

Второй тур

Разминочное задание.

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

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

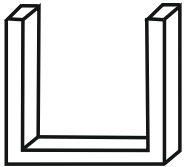
Основное задание

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 $\rho_B = 1 \text{ г/см}^3$. 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 $H = \frac{m}{\rho_B s}$ высоту столба воды, а через x – расстояние, на которое сместится уровень ртути в первом колене. Условие равновесия жидкостей имеет вид: $\rho_B g H + \rho_{рт} g (h - x) + p_a = \rho_{рт} g (h + x) + p_a$, где p_a – атмосферное давление. Отсюда $x = \frac{\rho_B H}{2\rho_{рт}} = \frac{m}{2\rho_{рт} s}$. Искомая разность высот уровней $d = H - 2x =$

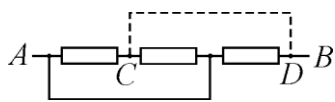
$$= \frac{m}{s} \cdot \frac{\rho_{рт} - \rho_B}{\rho_{рт} \rho_B} = \frac{5}{1} \cdot \frac{13,6 - 1}{13,6 \cdot 1} \approx 4,63 \text{ см} = 46,3 \text{ мм. Ответ. } d = \frac{m}{s} \cdot \frac{\rho_{рт} - \rho_B}{\rho_{рт} \rho_B} \approx 46,3 \text{ мм.}$$

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 τ_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.

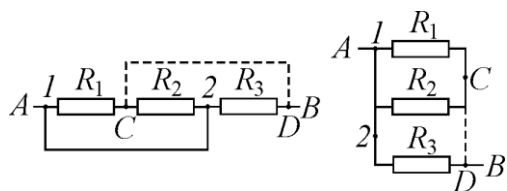
3. **Решение:** Пусть m – начальная масса воды в чайнике. Найдем количества теплоты Q_1 и Q_2 , требующиеся соответственно для нагревания воды до температуры кипения и для превращения ее в пар: $Q_1 = cm(t_k - t_0)$, $Q_2 = mr$. Здесь $t_k = 100^\circ\text{C}$ – температура кипения воды. Пусть q – доля мощности плитки, идущая на нагрев воды; тогда $Q_1 = q\tau_1$, $Q_2 = q\tau_2$, где τ_1 – время нагрева воды, τ_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/с². 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.

Третий тур

Разминочное задание.

Брусек массой 700 г имеет размеры $20 \times 10 \times 5$ см. Какова плотность бруска? Ответ выразите в $\text{кг}/\text{м}^3$, округлив до целых.

Ответ. $\rho = \frac{0,7}{0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,05} = 700 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Основное задание

1. Из города A в момент времени $t_1 = 10$ часов утра выезжает мотоциклист, а навстречу ему из города B , находящегося на расстоянии $L = 600$ км, в момент времени $t_2 = 3$ часа дня выезжает грузовик. Зная, что мотоциклист до встречи с грузовиком двигался со средней скоростью $v_m = 60$ км/ч, а грузовик – со средней скоростью $v_{гр} = 40$ км/ч, определите расстояние x , которое грузовик проехал до встречи с мотоциклистом. Ответ приведите в километрах, округлив до целых.

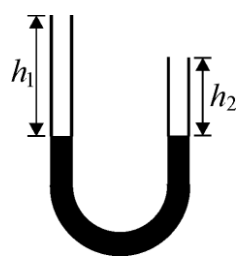
1. Решение. К моменту выезда грузовика мотоциклист проехал расстояние $l = 60 \cdot (15 - 10) = 300$ км. После этого мотоциклист и грузовик сближались со скоростью

$u = v_m + v_{гр} = 60 + 40 = 100$ км/ч в течение промежутка времени $t = \frac{L - l}{u} = \frac{600 - 300}{100} = 3$ ч. За это

время грузовик проехал расстояние $x = v_{гр} t = 40 \cdot 3 = 120$ км.

Ответ: $x = \frac{L - v_m(t_2 + 12 - t_1)}{v_m + v_{гр}} v_{гр} = 120$ км.

2. Вертикально расположенная U -образная трубка с коленами разной высоты частично заполнена ртутью, причем левый конец трубки выше уровня ртути на $h_1 = 50,2$ см, а



правый – на $h_2 = 25$ см. В оба колена трубки поочередно наливают воду так, что они оказываются заполненными доверху. На какую величину Δh переместится

уровень ртути в левом колене трубки, если известно, что ртуть из его вертикальной части не вытесняется полностью? Плотность ртути $\rho_{рт} = 13,6 \text{ г}/\text{см}^3$, плотность воды $\rho_в = 1 \text{ г}/\text{см}^3$. Ответ приведите в миллиметрах,

округлив до целых.

2. Решение: Пусть первоначальная высота столба ртути в каждом из колен трубки равна h_0 . Поскольку ртуть несжимаема и сечение трубки постоянно, после заполнения колен водой ртуть