

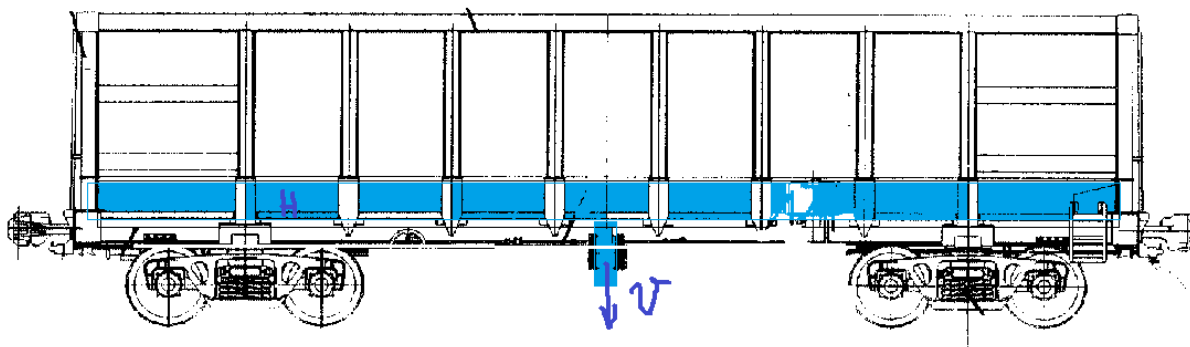
Физика.10 класс

2 вариант

Решения и критерии оценивания

Задача 1. В открытый вагон массой, движущийся с постоянной скоростью u , имеющий площадь дна S и отверстие в полу площадью S_1 , вертикально вниз падают капли дождя. Скорость выпадения осадков на поверхность Земли составляет $\frac{\Delta h}{\Delta t}$. Оцените площадь отверстия в полу, если в вагоне скопилась масса воды m . Трением пренебечь. Плотность воды 1 г/см^3 , в экваториальном поясе скорость выпадения осадков может составлять до 60 мм/час , площадь дна вагона $S=40\text{ м}^2$, $m=600\text{ кг}$.

Решение



1. Пусть v скорость истечения воды из вагона, тогда масса вытекающей жидкости за промежуток времени t :

$$m_{в1} = \rho S_1 v t \quad (1)$$

2. За этот же промежуток времени в вагон попала вода массой:

$$m_{в2} = \rho S \frac{\Delta h}{\Delta t} t. \quad (2)$$

3. Вагон движется с постоянной скоростью, это означает, что его масса не меняется, то есть сколько воды наливается за счет идущего дождя, столько и выливается через отверстие за единицу времени:

$$S_1 v = S \frac{\Delta h}{\Delta t}. \quad (3)$$

4. С другой стороны, скорость истечения воды через отверстие в полу определяется высотой уровня воды в вагоне:

$$v = \sqrt{2gH} \quad (4)$$

5. Масса, скопившихся осадков в вагоне:

$$m = \rho H S \quad (5)$$

6. Решая совместно (3), (4) и (5) уравнения, найдем площадь отверстия S_1 в полу:

$$S_1 = S \frac{\Delta h}{\Delta t} \sqrt{\frac{\rho S}{2gm}} = 12,17 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (6)$$

Критерии оценивания

1. Записана масса воды, вытекающая через отверстие (1) – 4 баллов

2. Записано выражения для массы воды, попадающей в вагон за счет дождя (2) – 3 баллов;
3. Записано уравнение (3) – 3 балла
4. Определена скорость истечения воды из вагона (4) – 4 балла
5. Записана масса скопившейся воды (5) – 2 балла;
6. Записана формула для расчета площади отверстия – 3 балла;
7. Рассчитана масса – 1 балл

Задача 2. При демонстрации маятника Ньютона, представленного на рис 1, при отклонении двух шариков всегда отскакивает два шарика. Докажите это.



Рис.1

Решение

Пусть k_1 - количество отведенных шариков, k_2 - количество отскакивших шариков.

1. Запишем закон сохранения импульса:

$$k_1 m v_1 = k_2 m v_2 \quad (1)$$
2. Запишем закон сохранения энергии:

$$k_1 m v_1^2 = k_2 m v_2^2 \quad (2)$$
3. Возведем в квадрат (1) уравнение и поделим на (2) и получим:

$$k_1 = k_2 \quad (3)$$

Критерии оценивания:

1. Записано уравнение (1) – 3 баллов
2. Записано уравнение (2) – 3 баллов
3. Доказано (3)- 4 баллов

Задача 3. В ртутный манометр попала капля воды массой m и испарилась. Определите разность показаний исправного и этого манометров $\Delta H = H_{\text{и}} - H_{\text{н}}$.

Плотность ртути $\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, молярная масса воды 18 г/моль , температура окружающей среды 20°C , площадь сечения трубки $S = 0,1 \text{ см}^2$, длина трубки $\ell = 1 \text{ м}$ над уровнем ртути в соседнем колене, высота ртути в неисправном манометре 750 мм , масса капли воды $m = 10 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$

Решение

Обозначим P_0 – давление атмосферное, $P_{\text{в}}$ – давление водяных паров в трубке над ртутью.

1. Запишем равенство давлений для неисправного и исправного манометров:

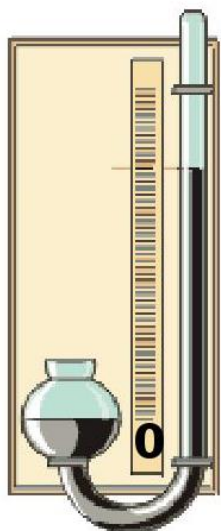
$$P_0 = \rho g H_{\text{н}} + P_{\text{в}} \quad (1)$$

$$P_0 = \rho g H_{\text{и}} \quad (2)$$

2. Из (1) и (2) найдем давление водяных паров над ртутью:

$$P_{\text{в}} = \rho g \Delta H \quad (3)$$

3. С другой стороны, по закону Менделеева-Клапейрона давление водяных паров равно:



$$P_B = \frac{mRT}{\mu V} \quad (4)$$

4. Где V – объём занимаемый парами воды

$$V = (\ell - H_H)S \quad (5)$$

5. Решая совместно уравнения (3), (4) и (5) находим разность показаний манометров:

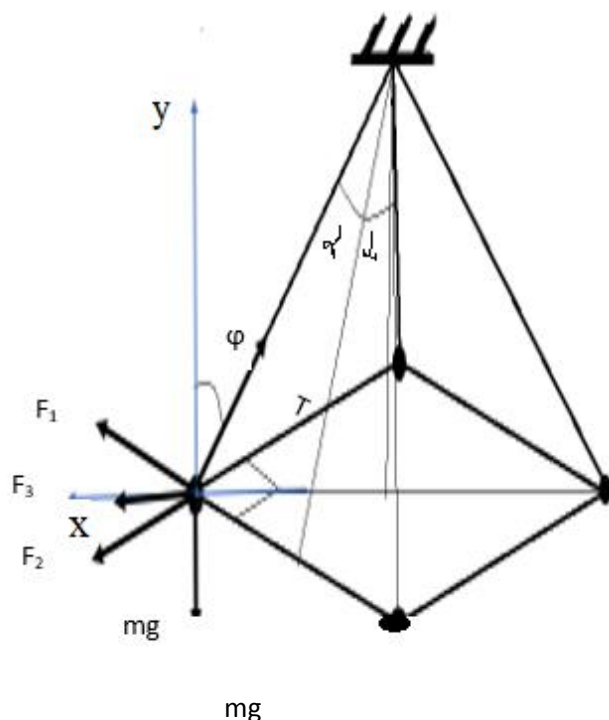
$$\Delta H = \frac{mRT}{\rho g \mu S (\ell - H_H)} = 3,97 \cdot 10^{-3} \approx 4 \text{ мм} \quad (6)$$

Критерии оценивания

1. Записаны уравнения для исправного и неисправного манометров – 4 балла;
2. Записано давление водяных паров для ртути на основе (1) и (2) уравнений – 4 балла;
3. Записано уравнение (4) – 3 балла;
4. Записано уравнение (5) – 2 балла
5. Найдена формула для расчета разность показаний манометров (6) – 6 баллов;
6. Определена масса паров воды – 1 балл

Задача 4. Четыре небольших одинаково заряженных шарика массы m подвешены на тонких невесомых непроводящих нитях длиной ℓ . Найти массу каждого шарика, если углы между разошедшимися нитями 2α . Известно, что $q=55 \text{ мкКл}$, $2\alpha=30^\circ$, $\ell=1 \text{ м}$, постоянная в законе Кулона $k=9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$.

Решение



1. Шарики разойдутся так, что в основании будет квадрат.

2. В плоскости квадрата будут действовать Кулоновские силы. Со стороны ближайших зарядов:

$$F_1 = F_2 = k \frac{q^2}{a^2} \quad (1)$$

И сила со стороны заряда, расположенного по диагонали:

$$F_3 = k \frac{q^2}{2a^2} \quad (2)$$

3. Суммарная кулоновская сила вдоль оси ox будет равна:

$$F_k = 2F_1 \cos(45^\circ) + F_3 = k \frac{q^2}{a^2} \left(\frac{2\sqrt{2}+1}{2} \right) \quad (3)$$

4. Запишем равенство сил по осям:

$$\text{По оси } x: F_k = T \sin(\varphi) \quad (4)$$

$$\text{По оси } Y: mg = T \cos(\varphi) \quad (5)$$

$$F_k = mg \operatorname{tg}(\varphi) \quad (6)$$

5. Сторона квадрата равна $a = 2\ell \sin \alpha$ (7)

6. Угол между диагональю квадрата и высотой пирамиды (см. рис.) равен углу между нитью и осью y :

$$\sin \varphi = \frac{a\sqrt{2}}{2\ell} = \sqrt{2} \sin \alpha \quad (8)$$

$$7. \operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{2} \sin \alpha}{\sqrt{1-2 \sin^2 \alpha}} \quad (9)$$

$$8. k \frac{q^2}{a^2} \left(\frac{2\sqrt{2}+1}{2} \right) = mg \frac{\sqrt{2} \sin \alpha}{\sqrt{1-2 \sin^2 \alpha}} \quad (10)$$

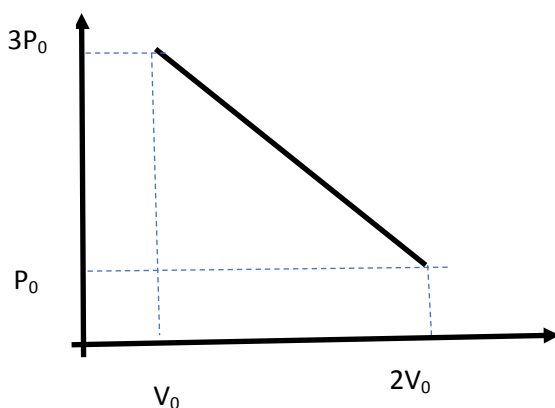
9. Выразим массу:

$$m = \frac{kq^2(2\sqrt{2}+1)\sqrt{1-2\sin^2\alpha}}{8g\ell^2 \sin^3 \alpha \sqrt{2}} = 0,007 \text{ кг}$$

Критерии оценивания

1. Указано, что когда шарики разойдутся в основании будет квадрат – 1 балла;
2. Записано уравнение (1) и (2) – 4 балла;
3. Записано уравнение (3) – 3 балла;
4. Найдена суммарная кулоновская сила вдоль оси x – 5 баллов;
5. Записано уравнение (4) – 3 балла;
6. Записано уравнение (5) – 3 балла;
7. Уравнение (7) – 2 балла;
8. Уравнение (8) – 2 балла;
9. Найдена формула для расчета массы заряда – 5 баллов;
10. Рассчитана масса – 2 балла.

Задача 5 Один моль газа совершает цикл, представленный на рисунке. Найдите максимальную температуру, если $P_0 = 10^5$ Па, $V_0 = 8,31$ л.



Решение:

Решим задачу в общем виде.

1. Запишем уравнение зависимости давления от температуры:

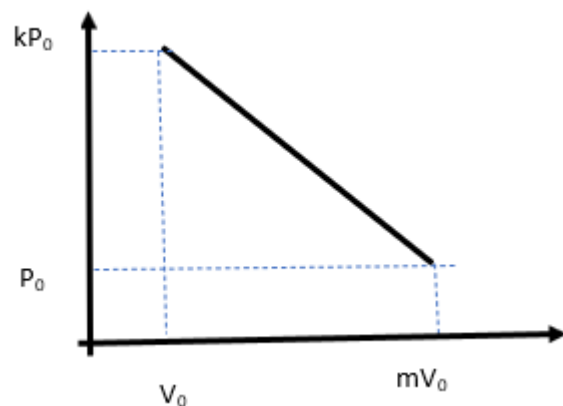
$$P = \alpha V + b, \quad (1)$$

$$\text{где } \alpha = -\frac{(k-1)P_0}{(m-1)V_0} \quad (2)$$

2. Подставим в уравнение (1) значения для двух крайних точек и найдем b:

$$kP_0 = \alpha V_0 + b$$

$$P_0 = \alpha mV_0 + b$$



$$b = \frac{(km-1)}{(m-1)} P_0 \quad (3)$$

3. Подставим уравнение (1) в уравнение Менделеева-Клапейрона и выразим температуру:

$$T = \frac{1}{\nu R} (\alpha V^2 + bV) \quad (4)$$

Уравнение (4) является квадратным. Максимальная или минимальная температура находится в вершине этой параболы.

4. Объём, при котором наблюдается экстремальная температура:

$$V_b = -\frac{b}{2\alpha} \quad (5)$$

Подставим (5) в (4) и найдем экстремальную температуру:

$$T_3 = -\frac{b^2}{2\nu R \alpha} = \frac{(km-1)^2 P_0 V_0}{2(m-1)(k-1)\nu R} \quad (6)$$

5. В нашем случае $k=4$, $m=3$

$$T_3 = \frac{(5)^2 P_0 V_0}{2 \cdot 1(2)\nu R} = 6,25 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$$

6. Проверим, что это действительно максимальная температура

Температура в первой точке:

$$T_1 = \frac{4P_0 V_0}{\nu R}$$

Температура в первой точке:

$$T_1 = \frac{3P_0 V_0}{\nu R}$$

Таким образом, найденная нами температура является максимальной

$$T_{\max} = T_3 = 6,25 \frac{P_0 V_0}{\nu R} = 625 \text{ K}$$

Критерии оценивания

1. Записано уравнение зависимости давления от температуры – 2 балла;
2. Найден коэффициент α - 2 балла;
3. Найден коэффициент b - 2 балла;
4. Найдена зависимость температуры от объёма – 5 баллов
5. Найден объём (5) – 2 балла
6. Найдена формула для расчета экстремальная температура – 4 балла;
7. Доказано, что эта температура максимальна – 2 балла;
8. Найдено значение температуры – 1 балл.