

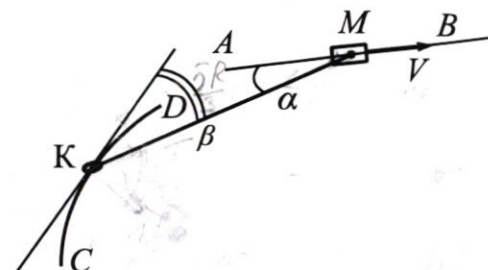
Олимпиада «Физтех» по физике,

Вариант 11-01

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



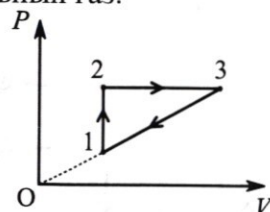
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

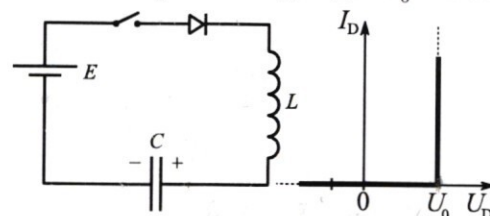
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

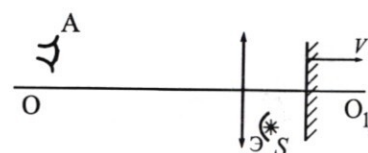


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N5 Дано:

Решение:

 $\updownarrow$ Γ

1) Перейдем в с.о. отн

$$X = \frac{3F}{4}$$

зеркало, в ней предстает

$$d_o = \frac{F}{2}$$

двигается со скоростью V от



зеркала, а рассм. между ~~мн~~

$$l = F$$

зеркалом и предметом $\frac{F}{2}$

1) φ

Отт Зеркала уход предмета S'

2) $\angle$ - ?

будет находиться на высот. $\frac{E}{2}$ по другую сторону

3/11-?

директ. (вст. между ценой предмета и OO_1) $\chi = \frac{3F}{4}$

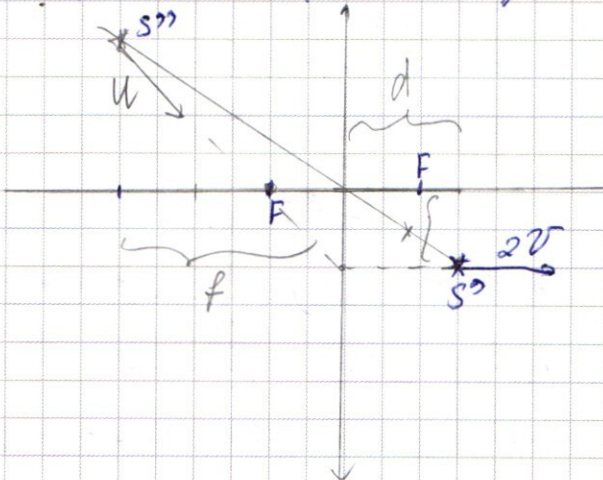
а скорости отражения от зеркала $v_{\text{и}}$

направлено влево, а отн. земл. скорость

изображения 2V вправо (гидовили переносного
скорости зеркала)

Отн. length S^2 также зависит от скорости

2V Вправо по S' - уге предмет для линзы:



от-ростовские от 5' 90
миллион

$$a = \frac{3E}{2}$$

Для сохранения микробов

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \rightarrow \text{уобращенный}$$

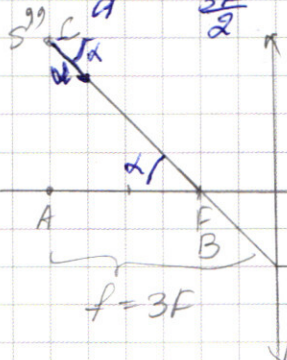
$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{3A}{2}}{\frac{A}{2}} = 3F \rightarrow \text{no emergency on A and B}$$

2) скорости предмета и изображения в с.о. линзы, а вернее прямые их содержащие пересекаются в 1 точке на линзе, но, так как $2V \parallel OO_1 \Rightarrow$ прямая проходящая через S'' по которой напр. U -скорость изображения проходит через фокус линзы.

$r = \frac{y}{x}$ — радиус изображения (поперечный) В нашем случае x, y — расстояния от предмета и шифр 90

радиус предмета (поперечный)

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{\frac{3F}{2}} = 2 = \frac{y}{x} \quad y = 2x = 2 \cdot \frac{3}{4}F = \frac{3}{2}F \quad OO_1$$



Рассм. $\triangle ABC$ (см. рис)

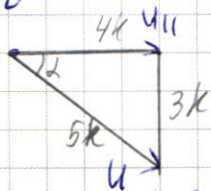
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{AC}{AB} = \frac{\frac{3}{2}F}{2F} = \frac{3}{4} \Rightarrow \begin{matrix} 3k \\ 4k \end{matrix}$$

3) Мы знаем, что проекции ~~из~~ состав скорости Предмета и шифр. отсюда так: $\frac{u_{||}}{v_{||}} = \Gamma^2 \rightarrow$ прод. ск. шифр.

$$\frac{u_{||}}{2v} = 4 \quad u_{||} = 8v$$

$$\cos \alpha = \frac{4}{5} = \frac{u_{||}}{u}$$

$$u = \frac{5u_{||}}{4} = \frac{5 \cdot 8v}{4} = 10v$$



Ответ: 1) $f = 3F$; 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$; 3) $u = 10v$



$$\gamma = \frac{q}{m}$$

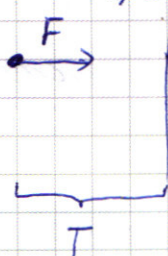
$$v_0 = 0$$

T

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot 2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

1 пластина

y конденсатора



1) $\vec{F} = \vec{E}q = \text{const} \Rightarrow$ движение равноускоренное.

$$\frac{3}{4}d = \frac{0 + v_1}{2} \cdot T \quad (\text{из кинематики})$$

$$v_1 = \frac{3d}{2T} \quad \text{конц. т.м.}$$

$$2) A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{mv_1^2}{2} - 0 \quad (\text{по 3. од кин. энергии})$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = Ed \cdot \frac{3}{4} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot \frac{3d}{4}$$

разность пот. в начальной и конечной точках

заряд одной пластины (положительно заряж.)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

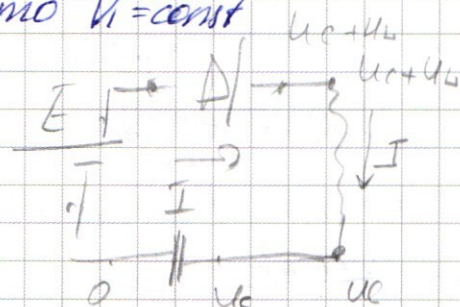
$$\frac{mV_1^2}{2} = q \cdot \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{3}{2} d \quad V_1 = \frac{3d}{2T} \quad \text{из 1) пункта}$$

$$q = \frac{mV_1^2 \cdot 2\pi\epsilon_0}{3dQ} = \frac{3d \cdot 2\pi\epsilon_0}{2T^2 \cdot 3d \cdot 2} = \frac{3d\pi\epsilon_0}{2T^2}$$

3) $U_{\infty} = 0$

Если на тело не действуют силы то $\vec{V}_1 = \text{const}$

Ответ: $V_1 = \frac{3d}{2T}$ 2) $q = \frac{3d\pi\epsilon_0}{2T^2}$; 3) $V_1 = \frac{3d}{2T}$



$$E - U_C - U_B = U_0$$

№4 Дано:

$E = 9\text{В}$

$C = 40\text{мкФ}$

$U_1 = 5\text{В}$

$L = 0,1\text{Гн}$

$U_0 = 1\text{В}$

Найти:

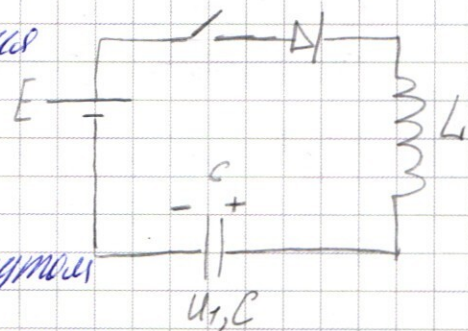
1) $I'(0)$

2) I_{max}

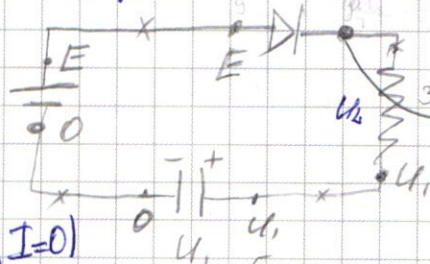
3) U_2 - чет. на конд.

Решение:

1) Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе такое же какое было при разомкнутом ключе, т.к. скачкообразно не меняется, а ток через катушку тоже остался прежним ($\neq 0$) $\Rightarrow$ через цепь тока нет



Вспомогательный метод потенциалов:



I) ключ открыт ($U_0 = U_0$; $I \geq 0$)
В общем случае $I = 0$

$E - U_0 = U_1$ Тогда напряжение на катушке $E - U_0 - U_1$
 $U_1 = L \cdot I'(0)$ $I'(0) = \frac{E - U_0 - U_1}{L} = \frac{9 - 1 - 5}{0,1} = 30 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$

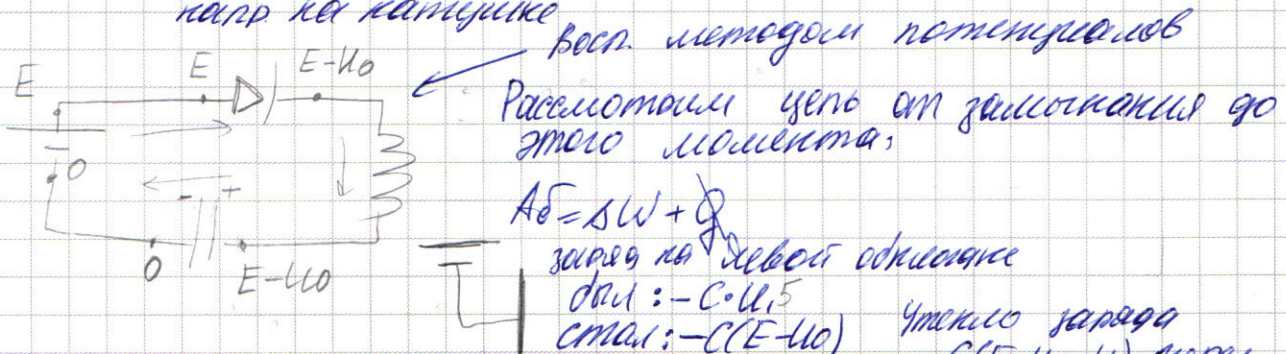
II) ключ замкнут ($U_0 = 0$; $I = 0$)

$\frac{E - U_1}{L} = I'(0) = 40 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$

В После замыкания ключа т.к. не был заряжен $U_0 = 0 \Rightarrow$

⇒ верен вариант №2 $I'(0) = 40 \frac{B}{H}$
 2) Пусть в цепи протекает максимальный ток ⇒ диод открыт
 ⇒ на нем напряжение U_0 , т.к. ток максимален

$I' = 0 \Rightarrow U_L = L \cdot I' = 0 \rightarrow$ ид. провод:
 напр. к катушке



$A\delta = \Delta W + Q$

заряд на левой обкладке

для: $-C \cdot U_{L1}$

спра: $-C(E - U_0)$

учисло заряда

$C(E - U_0 - U_{L1})$

через батарею

$\Rightarrow A\delta = C(E - U_0 - U_{L1}) \cdot E$

W_{max} - энергия ~~то~~ сразу после $\frac{L I^2}{2} + \frac{C U_1^2}{2}$

W_{max} - энергия в момент макс тока $I = 0$

$W_{\text{max}} = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C U_k^2}{2}$
 напр на конд $U_k = E - U_0$

Умнож: $E \cdot C(E - U_0 - U_{L1}) = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C(E - U_0)^2}{2} - \frac{C U_{L1}^2}{2}$

$L I_{\text{max}}^2 = 2EC(E - U_0 - U_{L1}) - C(E - U_0)^2 + U_{L1}^2 \cdot C$

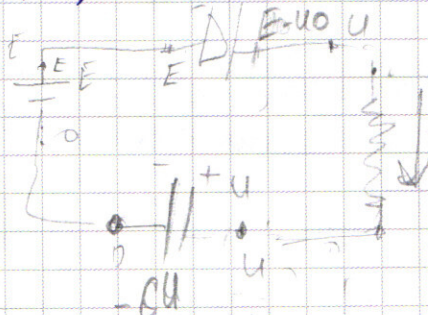
$L I_{\text{max}}^2 = C(2E^2 - 2EU_0 - 2U_{L1}E - E^2 + 2EU_0 - U_0^2 + U_{L1}^2)$

$L I_{\text{max}}^2 = C(E^2 - U_0^2 + U_{L1}^2 - 2U_{L1}E)$

$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L}(E^2 - U_0^2 + U_{L1}^2 - 2U_{L1}E)} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,7} \left(\frac{81}{80} - \frac{1}{10} + \frac{25}{90} - 2 \cdot 5 \cdot 9 \right)} =$

$= \sqrt{400 \cdot 10^{-6} \cdot 15} = \sqrt{6000 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{6 \cdot 10^{-3}} = \sqrt{60 \cdot 10^{-4}} = 10^{-2} \cdot \sqrt{60} \approx 0,08 \text{ (A)}$

3) В установившемся состоянии



I) вариант. $I = \text{const}$ $U_2 = 8 \text{ (B)}$

II) вариант $I = 0$

Ответ: 1) $I'(0) = 40 \frac{B}{H}$; 2) $I_{\text{max}} = 0,08 \text{ (A)}$

3) $U_2 = 8 \text{ B}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 Дано:

$$i=3$$

1-2 цеховый

2-3 щедры

3-1 правая вилка

Решение:

1) Температура повышается на 1-2 и 2-3

$$C_{1-2} = C_v \quad C_{2-3} = C_p$$

температуры теплообменности в
процессах 1-2, 2-3
и 3-4

Рассмотрим процесс 1-2 ^{ист} изохорный

$$2 = \frac{(K_{VO} - 110)(K_{RO} - 110)}{g_{12} + g_{23}}$$

$$A_{12} = 0; \Delta U_{12} = \frac{i}{2} V R \Delta T_{12} \quad Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} \text{ (no net work done)} \\ Q_{12} = \frac{i}{2} V R \Delta T_{12} = C_V \cdot V \Delta T_{12} \quad C_V = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R \text{ (monoatomic)}$$

$$V_{\text{oppo}} (k-1)^2$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (K_{\text{пово}} - \text{пов}) + 2 \cdot (K_{\text{пово}} - \text{пов})$$

DoPO (H²-1)

$$k \cdot 0 \cdot \left(\frac{3}{2}(k-1) + 2k^2 - 2 \right)$$

$$\sqrt{1021} \approx 31.95$$

$$\frac{3}{7}k - \frac{3}{7} + 2k^2 - 2$$

$$x^2 - 1$$

$$2k^2 + \frac{3}{2}k - \frac{7}{2}$$

Рассмотрим процесс 2-3 изотермически

$$A_{23} = DRST_{23}; \Delta U_{23} = \frac{i}{2} DRST_{23} \quad U_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = (1 + \frac{i}{2}) RW_{23}$$

$$C_p = R + \frac{1}{2}R = R + \frac{3}{2}R$$

$$\frac{C_V}{C_P} = \frac{\frac{3}{2}R}{R + \frac{3}{2}R} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{5}{2}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

2) Найдем: $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} R \Delta T_{23}}{R \Delta T_{23}} = \frac{5}{2} = 2,5$

3) Требуется вывести КД такого числа (КД

Omben:

$$1) \frac{C_k}{C_p} = 96$$

$$2) \frac{Q_{23}}{Q_{23}} = 1,5$$

$$3) \eta = 1 - \frac{T_x}{T_H} = 1 - \frac{1}{K^2}$$

цикла карно) $\eta = \frac{T_H - T_x}{T_H} = 1 - \frac{T_x}{T_H}$

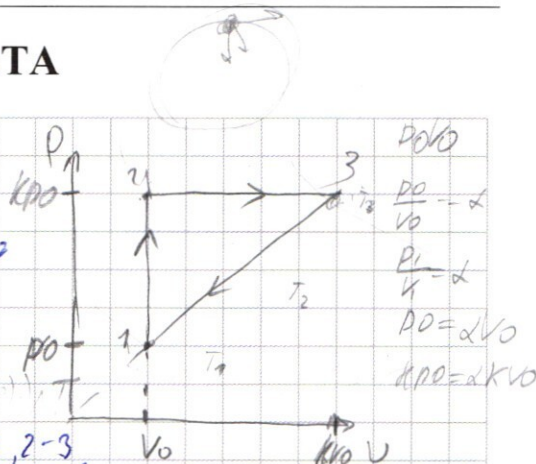
T_n - наименьшая температура газа (по шестерке
проходящей через т. з)

Тх - непостоянная температура среды по ширине,
передающей через т. 1) $Q = A T_3 = T_H$ $\frac{T_3}{T_1} = \frac{T_H}{T_2} = k^2$

где k - коэффициент;
в скелетной сум.
 V и P к ссост 3.

Если в м. 1 V_0 по м. 2 а
в м. 2 $KPO \Rightarrow$ в м. 3 KPO KPO

$p_{\text{povo}} = pRT_3$ (Mengenverhältnisse beachten) und 3
 $p_{\text{povo}} = pRT_1$ und 1



$$g = A = \frac{1}{2}(K_1 - K_0)(P_1 - P_0)$$

$$W_{PO} = VR \cdot T_x$$

$$p_1 V_1 = n R T_H$$

$$\frac{\lambda \times 10^3}{\alpha \times 10^2} = \frac{T_x}{T_H}$$

$$Ed = q_1 - q_2$$

$$q(q_1 - q_2) = A = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{q}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0} \cdot d$$

$$q \cdot \frac{q}{\epsilon_0} \cdot d = \frac{mv^2}{2}$$

$$v_1 = 0$$

$$v_1$$

$$0,75d$$

$$\frac{F}{m} = a$$

$$v_1 = 0$$

$$v_2$$

$$S = \frac{a_1^2}{2} - \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot r$$

$$\frac{v_2^2}{2} = S$$

$$T_3$$

$$T_1$$

$$T_3$$

$$A = U R \Delta T$$

$$U = \frac{3}{2} U R \Delta T$$

$$Q = \frac{3}{2} U R \Delta T_{31}$$

$$A = \frac{1}{2} U R \Delta T =$$

$$U = \frac{3}{2} U R \Delta T$$

$$Q = \frac{3}{2} U R \Delta T_{21}$$

$$A = \frac{1}{2} U R \Delta T =$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}$$

$$Q = U R \Delta T_{31}$$

$$Ed = q_1 - q_2$$

$$qEd = A$$

$$qEd = A = q$$

$$T_1 - T_2 + T_2 - T_3 = T_1 - T_3$$

$$k^2 \frac{v_0 v_0}{UR}$$

$$\frac{v_0 v_0}{UR}$$

$$k^2$$

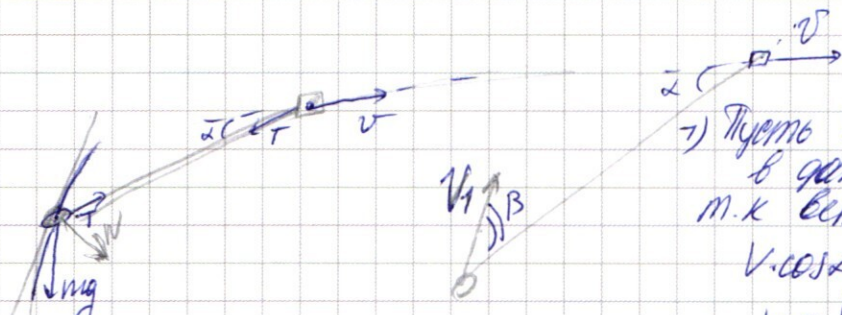
$$\frac{1}{k^2}$$

$$\frac{v_0(k v_0 - v_0)}{UR} - \frac{k v_0(k v_0 - v_0)}{UR} = T_1 - T_3$$

$$\frac{v_0 k v_0 - v_0 v_0 + k^2 v_0 v_0 - k v_0 v_0}{UR} T_3 - T_1 = \frac{v_0 v_0 (k^2 - 1)}{UR}$$

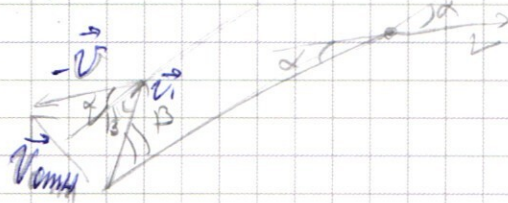
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1



1) Пусть V_1 - скорость кольца в данный момент времени т.к. веревка перемещается
 $V \cdot \cos \alpha = V_1 \cdot \cos \beta$
 $V_1 = \frac{V \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot \frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = 75 \text{ см/с}$

2) Скорость кольца отн. поверхности
 $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_1 - \vec{V}$



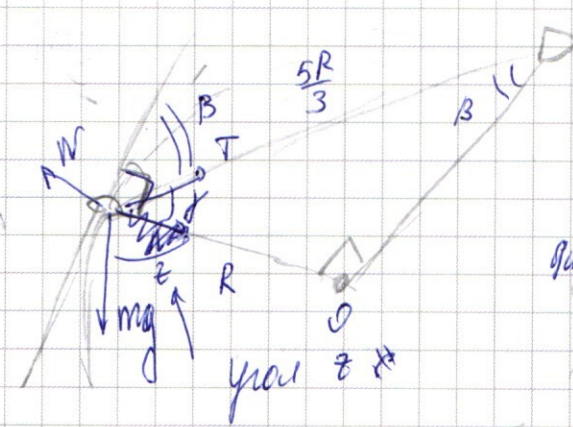
$$V_{отн}^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1 \cos(\alpha + \beta)$$

$$V_{отн}^2 = 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{17 \cdot 5} = 5929 \Rightarrow V_{отн} = 77 \text{ см/с}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{17 \cdot 5} = \frac{36}{85}$$

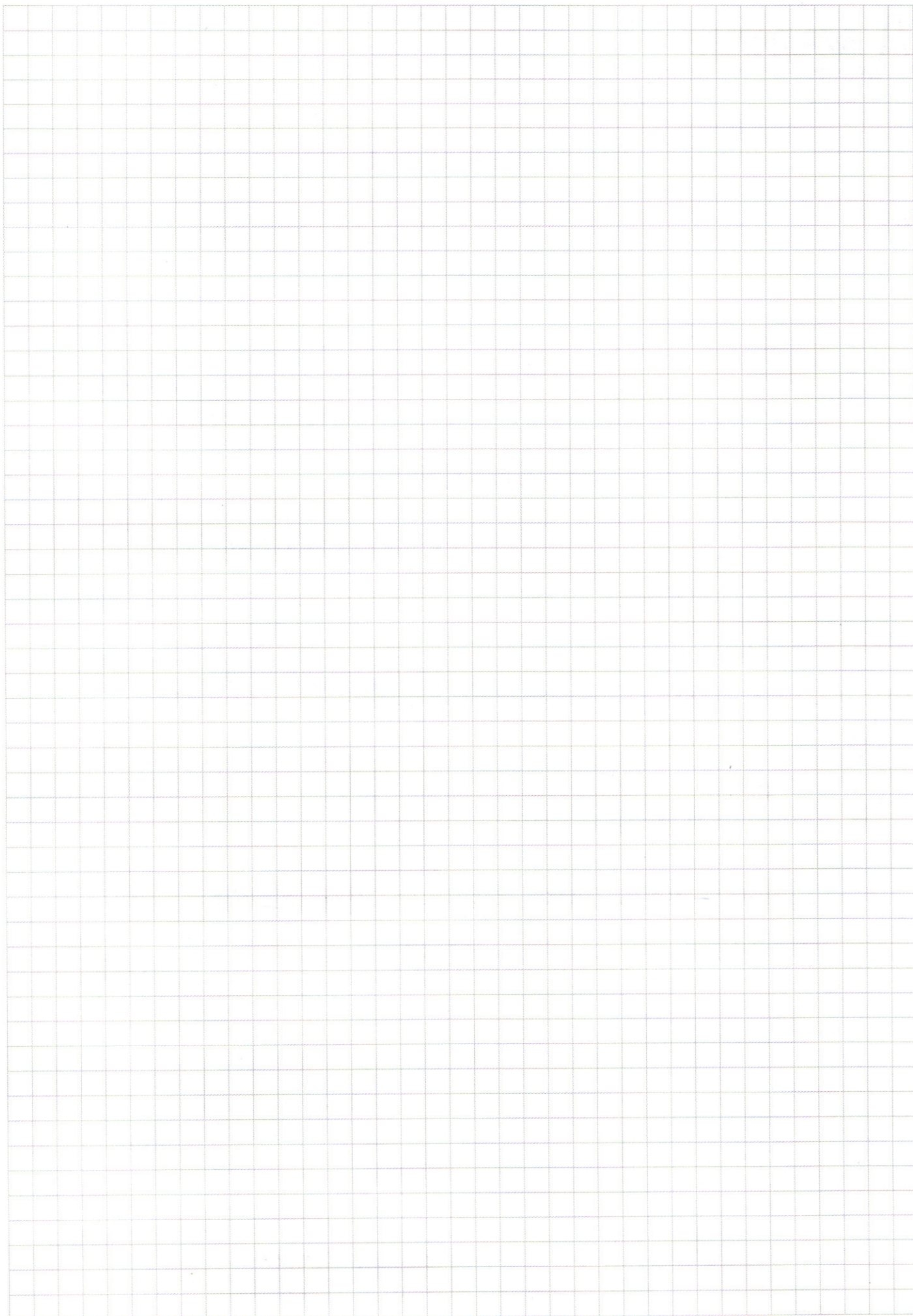
$$\Rightarrow 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85} = 15(16 \cdot 25 - 8 \cdot 36) + 68^2 = 15 \cdot 3(125 - 96) + 68^2 = 15 \cdot 3 \cdot 29 + 68^2 = 45 \cdot 29 + 68^2 = 1305 + 4624 = 5929 = 77^2 \Rightarrow V_{отн} = 77 \text{ см/с}$$

Если рассмотреть окружность, по которой движется кольцо, касательную и радиус можно заметить, что $\cos \gamma$ ($\gamma = 90^\circ - \beta$)



$\frac{3}{5}$, но $\cos \gamma = \frac{5R}{3} \Rightarrow \Rightarrow$ окружк сев. 0 и радиусу

где кольца $m \vec{a} = T \cos \gamma - N$
 $m \vec{a} = T \cos \gamma + mg \cos \beta - N$
 $mg \sin \beta = T \cos \gamma$
 $(m \vec{a})^2 = T^2 + N^2 - 2TN \cos \gamma$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

