

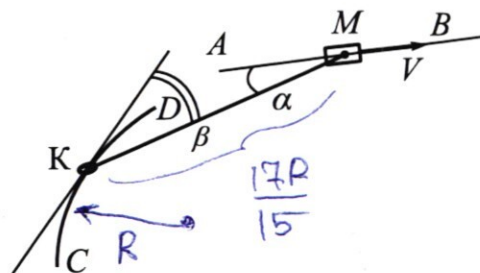
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



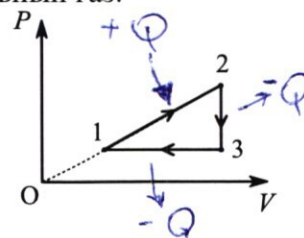
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа 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. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

~~1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.~~

~~2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?~~

~~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.

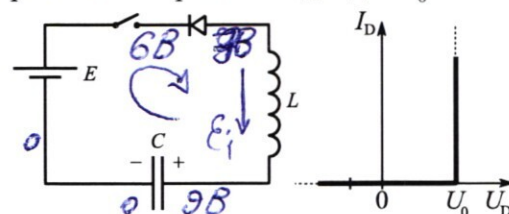
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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

Q1) Понижение температуры на γ . 2-3, 3-1.

$$Q = 2R\Delta T. \quad A = \Delta u = \frac{3}{2} 2R\Delta T$$

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

$$C_v = \frac{3}{2} R$$

$$\frac{C - C_p}{C - C_v} = -1 \quad C - C_p = C_v - C$$

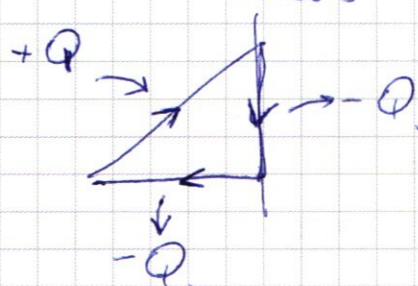
$$2C = C_v + C_p = 4R$$

$$C = 2R$$

$$-\frac{3}{2} + 2 = \frac{4}{2} - \frac{3}{2} = \frac{1}{2}$$

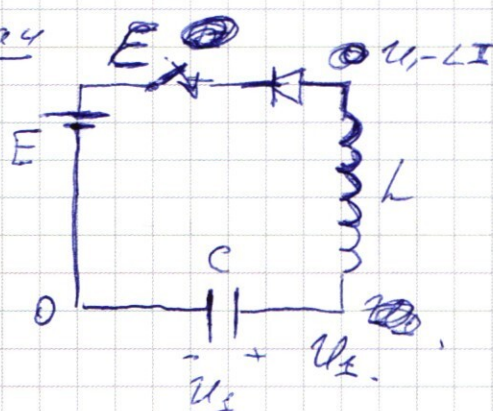
$$\gamma = \frac{A'}{Q} = \frac{1}{2} \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$Q_{12} = 2R\Delta T_{12}$$

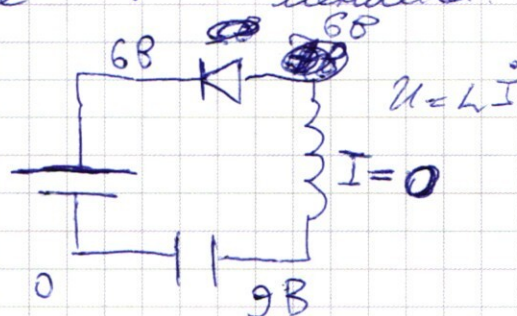


$$Q_x = \frac{3}{2} 2R\Delta T$$

Задача 4



Через источник ток скачком не меняется.



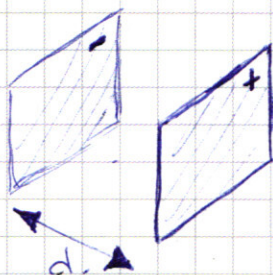
$$\frac{3}{0.4} = \frac{30}{4} =$$

$$As = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$\Delta q = C(U_2 - U_1)$$

$$E49 \quad 2E(U_1 - U_2) = (U_2 - U_1)(U_2 + U_1)$$

$$2E = -U_2 - U_1 \Rightarrow U_2 = -U_1 - 2E =$$



$$E = -\text{grad} \varphi$$

$$E = \frac{U}{d}, \quad U = Ed.$$

$$\frac{mV_1^2}{2}$$

Энергия взаимодей.-я частицы с обкладкой

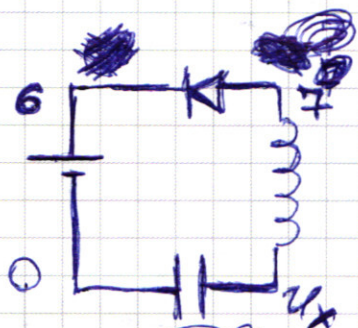
$$E - U_1 = -U_2 + LI$$

$$I = \frac{E - U_1 + U_2}{L}$$

$$\mathcal{E}_L = -\frac{d\Phi}{dt} = LI$$

$$E - U_1 + LI = U_2$$

$$-38 + LI = U_2$$



$$As = \frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

$$U_x = 7.8$$

$$As = \Delta W_c + \Delta W_k$$

$$\mathcal{E}_q = \frac{C(E+U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI^2}{2}, \quad q = C(U_1 - E - U_0)$$

$$-6 \cdot 2 = \frac{7^2}{2} - \frac{9^2}{2} + \frac{0.4}{2C} I^2$$

$$-12 = \frac{49}{2} - \frac{81}{2} + \frac{0.4}{2C} I^2$$

$$-16 = \frac{0.4}{2C} I^2$$

$$I = \frac{0.4}{C} I^2 \Rightarrow I^2 = \frac{16}{0.4} = 40$$

$$2E(E+U_0-U_1) = (E+U_0-U_1)(E+U_0+U_1) + \frac{LI^2}{C}$$

$$-2 \cdot 6 \cdot 2 = -32 + \frac{LI^2}{C}$$

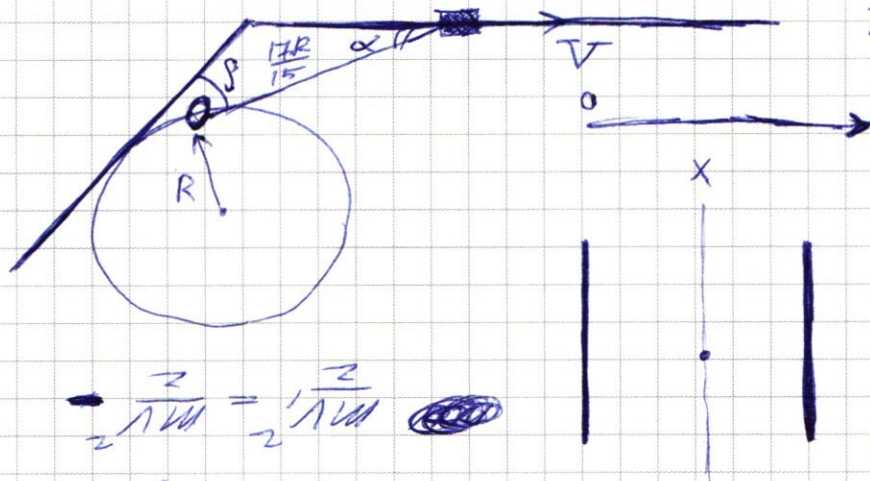
$$-24 = -32 + \frac{LI^2}{C}$$

$$I^2 = \frac{8 \cdot 10^{-5}}{0.4} = 2 \cdot 10^{-4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\gamma = \frac{A'}{\Phi} = \frac{A'_{12} + A'_{31}}{}$$

$$F = qE = q \frac{d}{dt} \quad ma = q \frac{d}{dt} \quad \frac{d}{dt} = 0 = \frac{d}{dt}$$



$$\frac{z}{\Lambda_{\text{UV}}} = \frac{z}{\Lambda_{\text{UV}}}$$

$$\frac{5}{14} - \frac{3}{14} = \frac{2}{14}$$

$$\Delta G_H = \Delta F_K$$

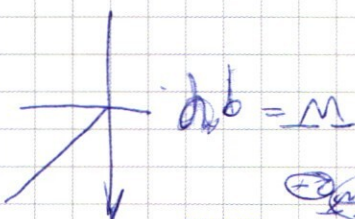
$$d_{00} = \frac{1}{\sqrt{3}} a$$

$$f = \text{const}$$

$$m \frac{dy}{dx} = \frac{x}{y} \Rightarrow y = 0 \Rightarrow C = 0$$

$$\rho \neq 1$$

$$F = \frac{3}{2}g = \frac{3}{2}E$$



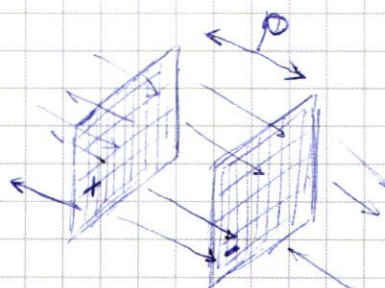
const

$$\text{дроби} = \frac{1}{2}$$

$$P \vdash \neg \neg$$

2007

02d



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

- 1) Если провести изотермы через точки 1, 2, 3 то можно убедиться, что понижение температуры происходит на участках 2-3, 3-1.

C_p - моляр. теплоемкость при постоянном давлении,
 C_v - при постоянном объеме

Искомое отношение: $\frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$.

- 2) Уравнение с прямой пропор-ю $p(V)$: $pV^{-1} = \text{const}$
Обозн. C_{12} - молярная теплоемкость в проц. 1-2.

Уравнение Пуассона: $\frac{C_{12} - C_p}{C_{12} - C_v} = -1 \Rightarrow C_{12} = 2R$.

Обозн. ΔT_{12} - изменение темп-ры на участке 1-2.

$Q_{12} = \nu C_{12} \Delta T = 2\nu R \Delta T_{12}$, Q_{12} - кол-во теплоты, подв. к газу на 1-2

по 1 началу термод-ки: $A'_{12} = Q - \Delta U_{12} = 2\nu R \Delta T - \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{1}{2} \nu R \Delta T$

Искомое отношение: $\frac{\Delta U_{12}}{A'_{12}} = 3$.

- 3) Q_x - отведенное тепло в цикле, $Q_x < 0$

Q_n - подведенное тепло в цикле, $Q_n > 0$

$\eta = 1 + \frac{Q_x}{Q_n} = 1 + \frac{C_v \Delta T_{23} + C_p \Delta T_{31}}{C_{12} \Delta T_{12}} \quad \textcircled{=}$

Заметим: $\Delta T_{12} + \Delta T_{23} + \Delta T_{31} = 0$.

$\textcircled{=}$ $1 = \frac{3\Delta T_{23} + 5\Delta T_{31}}{4\Delta T_{23} + 4\Delta T_{31}} = \left[\frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{31}} = x \right] 1 = \frac{3x + 5}{4x + 4} =$
 $= \frac{1}{4} \frac{x-1}{x+1} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1 - \frac{1}{x}}{1 + \frac{1}{x}}$

Эта дробь максимальна при $x \rightarrow +\infty$ (при увеличении x знаменатель растет, а числитель $\downarrow$)

Тогда $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$ [Ответ: $\frac{5}{3}; 3; 0,25$]

Задача 4

- 1) Через катушку ток скачком не меняется $\Rightarrow$ сразу после замыкания ключа ток в цепи отсутствует.

Тогда (из графика) напряжение на диоде равно ~~нулю~~ U_0 .

Тогда U_L (напрям. на катушке) $= E - U_D = L \dot{I}$

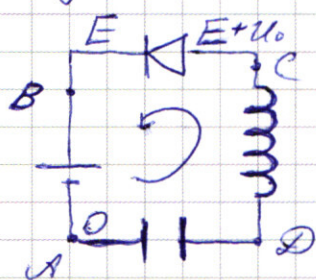
~~$$\dot{I} = \frac{E - U_0}{L} =$$~~

Диод оказывается включен в прямом направлении и его напряжение $= U_0$

Тогда напряжение на катушке $= U_1 - U_0 - E = L \dot{I}$

$$\dot{I} = \frac{2V}{0,4Гн} = 0,8 \frac{A}{c}.$$

- 2) Ток в катушке в максимуме $\Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0$ (а значит, на катушке напряжение не падает)



Выберем в точке A потенциал равным нулю.

Тогда в точке B - потенциал E
в точке C - $E + U_0$ (ток есть, значит диод открыт)

На катушке напр. не падает $\Rightarrow$ напр. на конденсаторе $U_C = E - U_0$

ЗСЭ: $A_{\text{батареи}} = \Delta W_{эл} + \Delta W_{\text{магн.}}$

$$CE(E + U_0 - U_1) = \frac{C(E + U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

Батарея совершила отрицательную работу т.к ток течет против часовой. (см. рис)

Отсюда $I = \sqrt{2 \cdot 10^{-5}} A =$

- 3) В установивш. сост. ток прекратился $I=0 \Rightarrow W_{\text{магн}} = 0$.

ЗСЭ: $A_{\text{б}} = \Delta W_{эл} \Rightarrow E \Delta q = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2E(U_2 - U_1) = (U_2 - U_1)(U_2 + U_1)$$

$$U_2 = 2E - U_1 = 12 - 9 = 3V$$

Ответ: $0,8 \frac{A}{c}$, $\sqrt{2 \cdot 10^{-5}} A$, $3V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3

- 1) ЗСЭ: работа всех внешних сил равна изменению кинетической энергии системы.

$$\frac{mV_1^2}{2} = -q \frac{4\pi}{5} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{(так как поле постоянно, а} \\ E = -\text{grad } \varphi, \text{ то потенциал} \\ \text{меняется линейно от расстояния} \\ \text{Поэтому между точками влета} \\ \text{и остановки } \Delta\varphi = 4\pi/5) \end{array} \right.$$

частица влетела со стороны (+) обкладки, иначе бы на нее действовала ускоряющая, а не тормозящая сила

$$q = \frac{5V_1^2}{8\pi d}$$

- 2) Сила, действующая на т-цу в конденс-ре: $F = qE =$
 $= q \frac{U}{d} = \text{const} \Rightarrow a(\text{ускорение}) = q \frac{U}{d}$

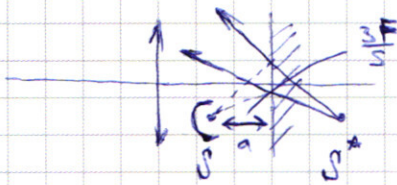
Тогда ~~$\frac{qU}{d} = V_1 t - 0 = V_1 t - a \frac{t^2}{2} \Rightarrow T = \frac{2V_1}{a} =$~~
 ~~$= \frac{2V_1 \cdot 8\pi d}{5V_1^2} = \frac{16d}{5V_1}$~~
 $= \frac{16d}{5V_1}$

- 3) На вылете из конденсатора частица будет иметь такую же скорость, как при влете, поэтому а за обкладками поле нет $\Rightarrow V_0 = V_1$

Ответ: $\frac{5V_1^2}{8\pi d}$; $\frac{16d}{5V_1}$; V_1 .

Задача 5

- 1) Заменим источник света S мнимым источником S^* ,

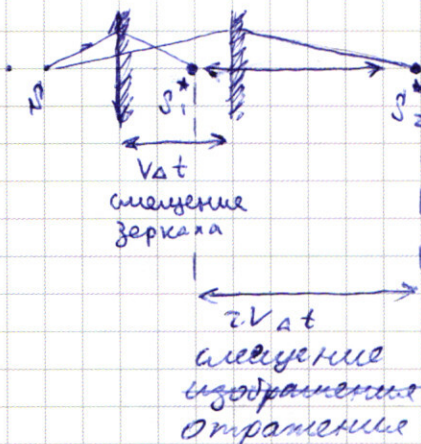


находящимся симметрично плоскости зеркала

Тогда расстояние от линзы до S^* равно $d = \frac{3F}{5} + 2 \cdot \frac{3F}{5} = \frac{9F}{5}$

По Ф-ле тонкой линзы: $f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{\frac{9F}{5}}{\frac{9F}{5} - \frac{3F}{5}} = \frac{9}{4} F$

- 2) S^* движется вправо со скоростью $2V$ т.к. расстояние до зеркала от S^* растет со скоростью V , и от зеркала до S^* также со скоростью $2V$.



- 3) смещение изображения S^* по горизонтальной оси:

$$\Delta x = 2V\Delta t$$

Формула тонкой линзы: $\frac{1}{f_2} + \frac{1}{x + 2V\Delta t} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{x} \quad (1)$

Производная обратной функции: $\left(\frac{1}{f}\right)' = -\frac{f'}{f^2} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta\left(\frac{1}{f}\right) = -\frac{\Delta f}{f^2}$$

(1) $\frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x + 2V\Delta t}$ увеличение

$$\frac{df}{f^2} = \frac{dx}{x^2} \Rightarrow \mathcal{O}_x = \Gamma^2 \cdot 2V = \frac{91}{8} V \text{ т.к.}$$

скорость изображения по горизонт. осм.

$$\Gamma\left(\frac{9F}{5}\right) = \frac{9}{4} \text{ (см. пункт 1)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

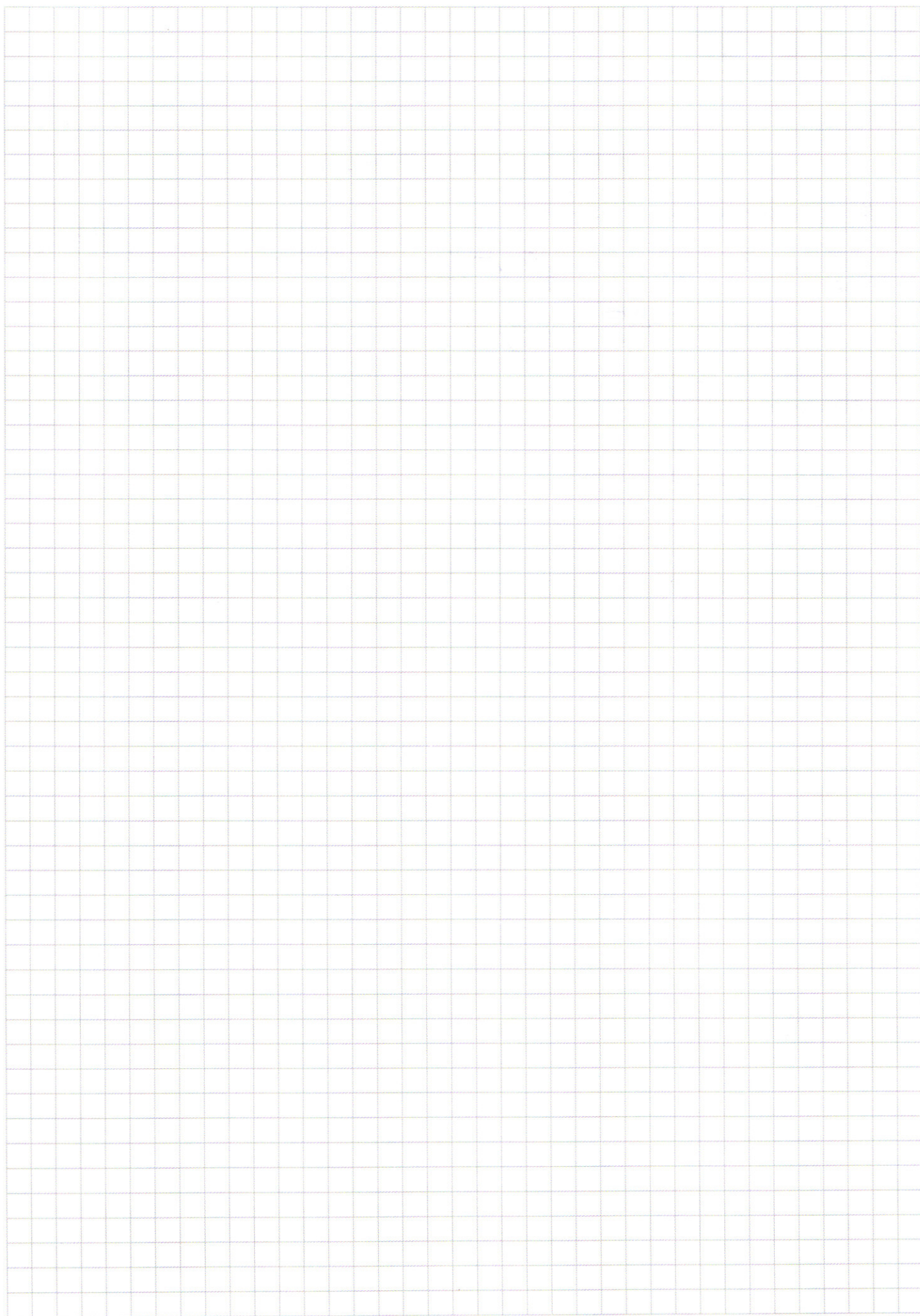
Вертикальная скорость:

$$\frac{x}{f} = \frac{h}{H} \Rightarrow H = \cancel{\Gamma} h, \quad h = (\text{из условия}) = \frac{\partial F}{15} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_y = \frac{\partial F}{15} \cdot \left(\frac{\partial F}{5} \right)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

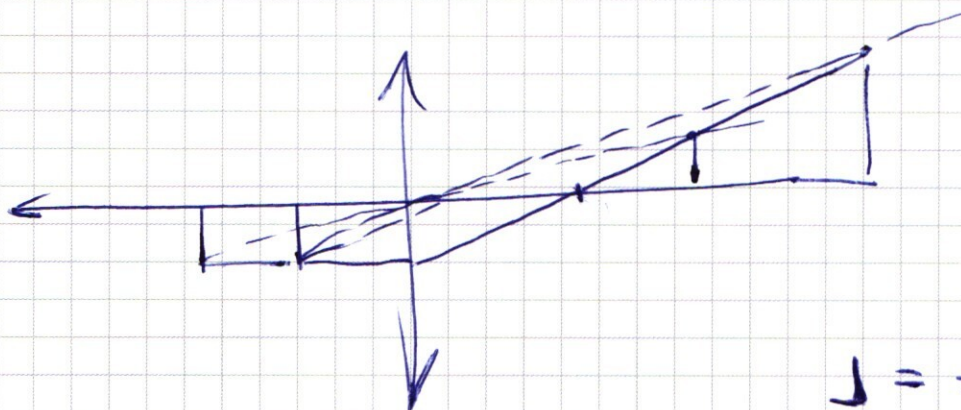
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{Q_K}{Q_H} = 1 - \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = \\ &= 1 - \frac{c_v |\Delta T_{23}| + c_p |\Delta T_{31}|}{2R \Delta T_{12}} = \\ &= 1 - \frac{3\Delta T_{23} + 5\Delta T_{31}}{4\Delta T_{12}} = \\ &= 1 - \frac{3\Delta T_{23} + 5\Delta T_{31}}{-4\Delta T_{23} - 5\Delta T_{31}} = 1 + \frac{3x+5}{4x-5} = \\ &= 1 + \frac{3 \frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{31}} + 5}{4 \frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{31}} - 5} = \frac{4x-5+3x+5}{4x-5} = \\ &= \frac{7x}{4x-5} \end{aligned}$$

$\Delta T_{23} + \Delta T_{31} + \Delta T_{12} = 0$

$$\eta'(x) = \frac{7x \cdot 4 - (4x-5)7}{(4x-5)^2} = \frac{28x}{(4x-5)^2}$$



$$\frac{f}{x} = \frac{f}{x}$$

$$f = \frac{f}{x}$$

$$\eta = 1 + \frac{Q_x}{Q_H} = \text{~~1 + 1~~}$$

$$\alpha T_{12} + \alpha T_{23} + \alpha T_{31} = 0$$

$$= 1 + \frac{c_v \alpha T_{23} + (p \alpha T_{31})}{p R \alpha T_{12}} =$$

$$= 1 + \frac{3 \alpha T_{23} + 5 \alpha T_{31}}{4 \alpha T_{23} + 4 \alpha T_{31}} = 1 + \frac{3x+5}{4x+4}$$

$$\frac{3x+5}{4x+4} \rightarrow \text{mm}$$

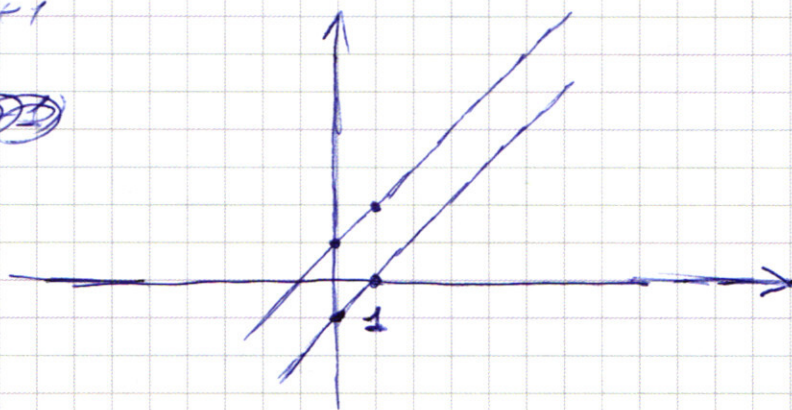
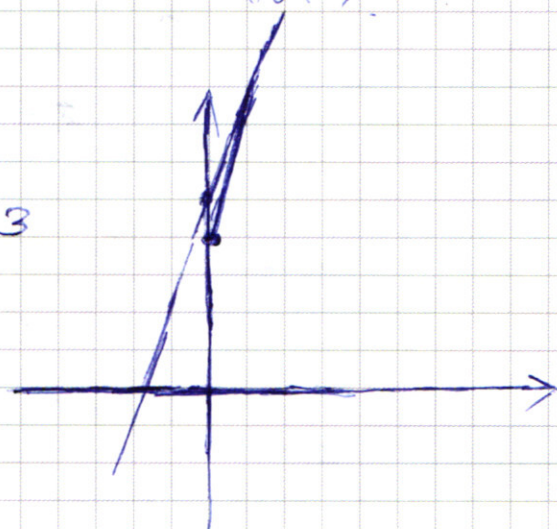
$$y' = (3x+5)4 - (4x+4) \cdot 3$$

$$\frac{4x+4 - 3x-5}{4x+4} =$$

$$= \frac{x-1}{4x+4} = \frac{1}{4} \frac{x-1}{x+1} =$$

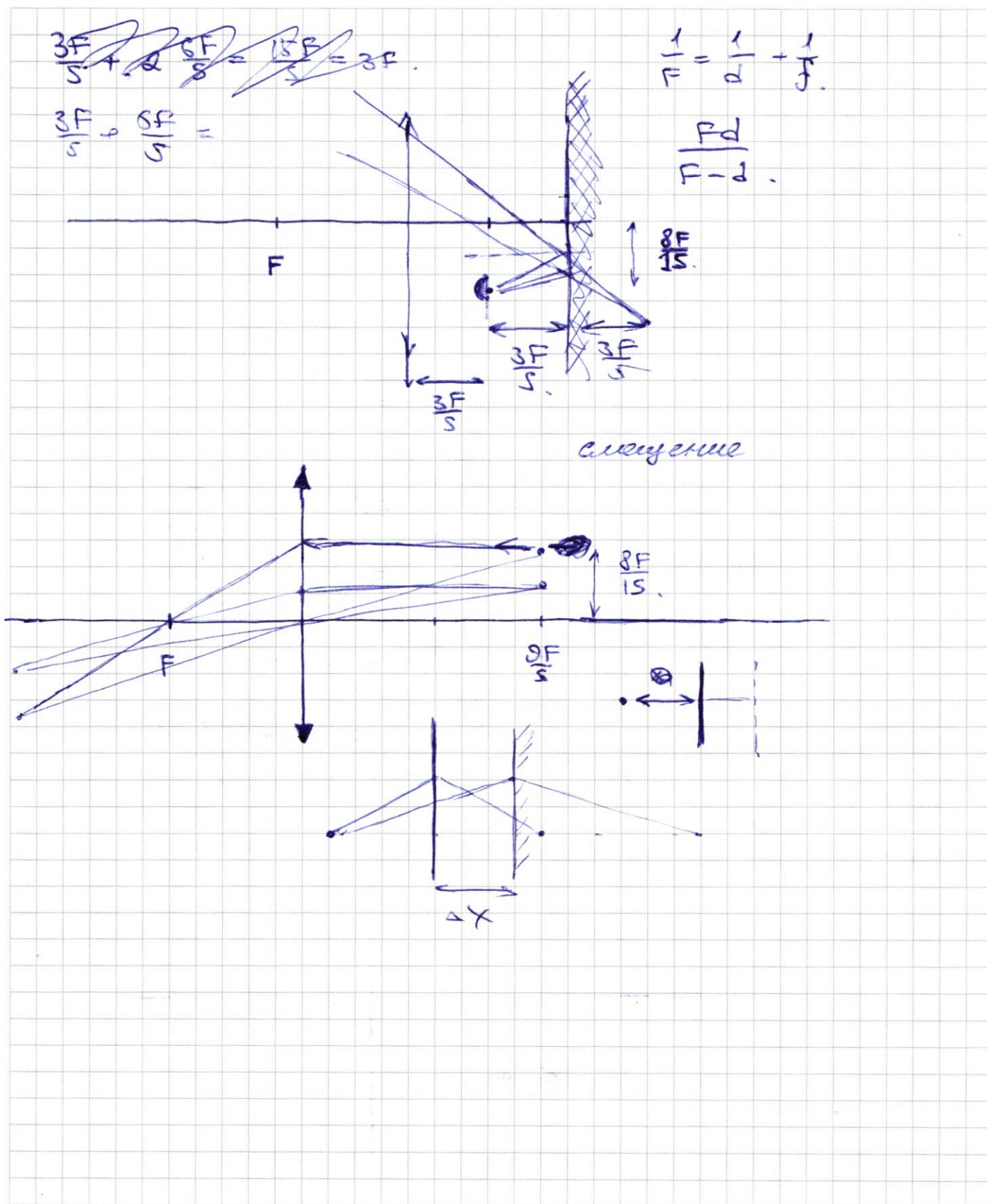
$$\left(\frac{x-1}{x+1} \right)' = \text{~~1 - 1~~}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{1 - \frac{1}{x}}{1 + \frac{1}{x}}$$



$$\left(\frac{ax+c}{bx+d} \right)' = \frac{(ax+c)b - (bx+d)a}{(bx+d)^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\Gamma\left(\frac{5}{2}\right) = \frac{3}{2} \sqrt{\pi}$$

$$\Gamma(x) = \frac{\Gamma(x)}{x-f}$$

$$\frac{df}{dz} = \frac{f_2}{dz} \Rightarrow df = f_2 dz$$

$$\Delta\left(\frac{1}{f}\right) = -\frac{1}{f^2} \Delta f$$

$$\frac{1}{f_2} \frac{df_2}{dz} = \frac{1}{f_1} \frac{df_1}{dz} + \frac{1}{f_1}$$

изменения частоты $2\nu \Delta t$
изменения углового момента

$$f'(x) = \frac{-f(x)}{f(x) - \Delta f} \frac{f(x)}{f_2}$$

