

*Республиканская
физическая
олимпиада
2015 год.
(III этап)*

Экспериментальный тур

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя оргкомитета заключительного этапа
Республиканской олимпиады Заместитель Министра образования

_____ В.А. Будкевич

«__» ноября 2014 г.



Республиканская физическая олимпиада 2015 год (III 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 1. Знаете ли Вы закон Ома?

Для измерения электрического напряжения и силы тока Вам необходимо использовать электронный мультиметр. См. Инструкцию.

Задания.

Приборы и оборудование: батарейка 4,5 В, кусок нихромовой проволоки (ее изображение на всех схемах показано на рис. 1), мультиметр, линейка 50 см, соединительные провода.

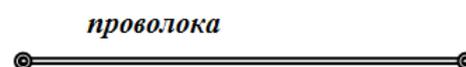


Рис. 1

Подключайте батарейку только во время проведения измерений – иначе батарейка разрядится, а Вы не сможете получить необходимые результаты!

Во всех измерениях длина участка проволоки, по которой протекает электрический ток, должна быть не менее 5 см.

Часть 0. Знакомство с мультиметром.

0.1 Подключите мультиметр (в режиме измерения напряжения) непосредственно к выводам батарейки – запишите значение измеренного напряжения U_0 , которое можно назвать **напряжением холостого хода**, так как в этом случае ток через батарейку пренебрежимо мал.

Часть 1. Как напряжение зависит от длины проволоки.

1.1 Соберите электрическую цепь, изображенную на рис. 2, проволока подключена на всю длину. Измерьте зависимость напряжения на участке проволоки $U_1(x)$ от его длины. Постройте график полученной зависимости.

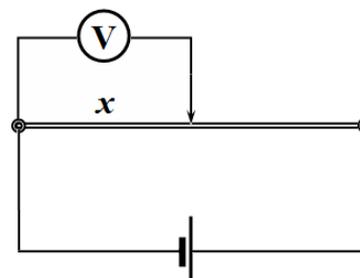


Рис. 2

1.2 Предложите простую формулу, описывающую полученную зависимость, найдите численные значения параметров этой формулы.

Часть 2. Как зависит сила тока от длины проволоки.

2.1 Соберите цепь, показанную на рис. 3. Измерьте зависимость силы тока $I_2(x)$ в этой цепи от длины подключенного участка проволоки x .

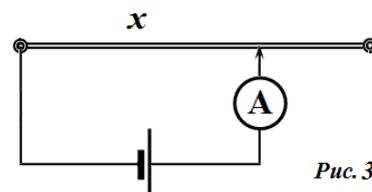


Рис. 3

2. Покажите, что найденная зависимость может быть описана формулой

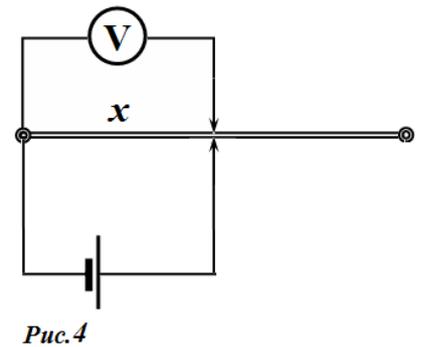
$$I_2 = \frac{a_2}{b_2 + x}, \quad (2)$$

где a_2, b_2 - постоянные величины. На основании экспериментальных данных определите численные значения этих коэффициентов.

Часть 3. Как сила тока зависит от напряжения.

3.1 Соберите цепь, показанную на рис.4, в которой батарейка подключается к той же точки провода, что и мультиметр. Измерьте зависимость напряжения от длины x участка проволоки в этом случае.

Измерения проведите при тех же значениях длины x , которые Вы использовали при измерениях силы тока в п.2.1.

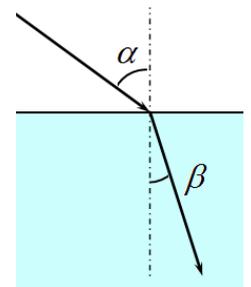


3.2 Используя данные полученные в п. 2.1 и п. 3.1 постройте график зависимости напряжения на участке проволоки x от силы тока через него.

3.3 Предложите простую формулу, описывающую полученную зависимость. Найдите численные значения параметров этой формулы.

Задача 2. Преломление света.

Если луч света проходит через границу двух сред, то он преломляется. Это явление вам знакомо, оно лежит в основе работы линз. Однако закон преломления света не совсем прост. Если закон отражения был известен уже древним грекам в 5 веке до н. э., то закон преломления был открыт 2000 лет спустя. Этот устанавливает связь между углом падения α и углом преломления β . Напоминаем, что в оптике углы отсчитываются от перпендикуляра (нормали) к поверхности в точке падения луча (см. рис.)



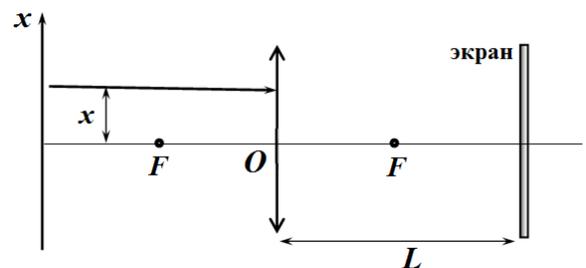
В данной работе вам необходимо исследовать количественно это явление, получить приближенный закон преломления света, а также изучить условия, при которых круговой цилиндр может считаться тонкой линзой.

Приборы и оборудование: Лазер с блоком питания, стеклянная чашка Петри, вода, разграфленный лист бумаги (с угломерной шкалой), линейка, пластилин (для крепления), молоко.

Часть 1. Прохождение света через «линзу».

1.1. Теоретическая задача.

Пусть луч света падает на тонкую линзу с центром O с фокусным расстоянием F параллельно его главной оптической оси на расстоянии x от главной оптической оси. На расстоянии L ($L > F$) от линзы находится экран, плоскость которого параллельна плоскости линзы. Постройте ход луча после преломления в линзе, укажите точку падения



луча на экран. Получите формулу, определяющую координату x_1 точки падения луча на экран.

1.2 Измерения.

Расположите лазер так, чтобы его луч шел параллельно столу на небольшом расстоянии от его поверхности и мог проходить через боковые стенки чашки Петри. Не забудьте заполнить ее водой полностью. Чашку Петри расположите в центре угломерной шкалы.

Будем считать, что чашка является тонкой линзой, плоскость которой проходит через центр чашки. Экран расположите за линзой так, чтобы луч, прошедший через чашку попадал на него (как показано на рисунке в Теоретической задаче). Проведите измерения зависимости координаты x_1 точки падения луча на экран от расстояния x .

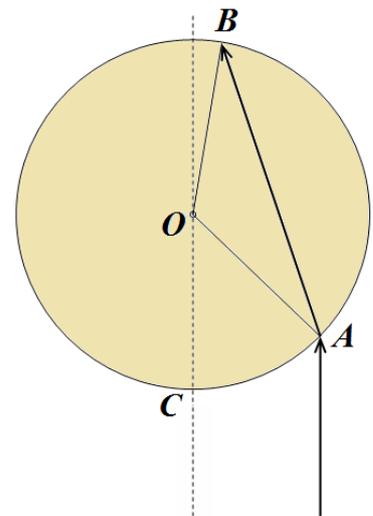
Расстояние L выберите самостоятельно. Не забудьте указать его в своей работе. При измерениях следите, чтобы при смещении лазера направление его луча не менялось.

Постройте график полученной зависимости. Укажите диапазон значений координаты x , при которых полученная вами в теоретической задаче формула является справедливой. Найдите фокусное расстояние линзы в этом диапазоне.

Часть 2. Закон преломления света.

Добавьте в чашку Петри маленькую каплю воды, так чтобы она слегка помутнела. В этом случае луч в чашке станет видимым сверху.

Расположите чашку Петри и направляйте луч лазера так, чтобы по угломерной шкале можно было измерять углы $\angle COA = \varphi$ и $\angle COB = \gamma$ (AB - видимый в чашке луч).



2.1 Укажите какой из углов, показанных на рисунке, является углом падения α , а какой углом преломления β . Запишите формулу, позволяющую по измеренным углам φ и γ рассчитать угол преломления β .

2.2 Смещая луч лазера (но не меняя его направления), измерьте зависимость угла преломления от угла падения $\beta(\alpha)$. Постройте график полученной зависимости.

2.3 Укажите при каких углах падения α угол преломления β оказывается прямо пропорциональным углу падения α . Для этого диапазона найдите отношение $\frac{\alpha}{\beta}$, которое называется показателем преломления воды.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя оргкомитета заключительного этапа
Республиканской олимпиады Заместитель Министра образования

_____ В.А. Будкевич

«__» декабря 2014 г.



Республиканская физическая олимпиада 2015 год (III 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. 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 1 «Хроматография»

Хроматография – метод разделения веществ, основанный на разной скорости движения растворов в пористой среде. Широко используется в химическом анализе, но основан на физических принципах. В данной работе вам необходимо исследовать основы этого метода.

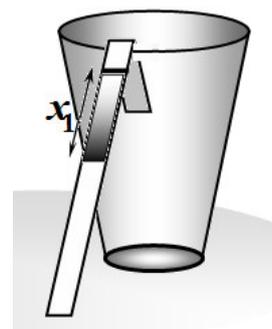
Приборы и оборудование: Два сосуда, один с чистой водой (№1), второй с раствором поваренной соли (№2), полоски фильтровальной бумаги с нанесенными цветными полосами, деревянная палочка, линейка, секундомер, простой карандаш.

Внимание: *намокание полосок фильтровальной бумаги происходит достаточно медленно – каждый эксперимент занимает 10-15 минут. Число выданных вам полосок также ограничено, поэтому тщательно планируйте свою работу по выполнению данного задания!*

Карандашом нанесите на все выданные вам полоски фильтровальной бумаги шкалы с интервалом в 0,5 см, начиная от нанесенной цветной полосы.

Пробное задание. Знакомство с эффектом.

Согните полоску с нанесенной черной полосой (и нанесенной вами шкалой) так, чтобы изгиб находился вблизи черной полосы. Поместите полоску на край стакана с водой (№1) так, чтобы короткий конец полоски был погружен в воду на глубину примерно равную 0,5 см. Вода начнет медленно двигаться по полоске. Когда она достигнет окрашенной нанесенной полосы и продолжит свое движение на полоске начнет появляться и смещаться окрашенная размытая сверху и достаточно резкая снизу окрашенная область. Пронаблюдайте этот эффект! В дальнейшем вам предстоит количественно исследовать движение края этой области, т.е. зависимость $x(t)$.



Также как описано выше поместите полоску фильтровальной бумаги в стакан с раствором поваренной соли (№2). В этом случае нанесенная краска по прошествии некоторого времени разделяется на две окрашенных по разному широким цветных полосы (красную и синюю). Движение границ этих полос Вам предстоит исследовать в части 3.

Часть 1. Движение вниз!

Повторите описанный в «пробном задании» эксперимент (естественно используйте другую полоску бумаги) с проведением измерений.

1.1 Измерьте зависимость координаты резкого края окрашенной области от времени $x_1(t)$.

Постройте график полученной зависимости.

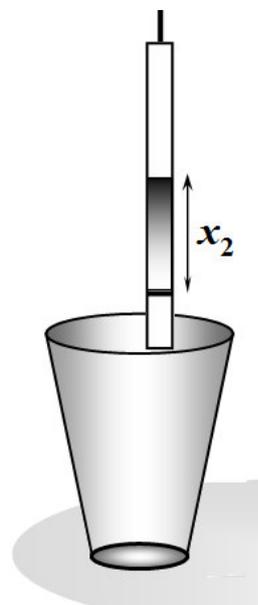
1.2 Рассчитайте среднюю скорость движения края на каждом отрезке (между нанесенными вами полу сантиметровыми делениями). Постройте график зависимости скорости движения этого края от его координаты $v(x)$. Предложите простую формулу для примерного описания полученной зависимости $v(x)$. На бланке, где построена

экспериментальная зависимость $v(x)$, постройте график предложенной Вами теоретической зависимости.

Часть 2. Движение вверх!

Исследуйте движение границы окрашенной области вверх, когда полоска расположена вертикально (закрепите ее на палочке, прикрепленной к стакану). В этом эксперименте также используйте полоску с черной полосой.

- 2.1 Измерьте зависимость координаты резкого края окрашенной области от времени $x_2(t)$. Постройте график полученной зависимости.
- 2.2 Рассчитайте среднюю скорость движения края на каждом отрезке (между нанесенными вами полу сантиметровыми делениями). Постройте график зависимости скорости движения этого края от его координаты $v(x)$.
- 2.3 Проверьте, выполняется ли найденная Вами в п.1.2 зависимость скорости от координаты в этом случае.



Часть 3. Кто быстрее!

В этой части используйте полоску фильтровальной бумаги с коричневой полосой. Полоску опускайте в стакан с раствором **поваренной соли** так, как описано в Пробном задании.

- 3.1 Измерьте зависимости координат краев этих полос от времени. Постройте графики полученных зависимостей.
- 3.2 Проверьте, можно ли считать скорости смещения краев окрашенных областей пропорциональными друг другу.

Задача 2 «Тянем резину»

В данной задаче необходимо экспериментально исследовать упругие свойства резинового жгута, в качестве которого используется рыбацкая резинка. Деформации такой резины не подчиняются закону Гука, но общие законы статики выполняются и в этом случае.

Приборы и оборудование: Резинка рыбацкая с петлями, набор грузов 6х100 г, измерительная лента, кнопка канцелярская.

В ходе измерений можно держать резинку с грузами и измерительную ленту в руках, а можно подвесить их на кнопку, закрепленную на торце стола.

Параллельное соединение.

- 1.1 Подвесьте резинку вертикально за один из концов, на второй конец подвешивайте грузы. Исследуйте зависимость удлинения резины Δl_1 от массы подвешенных грузов m .
- 1.2 Согните резинку вдвое и подвесьте сдвоенную резину вертикально. К середине сдвоенной резинки подвешивайте грузы. Измерьте зависимость удлинения сдвоенной резинки Δl_2 от массы подвешенных грузов.
- 1.3 Постройте на одном бланке графики полученных зависимостей $\Delta l_1(m)$, $\Delta l_2(m)$. Для каждой зависимости укажите диапазон масс грузов, в котором деформация резины приблизительно пропорциональна приложенной силе. Определите коэффициенты жесткости резинок в этих диапазонах.
- 1.4 Полученные зависимости, естественно, различаются, так как изменяются геометрические параметры резинок. Однако, можно ввести такие характеристики деформации резины и приложенной силы, что полученные зависимости будут одинаковыми и характеризовать свойства самой резины. Определите эти характеристики и на основании полученных экспериментальных данных (п.1.1 и п.1.2) покажите универсальность введенной вами зависимости.
- 1.5 Закрепите резинку вертикально за оба конца. Теперь грузы прикрепляйте в точке, которая делит резинку в пропорции 2:3 (см. Рис.) Для крепления грузов завяжите на резинке петлю из нитки. Естественно при таком креплении сначала будет растягиваться одна часть резинки, а затем обе. Измерьте зависимость удлинения такой системы от массы приложенных грузов.
- 1.6 Используя результаты, полученные в п.1.4 постройте график теоретической зависимости удлинения резинки описанной в п.1.5 от массы подвешенных грузов. Не забудьте кратко описать методику расчета теоретической зависимости. На этот же график нанесите экспериментальные точки, получены при измерениях в п.1.5.



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель председателя оргкомитета заключительного этапа
Республиканской олимпиады Заместитель Министра образования
_____ В.А. Будкевич
«__» ноября 2014 г.



Республиканская физическая олимпиада 2015 год (III 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. 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 1. «Вольтамперная характеристика воды»

Приборы и оборудование: сосуд с чистой водой и двумя электродами (медный и алюминиевый), мультиметр, реостат, постоянный резистор с известным сопротивлением, переключатель, соединительные провода, батарейка 4,5 В.

Стакан с водой и двумя электродами из разных металлов представляет собой гальванический элемент (на рисунке показано его обозначение на схемах). В данной работе вам предстоит исследовать этот элемент.



**Внимание! Электрические свойства воды изменяются при протекании тока.
Ток через воду пропускайте только во время проведения измерений!
Мультиметр используйте только в режиме вольтметра!**

Часть 1. ЭДС и внутреннее сопротивление?

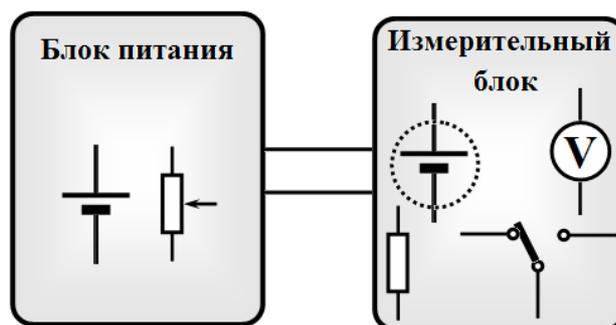
1.1 Измерьте напряжение на электродах вашего элемента при прямом подключении к нему мультиметра в режиме вольтметра. Измерения проведите при нескольких расстояниях между электродами. Можно ли считать это напряжение равным ЭДС источника?

В дальнейших измерениях расстояние между электродами должно быть максимальным (равным диаметру стакана), закрепите электроды на краях стакана!

1.2 Переключите мультиметр в режим измерения сопротивления. Измерьте показания мультиметра (в режиме омметра) при его подключении к электродам элемента. Объясните почему показания изменяются при изменении полярности подключения. Можно ли считать данные показания сопротивлением воды?

Часть 2. Электрическая схема.

В работе Вам предстоит изучить вольтамперную характеристику гальванического элемента, поэтому вам будет необходимо изменять напряжение на исследуемом элементе, а также измерять напряжение и силу тока. Поэтому электрическую схему можно разделить на две части – блок питания и измерительный блок. В качестве подсказки на рисунке показаны элементы, которые мы рекомендуем использовать в каждом блоке.



2.1 Предложите электрическую схему блока питания, позволяющую изменять напряжение в максимальном диапазоне. Учтите, что сопротивление переменного резистора (потенциометра) значительно меньше сопротивления исследуемых элементов.

2.2 Предложите электрическую схему измерительного блока, позволяющую с помощью одного вольтметра измерять как напряжение на гальваническом элементе, так и силу тока через него (естественно с использованием переключателя).

Часть 3. Измерительная.

3.1 Измерьте зависимость напряжения на гальваническом элементе от силы тока через него. Постройте график полученной зависимости. Не забудьте провести измерения при двух направлениях тока.

Условимся считать, положительными значениями силы тока, если он протекает от медного электрода к алюминиевому (аналогично для напряжения).

Часть 4. Эквивалентная схема гальванического элемента.

4.1 Источник электрического тока имеет две характеристики – ЭДС и внутреннее сопротивление. Поэтому реальный источник можно представить в эквивалентном виде: источник ЭДС с нулевым сопротивлением и резистор (без ЭДС). Нарисуйте эквивалентную схему источника, заменив его на два указанных идеальных элемента.

4.2 Для найденных диапазонов напряжений рассчитайте ЭДС и внутреннее сопротивление вашего гальванического элемента, оцените погрешности этих величин.

Задача 2. «Деформация изгиба»

Приборы и оборудование: Пружинка от шариковой ручки, две палочки от шашлыка длиной 20 см, штатив с лапкой, секундомер, транспортер, нить с грузом.

В данной работе необходимо исследовать деформацию изгиба пружинки от шариковой ручки. Для проведения измерений в пружинку вставлены две одинаковые деревянные палочки (для шашлыка), так чтобы они своими концами почти касались внутри пружинки. Мерой деформации пружинки служит угол изгиба (измеренный в радианах) - γ . При изгибе возникает момент сил упругости, стремящийся выпрямить пружинку (см. рис. 1).

В соответствии с обобщенным законом Гука момент возвращающей силы должен быть пропорционален углу изгиба, т.е.

$$M = K\gamma, \quad (1)$$

где K - постоянный коэффициент упругости.

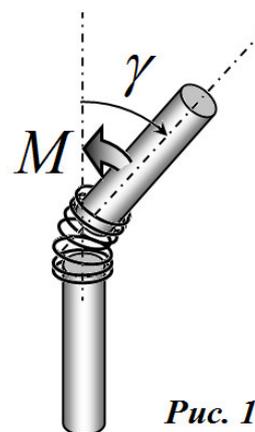


Рис. 1

Часть 1. Проверка закона Гука.

В данной части работы в качестве единицы момента силы используйте величину $M_0 = mg \frac{l}{2}$, где m, l - масса и длина палочки, $g = 9,8 \frac{м}{с^2}$ - ускорение свободного падения.

1.1 Не проводя никаких измерений (достаточно простых наблюдений), укажите, является ли коэффициент K в формуле (1) больше или меньше M_0 . Ответ обоснуйте.

Для экспериментальной проверки выполнимости закона Гука (1) предлагается использовать следующую установку (рис. 2). Одну из двух палочек (3) закрепите в лапке штатива (4). Вторая (2), прикрепленная к неподвижной палочке (3) с помощью исследуемой пружинки (1), может свободно колебаться. Для точного измерения углов используйте транспортер и отвес (5), привязанный к концу неподвижной палочки.

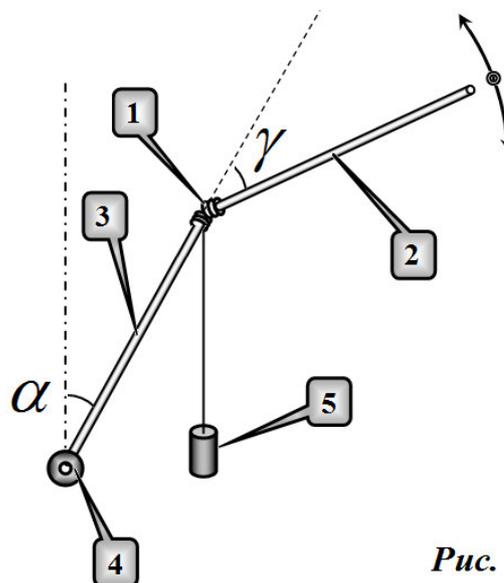


Рис. 2

1.2 Измерьте зависимость угла изгиба γ (в состоянии равновесия) от угла наклона α неподвижной палочки от вертикали. Постройте график полученной зависимости.

1.3 Запишите условие равновесия палочки (2), считая уравнение (1) справедливым.

1.4 Используя полученные экспериментальные данные, постройте график зависимости M момента сил упругости, возникающего в пружинке, от угла изгиба γ .

1.5 Укажите, при каких углах изгиба γ закон Гука выполняется. Определите коэффициент упругости пружинки K . Оцените погрешность этой величины.

При использовании единицы измерения момента силы M_0 речь идет об определении величины $\tilde{K} = \frac{K}{M_0}$.

Часть 2. Колебания стержня.

В данной части задачи исследуются колебания подвижного стержня (2) при различных углах наклона α неподвижного стержня (3). Следите, чтобы колебания происходили в вертикальной плоскости.

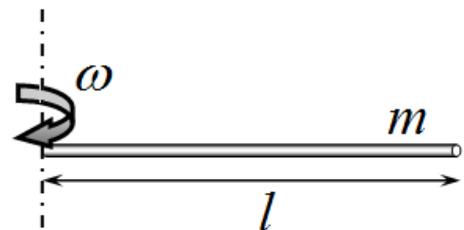
2.1 Покажите, что период малых колебаний стержня определяется формулой

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g(\tilde{K} - \cos(\alpha + \gamma))}}, \quad (2)$$

где l - длина подвижного стержня, \tilde{K} - найденный в первой части коэффициент жесткости пружинки, γ - угол изгиба пружинки в положении равновесия.

Подсказка: Кинетическая энергия тонкого однородного стержня, вращающегося с угловой скоростью ω вокруг оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его конец равна

$$E = \frac{ml^2}{6} \omega^2.$$



2.2 Измерьте зависимость периода колебаний $T(\alpha)$ подвижного стержня в вертикальной плоскости от угла наклона неподвижного стержня α . Проверьте выполнимость формулы (2). Используя полученные данные, определите коэффициент \tilde{K} . Сравните это значение со значением, полученным в первой части работы.