

Олимпиада «Физтех» по физике, (

Вариант 11-05

Класс 11

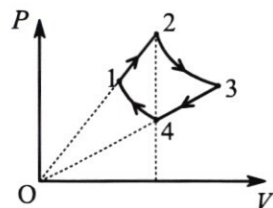
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в.

1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 2 раза, а модули ускорений равны.

- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

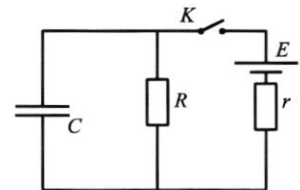
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 давление увеличивается в $k = 2$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной зависимости давления от объема и сжимается в изотермическом процессе 4-1. Объемы газа в состояниях 2 и 4 равны.

- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.



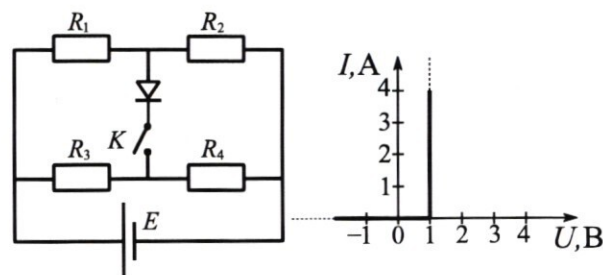
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 1) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после размыкания ключа.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



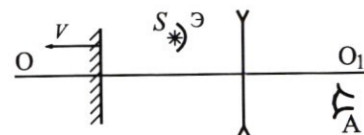
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 8$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 1) Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_1 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 1,25$ Вт?

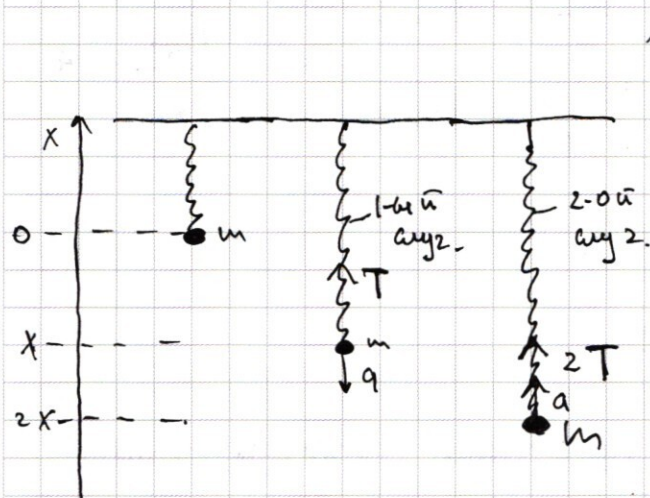


5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO_1 . 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



№ 1

1) 2-ой закон Ньютона

$$\begin{cases} -ma = T - mg \\ ma = 2T - mg \end{cases}$$

$$3T = 2mg \Rightarrow a = \frac{g}{3} \approx 3.33 \text{ м/с}^2$$

T - сила, дейст. на
тело со стор. пружины
в 1-ом случае
 m - масса тела

a - ускорение тела
во втор. случае.

x - на сколько
опущен груз

в 1-ом случае

E_{k1} - кин. энер.

в 1-ом случае

E_{k2} - кин. энерг.

во 2-ом случае

A - амплитуда
колебаний

E_{km} - макс. кин. э.

E_{pm} макс. э. ~~энерг.~~ ~~мех.~~ ~~энерг.~~ пр.

2) Закон сохранения
энергии для 1-ой и 2-ой
ситуации

$$mgx = \frac{kx^2}{2} + E_{k1}$$

$$2mgx = \frac{k(2x)^2}{2} + E_{k2}$$

Также помня, что $T = kx$

Эиз системы следует

$$\begin{cases} x \left(mg - \frac{mg}{3} \right) = E_{k1} \\ x \left(2mg - \frac{4}{3}mg \right) = E_{k2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{E_{k1}}{E_{k2}} = 1$$

3) В положении равновесия
(груз на А уже тогда, с
которой его отпустили)

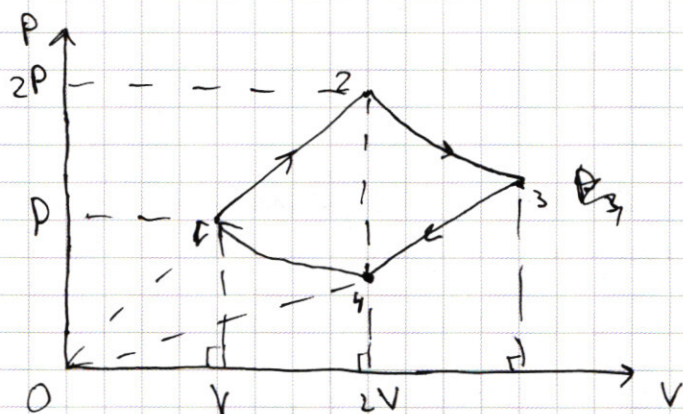
Задача 3СД:

$$\begin{cases} m g A = \frac{k A^2}{2} + E_{\text{км}} \\ 2 m g A = 2 k A^2 \\ 2 k A^2 = E_{\text{пм}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{aligned} k A^2 &= \frac{k A^2}{2} + E_{\text{км}} \\ \frac{k A^2}{2} &= E_{\text{км}} \\ \frac{E_{\text{пм}}}{4} &= E_{\text{км}} \Rightarrow \frac{E_{\text{пм}}}{E_{\text{км}}} = 4 \end{aligned}$$

Ответ: 1) $3,33 \text{ м/с}^2$; 2) 1; 3) 4

N2



P - давление в состоянии
 P_i - давление в состоянии i
 V_i - объем в состоянии i
 T_i - абсолютная температура в состоянии i
 n - количество вещества
 V - объем в состоянии 1

1) Закон Менделеева-Клапейрона

для состояний 1, 2, 3

$$P_1 V_1 = n R T_1$$

$$P_2 V_2 = n R T_2$$

Из подобия треугольников видно, что

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 = 2V_1 \Rightarrow$$

$$P_1 V_1 = n R T_1$$

$$4 P_1 V_1 = n R T_2$$

$$\Rightarrow T_2 = 4 T_1$$

2) Т.к. 2-3 и 4-1 - изотермы,

$$\text{то } T_1 = T_4, \quad T_2 = T_3 = 4 T_1$$

Из подобия треугольников:
 и из уравнения изотермы
 4-1

$$\frac{2V_1}{V_3} = \frac{P_4}{P_3}$$

$$P_1 V_1 = P_4 \cdot 2V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Rightarrow V_3 = \frac{4 P_3 V}{P}$$

$$\begin{cases} PV = \nu RT_1 \\ P_3 V_3 = 4 \nu RT_1 \end{cases} \Rightarrow PV = \frac{1}{4} P_3 V_3 = \frac{1}{4} \cdot \frac{4 P_3^2 V}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = P_3 \Rightarrow \frac{P}{P_3} = 1$$

3) ЗСЭ: C — теплоемкость в 1-2)

$$\nu C (4T_1 - T_1) = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$A_{12} = \frac{P_2 V_2}{2} - \frac{P_1 V_1}{2} = \frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} \nu RT_1$$

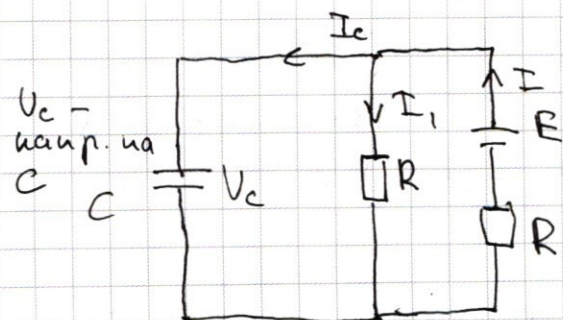
$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} \nu RT_1$$

$$\nu C \cdot 3T_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 + \frac{9}{2} \nu RT_1$$

$$C = 2R$$

Ответ: 1) $4T_1$; 2) 1; 3) $2R$

~ 3



Перед разм. ключа

$$1) I_0 = \frac{E}{R} \quad (I_0 - \text{ток в нагале через конг.)}$$

2) Законы Кирхгофа:

$$E = IR + I_1 R$$

$$E = U_c + IR$$

$$I_c + I_1 = I$$

Мощность на C: $P = U_c \cdot I_c$

Из ~~урав~~ уравн-ий:

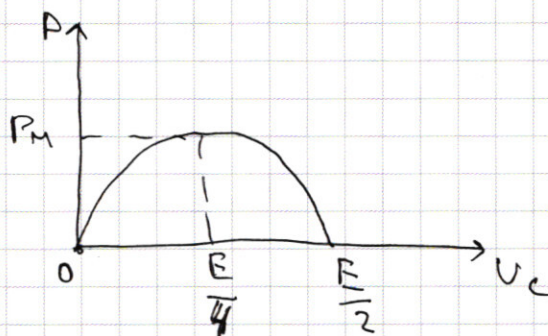
$$I_c = \frac{E - 2U_c}{R} \Rightarrow P = \left(\frac{E - 2U_c}{R} \right) U_c \text{ — параболы}$$

$\Rightarrow U_c$ макс. лежит между корнями
попередине

$\Rightarrow$ когда

P — макс $\Rightarrow$

$$U_c = \frac{E}{4}, \text{ тогда}$$

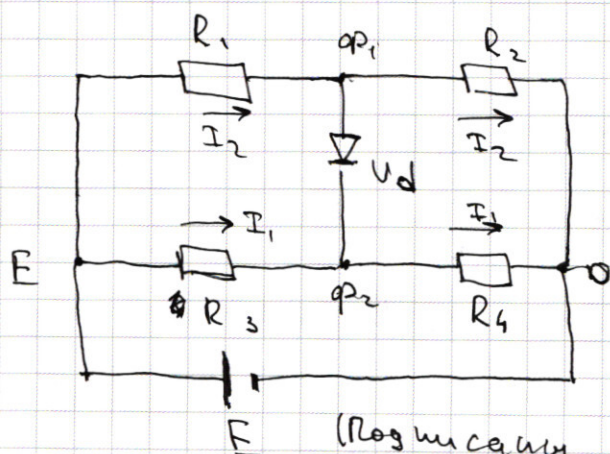


$$I_1 R = \frac{E}{4}$$

$$(I_1 + I_c) R = \frac{3}{4} E \Rightarrow I_c = \frac{E}{2R}$$

~~Ответ~~ 3) По ЗСЗ: $\frac{C \left(\frac{E}{4} \right)^2}{2} = Q = \frac{CE^2}{32}$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{E}{R}$; 2) $I_c = \frac{E}{2R}$; 3) $Q = \frac{CE^2}{32}$



N 4

1) При разомкнутом:

$$E = I_0 R_3 + I_0 R_4$$

$$\frac{E}{R_3 + R_4} = I_0 = 1 \text{ A} \quad (\text{это — напряжение ток})$$

2) Рассмотрим предель-
 U_d — напр. пробития диода
(подписали потенциалы точек)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ный момент, когда $\varphi_1 - \varphi_2 = 180^\circ$, то ток через диод не идет:

$$\Rightarrow I_2 \cdot R_2 = U_d + I_1 R_4, \text{ a } I_1 = I_0 \Rightarrow$$

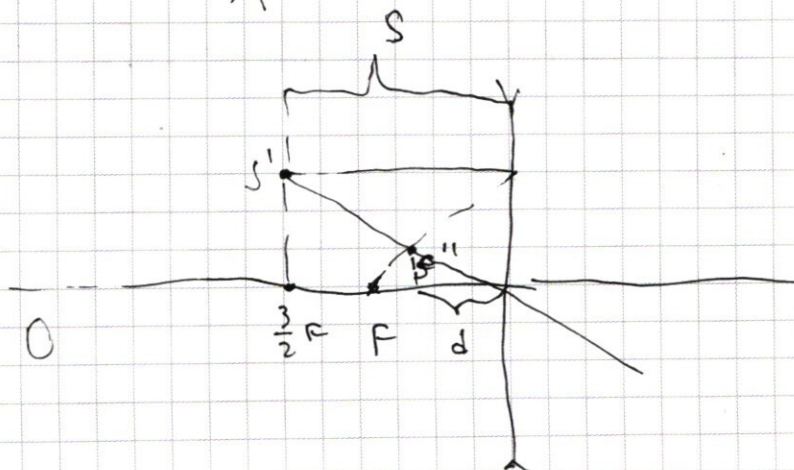
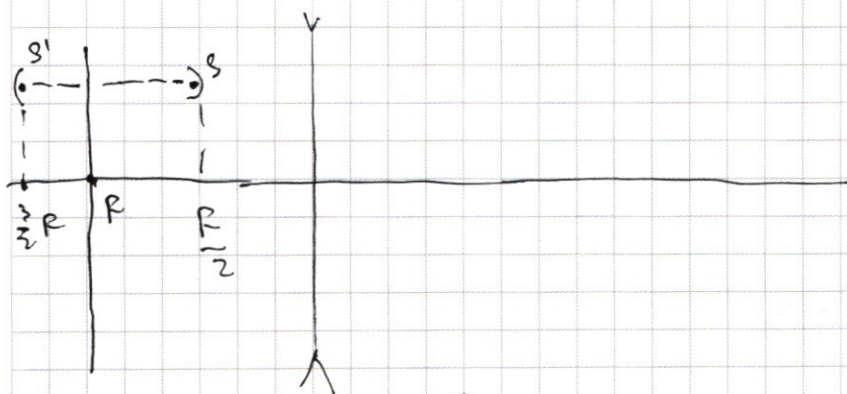
$$I_2 = 0,25 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_2 R_1 + U_d = I_1 R_3 \Rightarrow R_1 = 280 \Omega \Rightarrow \text{lyn}$$

меньших значениях R_1 ток тоже будет
теже $\Rightarrow R_1 \leq 280 \Omega$

ОТВЕТ: 1) 1 А ; 2) $\leq 280 \text{ м}$

N 5



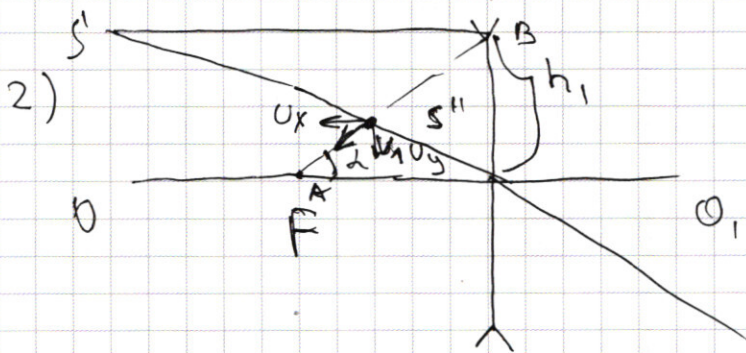
~~Взе~~ 1) Предмет
отр. в зрение

σ_1 и находится на расст. $\frac{3}{2} R_{от}$ мизы $\Rightarrow$ формула мизы

$$\frac{1}{-R} = \frac{2}{3R} + \frac{1}{d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = \frac{3\pi}{5} \Rightarrow$$

$$0, \Rightarrow |d| = \frac{3R}{5}$$



Из того, что угол будет равен углу $AB \Rightarrow$

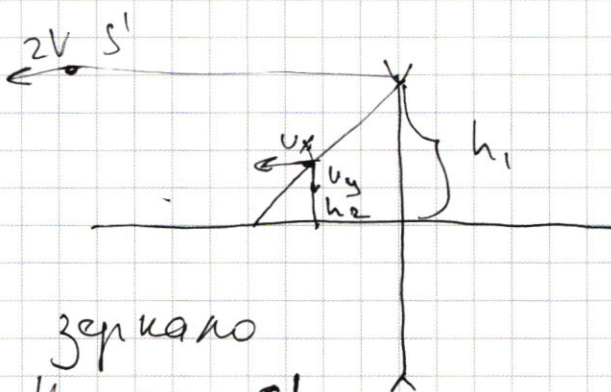
$$h_1 = \frac{3}{4} R$$

$$\Rightarrow \tan \alpha = \frac{h_1}{F} = \frac{3}{4}$$

h_1 - расст от S до OO_1

3) По гидродинам. по вращ. формула

$$\begin{cases} -d = \frac{F \cdot S}{F + S} \\ h_2 = \frac{d}{S} h_1 \end{cases}$$



где $\frac{dS'}{dt} = 2V$, т.к. зеркало движется с V , то S' гв. с $2V$. $\Rightarrow$

$$|U_x| = d' = \frac{8V}{25}$$

$$|U_y| = \frac{d}{S} = h_2' = \frac{6}{25} V$$

$$\Rightarrow V_{одч} = V \sqrt{\left(\frac{8}{25}\right)^2 + \left(\frac{6}{25}\right)^2}$$

Ответ: 1) $\frac{3F}{5}$; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; 3) $V_{одч} = V \sqrt{\left(\frac{8}{25}\right)^2 + \left(\frac{6}{25}\right)^2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2mgA$$

$$mgA = \frac{kA^2}{2} + E_{k \max}$$

$$2mgA = \boxed{2kA^2} = E_{n \max}$$

$$4mgA = E_{n \max} + 4E_{k \max}$$

$$\frac{4mgA}{E_{n \max}} = 1 + \frac{4E_{k \max}}{E_{n \max}}$$

$$2 = 1 + \frac{4E_k}{E_n}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{E_k}{E_n}$$

$$\frac{E_n}{E_k} = \frac{4}{1}$$

$$nC(4T_1 - T_1) = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$A_{12} = \frac{P_2 V_2}{2} - \frac{P_1 V_1}{2} = \frac{2P \cdot 2V}{2} - \frac{PV}{2} = \frac{3PV}{2}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} nR(4T_1 - T_1) = \frac{3}{2} nR 3T_1 = \frac{9}{2} nRT_1$$

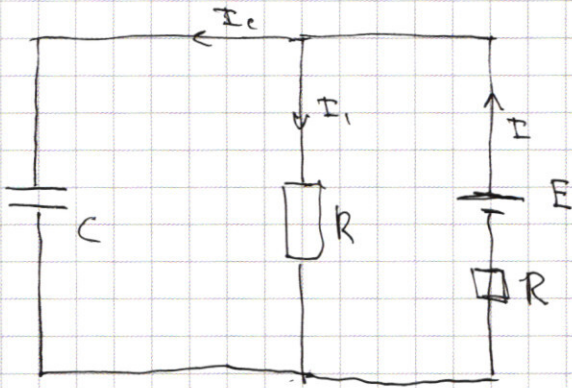
$$PV = nRT_1$$

$$\frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} nRT_1$$

$$3nC T_1 = \frac{3}{2} nRT_1 + \frac{9}{2} nRT_1$$

$$C = \frac{R}{2} + \frac{3}{2} R = 2R$$

N 3



$$E - IR = U_c$$

$$\begin{cases} E = IR + I_1 R \\ E = IR + U_c \\ I = I_1 + I_c \end{cases}$$

$$E = 2I_1 R + I_c R$$

$$E = I_1 R + I_c R + U_c$$

$$E = 2U_c + I_c R$$

$$I_c = \frac{E - 2U_c}{R}$$

$$P = I_c U_c = \left(\frac{E - 2U_c}{R} \right) U_c$$

$P - \max \Rightarrow$

$$\frac{dP}{dU_c} = 0 = \frac{1}{R} (E - 2U_c)$$

$$I_1 R + I_c R = \frac{3}{4} E$$

$$\frac{E}{4} + I_c R = \frac{3}{4} E \quad I_c = \frac{E}{2R}$$

$$I_{c0} = \frac{E}{R}$$

$$I_c \cdot U_c = P$$

$$E = IR + I_1 R$$

$$E = U_c + IR$$

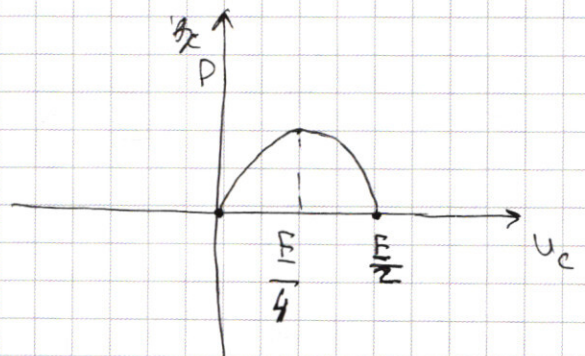
$$I_c + I_1 = I$$

$$E = (2I_1 + I_c) R$$

$$E = 2U_c$$

$$E = 2U_c + I_c R$$

$$\frac{E - 2U_c}{R} = I_c$$



$$I_1 R = \frac{E}{4}$$

$$(I_1 + I_c) R = \frac{3}{4} E$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$d' = \frac{2VF^2}{(F+S)^2} = \frac{2VF^2}{(F+\frac{3}{2}F)^2} = 2V \cdot \frac{F^2}{(\frac{5}{2})^2 F^2} =$$

$$= 2V \cdot \frac{4}{25} = \frac{8V}{25}$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d}{d'}$$

$$h_2 = \frac{d}{d'} h_1 =$$

$$\frac{dh_2}{dt} = v_y = h_1 \left(\frac{d}{d'} \right)' = h_1 \left(\frac{d' \cdot S - S' d}{S^2} \right) =$$

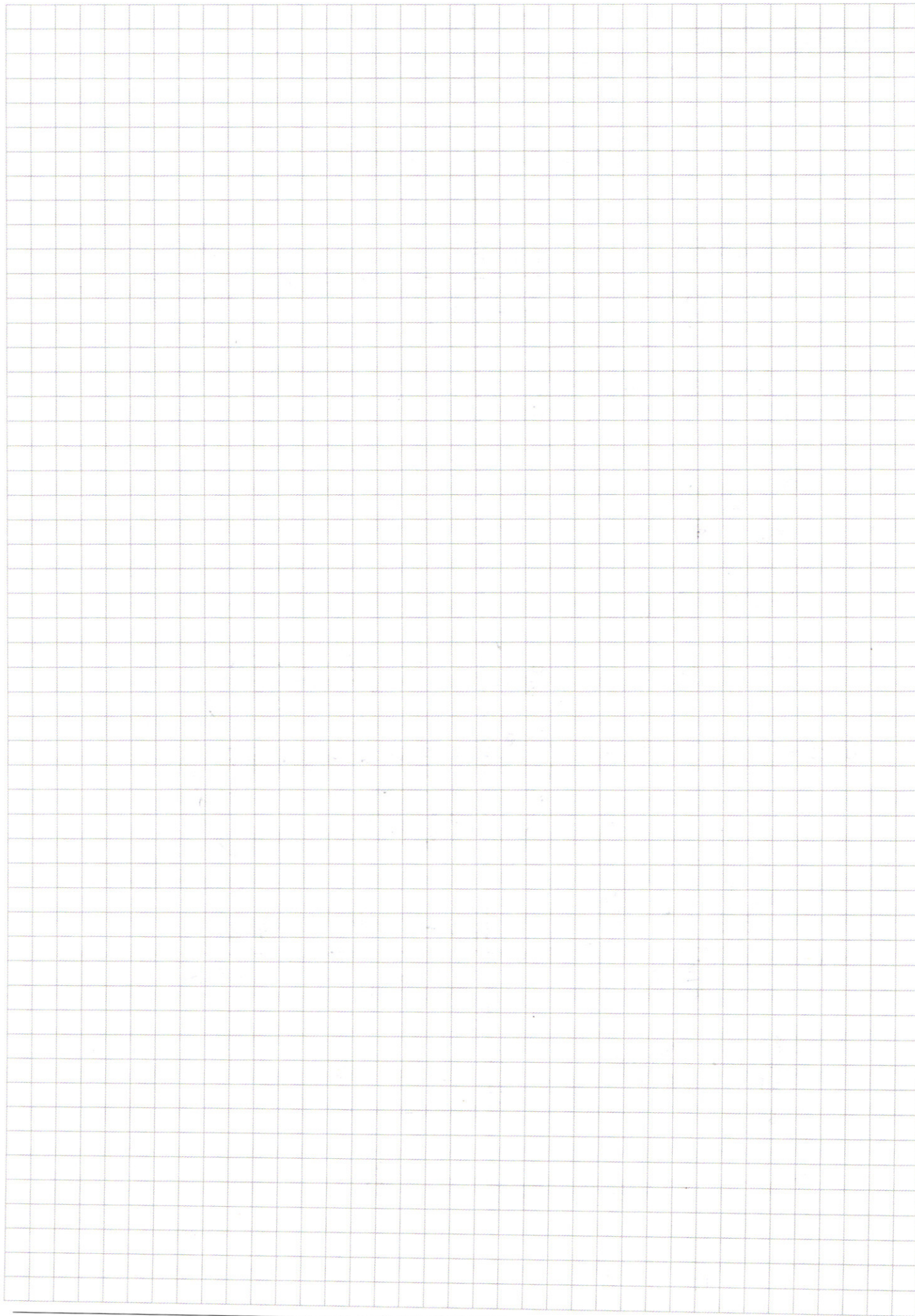
$$= h_1 \left(\frac{\frac{8V}{25} \cdot \frac{3}{2} F - 2V \cdot \frac{3}{5} F}{\frac{3}{4} F^2} \right) =$$

$$h_1 \cdot \frac{\frac{16V}{25} - \frac{2V}{5}}{\frac{3}{4} F} = h_1 \cdot \frac{16V - 10V}{\frac{25 \cdot 3}{4} F} = \frac{4 \cdot 6V}{25 F} h_1 =$$

$$= \frac{24}{25} V \cdot \frac{3}{4} F = \frac{6}{25} V = v_y$$

$$\tan \alpha = \frac{6}{25} V \cdot \frac{25}{8V} = \frac{3}{4}$$

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



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 7
(Нумеровать только чистовики)

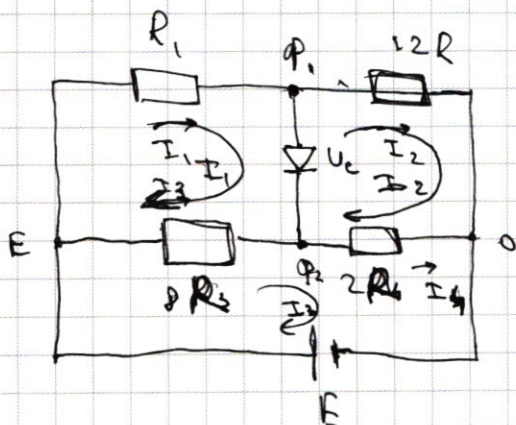
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = \frac{\left(\frac{E}{4}\right)^2 C}{2} = \frac{E^2 C}{16 \cdot 2} = \frac{E^2 C}{32}$$

~ 4

$$E = IR_3 + IR_4$$

$$\frac{E}{R_3 + R_4} = I = \frac{10 \text{ В}}{80 \text{ м} + 20 \text{ м}} = 1 \text{ А}$$



$$R = 10 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} I_1 R_1 + U_c - 8 I_3 R &= 0 \\ 12 I_2 R - 2 I_4 R - U_c &= 0 \\ E &= 8 I_3 R + 2 I_4 R \\ E &= I_1 R_1 + 12 I_2 R \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 R_1 + U_c - 8 I_3 R &= 0 \\ 12 I_2 R - 2 I_4 R &= 0 \end{aligned}$$

$$E = I_1 (R_1 + 12 R)$$

$$E = I$$

$$12 I_1 R = U_c + 2 I R$$

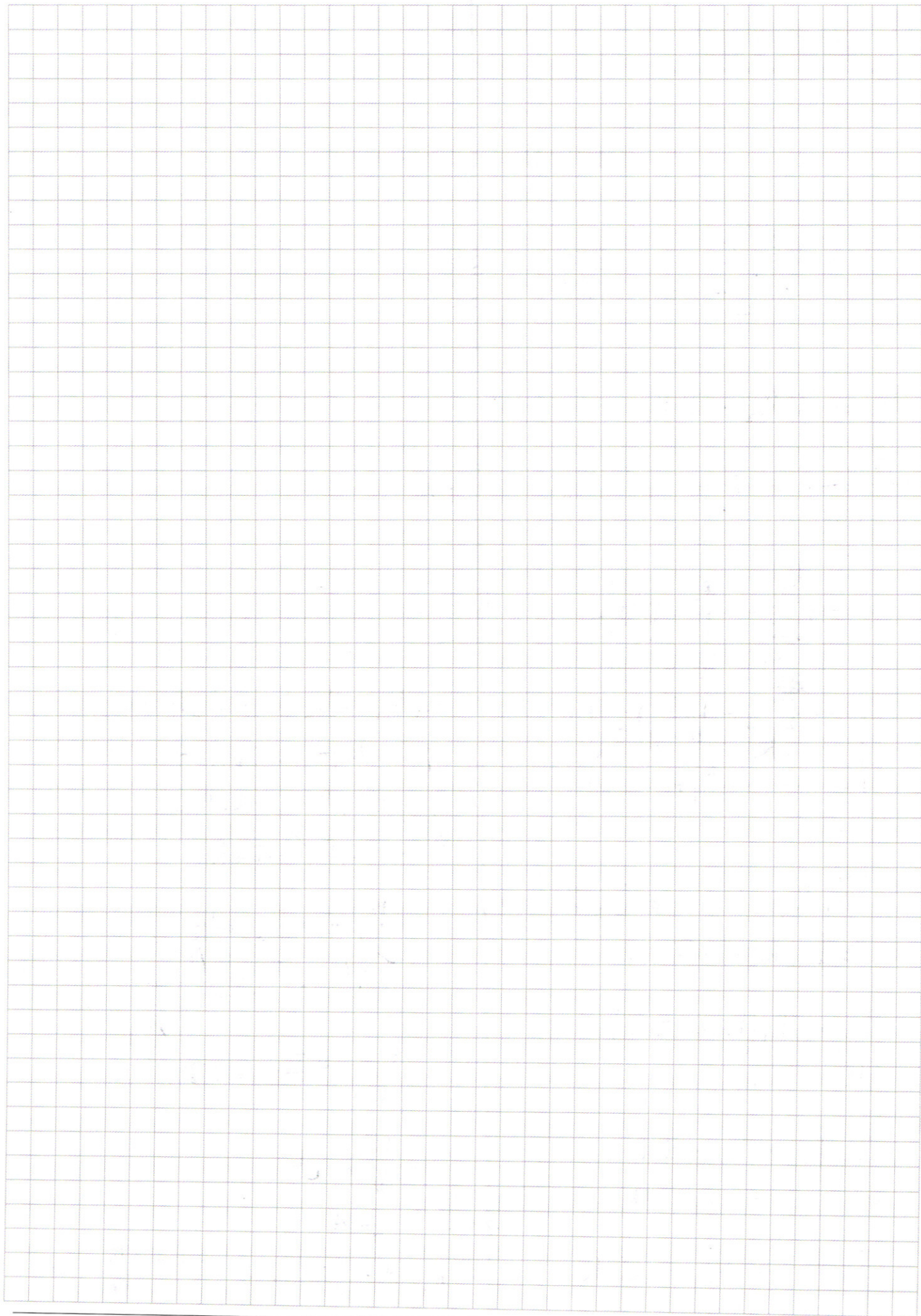
$$I_1 = \frac{U_c + 2 I R}{12 R} = \frac{1 \text{ В} + 2 \text{ В}}{120 \text{ м}} = \frac{1}{4} \text{ А}$$

$$I_1 R_1 + U_c = 8 I R$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{8 I R - U_c}{I_1} = \frac{8 \text{ В} - 1 \text{ В}}{0,25 \text{ А}} = 280 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} I_1 - 8 I_3 + \frac{U_c}{R} &= 0 \\ 12 I_2 - 2 I_4 - \frac{U_c}{R} &= 0 \end{aligned}$$

$$\frac{E}{R} = I_1$$



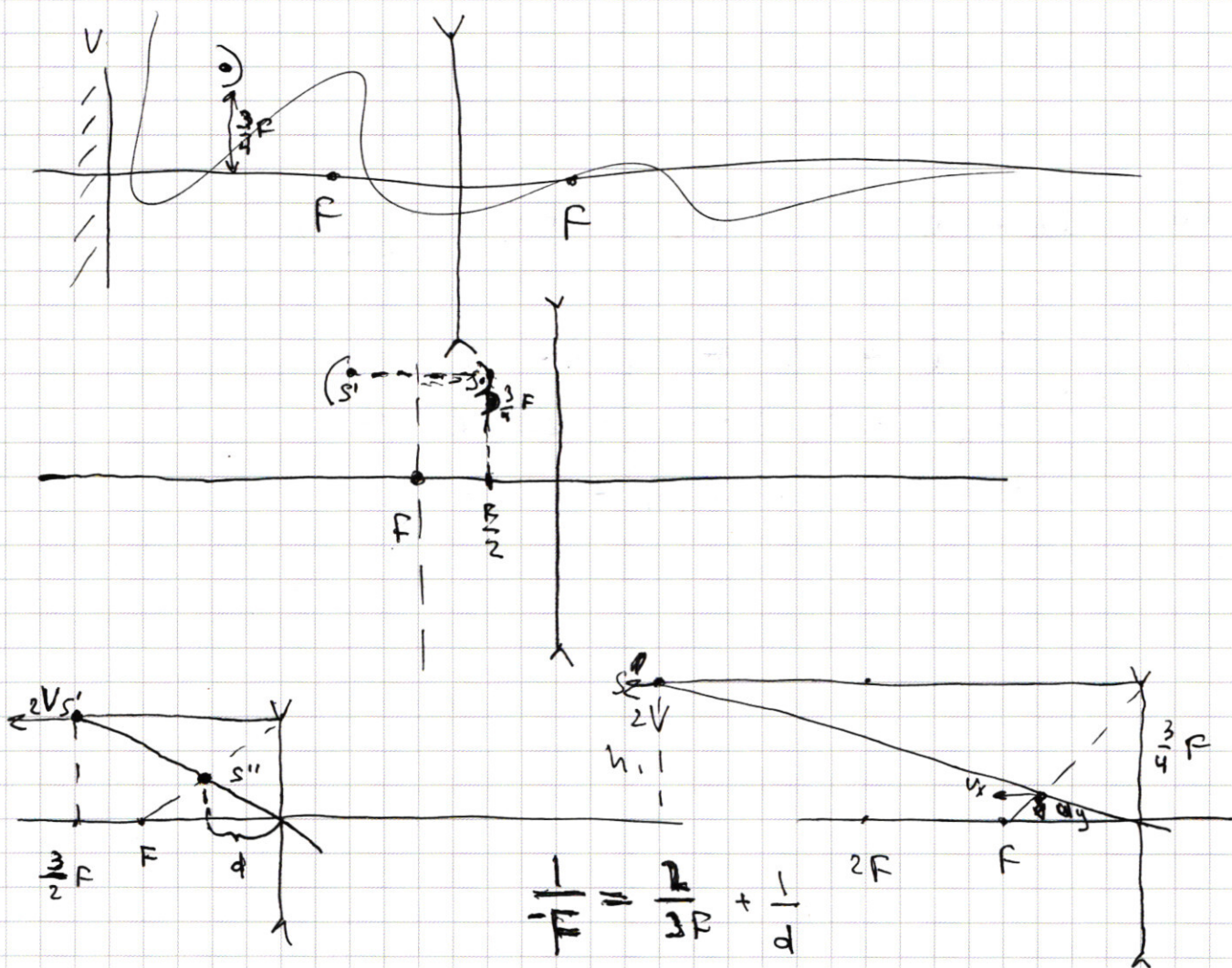
☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 15
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_D = I_D \cdot 1B \Rightarrow I_D = \frac{P_D}{1B} = 1,25 \text{ A}$$

$$\begin{cases} I_1 R_1 + U_C + I_1 R - 2I_3 R = 0 \\ 12I_2 R + 2I_2 R - U_C - 2I_3 R = 0 \\ E = 10I_3 R - 8I_1 R - 2I_2 R \end{cases}$$



$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3R} + \frac{1}{d}$$

$$-\frac{3}{3R} = \frac{2}{3R} = \frac{1}{d}$$

$$-\frac{5}{3R} = \frac{1}{d} \quad d = -\frac{3R}{5}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{S} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{S} = \frac{1}{d}$$

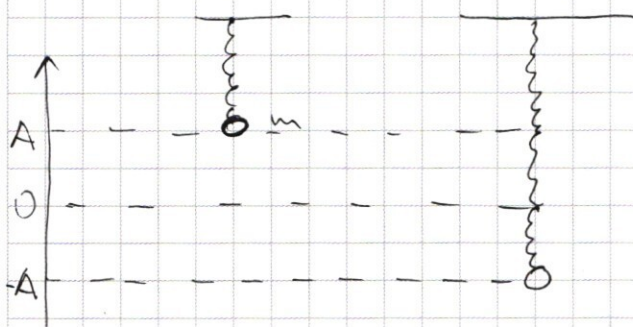
$$\frac{1}{R} + \frac{1}{S} = -\frac{1}{d}$$

$$d' = \frac{2VF(F+S) - 2V(FS)}{(F+S)^2} =$$

$$= \frac{2VF^2 + 2VFS - 2VFS}{(F+S)^2}$$

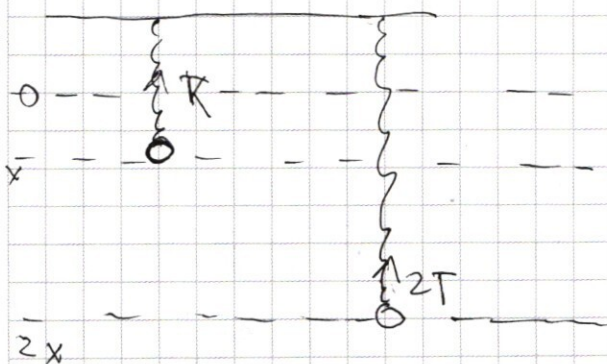
$$d' = \frac{FS}{F+S}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T = kx$$

$$2T = 2kx$$



$$\left\{ \begin{array}{l} mgx = \frac{kx^2}{2} + E_{k1} \\ 2mgx = \frac{k(2x)^2}{2} + E_{k2} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} mgx = \frac{kx^2}{2} = E_{k1} \\ 2mgx - 2kx^2 = E_{k2} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x \left(mg - \frac{mg}{3} \right) = E_{k1} \\ x \left(2mg - \frac{4}{3}mg \right) = E_{k2} \end{array} \right.$$

$$m\ddot{x} = 2T - mg$$

$$m\ddot{x} =$$

$$ma = 2T - mg$$

$$-ma = T - mg$$

$$2T - mg + T - mg = 0$$

$$3T = 2mg$$

$$T = \frac{2}{3}mg$$

$$a = \frac{4}{3}mg - mg = \frac{mg}{3}$$

$$ma = mg - \frac{2}{3}mg = \frac{mg}{3}$$

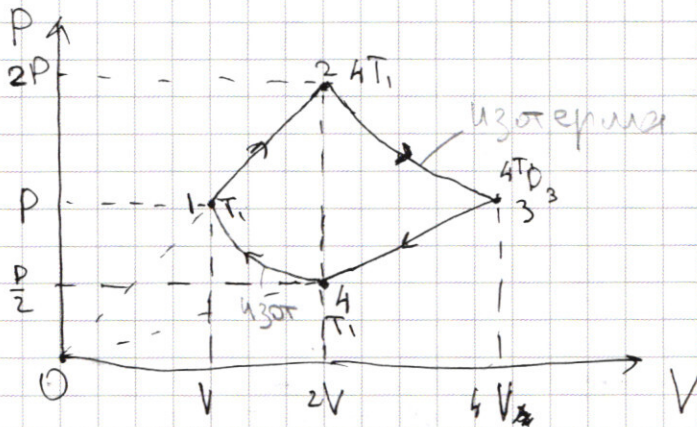
$$T = kx = \frac{2}{3}mg$$

$$x \left(mg - \frac{kx}{2} \right) = E_{k1}$$

$$x (2mg - 2kx) = E_{k2}$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{2mg}{3} \cdot \frac{3}{2mg} = 1$$

М2



$$PV = nRT_1$$

$$2P \cdot 2V = nRT_2$$

$$T_2 = 4T_1 = T_3$$

$$P_3 V_3 = nRT_3$$

$$P_2 V_2 = nRT_2$$

$$P_3 V_3 = P_2 V_2$$

$$PV = nRT_1$$

$$P_2 V_2 = P_3 V_3 = 4nRT_1$$

$$\frac{V_2}{V_3} = \frac{P_4}{P_3}$$

$$\frac{2V}{V_3} = \frac{P_4}{P_3}$$

$$P_4 2V = P_3 V_3$$

$$P_4 = \frac{P_3 V_3}{2V}$$

$$\frac{2V}{V_3} = \frac{P}{P_3}$$

$$PV = nRT_1$$

$$P_3 V_3 = 4nRT_1$$

$$\frac{4V}{V_3} = \frac{P}{P_3}$$

$$\frac{V_3}{4V} = \frac{P_3}{P}$$

$$\frac{PV}{P_3 V_3} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{P_3}{V_3} = \frac{P}{4V}$$

$$V_3 = 4 \frac{P_3 V}{P}$$

$$PV = \frac{1}{4} \cdot P_3 V_3 = \frac{1}{4} P_3 \cdot 4 \frac{P_3 V}{P}$$

$$P^2 = P_3^2$$

$$P = P_3$$

$$P_3 = \frac{P}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{P_3}{P} = \frac{1}{4}$$



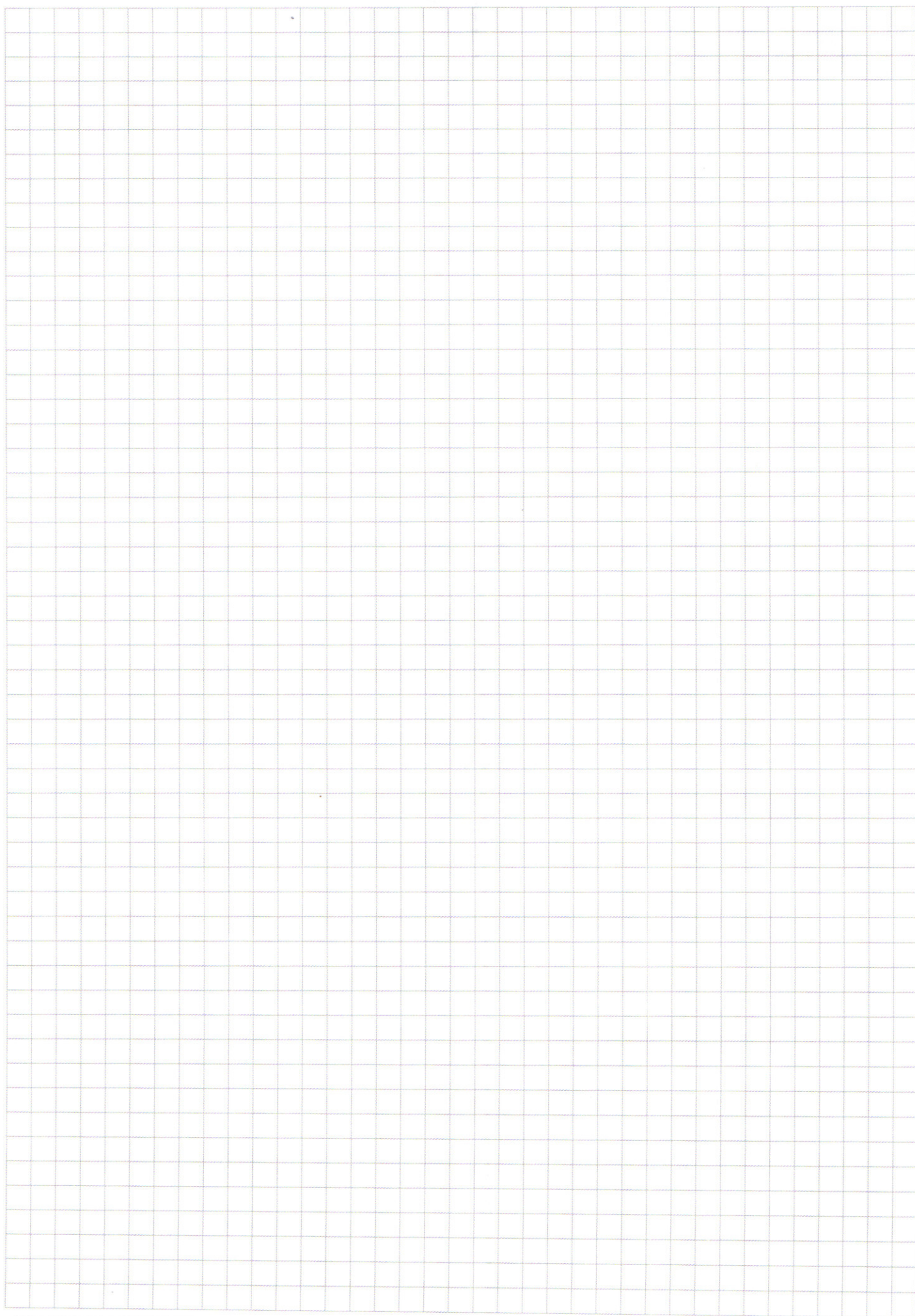
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 10
(Нумеровать только чистовики)



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 8
(Нумеровать только чистовики)