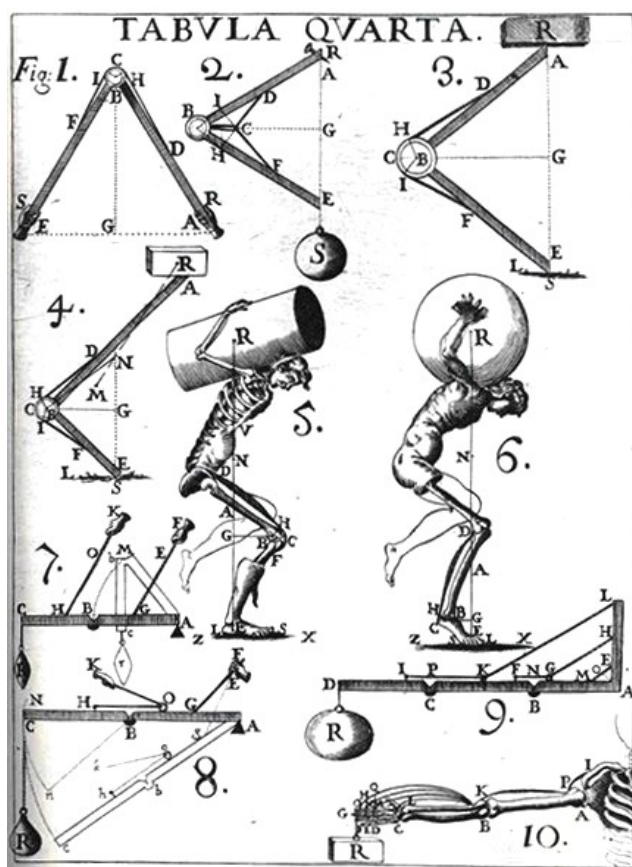


**А.И. Слободянюк  
В.В. Барашков  
Н.В. Козловский**



**Республиканская  
физическая  
олимпиада  
2012 года  
(заключительный этап)**

**Экспериментальный тур.**

**Гомель  
2012**



## Задание 9.1 Скатывание по склону.

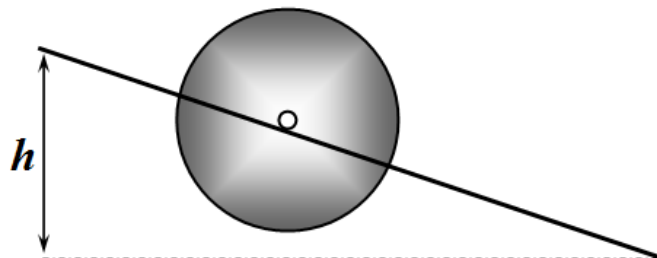
**Приборы и материалы:** два штатива, диск на палочке, нитки, секундомер, линейка.

Вам предстоит выполнить достаточно традиционное задание – исследовать движение тела, движущегося по наклонной плоскости. Правда, в данном задании есть несколько отличий от традиционного «брусоч массы  $m$

находится на наклонной плоскости...»:

- задание экспериментальное, а не теоретическое;
- в вашем распоряжении не брусоч, а диск на палочке от шашлыка;
- он не скользит, а скатывается;
- и не по наклонной плоскости, а по нитям-направляющим;
- надо учитывать не только трение, но и сопротивление воздуха (который не удалось откачать из рабочего кабинета);
- скорость движения несколько меньше, чем у изображенного на заставке горнолыжника, а в остальном – все традиционно.

Следите, чтобы нити были все время натянуты. Вы самостоятельно можете изменять разность уровней крепления нитей  $h$  (не забудьте измерять и записывать эту величину). Длину нитей оставляйте неизменной. На нитки нанесены равноотстоящие метки, используйте их в качестве шкалы.



При измерениях используйте секундомер с запоминанием промежуточных этапов. При необходимости сначала (до первой метки) диск можно немного подтолкнуть.

**При необходимости, обращайтесь к членам жюри за консультацией.**

### Часть 1.

Установите разность уровней крепления нитей  $h = 15 \text{ см}$ .

- 1.1 Экспериментально исследуйте закон движения оси диска – зависимость его координаты от времени. Кратко опишите, как вы проводили измерения.
- 1.2 Постройте график полученной зависимости.
- 1.3 Укажите, можно ли считать движение диска равномерным. Ответ обоснуйте.
- 1.4 Считая движение диска равноускоренным, получите теоретический вид зависимости средней скорости (от прохождения первой метки) от времени движения (от первой метки). На основании своих экспериментальных данных постройте график зависимости средней скорости (от прохождения первой метки) от времени. Укажите, свидетельствует ли полученный график о том, что движение является равноускоренным.
- 1.5 Считая движение диска равноускоренным, получите теоретический вид зависимости средней скорости прохождения расстояния между двумя последовательными метками от времени движения. На основании своих экспериментальных данных постройте график

зависимости этой средней скорости от времени движения. Укажите, свидетельствует ли полученный график о том, что движение является равноускоренным.

1.6 Выделите интервал пути, пройденного диском, на котором вы можете считать движение равноускоренным. Обоснуйте выбор этого интервала.

В дальнейшем для расчета ускорений используйте именно этот временной интервал. Также используйте только один способ измерения (и обработки) ускорения, по вашему выбору – выбор обоснуйте.

## Часть 2.

2.1 Измерьте зависимость ускорения диска от разности уровней крепления нитей  $h$ . (обязательно укажите как вы измеряли ускорения).

2.2 Постройте график полученной зависимости.

2.3 Предложите простую формулу, описывающую данную зависимость, найдите ее параметры. Обоснуйте выбор вашей формулы.

## Задание 9.1 Электронные весы.



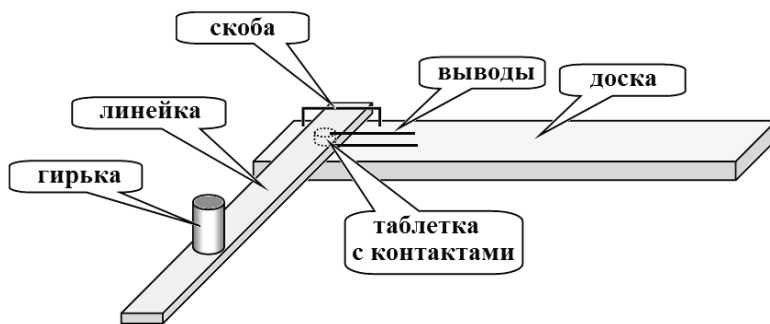
Оказывается, что сопротивление таблетки активированного угля зависит от приложенной к ней механической нагрузки. Поэтому такая таблетка может послужить основным элементом электронных весов. Однако к конструированию таких весов следует подходить с научной, то есть физической точки зрения. Для этого необходимо тщательно изучить ее физические свойства, а затем заняться конструкторской разработкой.

**Ускорение свободного падения считайте равным**

$$g = 10 \frac{м}{с^2}.$$

**Приборы и оборудование:** таблетка, гири из набора 100 и 50 г, линейка деревянная 40 см, доска деревянная со скобой и углублением для таблетки, источник тока ЛИП, мультиметр, резистор 100 Ом, реостат 6,0 Ом, соединительные провода, электрические контакты.

Для выполнения работы используется следующая установка. Угольная таблетка помещается между двумя контактами (проводящие пластинки) в специальную выемку в массивной доске, к контактам подключены проводочные выводы, к которым можно подключать измерительные электрические схемы. Для создания давления на таблетку используется деревянная линейка, конец которой удерживается с помощью скобы (для удобства измерений совмещайте нуль шкалы линейки со скобой), на линейку в произвольном месте можно класть гирьку.



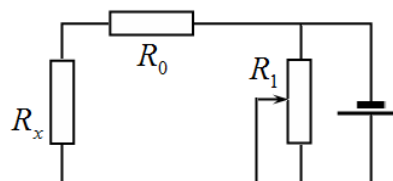
## Часть 1. Изучение вольтамперной характеристики таблетки.

**1.1** Измерьте массу линейки. Оцените погрешность вашего измерения.  
 Считайте, что относительная приборная погрешность массы гирь равна 4%

**1.2** Измерьте зависимость силы тока через таблетку, когда к ней приложена сила давления  $F$ , от напряжения на ней. Измерения проведите для двух значений силы давления  $F = 5 \text{ Н}$  и  $F = 10 \text{ Н}$ .

Укажите, какие гири вы использовали для создания нужной силы давления и где вы их располагали.

Для электрических измерений рекомендуем использовать следующую схему, на которой:  $R_x$  - изучаемый элемент (таблетка),  $R_0$  - известное постоянной сопротивление (100 Ом),  $R_1$  - реостат. Мультиметр используйте только для измерения напряжения. Учтите, что напряжение источника может изменяться.



Укажите, какие напряжения вы измеряли, приведите расчетные формулы, которые вы использовали.

**1.3** Постройте графики полученных зависимостей. Можно ли считать, что для таблетки выполняется закон Ома?

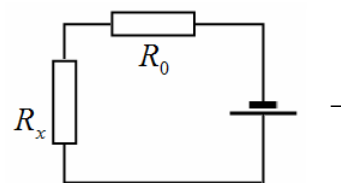
**1.4** Рассчитайте электрическое сопротивление таблетки при использованных значениях силы давления.

Приборная погрешность сопротивления резистора равна 5%.

**В дальнейших пунктах погрешности оценивать не требуется.**

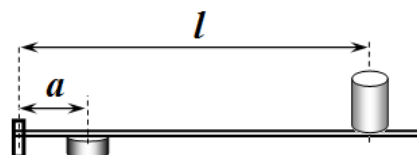
## Часть 2. Зависимость сопротивления таблетки от нагрузки.

В данной части вам необходимо исследовать зависимость сопротивления таблетки от приложенной силы давления. Измерения следует проводить при большом напряжении на таблетке, поэтому в данной части реостат является излишним рекомендуем проводить измерения с помощью следующей схемы (еще одним достоинством этой схемы является малый потребляемый ток).



Укажите, какие напряжения вы измеряли, приведите расчетные формулы, которые вы использовали.

Для изменения силы давления на таблетку рекомендуем передвигать гирьку по линейке. Для упрощения и ускорения расчетов рекомендуем располагать ее на расстояниях  $l$ , кратным расстоянию  $a$  от скобы до центра таблетки (т.е.  $l = na$ ,  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ ).



Приведите формулу, по которой вы будете рассчитывать силу давления на таблетку.

**2.1** Измерьте зависимость сопротивления таблетки положения гирьки  $l$ .

Измерения проведите для гирьки массой  $m = 100 \text{ г}$  в «двух направлениях»: сначала

при нагрузке (постепенно увеличивая расстояние  $l$ ), а затем при разгрузке (постепенно уменьшая расстояние  $l$ ).

Постройте графики зависимости сопротивления таблетки от приложенной к ней силы (при нагрузке и при разгрузке).

Можно ли считать, что полученные зависимости совпадают (т.е. можно ли пренебречь гистерезисом при деформации таблетки)?

**2.2** Проведите измерения зависимости сопротивления таблетки от положения гирьки  $l$  для гирьки массы  $m = 50\text{ г}$  (достаточно в одном направлении). На том же бланке (на котором вы построили графики в п. 2.1) постройте график полученной зависимости.

Можно ли считать, что полученные данные согласуются друг с другом?

**2.3** Используя полученные в п. 2.1 и 2.2 данные (из п.2.1 используйте средние значения сопротивления), постройте график зависимости проводимости таблетки от приложенной к ней силы давления.

*Проводимостью называется величина, обратная электрическому сопротивлению  $G = \frac{1}{R}$ . Единица проводимости называется **Сименс** ( $\text{См} = \text{Ом}^{-1}$ ), в данной задаче удобно использовать ее тысячную долю **милиСименс** ( $\text{мСм}$ ). Если сопротивление измерять в килоОмах, то обратная величина будет измерена в мСм.*

**2.4** С помощью полученного графика предложите простую формулу (она может быть приближенной), описывающую полученную зависимость проводимости от силы давления на таблетку. Определите численные значения параметров этой формулы.

### **Часть 3. Конструирование весов.**

Весы должны быть просты в использовании, доступны любому продавцу на любом базаре. Показания ваших электронных весов (то есть напряжение на каком-либо элементе) должны линейно зависеть от массы положенного на них груза.

**3.1** Предложите такую электрическую схему измерений, чтобы измеряемое напряжение линейно зависело от массы груза, положенного на линейку (или подвешенного к ней).

Получите формулы для расчета коэффициентов этой линейной зависимости.

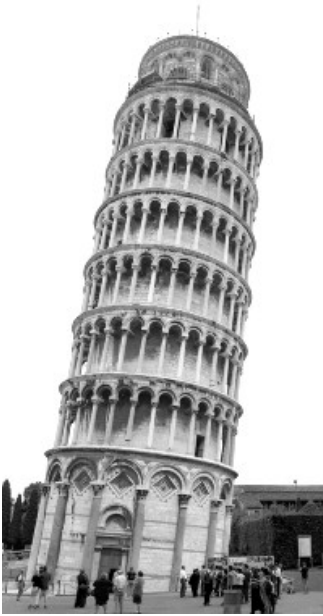
**3.2** Подберите такие значения параметров вашей установки, чтобы формула для расчета зависимости напряжения (в милливольтгах) от массы груза (в граммах) имела простейший вид

$$U = m_0 + m,$$

где  $m_0$  - некоторая постоянная величина («масса тары»). Рассчитайте численное значение этой величины.

**3.3** Проверьте экспериментально вашу конструкторскую разработку. Укажите значения всех параметров вашей установки, приведите значения измеренных напряжений для обоих имеющихся у вас гирь.

## Задание 10.1 Удержание, или как быть точнее!

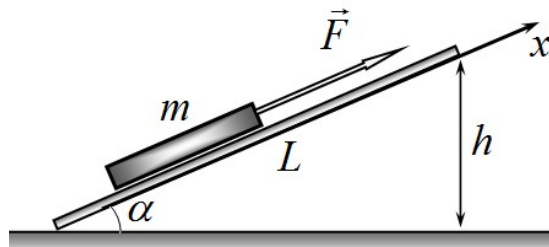


**Приборы и материалы:** Штатив с лапкой, доска деревянная длиной 50 см, динамометр школьный с пределом измерения 4 Н, линейка измерительная, нитки, книга.

Предмет, находящийся в покое на горизонтальной, на наклонной плоскости может удерживаться на ней некоторой силой от проскальзывания при попытке сдвинуть его по поверхности. Если предмет скользит по наклонной плоскости его можно удержать от проскальзывания, приложив некоторую дополнительную силу тяги параллельно поверхности наклонной плоскости.

Книга находится на плоской доске, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом. Один конец доски расположен на столе, второй с помощью штатива закреплен на высоте  $h$ . Длину доски обозначим  $L$ . К книге прикладывают некоторую силу  $F$ , направленную вдоль доски.

Вам необходимо исследовать в каких пределах может изменяться эта сила, чтобы книга находилась в состоянии покоя. Выберем ось  $Ox$  вдоль доски. Далее под величиной  $F$  будем понимать проекцию приложенной силы на выбранную ось, т.е. эта величина может принимать как положительные, так и отрицательные значения.



### Часть 1.

### Теоретическая.

Обозначим массу книги  $m$ , а коэффициент трения книги о доску  $\mu$ .

- 1.1 Рассчитайте в каких пределах может изменяться сила  $F$ , чтобы книга находилась в покое в зависимости от угла наклона доски к горизонту  $\alpha$ . Верхнюю и нижнюю границы этой силы обозначим  $F_{(+)}$  и  $F_{(-)}$ , соответственно.
- 1.2 Постройте схематические графики зависимости границ силы  $F_{(+)}$  и  $F_{(-)}$  от угла наклона доски  $\alpha$ . На графиках укажите значения параметров характерных точек (граничных, точек пересечения с осями, положения и значения экстремумов).
- 1.3 Укажите возможные способы простого определения коэффициента трения книги о доску.

Возможно, вам понадобится тригонометрическая формула

$$a \sin \alpha \pm b \cos \alpha = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\alpha \pm \varphi), \text{ где } \operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a}$$

### Часть 2. Экспериментальная.

- 2.1 Измерьте зависимость границ силы  $F_{(+)}$  и  $F_{(-)}$  от высоты подъема конца доски  $h$  (в пределах изменения  $h$  от 0 до  $L$ ). Постройте графики полученных зависимостей.
- 2.2 Используя предложенные вами в п.1.3 методы, оцените коэффициент трения книги о доску (не забудьте о погрешностях).

Измеряемое значение силы может превысить 4 Н (предел измерения динамометра). Однако с

его помощью можно измерять и такие силы! Предложите способ измерения сил, больших предела измерения динамометра!

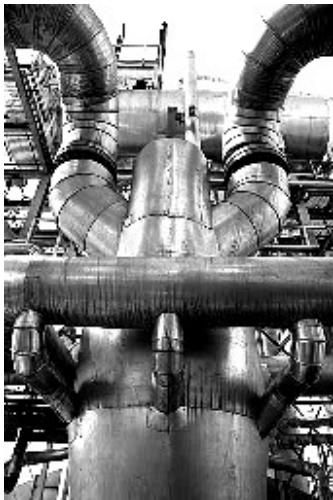
### Часть 3. Экспериментально-теоретическая.

3.1 Используя результаты проведенных измерений, постройте теоретические зависимости границ силы от высоты подъема доски. Графики теоретических зависимостей нанесите на бланке графиков экспериментальных данных п. 2.1. Оцените относительное расхождение (в процентах) между экспериментальными и теоретическими значениями сил  $F_{(+)}$  и  $F_{(-)}$ .

3.2 Для более надежной проверки соответствия между экспериментальными данными удобно линеаризовать полученные зависимости. Предложите такой способ представления экспериментальных данных, чтобы графики полученных зависимостей являлись прямыми линиями. Постройте эти графики.

3.3 Используя предложенные вами линеаризованные зависимости, определите коэффициент трения книги о доску с максимально возможной точностью.

*Не забудьте оценить погрешность определения коэффициента трения.*



### Задание 10-2 Закон Ома для ... жидкости.

*Законы электрического тока аналогичны законам течения жидкостей по трубам. Течение жидкости более наглядно, но, почему-то, законы для электрического тока известны лучше!*

*В данной работе вам необходимо разобраться с законами течения вязкой жидкости и провести аналогию с законами Ома для электрического тока.*

**Приборы и оборудование:** штатив с лапками, капиллярная трубка, гибкий шланг с краном, секундомер, мензурка, линейка 40 см, два стакана одноразовых, нитки, скотч.

### Часть 1. Теоретическое введение.

Основной характеристикой тока жидкости будем считать **расход** – объем жидкости, протекающей через поперечное сечение трубы в единицу времени

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}, \quad (1)$$

электрическим аналогом этой величины является сила тока.

В качестве единицы измерения расхода будем использовать  $[Q] = \frac{мл}{с}$  (миллилитр в секунду).

В соответствии с формулой Пуазейля расход жидкости, протекающей по трубе, пропорционален разности давлений на концах трубы  $\Delta P$  (ее электрический аналог – напряжение)

$$Q = \frac{\Delta P}{R}, \quad (2)$$

где  $R$  - гидродинамическое сопротивление. Для тонкой цилиндрической трубы эта величина равна

$$R = 8\eta \frac{l}{\pi r^4}. \quad (3)$$

$l, r$  - длина и радиус трубы,  $\eta$  - вязкость жидкости (физическая характеристика жидкости, которая в данной работе является постоянной),  $\pi = 3,1415\dots$  - одна из математических констант.

В данной работе под давлением  $P$  будем понимать разность между давлением в данной точке жидкости и атмосферным давлением, причем измерять ее будем в мм (миллиметрах водяного столба):

$$p = \frac{P - P_{\text{атм.}}}{\rho g}. \quad (4)$$

Наконец, единицей измерения гидродинамического сопротивления будем считать

$$[R] = \frac{[p]}{[Q]} = \frac{\text{мм}}{\text{мл} \cdot \text{с}^{-1}}, \text{ которую для краткости назовем гидроом (гом).}$$

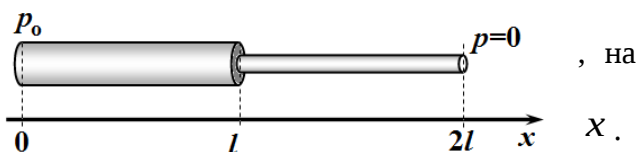
Теперь быстро решите несколько теоретических задач<sup>1</sup>.

*Подсказка: вспомните вторую задачу теоретического тура, Часть 3.*

### 1.1 Что может служить гидродинамическим аналогом ЭДС?

Труба состыкована из двух труб равной длины, радиусы которых отличаются в два раза. Труба полностью заполнена водой, которая может течь по ней (то есть она включена в некоторый контур).

1.2. Трубу расположили горизонтально и к ее более широкому торцу приложили давление  $p_0$ , во втором конце трубы  $p = 0$ . Нарисуйте график зависимости давления в трубе от координаты



1.3 Эту же трубу расположили вертикально (широкой частью вверх). На обоих концах трубы поддерживается давление, равное нулю. Нарисуйте график зависимости давления внутри трубы от координаты.

## Часть 2. Наконец-то, экспериментальная!

**Внимание!** Будьте аккуратны, не разбейте трубку (во-первых, она дорогая, во-вторых, их число ограничено, второй вам могут и не выдать). В работе используется очищенная и дегазированная вода. Используйте только выданную вам воду. Диаметр капилляра мал, мельчайшие частички грязи забивают его, и вода перестает течь. Если у вас случайно забился капилляр – продуйте его. Поддерживайте уровень воды в стакане примерно постоянным.

**Не стесняйтесь обращаться за помощью к членам жюри!**

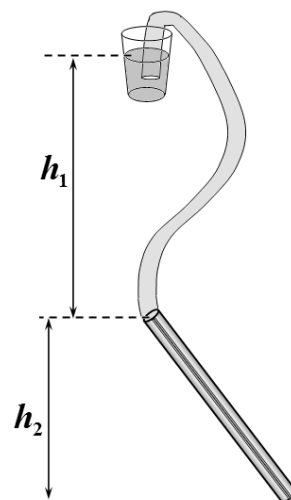
<sup>1</sup> Решение этих задач оценивается, но не слишком высоко, все-таки это экспериментальный тур! Но если вы разберетесь с этими задачами, вам легче будет понять ваши результаты измерений (или сделать их подгонку, что не рекомендуется).



Экспериментальная установка состоит из капиллярной трубки, подсоединенного к ней гибкого шланга с краном, стакана с водой. Все детали крепятся на штативе. Вы можете изменять высоту подвеса стакана с водой, высоту крепления капиллярной трубки, угол ее наклона. Объем воды измеряется с помощью мензурки (не забудьте ее подставлять под капиллярную трубку).

Используйте следующие обозначения:  $h_1$  - высота от уровня воды в стакане (источнике) до верхнего среза капиллярной трубки;  $h_2$  - высота от верхнего до нижнего среза трубки (при ее вертикальном положении она, естественно, равна длине трубки).

*Эти высоты удобно измерять, отмеряя расстояния от уровня стола.*



**2.1** Расположите трубку вертикально. Экспериментально докажите, что движение воды по трубке можно считать равномерным. Измерьте расход воды с максимальной точностью, оцените погрешность его измерения. Укажите, при каком значении  $h_1$  вы проводили измерения.

**В дальнейших заданиях погрешности рассчитывать не надо!**

**Далее для измерения расхода достаточно измерять времена, за которые по трубке протекает фиксированный объем воды  $V_0$  (рекомендуем принять  $V_0 = 20$  мл)**

**2.2** Исследуйте зависимость расхода воды от высоты  $h_1$  при вертикальном расположении трубки. Постройте график полученной зависимости, определите ее параметры. Дайте теоретическое обоснование полученной зависимости. Определите гидродинамическое сопротивление трубки в **гсм**'ах.

*В этом эксперименте удобнее изменять высоту подвеса стаканчика.*

**2.3** Исследуйте зависимость расхода воды от высоты  $h_2$  при фиксированной высоте  $h_1$  (обязательно укажите при какой высоте  $h_1$  вы проводили измерения). Постройте график полученной зависимости, определите ее параметры. Дайте теоретическое обоснование полученной зависимости. Определите гидродинамическое сопротивление трубки в **гсм**'ах по этим данным.

*В этом эксперименте следует изменять угол наклона трубки, оставляя ее верхний срез на неизменном уровне.*

**2.4** Исследуйте зависимость расхода воды от высоты  $h_2$  при фиксированной высоте  $h_1 + h_2$  (обязательно укажите при какой высоте  $h_1 + h_2$  вы проводили измерения). Постройте график полученной зависимости. Дайте теоретическое обоснование полученной зависимости. Определите гидродинамическое сопротивление трубки в **гсм**'ах по этим данным.

*В этом эксперименте следует изменять угол наклона трубки, оставляя ее нижний срез на неизменном уровне.*

**2.5** Приведите окончательную формулу для расчета расхода воды в данной установке, описывающую все проведенные эксперименты.



## Задача 11-1 Что больше и кто быстрее?

Трудно представить современную жизнь без резистора, электрического переключателя, конденсатора, полупроводникового диода, универсального измерительного прибора мультиметра, батарейки, секундомера и т. д.

Любую (почти любую) физическую величину необходимо уметь измерять, хотя бы оценочными, простыми методами. Попытки измерения физических характеристик тех или иных приборов способствуют более глубокому

пониманию их работы, выяснению их достоинств и недостатков. Чистое же книжное знакомство с перечисленными выше приборами приводит к формализации знаний, идеализации представлений о сложнейших особенностях работы и применения в электронике диода, конденсатора, электрического ключа.

В данной работе вам предоставляется не паханное поле деятельности – творите, выдумывайте, пробуйте!

В каждой части приведите схему измерений, краткое теоретическое описание, результаты измерений и их обработку.

**Приборы и оборудование:** полупроводниковый диод Д226, два мультиметра, электролитический конденсатор 20 мкФ, школьный двухполюсный переключатель, резисторы (110 кОм, 10 кОм, 1 кОм, 100 Ом, ), батарейка 4,5 В, соединительные провода.

### Часть 1.

С помощью выданного вам оборудования определите:

а) сопротивление мультиметра при измерении напряжения до 20 В;

б) прямое и обратное сопротивление полупроводникового диода  $R_d = \frac{U}{I}$  (помните – оно может зависеть от силы тока!);

в) сопротивление утечки электролитического конденсатора.

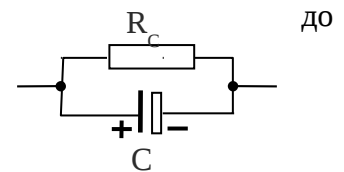
#### Примечания:

В данном задании оба мультиметра использовать только при положении переключателя для измерения напряжения в диапазоне до 20 В.

Приборы позволяют получить оценочные величины сопротивлений, поэтому численные значения сопротивлений округлить одной значащей цифрой.

При подключении электролитического конденсатора в цепь необходимо соблюдать полярность! Реальный конденсатор можно представить в виде схемы изображенной на рисунке.

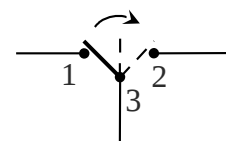
**Не подключать полупроводниковый диод без резистора к батарейке!**



до

### Часть 2

При «быстром» переключении двухполюсного переключателя из положения 1 в положение 2 необходимо некоторое время: контакты 1 и 3 разомкнуты, а контакты 2 и 3 еще не замкнуты. С помощью выданного



вам оборудования предложите способ определения этого времени  $\tau_0$ . Это и будет ваш (возможно первый) электронный секундомер!



## Задание 11-2. Градуировка фотометра и изучение отражения света.

Не всегда под рукой может оказаться измеритель интенсивности света. Не беда – в который раз на белорусских олимпиадах используется фотоэлемент от обычного, китайского калькулятора. Вам предстоит проверить его работоспособность и сего помощью исследовать зависимость интенсивности отраженного света от угла падения.

**Вопрос 0** (тоже оценивается!) Чей портрет изображен на заставке к задаче и почему.

**Приборы и материалы:** источник света (лампочка накаливания с аккумулятором) на подставке, фотоэлемент калькулятора с мультиметром, резистор 150 кОм, линза собирающая, экран со шкалой, линейка 40 см, стеклянная пластинка, напыленное зеркало (толстое, стеклянное), зеркало металлическое (маленькое на стеклышке), набор нейтральных светофильтров, пластилин, скотч, магнитная дискета.

Внимание! для успешного выполнения работы соблюдайте следующие правила:

1. Ваш стол застелен белой бумагой – можете рисовать, чертить, писать на ней.
2. Оптические приборы (особенно отражающие поверхности) любят чистоту, старайтесь не трогать их пальцами, время от времени протирайте их салфеткой.
3. Используйте пластилин и скотч в качестве крепежа.
4. Калькулятор прикройте черной дискетой, так, чтобы ее отверстие приходилось на фотоэлемент, это же кольцо поможет вам настраивать установку.
5. В оптических измерениях нужна «сноровка, закалка... юстировка». Не жалейте времени на тщательную настройку оптических схем.
6. Для измерения интенсивности подключите к фотоэлементу резистор и с помощью мультиметра измеряйте на нем напряжение, которое и будет показателем интенсивности.
7. Постоянно измеряйте фоновый сигнал (напряжение на резисторе при выключенной лампочке). Старайтесь, чтобы фон был послабее (затемняйте и перекрывайте посторонние источники света), вычитайте фоновый сигнал из результатов основных измерений.
8. Аккумулятор лампочки достаточно быстро «садится», поэтому включайте лампочку только во время проведения измерений.
9. Во всех измерениях старайтесь, чтобы фотоэлемент был полностью освещен.
10. Во всех измерениях старайтесь добиться максимальных показаний мультиметра.
11. В каждой части обязательны схемы установок (оптической части) – расположение всех оптических элементов, расстояния между ними, углы, предполагаемый зод световых лучей.

### Часть 1. Фотометр - расходящийся пучок.

Одна из главных проблем оптических датчиков (помимо малой чувствительности) – нелинейность, когда снимаемые показания не пропорциональны интенсивности падающего света. В данной части работы вам необходимо исследовать именно это свойство фотоприемника.

Для проверки линейности (пропорциональности между интенсивностью света и показанием фотометра) необходимо источник, интенсивность которого можно изменять в известное число раз.

- 1.1 Для изменения интенсивности света, попадающего на фотоприемник можно использовать расходящийся световой пучок. Расположите линзу рядом с лампочкой так, чтобы она формировала расходящийся световой пучок с четкой, хорошо видимой границей. Измерьте зависимость показаний вашего прибора от диаметра светового пучка в плоскости фотоприемника.
- 1.2 Укажите, как вы изменяли диаметр пятна в плоскости приемника.
- 1.3 Используя полученные данные, проверьте, является фотоприемник линейным. Обоснуйте ваш вывод (возможно графически).

## **Часть 2. Фотометр - расходящийся пучок.**

Интенсивность света можно изменять в одно и тоже число раз, используя одинаковые светофильтры. В вашем распоряжении пять одинаковых светофильтров (серых пленок).

- 2.1 Измерьте зависимость показаний фотометра от числа светофильтров, перекрывающих световой пучок (не забудьте привести схему вашей установки: расположения, расстояния ... )
- 2.2 Используя полученные данные, проверьте, является фотоприемник линейным. Обоснуйте ваш вывод (возможно графически).
- 2.3 Считая приемник линейным, рассчитайте коэффициент пропускания светофильтра (с оценкой погрешности).

## **Часть 3. Отражение света от стеклянной пластинки.**

- 3.1 Измерьте зависимость интенсивности отраженного от стеклянной пластинки света от угла падения. Постройте график этой зависимости. Дайте ему качественное объяснение.
- 3.2 Оцените коэффициент отражения света от стекла при угле падения в  $45^\circ$ .

## **Часть 4. Отражение от зеркал.**

Проведите измерения аналогичные части 3 для двух зеркал. Возможно, вам придется изменить оптическую схему установки.

- 4.1 Измерьте зависимость интенсивности отраженного от стеклянной пластинки света от угла падения. Постройте график этой зависимости. Дайте ему качественное объяснение.
- 4.2 Оцените коэффициент отражения света от стекла при угле падения в  $45^\circ$ .