

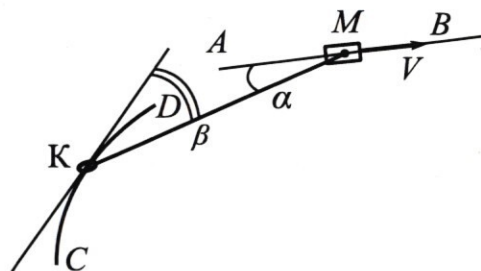
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-03

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



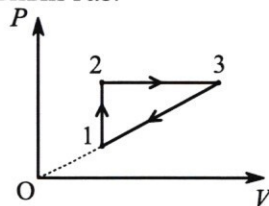
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$. Система в вакууме; сетки мощагью S

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица 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.

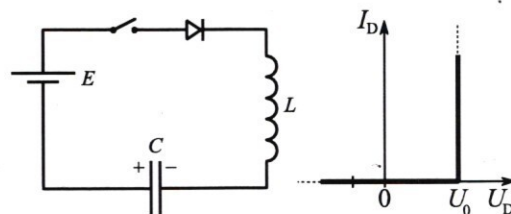
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

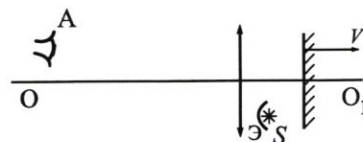


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

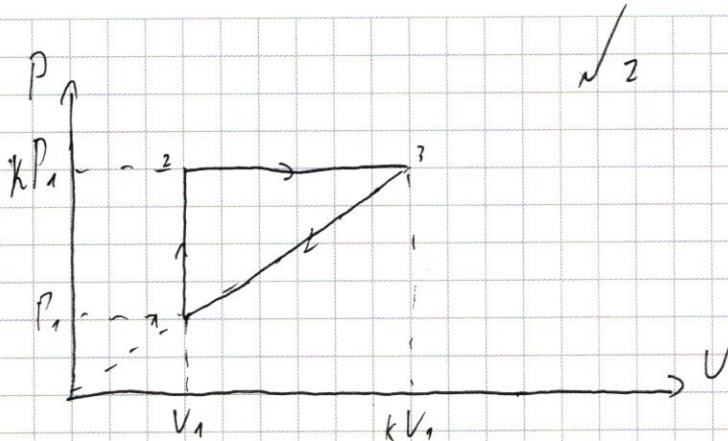
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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) в данном случае описываемые участки это
1-2 и 2-3 :

$$1-2: Q_{12} = A_{12} + \rho U_{12}$$

$$V C_{12} \rho T = \rho + \frac{i}{2} V R \rho T_{12}$$

$$C_{12} = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$$

тепло; работа ρ ; изм.
внутр. энергии и теплоемкость
на 1-2 - 100 мВ.

$i=3$ для изг. соотнош.
таже ρ

$$1-3: Q_{13} = A_{13} + \frac{5}{2} \rho \frac{i}{2} V R \rho T_{13} - \text{обознач. аналогично (1-2)}$$

$$P_2 V_2 = \rho R T_2$$

$$P_2 V_3 = \rho R T_3$$

$$V C_{13} \rho T_{13} = P_2 (V_3 - V_2) + \frac{3}{2} \rho R \rho T_{13}$$

$$P_2 (V_3 - V_2) = \rho R \rho T_{13}$$

$$V C_{13} \rho T_{13} = \rho R \rho T_{13} + \frac{3}{2} \rho R \rho T_{13}$$

увеличение объема и
температура в
точках 2; 3 - 100 мВ

$$C_{23} = \frac{5}{2} R$$

||

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$$

Омб.н. $n(1) : \frac{3}{5}$

2) как мы вычисляли в $n(1)$:

$$A_{23} = \nu R \Delta T_{23}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

||

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$$

Омб.н. $n(2) : \frac{3}{2}$

3) Пусть $P_1 V_1$ - давление и объём в т. 1,
а $k \cdot P_1$ - давление в т. 2, 3 тогда

$$V_3 = k V_1$$

- из условия ; где
 V_3 - объём в т. 3

тогда :

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{P_1 V_1 (k-1)^2}{2(Q_{12} + Q_{23})}$$

||

- A - работа газа
за цикл
 η - КПД
 Q_H - переданное
тепло

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{P_1 V_1 (k-1)^2}{2 P_1 V_1 (k-1) \left(\frac{3}{2} + k \cdot \frac{5}{2} \right)}$$

↓

$$\eta = \frac{k-1}{3+5k}$$

найдем макс. η для этого:

~~и~~

$$\dot{\eta} = 0 = \frac{k(3+5k) - 5k(k-1)}{(3+5k)^2} =$$

↓

$$k \cdot \frac{7}{(3+5k)^2} = 0$$

производная по k

k_m - при k при
котором дастся
макс. значение КПД

в таком случае решение будет $k_m \rightarrow \infty$

таким образом подставляя в формулу
получаем:

$$\eta = \frac{k_m - 1}{3 + 5k_m}$$

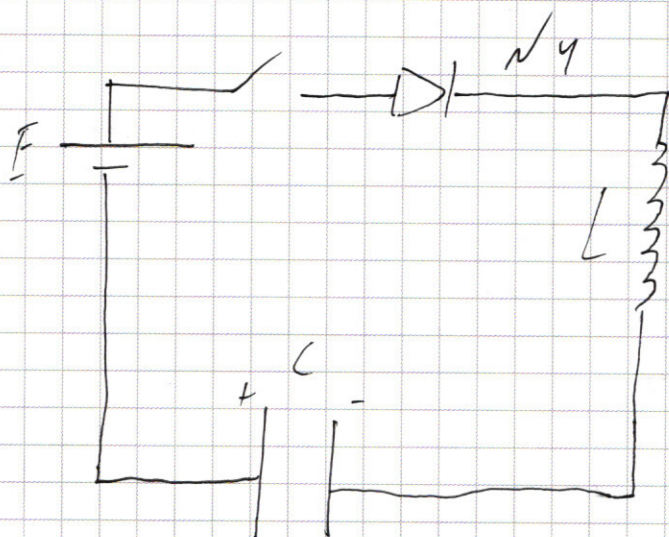
и то $k_m \gg 1$;

$k_m \gg 1$

тогда:

$$\eta \approx \frac{k_m}{5k_m} = \frac{1}{5}$$

$$\boxed{\text{Отв к п. (3) : } \frac{1}{5}}$$



1) сразу после замыкания магнитная констан. не усп. разряд.

из 3. Kirchhoffa:

$$LI = E + U_1 - U_0$$

$$I = \frac{E + U_1 - U_0}{L} = 70 \frac{A}{C}$$

Ответ п(1): $70 \frac{A}{C}$

2) запишем 3(т):

$$\frac{CU_1^2}{2} + A = Q_g + \frac{CU_x^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

$$CU_1^2 + 2q(E - U_0) - C(U_1 - \frac{q}{C})^2 = LI^2$$

продифф. по q левую часть и приравняем к нулю для нахождения I

$$2(E - U_0) + 2U_1 - 2\frac{q}{C} = 0$$

$$q = \frac{(E + U_1 - U_0) \cdot C}{1}$$

A - работа батарейки

Q_g - тепло; выдел. на змее

U_x - напр. на конденс.
 q - протёкш. заряд

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

подставим найденный заряд и найдем
 $I_{\max}$ - максимальный ток:

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

$$= C U_1 (E + U_1 - U_0)$$

$$\Downarrow$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \sqrt{U_1 (E + U_1 - U_0)} = 0,02 \cdot \sqrt{14} \text{ А}$$

Отв к п. 21: $I_{\max} \approx 0,07 \text{ А}$

3) в уст. режиме ток равен нулю т.к. полевик не будет из-за диода; а постоянный ток приведет к заряду на конденс.

$\Downarrow$ из п. характеристики:

$$U_1 = E - U_0 = 5 \text{ В}$$

Отв к п. (3): $U_1 = 5 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) ~~изображение~~ S' - движется параллельно OO_1

↓
скорость изображения ~~будет~~ направлена
по перпен. лучу - продолж. скорости S'
↓

$$\text{или } \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{F}$$

h - высота S' над OO_1

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{3}{4}F}{F} = \frac{3}{4}$$

$$\boxed{\text{Отв к п. 2) } \operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}}$$

3) пусть H - высота изобр. над OO_1

тогда из подобия:

$$H = h \cdot \frac{b}{l} = \frac{3}{4}F \cdot \frac{F}{2l - \frac{5}{4}F}$$

тогда: $\dot{H}$ - поперечн. скорость изобр.
 $\dot{b}$ - продольная скорость изобр

$$\boxed{\dot{b} = \dot{H} \text{ по определению}}$$

$$i = - \frac{\frac{3}{2} V F^2}{(2\ell - \frac{5}{4} F)^2} = \boxed{-24V}$$

$$b = \frac{2VF \left((2\ell - \frac{5}{4} F) - (2\ell - \frac{F}{4}) \right)}{(2\ell - \frac{5}{4} F)^2} = - \frac{2VF^2}{(2\ell - \frac{5}{4} F)} = \boxed{-32V}$$

III

из теор. пир.:

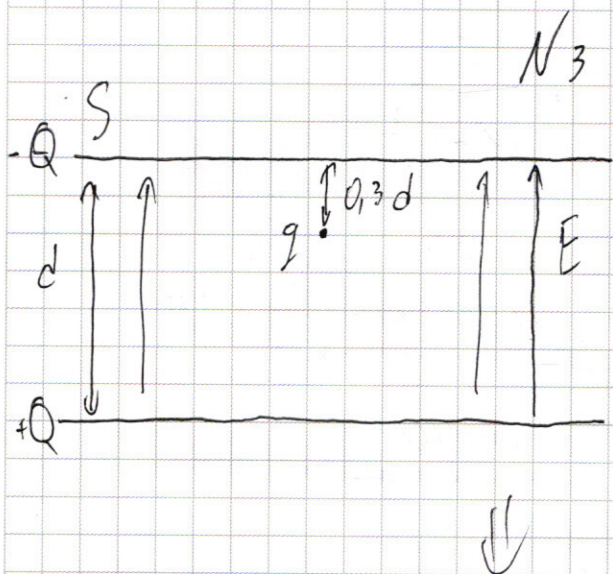
U - скорость изобр.

$$U = \sqrt{(i)^2 + (b)^2} =$$

$$= V \sqrt{24^2 + 32^2} = 8V \sqrt{4^2 + 3^2} = 40V$$

~~$$U_{\text{об}} = U = 40V$$~~

$$\boxed{\text{Об к п. (3): } U = 40V}$$



пусть E - поле внутри конденсатора

E - направлено от $+$ к $-$

но, т.к. q - отр.

он пойдет против E

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

пусть a - ускорение заряда q внутри конденс.

тогда из 2 ЗМ:

$$F = ma$$

$$|q| E = ma$$

$$a = \gamma E$$

по формуле пути без времени ищем:

$$\frac{V_1^2 - 0}{2a} = 0,7d$$

$\Downarrow$

$$2a = \frac{V_1^2}{0,7d}$$

$$E = \frac{V_1^2}{1,4 \gamma d}$$

$\Rightarrow$

$$a = \frac{V_1^2}{1,4 d}$$

1) из указанного положения заряда
оставалось пройти $0,2d$

$\Downarrow$

$$\frac{aT^2}{2} = 0,2d$$

$\Downarrow$

$$T = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56}$$

II

Отб к 1(1):

$$\boxed{T \approx \sqrt{0,56} \frac{d}{V_1}} \\ \approx 0,765 \frac{d}{V_1}$$

2) пусть φ - разность потенциалов между обкладками; тогда:

$$\varphi = \frac{Q}{C}$$

$$\varphi = E \cdot d$$

II

$$E d = \frac{Q}{\frac{\epsilon_0 S}{d}}$$

III

$$Q = \epsilon_0 E S = \epsilon_0 S \cdot \frac{V_1^2}{1,48d}$$

$$\boxed{\text{Отб: } Q = \epsilon_0 S \frac{V_1^2}{1,48d}} \\ \text{к 1(1)}$$

3) запишем 3(2):

$$0,3 \cdot E d \cdot 191 = \frac{m V_1^2}{2}$$

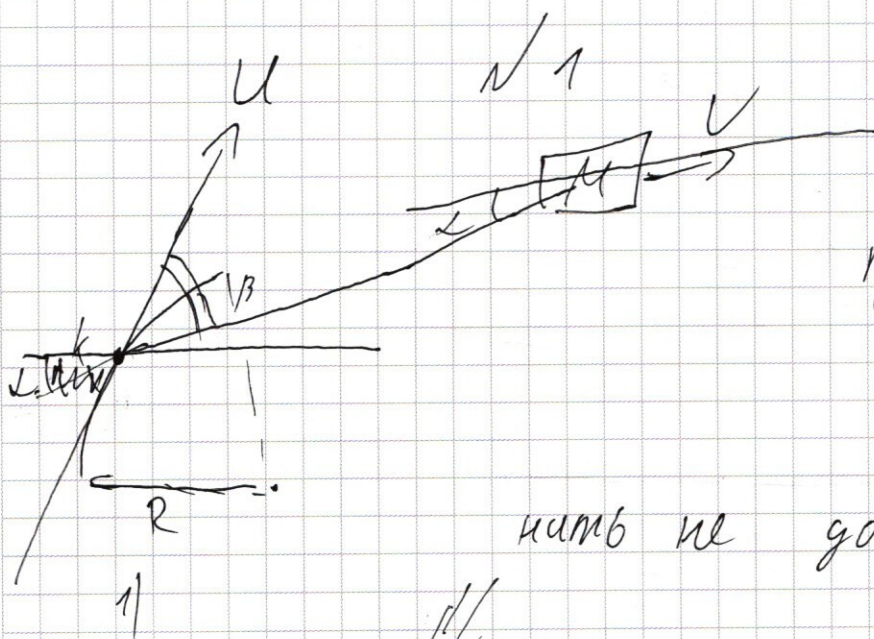
II

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_2 = \sqrt{0,6 E \cdot \dots} = V_1 \sqrt{\frac{3}{7}}$$

$$\sqrt{0,6 E \cdot \dots} = V_1 \sqrt{\frac{3}{7}}$$

Отв к п (3) : $V_2 \approx 0,73 V_1$



пусть U - скорость k

нать не должны появляться

$$U \cdot \cos \beta = V \cos \alpha$$

или

$$U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{25}{1,4} V$$

Отв: к п (1) : $U = \frac{25}{1,4} V = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) ~~и~~ для нахождения тарой скорости
 $U_{\text{отн}}$ перейдем в сист. отщета
 шурты и воспользуемся теор. кос.:

$$U_{\text{отн}}^2 = V^2 + U^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)$$

для для этого найдем

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{9}{17} - \sqrt{1 - \left(\frac{3}{5}\right)^2} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{15}{17}\right)^2} =$$

$$= \frac{9}{17} - \frac{18}{85} = \frac{32}{85}$$

и

$$U_{\text{отн}} = V \sqrt{1 + \left(\frac{25}{17}\right)^2 - 2 \cdot \frac{25}{17} \cdot \frac{32}{85}} =$$

$$= V \sqrt{\frac{289 + 625 - 130}{289}} = V \sqrt{\frac{784}{289}} =$$

$$= \frac{28}{17} V$$

Ответ к в): $U_{\text{отн}} = \frac{28}{17} V \quad \left[\frac{56}{c} \right]$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

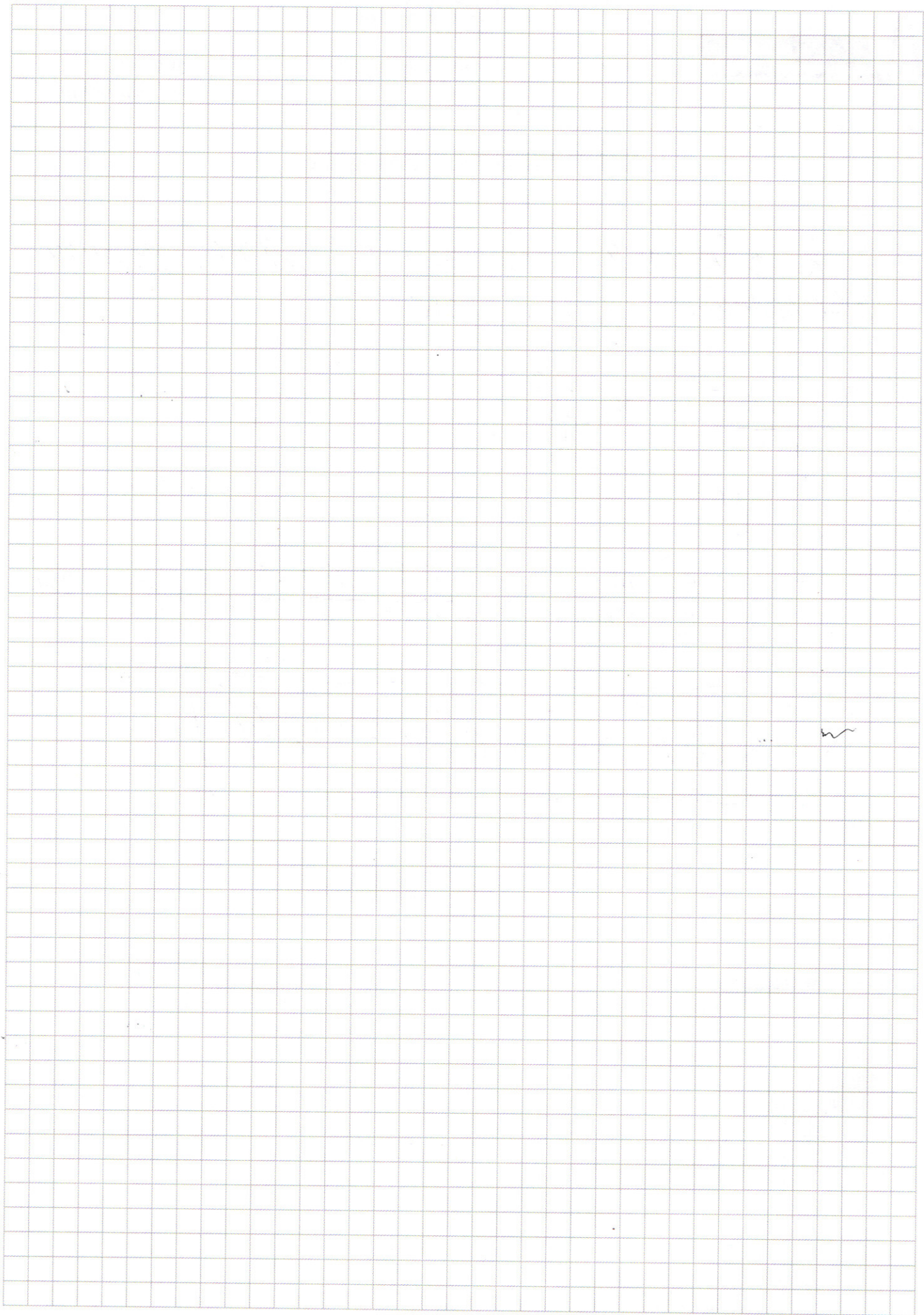
3) к звонится по окр $\Rightarrow$ мкб годится
обеспечивает у.с. гск:

$$\frac{T \cdot \sin \beta}{m} = \cancel{m} \frac{U^2}{R}$$

U

$$T = \frac{u^2}{R} \frac{m}{\sin \beta} = \frac{0,5^2 \cdot 0,3 \cdot 5}{0,53 \cdot 4} \text{ s} \approx 0,338 \text{ s}$$

$\text{Omb}_{K(13)}: T \approx 0,34 \text{ } 0,338 \text{ K}$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Diagram showing a boat crossing a river. The boat's velocity vector U is at an angle β to the riverbank. The river's velocity vector V is parallel to the bank. The resultant velocity vector $\sqrt{1}$ is perpendicular to the bank. The angle between U and the bank is β , and the angle between V and the bank is α .

Trigonometric relations:

$$\cos \angle \beta = \frac{4}{5}$$

$$\cos \angle (\cos \beta - \sin \angle \sin \beta) =$$

$$\frac{289 - 225}{289} = \frac{64}{289} = \left(\frac{8}{17} \right)^2 = \frac{9}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} = \frac{45-32}{85} = \frac{13}{85}$$

$$U \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = V \cdot \frac{25}{17}$$

$$V_{\text{пол}}^2 = V^2 \left(1 + \left(\frac{25}{17} \right)^2 - 2 \cdot \frac{25}{17} \cdot \frac{13}{85} \right) =$$

$$= V^2 \left(1 + \left(\frac{25}{17} \right)^2 - \frac{130}{17^2} \right) =$$

$$= V^2 \left(\frac{289 + 625 - 130}{289} \right) = V^2 \left(\frac{784}{289} \right) = \sqrt{784}^2$$

$$V_{\text{пол}} = \sqrt{V \cdot \frac{28}{17}}$$

Final calculation:

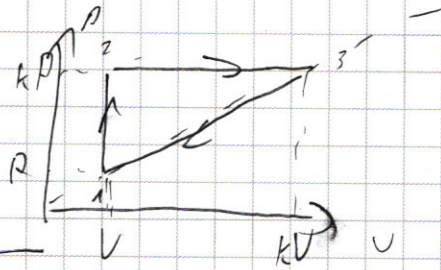
$$\frac{T \sin \beta}{m} = \frac{U^2}{R} \quad T = \frac{m}{\sin \beta} \cdot \frac{U^2}{R}$$

Handwritten calculations and notes:

- $784 = 28^2$
- $289 = 17^2$
- $625 = 25^2$
- $130 = 10 \cdot 13$
- $45 - 32 = 13$
- $25 \cdot 5 = 125$
- $13^2 = 169$

$$\eta = \frac{A}{Q_4} =$$

$$= \frac{(k-1)^2 PV}{2 Q_4} = \frac{(k-1)^2 PV}{3(k-1)PV + 5k(k-1)PV}$$



$$\eta = \frac{1}{3 + 5k}$$

$$= \frac{1}{3}$$

$$\frac{F}{2} = \frac{\epsilon_0 Q}{S}$$

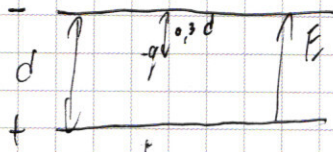
$$q = \frac{Q}{S} \cdot \frac{2\pi r \cdot dV}{\sqrt{(0.3V)^2 + V^2}}$$

$$\frac{4Q}{S} \cdot \frac{2\pi r V}{5}$$

$$q = \frac{Q}{S} \cdot \frac{2\pi r}{5}$$

$$= \frac{q Q}{S} \cdot \frac{2\pi r \sqrt{\epsilon_0}}{5}$$

$$\frac{m v_2^2}{2} = q \cdot q_1 \cdot E \cdot d$$



$$\frac{V_1^2 - 0}{E \cdot d} = 0,7 d$$

$$E = \frac{V_1^2}{0,7 d}$$

$$E d =$$

$$F d = \frac{\epsilon_0 Q^2}{2S}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$Q =$$

$$E = q \cdot$$

$$C \cdot Q = E d$$

$$E = \frac{\epsilon_0 Q}{d^2}$$

$$\frac{2}{d^2} =$$

$$E \cdot$$

$$E \cdot 2 d S = \epsilon_0 S d S$$

$$E = \frac{\epsilon_0 Q}{2 S}$$

$$V_2 = \sqrt{0,4 E d} = \sqrt{\frac{2 Q q \sqrt{\epsilon_0}}{\sqrt{5} S}}$$

$$V_1 \sqrt{\frac{6}{7}}$$

$$8 q Q \sqrt{\frac{\pi}{5}} = m v_2^2$$

$$V_2^2 = 8 q Q \sqrt{\frac{\pi}{5}}$$

$$V_2 = 2 \sqrt{2 q Q \sqrt{\frac{\pi}{5}}}$$

$$T = \frac{d}{v_1} \sqrt{0,28} \cdot 2 \sqrt{\frac{2}{1,4} \frac{Q}{\sqrt{5} S}}$$

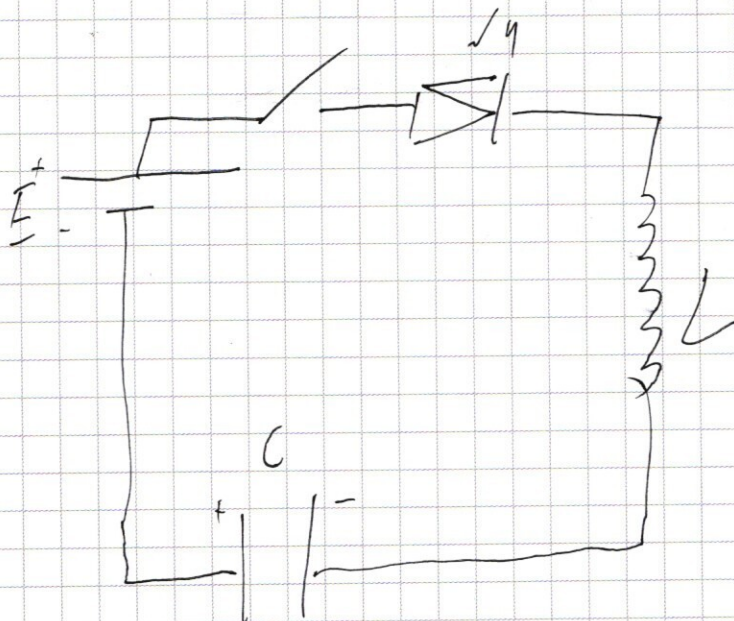
$$a = \frac{V_1^2}{0,7 d}$$

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

$$T = \sqrt{\frac{0,4 d}{a}}$$

$$T = \frac{d}{v_1} \sqrt{0,28} \cdot 2 \sqrt{\frac{2}{1,4} \frac{Q}{\sqrt{5} S}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$LI^2 = CU_1^2 + (E - U_0)(E - U_0 + U_1) - (U_0 - E)^2$$

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

$$I_1 = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \sqrt{U_1}$$

$$U_1$$

$$LI^2 = CU_1^2 + CU_1(E - U_0)$$

$$LI = E + U_1 - U_0$$

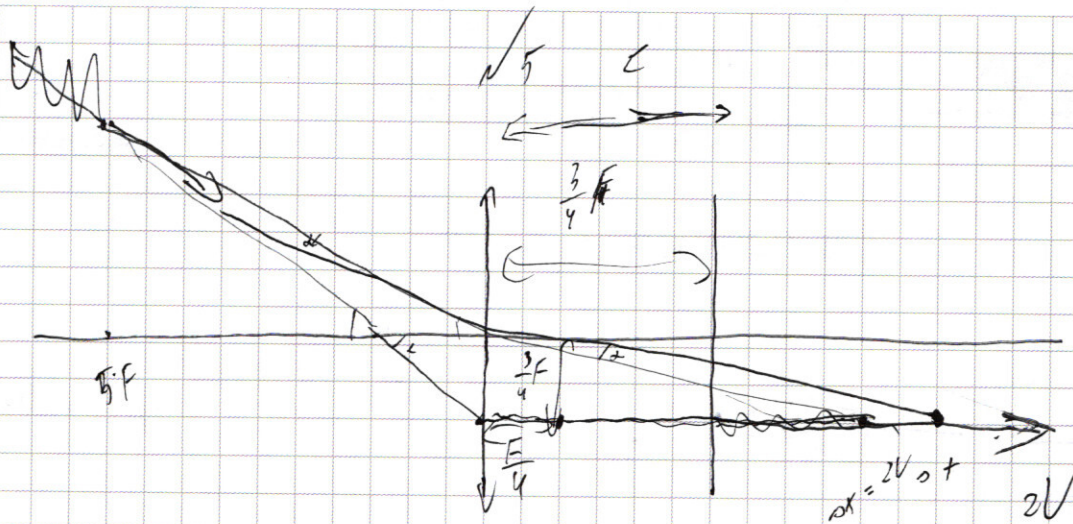
$$I = \frac{E + U_1 - U_0}{L} = 70 \frac{A}{c}$$

$$A + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + Q_2 + \frac{CU_1^2}{2}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + (E - U_0)q - \frac{C(U_1 - \frac{q}{C})^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

$$E - U_0 + U_1 - \frac{q}{C} = 0$$

$$q = C(E - U_0 + U_1)$$



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$x_2 + y_2 = \frac{3}{4}$$

$$b = \frac{aF}{a-F} = 5F$$

$$\text{или } \frac{1}{2\ell - \frac{F}{4}} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$b = \frac{(2\ell - \frac{F}{4})F}{2\ell - \frac{F}{4} - F} = \frac{F}{2\ell - \frac{5F}{4}} \cdot (2\ell - \frac{F}{4})$$

или

$$F = \frac{F}{2\ell - \frac{5F}{4}} \cdot \frac{3}{4}F \Rightarrow H = \frac{F}{2\ell - \frac{5F}{4}} \cdot \frac{3}{4}F$$

$$U = \sqrt{I^2 R^2} = \sqrt{I^2 (2\ell - \frac{5F}{4})^2}$$

$$i = \frac{2VF \cdot (2\ell - \frac{5F}{4}) - (2\ell - \frac{F}{4})}{(2\ell - \frac{5F}{4})^2} =$$

$$U = V \sqrt{2a^2 + 3z^2} = 2V \sqrt{\dots} = 10V$$

$$H = - \frac{\frac{3}{4}VF^2}{(2\ell - \frac{5F}{4})^2} = - 24V$$