Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

119414

Шифр ______________

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И. О. участника Громков Александр Евгеньевич

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, лицей 1580 при МГТУ им. Баумана

Регистрационный номер ШМ0702

Вариант задания 1

Дата проведения «19» марта 20 17 г.

Подпись участника

70 (семьдесят)

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

119414

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

Σ 70

Шифр ______________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1

№ 1

Дано:

$\alpha = 60°$

$V_0 = 10$ м/с

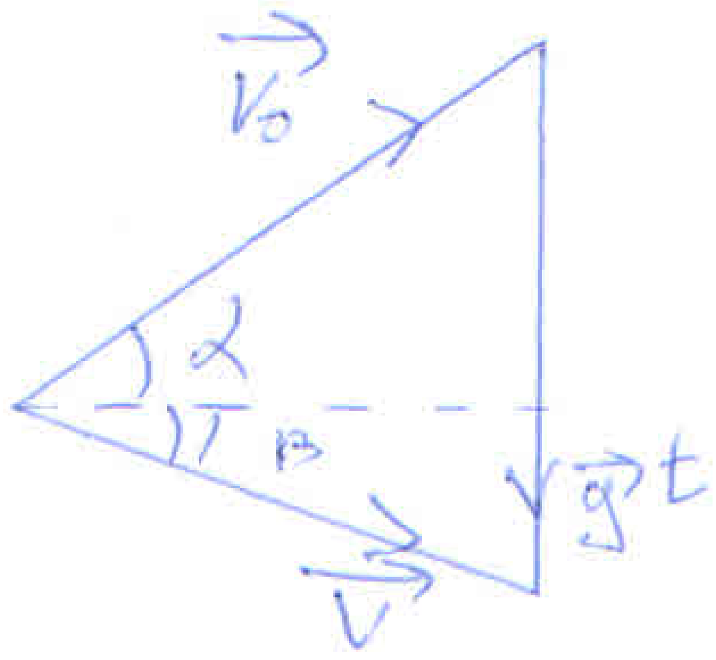
$h = 2$ м

$g = 10$ м/с²

$\beta - ?$

Решение:

1) Нарисуем треугольник скоростей:



2) $V^2 = V_0^2 - 2gh$

3) $h = V_0 t \sin\alpha - \frac{gt^2}{2}$

$\Rightarrow gt^2 - 2V_0 t \sin\alpha + 2h = 0$

$\Rightarrow t = \dfrac{V_0 \sin\alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2\alpha - 2gh}}{g}$

+

4) Теорема косинусов для $(90 - \alpha)$:

$V^2 = g^2t^2 + V_0^2 - 2V_0 g t \cos(90 - \alpha)$

Теорема косинусов для $(90 - \beta)$:

$V_0^2 = V^2 + g^2t^2 - 2Vgt\cos(90 - \beta)$

~~Выразим~~

~~Выче~~ Вычтем:

$$v^2 - v_0^2 = v_0^2 - v^2 - 2v_0gt\sin\alpha + 2vgt\sin\beta$$

Т.к. $v^2 - v_0^2 = -2gh$

$$2v_0gt\sin\alpha - 4gh = 2vgt\sin\beta.$$

$$\Rightarrow \sin\beta = \frac{v_0\sin\alpha}{v} - \frac{2h}{vt}$$

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

$$= \frac{10\cdot\frac{\sqrt3}{2}}{\sqrt{100-2\cdot10\cdot2}} - \frac{2\cdot10\cdot2}{\sqrt{100-2\cdot10\cdot2}\left(10\cdot\frac{\sqrt3}{2}+\sqrt{100\cdot\frac34-2\cdot10\cdot2}\right)} =$$

$$= \frac{10\sqrt3}{2\sqrt{60}} - \frac{40}{\sqrt{60}\left(\frac{10\sqrt3}{2}+\sqrt{75-40}\right)} =$$

$$= \frac{10}{2\sqrt{20}} - \frac{40}{\sqrt{60}\left(\frac{10\sqrt3}{2}+\sqrt{35}\right)} =$$

$$= \frac{5}{\sqrt{20}} - \frac{40}{\sqrt{15}\left(10\sqrt3+2\sqrt{35}\right)} =$$

$$= 1{,}118034 - \frac{10.327956}{17.32051+11{,}832160} =$$

$$= 1{,}118034 - \frac{10.327956}{29.152070} = 1{,}118034 -$$

$$- 0{,}354271 = 0{,}763763$$

$$\beta = \arcsin(0{,}763763) = 55.3^\circ$$

Ответ: $\beta = 55.3^\circ$

№ 4.

Дано:

$m = 1$ кг.
$M = 5$ кг.
$h = 5$ м.
$v = 6$ м/с.
$g = 10$ м/с².

$\Delta W - ?$

Решение:

1) По закону сохранения импульсов.

$Mv = (M+m)u$

$\Rightarrow u = \frac{Mv}{M+m} = \frac{5 \cdot 6}{6} = 5$ м/с.

2) По закону сохранения энергии:

$\Delta W = mgh + \frac{Mv^2}{2} - \frac{(M+m)u^2}{2}$

$\Delta W = 1 \cdot 10 \cdot 5 + \frac{5 \cdot 36}{2} - \frac{6 \cdot 5^2}{2} =$

$= 50 + 90 - 75 = 140 - 75 = 65$ Дж.

Ответ: 65 Дж.

+

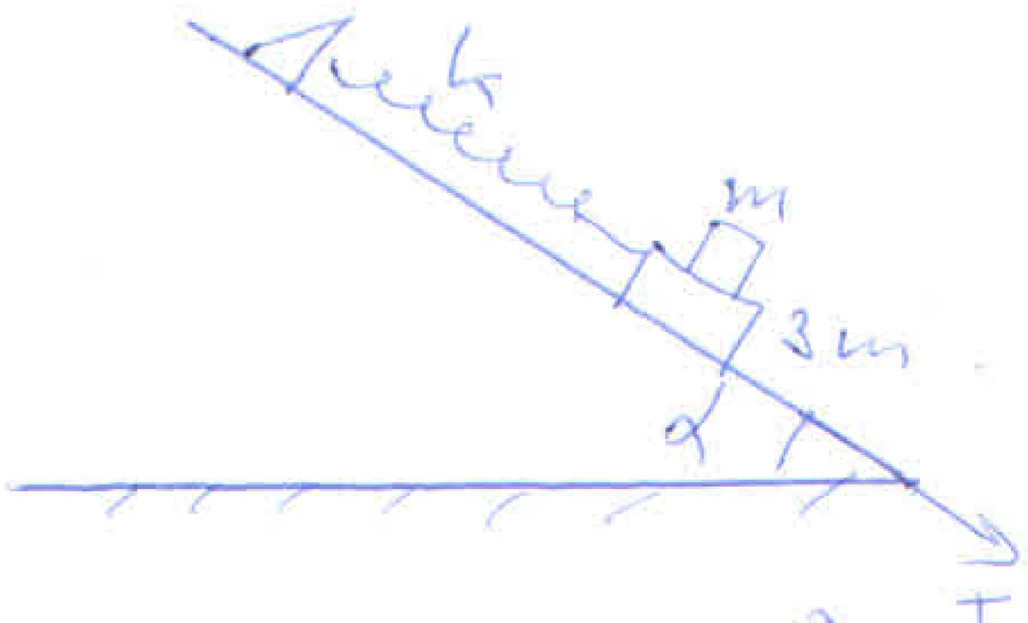
№ 3

Дано:

α
$3m$
m
k
A

$M - ?$

Решение:



1) $x(t) = A\sin(\omega t)$; $\omega = \sqrt{\frac{k}{4m}}$

$\Rightarrow x = A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{4m}} \cdot t\right)$

2) $a_x = v_x'$; $v_x = x' = \sqrt{\frac{k}{4m}} \cdot A \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{4m}} \cdot t\right)$ +

3) $a_x = \frac{-k \cdot A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{4m}} \cdot t\right)}{4m}$

2 закон Ньютона для m:

$\cancel{3)}$ $\vec{F}_{тр} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

+

$Ox:\ F_{тр_x} + mg\sin\alpha = ma_x$

$F_{тр_x} = F_{тр_x}(t) = \frac{-m\cancel{\ }k\cdot A\cdot\sin\left(\sqrt{\frac{k}{4m}}\cdot t\right)}{4m} - mg\sin\alpha$

$F_{тр_x} = -m\left(A w^2\cdot\sin\left(\sqrt{\frac{k}{4m}}\cdot t\right) + g\sin\alpha\right)$

4) По закону Кулона-Амонтона:

+

$\mu N \geq |F_{тр_{max}}| = \frac{mkA\sin wt}{4m} + mg\sin\alpha$

$\Rightarrow \mu \geq \frac{Ak\sin wt}{4mg\cos\alpha} + tg\alpha.$

$\Rightarrow \mu \geq \frac{Ak\sin\left(\sqrt{\frac{k}{4m}}\cdot t\right)}{4mg\cos\alpha} + tg\alpha.$

+

Ответ: $\mu = \frac{Ak\sin\left(\sqrt{\frac{k}{4m}}\cdot t\right)}{4mg\cos\alpha} + tg\alpha$

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

119414

119414

Шифр ____________

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 1

№10.

Дано:

α

b

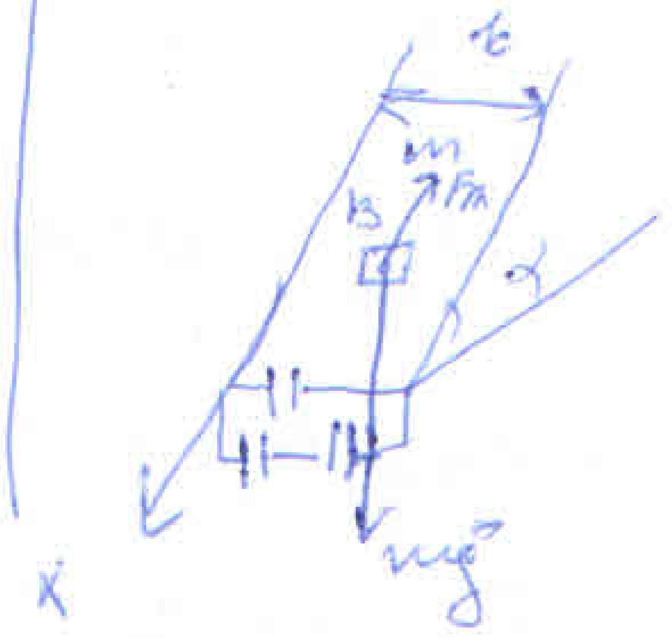
m

$C_1 = C_2 = C_3$

B

$a - ?$

Решение:



по 2 закону Ньютона:

ox: $ma = mg\sin\alpha - IBb$.

по определению силы тока:

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C_0 U)}{dt}.$$ +

Найдём C_0. Общая ёмкость снизу: $\frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{2}{C}$.

$\Rightarrow C_{низ} = \frac{C}{2}$.

Общая ёмкость сверху равна C.

$\Rightarrow C_0 = \frac{C}{2} + C = \frac{3}{2}C$. +

При движении перемычки происходит изменение магнитного потока, поэтому возникает ЭДС самоиндукции. Движение перемычки равноускорено, поэтому значение ЭДС (на конденсаторе) изменяется. Поэтому, несмотря на разрыв цепи в контуре будет существовать ток зарядки конденсатора. Этот ток будет причиной возникновения силы Ампера тормозящей перемычку. Значение ЭДС находим используя закон Фарадея.

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = vBb. \Rightarrow a = \frac{mg\sin\alpha}{m + C_0B^2b^2} = \frac{mg\sin\alpha}{m + \frac{3}{2}CB^2b^2} = \frac{2mg\sin\alpha}{2m + 3CB^2b^2}.$$

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

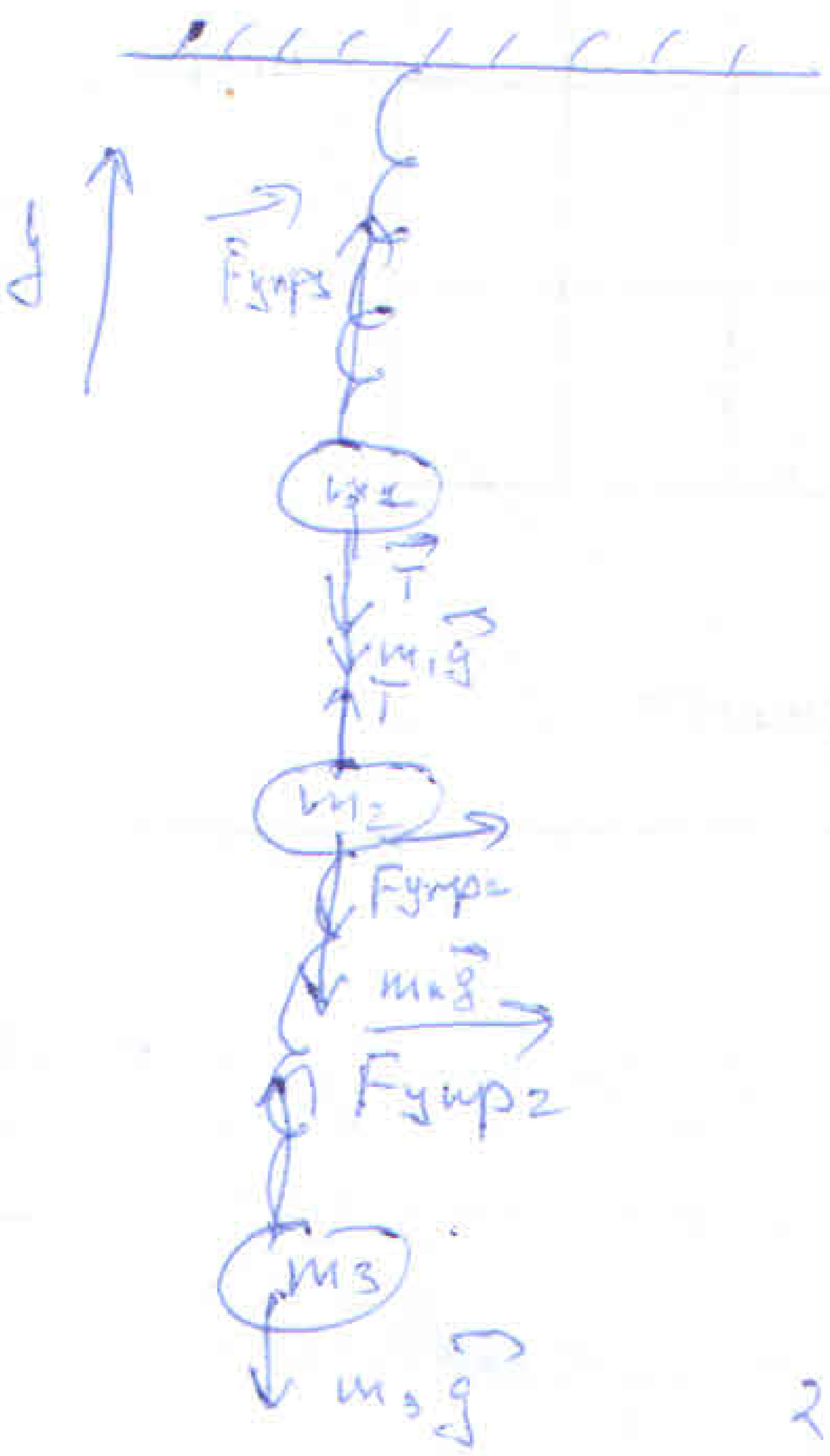
№ 2

Дано:

$m_1 = 5$ кг.
$m_2 = 1$ кг.
$m_3 = 2$ кг.
$g = 9{,}87$ м/с²

T – ?
a – ?

Решение:



1) Мысленно представим что на нити находится динамометр, получается, что к нему прикреплены грузы массами m_2, m_3. Его показания будут равны:

$T = g(m_2 + m_3) = 9{,}87(1+2) = 29{,}61$ Н.

2) В момент пережигания нити на верхний шар действуют только 2 силы: $\vec{F}_{упр1}$ и $m_1\vec{g}$ которые и сообщают шару ускорение по 2 закону Ньютона:

$m_1\vec{a} = m_1\vec{g} + \vec{F}_{упр1}$

$F_{упр1} = g(m_1 + m_2 + m_3)$.

2 закон Ньютона:

$m_1 a = F_{упр1} - m_1 g$.

$m_1 a = g(m_1 + m_2 + m_3) - m_1 g$

$a = \dfrac{g(m_1 + m_2 + m_3)}{m_1} - g = \dfrac{9{,}87(5+1+2)}{5} - 9{,}87 = 5{,}922$ м/с²

Ответ: $T = 29{,}61$ Н; $a = 5{,}922$ м/с².

№ 9.

Дано:

$T = 2\pi \cdot 10^{-5}$ с.

$q = 5$ нКл.

$I = 0{,}8$ мА.

I_m - ?

Решение:

1) В некоторый момент времени энергия в контуре равна:

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

2) По формуле Томсона

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$ +

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

3) Когда сила тока в цепи максимальна:

$$W = \frac{LI_m^2}{2}$$

4) По закону сохранения энергии:

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} \quad \Big| : \frac{L}{2}$$

$$\frac{q^2}{2C} + I^2 = I_m^2$$

$$I_m = \sqrt{\frac{q^2}{LC} + I^2} = \sqrt{\frac{4q^2\pi^2}{T^2} + I^2} = 9{,}4 \cdot 10^{-4} \text{ А}.$$

Ответ: $I_m = 9{,}4 \cdot 10^{-4}$ А.

+

№6.

Дано:

$\nu = 1$ моль

$i = 3$

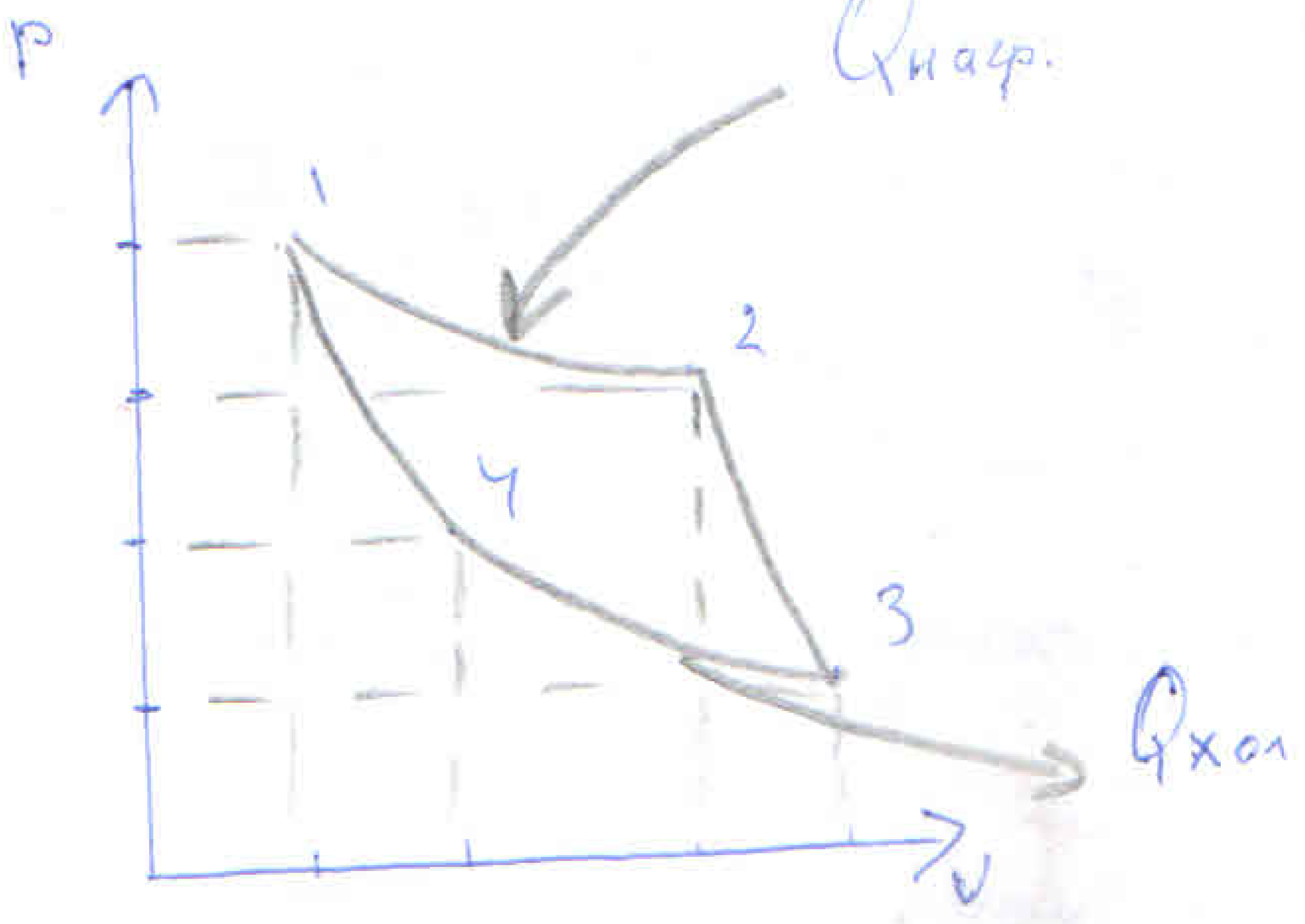
η

A

$R = 8,31 \frac{Дж}{моль\,К}$

$T_{1-2} - ?$

Решение:



1) $\eta = \frac{T_{12} - T_{34}}{T_{12}} = 1 - \frac{T_{34}}{T_{12}}$ +

$\frac{T_{34}}{T_{12}} = 1 - \eta$ +

$T_{34} = (1-\eta) T_{12}$

2) $Q_{23} = 0$ (адиабата)

$\Rightarrow A_{23} = A = -\Delta U_{23} = \frac{i}{2} \cdot \nu R (T_{12} - T_{34})$

$T_{12} - T_{34} = \frac{2A}{i\nu R}$

$T_{34} = T_{12} - \frac{2A}{i\nu R}$.

3) $T_{12} - \frac{2A}{i\nu R} = (1-\eta) T_{12}$

$T_{12} - \frac{2A}{i\nu R} = T_{12} - T_{12}\eta$ +

$\frac{2A}{i\nu R} = T_{12}\eta$

$\Rightarrow T_{12} = \frac{2A}{i\nu R\eta} = \frac{2A}{3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot \eta} = \frac{2A}{24,93\eta} = \frac{A}{12,465\eta} =$

$= 0,080225 \frac{A}{\eta}$ К.

Ответ: $T_{12} = 0,080225 \frac{A}{\eta}$ К.