Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников

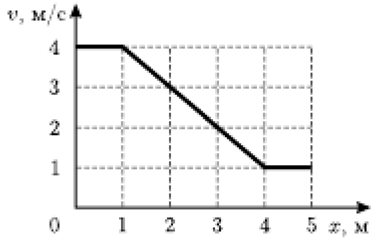
по физике

2022-2023 учебный год

11 класс

Решения

Задача 1. Тело движется по прямой. График зависимости его скорости v от координаты x приведён на рисунке. Найдите ускорение тела в точке с координатой $x = 3$ м. Найдите также максимальное ускорение тела на отрезке от 0 до 5 м.



Возможное решение. Из графика следует, при $x<1$ м и $x>4$ м скорость тела постоянна, а значит, его ускорение равно нулю. В интервале от x=1 м и до x = 4 м связь между численными значениями скорости v и координаты x, выраженными в СИ, дается формулой $v = 5 - kx$, где k – размерный коэффициент, k=1 $с^{-1}$. Пусть за малое время Δt скорость тела изменилась на величину Δv. Тогда $\Delta v = v(t+\Delta t) - v(t) = \Big(5 - kx(t+\Delta t) - \big(5 - kx(t)\big)\Big) = -k\big(x(t+\Delta t) - x(t)\big) = -k\Delta x$. Разделим левую и правую часть на Δt, получим: $\frac{\Delta v}{\Delta t} = k\frac{\Delta x}{\Delta t}$, или $a = -kv$. Отметим, что и в последней формуле множитель k перед скоростью равен единице и имеет размерность $с^{-1}$. Таким образом в точке с координатой x = 3 м тело имеет скорость 2 м/с, а ускорение a = -2 м/$с^2$.

Максимальное по модулю ускорение тело имеет в той точке интервала $1 \text{ м} < x < 4$ м, где максимальна по модулю его скорость, то есть в точке где его координата минимальна. Это точка с координатой x = 1 м. Скорость тела в это точке равна v = 4 м/с, а искомое максимальное ускорение a = -4 м/$с^2$.

Критерии оценивания:
Описан характер движения на все трех интервалах – 2 балла
Получено соотношение между скоростью и координатой – 2 балл
Получено соотношение между скоростью и ускорением – 2 балл
Найдено значение скорости и ускорения в точке x=3 м – 1 балла
Получен ответ на второй вопрос задачи– 3 балла

Задача 2. Для испытаний деталей на износ при трении используется установка, в которой цилиндрическая деталь вращается вокруг своей оси с постоянной угловой скоростью. На боковую поверхность детали с некоторой силой прижимается неподвижное контртело. В таком случае возникает трение скольжения, а установленные датчики регистрируют зависимость коэффициента трения от времени испытаний. Из-за трения детали и о контртело происходит нагрев пары трения. В таблице дана зависимость коэффициента трения от времени испытаний. Исходя из условий, что сила прижима составляла на всем интервале 10 Н, а линейная скорость точек поверхности образца 1,5 м/с, найдите на сколько нагрелась стальная деталь массой 20 г в ходе испытаний, если коэффициент потерь тепла в системе равен 0,75. Удельная теплоемкость железа 460 Дж/(кг·°С).

Время, с	0	20	30	40	50	60
Коэффициент трения	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7

Возможное решение. Так как в ходе испытаний изменяется коэффициент трения, то и сила трения так же будет зависеть от времени. Построим график зависимости силы трения от пройденного пути. Для этого пересчитаем время испытания в путь скольжения, и найдем значения силы трения с учетом силы прижима и табличными данными коэффициента трения.

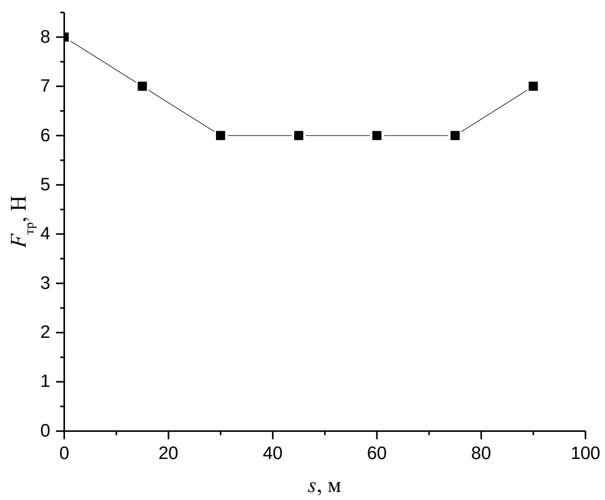


Рис. Зависимость силы трения от пути скольжения

Найдем выделенное тепло в системе как площадь под графиком и получим значение 577,5 Дж. Так как на нагрев образца пойдет лишь часть тепла, то с учетом теплопотерь уравнение теплового баланса имеет вид $Q = (1 - \eta)Cm\Delta T$. Подставляя полученные данные, найдем, что температура образца увеличится на 3 °C.

Критерии оценивания:
Построен график в координатах сила трения и путь – 4 балла
Найдено выделившееся количество теплоты как площадь под графиком – 2 балл
Составлено уравнение теплового баланса – 2 балл
Найдено значение повышения температуры – 2 балла

Задача 3. Сухие дрова плотностью ρ_1 = 600 кг/м^3, привезённые со склада, свалили под открытым небом и ничем не укрыли. Дрова промокли, и их плотность стала равной ρ_2 = 700 кг/м^3. Для того, чтобы в холодную, но не морозную погоду (при температуре T = 0 °C) протопить дом до комнатной температуры, нужно сжечь в печи M_1 = 20 кг сухих дров. Оцените, сколько нужно сжечь мокрых дров, чтобы протопить дом до той же комнатной температуры? Удельная теплота парообразования воды L = 2,3·10^6 Дж/кг, удельная теплоёмкость воды C = 4200 Дж/(кг·°C), удельная теплота сгорания сухих дров q = 10^7 Дж/кг.

Возможное решение. Для того, чтобы сообщить определённое количество теплоты дому (печке, трубам и пр.) и одновременно перевести в парообразное состояние некоторое количество воды, которая содержится в мокрых дровах, требуется сжечь мокрых дров больше, чем сухих. Из трубы дым выходит с температурой, несколько превышающей 100 °C. Для простоты примем температуру на улице равной 0 °C, а температуру выходящего дыма равной 100 °C. Тогда при сжигании массы m_0 = 1 кг мокрых дров нагревается на ΔT = 100 °C и испаряется масса воды $m = m_0\frac{\rho_1-\rho_2}{\rho_1}$=1/7 кг. При этом сгорает сухая древесина массой $M = m_0 - m = m_0\frac{\rho_1}{\rho_1} = \frac{6}{7}$ кг. На нагревание и испарение воды массой m затрачивается количество теплоты

$Q_1 = m(C\Delta T + L) = m_0 \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1}(C\Delta T + L) \approx 0{,}39 \cdot 10^6$ Дж. (1)

При сгорании массы M древесины выделяется количество теплоты

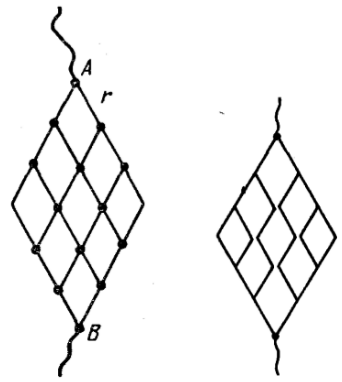
$Q_2 = Mq = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_1} \approx 8{,}57 \cdot 10^6$ Дж. (2)

Следовательно, на отопление дома при сгорании массы m_0 =1 кг мокрых дров уходит количество теплоты $Q_3 = Q_2 - Q_1 = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_1} - m_0 \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1}(C\Delta T + L) \approx 8{,}18 \cdot 10^6$ Дж (3), то есть удельная теплота сгорания мокрых дров равна $q_3 = \frac{Q_3}{m_0} \approx 8{,}57 \cdot 10^6$ Дж/кг (4).

Поэтому для того, чтобы протопить дом, потребуется либо масса M_1 = 20 кг сухих дров, либо масса мокрых дров $M_2 = \frac{M_1 q}{q_3} \approx 24{,}5$ кг.

Критерии оценивания:
Найдены доли массы вод и сухих дров в мокрых – 1 балла
Получено соотношение (1) – 2 балл
Получено соотношение (2) – 2 балл
Найдено соотношение (3) – 2 балла
Получено соотношение (4) и верный численный ответ– 3 балла

Задача 4. Определить сопротивление цепочки между точками A и B, изображенной на рисунке. Сопротивление каждого элемента цепи равно r.



Решение. Точки, имеющие одинаковы потенциалы, можно соединять или разделять, не меняя токов в участках цепи. Тогда можно получить цепь, эквивалентную приведенной в задаче. Ее сопротивление равно 13r/7.

Критерии оценивания.
Указаны эквипотенциальные точки – 3 балла
Предложена правильная схема эквивалентной цепи – 3 балла
Найден верный численный ответ задачи – 4 балла.

Задача 5. Не дождавшись автобуса, пешеход пошёл пешком к следующей автобусной остановке, павильон которой был виден вдали. Через некоторое время он обнаружил, что кажущаяся высота этого павильона в k = 1,5 раза меньше кажущейся высоты павильона, от которого он отошёл. Пройдя ещё L = 100 метров, пешеход заметил, что, наоборот, павильон впереди кажется ему в k = 1,5 раза выше павильона позади. Найдите расстояние между остановками. Считайте, что кажущийся размер предмета обратно пропорционален расстоянию до него. Остановочные павильоны одинаковы, пешеход идёт по соединяющей их прямой.

Возможное решение. Для решения задачи сделаем чертёж (см. рис.). Обозначим на нём буквами A и B начальную и конечную автобусные остановки, буквой C —точку, откуда остановочный павильон В казался пешеходу в k = 1,5 раза ниже павильона A, буквой D — точку, откуда остановочный павильон A казался пешеходу в k = 1,5 раза ниже павильона B. Поскольку видимый размер павильона обратно пропорционален расстоянию до него, то справедливы следующие пропорции $\frac{AC}{CD+DB} = \frac{1}{k}$ и $\frac{DB}{AC+CD} = \frac{1}{k}$. Из них получаем:

$$\frac{AC}{AC+CD+DB} = \frac{1}{k+1} = \frac{AC}{AB}, \qquad \frac{DB}{AC+CD+DB} = \frac{1}{k+1} = \frac{DB}{AB}.$$

С другой стороны CD=AB – AC – DB, откуда

$$\frac{CD}{AB} = 1 - \frac{AC}{AB} - \frac{DB}{AB} = 1 - \frac{1}{k+1} - \frac{1}{k+1} = \frac{k-1}{k+1}.$$

Отсюда, учитывая, что $CD = L$, получаем: $AC = \frac{k+1}{k-1}L$=500 м.

Критерии оценивания.

Получены соотношения для видимого размера павильона –4 балла

Указано соотношение расстояний – 2 балл

Найдено выражение для искомого расстояния – 4 балла

Итого – 10 баллов.