Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

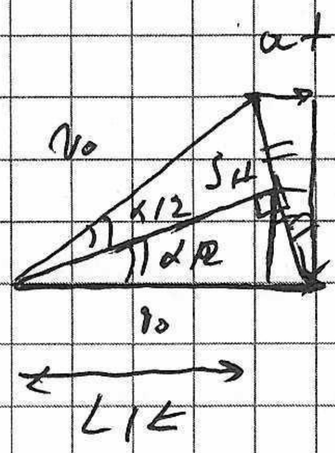
Схема заполнения

Для билета

Для билета

Вариант задания 2

Задача 1.



$$tg\frac{\alpha}{2} = \frac{a}{g}$$

Вр-я скор-сь подъема — $\frac{S}{t}$

$$v_y = v_0\sin\alpha - gt = 0 \Rightarrow v_0\sin\alpha = gt$$

$$h = v_0\sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} = \frac{gt^2}{2}$$

$$tg\frac{\alpha}{2} = \frac{h}{L} = \frac{\frac{gt^2}{2}}{L} = \frac{1}{2} \to \frac{a}{g} = \frac{1}{2} \Rightarrow \underline{a = \frac{g}{2} = 6\ м/с^2}$$

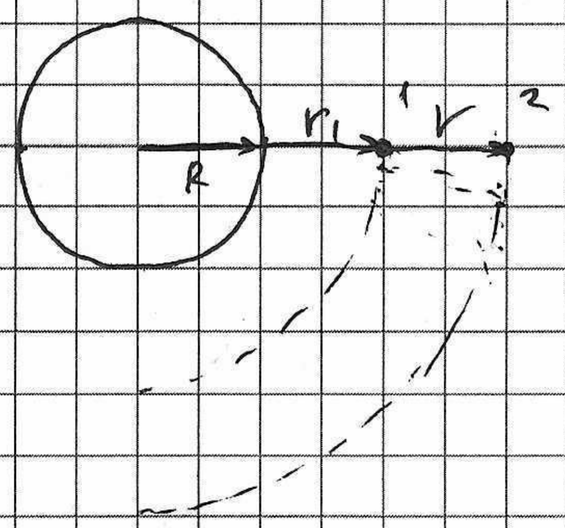
$$v_0\cos\alpha + at = v_0$$

$$L = v_0\cos\alpha\, t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow L = (v_0 - at)t + \frac{at^2}{2} \to L = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$v_0 = \frac{L}{t} + \frac{at^2}{2} = \frac{L}{t} + \frac{gt}{4} = \underline{10\ м/с}$$

Ответ: $v_0 = 10\ м/с$; $a = 5\ \frac{м}{с^2}$

Задача 2



Допустим спутник 1 движется с w_0.

А 2 спутник с w'

Тогда, понятно, что если мы нулюдим в СО спутника, то спутник 2 будет с $w' - w_0$ и он совершит 2 об. за 2 сут.

Т.е. $\frac{T}{2} \cdot 2\pi = (w' - w_0) T$, где $T = 12$ часов

$$(w' - w_0) = \frac{2\pi}{T}$$

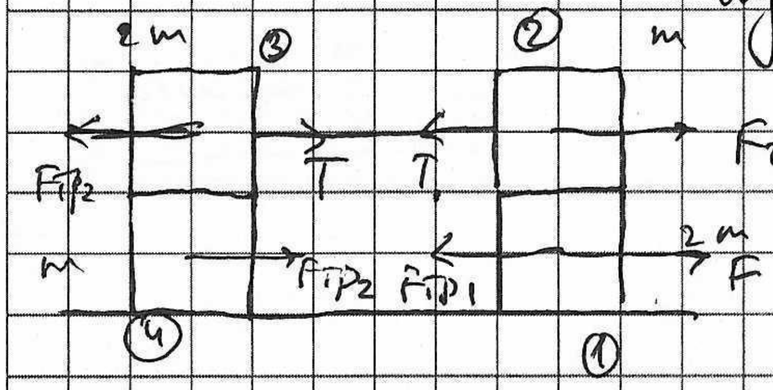
Т.к. спутник не знает, что мы движемся, для него $\Rightarrow w_0 = \frac{2\pi}{2T}$.

$$w' = \frac{2\cdot\pi}{T} + \frac{2\pi}{T} = \frac{3\pi}{T}.$$

Понятно, что минимальное расстояние будет в момент прохождения 2 спутником 1, до этого момента ω' спутник будет отставать. Будя он за 1 спутником будет считать ω_0 спутника.

Т.к. мин расс $r - r_1$, где r_1 - радиус орбиты 1 спутника.

Задача 3.



Понятно, что цилиндрам $F_{тр1}$ не будет силы трения скольжения.

Но когда $F_{упругости}$ будет равна $F_{тр1}$ цилиндр 1 будет скользить.

$F_{тр1} = \mu mg = 10$ Н.

В этот момент (2) цилиндр скользит по (1) влево, а (3) начнет опускаться

$2ma = F - \mu mg$ (на 12 с.)

Понятно теперь разберемся, что слева. $F \uparrow \rightarrow F_{тр1} \uparrow \rightarrow T \uparrow \rightarrow F_{тр2} \rightarrow$

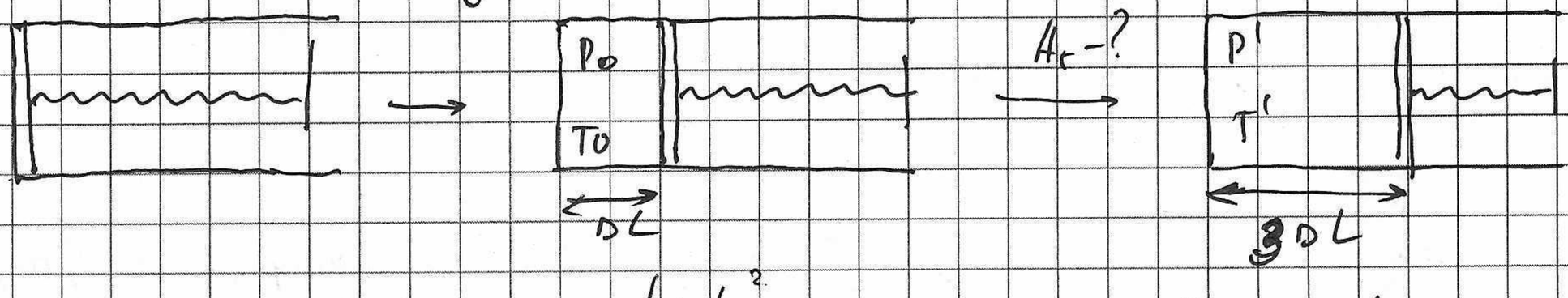
$F_{тр2}$ тоже сначала будет расти и некоторый момент силой трения скольжения не станет. Ведь $F_{тр,max} = \mu mg = 10$ Н $= T_0$. Нитка не порвется, и левые грузы не будут скользить отн. друг друга.

Значит система разрушится из-за того, что ② упадет раньше ①, т.е. все упасть не успеет, а только ② и часть ①

Поэтому мячики покажут

То есть чистое падение с 12 секунды система начнет разрушаться. (2 кубика начнут отделяться с 1 и успешно-один быстро упадет, если над ними кубиков небольшие)

Задача 4



$U_0 = U_{кс} + U_{пр} = U_{кс} + \frac{k\Delta L^2}{2}$

$U' = U_{кс}' + U_{пр}' = U_{кс}' + \frac{k\,3\Delta L^2}{2}$

Так нагревая жидкость → процесс происходит квазистатически

$U' - U_0 = U_{кс}' - U_{кс} + 4k\Delta L^2$

$Q = \Delta U$

$Q - \Delta U = 4k\Delta L^2$

$A_г = 4k\Delta L^2$

$P_0 V_0 = \vartheta R T_0$ $\quad P'V' = \vartheta R T'$

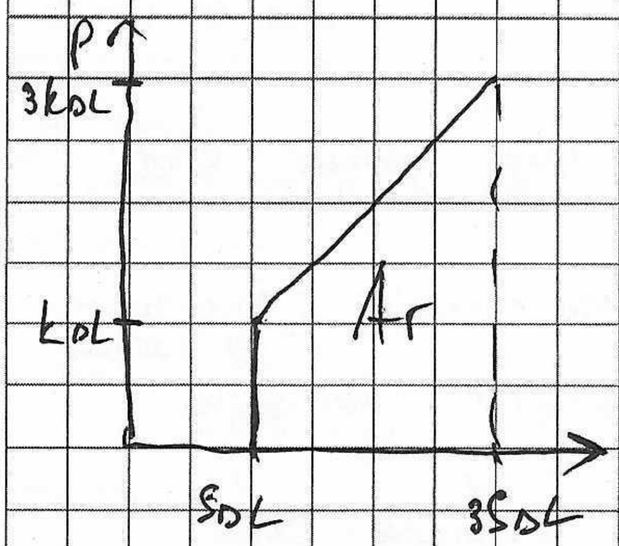
$P_0 S \Delta L = \vartheta R T_0$ $\quad P' S 3\Delta L = \vartheta R T'$

$k S_0 L^2 = \vartheta R T_0$ $\quad k S 9 \Delta L^2 = \vartheta R T'$

$Q = \Delta U + A_г$

$\Delta U = \frac{3}{2}(\vartheta R T' - \vartheta R T_0) = \frac{3}{2}(9kS_0L^2 - kS_0L^2) = \underline{12\,kS_0L^2}$

Т.к нагревают медленно, то увеличение в любой момент времени как бы равно сила упругости. А она растет медленно $\Rightarrow$ $P(V)$ зависит линейно



$$P = k_0 x$$

$$A_г = \frac{k_0 L + 3k_0 L}{2} \cdot 2 s_0 L = 4 k s_0 L^2$$

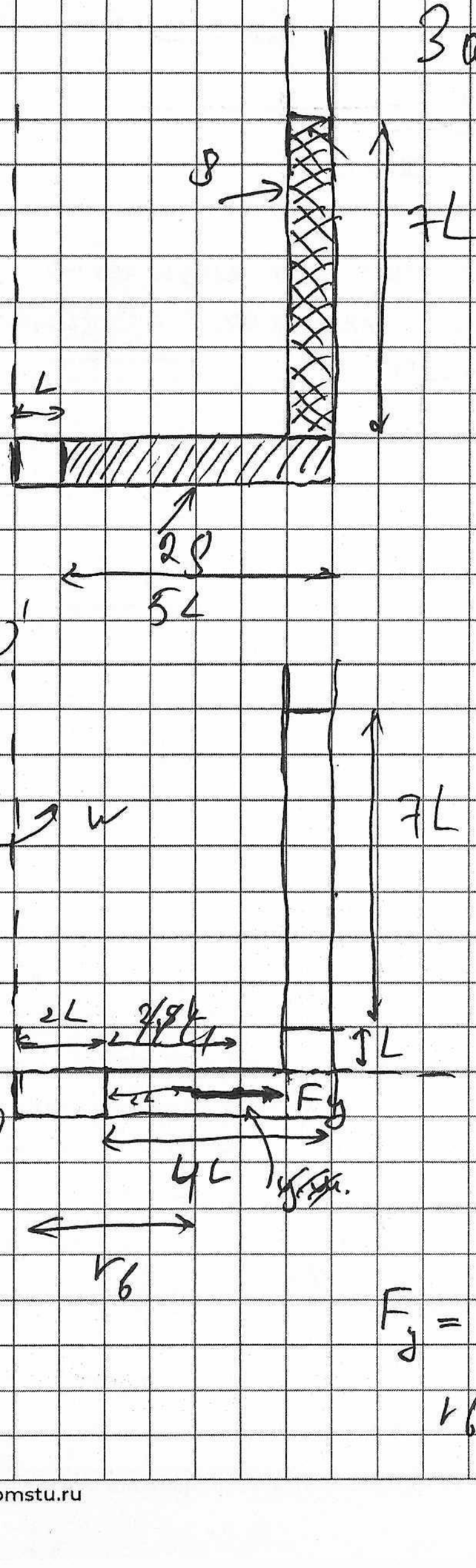
$$\Delta U = 12 k s_0 L^2$$

$$\Delta U = 3 A_г$$

$$Q = \Delta U + A_г = 4 A_г \Rightarrow A_г = \frac{Q}{4} = 3 k \Delta x_m$$

Ответ: $3 k \Delta x_m$

Задача 5



$P_0 = \rho_у 7L$ (давление воздуха со стор.)
поз-ну высоты P_0

Т.к $T = const$ $P_0 V_0 = P' V'$

$$P_0 \cdot \delta \cdot L = P' \cdot 2\delta L \Rightarrow P' = \frac{P_0}{2} = \rho_у \frac{7}{2} L$$

Мы преобразили массой воздуха, чтобы на участках давления ушла бетонной стены на воздух.

Как мы интересуем вертикальный сост, $\rho_у$ тем $F_у \perp P$, т.е разобрем только нижнюю часть 2δ нем 2 части (в пол и в верт. колеи) точ нем $T_у$, что в горизонтальном участке

$$F_у = m a_у = 2\rho \cdot 4L \cdot S \cdot w^2 \cdot Y_б$$

$$Y_б = 4L$$

olymp.bmstu.ru

$F_y = 2\rho \cdot 4L \cdot S \cdot w^2 \cdot 4L = 32\rho L^2 S \cdot w^2$

$P' = P_н - F_y/S$

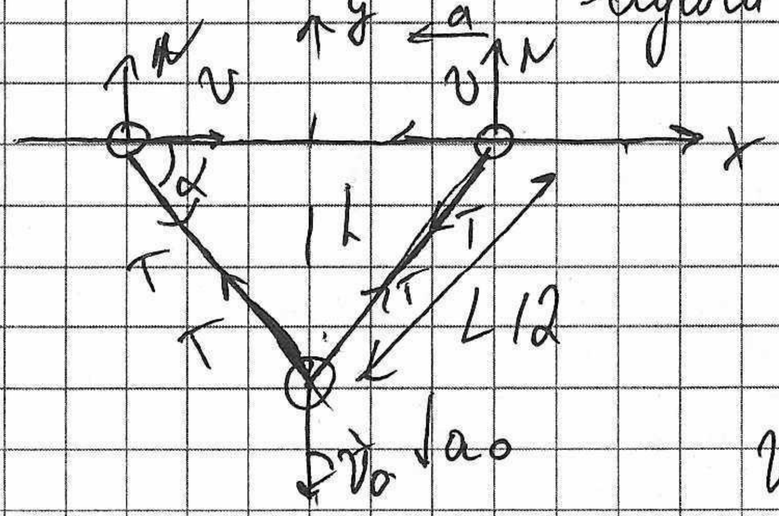
$P_н = \underbrace{\rho g 7L}_{\text{давление слоёв } \delta} + \underbrace{2\rho g L}_{\text{давление слоёв } 2y} = 9\rho gL \qquad P' = \rho g \frac{7}{2} L$ (неадекватно ранее)

$\frac{7}{2}\rho gL = 9\rho gL - \frac{32\rho L^2 \delta w^2}{\delta}$

$32\rho L^2 w^2 = \frac{11}{2}\rho g 4$

Отсюда: $32 L \cdot w^2 = \frac{11}{2} g \Rightarrow w = \sqrt{\frac{11g}{64L}} = \frac{1}{8}\sqrt{\frac{11g}{L}}$

Задача 6.



1. Понятно, что $a_н$ будет двигаться вертикально вниз.

т.к $\sum F_x = 0$.

2. Т.к. нить нерастяжимая. Проекции $v_н$ и v_0 на нить должны быть одинаковыми.

$v \cdot \cos\alpha = v_0 \sin\alpha$.

3. Теперь допустим нить. мир. система за ΔS_0 (вниз), за $\Delta t \to 0$, а можно считать, что его скорость const на этом Δt.

$\Delta S_0 = v_0 \Delta t$.

А нужно относительно земли $\Delta S = v \Delta t$.

$\frac{\Delta S_0}{\Delta S} = \frac{v_0}{v} = \operatorname{ctg}\alpha \Rightarrow \Delta S = \Delta S_0 \cdot \operatorname{tg}\alpha$

Теперь посмотрим на работу сил Т.

мнимые силы: $2T \cdot dS_0 \cdot \cos(90+\alpha) = -2T\,dS_0 \cdot \sin\alpha$

Реальные силы: $2T\,dS \cdot \cos\alpha = 2T \cdot dS_0 \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\alpha = 2T\,dS_0 \sin\alpha$.

~~Видно~~ Теперь видно, что $A_i = 0$

$A_{конст} = D(K+\Pi)$, кинет. силы только Т. $\Rightarrow$ $D(K+\Pi)=0$

и N, по $N \perp dS$, $A_N = 0$ $\Rightarrow$ $K+\Pi = \text{const}$.

Т.е. $0 = \frac{2m v^2}{2} + \frac{2m v_0^2}{2} - 2mgh$.

$2gh = v^2 + v_0^2$

$v_0 \sin\alpha = v\cos\alpha$

$\sin\alpha = \frac{h}{L/2} = \frac{2h}{L} = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos\alpha = \frac{4}{5}$

$$\begin{cases} 2gh = v^2 + v_0^2 \\ v_0 \frac{3}{5} = v \cdot \frac{4}{5} \end{cases}$$

$2gh = v^2 + \frac{16}{9}v^2 \Rightarrow$

$2gh = \frac{25}{9}v^2 \to \sqrt{2gh} = \frac{5}{3}v \Rightarrow v = \frac{3}{5}\sqrt{2gh}$

$v_0 = \frac{4}{5}\sqrt{2gh}$

$v = \frac{9}{5}$ м/с $\quad v_0 = \frac{12}{5}$ м/с

Теперь рассмотрим ст. Понятно, что у тел есть ускорение, то они тоже нам и следует записать получившуюся сист. урав-ну $a_0 \sin\alpha = a \cdot \cos\alpha$

$$\begin{cases} 2ma_0 = 2mg - 2T\sin\alpha \\ ma = T\cos\alpha \end{cases} \quad / : m$$

$\frac{a_0}{a} = \frac{g - T\sin\alpha}{T\cos\alpha} = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$

$\frac{g - T \cdot 0{,}6}{T \cdot 0{,}8} = \frac{4}{3}$

$3g - \frac{9}{5}T = \frac{16T}{5}$

$3g = 5T \Rightarrow T = \frac{3}{5}g = 0{,}6$ Н

Ответ: $v = \frac{9}{5}$ м/с $\quad v_0 = \frac{12}{5}$ м/с $\quad T = 0{,}6$ Н.

3 а/ч

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»

Вариант задания 2

Ситуационная задача

$m_{O_2} = 0{,}72\,г$ $V = 1\,л$ $T_0 = 293\,К$

$4Al + 3O_2 \to 2Al_2O_3$

$C_{O_2} = 1000\ \frac{Дж}{кг \cdot К}$ $C_{Al_2O_3} = 1200\ \frac{Дж}{кг \cdot К}$

$T_{Al_2O_3} = 2300\,К$

$E_g = 405\ кДж/моль$

$\frac{\vartheta_{Al}}{\vartheta_{O_2}} = \frac{4}{3}$ $\quad \frac{\frac{m_{Al}}{\mu_{Al}}}{\frac{m_{O_2}}{\mu_{O_2}}} = \frac{4}{3} \Rightarrow m_{Al} = \frac{4 \cdot m_{O_2} \cdot \mu_{Al}}{3\mu_{O_2}}$

Т.к. масса сгор уголька осталась как-то массу кислорода

$$m_{Al} = \frac{2 m_{O_2} \mu_{Al}}{3\mu_{O_2}} = 0{,}405\ г$$

Получается, что у нас без избытка кислорода столько-то окиси Al-ия,

$\frac{1}{10}\ m_{O_2}$ в ат. виде и $\frac{4 m_{O_2}}{10}$ в мол-ом

Понятно, что при диссоциации общая масса не меняется

т.е. $\frac{m_{O_2}}{2} \cdot C_{O_2} \cdot (T_K - T_0) = m_{Al_2O_3} \cdot C_{Al_2O_3} \cdot (T_K - T_{Al_2O_3})$

$\frac{\vartheta_{Al_2O_3}}{\vartheta_{O_2}} = \frac{2}{3} \Rightarrow$ $\quad \frac{\frac{m_{Al_2O_3}}{\mu_{Al_2O_3}}}{\frac{m_{O_2}}{\mu_{O_2}}} = \frac{2}{3} \Rightarrow m_{Al_2O_3} = \frac{2\frac{m_{O_2}}{2} \cdot \mu_{Al_2O_3}}{3\mu_{O_2}} = \frac{m_{O_2} \mu_{Al_2O_3}}{3\mu_{O_2}} =$

$= 0{,}765\,г.$

$\frac{m_{O_2}}{2} \cdot C_{O_2} T_K - \frac{m_{O_2}}{2} \cdot C_{O_2} T_0 = m_{Al_2O_3} \cdot C_{Al_2O_3} T_K - m_{Al_2O_3} \cdot C_{Al_2O_3} T_{Al_2O_3}$

$$T_K = \frac{m_{Al_2O_3} \cdot C_{Al_2O_3} \cdot T_{Al_2O_3} - \frac{m_{O_2}}{2} C_{O_2} \cdot T_0}{m_{Al_2O_3} \cdot C_{Al_2O_3} - \frac{m_{O_2}}{2} \cdot C_{O_2}} \approx 3595\,К$$

Теперь посчитаем энергию, высвобождающуюся при диссоциации

Можно использовать оборот листа для записи решений

$$E_0 = E \cdot \vartheta = E \cdot \frac{\dot{m}_{O_2}}{10 \cdot \mu_{O_2}} = 1113{,}75 \text{ Дж}$$

$E_0 = \nu_{O_2} \cdot \mu_{O_2} \cdot c_{O_2} \cdot \Delta T$

$(c_{O_2} \cdot \mu_{O_2} + c_{H_2O_3} \cdot \mu_{H_2O_3}) \cdot \Delta T = E_0 \Rightarrow \Delta T \approx 682$ К

$T_{кк} = T_к + \Delta T \approx 4277$ К

$P_к =$ R По з-ну Дальтона

$P_0 = P_1 + P_2$, где P_1 – давление кис. по кислороду

P_2 – давление арон-го кислорода

$$P_1 = \frac{\vartheta R T_{кк}}{V} = \frac{4 m_{O_2} R T_{кк}}{10 \mu_{O_2} V}$$

$$P_2 = \frac{3 m_{O_2} R T_{кк}}{10 \mu_{O_2} V}$$

$$P_0 = \frac{4 m_{O_2} R T_{кк}}{10 \mu_{O_2} V} + \frac{m_{O_2} R T_{кк}}{\mu_{O_2} V} \approx 1919261 \text{ Па} \approx \underline{1{,}92 \text{ МПа}}$$

T_2 $\quad$ 1

Ответ: $m_{HCl} = 0{,}405$ г $\quad P_0 = 1{,}92$ МПа

Чайка