

## Второй тур

### Разминочное задание.

Учебник физики лежит на горизонтальном столе. Обложка учебника имеет размеры  $25 \times 20$  см, масса учебника 400 г. Какое давление оказывает учебник на поверхность стола? Ускорение свободного падения примите равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Ответ приведите в паскалях, округлив до целых.

**Ответ.**  $p = \frac{0,4 \cdot 10}{0,25 \cdot 0,2} = 80 \text{ Па}$ .

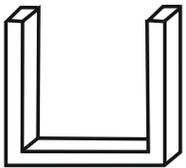
### Основное задание

1. Из пункта  $A$  в момент времени  $t_1 = 10$  часов утра выезжает мотоцикл, а навстречу ему из пункта  $B$ , находящегося на расстоянии  $L = 600$  км, в момент времени  $t_2 = 2$  часа дня выезжает грузовик. Зная, что мотоцикл до встречи с грузовиком двигался со средней скоростью  $v_m = 80$  км/ч, а грузовик – со средней скоростью  $v_{гр} = 60$  км/ч, определите, сколько времени  $t$  двигался грузовик до встречи с мотоциклом. Ответ приведите в часах, округлив до целых.

**1. Решение.** К моменту выезда грузовика мотоциклист проехал расстояние  $l = v_m \cdot (t_2 + 12 - t_1) = 320$  км. После этого мотоциклист и грузовик сближались со скоростью  $u = v_m + v_{гр} = 80 + 60 = 140$  км/ч. Искомое время  $t = \frac{L - v_m \cdot (t_2 + 12 - t_1)}{v_m + v_{гр}} = \frac{600 - 320}{140} = 2$  ч.

**Ответ:**  $t = \frac{L - v_m \cdot (t_2 + 12 - t_1)}{v_m + v_{гр}} = 2$  ч.

2. В одно из вертикальных колен трубки, форма которой показана на рисунке, налили столько ртути, что её уровень в коленях на 2 мм превысил уровень ртути в горизонтальной части трубки. Затем в то же колено медленно влили  $m = 5$  г воды. Определите разность  $d$  верхних уровней жидкостей в коленях трубки. Площадь поперечного сечения каждого колена трубки равна  $s = 1 \text{ см}^2$ , плотность ртути  $\rho_{рт} = 13,6 \text{ г/см}^3$ , плотность воды  $\rho_в = 1 \text{ г/см}^3$ . Ответ приведите в миллиметрах, округлив до одного знака после запятой.



**2. Решение.** Пусть  $h$  – высота уровня ртути в коленях трубки над верхней поверхностью ее горизонтальной части. Поскольку плотность воды меньше плотности ртути, а масса налитой воды  $m < 2h \cdot \rho_{рт} \cdot s = 5,44$  г, то вода не будет переливаться во второе колено. Обозначим через  $H = \frac{m}{\rho_в s}$  высоту столба воды, а через  $x$  – расстояние, на которое сместится уровень ртути в первом колене. Условие равновесия жидкостей имеет вид:  $\rho_в g H + \rho_{рт} g (h - x) + p_a = \rho_{рт} g (h + x) + p_a$ , где  $p_a$  – атмосферное давление. Отсюда  $x = \frac{\rho_в H}{2\rho_{рт}} = \frac{m}{2\rho_{рт} s}$ . Искомая разность высот уровней  $d = H - 2x =$

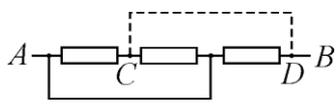
$$= \frac{m}{s} \cdot \frac{\rho_{рт} - \rho_в}{\rho_{рт} \rho_в} = \frac{5}{1} \cdot \frac{13,6 - 1}{13,6 \cdot 1} \approx 4,63 \text{ см} = 46,3 \text{ мм. Ответ. } d = \frac{m}{s} \cdot \frac{\rho_{рт} - \rho_в}{\rho_{рт} \rho_в} \approx 46,3 \text{ мм.}$$

3. Рассеянная хозяйка налила в чайник воды при температуре  $t_0 = 10^\circ\text{C}$ , поставила его на электроплитку и вышла из кухни, забыв про чайник. Через время  $\tau_1 = 10$  минут вода закипела. Через какое время  $\tau_2$  вода полностью выкипит? Удельная теплоемкость воды  $c = 4,2$  кДж/(кг·°C), удельная теплота парообразования воды  $r = 2,3$  МДж/кг. Теплоемкостью чайника можно пренебречь. Ответ приведите в минутах, округлив до целого.

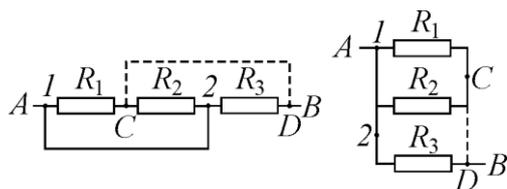
3. **Решение:** Пусть  $m$  – начальная масса воды в чайнике. Найдем количества теплоты  $Q_1$  и  $Q_2$ , требующиеся соответственно для нагревания воды до температуры кипения и для превращения ее в пар:  $Q_1 = cm(t_k - t_0)$ ,  $Q_2 = mr$ . Здесь  $t_k = 100^\circ\text{C}$  – температура кипения воды. Пусть  $q$  – доля мощности плитки, идущая на нагрев воды; тогда  $Q_1 = q\tau_1$ ,  $Q_2 = q\tau_2$ , где  $\tau_1$  – время нагрева воды,  $\tau_2$  – время ее полного выкипания. Объединяя эти выражения, получаем ответ:

$$\tau_2 = \tau_1 \frac{r}{c(t_k - t)} = 10 \frac{2300}{4,2 \cdot (100 - 10)} \approx 61 \text{ мин. Ответ. } \tau_2 = \tau_1 \frac{r}{c(t_k - t)} \approx 61 \text{ мин.}$$

4. Три одинаковых резистора соединены в цепь, схема которой изображена на рисунке, причем сопротивление между точками  $A$  и  $B$  равно  $R_{AB} = 3$  Ом. Чему станет равным сопротивление  $R'_{AB}$  между точками  $A$  и  $B$ , если точки  $C$  и  $D$  соединить проводником, как показано на рисунке штриховой линией?



4. **Решение.** Исходная цепь и ее эквивалентная схема в первом и во втором случаях изображены на рисунке. В первом случае резисторы  $R_1$  и  $R_2$  замкнуты накоротко и сопротивление  $R_{AB} = R$ , где  $R$  – сопротивление отдельного резистора. Во втором случае, когда точки  $C$  и  $D$  замкнуты проводником, все три резистора оказываются соединенными параллельно. Следовательно,



$$\frac{1}{R'_{AB}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R}, \text{ и } R'_{AB} = \frac{R}{3} = 1 \text{ Ом. Ответ. } R'_{AB} = \frac{R_{AB}}{3} = 1 \text{ Ом.}$$

5. С поверхности земли подброшен вертикально вверх небольшой шарик с начальной скоростью  $v_0 = 5$  м/с. В тот момент, когда он достиг верхней точки, снизу, с того же места подброшен точно такой же шарик с такой же начальной скоростью. При столкновении шарики слипаются и движутся далее как одно целое. Определите промежуток времени  $t$ , в течение которого первый шарик находился в полёте до соприкосновения с поверхностью земли. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ускорение свободного падения примите равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ округлите до одного знака после запятой.

5. **Решение.** Выберем систему отсчета с началом на поверхности земли и координатной осью  $OY$ , направленной вертикально вверх. Уравнения движения шариков имеют вид:  $y_1(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ ,

$$y_2(t) = v_0(t - t_0) - \frac{g(t - t_0)^2}{2}, \text{ где } t_0 = \frac{v_0}{g} \text{ – время подъема первого шарика до верхней точки. Из}$$

равенства  $y_1(t_1) = y_2(t_1)$  находим, что промежуток времени  $t_1$  от момента подбрасывания первого

шарика до столкновения шариков  $t_1 = \frac{3}{2} \frac{v_0}{g}$ , а высота  $h$ , на которой произойдет столкновение,

$h = \frac{3}{8} \frac{v_0^2}{g}$ . Непосредственно перед столкновением скорости каждого из шариков по величине равны  $v = \frac{v_0}{2}$ , но направлены в противоположные стороны. По закону сохранения импульса сразу после столкновения скорость слипшихся шариков равна нулю. Время их свободного падения на землю с высоты  $h$  равно  $t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{v_0}{2g} \sqrt{3}$ . Общее время полёта первого шарика (т.е. искомый промежуток времени)  $t = t_1 + t_2 = \frac{v_0}{2g} (3 + \sqrt{3}) \approx 1,2$  с. **Ответ:**  $t = \frac{v_0}{2g} (3 + \sqrt{3}) \approx 1,2$  с.