

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

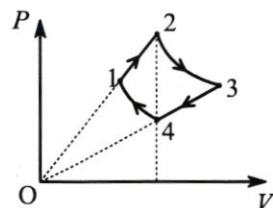
Вариант 11-05

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

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.

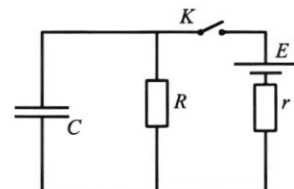
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

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.



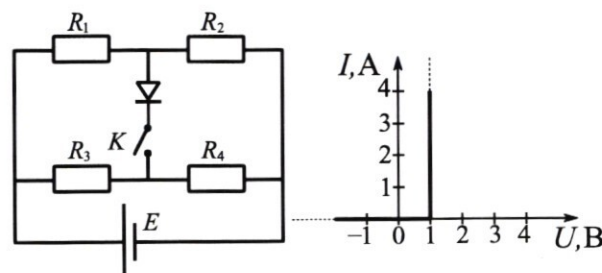
- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

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.



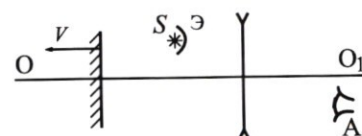
- 1) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после размыкания ключа.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

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.

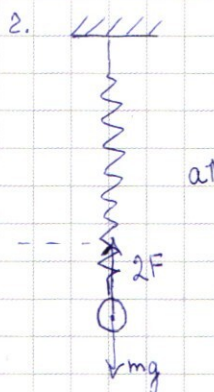
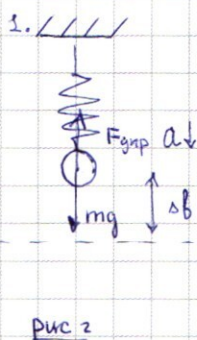
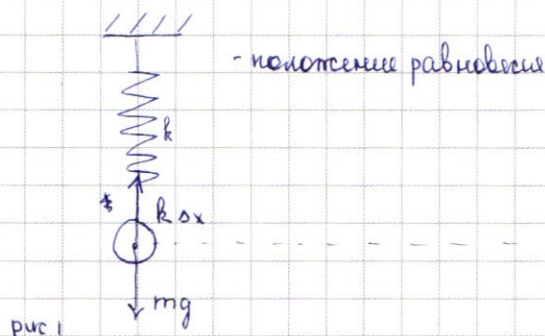


- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

① Найти модуль ускорения в эти моменты:



Из 2-го закона Ньютона:

$$1. am = mg - F$$

$$2. am = 2F - mg$$

$$mg - F = 2F - mg$$

$$3F = 2mg$$

$$F = \frac{2}{3} mg \text{ (негативный б. 1.)}$$

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

$$a = \frac{1}{3} g \approx 3,3 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $3,3 \text{ м/с}^2$

② $W_{\text{пот}} = \frac{k\Delta x^2}{2}$ $\left\{ \begin{array}{l} k\Delta x_{\text{max}} = mg \\ k(\Delta x - b) = \frac{2}{3} mg \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\Delta x_{\text{max}}}{\Delta x - b} = \frac{2}{3}$

$$2F = k \cdot 2(\Delta x - b)$$

по состоянию равновесия $2\Delta x - 2b - \Delta x = \Delta x - 2b = \Delta x - \frac{2}{3}\Delta x = \frac{1}{3}\Delta x = \Delta b$

$$W_{\text{кин}} = \frac{k\Delta x_{\text{max}}^2}{2} - \frac{k\Delta b^2}{2} \left\{ \begin{array}{l} W_{\text{кин}_1} = \frac{k\Delta x_{\text{max}}^2}{2} - \frac{k\Delta b^2}{2} \\ W_{\text{кин}_2} = \frac{k\Delta x_{\text{max}}^2}{2} - \frac{k\Delta b^2}{2} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{W_{\text{кин}_1}}{W_{\text{кин}_2}} = 1$$

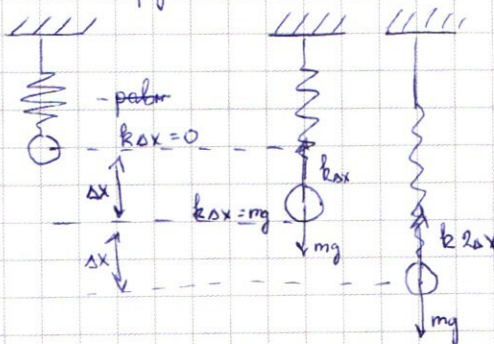
③ $W_{\text{кин}}^{\text{max}} = \frac{k\Delta x_{\text{max}}^2}{2}$

$$W_{\text{пот}}^{\text{max}} = \frac{kX^2}{2}$$

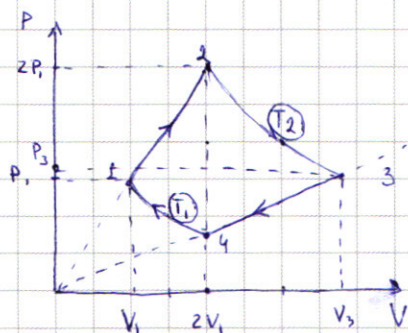
X - максимальное растяжение пружины
 $X = 2\Delta x$

$$W_{\text{пот}}^{\text{max}} = \frac{4k\Delta x^2}{2} \Rightarrow \frac{W_{\text{пот}}^{\text{max}}}{W_{\text{кин}}^{\text{max}}} = 4$$

Ответ: 4



Задача 2



Запишем у-е Менделеева-Клапейрона:

①

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ 2P_1 \cdot 2V_1 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{4}$$

$$T_2 = 4T_1 \quad \text{Ответ: } 4T_1$$

②

$$\begin{cases} P_3 V_3 = \nu R T_2 \\ 2V_1 P_4 = \nu R T_1 \\ P_1 V_1 = \nu R T_1 \end{cases} \Rightarrow P_4 = 2$$

$$P_1 V_1 = 2V_1 P_4$$

$$\nu R T_2 = 4P_1 V_1 \Rightarrow P_3 V_3 = 4P_1 V_1$$

Изотермическая: $\frac{P_4}{2V_1} = \frac{P_3}{V_3} \Rightarrow V_3 = \frac{2P_3 V_1}{P_4} \Rightarrow V_3 = \frac{4P_3 V_1}{P_1}$

$$\frac{P_3 \cdot 4P_3}{P_1} = 4P_1 V_1$$

$$P_3^2 = P_1^2 \Rightarrow P_3 = P_1 \Rightarrow \frac{P_1}{P_3} = 1 \quad \text{Ответ: } 1$$

③ С-мольная теплоемкость

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$Q_{12} = A_{12} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

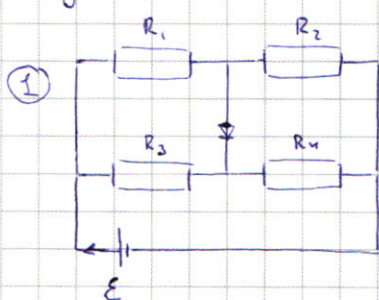
$$\begin{cases} A_{12} = \frac{1}{2} (P_1 + 2P_1)(2V_1 - V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{3}{2} \nu R T_1 \\ \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} \nu R T_1 \end{cases}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{9}{2} \nu R T_1 = 6 \nu R T_1$$

$$C = \frac{6 \nu R T_1}{4T_1 - T_1} = 2 \cdot 8,31 = 16,62 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

Ответ: $16,62 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$

Задача 4



$$r=0$$

$$R_{\text{общ}_1} = R_1 + R_2 = R_1 + 12 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{общ}_2} = R_3 + R_4 = 10 \text{ Ом}$$

$$I_{\text{полн}} = \frac{E}{R_{\text{общ}}} = \frac{10}{R_1 + 22} = \frac{R_1 + 22}{R_1 + 12}$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1 + 12} + \frac{1}{10}$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{10(R_1 + 12)}{R_1 + 12}$$

т.к. U на параллельных участках равна $\Rightarrow U = R \cdot I$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_{\text{общ}_2}}{R_{\text{общ}_1}} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{10}{R_1 + 12}$$

$$I_{\text{полн}} = I_1 + I_2 \Rightarrow I_1 = \frac{I_2 \cdot 10}{R_1 + 12}$$

$$\frac{10 I_2}{R_1 + 12} + I_2 = \frac{R_1 + 22}{R_1 + 12}$$

$$\frac{I_2 (R_1 + 22)}{R_1 + 12} = \frac{R_1 + 22}{R_1 + 12}$$

$$I_2 = 1 \text{ А}$$

Ответ: 1 А

② При переходе $R_1 \rightarrow R_3$ должно быть падение напряж. $\Rightarrow$ ток должен быть $\Rightarrow R_1 > 24 \text{ Ом}$

$$\frac{R_1}{R} = \frac{I_3}{I} \Rightarrow \frac{R_1}{R_4} = \frac{12}{4} = \frac{I_4}{I_2} = 3 \Rightarrow \frac{R_1}{R_4} > 3 \Rightarrow R_1 > 24 \text{ Ом}$$

Ответ: $> 24 \text{ Ом}$

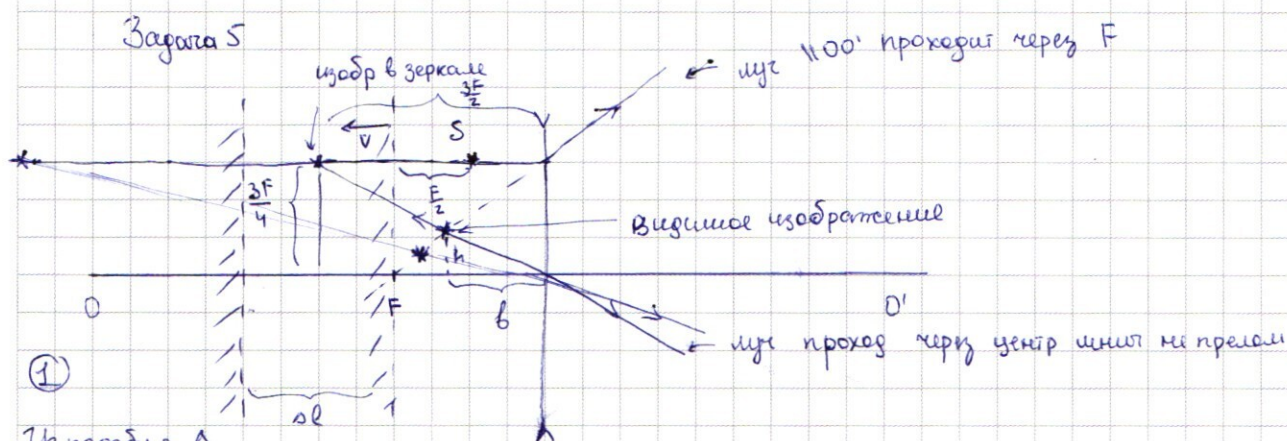
☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Из предложения Δ

$$\frac{4h}{3F} = \frac{F-b}{F}$$

Из подобия других Δ :

$$\frac{2b}{3F} = \frac{4b}{3F}$$

$$\frac{F \cdot b}{F} = \frac{2b}{3F}$$

$$26F = 3F^2 - 36F$$

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

Umkehr: $b = \frac{3F}{5}$

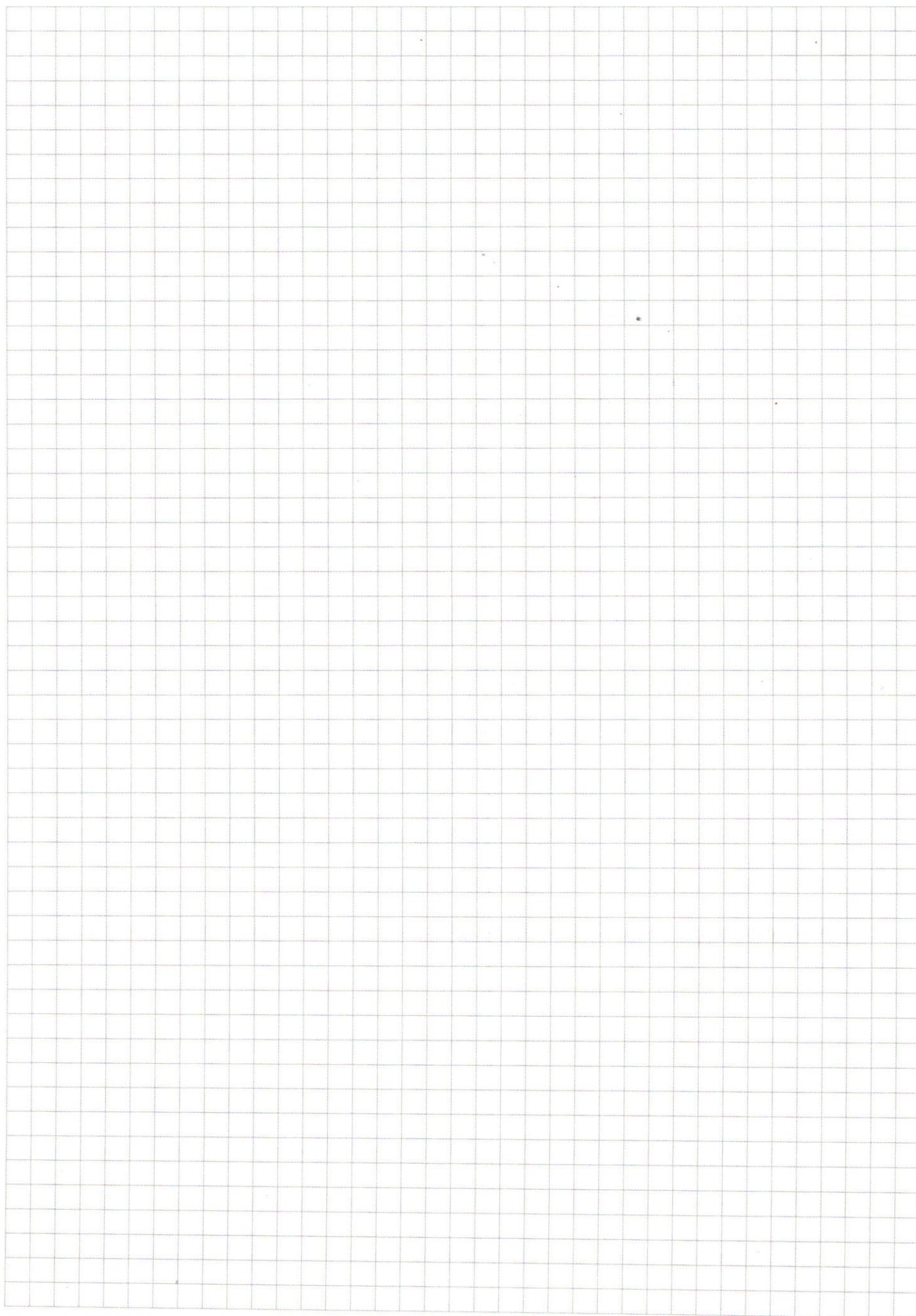
- ② Заметим, что при сдвиге зеркала ~~на~~ луч $\parallel DO'$ - не изменяет свою траекторию
те пересечение 2-м лучем всегда идет через него (см. рис.) $\Rightarrow \alpha = \text{углу наклона}$
этого луча после преломления

$$\tan \alpha = \frac{3F}{\frac{4}{F}} = \frac{3}{4} \quad \text{Omkem: } \frac{3}{4} F$$

- ③ Пусть зеркало за малый промежуток времени Δt , сместилось на Δl - малое

$$\frac{4h}{3F} = \frac{F - b'}{F}$$

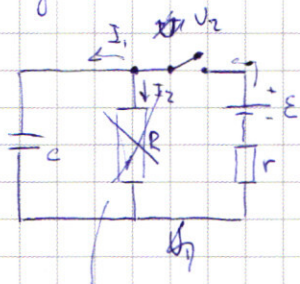
$$\frac{4h}{3F} = \frac{b^1}{\frac{3F}{2} + \Delta l}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

Задача 3



$$r = R$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r+R}$$

1)

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

2) ток не течет

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

??

напряжение на сопротивлении не $\rightarrow$ ток не течет

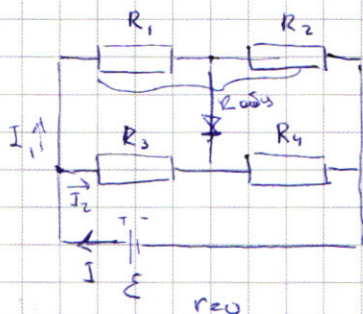
Задача 4

$$\varepsilon = 10 \text{ В}$$

$$R_2 = 12 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 8 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 2 \text{ Ом}$$



1)

$$R_{\text{общ1}} = R_1 + R_2 = R_1 + 12 \text{ Ом} \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{1}{R_{\text{общ}}} &= \frac{1}{R_1 + 12} + \frac{1}{10} \\ R_{\text{общ2}} &= R_3 + R_4 = 10 \text{ Ом} \end{aligned} \right.$$

$$R_{\text{общ2}} = R_3 + R_4 = 10 \text{ Ом} \quad \left\{ \begin{aligned} R_{\text{общ}} &= \frac{(R_1 + 12) \cdot 10}{(R_1 + 12) + 10} \\ &= \frac{(R_1 + 12) \cdot 10}{R_1 + 22} \end{aligned} \right.$$

$$I = \frac{\varepsilon (R_1 + 22)}{10R_1 + 120} = \frac{10R_1 + 220}{10R_1 + 120} = \frac{10R_1 + 120}{R_1 + 22}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_{\text{общ2}}}{R_{\text{общ1}}}$$

$$\frac{I_1}{I_2} + I_2 = I = \frac{R_1 + 22}{R_1 + 12}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{10}{R_1 + 12}$$

$$I_1 = \frac{I_2 \cdot 10}{R_1 + 12}$$

2)

$$\Delta U = 1 \text{ В} = U_0$$

при переходе $R_1 \rightarrow R_3$ - должно быть напряжение $\geq 1 \text{ В}$

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{R_2}{R_4} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{12}{2} = 3$$

$$\frac{10I_2}{R_1 + 12} + I_2 = \frac{R_1 + 22}{R_1 + 12}$$

$$\left\{ \begin{aligned} I_2 (R_1 + 22) &= R_1 + 12 \\ I_2 &= 1 \text{ А} \end{aligned} \right.$$

необходимо, чтобы ток потек вниз $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_3} > 3$$

$$\begin{aligned} R_1 &> 3R_3 = 24 \text{ Ом} \\ R_1 &> 240 \text{ Ом} \end{aligned}$$

$$\frac{10I_2 + R_1 I_2 + 12I_2}{R_1 + 12} = \frac{R_1 + 22}{R_1 + 12}$$

$$P = U \cdot I$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

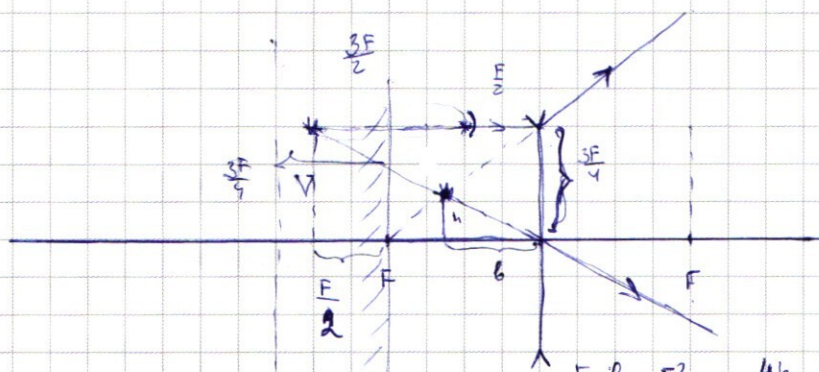
$$A_c = \frac{1}{2} (P_1 + 2P_2) \cdot (2V_1 - V_1) = \frac{1}{2} \cdot 3P_1 \cdot V_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{3}{2} \rho R T_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \rho R \Delta T = \frac{3}{2} \rho R (4T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 3 \rho R T_1$$

$$C = \frac{Q}{\rho \Delta T} = \frac{6 \rho R T_1}{\rho \cdot 3T_1} = 2 \cdot 8,31 = 16,62 \frac{\text{Дж}}{\text{°К} \cdot \text{моль}} \quad \text{Дж}$$

$$= \frac{3}{2} \rho R T_1 + \frac{9}{2} \rho R T_1 = \frac{12}{2} \rho R T_1 = 6 \rho R T_1$$

Задача 5



$$\frac{4h}{3F} = \frac{F-b}{F} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{F-b}{F} = \frac{2b}{3F} \\ \frac{2b}{3F} = \frac{4h}{3F} \end{array} \right.$$

$$\frac{F-b}{F} = \frac{2b}{3F} \quad \left\{ \begin{array}{l} 2bF = 3F^2 - 3bF \\ 2bF + 3bF = 3F^2 \\ 5b = 3F \end{array} \right. \quad b = \left(\frac{3F}{5} \right)$$

$$\frac{F-b}{F} = \frac{4h}{3F} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{F-b}{F} = \frac{4h}{3F} \\ \frac{4h}{3F} = \frac{3F}{2b} \end{array} \right.$$

или

$$\frac{4h}{3F} = \frac{3F}{2b}$$

$$\frac{F-b}{F} = \frac{3F}{2b}$$

$$2b(F-b) = 3F^2$$

$$2bF - 2b^2 = 3F^2$$

$$2b^2 + 3F^2 - 2bF = 0$$

$$D = 3F^4 - 4(3F^2) \cdot 2 = 4F^2 - 24F^2$$

$$\tan \alpha = \frac{3F}{4/F} = \frac{3F}{4}$$

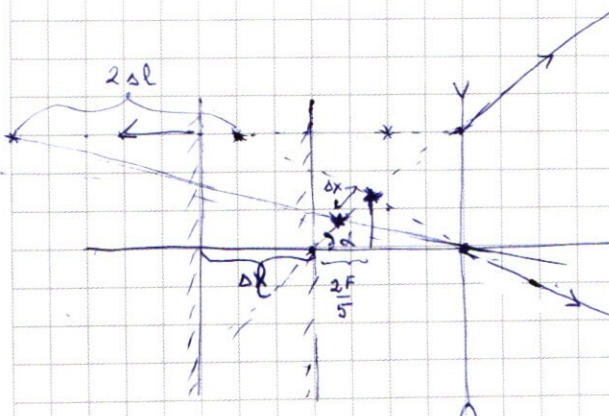
$$= \frac{3}{4}$$

$$\sigma = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$x_1 = \frac{F\sqrt{7}}{4} \cdot \frac{2}{5} = \frac{5\sqrt{7}F}{2}$$

$$x_2 =$$

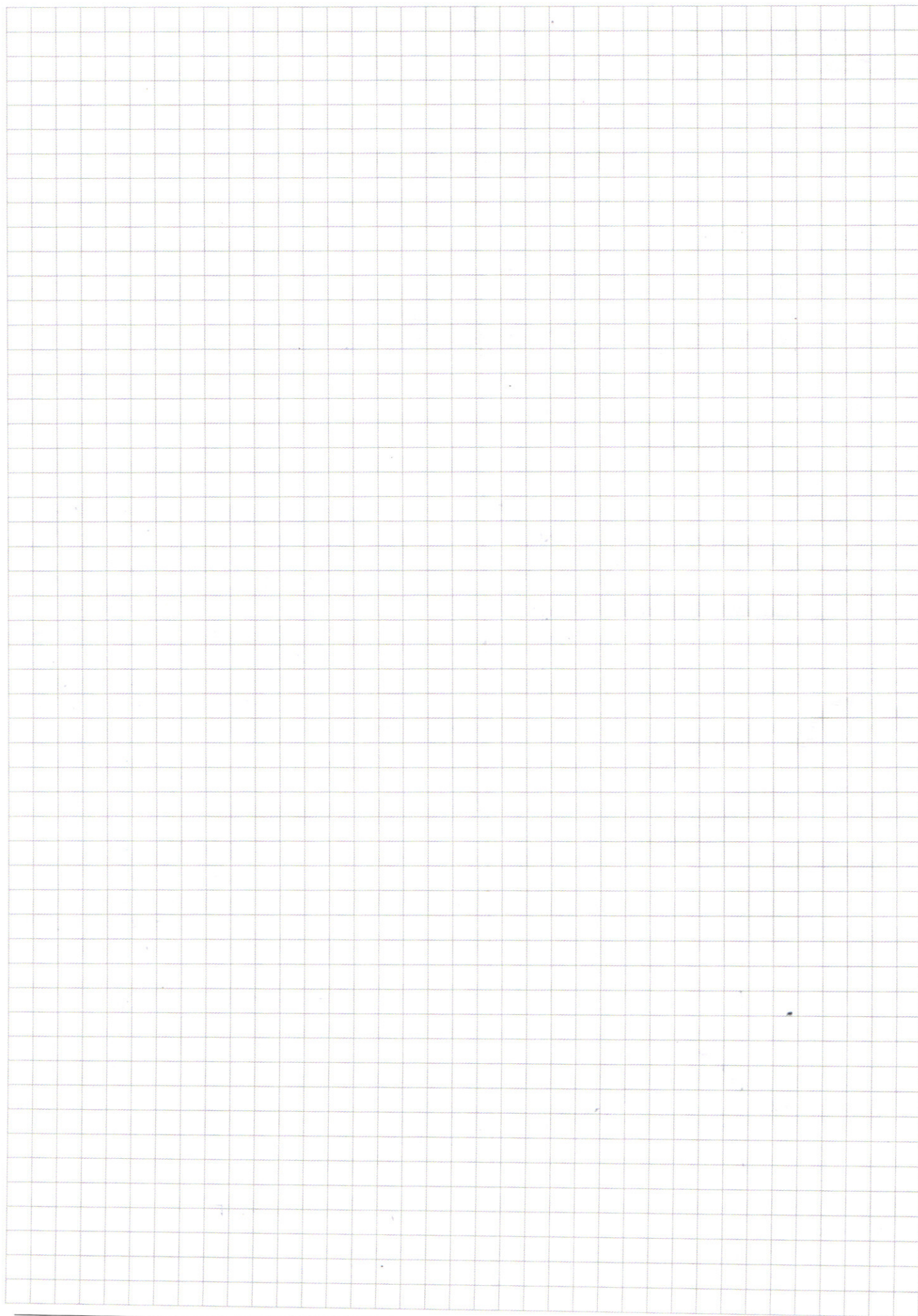


$$\Delta l - \text{мало} \quad \frac{4h}{3F} = \frac{F-b'}{F} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{F-b'}{F} = \frac{b'}{\frac{3F}{2} + \Delta l} \\ \frac{4h}{3F} = \frac{b'}{\frac{3F}{2} + \Delta l} \end{array} \right.$$

$$\frac{F-b'}{F} = \frac{b'}{\frac{3F}{2} + \Delta l} \quad \left\{ \begin{array}{l} Fb' = \left(\frac{3F^2}{2} + \Delta l \right) (F-b') \\ Fb' + \Delta lb' + \frac{3Fb'^2}{2} = \frac{3F^2}{2} + \Delta l F \end{array} \right.$$

$$Fb' = \frac{3F^2}{2} + \Delta l F - \Delta lb' + \Delta lb' \quad \left\{ \begin{array}{l} Fb' + \Delta lb' = \frac{3F^2}{2} + \Delta l F \\ Fb' + \Delta lb' + \frac{3Fb'^2}{2} = \frac{3F^2}{2} + \Delta l F \end{array} \right.$$

$$b = \frac{\frac{3F^2}{2} + \Delta l F}{\frac{5F}{2} + \Delta l}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



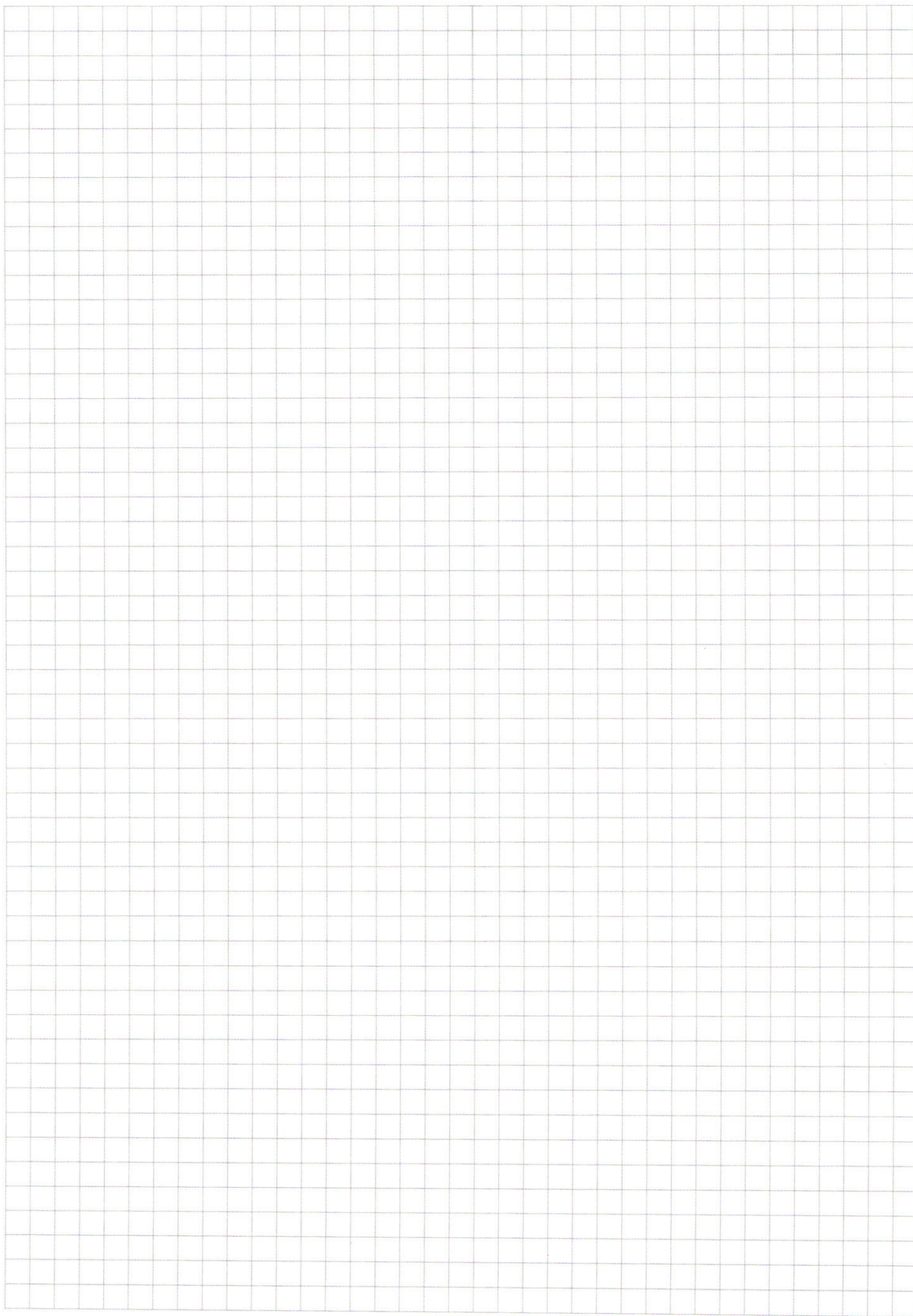
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)