

+ / Александр

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

119300

Шифр

(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Ворона Александр Михайлович

Город, № школы (образовательного учреждения) 1501, Москва.

Регистрационный номер ШМ 0014

Вариант задания 4

Дата проведения " 19 " марта 20 17 г.

Подпись участника



68 (шестьдесят восемь) ббб -

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
6	8	5	10	10	10	10	3	3	3	68

119300

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

300

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $v_0 = 20 \text{ м/с}$
 $h = 8 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\beta = ?$

Решение:

$$\tan \beta = \frac{v_y}{v_x} \quad (1)$$

$v_x = v_{0x}$ так как горизонтальное ускорение равно 0.

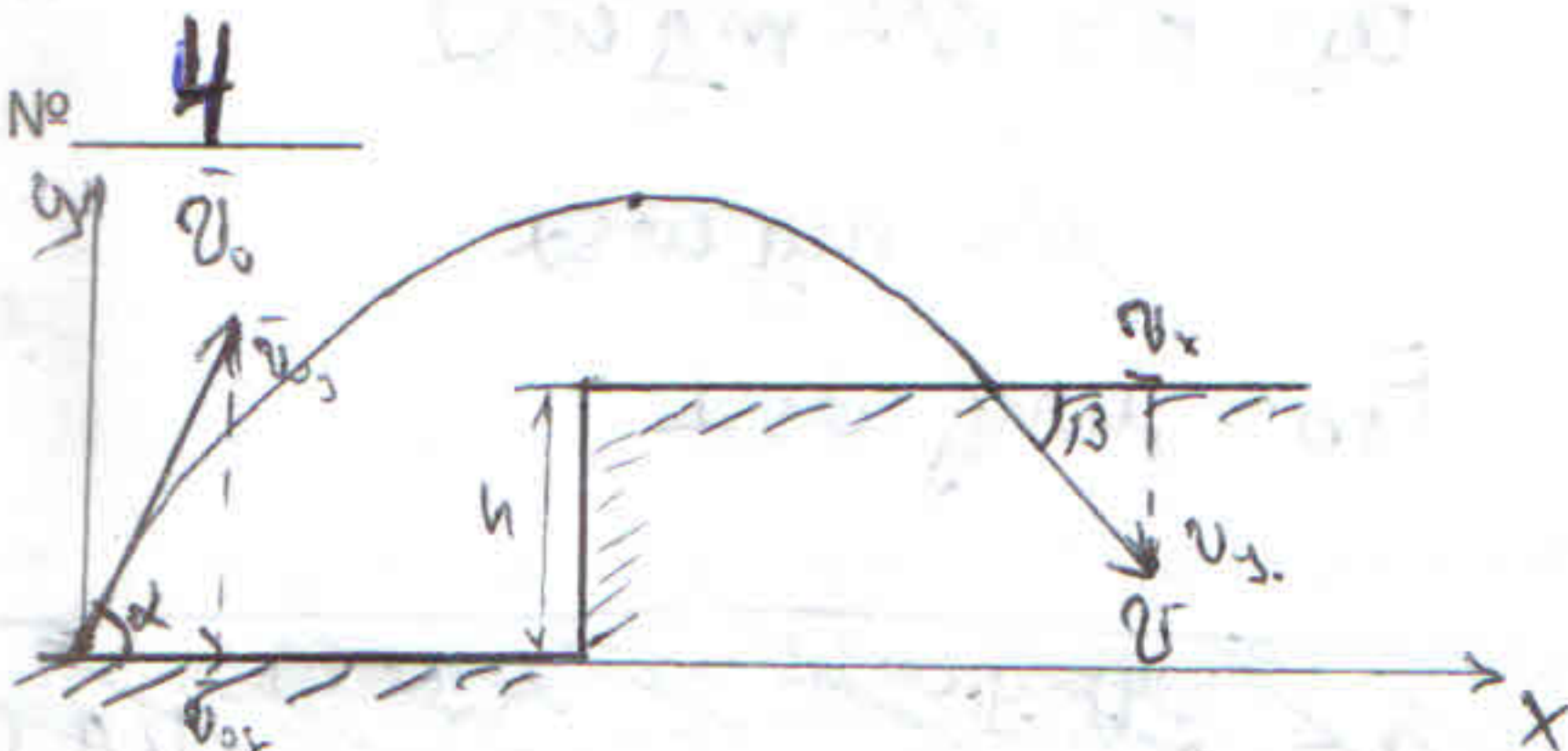
$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2gh \quad (\text{скорость тела на высоте } h \text{ при ускорении } g)$$

$$v_y = \sqrt{v_{0y}^2 - 2gh}, \text{ где } v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$v_y = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh} \quad (2)$$

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \quad (3)$$

Вариант № 4



$$\tan \beta = \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{v_0 \cos \alpha} = \frac{\sqrt{400 \cdot \frac{1}{2} - 2 \cdot 10 \cdot 8}}{20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{\sqrt{200 - 160}}{20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{\sqrt{40}}{10\sqrt{2}} = \frac{2\sqrt{10}}{10\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{5}}{5}$$

$$\text{Ответ: } \beta = \arctan \frac{\sqrt{5}}{5}$$

Дано:
 $m_1 = 1 \text{ кг}$
 $m_2 = 4 \text{ кг}$
 $m_3 = 8 \text{ кг}$
 $T = ?$
 $a = ?$

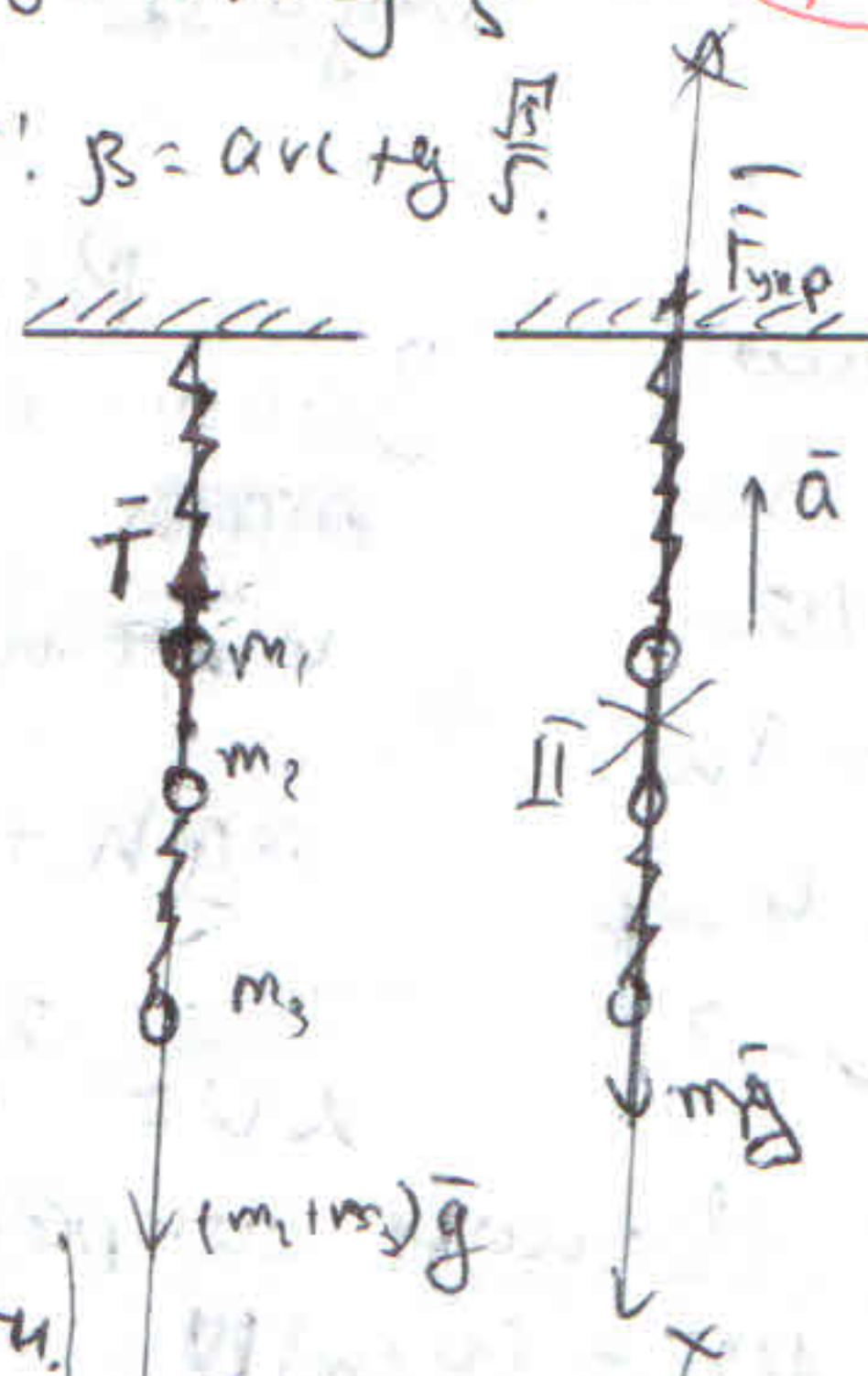
Решение:

I: Второй закон Ньютона для $(m_2 + m_3)$:
 т.к. система неподвижна ($a = 0$) -

$$0 = (m_2 + m_3)g + T$$

$$\text{ок: } 0 = (m_2 + m_3)g - T$$

$$T = (m_2 + m_3)g \quad (1) \quad T = 40 \text{ Н}$$



уск $g = 10 \text{ м/с}^2$

II: Сразу после переключения массы на m_1 перестаёт действовать сила натяжения нити.

Второй закон Ньютона для m_1 :

$$m_1 \bar{a} = m_1 \bar{g} + F_{\text{упр}}$$

$$\text{ок: } -m_1 a = m_1 g - F_{\text{упр}} \Rightarrow a = \frac{F_{\text{упр}}}{m_1} - g \quad (2)$$

(4) - (2)

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

$$a = 80 - 10 = 70 \text{ м/с}^2$$

$$\text{Ответ: } T = 40 \text{ Н}$$

$$a = 70 \text{ м/с}^2$$

Второй закон Ньютона для m_1 для I случая:

$$0 = m_1 \bar{g} + T + F_{\text{упр}} \Rightarrow$$

$$\text{ок: } 0 = m_1 g + T - F_{\text{упр}}$$

$$F_{\text{упр}} = m_1 g + T \quad (3)$$

$$F_{\text{упр}} = (m_1 + m_2 + m_3)g \quad (4)$$

N3

Дано:

$\frac{4m}{m}$
к
А
 μ_m ?

Решить:

Условие отсутствия проскальзывания:

$$|F_{тр}| \geq |F_{ин.}|$$

$$F_{тр} = \mu N$$

$$F_{ин.} = -ma$$

Второй закон Ньютона для m в состоянии покоя!

$$0 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}, \text{ где } F_{тр} - \text{сила трения покоя.}$$

$$\text{ay: } 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$$

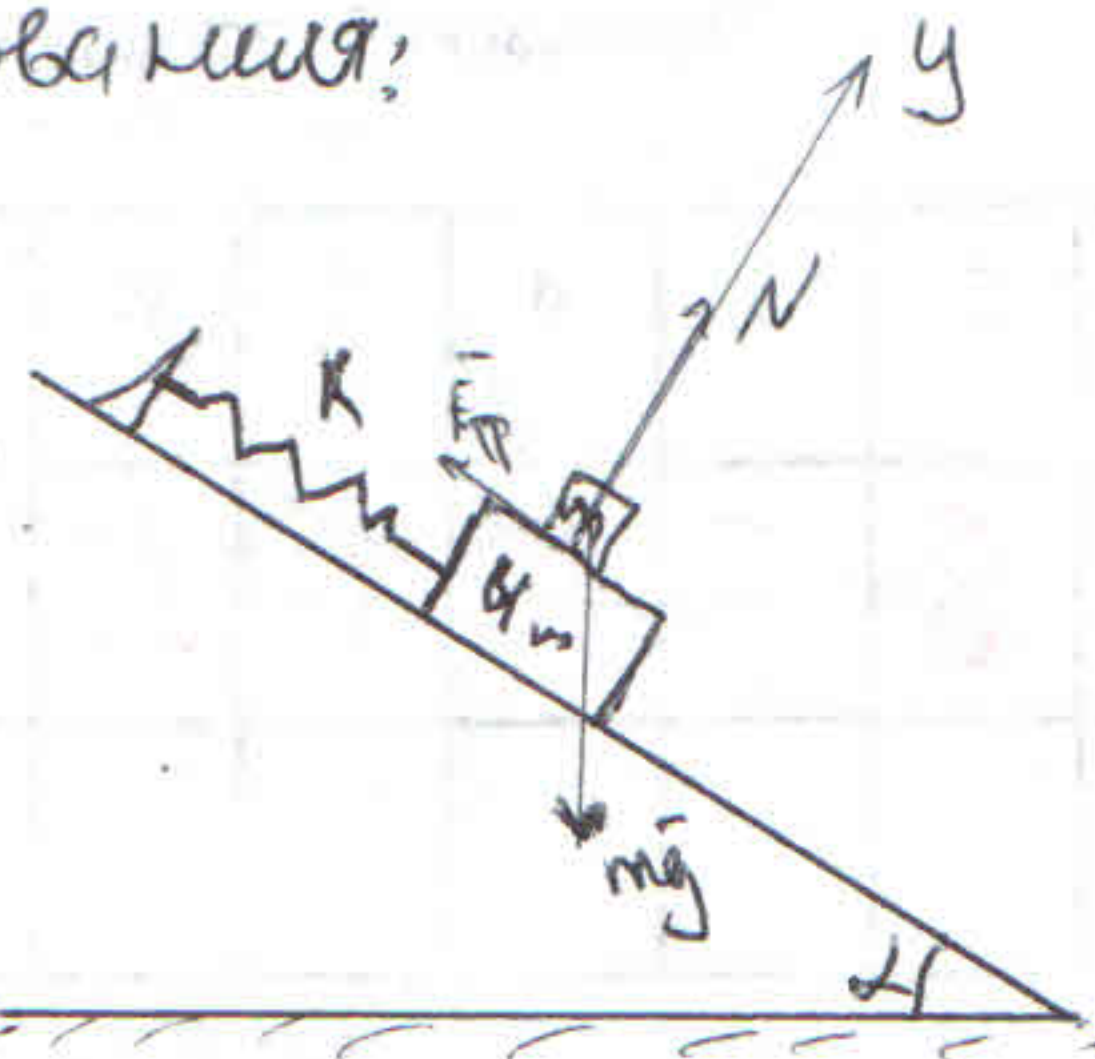
$$a = \frac{\mu mg \cos \alpha}{m} = \mu g \cos \alpha$$

$$\mu_m = \frac{ma_m}{mg \cos \alpha} = \frac{a_m}{g \cos \alpha} \quad (1)$$

(2) \rightarrow (1)

$$\mu_m = \frac{\kappa A}{5mg \cos \alpha}$$

OS



Рассмотрим колебательную систему $(m + 4m)$. Сила тяжести не влияет на из-за А, она только увеличивает положение равновесия системы.

$$\text{Значит: } \omega = \sqrt{\frac{\kappa}{m+4m}} = \sqrt{\frac{\kappa}{5m}}$$

$$a_m = \omega^2 A = \frac{\kappa A}{5m} \quad (2)$$

N4

Дано:

$$m = 3m$$

$$h = 10m$$

$$M = 9m$$

$$v = 4 \text{ м/с}$$

ΔU ?

Решить:

Закон сохранения энергии:

$$W_{п1} + W_{к2} = W_{к3} + \Delta U$$

$$mgh + \frac{Mv^2}{2} = \frac{(M+m)v^2}{2} + \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{2mgh + Mv^2 - (M+m)v^2}{2} \quad (1)$$

Закон сохранения импульса:

$$Mv = (M+m)V$$

$$V = \frac{Mv}{M+m} \quad (2)$$

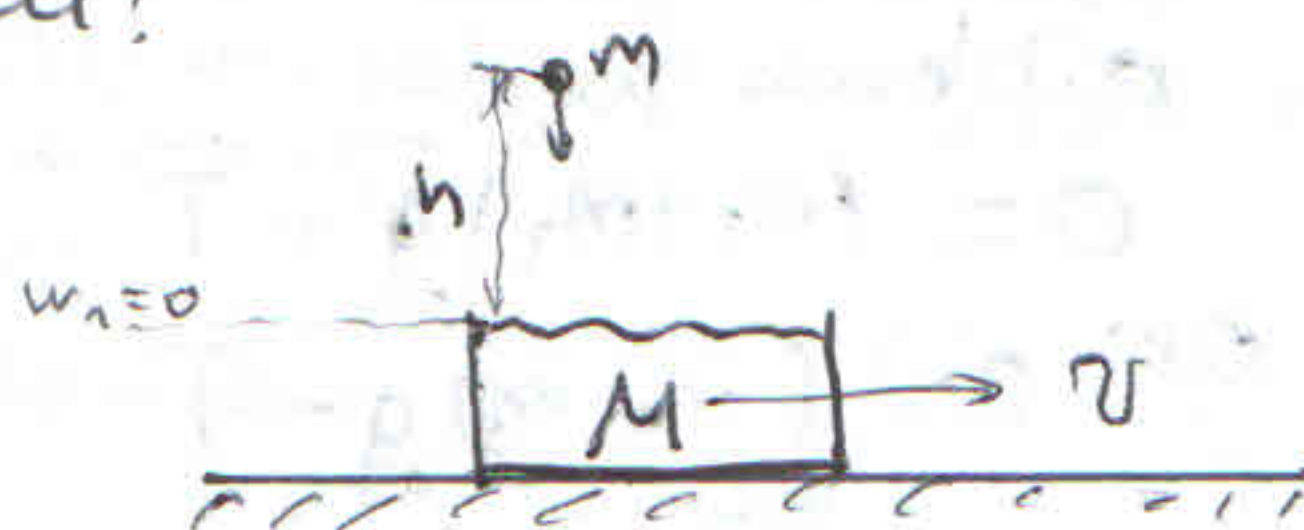
(2) \rightarrow (1)

$$\Delta U = \frac{2mgh + Mv^2 - \frac{M^2 v^2}{M+m}}{2}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 10 + 9 \cdot 16 - \frac{81 \cdot 16}{12}}{2} = 318 \text{ Дж}$$

+1

Ответ: $\Delta U = 318 \text{ Дж}$



Дано:

$$P_1 = 10^5 \text{ Па}$$

$$P_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$P_2 = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

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

$A = ?$

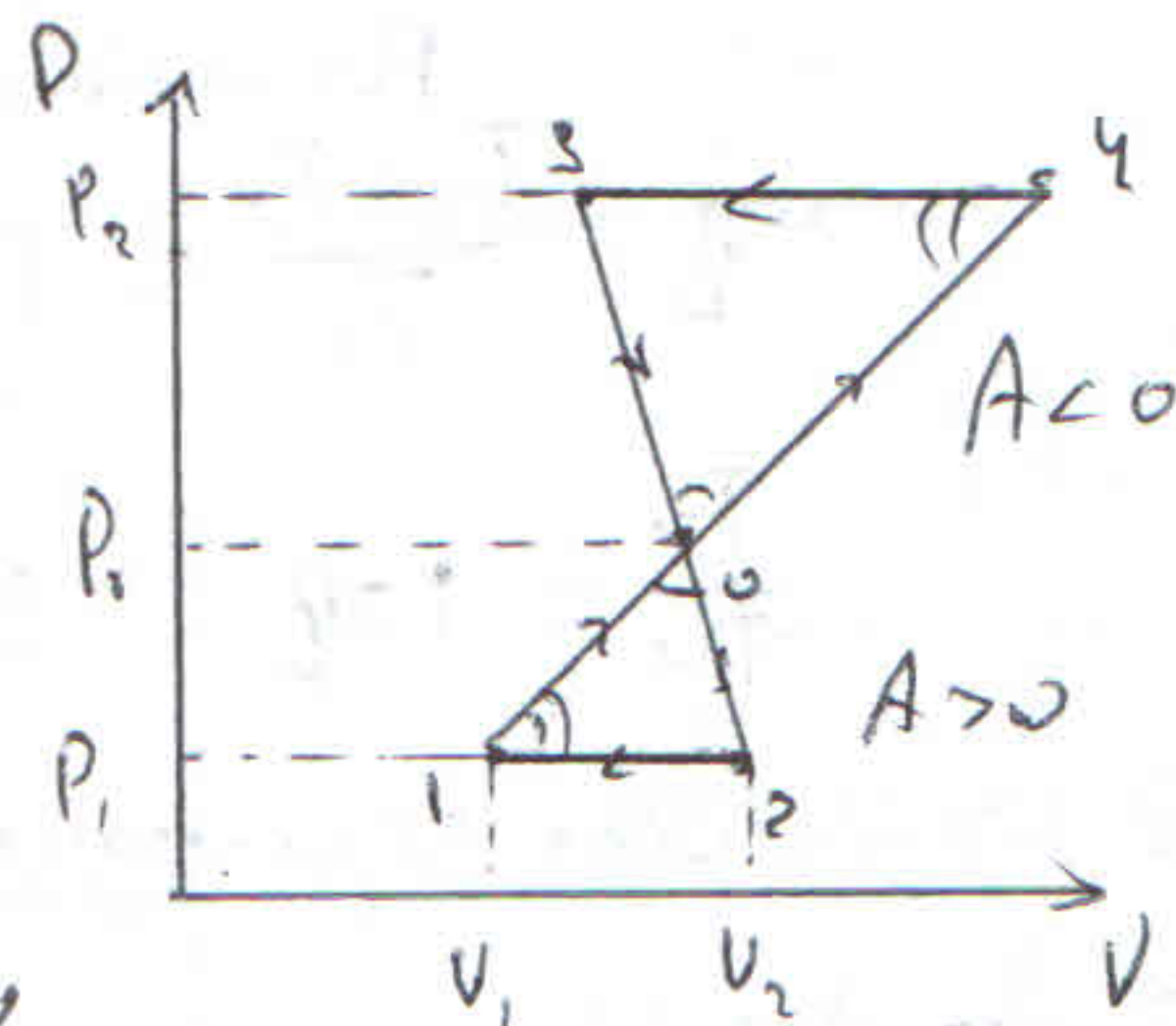
Решение:

$$A_{102} = S_{\Delta 102}$$

$$A_{043} = S_{\Delta 043}$$

Т.к.

в цилиндре процесс идет по массовой стрелке, работа положительная.



Т.к. в цилиндре процесс идет против массовой стрелки, работа отрицательная.

$$A = A_{102} - A_{043} = S_{\Delta 102} - S_{\Delta 043}$$

$\Delta 102 \sim \Delta 043$ по двум углам ($\angle 304 = \angle 102$ как вертикальные, $\angle 012 = \angle 340$ как накрест лежащие при $34 \parallel 12$ по углам и секущей 12.)

Значит $k = \text{отношение высот}$.

$$k = \frac{(P_2 - P_0)}{(P_0 - P_1)}$$

$$\frac{S_{\Delta 034}}{S_{\Delta 102}} = k^2 = \frac{(P_2 - P_0)^2}{(P_0 - P_1)^2} \Rightarrow S_{034} = \frac{(P_2 - P_0)^2}{(P_0 - P_1)^2} \cdot S_{\Delta 102}$$

$$S_{\Delta 102} = \frac{(P_0 - P_1)(V_2 - V_1)}{2}$$

$$A = \frac{(P_0 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} - \frac{(P_2 - P_0)^2 \cdot (P_0 - P_1)(V_2 - V_1)}{2(P_0 - P_1)^2}$$

$$= \frac{(P_0 - P_1)^2 (V_2 - V_1) - (P_2 - P_0)^2 (V_2 - V_1)}{2(P_0 - P_1)}$$

$$A = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} - 9 \cdot 10^{10} \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 2 \cdot 10^5} = \frac{24 \cdot 10^2 - 54 \cdot 10^2}{4} = -\frac{30}{4} \cdot 10^2 = -750 \text{ Дж}$$

Ответ: $A = -750 \text{ Дж}$.

(1)

$i=3$

η

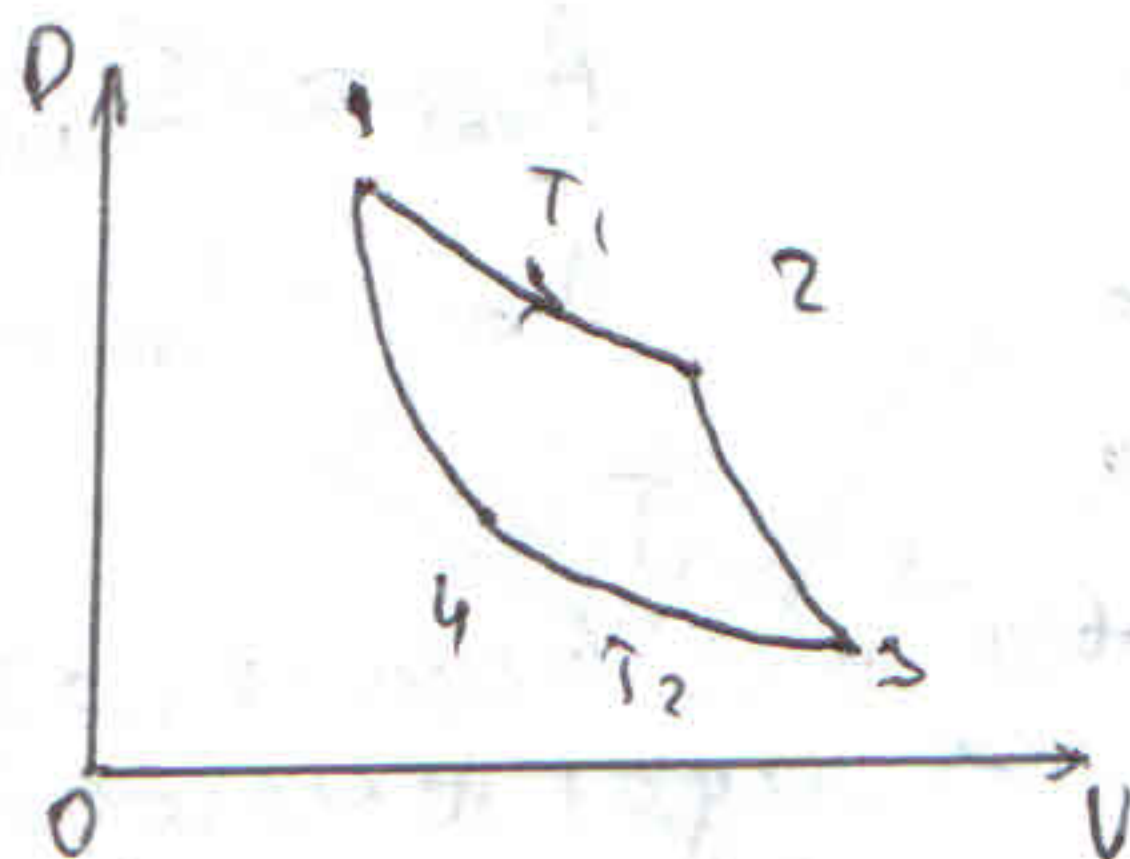
$A_{23} = A$

Решим:

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} = 1 - \frac{T_X}{T_H}$$

$$\frac{T_X}{T_H} = 1 - \eta \quad (1)$$

N6



Первое начало термодинамики:

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$$

т.к. процесс 23 - адиабатический, $Q_{23} = 0$

$$A_{23} + \Delta U_{23} = 0$$

$$\Delta U_{23} = -A_{23}$$

$$\Delta U_{23} = -A$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$T_2 = T_X$$

$$T_1 = T_H$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_X - T_H) = -A$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_H - T_X) = A$$

$$T_H = \frac{2A}{3\nu R} + T_X \quad (2)$$

(2) → (1)

$$T_X = (1 - \eta) \left(\frac{2A}{3\nu R} + T_X \right)$$

$$T_X = T_X - \eta T_X + \frac{2A(1-\eta)}{3\nu R}$$

$$T_X = \frac{2A(1-\eta)}{3\nu R \eta}$$

~~Ответ: $T_X = \frac{2A(1-\eta)}{3\nu R}$~~

Ответ: $T_X = \frac{2A(1-\eta)}{3\nu R \eta}$ (1)

Решим:

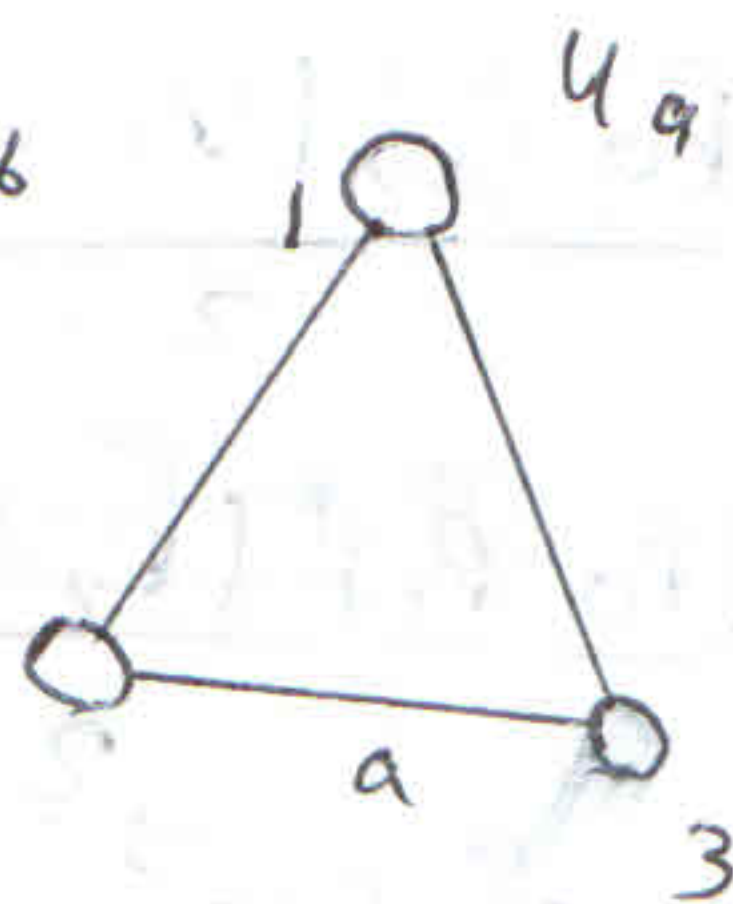
4а

После соединения тонких проводников, происходит перераспределение зарядов.

Так как шары одинаковые, заряд распределится поровну.

т.е. заряд на 1 шарике станет $2q$, а на ~~2~~ 2 $2q$.

Затем, после соединения 1 и 3 шариков, также происходит перераспределение зарядов. Заряд на 1 шарике станет q и на 3, q .



$$W_H = W_{12} + W_{13} + W_{23}$$

$$W_H = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2q^2}{a} =$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{5q^2}{a}$$

Ответ: $W_H = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{5q^2}{a}$

(1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

119300

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4

Дано:

$$C = 20 \text{ мкФ} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$L = 4,5 \text{ мГн} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$q_m = 10 \text{ нКл} = 10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q = 6 \text{ нКл} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

I - ?

№ 8

$$q = q_m \sin \omega t, \text{ где } \omega = \sqrt{LC}$$

$$I = q' = \omega q_m \cos \omega t$$

$$t = \frac{\arcsin \frac{q}{q_m}}{\omega}$$

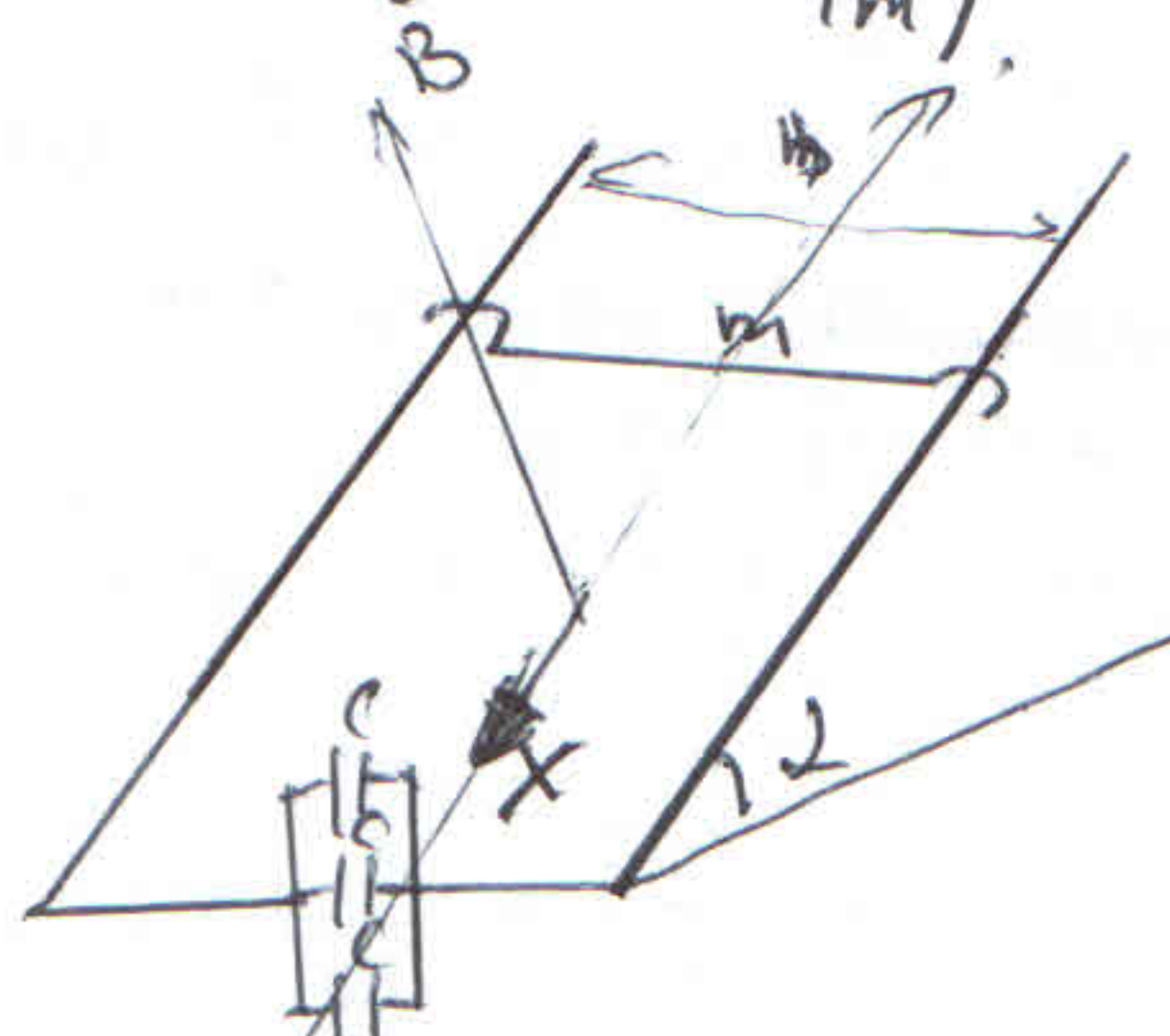
0,25

⊖

$$I = \omega q_m \cos \left(\omega \cdot \frac{\arcsin \frac{q}{q_m}}{\omega} \right) =$$

$$= \omega q_m \cos \left(\arcsin \frac{q}{q_m} \right)$$

110



Дано:

В
м
д
б
с

Решение:
Т.к. конденсаторы
соединены параллельно:

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 = 3 \text{ с.}$$

перемычка скользит вверх
под действием силы тяжести.

По закону электромагнитной индукции, в контуре
будет возникнуть ЭДС. магнитный поток уменьшается
из-за уменьшения площади контура.

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Из-за того, что в контуре возникает \mathcal{E}_i , на
перемычку будет действовать $F_A = I B b \sin \beta$, где $\beta = \angle(I \vec{B})$.

Второй закон Ньютона дает: $F_A = I B b$, направленная вверх
по направлению силы тяжести.

$$m \vec{a} = m \vec{g} + \vec{F}_A$$

$$\text{ок: } m a = m g \sin \alpha - F_A$$

N3

Q-?

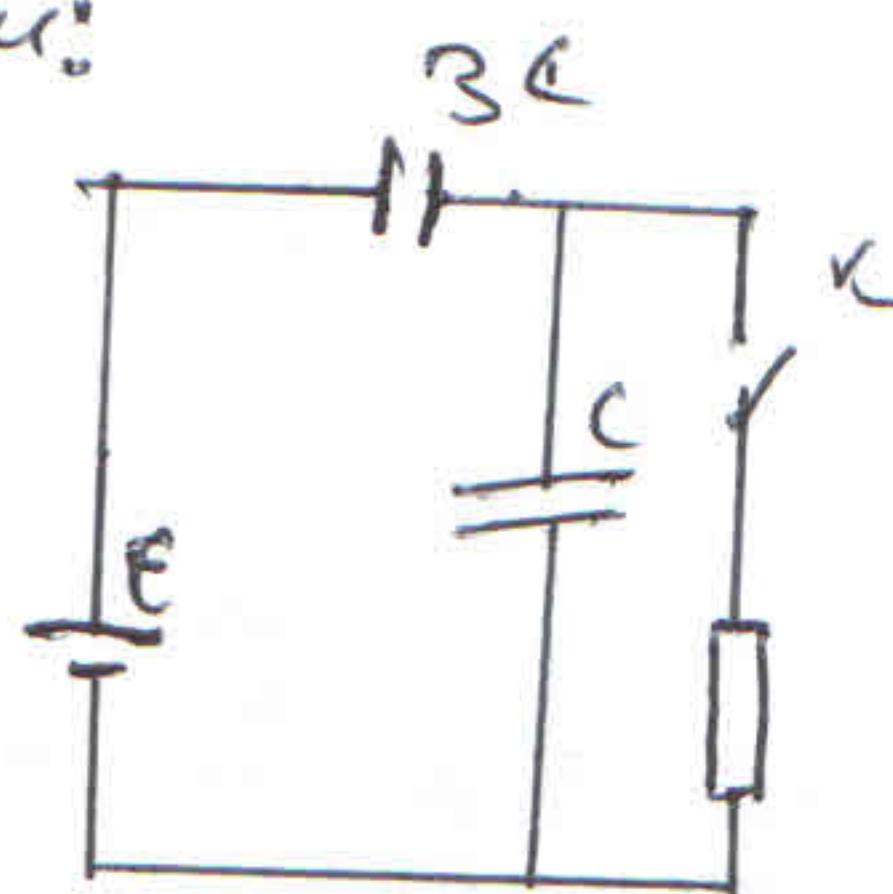
Решение:

Закон сохранения энергии:

$$Q = \Delta W + A_{\text{ист}}$$

\mathcal{E} , $3C$ и C соединены

~~последовательно~~ ~~параллельно~~ ~~затем~~
последовательно до замыкания
ключа, значит $\mathcal{E} = U_{3C} + U_C$



$$C = \frac{q}{U}$$

$$\frac{U_{3C}}{U_C} = \frac{C}{3C}$$

$$U_{3C} = \frac{1}{4} \mathcal{E}$$

$$q_{3C} = \frac{1}{4} \cdot 3C\mathcal{E} = \frac{3}{4} C\mathcal{E}$$

$$W_{3C} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{32}$$

$$W_0 = \frac{12C\mathcal{E}^2}{32}$$

$$U_C = \frac{3}{4} \mathcal{E}$$

$$q_C = \frac{3}{4} \cdot C\mathcal{E} = \frac{3}{4} C\mathcal{E}$$

$$W_C = \frac{9C\mathcal{E}^2}{32}$$

$$q_0 = \frac{6}{4} C\mathcal{E}$$

После замыкания ключа на конденсаторах установится
напряжение \mathcal{E} т.е. они станут ~~последовательно~~ ^{параллельно} соединены.

$$U_{3CII} = \mathcal{E}$$

$$q_{3CII} = 3C\mathcal{E}$$

$$W_{3CII} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$W_{II} = 2C\mathcal{E}^2$$

$$U_{CII} = \mathcal{E}$$

$$q_{CII} = C\mathcal{E}$$

$$W_{CII} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

$$q_{II} = 4C\mathcal{E}$$

$$\Delta W = W_{II} - W_I = \frac{(64 - 12)C\mathcal{E}^2}{32} = \frac{13}{8} C\mathcal{E}^2$$

$$\Delta q = q_{II} - q_I = \frac{10}{4} C\mathcal{E}$$

$$A_{ur} = \epsilon \cdot \lambda \cdot \eta = \frac{10}{4} c \epsilon^2$$

$$Q = \frac{13}{8} c \epsilon^2 + \frac{10}{4} c \epsilon^2 = \frac{33}{8} c \epsilon^2$$

Object: $Q = \frac{33}{8} c \epsilon^2$ ①

~~Object:~~