

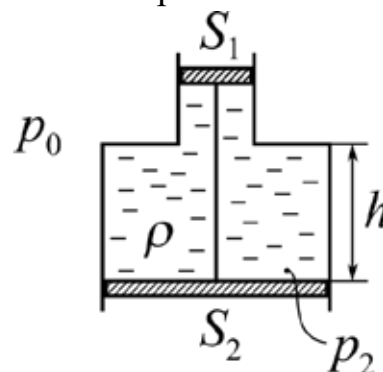


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ 2019–2020 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
11 класс

Решения и критерии оценивания

Задача 1

В сосуде находятся в равновесии два массивных поршня, пространство между которыми заполнено водой, соединённые жёстким вертикальным стержнем (см. рис.). Площади поршней равны $S_1 = 20 \text{ см}^2$ и $S_2 = 30 \text{ см}^2$. Нижний поршень находится на расстоянии $h = 0,5 \text{ м}$ от стыка труб. Давление воды на нижний поршень равно $p_2 = 80 \text{ кПа}$. Определите суммарную массу системы «поршни + стержень + вода». Атмосферное давление $p_0 = 1 \text{ атм}$. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Трение отсутствует.



Возможное решение

На систему «поршни + стержень + вода» в вертикальном направлении действуют следующие внешние силы: сила тяжести $F_T = Mg$ (вниз); сила давления воздуха, действующая на верхний поршень $F_1 = p_0 S_1$ (вниз); сила давления воздуха, действующая на нижний поршень $F_2 = p_0 S_2$ (вверх); сила, действующая со стороны сосуда (горизонтальный стык труб), $F_3 = (p_2 - \rho gh)(S_2 - S_1)$ (вниз).

Система находится в равновесии, поэтому:

$$F_T + F_1 + F_3 = F_2.$$

$$Mg + p_0 S_1 + (p_2 - \rho gh)(S_2 - S_1) = p_0 S_2.$$

$$\text{Отсюда } M = \frac{p_0 - p_2 + \rho gh}{g} (S_2 - S_1) = 2,5 \text{ кг}.$$

Критерии оценивания

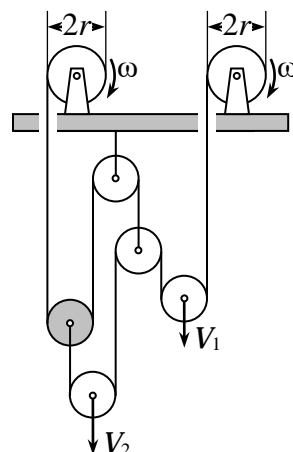
$F_T = Mg$ (вниз).....	1 балл
$F_1 = p_0 S_1$ (вниз).....	1 балл
$F_2 = p_0 S_2$ (вверх).....	1 балл
$F_3 = (p_2 - \rho gh)(S_2 - S_1)$ (вниз).....	3 балла
$F_m + F_1 + F_3 = F_2$	2 балла
Масса системы равна 2,5 кг	2 балла

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.

Максимум за задачу – **10 баллов**.

Задача 2

Найдите скорость \vec{V} выделенного серым цветом блока (см. рисунок), если известны модули и направления скоростей блоков V_1 и V_2 , указанные на рисунке. Каждая нить проходит через отверстие в потолке и наматывается на катушку радиусом r , равномерно вращающуюся по часовой стрелке с угловой скоростью ω . Нити считать нерастяжимыми.



Возможное решение

Введём координатную ось x , как показано на рисунке, и выразим длины нитей через координаты блоков:

$$\begin{cases} l_1 = 2x_3 + x_4 + \delta_1, \\ l_2 = 2x_2 - 2x_4 + 2x_1 - x_3 + \delta_2, \end{cases}$$

где δ_1 и δ_2 (константы) – суммарные длины участков нитей, соприкасающихся с блоками. Длины нитей уменьшаются с постоянными скоростями ωr , поэтому уравнения кинематической связи проекций скоростей выглядят следующим образом:

$$\begin{cases} -\omega r = 2V_x + V_{4x}, \\ -\omega r = 2V_2 - 2V_{4x} + 2V_1 - V_x, \end{cases}$$

где V_x – проекция скорости выделенного серым цветом блока на ось x . Отсюда

$$V_x = -\frac{2}{3}\left(V_1 + V_2 + \frac{3}{2}\omega r\right).$$

Знак минус указывает на то, что выделенный блок движется вверх.

Критерии оценивания

$l_1 = 2x_3 + x_4 + \delta_1$ (или $l_1 = 2x_3 + x_4$)..... **2 балла**

$l_2 = 2x_2 - 2x_4 + 2x_1 - x_3 + \delta_2$ (или $l_2 = 2x_2 - 2x_4 + 2x_1 - x_3$)..... **2 балла**

$-\omega r = 2V_x + V_{4x}$ **2 балла**

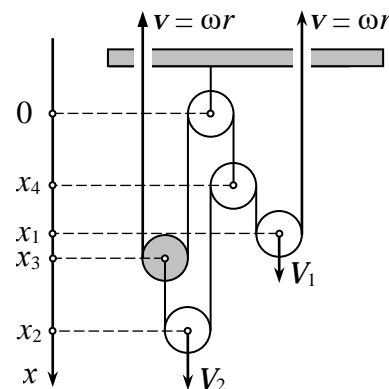
$-\omega r = 2V_2 - 2V_{4x} + 2V_1 - V_x$ **2 балла**

$|V_x| = \frac{2}{3}\left(V_1 + V_2 + \frac{3}{2}\omega r\right)$ **1 балл**

Выделенный блок движется вверх..... **1 балл**

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.

Максимум за задачу – **10 баллов**.



Задача 3

Для сварочных работ используется кислородный рукав (шланг) внутренним диаметром 9 мм. При некотором режиме работы сварочного аппарата кислород O_2 в этом шланге имеет давление 2 атм и температуру 17 °С. Какая масса кислорода проходит через поперечное сечение шланга за 1 минуту, если скорость движения кислорода по шлангу равна 5 м/с?

Возможное решение

Найдём плотность кислорода в шланге из уравнения состояния:

$$p = \frac{\rho}{\mu} RT \Rightarrow \rho = \frac{p\mu}{RT}.$$

Масса кислорода, которая проходит через поперечное сечение шланга за 1 минуту, равна

$$M = \frac{\pi d^2}{4} vt\rho = \frac{\pi d^2}{4} vt \frac{p\mu}{RT} \approx 51 \text{ г.}$$

Критерии оценивания

$p = \frac{\rho}{\mu} RT$ 3 балла

$M = \frac{\pi d^2}{4} vt\rho$ 3 балла

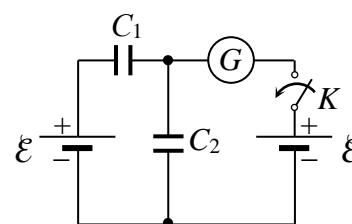
$M \approx 51 \text{ г.}$ 4 балла

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 4

В цепи, схема которой изображена на рисунке, ЭДС идеальных источников равны \mathcal{E} , ёмкости конденсаторов C_1 и C_2 . Определите напряжения на конденсаторах до замыкания ключа K . Какой заряд q протечёт через гальванометр G после замыкания ключа K ? Оба конденсатора до подключения к источникам были не заряжены.



Возможное решение

До замыкания ключа заряды на обкладках конденсаторов равны $q_1 = q_2$. У конденсатора ёмкостью C_1 левая обкладка заряжена положительно, правая – отрицательно, а у конденсатора ёмкостью C_2 верхняя обкладка заряжена положительно, нижняя – отрицательно. Суммарное напряжение на конденсаторах равно \mathcal{E} , то есть

$$\mathcal{E} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_1}{C_2} \Rightarrow q_1 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \mathcal{E}.$$

Напряжения на конденсаторах равны

$$U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \mathcal{E}, \quad U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \mathcal{E}.$$

После замыкания ключа K напряжение на конденсаторе C_2 равно \mathcal{E} , значит, на верхней обкладке этого конденсатора распределён положительный заряд $q'_2 = \mathcal{E}C_2$. Конденсатор ёмкостью C_1 не заряжен.

Суммарный заряд на правой обкладке конденсатора ёмкостью C_1 и верхней обкладке конденсатора ёмкостью C_2 равен $Q_1 = 0$, а после замыкания ключа $Q_2 = q'_2 = \mathcal{E}C_2$. Через гальванометр G после замыкания ключа K протечёт влево положительный заряд $q = Q_2 - Q_1 = \mathcal{E}C_2$.

Критерии оценивания

$q_1 = q_2$1 балл

$q_1 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \mathcal{E}$2 балла

$U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \mathcal{E}$1,5 балла

$U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \mathcal{E}$1,5 балла

$q'_2 = \mathcal{E}C_2$1 балл

После замыкания ключа конденсатор ёмкостью C_1 не заряжен.....1 балл

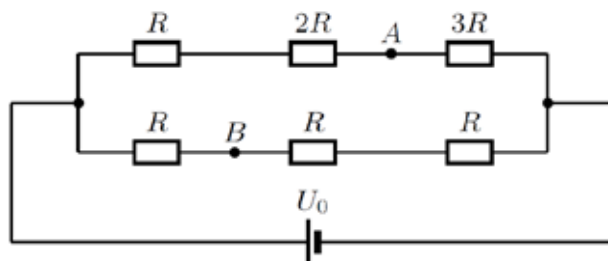
$q = \mathcal{E}C_2$2 балла

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.

Максимум за задачу – 10 баллов.

Задача 5

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, напряжение на резисторе сопротивлением $2R = 1,5$ кОм равно $U_{2R} = 1,5$ В. Чему равно напряжение на выводах идеальной батарейки U_0 ? Определите ток I_0 через источник. Найдите разность потенциалов $\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B$ между точками A и B (см. рисунок).



Возможное решение

По верхней ветви, в которой расположен резистор сопротивлением $2R$, протекает ток, равный

$$I_1 = \frac{U_{2R}}{2R} = \frac{1,5 \text{ В}}{1500 \text{ Ом}} = 1 \text{ мА.}$$

Сопротивление верхней ветви в два раза больше чем нижней. Кроме того, эти ветви соединены параллельно, значит, ток текущий по нижней ветви равен $I_2 = 2I_1 = 2 \text{ мА}$.

Ток через источник равен

$$I_0 = I_1 + I_2 = 3 \text{ мА.}$$

Напряжение на выводах идеальной батарейки равно

$$U_0 = I_1 \cdot 6R = I_2 \cdot 3R = 4,5 \text{ В.}$$

Разность потенциалов между точками A и B равна

$$\Delta\varphi = \varphi_A - \varphi_B = I_1 \cdot 3R - I_2 \cdot 2R = -0,75 \text{ В.}$$

Критерии оценивания

$I_1 = \frac{U_{2R}}{2R}$	1 балл
$I_1 = 1 \text{ мА}$	1 балл
$I_2 = 2I_1 = 2 \text{ мА}$	2 балла
$I_0 = I_1 + I_2$	1 балл
$U_0 = 4,5 \text{ В}$	2 балла
$\Delta\varphi = -0,75 \text{ В}$	3 балла

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.

Максимум за задачу – 10 баллов.

Всего за работу – 50 баллов.
