

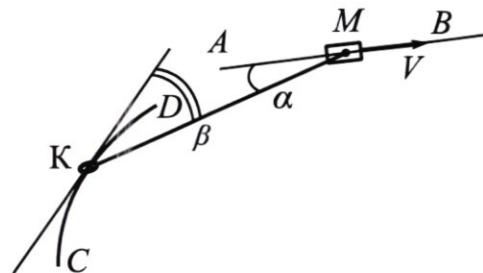
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



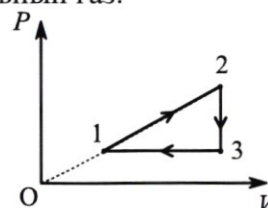
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

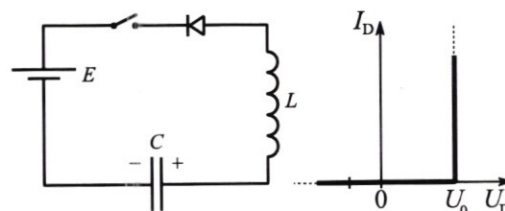


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.

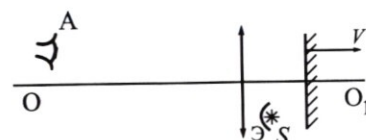
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

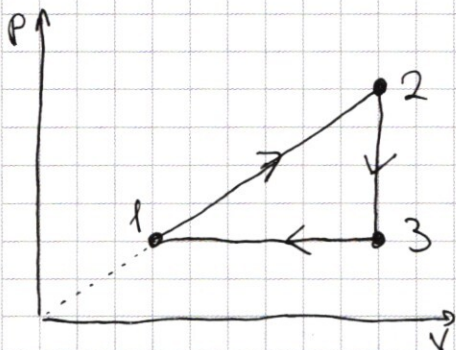
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

№21



1) Понижение температуры газа происходит на участках 2-3 и 3-1. Сделаем этот вывод можно из ур-я Менделеева - Клапейрона:
 $pV = \nu RT$

на участке 2-3 уменьшается p при $V = \text{const}$, то

3-1 наоборот $\Rightarrow$ левая часть уменьшается $\Rightarrow$ и правая уменьшается $\Rightarrow$ температура падает.

Затемнем 2-е начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A \Rightarrow C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U + A}{\Delta T}$$

Для 2-3 $C_{23} = \frac{\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + 0}{\nu(T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}R$; для 3-1: $C_{31} = \frac{\frac{3}{2}\nu R(T_1 - T_3) + p_3(V_1 - V_3)}{\nu(T_1 - T_3)} =$

$$= \frac{3}{2}R + \frac{\nu R(T_1 - T_3)}{\nu(T_1 - T_3)} = \frac{5}{2}R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2}R}{\frac{5}{2}R} = 0,6$$

2) В процессе 1-2 $p = \alpha V$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2)$$

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

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\Delta U_{12} + A_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2) + \frac{1}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2)}{\frac{1}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2)} = 4$$

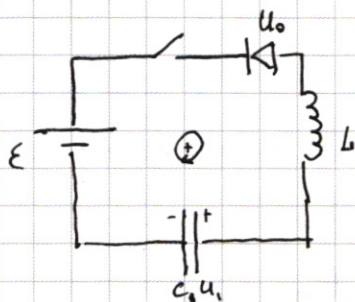
3) $\eta = \frac{A}{Q_+}$

Тепло подводится только на участке 1-2 $\Rightarrow Q_+ = Q_{12}$
 $A = \frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}\alpha(V_2 - V_1)^2 \Rightarrow \eta = \frac{\frac{1}{2}\alpha(V_2 - V_1)^2}{\frac{3}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2)} = \frac{1}{4} \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \frac{2V_1}{V_2 + V_1}$

Получаем $\eta = \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \frac{V_1}{V_2 + V_1}$. Т.к. $\frac{V_1}{2(V_2 + V_1)} \geq 0$, $\eta_{\max}$ достигается при $V_1 \rightarrow 0$ и $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

Ответ: $\frac{C_{23}}{C_{31}} = 0,6$; $\frac{R_{12}}{R_2} = 4$; $\eta_{\max} = 25\%$

504



$$E = -U_0 + U_L + U_C$$

1) Сразу после замыкания ключа $U_C = U_1 \Rightarrow U_L = E + U_0 - U_1 = -2B$ (т.е. означает, что напряжение на катушке при обходе по часовой стрелке равно $2B$)

$$L \frac{dI}{dt} = U_L \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{2B}{0,2 \text{ Гн}} = 10 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

2) При $I_{\max}$ $\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow U_L = 0 \Rightarrow U_C = E + U_0 = 4B$

$$\text{По ЗСЭ } W_0 = W_1 + A \Rightarrow \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_C^2}{2} + \frac{LI_{\max}^2}{2} + EQ, \text{ где } Q = C(U_1 - U_C)$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C(U_1^2 - U_C^2) - 2CE(U_1 - U_C)}{L}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6} (36 - 16 - 2 \cdot 3 \cdot 2)}{0,2}} = \sqrt{10^{-4} \cdot 8} =$$

$$= 0,02 \sqrt{2} \text{ А}$$

3) В чет. решение $I = 0 \Rightarrow U_L = 0 \Rightarrow U_C = E + U_0 = 4B \Rightarrow U_L = 0$

$$\text{По ЗСЭ: } \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{CE(U_1 - U_2)}{2} \Rightarrow U_1^2 - 2EU_2 - U_2^2 + 2EU_1 = 0 \Rightarrow$$

$$W_1 = W_2 + A_{\text{ист}}$$

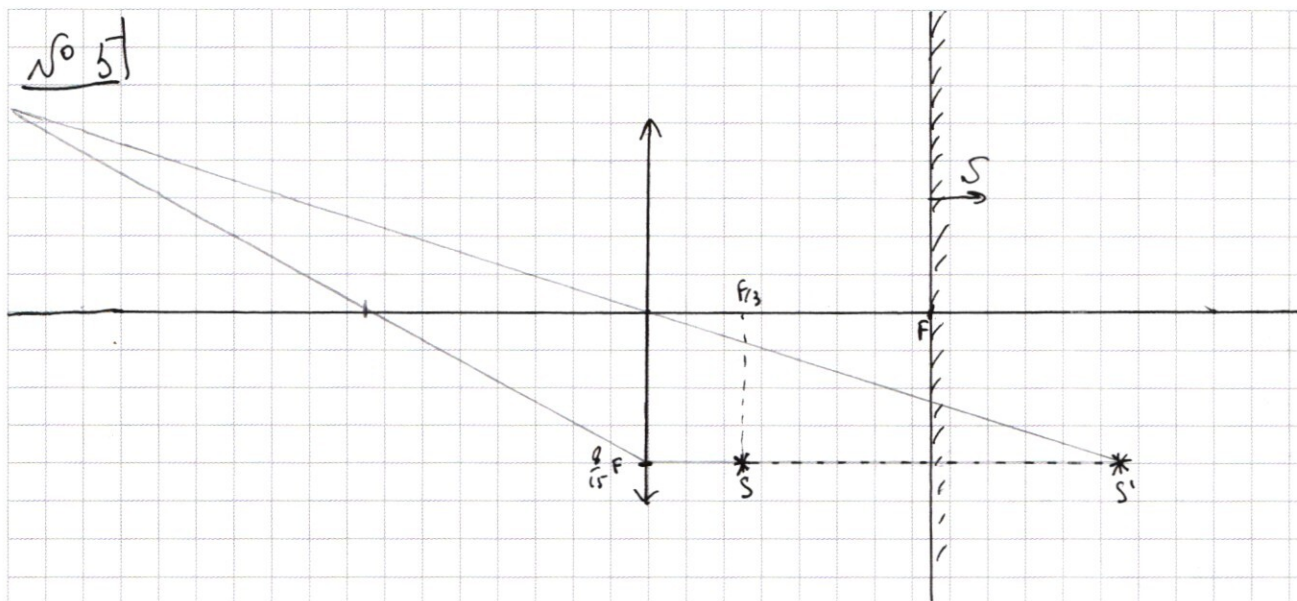
$$\Rightarrow U_2 = \frac{6 \pm 9}{2} = \frac{3 \pm 3}{2} = 0 \text{ В}$$

В чет. решение $I = 0 \Rightarrow U_L = 0$ По ЗСЭ: $W_1 = W_2 + A_{\text{ист}}$

$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_2^2}{2} + E C(U_1 - U_2) \Rightarrow U_2^2 - 2EU_2 - U_1^2 + 2EU_1 = 0 \Rightarrow U_2 = \frac{2E \pm \sqrt{4E^2 - 4(-U_1^2 + 2EU_1)}}{2}$$

$$= \frac{6 \pm 6}{2} = 0 \text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



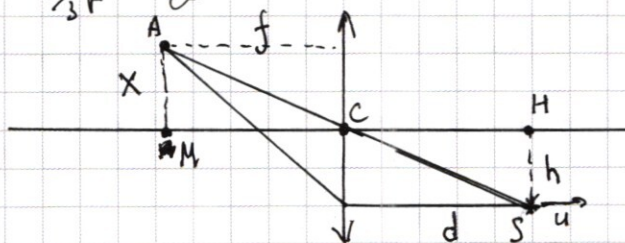
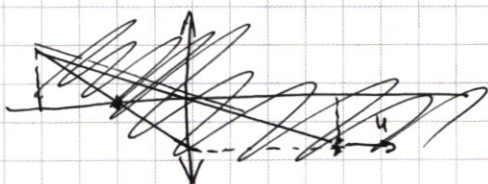
1) Воспользуемся формулой Ганка-мизы:

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

Р.к. Лучи сначала отражаются в зеркале, изображение в нем же займет минимальный источник S' , на расстоянии $d = F_3 + (F - F_3) \cdot 2 = \frac{5}{3} F$

Поэтому имеем $f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d-F}} = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F^2 \cdot \frac{5}{3}}{\frac{2}{3}F} = \frac{5}{2}F$

2)



Видим одозначене как на рисунку.

Зеркало движется с $v \Rightarrow$ мнимый источник в нём со скоростью $u = 2v$

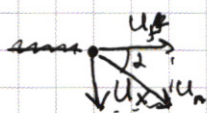
Из формулы, $f = \frac{Fd}{d-F} \Rightarrow f_t' = \frac{F \cdot d_t'(d-F) - d_t' F d}{(d-F)^2} = - \frac{F d_t'}{(d-F)^2} = - \frac{F^2 u}{(d-F)^2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow |f'_t| = u_f = 25 \cdot \left| \frac{f}{d-p} \right|^2 = \frac{9}{2} 25$$

Из условия $\Delta AMC \sim \Delta SHC$ (по 2-м углам): $\frac{X}{h} = \frac{f_d}{f} \Rightarrow X = h \cdot \frac{f_d}{f} \Rightarrow$

$$\rightarrow X'_E = h \cdot \frac{f'_E d - f d'_E}{d^2} = h \cdot \frac{\frac{9}{2} \sqrt{5} \cdot d - f \cdot 2\sqrt{5}}{d^2} = \frac{9}{15} F \cdot \frac{\frac{9}{2} \cdot \frac{5}{3} F - 2 \cdot \frac{5}{2} F}{(\frac{5}{3} F)^2} = \sqrt{5} \cdot \frac{9}{15} \cdot \frac{\frac{15}{2} - 5}{(\frac{5}{3})^2} = 0.48 \sqrt{5}$$

Чтоо изобразите получится так:

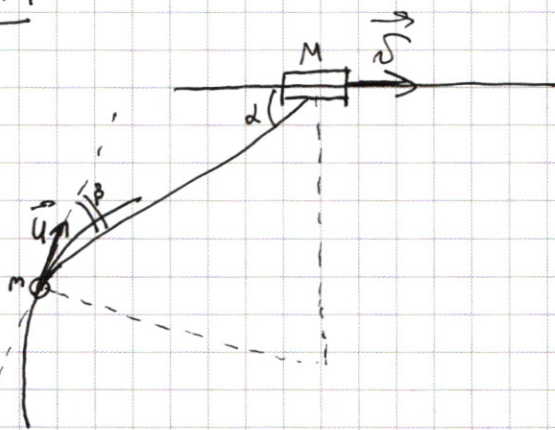


$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{u_x}{u_y} = \frac{12,5 \sqrt{5}}{9,5 \sqrt{5}} = \frac{8}{75}$$

$$u_A = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{5} \cdot \sqrt{\left(\frac{12,5}{25}\right)^2 + \left(\frac{9,5}{25}\right)^2} = \frac{1}{50} \sqrt{5} \sqrt{51201} = \frac{3}{50} \sqrt{5689} \approx \frac{9}{2} \sqrt{5}$$

Ответ: $f = 2,5 F$; $\operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{75} \approx 0,107$; $u_A = 0,06 \cdot \sqrt{5689} \sqrt{5}$

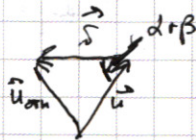
501



1) Б.К. Гросс не растягивается и не сжимается, проекции скоростей муфты и кольца (к концу Гросса) на линию Гросса должны быть равны. $\Rightarrow$

$$\Rightarrow v \cdot \cos \alpha = u \cdot \cos \beta \Rightarrow u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = v \cdot \frac{3,5}{8,17} = \frac{51}{40} v = 51 \text{ см/с}$$

2) скорость кольца относительно муфты $\vec{u}_{\text{отн}} = \vec{u} - \vec{v}$:

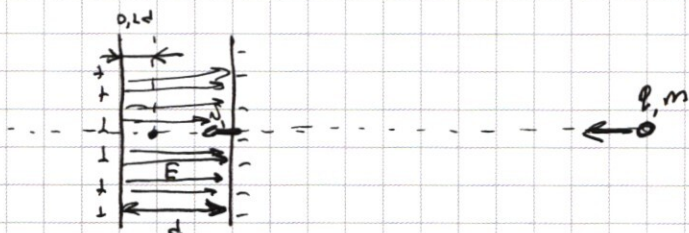


$$\begin{aligned} \text{Тогда } u_{\text{отн}} &= \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv (\cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta)} = \\ &= \sqrt{51^2 + 40^2 - 2 \cdot 40 \cdot 51 \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right)} = \sqrt{2601 + 1600 + 4080 \cdot \frac{36}{5 \cdot 17}} = \\ &= \sqrt{2601 + 1600 + 1728} = 77 \text{ см/с} \end{aligned}$$

3)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3



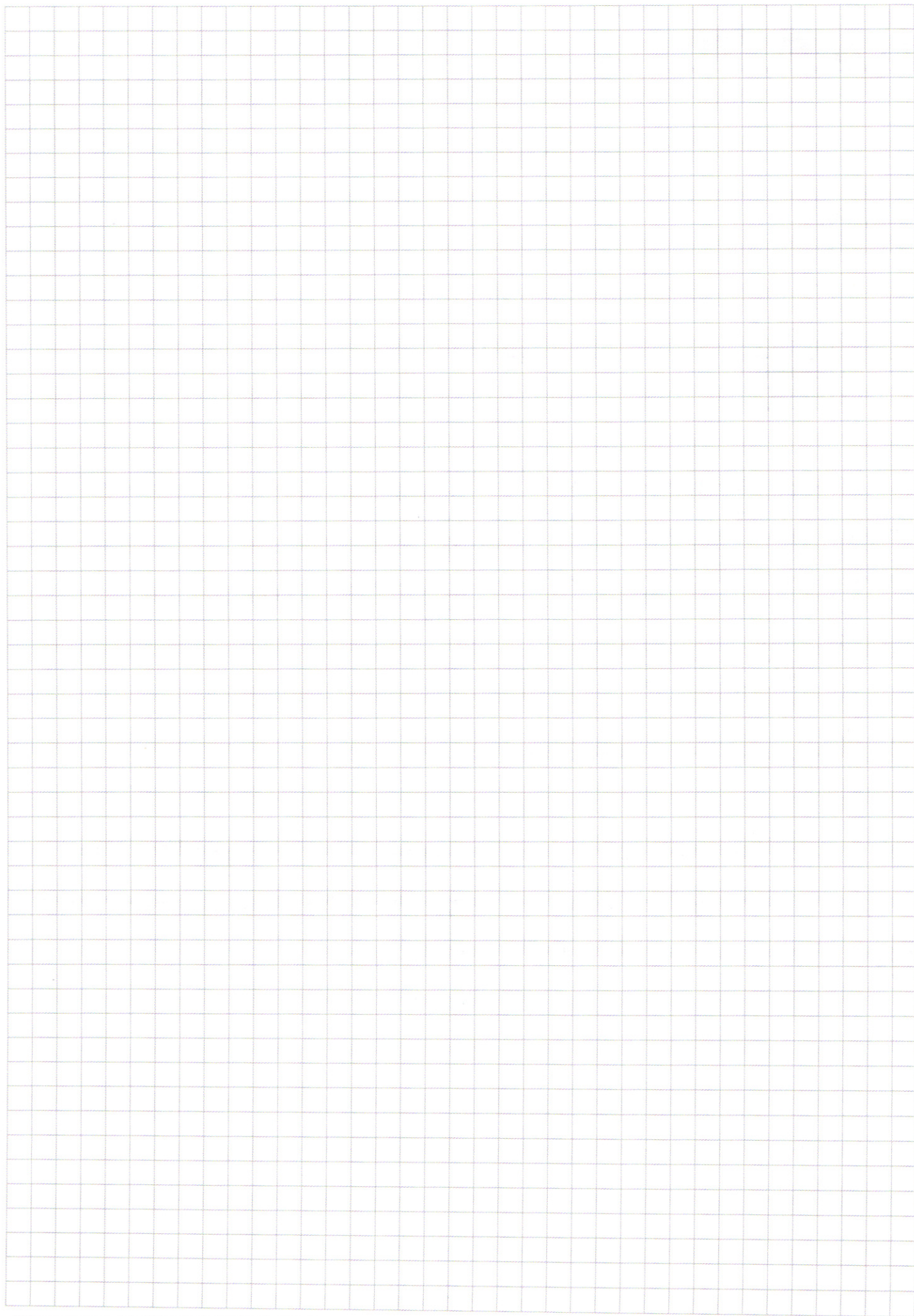
1) Частицу останавливает сила $F = E \cdot q$, где E — напряженность поле в конденсаторе. Тогда $d - 0,2d = \frac{U_1}{E} - \frac{E \cdot q}{m} \cdot \frac{1}{2}$

Заметим, что $U = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0 \epsilon_m} \Rightarrow 0,8d = \frac{\sigma_1^2}{2E \epsilon_m} \Rightarrow E = \frac{\sigma_1^2}{1,6 \epsilon_m d} \Rightarrow$

$$\Rightarrow U = \frac{\sigma_1}{\frac{\sigma_1^2}{1,6 \epsilon_m d} \cdot \epsilon_m} = \frac{1,6 d}{\sigma_1}$$

2) Напряжение на конденсаторе $U = E \cdot d = \frac{\sigma_1^2}{1,6 \epsilon_m}$

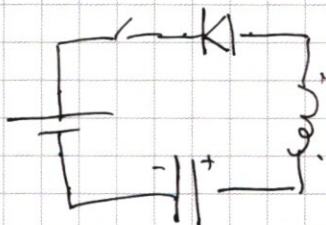
3) Т.к. во внешней области конденсатор поле не создается $\Rightarrow$ на скорость частицы не влияет $\Rightarrow$ скорость частицы на бесконечности будет такой же как при входе $\sigma_0 = \sigma_1$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\mathcal{E} = -U_D + U_L + U_C$$

$$U_L = L \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E}_0 = \frac{CU_c^2}{2}$$

$$\mathcal{E} = \frac{CU_c^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$



$$Q_U = Q_E + Q$$

$$dQ = \frac{(\mathcal{E} + U)^2}{R} dt$$

$$\frac{1}{15} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{25} = \frac{12}{25}$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ \times 51 \\ \hline 255 \\ 2601 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 48 \\ \times 36 \\ \hline 288 \\ 144 \\ \hline 1728 \end{array}$$

$$\frac{81}{4} + \frac{144}{625} = \frac{625 \cdot 81 + 144 \cdot 4}{4 \cdot 625}$$

$$\begin{array}{r} 625 \\ \times 81 \\ \hline 625 \\ 5000 \\ \hline 50625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 144 \\ \times 4 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 50625 \\ + 576 \\ \hline 51201 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 51201 \\ \times 3 \\ \hline 153603 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2601 \\ + 1600 \\ + 1728 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$5929$$

$$\frac{81}{75}$$

$$\begin{array}{r} 80 \overline{) 75} \\ - 75 \\ \hline 0106 \\ - 100 \\ \hline 006 \\ - 50 \\ \hline 10 \end{array}$$

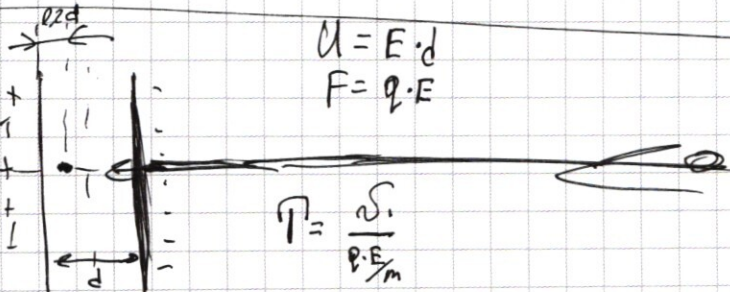
$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 145} \\ - 128 \\ \hline 170 \\ - 160 \\ \hline 100 \\ - 100 \\ \hline 0 \end{array}$$

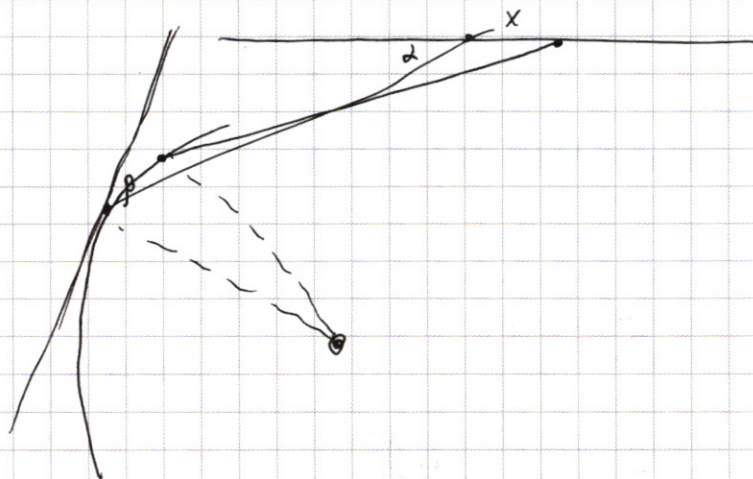
$$U = E \cdot d$$

$$F = q \cdot E$$

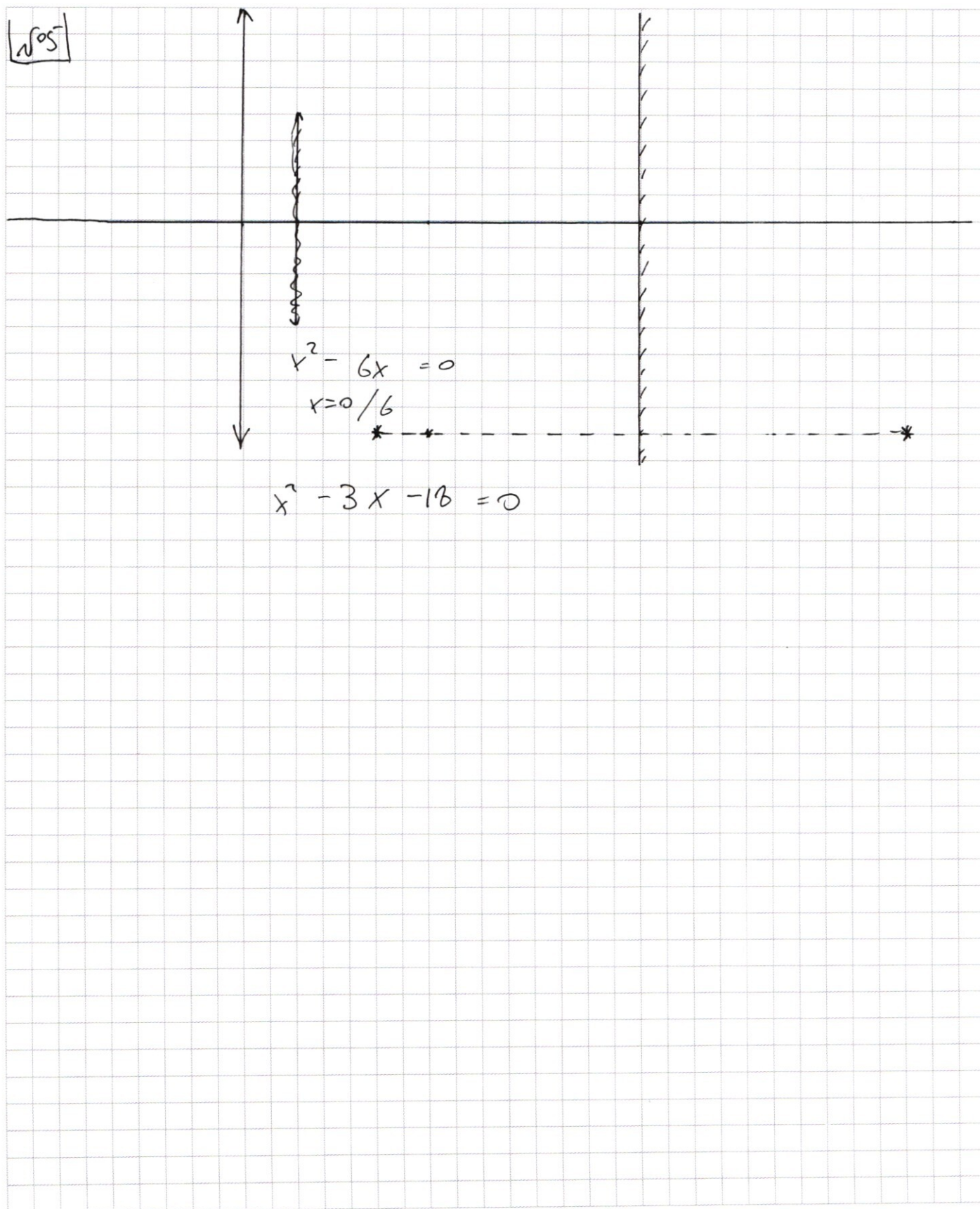
$$P_{\text{max}/K1} = \frac{H \cdot M}{K1}$$

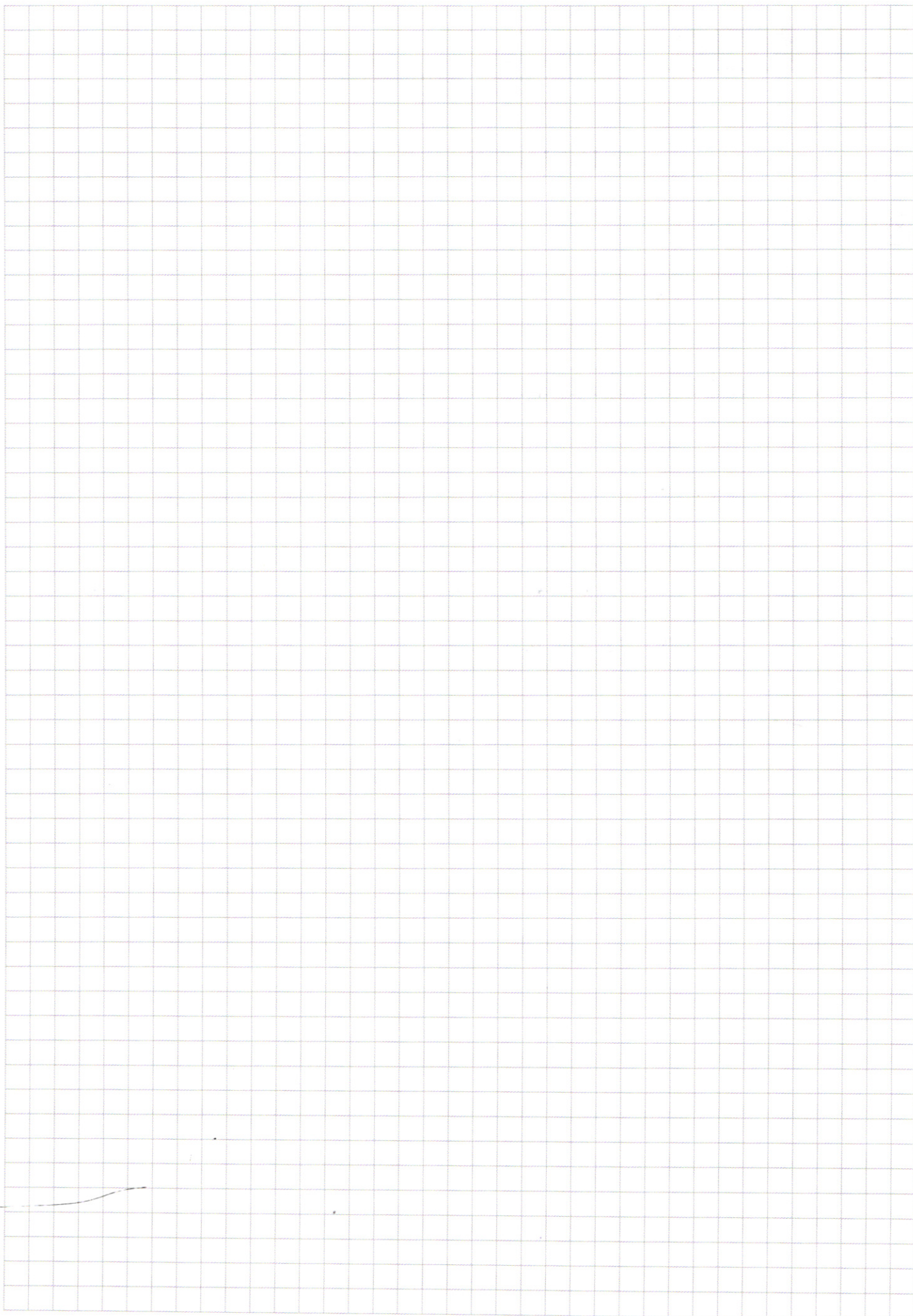
$$\Gamma = \frac{\sigma}{\rho \cdot E_m}$$





ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



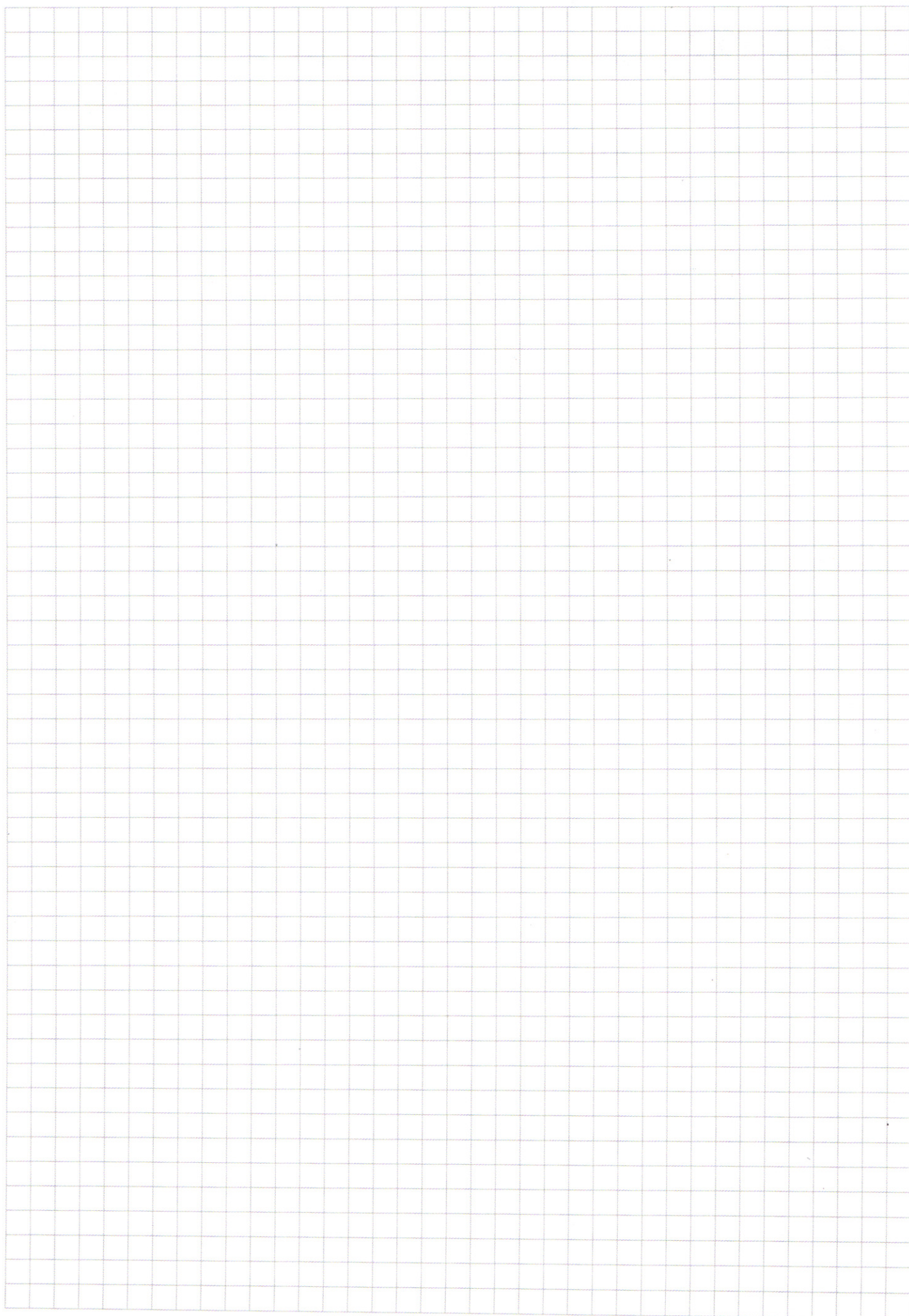
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)