

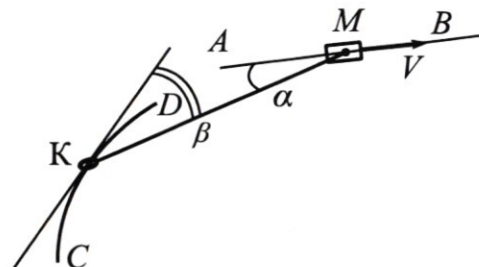
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

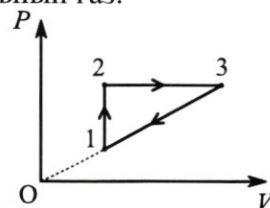
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити 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 повышение температуры газа.
- 2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



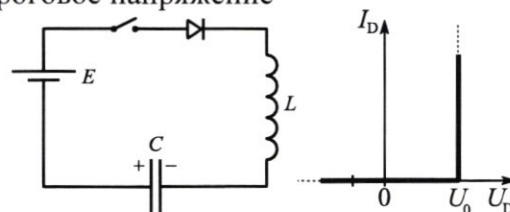
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица 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.

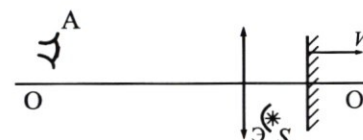
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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. Дано:

$$v = 34 \text{ м/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$r = \frac{5}{9} R$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

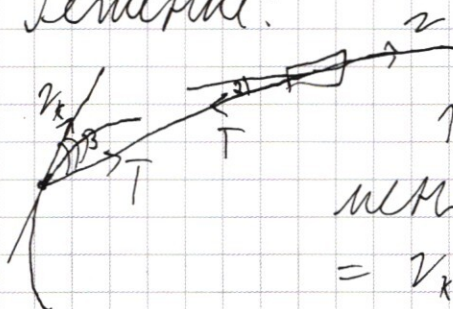
$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

1) v_k - ?

2) v_k' - ?

3) T - ?

Решение:



1) Длина пути не
изменяется $\Rightarrow v \cos \alpha =$
 $= v_k \cos \beta$.

$$v_k = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot \frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = \frac{255}{17} \text{ м/с}$$

1) Ответ: $v_k = 50 \text{ м/с}$

2) Относительная скорость будет
равна векторной сумме скоростей,
спроецированных на ось, перпендику-
лярную пути: $\vec{v}_k' = \vec{v} \sin \alpha + \vec{v}_k \sin \beta =$
 $= \frac{4}{5} v_k - \frac{6}{17} v = \left| \frac{4}{5} \cdot 50 - \frac{6}{17} \cdot 34 \right| = \frac{12}{17} v = 24 \text{ м/с}$

2) Ответ: $v_k' = 24 \text{ м/с}$

3) По II закону Ньютона: $T \sin \beta = m a_k$

$$\sin \beta = \frac{m v_k^2}{R}$$

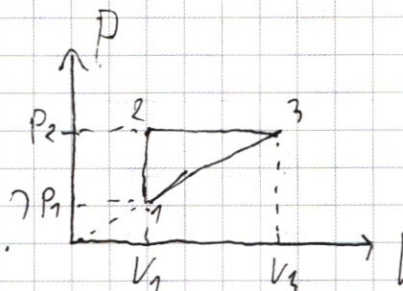
$$T = \frac{m v_k^2}{R \sin \beta} = \frac{0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 5}{0,53 \cdot 4} = 0,176 \text{ Н}$$

3) Ответ: $T = 0,176 \text{ Н}$

2. 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}}$ - ?

2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}}$ - ?

3) $\eta_{\text{мхр}}$ - ?



$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{Q_{12}}{\Delta U_{12}} = \frac{3}{2} R ; C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \left(\frac{3}{5} \right) \text{ 1) Ответ: } \frac{3}{5}$$

Продолжение $\rightarrow$

$$2) \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{p_2 (V_3 - V_2)} = \frac{3}{2} \frac{\nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \left(\frac{3}{2}\right) \quad 2) \text{ Ответ: } \frac{3}{2}$$

$$3) \eta = 1 - \frac{|Q_4|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_{31}|}{Q_{12} + Q_{23}} = 1 - \frac{4 \Delta T_{13}}{3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23}}$$

3. Дано:

$$d; v_1; g = \frac{|g|}{m}$$

1) t - ?

2) Q - ?

3) v_2 - ?

Ищем:

$$F = ma$$

$$\frac{F}{m} = a$$

$$F = \frac{kQq}{d^2}$$

$$a = \frac{kQq}{m d^2}$$

$$1) 0,2 d = \frac{a t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{0,4 d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4 d^3}{kQg}} = \sqrt{\frac{0,56 d^2}{v_1^2}}$$

$$2) 0,7 d = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$0,7 d = \frac{v_1^2}{2 \frac{kQg}{m}}$$

$$Q = \frac{v_1^2 d}{1,4 k g}$$

$$3) \text{ § 3(7): } \frac{m v_1^2}{2} + \frac{kQq}{d} = \frac{m v_2^2}{2}$$

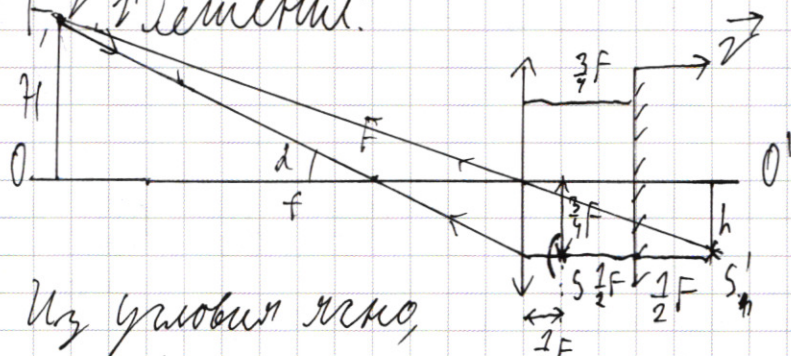
$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2kQg}{d}} = \sqrt{v_1^2 + \frac{v_1^2}{0,7}}$$

5. Дано: F, k, l Ищем:

1) F - ?

2) l - ?

3) v - ?



$$h = \frac{3}{4} F \text{ (из укл.)}$$

Из условия ясно,

что изображение предмета в зеркале находится от линзы на расстоянии $d = \frac{5}{4} F$.

Продолжить →

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По формуле тонкой линзы:

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

$$f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{5}{4}F}{\frac{5}{4}F - F} = 5F \quad \text{Ответ: } 5F$$

2) Луч, проходящий через фокус (см. рис.)
всегда под одним и тем же углом к оси OO' , а т.к.
изображение движется ближе всегда летит
на том же луче скорость тоже под такими
углами $\Rightarrow$ и изображение движется под эми
ми углами.

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d} \quad \text{или } \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

$$H = \frac{3F \cdot 4}{4} = 3F \quad (H - \text{высота изобр.})$$

$$tg \alpha = \frac{H}{f-F} = \left(\frac{3}{4}\right) \quad \text{2) Ответ: } \frac{3}{4}.$$

3) Графикам положения изображения и предметом
через $dt \rightarrow 0$. (Скорость изображения в зеркале 22)

$$f + v'_{dt} = \frac{Fd + 2Fv_{dt}}{d - f + 2v_{dt}} \quad \text{Взвешиваем тензоры предметом:}$$

$$v'_{dt} = \frac{Fd + 2Fv_{dt}}{d - f + 2v_{dt}} - \frac{Fd}{d - f} = \frac{2Fv_{dt}}{d - f}$$

$$v' = \frac{2Fv}{\frac{5}{4}F - F} = \frac{8Fv}{F} = 8v$$

Продолжение $\rightarrow$

4. Дано:

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

1) $I(t)$ - ?

2) I_{max} - ?

3) U_2 - ?

Решение:

$U_2 = \mathcal{E}$ (по закону Кирхгофа; в установившемся режиме ток не течет)

3) Ответ: $U_2 = \mathcal{E} = 6 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2. \quad Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = p_2 (V_3 - V_2) + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} =$$

$$= \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\nu R \Delta T_{12}} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}} = \frac{3}{5}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{out}}|}{Q_{\text{in}}}$$

$$Q_{\text{in}} = Q_{12} + Q_{23} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} \quad \frac{p_3 V_3 - p_3 V_1 + p_1 V_3 - p_1 V_1}{2} =$$

$$\eta = 1 - \frac{2 \nu R \Delta T_{31}}{\nu R (\frac{3}{2} \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \Delta T_{23})}$$

$$= 1 - \frac{4 \Delta T_{31}}{3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23}} =$$

$$= 1 - \frac{4(T_1 - T_3)}{3T_2 - 5T_1 + 5T_3 - 5T_2}$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$\eta = \frac{5T_3 - 2T_2 - T_1 - 4T_3 + 4T_1}{5T_3 - 2T_2 - T_1} =$$

$$= \frac{T_3 - 2T_2 + 3T_1}{5T_3 - 2T_2 - T_1}$$

$$Q_{\text{out}} = A_{31} + \Delta U_{31} =$$

$$= \frac{(p_3 + p_1)(V_3 - V_1)}{2} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31}$$

$$p_1 = 2V_1$$

$$p_3 = 2V_3$$

$$= \frac{p_3 V_3 - p_1 V_1 + 2V_1 V_3 - 2V_1 V_3}{2}$$

$$= \frac{\nu R \Delta T_{31}}{2}$$

$$Q_{\text{out}} = 2 \nu R \Delta T_{31}$$

$$= 1 - \frac{4T_3 - 4T_1}{5T_3 - 2T_2 - 3T_1} = 1 - \frac{4 \Delta T_{31}}{3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23}}$$

$$\eta = \frac{Q_H - |Q_X|}{Q_H} = \frac{\frac{3}{2} \nu R_0 \bar{T}_{12} + \frac{5}{2} \nu R_0 \bar{T}_{23} - 2 \nu R_0 \bar{T}_{13}}{\frac{3}{2} \nu R_0 \bar{T}_{12} + \frac{5}{2} \nu R_0 \bar{T}_{23} - 2 \nu R_0 \bar{T}_{13}} =$$

$$= \frac{3 p_2 V_1 - 3 p_1 V_1 + 5 p_2 V_3 - 5 p_2 V_1 - 2 p_2 V_3 + 2 p_1 V_1}{3 p_2 V_1 - 3 p_1 V_1 + 5 p_2 V_3 - 5 p_2 V_1}$$

$$= \frac{-2 p_2 V_1 - p_1 V_1 + 3 p_2 V_3}{5 p_2 V_3 - 2 p_2 V_1 - 3 p_1 V_1}$$

$$p_1 = 2 V_1$$

$$p_2 = 2 V_3$$

$$\frac{-2 \cdot 2 V_3 V_1 - 2 V_1^2 + 3 \cdot 2 V_3^2}{5 \cdot 2 V_3^2 - 2 \cdot 2 V_3 V_1 - 3 \cdot 2 V_1^2}$$

$$p_1 V_1 = \nu R \bar{T}_1$$

$$p_3 V_3 = \nu R \bar{T}_3$$

$$p_1 = 2 V_1$$

$$p_1 = \frac{p_2 V_1}{V_3}$$

$$p_2 = 2 V_3$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3^2}{V_1^2}$$

$$1 - \frac{4 \nu R \bar{T}_{13}}{3 \nu R \bar{T}_{12} + 5 \nu R \bar{T}_{23}}$$

$$1 - \frac{4 p_2 V_3 - 4 p_1 V_1}{3 p_2 V_1 - 3 p_1 V_1 + 5 p_2 V_3 - 5 p_2 V_1}$$

$$\bar{T}_{13} = \sqrt{\bar{T}_{23}^2 + \bar{T}_2^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.



$$F = ma$$

$$\frac{E}{m} = a$$

$$0,2d = \frac{at^2}{2}$$

$$\delta = \frac{Q}{85}$$

$$E = \frac{kQq}{d^2}$$

$$0,2d = \frac{kQqt^2}{2d^2m}$$

$$0,7d = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow 0,7d = \frac{v_1^2 \sqrt{2}}{2kQq}$$

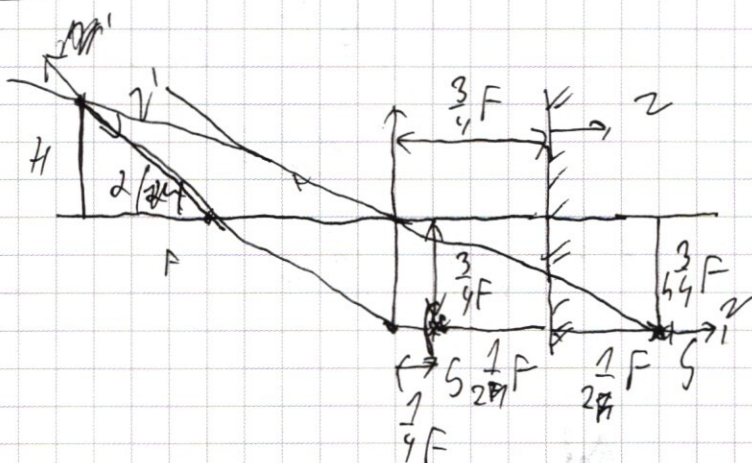
$$t = \sqrt{\frac{0,913}{kQq}}$$

$$d = \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) F$$

$$= \frac{5}{4} F$$

$$\frac{F}{d} = \frac{H}{h}$$

5.



$$F \sin \alpha =$$

$$+ \sin \alpha = \frac{H}{F-F} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{4}{5F} + \frac{1}{F}$$

$$F = \frac{F \cdot 5}{5}$$

$$H = \frac{h \cdot F}{d-F} = \frac{h \cdot F}{d-F+dd}$$

$$\frac{H}{h} = \frac{F \cdot 4}{5F} = \frac{4}{5}$$

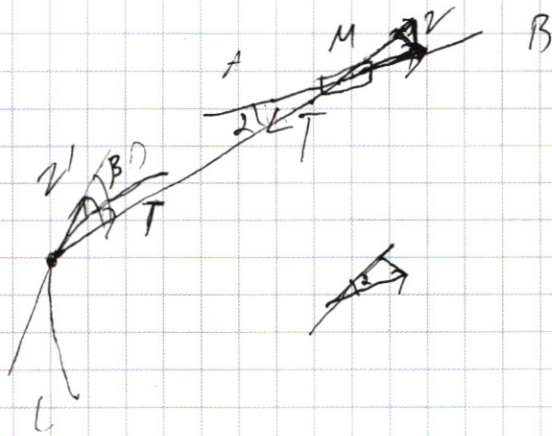
$$f = \frac{F d + dd}{d-F+dd}$$

$$f = \frac{F d}{d-F} = \frac{5F^2}{4(5F-4F)} = 5F$$

$$H = 4h = (3F)$$

$$\Delta f = \frac{dd}{d-F}$$

$$v_e = \frac{2d}{d-F}$$

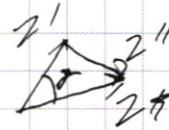
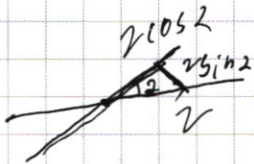


Длина катета и гипотенузы.

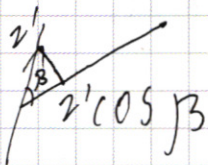
$$Z \cos \alpha = Z' \cos \beta$$

$$Z' = Z \cdot \frac{95.5}{17.3} = \left(\frac{23}{17} \right) Z$$

$$\sqrt{69 - 225} = \sqrt{64} = 8$$



$$\gamma = \alpha + \beta$$



$$\begin{aligned} Z'' &= Z \sin \alpha + Z' \sin \beta = \\ &= \frac{8}{17} Z + \frac{4}{5} Z' = \frac{8}{17} Z + \frac{20}{17} Z = \\ &= \frac{28}{17} Z \end{aligned}$$

$$T \sin \beta = m \frac{Z'^2}{R}$$

$$Z'' = Z' \sin \beta - Z \sin \alpha = \frac{12}{17} Z$$

$$T = \frac{m Z'^2}{R \sin \beta}$$



$$I(4) = ?$$

$$3) U_2 = E$$

$$A_{\text{max}} = 1 \text{ W}$$

$$\frac{0,075 \cdot 5}{0,53 \cdot 9} = \frac{0,375}{0,53 \cdot 9} = \frac{0,375}{0,53 \cdot 9} = \frac{0,375}{4,77} \approx 0,0786$$

$$\begin{array}{r} 3750 \overline{) 2720} \\ \underline{2120} \\ 600 \\ \underline{1630} \\ 970 \\ \underline{750} \\ 220 \end{array}$$

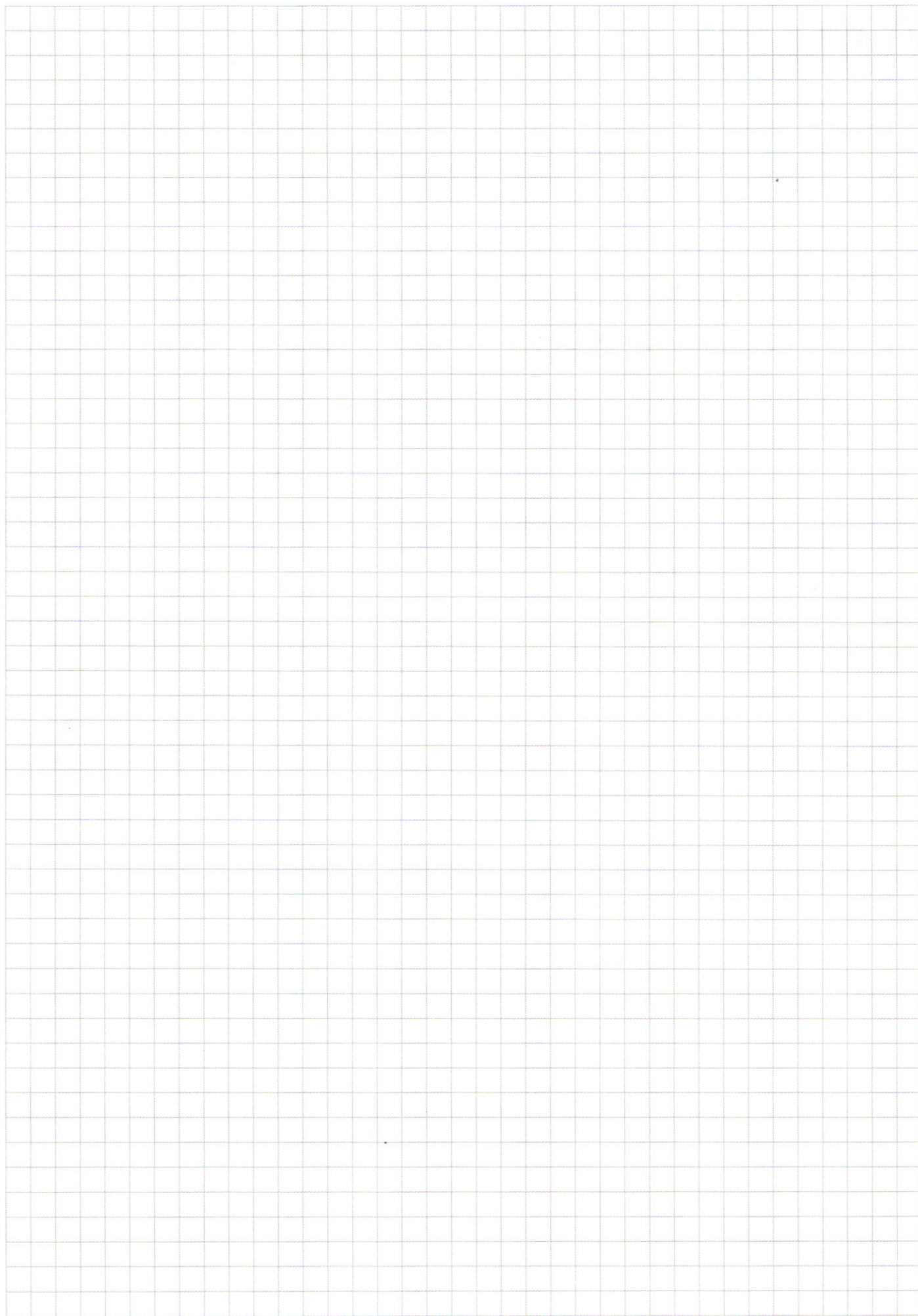
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$f(t) = \frac{F d(t)}{d(t) - F}$$

$$d(t) = 2vt + d$$

$$f(t) = \frac{F d + 2Fvt}{d - F + 2vt} = v' \cdot t + f$$

$$v' = \frac{F d + 2Fvt}{d - F + 2vt} - f = \frac{2Fvt}{d - F}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)