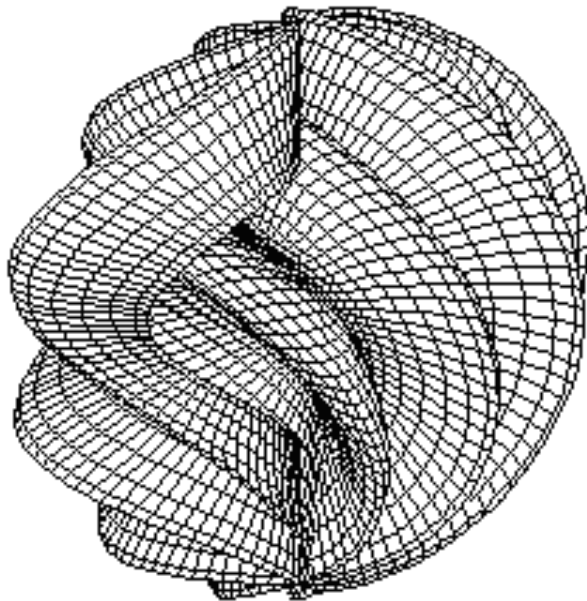




*Вторая группа  
секретных физиков*



*Республиканская  
физическая олимпиада  
2016 года  
(Заключительный этап)  
Экспериментальный тур*

*Гомель  
2016*

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель председателя оргкомитета заключительного этапа  
Республиканской олимпиады Заместитель Министра образования

\_\_\_\_\_ Р.С. Сидоренко  
« 16 » марта 2016 г.



## ***Республиканская физическая олимпиада 2016 год (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. Первая половина тетради предназначена для чистовика – вторая для черновика.

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 тетради, отдельные 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 представителям Жюри.



***Желаем успехов в выполнении данных заданий!***

## Задача 9-1 Законы движения.

*Расчет погрешностей в данной работе не требуется!*

В 9 классе Вы изучили два простейших вида движения – равномерное и равноускоренное. Но в реальности возможные законы движения не исчерпываются этими двумя случаями. В данной работе Вам необходимо исследовать различные законы движения и проанализировать применимость простейших моделей для их описания.

Оборудование: скрепки (15 шт.); нить; лента измерительная 1,5 м; линейка 40 см; штатив с лапкой; деревянная рейка (200×1,5×1,5)см; секундомер с памятью этапов; пластиковая бутылка с круглой выемкой, объемом 1 л; дополнительная нить, длина которой подбирается.

*Разберитесь как проводить измерения с помощью секундомера с памятью этапов – это поможет Вам быстрее провести необходимые измерения.*

*При определении времени движения скрепок делайте не менее пяти измерений с усреднением конечного результата.*

Гибкая нить, перекинутая через цилиндрическую поверхность, может скользить по поверхности под действием подвешенных к ее концам скрепкам.

Экспериментальная установка с закрепленными на мерной ленте метками-скрепками с координатами 0,3 м; 0,6 м; 0,9 м; 1,2 м; 1,5 м показана на рис. 1. Дополнительные грузы-скрепки необходимо присоединять только к одной(например, к левой) скрепке.

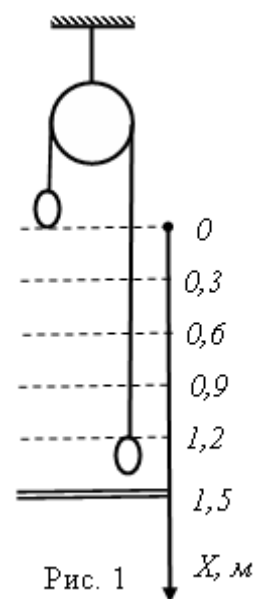


Рис. 1

### Часть 1. Просто цепочка.

Прикрепите дополнительно к одной из скрепок 5 или 6 скрепок (так, чтобы началось скольжение нити по бутылке).

1.1 Измерьте зависимость координаты скрепок от времени  $x(t)$ .

Постройте график полученной зависимости .

1.2 Определите какая из моделей (равномерное или равноускоренное движение) точнее описывает полученную Вами зависимость. Ответ обоснуйте графически.

1.3 Качественно объясните полученный результат.

### Задание 2 Полузамкнутая цепочка.

Присоедините к правой скрепке дополнительную нить и спиралевидно или змейкой уложите ее на пол.

К левой скрепке подвесьте 6 или 7 скрепок.

2.1 Измерьте зависимость координаты скрепок от времени  $x(t)$ .

Постройте график полученной зависимости .

2.2 Определите какая из моделей (равномерное или равноускоренное движение) точнее описывает полученную Вами зависимость. Ответ обоснуйте графически.

2.3 Качественно объясните полученный результат.

### Задание 3 Замкнутая цепочка

Присоедините свободный конец дополнительной нити к левой, связанной с нитью, скрепке.

К левой скрепке подвесьте 5 или 6 скрепок.

3.1 Измерьте зависимость координаты скрепок от времени  $x(t)$ .

Постройте график полученной зависимости .

3.2 Определите какая из моделей (равномерное или равноускоренное движение) точнее описывает полученную Вами зависимость. Ответ обоснуйте графически.

3.3 Качественно объясните полученный результат.

## Задача 9-2 Теплоёмкость и теплоотдача

**Приборы и оборудование:** стержень металлический, мензурка стеклянная (100 мл), мензурка стеклянная (250 мл), термометр электронный, термометр спиртовой (50°C), секундомер с памятью этапов, контейнер пластмассовый (1,8л), кружка мерная пластмассовая (1л), стаканчик пластмассовый для приготовления тёплой воды – 2 шт, штатив с лапкой, салфетки – 5шт.

**На кабинет:** ведро пластмассовое для холодной и горячей воды (2шт, 10л), чайник электрический (2 шт), весы электронные (2 шт).

В данной задаче Вам предстоит определить удельную теплоёмкость металлического стержня, исследовав процесс теплоотдачи двух систем: система 1 – стеклянная мензурка, полностью заполненная водой; система 2 – стеклянная мензурка, с помещённым в него металлическим стержнем полностью заполненная водой.

Теплоёмкость системы тел равна сумме теплоёмкостей тел входящих в данную систему.

Мощность теплоотдачи системы тел, с одной стороны, можно определить

$$P = -\frac{Q_{21}}{\Delta t_{21}} = -\frac{C\Delta t_{21}}{\Delta t_{21}} \quad (1).$$

Где  $Q_{21}$  – количество теплоты, отдаваемое системой тел за промежуток времени между двумя «соседними» показаниями термометра,  $C$  – теплоёмкость системы тел,  $\Delta t_{21}$  – разность двух «соседних» показаний термометра,

$\Delta t_{21} = t_2 - t_1$  – промежуток времени между двумя «соседними» показаниями термометра.

С другой стороны, при охлаждении системы тел мощность теплоотдачи прямо

пропорциональна разности температур системы тел и окружающей среды  $\frac{\Delta t_{\text{Т}}}{\text{ср}}$

$$P = -\beta \Delta t_{\text{ср}} \quad (2).$$

$\beta$  – коэффициент теплоотдачи, для указанных двух систем имеет одинаковое значение. В уравнениях (1) и (2) в правой части стоит знак «минус», потому что теплота отдаётся системой.

**Справочные данные:**

(средние значение в интервале температур от 30°C до 50°C)

	Плотность,	Удельная теплоёмкость, $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$
Стекло	2500	840
Вода	992	4170
Сплавы алюминия	2500 – 2800	900 – 920
Сплавы меди	8100 – 8900	390 – 410
Сплавы железа	7000 - 7800	450 – 470

**Внимание:** Электронный термометр включается и выключается нажатием красной кнопки. При длительной работе термометр может сам выключиться. Повторное включение осуществляется нажатием красной кнопки. Если во время снятия показаний у Вас выключится термометр, не теряйтесь, а просто нажмите на красную кнопку.

*Погрешности косвенных измерений в данной задаче вычислять не требуется. Теплоёмкостью пластмассовой подставки для мензурки и термометра пренебречь.*

**1.** Наполните меньшую мензурку до краёв водой при температуре 45 - 50°C. Воду приготавливайте в пластмассовой кружке. Температуру приготавливаемой воды определяйте с помощью спиртового термометра. С помощью электронного термометра и секундомера определите зависимость температуры данной системы от времени при охлаждении.

*Стержень электронного термометра должен быть погружен в воду не менее чем на  $\frac{3}{4}$  его длины. При проведении экспериментов учитывайте, что охлаждение данной системы тел на 8 - 10°C будет длиться 15 – 20 минут.*

**2.** Аккуратно поместите стержень в меньшую мензурку. Мензурка должна быть пустой. Наполните мензурку со стержнем до краёв водой при температуре 45 - 50°C. Определите зависимость температуры данной системы от времени при охлаждении. *(Измерения проводите в том же интервале температур, что и в п.1)*

**3.** На основании данных полученных в п.1 покажите, что для системы «мензурка-вода» выполняется уравнение (2).

**4.** На основании данных полученных в п.2 покажите, что для системы «мензурка-вода-стержень» так же выполняется уравнение (2).

**5.** Определите теплоёмкость системы «мензурка-вода».

*Здесь вы можете пользоваться справочными данными и проводить измерения других необходимых физических величин. Результаты всех дополнительных измерений укажите в решении.*

**6.** Определите коэффициент теплоотдачи  $\beta$  для исследованных систем тел.

**7.** Определите теплоёмкость системы «мензурка-вода-стержень».

**8.** Определите удельную теплоёмкость металлического стержня.

**9.** Сравните полученный в п. 8 результат со справочными данными. Дайте объяснение полученным результатам.

## Задача 10-1 Изучение источников тока.

Приборы и оборудование: две батарейки, мультиметр, резистор с известным сопротивлением, переменный резистор, ключ двух полюсный, соединительные провода.

Как известно источники электрического тока характеризуются двумя параметрами – ЭДС  $\varepsilon$  и внутренним сопротивлением  $r$ . В данной работе Вам необходимо разработать методику измерения этих параметров и исследовать законы последовательного и параллельного соединения батареек.

### Часть 1. Традиционная.

Для изучения источников электрического тока обычно исследуется их нагрузочная характеристика: зависимость напряжения на внешней цепи от силы тока в ней  $U(I)$ . Очевидно, что в этом случае сопротивление цепи должно изменяться.

1.1 Получите формулу, описывающую нагрузочную характеристику электрической батарейки с постоянным внутренним сопротивлением.

*Электронный мультиметр лучше всего работает в режиме измерения напряжения (как вольтметр). В этом режиме его сопротивление превышает 1 Мом. Поэтому в данной части используйте мультиметр только как измеритель напряжения.*

1.2 Предложите простую схему, позволяющую с помощью одного вольтметра измерять напряжение на внешней цепи и силу тока в ней.

1.3 Измерьте зависимость напряжения на внешней цепи от силы тока в ней  $U(I)$  (нагрузочная характеристика) для плоской батарейки. Постройте график полученной зависимости.

1.4 Используя полученный график, рассчитайте ЭДС и внутреннее сопротивление батарейки. Оцените погрешность полученных значений.

*При подключении вольтметра к выводам батарейки, показываемое значение напряжения практически равно ЭДС батарейки. Объясните почему? Также объясните, почему нельзя измерить внутреннее сопротивление батарейки, используя мультиметр в режиме измерения сопротивления (как омметр), напрямую подключая его к выводам батарейки.*

1.5 Измерьте напрямую ЭДС плоской батарейки.

*Если известна ЭДС источника, то для определения его внутреннего сопротивления экспериментально исследуется его нагрузочная характеристика  $U(I)$ , но строится зависимость величины  $(\varepsilon - U)$  от силы тока. Эта зависимость содержит единственный параметр, который легко может быть найден. В дальнейшем используйте именно этот метод определения внутреннего сопротивления и ЭДС.*

1.6 Измерьте ЭДС и внутреннее сопротивления второй батарейки. Оцените погрешность полученных значений.

***В последующих частях оценивать погрешности не требуется!***

## Часть 2. Последовательное соединение батареек.

2.1 Получите формулы для общей ЭДС и общего внутреннего сопротивления двух последовательно соединенных батареек.

2.2 Измерьте ЭДС и внутреннее сопротивление двух последовательно соединенных батареек. Сравните полученные результаты с расчетами по полученным Вами в п. 2.1 формулам.

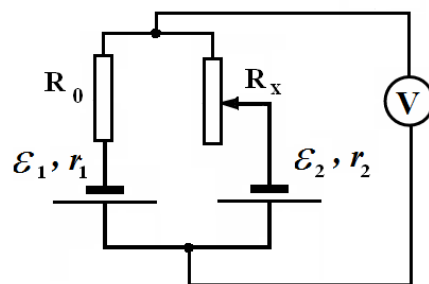
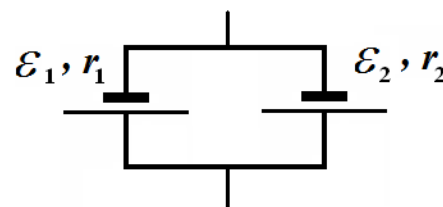
## Часть 3. Параллельное соединение батареек.

При параллельном соединении двух батареек суммарная ЭДС рассчитывается по формуле

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_2 + r_1} \quad (1)$$

3.1 Докажите формулу (1).

Так как внутренние сопротивления батареек малы, то проверить полученную формулу затруднительно. Поэтому для ее экспериментальной проверки Вам предлагается «увеличить» внутренне сопротивление ваших источников, подключая к ним последовательно резисторы, как показано на схеме. Кроме того, эта схема позволяет изменять «внутреннее» сопротивление. Постоянный резистор подключайте к плоской батарейке.



3.2 Измерьте зависимость ЭДС составного источника, показанного на схеме от сопротивления переменного резистора. Постройте график полученной зависимости.

*Сопротивление резистора можете измерять с помощью мультиметра в режиме омметра. Укажите, как Вы проводили эти измерения.*

3.3 На этом же бланке приведите график теоретической зависимости, рассчитанной по формуле (1). При расчетах используйте данные, полученные в предыдущих частях работы. Сделайте вывод о применимости (или неприменимости) формулы (1).



## Задача 10-2 Медицинские весы.

**Погрешности в данной работе рассчитывать не следует за исключением последнего пункта!**

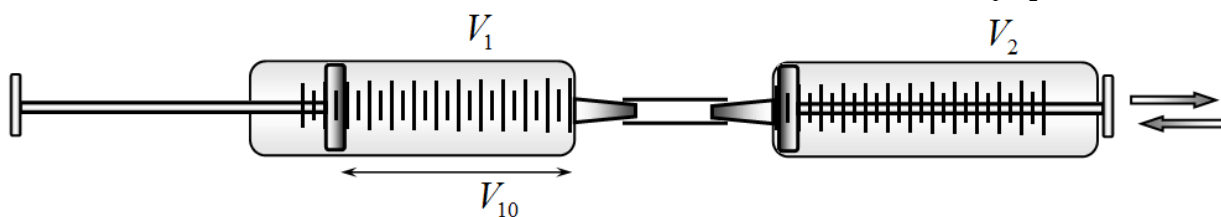
Приборы и оборудование: два шприца объемом 10 мл, соединенные пластиковой трубкой; штатив с держателем, набор грузов 6х100 г; пластиковая бутылка с водой.

### Часть 1. Делай раз, делай два...

*Эта часть работы выполняется без штатива на столе и в руках!*

*Перед каждой серией измерений сначала устанавливайте поршни в нужном начальном положении, а затем надевайте соединительную трубку!*

1.1 Установите поршни в следующем начальном положении: в первом шприце (обратите внимание – шприцы пронумерованы!) установите начальный объем воздуха  $V_{10}$ ; во втором – поршень примыкает к стенке ( $V_{20} = 0$ ). Медленно выдвигая поршень во втором шприце, измерьте зависимость объема воздуха в первом шприце от объема воздуха во втором  $V_1(V_2)$ . После того как Вы выдвинули поршень на всю шкалу, проведите измерения в обратном направлении, продолжая измерять зависимость  $V_1(V_2)$ .



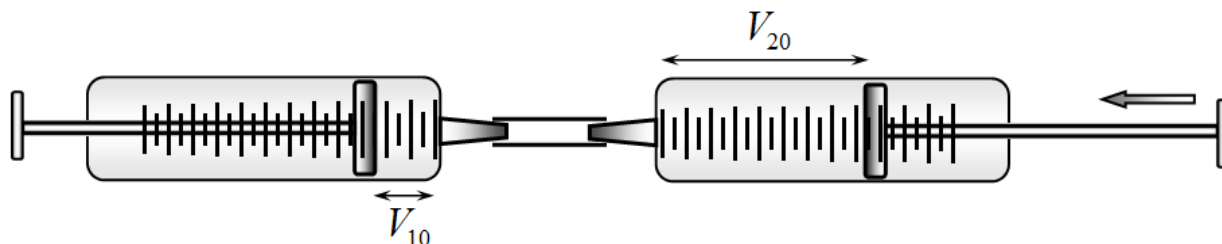
**Поршень второго шприца все время должен двигаться в одном направлении!**

Измерения проведите при двух значениях начального объема  $V_{20} = 10$  мл и  $V_{20} = 8,0$  мл. Постройте графики полученных зависимостей.

1.2 Постройте график зависимости смещения поршня в первом шприце от разности давления воздуха в шприцах и атмосферного давления. Приведите формулы, по которым вы рассчитываете указанную разность давлений. Постройте графики полученных зависимостей. Дайте им качественное объяснение.

1.3 Используя полученные в п. 1.2 графики найдите силу трения поршня о стенки шприца.

При проведении измерений в первой серии Вы убедились, что поршень в первом шприце начинает двигаться не сразу после смещения поршня во втором. Проведите следующую серию измерений. Начальный объем воздуха в первом шприце устанавливайте  $V_{10} = 2,0$  мл. Начальный объем воздуха во втором шприце  $V_{20}$  изменяйте.



1.4 Медленно вдвигая поршень во втором шприце, определите объем воздуха во втором шприце  $V_2'$ , при котором начинается движение поршня в первом шприце. Измерения проведите при различных значениях начального объема  $V_{20}$ . Постройте график зависимости  $V_2'$  от  $V_{20}$ .

1.5 Постройте график зависимости объема  $V_2'$ , при котором начинается движение поршня в первом шприце, от разности давления воздуха в шприцах и атмосферного давления. Определите с помощью этого графика силу трения поршня о стенки шприца.

1.6 Укажите возможные причины расхождений с результатом, полученным в п. 1.3.

## **Часть 2. Думай сам!**

Используя предоставленное оборудование, сконструируйте и исследуйте весы, работающие на воздухе!

**Подсказки.** Используйте оба шприца, закрепляйте их в штативе вертикально, подумайте, как можно легко компенсировать большое трение поршней о стенки шприцов. Стержни поршня одного из шприцов проделаны два отверстия, в которые можно вставить зубочистку, чтобы зафиксировать положение поршня. Обязательно проведите градуировку ваших весов, используя предоставленный вам набор грузов. Приведите полученные градуировочные графики.

Измерьте с помощью созданных вами весов массу выданной бутылки с водой (объем воды фиксирован, не изменяйте его!). Оцените погрешность ваших измерений этой массы.

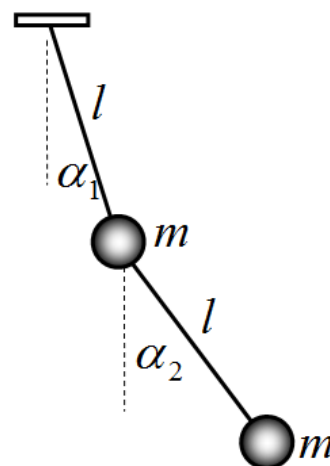
## Задача 11-1 Двойной маятник.

Приборы и оборудование: двойной маятник, маятник с тяжелым грузом, система подвеса маятников, линейки измерительные.

В курсе физики вы изучали различные колебательные системы, все они имели только одну степень свободы. Достаточно часто встречаются колебательные системы имеющие несколько степеней свободы. Важным примером таких систем являются молекулы, спектральное изучение частот и амплитуд их собственных колебаний дает важную информацию об их строении.

В данном задании вам предстоит исследовать простейшую колебательную систему, имеющую две степени свободы – двойной маятник. Двойной маятник представляет собой два одинаковых пластилиновых шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины. Шары должны колебаться в одной вертикальной плоскости. Координатами, описывающими движения маятника, являются углы отклонения нитей от вертикали  $\alpha_1, \alpha_2$ .

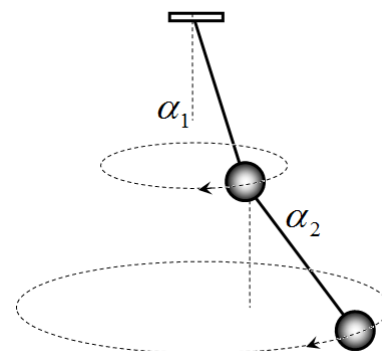
Если отклонить маятники нити маятников на произвольные углы, то шары начнут совершать достаточно сложные колебания. Однако при определенных соотношениях между углами отклонения колебания маятников являются устойчивыми и сохраняющими свою форму. Такие колебания называются нормальными (их еще называют модами колебаний). Нахождение типов собственных колебаний и их частот является достаточно сложной математической задачей.



### Часть 1. Теоретическая.

1.1 Рассчитайте частоты собственных колебаний и соответствующие отношения амплитуд отклонений маятников для рассматриваемой системы.

Подсказка. Воспользуйтесь аналогией между движением обычного математического маятника в одной плоскости и его круговым движением, при котором угол отклонения нити остается неизменным. При малых углах отклонения периоды таких движений совпадают! Аналогично плоское движение двойного маятника имеет те же частоты и то же отношение амплитуд, что и их вращательное движение.



### Часть 2. Экспериментальная.

Для экспериментального нахождения мод колебаний удобно использовать явление резонанса. Для исследования резонанса необходимо уметь создавать периодическое возмущение с изменяемой частотой. Для реализации этой идеи используется обычный математический маятник с массивным грузом. Оба маятника подвешиваются на одну горизонтальную нить. Раскачивающийся массивный маятник (длину которого можно изменять) заставляет колебаться горизонтальную нить, к которой подвешены оба маятника. Колебания этой нити создают вынуждающую силу для легкого двойного маятника. Можно считать, что колебания этого легкого маятника практически не влияют на колебания массивного маятника.

2.1 Экспериментально исследуйте зависимость амплитуд вынужденных колебаний двух грузиков  $A_1, A_2$  двойного маятника от длины массивного маятника  $L$ .

2.2 Постройте графики полученных зависимостей.

- *Рекомендуемый шаг изменения длины маятника  $\Delta L = 5 \text{ см}$ . При необходимости, изменение длины массивного маятника можно уменьшить до  $1 \text{ см}$  ( $0,5 \text{ см}$ ). Начало измерений производить при длине  $\ell_0 = 70 \text{ см}$ .  $L = 70 \text{ см}$*
- *Высота отклонения массивного груза не должна превышать  $1 \text{ с}$  и оставаться примерно постоянной.*

2.2 Используя полученные зависимости, определите частоты нормальных колебаний  $\omega_1, \omega_2$  двойного маятника и отношение амплитуд отклонений шариков при этих колебаниях.

2.3 Изобразите схематически, как движется двойной маятник при нормальных колебаниях.

2.4 Сравните результаты теоретических расчетов и результатов измерений. Укажите возможные причины их расхождений.

## Задача 11-2 Оптический коллаж.

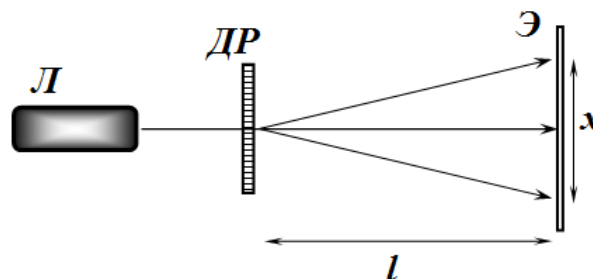
Приборы и оборудование: лазер с источником питания, рассеивающая линза, дифракционная решетка (100 штрихов на миллиметр), экран, линейка, пленка с нанесенными изображениями, транспортир, пластилин.

### Часть 1. Определение длины волны.

Установите дифракционную решетку (ДР) строго перпендикулярно лучу лазера (Л).

Укажите, как вы добивались строго перпендикулярности. Далее лазер и решетку не двигайте (можете закрепить их с помощью кусочков пластилина).

За решеткой расположите экран (Э) также параллельно плоскости



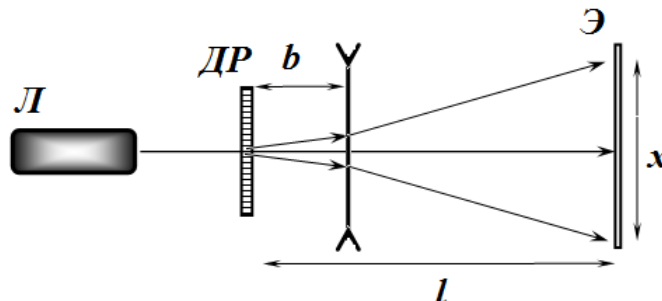
На экране наблюдается несколько максимумов интенсивности дифрагировавшего света.

1.1 Измерьте зависимость расстояния между симметричными максимумами первого порядка  $x$  от расстояния  $L$  между решеткой и экраном. Постройте график полученной зависимости.

1.2 Используя полученные данные, рассчитайте длину волны излучения лазера.

### Часть 2. Фокусное расстояние линзы.

Расположите между дифракционной решеткой и экраном рассеивающую линзу. Расстояние до экрана  $l$  можете при необходимости изменить. Укажите, при каком Вы  $l$  проводили дальнейшие измерения.



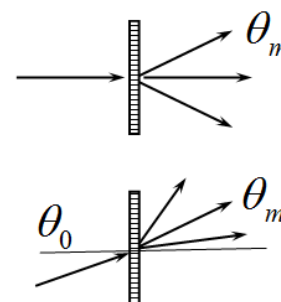
2.1 Измерьте зависимость расстояния между первыми максимумами на экране  $x$  от расстояния  $b$  между решеткой и линзой. Постройте график полученной зависимости.

*При смещении линзы добивайтесь, чтобы центральный максимум оставался на одном месте.*

2.2 Используя полученные данные, рассчитайте фокусное расстояние линзы. Приведите формулы, с помощью которых Вы проводили расчеты.

### Часть 3. Наклонное падение света на решетку.

При нормальном падении света на дифракционную решетку направления на главные максимумы определяется известной формулой  $d \sin \theta_m = m \lambda$ .



3.1 Получите формулу, описывающие направления на главные максимумы  $\theta_m$ , если свет падает на решетку под углом  $\theta_0$ . (все углы отсчитываются от нормали к решетке).

Расположите решетку на угломерном лимбе (транспортир). Теперь вы можете поворачивать решетку на произвольный угол.

3.2 Проведите необходимые Вам измерения, на основании которых подтвердите правильность полученной Вами в п. 3.1 формулы.

Приведите схему использованной Вами установки, укажите ее параметры. Свой вывод обоснуйте формулами, расчетами, графиками.

#### Часть 4. «Криминалистическая»

На выданной Вам пленке нанесены прямоугольники с мелким узором (трудно различимым невооруженным глазом). Если поставить этот узор на пути лазерного луча, то свет будет дифрагировать, образуя на экране дифракционную картину. Для ее увеличения можете использовать плоское зеркало (для увеличения расстояния от пленки до экрана).

4.1 Получите дифракционные картины от всех 4 прямоугольников. Схематически нарисуйте их. Опишите (и нарисуйте) какой узор нанесен на каждый прямоугольник. Определите геометрические характеристики (углы, размеры, или хотя бы пропорции элементов) этих узоров.

