

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

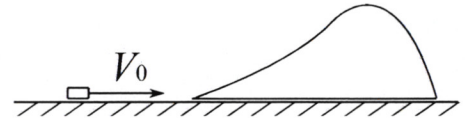
Шифр 12-002

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 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 шайба массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $3m$ (см. рис.). Шайба въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

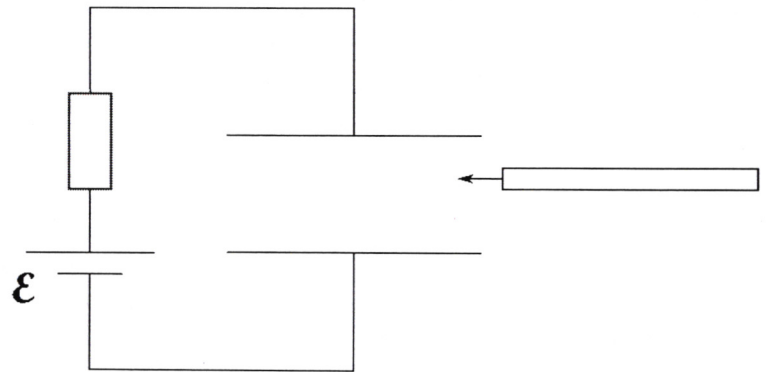


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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 27°C в количестве $\nu_1 = 0,2$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,3$ моль. Перегородка прорывается.

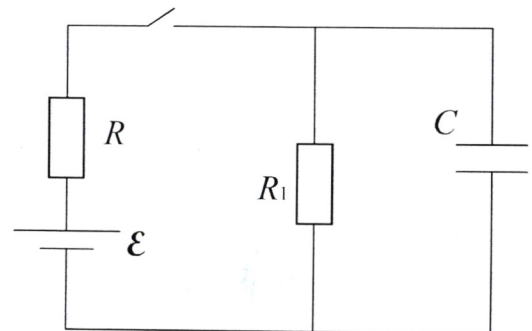
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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 4 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 , $R_1=3R$. 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?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$$l = 0,5 \text{ м} \quad \text{По 3 СЭ:}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_0 = ?$$

$$E_{\text{к0}} = E_{\text{п в верхней точке}} + E_{\text{к в верхней точке}}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg \cdot 2l + \frac{mv_2^2}{2} \quad (1), \quad v_2 - \text{скорость шарика в верхней точке}$$

По 3 СЭ По II 3 Километра

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}$$

$$ma_y = mg + T$$

В верхней точке сила натяжения нити равна 0, тогда

$$ma_y = mg$$

$$m \frac{v_2^2}{R} = mg$$

$$v_2^2 = gl$$

Тогда подставляем в уравнение 1:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg \cdot 2l + \frac{mg \cdot l}{2}$$

$$v_0^2 = 4gl + gl$$

$$v_0 = \sqrt{5gl}$$

$$v_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = \sqrt{5 \cdot 5} = 5 \text{ (м/с)}$$

Ответ: $5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

№3

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 270 = 300 \text{ К}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ м}^3$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$V_2 = 0,3 \text{ м}^3$$

$$T_k = ?$$

$$P_k = ?$$

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона и равенства давлений до разрушения перегородки (т.к. масса газа была одинаковой от разности давлений)

$$\frac{T_1 V_1}{V_1} = \frac{T_2 V_2}{V_2}$$

отсюда $V_2 = 0,4 V_1$

из 3 СЭ до разрушения перегородки и после смешивания и т.д. газы идеальные

$$V_1 + V_2 = V_k$$

$$\frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} (V_1 + V_2) R T_k \quad \text{отсюда} \quad T_k = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2}$$

$$T_k = \frac{300 \cdot 0,2 + 280 \cdot 0,3}{0,2 + 0,3} = \frac{600 + 840}{5} = \frac{1440}{5} = 288 \text{ (K)}$$

из ур-ня Менделеева - Клапейрона

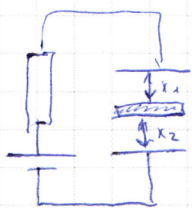
$$p_k V = \nu R T_k, \text{ где } \nu = \nu_1 + \nu_2 \text{ т.к. } \text{He} \text{ в обеих порциях}$$

$$p_k = \frac{\nu R T_k}{V}$$

$$p_k = \frac{(0,3 + 0,2) \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,5 \cdot 288}{10^{-3}} = 5 \cdot 288 \cdot 10^2 = 144 \cdot 10^3 \text{ (Па)}$$

Ответ: 288 K ; $144 \cdot 10^3 \text{ Па}$ $288 \text{ K} = 15^\circ \text{C}$; 144 кПа

$$\left. \begin{array}{l} C_0; \epsilon \\ \epsilon = \frac{d}{4} \\ C - ? \\ q - ? \end{array} \right\}$$



ИЧ

Также введена пластина воздуха
два параллельных воздушных конденсатора

Тогда общая емкость

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x_1} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x_2}$$

Котельщина пластина ϵ в четыре раза меньше d , тогда

$$x_1 + x_2 = d - \epsilon$$

$$x_1 + x_2 = \frac{3d}{4}$$

От расположения пластины будут зависеть емкости двух воздушных конденсаторов, но их суммарная емкость будет постоянной, а значит для удобства примем $x_1 = x_2 = x$

$$2x = \frac{3d}{4}$$

$$x = \frac{3d}{8} \text{ тогда } C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} = \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S \cdot 8}{3d} = \frac{16}{3} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{16}{3} C_0$$

Ответ: $\frac{16}{3} C_0$

По ЗСЭ в системе связанной с землей

3m

m

$\frac{v_0}{n-?}$

$v_{ск} - ?$

$$\rho_{ш} = \rho_{шк}$$

$$m v_0 = (3m + m) v_{ск}$$

$$v_{ск} = \frac{v_0}{4}$$

По ЗСЭ

$$E_{к0} = E_{км} + E_{ккм}$$

$$\frac{(m+3m) v_{ск}^2}{2} = mgh + \frac{m v_{ккм}^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4m v_{\text{ш}}^2 = 2mgh + m v_{\text{шк}}^2 \quad (1)$$

По ЗСЦ в системе связанной с камнем

$$p_{\text{ш}} = p_{\text{шк}}$$

$$m v_0 = 3m v_{\text{шк}}$$

$$v_{\text{шк}} = \frac{v_0}{3m}$$

Тогда из ур-ния (1)

$$\frac{4m \cdot v_0^2}{16} = 2mgh + \frac{m v_0^2}{9m^2}$$

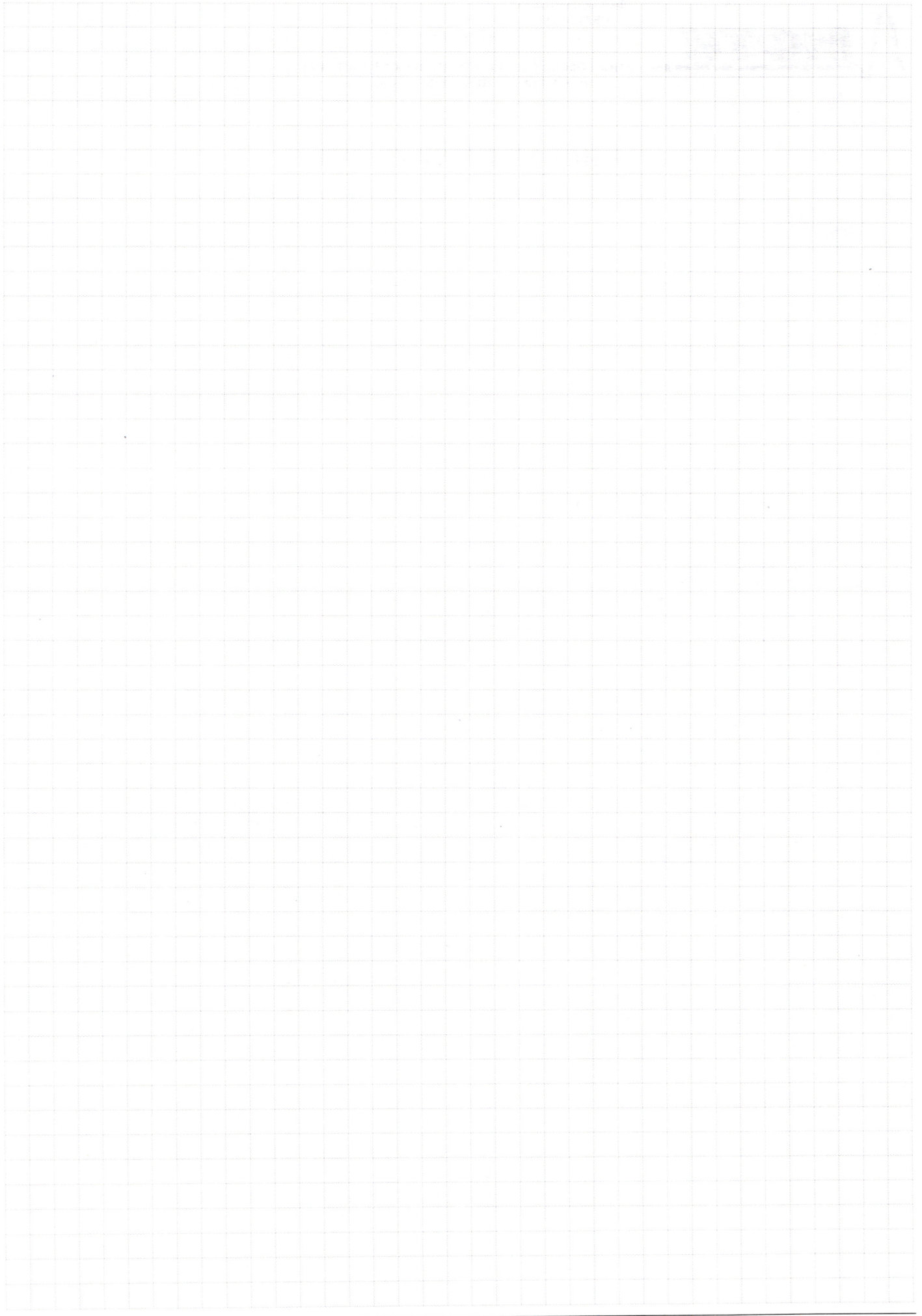
$$gh = \frac{v_0^2}{4} - \frac{v_0^2}{9m^2}$$

$$h = \sqrt{\frac{9m^2 v_0^2 - 4v_0^2}{36m^2 g}} = \frac{v_0}{6m} \sqrt{9m^2 - 4}$$

т. камешек скорости при спуске будут равна начальной

из ЗСЦ и ЗСЦ

Ответ: $\frac{v_0}{6m} \sqrt{\frac{9m^2 - 4}{g}}$; равна начальной



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$p \cdot V = p_k V = (\nu_1 + \nu_2) R T_k$~~

$p_k \cdot V = (\nu_1 + \nu_2) R T_k$

$p_1 \cdot V_1 = \nu_1 R T_1$

$p_2 \cdot V_2 = \nu_2 R T_2$

$V_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{p_1}$

$V_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{p_2}$

$\frac{T_1 \nu_1}{V_1} = \frac{T_2 \nu_2}{V_2}$

$V = V_1 + V_2$

$p_k V = (\nu_1 + \nu_2) R T_k$

$p_k \cdot V = \nu_1 R T_k = p_k V_1 + p_k V_2 = \nu_1 R T_k$

$p_k \left(\frac{\nu_1 R T_1}{p_1} + \frac{\nu_2 R T_2}{p_2} \right) = \nu_1 R T_k$

$p_k \cdot (V) = \nu_2 R T_k$

$\frac{\nu_1 R T_k}{V} = \frac{\nu_2 R T_k}{V}$

$p V_1 = \nu_1 R T_1$

$T_1 \nu_1 V_2 = T_2 \nu_2 (V - V_2)$

$T_1 \nu_1 V_2 = T_2 \nu_2 V - T_2 \nu_2 V_2$

$(T_1 \nu_1 + T_2 \nu_2) V_2 = T_2 \nu_2 V$

$V_2 = \frac{T_2 \nu_2 V}{T_1 \nu_1 + T_2 \nu_2} = \frac{280 \cdot 0,3 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}}{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280} = \frac{600 + 3 \cdot 280}{5} = \frac{1440}{5} = 288$

$pV = \nu RT$

$T = \frac{pV}{\nu R}$

$T_k = \frac{17 \cdot 300 \cdot \frac{3}{2}}{8,31} = 3,4 \cdot 60 = 204$

$c = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x_1 + x_2}$

$c = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x_1} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x_2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S (x_1 + x_2)}{x_1 \cdot x_2}$

$c = \frac{\epsilon \epsilon_0 S \frac{3d}{4}}{x_1 \cdot x_2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S 3d}{4(x_1 - x_2) x_2}$

$\frac{c_1 U^2}{2} = \frac{c_2 U^2}{2}$

$\frac{c_1 U^2}{2} = \frac{c_2 U^2}{2}$

$c_1 = c_2$

$pV = \nu RT$

$V_2 = 0,9 V_1$

$V = V_1 + V_2$

$V = 1,9 V_1$

$V_2 = \frac{T_2 \nu_2 V_1}{T_1 \nu_1} = \frac{280 \cdot 0,3}{0,2 \cdot 300} = \frac{14}{2 \cdot 10} = \frac{14}{20} V_1 = 0,7 V_1$

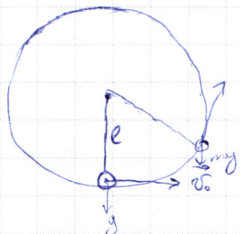


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$l = 0,5 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $v_{\text{min}} = ?$



$T = 2\sqrt{l} \sqrt{\frac{l}{g}}$
 $T = \frac{t}{n}$
 $a_y = \frac{v^2}{R}$
 $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \sqrt{mg}$
 $E_k = \frac{mv^2}{2}$
 $E_n = mgh$
 $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_2^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = 2gh + v_2^2$

~~$(p_1 + p_2)V = \nu RT$~~

$p_{10} + p_{20} = p_{1k} + p_{2k}$
 $m\nu_0 + 3m\nu_0 = m\nu_k + 3m\nu_k$

$m\nu_0 = m\nu_{1k} + 3m\nu_{2k}$
 $? \nu_k = \frac{\nu_0}{3} ?$
 $\nu_{1k} = \nu_{10} - 3\nu_{2k}$

$E_k = E_n$
 $\frac{mv^2}{2} = mgh$

$V = 9,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$\nu_1 = \nu_2$
 $t_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$
 $t_2 = 70^\circ\text{C} = 250\text{K}$

$pV = \nu RT$

$p = \frac{\nu RT}{V}$

$p_1 = \frac{\nu RT_1}{V_1}$

$p_{\text{общ}} = (p_1 + p_2)$ - сумма парциальных давлений

$\frac{pV}{T} = \nu R \Rightarrow \frac{p_{10}V_{10}}{T_{10}} = \frac{p_{1k} \cdot V}{T_{1k}}$

$Q = 0$

$p \cdot \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta T = 0$

$T_k = ?$
 $p_k = ?$

Для 1-го: $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_{1k} \cdot V}{T_k + T_1} = \nu_1 R$

$p_{1k} \cdot V = \nu_1 R (T_k - T_1)$
 $p_{2k} \cdot V = \nu_2 R (T_k - T_2)$

~~$p_{\text{общ}} = p_1 + p_2$~~
 $(p_1 + p_2)V = R(\nu_1 + \nu_2) + R$
 $(p_1 - p_2)V = R(\nu_1 T_k - \nu_2 T_1)$

$p_{1k} \cdot V = \nu_1 R T_k - \nu_1 R T_1$
 $p_{1k} \cdot V + \nu_1 R T_1 = \nu_1 R T_k$
 $p_{2k} \cdot V + \nu_2 R T_2 = \nu_2 R T_k$

~~Handwritten scribbles and calculations, including:~~
 $\frac{p_{2k} \cdot V + \nu_2 R T_2}{\nu_2} = \frac{p_{1k} \cdot V + \nu_1 R T_1}{\nu_1}$
 $p_{2k} \cdot V \cdot \nu_1 + \nu_1 \nu_2 \cdot R T_2 = \nu_2 p_{1k} \cdot V + \nu_2 \nu_1 R T_1$
 $\nu (p_{2k} \cdot \nu_1 - p_{1k} \cdot \nu_2) = \nu_2 \nu_1 R (T_1 - T_2)$

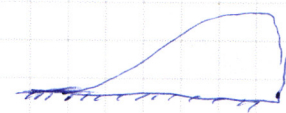
$p_{\text{общ}} \cdot V_{\text{общ}} = p_{\text{общ}} = p_1 + p_2$
 ν_2

$p_{10} + p_{20} = p_{\text{общ}}$

$v_{\text{общ}} = v$

$m\nu_0 = (m + 3m)\nu_k$

$\nu_0 = 4\nu_k$
 $\frac{(m + 3m)\nu_k^2}{2} = \frac{m\nu_{0k}^2}{2} + \frac{3m\nu_2^2}{2}$
 $4\nu_k^2 = \nu_{0k}^2 + \nu_2^2$



$$\frac{mv_0^2}{2} = mg \cdot 2l + \frac{mv_2^2}{2}$$

В верней точке

$$n_{ab} = mg + T$$

T=0 в верней точке

$$mv_0^2 = 4mgl + mv_2^2$$

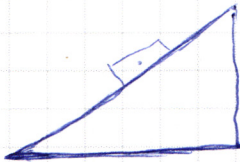
$$v_0 = \sqrt{4gl + v_2^2} = \sqrt{5gl}$$

$$\frac{mv_2^2}{2} = mg \cdot l$$

$$v_2^2 = \frac{2mgl}{m}$$

$$I = \frac{e}{R}$$

√2



$$m \cdot v_0 = (m + 3m) v_k$$

$$v_k = \frac{v_0}{4}$$

F_{упр} = 0

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$$

$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

$$v_0 = ?$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} ?$$

√3

$$P \cdot V = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\nu = \frac{m}{\mu} \quad m = \nu \mu$$

$$P_1 = P_2 - ?$$

$$P_k \cdot V = \frac{\nu_1 + \nu_2}{\mu} R T_k \Rightarrow P_k V = (\nu_1 + \nu_2) R T_k$$

$$P_{1k} \cdot V = \nu_1 R (T_k)$$

P_k = P₁ + P₂ по закону Дальтона

$$P_{2k} \cdot V = \nu_2 R (T_k)$$

$$\Rightarrow P_k V = (P_1 + P_2) V$$

$$\begin{array}{r} 44 \\ \times 288 \\ \hline 5 \\ 1440 \end{array}$$

$$\nu_1 R (T_k - T_1) + \nu_2 R (T_k - T_2) = (\nu_1 + \nu_2) R T_k$$

$$\nu_1 T_k - \nu_1 T_1 + \nu_2 T_k - \nu_2 T_2 = \nu_1 T_k + \nu_2 T_k - (\nu_1 + \nu_2) T_k$$

$$\frac{P_1 \cdot V}{T_1} = \frac{P_{1k} \cdot V}{T_k} \Rightarrow \frac{P_1 V_1 \cdot T_k}{T_1} = P_{1k} \cdot V$$

$$\frac{P_2 V_2 \cdot T_k}{T_2} = P_{2k} \cdot V$$

$$\frac{P_2 V_2 \cdot T_k}{T_2} + \frac{P_1 V_1 \cdot T_k}{T_1} = (\nu_1 + \nu_2) R T_k$$

$$P_2 V_2 T_k \cdot T_1 + P_1 V_1 T_k \cdot T_2 = (\nu_1 + \nu_2) R T_k T_1 T_2$$

$$\nu_2 T_2 T_1 + \nu_1 T_2 T_1 = (\nu_1 + \nu_2) R T_1 T_2$$

- 1) $P_0 V_0 = \nu R T_0$
- 2) $P_k V = \nu R T_k$
- 3) $P_0 V_0 = \nu R T_0$
- 4) $P_2 V = \nu_2 R T_k$

$$V_1 + V_2 = V$$

$$\Rightarrow \frac{\nu_1 T_1}{V_1} = \frac{\nu_2 T_2}{V_2}$$

$$\frac{P_{1k} V}{T_k} = \frac{P V_1}{T_1}$$

$$P_{1k} = \frac{T_k P V_1}{T_1 V}$$

$$P_k V = (\nu_1 + \nu_2) R T_k$$

$$145 + 3 \quad \frac{pV - pV_2 = \nu_1 R T_1}{pV = (\nu_1 + \nu_2) R}$$

$$pV = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2$$

$$p = \frac{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2}{V}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

12 - 002

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)