

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

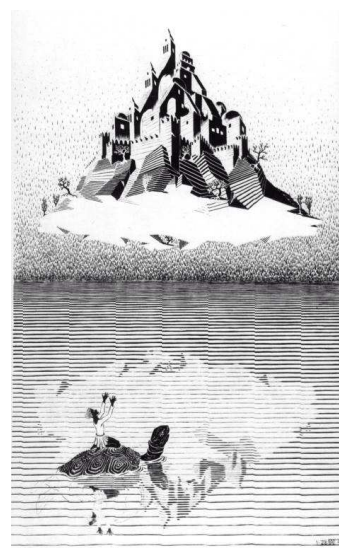
\_\_\_\_\_ **К.С. Фарино**  
«\_\_\_» марта 2010 года



## ***Республиканская физическая олимпиада 2010 год (заключительный этап)***

### **Экспериментальный тур**

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Ознакомьтесь с условиями обеих задач, чтобы разумно спланировать свою работу.
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 отдельных кусках миллиметровой бумаги, которые прикрепите к тетради с помощью степлера.
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!***

**9 класс.**  
**Задание 1**

**«Остывание воды и плавление льда»**

**Внимание!**

Проведение измерений требует большого времени. Ознакомьтесь со всем условием, тщательно спланируйте проведение эксперимента. Ампула со льдом будет выдана вам по первому требованию. Учитывайте, что на каждого участника приготовлена только одна ампула!

Рекомендуем сначала провести все необходимые измерения, а потом проводить их обработку!

**Приборы и оборудование:** Пластиковый стакан в калориметре, термометр, секундомер, пластиковая ампула со льдом, горячая вода, мензурка.

Удельная теплоемкость воды  $c_0 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ ; плотность воды  $\rho_0 = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  
удельная теплоемкость льда  $c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ .

**Часть 1. «Потерями теплоты пренебречь!»**

*Все измерения проводите со стаканом, помещенным в пластиковую бутылку, которая играет роль калориметра.*

*Налейте в стакан 150 мл горячей воды. Ее температура должна превышать 50°C. Дождитесь когда температура воды опустится до 45°C и в этот момент погрузите в воду ампулу со льдом и запускайте секундомер. Сначала температура воды опускается очень быстро – будьте готовы быстро записывать результаты! При проведении измерений постоянно слегка перемешивайте воду в стаканчике.*

- 1.1. Измерьте зависимость температуры воды в стакане от времени в диапазоне температур 45°C ÷ 30°C.
- 1.2. Определите примерно момент времени, когда весь лед в ампуле растает. Укажите значение температуры воды в этот момент времени.
- 1.3. Определите массу льда, который вам был выдан. Деления шкалы на ампуле заданы в миллилитрах.
- 1.4. Пренебрегая потерями теплоты, оцените значение удельной теплоты плавления льда.

**Часть 2. «Потери теплоты учесть!»**

*В данной части задания вам необходимо учесть потери теплоты, переходящей от горячей воды в окружающую среду. Для этого необходимо изучить процесс остывания воды в стакане без льда. Налейте в стакан столько горячей воды, чтобы ее уровень в стакане был таким же, как и в первой части задания.*

- 2.1 Измерьте зависимость температуры воды в стакане (без льда) от времени в диапазоне температур 45°C ÷ 30°C.

2.2 Постройте графики зависимостей температуры воды от времени, полученных в пп. 1.1 и 2.1.

*Потоком теплоты  $q$  называется отношение количества теплоты  $\delta Q$  отданной водой к промежутку времени  $\Delta \tau$ , за который эта теплота отдана*

$$q = \frac{\delta Q}{\Delta \tau}. \quad (1)$$

*Подсказка. Для расчета потока теплоты рекомендуется использовать следующую методику. У вас получены значения времен  $\tau_k$  когда температура воды опустилась до температуры  $t_k$ . Для каждого значения температуры  $t_k$  скорость ее изменения приближенно рассчитайте по формуле*

$$\left( \frac{\Delta t}{\Delta \tau} \right)_k = \frac{t_{k+1} - t_{k-1}}{\tau_{k+1} - \tau_{k-1}},$$

*то есть используйте соседние в таблице значения температур и времен.*

2.3 Обычно полагают, что поток теплоты между телами пропорционален разности их температур. Для проверки этой гипотезы постройте график зависимости потока теплоты, от воды в окружающую среду, от температуры воды (используйте данные, полученные в п. 2.1). Сделайте обоснованный вывод о применимости высказанной гипотезы о потоке теплоты в этом эксперименте.

2.4 Представьте зависимость потока теплоты от воды в окружающую среду от температуры воды в виде

$$q_0 = at^\circ + b, \quad (2)$$

Определите численные значения параметров этой зависимости. Оцените температуру воздуха в калориметре.

2.5 По данным, полученным в п. 1.1, рассчитайте зависимость суммарного потока теплоты от воды (в воздух и в лед) от температуры.

2.6 Используя найденную зависимость (2), рассчитайте поток теплоты от воды ко льду. Постройте график зависимости этой величины от времени.

2.7 На полученном графике укажите интервал времени, в течение которого происходило плавление льда. Найдите среднее значение потока теплоты от воды ко льду в этом интервале.

2.8 Рассчитайте удельную теплоту плавления льда с учетом потерь теплоты в окружающую среду.

## Задание 2.

### «Кручение»

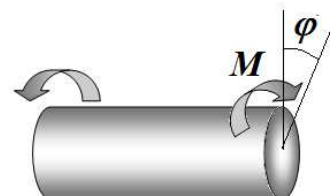
**Приборы и оборудование:** Штатив с зажимом, пластиковая трубка (гелевый стержень), металлическая спица, набор грузов (гвозди), линейка деревянная, линейка пластиковая для измерений, пластилин.

**Точное значение массы одного гвоздя вам будет указано.**

**В ходе измерений смещать спицу относительно стержня не следует!**

Кручение – один из распространенных видов деформаций.

В качестве меры деформации используется угол кручения  $\varphi$ , а характеристикой упругих сил – момент силы упругости  $M$ , который в состоянии равновесия равен моменту внешних сил, приложенных к телу. В состоянии равновесия при малых деформациях угол кручения пропорционален приложенному моменту сил (закон Гука)

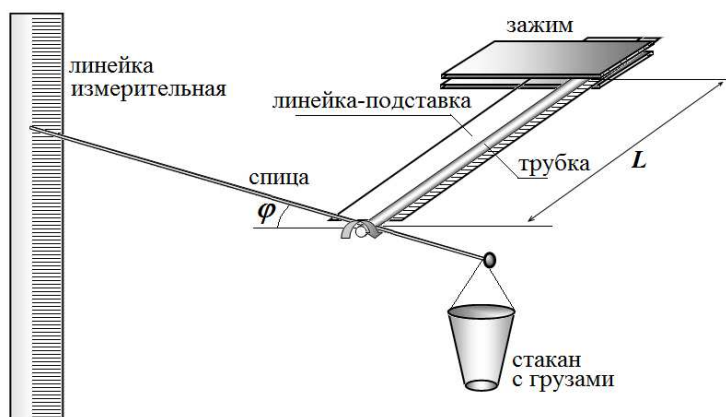


$$\varphi = KM, \quad (1)$$

где  $K$  некоторый коэффициент пропорциональности.

В данной работе вам необходимо проверить выполнимость закона Гука для деформации кручения пластиковой трубки и исследовать зависимость коэффициента пропорциональности  $K$  от длины деформируемой части трубки  $L$ .

Для проведения исследований вам предлагается использовать следующую установку. Исследуемая трубка вместе с линейкой-подставкой (для уменьшения прогиба) зажата в лапке штатива. Конечная часть трубки проткнута длинной спицей, на один конец которой подвешен пластиковый стаканчик, в который можно помещать грузы –



одинаковые гвозди. Вторым концом спицы движется вблизи вертикальной измерительной линейки. Передвигать спицу относительно трубки стержня не следует. В качестве подставки для линейки используется кусок пластилина. При необходимости линейку можно передвигать.

Измерения следует проводить, начиная с больших длин свободной части трубки  $L$ .

## Часть 1. Закон Гука.

**Измерения проводите при максимальной длине трубки. Углы деформации следует измерять в радианах. При малых углах тангенс угла приблизительно равен самому углу, измеренному в радианах.**

- 1.1 Измерьте зависимость угла кручения  $\varphi$  от числа гвоздей, помещенных в стакан. Измерения проведите в двух направлениях: при нагрузке (постепенно увеличивая массу груза) и при разгрузке (уменьшая массу груза в стакане).
- 1.2 Постройте график полученной зависимости. Сделайте обоснованный вывод о применимости закона Гука в этом случае.
- 1.3 Объясните, почему зависимости угла кручения от приложенного момента сил полученные при нагрузке и разгрузке не совпадают.
- 1.4 Рассчитайте значение коэффициента пропорциональности  $K$  в формуле (1) с максимально возможной точностью. Используйте для этого данные полученные только при «нагрузке» стержня. Укажите физический смысл этого коэффициента.

## Часть 2. Коэффициент пропорциональности.

**В данной части работы измерения угла кручения проводите только в одном направлении – при последовательном увеличении нагрузки на стержень. Считайте, что закон Гука выполняется!**

- 2.1 Проведите измерения зависимости угла кручения от числа гвоздей, помещенных в стакан для разных длин  $L$  деформируемой части стержня.
- 2.2 На одном бланке постройте графики полученных зависимостей.
- 2.3 Рассчитайте значения коэффициента  $K$  для всех длин  $L$  деформируемой части стержня.
- 2.4 Из теории упругости следует, что коэффициент зависит от длины деформируемой части трубки по закону

$$K = CL^\alpha, \quad (2)$$

где  $C$  и  $\alpha$  - некоторые постоянные величины.

Проверьте выполнимость данной формулы в данной задаче. Определите численные значение параметра  $\alpha$ . Ответ обоснуйте графически.

## 10 класс.

### Задание 1.

## «Сопротивление металлического порошка»

### Внимание!

**Внимательно ознакомьтесь с условием задания!**

**Предоставленную вам установку очень легко испортить. Не трогайте, не прилагайте никаких усилий, пока не осознали суть задания.**

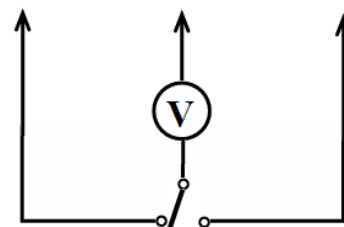
**Не пытайтесь доставать трубку с порошком из подставки – оборвете контакты, рассыплете порошок!**

**Ни в коем случае не надавливайте на рычаг установки – после этого ваши данные могут не совпасть с контрольными, по которым будет осуществляться проверка.**

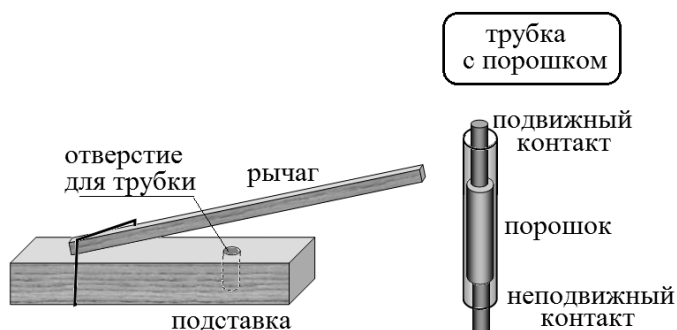
**Ни в коем случае, не допускайте протекания большого тока (более 0,1 А) через трубку с порошком – порошок спекается!**

**Приборы и материалы:** Трубка с металлическим порошком и выводами, элемент гальванический 4,5 В, трехполюсный электрический ключ, соединительный провода, мультиметр, резистор с сопротивлением примерно 500 Ом (точное сопротивление этого резистора вам будет указано), переменный резистор, подставка с рычагом, набор грузов 6х100 г.

*Мультиметр используйте только в качестве вольтметра! Для уменьшения времени измерения рекомендуем использовать следующую схему подключения мультиметра (внизу – трехполюсный ключ, для цифрового вольтметра полярность подключения не существенна).*



Для проведения работы вам предлагается использовать следующую экспериментальную установку. Металлический порошок засыпан в пластиковую трубку. Один конец трубки плотно закрыт неподвижным металлическим контактом (болт), с другой стороны в трубку вставлен подвижный металлический контакт, к обоим контактам присоединены отводящие провода.



Трубка вставляется в специальное отверстие в деревянной подставке. К этой же подставке присоединен подвижный рычаг, к которому можно подвешивать грузы, для создания давления на порошок.

## Часть 1.

*Эти измерения проведите без нагрузки на порошок!*

- 1.1 Исследуйте зависимость силы тока через порошок от приложенного напряжения. Приведите электрическую схему, использованную вами.
- 1.2 Постройте график полученной зависимости.
- 1.3 Сделайте обоснованный вывод о применимости (или неприменимости) закона Ома для металлического порошка.
- 1.4 Постройте график зависимости проводимости порошка от силы тока, протекающего через него.

Справка. Проводимость – величина обратная электрическому сопротивлению  $\Lambda = \frac{1}{R}$

Указание. Не спешите со снятием данных! После каждого изменения напряжения необходимо выждать некоторое время (10-20 секунд) для того, чтобы значение тока через порошок стабилизировалось.

## Часть 2.

- 2.1 Экспериментально исследуйте зависимость электрической проводимости порошка от приложенной к нему силы давления. Измерения проводите, сначала последовательно увеличивая силу давления на порошок, а затем последовательно уменьшая эту силу. Проведите три цикла таких измерений.
- 2.2 Постройте график полученной зависимости (для всех трех циклов). Дайте ему качественное объяснение.

Указание. Очень аккуратно изменяйте нагрузку – постарайтесь подвешивать и снимать грузы не изменяя резко нагрузку, не допускайте падения грузов. Не спешите со снятием данных. После каждого изменения напряжения необходимо выждать некоторое время (30-50 секунд) для того, чтобы значение тока через порошок стабилизировалось.

## Часть 3.

*Эти измерения проведите с максимальной нагрузкой на порошок!*

- 3.1 Проведите измерения и выполните те же задания, что и в части 1 при максимальной механической нагрузке на порошок.
- 3.2 Сравните результаты полученные в Части 1, с результатами, полученными в Части 3, качественно объясните имеющиеся различия.

## Задание 2.

### Изучение поверхностного натяжения.

При определении коэффициента поверхностного натяжения удобно использовать соотношение между силой поверхностного натяжения  $F$  и длиной границы поверхностного слоя  $l$

$$F = \sigma l \cos \theta. \quad (1)$$

где  $\theta$  - краевой угол.

Для воды и выданного кольца краевой угол считайте равным  $\theta = 60^\circ$ .

#### Приборы и материалы.

Весы с разновесом, штатив (для крепления весов), кольцо пластиковое на нитях, калориметр, термометр, сухой песок, штангенциркуль.

Для выполнения работы вам предоставляется установка, показанная на фотографии. Кольцо прикрепите к одной из чашек весов. Добейтесь того, чтобы кольцо висело горизонтально. Под кольцом расположите калориметр, в стакан которого налита вода. Наклоняя коромысло весов, медленно опустите кольцо так, чтобы оно коснулось поверхности воды и «прилипло» к ней (поверхность воды должна находиться на расстоянии 1 – 2 см от кольца). Вам необходимо найти нужную высоту крепления весов в штативе. После этого на вторую чашку весов можно аккуратно досыпать песок, до тех пор, пока кольцо не оторвется от поверхности воды. Затем вы можете определить массу добавленного песка, и по ней определить силу и коэффициент поверхностного натяжения воды.



**Внимание!** Песок нужно насыпать на лист бумаги, положенный на чашку весов.

После каждого измерения кольцо нужно осушить. Кольцо можно осушать фильтровальной бумагой, можно щелчком по кольцу, можно обдуванием. Но осушать надо.

После того, как вы научились проделывать указанные операции, можете приступить к измерениям.

#### ***Задания.***

1. Выведите формулу для расчета коэффициента поверхностного натяжения по измеряемым величинам.
2. Измерьте диаметр и толщину кольца. Рассчитайте длину линии разрыва поверхности воды при отрыве кольца.
3. Измерьте коэффициент поверхностного натяжения воды при комнатной температуре. Оцените погрешность его измерения.
4. Исследуйте зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от ее температуры.
5. Постройте график полученной зависимости, дайте ему качественное объяснение.
6. Предложите эмпирическую формулу, описывающую полученную зависимость.

## 11 класс.

### Задание 1.

#### «Изучение батарейки»

**Приборы и оборудование:** батарейка 4,5 В, амперметр, мультиметр, реостат 6 Ом, резистор с сопротивлением примерно 1,0 Ом, резистор сопротивлением 20 кОм; электрический ключ, соединительные провода.

#### **Внимание!**

*Сначала проведите измерения, для которых нужна «свежая» батарейка (п. 1), после этого можете приступить к разрядке батарейки! При проведении измерений используйте ключ, батарейку подключайте только для непосредственных измерений.*

*Вам выдается только одна батарейка!*

*Напоминаем, что для получения надежного результата предпочтительнее получить экспериментальную зависимость между различными физическими величинами!*

*Не забудьте привести электрические схемы, использованные вами для проведения измерений!*

1. Для определения внутреннего сопротивления и ЭДС источника исследуют зависимость напряжения на внешней нагрузке от силы тока в ней. Проведите измерения указанной зависимости для батарейки. Постройте график полученной зависимости. Дайте теоретическое обоснование полученной зависимости.
2. Определите внутреннее сопротивление и ЭДС батарейки.
3. Постройте график зависимости мощности, выделяющейся на внешней цепи, от ее сопротивления. Определите максимальное значение этой мощности. Укажите, при каком сопротивлении внешней цепи эта мощность максимальна.
4. В этом разделе вам необходимо исследовать изменение характеристик батарейки при ее разряде. Тщательно контролируйте силу тока и время разрядки батарейки. Измерьте зависимости ЭДС и внутреннего сопротивления батарейки от электрического заряда, протекшего через нее. Постройте графики полученных зависимостей. Дайте им качественное объяснение.

## Задание 2.

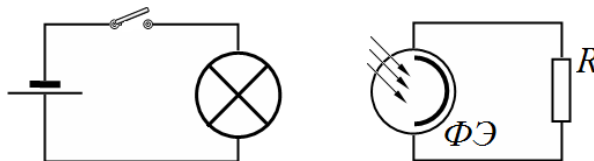
### «Изучение фотоэлемента»

**Приборы и оборудование:** лампочка накаливания на подставке с источником, калькулятор с фотоэлементом, мультиметр, переменный резистор, резистор сопротивлением с известным сопротивлением (его точное значение вам будет указано), соединительные провода, электрический ключ, ключ трехполюсный, картонная коробка, набор нейтральных светофильтров, картон, скотч, ножницы.

**Внимание!** Все измерения проводите в закрытой картонной коробке, чтобы исключить влияние внешнего освещения!

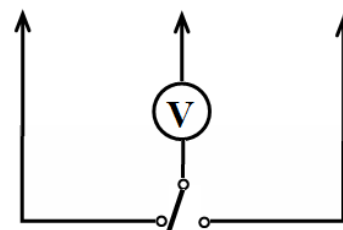
Мультиметр используйте только в качестве вольтметра! Его сопротивление превышает 1 МОм.

Подключите батарейку к лампочке через электрический ключ. Проверьте, чтобы свет от лампочки попадал на фотоэлемент. Отрегулируйте положение фотоэлемента, так чтобы добиться максимального электрического тока.



Подключите нагрузку к фотоэлементу. Не забудьте привести в вашей работе использованные электрические схемы.

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).



#### Часть 1. Фотоэлемент – источник мощности!

Измерения проводите без светофильтров, при максимальной освещенности фотоэлемента!

1. Исследуйте зависимость электрического напряжения на внешней нагрузке  $R$  от силы тока через нее. Постройте график полученной зависимости.
2. Постройте график зависимости мощности, выделяющейся на внешней цепи, от ее сопротивления. Рассчитайте значение максимальной мощности, которую может дать фотоэлемент.
3. Постройте график зависимости силы тока во внешней нагрузке от ее сопротивления.
4. Закройте фотоэлемент одним светофильтром. Исследуйте зависимость силы тока в цепи от ее сопротивления в этом случае. Постройте график полученной зависимости на том же рисунке, что и в п.3.

## **Часть 2. Фотоэлемент – измеритель интенсивности света!**

5. Обоснуйте на основании данных, полученных в первой части, что для измерения интенсивности (в относительных единицах) следует измерять величину фототока. Укажите, при каком сопротивлении внешней цепи следует проводить измерения интенсивности света. Приведите электрическую схему для проведения измерений.
6. Исследуйте зависимость фототока от интенсивности падающего света, изменяя его с помощью светофильтров. Считая, что ток фотоэлемента пропорционален интенсивности падающего света, определите коэффициент пропускания одного светофильтра.
7. Постройте график зависимости фототока от интенсивности падающего света (в относительных единицах). Проверьте использованное ранее предположение о прямо пропорциональной зависимости между этими величинами. Ответ обоснуйте.