Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников

по физике

2021-2022 учебный год

11 класс

Задача 1. Вагонетка должна перевезти груз в кратчайший срок с одного места на другое, находящееся на расстоянии L. Она может ускорять или замедлять свое движение только с одинаковым по величине и постоянным по модулю ускорением a, переходя за тем в равномерное движение или останавливаясь. Какой наибольшей скорости v должна достичь вагонетка, чтобы выполнить указанное требование?

Решение. Время перевозки вагонетки будет наименьшим. Если средняя скорость перемещения вагонетки будет наибольшей. Это может быть лишь в случае, если вагонетка двигается первую половину пути с ускорением $+a$, а вторую – с ускорением $–a$. Тогда можно записать следующие соотношения: $\tau/2 = v/a$ и $2 \cdot \frac{1}{2} v \frac{\tau}{2} = L$. Из этих уравнений следует ответ $v = \sqrt{aL}$.

Критерии оценивания:

Указано условие минимальности времени – 5 баллов

Записаны два уравнения для расстояния и скорости – 3 балла

Получен правильный ответ – 2 балла

Задача 2. В водоеме укреплена вертикальная труба с поршнем таким образом, что ее нижний конец погружен в воду. Поршень, лежавший вначале на поверхности воды, медленно поднимают на высоту H=15 м. Какую работу пришлось совершить при этом? Площадь поршня S=1 дм^2, атмосферное давление p = 101 кПа.

Решение. Давление воды непосредственно под поршнем равно величине $p - \rho_0 gh$, где h – высота подъема поршня. Сила, поднимающая поршень, равна разности сил давлений снизу и сверху поршня, то есть $F = [p - (p - \rho_0 hg)]S$. Когда поршень поднимают на высоту h=p/($\rho_0 g$)=10 м, то эта сила линейно возрастает до величины pS. Далее эта сила остается постоянной. Потому работа, совершенная при подъеме поршня, будет равна $A = \frac{pS}{2} \cdot + pS\left(H - \frac{p}{\rho_0 g}\right) = \frac{pS}{2}\left(2H - \frac{p}{\rho_0 g}\right)$=9800 Дж

Критерии оценивания:

Определена зависимость силы от высоты подъема – 3 баллов

Найдена критическая высота подъема – 2 балла

Получена формула для работы – 3 балла

Получен верный итоговый ответ – 2 балла.

Задача 3. Стеклянный баллон объемом V=1 л был наполнен испытуемым газом до давления $p=10^5$ Па и взвешен. Его вес оказался равным Q=0,9898 Н. Затем часть газа удалена так, что давление в баллоне упало до $p_1=5\cdot10^4$ Па. Новый вес баллона оказался равным Q_1=0,9800 Н. Какова плотность испытуемого газа при нормальном атмосферном давлении? Температура постоянна.

Решение. Из закона Бойля-Мариотта следует, что при атмосферном давлении газ, заполняющий баллон до откачки, занимал бы объем $V_0 = \frac{p_1 V}{p_0}$. Газ, оставшийся в баллоне после откачки, занимал бы объем $V_0' = \frac{p_2 V}{p_0}$. Объем выкачанного газа при атмосферном давлении равен $V_0 - V'_0 = \frac{(p_1 - p_2)V}{p_0}$, а его масса $m = \frac{(Q_1 - Q_2)}{g}$. Отсюда плотность газа при атмосферном давлении $\rho = \frac{m}{V - V'_0} = \frac{(Q_1 - Q_2)p_0}{g(p_1 - p_2)V}$=2,1 кг/м^3.

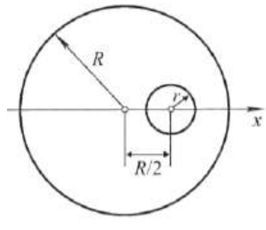
Критерии оценивания:

Определен объем откачанного газа – 6 баллов

Получена формула для плотности – 3 балла

Получен верный итоговый ответ – 1 балла.

Задача 4. В однородном тонком диске радиуса R вырезано отверстие радиуса $r<R/2$, центр которого находится на расстоянии $R/2$ от центра диска. На каком расстоянии x от центра диска находится центр масс этой системы.



Решение. Будем рассматривать систему, так как если бы в большом диске не было отверстия, но в центре малого диска действовала бы сила F, направленная вверх и равная силе тяжести вырезанной части. Пусть масса единицы поверхности диска равна ρ. Тогда масса большого диска без выреза $M = \pi\rho R^2$, а малого – $m = \pi\rho r^2$. Центр масс определяется равенством моментов сил тяжести большого диска и силы F. Исходя из физических соображений эта точка должна лежать левее центра о большого диска по оси X. Поскольку система находится в равновесии, то $Mgx + mg\left(\frac{R}{2} + x\right) = 0$. Из этого уравнения после подстановки величин масс получим: $x = \frac{1}{2}\frac{r^2 R}{R^2 - r^2}$.

Критерии оценивания:

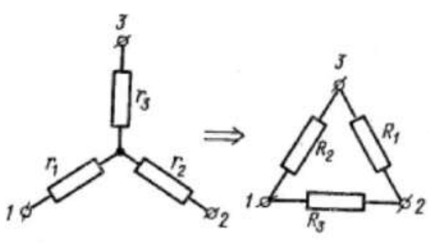
Выражены массы через величину поверхностной плотности – 3 балла

Обосновано равенство моментов сил относительно центра масс – 3 балла

Получено уравнения моментов – 3 балла

Получен итоговый правильный ответ – 1 балл

Задача 5. Какими должны быть сопротивления r_1, r_2 и r_3 для того, чтобы составляенную из них «звезду» можно было бы включить вместо «треугольника», составленного из сопротивлений R_1, R_2 и R_3?



Решение: в схеме «звезда» между точками 1 и 2 сопротивление равно r_1+r_2, а в схеме «треугольник» – $\frac{R_3(R_1+R_2)}{R_1+R_2+R_3}$. Эти сопротивления должны быть равны. Приравнивая аналогично сопротивления между точками 2 и 3, 1 и 3 получим: $r_2+r_3=\frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}$ и $r_1+r_3=\frac{R_2(R_1+R_3)}{R_1+R_2+R_3}$. Решая полученную систему уравнений, найдем:

$r_1=\frac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3}$, $r_2=\frac{R_1R_3}{R_1+R_2+R_3}$ и $r_3=\frac{R_2R_1}{R_1+R_2+R_3}$

Критерии оценивания:

Записано выражение сопротивления между точками по схеме «звезда» для каждой пары – 3 балла

Записано выражение сопротивления между точками по схеме «треугольник» для каждой пары – 6 баллов

Получен итоговый правильный ответ – 1 балл