

Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

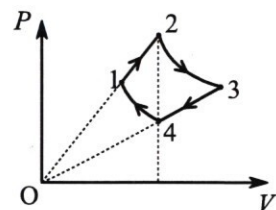
Вариант 11-07

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

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 3 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.

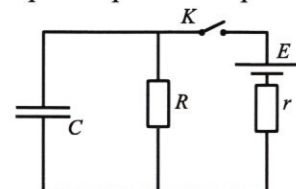
2. Идеальный одноатомный газ из состояния 1 с температурой T_1 расширяется в процессе 1-2 прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V . В процессе 1-2 объем газа увеличивается в $k = 1,8$ раза. Затем газ расширяется в изотермическом процессе 2-3, сжимается в процессе 3-4 прямо пропорциональной 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.

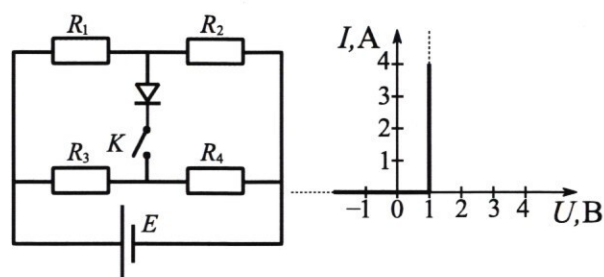
3. В электрической цепи (см. рис.) все элементы идеальные, конденсатор не заряжен. Величины E, R, C известны, $r = 3R$. Ключ K на некоторое время замыкают, а затем размыкают, когда скорость роста энергии конденсатора максимальна.

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

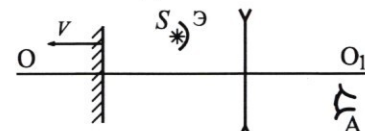


4. В цепи используется мостовая схема (см. рис.). ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 2$ Ом. Вольтамперная характеристика диода показана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

- 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 $P_D = 2$ Вт?

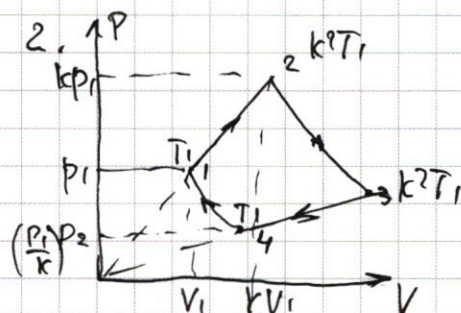


5. Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$), плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси линзы OO_1 . Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии F от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/2$ 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



Т.к. процесс 1-2 - процесс проп-ство, то при увелич. объема газа в k раз его давл-ние уменьш. также в k раз. Пусть давл-ние в точке 1 равно p_1 , а объем V_1 . Тогда объем в точке 2 равен kV_1 , а давл-ние p_1/k . Запишем ур-ие Менделеева-Клапейрона в точке 1 $p_1 V_1 = \nu R T_1$, где точка 2 $p_1/k \cdot kV_1 = \nu R T_2$ $\frac{k^2 p_1 V_1}{p_1 V_1} = \frac{\nu R T_2}{\nu R T_1}$

Получаем что темп-р. газа в пр. 2-3 равна $T_2 = k^2 T_1 = 3,24 T_1$

М-кл. для точки 4 $p_2 kV_1 = \nu R T_1 = p_1 V_1$ $p_2 = \frac{p_1}{k}$
Пусть давл. в т.3 равно p_3 , а объем - V_3 , тогда k
 $p_3 V_3 = \nu R k^2 T_1$, но т.к. 3-4 - процесс проп-ство и т.к.
 $p_2 kV_1 = \nu R T_1$, можно заметить, что $p_2 = \frac{p_3}{k}$ $kV_3 = \frac{V_3}{k}$

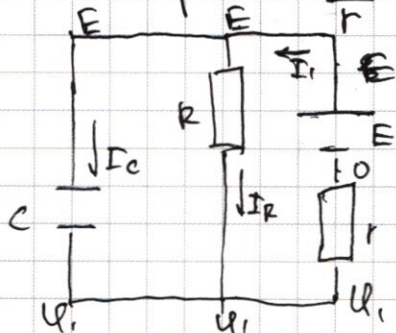
$$p_2 = \frac{p_1}{k} = \frac{p_3}{k} \Rightarrow p_1 = p_3 \Rightarrow \frac{p_1}{p_3} = 1$$

По первому изв. термодинам. для процесса 1-2:
 $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \nu R T_1 \ln k$, ν - молярная темп.
 $A_{12} = \frac{(p_1 + p_2)(kV_1 - V_1)}{2} = \frac{p_1 V_1 (k^2 - 1)}{2} = \frac{\nu R T_1 (k^2 - 1)}{2}$
 $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (k^2 T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 (k^2 - 1)$
 $Q_{12} = \nu R T_1 (k^2 - 1) = \frac{\nu R T_1 (k^2 - 1)}{2} + \frac{3}{2} \nu R T_1 (k^2 - 1)$

$c = 2R$, R - универ. газовая пост.

Ответ 1) темп. газа в пр. 2-3 равна $3,24 T_1$; 2) $\frac{p_1}{p_3} = 1$, $c = 2R$

3. Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе скачком не уменьшается и будет равно нулю, т.к. до замыкания ключа он был не заряжен, а т.к. конденсатор соединен параллельно с резистором R , то на нем нап-е. тоже равно нулю $\Rightarrow$ ток через него не идет $\Rightarrow$ ток через источник сразу после замыкания ключа равен $\frac{E}{3R} = \frac{E}{3R}$



$I_1 = I_C + I_R$ $I_C = I_1 - I_R$
Вспомог. методом узловых потенциалов (см. рис.)
 $I_C = \frac{U_C - 0}{\frac{1}{3R}} = \frac{U_C}{\frac{1}{3R}}$ $I_R = \frac{E - U_C}{R}$
 $I_C = \frac{U_C}{\frac{1}{3R}} + \frac{E - U_C}{R}$

Т.к. скорость роста энергии максимальна $W'_{\max} = P_{\max} = U_c I_c$,
 где $P_{\max}$ - макс. мощность; $U_c = E - \varphi_1$; $P_{\max} = (E - \varphi_1) \left(\frac{\varphi_1}{3R} - \frac{E - \varphi_1}{R} \right)$

$$P_{\max} = \frac{U_c \varphi_1}{3R} - \frac{U_c^2}{R} \quad P_{\max} - \text{макс. в вершине параболы}$$

$$\frac{U_c \varphi_1}{3R} - \frac{U_c^2}{R} \rightarrow U_c = + \frac{\varphi_1 R}{3R \cdot 2} = \frac{\varphi_1}{6}$$

$$P_{\max} = \frac{\varphi_1^2}{18R} - \frac{\varphi_1^2}{36R} = \frac{\varphi_1^2}{36R} = U_c I_c = \frac{\varphi_1}{6} I_c \quad I_c = \frac{\varphi_1}{6R}$$

$$\frac{\varphi_1}{6R} = \frac{\varphi_1}{3R} + \frac{E - \varphi_1}{R} \quad \varphi_1 = 2\varphi_1 + 6E - 6\varphi_1$$

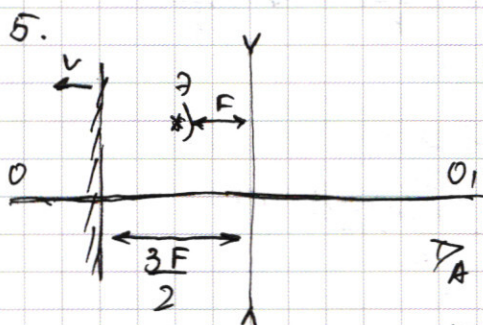
$$\frac{4}{3}\varphi_1 = 6E \quad \varphi_1 = \frac{6E}{4}$$

$$I_c = \frac{2E}{4 \cdot 3R} + \frac{1E}{4 \cdot R} = \frac{1E}{3R} \quad U_c = E - \varphi_1 = \frac{1E}{4}$$

- ток, текущий непосред. перед размык.

Вся энергия на конденсаторе до размык. ключа Q после размык. видоизменяется в виде тепла на резисторе $\Rightarrow Q = \frac{C U_c^2}{2} = \frac{C E^2}{2 \cdot 16} = \frac{CE^2}{32}$

Ответ: 1) ток сразу после замык. ключа $\frac{E}{3R}$ 2) ток перед размык. ключа $\frac{E}{4R}$ 3) эн-ия после размык. ключа $\frac{CE^2}{32}$



Расстояние между предметом и зеркалом равно $\frac{3F}{2} - F = \frac{1}{2}F$

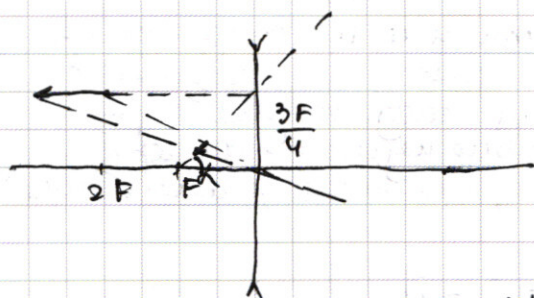
Расстояние между предметом и изобр. в зеркале равно $1F \cdot 2 = F$

Расстояние между изобр. и изобр. в зеркале равно $d = F + F = 2F$

По формуле тонкой линзы $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \left(-\frac{1}{f}\right) \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F} =$

$$= \frac{1}{2F} + \frac{1}{F} = \frac{3}{2F} \quad f = \frac{2F}{3} \Rightarrow \text{на расст. } \frac{2F}{3} \text{ от плоскости линзы}$$

наблюд. увидит изобр. источ. в системе



$$\tan \alpha = \frac{3F}{4 \cdot F} = \frac{3}{4}$$

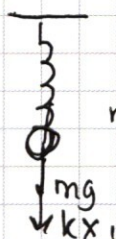
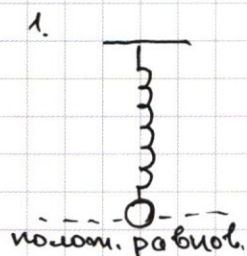
$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{2F}{3 \cdot 2F} = \frac{1}{3}$$

Скорость изобр. $v_i = \Gamma^2 \cdot v$, где v - скорость предмета $v = \frac{1}{9}V$

скорость предмета равна скорости зеркала

Ответ 1) $2F$ 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$ 3) $\frac{1}{9}V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



пружина стала на x_1
По втор. закону Ньютона
 $mg + kx_1 = ma$
 $3kx_1 = kx_2$

$$mg + kx_1 = 3kx_1 - mg$$

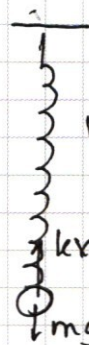
$$2mg = 2kx_1$$

$$mg = kx_1$$

$$mg + mg = ma$$

$$a = 2g$$

Ответ: модуль ускорения - $2g$

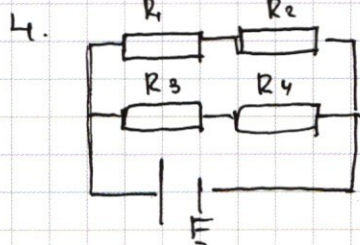


пружина
растянута
на x_2

По 2 З.Н.

$$mg - kx_2 = ma$$

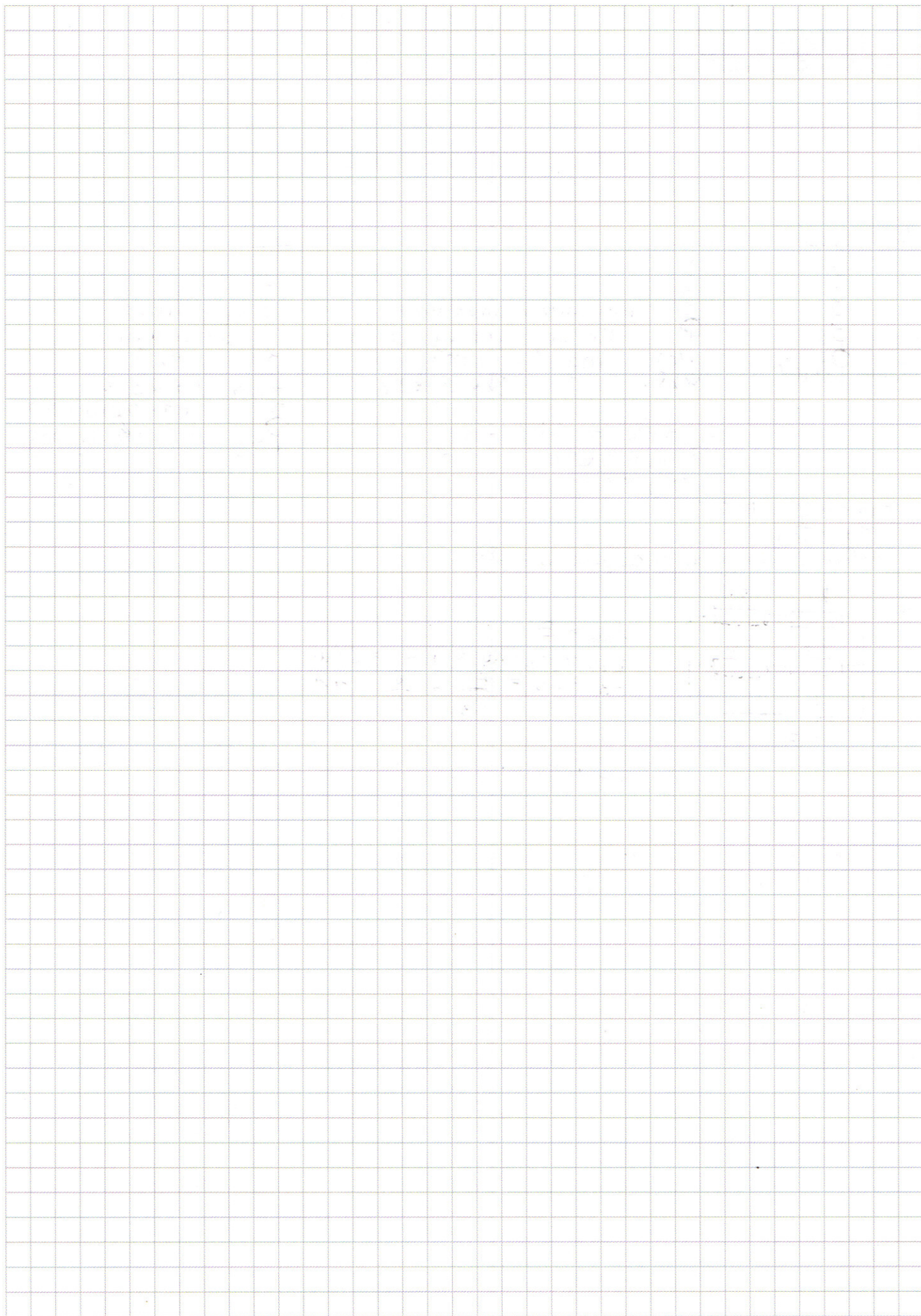
$$ma = kx_2 - mg$$



$$U_{34} = E$$

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 6 + 2 = 8 \text{ Ом}$$

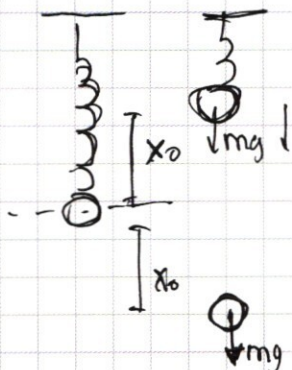
$$I_3 = I_4 = \frac{E}{R_{34}} = \frac{8}{8} = 1 \text{ А}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$mg + kx_0 = ma_{\max}$$

$$mg - 2kx_0 = -ma_{\max} \quad m a_{\max} = 2kx_0 - mg$$

$$\begin{aligned} mg + kx_0 &= 2kx_0 - mg \\ 2mg &= kx_0 \quad x_0 = \frac{2mg}{k} \end{aligned} \quad mg = kx_0$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgx + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - 2mgx + \frac{kx^2}{2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = 4\frac{kx^2}{2} - 3mgx$$

$$mv_1^2 - mv_2^2 = 4kx^2 - 6mgx$$

$$x(v_1^2 - v_2^2) = x(4kx - 6mg) = -2mgx$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = \frac{v_2^2 - 2gx}{v_2^2} = 1 - \frac{2gx}{v_2^2}$$

$$I_3 - I_2 - I_4 = I_1 - I_2$$

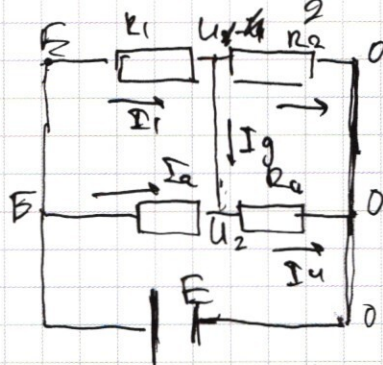
$$I_1 + I_4 = I_3 + I_2$$

$$m \frac{kx_0^2}{2} + mgx_0^2 =$$

$$I_3 + I_4 = I_4$$

$$I_1 = I_3 + I_2$$

$$I_4 - I_3$$



$$U_1 \neq U_2 \geq 1$$

$$\frac{E - U_1}{R_1} = I_1 \quad \frac{U_1 + 0}{R_2} = I_2$$

$$\frac{E - U_1}{R_3} = I_3 \quad I_4 - I_3$$

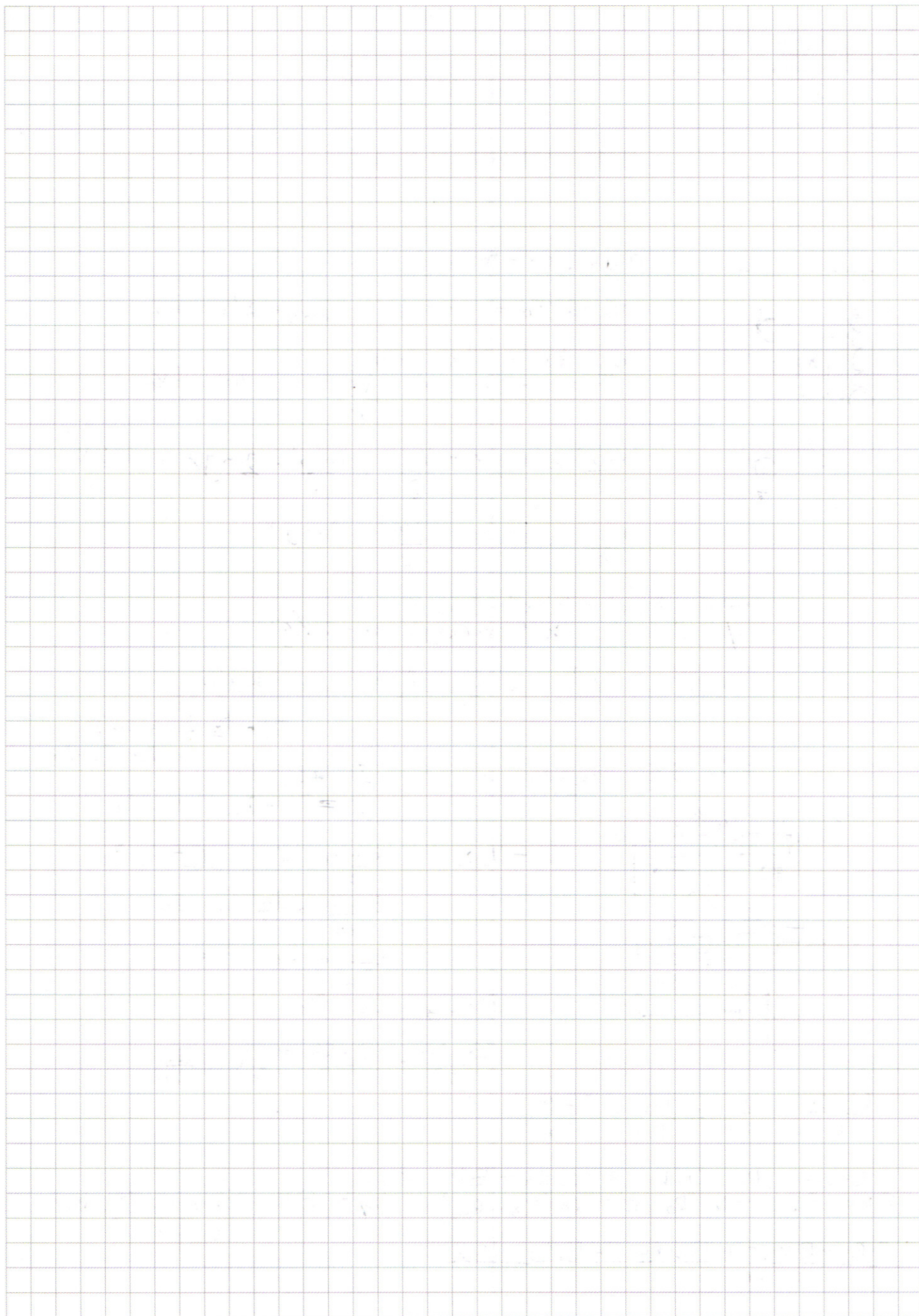
$$\frac{U_2}{R_4} = I_4 \quad P_0 =$$

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$\frac{E - U_1}{R_1} + \frac{E - U_2}{R_3} = \frac{U_1}{R_2} + \frac{U_2}{R_4}$$

$$\frac{E - U_1}{R_1} - \frac{U_1}{R_2} = \frac{U_2}{R_4} - \frac{E - U_2}{R_3}$$

$$\begin{aligned} ER_2 - U_1 R_2 - U_1 R_1 &= U_2 R_3 - ER_4 - U_2 R_4 \\ ER_2 + ER_4 - U_1(R_2 + R_1) &= U_2(R_3 - R_4) \quad U_1 = \frac{ER_2 - ER_4 - U_2(R_3 - R_4)}{R_2 + R_1} \\ ER_2 - ER_4 - U_2(R_3 - R_4) &= U_2 R_2 - U_2 R_1 \end{aligned}$$

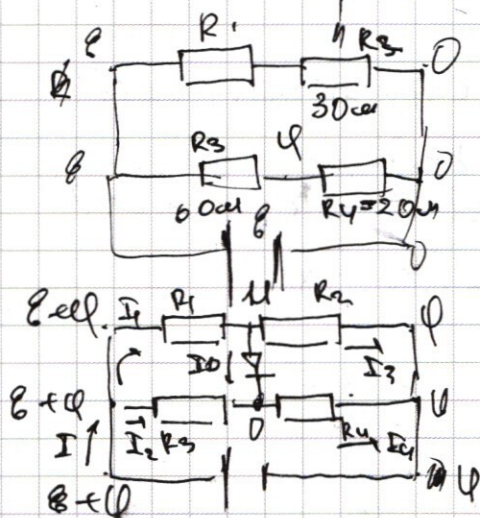
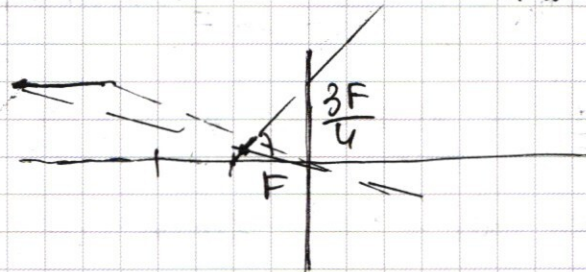
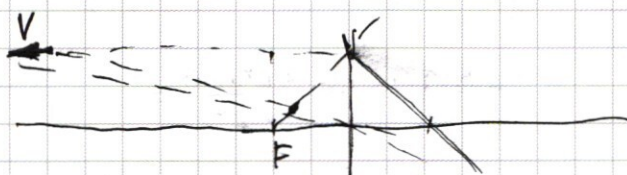


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3 \frac{16}{169} V \cdot ?$$

$$U_{AB} = 200 \text{ В} + 0 \text{ В}$$

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



$$R_3 + R_4 = 80 \text{ Ом}$$

$$I_{R_3} = \frac{U}{R_3 + R_4} = 1 \text{ А}$$

$$U = I_0 R_1$$

$$U - U = I_1 R_1$$

$$U - U = I_2 R_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$I_2 R_2 - U = I_1 R_1 \quad R_1 = \frac{I_2 R_2 - U}{I_1}$$

$$U - U = I_3 R_3$$

$$-U = I_4 R_4$$

$$I_1 + I_3 = I$$

$$I_3 = \frac{U - U}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{-U}{R_4}$$

$$\frac{U - U}{R_3} - \frac{U}{R_4} = I = \frac{U + U}{R_3} + \frac{U - U}{R_1}$$

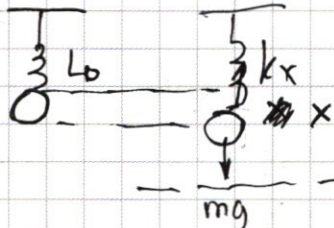
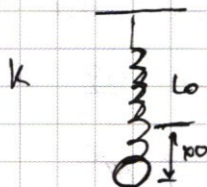
$$mg + kx = 2mg \quad x = \frac{mg}{k}$$

$$mg + kx = mg$$

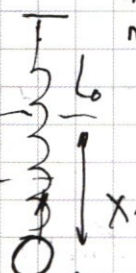
$$mg - kx = mg$$

$$mg - 3kx = mg$$

1.



$$mg + kx = mg$$



$$mg + kx = mg - 3kx$$

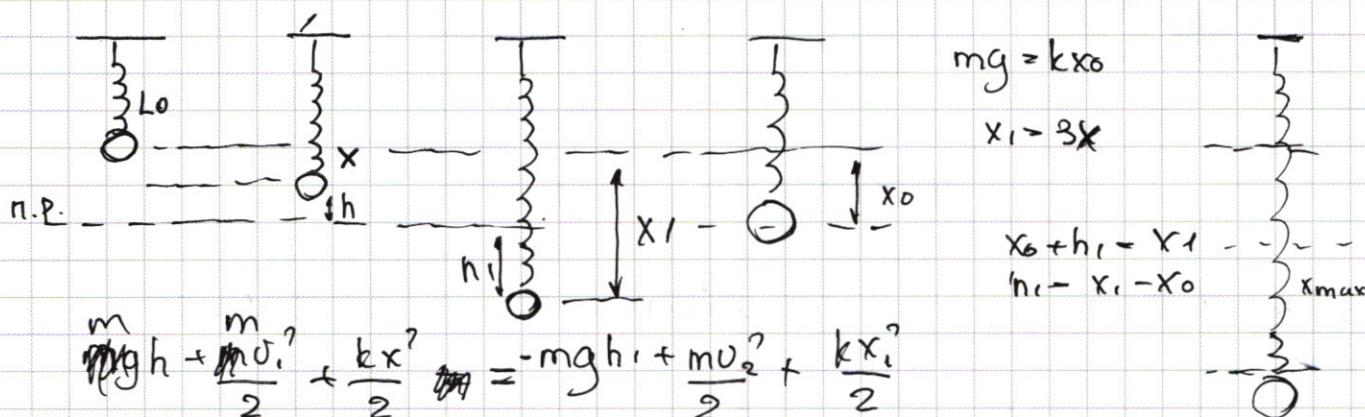
$$2mg - 2kx = 2mg$$

$$ma = 3kx - mg = mg + kx$$

$$2kx = 2mg$$

$$kx = mg$$

$$mg + mg = ma \quad a = 2g$$



$$mgh + \frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = -mgh_1 + \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} - mg(x_1 - x_0) - mgh_{\max} + \frac{kx_{\max}^2}{2} =$$

$$kx_0^2 = mv_2^2 + kx_1^2 - 2mgx_1 + 2mgx_0$$

$$v_2^2 = \frac{1}{m}(kx_0^2 - kx_1^2 + 2mgx_1 - 2mgx_0)$$

$$v_2^2 = \frac{1}{m}(-k(x_0 - x_1)^2)$$

$$mgh + \frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$$

$$2mg(x_0 - x) + mv_1^2 + kx^2 = kx_0^2$$

$$2kx_0^2 - 2kx_0x + mv_1^2 + kx^2 = kx_0^2$$

$$mv_1^2 = kx_0^2 - 2kx_0x + 2kx_0x - kx^2$$

$$v_1^2 = \frac{1}{m}(-kx_0^2 - kx + 2kx_0x) = \frac{1}{m}(-k(x_0 - x)^2)$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{(x_0 - x)^2}{x_0 - x_1}$$

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} \sqrt{\frac{(x_0 - x)^2}{(x_0 - x_1)^2}} = \frac{h}{h_1} =$$

$$= \frac{2x}{h_1} - 1 =$$

$$\frac{2x}{h_1} - 1 =$$

$$h + x = x_1 - h_1 = x_0$$

$$h + x = 3x - h_1$$

$$h + h_1 = 2x$$

$$h = 2x - h_1$$

$$x_0 = \frac{mg}{k} = h + x$$

$$\frac{mg}{k} = x_1 - h_1$$

$$h_1 = 3x - \frac{mg}{k}$$

$$h = \frac{mg}{k} + x$$

$$mgh + \frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = mgh_1 + \frac{mv_2^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2}$$

$$k^2 p_2 v_2 = p_3 v_3$$

$$p_3 = k p_2$$

$$p_1 v_1 = \nu R T_1$$

$$p_4 v_1 = \nu R T_1$$

$$p_1 v_1 = p_4 v_1$$

$$p_1 = p_4$$

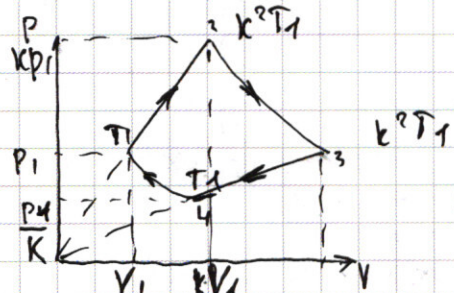
$$p_3 = k p_1$$

$$\frac{p_1}{k} v_1 = \nu R T_1$$

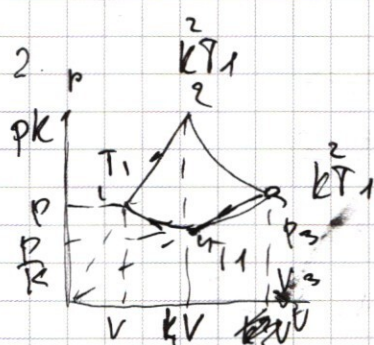
$$p_3 v_3 = k^2 \nu R T_1$$

$$\frac{p_1 v_1}{p_3 v_3} = \frac{1}{k^2} \text{ так как } 3-4$$

уравн. проп.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$P_2 \text{ kV}_1$

1. 7.16. В проц. 1-2. μ долл. прямо пропорц V
то при увелич. объема в k раз
давление также увелич. в k раз

$\Rightarrow$ Quel 1. $PU = URF$

gal 2 $kV \cdot kP = V kP$
 $k? kP = V kP$

$$\Rightarrow T_2 = k^2 T_1$$

$$\begin{array}{r} \times 18 \\ 18 \\ \hline 324 \\ 18 \\ \hline 324 \end{array}$$

1/8/21 ~~gag~~ A-lin. gal 3: $p_3 v_3 = v k k^T$,
4: $b: k l = v k \delta_n$

$$\begin{aligned} 3: & p_3 v_3 = v R k^2 T, \\ 4: & p_4 k v = v R T \end{aligned}$$

$$PV = VRT$$

$$\frac{PK}{PK+P} = \frac{PK}{PK+P}$$

$$p_u = \frac{p}{k}$$

$$p_k \cdot kV = vR \cdot k^2 T_1 = p_3 V_3$$

$$k^2 pV = p_3 V_3$$

$$\frac{P}{T} \cdot \quad pV = \nu kT, \quad p_3 V_3 = \nu k T_1$$

$$Q_{12} = C_V \Delta T = Q_{12} + S U_{12} = \left(\frac{p + p_k}{2} \right) (kV - V) + \frac{3}{2} \nu R k^2 T_1 - \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$\begin{aligned} Vp(i+k)(k^2-1) &= V(2T_1 - T_1) + \frac{3}{2}RT_1(k^2-1) = \\ &= \frac{1}{2} + \frac{3}{2} = 2RT_1(k^2-1) = cV(k^2-1) \end{aligned}$$

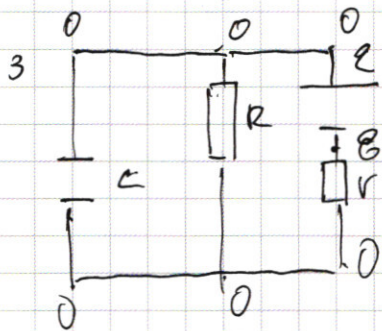
3) $\underline{e = 2R}$ R-губер. раз. по см.

$$\frac{d}{dt} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v}$$

$$V_p k^2 \geq V_R k^2 \hat{r}_1 = p_3 V_3$$

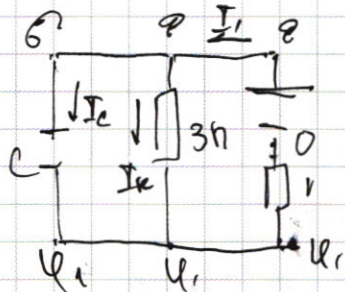
$$\frac{kV}{V_3} = \frac{p}{k p_3} \quad k^2 p_3 V = V_3 p$$

$$p \cancel{K^2} V = \cancel{K^2} V (RT) \quad 2) \quad 1^?$$



$$W_{\max} = U_c I_c = P_c$$

1). Сразу после замыкания ключа капаем на конденсатор. скачком не изменяется напряжение. поэтому из уравнения энергии $\Rightarrow$ ток через конденсатор равен $I = \frac{E}{r} = \frac{E}{3R}$



$$I_1 = I_c + I_r = \frac{U_1}{r} = I_c + \frac{E - U_1}{R}$$

$$P_c =$$

$$I_c = \frac{U}{r} - \frac{E - U}{R}$$

$$P_c = (E - U_1) \left(\frac{U}{r} - \frac{E - U}{R} \right)$$

$$\frac{49}{98}$$

$$P = (E - U) \left(\frac{U}{r} \right) - \frac{(E - U)^2}{R}$$

$$P = \frac{E U}{r} - \frac{U^2}{r} - \frac{E^2}{R} + \frac{E U}{R} - \frac{U^2}{R}$$

$P_{\max}$ - в вершине пар. $U_c = \frac{-6}{20} = \frac{+49}{r \cdot 2} = \frac{U R}{r^2} = \frac{U R}{3R^2}$

$$= \frac{U}{6} \quad P = \frac{U \cdot U}{6 \cdot 3R} - \frac{U^2}{36R} = \frac{U^2}{18R} - \frac{U^2}{36R} = \frac{U^2}{36R}$$

$$P = \frac{U}{6} I_c = \frac{U^2}{36R}$$

$$I_c = \frac{U}{36R}$$

$$I_c = \frac{36E}{36R \cdot 47} = \frac{E}{47R}$$

$$\frac{U}{r} = \frac{U}{36R} + \frac{E - U}{R}$$

$$\frac{U}{36R} - \frac{U}{36R} = \frac{E - U}{R}$$

$$\frac{12U - U}{36} = E - U$$

$$\frac{11U}{36} + U = E$$

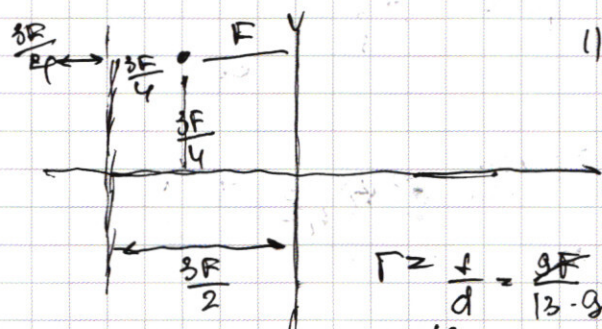
$$\frac{47U}{36} = E$$

$$U = \frac{36E}{47}$$

$$E - \frac{36E}{47}$$

$$\frac{11E}{47}$$

$$Q = \frac{C U_c^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \frac{121E^2}{47^2}$$



$$1) \frac{3F}{2} + \frac{3F}{4} = \frac{9F}{4} = d$$

$$2) 3) U = \Gamma^2 \cdot U_{np}$$

$$-\frac{1}{F} = \frac{4}{9F} - \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{4}{9F} + \frac{1}{F} = \frac{13}{9F}$$

$$\boxed{F = \frac{9F}{13}}$$

$$\Gamma = \frac{1}{d} = \frac{9F \cdot 4}{13 \cdot 9F} = \frac{4}{13}$$