

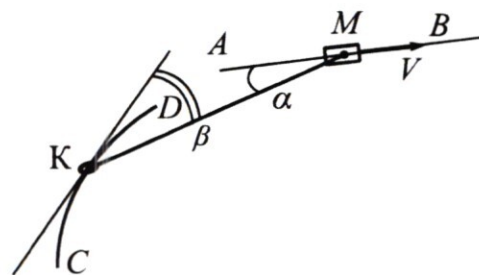
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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.



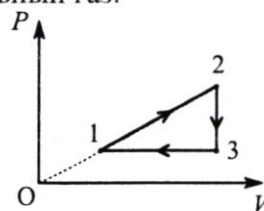
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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

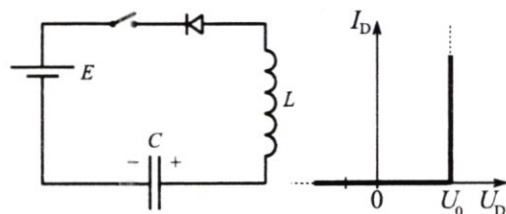
- 1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение U на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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 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 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.

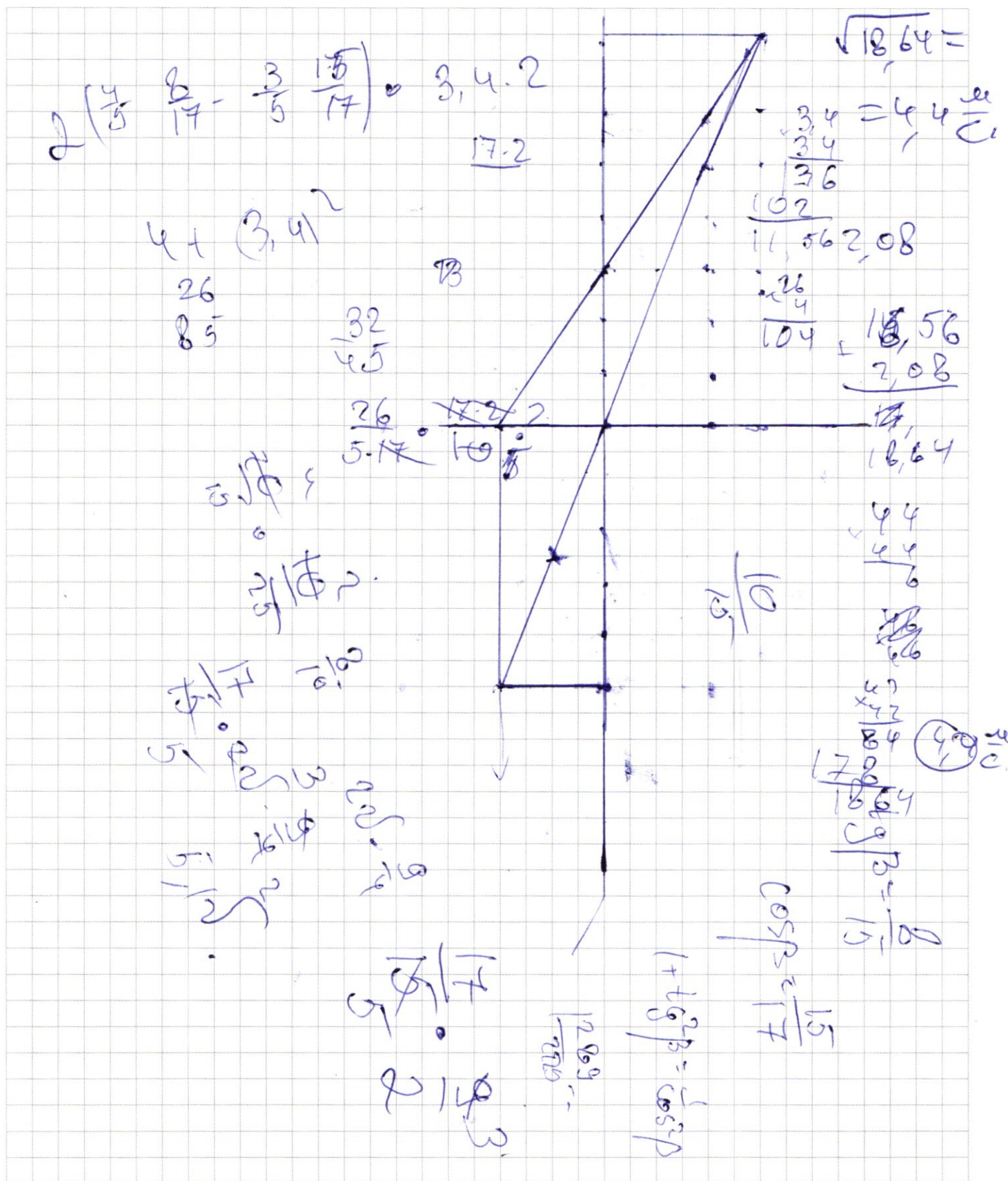
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

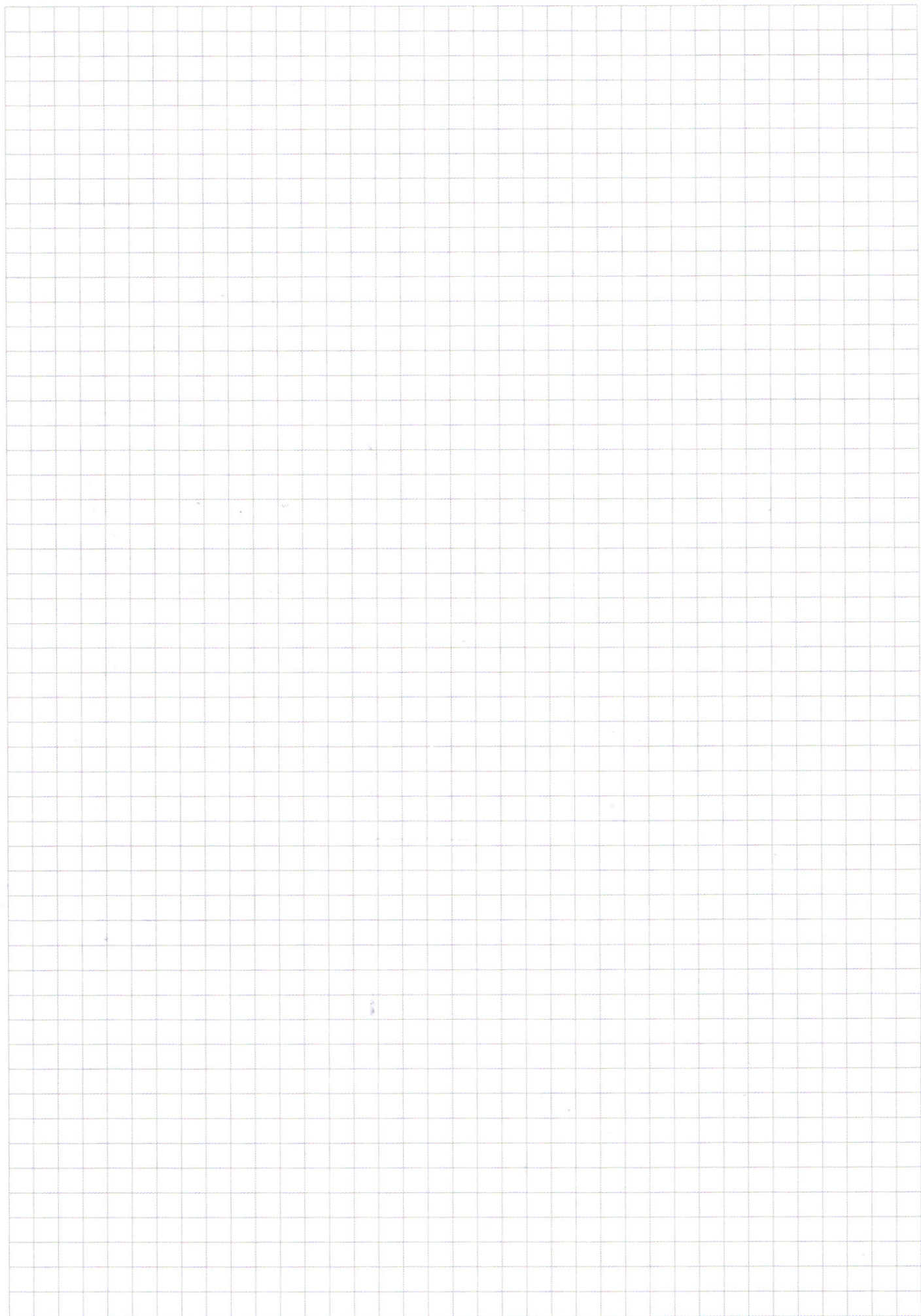
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



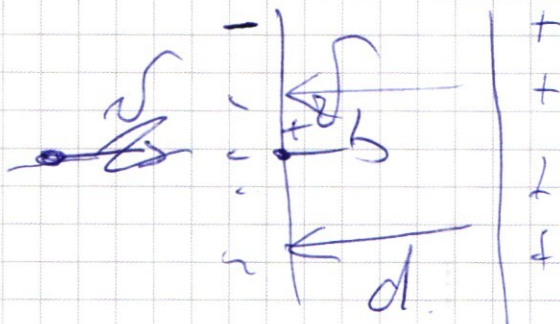
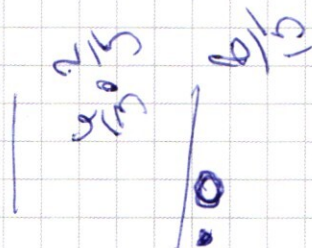


☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1/3



$$v_1 = at$$

$$\frac{v_1^2 - v_2^2}{2a} = L$$

$$0,8d = v_1 t - \frac{at^2}{2}$$

$$t = \frac{v_1}{a}$$

$$\frac{v_1^2}{a} - \frac{v_1^2}{2a} = 0,8d$$

$$\frac{v_1^2}{a} - \frac{v_1^2}{2a}$$

$$\frac{v_1^2}{2a} = 0,8d$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

$$t = \frac{v_1}{a}$$

$$am = E \cdot q$$

$$\frac{v_1^2}{1,6d} = E \cdot q$$

$$U = dE = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

$$\frac{289}{225R^2} + R^2$$

$$- 2 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{17}{15} \cdot R^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

$\vec{v}_{\text{ком}} = \vec{v}$

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

$\cos \alpha = \frac{8}{17}$

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

$H_1 = 3 \cdot 17 = 51$

R_2

R

$\vec{v}_{\text{ср}} = \vec{v}$

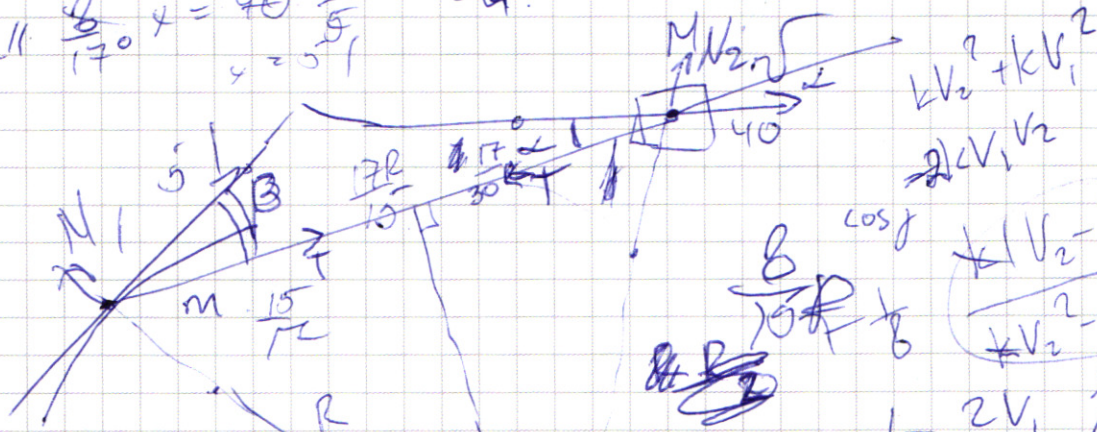
$180^\circ - \alpha$

$\frac{17}{30} \cdot T$

$T = \frac{15}{17} - \frac{1}{2} = \frac{51}{2}$

$\frac{4}{5} + \frac{15}{17} =$

$$11. \frac{8}{170} x = 40 \frac{1}{5} \quad 24.$$



$$kV_2^2 + kV_1^2$$

$$2kV_1V_2$$

$$\frac{8}{10} \cos \gamma \frac{k(V_2 - V_1)^2}{kV_2^2 - kV_1^2}$$

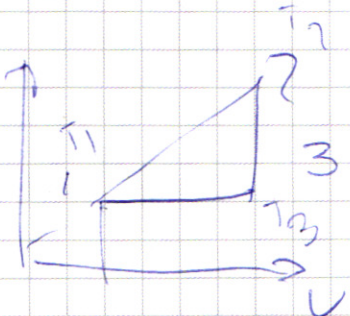
$$1 - \frac{2V_1}{x + V_1} \quad \left(\frac{1}{3} \right)$$

$$kV_1V_2 + kV_2V_1$$

$$\frac{(V_2 - V_1)}{(V_2 + V_1)} \quad \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$$

$$\left(\frac{x - V_1}{x + V_1} \right)^{1/2}$$

$$\frac{R}{x + V_1} - \frac{(x - V_1)}{x + V_1}$$



$$Q_{cv} = \frac{1}{2} R$$

$$Q_p = \frac{1+2}{2} R$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$= \left(\frac{p_2 + p_1}{2} \right) (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$= \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{2}$$

$$Q_{12} = 4(p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

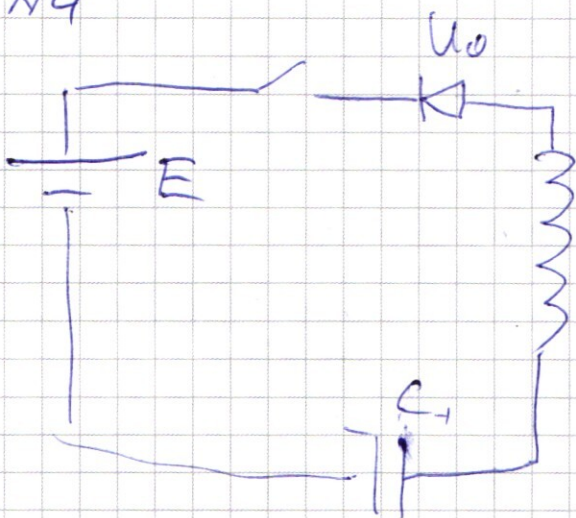
$$A_2 = \frac{(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2} \quad p_2 V_2 - p_1 V_1 - p_1 V_2 - p_2 V_1$$

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{\frac{1}{2} (p_2 V_2 + p_1 V_1 - p_1 V_2 - p_2 V_1)}{p_2 V_2 - p_1 V_1}$$

$$kV_2^2 + kV_1^2 - kV_2V_1 - kV_2V_1 - k(V_2 - V_1)^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4



1) Ток в нач. момент
не будет, т.к. катушка
создаст Э;

По 2 закону Кирхгофа

$$U_C = U_L + U_0 + E$$

$$U_L = U_C - U_0 - E =$$

$$= 6 - 1 - 3 = 2 \text{ В}$$

$$U_L = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \frac{2}{0,2} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) Ток максимальный $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow U_L = 0.$$

Значит при максимальной

токе $U_C' = E + U_0 = 4 \text{ В}$

на конденсаторе был заряд $q = C \cdot U$, а значит

$$q' = C \cdot U_C' \Rightarrow$$

$$\Delta q = C \cdot (U - U_C') =$$

$$= 2 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} =$$

$$= 4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}.$$

По 3.С.Э.

$$\frac{q^2}{2C} = \frac{(q - \Delta q)^2}{2C} + \frac{L I_{\text{макс}}^2}{2} + \Delta q \cdot (U_0 + E)$$

$$\frac{L I_{\text{макс}}^2}{2} = \frac{q^2}{2C} - \frac{(q - \Delta q)^2}{2C} - \Delta q (U_0 + E)$$

~~12~~ 14 (проверить)

$$\frac{L \cdot I_{\max}^2}{2} = \left(\frac{(12 \cdot 10^{-5})^2}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} - \frac{(8 \cdot 10^{-5})^2}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} - 4 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \right) \text{ Дж} =$$

$$= 4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}.$$

$$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-5}}{0,2}} \text{ А} = \sqrt{4 \cdot 10^{-4}} \text{ А} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А}.$$

3) После достижения максимального тока. ЭДС индукции на катушке имеет такой знак. Тогда по 3.С.Э.

$$\frac{L \cdot I_{\max}^2}{2} + \frac{(q - \Delta q)^2}{2C} = \frac{(q - \Delta q - q')^2}{2C} + q'(U_0 + E)$$

$$20 \cdot 10^{-5} = \frac{(8 \cdot 10^{-5} - q')^2}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} + q' \cdot 4.$$

$$800 \cdot 10^{-11} = 64 \cdot 10^{-10} - q'^2 - \cancel{16 \cdot 10^{-5} q'} + \cancel{4 q' \cdot 40 \cdot 10^{-6}}$$

$$q'^2 + \cancel{160 \cdot 10^{-6} q'} = 16 \cdot 10^{-10}$$

$$q' = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}.$$

Значит напряжение U_2 будет равно.

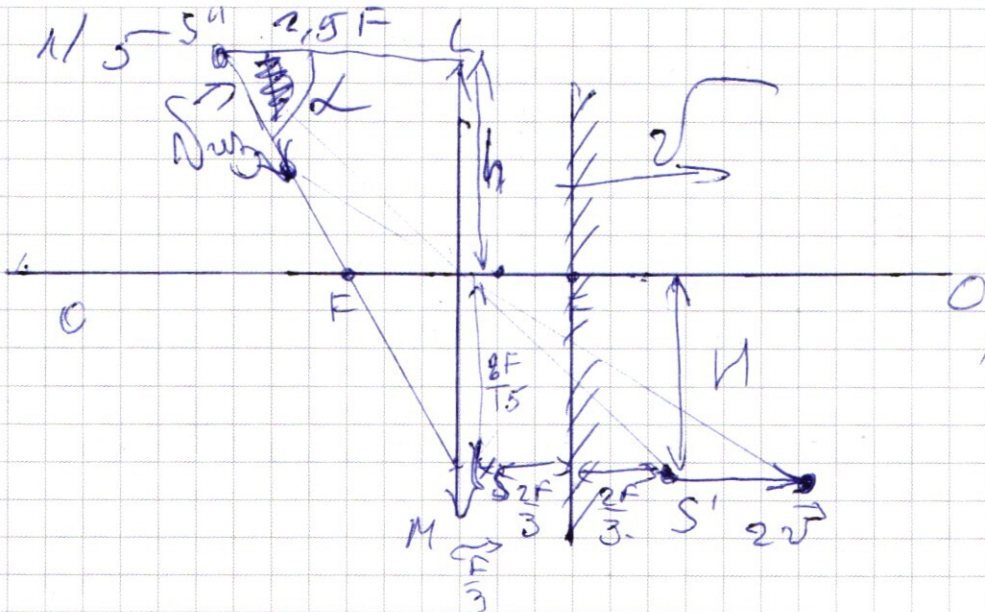
$$U_2 = \frac{(q - \Delta q - q')}{C} = \frac{4 \cdot 10^{-5}}{20 \cdot 10^{-6}} = 2 \text{ В}$$

• Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

2) $I_{\max} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А}$

3) $U_2 = 2 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Изображение будет создаваться перевернутое в зазеркалье, которое будет находиться на такой же расстоянии. Значит $p(S', LM) = \frac{F}{3} + \frac{2F}{3} + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$.

2) Предметом для линзы будет S'
По формуле линзы, $\frac{2}{5F} + \frac{1}{f} = \frac{5}{5F}$

$$\frac{1}{f} = \frac{2}{5F}$$

$$f = 2,5F$$

$$F = \frac{f}{2,5} = \frac{2,5F}{2,5} = F$$

$$3) \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{2,5F}{\frac{5}{3}F} = 1,5$$

$$\frac{h}{H} = \Gamma \Rightarrow h = H\Gamma = \frac{6}{5}F \cdot \frac{3}{2} = \frac{4}{5}F = \frac{12F}{15}$$

1/5 (продолжение)

~~Итого~~
Итого $\tan \beta = \frac{\frac{20F}{15}}{\frac{25}{10}F} = \frac{4}{15} \cdot \frac{10}{25} = \frac{8}{15}$

Значит $\beta = \arctg \frac{8}{15}$

Вернее,
3) ~~типа~~ движение со скоростью $\sqrt{\quad}$
Значит S' движение со скоростью $2\sqrt{\quad}$

Найдём продольное увеличение ~~рав~~ скорости
равное $\tau^2 \cdot r^2 = \frac{9}{4}$.

$$v_{пр.из} = \frac{9}{4} \cdot 2\sqrt{\quad} = 4,5\sqrt{\quad}$$

Итого $v_{изобр} = \frac{v_{пр.из}}{\cos \beta} = \frac{17}{10} \cdot \frac{9}{5} \sqrt{\quad} = 5,1\sqrt{\quad}$

Ответ:

1) $f = 2,5F$

2) $\beta = \arctg \frac{8}{15}$

3) $v_{из} = 5,1\sqrt{\quad}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper:

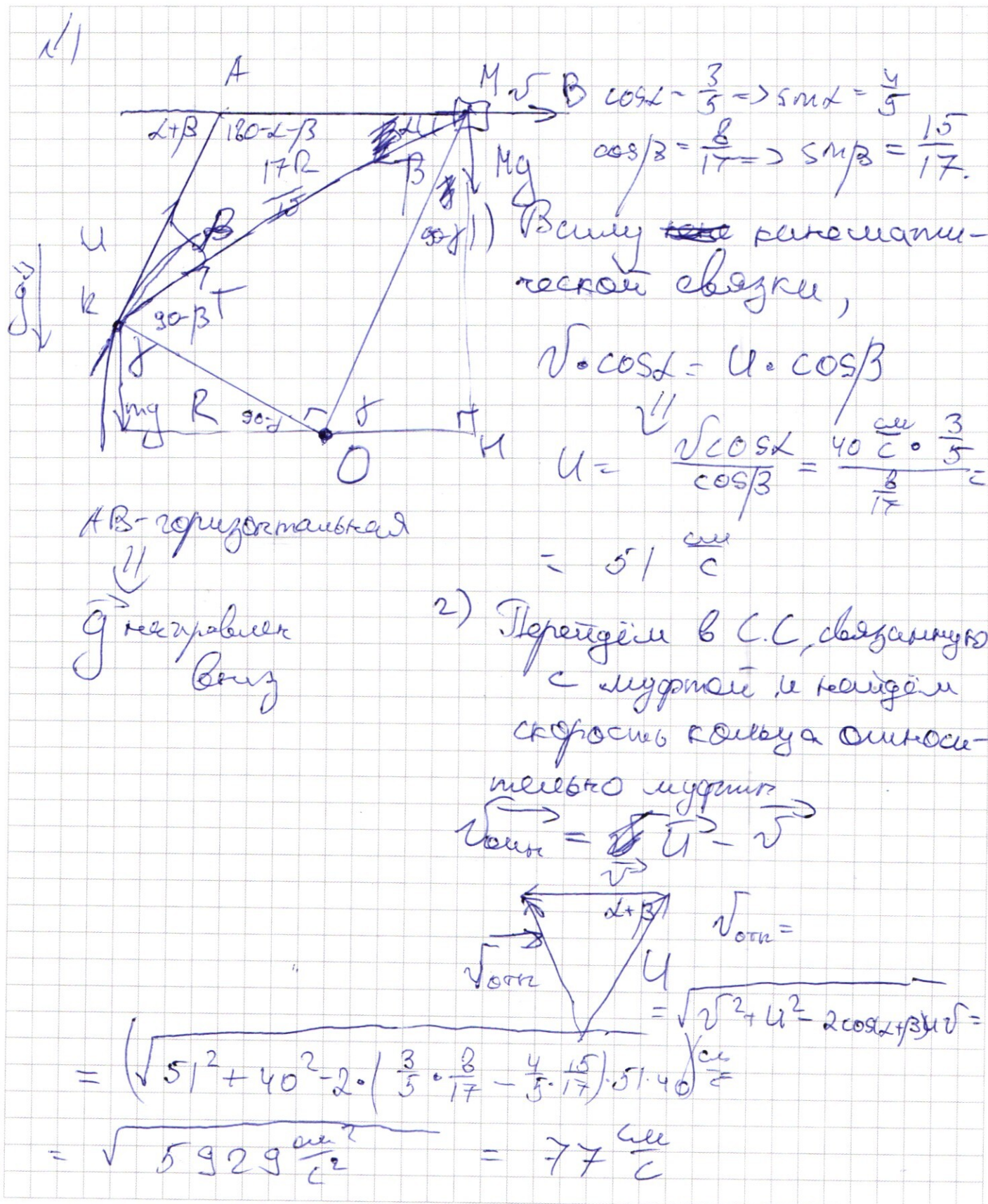
Diagram: A circuit diagram showing a voltage source $E = 30$ V, a capacitor $C = 20 \cdot 10^{-6}$ F, and a switch K . The capacitor is initially charged to $U_0 = 9$ V. The switch is closed at $t = 0$.

Equations and Calculations:

- $U_{\text{конг}} = \frac{6}{17} \cdot \frac{4}{5}$
- $2 = L \frac{dI}{dt}$
- $\frac{dI}{dt} = \frac{2}{0,2} = 10 \frac{A}{c.}$
- $Cos(x + \beta)$
- $A = E \cdot q$
- $A = 6 \cdot 20 \cdot 10^{-6}$
- $4 \cdot 20 \cdot 10^{-6}$
- $2 \cdot 20 \cdot 10^{-6}$
- $12 \cdot 10^{-5}$
- $8 \cdot 10^{-5}$
- $4 \cdot 10^{-5} \cdot 4$
- $U_c + L \frac{dI}{dt} = E + U_g$
- $\frac{U_c^2}{2} = \frac{U_g^2}{2} + E \cdot U_g$
- $20 \cdot 10^{-5} - 16 \cdot 10^{-5} = 40 \cdot 10^{-6}$

Graph: A graph showing the relationship between U_c and U_g . The vertical axis is labeled U_c and the horizontal axis is labeled U_g . The graph shows a linear relationship with a negative slope, intersecting the axes at $U_c = 16 \cdot 10^{-5}$ and $U_g = 20 \cdot 10^{-5}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



3) Проведём перпендикуляр KO , где $KO \perp AK$. O — центр. вращения.

$$\text{из } \triangle KMO \quad \left. \begin{array}{l} KM = \frac{17}{15} R \\ KO = R \end{array} \right\} \Rightarrow \triangle KMO - \text{н/у} \Rightarrow \angle KMO = \beta.$$

Таким образом угол β составлен углом γ с дугой KO

$$\text{из } \triangle OMA \Rightarrow \cos \gamma = \sin(90^\circ - \gamma) = \cos(\alpha + \beta) = -\frac{36}{85}$$

Тогда для маятника по 2 з.т.

$$\frac{u^2}{R} m = T \sin \beta + mg \cos \gamma$$

$$T \sin \beta = \frac{u^2}{R} m - mg \cos \gamma$$

$$T = \frac{\frac{u^2}{R} m - mg \cos \gamma}{\sin \beta} = \frac{(0,51)^2}{\frac{17}{15}} \cdot 1 + 10 \cdot \frac{36}{85} = \frac{15}{17}$$

$$= \frac{0,153 + \frac{360}{85}}{\frac{15}{17}} = \frac{51^2 \cdot 10^{-3}}{15} + \frac{72}{15} = \frac{2,601 + 72}{15}$$

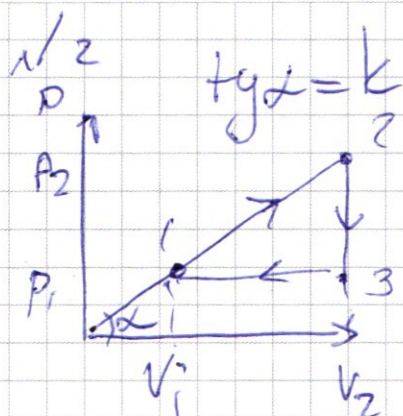
$$= \frac{74,601}{15} \text{ Н.}$$

Ответ: 1) $u = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $v_{\text{орт}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,77 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) $T \approx \frac{74,601}{15} \text{ Н.} \approx 5 \text{ Н.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$i = 3$ (однократный газ)

Пусть в процессе

1-2

$$\frac{p_2}{V_2} = \frac{p_1}{V_1} = k$$

1) Газ получает теплоту на 2-3 (изохорное ~~нагревание~~ охлаждение) и на 3-1 (изобарное ~~нагревание~~ охлаждение или ~~нагревание~~ охлаждение)

$$d = \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{i}{2}}{\frac{i+2}{2}} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5}$$

$$2) Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} =$$

$$= \left(\frac{p_2 + p_1}{2} \right) (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) =$$

$$= \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1 + \cancel{k V_2 V_1} - \cancel{k V_1 V_1}}{2} +$$

$$+ \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \cancel{\frac{1}{2} p_2 V_2}$$

$$= 2(p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2(p_2 V_2 - p_1 V_1)}{\frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1)} = 4$$

$$3) \eta = \frac{A_{\text{заг}}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{2(p_2 V_2 - p_1 V_1)} = \frac{1}{4} \left(\frac{p_2 V_2 - p_1 V_2 - p_2 V_1 + p_1 V_1}{p_2 V_2 - p_1 V_1} \right)$$

$$= \frac{1}{4} \left(\frac{\cancel{p_2 V_2} - \cancel{p_1 V_2} + \cancel{p_2 V_1} - \cancel{p_1 V_1}}{p_2 V_2 - p_1 V_1} \right) = \frac{1}{4} \frac{(V_2 - V_1)^2}{V_2^2 - V_1^2} = \frac{1}{4} \frac{(V_2 - V_1)^2}{(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}$$

v_2 (предельное)

$$= \frac{1}{4} \frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{2v_1}{v_2 + v_1} \right)$$

Функция $1 - \frac{2v_1}{v_2 + v_1}$ ^{возрастающая} ~~убывающая~~ при v_2 возрастании.

Значит $\lim_{v_2 \rightarrow +\infty} \eta = \frac{1}{4}$, т.к. $\frac{2v_1}{v_2 + v_1} = 0$

при $v_2 \rightarrow +\infty$

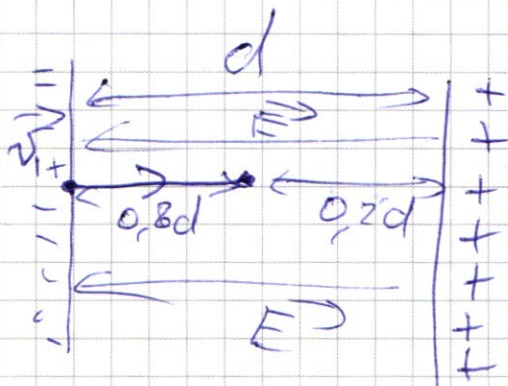
Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$

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

3) $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$ ~~при~~ при $v_2 \rightarrow +\infty$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



1) П.к. заряд останется по
левой обм. - отриц., а
правая - положит.

$$\frac{q}{m} = j$$

$$0,8d = \frac{v_1^2 - 0^2}{2a}$$

$$v_1^2 = 2a \cdot 0,8d$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,6d}$$

$$v_1 = aT$$

$$\frac{v_1^2}{1,6d} = \frac{v_1^2}{1,6d} T = v_1$$

$$T = \frac{1,6d}{v_1}$$

2) $a \cdot m = E \cdot q$

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

$$\frac{v_1^2}{1,6d} = \frac{U}{d} \cdot j$$

$$U = \frac{v_1^2}{1,6j}$$

3) П.к. эти обкладки достаточно
близкие то поле между обкладками
будет примерно равно 0. Поэтому на заряд не
будет действовать никакие силы, и

№3 (продолжение)

и скорость v_0 на боковой поверхности доски
должна примерно равна v_1

Ответ: 1) $T = \frac{1,6d}{v_1}$

2) $u = \frac{v_1^2}{g \cdot 1,6}$

3) $v_0 = v_1$