

# Физика.10 класс

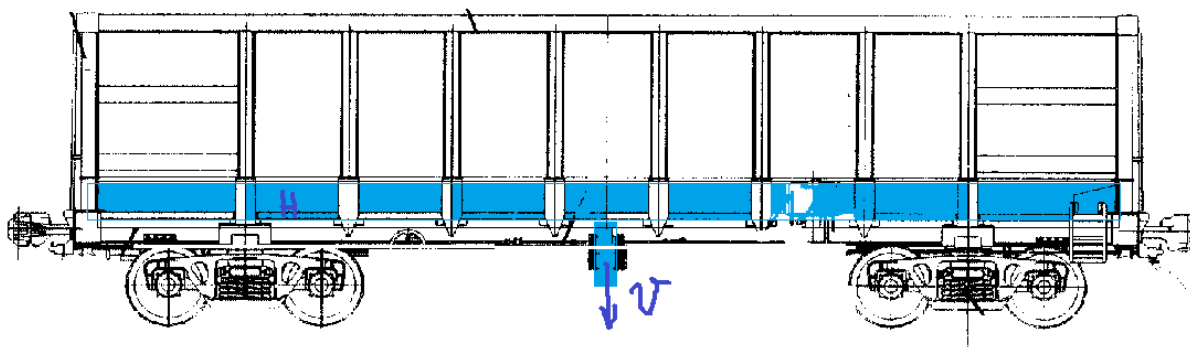
1 вариант

Решения и критерии оценивания

**Задача 1.** В открытый дырявый вагон, движущийся с постоянной скоростью  $u$ , имеющий площадь дна  $S$  и общую площадь отверстий в полу  $S_1$ , падает дождь. Скорость выпадения осадков на поверхность Земли составляет  $\frac{\Delta h}{\Delta t}$ . Оцените массу воды, скопившуюся в вагоне. Трением пренебrecь.

Плотность воды  $1\text{ г/см}^3$ , в экваториальном поясе скорость выпадения осадков может составлять до  $60\text{ мм/час}$ , площадь дна вагона  $S=40\text{ м}^2$ , площадь отверстия  $S_1=12\text{ см}^2$ .

Решение



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

$$m_{B1} = \rho S_1 v t \quad (1)$$

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

$$m_{B2} = \rho \frac{\Delta h}{\Delta t} t. \quad (2)$$

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. Решая совместно уравнения (3) и (4) определим высоту уровня скопившейся воды в вагоне:

$$H = \frac{1}{2g} \left( \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{S}{S_1} \right)^2 \quad (5)$$

6. Масса воды:

$$M_b = \rho H S = \frac{\rho S}{2g} \left( \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{S}{S_1} \right)^2 = 617,3\text{ кг} \quad (6)$$

### 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. Выведена формула для высоты скопившейся воды в вагоне (5) – 3 балла;
6. Записана формула для расчета массы скопившейся воды – 2 балла;
7. Рассчитана масса – 1 балл

**Задача 2.** При демонстрации маятника Ньютона, представленного на рис 1, всегда отскакивает столько шаров, сколько налетает. Объясните это.



Рис.1

### Решение

Пусть  $k_1$  - количество отведенных шариков,  $k_2$  - количество отскочивших 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
- 4.

**Задача 3.** В ртутный манометр попала капля воды и испарилась. Зная разность показаний исправного и этого манометров  $\Delta H = H_{\text{и}} - H_{\text{н}}$ , определите её массу.

Плотность ртути  $\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения  $g=10 \text{ м/с}^2$ , молярная масса воды  $18 \text{ г/см}^3$ ,  $\Delta H=5 \text{ мм}$ , температура окружающей среды  $27^\circ\text{C}$ , площадь сечения трубки  $S=0,1 \text{ см}^2$ , длина трубки  $\ell=1 \text{ м}$ , высота ртути в неисправном манометре  $755 \text{ мм}$ .

### Решение

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

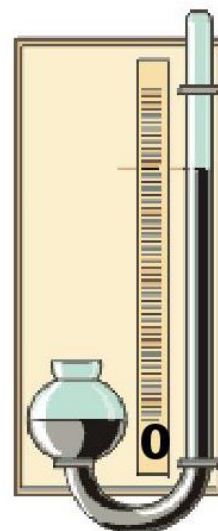
1. Запишем равенство давлений для неисправного и исправного манометров:

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

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

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:

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

4. Где  $V$  – объём занимаемый парами воды

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

5. Решая совместно уравнения (3), (4) и (5) находим массу водяных паров:

$$m = \frac{\rho g \Delta H \mu S (\ell - H_H)}{RT} = 1,23 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$$

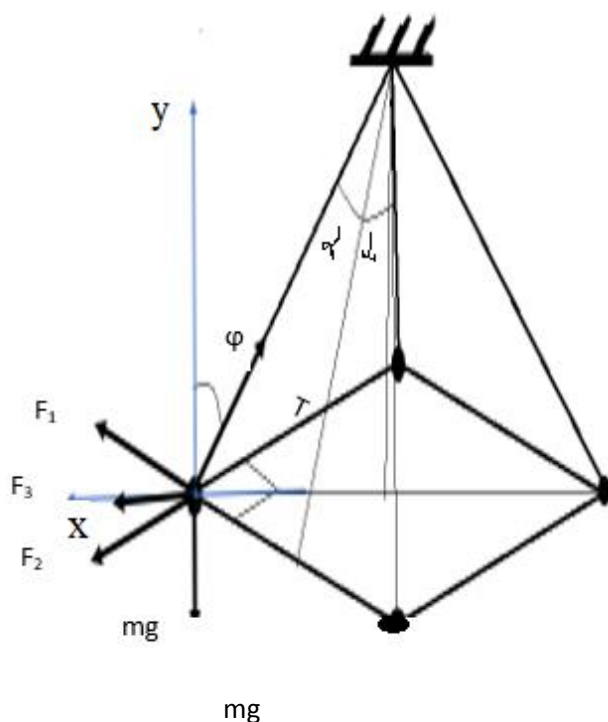
Критерии оценивания

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 массы водяных паров (6) – 6 баллов;
6. Определена масса паров воды – 1 балл

**Задача 4.** Четыре небольших одинаково заряженных шарика массы  $m$  подвешены на тонких непроводящих нитях длиной  $\ell$ . Найти заряд  $q$  каждого шарика, если углы между разошедшимися нитями  $2\alpha$ . Известно, что  $m=5 \text{ г}$ ,  $2\alpha=30^\circ$ ,  $\ell=1 \text{ м}$ .

На случай отсутствия калькулятора:  $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$

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:

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

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

$$F_k = mg \tan(\varphi) \quad (6)$$

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

$$6. \sin \varphi = \frac{a\sqrt{2}}{2\ell} = \sqrt{2} \sin \alpha \quad (8)$$

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

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

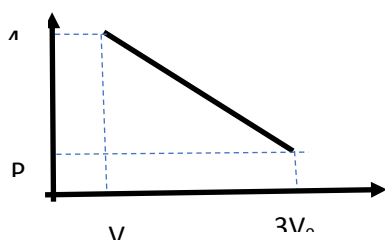
9. Выразим заряд:

$$q = \sqrt{\frac{8mg\ell^2 \sin^3 \alpha \sqrt{2}}{k(2\sqrt{2} + 1)\sqrt{1 - 2\sin^2 \alpha}}} = 553 \text{ нКл}$$

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 заряда – 5 баллов;
10. Рассчитан заряд – 2 балла.

Задача 5 Два моля газа газ совершают процесс, представленный на рисунке. Найдите максимальную температуру, если  $P_0 = 10^5$  Па,  $P_0 = 8,31$  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:

$$kP_0 = \alpha V_0 + b$$

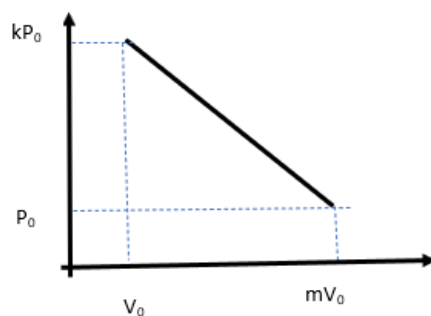
$$P_0 = \alpha mV_0 + b$$

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

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:

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

5. В нашем случае  $k=4$ ,  $m=3$

$$T_э = \frac{(11)^2 P_0 V_0}{2 \cdot 2(3)\nu R} = 10,08 \frac{P_0 V_0}{\nu R}$$

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

$$T_{\max} = T_э = 10,08 \frac{P_0 V_0}{\nu R} = 504K$$

#### Критерии оценивания

1. Записано уравнение зависимости давления от температуры – 2 балла;
2. Найден коэффициент  $\alpha$  - 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.