

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по физике.
2023-24 учебный год. 11 класс. Максимальный балл – 50.**

Задача №1

Любопытный Глеб сломал подшипник, достал из него металлические шарики плотностью $\rho_{\text{ш}} = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ и решил поиграться с ними. Определив, что радиус одного шарика $R = 4$ мм, он нашел в шкафу подходящий по диаметру (внутренний диаметр трубки чуть больше диаметра шарика) обрезок прозрачной трубки длиной $L = 15$ см. Налил в трубку воду, кинул внутрь шарик и заклеил торцы с двух сторон так, что внутри трубки нет воздуха.

Полученную трубку Глеб подвесил на нити в горизонтальном положении, при этом шарик находился вплотную к одному из концов трубки, а система была в равновесии. Затем Глеб слегка наклонил трубку и шарик медленно перекатился от одного ее конца к другому. Для сохранения равновесия трубки пришлось переместить точку подвеса нити на $l = 7$ мм.

Определите массу собранной Глебом конструкции (трубка + вода + шарик).

Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Задача №2

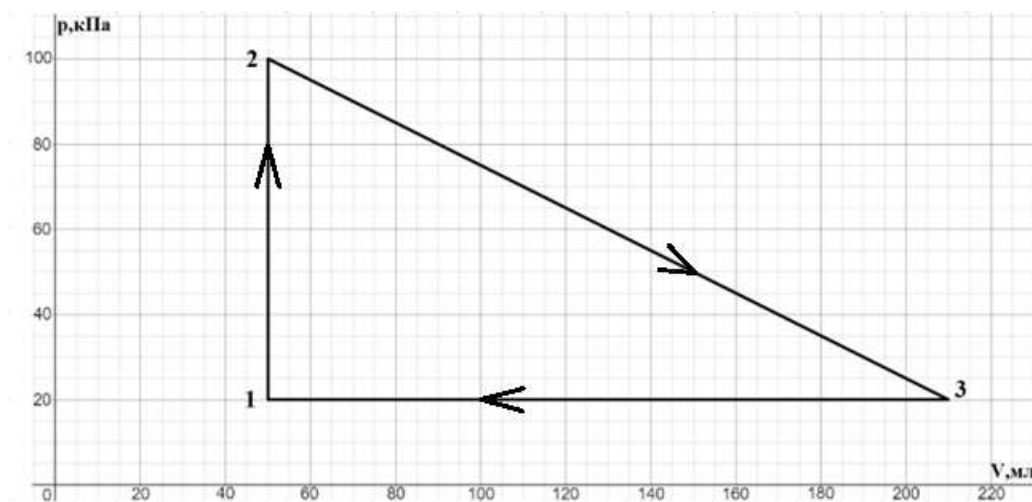
В цикле, изображённом на рисунке, рабочим телом является идеальный двухатомный газ.

Вопрос №1: Определите, поступает или отводится теплота на участке 1 – 2.

Вопрос №2: Найдите количество теплоты, которым газ обменивается с окружающей средой на участке 1 – 2.

Вопрос №3: Вычислите работу газа за один цикл.

Вопрос №4: Определите КПД цикла.



Задача №3

Металлическая сфера находится в поле силы тяжести и имеет небольшое отверстие снизу. Радиус сферы $R = 10$ см, ее заряд $Q = -2$ мкКл. Под отверстием, на расстоянии $H = R/2$ от него, находится металлический шарик с зарядом $q = 1$ нКл и размером меньшим чем отверстие. Шарик отпускают без начальной скорости.

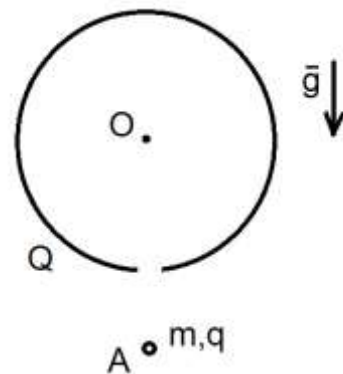
Считайте, что заряд шара настолько мал, что не изменяет поле сферы. Размер шарика настолько мал, что можно пренебречь его поляризацией в поле сферы. Удар металла о металл можно считать упругим, а время удара достаточным для перераспределения зарядов. Считайте, что шарик движется только по вертикали.

Вопрос №1: Какую массу должен иметь шарик, чтобы оставаться в точке А в равновесии?

Вопрос №2: Будет ли это равновесие устойчивым или неустойчивым?

Вопрос №3: Какую массу должен иметь шарик, чтобы в процессе движения его скорость стала равной нулю в точке О (центре сферы)?

Вопрос №4: Какую массу должен иметь шарик, чтобы его скорость при возвращении в точку А была отличной от нуля?



Задача №4

Старшеклассник Максим готовил проект для выступления на конференции. На рисунке изображена электрическая схема, которую Максим нарисовал для своего проекта.

Известно, что $C_1 = 2C$, $C_2 = 8C$, $C_3 = 3C$, $C_4 = 6C$, $R = 10$ КОм, сопротивление амперметра $r = 10$ Ом. Конденсаторы до включения в схему были не заряжены.

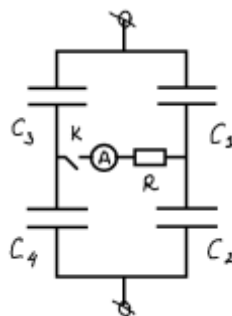
На выводы схемы подается напряжение $U_0 = 60$ В. Первоначально ключ К разомкнут.

Вопрос № 1. Чему равна эквивалентная емкость данной схемы при разомкнутом ключе?

Вопрос № 2. Во сколько раз напряжение на конденсаторе C_1 больше напряжения на конденсаторе C_4 при разомкнутом ключе?

Вопрос № 3. Ключ замкнули. Что покажет амперметр сразу же после замыкания ключа?

Вопрос № 4. Найдите эквивалентную емкость цепи через продолжительное время после замыкания ключа.



Задача №5

Инженер конструкторского бюро Н.Е. Летайло поручил лаборанту Винтику решить задачу:

«Искусственный спутник массой $M = 2$ т (полная масса спутника вместе с топливом) движется по круговой орбите Луны со скоростью $v_1 = 1600$ м/с. Для спуска и посадки на поверхность Луны спутник должен снизить скорость до $v_2 = 800$ м/с и перейти на эллиптическую орбиту. Для этого на малое время включаются двигатели, тормозящие спутник.

Из экспериментов, проведенных с прототипом спутника, известно, что скорость истечения топлива u относительно спутника зависит от массы истраченного топлива m следующим образом:

$$u(m) = (M - m) \cdot C \cdot e^{-\alpha m}$$

M – масса спутника, C и α – некоторые коэффициенты, $e = 2,71$.

В таблице приведены экспериментальные данные, отображающие зависимость $u(m)$:

m , т	0,01	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,5
u , м/с	2380	2270	2170	1960	1560	1250	960	720	520	360	280

Погрешность измерений массы $\Delta m = 0.01$ т, скорости - $\Delta u = 10$ м/с.

Определите:

- 1) значения коэффициентов C и α ;
- 2) оцените погрешности нахождения коэффициентов C и α ;
- 3) суммарный расход топлива m , необходимый для данного маневра.

Примечание: На полях Н.Е.Летайло дописал еще одну формулу:

$$v_1 - v_2 = \frac{C}{\alpha} - \frac{C}{\alpha} e^{-\alpha m}$$