ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ 2019–2020 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
8 класс

Решения и критерии оценивания

Задача 1

Двигаясь на велосипеде по ровной горизонтальной дороге вдоль линии электропередачи, Петя заметил, что на преодоление расстояния между двумя соседними столбами ему требуется время t_1. Когда дорога пошла вниз под горку, Петя стал проезжать расстояние от столба до столба за время t_2. За какое время t_3 Петя проезжал бы расстояние между двумя соседними столбами, если бы всё время ехал с постоянной скоростью, равной средней скорости своего движения по ровному и наклонному участкам дороги? По горизонтальному и наклонному участкам Петя двигался одинаковое время. Расстояния между всеми столбами одинаковы.

Возможное решение

Пусть длина ровного участка дороги равна nS, а наклонного участка – mS, где S – расстояние между двумя соседними столбами. Тогда $nt_1 = mt_2$. Средняя скорость движения по ровному и наклонному участкам дороги равна

$$v_{\text{ср}} = \frac{nS + mS}{nt_1 + mt_2} = \frac{S\left(1 + \frac{m}{n}\right)}{t_1 + \frac{m}{n}t_2} = \frac{S\left(1 + \frac{t_1}{t_2}\right)}{2t_1}.$$

С другой стороны, $v_3 = v_{\text{ср}} = \frac{S}{t_3}$. Следовательно,

$$\frac{S}{t_3} = \frac{S\left(1 + \frac{t_1}{t_2}\right)}{2t_1} \implies t_3 = \frac{2t_1t_2}{t_1 + t_2}.$$

Примечание. Поскольку время движения по горизонтальному и наклонному участкам одинаково, то средняя скорость движения (на обоих участках сразу) будет равна средней арифметической скоростей движения по этим участкам. Решения, в которых обоснованно используется этот факт, следует считать правильными и оценивать полным баллом.

Критерии оценивания

$nt_1 = mt_2$ .... **3 балла**
Определение средней скорости .... **1 балл**
$v_{\text{ср}} = \frac{S\left(1+\frac{t_1}{t_2}\right)}{2t_1}$ .... **4 балла**
$v_3 = v_{\text{ср}} = \frac{S}{t_3}$ .... **1 балл**
$t_3 = \frac{2t_1t_2}{t_1+t_2}$ .... **1 балл**

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.
Максимум за задачу – **10 баллов**.

Задача 2

Бак заполняют жидкостью при помощи шланга, причём объём жидкости, поступающей через шланг за одну секунду, постоянен. Состав вещества жидкости, поступающей в бак, со временем изменяется, и при этом плотность ρ состава равномерно возрастает по закону $\rho = \alpha t$, где t – время заполнения, α – некоторая постоянная величина. Масса содержимого полного бака составила $m = 270$ кг. Чему была равна масса содержимого бака через треть времени его заполнения и через половину этого времени?

Возможное решение

Так как объёмный расход жидкости постоянен, значит, если объём бака равен $6V$ и время его заполнения равно $6t$, то спустя время $2t$ объём вещества в баке равен $2V$, а спустя время $3t$ объём вещества равен $3V$.
Из заданной зависимости плотности вещества от времени следует:

$$\alpha = \frac{\rho(2t)}{2t} = \frac{m_1}{2V \cdot 2t} = \frac{\rho(6t)}{6t} = \frac{m}{6V \cdot 6t} \implies m_1 = \frac{1}{9}m = 30 \text{ кг.}$$

Аналогично:

$$\alpha = \frac{\rho(3t)}{3t} = \frac{m_2}{3V \cdot 3t} = \frac{m}{6V \cdot 6t} \implies m_2 = \frac{1}{4}m = 67{,}5 \text{ кг.}$$

Здесь m_1 – масса вещества спустя время $2t$, m_2 – масса вещества спустя время $3t$, а $\rho(\tau)$ – плотность состава в баке в момент времени t.

Критерии оценивания

Спустя время $2t$ объём вещества равен $2V$ .... **2 балла**

Спустя время $3t$ объём вещества равен $3V$ .... **2 балла**

$\frac{m_1}{2V \cdot 2t} = \frac{m}{6V \cdot 6t}$ .... **2 балла**

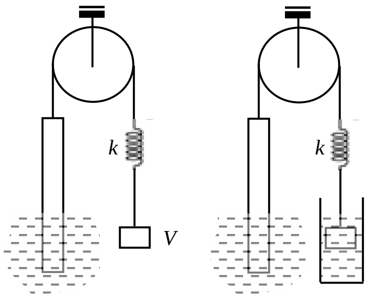
$m_1 = 30$ кг .... **1 балл**

$\frac{m_2}{3V \cdot 3t} = \frac{m}{6V \cdot 6t}$ .... **2 балла**

$m_2 = 67{,}5$ кг .... **1 балл**

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.
Максимум за задачу **– 10 баллов**.

Задача 3



Система, состоящая из тела объёмом V, невесомой пружины жёсткостью k и стержня с поперечным сечением S, частично погружённого в жидкость плотностью ρ, уравновешена с помощью лёгкой нерастяжимой нити, перекинутой через блок (см. рисунок). Трение в оси блока отсутствует. Подвешенное к пружине тело полностью погружают в жидкость плотностью 2ρ, и после этого система вновь оказывается в равновесии.

1) Насколько после установления нового равновесия системы изменится деформация пружины?
2) Насколько при этом изменится глубина погружения стержня в жидкость?
3) При каких соотношениях между параметрами тел и жидкостей система сможет сохранить равновесие?

Возможное решение

Запишем условие равновесия тела до его погружения в жидкость:

$$mg = kx_1,$$

где m – масса тела, x_1 – деформация пружины.
Условие равновесия тела после его погружения в жидкость:

$$mg = kx_2 + 2\rho gV.$$

Вычитая одно уравнение из другого, получаем:

$$\Delta x = x_1 - x_2 = \frac{2\rho gV}{k},$$

где Δx – изменение деформации пружины (пружина после погружения тела в жидкость сожмётся).
При этом должно выполняться условие $\Delta x < x_1$, то есть $m > 2\rho V$. Иными словами, плотность тела должна быть больше плотности жидкости, в которую тело погружают.
Запишем условие равновесия стержня до погружения тела в жидкость:

$$Mg = \rho gV_1 + kx_1,$$

где M – масса стержня, V_1 – объём погруженной части стержня.
Запишем условие равновесия стержня после погружения тела в жидкость:

$$Mg = \rho gV_2 + kx_2.$$

Изменение глубины погружения стержня равно

$$\Delta h = \frac{V_2 - V_1}{S} = \frac{k\Delta x}{\rho gS} = \frac{2V}{S}.$$

При этом полученная величина Δh должна быть меньше части длины стержня, которая вначале (до погружения тела в жидкость) высовывалась из жидкости с плотностью ρ.

Критерии оценивания

$mg = kx_1$ .... **1,5 балла**

$mg = kx_2 + 2\rho gV$ .... **1,5 балла**

$\Delta x = \frac{2\rho gV}{k}$ .... **1 балл**

$Mg = \rho gV_1 + kx_1$ .... **1,5 балла**

$Mg = \rho gV_2 + kx_2$ .... **1,5 балла**

$\Delta h = \frac{V_2 - V_1}{S}$ .... **1 балл**

$\Delta h = \frac{2V}{S}$ .... **1 балл**

Правильно указаны условия, при которых справедливы полученные ответы (по 0,5 балла за каждое условие), ... **1 балл**

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.
Максимум за задачу **– 10 баллов**.

Задача 4

Три тела *A*, *B* и *C* имеют начальные температуры t_A = 10 °C, t_B = 40 °C и t_C = 80 °C соответственно. Если привести в тепловой контакт тела *A* и *B*, то после установления теплового равновесия их температура окажется равной t_{AB} = 20 °C. Если привести в тепловой контакт тела *C* и *B*, то после установления теплового равновесия их температура станет равной t_{CB} = 60 °C. Определите, какая температура установится, если: а) привести в тепловой контакт тела *A* и *C*; б) привести в тепловой контакт все три тела.

Возможное решение

Пусть C_A, C_B, C_C – удельные теплоёмкости тел *A*, *B* и *C* соответственно, а m_A, m_B, m_C – массы этих тел. Запишем уравнение теплового баланса при контакте тел *A* и *B*:

$$C_A m_A (t_{AB} - t_A) = C_B m_B (t_B - t_{AB}).$$

Запишем уравнение теплового баланса при контакте тел *C* и *B*:

$$C_B m_B (t_{CB} - t_B) = C_C m_C (t_C - t_{CB}) \;\Rightarrow\; C_B m_B = C_C m_C.$$

Из этих двух уравнений можно получить следующее соотношение:

$$C_A m_A (t_{AB} - t_A) = \frac{C_C m_C (t_C - t_{CB})}{(t_{CB} - t_B)} (t_B - t_{AB}) \;\Rightarrow\; C_A m_A = 2 C_C m_C.$$

а) Запишем уравнение теплового баланса при контакте тел *A* и *C*:

$$C_A m_A (t_{AC} - t_A) = C_C m_C (t_C - t_{AC}) \;\Rightarrow\; t_{AC} = \frac{t_C + 2t_A}{3} \approx 33{,}3\ ^\circ\mathrm{C},$$

где t_{AC} – установившаяся температура тел *A* и *C*.

б) Запишем уравнение теплового баланса при контакте тел *A*, *B* и *C*:

$$C_A m_A (t_{ABC} - t_A) + C_B m_B (t_{ABC} - t_B) + C_C m_C (t_{ABC} - t_C) = 0,$$

откуда $t_{ABC} = \frac{t_B + t_C + 2t_A}{4} = 35$°C, где t_{ABC} – установившаяся температура тел *A*, *B* и *C*.

Отметим, что в процессе решения задачи может использоваться понятие теплоёмкости тела (вместо удельной теплоёмкости). Формулы при этом будут получаться немного короче, а ответ, разумеется, не изменится.

Критерии оценивания

$C_A m_A(t_{AB} - t_A) = C_B m_B(t_B - t_{AB})$ .... **1 балл**

$C_B m_B(t_{CB} - t_B) = C_C m_C(t_C - t_{CB})$ .... **1 балл**

$C_A m_A(t_{AC} - t_A) = C_C m_C(t_C - t_{AC})$ .... **1 балл**

$t_{AC} \approx 33{,}3$℃ .... **3 балла**

$C_A m_A(t_{ABC} - t_A) + C_B m_B(t_{ABC} - t_B) + C_C m_C(t_{ABC} - t_C) = 0$ .... **2 балла**

$t_{ABC} = 35$℃ .... **2 балла**

Примечание. Допустимо, если в ходе решения разности температур вычисляются и сразу подставляются в выражения в виде чисел, а вместо удельных теплоёмкостей в формулах используются теплоёмкости тел.

Баллы, полученные за верно выполненные действия, суммируются.
Максимум за задачу **– 10 баллов**.

Всего за работу – 40 баллов.