

# III этап Республиканской олимпиады по физике 2018 года

## Экспериментальный тур. Условия задач

9 класс.

### Задача 9-1. Измерение деформаций.

Оборудование: резиновый с петлями, линейка, один груз массой  $m = 100\text{г}$ , две канцелярских кнопки, воткнутых в торец стола (вынимать и переставлять кнопки не следует).

*Перед каждым измерением несколько раз натяните и отпустите резинку. Она обладает «памятью» - несколько ее деформаций эту «память» отшибают!*

Интересное наблюдение: Если к резинке приложить некоторую силу, то она растягивается! Удлинение резинового жгута  $\Delta l = l - l_0$  ( $l$  - длина резинового жгута в растянутом состоянии,  $l_0$  - длина в недеформированном состоянии) зависит не только от приложенной силы, но и от ее длины в недеформированном состоянии  $l_0$ . Поэтому в качестве меры деформации часто используют относительное удлинение, определяемое по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}. \quad (1)$$

#### Задание 1.

1.1 Измерьте зависимость удлинения жгута  $\Delta l$  от его длины в недеформированном состоянии  $l_0$  при постоянной массе подвешенного к резинке груза (а у вас и имеется только 1 груз).

1.2 Постройте график полученной зависимости.

1.3 На основании полученных данных укажите, можно ли считать, что относительная деформация зависит только от приложенной нагрузки.

1.4 Сила упругости  $F$ , возникающая при деформации, зависит от относительной деформации  $\varepsilon$ . Коэффициент пропорциональности между этими величинами  $K = \frac{F}{\varepsilon}$

назовем коэффициентом упругости. Рассчитайте значение этого коэффициента для вашего резинового жгута. Оцените погрешность найденного значения.

#### Задание 2. «Творческое»

В этом задании вам необходимо исследовать зависимость силы упругости резинки  $F$  от ее относительной деформации  $\varepsilon$ .

2.1 Предложите методику измерения такой зависимости, используя только имеющееся оборудование. Кратко ее опишите: нарисуйте схему установки, укажите, какие величины вы будете измерять, приведите формулы для расчета силы упругости и относительной деформации.

2.2 Проведите необходимые измерения для исследования зависимости силы упругости от деформации. Приведите результаты прямых измерений и расчетов. Постройте график полученной зависимости.

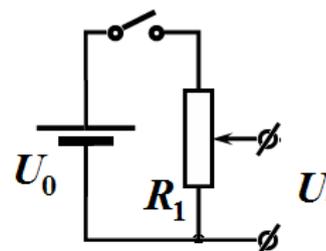
2.3 Качественно объясните полученную зависимость (не более 5 предложений).

## Задача 9-2. Выполняется ли закон Ома?

*Если Вы не умеете пользоваться мультиметром (измерять напряжение, силу тока, сопротивление), то обращайтесь за консультацией к организаторам олимпиады!*

Оборудование: Источник постоянного напряжения, реостат, переменный проволочный резистор с 6 выводами, мультиметр, соединительные провода.

Во многих экспериментальных задачах требуется изменять напряжения питания цепи. Для этого часто рекомендуют использовать схему делителя напряжения с реостатом (далее мы будем называть ее регулятор напряжения). Регулируя положение движка, реостата можно изменять напряжение  $U$  на выходе при постоянном напряжении  $U_0$  источника.



Однако следует быть осторожным при использовании этой схемы! В данной задаче вам предстоит изучить работу такого регулятора напряжения.

***Включайте источник только на время проведения измерений, не разряжайте напрасно батарейку!***

### Задание 1.

Соберите цепь, схема которой показана на рисунке 1.

1.1 Измерьте зависимость напряжения на выходе регулятора  $U_1$  от сопротивления участка реостата  $R_1$ .

*Для измерения  $R_1$  используйте тот же мультиметр в режиме измерения сопротивления. При измерении сопротивления источник должен быть отключен!*

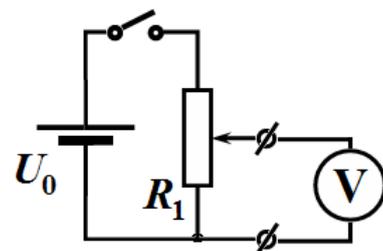


Схема 1.

1.2 Постройте график полученной зависимости.

*Должна получиться прямая пропорциональная зависимость.*

### Задание 2.

2.1 Измерьте сопротивления проволочного резистора в зависимости от числа подключаемых участков:  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$ .

2.2 Можно ли на основании ваших измерений утверждать, что сопротивление проволоки пропорционально ее длине? Ответ обоснуйте.

### Задание 3.

Используя Схему 1 установить напряжение на выходе регулятора  $U_1 = 1,0 В$ . Положение движка реостата (в этой части работы) после этого не изменяйте.

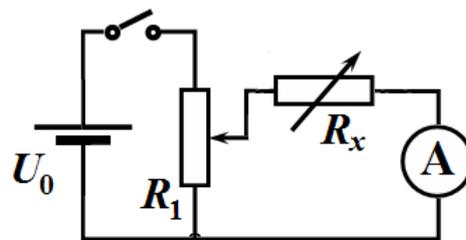


Схема 2.

Подключите к регулятору внешнюю нагрузку – проволочный резистор, сопротивления которого вы измерили. Подключите амперметр (мультиметр в режиме измерения силы тока), как показано на схеме 2.

3.1 Измерьте зависимость силы тока  $I$  от сопротивления нагрузки  $R_x$  (пять измеренных значений).

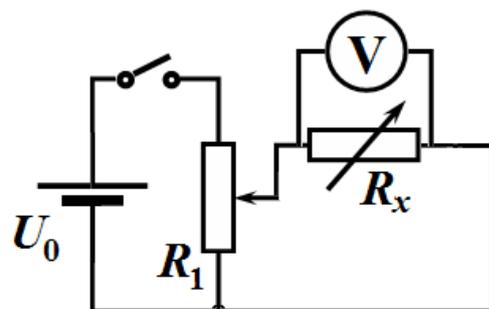
3.2 Запишите теоретическую формулу, описывающую зависимость силы тока от сопротивления при постоянном напряжении  $U_1$ .

3.3 Постройте график полученной экспериментальной зависимости в таких координатах, чтобы теоретическая зависимость была линейной (проведите линеаризацию).

Можно ли на основании ваших экспериментальных данных утверждать, что закон Ома для участка цепи выполняется? Объясните причины возможных отклонений результатов от теоретических значений.

### Задание 4.

4.1 Измерьте зависимости напряжения на нагрузке  $R_x$  от сопротивления рабочего участка реостата  $R_1$  при трех значениях сопротивления  $R_x$  (подключены соответственно 1, 3, 5 участков проволочного резистора. Кратко опишите, как вы проводили измерения.



4.2 Постройте на одном бланке графики полученных зависимостей  $U(R_1)$ .

4.3 Сравните полученные графики, с графиком, полученным в Задании 1. Объясните причины их различий.

4.4 Объясните почему «не выполняется» закон Ома в Задании 3.

4.5 Предложите правильную методику проверки закона Ома. Укажите, что необходимо было учитывать при проведении измерений в задании 3.

*Дополнительные измерения в этом пункте проводить не требуется.*

### Задача 10-1 Определение собственного объёма сыпучих тел.

**Оборудование:** Шприц одноразовый 60 мл, манометр с верхним пределом измерения 300мм. рт. ст., колба с отводом, пробка резиновая с термометром, штуцер, трубки пластиковые соединительные, термометр для определения температуры воздуха в кабинете, барометр (один на кабинет), зажимы винтовые (2шт), кружка с сухим сыпучим веществом (песок, горох, пшено и пр., насыпной объём 300 – 400 мл).

В данной задаче Вам предстоит определить начальный внутренний объём экспериментальной установки и объём сыпучего вещества с помощью изучения процесса изотермического сжатия.

Соберите экспериментальную установку: плотно закройте колбу пробкой, вставьте штуцера в отвод колбы, в одну из соединительных трубок вставьте манометр, установите поршень шприца на отметке 60мл и вставьте его в другую трубку штуцера. Медленно изменяйте объём воздуха в шприце и наблюдайте за показаниями манометра. Выясните: есть ли утечка воздуха из Вашей установки. Если есть, то устраните её и приступайте к основной части задачи.

1.1 Определите атмосферное давление  $P_0$  и температуру воздуха в колбе.

1.2 Пусть в начальный момент поршень шприца находится на отметке 60 мл, стрелка манометра на нуле. Получите при изотермическом сжатии зависимость  $\frac{\Delta P}{P}(|\Delta V|)$ , где  $\Delta P$  – показания манометра,  $P = P_0 + \Delta P$  – давление воздуха в установке,  $|\Delta V|$  – модуль изменения объёма установки. Используйте обозначение:  $V_0$  - начальный внутренний объём установки (объём колбы + объём воздуха в шприце (60мл) + объём штуцера и соединительных трубок).

1.3 Исследуйте зависимость  $\frac{\Delta P}{P}(|\Delta V|)$  экспериментально. Постройте график полученной зависимости. По окончании эксперимента определите температуру воздуха в колбе. Можно ли процесс сжатия воздуха считать изотермическим? Сравните полученную зависимость с теоретической.

1.4 Используя результаты эксперимента, определите начальный объём установки  $V_0$ . Оцените абсолютную и относительную погрешность найденного значения.

1.5 Выньте пробку из колбы. Насыпьте в колбу сыпучее вещество из кружки. Исследуйте зависимость  $\frac{\Delta P}{P}(|\Delta V|)$  в данном случае.

1.6 Используя результаты экспериментов, определите объём сыпучего вещества  $V_{св}$ , помещённого в колбу. Оцените абсолютную и относительную погрешность найденного значения.

## Задача 10-2 Энергия катящегося тела.

Оборудование: наклонная плоскость, штатив (или кусок пластилина), трубка металлическая, цилиндр металлический, линейка, секундомер с памятью этапов.

**Если вы не умеете пользоваться секундомером с памятью этапов – обращайтесь к организаторам олимпиады!**

Кинетическая энергия тела движущегося поступательно определяется по известной формуле

$$E_0 = \frac{mv^2}{2}.$$

Если тело катится по поверхности без проскальзывания, то в его кинетическую энергию вносит вклад и вращательное движение. Для осесимметричного тела кинетическая энергия может быть представлена в виде

$$E = C \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

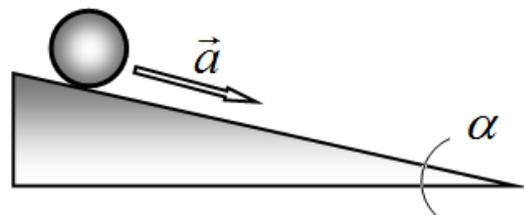
где  $m$  - масса тела,  $v$  - скорость движения центра масс,  $C$  - безразмерный коэффициент, зависящий от распределения масс внутри тела.

Целью данной работы является экспериментальное определение коэффициентов  $C$  для двух тел: трубки и сплошного цилиндра.

Ускорение свободного падения считайте равным  $g = 9,8 \frac{м}{с^2}$ .

### Часть 1. Теоретическая.

1.1 Цилиндрическое тело с известным коэффициентом  $C$  скатывается без проскальзывания по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом. Пренебрегая сопротивлением воздуха и трением качения, рассчитайте ускорение центра масс тела  $a$ .



1.2 Получите формулу, позволяющую по известным ускорению  $a$  и углу наклона  $\alpha$  рассчитать коэффициент  $C$  в формуле (1).

### Часть 2. Качение трубки и цилиндра.

Закрепите наклонную плоскость под небольшим углом к горизонту (чтобы время скатывания было измеряемым).



2.1 Измерьте угол наклона плоскости к горизонту.

Исследуйте качение трубки по наклонной плоскости.

2.2 Измерьте зависимость координаты трубки от времени  $x(t)$  (используйте память секундомера). Постройте график полученной зависимости.

2.3 Покажите, что движение трубки можно считать равноускоренным. Рассчитайте ускорение трубки.

2.4 Рассчитайте значение коэффициента  $C$  для трубки. Оцените погрешность найденного значения.

Выполните пункты заданий 2.2 – 2.4 для сплошного цилиндра.

### Часть 3. Зависимость ускорения от угла наклона.

*В этой части оценка погрешностей не требуется!  
Измерения проводите только для трубки.*

Для расчета ускорения при равноускоренном движении достаточно знать значения координат  $x_1, x_2$  в два фиксированных момента времени  $t_1, t_2$ , соответственно.

3.1 Получите формулу, позволяющую по двум измеренным временам прохождения двух отметок рассчитать ускорение тела.

3.2 Измерьте зависимость ускорения трубки при ее качении по наклонной плоскости от угла наклона плоскости. Укажите, какие величины вы измеряли, по каким формулам рассчитывали ускорение и угол наклона.

3.3 Постройте график зависимости ускорения трубки от угла наклона плоскости.

3.4 Используя полученные в этой части результаты, еще раз рассчитайте значение коэффициента  $C$  для трубки.

## Задача 11-1 Теплота и электричество

Мощность теплопотерь системы тел прямо пропорциональна разности температур системы тел и окружающей среды  $\Delta t$

$$P = -\alpha \Delta t \quad (1)$$

$\alpha$  - коэффициент теплопотерь, В уравнении (1) в правой части стоит знак «минус», потому что теплота отдаётся системой.

**Оборудование:** шприц (50 мл), термометр электронный, секундомер с памятью 10-ти этапов, ёмкость с водой комнатной температуры (100 – 150 мл), стаканчик пластмассовый цилиндрический (50мл), спиральный нагревательный элемент, штатив с лапкой, салфетки (5шт, для удаления воды), батарейка квадратная (4,5В), вольтметр и амперметр со штекерными клеммами, провода соединительные штекерные (5шт), провода соединительные с «крокодильчиками» (2шт).

1. Определите ЭДС батарейки  $\varepsilon_0$  однократным прямым измерением.
2. Определите сопротивление нагревательного элемента  $R_{нэ}$ . Кратко опишите, как Вы это сделали. (**Внимание:** при пропускании электрического тока через нагревательный элемент, находящийся в воздухе его спираль очень быстро разогревается, что влияет на сопротивление элемента, поэтому электрическую цепь при выполнении данного пункта включайте на 1 – 2с).
3. Наберите в маленький цилиндрический стаканчик 50,0 см<sup>3</sup> воды. Определите температуру воздуха  $t_{возд}$  и температуру воды в стаканчике  $t_{воды}$ .

Далее Вам предстоит исследовать зависимость температуры воды в стаканчике от времени при её нагревании с помощью нагревательного элемента, подключённого к батарейке. Схема установки представлена на рисунке 1.

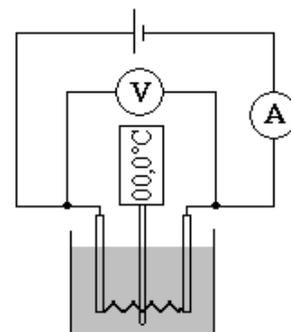


Рисунок 1.

4. Составьте уравнение теплового баланса для указанного явления за малый промежуток времени. Используйте следующие обозначения:  $\langle U \rangle$  – среднее напряжение на нагревательном элементе,  $\langle I \rangle$  – средняя сила тока,  $d\tau$  – малый промежуток времени,  $d(\Delta t)$  – малое изменение температуры воды,  $\Delta t$  – разность температур системы тел (стаканчик с водой с помещённым термометром и нагревательным элементом) и окружающей среды,  $C$  – теплоёмкость системы тел.
5. Получите экспериментальные данные для зависимости напряжения на нагревательном элементе от времени, силы тока в цепи от времени, температуры воды в стаканчике от времени при её нагревании. **Внимание:** нагревание воды указанным способом на 8,0 – 10,0°C длится 30 – 40 минут. Батарейка за это время разряжается почти полностью. Второй раз повторить эксперимент не получится. В качестве ключа используйте «крокодильчик».
6. Определите ЭДС батарейки  $\varepsilon_1$  однократным прямым измерением сразу после окончания выполнения п.5.
7. Используя данные, полученные в п.6, проверьте, выполняется ли уравнение теплового баланса составленное Вами в п.4.

8. Определите максимальную разность температур между системой тел и воздухом, которая могла бы быть достигнута при длительном режиме работы установки.
9. Определите коэффициент теплопотерь и теплоёмкость системы тел: стаканчик с водой с помещёнными термометром и нагревательным элементом.
10. Определите сопротивление воды в экспериментальной установке.

Погрешности в пунктах 9, и 10 вычислять не требуется.

***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.*

## Задача 11-2 Дисковый маятник.

Оборудование: лист картона формата А4, ножницы, шило, циркуль, два болта с гайками, штатив с лапкой и гвоздем, секундомер.

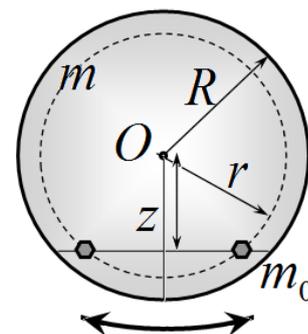
Формулу для периода математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

иногда необоснованно применяют для физического маятника (подвешенного колеблющегося тела), считая, что  $l$  - расстояние от оси вращения до центра масс тела.

В данной задаче вам предстоит опровергнуть это распространенное заблуждение.

В работе используется дисковый маятник: сплошной диск радиуса  $R$ , который может колебаться в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр. В работе используется картонный диск. Обозначим массу диска  $m$ . На расстоянии  $r$  от центра диска симметрично закреплены два груза, в качестве которых используются небольшие болты с гайками. Массу каждого груза обозначим  $m_0$ .



Вам необходимо исследовать зависимость периода колебаний диска от параметра  $z$  - расстояния от хорды, соединяющей грузы до центра диска.

### Часть 1. Теоретическая.

1.1 Покажите, что расстояние  $z$  пропорционально расстоянию  $l$  от центра диска до центра масс системы (укажите на рисунке примерное положение центра масс):

$$l = \gamma z. \quad (1)$$

Получите формулу для значения коэффициента  $\gamma$ , выразив его через массы диска, грузов и геометрические размеры системы.

1.2 Выскажите предположения о виде зависимости периода колебаний от параметра  $z$ . Не надо выводить формулу для периода колебаний, достаточно указать вид зависимости  $T(z)$ .

### Часть 2. Производственная (тоже оценивается!)

Разметьте лист картона – нарисуйте на нем диск максимально возможного диаметра, отметьте окружность, по которой вы будете располагать болты с гайками (примерно на расстоянии 1 см от края диска). Разметьте положения отверстий для болтов, так, чтобы вам было удобно проводить измерения.

Вырежьте аккуратно диск, сделайте небольшое отверстие в его центре для оси (в качестве которой используйте гвоздь, закрепленный в лапке штатива), сделайте отверстия для болтов.

После выполнения работы диск сдайте жюри, точность его разметки и изготовления будет оценена.

### Часть 3. Экспериментальная.

3.1 На основе результатов измерений (укажите каких) оцените значение коэффициента  $\gamma$  в формуле (1).

- 3.2 Измерьте зависимость периода колебаний дискового маятника от параметра  $z$ . Оцените погрешность измерения периода. Постройте график полученной зависимости.
- 3.3 Линеаризуйте полученную зависимость  $T(z)$  (т.е. представьте ее в таких координатах, чтобы она была линейна). Постройте график линеаризованной зависимости.
- 3.4 Рассчитайте численные значения параметров полученной зависимости. Оценивать погрешности этих параметров не надо.
- 3.5 Сравните полученные экспериментальные данные с вашими теоретическими предсказаниями – сделайте вывод о применимости формулы для периода математического маятника к исследованному дисковому маятнику.