

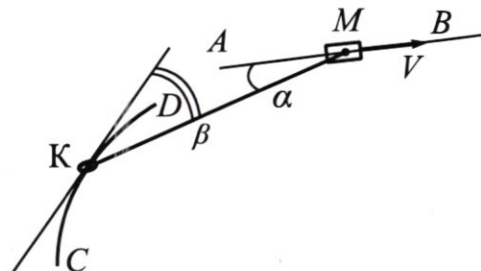
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К 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.



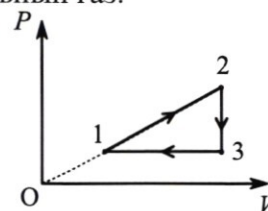
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

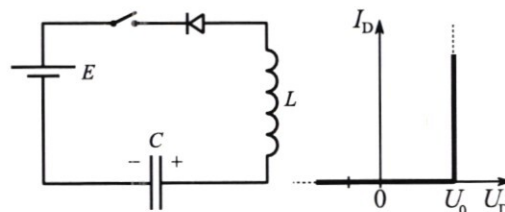


3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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



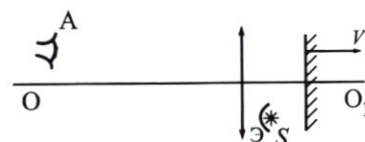
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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.

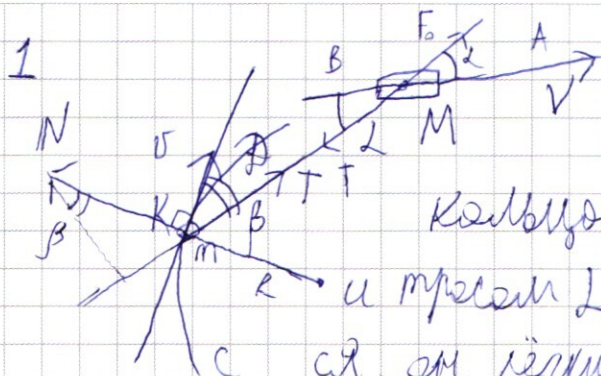
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



1) В этот момент

угол между скоростью v
кольца K и тросом β , между V

и тросом L , трос не может растягиваться

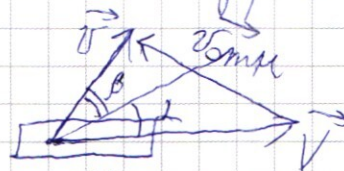
сд, он лёгкий, значит сумма сил на него
равна нулю, все ~~эти~~ точки, лежащие на нём, движутся
с одинаковой скоростью. Проекции V и v на трос равны:

$$V \cdot \cos L = v \cdot \cos \beta \Rightarrow v = V \frac{\cos L}{\cos \beta} = 40 \cdot \frac{\frac{3}{5}}{\frac{4}{5}} \text{ м/с} = 51 \text{ м/с}$$

Ответ: 51 м/с.

2) $\vec{v}_{\text{отн}}$ — скорость кольца относительно муфты в этот
момент. Тогда: $\vec{V} + \vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}$

Из рисунка видно, что



можно применить теорему косинусов:

M

$$v_{\text{отн}}^2 = V^2 + v^2 - 2Vv \cos(\beta + L) = V^2 + v^2 - 2Vv (\cos \beta \cos L - \sin \beta \sin L)$$

$$\sin \beta = \frac{15}{17}; \sin L = \frac{4}{5} \quad v_{\text{отн}} = \sqrt{4201 + 7728} = \sqrt{5929} \text{ м/с}$$

3) Так как M движется с постоянной скоростью, то

на M действует какая-то сила F_0 . $\vec{F}_0 + \vec{T} = 0$ — 23 Н для M

$\vec{F}_0 = -\vec{T}$. ~~Можно рассмотреть систему $K+M$ и применить~~

~~23 Н для неё. Внутренние силы уничтожаются.~~

~~$\vec{F}_0 + \vec{T} = 0$~~ (N — сила реакции опоры на K со стороны
провода, T — сила натяжения нити.)

23H для K по оси вдоль троса: $T = N \sin \beta$

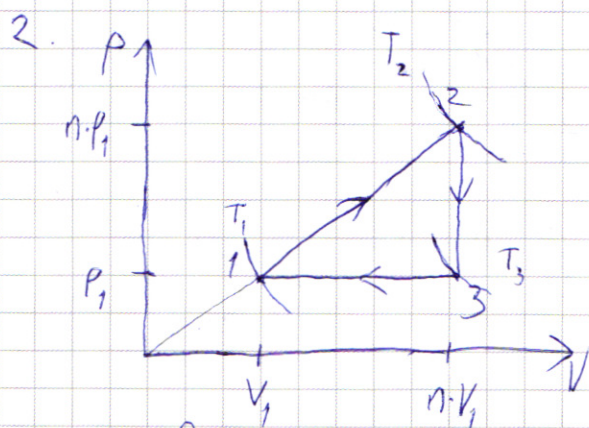
у K вдоль этой оси нет ускорения, ведь по этой оси ускорения нет ни у M, ни у троса, с которыми K не имеет связи.

23H для K ~~вдоль~~ по оси вдоль радиуса R дум: $T \sin \beta - N = m a_{\perp}$ $a_{\perp}$ - центростремительное ускорение K.

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

$$T = \frac{mv^2}{R(\sin \beta - \frac{1}{\sin \beta})} = \frac{1 \cdot 51^2}{1,7 \left(\frac{15}{17} - \frac{17}{15} \right)} < 0$$

То есть $T=0$, его просто нет.
 Ответ: $T=0$



1) По изотермическому процессу, что температура понижалась в процессах 2-3 и 3-1.

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

I Закон термодинамики.

ν - кол-во в-ва. ΔT - изм. темп.

$A_{23} = 0$, объем не меняется (A - работа газа)

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + P_1 V_1 (1 - n) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + \nu R \Delta T_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{31} \implies C_{31} = \frac{Q_{31}}{\Delta T_{31}} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$$

Ответ: $\frac{5}{3}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) A_{12} находится как площадь проекции:

$$A_{12} = \frac{P_1(n+1)}{2} \cdot V_1(n-1) = \frac{(n^2-1)P_1V_1}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}(n^2V_1P_1 - V_1P_1) + A_{12} = \frac{3}{2}P_1V_1(n^2-1) + \frac{(n^2-1)P_1V_1}{2} = 2(n^2-1)P_1V_1$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2(n^2-1)P_1V_1}{\frac{1}{2}(n^2-1)P_1V_1} = 4 \quad \text{Ответ: 4}$$

$$3) \quad \eta_{\max} = \frac{Q_{\text{пол}} - Q_x}{Q_{\text{пол}}} = 1 - \frac{Q_x}{Q_{\text{пол}}}$$

$Q_{\text{ос}}$ — теплота
отвердевшая

$Q_{\text{пол}}$ — теплота
полученная

$$Q_x = -(Q_{23} + Q_{31}) = \frac{3}{2}P_1(n-1) \cdot nV_1 + \frac{5}{2}P_1(n-1) \cdot V_1 \neq$$

$$Q_{\text{пол}} = Q_{12}$$

$$\frac{Q_x}{Q_{\text{пол}}} = \frac{P_1V_1(n-1)\left(\frac{3}{2}(n+1)\right)}{2P_1V_1(n-1)(n+1)} = \frac{3}{2} = \frac{3}{4}$$

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

$$\text{Ответ: } \frac{1}{4}$$

3.



1) В плоском конденсаторе напряженность E между обкладками везде одинакова, т.е. ~~частица~~ на частицу будет действовать одна и та же сила $F = Eq$. Частица проходит внутри конденсатора расстояние $2d$ от «-» к «+». Работа силы F равно изменению кинетической энергии частицы, так как силу тяжести можно не учитывать из-за малости m .

Это работа равна $F \cdot d = \frac{mV_1^2}{2}$

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

2 ЗН для частицы:

$$\frac{V_1^2}{1,6d} q = ma \quad a - \text{ускорение, движение равноуск., сила постоянная.}$$

кинематика:

$$a = \frac{V_1^2}{1,6d} \Rightarrow V_1 - aT = 0$$

$$T = \frac{V_1}{a} = \frac{1,6d}{V_1}$$

Ответ: $T = \frac{1,6d}{V_1}$

2) Потенциальное U по определению $U = Ed$

где d - расстояние между обкладками, в котором действует поле и расстояние

$$U = \frac{V_1^2}{1,6d} \cdot d = \frac{V_1^2}{1,6}$$

3) Заметим, что напряжённость с расстоянием от обкладок не меняется, вне конденсатора формируются

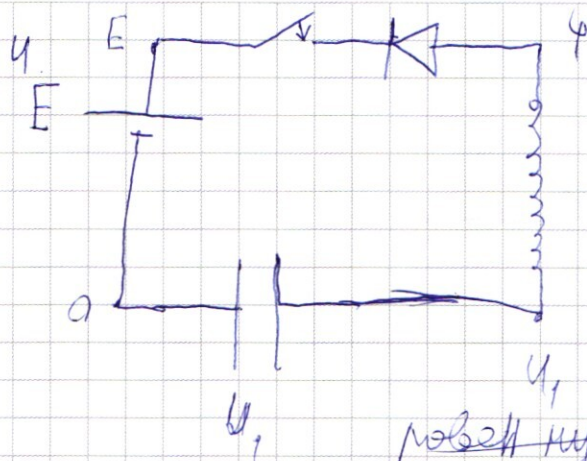
от отрицательной заряженной и полож. зарядов. Векторы складываются, а так как заряды на обкладках

противоположны и равны по модулю, то: $|E_+| - |E_-| = \frac{|q_+|}{\epsilon_0 S} - \frac{|q_-|}{\epsilon_0 S} = 0$

где E_+ и E_- - корр.-ции на полож. и отриц. обкладках.
 q_+ и q_- - заряды на них.

Суммарная напряжённость нулевая, но ~~вечная~~ ^{по модулю} на частицу удалении от конденсатора не действуют силы, её скорость постоянна и равна V_1 . $V_0 = V_1$. Ответ: V_1 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Сразу после замыкания
напряжение U , на конденсаторе
не изменится. ~~Допустим,~~
~~Ток через катушку до~~
 ~~U , замыкания неизменен и~~
~~равен нулю. То есть напряжение там~~

~~ток~~ Допустим, напряжение на диоде сразу
после замыкания U и ток идет, тогда это напряжение:

$$\varphi - E = U_0 \Rightarrow \varphi = U_0 + E = 4 \text{ В} \quad \varphi < U_1, \text{ значит противоречий}$$

нет. Напряжение на L : $U_L = U_1 - \varphi$ - сразу после замыкания

$$U_L = L I'_L = L I' \Rightarrow I' = \frac{U_L}{L} = \frac{6-4}{0,2} \text{ А} = 10 \text{ А} \quad \text{Ответ: } 10 \text{ А}$$

2) Из формулы $U_L = L I'$ видно, что $I_{\max}$, когда $U_L = 0$,
Значит, напряжение на конденсаторе $U_C = \varphi$.

А его заряд в этот момент: $Q_1 = C \varphi$. Начальный заряд
на конденсаторе: $Q_0 = C U_1$. За это время через
источник протек заряд $Q_0 - Q_1 = q$. Тогда по ЗСЭ:

$$-Eq = \frac{C \varphi^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} = 0 \quad (\text{Включил ток через } L \text{ был}$$

нулевой, он не мог расти скачком)

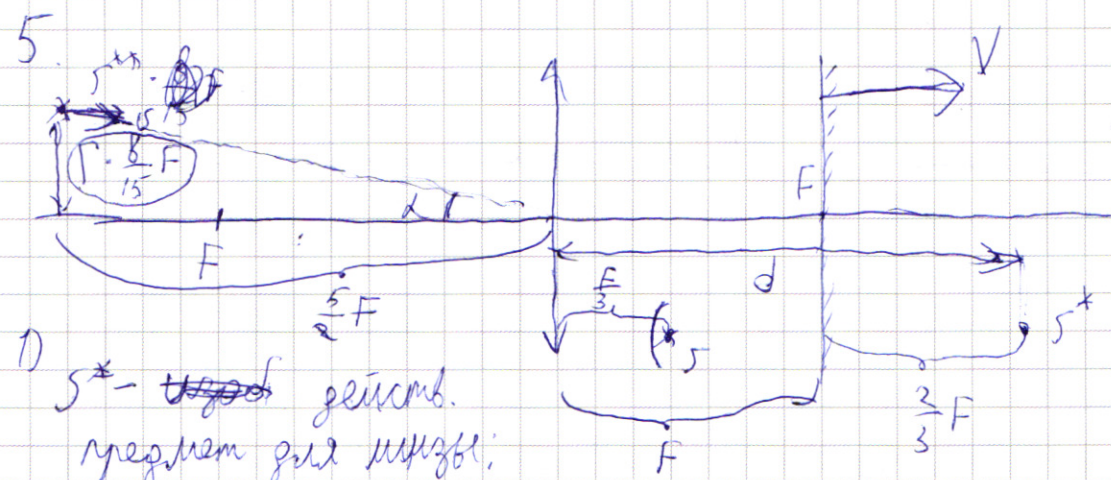
$$L I_{\max}^2 = C (U_1^2 - \varphi^2) - 2Eq \quad I_{\max} = \sqrt{\frac{C (U_1^2 - \varphi^2) - 2Eq}{L}} \quad q = C(U_1 - \varphi)$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C (U_1^2 - \varphi^2) - 2E(C(U_1 - \varphi))}{L}} = \sqrt{\frac{160}{0,2}} = \sqrt{800} \text{ мА} \approx 28,3 \text{ мА}$$

ответ: $\sqrt{800} \text{ мА}$

3) Но конденсаторе установится в конце напряжение U , ведь в конце ~~так~~ $U_L = 0$ стоит, а если U_c будет меньше U , то по цепи не будет тока, а значит напряжение на конденсаторе измениться не будет. ~~Д~~ Ответ: ЧВ.

5



1) S^x - ~~указ~~ действ.
предмет для музыки;

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

f-расстояние изобр. от ИСВ/ВЛ

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{5}{3}F} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{F} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F} \quad f = \frac{5}{2}F$$

Omber: $\frac{5}{3} F$

2) Перед ² предметом в CO зеркале, тогда предмет движется от него с V , как и предмет для линзы, тогда предмет для линзы движется со $sk. 2V$ от нас. ~~конвергентно, а значит и изображение движется со скоростью $2V$ в ту же сторону.~~

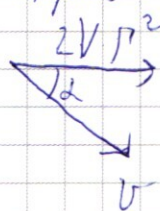
Γ - поперечное увеличение ширины $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{5F}{3} = \frac{3}{2}$
 S^{xx} находится по $\Gamma \cdot \frac{8}{15} F$ от $0,1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{8}{15} F = \frac{4}{5} F$
 t - угол между сторонами

$t_{\text{пл}} = \frac{\frac{1}{15} F}{\frac{1}{2} F} = \frac{16}{75}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Скорость изобрешений v . γ^* - изобр. системы.
Его продольная скорость равна $2V \cdot \gamma^2$

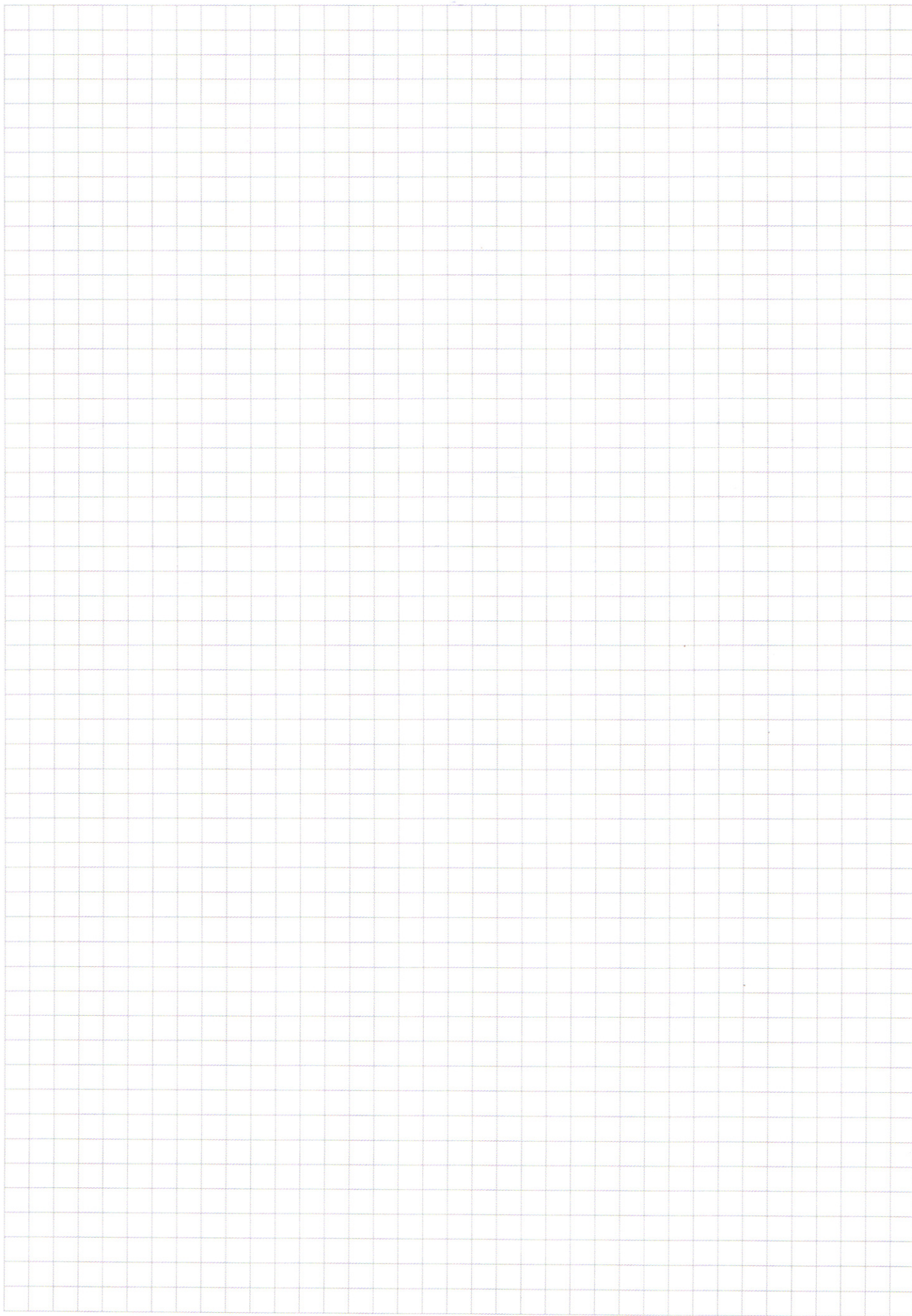
$2V$ - это скорость γ^* продольной скорости копирования
таже вправо. Поперечная скорость $v = \frac{2V\gamma^2}{\cos \alpha} = \frac{2 \cdot \frac{9}{4} V}{\cos \alpha} =$



$$= \frac{9V \left(\sqrt{\frac{16}{75}} + 1 \right)}{2}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{\gamma^4 + 1} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{\frac{16}{75} + 1}}$$

Ответ: $4,5 V \sqrt{\left(\frac{16}{75} \right)^2 + 1}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1) \quad E = \frac{mv_1^2}{1,6 \cdot 10^{-19}} = \frac{v_1^2}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$$F = ma$$

$$\frac{V_1^2}{1,6 \cdot 10^{-19}} q = ma \quad a = \frac{V_1^2}{1,6d}$$

$$2) \quad U = E \cdot d = \frac{V_1^2}{1,6d}$$

$$a \quad V_1 - aT = 0$$

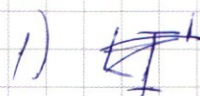
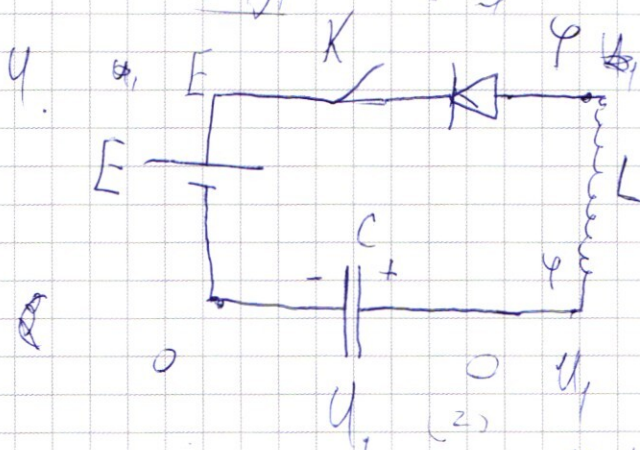
$$T = \frac{V_1}{\frac{V_1^2}{1,6d}} = \frac{1,6d}{V_1}$$

$$3) \quad \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$V_2 = V_1$$



$$+ \frac{mv_1^2}{2}$$



$$L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = U_L$$

$$L I_L' = U_L$$

$$U_1 = E = 28$$

$$U - E = U_0$$

$$U_1 - U = U_L = 28$$

$$I_L' = \frac{U_L}{L} = \frac{28}{0,2 \cdot 10^{-3}} = 140 \frac{A}{s}$$

$$L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = U_L$$

$$L \Delta$$

$$I_{L \max}, \text{ max } U_L = 0, U_L = U$$

$$2) \quad L = CU_1$$

$$I^2 = CU_1^2$$

$$CU_1^2 = \frac{LI^2}{2}$$

$$3) \quad u_c = \varphi$$

$$Cp = Q_1$$

$$Q - Q_1 = q$$

$$-Eq = \frac{C\varphi^2}{2} - \frac{C\varphi^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2} - \frac{LI_{max}^2}{2} =$$

$$= -2Eq = C(\varphi^2 - \varphi^2) + LI_{max}^2$$

$$\sqrt{\frac{C(\varphi^2 - \varphi^2) - 2Eq}{L}} = I_{max}$$

3).

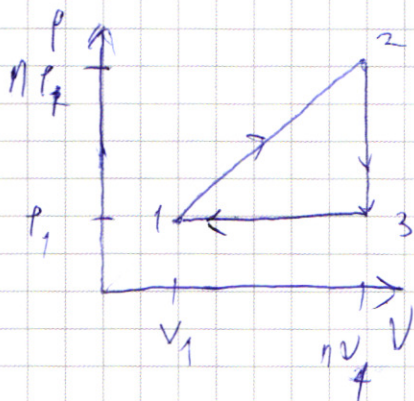
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T \sin \beta = m a_{K \perp} = m \frac{v^2}{R}$
 $T \cos \beta = N$
 $N \cos \alpha = m g$
 $N \sin \alpha = T$
 $T = m g \tan \alpha$
 $T = 1.728 \text{ N}$

$\sin \alpha = \frac{4}{5}$
 $\cos \alpha = \frac{3}{5}$
 $\tan \alpha = \frac{4}{3}$

$T = 1.728 \text{ N}$
 $N = 2.601 \text{ N}$
 $v = 4 \text{ m/s}$
 $R = 1600 \text{ m}$
 $a_{K \perp} = \frac{v^2}{R} = \frac{16}{1600} = 0.01 \text{ m/s}^2$
 $T = m a_{K \perp} = 1.728 \text{ N}$

$T = 7.842 \text{ N}$



$$C_v = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{Q_{23}}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} n R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2} n R$$

$$C_p = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{Q_{31}}{\Delta T} = \frac{\frac{5}{2} n R \Delta T}{\Delta T} = \frac{5}{2} n R$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} n R \Delta T + P_1 \Delta V = \frac{5}{2} n R \Delta T$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{5}{3}$$

$$2) A_{12} = \frac{(P_1 + P_2)}{2} (V_2 - V_1) = \frac{(n+1)P_1 (n-1)V_1}{2} = \frac{(n^2-1)P_1 V_1}{2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (n V_1 P_1 - V_1 P_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 (n-1)$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} P_1 V_1 (n-1)}{\frac{(n^2-1)P_1 V_1}{2}} = \frac{3}{n+1}$$

$$= 2 P_1 V_1 (n^2-1)$$

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

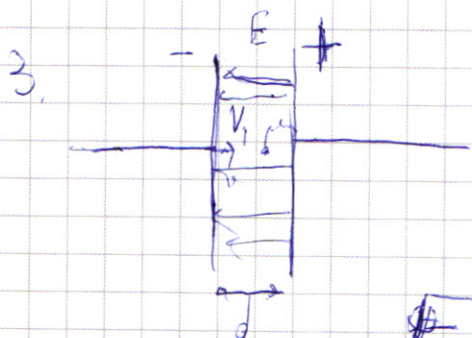
$$3) \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

$$Q_C = \frac{3}{2} P_1 V_1 + \frac{5}{2} P_1 V_1 =$$

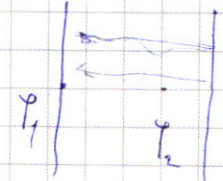
$$= \frac{3}{2} P_1 (n-1) V_1 + \frac{5}{2} P_1 (n-1) V_1$$

$$\frac{P_1 (n-1) V_1 \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \right)}{2 P_1 V_1 (n-1)} = \frac{4}{2} = 2$$

$$1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4}$$



$$\frac{m v^2}{2}$$



$$F \cdot d = q \cdot E \cdot d$$

$$\frac{m v^2}{2} = E q d$$

$$E \cdot q d =$$

$$\frac{m v^2}{2}$$

$$(P_2 - P_1) d = \frac{m v^2}{2}$$