Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21200915**

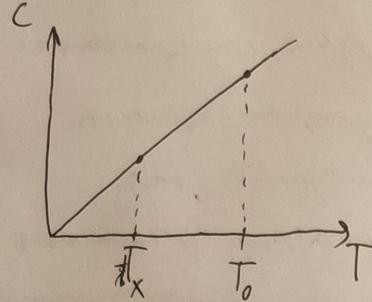
ID профиля: **808373**

Вариант 2

Чистовик 1

№2 Изобразим график зависимости $C(T)=\frac{5}{2}R\frac{T}{T_0}$

Так как $C(T)$ – линейная функция, то график – прямая



1) Не сложно заметить, что изменение Q для ν моль газа от T_0 до T_x будет равно ~~$\frac12 (C(T_x) T_x - C(T_0))$~~ $\nu\frac{1}{2}\left(C(T_x)\cdot T_x - C(T_0)\cdot T_0\right)$, что равно

$$\frac{1}{2}\nu\cdot\frac{5}{2}R\left(\frac{T_x^2}{T_0}-\frac{T_0^2}{T_0}\right)=\frac{5\nu R(T_x^2-T_0^2)}{4\cdot T_0}$$

Найдем ΔQ при понижении температуры до $\frac{T_0}{2}$:

$$\frac{5\nu R(\frac{1}{4}-1)T_0^2}{4T_0}=-\frac{3}{4}\cdot\frac{5}{4}\nu RT_0=-\frac{15}{16}\nu RT_0$$, значит по модулю при охлаждении до $\frac{T_0}{2}$ газ отдал $\boxed{1)\ \frac{15}{16}\nu RT_0}$

2) По II закону термодинамики $\Delta U = A'+\Delta Q$, откуда получим

$$A'=\Delta U-\Delta Q=\frac{3}{2}\nu R(T-T_0)-\left(\frac{5\nu R(T^2-T_0^2)}{4T_0}\right)=\frac{3}{2}\nu RT-\frac{3}{2}\nu RT_0-\frac{5}{4}\nu R\frac{T^2}{T_0}+\frac{5}{4}\nu RT_0=$$

$$=\frac{\nu RT_0}{4}\left(6\frac{T}{T_0}-6-5\frac{T^2}{T_0^2}+5\right)=\frac{-\nu RT_0}{4\cdot 5}\left(\frac{T^2}{T_0^2}-\frac{6}{5}\frac{T}{T_0}+\frac{1}{5}\right)=-\frac{\nu RT_0}{20}\left(\frac{T}{T_0}-\frac{1}{5}\right)\left(\frac{T}{T_0}-1\right)$$

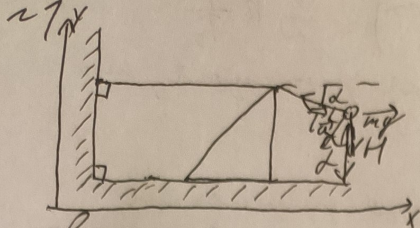
Таким образом мы получили квадратичную зависимость.

$A'=-\frac{\nu R(T-T_0)(T-0{,}2T_0)}{20T_0}$; в промежутке от T_0 до $0{,}2T_0$ работа будет положительна, а значит что газ будет совершать работу расширяясь. После $0{,}2T_0$ же A' будет <0 => газ будет совершать работу для сжатия. ~~Заметим, что при $0{,}2T_0$ работа будет~~ При этом по модулю она будет стремиться к $\frac{\nu RT_0}{100}$ (при $T=0K$). Заметим что при $0{,}2T_0$ $A'=0$, а значит изменения объема не будет и работа не будет совершена. Следовательно минимальная (по модулю) работа достигается при $\boxed{2)\ 0{,}2T_0}$ и равна $\boxed{3)\ 0\text{ Дж}}$

Ответ: 1) $\frac{15}{16}\nu RT_0$; 2) $0{,}2T_0$; 3) 0 Дж.

21200915 (U808373 M1268048)

Чистовик ②



1) Рассмотрим шарик.

На него действуют 2 силы: $\vec{mg}$ и $\vec{T}$

Заметим, что шарик будет стремиться двигаться по окружности, но из-за уезжающего клина радиус будет увеличиваться так, что бы шарик не успевал отклонить нить. Значит можно считать что шарик будет двигаться равноускоренно по окружности. Значит его скорость будет направлена $\perp$ нити. Но т.к. скорость шара увеличивается, а угол ~~не~~ нити с горизонтом не меняется $\Rightarrow$ скорость свое направление не меняет, а значит ускорение $\parallel$ скорости. Отсюда следует, что $\measuredangle$ угол между $\vec{a}$ и вертикалью равен углу между $\vec{T}$ и горизонталью $\Rightarrow$ равен $\boxed{1)\ \alpha = \arccos\frac{4}{5}}$

4) Запишем II з. Н. для шарика: $\vec{mg}+\vec{T}=m\vec{a}$

Введем оси X и Y и запишем закон в проекциях:

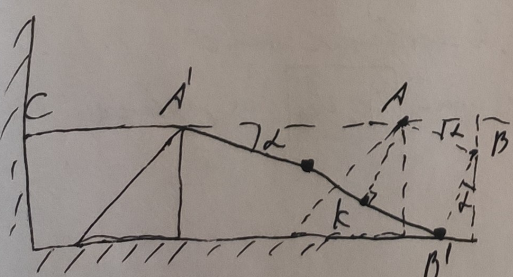
x: $-T\cdot\cos\alpha = -am\sin\alpha \Rightarrow T = am\,tg\alpha$

y: $+T\sin\alpha - mg = -am\cos\alpha \Rightarrow am\,tg\alpha\cdot\sin\alpha - mg = -am\cos\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow a(tg\alpha\cdot\sin\alpha+\cos\alpha) = g \Rightarrow a = g\frac{1}{\frac{3}{4}\cdot\frac{3}{5}+\frac{4}{5}} = g\frac{20}{9+20} = \frac{g\cdot 20}{29}$

Расстояние которое пролетит шарик до земли равно $S=\frac{H}{\cos\alpha}$, с другой стороны $S=\frac{at^2}{2}$, приравняем и получим $at^2=\frac{2H}{\cos\alpha} \Rightarrow$

$\Rightarrow t^2 = \frac{2H}{a\cos\alpha} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H\cdot 29}{g\cdot 20\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{H}{g\cdot 10\cdot\frac{4}{5}}} = \boxed{4)\ \frac{\sqrt{H}}{2\sqrt{2g}}}$



2) За время t клин равноускоренно двигался к стене и проехал расстояние AA' $\Rightarrow$

$AA' = \frac{a_к t^2}{2}$

Рассмотрим $\triangle A'AK$ ($KA \perp KA'$): в нем $AK = BB' = \frac{H}{\cos\alpha}$, т.к. $ABB'K$ – прямоуг. $\Rightarrow$

$\Rightarrow A'A = \frac{AK}{\sin\alpha} = \frac{BB'}{\sin\alpha} = \frac{H}{\cos\alpha\cdot\sin\alpha}$. Приравняем с первым выражением AA'.

$\frac{a_к t^2}{2} = \frac{H}{\cos\alpha\cdot\sin\alpha} \Rightarrow a_к = \frac{2H}{t^2\cdot\frac{12}{25}} = \frac{25H}{6\cdot\frac{H}{8g}} = \frac{8\cdot 25g}{6} = \frac{100}{3}g = 33{,}3g$ $\boxed{2)\ 33{,}3g}$

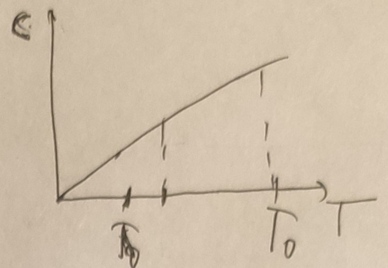
Ответ: 1) $\arccos\frac{4}{5}$; 2) $33{,}3g$; 4) $\frac{\sqrt{H}}{2\sqrt{2g}}$

Термодин.

$1)\ \frac{15\nu R T_0}{16}$

№2

$\nu \quad T_0$



$$C(T) = \frac{5}{2} R \frac{T}{T_0}$$

$$Q = \nu C \Delta T = \quad Q = \nu \cdot \frac{5}{2} R \frac{T^2}{T_0}$$

$$Q = \nu \int dC = \nu \frac{5}{2} R \int \frac{T}{T_0} = \nu \frac{5}{2} R \frac{1}{T_0} \int T = \nu \frac{5}{2 \cdot 2} \frac{R T^2}{T_0}$$

$$+Q\left(\cancel{T_0 - \frac{T_0}{2}}\right) = Q\left(\frac{T_0}{2}\right) = \nu \frac{5}{4} \frac{R \cdot T_0^2}{4 \cdot T_0} = \nu \frac{5 R T_0}{8} = \frac{5 \nu R T_0}{16}$$

$-\frac{T_0}{2}$

$\cancel{\Delta U = A' + Q}$

$\cancel{A' = \Delta U - Q = \Delta \frac{3}{2} \nu R \Delta T - \frac{5 \nu R \Delta T^2}{4 T_0} = \frac{\nu R \Delta T}{2}\left(\frac{6}{2} + \frac{5}{2}\frac{\Delta T}{T_0}\right)}$

$\cancel{(A')' = \frac{3}{2} \nu R - \frac{5 \nu R T}{2 T_0} = 0}$

$\cancel{3 \nu R \left(3 - \frac{5 \Delta T}{T_0}\right) = 0}$

$\cancel{3 T_0 - 5 \Delta T = 0}$

$\cancel{\frac{3 T_0}{5} = \Delta T}$

$$\Delta Q = \Big|_{T_0}^{T_0/2} Q\left(\frac{T_0}{2}\right) - Q(T_0) = \frac{5 \nu R T_0}{4 \cdot 4} - \frac{5 \nu R T_0}{4} = \frac{5 \nu R T_0}{4}\left(-\frac{3}{4}\right) = -\frac{15 \nu R T_0}{16}$$

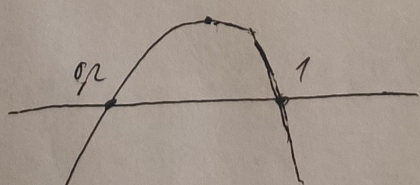
$$\Delta U = A' + \Delta Q \Rightarrow A' = \Delta U - \Delta Q = \cancel{\frac{3}{2}\nu R (T_0 - T_0)}\ \frac{3}{2} \nu R (T - T_0) - \left(\frac{5}{4} \frac{\nu R T^2}{T_0} - \frac{5}{4} \nu R T_0\right) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R T - \frac{3}{2} \nu R T_0 - \frac{5}{4} \nu R \frac{T^2}{T_0} + \frac{5}{4} \nu R T_0 = \frac{\nu R}{4 T_0}\left(6 \frac{T}{T_0} - 6 - \frac{5 T^2}{T_0^2} + 5\right) =$$

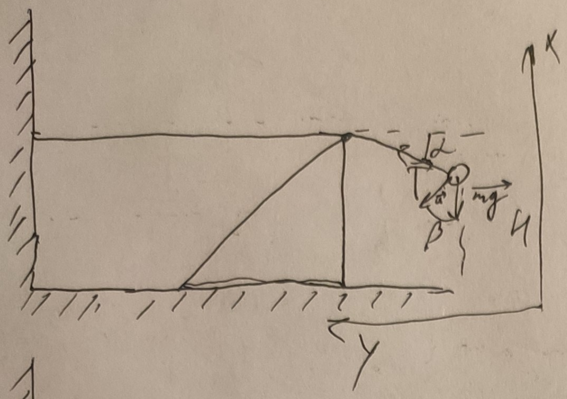
$$= \frac{\nu R T_0}{4}\left(-1 + 6 \frac{T}{T_0} - 5 \frac{T^2}{T_0^2}\right) = -\frac{\nu R T_0}{5 \cdot 4}\left(5 \frac{T^2}{T_0^2} - \frac{6}{5} \frac{T}{T_0} + \frac{1}{5}\right) = -\frac{\nu R T_0}{20}\left(\frac{T}{T_0} - 1\right)\left(\frac{T}{T_0} - \frac{1}{5}\right) =$$

$=$

$$\frac{6}{\frac{5 \cdot 2}{8}} = \frac{3}{5} T \quad T = \frac{3}{5} T_0$$



Черновик



1) II з. Н. модели: $\vec{mg} + \vec{T} = \vec{ma}$

$$mg \cancel{+} T\,\frac{\cancel{\cos\alpha}}{\sin\alpha} = ma\cos\beta$$

$$T\cos\alpha = am\sin\beta \Rightarrow T = \frac{am\sin\beta}{\cos\alpha}$$

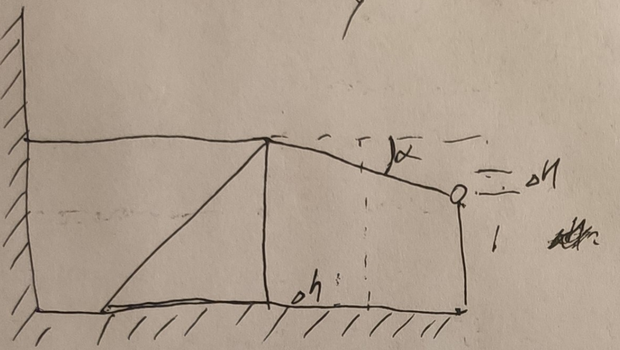
$$mg - am\,tg\alpha\sin\beta = ma\cos\beta$$

$$g = a(tg\alpha\sin\beta + \cos\beta)$$

$$g = a\left(\frac{3}{4}\sin\beta + \cos\beta\right) \quad |\cdot 4$$

$$4g = a(3\sin\beta + 4\cos\beta)$$

$$\frac{4}{5}g = a(\cos(\beta - \cancel{\arccos}\ \arccos\frac{3}{4})$$



21200915 (U808373 M1268048)

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

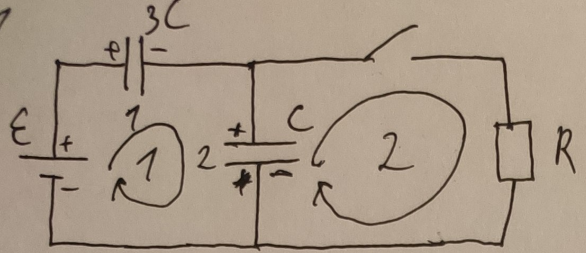
Шифр: **21200915**

ID профиля: **808373**

Вариант 2

Чистовик 1

№1



1) Поставим знаки на обкладках конденсаторах.
Т.к. при подключении к источнику провода были нейтральны, значит заряды на обкладках конденсаторов будут одинаковые:

$q_1 = q_2 \Rightarrow 3CU_1 = CU_2 \Rightarrow U_2 = 3U_1$

Запишем законы Кирхгофа для 2 обходов:

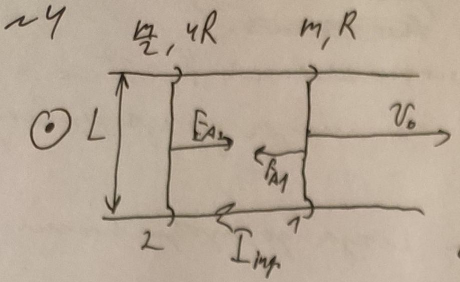
1: $\mathcal{E} - U_1 - U_2 = 0 \Rightarrow \mathcal{E} = U_1 + U_2 \Rightarrow U_1 = \frac{\mathcal{E}}{4};\ U_2 = \frac{3\mathcal{E}}{4}$

2: $U_2 = I_R R \Rightarrow I_R = \frac{U_2}{R} = \boxed{1)\ \frac{3\mathcal{E}}{4R}}$

Ответ: 1) $\frac{3\mathcal{E}}{4R}$

Чистовик ②

№4



1) После приведения в систему в движение S контура начнет меняться и в контуре появится индукционный ток.

$$\mathcal{E}_{инд} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = BLv_0$$

По закону Ома для полной цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{4R+R} = \frac{BLv_0}{5R}$

На проводники с током начнет действовать сила Ампера.

$F_{A2} = BL\cdot I = \frac{B^2L^2v_0}{5R}$ (по правилу левой руки F_A будет действовать в центр контура)**

По II з. Н. для 2 стержня: $a_2\frac{m}{2} = F_{A2} \Rightarrow a_2 = \frac{2F_{A2}}{m} = \boxed{1)\ \frac{2B^2L^2v_0}{5R}}$

2) ~~Если сравнить~~ ~~Fa~~ На 1 и 2 стержни действуют равные по модулю силы Ампера, ~~и~~ а исходя из II з. Н. и разных масс получим: $\frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2} = 2 \Rightarrow a_2 = 2a_1$ Отсюда следует, что в каждый момент времени 2 стержень ускоряется в 2 раза быстрее чем 1 замедляется $\Rightarrow$ 2 стержень наберет скорость $2v_x$, а 1 ~~v~~ сбросит v_x.

Равновесие ~~буд~~ наступает когда скорости двух стержней станут одинаковы* $\Rightarrow$ справедливо равенство $2v_x = v_0 - v_x \Rightarrow$ $\Rightarrow v_x = \frac{v_0}{3}$. Значит ~~v1 первого стержня будет равна $v_0 - v$~~ скорости стержней будут равны $\cancel{\frac{4}{3}}\,2v_x = \boxed{2)\ \frac{2v_0}{3}}$

* Т.к. S не будет меняться и $\mathcal{E}_{инд} = 0 \Rightarrow I_{инд} = 0$

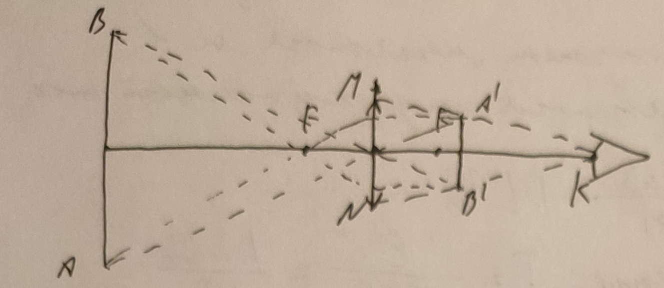
** Ток направлен таким образом, ~~так~~ потому что система стремится сохранить равновесие, а значит, что силы Ампера должны снижать скорость отдаления, в противном случае стержни стали бы отдаляться еще быстрее.

Ответ: 1) $\frac{2B^2L^2v_0}{5R}$; 2) $\frac{2v_0}{3}$

21200915 (U808373 M1268049)

Чистовик. 3

№5



Переведём все ~~[illegible]~~ расстояния в фокусные расстояния $F = 12$ см

Расстояние от линзы до циферблата 48 см $= 4F$

Расстояние от глаза до изображения 24 см $= 2F$

1) Запишем формулу тонкой линзы для циферблата:

$\frac{1}{4F}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{4F+f}{4Ff}=\frac{1}{F} \Rightarrow 4F=3f \Rightarrow f=\frac{4F}{3}$ — расстояние от изображения до линзы.

Изображение должно быть на расстоянии $2F$ от глаза для чёткости $\Rightarrow$ расстояние от глаза до линзы равно сумме f и $2F$ $\Rightarrow x = f+2F = \frac{4F}{3}+2F = \frac{10F}{3} = \frac{10\cdot 12}{3} = \boxed{1)\ 40\text{ см}}$

2) Для того, чтобы изображение было видно целиком, с точки зрения глаза оно должно быть в пределах линзы.

Рассмотрим подобие $\triangle MNK$ и $\triangle A'B'K$: $\frac{MN}{A'B'} = \frac{x}{2F} = \frac{10F}{3\cdot 2F} = \frac{5}{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow D_{min} = MN = A'B'\cdot\frac{5}{3}$

Найдём $A'B'$: известно, что $\frac{AB}{A'B'} = \frac{4F}{f} \Rightarrow A'B' = \frac{AB\cdot f}{4F} = \frac{AB}{3} =$

$= \frac{9}{3} = 3$ см, подставим в $D_{min} = A'B'\cdot\frac{5}{3} = 3\cdot\frac{5}{3} = \boxed{2)\ 5\text{ см}}$

3) Для того, чтобы точечное изображение экрана перекрыло изображение циферблата, оно должно ~~[illegible]~~. Значит ~~[illegible]~~ попасть в глаз непараллельно. Запишем формулу тонкой линзы. Изображение будет действительным, а экран будет расположен между F и $2F$.

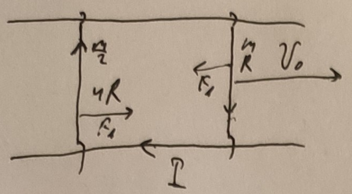
$\frac{1}{\frac{10F}{3}}+\frac{1}{d}=\frac{1}{F} \Rightarrow \frac{3d+10F}{10Fd}=\frac{1}{F} \Rightarrow 3d+10F=10d \Rightarrow d=\frac{10F}{7} = \boxed{3)\ \frac{120}{7}\text{ см.}}$

Ответ: 1) 40 см; 2) 5 см; 3) $\frac{120}{7}$ см за линзой от наблюдателя.

Черновик

№4.

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \cdot S}{\Delta t} = B \cdot v_0 L$$



$$3)\ I = \frac{\mathcal{E}}{5R} = \frac{B \cdot v_0 L}{5R}$$

$$\frac{m}{2} a = I \cdot B \cdot L = \frac{B^2 L^2 \cdot v_0}{5R}$$

$$1)\ a = \frac{2 B^2 L^2 \cdot v_0}{5 Rm}$$

$$t a_2 = v_0 - t a_1$$

$$2 t a_1 = v_0 - t a_1$$

$$t a_1 = \frac{v_0}{3}$$

$$2 t a_1 = \frac{2 v_0}{3}$$

v – отн.

$$a_2 = \frac{2 B^2 L^2 (v_0 - t a_1 - t a_2)}{5 Rm} \quad a_1 = \frac{B^2 L \cdot v}{5Rm}$$

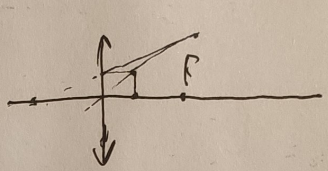
$$a_2 = 2 a_1$$

$$S = \cdot$$

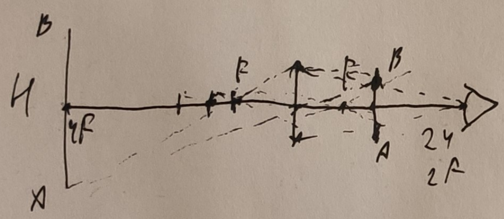
$$v_0 \to 0$$

$$\mathcal{E} = B v L$$

$$I = \frac{B \cdot v L}{5R}$$



№5



$$\frac{1}{4F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \qquad \frac{10F}{3} = \frac{10 \cdot 12}{3} = \boxed{40\ \text{см.}}$$

$$\frac{4F + f}{4Ff} = \frac{1}{F} \qquad \frac{AB}{A'B'} = \frac{4F}{\frac{4}{3}F} = \frac{3}{1} \Rightarrow A'B' = \frac{AB}{3} = 3\text{см.}$$

$$4F^2 + fF = 4Ff$$

$$4F^2 = 3Ff \qquad \frac{6}{10} = \frac{3 \cdot 2F}{10F} = \frac{A'B'}{l}$$

$$f = \frac{4}{3}F \qquad l = \frac{A'B' \cdot 10}{6} = \frac{3 \cdot 10}{6} = 5\ \text{см}$$

$$\frac{1}{kF} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \qquad \frac{4}{3} < \frac{k}{k-1} \qquad \frac{10}{3} > \frac{k}{k-1}$$

$$\frac{kF + f}{kFf} = \frac{1}{F} \qquad 4k - 4 < 3k \qquad 10k - 10 > 3k$$

$$k < 4 \qquad 7k > 10$$

$$k > \frac{10}{7}$$

$$kF + f = kf$$

$$f(k-1) = F \cdot k \qquad \frac{k}{k-1} = \frac{10}{3}$$

$$f = F \frac{k}{k-1} \qquad 3k = 10k - 10$$

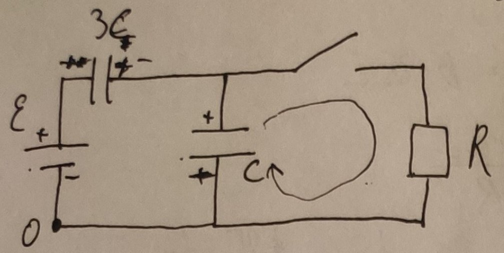
$$\frac{4}{3}F < F\frac{k}{k-1} < \frac{10}{3}F \qquad 7k = 10$$

$$\frac{4}{3} < \frac{k}{k-1} < \frac{10}{3} \qquad k = \frac{10}{7}$$

$$\frac{30}{7}\ \text{см}$$

21200915 (U808373 M1268049)

Чорновик.



$\cancel{\varepsilon = U_1 + U_2}$ $\quad \varepsilon - U_1 - U_2 =$

$\cancel{I_2 = CU}$ $\quad \varepsilon = U_1 + U_2 = 4U_1 \Rightarrow U_1 = \frac{\varepsilon}{4}; \ U_2 = \frac{3\varepsilon}{4}$

$q_1 = q_2$

$3CU_1 = CU_2$ $\quad U_2 = IR$

$3U_1 = U_2$ $\quad I = \frac{U_2}{R} = \frac{3\varepsilon}{4R}$

$\cancel{I_0 = \varepsilon U}$