.

Республиканская физическая олимпиада 2020 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 сомнении 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!

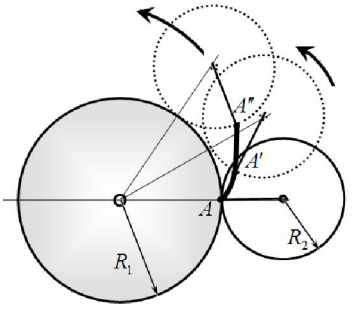
Данный комплект заданий содержит:
- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (11 стр.).

Задание 9-1. Катится колесо

Выполнение этого задания требует большого терпения и предельной аккуратности!

Приборы и оборудование: циркуль, ножницы, линейка, бумага.

В данном задании вам предстоит экспериментально исследовать траектории, которые описывает точка, находящаяся на ободе диска, который катится по поверхности другого неподвижного диска без проскальзывания.



Так на рис. 1 диск радиуса R_2 обкатывает без проскальзывания неподвижный диск радиуса R_1. На рис. 1 показано несколько положений подвижного колеса, положения движущейся точки A, A′, A″ и участок траектории этой точки. Линия траектории в данном случае называется эпициклоидой.

Подвижный диск может катиться и по внутренней поверхности неподвижного диска (рис. 2). В этом случае траектория называется гипоциклоидой.

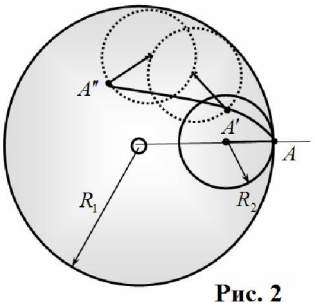


Рис. 2

Справка из Википедии:
Эпицикло́ида (от др.-греч. πί — на, над, при и κύκλος — круг, окружность) — плоская кривая, образуемая фиксированной точкой окружности, катящейся по внешней стороне другой окружности без скольжения.
Гипоцикло́ида (греч. πό (под, внизу) + κύκλος (круг, окружность)) — плоская кривая, образуемая точкой окружности, катящейся по внутренней стороне другой окружности без скольжения.

Вид рассматриваемых траекторий зависит от отношения радиусов катящегося и неподвижного дисков $\frac{R_2}{R_1}$. Если это отношение является рациональным числом, то траектория является замкнутой (именно такие траектории рассматриваются в данном задании).

Для построения траекторий используйте бумажные подвижные диски, нарисованные на отдельном бланке. Вам необходимо самостоятельно и аккуратно их вырезать. На каждом диске нанесена угломерная шкала: полный угол разбит на 48 равных частей. Внимательно следите, какой диск предназначен для, какой части задачи.

Неподвижные диски нарисованы на отдельных листах (их вырезать не надо). Построения выполняйте на этих листах (не забудьте их сдать). Эти диски также снабжены аналогичной угломерной шкалой. Для всех дисков «рабочей поверхностью» является внешняя окружность. Для измерения длин траекторий используйте циркуль и линейку.

В данном задании для вас приготовлены отдельные бланки (листы) для каждой части задачи. Все построения выполняйте на этих листах. Результаты измерений приводите на этих листах в специальных таблицах. Необходимые расчеты и ответы на поставленные вопросы приводите на рабочих листах.

Часть 1. Как измерить длину кривой линии

С помощью циркуля и линейки измерить длину кривой абсолютно точно невозможно! Однако в физических экспериментах все измерения проводятся с некоторой погрешностью. Вместо длины кривой измеряется длина некоторой ломанной, вписанной в измеряемую кривую. Такая замена приводит к появлению систематической погрешности.

В этой части работы Вы должны оценить число звеньев ломанной (длины которых измеряются), обеспечивающих требуемую точность измерения длины кривой.

В данной Части работы допустимо вместо измерения, провести теоретические расчеты.

Обратите внимание на интересную особенность данного задания:
Традиционно: проводят измерения, а потом оценивают их погрешность; в данном задании Вы должны так провести измерения, чтобы их погрешность не превышала заданную величину!

На рабочем бланке 1 нарисован круг, разбитый на 48 равных секторов. Вам необходимо измерить длину окружности, ограничивающий этот круг.
Если в окружность вписать правильный n- угольник, то при большом числе сторон этого многоугольника его периметр примерно будет равен длине окружности.

1.1 Измерьте диаметр окружности и рассчитайте ее длину L_0. Оцените погрешность найденного значения длины окружности.
1.2 Измерьте длины периметров L_n правильных n-угольников (начиная с $n = 3$), вписанных в данную окружность.
1.3 Для каждого n рассчитайте относительную систематическую погрешность ε_n, возникающую из-за замены окружности n-угольников.
1.4 Укажите, при каких значениях n систематическая погрешность не превышает 5%.
1.5 Укажите, при каких значениях n систематическая погрешность оказывается меньше погрешности традиционного измерения (и расчета) длины окружности, проведенного вами в п. 1.1.

Полученные результаты используйте при последующих измерениях.

Далее все измерения следует проводить с погрешностью,
не превышающей 5%.
Далее оценка погрешностей не требуется!

Часть 2. Качение внутри окружности (гипоциклоиды)

Диск катится без проскальзывания внутри диска, радиус которого в два раза больше радиуса подвижного диска. Начальное положение точки A показано на рис. 3.

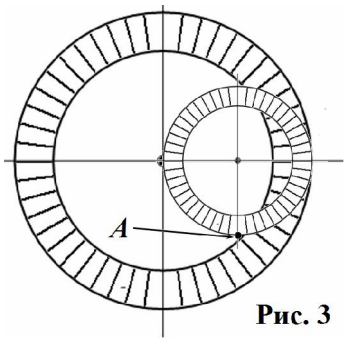


Рис. 3

2.1 Постройте траекторию точки A. Кратко опишите методику построения траектории. Определите, какой путь пройдет точка A, пока подвижное колесо вернется в начальное состояние?

Для выполнения следующего задания используйте диск меньшего диаметра, изображенный на листе для вырезания. Этот диск также обкатывает без проскальзывания неподвижный диск изнутри.

2.2 Постройте траекторию точки, находящейся на краю подвижного диска, пока эта выбранная точка не вернется в исходное состояние. Кратко опишите методику построения. Измерьте длину этой траектории. Кратко опишите методику измерения (или расчета) длины траектории.

Часть 3. Качение снаружи окружности (эпициклоиды)

Подвижный диск (надо вырезать) обкатывает без проскальзывания неподвижный снаружи (рис. 4).

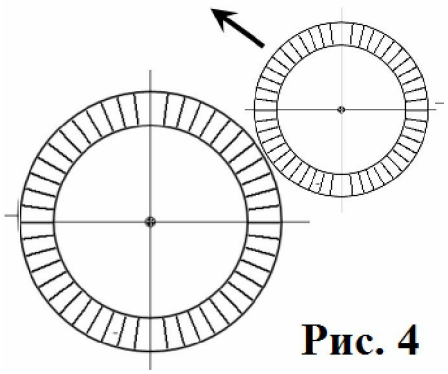
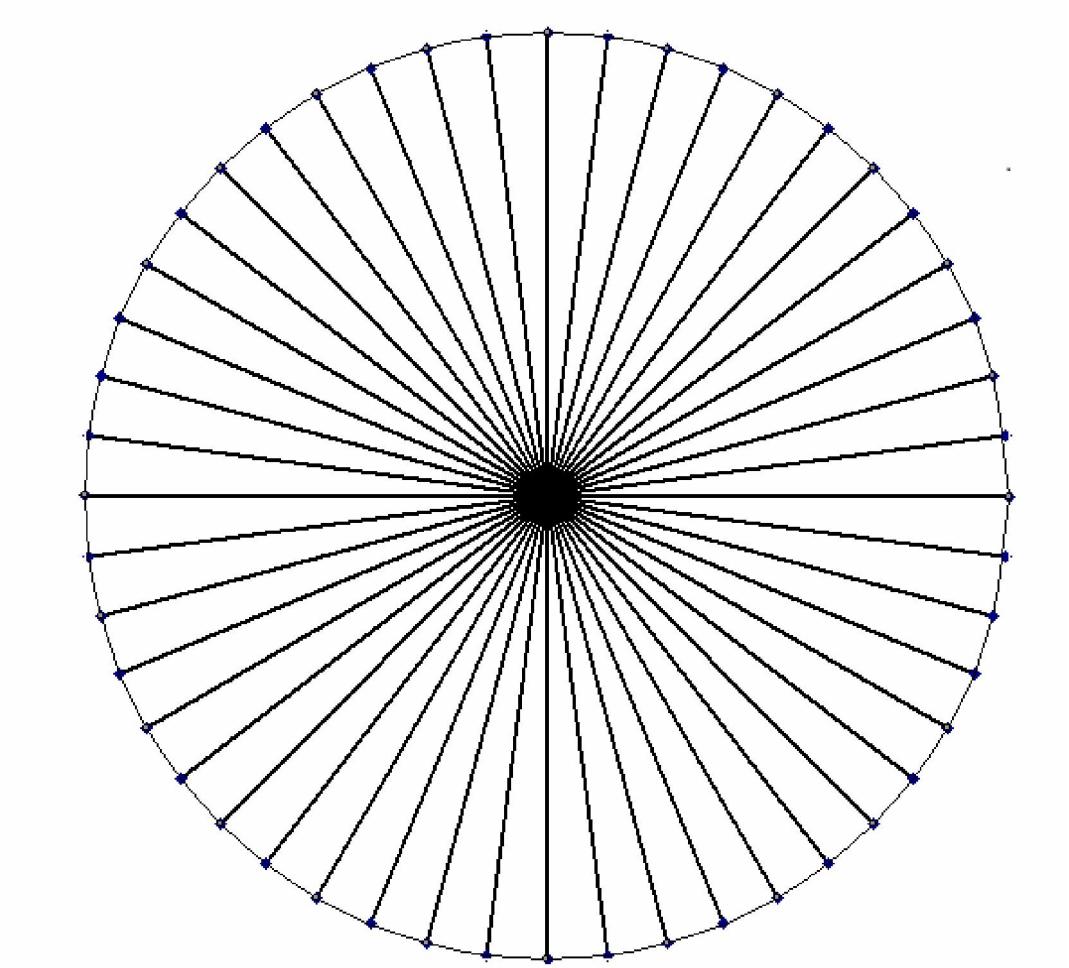


Рис. 4

3.1 Постройте траекторию точки, находящейся на краю подвижного диска, пока эта выбранная точка не вернется в исходное состояние. Кратко опишите методику построения. Измерьте длину этой траектории. Кратко опишите методику измерения (или расчета) длины траектории.

Лист для выполнения Части 1.



1.1 Измерение диаметра окружности

Обработку результатов приведите на рабочих листах.

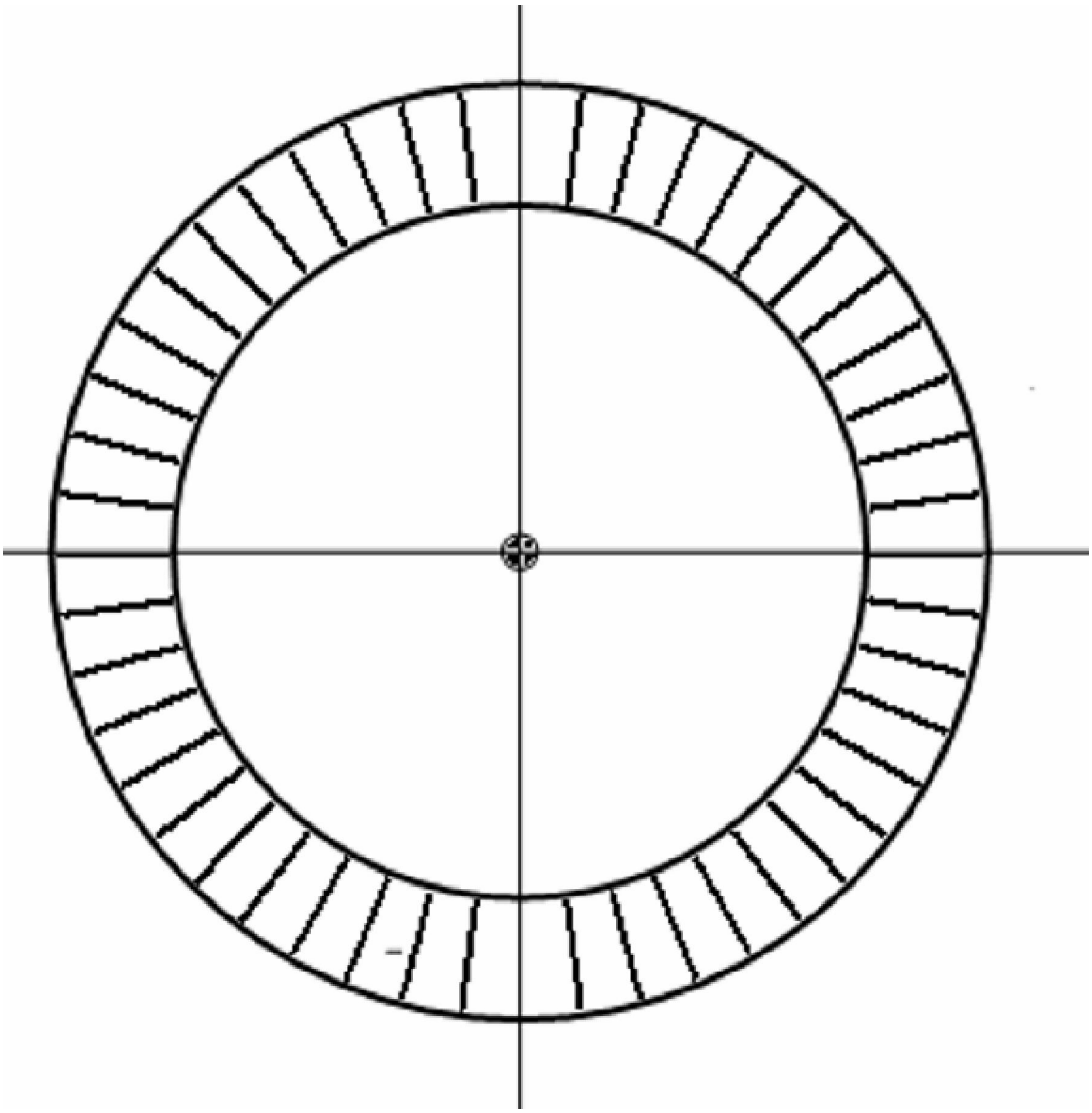
Окончательный результат измерения длины окружности

$L_0 =$

1.2 Результаты измерений длин периметров

n										
L_n										
ε_n										

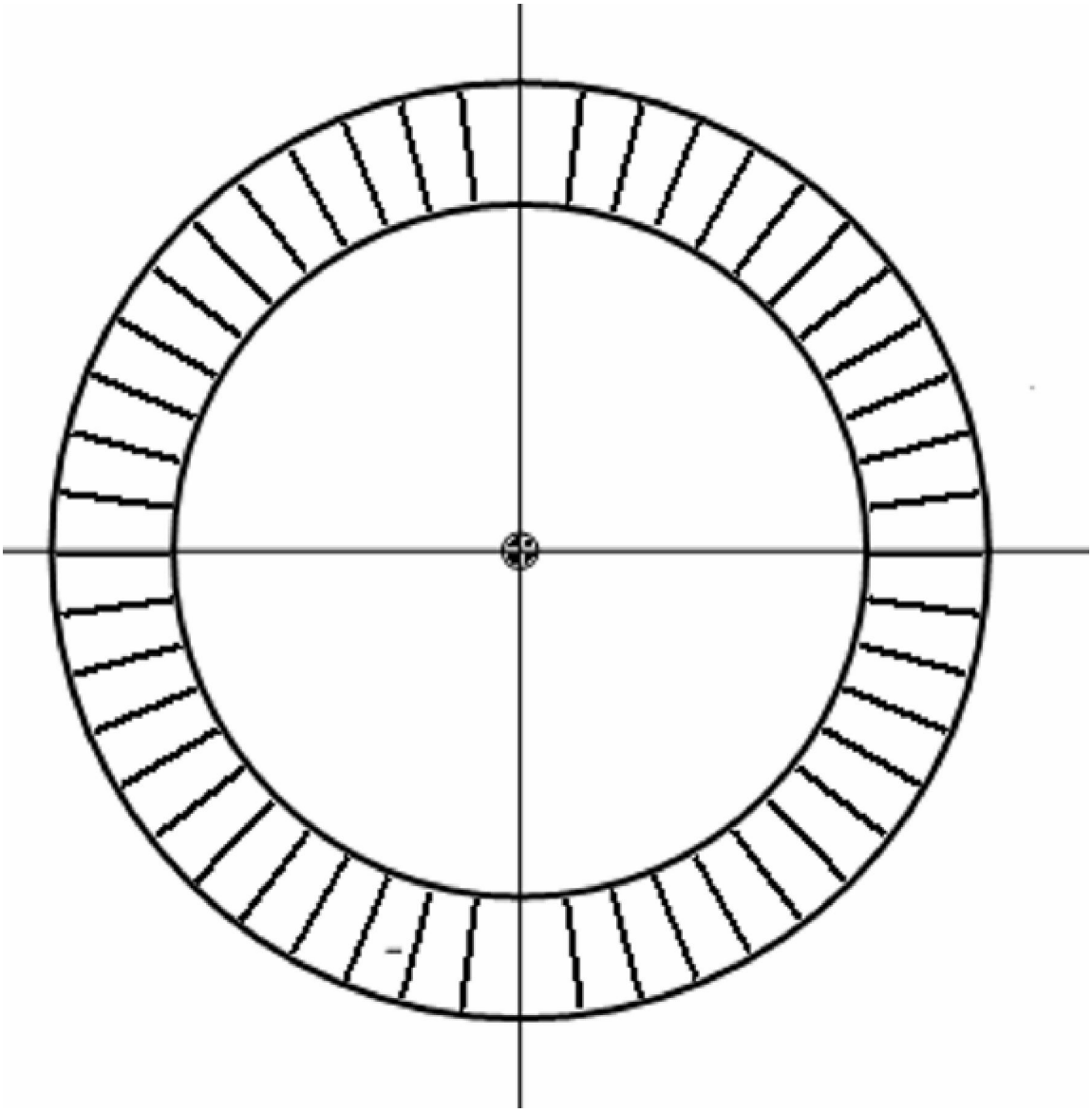
Лист для выполнения задания 2.1



Пройденный путь

$S =$

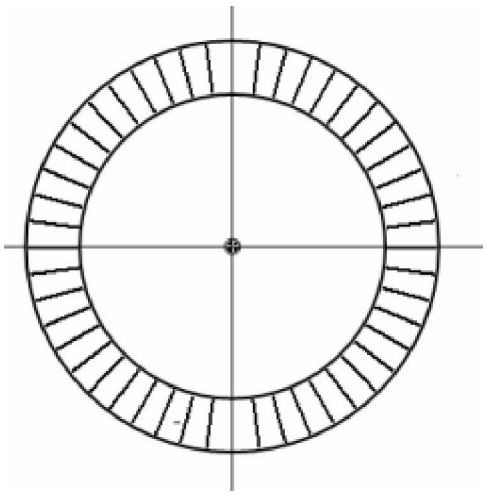
Лист для выполнения задания 2.2



Пройденный путь

$S =$

Лист для выполнения задания 3.1

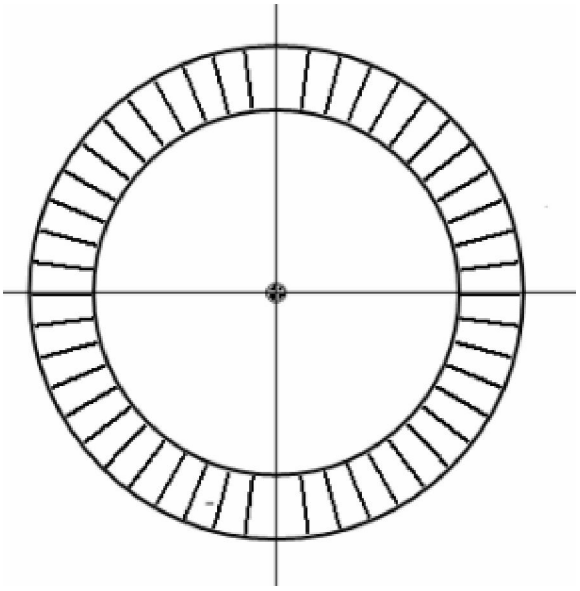


Пройденный путь

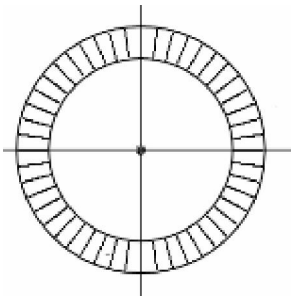
$S =$

Лист для вырезания дисков.

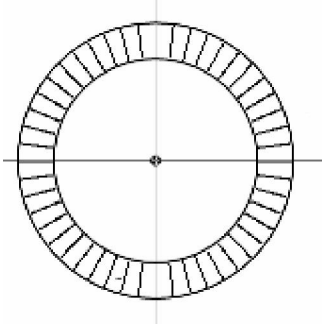
К заданию 2-1.



К заданию 2.2



К заданию 3.1



Задание 9-2. Изучение линии электропередачи

Часть 1. Сопротивление линии передачи

Соедините два проволочных резистора последовательно.

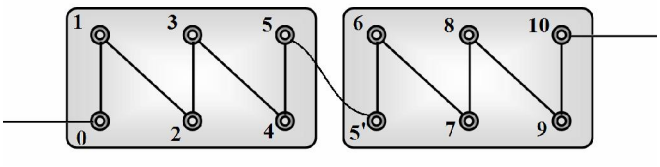


Рис. 1

1.1 Измерьте сопротивления всех звеньев резисторов $r_{01}, r_{02}, ...r_{9\ 10}$. Считая, что все эти сопротивления должны быть одинаковы, рассчитаете среднее значение сопротивления одного звена r_0. Оцените погрешность найденного значения Δr_0.

В дальнейших частях задачи расчет погрешности не требуется!

Исследованные вами проволочные резисторы далее используются как модель линии электропередач.

Источник напряжения всегда подключайте к «нулевым» клеммам.

Напряжение источника обозначим U_0. Перед каждой серией измерений вам необходимо измерить это напряжение и привести его в своей работе, так как это напряжение может изменяться по мере разрядки источника.

В качестве моделей потребителей используются реостаты. Их также подключайте симметрично. В Части 2 изучается схема с одним потребителем (Рис. 2). Вы можете изменять сопротивление нагрузки R_1 (двигая движок реостата) и общее сопротивление цепи электропередачи r.

Под величиной r подразумевается общее сопротивление линии передачи. Так на рис. 2 это сопротивление равно $r = 4r_{0/}$. Подключение не обязательно должно быть симметричным.

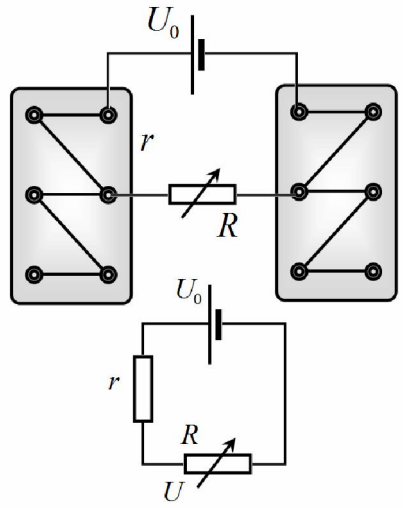


Рис. 2

В Части 3 исследуется схема с двумя потребителями (она также может быть не симметричной)

На рис.3 показано, как собрать такую установку, и приведена ее эквивалентная схема. В данной схеме вы r_1 - общее сопротивлении до первого потребителя, на схеме $r_1 = 4r_0$. Общее сопротивление участка линии от первого то второго потребителя обозначено r_2. На приведенном рисунке $r_2 = 6r_0$.

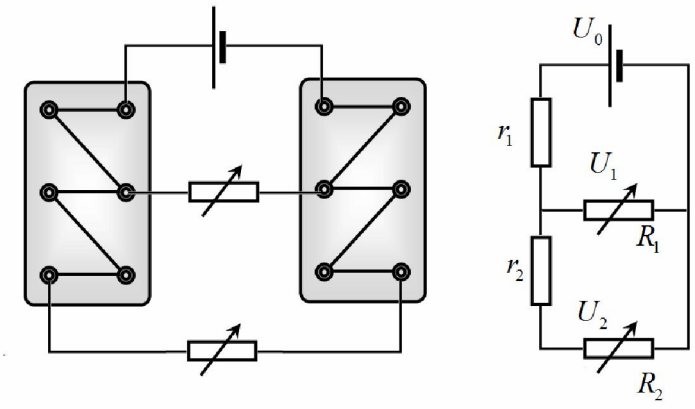


Рис. 3

Будьте внимательны! Схемы на рис. 2-3 приведены для примера, читайте условия соответствующих частей задачи, в которых указаны значения параметров, при которых вы должны проводить измерения!

Часть 2. Один потребитель.

В данной части Вам необходимо исследовать зависимость напряжения U на нагрузке и мощности, выделяющейся на ней P, от ее сопротивления R. Измерения проводите по схеме, показанной на рис. 2.

Установите сопротивление линии передачи $r = 2r_0$.
и не изменяйте его при выполнении заданий этой части!

2.1 Приведите схему измерений, на которой укажите, как вы подключали проволочные реостаты линии передачи. Также на схеме укажите положение ключа, позволяющего, не изменяя подключения омметра, измерять напряжение на нагрузке и ее сопротивление (конечно, вам необходимо переключать режим работы омметра: «измерение напряжения», «измерение сопротивления»).

2.2 Измерьте и укажите напряжение источника U_0.

2.3 Проведите измерения зависимости напряжения на нагрузке U от ее сопротивления R. Постройте график полученной зависимости.

2.4 Используя полученные экспериментальные данные, постройте график зависимости мощности, выделяющейся на нагрузке P, от ее сопротивления R. Постройте график полученной зависимости.

2.5 Приведите теоретическую формулу $P(R)$, описывающую зависимость мощности, выделяющейся на нагрузке P, от ее сопротивления R. На том же бланке постройте график теоретической зависимости $P(R)$.

2.6 Объясните возможные причины расхождений между теоретической и экспериментальными зависимостями.

Часть 3. Два потребителя

В данной части работы вы должны показать, что нагрузка одного потребителя влияет на напряжение (следовательно, и на мощность) второго потребителя.

Измерения проводите по схеме, изображенной на рис. 3.

Вам необходимо измерить напряжений у первого и второго потребителей U_1 и U_2 в зависимости от сопротивления нагрузки первого потребителя R_1, при постоянном сопротивлении нагрузки второго потребителя R_2.

При изменении и измерении сопротивлений и напряжений вам предстоит постоянно переключать подключение мультиметра.

Измерения проводите при следующих значениях параметров:
Сопротивления участков линии электропередачи $r_1 = r_2 = r_0$;
Сопротивление нагрузки второго потребителя $R_2 = 4{,}0$ Ом

3.1 Нарисуйте схему измерений, на которой укажите, где необходимо поместить ключ, чтобы при измерениях не отключать элементы от цепи.

Укажите на схеме, где необходимо подключать мультиметр, для измерения напряжений на нагрузках обоих потребителей и сопротивление нагрузки первого потребителя.

3.2 Измерьте и укажите напряжение источника U_0.

3.3 Измерьте зависимости напряжений у первого U_1 и второго потребителей U_2 от сопротивления нагрузки первого потребителя R_1. Постройте на одном бланке графики полученных зависимостей $U_1(R_1)$, $U_2(R_1)$.

3.4 Рассчитайте мощность, выделяемые у каждого из потребителей $P_1(R_1)$, $P_2(R_1)$. Постройте графики полученных зависимостей.

3.5 При каком соотношении между сопротивлениями цепи мощности у обоих потребителей будут равны? Выполняется ли это условие в вашем эксперименте?

.

Республиканская физическая олимпиада 2020 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 сомнении 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 (6 стр.).

Задание 10-1. Изгиб поверхности

Оборудование: дощечка (длина 40 – 60см), монета 1коп., мерная лента, линейка (30 – 40см), транспортир, штатив, скотч тонкий, ножницы, полоски бумаги (ватман).

Соберите самостоятельно установку для проведения измерений по приведенной Инструкции.

В тексте условия используются обозначения, приведенные на рисунке 1.

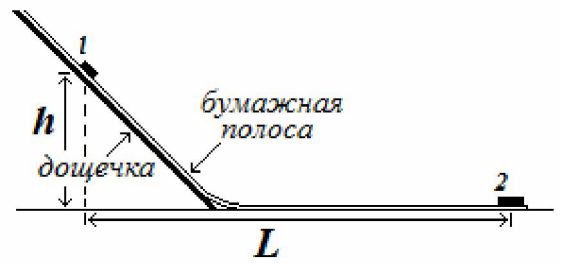


Рисунок 1.

Часть 1. Измерения коэффициента трения.

1.1 Определите угол наклона плоскости α_0, при котором монета начинает скользить по бумаге.
1.2 Определите коэффициент трения μ_1 монеты о бумагу.
1.3 Определите погрешности измерения коэффициента трения.

Часть 2. Скольжение монеты

Описание движения тела по наклонной плоскости хорошо известно. Если поверхность, по которой скользит тело, не является плоской (изогнута), то на таких участках сила нормальной реакции не равна нормальной составляющей силы тяжести из-за наличия центростремительных ускорений. Это приводит к дополнительным потерям механической энергии движущегося тела.

Изучение этих дополнительных потерь, обусловленных движением по искривленному участку при переходе от наклонной к горизонтальной плоскостям, является одной из главных целей данной работы.

2.1.1 (Теория) Рассчитайте зависимость полного горизонтального смещения монеты L от начальной высоты h: L(h), пренебрегая дополнительными потерями механической энергии монеты при ее скольжении по участку изгиба.
2.1.2 Укажите, изменяется ли полученная зависимость при изменении угла наклона плоскости.

2.2.1 Проведите измерения зависимости горизонтального смещения монеты от ее начальной высоты L(h) При некотором значении угла наклонной плоскости α, Укажите значения угла, при котором вы проводили измерения.
2.2.2 Постройте график полученной зависимости.
2.2.3 Аппроксимируйте полученную зависимость линейной функцией. Рассчитайте параметры этой линейной зависимости. Оцените их погрешности.
2.2.4 Используя полученную зависимость, найдите значение коэффициента трения монеты о бумагу.

2.2.5 Укажите, подтверждают ли результаты измерений теоретическую формулу, полученную вами в п. 2.2. Также укажите, совпадают ли значения коэффициентов трения полученные в этой части и ранее в Части 1.

На результаты измерений оказывают влияние многие случайные факторы. Поэтому при фиксированных условия проводите измерения смещения L несколько раз и усредняйте их.

Далее вам необходимо приблизительно учесть дополнительные потери механической энергии, возникающие при движении по искривленному участку траектории. Не стремитесь получить точное решение данной задачи, оно очень сложной. Достаточно провести приближенные расчеты (оценки) и установить вид зависимости дополнительных потерь от начальной высоты монеты.

2.3.1 (Теория) Оцените дополнительные потери механической энергии монеты, возникающие при движении по искривленному участку. Приближенно этот участок можно считать дугой окружности.
2.3.2 .Определите, как влияют эти дополнительные потери на вид зависимости $L(h)$, а также на параметры ее линейной аппроксимации (приближения).
2.3.3 Укажите, при каких значениях угла наклона α дополнительные потери энергии становятся пренебрежимо малыми.

2.4.1 Проведите измерения зависимости $L(h)$ при нескольких значения угла наклона плоскости α. Постройте графики зависимостей $L(h)$ при различных значениях α.
2.4.2 Считая, что полученные зависимости являются линейными, рассчитайте коэффициенты их наклона. (погрешности в данной части рассчитывать не требуется).
2.4.3. Используя полученные данные, оцените к какому значению стремятся коэффициенты наклона графиков при α, стремящемся к нулю.
2.4.4 Используя все полученные данные, оцените по ним значения коэффициента трения и сравните его со значением, найденным в Части 1.

Инструкция к экспериментальной установке для задачи «Изгиб поверхности»

Бумажные полосы изготавливаются организаторами олимпиады из листа ватмана (формат А1)

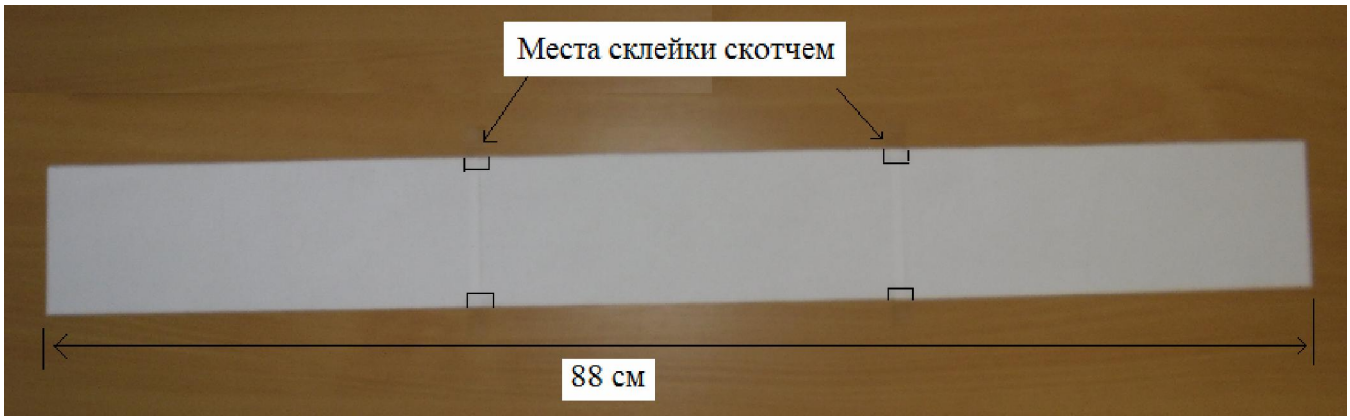


Рисунок 1

Важно!!!, Скотч не должен быть наклеен поперек по ширине всей полосы. Обязательно после изготовления первой полосы проверьте, как будет скользить по ней монета.

Полосы не должны быть измяты или волнисты (рис. 2)

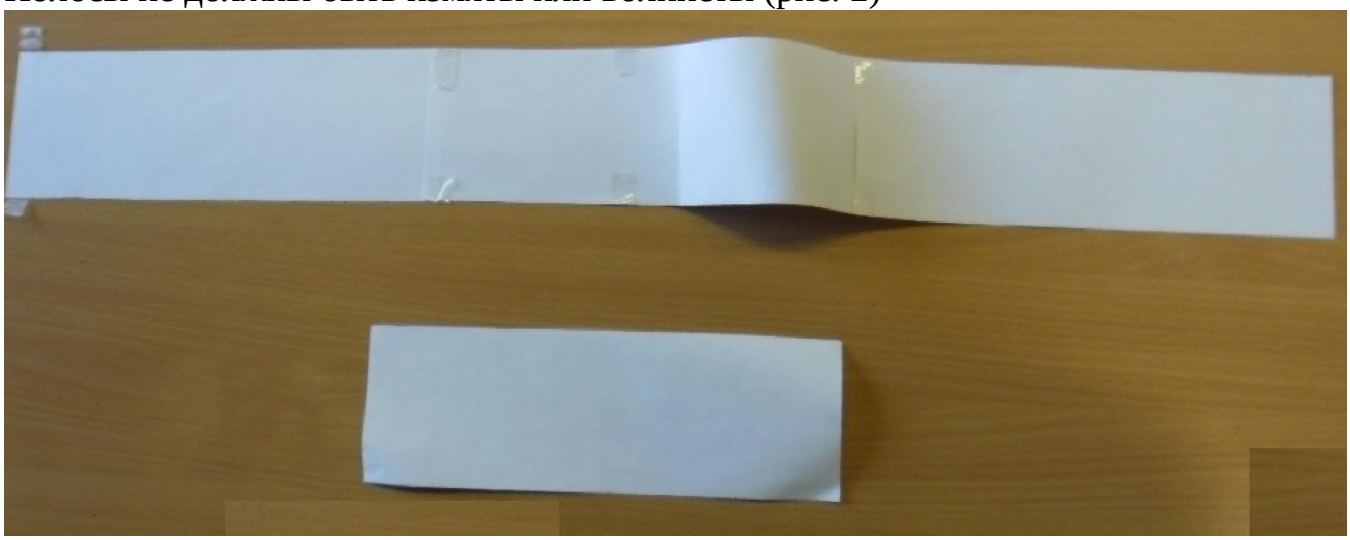


Рисунок 2. Таких полос не должно быть!!!

.

Прикрепите бумажную полосу скотчем на дощечку как показано на рисунке 3.

Скотч должен крепить бумажную полосу только у боковых сторон дощечки на ширину не более 1,0см. Скотч не должен быть наклеен поперек по ширине всей полосы, это будет препятствовать движению монеты. Так же бумажную полосу нужно прикрепить у нижнего края наклонной плоскости с обеих сторон

дощечки на расстоянии 3,0см от нижнего края. Это необходимо для того, чтобы результат исследования получился таким, как задумано авторами задачи.

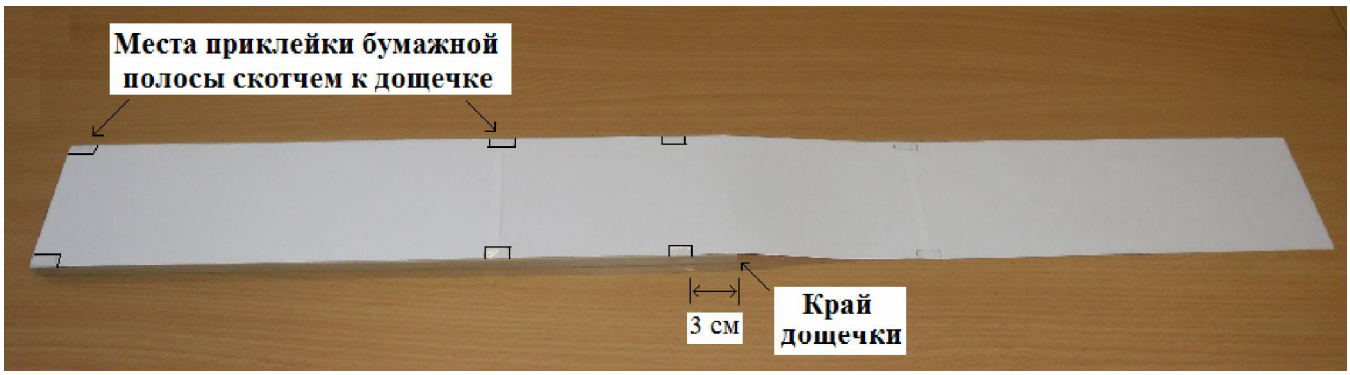


Рисунок 3

Далее закрепите дощечку в лапке штатива как показано на рисунке 4.

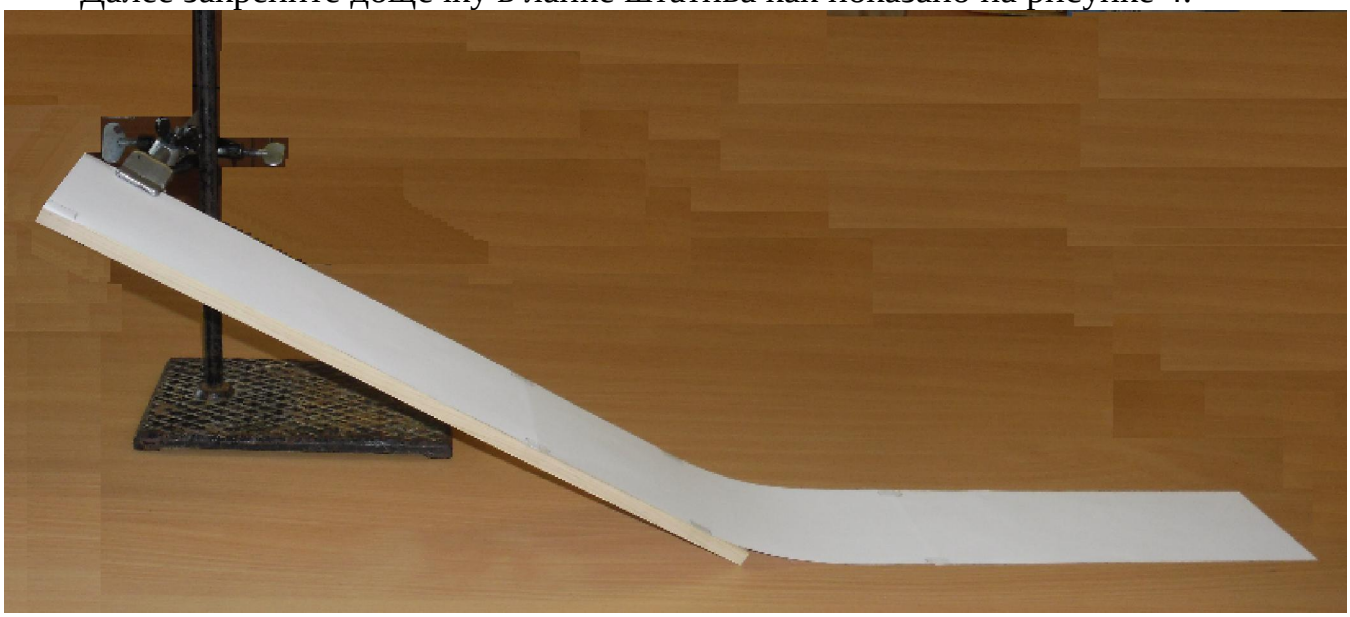


Рисунок 4

Важно!!! Часть бумажной полосы, лежащей на столе скотчем не закреплять!

Задание 10-2. Намокание и высыхание

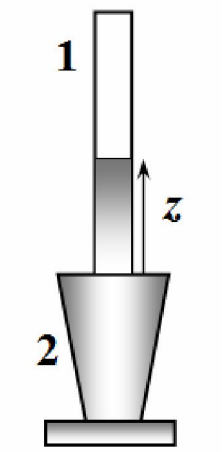
Приборы и оборудование: штатив с лапкой, нитки (примерно 1 м); спица 30-40 см ; стакан одноразовый 200 мл – 2 штуки, секундомер электронный, линейка измерительная 40 см, кусок пластилина, 6 полосок бумаги 1х20 см.

Целью данной работы является исследование движение воды по пористой бумаге. Это движение является медленным, поэтому проведение измерений требует достаточного времени. Внимательно прочитайте условие задания, составьте разумный план работы, возможно, вам удастся некоторые эксперименты проводить одновременно..

Оценка погрешностей в данной работе не требуется.

1. Намокание.

Закрепите полоску бумаги вертикально в лапке штатива, нижний край полоски опустите в стакан с водой, так чтобы он едва касался поверхности воды. На край полоски бумаги можете нанести шкалу карндашом, так чтобы она не влияла на движение воды.



1.1 Проведите измерения зависимости высоты подъема границы влажной части полоски от времени $z_1(t)$.
1.2 Постройте график полученной зависимости.
1.3 Предложите простую функцию, описывающую полученную зависимость. Определите параметры этой зависимости.
1.4 Дайте качественное объяснение полученной зависимости.

2. Стекание

Если полоску бумаги, использованную в части 1 данного задания, вынуть из воды, то граница влажной части полоски начнет медленно опускаться.

2.1 Проведите измерения зависимости высоты границы влажной части полоски от времени $z_2(t)$.
2.2 Постройте график полученной зависимости.
2.3 Предложите простую функцию, описывающую полученную зависимость. Определите параметры этой зависимости.
2.4 Проведите сравнение зависимостей $z_1(t)$ и $z_2(t)$, дайте качественное объяснение обнаруженным отличиям в этих зависимостях.

3. Высыхание.

В данной части вам необходимо исследовать зависимость массы влажной полоски бумаги от времени в следствие испарения воды.

Самостоятельно сконструируйте рычажные весы (используя спицу (ее можно изгибать), нитки, штатив и другие материалы), позволяющие наблюдать изменение массы мокрой полоски с течением времени. От вас не требуется точное измерение масс – достаточно измерить вид ее зависимости от времени.

3.1 Приведите схему ваших весов, а также результат их градуировки.

Полностью смочите полоску бумаги водой. Следите, чтобы при подвешивании этой полоски капли воды с нее не капали, при необходимости слегка осушите полоску с помощью салфеток.

3.2 Измерьте зависимость массы (можно в относительных единицах) влажной полоски бумаги от времени.
3.3 Постройте график полученной зависимости.
3.4 Дайте качественное объяснение полученной зависимости.

.

Республиканская физическая олимпиада 2020 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 сомнении 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 (5стр.).

Задание 11.1 Кольцевая цепь

Приборы и материалы: два одинаковых проволочных резистора, постоянный резистор с сопротивлением 2,0 Ом, источник электрического тока, мультиметр, соединительные провода.

Часть 1. Подготовительная.

В этой части по каждому вопросу:
кратко опишите методику проведения измерений, приведите расчетные формулы, результаты измерений, при необходимости представьте их в графической форме, результаты обработки результатов измерений и окончательный результат.

1.1 Измерьте с максимальной точностью среднее сопротивление одного звена проволочного резистора. Оцените погрешность найденного значения.

1.2 Измерьте с максимальной точностью ЭДС ε и внутреннее сопротивление r выделенного вам источника электрического тока.

Далее оценка погрешностей не требуется.

Часть 2. Кольцевая схема.

Из двух проволочных резисторов соберите кольцевую схему. Источник тока подключите к клеммам 0 и 4. (Рис. 1)
Потенциал клеммы «0» примем равным нулю:
$\varphi_0 = 0$

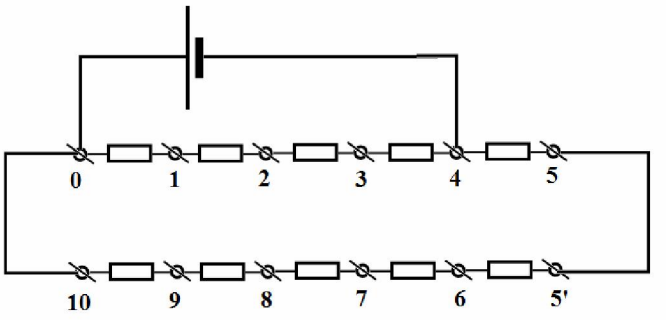


Рис. 1

2.1 Измерьте потенциалы всех клемм в приведенной схеме φ_n. Постройте график полученной зависимости. Укажите, как вы измеряли потенциалы точек.

Рекомендуем график строить в относительных единицах, таких, чтобы расчет графиков (особенно теоретических зависимостей) предельно упрощался. Если вы используете такие относительные единицы, то не забудьте указать их в своей работе.

2.2 Получите формулу, описывающее распределение потенциала, полученное экспериментально. На том же бланке постройте график теоретической зависимости. Укажите возможные причины отклонений между теоретическими и экспериментальными значениями.

Часть 3. Кольцевая цепь с перемычкой.

В схеме, приведенной на рис.1, соедините проводником клеммы 2 и 8. (рис. 2) .

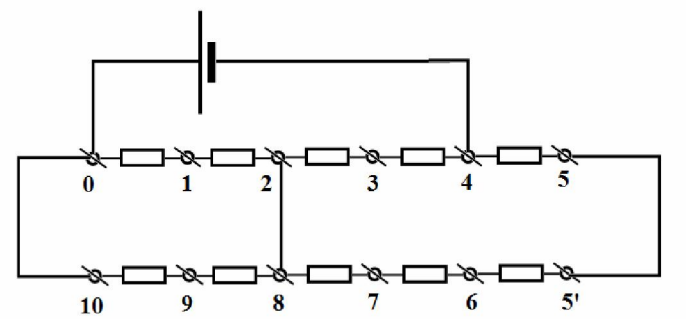


Рис. 2

3.1 Измерьте потенциалы всех клемм в приведенной схеме φ_n . Постройте график полученной зависимости.

3.2 Получите формулу, описывающее распределение потенциала, полученное экспериментально. На том же бланке постройте график теоретической зависимости.

Часть 4. Мостовая схема

4.1 Измерьте сопротивление постоянного резистора R .

В данной части изучается мостовая схема, широко используемая в различных измерительных схемах. Для создания такой схемы точку 2 соедините с помощью постоянного резистора R с остальными точками кольцевой схемы $n = 4,5,...10$. Параллельно к резистору подключите мультиметр в режиме измерения напряжения.

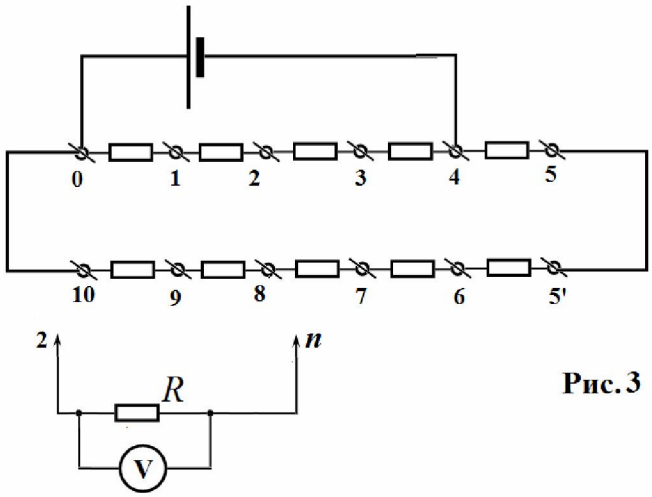


Рис. 3

4.2 Измерьте зависимость напряжения на постоянном резисторе R от номера второй точки подключения n . Постройте график полученной зависимости.

4.3 Используя данные, полученные в предыдущих пунктах, качественно объясните полученную зависимость. Укажите также на существенные, на ваш взгляд, особенности данного графика.

Задание 11-2. Установление вида зависимости

Описание установки.

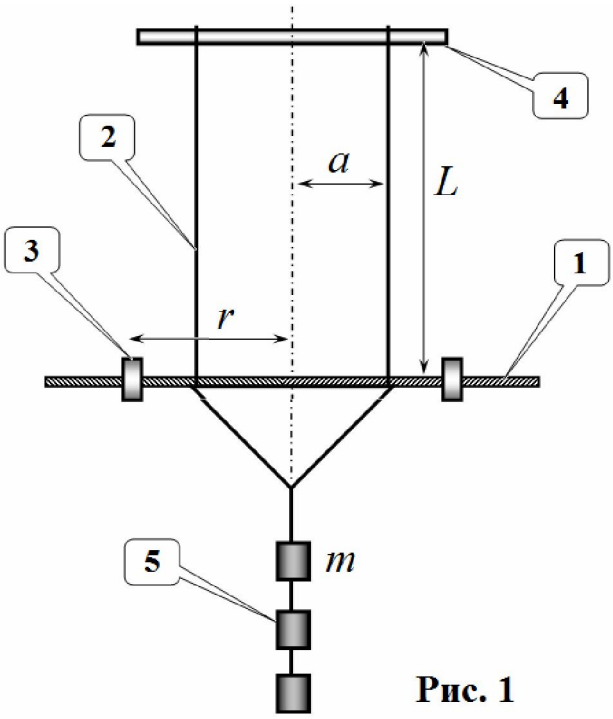


Рис. 1

В данной задаче исследуются малые колебания крутильного маятника. Схема маятника показана на рис. 1

Металлический стержень с резьбой 1 подвешен симметрично на двух вертикальных нитях 2. Нити располагаются вертикально на расстоянии a от оси маятника. Длину нитей обозначим L. По стержню можно передвигать две гайки 3, расположенные симметрично на расстоянии r от оси маятника. Верхние концы нити привязаны к стержню 4 (в качестве которого используется карандаш), который закрепляется горизонтально в лапке штатива (на рис. 1 не показан). К стержню снизу могут прикрепляться дополнительные грузы 5, общая масса которых равна m.

В работе необходимо измерять период крутильных колебаний стержня – его вращение вокруг оси маятника в горизонтальной плоскости, сама ось симметрии должна оставаться неподвижной.

Будьте аккуратны при сборке установки:
- все установка должна быть симметрична;
- нижние дополнительные груза обязательно подвешивайте к треугольному подвесу с помощью кусочка вертикальной нити, так, чтобы в процессе колебаний стержня грузы не вращались;
- При подвязывании нитей используйте петли, чтобы можно было легко их передвигать.

Период крутильных колебаний стержня является сложной и неизвестной функцией параметров установки $T = F(m, L, a, r)$, которую Вам необходимо исследовать экспериментально. Выводить теоретически эту функцию не требуется.

При экспериментальном исследовании зависимостей следует изменять только один параметр, остальные оставляя неизменными. В этом случае удается получить вид зависимости исследуемой величины (в данном случае – периода колебаний) от изменяемого параметра. Вид этой однопараметрической зависимости можно предсказать теоретически, не решая полностью задачу «в общем виде».

Именно такой подход к экспериментальным исследованиям Вы должны реализовать при выполнении данного задания.

Теоретическое введение.

При расчете периодов часто используется подход, основанный на использовании закона сохранения механической энергии:

$$E_k(\omega) + U(\varphi) = E_0. \quad (1)$$

В этом уравнении $U(\varphi)$ - потенциальная энергия системы, как функция угла поворота стержня в горизонтальной плоскости. При малых колебаниях эта функция приближенно может быть представлена в виде

$$U(\varphi) \approx K\varphi^2, \quad (2)$$

где K - постоянный коэффициент, зависящий от параметров системы.

$E_k(\omega)$ - кинетическая энергия системы, зависящая от угловой скорости вращения стержня ω. При малых колебаниях эта функция имеет вид

$$E_k(\omega) \approx M\omega^2, \quad (3)$$

где M - постоянный коэффициент, также зависящий от параметров системы.
При выполнении условий (2)-(3) период колебаний определяется по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}. \quad (4)$$

Часть 1. Основной набор параметров.

Соберите установку при следующих параметрах:
длина нитей подвеса $L_0 = 30\text{см}$;
расстояние от нитей подвеса до оси маятника $a_0 = 2{,}0\text{см}$;
гайки находятся в центре стержня $r_0 \approx 0$;
дополнительные грузы отсутствуют $m_0 = 0$;

Эти значения параметров далее будем называть «основными». Все дальнейшие измерения проводите при этих значениях, за исключение того параметра, который вы варьируете в эксперименте.

1.1 Измерьте период крутильных колебаний стержня T_0 при основном наборе параметров. Оцените погрешность измеренного значения периода колебаний.

В дальнейших измерениях оценка погрешностей не требуется.
В дальнейших частях задания при обработке результатов используйте отношение периода колебаний T, к найденному значению периода при основных параметрах T_0. Обозначим это отношение $z = \frac{T}{T_0}$

Часть 2. Зависимость периода колебаний от числа подвешенных грузов $T(n)$

2.1 Какой из коэффициентов K или M будет изменяться при изменении массы дополнительных грузов? Определите вид этой зависимости.
2.2 Укажите вид зависимости параметра z от числа подвешенных грузов n.
2.3 Укажите, в каких переменных исследуемая зависимость будет линейной. Укажите (если это возможно) физический смысл параметров этой линейной зависимости.

2.4 Проведите измерения зависимости периода колебаний стержня от числа подвешенных грузов.
2.5 Представьте полученную зависимость в виде линеаризованного графика.
2.6 Рассчитайте численные значения коэффициентов линеаризованной зависимости. Определите возможные значения параметров установки, которые можно найти из данного эксперимента.

Сними т е дополни т ельные грузы – далее они вам не понадобя т ся.

Часть 3. Зависимость периода колебаний маятника от положения гаек $T(r)$

3.1 Какой из коэффициентов K или M будет изменяться при изменении положения гаек r? Определите вид этой зависимости.
3.2 Укажите вид зависимости параметра z от положения гаек r.
3.3 Укажите, в каких переменных исследуемая зависимость будет линейной.
3.4 Постройте график линеаризованной зависимости. Подтверждает ли он ваши теоретические предсказания?

Часть 4. Зависимость периода колебаний от отношения $\eta = \frac{L}{a}$.

Зависимость периода колебаний от отношения $\eta = \frac{L}{a}$ имеет вид

$$z(\eta) = \frac{T}{T_0} = \eta^{\gamma}\sqrt{\frac{L_0}{L}} \qquad (5)$$

Выводить эту формулу не нужно.

4.1 Укажите, в каких переменных исследуемая зависимость будет линейной. Из возможных вариантов выберите тот, который позволяет определить параметр γ.

4.2 Проведите измерения зависимости периода колебаний стержня от отношения $\eta = \frac{L}{a}$
4.3 Представьте полученную зависимость в виде линеаризованного графика, позволяющего определите показатель степени γ.
4.4 Рассчитайте численное значение показателя степени γ.