



119424

Шифр

(заполняется ответственным
секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету Ф И З И К А
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника ГРИГОРЬЕВ АРСЕНИЙ РОМАНОВИЧ

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, лицей № 1568

Регистрационный номер ШМ 0773

Вариант задания 2

Дата проведения " 19 " 03 20 17 г.

С работой ознакомлен 24.03 Грин

Подпись участника



61 / шестидеся один

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
8	8	5	8	5	5	10	0	12	0	61

119424

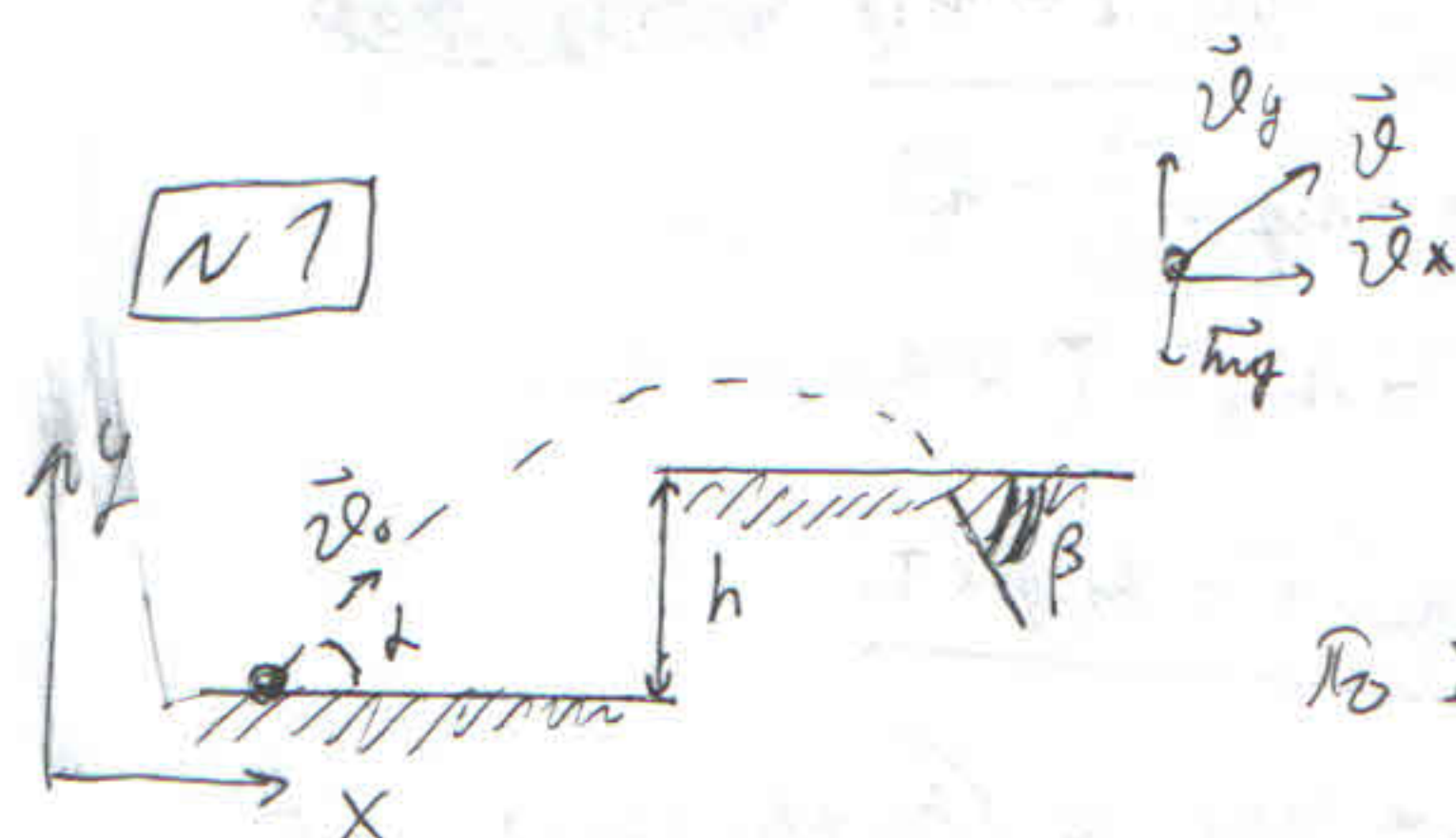
Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

9424

Вариант № 2

Дано: $\alpha = 60^\circ$; $v_0 = 70 \text{ м/с}$; h
 $\beta = ?$



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{|v_{y1}|}{|v_{x1}|}$$

По II закону Ньютона: $\vec{F} = m\vec{a}$

$$\text{в } y: -mg = -ma$$

$$a = g$$

Пусть Δt — первая половина, тогда:

$$S = v_0 \cdot \Delta t + \frac{a \cdot \Delta t^2}{2}; \quad h = v_{0y} \cdot \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2}$$

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

$$\frac{g}{2} \Delta t^2 - v_0 \sin \alpha \cdot \Delta t + h = 0$$

$$D = v_0^2 \sin^2 \alpha - 4 \cdot \frac{g}{2} \cdot h = v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh$$

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

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

$$v = v_0 + a \cdot \Delta t; \quad v_{y1} = v_{y0} - g \Delta t$$

$$v_{y1} = v_0 \sin \alpha - g \Delta t$$

$$v_{x1} = v_{x0} = v_0 \cos \alpha$$

1

Поскольку мы знаем координаты точки вектора

$$\text{то } \Delta t = \frac{-B \pm \sqrt{D}}{2a}$$

$$v_{y1} = v_0 \sin \alpha - g \Delta t = v_0 \sin \alpha - g \cdot \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}}{g} = -\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{|v_{y1}|}{|v_{x1}|}$$

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

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sqrt{70^2 \sin^2 60^\circ - 2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м}}}{70 \text{ м/с} \cdot \frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{75}}{5} = \sqrt{\frac{3}{5}} \approx 0,775$$

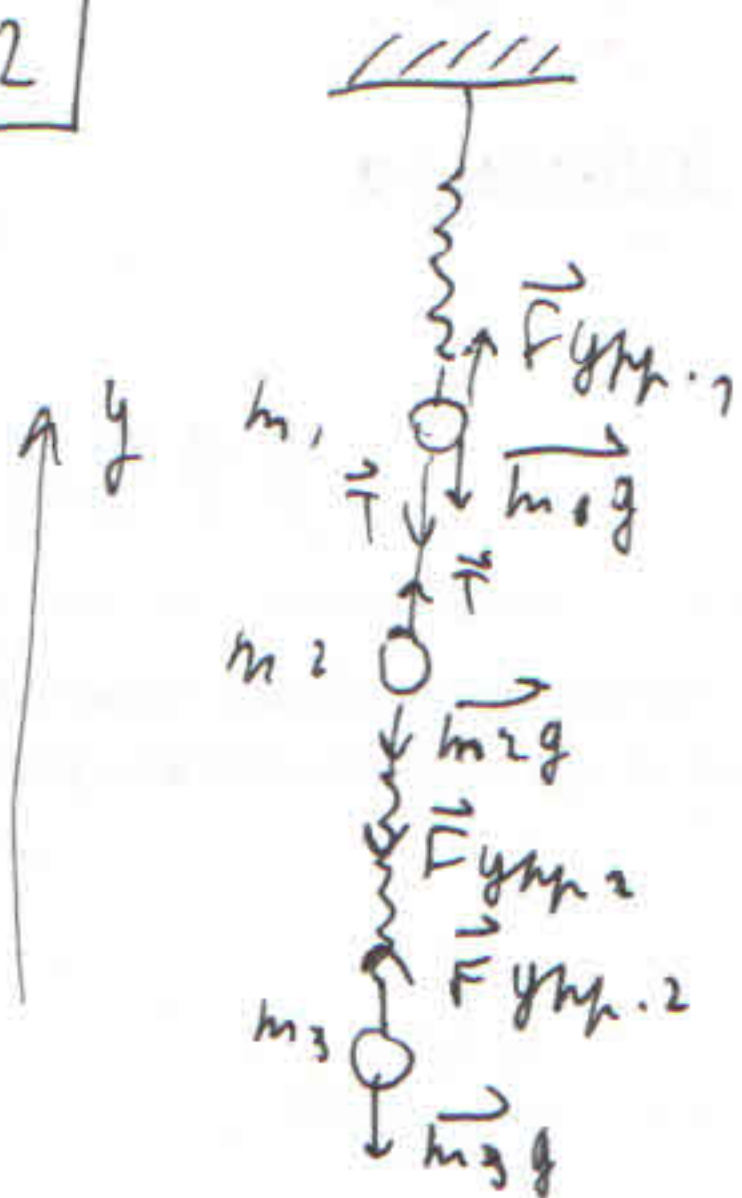
$$\beta \approx \arctan(0,775)$$

$$\text{Ответ: } \beta \approx \arctan 0,775$$

+

2

Дано:
 $a = 0$
 $k_1 = 4 \text{ кН}$
 $m_2 = 3 \text{ кг}$
 $m_3 = 1 \text{ кг}$
 $a = ?$



По II закону Ньютона ~~$\vec{F} = m\vec{a}$~~ $\vec{F} = m\vec{a}$

для m_3 : $\vec{F}_{\text{уп.2}} + \vec{m}_3\vec{g} = \vec{m}_3\vec{a}$

0y: $F_{\text{уп.2}} - m_3g = 0$

$F_{\text{уп.2}} = m_3g$

для m_2 : $\vec{F}_{\text{уп.2}} + \vec{m}_2\vec{g} + \vec{T} = \vec{m}_2\vec{a}$

0y: $-F_{\text{уп.2}} - m_2g + T = 0$

$T = F_{\text{уп.2}} + m_2g$

для m_1 : $\vec{F}_{\text{уп.1}} + \vec{m}_1\vec{g} + \vec{T} = \vec{m}_1\vec{a}$

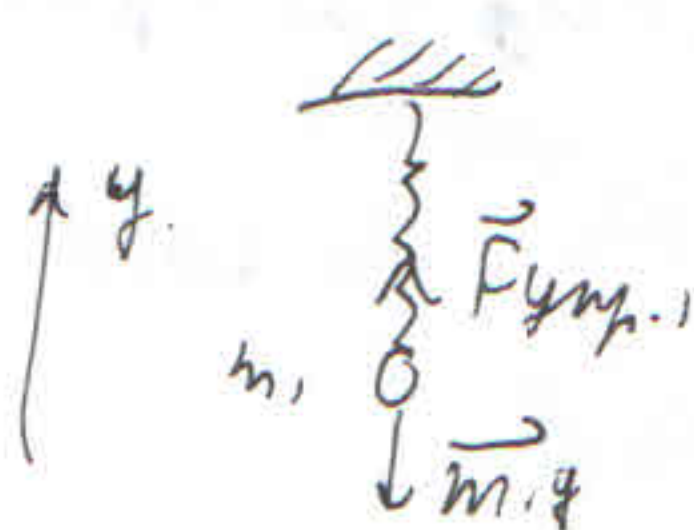
0y: $F_{\text{уп.1}} - m_1g - T = 0$

$F_{\text{уп.1}} = m_1g + T$

$T = F_{\text{уп.2}} + m_2g = m_3g + m_2g$

$F_{\text{уп.1}} = m_1g + T = m_1g + F_{\text{уп.2}} + m_2g = m_1g + m_2g + m_3g = (m_1 + m_2 + m_3)g$

Сразу после переключения кисти x не успевае измериться, $F_{\text{уп.1}}$ имеет то же значение, что и в начальном состоянии системы.



По II закону Ньютона: $\vec{F} = m\vec{a}$

$\vec{F}_{\text{уп.1}} + \vec{m}_1\vec{g} = \vec{m}_1\vec{a}$

0y: $F_{\text{уп.1}} - m_1g = m_1a$

$(m_1 + m_2 + m_3)g - m_1g = m_1a$

$(m_2 + m_3)g = m_1a$

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

\vec{a} направлено вверх, так как $F_{\text{уп.1}}$ направлено вверх.

$T = m_3g + m_2g$

$T = 3 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} + 1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} = 40 \text{ Н}$

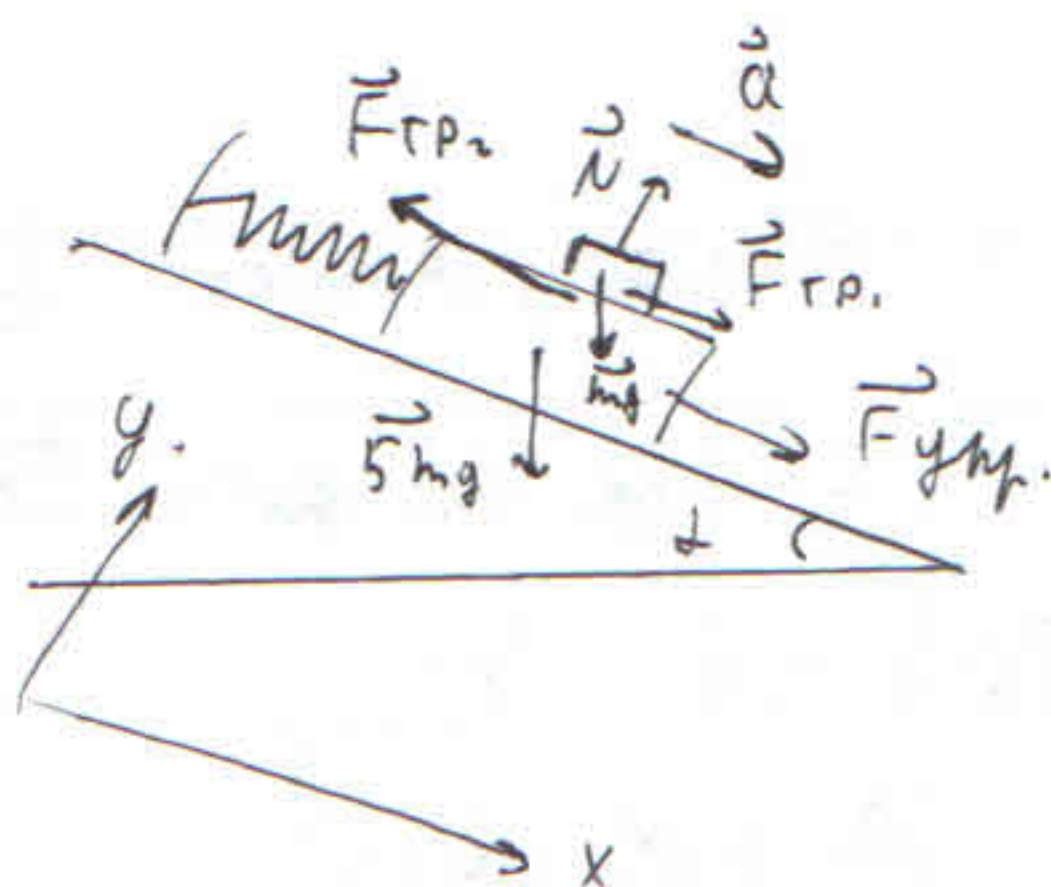
$a = \frac{3 \text{ кг} + 1 \text{ кг}}{4 \text{ кг}} \cdot 10 \text{ Н/кг} = 10 \text{ Н/кг}$

Ответ: \vec{a} направлено вверх; $a = 10 \text{ Н/кг}$

Сила натяжения кисти равна 40 Н.

~ 3

Дано:
 $\alpha; 5m; m; k; A$
 $\mu = ?$



Максимальная сила трения
~~будет~~ будет при максимальном ускорении
 Максимальное ускорение будет при
 максимальной силе (по II закону Ньютона)
 Максимальная сила будет в
 точке амплитуды колебаний.

Запишем уравнение точки колебаний:

$$F_{упр.} = k \cdot A.$$

По III закону Ньютона $\vec{F}_{TP1} = -\vec{F}_{TP2}$

По II закону Ньютона:

для маятника: $\vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_{TP} = m\vec{a}$

0 y: $N - mg \cdot \cos \alpha = 0$

$$N = mg \cdot \cos \alpha$$

0 x: ~~mg \cdot \sin \alpha~~ $F_{TP1} + mg \cdot \sin \alpha = ma$

$$F_{TP1} = ma - mg \cdot \sin \alpha$$

для груза: $\vec{N} + \vec{P} + 5\vec{mg} + \vec{F}_{упр.} + \vec{F}_{TP2} = 5m\vec{a}$

0 x: $5mg \cdot \sin \alpha + kA + F_{TP2} = 5ma$; $F_{TP2x} = -F_{TP1x} = -ma + mg \cdot \sin \alpha$

$$5mg \cdot \sin \alpha + kA + mg \cdot \sin \alpha - ma = 5ma$$

$$6ma = 6mg \cdot \sin \alpha + kA$$

$$a = \frac{6mg \cdot \sin \alpha + kA}{6m}$$

$$\begin{cases} 5mg \cdot \sin \alpha + kA + F_{TP2} = 5ma \\ ma = F_{TP1} + mg \cdot \sin \alpha \\ F_{TP1} = -F_{TP2} \end{cases}$$

$$5mg \cdot \sin \alpha + kA - F_{TP1} = 5(F_{TP1} + mg \cdot \sin \alpha)$$

$$5mg \cdot \sin \alpha + kA - F_{TP1} = 5F_{TP1} + 5mg \cdot \sin \alpha$$

$$6F_{TP1} = kA$$

$$F_{TP1} = \mu \cdot N = \mu mg \cos \alpha$$

$$6 \mu \cdot mg \cdot \cos \alpha = kA$$

$$\mu = \frac{kA}{6mg \cdot \cos \alpha}$$

Ответ: $\frac{kA}{6mg \cdot \cos \alpha}$

$$a = A\omega^2$$

0,5

№ 4

Дано:
 $m = 3 \text{ кг}$
 $h = 5 \text{ м}$
 $M = 75 \text{ кг}$
 $v_0 = 6 \text{ м/с}$
 $\Delta v = ?$

$$E_{\text{мех.}} = E_{\text{пот.}} + E_{\text{кин.}}$$

$$E_{\text{мех.}} = E_{\text{вн.}} + E_{\text{мех.}}$$

$$E_{\text{мех.}} \text{ пушки} = E_{\text{кин.}} = \frac{M v_0^2}{2}$$

$$E_{\text{мех.}} \text{ кучки} = E_{\text{пот.}} = mgh$$

По 3-с.и. $p_1 = p_0$

$$p_1 = v_1 \cdot (M+m)$$

$$p_0 = v_0 \cdot M$$

$$v_0 \cdot M = v_1 \cdot (M+m)$$

$$v_1 = \frac{v_0 \cdot M}{M+m}$$

$$E_{\text{мех.1}} = E_{\text{кин.1}} = \frac{(M+m) v_1^2}{2}$$

$$E_{\text{мех.0}} = E_{\text{мех.1}}$$

$$E_{\text{вн.0}} + \frac{M v_0^2}{2} + mgh = \frac{(M+m) v_1^2}{2} + E_{\text{вн.1}}$$

$$E_{\text{вн.1}} - E_{\text{вн.0}} = \frac{M v_0^2}{2} + mgh - \frac{(M+m) v_1^2}{2} = \frac{M v_0^2}{2} + mgh - \frac{(M+m) v_0^2}{2} \cdot \frac{M^2}{(M+m)^2}$$

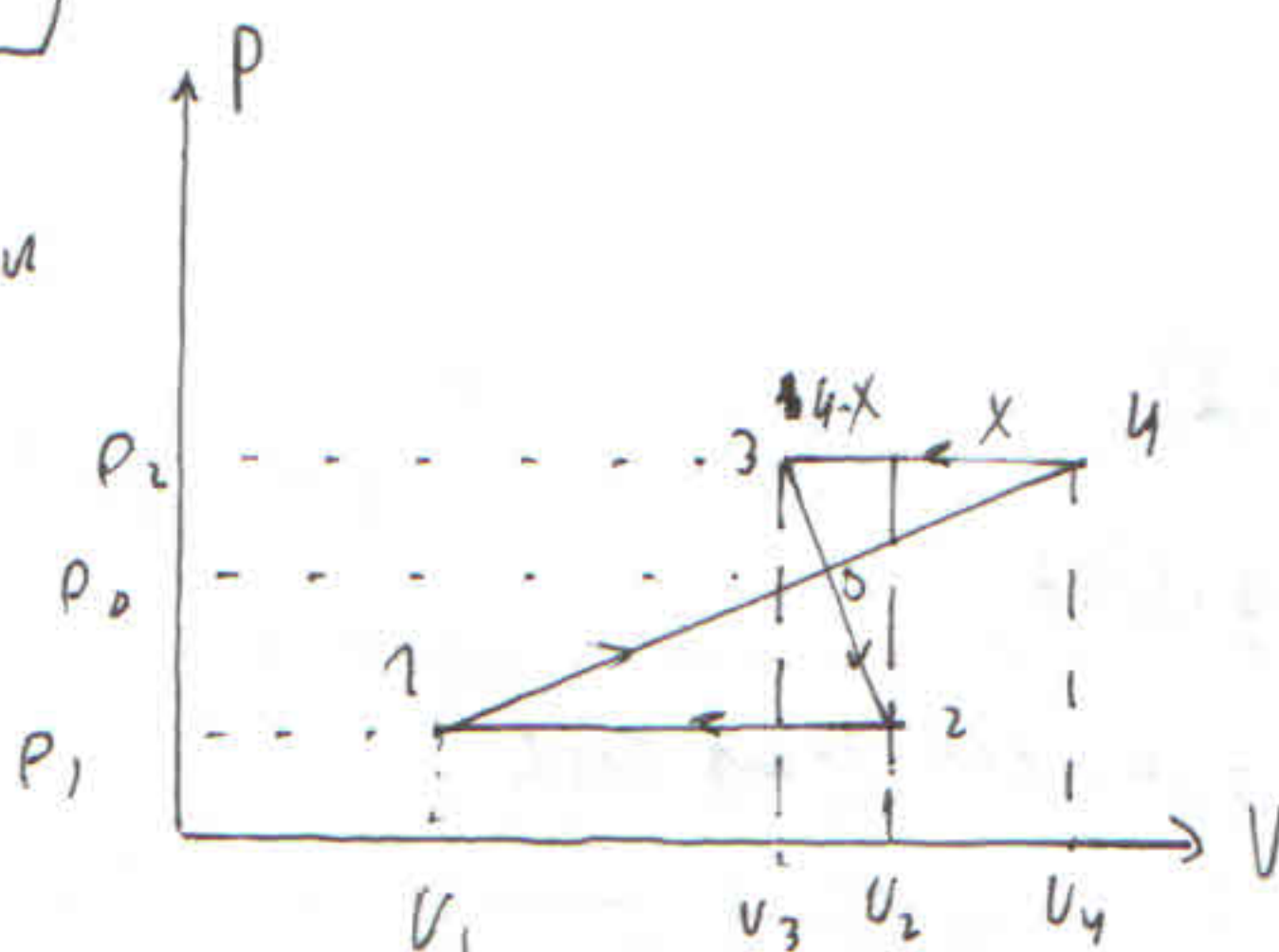
$$= \frac{M v_0^2}{2} + mgh + \frac{M^2 v_0^2}{2(M+m)} = \Delta E_{\text{вн.}}$$

$$\Delta E_{\text{вн.}} = \frac{95 \text{ кг} \cdot (6 \text{ м/с})^2}{2} + 3 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 5 \text{ м} + \frac{(75 \text{ кг})^2 \cdot (6 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 78 \text{ кг}} \approx 672,86 \text{ Дж}$$

Ответ: $\approx 672,86 \text{ Дж}$

№ 5

Дано:
 $v_2 - v_1 = 70 \text{ м}$
 $p_1 = 70^5 \text{ Па}$
 $p_2 = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$
 $p_0 = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$
 $\Delta = ?$



$$\Delta 10^2 \approx 30 \text{ м}$$

$$v_4 - v_3 = \frac{v_2 - v_1}{k} \cdot k$$

$$v_4 - v_3 = (v_2 - v_1) \frac{p_2 - p_0}{p_0 - p_1}$$

$$v_4 - v_3 = 70 \text{ м} \cdot \frac{2}{5} = 28 \text{ м}$$

Пусть $v_4 - v_2 = x$; тогда $v_2 - v_3 = 4 - x$.

Можно совершить работу на участках 1-2 и 3-2. Шаг разности: 4-3 и 2-1.

$$\eta = \frac{A_{\text{н.}}}{A_{\text{з.}}} = \frac{A_{\text{н.}}}{A_{\text{з.}}}$$

$$A = \int p \, dv \text{ (по графику в PV)}$$

$$A = A_{\text{нагр.}} - A_{\text{охлажд.}} \quad A_{\text{нагр.}} = \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot (70+x) \text{ м} + 70^5 \text{ Па} \cdot (70+x) \text{ м} + \frac{1}{2} \cdot 7 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot (70+x) \text{ м}$$

$$+ (4-x) \text{ м} \cdot 10^5 \text{ Па} - 8 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 28 \text{ м} - 7 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 70 \text{ м} = 70^5 \text{ Па} \cdot \text{м} \cdot (35 + 3,5x + 70 + x + 14 - 3,5x + 4 - x - 70 - 32) =$$

$$= 70^5 \text{ Па} \cdot \text{м} \cdot 21 = 27 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 27 \cdot 10^2 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{нагр.}} = (27 + 70 + 32) \cdot 10^2 \text{ Дж} = 63 \cdot 10^2 \text{ Дж}$$

$$\eta = \frac{27 \cdot 10^2 \text{ Дж}}{63 \cdot 10^2 \text{ Дж}} = \frac{2}{3}$$

Ответ: $\frac{2}{3}$

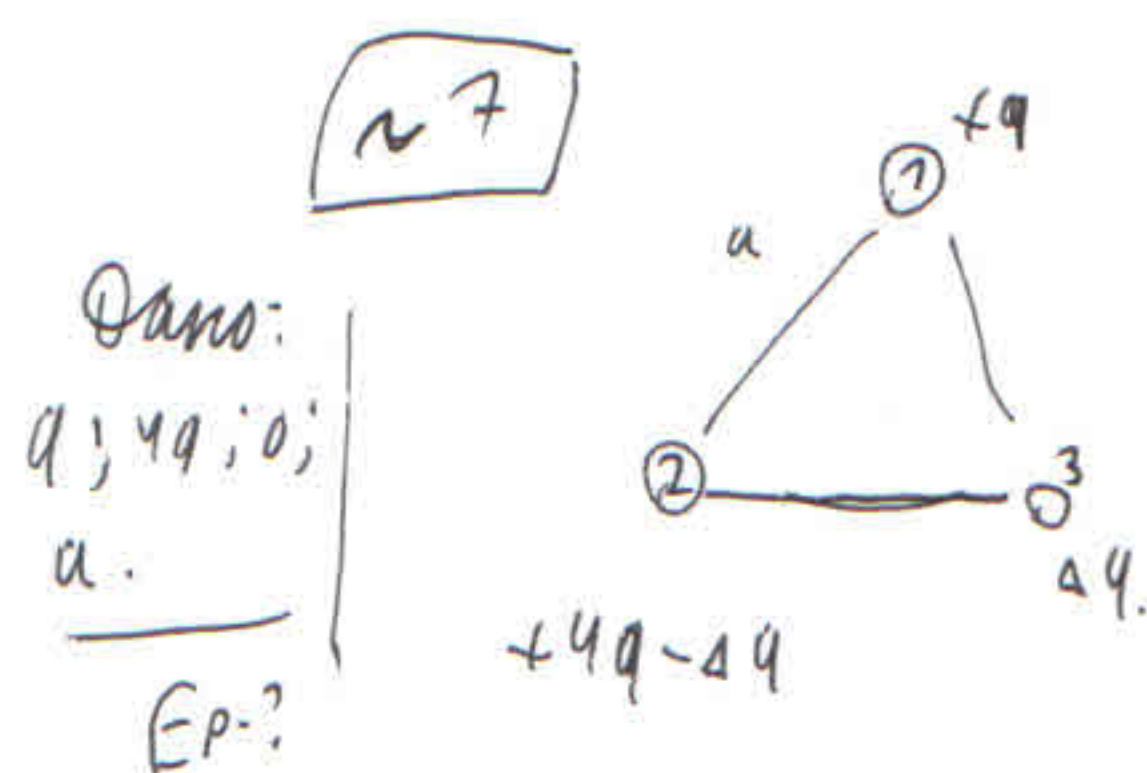
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

119424

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 2



По закону сохранения заряда: $q_{20} + q_{30} = q_{21} + q_{31}$

Пусть q_3 стал равен $4q$

$$4q + 0 = 4q + q_2$$

$$q_{21} = 4q - 4q$$

Так как q_2 и q_3 на равном расстоянии от q_1 , то эл. поле заряда q_1 действует на них одинаково. Тогда q_2 и q_3 распределены как если бы q_1 не было: $q_2 = q_3 = 2q$.

$$E_{\text{пот}} = E_{12} + E_{23} + E_{31}$$

$$E_{\text{пот}} = \frac{k \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{R}$$

$$E_{\text{пот}} = \frac{k \cdot 4 \cdot 2q}{a} + \frac{k \cdot 4 \cdot 2q}{a} + \frac{k \cdot 2q \cdot 2q}{a} = \frac{8kq^2}{a}$$

Ответ: $\frac{8kq^2}{a}$

~ 9

Дано: $T = 8\pi \cdot 10^{-4} \text{ c}$
 $I = 8 \text{ мкА}$
 $q = 5 \text{ нКл}$
 $q_m = ?$



$$E_{\text{контура}} = E_{\text{конд.}} + E_{\text{катушки}}$$

$$E_{\text{обш.}} = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{2\pi}{T}$$

$$LC = \frac{T^2}{4\pi^2}$$

$$E = \frac{q^2}{2C} + \frac{I^2 L}{2} = \frac{q^2 + I^2 LC}{2C} = \frac{q_m^2}{2C}$$

$$q_m^2 = q^2 + I^2 LC$$

$$q_m^2 = q^2 + I^2 \cdot \frac{T^2}{4\pi^2}$$

$$q_m = \sqrt{q^2 + I^2 \cdot \frac{T^2}{4\pi^2}}$$

$$q_m = \sqrt{(5 \text{ нКл})^2 + (8 \text{ мкА})^2 \cdot \frac{8^2 \pi^2 \cdot 10^{-8} \text{ c}^2}{4\pi^2}}$$

$$= \sqrt{25 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}^2 + 8 \cdot 10^{-6} \cdot 16 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}^2} = \sqrt{2628 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}^2}$$

$$\approx 51,3 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$$

Ответ: $\approx 51,3 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$

~8

$$Q = A_2 + \Delta U.$$

$$U = \frac{3}{2} \nu R T.$$

Дано:

A;

$\nu = 2 \text{ моль}$

b

$T_1 = ?$

Задача дана 20

$$A_{2-3} + \Delta U_{2-3} = 0.$$

$$A_{2-3} = -\Delta U_{23} = U_2 - U_3 = \frac{3}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{— закон Рэнкина.}$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = A.$$

$$T_2 - T_1 = \frac{A}{\nu R} \cdot \frac{2}{3}$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$\eta = \frac{A}{\nu R} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{2A}{3 \nu R \eta}$$

0,5

Ответ:

$$\frac{2 \cdot A}{3 \cdot \nu \cdot R \cdot \eta}$$

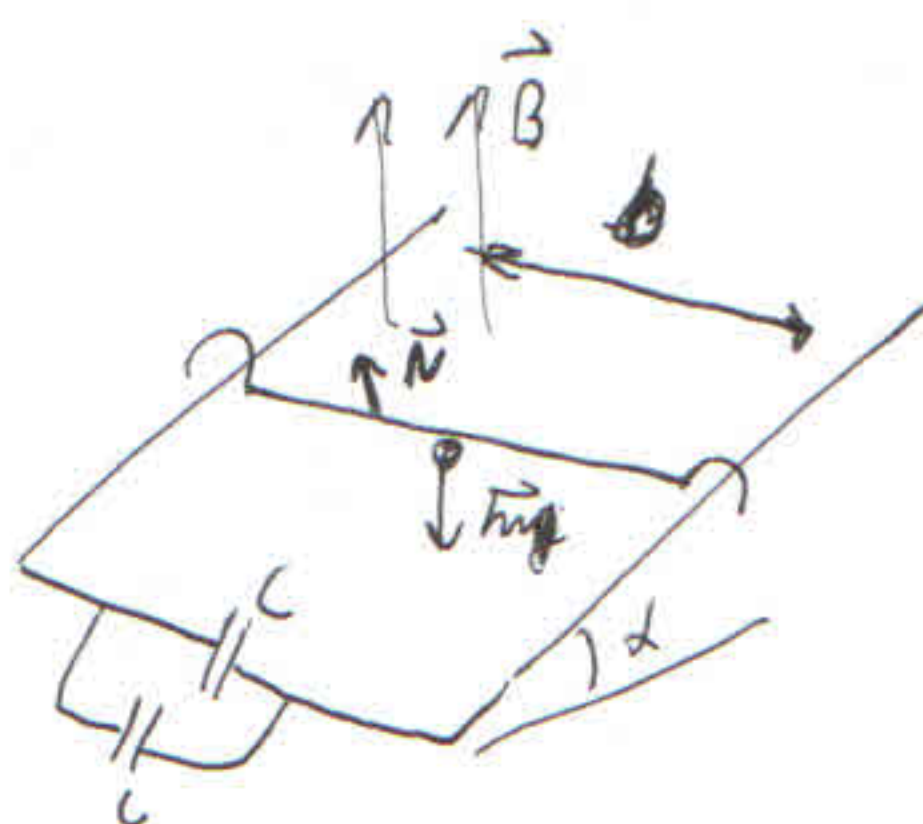
~10

Дано:

$m; \vec{v}; i$

C_i

а-?



$$\mathcal{E}_{\text{индукции}} = B \cdot v \cdot l \cdot \cos \alpha$$

$$\mathcal{E} = B \cdot v \cdot b \cdot \sin \alpha$$

