

10 класс (12)

Задача 1. Закон фильтрации Дарси.

В середине 19 века французский инженер Дарси провел экспериментальные наблюдения за движением воды в трубах, заполненных песком.

Эти исследования положили начало созданию теории фильтрации, которая сегодня успешно применяется для описания движения жидкостей, газов и их смесей через твердые тела, содержащие связанные между собой поры или трещины.

Дарси сформулировал линейный закон фильтрации

$$Q = \frac{k_f S \Delta P}{L}$$

Объемный расход жидкости Q прямо пропорционален площади S фильтра и разности давлений над фильтром и у его основания ΔP , и обратно пропорционален толщине L фильтра. Коэффициент пропорциональности k_f (назовем его коэффициентом фильтрации) зависит как от природы пористой среды, так и от свойств протекающей жидкости.

Объемным расходом жидкости назовем объем жидкости (в данном случае воды), протекающей через трубу в единицу времени.

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

В работе предлагается экспериментально исследовать данный закон.

В качестве пористой среды предлагаются бумажные фильтры из фильтровальной бумаги.

Оборудование

Штатив лабораторный с двумя муфтами, лапкой и кольцом.; бутылка пластиковая (0,5 л); секундомер; емкость 0,5 л (кружка, большой стакан от калориметра, бутылка пластиковая 1,5 л); подставка под емкость (кювета); тряпка для вытирания воды; пробки пластиковые с отверстиями разного диаметра, 7 штук; фильтры бумажные.

Задание 1.

Собрав установку, показанную на рисунке, исследуйте зависимость объемного расхода воды от разности давлений над фильтром и у основания фильтра. Бумажный фильтр укладывается в пробку с отверстием, и пробка вворачивается в горловину бутылки.

Постройте график зависимости объемного расхода воды от давления жидкости.

Примечание. Будьте аккуратны, укладывая фильтр. Вода должна просачиваться сквозь фильтр, а не мимо его. Пробку удобнее брать с отверстием среднего диаметра (4 – 5 мм).

Задание 2.

Исследуйте зависимость объемного расхода жидкости от площади фильтра. Для этого у Вас имеются пробки с отверстиями разного диаметра (3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 5,5; 6,0 мм)

Постройте график зависимости объемного расхода жидкости от площади отверстия.

Задание 3.

Меняя количество слоев фильтровальной бумаги можно изменять толщину фильтра в одинаковое число раз. Исследуйте зависимость объемного расхода воды от толщины фильтра.

Постройте график зависимости объемного расхода воды от толщины фильтровального слоя.

Задание 4.

По полученным данным оцените величину коэффициента фильтрации.

Примечание общее для всех заданий.

Объемный расход воды удобно измерять в $\frac{\text{см}^3}{\text{с}}$, площадь отверстия в см^2 и давление воды в см водяного столба.

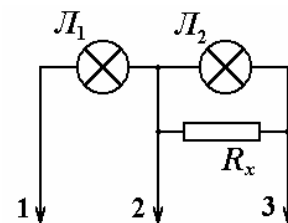
Задача 2. «Желтый ящик»

Внимание!

В ходе проведения эксперимента батарейка может быстро разрядиться. Подключайте батарейку к цепи только во время проведения измерений!

Оборудование: коробка с двумя лампочками и резистором; вольтметры школьные, амперметр школьный, реостат, батарейка 4,5 В, соединительные провода, ключ электрический.

В выданном вам секретном желтом ящике находятся две одинаковые электрические лампочки L_1 и L_2 , соединенные последовательно, параллельно к одной из лампочек подключен резистор R_x , сопротивление которого вам предстоит определить. От схемы наружу сделано три вывода – от концов и середины схемы. На схеме они пронумерованы 1-2-3. На коробке выводы обозначены «А», «В», «С» (последовательность выводов может быть иной, чем показана на схеме).



Задание 0. Перед началом работы запишите в тетрадь номер выданной вам батарейки и номер «желтого ящика».

Задание 1. Используя предоставленное оборудование, определите, какой из проводов какому выводу схемы соответствует. Иными словами, установите соответствие между номерами выводов на схеме «1», «2», «3» и обозначениями на коробке.

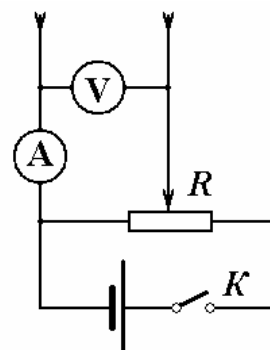
Ответ обоснуйте проведенными опытами.

Не забывайте – сопротивление лампочки зависит от силы протекающего тока!

Задание 2. Получите вольтамперные характеристики (то есть зависимости силы тока от напряжения) лампочки накаливания и резистора. Постройте графики полученных зависимостей. Приведите электрические схемы, использованные вами при проведении исследований.

Обязательно укажите, между какими выводами «желтого ящика вы проводили измерения!

Определите сопротивление резистора (не забудьте указать погрешность этого значения).



На этом можно было бы и закончить формулировку условия, но *мы решили вам помочь!*

Вам необходимо измерить зависимость силы от приложенного напряжения – нет проблем!?. Можно собрать схему измерительного устройства, позволяющую изменять напряжение, измерять его и измерять силу тока. Но в нашем (следовательно, и в вашем) распоряжении имеется только школьный амперметр. Цена его деления 0,1 А. Силы измеряемых токов не превышают 0,2А, то есть не более двух делений. Поэтому от использования амперметра пришлось отказаться!

Поэтому мы решили вам помочь!

Силу тока можно определить, измеряя напряжение на резисторе с известным сопротивлением, например, 1,0 Ом. Но и эти напряжения не велики, и школьный вольтметр (6,0 В с ценой деления 0,2 В).

Поэтому мы решили вам помочь!

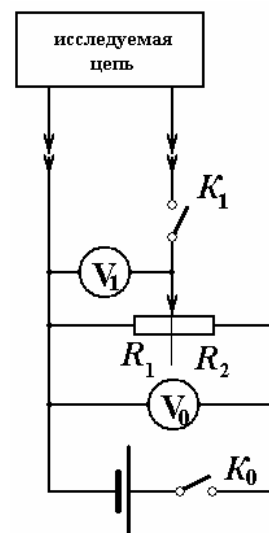
Почему бы не измерять напряжения непосредственно на реостате? Дадим вам два вольтметра! Рекомендуем (но не настаиваем) использовать для измерений следующее измерительное устройство.

При замкнутом ключе K_1 измеренные значения напряжений U_1 и U_0 позволяют определить напряжение и силу тока в исследуемой цепи, при условии, что вам известны значения сопротивлений частей реостата R_1 и R_2 . Но, к сожалению, они не известны, *поэтому мы решили вам помочь!*

И предлагаем, не меняя положения движка реостата, разомкнуть ключ K_1 и еще раз измерить напряжения на вольтметрах U_{10} и U_{00} . Этих четырех значений достаточно, чтобы рассчитать силу тока и напряжение на исследуемой цепи!

Итак, соберите измерительную цепь, подключите к ней нужные вам выводы из «желтого ящика» (еще раз напоминаем – обязательно укажите, какие выводы вы подключаете!). Изменяя положения движка реостата, измерьте значения четырех напряжений, проведите расчеты сопротивлений R_1 и R_2 (запишите формулы, по которым вы проводите эти расчеты – полное сопротивление реостата R_0 указано на нем), рассчитайте значение силы тока I через исследуемую цепь (приведите формулу, по которой вы проводите расчет).

Результаты измерений предлагаем представлять в виде таблиц



$U_1, \text{В}$	$U_0, \text{В}$	$U_{10}, \text{В}$	$U_{00}, \text{В}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$I, \text{А}$

И последнее, разрешаем, рекомендуем, настаиваем проводить измерения напряжений с точностью до четверти деления шкалы, хотя это не позволительно, согласно инструкциям!

10 класс (11)

Задание 1. «Скольжение диска»

Приборы и оборудование: штатив с лапкой или кольцом, нитки, миллиметровая бумага, линейка с миллиметровыми делениями, скотч, компакт-диск (CD) с гладкой поверхностью, груз цилиндрический массой $M = 100\text{г}$ из стандартного набора.

В данной задаче Вам предстоит исследовать силу сопротивления, действующую на компакт-диск при его движении по миллиметровой бумаге.

При движении со скоростью v между CD массой m и бумагой действует как сила трения скольжения $F_{\text{скольж}} = \mu mg$, так и сила вязкого трения в воздушной прослойке между диском и бумагой $F_{\text{вязк}} = \beta v$. Если диску сообщить начальную скорость v_0 , то путь, пройденный до остановки описывается формулой

$$s = \frac{mv_0}{\beta} \left[1 - \frac{\mu mg}{\beta v_0} \ln \left(1 + \frac{\beta v_0}{\mu mg} \right) \right],$$

которая упрощается при $\frac{\beta v_0}{\mu mg} < 0,75$:

$$s = \frac{v_0^2}{2\mu g} - \frac{1}{3} \frac{\beta v_0^3}{m\mu^2 g^2}.$$

1. Используя доступное оборудование, определите массу компакт-диска m .
2. Тело массой M , движущееся со скоростью V врезается в неподвижное тело массой m . Удар центральный и абсолютно упругий. Покажите, что скорость, с которой начнет двигаться тело m , пропорциональна V : $v_0 = \alpha V$. Определите коэффициент пропорциональности α для груза, врезающегося в компакт-диск.

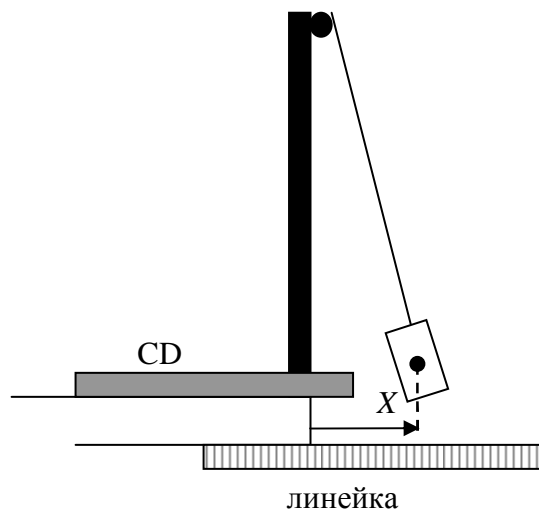
3. Закрепите груз на нити максимально возможной длины, прикрепленной к лапке, так, чтобы положение равновесия груза находилось прямо у края стола. Прикрепите лист миллиметровой бумаги к столу. Закрепите деревянную линейку с нижней стороны парты при помощи скотча. Положите компакт-диск надписью «Республиканская олимпиада-2008» вверх и сместите его на 10 мм от края стола. Отклоняя груз на разные расстояния из положения равновесия по линейке, заставляйте его врезаться в компакт-диск, сообщая тем самым диску начальную скорость. Следите за тем, чтобы удар был центральным.

Измерьте зависимость пути s , проходимого диском по бумаге, от начального отклонения груза X . Постройте график этой зависимости.

Измерения начинайте с таких значений отклонения груза, при которых компакт-диск проходит по бумаге не менее 10 мм. Постройте график зависимости пути, проходимого диском по бумаге от его начальной скорости.

Определите коэффициент трения скольжения μ и коэффициент вязкого трения β .

Погрешности величин μ и β оценивать не требуется.



Задание 2. «Закон электромагнитной индукции»

Оборудование: головной телефон, мультиметр, секундомер, конденсатор, диод полупроводниковый, магнит кольцевой, грузик, соединительные провода, штатив, нитки, линейка.

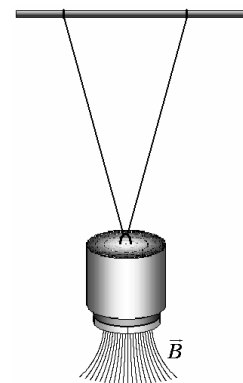
Емкость конденсатора $C = (50 \pm 1) \text{ мкФ}$.

Сопротивление катушки головного телефона $R = 1,2 \text{ кОм}$

Соберите установку, как показано на рисунке: железный груз подвесьте на двух нитях (бифилярный подвес), что бы колебания проходили в одной плоскости. К железному грузу прикрепите снизу магнит.

На подставке штатива закрепите с помощью кусочка пластилина головной телефон. Подвешенный груз с магнитом должен проходить точно над катушкой телефона. Длина маятника должна быть не менее 70 см.

Для измерения амплитуды колебаний прикрепите к основанию штатива линейку.

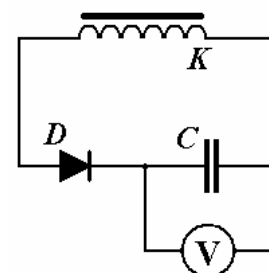


При раскачивании груза с магнитом в катушке телефона возникает ЭДС. Этот импульс не сложно увидеть на экране осциллографа, но очень сложно обеспечить всех участников олимпиады индивидуальными осциллографами.

Для экспериментального исследования явления вам предлагается использовать следующую электрическую схему. К катушке головного телефона K подсоедините последовательно диод D и конденсатор C , к последнему подключите мультиметр. Измерения следует проводить в диапазоне 2000 мВ.

Теперь, ЭДС индукции, возникающая в катушке, заряжает конденсатор, напряжение на котором легко измерить.

Соберите установку. Убедитесь в ее работоспособности. Добейтесь, чтобы напряжение на конденсаторе достигало не менее 500 мВ.



Основная цель вашей работы – экспериментальное изучение закона электромагнитной индукции.

1. Измерьте период колебаний вашего маятника.
2. Зарядите конденсатор и измерьте зависимость напряжения на нем от времени при разрядке только через мультиметр. Определите сопротивление мультиметра.
3. Зарядите конденсатор и измерьте зависимость напряжения на нем от времени при разрядке через вольтметр, диод и телефон.
4. Измерьте зависимость максимального напряжения на конденсаторе от амплитуды колебаний груза.
5. Теоретически опишите зависимость напряжения на конденсаторе от времени (можно и нужно сделать разумные допущения). Постройте примерный график этой зависимости.

Получите приближенную формулу, описывающую зависимость максимального напряжения на конденсаторе от амплитуды колебаний маятника.

6. Проверьте, выполняется ли в данном эксперименте закон электромагнитной индукции Фарадея. Оцените максимальный магнитный поток, который создает магнит в катушке головного телефона.

Примечания и подсказки.

1. ЭДС индукции, возникающая в катушке головного телефона, очень сильно зависит от расстояния между магнитом и телефоном. Не стремитесь добиться максимальной ЭДС (нам удалось зарядить конденсатор почти до 2 В) – проводите измерения (в п. 4) при расстояниях между магнитом и телефоном порядка 1 см – в этом случае показания будут более стабильными.

2. Проведите разумные оценки времен разряда конденсатора через мультиметр и телефон и сравните их со временем прохождения магнита над телефоном.

3. Конденсатор заряжается до максимального напряжения далеко не сразу – нужно подождать не менее 10 проходов магнита над катушкой! Никто не запрещает вам время от времени подталкивать маятник!

4. Заряжать конденсатор (для проведения измерений в п. 2 и 3) следует с помощью магнита, в этом случае расстояние между магнитом и телефоном можно уменьшить.

11 класс

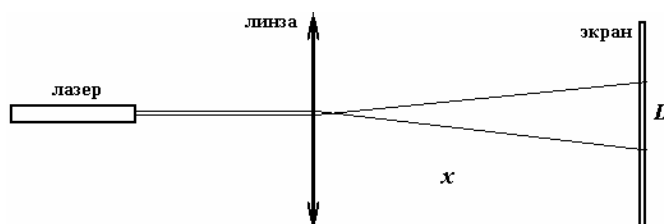
Задание 1. «Опять оптика!?!»

Оборудование: лазерная указка на подставке, линза собирающая, фликер, кусочек CD-диска, голографическое зеркало, экраны с миллиметровой бумагой, линейка.

*При поведении оптических экспериментов главное – точность настройки!
Экономьте батарейки лазерной указки (made in China!).
Не светите ею, когда не проводите измерения!*

Задание 1. Используя имеющееся оборудование, измерьте с максимальной точностью фокусное расстояние линзы.

Задание 2. Расположите собирающую линзу перед лазерной указкой за ней расположите экран. Измерьте зависимость диаметра пятна на экране от расстояния между линзой и экраном. Постройте график этой зависимости.



Оцените угловую расходимость лазерного луча.

Задание 3. Расположите между лазерной указкой и экраном кусочек фликера. При этом на экране вы увидите шесть ярких пятен. Предложите структуру фликера, которая бы объясняла данное явление. Понятно, что на фликере находится некоторая пространственно периодическая структура. Определите ее период.

Задание 4. Расположите перед лазерной указкой экран с отверстием, через который проходит лазерный луч. Перпендикулярно лучу расположите кусочек CD-диска, который является отражающей дифракционной решеткой. На экране вы можете увидеть три отражения. Измерьте зависимость расстояния между отражения от расстояния между экраном и диском. Определите отношение периода решетки к длине волны лазерного света.

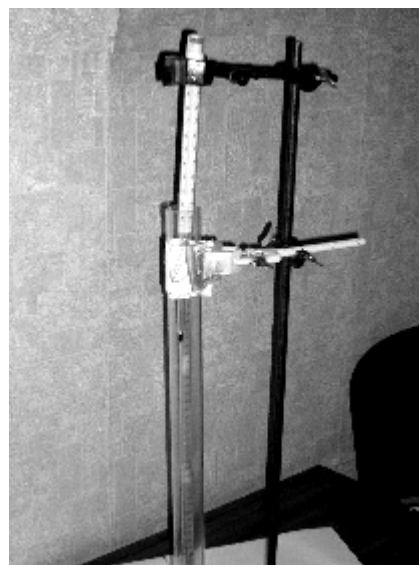
Задание 5. Внимательно посмотрите на голографическое зеркало. Вы даже можете увидеть на нем свое искаженное отражение. При отражении лазерного луча от этого зеркала можно увидеть два пятна – одно яркое и малого диаметра, второе более тусклое и размытое. Пусть луч лазера падает нормально на различные участки зеркала. Измерьте зависимость угла отражения (размытого пятна) от расстояния от центра зеркала до точки падения луча. Определите «радиус кривизны» данного зеркала.

Задание 2. «Насыщенный пар»

В данной работе вам предстоит исследовать зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры. Напоминаем – эта зависимость не линейна, кроме того давление водяного пара резко возрастает с ростом температуры.

Оборудование: Штатив с двумя лапками, две стеклянные трубки с миллиметровыми шкалами, термометр, трубка гибкая пластиковая, горячая и холодная вода.

Соберите установку, показанную на рисунке: в штативе закрепите трубку большего диаметра, внутри расположите трубку меньшего диаметра, закрытым концом вверх (проследите, чтобы вода могла заходить в трубку снизу), в другой лапке штатива укрепите термометр, так чтобы его измерительная часть была погружена между трубками.



Будьте предельно аккуратны, пожалуйста, не разбейте оборудование!

Обязательно! – сначала залейте в трубку горячую воду, при этом часть воздуха выйдет из тонкой внутренней трубки, в дальнейшем количество воздуха в этой трубке должно оставаться постоянным!

1. Измерьте зависимость высоты столба газа в трубке от температуры, постройте график этой зависимости.

В ходе измерений, вы можете доливать, сливать горячую и холодную воду в толстой трубке, рекомендуем для этого использовать гибкий шланг. Обязательно перемешиваете воду в толстой трубке, чтобы температура воды была одинакова по всей высоте. Для перемешивания используйте метод барбализации – пропускания через жидкость воздушных пузырьков, в качестве насоса используйте собственные легкие. Заодно – помоете пол в аудитории.

Измерения при высокой температуре удобно проводить, просто дожидаясь остывания воды, для получения результатов при низких (близким к комнатным) температурах требуют долива холодной воды – уж больно медленно она остывает!

В ходе измерений фиксируйте также высоту уровня воды в широкой трубке – вдруг вам понадобится очень точное значение давления газа в узкой трубке! Значение атмосферного давления вам будет указано.

2. Допустим, что при низких температурах ($20^\circ - 30^\circ$) давлением паров воды можно пренебречь. В этом случае согласно уравнению состояния идеального газа (помните такое?) объем газа линейно зависит от температуры и обратно пропорционален давлению. Проверьте это предположение, оцените на основании своих измерений значение абсолютного нуля температуры (в градусах Цельсия).

3. В соответствии с уравнением Клапейрона-Клаузиуса (знание этого уравнения от вас не требуется) давление насыщенных паров $P_{нас.}(T)$ связано с абсолютной температурой T соотношением

$$\ln \frac{P_{нас.}(T)}{P_{нас.}(T_0)} = -\frac{qM}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right), \quad (1)$$

где $M = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ - молярная масса воды, $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ - универсальная газовая постоянная; q - удельная теплота испарения воды, $P_{\text{нас.}}(T_0)$ - давление насыщенного пара при температуре T_0 .

На основании проведенных измерений проверь выполнимость формулы (1).

Приведите формулу, с помощью которой вы рассчитывали это давление (то есть, как вы исключили давление сухого воздуха в трубке).

Определите значение удельной теплоты испарения воды.