

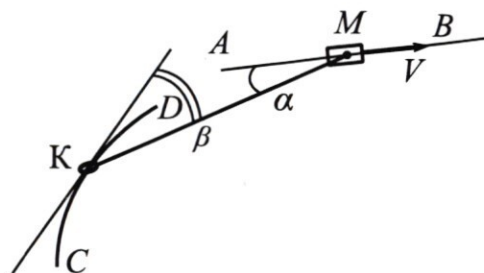
Олимпиада «Физтех» по физике, с

Вариант 11-03

Класс 11

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.



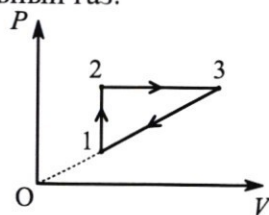
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

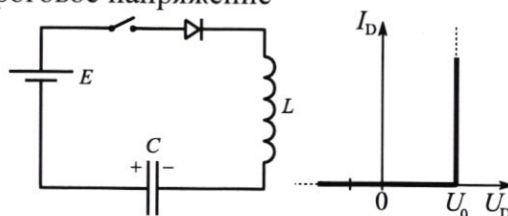
1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.

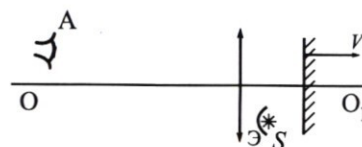


1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

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

$v = 34 \text{ км/с}$
 $m = 0,3 \text{ кг}$
 $R = 0,5 \text{ м}$
 $L = \frac{5R}{4}$
 $\cos \alpha = \frac{15}{17}$
 $\cos \beta = \frac{3}{5}$

1) Т.к. $L = \frac{5R}{4} = \text{const} \Rightarrow x: v \cos \alpha = v_k \cos \beta \Rightarrow v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} =$

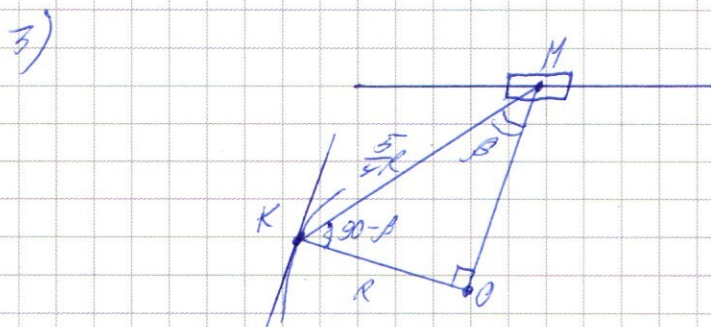
1) $v_k = ? = \frac{34 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = 50 \text{ км/с}$

2) $v_{\text{век}} = ?$

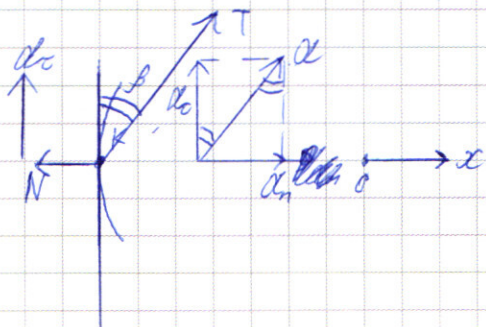
3) $T = ?$

2)

Из Δ скоростей по т. кос.: $v_{\text{век}} = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2 v_k v \cos(\alpha + \beta)} =$
 $= \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2 v_k v (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)}$
 $\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{8}{17}$ $\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{4}{5}$
 $v_{\text{век}} = \sqrt{2500 + 1156 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} \right)} = \sqrt{3136} = 56 \text{ км/с}$



Пусть O - центр окружности, по которой движется камень.
 Рассмотрим ΔKMO : $KM = \frac{5}{4}R$, $KO = R$, $\cos(\alpha + \beta) = \frac{4}{5} \Rightarrow \angle KOM = 90^\circ \Rightarrow$ камень ударился
 перпендикулярно касательной в точке M .



$$x: \begin{cases} m a_n = T \sin \beta - N & (1) \\ m a_n = T - N \sin \beta & (2) \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} (1) \quad N &= T \sin \beta - m a_n \\ (2) \quad \frac{m a_n}{\sin \beta} &= T - T \sin^2 \beta + m a_n \sin \beta \end{aligned}$$

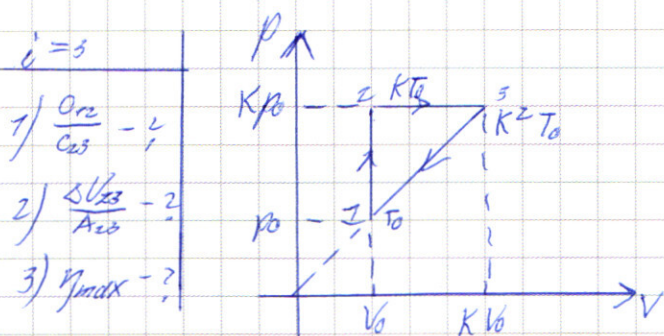
$$m a_n = T \sin \beta - T \sin^2 \beta + m a_n \sin^2 \beta$$

$$m a_n \cos^2 \beta = \sin \beta \cdot T \cos^2 \beta$$

$$T = \frac{m a_n}{\sin \beta} \quad a_n = \frac{v_n^2}{R} \Rightarrow T = \frac{m v_n^2}{R \sin \beta} = \frac{0,3 \cdot 0,25 \cdot 5}{0,53 \cdot 4} = \frac{3 \cdot 25 \cdot 5}{258 \cdot 53 \cdot 4} =$$

$$= \frac{75}{258 \cdot 53} = \frac{75}{424} \approx 0,177 \text{ Н}$$

Ответ: 1) 50 м/с; 2) 56 м/с; 3) $\frac{75}{424}$ Н



1) $T \uparrow$ в процессе 1-2 и 2-3 (из графиков)

1-2: изобарный $\Rightarrow C_{12} = C_V = \frac{3}{2} R$

2-3: изохорный $\Rightarrow C_{23} = C_P = \frac{5}{2} R$

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

$$2) \Delta U_{23} = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2) \approx 3 R (T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2) = R (T_3 - T_2) \Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = 1,5$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_c}{Q_w}$$

$$Q_{KZ} = Q_{12} + Q_{23} \quad Q_Z = -Q_{31} \Rightarrow \eta = 1 + \frac{Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}}$$

$$\bullet Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \int R T_0 (K - T)$$

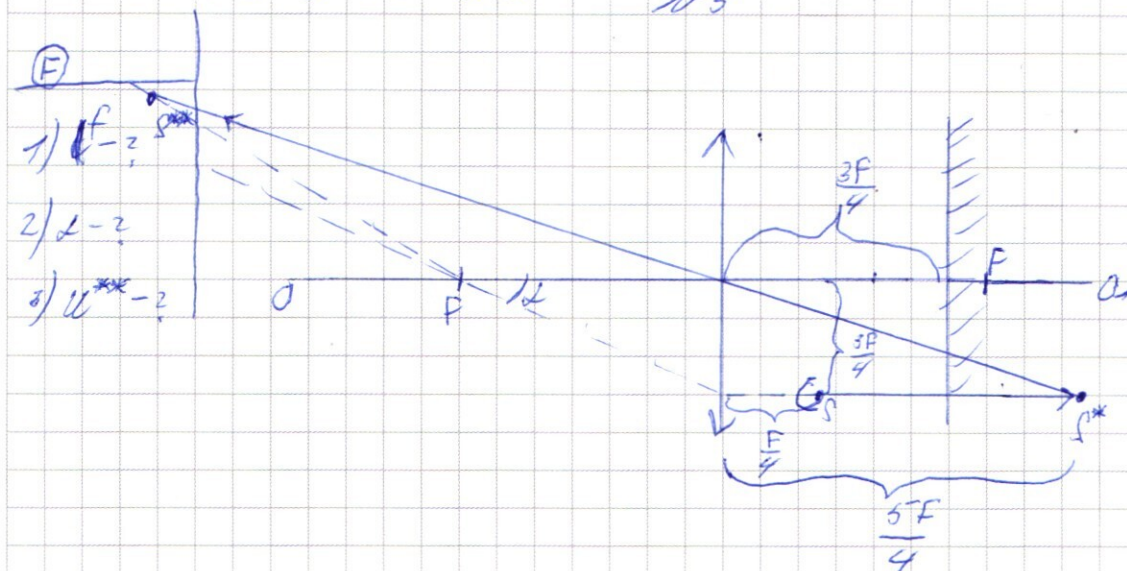
$$\bullet Q_{23} = \cancel{C_p} \sqrt{T_0} (K^2 - K) = \frac{5}{2} \sqrt{RT_0} (K^2 - K)$$

$$R_{\text{tot}} = \frac{C_v + C_p}{2} \downarrow T_0 (T - K^2) = 2JR T_0 / (T - K^2)$$

$$\eta = 1 + \frac{2 \cancel{J_A J_B} (1 - K^2)}{\frac{3}{2} \cancel{J_A J_B} (K-1) + \frac{5}{2} \cancel{J_A J_B} / K^2 K} = 1 - \frac{2(K+1)}{\frac{3}{2} + \frac{5}{2}K} =$$

$$= 1 - \frac{4(K+1)}{3+5K} = 1 - \frac{4K+4}{3+5K} \quad \text{für } K \rightarrow \infty \Rightarrow \eta_{\max} \approx 1 - \frac{4}{5} = \frac{1}{5} \approx 20\%$$

Order: 1) 9,8; 2) 7,5; 3) 20%.



$$7) \frac{T}{F} = \frac{4}{5F} + \frac{1}{F} \Rightarrow f = 5F$$

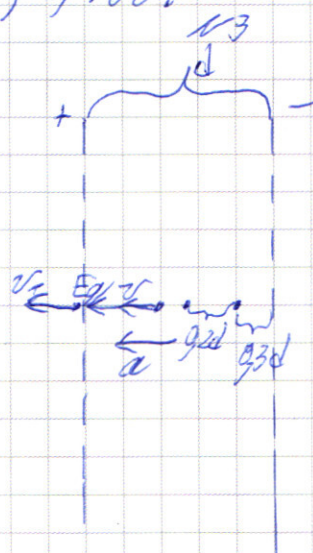
2) На картинке при сходящем зоржжж изобразилась r^{**}
будет удалаться от ширинной лини $\Rightarrow$ $\angle$ -угол
между ширинной линией и $OA \Rightarrow \angle \alpha = \frac{3}{4}$

$$3) U^{**} = \frac{U_{\text{os}}^{**}}{\cos \alpha} \quad r^2 = \frac{U_{\text{os}}^{**}}{U^*} \Rightarrow U_{\text{os}}^{**} = r^2 U^* = r^2 \cdot 2V$$

$$U^{**} = \frac{r^2 U}{\cos \alpha} = \frac{f^2 U}{d^2 \cos \alpha} = 40V$$

Answer: 1) 5F; 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$; 3) 40V.

① ② ③ ④ ⑤
 1) T-?
 2) Q-?
 3) U-?



$$1) \frac{m v^2}{2} = \Delta \varphi / q \quad \Delta \varphi = \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$m \alpha = E q \Rightarrow \alpha = \frac{E q}{m}$$

$$0,2d = \frac{\alpha T^2}{2} \Rightarrow 0,2d = \frac{E q T^2}{m}$$

$$E = \frac{\Delta \varphi}{d} = \frac{v^2}{2\alpha d} \Rightarrow T^2 = \frac{0,4 d \cdot 2\alpha d}{\frac{v^2}{2\alpha d}} = 0,4 \frac{d^2}{v^2} \Rightarrow T = \frac{d}{v} \sqrt{0,4}$$

$$2) E = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S} \Rightarrow |Q| = 2E\epsilon_0 S = \frac{2v^2 \epsilon_0 S}{\frac{P}{2}} = \frac{P \cdot 2\epsilon_0 S}{P}$$

Answer: 1) $\frac{d}{v} \sqrt{0,4}$; 2) $\frac{2\epsilon_0 S P}{P}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v = 3 \text{ км/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,5 \text{ м}$$

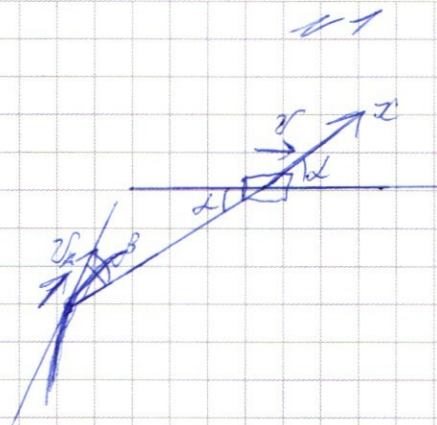
$$l = \frac{5R}{4}$$

а) б)

1) $v_k = ?$

2) $v_{\text{max}} = ?$

3) $T = ?$



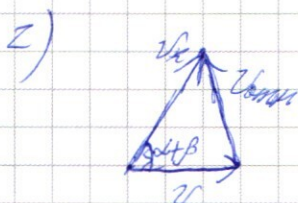
1) $v \cos \alpha = v_k \cos \beta$

$$v_k = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{3 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = 50 \text{ км/с}$$

$$\begin{array}{r} \times 17 \\ 17 \\ \hline + 119 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$289 - 225 = 64$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17} \quad \sin \beta = \frac{4}{5}$$



$$v_{\text{max}} = \sqrt{v_k^2 + v^2 - 2v_k v \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{2500 + 34^2 - 2 \cdot 50 \cdot 34 \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} \right)} =$$

$$= \sqrt{2500 + 34^2 - 100 \cdot 34 \left(\frac{45 - 32}{85} \right)} = \sqrt{2500 + 34^2 - \frac{100 \cdot 34 \cdot 13}{85}} = \sqrt{2500 + 34^2 - 40 \cdot 13}$$

$$\begin{array}{r} \times 34 \\ 34 \\ \hline + 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 34 \\ 34 \\ \hline + 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \end{array}$$

$$40 \cdot 13 = 520 \quad \sqrt{2500 - 1156 - 520} = \sqrt{1980 - 1156} =$$

$$= \sqrt{824} = \sqrt{2 \cdot 412} = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 103} =$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ 26 \\ \hline + 156 \\ 52 \\ \hline 676 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 28 \\ 28 \\ \hline + 224 \\ 56 \\ \hline 784 \end{array}$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{2500 + 34^2 - 50 \cdot 34 \cdot 2 \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} \right)} = \sqrt{2500 + 1156 - 520} =$$

$$= \sqrt{1980 + 1156} = \sqrt{3136} = 4 \cdot 784 = 4 \cdot 4 \cdot 196 = 4^2 \cdot 14^2$$

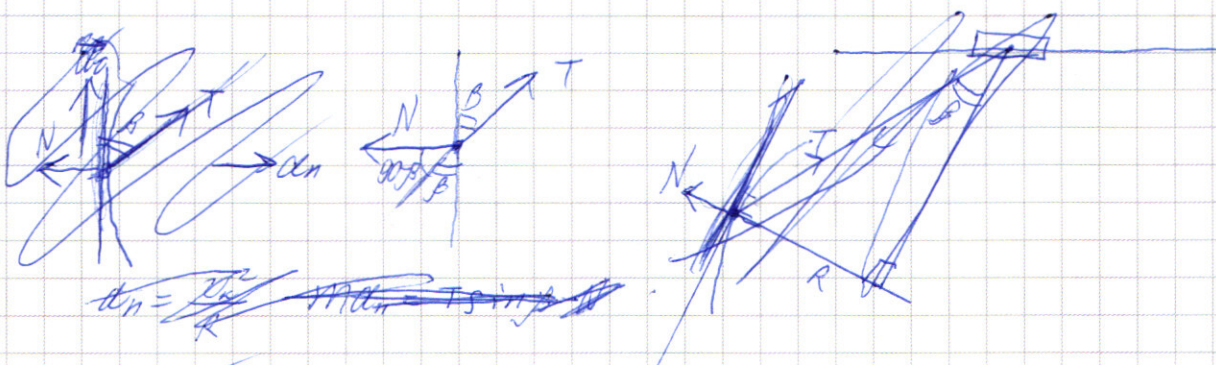
$$3136 = 4 \cdot 784 = 4 \cdot 4 \cdot 196 = 4^2 \cdot 14^2$$

$$v_{\text{max}} = 4 \cdot 14 = 56 \text{ км/с}$$

$$\begin{array}{r} 3136 \div 4 = 784 \\ 28 \overline{) 784} \\ \underline{-32} \\ 464 \\ \underline{-32} \\ 144 \\ \underline{-16} \\ 28 \\ \underline{-28} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 784 \div 4 = 196 \\ 4 \overline{) 784} \\ \underline{-4} \\ 384 \\ \underline{-36} \\ 24 \\ \underline{-24} \\ 0 \end{array}$$

3)



$$d_n = \frac{v^2}{R} \quad m d_n = T \sin \beta$$

$$T \cos \beta = m d_n$$

$$T \sin \beta - N = m d_n$$

$$T \sin \beta = m \frac{v^2}{R} \quad T = \frac{m d_n}{R \sin \beta} = \frac{m v^2 \cos^2 \beta}{R \sin \beta}$$

$$= \frac{9.3 \cdot 0.25 \cdot 1.7}{0.53 \cdot 0.8}$$

$$m d_n = T \sin \beta - N$$

$$m R = T - N \sin \beta$$

$$\begin{cases} m d_n \sin \beta = T - N \sin \beta \\ m d_n = T \sin \beta - N \end{cases}$$

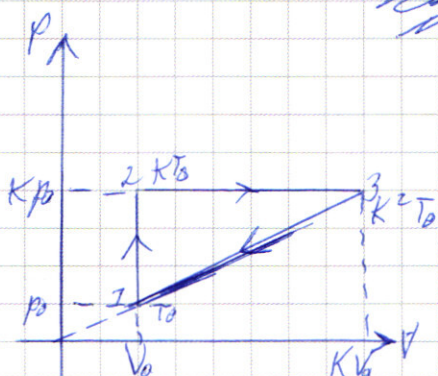
$$N = T \sin \beta - m d_n$$

$$m d_n \sin \beta = T - T \sin^2 \beta - m d_n \sin \beta$$

$$T = \frac{2 m d_n \sin \beta}{\cos^2 \beta} =$$

$$= \frac{2 m d_n^2 \sin \beta}{R \cos^2 \beta} = \frac{2 \cdot 9.3 \cdot 0.25 \cdot 1.7}{5.053 \cdot 0.8}$$

- 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}}$
- 2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}}$
- 3) $\eta_{\max} = ?$



$$1) C_{12} = C_V = \frac{3}{2} R \quad C_{23} = C_P = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$2) \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} T_{23} \quad A_{23} = p_2 V_3 - p_1 V_2 = \sqrt{R} T_{23}$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = 1.5$$

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_{21}}{Q_{12}} \quad Q_{12} = Q_{21} + Q_{23} \quad Q_{21} = -Q_{12}$$

$$\eta = 1 + \frac{Q_{21}}{Q_{12} + Q_{23}} \quad Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R} T_0 (K - 1)$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{R} T_0 (K^2 - K) + K p_0 V_0 (K - 1)$$

$$= \frac{3}{2} \sqrt{R} T_0 (K^2 - K) + \sqrt{R} T_0 (K^2 - K) = \frac{5}{2} \sqrt{R} T_0 (K^2 - K)$$

$$Q_{21} = 2 \sqrt{R} T_0 (1 - K^2)$$

$$\eta = 1 - \frac{2 \sqrt{R} T_0 (1 - K^2)}{\frac{5}{2} \sqrt{R} T_0 (K^2 - K)} = 1 - \frac{K+1}{2K}$$

$$\frac{K+1}{2K} = \min$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2K} = \min$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

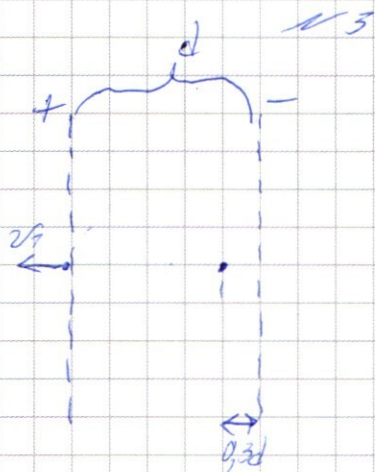
~~$$F = \frac{1}{2} k^{-1} + \frac{1}{2}$$~~

~~$$F = \frac{1}{2} k^{-1} = 0$$~~

$$\eta = 1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2k} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2k} = \text{max}$$

~~$$\eta = 50\%$$~~

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



~~1)
$$\frac{mv^2}{2} = \Delta\varphi |q| \quad \Delta\varphi = \frac{v^2}{2v}$$~~

$$md = Eq \quad \alpha = \frac{Eq}{m}$$

$$g_2 d = \frac{\alpha T^2}{2}$$

$$g_4 d = \frac{Eq T^2}{m}$$

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

$$T^2 = \frac{g_4 d}{g_2 E}$$

$$T^2 = \frac{g_4 d \cdot 2d}{g_2 \cdot v^2} = \frac{g_4 d^2}{g_2 v^2}$$

$$T = \frac{d}{v} \sqrt{g_4}$$

$$2) E = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = 2E\epsilon_0 S = \frac{2v^2 \epsilon_0 S}{d} = \frac{v^2 \epsilon_0 S}{d}$$

~~3)
$$E = \frac{Q}{d}$$~~

$$Eq/d$$



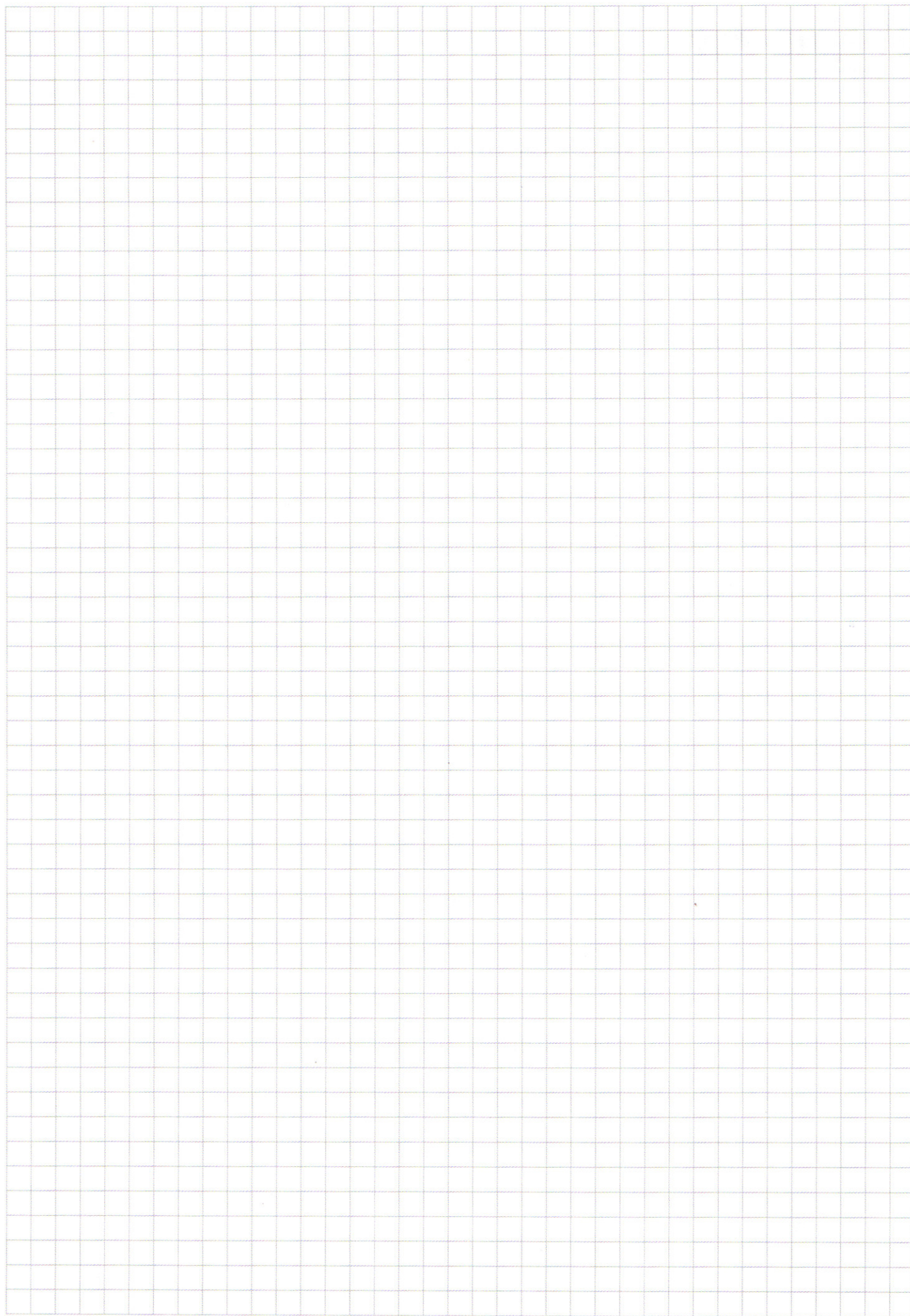
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)