

МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ПО ФИЗИКЕ 2016–2017 уч. г.

НУЛЕВОЙ ТУР, ЗАОЧНОЕ ЗАДАНИЕ. 9 КЛАСС

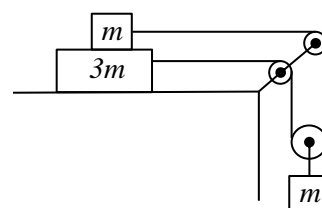
В прилагаемом файле приведено декабрьское заочное задание для 9-го класса. Подготовьте несколько листов в клетку, на которых от руки напишите развёрнутые решения прилагаемых задач. Сфотографируйте страницы с Вашими решениями так, чтобы текст был чётко виден. Создайте архив фотографий с решениями и прикрепите к заданию. Развёрнутые решения задач оцениваются максимально в 30 баллов (по 6 баллов за полное правильное решение каждой задачи).

ЗАДАЧИ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Развёрнутое решение задачи включает в себя законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для её решения, а также математические преобразования, приводящие к решению в общем виде, и расчёты с численным ответом и единицами измерения.

Задача 1. 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.

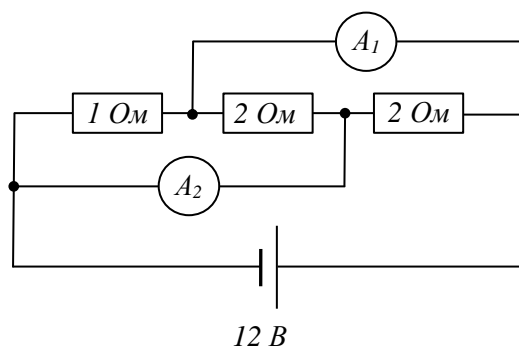
Задача 2. Найдите ускорение груза массой $3m$ в системе, изображённой на рисунке. Нить невесома и нерастяжима, блоки невесома, трение отсутствует.



Задача 3. 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.

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

Задача 5. Найти показания амперметров в цепи, изображённой на рисунке. Сопротивления амперметров считать гораздо меньшими, чем сопротивления резисторов.



ЗАДАНИЯ С КРАТКИМ ОТВЕТОМ

Задание 1 (по условию задачи 1).

Чему равен путь при разгоне, если время торможения 3 с? Ответ представьте в м и округлите до целого. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

Задание 2 (по условию задачи 2).

Чему равна реакция со стороны нити, действующая на неподвижный верхний блок, если $m = 1$ кг? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с². Ответ представьте в Н и округлите до первого знака после запятой. Правильный ответ оценивается в 4 балла.

Задание 3 (по условию задачи 3).

Сколько воды вытиснится, если, сохраняя начальные данные эксперимента, окунуть не один кирпич, а два? Ответ представьте в кг и округлите до первого знака после запятой. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

Задание 4 (по условию задачи 4).

Какая температура установится в системе, если добавить 3 кг льда?

- а) меньше 0°C;
- б) 0°C;
- в) больше 0°C.

Правильный ответ оценивается в 1 балл.

Задание 5 (по условию задачи 5).

Чему равно общее сопротивление цепи? Ответ выразите в Омах и округлите до первого знака после запятой. Правильный ответ оценивается в 3 балла.

Московская олимпиада по физике, 2016/2017, нулевой тур,
заочное задание (декабрь), 9-й класс

Заочное задание (декабрь) состоит из пяти задач. За решение каждой задачи участник получает до 4 баллов по результатам автоматической проверки ответов и до 6 баллов на основании проверки развёрнутого ответа. Всего участник может получить до 50 баллов.

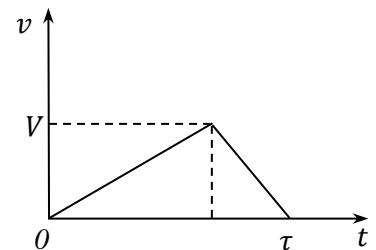
Задача 1. Автомобиль трогается с места и разгоняется с некоторым постоянным ускорением a_1 . По достижении скорости $V = 72$ км/ч автомобиль начинает тормозить с некоторым постоянным ускорением a_2 до полной остановки. Найти путь, пройденный автомобилем, если суммарное время разгона и торможения $\tau = 10$ с.

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

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

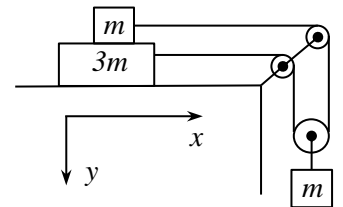
Решение задания с кратким ответом.

$$s_1 = \frac{1}{2}V(\tau - t_2) = 70 \text{ м.}$$



Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает 6 баллов. Правильно изображён качественный график скорости от времени – 2 балла. Указано, что площадь под графиком численно равна пройденному пути – 2 балла.

Задача 2. Найдите ускорение груза массой $3m$ в системе, изображённой на рисунке. Нить невесома и нерастяжима, блоки невесома, трение отсутствует.



Возможное 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:

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

Решение задания с кратким ответом:

$$R = \sqrt{2}T = \frac{3\sqrt{2}mg}{8} \cong 5,3 \text{ Н.}$$

Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. Записан 2-й закон Ньютона в проекциях на оси *x* и *y* для трех грузов – 2 балла, записано уравнение кинематической связи для проекций ускорений грузов – 2 балла.

Задача 3. 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? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Возможное решение 1. На кирпич действует 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 уравновешивающая 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.

Возможное 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.

Решение задания с кратким ответом:

Если начальные условия экспериментов одинаковы, следовательно, можно к уже имеющемуся в ведре кирпичу окунуть второй и посмотреть, сколько воды вытиснится. Очевидно, что после погружения второго кирпича вытиснится вода объёмом, равным объёму одного кирпича, т.е. 1 л. Значит, суммарно выльется 1,5 кг воды.

Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает *6 баллов*. Найдена сила Архимеда, действующая на кирпич – *1 балл*. Найдена сила реакции со стороны нити, действующая на кирпич – *1 балл*. Найдена сила тяжести, действующая на систему «ведро + вода + кирпич» – *2 балла*. Найдена сила тяжести, действующая на систему, если бы вода не выливалась – *1 балл*.

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

Возможное решение. В конечном состоянии при температуре 0 °С содержимое калориметра может находиться как в виде льда, так и в виде воды. Рассмотрим оба

крайних случаях. Пусть в конечном состоянии в калориметре только лёд при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тогда уравнение теплового баланса имеет вид:

$$m_1 c_{\text{л}}(t - t_2) = m(c(t_1 - t) + \lambda),$$

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

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

Если в конечном состоянии в калориметре вода при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, то уравнение теплового баланса запишется так: $mc(t_1 - t) = m_2 c_{\text{л}}(t - t_2) + m_2 \lambda$, где m_2 – минимальная масса добавленного льда. Выражая m_2 , получим: $m_2 = \frac{mc(t_1 - t)}{c_{\text{л}}(t - t_2) + \lambda} = 0,113 \text{ кг.}$

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

Решение задания с кратким ответом:

Очевидно, а) меньше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Критерии оценок развёрнутого решения. За полное решение задачи участник получает 6 баллов. Уравнение теплового баланса для максимального количества льда – 2 балла. Уравнение теплового баланса для минимального количества льда – 2 балла. Явно записанный диапазон возможных значений масс льда – 2 балла (по баллу за минимальное и максимальное значения).

Задача 5. Найти показания амперметров в цепи, изображённой на рисунке. Сопротивления амперметров считать гораздо меньшими, чем сопротивления резисторов.

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

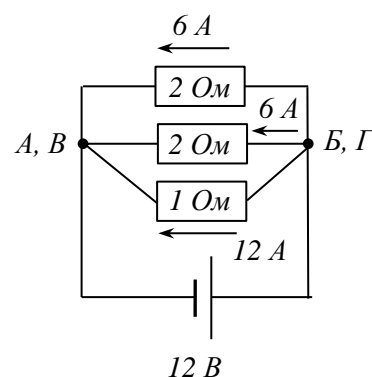
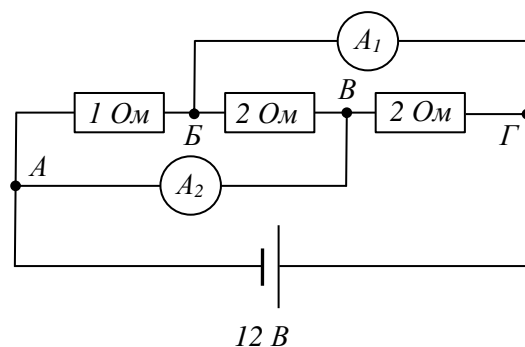
Решение задания с кратким ответом:

$$R_{\text{общ}} = 0,5 \text{ Ом.}$$

Критерии оценок развёрнутого решения.

За полное решение задачи участник получает 6 баллов. За указание равенства потенциалов точек A и B , B и Γ – 1 балл.

Найдено правильное распределение токов – 4 балла. Найдены показания амперметров – 1 балл. Если участник не довёл решение до правильного ответа, он может получить до 2 *утешительных* баллов по следующим основаниям: правильное использование правил Кирхгофа.



Автоматическая проверка ответов.

Задание 1. 70

Задание 2. 5,3

Задание 3. 1,5

Задание 4. а

Задание 5. 0,5