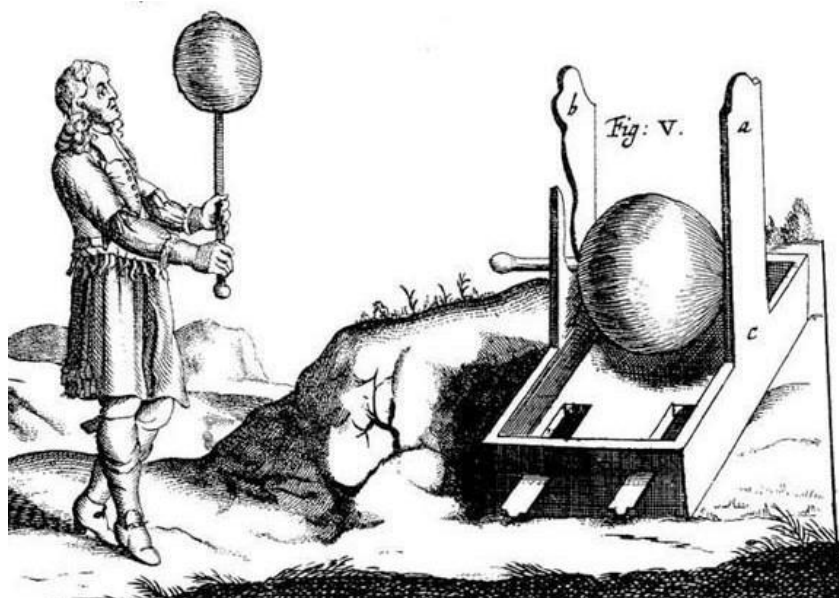




Top secret



*Республиканская
физическая
олимпиада
2016 год.
(III этап)*

Экспериментальный тур

Задание 9-1. Вытекание из бутылки.

Приборы и оборудование: штатив с лапкой, пластиковая бутылка с завинчивающейся пробкой, в которую вставлены две трубки, секундомер с памятью этапов, мензурка, посуда с водой, линейка.

Рассчитывать погрешности в данной работе не требуется!

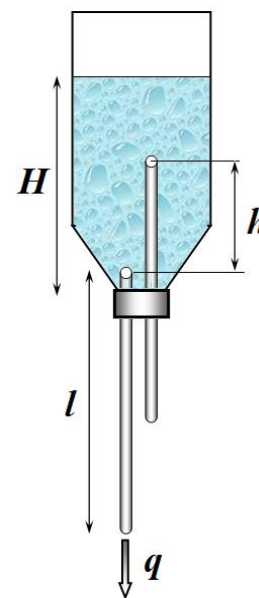
Каждому приходилось проводить эксперимент по выливанию жидкости из перевернутой бутылки. Течение жидкости в этом случае является крайне регулярным – волны, брызги... и бульканье! Действительно, что бы жидкость вытекала из бутылки, внутрь ее должен попадать воздух. В данной задаче Вам предстоит исследовать регулярное вытекание воды из пластиковой бутылки. Для этого сквозь пробку бутылки пропущены две одинаковые трубки, которые можно передвигать. Бутылка закрепляется вертикально в лапке штатива, для измерения объема используется мензурка, для измерения времени вытекания секундомер.

В качестве основной характеристики скорости вытекания используется расход жидкости (объем жидкости, вытекающей в единицу времени):

$$q = \frac{\Delta V}{\Delta t} . \quad (1)$$

В работе также используйте следующие обозначения (см. рисунок):

H - высота уровня воды в сосуде; l - длина трубки; h - разность высот уровней трубок внутри сосуда.

**Часть 1. Закон вытекания.**

Измерения в данной части проведите при разности уровней трубок в сосуде $h = 5,5\text{см}$

- 1.1 Экспериментально исследуйте зависимость объема вытекшей жидкости от времени $V(t)$, постройте график полученной зависимости.
- 1.2 Предложите простую формулу, описывающую полученную зависимость. Найдите их численные значения, объясните их физический смысл.
- 1.3 На основании полученной зависимости, укажите, можно ли считать расход жидкости q не зависящим от высоты уровня воды H в бутылке.
- 1.4 Дайте качественное объяснение полученной зависимости.

Часть 2. От чего зависит расход?

В данной работе используйте основной вывод Части 1, позволяющий рассчитывать расход по «одной точке» - измерять время вытекания t фиксированного объема жидкости (например $V = 100\text{мл}$).

- 2.1 Исследуйте зависимость расхода вытекающей жидкости q от разности уровней трубок h . Постройте график полученной зависимости.
- 2.2 Предложите простую формулу, описывающую полученную зависимость. Найдите их численные значения, объясните их физический смысл.
- 2.3 Дайте качественное объяснение полученной зависимости и численных значений ее параметров (хотя бы некоторых).

Задание 9-2. Правду ли нам говорят?

Приборы и материалы: источник питания 4,5 В, амперметр стрелочный 2А, вольтметр стрелочный 6В, пять последовательно соединенных проволочных резисторов с неизвестным сопротивлением R_1 , пять последовательно соединенных резисторов с известным сопротивлением (сопротивление каждого примерно $R_2 \approx 10\text{кОм}$, точное значение укажут организаторы), ключ, соединительные провода.

Часть 1. Чему равен нуль?

У идеального амперметра собственное сопротивление равно нулю. А у реального?

Для измерения сопротивлений амперметра и проволочного резистора R_1 соберите цепь, показанную на рис. 1. В данной цепи напряжение на источнике не остается постоянным, поэтому его необходимо измерять. Амперметр последовательно подключайте к точкам 0, 1, 2, ...5.

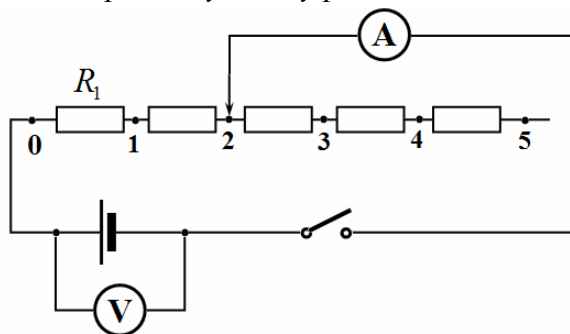


Рис. 1

Ключ замыкайте только во время проведения измерений!

- 1.1 Измерьте зависимости напряжения на вольтметре U_n и силы тока через амперметр I_n от номера точки подключения n .
- 1.2 Получите теоретическую зависимость силы тока I_n от напряжения U_n и номера точки подключения n .
- 1.3 Укажите такую функцию $Z_n(U_n, I_n)$ от величин U_n и I_n , чтобы ее зависимость от номера точки подключения n была линейной. Постройте график зависимости $Z_n(n)$.
- 1.4 Используя полученный график, найдите сопротивление амперметра R_A и сопротивление проволочного резистора R_1 . Оцените погрешности найденных значений.

Часть 2. Чему равна бесконечность?

У идеального вольтметра собственное сопротивление равно бесконечности. А у реального?

Для измерения сопротивления вольтметра R_V соберите цепь, показанную на рис. 2. В данной цепи напряжение на источнике остается практически постоянным, поэтому измерять его постоянно нет необходимости. Вольтметр последовательно подключайте к точкам 0, 1, 2, ...5.

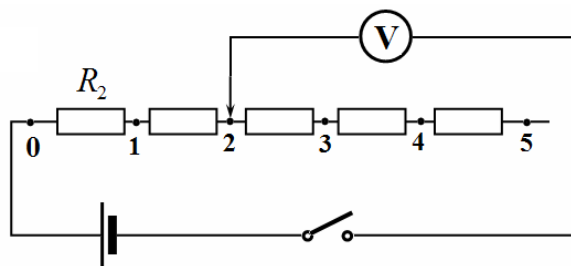
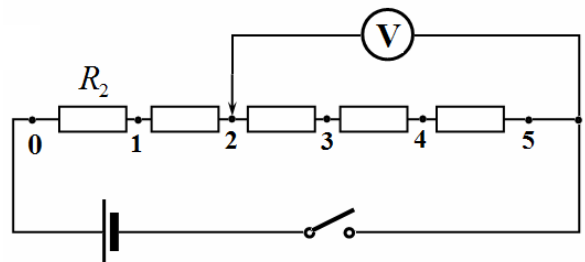


Рис. 2

- 2.1 Измерьте зависимость напряжения на вольтметре U_n от номера точки подключения n .
- 2.2 Получите теоретическую зависимость напряжения U_n и номера точки подключения n .
- 2.3 Укажите такую функцию $Z_n(U_n)$ от величины U_n , чтобы ее зависимость от номера точки подключения n была линейной. Постройте график зависимости $Z_n(n)$.
- 2.4 Используя полученный график, найдите сопротивление вольтметра R_V , оцените погрешность полученного значения.

Часть 3. Что Вы поняли?

- 3.1 Видоизмените цепь, превратив ее в цепь, показанную на рис.3. Измерьте зависимость напряжения на вольтметре U_n от номера точки подключения n .
- 3.2 Получите теоретическую зависимость напряжения U_n и номера точки подключения n .
- 3.3 Постройте зависимость функции $Z_n(U_n)$,



введенной в п. 2.3, от номера точки подключения n для данной цепи. На этом же графике постройте аналогичную теоретическую зависимость. Сравните полученные графики.

Задание 10-1. «Трение в неподвижном блоке»

Оборудование: штатив с лапкой (высота стержня штатива должна быть не менее 80 см), неподвижный блок, грузы по 100г – 6шт, груз 50г – 1шт (все грузы должны быть с крючками с двух сторон), штангенциркуль, линейка (20 – 30см), динамометр с пределом измерения 2,5Н, динамометр с пределом измерения 5,0 Н, динамометр с пределом измерения 10,0Н, нить х/б длиной 1,0 – 1,5 м.

В данной задаче Вам необходимо исследовать зависимость силы, прилагаемой к нити при равномерном поднятии или опускании груза с помощью неподвижного блока, от силы тяжести груза.

Часть 1. Теоретическая

Через неподвижный блок перекинута нить. К одному концу нити прикреплен груз, массой m , к другому концу нити с помощью динамометра прикладывают силу F . Радиус колеса блока – R . Радиус оси блока – r .

$$\frac{R}{r} = \beta - \text{линейный параметр. Коэффициент трения между колесом и осью блока} - \mu.$$

Нить считайте невесомой и нерастяжимой. Массой колеса блока пренебречь.

- 1.1 Получите зависимость силы, прикладываемой к динамометру, от силы тяжести груза при равномерном поднятии груза $F_1(mg)$. Укажите вид данной зависимости.
- 1.2 Получите зависимость силы, прикладываемой к динамометру, от силы тяжести груза при равномерном опускании груза $F_2(mg)$. Укажите вид данной зависимости.

Часть 2. Экспериментальная

- 2.1 Исследуйте экспериментально зависимость $F_1(mg)$.
- 2.2 Исследуйте экспериментально зависимость $F_2(mg)$.
- 2.3 По экспериментальным данным п.2.1 определите коэффициент трения μ_1 .
- 2.4 По экспериментальным данным п.2.2 определите коэффициент трения μ_2 .
- 2.5 Определите относительную и абсолютную погрешность коэффициента трения μ_1 .
- 2.6 Определите относительную и абсолютную погрешность коэффициента трения μ_2 .
- 2.7 Объясните полученные значения погрешностей.

Задание 10- 2. «Мостовая схема»

Расчет погрешностей в данной работе не требуется!

Приборы и оборудование: Источник питания 4,5 В, мультиметр, два одинаковых реостата с сопротивлениями $R = 15 \text{ Ом}$, постоянный резистор с сопротивлением $R_0 \approx 100 \text{ Ом}$, соединительные провода.

Мостовые схемы часто используются при проведении прецизионных (очень точных) измерений. В данном задании Вам предстоит исследовать работу таких схем. Отметим, что в общем случае расчет таких схем представляет собой достаточно сложную задачу, так как эти схемы не сводятся к комбинациям последовательных и параллельных соединений. Однако, в некоторых случаях разумные приближения позволяют находить распределение токов и напряжений на элементах такой цепи.

Реостат – переменный резистор с тремя выводами: сопротивление между крайними выводами 1-2 постоянно и равно сопротивлению реостата; средний вывод 3 (движка) является скользящим, его смещение позволяет изменять сопротивления между выводами 1-3 и 2-3 (см. рис. 1)

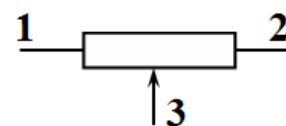


Рис. 1

Часть 1. Экспериментальная.

1.1 Реостат.

- 1.1.1 Определите, какие клеммы выданных вам реостатов, соответствуют выводам на схеме 1. Зарисуйте расположения клемм и подпишите соответствующие им выводы.
- 1.1.2 Измерьте сопротивление каждого реостата R .
- 1.1.3 Установите движок одного из реостатов так, чтобы сопротивления между выводами 1-3 и 2-3 были равны $R_{12} = R_{23} = \frac{1}{2} R$. Опишите, как Вам это удалось сделать. В дальнейшем положение средней точки этого реостата не изменяйте.

1.2 Первая схема – подготовительная.

Соберите схему, показанную на рис. 2.

- 1.2.1 Изменяя положение среднего вывода второго реостата измерьте в каких пределах изменяется сила тока в цепи. Запишите минимальное и максимальное значение измеренных сил токов, укажите, при каких положениях достигаются эти экстремальные значения сил токов.

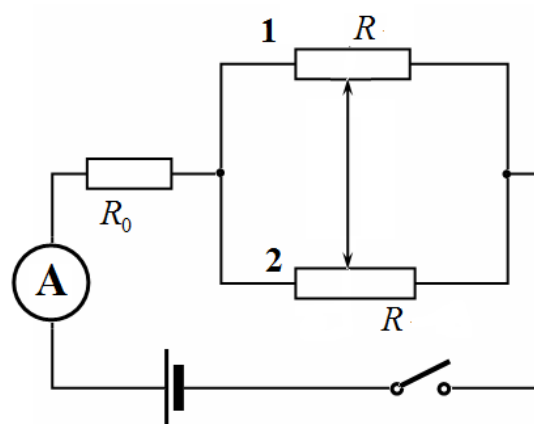


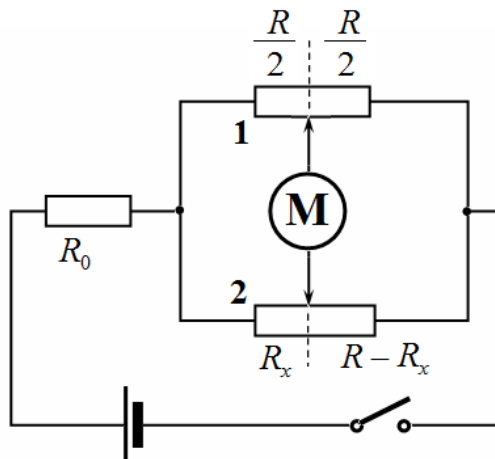
Рис. 2

1.3 Основная схема.

Соберите схему, показанную на рис. 3

На схеме буквой **М** обозначен мультиметр, который в данном случае используется в режиме измерения сопротивления, силы тока и напряжения.

1.3.1 Измерьте зависимости напряжения U_V (когда мультиметр работает в режиме вольтметра), силы тока I_A (когда вольтметр работает в режиме амперметра) от сопротивления R_x .



Рекомендуем установить и измерить сопротивление R_x (укажите, как Вы его измеряли), а затем провести измерения напряжения и силы тока, переключая режимы работы мультиметра.

1.3.2 Постройте график зависимостей силы тока I_A и напряжения U_V от сопротивления R_x .

1.3.3 Постройте график зависимости силы тока I_A от напряжения U_V . Определите, выполняется ли для данной зависимости прямо пропорциональная зависимость. Качественно объясните полученный результат.

Часть 2. Теоретическая.

2.1 Рассчитайте теоретическую зависимость силы тока I_A от сопротивления R_x , постройте график этой зависимости на том же листе, что и экспериментальный график, построенный в п. 1.3.2 Качественно объясните возможные расхождения.

2.2 Рассчитайте теоретическую зависимость напряжения U_V от сопротивления R_x , постройте график этой зависимости на том же листе, что и экспериментальный график, построенный в п. 1.3.2 Качественно объясните возможные расхождения.

При расчетах используйте разумные приближения и результаты измерений полученных при измерениях в частях 1.1 и 1.2.

Задание 11-1. «Сползание капель»

Оборудование: штатив с лапкой, наклонная плоскость оклеенная скотчем (доска длиной 80 – 90см, ширина 8 – 10см, толщина 1,5 – 2см), шприц одноразовый без иглы (5 – 10мл), секундомер электронный с памятью 10-ти этапов, мерная лента, линейка (30 – 40 см), маркер (черный или синий), салфетки бумажные (20 шт), рафинированное растительное масло (80 – 100 мл), вода (100 - 150 мл), стаканы одноразовые пластмассовые (2шт), скотч (ширина 2см), пластиковый контейнер (250 – 500 мл, для использованных салфеток).

Внимание участников олимпиады!!! В шприц набирать только воду! Пальцы, вымазанные растительным маслом, не облизывать. Со стороны это выглядит очень не красиво. Руки вытирайте салфетками.

Указания для организаторов экспериментального тура.

Доску, которая будет использоваться в качестве наклонной плоскости обязательно с одной стороны оклеить скотчем. Оклеивание обязательно производить вдоль доски. Для оклеивания использовать широкий скотч (5 – 6см шириной, можно шире). Оклеенная поверхность не должна иметь складок, морщин и пузырьков воздуха. По обоим краям наклонной плоскости обязательно сделать «бортики», проклеить друг на друга вдоль всей доски с обеих сторон по 3 - 4 полосы узкого скотча (ширина 2см).

Без указанной подготовки наклонных плоскостей учащиеся не смогут качественно провести эксперимент по данной задаче.

Часть 1. Теоретическая

Известно, что сила вязкого трения и скорость движения тела в вязкой среде связаны соотношением

$$F_c = kv^\alpha \quad (1)$$

В данной задаче Вам предстоит исследовать движение капель по наклонной плоскости покрытой тонким слоем растительного масла.

1.1 Покажите, что в случае равномерного движения капли по наклонной плоскости скорость движения капли v зависит от высоты верхнего края плоскости над горизонтальной поверхностью H в соответствии с уравнением (2). Длину наклонной плоскости L , массу капли m , коэффициент k и показатель степени α в уравнении (1) считайте известными.

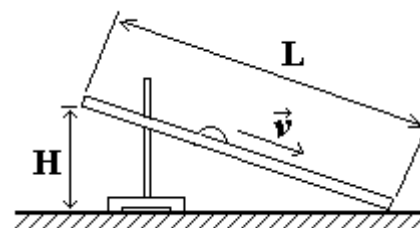


Рисунок 1.

$$v = cH^\beta \quad (2).$$

1.2 Получите выражение для коэффициента c в уравнении (2).

1.3 Получите выражение для показателя степени β в уравнении (2).

Часть 2. Экспериментальная

С начала Вам необходимо привести экспериментальную установку в соответствие с условиями задачи. По краю наклонной плоскости со стороны, оклеенной скотчем, нанесите маркером деления через 5,0см. Начальное деление – 0, последнее деление – 60см. Деление нанесите так, чтобы расстояние от нулевого деления до ближайшего торца доски и от последнего деления до ближайшего к нему торца доски были примерно

одинаковыми. Если нанесённые метки вытираются, то заклейте их скотчем (заклеивайте сплошной полосой по всей длине доски). По обоим краям наклонной плоскости должны быть «бортики» (3 – 4 полосы скотча, шириной 2см, приклеенные друг на друга по всей длине доски). С помощью бумажной салфетки покройте наклонную плоскость между бортиками по всей длине тонким слоем растительного масла. Капли на наклонную плоскость наносите с помощью одноразового шприца.

Абсолютные и относительные погрешности косвенных измерений в данной задаче вычислять не требуется.

2.1 Установите верхний край наклонной плоскости на высоте 10 – 15 см над горизонтальной поверхностью. Исследуйте экспериментально зависимость координаты капли воды от времени её движения по наклонной плоскости, покрытой тонким слоем растительного масла. Получите по экспериментальным данным уравнение зависимости координаты капли от времени её движения.

2.2 Исследуйте экспериментально зависимость $v(H)$ скорости движения капли воды по наклонной плоскости, покрытой тонким слоем растительного масла, от высоты верхнего края плоскости над горизонтальной поверхностью. Покажите, что данная зависимость соответствует уравнению (2).

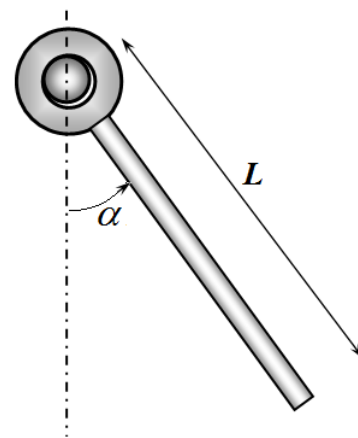
2.3 По данным Вашего эксперимента определите значения показателей степеней α и β .

2.4 Используя результаты Вашего исследования, запишите зависимость $v(H)$ в виде уравнения (2).

Задание 11-2. «Сухое трение»

Приборы и оборудование: Штатив с гладким стержнем, кусок проволоки (алюминиевая, двойная в пластиковой изоляции), круговая шкала (лимб), секундомер с памятью этапов, линейка.

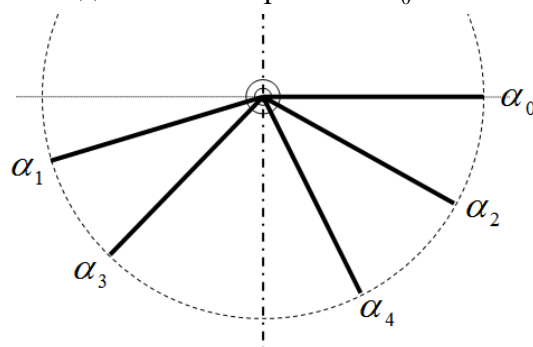
Изготовьте из куска провода маятник, способный колебаться на стержне. Для этого закрутите один из его концов вокруг стержня штатива (полтора – два оборота), но не слишком туго с небольшим зазором, чтобы колебания проволоки не затухали слишком быстро. Длина свободной части проволоки должна быть не менее 30-40 см, эта часть должна быть прямой. На том же стержне закрепите лист с угловой шкалой так, чтобы было возможно измерять углы отклонения маятника от вертикали α . Колебания маятника являются устойчивыми и воспроизводимыми, поэтому измерения можно проводить многократно с примерно одинаковыми результатами.



Часть 1. Измерительная.

Во всех случаях начальный угол отклонения маятника должен быть равным $\alpha_0 = 90^\circ$.

Конечно, вручную практически невозможно измерить зависимость угла отклонения маятника от времени. Но достаточно просто фиксировать углы отклонения α_k и соответствующие времена t_k крайних положений маятника (точек остановки), тем более, что все измерения можно повторять.



Понятно, что все четные углы остановок α_{2k}

являются положительными, а нечетные α_{2k-1} - отрицательными.

- 1.1 Измерьте зависимости времен «четных» остановок t_{2k} от индекса k . Постройте график полученной зависимости.
- 1.2 На основании проведенных измерений укажите, можно ли пренебречь изменением периода колебаний маятника от его амплитуды.
- 1.3 Рассчитайте средний период колебаний маятника T . Оцените погрешность полученного значения.
- 1.4 Измерьте зависимость углов «четных» остановок α_{2k} от индекса k .

Часть 2. Расчетная.

- 2.1 Рассчитайте приблизительно значения «нечетных» углов отклонения α_{2k-1} и соответствующих времен остановок t_{2k-1} . Приведите формулы, по которым Вы провели расчеты.
- 2.2 Постройте схематический график зависимости угла отклонения маятника от времени, считая движение между остановками равномерным.

- 2.3** Рассчитайте среднее значение модуля угловой скорости $|\omega_k|$ маятника на каждом интервале между двумя последовательными остановками от α_{k-1} до α_k .
- 2.4** Рассчитайте потери энергии механической энергии маятника ΔE_k на каждом интервале между двумя последовательными остановками от α_{k-1} до α_k .
- 2.5** Используя полученные данные, оцените коэффициент трения проволоки о стержень. Не забудьте привести теоретическое обоснование вашей оценки.