

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

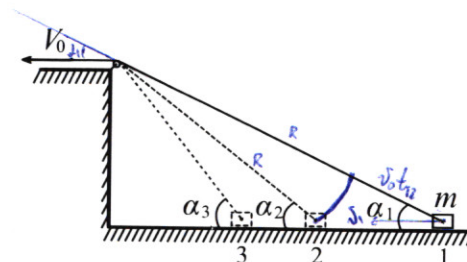
Класс 11

Вариант 11-08

Шифр

(заполняется секретарем)

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 $\sin \alpha_1 = \frac{1}{4}$, $\sin \alpha_2 = \frac{2}{3}$, $\sin \alpha_3 = \frac{3}{4}$. От точки 1 до точки 2 груз перемещается за время t_{12} .



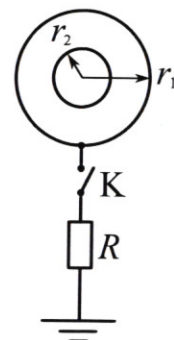
- 1) Найти скорость V_2 груза при прохождении точки 2.
- 2) Найти работу лебедки A_{12} при перемещении груза из точки 1 в точку 2.
- 3) Найти время t_{13} перемещения груза из точки 1 в точку 3.

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 $P_0/8$, 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 Δm воды.
- 3) Найти изменение внутренней энергии содержимого сосуда.

Удельная теплота испарения воды L , молярная масса воды μ . 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 положительный заряд q , а на внутреннем шаре - положительный заряд Q . Внешний шар соединен с Землей через ключ K и резистор R . Ключ замыкают.

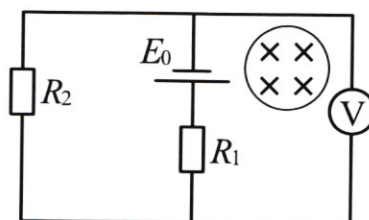


- 1) Найти заряд q_1 на внешнем шаре после замыкания ключа.
- 2) Найти энергию W_1 электрического поля в пространстве между шарами (сферами) до замыкания ключа.

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.

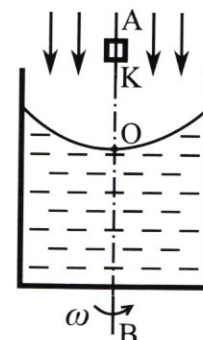
4. В проволочную конструкцию впаяны резисторы с сопротивлениями $R_1 = R$, $R_2 = 3R$, идеальный источник с ЭДС E_0 , вольтметр с сопротивлением $R_V = 5R$ (см. рис.). Сопротивление проводов конструкции пренебрежимо мало. Однородное магнитное поле сосредоточено практически в узкой области - магнитном 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 $\omega = 4 \text{ c}^{-1}$ 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.



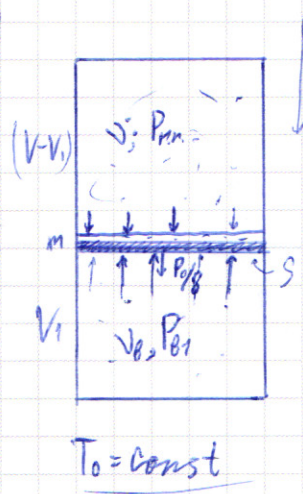
- 1) Найти радиус кривизны свободной поверхности жидкости в её нижней точке О.
- 2) На каком расстоянии от точки О будет наблюдаться изображение Солнца, полученное в отраженных от свободной поверхности жидкости лучах?

Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2

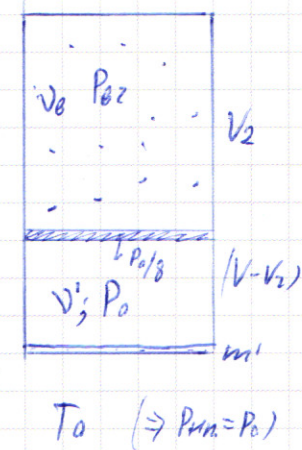
$T_0 = 373 \text{ K}$
 V_1, P_0
 $V_2 = ?$
 $\Delta M = ?$
 $\Delta W = ?$



т.к. сверху
есть немного
воды, то пар можно
считать насыщенным,
а т.к. $T_0 = 100^\circ\text{C} = \text{const}$, т.е.

$P_{\text{н.п.}}(T_0) = P_0$

переворот



II 3-й закон
на парильнике

на ось y: $P_{\text{н.п.}} S + \frac{P_0}{8} S = P_{01} S$

$\frac{3}{8} P_0 = P_{01}$

II 3-й закон

$P_0 S = \frac{P_0}{8} S + P_{02} S \Rightarrow$
 $\Rightarrow P_{02} = \frac{7}{8} P_0$

Запишем уравнения Клапейрона-Менделеева:

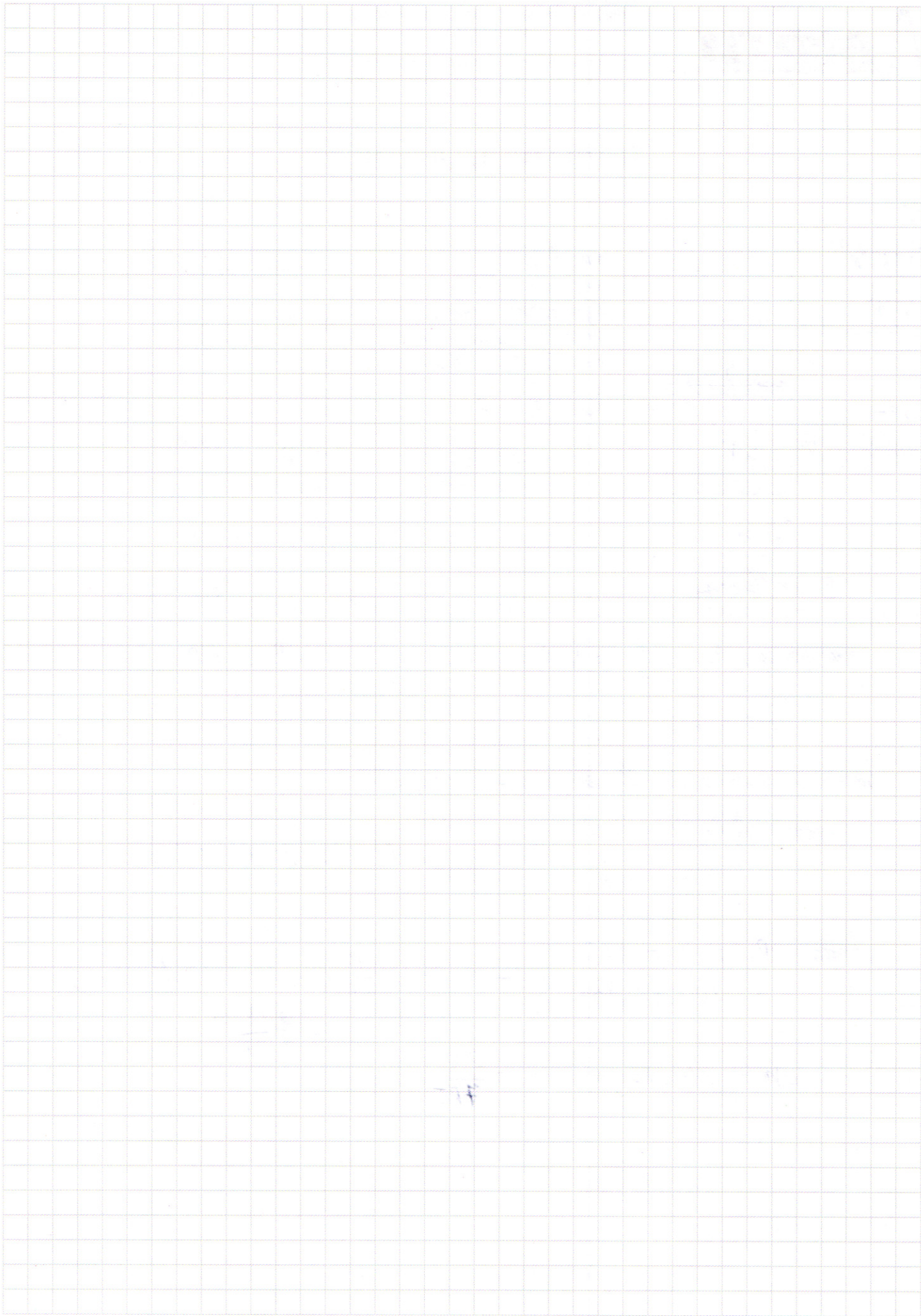
воздух: $\frac{3}{8} P_0 \cdot V_1 = \nu R T_0$
 $\frac{7}{8} P_0 \cdot V_2 = \nu R T_0$

$\Rightarrow \frac{\frac{3}{8} P_0 V_1}{\frac{7}{8} P_0 V_2} = 1 \Rightarrow V_2 = \frac{9}{7} V_1 (\approx 1,286 V_1)$

вода: $P_0 \cdot (V - V_1) = \nu' R T_0$
 $P_0 \cdot (V - V_2) = \nu' R T_0$

$\Rightarrow \nu - \nu' = \frac{P_0}{R T_0} (V - V_1 - V + V_2) = \frac{P_0}{R T_0} (V_2 - V_1) =$
 $= \frac{2}{8} \frac{P_0}{R T_0} \frac{2}{7}$

$\Delta M = \mu \cdot \Delta \nu = \mu \cdot (\nu - \nu') = \frac{2 P_0 \mu}{7 R T_0}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

11

$v_0, \sin \alpha_1 = \frac{1}{4}$
 $\sin \alpha_2 = \frac{2}{3}, \sin \alpha_3 = \frac{3}{4}$

t_{12}
 $v_2 - ?$
 $A_{12} - ?$
 $t_{13} - ?$

рассмотрим малое перемещение $v_0 dt$ за время $dt \rightarrow 0$;

радиус увеличивается на $v_0 dt$

для окружности с радиусом кривизны R_2 при $dt \rightarrow 0$ можно считать прямой, кот. $\perp R_1$

тогда: $\cos \alpha = \frac{v_0}{v}$

$v = \frac{v_0}{\cos \alpha}$. Мы нашли соотношение, которое верно всегда \Rightarrow найдём с его помощью v_2 : $v_2 = \frac{v_0}{\cos \alpha_2} =$

$$= \frac{v_0}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_2}} = \frac{3v_0}{\sqrt{5}} = \left(\frac{3}{5} v_0 \sqrt{5}\right)$$

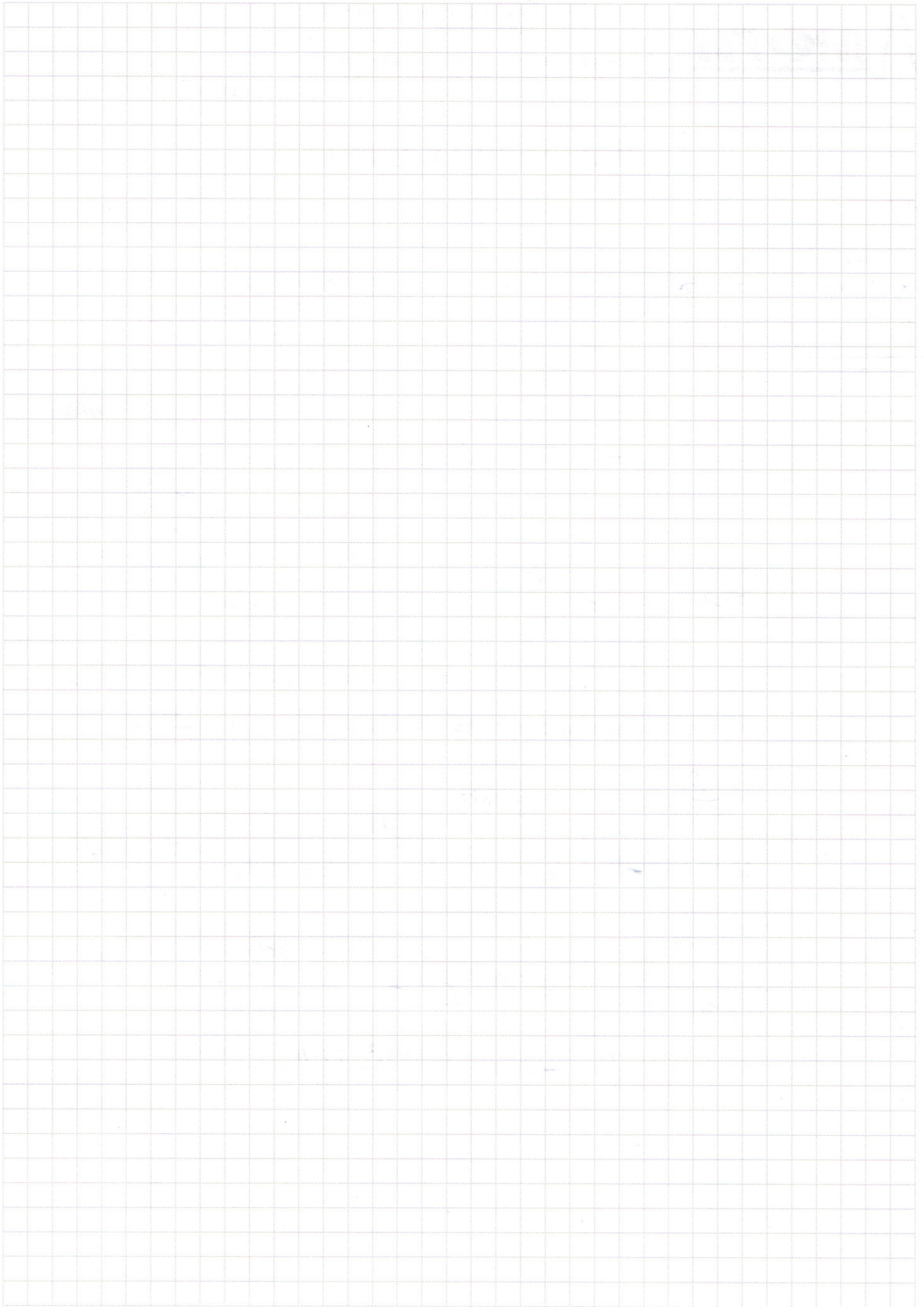
З.С.З: $A_{12} + W_{12} = W_{k2} \Rightarrow A_{12} + W_{12} = W_{k2} \Rightarrow A_{12} = W_{k2} - W_{12} = \frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} =$

$$= \frac{m}{2} (v_2^2 - v_0^2)$$

$v_1 = \frac{v_0}{\cos \alpha_1} = \frac{4v_0}{3} \Rightarrow A_{12} = \frac{m}{2} \left(\frac{16}{9} v_0^2 - v_0^2 \right) = \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{7}{9}$

ледянка совершает работу, а чтобы ускорить чужу $\Rightarrow A_{12} = W_{k2} - W_{12}$

$$A_{12} = \frac{m}{2} \left(\frac{9}{5} v_0^2 - \frac{16}{15} v_0^2 \right) = \frac{m v_0^2}{2} \cdot \frac{27 - 16}{15} = \left(\frac{11 m v_0^2}{30} \right)$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 4
(Нумеровать только чистовики)

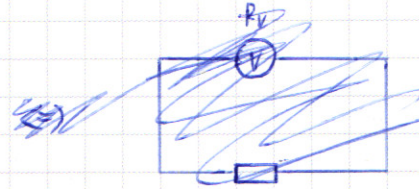
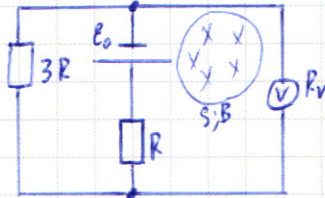
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

$R; R_V = 5R; \mathcal{E}_0; S$
для 2) $\frac{\Delta B}{\Delta t} = k, k \neq 0$

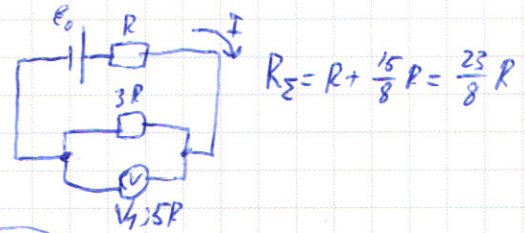
$V_1 = ?$

$V_2 = ?$



1) когда $B = \text{const} \Rightarrow \Delta \Phi = 0$ (изменение магнитного потока)
($S \text{ const} = \text{const}$)

$\Rightarrow \mathcal{E}_{\text{ind}} = 0 \Rightarrow$ поле никак не влияет на ток \Rightarrow цепь
можно переписать как:



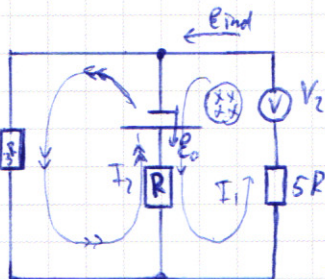
$$I = \frac{\mathcal{E}_0}{R_\Sigma}$$

$$V_1 = \mathcal{E}_0 - RI = \mathcal{E}_0 \left(1 - \frac{8R}{23R}\right) = \frac{15}{23} \mathcal{E}_0$$

2) $\Delta \Phi = \Delta B \cdot S \Rightarrow \mathcal{E}_{\text{ind}} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ (Закон Фарадея) \Rightarrow

$\Rightarrow \mathcal{E}_{\text{ind}} = -S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = -Sk$. Знак "-" говорит о том, что \mathcal{E}_{ind}
направлено противоположно правилу правой руки:

введём контурные токи I_1 и I_2



II Правила Кирхгофа: 1) $5RI_1 + RI_1 - RI_2 = \mathcal{E}_{\text{ind}} + \mathcal{E}_0$

$$V_2 = 5RI_1$$

$$2) 3RI_2 + RI_2 - RI_1 = -\mathcal{E}_0 - \mathcal{E}_{\text{ind}}$$

$$6RI_1 - RI_2 = \mathcal{E}_{\text{ind}} + \mathcal{E}_0$$

$$RI_1 - 4RI_2 = \mathcal{E}_{\text{ind}} + \mathcal{E}_0$$

$$5RI_1 = -3RI_2$$

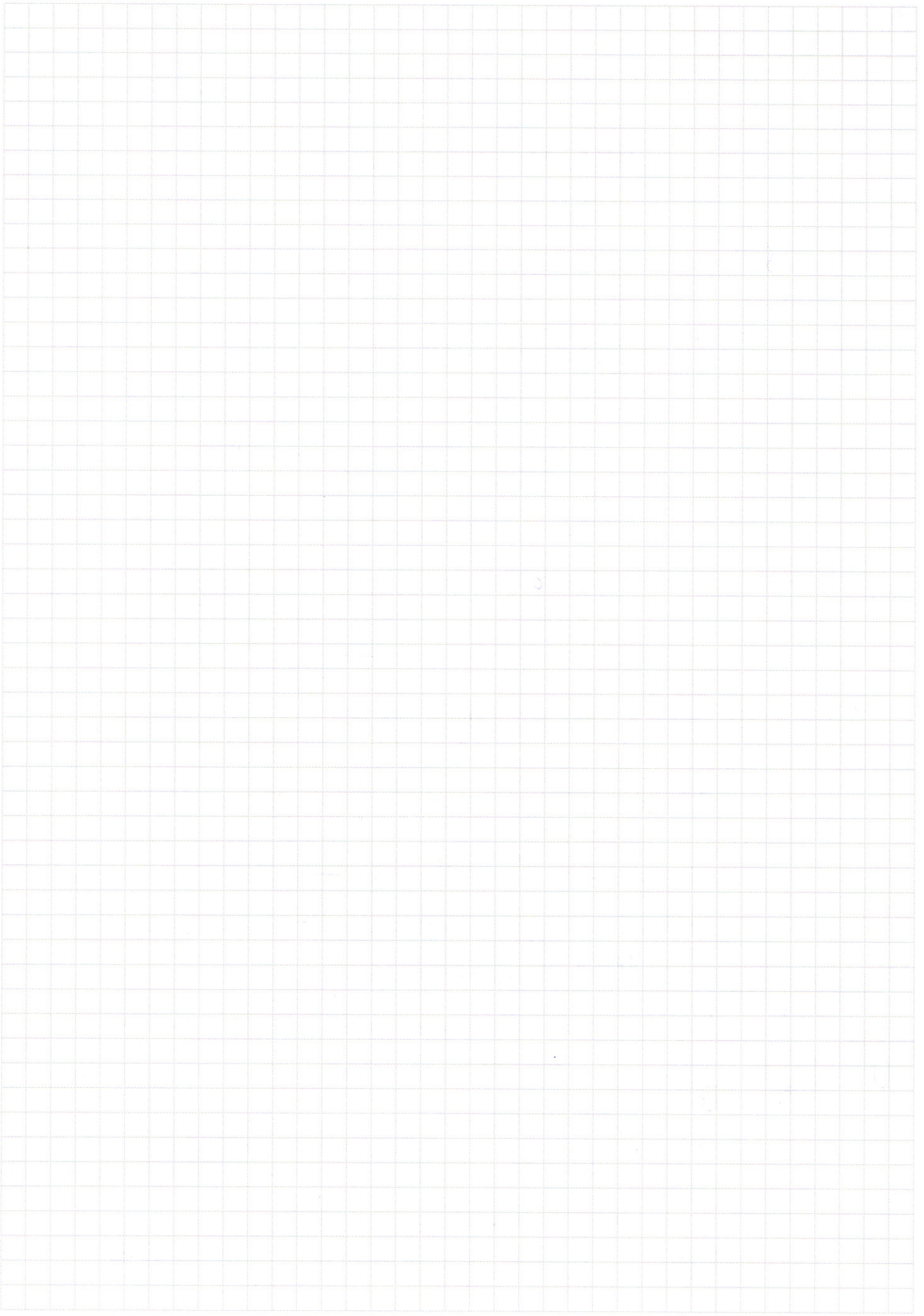
$$I_2 = -\frac{5}{3}I_1 \text{ (минус } \Rightarrow I_2 \text{ напр. по часовой)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Sk + \mathcal{E}_0 = R \left(6I_1 + \frac{5}{3}I_1\right) = \frac{23}{3}RI_1 = \frac{23}{15}V_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{15}{23}(\mathcal{E}_0 + Sk) \Rightarrow \text{Отв.:$$

$$V_1 = \frac{15}{23}(\mathcal{E}_0 + Sk)$$

$$V_2 = \frac{15}{23}(\mathcal{E}_0 + Sk)$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

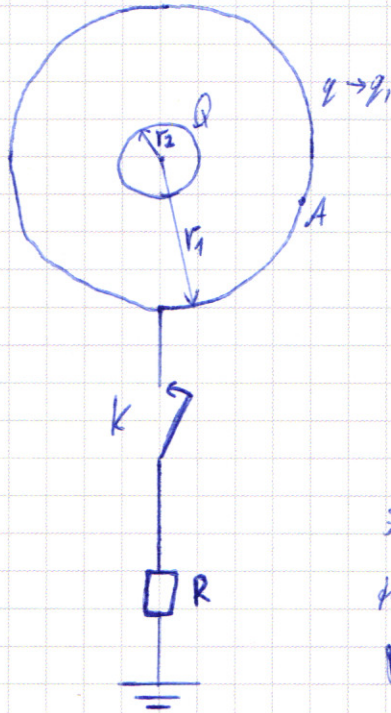
№3

r_1, r_2, q, Q, R

$q_1 = ?$

$W_1 = ?$

$W = ?$



дано: $\varphi_A = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq}{r_1} = \frac{k(Q+q)}{r_1}$

станет: $\varphi_A' = 0 = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_1}{r_1} \Rightarrow q_1 = -Q$
↑
заземлим

~~$W_1 = W_{внут} - W_{внеш} = \frac{\epsilon_0}{2} \dots$~~

т.к. поле внутри сферы 0, то:

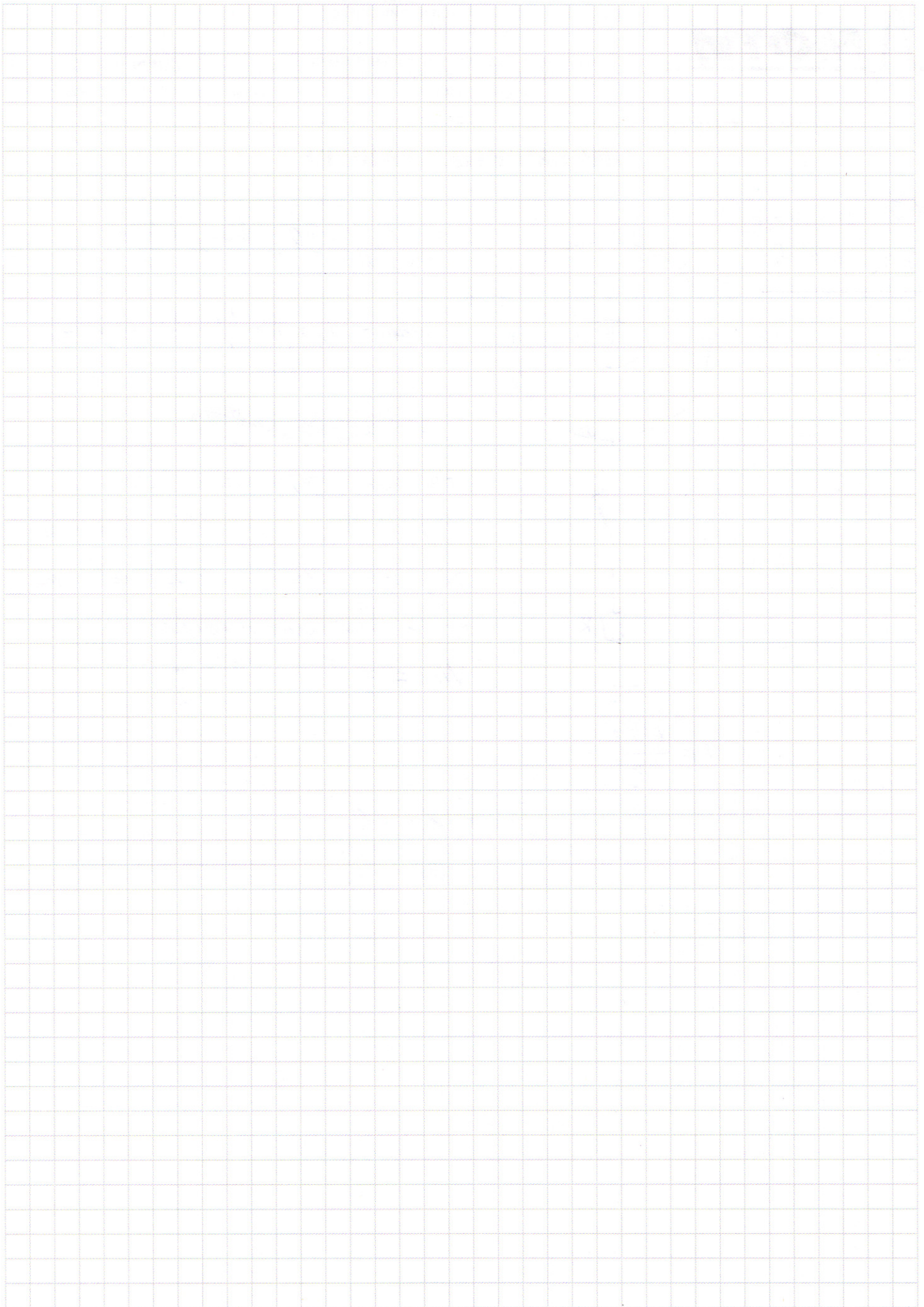
$W_1 = \frac{1}{2} \cdot W_{внут}$, т.е. $W_1 =$ половина энергии электр. поля на поверхности внутренней сферы

$$W_{внут} = \frac{\epsilon_0}{2} \cdot \left(\frac{kQ}{r_2}\right)^2 = \frac{k^2 Q^2 \epsilon_0}{r_2^4 \cdot 2}$$

$$W_1 = \frac{k^2 Q^2 \epsilon_0}{4 r_2^4}$$

Ответ: $q_1 = -Q$

$$W_1 = \frac{k^2 Q^2 \epsilon_0}{4 r_2^4}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

m, v_0
 $\sin \alpha_1 = \frac{1}{3}$
 $\sin \alpha_2 = \frac{2}{3}$
 $\sin \alpha_3 = \frac{2}{3}$
 t_{12}
 $v_2 = ?$
 $A_{12} = ?$
 $t_{13} = ?$

$v_1 \cos \alpha_1 = v_0 \cos \alpha_1$
 $v_2 \cos \alpha_2 = v_0 \cos \alpha_2$
 $v_3 \cos \alpha_3 = v_0 \cos \alpha_3$
 $v_1 = v_2 = v_3 = v_0$

$dA = T dx \cos \alpha$
 $= \frac{T dx}{\sqrt{x^2 + H^2}}$

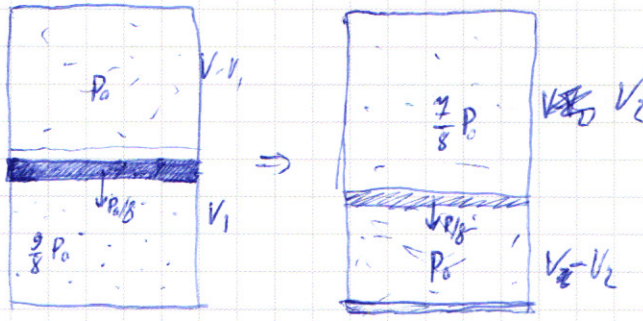
$A_{12} = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_0^2) = 0$
 $t_{12} = \frac{H(\cot \alpha_1 - \cot \alpha_2)}{v_0}$
 $t_{13} = \frac{H(\cot \alpha_1 - \cot \alpha_3)}{v_0}$
 $t_{12} v_0 + H \cot \alpha_2 = t_{13} v_0 + H \cot \alpha_3$
 $t_{13} = t_{12} + \frac{H(\cot \alpha_2 - \cot \alpha_3)}{v_0}$
 $= t_{12} +$

$\frac{dL}{dt} = \frac{R \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{R \sin \alpha}{\cos \alpha}$
 $\frac{dL}{dt} = \frac{R \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{R \sin \alpha}{\cos \alpha}$
 $\frac{dL}{dt} = \frac{R \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{R \sin \alpha}{\cos \alpha}$

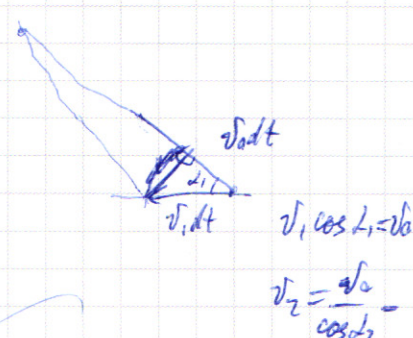
12

$T_0 = 373 \text{ K}$

$\frac{22}{484} = \frac{11}{242}$
 $\frac{123}{468} = \frac{41}{156}$
 $\frac{523}{523}$



$T_0 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
 $P_{\text{atm.}} \text{ при } T_0 = 100 \text{ }^\circ\text{C}; P_{\text{atm.}} = P_0$



$T_0 = \text{const}$

$P_0 (V - V_1) = \nu_0 R T_0$
 $\frac{7}{8} P_0 (V - V_2) = \nu_0 R T_0$
 $\frac{9}{8} P_0 V_1 = \nu_n R T_0$
 $P_0 V_2 = \nu_n' R T_0$

$\Delta m = (\nu_n' - \nu_n) \mu$

$V = V_1 + \frac{\nu_0 R T_0}{P_0}$

$\frac{9}{8} P_0 V_1 = \nu_n R T_0$
 $P_0 V_2 = \nu_n' R T_0$
 $\frac{7}{8} P_0 (V_1 - V_2 + \frac{\nu_0 R T_0}{P_0}) = \nu_0 R T_0$

$7(V - V_2) = 8(V - V_1)$

$V = 8V_1 - 7V_2$

$\frac{9}{8} P_0 V_1 = \nu_n R T_0$
 $\frac{7}{8} P_0 V_2 = \nu_n' R T_0$
 $V_2 = \frac{9}{7} V_1$

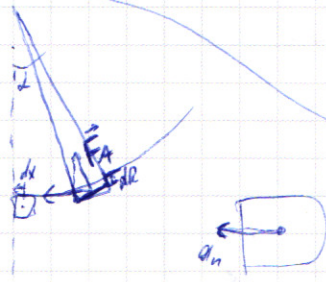
$\frac{9}{8} P_0 V_1 = \nu_n R T_0$
 $P_0 (V - V_1) = \nu_n R T_0$
 $P_0 (V - V_2) = \nu_n' R T_0$
 $\Rightarrow \nu_n' - \nu_n = \Delta \nu_n = \frac{P_0 (V - V_1)}{R T_0} - \frac{P_0 (V - V_2)}{R T_0}$
 $= \frac{P_0}{R T_0} (V_2 - V_1)$

$\Delta m = \frac{P_0 \mu}{R T_0} \cdot \frac{2}{7} V_1$

$E = C_v \cdot \nu_0 \cdot \Delta T$

$\Delta E_0 = C_v \nu_0 \cdot (T_0 - T_0) = 0$

$\Delta E_n = 0$

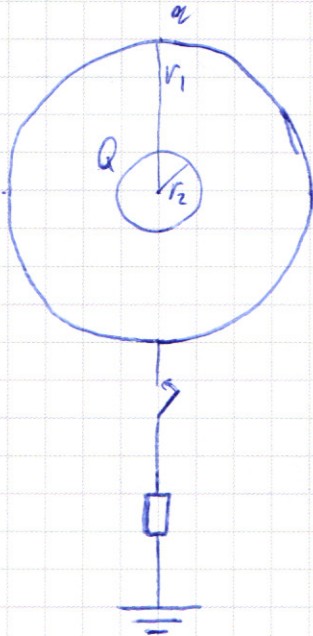


$m \omega^2 R \sin \alpha = p g dV \sin \alpha$

$\frac{9000}{100} = 90$
 $\frac{1285}{100} = 12.85$
 $\frac{70}{100} = 0.7$
 $\frac{100}{100} = 1$
 $\frac{50}{100} = 0.5$
 $\frac{35}{100} = 0.35$
 $\frac{60}{100} = 0.6$
 $\frac{40}{100} = 0.4$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



$$\varphi_{\text{сш.}} = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq}{r_1} = \frac{k(Q+q)}{r_1}$$

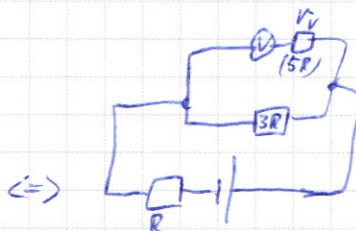
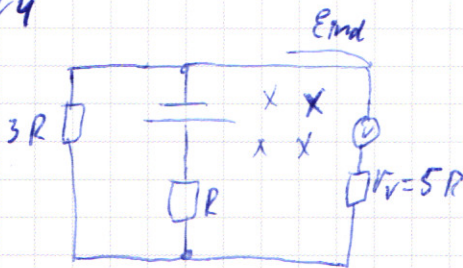
когда замыкают:

$$\varphi_{\text{сш.}}^n = 0 = \frac{kQ}{r_1} + \frac{kq_1}{r_1} \Rightarrow q_1 = -Q$$

$$\Delta\varphi = \frac{kQq}{r_1}$$

$$W =$$

№4



$$R_{\Sigma} = R + \frac{15}{8} R = 1,875R$$

$$I = \frac{E_{\text{ind}}}{23R}$$

$$U_V = E_0 - \frac{8}{23} E_0 =$$

$$= E_0 \cdot \frac{15}{23} = V_1$$

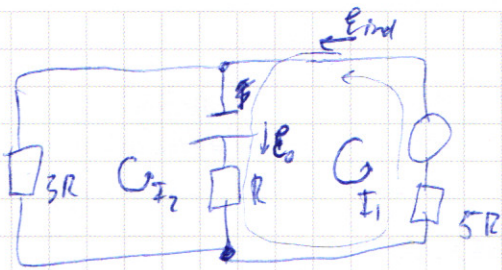
$\Delta\Phi$

$$E_{\text{ind}} = - \frac{\partial\Phi}{\partial t} = -S \cdot \frac{\partial B}{\partial t} = \underline{-Sk}$$

направление линии

2) (не факт, что тап. самиватоды ~~...~~)

$$V_2 = \frac{15}{23} E_0 + Sk$$



II It-ро Кирхгофа для второй ветви:

$$5RI_1 + R(I_1 - I_2) = E_0 + E_{ind} = S_k$$

$$RI_2 + 3RI_2 = E_0$$

$$I_2 = \frac{E_0}{4R} \Rightarrow \frac{5}{4} V_2 = E_0 + S_k + R \cdot \frac{E_0}{4R} = 1,25 E_0 + S_k$$

$$(V_2 = 5RI_1)$$

$$V_2 = \frac{25}{24} E_0 + \frac{5}{8} S_k$$

$$\frac{5}{4} \cdot \frac{5}{8}$$