

0 743094 760008  
74-30-94-76  
(134.2)



*дешифр*

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант 05 (10 классы)

Место проведения Санкт-Петербург  
город

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

Олимпиада школьников "Покори Воробьевы горы!"  
наименование олимпиады

по физике  
профиль олимпиады

Антонова Мария Александровна  
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

*выход: 13:53 - 13:54 МВУ*

*слена цвета ручки*

Дата

«01» апреле 2023 года

Подпись участника

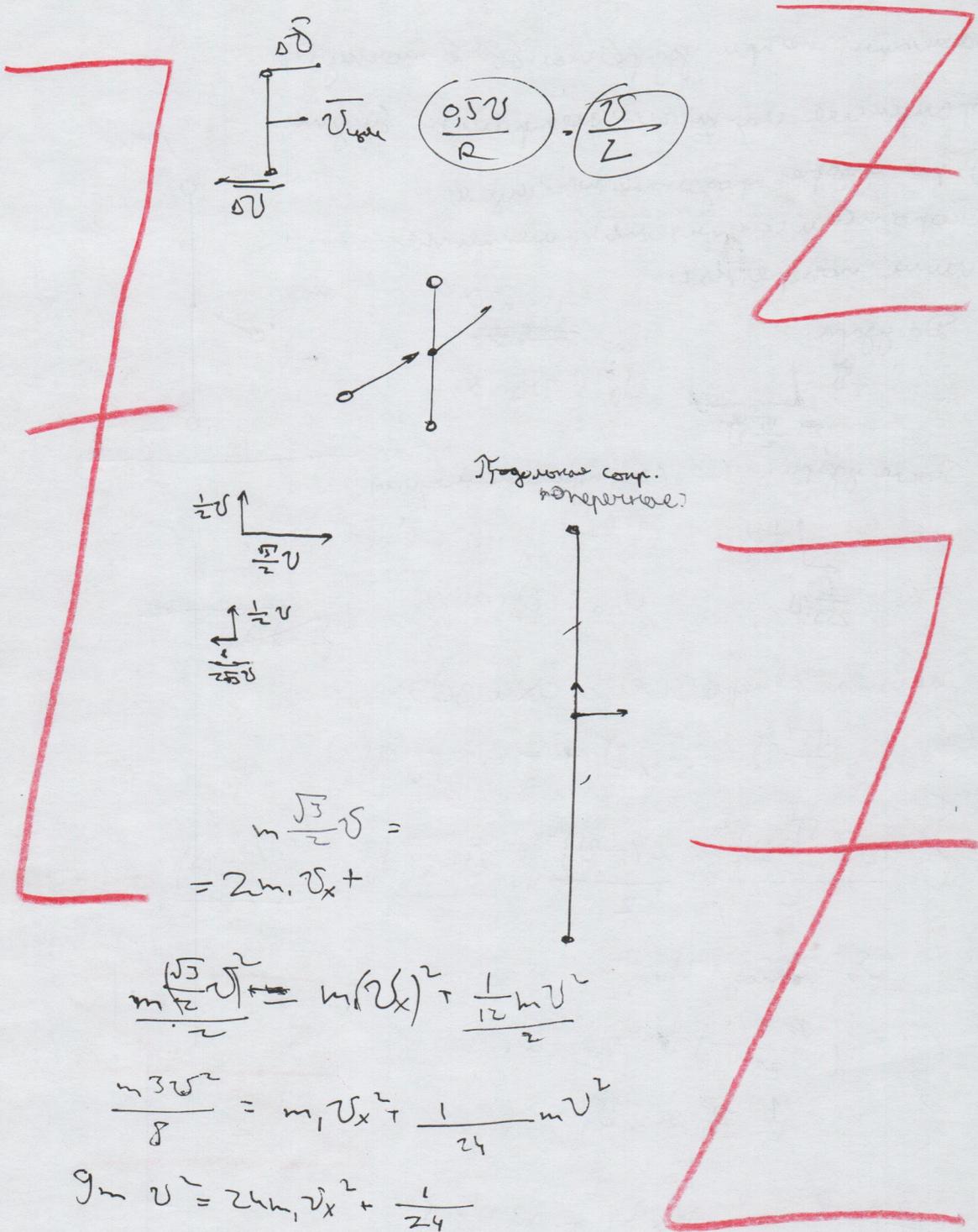
*Антонова*

74-30-94-76  
(134.2)

Черновик!

Этот В.А. запрещено

5	2	5	74
14	4	20	
5	19		



$$m \frac{\sqrt{3}}{2} U = 2m \cdot U_x +$$

$$\frac{m \frac{(\sqrt{3})^2 U^2}{2}}{2} = m(U_x)^2 + \frac{1}{12} m U^2$$

$$\frac{m 3U^2}{8} = m U_x^2 + \frac{1}{24} m U^2$$

$$9m U^2 = 24m U_x^2 + \frac{1}{24}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2\sqrt{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{5 + \sqrt{3}}{8} U = 2U_x$$

$$\frac{3}{64} U^2 + \frac{3}{16} U^2$$

$$\frac{5 + \sqrt{3}}{16} U = U_x$$

$$U_1 = \frac{25}{16} U$$

$$\frac{(\sqrt{3} + \sqrt{3})U}{16} = U_x$$

$$U_2 = \frac{4\sqrt{3}}{16} U$$

$$U_3 = \frac{5 \cdot \sqrt{3}}{8} U$$

A.

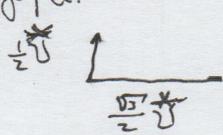
л.1.

Чистовик 1.

1. Заметим, что при ударе маябы в точку O -  
 - вращение из-за симметрии не будет.

При ударе продольные составляющие  
 скорости сохранятся, изменятся  
 лишь поперечная:

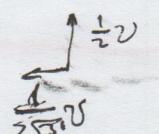
До удара:



$$v_{\text{пер}} = v \sin 30$$

$$v_{\text{пол}} = v \cos 30$$

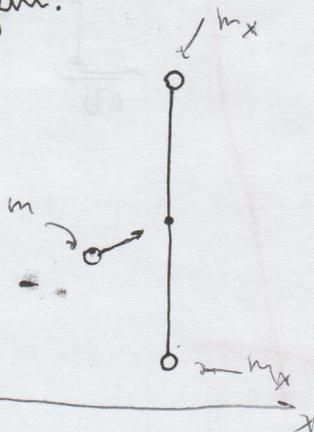
После удара:



(из принципа симметрии)

$$v'_{\text{пер}} = v' \sin 60 = v_{\text{пер}}$$

$$v'_{\text{пол}} = v' \cos 60$$



~~$v_0 = \sqrt{2} v_{\text{пер}}$~~

2. Запишем теперь ЗСМ на OX и ЗСЭ:

$$\begin{cases} m \frac{\sqrt{3}}{2} v = 2m_x v_1 + m \frac{1}{2\sqrt{3}} v \\ \frac{m \left(\frac{\sqrt{3}}{2} v\right)^2}{2} + \frac{m \left(\frac{1}{2} v\right)^2}{2} = \frac{2m_x (v_1)^2}{2} + \frac{m \left(\frac{1}{2\sqrt{3}} v\right)^2}{2} + \frac{m \left(\frac{1}{2} v\right)^2}{2} \end{cases}$$

$$v_0^2 = v_{\text{прод}}^2 + v_{\text{попер}}^2$$

$$\begin{cases} m \left(\frac{\sqrt{3}+1}{2\sqrt{3}}\right) v = 2m_x v_1 \\ m \frac{4}{5} v = m_x v_1 \end{cases}$$

$$\frac{3m v^2}{8} = m_x v_1^2 + m \frac{1}{24} v^2$$

$$\begin{cases} m v = \sqrt{3} m_x v_1 \\ \frac{8m v^2}{24} = m_x v_1^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} m^2 v^2 = 3 m_x^2 v_1^2 \\ m v^2 = 3 m_x v_1^2 \end{cases} \quad (+)$$

$m = m_x$

$v_1 = \frac{\sqrt{3}}{3} v$

Чистовик 2.

74-30-94-76  
(134.2)

3. Заметим, что теперь выражение будет:

$$3CMu + 3C\partial + 3au:$$

$$\left\{ m \frac{\sqrt{3}}{2} v \cdot \frac{L}{4} = 2m v_1 \cdot \frac{L}{2} + m v_6 \frac{L}{4} \right.$$

$$\left\{ \frac{m \left( \frac{\sqrt{3}}{2} v \right)^2}{2} + \frac{m \left( \frac{1}{2} v \right)^2}{2} = \frac{m (v_1 + \Delta v_1)^2}{2} + \frac{m (v_1 - \Delta v_1)^2}{2} + \right.$$

$$m \frac{\sqrt{3}}{2} v = 2m v_1 + m v_6$$

$$\left\{ \frac{\sqrt{3}}{4} v = 2v_1 + \frac{v_6}{2} \right.$$

$$\left\{ \frac{\sqrt{3}}{2} v + v_6 = 2v_1 \right.$$

$$\left\{ \frac{3}{4} v^2 = m v_1^2 + m \Delta v_1^2 + m v_6^2 \right.$$

$$\frac{\sqrt{3}}{4} v + \frac{v_6}{2} = 2v_1$$

$$\frac{\sqrt{3}}{4} + \frac{\sqrt{3}}{4} v + v_6 = 2v_1$$

$$\frac{3}{4} v^2 = \left( \frac{\sqrt{3}}{4} v + \frac{v_6}{2} \right)^2 + \left( \frac{\sqrt{3}}{2} v + v_6 \right)^2 + v_6^2$$

решив уравнение

$$4. 3v^2 = \frac{3}{16} v^2 + \frac{v_6^2}{4} + \frac{\sqrt{3}}{4} v v_6 + \frac{3v^2 + \sqrt{3} v v_6 + v_6^2}{4} + 4v_6^2$$

$$3v^2 = \frac{15}{16} v^2 + \frac{3\sqrt{3}}{2} v v_6 + 6v_6^2 \quad 3v^2 = \frac{15}{16} v^2 + \frac{5\sqrt{3}}{4} v v_6 + \frac{21}{4} v_6^2$$

$$6v_6^2 + \frac{3\sqrt{3}}{2} v v_6 - \frac{33}{16} v^2 = 0 \quad 21v_6^2 + 5\sqrt{3} v v_6 - \frac{33}{4} v^2 = 0$$

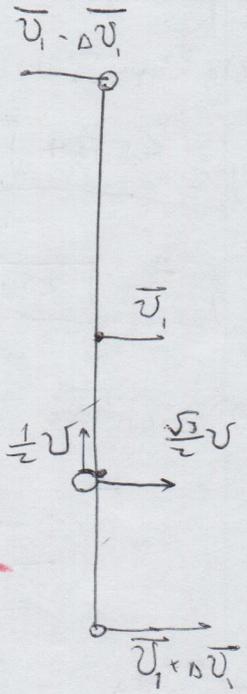
$$2v_6^2 + \frac{\sqrt{3}}{2} v v_6 - \frac{11}{16} v^2 = 0$$

$$v_6 = \frac{-\frac{\sqrt{3}}{2} v \pm \sqrt{\frac{3}{4} v^2 + \frac{11}{2} v^2}}{4} = \frac{-\frac{\sqrt{3}}{2} v + \sqrt{\frac{25}{4}} v}{4} = \frac{5-\sqrt{3}}{8} v$$

логично  $\rightarrow 0 \Rightarrow$  - отрицательное

Может быть и так: ~~sin~~  $\text{ctg } \delta = \frac{5-\sqrt{3}}{4} = \frac{v_{\text{прог}}}{v_{\text{гол}}}$

Ответ:  ~~$\arctg\left(\frac{4}{5-\sqrt{3}}\right)$~~



~~Handwritten scribbles and a large red 'Z' mark.~~

~~Handwritten scribbles and a large red 'Z' mark.~~

Теор. вопрос

$$21U_0^2 + 5\sqrt{3}U_0 - \frac{33}{4}U_0^2 = 0$$

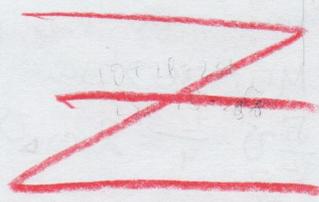
$$U_0 = \left( \frac{-5\sqrt{3} + \sqrt{75 + 21 \cdot 33}}{42} \right) U$$

$$= \frac{-5\sqrt{3} + \sqrt{25 + 11 \cdot 21} \sqrt{3}}{42} U = \frac{-5\sqrt{3} + \sqrt{256} \sqrt{3}}{42} = \frac{11\sqrt{3}}{42} U$$

Мощность:  $\delta = \arccos\left(\frac{U_{\text{прод}}}{U_{\text{нон}}}\right) = \arctg\left(\frac{21}{11\sqrt{3}}\right)$

$$\approx \left( \frac{\frac{1}{2}U}{\frac{11\sqrt{3}}{42}U} \right) = \frac{21}{11\sqrt{3}}$$

Ответ:  $\arctg\left(\frac{21}{11\sqrt{3}}\right)$



ноль удачи  
соств. уравн. 1. го урня  
 $\left( \begin{matrix} -\frac{\sqrt{3}}{2}U \text{ gain} \\ U_1 = 0 \\ \Delta U = 0 \end{matrix} \right)$

заменим, что уравнение для случая 1. го урня

2. поле т.к. параметры системы (амплитуда, частота, энергия не меняются)

$U_1$  - скорость  $U_2, M,$

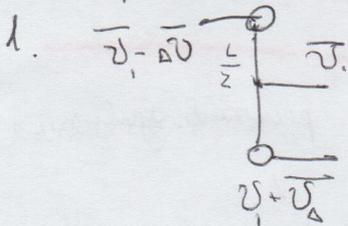
$\Delta U$  - уг-за

вращ.

заметим:



В. Теор. вопрос:



$$U_1 - \Delta U = U$$

$$U_1 + \Delta U = 2U$$

↓

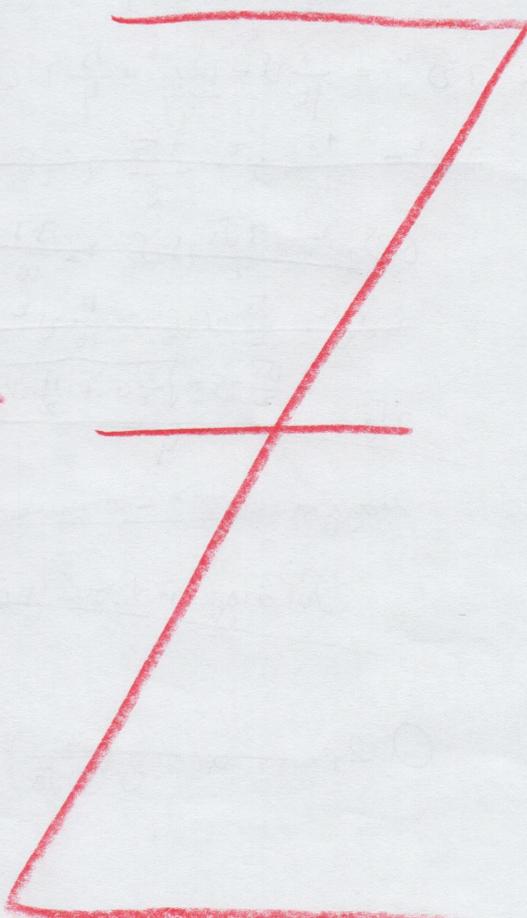
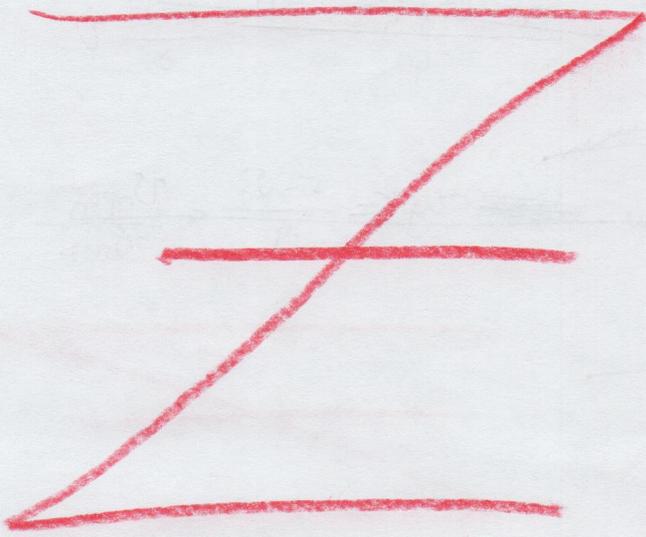
$$U_1 = \frac{3}{2}U$$

$$\Delta U = \frac{1}{2}U$$

$$w = \frac{\Delta U}{R} = \frac{\frac{1}{2}U}{\frac{L}{2}} = \frac{U}{L}$$

Ответ:  $\frac{U}{L}$

(+)



~2

74-30-94-76  
(134.2)

A. Теор. Вопрос

1. Если  $\varphi = 0,6$ .

р.п. - давление паров

$p_0 = p_{\text{пара}} = 0,6 p_{\text{р.п.}}$

При  $100^\circ\text{C}$  -  $p_{\text{р.п.}} = 1 \text{ атм.}$ ;  $p_{\text{пара}} = 0,6 \text{ атм.}$

закон Б-М.

2. При уменьшении объема в два раза

$\varphi = 1$ . (т.к.  $p_{\text{пара}}$  должно быть равно  $1,2 \text{ атм}$  ( $pV = \text{const}$ )  
если больше  $p_{\text{р.п.}}$  - невозможно (пар конденсируется)

3. По закону Дальтона:

$p_0 = p_{\text{пара}} + p_{\text{возд.}} \rightarrow p_{\text{возд.}} = 0,4 \text{ атм.}$

$1 \text{ атм} = p_0 = 0,6 \text{ атм.} + p_{\text{возд.}} \Rightarrow p_{\text{возд.}} = 0,4 \text{ атм.}$

4. При смеси воздуха в два раза

$pV = \nu nRT$  - Б.М.

$p_{\text{возд.1}} = 2 p_{\text{возд.2}} = 0,8 \text{ атм.}$

5.  $p_1 = p_{\text{пара1}} + p_{\text{возд.1}} = 1 \text{ атм} + 0,8 \text{ атм.} = 1,8 \text{ атм}$

Ответ:  $1,8 \text{ атмосферы}$

Б. Заметим, что если погреть ледяной, но закрытый

в сосуде всегда равно атмосферному

закон Дальтона:

$p_0 = p_{\text{пара}} + p_{\text{возд.}}$

$p_{\text{пара}} = \varphi p_{\text{р.п.}}$

$= \varphi \cdot p_{\text{р.п.}}$

$\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{р.п.}}}$

$p_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}}}{pV}$

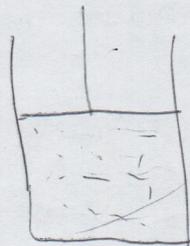
$p_{\text{возд.}} V = \nu_{\text{в}} RT = \frac{m_{\text{в}}}{M_{\text{в}}} RT$

$p_{\text{атм}} = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{р.п.}}} \cdot p_{\text{атм}} + \frac{m_{\text{в}} RT}{M_{\text{в}} V} = \frac{m_{\text{п}}}{p_{\text{атм}} V} \cdot p_{\text{атм}} + \frac{m_{\text{в}} RT}{M_{\text{в}} V}$

В учебнике:  
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$   
неправда!

В работе будет

элемент:  
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$



$\varphi$  - относ. влажность

( $p_{\text{р.п.}}$  при  $100^\circ\text{C}$ :  $p_{\text{р.п.}} = 1 \text{ атм.}$ )

$p_{\text{р.п.}} V = \nu_{\text{max}} RT$  - при влажности 100%

$\nu_{\text{max}} = \frac{p_{\text{р.п.}} V}{RT} = \frac{p_{\text{атм}} V}{RT}$

$m = m_{\text{п}} + m_{\text{в}}$

$$P_{атм} = \frac{m_B RT}{M_B V} + \frac{m_N RT}{M_N V}$$

числовик  $S_2$

$$P_{атм} \cdot V = \left( \frac{m_B}{M_B} + \frac{m_N}{M_N} \right) R \cdot T$$

$$101000 \text{ Па} \cdot 3,73 \text{ л} = \left( \frac{m_B}{29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} + \frac{m_N}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} \right) 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 373 \text{ К}$$

$$101 \text{ Па} \cdot \text{м}^3 = 101 \text{ Дж}$$

$$\left\{ \begin{aligned} 101 \text{ Дж} &= \left( \frac{m_B}{29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} + \frac{m_N}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} \right) \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \\ m_B + m_N &= \frac{2522}{831} \text{ г} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{101 \text{ Дж}}{831} = \frac{m_B}{29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} + \frac{m_N}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}$$

$$m_B + m_N = \frac{2522}{831} \text{ г}$$

$$\frac{\frac{m_B}{29} + \frac{m_N}{18}}{m_B + m_N} = \frac{101}{2522}$$

$$m_B = \frac{64 \cdot 29}{831} \text{ г}$$

$$m_N = \frac{64}{831} \text{ моль}$$

$$m_N = \frac{37 \cdot 18}{831} \text{ г}$$

$$m_N = \frac{37}{831} \text{ моль}$$

$$\frac{18 m_B + 29 m_N}{18 \cdot 29 (m_B + m_N)} = \frac{101}{2522}$$

Предположим

что порок стоклет конденсирован, а потом  
исчислим конденсированность:

$$P_0 = P_{пар} + P_{возд} = 200 \text{ Па} + 100800 \text{ Па}$$

$$200 \text{ Па} \cdot V_1 = \nu_{пар} R \cdot 260 \text{ К}$$

$$108800 \text{ Па} \cdot V_1 = \nu_{возд} R \cdot 260 \text{ К}$$

$$V_1 = \frac{\frac{64}{831} \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 260}{108000 \text{ Па}} \approx$$

$$\approx \frac{0,64 \cdot 260 \text{ м}^3 \cdot \text{Па}}{108000 \text{ Па}} = \frac{0,64 \cdot 260}{108} \text{ л} \approx 1,54 \text{ л}$$

$$\nu_{пар} = \frac{200 \text{ Па} \cdot 1,54 \text{ л}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 260 \text{ К}} \approx \frac{0,3084 \text{ г}}{831} \approx 0,37 \text{ моль}$$

$\nu_{пар}$  - конденсированность  $\approx$

$$m_{пар} = m_{пар} = \frac{37 \cdot 18}{831} \text{ г} \approx 0,8 \text{ г}$$

Объем:  $V \approx 1,54 \text{ л}$

$$m_{пар} \approx \frac{666}{831} \text{ г} \approx 0,8 \text{ г}$$

чертёжик 2

дешифр

$$\begin{array}{r} 2522 \overline{) 25} \\ 2323 \overline{) 87} \\ \hline 203 \end{array}$$

$$0,64 \cdot 2609 \overline{) 108}$$

$$\frac{18 \cdot 101}{831} \approx \frac{18}{29} \text{ мВ} + \text{мВ}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \hline 128 \\ \hline 38,4 \end{array}$$

$$\frac{1818}{831} \approx \frac{18}{29} \text{ мВ} + \text{мВ}$$

$$\begin{array}{r} 16640 \overline{) 108} \\ -108 \\ \hline 584 \\ -540 \\ \hline 440 \end{array}$$

$$\frac{11}{29} \text{ мВ} = \frac{2522 - 1818}{831} \approx \frac{704}{831}$$

$$\frac{11}{29} \text{ мВ} = \frac{64 \cdot 11}{831}$$

~~какая-то~~  
~~какая-то~~  
~~какая-то~~

$$\frac{1}{29} \text{ мВ} = \frac{64}{831}$$

$$\frac{29 \cdot 101}{831} \approx \frac{29}{18} \text{ мВ}$$

$$\frac{2929 - 2522}{831} = \frac{407}{831} \approx \frac{11}{18} \text{ мВ}$$

$$\frac{407}{831} \approx \frac{11}{18} \text{ мВ} \quad \text{308} \overline{) 260}$$

$$\frac{37 \cdot 11}{831} \approx \frac{11}{2}$$

$$0,64 \overline{) 108}$$

$$\frac{64}{108} = \frac{32}{54} = \frac{16}{27}$$

$$30,8 \overline{) 260}$$

$$\begin{array}{r} 30,8 \overline{) 260} \\ -260 \\ \hline 480 \\ -480 \\ \hline 200 \end{array}$$

$$37 \cdot 18 = 370 + 296 = 666 \overline{) 131}$$

~~какая-то~~  
~~какая-то~~  
~~какая-то~~

А. Теор. вопрос: Задача 4.

Построим характеризующую прямую:

1.  ~~$I_{кз} = \frac{U}{r}$~~   $I_{кз} = \frac{\epsilon}{r}$ ;  $U=0$

2.  $I=0$ ;  $U=\epsilon$

$I_{кз} = 12A$

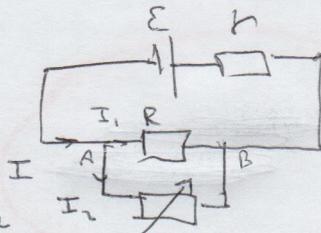
$U = 6B$

Теперь пересечём ВЛХ в  $U = 2B$ ;  $I = 8A$ . (+)

Тогда  $P = UI = 16Bт.$

Ответ: 16Bт.

ЗБ.



$$I_1 R = \frac{I_2^2 r^2}{3\epsilon} \leftarrow \text{разность потенциалов AB.}$$

$$I_1 + I_2 = I \leftarrow \text{I закон Кирхгофа для A}$$

$$I r + I_1 R = \epsilon \leftarrow \text{I закон Кирхгофа для цепи}$$

$$\frac{I_2^2 r^2}{3\epsilon R} + I_2 = I$$

$$\left( \frac{I_2^2 r^2}{3\epsilon R} + I_2 \right) r + \frac{I_2^2 r^2}{3\epsilon} = \epsilon$$

Найдём  $I_2$ :  

$$\frac{I_2^2 \cdot 9 \cdot 27 \Omega^3}{3 \cdot 24B \cdot 9 \Omega^2} + I_2 \cdot 3 \Omega = 24B$$

$$\frac{I_2^2 \cdot 9 \Omega^2}{3 \cdot 24B} = 24B$$

$$\frac{I_2^2}{24B} + 3 I_2 \cdot 1A + \frac{I_2^2}{8} = 24A^2$$

$$\frac{1}{6} I_2^2 + 3A \cdot I_2 - 24A^2 = 0$$

$$I_2^2 + 18A \cdot I_2 - 144A^2 = 0$$

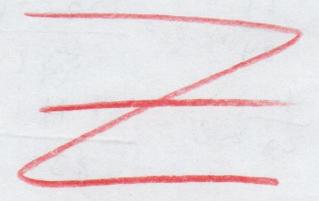
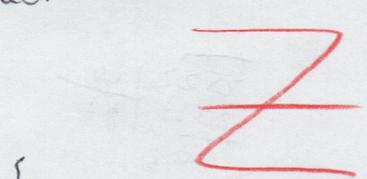
$$I_2 = \left( \frac{-18 \pm \sqrt{324 + 576}}{2} \right) A = 6A$$

ток > 0 → сопротивление

на резисторе:  $\frac{9}{4} Bт.$

на конденсаторе: 27Bт.

Ответ: (+)



$$\frac{I_1 r}{3\epsilon} = U - \psi'$$
 потенциал элемента

общий вид  

$$\frac{4I_2^2 r^2}{9\epsilon} + I_2 r - \epsilon = 0$$

$$I_2 = \frac{-r \pm \sqrt{r^2 + \frac{4}{9} r^2}}{\frac{8r^2}{9\epsilon}}$$

$$= \frac{-\frac{2}{3} r + \frac{2}{3} r}{\frac{8r^2}{9\epsilon}} = \frac{3\epsilon}{4r}$$

$$= \frac{3 \cdot 24B}{4 \cdot 3\Omega} = 6A$$

$$I_1 = \frac{I_2^2 r^2}{3\epsilon R} = \frac{I_2^2 r}{9\epsilon} = \frac{36A^2 \cdot 3\Omega}{9 \cdot 24B} = \frac{1}{2} A$$

~~Ответ: 6A~~  

$$P_R = I_1^2 R = \frac{1}{4} A^2 \cdot 9\Omega = \frac{9}{4} Bт$$

$$P_{н} = I_2 U = \frac{216 A^3 \cdot 9 \Omega^2}{3 \cdot 24B} = 27Bт$$

(+)

A. Теор. вопрос: задание 3.

1. Запомним, что на орбите действ. сила притяжения, сообщая ей  $a_{цс} = \frac{v^2}{R}$ .

$v$  - линейная скорость планеты.

$$F_{прит} = \frac{GMm_k}{R^2}$$

$$m_k \cdot a_{цс} = F_{прит} \Rightarrow \frac{GM}{R} = \frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{GM}{R} = v^2 \rightarrow v \text{ любой момент}$$

$$\frac{GM}{R_{min}} = v_{max}^2$$

$$\frac{GM}{R_{max}} = v_{min}^2 \Rightarrow \left( \frac{v_{max}}{v_{min}} \right)^2 = \frac{R_{max}}{R_{min}} = 9$$

$$\left( \frac{v_{max}}{6 \text{ км/с}} \right)^2 = 9$$

$$v_{max} = 18 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

B. ~~GM~~  $F = \frac{kq^2}{R^2} \Rightarrow m a_{цс} = F$

$$a_{цс} = \frac{v^2}{R} = \frac{kq^2}{m R^2}$$

$$v^2 R = \frac{kq^2}{m} \Rightarrow v^2 R - \text{константа, если нет}$$

внешних факторов

$$R_1 = \left( \frac{v + \Delta v}{v} \right)^2 R$$

Заметим, что легче записывать через энергии

$$\frac{m v^2}{2} + \frac{GMm}{R} = \text{const}$$

Радиус увеличивается

увеличивается на  $\Delta v$  при

каждом проходе

$$\Delta R = R_1 - R_{min} = \frac{v^2 + \Delta v^2}{v^2} R - R = \frac{\Delta v^2}{v^2} R$$

$$\Delta R_{max} = R_{max} - R_{min} = \frac{\Delta v^2}{v^2} R$$