

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-06

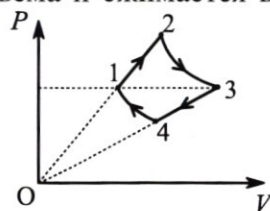
Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

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 2,5 раза, а модули ускорений равны.

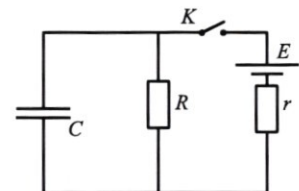
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . 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. В процессе 3-4 объем газа уменьшается в $k = 1,9$ раза. Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.



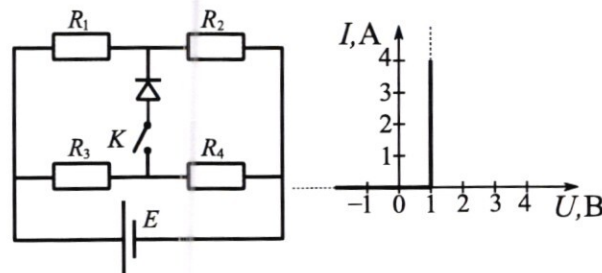
- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение объемов газа в состояниях 2 и 4.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 3-4.

3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 2R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.



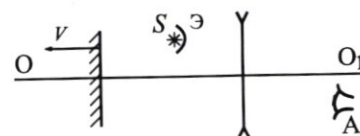
- 1) Найти напряжение на резисторе R сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти заряд конденсатора непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.

4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 22$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.



- 1) Найти ток через резистор R_1 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_3 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_3 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 3$ 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 $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $4F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $8F/5$ 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

①

$kx_0 = 0$
 $x_0 = 0$
 m_5

kx_1
 m_5
 x_1

kx_2
 m_5
 x_2

$kx_2 = 2,5 kx_1$
 $\Rightarrow$
 $x_2 = 2,5 x_1$

По IIЗН для шарика на ось Ox в эти некоторые моменты времени:

$$\begin{cases} ma_1 = mg - kx_1 / m \\ -ma_1 = mg - 2,5 kx_1 / m \end{cases}$$

$\Rightarrow$

$$\begin{cases} a_1 = g - \frac{kx_1}{m} \\ -a_1 = g - 2,5 \frac{kx_1}{m} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_1 = g - \frac{kx_1}{m} \\ 0 = 2g - 3,5 \frac{kx_1}{m} \end{cases}$$

$\Rightarrow$

$$\frac{kx_1}{m} = \frac{4g}{7}$$

$2,5 a_1 = g \cdot 2,5 - 2,5 \frac{kx_1}{m}$
 $-a_1 = g - 2,5 \cdot \frac{kx_1}{m}$

$\Rightarrow 3,5 a_1 = 1,5g$

$\Rightarrow$

$$1) a_1 = \frac{3}{7} g = \frac{30}{7} \frac{m}{c^2}$$

По ЗСЭ для начального положения шарика и этих некоторых моментов времени:

$$\begin{cases} mgx_1 = \frac{kx_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} \\ 2,5 mgx_1 = \frac{6,25 kx_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2g = \frac{kx_1}{m} + \frac{v_1^2}{x_1} \\ 5g = 6,25 \frac{kx_1}{m} + \frac{v_2^2}{x_1} \end{cases}$$

$\Rightarrow \begin{cases} 2g - \frac{4g}{7} = \frac{v_1^2}{x_1} \\ 5g - \frac{25 \cdot 4}{7} \cdot \frac{g}{7} = \frac{v_2^2}{x_1} \end{cases}$

$\begin{cases} \frac{10}{7} g = \frac{v_1^2}{x_1} \\ \frac{35g}{7} - \frac{25g}{7} = \frac{v_2^2}{x_1} = \frac{10g}{7} \end{cases}$

2) $\frac{E_{кин1}}{E_{кин2}} = \frac{\frac{mv_1^2}{2}}{\frac{mv_2^2}{2}} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\frac{v_1^2}{x_1}}{\frac{v_2^2}{x_1}} = \frac{10}{25} \cdot \frac{7}{10} = 1$

$$\frac{mv^2}{2} \rightarrow \max, \text{ когда } v \rightarrow \max \quad v = \int_0^t a dt = \int_0^t \left(g - \frac{kx}{m}\right) dt$$

П.к. a — производная от v по t , то $v \rightarrow \max$, когда $g - \frac{kx_{\max}}{m} = 0$
 $x_{\max} E_k$ — расстояние при максимальной кин. энергии

$$\downarrow \\ x_{\max} = E_k \frac{m}{k}$$

По ЗСЗ:

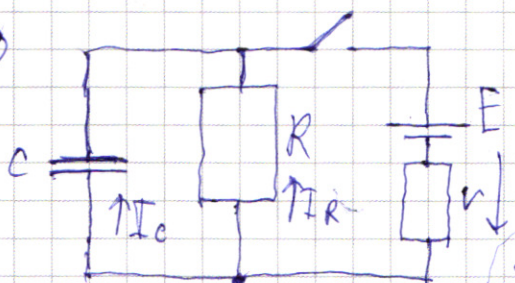
$$mgx = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \frac{m^2 s^2}{k} = \frac{m^2 s^2}{2k} + \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{m^2 g^2}{2k}$$

$$\frac{kx_{\max}^2}{2} = mgx_{\max} \quad x_{\max} = \frac{2mg}{k} \Rightarrow \frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{2m^2 g^2}{k}$$

$$\downarrow \\ 3) \frac{E_{\text{кин max}}}{E_{\text{гравит max}}} = \frac{\frac{m^2 s^2}{2k} \cdot k}{2m^2 g^2} = \frac{1}{4}$$

③



По II правилу Кирхгофа для $E_{\text{вн}} R$ контура:

$$E = I_0 r + I_R R$$

$$\text{Для } E_{\text{вн}} C \text{ контура: } E = I_0 r + \frac{q}{C}$$

По I правилу Кирхгофа: $I_0 = I_R + I_C$

$$\frac{q}{C} = I_R R$$

П.к. заряд на конденсаторе в начале равен 0 $\Rightarrow$ ток через резистор:

$$I_R = \frac{q}{CR} = \frac{0}{CR} = 0 \Rightarrow \boxed{1) \text{ Напряжение на резисторе } = I_R R = 0}$$

$$W_{\text{cond}} = \frac{q^2}{2C} \Rightarrow W_{\text{cond}} \sim \frac{1}{2C} \cdot q \cdot q' \cdot 2 = \frac{1}{C} q \cdot I_C \Rightarrow W_{\text{cond}} - \max, \text{ когда}$$

$$q \cdot I_C - \max.$$

$$I_C = I_0 - I_R$$

$$I_R = \frac{E - I_C R}{R}$$

$$E = 2I_0 R + I_R R$$

$$\frac{E - 3I_R R}{2R} = \frac{2(I_0 - I_R)R}{2R}$$

$$I_C = \frac{E}{2R} - \frac{3}{2} I_R = \frac{E}{2R} - \frac{3}{2} \frac{q}{CR}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$W_{\text{cond}} = \frac{1}{C} \cdot q' \left(\frac{E}{2R} - \frac{3}{2} \frac{q}{CR} \right) = \frac{q}{CR} \left(\frac{E}{2} - \frac{3}{2} \frac{q}{C} \right) \rightarrow \max$$

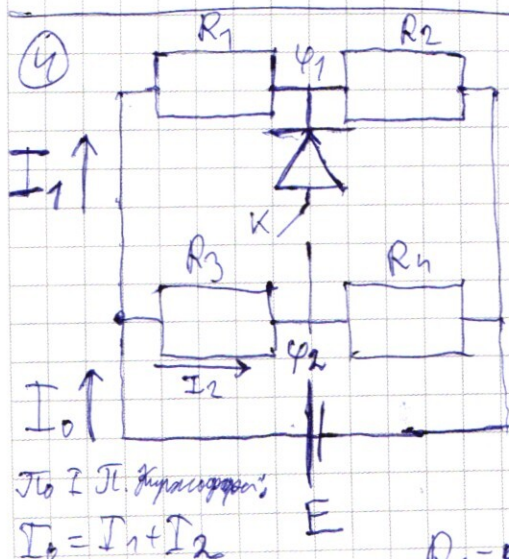
$$E'_{cond} = \frac{I_c}{CR} \left(\frac{E}{2} - \frac{3}{2} \frac{I_c}{CR} + \frac{1}{CR} \cdot \frac{3}{2} \cdot I_c \right) = 0$$

$$W_{\text{rand}}'' \sim \left(q \left(\frac{EC}{3} - q \right) \right)' = q' \left(\frac{EC}{3} - q \right) - q q' = q' \left(\frac{EC}{3} - 2q \right) = T_c \left(\frac{EC}{3} - 2q \right) = 0$$

$I_c = 0$ не подходит, т.к. ток на конденсатор не течёт $\Rightarrow$
Энергия вообще не растёт. $\Rightarrow \frac{EC}{3} - 2q = 0$

$$2) q = \frac{EC}{6}$$

$$3) W_{\text{cond}} = \frac{q}{C} \left(\frac{E}{2R} - \frac{3q}{2CR} \right) = \frac{E}{6} \left(\frac{E}{2R} - \frac{3}{2R} \frac{EQ}{32} \right) = \frac{E}{6} \left(\frac{2E}{4R} - \frac{E}{4R} \right) = \frac{E^2}{24R}$$



По II правилу Липсона $\frac{2\pi}{\text{замыкающая кривая } K}$ для контуров ER_3, R_4 :

$$E = I_2(R_3 + R_n) \quad I_2 = \frac{E}{R_3 + R_n}$$

И конъюнкция $\in R_1 R_2$:

$$E = I_1 (R_1 + R_2)$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

Для того, чтобы через диод потёк ток, нужно

чмобл $\varphi_2 - \varphi_1 \geq U_0 \Rightarrow -I_2 R_3 + I_1 R_1 \geq U_0$

$$R_1 = 5\Omega \quad R_2 = 1\Omega \quad R_3 = 22\Omega$$

~~$I_1 R_1 = 50 \text{ мВ} \cdot 2 \text{ А} = 0.1 \text{ В}$~~

$\varphi_1 = E - I_1 R_1 = 12 \text{ В} - 50 \text{ мВ} \cdot 2 \text{ А} = 2 \text{ В}$

$\varphi_2 = E - I_2 R_3 = E - E \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4} = E \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + R_4}\right)$

$\varphi_2 - \varphi_1 = U_0 \quad \varphi_2 \Rightarrow U_0 + \varphi_1 = 3 \text{ В}$

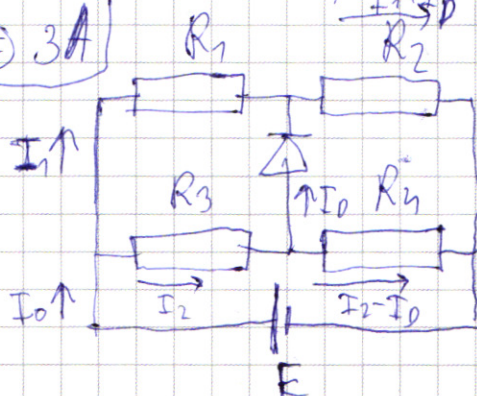
$10 \left(1 - \frac{R_3}{R_3 + 22}\right) \text{ В} \geq 3 \text{ В} \Rightarrow \frac{7}{16} \geq \frac{R_3}{R_3 + 22}$

$154 + 7R_3 \geq 10R_3 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2) R_3 \leq \frac{154}{3} \leq 51,3 \text{ Ом}$

$\pi, \alpha, P = UI, \text{ а } U_0 = \text{const} = 1 \text{ В}, P_{\text{Буден}} = 3 \text{ Вт}, \text{ когда } I_0 = \frac{3 \text{ Вт}}{1 \text{ В}} = 3 \text{ А}$

$\Rightarrow 3 \text{ А}$



По II правилу Кирхгофа для контура

$E R_1 R_2$ после замыкания ключа К:

$E = I_1 R_1 + (I_1 + I_0) R_2$

и контура $E R_3 R_4$ после замыкания ключа К:

$E = I_2 R_3 + I_2 - I_0 R_4$

$I_0 = I_2 + I_1$



$I_1 = \frac{E - I_0 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 - 3}{6} = \frac{7}{6} \text{ А}$

$I_2 = \frac{E + I_0 R_4}{R_3 + R_4}$

Заменим II Кирхгофа для $E R_3 R_2$ контура после замыкания ключа К.

$E = I_2 R_3 + U_0 + (I_1 + I_0) R_2$

$I_2 = \frac{E - U_0 - (I_1 + I_0) R_2}{R_3} = \frac{10 - 1 - \frac{25}{6} \cdot 2}{R_3} = \frac{54 - 25}{5R_3} \text{ А}$

$I_2 = \frac{29}{6R_3} \text{ А} = \frac{10 + 3 \cdot 22}{R_3 + 22} = \frac{76}{R_3 + 22}$

$29 \cdot 22 + 29 R_3 = 76 \cdot 6 R_3$

$(456 - 29) R_3 = 838$

$3) R_3 = \frac{838}{427} \text{ Ом}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

②

$T_1 = T_4$
 $T_2 = T_3$
 По 3 М-К: $P_4 V_4 = JRT_4$
 В процессе 3 → 4
 $\frac{P_4}{V_4} = \text{const}$
 $\frac{P_4}{V_4} = \frac{P_3}{1.5V_4} \Rightarrow P_3 = 1.5 P_4$

$P_4 V_4 = JRT_4 \Rightarrow T_4 = \frac{P_4 V_4}{JR}$
 По закону М-К:
 $P_3 V_3 = JRT_3$; $P_3 = 1.5 P_4$; $V_3 = 1.5 V_4 \Rightarrow T_3 = 1.5^2 \frac{P_4 V_4}{JR} = 1.5^2 T_4$
 П.к. 4 → 1 изотерма $P \cdot V = \text{const}$:
 $\Rightarrow P_4 \cdot V_4 = P_1 \cdot V_1$
 П.к. $P_3 = P_1 = 1.9 P_4$

1) $T_2 = T_3 = 1.9^2 T_1 = 3.61 T_1$

~~П.к. в процессе 2 → 3 $T = \text{const} \Rightarrow \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_3}{V_3} = \frac{P_4}{V_4}$~~
~~П.к. для процесса 2 → 3 ($T = \text{const}$) верно $P \cdot V = \text{const} \Rightarrow \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_3}{V_3} = \frac{P_4}{V_4}$~~

П.к. в процессе 1 → 2 $\frac{P}{V} = \text{const} \Rightarrow \frac{P_1}{V_1} = 1.5^2 \frac{P_4}{V_4} = \frac{P_2}{V_2}$
 П.к. для процесса 2 → 3 ($T = \text{const}$) верно $P \cdot V = \text{const} \Rightarrow P_3 V_3 = P_2 V_2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow 1.9^2 P_4 V_4 = P_2 V_2$

$P_2 = \frac{JRT_2}{V_2}$
 $P_4 = \frac{JRT_4}{V_4}$
 $1.9^2 \frac{P_4}{V_4} = \frac{P_2}{V_2}$
 $1.9^2 \frac{T_1}{V_4^2} = \frac{T_2}{V_2^2} = \frac{1.5^2 T_4}{V_2^2} \Rightarrow 2) \frac{V_4^2}{V_2^2} = 1 \Rightarrow \frac{V_4}{V_2} = 1$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{i}{2} JR + \frac{A}{\Delta T}$$

$i=3$ т.к. раз ограниченный

$$C = \frac{3}{2} JR + \frac{A}{\Delta T}$$

$$A_{43} = \frac{P_4 + P_3}{2} \cdot (1/3 + V_h) = -\frac{2,9 P_4}{2} (0,9 V_h)$$

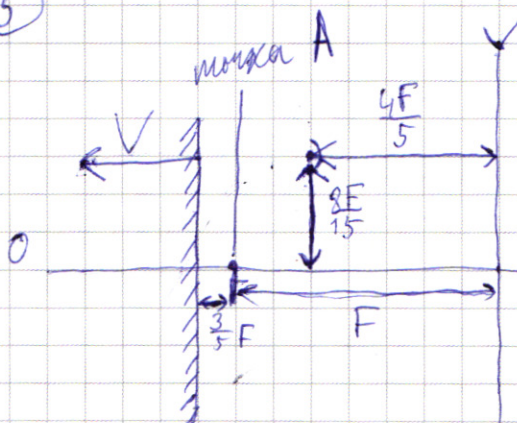
$$\Delta T_{43} = T_4 - T_3 = -0,9 T_1$$

$$\frac{A_{43}}{\Delta T_{43}} = \frac{-2,9 P_4 \cdot 0,9 V_h}{-0,9 T_1} = + \frac{2,9 P_4 V_h}{2 T_1} = + \frac{2,9 JR}{2}$$

~~$$C = \frac{3}{2} JR + \frac{2,9 JR}{2} = \frac{3+2,9}{2} JR = 2,95 JR$$~~

$$3) C = \frac{3+2,9}{2} JR = \frac{5,9}{2} JR = 2,95 JR$$

5)



~~Угол зрения предмета в~~

Изображение предмета в
он ниже находится на
расстоянии $L = \frac{4F}{5} + 2 \cdot F(\frac{8}{5} - \frac{4F}{5})$
 $L = \frac{12F}{5}$

То формула для плоской линзы:

$$\frac{1}{-f} = \frac{5}{12F} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{17}{12F}$$

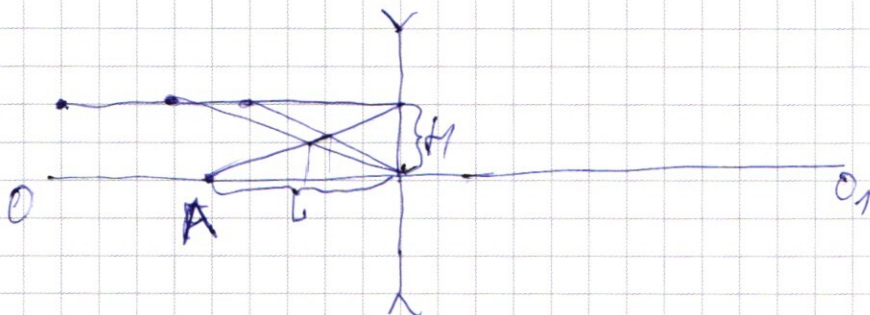
$$f = -\frac{12}{17} F$$

~~Положим угол под
которым рассматривается изображение d.~~

~~$$\Delta x = \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{8F}{15}$$~~

~~Можно считать, что Δx почти равен
будет луч излучит главной оптической осью, а изображение
будет влучено пересечением этого луча~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Можно заметить, что изображение в любой момент времени изображение будет двигаться по прямой соединяющей точку A (которая находится на расстоянии F от линзы) с точкой пересечения пл-сти линзы с прямой пересекающей ~~пл-сти~~ центрами света и $\parallel$ главной оптической оси OO_1 , $\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{L} = \frac{8^2 \cdot \frac{5}{12}}{\frac{15}{3} \cdot \frac{5}{12}} = \frac{2}{3}$

и ~~по оси OO_1~~ (для скорости по оси OO_1 , верно: $\boxed{2) \operatorname{tg} \alpha = \frac{2}{3}}$

П.к. $v_{\text{изображения}} = v_{\text{предмета}} \sqrt{F^2}, F = \frac{f}{2}$

В нашем случае $v_{\text{предмета}}$ — это $v_{\text{изображения}}$ в линзе $\Rightarrow$

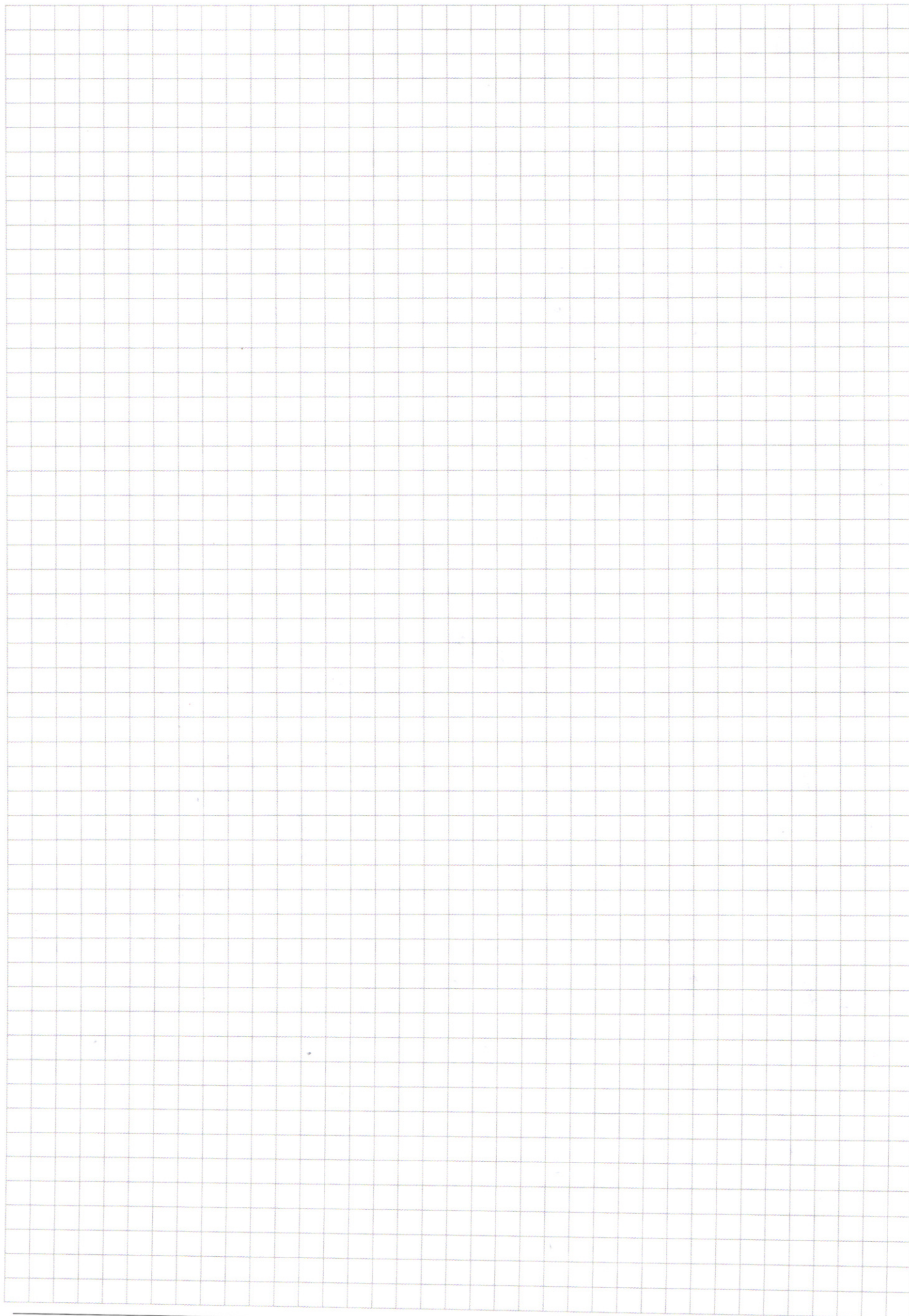
$v_{\text{предмета}} = 2v$, а увеличение в этот момент $F = -\frac{12}{14} F \cdot \frac{5}{12 F} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{5}{14} \Rightarrow \cancel{v_{\text{изображения}}} = \frac{10}{14} v$

$\downarrow$
 $v_{\text{линия}} = \sqrt{\left(\frac{100}{14 \cdot 14} v\right)^2 + \left(\frac{4 \cdot 10}{3 \cdot 14} v\right)^2} = \sqrt{\frac{300}{14^2 \cdot 9} + \frac{400}{14^2 \cdot 9}} \cdot v \Rightarrow$

$\Rightarrow \sqrt{\frac{1300}{14^2 \cdot 9}} v = \frac{100}{51} \sqrt{13} v$

$\boxed{3) v_{\text{линия}} = \frac{100}{51} \sqrt{13} v}$



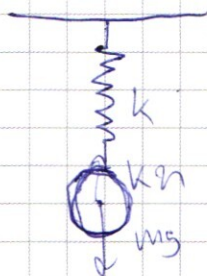
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①

$$ma = mg - kx$$



$$|mg - kx| = |mg - k(2,5x)|$$

$$mg$$

$$1 \quad 2 \quad 3$$

$$a_1 = g - \frac{kx_1}{m}$$

$$-a_1 = g - 2,5 \frac{kx_1}{m}$$

$$a_1 x = 3g$$

$$a_1 = \frac{3}{2}g$$

$$2 \cdot 5gx_1 = \frac{kx_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$5 \cdot 2,5gx_1 = \frac{6,25kx_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\begin{cases} 25x_1 = \frac{kx_1^2}{m} + \frac{v_1^2}{x_1} \\ 5gx_1 = \frac{6,25kx_1^2}{m} + \frac{v_1^2}{x_1} \end{cases}$$

$$mgx - \frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$mgx - \frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$ma = mg - kx$$

$$I_C = I_O - I_R =$$

$$I_R = \frac{E - I_O R}{R}$$

$$dL = 2V dt$$

$$Lg$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 2,5 \\ 2,5 \\ \hline 725 \\ 6,25 \end{array}$$

$$(x^2)' = 2x$$

$$\frac{x^2}{dx}$$

$$\frac{dy}{dx} = f'$$

$$dy = f'(x) dx$$

$$u \cdot v = u' \cdot v + u \cdot v'$$

$$E = 2I_0 R + I_R R$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{3}{2} R + \frac{\Delta A}{\Delta T}$$

$$R(2I_0 + 2I_R) = E + I_R R$$

$$- 638 \overline{) 3}$$

$$\frac{1}{CR} \left(\frac{E}{2R} - \frac{3}{2} \frac{q}{CR} \right) \left(\frac{E}{2R} \right)$$

$$I_1 R_1 + (I_1 + I_0) R_2 = E$$

$$E = I_1 R_1 + (I_1 + I_0) R_2$$

$$E = I_2 R$$

$$\frac{40}{78}$$

$$E = 3 \frac{q}{C}$$

$$q = \frac{CE}{3}$$

$$58$$

$$10 \times \frac{29}{22}$$

$$10 - 3 \cdot \frac{29}{22} = \frac{58}{22}$$

$$\frac{q}{2CR} \left(E - 3 \frac{q}{C} \right)$$

$$\frac{E - I_0 R_2}{R_1 + R_2} P \Delta V$$

$$\begin{array}{r} 146 \\ \times 6 \\ \hline 86 \\ 42 \\ \hline 456 \end{array}$$

$$\frac{I_C}{7CR} \left(\dots \right) + \frac{q}{2CR} \left(\dots \right)$$

$$\frac{I_C}{7CR} \left(\dots \right) + \frac{q}{2CR} \left(\dots \right)$$

$$x(C-x)$$

$$(C-x) = x$$

$$C - 2x$$

$$x = \frac{C}{2}$$

$$420$$

$$D$$

$$154$$

$$- \frac{456 - 29}{424}$$

$$120$$

$$q \left(\frac{CE}{3} - q \right) - \max$$

$$15^2 P_4 R = R_2 V_4$$

$$P_2 = IR \cdot \Delta l = 2V \cdot dt$$

$$A = (P_1 + P_3)$$

$$\frac{P_1 + P_3}{2} = 9.6$$

$$14.5 = 30 + 63$$

$$153$$

$$30$$

$$35$$

$$65$$

$$10 \left(1 - \frac{x}{22+x} \right) = 3$$

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = E$$

$$30$$

$$1 - \frac{x}{22+x} = \frac{3}{10}$$

$$\frac{x}{10} = \frac{x}{22+x}$$

$$10x = 7x + 22 \cdot 7$$

$$3x = 22.7$$

$$x = \frac{22.7}{3}$$