

Московская олимпиада школьников по физике

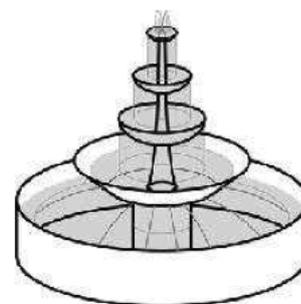
11 класс, нулевой тур, 2014/15 год

Заочное задание 1

ЗАДАЧА 1. В солнечную и безоблачную, но ветреную погоду школьник Ярослав запускает непрозрачный воздушный шарик, заполненный гелием. Двигаясь горизонтально со скоростью $u = 2$ м/с, Ярослав обнаружил, что шарик (в системе отсчёта, связанной с Ярославом) поднимается вертикально вверх со скоростью $v = 1$ м/с. Солнечные лучи падают на горизонтальную поверхность под углом 45° к вертикали. С какой скоростью может двигаться по земле тень шарика?

$$v = \sqrt{u^2 + v^2} = \sqrt{2^2 + 1^2} = \sqrt{5} \text{ м/с}$$

ЗАДАЧА 2. В фонтан, изображённый на рисунке, по центральной трубке площадью поперечного сечения $S = 50$ см² подаётся вода, которая вертикально бьёт из отверстия, расположенного на уровне воды верхнего сосуда, на высоту $h = 20$ см. Три верхних сосуда полностью заполнены водой, которая стекает из одного в другой, переливаясь через края сосудов. Четвёртый сосуд (считая сверху) — это широкая чаша. Чтобы поддерживать в ней почти постоянный уровень воды в течение длительного времени, по периметру чаши у её дна каждые $\tau = 2$ мин на некоторый промежуток времени открываются горизонтальные трубки общей площадью $S_0 = 900$ см². Из этих трубок вода бьёт на расстояние $L = 50$ см, считая по горизонтали, и попадает в пятый сосуд, где с помощью сливных каналов поддерживается постоянный уровень воды. Каждый следующий уровень воды расположен ниже предыдущего на $H = 45$ см (расстояния измеряются между поверхностями воды). Какую скорость имеет вода при попадании в третий сосуд? На какой промежуток времени открываются горизонтальные трубки через каждые 2 минуты? Сопротивлением воздуха и вязкостью воды можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

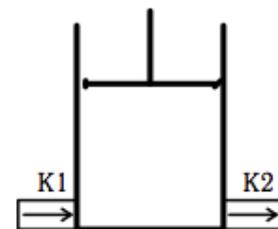


$$v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45} = 30 \text{ м/с}$$

ЗАДАЧА 3. Школьница Алиса проводит опыты с двумя одинаковыми стаканами. Первый стакан Алиса заполнила водой комнатной температуры $t_0 = 20^\circ\text{C}$ до половины объёма, а затем долила столько же воды с температурой $t_1 = 30^\circ\text{C}$. Алиса была уверена, что установившаяся температура будет равна 25°C ; однако она оказалась равной $t_2 = 23^\circ\text{C}$. Как могла рассуждать Алиса и почему конечная температура оказалась другой? Какая температура t_3 установится во втором стакане, если Алиса заполнит его сначала водой комнатной температуры на одну треть и затем дополнит доверху водой температуры $t_1 = 30^\circ\text{C}$? Потерями тепла в окружающее пространство за время установления температуры можно пренебречь.

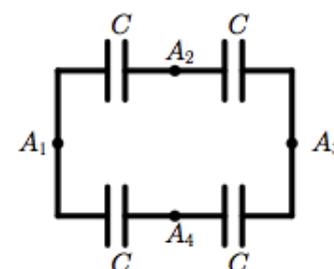
$$t_3 = \frac{2t_0 + t_1}{3} = \frac{2 \cdot 20 + 30}{3} = 23.3^\circ\text{C}$$

ЗАДАЧА 4. В цилиндре с поршнем, где находится воздух, имеются два клапана: впускной К1 и выпускной К2. Система клапанов работает таким образом, что давление в цилиндре поддерживается в промежутке от $0,8p_0$ до $1,4p_0$, где $p_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Па — атмосферное давление: как только давление в цилиндре падает ниже $0,8p_0$, открывается впускной клапан, и давление становится равным $0,8p_0$; при превышении давлением значения $1,4p_0$ открывается выпускной клапан, и давление падает до $1,4p_0$. Поршень совершает очень медленные колебания, в процессе которых объём воздуха в цилиндре изменяется в пределах от V_0 до $2V_0$, где $V_0 = 22,4$ л. Постройте график зависимости давления воздуха в цилиндре от его объёма в данном процессе. Объясните Ваше построение. Считайте, что с момента начала опыта уже прошло несколько колебаний. Определите наименьшее и наибольшее число молей воздуха в цилиндре. Температура постоянна и равна $T_0 = 273$ К. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль · К).



См. конец листка

ЗАДАЧА 5. На рисунке изображена схема электрической цепи, составленной из четырёх первоначально незаряженных конденсаторов ёмкости C . Сначала к точкам A_1 и A_3 подключили батарейку с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r . Когда ток через батарейку стал пренебрежимо малым, батарейку отключили, а к точкам A_1 и A_2 подключили резистор R , который также отключили, когда ток через него стал пренебрежимо мал. Найдите электрические заряды на каждой из пластин конденсаторов:



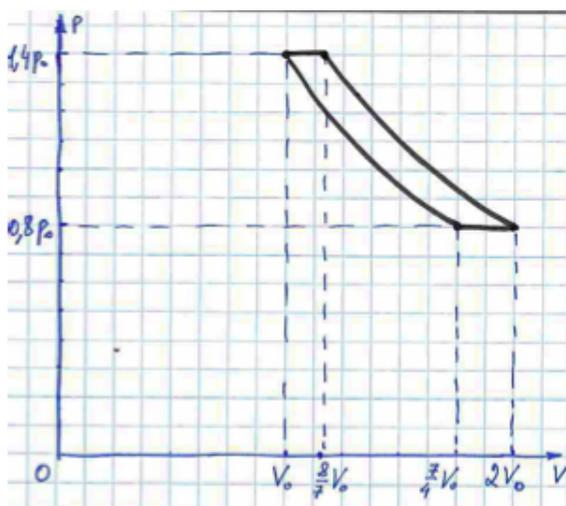
- (а) после отключения батарейки;
- (б) после отключения резистора.
- (в) Каким был максимальный электрический ток через резистор в данном процессе?
- (г) Какое количество теплоты выделилось на резисторе?

Получите ответы в виде общих формул и в частном случае $\mathcal{E} = 6$ В, $r = 1$ Ом, $C = 1$ мФ, $R = 1$ кОм.

См. конец листка

Ответ к задаче 4

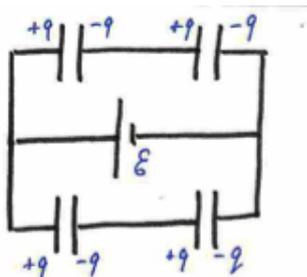
График процесса после нескольких колебаний:



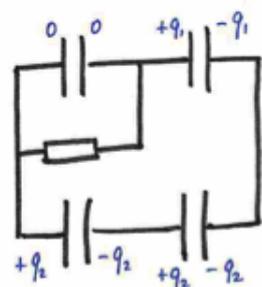
Наименьшее число молей воздуха в цилиндре равно 1,4, наибольшее — 1,6.

Ответ к задаче 5

(а) $q = C\mathcal{E}/2 = 3$ мкКл (см. рисунок).



(б) $q_1 = 2C\mathcal{E}/3 = 4$ мкКл, $q_2 = C\mathcal{E}/3 = 2$ мкКл (см. рисунок).



(в) $I_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{2R} = 3$ мА.

(г) $Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{6} = 6$ мДж.