

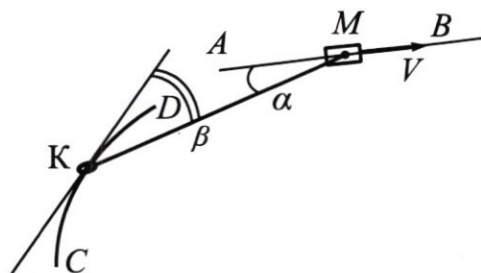
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

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

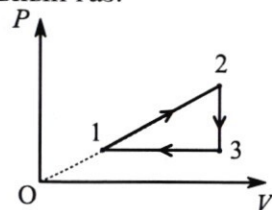
1. Муфту M двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.

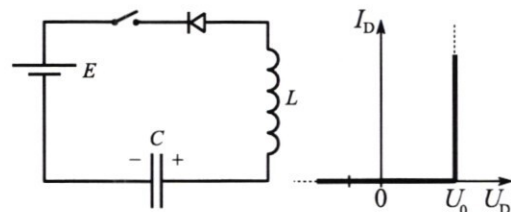


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между 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.

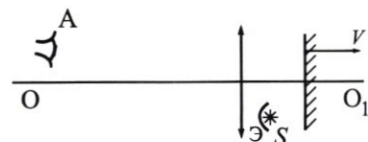
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

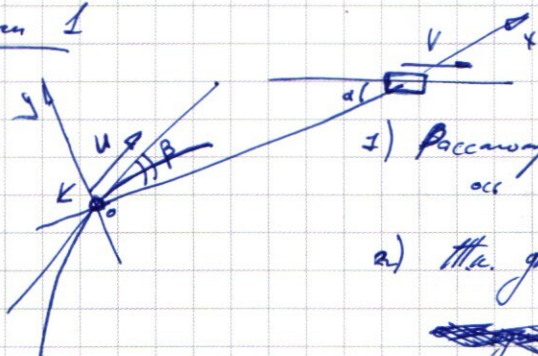
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1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

Задача 1



Пуско-выпуск: 10.05.1989

- 1) Рассматривая систему координат, в которой дан ось абсцисс h , график перпендикуляра
- 2) т.к. длина проека фиксирована, ~~ее можно фиксировать~~

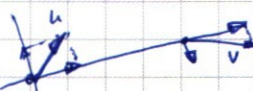
Проекции стержней V и U на ось Ox равны, т.е.

$$U \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 40 \frac{3}{5} \cdot \frac{17}{8} \approx 51 \text{ cm/s}$$

- 3) Прогресс на ось ox ~~факт~~ $\rightarrow$ ~~прогресс~~ скорость поезда относительно земли по этой оси факт v

Отн. ск. равна отн. ск вдоль ОУ

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{sum}} &= \sigma_{\text{sum}}^2 = U \sin^2 \beta + V \sin^2 \alpha = \\ &= 51 \cdot \frac{15}{17} + 40 \cdot \frac{4}{5} = 45 + 32 = 77 \text{ c/c} \end{aligned}$$

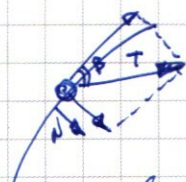


$$\sin \beta = \frac{4}{5}$$

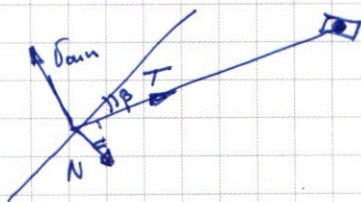
$$\text{Skap} \beta = \frac{\sqrt{17^2 - 64}}{17} = \frac{15}{17}$$

- 4) Рассмотрим кольцо: на него действует T и N и определено произведение, можно рассмотреть:

$$m \frac{u^2}{R} = T \sin \beta + N$$



Переход в систему отсчета, движ. со ск. V вдоль AB , возможен, если
узел не движется, а кольцо вращается вокруг узла со скоростью
 ω и в этот момент, тогда:



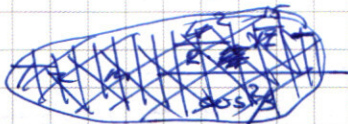
$$m \frac{v_{\text{ср}}^2}{r} = T + N_{\text{ср}}$$

Найдем суммарный градиент:

$$\left| m \frac{u^2}{R} \approx T \sin \beta + N \right| \cdot \sin \beta$$

$$m \frac{v_{\text{омн}}^2}{L} \approx T + N \sin \beta$$

$$m \left(\frac{u^2}{R} \sin \beta - \frac{v_{\text{омн}}^2}{L} \right) \approx T (\sin^2 \beta - 1) \approx T (-\cos^2 \beta)$$



$$T \approx m \frac{\frac{v_{\text{омн}}^2}{L} - \frac{u^2}{R} \sin \beta}{\cos^2 \beta} = 1 \frac{\frac{0,77^2}{1,7 \cdot \frac{15}{17}} - \frac{0,51^2}{1,7 \cdot \frac{15}{17}}}{\left(\frac{8}{17}\right)^2}$$

$$\approx (0,77^2 - 0,51^2) \frac{15}{1,7 \cdot 17} \cdot \frac{17^2}{8^2} \approx 0,26 \cdot 1,28 \cdot \frac{150}{8^2} \approx$$

$$\approx 0,13 \cdot 3 \cdot \frac{128}{64} \approx 0,13 \cdot 6 \approx 0,78 \text{ Н}$$

Итого: $u = 51 \text{ см/с}$; $v_{\text{омн}} = 77 \text{ см/с}$; $T \approx 0,78 \text{ Н}$

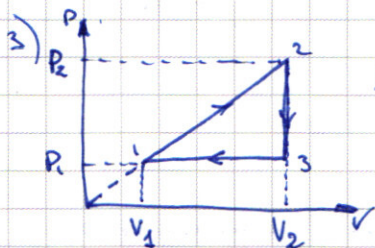
Задача 2



1) Находим углы, чтобы, это математическая задача по геометрии 23 и 31

2) Можем математически записать 23 — $C_V = \frac{i}{2} R$
 углы 31 — $C_P = \frac{i+2}{2} R$

$$\text{Итого } \frac{C_{23}}{C_{31}} \approx \frac{i}{i+2} \approx \frac{3}{5}$$



Пусть градиент коэф. равен $12 = -k$, тогда $P_1 = k V_1$, $P_2 = k V_2$

$$\text{Работа } A_{12} \approx (V_2 - V_1) \frac{P_1 + P_2}{2} \approx \frac{(V_2 - V_1) k (V_1 + V_2)}{2} \approx k \frac{V_2^2 - V_1^2}{2}$$

Получаем градиент

$$Q_{12} \approx \Delta U_{12} + A_{12} \approx \frac{i}{2} \Delta R (T_2 - T_1) + A_{12} \approx \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + A_{12} \approx \frac{3}{2} k (V_2^2 - V_1^2) + A_{12} \approx$$

$$\approx 3k \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + k \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} \approx 4k \frac{V_2^2 - V_1^2}{2}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} \approx 4$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4) A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{\epsilon}{2} (V_2 - V_1)(V_2 + V_1) - \epsilon V_1 (V_2 - V_1) = \frac{\epsilon}{2} (V_2 - V_1)(V_2 + V_1 - 2V_1) = \frac{\epsilon}{2} (V_2 - V_1)^2$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{\frac{\epsilon}{2} (V_2 + V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{\frac{V_2}{V_1} - 1}{2(\frac{V_2}{V_1} + 1)} = \frac{\frac{V_2}{V_1} + 1 - 2}{2(\frac{V_2}{V_1} + 1)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{2(\frac{V_2}{V_1} + 1)}$$

$$\left[Q_+ = Q_{12}, \text{ т.к. } Q_{23} < 0, Q_{31} < 0 \right] \quad \frac{V_2}{V_1} > 1 \Rightarrow \frac{1}{2(\frac{V_2}{V_1} + 1)} > 0 \Rightarrow \eta < \frac{1}{4}$$

Максимальное значение η :

$$\eta_{\max} = \lim_{\frac{V_2}{V_1} \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2(\frac{V_2}{V_1} + 1)} \right) = \frac{1}{4}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{22}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{1}{4}$

3) $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

Задача 3

1) Работа поле внутри конденсатора равна:

$$\frac{mV_1^2}{2} = (Eq \cdot 0,8d) \Rightarrow E = \frac{mV_1^2}{1,6qd} = \frac{V_1^2}{1,6d}$$

сила поля
умножить на расстояние

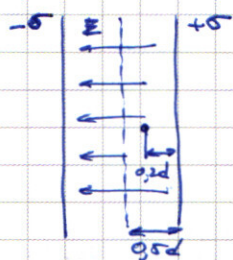
2) Изменение импульса: $mV_1 = FT = EqT$

$$T = \frac{mV_1}{qE} = \frac{V_1}{\gamma} \cdot \frac{1,6\gamma d}{V_1^2} = 1,6 \frac{d}{V_1}$$

3) Напряжение на конденсаторе равно: $U = Ed = \frac{V_1^2}{1,6}$

4) Для энергии на расстоянии равно: $\frac{mV_1^2}{2} = \varphi q$
в точке останова

Каждая пластина φ :



Заметим, что относительно середины пластин потенциал равен 0. Левая пластина создает потенциал $-\varphi_0$, а правая $+\varphi_0$, равный по модулю, т.к. заряды по модулю равны и расстояние до пластин одинаковое.

Тогда потенциал в точке отмеченной стрелой $\varphi = E \cdot 0.3d = 0.34 = \frac{3}{16} \frac{V_1^2}{8}$

Тогда: $\frac{m V_0^2}{2} = \frac{3 V_1^2}{16 \cdot 8} q$

$$V_0^2 = \frac{6}{16} V_1^2 \quad \underline{V_0 = \frac{\sqrt{6}}{4} V_1}$$

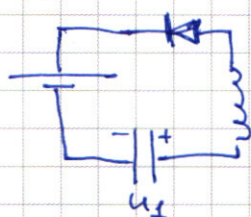
~~Итого:~~

Оценки: 1) $T = 1.6 \frac{d}{V_1}$

2) $U = \frac{V_1^2}{1.68}$

3) $V_0 = \frac{\sqrt{6}}{4} V_1$

Задача 4



1) $IR = U_1 - E = L \dot{I}$ $L \dot{I}_0 = U_1 - E$

$\dot{I}_0 = \frac{U_1 - E}{L} = \frac{5 - 3}{0.2} = 10 \text{ A/s}$

2) Будем считать, что ток, протекающий через конденсатор и заряд на нем,

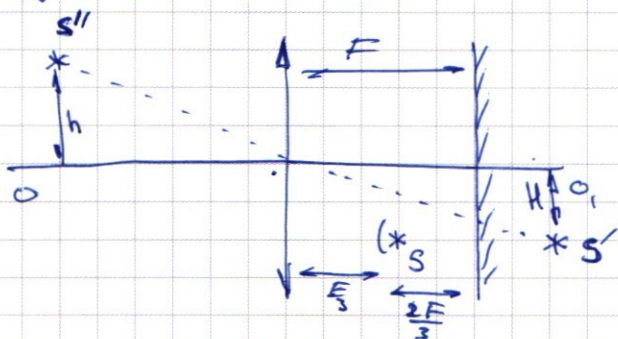
то $U = U_1 - E - L \dot{I}$ $U = U_1 - E - L \dot{I}$

3) В этот момент энергии магнитного поля конденсатора: $\frac{CU^2}{2}$

Тогда в установившемся режиме $\frac{CU^2}{2} = \frac{CU^2}{2} + \frac{L I_{\text{max}}^2}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5



II - скорость вздоха

- 1) S' - изображение S в зеркале
 S'' - изображение S' в линзе

- 2) расчётные на месте го S' : $d \approx F + \frac{2}{3}F \approx \frac{5}{3}F$
 Тогда расчётные на месте го S'' : $f \approx \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{2}{3}F} \approx \frac{5}{2}F$

$$\frac{1}{F} \approx \frac{1}{2} + \frac{1}{f}$$

Совместная работа будет идти 5" июня и 7" июля

- 3) Зеркало глуб со ск $V \Rightarrow$ s' - со ск $2V$, тогда $\underline{\underline{> \frac{5}{2} F}}$

$$\frac{U_x}{2V} = r^2 = \left(\frac{f}{d}\right)^2 \frac{F^2}{(d-F)^2} \frac{F^2}{\left(\frac{3}{2}F\right)^2} = \frac{9}{4}$$

$$U_x = \frac{9}{2} \text{ V}$$

Наблюдение: спросить и ответить:

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

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

$$U_g = \frac{2V \cdot F}{(d-F)^2} H \approx V \frac{2F \cdot \frac{28}{9}}{\frac{4}{9} F^2} \approx V \frac{16 \cdot 3}{15 \cdot 4} = \frac{12}{5} V$$

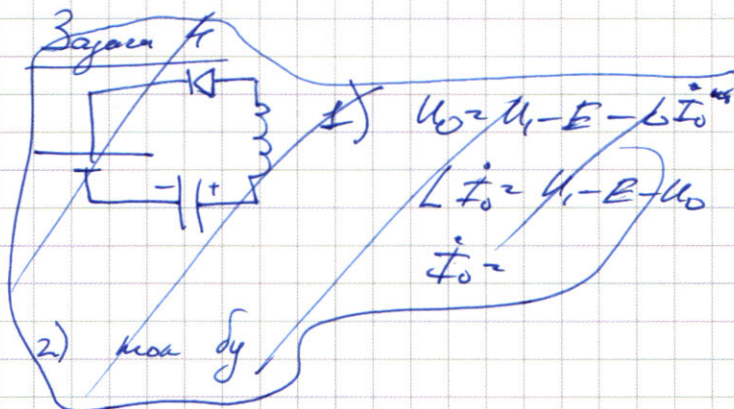
$$\frac{1}{g} \alpha = \frac{u_y}{u_x} = \frac{12}{5} \cdot \frac{2}{9} = \frac{8}{15} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{8}{17}, \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$4) \underline{U} \approx \frac{U_y}{\sin \alpha} = \frac{12 \text{ V} \cdot \frac{17}{8}}{2.5} = \frac{3 \cdot 17}{2.5} \text{ V} \approx \underline{5,1 \text{ V}}$$

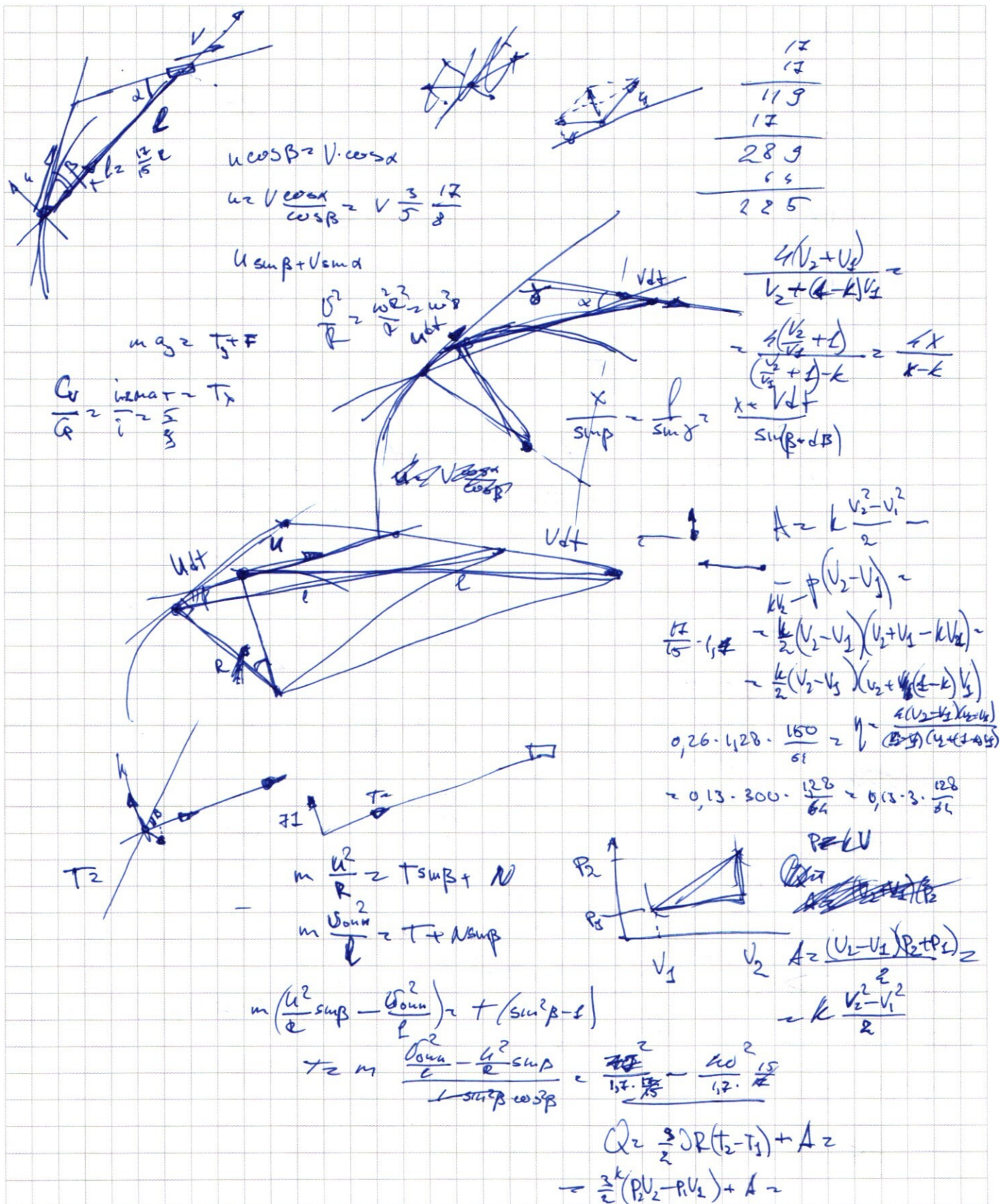
Определить: 1) $> \frac{5}{2} \text{ F}$

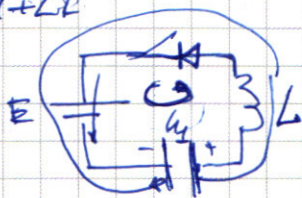
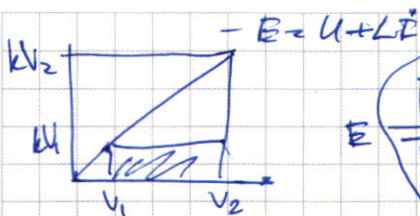
2) $\frac{1}{9} \alpha = \frac{8}{15}$

3) $U \approx 5,1 \text{ V}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$0 = -E + U + LI$$

$$0 = -E + U + LI \quad LI = \frac{E + U}{L}$$

$$\frac{L(V_2 + V_1)}{2} V_2 - V_1 = \frac{L}{2} (V_2 - V_1)(V_2 + V_1) - L V_1 (V_2 - V_1) =$$

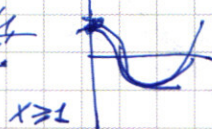
$$0 = (-E - LI) + U \quad LI = \frac{U - E}{2} = \frac{L}{2} (V_2 - V_1)(V_2 - 2V_1 - 2V_2) =$$

$$-E - LI + LI =$$

$$\frac{L}{2} (V_2 - V_1)^2$$

$$0 = U + LI \quad \frac{q}{C}$$

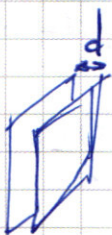
$$I = -\frac{U}{L}$$



$$U = E$$

$$U = E$$

$$\frac{(V_2 - V_1)^2}{2(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{x - 1}{x + 1}$$

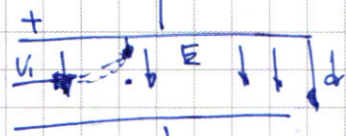


$$-Eq =$$

$$= \frac{x+1-2}{x+1} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x+1}$$

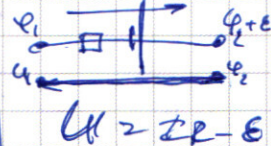
$$-Eq = \frac{CU^2 - q^2}{2C} + \frac{L I_{max}^2}{2}$$

$$\frac{q^2}{2C} - \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$



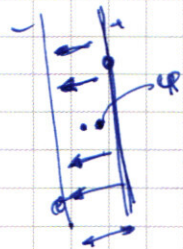
$$IR = U + E$$

$$U = IR - E$$



$$U = IR - E$$

$$V_2 =$$



$$\frac{Lq}{R} = -\frac{ka}{R}$$

$$-Eq = \frac{CU^2 - q^2}{2C} + \frac{L I^2}{2}$$

$$m V_1 = Eq T$$

$$u = Ed$$

$$U - E - LI \geq U_0$$

$$\frac{m V_1^2}{2} = Eq \quad q, sd$$

$$V_0$$

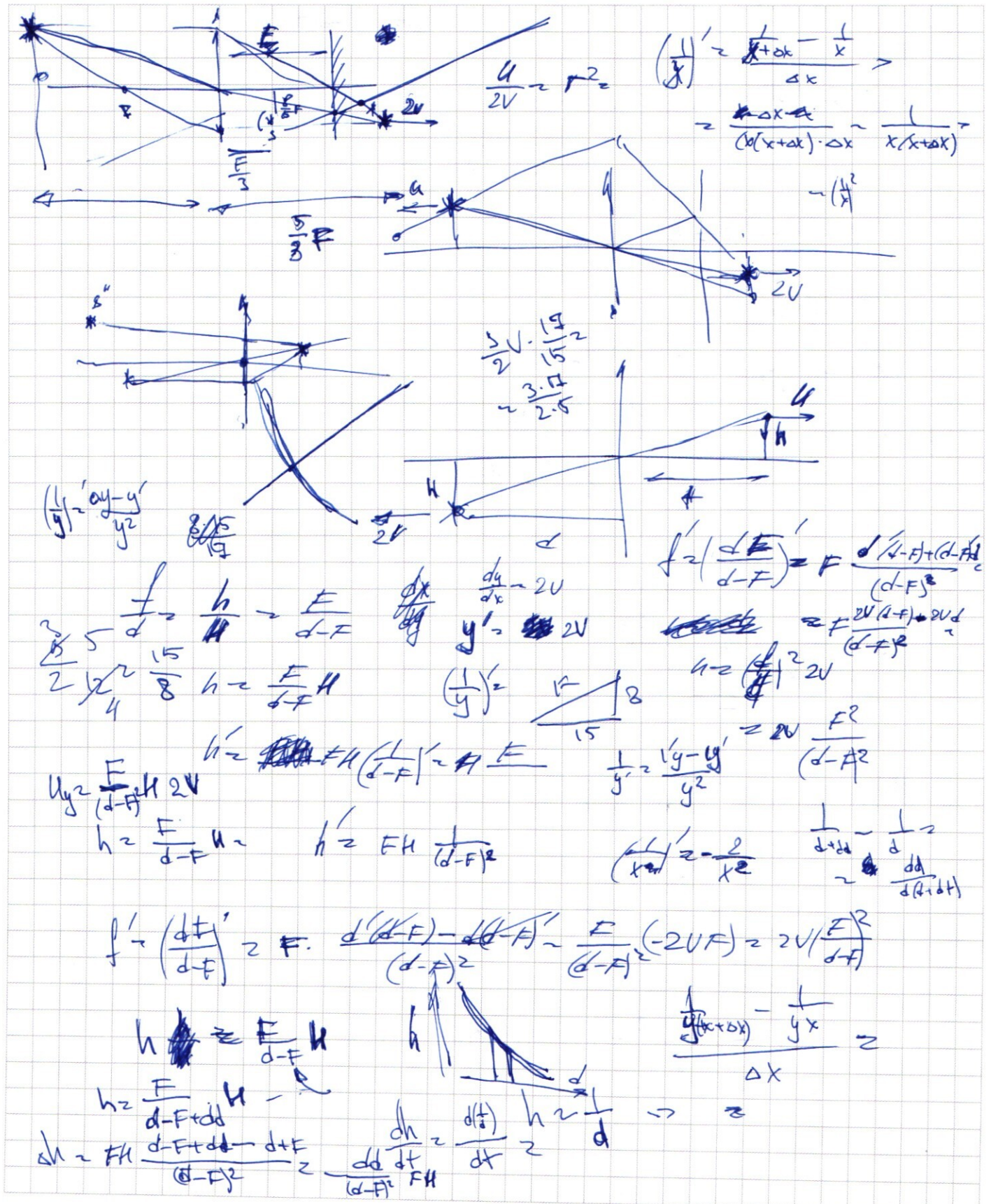
$$u = U_0 - \frac{q}{C}$$

$$u = U_0 + E$$

$$U_0 - \frac{q}{C} - E \geq U_0$$

$$\frac{q}{C} \leq U_0 - E - U_0 = 2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$L\dot{I} = 0 \quad \dot{I} = \frac{U-E}{L}$$

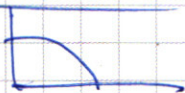
~~U-E-L\dot{I}=0~~

$$L\dot{I} = U - E = \frac{U_1 - q}{C} - E$$

$$U_1 - E - L\dot{I} = 0$$

$$U_1 = E = 0$$

$$-Eq = \frac{(Cu_1 - q)^2}{2C} - \frac{Cu_1^2}{2} + \frac{L I_{max}^2}{2}$$



$$U - E - L\dot{I} = U_0$$

$$L\dot{I} + \frac{q}{C} + E = 0$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{LC} (q - q_0) = 0$$

$$\frac{q - q_0}{LC} + E = 0$$

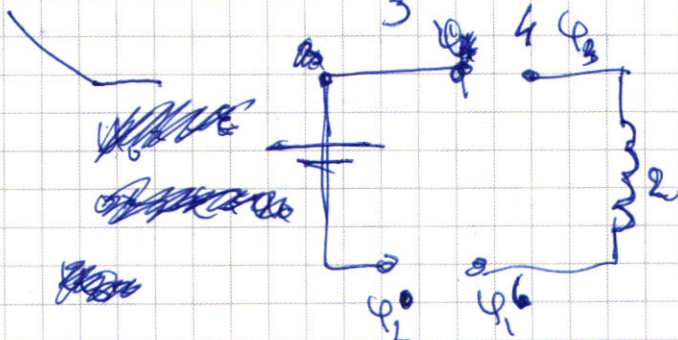
$$\frac{q}{C} \left(-\frac{q}{LC} - \frac{E}{L} \right)$$

$$E = -L\dot{I}$$

$$q_0 = ELC$$

$$q = Ec$$

5-3



$$\Phi_1 = \Phi_2 = 0$$

$$C_2 - L\dot{I} + \Phi_1 - \Phi_3$$

$$+ C_2 - E + \Phi_4 - \Phi_2$$

$$C_2 - E - L\dot{I} + (\Phi_1 - \Phi_2) + (\Phi_4 - \Phi_3)$$

$$\wedge = -E + L\dot{I} + U - U_0$$