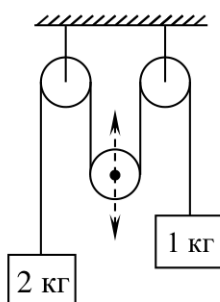


МОШ, 2017/18, отборочный этап, 10 класс

Условия, ответы и решения

1 Ускорение среднего блока

С каким и в какую сторону направленным ускорением нужно двигать средний блок, чтобы левый груз, имеющий массу 2 кг, оставался неподвижным? Массой нити и блоков можно пренебречь. Нить нерастяжима, трение отсутствует. $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Подсказка

Нить невесома и перекинута через блоки без трения, поэтому её натяжение одинаково во всех точках. Что оно должно равняться, чтобы левый груз покоился, и какое ускорение тогда получит правый?

Ответ

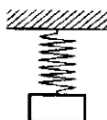
$a = g/2 = 5 \text{ м/с}^2$, направлено вниз.

Решение

Пусть m — масса правого груза. Чтобы левый груз оставался в покое, натяжение нити должно равняться $T = 2mg$. Тогда правый груз будет двигаться вверх с ускорением $a_1 = \frac{2mg - mg}{m} = g$. Поскольку левый конец нити неподвижен, средний блок должен двигаться вниз с ускорением $a = \frac{g}{2}$.

2 Груз на пружине под силой

На пружине жёсткостью $k = 100 \text{ Н/м}$, прикрепленной к потолку, покоится тело массой $m = 2 \text{ кг}$ (см. рис.).



На него начинает действовать направленная вертикально вниз сила $F = 30$ Н. Найти первоначальную деформацию пружины и работу силы F к тому моменту, когда груз опустится на высоту $h = 10$ см. $g = 10$ м/с².

Подсказка

Первоначальная деформация — из условия равновесия груза. Работа постоянной силы зависит только от самой силы и пройденного пути, а не от того, во что превращается энергия.

Ответ

$x = 20$ см; $A_F = 3$ Дж.

Решение

Из второго закона Ньютона находим первоначальную деформацию пружины: $kx = mg \Rightarrow x = 20$ см.

По определению работы силы $A_F = Fh = 3$ Дж. Жёсткость пружины и масса тела определяют лишь изменения потенциальной и кинетической энергий тела, которые в сумме всегда дают искомую работу.

3 Нагреватель бассейна

Для поддержания температуры воды в бассейне $t_0 = 25$ °С используется встроенный в стенки нагреватель, имеющий мощность $N_1 = 50$ кВт и температуру $t_1 = 50$ °С. Тепловой поток от нагревателя к бассейну прямо пропорционален разности температур между ними. Для увеличения температуры воды в бассейне до $t = 28$ °С пришлось увеличить мощность нагревателя до $N_2 = 60$ кВт. Какой при этом стала температура нагревателя? Тепловым потоком, рассеивающимся от нагревателя в окружающую среду, можно пренебречь.

Подсказка

Запишите закон теплопередачи для обоих режимов с одним и тем же коэффициентом пропорциональности и поделите уравнения друг на друга.

Ответ

$t_2 = 58$ °С.

Решение

Тепловой поток от нагревателя к бассейну прямо пропорционален разности температур между ними, следовательно,

$$N_1 = \alpha(t_1 - t_0), \quad N_2 = \alpha(t_2 - t),$$

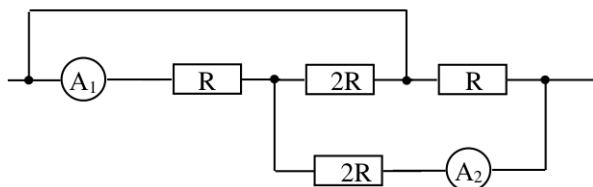
где α — коэффициент пропорциональности. Разделив первое уравнение на второе, получаем

$$t_2 = \frac{(t_1 - t_0) N_2}{N_1} + t.$$

Подставляя численные значения, найдём искомую температуру $t_2 = 58$ °С.

4 Цепь с идеальными амперметрами

Участок цепи, схема которого приведена на рисунке, включает резисторы с сопротивлениями R и $2R$. Показания первого амперметра $I_1 = 0,1$ А. Найдите показания второго амперметра.



Подсказка

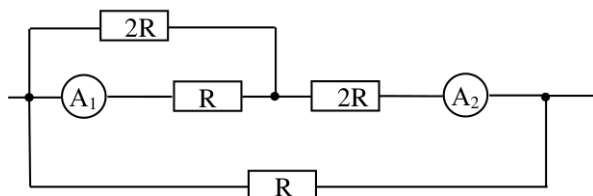
Идеальный амперметр имеет нулевое сопротивление, так что его концы можно считать одной точкой. Перерисуйте схему и найдите, какие резисторы оказались под одним и тем же напряжением.

Ответ

$I_2 = 0,15$ А.

Решение

Если перерисовать схему с учётом того, что амперметры идеальные, то становится понятно, что напряжение на центральном резисторе равно напряжению на левом резисторе начальной схемы.



Таким образом, из закона Ома для участка цепи получаем силу тока, протекающего через центральный резистор: $I_{2R} = 0,05$ А. Очевидно, что второй амперметр показывает сумму двух токов $I_2 = I_1 + I_{2R} = 0,15$ А.

5 Колесо с проскальзыванием

Колесо, двигаясь по прямой равномерно с проскальзыванием, переместилось на расстояние 2 м, совершив при этом 5 оборотов. На каком расстоянии от центра колеса расположен мгновенный центр его вращения?

Подсказка

Движение колеса — чистое вращение вокруг мгновенного центра. Свяжите скорость центра колеса с угловой скоростью и расстоянием до этого центра, а угловую скорость — с числом оборотов за то же время.

Ответ

$$x = \frac{S}{2\pi N} \approx 6,4 \text{ см.}$$

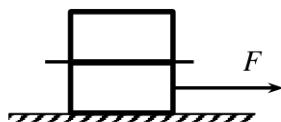
Решение

Скорость центра колеса равна $v = \omega x$, где x — расстояние от центра колеса до мгновенного центра вращения. Так как движение равномерное, $S = vt$, где S — перемещение центра колеса за время t . С другой стороны, $2\pi N = \omega t$. Решая систему уравнений, получаем

$$x = \frac{S}{2\pi N} = 6,4 \text{ см.}$$

6 Бумага между брусками

На гладком столе лежат два тела массой m каждое, между которыми находится лёгкий лист бумаги. Коэффициент трения между верхним бруском и листом равен μ , между нижним бруском и листом 3μ . С какими ускорениями начнут двигаться тела, если к нижнему приложить горизонтальную силу F ?



Подсказка

Лист лёгкий, поэтому сумма приложенных к нему сил равна нулю: силы трения сверху и снизу равны по модулю. Выясните, по какой из двух поверхностей лист начнёт проскальзывать первым.

Ответ

$$\text{При } F \leq 2\mu mg: a_{\text{в}} = a_{\text{н}} = \frac{F}{2m}; \quad \text{при } F \geq 2\mu mg: a_{\text{н}} = \frac{F}{m} - \mu g, a_{\text{в}} = \mu g.$$

Решение

Так как лист лёгкий, то сумма всех сил, приложенных к нему, равна нулю. Поскольку коэффициент трения снизу больше коэффициента трения сверху, то лист бумаги начнёт двигаться так же, как и нижний брусок. Возможны два случая:

1. $F \leq 2\mu mg$, тогда $a_{\text{в}} = a_{\text{н}} = \frac{F}{2m}$.
2. $F \geq 2\mu mg$, тогда $a_{\text{н}} = \frac{F}{m} - \mu g$; $a_{\text{в}} = \mu g$.

7 Два тела на пружине у стенки

Два тела массами 100 г и 300 г, соединенные невесомой пружиной жёсткости 750 Н/м, движутся со скоростью 5 м/с по гладкому горизонтальному столу к абсолютно упругой стенке. Пружина в процессе движения горизонтальна и её ось перпендикулярна стенке. Найдите максимальную деформацию пружины после абсолютно упругого отражения от стенки тела массой 300 г.

Подсказка

Найдите скорость центра масс системы сразу после удара. Энергия движения относительно центра масс при максимальной деформации целиком переходит в энергию пружины.

Ответ

$x = 0,1 \text{ м.}$

Решение

В результате абсолютно упругого удара скорость тела массой 300 г меняет направление на противоположное. Пусть v — первоначальная скорость тел до соударения. Скорость движения центра масс системы после отражения равна

$$V_{\text{ц.м.}}^{\text{после}} = \frac{m_2 v - m_1 v}{m_1 + m_2} = \frac{v}{2}$$

(направлена от стенки). Запишем закон сохранения энергии для всей системы:

$$\frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2)v^2/4}{2} + \frac{kx^2}{2} \Rightarrow x = v\sqrt{\frac{3(m_1 + m_2)}{4k}} = 0,1 \text{ м.}$$

8 Цикл с гелием

Моль гелия расширяется изобарически, совершая работу 3,4 Дж, затем изохорически уменьшают его температуру, и, наконец, сжимают адиабатически, возвращая в начальное состояние. Найдите к.п.д. цикла, если в адиабатическом процессе над газом была совершена работа 1,7 Дж.

Подсказка

Тепло газ получает только на изобаре. Для одноатомного газа в изобарном процессе теплота, изменение внутренней энергии и работа относятся как 5 : 3 : 2.

Ответ

$\eta = 0,2.$

Решение

Работа газа за цикл: $A = 3,4 - 1,7 = 1,7 \text{ Дж.}$ Газ получает тепло при изобарическом расширении. Из первого начала термодинамики следует, что в изобарических процессах с одноатомным идеальным газом величины Q , ΔU и A всегда относятся соответственно как 5 : 3 : 2. Значит,

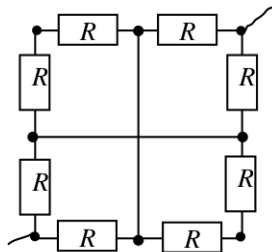
$$Q_+ = \frac{5}{2}A_{12} = 2,5 \cdot 3,4 = 8,5 \text{ Дж.}$$

К.п.д. цикла равен

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{3,4 - 1,7}{8,5} = 0,2.$$

9 Общее сопротивление схемы с квадратом

Определите общее сопротивление схемы, указанной на рисунке. В центре квадрата провода контакта не имеют.



Подсказка

Воспользуйтесь симметрией схемы: нарисуйте эквивалентную схему и проверьте, не является ли она сбалансированным мостом.

Ответ

$$R_{\text{общ}} = R.$$

Решение

Эквивалентная схема представляет собой сбалансированный мост. Значит, получаем систему из двух параллельно соединённых резисторов сопротивлением $2R$ каждый. Окончательный ответ: R .

Источник: Московская олимпиада школьников по физике, 2017/18, отборочный этап, 10 класс — условия (1), условия (2), решения (1), решения (2). Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.