

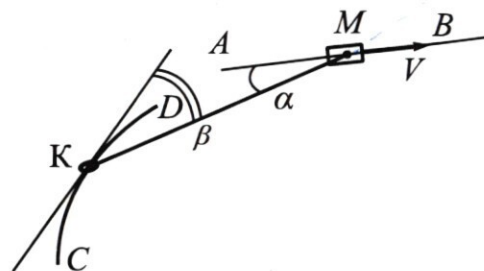
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-04

Класс 11

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



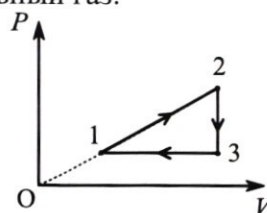
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

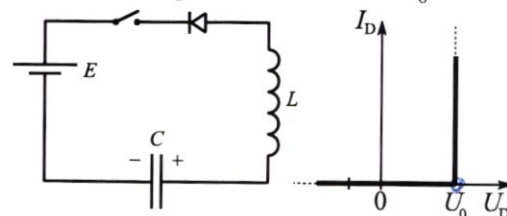
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

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.

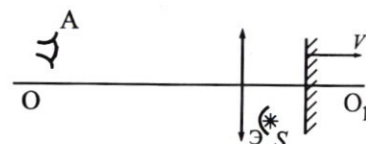


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1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

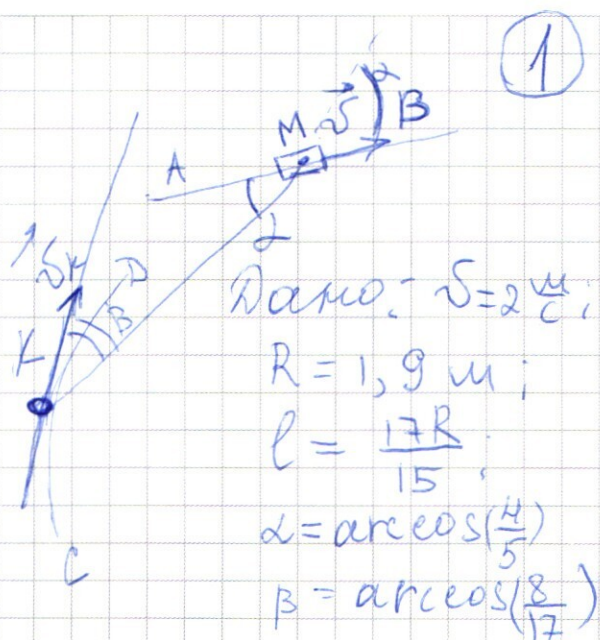
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



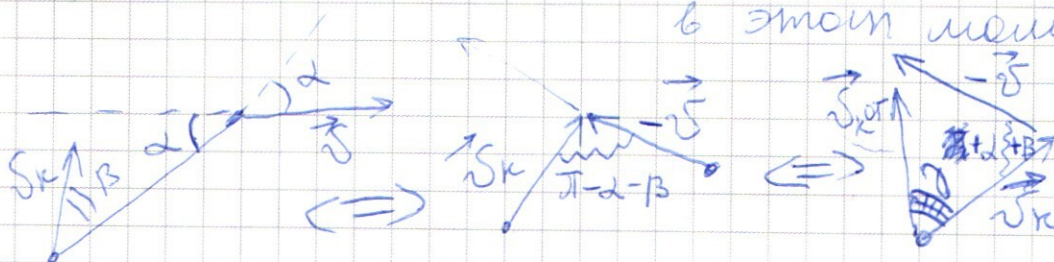
Решение: ($\vec{v}_k$ - скорость
камеры в этот мом)

1) Мить математическая
мерастежущая $\Rightarrow$
 $\Rightarrow v \cos \alpha = v_k \cos \beta$
 $\vec{v}_k$ - направлена
по касательной к окр.
 $v_k = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 2 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{17}{8}$
 в макс момент (каска. мом).

$$v_k = \frac{17}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

($\vec{v}$ - скорость мифта
в этот момент).

2) $\vec{v}_{\text{отк}} = \vec{v}_k - \vec{v}$



Занимем теорему косинусов:

$$v_{\text{отк}}^2 = v^2 + v_k^2 - 2 v v_k \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= v^2 + v_k^2 - 2 v v_k \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} =$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{289 - 64}}{17} = \frac{15}{17}$$

$$= -\frac{13}{85}$$

пр-е галле.

① пр-е.

$$2) \quad \sigma_{\text{ок}}^2 = \sigma^2 + \sigma_k^2 + 2 \frac{13}{85} \sigma \sigma_k$$

$$\sigma = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \sigma_k = \frac{17}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

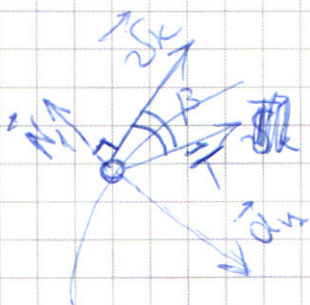
$$\sigma_{\text{ок}}^2 = 4 + \frac{289}{25} + 2 \cdot \frac{13 \cdot 2 \cdot 17}{85 \cdot 5 \cdot 5} = 4 + \frac{289}{25} + \frac{52}{25} =$$

$$= 4 + \frac{341}{25} = 4 + \frac{341}{25} = \frac{441}{25}$$

$$\sigma_{\text{ок}} = \sqrt{\frac{341}{25}} = \frac{\sqrt{341}}{5}$$

$$\sigma_{\text{ок}} = \frac{21}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

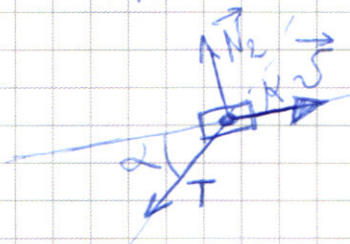
3) T



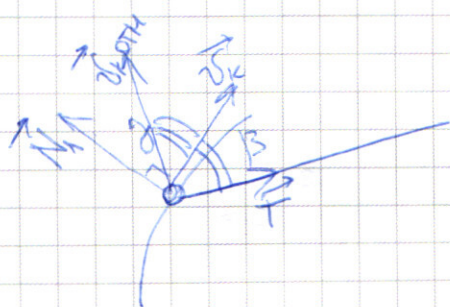
$$\alpha = \frac{\sigma_k^2}{R}$$

$$\text{mag} = T \sin \beta$$

$$T = \frac{m \sigma_k^2}{R \sin \beta} = 0$$



$$T \sin \alpha = N_2$$



$$\frac{\sigma_{\text{ок}}}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{\sigma}{\sin \beta}$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sqrt{\frac{7225 - 169}{7225}} =$$

$$\sin \beta = \frac{84 \cdot \sigma}{85 \cdot \sigma_{\text{ок}}} = \frac{84}{85}$$

$$\sin \beta = \frac{84}{85} \cdot \frac{2 \cdot 5}{21} = \frac{4 \cdot 2}{17} = \frac{8}{17}$$

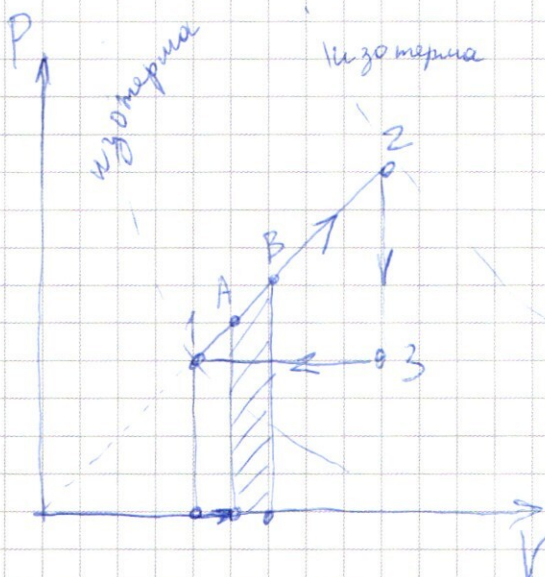
Заметим: $\sin \beta = \cos \alpha \Rightarrow \beta + \alpha = 90^\circ$

Из этого рисунок: Заметим из-м Ньютона
Вспомогательная ось



кольцо движется по окр
радиуса R
пр-е на стр 4.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



②

1)

$1-2 = P_1(V)$ - возр
изотерма

$(PV = \text{const} - \text{изотерма} -$
- это гипербола

у $P_1(V)$ и гиперболы
всегда единств. общие
точки $\Rightarrow$ на 1-2 T
постоянно увеличивается

• На 2-3 T уменьшается и на 3-1 T умень-
шается.

2-3 = изохора $C_V = \frac{3}{2}RV$

3-1 = изобара $C_P = \frac{5}{2}RV$ где
одноим

$$2-3: dQ = dU = \frac{3}{2}VRdT \Rightarrow C_V = \frac{dQ}{dT} = \frac{3}{2}VR$$

$$3-1: dQ = dU + dA = \frac{3}{2}VRdT + PdV =$$

$$= \frac{3}{2}VRdT + P(V+dV) - PV = \frac{5}{2}VRdT$$

$$\frac{dQ}{dT} = C_P = \frac{5}{2}VR$$

Соответственно $C_{\text{mол}} = \frac{3}{2}R$

$C_{\text{мол}} = \frac{5}{2}R \Rightarrow$ искомое $m = \frac{3}{5}$

2) $dQ = dA + dU = (V_B - V_A) \frac{P_B + P_A}{2} + \frac{3}{2}(P_B V_B - P_A V_A)$
рассматриваем 12
Обозначим A, B макс. $\frac{P}{V} = \text{const} \Rightarrow \frac{P_A}{V_A} = \frac{P_B}{V_B}$ пр-е стр 5

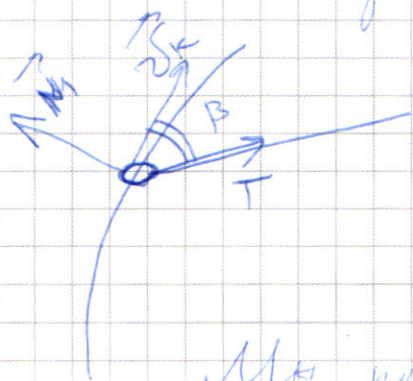
① пр-е

a) $\frac{\sigma_{\text{отн}}^2}{l} = a_{1H}$

$ma_{1H} = T - N_1 \sin \beta$

$\frac{m \sigma_{\text{отн}}^2}{l} = T - N_1 \sin \beta$

б) CD лабораторное:
кольцо движется по радиусу R:



$a_{2H} = \frac{\sigma_k^2}{R}$

$ma_{2H} = T \sin \beta - N_1$

$\frac{m \sigma_k^2}{R} = T \sin \beta - N_1$

Мы получим 2 ур-я, решим систему

$N_1 = -\frac{m \sigma_k^2}{R} + T \sin \beta$

$\frac{m \sigma_{\text{отн}}^2}{l} = T - T \sin \beta + \frac{m \sigma_k^2}{R}$

$T = \frac{m \left(\frac{\sigma_{\text{отн}}^2}{l} - \frac{\sigma_k^2}{R} \right)}{1 - \sin \beta}$

$\sigma_{\text{отн}} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\sigma_k = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{17}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\sin \beta = \frac{15}{17}$

$l = \frac{17}{15} R$

$m = 0,4 \text{ кг}$

$T = 0,4 \left(\frac{\frac{441}{25} - \frac{15}{17} \frac{289}{25}}{1 - \frac{15}{17}} \right) =$
 $= \frac{0,2 \left(\frac{1702}{25 \cdot 17} \right) 17}{25 \cdot 17}$

$T = \frac{0,2 \cdot 1702}{25} = \frac{3404}{125} \text{ (Н)}$

$\frac{15 \cdot 441}{25 \cdot 17} - \frac{289 \cdot 17}{25 \cdot 17}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$P_A = P_B \frac{V_A}{V_B} \quad dQ = \frac{3}{2} \frac{P_B}{V_B} (V_A^2 - V_B^2) + \frac{P_B}{2V_B} (V_A + V_B)(V_B - V_A) \quad \xrightarrow{dA}$$

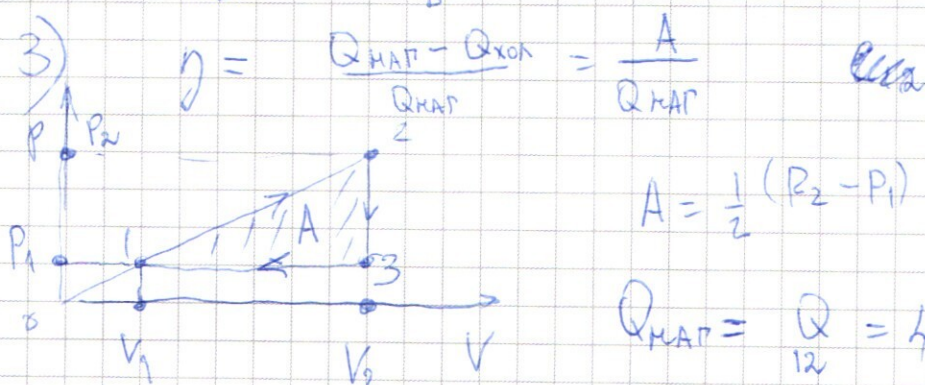
$$P_A V_A = \nu R T \quad \Rightarrow -P_A V_A + P_B V_B = \nu R \Delta T_{AB}$$

$$P_B V_B = \nu R (T + \Delta T)_{AB} \quad \Rightarrow P_B \frac{V_A^2}{V_B} + P_B V_B = \nu R \Delta T_{AB} \quad (\Delta T_{AB} = \Delta T)$$

$$P_B \frac{-V_A^2 + V_B^2}{V_B} = \nu R \Delta T_{AB}$$

$$dA = \frac{P_B}{V_B} \frac{V_B^2 - V_A^2}{2} \quad \Rightarrow \quad \frac{dU}{dA} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{dA}{dQ} = \frac{1}{4}$$

$$dU_{AB} = \frac{3}{2} \frac{P_B}{V_B} (V_B^2 - V_A^2)$$



$$A = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_2 - V_1)$$

$$Q_{\text{наг}} = Q = 4 \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1)$$

$$2-3: \frac{dA}{dQ} = 0$$

$$3-1: \frac{dA}{dQ} = \frac{2}{5}$$

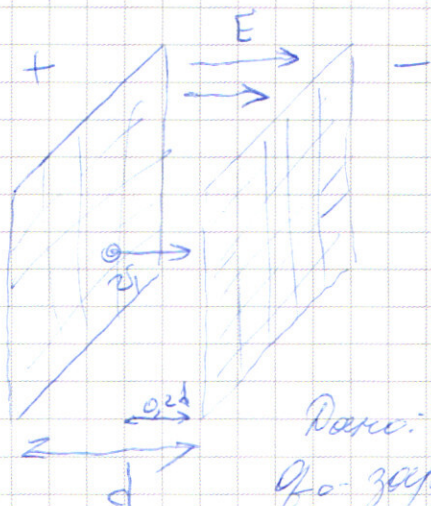
$$Q_{12} = 4 \frac{P_1}{V_1} \frac{V_2^2 - V_1^2}{2}$$

из предыдущего пункта

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{(P_2 - P_1 \frac{V_1}{V_2})(V_2 - V_1)}{4 \frac{P_2}{V_2} (V_2^2 - V_1^2)}$$

$$= \frac{(V_2 - V_1)^2}{4(V_2^2 - V_1^2)} = \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)} \Rightarrow \eta_{\text{max}} = \frac{1}{4}$$

$$V_1 \rightarrow 0$$



3

$$E = \frac{q}{S \epsilon_0} \quad \text{где } S - \text{площадь,}$$

и q - её заряд

$$U = Ed$$

$$E = \frac{U}{d}$$

Дано:
 q_0 - заряд частицы
 $q_0 < 0$
 d ; U ; v_1 ; $0,2d$

Решение;

- 1) частица
остановившаяся $\Rightarrow \vec{E} \uparrow \vec{v}_1$
($q_0 < 0$)

$$|q_0| E (d - 0,2d) = \frac{m v_1^2}{2}$$

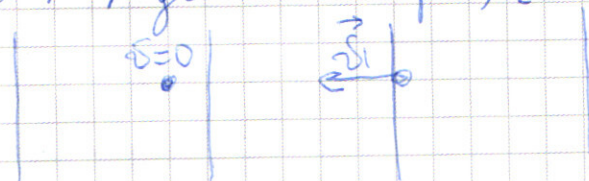
подставим числ по модулю

$$1) \frac{|q_0|}{m} E (d - 0,2d) = \frac{v_1^2}{2}$$

$$\frac{|q_0|}{m} = \frac{v_1^2}{2U \cdot 0,8} = \frac{v_1^2}{1,6U} = \frac{5 v_1^2}{8 U} = g$$

- 2) После остановки $\vec{E}$ будет разогнать
мелко в сторону "+" пластины. Так как
поле $E = \text{const}$ (в конденсаторе) $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ мы можем рассматривать это
движение в постоянном поле $\Rightarrow \vec{F} = \text{const}$
(в конденсаторе). на частицу



(1)
 t_1

(2)
 $\downarrow$

пр-е далее

$$\Rightarrow 2t_1 = T$$

$$t_1 = \frac{m v_1}{E |q_0|}$$

$$T = \frac{2 m v_1}{U |q_0|} d = \frac{2 v_1 d}{g U}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{25 \text{ Id}}{8 \mu} = \frac{25 \text{ Id}}{5 \times 10^{-2} \mu} = \frac{16 \text{ d}}{5 \times 10^{-2}}$$

$$g = \frac{5 \times 10^{-2}}{8 \mu}$$

3) частица бежком удалена $\Rightarrow \psi_0 = 0$

$$\varphi_1 = \varphi_+ + \varphi_- = -V$$

потери - от "1" посетителя и "1" посетителя

$$3c) : q_0 \frac{m c_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + (\varphi_+ + \varphi_-) q_0 \Leftrightarrow$$

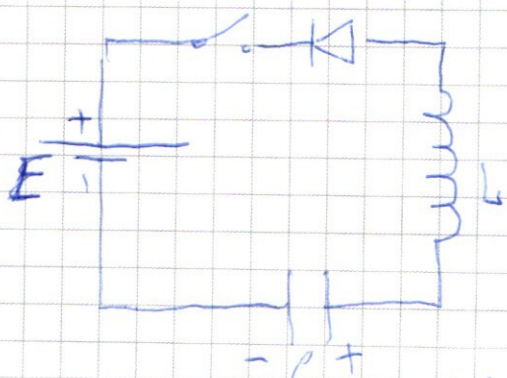
$$\Leftrightarrow 0 = \frac{m \delta_1^2}{2} - U g_0$$

$$\frac{m}{2I\omega}(\sigma_0^2 - \sigma_1^2) = +4$$

$$\frac{1}{2J} v_0^2 = v_1^2 \frac{1}{2J} + u$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 + 2gh} = v_1 \sqrt{1 + \frac{10}{8}}$$

$$\sigma_0 = \sigma_1 \sqrt{\frac{9}{4}} = \frac{3}{2} \sigma_1$$



Решение:

$$1) \quad E = -U_0 - L|\dot{I}| + U_1$$

$$L(I) = -E \cdot U_0 + U_1$$

$$|I| = \frac{V_1 - V_0 - E}{r}$$

$$= \frac{9 - 1 - 6}{0,4} = 5$$

пр-е замел

4) пр-е

$$U_1 = \frac{q_0}{C} = U_1$$

$$- \dot{q} = I$$

$$\frac{q_1}{C} = L \dot{I} + U_0 + E$$

$$\frac{q_1}{C} = U_0 + E$$

$$q_1 = C(U_0 + E)$$

3C): $\frac{q_0}{2C} - \frac{q_1}{2C} = E(q_0) + U_0(q_0) + \frac{L I_{\max}^2}{2}$

$$q_0 = \frac{U_1}{C}$$

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

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

$$L I_m^2 = C(U_1^2 + E^2 + U_0^2 - 2E U_1 - 2U_0 U_1 + 2U_0 E)$$

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

$$I_m = \sqrt{\frac{10^{-5}}{0,4} (81 + 36 + 1 - 108 - 18 + 12)} =$$

$$= \sqrt{\frac{10^{-5}}{0,4} (4)} =$$

$$= 10^{-2} \text{ A}$$

$$I_m = I_{\max} = 0,01 \text{ A}$$

пр-е закон

при $I = \max$

$$\dot{I} = 0$$

~~перезаписываем
с учетом
индукции
маг~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

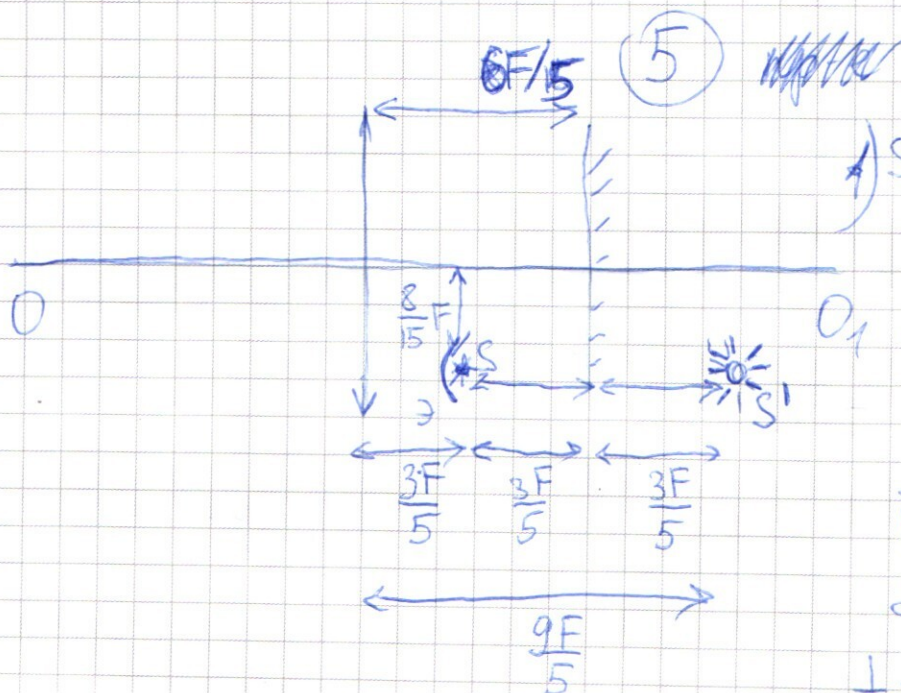
3) Максимум на конденсаторе
установ, когда $\dot{q}_C = 0 \Rightarrow I = 0$
на промежут $t > 0$
 $L \dot{I} = 0$ $U_C \leq U_0$

$$E + U_d = U_2$$

$$U_2 = U_0 + \varepsilon$$

$$U_2 = 7B.$$

т.к. если заряд еще не
 $U_2 \ll U_0$ и не
сразу станет
пустым ток.



Решение:

4) S' - изображение S в зеркале

Ог. «Формула
тисской пирозы»

$$\frac{1}{\pi} = \frac{1}{2} + \frac{1}{5}$$

$$2 = 97$$

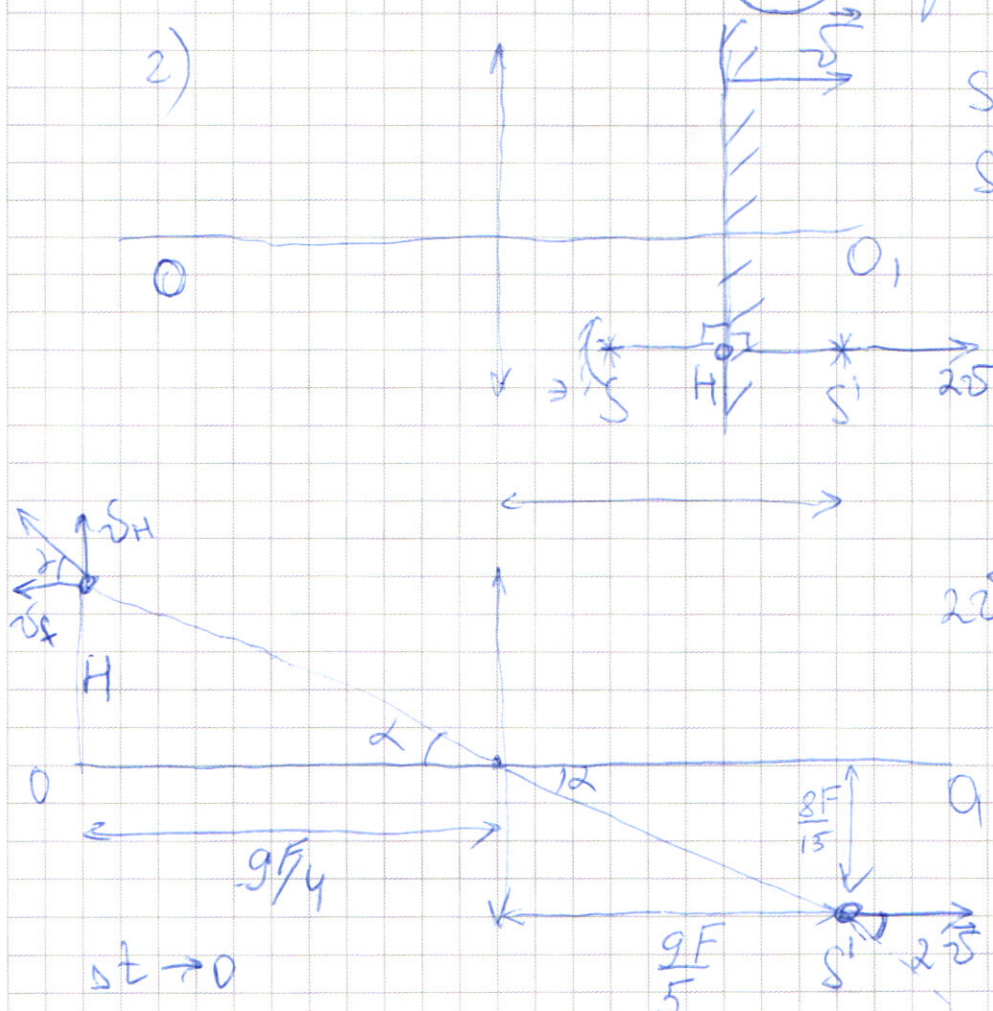
$$\frac{1}{5} = \frac{1}{7} \left(1 - \frac{5}{9} \right)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{gF} \Rightarrow f = \frac{g}{4} F$$

Наблюдатель А может увидеть S на расстоянии $S = \frac{9}{4}F$ от линзы. $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{9}{4}F$ нпр-е до нас

5 пр-е

2)



$SH = S'H$
 SH yber δt $\downarrow$
 $S'H$ yber δt $\downarrow$
 S' angan om
 unuzor na
 $2v \delta t \Rightarrow \delta S_1 = 2v$

$\tan \alpha =$
 $= \frac{8}{15} \cdot \frac{5}{9} = \frac{8}{27}$

$\frac{1}{f + \delta f \delta t} + \frac{1}{d + 2v \delta t} = \frac{1}{F}$

$\frac{1}{f + \delta f \delta t} - \frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{d + 2v \delta t}$

$\frac{\delta f \delta t}{f^2} = \frac{-2v \delta t}{d^2}$

$\delta f = \frac{f^2}{d^2} 2v = \frac{81 F^2}{16} \cdot \frac{25}{81 F^2} \cdot 2v = \frac{-25v}{8}$

$\alpha = \arctan \left(\frac{8}{27} \right)$
 $\delta H = f \tan \alpha$
 $\delta H = \delta f \tan \alpha \Rightarrow \delta H = \delta f \tan \alpha = \frac{25v}{8} \cdot \frac{8}{27} = \frac{25v}{27}$
 пр-е гане пр-е гане

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ пр-е

~~Докажем, что:~~

~~$$25 \cos \alpha = v_f \cos \alpha + v_m \sin \alpha$$~~

~~$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{625}{729}}} = \sqrt{\frac{729}{1354}} = \frac{27}{\sqrt{1354}}$$~~

~~$$(25 - v_f) = v_m \tan \alpha$$~~

~~$$\frac{25 - v_f}{\tan \alpha} = v_m = \frac{5 \left(2 - \frac{25}{8} \right)}{\frac{8}{27}} = -\frac{9}{8} \cdot \frac{27}{8}$$~~

~~$$v_m = -\frac{243}{64} \cdot 5$$~~

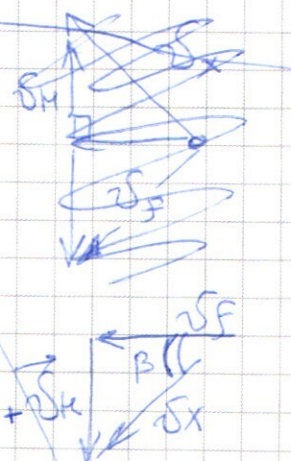
~~$$v_f = \frac{25}{8} \cdot 5$$~~

~~$$\tan \beta = \frac{|v_m|}{|v_f|} = \frac{243 \cdot 8}{64 \cdot 25} =$$~~

~~$$= \frac{243}{25 \cdot 8} = \frac{243}{200}$$~~

~~$$\beta = \arctan\left(\frac{243}{200}\right)$$

 искомый (т.к. $\vec{v}_f \parallel 100i$)~~



3)
$$v_x = \sqrt{v_m^2 + v_f^2} = \sqrt{\frac{625}{64} + 625}$$

5) пр-е

• $\Delta H = \Delta F \operatorname{tg} \alpha$

т.к. в момент рассматриваемый $\alpha \rightarrow 0$ почти не меняется $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{8}{27} \Rightarrow \delta_H = \frac{25}{8} \cdot \frac{8}{27} \delta = \frac{25}{27} \delta$
 искомым так $\vec{\delta}_F \parallel O O_1$

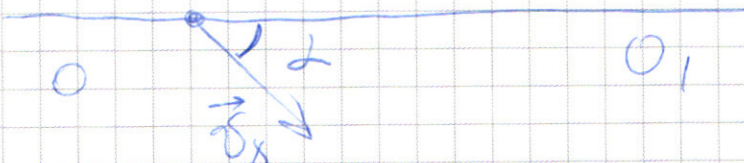
3) $\delta_x = \sqrt{\delta_H^2 + \delta_F^2} = \sqrt{\frac{625}{729} + \frac{625}{64}} \delta$

$\delta_x = 25\delta \sqrt{\frac{793}{729 \cdot 64}} = \frac{25\delta}{8 \cdot 27} \sqrt{793}$

$\delta_x = \frac{25\delta}{216} \sqrt{793}$

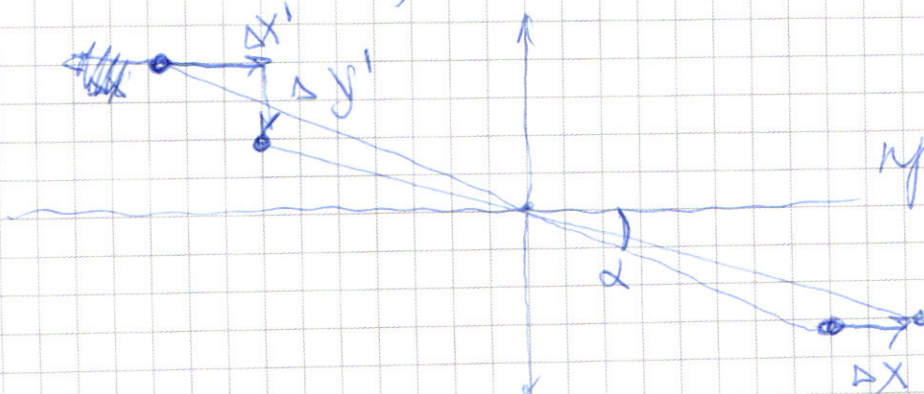
искомым $= \operatorname{arctg} \left(\frac{8}{27} \right)$

δ_x - скорость
изображ в этот
момент



$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta_H}{\delta_F}$

видно из этой картинке



$\Delta x = 2\delta \Delta t$

при $\Delta t \rightarrow 0$

$\frac{\Delta x'}{\Delta y'} = \operatorname{ctg} \alpha$

$\Delta x' = \delta_F \Delta t$

$\Delta y' = \delta_H \Delta t$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 441 \\ \hline 2205 \\ 444 \\ \hline 6615 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 66 \\ \times 289 \\ \hline 2023 \\ 289 \\ \hline 4913 \end{array}$$

$$\begin{aligned} 6615 - 4913 &= \\ &= 6602 - 4900 = \\ &= 6702 - 5000 = 1702 \end{aligned}$$

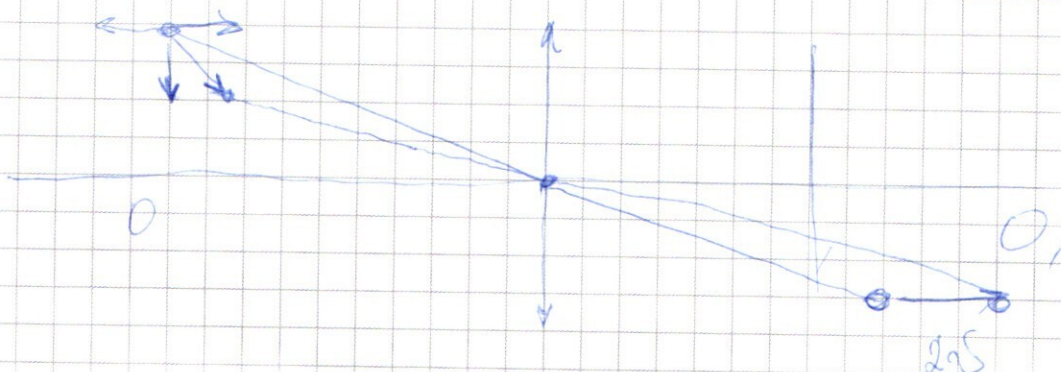
$$\begin{array}{r} 272 \\ \times 4 \\ \hline 27 \\ 27 \\ \hline 189 \\ 549 \\ \hline 729 \end{array}$$

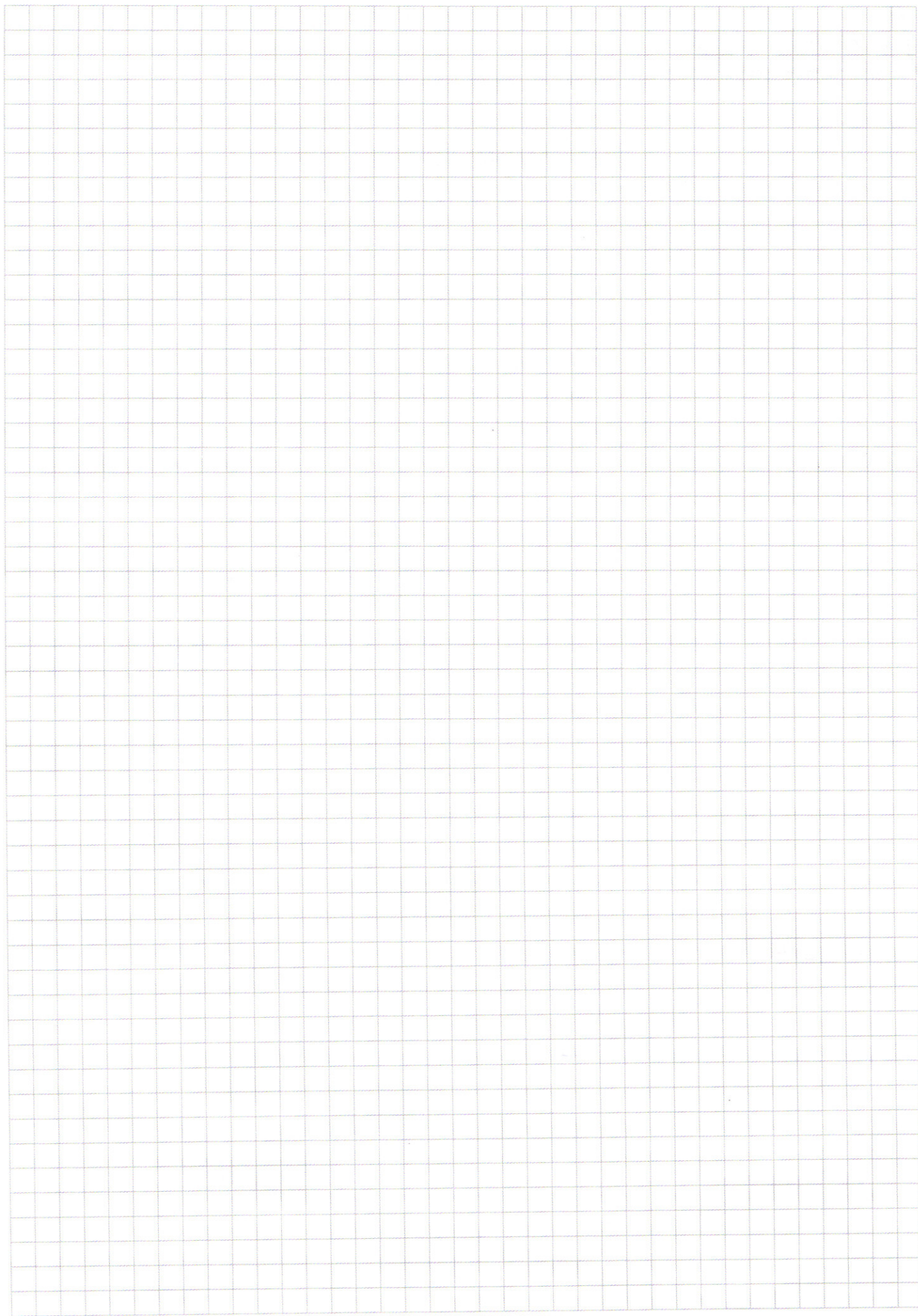
$$1354$$

$$35^2 = 1225$$

$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 38 \\ \hline 38 \\ 304 \\ 114 \\ \hline 1444 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 243 \\ \times 243 \\ \hline 729 \\ 972 \\ 486 \\ \hline 53049 \end{array}$$





☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)