

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

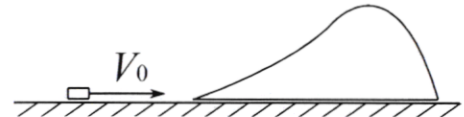
Шифр 7-002

(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.

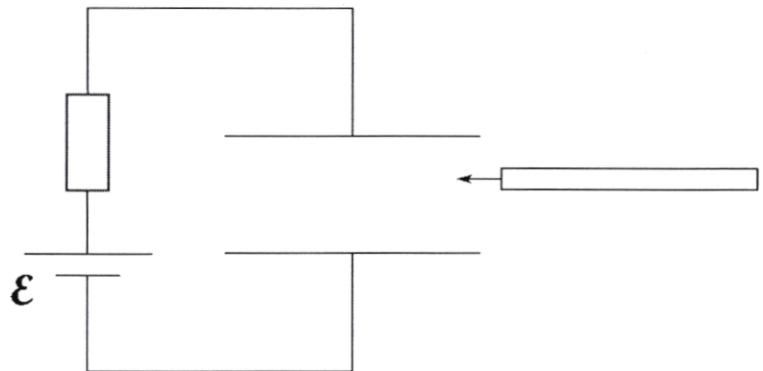


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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

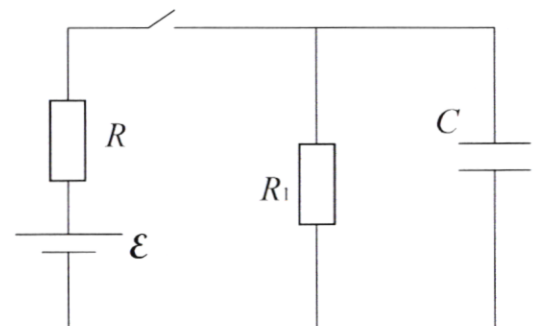
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C_0$  подсоединен через резистор к источнику с ЭДС  $\varepsilon$  (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  $C$ ,  $\varepsilon$ ,  $R$ .



- 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

N 1.

Дано:

$L = 50 \text{ см.}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$v_{\text{ш}} = ?$

L. H. 0,5 м

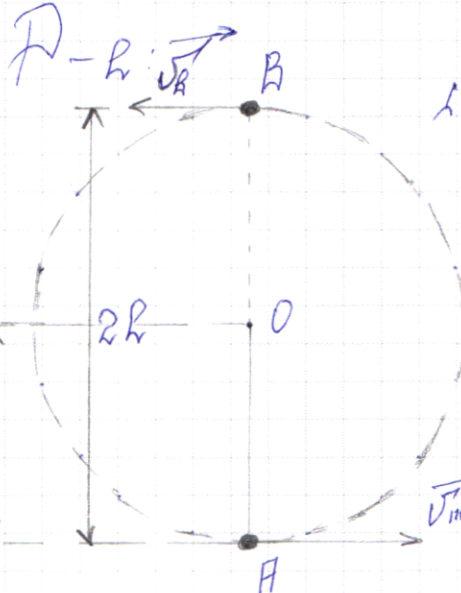


рис. 1.

1. Для того, чтобы  
совершить шарик  
совершить оборот  
по окружности, не-  
обходимо, чтобы в  
точке B шарик  
имел такую

скорость по горизонтали, что он бы сохранял траек-  
торию окружности, т.е. имел бы центростремительное

Для центростремительного ускорения, силы я показывать не буду,  
и рини все через закон сохранения энергии.

Итак, закон сохранения полной мех. энергии  
в этом случае выглядит так:

a.  $E_{\text{кп}} = E_{\text{пав}} + E_{\text{кв}}$ ;  $E_{\text{кп}}$  - Кинет. энергия в точке A.

Из формулы можно  
весь процесс. Размыш-  
лять словами не буду.

$E_{\text{пав}}$  - Энергия, которая потра-  
чивается для подъема шара на  
высоту  $2R$  и равна измне-  
нению энергии для высоты  $2R$ .  
 $E_{\text{кв}}$  - Кинет. энергия в точке B.

2. Раскройте формулы 1.а

$$a. \frac{mv_A^2}{2} = mg \cdot 2h + \frac{mv_B^2}{2}; \quad \text{б. } v_A = v_{\text{н}} \text{ (искладная);}$$

$$\text{б. } v_A^2 = 4gh + v_B^2;$$

- Как мы знаем в пункте 1. ускорен. центрострем.  $\left(\frac{v_B^2}{R}\right)$  должно быть минимальным и равно  $g$ .

$$в. g = \frac{v_B^2}{R}; \quad \text{г. } v_B^2 = gR;$$

Подставим в 2.б.

$$г. v_A^2 = 4gh + gR; \Rightarrow v_A = \sqrt{5gh};$$

Найдем:

$$v_A = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = \sqrt{25} = \underline{5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

Ответ:  $5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2.

Дано:

$m$ ;  $3m$ ;

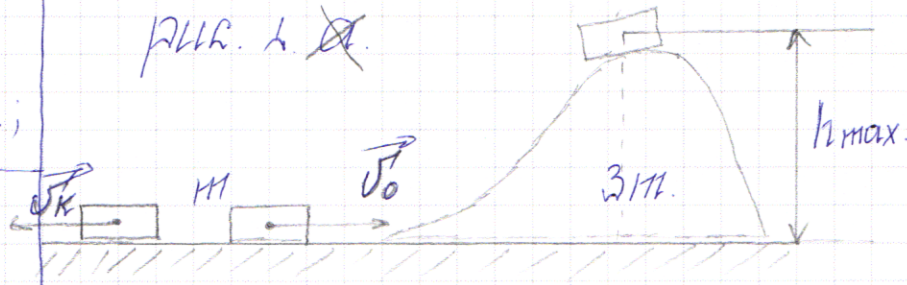
$v_0$ ; рис. 2.

$h_{max}$  - ?

$v_k$  - ?

Р-р:

рис. 1. ~~а~~



1. Для начала нужно понять, влият ли тело  $m$  на тело  $3m$  на горку при их одновременном движении. Шайба вылетит на горку, движется по ней без трения и отрыва ~~и т.д.~~... - уловки.

Это значит, что энергия кинетическая шайбышла только на изменение потенциальной энергии, значит кин. энерг. в начальный момент ( $v_0$ ), равна max. потенциальной энергии (высота  $h_{max}$ )

$$a. \frac{mv_0^2}{2} = mgh_{max}, \Rightarrow v. h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$$

2. Т.к. энергия ~~не~~ тратится ни на изменение высоты, то шайба скатится с горки с той же скоростью, как и въехала. (прот. закон сохранения энергии по направлению.)

$$a. |v_k| = |v_0|$$

$$\text{Ответ: } h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}; v_0;$$

N 3

Дано:  $V_1, V_2, n$

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

$$V_1, V_2,$$

$$t_1 = 27^\circ \text{C},$$

$$t_2 = 7^\circ \text{C},$$

$$V_1 = 0,2 \text{ моля}$$

$$V_2 = 0,3 \text{ моля}$$

L. H. D-R.

$$300 \text{ K}$$

$$280 \text{ K}$$

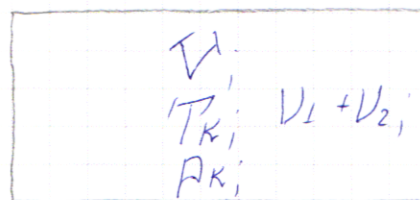
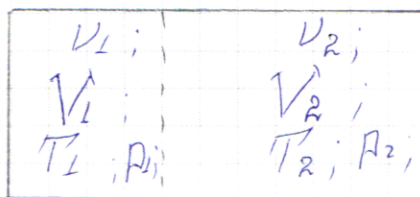


рис. 3

На рисунке 3 изображена

схема изменения параметров газа в результате их смешения.

Итак мы знаем, что:

$$a. P_1 V_1 = \nu_1 R T_1; \quad b. P_2 V_2 = \nu_2 R T_2; \quad \text{в. } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_K V_{K1}}{T_K};$$

$$z. \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_K V_{K2}}{T_K};$$

$$\text{Так же: } g. P_K V_{K1} = \nu_1 R T_K \quad \text{и} \quad g'. P_K V_{K2} = \nu_2 R T_K$$

$$\text{Тогда: } \text{в. } \frac{P_1 V_1}{P_K} = \frac{\nu_1 R T_K}{P_K}; \quad \text{и} \quad \text{з. } \frac{P_2 V_2}{P_K} = \frac{\nu_2 R T_K}{P_K}; \quad \text{г. } V_{K2} = \frac{\nu_2 R T_K}{P_K};$$

$$\text{Запишем еще: } \text{пн. } P_K V = (\nu_1 + \nu_2) R T_K;$$

$$\text{пн}' P_K = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_K}{V} = \frac{\nu_2 R T_K}{V_{K2}} = \frac{\nu_1 R T_K}{V_{K1}}; \quad (\text{из (г; г')});$$

$$\text{пн}'' \frac{\nu_1 + \nu_2}{V} = \frac{\nu_2}{V_{K2}} = \frac{\nu_1}{V_{K1}}; \quad \Rightarrow \quad \text{з. } V_{K2} = \frac{\nu_2 V}{\nu_1 + \nu_2}; \quad \text{г. } V_{K1} = \frac{\nu_1 V}{\nu_1 + \nu_2};$$

$$\text{Тогда: } \text{и. } \frac{\nu_1 R T_K}{P_K} = \frac{V \nu_1}{\nu_1 + \nu_2}; \quad \text{и}' \frac{\nu_2 R T_K}{P_K} = \frac{V \nu_2}{\nu_1 + \nu_2};$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

к.  $\frac{R_L V_L}{T_L R V_{K1}} = \frac{R_K}{T_K} \left( \text{из 1. (B)} \right);$  ~~не~~ подставляем в 1. (U').

Тогда: ~~по формуле~~ н.  $\frac{U_2 R T_L V_{K1}}{R_L V_L} = \frac{V U_2}{V_L + U_2}$

н.  $\frac{U_2 R T_L V_L R T_K}{R_K R_L V_L} = \frac{V U_2}{V_L + U_2}; \left( \text{из 1. (B)} \right)$

н.  $T_K = \frac{R_K R_L V_L V U_2}{U_2 R R T_L V_L (V_L + U_2)};$

из н.:

$n'; \frac{(V_L + U_2) R T_K \cdot R_L V_L V}{V R R T_L V_L (V_L + U_2)} = T_K = \frac{T_K R_L V_L}{V_L R T_L};$

н.  $R_L V_L = U_2 R T_L;$

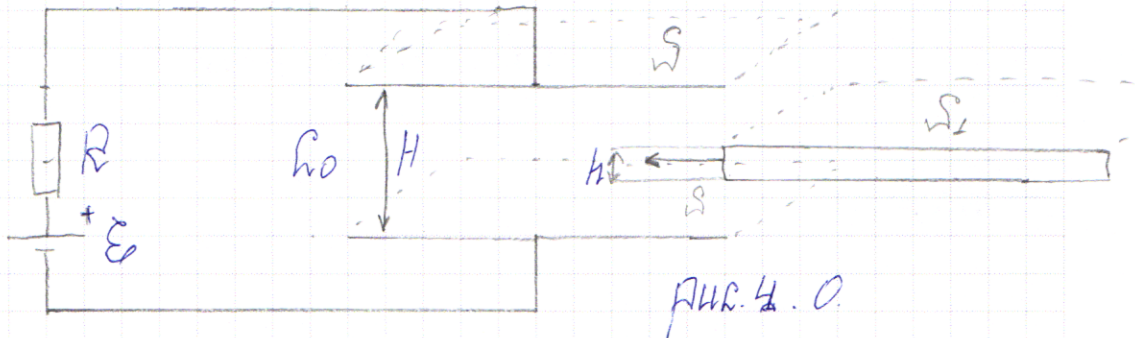
Гурик!

№4.

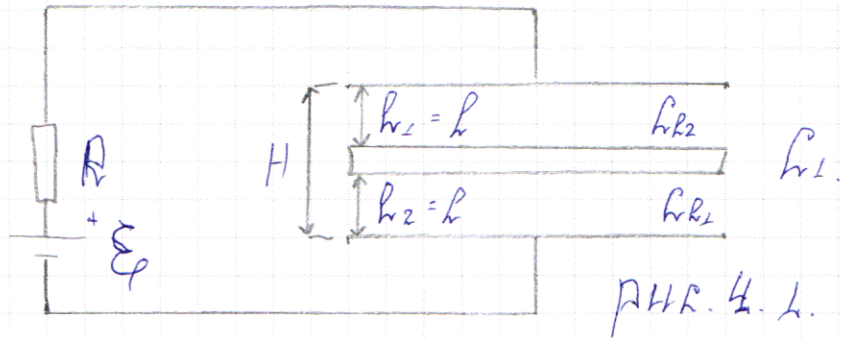
Дано:

$\epsilon_0, \epsilon_r;$   
 $S = S_1;$   
 $h = \frac{H}{4};$

$R - R;$



1.  $C_1$  - ?;
2.  $\Delta q$  - ?;



1. Для начала, найдем емкость  $C_1$ .

Представим  $C_1$  как состоящий из  $C_{k1}$  и  $C_{k2}$ .

Для простоты полагая, что  $h_1 = h_2 = h$ . Тогда:

$$a. \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_{k1}} + \frac{1}{C_{k2}} \quad (\text{конг. конденг.})$$

$$b. C_1 = \frac{C_{k1} C_{k2}}{C_{k1} + C_{k2}};$$

Выразим  $C_{k1}$  и  $C_{k2}$ ;

$$c. C_{k1} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{h_1}; \quad C_{k2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{h_2}; \quad C_{k1} = C_{k2} = C_k \quad (h_1 = h_2)$$

Подставим в 1. (b)

$$1. C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2h}{\epsilon \epsilon_0 S}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S^2}{2h} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S^2}{2h} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2h};$$

Найдем  $h$ .

$$d. H = 4h = h + 2h; \quad \text{г. } h = \frac{3H}{4}; \quad \text{д. } h = \frac{3H}{4};$$

$$\text{Тогда: } C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2 \cdot \frac{3H}{4}} = \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S}{3H};$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Так как:

$$\epsilon' \epsilon_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 \Delta}{H}$$

То:

$$1. \frac{\epsilon_1}{\epsilon_0} = \frac{4}{3} \frac{\epsilon \epsilon_0 \Delta}{H} \cdot \frac{H}{\epsilon \epsilon_0 \Delta} = \frac{4}{3}; \quad 2. \epsilon_1 = \frac{4}{3} \epsilon_0$$

2. Проще всего заряд подвигать по закону сохранения энергии:

$$a. \Delta W = \frac{\Delta q^2}{2\epsilon h}; \quad \int \Delta W = W_{\epsilon_1} - W_{\epsilon_0};$$

$$b. W_{\epsilon_1} = \frac{\epsilon_1 \epsilon^2}{2}; \quad 1. W_{\epsilon_0} = \frac{\epsilon_0 \epsilon^2}{2};$$

$$g. \Delta W = \frac{\Delta q^2}{2\epsilon h} = \frac{\epsilon_1 \epsilon^2}{2} - \frac{\epsilon_0 \epsilon^2}{2} = \frac{4}{3} \frac{\epsilon_0 \epsilon^2}{2} - \frac{\epsilon_0 \epsilon^2}{2} = \epsilon_0 \left( \frac{4}{3} - \frac{3}{3} \right) \frac{\epsilon^2}{2} =$$

Тогда:

$$h. \Delta q^2 = \frac{2 \Delta W \epsilon_0}{\epsilon^2} = \frac{2 \epsilon_0 \epsilon^2}{3} = \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_0) \epsilon_0 \epsilon^2}{3} = \frac{\epsilon_0^2 \epsilon^2}{3}; \quad (\Delta h = \epsilon_1 - \epsilon_0).$$

И тогда:

$$1. \Delta q = \sqrt{\frac{\epsilon_0^2 \epsilon^2}{3}} = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{3}$$

$$\text{Ответ: } 1. \epsilon_1 = \frac{4}{3} \epsilon_0; \quad 2. \Delta q = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{3}$$

№5

Дано:

рис. 5.

$$R; R_1 = 3R;$$

$$C; \mathcal{E}; R;$$

Р-Р:

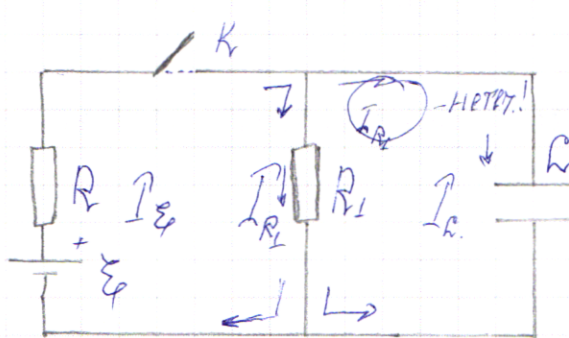


рис. 5.

1.  $I_{\mathcal{E}}$  равен силе тока в полной цепи.  
 $I_{\mathcal{E}}$

$$a. I_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{R+R_1}$$

3.  $I_{R_1}$  ошибка!  $= \frac{\mathcal{E}}{3R}$

1.  $I_{\mathcal{E}} - ?$

2.  $U_C - ?$

3.  $Q - ?$

2. Напряжение на конденсаторе  $C$  равно:

a.  $U_C = \mathcal{E} - U_{R_1} = \mathcal{E} - I_{R_1} R_1$ ; (равен  $\mathcal{E}$  минус падение напряжения на  $R_1$ ).

b.  $I_{R_1} = I_{\mathcal{E}}$ ; Тогда:  $U_C = \mathcal{E} - 3R_1 I_{\mathcal{E}} = \mathcal{E} - 3R \cdot \frac{\mathcal{E}}{3R} = 0?$

Я ошибся.

3.  $Q$  после размыкания ключа равно энергии заряженного конденсатора.

a.  $Q = W = \frac{U_C^2}{2}$ ;  $U_C$  - напряж. на конденсаторе.

Так как сопротивление конденсатора, сопротивление, и источник тока параллельны, то напряжение на концах сопротивления  $R_1$  и конденсатора  $C$  равны. И равны:

$$U_C = \mathcal{E} - I_{\mathcal{E}} R = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E} R}{R+R_1} = \mathcal{E} \left( 1 - \frac{R}{R+R_1} \right)$$

$$b. Q = \frac{\mathcal{E}^2 \left( 1 - \frac{R}{R+R_1} \right)^2}{2} = \frac{\mathcal{E}^2 \cdot 9R}{8} \text{ (Дж)}$$

R

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По заданию 5.

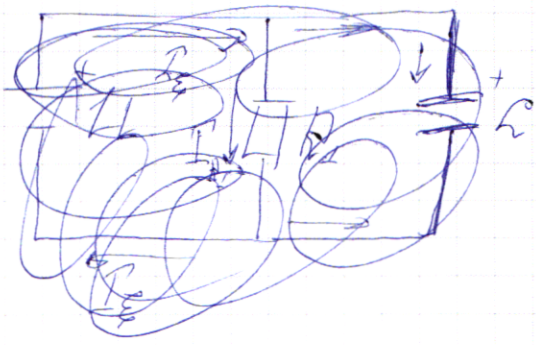
$$1. I_{\Sigma} = \frac{\mathcal{E}}{R+R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R+3R} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$$

$$2. U_{R_2} = U_{R_1} = U \quad (\text{р.ч. цепи})$$

$$U_{R_2} = \mathcal{E} \left( 1 - \frac{R}{R+R_2} \right) = \mathcal{E} \left( 1 - \frac{R}{4R} \right) = \frac{\mathcal{E} \cdot 3}{4} = 0,75 \mathcal{E}$$

$$3. Q = \frac{1}{2} \frac{q}{\varepsilon} \mathcal{E}^2 (D_{\text{пл}})$$

$$\text{ОТВЕТ: } 1. \frac{\mathcal{E}}{4R} (\text{А}); 2. U_{R_2} = 0,75 \mathcal{E} (\text{В}); 3. Q = \frac{1}{2} \frac{q}{\varepsilon} \mathcal{E}^2 (D_{\text{пл}})$$



$$I_{\text{ср}} = \frac{\sum \varphi}{R + R}$$

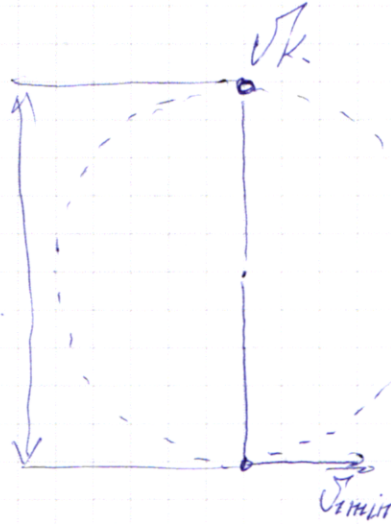
**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

N3.

$h = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$v_{\text{мин}} = ?$



1.  $E_{\text{кн}} = E_{\text{нmax}}$

2.  $\frac{mv_{\text{мин}}^2}{2} = mg \cdot 2h$

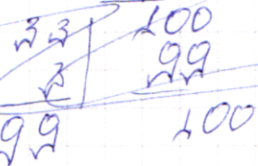
3.  $v_{\text{мин}} = \sqrt{4gh} = 2\sqrt{gh} = 2\sqrt{10 \cdot 0,25} = 2\sqrt{2,5} = 1 \cdot \sqrt{10} = \sqrt{10} \text{ м/с}$

$\frac{mv^2}{2} = mg \cdot 4h$

$v^2 = 2gh = 4gh$

$v = 2\sqrt{gh} = 2\sqrt{10 \cdot 0,25} = 2 \cdot 0,5 \sqrt{10} = \sqrt{10} \text{ м/с}$

$\sqrt{10} = 3,16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



N4. **ИЗРСТА  $v_{\text{кн}}$ !**

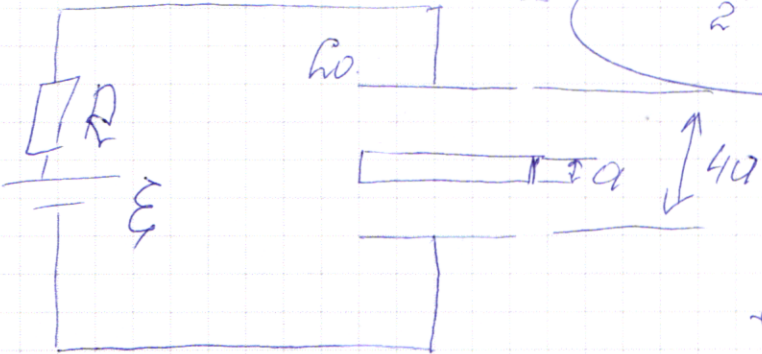


N4.

$\Delta W = \frac{2q^2}{2R}$

$\Delta W = \frac{11q^2}{2} = \frac{11R}{2} \cdot \frac{1}{R} = \frac{11}{2}$

$\Delta W \sim \frac{1}{R}$



~~...~~

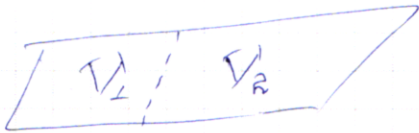
УЗ.

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

$$t_1 = 27^\circ \text{C}; V_1 = 0,2 \text{ м}^3$$

$$t_2 = 7^\circ \text{C}; V_2 = 0,3 \text{ м}^3$$

$t_K = ?$   $p_K = ?$



300 K  
280 K

P-R:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \\ V_1 + V_2 = V \end{cases}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_K V_{K1}}{T_K} \quad V_{K1} = ?$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_K V_{K1}} = \frac{T_1}{T_K}$$

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_K V_{K2}}{T_K} \quad T_{K2} = ?$$

$$p_K V_{K1} = \nu R T_K \quad V_{K1} = \frac{\nu R T_K}{p_K}$$

$$p_K V_{K2} = \nu R T_K$$

$$V_{K2} = \frac{\nu R T_K}{p_K}$$

$$\begin{aligned} p_K V &= (V_1 + V_2) p_K \\ p_K (V_1 + V_2) &= p_K V \\ &= \nu R T_K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{p_1 V_1}{T_1} &= \frac{p_K V_{K1}}{T_K} = \nu R T_K \\ \frac{p_2 V_2}{T_2} &= \frac{p_K V_{K2}}{T_K} = \nu R T_K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_K &= \frac{p_1 V_1}{\nu R} \\ T_K &= \frac{p_2 V_2}{\nu R} \end{aligned}$$

$$\frac{V_1 + V_2}{V} = \frac{V_2}{V_{K2}} = \frac{V_1}{V_{K1}}$$

$$V_{K2} = \frac{V V_2}{V_1 + V_2}; \quad V_{K1} = \frac{V V_1}{V_1 + V_2}$$

$$\frac{V_1 R T_K}{p_K} = \frac{V V_1}{V_1 + V_2}$$

$$\frac{V_2 R T_K}{p_K} = \frac{V V_2}{V_1 + V_2}$$

Проверка:  $\frac{p_K V_{K1}}{V_1 R T_K} = \frac{p_K V_{K2}}{V_2 R T_K} = \nu$

$$p_K = \frac{p_1 V_1 V_2}{(V_1 + V_2) V_2 R V_{K1}} = \frac{p_1 V_1 V_2}{(V_1 + V_2) R V_{K1}}$$

$$\frac{p_1 V_1 T_K}{p_K V_1 R} = T_K$$

$$\frac{1}{p_K} = \frac{p_1 V_1 V_2}{(V_1 + V_2) R V_1 R T_K}$$