

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

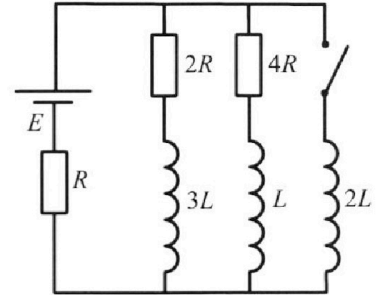
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



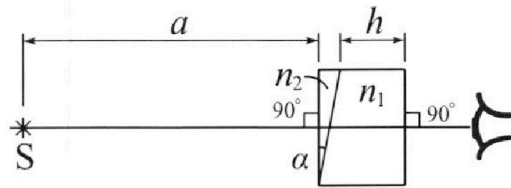
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $4R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $2L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $4R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_v = 1,0$ . Точечный источник света S расположен на расстоянии  $a = 100$  см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.



- 1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

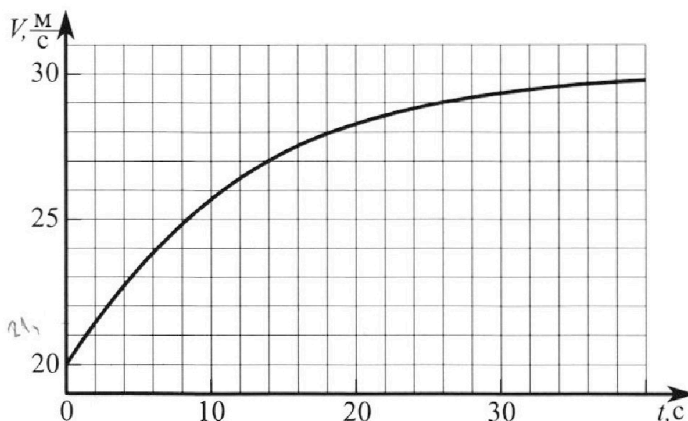
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-04

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 240$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 200$  Н.



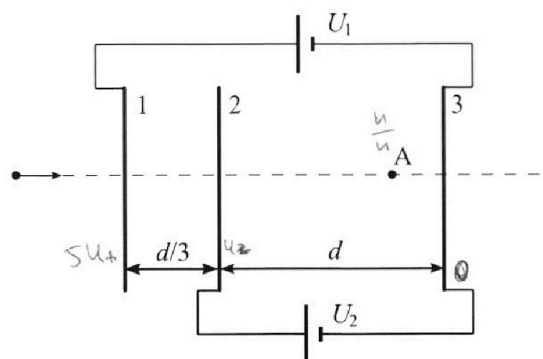
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона? Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $3V/8$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/8$ .

По закону Генри, при заданной температуре количество  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kp v$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  моль/(м<sup>3</sup>·Па). При конечной температуре  $T$  углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что  $RT \approx 3 \cdot 10^3$  Дж/моль, где  $R$  - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите начальное давление в сосуде  $P_0$ . Ответ выразить через  $P_{\text{атм}}$  (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях  $d$  и  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 5U$  и  $U_2 = U$ . Частица массой  $m$  и зарядом  $q > 0$  движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость  $V_0$  на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд  $q$  намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- 2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) Ускорение мотоциклиста в начальный момент,  
то график скорости времени  $t = 2 \text{ с}$ :  
 $v \approx 21,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  на этот график мы можем считать,  
что  $a \approx \text{const}$ .

$$\text{Тогда } \boxed{a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{21,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \text{ с}} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}$$

2) В конце прыжка скорость мотоциклиста  
стала постоянной  $\Rightarrow a = 0$ . Тогда во II з.п.:

$$m a = F_T - F_k = 0 \Rightarrow F_T = F_k; F_T - \text{сила тяги}$$

$$\text{то формула мощности: } N = \frac{dA}{dt} = \frac{F_T \cdot ds}{dt} = F_T \cdot v$$

Мощность в течение всего времени прыж-  
ка была постоянной  $\Rightarrow$

$$N = F_{T \text{ макс}} \cdot v_{\text{ макс}} = F_k \cdot v_2; v_2 = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (по прыжку)}$$

$$N = F_{T \text{ макс}} \cdot v_{\text{ макс}} = F_{T1} \cdot v_1; v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (по графику)}$$

$$\text{Т.о. } F_{T1} \cdot v_1 = F_k \cdot v_2$$

$$F_{T1} = \frac{F_k \cdot v_2}{v_1}$$

Для начала прыжка во II з.п.:

$$F_{T1} - F_{c1} = m a_0$$

$$\frac{F_k v_2}{v_1} - F_{c1} = m a_0$$

$$F_{c1} = \frac{F_k \cdot v_2}{v_1} - m a_0$$

$$\boxed{F_{c1} = \frac{300 \text{ Н} \cdot 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - 240 \text{ кг} \cdot 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 120 \text{ Н}}$$

В начальный момент работы двигателя учтено  
сопротивление воздуха и затем  
оно минимально — эфир:

$$N dt = dA = dE_k + d|A_c|$$

$$\frac{d|A_c|}{N dt} = \frac{F_{c1} \cdot ds}{N dt} = \frac{F_{c1} \cdot v_1}{F_{T1} \cdot v_1} = \frac{F_{c1}}{F_{T1}} = \frac{120 \text{ Н}}{300 \text{ Н}} = 0,4$$

Ответ: 1)  $a_0 \approx 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  3)  $\eta = 0,4$  ( $\frac{A_c}{A_1}$  в нач. мом.)  
2)  $F_{c1} = 120 \text{ Н}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

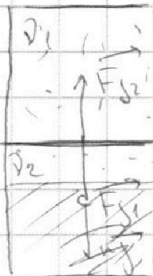
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) По нагреванию:



Поршень в покое  $\Rightarrow$

$$\vec{F}_{j1} + \vec{F}_{j2} + \vec{F}_g = 0$$

Масса поршня мала  $\Rightarrow m_j \rightarrow 0$ .

Т.о.  $F_{j1} = F_{j2}$

$$p_1 S = p_2 S$$

$$p_1 = p_2$$

Тогда можно считать изотермическим  $\Rightarrow$

Можно записать уравнение Менделеева-Клапейрона

$T_1 = T_2 = T_0$ , т.к. поршень теплопроводящий.

Тогда  $p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1} = \frac{2 \nu_1 R T_0}{V}$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 \Rightarrow p_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2} = \frac{8 \nu_2 R T_0}{V}$$

т.к. весь газ смешан  $\frac{3}{8} V_1 = V_2$ .

Т.о.  $p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{2 \nu_1 R T_0}{V} = \frac{8 \nu_2 R T_0}{V}$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = 4$$

\* При  $T_0$  давление газов можно было пренебречь!!!

2) Союз нагревали медленно  $\Rightarrow$  в любой момент нагрев газа сверху равно давлению газа снизу и температура сверху равна температуре снизу (поршень проводящий).

Начальное давление газов в союзе было равно  $p$ .

Тогда при температуре  $T_0$  количество углекислого газа растворенного в воде  $\Delta \nu = \frac{3}{8} k p_0 V$ ;  $W = \frac{3}{8} V$ .

Конечное давление в верхнем союзе  $p_3$  было равно: согласно закону газовой смеси ( $p_i = \text{const}$ ).

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3}, \quad \frac{p_1 V}{2 T_0} = \frac{p_3 V}{8 T} \Rightarrow p_3 = \frac{4 p_1 T}{T_0} = \frac{16}{3} p_1$$

В нижнем союзе давление углекислого газа стало: Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона для начального и конечного состояний.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Для начального:  $p_0 \cdot \frac{V}{8} = \nu_2 RT_0$

Для конечного:  $p_n \cdot \frac{V}{2} = (\nu_2 + \Delta \nu) RT_n = \nu_2 RT_n + \Delta \nu RT_n =$   
 $= p_0 \cdot \frac{V}{8} + \Delta \nu RT_n$

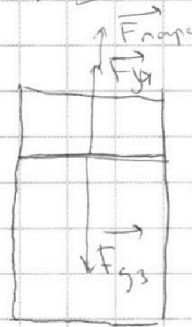
$p_n \cdot \frac{V}{2} = \nu_2 RT_n + \Delta \nu RT_n =$   
 $= p_0 \cdot \frac{V}{8} \cdot \frac{T_n}{T_0} + \frac{3}{8} k p_0 V \frac{\Delta \nu}{RT_0}$

$p_n = \frac{p_0 T_n}{4 T_0} + \frac{3 k p_0 \Delta \nu}{4} = \frac{p_0}{4} \left( \frac{T_n}{T_0} + 3 k \Delta \nu \right)$

$p_n = \frac{p_0}{4} \left( \frac{4}{3} + 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{10 \text{ Дж}} \right) =$   
 $= \frac{p_0}{4} \left( \frac{4}{3} + \frac{27}{5} \right) = p_0 \left( \frac{1}{3} + \frac{27}{20} \right) = \frac{101}{60} p_0$

Кроме того при температуре  $T = 373 \text{ К} = 100^\circ \text{C}$  явление вождения паров ртуть. Тогда торшени в равновесии =>

$p_{\text{атм}} + p_n = p_3$   
 $p_{\text{атм}} + \frac{101}{60} p_0 = \frac{16}{3} p_0$   
 $p_{\text{атм}} = \frac{219}{60} p_0 \Rightarrow p_0 = \frac{60}{219} p_{\text{атм}}$



Одн.: 1)  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 4$

2)  ~~$p_0 = \frac{60}{219} p_{\text{атм}}$~~  ( $p_0 \sim \frac{1}{2} p_{\text{атм}}$ )  
 $p_0 = \frac{60}{219} p_{\text{атм}}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

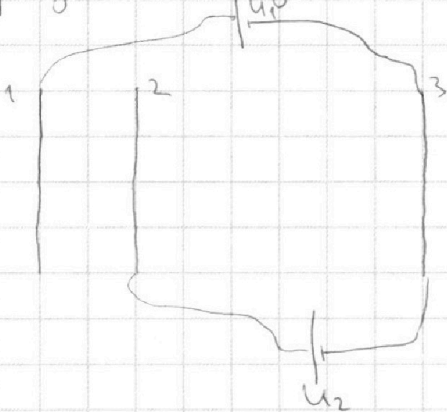


1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Изобразим схему:



~~1) Пусть потенциал сетки 3 равен 0, тогда потенциал второй сетки равен  $U_2 = U$  потенциал первой сетки  $U_1 = 5U$   
 Т.е.  $\varphi_1 = 5U$   
 $\varphi_2 = U$   
 $\varphi_3 = 0$ .~~

~~\* Размер расстояния между сетками много больше расстояния между ними = 1 сетки можно считать бесконечно-тонкими; напряженность поле плоскости в...~~

~~...расстояние по формуле  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow$  между пластинами поле однородно. Тогда для однородного поле справедливо следующее:  $U = Ed$ , тогда~~

~~$U_2 = E_{23}d \Rightarrow E_{23} = \frac{U}{d}$  - напряженность поле между пластинами 2 и 3.~~

~~Заслуживает внимания путь сетки сохранив прохождение траектория  $\Rightarrow$  добавим слабые межсетки можно пренебречь.~~

~~(\*) За счет расстояния много меньше зарядов на сетках  $\Rightarrow$  неравномерность зарядов в сетках не будет.~~

Тогда по II з.к.:  $ma = F_z$   
 $ma_{23} = E_{23}q \Rightarrow \boxed{a_{23} = \frac{E_{23}q}{m} = \frac{Uq}{md}}$

~~2) Скорость пластины была в том, где расстояние до сетки было много больше размеров сетки.~~

~~Пусть в этот момент масса пластины 0. Тогда определим потенциалы пластин.~~

~~а) Изначально пластины не были заряжены, с которыми соединили и пластины  $\Rightarrow q_1 + q_2 + q_3 = 0$ .~~

~~$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0$  - пов. плотность зарядов на сетках.~~

~~Предположим, что  $\sigma_1 > 0$ ;  $\sigma_2 > 0$ ;  $\sigma_3 > 0$ . Значит зарядов хвостовые от пластины.~~

~~$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow E_1 + E_2 + E_3 = 0$ . Предположим, по направлению от пластины.~~

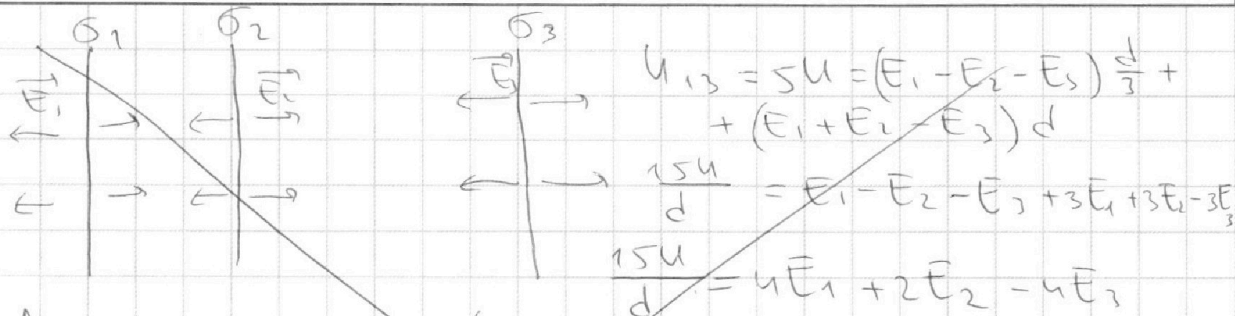
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Аналогично:  $U = (E_1 + E_2 - E_3)d$   
 $E_1 + E_2 - E_3 = \frac{U}{d}$

Т.о. 
$$\begin{cases} \frac{15U}{d} = 4E_1 + 2E_2 - 4E_3 \\ \frac{U}{d} = E_1 + E_2 - E_3 \\ 0 = E_1 + E_2 + E_3 \end{cases}$$

Получаем:  $E_3 = -\frac{8U}{2d}$   
 $E_2 = -\frac{11U}{2d}$   
 $E_1 = 6\frac{U}{d}$

Тогда  $q_1 = 6q$ ;  $q_2 = -5,5q$ ;  $q_3 = -0,5q$

Слева от пластины поле 0, т.к. взаимно перпендикулярны сетки и были заземлены  $\Rightarrow$  суммарное заряд всех сеток равен 0.

Тогда пусть  $\varphi_3 = 0$ ;  $\varphi_2 = U$ ;  $\varphi_1 = 5U$  — потенциалы пластин.

На резистор действует только электрическое поле  $\Rightarrow$  вычисляется ЭСД:

Для носка при проходе ~~состояние 2~~ сетки 2:

$$E_0 = k_2 + E_{n2} = k_2 + Uq$$

Для носка при проходе ~~состояние 3~~ сетки 3:

$$E_0 = k_3 + E_{n3} = k_3 + 0 = k_3$$

Т.о.  $k_3 = k_2 + Uq$   

$$\boxed{k_3 - k_2 = Uq}$$

Слева от сеток поле 0  $\Rightarrow$  там, где сопротивление резистора больше равно 0 потенциал равен  $\varphi_3 = 5U$ .

Тогда из ЭСД:  $E_0 = \frac{m v_0^2}{2} + 5Uq$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Plane max  $\Rightarrow$  maximum  $\Rightarrow$   $E_{23} = \frac{U}{d}$   
 $E_{23} = \frac{U \cdot \kappa_A \cdot \varphi_A}{d} \Rightarrow \kappa_A \varphi_A = \frac{U}{d}$

Force  $\Rightarrow$  work  $\Rightarrow$   $E_2 = \frac{m \cdot v_A^2}{2} + \frac{Uq}{4}$

T.o.  $\frac{m \cdot v_A^2}{2} + \frac{Uq}{4} = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + 5Uq$   
 $2m \cdot v_A^2 + Uq = 2m \cdot v_0^2 + 20Uq$   
 $v_A^2 = v_0^2 + \frac{19Uq}{2m}$   
 $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$

Ответ: 1)  $a_{23} = \frac{Uq}{md}$  2)  $\kappa_3 - \kappa_2 = Uq$ ; 3)  $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$

1  2  3  4  5  6  7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

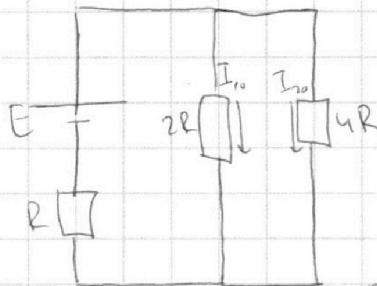


Задача №4.

1) Найти ток через резистор  $4R$  при размыкании ключа в установившемся режиме.

В установившемся режиме самоиндукция преобразуется в т.н. активное сопротивление катушки индуктивности, то катушку можно заменить на идеальную перемычку:

См. рисунок.



Найдем общее сопротивление цепи:

$$R_0 = R + \left( \frac{1}{2R} + \frac{1}{4R} \right)^{-1} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R$$

$2R$  и  $4R$  соединены параллельно.

То же самое для цепи:

$$I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{3E}{7R}$$

То первую уравнению Кирхгофа:

$$I_0 = I_{01} + I_{02}$$

Резисторы  $2R$  и  $4R$  соединены параллельно

$$U_{2R} = U_{4R}$$

$$I_{01} \cdot 2R = I_{02} \cdot 4R$$

$$I_{01} = 2I_{02}$$

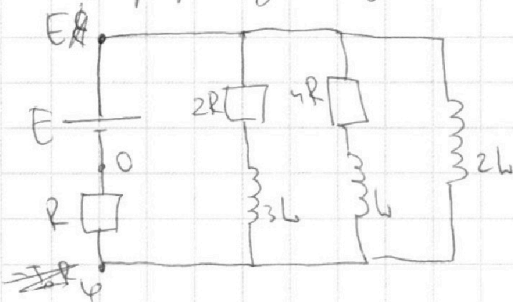
$$I_0 = 2I_{01} + I_{02} = 3I_{02}$$

$$I_{02} = \frac{I_0}{3}$$

$$I_{02} = \frac{E}{7R}$$

2) Найти скорость возмущения тока в катушке  $2L$  сразу после замыкания ключа:

Перенесем zero:



Катушка индуктивности  $2L$  соединена параллельно с  $4$  сопротивлением  $R$ .

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_{\text{с.к.}} = \mathcal{E} - \varphi$$

( $0, E; \varphi$  — потенциалы в некоторых точках)

То же самое для участка цепи:

$$0 - \varphi = I_0 R \Rightarrow \varphi = -I_0 R$$

$$\mathcal{E}_{\text{с.к.}} = E - I_0 R = E - \frac{3E}{7R} \cdot R = \frac{4E}{7}$$

(\*\*) Мы считаем, что за малый промежуток времени — сразу после замыкания ключа ток через источник не изменится (приближение).

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

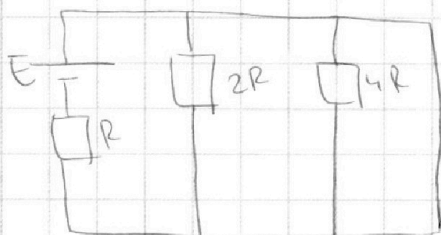


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Тогда  $\mathcal{E}_{\text{сиз}} = \frac{2L dI}{dt} = \frac{4E}{7} \Rightarrow \mu = \frac{dI}{dt} = \frac{2E}{7L}$

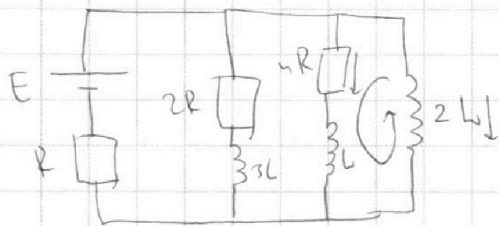
3) Найти заряд  $q_4$  через резистор  $4R$  при замыкании ключа.

После замыкания ключа в установившемся режиме: самоиндукция в катушках прекратится; активное сопротивление катушек равно  $\Rightarrow$  катушки можно будет считать идеальными переменными.



Из схемы видно, что ток в установившемся режиме через  $2R$  и  $4R$  станет равным  $0$ , а через катушку  $2L$  станет равен  $I = \frac{E}{R}$  (по закону Ома).

Тогда же произвольного момента времени после замыкания ключа.



Тогда ток через  $4R$  равен  $I_4$ ; через катушку  $2L$ :  $I_2$ . По 2-му закону Кирхгофа (см. на рисунке обход)

$$I_4 \cdot 4R + \mathcal{E}_{\text{сиз}4} - \mathcal{E}_{\text{сиз}2} = 0$$

$$\# \mathcal{E}_{\text{сиз}4} + \mathcal{E}_{\text{сиз}2} = I_4 \cdot 4R$$

$$+ \frac{L}{dt} dI_4 + \frac{2L}{dt} dI_2 = I_4 \cdot 4R \cdot dt$$

$$2L \cdot dI_2 + L dI_4 = dq_4 \cdot 4R$$

$$2L (I_{2\text{кон}} - I_{2\text{нач}}) + L (I_{4\text{кон}} - I_{4\text{нач}}) = 4q_4 R$$

$$2L \left( \frac{E}{R} - 0 \right) + L \left( 0 - \frac{E}{7R} \right) = 4q_4 R$$

$$\frac{2LE}{R} - \frac{LE}{7R} = 4q_4 R$$

$$q_4 = \frac{13LE}{28R^2}$$

Ответ: 1)  $I_0 = \frac{E}{7R}$  2)  $\mu = \frac{dI}{dt} = \frac{2E}{7L}$  3)  $q_4 = \frac{13LE}{28R^2}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

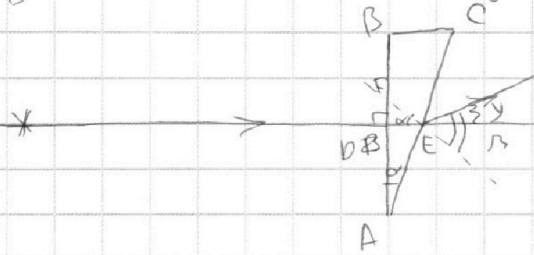
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1)  $n_1 = n_2 = 1 \Rightarrow$  можем считать, что границы с  $n_1$  и  $n_2$  будут перпендикулярны, т.е. свет при переходе из границы 1 в воздух не преломляется.  
Сделаем рисунок с ходом луча:



Угол падения не близится к нулю, а не

$$AC: \angle DEF = d$$

Тогда по закону Снеллиуса:

$$n_2 \sin d = n_1 \sin \beta$$

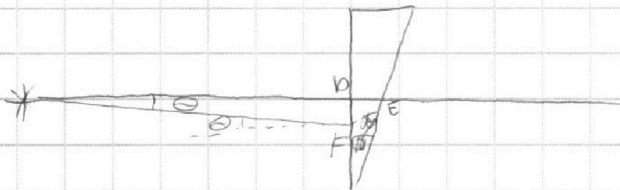
$$d \approx \beta - \text{малы} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin d \approx d; \sin \beta \approx \beta$$

$$n_2 d = \beta. \text{ Тогда угол отклонения } \chi = \beta - d = d(n_2 - 1)$$

$$\chi = 0,1 \text{ рад} \cdot (1,7 - 1) = 0,07 \text{ рад}$$

2) Третий случай — рассеянный свет во всех направлениях. Рассмотрим луч, направленный под малым углом  $\theta$  от нормали в первом случае.



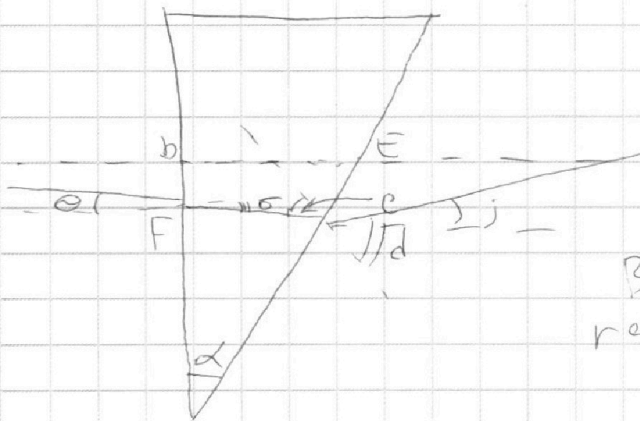
Первое преломление происходит в C: IF

По закону Снеллиуса:

$$1 \cdot \theta = n_2 \sigma = 1,7 \sigma \Rightarrow$$

$$\sigma = \frac{\theta}{n_2}$$

Сделаем рисунок по-другому:



Угол падения не близится к нулю, а не

$$90^\circ - c + 90^\circ - \sigma + d = 180^\circ$$

$$c = d - \sigma = d - \frac{\theta}{n_2}$$

И последнее преломление

$$n_2 c = d$$

$$d = n_2 d - \theta$$

$$\text{Второй угол отклонения равен } j = d - \alpha = (n_2 - 1)d - \theta = 0,7d - \theta$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

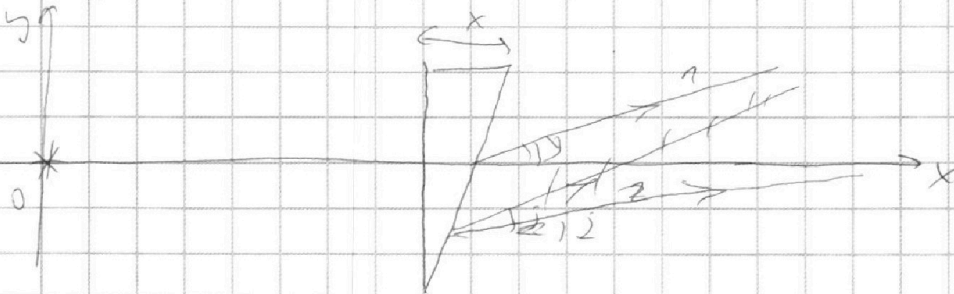
1  2  3  4  5  6  7

 МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Введен систему координат  $xOy$ .



$x \ll a \Rightarrow$  прямая 1 (мы 2 и продолжение)  
проходит через точку  $(a; 0)$ , а вторая:  
 $(a; -a\theta)$

$$y_1 = jx + b_1$$

$$0 = j \cdot a + b_1$$

$$b_1 = -ja$$

$$y_2 = jx + b_2$$

$$-a\theta = j \cdot a + b_2$$

$$b_2 = a(-\theta - j)$$

Т.е.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1    2    3    4    5    6    7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$180^\circ - 90^\circ + \theta - \alpha = 90^\circ + \theta - \alpha$

$1,7 (\alpha - \theta) = b$

$b = 1,7 \alpha - 1,7 \theta$

$\theta = \frac{1}{1,7} (1,7 \alpha - b) = \alpha - \frac{b}{1,7}$

$k_1 = \frac{1}{1,7} (1,7 \alpha - b) = \alpha - \frac{b}{1,7}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$E_x = -\frac{U}{d} \quad \frac{U}{d} = E_{1x}$$

$$p = \cancel{p_0} \quad p_1 = p_0$$

$$\Delta V = \mu p_0 \cdot \frac{3}{8} V = \frac{3}{8} \mu p_0 V$$

$$V_1 = \frac{p_1 V}{p_{atm}}$$

$$\frac{p_1 V}{T_0} = \frac{p_2 V}{T}$$

$$p_3 = \frac{4 p_1 T}{T_0}$$

$$p_3 = p_A + p_0$$

$$p_2 = \frac{(\Delta V + V) RT}{V}$$

$$p_2 = \frac{2(\Delta V + V) RT}{V}$$

$$\Delta V = \frac{3}{8} \mu p_0 V \quad V = \frac{p_0 V}{8 RT_0}$$

$$p_4 = \frac{2 \left( \frac{p_0 V}{8 RT_0} + \frac{3}{8} \mu p_0 \right) RT}{V} = \frac{p_0}{4} \left( \frac{1}{RT_0} + 3\mu \right) RT =$$

$$= \frac{p_0}{4} \left( \frac{T}{T_0} + 3\mu RT \right)$$

$$\frac{101}{60} < = \frac{60}{101 + 81}$$

$$p_0 + p_0 \cdot 27 = \frac{5}{2} = 3 \cdot \frac{5}{2} = 3 + \frac{3}{2}$$

$$\begin{array}{r} 518 \\ 101 \\ \hline 315 \\ - 215 \\ \hline \end{array}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

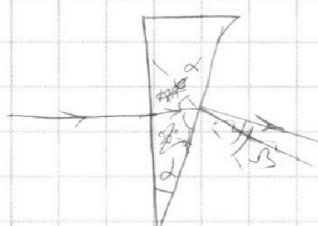

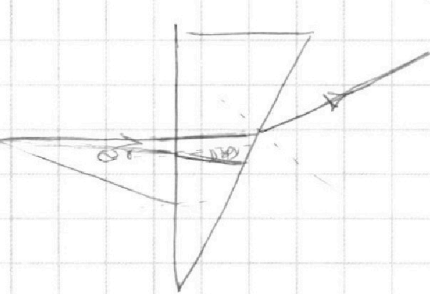
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

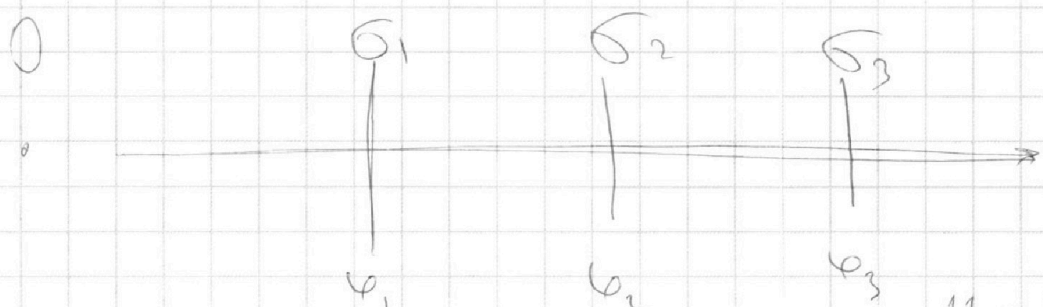
**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$\Delta V = \frac{3}{8} k p_0 V$   
 $p_0 V \cdot 2 \left( \frac{V_1 + \frac{3}{8} k p_0 V}{V} \right) R T$

$\frac{3}{8} k p_0 V = \Delta V$   
 $\frac{p_0 V}{8 R T} = V_1$   
 $n_2 \sin \alpha = \frac{8 R T}{p_0 V} \sin \beta$   
 $\beta = 1,7 d$   
 $x = 0,7 d$   
 $-\frac{11}{2} + x + 4 - \frac{1}{2} = 0$   
 $x = 6 \frac{6U}{d}$   
 $\Theta = n y$   
 ~~$2L(I_n - I_m)$~~   
 $2L(I_n - I_m) = L(I_m - I_n) + qR$   
 $q_1 + q_2 + q_3 = 0$



$U_{123} = 6 - \frac{11}{2} + \frac{1}{2} U$   
 $(\sigma_1 - \sigma_2) \frac{d}{3} + (\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3) d = 5U$   
 $\frac{E_1 - E_2}{3} + \frac{E_1 + E_2 - E_3}{1} = \frac{5U}{d} \left( 6 + \frac{11}{2} + \frac{1}{2} \right)$   
 $4E_1 + 4E_2 + E_3 = 0$   
 $\frac{15U}{d} = -2E_2 - 8E_3 \Rightarrow 2E_2 + \frac{11U}{2d} + \frac{1U}{d}$   
 $\frac{11U}{d} = 2E_2 \Rightarrow E_2 = -\frac{11U}{2d}$

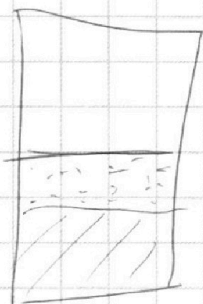
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\frac{h T_0}{3}$$

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_2 V_2 &= \nu R T_2 \quad 6 + \frac{11}{2} \end{aligned}$$

$$p_1 = p_2; \quad T_1 = T_2$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1, \quad p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{1}{4}$$

$$\Delta V_1 = k p_0 W = k p_0 \cdot \frac{3}{8} V = \frac{3 k p_0 V}{8}$$

$$\frac{1}{2} \nu_2 R T_0 + \frac{1}{2} \nu_1 R T_0 = \frac{1}{2} \nu_2 R T + \frac{1}{2} (\nu_1 + \Delta \nu)$$

$$\Delta \nu = \frac{3}{8} k p_0 V$$

$$- \mathcal{L} F_3 = \frac{U}{d}$$

$p_1 = p_2$  в обоих маном.

$$E_3 = \frac{U}{2d}$$

$$\begin{aligned} p_0 V \cdot \frac{V}{2} &= \nu R T_0 \\ p_u \frac{V}{8} &= \nu R T \end{aligned}$$

$$E_1 + E_2 = \frac{3U}{2d}$$

$$4E_1 + 2E_2 =$$

$$\frac{p_0}{2} \frac{8}{p_u} = \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{4 p_0}{p_u} = \frac{T_0}{T}$$

$$p_u = \frac{4 p_0 T}{T_0}$$

$$\begin{aligned} p_u V_u &= (\nu + \Delta \nu) R T \\ \frac{4 p_0 T}{T_0} \cdot \frac{V}{2} &= (\nu + \Delta \nu) R T \end{aligned}$$

$$\Delta \nu = k p_0 \frac{3}{8} V$$

$$\frac{2 p_0 V}{T_0} =$$

$$p \frac{\nu_1}{V_1} = \frac{\nu_2}{V_2}$$

$$\frac{8 \nu_1}{V} = \frac{2 \nu_2}{V} \Rightarrow \cancel{4 \nu_1} = \nu_2$$

$$\frac{2 \nu_{01}}{V} = \frac{8 \nu_{02}}{V} \Rightarrow \nu_{01} = 4 \nu_{02}$$

$$\left. \begin{aligned} \nu_1 + \Delta \nu &= \nu_2 \\ \nu_1 &= \nu_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta \nu = 3 \nu_1 = k p_0 \frac{3}{8} V$$

$$p_0 \frac{V}{8} = \nu_1 R T_0$$

$$\frac{2(\nu_1 + \Delta \nu) R T}{V} =$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$1) 2-3: \quad \frac{U}{d} = E \Rightarrow a = \frac{Eq}{m} = \frac{Uq}{md}$$

$$2) \quad \frac{m v_0^2}{2} + 5Uq = \frac{m v_2^2}{2} + Uq$$

$$E_{k2} = \frac{m v_0^2}{2} + 4Uq$$

$$E_{k3} = \frac{m v_0^2}{2} + 5Uq$$

$$E_{k3} - E_{k2} = Uq$$

$$5Uq + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{U}{n} \cdot q + \frac{m v_A^2}{2} \quad | \cdot 4$$

$$20Uq + 2m v_0^2 = Uq + 2m v_A^2$$

$$\frac{19Uq + 2m v_0^2}{2m} = v_A^2 = \sqrt{v_0^2 + \frac{19Uq}{2m}}$$

$P = \text{const.}$

$$N = \frac{dA}{dt} = \frac{F_T \cdot dS}{dt} = F_T \cdot v$$

$$N = F_k \cdot 30 \sqrt{v} \quad ma = F_T - F_c$$

$$F_{T1} = \frac{N}{v_1} = \frac{F_k \cdot v_2}{v_1} \quad ma = \frac{F_k \cdot v_2}{v_1} - F_c$$

$$F_c = \frac{F_k \cdot v_2}{v_1} - ma$$

$$a = \frac{1,5}{2} = 0,75 \frac{m}{c^2}$$

$$\frac{200 \cdot 30}{20} = 240 \cdot 0,75 = 300 - 240 \cdot \frac{3}{1} = 120 \text{ Н.}$$

$$\frac{A_c}{A_T} = \frac{F_c \cdot dS}{F_T \cdot dS}$$

$$\frac{A_c}{A_T} = \frac{F_c}{F_T} = \frac{120}{300} = 0,4$$

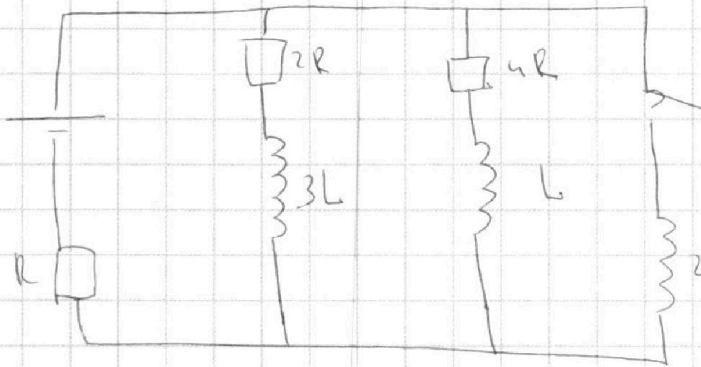
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



при замыкании  
кнопки

$$1) R_0 = \left( \frac{1}{2R} + \frac{1}{4R} \right)^{-1} = \left( \frac{3}{4R} \right)^{-1} \Rightarrow \frac{4R}{3}$$

$$R_0 = \left( \frac{4}{3} + 1 \right) R = \frac{7}{3} R$$

$$I_0 = \frac{3\varepsilon}{7R}$$

$$2 I_1 R = 4 I_2 R$$

$$2(I - I_2) = 4 I_2$$

$$I = 3 I_2$$

$$I_2 = \frac{I}{3} = \left( \frac{\varepsilon}{7R} \right)$$

кнопка замкнута  
 $\varepsilon - IR = \varepsilon$

$$I_2 \cdot 4R - \frac{2\varepsilon R}{7R} = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2\varepsilon}{7RL}$$

$$4R I_u + \frac{L dI_u}{dt} = \varepsilon$$

$$4R I_u + \frac{L dI_u}{dt} = \varepsilon - I_0 R$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{L dI_u}{dt}$$

$$4R q_2 + L dI = \frac{L dI_u}{dt} + I_c R$$

$$L(I_u - I_{u0}) + qR$$

$$\frac{2L dI_3}{dt} = \varepsilon dt - q_0 dt R$$

$$L(I_u - I_{u0}) + qR = 2L dI_3$$

