

МОШ, 2016/17, отборочный этап, 9 класс

Условия, ответы и решения

1 Разгон и торможение автомобиля

Автомобиль трогается с места и разгоняется с некоторым постоянным ускорением a_1 . По достижении скорости $v = 72$ км/ч автомобиль начинает тормозить с некоторым постоянным ускорением a_2 до полной остановки. Найти путь, пройденный автомобилем, если суммарное время разгона и торможения $\tau = 10$ с.

Подсказка

Ускорения неизвестны, но они и не нужны: путь равен площади под графиком скорости от времени. Какую фигуру образует этот график?

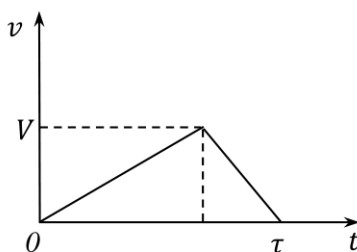
Ответ

$$s = \frac{1}{2} V \tau = 100 \text{ м.}$$

Решение

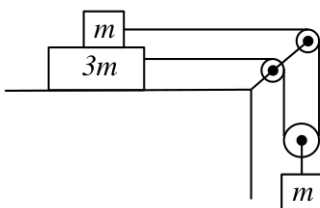
Качественно изобразим график скорости от времени. Площадь под графиком численно равна пройденному пути. Окончательно получаем

$$s = \frac{1}{2} V \tau = 100 \text{ м.}$$



2 Груз $3m$ на блоках

Найдите ускорение груза массой $3m$ в системе, изображённой на рисунке. Нить невесома и нерастяжима, блоки невесомы, трение отсутствует.



Подсказка

Запишите второй закон Ньютона для каждого из трёх грузов (сила натяжения нити одна и та же) и добавьте связь между их ускорениями, следующую из нерастяжимости нити.

Ответ

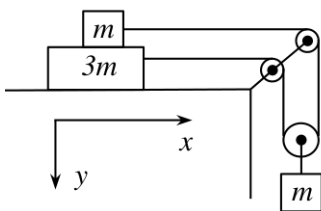
$$a = \frac{1}{8} g.$$

Решение

Запишем 2-й закон Ньютона в проекциях на оси x и y :

$$\begin{cases} T = ma_{1x}, \\ T = 3ma_{2x}, \\ mg - 2T = ma_{3y}, \end{cases}$$

где T — силы реакции со стороны нити, a_{1x} — проекция ускорения верхнего груза массой m , a_{2x} — проекция ускорения груза массой $3m$, a_{3y} — проекция ускорения нижнего груза массой m .



Запишем уравнение кинематической связи ускорений грузов:

$$2a_{3y} - a_{1x} - a_{2x} = 0.$$

Решая систему из 4-х уравнений, окончательно получаем:

$$a_{2x} = \frac{1}{8} g.$$

3 Кирпич в ведре на динамометре

На крючке динамометра висит ведро с водой. Динамометр показывает 95 Н. В воду полностью погрузили кирпич массой 2,5 кг с размерами $5 \times 10 \times 20$ см, удерживая его на веревочке. Кирпич стенок и дна ведра не касается. Теперь динамометр показывает 100 Н. Сколько воды вылилось из ведра в процессе эксперимента? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с².

Подсказка

Рассмотрите систему «ведро + вода + кирпич» целиком: какие внешние силы на неё действуют? Сравните с весом, который был бы, если бы вода не выливалась.

Ответ

Вылилось 0,5 кг воды.

Решение

Решение 1. На кирпич действуют три силы: сила тяжести 25 Н (направлена вниз), сила Архимеда 10 Н (направлена вверх) и сила реакции со стороны нити. Так как кирпич покоится, значит сила реакции нити равна 15 Н (направлена вверх).

На систему «ведро + вода + кирпич» действует вверх две внешние силы — 100 Н со стороны динамометра, 15 Н со стороны верёвки — и уравнивающая сила тяжести, направленная вниз, которая, очевидно, равна 115 Н.

Если бы вода не выливалась из ведра, тогда сила тяжести в конечном состоянии равнялась бы $95 + 25 = 120$ Н, следовательно, вылилось 0,5 кг воды.

Решение 2. Динамометр показывает вес ведра с водой. Если долить в него воду или поместить в воду тело, которое не давит на само ведро, а только вытесняет воду и повышает ее уровень в ведре, то его вес увеличится. Поскольку вес увеличился на 5 Н, а объем кирпича равен 1 литру, то очевидно, что половина вытесненной кирпичом воды вылилась.

4 Лёд в калориметре с водой

В калориметр налили $m = 200$ г воды, имеющей температуру $t_1 = 50$ °С, и добавили лёд при температуре $t_2 = -20$ °С. Сколько могло быть добавлено льда, если после установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной $t = 0$ °С? $c_v = 4,2$ кДж/(кг·°С), $c_l = 2,1$ кДж/(кг·°С), $\lambda = 330$ кДж/кг. Теплоемкостью калориметра и потерями пренебречь.

Подсказка

При 0 °С в калориметре может быть и лёд, и вода. Рассмотрите два крайних случая: весь лёд остался нерастаявшим и вся вода осталась жидкой, а лёд только нагрелся и ничего не растопил.

Ответ

$0,113 \text{ кг} < m_l < 2,57 \text{ кг}$.

Решение

В конечном состоянии при температуре 0 °С содержимое калориметра может находиться как в виде льда, так и в виде воды. Рассмотрим оба крайних случая. Пусть в конечном состоянии в калориметре только лёд при 0 °С. Тогда уравнение теплового баланса имеет вид:

$$m_1 c_l (t - t_2) = m (c(t_1 - t) + \lambda),$$

где m_1 — максимальная масса добавленного льда. Выражая m_1 , получим:

$$m_1 = \frac{m(c(t_1 - t) + \lambda)}{c_l(t - t_2)} = 2,57 \text{ кг}.$$

Если в конечном состоянии в калориметре вода при 0 °С, то уравнение теплового баланса запишется так:

$$m c(t_1 - t) = m_2 c_l(t - t_2) + m_2 \lambda,$$

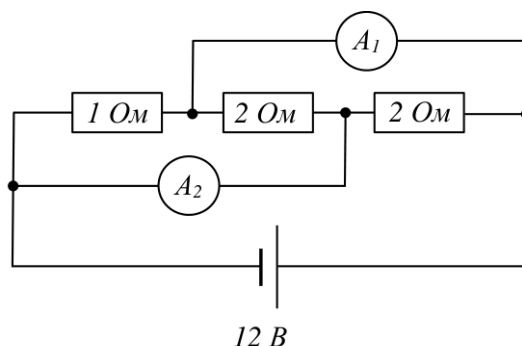
где m_2 — минимальная масса добавленного льда. Выражая m_2 , получим:

$$m_2 = \frac{m c(t_1 - t)}{c_l(t - t_2) + \lambda} = 0,113 \text{ кг}.$$

Окончательный ответ: в калориметр могло быть добавлено $0,113 \text{ кг} < m < 2,57 \text{ кг}$ льда.

5 Показания амперметров

Найти показания амперметров в цепи, изображённой на рисунке. Сопротивления амперметров считать гораздо меньшими, чем сопротивления резисторов.



Подсказка

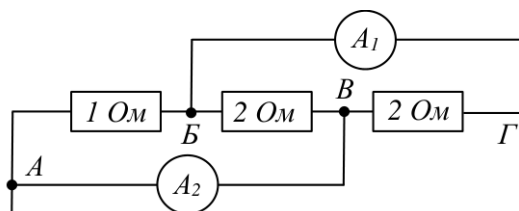
Идеальный амперметр — это провод: какие точки схемы при этом оказываются под одним потенциалом? Перерисуйте схему и найдите токи через резисторы, потом разберитесь, какие токи идут через амперметры.

Ответ

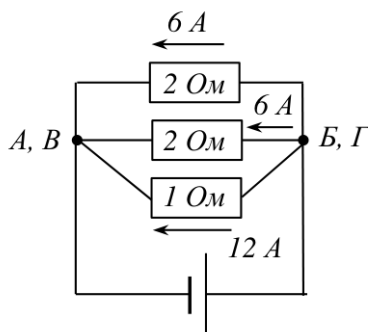
A_1 показывает 18 А, A_2 — 12 А.

Решение

Вначале найдём токи через резисторы. При расчёте этих токов амперметры можно заменить проводами с нулевым сопротивлением. Значит, потенциалы точек A , B и Γ попарно равны.



Расставим токи в схеме с учётом закона Ома и закона сохранения заряда (см. рис.).



Амперметры A_1 , A_2 будут показывать токи 18 А, 12 А соответственно.

Источник: Московская олимпиада школьников по физике, 2016/17, отборочный этап, 9 класс — условия, решения. Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.