

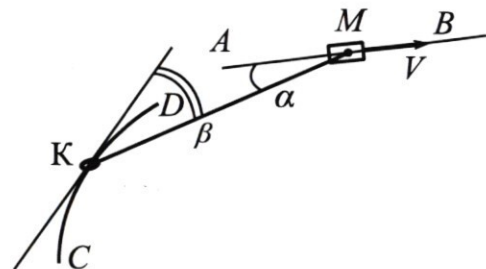
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-04

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

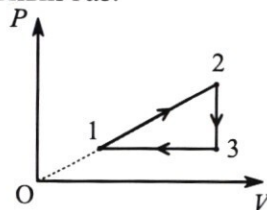
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной 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.



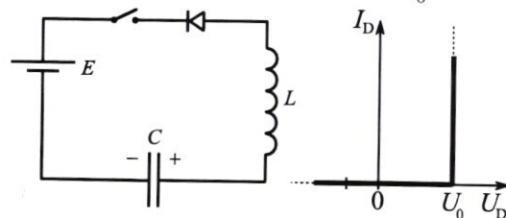
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью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

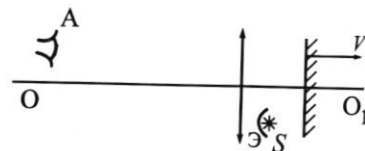


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

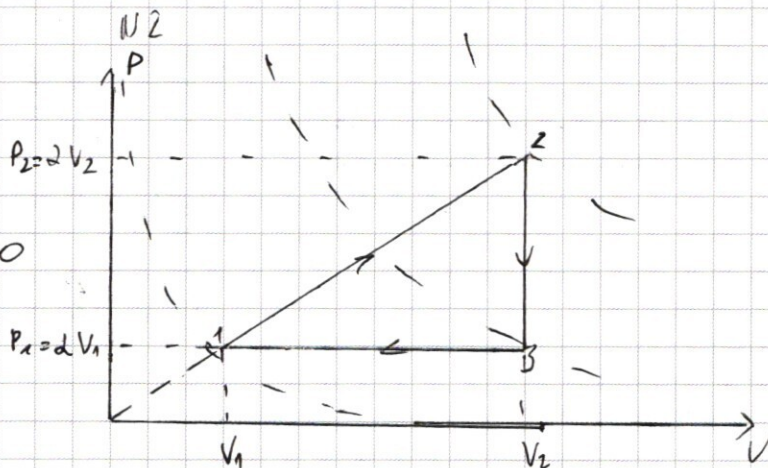
1) пунктирные кривые-
изотермы. Конечные
температуры процесса
на участках $2 \rightarrow 3$ и $3 \rightarrow 1$

$$C_{2-3} = C_V = \frac{3}{2} R$$

$$C_{3-1} = C_P = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{2-3}}{C_{3-1}} = \frac{3}{5}$$

Ответ на пункт 1: 0.6



2) 1-2 - прямая, проходящая через начало координат: $P = \alpha V$

$$A_{1-2} = \frac{(P_1 + P_2)}{2} (V_2 - V_1) = \frac{\alpha (V_2 + V_1)}{2} (V_2 - V_1) = \frac{\alpha (V_2^2 - V_1^2)}{2}$$

$$U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R T = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{U_{1-2}}{A_{1-2}} = \frac{\frac{3}{2} \alpha (V_2^2 - V_1^2)}{\frac{\alpha (V_2^2 - V_1^2)}{2}} = \frac{3}{1}$$

Ответ на пункт 2: 3:1

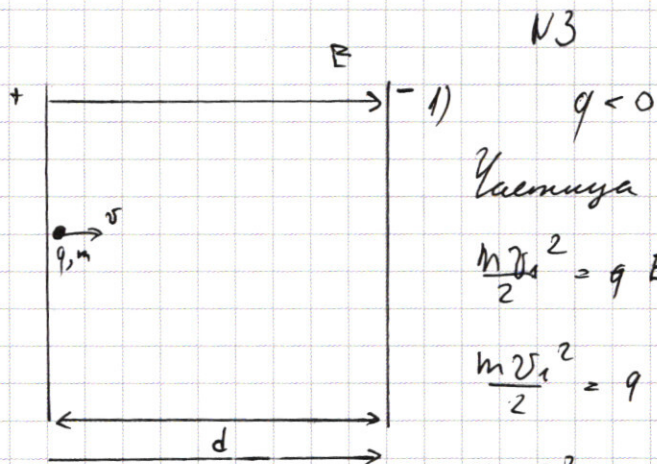
$$3) A_{\text{г}} = A_{1-2} - A_{3-1} = \frac{\alpha (V_2^2 - V_1^2)}{2} - \alpha V_1 (V_2 - V_1) = \frac{\alpha V_2^2}{2} - \frac{\alpha V_1^2}{2} + \alpha V_1^2 - \alpha V_1 V_2$$

$$Q_{\text{г}} = Q_{1-2} = \alpha (V_2^2 - V_1^2) - \text{огн. 2}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{г}}}{Q_{\text{г}}} = \frac{\frac{\alpha V_2^2}{2} - \frac{\alpha V_1^2}{2} + \alpha V_1^2 - \alpha V_1 V_2}{\alpha (V_2^2 - V_1^2)} = \frac{\alpha (V_2 - V_1)^2}{4 \alpha (V_2^2 - V_1^2)} = \frac{\alpha (V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}{4 \alpha (V_2 - V_1)(V_2 + V_1)}$$

$$= \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)} \quad V_2, V_1 > 0 \Rightarrow \eta \rightarrow \frac{1}{4} \text{ при } V_1 \rightarrow 0$$

Ответ: 1) 0.6 2) 3:1 3) 0.25



Угнетена електронска сила:

$$\frac{mv_1^2}{2} = q E \cdot 0.8d$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = q \frac{U}{d} \cdot 0.8d$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = 0.8qU$$

$$\frac{q}{m} = \frac{v_1^2}{1.6U} = \gamma$$

2) $ma = qE$

$$ma = q \frac{U}{d}$$

$$a = \frac{qU}{md} = \gamma \frac{U}{d}$$

$$L = v_1 t - \frac{at^2}{2}$$

- перемещение

$$L = 0$$

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

$$t(v_1 - \frac{at}{2}) = 0$$

$t = 0$ при входе частицы в конденсатор

$$v_1 - \frac{at}{2} = 0$$

$$t = \frac{2v_1}{a} = \frac{2d v_1}{\gamma U} = \frac{2d v_1 \cdot 1.6U}{v_1^2 U} = \frac{3.2d}{v_1}$$

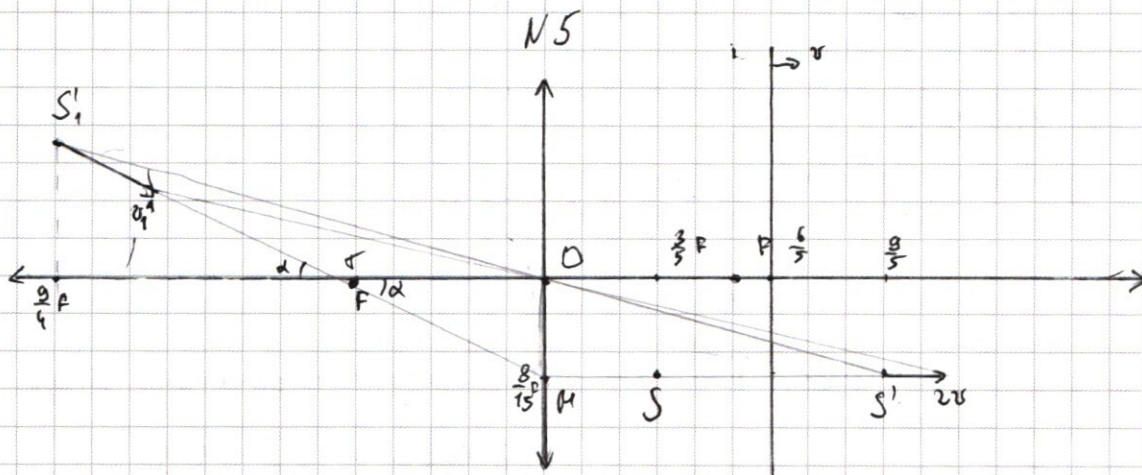
3) Вне конденсатора поле отсутствует: $v_0 = v_1$

Ответ: 1) $\frac{v_1^2}{1.6U}$

2) $\frac{3.2d}{v_1}$

3) v_1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



- 1) Изображение источника S в зеркале находится на расстоянии

$$\frac{5}{5}F + \left(\frac{6}{5}F - \frac{3}{5}F \right) = \frac{9}{5}F \text{ от линзы и обозначается } S'$$

Изображение S' в линзе находится от линзы на расстоянии f

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

$$f = \frac{9}{4}F$$

- 2) Рассмотрим также следующие источники

Построим ось, перпендикулярную линзе из источника и ее продолжения. Изображение изображения источника - S'

Рассмотрим $\triangle OMT$: $\tan \angle OFM = \tan \alpha = \frac{8}{15}$

$$\alpha = \arctan \frac{8}{15}$$

- 3) Теперь рассчитаем скорость изображения S' и проекции

скорости изображения S' :

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{v^2} - \frac{4F}{f^2} = 0$$

$$v_{1x} = -2v \cdot \frac{1 \cdot \frac{9}{4}F}{\frac{9}{5}F} = -2v \cdot \frac{25}{16} = -\frac{25}{8}v$$

Снаряду найденного в п. 2 вычисляется угол
вертикального проектного корабля:

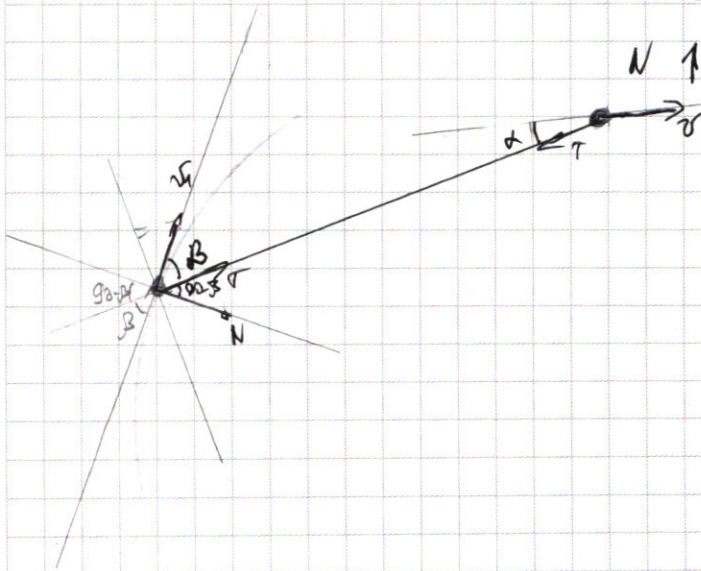
$$v_{1y} = v_1 \cdot \sin \alpha = \frac{8}{15} \cdot \frac{25}{8} v = \frac{5}{3} v$$

$$v_y = \sqrt{v_{1y}^2 + v_{1x}^2} = \sqrt{\left(\frac{25}{8}v\right)^2 + \left(\frac{25}{8}v\right)^2} = v \sqrt{\frac{5645}{32 \cdot 8^2}} = \frac{v}{24} \sqrt{5645}$$

Ответ: 1) $\frac{9}{4} F$

2) $\arctan \frac{8}{15}$

3) $v \cdot \frac{\sqrt{5645}}{24} = v \cdot \frac{5\sqrt{289}}{24} = \frac{85}{24} v$



1) Кинематическая связь

$$v \cos \alpha = v_1 \cos \beta$$

$$\frac{4}{5} v = \frac{8}{14} v_1$$

$$v_1 = \frac{17}{10} v = 1.7 v$$

2) $v_{\text{отн}} = v_1 \sin \beta + v \sin \alpha$

$$v_{\text{отн}} = \frac{15}{14} v_1 + \frac{3}{5} v$$

$$v_{\text{отн}} = \frac{15 \cdot 17}{14 \cdot 10} v + \frac{3}{5} v = \frac{6}{5} v$$

3) Запишем законы

Ньютона для системы

отсчета отн. мурты

и отн. земли

$$\begin{cases} T \sin \beta + N = m \frac{v^2}{R^2} \\ T + N \sin \beta = m \frac{v_{\text{отн}}^2}{\left(\frac{17}{15} R^2\right)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T + N \sin \beta = m \frac{v_{\text{отн}}^2}{\left(\frac{17}{15} R^2\right)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} N = m \frac{v^2}{R^2} - T \sin \beta \end{cases}$$

$$\begin{cases} T + m \frac{v^2}{R^2} \sin \beta - T \sin^2 \beta = m \frac{v_{\text{отн}}^2 \cdot 225}{289 R^2} \end{cases}$$

T - сила натяжения троса

N - сила с которой кольцо действует на трос

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Gamma(1 - \sin^2 \beta) = \frac{m v}{R^2} \left(\frac{225}{289} \cdot \frac{6}{5} - \frac{3}{5} \right)$$

$$\Gamma \cdot \frac{69}{289} = \frac{m v}{R^2} \left(\frac{270}{289} - \frac{3}{5} \right)$$

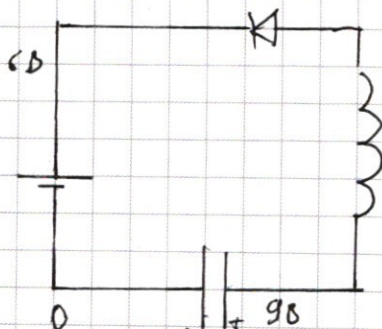
$$64\Gamma = \frac{m v}{R^2} \left(270 - \frac{3 \cdot 289}{5} \right) \approx \frac{m v}{R^2} (270 - 173.4) = 96.6 \frac{m v}{R^2}$$

$$\Gamma = \frac{96.6 \cdot 0.4 \cdot 2}{(1.9)^2 \cdot 64} = \frac{96.6 \cdot 4 \cdot 2}{19^2 \cdot 64} = \frac{483}{19^2 \cdot 4} = \frac{483}{1444}$$

Ответ: 1) ~~1.2~~ $1.2 v = 3.4 \text{ м/с}$

2) $1.2 v = 2.4 \text{ м/с}$

3) $\frac{483}{1444}$



и ч

1) В начале катушки - разрыв цепи,

напряжение на катушке $-U_k - \varepsilon$

$$U_k - \varepsilon = L I'$$

$$I' = \frac{U_k - \varepsilon}{L} = 4.5$$

2) $\frac{L I'^2}{2} + \varepsilon \Delta q = \frac{(\varepsilon + U_0)^2}{2} + \frac{L I'^2}{2}$ $\varepsilon + U_0$ - минимальное

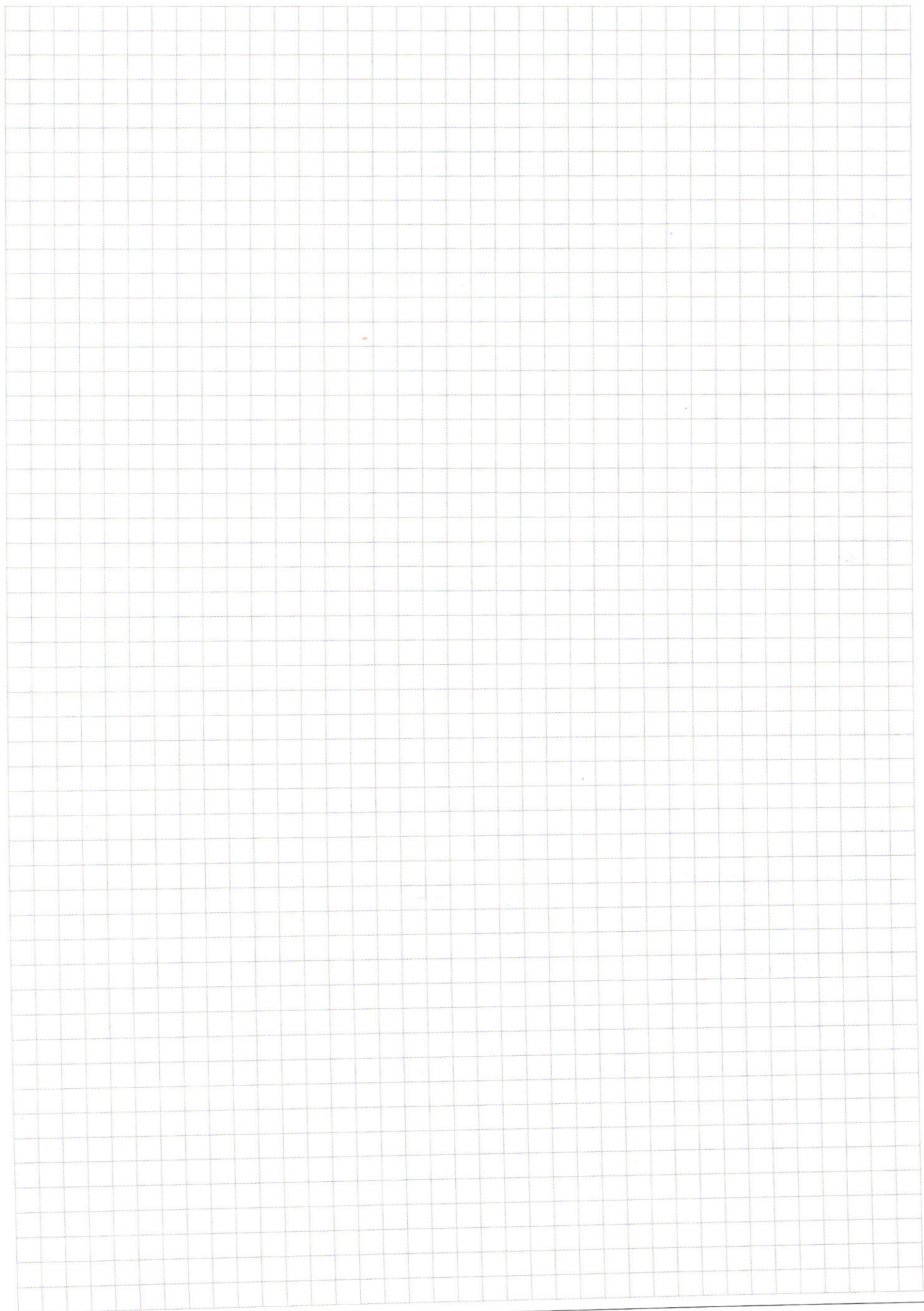
возможное напр. конденсатора не закрылся (ток был)

Заряд течет против напр. катушки из-за напр, зарядки
емкост конденсатора $\Delta q = (\varepsilon_1 - \varepsilon + U_0)$

или $I = 9 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{20} = 0.09 \sqrt{20}$

Ответ: 1) 4.5

2) $0.09 \sqrt{20} \text{ А}$



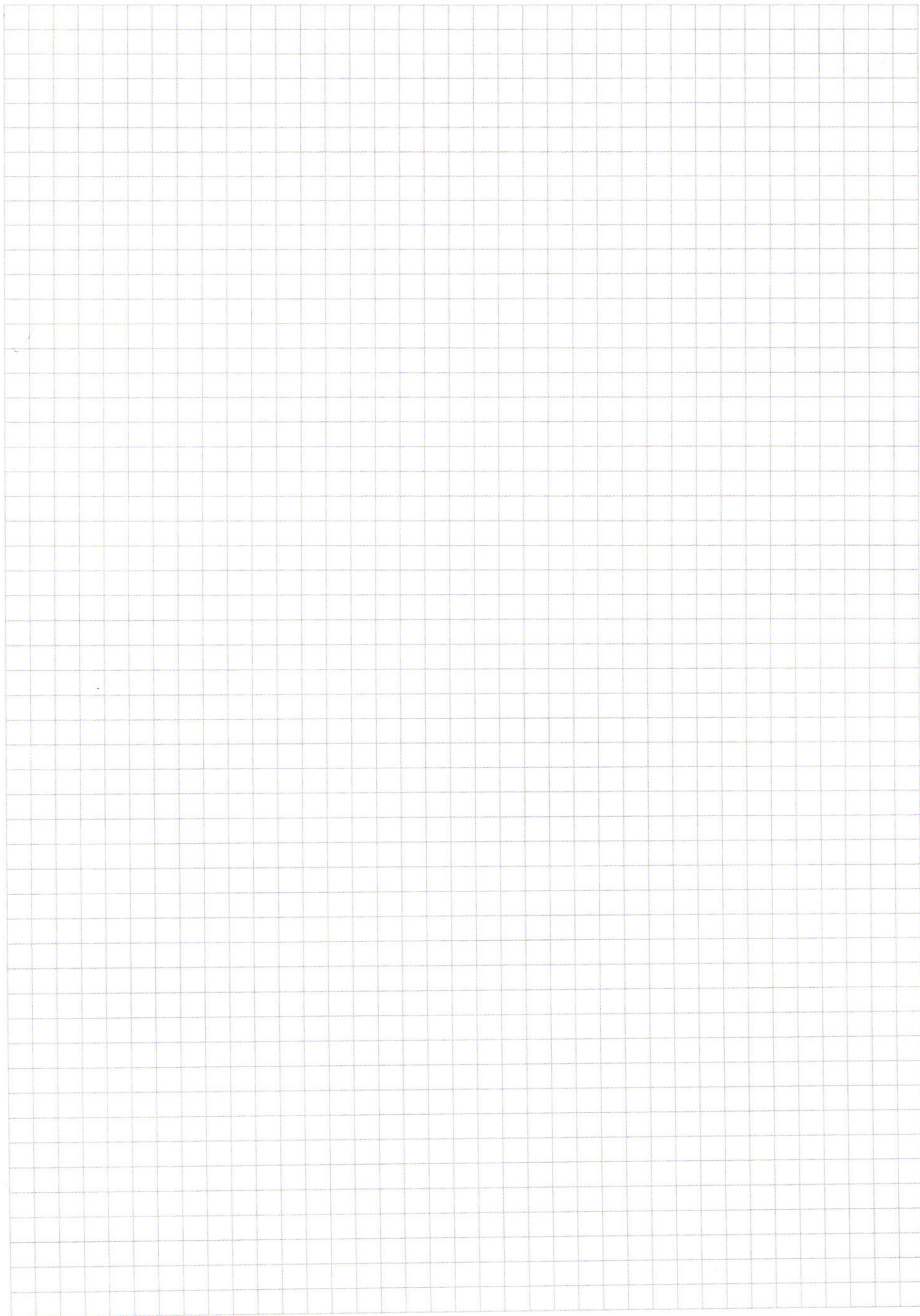
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{3}{0.9} = \frac{30}{9} = \frac{15}{2} = 7.5$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

25

Проверка: $v_2 \cos \alpha = v_1 \cos \beta$

$v_{\text{max}} = (v_1 \sin \alpha + v_2 \sin \beta) \cdot \frac{1}{\sin \alpha}$

$v_{\text{max}} = \sqrt{v_1^2 \sin^2 \alpha + 2 v_1 v_2 \sin \alpha \sin \beta + v_2^2 \sin^2 \beta} + v_2 \cos \beta$

$\frac{3}{2} R$

$\frac{5}{2} R$

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

$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$

$\tan \alpha = \frac{1}{\cos \alpha} - 1$

$A = \frac{d}{dt} \frac{v_1^2 + v_2^2}{2} (v_2 - v_1) v_1$

$A = \frac{d}{dt} (v_2^2 - v_1^2) \cdot \frac{225}{64}$

$\Delta U = \frac{3}{2} (v_1^2 - v_2^2)$

$\frac{64}{225} + R \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2} - \frac{d}{dt} v_1 (v_2 - v_1) \Delta U$

$\frac{289}{225} - \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} - \frac{d}{dt} v_1 v_2 + \frac{d}{dt} v_1^2$

$\frac{225}{289} - \frac{v_2^2}{2} - \frac{d}{dt} v_1 v_2 - \frac{d}{dt} v_1^2 = A$

$Q = 2 \frac{d}{dt} (v_1^2 - v_2^2)$

$\eta = \frac{v_1^2 - \frac{d}{dt} v_1 v_2 + \frac{d}{dt} v_1^2}{2 \frac{d}{dt} (v_1^2 - v_2^2)}$

$= \frac{(v_2 - v_1)^2}{4 (v_1 - v_2)(v_1 + v_2)} = \frac{v_2 - v_1}{4 (v_1 + v_2)}$

$\eta \rightarrow \frac{1}{4}$ при $v_1 \rightarrow 0$

$U_1 = 0$ $\eta = \frac{1}{4}$

$v_2 - v_1 = v_1 + v_2$

$\frac{(v_2 - v_1)^2}{4 (v_1^2 - v_2^2)} =$

$$U_{\text{эф}} = \frac{m v^2}{2} = q \frac{V}{d} \cdot 0.8d$$

$$t = \frac{2.5 \text{ мд} \cdot 2.5 \text{ мд}}{q \cdot \frac{1.6}{q}} = \frac{2.5 \text{ мд} \cdot 2.5 \text{ мд}}{1.6}$$

$$\frac{C U^2}{2} + q \varepsilon = \frac{C (\varepsilon + U_0)^2}{2} + \frac{1}{2} m v^2 = 0.8 q V$$

$$t = 2.5 \frac{1.6}{d} \cdot \frac{1.6 U}{v^2} = \frac{3.2 U^2}{d v^2}$$

$$\frac{C U^2}{2} + \varepsilon C \left(\frac{V - \varepsilon - U_0}{\varepsilon} \right) = C \varepsilon$$

$$\frac{q}{m} = \frac{1.6}{1.6 V} = \frac{2.52}{1.6 V}$$

$$\Delta l = \frac{3.2 U^2}{d v^2} \quad C = \frac{1}{4}$$

$$m a = m g - k \Delta x$$

$$a = g - \frac{k \Delta x}{m}$$

$$C =$$

$$k$$

$$m \cdot a = q \frac{V}{d}$$

$$a = \frac{q E}{m} = \frac{0.2 V}{1.6 V} \cdot d = \frac{2.2}{1.6 \text{ мд}}$$

$$v t - \frac{a t^2}{2} = 0$$

$$E = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

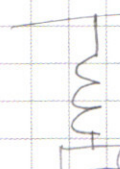
$$t \left(v - \frac{a t}{2} \right) = 0$$

$$\varepsilon = L I(t)$$

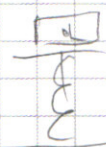
Контр-емкостные, удерживающие
открытые

$$t = 0$$

$$v - \frac{a t}{2} = 0$$

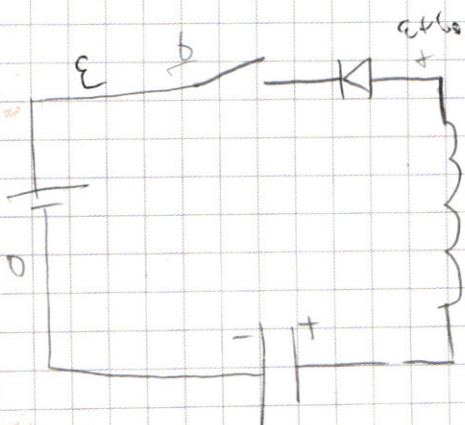


$$a =$$



$$L I' = \varepsilon - U \quad I' = \frac{\varepsilon - U}{L} \quad t = \frac{2.5}{a} = \frac{2.5 \cdot 1.6 \text{ мд}}{v^2} = \frac{3.2 \cdot 9 \text{ д}}{v^2}$$

$$\sigma_0 = \sigma_{\text{внеш}} = \sigma_1 \cdot 2 \quad v =$$



$$1 - \frac{4}{5} = \frac{1}{5}$$

$$1 - \frac{16}{25} = \frac{9}{25}$$

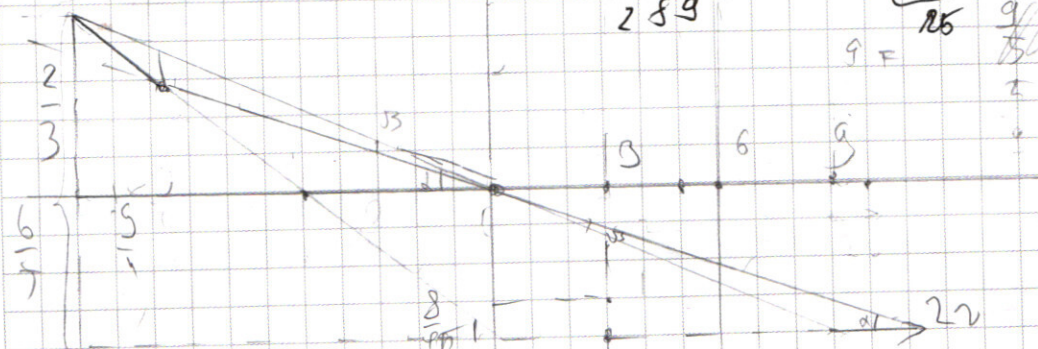
$$1 - \frac{8}{10} = \frac{2}{10}$$

$$\frac{12.012}{16} = \frac{185}{10}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ 14 \\ \hline 119 \\ + 14 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ 59 \\ \hline 225 \\ \hline 25 \end{array}$$

$$\frac{45}{12}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{CV^2}{2} + \varepsilon(U - \varepsilon - U_0)C = \frac{C(\varepsilon + U_0)^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{25}{8} + \frac{625}{64} = \frac{25 \cdot 8^2 + 25 \cdot 9}{(64+5) \cdot 1}$$

$$CV^2 + 2C\varepsilon U + 2C\varepsilon^2 + 2\varepsilon\varepsilon U_0 = C\varepsilon^2 + 2C\varepsilon U_0 + \frac{LI^2}{2}$$

$$\frac{1600 + 23(25 \cdot 9 + 64)}{23(25 \cdot 9 + 64)}$$

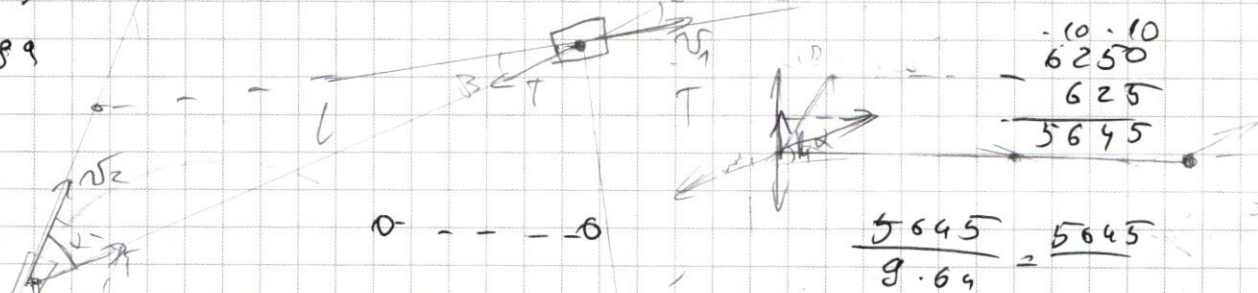
$$CV^2 - 2C\varepsilon U + C\varepsilon$$

$$P(P + \sigma_1 \Delta t + \sigma_2 \Delta t) =$$

$$225 + 64$$

$$289$$

$$T \sin \alpha = m \frac{v_2^2}{R^2}$$



$$25 \quad 625$$

$$10 \cdot 10$$

$$6250$$

$$625$$

$$5645$$

$$\frac{5645}{8 \cdot 64} = \frac{5645}{512}$$

$$Q_{2-3} = \frac{3}{2} \Delta V_2 (V_2 - V_1) + \frac{5}{2} \Delta V_1 (V_2 - V_1) = \Delta (V_2 - V_1) / \left(\frac{3}{2} \Delta V_2 - \frac{5}{2} \Delta V_1 \right)$$

$$1 - \frac{\Delta (V_2 - V_1) \left(\frac{3}{2} \Delta V_2 + \frac{5}{2} \Delta V_1 \right)}{2 \Delta V_2^2 - V_1^2} \quad P(4 + v_1 \Delta t + v_2 \Delta t) = 1$$

$$1 - \frac{3V_2 - 5V_1}{4(V_2^2 + V_1)} = \frac{4V_2 + 4V_1 + 3V_2 + 5V_1}{4(V_2 + V_1)} = \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)}$$

$$\frac{64}{9}$$

$$576$$

$$\frac{8}{15}$$

$$v_2 = -v_1 \left(\frac{16}{25} \right)^2$$

$$\left(\frac{16}{25} \right)^2$$

$$v_2 = -v_1 \frac{16}{25}$$

$$\frac{5}{9P} + \frac{1}{x} = P$$

$$x = \frac{9}{4} P$$

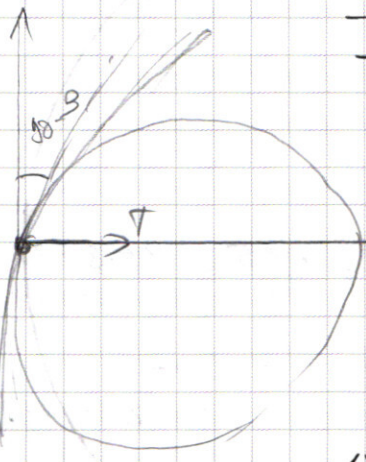
$$\frac{5}{9P + 4L} =$$

$$\frac{1}{\frac{5}{9}P + \sigma_1 \Delta t} + \frac{1}{\frac{4}{9}P + \sigma_2 \Delta t} = \frac{1}{P}$$

$$\begin{array}{r} 990 \\ 1000 \\ \hline 3.4 \\ \hline 96.6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 240 \\ + 289 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 225 \overline{) 5} \\ 20 \quad 15 \\ \hline 25 \\ 45 \quad 6 \quad 90.3 \end{array}$$



$$T(1 - \sin^2 \beta) = m \left(\frac{225 v_{out}^2}{289 R^2} - \frac{v^2}{R^2} \right)$$

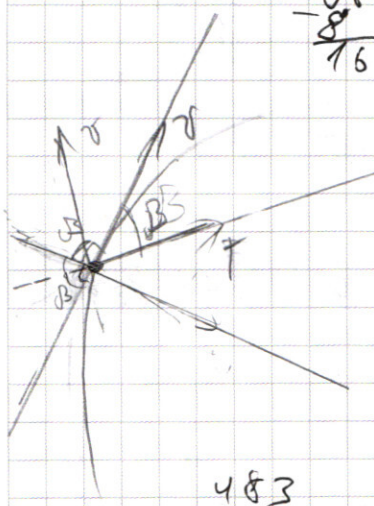
$$289 \cdot 173.4 + \left(\frac{464}{289} = 1.6 \right) \frac{6 \cdot 225}{5 \cdot 289 R^2} - \frac{1}{R^2} \sqrt{\frac{359}{2}} =$$

$$T \cdot 64 = 2m \left(\frac{6 \cdot 225}{5 R^2} - \frac{289}{R^2} \right) = 9 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{array}{r} 950 \overline{) 2} \\ 8 \quad 16 \end{array}$$

$$T = m \cdot 8 \cdot 245$$

$$\sqrt{180} = \frac{7.18}{4} = 35$$



$$T \sin \beta + N =$$

$$T \sin \beta - N = m \frac{v^2}{R}$$

$$N \cos \beta$$

$$N \sin \beta - T = m \frac{v_{out}^2}{R}$$

$$T \sin \beta + N = m v^2 \cdot \cos \alpha$$

$$N \cdot T = v \cdot m$$

$$\frac{483}{361.4}$$

$$10 \cdot 10^{-6} \cdot g^2$$

$$m g \Rightarrow$$

$$LE = \frac{V}{c}$$

$$T(1 - \sin^2 \beta) = \frac{m v}{R^2} \left(\frac{225 \cdot 6}{289 \cdot 5 R^2} - \frac{17 \cdot 15}{10 \cdot 17} \right) \frac{71.2}{0.1}$$

$$V = \frac{L \cdot E}{c}$$

$$\frac{464}{289} = \frac{m v}{R^2} \left(\frac{240}{289} - \frac{3}{5} \cdot \frac{19^2}{171} \right)$$

$$I = \frac{71.8}{10^{-2} \cdot 0.4}$$

$$T = \frac{m v}{R^2} \cdot 10^{-2}$$

$$\begin{array}{r} 361 \\ \times 361 \\ \hline 12944 \end{array}$$

$$\sqrt{\frac{10^{-5} (81 - 1.2 - 9)}{0.4}}$$

$$24 \cdot 10^{-8} \cdot 81 - 6 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 10^{-5} \cdot 9 + 0.1 \cdot 2$$