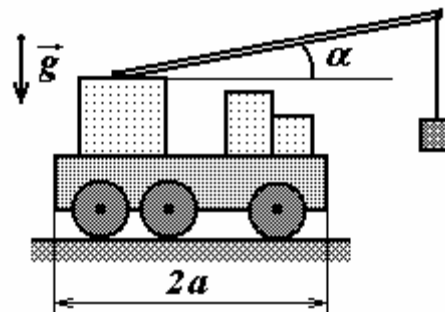


2004 г
9 класс.

Задание 1. «Автокран»

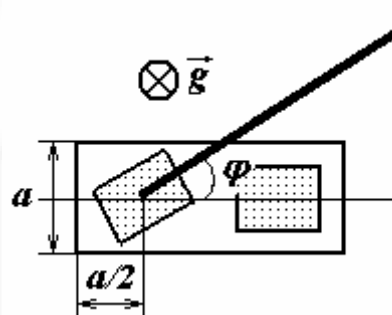
Автокран массы $M = 15\text{ т}$ с габаритами кузова $a \times 2a = 3,0\text{ м} \times 6,0\text{ м}$ имеет легкую выдвижную телескопическую стрелу максимальной длиной $l = 30\text{ м}$, которая крепится в центре задней половины крана. В походном положении стрела крана уложена горизонтально вдоль его оси симметрии. Поворот башни крана от оси симметрии будем характеризовать углом φ , который измеряется в горизонтальной плоскости. Угловую высоту стрелы крана будем характеризовать углом α , образуемым стрелой с плоскостью горизонта.



а) Кран работает при $\varphi = 30^\circ$ и $\alpha = 45^\circ$, причем его стрела выдвинута на $l_1 = \frac{l}{2}$. Какой максимальный груз

m_{max} может при этом поднять кран?

б) Наиболее опасное положение крана соответствует параметрам $\varphi = 90^\circ$ и максимально выдвинутой стреле. С каким максимальным ускорением a_{max} кран может поднимать груз массой $m = 1,0\text{ т}$ в таком положении, если $\alpha = 45^\circ$? Одинаковы ли будут силы давления правых и левых колес крана на грунт в этом случае?



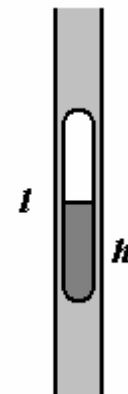
в) Для увеличения грузоподъемности и безопасности автокрана применяются боковые упоры «на грунт», выдвигаемые на расстояние Δa с боковых сторон крана. При какой длине упора кран сможет поднять груз равный собственной массе, если $\alpha = 45^\circ$?

При решении считайте, что массой выдвижной телескопической стрелы и упоров крана можно пренебречь. Центр масс крана находится на оси его симметрии.

Ускорение свободно падения считайте равным $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Задание 2. «Пробирка»

В длинной вертикальной цилиндрической трубе, заполненной водой, находится цилиндрическая пробирка, диаметр которой немного меньше внутреннего диаметра трубки. Толщина стенок пробирки пренебрежимо мала. Если пробирка пуста, то она равномерно поднимается со скоростью v_0 , если пробирку полностью заполнить водой, то она будет равномерно опускаться со скоростью v_1 .

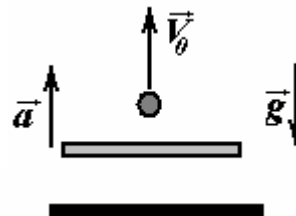


1. Качественно объясните характер движения пробирки. Как изменятся указанные скорости движения, если взять пробирку такой же массы и такого же внешнего радиуса, но в два раза длиннее?
2. Найдите зависимость скорости пробирки от степени ее наполнения η водой (под степенью наполнения следует понимать отношение высоты заполненной части пробирки h к ее длине l : $\eta = \frac{h}{l}$). Постройте график этой зависимости.

3. Пробирку заполняют жидкостью, плотность которой в n раз больше плотности воды. Найдите зависимость скорости пробирки от степени ее наполнения этой жидкостью. Постройте график этой зависимости.

Задание 3. «Платформа»

Горизонтальная платформа начинает подниматься с поверхности земли с постоянным ускорением a . Через время τ после начала движения с платформы вертикально вверх с начальной скоростью v_0 относительно платформы подбрасывают небольшой шарик.



1. Запишите законы движения платформы и шарика в системе отсчета, связанной с землей. Постройте примерные графики этих зависимостей.

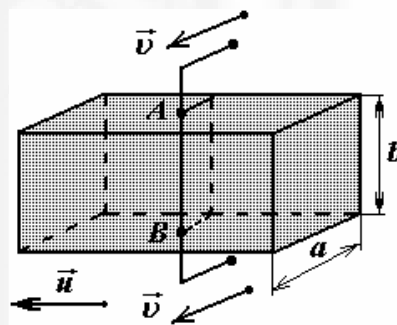
Начало отсчета вертикальной оси и начало отсчета времени можете выбрать самостоятельно. Законом движения называется зависимость координат тела от времени.

2. Найдите путь и перемещение шарика за время свободного полета в системе отсчета, связанной с землей.

Рассмотрите возможные варианты движения шарика при различных значениях параметров задачи. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Задание 4. «Тепловой нож»

Для промышленной «распилки» ледяного бруса используется тепловой нож, представляющий собой подвижный стальной вертикальный стержень AB радиуса $r = 1,0$ мм, подключенный к источнику постоянного напряжения $U = 5$ В. Стержень в процессе работы достаточно медленно перемещают перпендикулярно длинной стороне бруса.



- 1) за какое время t_1 нож «перепилит» неподвижный ледяной брус прямоугольного сечения $a \times b = 1,0 \text{ м} \times 0,50 \text{ м}$. С какой скоростью v при этом необходимо двигать нож?

- 2) для разрезания бруса «под углом» одновременно с движением ножа брус продвигают в перпендикулярном направлении со скоростью $u = 3,0 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$. Найдите время t_2 разреза в этом случае и угол α при вершине бруса выходе с конвейера.

Считайте, что длина стержня равна высоте бруса, и все количество теплоты, выделяемое в системе, идет только на плавление льда. Лед находится при температуре плавления. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, плотность

льда $\rho = 9,2 \cdot 10^2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, удельное сопротивление стали $\rho^ = 9,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.*

10 класс.

Задание 1. «Проницаемость»

В данном задании рассматривается движение жидкости через пористую среду. Среда

характеризуется пористостью $\eta = \frac{V_{\text{пор}}}{V_0}$ - отношением объема пор $V_{\text{пор}}$ к объему

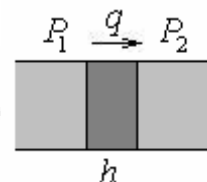
среды (вместе с порами) V_0 . Масса жидкости q , протекающая в единицу времени через площадку единичной площади (массовая плотность потока) сквозь слой среды толщиной h при разности давлений между сторонами слоя ΔP определяется законом Дарси

$$q = \beta \frac{P_1 - P_2}{h},$$

где β - коэффициент проницаемости среды, зависящий также от свойств протекающей жидкости.

При решении задачи можно пренебречь капиллярными явлениями.

И еще: может поможет – при малых изменениях $2x\Delta x = \Delta(x^2)$



Рассмотрим протекание воды через слой крупнозернистого песка.

Пористость песка η и проницаемость воды β через этот песок,

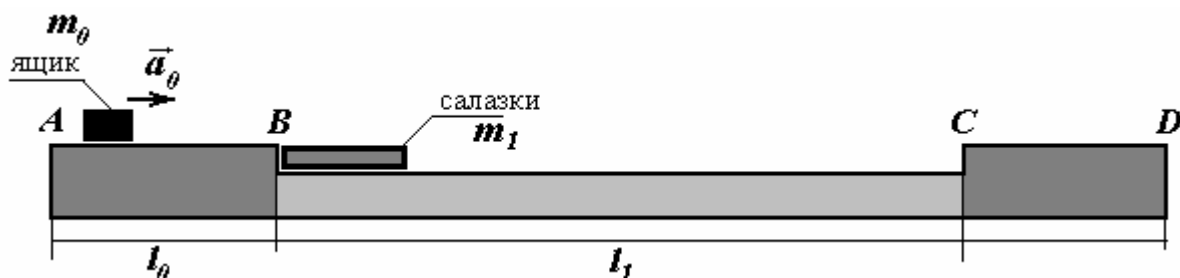
плотность воды ρ известны.



1. Выразите размерность проницаемости β через основные единицы системы СИ.
2. В очень толстом слое песка находится горизонтальный слой воды. Чему равна скорость движения этого слоя через песок?
3. На горизонтальную поверхность толстого слоя песка наливают слой воды толщиной h_0 , которая начинает впитываться в песок. Найдите зависимость толщины слоя воды над поверхностью песка от времени. Через какое время вся вода «уйдет» в песок?
4. В широкой вертикальной трубке расположен слой песка, удерживаемый снизу пористой перегородкой, влиянием которой на движение жидкости можно пренебречь. Толщина слоя песка равна h_0 . Сверху на песок наливают воду, толщина слоя которой равна h_1 , причем $(\eta h_1 > h_0)$. За какое время вся вода протечет через трубку?

Задание 2. «Переправа».

Для переправки грузов (ящиков) через реку грузчики соорудили следующее устройство.



На берегах реки подготовлены горизонтальные участки «подъездных путей» AB и CD . Длина участка AB равна $l_0 = 6,0\text{ м}$, длина участка CD не ограничена. На участке AB ящик, массой $m_0 = 20\text{ кг}$ разгоняют с постоянным ускорением $a_0 = 3,0 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$, затем этот ящик попадает на салазки, масса которых равна $m_1 = 10\text{ кг}$, а длина $L = 3,0\text{ м}$. Верхняя поверхность этих салазок совпадает с уровнем берега. Далее салазки движутся по поверхности льда через реку шириной $l_1 = 30\text{ м}$ и упираются в противоположный берег CD , высота которого такая же, как и на участке AB . Коэффициенты трения известны: ящик по салазкам $\mu_0 = 0,30$, салазки по льду $\mu_1 = 0,020$, ящик по берегам $\mu_2 = 0,10$.

Постройте графики зависимостей

- скоростей ящика и салазок от времени;
- координат ящика и салазок от времени.

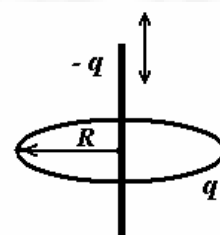
Начало отсчета времени совместите с моментом начала разгона ящика. Начало отсчета горизонтальной оси координат - с точкой старта A .

В данной задаче допускается (и рекомендуется) проводить промежуточные численные расчеты и их результаты использовать в дальнейшем решении. Ускорение свободно падения считайте равным $g = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$.

Задание 3. «Колебания стержня»

По тонкому закрепленному кольцу радиуса R равномерно распределен заряд q . Вдоль оси кольца может двигаться без трения однородный тонкий стержень с зарядом $-q$ и длиной $l = 2R$, масса которого m . Найдите период малых колебаний стержня в электрическом поле кольца.

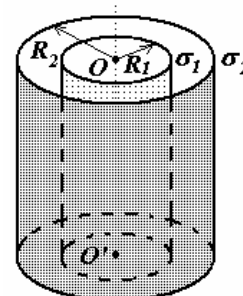
Силой тяжести пренебречь.



Задание 4. «Вращающиеся цилиндры»

Два коаксиальных (имеющих общую ось OO') достаточно длинных цилиндра, радиусами R_1 и R_2 вращаются с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 . Цилиндры заряжены с поверхностными плотностями σ_1 и σ_2 соответственно.

- Найдите зависимость индукции $B(r)$ магнитного поля от расстояния r до оси системы, постройте график полученной зависимости.
- Найдите величину давления на поверхность каждого из цилиндров со стороны магнитного поля.



11 класс.

Задание 1. Плавление и кристаллизация.

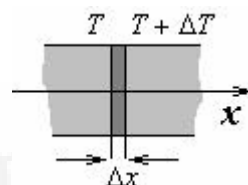
На «заре» изучения физики Вы познакомились с количественным описанием процессов плавления и кристаллизации, сейчас Вам предстоит более тщательно рассчитать характеристики этих явлений.

Начнем с «подсказок».

1. Пусть в плоскопараллельном слое однородного вещества температура зависит только от координаты x . Тогда плотность потока теплоты подчиняется закону Фурье

$$q = -\beta \frac{\Delta T}{\Delta x}, \quad (1)$$

где q - плотность потока теплоты (количество теплоты, протекающее через площадку единичной площади в единицу времени), ΔT - изменение температуры при изменении координаты на величину Δx , β - коэффициент теплопроводности, зависящий от свойств вещества слоя.



2. При контакте двух веществ, находящихся при разных температурах T_1 и T_2 через площадку единичной площади в единицу времени перетекает количество теплоты, определяемое приближенным уравнением (в данной задаче считайте, что оно всегда выполняется)

$$q = -\gamma (T_1 - T_2), \quad (2)$$

где γ - коэффициент теплоотдачи, зависящий от свойств контактирующих материалов.



При решении задачи Вам могут понадобиться следующие численные данные.

Характеристика	Вода	Лед
Плотность	$\rho_0 = 1,00 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho_1 = 0,90 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Температура плавления	-	$t_0 = 0,0^\circ\text{C}$
Удельная теплота плавления	-	$\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Удельная теплоемкость	$c_0 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
Коэффициент теплопроводности	$\beta_0 = 0,63 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$\beta_1 = 2,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Считайте коэффициенты теплоотдачи между водой и льдом и между водой и алюминием одинаковыми и равными $\gamma = 1,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Будем считать, что плотность воды линейно зависит от ее температуры. Теперь условие задачи.

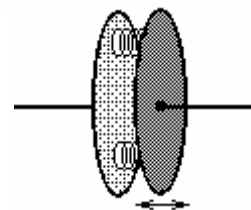
1. Пусть противоположные стороны однородной плоскопараллельной пластины толщиной h поддерживаются при постоянных температурах T_1 и T_2 . Найдите распределение температуры внутри пластины $T(x)$ в стационарном режиме (т.е. когда это распределение не зависит от времени).

2. Пусть пластина, описанная в пункте 1, первоначально находится при температуре T_1 . Вторую сторону пластины приводят в тепловой контакт с массивным телом, находящимся при температуре T_2 . Оцените время установления стационарного распределения температур в пластине.
Считайте, что температура второй поверхности пластины постоянна и равна T_2 .
 Дайте численное значение этого времени для ледяной пластинки толщиной $h = 30\text{ см}$, граничные температуры ниже температуры плавления льда.
3. «Осень». Пусть температура воздуха над тихим озером опустилась до $t_1 = -10^\circ\text{C}$ и далее остается постоянной. Считая температуру воды постоянной и равной $t_0 = 0,0^\circ\text{C}$, найдите зависимость толщины льда, образующегося на поверхности озера, от времени. Чему будет равна толщина льда через неделю, после начала морозов?
Считайте, что температура верхней поверхности льда равна температуре воздуха.
4. «Весна». Пусть температура воздуха над тихим озером поднялась до $t_1 = +10^\circ\text{C}$ и далее остается постоянной. Считая температуру воды постоянной и равной $t_0 = 0,0^\circ\text{C}$, найдите зависимость толщины льда, на поверхности озера, от времени, если начальная толщина слоя льда равна $h_0 = 30\text{ см}$. За какое время весь лед растает?
Считайте, что температура верхней поверхности воды равна температуре воздуха, и вся талая вода остается на поверхности льда. Нагревом льда за счет поглощения солнечного излучения пренебречь.
5. В широком вертикальном цилиндрическом алюминиевом сосуде (кастрюле) находится лед при температуре $t_0 = 0,0^\circ\text{C}$. Толщина слоя льда равна $h_0 = 30\text{ см}$. Кастрюлю ставят на массивную плиту, температура которой поддерживается постоянной и равной $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Найдите зависимость толщины слоя льда в кастрюле от времени. За какое время весь лед растает?
Считайте, что температура дна кастрюли равна температуре плиты, и вся талая вода остается в кастрюле. Теплопередачей через боковые стенки и крышку кастрюли можно пренебречь.

Задание 2. Электростатические измерения.

Не секрет, что проведение электростатических измерений, представляет собой достаточно сложную экспериментальную проблему.

В данном задании Вам предстоит описать простой измерительный прибор, состоящий из двух круглых металлических пластин, расположенных параллельно друг другу. Пластины соединены с помощью непроводящих пружинок. Одна из пластин жестко закреплена, вторая может смещаться, оставаясь параллельной первой. В качестве непосредственно измеряемой величины служит величина смещения x подвижной пластины. Радиусы пластин $r = 2,0\text{ см}$, максимальное смещение подвижной пластинки равно $\Delta x = \pm 1,0\text{ мм}$, длина пружинок в недеформированном состоянии равна



$d_0 = 2,0 \text{ мм}$, их суммарная жесткость равна $k = 0,20 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Смещение подвижной пластинки измеряется с погрешностью $\delta x \approx 1 \cdot 10^{-2} \text{ мм}$.

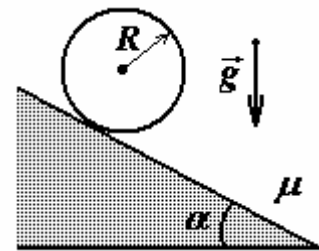
Электрическая постоянная равна $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$.

В рассматриваемой задаче можно пренебречь краевыми эффектами, т.е. электрическое поле между пластинками можно считать однородным.

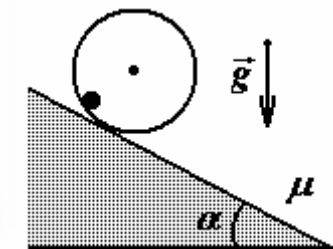
1. «Измеритель заряда». Пластинки соединяют проводником и подают на них суммарный заряд q . Какие заряды можно измерить с помощью описанного прибора? Чему равна относительная погрешность измерения заряда? Постройте график зависимости смещения подвижной пластинки от величины заряда поданного на прибор.
2. «Измеритель напряжения – электростатический вольтметр». На пластинки подают постоянное электрическое напряжение U . Какие напряжения можно измерять с помощью описанного вольтметра? Постройте график зависимости смещения пластинки от приложенного напряжения.

Задание 3. «Кольцо на наклонной плоскости»

Однородный тонкостенный цилиндр радиуса R и массы m кладут на наклонную плоскость, образующую угол α с горизонтом. Коэффициент трения цилиндра о наклонную плоскость — μ .



а) Найдите зависимость ускорения $a(\alpha)$ цилиндра от угла наклона плоскости α . Рассмотрите случаи движения цилиндра без проскальзывания и с проскальзыванием. Схематично постройте график полученной зависимости.



б) Если к ободу цилиндра с его внутренней стороны прикрепить небольшой эксцентрик массы m_0 , то цилиндр при некоторых условиях сможет оставаться в состоянии равновесия на наклонной плоскости. Найдите эти условия. Укажите, в каком положении может находиться в равновесии описанная система при различных значениях m_0 .

Трением качения пренебречь.

Экспериментальные задачи.

Задание 1. «Архимед»

Тяжело проводить физические эксперименты, не имея дорогостоящего оборудования! В этом году нам помогли спонсоры, что и позволило предложить Вам следующую задачу.

Оборудование: лист бумаги формата А3, линейка пластмассовая 40см, карандаш круглый, скрепки канцелярские.

Используя имеющееся оборудование, измерьте:

1. Коэффициент трения грифеля карандаша о бумагу.
2. Коэффициент трения скрепки о линейку.
3. Массу линейки (в *скрп*).
4. Толщину листа бумаги.
5. Поверхностную плотность бумаги (в $\frac{\text{скрп}}{\text{м}^2}$).
6. Плотность бумаги (в $\frac{\text{скрп}}{\text{м}^3}$).

Примечание

В качестве единицы массы используйте массу одной скрепки (иными словами считайте скрепку эталоном массы), называем эту единицу – *скрп*.

Задание 2. «Фарадей»

В ходе решения данной задачи Вам предстоит помочь нашей Республике в решении энергетической проблемы!

Известно, что электрический двигатель и электрический генератор устроены одинаково. Если через обмотку двигателя пропускать электрический ток, то вал двигателя начинает вращаться, а если вращать вал двигателя, то в цепи обмотки может появиться электрический ток.

Оборудование: модель электродвигателя; батарейка 4,5 В; амперметр; вольтметр; реостат; соединительные провода; секундомер; нитки; стакан пластиковый; мензурка; вода, линейка.

Часть первая. «Двигатель»

1. Постройте зависимость силы тока через обмотку двигателя от приложенного напряжения при неработающем двигателе. Определите сопротивления обмотки и амперметра.
2. Постройте зависимость напряжения на работающем двигателе от силы протекающего через него электрического тока.
3. Измерьте зависимость механической мощности двигателя от приложенного к двигателю напряжения.
4. Постройте график зависимости КПД двигателя от его мощности.

Часть вторая. «Генератор»

1. Постройте график зависимости КПД генератора от приложенной механической мощности.

В качестве «полезной» мощности используйте мощность электрического тока, выделяемую на амперметре.

Задание 1. «Евангелиста Торричелли»

Обидно, если в дне стакана есть отверстия – но это повод для исследований.

Оборудование: пластиковый стакан 0,5 л со шкалой; банка стеклянная 0,5 л (или 1 л), часы, шило, штангенциркуль, полоска миллиметровой бумаги.

Проделайте в дне стакана маленькое отверстие. Заполните стакан водой (желательно, чтобы вытекающая из стакана вода попадала в стеклянную банку, а не на Вас), исследуйте процесс вытекания воды из стакана.

Вам необходимо провести измерения с несколькими отверстиями, поэтому сначала сделайте отверстие малого диаметра, а затем его увеличивайте.

1. Постройте график зависимости высоты уровня воды в стакане от времени.
2. Постройте график зависимости скорости вытекающей воды от высоты уровня воды в стакане.
3. При определенных допущениях теоретически можно показать, что скорость v воды, вытекающей через отверстие в дне стакана, зависит от высоты уровня воды в стакане h по формуле

$$v = Ch^\gamma$$

где C - величина, не зависящая от h . Используя полученные экспериментальные данные определите показатель степени γ .

4. Постройте график зависимости скорости воды, вытекающей из стакана, от диаметра отверстия.

Качественно объясните полученную зависимость.

Задание 2. «Айвазовский»

Как это не странно, волны на поверхности воды – достаточно сложное и интересное физическое явление. Приступайте к их изучению!

Оборудование: вода (в неограниченном количестве), тарелка одноразовая, линейка, секундомер, пластилин, желоб пластмассовый, пластмассовые полоски, спички.

Часть 1. Волны в тарелке.

Круговые волны в тарелке легко возбуждать, прикасаясь кусочком пластилина к поверхности воды (кстати, эти волны отражаются от стенок).

1. Измерьте зависимость скорости поверхностных волн от глубины слоя воды. Постройте график этой зависимости.
2. Получите приближенную эмпирическую формулу, описывающую полученную зависимость.

Часть 2. Волны в канале.

С помощью пластилина, полосок и пластмассового желобка изготовьте модель узкого и длинного канала. Слегка приподняв и резко опустив модель, Вы можете наблюдать образование и движение уединенной волны.

1. Измерьте зависимость скорости этой волны от глубины воды в канале. Постройте график этой зависимости.
2. Получите приближенную эмпирическую формулу, описывающую полученную зависимость.

Качественно объясните полученные результаты.

Задание 1. «И.С. Бах»

При возбуждении колебаний воздуха внутри трубы возможно установление стоячей волны, в этом случае громкость звучания трубы резко повышается. У вас есть возможность возбуждать колебания воздуха в трубке, изменяя частоту колебаний генератора и высоту воздушного столба (изменяя высоту уровня воды).

Оборудование:

Генератор ГЗЛ – 1; головка динамическая; соединительный провода, трубка стеклянная длиной 60 см; трубка хлорвиниловая (от медицинских капельниц) длиной 1 м; емкость пластмассовая 2 л со шкалой, термометр.

1. Покажите, что высоты h_k воздушного столба, при которых громкость звучания трубы резко повышается, удовлетворяют условию

$$h_k = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\lambda}{2},$$

где λ - длина звуковой волны, $k = 0, 1, 2, \dots$

2. Для частот в диапазоне от 250 Гц до 2,0 кГц найдите высоты воздушного столба, при которых громкость звучания трубы резко повышается.
3. Используя полученные данные, определите скорость звука.
4. Определите показатель адиабаты γ для воздуха.

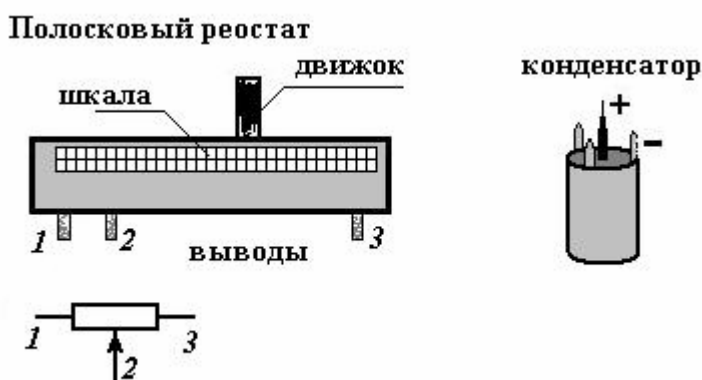
Скорость звука в газе определяется формулой $c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$, где R – универсальная газовая постоянная, T – температура воздуха, M – молярная масса воздуха, $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ - показатель адиабаты.

Задание 2. «Алесандро Вольта»

Физические приборы можно использовать для измерения различных величин. В данной работе школьный лабораторный вольтметр используется для измерения ... электрического заряда. При протекании кратковременного импульса тока отброс стрелки вольтметра зависит от прошедшего через него электрического заряда. Прибор для измерения заряда таким способом называется баллистическим гальванометром.

Оборудование:

источник питания ЛИП, вольтметр, полосковый реостат со шкалой, конденсатор известной емкости, ключ – переключатель, соединительные провода, стержень металлический с проводом, часы, кусочек металлической фольги, скрепка.



Часть 1. Градуировка реостата.

Подключите реостат к источнику питания так, чтобы с его помощью легко можно было регулировать выходное напряжение.

1. Постройте график зависимости выходного напряжения на реостате от положения движка.
2. Подключите к выходу реостата конденсатор. Постройте график зависимости напряжения на конденсаторе от положения движка реостата.

Объясните полученные зависимости.

Часть 2. Градуировка баллистического гальванометра.

Соберите электрическую цепь, позволяющую заряжать конденсатор до известного напряжения и разряжать его через вольтметр.

1. Постройте график зависимости величины отброса стрелки вольтметра (работающего в качестве гальванометра) от заряда, прошедшего через него.

Часть 3. Измерения.

1. Зарядите конденсатор до максимального напряжения. Отключенный от цепи он все равно разряжается. Постройте зависимость напряжения на конденсаторе от времени разрядки. Определите электрическое сопротивление конденсатора.
2. Измерьте время столкновения металлического стержня с поверхностью стола.

Можете держать стерженек в руке и постукивать им по столу.

Сопротивление вольтметра считайте равным $R_V = (4,3 \pm 0,2) \text{ кОм}$

