

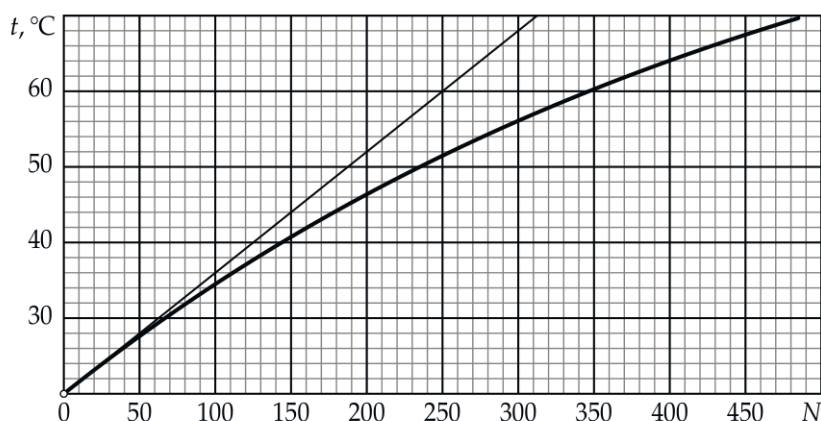
МОШ, 2021/22, отборочный этап, 10 класс

Условия, ответы и решения

1 Нагрев при помощи ложки

Алюминиевую ложку погружают в сосуд с кипящей водой, ждут некоторое время, а затем помещают её в двухлитровый термос с чаем (плотность: 1000 кг/м^3), температура которого в начальный момент времени равна $t = 20^\circ\text{C}$. Тщательно перемешав чай в термосе, ложку вынимают и опять погружают в кипяток, а после снова перемешивают горячей ложкой чай в термосе. Эти операции специальный человек повторяет многократно. На рисунке ниже вы можете видеть сглаженный график зависимости температуры чая в термосе t от количества N произведённых «перекладываний» ложки, тонкой линией показана касательная к графику в начальной точке. Определите массу m ложки. Теплоёмкостью колбы термоса, теплообменом с воздухом в комнате, а также испарением воды из термоса можно пренебречь. Удельные теплоёмкости воды и алюминия равны: $c_0 = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ и $c = 900 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$. Считайте, что всякий раз погружая ложку в термос или в кипяток, специальный человек дожидается окончания процесса теплообмена между ложкой и жидкостью. В ответе к задаче укажите номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

№	1	2	3	4	5	6
m , г	16	19	24	30	36	38



Подсказка

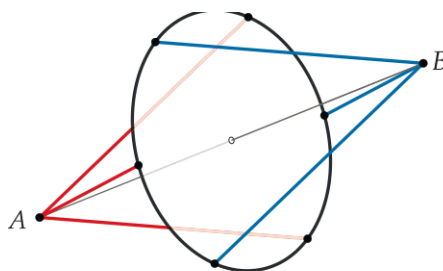
Касательная в начале графика описывает самое первое погружение ложки: чай ещё холодный, а ложка нагрета до температуры кипятка. Посмотрите, на сколько градусов нагрелся чай после одного «перекладывания», и запишите для него уравнение теплового баланса.

Ответ

Номер столбца 2 ($m \approx 19 \text{ г}$).

2 Показания омметра

Проволочная конструкция, изображённая на рис. ниже, сделана из проводников трёх типов. Сопротивление любой проволочки, показанной синим цветом, равно 15 Ом, сопротивление любой красной проволочки равно 12 Ом, а сопротивление проволоки, из которой изготовлено чёрное кольцо, равно 36 Ом. Точки, в которых проводники (синие и красные) присоединяются к кольцу, делят его на шесть равных частей. Линия AB — ось системы — не является обозначением проводника. Что покажет омметр, подключенный к узлам A и B ? Ответ дайте в Ом, округлите до целого.



Подсказка

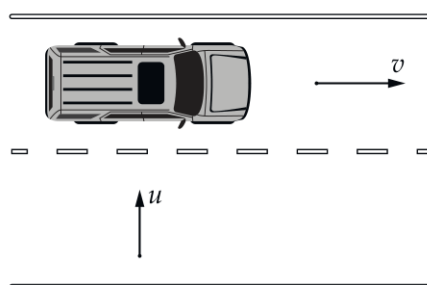
Конструкция симметрична: найдите точки, потенциалы которых при подключении омметра между A и B одинаковы, и поймите, какие участки кольца тогда можно не учитывать или соединить.

Ответ

$R_{AB} = 10$ Ом.

3 Мощность двигателя при боковом ветре

Крупногабаритный легковой автомобиль массой $m = 1,5$ т движется со скоростью $v = 72$ км/ч по прямой степной дороге. Перпендикулярно дороге, как показано на рисунке (вид сверху), дует сильный ветер, скорость которого можно считать постоянной и равной $u = 15$ м/с. Когда водитель попытался немного прибавить газу, автомобиль сразу стало сносить на обочину. Пренебрегая потерями энергии в трансмиссии, определите мощность, которую развивал двигатель автомобиля перед началом торможения, если коэффициент трения шин о поверхность дороги равен $\mu = 0,5$, а трением качения можно пренебречь. Ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с². В ответе к задаче укажите номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.



енному вами.

№	1	2	3	4	5	6
N , кВт	112	120	140	150	240	300

Подсказка

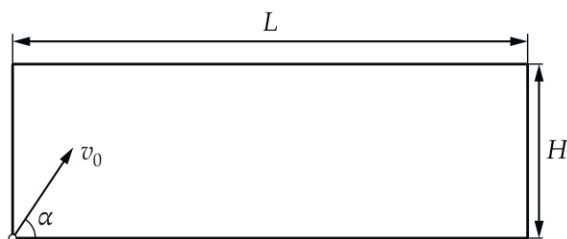
Автомобиль на грани сноса: полная сила трения покоя достигла максимума μmg . Но в какую сторону направлена эта сила относительно ветра и скорости автомобиля, и какая её составляющая тянет автомобиль вперёд?

Ответ

$F = \mu mg \cos \varphi$, где $\cos \varphi = \frac{v}{\sqrt{v^2 + u^2}}$; мощность $N = Fv$. Номер столбца 2 ($N \approx 120$ кВт).

4 Мячи из пушки в комнате

В углу прямоугольной комнаты высотой $H = 4,375$ м и с расстоянием между стенками $L = 19$ м (см. рис.) стоит теннисная пушка — аппарат, из которого под разными углами α могут вылетать теннисные мячики с начальной скоростью $v_0 = 20$ м/с.



1. На каком расстоянии S_1 от пушки впервые коснётся пола мяч, вылетевший из неё под углом $\alpha_1 = 15^\circ$.
2. На каком расстоянии S_2 от пушки впервые коснётся пола мяч, вылетевший из неё под углом $\alpha_2 = 45^\circ$.

Ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Столкновения мяча с полом, потолком и стенами комнаты считайте абсолютно упругими. Ответы дайте в метрах, округлив при необходимости до целого числа.

Подсказка

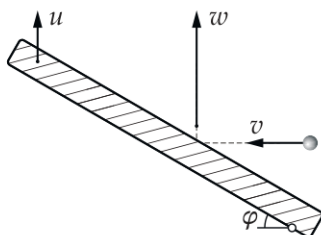
Упругое отражение от стены или потолка равносильно «разворачиванию» комнаты: можно считать, что мяч летит по одной параболе, а комнату зеркально копируют. Сравните высоту подъёма и дальность полёта по параболе с размерами комнаты.

Ответ

- 1) $S_1 = 18$ м; 2) $S_2 = 10$ м.

5 Столкновение с летающей плитой

Массивная плита располагается под углом $\varphi = 30^\circ$ к горизонтали и движется вертикально вверх. Маленький шарик, летевший сначала горизонтально навстречу плите, после абсолютно упругого столкновения с ней движется в том же направлении, что и плита — вертикально вверх. Силу тяжести можно не учитывать. Ответы на вопросы задачи дайте в м/с, округлите до целых.



1. Пусть скорость шарика до столкновения с плитой равна $v = 1,7$ м/с. Чему равна скорость шарика w после столкновения?
2. Дана скорость плиты: $u = 2,9$ м/с. Определите скорость шарика v до столкновения с плитой.

Подсказка

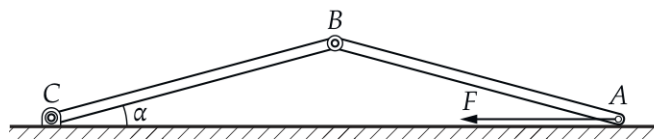
Перейдите в систему отсчёта плиты: там удар упругий о неподвижную стенку, и модуль скорости шарика не меняется, а угол отражения равен углу падения. Вернитесь в исходную систему.

Ответ

Справедливы равенства $v \cos \varphi = w \sin \varphi$ и $w \cos \varphi = v \sin \varphi + 2u \cos \varphi$, откуда: 1) $w = 3$ м/с; 2) $v = 5$ м/с.

6 Планки на шарнирах

Две одинаковые однородные металлические планки массой $M = 1$ кг соединены шарниром B (рис. ниже), масса которого пренебрежимо мала. Левый конец одной из планок прикреплён при помощи ещё одного шарнира C к горизонтальной поверхности. В т. A на правую планку действует неизвестная горизонтальная сила F , при этом система находится в равновесии, и левая планка составляет угол $\alpha = 5 \cdot 10^{-2}$ рад с горизонталью. Трением в шарнирах, а также трением между планкой и горизонтальной поверхностью можно пренебречь. Ускорение свободного падения равно $g = 10$ м/с². Ответы на вопросы задачи дайте в Н (Ньютонах), округлите до целых.



К задаче 6

1. Чему равна сила нормальной реакции N_A , действующая на правую планку в т. A ?
2. Найдите горизонтальную силу F .

Подсказка

Для всей системы запишите вертикальные силы и моменты относительно шарнира C ; затем отдельно рассмотрите правую планку. Угол α мал, поэтому $\sin \alpha \approx \alpha$, $\cos \alpha \approx 1$.

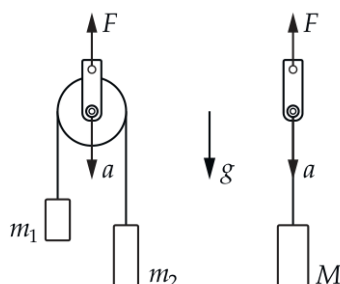
Ответ

Следует использовать малость угла α . 1) $N_A = 10 \text{ Н}$; 2) $F = 100 \text{ Н}$.

7 Эквивалентная масса

Ось идеального блока, на котором подвешены при помощи идеальной нити грузы массой $m_1 = 0,33 \text{ кг}$ и $m_2 = 0,5 \text{ кг}$, движется с ускорением a в поле тяжести Земли под действием некоторой силы F (см. рисунок, слева). Чему должна быть равна масса M груза, чтобы он под действием такой же силы F (см. рисунок, справа) двигался с тем же, что и в первом случае, ускорением a ? В ответе укажите номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

№	1	2	3	4	5	6
M , кг	0,7	0,5	0,8	0,4	0,9	1,2



Подсказка

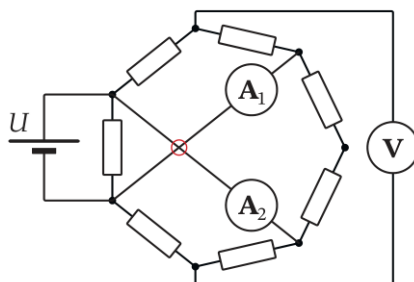
Нить идеальная, блок невесом: сила натяжения нити одна и та же по обе стороны, а сила F на оси равна удвоенному натяжению. Запишите уравнения движения грузов в системе отсчёта блока или через ускорения относительно земли.

Ответ

$M = 0,8 \text{ кг}$ (номер столбца 3).

8 Семиугольник с приборами

В цепи, схема которой изображена на рис. ниже, все элементы идеальные, а резисторы — одинаковые. Напряжение на выводах батарейки $U = 4,5 \text{ В}$. Показания амперметров A_1 и A_2 равны $I_A = 15 \text{ мА}$. В точке пересечения проводов, помеченной окружностью красного цвета, электрического контакта нет!



1. Определите показания вольтметра. Ответ дайте в В (Вольтах), округлите до целых.
2. Чему равно сопротивление резистора? Ответ выразите в Ом, округлите до целого.

Подсказка

Схема симметрична относительно горизонтальной оси. Подумайте, чему равна разность потенциалов между точками, к которым подключён вольтметр, и как в этой симметрии распределены токи через амперметры.

Ответ

1) 0 В; 2) 300 Ом.

9 Отношение температур

Цилиндрический сосуд (ось цилиндра расположена горизонтально), заполнен идеальным газом и разделён на две части плохо проводящим тепло поршнем, который может перемещаться вдоль оси сосуда без трения. В начальный момент газ в левой части сосуда имеет температуру T_1 , а в правой — температуру T_2 . При этом объём левой части в полтора раза больше объёма правой. Спустя длительное время температуры выравниваются, и отношение объёмов изменится: теперь объём правой части оказывается в полтора раза больше объёма левой. Найдите отношение начальных температур $n = \frac{T_1}{T_2}$ в левой и правой частях сосуда. Ответ дайте в виде десятичной дроби, округлите до сотых.

Подсказка

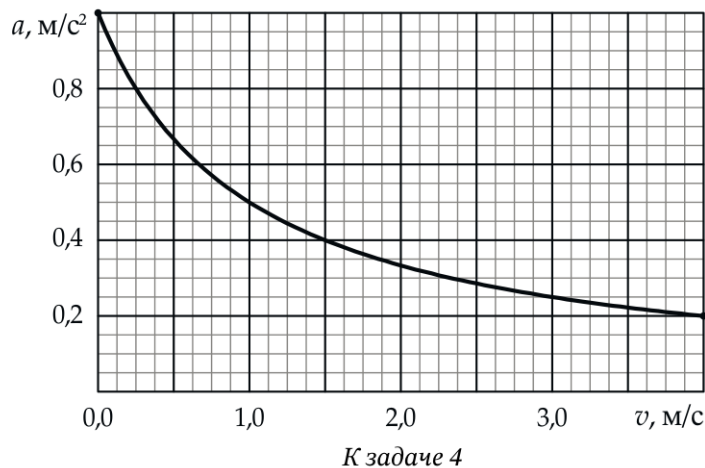
Поршень подвижен без трения, поэтому давления в обеих частях всегда равны. Запишите уравнение состояния для каждой части в начале и в конце, учтите, что количество газа в каждой части не меняется.

Ответ

$n = 2,25$.

10 Всё меняется

Небольшое тело движется вдоль прямой из состояния покоя. Зависимость ускорения тела от его скорости $a(v)$ показана на рис. ниже.



Исследуйте зависимость обратного ускорения от скорости $a^{-1}(v)$ и найдите время t , за которое скорость тела увеличивается от 0 до 4 м/с. В ответе укажите номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

№	1	2	3	4	5	6
t , с	8	10	12	14	16	20

Подсказка

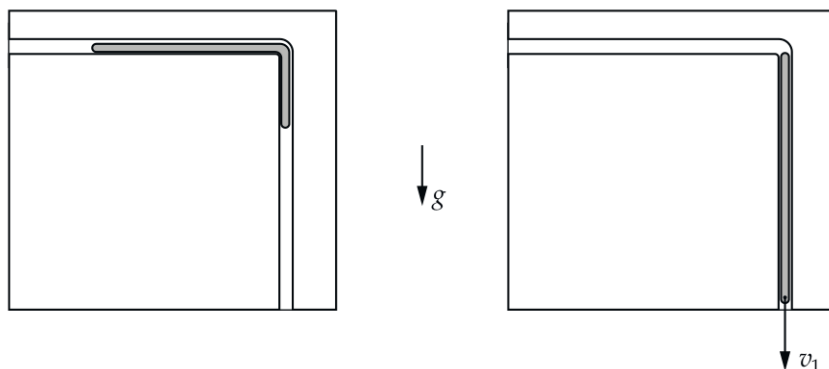
Из $a = dv/dt$ следует $dt = a^{-1} dv$: искомое время равно площади под графиком $a^{-1}(v)$. Постройте этот график по точкам и найдите площадь.

Ответ

Номер столбца 3 ($t \approx 12$ с).

11 Верёвка в канале

Однородная гибкая верёвка массой $m = 0,18$ кг и длиной $L = 1,8$ м удерживается в узком канале, образованном каменными блоками, при этом в начальный момент треть верёвки висит вертикально (см. рисунок, слева). Поверхности блоков гладкие. В некоторый момент верёвку отпускают, и она начинает двигаться. Можно считать, что в процессе движения все точки верёвки в любой момент времени имеют одинаковые по модулю скорости, а длина верёвки не меняется. Неупругими деформациями и трением о воздух можно пренебречь. Диаметр верёвки и радиус кривизны в точке перегиба значительно меньше длины верёвки. Поперечный размер канала близок к диаметру верёвки. Ускорение свободного падения g считайте равным 10 м/с^2 .



1. На какое расстояние по вертикали опустится центр масс верёвки относительно своего первоначального положения к тому моменту, когда вся верёвка окажется в вертикальной части канала? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целого.
2. С какой скоростью v_1 будет двигаться верёвка в тот момент, когда полностью соскользнёт с горизонтальной поверхности (см. рисунок, справа)? Ответ дайте в м/с, округлите до целого.
3. Найдите абсолютную величину импульса верёвки в момент, когда её треть ещё находится на горизонтальной поверхности. Ответ выразите в кг·м/с, округлите до сотых.

Подсказка

Горизонтальная часть верёвки не меняет своей высоты, поэтому изменение потенциальной энергии определяется только опусканием той части, что переходит в вертикальную. Импульс верёвки — векторная величина: учтите, что горизонтальная и вертикальная части движутся в разных направлениях.

Ответ

1) 80 см; 2) 4 м/с; 3) 0,33 кг·м/с.