

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

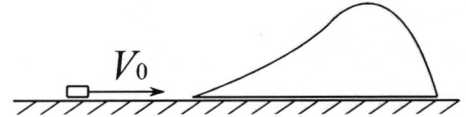
Шифр 1-070

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарiku, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

2. Небольшая монета массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $4m$ (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

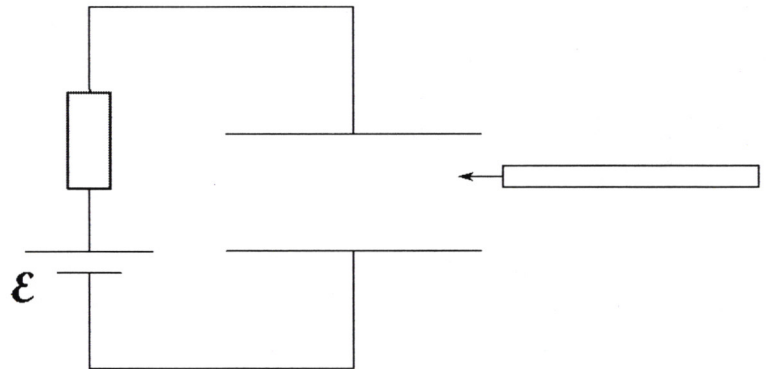


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

3. Теплоизолированный сосуд объемом $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре 127°C в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

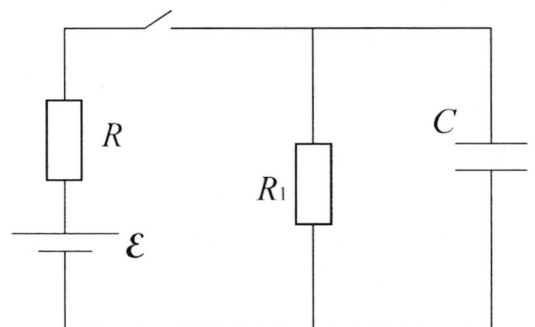
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 3 раза меньше расстояния между обкладками.



- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=4R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , ε , R .



- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

$$\frac{v_{\min}^2}{R} = g$$

$$v_{\min} = \sqrt{gR} = \sqrt{0,18 \cdot 10} = \sqrt{1,8}$$

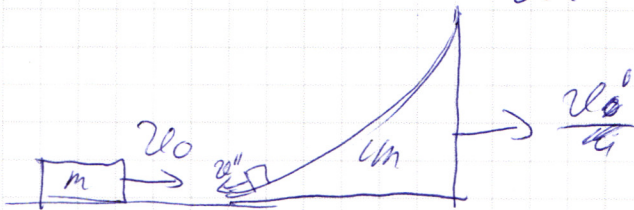
v_{\min} - при котором тело не упадет
равно $\sqrt{1,8}$

$$v_{\min} = \sqrt{1,8} \text{ м/с}$$

$$v_{\min} = 0,5\sqrt{5} \text{ м/с} \approx 1,2 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_{\min} = \sqrt{1,8} \text{ м/с} \approx 1,2 \text{ м/с}$

11



$$1) \quad m v_0 = 4 m v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{v_0}{4}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h_{\max} + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h + \frac{m v_0^2}{32}$$

$$\frac{15 m v_0^2}{32} = m g h_{\max} \Rightarrow h_{\max} = \frac{15 v_0^2}{32 \cdot g} = \left(\frac{15}{320} v_0^2 \right)$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + m g h_{\max} + \cancel{m g h} \quad | : \frac{m}{2}$$

$$v_0^2 = \frac{m v_1^2}{15} + \frac{15 v_0^2}{16}$$

$$v_0^2 = v_0^2$$

$$v_0'' = v_0$$

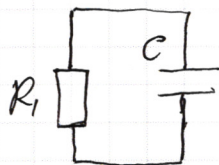
Ответ: $h_{\max} = \frac{15}{320} v_0^2 \quad 1) \quad v_k = v_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U_c = \mathcal{E} - U_1 - U_2 = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{x+5} - \frac{4\mathcal{E}}{x+5} = \mathcal{E} - \frac{5\mathcal{E}}{x+5} = \frac{x\mathcal{E}}{x+5}$$

$$3) Q = I^2 R t \rightarrow Q = \frac{U_c^2}{R_{\text{пол}}} t = \frac{x^2 \mathcal{E}^2 t}{(x+5)^2 R} = \frac{x^2 \mathcal{E}^2 t}{4(x+5)^2 R}$$

Пл.к. сканента только



(2) $R=r$

$$1) I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{вн}} + r} = \frac{\mathcal{E}}{(R+4R) + R} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

$$2) U_1 = I \cdot R = \frac{\mathcal{E}}{5}$$

$$U_2 = I \cdot 4R = \frac{4\mathcal{E}}{5}$$

$$U_c = \mathcal{E} - U_1 - U_2 = \mathcal{E} - \frac{5\mathcal{E}}{5} = \frac{\mathcal{E}}{5}$$

$$3) Q = \frac{U_c^2}{R_1} t = \frac{\mathcal{E}^2 t}{144R}$$

Что за вывели выше под "содержится"?



Дано: $\ell = 18 \text{ см} = 0,18$

Найти: $v \text{ м/с}$

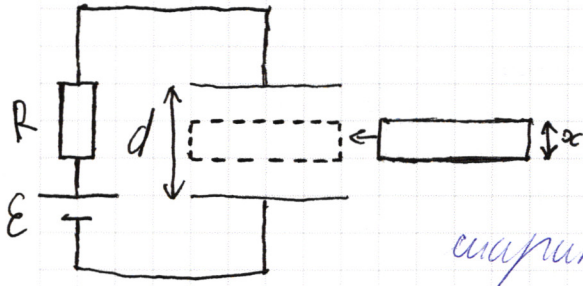
Реш

Мячо не упадет и пройдет всю окружность, только тогда, когда в верхней точке $T \geq 0$, рассмотрим проекции всех сил действующих на мяч в верхней точке, мяч движется по окружности равномерно

$$T + mg + ma_y = 0$$

$$mg = ma_y$$

$$g = a_y$$



Поскольку пластину ввели, то площадь d диэлектрика (безгид) в концы ширины уменьшится на ширину пластины $\frac{d}{3}$ и ширина пластины будет равно $\frac{2}{3}d$, т.к. $S_{пластину} = S_{концы диэлектрика}$.

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{\frac{2}{3}d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}{d} = \frac{3}{2} C_0$$

2) Пусть сопротивление в цепи равно R , а емкость C . К.к. соединены последовательно, но $I = \text{const}$, $dU = U_1 + U_2 + U_C$

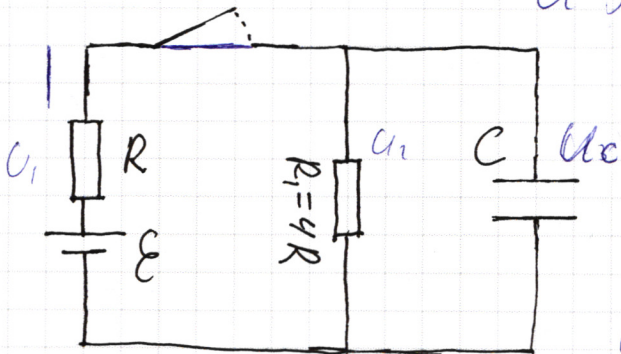
$$I = \frac{\epsilon}{R+r}, \text{ а } U_{\text{од}} = U_R + U_C \Rightarrow \epsilon = U_R + U_C$$

$$U_R = I \cdot R = \frac{\epsilon R}{R+r} \Rightarrow \epsilon = \frac{\epsilon R}{R+r} + U_C \Rightarrow U_C = \frac{\epsilon}{\epsilon} - \epsilon \cdot \frac{R}{R+r}$$

$$U_C = \epsilon \left(1 - \frac{R}{R+r}\right) ; q = CU = \frac{3}{2} C_0 \epsilon \left(1 - \frac{R}{R+r}\right)$$

$$\text{Ответ: } Q = \frac{3}{2} C_0 \epsilon \left(1 - \frac{R}{R+r}\right) ; C = \frac{3}{2} C_0$$

и 5



Дано: $R_1 = 4R$; C ; ϵ ; R ;
Найти: I ; U ; Q ;

Решение

Что знаем, соединены?

(1) $xR = r$?

(2) $R = r$?

(1) 1) П.к. соединены последовательно, но $I = \text{const}$

$$I = \frac{\epsilon}{R_{\text{од}} + r} = \frac{\epsilon}{(R+4R) + xR} = \frac{\epsilon}{(x+5)R}$$

2) П.к. соединены последовательно, то $U_{\text{од}} = U_1 + U_2 + U_C$

$$\Rightarrow \epsilon = U_1 + U_2 + U_C \Rightarrow U_C = \epsilon - U_1 - U_2$$

$$U_1 = I \cdot R = \frac{\epsilon}{x+5}$$

$$U_2 = I \cdot 4R = \frac{4\epsilon}{x+5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_{\text{об}} = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \quad , 113$$

$V_1 = 0,1 \text{ м}^3$	$V_2 = 0,4 \text{ м}^3$
$T = 400 \text{ К}$	$T = 280 \text{ К}$
He	He

Дано: $V_{\text{об}} = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $V_1 = 0,1 \text{ м}^3$
 $V_2 = 0,4 \text{ м}^3$ $T_1 = 400 \text{ К}$ $T_2 = 280 \text{ К}$ He
 Найти: t ; P_k Демон

1) П.к. сосуда не изменяет объём и стенки существенно непрозрачны, то $A=0$; Д.к. сосуда теплоизолирован, то $Q=0$ (он не обменивается с окружающей средой)

$$Q = \Delta U + A \quad ; \quad Q=0 \quad ; \quad A=0$$

$$0 = \Delta U + A$$

$$\Delta U = 0 \rightarrow U = \text{const.} \rightarrow$$

$$\rightarrow U_1 + U_2 = U_{\text{общ}}$$

$$\frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} (V_1 + V_2) R T \quad | : \frac{3}{2} R$$

$$V_1 T_1 + V_2 T_2 = (V_1 + V_2) T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,1 + 0,4} = \frac{40 + 112}{0,5}$$

$$= 152 \cdot 2 = 304 \text{ К}$$

$$t = T - 273 = 31^\circ \text{C}$$

$$2) P_k V \Rightarrow P_k V_{\text{об}} = (V_1 + V_2) R T \Rightarrow P_k = \frac{(V_1 + V_2) R T}{V_{\text{об}}}$$

$$P_k = \frac{(0,1 + 0,4) \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,5 \cdot 304}{10^{-3}} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па} = 1,52 \cdot 10^5 \text{ Па} =$$

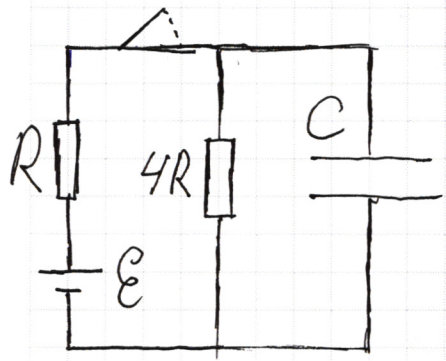
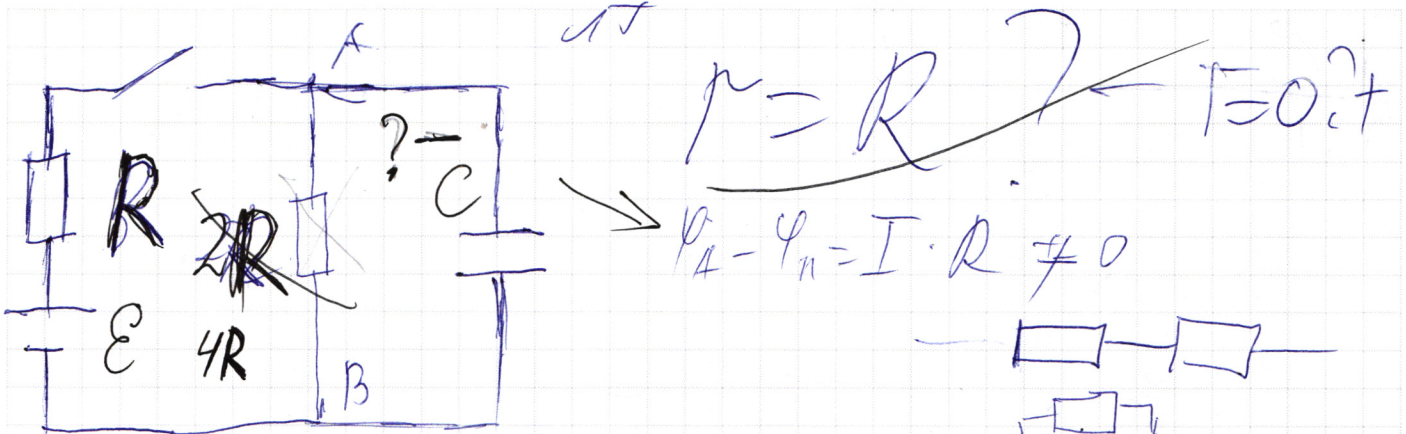
$$= 1,52 \text{ Па} \cdot \text{м}^2$$

Ответ: $t = 31^\circ \text{C}$; $P = 152 \cdot 10^3 \text{ Па} = 1,52 \cdot \text{Па} \cdot \text{м}^2$

Дано: C_0 ; ϵ ; $x = \frac{d}{3}$

Демонстрация:

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$I = \text{const}$, $n \cdot R$ $\frac{\epsilon}{R}$ $\frac{\epsilon}{5R}$ $\frac{\epsilon}{R+4R}$~~
 ~~$I = \frac{\epsilon}{R+4R} = \frac{\epsilon}{5R}$~~

„Содержимся?“

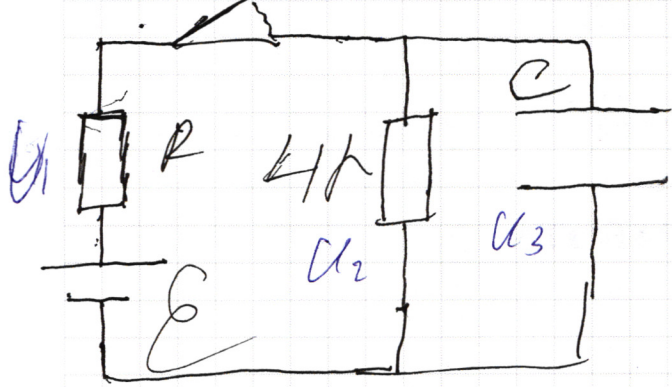
~~МФТИ~~

~~$\mu = R?$~~

$R_{\text{общ}} = R + R_1 = R + 4R = 5R$

~~ϵ~~ $U_1 = I \cdot R = \frac{\epsilon}{5}$

I соприкас → $R = \alpha \cdot xR = r$



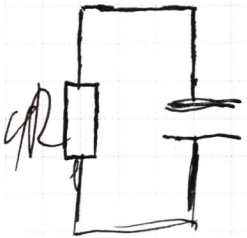
$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{внут}} + r} = \frac{\varepsilon}{R(1+\alpha) + r}$$

$$= \frac{\varepsilon}{5R + 2R} = \frac{\varepsilon}{7R}$$

Q.1.1. $U_1 = \frac{\varepsilon}{(1+\alpha)}$

$U_2 = \frac{4\varepsilon}{(1+\alpha)}$

$U_3 = \varepsilon - U_1 - U_2 = \varepsilon - \frac{5\varepsilon}{1+\alpha} = \frac{1+\alpha-5}{1+\alpha} \varepsilon = \frac{\alpha-4}{\alpha+1} \varepsilon$



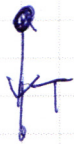
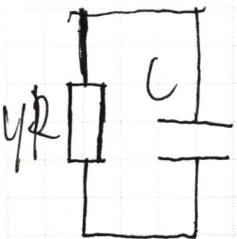
~~$Q = I^2 R t = \frac{U^2}{4R} t$~~

~~$\frac{\alpha^2 \varepsilon^2 t}{\alpha^2 R + 10\alpha R + 25R}$~~

~~$I^2 R t$~~

$Q = \frac{U^2 t}{R}$

$Q = I^2 R t =$



$$P' V_{00} = \frac{N}{N_A} (V_1 + V_2) R T$$

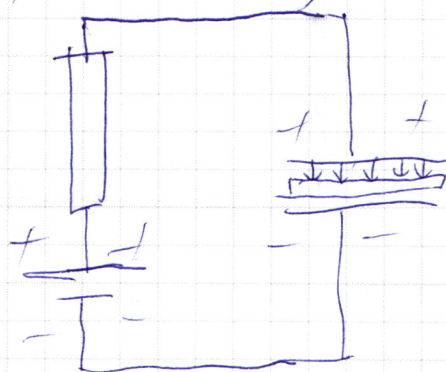
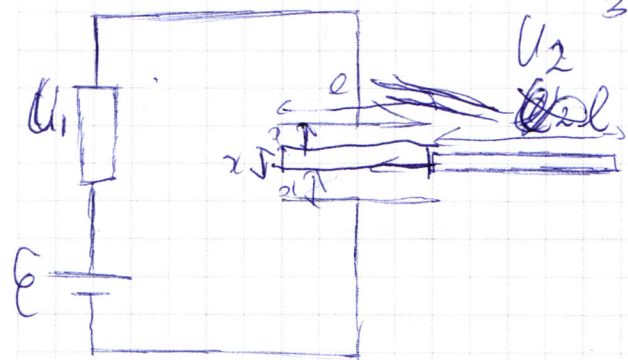
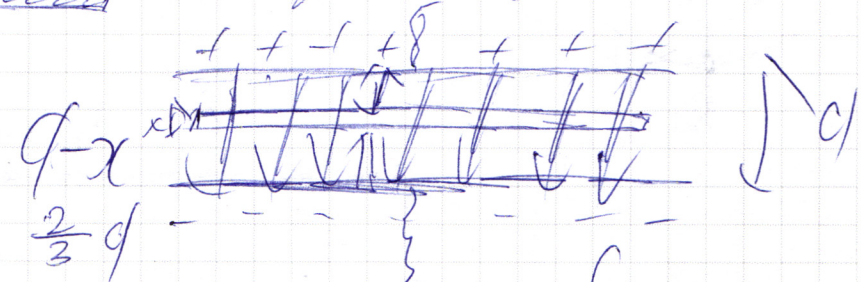
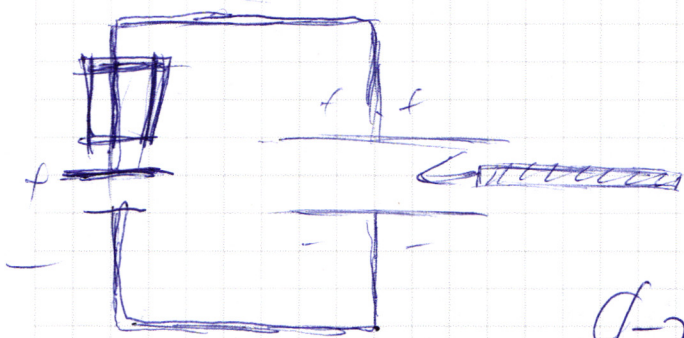
$$P' = \frac{(V_1 + V_2) R T}{V_{00}} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{9,31 \cdot 10^{-3}} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па} = 1,52 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

14

$13,85 \cdot 10^6$

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

Ван ядлон кочування:



$$\begin{aligned} E &= U_1 + U_2 = - \\ U_2 &= E - U_1 \end{aligned}$$

$$1) C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d} \Rightarrow C = \frac{3}{2} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{3}{2} C_0$$

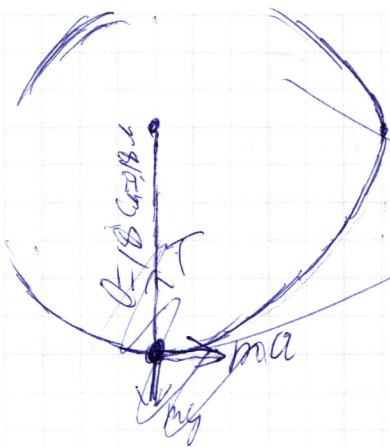
$$2) \text{ (ослаблене кочування: } = \epsilon) \Rightarrow I\text{-сору } I = \frac{\epsilon}{R + r}$$

$$U_1 = I \cdot R = \frac{\epsilon R}{R + r} \quad U_2 = E - U_1 = E \left(1 - \frac{R}{R + r}\right)$$

$$C = \frac{q}{U_2} \Rightarrow q = C U_2 \Rightarrow C = \frac{q}{U_2}$$

$$C = \frac{q}{U_2} \Rightarrow q = C U_2 \Rightarrow C = \frac{3}{2} C_0 \epsilon \left(1 - \frac{R}{R + r}\right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$v^2 = \omega^2 R$$

$$v = \omega R$$

$\frac{4 \cdot 280}{10}$
~~112~~ ?
112 +

$n^3 \quad V_{00} = 4,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$t = 127^\circ\text{C}$ $T_1 = 400 \text{ K}$ $V_1 = 0,1 \text{ м}^3$	$t = 280^\circ\text{C}$ $T_2 = 280 \text{ K}$ $V_2 = 0,4$
---	---

Объем порохом, Q на см м.к. переносом
теплоизолировано:

$$\Rightarrow Q = \Delta U + A \quad A = 0; \quad Q = 0$$

$$\Delta U = 0 \quad \rightarrow \quad u - \text{сохраняется}$$

$$\Rightarrow V_1 + u_2 = u_1 + V_2$$

$$\cancel{\frac{3}{2} V_1 R T_1} + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \cancel{\frac{3}{2} V_1 R T_1} + \frac{3}{2} V_2 R T_2$$

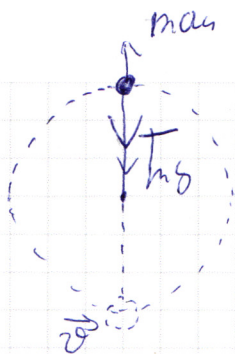
$$\frac{3}{2} (V_1 + V_2) R T$$

$$V_1 T_1 + V_2 T_2 = (V_1 + V_2) T \Rightarrow T = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2}$$

$$T = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} = \frac{40 + 112}{0,5} = 152 \cdot 2 = 304 \text{ K}$$

$$t = T - 273 = 304 - 273 = 31^\circ$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



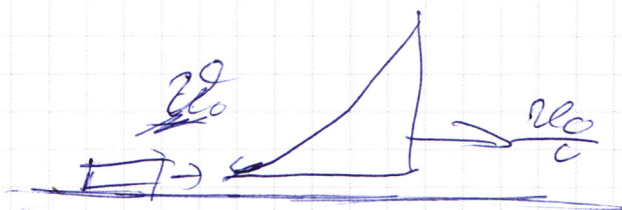
$$m a_y = k y$$

$$a_y = g$$

$$\frac{m v^2}{r} = y$$

$$v = \sqrt{g r} = \sqrt{1,8}$$

и ?



$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h + \frac{m v_0^2}{4 \cdot 2}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)