

119465

Шифр _____
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету ФИЗИКА
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника ЩЕТКИН ПАВЕЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Город, № школы (образовательного учреждения) МОСКВА, ГБОУ ШКОЛА №1383

Регистрационный номер ШМ 2071

Вариант задания 4

Дата проведения « 19 » марта 2017 г.

Подпись участника 

(69) (Имя отчество девчонка) Д.м.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

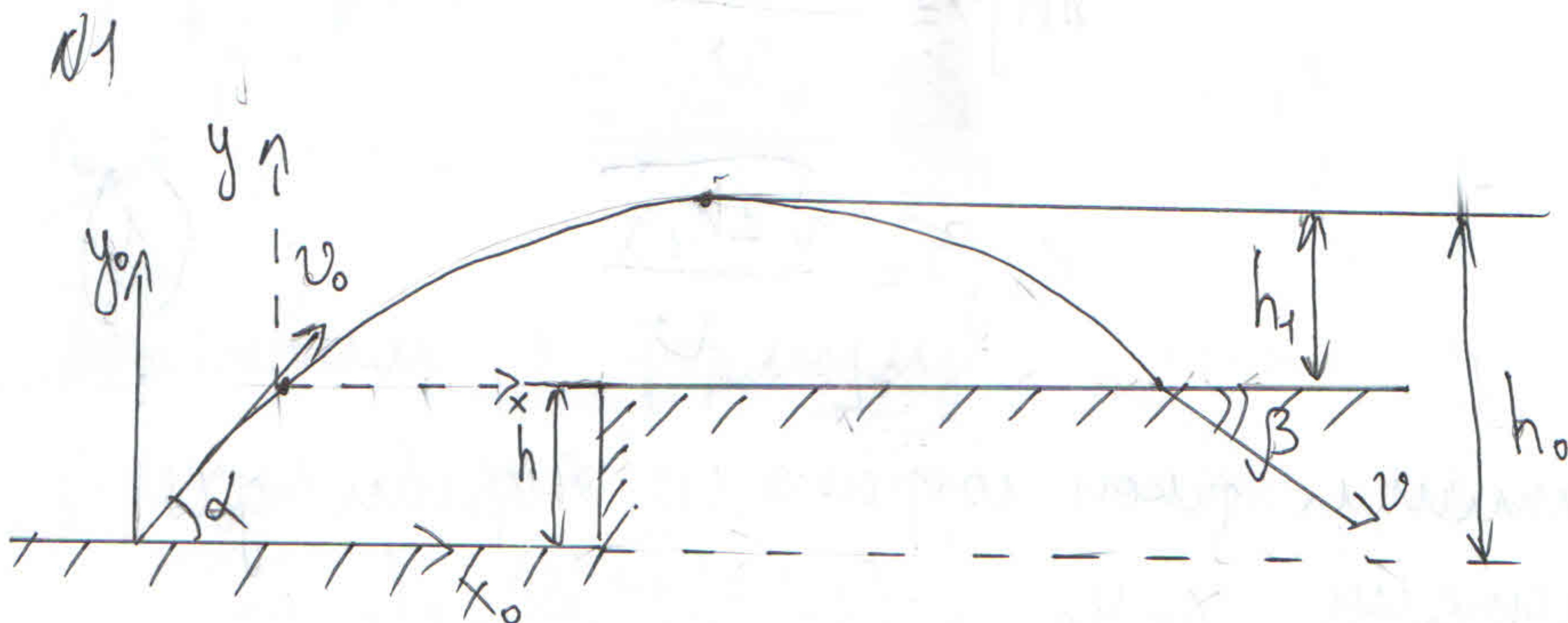
119465

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
8	4	8	10	0	0	10	5	12	12	69

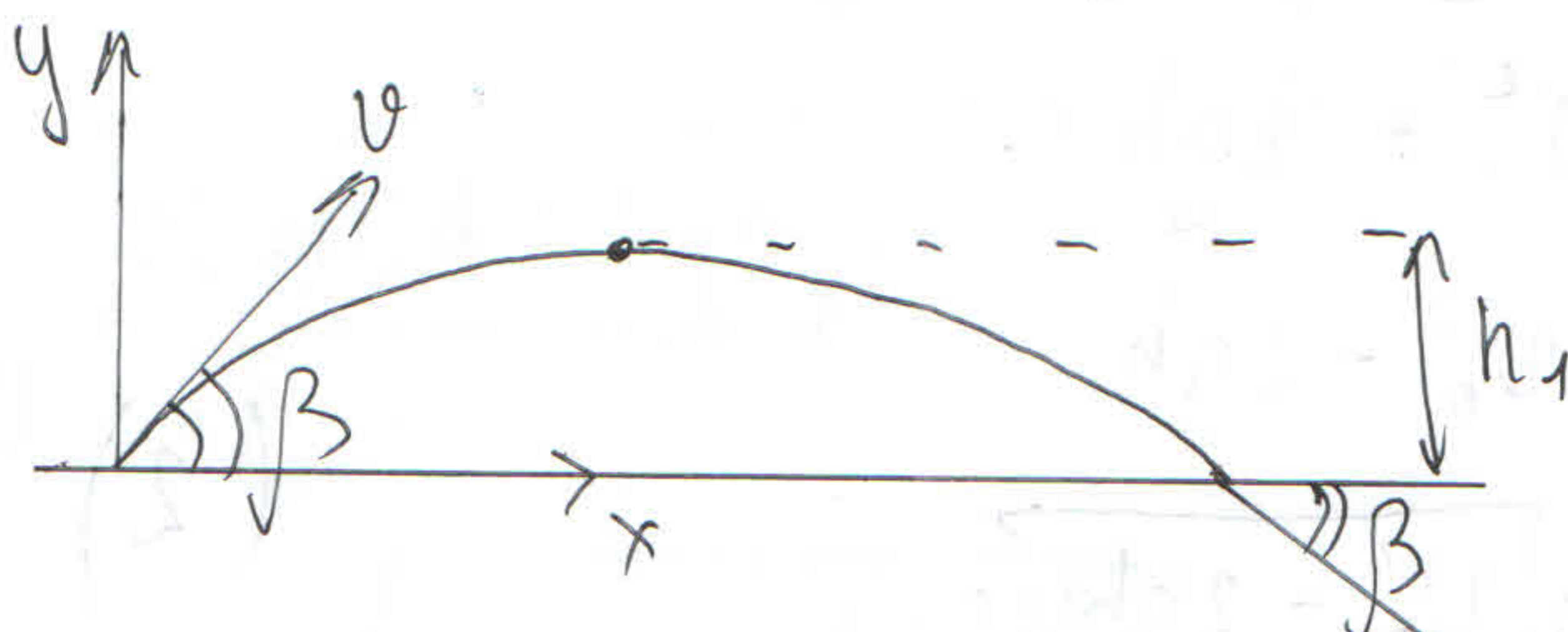
Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4



Перейдем в систему xy (см. рисунок)



В этой системе тело было выпущено со скоростью v и углом β к горизонту

Запишем кинематические уравнения для этой системы с момента броска, до момента когда тело достигнет максимальной высоты

y:

~~h~~

$$\begin{cases} 0 = v \sin \beta - gt \\ h_1 = v \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$v \sin \beta = gt$$

$$h_1 = \frac{gt^2}{2}$$

$$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$$

$$\sin \beta = \frac{g \sqrt{\frac{2h_1}{g}}}{v}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{2h_1 g}}{v}$$

(1)

Самый закон сохранения энергии где
используем $x_0 y_0$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh$$

$$v_0^2 = v^2 + 2gh$$

$$v^2 = v_0^2 - 2gh$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

(2)

И кинематические уравнения с момента
броса и до момента, когда тело достигнет
максимальной высоты

$$\begin{cases} 0 = v_0 \sin \alpha - gt \\ h_0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 \sin \alpha = gt \\ h_0 = \frac{gt^2}{2} \end{cases} \Rightarrow t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h_0 = \frac{g \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2}}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

~~В~~

Из условия следует, что

$$h_1 = h_0 - h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - h \quad (3)$$

Подставим в формулу 1 данные из формул 2 и 3

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{2 \cdot \left(\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - h \right) \cdot g}}{\sqrt{v_0^2 - 2gh}}$$

$$= \sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}{v_0^2 - 2gh}}$$

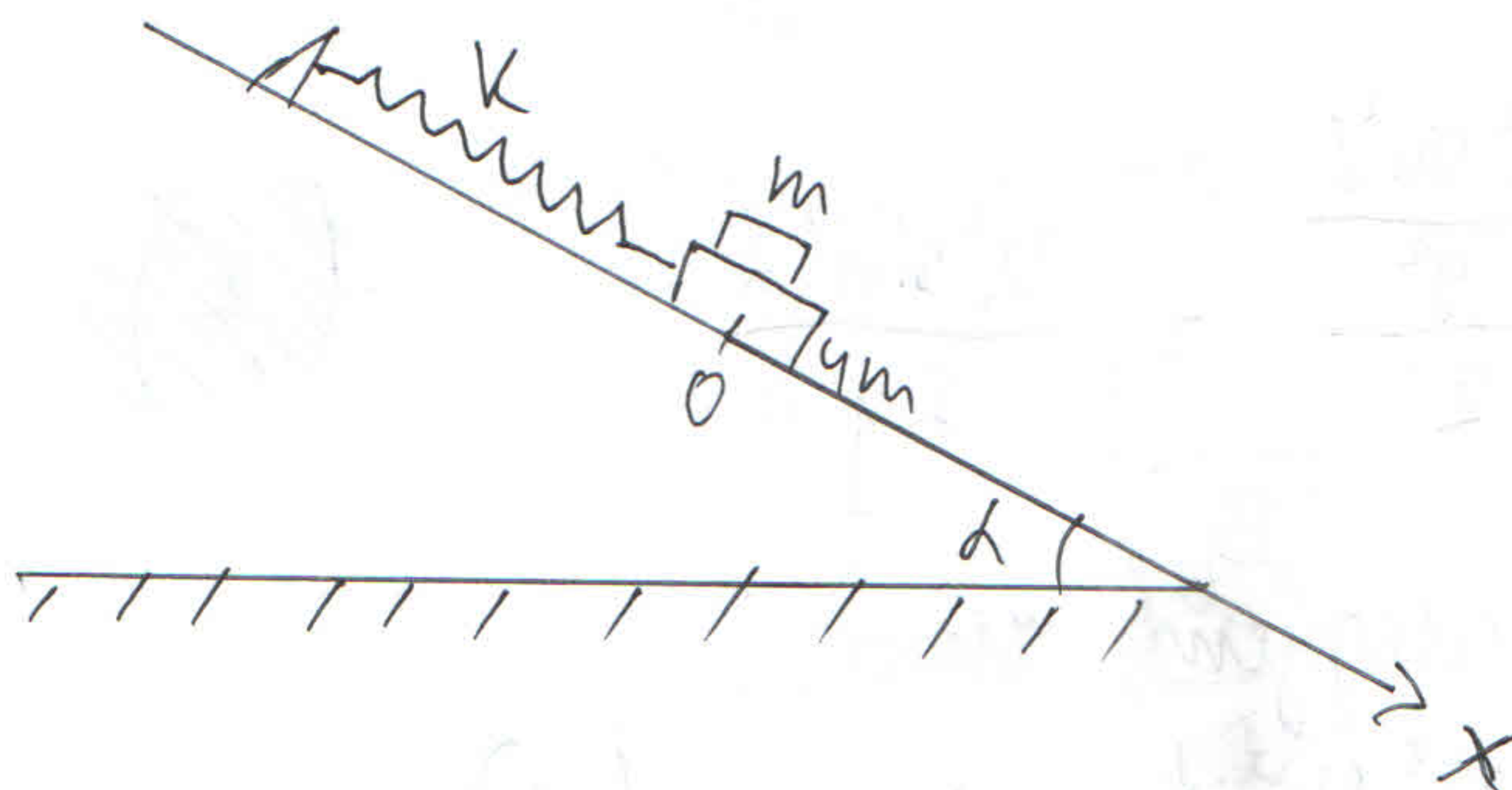
$$\beta = \arcsin \left(\sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}{v_0^2 - 2gh}} \right) \approx 24,9^\circ$$

\oplus

~~$\beta = \arcsin \left(\sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}{v_0^2 - 2gh}} \right)$~~

$$\text{Ответ: } \beta = \arcsin \left(\sqrt{\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh}{v_0^2 - 2gh}} \right) \approx 24,9^\circ \quad \oplus$$

№3



Записать закон по которому меняется координата x бруска и маятника в этой колебательной системе

$$x = A \sin(\omega t)$$

Записать закон, по которому меняется ускорение

$$a = v' = x'' = -\omega^2 A \sin(\omega t)$$

Максимальное ускорение (пог по модулю)

$$a_{\max} = \omega^2 A$$

Циклическая частота ω в этой сист

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{4m+4m}} = \sqrt{\frac{k}{5m}}$$

$$a_{\max} = \frac{kA}{5m} \quad (1)$$

(см. а. м/с²)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

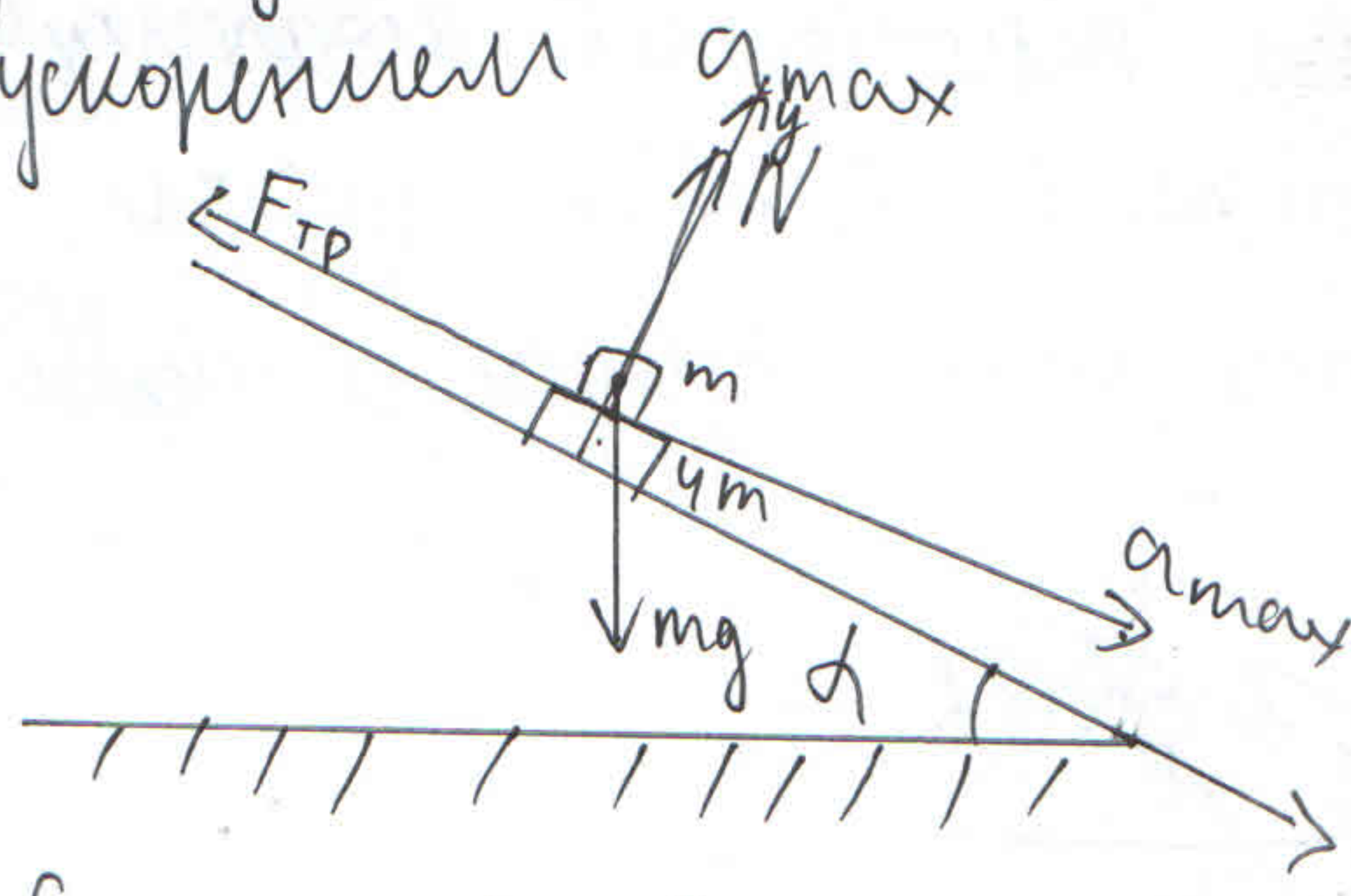
Шифр _____

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4

№3 (продолжение)

Перейдём в систему, где брусок и шайба
фиксируются ^{вниз} по наклонной плоскости с
ускорением



Силы, действующие на шайбу указаны на рисунке

$$x: m a_{\max} = \cancel{m} m g \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$y: N = m g \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu m g \cos \alpha$$

$$m a_{\max} = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$$

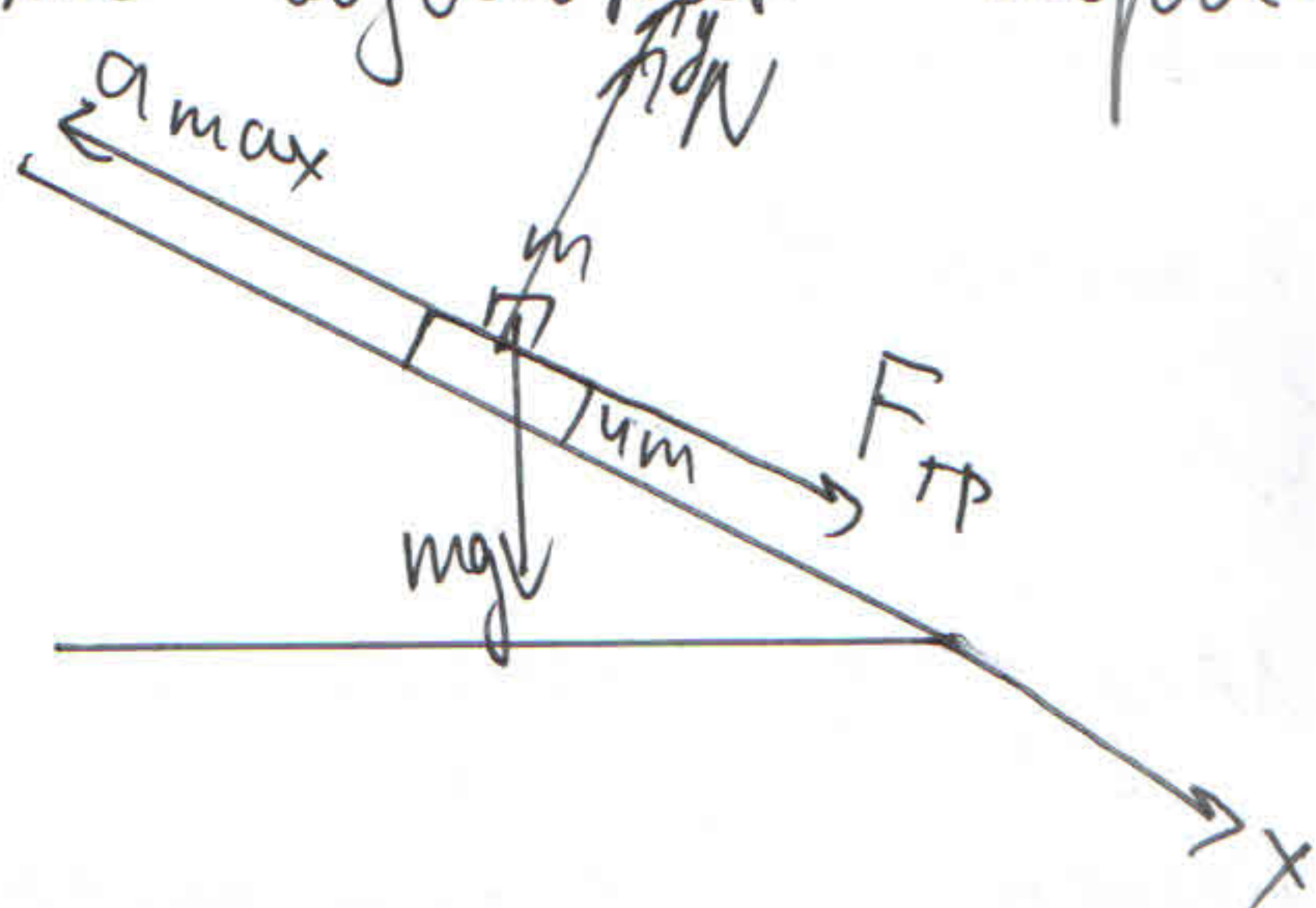
$$a_{\max} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

$$\mu g \cos \alpha = a_{\max} - g \sin \alpha$$

$$\mu = \frac{a_{\max} - g \sin \alpha}{g \cos \alpha}$$

(2)

Так же возможен вариант, когда брусок и маятник движутся вверх



Но в таком случае предположенный коэффициент трения где соблюдение условий задачи меньше, чем в случае, когда брусок и маятник движутся вниз

~~Ответ: $\mu = \frac{a_{\max} + g \sin \alpha}{g \cos \alpha}$~~

Подставим значение a_{\max} из формулы 1 в формулу 2

$$\mu = \frac{\frac{kA}{5m} - g \sin \alpha}{g \cos \alpha} = \frac{kA}{5mg \cos \alpha} \quad \text{⊕} \quad \ominus \quad \text{tg } \alpha$$

Ответ: $\mu = \frac{kA}{5mg \cos \alpha} \quad \text{⊕} \quad \text{tg } \alpha$

⊕

№9

~~Задача~~ Задача

Дано:

$$C = 20 \text{ мкФ}$$

$$L = 4,5 \text{ мГн}$$

$$q_m = 10 \text{ нКл}$$

$$q = 6 \text{ нКл}$$

Найти: I

СИ

$$20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

Запишем закон сохранения энергии

~~Энергия~~

$$\frac{q_m^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{q_m^2}{C} = \frac{q^2}{C} + LI^2$$

$$LI^2 = \frac{q_m^2 - q^2}{C}$$

$$I = \sqrt{\frac{q_m^2 - q^2}{CL}}$$

Подставим в эту формулу данные из условия

$$I = \sqrt{\frac{(10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл})^2 - (6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл})^2}{20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}}}$$

$$= \sqrt{\frac{100 \cdot 10^{-18} - 36 \cdot 10^{-18}}{90 \cdot 10^{-9}}}$$

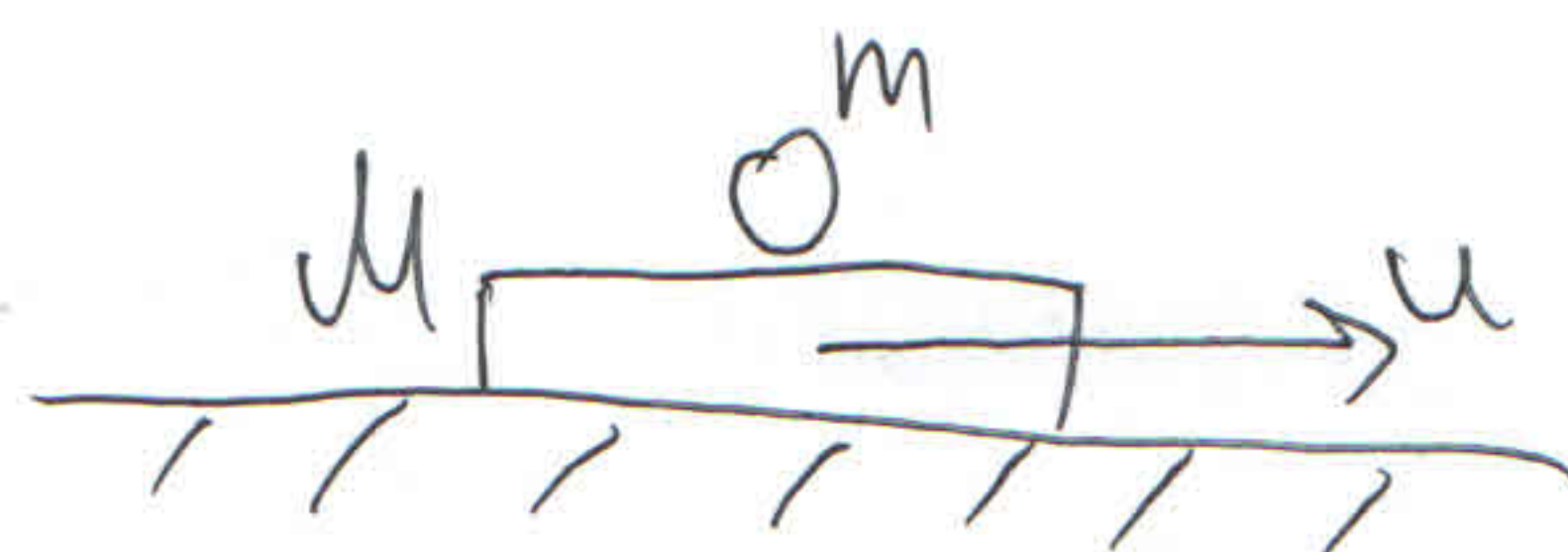
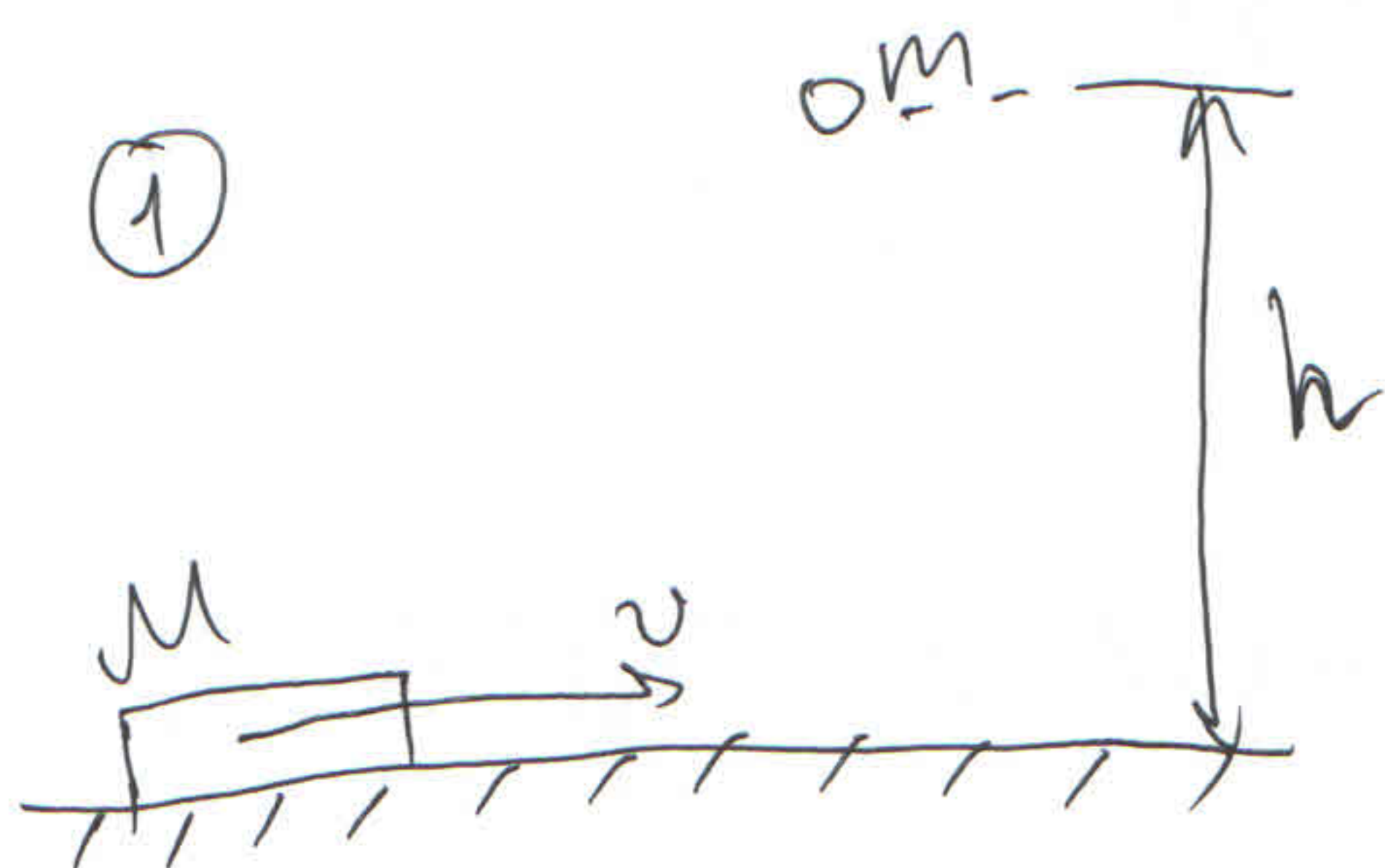
$$= \left(\sqrt{\frac{64}{9} \cdot 10^{-10}} \right) A = \frac{8}{3} \cdot 10^{-5} A = 2\frac{2}{3} \cdot 10^{-5} A =$$

$$= 2,67 \cdot 10^{-5} A$$

Ответ: $I = \sqrt{\frac{q_m^2 - q^2}{CL}} = 2\frac{2}{3} \cdot 10^{-5} A = \cancel{2,67 \cdot 10^{-5} A}$

$$= 2,67 \cdot 10^{-5} A$$

N4



На рисунке 1 - начальное состояние системы

На рисунке 2 - конечное

По закону сохранения энергии

$$E_1 = E_2 + E_B$$

где E_1 - ~~начальная~~ энергии в начальном состоянии

E_2 - энергии в конечном состоянии

E_B - исконая внутренняя энергия

$$E_B = E_1 - E_2$$

Найдем E_1 и E_2

(см. ш. лист)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр

119465

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Вариант № 4

НЧ (продолжение)

$$E_1 = \frac{Mv^2}{2} + mgh$$

$$E_2 = \frac{(M+m)u^2}{2}$$

Запишем закон сохранения импульса

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

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

а-но

$$E_2 = \frac{M^2 v^2}{2(M+m)}$$

$$E_B = E_1 - E_2 = \frac{Mv^2}{2} + mgh - \frac{M^2 v^2}{2(M+m)}$$

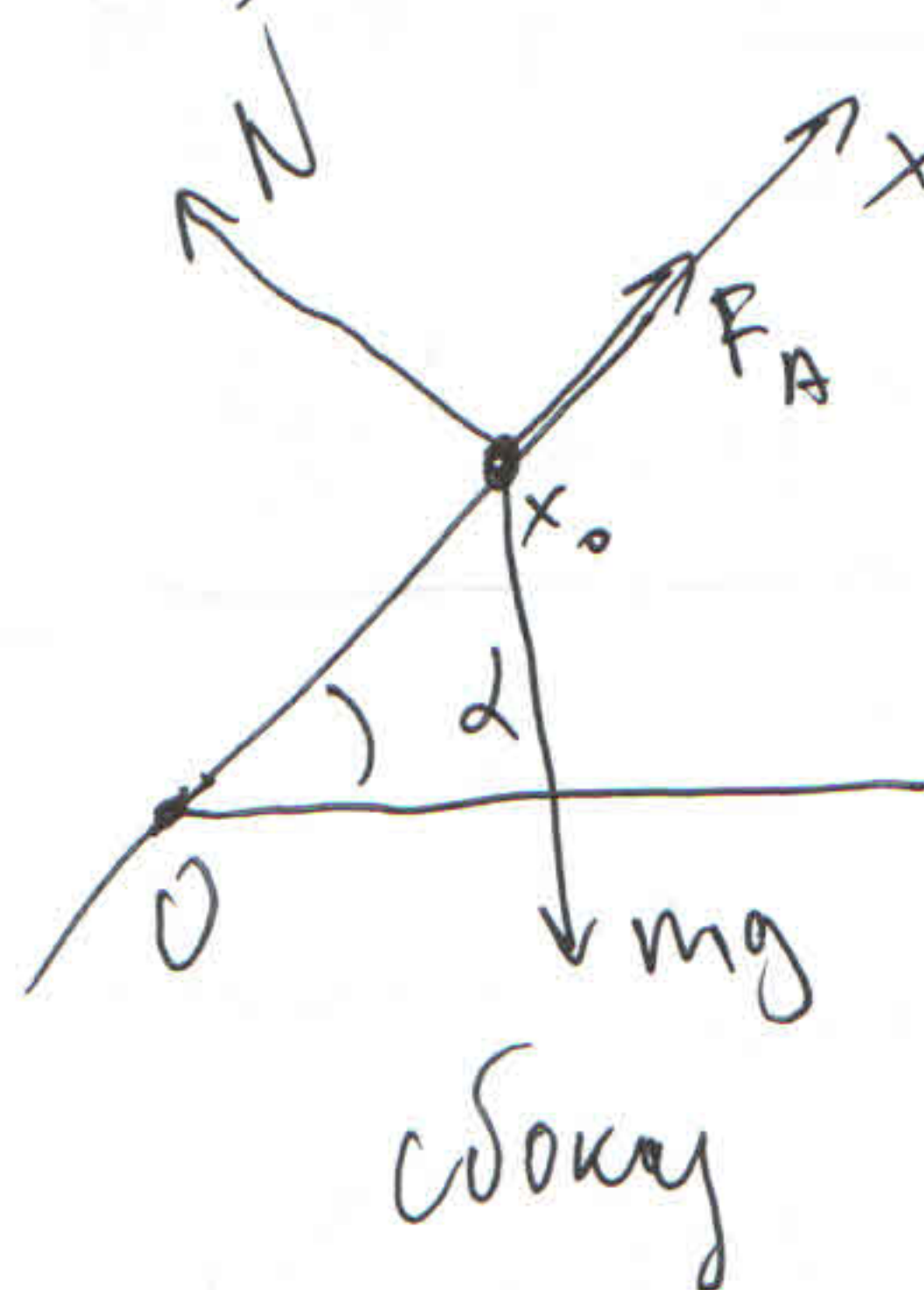
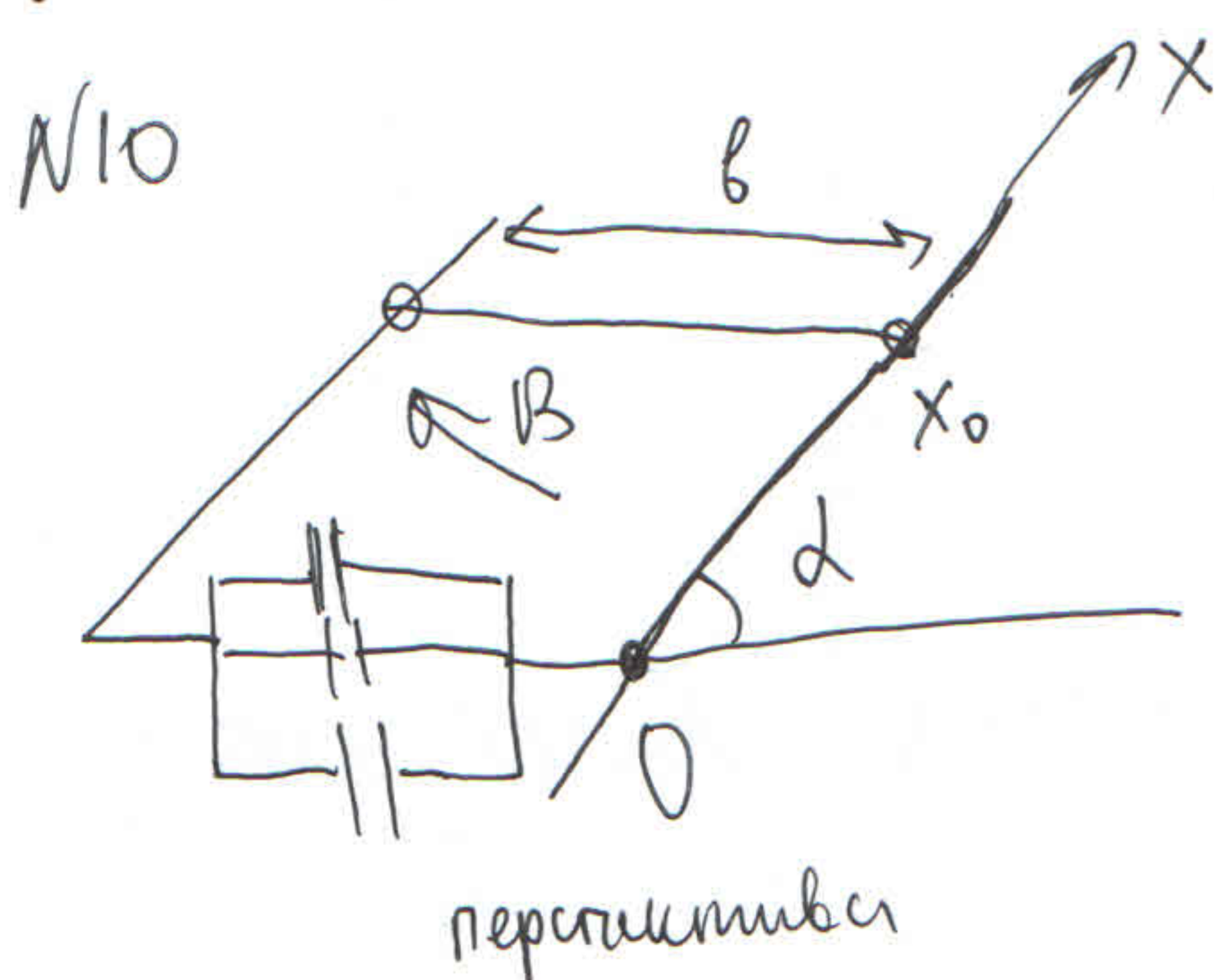
~~$$= \frac{Mv^2}{2} \left(1 - \frac{M}{M+m} \right) + mgh$$~~

Подставим в найденную формулу гашение из условия

$$E_B = \frac{g_m \cdot (4 \text{ м/с})^2}{2} + 3 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 10 \text{ м} -$$

$$- \frac{(g_m)^2 \cdot (4 \text{ м/с})^2}{2(g_m + 3 \text{ кг})} \approx \cancel{312 \text{ Дж}} \quad 312 \text{ Дж}$$

Ответ: $E_B = \frac{Mv^2}{2} + mgh - \frac{Mv^2}{2(M+m)} = 312 \text{ Дж}$



На рисунке вида сбоку обозначены силы, действующие на перемычку (F_A — сила Ампера)

Запишем II Закон Ньютона

$$ma = \cancel{mg \sin \alpha} \quad mg \sin \alpha - F_A$$

По закону Ампера

$$F_A = I B l \sin \gamma$$

В гашеной системе

$$F_A = I B l$$

I - сила тока в перемычке

B - магнитное поле

l - длина перемычки

$$m a = m g \sin \alpha - I B l \quad (1)$$

~~В данной цепи сила тока I равна
сумме зарядов на конденсаторах~~

~~Напряжение на конденсаторах~~

Сила тока

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, \text{ где } q - \text{заряд на конденсаторах}$$

$$q = C_0 \cdot U, \text{ где } C_0 - \text{общая ёмкость батареи конденсаторов}$$

U - напряжение на конденсаторах

$$C_0 = 3C$$

$$U = \mathcal{E}_I, \text{ где } \mathcal{E}_I - \text{ЭДС индукции}$$

~~$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$~~

$$I = \frac{3C \Delta \mathcal{E}_I}{\Delta t}$$

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

$$\Delta\Phi = B \Delta S$$

$$S = l \cdot x$$

координата x измеряется по закону

$$x = x_0 - \frac{at^2}{2}$$

$$S(t) = \left(x_0 - \frac{a}{2}t^2\right) \cdot l = x_0 l - \frac{al}{2}t^2$$

$$\Phi(t) = B \left(x_0 l - \frac{al}{2}t^2\right) = x_0 B l - \frac{aBl}{2}t^2$$

$$\mathcal{E}_I = \Phi'(t) = -aBl$$

$$I = 3C \cdot \mathcal{E}_I(t) = 3C \cdot aBl = 3CaBl$$

Представим это значение в формулу 1

$$ma = mg \sin \alpha - 3CaB^2 l^2$$

$$a(m + 3CB^2 l^2) = mg \sin \alpha$$

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m + 3CB^2 l^2}$$

из условия $l = b$

~~Ответ: $a = \frac{mg \sin \alpha}{m + 3CB^2 l^2}$~~

А. К.:

$$a = \frac{mg \sin \alpha}{m + 3CB^2 b^2}$$

Ответ: $a = \frac{mg \sin \alpha}{m + 3CB^2 b^2}$

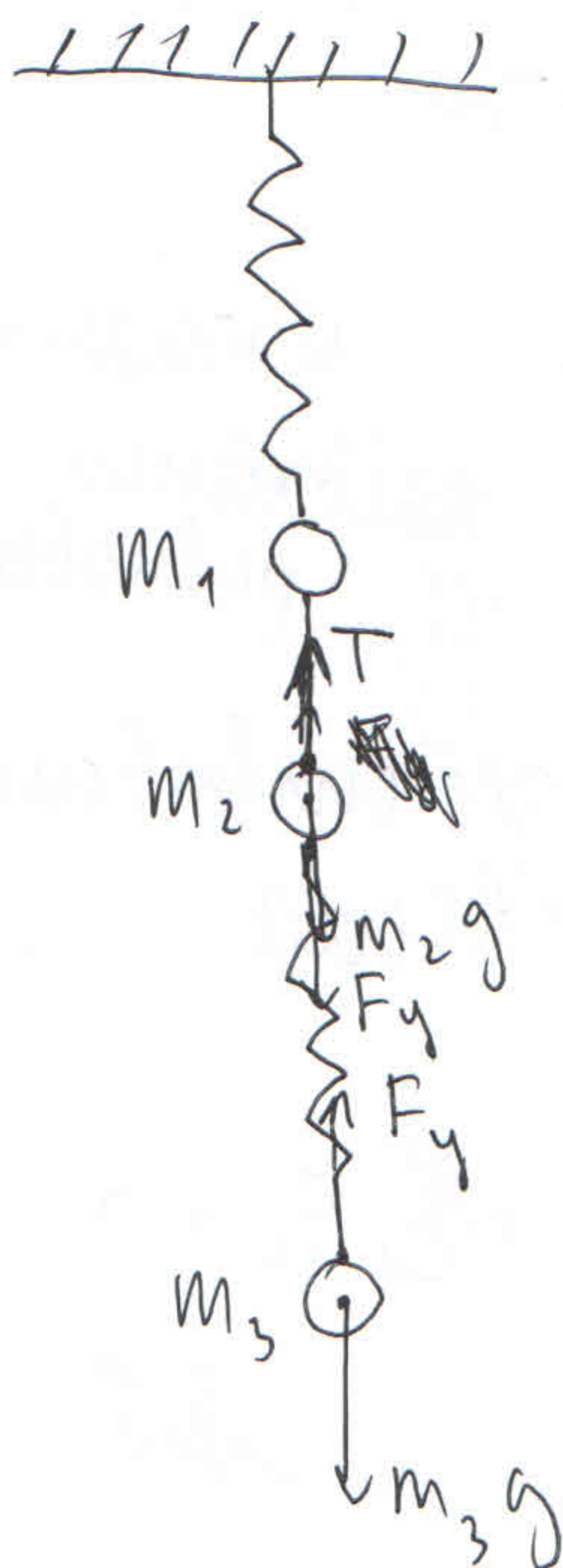
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 119465

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4

№2



Т. к. система покоится, следовательно:

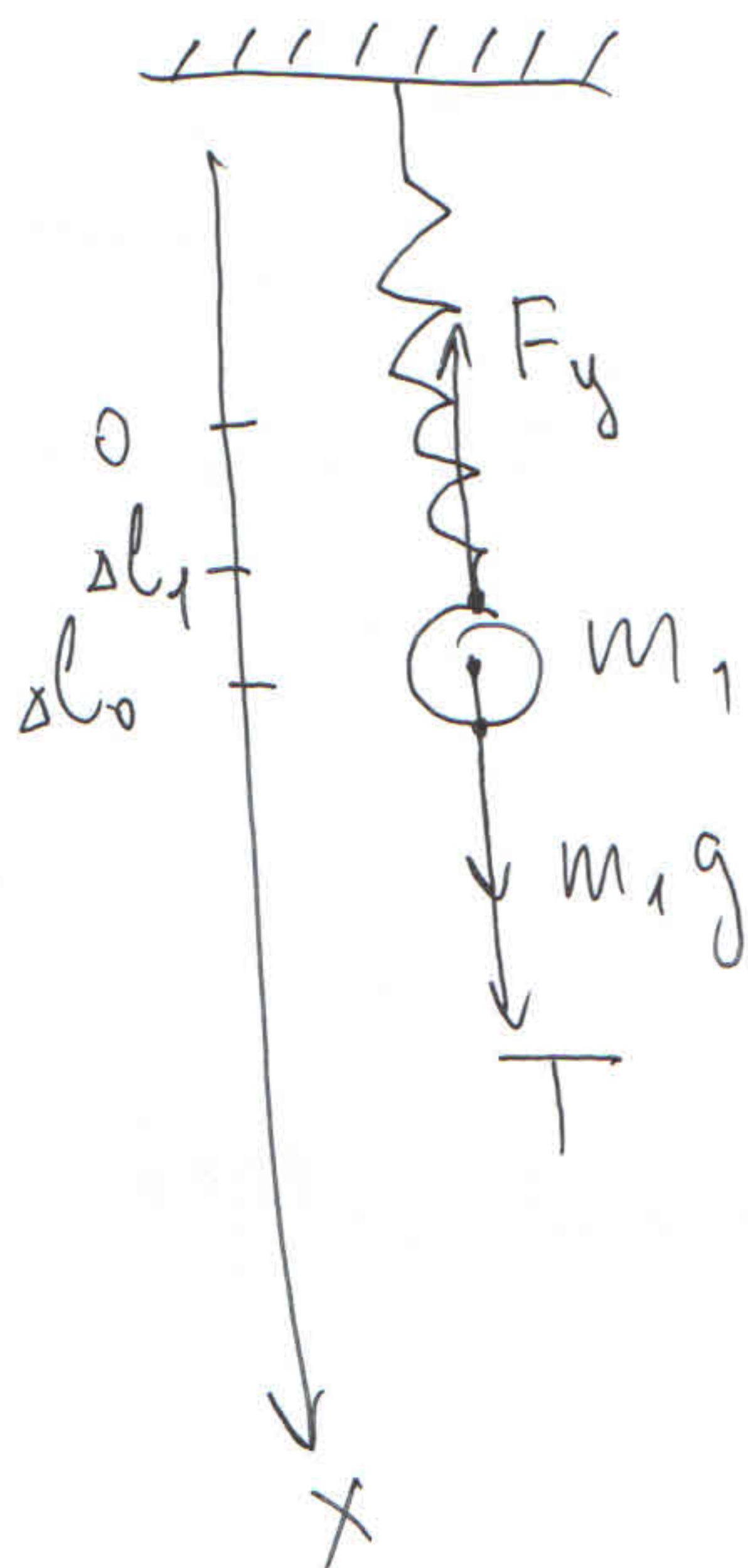
$$\sum F_i = 0$$

$$m_2 g + m_3 g + F_y - F_y - T = 0$$

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

1) Ответ: $T = (m_2 + m_3) g$

Рассмотрим силы, действующие на первый шарик



Т.к. изначально система наход
 ся в равновесии, то-то

$$\sum F_i = 0$$

$$m_1 g + T = F_y$$

Сила упругости F_y

$F_y = k \Delta l_0$ по закону Гука

$$m_1 g + T = k \Delta l_0$$

$$\Delta l_0 = \frac{m_1 g + T}{k}$$

- начальн
 положение
 равновес

Далее на шарик перестают действовать
 сила T и положение равновесия
 смещается

~~В точке равновесия~~ В точке равновесия $\sum F_i = 0$

то-то:

$$m_1 g = F_y$$

$$m_1 g = k \Delta l_1$$

$$\Delta l_1 = \frac{m_1 g}{k}$$

Амплитуда установившихся гармонических колебаний

$$A = \Delta l_0 - \Delta l_1 = \frac{m_2 g + T}{k} - \frac{m_1 g}{k} = \frac{T}{k}$$

Координата шарика меняется по закону

$$x(t) = \Delta l_1 + A \cos(\omega t)$$

$$a(t) = v'(t) = x''(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t)$$

В момент времени $t = 0$

$$a(0) = -\omega^2 A \cdot \cos(0) = -\omega^2 A$$

Циклическая частота

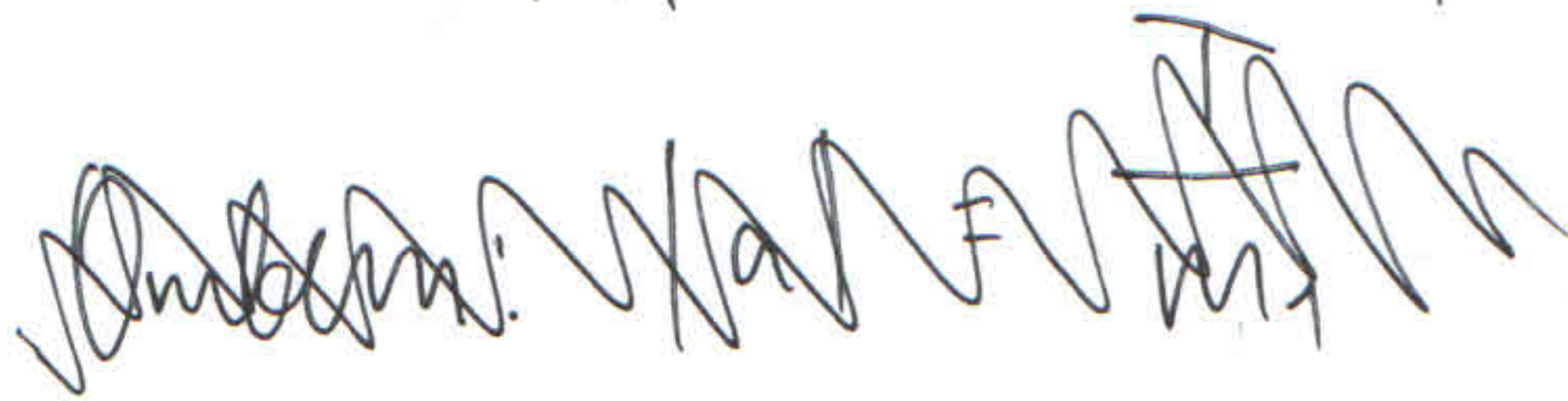
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_1}}$$

$$a = -\frac{k}{m_1} \cdot \frac{T}{k} = -\frac{T}{m_1}$$

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



Нет
Сила - ?



$$|a| = \frac{(1 \text{ кН} + 3 \text{ кН}) \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{1 \text{ кН}} =$$

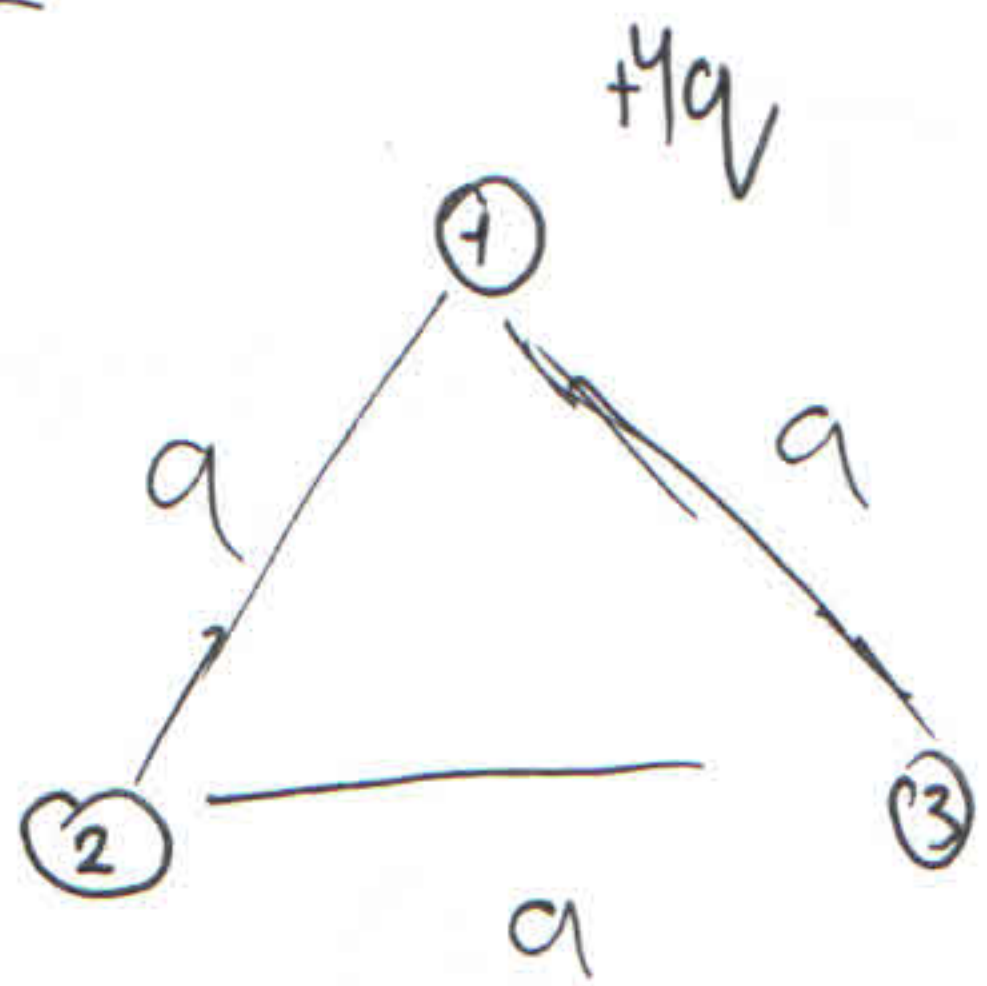
$$T = 70 \text{ Н}$$

$$= (7 \cdot 9,8) \text{ м/с}^2 = 68,6 \text{ м/с}^2$$

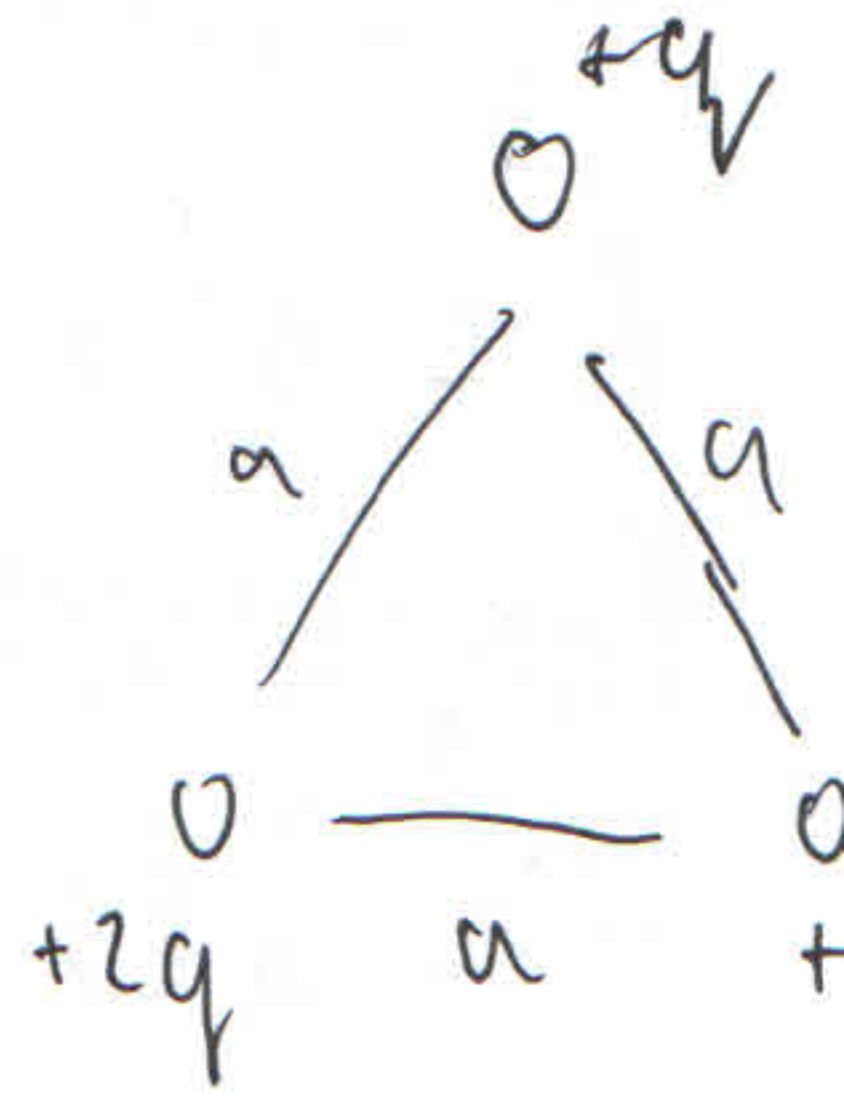
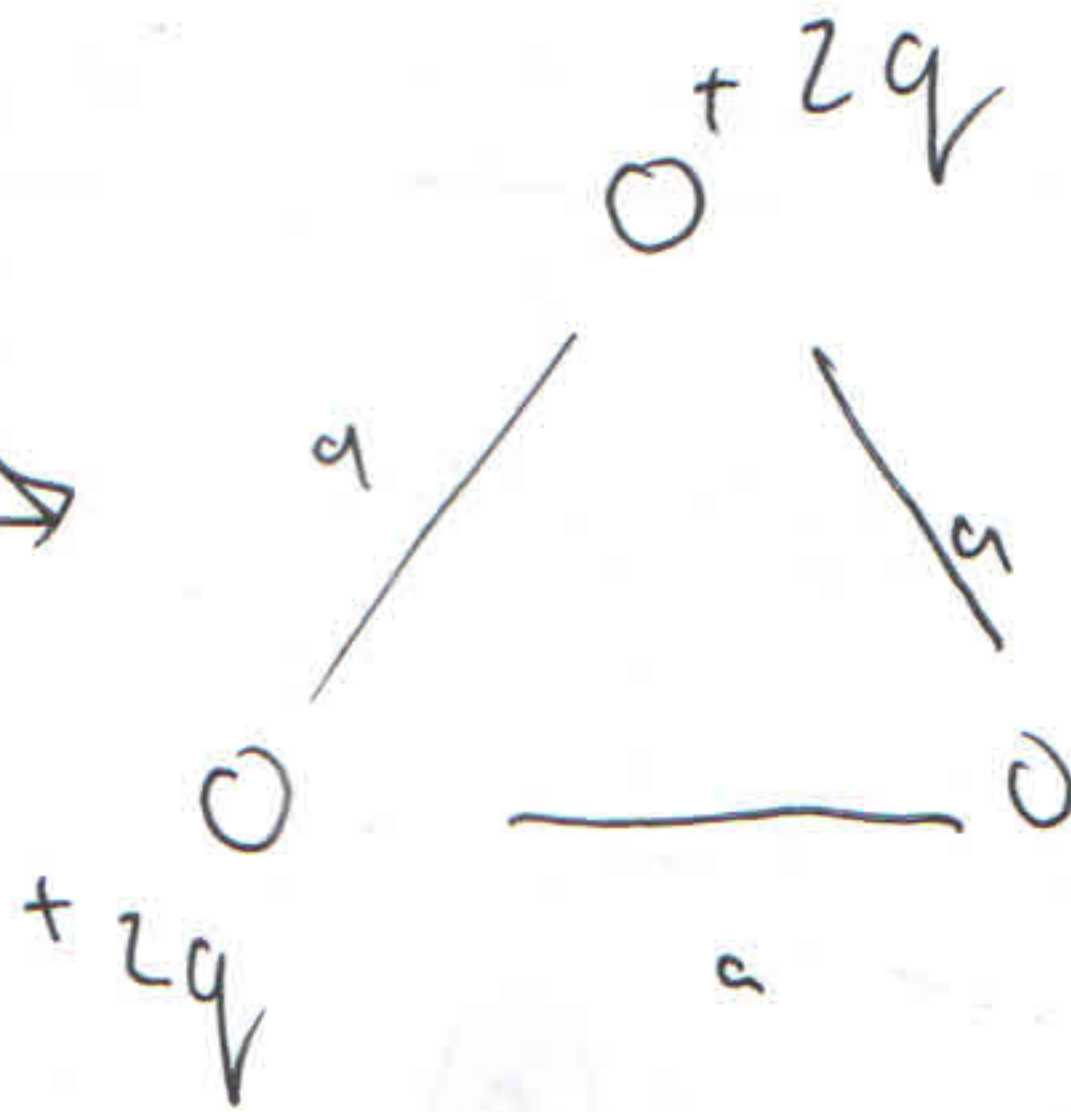
Ответ: $|a| = \frac{(m_2 + m_3)g}{m_1} = 68,6 \text{ м/с}^2$, ускорение

Направлено вверх

N7



начальное состояние



конечное состояние

Потенциальная энергия взаимодействия зарядов

$$W_{\Pi} = \frac{k q \cdot 2q}{a} + \frac{k q \cdot q}{a} + \frac{k 2q \cdot q}{a}$$

$$= k \left(\frac{2q^2}{a} + \frac{q^2}{a} + \frac{2q^2}{a} \right) = k \cdot \frac{5q^2}{a}$$

Тогда $k = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0}$, т.к. $\epsilon = 1$ в этой системе

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$W_{\Pi} = \frac{5q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot a}$$

Ответ: $W_{\Pi} = \frac{5q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot a}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

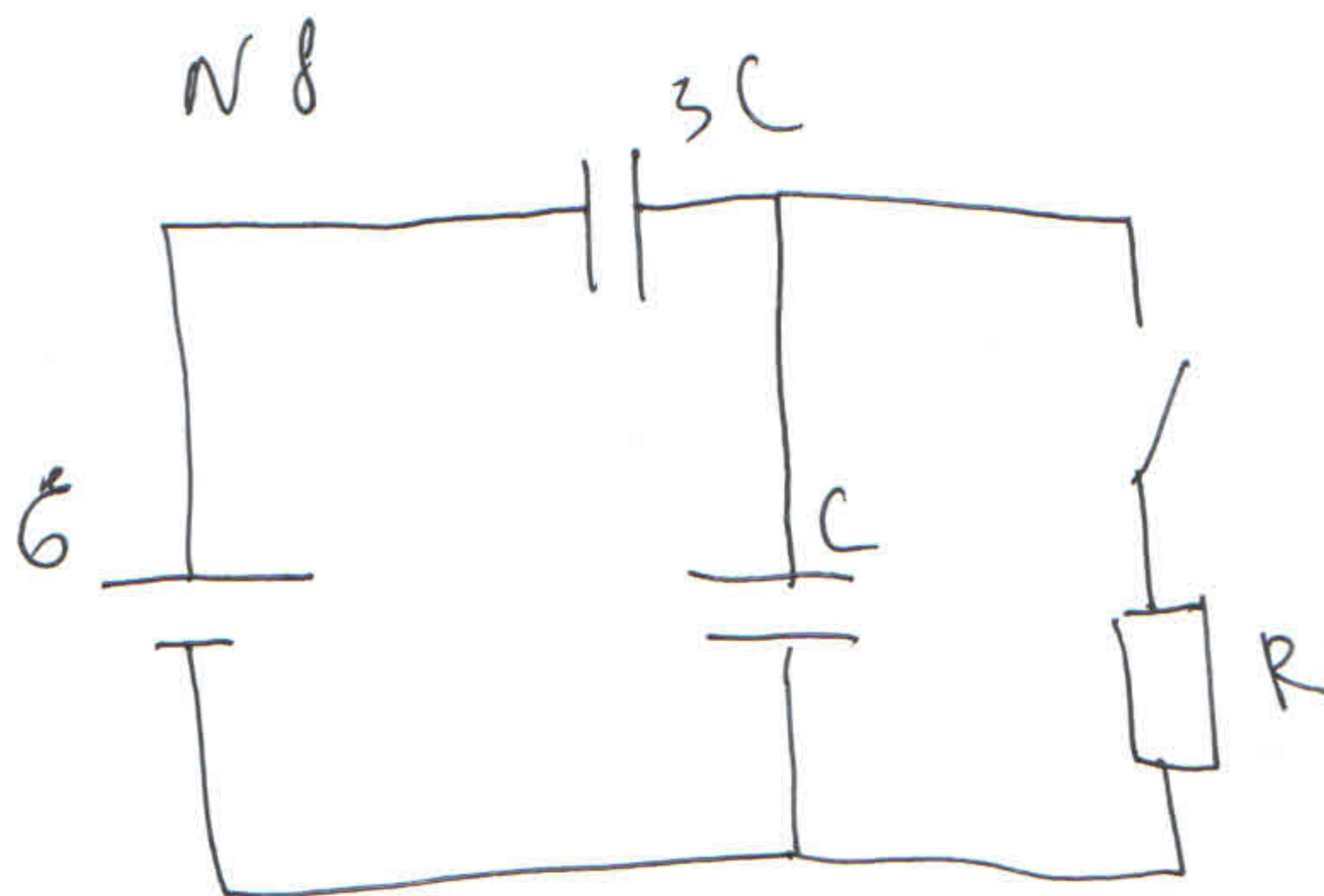
Шифр

119465

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант №

4



После замыкания ключа на резисторе выделится энергия, накопившаяся в конденсаторе C

До замыкания ключа в батарее конденсаторов ~~закреп~~ накопится заряд

$q_0 = C_0 \cdot \varepsilon$, где C_0 - ~~общая~~ ёмкость батареи

$$C_0 = \frac{3C \cdot C}{3C + C} = \frac{3}{4} C$$

$$q_0 = \frac{3}{4} C \varepsilon$$

Зарядка конденсатора C при этом будет

$$q = \frac{1}{4} q_0 = \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} C \varepsilon = \frac{3}{16} C \varepsilon$$

Энергия ~~конденсатора~~ этого конденсатора

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{\frac{9}{256} C^2 \varepsilon^2}{2C} = \frac{9 C \varepsilon^2}{512}$$

Эта энергия выделяется на резисторе

Количество теплоты

$$Q = \frac{9 C \varepsilon^2}{512}$$

Ответ: $Q = \frac{9 C \varepsilon^2}{512}$

⊖

⊕

