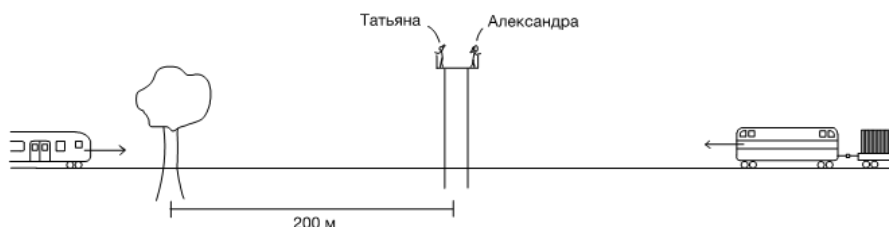




Решения задач для 8 класса

8.1. (7 баллов) Татьяна и Александра гуляли за городом и решили следить за поездами на прямой железной дороге с пешеходного моста, который находится над ней. Вокруг были степи за исключением дерева рядом с железной дорогой, находящегося за 200 м до моста. Татьяна стала смотреть в сторону дерева, а Александра – в противоположную. Со стороны Татьяны шёл пассажирский поезд, а со стороны Александры – грузовой. В какой-то момент пассажирский поезд поравнялся с деревом, а грузовой в этот же момент поравнялся с мостом. Татьяна, зная стандартную длину вагона в 25,5 м и посчитав количество вагонов, равное 3, заметила также, что между моментами, когда поезд поравнялся с деревом и поравнялся с мостом, прошло 7 с. Александра же заметила, что грузовой поезд полностью прошёл мост через секунду после пассажирского. Ей было сложнее определить длину грузового поезда, так как он содержал в себе вагоны разной длины. Но на одной из платформ было два стандартных контейнера, и Александра знала от отца, работающего в порту, что их совокупная длина составляет 24 м, и эта платформа прошла мост за 3 с.



[1] Определить длину грузового поезда, если поезда движутся с постоянными скоростями.

Замечание. Шириной моста пренебречь.

(Л.С. Ласкавый)

Ответ: $l_{\text{груз}} = 90$ м.

Решение.

Длина пассажирского поезда определяется как

$$l_{\text{пас}} = n l_{\text{в}}$$

Определим скорость пассажирского поезда:

$$v_{\text{пас}} = \frac{S_{\text{д}}}{t}$$

За некоторое время t_1 поезд прошёл путь, равный сумме расстояния от дерева до моста и своей длины:

$$S_{\text{пас}} = S_{\text{д}} + l_{\text{пас}}$$

Или, подставляя длину поезда:

$$S_{\text{пас}} = S_{\text{д}} + n l_{\text{в}}$$

Скорость поезда постоянна, так что:

$$v_{\text{пас}} = \frac{S_{\text{д}} + n l_{\text{в}}}{t_1}$$

Приравняв выражения для скоростей, выразим t_1 :

$$t_1 = \frac{(S_{\text{д}} + nl_{\text{в}})t}{S_{\text{д}}}$$

Грузовой поезд прошёл собственную длину за время, на секунду большее t_1

$$S_{\text{груз}} = l_{\text{груз}}$$

Скорость грузового поезда определим с помощью данных о контейнерах:

$$v_{\text{груз}} = \frac{l_{\text{к}}}{t_{\text{к}}}$$

С другой стороны:

$$v_{\text{груз}} = \frac{S_{\text{груз}}}{t_1 + \Delta t}$$

Выразив

$$S_{\text{груз}} = v_{\text{груз}}(t_1 + \Delta t)$$

и подставив все выражения, получим:

$$l_{\text{груз}} = \frac{l_{\text{к}}}{t_{\text{к}}} \left(\frac{(S_{\text{д}} + nl_{\text{в}})t}{S_{\text{д}}} + \Delta t \right)$$

Подставляя значения, получим в итоге:

$$l_{\text{груз}} = \frac{24}{3} \left(\frac{(200 + 3 \cdot 25,5) \cdot 7}{200} + 1 \right) = 85,42 \text{ м}$$

Учитывая минимальное число значащих цифр в условии равное единице, проводим округление, так что $l_{\text{груз}} = 90 \text{ м}$.

8.2. (9 баллов) Тимур в гостях у бабушки решил помочь ей принять дрова для топки, по заказу их привезли $0,900 \text{ м}^3$. Он решил не нести их через весь двор под навес, а оставил на улице, но была осень с редкими, но сильными дождями, температура держалась близко к $0,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Из-за дождя дрова промокли, и Тимур, постепенно перетаскивая их под навес с помощью тачки и перебирая, определил их суммарную массу 648 кг .

[2] На сколько дней хватит дров для поддержания дома протопленным при той же температуре в случае, если для этого в день следует сжигать по 10 кг сухих дров?

Замечание. Считать внешние условия при сжигании сухих и мокрых дров неизменными и одинаковыми, плотность сухих дров $600,00 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоёмкость воды $4200,00 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$, удельная теплота парообразования воды $2,30 \text{ Дж/кг}$, удельная теплота сгорания сухих дров $1,00 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$. (Л.С. Ласкавый)

Ответ: $n = 51$.

Решение.

Поскольку дрова — неоднородный материал, то руководствоваться объёмами невозможно. Поэтому осуществим переход к массам. Масса сухих дров:

$$m_{\text{сд}} = \rho_{\text{д}} V$$

$$m_{\text{сд}} = 600 \cdot 0,9 = 540 \text{ кг}$$

Тогда можно найти массу воды, которая оказалась в дровах, как разность

$$m_{\text{в}} = m_{\text{мд}} - m_{\text{сд}}$$

$$m_{\text{в}} = 648 - 540 = 108 \text{ кг}$$

Если на 540 кг сухих дров приходится 108 кг воды, то на 10 кг сухих дров для сжигания приходится

$$m_{\text{в1}} = 2 \text{ кг}$$

Если рассматривать мокрые дрова, то

$$m_{\text{мок}} = m_{\text{сж1}} + m_{\text{в1}}$$

Причём из соотношения между 10 кг дров и 2 кг воды в мокрых дровах ясно, что для любой массы мокрых дров

$$m_{\text{сж1}} = \frac{10}{12} m_{\text{мок}}$$

$$m_{\text{в1}} = \frac{2}{12} m_{\text{мок}}$$

Переведём температуру в абсолютные показатели. Далее температура будет учтена как абсолютная.

$$T_{\text{нач}} = 273 \text{ К}$$

$$T_{\text{кип}} = 373 \text{ К}$$

Поддержание дома при какой-то температуре означает, что необходимо определённое количество теплоты, получаемое при сжигании дров. В случае с сухими дровами при их сжигании получается количество теплоты

$$Q_{\text{сух}} = qm_{\text{сж}}$$

Ясно, что теплота, даваемая от мокрых дров, должна быть точно такой же, как и от сухой. Но помимо энергии, получаемой от сжигания дров, необходимо нагреть и испарить воду, попавшую в дрова. Тогда соотношение выглядит так:

$$Q_{\text{мок}} - Q_1 - Q_2 = Q_{\text{сух}}$$

Удельная теплота сгорания мокрых дров:

$$Q_{\text{мок}} = q \cdot \frac{10}{12} m_{\text{мок}}$$

Количество теплоты для нагрева воды:

$$Q_1 = c \cdot \frac{2}{12} m_{\text{мок}} (T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}})$$

Количество теплоты для полного превращения воды в пар при кипении:

$$Q_2 = L \cdot \frac{2}{12} m_{\text{мок}}$$

В итоге

$$q \cdot \frac{10}{12} m_{\text{мок}} - c \cdot \frac{2}{12} m_{\text{мок}} (T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}}) - L \cdot \frac{2}{12} m_{\text{мок}} = qm_{\text{сж}}$$

Выражая $m_{\text{мок}}$:

$$m_{\text{мок}} (10q - 2c(T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}}) - 2L) = 12qm_{\text{сж}}$$

$$m_{\text{мок}} = \frac{12qm_{\text{сж}}}{10q - 2c(T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}}) - 2L}$$

Подставляя значения, получим:

$$m_{\text{мок}} = \frac{12 \cdot 10^7 \cdot 10}{10 \cdot 10^7 - 2 \cdot 4200 \cdot (373 - 273) - 2 \cdot 2,3 \cdot 10^6} = 12,6903 \text{ кг}$$

Таким образом, найдена масса мокрых дров, итоговое количество теплоты от которых будет равно количеству теплоты от сухих дров для одного дня. Для получения количества дней нужно общую массу мокрых дров разделить на $m_{\text{мок}}$:

$$n = \frac{m_{\text{мд}}}{m_{\text{мок}}}$$

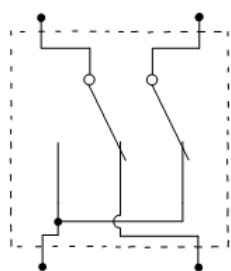
Подставляя значения, получим:

$$n = \frac{648}{12,6903} = 51,0624$$

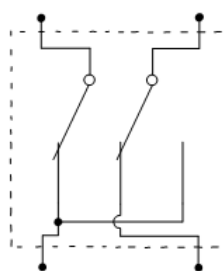
Количество дней может быть только целым, так что

$$n = 51$$

8.3. (5 баллов) Артём на кружке по физике в рамках исследования электрических цепей получил задание составить электрическую цепь так, чтобы в лаборатории освещение можно было включить и выключить у любой из трёх дверей, в неё ведущих. Он знал, что есть проходные переключатели, которые работают как стрелки в рельсовых системах. Алексей, помогавший отцу делать ремонт, подсказал Артёму, что для такой же задачи они покупали перекрёстный переключатель, схема которого изображена на рисунке: привод от клавиши воздействует сразу на два разветвления в себе. Но как должны соединяться эти переключатели в схему, Алексей также не знает. И проходной, и перекрёстный переключатели выглядят точно также, как обычные выключатели, и монтируются также.



ВКЛ. (Вверх)

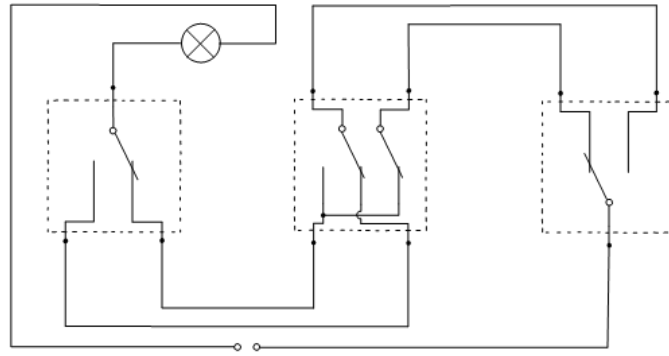


ВЫКЛ. (Вниз)

- [3] Составьте схему с источником, лампой, а также проходными и одним перекрёстным переключателями, чтобы схема позволяла выполнить цель Артёма.

(Л.С. Ласкавый)

Ответ:



Решение.

Смысл элементов в том, чтобы каждый из переключателей при нажатии осуществлял разрыв цепи, и чтобы разрыв был не более чем один. Поэтому нужно разместить два проходных переключателя концами к источнику и лампе соответственно, а между ними разместить перекрёстный переключатель. Вариант схемы приведён на рисунке 2.

8.4. (7 баллов) На кружке по физике Ивану поручили провести эксперимент в области тепловых явлений: в кружке из никеля налито 250 г воды при 20 °С. Иван опускает кипятильник в кружку. Через 15 мин после опускания кипятильника в кружку вода закипела.

[4] Через какое время выкипит 20,0%?

Замечание. Мощность кипятильника считать постоянной, теплопотерями в окружающую среду, а также теплоёмкостью пренебречь. Теплоёмкость никеля 46 Дж/К, удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг · К), удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг. (Л.С. Ласкавый)

Ответ: $\tau_2 = 1200$ с.

Решение.

Переведём температуру в абсолютные показатели. Далее температура будет учтена как абсолютная.

$$T_{\text{нач}} = 293 \text{ K}$$

$$T_{\text{кип}} = 373 \text{ K}$$

Разобьём процесс на два отдельных: сначала нагрев кружки и воды до температуры кипения, затем кипение части воды.

$$Q_{\text{н}} = Q_1 + Q_2,$$

где нагрев никеля

$$Q_1 = C_{\text{ник}} (T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}}),$$

а нагрев воды

$$Q_2 = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}}).$$

В свою очередь количество теплоты, отданное кипятильником:

$$Q_{\text{н}} = P \tau_1$$

То есть

$$P\tau_1 = C_{\text{ник}}(T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}}) + c_{\text{в}}m_{\text{в}}(T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}})$$

Откуда

$$P = \frac{C_{\text{ник}}(T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}}) + c_{\text{в}}m_{\text{в}}(T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}})}{\tau_1}$$

Здесь допускается частичная подстановка для получения значения мощности кипятильника. Рассмотрим второй процесс (выкипания части воды):

$$Q_{\text{кип}} = Lm_{\text{п}}$$

Отношение масс воды и пара:

$$m_{\text{п}} = 0,2m_{\text{в}}$$

Теплота, отданная кипятильником (мощность постоянна):

$$Q_{\text{кип}} = P\tau_2$$

Тогда

$$P\tau_2 = 0,2Lm_{\text{в}}$$

Откуда

$$\tau_2 = \frac{0,2Lm_{\text{в}}}{P}$$

Подставляя выражение мощности, полученное из первого процесса, получим в итоге:

$$\tau_2 = \frac{0,2Lm_{\text{в}}\tau_1}{C_{\text{ник}}(T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}}) + c_{\text{в}}m_{\text{в}}(T_{\text{кип}} - T_{\text{нач}})}$$

Подставляя значения, получим:

$$\tau_2 = \frac{0,2 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,25 \cdot 900}{46 \cdot (373 - 293) + 4200 \cdot 0,25 \cdot (373 - 293)} = 1180,4288 \text{ с.}$$

Учитывая минимальное число значащих цифр в условии равное двум, проводим округление, так что $\tau_2 = 1200 \text{ с.}$

8.5. (6 баллов) Александр на одной из лабораторных работ по физике собрал с помощью блоков, грузов, пружин и троса полиспаст, изображённый на рисунке. Масса второго груза равна 200 г, жёсткости первой, второй и третьей пружин равны соответственно 100 Н/м, 90 Н/м, 150 Н/м. В итоге полиспаст, построенный Александром, пребывает в состоянии равновесия.

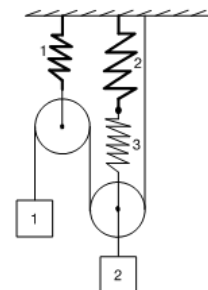
[5] Найти массу первого груза и удлинения первой пружины, а также суммарное удлинение второй и третьей пружины.

Замечание. Считать блоки и пружины невесомыми, нити идеальными (невесомыми нерастяжимыми), ускорение свободного падения $10,0 \text{ м/с}^2$. (Л.С. Ласкавый)

Ответ: $m_1 = 0,1 \text{ кг}$, $\Delta l_1 = 0,02 \text{ м}$, $\Delta l_{23} = 0,02 \text{ м}$.

Решение.

Опишем все силы, действующие на каждое из тел. За $\vec{T}$ обозначена сила натяжения одной нити, поскольку оно идёт по одной нити, то в любой точке натяжение нити одинаково. За $\vec{T}_1$ обозначим силу натяжения нити подвижного блока, для подвижного блока соотношение между ними:



$$T_1 = 2T$$

Поскольку вся система находится в состоянии равновесия, то для каждого из тел системы справедливы уравнения равновесия: силы, действующие в одну сторону, уравнивают силы, действующие в другую сторону.

Для первого и второго тела уравнения равновесия примут вид:

$$m_1 g = T$$

$$m_2 g = T_1 = 2T$$

Тогда:

$$m_2 g = 2m_1 g$$

В итоге:

$$m_1 = \frac{m_2}{2}$$

Для пружин, соединённых последовательно, действительно соотношение:

$$\frac{1}{k_{23}} = \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} \Rightarrow k_{23} = \frac{k_2 k_3}{k_2 + k_3}$$

Закон Гука:

$$F_{\text{упр}} = k \Delta l$$

Уравнение равновесия для первой пружины:

$$k_1 \Delta l_1 = 2T = 2m_1 g$$

Откуда

$$\Delta l_1 = \frac{2m_1 g}{k_1}$$

Аналогично для второй и третьей пружин:

$$k_{23} \Delta l_{23} = T = m_1 g$$

$$\frac{k_2 k_3}{k_2 + k_3} \Delta l_{23} = T = m_1 g$$

Выражая, получим:

$$\Delta l_{23} = \frac{m_1 g (k_2 + k_3)}{k_2 k_3}$$

Подставляя значения, получим в итоге:

$$m_1 = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ кг}$$

$$\Delta l_1 = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 10}{100} = 0,02 \text{ м}$$

$$\Delta l_{23} = \frac{0,1 \cdot 10 \cdot (90 + 150)}{90 \cdot 150} = 0,01778 \text{ м}$$

Учитывая минимальное число значащих цифр в условии равное единице, проводим округление только третьего ответа, так что $m_1 = 0,1 \text{ кг}$, $\Delta l_1 = 0,02 \text{ м}$, $\Delta l_{23} = 0,02 \text{ м}$.