

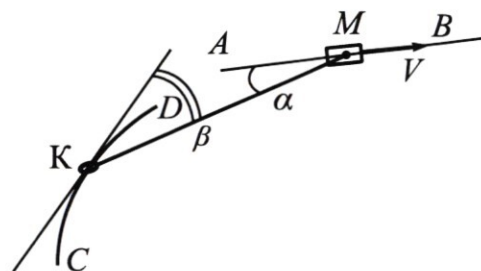
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.



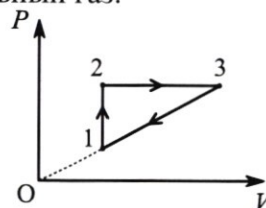
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

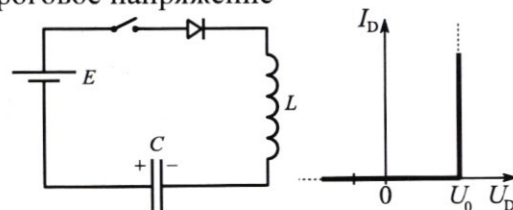
1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.

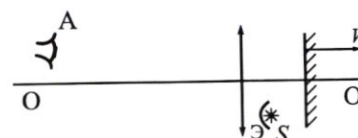


1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

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?

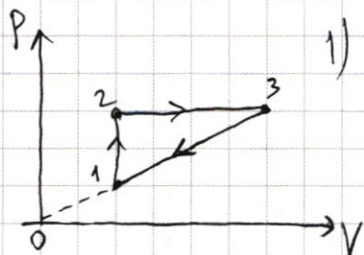
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- N2.
1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} - ?$
2) $\frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}} - ?$
3) $\eta_{\max} - ?$

 $i = 3$



1) Процесс 1-2: $V_{12} = \text{const}$, значит

$$A'_{12} = 0$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A'_{12} \quad (\text{первый закон ТТД})$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \cdot \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

(из определения)

$$Q_{12} = C_{12} \cdot \nu (T_2 - T_1)$$

$$C_{12} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{\nu (T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} R$$

Процесс 2-3: $p = \text{const}$.

$$A'_{23} = p_2 \cdot (V_3 - V_2) \xrightarrow{\text{закон Менделеева-Клапейрона}} A'_{23} = \nu R (T_3 - T_2)$$

(изobarный процесс.)

$$\Delta U_{23} = \frac{i}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A'_{23}$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot \nu (T_3 - T_2)$$

$$C_{23} = \frac{\frac{i+2}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu (T_3 - T_2)} = \frac{i+2}{2} \cdot R = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = 0,6$$

2) $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ $\frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}} = 1,5$
 $A'_{23} = \nu R (T_3 - T_2)$

3) $\eta = \frac{A'}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H} = 1 - \frac{Q_{13}}{Q_{12} + Q_{23}}$

Q_H - кол-во теплоты, полученное от нагревателя.

Q_X - кол-во теплоты, отданное холодильнику.

П.к. $\eta_{\max}$, то $A' \rightarrow \max$, значит треугольник процесса должен иметь максимальную площадь. Из геометрических соображений максимальную площадь имеет равнобедренный треугольник. Тогда: $p_1 = p_3$, $V_1 = V_3$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3} \quad (\text{уравнение Клапейрона})$$

$$\text{тогда } T_3 = \frac{V_3^2}{V_1^2} \cdot T_1$$

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = \frac{V_3}{V_1} T_1$$

$$Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{\nu R}{2} (3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2) =$$

$$= \frac{\nu R}{2} (5T_3 - 2T_2 - 3T_1) = \frac{\nu R}{2} T_1 \left(5 \frac{V_3^2}{V_1^2} - 2 \frac{V_3}{V_1} - 3 \right)$$

$$1-3: Q_{13} = A'_{13} + \Delta U_{13} \quad \Delta U_{13} = \frac{i}{2} \cdot \nu R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

$$|Q_{13}| = A'_{31} + \Delta U_{31} \quad A'_{31} = \int_{V_1}^{V_3} -p_{13}(V) dV = \frac{(p_1 + p_3)(V_3 - V_1)}{2}$$

$$Q_{13} = \frac{1}{2} (3) R T_3 - 3 \nu R T_1 + p_3 V_1 - p_3 V_3 + p_1 V_1 - p_1 V_3 = \frac{1}{2} (3 p_3 V_3 - 3 p_1 V_1 - p_3 V_3 + p_1 V_1) =$$

$$= p_3 V_3 - p_1 V_1 = \nu R (T_3 - T_1) = \nu R T_1 \left(\frac{V_3^2}{V_1^2} - 1 \right)$$

$$\eta = 1 - \frac{2 \nu R T_1 \left(\frac{V_3^2}{V_1^2} - 1 \right)}{\nu R T_1 \left(5 \frac{V_3^2}{V_1^2} - 2 \frac{V_3}{V_1} - 3 \right)} = 1 - \frac{2(d^2 - 1)}{(5d^2 - 2d - 3)} = 1 - \frac{2(d+1)(d-1)}{(d-1)(5d+3)} =$$

$$= 1 - \frac{2(d+1)}{5d+3}, \text{ где } d = \frac{V_3}{V_1}$$

$$f(d) = \frac{2(d+1)}{5d+3} \quad f'(d) = \frac{2(5d+3) - 5(2d+2)}{(5d+3)^2} = \frac{-4}{(5d+3)^2} < 0$$

$$f(d) \downarrow \quad f_{\min}(d) = \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{2d+2}{5d+3} = \frac{2}{5}$$

$$\eta_{\max} = 1 - f_{\min}(d) = 0,6$$

Ответы: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = 0,6$ 2) $\frac{\Delta U_{23}}{A'_{23}} = 1,5$ 3) $\eta_{\max} = 60\%$

в3. 1) T-?

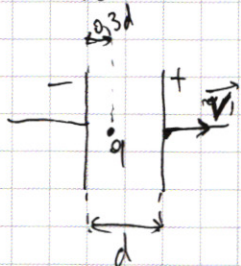
2) Q-?

3) V₂-?

d, V₁

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

S



$$A = E \cdot q \cdot (d - 0,3d) = \frac{m V_1^2}{2} \quad (\text{м. о кин. энергии})$$

$$\frac{Q q \cdot 0,7d}{\epsilon_0 S} = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$Q = \frac{V_1^2 \cdot \epsilon_0 S}{2 \gamma \cdot 0,7d} = \frac{V_1^2 \cdot \epsilon_0 S}{1,4 \gamma \cdot d}$$

1) $s = 0,2d = \frac{a T^2}{2}$ (пух), где s - перемещение, a - ускорение

$$a = \frac{F}{m} = E \cdot \gamma = \frac{Q \gamma}{\epsilon_0 S}$$

$$E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{C \cdot d}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad (\text{для плоских конг.})$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3. $0,2d = \frac{Q \cdot r \cdot T^2}{\epsilon_0 \cdot S \cdot 2} \Leftrightarrow 0,2d = \frac{V_1^2 \cdot \epsilon_0 \cdot S \cdot T^2}{1,4 \cdot d \cdot \epsilon_0 \cdot S \cdot 2} \quad T^2 = \frac{0,4d^2 \cdot 1,4}{V_1^2}$

$$T = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,4 \cdot 1,4} = \frac{0,2d}{V_1} \sqrt{14} \approx 0,74 \frac{d}{V_1}$$

3) На бесконечности вся начальная потенциальная энергия перейдет в кинетическую, значит:

$$\frac{m V_2^2}{2} = E_{n1} + E_{n2} = \frac{k|q_1|Q}{0,3d} - \frac{k|q_1|Q}{0,7d} = \frac{0,4k \cdot Q \cdot |q_1|}{0,21d}$$

$$k = \frac{1}{4\epsilon_0\pi}$$

E_{n1} - потенциальная энергия взаимодействия q и $-Q$

E_{n2} - пот. энергия взаи. q и Q

$$V_2^2 = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot |q_1| \cdot V_1^2 \cdot \epsilon_0 \cdot S}{4\epsilon_0\pi \cdot 0,21d \cdot m \cdot 1,4 \cdot d} = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot V_1^2 \cdot S}{4\pi \cdot 0,21d \cdot 1,4d} = \frac{0,4 \cdot V_1^2 \cdot S}{4\pi \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 0,7 \cdot d^2}$$

$$V_2 = \frac{V_1 \sqrt{S}}{d \cdot 0,7 \sqrt{3\pi}} \approx \frac{V_1 \sqrt{S}}{d \cdot 2,1}$$

Ответ: 1) $T = 0,74 \frac{d}{V_1}$, 2) $Q = \frac{V_1^2 \cdot \epsilon_0 \cdot S}{1,4 \cdot d}$ 3) $V_2 = \frac{V_1 \sqrt{S}}{d \cdot 2,1}$

№1. 1) v_k - ?

2) v_{km} - ?

3) T - ?

$$v = 34 \text{ см/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

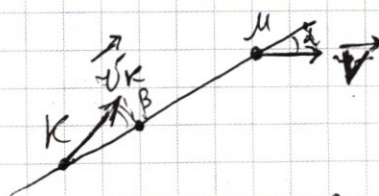
$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{5}{4} R$$

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

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

1) Проецируем скорости на нить:



Стрелки движутся равномерно.

Значит: $v_k \cos \beta = v \cos \alpha$

$$v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_k = \frac{34 \text{ см/с} \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = 50 \text{ см/с}$$

2) Правило сложения скоростей:

$$\vec{v}_k = \vec{v}_{km} + \vec{v}$$

$$\vec{v}_{km} = \vec{v}_k - \vec{v}$$



Теорема косинусов: $v_{km}^2 = v_k^2 + v^2 - 2v_k \cdot v \cdot \cos(\alpha + \beta)$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{4}{5}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} = \frac{45 - 32}{17 \cdot 5} = \frac{13}{5 \cdot 17}$$

$$v_{km}^2 = 50^2 + 34^2 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \frac{13}{5 \cdot 17} = 3136 = 56^2$$

$$v_{km} = 56 \text{ см/с}$$

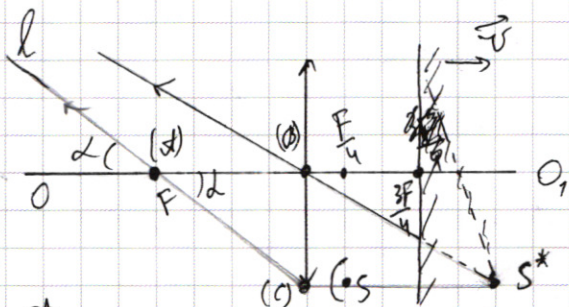
Ответ: 1) $v_k = 50 \text{ см/с}$, 2) $v_{km} = 56 \text{ см/с}$

~5.

1) f - ?

2) L - ?

3) v_u - ?



1) Формула тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$

$$\frac{1}{f} = \frac{d - F}{dF}$$

$d = \frac{5F}{4}$ (из построения; d - расстояние от линзы до S^*)

$$\frac{1}{f} = \frac{F \cdot 4}{4 \cdot 5 F F}$$

$$f = 5F$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5F \cdot 4}{5F} = 4$$

2) Нетрудно понять из геометрических соображений, что скорость изображения направлена по прямой l .

Тогда $L = (\vec{OO}_1; l)$ ~~$\sin L = 1/17$~~

из $\triangle ABC$: $\sin L = \frac{3}{5}$, значит $\sin L = \frac{3}{5}$, $\cos L = \frac{4}{5}$

3) Зеркало движется со скоростью v . Это всё равно, что S^* движется со скоростью v . Значит предмет движется со скоростью v , линза имеет увеличение $\Gamma = 4$

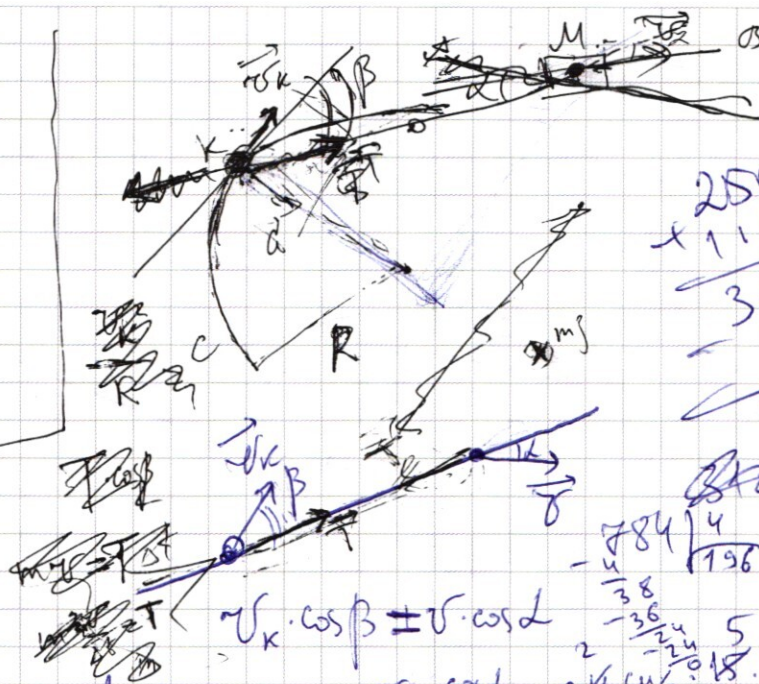
Значит скорость изображения равна: $v_u = \Gamma^2 \cdot v = 16v$

Ответ: 1) $f = 5F$ 2) $L = \arcsin 0,6$ ($\sin L = 0,6$) 3) $v_u = 16v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

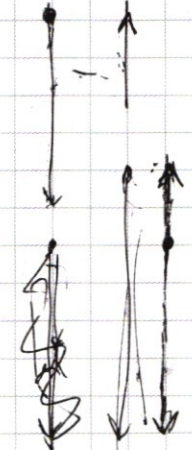
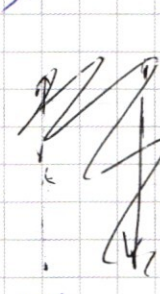
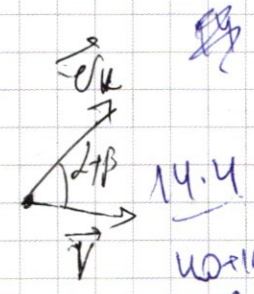
$v = 34 \text{ см/с}$
 $m = 0,3 \text{ кг}$
 $R = 0,53 \text{ м}$
 $l = \frac{5}{4} R$
 $\cos \alpha = \frac{15}{18}$
 $\cos \beta = \frac{3}{5}$

- 1) v_k - ?
- 2) v_{km} - ?
- 3) T - ?



$$v_k \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$$

$$v_k = \frac{v \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot \frac{15}{18} \cdot 5}{3} = 50 \text{ см/с}$$



$$T \cos \beta \cdot l \sin \beta + T \sin \beta \cdot l \cos \beta = 0$$

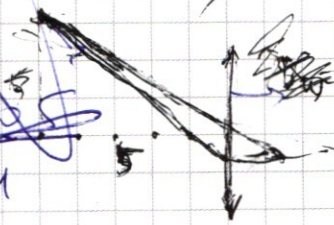
$$T \cos \beta \cdot l \sin \beta + T \sin \beta \cdot l \cos \beta = 0$$

$$T \cos \beta \cdot l \sin \beta + T \sin \beta \cdot l \cos \beta = 0$$

$$T \cos \beta \cdot l \sin \beta + T \sin \beta \cdot l \cos \beta = 0$$

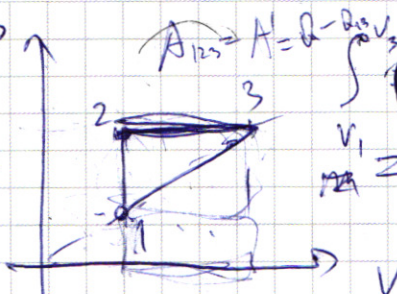
$$v_u = v + v_{uz}$$

$$v_u = v + v_{uz}$$



2. 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}}$ 2) $\frac{\Delta u_{23}}{\frac{1}{4} A_{23}}$ 3) $\eta_{\text{max}}?$

$$p_1(p_2 + p_1) \rightarrow (p_2 - p_1)^2 \rightarrow p_1(p_2 - p_1) =$$



$$P_2 \frac{V_3 - V_1}{P_3 - P_1} = \frac{V_3 - V_1}{V_3 - V_1} = 1$$

$p_3 V_1 = p_1 V_3$

$p_2 V_1 = (p_2 - p_1) / (p_1 + p_2)$

$\Delta U_{12} = \frac{C}{M} \cdot m \cdot \Delta T = C \cdot \Delta T$

$A'_{12} = 0$

$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} \cdot \gamma R \cdot \Delta T$

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

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

$$a \geq b \quad \left\{ \begin{array}{l} 23: p = \text{const} \end{array} \right.$$

$$\frac{1}{2}ab \leq \frac{1}{2}a^2$$

$$\begin{aligned} & \frac{3}{2}(p_2 - p_1)(p_2 + p_1) + p_2(p_2 - p_1) \\ &= (p_2 - p_1) \left(\frac{3}{2}p_2 + \frac{3}{2}p_1 + p_2 \right) \\ &= (p_2 - p_1) \left(\frac{5}{2}p_2 + \frac{3}{2}p_1 \right) \end{aligned}$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot V \Delta T_{32} = \Delta U_{23} + A'_{23} \quad p(V_3 - V_1) = \frac{1}{p} \\ A'_{23} = p_2 \cdot (V_3 - V_2) = V R (T_3 - T_2) \\ \Delta U_{23} = \frac{i}{2} \cdot V R \cdot \Delta T_{32} \\ C_{23} \cdot V \Delta T_{32} = \frac{i}{2} \cdot V R \Delta T_{32} + V R \Delta T_{32} \\ C_{23} = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3 \cancel{K} \cdot \cancel{2}}{\cancel{2} \cdot 5 \cancel{K}} = 0,6$$

29 $\Delta u_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_{32}$ $A'_{23} = \sqrt{R} \Delta T_{32}$

$$\boxed{\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3 \cancel{R} \cancel{\Delta T_{32}}}{2 \cancel{2R} \cancel{\Delta T_{32}}} = \frac{3}{2}}$$

$$3) \quad \uparrow \text{max} = \frac{Q_H - Q_K}{n} = \frac{Q_{12} + Q_{23} - Q_{13}}{2}$$

$$Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} R \cdot V \cdot \Delta T_{21} + \frac{5}{2} R \cdot V \cdot \Delta T_{23} \quad Q_{12} + Q_{23}$$

$$A' = \int_{V_2}^{V_3} (P_{23}(V) - P_{13}(V)) dV = \frac{(P_2 - P_1)}{2} \cdot (V_3 - V_2) \xrightarrow{\text{max.}} \frac{(P_2 - P_1)}{2} \Delta V$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{3}{2} \cdot p_2 V - \frac{3}{2} p_1 V + \frac{5}{2} p_3 V \\
 & - \frac{5}{2} p_2 V = \\
 & = \frac{3}{2} p_3 V - \frac{3}{2} p_1 V - p_2 V \\
 & = \frac{3}{2} p_3 V - \frac{3}{2} p_1 V - p_2 V \\
 & = \frac{3}{2} p_3 V + p_2 (V - V) - \frac{3}{2} p_1 V \\
 & = \frac{3}{2} (p_3 V - p_1 V) + p_2 (p_2 - p_1) \\
 & A \\
 & R_{\text{eff}} = \frac{\quad}{Q_H}
 \end{aligned}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

V_1

1) T - ?
2) Q - ?
3) V_2 - ?

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

$T^2 = \frac{0,4d}{E \cdot \gamma}$

$T^2 = \frac{0,4d \cdot 2 \cdot 0,7d}{v_1^2}$

$T = \frac{d}{v_1} \sqrt{0,4 \cdot 2 \cdot 0,7} = \frac{0,2d}{v_1} \sqrt{14}$

$= \frac{0,2d}{v_1} \sqrt{2 \cdot 7} = \frac{0,2d}{v_1} \sqrt{2} \cdot \sqrt{7}$

$P_2 V_3 - P_2 V_2 = P_1 V_3 + P_1 V_2$

$2 \cdot V R T_3 - V R T_2 = V R T_2 + V R T_1$

$= \frac{V R}{2} (T_3 - T_2 - T_2 + T_1)$

$\frac{(P_2 - P_1) V^2}{2 \cdot (P_2 - P_1) (5 P_2 + 3 P_1)} = \frac{P_2 - P_1}{5 P_2 + 3 P_1} = \frac{5 P_2 + 3 P_1 - 4 P_2 - 4 P_1}{5 P_2 + 3 P_1} = 1 - \frac{4 P_2 + 4 P_1 - 5 P_2 - 3 P_1}{5 P_2 + 3 P_1}$

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

$T^2 = \frac{0,4d}{a}$

$A = \frac{m v_1^2}{2} = E \cdot q \cdot 0,7d = U q \cdot 0,7$

$E = \frac{\varphi_+ - \varphi_-}{d} = \frac{U}{d}$

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

$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{kQ \cdot q \cdot 0,7d}{d^2}$

$Q = \frac{m v_1^2 d}{2 k q \cdot 0,7} = \frac{m v_1^2 d}{1,4 k q}$

$E \cdot \gamma = \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,7d}$

$A = \frac{m v_2^2}{2} = \frac{kQ \cdot q}{0,7d} = \frac{4 k Q |q|}{2,1d}$

$v_2^2 = \frac{2 \cdot 4 k \cdot Q |q|}{m \cdot 2,1d} = \frac{2 Q \cdot \gamma}{\pi \epsilon_0 \cdot 2,1d} = \frac{2 \cdot 4 \cdot \gamma}{1,4 \cdot 2,1} = \frac{20}{7} \cdot \frac{v_1^2}{\sqrt{2}}$

$v_2 = \sqrt{\frac{20}{7} \cdot \frac{v_1^2}{\sqrt{2}}} = \frac{20}{7 \sqrt{2}} v_1$

$$Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) + \frac{5}{2} VR(T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{3}{2} V_2 (P_2 - P_1 + \frac{5}{2} P_2 (P_3 V_3 - V_1)) = (P_2 - P_1) (\frac{3}{2} V_2 + \frac{5}{2} P_2)$$

~~$$Q_{13} = (P_1 - P_2) (\frac{3}{2} V_2 + \frac{5}{2} P_2) - (P_2 - P_1) (\frac{3}{2} V_2 + \frac{5}{2} P_2) =$$~~

$$Q_{13} = A_{13}^2 + d_{13} =$$

$$(P_3 + P_1) (V_1 - V_3) + \frac{3}{2} VR(T_3 - T_1) = \frac{(P_3 + P_1) (V_1 - V_3) + \frac{3}{2} VR(T_3 - T_1)}{2}$$

$$\frac{1}{2} (P_3 V_1 - P_3 V_3 + P_1 V_1 - P_1 V_3 + 3P_3 V_3 - 3P_1 V_1) =$$

$$= \frac{1}{2} (2P_3 V_3 - 2P_1 V_1) = P_3 V_3 - P_1 V_1$$

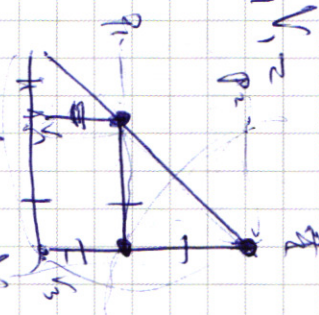
$$VR(T_3 - T_1)$$

$$\eta = 1 - \frac{VR(T_3 - T_1)}{\frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) + \frac{5}{2} VR(T_3 - T_2)}$$

$$= 1 - \frac{T_3 - T_1}{\frac{3}{2} T_2 - \frac{3}{2} T_1 + \frac{5}{2} T_3 - \frac{5}{2} T_2} = 1 - \frac{2(T_3 - T_1)}{5T_3 - 2T_2 - 3T_1}$$

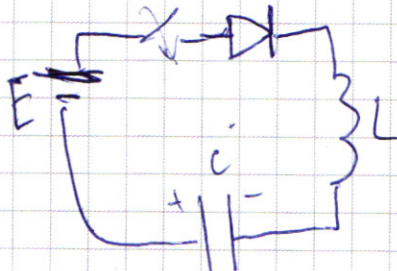
$$1 - \frac{2 \cdot \frac{1}{2} (\frac{V_3^2}{V_1^2} - 1)}{\frac{1}{2} (5 \frac{V_3^2}{V_1^2} - 2 \frac{V_3^2}{V_1^2} - 3)}$$

$$= 1 - \frac{2(t^2 - 1)}{5t^2 - 2t - 3}$$



$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1}$$

$$T_2 = \frac{V_3 T_1}{V_1}$$



$$E = 60 \text{ В}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 20 \text{ В}$$

$$L = 91 \text{ Тл}$$

$$U_0 = 10 \text{ В}$$



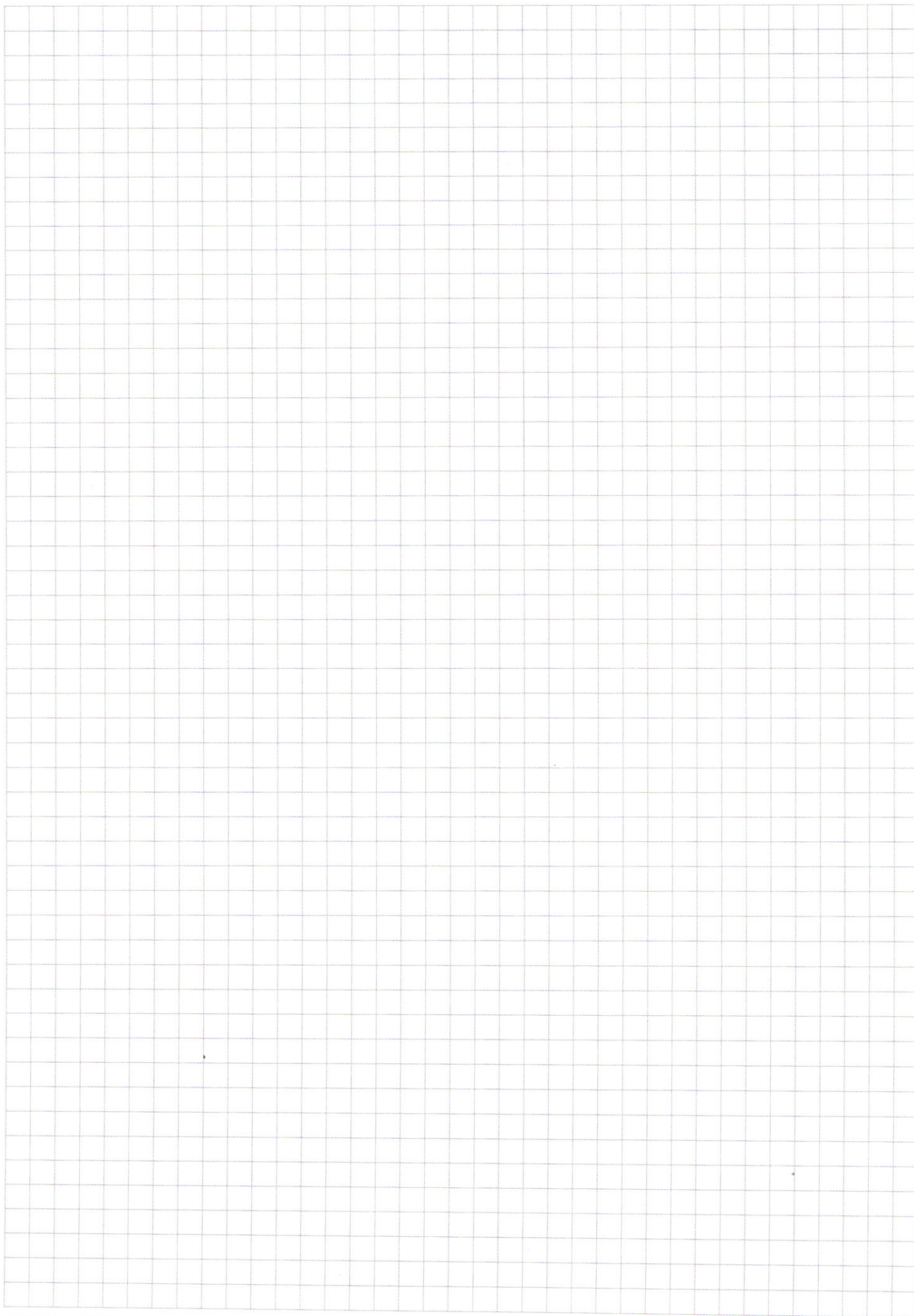
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)