

+ 8 495 111 11 11

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр

123434

(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Чернов Валерий Андреевич

Город, № школы (образовательного учреждения) г. Санкт-Петербург,
ГБОУ "Президентский ФМЛ №239"

Регистрационный номер ЦМ9091

Вариант задания 5

Дата проведения " 23 " марта 20 17 г.

Подпись участника

В.А.

70 (сильдес)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

123434

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
8	4	10	8	8	10	0	10	12	0	70

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 5



$$W = W_n + W_k$$

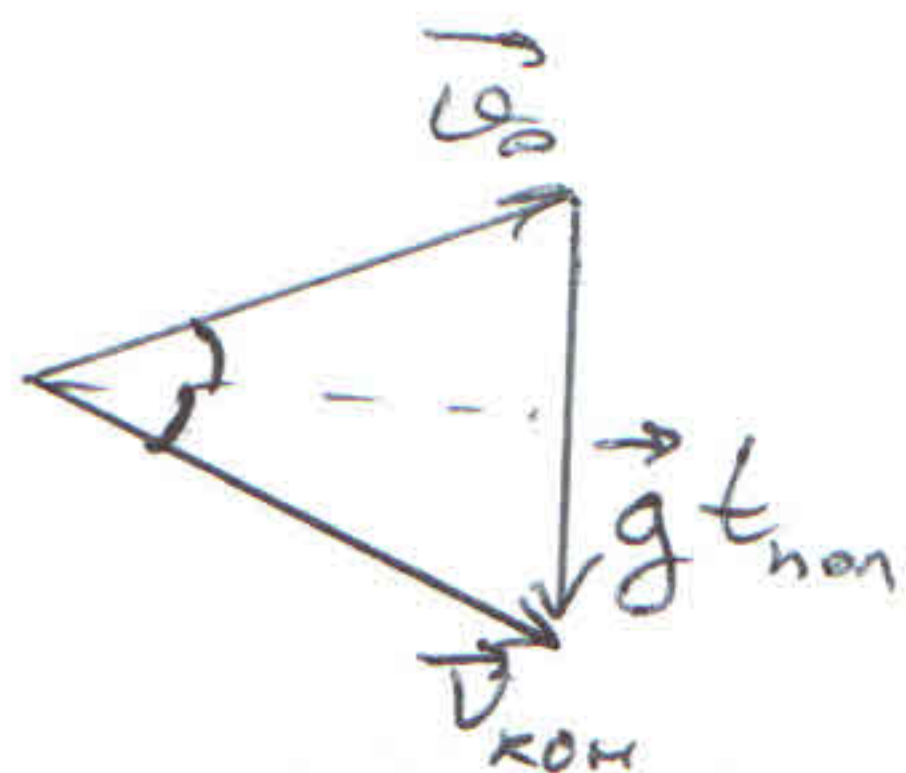
$$W_n = 0, W = E$$

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

Траектория - парабола

В силу симметрии параболы:



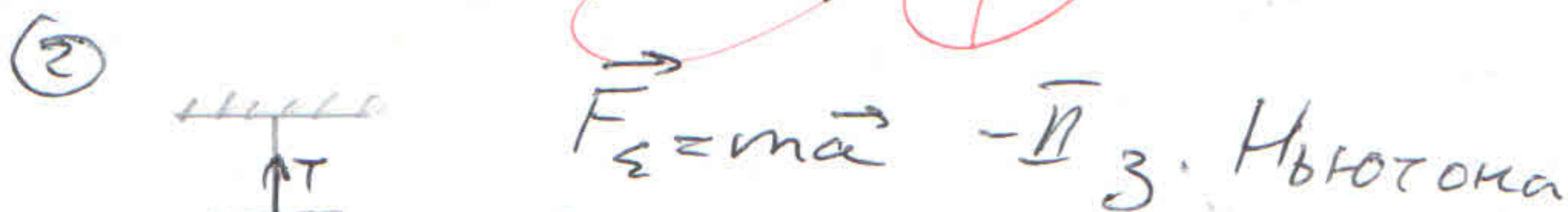
$$2 \cdot v_0 \sin \alpha = gt_{\text{ноч}}$$

$$t_{\text{ноч}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_{\text{ноч}} = \frac{2 \sin \alpha}{g} \cdot \sqrt{\frac{2E}{m}} = \frac{2 \sin \alpha}{g} \sqrt{\frac{E}{2m}}$$

$$t_{\text{ноч}} = \frac{2 \cdot \sin 30^\circ}{10 \text{ м/с}^2} \cdot \sqrt{\frac{225 \text{ Дж} \cdot 2}{2 \text{ кг}}} = \frac{1}{10 \text{ м/с}^2} \cdot 15 \text{ м/с} = 1,5 \text{ с}$$

Ответ: 1,5 с.



$\vec{F} = m\vec{a}$ - II з. Ньютона

Т.к. система покоится, то равнодействующая сила для любого звенья равна нулю

1: $T - m_1g - F_{\text{упр1}} = 0$

2: $F_{\text{упр1}} - m_2g - F_{\text{упр2}} = 0$

3: $F_{\text{упр2}} - m_3g = 0$

услов: $a=0$

$$T = m_1g + m_2g + m_3g$$

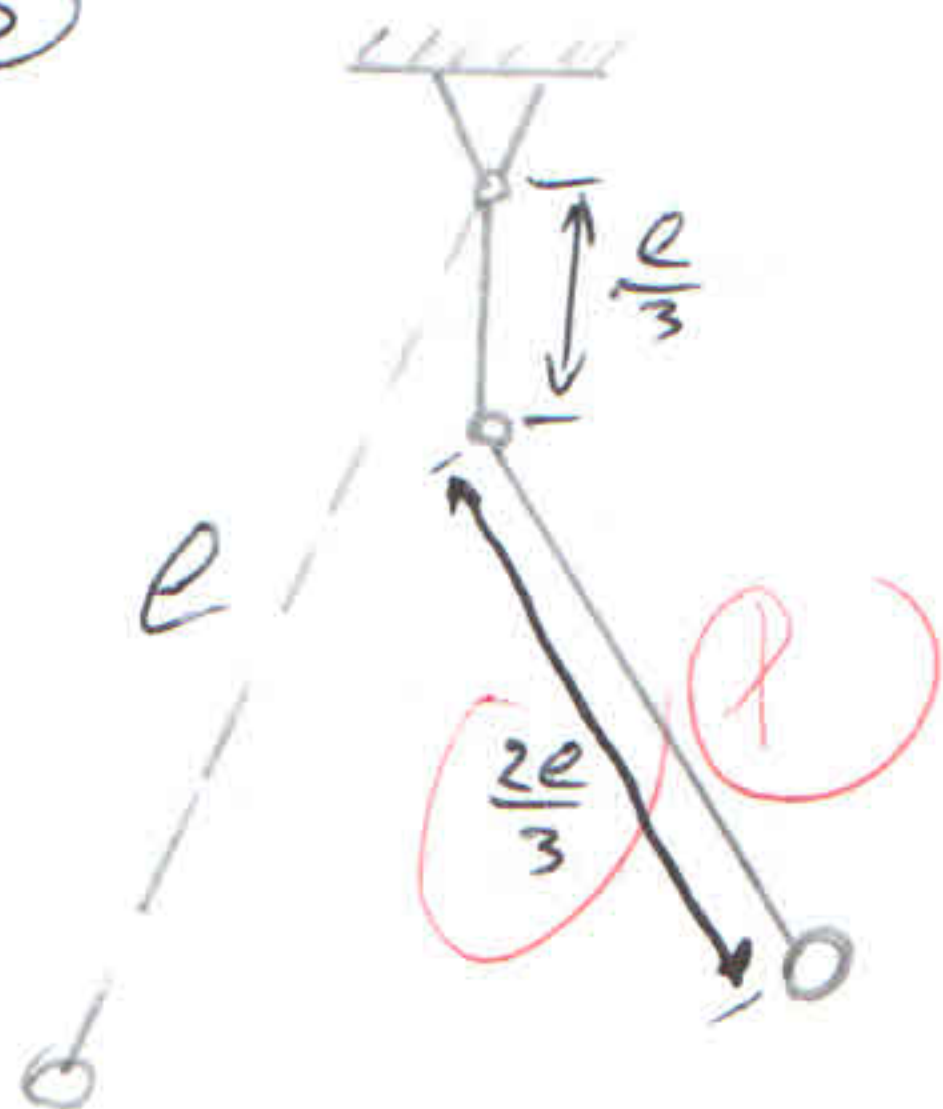
$$F_{\text{упр1}} = m_2g + m_3g$$

$$F_{\text{упр2}} = m_3g$$

$$T = (m_1 + m_2 + m_3)g = (1 \text{ кг} + 5 \text{ кг} + 2 \text{ кг}) \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 80 \text{ Н}$$

Ответ: 80 Н.

③



$T = 2\pi \sqrt{\frac{e}{g}}$ - период колебаний математического маятника

По сути, данная система в некоторые моменты времени является математическим маятником с длиной e , а в другие - математическим маятником с длиной $\frac{2e}{3}$.

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{e}{g}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{2e}{3}}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{e}{g}} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = T_1 \frac{\sqrt{6}}{3}$$

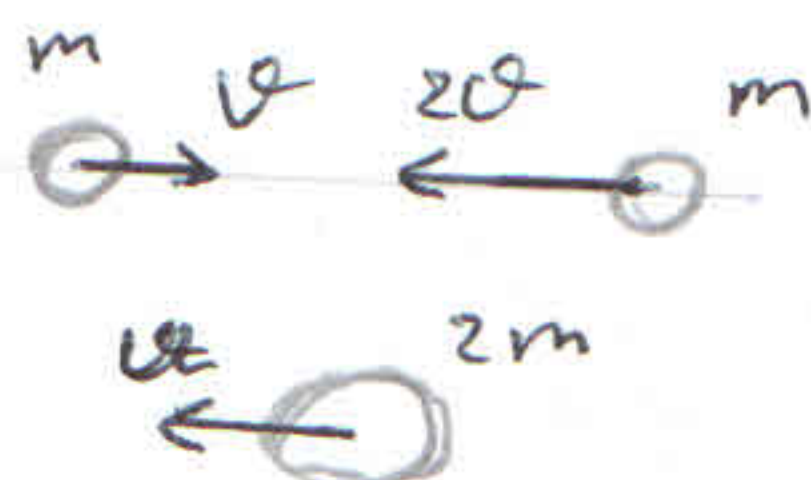
Заметим, что в первом случае он является таковым $\frac{T_1}{2}$, а во втором $\frac{T_2}{2}$.

То есть $T = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{2}$

$$T = \frac{1}{2}T_1 + \frac{1}{2}T_2 = \frac{1}{2}T_1(1 + \frac{\sqrt{6}}{3}) = \pi \sqrt{\frac{e}{g}} (\frac{\sqrt{6}+1}{3})$$

Ответ: $(1 + \frac{\sqrt{6}}{3}) \pi \sqrt{\frac{e}{g}}$.

④



В результате абсолютно неупругого удара шарики слипнутся и будут двигаться ~~со скоростью u~~ вместе со скоростью u .

$$mv - 2v \cdot 2m = 2mu$$

$$\frac{1}{2}v = u$$

$$W_1 = W_{k1} = \frac{mv^2}{2} + \frac{m(2v)^2}{2} = \frac{5}{2}mv^2$$

$$W_2 = W_{k2} = \frac{2mu^2}{2} = \frac{2m \cdot \frac{1}{4}v^2}{2} = \frac{1}{4}mv^2$$

Изменение энергии свидетельствует о том, что часть энергии перешла в тепло:

$$Q = \Delta W = \frac{10}{4}mv^2 - \frac{1}{4}mv^2 = \frac{9}{4}mv^2$$

$$Q = c m \Delta t$$

$$c m \Delta t = \frac{9}{4}mv^2$$

$$\Delta t = \frac{9mv^2}{4c}$$

Ответ: $\frac{9v^2}{4c}$.

5

V_1	H_2O	V_2	N_2
	362		282

$$V = 40 \text{ м}^3$$

$$t = 100^\circ\text{C}$$

Будем считать, что
вся вода испарилась.
 $pV = \nu RT$ - ур. Менделеева-
Клапейрона

Обозначим объём
левой - V_1 правой части как V_2 ,

В установившемся состоянии перегородка
не движется

Давление на перегородку
с обеих сторон скомпенсировано

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{p_1 RT}{V_1} = \frac{p_2 RT}{V_2}$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \rightarrow V_1 = V - V_2$$

$$\frac{p_1}{V - V_2} = \frac{p_2}{V_2}$$

$$p_1 V_2 = V p_2 - p_2 V_2$$

$$V_2 (p_1 + p_2) = V p_2$$

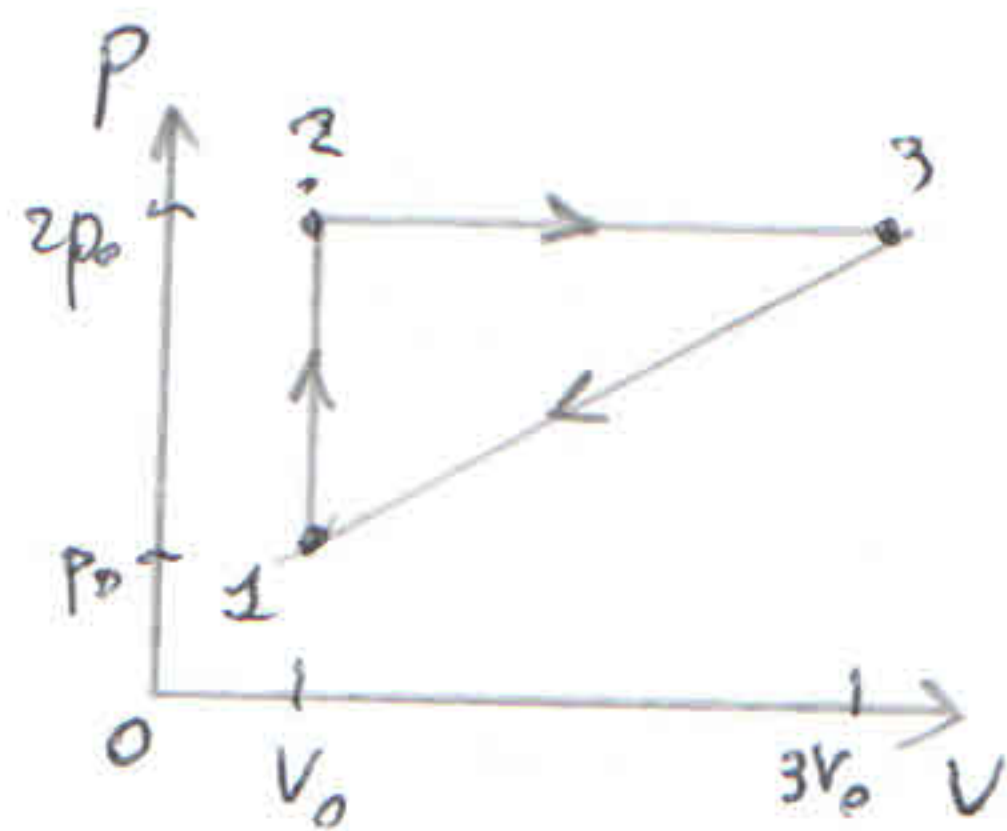
$$V_2 = \frac{p_2}{p_1 + p_2} V$$

$$V_2 = \frac{\frac{m_{N_2}}{M_{N_2}}}{\frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} + \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}}} V$$

$$V_2 = \frac{\frac{282}{28 \text{ г/моль}}}{\frac{282}{28 \text{ г/моль}} + \frac{362}{18 \text{ г/моль}}} \cdot 40 \text{ м}^3 = \frac{1}{1+2} \cdot 40 \text{ м}^3 \approx 13,3 \text{ м}^3$$

Ответ: 13,3 м³

6



$dU = Q + A^{ext} - I$ начало термодинамики
 $pV = \nu RT$ - ур. Менделеева-Клапейрона

Пусть в состо

1-2: $V = \text{const} \Rightarrow A^{ext} = 0$

$\Delta U_{12} = Q_{12}$

2-3: $\Delta V > 0, p = \text{const} \Rightarrow A^{ext} = -2p_0(3V_0 - V_0) = -4p_0V_0$

$\Delta U_{23} = Q_{23} - 4p_0V_0$

$U = \frac{\nu}{2} \nu RT$ - внутренняя энергия идеального газа
 $\nu = 3$ (газ одноатомный)

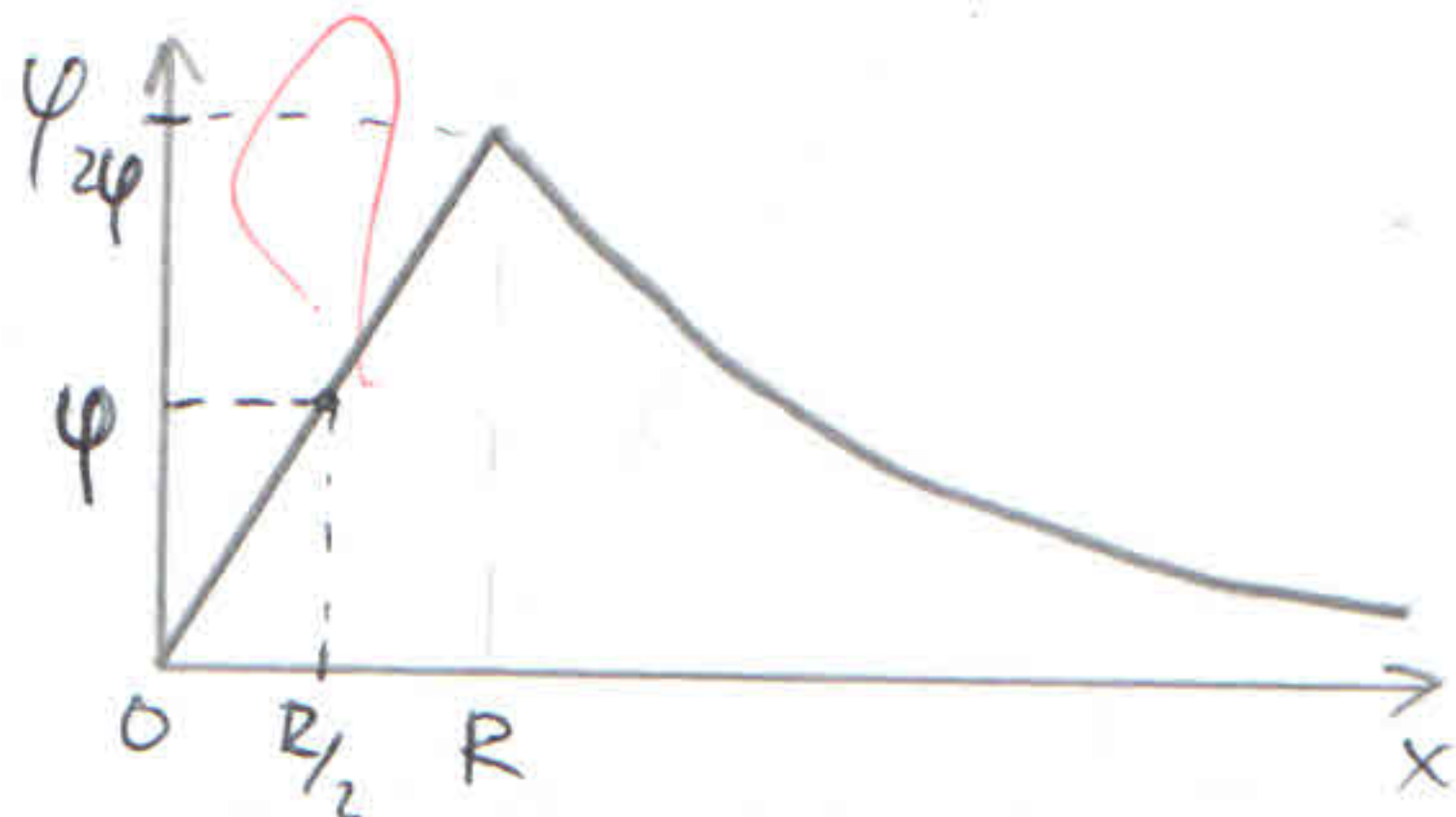
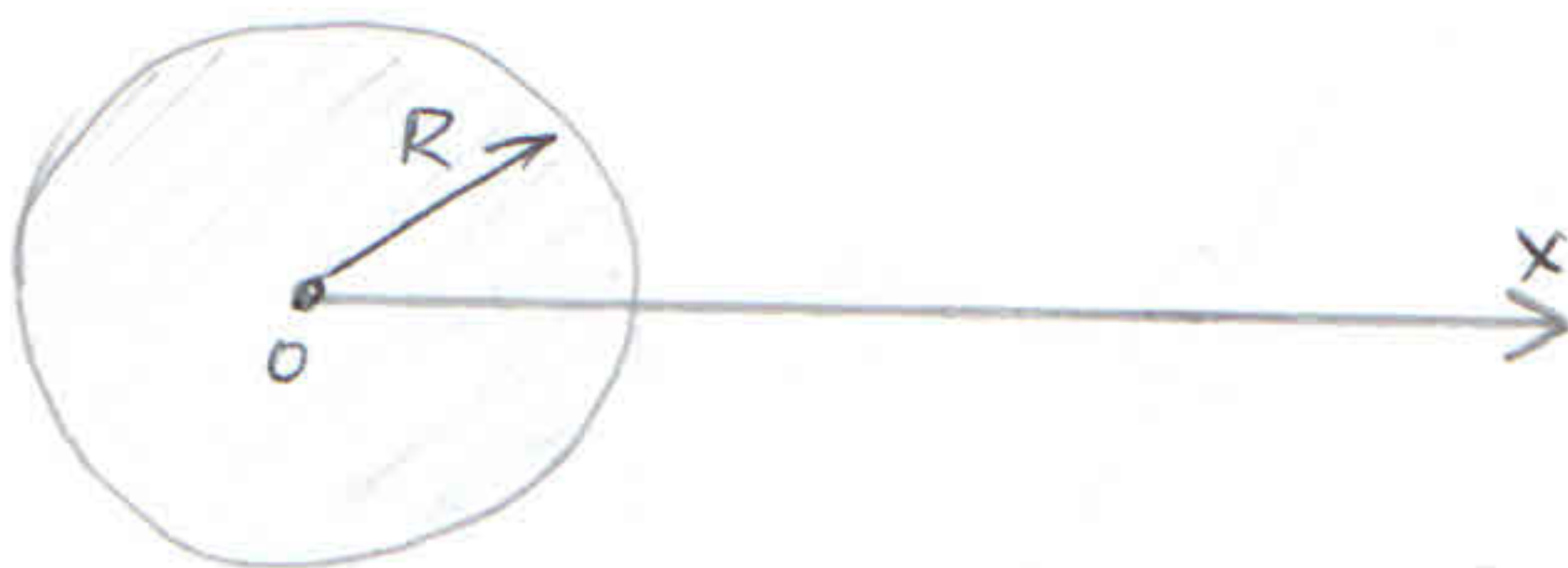
$\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{\nu}{2} \nu RT_2 - \frac{\nu}{2} \nu RT_1 = \frac{\nu}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{\nu}{2} (2p_0 V_0 - p_0 V_0) = \frac{\nu}{2} p_0 V_0$

$\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = \frac{\nu}{2} \nu RT_3 - \frac{\nu}{2} \nu RT_2 = \frac{\nu}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2) = \frac{\nu}{2} (6p_0 V_0 - 2p_0 V_0) = 2p_0 V_0$

$\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{\Delta U_{12}}{\Delta U_{23} + 4p_0 V_0} = \frac{\frac{3}{2} p_0 V_0}{2p_0 V_0 + 4p_0 V_0} = \frac{3 p_0 V_0}{6 p_0 V_0} = \frac{1}{2} = 0,5$

Ответ: 0,5.

7



0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

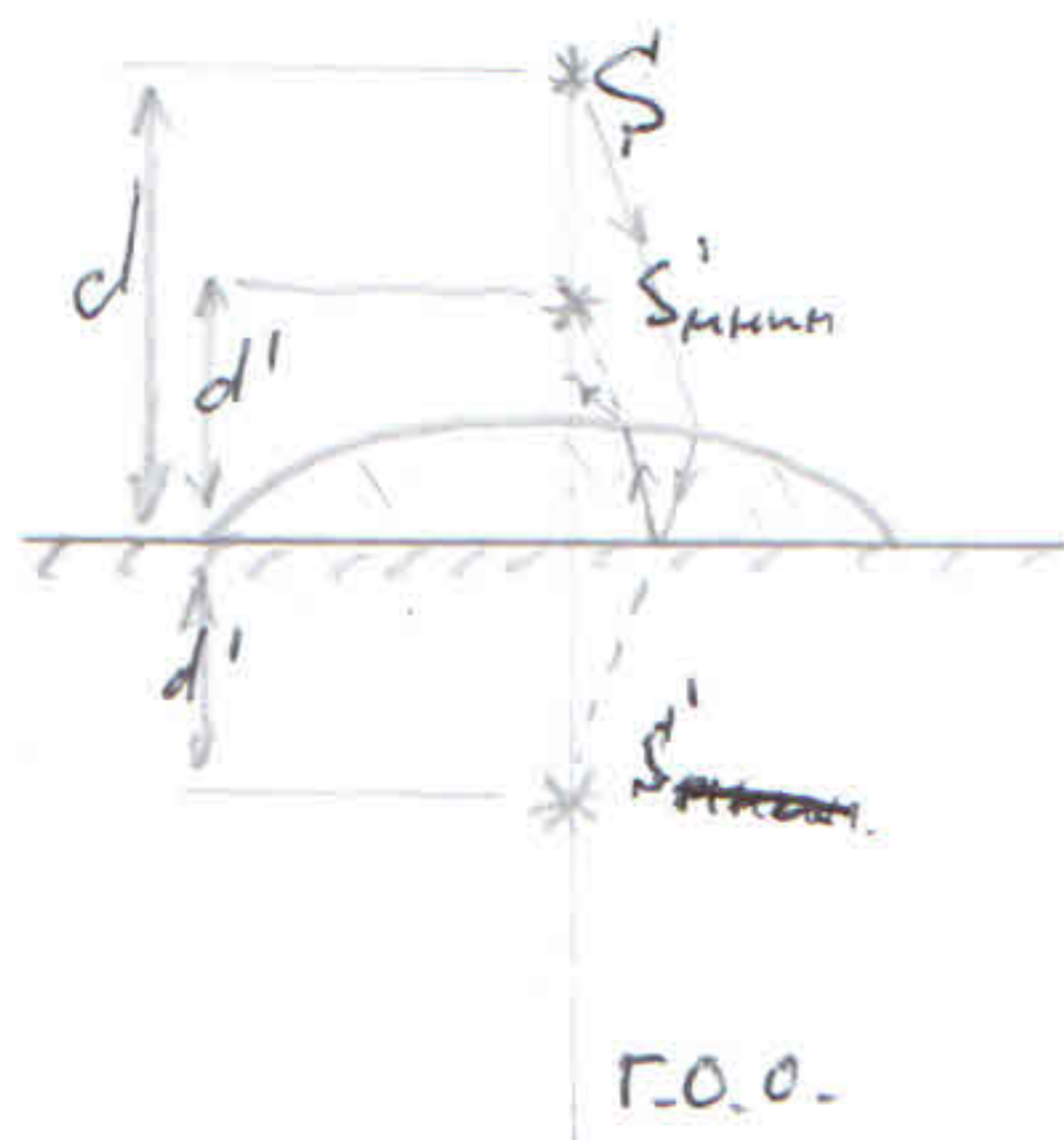
123434

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 5

⑧



Уберём мысленно зеркало. Найдем расстояние d' от изображения S' до плоской поверхности линзы.

источник действительный $\rightarrow +\frac{1}{d}$
 изображение действительное $\rightarrow +\frac{1}{f}$
 линза собирающая $\rightarrow +\frac{1}{F}$

источник мнимый $\rightarrow -\frac{1}{d'}$
 изображение мнимое $\rightarrow -\frac{1}{f}$
 линза рассеивающая $\rightarrow -\frac{1}{F}$

формула тонкой линзы в общем виде

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

$$d' = \frac{Fd}{d-F}$$

Что же произойдет на самом деле?
 В действительности лучи, создающие изображение S' , отразятся от зеркала и преломятся еще раз. Равносильная замена:

можно убрать зеркало и работать с мнимым источником света.

Обозначим искомое расстояние как f :

$$-\frac{1}{d'} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{1}{d'}$$

$$f = \frac{Fd'}{F+d'}$$

$$f = \frac{F \cdot \frac{Fd}{d-F}}{F + \frac{Fd}{d-F}}$$

$$f = \frac{\frac{F^2 d}{d-F}}{\frac{dF - F^2 + Fd}{d-F}}$$

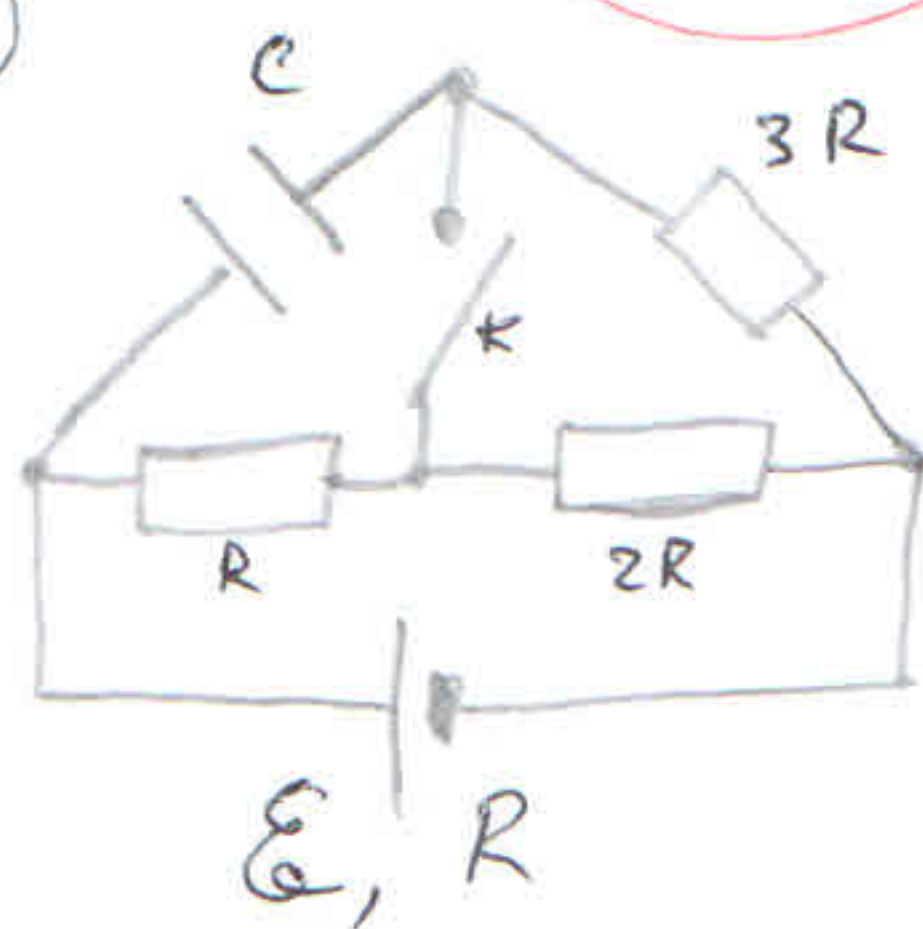
$$f = \frac{F^2 d}{F(2d-F)}$$

$$f = \frac{Fd}{2d-F}$$

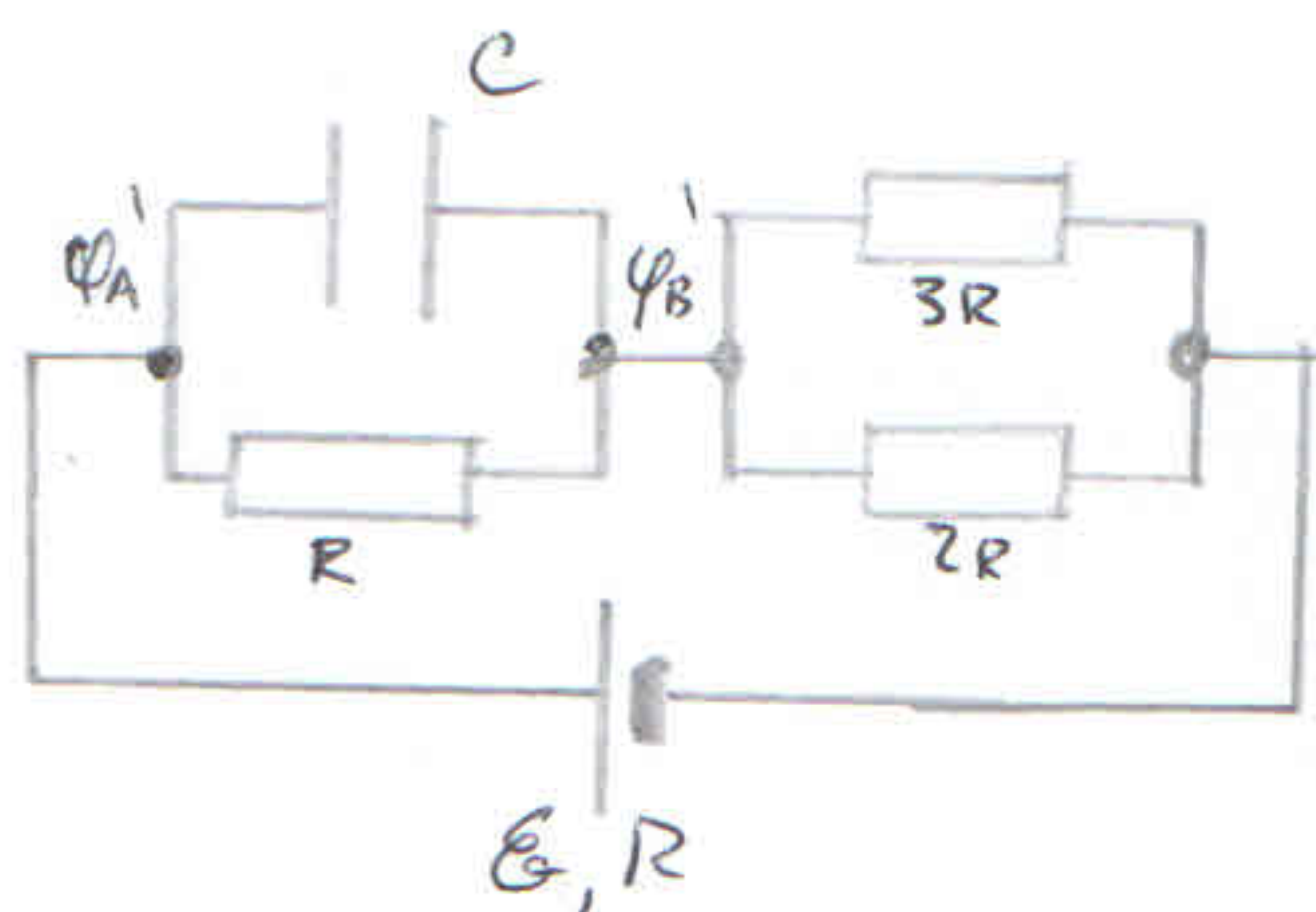
$$f = \frac{40 \text{ см} \cdot 50 \text{ см}}{2 \cdot 50 \text{ см} - 40 \text{ см}} = \frac{2000 \text{ см}^2}{60 \text{ см}} = 33\frac{1}{3} \text{ см} \approx 33,3 \text{ см}$$

Ответ: 33,3 см.

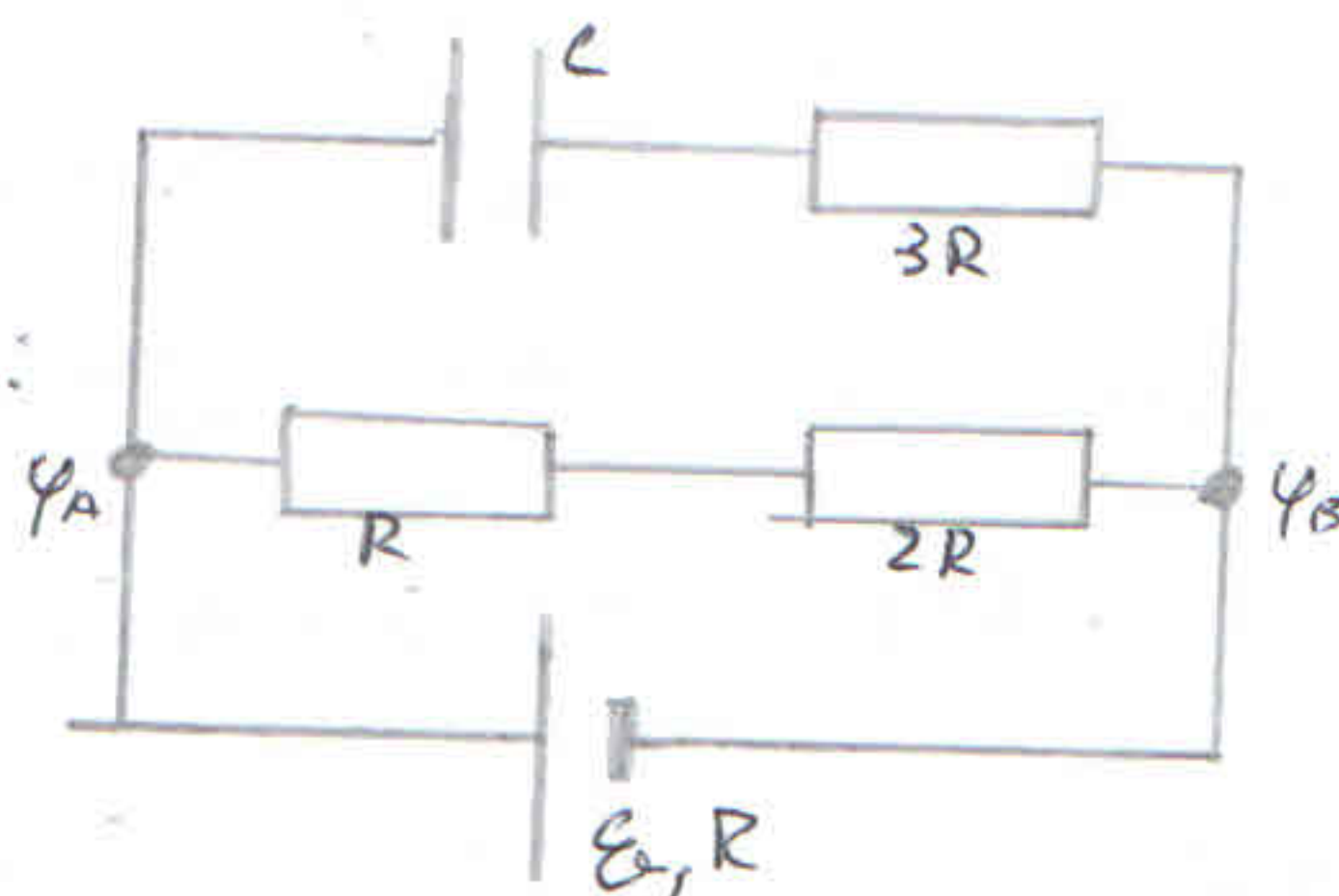
9



Ключ
Замкнут:



Ключ
Разомкнут:



В установившемся режиме ток
через конденсатор не идёт
Ключ разомкнут: $U_C = U_1$,
С другой стороны, $U_C = \varphi_A - \varphi_B$

$$\varphi_A - \varphi_B = I_{\text{обш}} \cdot (R + 2R) = 3R I_{\text{обш}}$$

$$I = \frac{U}{R} = 3 \text{ Ома}$$

$$I = \frac{U}{R+r} = 3 \text{ Ома} \quad \text{для полной цепи}$$

$$I_{\text{обш}} = \frac{\cancel{E}}{(R+2R)+R} = \frac{E}{4R}$$

$$\varphi_A - \varphi_B = 3R \cdot \frac{E}{4R} = \frac{3}{4} E$$

$$U_1 = \frac{3}{4} E$$

$$E = \frac{4}{3} U_1$$

$$E = \frac{4}{3} \cdot 12 \text{ В} = 16 \text{ В}$$

Ключ замкнут:

$$U_c = \varphi_A' - \varphi_B'$$

$$\varphi_A' - \varphi_B' = I_{\text{обш}}' \cdot R$$

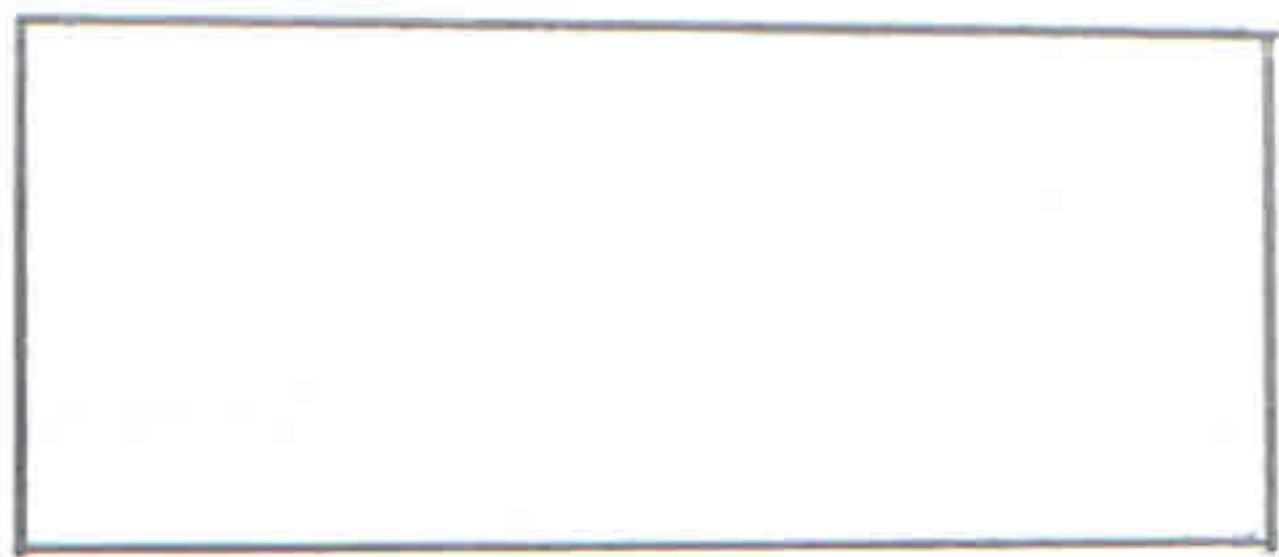
$$I_{\text{обш}}' = \frac{E}{\left(R + \frac{3R \cdot 2R}{3R + 2R}\right) + R} = \frac{E}{2R + \frac{6}{5}R} = \frac{5}{16} \frac{E}{R}$$

$$\varphi_A' - \varphi_B' = \frac{5}{16} \frac{E}{R} \cdot R = \frac{5}{16} E$$

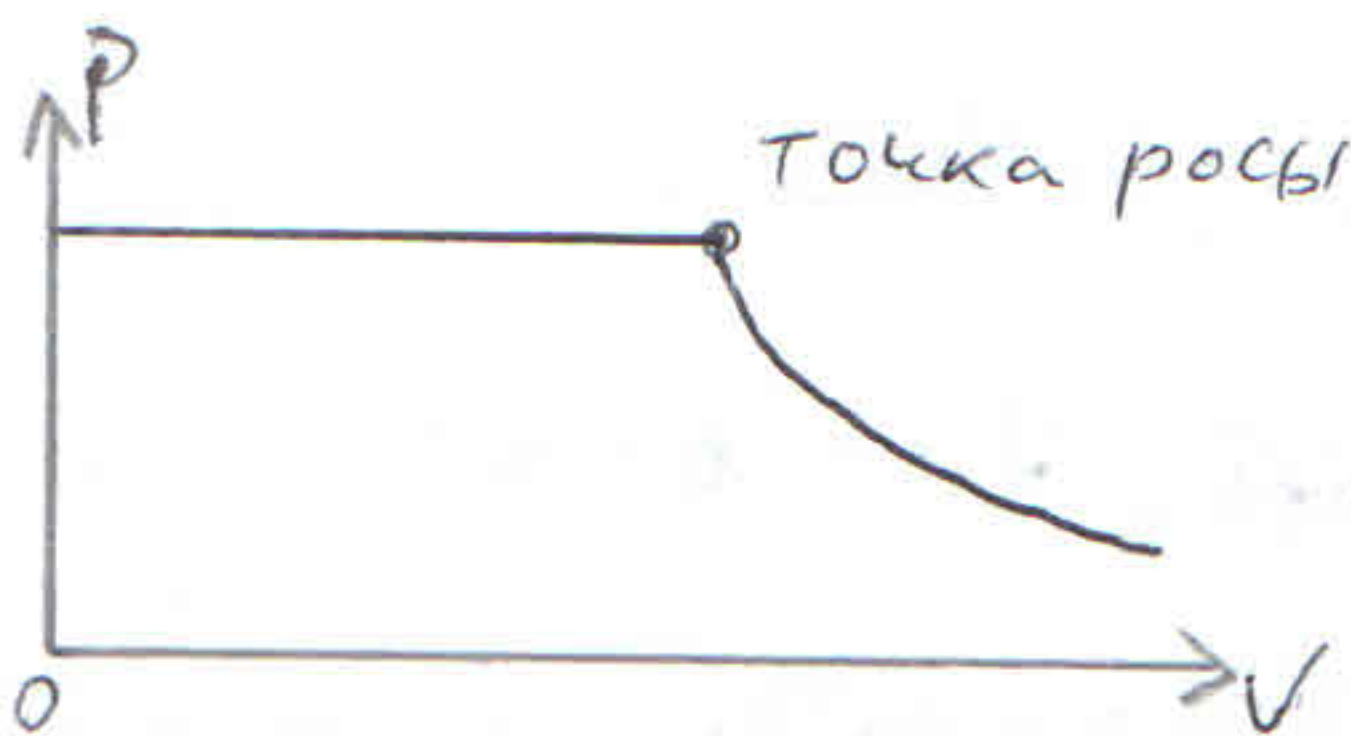
$$U_c = \frac{5}{16} E = \frac{5}{16} \cdot 16 \text{ В} = 5 \text{ В}$$

Ответ: 5 В.

5



В левой части находится насыщенный пар



$pV = \nu R T$ - ур. Менделеева-Клапейрона

p-V Диаграмма насыщенного пара

Обозначим объём правой части как V_n ,
 левой - V_n .

Предположим, что вся вода испарилась.

Т.к. перегородка не движется, то давление на
 ней скомпенсировано

$$p_n = p_n$$

$$\frac{D_n RT}{V_n} = \frac{D_n RT}{V_n}$$

$$\frac{D_n}{V_n} = \frac{D_n}{V - V_n}$$

$$V D_n - D_n V_n = D_n V_n$$

$$V_n = \frac{D_n}{D_n + D_n} V$$

$$V_n = \frac{1 \text{ моль}}{1 \text{ моль} + 2 \text{ моль}} \cdot 40 \text{ дм}^3 = \frac{40}{3} \text{ дм}^3$$

$$p_n = \frac{D_n RT}{V_n} = \frac{2 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (100 + 273) \text{ К}}{\frac{40}{3} \text{ дм}^3} = \frac{3099,63 D_x}{\frac{40}{3} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 23,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Но $p_n > p_0$, что невозможно

Значит, часть пара сконденсировалась и

$$p_n = p_0$$

Тогда и $p_n = p_0$

$$\frac{D_n RT}{V_n} = p_0$$

$$V_n = \frac{D_n RT}{p_0}$$

$$V_n = \frac{D_n RT}{p_0}$$

$$V_n = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 373 \text{ К}}{10^5 \text{ Па}} = \frac{3099,63 D_x}{10^5 \text{ Па}}$$

$$\approx 40 \text{ дм}^3 - 30,99 \text{ дм}^3 \approx 9 \text{ дм}^3$$

Ответ: 31 дм^3