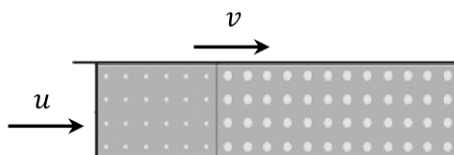


МОШ, 2019/20, отборочный этап, 10 класс

Условия, ответы и решения

1 Пористый материал и поршень

Цилиндр заполнен материалом с множеством однородно распределённых пор, число которых в единице объёма цилиндра 100 см^{-3} . Слева в цилиндр со скоростью $u = 5 \text{ см/с}$ вдвигают поршень. Перед ним образуется область уплотнения, в которой объём каждой поры уменьшается на 5 мм^3 . Считайте, что плотность материала между порами не изменяется.



1. Найдите скорость v границы раздела уплотнённой и неуплотнённой части. Ответ выразите в см/с , округлите до целых.
2. Найдите число пор в единице объёма цилиндра в области уплотнения. Ответ выразите в см^{-3} , округлите до целых.

Подсказка

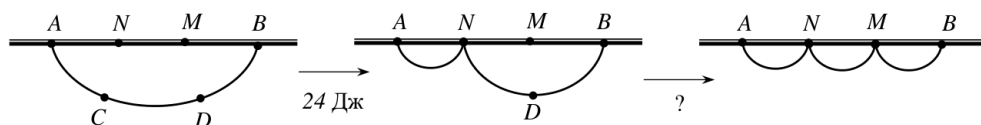
За малое время поршень вытесняет некоторый объём, и ровно на столько же уменьшается суммарный объём пор в области, которую захватила граница. Запишите это для сечения цилиндра единичной площади.

Ответ

- 1) $v = 10 \text{ см/с}$; 2) 200 см^{-3} .

2 Массивный канат

Массивный канат подвешен между точками A и B . Точки C и D делят канат на три равные части, а точки N и M делят на три равные части отрезок AB . Для того чтобы соединить точку C с точкой N , нужно выполнить работу 24 Дж . Найдите работу, которую необходимо совершить, чтобы после этого соединить точки D и M ? Ответ выразите в Дж , округлите до целых.



Подсказка

Работа равна изменению потенциальной энергии каната. Используйте симметрию: левая и правая трети каната после первого шага устроены одинаково, а что изменится при втором?

Ответ

12 Дж.

3 Вода в кастрюле на плите

В десятилитровую кастрюлю налили 2 л холодной воды при температуре 15°C , а затем поставили её на нагретую работающую электроплиту. За 5 мин температура воды поднялась до 45°C . Затем в кастрюлю начали медленно подливать холодную воду (с температурой 15°C), постоянно перемешивая содержимое кастрюли. Тепловыми потерями и теплоёмкостью кастрюли можно пренебречь.

1. С какой постоянной скоростью нужно было бы подливать воду в кастрюлю, чтобы температура воды в ней при этом не менялась? Ответ выразите в $\text{см}^3/\text{мин}$, округлите до целых.
2. В кастрюлю подливают воду с постоянной скоростью $100 \text{ см}^3/\text{мин}$. Через сколько времени содержимое кастрюли закипит после того, как начали подливать воду? Ответ выразите в мин, округлите до десятых.

Подсказка

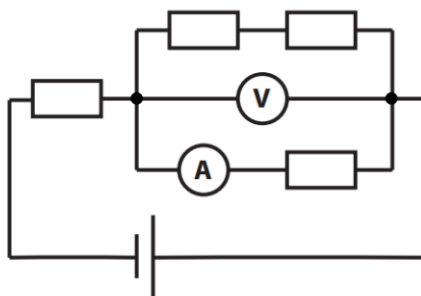
Из первого опыта найдите мощность плиты. Во втором пункте температура и масса воды меняются со временем; запишите баланс энергии за малое время.

Ответ

1) $400 \text{ см}^3/\text{мин}$; 2) 31,5 мин.

4 Амперметр и вольтметр поменяли местами

На уроке физики ученикам дали задание собрать цепь, схема которой показана на рисунке, используя четыре одинаковых резистора с сопротивлениями 300 Ом , идеальную батарейку с напряжением 9 В и идеальные измерительные приборы. Отличница Аня сделала задание и пошла к преподавателю, чтобы позвать его посмотреть собранную электрическую цепь, а двоечник Максим в это время поменял амперметр и вольтметр местами.



1. Что показывал вольтметр в Аниной цепи? Ответ выразите в В, округлите до десятых.
2. Что показывал амперметр в Аниной цепи? Ответ выразите в мА, округлите до целых.

3. Что показал вольтметр в «новой» схеме? Ответ выразите в В, округлите до целых.
4. Каковы показания амперметра после хулиганства Макса? Ответ выразите в мА, округлите до целых.

Подсказка

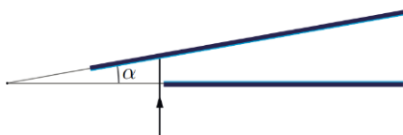
Идеальный амперметр заменяйте проводом, идеальный вольтметр — разрывом цепи, и перерисуйте схему для каждого случая.

Ответ

1) 3,6 В; 2) 12 мА; 3) 0 В; 4) 30 мА.

5 Два зеркала под углом

Два зеркала располагаются так, что угол α между их плоскостями может меняться, принимая значения: $8^\circ \leq \alpha \leq 12^\circ$. Луч лазерной указки пускают на верхнее зеркало в направлении перпендикулярном нижнему зеркалу. Размеры зеркал достаточно велики.



1. Какое минимальное количество отражений может испытать луч?
2. Найдите максимально количество отражений.

Подсказка

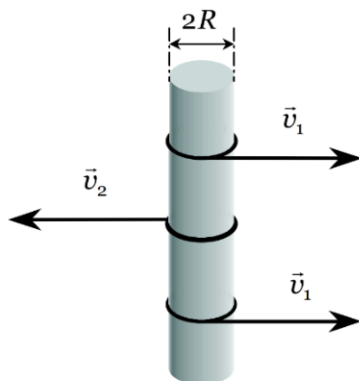
Разверните ход луча: вместо отражения от зеркала рисуйте прямую линию и его зеркальное изображение. Луч перестаёт отражаться, когда направление его движения «развернётся» на нужный угол.

Ответ

1) 7; 2) 11.

6 Цилиндр с тремя нитями

На цилиндр радиусом $R = 5$ см намотано три нити. Две крайних тянут направо со скоростью $v_1 = 1$ м/с (если смотреть на рисунок, то свободные концы этих ниток расположены перед цилиндром). Среднюю нить тянут налево со скоростью $v_2 = 3$ м/с (свободный конец этой нитки расположен позади цилиндра). Найдите угловую скорость вращения цилиндра ω . Ответ выразите в рад/с, округлите до целого числа.



Подсказка

Нерастяжимая нить, намотанная без проскальзывания, имеет в точке схода скорость, равную скорости соответствующей точки поверхности цилиндра. Выразите её через скорость оси и ω .

Ответ

$\omega = 40$ рад/с.

7 Герметичный куб с пробойной

Тонкостенный герметичный куб массой 1 кг плавает на поверхности воды. Длина ребра куба равна 50 см. При каком минимальном давлении воздуха внутри куба он не утонет, получив пробойну в дне? Ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с². Атмосферное давление равно 1 атм. Плотность воды равна 1 г/см³. Ответ выразите в кПа, округлите до десятых.

Подсказка

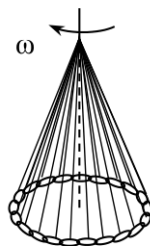
После пробоины внутрь заходит вода, пока давление сжатого воздуха не уравнивается давлением воды на уровне дна. Запишите условие равновесия куба по вертикали.

Ответ

0,8 кПа.

8 Цепочка на нитях

Металлическая цепочка массой $0,5 \text{ кг}$ замкнута в кольцо. К каждому из звеньев цепочки привязан отрезок тонкой легкой нерастяжимой нити одинаковой длины 40 см , и концы этих отрезков соединены в одной точке. Систему вращают с угловой скоростью 8 рад/с , при этом цепочка имеет форму окружности радиусом 10 см , и ось вращения совпадает с осью конуса, образованного цепочкой и нитями. Ускорение свободного падения при расчетах примите равным 10 м/с^2 .



1. Найдите силу натяжения цепочки. Ответ выразите в Н, округлите до десятых.
2. При какой минимальной угловой скорости такое движение возможно? Ответ выразите в рад/с, округлите до целого числа.

Подсказка

Рассмотрите малый элемент цепочки: на него действуют сила тяжести, натяжение нити и две силы натяжения цепочки, равнодействующая которых направлена к оси.

Ответ

- 1) $0,3 \text{ Н}$; 2) 5 рад/с .

9 Охлаждение напитка льдом

В стакане находится горячий напиток. Его масса M и температура 100°C . Напиток охлаждают по следующей методике. В него опускают кусочек льда массой $\frac{M}{9}$ при 0°C . После наступления теплового равновесия избыток напитка, который образовался при таянии льда, сливают (масса напитка опять становится равной M). Плотность воды и напитка 1 г/см^3 , удельная теплоемкость воды и напитка $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$, удельная теплота плавления льда 336 кДж/кг . Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

1. Найдите минимальное количество кусочков льда необходимых для понижения температуры напитка ниже 30°C .
2. Определите концентрацию напитка после его охлаждения. Первоначальную концентрацию напитка считайте равной 1. Ответ округлите до десятых.

Подсказка

Найдите, во сколько раз за один кусочек уменьшается температура напитка (после таяния льда получается смесь массой $M + M/9$). Тогда температура после n кусочков меняется как геометрическая прогрессия.

Ответ

1) 5; 2) 0,6.

10 Угольный стержень и проволока

Проводник, сопротивление которого равно 2 кОм, состоит из последовательно соединённых угольного стержня и проволоки, имеющих температурные коэффициенты сопротивления $\alpha_1 = -10 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ и $\alpha_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ соответственно. Какими следует выбрать сопротивления этих частей R_1 и R_2 при нулевой температуре, чтобы общее сопротивление проводника не зависело от температуры? Сопротивление линейно зависит от температуры: $R = R_0(1 + \alpha t)$. Ответ выразите в Ом, округлите до целого числа.

Подсказка

Общее сопротивление $R_1(1 + \alpha_1 t) + R_2(1 + \alpha_2 t)$ не должно зависеть от t — приравняйте нулю коэффициент при t .

Ответ $R_1 = 461\text{--}462 \text{ Ом}; \quad R_2 = 1538\text{--}1539 \text{ Ом}.$ **11 Торможение автомобиля**

На последнем километре движения скорость автомобиля уменьшилась на 5 м/с. На сколько уменьшилась скорость автомобиля на предпоследнем километре, если автомобиль двигался с постоянным ускорением? Ответ выразите в м/с, округлите до целого числа.

Подсказка

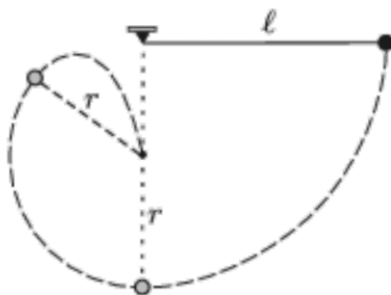
Автомобиль останавливается в конце последнего километра. Свяжите скорость и пройденный путь через $v^2 = 2as$ и найдите скорость в начале каждого километра.

Ответ

2 м/с.

12 Маятник с гвоздями

В вертикальную стену наполовину забиты два гвоздя, один строго под другим. К верхнему привязывают нить длиной l с шариком, которые образуют математический маятник. Маятник отклоняют в горизонтальное положение и отпускают без начальной скорости, так, чтобы, двигаясь, он не касался стены. Когда нить приходит в вертикальное положение, она сталкивается с нижним гвоздём, который в этот момент находится на расстоянии r от шарика. Найдите отношение r/l , если шарик в процессе движения падает на нижний гвоздь. Ответ округлите до сотых.



Подсказка

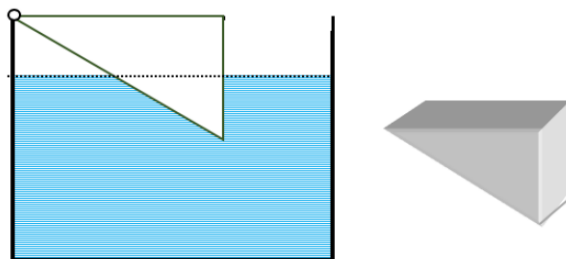
Шарик отрывается от нити, когда она ослабевает, и дальше летит как тело, брошенное под углом. Запишите условие $T = 0$ на окружности радиуса r и условие, что траектория проходит через центр этой окружности.

Ответ

$$r/l \approx 0,54.$$

13 Клин в воде

Однородный клин уравновешен в сосуде с водой, так как это показано на рисунке. Клин опирается вершиной на стенку сосуда (вершина клина закреплена «шарнирно»). Верхняя его грань параллельна уровню воды и погружен клин в воду на половину своей высоты (половину вертикального катета). Определите плотность материала клина. Плотность воды 1 г/см^3 . Ответ выразите в кг/м^3 , округлите до целого числа.



Подсказка

Запишите уравнение моментов относительно шарнира: сила тяжести приложена в центре масс треугольника, а сила Архимеда — в центре масс погружённой части.

Ответ

$$\rho = 312\text{--}313 \text{ кг/м}^3.$$

14 Одноатомный газ с теплоёмкостью $\frac{5}{2}R$

Идеальный одноатомный газ нагревают таким образом, что молярная теплоёмкость процесса равна газовой постоянной R . Во сколько раз уменьшится объём газа к тому моменту, когда его абсолютная температура станет больше в два раза? Ответ округлите до десятых.

Подсказка

Запишите первое начало термодинамики для малого изменения: $C dT = C_V dT + p dV$. Подставьте $p = \nu RT/V$ и разделите переменные.

Ответ

В 1,4 раза.

15 Ток электронов в садовом шланге

Вода течёт по садовому шлангу с объёмным расходом $450 \text{ см}^3/\text{с}$. Чему равен ток электронов I_e ? Число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль}$. Ответ выразите в мегаамперах, округлите до десятых.

Подсказка

Найдите число молекул воды, проходящих за секунду, и число электронов в одной молекуле H_2O .

Ответ

$$I_e \approx 24,1 \text{ МА.}$$