



+ *Александр* + *Александр*

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

123466

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика (наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Попко Е.С.

Город, № школы (образовательного учреждения) Жуковский, № 12 МАДУ СОИ

Регистрационный номер ММ 9054

Вариант задания 8

Дата проведения " 23 " марта 20 17 г.

Подпись участника

55 (подпись)

123466

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0	0,5	0,5	
8	A	3	8	3	10	10	0	6	3	55

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 8

№ 1. Дано:

$$m = 4 \text{ кг}$$

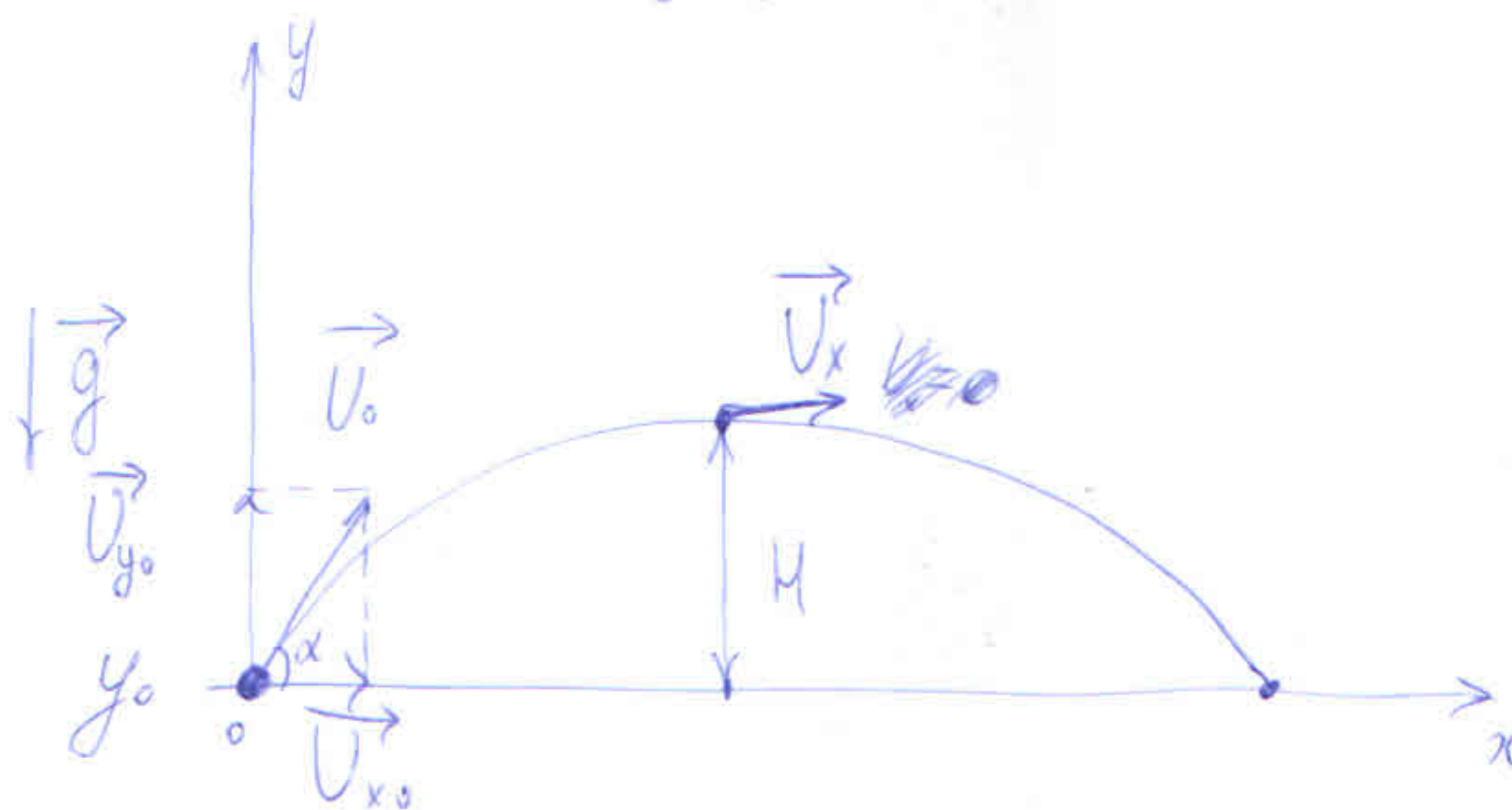
$$t = 1,2 \text{ с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

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

$$W_{k0} = ?$$

Решение:



1) Начальная кинетическая энергия:

$$W_{k0} = \frac{m U_0^2}{2}$$

2) По закону сохранения энергии $W_{k0} = W_k + W_n$

W_k, W_n - кинетическая и потенциальные энергии в максимальной точке подъёма, на высоте H .

$$W_k = \frac{m U_x^2}{2}$$

$$W_n = m g H$$

3) Тело участвует в двух видах движения: по оси oy - в равнопеременном, по оси ox - в равномерном.

$$V_{ox0} = U_x = \text{const}$$

$$U_x = U_0 \cos \alpha$$

$$U_{y0} = U_0 \sin \alpha$$

4) Из законов движения: $H = \frac{g \left(\frac{t}{2}\right)^2}{2}$ и $y_0 = U_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$

$y_0 = 0$, нормально

$$0 = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2};$$

$$0 = t(V_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2}) \Rightarrow$$

$t=0$ - это соответствует началу движения

$$V_0 \sin \alpha - \frac{gt}{2} = 0 \Rightarrow V_0 = \frac{gt}{2 \sin \alpha}$$

5) Искомая величина:

$$W_{k0} = \frac{m}{2} \left(\frac{gt}{2 \sin \alpha} \right)^2$$

Решение:

$$W_{k0} = \frac{4}{2} \left(\frac{10 \cdot 1,2}{2 \cdot \sin 30^\circ} \right)^2 = 2 \cdot \left(\frac{5 \cdot 6 \cdot 2}{5 \cdot 1} \right)^2 = 2 \cdot 12^2 = 2 \cdot 144 = 288 \text{ (Дж)}$$

Ответ: ~~288~~ $W_{k0} = \frac{m}{2} \left(\frac{gt}{2 \sin \alpha} \right)^2 = 288 \text{ Дж}$

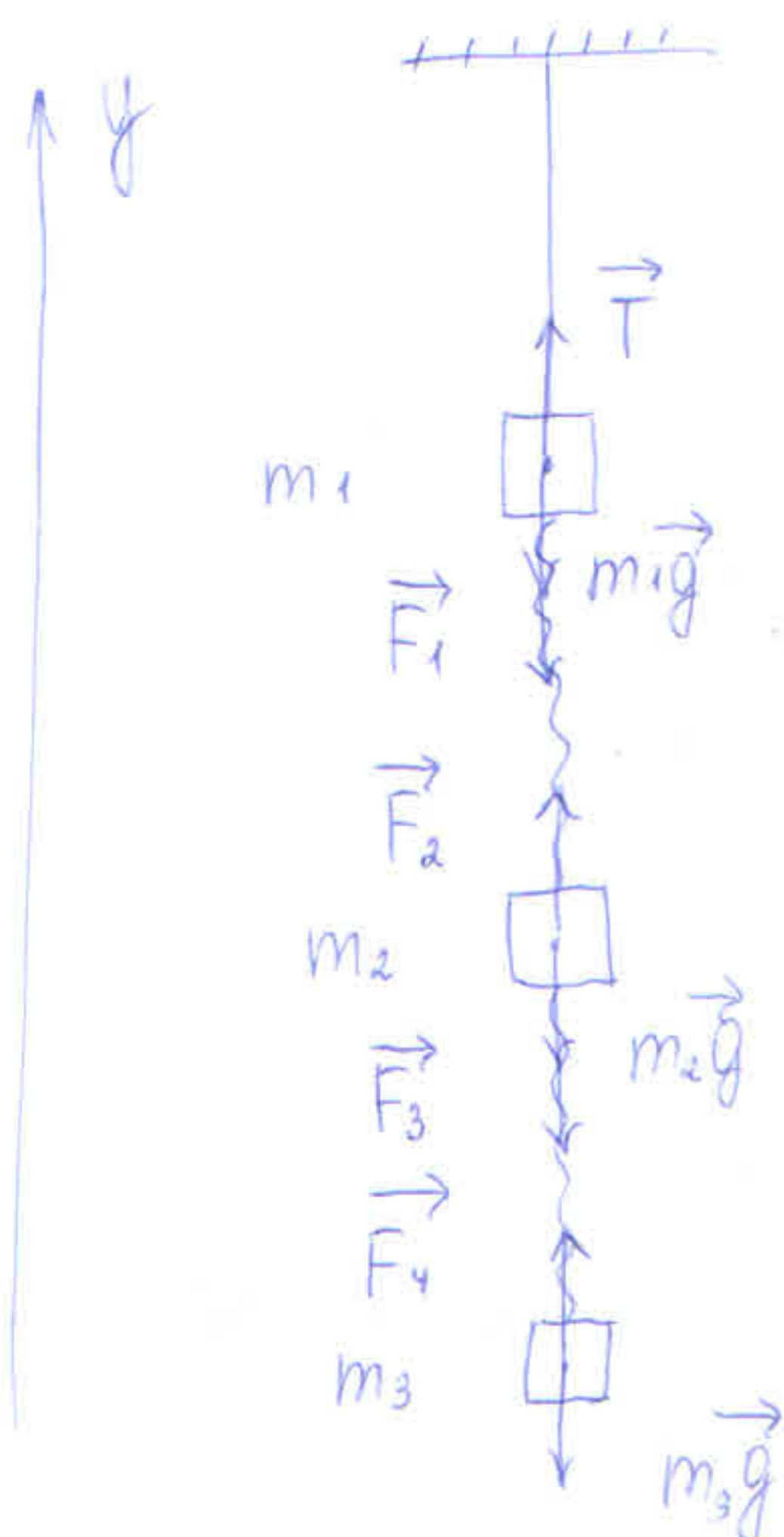
12. Дано: $m_1 = 1 \text{ кг}$

$m_2 = 4 \text{ кг}$ $m_3 = 3 \text{ кг}$

$T = ?$

$a_1 = ?$

Решение:



1) На показанную систему действуют силы тяжести m_1g , m_2g , m_3g ; сила натяжения нити T , силы упругости F_1 , F_2 , F_3 , F_4 . Так как пружина одна и та же, $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F$. Система покоится, поэтому ~~выто~~ применим первый закон Ньютона:

$$\vec{T} + m_1 \vec{g} + m_2 \vec{g} + m_3 \vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 0;$$

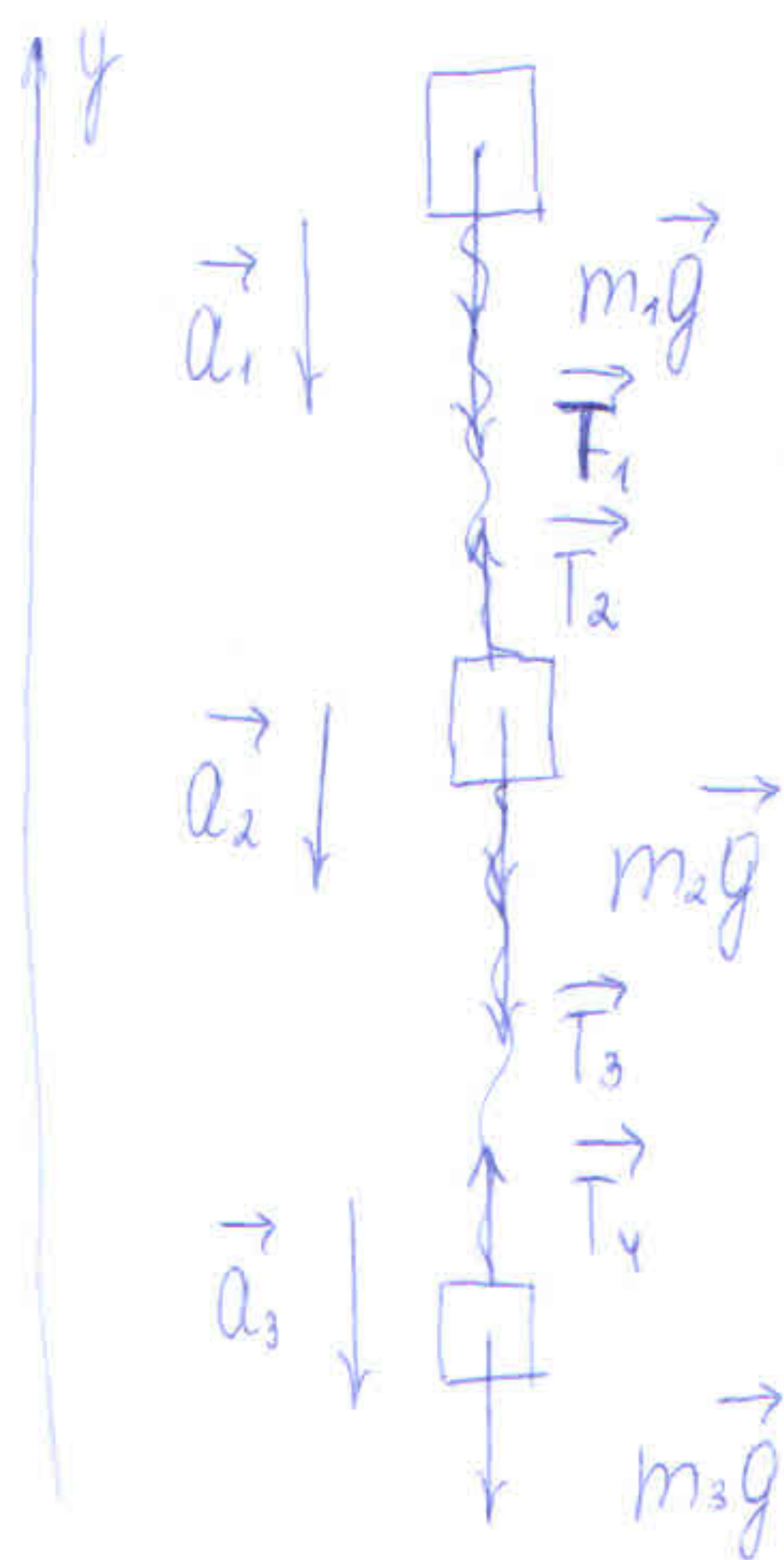
в проекции на ось y:

$$T - m_1 g - \cancel{F_0} + \cancel{F_0} - m_2 g - \cancel{F} + \cancel{F} - m_3 g = 0;$$

$$T - m_1 g - m_2 g - m_3 g = 0;$$

$$T = g(m_1 + m_2 + m_3).$$

2)



↓ \vec{a} - ускорение системы

На падающую систему действуют силы тяжести:

$m_1 g, m_2 g, m_3 g$; силы упругости T_1, T_2, T_3, T_4 , $T_1 = T_2 = T_0$, $T_3 = T_4 = T_m$. Система движется с ускорением, поэтому запишем второй закон Ньютона:

$$\vec{a} = \frac{m_1 \vec{g} + m_2 \vec{g} + m_3 \vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 + \vec{T}_4}{m_1 + m_2 + m_3}, \text{ где } a = a_1 = a_2 = a_3$$

(равно ускорению каждого груза)

в проекции на ось y:

$$-a = \frac{-m_1 g - m_2 g - m_3 g - \cancel{T_0} + \cancel{T_0} - \cancel{T_m} + \cancel{T_m}}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$-a = \frac{-(m_1 + m_2 + m_3)g}{(m_1 + m_2 + m_3)}$$

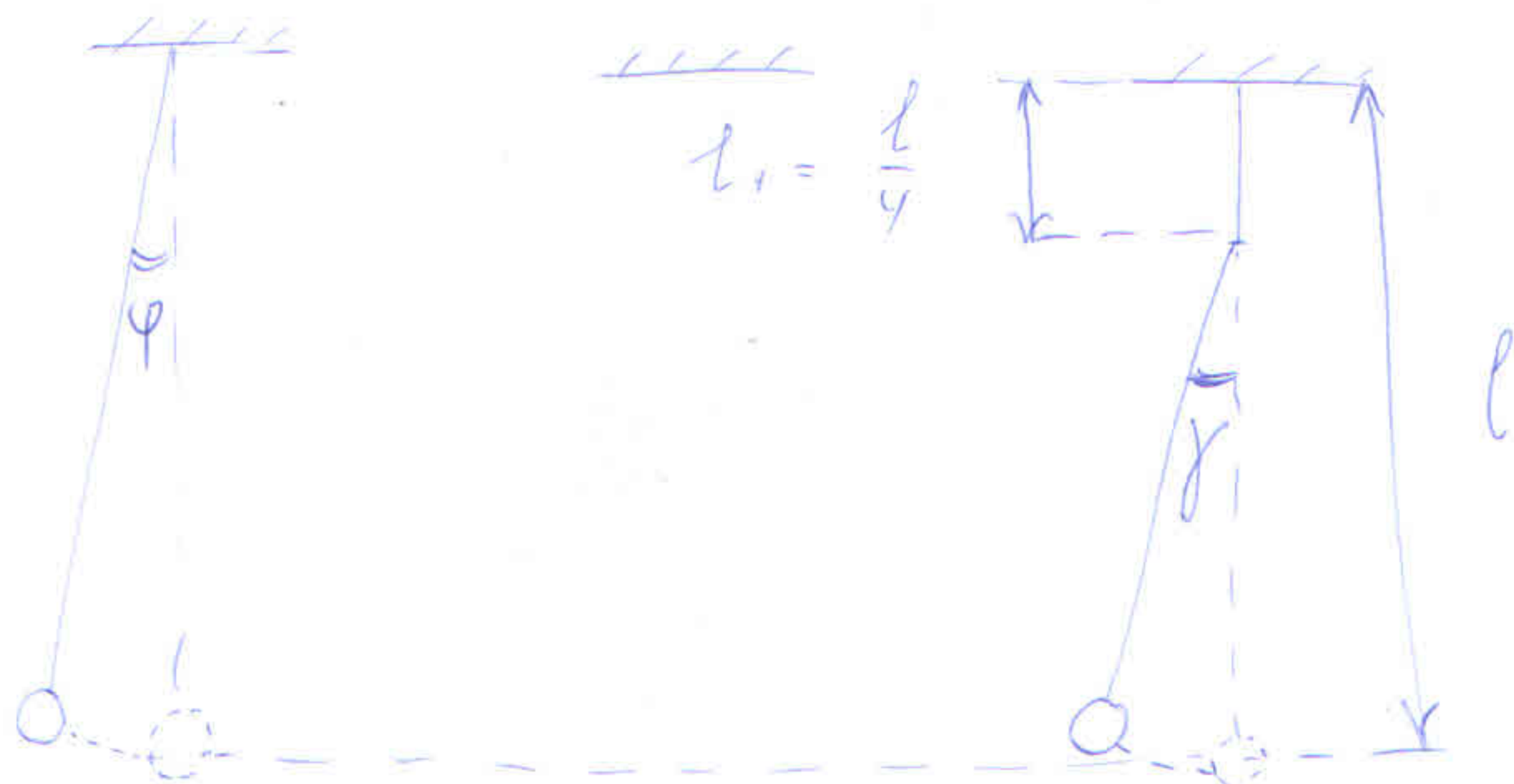
$$y. -a = -g;$$

0. $a = g$ - ускорение первого груза направлено с ускорением свободного падения и равно ему. направлено

$$1) T = 10(1+3+4) = 10 \cdot 8 = 80 \text{ (Н)}$$

$$2) a = 10 \left(\frac{m}{c^2} \right)$$

5) Ответ: $T = g(m_1 + m_2 + m_3) = 80 \text{ Н}$, $a = g = 10$ - направлено с g .
 Из Дано: Решение:

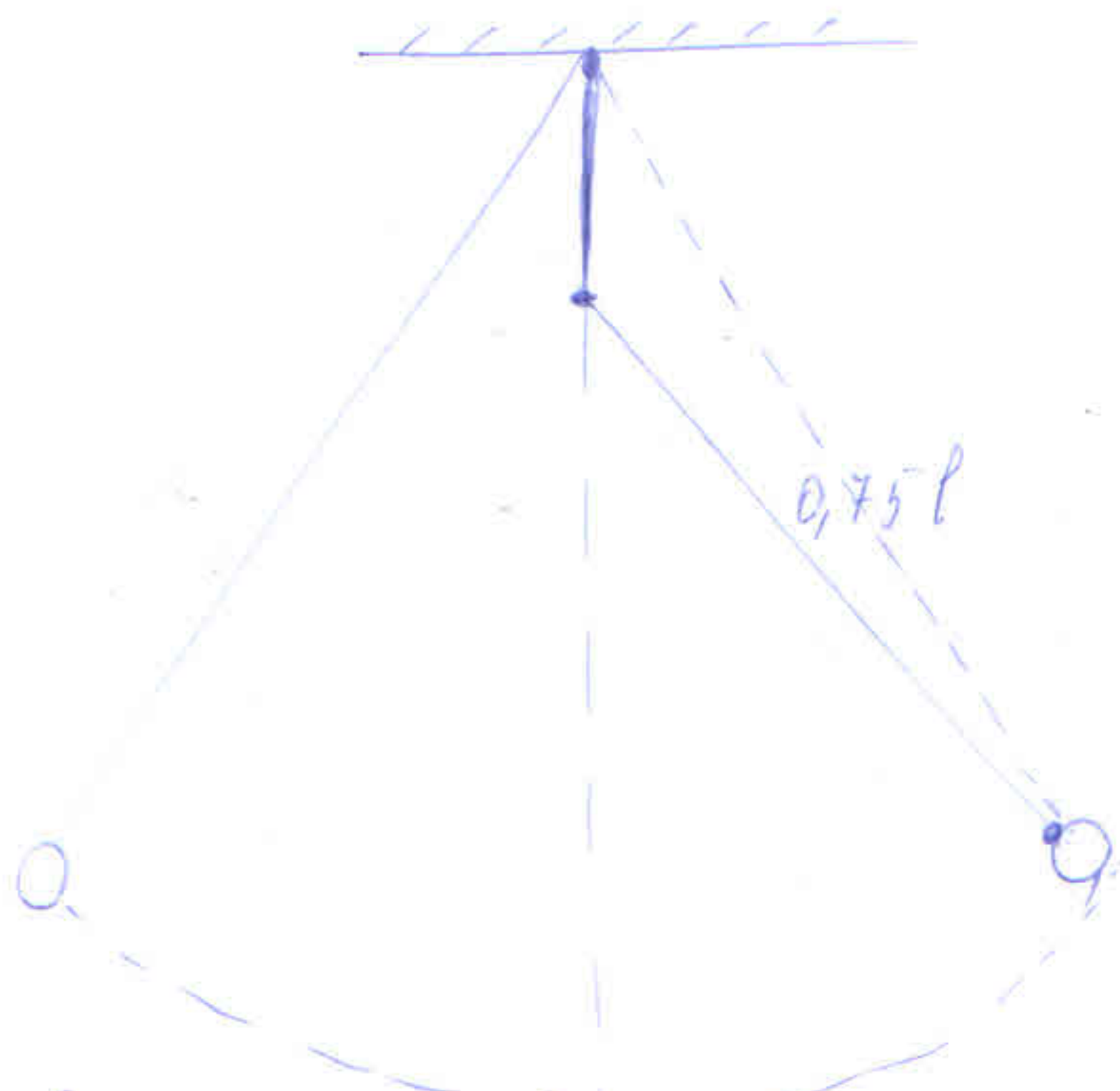


φ, γ - малы, поэтому

$$\sin \varphi \approx \tan \varphi \approx \varphi$$

$$\sin \gamma \approx \tan \gamma \approx \gamma$$

1)



По формуле Тютенкса период колебаний маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0.75l}{g}}$$

$$T = \frac{1}{2}T_1 + \frac{1}{2}T_2$$

$$\text{Ответ: } T = 2\pi \sqrt{\frac{0.75l}{g}}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 123466

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 8

№ 7. Дано:

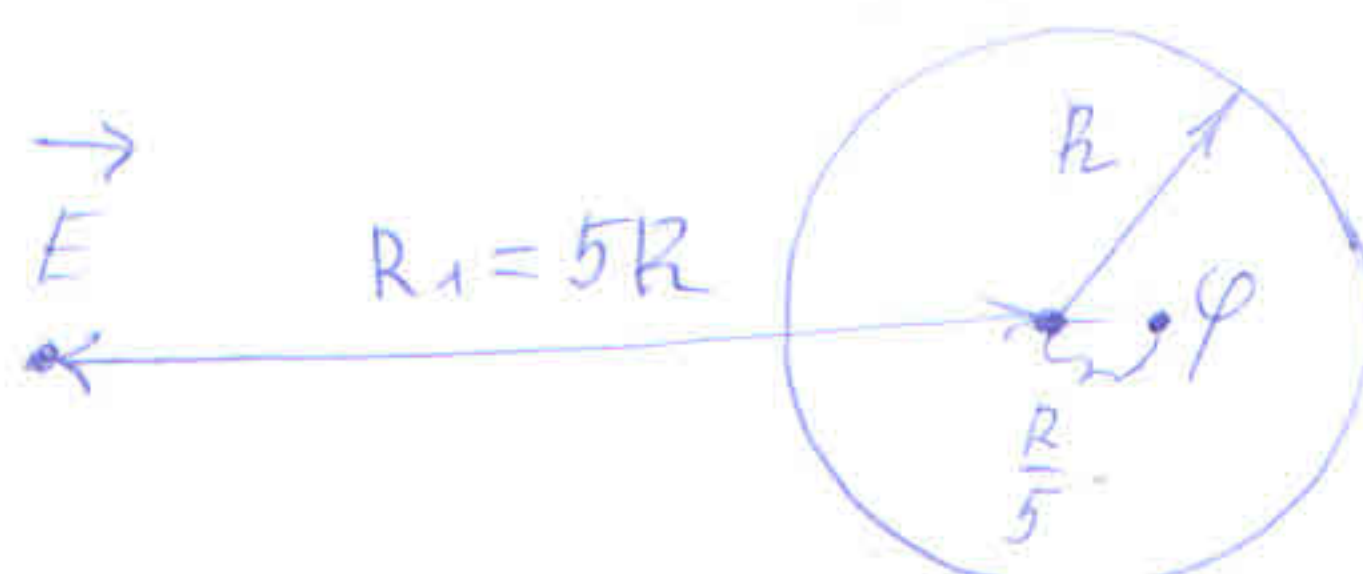
R

φ

$R_1 = 5R$

$E = ?$

Решение:



1) Потенциал шара на внутри и на его поверхности одинаков во всех точках и равен φ .

$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon R}$, Q - заряд шара, $\epsilon = 1$, т.к. вакуум - среда.

$$\varphi = \frac{kQ}{R} \Rightarrow kQ = \varphi R \quad (1)$$

2) Искомая напряжённость: $E = \frac{kQ}{\epsilon R_1^2} = \frac{kQ}{R_1^2} = \frac{kQ}{25R^2}$

Используя формулу (1), получим:

$$E = \frac{\varphi R}{25R^2} = \frac{\varphi}{25R}$$

Ответ: $E = \frac{\varphi}{25R}$

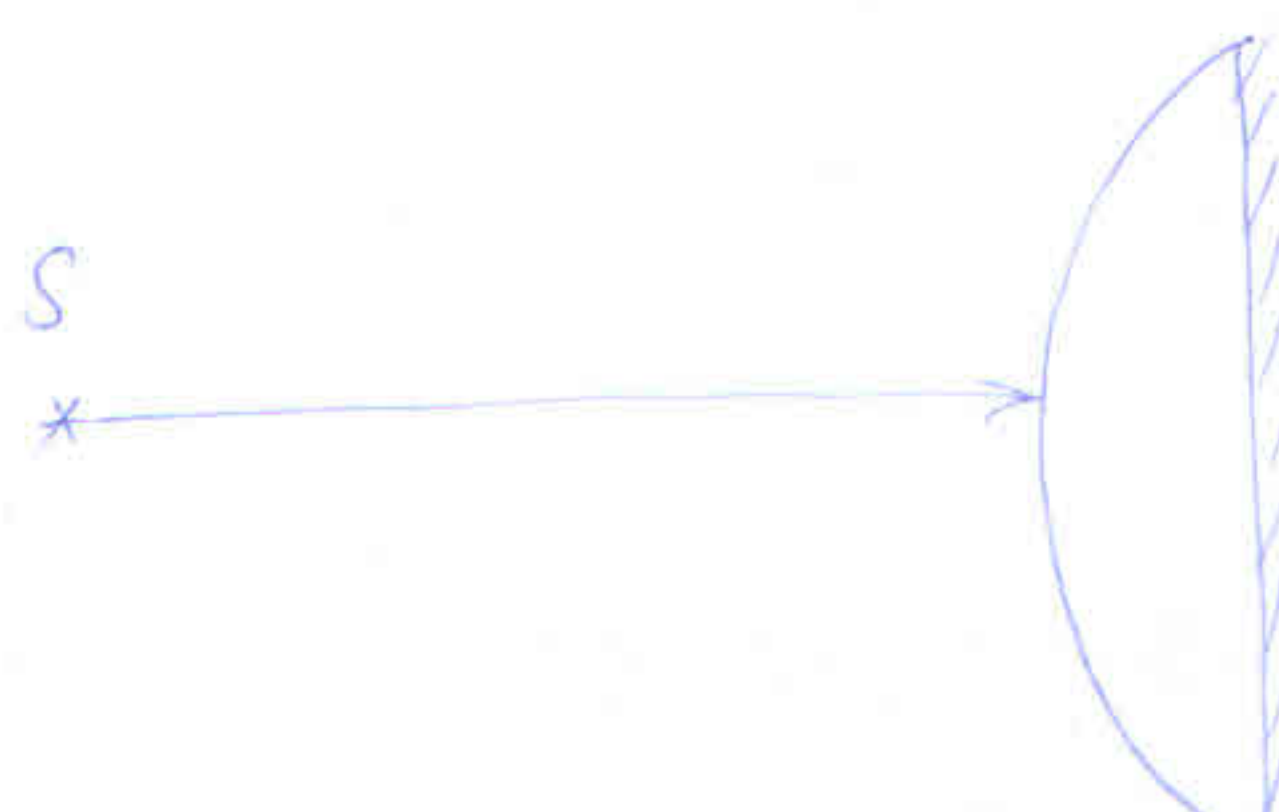
Решение:

№ 8. Дано:

$R = 50 \text{ см}$

$D = 1 \text{ дмтр}$

$D_c = ?$



1) Посеребренная поверхность линзы представляет собой зеркало

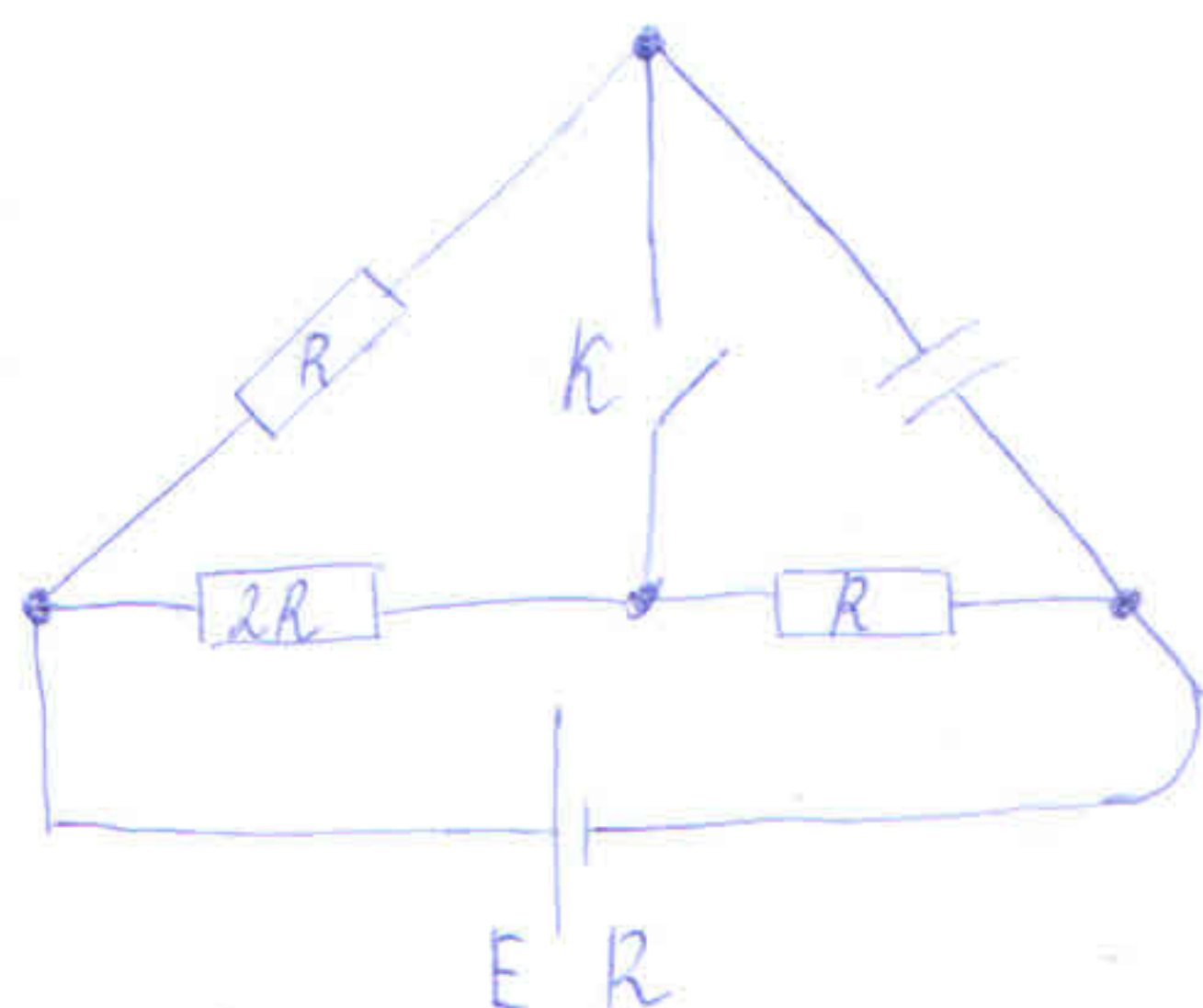
№9 Дано:

$$U_1 = 12\text{ В}$$

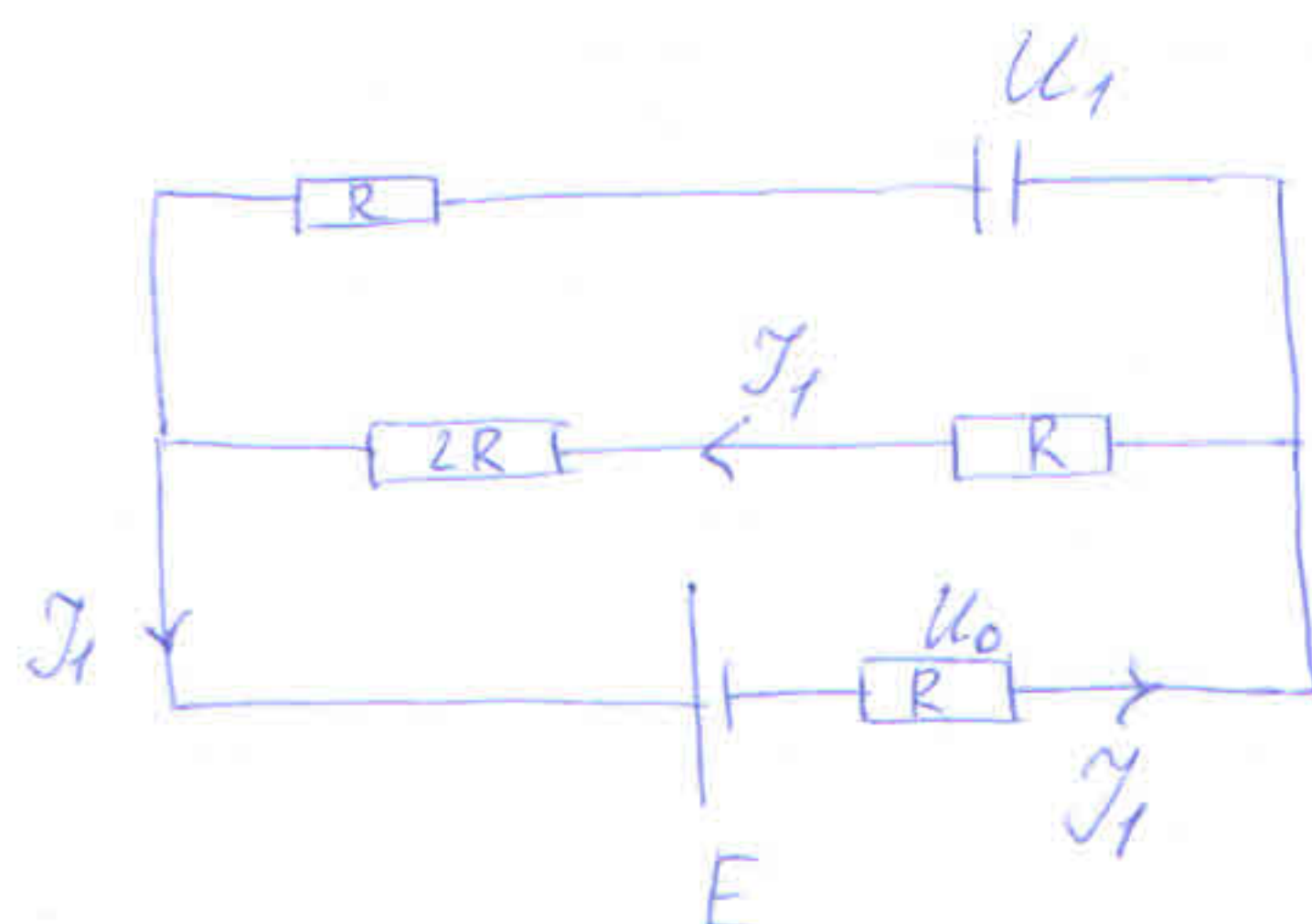
R

$U_2 = ?$

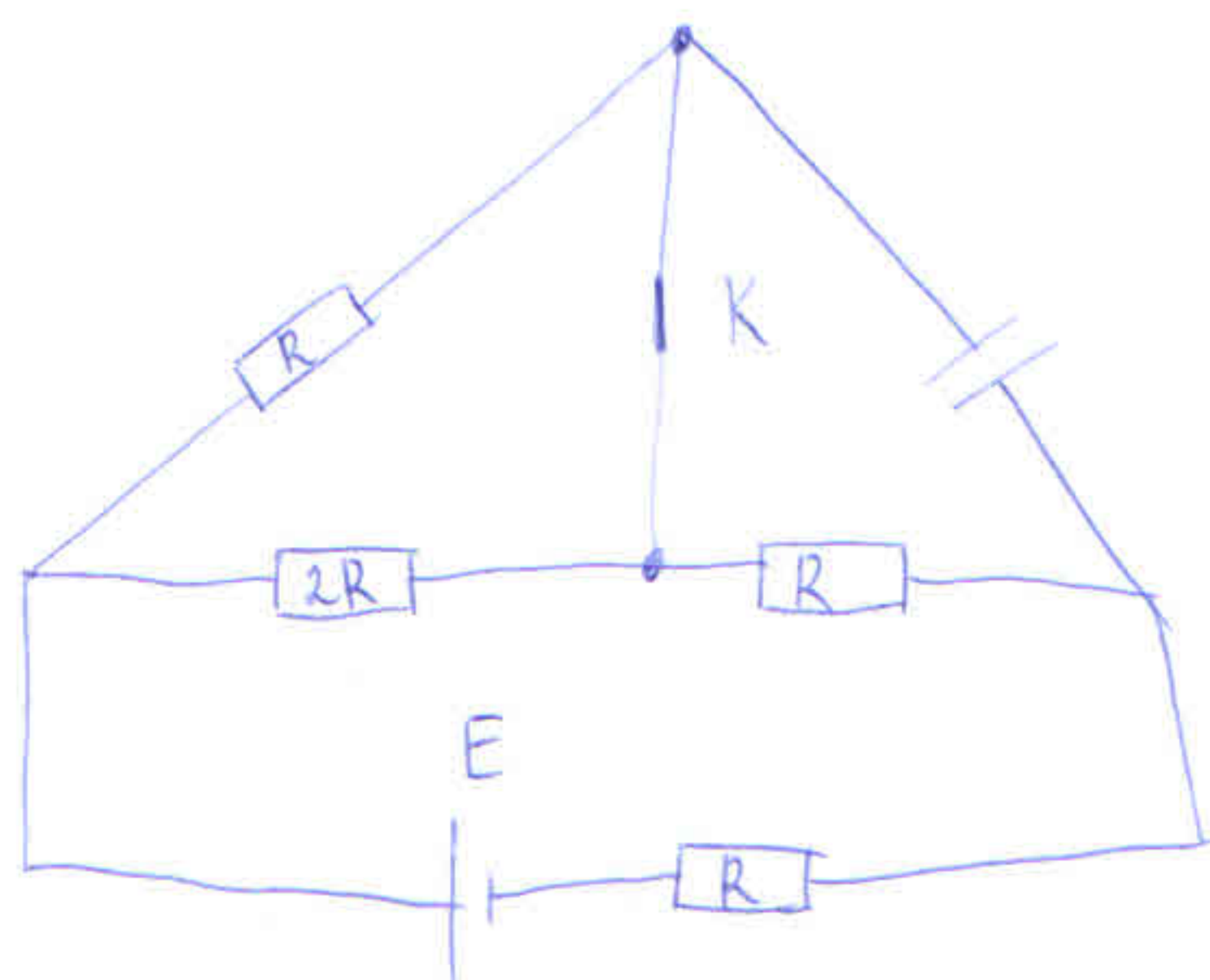
Решение:



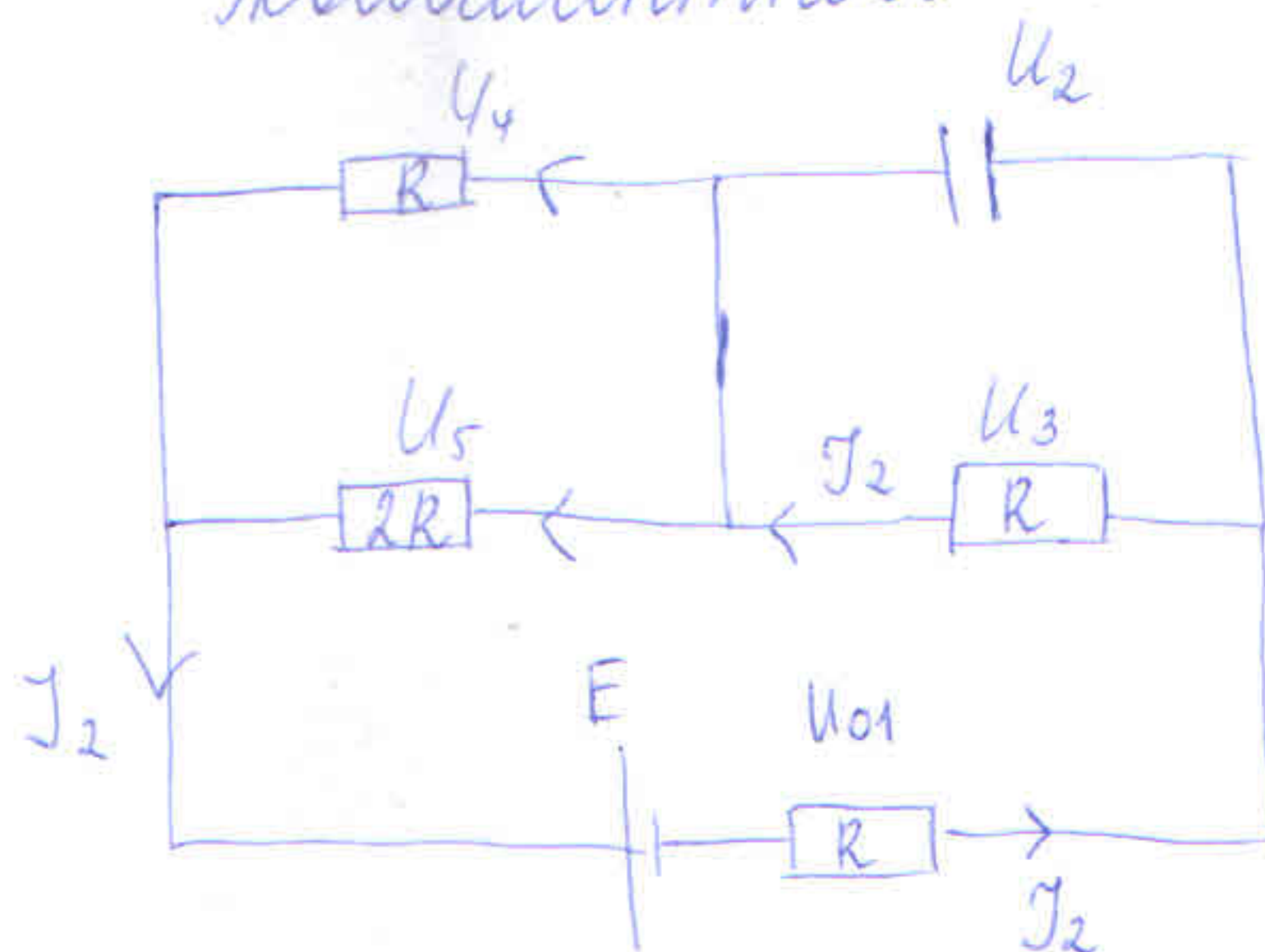
Эквивалентная схема:



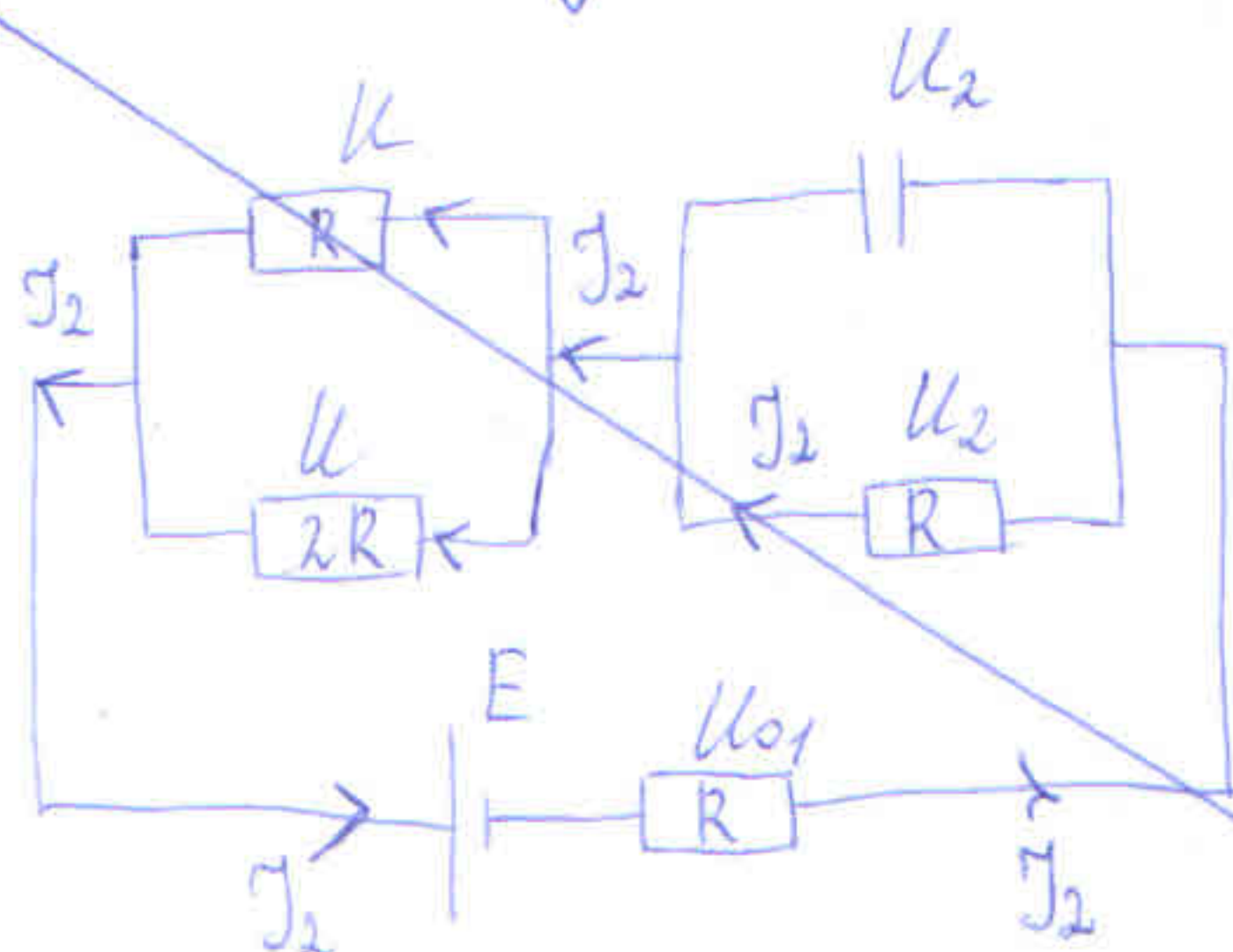
После замыкания ключа K:



Эквивалентная схема:



\updownarrow



1) Когда конденсатор заряжен, ток через него не идет.

Значит $U_1 = E + U_0$

2) По закону Ома для полной цепи:

$$I_1 = \frac{E}{R + 3R} = \frac{E}{4R}$$

3) По закону Ома для участка цепи:

$$I_1 = \frac{U_0}{R} = \frac{E}{4R} \Rightarrow U_0 = \frac{E}{4}$$

$$4) U_1 = E + \frac{E}{4} = \frac{5E}{4} \Rightarrow E = \frac{4U_1}{5}$$

5) Когда ключ замкнут и конденсатор заряжен, через него опять не течёт ток. Значит

$$U_2 = E - U$$

$$U = E - U_2 - U_{01}$$

6) По закону Ома для полной цепи:

$$I_2 = \frac{E}{R + R + \frac{R \cdot 2R}{2R + R}} = \frac{E}{2R + \frac{2R}{3}} = \frac{3E}{8R}$$

7) По закону Ома для участка цепи:

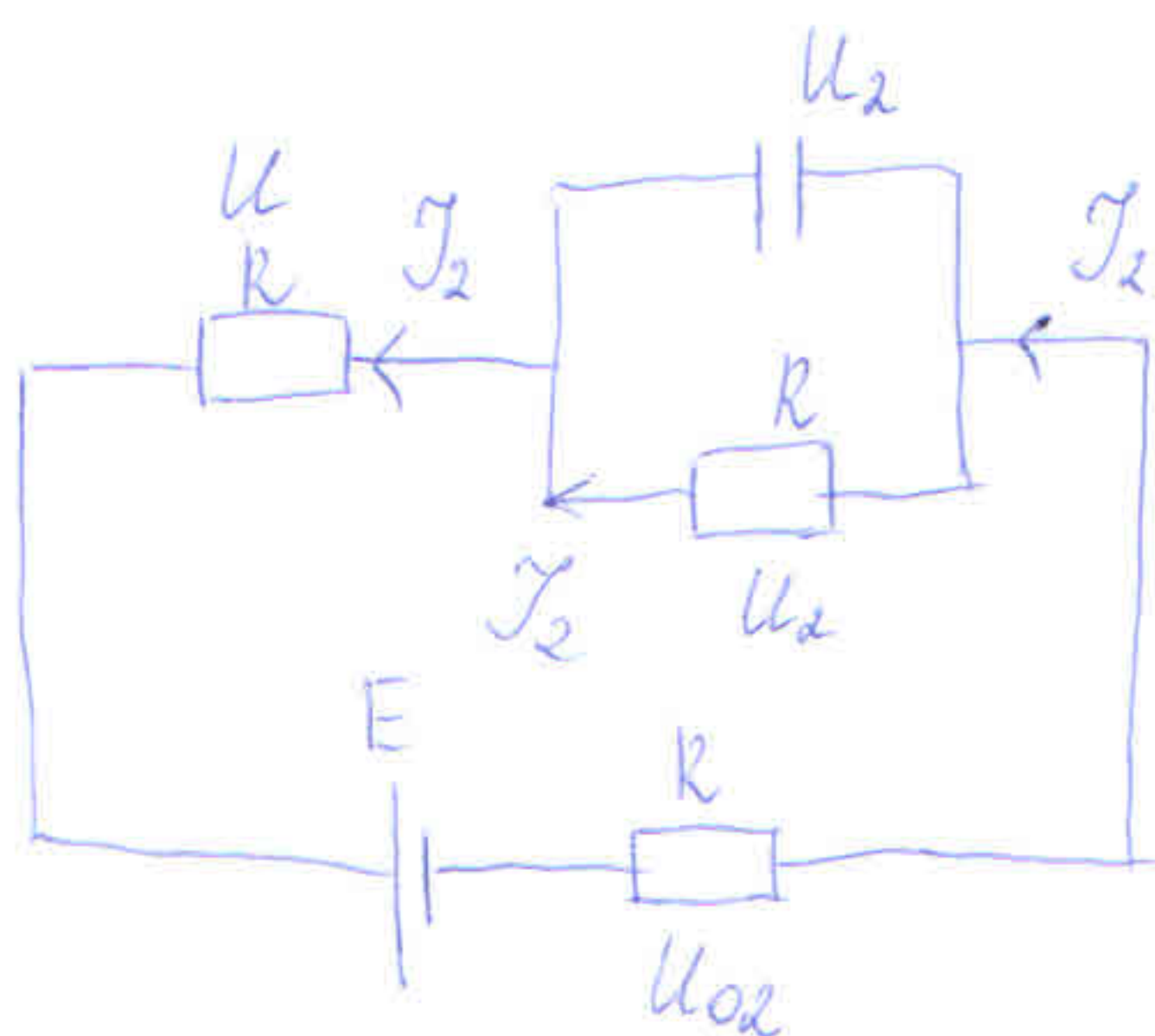
$$I_2 = \frac{U_{01}}{R} = \frac{3E}{8R} \Rightarrow U_{01} = \frac{3}{8}E$$

$$8) U = E - U_2 - \frac{3}{8}E = \frac{5}{8}E - U_2, \text{ тогда}$$

$$U_2 = E$$

~~Эквивалентная схема при замкнутом ключе:~~

1) Так как ток идёт по пути наименьшего сопротивления, после замыкания ключа он не будет течь через резистор $2R$. Правильную схему:



#

2) Когда конденсатор заряжен, ток через него не идёт.

Значит $U_1 = E + U$

2) По закону Ома для полной цепи: $I_1 = \frac{E}{R + 3R} = \frac{E}{4R} \Rightarrow$

$\Rightarrow I_1 \neq$

3) По закону Ома для участка цепи: $I_1 = \frac{U_0}{R} = \frac{E}{4R} \Rightarrow$

$\Rightarrow U_0 = \frac{E}{4}$

4) $U_1 = E + \frac{E}{4} = \frac{5E}{4} \Rightarrow E = \frac{4U_1}{5}$

5) Когда ключ замкнут и конденсатор заряжен через него опять не течёт ток.

$U_2 = E - U - U_{02}$

6) По закону Ома для полной цепи: $I_2 = \frac{E}{3R}$ $R_{\text{общ}} = ?$

7) По закону Ома для участка цепи: $I_2 = \frac{U}{R} = \frac{E}{3R} \Rightarrow$

$\Rightarrow U = \frac{E}{3}$

$I_2 = \frac{U_{02}}{R} = \frac{E}{3R} \Rightarrow U_{02} = \frac{E}{3}$

8) $U_2 = E - \frac{2}{3}E = \frac{E}{3}$ подставив E найдем,

$U_2 = \frac{4U_1}{5 \cdot 3} = \frac{4U_1}{15}$

Вычисления:

$U_2 = \frac{4 \cdot 12}{15} = \frac{4 \cdot 4}{5} = \frac{16}{5} = 3,2 \text{ (В)}$

Ответ: $U_2 = \frac{4U_1}{15} = 3,2 \text{ В}$

0,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр

123466

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 8

(продолжение задачи № 5) ↓ (начало даны на этом же бланке извините за неудобство!)

$$4) V_n = V - V_n = V - \frac{p_0 RT}{p_0}$$

Вычисления:

$$V_n = 0,02 - \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 373}{10^5} = 0,02 - 49594,08 \cdot 10^{-8} = 0,02 - 0,05 \cdot 10^{-2} = 0,02 - 0,0005 = 0,0195 \text{ (м}^3\text{)} = 19,5 \text{ (дм}^3\text{)}.$$

Ответ: $V_n = V - \frac{p_0 RT}{p_0} = 19,5 \text{ дм}^3$

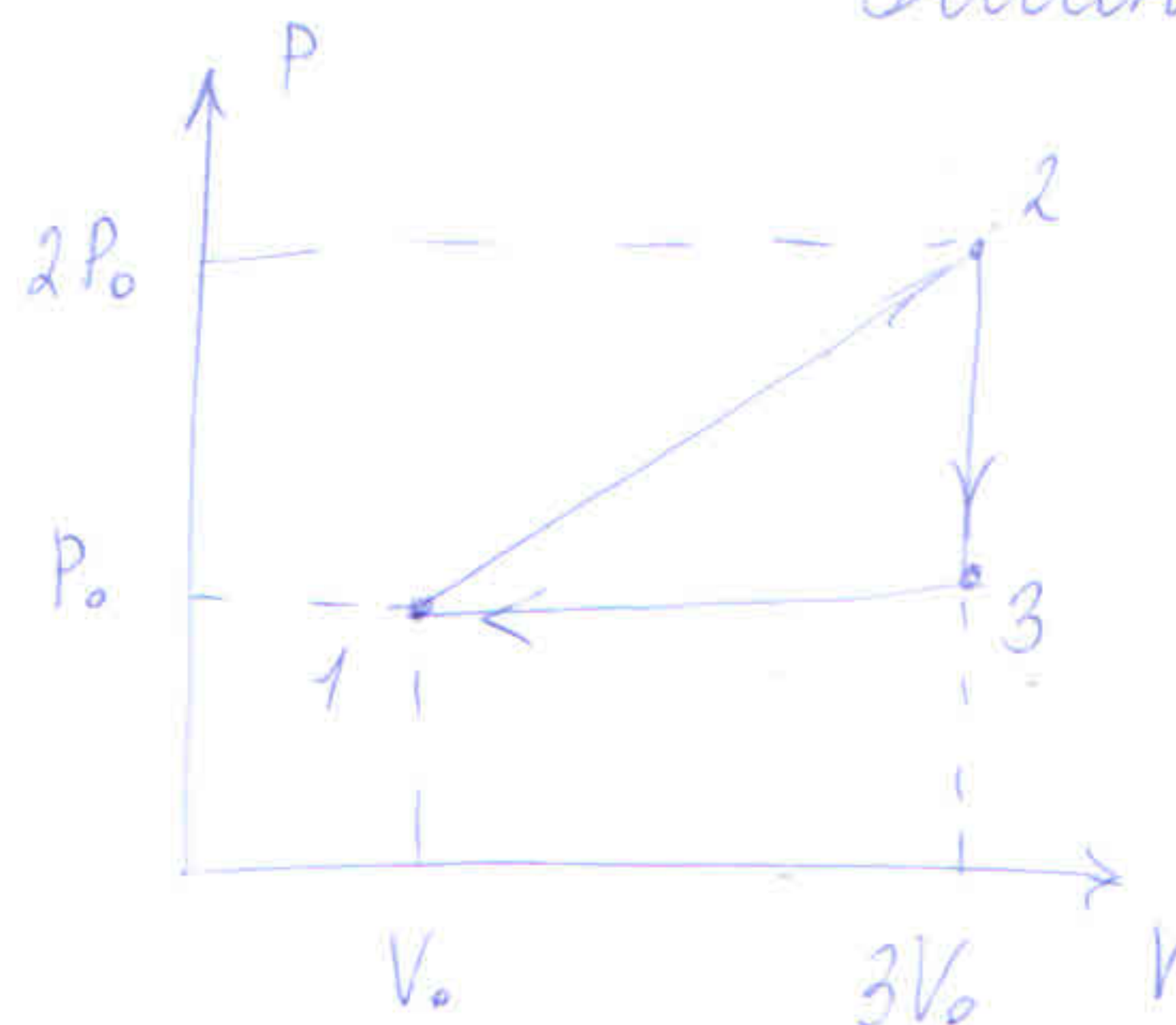
№ 6. Дано:

$$i = 3$$

$$Q_{23} = ?$$

$$Q_{31}$$

Решение:



- 1) Процесс 12 - нагрев газа. Газ получил тепло, внутренняя энергия росла, газ совершал положительную работу.
- Процесс 23 - изохорное охлаждение, работа газа равна 0, внутренняя энергия уменьшалась $|\Delta U_{23}| = \frac{i}{2} pR(T_2 - T_3)$
- По первому закону термодинамики тепло, отданное газом в этом процессе: $Q_{23} = -|\Delta U_{23}| = -\frac{i}{2} pR(T_2 - T_3)$

Процесс 31 - изобарное ~~нагревание~~^{охлаждение}. Работу, совершаемую газом, найду по графику, как площадь под ним: $A_{31} = -2P_0V_0$

Изменение внутренней энергии: $\Delta U_{31} = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_3)$

По I-ому закону термодинамики теплота, отданная газом в этом процессе: $Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -2P_0V_0 + \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_3)$

2) По закону Менделеева - Клапейрона:

$$\begin{cases} P_0V_0 = \nu R T_1; \\ 2P_0 \cdot 3V_0 = \nu R T_2; \\ P_0 \cdot 3V_0 = \nu R T_3; \end{cases} \quad \begin{cases} \cancel{\nu R T_1 = P} \\ \cancel{\nu R T_2 = 2P} \\ \cancel{\nu R T_3 = P} \end{cases} \quad [1]$$

3) Используя систему [1], получим:

$$Q_{23} = -\frac{i}{2} (2P_0 \cdot 3V_0 - P_0 \cdot 3V_0) = -\frac{i}{2} P_0 \cdot 3V_0 = -\frac{3 \cdot 3}{2} P_0V_0 = -4,5P_0V_0$$

$$\begin{aligned} Q_{31} &= -2P_0V_0 + \frac{i}{2} (P_0V_0 - P_0 \cdot 3V_0) = -2P_0V_0 + \frac{i}{2} (-2P_0V_0) = \\ &= -2P_0V_0 \left(1 + \frac{i}{2}\right) = -2 \cdot P_0V_0 (1 + 1,5) = -5P_0V_0 \end{aligned}$$

4) Искомое соотношение: $\frac{Q_{23}}{Q_{31}} = \frac{4,5}{5} = \frac{9}{10} = 0,9$

Ответ: $\frac{Q_{23}}{Q_{31}} = 0,9$

№ 4. Дано:

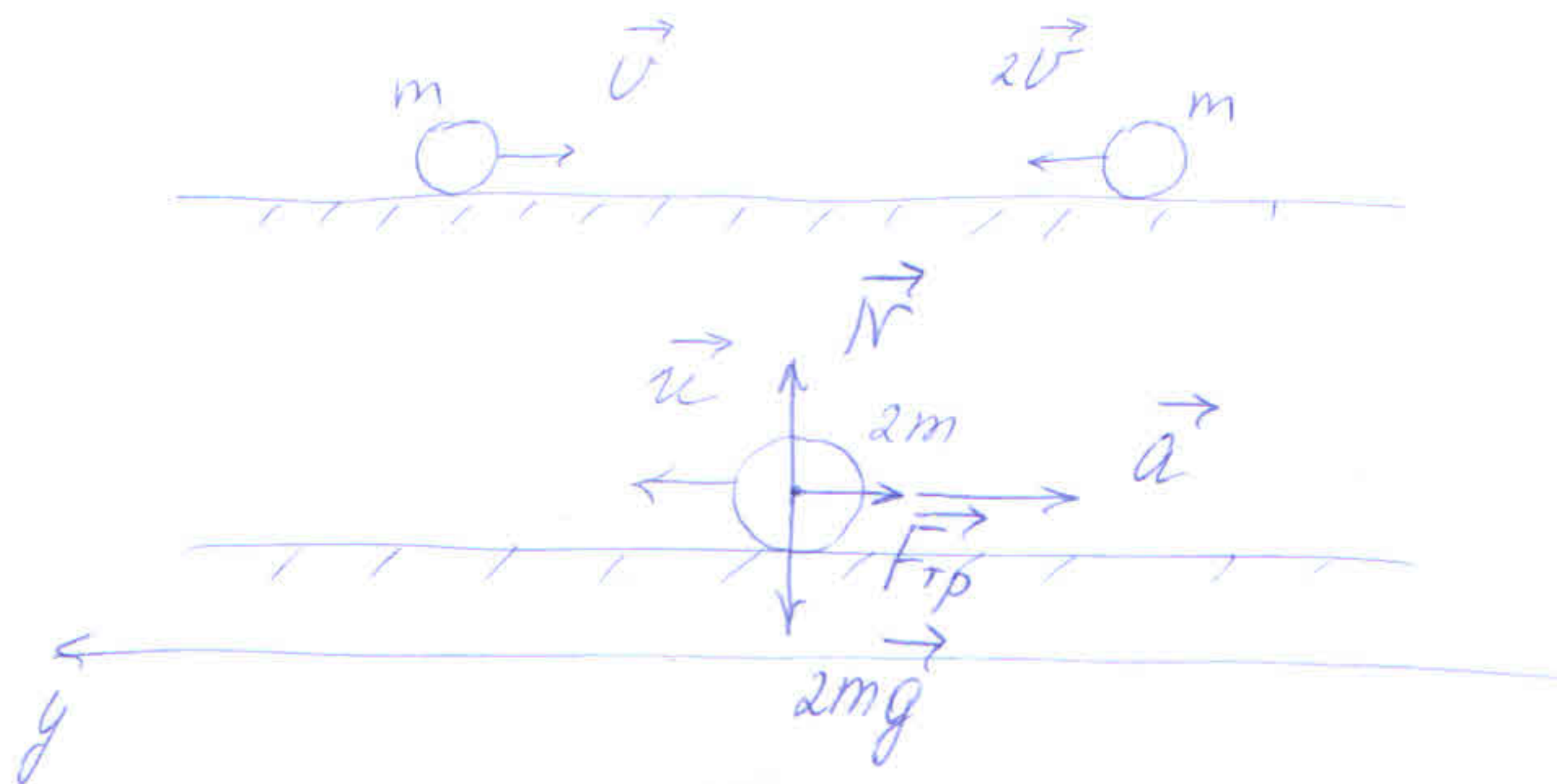
V

$2V$

μ

τ - ?

Решение:



1) По закону сохранения импульса:

$$m\vec{V} + 2m\vec{V} = 2m\vec{u}$$

в проекции на ось y :

$$-mV + 2V \cdot 2 = 2mu \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u = \frac{3V}{2}$$

2) Так тело движется равнозамедленно с ускорением \vec{a} из-за нескомпенсированности сил, применим второй закон Ньютона:

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + 2m\vec{g} = 2m\vec{a}, \quad \vec{N} - \text{сила реакции опоры,}$$

$\vec{F}_{\text{тр}}$ - сила трения, $2m\vec{g}$ - сила тяжести.

в проекции на ось y :

$$-\frac{F_{\text{тр}}}{2m} = -a;$$

3) Сила трения: $F_{\text{тр}} = \mu N$, по закону Ньютона $N = mg$, поэтому $F_{\text{тр}} = \mu mg$.

4) Из законов движения:

$$\vec{V}_0 = \vec{u} + \vec{a}\tau, \quad \text{где } V_0 = 0 - \text{конечная скорость}$$

в проекции на ось y :

$$0 = u - a\tau;$$

$$u = a\tau.$$

Подставив выведенные величины, получим:

$$\frac{v}{\lambda} = \frac{\mu g}{\lambda m} \cdot \tau$$

$$v = \mu g \tau \Rightarrow \tau = \frac{v}{\mu g} - \text{искомое время до полной остановки}$$

~~Вычисления:~~

$$\text{Ответ: } \tau = \frac{v}{\mu g}$$

№ 5. Дано:

$$V = 20 \text{ дм}^3 = 0,02 \text{ м}^3$$

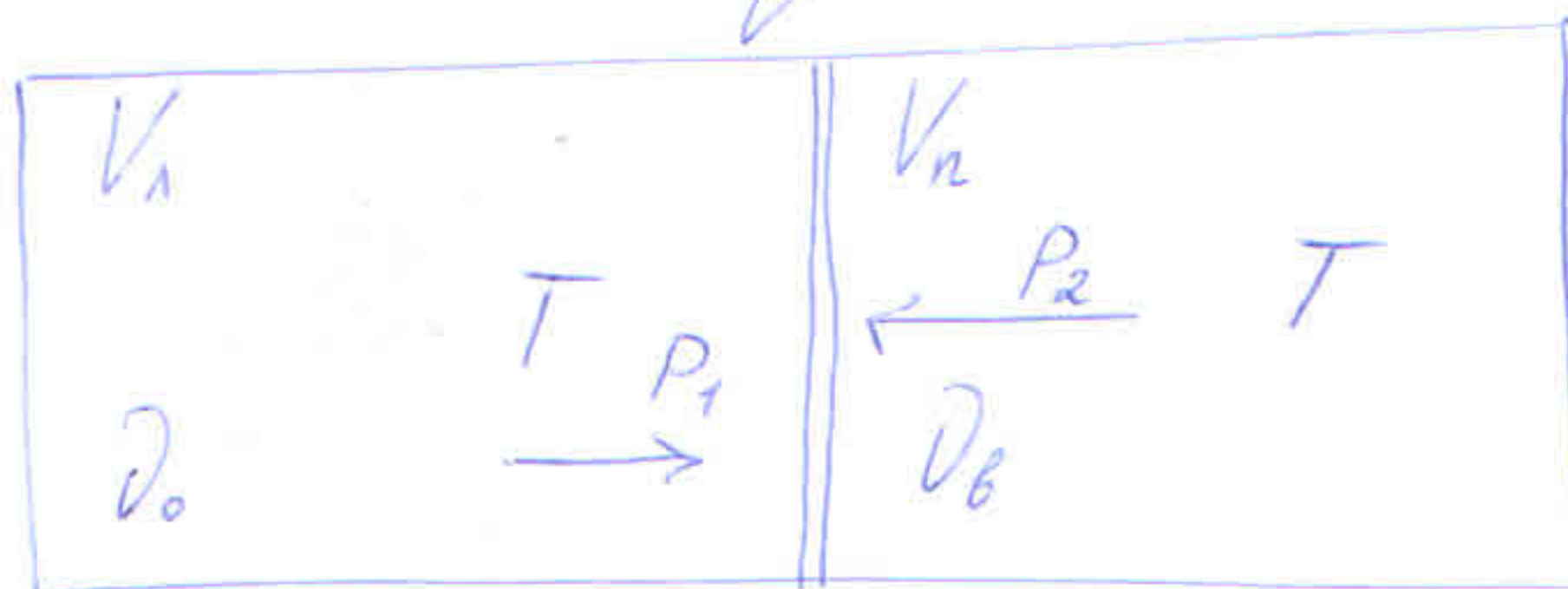
$$V_0 = 16 \text{ л} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_0 = 27 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t = 100^\circ \text{C или } T = 373 \text{ K}$$

V_n - ?

Решение:



$$V = V_1 + V_n$$

1) Термородка не движется, значит давления на нее с двух сторон равны: $P_1 = P_2$

2) Т.к. вода находится при температуре кипения, значит в правой части сосуда пар с ~~нормальным~~ насыщенным пар с ~~нормальным~~ атмосферным давлением $P_2 = P_0 = 10^5 \text{ Па}$, значит $P_1 = 10^5 \text{ Па}$.

3) Будем считать кислород и пар идеальными газами тогда применим закон Менделеева - Клапейрона для

~~$P_0 V_1 = \nu_0 RT$~~ ; ~~$P_0 (V - V_n) = \nu_0 RT$~~ ; кислорода, так как ~~мы не~~ в правой части сосуда ~~могут су~~ существовать, и пар, и вода, т.е. мы не знаем, какое количество вещества пара, а кислорода зна

$$P_0 V_1 = \nu_0 RT \Rightarrow V_1 = \frac{\nu_0 RT}{P_0} \text{ (продолжение вычисления)}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

123466

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 8

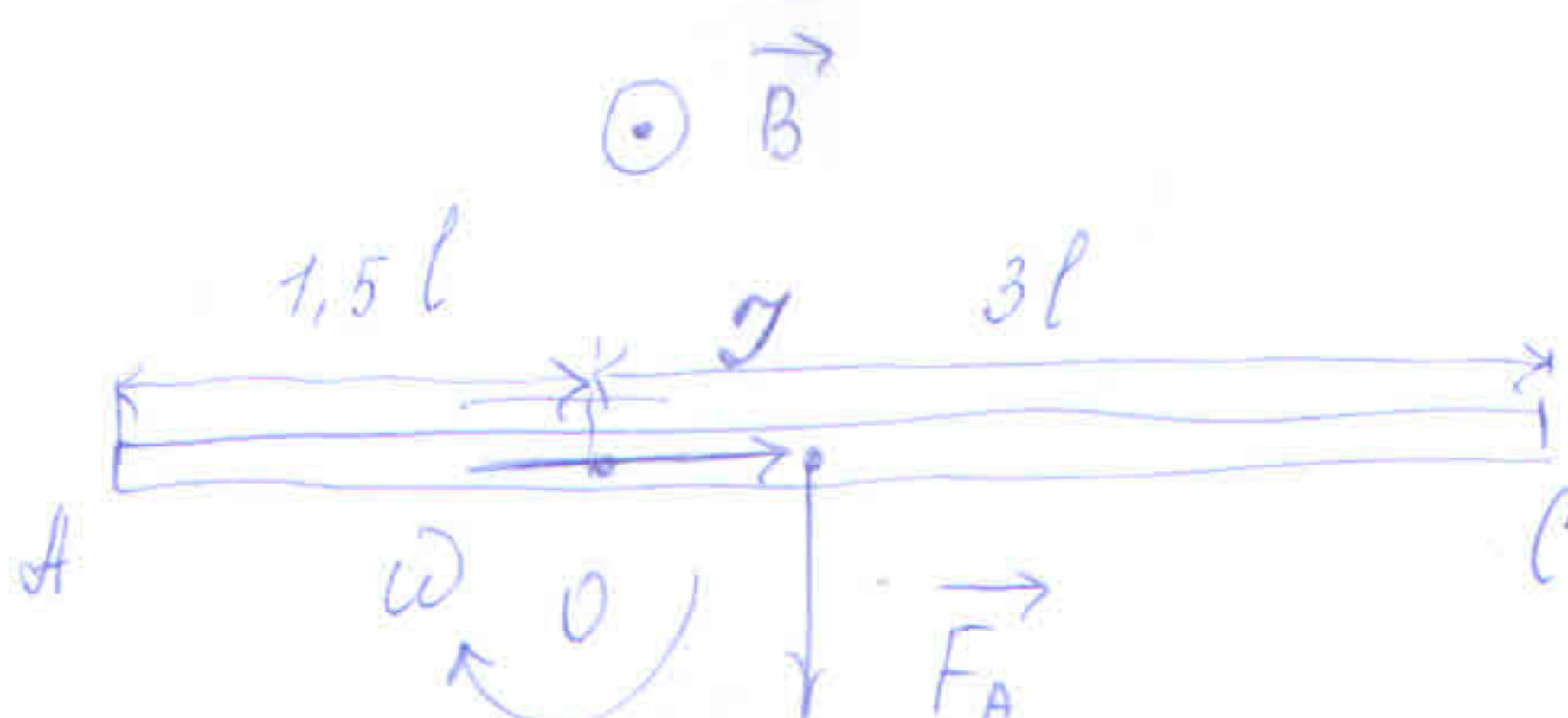
№ 10. Дано:

ω

B

$\varphi - ?$

Решение:



- 1) Пусть ток в стержне течёт от конца А к концу С. По правилу левой руки сила Ампера, приложенная к центру стержня, направлена ~~в~~ горизонтально вниз.
- 2) По закону Ампера $F_A = IBL \sin 90^\circ = IBL$, $L = 4,5l$ - длина стержня.
- 3) По закону Ома для участка цепи: ~~$I = \frac{\varphi}{R_{сomp}}$, где $R_{сomp} = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{4,5l}{S}$~~
- 4) По второму закону Ньютона
- 3) По закону сохранения энергии: $W_n = W_z$
 $W_n = F_A S$, S - путь пройденный центром стержня за время t под действием силы F_A .
 $W_z = I \omega t = I \varphi t$ - по закону Джоуля - Ленца.
- 4) $S = \omega \cdot \frac{R}{2} \cdot t$, где R - радиус вращения центра стержня, $R = \frac{L}{2} = 2,25l$.

5) Найдем:

$$B \cdot 4,5l \cdot \omega \cdot 2,25l \cdot t = \varphi t$$

$$\underline{B \cdot 4,5 \cdot 2,25 \cdot l^2 \omega} = \varphi - \text{искомое напряжение}$$

ответ: $\varphi = 10,125 \cdot \omega B l^2$

0,2