



*А.И. Слободянюк  
Н.В. Козловский  
Л.Г. Маркович*

*Республиканская  
физическая  
олимпиада  
(III этап)  
2011 год.*



Экспериментальный тур

**УТВЕРЖДЕНО**

Заместитель председателя оргкомитета  
заключительного этапа Республиканской олимпиады,  
Заместитель Министра образования Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ **К.С. Фарино**  
«\_\_\_» декабря 2010 года



## ***Республиканская физическая олимпиада 2011 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.

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 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!***

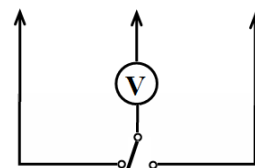
**Задание 1.****Последовательное и параллельное соединение ... проводников.**

**Приборы и оборудование:** источник тока (ЛИП или батарейка 4,5 В), цифровой мультиметр, реостат 6 Ом, лампочка накаливания на подставке, светодиод, проволочный резистор 1,0 Ом, ключ трехполюсный, соединительные провода.

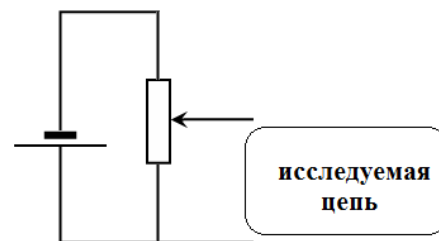
**Введение.**

Во всех пунктах данного задания Вам необходимо измерять вольтамперные характеристики (ВАХ) различных устройств – зависимость силы тока от приложенного напряжения. Разработайте и нарисуйте схему электрической цепи, позволяющей проводить такие измерения: то есть изменять напряжение на исследуемом элементе и измерять как это напряжение, так силу тока.

*При разработке схемы подключения учитывайте, что вам необходимо измерять напряжение и силу тока с помощью одного вольтметра, который рекомендуем для экономии времени подключать по схеме, показанной на рисунке (внизу – трехполюсный ключ, для цифрового вольтметра полярность подключения не существенна).*



*Для изменения напряжения, подаваемого на исследуемые элементы, рекомендуем использовать следующую схему подключения.*

**Часть 1. Электрическая лампочка.**

- 1.1 Измерьте зависимость силы тока через лампочку накаливания от напряжения на лампочке.
- 1.2 Постройте график полученной зависимости, дайте его качественное объяснение.

**Часть 2. Светодиод.**

- 2.1 Измерьте зависимость силы тока через светодиод от приложенного к нему напряжения.
- 2.2 Постройте график полученной зависимости.

**Внимание!** Соблюдайте полярность подключения светодиода – он должен загораться при напряжении около 1 В.

**Часть 3. Параллельное соединение.**

- 3.1 Соедините лампочку накаливания и светодиод параллельно. Измерьте зависимость суммарной силы тока через лампочку и светодиод от напряжения, приложенного к ним. Постройте график полученной экспериментальной зависимости.
- 3.2 Используя данные, полученные в частях 1 и 2 рассчитайте зависимость суммарной силы тока через параллельно соединенные лампочку накаливания и светодиод от напряжения на них. Постройте график этой рассчитанной зависимости на том же бланке, что и график экспериментальной зависимости. Сравните полученные результаты.
- 3.3 Объясните причины возможных расхождений.

#### Часть 4. Последовательное соединение.

4.1 Соедините лампочку накаливания и светодиод последовательно. Измерьте зависимость силы тока через лампочку и светодиод от суммарного напряжения, приложенного к ним. Постройте график полученной экспериментальной зависимости.

4.2 Используя данные, полученные в частях 1 и 2 рассчитайте зависимость силы тока через последовательно соединенные лампочку накаливания и светодиод от общего напряжения на них. Постройте график этой рассчитанной зависимости на том же бланке, что и график экспериментальной зависимости. Сравните полученные результаты.

#### Задание 2.

##### Параллельное соединение ... резинок.

**Приборы и оборудование:** резинка бельевая 30 см, штатив с лапкой, линейка 40 см, набор грузов 6х100 г, нитки, скотч.

*Все измерения деформаций проводите в двух «направлениях» – при нагрузке (последовательно увеличивая число повешенных грузов от 0 до 6) и при разгрузке (последовательно уменьшая число повешенных грузов от 6 до 0).*

##### Часть 1. Одна резинка.

1.1. Закрепите в лапке штатива кусок резинки длиной 30 см. Измерьте зависимость удлинения резинки от массы повешенного груза. Проведите такие же измерения для куска резинки длиной 20 см.

Постройте графики полученных зависимостей.

1.2. Покажите что относительная деформация (отношение удлинения к длине нерастянутой резинки) не зависит от длины резинки, а определяется массой повешенного груза. Постройте графики зависимостей относительного удлинения от массы повешенного груза (используйте все данные, полученные в п. 1.1)

##### Часть 2. Сдвоенная резинка.

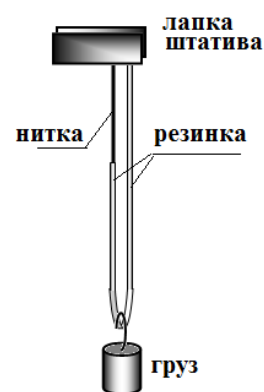
2.1. Перегните резинку в отношении длин 2:1, к короткому концу привяжите нитку, так чтобы уравнять длины с обоих концов. Измерьте зависимость удлинения такой сдвоенной резинки от массы полученного груза.

2.2. Используя экспериментальные данные, полученные в первой части, рассчитайте теоретические значения удлинения сдвоенной резинки при различных массах повешенных грузов.

**Не забудьте привести использованные вами расчетные формулы!**

Постройте на одном бланке графики зависимостей удлинения сдвоенной резинки, полученную экспериментально и теоретическую.

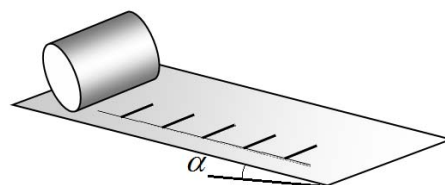
Проведите сравнение полученных результатов, объясните причины возможных расхождений.



**Задание 1. Скатывание.**

**Приборы и оборудование:** Наклонная плоскость (крышка стола), покрытая бумагой, линейка 40 см, электронный секундомер, карандаш круглый, карандаш шестигранный, цилиндрический сосуд, скотч, 3 подставки (книги).

Целью данной работы является изучение законов движения – скатывания различных тел по наклонной плоскости. Накройте стол листом бумаги, плотно прикрепите его скотчем, так, чтобы он плотно прилегал к крышке стола. Нанесите на лист шкалу расстояний (достаточно с шагом 10 см). Подкладывая под ножки стола, вы можете изменять его угол наклона.



Для изучения закона движения удобно измерять времена  $t_k$  прохождения тела через все сделанные отметки. Для этого можно использовать промежуточную «запись этапов» секундомера. При необходимости, ознакомьтесь с инструкцией к секундомеру, или обратитесь за помощью к представителям оргкомитета.

Угол наклона выбирайте в каждом пункте самостоятельно – движение должно быть устойчивым (без остановок и замедлений), но не слишком быстрым, чтобы можно было провести измерения времен. Для уменьшения погрешностей все измерения надо проводить неоднократно.

**Часть 1. Скатывание цилиндра.**

*Цилиндрический стакан скатывается достаточно быстро, поэтому угол наклона должен быть малым. Не забудьте измерить этот угол и привести его значение. Рекомендуем начинать отсчет времени не от состояния покоя, а через несколько сантиметров от начала движения.*

1.1 Экспериментально исследуйте закон скатывания цилиндрического стакана. Постройте график экспериментального закона движения.

1.2 На основании экспериментальных данных покажите, что движение цилиндра можно считать равноускоренным. Не забудьте, что в начальный момент цилиндр может иметь некоторую начальную скорость. Рассчитайте значение среднего ускорения цилиндра.

1.3 Покажите теоретически, что при скатывании тонкостенного цилиндра (в данном эксперименте влиянием дна можно пренебречь) по наклонной плоскости без проскальзывания его ускорение рассчитывается по формуле

$$a = \frac{g}{2} \sin \alpha . \quad (1)$$

Проверьте выполнимость этой формулы в вашем эксперименте.

**Часть 2. Скатывание шестигранного карандаша.**

*Проверьте, что бы на конце карандаша не было закрепленного ластика!*

2.1 Исследуйте экспериментально закон скатывания шестигранного карандаша при 3 различных углах наклона плоскости. Постройте графики полученных законов.

2.2 На основании экспериментальных данных покажите, что движение карандаша можно считать равномерным. Определите средние скорости скатывания при всех углах наклона плоскости.

2.3 Качественно (можно без формул) объясните, почему шестигранный карандаш скатывается равномерно.

2.4 Скорость скатывания карандаша должна быть пропорциональна синусу угла наклона

$$\langle v \rangle = C \sin \alpha \quad (2)$$

Проверьте выполнимость этой формулы в ваших экспериментах. Определите численное значение коэффициента  $C$  в формуле (2).

### Часть 3. Скатывание круглого карандаша.

3.1 Исследуйте экспериментально закон скатывания круглого карандаша при одном угле наклона плоскости (Не забудьте привести значение этого угла). Постройте график полученного закона движения.

3.2 На основании экспериментальных данных определите, можно ли считать что движение карандаша равномерным или равноускоренным. Дайте качественное объяснение сделанному выводу о характере движения карандаша.

## Задание 2. Вольтметр – гальванометр?

**Приборы и оборудование:** вольтметр школьный, источник 4,5 В, реостат школьный 6 Ом, два резистора с известными сопротивлениями, конденсатор емкостью 20 мкФ, ключ, соединительные провода.

При подключении вольтметра, или при протекании через некое короткого импульса тока стрелка резко отклоняется на большой угол (который мы далее будем называть *отбросом*), а затем переходит в стационарное состояние при подключенном напряжении, или возвращается в нулевое положение. Отброс следует измерять в делениях шкалы (то есть в вольтах) – далее эта величина обозначается  $U_{\max}$ .

В некоторых книгах утверждается, что отброс стрелки школьного вольтметра при протекании короткого импульса тока пропорционален электрическому заряду, прошедшему через вольтметр. В данной работе Вам необходимо проверить это утверждение.

1. Используя резистор с известным сопротивлением, определите сопротивление вольтметра.

**Примите во внимание, что сопротивление вольтметра около 10 кОм.**

2. Экспериментально исследуйте величину отброса стрелки вольтметра  $U_{\max}$  при его подключении к источнику постоянного регулируемого напряжения  $U_0$ .

Постройте график полученной зависимости. Покажите, что величина отброса пропорциональна приложенному напряжению. Определите коэффициент пропорциональности между величиной отброса  $U_{\max}$  и приложенным напряжением  $U_0$

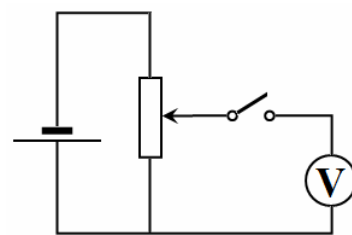


Схема 1

**Рекомендуем для измерений использовать следующую схему 1.**

*Кратковременный импульс тока возникает при зарядке конденсатора. Его можно получить (и изменять) с помощью простой схемы 2. Не забывайте после измерения отброса стрелки разряжать конденсатор (подсоедините к его выводам еще один проводник для разрядки)*

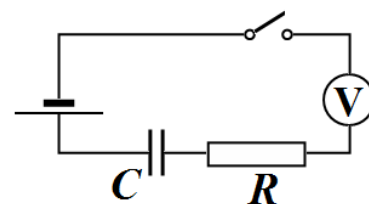


Схема 2

3. При изменении сопротивления дополнительного резистора  $R$  (в схеме 2) заряд, протекающий через конденсатор при его зарядке, остается неизменным и равным  $q = CU_0$ . Используя различные комбинации подключения резисторов (возможно 5 вариантов), измерьте зависимость величины отброса от полного сопротивления цепи зарядки. Постройте график полученной зависимости. Дайте ему качественное объяснение.
4. При подключении резисторов параллельно к вольтметру (в схеме 2), заряд, протекший через вольтметр при его зарядке, будет изменяться. Исследуйте зависимость отброса стрелки вольтметра  $U_{\max}$  в такой схеме от заряда, протекшего через вольтметр. Постройте график полученной зависимости. Дайте ему качественное объяснение.
5. Сделайте окончательный вывод – можно ли использовать вольтметр в качестве гальванометра, то есть для измерения протекшего заряда.

**Задание 1. Измерение малой теплоемкости.**

**Приборы и оборудование:** стакан с крышкой, термометр, сосуд с холодной водой, вода горячая, секундомер, мензурка, металлическое тело на нитке.

Измерение малых теплоемкостей является сложной задачей. При погружении тела с небольшой теплоемкостью  $C_0$  в сосуд с водой температура воды изменяется незначительно, кроме того, оказываются существенными потери в окружающую среду.

В данной работе вам предлагается необычная методика измерения теплоемкости небольшого тела, внимательно разберитесь с теоретическим описанием этой методики (мы вам поможем!).

**Часть 1. Изучение тепловых потерь в окружающую среду.**

1.1 Измерьте температуру воздуха в комнате  $t_0$ .

1.2 В центре крышки стакана проделайте небольшое отверстие для термометра, так чтобы он устойчиво стоял в стакане. Проделайте также в крышке отверстие для опускания исследуемого тела (для второй части работы). Залейте в стакан 200 г горячей воды (ее температура должна быть около  $50^\circ\text{C}$ ), закройте крышку, вставьте термометр. Измерьте зависимость температуры воды в стакане от времени.

**Теоретические подсказки.**

Мощность тепловых потерь в окружающую среду пропорциональна разности температур воды  $t$  и окружающего воздуха  $t_0$ . Поэтому уравнение теплового баланса за малый промежуток времени<sup>1</sup>  $\Delta\tau$  имеет вид

$$c_1 m_1 \Delta t = -\gamma (t - t_0) \Delta \tau, \quad (1)$$

где  $\Delta t$  - изменение температуры воды за этот промежуток времени,  $c_1 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$  - удельная

теплоемкость воды,  $m_1$  - ее масса,  $\gamma$  - постоянный коэффициент теплоотдачи.

Решением уравнения (1) является функция

$$(t - t_0) = (t_n - t_0) \exp\left(-\frac{\gamma}{c_1 m_1} \tau\right), \quad (2)$$

где  $t_n$  - начальная температура воды в стакане,  $\exp(x) = e^x$  - функция экспонента.

1.3 Используя полученные экспериментальные данные, докажите применимость формулы (2) в данном случае. Рассчитайте значение коэффициента теплоотдачи  $\gamma$  (не забудьте о погрешности!)

**Часть 2. Теплоемкость тела.**

Основная идея метода заключается в том, что тело опускают в горячую воду неоднократно, каждый раз охлаждая его до комнатной температуры, поэтому вода в стакане остывает быстрее.

**Теоретические подсказки.**

<sup>1</sup> Чтобы не путать с температурами, время обозначаем символом  $\tau$



Пусть тело, имеющее теплоемкость  $C_0$  и находящееся при температуре  $t_0$  опускают в сосуд с водой, находящейся при температуре  $t$ . Пренебрегая теплоемкостью сосуда и тепловыми потерями в окружающую среду, покажите, что количество теплоты, отданное водой пропорционально разности начальных температур воды и тела

$$Q = \beta(t - t_0) \quad (3)$$

Выразите коэффициент пропорциональности  $\beta$  через теплоемкость тела, удельную теплоемкость и массу воды в стакане.

Пусть охлажденное каждый раз тело опускают в сосуд через относительно небольшой промежуток времени  $\delta\tau$ . В этом случае можно считать, что средняя мощность теплоты, передаваемого телу равна

$$P = \frac{Q}{\delta\tau} = \frac{\beta(t - t_0)}{\delta\tau} \quad (4)$$

Тогда уравнение теплового баланса (1) приобретет вид

$$c_1 m_1 \Delta t = -\gamma(t - t_0) \Delta\tau - \frac{\beta(t - t_0)}{\delta\tau} \Delta\tau, \quad (5)$$

Иными словами, мы считаем, что теплота переходит от воды к телу непрерывно и постоянно. По аналогии с формулой (2) запишите решение уравнения (5).

**2.1** Проведите измерения зависимости температуры воды в стакане, при неоднократном опускании охлажденного тела в стакан.

Рекомендуем следующую методику измерений: Залейте в стакан с крышкой и термометром горячую воду. Опустите в стакан охлажденное до комнатной температуры исследуемое тело, через 30 секунд извлеките его и поместите на следующих 30 секунд в холодную воду, находящуюся при комнатной температуре. После этого опять опустите охлажденное тело в сосуд горячей водой на 30 секунд, затем на 30 секунд в холодную воду и так далее... При этом фиксируйте времена при которых температура воды уменьшается на 1 градус. Будьте внимательны: вам необходимо следить за временами перемещения тела из сосуда в сосуд и за временем остывания воды. При таких измерениях промежуток времени  $\delta\tau$ , фигурирующий в формуле (4), оказывается равным  $\delta\tau = 60\text{с}$ .

**2.2** Используя полученные экспериментальные данные, проверьте применимость решения уравнения (5) в описанном эксперименте.

**2.3** Рассчитайте значение теплоемкости исследуемого тела.

## Задание 2. «Резиновый маятник»

*В данной задаче Вам предлагается исследовать колебания груза известной массы  $m$ , подвешенного при помощи штатива на резиновом рыболовном шнуре. В рамках школьного курса физики Вы изучали колебания груза на нерастяжимой нити (математического маятника), однако в рассматриваемом случае шнур может растягиваться и менять свою длину непосредственно в процессе колебаний. При этом траектория движения центра масс груза может заметно отличаться от дуги окружности.*

**Приборы и оборудование:** штатив с лапкой, двойной резиновый жгут, нитки, набор грузов 6х100 г, гирька весом 20 г, мерная лента 1,5 м, линейка 40 см, секундомер, скотч.

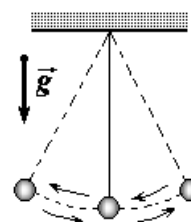
**Часть 1. «Удлинение»** Закрепив резиновый шнур в лапке штатива, изучите его абсолютную деформацию  $\Delta l$  в зависимости от массы  $m$  подвешенного груза. Используйте для этого набор грузов стандартной массы и мерную ленту. Постройте график полученной зависимости  $\Delta l(m)$ .

**Часть 2. «Математический маятник»** Если слегка отклонить груз в сторону и отпустить, то система придет в колебательное движение, подобное движению математического маятника. Напомним, что период колебаний математического маятника вычисляется по формуле Гюйгенса

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (1)$$

где  $l$  — расстояние от точки подвеса до центра масс груза.

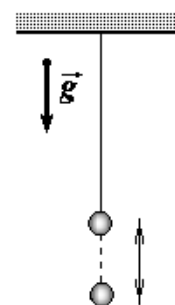
Используя набор грузов и секундомер, исследуйте зависимость периода колебаний  $T$  системы от массы  $m$  подвешенного груза. При выполнении данного задания не забудьте учесть размер каждого грузика. Постройте график полученной зависимости  $T(m)$ . Сравните полученные данные с теоретическими значениями, рассчитанными по формуле (1). Укажите, какую величину вы использовали в качестве длины маятника  $l$ .



**Часть 3. «Пружинный маятник»** Если слегка потянуть за груз вниз и отпустить, то в системе также возникнут колебания, при которых груз будет периодически подниматься и опускаться. Напомним, что период колебаний пружинного маятника вычисляется по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

где  $m$  — масса груза,  $k$  — коэффициент упругости пружины.



3.1 Измерьте зависимость периода  $T$  этих колебаний от массы  $m$  подвешенного груза  $T(m)$ .

При выполнении задания данного пункта следует помнить, что коэффициент упругости  $k$  системы зависит от ее абсолютного удлинения  $\Delta l$ . Покажите, что значение  $k$  системы может быть найдено как

$$k = \frac{\Delta mg}{\Delta l},$$

где  $\Delta m$  — масса небольшого дополнительного груза (гирьки), подвешенного к резинке при некотором значении  $m$  (значение  $m$  меняйте при помощи набора грузов),  $\Delta l$  — небольшое удлинение шнура под действием силы тяжести груза  $\Delta m$ .

3.2 Для определения значений коэффициента упругости  $k$  резинового шнура при различных деформациях измерьте дополнительное удлинение пружинки  $\Delta l$  при подвешивании к ней дополнительного груза  $\Delta m$  (поочередно для шести грузов).

Вычислите значение  $k$  по формуле при различных удлинениях резинового шнура

3.3 По полученным экспериментальным данным рассчитайте  $T_{теор}$  и постройте график полученной зависимости  $T_{теор}(m)$ . Сравните полученную зависимость с экспериментальной зависимостью  $T(m)$ , полученной в пункте 3.1. Укажите возможные причины несоответствия экспериментальных данных и теоретической зависимости.