

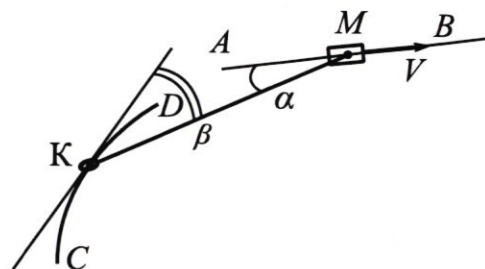
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

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.



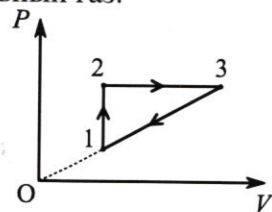
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

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.

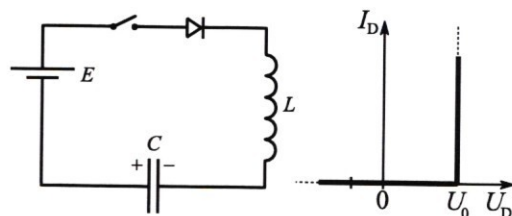
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

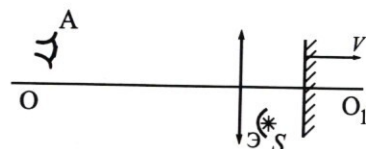


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

DOMO:

$$I = \frac{3F}{4}$$

$$a_1 = \frac{F}{4}$$

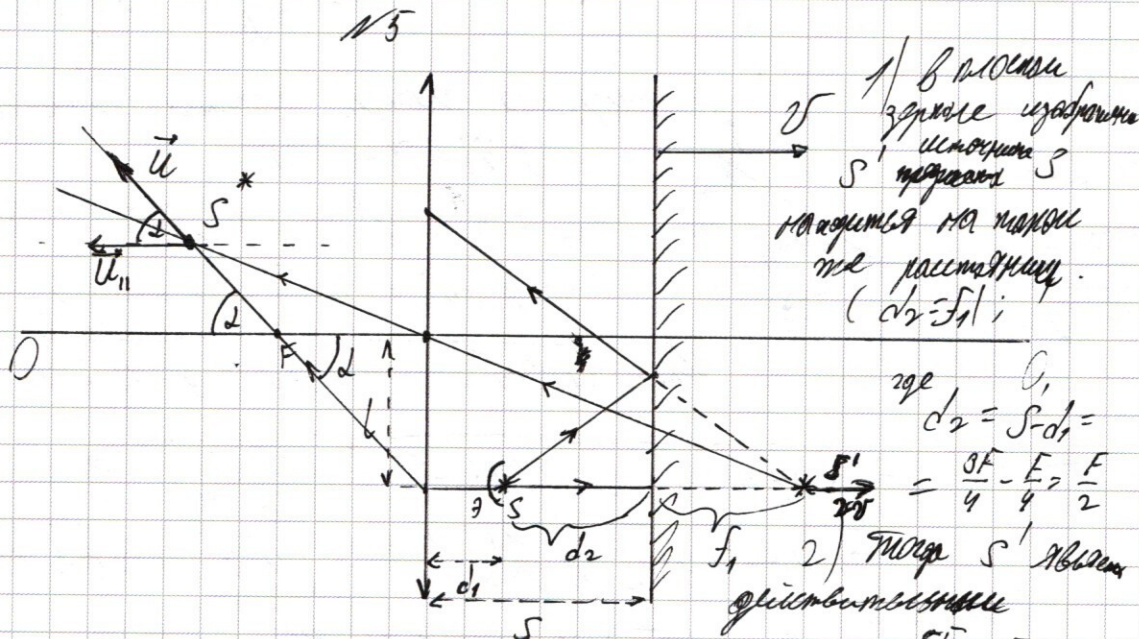
$$J = \frac{3F}{4}$$

25

1) $f_2 - ?$

2) 2-3

3) $u - ?$



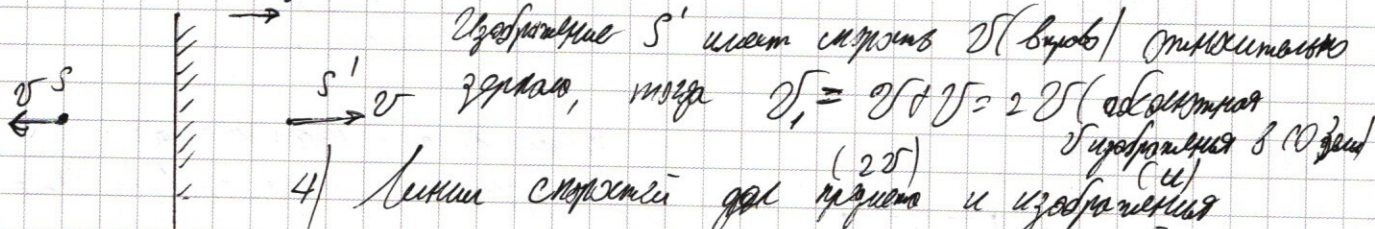
предметов d_3 меньше на $d_3 = d_1 d_2 d f_1 = \frac{5F}{4} > F_T$

$\Rightarrow$ изменение гравитационной, электрической, пружинной

$$\frac{1}{d_3} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}; \quad \frac{4}{5F} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}; \quad \underline{f_2 = 5F}; \quad \Gamma = \frac{f_2}{d_3} =$$

$$= \frac{5F \cdot 4}{5F} = 4 \quad (\text{Зеркало увеличенное не даём})$$

3) Рассчитать ^{в %} дробные источники в СО зерна:



Желтый находится в правой точке: $\frac{b_{\text{ж}}}{b} = \frac{b'}{b} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4}$;

$L = \frac{1}{4} \pi r c$

$$\therefore \cos \alpha = \frac{L}{F} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4};$$

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

5) $u_n = u \cos \alpha$, где u - продольная составляющая скорости изобразителя.

по правилу О проходимых значений $U_n = 2\sigma \cdot T^2$.

$$u = \frac{20 \cdot 5^2}{\cos 2} = \frac{820}{4} = 40 \text{ V}$$

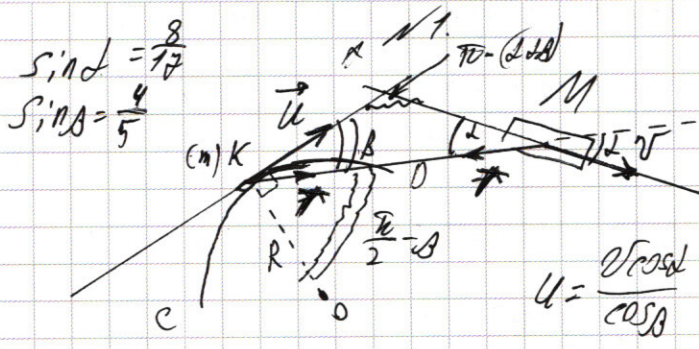
Problem: 1) $F_2 = 5F$

$$2) \alpha = \arccos \frac{3}{4}$$

3) $u = 4025$

Дано:
 $v = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
 $m = 0,3 \text{ кг}$
 $u_{\text{сн}} = 0$
 $R = 0,63 \text{ м}$
 $l = \frac{5R}{4}$
 $\cos L = \frac{15}{17}$
 $\cos \beta = \frac{3}{5}$

- 1) $u = ?$
- 2) $u_{\text{сн}} = ?$
- 3) $T = ?$



1) Т.к. кинетическая энергия сохраняется, то проекции скорости на направление радиуса равны:

$$u \cos \beta = v \cos L$$

$$u = \frac{v \cos L}{\cos \beta} = \frac{34 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2) Построим закон сохранения импульса:
 $\angle(\vec{v}; \vec{u}) = \pi - (L + \beta)$
 $u_{\text{сн}}^2 = v^2 + u^2 - 2vu \cos(\pi - (L + \beta))$
 $= v^2 + u^2 + 2vu \cos(L + \beta)$

$$u_{\text{сн}} = \sqrt{v^2 + u^2 + 2vu \cos(L + \beta)} =$$

$$= \sqrt{34^2 + 50^2 + 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot (\frac{15 \cdot 3}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 7}{17 \cdot 5})} \frac{\text{см}}{\text{с}} =$$

$$= \sqrt{34^2 + 50^2 + 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot \frac{13}{17 \cdot 5}} \frac{\text{см}}{\text{с}} = \sqrt{4(289 + 625 + 130)} \frac{\text{см}}{\text{с}} =$$

$$= \sqrt{4 \cdot 994} \frac{\text{см}}{\text{с}} = 2\sqrt{994} \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 61,68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

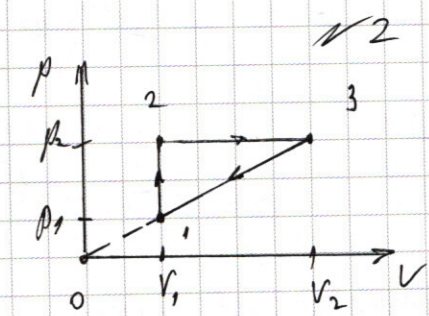
3) Кольцо вращается по окружности, значит оно имеет центростремительное ускорение: $(l > R \Rightarrow \text{не соприкасается})$

$$T \cos(\frac{\pi}{2} - \beta) = m a_{\text{цс}}; \quad T \sin \beta = \frac{m u^2}{R}; \quad T = \frac{m u^2}{R \sin \beta}$$

$$= \frac{0,3 \cdot \frac{1}{4}}{0,63 \cdot \frac{4}{5}} \approx 0,176 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $u = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
 2) $u_{\text{сн}} = 61,68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
 3) $T = 0,176 \text{ Н}$

Дано:
 $i = 3$
 1) $\frac{C_{v2}}{C_{v3}} = ?$
 2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = ?$
 3) $\eta_{\text{max}} = ?$



1) Процесс 1-2 - изохорический:
 $A_{12} = p \Delta V = 0$ ($\Delta V = 0$); $Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{12}$
 $= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$ ($p_2 > p_1 \Rightarrow T_2 > T_1$)

2) Процесс 2-3 - изобарический: ($V_2 > V_1 \Rightarrow T_2 > T_1$)
 $A_{23} = p \Delta V = \nu R \Delta T_{23}$; (по 8-й формуле)
 $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \nu R \Delta T_{23} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$

3) $\eta = \frac{A}{Q}$; $\frac{C_{v2}}{C_{v3}} = \frac{Q_{12} \cdot \Delta T_{23}}{\Delta T_{12} \cdot Q_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} \cdot \Delta T_{23}}{\Delta T_{12} \cdot \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}} = \frac{3}{5}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Процесс 23: $\frac{\Delta U_{23}}{U_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T_{23}}}{\sqrt{R \Delta T_{23}}} = \frac{3}{2} = 1,5$

5) $\eta = \frac{Q_H - Q_0}{Q_H} = \frac{Q_{12} + Q_{23} - |Q_{31}|}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T_{12}} + \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T_{23}} + \sqrt{R \Delta T_{23}} - |Q_{31}|}{\frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T_{12}} + \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T_{23}}}$

$\Delta T_{12} + \Delta T_{23} = |T_{31}| = \Delta T$

$= \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T} + \sqrt{R \Delta T_{23}} - \frac{R \rho \rho_2 \Delta V}{2} - \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T}}{\frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T} + \sqrt{R \Delta T_{23}}}$

$= \frac{\sqrt{R \Delta T_{23}} - \frac{R \rho \rho_2 \Delta V}{2}}{\sqrt{R \Delta T_{23}} + \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T}}$

Для ΔT_{23} , $R \rho \rho_2 \Delta V$, $\frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T}$ ~~пренебрежимо мало~~

$\Rightarrow \eta \approx \frac{\sqrt{R \Delta T_{23}}}{\sqrt{R \Delta T_{23}} + \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T}}$

Пример: 1) $\frac{C_{H2}}{C_{O2}} = 0,6$; 2) $\frac{\Delta U_{23}}{U_{23}} = 1,5$

Дано:

$\mathcal{E} = 6\text{В}$

$C = 4\text{мкФ}$ $p = 4 \cdot 10^{-5}\text{Ф}$

$U_1 = 2\text{В}$

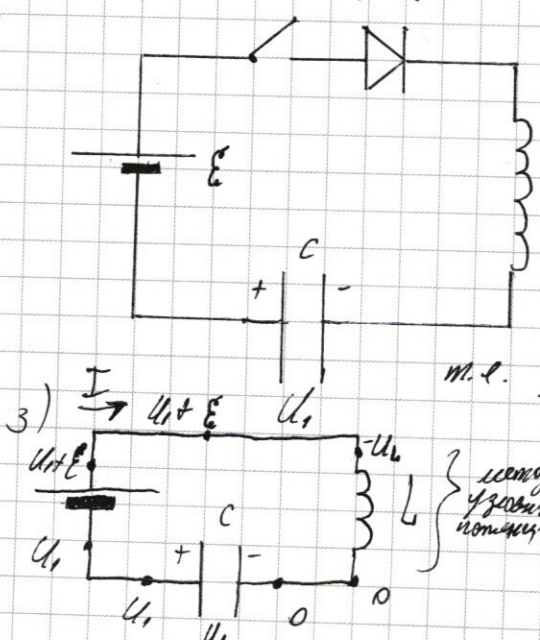
$L = 0,1\text{Гн}$

$U_0 = 1\text{В}$

1) $\frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$

2) $I_{\text{max}} - ?$

3) $U_2 - ?$



1) до замыкания ключа цепь не замкнута, значит ток в ней нет $I_0 = 0$

2) после замыкания ключа ток сначала не изменится и такое напряжение на конденсаторе

т.е. $I(0) = I_0 = 0$; $U_C(0) = U_1 = 2\text{В}$

$-U_2 = U_1 + \mathcal{E}$

$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = U_1 + \mathcal{E}$

$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_1 + \mathcal{E}}{L} = \frac{2\text{В} + 6\text{В}}{0,1\text{Гн}} = 80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

4) Если В цепи прекратится, тогда разность потенциалов на ^{двух} концах станет равной 1В; $U_1 + \mathcal{E} + U_2 = U_0$;

$$U_0 = U_0 - U_1 - \mathcal{E}; \quad -LI_1' = U_0 - (U_1 + \mathcal{E})$$

$$LI_1' = U_1 + \mathcal{E} - U_0;$$

$$\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)_1 = 20 \frac{A}{C} \dots$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{\Delta I}{\Delta t} = 80 \frac{A}{C}$$

№3

1) На заданное тело действуют 2 силы:

$$\vec{E} = \vec{E}_- + \vec{E}_+;$$

так как в-расстояние E_+ от окруж. заряда, тогда $(d-x)$ - от верх. диска.

$$E = \frac{2Q}{Sx} - \frac{2Q}{S(d-x)} =$$

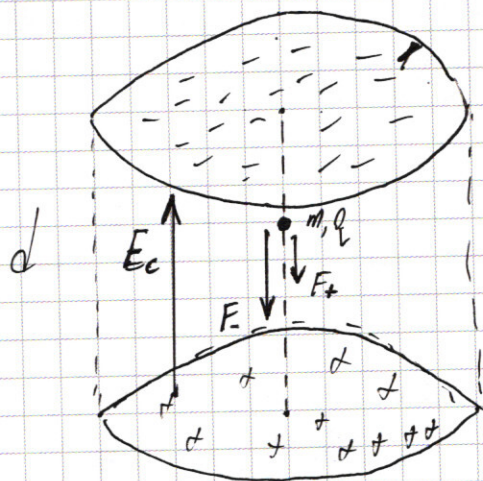
$$= \frac{2Qd - 4Qx - 2Qx}{Sx(d-x)} =$$

$$= \frac{2Qd - 4Qx}{Sx(d-x)};$$

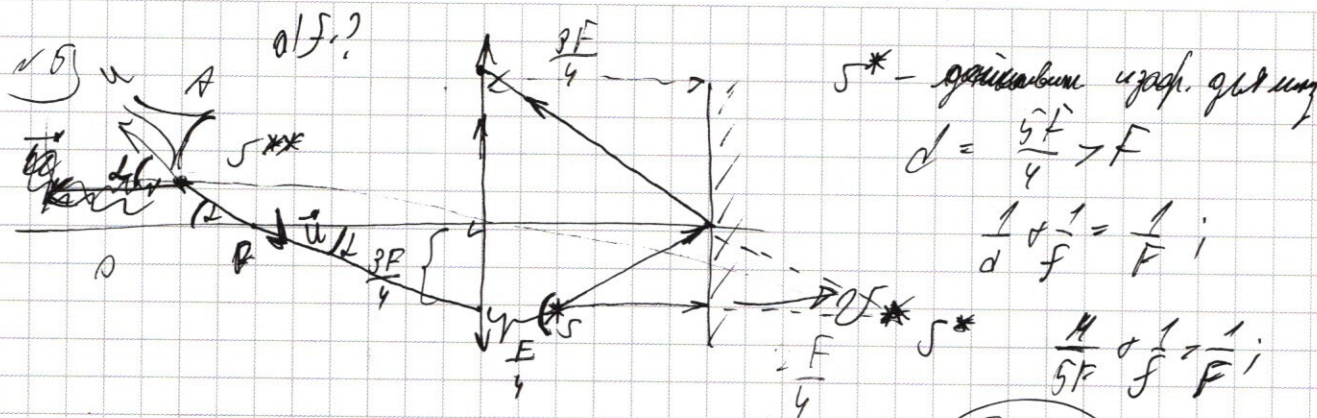
2) 34. Найдите:

$$ma = qE;$$

$$a = \frac{E}{f} = \frac{2Qd - 4Qx}{fSx(d-x)}; \quad \text{Если } x = \frac{d}{2}, \text{ то } a = 0$$

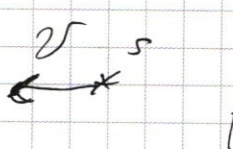


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$= \frac{57.4}{0.9} = \underline{\underline{63.77}}$$

CD 24mm.



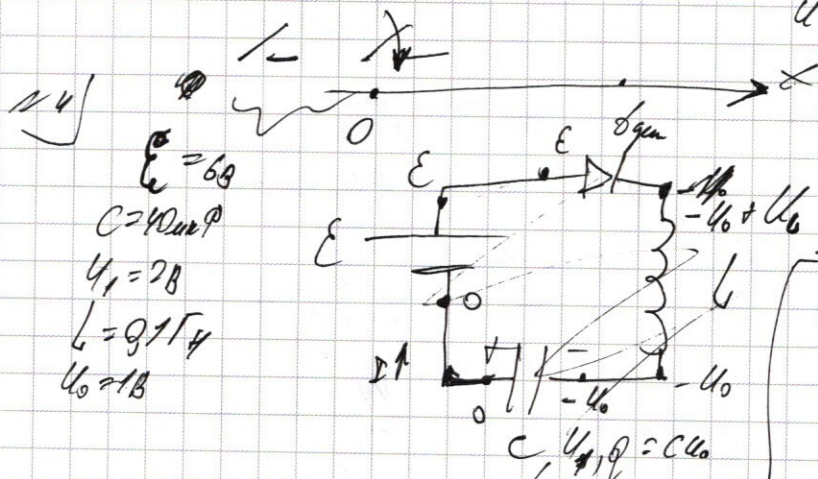
$$V_{dc} = 28$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{4} = \frac{3}{4}; \quad \sin \alpha = \frac{5}{5} = 1$$

издан ^{изданы} ^в ¹⁹⁴⁵ ^{г.} ^в ¹⁹⁴⁵ ^{г.}

$$u \cos \angle = 200 \cdot F^2 =$$
$$= \frac{4}{6} u = 20 \cdot 16 ;$$
$$u = \frac{2 \cdot 20 \cdot 5}{4} = 40$$

$$I_0 = 0; \quad E = -U$$



$$U_L = U_0 \forall \epsilon,$$

$$U_{0ve} = \int \frac{\Delta I}{\Delta \delta};$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{V_{\text{oc}}}{L} = \frac{80}{0.014} = 80 \frac{A}{s}$$

$U_L = - \int \frac{sI}{st}$

$U_L = U_{st} \cdot E$

$U_{st} = 40 \text{ V}$
 $U_{st} = 88$

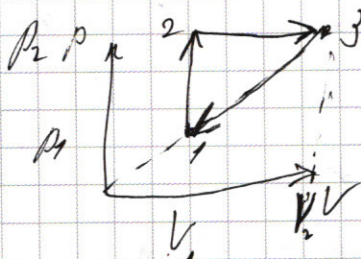
$U_{st} \cdot E = -U_L = -(- \int \frac{sI}{st})$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_0}{Q_H} = \frac{p_2 sV - \frac{p_1 p_2}{2} sV}{\frac{3}{2} \nu R sT + p_2 sV}$$

$$3 \rightarrow 1: Q = \frac{p_1 p_2}{2} (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$p_2 sV = \nu R (T_3 - T_2) = \nu R sT_{23}$$

и 2) $i=3$



$$C_V = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$3 \rightarrow 1: \frac{pV}{T} = \text{const} \quad T \downarrow$$

$$\frac{C_{V2}}{C_{V3}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R sT_{12} \cdot sT_{23}}{sT_{12} \cdot \frac{5}{2} \nu R sT_{23}} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2}}{\frac{5}{2}} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5} = \frac{3}{5} = 0.6$$

2) 2-3: $\frac{sU}{A} = \frac{\frac{3}{2} \nu R sT}{\nu R sT} = \left(\frac{3}{2}\right)$

3) $\eta_{\text{max}} = ? \quad \eta = 1 - \frac{Q_0}{Q_H} = 1 - \frac{Q_0}{Q_H}$

$$A = \frac{sp sV}{2}; \quad Q = Q_{12} + Q_{23} = \nu R sT \left(p_2 V - \frac{p_1 p_2}{2} sV \right) = sV \left(p_2 - \frac{p_1}{2} - \frac{p_2}{2} \right) = sV \left(\frac{p_2}{2} - \frac{p_1}{2} \right) =$$

$$Q_0 = Q_3 + sU_3 = |Q_0| = \frac{p_1 p_2}{2} sV + \frac{3}{2} \nu R (sT_{12} + sT_{23})$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R sT_{12} + \frac{5}{2} \nu R sT_{23} = \frac{3}{2} \nu R (sT_{12} + sT_{23}) + p_2 sV$$

$$\eta_{\text{max}} \rightarrow \frac{Q_H}{Q_0} = \frac{\frac{3}{2} \nu R sT + p_2 sV}{\frac{3}{2} \nu R sT + \frac{p_1 p_2}{2} sV + \frac{3}{2} \nu R sT} = \frac{\frac{3}{2} \nu R sT + p_2 sV}{\frac{3}{2} \nu R sT + \frac{p_1 p_2}{2} sV + \frac{3}{2} \nu R sT}$$

$$+ p_2 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_2 V_3 = \nu R T_3$$

$$sV = \frac{\nu R sT}{p_2 - p_1}$$

$$p_2 (V_2 - V_1) = \nu R (T_3 - T_2) = \nu R sT_{23}$$

$$\frac{Q_H - Q_0}{Q_H} = \frac{\frac{3}{2} \nu R sT + p_2 sV - \frac{3}{2} \nu R sT - \frac{p_1 p_2}{2} sV}{\frac{3}{2} \nu R sT + p_2 sV}$$

1-2 - изохор:

$$sV=0; \quad Q_{12} = sU = \frac{3}{2} \nu R sT_{12}$$

$$p = \text{const}; \quad T \uparrow, \quad Q > 0$$

2-3 - изобар:

$$\frac{V}{T} = \text{const}; \quad T \uparrow \quad Q_{23} = p_2 sV + \frac{3}{2} \nu R sT = \frac{5}{2} \nu R sT_{23}$$

$$Q_{12} + Q_{23} = Q_{31}$$

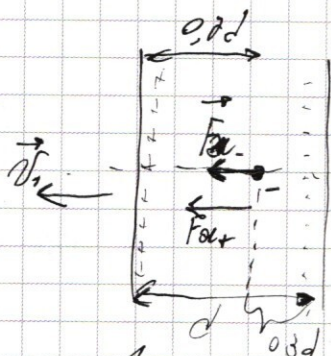
$$\frac{3}{2} \nu R sT_{12} + \frac{5}{2} \nu R sT_{23} = \frac{1}{2} \nu R (3 sT_{12} + 5 sT_{23})$$

$$\frac{\frac{3}{2} \nu R sT}{p_1 p_2} \left| \frac{\frac{3}{2} \nu R sT + p_1 p_2 sV}{1} \right|$$

$$1 - \frac{\frac{p_1 p_2}{2} sV}{\frac{3}{2} \nu R sT + \frac{p_1 p_2}{2} sV} = \frac{a-b/c}{-b-c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

13



$$\Delta E = A_k = qU$$

$$\frac{m v_{gr}^2}{2} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\frac{v_{gr}^2}{2} = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$q = cu$$

$$U = E d$$

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

$$E = \frac{U}{d}$$

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

$$E = \frac{2Q}{S \cdot 0.3d} - \frac{2Q}{S \cdot 0.3d^2}$$

$$= \frac{2 \cdot 20Q}{35d} - \frac{2 \cdot 20Q}{75d} = \frac{140Q - 60Q}{215d}$$

$$E = \frac{2Q}{Sx} - \frac{2Q}{S(d-x)}$$

$$= \frac{2Q}{S} \frac{2Qd - 2Qx - 2Qx}{S(d-x)}$$

$$= \frac{2Qd - 4Qx}{S(d-x)}$$

$$2Qd - 4Qx = 0, Qd = 2Qx, x = \frac{d}{2}$$

$$aT = 0.2d$$

$$\frac{|q|}{m} = \gamma v_1$$

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

$$ma = F_{el}$$

$$\varphi = U$$

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$F_{el} = qE$$

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

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$E = \frac{2\sigma}{\epsilon_0} =$$

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

$$ma = qE$$

$$a = \frac{2Qd - 4Qx}{\epsilon_0 S(d-x)}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ____
(Нумеровать только чистовики)

