

Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-06

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без бланка не принимаются.

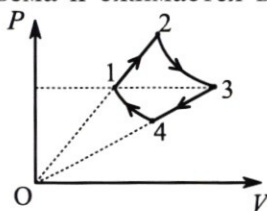
1. Шарик подвешен в поле тяжести на легкой упругой пружине с неизвестной жесткостью. Шарик поднимают вверх до положения, когда пружина не деформирована, и отпускают. При дальнейшем движении шарика вдоль вертикали в некоторые моменты времени силы, действующие на шарик со стороны пружины, отличаются в 2,5 раза, а модули ускорений равны.

- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной зависимости давления от объема и сжимается в изотермическом процессе 4-1. В процессе 3-4 объем газа уменьшается в $k = 1,9$ раза.

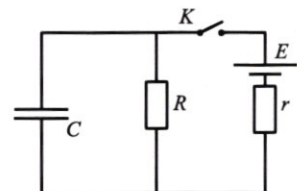
Давления газа в состояниях 1 и 3 равны.

- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение объемов газа в состояниях 2 и 4.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 3-4.



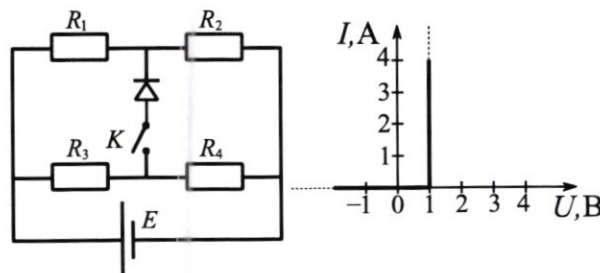
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 2R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

- 1) Найти напряжение на резисторе R сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти заряд конденсатора непосредственно перед размыканием ключа.
- 3) Найти максимальную скорость роста энергии, запасаемой конденсатором.



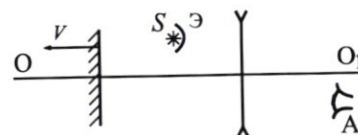
4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 12$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_4 = 22$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 1) Найти ток через резистор R_1 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_3 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_3 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 3$ Вт?



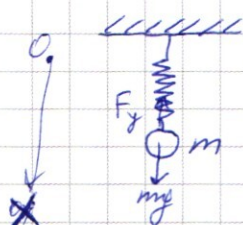
5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO_1 . Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $4F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $8F/5$ от линзы.

- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель A 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 1. *люб.*



1) $F_{y1} = 2,5 F_{y2}$ *Ох:*

люб.
 $F_{y2} = 2,5 F_{y1}$

a) $ma_1 = mg - F_{y1}$;
 $ma_2 = mg + F_{y2}$
 $|a_1| = |a_2| \Rightarrow \vec{a}_1 = -\vec{a}_2$

$$mg - F_{y1} = -mg - F_{y2};$$

$$2mg = 2,5 F_{y2} - F_{y1};$$

$$2mg = 1,5 F_{y2};$$

$$F_{y2} = \frac{4}{3} mg;$$

$$ma_1 = mg - F_{y1} = mg - 2,5 F_{y2} = mg - \frac{5}{2} \cdot \frac{4}{3} mg = -\frac{7}{3} mg$$

$$|a_1| = |a_2| = \frac{7}{3} g$$

если:

$F_{y2} = 2,5 F_{y1}$, то $mg - F_{y1} = -mg - F_{y2}$; $2mg = -1,5 F_{y1}$ — *кеверна.м.к.*
 $|F_{y1}| < 0$ — *кеверно*

2)

при
Формула движения кассетных:

$$E_1 = \frac{m v_1^2}{2}; E_2 = \frac{m v_2^2}{2}.$$

$$f(x): x = x_0 \sin \omega t$$

$$f'(x): v = x_0 \omega \cos \omega t$$

$$f''(x): a = -x_0 \omega^2 \sin \omega t.$$

м.к. $|a_1| = |a_2| \Rightarrow |\sin(\omega t_1)| = |\sin(\omega t_2)| \Rightarrow$
 $\Rightarrow |\cos(\omega t_1)| = |\cos(\omega t_2)| \Rightarrow |v_1| = |v_2| \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} = 1;$$

$$E_p = \frac{k x^2}{2}; E_k = \frac{m v^2}{2}.$$

3) $\frac{E_p}{E_k} = \frac{k x_m^2}{m v_m^2};$

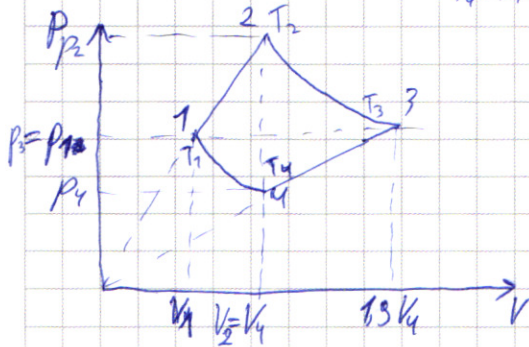
$$\Delta x_m = x_0; v_m = x_0 \omega. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{E_p}{E_k} = \frac{k x_0^2}{m x_0^2 \omega^2} = \frac{k}{m \omega^2};$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{E_p}{E_k} = \frac{k}{m \left(\sqrt{\frac{k}{m}}\right)^2} = 1.$$

Ответ: 1) $|a| = \frac{7}{3} g$; 2) $\frac{E_1}{E_2} = 1$; 3) $\frac{E_p}{E_k} = 1$.

Задача 2.



$$T_4 = T_1; T_2 = T_3; P_1 = P_3; V_3 = 1.9V_1.$$

$$P_4 V_4 = 2RT_1$$

$$P_1 \cdot 1.9V_1 = 2RT_2$$

$$\frac{1.9V_1}{V_1} = \frac{P_2}{P_1}; \quad P_2 = 1.9P_1$$

$$1.9^2 P_1 V_1 = 2RT_2.$$

$$1) \quad 2RT_2 = 1.9^2 2RT_1; \quad T_2 = 1.9^2 T_1; \quad T_2 = 3.61 T_1.$$

$$2) \quad P_2 V_2 = P_1 \cdot 1.9V_1; \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}, \quad P_2 V_2 = 2RT_2.$$

$$P_1 V_1 = P_4 V_4 \Rightarrow 1.9P_1 V_1 = P_4 V_4;$$

$$V_1 = \frac{V_4}{1.9};$$

$$P_2 V_2 = P_1 \cdot 1.9V_1; \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{1.9V_1}{V_2};$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_2}{V_4} \cdot 1.9; \quad \frac{1.9V_1}{V_2} = 1.9 \frac{V_1}{V_4} \Rightarrow V_2^2 = V_4^2 \Rightarrow V_2 = V_4.$$

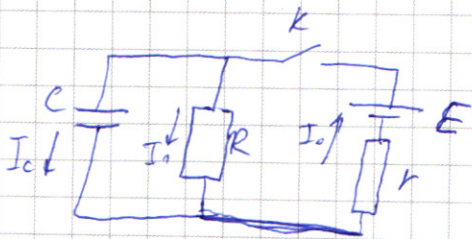
$$3) \quad C_{2-4} = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} 2R(T_4 - T_3) + \frac{P_4 + P_1}{2} (V_4 - V_3)}{2(T_4 - T_3)} = \frac{3}{2} R + \frac{2.9 P_1 (-0.9) V_1}{2(1 - 3.61) T_1} =$$

$$= \frac{3}{2} R + \frac{2.9 \cdot 0.9}{2 \cdot 2.61} R = \frac{3}{2} R + \frac{2.77}{2 \cdot 2.61} R \approx \frac{3}{2} R + \frac{1}{2} R \approx 2R \quad (R - \text{const. value})$$

$R \approx 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

Ответ: 1) $T_{2-3} = 3.61 T_1$; 2) $\frac{V_2}{V_1} = 1$; 3) $C_{2-4} \approx 2R$.

Задача 3.



1) В нач. момент времени, сразу после замыкания конденсатор - провод $(q_0 = Q_0)$
 $\rightarrow U_C = 0 \Rightarrow U_C = 0$
 $U_C = U_R$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$W_c = \frac{q^2}{2C}; \quad \dot{W}_c = \frac{2q\dot{q}}{2C} = \frac{qI}{C}; \quad I_1 + I_c = I_0.$$

$$E = I_0 R + I_1 R; \quad I_1 R = \frac{q}{C}; \quad (I_0 - I_c)R = \frac{q}{C}; \quad I_0 = I_c + \frac{q}{CR};$$

$$E = 2I_0 R + (I_0 - I_c)R = 3I_0 R - I_c R$$

$$E = 3R(I_c + \frac{q}{CR}) - I_c R = 2RI_c + \frac{3q}{C};$$

$$2RI_c = E - \frac{3q}{C}; \quad I_c = \frac{E - \frac{3q}{C}}{2R};$$

$$\dot{W} = \frac{q}{C} \left(\frac{E - \frac{3q}{C}}{2R} \right) = \frac{q(EC - 3q)}{2RC^2} = \frac{ECq - 3q^2}{2RC^2}.$$

$$\dot{W}_{\max} \Rightarrow \dot{W} = 0; \quad \ddot{W} = \frac{EC\dot{q} - 6q\dot{q}}{2RC^2} = 0;$$

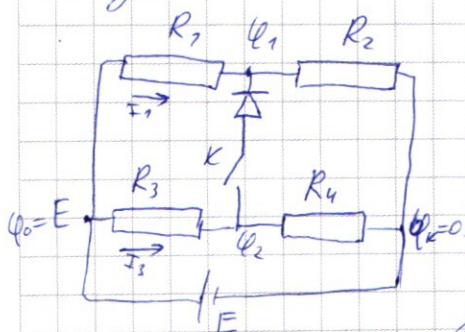
$\dot{q} \neq 0$ в данный момент.
и в любой момент для
конденсатора.

2) $EC = 6q; \quad q = \frac{EC}{6}.$

3) $\dot{W}_{\max} = \frac{EC}{6 \cdot 2RC^2} \cdot (EC - 3 \cdot \frac{EC}{6}) = \frac{E}{12RC} \cdot (\frac{EC}{2}) = \frac{E^2}{24R}.$

Ответ: 1) $U_{R0} = 0$; 2) $q = \frac{EC}{6}$; 3) $\dot{W}_{\max} = \frac{E^2}{24R}.$

Задача: 4.



1) $E = I_1(R_1 + R_2); \quad I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2}; \quad I_1 = \frac{12}{5 + 1} = 2 \text{ A}.$

2) ток ^{через диод} течет, когда $U_1 - U_2 = U_0$ (мало не открыт).

расширивать при $U_1 - U_2 > U_0$ (пределный случай, когда $I_2 = 0$).

через диод ток может течь только в одном направлении (в данном случае вверх).

$$U_1 = U_0 = I_1 R_1$$

$$U_1 = E - I_1 R_1; \quad U_1 = 12 - 2.5 = 2 \text{ В.}$$

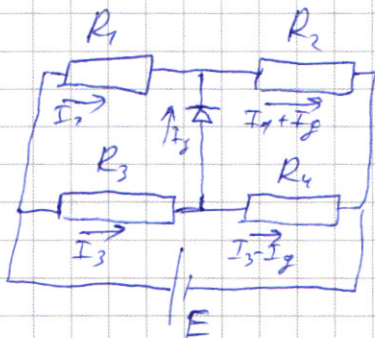
$$I_3 = \frac{E}{R_3 + R_4}; \quad U_2 = E - R_3 I_3 = E - \frac{E R_3}{R_3 + R_4} = E \cdot \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

$$U_1 - U_2 = 2 - 12 \cdot \frac{22}{R_3 + 22} = 1;$$

$$2 - 12 \cdot \frac{22}{R_3 + 22} = 1 \Rightarrow 12 \cdot 22 = R_3 + 22 \Rightarrow R_3 = 242 \text{ Ом.}$$

$$\Rightarrow R_3 = 11 \cdot 22 \Rightarrow R_3 = 242 \text{ Ом.}$$

$$3) P = 3 \text{ Вт} \Rightarrow P = I_g U_0 = 3 \text{ Вт} \Rightarrow I_g = \frac{3 \text{ Вт}}{1 \text{ В}} = 3 \text{ А.}$$



$$\begin{cases} E = I_1 R_1 + (I_1 + I_g) R_2 \\ E = I_3 R_3 + (I_3 - I_g) R_4 \\ I_3 R_3 + U_0 = I_1 R_1; \\ I_1 = \frac{I_3 R_3}{R_1} + \frac{U_0}{R_1}; \end{cases}$$

$$E = I_3 R_3 + U_0 + I_g R_2 + I_3 \frac{R_3 R_2}{R_1} + U_0 \frac{R_2}{R_1};$$

$$E = I_3 R_3 + I_3 R_4 - I_g R_4; \quad I_3 = \frac{E + I_g R_4}{R_3 + R_4};$$

$$E = \frac{E + I_g R_4}{R_3 + R_4} R_3 + U_0 + I_g R_2 + \frac{R_3 R_2}{R_1} \cdot \frac{E + I_g R_4}{R_3 + R_4} + U_0 \frac{R_2}{R_1};$$

$$E - U_0 - I_g R_2 - U_0 \frac{R_2}{R_1} = \frac{E + I_g R_4}{R_3 + R_4} R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$\frac{(E + I_g R_4) R_3}{R_3 + R_4} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \left(E - U_0 - I_g R_2 - U_0 \frac{R_2}{R_1} \right).$$

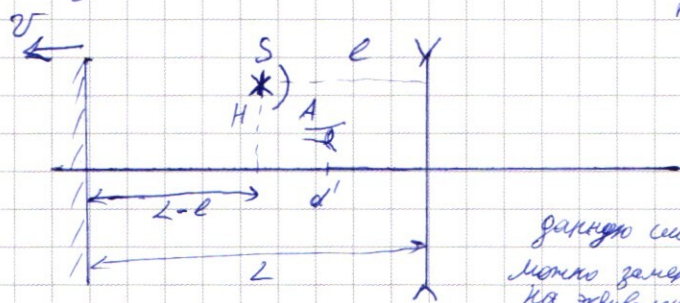
$$\frac{R_3 (12 + 3 \cdot 22)}{R_3 + 22} = \frac{5}{5 + 1} \left(12 - 1 - 3 \cdot 1 - 1 \cdot \frac{1}{5} \right).$$

$$\frac{78 R_3}{22 + R_3} = \frac{39}{6}; \quad 26 R_3 = 22 + R_3; \quad 11 R_3 = 22; \quad R_3 = 2 \text{ Ом.}$$

Ответ: 1) $I_g = 2 \text{ А}$; 2) 242 Ом ; 3) $R_3 = 2 \text{ Ом}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

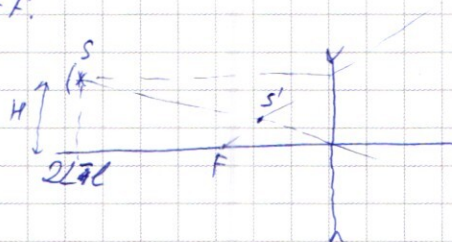
Задание 5.



$$H = \frac{8}{15} F; \quad C = \left(1 - \frac{4}{5}\right) F = \frac{F}{5}$$

$$\angle = \frac{\delta}{r} F$$

данную систему
можно заменить
на эквивалентную:

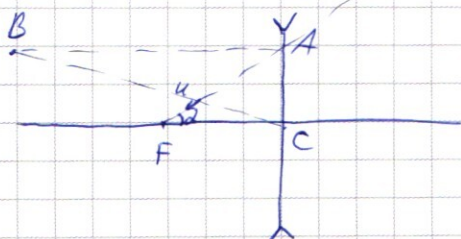


1) $d = \ell + 2\ell = -\frac{E}{5} + \frac{16}{5}E = \frac{15}{5}E = 3E$

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{d'}; \quad \frac{1}{d'} = \frac{1}{F} + \frac{1}{3F}; \quad \frac{1}{d'} = \frac{4}{3F}$$

$d \approx \frac{3}{4} F$ изогнутая. Слева от узла.
(мужское)

2)



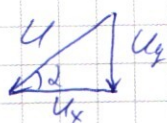
для рассеивающей линзы:

изображение всегда касается на
отрезке AF , а значит угол, тор

которым будет являться изображение графа $L = \angle AFC$.

$$f_2 = \frac{H}{F} = \frac{8}{15}$$

3) Скорость изображения, направленного перпендикулярно плоскости линзы равна $u_x = (2v)\Gamma^2$; $\Gamma = \frac{d^1}{d}$; (скорость источника в линзе $2v$)



$$U = \frac{U_x}{\cos \alpha}; \quad \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 4^2 \alpha + 1; \quad \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{289}{225}; \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}.$$

~~$$u_1 = \frac{17}{23} \quad u_2 = \frac{17}{23} \quad r = \frac{13}{23} \quad \left(\frac{27}{22} \quad \frac{8}{22} \right) \quad \frac{17}{23} \quad \frac{25}{22} \quad \frac{25}{22}$$~~

$\frac{17.5}{3.484} \approx 5.022$ ^{крат} ~~Скорости~~ ~~изменения~~ ~~в~~ ~~Фир~~

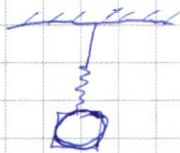
Indem: $\rho = \frac{17}{22}$, c ist ein ganzer $\mathbb{Z}$ $\rho \neq \frac{8}{15}$ (3) $\alpha = \frac{1}{2} \log 2$

$$\Gamma = \frac{3}{4} F \frac{1}{3F} = \frac{1}{4}; \quad U_x = 2 \cdot v \cdot \frac{1}{4^2} = \frac{v}{8}.$$

$$U = \frac{U_x}{\cos \alpha} = \frac{v}{8} \cdot \frac{17}{15} \approx 0,14 v.$$

Ответ: 1) $d' = \frac{3}{4} F$, света от звезды; 2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$; 3) $v = 0,14 v$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$ma_1 = kx_1 - mg$$

$$ma_2 = kx_2 + mg$$

$$ma_1 = 3.5F_2 - mg$$

$$ma_2 = F_2 + mg$$

$$kx_1 = 3.5F_2 \quad F_1 = 3.5F_2$$

$$kx_2 = F_2$$

$$F_2 + mg = 3.5F_2 - mg$$

$$2mg = -3.5F_2$$

$$1.5 = \frac{1}{2}$$

$$\frac{5 \cdot 2}{3} = \frac{10}{3}$$

$$1 - \frac{10}{3} = -\frac{7}{3}$$

$$x = x_0 \sin \omega t$$

$$v = x_0 \omega \cos \omega t$$

$$a = -x_0 \omega^2 \sin \omega t$$

$$\sin \omega t_1 = \sin \omega t_2$$

$$\omega t_1 = \omega t_2 + \pi$$

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} + \text{const}$$

$$mg = kx_0$$

$$\frac{E_{\text{pot}}}{E_{\text{kin}}} = \frac{\frac{kx_0^2}{2}}{\frac{mv^2}{2}} = \frac{kx_0^2}{mv^2}$$

$$x$$

$$k = \frac{mg}{\Delta x} = \left[\frac{N}{m} \right]$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{\frac{m}{k}}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$3-4: \quad V_4 = 1.9 V_3, \quad p_1 = p_3$$

$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 1.9 \\ \hline 1.9 \\ 17.1 \\ \hline 15.2 \\ \hline 15.2 \\ \hline 3.61 \end{array}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$p_1 \cdot 1.3 V_1 = \nu R T_2$$

$$\frac{V_4}{V_2} = 1.3^2 p_1 V_4 = \nu R T_2$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}; \quad p_3 = 1.3 p_4 = p_1$$

$$\frac{p_2}{1.3 p_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$1.3 p_4 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_4 V_4 = \nu R T_1$$

$$1.3 V_1 = V_4$$

$$V_1 = \frac{V_4}{1.3}$$

$$p_2 V_2 = p_1 \cdot 1.3 V_4$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1.3 V_4}{V_2} = \frac{1.3 V_1}{V_4}; \quad V_2 = V_4$$

$$C = \frac{\nu Q}{\nu \Delta T} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T + \left(\frac{p_1 V_1}{2} \right) (1.3 - 1) V_4}{\nu \Delta T} = \frac{3}{2} R + \frac{1.3 p_1 \cdot 0.3 V_4}{\nu \Delta T}$$

261

$$\begin{array}{r} 8 \overline{) 2061} \\ \underline{165} \\ 271 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 271 \overline{) 261} \\ \underline{261} \\ 0 \end{array}$$

$$E = I_0 R + I_c R; \quad I_c R = U_c; \quad \frac{q}{C} = (I_0 - I_c) R;$$

$$E = 2 I_0 R + (I_0 - I_c) R = 3 I_0 R - I_c R$$

$$\frac{q}{CR} + I_c = I_0$$

$$E = 3 \frac{q}{C} + 3 I_c R - I_c R = \frac{3q}{C} + 2 I_c R$$

$$U_c = \frac{q^2}{2C}$$

$$U_c = \frac{2qI}{2C} = \frac{qI}{C}$$

$$\frac{EC - 3q}{CR} = \frac{2qI}{2C}$$

$$\int_0^q CR dt = \int_0^q \frac{2d q}{EC - 3q}; \quad CR \neq$$

4.

$$\frac{66}{28};$$

$$\frac{5}{6} \left(11 - 3 \cdot \frac{1}{5} \right) = \frac{5}{6} \left(8 - \frac{1}{5} \right) =$$

$$= \frac{40 - 1}{6} = \frac{39}{6}$$

$$242 \cdot I + 22I = E$$

$$264I = E$$

$$I = \frac{12}{264}$$

$$U_c = \frac{124}{264} \cdot \frac{12}{264} = \frac{132}{5614}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

6

$H = \frac{8}{15} F$;
 $L = \frac{F}{5}$;
 $L = \frac{8}{5} F$.

$\frac{16}{5} F - \frac{1}{5} F = 3F$.

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$
 $\frac{1}{\cos^2 \alpha} + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$
 $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{64 + 225}{225} = \frac{289}{225}$; $\frac{1}{\cos \alpha} = \frac{17}{15}$; $\cos \alpha = \frac{15}{17}$.

$\frac{25}{15} = \frac{5}{3}$

$\frac{85}{1452} \approx \frac{85}{1450} = \frac{17}{290} \approx 0,058$

$0,058$
 $+ 0,12$
 $0,178$

$0,12$
 $+ 0,058$
 $0,178$

$17/120$
 0
 170
 -120
 500
 -480
 200
 -120
 800

$17/290$
 0
 1700
 -1450
 2500

$85/15$
 5
 35
 12

$1450/290$
 5
 1450
 -1450
 0

$16/25$
 0
 160
 -150
 100
 -100
 0

