

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

119446

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика  
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Шостов Артём Константинович

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, ГБОУ лицей 1581

Регистрационный номер ШМ 2103

Вариант задания 3

Дата проведения " 19 " МАРТ 20 17 г.

Подпись участника

Шостов Артём Константинович



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0,75	0,75	0,75	0,5	1	1	0,5	1	0,5	
8	6	8	8	5	10	10	3	12	6	72

Шифр \_\_\_\_\_

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Вариант № 3

N4

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$h = 20 \text{ м}$$

$$M = 10 \text{ кг}$$

$$v = 6 \text{ м/с}$$

Решение

1) По ЗСЭ:  $mgh = \frac{mv_1^2}{2}$ ,  $v_1$  - скорость, с которой камень упал в ящик

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

2) По ЗСИ:  $Mv = (m+M)u$ ,  $u$  - скорость ящика с камнем после падения камня

$\Delta W_1, \Delta W_2, \Delta W_3 = ?$

$$u = \frac{Mv}{m+M}$$

3)  $\Delta W_1$  - изменение внутренней энергии камня.

$$\Delta W_1 = \frac{mu^2}{2} - mgh$$

$$\Delta W_1 = \frac{mM^2v^2}{2(m+M)^2} - mgh$$

$$\Delta W_1 = \frac{2 \cdot 100 \cdot 36}{2 \cdot 22^2} = \frac{100 \cdot 36}{22 \cdot 22} = \frac{50 \cdot 36}{11 \cdot 22} = \frac{50 \cdot 18}{121} \approx 7,44 \text{ Дж}$$

$$\Delta W_1 = \frac{2 \cdot 100 \cdot 36}{2 \cdot 22^2} - 2 \cdot 10 \cdot 20 = \frac{100 \cdot 36}{121} - 400 = -375 \text{ Дж}$$

4)  $\Delta W_2$  - изменение внутренней энергии ящика

$$\Delta W_2 = \frac{Mv^2}{2} - \frac{Mu^2}{2} = \frac{M}{2} (v^2 - u^2)$$

$$\Delta W_2 = \frac{M}{2} \left( v^2 - \frac{M^2v^2}{(m+M)^2} \right)$$

$$\Delta W_2 = \frac{10}{2} \left( 36 - \frac{100 \cdot 36}{22^2} \right) = 5 \cdot (25 - 36) = -55 \text{ Дж}$$



5)  $\Delta W_3$  - изменение внутренней энергии окружающих тел.

По 3С) она осталась неизменной.  $\Delta W_3 = 0$  Дж.

ОТВЕТ:  $\Delta W_1 = -375$  Дж;  $\Delta W_2 = -55$  Дж;  $\Delta W_3 = 0$  Дж.

0,75

ДАНО:

$$\alpha = 45^\circ$$

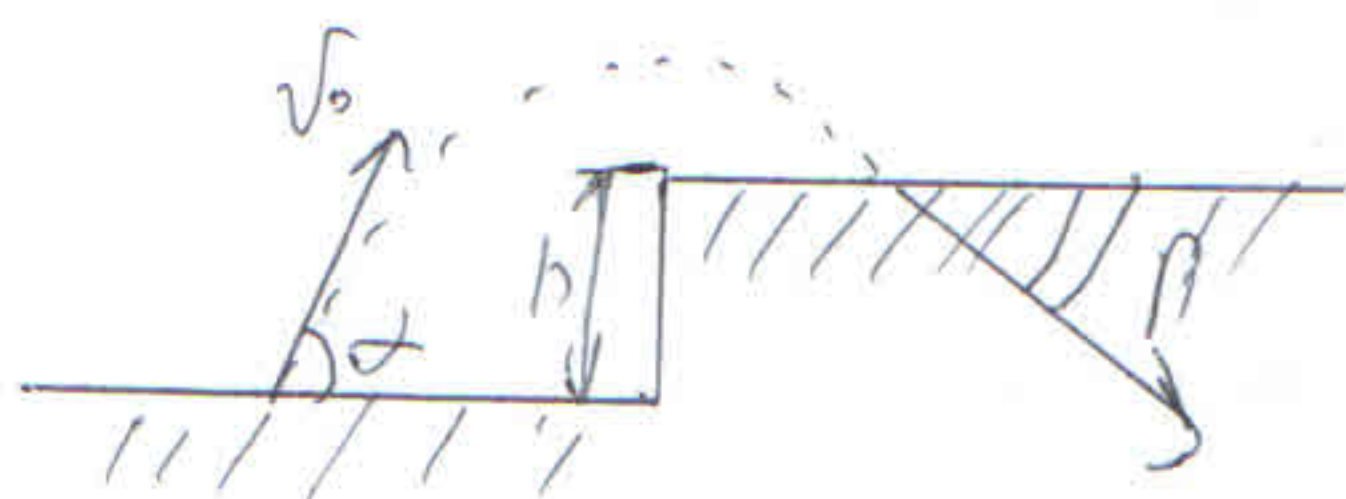
$$v_0 = 20 \text{ м/с}$$

$$h = 5 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\beta = ?$$

РЕШЕНИЕ



1) Пусть  $h_1$  - максимальная высота полета тела,  $t_1$  - время полета на максимальную высоту.

$$2) v_0 \sin \alpha = g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h_1 = v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2}; \quad h_1 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$3) \Delta h = h_1 - h; \quad \Delta h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - h$$

4)  $\Delta h = \frac{g t^2}{2}$ ,  $t$  - время падения с максимальной высоты на ступень.

$$t = \sqrt{\frac{2 \Delta h}{g}}; \quad t = \sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{2h}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \Delta h}{g}}; \quad t = \sqrt{\frac{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - h}{g}} = \sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}{g^2}}$$

$$5) \operatorname{tg} \beta = \frac{v_y}{v_x}; \quad v_y = g t; \quad v_y = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}; \quad v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{v_0 \cos \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sqrt{400 \cdot \frac{1}{4} - 2 \cdot 10 \cdot 5}}{20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{\sqrt{200 - 100}}{10\sqrt{2}} = \frac{10}{10\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\beta = \operatorname{ARCTG} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{ОТВЕТ: } \beta = \operatorname{ARCTG} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

1



№5

ДАНО:

$$P_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$P_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$P_2 = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

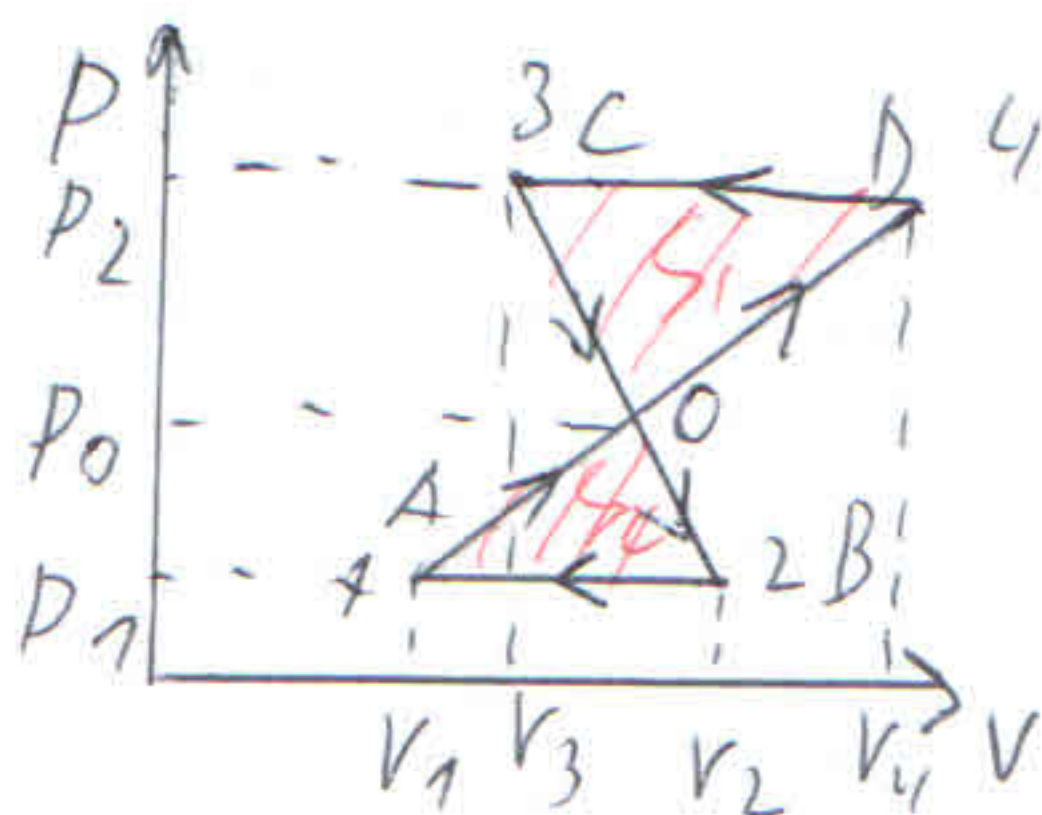
$$V_2 - V_1 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$1-3 \parallel V$$

$$2-4 \parallel V$$

$$A = ?$$

РЕШЕНИЕ



1) РАБОТА ГАЗА РАВНА ПЛОЩАДИ ПОД ГРАФИКОМ

$$A = P_1(V_2 - V_1) + P_2(V_4 - V_3)$$

2) ИЗ ГРАФИКА:  $\Delta AOB \sim \Delta DCO$

ИЗ ЭТОГО СЛЕДУЕТ:  $\frac{P_0 - P_1}{P_2 - P_0} = \frac{V_2 - V_1}{V_4 - V_3}$

ГАЗА В ТОЧКАХ 3 И 4 СООТВЕТСТВЕННО.

$$V_4 - V_3 = (V_2 - V_1) \frac{P_2 - P_0}{P_0 - P_1}$$

$$3) A = P_1(V_2 - V_1) + P_2(V_2 - V_1) \frac{P_2 - P_0}{P_0 - P_1}$$

$$A = (V_2 - V_1) \left( P_1 + P_2 \frac{P_2 - P_0}{P_0 - P_1} \right)$$

$$A = 6 \cdot 10^{-3} \left( 2 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^5 \cdot \frac{5 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^5} \right)$$

$$A = 6 \cdot 10^{-3} (2 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^5 \cdot 2) = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^5 = 7200 \text{ Дж}$$

ОТВЕТ: 7200 Дж

№7

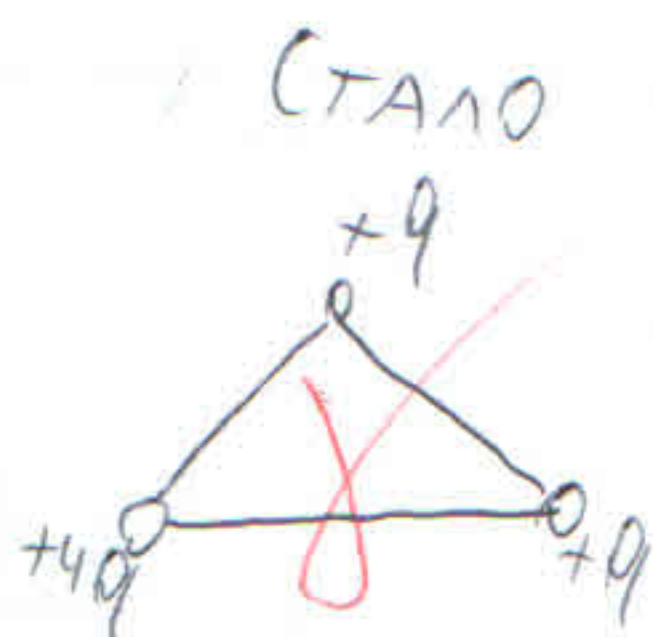
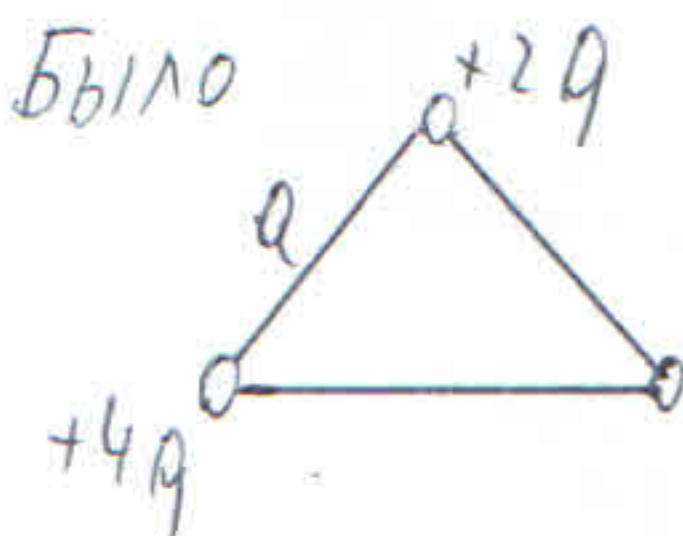
ДАНО:

$$2q; 4q$$

$$q$$

$$W_p = ?$$

РЕШЕНИЕ



1) ПОСЛЕ ТОГО, КАК ПЕРВЫЙ ШАРИК ЗАРЯДОМ  $+2q$  СОВЕРШИЛИ С НЕЗАРЯЖЕННЫМ ШАРИКОМ, ЗАРЯДЫ РАВНОМЕРНО ПЕРЕРАБОЛИЛИСЬ. ПОЭТОМУ ЗАРЯДЫ ШАРИКОВ

СТАЛ РАВНЫМ  $+q$ .

$$2) W_p = W_1 + W_2 + W_3 ; W_1, W_2, W_3 - \text{ЭНЕРГИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ШАРИКОВ}$$



$$3) W_1 = k \frac{q \cdot q}{a} = k \frac{q^2}{a}; W_2 = k \frac{4q \cdot q}{a} = k \frac{4q^2}{a}; W_3 = k \frac{4q \cdot q}{a} = k \frac{4q^2}{a}$$

$$4) W_p = W_1 + W_2 + W_3; W_p = k \frac{q^2}{a} + k \frac{4q^2}{a} + k \frac{4q^2}{a}; W_p = k \frac{9q^2}{a};$$

$$W_p = \frac{k \cdot 9q^2}{a}; W_p = \frac{9q^2}{4\pi\epsilon_0 a}; W_p = \frac{9 \cdot 10^{-36}}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 0.1}$$

$$\text{ОТВЕТ: } W_p = \frac{9q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \text{ Дж.}$$

№ 9

ДАНО:

РЕШЕНИЕ

$$T = 6\pi \cdot 10^{-4} \text{ с. } 1) I(t) = I_m \cos \omega t - \text{уравнение колебаний для тока.}$$

$$I_m = 5 \cdot 10^{-3} \text{ А } 2) I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = q'$$

$$I = 3 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$q = ?$

ЗНАЧИТ  $q = q_m \sin \omega t$ ,  $q_m$  - амплитудное значение за

$$I_m = q_m \omega \Rightarrow q_m = \frac{I_m}{\omega}$$

$$3) \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow q_m = \frac{I_m T}{2\pi}$$

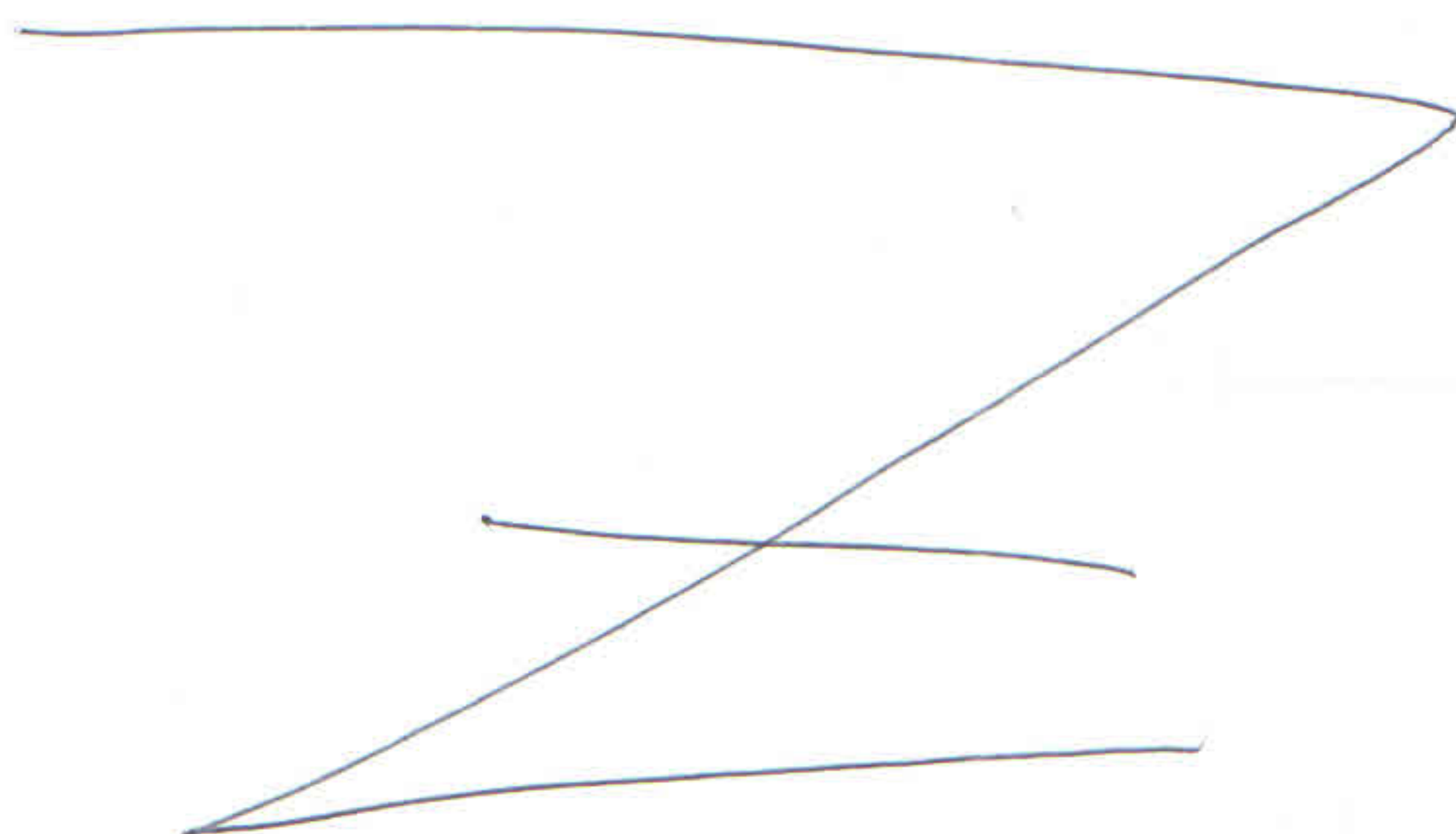
$$4) I = I_m \cos \frac{2\pi}{T} t; \cos \frac{2\pi}{T} t = \frac{I}{I_m}; \cos \left( \frac{2\pi}{6\pi \cdot 10^{-4}} t \right) = \frac{3}{5}$$

$$\frac{t \cdot 10^4}{3} = \arccos \frac{3}{5}; \arccos \frac{3}{5} = \arcsin \frac{4}{5}; t = \frac{3 \arcsin \frac{4}{5}}{10^4}$$

$$5) q = \frac{I_m T}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{T} t; q = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 6\pi \cdot 10^{-4}}{2\pi} \sin \left( \frac{2\pi}{6\pi \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{3 \arcsin \frac{4}{5}}{10^4} \right)$$

$$q = 15 \cdot 10^{-7} \sin \left( \arcsin \frac{4}{5} \right) = 15 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{4}{5} = 12 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$\text{ОТВЕТ: } 12 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$





119446

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр \_\_\_\_\_

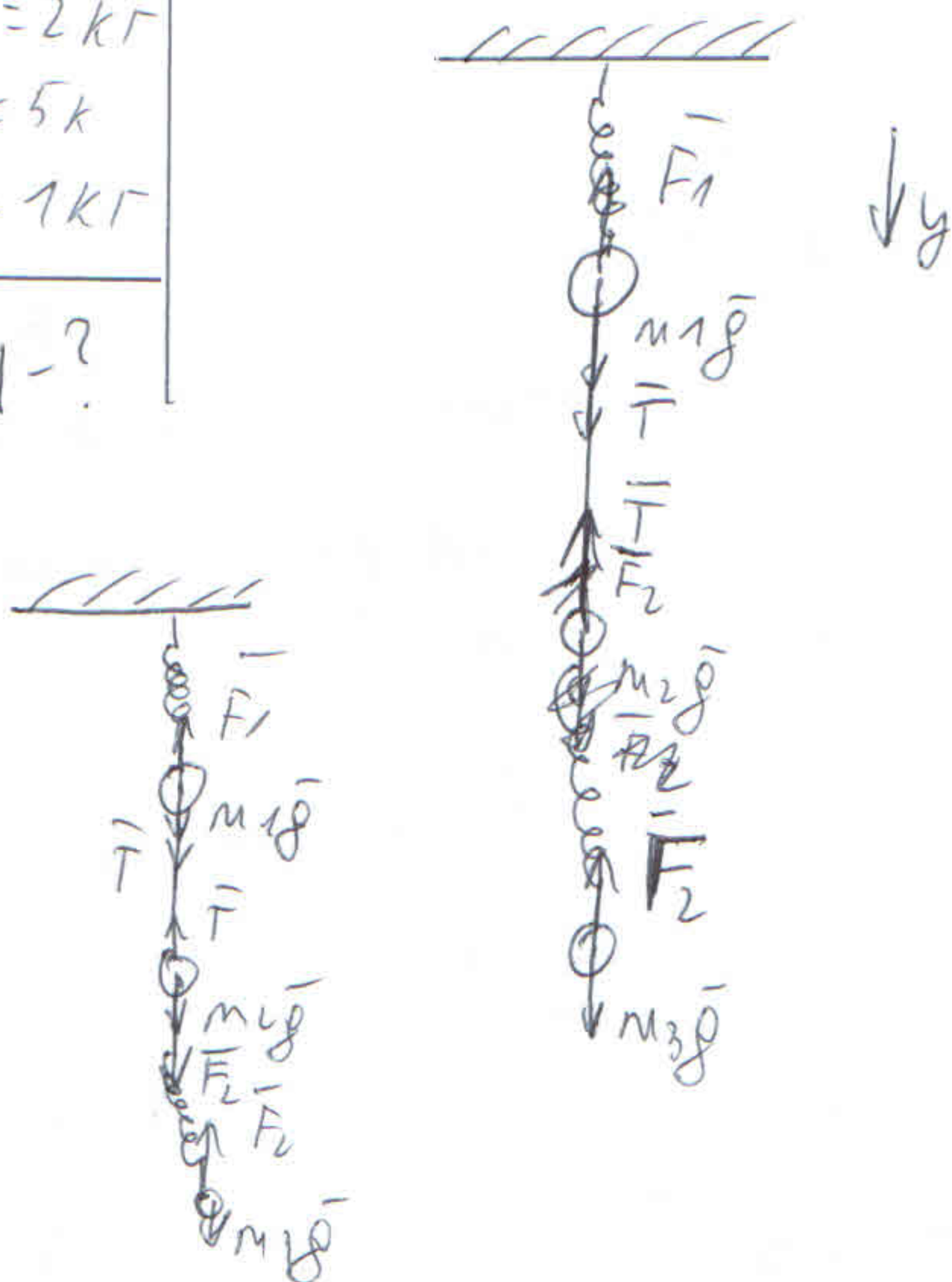
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 3

N2

Дано:  
 $m_1 = 2 \text{ кг}$   
 $m_2 = 5 \text{ кг}$   
 $m_3 = 1 \text{ кг}$   
 $T_{\text{пол}} = ?$

Решение



1) По 2-му закону Ньютона:

$$m_1 g + \bar{T} + F_1 = 0$$

$$m_2 g + \bar{F}_2 + \bar{T} = 0$$

$$m_3 g + \bar{F}_2 = 0$$

2) ОУ:

$$\begin{cases} m_1 g + T - F_1 = 0 & (1) \\ m_2 g - T + F_2 = 0 & (2) \\ m_3 g - F_2 = 0 & (3) \end{cases}$$

$F_1$  и  $F_2$  - силы упругости пружин

$$\begin{cases} T = m_2 g + F_2 \\ F_2 = m_3 g \end{cases} \Rightarrow T = g(m_2 + m_3)$$

3) По 3-му закону Ньютона:  $T_1 = 2T$

$$T_1 = 2g(m_2 + m_3) = 2g(5 + 1)$$

$$T_1 = 2 \cdot 10 \cdot 6 = 120 \text{ Н}$$

4) Из (1):  $F_1 = m_1 g + T$

5) После пережатия нити по 2-му закону Ньютона:

$$m_1 g - F_1 + T = -ma$$



5) СРАЗУ ПОСЛЕ ПЕРЕЖИГАНИЯ ЦУТИ НА ШАРИК ДЕЙСТВУЮТ ТОЛЬКО СИЛЫ ТЯЖЕСТИ И СИЛА УПРУГОСТИ. ТОГДА ПО 2-3-НУ НЬЮТОНА:  $m_1 \vec{g} + \vec{F}_1 = m_1 \vec{a}$

Оу:  $m_1 g - F_1 = -m_1 a$  ;  $F_1 = m_1 g + T$  ;  $F_1 = m_1 g + \frac{g(m_2 + m_3)}{g(m_2 + m_3)}$

$m_1 g - m_1 g - g(m_2 + m_3) = -m_1 a$

$a = \frac{g(m_2 + m_3)}{m_1}$  ;  $a = \frac{10 \cdot 6}{2} = 30 \text{ м/с}^2$

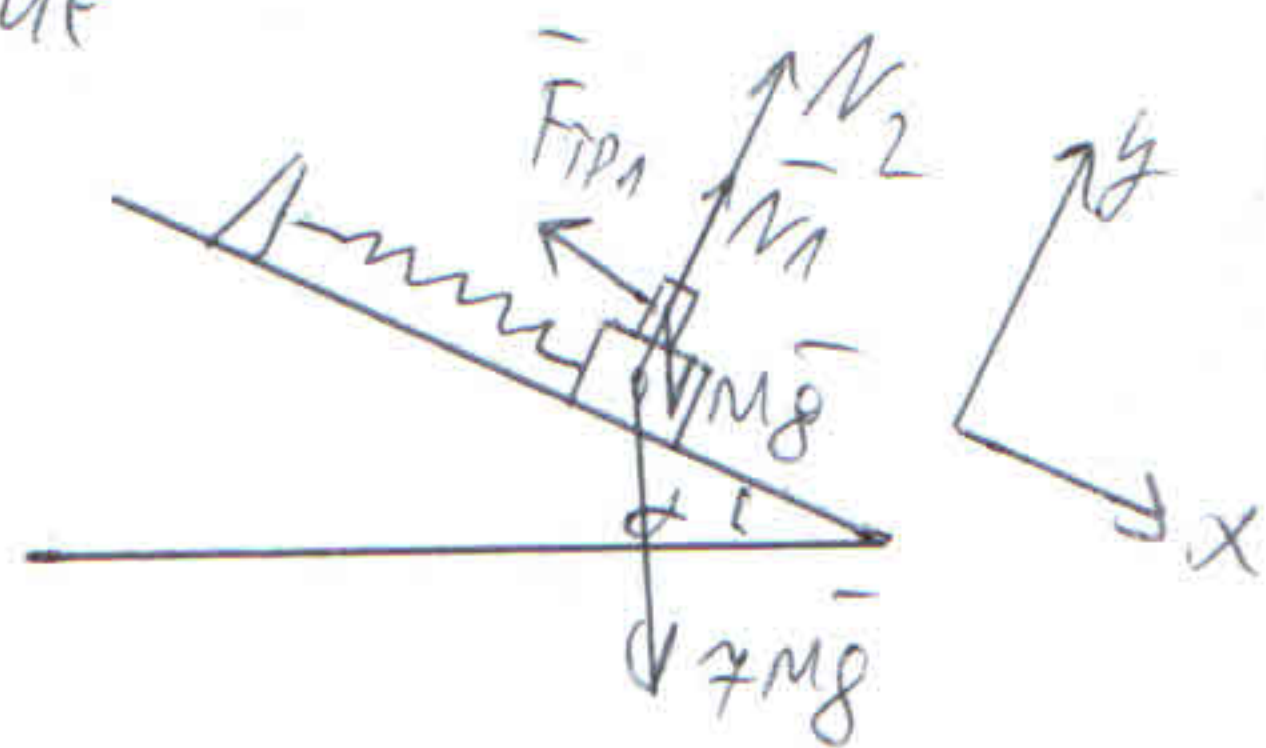
ОТВЕТ:  $T_1 = 720 \text{ Н}$  ;  $|a| = 30 \text{ м/с}^2$  ; НАПРАВЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ШАРИКА: ВВЕРХ

0,75

№3

ДАНО:  
 $\alpha, m, \gamma m$   
 $k, A$   
 $M - ?$

РЕШЕНИЕ



1) ШАРИК НЕ БУДЕТ ПРОСКАЗЫВАТЬ ОТНОСИТЕЛЬНО БРУСКА, ЕСЛИ УСКОРЕНИЯ БУДУТ ОДИНАКОВЫМИ

2)  $A(t) = A \cos \omega t$  - УРАВНЕНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ

$a(t) = -A \omega^2 \cos \omega t$

АМПЛИТУДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ УСКОРЕНИЯ

3) ПО 2-3-НУ НЬЮТОНА:  $m \vec{g} \cos \alpha + \vec{F}_{тр} + \vec{N} = m \vec{a}$

Ох:  $m g \cos \alpha - F_{тр} = -m a$  ;  $m g \cos \alpha - m g \mu \sin \alpha = -m A \omega^2$   
Оу:  $N - m g \sin \alpha = 0$  ;  $N = m g \sin \alpha$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{\gamma m + m}}$  ;  $\omega^2 = \frac{k}{8m}$

$m g \cos \alpha - m g \mu \sin \alpha = -m a - m A \frac{k}{8m}$

$m g \cos \alpha - m g \mu \sin \alpha = -\frac{A k}{8}$



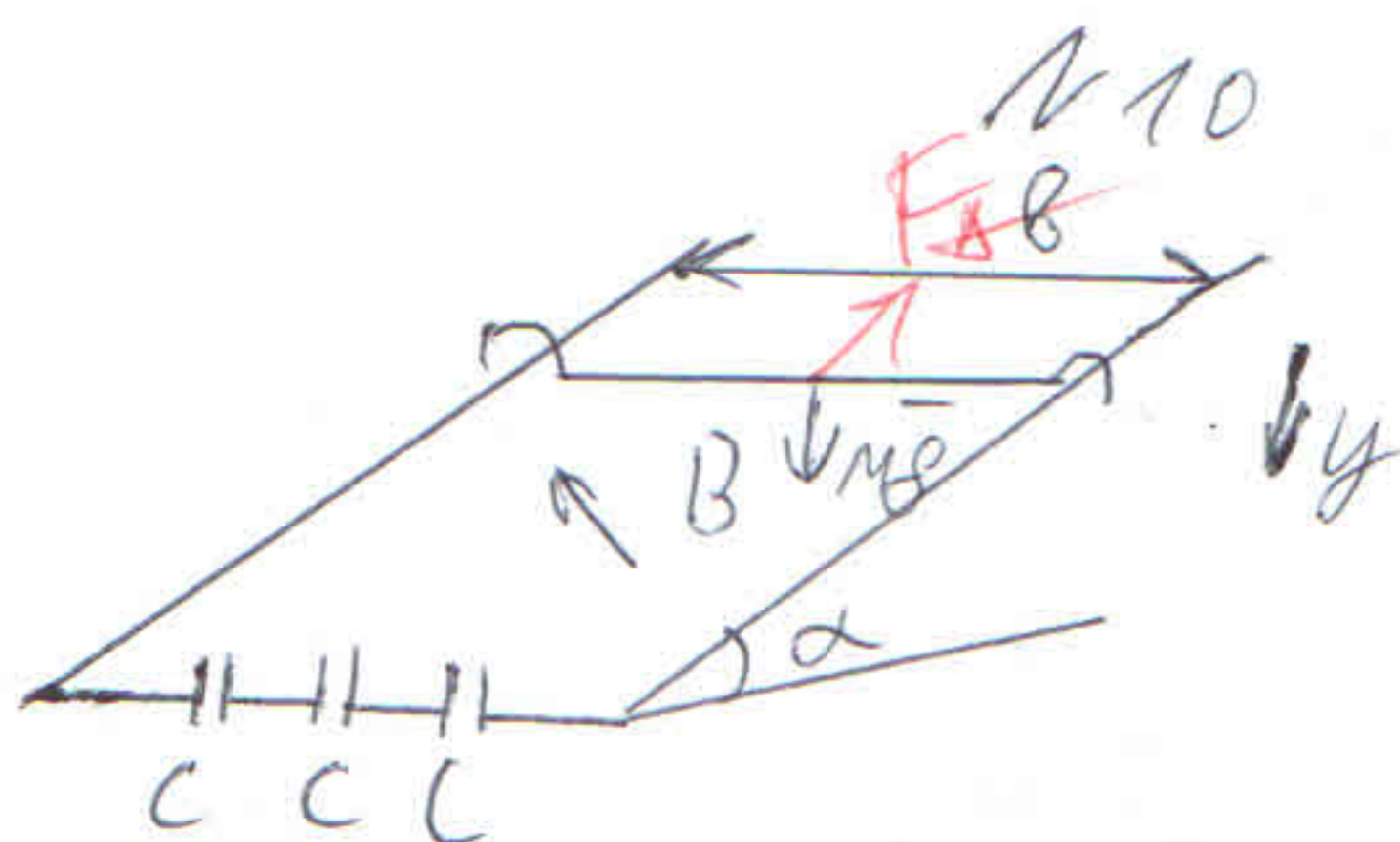
$$mg \sin \alpha = mg \cos \alpha + \frac{Ak}{\delta}$$

$$M = \cancel{ctg \alpha} + \frac{Ak}{8mg \sin \alpha}$$

ОТВЕТ:  $M = \cancel{ctg \alpha} + \frac{Ak}{8mg \sin \alpha}$

0,75

АНО:  
L; v; C  
M; B  
a - ?



1) СИСТЕМУ КОНДЕНСАТОРОВ  
МОЖНО ПРЕДСТАВИТЬ В ВИДЕ ОДНОГО  
КОНДЕНСАТОРА ЕМКОСТЬЮ  $C_0$ .

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} + \frac{1}{C} \quad \text{(Т.К. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ)}$$

$$C_0 = \frac{C}{3}$$

2) Пусть  $t$  - время опускания перемычки.

3)  $\epsilon_i = \frac{d\varphi}{dt} = v \sqrt{e}; e = v; v = at$ , т.к. начальная скорость равна нулю;  $\epsilon_i = vat$

4) МОЩНОСТЬ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ БУДЕТ РАВНА ВЫАГЛЕВШЕЙСЯ МОЩНОСТИ НА КОНДЕНСАТОРАХ.  $P_1 = P_2$

$$P_1 = F_T v = F_T at; P_2 = I \epsilon_i$$

5)  $I = \frac{q}{t}; q = C_0 \epsilon_i; I = \frac{C_0 \epsilon_i}{t}; P_2 = \frac{C_0 \epsilon_i^2}{t}$

6) По 2-3-м НЬЮТОНА:  $m \vec{g} = m a \vec{F}$   
 $Oy: F = mg \sin \alpha$

$F_T$  - СИЛА ТЯЖЕСТИ.

$$F_T = mg \sin \alpha$$

7)  $P_1 = mg \sin \alpha at$

8)  $mg \sin \alpha at^2 = \frac{C_0 \epsilon_i^2}{t}$

$$mg \sin \alpha at^2 = \frac{C}{3} v^2 a^2 t^2 + v^2$$



$$mg \sin \alpha = \frac{c}{3} B^2 a \theta^2$$

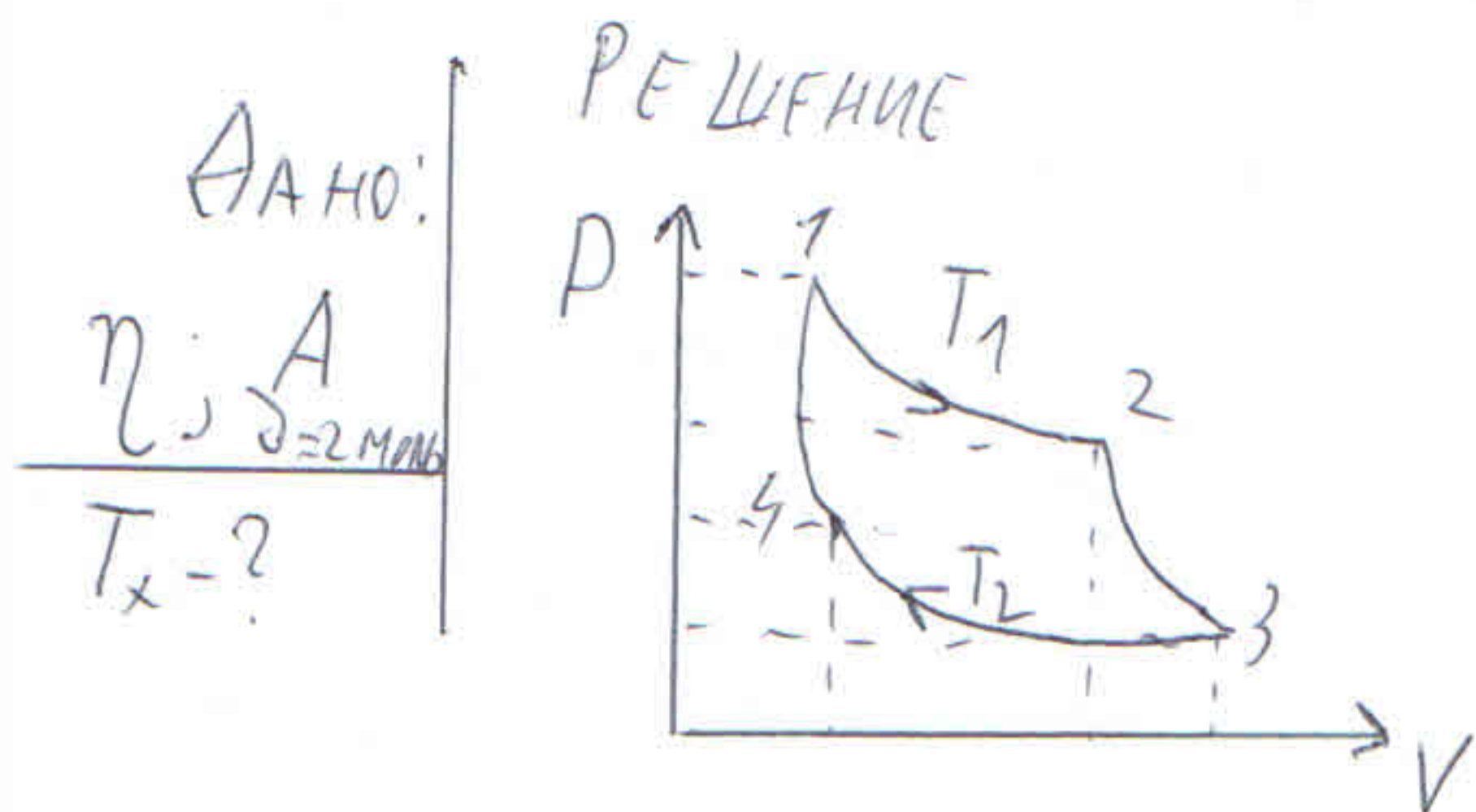
$$3mg \sin \alpha = c B^2 a \theta^2$$

$$a = \frac{3mg \sin \alpha}{c B^2 \theta^2}$$

ОТВЕТ:  $\frac{3mg \sin \alpha}{c B^2 \theta^2}$

0.5

N6



1) В ААНОМ СЛУЧАЕ ИМЕЕМ ЦИКЛ КАРНО. ЗНАЧИТ  $\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H}$ , ГДЕ  $T_H$  И  $T_x$  - ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВАТЕЛЯ И ХОЛОДИЛЬНИКА ~~И НАГРЕВАТЕЛЯ~~ СООТВЕТСТВЕННО

2) ПРОЦЕССЫ 1-2 И 3-4 - ИЗОТЕРМЫ; ПРОЦЕССЫ 2-3 И 4-1 - ААНО

3) ~~ААНО~~ ИЗ ААНОГО ГРАФИКА СЛЕДУЕТ, ЧТО  $T_1 = T_H$ ,  $T_2 = T_x$

4) ААНО ПРОЦЕССА 2-3:  $Q = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + A$ ;  $A = \frac{3}{2} R (T_1 - T_2)$

$$\frac{2}{3} A = R (T_1 - T_2); \quad \frac{2A}{3R} = T_1 - T_2; \quad T_2 = T_1 - \frac{2A}{3R}$$

5)  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ ;  $\frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta$ ;  $T_1 = \frac{T_2}{1 - \eta}$

6)  $T_2 = \frac{T_2}{1 - \eta} - \frac{2A}{3R}$ ;  $T_2 \left(1 - \frac{1}{1 - \eta}\right) = \frac{-2A}{3R}$

$$T_2 \left(\frac{-\eta}{1 - \eta}\right) = \frac{-2A}{3R}; \quad T_2 = \frac{2A(1 - \eta)}{3R\eta}$$

$$T_2 = \frac{2A(1 - \eta)}{3 \cdot 2 \cdot 8,31 \eta} = \frac{A(1 - \eta)}{24,93 \eta} = T_x$$

ОТВЕТ:  $T_x = \frac{A(1 - \eta)}{24,93 \eta}$



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 179 НН6

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

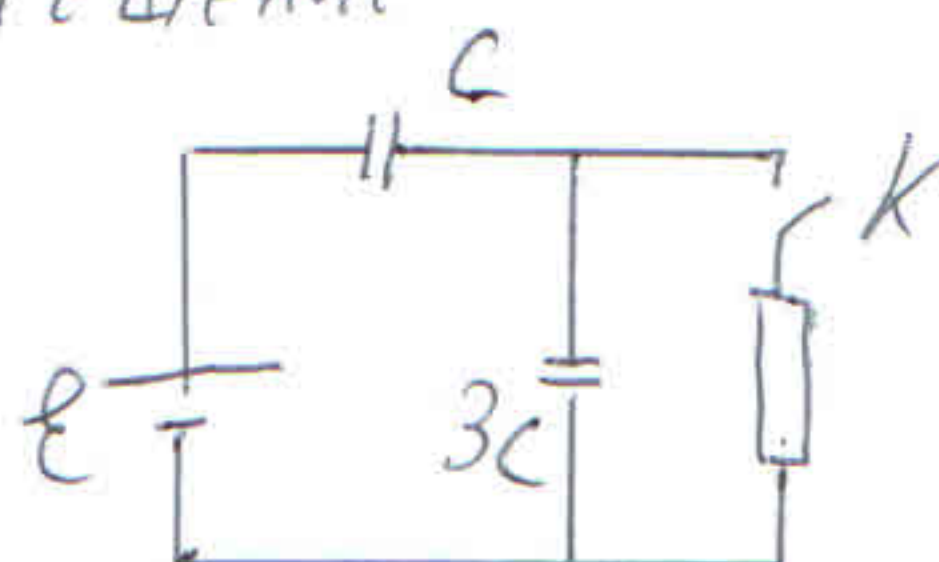
Вариант № 3

Дано:

$\mathcal{E}; C$

$Q = ?$

Решение



1)  $A = Q = q \Delta \varphi$  — работа батареи конденсаторов

2) После замыкания сначала конденсаторы

зарядились, потом ключ переключили, значит заряд протёк

аважави

$$3) q = 2 C_{\text{бат.}} \mathcal{E}$$

$$4) \frac{1}{C_{\text{бат.}}} = \frac{1}{C} + \frac{1}{3C}$$

т.к. конденсаторы последовательные

$$C_{\text{бат.}} = \frac{3}{4} C$$

$$5) q = 2 \cdot \frac{3}{4} C \cdot \mathcal{E} = \frac{3}{2} C \mathcal{E}$$

$$6) \Delta \varphi = \mathcal{E}$$

$$7) Q = \frac{3}{2} C \mathcal{E}^2$$

Ответ:  $\frac{3}{2} C \mathcal{E}^2$

0,25