

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



*Республиканская
физическая
олимпиада
2011 года
(заключительный этап)*

Экспериментальный тур.

*Гомель
2011*

Задача 9-1. «Вода и масло»

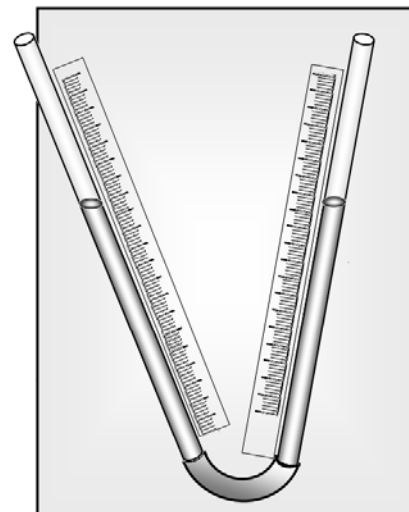
Приборы и оборудование: две собранные установки, описание которых дано ниже; Масло подсолнечное вода, 2 шприца, стаканчики одноразовые, секундомер.

Плотность воды считать равной $\rho_0 = 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Часть 1. Сообщающиеся сосуды.

Эта часть работы выполняется на установке, показанной на рис. 1.

Две стеклянные трубки соединенные снизу резиновым шлангом закреплены на вертикально расположенном куске картона, рядом с трубками приклеены полоски миллиметровой бумаги. Трубки расположены под некоторыми различными углами к вертикали. Начала отсчета шкал также могут находиться не на одном уровне. С помощью шприцов (*один для масла, второй для воды!*) в трубки можно доливать воду и масло.



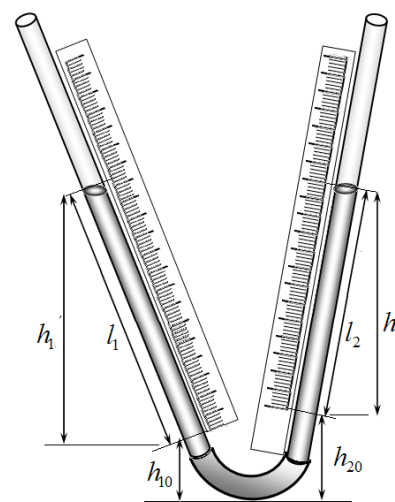
Будьте аккуратны! Добавляйте воду и масло не спеша, постарайтесь поменьше его вылить на свою одежду! При необходимости вы можете слить жидкости из трубок, сняв всю установку со штатива!

Теоретическое описание.

Пусть в обеих трубках находится вода. Обозначим высоты начал отсчета обеих шкал h_{10}, h_{20} (они вам неизвестны, да и не нужны!). С помощью шкал (полосок миллиметровой бумаги) вы можете (и должны) измерять длины столбиков воды в трубках l_1, l_2 . Обозначим h_1, h_2 - высоты, измеренные по вертикали обоих столбиков. Очевидно, что

$$\begin{aligned} h_1 &= k_1 l_1 \\ h_2 &= k_2 l_2 \end{aligned} \quad (1)$$

где k_1, k_2 - некоторые постоянные коэффициенты (они вам не известны, но могут понадобиться!).



1.1 Запишите условия равновесия воды в трубке, выразите из него зависимость длины столба l_2 от длины столба l_1 - $l_2(l_1)$.

1.2 Медленно добавляя воду в трубки, проведите измерения длин столбиков в обеих трубках. По полученным данным постройте график зависимости $l_2(l_1)$.

1.3 С помощью построенного графика определите отношение коэффициентов $\frac{k_1}{k_2}$, которые входят в формулы (1).

Заполните трубки водой примерно наполовину. Теперь вам необходимо добавлять в одну из трубок подсолнечное масло. Во вторую трубку при необходимости можно добавлять воду. Но, прежде, чем вы начнете ...

Опять теоретическое описание.

Все прежние обозначения оставляем в силе и добавляем к ним Δl - длину столбика масла в трубке и ρ_1 - плотность масла.

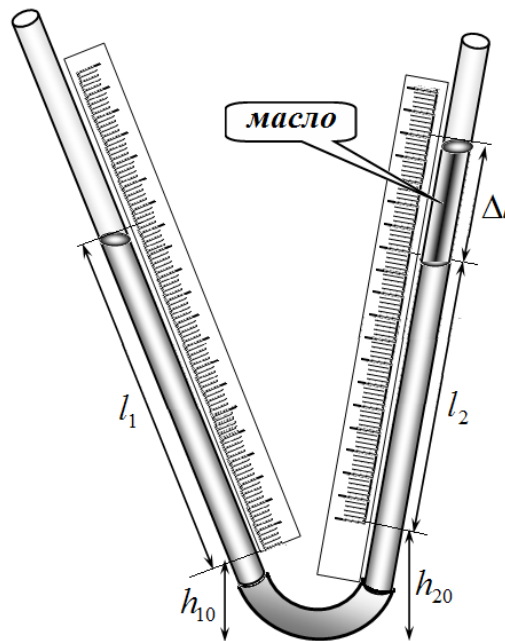
1.4 Запишите условия равновесия жидкостей в этом случае. Получите уравнение, связывающее длины столбиков воды, масла и их плотности. Это уравнение можно привести к виду

$$al_1 + bl_2 = F(\Delta l), \quad (2)$$

где a, b - уже известные коэффициенты, $F(\Delta l)$ - некоторая простая функция от длины столбика масла. Получите уравнение вида (2), так как оно позволяет достаточно просто определить плотность масла по экспериментальным данным.

1.5 Постепенно добавляя масло в одну трубку, проведите измерения величин $l_1, l_2, \Delta l$.

1.6 Используя полученное уравнение (2) и экспериментальные данные определите плотность масла.

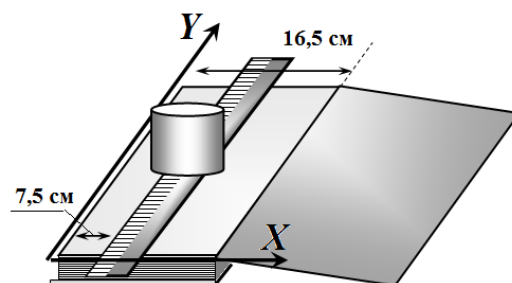


Задача 9-2. «Механический сканер»

«Организация участвует в тендере на изготовление и поставку опор ВЛ 220 кВ за границу. Проектируемый район поставки опор отличается суровым климатом (ветровой напор 100 даН/мм^2 , толщина стенки гололёда 35 мм, и прочее...). Необходимо провести механический расчет опор, с учетом климатических особенностей местности, куда они будут устанавливаться, после чего сравнить действующие нагрузки на опору и нагрузки, которые может нести опора.»

Приборы и оборудование: учебник физики для 10 класса; деревянная линейка длиной 20 см; пружинный динамометр; пластиковая бутылка питьевой воды 0,5 литра; тонкая нить 10 м, намотанная на заготовку (бутылку); двойной лист бумаги в клеточку с нанесенными координатами и рисунком (измерительный бланк).

Вам предлагается исследовать распределение нагрузки на опору вдоль **оси OX** при благоприятных погодных условиях. В качестве опоры у вас есть 120 листов учебника физики без верхней обложки, а в качестве нагрузки – пластиковая бутылка воды объемом 0,5 л, поставленная на середину линейку как показано на рисунке.



Задание 1. Определите вес нагрузки (линейки и пластиковой бутылки с водой).

Задание 2. Определите коэффициент трения нити о лист бумаги учебника.

Задание 3. На страницу 3 (не забудьте открыть книжку!) положите линейку, а на нагрузку (пластиковую бутылку с водой). Измерьте распределение сил давления $N(x)$ между страницами 243 и 244.

Подсказка. Попробуйте вытаскивать нить, протянутую между указанными страницами в нужном месте!

Постройте график полученной зависимости.

Задание 4. Проведите анализ полученной зависимости:

- определите область максимальной нагрузки на опору и объясните результат;
- сравните интервал распределения нагрузки в верхней и нижней части опоры с учетом погрешности измерений;
- проверьте правильность полученного результата, сравнив суммарную нагрузку в верхней части опоры с суммарной нагрузкой в нижней части опоры.

Задание 10-1. «Стабилизация»

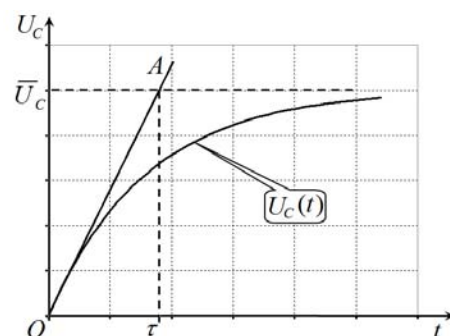
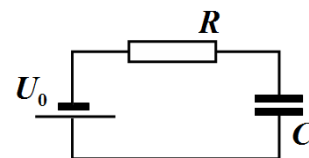
Приборы и оборудование: источник тока (батарея 4,5 В), цифровой мультиметр, переменный резистор (потенциометр) 100 кОм, стабилитрон, резистор 30 кОм, конденсатор 4000 мкФ, ключ двухполюсный, соединительные провода.

Часть 1. Введение.

Вам необходимо измерять зависимость напряжения на конденсаторе от времени $U_C(t)$ при различных напряжениях источника U_0 (рис.1).

Эта зависимость не линейна, сначала скорость роста напряжения велика, затем она стремится к нулю, а напряжения достигает предельного стационарного значения \bar{U}_C (схематически эта зависимость показана на рис. 2).

Строго говоря, время полной зарядки конденсатора бесконечно велико. Однако, в качестве временной характеристики процесса зарядки используется, так называемое, **характерное время зарядки** τ , которое определяется следующим образом. Считается, что скорость зарядки постоянна и равна скорости в начальный момент времени (когда конденсатор разряжен). В этом случае напряжение на конденсаторе растет пропорционально времени (прямая OA на рисунке). Время достижения предельного напряжения на конденсаторе, при таком линейном росте и является характерным временем зарядки τ .



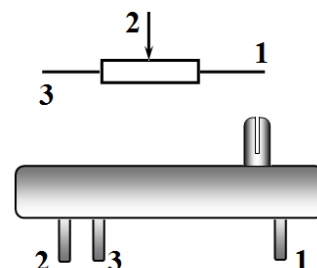
1.1 Считая все элементы цепи (рис.1) идеальными, покажите, что

- предельное значение напряжение на конденсаторе равно напряжению источника $\bar{U}_C = U_0$;
- определенное выше характерное время зарядки равно $\tau = RC$.

При сборке цепи учитывайте, что конденсатор – полярный элемент, а стабилитрон полупроводниковый, поэтому соблюдайте полярность их подключения. При подключении потенциометра руководствуйтесь следующим рисунком, где указаны номера выводов (2 – средний вывод).

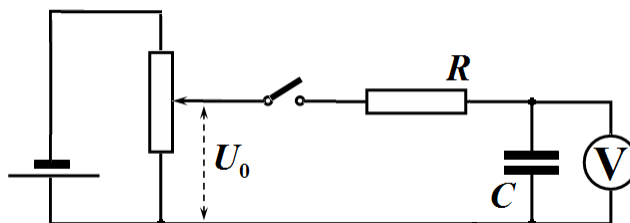
Предупреждаем! Потенциометр нелинейный – изменение сопротивления не пропорционально смещению движка!

Сопротивление мультиметра превышает 1МОм, поэтому его можно считать идеальным вольтметром.



Часть 2. Электролитический (полярный) конденсатор.

Соберите цепь, показанную на рисунке. С помощью движка реостата установите требуемое напряжение U_0 при отключенной внешней цепи (ключ разомкнут).



2.1 Измерьте зависимости напряжения на конденсаторе от времени при двух значениях напряжения U_0 (4,0В и 2,0В). На одном бланке постройте графики полученных зависимостей.

Перед каждым измерением убедитесь, что конденсатор полностью разряжен!

2.2 Объясните, почему предельные значения напряжения на конденсаторе \bar{U}_C не совпадают с установленным напряжением U_0 . Для подтверждения вы можете провести некоторые дополнительные измерения.

2.3 Рассчитайте электрическое сопротивление конденсатора.

2.4 Используя полученные временные зависимости определите характерные времена зарядки конденсатора при двух напряжениях источника.

2.5 Проведите теоретический расчет характерных времен зарядки. Сравните результаты расчетов с экспериментальными данными.

Можете использовать графический метод – погрешности рассчитывать не требуется.

Часть 3 Стабилитрон.

Стабилитрон – полупроводниковый прибор, предназначенный для поддержания постоянного напряжения на участке цепи. В некотором диапазоне сил токов напряжение на стабилитроне практически не зависит от силы тока.



3.1 Разработайте и нарисуйте электрическую схему, позволяющую измерить зависимость напряжения на стабилитроне от силы тока через него.

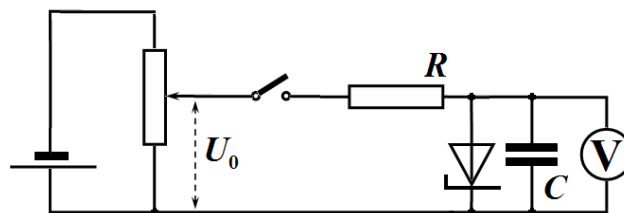
Для измерения, как силы тока, так и напряжения, рекомендуем использовать мультиметр в режиме измерения напряжения.

Подсказываем – используйте резистор с известным сопротивлением.

3.2 Проведите измерения зависимости напряжения на резисторе от силы тока через него $U(I)$. Постройте график полученной зависимости.

Часть 4. Конденсатор и стабилитрон.

Опять соберите схему части 2. Подключите к конденсатору параллельно стабилитрон (смотрите маркировку на стабилитроне и конденсаторе).

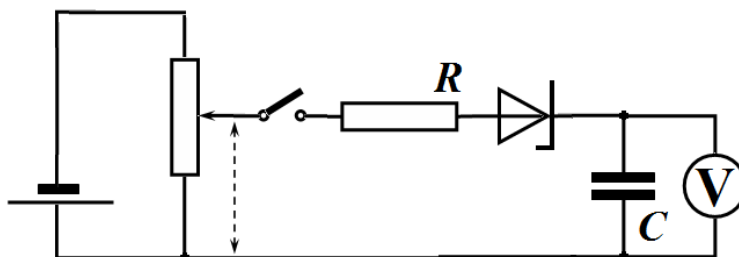


4.1 Измерьте зависимость напряжения на конденсаторе от времени при двух значениях напряжения U_0 (4,0 В и 2,0 В), которое устанавливайте при разомкнутом ключе. Постройте графики полученных зависимостей.

Перед каждым измерением убедитесь, что конденсатор полностью разряжен!

4.2 Сравните полученные зависимости с аналогичными зависимостями, полученными в части 2. Качественно объясните сходства и различия этих зависимостей.

Теперь в схеме подключите стабилитрон последовательно к конденсатору (смотрите маркировку на стабилитроне и конденсаторе).



4.3 Измерьте зависимость напряжения на конденсаторе от времени при значениях напряжения U_0 равному 4,0 В. Постройте график полученной зависимости.

Перед каждым измерением убедитесь, что конденсатор полностью разряжен!

4.4 Качественно объясните полученную зависимость. Объясните полученные значения предельных напряжений на конденсаторе \bar{U}_C и характерного времени зарядки конденсатора.

Задание 10-2. «Странные» законы движения.

Помимо равномерного и равноускоренного движения существуют и другие виды движения! Убедитесь в этом...

Часть 1. Перетекание.

**Внимание! Этот эксперимент вы можете провести только один раз!
Прежде чем заливать воду, тщательно продумайте свои действия.
Имейте также в виду, что время измерений превышает 20 минут.
Разбирать установку запрещено!**

Две стеклянные трубки одна закрытая снизу, вторая - открытая с обоих концов, соединены кусочком пластиковой трубки. В месте соединения в обе трубки вставлена поролоновая пробка, через которую пропущены две тонкие пластиковые трубки для коктейля. Нижняя трубка полностью заполнена маслом. Устройство закреплено вертикально в лапке штатива.

Если верхнюю трубку полностью заполнить водой, то масло из нижней трубки начнет медленно перетекать в верхнюю по соломинке от коктейля.

1.1 Заполните верхнюю трубку до верха водой. Вода начнет медленно по внутренней пластиковой трубке начнет опускаться в нижнюю трубку, а масло подниматься вверх. Измерьте зависимость высоты столбиков масла в верхней трубке и воды в нижней трубке от времени. Постройте графики полученных зависимостей.

1.2 Нарисуйте, как, по вашему мнению, пластиковые трубки проходят через поролоновую пробку.

1.3 На основании разумных предположений покажите, что скорость подъема воды в нижней трубке линейно зависит от высоты столбика воды h в этой трубке

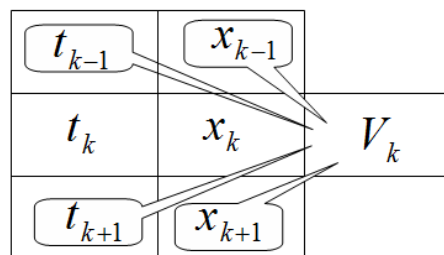
$$v = kh + b. \quad (1)$$

1.4 На основании полученной экспериментальной зависимости проверьте предположение, высказанное в п.1.3. Постройте график зависимости скорости подъема уровня воды от высоты этого уровня. Определите параметры k, b в формуле (1), при которых она наиболее точно описывает экспериментальные данные.

Математическая подсказка. Предлагаем следующий алгоритм расчета скорости.

Пусть у вас есть таблица экспериментальных данных t_k - момент времени, когда координата движущего тела равна x_k . Тогда для вычисления скорости в точке x_k предпочтительнее использовать симметричную схему

$$V_k = \frac{x_{k+1} - x_{k-1}}{t_{k+1} - t_{k-1}}$$



Часть 2. Намокание.

Закрепите вертикально в лапке штатива полоску фильтровальной бумаги, на которую нанесите шкалу с шагом 0,5 см. Нижнюю часть полоски опустите в воду. Вода начнет медленно подниматься по бумаге.

2.1 Измерьте зависимость высоты подъема воды (длины намокшей части) от времени. Постройте график полученной зависимости.

2.2 На основании разумных предположений, покажите, что квадрат высоты подъема пропорционален времени

$$x^2 = At. \quad (2)$$

2.3 На основании экспериментальных данных проверьте выполнимость зависимости два. Определите коэффициент пропорциональности в этой формуле.

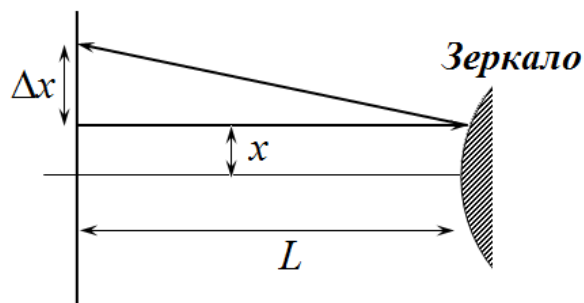
Подсказка. Подумайте, что такое x в этой формуле и что вы измеряете.

Задание 11-2. Зеркало Френеля.

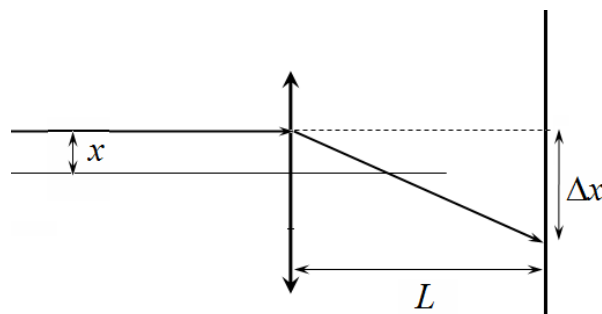
Приборы и оборудование: Линзы рассеивающая и собирающая на подставке, лазер на подставке с экраном, экран, две линейки в качестве направляющих, линза Френеля рекламная, линейка измерительная, скотч.

Часть 1. Теоретическая.

1.1 Световой луч падает на сферическое зеркало с радиусом кривизны R , параллельно его главной оптической оси, проходя на расстоянии x от нее. Определите смещение Δx отраженного луча на экране, который расположен на расстоянии L от зеркала. Рассмотрите два случая – выпуклого и вогнутого зеркала. Углы отклонения луча от оптической оси считать малыми.



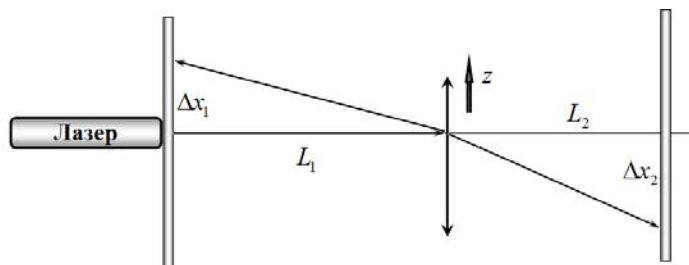
1.2 Световой луч падает на тонкую линзу с фокусным расстоянием F , параллельно его главной оптической оси, проходя на расстоянии x от нее. Определите смещение Δx преломленного луча на экране, который расположен на расстоянии L от линзы. Рассмотрите два случая – выпуклого и вогнутого зеркала. Углы отклонения луча от оптической оси считать малыми. Рассмотрите случай рассеивающей и собирающей линз.



Часть 2. Линзы.

*Во всем нужна шноровка, заковка...
юстировка!*

На столе закреплены две линейки, между ними может перемещаться подставка с линзами. Вставьте между направляющими собирающую линзу. Расположите лазер с экраном на расстоянии 45 – 50 см от линзы. Добейтесь, чтобы луч лазера попадал в центр линзы, при этом отраженный луч должен находиться приблизительно на высоте выходящего луча и хорошо виден на экране. Вы можете видеть два отражения, самостоятельно определите, какой из них отразился от передней грани линзы. Желательно, чтобы луч, отраженный от центра линзы, после отражения попадал примерно в точку его выхода из экрана (в нем есть отверстие для луча). За линзой на расстоянии 45 – 50 см за линзой расположите экран на подставке. На нем вы должны видеть преломленный луч. Линзу можно смещать



вдоль направляющих, перпендикулярно лучу, величину этого смещения z можно измерять по линейке направляющей. Положение лазера должно оставаться неизменным!

2.1 Двигая линзу вдоль направляющих, проведите измерения зависимостей смещения лучей на экранах Δx_1 и Δx_2 от величины смещения линзы. Постройте графики полученных зависимостей.

2.2 Рассчитайте по полученным данным радиус кривизны R_1 передней поверхности линзы и ее фокусное расстояние F .

2.3 Переверните линзу второй поверхностью к падающему лучу и проведите измерения, описанные в п. 2.1. Рассчитайте по полученным данным радиус кривизны R_2 второй поверхности линзы и повторно фокусное расстояние линзы F .

2.4 Рассчитайте показатель преломления линзы. Не забудьте про погрешность!

Используйте формулу для фокусного расстояния линзы

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

2.4 Проведите измерения и расчеты, описанные в п. 2.3-2.4 для рассеивающей линзы.

Часть 3. Зеркало Френеля.

Рекламное зеркало Френеля представляет собой набор тонких отражающих концентрических колец. Глядя в это зеркало, вы даже можете увидеть свое искаженное отражение. Также его можно рассматривать как круговую дифракционную решетку с переменным периодом.

Вместо линз расположите между направляющими зеркало Френеля на подставке. Лазер с экраном расположите на расстоянии 10-15 см от зеркала. Тщательно съюстируйте установку – при смещении зеркала луч должен двигаться по середине зеркала, на экране должно наблюдаться размытое отраженное пятно, которое при смещении зеркала должно смещаться практически горизонтально и на уровне выходящего луча.

3.1 Проведите измерения смещения отраженного пятна (используйте его середину) Δx_1 от смещения зеркала z . Постройте график полученной зависимости. Определите «радиус кривизны» зеркала Френеля.

3.2 Постройте примерный график зависимости «периода решетки» от расстояния до центра линзы.

3.3 Качественно объясните принцип работы зеркала Френеля.