

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

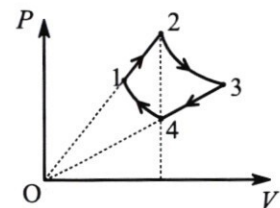
Вариант 11-05

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

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 раза, а модули ускорений равны.

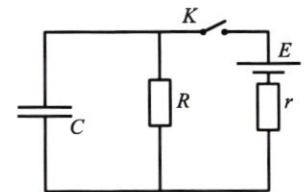
- 1) Найти модуль ускорения в эти моменты.
- 2) Найти отношение кинетических энергий шарика в эти моменты.
- 3) Найти отношение максимальной энергии деформации пружины к максимальной кинетической энергии шарика.

2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 давление увеличивается в $k = 2$ раза. 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. Объемы газа в состояниях 2 и 4 равны.



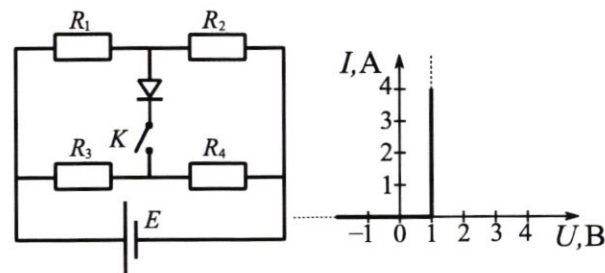
- 1) Найти температуру газа в процессе 2-3.
- 2) Найти отношение давлений в состояниях 1 и 3.
- 3) Найти молярную теплоемкость газа в процессе 1-2.

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



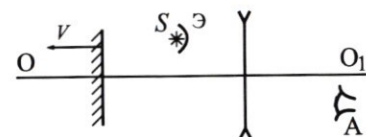
- 1) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти ток, текущий через конденсатор, сразу после размыкания ключа.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 10$ В, $R_2 = 12$ Ом, $R_3 = 8$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.



- 1) Найти ток через резистор R_3 при разомкнутом ключе K .
- 2) При каких значениях R_1 ток потечет через диод при замкнутом ключе K ?
- 3) При каком значении R_1 мощность тепловых потерь на диоде будет равна $P_D = 1,25$ 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 $3F/4$ 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

Дано:

$$T_1, K=2$$

$$T_2 = T_3$$

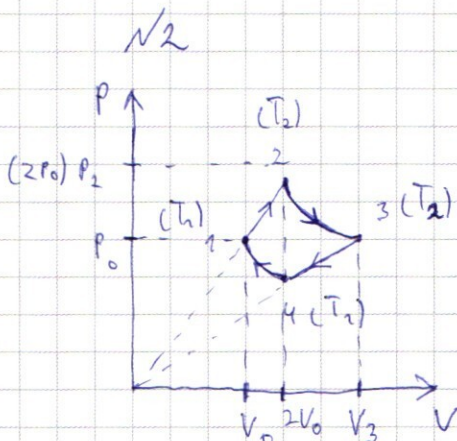
$$T_1 = T_4$$

$$V_2 = V_4$$

$$1) T_2 = ?$$

$$2) \frac{P_1}{P_3} = ?$$

$$3) C_{12} = ?$$



Уравнение Менделеева-Клапейрона
для состояний 1 и 2:

$$\begin{cases} P_0 V_0 = \nu R T_1 \\ 2P_0 \cdot 2V_0 = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$T_2 = 4T_1$$

$$2) \text{ Процесс 1-2 адиабатический } \Rightarrow 4P_0 V_0 = P_3 V_3$$

$$\text{Для состояний 3 и 4: } \begin{cases} P_4 \cdot 2V_0 = \nu R T_1 \\ P_3 V_3 = \nu R T_1 \cdot 4 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_4 V_0}{P_3 V_3} = \frac{1}{8}$$

$$\frac{P_4 V_0}{4P_0 V_0} = \frac{1}{8} \Rightarrow P_4 = \frac{1}{2} P_0 ; \text{ В процессе 3 и 4 прямая пропорц. зависимость}$$

$$P \propto V \Rightarrow \frac{P_3}{V_3} = \frac{P_4}{V_4} \Rightarrow V_3 = \frac{P_3}{P_0} \cdot 4V_0 ; \frac{P_4}{P_3} \cdot \frac{V_0 \cdot P_0}{P_3 \cdot 4V_0} = \frac{1}{8}$$

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{P_0}{P_0} = 1$$

$$P_3^2 = 2P_4 P_0 = P_0^2 \Rightarrow P_3 = P_0$$

$$3) Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 + \frac{1}{2} \cdot 3 \nu R T_1 = 6 \nu R T_1$$

$$Q_{12} = C_{12} \cdot 3T_1 = 6 \nu R T_1 \Rightarrow C_{12} = 2R$$

$$\text{Ответ: } 1) T_2 = 4T_1 ; 2) \frac{P_3}{P_1} = 1 ; 3) C_{12} = 2R .$$

N3

Дано:

E, R, C

$r = R$

кнопка размыкается

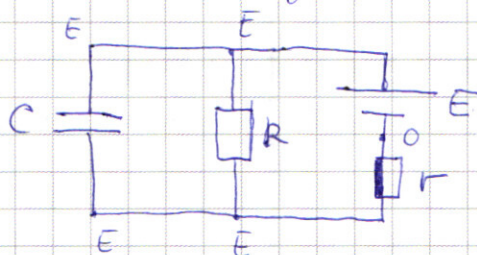
когда $N(t) = N_{max}$

1) $I_c(0) = ?$

2) $I_c(\tau) = ?$

3) $Q = ?$

1) Сразу после замыкания ключа:



Увеличение тока
увеличит потенциал

Сразу после замыкания до замыкания ключа

конденсатор был замкнут на резистор $\Rightarrow$ цепь была в уст. состоянии и $U_C(0) = 0$

Сразу после замыкания ключа напряжение скачком не увеличит-ся $\Rightarrow U_C(0) = 0$ и $I_c(0) = \frac{E}{r}$

2) $N = I_c U_C$, где $U_C = E - U_R$, $I_c = \frac{U_C}{r} = \frac{E - U}{R}$, U - напряжение на резисторе R .

$$N = (E - U) \left(\frac{E - U}{R} \right) = \frac{UE}{R} - \frac{U^2}{R}; N_{max} \text{ при } N' = 0,$$

$$N' = \frac{dN}{dU} = \frac{E}{R} - \frac{2U}{R} = 0 \Rightarrow U = \frac{E}{2}$$

$$\Rightarrow N' = \frac{3E}{R} - \frac{4U}{R} = 0 \Rightarrow U = \frac{3E}{4}$$

3) $U_C = E - \frac{3}{4}E = \frac{1}{4}E$; После размыкания ключа, а напряжение не увеличивается
конденсатор будет замкнут на резистор $R \Rightarrow$

$$I_c(t) = \frac{U_C}{R} = \frac{E}{4R}$$

3) После размыкания ключа вся

энергия конденсатора уйдет в тепло.

$$Q = W_C(t) = \frac{CU_C^2}{2} = \frac{CE^2}{32}$$

Ответ: 1) $I_c(0) = \frac{E}{r}$; 2) $I_c(\tau) = \frac{E}{4R}$; 3) $Q = \frac{CE^2}{32}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

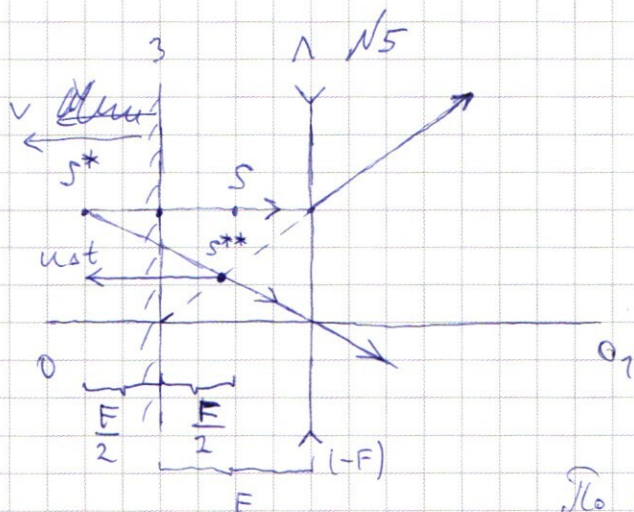
Ans:

F, V.

1 f - ?

212-?

3) $u - ?$



И. Саввавич ~~Осипович~~
- ~~Осипов~~

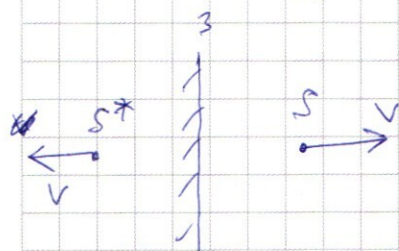
7/ 5* - Очистка
предела 5 в зеркале
симметрично отн.
зеркала

S^* - прогиб под
нагрузкой 1 , $\delta = \frac{3F}{7}$

По формуле маленькой мизра:

$$-\frac{1}{p} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = \frac{3F}{5}}$$

3) В CO зеркалах:



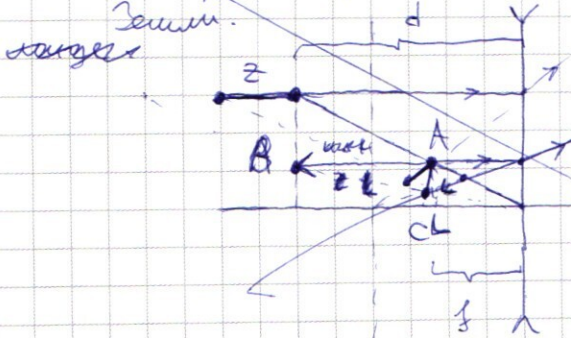
После переезда в СО жизни:



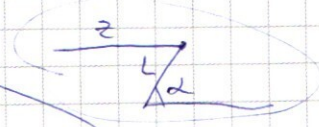
✓ Средняя пропускная равна (пропускная на 1 ось 00_2)

$$u_{||} = 2V \cdot \Gamma^2, \text{ zgl } \Gamma = \frac{1}{d} \Rightarrow u_{||} = 2V \cdot \left(\frac{1}{5} \right)^2 = \frac{8}{25} V$$

2) Рассчитать перемещение $S = u \cdot s \cdot t$ ~~где~~ ~~ускорения~~ ~~300~~ ~~и~~ ~~с~~ ~~с~~
Земли. $d - s = \frac{gt^2}{2} = z$, ~~where~~



в цепи переменного ~~тока~~
тока равно: $Z \cdot \beta = L$,
где $\beta = \pi_B \cdot \pi_A$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано:

$$E = 10 \text{ В}$$

$$R_2 = 12 \text{ Ом} = 6R$$

$$R_3 = 8 \text{ Ом} = 4R$$

$$R_4 = 2 \text{ Ом} = R$$

$$U_0 = 7 \text{ В}$$

1) I - ?

2) R_1 (мож. уйд. - ?)

3) R_1 - ? ($P_D = 1,25 \text{ Вт}$)

ток через диод пойдет,
если $\varphi_1 - \varphi_2 = U_0$, тогда
ток будет равен $\varphi_1 \cdot I = 4 \text{ А}$.

$$\frac{E - \varphi_1 + U_0}{4R} + I = \frac{\varphi_1 - U_0}{R}$$

$$E - \varphi_1 + U_0 + 4IR = \varphi_1 - 4U_0 \Rightarrow 5\varphi_1 = 5U_0 + E + 4IR$$

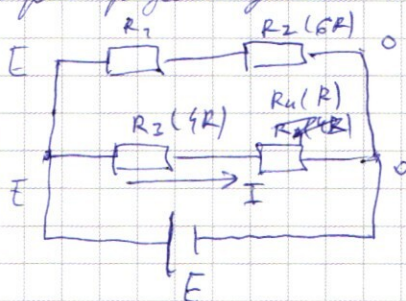
$$\varphi_1 = 10 + 7 + \frac{4}{5} \cdot 4 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом} = \frac{47}{5} \text{ В}$$

$$R_1 = \frac{E - \varphi_1}{\frac{\varphi_1}{6R} + I} = \frac{10 \text{ В} - \frac{47}{5} \text{ В}}{\frac{\frac{47}{5}}{2 \cdot 5 \cdot 6 \text{ А}} + 4 \text{ А}} = \frac{3}{5} \cdot \left(\frac{47}{60} + \frac{240}{60} \right) = \frac{3 \cdot 287}{5 \cdot 287} = \frac{36}{287} \text{ Ом}$$

$$3) P_D = IU_D$$

Ответ: 1) $I = \frac{E}{R_3 + R_4}$; $I = 1 \text{ А}$ 2) $R_1 = \frac{36}{287} \text{ Ом}$

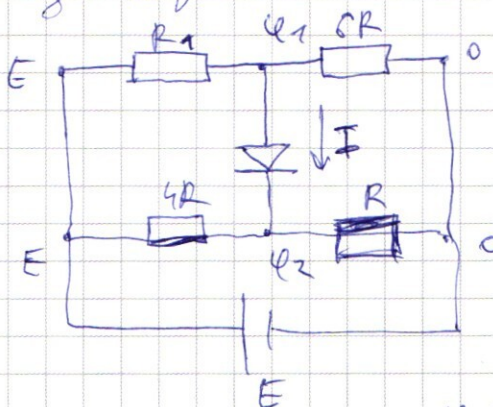
1) Ток через открытый ключ K .



$$1) I = \frac{E}{R_3 + R_4} = \frac{10 \text{ В}}{10 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$$

2) ток через диод

2) Ключ замкнут:



$$\varphi_1 - \varphi_2 = U_0$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 - U_0$$

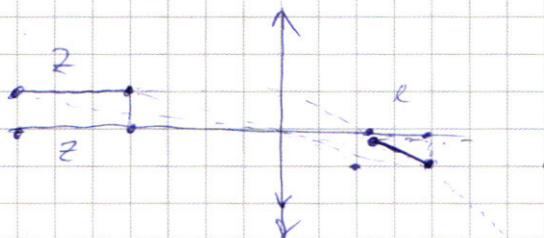
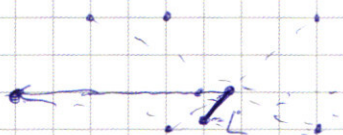
$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1}{6R} + I$$

$$\frac{E - \varphi_2}{4R} + I = \frac{\varphi_2}{R}$$

4) 3

1) 2, 3

5) 2, 3



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

$$1) \begin{cases} 2F_1 = F_2 \\ ma = mg - F_1 \\ ma = F_2 - mg \end{cases}$$

$$\begin{aligned} F_1 &= mg - ma \\ ma &= 2F_1 - mg \end{aligned}$$

$$ma = 2mg - 2ma - mg$$

$$\boxed{a = \frac{g}{3}}$$

2) По Пружинному гармоническим колебаниям.

$E_{\text{посл.}} = mgX_0$, где X_0 — высота над расст. от
мом. положения, до П.Р. $\Rightarrow A = X_0$

$$k_1 - mgx_1 + \frac{kx_1^2}{2} = mgx_0$$

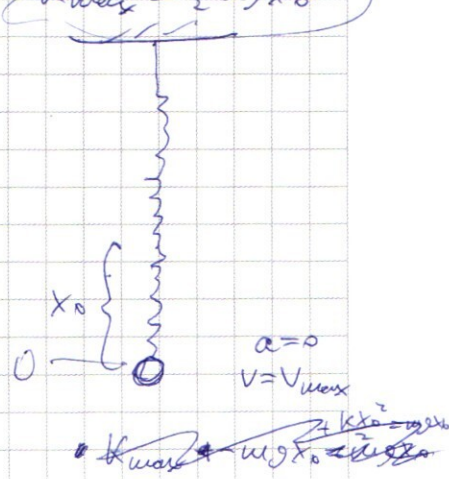
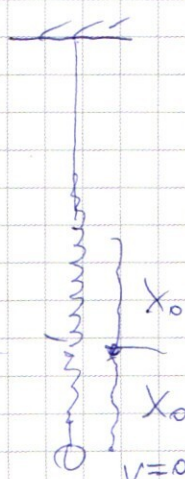
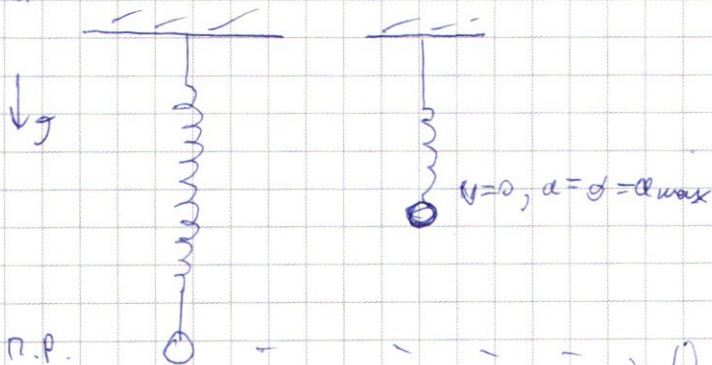
$$k_2 - mgx_2 + \frac{kx_2^2}{2} = mgx_0$$

$$k_{\text{max}} \text{ ~~max~~ } + \frac{kx_0^2}{2} = mgx_0$$

$$k_{\text{max}} = 2mgx_0 - \frac{1}{2}mgx_0$$

$$\boxed{k_{\text{max}} = \frac{3}{2}mgx_0}$$

3)



$$\boxed{\frac{E_{\text{деф. max}}}{E_{\text{к max}}} = 4}$$

$$mgx_0 = \frac{2kx_0^2}{2} - mgx_0$$

$$\Rightarrow \frac{kx_0^2}{2} = E_{\text{деф. max}} = mgx_0$$

$$mgx_0 = \frac{k(2x_0)^2}{2} - mgx_0 \Rightarrow \boxed{E_{\text{деф. max}} = 2mgx_0}$$

$$\boxed{kx_0^2 = 2mgx_0}$$

2) Пружинному гармоническим колебаниям, $v_{\text{max}} = a_{\text{max}} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ если одинаковые ускорения, то одинаковы и скорости (по модулю) $\Rightarrow \boxed{\frac{k_1}{k_2} = 1}$

2) ~~k_2~~ ~~из~~

№1 №2

Ответ: 1) $\alpha = \frac{9}{3}$ 2) $\frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{4}$ 3) $\frac{E_{\text{дер. max}}}{k_{\text{max}}} = 4$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$I = \frac{U}{R} = \frac{E - kx}{R} = \frac{E - kx + 2v}{2(R + r)}$
 $E = mgx_0$
 $mg = kx_0$
 $x_0 = \frac{mg}{k}$
 $2F_1 = F_2$
 $2kx_1 = kx_2$
 $x_2 = 2x_1$

$ma = F_1 - mg$
 $F_1 = mg - ma$
 $k_1 x_1 - mgx_1 + \frac{kx_1^2}{2} = k_2 - mgx_2 + \frac{kx_2^2}{2}$
 $k_1 - k_2 = mg(x_1 - x_2) + \frac{k}{2}(x_2^2 - x_1^2)$
 $k_1 - k_2 = -mgx_1 + \frac{k}{2}(4x_1^2 - x_1^2)$
 $k_1 - k_2 = -mgx_1 + \frac{3k}{2}x_1^2$

$x = A \cos(\omega t)$
 $v = -A\omega \sin(\omega t)$
 $a = -A\omega^2 \cos(\omega t)$
 $\dot{x} = -A\omega \sin(\omega t)$
 $ma = mg - kx$
 $a = g - \frac{k}{m}x$
 $a + \frac{k}{m}x = g$

$\left(\frac{v}{v_{max}}\right)^2 + \left(\frac{a}{a_{max}}\right)^2 = 1$
 $\frac{v^2}{v_{max}^2} = 1 - \left(\frac{a}{a_{max}}\right)^2 = 1 - \frac{1}{9} = \frac{8}{9}$

$E = K_{max} + \frac{kx_0^2}{2} - mgx_0$
 $E = K_{max} + \frac{k \frac{m^2 g^2}{k^2} - mg \cdot \frac{mg}{k}}{2}$
 $E = K_{max} - \frac{m^2 g^2}{2k}$
 $2E = K_{max} + \dots$
 $\omega^2 x = g$
 $x = \frac{g}{\omega^2} = \frac{g k m}{k^2}$
 $2E = K_{max} + \frac{kx_0^2}{2}$

№4

Дано:

$$E = 20 \text{ В}$$

$$R_2 = 12 \text{ Ом} = 6R$$

$$R_3 = 8 \text{ Ом} = 4R$$

$$R_4 = 2 \text{ Ом} = R$$

$$U_0 = 7 \text{ В} \quad \text{— макс. напряжение}$$

$$I = 4 \text{ А}$$

$$1) \quad I_{R_3} = \frac{E}{R_3 + R_4} = \frac{20}{8 + 2} = 2 \text{ А}$$

2)

$$\frac{E - \varphi_1 + U_0 + 4IR}{6R} = \frac{4}{R} \frac{U_0 - \varphi_1}{R}$$

$$E - \varphi_1 + U_0 + 4IR = 4\varphi_1 - 4U_0 \Rightarrow 5\varphi_1 = E + 5U_0 + 4IR$$

$$R_1 = \frac{E - \varphi_1}{\frac{\varphi_1}{6R} + I} = \frac{20 - \varphi_1}{\frac{\varphi_1}{6 \cdot 2} + 4}$$

$$R_1 = \frac{20 - 3 - \frac{32}{5}}{\frac{3}{5} + 4} = \frac{17 - \frac{32}{5}}{\frac{23}{5}} = \frac{17 \cdot 5 - 32}{23} = \frac{53}{23} \approx 2.3 \text{ Ом}$$

$$IU = P_D$$

$$\varphi_2 > \varphi_1$$

$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} - \frac{\varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1}{6R} + I$$

$$\frac{\varphi_1}{6R} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} \right) = \frac{E}{R_1} - I$$

$$\frac{E + 4IR}{5} > \frac{\frac{E}{R_1} - I}{\frac{1}{6R} + \frac{1}{R_1}} \Rightarrow \frac{E - IR_1}{\frac{R_1}{6R} + 1}$$

$$2 > \frac{10}{\frac{R_1}{12} + 1} \Rightarrow \frac{R_1}{12} + 1 > 5 \Rightarrow \frac{R_1}{12} > 4 \Rightarrow R_1 > 48 \text{ Ом}$$

$$E - \varphi_2 + 4IR = 4\varphi_2$$

$$(5\varphi_2 = E + 4IR)$$

$$\varphi_2 = 2(\varphi_1 - U_0)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U_0$$

$$\frac{E - \varphi_1}{R_1} = \frac{\varphi_1}{6R} + I$$

$$\frac{E - \varphi_2}{4R} + I = \frac{\varphi_2}{R}$$

$$I = \frac{\varphi_2}{R} - \frac{E - \varphi_2}{4R}$$

$$\frac{E - \varphi_2}{R_1} = \frac{\varphi_1}{6R} + \frac{\varphi_2}{R} - \frac{E - \varphi_2}{4R} + \frac{\varphi_2}{R}$$

$$\varphi_1 = 2 + 1 + \frac{4}{5} \cdot 4 \cdot 2 = 10.4 \text{ В}$$

$$R_1 = 3 + \frac{32}{5} = \frac{47}{5} \text{ Ом}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1/2

$P_0 V_0 = 2 P_0 V_0 = 2 P_0 V_0$
 $P_3 V_3 = 4 P_0 V_0$
 $P_0 V_0 = P_4 V_4$
 $\beta = \frac{P_4}{V_4} = \frac{\frac{1}{2} P_0}{2 V_0} = \frac{P_0}{4 V_0}$
 $\frac{P_1}{P_3} = \frac{P_0}{P_0} = 1$

$\gamma \frac{P_0}{V_0} = 2 \Rightarrow \frac{2 P_0}{V_0} = \frac{2 P_0 V_0}{V_0} = 2 P_0$
 $2 P_0 \cdot 2 V_0 = J R T_2$
 $P_0 V_0 = J R T_1$
 $T_2 = 4 T_1$
 $3) C = 2 R$
 $2) P_4 \cdot 2 V_0 = J R T_1$
 $P_3 \cdot V_3 = J R \cdot 4 T_1$
 $\frac{P_4}{P_3} \cdot \frac{2 V_0}{V_3} = \frac{1}{4}$
 $\frac{P_4 V_4}{4 P_0 V_0} = \frac{1}{8} \Rightarrow P_4 = \frac{1}{2} P_0$
 $\frac{P_3}{V_3} = \beta ; \frac{P_3}{V_3} = \frac{P_0}{4 V_0} \Rightarrow V_3 = \frac{P_3}{P_0} \cdot 4 V_0$
 $\frac{P_4}{P_3} \cdot \frac{2 V_0 \cdot P_0}{4 V_0 \cdot P_3} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{P_4}{P_3} = \frac{1}{2}$
 $P_3^2 = 2 P_4 P_0$
 $P_3^2 = 2 \cdot \frac{1}{2} P_0 \cdot P_0$
 $P_3 = P_0$
 $\frac{P_4}{P_3} = \frac{1}{2} \Rightarrow P_4 = \frac{1}{2} P_0$
 $\frac{P_4}{P_3} = \frac{1}{2} \Rightarrow P_4 = \frac{1}{2} P_0$
 $\frac{P_4}{P_3} = \frac{1}{2} \Rightarrow P_4 = \frac{1}{2} P_0$

1/3

Дано: E, R, C

$r = R$

когда $N(t) = N_{\max}$

$U_C(0) = 0$
 $U_C(0) = \frac{E}{r}$
 $2) N = I_C U_C$, где $U_C = E - U_r$
 $I_C = \frac{U_r}{r} - \frac{E - U_r}{R}$; $N = \frac{U_r (E - U_r)}{r} - \frac{(E - U_r)^2}{R} = \frac{U_r E - U_r^2}{r} - \frac{E^2 - 2 E U_r + U_r^2}{R}$
 $N' = \frac{E - 2 U_r}{r} - \frac{(-2 E + 2 U_r)}{R} \Rightarrow \frac{E R - 2 U_r \cdot R + 2 E r - 2 U_r r}{r R} = 0$
 $E(R + 2r) - 2 U_r (R + r) = 0$
 $U_r = \frac{E(R + 2r)}{2(R + r)}$
 $U_C = E - U_r = E - \frac{E(R + 2r)}{2(R + r)} = \frac{E}{2} \frac{R + 2r}{R + r}$
 $I = \frac{E(R + 2r)}{2(R + r)r} - \frac{E(1 - \frac{R + 2r}{2(R + r)})}{R}$
 $U_r = E \frac{3R}{4R + 3r}$
 $U_r = \frac{3}{4} E$

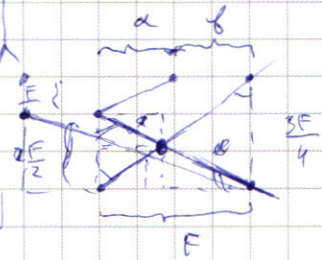
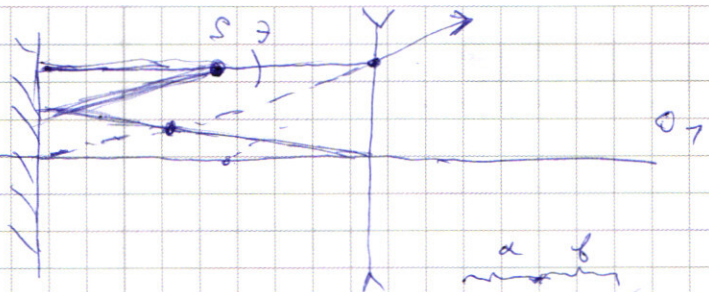
15
 дано:
 $F/2$
 $3F/4$

2)
 $\frac{1}{f} = \frac{1}{3F} + \frac{1}{3F} = \frac{2}{3F}$

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

$f = \frac{3F^2}{2F} = \frac{3F}{2}$

$f = \frac{3F}{5}$

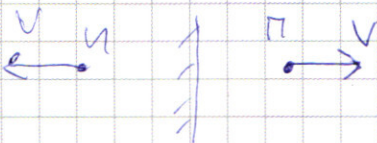


2)

со зрением:

$\alpha = \frac{3F}{2} - \frac{3F}{5} = \frac{15F - 6F}{10} = \frac{9F}{10}$

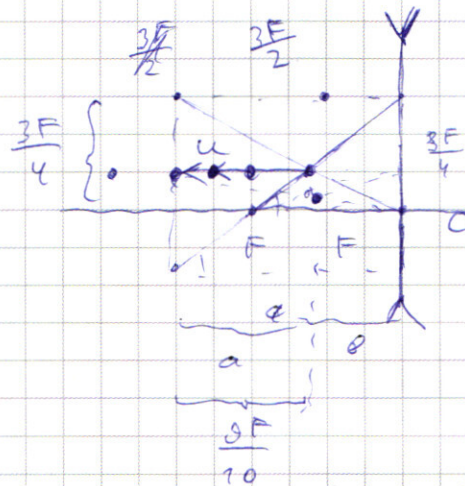
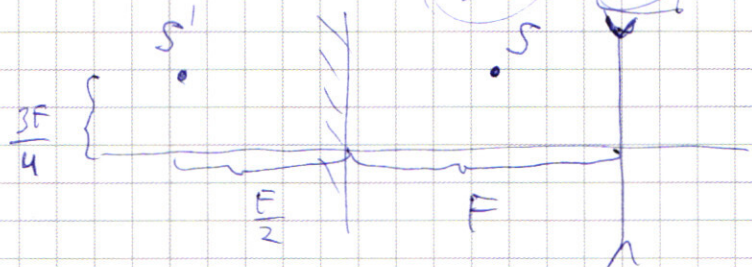
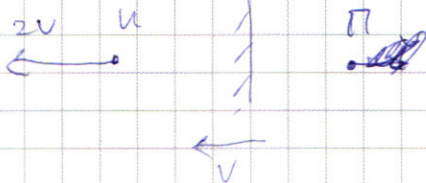
$\sqrt{F^2 + \frac{F^2}{4}} = \sqrt{\frac{5F^2}{4}} = F\sqrt{\frac{5}{4}}$



$\frac{3F}{5} \cdot \frac{9F}{10} =$

$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{F}{2} \cdot \frac{4}{2F} = \frac{2}{3}$

со зрением:



$\tan \alpha = \frac{3}{4} = \frac{C}{\frac{3F}{2}} = \frac{2C}{3F}$

(уже знаем)

$C = \frac{9F}{8}$

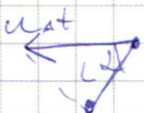
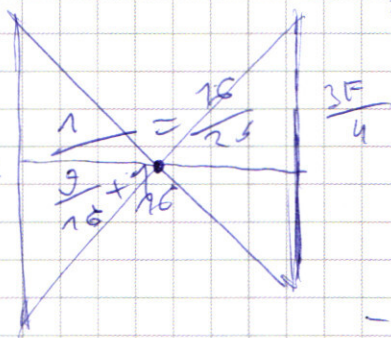
$\frac{4C}{3F} = \frac{\alpha}{\beta} \Rightarrow \frac{\beta}{\alpha} = \alpha \frac{3F}{4C} = \alpha \frac{8}{4 \cdot \frac{9F}{8}} = \frac{2}{3}$

$u = \sqrt{2} \cdot 2V, \quad r = \frac{1}{4} = \frac{3F \cdot 2}{5 \cdot 3F} = \frac{2}{5}$

$u = \frac{4}{25} \cdot 2V = \frac{8}{25}V$

$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{3F}{5}$

$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$
 $\tan^2 x + 1 = \frac{1}{\cos^2 x}$
 $\cos^2 x = \frac{1}{\tan^2 x + 1}$



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

$f = \frac{dF}{F+d} = \frac{F}{2}$
 $d = F$