Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

119467

Шифр ______________________
(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА
на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету ФИЗИКА
(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника УСАЧЕВ АЛЕКСЕЙ ДМИТРИЕВИЧ

Город, № школы (образовательного учреждения) МОСКВА ГБОУ ЛИЦЕЙ №1568

Регистрационный номер ШМ0009

Вариант задания 4

Дата проведения “19” 03 20 17 г.

Подпись участника ______________________

15+18.63

78 (семьдесят восемь)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
6	8	5	10	5	10	8	8	12	6	78

Шифр 119467

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

9467

Вариант № 4

№1.

$\alpha = 45^\circ$

$v_0 = 20\ \frac{м}{с}$

$h = 8$ м

$g = 10\ \frac{м}{с^2}$

$\boxed{\beta - ?}$

$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$ (1)

ур-е коор. тела

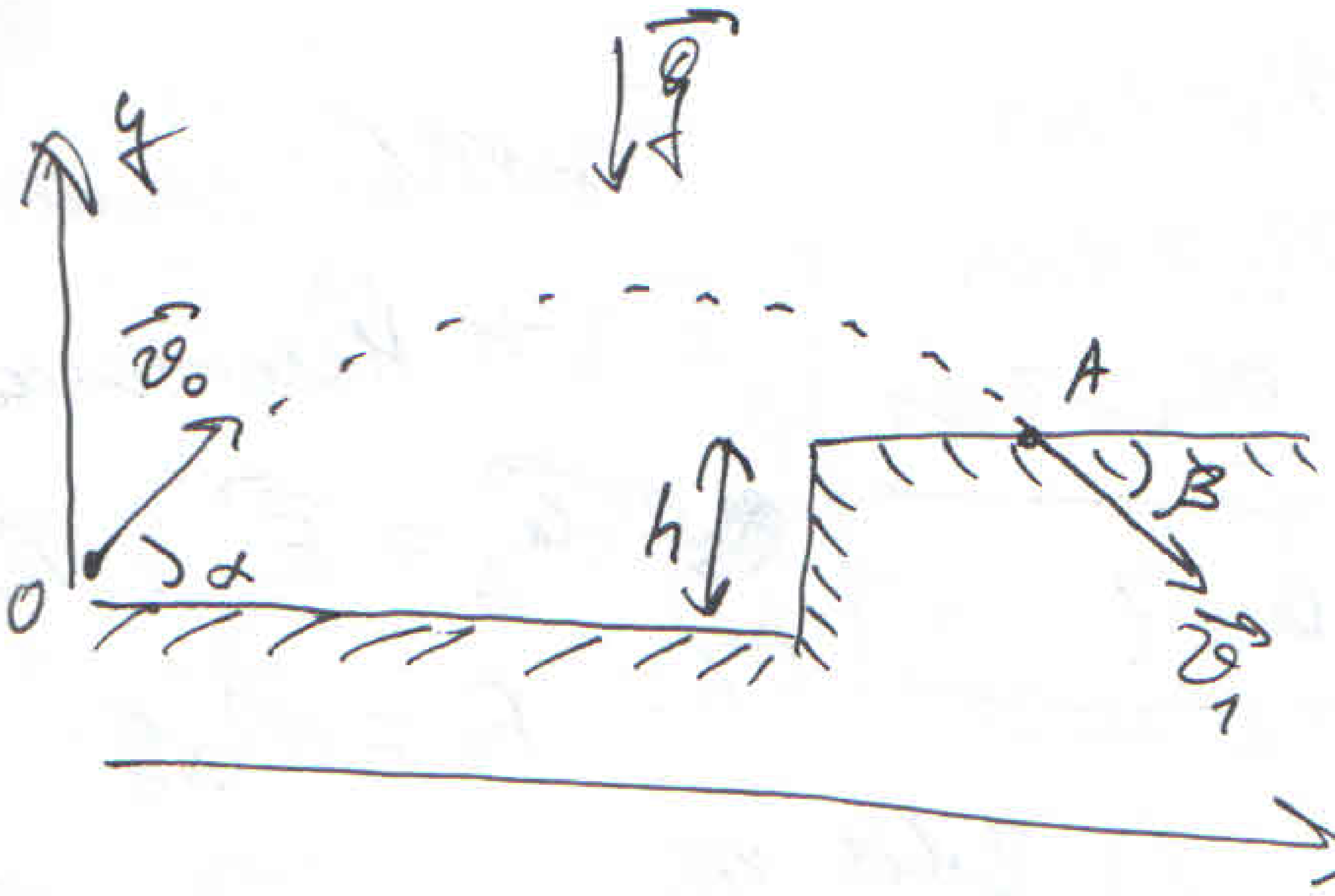
$v_y = v_{0y} + g_y t$ - ур-е скор. тела (2)

$v_x = const$ (БАЛЛИСТ. ДВИЖ.)

$v_{0x} = v_0 \cos\alpha$

$v_{1x} = v_1 \cos\beta$

$v_0 \cos\alpha = v_1 \cos\beta$



$(1) \overset{OY:}{\Rightarrow} h = 0 + v_0 \sin\alpha\, \tau - \frac{g\tau^2}{2}$

τ – время до попад. в точку A

$-\frac{g}{2}\tau^2 + v_0 \sin\alpha\, \tau - h = 0$ решим кв. ур-е:

$D = v_0^2 \sin^2\alpha - 2gh$

$\tau_{1,2} = \frac{-v_0 \sin\alpha \pm \sqrt{D}}{-g}$

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

$\overset{\shortparallel}{\sqrt{v_0^2 \sin^2\alpha}}$

$\Rightarrow$ подх только $\tau = \frac{-v_0 \sin\alpha - \sqrt{D}}{-g}$

$(\tau > 0)$

$\Rightarrow \tau \approx 2$ с

$(2) \overset{OY:}{\Rightarrow} -v_1 \sin\beta = v_0 \sin\alpha - g\tau$

(прод. следует)

№1 (прод)

$$\left.\begin{aligned} v_1 \sin\beta &= g\tau - v_0 \sin\alpha \\ v_1 \cos\beta &= v_0 \cos\alpha \end{aligned}\right\} \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = tg\beta = \frac{g\tau - v_0 \sin\alpha}{v_0 \cos\alpha} \approx 0,4$$

$\Rightarrow \beta \approx 22,5^\circ$

Ответ: $tg\beta \approx 0,4$

$\beta \approx 22,5^\circ$

№2.

$m_1 = 1$ кг

$m_2 = 4$ кг

$m_3 = 3$ кг

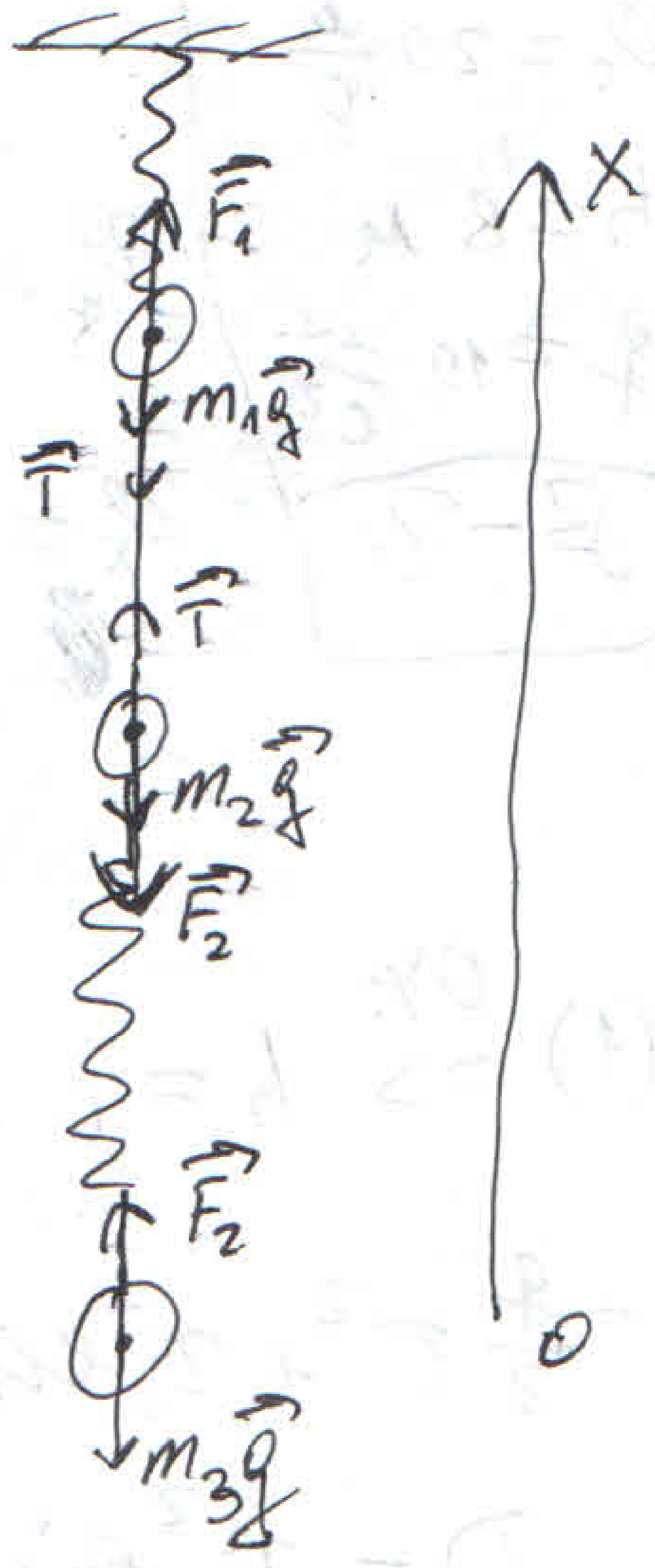
$a - ?$

Пусть сила натяж. нити T

II з-н Ньютона: 1) для m_3

$m_3\vec{a}_3 = \vec{F}_2 + m_3\vec{g}$

OX: $F_2 = m_3 g$



2) для m_2: $m_2\vec{a}_2 = \vec{T} + m_2\vec{g} + \vec{F}_2$

$$\left.\begin{aligned} OX:\ T &= m_2 g + F_2 \\ F_2 &= m_3 g \end{aligned}\right\} \boxed{T = g(m_2 + m_3) = 70\ Н}$$

~~Нить пережгли:~~

3) для m_1:

$m_1\vec{a}_1 = \vec{F}_1 + m_1\vec{g} + \vec{T}$

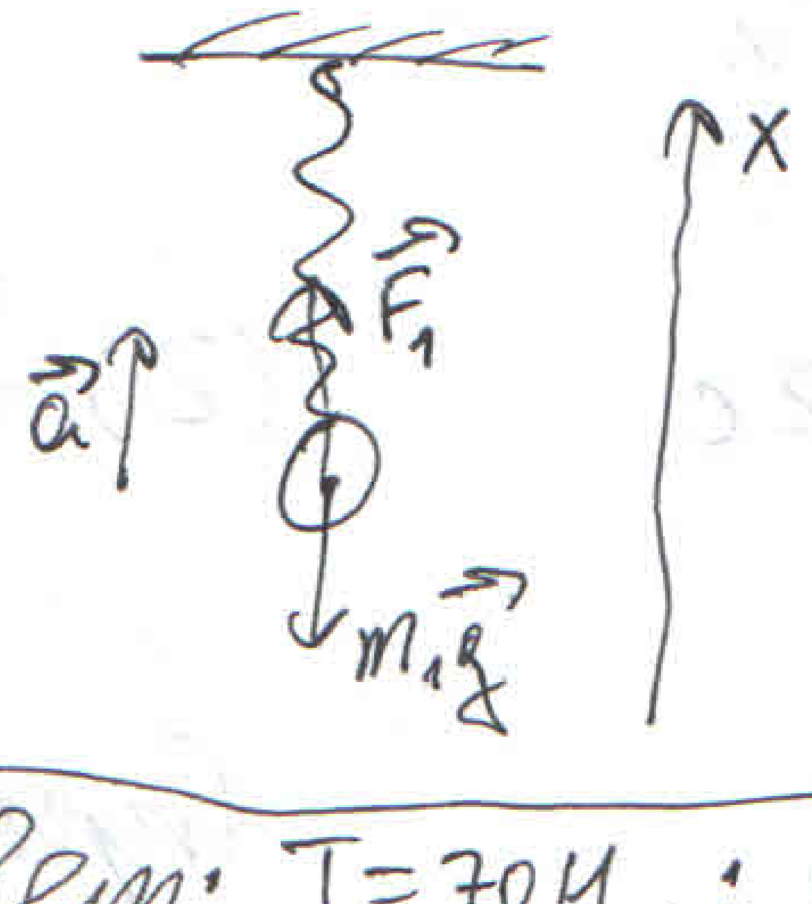
OX: $F_1 = m_1 g + T = 80\ Н$

Нить пережгли:

$\vec{a} \uparrow\uparrow \vec{F}_1$ ускор. по напр. действия силы

II з-н Ньютона: $m_1\vec{a} = \vec{F}_1 + m_1\vec{g}$

OX: $m_1 a = F_1 - m_1 g$



$\boxed{a = \frac{F_1}{m_1} - g = 70\ \frac{м}{с^2}}$

Ответ: $T = 70$ Н ; $a = 70\ \frac{м}{с^2}$

№4.

$m = 3$ кг
$h = 10$ м
$M = 9$ кг
$v = 4$ м/с

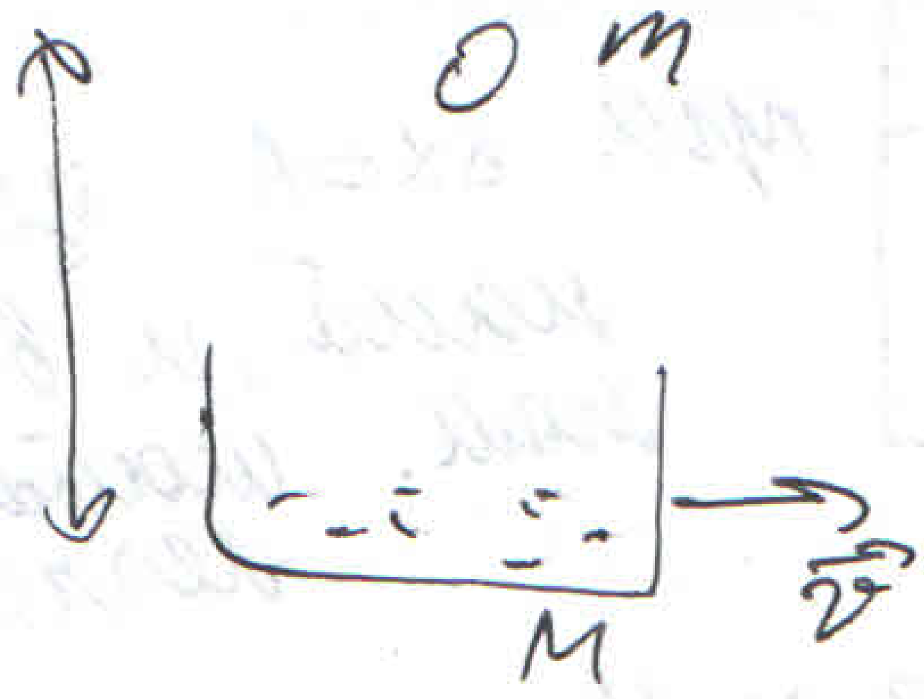
ΔU - ?

ЗСЭ:
$\Delta U = Q$ измен. внутр. энергии идет на выдел тепла

ЗСИ:
$m\vec{v}_ш + M\vec{v} = (m+M)\vec{v}_1$

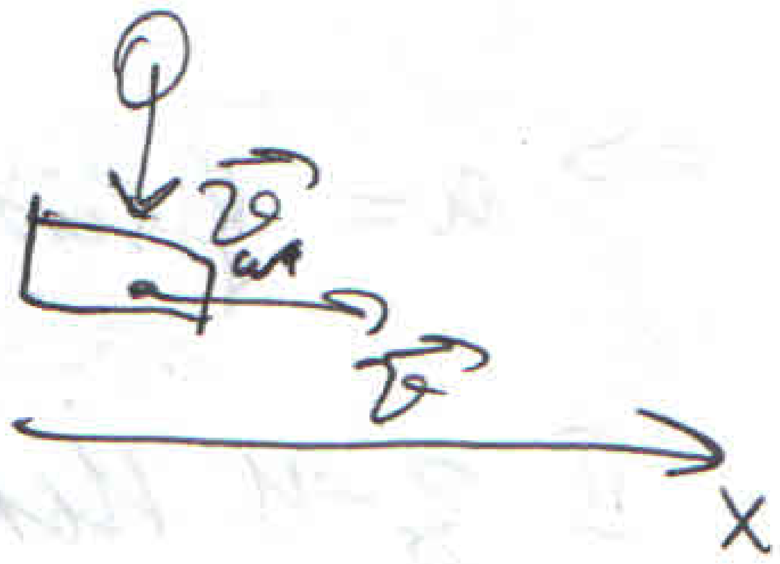
$v_ш$ - скор. шарика в конце полета

v_1 - скор. ящика и шарика



OX: $Mv = (m+M)v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{Mv}{m+M}$

ЗСЭ: $E_{полн1} = E_{полн2} + Q$ (1)



$E_{полн1} = E_{пот} + E_{кин} = mgh + \frac{Mv^2}{2}$

$E_{полн2} = E_{кин\ общ} = \frac{(m+M)v_1^2}{2}$

(1) $\Rightarrow$ $mgh + \frac{Mv^2}{2} = \frac{(m+M)M^2v^2}{2(m+M)^2} + Q$

$Q = mgh + \frac{Mv^2}{2} - \frac{M^2v^2}{2(m+M)} = 300 + 72 - 54 = 318$ Дж

Ответ: 318 Дж

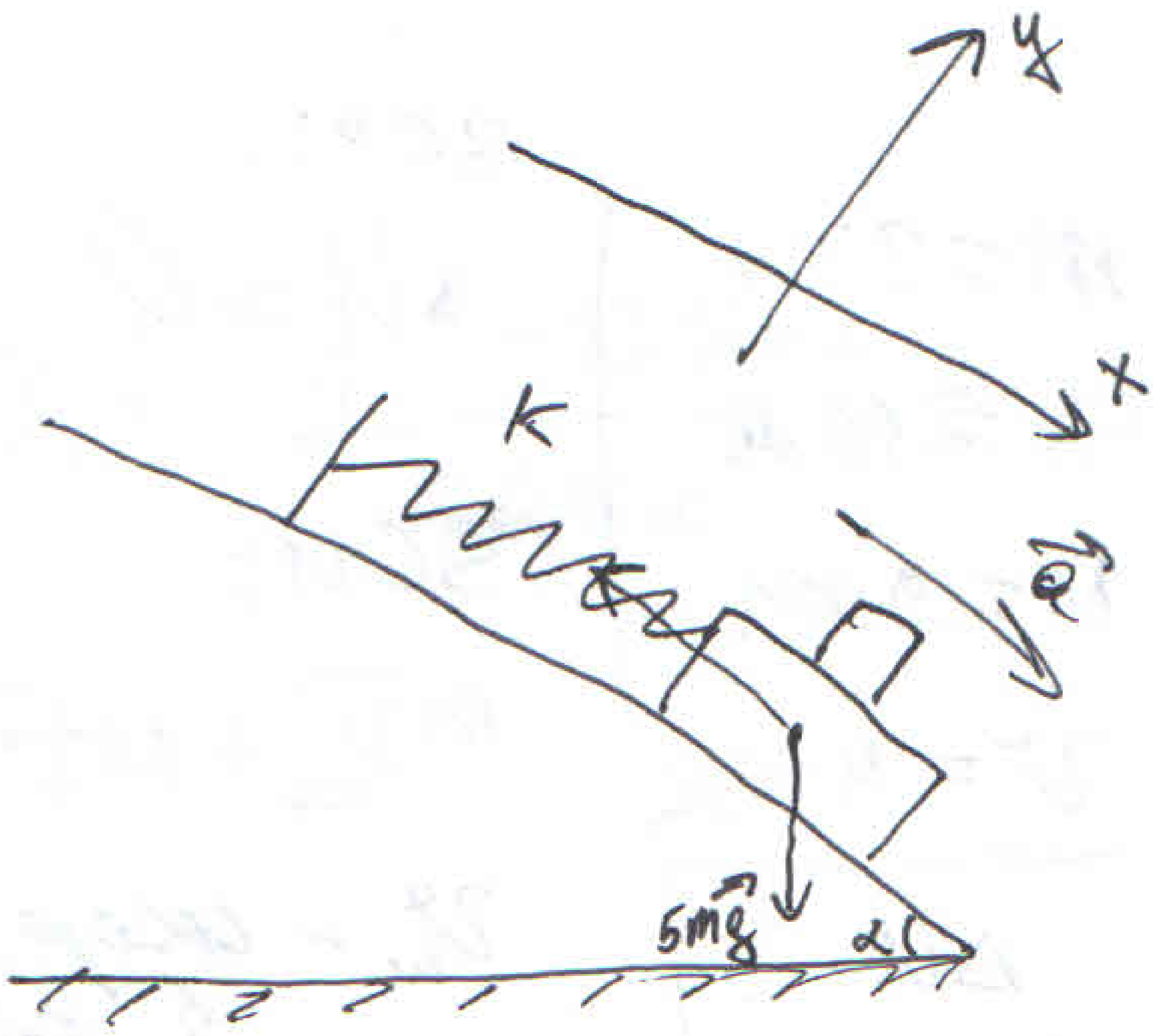
+

№3.

α
$4m$
k
A
$\mu - ?$

$\vec{a}$ – ускор. системы бруска и шайбы при $\Delta x = A$ (деф. пружины)

при $\Delta x = A$ ускор. a шайб, и в этот мом. шайба может легче всего слететь

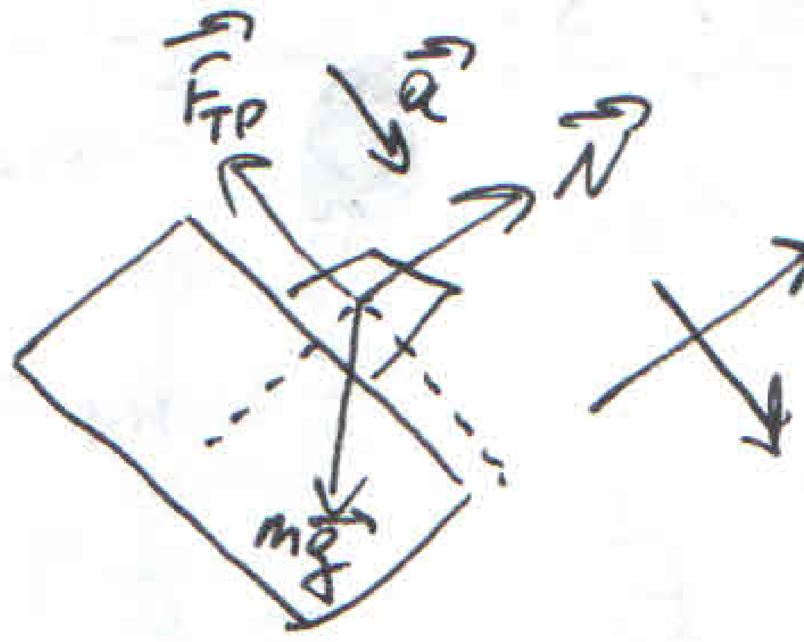


II з-н Ньютона для $5m$:

$5m\vec{a} = \vec{F}_{упр} + 5m\vec{g}$ $\qquad$ $OX: 5ma = 5mg\sin\alpha - kA$

$F_{упр} = kA$

$\Rightarrow a = g\sin\alpha - \frac{kA}{5m}$



II з-н Ньютона для m:

$m\vec{a} = \vec{F}_{тр} + m\vec{g}$ $\qquad$ $OY: N = mg\cos\alpha$

$F_{тр} = \mu N$

$OX: ma = \cancel{} mg\sin\alpha - \mu mg\cos\alpha$

$\cancel{mg\sin\alpha} - \frac{kA}{5} = \cancel{mg\sin\alpha} - \mu mg\cos\alpha$

$\Rightarrow \mu = \frac{kA}{5mg\cos\alpha}$

Отв.: ↑

$\pm$

$-$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр 119467

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4

№ 5

$P_1 = 10^5$ Па

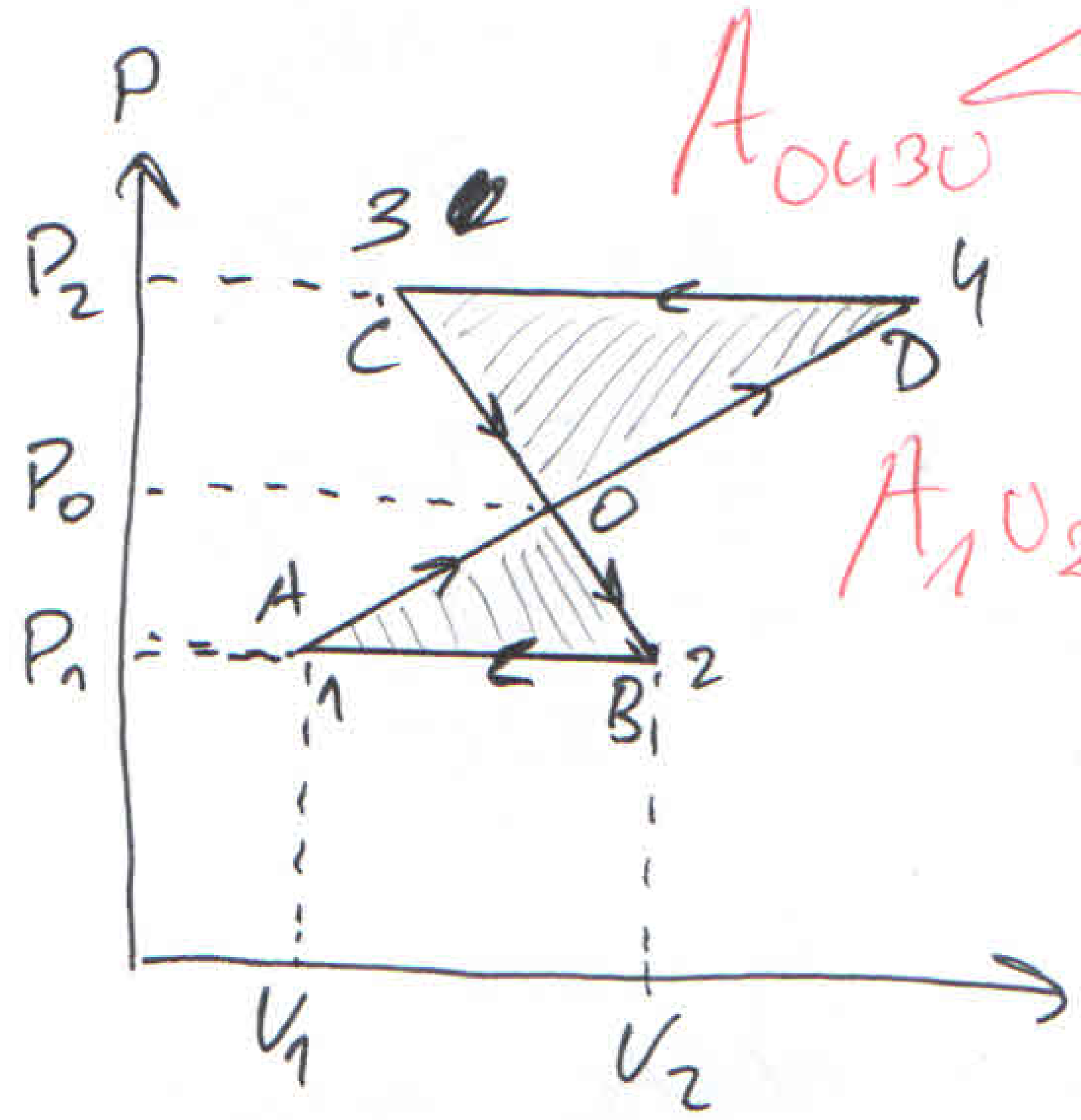
$P_0 = 3 \cdot 10^5$ Па

$P_2 = 6 \cdot 10^5$ Па

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

$A - ?$

работа газа за цикл равна площади фигуры цикла (т.к. работа равна площади под кривой в коор. осях P,V)



A_{O430}

A_{1O2}

$\Rightarrow A = S_{AOB} + S_{COD}$

$AB = V_2 - V_1$ OH – высота $\triangle AOB$ (к AB) $\Rightarrow OH = P_0 - P_1$

$S_{AOB} = \frac{1}{2} OH \cdot AB = \frac{1}{2}(V_2 - V_1)(P_0 - P_1) = 600$ Дж

$\pm$

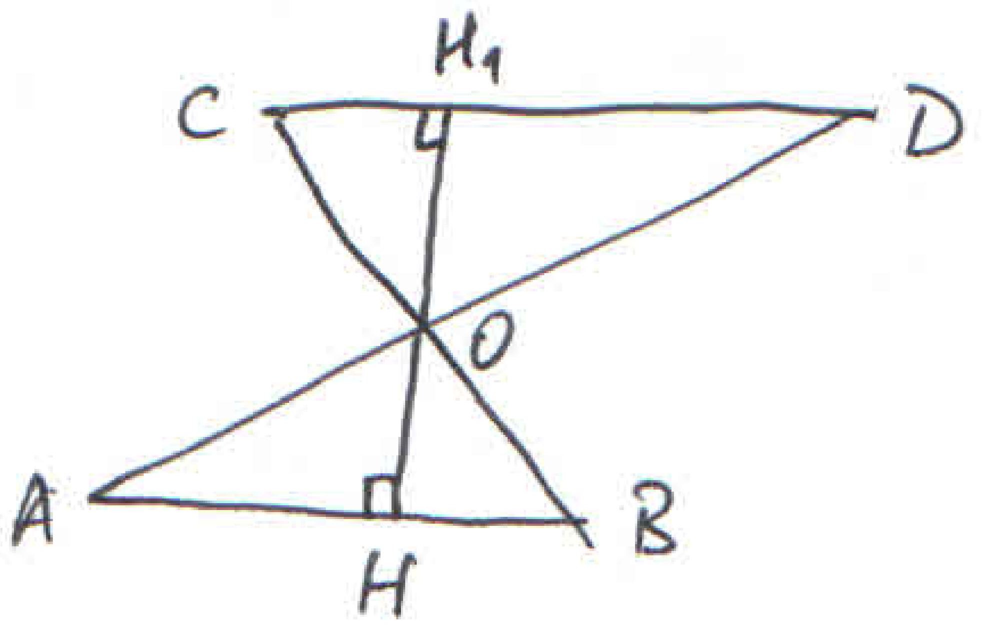
OH_1 – высота $\triangle COD$ (к CD) $\triangle AOB \sim \triangle COD$ (по 2-м углам)

k – коэфф. подобия $\Rightarrow k = \frac{OH}{OH_1}$ $\frac{S_{AOB}}{S_{COD}} = k^2 = \left(\frac{OH}{OH_1}\right)^2$

$OH_1 = P_2 - P_0$ $\frac{S_{AOB}}{S_{COD}} = \left(\frac{P_0 - P_1}{P_2 - P_0}\right)^2 = \frac{4}{9}$ $\Rightarrow S_{COD} = \frac{9}{4} S_{AOB} = 1350$ ...

$A = S_{AOB} + S_{COD} = 600 + 1350 = \boxed{1950 \text{ Дж}}$

$-$ $A = -750$...



Отв.: ↑

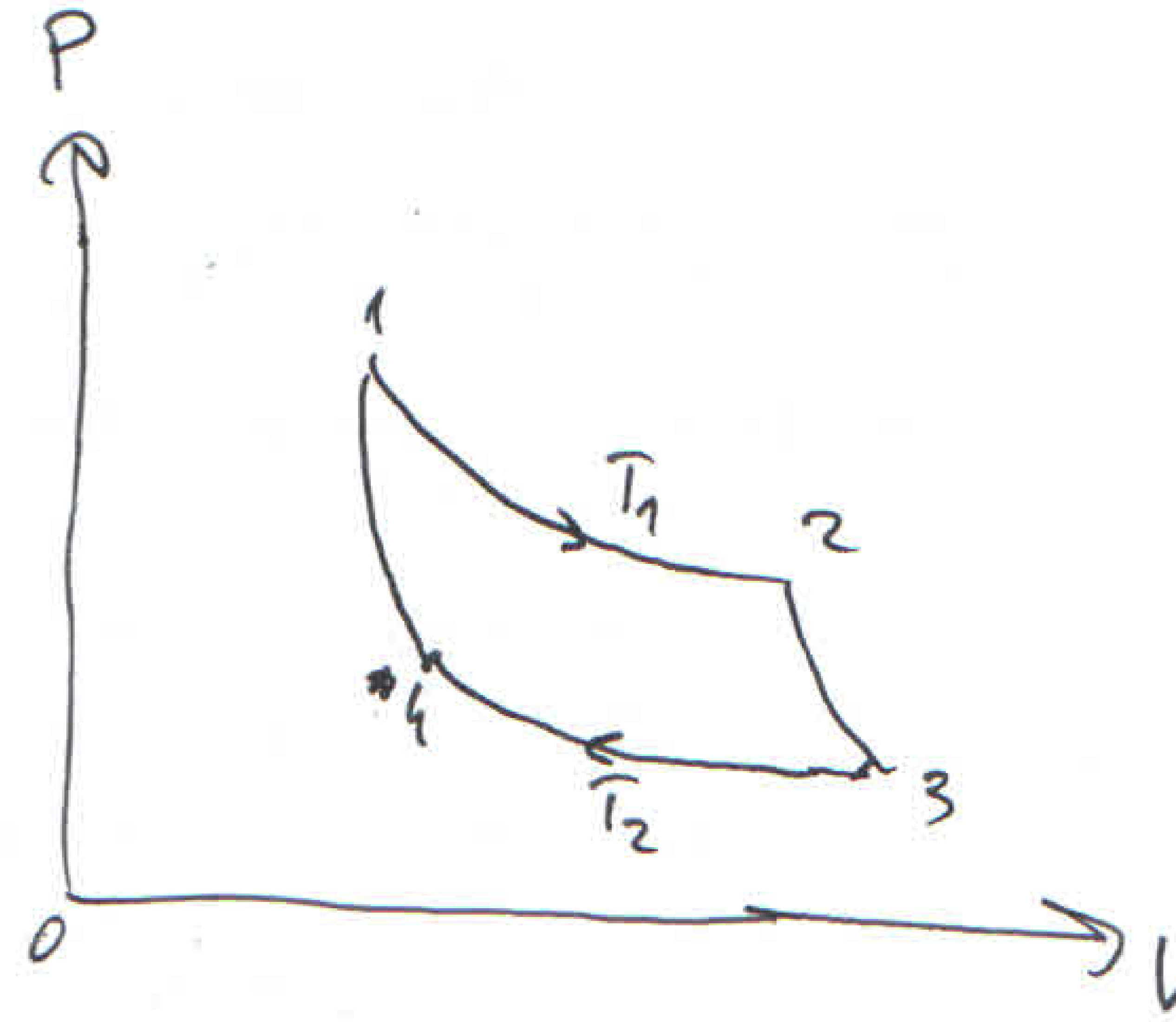
$\nu = 1$ моль

η

$A = A_{23}$

$T_2 - ?$

N6.



цикл Карно

$\Downarrow$

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

2-3 адиаб $\Rightarrow Q_{23} = 0$

I з-н термодинамики

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

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

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{23} = \frac{3}{2}\nu R (T_3 - T_2)$$

C

L

$$\Rightarrow A = \frac{3}{2}\nu R (T_2 - T_3)$$

$$T_2 = T_1 \quad T_3 = T_2$$

q_1

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

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

Ответ: $\boxed{T_2 = \frac{2A(1-\eta)}{3\nu R \eta}}$

a

$4q$

$W_п - ?$

N7

подм. проводник (П) к 1 ш.

$\Rightarrow q_1 = q_п$ заряды перераспр. равномерно

Закон сохр. заряда: (ЗСЗ)

$$q_1 + q_п = 4q \Rightarrow q_1 = q_п = 2q$$

новый заряд 1 ш.

заряд П

подм. П к 2 ш. $\Rightarrow q_2 = q_п'$ ЗСЗ $\Rightarrow q_2 + q_п' = q_п = 2q$

$$q_2 = q_п' = q$$

заряд 2 ш.

новый заряд проводника

подм. П к 3 ш. $\Rightarrow q_3 = q_п''$ заряд 3 ш

ЗСЗ: $q_3 + q_п'' = q_п' = q$

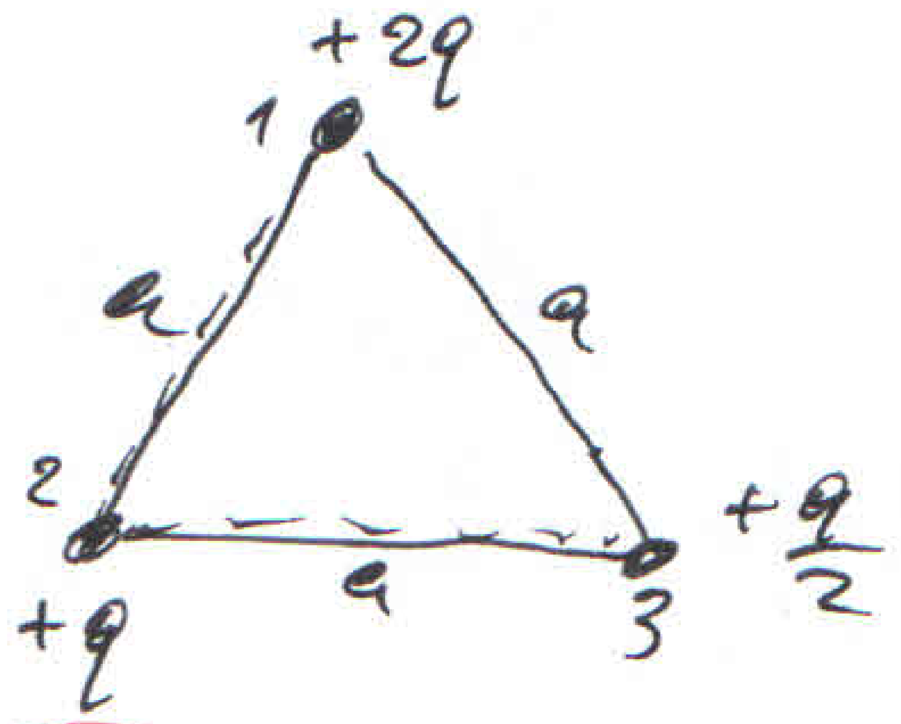
новый заряд П

$$\Rightarrow q_3 = q_п'' = \frac{q}{2}$$

(прод. следует)

№7 (прод.)

$$W_п = W_{12} + W_{23} + W_{13}$$



$$W_{пот} = \frac{k q_1 q_2}{R} \qquad W_{12} = \frac{k \cdot 2q \cdot q}{a}$$

$$W_{23} = \frac{k \cdot q \cdot \frac{q}{2}}{a} \qquad W_{13} = \frac{k \cdot 2q \cdot \frac{q}{2}}{a}$$

$$\Rightarrow \boxed{W_п = \frac{7kq^2}{2a}}$$

−

Отв.!

+

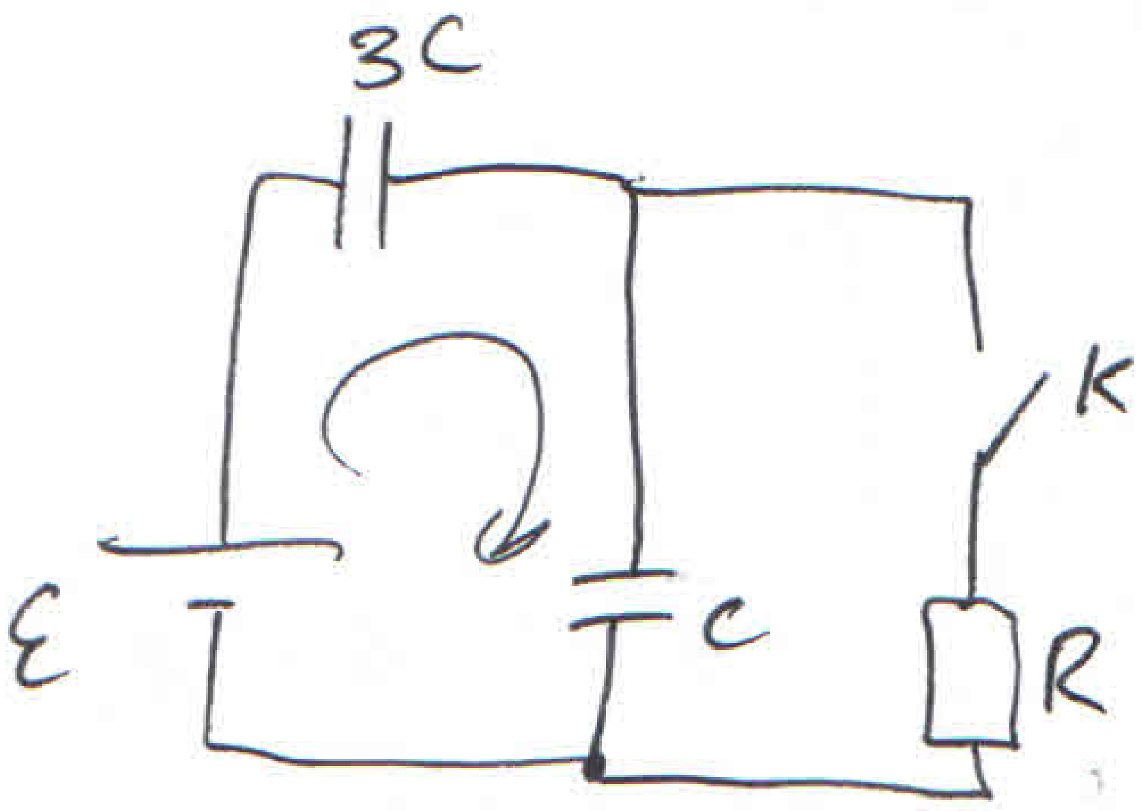
№8.

ε
$3C$
C
$Q-?$

K разм.:

II з-н Кирхгофа:

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



$$\varepsilon = U_{3c} + U_c \qquad q_{3c} = q_c = q_1$$

(послед. соед)

$$\varepsilon = \frac{q_1}{3C} + \frac{q_1}{C} = \frac{4q_1}{3C}$$

$$q_1 = \frac{3C\varepsilon}{4} \qquad \Rightarrow \frac{q_1}{C} = \frac{3\varepsilon}{4}$$

K зам: т.к. в цепи конденсатор. 3C $\Rightarrow$ ток прекратится $(I=0) \Rightarrow U_R = IR = 0$ (пад. напр. на R)

R и C параллельно соед $\Rightarrow U_c' = U_R = IR = 0$

$U_c' = 0 \Rightarrow q_c' = 0$ конденс. C не заряж.

K зам: II з-н Кирхгофа: $\varepsilon = U_{3c}' + U_c' = U_{3c}' = \frac{q_2}{3C}$

$$\Rightarrow q_2 = 3C\varepsilon \qquad \Delta q = q_2 - q_1 = \frac{9C\varepsilon}{4}$$

$\Delta W = W_2 - W_1$ – измен-е энергии конденсаторов $\qquad W = \frac{q^2}{2C}$ – эн-я конд.

$$W_2 = W_{3c}' + W_c' = \frac{q_2^2}{2 \cdot 3C} + 0 = \frac{9C^2\varepsilon^2}{6C} = \frac{3C\varepsilon^2}{2}$$

$$W_1 = W_{3c} + W_c = \frac{q_1^2}{2 \cdot 3C} + \frac{q_1^2}{2C} = \frac{9C^2\varepsilon^2}{16 \cdot 6C} + \frac{9C^2\varepsilon^2}{16 \cdot 2C} = \frac{3C\varepsilon^2}{8}$$

(прод. следует)

№8 (прод.)

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \frac{9C\varepsilon^2}{8}$$

ЗСЭ: $A_{ист} = \Delta W + Q$ $\qquad A_{ист} = \varepsilon \Delta q$

$$\varepsilon \cdot \frac{9C\varepsilon}{4} = \frac{9C\varepsilon^2}{8} + Q \Rightarrow \boxed{Q = \frac{9C\varepsilon^2}{8}}$$

Отв.: ?

$$Q = \frac{C\varepsilon^2}{8}$$

№9.

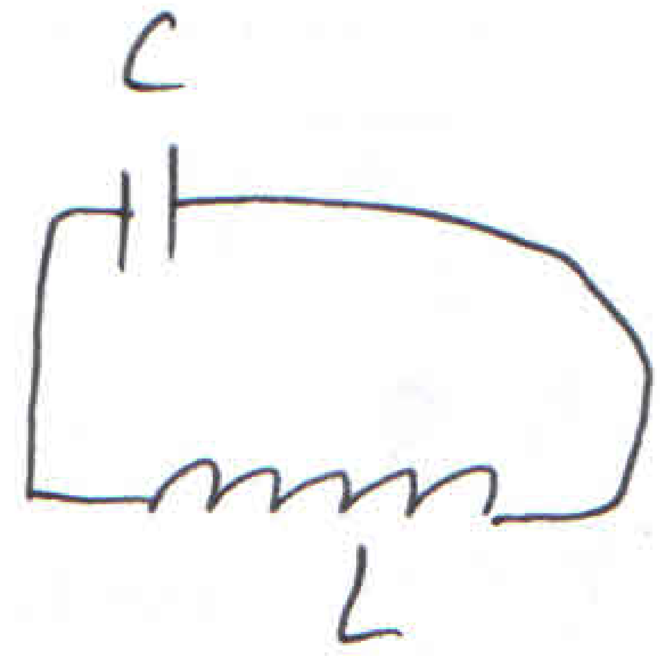
$C = 20 \cdot 10^{-6}$ Ф

$L = 4{,}5 \cdot 10^{-3}$ Гн

$q_m = 10 \cdot 10^{-9}$ Кл

$q = 6 \cdot 10^{-9}$ Кл $= q(\tau)$

$I(\tau) - ?$



$$q(t) = q_m \cos \omega t$$

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = -\omega q_m \sin \omega t$$

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ ← период колеб. L-C контура

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

$$q(\tau) = q = q_m \cos \omega\tau \Rightarrow \cos \omega\tau = \frac{q}{q_m}$$

$$\sin \omega\tau = \pm\sqrt{1 - \cos^2 \omega\tau} = \pm\sqrt{1 - \frac{q^2}{q_m^2}} = \pm \frac{\sqrt{q_m^2 - q^2}}{q_m}$$

(ОТТ)

$$I(\tau) = -\omega q_m \sin(\omega\tau) = -\frac{q_m}{\sqrt{LC}} \cdot \left(\pm \frac{\sqrt{q_m^2 - q^2}}{q_m}\right)$$

$$\Rightarrow |I(\tau)| = \sqrt{\frac{q_m^2 - q^2}{LC}} \approx 2{,}6 \cdot 10^{-5} A$$

Ответ: $I \simeq 2{,}6 \cdot 10^{-5}$ A

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
									6	

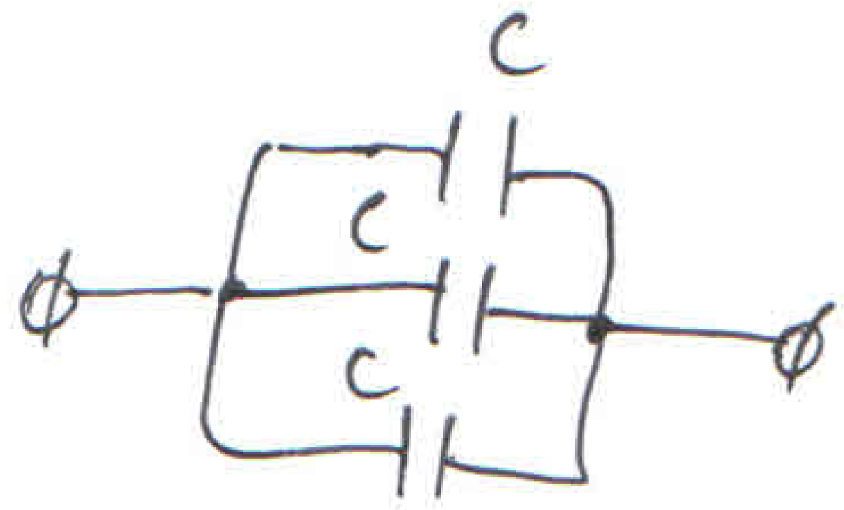
Шифр 119467
(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 4

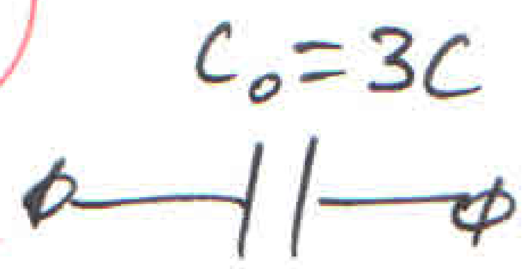
№10

α
b
C
B

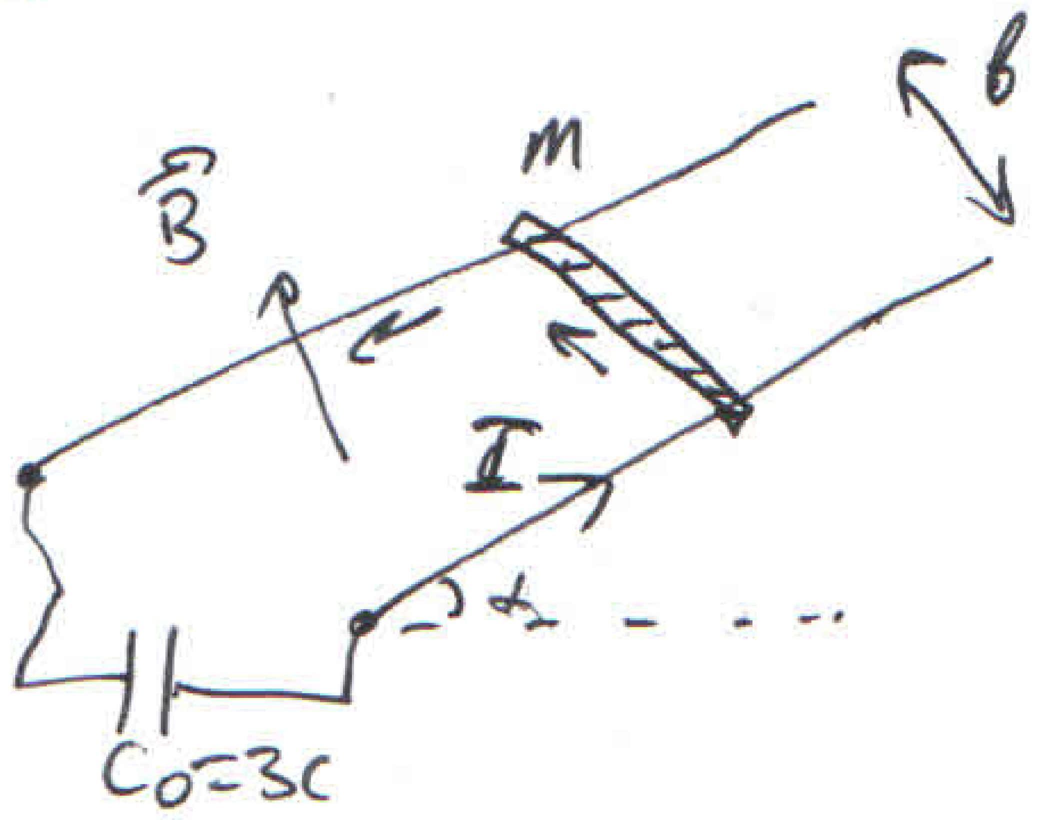
a-?



$C_0=C+C+C=3C$ ⟺ +

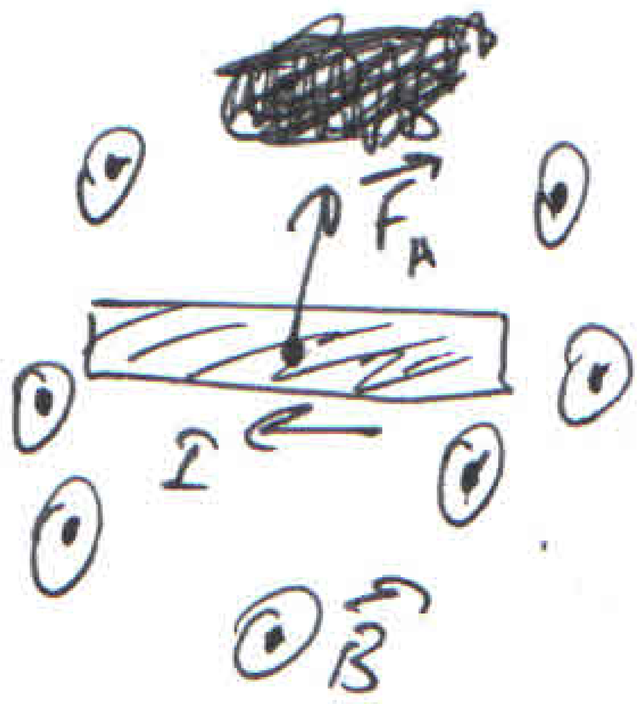


по правилу Ленца индукц. ток (I) напр. так, как на рисунке



На проводник с током в магн. поле действ. сила Ампера $F_A = BIb\sin\alpha = BIb$ $\vec{B} \perp$ перемычке $\Rightarrow \sin\alpha = 1$

по пр-лу левой руки $\vec{F_A}$ направлена против движ. перемычки (от конденс.)

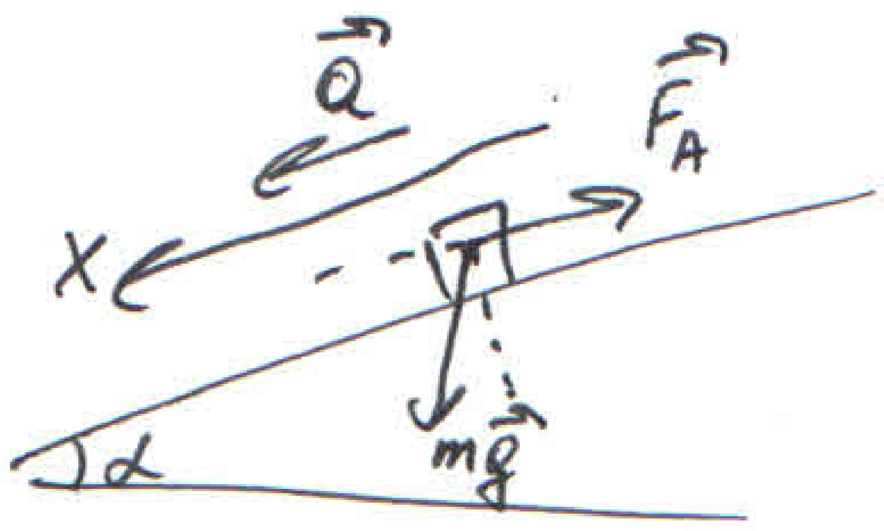


ЗСЭ: $W_c = E_{кин}$ $W_c = \frac{q^2}{2C_0}$ $E_{кин} = \frac{m v^2}{2}$

$\frac{q^2}{2C_0} = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow q = v\sqrt{mC_0}$

$I = \frac{q}{t} = \frac{v}{t}\sqrt{mC_0}$ $\frac{v}{t} = a$

$\Rightarrow I = a\sqrt{mC_0}$



II з-н Ньютона для перемычки: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F_A}$

OX: $ma = mg\sin\alpha - BIb = mg\sin\alpha - Bab\sqrt{mC_0}$

(прод. следует)

№10 (прод.)

$$\cancel{\ldots}\quad ma + aBb\sqrt{mc_0} = mg\sin\alpha$$

$$a = \frac{mg\sin\alpha}{m + Bb\sqrt{mc_0}} = \boxed{\frac{mg\sin\alpha}{m+Bb\sqrt{3mc}}}$$

Отв.: ↑

+/−