

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ
отборочного этапа
олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике
2023/24 учебного года

7 класс

Вариант 1

1. Два друга, живущие на одном берегу реки на расстоянии $S = 10$ км друг от друга, решили встретиться, чтобы обменяться книгами. Они одновременно отправились на моторных лодках из своих поселков и встретились через $t = 250$ с. Друзья обменялись книгами и сразу отправились обратно. Первый затратил на обратный путь $t_1 = 170$ с. Чему равна скорость реки? Считать, что скорости лодок в стоячей воде одинаковы.

Ответ: 3,8 м/с

2. Цилиндр, верхняя часть которого изготовлена из материала с плотностью $\rho_1 = 600 \text{ кг/м}^3$, а нижняя из материала с плотностью $\rho_2 = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, опустили в воду. Он погрузился на $\frac{3}{4}$ своего объёма. Какая часть объёма бруска имеет плотность ρ_2 ? Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: 0,75

3. Мальчик встал на платформу, плавающую на воде. В результате платформа погрузилась в воду на половину высоты. Он решил проверить, какой груз можно взять пока платформа не начнёт тонуть. Оказалось, что он может взять 10 пакетов продуктов, расфасованных в пачки по 1 кг. Определите по этим данным объём платформы. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: 0,02 м³

4. Из медной заготовки массы $m = 0,445$ кг путём протяжки изготовили проволоку квадратного сечения со стороной 1 мм. Чему равна скорость муравья, если он прополз по этой проволоке за 3 мин 20 с?

Плотность меди $\rho = 8900 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: 0,25 м/с

5. Пчела возвращалась на пасеку, находящуюся в 8 км. Первые 10 минут она летела со скоростью $V_1 = 6$ м/с. Затем она села на крышу автомобиля, который ехал со скоростью $V_2 = 60$ км/час и проехала 3 км. Оставшийся путь она преодолела за 8 минут. Определите среднюю скорость пчелы.

Ответ: 6,35 м/с = 22,86 км/час

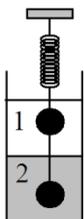
Вариант 2

1. Для грубой оценки диаметра молекулы нефти вылили 18 мг нефти на поверхность воды. Размер пятна оказался равным $S = 1,5 \text{ дм}^2$. Определите радиус молекулы нефти, считая, что нефть разлилась слоем толщиной в одну молекулу. Плотность нефти $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$. Ответ дать в мкм.

Ответ: $0,75 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,75 \text{ мкм}$

2. Три спортсмена, занимающиеся бегом в разных категориях, решили устроить совместный забег. Про них известно, что средневик пробегает дистанцию 500 м за $1\text{ мин }44\text{ сек}$, стайер пробегает 5 км за 18 минут , а марафонец - 26 км за $1\text{ час }23\text{ мин}$. Кто из них окажется первым на финише и какое расстояние будет между первым и последним через 10 минут после начала забега? Считать, что все они бегут с привычными для себя скоростями, а временем разгона можно пренебречь.

Ответ: первым на финише будет марафонец , 354 м



3. Два одинаковых груза подвесили на пружине и опустили в сосуд с жидкостями, которые не смешиваются. Плотность верхней жидкости $\rho_1=1000\text{ кг/м}^3$, а нижней $\rho_2=1200\text{ кг/м}^3$. При этом удлинение пружины, имеющей жёсткость $k = 20\text{ Н/м}$, составило $x = 3,8\text{ см}$. Объём каждого груза $V=20\text{ см}^3$. Определите плотность вещества, из которого изготовлены грузы.

Ответ: 3000 кг/м^3

4. В древнем Китае единицами длины были: *бу*, *чи* и *ли*. Соотношения между ними менялись в разные эпохи. Примем, что $1\text{ бу}=5\text{ чи}$, $1\text{ ли}=300\text{ бу}$. Учтём, что $1\text{ чи}=22,5\text{ см}$.

На Руси использовались *вершок* = $4,45\text{ см}$, *пядь* = 4 вершка , *локоть* = 45 см и другие единицы. Что больше $0,8\text{ бу}$ или 5 пядей ? Разность этих длин выразить в *см*.

Ответ: $0,8\text{ бу}$ больше на 1 см .

5. В мензурку налили 20 г одной жидкости, 10 см^3 второй и некоторое количество третьей. Общий объём получился 40 см^3 . Определите массу и плотность третьей жидкости, если средняя плотность получилась равной 1100 кг/м^3 .

Плотность первой жидкости $\rho_1 = 1000\text{ кг/м}^3$, а второй $\rho_2 = 800\text{ кг/м}^3$.

Ответ: $m_3 = 16\text{ г}$, $\rho_3 = 1600\text{ кг/м}^3$

8 класс

Вариант 1

1. В калориметр поместили 1 литр воды, имеющей температуру $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $m_2 = 300\text{ г}$ льда при температуре $t_2 = -20^\circ\text{C}$ и кусок железа массой $m_3 = 2\text{ кг}$ при температуре $t_3 = 200^\circ\text{C}$. Определите температуру содержимого калориметра после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Удельная теплота плавления льда $\lambda=330\text{ кДж/кг}$, удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, удельная теплоёмкость льда $c_2 = 2100\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, удельная теплоёмкость железа $c_3 = 460\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, удельная теплота парообразования воды $L = 22,6\cdot 10^5\text{ Дж/кг}$.

Ответ: $24,5^\circ$

2. Платформа плавала на воде, погрузившись на половину высоты. Когда мальчик встал на эту платформу, она погрузилась на $2/3$ высоты. Сколько *кг* груза мальчик может взять с собой, чтобы платформа не затонула? Масса мальчика $m=30\text{ кг}$. Плотность воды $\rho=1000\text{ кг/м}^3$.

Ответ: 60 кг

3. На пружину жёсткостью $k=100\text{ Н/м}$ подвесили брусок и опустили его в воду. Брусок погрузился в воду на половину своего объёма, а пружина удлинилась на 10 см . Определите

объём бруска, если верхняя половина изготовлена из материала имеющего плотность $\rho_1=600$ кг/м³, а нижняя - из материала с плотностью $\rho_2=800$ кг/м³. Плотность воды $\rho =1000$ кг/м³.

Ответ: 0,05 м³

4. Два друга, живущие на одном берегу реки на расстоянии $S =20$ км друг от друга, решили встретиться, чтобы обменяться книгами. Они одновременно отправились на моторных лодках из своих поселков и встретились через $t = 500$ с. Друзья обменялись книгами и сразу отправились обратно. Первый затратил на обратный путь $t_1 =300$ с. Какое время ушло у второго на обратную дорогу? Скорости лодок в стоячей воде считать одинаковыми.

Ответ: 833 с = 13,9 мин

5. Двое рабочих несут бревно массой $M = 50$ кг длиной $L = 4$ м, держа каждый за край. На каком расстоянии от первого подвешена на бревне сумка с инструментами массой $m = 20$ кг, если нагрузка на этого рабочего больше в 1,5 раза, чем на второго?

Ответ: 0,6 м

Вариант 2

1. Камень бросили с высоты $H = 8$ м со скоростью $V = 10$ м/с под углом $\alpha =30^\circ$ к горизонту. Найдите отношение кинетических энергий камня в начальный момент и в момент падения на землю. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

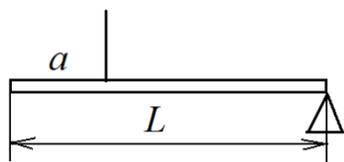
Ответ: 2,6

2. Для грубой оценки диаметра молекулы нефти вылили 18 мг нефти на поверхность воды. Размер пятна оказался равным $S = 1,5$ дм². Определите радиус молекулы нефти, считая, что нефть разлилась слоем толщиной в одну молекулу. Используя получившийся результат, определите размер пятна, которое возникнет при аварии танкера вместимостью 7,5 тысяч м³ нефти. По-прежнему считаем, что нефть разлилась слоем в 1 молекулу. Плотность нефти $\rho = 800$ кг/м³.

Ответ: $r = 0,75 \cdot 10^{-6}$ м, $S_2 = 5000$ км²

3. Три спортсмена, занимающиеся бегом в разных категориях, решили устроить совместный забег. Про них известно, что средневик пробегает дистанцию 500 м за 1 мин 44 сек; стайер побеждает 5 км за 18 минут, а марафонец - 26 км за 1 час 23 мин. Считать, что все они бегут с привычными для себя скоростями, а временем разгона можно пренебречь. С какой разницей во времени окажутся первый и последний на финише, находящемся на расстоянии $S =10$ км от старта.

Ответ: 244 с = 4 мин 4 сек



4. Стержень длиной $L=2$ м массой $m = 9$ кг подвешен на нити. Точка подвеса находится на расстоянии $a = 0,5$ м от края стержня. С какой силой стержень давит на опору? Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

Ответ: 30 Н

5. В калориметр поместили $m = 1$ кг льда при температуре $t_1 = -10^\circ\text{C}$ и включили нагреватель, который сообщает за 1 секунду 800 Дж тепла. Сколько воды будет в калориметре через 20 минут после включения нагревателя? Теплоёмкостью калориметра и потерями тепла в окружающее пространство пренебречь.

Удельная теплота плавления льда $\lambda=330$ кДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200$ Дж/(кг·К), удельная теплоёмкость льда $c_2 = 2100$ Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды $L = 22,6 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Ответ: 916 г

9 класс

Вариант 1

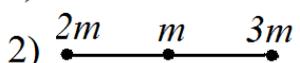
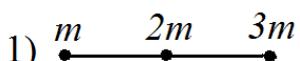


1. На конце невесомого стержня длиной $L = 0,8$ м укреплен небольшой груз массой $m = 200$ г. В начальный момент стержень расположен горизонтально. Чему будет равна максимальная сила реакции, действующая на стержень со стороны груза после того как стержень отпустили? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: $3mg = 6$ Н

2. Два тела одинаковой массы $m = 100$ г начали движение одновременно из одной точки со скоростями $V_1=10$ м/с и $V_2=15$ м/с направленными параллельно друг другу. В некоторый момент на первое тело начала действовать сила, направленная по скорости, а на второе такая же по величине сила, направленная против скорости. Через какое время их скорости станут одинаковыми? Величина силы $F = 0,5$ Н.

Ответ: 0,5 с

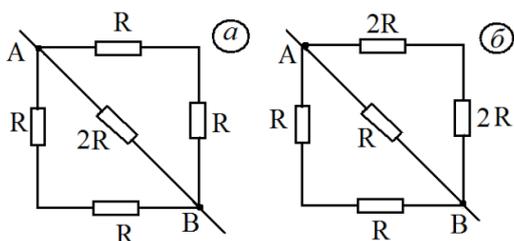


3. Три тела массами m , $2m$ и $3m$ находятся на одной прямой. Во сколько раз будут различаться силы гравитационного взаимодействия, действующие на тело $3m$, если первые два тела поменять местами?

Ответ: $F_1=1,5F_2$

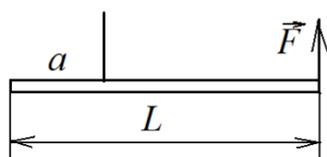
4. Нагреватель изготовлен из проволоки диаметром $0,5$ мм, длиной $L = 8$ м с удельным сопротивлением $\rho = 1,1 \cdot 10^{-6}$ Ом·м. Сколько потребуется времени, чтобы используя этот нагреватель получить кипяток из $m = 1$ кг тающего льда? Напряжение в сети $U = 220$ В. Считать, что потери тепла в окружающее пространство составляют 40%. Какую массу льда можно растопить и довести до кипения за то же время, если укоротить проволоку на 20%? Удельная теплота плавления льда $\lambda=330$ кДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·К).

Ответ: 1158 с = 19,3 мин; 1,25 кг



5. Сопротивление между точками А и В на схеме а равно $R_1 = 210$ Ом. Чему равно сопротивление между точками А и В на схеме б?

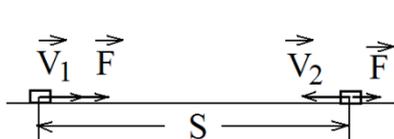
Ответ: 180 Ом



Вариант 2

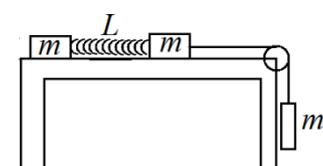
1. На каком расстоянии от конца стержня длиной $L=3$ м массой $m = 10$ кг находится точка подвеса, если чтобы удержать стержень в горизонтальном положении прикладывают силу $F = 25$ Н. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

Ответ: 1 м



2. Два тела одинаковой массы $m = 100$ г двигались вдоль одной прямой со скоростями $V_1=25$ м/с и $V_2=20$ м/с. Когда они находились на расстоянии $S = 100$ м, на каждое из них начала действовать сила $F=1,0$ Н. Направления сил указаны на рисунке. Определите расстояние между телами в момент, когда второе тело остановится.

Ответ: 10 м



3. Две одинаковые шайбы массой $m=150$ г соединили пружиной длиной $L=10$ см и положили на гладкую горизонтальную поверхность. К одной шайбе привязали груз такой же массы m (смотри рисунок) и отпустили без толчка. Максимальное расстояние между шайбами при их движении составило 12 см.

Определите жесткость пружины. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

Ответ: 25 Н/м

4. Амперметр сопротивлением $R_A = 0,5$ Ом рассчитан на измерение наибольшего тока $I_A = 5$ А. Каким образом надо присоединить шунт и чему должно быть равно его сопротивление, чтобы этим амперметром можно было измерять ток $I = 30$ А?

Ответ: 0,1 Ом

5. Два небесных тела массой m и $3m$ находятся на расстоянии $4a$ друг от друга и вращаются вокруг общего центра масс. Определите их период оборота. Задачу решить в общем виде.

Ответ: $T = 8\pi a \sqrt{\frac{a}{Gm}}$

10 класс

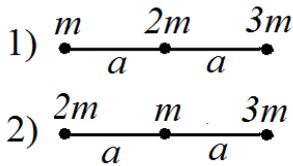
Вариант 1

1. Два тела одинаковой массы $m = 100$ г начали движение одновременно из одной точки со скоростями $V_1=10$ м/с и $V_2=15$ м/с направленными параллельно друг другу. В некоторый момент на первое тело начала действовать сила, направленная по скорости, а на второе такая же по величине сила, направленная против скорости. Определите расстояние между телами в момент, когда их скорости станут одинаковыми. Величина силы $F = 0,05$ Н.

Ответ: 12,5 м

2. Стальной шарик, брошенный вертикально вверх со скоростью $V_1=40$ м/с, в верхней точке траектории сталкивается с таким же шариком, летящим горизонтально со скоростью $V_2 = 30$ м/с. На каком расстоянии друг от друга шарики упадут на землю, если столкновение было абсолютно упругим. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: 120 м

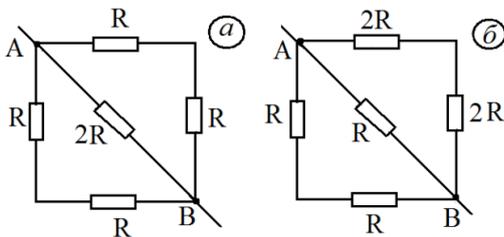


3. Три тела массами m , $2m$ и $3m$ находятся на одной прямой. Во сколько раз будут различаться силы гравитационного взаимодействия, действующие на тело $3m$, если первые два поменять местами?

Ответ: $F_1=1,5F_2$

4. Мальчик забавлялся с игрушечным пистолетом. Один раз он выстрелил под углом $\alpha = 30^\circ$, затем изменил угол, но дальность полета не изменилась. Под каким углом к горизонту мальчик выстрелил во второй раз? Во сколько раз отличается максимальная высота подъема пули в этих двух случаях? Считать, что точка выстрела и точка падения находятся на одной высоте, скорость в момент выстрела одинакова. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: 60° ; в 3 раза



5. Сопротивление между точками А и В на схеме a равно $R_1 = 280 \text{ Ом}$. Чему равно сопротивление между точками А и В на схеме b ?

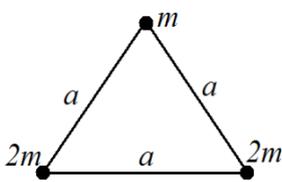
Ответ: 240 Ом

Вариант 2

1. Камень бросили с поверхности земли со скоростью $V = 20 \text{ м/с}$ под таким углом к горизонту, что дальность полёта оказалась максимальной. Второй раз камень бросили горизонтально с той же скоростью с высоты $h = 45 \text{ м}$. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$, сопротивлением воздуха пренебречь.

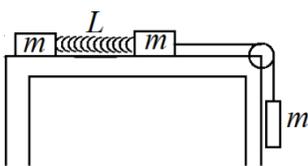
В каком случае дальность полёта больше и на сколько?

Ответ: во втором случае на 20 м больше



2. Два астероида массы m , находящиеся на расстоянии a друг от друга, взаимодействуют с силой $F = \sqrt{3}H$. Определите силу, действующую на астероид массы m , находящийся в вершине равностороннего треугольника со стороной a .

Ответ: 6H



3. Две одинаковые шайбы массой $m = 150 \text{ г}$ соединили пружиной длиной $L = 10 \text{ см}$ и положили на гладкую горизонтальную поверхность. К одной шайбе привязали груз такой же массы m (смотри рисунок) и отпустили без толчка. Определите максимальное расстояние между шайбами при их движении.

Жесткость пружины $k = 50 \text{ Н/м}$. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: 11 см

4. Два одинаковых резистора $R = 10 \text{ Ом}$ соединили параллельно. Затем последовательно к ним присоединили неизвестное сопротивление. При этом сопротивление цепи оказалось в 4 раза больше, чем в случае, когда это сопротивление присоединяют параллельно. Определите неизвестное сопротивление.

Ответ: 5 Ом

5. Пластилиновый шарик, брошенный вертикально вверх со скоростью $V_1=60 \text{ м/с}$ через 2 секунды сталкивается с таким же шариком, летящим горизонтально со скоростью $V_2=30 \text{ м/с}$. С какой скоростью шарики упадут на землю?

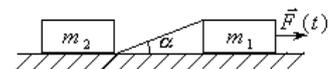
Удар считать неупругим. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: 51,2 м/с

11 класс

Вариант 1

1. На схеме изображена система двух связанных тонкой нерастяжимой нитью тел движущихся по плоскости под действием переменной горизонтальной силы приложенной к



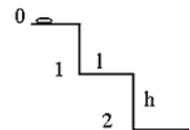
первому телу массой $m_1 = 0,5 m_2$. Модуль силы меняется по закону $F(t) = At$, где $A = 0,25$. Определите интервал времени, в котором на систему будет действовать сила трения покоя, возникающая между вторым телом и плоскостью, если масса второго тела $m_2 = 800 \text{ г}$, его коэффициент трения о плоскость $\mu = 0,3$ и угол наклона нити $\alpha = 30^\circ$ не изменяются. Трение между первым телом и плоскостью отсутствует.

Считать, что нить и центры масс тел находятся в одной вертикальной плоскости.

Справка: $\sin 30^\circ = 0,5$, $\cos 30^\circ = 0,87$

Ответ: $0 \leq t < t_1 = \frac{\mu m_2 g \cos \alpha}{A(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)} \approx 8,19$, от 0 с до 8,19 с

2. Рабочий на стройке ногой подвинул к краю верхней ступеньки лестницы и сбросил вниз небольшой кусочек засохшего цемента. Начальная скорость кусочка $v=3 \text{ м/с}$. Через сколько секунд кусочек окажется на высоте 16-ой ступеньки лестницы (считая сверху), если известно, что ступенька имеет форму прямоугольника с размерами $l = 30 \text{ см}$, $b = 70 \text{ см}$, а высота каждой $h = 25 \text{ см}$, каково будет горизонтальное смещение кусочка цемента в этот момент? Найти угол наклона лестницы, ответ округлить до целого значения.



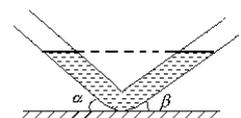
Ответ: 2,68 м, $\arctg(4/2,68) \approx 56^\circ$

3. В начале отопительного сезона, когда среднесуточная температура воздуха устанавливается $T_1 = -5^\circ\text{C}$, температура батареи отопления $T_0 = 40^\circ\text{C}$, в помещении термометр показывает $T_{\text{комн}} = 20^\circ\text{C}$. Если температура воздуха опустится до $T_2 = -20^\circ\text{C}$, то что покажет термометр в помещении?

Справка: Количество теплоты, отдаваемое нагретым телом, пропорционально разности температур тела и среды, в которую отдаётся тепло.

Ответ: 13,3°C

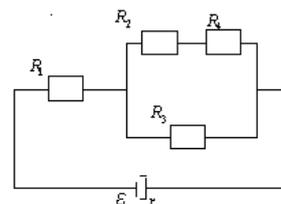
4. При выполнении лабораторной работы по определению показателя адиабаты в установке U-образная трубка была заменена на V-образную,



наклон колен которой $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 40^\circ$. В трубку налили воду. В процессе опыта уровень воды колебался в коленах. Найти период малых колебаний уровня воды, если известно, что длина столба воды $l = 35$ см, а диаметр трубки $d = 3$ мм. Капиллярными эффектами и вязкостью воды пренебречь.

Ответ: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l \sin \alpha \sin \beta}{g(\sin \alpha + \sin \beta)}} \approx 0,62c$

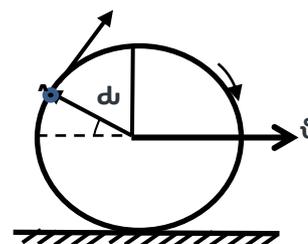
5. В кружке технического творчества нужно собрать нагреватель так, чтобы имеющийся источник питания с ЭДС = 48 В и внутренним сопротивлением $r = 60$ Ом обеспечил максимальную мощность. Для выполнения этой задачи у школьников есть 4 нагревательных элемента, каждый из которых рассчитан на мощность не более 5 Вт и сопротивлениями $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 40$ Ом, $R_3 = 60$ Ом и $R_4 = 80$ Ом. По какой схеме надо собрать цепь из этих элементов? Обоснуйте схему расчётами.



Ответ: мощность развиваемая нагревателем будет максимальна при условии $R = r$. Спиральки должны быть соединены так, чтобы их общее сопротивление равнялось или было как можно ближе к внутреннему сопротивлению источника ЭДС.

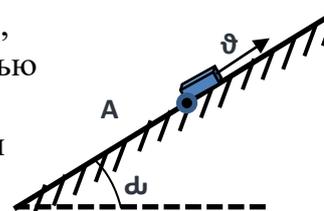
Вариант 2

1. С обода колеса, катящегося по горизонтальной плоскости без проскальзывания со скоростью $V = 20$ м/с в точке А слетел кусок грязи. Найти радиус кривизны траектории этого куска в верхней точке полета. Угол $\alpha = 30^\circ$, $g = 10$ м/с².



Ответ: 90 м

2. Шайбу толкнули из точки А вверх по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом с начальной скоростью $V = 8$ м/с. Через $t = 5$ с скорость шайбы снова будет равна $V = 8$ м/с. Найти на какое наибольшее расстояние поднимется шайба вверх по плоскости относительно точки А.



Ответ: 4 м

3. Определить теплоемкость системы состоящей из теплоизолированного сосуда и теплопроводящего поршня соединенного с помощью пружины со стенкой сосуда (см. рисунок). Длина пружины в свободном состоянии равна длине сосуда. Поршень может перемещаться внутри сосуда без трения. Сосуд разделен на две равные части – в левой части находится 1 моль идеального газа, а в правой вакуум. Размеры сосуда: диаметр основания – 0,1 м, длина сосуда – 1 м. Теплоемкостью сосуда, поршня и пружины пренебречь.



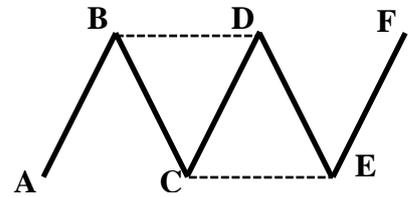
Ответ: 2R

4. Пучок отрицательно заряженных частиц движется горизонтально с севера на юг в плоскости магнитного меридиана. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли $B = 50$ мкТл. Найти ускорение частицы в пучке и отклонение пучка от оси

после прохождения расстояния $L = 0,2$ м. В каком направлении будет отклоняться пучок заряженных частиц? Считать энергию частиц $W = 8000$ эВ. Модуль заряда частицы $|q| = 2$ мкКл, масса $m = 7 \cdot 10^{-29}$ кг

Ответ: 0,012 м

5. Электрическая цепь, состоит из пяти одинаковых проводников: AB, BC, CD, DE, EF, соединенных как показано на рисунке. Сопротивление одного проводника $R = 10$ Ом. Как изменится сопротивление цепи, если в нее добавить ещё два отрезка соединяющих точки BD и CE (см. рисунок) и каково её значение?



Ответ: уменьшится и станет равно $0,6R$

МАТЕРИАЛЫ ЗАДАНИЙ
заключительного этапа
олимпиады школьников «Наследники Левши» по физике
2023/24 учебного года

7 класс

1. Два друга одновременно встают на ступени эскалатора в его противоположных концах и бегут навстречу друг другу. Длина эскалатора $L = 200$ м. Скорости мальчиков относительно ступеней эскалатора одинаковы и равны $V = 5$ м/с. К моменту встречи один из них пробежал расстояние в 3 раза большее, чем другой. Определить: а) скорость эскалатора, б) через какое время друзья встретятся?

Решение

Скорость мальчика, который бежит в направлении движения эскалатора равна $V_1 = V_3 + V$. Тогда его путь

$$S_1 = (V_3 + V)t, \quad (1)$$

где t время, через которое они встретятся, V_3 – скорость эскалатора.

Скорость второго $V_2 = V - V_3$, а путь

$$S_2 = (V - V_3)t. \quad (2)$$

Из условия следует, что $S_1 = 3S_2$, то есть

$$(V_3 + V)t = 3(V - V_3)t. \quad (3)$$

Отсюда находим скорость эскалатора $V_3 = V/2 = 2,5$ м/с

Очевидно, что

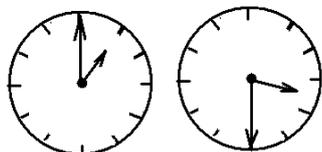
$$L = S_1 + S_2 = (V_3 + V)t + (V - V_3)t. \quad (4)$$

Время до встречи $t = 20$ с

Ответ: 2,5 м/с; 20 с

2. Компания ребят пошла в кино. Когда ребята входили в кинозал висящие над входом часы показывали **13.00**. Когда фильм закончился, часы показывали **15.30**. На какой угол переместилась за время сеанса: а) часовая стрелка б) минутная стрелка?

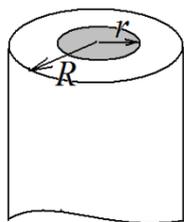
Решение



Одно деление циферблата соответствует 30° . Часовая стрелка прошла 2,5 деления, т.е. повернулась на угол $(30 + 30 + 15) = 75^\circ$.

За это время минутная стрелка сделала 2,5 оборота. Один оборот соответствует повороту на 360° . Следовательно, минутная повернулась на $(360 + 360 + 180) = 900^\circ$.

Ответ: 75° ; 900°



3. Карандаш цилиндрической формы подвешивают на пружине, жёсткость которой $k = 1,57 \text{ Н/м}$. Радиус карандаша $R = 4 \text{ мм}$, радиус графитового стержня $r = 1 \text{ мм}$, длина карандаша $L = 20 \text{ см}$. Остриё карандаша не заточено. Определить на сколько мм изменится в результате длина пружины. Плотность дерева $\rho_1 = 500 \text{ кг/м}^3$, плотность графита $\rho_2 = 2200 \text{ кг/м}^3$. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Справка: площадь круга $S = \pi r^2$, где r – радиус окружности, $\pi = 3,14$.

Решение

На карандаш будут действовать сила тяжести (направлена вертикально вниз) и сила упругости пружины (направлена вертикально вверх). Эти силы одинаковы по величине. Сила тяжести $F = mg$, сила упругости $F_y = kx$, где k – жёсткость пружины, x – деформация пружины.

Следовательно, $mg = kx$. (1)

Масса карандаша $m = m_d + m_z$. Масса дерева $m_d = \rho_1 V_1 = \rho_1 (\pi R^2 L - \pi r^2 L)$. (2)

Масса графитового стержня $m_z = \rho_2 \pi r^2 L$. (3)

Подставляя массы в (1), получаем $\rho_1 (\pi R^2 L - \pi r^2 L) g + \rho_2 \pi r^2 L g = kx$.

Деформация пружины $x = \frac{\pi g L (\rho_1 (R^2 - r^2) + \rho_2 r^2)}{k} = 38,8 \text{ мм}$ (4)

Ответ: $38,8 \text{ мм}$

4. Водитель застрявшего на переезде автомобиля услышал гудок поезда, который машинист даёт проезжая мимо станции. Станция находится на расстоянии $S = 1700 \text{ м}$ от переезда. Сколько секунд есть у водителя, чтобы убрать автомобиль с железнодорожного пути? Скорость звука $V = 340 \text{ м/с}$, скорость поезда $U = 72 \text{ км/ч}$.

Решение

Гудок поезда водитель услышит через $t_1 = \frac{S}{V} = \frac{1700}{340} = 5 \text{ с}$ (1)

после подачи сигнала.

Поезд дойдёт от станции до переезда за $t_2 = \frac{S}{U} = \frac{1700}{20} = 85 \text{ с}$. (2)

Следовательно, у водителя в запасе $t = t_2 - t_1 = 80 \text{ с}$ (3)

Ответ: 80 с

5. В один сосуд налили по 1 литру воды и глицерина. В другой сосуд налили по 1 кг воды и глицерина. На сколько различаются средние плотности содержимого этих сосудов?

Плотность воды $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, плотность глицерина $\rho_2 = 1260 \text{ кг/м}^3$.

Решение

Объём 1 литр = 10^{-3} м^3 . Масса $m = \rho V$. (1)

В первом случае $\rho_I = \frac{m_1 + m_2}{V + V} = \frac{\rho_1 V + \rho_2 V}{2V} = 1130 \text{ кг/м}^3$. (2)

В этом случае объёмы воды и глицерина одинаковы, обозначим V .

Во втором случае $\rho_{II} = \frac{m + m}{V_1 + V_2} = \frac{m + m}{\frac{m}{\rho_1} + \frac{m}{\rho_2}} = 1115 \text{ кг/м}^3$ (3)

В этом случае массы воды и глицерина одинаковы, обозначим m , V_1 – объём воды, V_2 – объём глицерина

Следовательно, $\Delta\rho = 1130 - 1115 = 15 \text{ кг/м}^3$.

Ответ: 15 кг/м³

8 класс

1. Рыбак плыл на лодке вниз по реке, возвращаясь домой. Когда до дома оставалось *полтора километра*, он заметил корягу причудливой формы и через $t_1 = 50 \text{ мин}$ добрался до пристани у дома. Он подумал, что коряга пригодится ему для поделок и решил вернуться за ней. Он выловил корягу и через $t_3 = 30 \text{ минут}$ после этого вернулся домой. Определите: а) скорость реки; б) скорость лодки относительно воды. Считать, что на развороты лодки затрачено ничтожно малое время.

Решение

Скорость лодки относительно берега при движении вниз по реке будет $(V + V_p)$, тогда

$$S = (V + V_p)t_1. \quad (1)$$

V_p – скорость течения реки, V – скорость лодки относительно воды.

Следовательно, $(V + V_p) = S/t_1 = 1500/50 = 30 \text{ м/мин}$.

Относительно коряги скорость лодки вниз и вверх по реке одинакова. То есть

$$t_2 = t_1 = 50 \text{ мин}. \quad (2)$$

Этот же путь можно представить как сумму пути пройденного корягой до второй встречи и пути лодки при возвращении на пристань

$$S = V_p(t_1 + t_2) + (V + V_p)t_3.$$

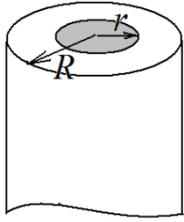
Отсюда получаем

$$V_p = 6 \text{ м/мин}. \quad (3)$$

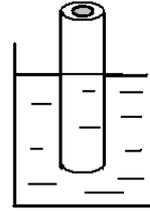
Тогда скорость лодки относительно воды

$$V = 30 - 6 = 24 \text{ м/мин}. \quad (4)$$

Ответ: а) $V_p = 6 \text{ м/мин}$; б) $V = 24 \text{ м/мин}$



2. Карандаш цилиндрической формы вертикально опускают в сосуд с водой. Радиус карандаша $R = 3$ мм, радиус графитового стержня $r = 1$ мм, длина карандаша $L = 10$ см. Остриё карандаша не заточено. Определите, сколько см карандаша будет находиться в воде. Ответ дать с точностью до



десятым. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, дерева $\rho_1 = 500$ кг/м³, плотность графита $\rho_2 = 2200$ кг/м³.

Справка: площадь круга $S = \pi r^2$, где r – радиус окружности, $\pi = 3,14$. Ускорение свободного падения принять $g = 9,8$ м/с².

Решение

На погружённый в жидкость карандаш действуют сила тяжести, направленная вертикально вниз и сила Архимеда, направленная вверх

$F_A = F_m$, то есть

$$\rho g V_n = mg, \quad (1)$$

где объём погружённой в жидкость части

$$V_n = S h = \pi R^2 h. \quad (2)$$

Масса карандаша $m = m_d + m_g$. Масса дерева

$$m_d = \rho_1 V_1 = \rho_1 (\pi R^2 L - \pi r^2 L). \quad (3)$$

Масса графитового стержня

$$m_g = \rho_2 \pi r^2 L \quad (4)$$

Подставляя массы в (1), получаем

$$g \rho_1 (\pi R^2 L - \pi r^2 L) + \rho_2 g \pi r^2 L = g \pi R^2 h \rho \quad (5)$$

Деформация пружины

$$h = \frac{L(\rho_1 (R^2 - r^2) + \rho_2 r^2)}{\rho R^2} = 0,0688 \text{ м} = 6,9 \text{ см} \quad (6)$$

Ответ: 6,9 см

3. Электрический нагреватель нагревает $m = 1$ кг воды от $t_1 = 10^\circ\text{C}$ до кипения за $\tau = 10$ мин. Он работает от источника напряжения $U = 220\text{В}$, ток нагревателя $I = 4\text{А}$. За какое время с момента закипания вся вода испарится?

Удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200$ Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды $L = 22,6 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Решение

Обозначим к.п.д. нагревателя η . Тогда при нагревании воды

$$UI\tau\eta = mc\Delta t. \quad (1)$$

В процессе испарения

$$UI\tau_1\eta = mL. \quad (2)$$

Разделим (2) на (1)

$$\frac{\tau_1}{\tau} = \frac{mL}{mc\Delta t} \quad (3)$$

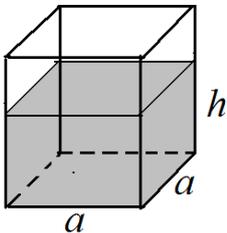
Или из (1) получаем $\eta = 0,716$ и далее из (2) определяем время.

Время испарения воды $\tau_1 = \frac{\tau L}{c\Delta t} = 3587c = 59,8 \text{ мин}$

Ответ: $3587c = 59,8 \text{ мин}$

4. Жидкость наливают в сосуд с квадратным сечением. До какой высоты следует налить жидкость в этот сосуд, чтобы сила давления жидкости на стенки сосуда была равна силе давления жидкости на дно сосуда? Сторона квадрата $a = 10 \text{ см}$. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение



Давление воды на дно сосуда $P_1 = \rho gh$,
сила давления

$$F_д = P_1 S_1 = \rho gh a^2. \quad (1)$$

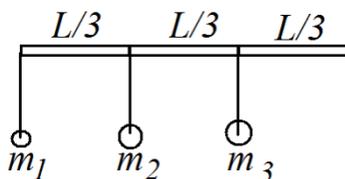
Давление воды на боковые стенки $P_2 = \rho gh/2$,
сила давления

$$F_б = P_2 S_2 = \rho gh 4ah/2 = 2\rho gh^2 a. \quad (2)$$

По условию задачи эти силы равны $\rho gh a^2 = 2\rho gh^2 a$.

Следовательно, $a = h/2 = 5 \text{ см}$.

Ответ: 5 см



5. На стержне массой $M = 2 \text{ кг}$ длиной $L = 3 \text{ м}$ закреплены 3 груза массами 1 кг , 2 кг , и 3 кг . На каком расстоянии от левого края надо поставить опору, чтобы стержень находился в равновесии в горизонтальном положении.

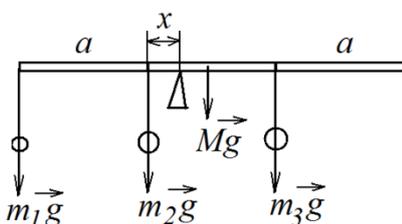
Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение

1 способ: опору следует совместить с центром масс системы. Расстояние от левого края до центра масс (r_c) находим из условия

$$r_c = \frac{\sum r_i m_i}{\sum m_i} = \frac{m_1 \cdot 0 + \frac{m_2 L}{2} + \frac{ML}{2} + m_3 \cdot 2L/3}{m_1 + m_2 + m_3 + M} = 1,375M$$

где r_i - расстояние от начала координат (совмещено с левым краем стержня) до центра масс i - того тела. Можно представить, что грузы находятся на самом стержне.



2 способ: сумму моментов сил относительно оси, проходящей через центр масс, приравняем к 0. Для удобства обозначим $a = L/3 = 1 \text{ м}$, тогда

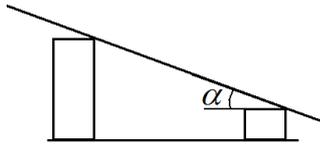
$$m_1 g(a+x) + m_2 gx - Mg(a/2-x) - m_3 g(a-x) = 0. \quad (2)$$

Подставляя числовые данные, находим $x = 0,375 \text{ м}$.

Тогда $r = a+x = 1,375 \text{ м}$

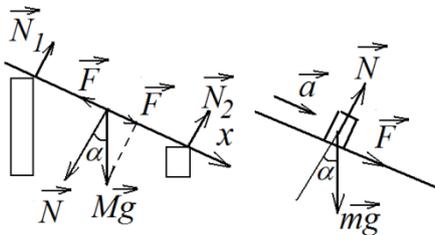
Ответ: 1,375 м

9 класс



1. Хорошо отполированная доска массой $M = 10 \text{ кг}$ лежит на двух опорах. Угол $\alpha = 30^\circ$. С каким ускорением должна двигаться по этой доске собака, чтобы доска не соскальзывала? Трение между доской и опорами отсутствует, масса собаки $m = 20 \text{ кг}$.

Решение



Изобразим отдельно силы, действующие на доску и на собаку. Проекции всех сил реакции на ось ОУ равны нулю. Доска будет соскальзывать под действием силы тяжести. Её проекция на ось x равна $F = Mg \sin \alpha$ (1) и направлена вниз. Значит, со стороны лап собаки должна действовать равная ей и направленная противоположно сила.

Со стороны доски на собаку должна действовать такая же по величине сила.

Кроме того на собаку действует составляющая её веса $mg \sin \alpha$ (2)

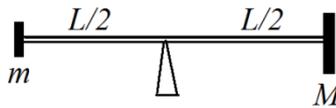
По второму закону Ньютона в проекции на ОХ: $Mg \sin \alpha + mg \sin \alpha = ma$. (3)

Следовательно, собака должна двигаться вниз с ускорением

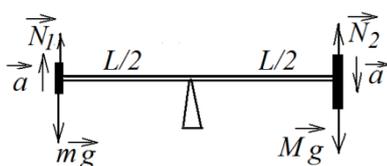
$$a = g \sin \alpha (1 + M/m) = 7,5 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: 7,5 м/с²

2. На концах лёгкой полый трубки длиной $L = 2 \text{ м}$ закреплены грузы массами $M = 4 \text{ кг}$ и $m = 1 \text{ кг}$. Трубку в горизонтальном положении поместили на опору. Какое давление будет оказывать трубка на опору в начальный момент?



Решение



В начальный момент груз M поднимается вверх, груз m опускается. Со стороны стержня на грузы действуют силы реакции N_1 , N_2 . Такие же по величине силы действуют на стержень со стороны грузов. Сила давления на опору равна сумме этих сил. Моменты этих сил

направлены противоположно, а их сумма равна нулю $N_1 \frac{L}{2} - N_2 \frac{L}{2} = 0$, так как из-за пренебрежимо малой массы стержня в противном случае возникло бы бесконечно большое ускорение. Следовательно,

$$N_1 = N_2 = N. \quad (1)$$

Запишем второй закон Ньютона для грузов:

$$mg - N = -ma \quad (2)$$

$$Mg - N = Ma \quad (3)$$

Используя (2) и (3), получаем ускорение

$$a = \frac{(M-m)g}{M+m} = 6 \text{ м/с}^2 \quad (4)$$

И силу давления на ось

$$F = 2N = \frac{4gMm}{m+M} = 32 \text{ Н} \quad (5)$$

Ответ: 32 Н

3. Электрический нагреватель нагревает $m = 1 \text{ кг}$ воды от $t_1 = 10^\circ\text{C}$ до кипения за $\tau = 10 \text{ мин}$. Он работает от источника напряжения $U = 220 \text{ В}$, ток нагревателя $I = 4 \text{ А}$. За какое время этот нагреватель доведёт до кипения 1 кг льда, взятого при температуре $t_2 = -10^\circ\text{C}$?

Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$, удельная теплоёмкость воды $c_1 = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, удельная теплоёмкость льда $c_2 = 2100 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$.

Решение

Обозначим к.п.д. нагревателя η . Тогда при нагревании воды $UI\tau \eta = mc_1\Delta t$ (1)

Во втором случае лёд надо нагреть до температуры таяния, расплавить и получившуюся воду нагреть до температуры кипения

$UI\tau_1 \eta = mc_2 \Delta t_2 + m\lambda + mc_1 \Delta t_1$, где $\Delta t_2 = 10^\circ$, $\Delta t_1 = 90^\circ$. (2)

Разделив (2) на (1), получим $\frac{\tau_1}{\tau} = \frac{mc_2 \Delta t_2 + m\lambda + mc_1 \Delta t_1}{mc_1 \Delta t_1} = \frac{c_2 \Delta t_2 + \lambda}{c_1 \Delta t_1} + 1$ (3)

Или из (1) получаем $\eta = 0,716$ и далее из (2) определяем время.

Время $\tau_1 = \tau \left(\frac{c_2 \Delta t_2 + \lambda}{c_1 \Delta t_1} + 1 \right) = 19,3 \text{ мин}$

Ответ: 19,3 мин = 1156 с

4. Шар массы $m = 1 \text{ кг}$ летящий со скоростью $\vec{v}_1 = 2\vec{i} + 3\vec{j} + 2\vec{k}$ сталкивается с шаром массы $M = 2 \text{ кг}$ летящим со скоростью $\vec{v}_2 = -\vec{i} + 3\vec{j} - 7\vec{k}$. Определите скорость шаров после удара, если удар неупругий.

Справка: $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - единичные вектора по осям x, y, z . Цифры перед единичными векторами – проекции скорости на соответствующие оси.

Решение

По закону сохранения импульса $m\vec{v}_1 + M\vec{v}_2 = (m+M)\vec{v}$ (1)

В проекции на ось x: $m2 + (-1)M = (m+M)v_x$; $v_x = 0$ (2)

В проекции на ось y: $m3 + M3 = (m+M)v_y$; $v_y = 3 \text{ м/с}$ (3)

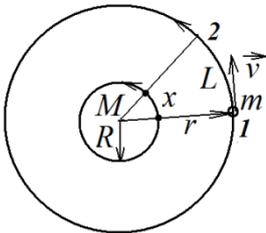
В проекции на ось z: $m2 + M(-7) = (m+M)v_z$; $v_z = -4 \text{ м/с}$ (4)

Скорость после удара $v = \sqrt{v_z^2 + v_y^2} = 5 \text{ м/с}$ (5)

Ответ: 5 м/с

5. Искусственный спутник некоторой планеты, радиус которой $R = 3000 \text{ км}$, а ускорение свободного падения у поверхности $g = 9 \text{ м/с}^2$, стартует с экватора и движется в плоскости экватора по круговой орбите в направлении вращения планеты. Радиус орбиты спутника в 4 раза больше радиуса планеты. Какое время отделяет два следующих друг за другом прохождения спутника над точкой старта? Сутки длятся на этой планете $T = 20 \text{ часов}$.

Решение



На рисунке изобразим вид на планету сверху (с полюса).

Между планетой и спутником действует сила гравитационного взаимодействия равная

$$\frac{GMm}{r^2} = ma_{\text{ц}} = m \frac{v^2}{r}. \quad (1)$$

Учтем, что радиус орбиты $r = 4R$ и из (1) выразим скорость спутника

$$v^2 = \frac{GM}{4R} = \frac{GM}{4R} \frac{R}{R} = \frac{gR}{4}, \text{ то есть } v = \frac{\sqrt{gR}}{2}. \quad (2)$$

При выводе учтено, что ускорение свободного падения $g = \frac{GM}{R^2}$. (3)

Обозначим искомое время τ . За это время планета повернётся на некоторый угол и точка старта сместится на расстояние $x = v_{\text{пл}}\tau = \frac{2\pi R}{T}\tau$. (4)

Чтобы оказаться над точкой старта спутник должен будет дополнительно к длине окружности пройти расстояние $L = 4x$ (расстояние от точки 1 до точки 2).

Следовательно, общий путь спутника $v \cdot \tau = 2\pi r + 4x$ (5)

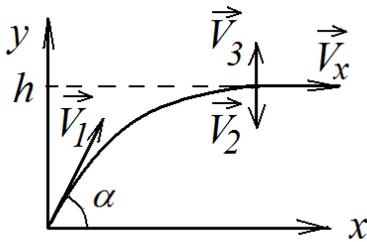
$$\begin{aligned} \frac{\sqrt{gR}}{2}\tau &= 8\pi R + 4 \frac{2\pi R}{T}\tau; & \frac{\sqrt{gR}}{2}\tau - \frac{8\pi R}{T}\tau &= 8\pi R \\ \tau \left(\frac{1}{8\pi R} \frac{\sqrt{gR}}{2} - \frac{1}{T} \right) &= 1, \text{ отсюда } \tau = \frac{1}{\frac{1}{16\pi} \sqrt{\frac{g}{R}} - \frac{1}{T}} = 13,5 \text{ ч} \end{aligned} \quad (6)$$

Ответ: 13,5 ч

10 класс

1. Обезьянка массой $M = 20 \text{ кг}$ прыгает с земли под углом $\alpha = 37^\circ$ к горизонту со скоростью $V_1 = 10 \text{ м/с}$. Достигнув верхней точки траектории, она швыряет вертикально вниз связку бананов массой $m = 4 \text{ кг}$ со скоростью $V_2 = 5 \text{ м/с}$. На какой максимальной высоте от поверхности земли окажется обезьянка?
Справка: $\sin 37^\circ = 0,6$; $\cos 37^\circ = 0,8$

Решение



В верхней точке траектории скорость обезьянки направлена горизонтально, то есть её проекция на ось Oy равна 0. Тогда для скорости в верхней точке получаем: $V_y = 0 = V_1 \sin \alpha - gt$ (1)

Координата в этой точке $y = V_1 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = h$ (2)

Решая совместно эти уравнения, получаем $h = \frac{V_1^2 \sin^2 \alpha}{2g} = 1,8 \text{ м}$. (3)

Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось Oy :

$$0 = MV_3 - mV_2. \quad (4)$$

Скорость обезьянки по оси Oy после отбрасывания бананов

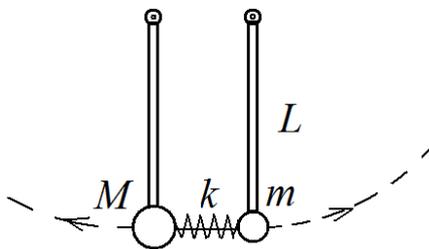
$$V_3 = \frac{m}{M} V_2 = 1 \text{ м/с} \quad (5)$$

За счёт этой скорости обезьянка поднимется на дополнительную высоту.

$$\Delta h = \frac{V_3^2}{2g} = 0,05 \text{ м} \quad (6)$$

Общая высота $H = h + \Delta h = 1,85 \text{ м}$ (7)

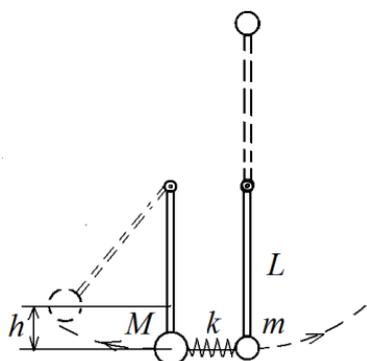
Ответ: 1,85 м



2. Два шара массами $m = 100 \text{ г}$ и $M = 2m$ висят на легких стержнях длиной $L = 0,9 \text{ м}$. Шары соединены небольшой пружинкой жёсткостью $k = 600 \text{ Н/м}$. Концы пружины связали нитью, так что стержни заняли вертикальное положение. Чему равна минимальная деформация x

пружины, если после пережигания нити стержень с шаром массы m встал вертикально? На какую максимальную высоту поднимется шар массы M после освобождения пружины?

Решение



После пережигания нити потенциальная энергия деформации пружины перейдёт в кинетическую энергию шаров

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{MV_2^2}{2}.$$

(1)

Введены обозначения V_1 - скорость шара m сразу после пережигания нити, V_2 - скорость шара M сразу после пережигания нити.

По закону сохранения импульса $0 = mV_1 - MV_2$; $V_1 = 2V_2$.

(2)

Запишем закон сохранения энергии для меньшего шара, учтем, что он поднялся на высоту $H = 2L$: $\frac{mV_1^2}{2} = mg2L$.

(3)

Тогда его скорость $V_1 = \sqrt{4gL} = 6 \text{ м/с}$, $V_2 = 3 \text{ м/с}$.

(4)

Из (1) выражаем деформацию пружины $x = \sqrt{\frac{mV_1^2 + MV_2^2}{k}} = 0,095 \text{ м} = 9,5 \text{ см}$.

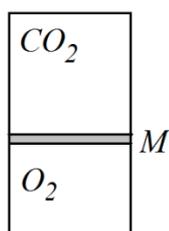
Запишем закон сохранения энергии для второго шара: $\frac{MV_2^2}{2} = Mgh$.

(5)

Определим для него высоту подъёма $h = \frac{V_2^2}{2g} = 0,45 \text{ м}$.

(6)

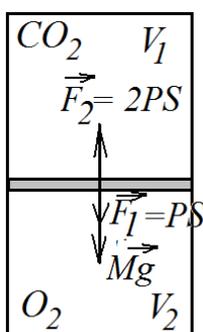
Ответ: $x = 9,5 \text{ см}$; $h = 0,45 \text{ м}$



3. В закрытом вертикальном сосуде находятся по 1 молю кислорода и углекислого газа, разделённые тяжёлым теплопроницаемым поршнем массы M . В начальный момент температура в обеих частях одинакова и равна $t_1 = 227^\circ\text{C}$, а давление кислорода в 2 раза больше, чем углекислого газа. Затем воздух в нижней части сосуда нагревают пока объёмы верхней и нижней частей не сравнялись. При какой температуре T_2 это произойдет?

Поршень в сосуде перемещается без трения.

Решение



Так как в исходном состоянии температуры газов одинаковы, то $PV_1 = 2PV_2$, то есть $V_1 = 2V_2 = 2V/3$.

(1)

Из уравнения Менделеева – Клапейрона $\nu RT_1 = PV_1$.

Выразим давление углекислого газа $P = \frac{\nu RT_1}{V_1} = \frac{3\nu RT_1}{2V}$. (2)

На поршень действуют сила тяжести и силы давления одного и другого газа $2PS - PS - Mg = 0; Mg = PS$ (3)

После нагревания температуры и давления газов будут разными

$$\nu RT_1 = P_1 \frac{V}{2}; \quad (4)$$

$$\nu RT_2 = P_2 \frac{V}{2}. \quad (5)$$

Для поршня $P_2 S - P_1 S = Mg = PS$. (6)

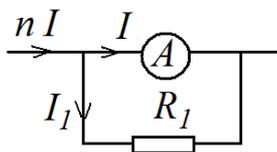
Из (4) и (5) получаем $\nu R(T_2 - T_1) = (P_2 - P_1) \frac{V}{2} = P \frac{V}{2}$. (7)

Разделим (7) на (2): $\left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right) = \frac{V}{2V_1} = \frac{3}{4}$. Тогда $T_2 = \frac{7}{4} T_1 = 875K = 602^\circ C$

Ответ: 875K = 602°C

4. Если к амперметру присоединить шунтирующее сопротивление R_1 , то предел измерения увеличится в $n = 4$ раза, если присоединить шунтирующее сопротивление R_2 , то предел измерения увеличится в $k = 7$ раз. Во сколько раз увеличится предел измерения, если в качестве шунта использовать их одновременно, соединив друг с другом последовательно?

Решение



Шунтирующее сопротивление подключается параллельно амперметру. Пусть амперметр рассчитан на ток I , тогда при увеличении тока в n раз через шунтирующее сопротивление пойдет ток I_1 .

$$nI = I + I_1 = I + U/R_1; \quad (n - 1)I = \frac{U}{R_1}; \quad (k - 1)I = \frac{U}{R_2}. \quad (1)$$

Тогда $R_1 = \frac{U}{(n-1)I}$.

Аналогично $R_2 = \frac{U}{(k-1)I}$. (2)

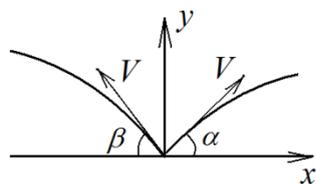
Для последовательного соединения этих резисторов $(m - 1)I = \frac{U}{R_1 + R_2}$. (3)

Подставляем сопротивления резисторов из (2), проводим преобразования и получаем увеличение предела измерения в третьем случае $m = (nk - 1)/(n + k - 2)$.

Отсюда, $m = 3$

Ответ: 3

5. Из одной точки одновременно выстрелили двумя пулями с одинаковыми скоростями $V = 300$ м/с в противоположных направлениях. Начальная скорость одной направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, второй под углом $\beta = 60^\circ$. Траектории пуль лежат в одной плоскости. Чему равно



расстояние между пулями через $t = 5 \text{ с}$? Изменение скорости пули из-за сопротивления воздуха не учитывать.

Решение

Проекция начальных скоростей на ось ОХ:

$$V_{1x} = V \cos \alpha; \quad V_{2x} = V \cos \beta. \quad (1)$$

Проекция ускорения на эту ось равна нулю и тогда расстояние между пулями по горизонтали $x = (V \cos \alpha + V \cos \beta)t = 2049 \text{ м}$ (2)

$$\text{Координаты пуль по оси Оу: } y_1 = V \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}, \quad y_2 = V \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \quad (3)$$

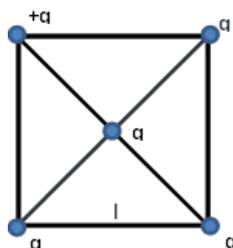
и расстояние между пулями по оси Оу:

$$y = y_2 - y_1 = V \sin \beta t - V \sin \alpha t = Vt(\sin \alpha - \sin \beta) = 549 \text{ м} \quad (4)$$

$$\text{Расстояние между пулями } L = \sqrt{x^2 + y^2} = 2,12 \text{ км.} \quad (5)$$

Ответ: 2,12 км

11 класс



1. Пять шариков, соединенных восемью нерастянутыми нитями с одинаковой очень большой жёсткостью, образовывали квадрат с диагоналями, как показано на рисунке. На все шарики поместили одинаковые заряды q . Сторона квадрата l при этом практически не изменилась. Найти силу натяжения каждой нити, если $q = 10 \text{ мкКл}$, $l = 1 \text{ м}$.

Решение

Условие равенства сил

$$\frac{kq^2}{\left(\frac{l}{\sqrt{2}}\right)^2} + \frac{kq^2}{(\sqrt{2}l)^2} + 2 \frac{kq^2}{l^2} \cos 45^\circ = T_2 + 2T_1 \cos 45^\circ$$

$$\frac{kq^2}{l^2} \left(2 + \frac{1}{2} + \sqrt{2}\right) = T_2 + \sqrt{2}T_1$$

$$\text{Из рисунка видно, что } (l + \Delta x) \cos 45^\circ = \left(\frac{l}{\sqrt{2}} + \Delta x'\right),$$

$$\text{отсюда } \Delta x = \Delta x' \sqrt{2}$$

После пренебрежимо малого растяжения силы натяжения провололочек можно считать силами упругости и, следовательно, можно записать

$$T_1 = k\Delta x$$

$$T_2 = k\Delta x', \text{ или } T_1 = k\Delta x' \sqrt{2} = T_2 \sqrt{2}.$$

т.е.

$$\frac{kq^2}{l^2} \left(2 + \frac{1}{2} + \sqrt{2}\right) = T_2 + \sqrt{2}T_1 = 3T_2.$$

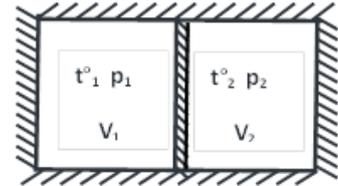
Из этого выражения можно найти силу натяжения

$$T_2 = \frac{kq^2}{3l^2} \left(2 + \frac{1}{2} + \sqrt{2}\right) = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-10}}{3 \cdot 1} \left(2 + \frac{1}{2} + \sqrt{2}\right) = 1,174 \text{ Н}$$

$$T_1 = T_2 \sqrt{2} = 1,661 \text{ Н}$$

Ответ: 1,661 Н

2. Сосуд с теплоизолированными стенками разделен теплоизолированной перегородкой на две неравные части с объемом V_1 и V_2 , в которых находится одинаковый газ с разными температурами $t_1 = 127^\circ\text{C}$ и $t_2 = 27^\circ\text{C}$ при разных давлениях p_1 и p_2 . Известно, что отношение давлений в частях сосуда $p_2: p_1 = n = 2$, а отношение объемов $V_2: V_1 = m = 1,5$. Какая температура газа установится в сосуде, если убрать перегородку?



Решение

Запишем уравнения состояния:

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT_1$$

$$p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT_2$$

Из уравнений состояния получим $p(V_1 + V_2) = \frac{m_1 + m_2}{\mu} RT = \left(\frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} \right) T$.

(1)

Запишем 1-е начало термодинамики $\Delta Q = \Delta U + \Delta A$ для заданной системы, анализ показывает, что $\Delta Q = 0$, т.к. сосуд теплоизолирован, $\Delta A = 0$, т.к. не совершается работа над внешними телами.

Следовательно, изменение внутренней энергии $\Delta U = 0$.

Можно записать уравнение начального состояния газа и после того, как будет убрана перегородка

$$\frac{m_1 + m_2}{\mu} C_v T = \frac{m_1}{\mu} C_v T_1 + \frac{m_2}{\mu} C_v T_2$$

Учитывая уравнение (1), получим

$$\frac{m_1 + m_2}{\mu} RT = \frac{m_1}{\mu} RT_1 + \frac{m_2}{\mu} RT_2 = p_1 V_1 + p_2 V_2$$

(2)

Преобразуем формулу (2): $T \left(\frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} \right) = p_1 V_1 + p_2 V_2$, с учетом соотношений давлений и объемов по условию задачи, получим

$$T \left(\frac{p_1 V_1}{T_1} + n \cdot m \frac{p_1 V_1}{T_2} \right) = p_1 V_1 + n \cdot m \cdot p_1 V_1$$

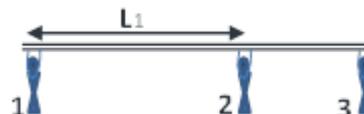
(3)

Из формулы (3) выразим установившуюся в сосуде температуру газа

$$T = \frac{1+n \cdot m}{\frac{1}{T_1} + \frac{n \cdot m}{T_2}} = \frac{1+3}{\frac{1}{400} + \frac{3}{300}} = \frac{1600}{5} = 320 \text{ K или } 47^\circ \text{C}$$

Ответ: 320K или 47°C

3. Рабочие 1 и 2 взяли нести бревно с массой $m = 160$ кг и длиной $l = 8$ м, как показано на рисунке.



Бревно начало падать и рабочий 3 подхватил его за свободный конец. Во сколько раз сила давления бревна на рабочего 1 больше

силы давления на рабочего 3, если бревно давит на рабочего 2 с силой $F_2 = 640$ Н, а расстояние $l_1 = 5$ м?

Решение

Запишем условие равновесия сил $M_o = F_1 + F_2 + F_3$.

Запишем условие равновесия моментов сил $F_1 l_1 = M_o \left(-\frac{l}{2} + l_1 \right) + F_3 (l + l_1)$.

После подстановки числовых значений в эти уравнения получим:

$$\begin{aligned} 160 \cdot 10 &= F_1 + 640 + F_3 & \text{или} & & F_1 + F_3 &= 960 & \Rightarrow & & F_3 &= 960 - F_1 \\ 5F_1 &= 160 \cdot 10 \cdot 1 + 3F_3 & & & 5F_1 - 3F_3 &= 1600 & \Rightarrow & & 5F_1 - 2820 + 3F_1 &= 1600 \end{aligned}$$

$$8F_1 = 4420$$

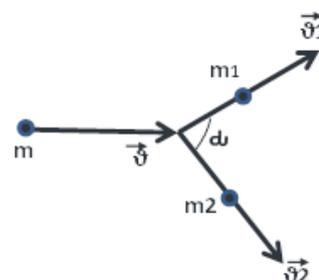
$$F_1 = 560 \text{ H}$$

$$F_3 = 400 \text{ H}$$

Найдем искомое отношение сил $560/400 = 1,4$.

Ответ: 1,4

4. Снаряд массой m , летевший со скоростью $V = 40$ м/с разрывается на два осколка, разлетающихся под углом $\alpha = 90^\circ$ со скоростями $V_2 = 60$ м/с и $V_1 = 40$ м/с. Найти отношение масс осколков $m_1:m_2$.



Решение

Из схемы векторов действующих импульсов, учитывая, что получился прямоугольный треугольник, можно записать

$$(m_1 + m_2)^2 v^2 = m_1^2 v_1^2 + m_2^2 v_2^2 \quad (1)$$

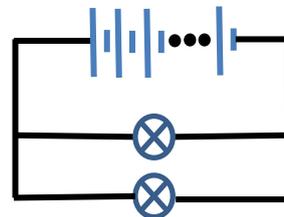
Обозначим искомое отношение масс осколков x и перепишем уравнение (1)

$(x+1)^2 v^2 = v_1^2 + x^2 v_2^2$, т.к. $v^2 = v_1^2$ (по условию), получим

$$(x+2)v^2 = xv_2^2, \text{ отсюда найдем } x = \frac{2v^2}{v_2^2 - v} = \frac{2 \cdot 1600}{3600 - 1600} = 1,6$$

Ответ: 1,6

5. Аккумулятор собран из $N = 11$ последовательно соединенных источников ЭДС $\varepsilon = 20$ В каждый. Ток короткого замыкания такого аккумулятора $I_k = 4,4$ А. К аккумулятору подсоединяют две одинаковые лампочки с сопротивлением $R = 100$ Ом каждая. На каждой лампочке выделяется номинальная мощность $P_0 = 100$ Вт. Одна лампочка перегорела. Какая мощность будет выделяться на оставшейся лампочке?



Решение

$$I_k = \frac{N\varepsilon}{Nr}, \text{ внутреннее сопротивление одной лампочки } r = \frac{\varepsilon}{I_k},$$

$$Nr = \frac{N\varepsilon}{I_k} = \frac{11 \cdot 20}{4,4} = 50 \text{ Ом}$$

Начальная мощность $P_{нач} = 2P_0 = \left(\frac{N\varepsilon}{R_{нач} + Nr}\right)^2 R_{нач}$, после того, как одна лампочка перегорела,

$$\text{мощность стала равна } P = \left(\frac{N\varepsilon}{R_n + Nr}\right)^2 R.$$

Лампочки подключены параллельно и начальное сопротивление $R_{нач} = \frac{RR}{R+R} = \frac{R}{2}$.

Запишем выражение для определения отношения мощностей

$$\frac{P}{P_{нач}} = \left(\frac{N\varepsilon}{R+Nr}\right)^2 R \frac{\left(\frac{R}{2} + Nr\right)^2}{(N\varepsilon)^2 \frac{R}{2}} = \frac{\left(\frac{R}{2} + Nr\right)^2}{(R+Nr)^2} \cdot 2 = \frac{P}{2P_0}.$$

(1)

$$\text{Из формулы (1) получим } \frac{P}{P_0} = 4 \left(\frac{50+50}{100+50}\right)^2 \Rightarrow P = 178 \text{ Вт}$$

Ответ: 178 Вт