

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑦. Дано: элект. излучение $\lambda_{\text{изл}}$

Норми: 1) $\frac{C_{12}}{C_{23}}$; 2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}}$; 3) η_{max} .

Решение: 1) По 1 закону термодинамики

$$Q_{12} = \Delta U_{12} \text{ (процесс изохорный } \Rightarrow A = 0)$$

~~$\frac{1}{2} C_{72} \Delta T_{72} = \frac{3}{2} R \Delta T_{72}$~~

$$C_{v2} = \frac{3}{2} R \Rightarrow \text{аналогично } Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + p \Delta V_{23} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{23} \text{ (из к. и з ур-я Менделеева-Клапейрона } p \Delta V = \nu R \Delta T)$$

$$\cancel{U_{23}} \cancel{A_{232}} \cdot \frac{5}{2} \cancel{R_{23}} \Rightarrow G_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{72}}{C_{23}} = \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5} = \frac{3}{5}$$

$$2) \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} V \cancel{A T_{23}}}{V \cancel{A T_{23}}} = \frac{5}{2}$$

$$3) b = \frac{A_{7237}}{Q_K} = \frac{Q_K - Q_X}{Q_K} = \frac{Q_{72} + Q_{23} + Q_{37}}{Q_{72} + Q_{23}}$$

$$Q_{37} = \Delta U_{37} + A_{37}$$

В графене $\tau_3 \rho = 2V$, d - к-ф-м пространств-вре $\Rightarrow V$ убв. в n раз $\Rightarrow \rho$ тоже убв. в n раз $\Rightarrow \rho_1 = dV_1$; $n\rho_1 = n dV_1$

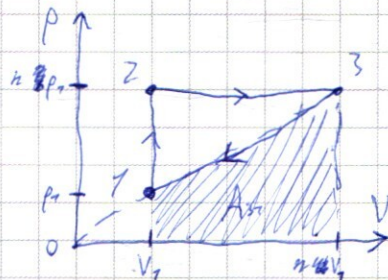
$$A_{\text{изст}} = - \int_{\text{изст}} p \, dV = - \int_{V_1}^{V_2} p \, dV = - \int_{V_1}^{V_2} \frac{p_1 + p_2}{2} dV = - \frac{(p_1 + p_2)}{2} \int_{V_1}^{V_2} dV = - \frac{(p_1 + p_2)}{2} (V_2 - V_1) = - \frac{(p_1 + p_2)}{2} \Delta V$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R} = \frac{1 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 8.31} = 1.2 \text{ K}$$

$$Q_{37} = \frac{3}{2} \cancel{V_7} \left(\frac{dV_7^2}{\cancel{V_7}} - \frac{2h^2 V_7^2}{\cancel{V_7}} \right) + \frac{d(V_7^2 - h^2 V_7^2)}{2} = \frac{3}{2} dV_7^2 (1-h^2) + \frac{1}{2} dV_7^2 (1-h^2) = 2dV_7^2 (1-h^2) = Q_{37}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} VR \left(\frac{2V_2^2}{2R} - \frac{2V_1^2}{2R} \right) = \frac{3}{2} 2V_1^2 (2 - 1) = Q_{12}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \cancel{\nu R} \left(\frac{2n^2 V_2^2}{\cancel{\nu R}} - \frac{n \alpha V_1^2}{\cancel{\nu R}} \right) = \frac{5}{2} \alpha V_1^2 (n^2 - n) = Q_{23}$$



$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{7,5 \sqrt{V_1^2 (h-7)} + 2,5 \sqrt{V_2^2 (h^2-h)} + 2 \sqrt{V_1^2 (7-h^2)}}{7,5 \sqrt{V_1^2 (h-7)} + 2,5 \sqrt{V_2^2 (h^2-h)}} = \frac{7,5h - 7,5 + 2,5h^2 - 2,5h}{7,5h - 7,5 + 2,5h^2 - 2,5h} = \frac{0,5h^2 - h + 0,5}{0,5h^2 - h + 0,5} = \frac{h^2 - 2h + 1}{h^2 - 2h + 1} = \frac{(h-1)^2}{(h-1)^2} = 1$$

$h^2 - 2h + 1 = (h-1)^2$, $h-1$ - любое рациональное число > 1

$$* \frac{1}{4} = 1 + 3 \cdot 5 = 16$$

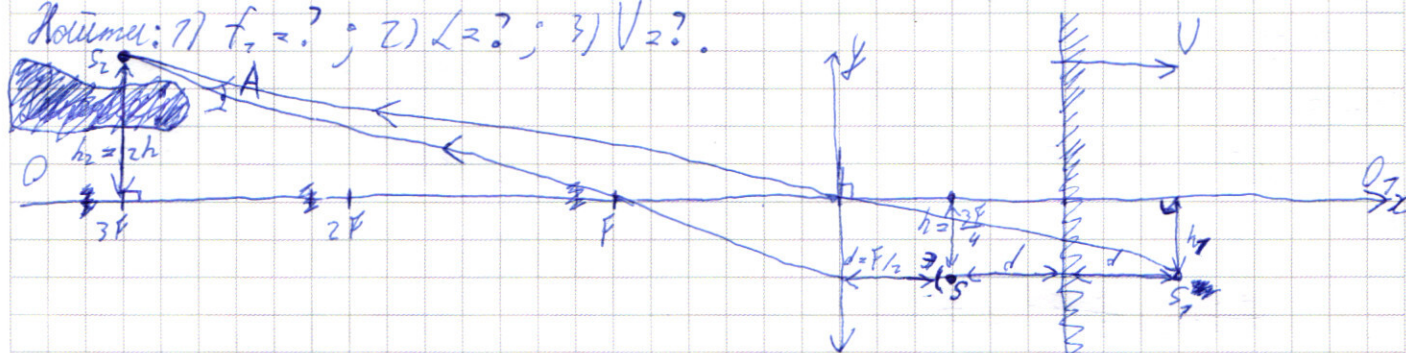
$$h = \frac{1 \pm 4}{5} \Rightarrow h = 7 \text{ или } h = -\frac{3}{5}$$

$\eta_{\max}$ при h^2 , стремящемся к бесконечности, тогда $\eta_{\max} = \frac{7}{5}$

Ответ: 1) $\frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{3}{5}$; 2) $\frac{Q_{23}}{Q_{31}} = \frac{5}{2}$; 3) $\eta_{\max} = \frac{7}{5}$.

5. Дано: $F, 7, 5$, зеркало $\perp O O_1$, $h = \frac{3F}{4}$, $d = \frac{F}{2}$, V_2 .

Найти: 1) $f_1 = ?$; 2) $\angle = ?$; 3) $V_2 = ?$.



Решение: 1) после отражения в зеркале d_1 источника для линзы S_1 будет

равно $\frac{3F}{2} \Rightarrow S_1$ - действ. источник для линзы $\Rightarrow$ по формуле тонкой

$$\text{линзы } \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{3F}{2}} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F}$$

$$f_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F} = \frac{2,5 F^2}{0,5 F} = 3F = f_1 - \text{выб.}$$

ражение Шелл от линзы, увеличенное, перевернутое

2) Зеркало движется со скоростью $V_2 \Rightarrow S_1$ движется с $V_1 = 2V_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ м. к. $\Gamma^2 = \frac{V_{2x}^2}{V_1^2} = \frac{f_1^2}{d_1^2} = 4$ - формула для скорости изображений вдоль оптической оси $\Rightarrow V_{2x} = \frac{1}{2} V_1 = 2V_2 = 4V_2 = V_{2x}$

при увеличении S_1 Γ падает $\Rightarrow S_2$ движется вниз, V_y

Ответ: 1) $f_1 = 3F$.

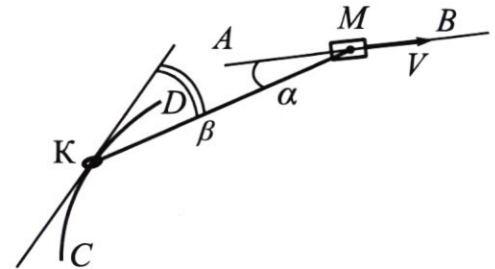
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-01

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

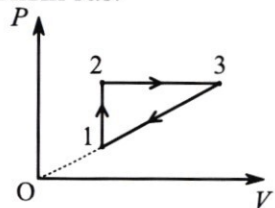
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

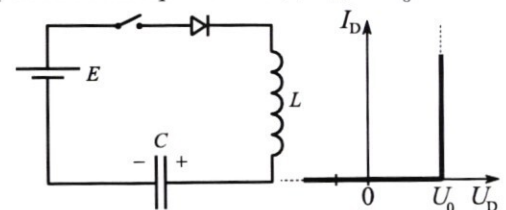
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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 $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ 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.

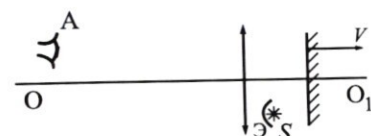


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости 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.)

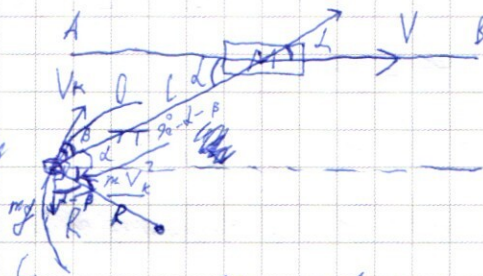
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

7. Дано: $M, V = 68 \text{ см/с}, m = 9,7 \text{ кг},$
 $R = 7,9 \text{ м}, l = \frac{5R}{3}, \cos \alpha = \frac{75}{77}, \cos \beta = \frac{4}{5}.$

Найти: 1) V_k ; 2) $V_{\text{отн}}$; 3) T .



Решение: 1) путь коротчайшим $\Rightarrow$ расстояние между катками и $M = \text{const} \Rightarrow$

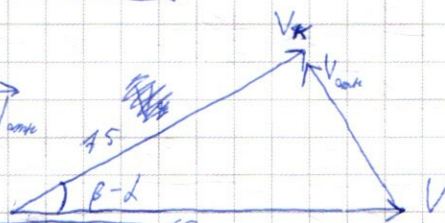
$$\Rightarrow V \cos \alpha = V_k \cos \beta$$

$$V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 75}{77 \cdot 4} = 75 \text{ (см/с)} = V_k$$

2) Построим треугольник скоростей:

по закону сложения скоростей $\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V}_{\text{пуз}} + \vec{V}_{\text{отн}}$

$$\vec{V}_k = \vec{V} + \vec{V}_{\text{отн}}$$



по т. косинусов $V_{\text{отн}} = \sqrt{V_k^2 + V^2 - 2V_k V \cos(\beta - \alpha)}$

$$\cos(\beta - \alpha) = \cos \beta \cos \alpha + \sin \beta \sin \alpha = \frac{4 \cdot 75}{5 \cdot 77} + \frac{8 \cdot 3}{77 \cdot 5} = \frac{84}{85}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$V_{\text{отн}} = \sqrt{75^2 + 68^2 - \frac{2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot 84}{85}} = \sqrt{70249 - 70080} = \sqrt{169} = 13 \text{ (см/с)}$$

3) На катки действуют силы тяжести и T , а проекции этих сил на хорду

Малень к углу окружности задает нормальное ускорение катка a_n

$$a_n = \frac{V_k^2}{R} = \frac{75^2}{790} = 7,25 \text{ (см/с}^2\text{)}$$

Угол между $\vec{T}$ и нормалью $= \alpha + \beta$, а угол между $\vec{T}$ и хордой $= 90^\circ - \beta$

$$mg \cos(\alpha + \beta) + T \cos(90^\circ - \beta) = m a_n$$

$$T = \frac{m(a_n - mg \cos(\alpha + \beta))}{\cos(90^\circ - \beta)}$$

$$\cos(90^\circ - \beta) = \sin 90^\circ \sin \beta = \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$T = \frac{5(11\frac{7}{8} - \frac{36}{85})}{79.3} \approx \frac{5.77}{30} = \frac{77}{6} \text{ (K)}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta = \frac{60-248}{5.77} = \frac{36}{85}$$

Ответ: 1) $V_k = 35 \text{ м/с}$; 2) $V_{\text{отн}} = 13 \text{ м/с}$; 3) $T = \frac{77}{6} \text{ K}$.

3. Дано: S, d ($d < \sqrt{S}$), $0.25d$, $T, \frac{q}{m} = \gamma$.

Найти: 1) V_1 ; 2) Q ; 3) V_2 .

Решение: 1) На частицу действует сила

$$F = qE \quad (E - \text{напр-е между обкладками})$$

$$F = \frac{qU}{d} = \frac{q^2}{dC} \quad (C - \text{ёмкость конден-ра})$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad (\text{в вакууме})$$

$$F = \frac{q^2 d}{d\epsilon_0 S} = \frac{q^2}{\epsilon_0 S} \Rightarrow \frac{q^2}{\epsilon_0 S} = m\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{q^2}{m\epsilon_0 S} = \frac{\gamma^2}{\epsilon_0 S}$$

$$V_1 = \alpha T = \frac{\gamma^2 T}{\epsilon_0 S}$$

$$\frac{3d}{4} = \frac{V_1^2}{2\alpha} = \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{2\gamma^2} = \frac{\gamma^2 q^2 T^2 \epsilon_0 S}{\epsilon_0^2 S^2 \cdot 2\gamma^2} = \frac{\gamma^2 T^2}{2\epsilon_0 S} = \frac{3d}{4}$$

$$6d\epsilon_0 S = 4\gamma^2 T^2 \Rightarrow \gamma^2 = \frac{3d\epsilon_0 S}{2T^2} \Rightarrow V_1 = \frac{\gamma T \cdot 3d\epsilon_0 S}{\epsilon_0 S \cdot 2\gamma T^2} = \frac{3d}{2T}$$

2) $\frac{Q}{\epsilon_0 S} = E$, E - пов-ная пл-ть заряда - формула для конден-ра из 2-х пластин

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

$$F = \frac{q^2}{\epsilon_0 S} = \frac{qU}{d} \Rightarrow U = \frac{q d}{\epsilon_0 S} = \frac{3d\epsilon_0 S d}{2\gamma T^2 \cdot \epsilon_0 S} = \frac{3d^2}{2\gamma T^2}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{3d}{2\gamma T^2} \Rightarrow Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2\gamma T^2}$$

3) частица будет замедляться, т.к. $\vec{E}$ будет направлен против движения 2-й, когда она вне конден-ра

На диск-ти $\rho = 0 \Rightarrow \Delta\rho = -U \Rightarrow A = qU$ - работа над 2-й перем.

$$\text{дём в } \Delta E_k = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = \frac{m}{2}(V_2^2 - V_1^2) = -qU$$

$$-\frac{2qU}{m} = V_2^2 - V_1^2 \Rightarrow V_2^2 = V_1^2 - \frac{2qU}{m} = \frac{9d^2}{4T^2} - \frac{3d^2}{T^2} = \frac{9d^2}{4T^2} - \frac{3d^2}{T^2} =$$

$$= 3) V_2 = V_1 = \frac{3d}{2T}, \text{ т.к. векторы напряжённости } \vec{E} \text{ противоположны за обкладками, и}$$

никакой силы не действует на заряд.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]

$$= \sqrt{\frac{3d^2}{4P^2}} + \frac{9d^2}{4P^2} = \sqrt{\frac{72d^2 + 9d^2}{4P^2}} = \sqrt{\frac{81d^2}{4P^2}} = \frac{\sqrt{81}d}{2P} = \frac{9d}{2P} = \sqrt{2}$$



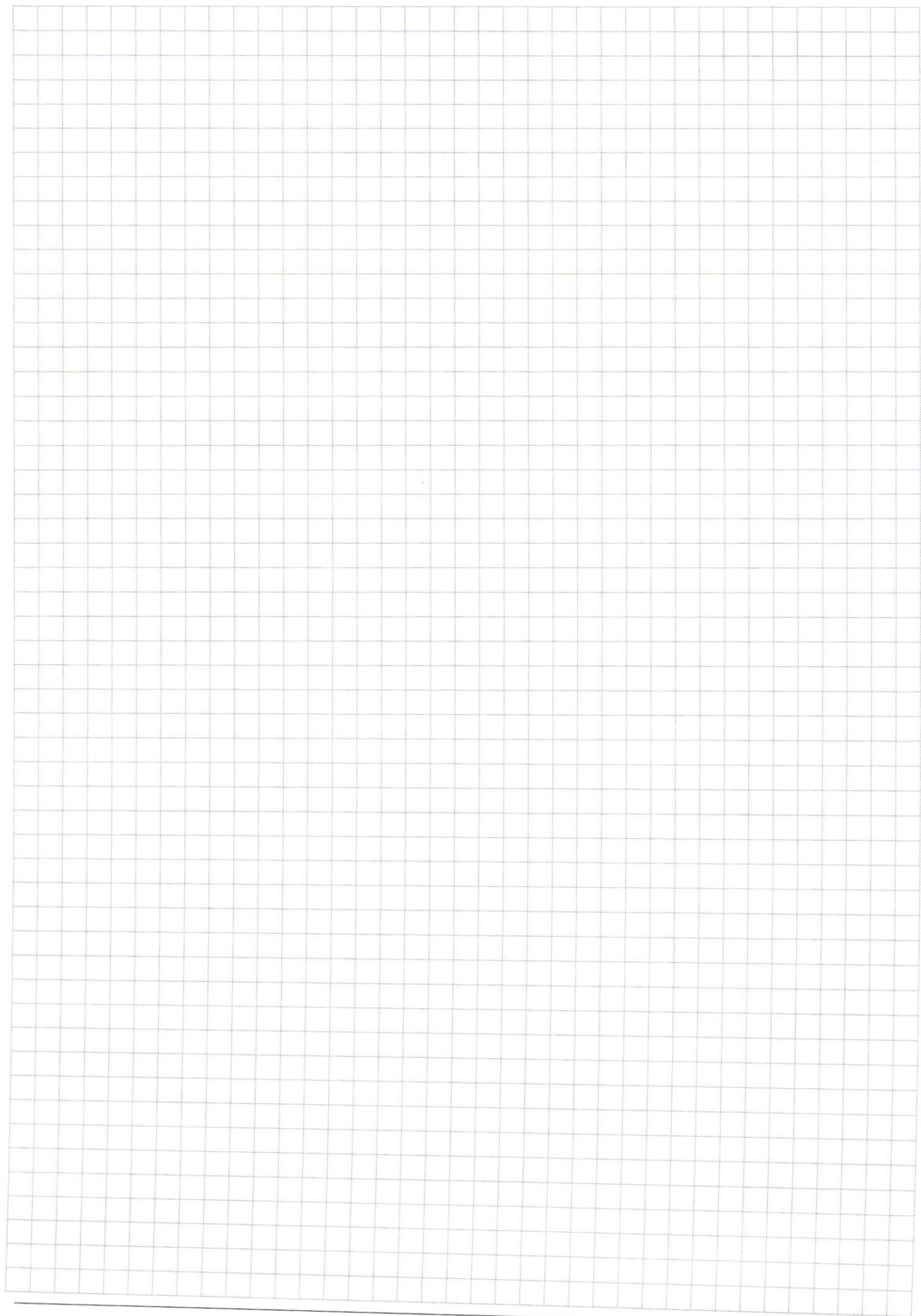
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«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)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]

$$Q_{13} = \Delta V_{13} + A_{13} =$$

1327 $p = 2V_1$ д-коэф-м кр-м $\Rightarrow V_{убв}$ в к-р $\Rightarrow p$ тоже убв. в к-р $\Rightarrow$

$$Q_{13} = \frac{3}{2} R (V_1 - hV_1) + A_{13}$$

$$A_{13} = \frac{1}{2} \frac{p_1 + p_2}{\rho} \frac{(V_1 - hV_1)}{V_1^2 - h^2 V_1^2} = \frac{(p_1 + p_2) (V_1 - hV_1)}{2 \rho (V_1^2 - h^2 V_1^2)}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R} = \frac{d V_1^2}{\nu R}, \text{ аналог. } T_2 = \frac{d V_2^2}{\nu R}$$

$$Q_{13} = \frac{3}{2} R \left(\frac{d V_1^2}{2R} - \frac{h^2 d V_1^2}{2R} \right) + \frac{d (V_1^2 - h^2 V_1^2)}{2} =$$

$$= \frac{3}{2} d V_1^2 (1 - h^2) + \frac{1}{2} d V_1^2 (1 - h^2) = d V_1^2 (1 - h^2) = Q_{12}$$

$$n = 2 \Rightarrow \frac{1}{73}$$

$$3 \Rightarrow \frac{2}{79} = \frac{1}{9}$$

$$4 \Rightarrow \frac{3}{23}$$

$$5 \Rightarrow \frac{4}{28} = \frac{1}{7}$$

$$70 \Rightarrow \frac{9}{53} > \frac{1}{8}$$

$$109 \Rightarrow \frac{99}{503} > \frac{1}{5}$$

$$T = \frac{U}{V} - \text{нагрев } 0,7$$

$$\frac{d_1}{f_1} = \frac{h}{2\lambda} \text{ уг. разброс } \Delta$$

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta h}{h}, h_1 = \text{const}$$

$$\frac{2V_{\Delta t}}{8V_{\Delta t}} = \frac{0}{V_{\Delta t}}$$

$$\Delta d = 2V_{\Delta t} \Rightarrow \Delta f = f^2 \cdot 2V_{\Delta t} = 8V_{\Delta t}$$

$$\Delta d = 2V_{\Delta t}$$

$$\Delta f = 8V_{\Delta t} \text{ напр. разброс, } k = T = 2$$

$$\sqrt{h_1^2 + d_1^2} = \sqrt{h_2^2 + f_1^2}$$

$$h_1^2 + d_1^2 = 2(h_2^2 + f_1^2)$$

$$h_1^2 + (d_1 + \Delta d)^2 = 2((h_2 + \Delta h)^2 + (f_1 + \Delta f)^2)$$

$$h_1^2 + (d_1 + 2V_{\Delta t})^2 = 2((h_2 + \Delta h)^2 + (f_1 + 8V_{\Delta t})^2)$$

$$\frac{9f_1^2}{16} + \left(\frac{3}{2}f_1 + 2V_{\Delta t}\right)^2 = 2\left(\frac{3}{2}f_1 + \Delta h\right)^2 + 2(3f_1 + 8V_{\Delta t})^2$$

$$\frac{75 \cdot 75}{38}$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ \times 75 \\ \hline 375 \\ + 375 \\ \hline 750 \\ 7725 \end{array}$$