

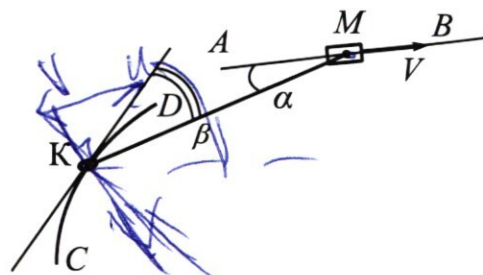
Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 11-02

Класс 11

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



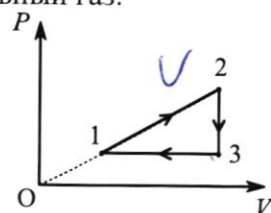
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, 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. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

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.

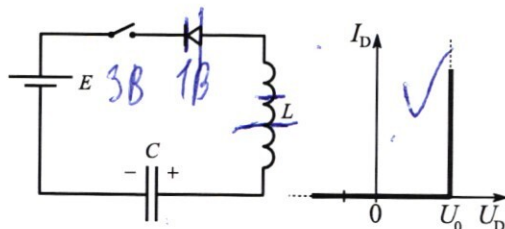
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

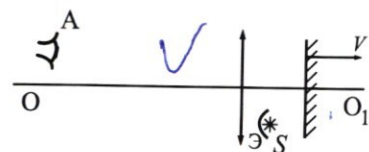


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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.

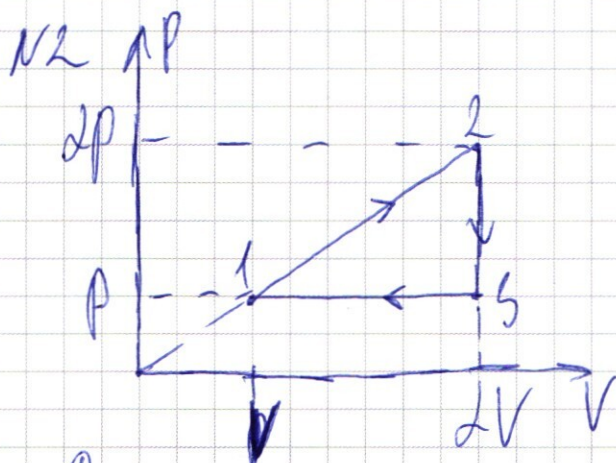
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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) Температуры T происходят
на участке 2-3 (p const; V -const)
и на участке 3-1 (V const; p -const)

$$\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{C_p}{C_v}$$

Для одноатомного газа C_p и C_v известны;
 $C_p = \frac{5}{2}R$; $C_v = \frac{3}{2}R \Rightarrow \frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$

2) Запишем давление и объем в точке (1) через p и V , тогда в точке (2) $p_2 = 2p$; $V_2 = 2V$
(идеальный газ-мб).

Тогда $A_{12} = \frac{1}{2}(p + 2p)(2V - V)$ (как S под p -ком)

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

$$pV = \nu R T$$

$$\Delta(pV) = \nu R \Delta T = (2p \cdot 2V - pV) =$$

$$= 2p \cdot 2V - pV$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (2^2 - 1) T + \frac{1}{2} pV (2^2 - 1)}{\frac{1}{2} pV (2^2 - 1)} = 4$$

$$3) \quad \zeta = \frac{A_{\text{полн}}}{Q_H} ; Q_H = Q_{12}, A_{\text{полн}} = A_{12} - |A_{31}|$$

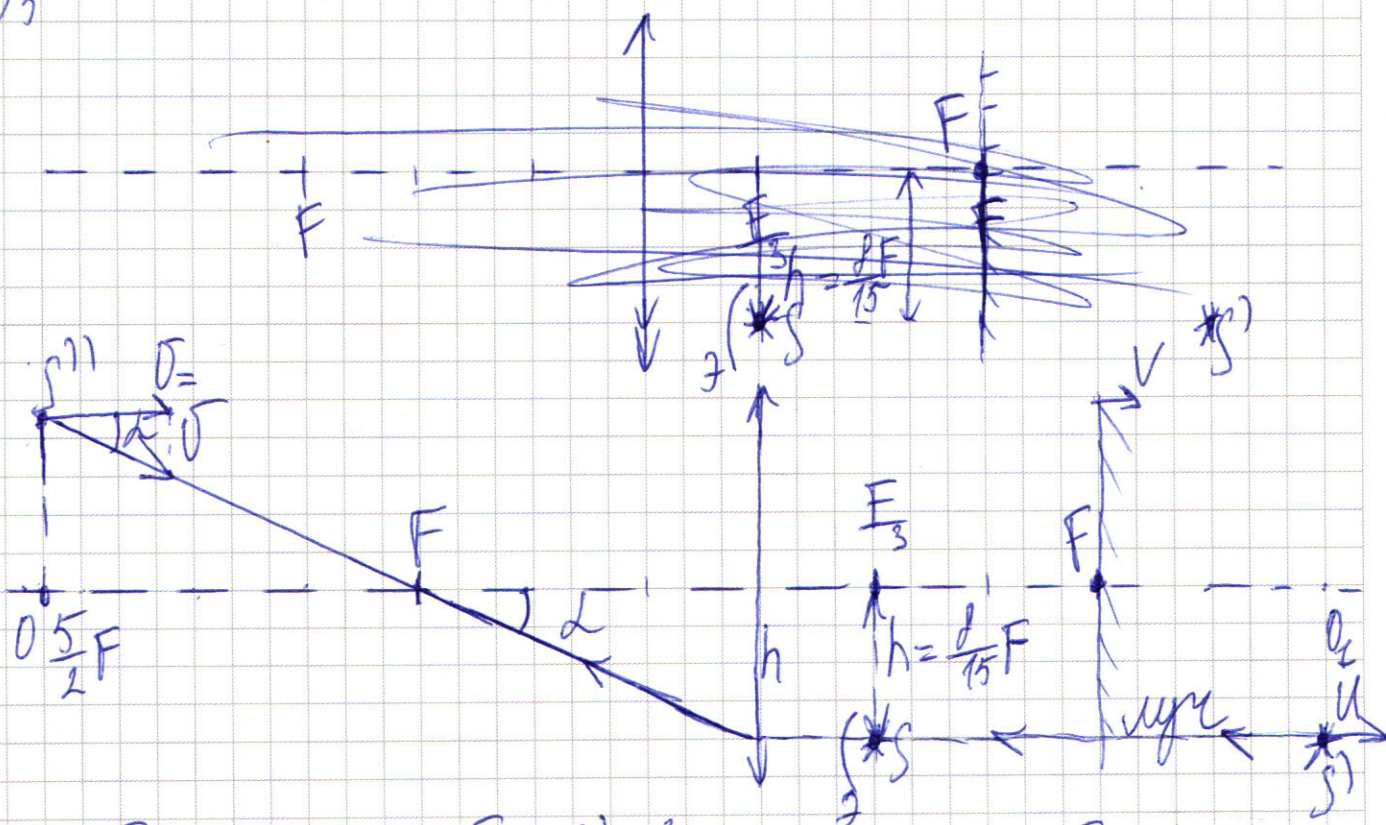
$$|A_{31}| = p \cdot V(L-1) \quad (\text{как площадь под } p\text{-квн})$$

$$\zeta = \frac{\frac{1}{2} pV(L^2-1) - pV(L-1)}{\frac{3}{2} pV(L^2-1) + \frac{1}{2} pV(L^2-1)} = \frac{pV \cdot 1 - \frac{L-1}{4}}{4}$$

Если $L-1 \rightarrow \infty$ то $\zeta \rightarrow \frac{1}{4}$, это и есть предельно возможное кпд.

$$\text{Итак: } \frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{5}{3} ; \frac{A_{12}}{Q_{12}} = 4 ; \zeta_{\text{пред}} = 0,25$$

№5



1) Построим изобр S' в зеркале, что будет на таком же расстоянии от зеркала и от OO_1 , что и предмет. Изм S' - действительный источник

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$d = F + (F - \frac{F}{3}) = \frac{5}{3} F$$

То формулу для точк. линзы:

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

$$f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{5}{3}F \cdot F}{(\frac{5}{3}-1)F} = \frac{5}{2} F, \text{ это и есть}$$

расстояние от плоскости линзы до наблюдателя, кото-
рый будет видеть.

2) очевидно, что скорость S'' (изобр. лучи. чрез
объект) летит на луче, идущий параллельно-
но u (u - скорость S' , $u = 2V$ т.е. зеркало)

Если проложим этот луч пройдет чрез
фокус (см. рис.). Именно по нему будет направ-
лена скорость S'' (объект. - u). Это можно
доказать и другими, вспомнив что если u
источник движется на бесконечность, то то изоб-
ражение движется к фокусу линзы.

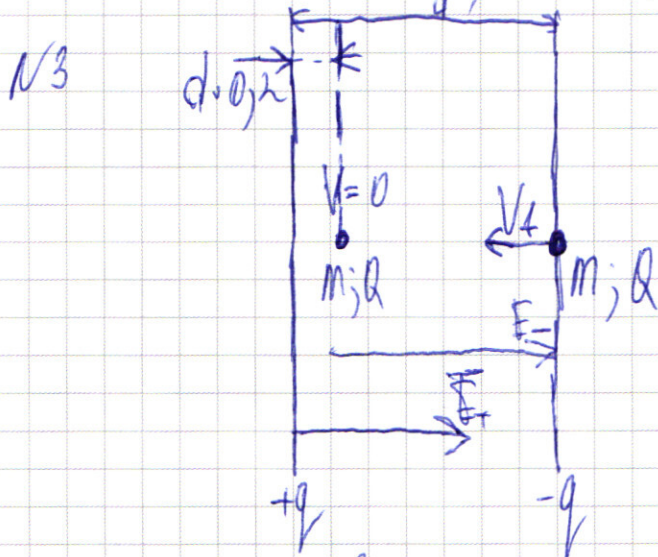
$$\angle(\vec{v}; OA) = \alpha = \arctg \frac{1}{F} = \arctg \frac{f}{15}$$

$$3) \text{ Найдем } \vec{v} = (\text{приобрет. соот. } \vec{v}), \vec{v} = \Gamma^2 \cdot u \\ u = 2V; \Gamma = \frac{1}{\beta} = \frac{\frac{5}{2}F}{\frac{5}{3}F} = \frac{3}{2}; \vec{v} = \frac{9}{4} \cdot 2V = \frac{9}{2} V$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \tan^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{14}{225}}} = \frac{15}{17}$$

$$U = \frac{U_0}{\cos \alpha} = \frac{\frac{9}{2} V \cdot 17}{15} = \frac{51}{10} V$$

Итак: $f = \frac{5}{2} F_1$; $\angle(\vec{U}; Oa) = \arctg \frac{8}{15}$; $U = \frac{51}{10} V$



1) Запомним, что по условию поле между пластинами однородно, значит $E = \text{const}$, по м.р. $a = \frac{Eq}{m}$ (по 2-й з-ку Ньютона)

по $a = \text{const}$, значит

с момента старта и до остановки $U_{\text{ср}} = \frac{U_1}{2}$ (ср. знач.)
 очевидно, что частица налетала на электр. поле
 конденсатора (до старта в него). Если бы она
 налетала на положительную, то была бы оста-
 новилась бы в нём.

$$S = 0,8d = U_{\text{ср}} \cdot T^1 ; T^1 = \frac{0,8d}{U_{\text{ср}}} = \frac{1,6d}{U_1}$$

2) Запомним теор. о кин. энергии:

$$\Delta E_k = A$$

$$-\frac{mV_1^2}{2} = F_k \cdot S \cdot \cos(\vec{F}_k, \vec{S}) ; F_k = Eq ; S = 0,8d$$

$$-\frac{mV_1^2}{2} = -Eq \cdot 0,8d ; U = Ed \text{ (для конденсатора)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U = Ed = \frac{m V_1^2}{\cancel{1,6} \cdot 1,6} = \frac{V_1^2}{\cancel{1,6} \cdot 1,6}$$

3) Запишем полную энергию системы, когда частица останавливается: $W_{\pi} = q(\varphi_+ + \varphi_-)$
м.р. Е-частица, то $\varphi_+ + \varphi_- = \frac{Ed}{2}(q_1 - q_2)$

По ЗСЭ: $E_{k0} + W_{\pi} = E_{k1} + W_{\pi}$

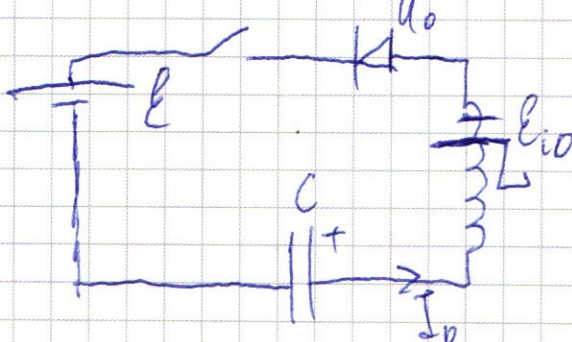
$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{Ed \cdot q_1 \cdot q}{2}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{1,6 Ed \cdot q}{m}} = \sqrt{1,6 Ed \cdot \gamma}$$

Ed найдем по (2) пункту; $V_0 = \sqrt{\frac{1,6}{1,6} V_1^2} =$

Ответ: $\pi = \frac{1,6d}{V_1}$; $U = \frac{V_1^2}{1,68}$; $V_0 = \frac{\sqrt{6}}{4} V_1$

нч



1) Изначально катушка представляет собой ток в ней, E_{i0} направлено против тока I_0 .

Тогда по обходу контура: $E + U_0 + E_{i0} = U_{\pi}$

Поток как $\epsilon_{io} = L I_0'$ то $\epsilon I_0' = \frac{U_1 - \epsilon - U_0}{L} =$
 $= \frac{6B - 1B - 3B}{0,2 \text{ Гн}} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

2) Будем считать, что пока $U_k > \epsilon + U_0$, то $I' > 0$, а значит ток будет увеличиваться до того как $U_k = \epsilon + U_0$
 По ЗСЗ: $\epsilon \Delta q + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI'^2}{2} + \frac{CU_k^2}{2}$

$$\Delta q = CU_k - CU_1$$

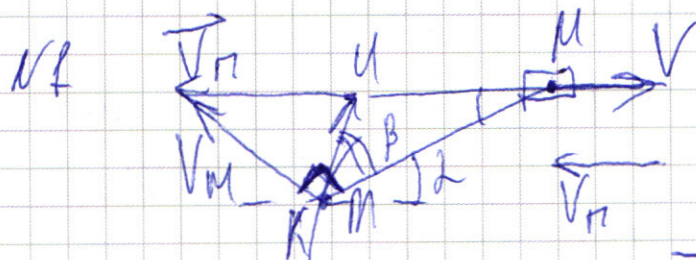
$$2\epsilon CU_k = 2\epsilon CU_1 + CU_1^2 = LI'^2 + CU_k^2$$

$$I = \sqrt{\frac{\epsilon}{L}} \sqrt{U_1^2 - U_k^2 + \epsilon U_k - \epsilon U_1} = \sqrt{14} \cdot 10^{-2} \text{ А} -$$

- макс. ток; $I = \sqrt{14} \cdot 10^{-2} \approx 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ А}$

3) М.к. ϵ меняет своё направление, но напряжение на конденсаторе может стать меньше, чем $\epsilon + U_0$. Выделим теплоту в цепи резистора, пока в узлах остаются на катушке ток, значит по ЗСЗ: $2\epsilon(CU_2 - CU_1) + CU_1^2 = CU_2^2$
 отсюда $U_2 = U_1$; о.м.к. U_1 было направлено, но ответ: $U_2 = 0$

ответ: $I_0' = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$; $I = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ А}$; $U_2 = 0$



Перейдем в СО муфта ($\vec{V}_П = -V$)

Тогда кольцо движется с $\vec{V}_M = \vec{V}_П + \vec{U}$ (U — скорость кольца в ЛСО), но м.к. в этой СО стоит

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

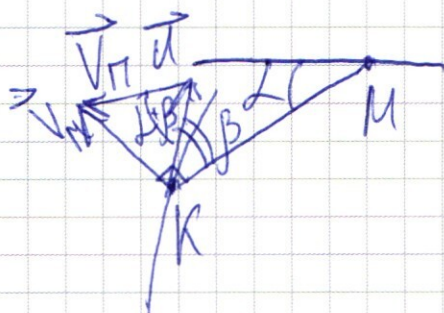
Вращающаяся вокруг горизонтальной M , то $\vec{V}_M \perp MK$
и $\vec{u}$. Тогда $V_M = u / \cos(\alpha + \beta)$, то угла-
чительно $|\vec{V}_M| = |\vec{V}|$

$$u = |V \cdot \cos(\alpha + \beta)| = |V(\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta)| =$$

$$= 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} + \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) =$$

$$V_M = \frac{u}{\cos \beta} ; u = V_M \cdot \cos \beta ; |\vec{V}_M| = |\vec{V}|$$

$$u = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{8}{17} =$$



$$\vec{V}_M \perp KM$$

$$V_M \cdot \cos \alpha = u \cdot \cos \beta$$

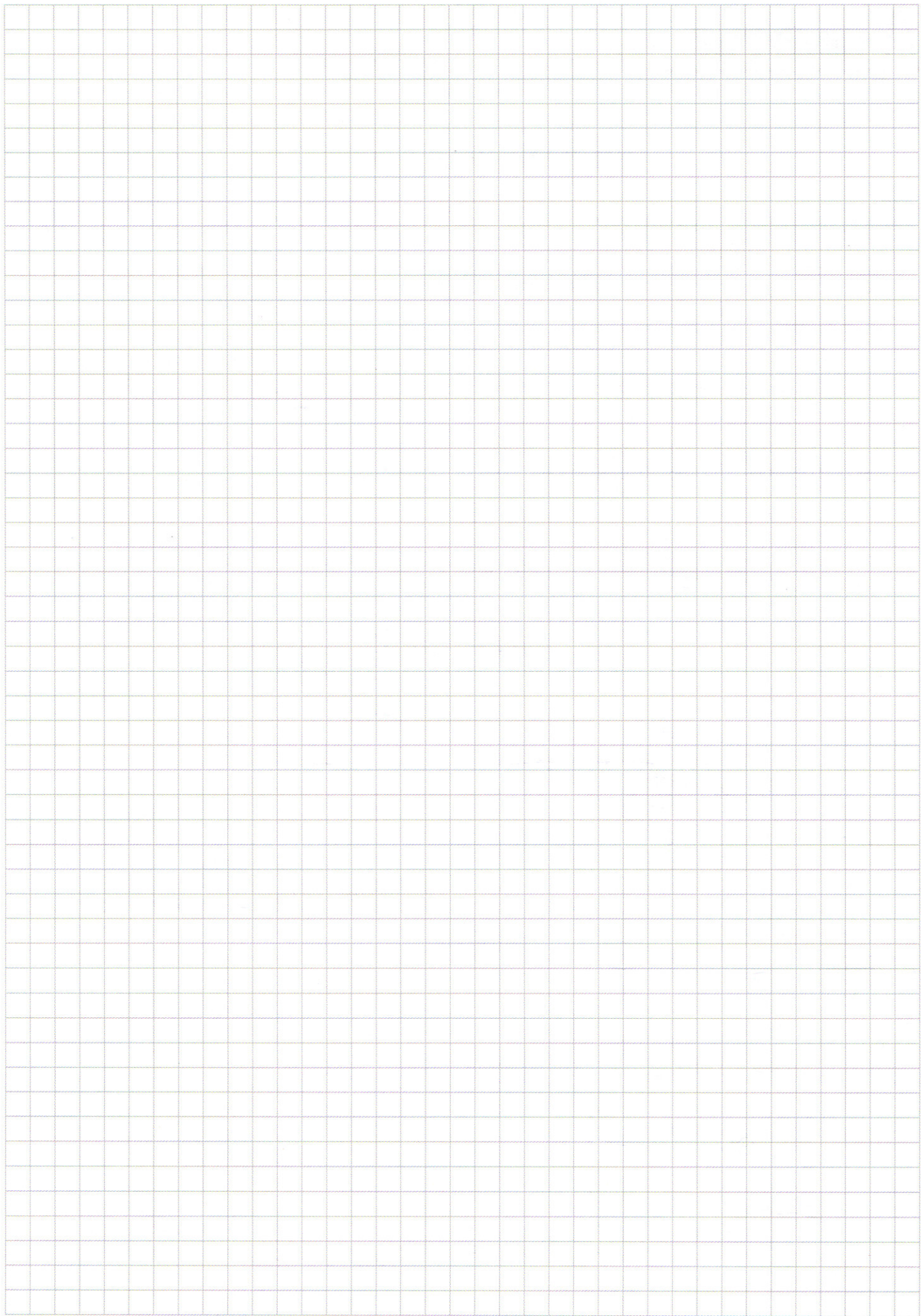
$$u = V_M \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 40 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$\frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$2) V_M^2 = u^2 + V^2 - 2uV \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$V_M \approx 46 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$3) T \cdot \cos(180^\circ - \beta - \alpha) = m a_{g.c} = \frac{m u^2}{R} ; T =$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\omega = 1 - \frac{Q_x}{Q_H}$$

$$Q_H = \frac{3}{2} P_1 V_1 (L^2 - 1)$$

$$2R \Delta T = 2P_1 L V_1 - P_1 V_1 = P_1 V_1 (L^2 - L)$$

$$Q_x = \frac{3}{2} 2R \Delta T = \frac{3}{2} P_1 V_1 (L^2 - L) +$$

$$+ \frac{1}{2} 2R \Delta T =$$

$$A_0 = \frac{1}{2} P_1 V_1 (L^2 - 1) - P_1 V_1 (L - 1)$$

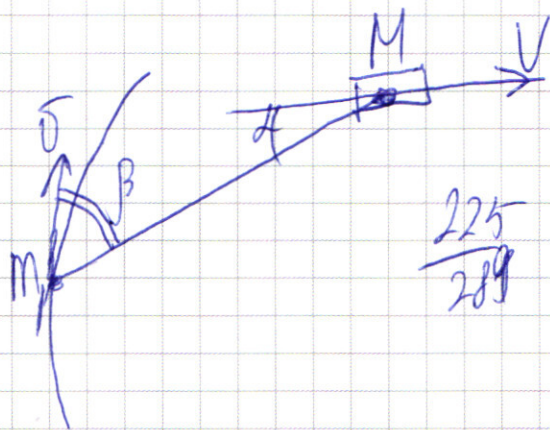
$$\eta = \frac{\frac{3}{2} P_1 V_1 (L^2 - 1)}{\frac{1}{2} P_1 V_1 L^2 + P_1 V_1 (L - 1)} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{L-1}} \Rightarrow \frac{3}{2}$$

$$\frac{\frac{1}{2} + \frac{1}{L-1}}{\frac{3}{2}}$$

$$\frac{\frac{1}{2} P_1 V_1 (L^2 - 1) - P_1 V_1 (L - 1)}{\frac{3}{2} P_1 V_1 (L^2 - 1)} = \frac{\frac{1}{2} P_1 V_1 - \frac{P_1 V_1}{L-1}}{\frac{3}{2} P_1 V_1}$$

$$L - 1 \rightarrow \infty \Rightarrow \eta \rightarrow \frac{1}{3} \quad \checkmark$$

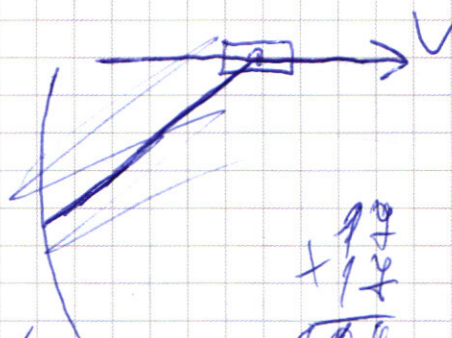
11)



$$225 + 144 = 161$$

$$\frac{881}{225}$$

$$\frac{225}{289}$$

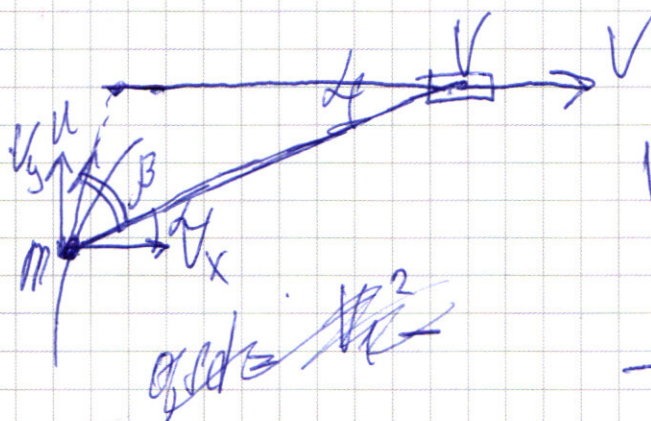


$$\frac{144}{289}$$

$$\frac{100}{289}$$

$$v_y^2 + v_x^2 = u^2$$

$$\frac{5F}{5F} - \frac{3F}{5}$$



$$\frac{v_1 T}{2} = \frac{1.6 d}{v_1}$$

$$\sin^2 L + \cos^2 L = 1$$

$$1 + \tan^2 L = \frac{1}{\sin^2 L}$$

$$\sin^2 L = \frac{1}{1 + \tan^2 L}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + k \frac{q Q}{d} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\frac{v_1^2}{2} + k \frac{q Q}{d} = \frac{v_0^2}{2}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + k \frac{q Q}{d} = k \frac{q Q}{d \cdot 0.2} - k \frac{q Q}{8 \cdot 0.2}$$

$$k \frac{q Q \cdot 10^{-14}}{2d} - k \frac{q Q \cdot 10}{8d}$$

$$k \frac{q Q \cdot 30}{18d}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on graph paper showing diagrams and calculations for a physics problem involving a particle in a magnetic field.

Left side:

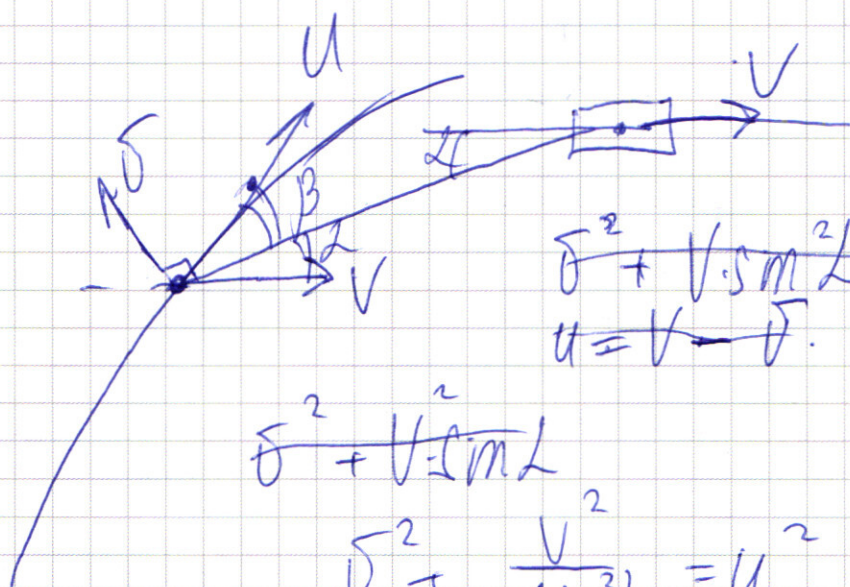
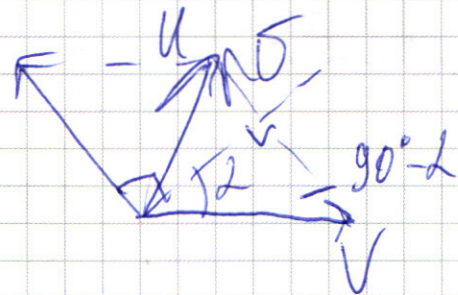
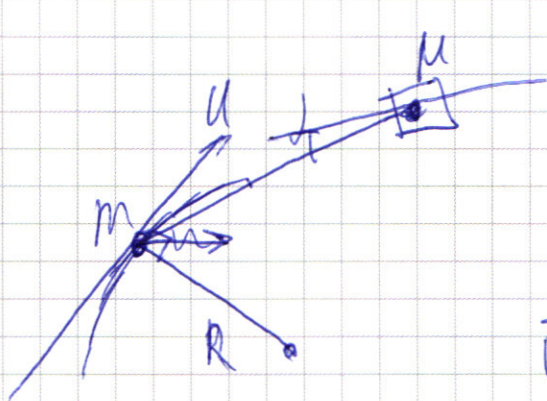
- Diagram of a particle moving in a magnetic field B (indicated by a cross in a circle).
- Equation: $y = F \cdot d$
- Equation: $q(F \cdot d \cdot \alpha_1 + F \cdot d \cdot \alpha_2)$
- Equation: $F = \frac{q v}{2 R S}$
- Equation: $U_1 - U_2 = U$
- Equation: $\frac{m v_0^2}{2}$

Right side:

- Diagram of a particle moving in a magnetic field B (indicated by a dot in a circle).
- Equation: $2 \sqrt{\frac{12}{16}} \approx \sqrt{\frac{3}{2}}$
- Equation: $2.3(-0.6) + 6^2 = 0$

Center:

- Diagram of a particle moving in a magnetic field B (indicated by a dot in a circle).
- Equation: $U_1 - U_2 = U$



$$\sigma^2 + V^2 \sin^2 \alpha = u^2$$

$$u = V - \sigma$$

$$\sigma^2 + V^2 \sin^2 \alpha$$

$$\sigma^2 + \frac{V^2}{\sin^2 \alpha} = u^2$$

$$\cos(90^\circ - 30^\circ) = \sin 60^\circ$$

$$u \cdot \cos(\beta + \alpha) = V - \sigma \cdot \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$u \cos(\beta + \alpha) = V - \cos(90^\circ - \alpha) \sigma = V - \sin \alpha \sigma$$

$$u^2 = V^2 + \sigma^2 - 2V\sigma \cos(90^\circ - \alpha)$$

$$\sigma = \frac{u \cos(\beta + \alpha) - V}{-\sin \alpha}$$

$$u^2 = V^2 - V^2$$

$$u^2 = V^2 + \frac{V^2 - V u \cos(\beta + \alpha) + u^2 \cos^2(\beta + \alpha)}{\sin^2 \alpha} - 2 \frac{V - u \cos(\beta + \alpha)}{\sin \alpha}$$

$$u^2 \sin^2 \alpha = V^2 (\sin^2 \alpha + 1) - V \cdot u \cdot \cos(\beta + \alpha) + u^2 \cos^2(\beta + \alpha)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2} = 100 \cdot 10^{-6} = \sqrt{10^{-4}} = 10^{-2}$$

$$\sqrt{36 - 16 + 42 - 18} =$$

$$\frac{-34}{2}$$



$$U + LI' = U_0 + \mathcal{E}$$

$$\frac{q}{C} + LI' = U_0 + \mathcal{E}$$

$$\frac{I}{C} + LI'' = 0$$

$$I + LC I'' = 0$$

$$LI' = \mathcal{E} + U_0 - U_K$$

$$\mathcal{E}(CU - CU_1) + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU^2}{2}$$

$$2\mathcal{E}CU - 2\mathcal{E}CU_1 + CU_1^2 = CU^2$$

$$U_1^2 - 2U \cdot U_1 + 2\mathcal{E}$$

$$2\mathcal{E}CU - 2\mathcal{E}CU_1 + CU_1^2 = CU^2$$

$$2\mathcal{E}C - 2\mathcal{E}C + U_1^2 = U^2$$

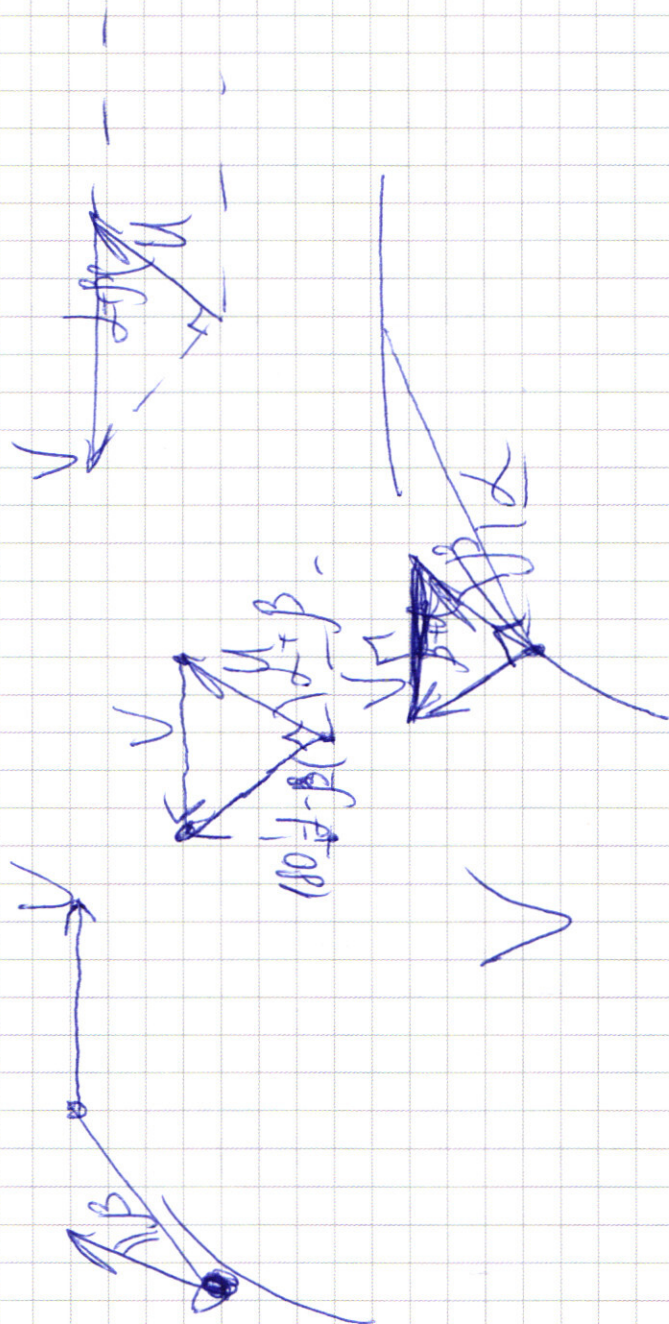
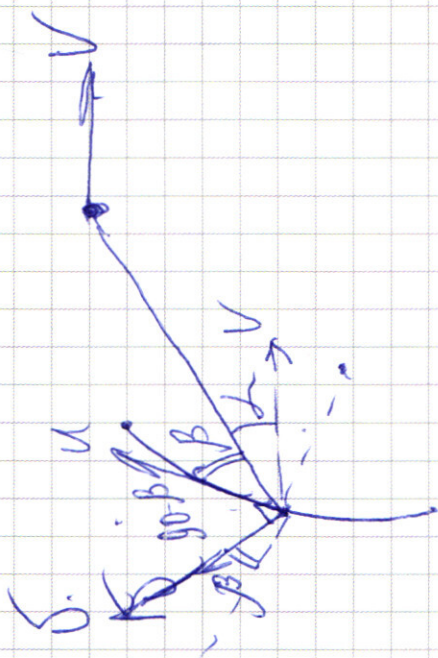
$$2 \cdot 3 = 6 \quad 36$$

$$U = 2\mathcal{E} \quad U = 0$$

$$V \cos(\beta + \alpha) = V - \bar{v} \sin \alpha$$

$$V \cdot \sin \beta = \bar{v} \cos \beta \quad \bar{v} = \operatorname{tg} \beta$$

$$V \cos(\beta + \alpha) = V - V \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \alpha$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $L I' = U_1 - \mathcal{E} - U_0$

$I' = \frac{U_1 - \mathcal{E} - U_0}{L}$

2) $E q \rightarrow \frac{L I'^2}{L} = \text{const}$

$E I + L I I' = 0$

$U_k = 4B$

$\frac{CU_1^2}{2} + \mathcal{E}(CU_1 - CU) = \frac{CU^2}{2} + \frac{L I'^2}{2}$

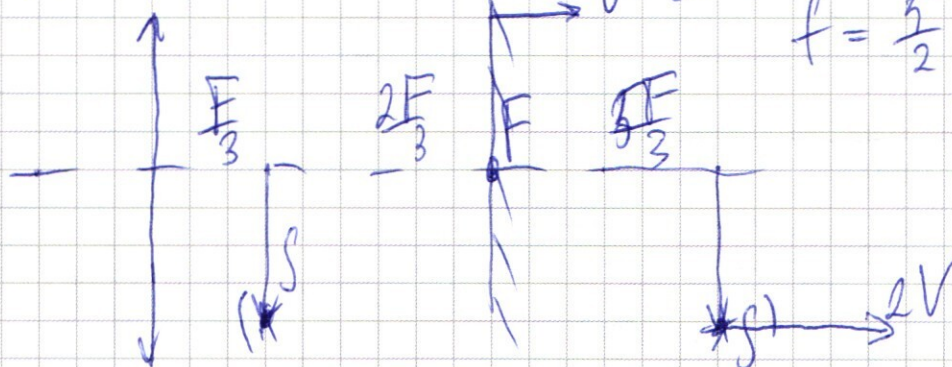
$CU_1^2 + 2\mathcal{E}CU_1 - 2\mathcal{E}CU = CU^2 + L I'^2$

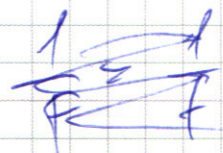
$I = \sqrt{\frac{C}{L}} \sqrt{U_1^2 - U^2 + 2\mathcal{E}U + 2\mathcal{E}U'}$

3) $4B$

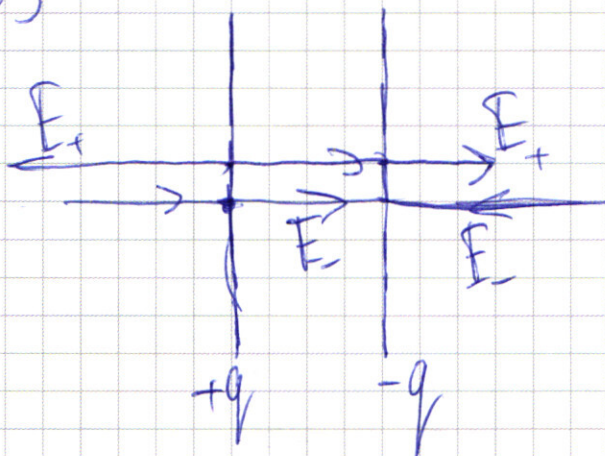
$\frac{5}{3F} = \frac{9}{3F} + \frac{1}{f}$
 $f = \frac{5}{2} F$

15.





№3



$$\frac{m V_1^2}{2} = U \cdot q$$

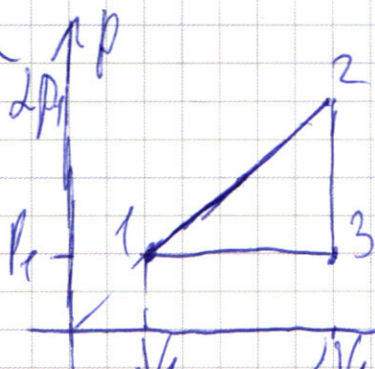
$$U = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$\frac{m V_1^2}{2} = E \cdot q$$

$$\frac{V_1^2}{2} = \frac{q}{\epsilon_0} \cdot q$$

$$\frac{V_1^2}{2 \cdot q} = U$$

№2



$$1) C_{23} = C_v = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = C_p = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{5}{3}$$

$$2) Q = \Delta U + A$$

$$A = \frac{1}{2} P_1 V_1 (2+1) \cdot V_1 (2-1)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \gamma R \Delta T = \frac{3}{2} \gamma R T (2^2 - 1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 (2^2 - 1)$$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2} P_1 V_1}{\frac{1}{2} P_1 V_1} = 3$$