

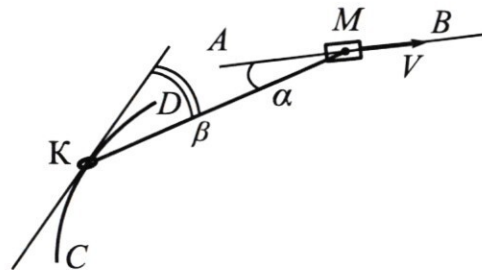
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

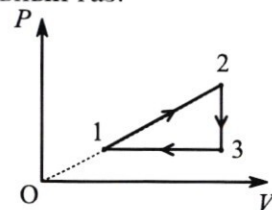
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса 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 понижение температуры газа.
- 2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

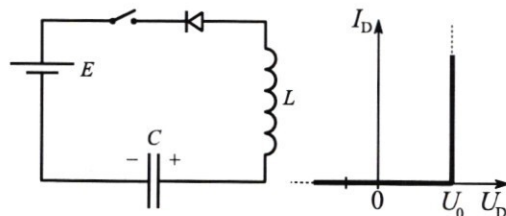


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы 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 $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



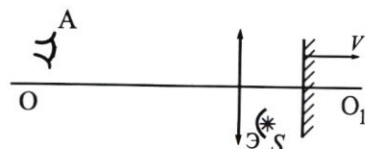
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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 $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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.)

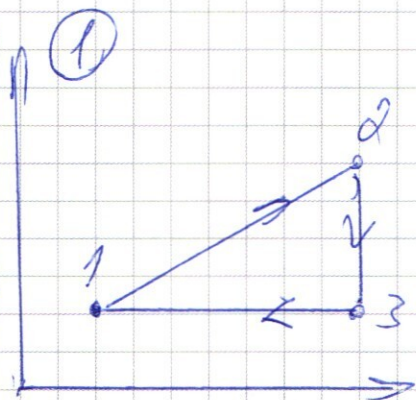
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2

Дано:
 $\gamma = 3$
 $p_2 = \alpha p_1$
 $p_1 = \alpha p_2$
 $\frac{C_{p2}}{C_{p1}} = ?$
 $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = ?$
 $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = ?$
 $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = ?$



② $1-2: p = \alpha V$
 $p_1 V_1 = \gamma R T_1$
 $p_2 V_2 = \gamma R T_2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma > 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_2 > T_1$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \alpha A_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} \gamma R \Delta T_{12} = \frac{1}{2} \gamma R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \gamma R (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} \gamma R \Delta T_{12} = \frac{1}{2} \gamma R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} \gamma R (T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{12} = \gamma \cdot A_{12} = 3 A_{12}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = (\gamma + 1) A_{12} \Rightarrow \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \gamma + 1 = 4$$

$$Q_{12} > 0$$

2-3: изохора

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

$$\frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2} < 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_3 < T_2$$

$$C_{p3} = C_{v3} = \frac{1}{2} R$$

$$\Delta_{23} < 0 \Rightarrow Q_{23} = 4 Q_{31} < 0$$

3-1: изобар:

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3} < 1 \Rightarrow T_4 < T_3$$

$$C_{31} = C_p = \frac{\gamma}{2} R \quad (C_p = R + C_v)$$

$$\text{At-403} \quad \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{C_v}{C_p} = \frac{8}{8+2} = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$Q_{31} = \underbrace{\gamma}_{>0} C_{31} \underbrace{T_{31}}_{<0} < 0$$

$$\textcircled{3} \quad \eta = \frac{Q}{Q^+} = \frac{A}{Q^+} = \frac{\Delta_{12} + \Delta_{31}}{Q_{12}} =$$

$$= \frac{\Delta_{12} + \rho_1 (V_1 - V_3)}{(1+\gamma) \Delta_{12}} = \frac{1}{\gamma+1} \left(1 - \frac{\alpha V_1 (V_2 - V_3)}{\frac{1}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)} \right) =$$

$$= \frac{1}{\gamma+1} \left(1 - 2 \cdot \frac{V_1}{V_2 + V_1} \right)$$

$$\gamma V_2 = n V_1:$$

$$\eta = \frac{1}{\gamma+1} \left(1 - 2 \cdot \frac{1}{n+1} \right)$$

$$\eta'(n) = \frac{2}{\gamma+1} \cdot \frac{1}{(n+1)^2} > 0 \text{ при } n \in \mathbb{R}$$

At-440: $\eta_{\max}$ достигается при $n \rightarrow \infty$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2 (продолжение)

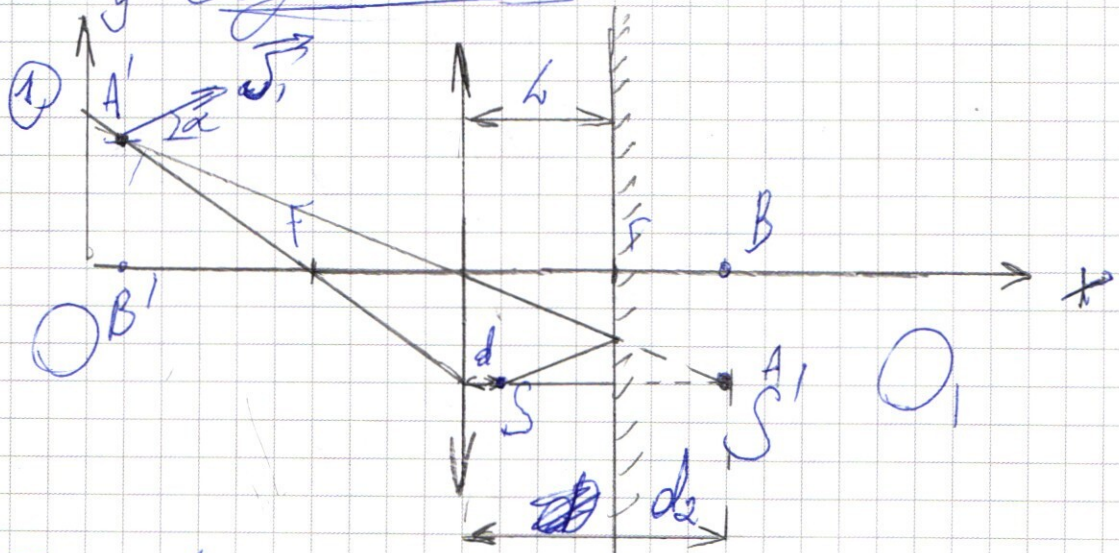
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \lim_{n \rightarrow \infty} \eta(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{8+1} (1 - 2 \frac{1}{n+1}) = \frac{1}{8+1} = \frac{1}{9} \approx 11.1\%$$

Даны: 1) $\frac{3}{5}$
2) 4
3) $\frac{1}{4}$

Задача №5

Дано:
 $h = \frac{8}{15} F$
 $d = \frac{1}{3} F$
 F
 $L = F$

1) $h = ?$
2) $(\frac{8}{15}, \infty)$
3) $F_1 = ?$

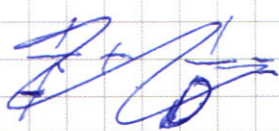


② S' — отражение S в зеркале

Решение. от S до зеркала
равно расстоянию от S' до зеркала

Пока $d_2 - d = d - d \Rightarrow d_2 = 2h - d = 2f - d$

③



$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F} \Rightarrow$$

$$d_2 = \frac{5}{3}F$$

$$\Rightarrow f = \frac{F d_2}{d_2 - F} = \frac{F \cdot \frac{5}{3}F}{\frac{5}{3}F - F} = \frac{5}{2}F = 2.5F$$

④

$$J_{1x} = \frac{dJ}{dt} = \frac{dJ}{d(d_2)} \cdot \frac{d(d_2)}{dt} = J \cdot F \cdot \frac{d_2 - F - d_2}{(d_2 - F)^2}$$

$$J_{1x} = -J \cdot \left(\frac{F}{d_2 - F} \right)^2$$

⑤

$$K = \frac{A'B'}{AB} = \frac{f}{d_2} \Rightarrow A'B' = AB \cdot \frac{f}{d_2} = h \cdot \frac{F}{d_2 - F} = \frac{8}{15} \frac{F^2}{d_2 - F}$$

$$J_{1y} = \frac{d(A'B'(d_2))}{dt} = \frac{d(A'B')}{d(d_2)} \cdot \frac{d(d_2)}{dt} = -J \cdot F \cdot \frac{1}{(d_2 - F)^2} h$$

$$J_{1y} = -\frac{8}{15} J \cdot \left(\frac{F}{d_2 - F} \right)^2$$

$$J_0 = (J_{1x}, J_{1y}) = \frac{J_{1y}}{J_{1x}} = \frac{8}{15}$$

$$⑥ J_1 = \sqrt{J_{1x}^2 + J_{1y}^2} = J \cdot \left(\frac{F}{d_2 - F} \right)^2 \sqrt{\left(\frac{8}{15} \right)^2 + 1} =$$

$$\Rightarrow J_1(d_2) = \frac{17}{15} J \cdot \left(\frac{F}{d_2 - F} \right)^2$$

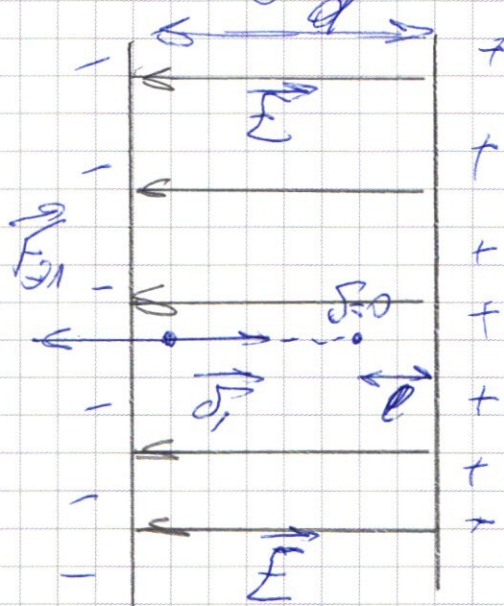
$$\text{В данный момент } J_1 = \frac{17}{15} J \cdot \left(\frac{F}{\frac{5}{3}F - F} \right)^2 = \frac{17 \cdot 9}{20} J = \frac{51}{20} J$$

Ответ: 1) $\frac{5}{2}F$ 2) $J_0 = \frac{8}{15}$ 3) $\frac{51}{20}J$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3

Дано:
 $\frac{q}{m} = \gamma > 0$
 d
 $a \gg d$
 $l = 0.2d$
 S_0



1) $\vec{v}$ - ?
2) U - ?
3) S_0 - ?

② По II з-ку Ньютона:

$$\vec{m}\vec{a} = \vec{F}_{эл}$$

$$Ox: m a_x = -qE, E = \frac{U}{d}$$

$$a_x = -\gamma \frac{U}{d}$$

③

По кор об изменении кин. энергии:

$$\Delta E_k = A_k \Rightarrow -\frac{m v^2}{2} = -q \frac{U}{d} (d-l) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m v^2}{2} = q \frac{U}{d} (d-l)$$

$$v = \frac{S_0 \cdot d}{2\gamma(d-l)} = \underline{\underline{0.68}}$$

④

$$S(t) = S_1 + at$$

$$S(T) = 0 = S_1 - g \frac{d}{d} \cdot T \Rightarrow T = \frac{S_1 d}{g d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{16d}{S_1}$$

⑤

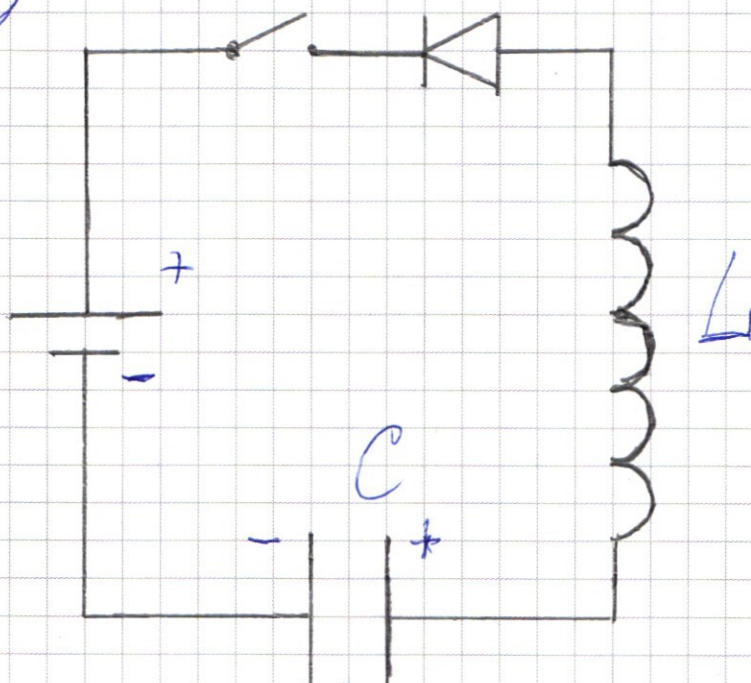
Ответ: 1) $\frac{16d}{S_1}$ 2) $\frac{S_1^2}{16g}$ 3)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 19

Дано:
 $L = 0,2 \text{ Гн}$
 $U_0 = 1 \text{ В}$
 $C = 202 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $U_1 = 6 \text{ В}$
 $\mathcal{E} = 3 \text{ В}$

①



1) $I_{\text{ст}} = ?$
2) $T_m = ?$
3) $U_C = ?$

②

$$U_1 - \mathcal{E} + \mathcal{E}_C = U_0, \quad \mathcal{E}_C = -L \frac{dI}{dt}$$

(соотношение, правило Кирхгофа)

$$U_1 - \mathcal{E} + \mathcal{E}_C = U_0 \Rightarrow L \frac{dI}{dt} = U_1 - \mathcal{E} + U_0$$

$$\Rightarrow I = \frac{dI}{dt} = \frac{U_1 - \mathcal{E} + U_0}{L} \quad (1)$$

③

Из формулы следует, что максимальный

тож будет при $U_k = E + U_0$

(тогда ток перестанет ~~растать~~
возрастать)

④ Тогда по ЭД

$$J_{уст} = \frac{CU_k^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$$

$$J_{уст} = q\ell = CE(U_k - U_1)$$

$$LI_m^2 = 2CE(E + U_0 - U_1) + C(U_1^2 - U_k^2)$$

$$LI_m^2 = \frac{C}{L}(U_1 - (E + U_0))(U_1 + E + U_0 - 2E)$$

$$I_m^2 = \frac{C}{L}(U_1 - E - U_0)(U_1 - E + U_0)$$

$$I_m = \sqrt{\frac{C}{L}((U_1 - E)^2 - U_0^2)}$$

⑤ $JI = \frac{6-4}{0.2} = 10 \text{ A/c}$

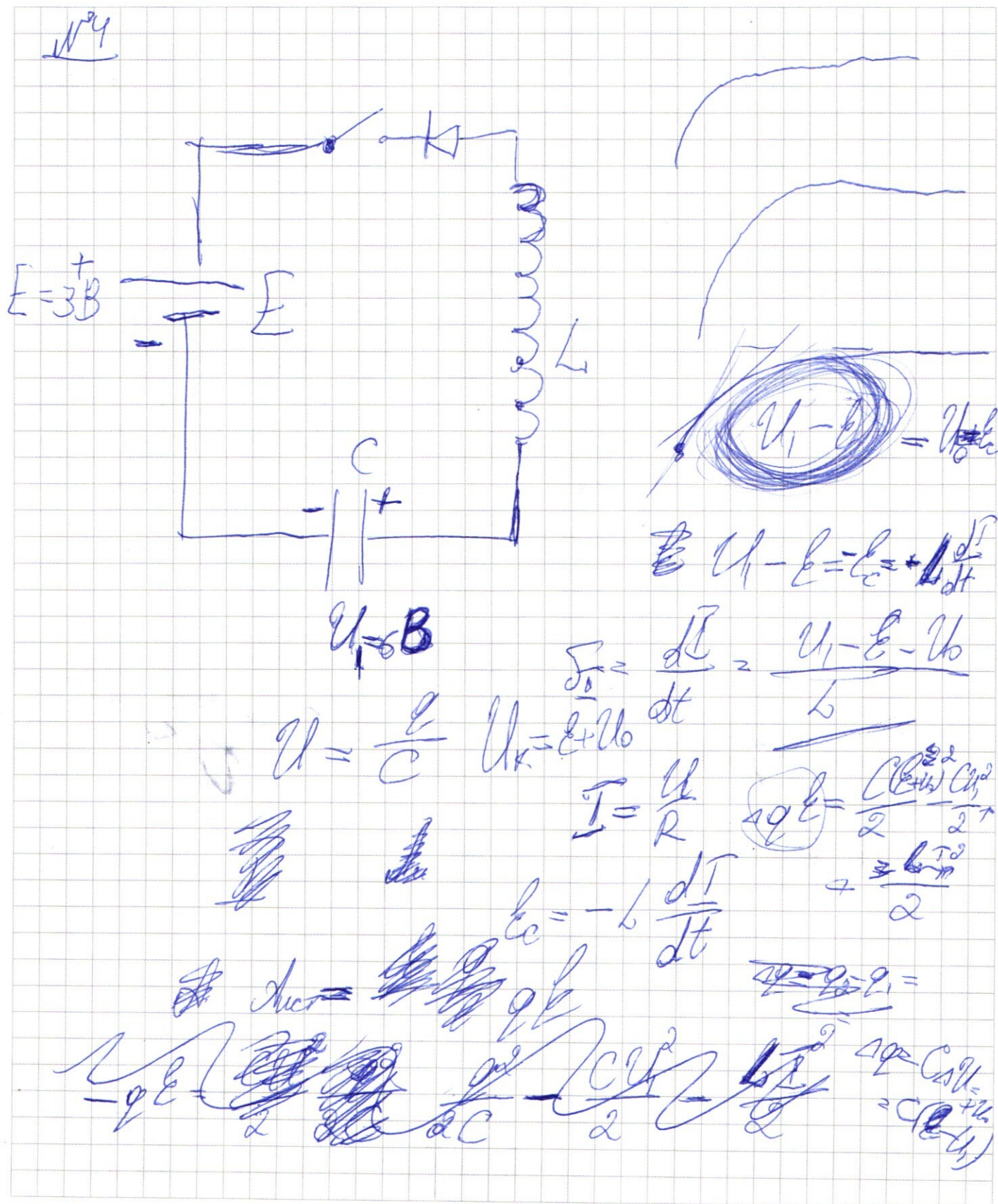
$$I_m = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 10^{-1}} \cdot (9-1)} = \sqrt{8 \cdot 10^{-4}} = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \approx 28 \text{ mA}$$

⑥ По ЭД ~~в ф.с.с.с.~~ $q\ell = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} \Rightarrow$
 $\Rightarrow 2C(U_2 - U_1)\ell = C(U_2 - U_1)(U_2 + U_1) \Rightarrow U_2 + U_1 = 2E \Rightarrow$

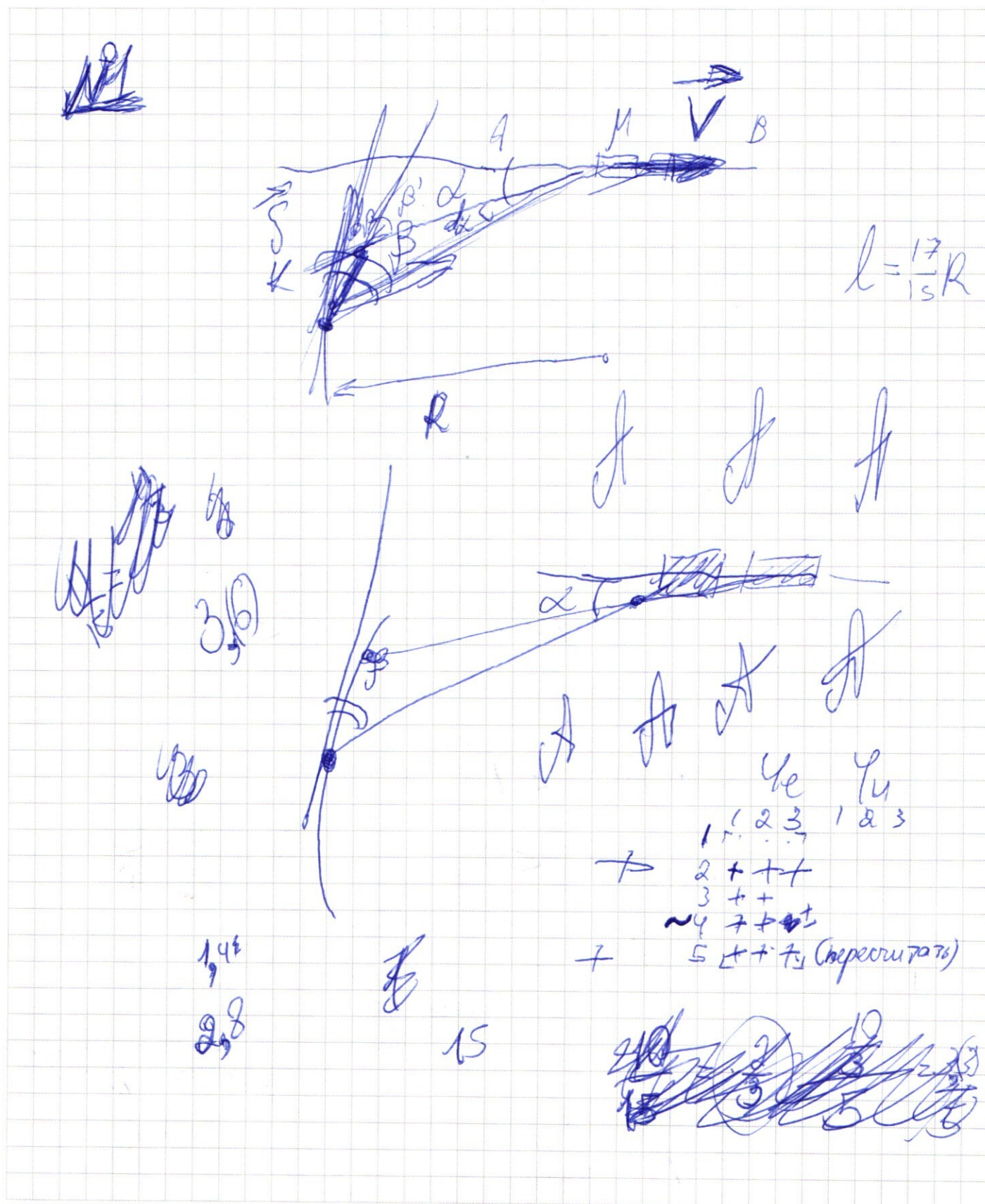
$\Rightarrow U_2 = 2E - U_1 = 0 \text{ В}$; ~~Вывод~~

Ответ: 1) $\frac{U_1 - E + U_0}{L} = 10 \text{ A/c}$; 2) $I_m = \sqrt{\frac{C}{L}((U_1 - E)^2 - U_0^2)} \approx 28 \text{ mA}$; 3) 0 В

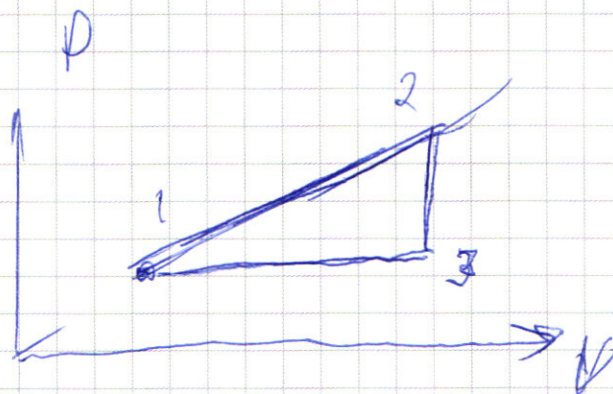
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№2



$i=3$

1-2: $p = \alpha V$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2$$

$$Q_{12} = \nu U_{12} = \frac{\nu}{2} R \Delta T_{12}$$

$T \uparrow$

$$C_V = \frac{\nu}{2} R = \frac{5}{2} R$$

2-3: $\text{yoxpa } V = \text{const}$

$$Q_{23} = \nu U_{23} = \frac{\nu}{2} R \Delta T_{23} < 0$$

~~$T \uparrow$~~

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} < 1$$

$$C_p = \frac{\nu+2}{2} R = \frac{7}{2} R$$

$$\frac{C_p}{C_V} = \frac{\nu+2}{\nu} = \frac{5}{3}$$

3-1:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} < 1$$

$$Q_{31} = \nu U_{31} = \frac{\nu}{2} R \Delta T_{31} < 0$$

$$\overline{\epsilon} = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$\frac{C_p}{C_V} = \frac{C_p}{C_V} = \frac{C_p}{C_V}$$

$$Q = \Delta U = \frac{\nu}{2} R \Delta T$$

$$C_V = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\nu}{2} R$$

$$C_p \Delta T = C_V \Delta T + \nu R \Delta T$$

$$C_p = C_V + R$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\beta_0 = 25$$

$$k = \frac{A'B'}{AB} = \frac{f}{d} \Rightarrow A'B' = \frac{f}{d} AB$$

$$\frac{f}{d} = \frac{F}{d-F} \Rightarrow \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F} \Rightarrow \frac{df}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{F}{d-F} \right) = \frac{d(F/(d-F))}{d(d)} \cdot \frac{d(d)}{dt}$$

$$= \frac{8 \cdot 25^2}{15} \cdot \frac{1}{(d-F)^2} - \frac{8}{15} \cdot \frac{F}{(d-F)^2}$$

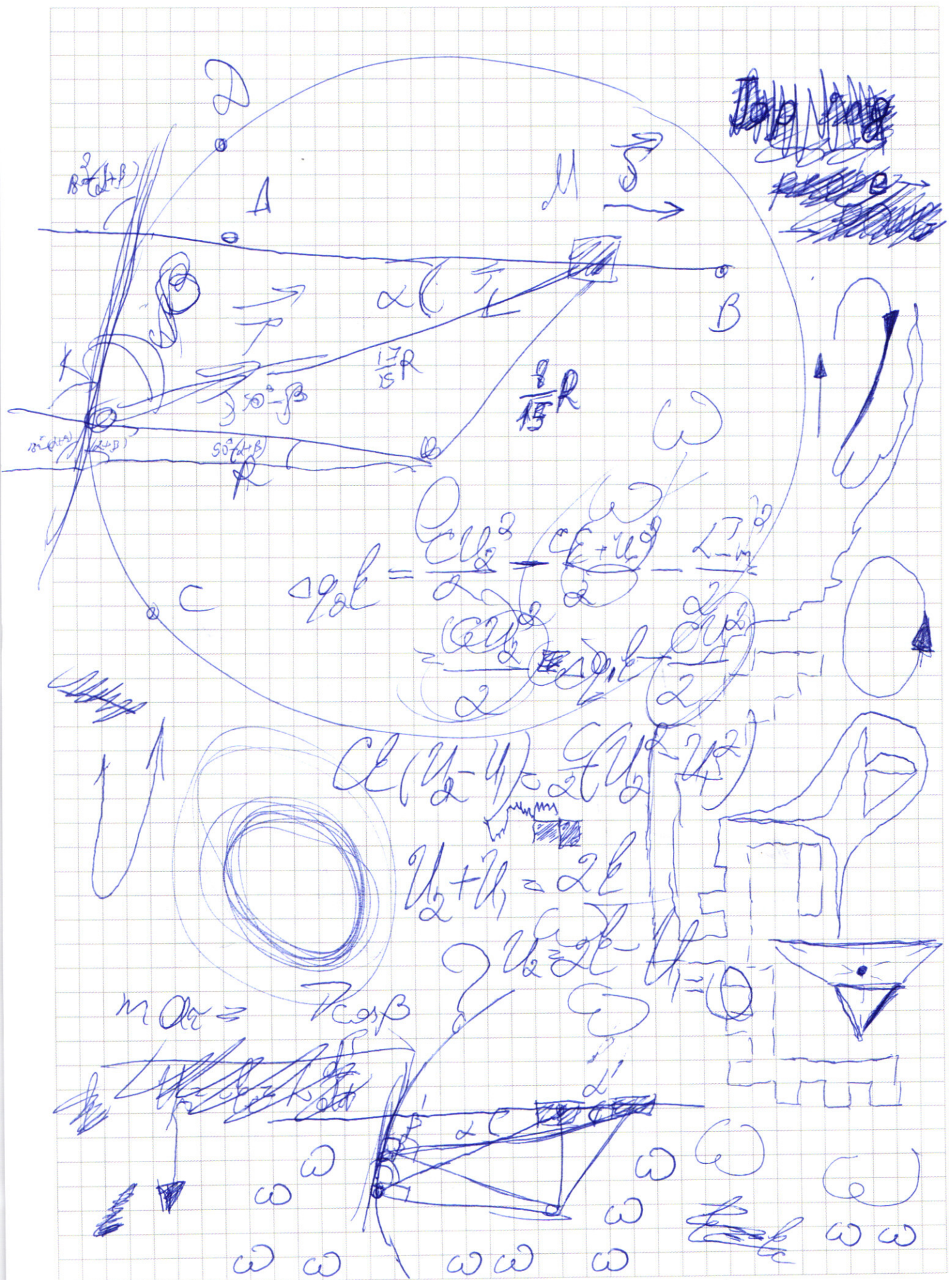
$$f(d) = F \cdot \frac{d}{d-F}$$

$$f'(d) = \frac{d}{dt} \left(\frac{f(d)}{d} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{F \cdot d}{d-F} \right)$$

$$S_{ix} = \frac{df}{dt} = \frac{df}{d(d)} \cdot \frac{d(d)}{dt} = F \cdot \frac{d}{d-F} \cdot \frac{d}{dt} = \frac{F \cdot d}{d-F} \cdot \frac{d}{dt}$$

$$f_{gx} = \frac{S_{iy}}{S_{ix}} = \frac{8}{15} \cdot \frac{F}{d-F} \cdot \frac{d}{dt} = \frac{8}{15} \cdot \frac{F}{d-F} \cdot \frac{d}{dt} = \frac{8}{15} \cdot \frac{F}{d-F} \cdot \frac{d}{dt}$$

$$S(\alpha) = \frac{17}{15} S_0 \cdot \frac{F}{d-F} \cdot \frac{d}{dt} = \frac{17}{15} S_0 \cdot \frac{F}{d-F} \cdot \frac{d}{dt}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Delta E_k = I$
 $\frac{m \Delta v^2}{2} = -q U d \cdot \alpha \cdot d$
 $U = \frac{S_1}{16 \pi \epsilon_0 x}$
 $V = \frac{S_1}{q U d}$

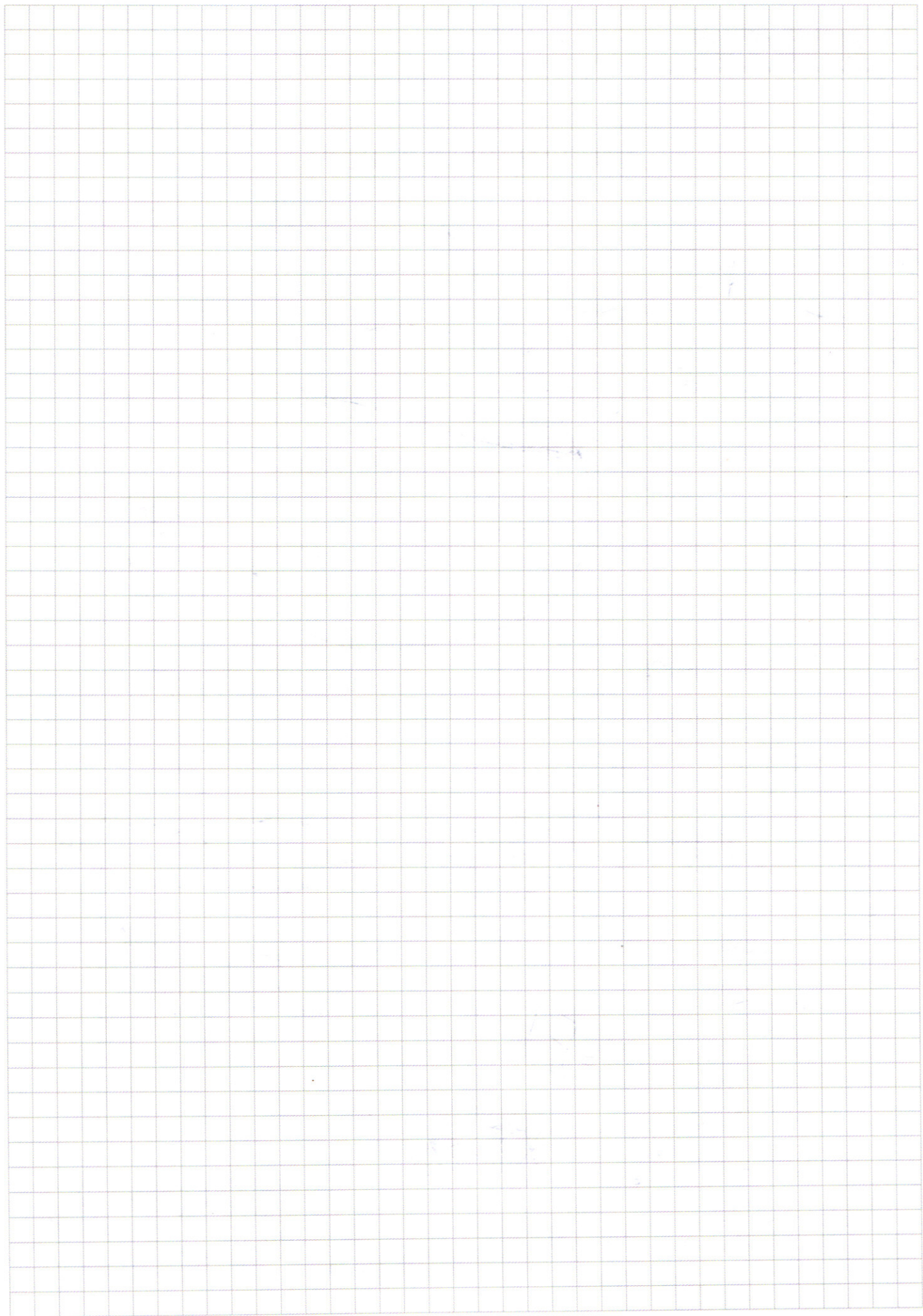
$\vec{m} \vec{a} = \vec{T}$
 $O_x: m a_{ox} = T \cos \beta$
 $O_y: m a_{oy} = T \sin \beta$
 $\frac{m \vec{v}^2}{R} = T \sin \beta$

$S(t) = S_1 + a_x t$
 $S(v) = 0 = S_1 - q U d \cdot T$

(3)

$U = E d$
 $m a_x = -F_{01}$
 $m a_x = -q E$
 $m a_x = -q U d$
 $a_x = -q U d$

$U = d \frac{q}{\epsilon_0} \frac{\sigma}{2 \epsilon_0}$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Q₁₂~~

~~Q₁₂~~

1-2:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{R}_1 V_{12} &= \mathcal{R}_1 V_2 - \mathcal{R}_1 V_1 = p_2 V_2 - p_1 V_1 = \\ &= 2(V_2^2 - V_1^2) = 2V_{12} \end{aligned}$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} 2 (V_2^2 - V_1^2)$$

$V_2 = n V_1$

$$Q_{12} = 3 A_{12} \Rightarrow \frac{Q_{12}}{A_{12}} = 3$$

$$V_2 = 3 V_1$$

$$\frac{V_1}{4 V_1}$$

~~Q =~~

~~Q~~

~~Q~~

~~Q~~

$$2 = 3 \left(1 - 2 \frac{1}{n+1} \right)$$

$$Q = A_{12} + A_{23} + A_{31} = A_{12} + p_1 (V_1 - V_3)$$

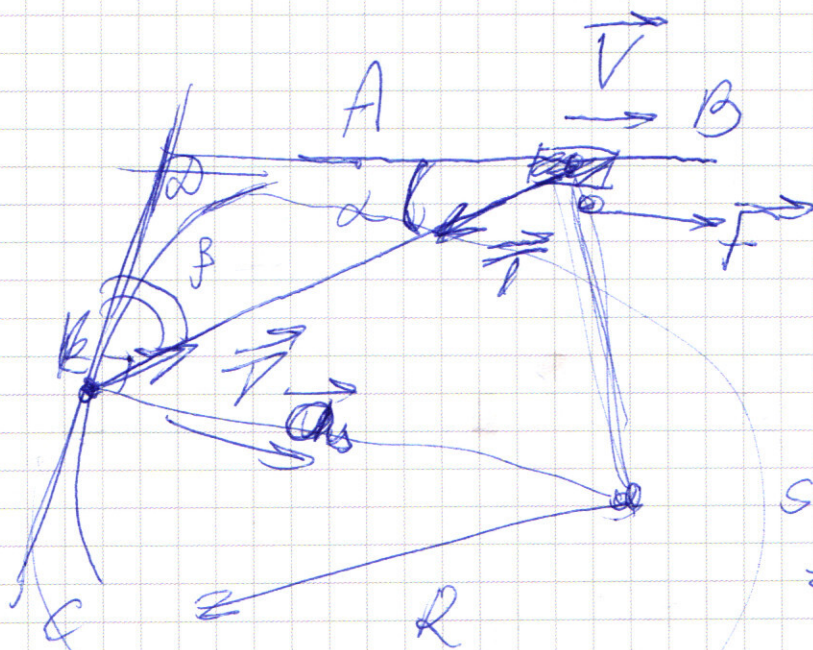
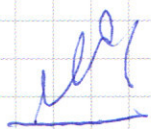
$$2 = \frac{1}{3} \left(\frac{p_1 (V_2 - V_1)}{2 \alpha (V_2 - V_1) (V_2 + V_1)} \right) = \frac{1}{3} \left(1 - 2 \frac{V_1}{V_2 + V_1} \right)$$

$$f(n) \approx \frac{1}{3} \left(1 - \frac{2}{n+1} \right)$$

$$2'(n) = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{n+1/2} > 0 \quad \text{für } n \in \mathbb{R}$$

Q-AD: ~~40/40~~

$$\lim_{n \rightarrow \infty} 2(n) = \frac{1}{3} \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{3} - \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{n+1} \right) = \frac{1}{3}$$



$$\cos \beta = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{64}{289}}$$
$$= \frac{15}{17}$$

$$a_{II}^2 = \left(\frac{17}{15}\right)^2 R^2 + R^2 - 2R \cdot \frac{17}{15} \sin \beta$$

$$Q_{11}^2 = \left(\frac{17}{15}\right)^2 R^2 - R^2$$

$$a_m^2 = R^2 \left(\frac{17}{15} \right)^2 R^2$$

$$a_m^2 = R^2 \left(\frac{17}{15} - 1 \right) \left(\frac{17}{15} + 1 \right) = R^2$$

$$= \sqrt[3]{\frac{32}{15}} = \frac{32}{15} = 2$$

$$2 \frac{60}{225} R^2$$

225 K
Amo $\frac{8}{15} R$

