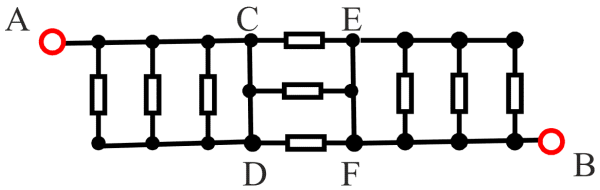
2018год

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

Возможные решения задач 9 класс

Задача 1.

Левая тройка и правая тройка вертикальных резисторов оказываются короткозамкнутыми перемычками CD и EF соответственно, поэтому не влияют на режим цепи. Горизонтальная центральная тройка резисторов соединена параллельно, их общее сопротивление равно $\frac{R}{3} = \frac{2}{3}$ Ом.



Задача 2.

Направим ось *Oy* системы координат, связанной с Землей, вертикально вверх, совместив начало отсчета с ее поверхностью. Тогда текущая координата летящей косточки определяется формулой: $y(t) = \mathrm{v}_0 t - \frac{gt^2}{2}$

Определим моменты времени, в которые косточка будет находиться на высоте *h*. Из условия $y(t) = h$ для времени пролета *t* и высоты *h* получаем квадратное уравнение:

$\frac{gt^2}{2} - \mathrm{v}_0 t + h = 0.$ Находим его корни: $t_1 = \frac{\mathrm{v}_0}{g} - \sqrt{\frac{\mathrm{v}_0^2}{g^2} - \frac{2h}{g}}$; $t_2 = \frac{\mathrm{v}_0}{g} + \sqrt{\frac{\mathrm{v}_0^2}{g^2} - \frac{2h}{g}}.$

Промежуток времени Δt между двумя пролетами высоты *h* будет равен

$\Delta t = t_2 - t_1 = 2\sqrt{\frac{\mathrm{v}_0^2}{g^2} - \frac{2h}{g}}$. Так как величина Δt по условиям задачи известна, то можно найти величину начальной скорости косточки: $\mathrm{v}_0 = \frac{g}{2}\sqrt{\Delta t^2 + \frac{8h}{g}}.$

Подставляя численные значения, получаем: $\mathrm{v}_0 = 20$ м/с.

Время полета τ определим из условия $y(\tau) = 0$: $\mathrm{v}_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} = 0.$

Откуда получаем $\tau = \frac{2}{g}\mathrm{v}_0 = \sqrt{\Delta t^2 + \frac{8h}{g}} = 4$с.

Ответ: Начальная скорость косточки $\mathrm{v}_0 = \frac{g}{2}\sqrt{\Delta t^2 + \frac{8h}{g}} = 20$ м/с; полное время движения $\tau = \sqrt{\Delta t^2 + \frac{8h}{g}} = 4$с.

Задача 3.

Пусть N_1 и N_2 – количество тепла, получаемые водой в единицу времени, соответственно, в первой и второй кастрюлях. Тогда для первого участка нагревания: $N_1\tau_1 = cm(40 - 20)$, $N_2\tau_1 = cm(50 - 20)$. Откуда: $N_2 = 1{,}5N_1$.

Вода во второй кастрюле греется быстрее, поэтому, если мы добавим еще теплой (но не кипящей!) воды в <u>первую</u> кастрюлю, то скорость нагрева воды в ней тем более уменьшится, и вода в ней закипит гораздо позже, чем во второй. Поэтому воду надо добавлять во <u>вторую</u> кастрюлю.

Пусть масса добавленной воды во вторую кастрюлю m_x. В результате смешивания получится температура t: $cm(t - 50) = cm_x(60 - t)$

Откуда: $t = (m_x 60 + m50)/(m_x + m)$

При дальнейшем нагревании в течение времени t_2 вода в кастрюлях дойдет до кипения: $N_1\tau_2 = cm(100 - 40)$, $N_2\tau_2 = c(m_x + m)(100 - t)$

Учитывая, что $N_2 = 1{,}5N_1$, отсюда получим: $1{,}5cm(100 - 40) = c(m_x + m)(100 - t)$

Подставив сюда выражение для температуры t, получим окончательно:

$m_x = m = 2$ *кг*

Примечание: Если все же добавить воды в первую кастрюлю, то, проделав в этом случае все эти же самые вычисления, получим: $m_x < 0$ - в этом случае решения нет.

Задача 4.

Пусть частота вращения первого шкива равна γ_1. Тогда угловая скорость вращения первого шкива равна $\omega_1 = 2\pi\gamma_1$. Линейная скорость точек (а, значит, и скорость движения ремня передачи) равна $V_1 = \omega_1 R = 2\pi\gamma_1 R$. Такова же будет линейная скорость движения точек, лежащих на окружности радиуса r второго шкива. Тогда угловая скорость вращения второго шкива равна $\omega_2 = \frac{V_1}{r} = \frac{2\pi\gamma_1 R}{r}$.

Линейная скорость точек, лежащих на окружности радиуса R второго шкива будет, равна $V_2 = \omega_2 R = \frac{2\pi\gamma_1 R^2}{r}$. Такова же будет скорость подъема груза на нити, намотанной на большую окружность второго шкива радиуса R: $V = \frac{2\pi\gamma_1 R^2}{r}$.

Откуда $\gamma_1 = \frac{rV}{2\pi R^2}$.

Задача 5.

Задача осложняется тем, что в ненатянутом состоянии нить собирается «гармошкой» и становится короче на несколько сантиметров, и чтобы её натянуть, и затем приложить к ней несколько раз коробок, не хватает рук. Использовать всевозможные прижимы по условию запрещено. Остаётся, слегка натягивая нить, натягивать её вдоль трёх различных направлений (a, b, c). В результате измерений получим:

$2(a+c)=5,6$ оборота $=\frac{1}{5,6}$ аршин

$2(a+b)=7,2$ оборота $=\frac{1}{7,2}$ аршин

$2(b+c)=4,1$ оборота $=\frac{1}{4,1}$ аршин

Решив полученную систему уравнений можно найти длины сторон спичечного коробка. Для этого сложим первые два уравнения и вычтем из них третье

$4a=\frac{1}{5,6}+\frac{1}{7,2}-\frac{1}{4,1}=0,0736$ аршин или a = 0,0184 аршин = 0,29 вершка. Аналогично найдём b =0,0510 аршин = 0,82 вершка и с = 0,0709 аршин = 1,13 вершка.

2018 год

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
Возможные решения задач 10 класс

Задача 1.

По определению средней скорости

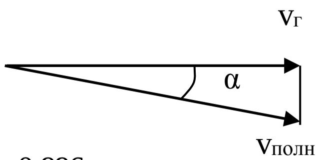
$$V_{\text{ср}}=\frac{S_1+S_2}{t_1+t_2}=\frac{S_1+S_2}{S_1/V+S_2/(kV)}=\frac{S_1+2S_1}{S_1/V+2S_1/(kV)}=\frac{2+1}{1/V+2/(kV)}=$$

$$=\frac{3}{1/V+2/(kV)}=\frac{3kV}{k+2}$$

По условию: $\dfrac{3kV}{k+2}=2V$. Отсюда: $3k/(k+2)=2$ и $k=4$.

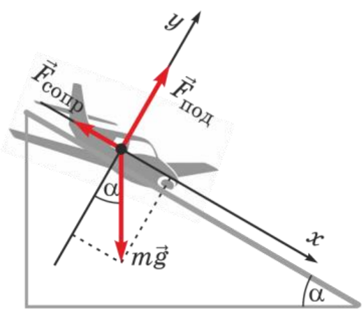
Задача 2

При планировании с минимальной постоянной горизонтальной скоростью $v_г$ = 150 км/ч под углом $\alpha = 5°$ к горизонту полная скорость $v_{полн}$ самолета практически равна горизонтальной:



$$v_г=v_{полн}\cdot\cos\alpha=v_{полн}\cdot 0{,}996\approx v_{полн}$$

Из этого следует, что при взлете самолета скорость должна быть не меньше 150 км/ч. При этом подъемная сила уравновесит силу тяжести. Действительно, при планировании подъемная сила практически равна силе тяжести: $F_{под}=mg\cdot\cos\alpha=mg\cdot 0{,}996\approx mg$.

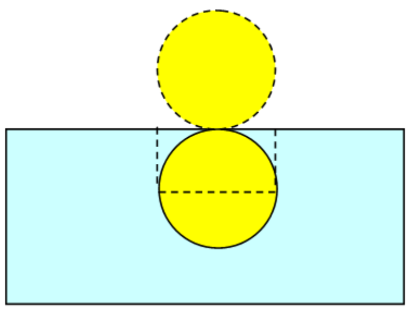


Сила сопротивления воздуха при планировании будет равна $F_{сопр}=mg\cdot\sin\alpha=2000\cdot10\cdot0{,}087=1740\ Н$.

Такой же она будет при взлете самолета, и такую силу тяги должен создавать двигатель самолёта.

Задача 3.

Чтобы полностью погрузится, в лед, шарик должен опуститься на расстояние, равное диаметру шара, объем расплавленного льда (см.рис.) равен: $V_л=\pi R^2R+(2/3)\pi R^3=(5/3)\pi R^3$.



Шарик при остывании от t°С до 0°С отдает тепло, которое идет на плавление льда*:

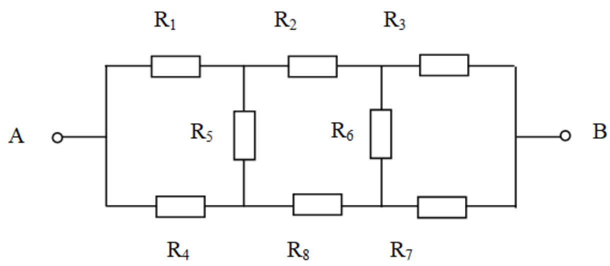
$$c\rho_з(4/3)\pi R^3(t-0)=\lambda\rho_л(5/3)\pi R^3$$

Откуда: $t=\dfrac{5\lambda\rho_л}{4c\rho_з}$ градусов Цельсия.

* *Примечание:* Строго говоря, на плавление льда еще расходуется потенциальная энергия шарика $mg2R$, однако можно подсчитать, что она в тысячи раз меньше количества тепла, необходимого для плавления
льда.

Задача 4.

Нарисуем эквивалентную схему.

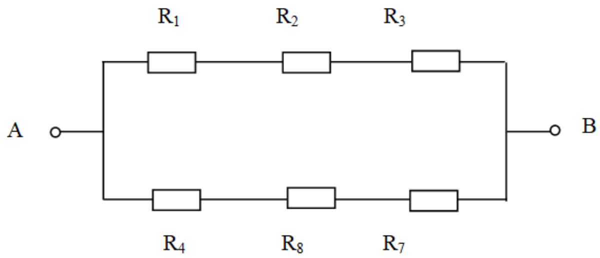


В верхней цепочке $R_1 : R_2 : R_3 = 12 : 6 : 3 = 4 : 2 : 1$,

в нижней цепочке $R_4 : R_8 : R_7 = 24 : 12 : 6 = 4 : 2 : 1$.

Поэтому сопротивление R_5 соединяет точки с равными потенциалами. То же самое относится к сопротивлению R_6.

Эти сопротивления можно исключить из цепи, тогда получим следующую схему:



Цепочки соединены параллельно. Ток в нижней цепочке:

$$I = \frac{U}{R_4 + R_8 + R_7} = \frac{84\ B}{(24 + 12 + 6)\ Ом} = 2\ \text{А}$$

Таким образом через два резистора токи не идут (=0), через резисторы 4, 8 и 7 ток равен
2 А; через резисторы 1, 2, 3 ток равен 4 А.

Задача 5

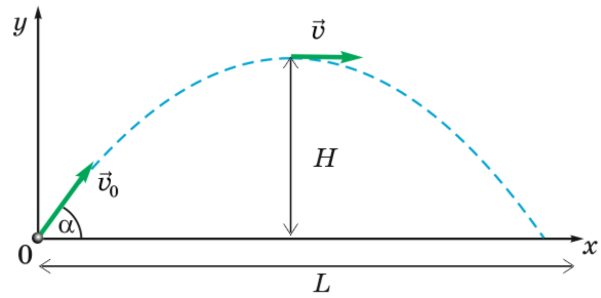
Измеряем уровень x чернил в ручке. Берем лист и проводим гелевой ручкой по его ширине n (примерно 400-500) одинаковой длины линии. Например, h = 20 см (см. рис.) Снова измеряем уровень чернил в ручке – он изменился на y.

Значит ручкой можно провести линию длиной $L = \frac{x}{y} nh$.

2018 год

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
Возможные решения задач 11 класс

Задача 1.



В отсутствие сопротивления воздуха сумма кинетической и потенциальной энергий камня в любой момент времени полета одинакова. Она равна работе, которую совершил человек при бросании камня. Рассмотрим верхнюю точку траектории:

$$A = \frac{mV^2}{2} + mgH$$

$$\frac{mV^2}{2} = A - mgH = 100\ Дж$$

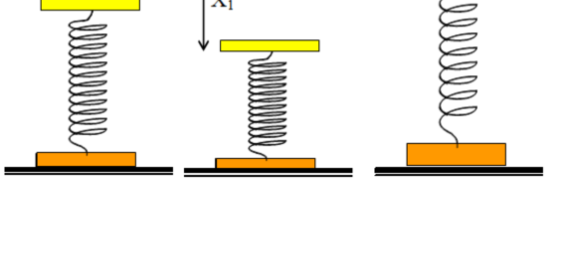
Скорость в верхней точке равна горизонтальной проекции скорости в любой точке, а она постоянна, поэтому: $V = \frac{L}{t}$. Время всего полета равно удвоенному времени движения от верхней точки на высоте H до места падения: $t = 2\sqrt{\frac{2H}{g}} = 4$ с.

Тогда: $\frac{mL^2}{2t^2} = 100;\quad L = \sqrt{\frac{100 \cdot 2t^2}{m}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 2 \cdot 16}{2}} = 40$ м.

Задача 2.

До того момента, пока поршень не начнет приподниматься (сила натяжения станет равна нулю, следовательно, давление газа в сосуде увеличится на F/S, где S – площадь поршня), подвод тепла будет происходить изохорически, работа газа будет равна нулю: $Q = \Delta U = \frac{3}{2}\Delta pV = \frac{3}{2}\frac{F}{S}Sh = \frac{3}{2}Fh = 300$ Дж.

Задача 3.



Условие отрыва нижней пластины от опоры: $kX_2 \geq m_2g$, где X_2 – удлинение пружины в момент времени, когда верхняя пластина достигнет максимальной высоты.

Заметим, что удлинение (или сжатие) пружины отсчитывается от положения *недеформированной* пружины.

Поэтому на первом рисунке пружина уже деформирована под действием силы тяжести верхней пластины m_1g.

Пусть под действием силы тяжести верхней пластины и искомой силы F пружина деформировалась на X_1: $m_1g + F = kX_1$ (1)

После прекращения действия силы F по закону сохранения энергии:

$\frac{kX_1^2}{2} = \frac{kX_2^2}{2} + m_1g(X_1 + X_2)$ (в верхней точке скорость верхней пластины равна нулю).

Откуда, после преобразований: $kX_1 - kX_2 = 2m_1g$

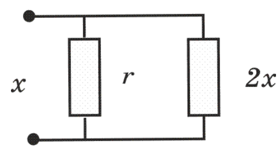
Так как минимальное $kX_2 = m_2g$, то $kX_1 = 2m_1g + m_2g$ (2)

Тогда из (1) и (2) находим минимальное значение силы F: $F = (m_1 + m_2)g$

Задача 4.

Сопротивление каждого следующего резистора в два раза больше предыдущего. При параллельном соединении вклад в общее сопротивление каждого следующего резистора быстро убывает. Поэтому, если откинуть первый резистор сопротивлением r, то, сравнивая оставшуюся цепь с исходной, замечаем, что сопротивление получившейся цепи в два раза больше сопротивления исходной.

Пусть x – сопротивление исходной цепи. Тогда эквивалентная схема будет такой, как изображено на рис.



Тогда $x = \frac{r2x}{r + 2x}$.

Решая это уравнение, получим: $x = \frac{r}{2}$.

Задача 5

Измеряем уровень x чернил в ручке. Берем лист и проводим гелевой ручкой по его ширине n (примерно 400-500) одинаковой длины линии. Например, h = 20 см (см. рис.) Снова измеряем уровень чернил в ручке – он изменился на y.

Значит, ручкой можно провести линию длиной $L = \frac{x}{y}nh$.