



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

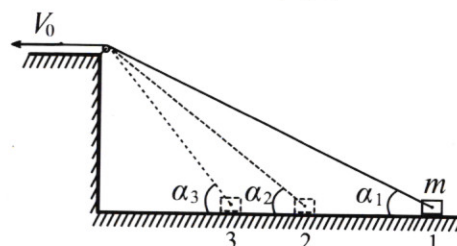
Класс 11

Вариант 11-07

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Груз массой  $m$  подтягивается по гладкой горизонтальной поверхности к стене с помощью лебедки, неподвижного небольшого легкого блока и легкого троса (см. рис.). Трос вытягивается лебедкой с постоянной скоростью  $V_0$ . Груз последовательно проходит точки 1, 2 и 3, для которых  $\sin \alpha_1 = \frac{1}{4}$ ,  $\sin \alpha_2 = \frac{1}{2}$ ,  $\sin \alpha_3 = \frac{4}{5}$ . От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время  $t_{12}$ .

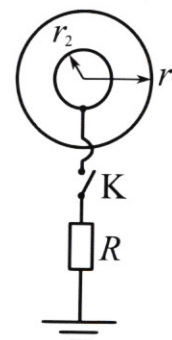


- 1) Найти скорость  $V_3$  груза при прохождении точки 3.
- 2) Найти работу лебедки  $A_{13}$  при перемещении груза из точки 1 в точку 3.
- 3) Найти время  $t_{23}$  перемещения груза из точки 2 в точку 3.

2. Цилиндрический сосуд, стоящий на горизонтальном столике, помещен в термостат, в котором поддерживается постоянная температура  $T_0 = 373 \text{ K}$ . Стенки сосуда проводят тепло. Сосуд разделен на две части подвижным (нет трения при перемещении) поршнем. В нижней части находится воздух объемом  $V_1$ , в верхней - водяной пар и немного воды. Содержимое сосуда в равновесии. Поршень своим весом создает добавочное давление  $P_0/7$ , где  $P_0$  - нормальное атмосферное давление. Сосуд переворачивают и ставят на столик, в верхней части оказывается воздух. Через некоторое время устанавливается новое равновесное состояние.

- 1) Найти объем  $V_2$  воздуха в сосуде после переворачивания.
  - 2) Найти изменение массы  $\Delta m$  воды.
  - 3) Найти изменение внутренней энергии содержимого сосуда.
- Удельная теплота испарения воды  $L$ , молярная масса воды  $\mu$ . Массой воды, пара и воздуха по сравнению с массой поршня пренебречь. Объемом воды при конденсации пара можно пренебречь по сравнению с объемом пара, из которого образовалась вода. Воздух считать идеальным газом.

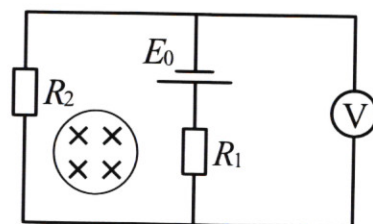
3. Два тонкостенных полых проводящих шара (тонкостенные сферы) с общим центром и радиусами  $r_1$  и  $r_2$  образуют сферический конденсатор (см. рис.). На внешнем шаре находится отрицательный заряд  $-Q_0$ , где  $Q_0 > 0$ . Внутренний шар не заряжен и соединен с Землей через ключ  $K$  и резистор  $R$ . Ключ замыкают.



- 1) Найти заряд  $q$  внутреннего шара после замыкания ключа.
- 2) Найти энергию  $W_0$  электрического поля вне шаров до замыкания ключа.
- 3) Какое количество теплоты  $W$  выделится в резисторе  $R$  после замыкания ключа?

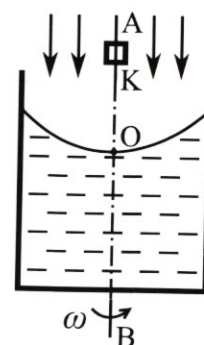
Сопротивление проводов, шаров и Земли не учитывать. Радиусы шаров значительно меньше расстояния между Землей и шарами.

4. В проволочную конструкцию впаены резисторы с сопротивлениями  $R_1 = R$ ,  $R_2 = 2R$ , идеальный источник с ЭДС  $E_0$ , вольтметр с сопротивлением  $R_V = 4R$  (см. рис.). Сопротивление проводов конструкции пренебрежимо мало. Однородное магнитное поле сосредоточено практически в узкой области - магнитном сердечнике с площадью поперечного сечения  $S$ .



- 1) Найти показание  $V_1$  вольтметра, если индукция магнитного поля остается постоянной.
- 2) Найти показание  $V_2$  вольтметра, если индукция магнитного поля возрастает с постоянной скоростью  $\Delta B / \Delta t = k > 0$ .

5. Цилиндрический сосуд с жидкостью вращается с угловой скоростью  $\omega = 5 \text{ c}^{-1}$  вокруг вертикальной оси АВ, совпадающей с осью симметрии сосуда (см. рис.). Наблюдатель, находясь вблизи экватора Земли, рассматривает в полдень изображение Солнца с помощью миниатюрной камеры К, расположенной на оси вращения.



- 1) Найти радиус кривизны свободной поверхности жидкости в её нижней точке О.
  - 2) На каком расстоянии от точки О будет наблюдаться изображение Солнца, полученное в отраженных от свободной поверхности жидкости лучах?
- Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

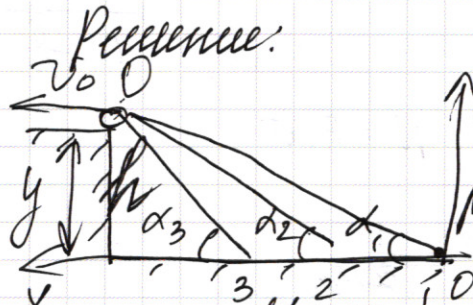




## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:
- $m, \sin \alpha_1 = \frac{1}{4}$ ;
  - $\sin \alpha_2 = \frac{1}{2}$ ;
  - $\sin \alpha_3 = \frac{4}{5}$ ;
  - $v_0, t_{12}$
- 1)  $v_3$  - ?
  - 2)  $A_{13}$  - ?
  - 3)  $t_{23}$  - ?

Решение:



а) Введём систему координат.  
Расстояние от груза до точки O  
 $OM = \sqrt{y^2 + x^2}$

Тогда  $\frac{d(OM)}{dt} = \frac{d(\sqrt{y^2 + x^2})}{dt}$ ;  $\frac{d(OM)}{dt} = v_0$  - это скорость скольжения верёвочки.

Тогда  $v_0 = \frac{xy \frac{dy}{dt} + x^2 \frac{dx}{dt}}{d\sqrt{y^2 + x^2}}$ ;  $\frac{dy}{dt} = 0$ ;

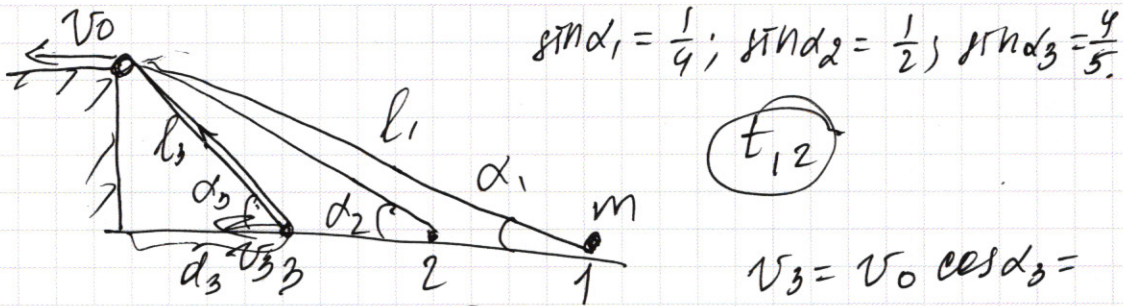
$$v_0 = \frac{x v_x}{\sqrt{y^2 + x^2}} \Rightarrow \frac{v_0}{v_x} = \frac{x}{\sqrt{y^2 + x^2}} = \cos \alpha$$

Получаем  $v_x = \frac{v_0}{\cos \alpha} \Rightarrow v_3 = \frac{v_0}{\cos \alpha_3} = \frac{v_0}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_3}} = \frac{v_0}{\frac{3}{5}} = \frac{5}{3} v_0$

б) Сила тяжести и сила реакции опоры работы не совершают, т.к.  $\vec{s} \perp \vec{F}$ ;  $F_{тр} = 0 \Rightarrow$  по теореме о кинетической энергии

$$A_{13} = E_{k3} - E_{k1} = \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha_3} - \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha_1} = \frac{m v_0^2}{2} \left( \frac{1}{\cos^2 \alpha_3} - \frac{1}{\cos^2 \alpha_1} \right) = \frac{m v_0^2}{2} \left( \tan^2 \alpha_3 - \tan^2 \alpha_1 \right) = \frac{m v_0^2}{2} \left( \left( \frac{4}{3} \right)^2 - \left( \frac{1}{\sqrt{5}} \right)^2 \right) = \frac{m v_0^2}{2} \left( \frac{16}{9} - \frac{1}{5} \right) = \frac{77}{45} \cdot \frac{m v_0^2}{2} = \frac{77}{90} m v_0^2$$





$$\sin \alpha_1 = \frac{1}{4}; \sin \alpha_2 = \frac{1}{2}; \sin \alpha_3 = \frac{4}{5}$$

$t_{12}$

$$v_3 = v_0 \cos \alpha_3 = v_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5} v_0$$

1) Считывается с  $v_0$ .

2)  $A_{13} - ?$   $A = F S \cos \alpha$   $N = F v$

$$A =$$

$$v = v_0 \cos \alpha \quad \frac{\tan^2 \alpha + 1}{\cos^2 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{d_i}{l_i}$$

$$v = v_0 \frac{d_i}{l_i}$$

$$l_i = l_0 - v_0 t$$

$$d_i = d_0 - v_0 \cos \alpha t$$

$$\cos \alpha = \frac{d_0 - v_0 \cos \alpha t}{l_0 - v_0 t}$$

$$v = v_0 \frac{d_0 - v_0 \cos \alpha t}{l_0 - v_0 t}$$

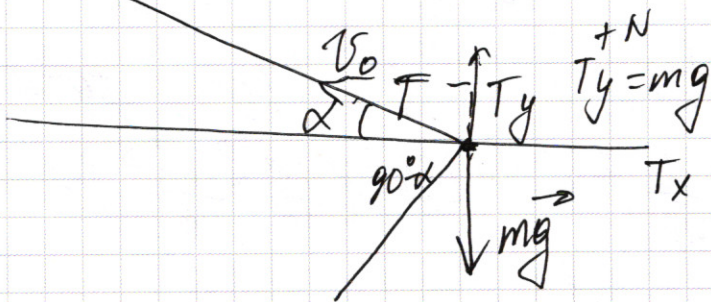
$$A = \Delta E_k = \frac{m(v_3^2 - v_1^2)}{2}$$

$$l_0 - v_0 \cos \alpha t = \frac{d_0 - v_0 \cos \alpha t}{\cos \alpha}$$

$$= \frac{m v_0^2 (\cos^2 \alpha_3 - \cos^2 \alpha_1)}{2} \quad \frac{l_0}{\cos \alpha} = d_0$$

$$= \frac{m v_0^2 (1 - \sin^2 \alpha_3 - 1 + \sin^2 \alpha_1)}{2} = \frac{m v_0^2 (\sin^2 \alpha_1 - \sin^2 \alpha_3)}{2}$$

$$= \frac{m v_0^2}{2} \cdot \left( \frac{21}{100} - \frac{16}{25} \right) \left( \frac{1}{4} + \frac{4}{5} \right) \left( \frac{1}{4} - \frac{4}{5} \right) = \frac{21}{20} \cdot \frac{-1}{20} \cdot \frac{m v_0^2}{2} = -\frac{21}{80} m v_0^2$$





# Задача 1. Продолжение.

в) Верёвка сдвигается равномерно.

Можем записать:  $v_0 t_{12} = \Delta l_1 - \Delta l_2$   
 $v_0 t_{23} = \Delta l_2 - \Delta l_3$

$$\Delta l_1 = \sqrt{h^2 + h^2 \text{ctg}^2 \alpha_1} = \sqrt{h^2(1+15)} = 4h$$

$$\Delta l_2 = \sqrt{h^2 + h^2 \text{ctg}^2 \alpha_2} = \sqrt{h^2(1+3)} = 2h$$

$$\Delta l_3 = \sqrt{h^2 + h^2 \text{ctg}^2 \alpha_3} = \sqrt{h^2(1+\frac{9}{16})} = \frac{5}{4}h$$

Тогда  $v_0 t_{12} = 2h$   
 $v_0 t_{23} = \frac{3}{4}h \Rightarrow \frac{t_{12}}{t_{23}} = \frac{2}{\frac{3}{4}} = \frac{8}{3} \Rightarrow t_{23} = \frac{3}{8} t_{12}$

Ответ: 1)  $v_3 = \frac{5}{3} v_0$  2)  $A_{12} = \frac{77}{90} m v_0^2$

3)  $t_{23} = \frac{3}{8} t_{12}$

2. Дано:

$T_0 = 373 K$

$V_1, L, M$

$p_{\text{пар}} = \frac{p_0}{7}$

1)  $V_2 - ?$

2)  $\Delta m - ?$

3)  $\Delta U - ?$

Решение: ( $\vec{n}$  - единичный вектор нормали)

Изобразим I и II положения



I условие равновесия  
 пусть  $S$  - площадь поршня  
 $\frac{p_0}{7} S + p_{\text{в.п.}} S = p_{\text{возд I}} S$

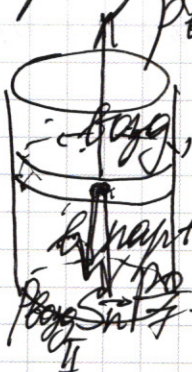
$$\frac{p_0}{7} + p_{\text{в.п.}} = p_{\text{возд I}}$$

т.к. в отсеке с паром вода он является насыщенным.

$p_{\text{насыщ}}(T_0 = 373 K) = p_0 \Rightarrow \frac{p_0}{7} + p_0 = p_{\text{возд I}} = \frac{8}{7} p_0$  (1)

Перевернули:

I условие равновесия:



$$p_{\text{возд II}} S + \frac{p_0}{7} S = p_{\text{в.п.}} S$$

$$p_{\text{возд II}} + \frac{p_0}{7} = p_{\text{в.п.}}$$

При перевертывании избыточное давление поршня оказывается теперь на отсек с паром, поэтому  $V_2 > V_1$ , пар остаётся насыщенным,  $p_{\text{в.п. II}} = p_{\text{в.п. I}} = p_0$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$p_{\text{возд II}} + p_0 = p_0 \Rightarrow p_{\text{возд II}} = \frac{6}{7} p_0 \quad \textcircled{2}$$

воздух расширяется при  $T = T_0 = \text{const} \Rightarrow$  по  
закону Бойля-Мариотта  $p_{\text{возд I}} V_1 = p_{\text{возд II}} V_2$

$$\frac{6}{7} p_0 V_1 = \frac{6}{7} p_0 V_2; \quad 4V_1 = 3V_2 = \frac{4}{3} V_1$$

2) Пусть  $V_0$  - общий объём сосуда. Запишем  
для двух положений (для пара) закон Менделеева-Клапейрона:

$$p_0 \cdot (V_0 - V_1) = \frac{m_1}{\mu} R T_0$$

$$p_0 \cdot (V_0 - V_2) = \frac{m_2}{\mu} R T_0$$

$m \downarrow \Rightarrow \Delta m = m_1 - m_2$   
(масса уменьшается  
на  $\Delta m$ )

$$p_0 (V_0 - V_1 - V_0 + V_2) = \frac{m_1 - m_2}{\mu} R T_0 = \frac{\Delta m R T_0}{\mu}$$

$$V_2 - V_1 = \frac{4}{3} V_1 - V_1 = \frac{V_1}{3}$$

$$\frac{p_0 V_1}{3} = \frac{\Delta m R T_0}{\mu} \Rightarrow \Delta m = \frac{p_0 \mu V_1}{3 R T_0}$$

3)  $T = \text{const} \Rightarrow \mu_{\text{возд}} = \frac{L}{2} R T = \text{const};$

значит, изменяется только внутр. энергия  
пара с водой.  $T = \text{const} \Rightarrow \Delta U = L \Delta m =$

$$= \frac{L p_0 \mu V_1}{3 R T_0} \quad \text{внутренняя энергия уменьшилась на } \Delta U.$$

Ответ: 1)  $V_2 = \frac{4}{3} V_1$

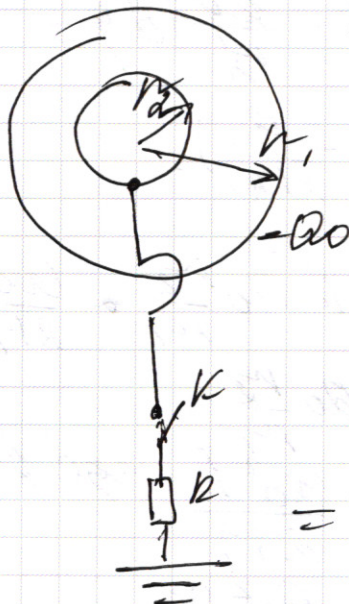
2)  $\Delta m = \frac{p_0 \mu V_1}{3 R T_0}$

3)  $\Delta U = \frac{L p_0 \mu V_1}{3 R T_0}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



Дано:  
 $r_1, r_2$   
 $Q_0 < 0$   
 $q = ?$   
 $W_0 = ?$   
 $W = ?$

Решение:

1) Внутренний шар заземляет  $\Rightarrow \varphi_2 = 0$

$$\varphi_2 = \frac{kq}{r_2} + \frac{k(-Q_0)}{r_1} = 0$$

по принципу суперпозиции потенциалов.

$$\Rightarrow \frac{kq}{r_2} = \frac{kQ_0}{r_1} \Rightarrow q = Q_0 \frac{r_2}{r_1}$$

2) Электроёмкость сферического конденсатора вычисляется по формуле  $C = 4\pi\epsilon_0 R$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k; C = \frac{4\pi\epsilon_0 R}{k} \text{ Тогда } W_0 = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{Q_0^2 k}{2R}$$

$$W_0 = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{Q_0^2 k}{2R}$$

3) Через резистор после замыкания пройдёт заряд.

$$q = Q_0 \frac{r_2}{r_1}$$

~~В каждый момент  $dQ = \frac{U(t)}{R} dt$~~

~~$Q_R = \int dQ = \frac{1}{R} \int U(t) dt$   $U(q) = \frac{kq}{r_2}$~~

~~$\int dQ = \int U(q) dq = \int_0^q \frac{kq}{r_2} dq = \frac{kq^2}{2r_2} = \frac{k}{2r_2} \cdot Q_0^2 \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{kQ_0^2 r_2}{2r_1^2}$~~

~~$W = \frac{kq^2}{2r_2} = \text{ответ: 1) } q = Q_0 \frac{r_2}{r_1} \text{ 2) } W_0 = \frac{Q_0^2 k}{2R} \text{ 3) } W = \frac{kQ_0^2 r_2}{2r_1^2}$~~



3)  $U = \frac{dA}{dq}$ ; напряжение ст/у Земли и внутренней поверхн равно  $U = -\frac{kQq}{r_1} - (-\frac{kQ_0}{r_1} + \frac{kq(t)}{r_2}) =$

$$dA = U(q) dq \quad q = Q_0 \frac{r_2}{r_1} \quad q = \frac{kQ_0}{r_1} - \frac{kq(t)}{r_2}$$

$$W = \int_0^q dA = \int_0^q U(q) dq = \int_0^q \left( \frac{kQ_0}{r_1} - \frac{kq}{r_2} \right) dq =$$

$$= \frac{kQ_0 q}{r_1} - \frac{kq^2}{2r_2} = kq \left( \frac{Q_0}{r_1} - \frac{q}{2r_2} \right) =$$

$$= k \cdot Q_0 \frac{r_2}{r_1} \left( \frac{Q_0}{r_1} - \frac{Q_0 r_2}{2r_1 r_2} \right) = k Q_0 \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{Q_0}{2r_1} =$$

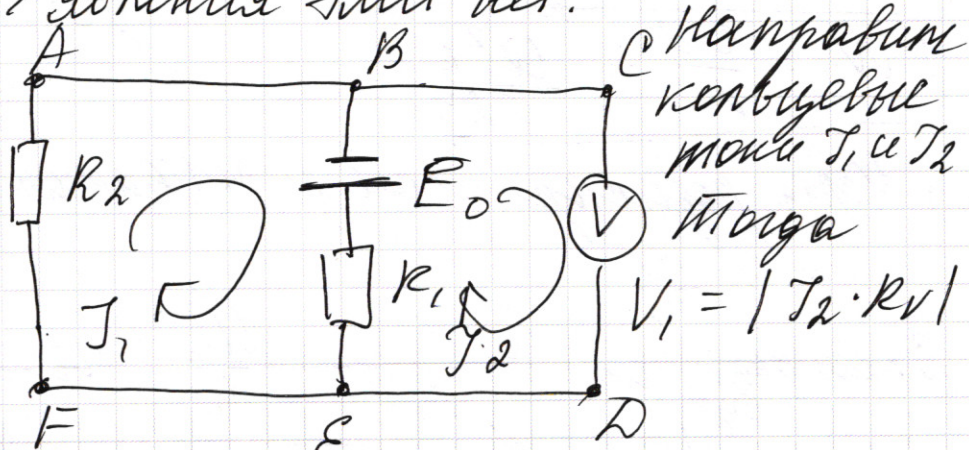
$$= \frac{k Q_0^2 r_2}{2r_1^2}$$

- Ответ: 1)  $q = Q_0 \frac{r_2}{r_1}$   
 2)  $W_0 = \frac{Q_0^2 k}{2r_1}$  где  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$   
 3)  $W = \frac{k Q_0^2 r_2}{2r_1^2}$

4. Дано:  
 $R_1 = R$   
 $R_2 = 2R$   $E_0$   
 $R_V = 4R$   
 $S, k = \frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$   
 1)  $V_1 = ?$   
 2)  $V_2 = ?$

Решение:

1)  $B = const \Rightarrow \Phi = BS \cos \alpha = const$   
 $\Rightarrow$  явления Филл нет.



Затем по II правилу Кирхгофа для контура

ABEFA:  $E_0 = J_1 R_1 - J_2 R_1 + J_1 R_2$

$\sum \mathcal{E}_j = \sum J_i R_i$   $E_0 = J_1 R - J_2 R + 2J_1 R$

$E_0 = 3J_1 R - J_2 R$  ①



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Запишем II правило Кирхгофа для контура B C D E B:

$$-E_0 = \mathcal{I}_2 R_V + \mathcal{I}_2 R_1 - \mathcal{I}_1 R_1$$

$$-E_0 = 4 \mathcal{I}_2 R + \mathcal{I}_2 R - \mathcal{I}_1 R$$

$$-E_0 = 5 \mathcal{I}_2 R - \mathcal{I}_1 R$$

$$\Rightarrow -3E_0 = 15 \mathcal{I}_2 R - 3 \mathcal{I}_1 R \quad (2)$$

Сложим (1) и (2):

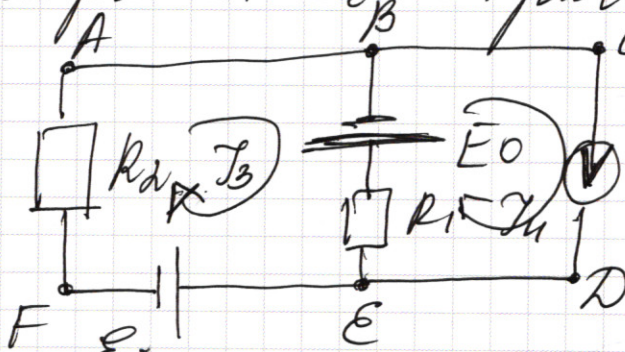
$$-2E_0 = 14 \mathcal{I}_2 R \Rightarrow \mathcal{I}_2 R = -\frac{1}{7} E_0$$

$$\Rightarrow 4 \mathcal{I}_2 R = -\frac{4}{7} E_0 \Rightarrow \boxed{V_1 = |4 \mathcal{I}_2 R| = \frac{4}{7} E_0}$$

2)  $B \uparrow$ ;  $S = \text{const} \Rightarrow \Phi \uparrow$ . Наблюдается явление электромагнитной индукции.

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -S \frac{\Delta B}{\Delta t} = -kS - \text{закон Фарадея.}$$

Направим  $\mathcal{E}_i$  по правую Ленца.



Направим кольцевые токи  $\mathcal{I}_3$  и  $\mathcal{I}_4$ .

$$\text{Тогда } V_2 = |\mathcal{I}_4 \cdot R_V|$$

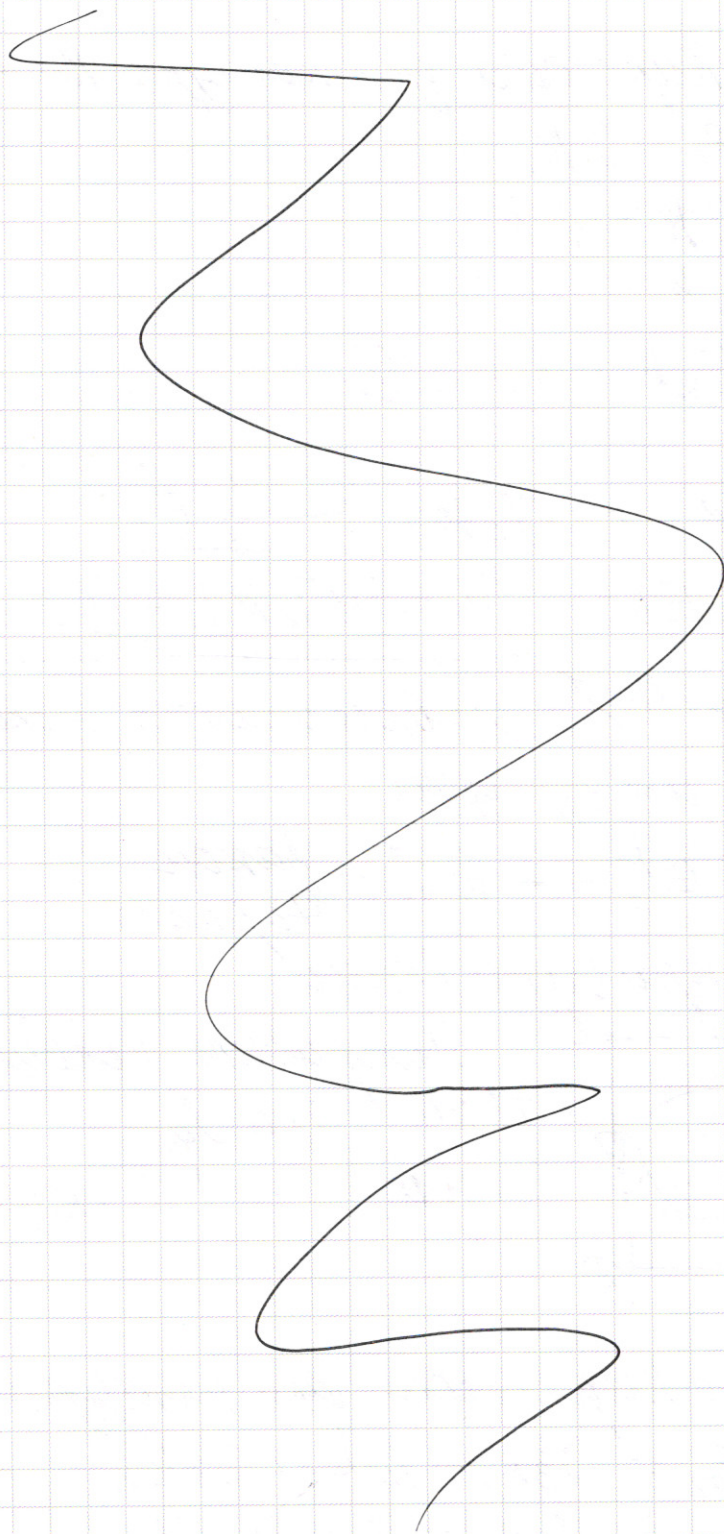
Запишем II правило Кирхгофа для контура A B E F A:

$$E_0 - \mathcal{E}_i = \mathcal{I}_3 R_1 - \mathcal{I}_4 R_1 + \mathcal{I}_3 R_2$$

$$E_0 - \mathcal{E}_i = \mathcal{I}_3 R_1 - \mathcal{I}_4 R_1 + 2 \mathcal{I}_3 R$$

$$E_0 - \mathcal{E}_i = 3 \mathcal{I}_3 R - \mathcal{I}_4 R \quad (3)$$





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Запишем II правило Кирхгофа для контура  
A C D F A:

$$-\mathcal{E}_i = \mathcal{I}_4 R_1 + \mathcal{I}_3 R_2$$

$$-\mathcal{E}_i = 4\mathcal{I}_4 R + 2\mathcal{I}_3 R \quad (4)$$

Сложим

$\times 2$  (3) и  $\times (-3)$  (4):

~~$$2\mathcal{E}_0 - 2\mathcal{E}_i - 3\mathcal{E}_i = 6\mathcal{I}_3 R - 2\mathcal{I}_4 R + 12\mathcal{I}_4 R + 6\mathcal{I}_3 R$$~~

$$2\mathcal{E}_0 - 2\mathcal{E}_i + 3\mathcal{E}_i = 6\mathcal{I}_3 R - 2\mathcal{I}_4 R - 12\mathcal{I}_4 R - 6\mathcal{I}_3 R$$

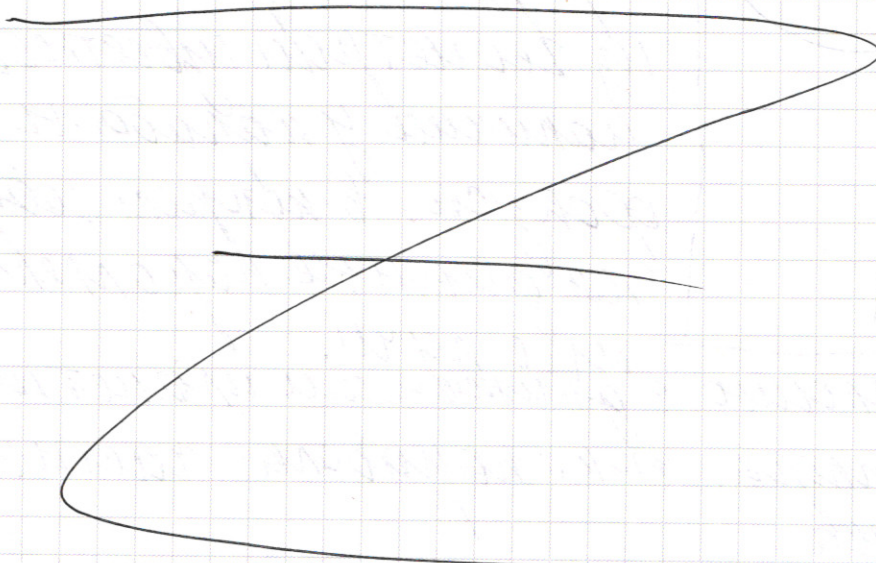
$$2\mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_i = -14\mathcal{I}_4 R$$

$$\mathcal{I}_4 R = -\frac{2\mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_i}{14}; \quad |4\mathcal{I}_4 R| = V_2 = \frac{4}{14} \cdot (2\mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_i) =$$

$$= \frac{2}{7}(2\mathcal{E}_0 + \mathcal{E}_i) = \frac{2}{7}(2\mathcal{E}_0 + k\mathcal{E}_0)$$

Ответ: 1)  $V_1 = \frac{4}{7}\mathcal{E}_0$

2)  $V_2 = \frac{2}{7}(2\mathcal{E}_0 + k\mathcal{E}_0)$





5. Дано:

$$\omega = 5 \text{ c}^{-1}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

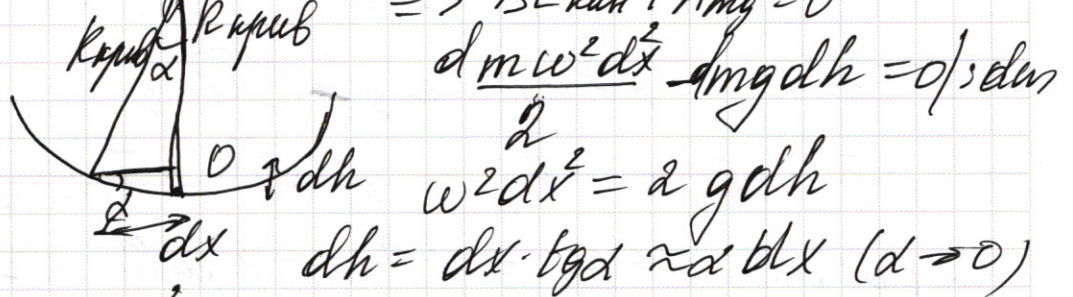
1)  $R_{\text{крив}} - ?$

2)  $d - ?$

Решение:

1) Воспользуемся методом виртуальных перемещений. Переместим массу  $dm$  из т.О на  $dx$ , как показано на рисунке.

Работа активных сил равна нулю  $\Rightarrow \Delta E_{\text{кин}} + \Delta A_{\text{мг}} = 0$   
Авннн по теореме о кин. энергии.

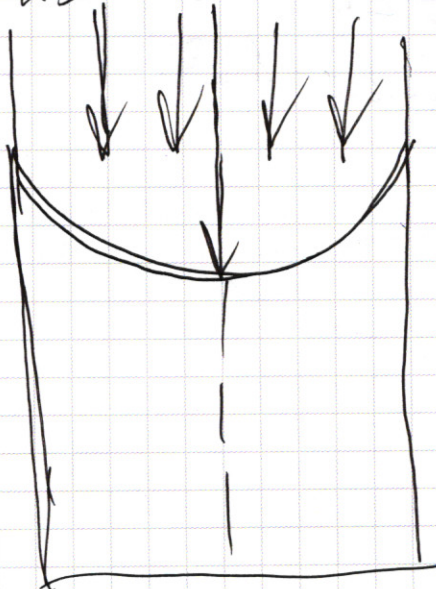


Тогда  $\omega^2 dx^2 = 2 g \alpha dx$

$\omega^2 dx = 2 g \alpha ; \quad \alpha \approx \sin \alpha = \frac{dx}{R_{\text{крив}}} \quad (\text{I зам-е предел})$

$$\Rightarrow \omega^2 dx = 2 g \cdot \frac{dx}{R_{\text{крив}}} \Rightarrow R_{\text{крив}} = \frac{2g}{\omega^2} = \frac{20}{25} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ м}$$

2)



При подробном вращении жидкости в её сечении образуется парабола.

Из геометрии известно, что величина  $y$  параболы фокуса, в котором собираются данные параллельные лучи.

Проведём аналогии с движением планет по законам Кеплера, т.к. парабола - частный случай эллипса.

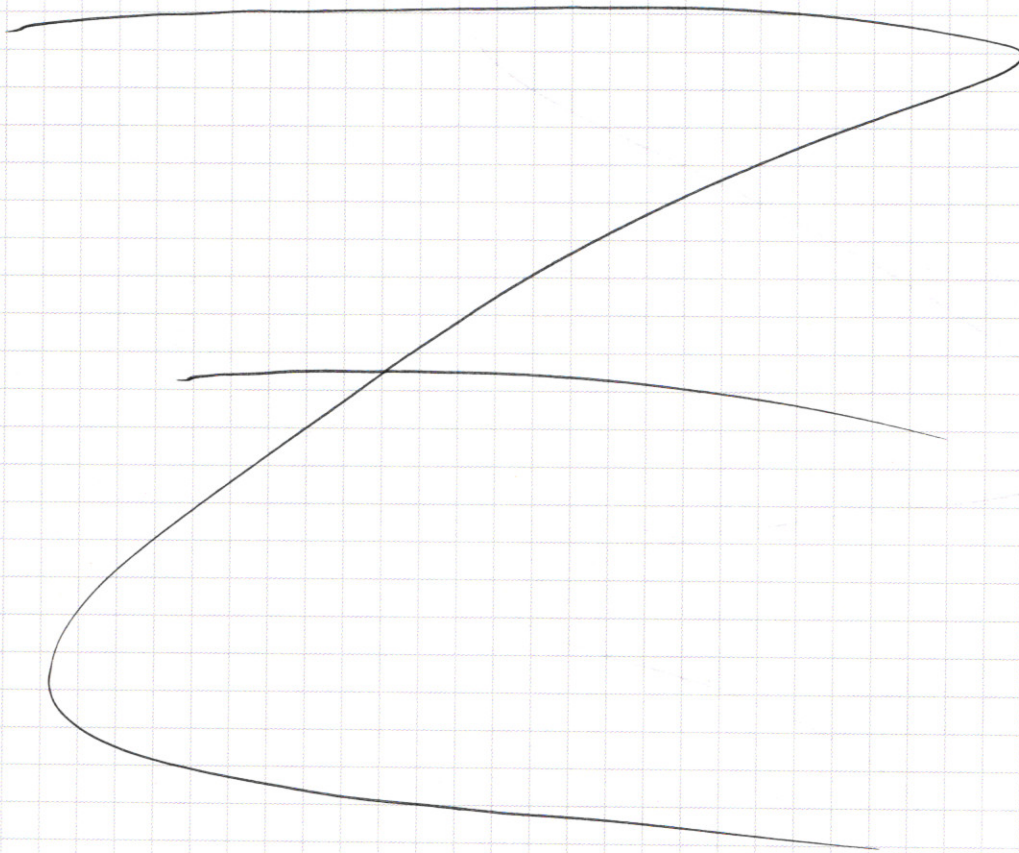


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

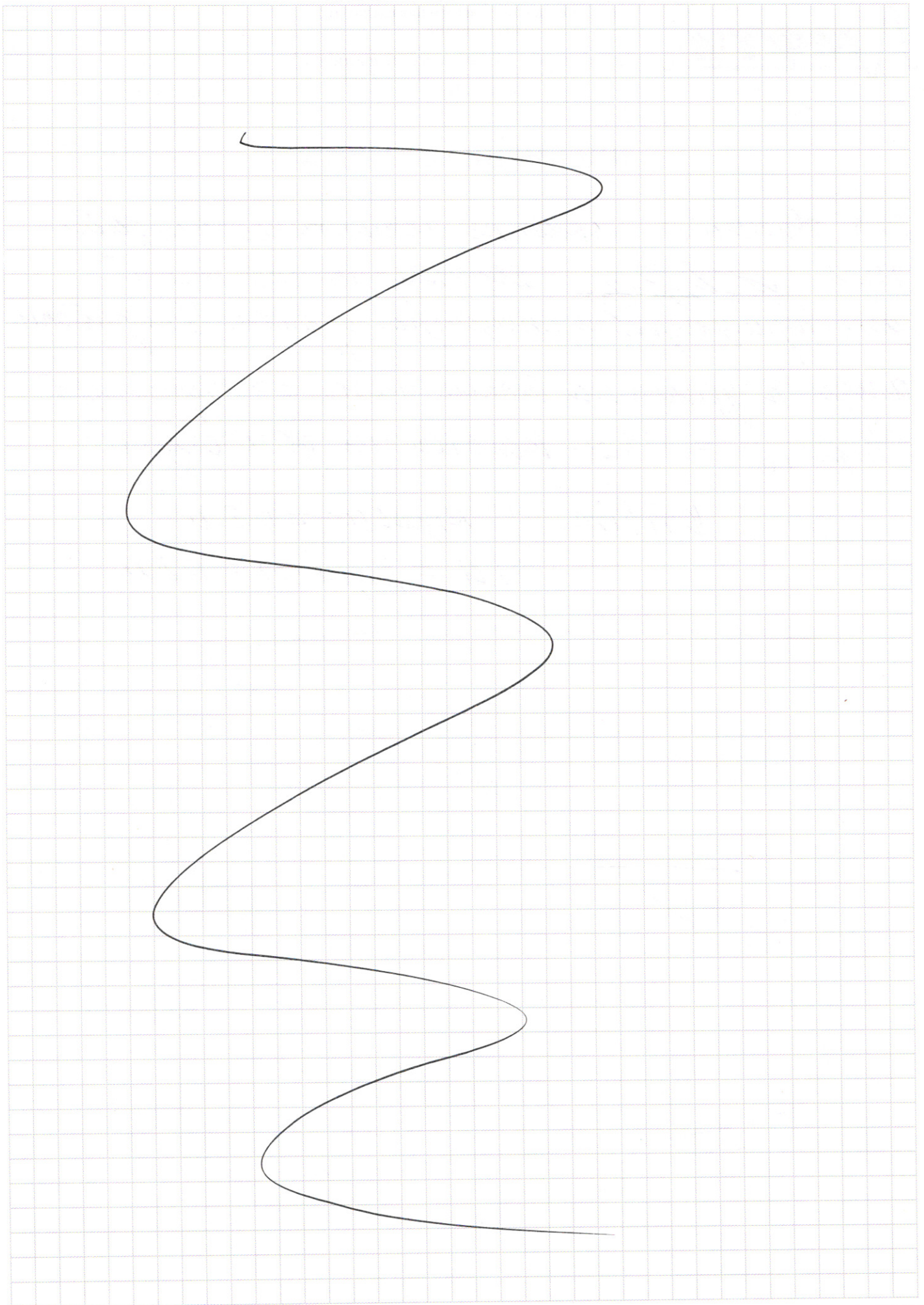
Для движения планет по эллиптической орбите характерно, что  $\vec{r} \perp \vec{v}$  для перигея и афегея орбиты. У парабола апоцентр удалён на бесконечность  $\Rightarrow r_{\text{перигея}} = r_{\text{крив}}(0) = 0,8 \text{ м}$  - расстояние до фокуса.

Ответ: 1)  $r_{\text{крив}}(0) = 0,8 \text{ м}$

2)  $d = r_{\text{крив}}(0) = 0,8 \text{ м}$ .







черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)





$$\omega = 5 \text{ c}^{-1}$$

$$\frac{mv^2}{R} = \sum F$$

$$R = \frac{g}{\omega^2}$$

$$\vec{F}_A = \vec{F}_{Ay} + \vec{F}_{Ag}$$

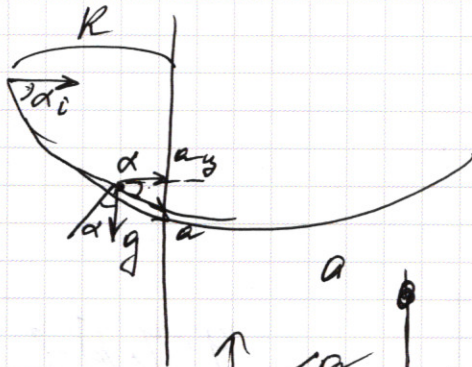
$$g a = \frac{mv^2}{R}$$

$$g \omega R = m \omega^2 R$$

$$a_y =$$

$$m = \rho dV \quad a = \omega^2 R$$

$$R = \frac{g}{\omega^2}$$



$$m \omega R^2 =$$

$$\frac{a}{g} = \frac{h}{R}$$

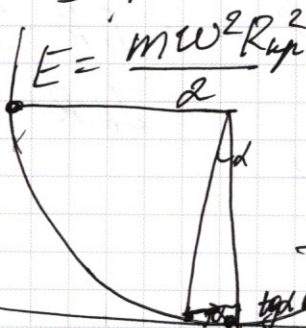
$$\omega^2 R^2 = gh$$

$$\frac{a}{g} = \frac{h}{R}$$

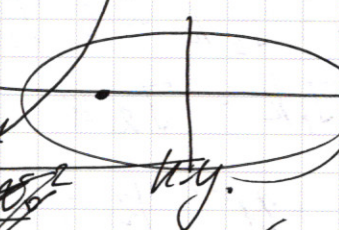
$$a = \omega^2 R$$

$\sin \alpha + \cos \alpha = 1$

ускорение в м. 0 = g



$$E = \frac{m \omega^2 R^2}{2} (1 - \cos \alpha)$$



$$mg \sin \alpha dx = m \omega^2 R dx$$

$$\frac{m \omega^2 R^2}{2} = mgh$$

$$2 \sin \alpha g dx = \omega^2 dx^2$$

$$R_{крив} = \frac{\omega^2 R^2}{2g}$$

$$2 \sin \alpha g dx = \omega^2 dx^2$$

$$dx = d R_{крив}$$

$$2 \sin \alpha g = \omega^2 dx$$

летог вурт. перемещенней

$$2 \sin \alpha g = \omega^2 d R_{крив}$$

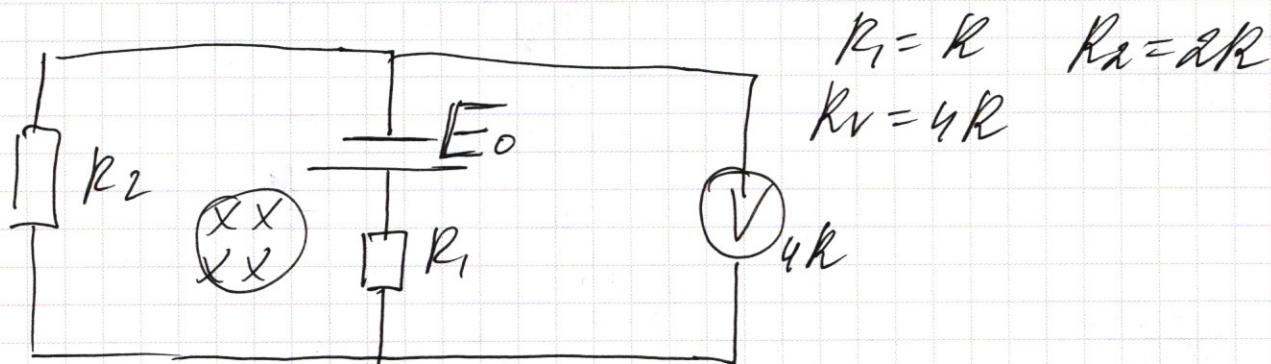
$$A_{mg} = -mgh$$

$$A_{\omega-век} = \frac{m \omega^2 R^2}{2}$$

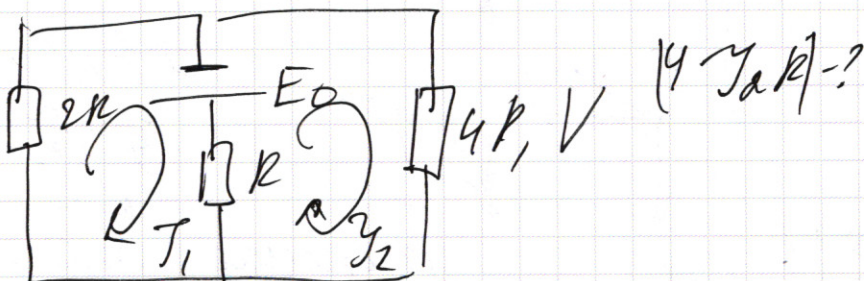
$$R_{крив} = \frac{2g}{\omega^2} = \frac{20}{25} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ м.}$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1)



$$I \quad E_0 = I_1 R - I_2 R + I_1 \cdot 2R = 3 I_1 R - I_2 R$$

$$II \quad -E_0 = 4 I_2 R + I_2 R - I_1 R = 5 I_2 R - I_1 R$$

$$\begin{cases} -3E_0 = 15 I_2 R - 3 I_1 R \\ E_0 = 3 I_1 R - I_2 R \end{cases}$$

$$-2E_0 = 14 I_2 R; \quad I_2 R = -\frac{1}{7} E_0$$

$$2) \quad \frac{d\Phi}{dt} = S \frac{dB}{dt} = kS$$

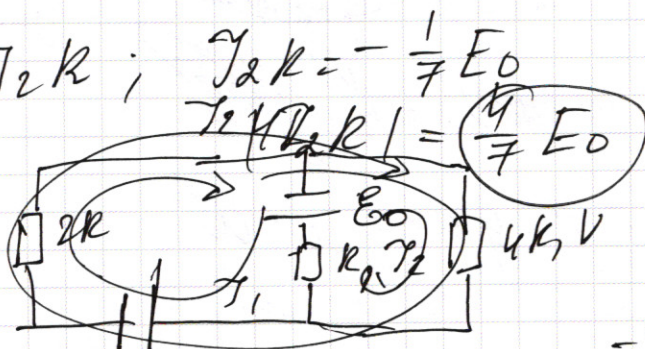
$$\frac{d\Phi}{dt} = \mathcal{E}_i = kS$$

$$V = 4 I_2 R \quad \mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_i = 3 I_1 R - 2 I_2 R$$

$$\mathcal{E}_i = 3 I_1 R + 4 I_2 R$$

$$2 \mathcal{E}_0 + 4 \mathcal{E}_i = -2 I_2 R - 26 I_2 R = -28 I_2 R$$

$$\mathcal{E}_0 + 2 \mathcal{E}_i = -28 I_2 R = -28 I_2 R$$



$$\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_i = I_1 R + 2 I_2 R = 3 I_1 R - I_2 R$$

$$- \mathcal{E}_i = 2 I_1 R + 4 I_2 R$$

$$-4 I_2 R = \frac{\mathcal{E}_0 + 2 \mathcal{E}_i}{7}$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_0 = \frac{h \frac{dh}{dt} + l \frac{dl}{dt}}{l \sqrt{h^2 + l^2(t)}}$$

$$v_0 = \frac{h v_x}{\sqrt{h^2 + l^2(t)}}$$

$$v_0 \sqrt{h^2 + l^2(t)} = v_x l(t)$$

$$v_0^2 (h^2 + l^2(t)) = v_x^2 l^2(t)$$

$$\frac{v_0^2}{v_x^2} = \frac{l^2(t)}{h^2 + l^2(t)}$$

$$\frac{v_0}{v_x} = \frac{l(t)}{\sqrt{h^2 + l^2(t)}} = \cos \alpha$$

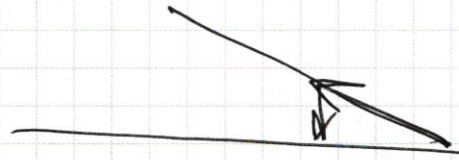
$$v_x = \frac{v_0}{\cos \alpha}$$

$$A_{13} = \frac{m v_0^2}{2} \left( \frac{1}{\cos^2 \alpha_3} - \frac{1}{\cos^2 \alpha_1} \right) =$$

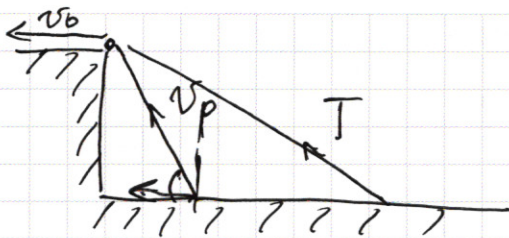
$$= \frac{m v_0^2}{2} \left( \frac{25}{9} - \frac{16}{15} \right) =$$

$$= \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{125 - 48}{45} = \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{77}{45} =$$

$$= \frac{77}{90} m v_0^2$$







$$\boxed{\frac{mv_0^2}{2} + A = \frac{mv_3^2}{2}}$$

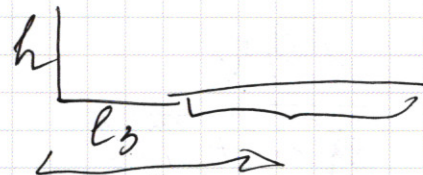
$$(v_x t)^2 + (v_y t)^2 = v_0^2 t^2$$

$$v_x^2 + v_y^2 = v_0^2$$

$$ma = T_i \cos \alpha$$

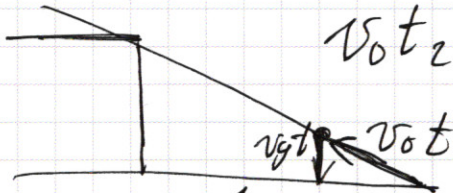
$$v_i = v_0 \cos \alpha_i$$

$t_{12}$



$$v_0 t_{12} = \sqrt{h^2 + l_1^2} - \sqrt{h^2 + l_2^2}$$

$$v_0 t_{23} = \sqrt{h^2 + l_2^2} - \sqrt{h^2 + l_3^2}$$



$$v_0 t_0 = \sqrt{h^2 + l_3^2} - \sqrt{h^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{1/4}{\frac{\sqrt{15}}{4}} = \frac{\sqrt{15}}{15}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_2 = \sqrt{3}$$

$$h = l \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_3 = \frac{3}{4}$$

$$l = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha} = h \operatorname{ctg} \alpha$$

$$\begin{aligned} v_0 t_{12} &= \sqrt{h^2 + l_1^2} - \sqrt{4h^2} = \\ &= \sqrt{h^2 + 15h^2} - 2h = 4h - 2h = 2h \end{aligned}$$

$$l_1 = \sqrt{15} h$$

$$l_2 = \sqrt{3} h$$

$$l_3 = \frac{3}{4} h$$

$$\begin{aligned} l = l_0 - v(t) \quad v_0 t_{23} &= \sqrt{4h^2} - \sqrt{\left(1 + \frac{9}{16}\right)h^2} = \\ &= 2h - \frac{5}{4}h = \frac{3}{4}h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d(m; 0) &= \\ &= \sqrt{h^2 + l^2} \end{aligned}$$

$$v_0 = \frac{d(\sqrt{h^2 + l^2})}{dt}$$

$$\frac{t_{12}}{t_{23}} = \frac{2h}{\frac{3}{4}h} = \frac{8}{3}$$

$$t_{23} = \frac{3}{8} t_{12}$$



$$T_0 = 373 \text{ K}$$

Есть вода  $\Rightarrow$   
насыщ.

$$p_{\text{в.н.}} = \text{const} = p_0$$



$$p_I = p_{II} + \frac{p_0}{7}$$

$$p_{II} = p_I - \frac{p_0}{7}$$

$$p_{\text{возд II}} + \frac{p_0}{7} = p_{\text{в.н.}}$$

$$p_{\text{возд II}} + \frac{p_0}{7} = p_{\text{возд I}} - \frac{p_0}{7}$$

$$p_{\text{возд I}} V_I = p_{\text{возд II}} V_{II}$$



~~$$p_{\text{возд II}} = p_{\text{возд I}} - \frac{2p_0}{7}$$~~

$$p_{\text{возд I}}$$

~~$$p_{II} = p_I - \frac{p_0}{7}$$~~

$$\frac{6}{7} p_0 = p_{\text{возд I}}$$

$$\frac{6}{7} p_0 = p_{\text{возд II}}$$

$$p \downarrow \text{ в } \frac{4}{3} \text{ раза} \Rightarrow V_{II} = \frac{4}{3} V_I$$

$$V_{\text{пар}} + V_{\text{возд}} = \text{const}$$

~~$$p_{II} = p_0 \quad p_I = \frac{6}{7} p_0$$~~
~~$$p_{II} V_{\text{возд II}} = p_I V_{\text{возд I}} = \frac{6}{7} p_0 V_I = \frac{6}{7} p_0 V_{II} = \frac{6}{7} p_0 \cdot \frac{4}{3} V_I = \frac{8}{7} p_0 V_I$$~~
~~$$p_{II} V_{\text{возд II}} = \frac{8}{7} p_0 V_I = \frac{8}{7} p_0 \cdot \frac{3}{4} V_{II} = 6 p_0 V_{II}$$~~

$$\frac{p_{II} V_{\text{возд II}}}{p_I V_{\text{возд I}}} = \frac{V_I}{V_{II}} = \frac{3}{4}$$

$$V_{II} = \frac{3}{4} V_I$$

$$\left[ \frac{8}{7} p_0 V_I = \frac{6}{7} p_0 V_{II} \right]$$

$$\frac{4}{7} V_I = 3 V_{II}$$

$$V_{II} - V_I = \frac{1}{3} V_I$$

$$\Delta V_{\text{пар}} = -\Delta V_{\text{возд}} = -\frac{1}{3} V_I$$

$$\frac{6}{7} p_0 V_I = \nu_{\text{возд}} R T$$

$$p_0 (V_0 - V_I) = \nu_1 R T$$

$$\Delta m = \frac{p_0 \mu}{R T} (V_{II} - V_I) = \frac{p_0 \mu}{R T} (V_0 - V_{II}) = \nu_2 R T$$

$$= \frac{p_0 \mu V_I}{3 R T_0} \quad p_0 (V_{II} - V_I) = (\nu_1 - \nu_2) R T$$

$$p_0 (V_{II} - V_I) = \frac{\Delta m}{\mu} R T$$

$$[F_k] = \left[ \frac{F R}{g^2} \right] = \frac{R \mu \cdot \mu}{\text{кг}^2} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{кг}}{\text{кг}^2}$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$A_{возд} =$$

$$Q_{вн.} = A_{пара} + \Delta U_{пара.}$$

$$A_{пара} = \frac{\rho_0 S}{7} \cdot \frac{V_1}{3S} = \frac{\rho_0 V_1}{21}$$

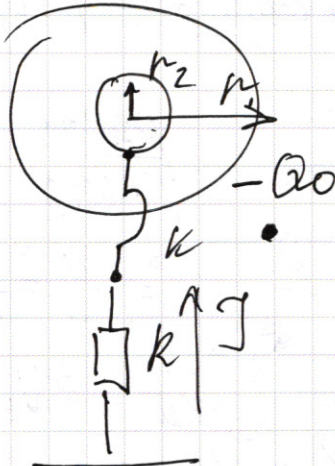
$$\Delta U_{возд} = 0$$

$$\Delta U_{пара} = L \Delta m + \frac{5 \Delta m}{2 \mu} RT$$

$$L = \frac{5}{2} \frac{RT}{\mu} ?$$

$$\frac{2,5 \cdot 8,31 \cdot 373}{18 \cdot 10^{-3}}$$

3.



$$\varphi_a = \frac{kq}{r_2} - \frac{kQ_0}{r_1} = 0$$

$$\frac{q}{r_2} = \frac{Q_0}{r_1} \quad W_0 = ?$$

$$q = Q_0 \frac{r_2}{r_1}$$

$$Q_k = I^2 R t$$

$$W = \frac{kq_1 q_2}{r}$$

$$U = \frac{kq(t)}{r_2}$$

$$\int U^2(t) dt = \int \frac{kq^2(t)}{r_2} dt$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 R = \frac{R}{k}$$

$$U = \frac{q}{C} = \frac{kq}{R}$$

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{R}{k} \cdot \frac{k^2 Q_0^2}{R^2}$$

$$= \frac{R}{k} \cdot \frac{k^2 Q_0^2}{R^2}$$

$$\frac{R}{k} \cdot \frac{k^2 Q_0^2}{R^2} = \frac{k Q_0^2}{2R} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_0^2}{2R} = \boxed{\frac{Q_0^2}{8\pi\epsilon_0 R}}$$

$$\frac{R}{k} \cdot \frac{k^2 Q_0^2}{R^2} = \frac{k Q_0^2}{2R}$$

$$U = \frac{dQ}{dq}$$





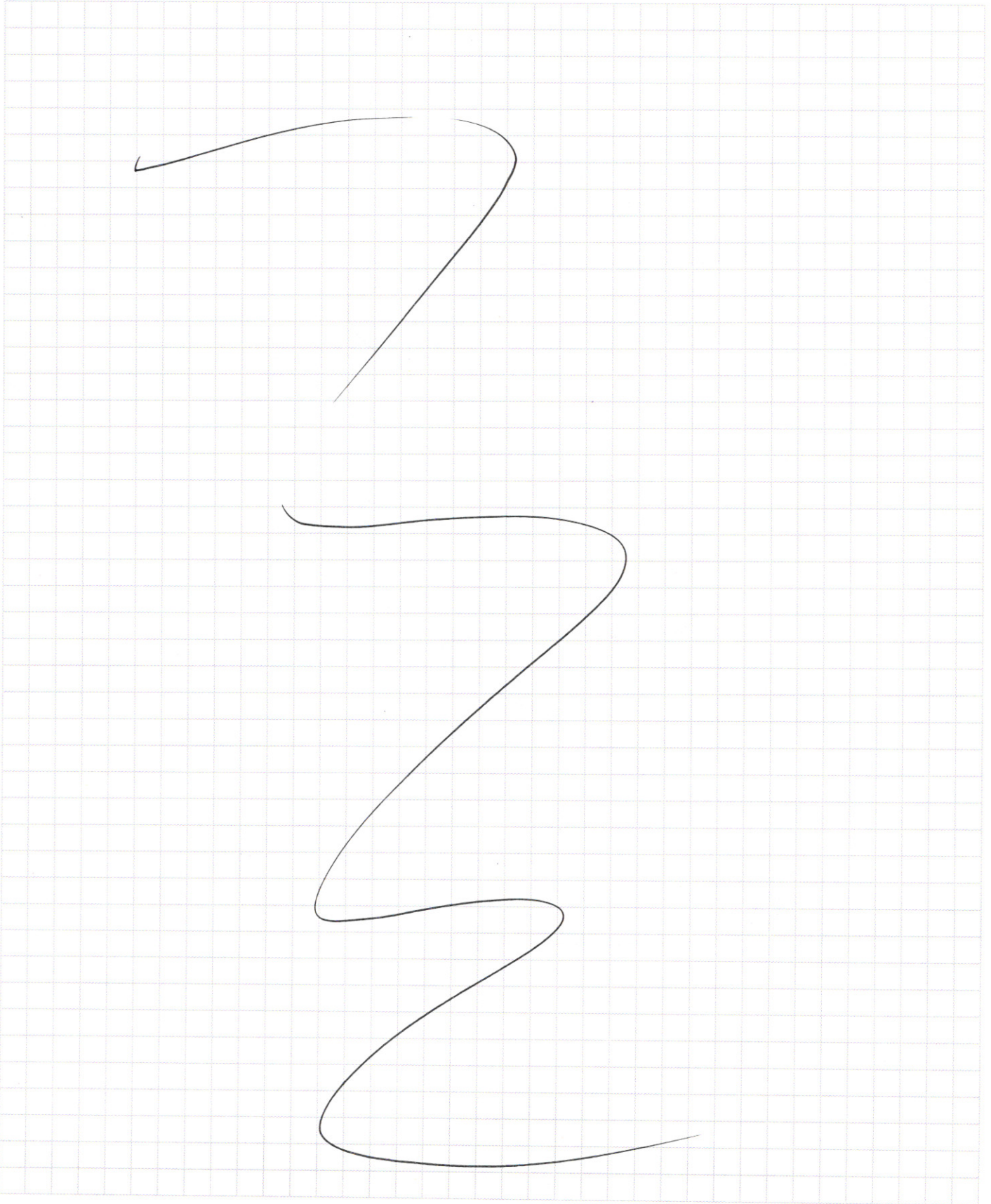
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

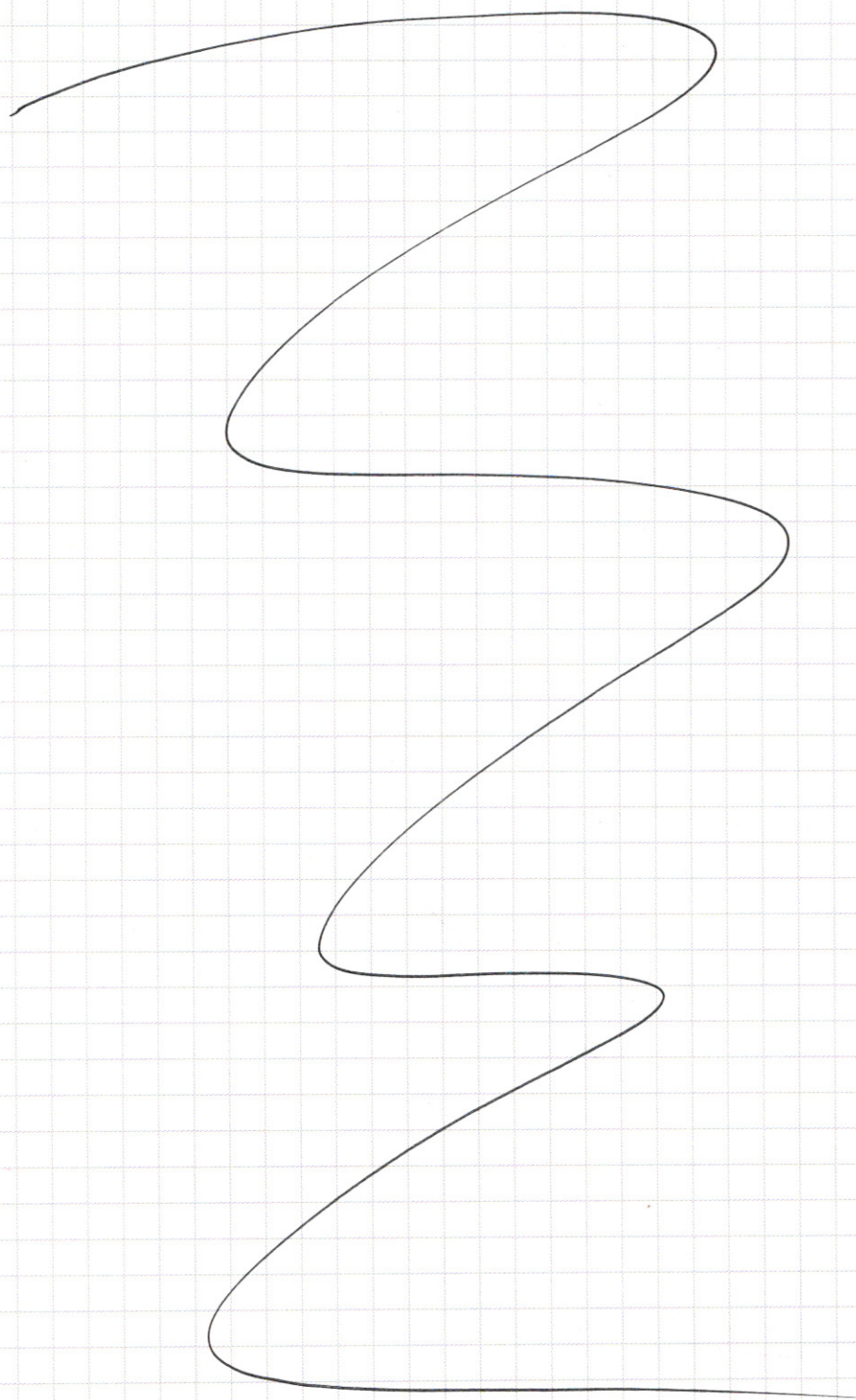
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)