

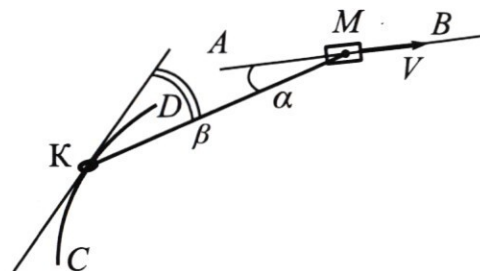
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-01

Класс 11

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

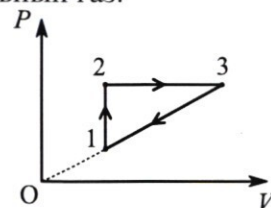
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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.



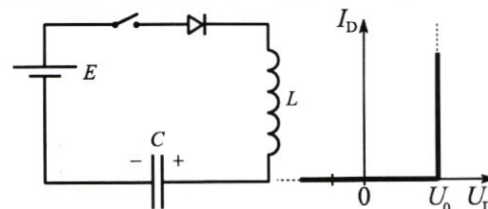
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

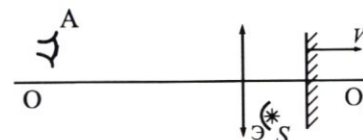
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

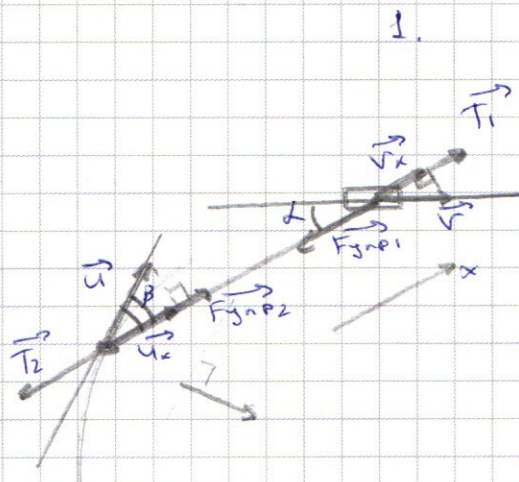


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



1) u - ?

2) u' - ?

3) T - ?

1)

Ките характеристика $\Rightarrow$ скорости вдоль оси

ките совп. $\Rightarrow u_x = u_x$

Скорости муфта и кольца мы можем

разложить по двум векторам, один из которых будет вдоль оси ките.

$$\begin{cases} u \cos \beta = u_x \\ v \cos \alpha = u_x \end{cases} \Rightarrow u \cos \beta = v \cos \alpha \Rightarrow$$

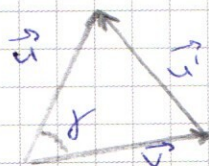
$$\Rightarrow u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = 75 \text{ м/с}$$

Ответ: 75 м/с

2)

по преобр. Галилея:

$$\vec{u} = \vec{u}' + \vec{v} \Rightarrow \vec{u}' = \vec{u} - \vec{v}$$



$$\gamma = \alpha + \beta$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{25}{289}} = \frac{8}{17}$$

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

$$\begin{aligned} \cos \gamma &= \cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \\ &= \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u' &= \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos \gamma} = \sqrt{75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{85}} = \\ &= \sqrt{5625 + 4624 - 4320} = \sqrt{5929} = 77 \text{ м/с} \end{aligned}$$

Ответ: 77 м/с

3)

н₀ □ 3. н.!

$$F_{\text{уп1}} = F_{\text{уп2}}$$

н₀ □ 3. н.!

$$\Rightarrow T = T_1 = T_2$$

$$T_1 = F_{\text{уп1}}, T_2 = F_{\text{уп2}}$$

⊗: $T = m a_x = m a_y \sin \beta$

$$a_y = \frac{u^2}{R} = \frac{75^2}{1,5} \approx \frac{2960}{1} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = 0,1 \cdot 2960 \cdot \frac{3}{5} \approx 177 \text{ Н}$$

Ответ: 177 Н.

2.

1)

	A	ΔU	Q
1 → 2	0	+	+
2 → 3	+	+	+
3 → 1	-	-	-

$$C_V \nu \Delta T = Q = \Delta U + A$$

$$A_{12} = 0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$A_{23} = p_2 \Delta V_{23} = p_2 V_3 - p_2 V_2 = \nu R T_3 - \nu R T_2 =$$

$$= \nu R \Delta T_{23}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$C_1 \nu \Delta T_{12} = Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} \Rightarrow$$

$$C_1 = \frac{3}{2} R$$

$$C_2 \nu \Delta T_{23} = Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow$$

$$C_2 = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{3}{5}$$

Ответ: 3:5.

2)

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{5}{2}$$

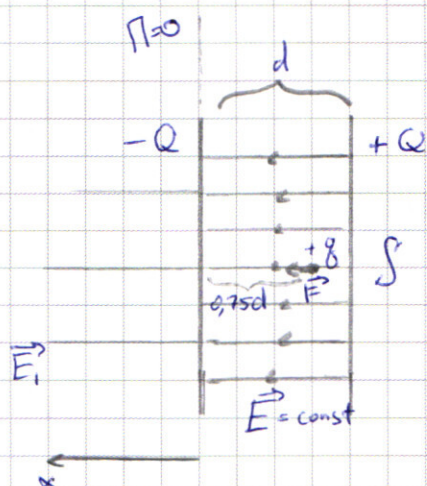
Ответ: 5:2.

$$3) \quad \eta = \frac{A_{23}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\nu R \Delta T_{23}}{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}} \quad \eta = \frac{\Delta T_{23}}{\frac{3}{2} \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \Delta T_{23}}$$

При $\Delta T_{12} \rightarrow 0$:

$$\eta = \frac{\Delta T_{23}}{(\frac{5}{2} \Delta T_{23})_{\min}} = \frac{2}{5} = 40\% - \max$$

Ответ: 40%.



3.

$$\vec{E}_0 = 0$$

$$\frac{1}{3} = \gamma$$

1)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

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

$$\vec{F} = q \vec{E}$$

$$\textcircled{x}: F = qE = \frac{qQ}{\epsilon S}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\textcircled{x}: F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{qQ}{\epsilon S m}$$

$$l = 0,75d$$

$$l = v_0 T + \frac{aT^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2L}{T^2} \Leftrightarrow$$

$$\frac{qQ}{\epsilon S m} = \frac{3d}{2T^2} \Rightarrow Q = \frac{3d\epsilon S}{2T^2 f}$$

$$v_1 = v_0 + aT = \frac{qQ}{\epsilon S m} T =$$

$$= \frac{f}{\epsilon S} \cdot \frac{3d\epsilon S}{2T^2 f} \cdot T = \frac{3d}{2T}$$

$$\text{Ответ: } \frac{3}{2} \cdot \frac{d}{T}$$

2)

$$\text{Ответ: } \frac{3d\epsilon S}{2T^2 f}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)

ЗСЭ:

$$\frac{mv_2^2}{2} + \Delta\Pi = \frac{mv_1^2}{2}$$

при $r \gg \sqrt{s}$

конденс. можно считать тожд.

$$\Rightarrow F = \frac{kqQ}{r^2}$$

$$A = -\Delta\Pi$$

$$A = \int F dr$$

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon} = \frac{Q}{2\varepsilon S} \Rightarrow F = \frac{Qq}{2\varepsilon S}$$

$$A = \int_0^{\sqrt{s}} \frac{Qq}{2\varepsilon S} dr + \int_{\sqrt{s}}^{\infty} \frac{kqQ}{r^2} dr =$$

$$= \frac{Qq}{2\varepsilon S} r \Big|_0^{\sqrt{s}} + \left(-\frac{kqQ}{r} \right) \Big|_{\sqrt{s}}^{\infty} =$$

$$= \frac{\sqrt{s} Qq}{2\varepsilon S} - \left(0 - \frac{kqQ}{\sqrt{s}} \right) =$$

$$= \frac{Qq}{\sqrt{s}} \left(\frac{1}{2\varepsilon} + k \right)$$

$$v_2^2 = v_1^2 - \frac{2\Delta\Pi}{m} = v_1^2 + \frac{2A}{m} =$$

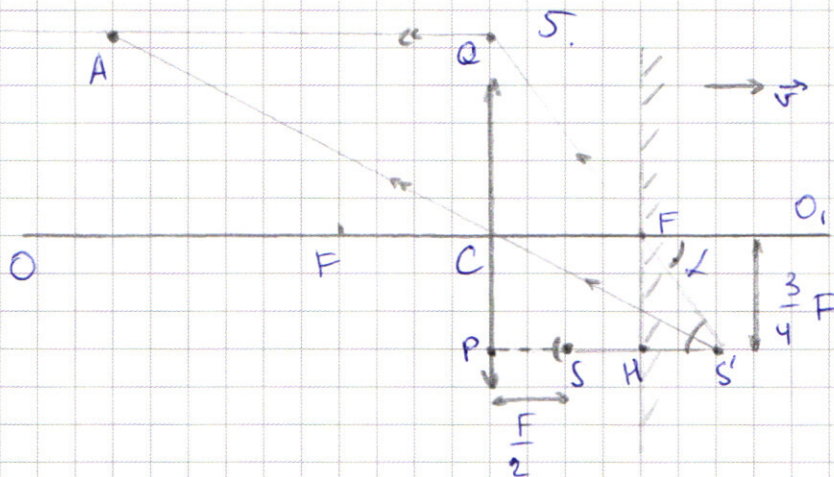
$$= v_1^2 + \frac{2Qq}{\sqrt{s} m} \left(\frac{1}{2\varepsilon} + k \right) =$$

$$= v_1^2 + \frac{2q}{\sqrt{s}} \left(\frac{1}{2\varepsilon} + k \right) \cdot \frac{3d\varepsilon S}{2\pi^2} =$$

$$= \frac{q d^2}{4\pi^2} + \frac{3d\varepsilon\sqrt{s}}{\pi^2} \left(\frac{1}{2\varepsilon} + k \right) \Rightarrow$$

$$\omega_L = \sqrt{\frac{g}{\gamma} \cdot \frac{d^2}{T^2} + \frac{3dE_{JS}}{T^2} \left(\frac{1}{2E} + k \right)}$$

Om Bcm: $\sqrt{\frac{g d^2}{4 \tau^2} + \frac{3 d \epsilon \sqrt{s}}{\tau^2} \left(\frac{1}{2 \epsilon} + k \right)}$



1) Можно рассл., что изобр. S' источ. S в
зеркала эв-сл источником.

$$S'P = d$$

$$AQ = f$$

$$S_H = S'_H = F/2 \Rightarrow d = \frac{3}{2} F \Rightarrow$$

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d}} = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{2}{3F}} = \frac{F}{\frac{1}{3}} = 3F$$

Om b e m: 3 F.

2) $CQ = (CQ + CP)$



	F	
$\frac{3}{2}$	F	
$\frac{3}{2}$	F	

$$\Rightarrow CQ = \frac{2}{3} CQ + \frac{1}{3} CP \Rightarrow$$

$$CQ = 2 CP = \frac{3}{2} F$$

$$CP = \frac{3}{2} F + \frac{3}{5} F = \frac{9}{5} F$$

$$\text{corr} \quad \tan \alpha = \frac{9}{4} \text{ F} / \frac{3}{2} \text{ F} = \frac{3}{2}$$

Orber: $\arctan\left(\frac{3}{2}\right)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) За Δt зеркало перем. Δl .

$$SS' = 2SH + 2\Delta l$$

$$V_n = \frac{SS' - 2SH}{\Delta t} = \frac{2\Delta l}{\Delta t} = 2v$$

Ответ: $2v$.

4.

3) (Эпох — период. ток — ток. маг. поле — маг. поле. 1 В →)

источник зарядит маг. поле. 90 маг. поле. 9 В.

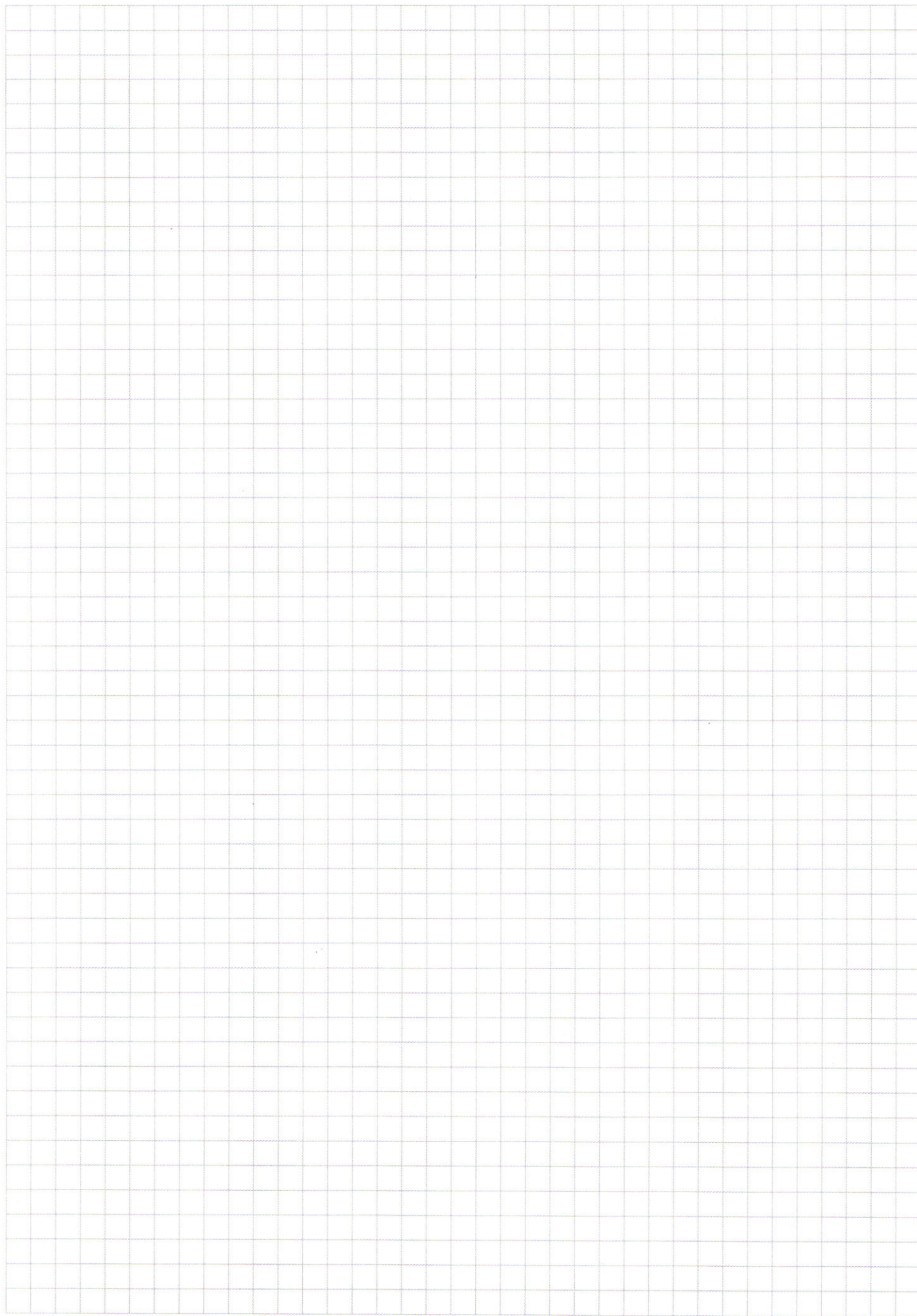
Ответ: 9 В.

$$1) \quad U_0 = \omega L I + \frac{I}{\omega C}$$

$$g = C U_0$$

$$2) \quad I = \frac{U_0}{\omega L + \frac{1}{\omega C}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]

2)

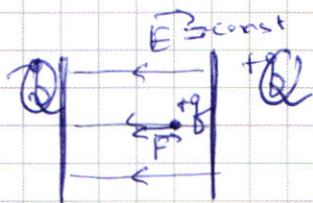
$$\frac{Q}{A} = \frac{U_1}{A} = \frac{\sum U R \Delta T_2}{U R \Delta T_2} = \frac{5}{2}$$

3)

	A	U	Q
1 → 2	0	+	+
2 → 3	+	+	+
3 → 1	-	-	-

$$\eta = \frac{U R \Delta T_2}{U R \Delta T_1 + \frac{5}{2} U R \Delta T_2} = \frac{2}{5}$$

3.



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

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

$$F = q E = \frac{q Q}{\epsilon S}$$

$$F = m a \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{q Q}{\epsilon S m}$$

$$l = 0,7 \text{ m}$$

$$l = v_0 T + \frac{a T^2}{2} \Rightarrow Q = \dots$$

$$v = v_0 + a T = \dots$$

$$\frac{m v_2^2}{2} + \Delta \Pi = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$E = \frac{Q}{2 \epsilon S}$$

$$r \gg \sqrt{S}$$

$$F = \frac{k q Q}{r^2}$$

$$\sigma n = \int F dS = \int \frac{q Q}{2 \epsilon S} dS = \frac{q Q r}{2 \epsilon S}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

