

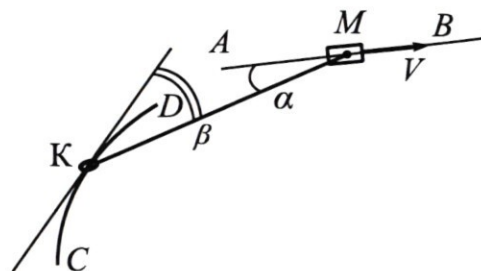
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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.



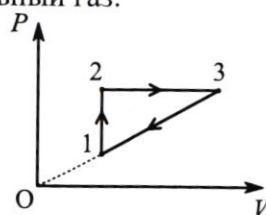
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

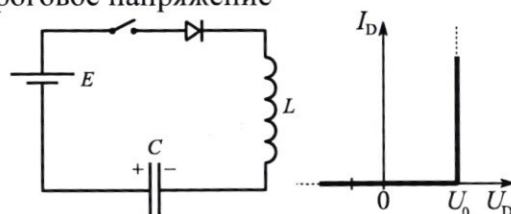
1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

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.

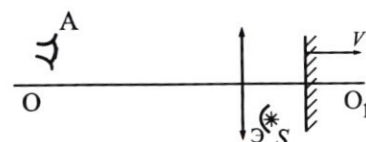


1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

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

4.

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

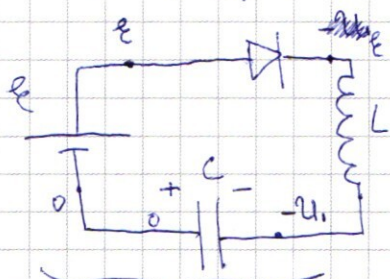
$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_0 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

1) Через сразу после



через потенциометр

Напряжения на ~~контурном~~ контуре
каждым из них делится. $U_1(0) = U_0$
Ток в контуре сразу уменьшается

$$I_1(0) = 0$$

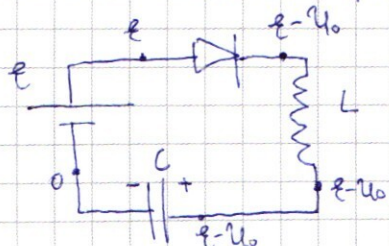
1) $I_1(0) = ?$

$$|U_1| = LI'$$

$$I_1(0) = \frac{\mathcal{E} - U_0 + U_1}{L} = \frac{7 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 70 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

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

2) $U_1 = LI'$ Ток максимальен, когда нет
напряжения на конденсаторе



$$q = CU_1$$

$$I = (U_1)' = C \frac{dU_1}{dt}$$

$$U_2 = L \frac{dI}{dt}$$

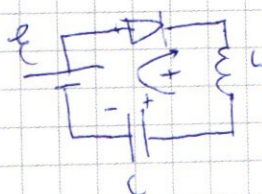
Риски чиста ~~приближенно~~ ~~колебаний~~

3С7.

$$\frac{q^2}{2C} + \frac{LI'^2}{2} = \text{const}$$

$$\frac{2q}{C} + L \frac{dI'}{dt} = 0$$

$$q'' + \frac{1}{LC} q = 0$$



по 2-м. Кирхгофа:

$$\mathcal{E} - LI' - \frac{q}{C} = U_0$$

$$q'' + \frac{q}{LC} = \frac{\mathcal{E} - U_0}{L}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega^2 X_1 = \frac{\mathcal{E}}{L}$$

$$X_1 = \frac{C(\mathcal{E} - U_0)}{1}$$

$$\frac{X_1}{LC} = \frac{\mathcal{E} - U_0}{L}$$

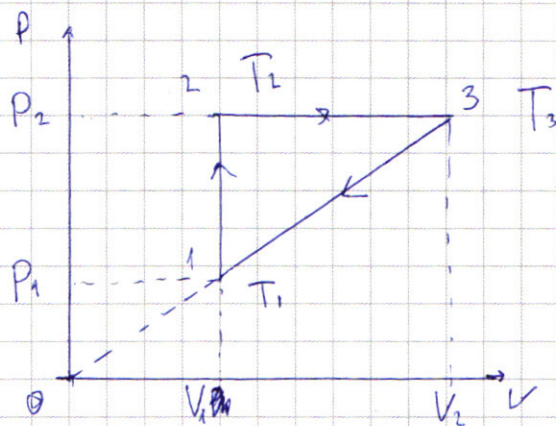
2.

 $i=3$

1) ~~$\frac{C_{12}}{C_{13}} = ?$~~

2) $\frac{\Delta U_{123}}{A_{123}} = ?$

3) $\eta = ?$



$$PV = \nu RT$$

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

1) Найдем минимальную площадь на графике 1-2 и 2-3

$$\bullet Q_{12} = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \quad A_{12} = 0 \quad \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

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

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

$$\bullet Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = (V_2 - V_1) P_2 + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \nu R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$C_{23} \cancel{\Delta (T_3 - T_2)} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

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

$$\bullet \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

$$2) \frac{\Delta U_{123}}{A_{123}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}$$

из пункта 1

$$3) \eta = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{Q_{12}} = \frac{A_{12} + A_{23}}{A_{12}} = 1 - \frac{Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$A_{31} = -\oint p \, dV = -\frac{P_2 + P_1}{2} (V_2 - V_1) = -\frac{1}{2} (P_2 + P_1) (V_2 - V_1) = -\frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_2 - P_1 V_1)$$

из условия треугольника: $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} \Leftrightarrow P_2 V_1 = P_1 V_2 \Rightarrow A_{31} = -\frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$

$$A_{12} = A_{23} + A_{31} \quad P_2 (V_2 - V_1) - \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = \cancel{\nu R (T_3 - T_2)} - \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$q(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) + x_1$$

$$q'(t) = A\omega \cos(\omega t) - B\omega \sin(\omega t)$$

$$q(0) = CU, \quad B + x_1 = CU,$$

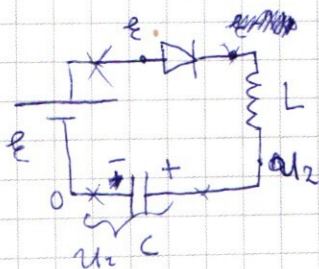
$$B = CU, -\frac{\epsilon C}{\omega}$$

$$q'(0) = 0 \quad A\omega = 0 \quad A = 0$$

$$q'(t) = -\left(CU, -\frac{\epsilon C}{\omega}\right) \omega \sin(\omega t)$$

$$q'_{\max} = I_{\max} = -\left(CU, -\frac{\epsilon C}{\omega}\right) \omega = \left(40 \cdot 10^{-6} \text{ ФФ} \cdot 2\text{В} - \frac{6\text{В} \cdot 40 \cdot 10^{-6} \text{ ФФ}}{8 \cdot 10^{-3} \text{ Гц}}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{4 \cdot 10^{-6} \text{ Гц} \cdot 90}} \\ = \frac{20}{40 \cdot 10^{-6} \text{ ФФ}} \cdot 10^{-3} (-2\text{В} + 6\text{В}) \cdot \frac{1}{8 \cdot 10^{-3}} = \boxed{80 \text{ мА} = I_m}$$

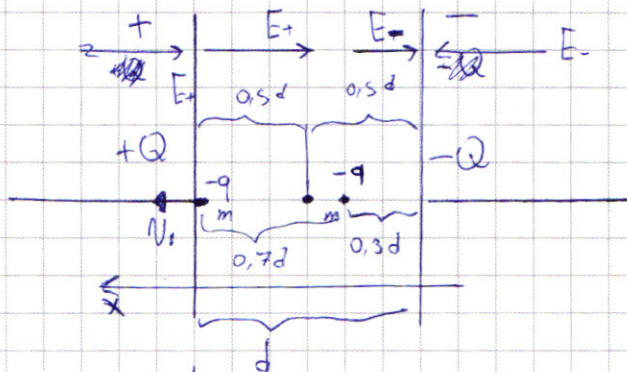
3) Роль ϵ и ω в цепи. ϵ — емкость, ω — частота. Максимум в цепи достигается при $\omega = 0$.



3. d

 V_1

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

 $V_0 = 0$ 

1) $T = ?$

2) $Q = ?$

3) $V_2 = ?$

$$E_z = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S}$$

поле внутри конд-ра однородно по укл.

$$E = \frac{|Q|}{2\epsilon_0 S}$$

$$2 \text{ з.п. в сумме впр. } +: \vec{E}_+ (+q) + \vec{E}_- (-q) = m\vec{a}$$

$$x: -\frac{Q}{2\epsilon_0 S} (-q) - \frac{Q}{2\epsilon_0 S} (-q) = ma$$

$$\frac{Qq}{\epsilon_0 S} = ma$$

$$\frac{Qq}{\epsilon_0 S} = a$$

$$\Rightarrow a = \text{const}$$

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

$$3(7): (-q) \cdot 0,7d \cdot E_z = \frac{mV_1^2}{2}$$

по м. движ. конд. экв. м.м

$$q \cdot 0,7d \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{mV_1^2}{2}$$

$$A = \frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_2^2}{2}$$

$$- \gamma m 0,7d \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{mV_1^2}{2}$$

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

$$\Rightarrow a = \frac{\gamma}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{V_1^2 \epsilon_0 S}{1,4d\gamma} = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

 $s = 0,7d - 0,3d = 0,4d$ - путь до сеп. точки от начала движения

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$T = \frac{0,4d \cdot 1,4d}{V_1^2} = \frac{d}{V_1} \cdot 0,54 = T$$

Потенциал на бесконечности равен нулю.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

$$V = 34 \text{ см/с} = 0,34 \text{ м/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

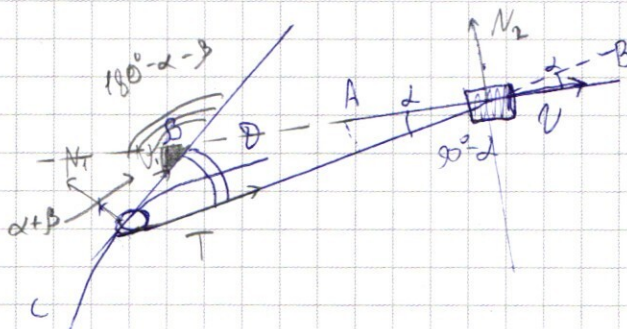
$$c = \frac{5R}{4}$$

$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \quad \cos \beta = \frac{3}{5}$$

1) $V_1 = ?$

2) $V_{\text{отн}} = ?$

3) $T = ?$



1) М.к. ~~то~~ кинематические соотношения силы,

на поверхности колеса в точке касания AB

=> на ось, перпен-у AB ~~состав~~ кинематическое соотношение

$$mV \sin \alpha =$$

$$\text{2-й закон Ньютона: } \vec{T} + \vec{N}_1 = m\vec{a}$$

1) За счет кинематических соотношений:

$$V_1 \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$V_1 = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \text{ см/с} \cdot \frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = 50 \text{ см/с} = V_1$$

3) 2-й закон Ньютона:

$$\vec{N}_1 + \vec{T} = m\vec{a}$$

$$T \sin \alpha = m \frac{V_1^2}{R}$$

$$T = \frac{m V_1^2}{R \sin \alpha}$$

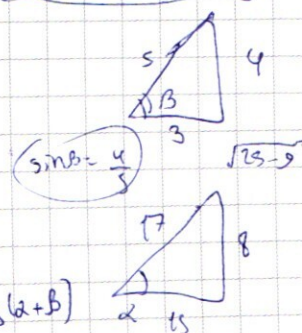
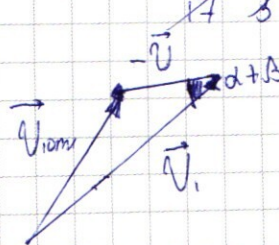
$$T = \frac{0,3 \text{ кг} \cdot 0,5^2 \text{ м/с}^2 \cdot 0,5}{0,53 \text{ м} \cdot 8}$$

$$= \frac{25 \cdot 17 \cdot 0,3}{53 \cdot 8} \text{ Н} = T$$

$$\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_{\text{отн}} + \vec{V}_{\text{кар}}$$

$$\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V}_{\text{абс}} - \vec{V}_{\text{кар}}$$

$$\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V}_1 - \vec{V}$$



$$\text{по т. кос. } V_{\text{отн}}^2 = V_1^2 + V^2 - 2V_1 V \cos(\alpha + \beta)$$

$$= V_1^2 + V^2 - 2V_1 V (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

$$= 50^2 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} + 34^2 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} - 2 \cdot 50 \cdot 34 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \cdot \left(\frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} \right)$$

$$\sqrt{225 - 225} = 0$$

$$\cos(\sin \alpha) = \frac{6}{17}$$

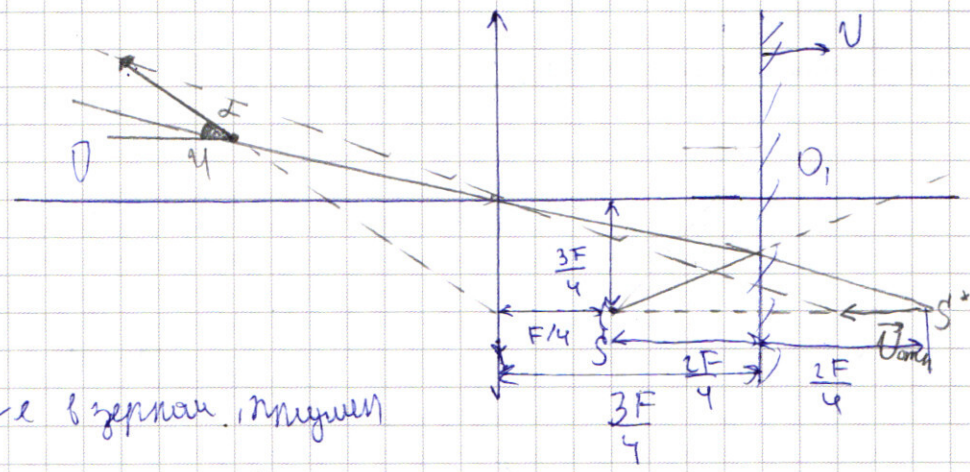
$$\left(\frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} \right) = V_1$$

5. F

1) $L=1$

2) $\alpha=?$

3) $U=?$



1) S — взрван. прыжок
 для мин

$$d = \frac{5F}{4}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F}$$

$$S = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{5F}{4}}{\frac{5F}{4}-F} = 5F$$

2) $\text{ослабл} \quad P = \frac{F}{d} = \frac{5F}{5F} = 1 \quad P^2 = 16$

$U_1 = 4V$ $U_2 = 16V$ — пр-ции отн-й скорости $U_{отн}$

$$U_{отн} = \sqrt{16^2 + 4^2}$$

$$U = U_{отн}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_x = -Q_{31} \quad Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -\frac{1}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \nu R (T_3 - T_1)$$

$$Q_n = Q_{12} + Q_{23} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) + C_{23} \nu (T_3 - T_2) =$$

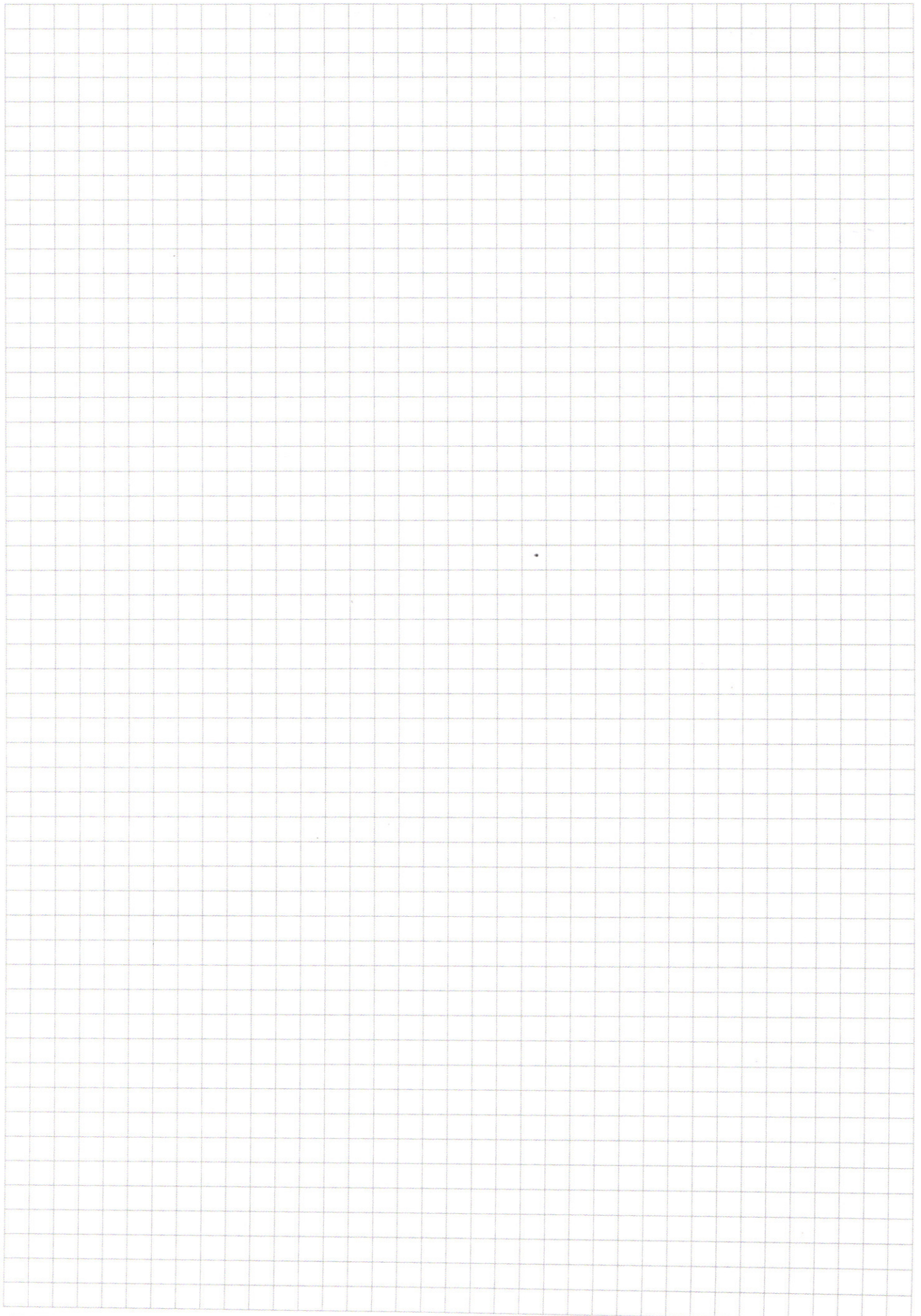
$$= \frac{3}{2} R \nu (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} R \nu (T_3 - T_2)$$

$$Q_x = C_{31} \nu (T_3 - T_1) = \nu R (T_3 - T_1)$$

$$C_{31} = R$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{\nu R (T_3 - T_1)}{\frac{3}{2} R \nu (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} R \nu (T_2 - T_1)} = 1 - \frac{T_3 - T_1}{\frac{5}{2} (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} (T_2 - T_1)}$$

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



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

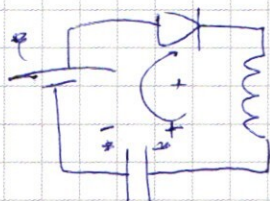
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$pV = \gamma R T$$

$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

0/

$$A_{\text{max}} =$$

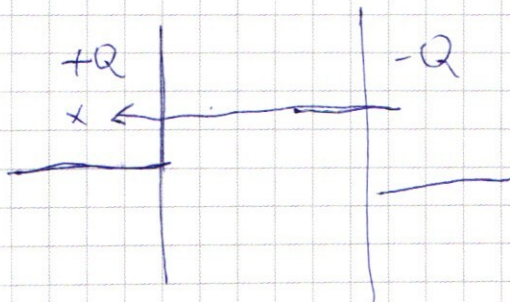


$$q = C U$$

$$E - L I' - \frac{q}{C} = 0$$

$$q'' + \frac{q}{LC} = \frac{E}{L}$$

$$256 \pm 16$$



$$160 \pm 16 \quad \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \cdot (-q) - \frac{Q}{2\epsilon_0 S} (-q) = m a$$

$$160 \pm 16$$

$$60 \pm 36$$

$$\frac{Q q}{2\epsilon_0 S} = m a$$

$$25 \pm 9$$

$$16 \pm 16$$

$$\gamma = \frac{107}{m}$$

$$\frac{Q q}{2\epsilon_0 S} = m a$$

$$S = \frac{q + L}{2}$$

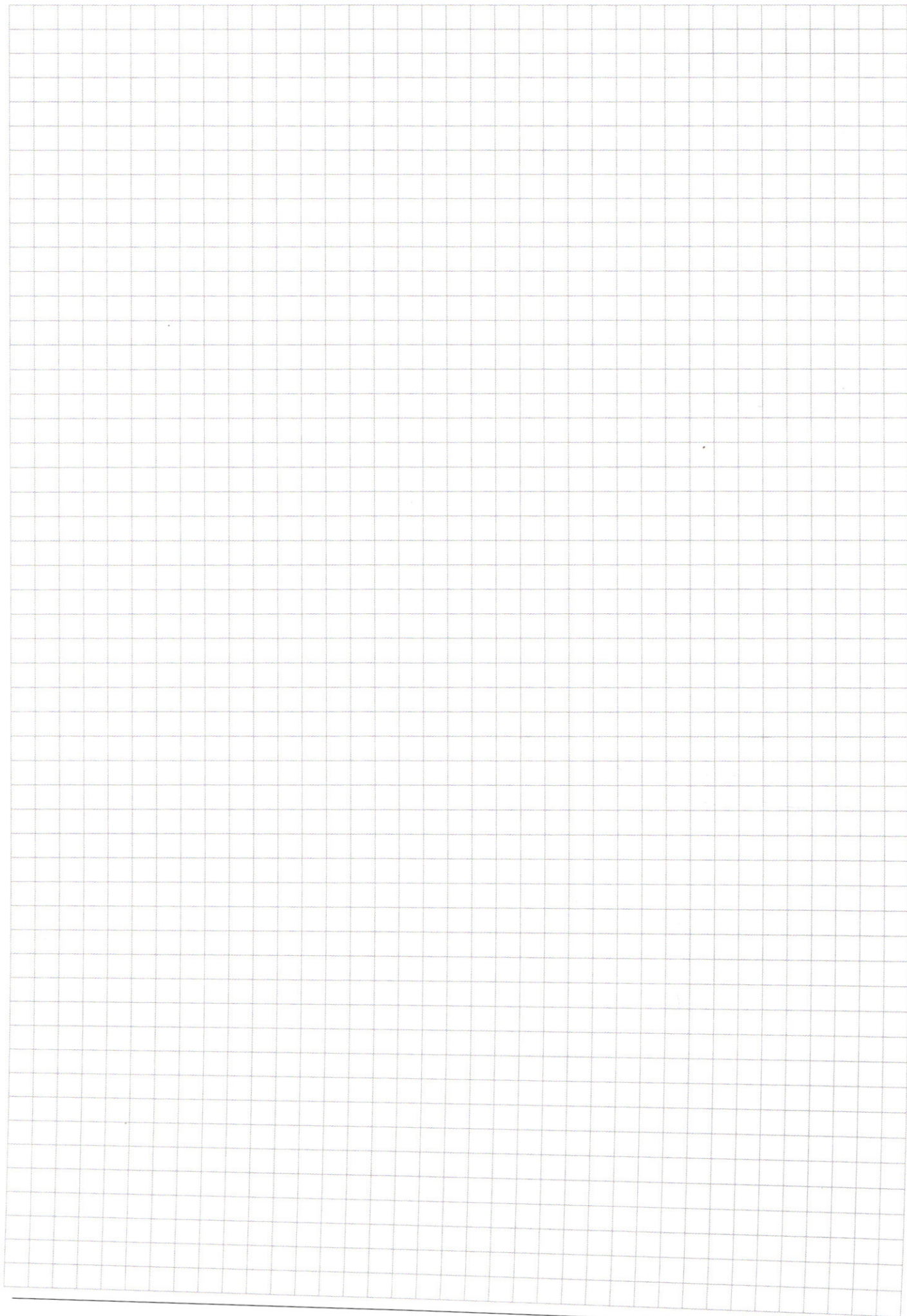
$$14.4$$

$$269 - 225$$

$$54$$

$$17.17 \approx 170 + 17.7 = 170 + 119$$

$$70 + 49$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

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

из условия имеем: $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ~~$p_1 V_1 = p_2 V_2$~~

$$A_z = p_2 (V_2 - V_1) - \frac{1}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} p_2 V_2 - p_2 V_1 + \frac{1}{2} p_1 V_1$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) + \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_1 V_2)$$

$$= \frac{5}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 - p_2 V_1 = \left(\frac{5}{2} T_3 - \frac{3}{2} T_1 - T_2 \right) \nu R$$

$$Q_x = Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -\frac{1}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1) + \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = p_2 V_2 - p_1 V_1 = (T_3 - T_1) \nu R$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$\eta = 1 - \frac{T_3 - T_1}{\frac{5}{2} T_3 - \frac{3}{2} T_1 - T_2}$$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_2 = \nu R T_3 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \nu V_1^2 &= \nu R T_1 \\ \frac{1}{2} \nu V_2^2 &= \nu R T_3 \end{aligned}$$

