

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана



119425

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Костров М. А. (Максим Алексеевич)

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, ГБОУ школа

№ 2098

Регистрационный номер ЦМ 0349

Вариант задания 2

Дата проведения “ 19 ” марта 20 17 г.

Подпись участника 

57 (пятьдесят семь)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

119425

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
8	8	8	5	5	5	3	0	12	3	57

Шифр

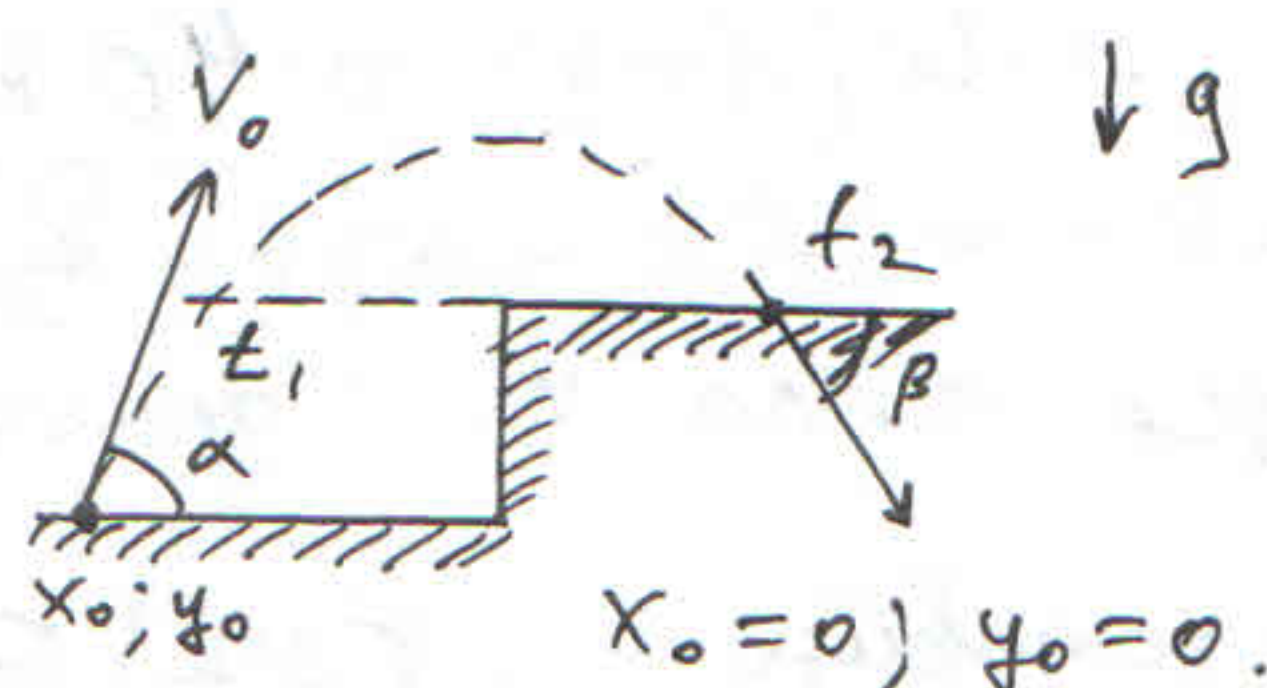
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

425

Вариант № 2

№ 1

Для тела, брошенного под углом к горизонту:



$$\begin{cases} x = V_{0x}t = V_0 \cos \alpha t = 5t \\ y = V_{0y}t + \frac{gt^2}{2} = 10 \sin \alpha t - 5t^2 = 5\sqrt{3}t - 5t^2 \end{cases} \quad (V_0 = 10 \text{ м/с}) \quad \alpha = 60^\circ$$

По условию $y = 3$, тогда:

$$5t^2 - 5\sqrt{3}t + 3 = 0; \quad D = 75 - 4 \cdot 5 \cdot 3 = 15, \quad \sqrt{D} = \sqrt{15}$$

$$t_1 = \frac{5\sqrt{3} - \sqrt{15}}{10}; \quad t_2 = \frac{5\sqrt{3} + \sqrt{15}}{10} \quad \text{нам нужно}$$

t_2 , т.к. $t_2 > t_1$ (необходимо в самое время, когда тело достигнет отметки в $y = 3$).

Найдем скорость в данное время:

$$V_x = 5; \quad V_y = 5\sqrt{3} - 10t = 5\sqrt{3} - (5\sqrt{3} + \sqrt{15}) = -\sqrt{15}, \quad \text{тогда}$$

по определению:

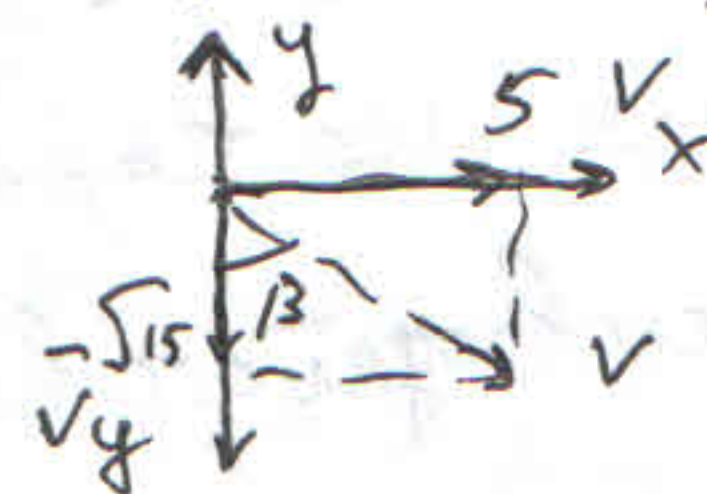
$$V \cdot \cos \beta = -\sqrt{15}$$

$$V \cdot \sin \beta = 5, \quad \text{то}$$

$$\frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \tan \beta = \frac{5}{-\sqrt{15}} = -\frac{5\sqrt{15}}{15} = -\frac{\sqrt{15}}{3}, \quad \text{тогда!}$$

$$\beta = \arctan\left(-\frac{\sqrt{15}}{3}\right)$$

$$\text{Ответ: } \arctan\left(-\frac{\sqrt{15}}{3}\right)$$



№2

На тело m_3 действует $F_{T_3} = m_3 g$ и F_{y23} ;

На тело m_2 действует $F_{T_2} = m_2 g$ и F_{y23} и T — сила натяжения нити

по условию тела не движутся, то

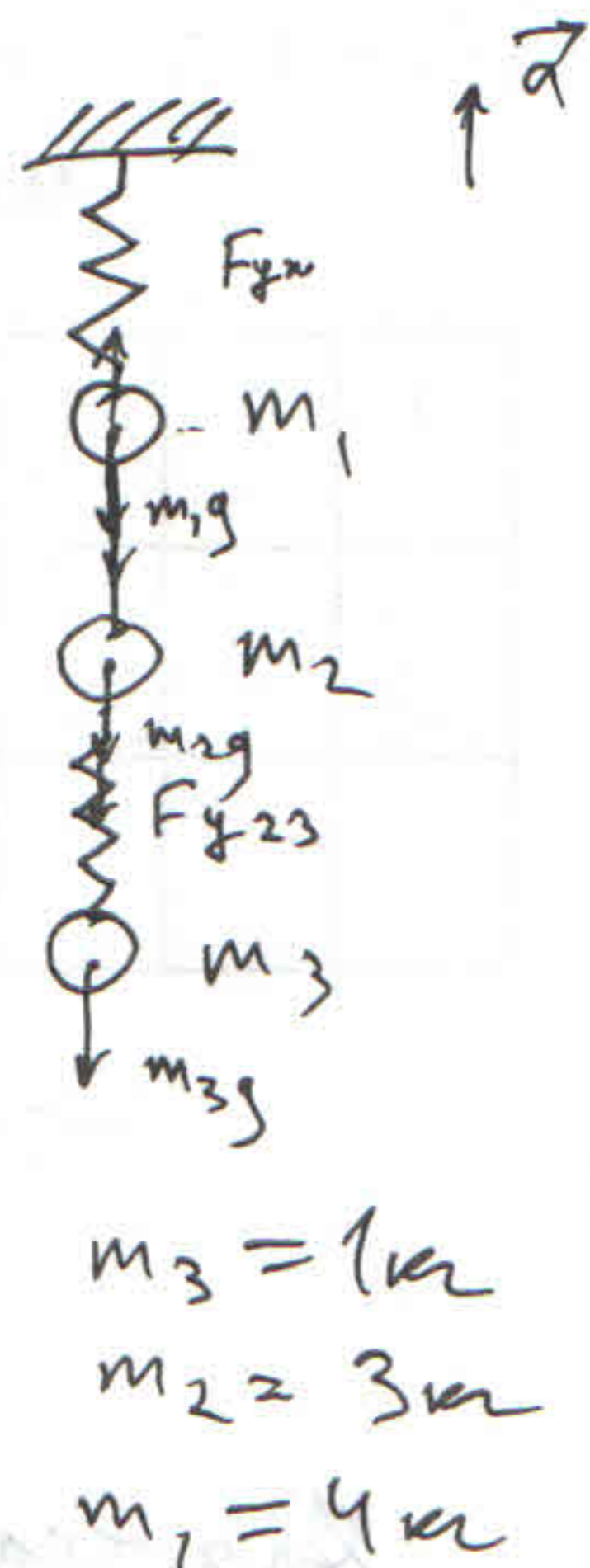
$$T = F_{y23} + F_{T_2} = m_3 g + m_2 g = g(m_3 + m_2) = 10(1 + 3) = \underline{40 \text{ Н}}$$

На тело m_1 действует $F_{T_1} = m_1 g$ и T и F_y , тогда по условию $F_y = F_{T_1} + T = m_1 g + T$, тогда после перерезания нити на m_1 действует

$$F_{\text{рез}} = F_y - m_1 g, \text{ тогда } \vec{a} = \frac{\vec{F}_y - m_1 \vec{g}}{m_1} = \frac{\vec{F}_y}{m_1} - g = \frac{m_1 \vec{g} + T}{m_1} - g = \frac{T}{m_1} + g - g = \frac{g(m_2 + m_3)}{m_1} = \frac{40}{4} = 10 \text{ м/с}^2$$

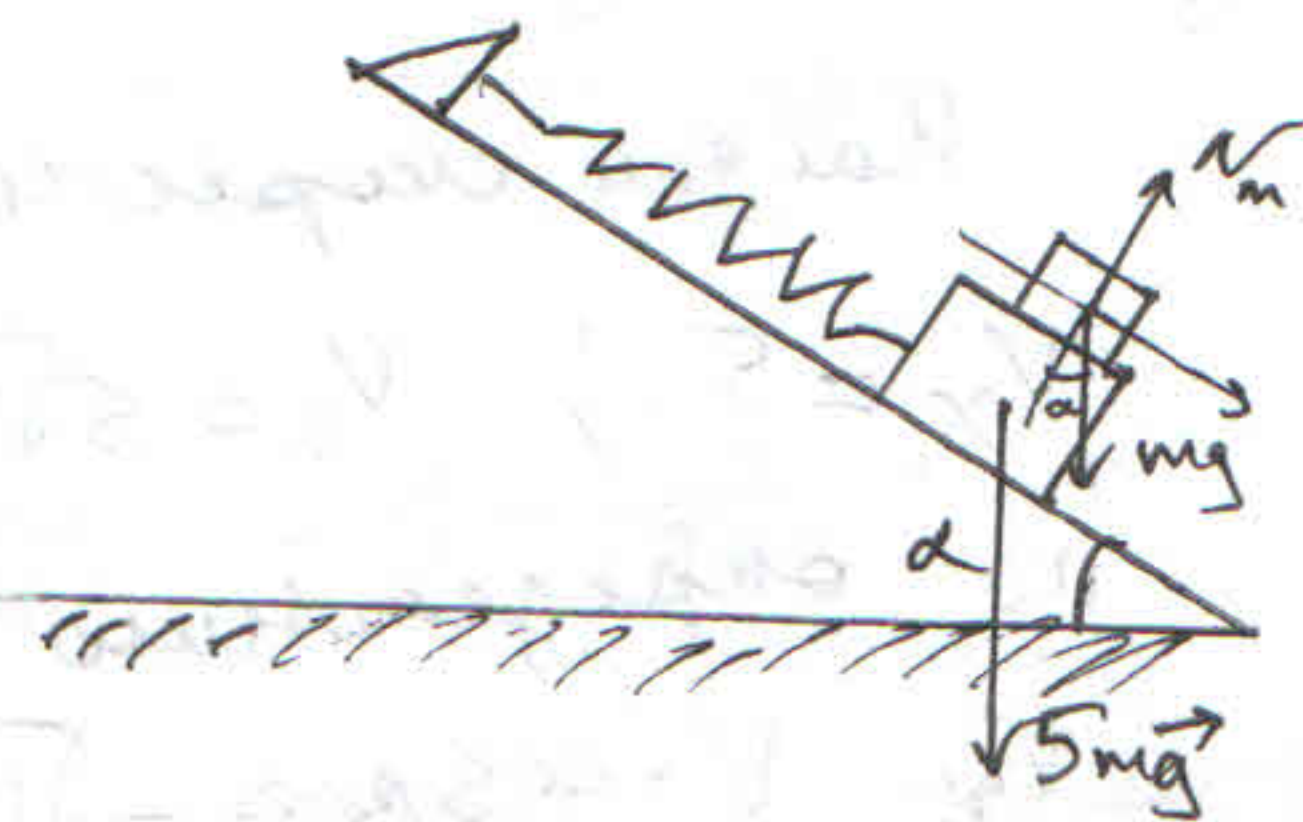
(ускорение направлено вертикально вверх)

Ответ: 40 Н; 10 м/с² (вертикал. вверх).



№3

коэффициент трения должен обеспечивать такую силу трения, которая могла бы противодействовать максимальной силе, воздействующей на маятну: такая сила возникает тогда, когда пружина ~~сжимается~~ ^{раздвигается} на величину, равную амплитуде, тогда на маятну действует сила?



$F_{\text{рез}} = mg \sin \alpha + k \cdot A$, тогда по условию (чтобы найти q_{min}) приравняем $F_{\text{рез}}$ к $F_{\text{тр}}$;

Для маюды $F_{тр} = \mu N_m$; $N_m = mg \cos \alpha$, тогда

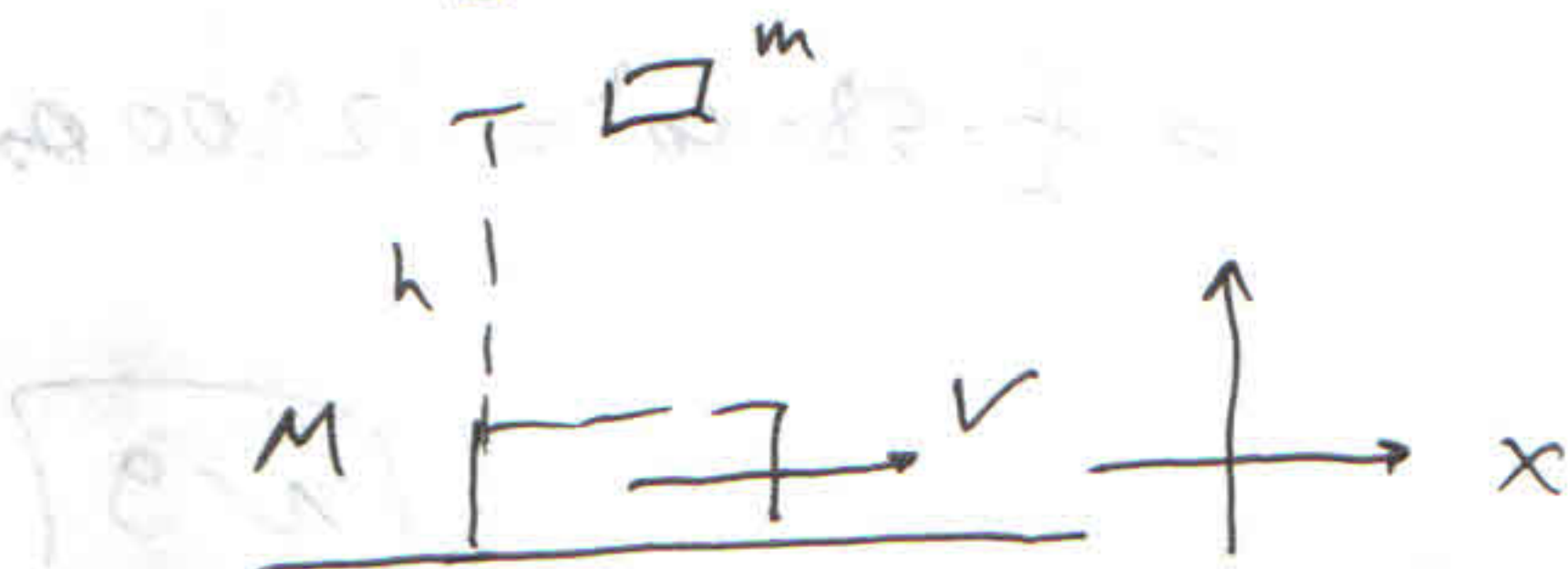
$$\mu mg \cos \alpha = mg \sin \alpha + kA, \text{ тогда } \mu = \frac{mg \sin \alpha + kA}{mg \cos \alpha} =$$

$$= \tan \alpha + \frac{kA}{mg \cos \alpha}$$

Отвем: $\mu = \tan \alpha + \frac{kA}{mg \cos \alpha}$

[р 4]

Начальная энергия системы



$$E_0 = mgh + \frac{Mv^2}{2} = 3 \cdot 10 \cdot 5 + \frac{15 \cdot 36}{2} = 150 + 270 = 420 \text{ Дж}$$

Равняем 3CU:

x: $p_{xm} + p_{xM} = p_x$; $p_{xm} = 0$ и $p_{ym} = 0$; тогда:

y: $p_{ym} + p_{yM} = p_y$

x: $p_x = p_{xM} = Mv = 15 \cdot 6 = 90$

y: $p_y = p_{yM} = m\sqrt{2gh} = m\sqrt{2gh}$

Найдем $\vec{p} = \sqrt{p_x^2 + p_y^2} = \sqrt{8100 + 3^2 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 5} = \sqrt{8100 + 900} = 30$;

Конечная скорость системы все равна V и направлена вдоль оси x ; тогда

$p = (m+M)V$ $30 = 18 \cdot V$ $V = \frac{30}{18} = \frac{10}{6} \text{ м/с}$;

тогда найдем конечную энергию системы

$E_k = \frac{(m+M)V^2}{2} = \frac{18 \cdot 100}{2 \cdot 36} = 25 \text{ Дж}$; разность E_0 и E_k —

и есть внутренняя энергия (ΔU)

$\Delta U = E_0 - E_k = 420 - 25 = 395 \text{ Дж}$

Отвем: 395 Дж

[р 5]

График изображен на $P-V$ диаграмме, а значит работа газа равна площади графика цикла;

$$A = S_{102} + S_{304} ; \quad S_{102} = \frac{1}{2} \cdot \Delta V_{12} \cdot (P_0 - P_1) \quad \text{и} \quad S_{304} = \frac{1}{2} \Delta V_{34} (P_2 - P_1)$$

ΔS_{012} и ΔS_{304} — отрицательны, тогда $\frac{\Delta V_{34}}{\Delta V_{12}} = \frac{P_2 - P_0}{P_0 - P_1} = \frac{2 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5} = 0,4$, то

$$\Delta V_{34} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ м}^3 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3, \text{ тогда}$$

$$A = A_1 - A_2$$

$$A = \frac{1}{2} (10 \cdot 10^{-3} (5 \cdot 10^5) + 4 \cdot 10^{-3} (2 \cdot 10^5)) = \frac{1}{2} (50 \cdot 10^2 + 8 \cdot 10^2) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 58 \cdot 10^2 = 2900 \text{ Дж}$$

Ответ: 2900 Дж

✓ 9

$$T = 8\pi \cdot 10^{-4} \text{ с} \quad q = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл} \quad I = 8 \cdot 10^{-6} \text{ А}$$

Найти: q_m - ?

По закону сохранения энергии:

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{q_m^2}{2C} \quad | \cdot 2C \Rightarrow \quad CL I^2 + q^2 = q_m^2$$

$$T = 2\pi \sqrt{LC} \quad , \text{ т.е. } \sqrt{LC} = \frac{8\pi \cdot 10^{-4}}{2\pi} = 4\pi \cdot 10^{-4} ;$$

$$LC = 16 \cdot 10^{-8}, \text{ тогда}$$

$$q_m^2 = 16 \cdot 10^{-8} \cdot 64 \cdot 10^{-12} + 25 \cdot 10^{-16} = 1024 \cdot 10^{-20} + 25 \cdot 10^{-16}$$

$$q_m = 10^{-9} \sqrt{1024 + 25} \approx 5,93 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \approx 5,93 \text{ нКл}$$

Ответ: 5,93 нКл

✓ 6

Искен Карно, то

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} = 1 - \frac{T_X}{T_H} \quad , \quad \text{то}$$

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

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

) процесс адиабатический,

то

$$\Delta U = A ;$$

$$\frac{3}{2} 2 \cdot R \Delta T = A$$

$$\Delta T = \frac{A}{3R} ; R = 8,31$$

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

0,5

$T_1 = ?$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

119425

Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 2

Доп. лист

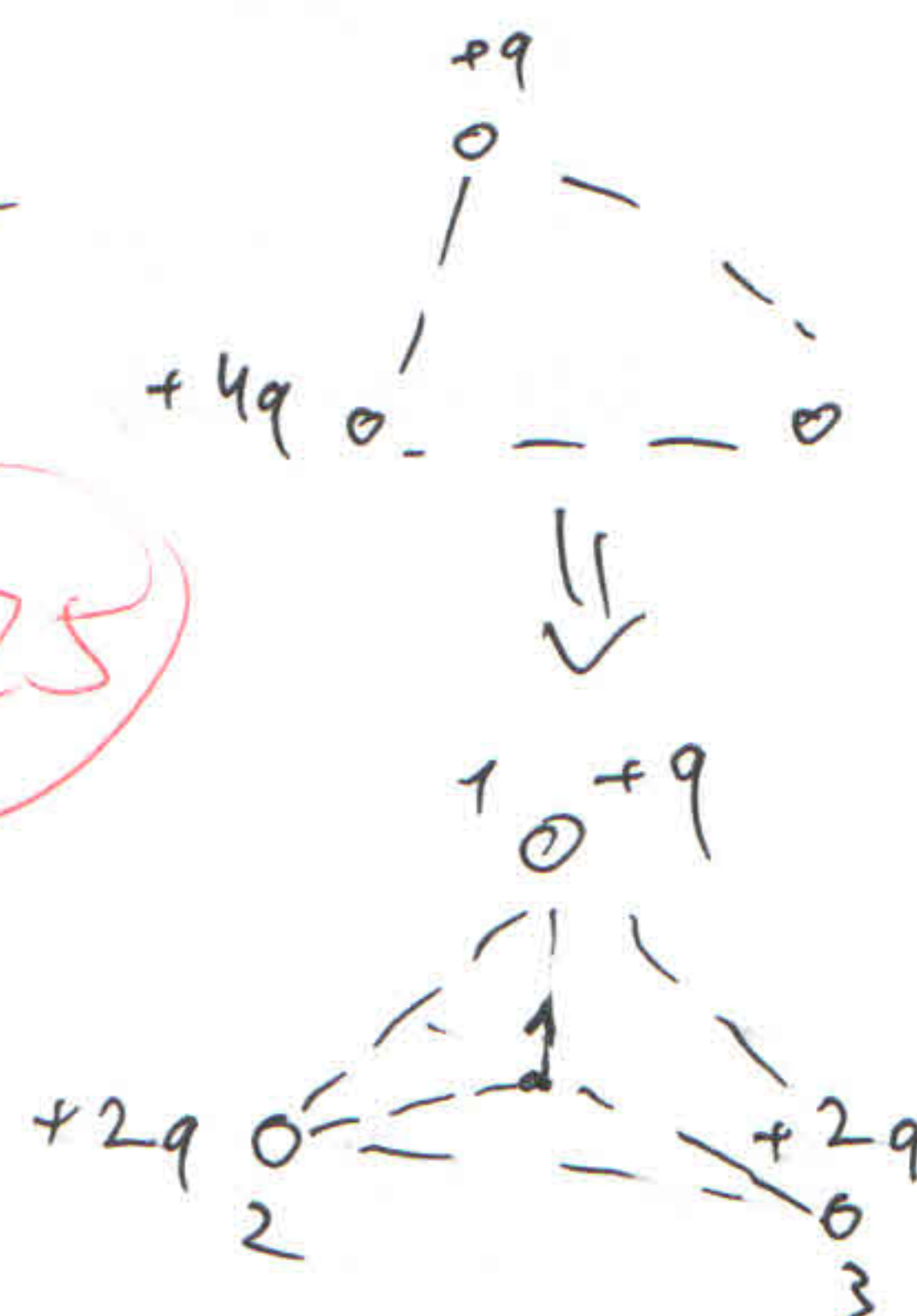
№ 7

После перераспределения заряда 3-ий шар зарядится $+2q$ ($0 + 4q = 2x$, $x = 2q$).

W - потенциальная энергия

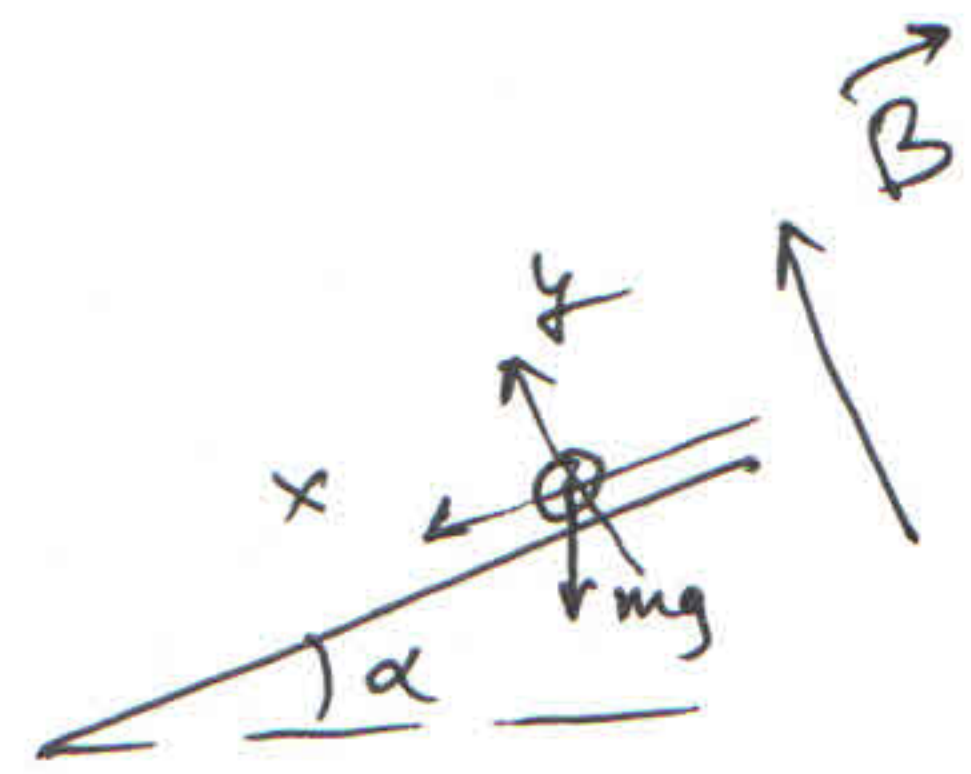
$$W = qEx, \quad E = \frac{kq}{r^2}$$

0,25



№ 10

$$F_x = mg \sin \alpha$$



$$\mathcal{E}_i = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta S_1 - B \Delta S_2}{\Delta t} =$$

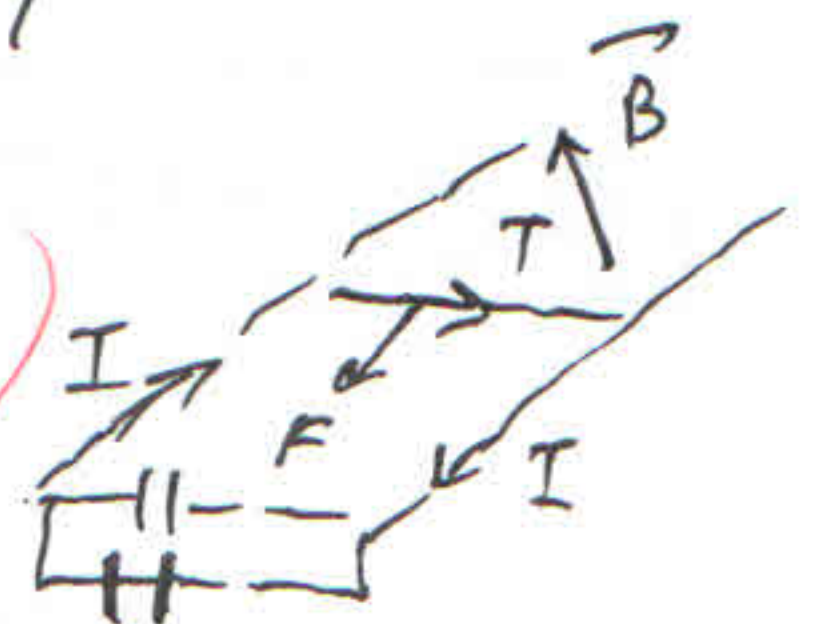
$$= B \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad ; \quad \Delta S = \frac{at^2}{2} \quad ; \quad a = \frac{F_x}{m} = g \sin \alpha$$

$$\mathcal{E}_i = \frac{B g a t^2}{2 \Delta t} = \frac{B g a t}{2} = \frac{B g \sin \alpha t}{2}, \text{ т.е. } \mathcal{E}_i \sim t$$

$$F_A = B I L \cdot \sin \alpha, \quad \sin \alpha = 1$$

$$F_A = B I L = B I \cdot b$$

0,25



Запомним 2-а конденсатора на один равно-
значный

$$\begin{matrix} C \\ \text{---} \\ C \end{matrix} \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} 2C \\ \text{---} \\ u; q \end{matrix}$$

$$u_1 = u_2 = u$$

$$q_1 + q_2 = q$$