

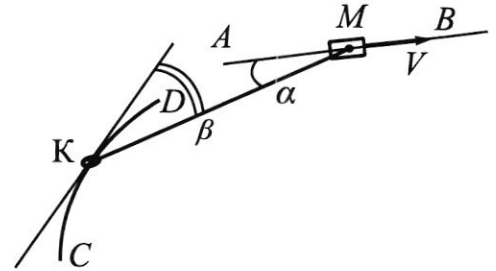
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

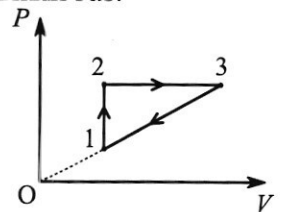
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

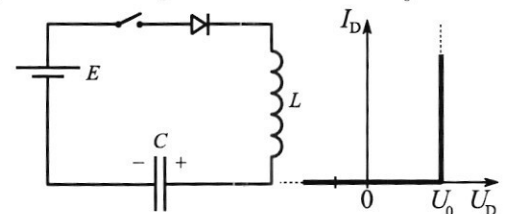
$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

- 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.

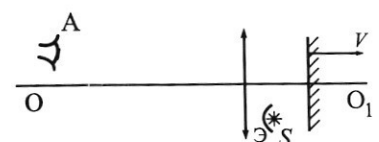
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

Задача 11:

1) Пусть $\vec{V}$ - скорость
колёса. Т.к. колесо движется
по окружности, то $\vec{V}$

направлено по касательной

к кбц. Т.к. длина пути ~~не постоянна~~, то
проекции $\vec{V}$ и $\vec{V}'$ на ось, ^{он} направленную
вдоль кбц, равны, т.е.

$$V' \cos \beta = V \cos \alpha;$$

$$V' = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 0,68 \cdot \frac{\frac{25}{17}}{\frac{4}{5}} = 0,68 \cdot \frac{75}{68} = 0,75 \left(\frac{m}{c} \right).$$

~~2)~~

2) Скорость колеса относительно мурты
равна $\vec{V}'' = \vec{V}' - \vec{V}$ (V, V', V'' даны в $\frac{cm}{c}$)

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{25}{17} \right)^2} = \sqrt{\frac{289 - 625}{289}} = \frac{8}{17};$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{4}{5} \right)^2} = \frac{3}{5};$$

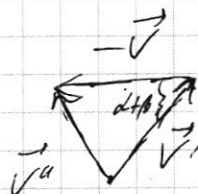
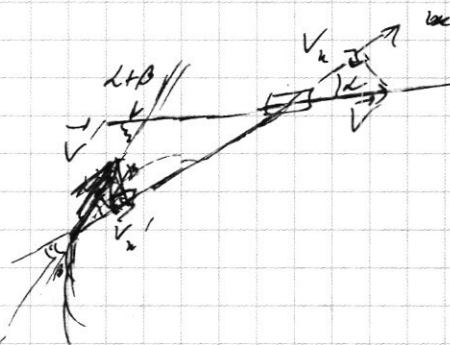
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta;$$

$$\frac{4}{5} \cdot \frac{25}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} = \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85};$$

$$V''^2 = V'^2 + V^2 - 2 \cdot V \cdot V' \cdot \cos(\alpha + \beta) = 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{85} = 68^2 + 75^2 - 4 \cdot 75 \cdot 36 =$$

$$= 4624 + 5625 - 140 \cdot 36 = 4624 + 5625 - 5040 = 304 + 5625 =$$

$$= 5929; \quad V'' = \sqrt{5929} \approx 77 \left(\frac{cm}{c} \right) = 0,77 \left(\frac{m}{c} \right)$$



$$\begin{array}{r} 68 \\ -68 \\ \hline 544 \\ + 808 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 26 \\ -74 \\ \hline 42 \\ 26 \\ \hline 472 \end{array}$$

$$(10-2)^2 = 6400 - 260 + 2$$

$$\begin{array}{r} 144 \\ - 2 \\ \hline 432 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ -13 \\ \hline 180 \\ 24 \\ \hline 540 \\ 3 \\ \hline 540 \\ 4320 \end{array}$$

$$(10-2)^2 = 6400 - 280 + 4 = 4620 + 4 = 4624$$

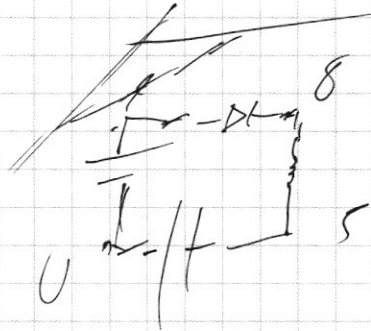
$$(75+1) = 5625 + 130 + 1$$

$$\begin{array}{r} 5486 \\ 753 \\ \hline 5939 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6080 \\ - 6080 \\ \hline 7539 \end{array}$$

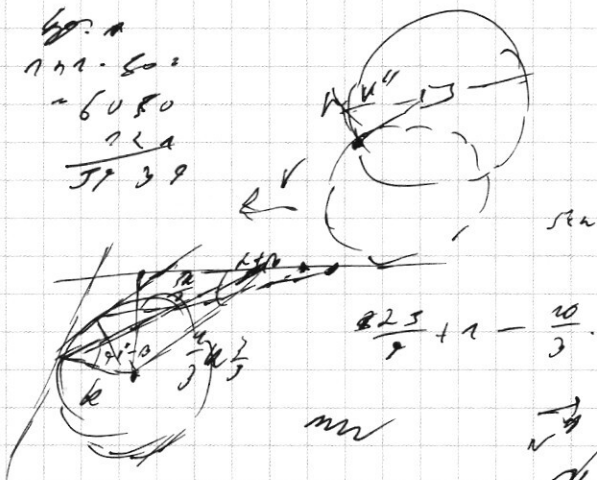
$$\begin{array}{r} 4624 \\ - 4320 \\ \hline 304 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5825 \\ + 204 \\ \hline 5929 \end{array}$$

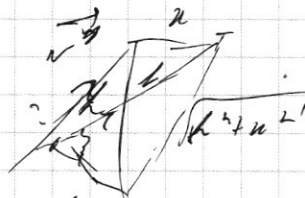


$$60 \pm \frac{1}{2} \frac{1}{2}$$

$$\begin{array}{r} 10 \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} \end{array}$$

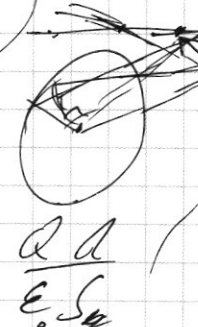
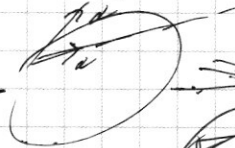
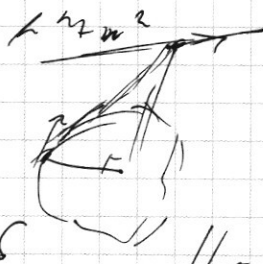


$$\frac{825}{3} + 1 = \frac{10}{3} \cdot \frac{3}{5} = \frac{20}{5} = 4$$



$$\cos \frac{L^2 + L^2 - a^2 + L^2}{2 \cdot L \cdot L}$$

$$L + \frac{1}{3} + \frac{1}{3}$$



$$L \ddot{q} = \ddot{e} - \ddot{e}_0$$

$$\begin{array}{l} L \ddot{q} = \ddot{e} - \ddot{e}_0 \\ L \ddot{q} + \ddot{e}_0 = \ddot{e} \end{array}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}; \quad U = \frac{Q}{C}; \quad \frac{Q d}{\epsilon_0 S}$$

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

$$r = k_{st} \cdot \frac{1}{F} = \frac{1}{d \cdot r}$$

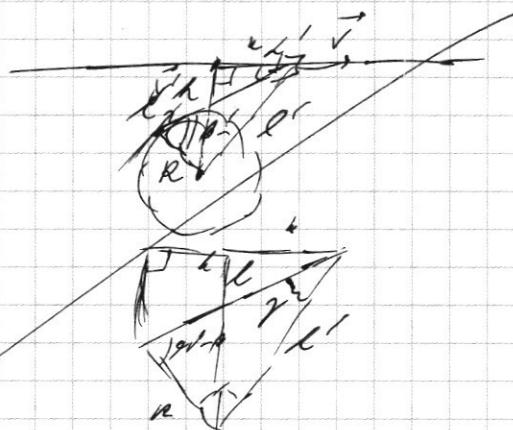
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d \cdot r}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d \cdot r}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d \cdot r}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Найдем h - расстояние
от прямой, к которой свисается
мфр (р), до центра окружности
проволки (см. рис.)



$$R^2 = \frac{25}{9}k^2 + k^2 = \frac{34}{9}k^2. \text{ где } R = 10 \text{ см.}$$

$$k = \frac{6}{5}R = \frac{6}{5} \cdot 10 = 12 \text{ см.}$$

$$R^2 + k^2 = l^2 \Rightarrow l = \sqrt{10^2 + 12^2} = 16 \text{ см.}$$

$$h = l \cdot \sin(\alpha + \beta) = R \cdot \sin(\alpha + \beta) = R(\cos \alpha \sin \beta +$$

$$+ \sin \alpha \cos \beta) = \frac{6}{5} \cdot \frac{15 \cdot 3 + 4 \cdot 8}{85} = \frac{6}{5} \cdot \frac{45 + 32}{85} =$$

$$= \frac{6}{5} \cdot \frac{77}{85} = \frac{34 \cdot 37}{5 \cdot 85} = \frac{124}{25} \text{ см.}$$

Пусть теперь мфр свисает в 13 см.

от основной горизонтальной от центра окруж.
до прямой. Тогда: $l = \sqrt{2} R$;

ОТВЕТ: 1) $0,75 \frac{м}{с}$; 2) $29,43 \frac{м}{с}$

Задание 12:

1) Температура повышается на 1-2 и 2-3. (k - теплоемкость, A - работа)

$$C_V = \frac{\Delta U_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \Delta k \cdot 6 T_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{3}{2} k; \quad (\text{мол. теплоемкость на 1-2})$$

$$C_p = \frac{\Delta U_{23} + A_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{3}{2} k + \frac{5(pV)}{\Delta T_{23}} = \frac{3}{2} k + \frac{\Delta k \cdot 6 T_{23}}{\Delta T_{23}}$$

$$= \frac{5}{2} k \quad (\text{мол. теплоемкость на 2-3})$$

$$\frac{C_p}{C_V} = \frac{5}{3} \Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{12}}$$

$$2) \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{(\Delta U_{23} + A_{23})}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \Delta k \cdot 6 T_{23} + \Delta k \cdot 6 T_{23}}{\Delta k \cdot 6 T_{23}} = \frac{\frac{5}{2} k}{k} = \frac{5}{2}$$

3) Пусть состоящие (V_0, p_0) соответствуют

$\gamma = (k V_0, k p_0)$. Тогда:

$$A_{цикл} = \frac{1}{2} (k V_0 - V_0) (k p_0 - p_0) = \frac{1}{2} (k-1)^2 p_0 V_0$$

$$Q_{нагр} = (\Delta U)_{123} + A_{23} = \frac{3}{2} \Delta k (k^2 p_0 V_0 - p_0 V_0) + (k-1) p_0 V_0 = \left(\frac{3}{2} (k^2-1) + k-1 \right) p_0 V_0 = (k-1) \left(\frac{3}{2} k + \frac{3}{2} + 1 \right) p_0 V_0 = (k-1) (2.5k + 2.5) p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{цикл}}{Q_{нагр}} = \frac{0.5(k-1) \cdot (k-1)}{(2.5k + 2.5) (k-1)} = \frac{k-1}{3k+5}$$

$$= \frac{1}{3} - \frac{\frac{8}{3}}{3k+5}$$

$$\frac{8}{3k+5} > 0 \quad \text{при } k > 0, \quad \text{и} \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{8}{3k+5} = 0, \quad \text{и}$$

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

Ответ: 1) $C_{12} : C_{23} = 3 : 5 : 2$ 2) $Q_{23} : A_{23} = 5 : 2 : 3$ 3) $\frac{1}{3} (\approx 0.33)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3:

1) Т.ч. поле внутри конденсатора однородное, то движение частицы в нём равноускоренное (с ускорением a). Тогда:

$$d - 0,25d = \frac{a\tau^2}{2}; \quad V_1 = a\tau;$$

$$0,75d = \frac{TV_1}{2}; \quad 1,5d = TV_1;$$

$$kV_1 = \frac{1,5d}{\tau};$$

2) $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ (C — ёмкость конденсатора)

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{Qd}{\epsilon_0 S} \quad (V - \text{напряжение между обкладками})$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \quad (E - \text{напряжённость электрического поля внутри конденсатора})$$

$$Q = \frac{Eq}{m} \cdot \frac{d\tau}{\epsilon_0 S} = \frac{V_1}{\tau} = \frac{1,5d}{2\tau^2};$$

$$Q - Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2\tau^2};$$

3) Вектора напряжённостей $\vec{E}_1$ и $\vec{E}_2$ для каждой обкладки со своей стороны будут направлены в противоположные стороны. По $\vec{E} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$.

Но $\vec{E}_1$ и $\vec{E}_2$ направлены в противоположные

стороны ($\vec{E}_1$ — от обкладки, $\vec{E}_2$ — к), и

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0$, и скорость частицы после выхода из конденсатора остаётся

постоянной, т.е. $V_2 = V_1 = \frac{1,5d}{\tau}$;

Ответ: 1) $V_1 = \frac{1,5d}{\tau}$; 2) $Q = \frac{3d\epsilon_0 S}{2\tau^2}$; 3) $V_2 = \frac{1,5d}{\tau}$;

ЗАДАНИЕ №5:

1) Пусть S' — изображение

в зеркале (см. рис),

S'' — изображение S' в линзе,

то же ~~то~~ изображение S в системе.

Рассмотрим S' до линзы $d_{S'} = \frac{3F}{2}$, $S'' = d_{S''}$.

$$\frac{1}{d_{S'}} + \frac{1}{d_{S''}} = \frac{1}{F}; \quad \frac{1}{d_{S'}} + \frac{2}{3F} = \frac{1}{F}; \quad d_{S''} = 3F.$$

2) Т.к. луч от S' направленный вдоль OO_1 и линзы, проходя (если не считать

началь S) через A (проекция S на плоскость

линзы) и фокус линзы B , то изображение

является на прямой AB , и скорость в

таком направлении будет той же.

$BO' = F$, $AO' = \frac{3F}{4}$. (α — искомый угол)

$$\tan \alpha = \frac{AO'}{BO'} = \frac{3}{4}.$$

3) Пусть в некоторый момент $d_{S'} = x$, $d_{S''} = y$.

Тогда

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{F}; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{y} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{F} \right);$$

$$-\frac{\dot{x}}{x^2} + \frac{\dot{y}}{y^2} = 0; \quad \frac{\dot{y}}{\dot{x}} = -\frac{\dot{x}}{\dot{y}} \cdot \left(\frac{y}{x} \right)^2;$$

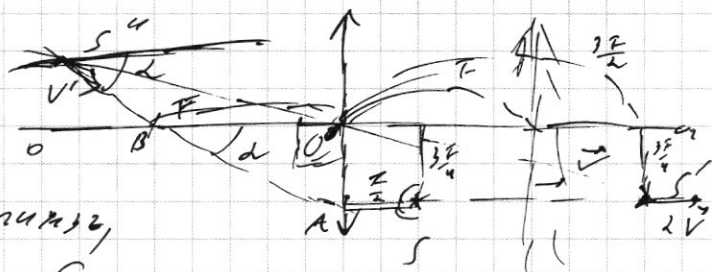
$\frac{\dot{x}}{\dot{y}} = 2V$, т.к. в системе отсчёта, связанной с

зеркалом, S движется со скоростью V , S' — V ,

но в изобразит S' движется $V + V = 2V$.

$$\frac{dy}{dt} = -V' \cdot x = 2V \cdot \left(\frac{d_{S''}}{d_{S'}} \right)^2; \quad V' = 2V \cdot 2^2 = 8V.$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{V^2}{V^2 + V'^2}} = \frac{1}{5}.$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V' = \frac{V_{\text{эф}}}{\cos \alpha} = \frac{88 \text{ V}}{\frac{4}{5}} = 110 \text{ V}.$$

Ответ: 1) 3 F; 2) $t_{\text{с}} = \frac{2}{5}$; 3) 40 V.

ЗАДАНИЕ №1:

1) (см. рис.)

Пусть потенциал в 0

везде равен $\varphi_0 = 0 \text{ В}$.

Тогда сразу после

замыкания ключа

$$\varphi_A = \varphi_0 + E = 9 \text{ В}.$$

$$\varphi_B = \varphi_0 + U_A = 5 \text{ В}.$$

$$(\varphi_C) = \varphi_C = \varphi_A - U_A = 8 \text{ В, т.к. конденсатор открыт,}$$

иначе ток не будет течь. ($I = 0$, $\frac{dI}{dt} = 0$),

$$\varphi_C = \varphi_B = 5 \text{ В} < \varphi_A, \text{ но } \varphi_A - \varphi_C \leq 1 \text{ В} - \text{протекать.}$$

$$L \frac{dI}{dt} = \varphi_C - \varphi_B$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\varphi_C - \varphi_B}{L} = \frac{8 - 5}{0,1} = 30 \left(\frac{\text{А}}{\text{с}} \right).$$

2) Ток будет течь по цепи

и не будет течь, когда $I = 0$

тогда $\varphi_C = \varphi_B$ (при этом, для считывания, описываемой).

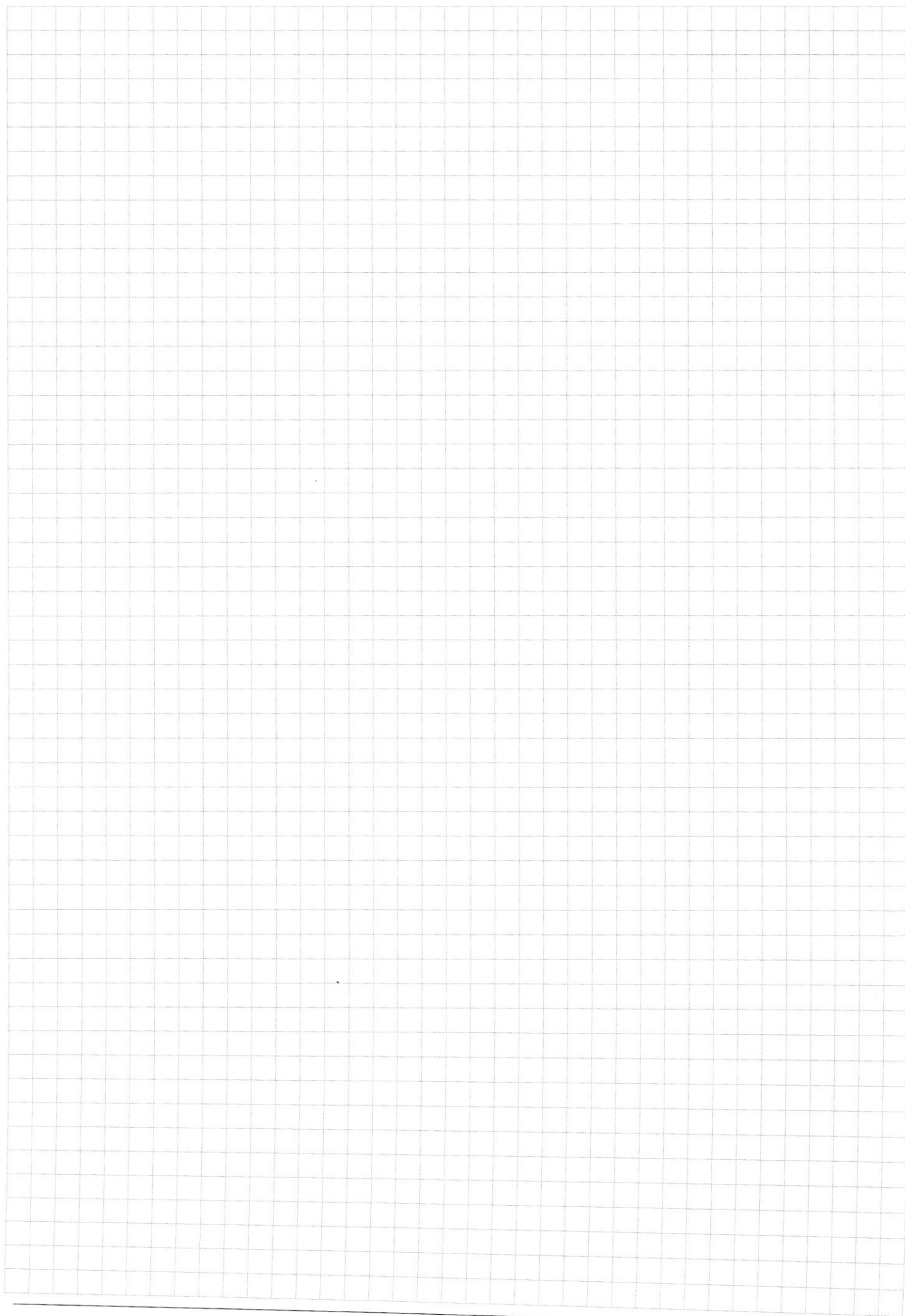
В цепи q — заряд на конденсаторе.

$$\text{Для } I = \frac{dq}{dt}; \quad L \frac{d^2 q}{dt^2} = \varphi_C - \varphi_B = \varphi_C - \varphi_B$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В В помыт Закрытая акая $q_{\text{кбл}} =$
 $= 440 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ (по подсчетам, $q_{\text{кбл}} =$
 $U_2 = \frac{q_{\text{кбл}}}{C} = \frac{440 \cdot 10^{-6}}{40 \cdot 10^{-6}} = 11 \text{ В}$.

ОТВЕТ. 1) 20 $\frac{\text{А}}{\text{с}}$; 2) 906 А; 3) 11 В.



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)