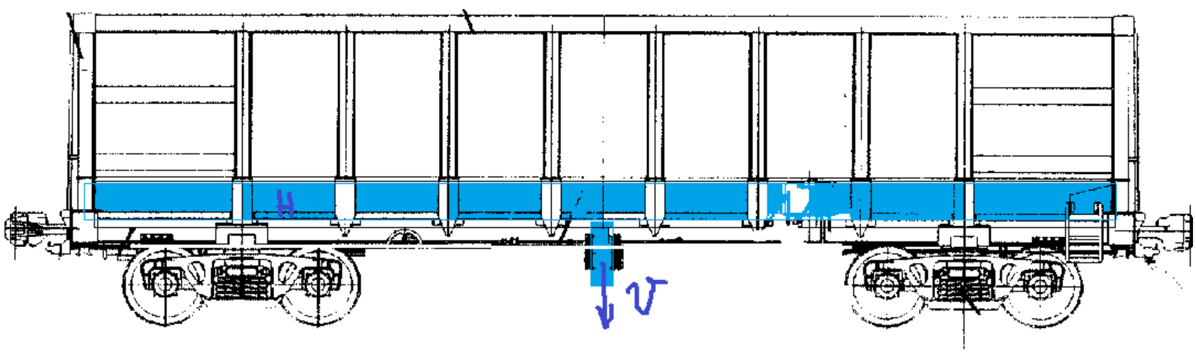
Физика.10 класс

3 вариант

Решения и критерии оценивания

Задача 1. В открытый вагон массой, двигающийся 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 скорость выпадения осадков, если в вагоне скопилась масса воды m. Трением пренебречь. Плотность воды 1г/см^3, в экваториальном поясе скорость выпадения осадков может составлять до 60 мм/час, площадь дна вагона S=40 м^2, площадь отверстий в полу $S_1 = 12$ см^2, масса воды m=600 кг.

Решение



1. Пусть v скорость истечения воды из вагона, тогда масса вытекающей жидкости за промежуток времени t:
   $m_{в1} = \rho s_1 vt$ (1)
2. За этот же промежуток времени в вагон попала вода массой:
   $m_{в2} = \rho S \frac{\Delta h}{\Delta t} t.$ (2)
3. Вагон двигается 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:
   $S_1 v = S \frac{\Delta h}{\Delta t}.$ (3)
4. С другой стороны, скорость истечения воды через отверстие в полу определяется высотой уровня воды в вагоне:
   $v = \sqrt{2gH}$ (4)
5. Масса, скопившихся осадков в вагоне:
   $m = \rho HS$ (5)
6. Решая совместно (3), (4) и (5) уравнения, найдем скорость выпадения осадков:
   $\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{S_1}{S}\sqrt{\left(\frac{2gm}{\rho S}\right)} = 1{,}64 \cdot 10^{-4}\,\frac{м}{с} = 059$ мм/час 1(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 скорости выпадения осадков – 3 балла;
7. Рассчитана скорость выпадения осадков – 1 балл

Задача 2. При демонстрации маятника Ньютона, представленного на рис 1, при отклонении одного шарика не отскочить два шарика. Докажите это.

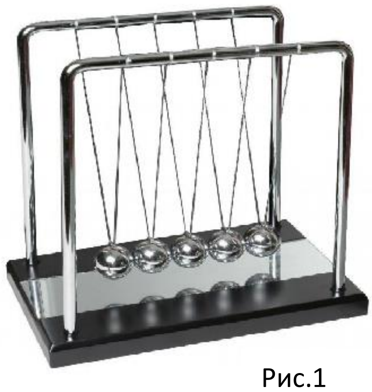


Рис.1

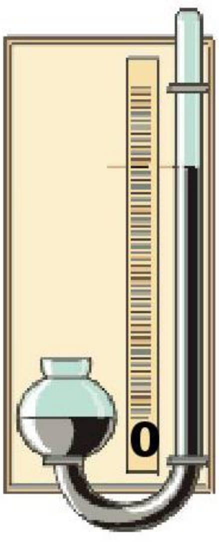
Решение

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

1. Запишем закон сохранения импульса:
   $k_1 m\vartheta_1 = k_2 m\vartheta_2$ (1)
2. Запишем закон сохранения энергии:
   $k_1 m v_1^2 = k_2 m v_2^2$ (2)
3. Возведем в квадрат (1) уравнение и поделим на (2) и получим:
   $k_1 = k_2$ (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 капелька воды массой m и испарилась. Определите длину трубки ℓнад уровнем ртути в соседнем колене, если известна разность показаний исправного и этого манометров ΔH=$H_и$ - $H_н$.



Плотность ртути $\rho_{Hg} = 13600$ кг/м^3, ускорение свободного падения g=10 м/с^2, молярная масса воды 18 г/моль, температура окружающей среды 20^{0}C, площадь сечения трубки S=0, 1 см^2, высота ртути в неисправном манометре 750 мм, масса капли воды m= $10 \cdot 10^{-9}$кг , $\Delta H = 4$ мм.

Решение

Обозначим Po – давление атмосферное, $P_в$ –давление водяных паров в трубке над ртутью.

1. Запишем равенство давлений для неисправного и исправного манометров:

$P_0 = \rho g H_Н + P_в$ (1)

$P_0 = \rho g H_и$ (2)

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

$P_в = \rho g \Delta H$ (3)

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

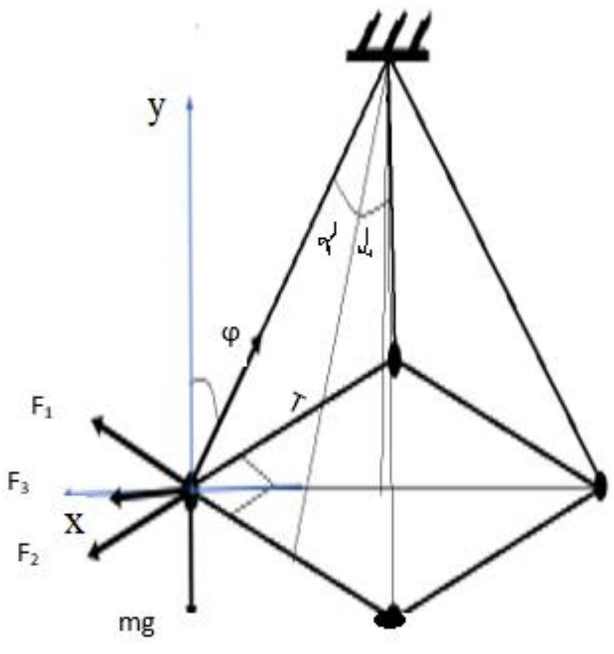
$P_в = \frac{mRT}{\mu V}$ (4)

4. Где V ─ объём занимаемый парами воды
   $V = (\ell - H_H)S$ (5)
5. Решая совместно уравнения (3), (4) и (5) находим длину трубки:
   $\ell = \frac{mRT}{\Delta H\rho g\mu S} + H_H = 1$ м (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 длины трубки (6) – 6 баллов;
   6. Определена длина трубки – 1 балл

Задача 4. Четыре небольших одинаково заряженных шарика массы m подвешены на тонких невесомых непроводящих нитях длиной ℓ. Найдите длину нити ℓ, если, углы между разошедшимися нитями 2α. Известно, что q=55 мкКл, $2\alpha=30^0$, масса каждого шарика m=7 г постоянная в законе Кулона $k=9\cdot10^9$ Н·м^2/Кл^2.

Решение



mg

1. Шарики разойдутся так, что в основании будет квадрат.
2. В плоскости квадрата будут действовать Кулоновские силы. Со стороны ближайших зарядов:

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

И сила со стороны заряда, расположенного по диагонали:

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

3. Суммарная кулоновская сила вдоль оси ох будет равна:

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

4. Запишем равенство сил по осям:

По оси x: $F_k = T\sin(\varphi)$ (4)

По оси Y: $mg = T\cos(\varphi)$ (5)

$F_k = mg\,\mathrm{tg}(\varphi)$ (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 у:

   $\sin\varphi = \frac{a\sqrt{2}}{2\ell} = \sqrt{2}\sin\alpha$ (8)
7. $\mathrm{tg}\,\varphi = \frac{\sqrt{2}\sin\alpha}{\sqrt{1-2\sin^2\alpha}}$ (9)
8. $k\frac{q^2}{a^2}(\frac{2\sqrt{2}+1}{2}) = mg\frac{\sqrt{2}\sin\alpha}{\sqrt{1-2\sin^2\alpha}}$ (10)

9. Выразим длину нити:

$$\ell = \sqrt{\frac{kq^2(2\sqrt{2}+1)\sqrt{1-2\sin^2\alpha}}{8\sqrt{2}mg\sin^3\alpha}} = 1 \text{ м}$$

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 длины нити – 5 баллов;
10. Рассчитана длина нити – 2 балла.

Задача 5 Два моля газа совершает процесс, представленный на рис.3. Найдите максимальную температуру, если $P_0 = 10^5$ Па, $V_0 = 8,31$ л.

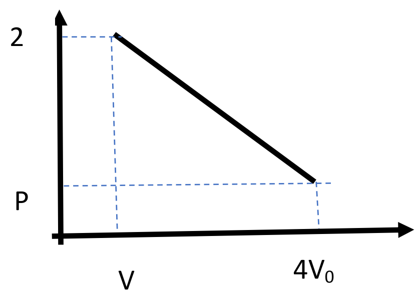
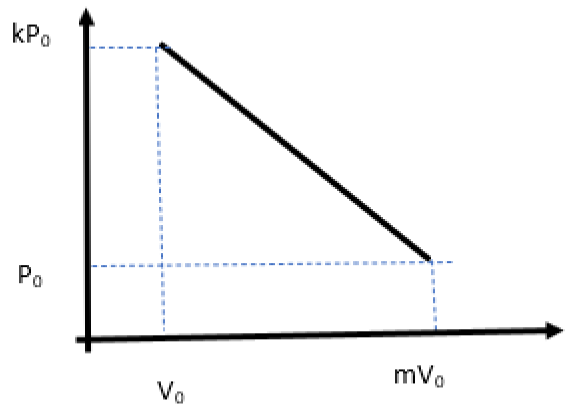


Рис. 3

Решение:

Решим задачу в общем виде.

1. Запишем уравнение зависимости давления от температуры:
   $P = \alpha V + b$, (1)
   где $\alpha = -\frac{(k-1)P_0}{(m-1)V_0}$ (2)



2. Подставим в уравнение (1) значения для двух крайних точек и найдем b:
   $kP_0 = \alpha V_0 + b$
   $P_0 = \alpha m V_0 + b$

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

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

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

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

4. Объём, при котором наблюдается экстремальная температура:

   $V_в = -\frac{b}{2\alpha}$ (5)

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

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

5. В нашем случае k=2, m=4

$$T_э = \frac{(7)^2 P_0 V_0}{2 \cdot 1(4)\nu R} = 16{,}3 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$$

6. Проверим, что это действительно максимальная температура

   Температура в первой точке:

$$T_1 = \frac{2P_0 V_0}{\nu R}$$

   Температура во второй точке:

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

   Таким образом , найденная нами температура является максимальной

   $T_{мах} = T_э = 16{,}3 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$=815 К

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 максимальной температуры – 1 балл.