

МОШ, 2020/21, отборочный этап, 11 класс

Условия, ответы и решения

6 Угловая скорость вектора скорости

Какого максимального значения достигает в процессе полёта угловая скорость вращения вектора скорости тела, брошенного с начальной скоростью 10 м/с под углом 60° ? Ускорение свободного падения равно 10 м/с^2 . Ответ выразите в рад/с, округлите до целого числа.

Подсказка

Угловая скорость поворота вектора скорости равна $a_\perp/v$, где $a_\perp$ — нормальная составляющая ускорения. Когда она максимальна?

Ответ

2 рад/с.

7 Ведро с водой на тросе

Металлическое ведро в форме усечённого конуса имеет высоту $h = 25 \text{ см}$ и объём (ёмкость) $V = 12 \text{ л}$. Пустое ведро имеет массу $m_0 = 1 \text{ кг}$. Ведро полностью заполнили водой, соединили невесомым нерастяжимым тросом, перекинутым через блок, с грузом массой $M = 5 \text{ кг}$, и отпустили. Ведро и груз пришли в движение. С какой силой вода давит на дно ведра при движении этой системы? Дно ведра — круг радиусом $r = 10 \text{ см}$. Атмосферное давление не учитывать. Трением, сопротивлением воздуха и массой блока пренебречь. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Ответ выразите в Н, округлите до десятых.

Подсказка

Сначала найдите ускорение системы. Затем учтите, что сила давления воды на дно — это не весь вес воды: форма ведра (конус) важна.

Ответ

43,6 Н.

8 Дирижабль и влажность воздуха

Дирижабль, наполненный водородом, находится в сухом воздухе, температура которого равна 20°C и давление $95,3 \text{ кПа}$. Объём дирижабля равен 31900 м^3 . Молярная масса воздуха равна 29 г/моль , универсальная газовая постоянная равна $R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$. Плотность насыщенного водяного пара при температуре 20°C равна $0,017 \text{ кг/м}^3$.

1. Какова подъёмная сила, действующая на дирижабль со стороны воздуха? Ответ выразите в кН, округлите до целого числа.
2. Чему была бы равна подъёмная сила при относительной влажности 70%, той же температуре и давлении? Ответ выразите в кН, округлите до целого числа.

Подсказка

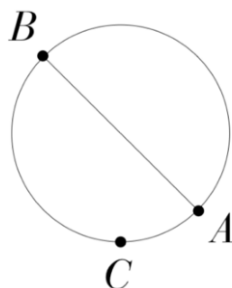
Сила Архимеда равна весу вытесненного воздуха. Во влажном воздухе часть давления создаёт водяной пар, молярная масса которого меньше, чем у воздуха.

Ответ

1) 355 кН; 2) 349 кН.

9 Проволочная конструкция с клеммой

Из проволоки с однородным линейным сопротивлением изготовлена конструкция, показанная на рисунке. Где должна располагаться клемма C на дуге AB , чтобы сопротивление между клеммами A и C было наибольшим? Ответ выразите в единицах R , где R — радиус кольца, и округлите до сотых.



Подсказка

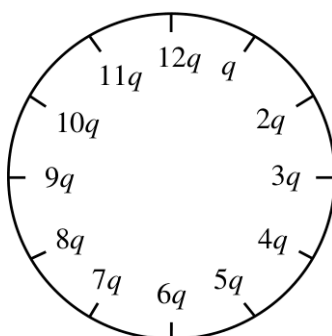
Выразите сопротивление между A и C через длину дуги AC и найдите максимум этой функции.

Ответ

2,18 R .

10 Заряды на циферблате часов

К циферблату часов прикреплены точечные электрические заряды величиной $q, 2q, 3q, \dots, 12q$ ($q > 0$), которые расположены на соответствующих часовых делениях, как показано на рисунке.



Какое время показывают часы, в тот момент, когда часовая стрелка параллельна и сонаправлена вектору напряжённости электрического поля, созданного этими зарядами в центре циферблата? В качестве ответа запишите отдельно два числа — число часов (от 1 до 12) и целое число минут (от 0 до 59).

Подсказка

Представьте каждый заряд kq как $6q$ плюс добавка $(k - 6)q$: заряды $6q$ на всех делениях в сумме дают нулевое поле.

Ответ

Число часов: 3; число минут: 30.

16 Столкновение футбольных мячей

На горизонтальной площадке на расстоянии 60 м друг от друга лежат два футбольных мяча. Рядом с мячами стоят школьники Вова и Ваня. В некоторый момент каждый из них ударяет по лежащему мячу. Вова сообщает мячу начальную скорость 30 м/с, направленную под углом 30° к горизонту, а Ваня сообщает мячу скорость, направленную под углом 60° к горизонту. Оба мяча двигались в одной плоскости и столкнулись в воздухе. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

1. Какую начальную скорость сообщил своему мячу Ваня? Ответ выразите в м/с и округлите до целого числа.
2. Через какое время после удара мячи столкнулись? Ответ выразите в секундах и округлите до десятых.

Подсказка

Перейдите в систему отсчёта, свободно падающую вместе с мячами: в ней оба мяча движутся равномерно и прямолинейно.

Ответ

1) 17 м/с; 2) 1,7 с.

17 Пружина на планете Кореллия

В далёкой-далёкой галактике на планете Кореллия массой $4,6 \cdot 10^{24}$ кг и радиусом 5500 км к потолку комнаты подвешена пружина с коэффициентом жёсткости 20 Н/м. На нижнем конце пружины висит груз массой 600 г. Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг². Вращение планеты не учитывать.

1. Чему равно ускорение свободного падения на поверхности планеты? Ответ выразите в м/с², округлите до десятых.
2. На сколько сантиметров растянута пружина под действием груза? Ответ выразите в см, округлите до целого числа.

Подсказка

Ускорение свободного падения получается из закона всемирного тяготения для тела на поверхности; растяжение — из условия равновесия груза.

Ответ

1) $g \approx 10,1 \text{ м/с}^2$ (принимается 10,1–10,2); 2) $\approx 30 \text{ см}$ (принимается 30–31).

18 Расширительный бак отопления

Чтобы избежать избыточного давления в отопительной системе, возникающего в результате расширения воды, в систему добавляют расширительный бак. Он состоит из цилиндра объёмом V , который разделяется тонкой свободно движущейся перегородкой на две части. Одну из этих частей наполняют сжатым воздухом ($T_0 = 20^\circ\text{C}$) до давления p_0 , занимая при этом весь объём цилиндра. После этого вторую часть цилиндра соединяют с отопительной системой при температуре $T_1 = T_0$, после чего систему наполняют водой, пока не достигают давления $p_1 = 300 \text{ кПа}$ и общего объёма воды в системе 100 л. При завершении наполнения 10% расширительного бака оказываются заполненными водой. Зимой из-за отапливания вода в системе расширяется на 1 %, в результате чего давление поднимается до p_2 , а воздух в расширительном баке прогревается до $T_2 = 40^\circ\text{C}$.

1. Найдите начальное давление воздуха p_0 в расширительном баке. Ответ выразите в кПа, округлите до целого числа.
2. Найдите наименьший объём бака V , чтобы дополнительное давление $\Delta p = p_2 - p_1$, возникающее в результате расширения воды, не превышало 50 кПа. Ответ выразите в литрах, округлите до десятых.

Подсказка

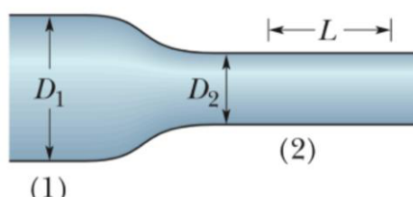
Воздух в баке подчиняется уравнению состояния газа постоянной массы; перегородка выравнивает давления воздуха и воды. Объём воздуха уменьшается ровно на объём воды, перетёкшей в бак.

Ответ

1) $p_0 = 270 \text{ кПа}$; 2) $V = 13,2 \text{ л}$.

19 Медный провод переменного сечения

На рисунке представлен медный провод с переменным сечением. Он содержит цилиндрический участок (1) с диаметром сечения $D_1 = 2 \text{ мм}$ и цилиндрический участок (2) с диаметром сечения $D_2 = 1 \text{ мм}$, соединённые друг с другом промежуточным участком конической формы. Через данный провод протекает ток, равномерно распределённый по любому поперечному сечению провода. Напряжение на концах участка длиной $L = 2 \text{ м}$, указанного на рисунке, равно 10 мВ. Найдите скорость упорядоченного движения свободных электронов в участке провода (1). Концентрация свободных электронов в меди $8,49 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. Удельное сопротивление меди $1,75 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Заряд электрона по модулю равен $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. Ответ выразите в мм/с, округлите до десятитысячных!



Подсказка

Найдите плотность тока в тонком участке (2) из закона Ома в локальной форме, затем используйте то, что сила тока одинакова во всех сечениях.

Ответ

$v \approx 0,0052$ мм/с (принимается 0,0052–0,0053).

20 Разлёт двух заряженных шариков

В космосе вдали от всех других тел находятся два металлических шарика массами 0,2 кг и 0,3 кг. Эти шарики имеют электрические заряды 2 мкКл и 3 мкКл соответственно и связаны невесомой нерастяжимой нитью длиной 2 м. Нить издалека пережигают с помощью лазера, и шарики начинают разлетаться. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл². Давлением лазерного излучения на нить пренебречь.

1. Найдите скорость шарика массой 0,2 кг, когда они разлетятся на очень большое расстояние. Ответ выразите в см/с и округлите до целого числа.
2. Найдите скорость шарика массой 0,3 кг, когда они разлетятся на очень большое расстояние. Ответ выразите в см/с и округлите до целого числа.

Подсказка

Запишите законы сохранения импульса и энергии: начальная энергия электростатического взаимодействия переходит в кинетическую.

Ответ

1) 40 см/с; 2) 27 см/с.

26 Быстрейшее движение между точками

Между двумя точками движется по прямой тело таким образом, что, выходя из одной точки с нулевой начальной скоростью, в конечной точке оно имеет скорость тоже равную нулю. При этом оно может двигаться или ускоренно с постоянным по модулю ускорением $a = 0,1$ м/с² или равномерно. Известно, что полное время движения тела от одной точки до другой оказалось минимальным. Расстояние между точками равно 10 м.

1. Сколько секунд тело двигалось равномерно? Ответ округлите до целого числа.
2. В течение какого времени скорость тела возрастала? Ответ выразите в секундах, округлите до целого числа.
3. В течение какого времени скорость тела уменьшалась? Ответ выразите в секундах, округлите до целого числа.

Подсказка

Постройте график скорости от времени: путь равен площади под ним. При каком профиле скорости (с ограничением на ускорение) эта площадь набирается за минимальное время?

Ответ

1) 0 с; 2) 10 с; 3) 10 с.

27 Санки с грузом на песке

С некоторой горизонтальной силой F по льду (трения нет) тянут гружёные деревянные санки, которые движутся с ускорением 1 м/с^2 . Если с такой же силой тянуть эти же санки без груза, они движутся с ускорением 3 м/с^2 . С каким по модулю ускорением будут двигаться эти санки с грузом вдвое большей массы под действием такой же горизонтальной силы, если они с разгону въехали на участок льда, посыпанного песочком, и коэффициент трения стал равным $\mu = 0,1$? Ответ выразите в м/с^2 , округлите до десятых.

Подсказка

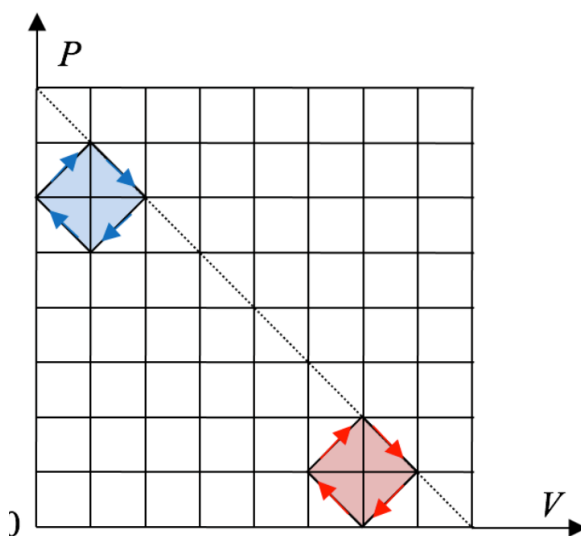
Из двух первых данных выразите массы санок и груза через F . Затем запишите второй закон Ньютона с силой трения.

Ответ

$0,4 \text{ м/с}^2$.

28 КПД двух циклов

Рабочим телом двух тепловых машин, работающих по циклам, изображённым на рисунке, является одноатомный идеальный газ. Величины объёма и давления на этом графике в условных единицах.



1. Чему равен КПД «синего» цикла? Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.
2. Чему равен КПД «красного» цикла? Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Подсказка

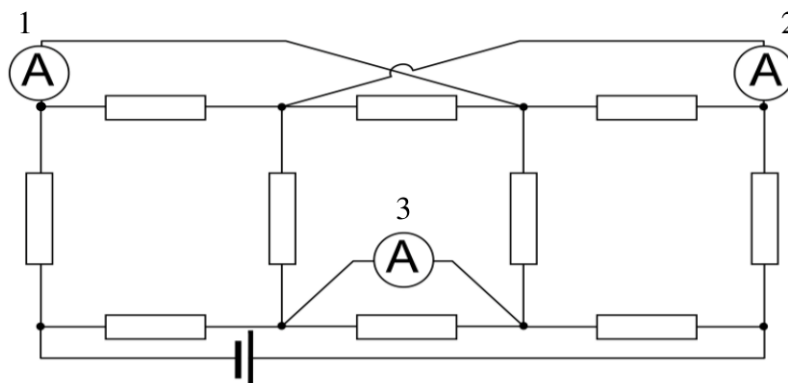
Цикл — квадрат, повернутый на 45° : на каких его сторонах газ получает тепло? Помните, что $A_{\text{газа}}$ равна площади цикла, а $Q = \Delta U + A$ на каждом участке.

Ответ

1) $\approx 6,4\text{--}6,5\%$; 2) $10,5\%$.

29 Десять резисторов и три амперметра

Цепь состоит из десяти одинаковых резисторов, сопротивление которых равно 3 кОм , идеальной батарейки с напряжением 48 В и трёх идеальных амперметров.



1. Что показывает первый амперметр? Ответ выразите в мА, округлите до целого числа.
2. Что показывает амперметр под номером три? Ответ выразите в мА, округлите до целого числа.

Подсказка

Идеальный амперметр — это провод: найдите, какие точки схемы он соединяет накоротко, и перерисуйте цепь.

Ответ

1) 5 мА ; 2) 7 мА .

30 Колебательный контур: максимальный ток

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью $C = 10\text{ мкФ}$ и катушки индуктивностью $L = 0,2\text{ Гн}$. В некоторый момент времени напряжение на конденсаторе $U = 1\text{ В}$, а ток через катушку $I = 10\text{ мА}$.

Каков максимальный ток I_{max} в этом контуре? Ответ выразите в мА, округлите до целого числа.

Подсказка

В идеальном контуре полная энергия сохраняется; в момент максимального тока весь запас энергии находится в катушке.

Ответ

12 мА .

Источник: Московская олимпиада школьников по физике, 2020/21, отборочный этап, 11 класс — условия (1), условия (2), условия (3), решения (1), решения (2), решения (3). Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.