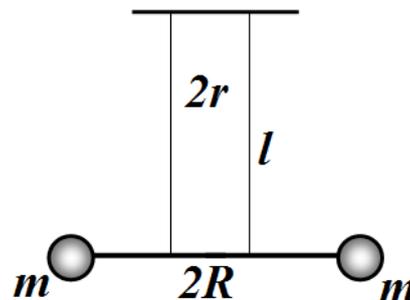
- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (3 стр.).

Задание 10-1. Крутильные весы Кулона.

Приборы и оборудование: Штатив с лапкой и кольцевой подставкой, катушка ниток, кусок пластилина, секундомер с памятью этапов, линейка, деревянная палочка с двумя алюминиевыми шариками, 2 пластиковые полоски, кусок сухой ткани, 2 деревянные палочки.

Основу установки составляют крутильные весы: длинный стержень с двумя одинаковыми шариками на концах (коромысло), симметрично подвешенный на двух параллельных длинных нитях к еще одной деревянной палочке сверху. Подобную установку использовал О. Кулон при проведении своих экспериментов, поэтому она должна быть вам знакома. На рисунке обозначено:

l - длины нитей; $2r$ - расстояние между нитями;
 $2R$ - расстояние между центрами шариков.



Отметим, что закручивание нитей может проводиться как снизу (при закручивании коромысла с шариками), так и при повороте палочке сверху. Оба этих угла поворота можно измерять с помощью угломерных шкал. В качестве «источника» электростатического поля используйте пластиковую полоску, потертую о кусок ткани. Прикасаться ею к шарикам не следует.

Вам необходимо измерить (конечно, на таком примитивном приборе скорее оценить) силу взаимодействия между наэлектризованной пластиковой полоской и незаряженным металлическим шариком в зависимости от расстояния между ними.

Часть 1. Градуировка крутильных весов

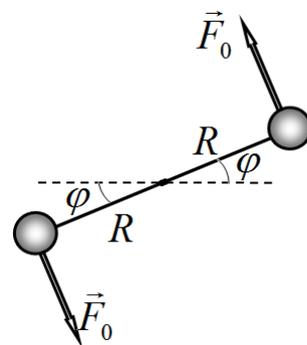
В этой части вам необходимо установить зависимость угла закручивания коромысла φ от момента силы, приложенной к шарикам коромысла.

Обозначим массу коромысла m (она будет указана Вам в лаборатории во время выполнения задания). Обозначения геометрических параметров крутильных весов указаны на рисунке, Вы их можете измерить и при необходимости устанавливать самостоятельно.

1.1 Рассчитайте момент силы, действующий на коромысло со стороны нитей подвеса, при повороте коромысла на малый угол φ .

1.2 К шарикам прикладывают одинаковые по модулю и противоположно направленные силы F_0 , направленные перпендикулярно коромыслу. Покажите, что угол закручивания коромысла κ при малых углах поворота и силы F_0 пропорциональны друг другу

$$F_0 = K\varphi \quad (1)$$



1.3 Выразите значение коэффициента K через массу шарика, ускорение свободного падения g и геометрические параметры крутильных весов.

Прежде чем переходить к систематическим измерениям, проведите пробный качественный эксперимент. Длины нитей должны быть примерно равны 40 см, их изменять не следует.

Потерев одну из пластиковых полосок тканью (сообщив ей некоторый электрический заряд), поднесите полоску к шарiku и убедитесь, что шарик притягивается к полоске. Подберите такое расстояние между нитями $2r$, чтобы Ваши весы «чувствовали» притяжение полоски на расстоянии 3-4см (от шарика до полоски).

1.4 Укажите найденное значение расстояния между нитями, обозначим соответствующий параметр r_0 .

Если сила F_0 хорошо описывается формулой (1), то крутильные колебания будут происходить с периодом, который определяется по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}. \quad (2)$$

Где m - масса одного шарика.

1.5 Измерьте зависимость периода крутильных колебаний от расстояния между нитями подвеса, в диапазоне, включающем значение r_0 .

1.6 Сравните вид полученной зависимости с Вашими теоретическими изысканиями.

Если формула (1) применима, то период крутильных колебаний не зависит от их амплитуды. Установите расстояние между нитями равным $2r_0$ и больше его не изменяйте.

1.7 Измерьте зависимость периода крутильных колебаний от их амплитуды (максимального угла закручивания). Постройте график полученной зависимости. Укажите интервал углов закручивания, в котором формула (1) применима.

Часть 2. Электростатические взаимодействия.

Предложите методику измерения силы притяжения шарика к полоске с помощью имеющегося прибора. Приведите схему установки, кратко опишите последовательность Ваших действий.

2.1 Измерьте зависимость силы притяжения (в Ньютонах) шарика к наэлектризованной полоске от расстояния между ними. Постройте график этой зависимости.

2.2 Подчиняется ли полученная вами зависимость закону Кулона? Назовите основные причины возможных отклонений от закона Кулона.

Последние советы.

1. Старайтесь каждые раз электризовать полоски одинаково.
2. Используйте «симметричную» схему: у вас два шарика, две полоски, две нити...
3. Результаты будут более точными, если вы будете закручивать нити сверху, как это делал О. Кулон
4. Рекомендуем использовать метод отрыва ... думайте!!!

Задание 10-2. Очень медленное движение.

Приборы и оборудование: Штатив с лапкой, пробирка с пробкой, шприцы одноразовые с иглой, линейка, секундомер электронный с памятью этапов, стакан одноразовый 200 мл, салфетки бумажные (для вытирания стола), скотч, гель (жидкое мыло), масло.

В данной работе Вам необходимо исследовать вертикальное движение пузырьков масла и воздуха в вязкой жидкости.

Сначала аккуратно соберите установку: с помощью скотча прикрепите пробирку к линейке, заполните пробирку жидким мылом, примерно 2 см по высоте пробирки оставьте место для воздуха, плотно закройте пробирку пробкой, проткните пробку иглой для шприца, так, что бы с помощью шприца внутрь пробирки можно было впускать небольшие порции масла, или воздуха. Закрепите линейку с пробиркой в штативе вертикально, пробкой вниз.

Теперь, запуская с помощью шприца внутрь пробирки небольшую порцию масла, Вы можете наблюдать подъем пузырька и измерять характеристики его движения.

При движении пузырька масла (или воздуха) на него действует сила сопротивления, которая пропорциональна скорости движения пузырька v . Эта сила также имеет степенную зависимость от радиуса пузырька r :

$$F = Cr^\gamma v. \quad (1)$$

Часть 1. Масляный пузырек.

1.1 Покажите экспериментально, что при всплытии пузырек движется равномерно. Проведите необходимые измерения, постройте график закона движения. рассчитайте скорость этого движения, оцените погрешность измерения скорости.

(Эти измерения можно провести для одного пузырька, укажите его радиус).

1.2. Исследуйте зависимость скорости пузырька от его радиуса. Постройте график полученной зависимости. На основании полученных данных определите показатель степени γ в формуле (1).

Часть 2. Воздушный пузырек.

2.1 – 2.2 Проведите измерения п.1.1 - 1.2 для пузырьков воздуха.

Часть 3. Сравнение.

3.1 Используя полученные экспериментальные данные, найдите отношение плотности масла к плотности жидкого мыла.



Республиканская физическая олимпиада 2022 года (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

11 класс.

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач.

2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. **При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.**

3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы.

4. Все графики рекомендуем строить на листе миллиметровой бумаги, выданном для выполнения каждого задания. Обязательно пронумеруйте и подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

5. Подписывать рабочие страницы и графики запрещается.

6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к организаторам.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Данный комплект заданий содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (3 стр.).

Задание 11-1. Растекание токов и распределение потенциала.

По закону Ома (записанному в дифференциальной форме)

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E} \quad (1)$$

распределение вектора плотности тока при его распространении в протяженной среде полностью совпадает с распределением вектора напряженности электрического тока.

Измерение распределения напряженности и потенциала в электростатических полях является сложной и труднореализуемой проблемой. Измерение же разности потенциалов при протекании электрического тока является банальной и элементарной задачей, легко решаемой с помощью обыкновенного мультиметра. Это и предстоит сделать Вам в ходе выполнения данного задания.

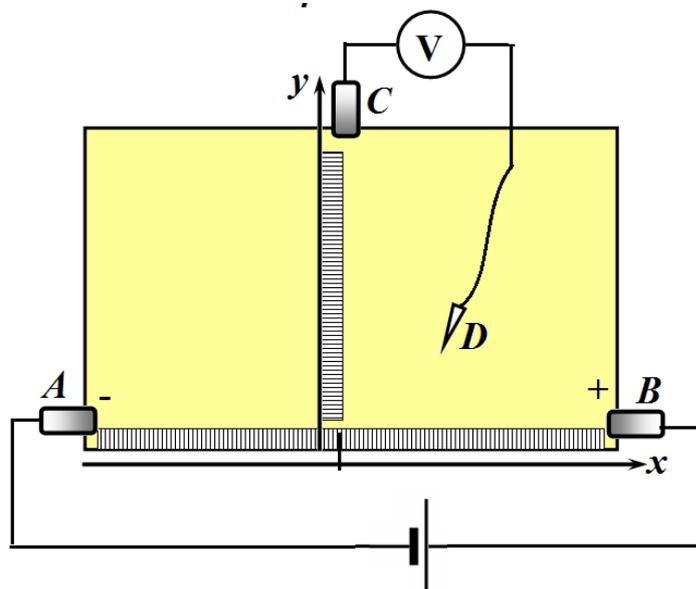
Приборы и оборудование: лист влажного картона формата А4, источник напряжения 4,5 В (гальванический элемент); мультиметр, соединительные провода с зажимами-клипсами, подвижный контакт (ластик с гвоздиком).

Картон вам надо намочить самостоятельно. Опустите его в воду на несколько десятков секунд, а потом протрите салфеткой.

Вам предоставлен лист картона. На этот лист нанесены 2 шкалы (оси координат). Условимся длинную нижнюю ось обозначать осью x . Начало отсчета находится в центре листа. Перпендикулярную ось, проходящую по середине листа, назовем осью y . Источник тока следует подключить к клеммам А и В, находящимся на оси ОХ. Убедитесь в наличии электрического контакта между этими клеммами и картоном, соблюдайте полярность подключения. Если вы не проводите измерений отключайте источник от цепи, не давайте ему разряжаться!

Один вывод вольтметра подключите к клемме С, расположенной на середине противоположной стороны листа. Второй вывод подключайте к подвижному контакту D.

Отрегулируйте положение контакта С таким образом, чтобы при подключении к точкам А и В мультиметр давал равные по модулю и противоположные по знаку значения напряжения. После этого подберите такое положение начала отсчета оси X, чтобы значения напряжения между точкой С и началом отсчета равнялось нулю. При такой настройке вольтметр будет показывать значение потенциала в произвольной точке подключения подвижного контакта.



Часть 1. Распределение потенциала вдоль оси X

1.1 Измерьте зависимость потенциала от координаты x на оси OX (т.е. при $y=0$): $\varphi_0(x)$.

Постройте график полученной зависимости.

1.2 Можно предположить, что в данном случае зависимость потенциала от расстояния до источника (укажите, что в данном случае может рассматриваться как источник) обратно пропорциональна расстоянию до источника (как потенциал поля точечного заряда). Проверьте, выполняется ли в данном случае это предположение.

1.3 Полученная зависимость $\varphi_0(x)$ может быть аппроксимирована (приближенно описана) функцией вида

$$\varphi_0(x) = ax + bx^3 \quad (2)$$

Используя все полученные экспериментальные данные, рассчитайте значения коэффициентов a, b этой зависимости.

1.4 Выскажите предположение о виде зависимости потенциала точечного источника от расстояния в данной задаче.

Часть 2. Распределение поля в плоскости.

2.1 Измерьте значения потенциалов в узлах квадратной сетки с шагом $h=2\text{см}$ для положительных значений координат φ_{ij} в точках с координатами $x_i = ih, y_j = jh, i, j = 1, 2, \dots$

2.2 На основании проведенных измерений нарисуйте на листе миллиметровой бумаги (в масштабе 1:1), эквипотенциальную линию, проходящую через точку с координатами $x=10\text{см}, y=0$. Приведите формулы, по которым вы получили эту линию. Можете построить эту же линию, проведя дополнительные измерения. Опишите использованный вами метод.

2.3 Во всех узловых точках (т.е. с шагом 2 см) на прямой с координатой $x=10\text{см}$ укажите направление вектора напряженности электрического поля в картоне. Построение выполните на том же листе миллиметровой бумаги.

Задание 11-2. Стекланный песок.

В формулировке задания 1 были даны подробные инструкции. Поэтому при выполнении этого задания Вам предоставляется гораздо большая свобода и возможность проявить свои таланты. Целью данной работы является изучение оптических свойств стекланный песка.

Приборы и оборудование: песок стекланный, отражательная полоска, источник света – лазер с источником питания, линзы собирающая и рассеивающая, экран, стекланный пластинка, штатив с лапками, пластилин для крепления, линейка, бумага для дополнительных экранов.

Часть 1. Собирающая линза.

1.1 Измерьте с максимальной точностью фокусные расстояния собирающей и рассеивающей линз. Оцените погрешность найденных значений. Приведите схему установки, кратко опишите последовательность измерений.

Всегда более точные результаты получаются при исследовании зависимостей, например... угла отклонения луча от...

Заметим, что измерять расстояния от предмета до линзы и от линзы до изображения не рекомендуется – погрешности велики!

Часть 2. Изображения песчинок.

2.1 Получите на экране увеличенные изображения песчинок. Приведите оптическую схему, с помощью которой вы получили изображения, укажите геометрические параметры установки.

2.2 Получите изображения при нескольких расстояниях от песчинок до линзы. Постройте график зависимости размеров изображения песчинок от расстояния от них до линзы.

2.3 Используя все полученные данные, найдите средний диаметр песчинок.

Если несколько песчинок положить на стеклянную пластинку, то они удерживаются на ней безо всякого клея.

Часть 3. Рассеяние света песком.

3.1 Направьте луч лазера на отдельную группу и небольшую кучку песчинок. Кратко опишите результат рассеяния света песчинками. Какие интересные особенности Вам удалось увидеть в проходящем свете?

3.2 Исследуйте рассеяние света «назад» от отдельных песчинок и от их небольшой группы. Качественно (т.е. без формул) объясните появление ярких круговых пятен света.

Не забудьте привести оптические схемы.

Лист бумаги с проделанным отверстием можно использовать как экран.

Часть 4. Светоотражающая полоска.

Для того, чтобы препятствия на дороге, машины и люди были лучше видны в свете фар, используют светоотражательные материалы. Кусок такого материала предоставлен Вам.

4.1 Опишите наиболее интересные наблюдаемые вами «картинки» в свете, отраженном полоской.

4.2 Иногда утверждают, что основой подобных отражателей являются стеклянные шарики, содержащиеся в краске. Подтверждают, или опровергают подобное утверждение ваши наблюдения?