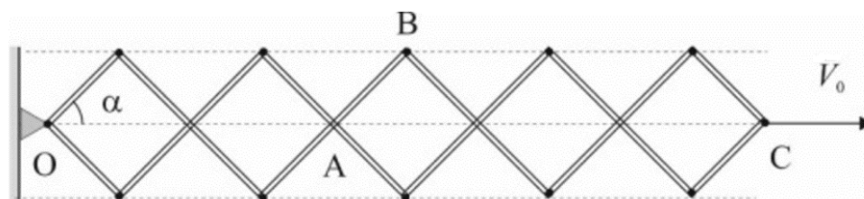


МОШ, 2019/20, отборочный этап, 11 класс

Условия, ответы и решения

1 Нюрнбергские ножницы

На рисунке изображен шарнирный механизм — «Нюрнбергские ножницы». Точка C движется с постоянной скоростью $v_0 = 60$ см/с.



1. Найдите скорость точки A . Ответ выразите в см/с, округлите до целых.
2. Найдите скорость точки B в тот момент, когда угол $\alpha = 30^\circ$. Ответ выразите в см/с, округлите до десятых.

Подсказка

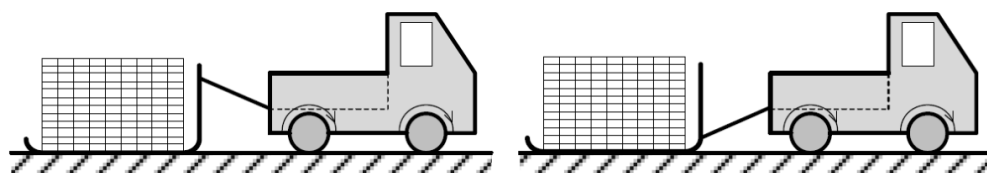
Горизонтальные координаты шарниров растут пропорционально их номеру вдоль цепочки, а вертикальная координата верхнего шарнира связана с ними через угол α .

Ответ

- 1) 24 см/с; 2) 31,7 см/с.

2 Грузовик и поддон с кирпичами

Чтобы передвинуть поддон, на котором находилось 1000 кирпичей, использовали грузовик. Когда прикрепили трос к верхнему крючку поддона, то грузовик пробуксовывал и не смог сдвинуть груз. Чтобы он смог сдвинуть груз, нужно снять не менее 315 кирпичей. Если же прикрепить трос к нижнему крючку, то грузовик сможет сдвинуть груз, даже если к исходным 1000 кирпичам добавить 315 кирпичей. В обоих случаях трос образовывал один и тот же угол с горизонтом. Определите массу грузовика «в кирпичах», если масса поддона равна массе 125 кирпичей. Ответ округлите до целых. Коэффициент трения колес и поддона о землю одинаковый, двигатель передает вращение на все колеса.



Подсказка

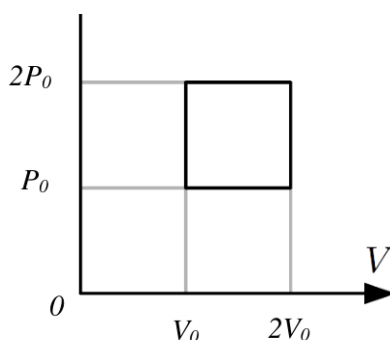
Трос тянет поддон вверх или вниз под углом, поэтому сила нормальной реакции под поддоном и под грузовиком зависит от точки крепления. Запишите предельные условия движения для обоих случаев и исключите силу натяжения троса.

Ответ

1080 кирпичей.

3 Фотонный газ

Фотонный газ участвует в процессе, изображенном на рисунке. Внутренняя энергия U этого газа пропорциональна его объему V и абсолютной температуре T в четвертой степени: $U = \alpha VT^4$. Давление P этого газа равно одной третьей части отношения внутренней энергии к объему: $P = \alpha T^4/3$.



1. Каков КПД этого процесса? Ответ выразите в процентах и округлите до десятых.
2. Каков максимально возможный КПД теплового двигателя при температурах нагревателя и холодильника, равных максимальной и минимальной температурам в рассматриваемом процессе? Ответ выразите в процентах и округлите до десятых.

Подсказка

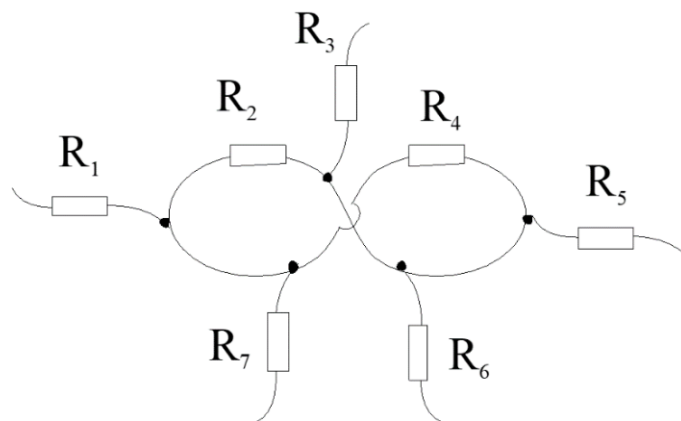
Выразите U через P и V : $U = 3PV$. Тогда работу и подводимое тепло в каждом из четырёх участков цикла можно считать по P и V ; температура пропорциональна $(PV)^{1/4}$.

Ответ

1) 9,1%; 2) 15,9%.

4 Семь резисторов

Участок электрической цепи содержит семь резисторов (см. рисунок). Устройство, в состав которого входит этот участок цепи, корректно работает, если номиналы указанных резисторов равны их номерам: $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом и т.д. Резистор R_2 перегорел, и заменить его новым резистором номиналом 2 Ом невозможно. Для восстановления работоспособности устройства один из оставшихся резисторов заменили резистором другого номинала.



1. Какой резистор было заменен? Укажите номер этого резистора.
2. Резистор какого номинала впаяли вместо него? Ответ выразите в Ом, и округлите до сотых.

Подсказка

Работоспособность устройства определяется только сопротивлением участка между внешними выводами. Посмотрите, какие резисторы не пропускают ток или включены так, что их замена не может помочь, а какой можно подобрать.

Ответ

- 1) 4; 2) 1,33 Ом.

5 Три заряженных шарика на нитях

Три маленьких проводящих шарика одинакового размера, но сделанные из разных материалов, подвесили на трёх нитях одинаковой длины, закрепленных в одной точке, как показано на рисунке. После сообщения этим шарикам некоторого заряда q , шарики за счет кулоновского отталкивания разошлись, разместившись в вершинах равнобедренного треугольника. При этом нити первого и второго шариков стали образовывать с вертикалью угол 20° , а нить третьего шарика — угол 10° . Шарики разрядили, они вернулись в первоначальное положение, и после этого им сообщили заряд $2019q$.



1. Какой угол с вертикалью будет образовывать нить третьего шарика? Ответ выразите в градусах, округлите до целых.
2. Какой угол будут образовывать между собой нити, которые прикреплены к первому и второму шарикам? Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Подсказка

Шарики разных масс, поэтому отклонение каждого определяется своим соотношением силы тяжести и кулоновской силы. Что произойдёт при очень большом заряде, когда кулоновские силы многократно превосходят силу тяжести?

Ответ

1) 0° ; 2) 120° .

6 Акробаты и кегля

В цирке Никулина представлен следующий номер. Два акробата находятся на противоположных концах штанги длиной 3 м, которая вращается вокруг своего центра в горизонтальной плоскости. Один из акробатов бросает кеглю массой 100 г с горизонтальной начальной скоростью в руки другого так, что штанга успевает за время полета кегли повернуться на четверть оборота. При этом перемещение кегли по вертикали оказывается равным 1 м. Найдите импульс силы, приложенной первым акробатом к кегле при броске. Считайте, что до броска кегля покоилась относительно рук акробата. Размерами кегли и сопротивлением воздуха пренебречь, вращение штанги считать равномерным. Ускорение свободного падения при расчетах примите равным 10 м/с^2 . Ответ выразите в мН·с, округлите до целого числа.

Подсказка

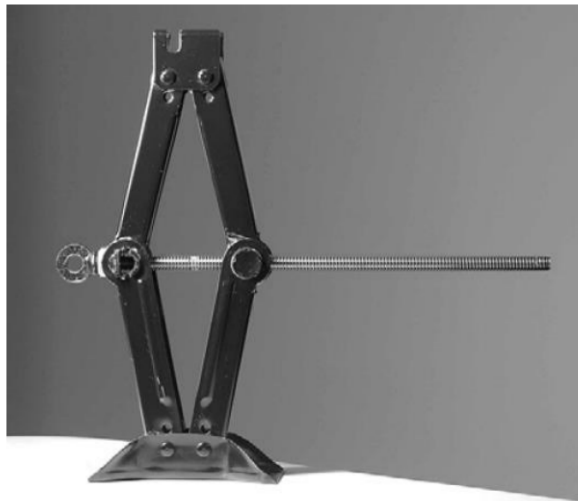
Время полёта найдите по вертикальному перемещению. Затем разложите скорость кегли после броска на составляющую вращения вместе с акробатом (в системе отсчёта земли) и скорость, необходимую для перелёта по горизонтали.

Ответ

93 мН·с.

7 Винтовой домкрат

На фотографии из «Википедии» вы видите домкрат, используемый для подъема тяжелых грузов. В проушину на конце винта вставляют металлический стержень длиной 30 см, с помощью которого вращают винт. Мы хотим, используя домкрат, приподнять автомобиль массой 1200 кг, так, чтобы два колеса не касались земли. Известно, что подходящая для подъема автомобиля высота домкрата 20 см равна расстоянию между шарнирами, в которых закрепляется винт. Общая длина винта 50 см, на ней укладывается 100 витков резьбы.



1. С какой минимальной силой необходимо вращать стержень, вставленный в проушину, чтобы приподнять автомобиль? Ответ выразите в Н, округлите до целого числа.
2. Во сколько раз увеличится минимальная сила, если шаг резьбы увеличить вдвое? Ответ округлите до целого числа.

Подсказка

Воспользуйтесь принципом виртуальных перемещений: работа силы на стержне за один оборот равна работе силы тяжести на соответствующем подъеме груза; свяжите смещение шарниров вдоль винта с подъемом груза.

Ответ

- 1) 15 Н; 2) в 2 раза.

8 Кислород в сосуде

В сосуде емкостью 1 м^3 находится 10^2 кг кислорода под давлением 10^5 Па . Плотность жидкого кислорода 1141 кг/м^3 . Кислород кипит при атмосферном давлении при температуре 90 К.

1. Какова абсолютная «влажность» кислорода в той части сосуда, где кислород находится в газообразном состоянии? Ответ выразите в кг/м^3 , округлите до сотых.
2. Какова масса этого газообразного кислорода в сосуде? Ответ выразите в кг, округлите до сотых.

Подсказка

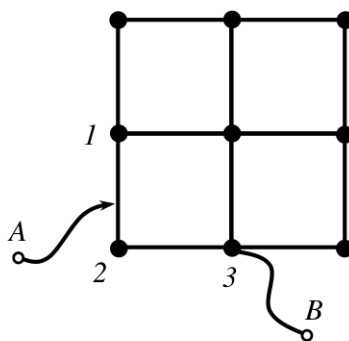
При кипении при атмосферном давлении давление в сосуде равно давлению насыщенного пара. Плотность пара найдите из уравнения состояния, а массу пара — из того, что общая масса и объём сосуда известны.

Ответ

1) $4,28 \text{ кг/м}^3$; 2) $3,92 \text{ кг}$.

9 Проволочная сетка

Сопротивление каждого проводника между выделенными точками проволочной сетки, изображенной на рисунке, равно 140 Ом . Вдоль проволочки 1-2-3 может скользить контакт A . Найдите максимально возможное значение сопротивления между выводами A и B . Ответ выразите в омах, округлите до целого числа.



Подсказка

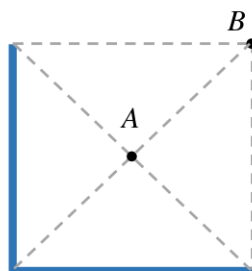
Контакт A делит проволочку на две части, пропорциональные положению; сопротивление между A и B — функция положения контакта. Найдите его максимум.

Ответ

120 Ом .

10 Электрон и заряженный уголок

Электрон, находящийся в точке A в состоянии покоя, отталкивается от равномерно заряженного по длине уголка вдоль линии AB . В точке B скорость электрона оказалась равной v . Точка A на рисунке — центр квадрата.



1. Выберите правильное утверждение:

- А) Уголок заряжен отрицательно;
- Б) уголок заряжен положительно;
- В) $u > v$, где u — скорость электрона на очень большом расстоянии от уголка;
- Г) $u < v$.

2. Найдите отношение $\frac{u}{v}$. Ответ округлите до десятых.

(1 балл — за ответ А; 2 балла — за ответ В.)

Подсказка

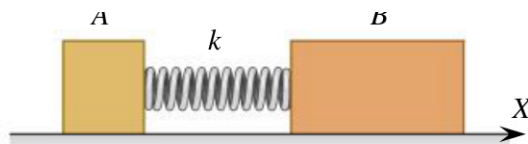
Дополните уголок до замкнутого квадрата: потенциал в центре квадрата вчетверо больше потенциала одной стороны, а в вершине — известно через потенциал стороны, противоположной ей. Используйте закон сохранения энергии.

Ответ

1) А, В; 2) $u/v \approx 1,4$.

11 Два бруска на пружине

На гладком горизонтальном столе лежат два бруска A и B , имеющие массы 1 кг и 2 кг соответственно. Бруски соединены невесомой пружиной жёсткостью 100 Н/м сжатой в начальный момент на величину 2 см. Систему отпускают без начальной скорости. Найдите модуль относительной скорости брусков в момент, когда пружина окажется в недеформированном состоянии. Ответ выразите в м/с, округлите до сотых.



Подсказка

Запишите закон сохранения импульса и закон сохранения энергии для системы двух брусков; относительная скорость выражается через скорости брусков.

Ответ

0,24–0,25 м/с.

12 Теплоёмкость процесса с азотом

В сосуде под поршнем находится азот. Поршень медленно приподнимают, понижая давление газа. Какова молярная теплоёмкость газа в данном процессе, если изменение давления составляет 0,5% при увеличении объема на 1%? Ответ выразите в единицах R (универсальная газовая постоянная), округлите до десятых.

Подсказка

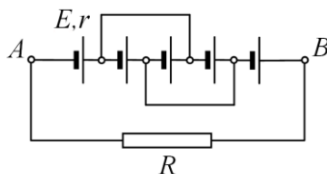
Запишите первое начало для малого изменения состояния, выразив dT через dP и dV из уравнения Менделеева — Клапейрона. Азот — двухатомный газ, $C_V = 5R/2$.

Ответ

$4,5R$.

13 Цепь с одинаковыми источниками

Найдите ток I через сопротивление $R = 10$ Ом. Все источники одинаковые и имеют ЭДС $E = 1,5$ В и внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь. Ответ выразите в амперах, округлите до сотых.



Чему равна разность потенциалов между точками $\varphi_B - \varphi_A$? Ответ выразите в вольтах, округлите до десятых.

Подсказка

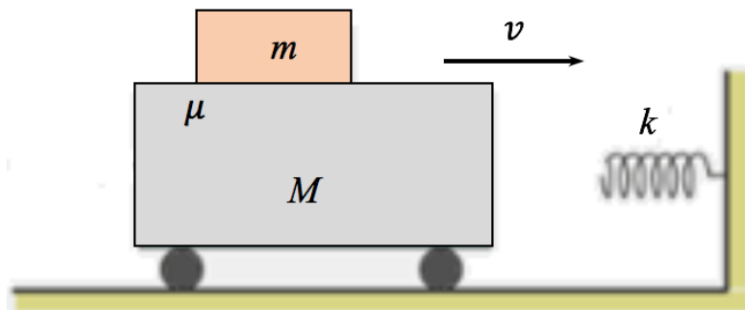
Проследивая провода, найдите, какие источники соединены между одинаковыми узлами; затем замените батарею эквивалентным источником и найдите ток через R .

Ответ

$I = 0,28$ А; $\varphi_B - \varphi_A = 2,8$ В.

14 Тележка с бруском у пружины

Тележка массой $M = 0,2$ кг и расположенный на ней брусок массой $m = 0,1$ кг движутся со скоростью $v = 1$ м/с в сторону горизонтальной пружины жёсткостью $k = 4,4$ Н/м, как показано на рисунке. Коэффициент трения между бруском и тележкой равен $\mu = 0,4$.



1. Найдите максимальное ускорение тележки во время её столкновения с пружиной. Ответ выразите в м/с^2 , округлите до десятых.
2. Двигается ли брусок по поверхности тележки в процессе ее столкновения с пружиной?
Да
Нет.

3. Найдите время столкновения тележки с пружиной. Ответ выразите в секундах, округлите до сотых.

Подсказка

Если брусок не проскальзывает, система колеблется как одно тело массой $M + m$ на пружине. Проверьте, хватает ли силы трения покоя для сообщения бруску максимального ускорения.

Ответ

1) $3,8 \text{ м/с}^2$; 2) нет; 3) $0,82 \text{ с}$.

15 Частича в магнитном поле

В однородном магнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$ движется заряженная частица. Про частицу известно лишь то, что её заряд по модулю равен элементарному заряду $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. Никакие другие силы, кроме силы со стороны магнитного поля, на частицу не действуют. За некоторое время частица совершает перемещение, вектор которого образует угол $\alpha = 30^\circ$ с направлением вектора $\vec{B}$, и модуль которого равен $S = 1 \text{ см}$. Найдите модуль изменения импульса частицы за это время. Ответ выразите в единицах СИ, умножьте на 10^{22} и введите в поле для ответа.

Подсказка

Изменение импульса за малое время равно $e [\Delta \vec{r}, \vec{B}]$; просуммируйте по всей траектории, не зависящей от скорости частицы.

Ответ

8.