

Интеллектуальный марафон школьников по физике.
Финальный этап. 2021 год.
7 класс

Уважаемые семиклассники, хотим обратить ваше внимание на то, что в финальном туре требуется не только получить ответы на поставленные в задачах вопросы. Для получения баллов за задания необходимо написать полное решение, содержащее поясняющие рисунки (при необходимости), исходные уравнения, рассуждения, вывод необходимых формул и расчеты.

Задание №1

В 1756 г. М. В. Ломоносов проводил опыты по сжиганию металлов в замкнутом объеме воздуха (запаянной реторте), пытаясь опровергнуть мнение Р. Бойля о «присоединении к металлам летучей части огня» и найти подтверждение собственного мнения о сохранении массы веществ при химических реакциях.

В одном из опытов он нагревал в запаянной реторте 1 унцию олова (в то время в России была принята нюрнбергская система весов, аптечный фунт имел массу 358,3 грамма, фунт делился на 12 унций, 96 драхм, 288 скрупул или 5760 гран). При нагревании до температуры выше 220 °С олово соединяется с кислородом воздуха, образуя оксид олова (IV), в котором один атом олова соединен с двумя атомами кислорода.

1. Найдите, какова была масса олова в граммах в опыте Ломоносова?
2. Какой объем имел кусочек олова, если его плотность равна $\rho_{\text{ол}} = 7,31 \text{ г/см}^3$?
3. Сколько грамм кислорода пошло на окисление олова, если объем получившегося оксида $V_{\text{окс}} = 5,41 \text{ см}^3$, а его плотность $\rho_{\text{окс}} = 7,00 \text{ г/см}^3$?

Примечание: все ответы округлите до сотых.

Возможное решение

Вопрос №1.

1 фунт = 358,3 г = 12 унций, значит 1 унция = $358,3/12 = 29,8583 \text{ г} = 29,86 \text{ г}$.

Вопрос №2.

$$\rho_{\text{ол}} = \frac{m_{\text{ол}}}{V_{\text{ол}}}, \text{ тогда } V_{\text{ол}} = \frac{m_{\text{ол}}}{\rho_{\text{ол}}} = \frac{29,8583}{7,31} = 4,0846 \text{ см}^3 = 4,08 \text{ см}^3.$$

Вопрос №3.

Найдем массу получившегося оксида. $m_{\text{окс}} = \rho_{\text{окс}} V_{\text{окс}} = 7,00 \cdot 5,41 = 37,87 \text{ г}$.

Масса оксида больше массы исходного кусочка олова за счет присоединения атомов кислорода. Потому масса кислорода $m_{\text{O}_2} = m_{\text{окс}} - m_{\text{ол}} = 37,87 - 29,86 = 8,01 \text{ г}$.

Критерии оценивания

Вопрос №1 – 3 балла

Верная формула + верные вычисления + корректное округление до сотых = 1+1+1

Вопрос №2 – 3 балла

Верная формула + верные вычисления + корректное округление до сотых = 1+1+1

Вопрос №3 – 4 балла

Верная идея (разница масс оксида и олова) + верная формула для массы оксида + верные вычисления + корректное округление до сотых = 1+1+1+1

Задание №2

15 апреля 1856 года в Канаде был сооружён и позднее запущен первый паровоз «Торонто». Обычно скорость такого паровоза составляла $v_1 = 29$ миль/ч, хотя при желании можно было добиться максимального значения скорости $v_2 = 60$ миль/ч.

Первый канадский паровоз был запущен из Онтарио в Нотерленд и первую треть пути ехал с обычной скоростью v_1 , а последнюю треть времени – с максимальной скоростью v_2 . На втором участке пути скорость паровоза равнялась средней скорости движения на всем пути.

1. Выразите скорости паровоза в м/с.
2. Определите среднюю скорость движения паровоза на всем участке движения.
3. Какой из участков оказался самым коротким, а какой самым длинным?
4. На каком участке паровоз находился дольше всего?

Примечание: 1 миля = 1,6 км.

Вопрос №1

$$v_1 = 29 \frac{\text{миль}}{\text{ч}} = 29 \cdot 1,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 29 \cdot 1,6 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 12,89 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 60 \frac{\text{миль}}{\text{ч}} = 60 \cdot 1,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 60 \cdot 1,6 \cdot \frac{1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 26,67 \text{ м/с}$$

Вопрос №2

Пусть длина всего пути – S , а время всего движения – t . Исходя из условия задачи можем записать выражения для длин S_i и времен t_i , соответствующих i -ому отрезку пути.

$$S_1 = \frac{S}{3}, \text{ соответственно } t_1 = \frac{S_1}{v_1} = \frac{S}{3v_1}.$$

$$t_3 = \frac{t}{3}, \text{ соответственно } S_3 = v_2 t_3 = \frac{v_2 t}{3}.$$

$$S_2 = S - S_1 - S_3 = S - \frac{S}{3} - \frac{v_2 t}{3} = \frac{2}{3}S - \frac{v_2 t}{3}, \text{ аналогично } t_2 = t - t_1 - t_3 = t - \frac{S}{3v_1} - \frac{t}{3} = \frac{2}{3}t - \frac{S}{3v_1}$$

Скорость на втором участке равна средней скорости на всем пути.

$$\frac{S}{t} = \frac{\frac{2}{3}S - \frac{v_2 t}{3}}{\frac{2}{3}t - \frac{S}{3v_1}}, \text{ перемножив по диагонали получим } \frac{2}{3}St - \frac{S^2}{3v_1} = \frac{2}{3}St - \frac{v_2 t^2}{3}, \text{ откуда } \frac{S^2}{t^2} = v_1 v_2, \text{ значит } v_{\text{cp}} = \sqrt{v_1 v_2} =$$

$$\sqrt{12,89 \cdot 26,67} = 18,54 \text{ м/с}$$

Вопрос №3

$S = v_{\text{cp}} t$, тогда $S_1 = \frac{S}{3} = \frac{v_{\text{cp}} t}{3} = 6,18 \text{ м/с} \cdot t$, $S_2 = \frac{2}{3}S - \frac{v_2 t}{3} = (12,36 - 8,89)t = 3,47 \text{ м/с} \cdot t$, $S_3 = \frac{v_2 t}{3} = 8,89 \text{ м/с} \cdot t$. Сравнив полученные результаты сделаем вывод, что самый короткий участок – второй, а самый длинный – третий.

Вопрос №4

Поступим аналогично и выразим времена

$$t_1 = \frac{S}{3v_1} = \frac{v_{\text{cp}} t}{3v_1} = 0,48, \quad t_2 = \frac{2}{3}t - \frac{S}{3v_1} = 0,67t - 0,48t = 0,19t, \quad t_3 = \frac{t}{3} = 0,33t. \text{ Исходя из вычисленных}$$

значений дольше всего паровоз находился на первом участке.

Критерии оценивания

Вопрос №1 – 1 балл

Верное численное значение v_1 + верное численное значение $v_2 = 0,5 + 0,5$

Вопрос №2 – 6 баллов

Верные исходные уравнения + верная формула + верное число = 3 + 2 + 1

Вопрос №3 – 2 балла

Верно указан короткий участок + обоснование + верно указан длинный участок + обоснования = 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5.

Вопрос №4 – 1 балл

Верно выбран участок + обоснование = 0,5 + 0,5

Задание №3

Широко известна история пешего похода Михаила Ломоносова в Москву за знаниями. Когда юный Ломоносов шел «за рыбным обозом» он заметил, что после проезда первых саней по свежему, только что выпавшему снегу, он уплотняется и следующим саням проще ехать по следу. Также он заметил, что если подкопать уплотненный санями снег, то под ним вновь оказывается рыхлый снег, то есть уплотнение происходит не на всю глубину.

Ломоносов выяснил, что толщина исходного слоя свежего снега, подвергающегося уплотнению после проезда первых саней, пропорциональна давлению, которое они оказывают на снег. Также он заметил, что объем уплотнившегося снега составляет 70% от исходного. Так, если приложить давление в 2 кПа к поверхности свежего снега, то деформации подвергнется 10 см верхнего слоя снега, при этом деформированный слой станет тоньше на 3 см.

1. Зависимость толщины деформируемого слоя (h) от приложенного давления (p) опишем формулой $h = ap$. Определите единицы измерения постоянной a и ее численное значение.

2. Максимальная глубина погружения полозьев в снег равна 18 см иначе сани застревают. Каково может быть максимальное давление саней на свежий снег, чтобы сани продолжали движение?

3. Суммарная площадь опорных полозьев саней $0,9 \text{ м}^2$. Масса саней без груза — 80кг. Сколько килограмм рыбы можно положить в сани, чтобы глубина погружения полозьев в снег была оптимальна и составляла 5 см?

4. При описанном выше механизме деформации снега во сколько раз возрастает плотность уплотненного слоя?

Возможное решение

Вопрос №1

Размерность постоянной a (м/Па). Численное значение постоянной $a = \frac{0,1\text{м}}{2000\text{Па}} = 5 \cdot 10^{-5}$ м/Па.

Вопрос №2

Если для продавливания колеи на 3 см требуется давление в 2 кПа, то для колеи глубиной в 18 см потребуется в 6 раз большее давление, т. е. 12 кПа.

Вопрос №3

Для колеи глубиной 5 см требуется давление в $2 \text{ кПа} \cdot 5 \text{ см} / 3 \text{ см} = 3,33 \text{ кПа}$. Сила давления на грунт равна весу саней и при таком давлении равна $F = p \cdot S = 3,33 \text{ кПа} \cdot 0,9 \text{ м}^2 = 3,0 \text{ кН}$. Т.е масса саней с грузом равна 300 кг. Таким образом в сани можно положить $300 - 80 = 220$ кг рыбы.

Вопрос №4

Так как масса и площадь снега не изменяются в процессе уплотнения ($m_{\text{св}} = m_{\text{упл}}$, $S_{\text{св}} = S_{\text{упл}}$), а толщина слоя уменьшается до 70% ($0,7h_{\text{св}} = h_{\text{упл}}$), получаем $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{m_2}{V_2} \cdot \frac{V_1}{m_1} = \frac{S_1 h_1}{S_2 h_2} = \frac{h_1}{0,7h_1} = 1,43$

Критерии оценивания

Вопрос №1 – 2 балла

Размерность + число = 1+1

Вопрос №2 – 2 балла

Формула + число = 1+1

Вопрос №3 – 3 балла

Формула + вычисления + не забыли вычесть массу саней = 1+1+1

Вопрос №4 – 3 балла

Верные формулы + число = 2+1