

## Электромагнитные колебания

ЗАДАЧА 1. (МФО, 2014, 11) Заряженный конденсатор начинает разряжаться через катушку индуктивности. За две миллисекунды его электрический заряд монотонно уменьшился на 0,4 процента.

А) На сколько процентов уменьшился заряд на конденсаторе за одну миллисекунду с момента начала разряда? Ответ округлите до первой значащей цифры.

В) На сколько процентов уменьшился заряд на конденсаторе спустя 20 миллисекунд с момента начала разряда? Ответ округлите до второй значащей цифры.

$$\boxed{\text{A) } 0,1; \text{ B) } 37}$$

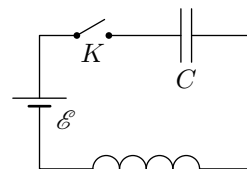
ЗАДАЧА 2. В колебательном контуре, состоящем из конденсатора ёмкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ , происходят незатухающие колебания тока с амплитудой  $I_0$ . Найдите амплитуду напряжения на конденсаторе.

$$\boxed{\frac{2}{\pi} \wedge I_0 = 0,9}$$

ЗАДАЧА 3. Найдите амплитуду колебаний тока в  $LC$ -контуре, если известно, что при увеличении напряжения на конденсаторе в два раза она увеличилась на величину  $\Delta I$ .

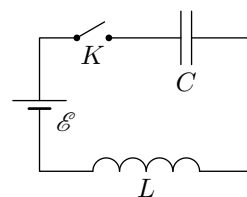
$$\boxed{I \Delta = 0,1}$$

ЗАДАЧА 4. Конденсатор и катушка подключены через ключ  $K$  к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  (см. рисунок). Вначале ключ разомкнут и конденсатор не заряжен. Ключ замыкают, и в контуре начинаются незатухающие колебания тока. Найдите максимальную и минимальную величину заряда конденсатора после замыкания ключа. Ёмкость конденсатора равна  $C$ .



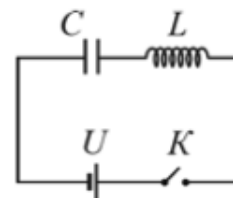
$$\boxed{0 = \text{мин}; \mathcal{E} C = \text{макс}}$$

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 1982) Последовательно с катушкой индуктивностью  $L$  и конденсатором ёмкостью  $C$  через ключ  $K$  подключили батарею с постоянной ЭДС  $\mathcal{E}$  (см. рисунок). В начальный момент времени ключ  $K$  разомкнут, конденсатор не заряжен. Определить максимальную величину тока в цепи после замыкания ключа  $K$ . Омическими сопротивлениями в цепи пренебречь.



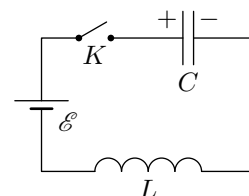
$$\boxed{\frac{\pi}{2} \wedge \mathcal{E} = \text{макс} I}$$

ЗАДАЧА 6. («Курчатов», 2015, 11) Из идеального источника напряжения с ЭДС  $U$ , конденсатора ёмкостью  $C$ , катушки с индуктивностью  $L$  и ключа  $K$  собрана цепь, схема которой приведена на рисунке. Изначально конденсатор не заряжен, а ключ разомкнут. Найдите максимальную силу тока в цепи и максимальный заряд конденсатора после замыкания ключа.



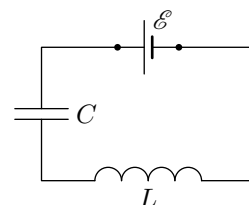
$$\boxed{I_{\max} = \frac{U}{\sqrt{L/C}}; Q_{\max} = CU}$$

ЗАДАЧА 7. (МФТИ, 2002) В схеме, изображённой на рисунке, при разомкнутом ключе  $K$  напряжение на конденсаторе ёмкостью  $C$  равно  $5\mathcal{E}$ , где  $\mathcal{E}$  — ЭДС батареи. Какой максимальный ток будет течь через катушку индуктивностью  $L$  после замыкания ключа? Внутренним сопротивлением батареи и сопротивлением катушки пренебречь.



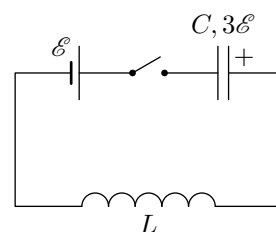
$$\boxed{I_{\max} = \frac{5\mathcal{E}}{\sqrt{L/C}}$$

ЗАДАЧА 8. (МФТИ, 2002) Батарею с ЭДС  $\mathcal{E}$  подключают к последовательно соединённым катушке с индуктивностью  $L$  и незаряженному конденсатору ёмкостью  $C$  (см. рисунок). В контуре происходят колебания тока. В тот момент, когда ток в контуре становится равным нулю, батарею отключают от схемы и подключают вновь, поменяв местами её выводы. Чему будет равен после этого максимальный ток в контуре? Внутренним сопротивлением пренебречь.



$$\boxed{I_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{L/C}} \text{ или } I_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{L/C}}$$

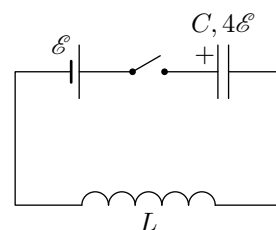
ЗАДАЧА 9. («Физтех», 2014) В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа конденсатор был заряжен до напряжения  $3\mathcal{E}$ . Ключ замыкают.



- 1) Найдите максимальный ток в цепи.
- 2) Найдите ток в момент, когда заряд на конденсаторе равен нулю.

$$\boxed{I_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{L/C}} \text{ (т); } I = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{L/C}} \text{ (т)}$$

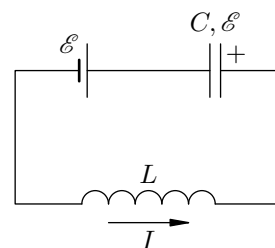
ЗАДАЧА 10. («Физтех», 2014) В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа конденсатор был заряжен до напряжения  $4\mathcal{E}$ . Ключ замыкают.



- 1) Найдите максимальный ток в цепи.
- 2) Найдите ток в момент, когда заряд на конденсаторе равен нулю.

$$\boxed{I_{\max} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{L/C}} \text{ (т); } I = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{L/C}} \text{ (т)}$$

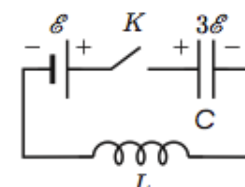
ЗАДАЧА 11. («Физтех», 2014) В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. В некоторый момент напряжение на конденсаторе было равно  $\mathcal{E}$ , а в катушке шёл ток  $I$  слева направо.



- 1) Найдите максимальный ток в цепи.
- 2) Найдите ток в момент, когда заряд на конденсаторе равен нулю.

$$\frac{T}{2\mathcal{E}C} + \tau I = 0 \quad \left( \tau : \frac{T}{2\mathcal{E}C} + \tau I = \text{const} \right)$$

ЗАДАЧА 12. (Всеросс., 2012, регион, 11) В электрической цепи (см. рисунок) конденсатор  $C$  заряжен до напряжения  $3\mathcal{E}$ . Затем ключ  $K$  замыкают. Найдите:

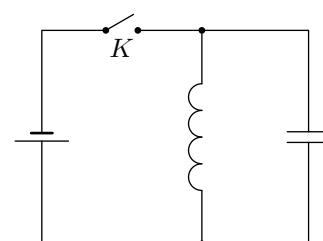


- 1) максимальную силу тока в цепи;
- 2) силу тока в цепи в момент времени, когда заряд на конденсаторе становится равным нулю;
- 3) заряд на конденсаторе в момент времени, когда сила тока в цепи становится равной нулю.

Все элементы можно считать идеальными.

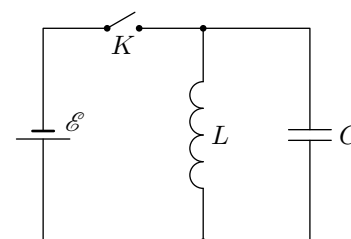
$$\left( \frac{T}{2\mathcal{E}C} + \tau I = 0 \right) \quad \left( \tau : \frac{T}{2\mathcal{E}C} + \tau I = \text{const} \right)$$

ЗАДАЧА 13. (МФТИ, 1980) Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора, через ключ  $K$  подключён к источнику с постоянной ЭДС и внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Первоначально ключ  $K$  замкнут. После установления стационарного режима ключ размыкают, и в контуре возникают колебания с периодом  $T$ . При этом амплитуда напряжения на конденсаторе в  $n$  раз больше ЭДС батареи. Найти индуктивность катушки и ёмкость конденсатора. Омическим сопротивлением катушки пренебречь.



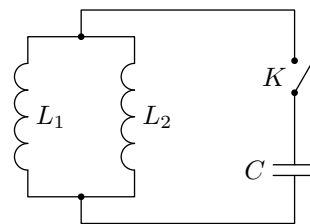
$$\frac{n\mathcal{E}}{L} = T \cdot \frac{n\mathcal{E}}{L} = C$$

ЗАДАЧА 14. (МФТИ, 1984) В схеме, изображённой на рисунке ( $L, C, \mathcal{E}$  известны), конденсатор вначале не заряжен. Ключ  $K$  на некоторое время замыкают, а затем размыкают. Определите силу тока  $I_0$  через катушку в момент размыкания, если максимальная сила тока, протекающего через неё, оказалась равной  $2I_0$ . Сопротивлением катушки пренебречь.



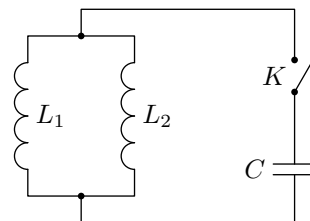
$$\frac{T\mathcal{E}}{C} = 0$$

Задача 15. (МФТИ, 1979) Конденсатор ёмкостью  $C$ , заряженный до разности потенциалов  $U$ , через ключ  $K$  подключён к двум параллельно соединённым катушкам индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  (см. рисунок). Если замкнуть ключ  $K$ , то через некоторое время конденсатор полностью перезарядится (напряжение на конденсаторе меняет знак). Какие заряды  $q_1$  и  $q_2$  протекут через катушки за это время? Сопротивлениями катушек пренебречь.



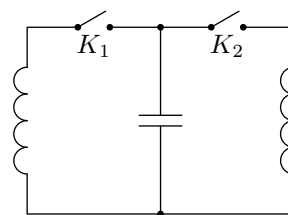
$$\Omega C \frac{\varepsilon_T + 1}{\varepsilon_T} = \varepsilon b \quad \Omega C \frac{\varepsilon_T + 1}{\varepsilon_T} = \varepsilon b$$

Задача 16. (МФТИ, 1979) Заряженный конденсатор ёмкостью  $C$  через ключ  $K$  подключён к двум параллельно соединённым катушкам индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  (см. рисунок). В начальный момент времени ключ разомкнут. Если замкнуть ключ  $K$ , то через катушки потекут токи. Максимальная сила тока, протекающего через катушку индуктивностью  $L_1$ , оказалась равной  $I_1$ . Найдите первоначальный заряд на конденсаторе. Сопротивлениями катушек пренебречь.



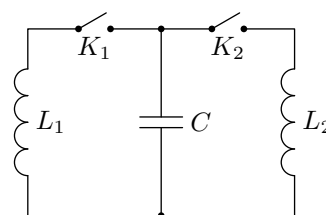
$$\left( \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_T + 1} \right) C \sqrt{\varepsilon_T} I_1 = \varepsilon \varepsilon b$$

Задача 17. (МФТИ, 1981) Две одинаковые катушки самоиндукции подключены через ключи  $K_1$  и  $K_2$  к конденсатору (см. рисунок). В начальный момент времени оба ключа разомкнуты, а конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U$ . Сначала замыкают ключ  $K_1$  и, когда напряжение на конденсаторе становится равным нулю, замыкают ключ  $K_2$ . Определить максимальное напряжение на конденсаторе после замыкания ключа  $K_2$ . Активным сопротивлением катушек пренебречь.



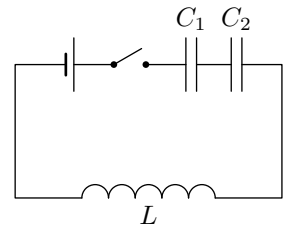
$$\frac{\varepsilon \wedge}{\Omega} = \varepsilon \varepsilon \Omega$$

Задача 18. (МФТИ, 1981) Две катушки самоиндукции с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  подключены через ключи  $K_1$  и  $K_2$  к конденсатору ёмкостью  $C$  (см. рисунок). В начальный момент времени оба ключа разомкнуты, а конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U_0$ . Сначала замыкают ключ  $K_1$  и, когда напряжение на конденсаторе становится равным нулю, замыкают ключ  $K_2$ . Определить максимальную и минимальную силу тока, протекающего через катушку  $L_1$  после замыкания ключа  $K_2$ . Активным сопротивлением катушек пренебречь.



$$\frac{\varepsilon \wedge}{\Omega} \sqrt{\varepsilon_T} \Omega = \varepsilon_T \varepsilon \Omega \quad \frac{\varepsilon_T + 1}{\varepsilon_T - 1} I_1 = \varepsilon \varepsilon \Omega \quad I_1^{\max} = \varepsilon \varepsilon \Omega$$

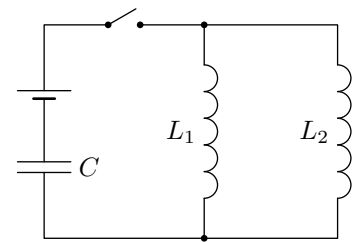
ЗАДАЧА 19. («Физтех», 2012) В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа конденсаторы были не заряжены. После замыкания ключа максимальный ток в катушке равен  $I_0$ .



- 1) Найдите ЭДС источника.
- 2) Найдите максимальное напряжение на конденсаторе  $C_1$ .

$$\frac{(\varepsilon_0 + 1) \varepsilon_0}{\varepsilon_0} \wedge \wedge_{0I} z = \text{веш } \varepsilon_0 (z : \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_0}{(\varepsilon_0 + 1) \varepsilon_0}) \wedge \wedge_{0I} = \varrho (\Gamma)$$

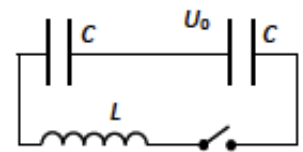
ЗАДАЧА 20. («Физтех», 2012) В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал, конденсатор не был заряжен. После замыкания ключа максимальное напряжение на конденсаторе равно  $U_0$ .



- 1) Найдите ЭДС источника.
- 2) Найдите максимальный ток в катушке  $L_1$ .

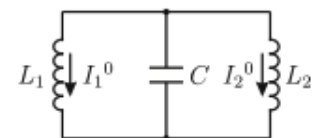
$$\frac{(\varepsilon_0 + 1) \varepsilon_0}{\varepsilon_0} \wedge \wedge_{0I} z = \text{веш } \varepsilon_0 (z : \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_0} = \varrho (\Gamma)$$

ЗАДАЧА 21. (МОШ, 2017, 11) В электрической цепи, схема которой приведена на рисунке, вначале один из конденсаторов заряжен до напряжения  $U_0 = 10$  В, а второй не заряжен. Ключ замыкают. Определите модуль скорости изменения силы тока  $\left| \frac{di}{dt} \right|$  в цепи в момент, когда энергия, запасённая в катушке, равна половине энергии, запасённой в конденсаторах. Индуктивность катушки  $L = 57,7$  мГн.



$$\varrho / \sqrt{00I} = \frac{\varepsilon_0 \wedge}{\varepsilon_0} = \left| \frac{ip}{ip} \right|$$

ЗАДАЧА 22. (МОШ, 2006, 11) Электрическая цепь состоит из катушек с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  и конденсатора ёмкостью  $C$ , включённых параллельно. В начальный момент времени токи через катушки текут в одну сторону и равны  $I_1^0$  и  $I_2^0$ , а конденсатор не заряжен (см. рисунок). Найдите частоту  $\omega$  возникающих в системе гармонических колебаний и зависимости от времени токов через катушки  $I_1(t)$ ,  $I_2(t)$  и заряда на конденсаторе  $Q(t)$ . Сопротивлением катушек пренебречь.

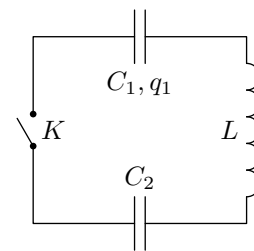


$$\varrho \text{ со} \frac{\varepsilon_0 + 1}{(\varepsilon_0 + 1) \varepsilon_0} + \frac{\varepsilon_0 + 1}{\varepsilon_0 \varepsilon_0 - \varepsilon_0 \varepsilon_0} = (\varrho) \varepsilon_0 : \varrho \text{ со} \frac{\varepsilon_0 + 1}{(\varepsilon_0 + 1) \varepsilon_0} + \frac{\varepsilon_0 + 1}{\varepsilon_0 \varepsilon_0 - \varepsilon_0 \varepsilon_0} = (\varrho) \varepsilon_0 : \varrho \text{ со} \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_0 + 1} = (\varrho) \varepsilon_0 : \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_0}{\varepsilon_0 + 1} \wedge \wedge = \varrho$$

ЗАДАЧА 23. (МОШ, 2013, 11) Заряженный конденсатор ёмкостью  $C$ , электростатическая энергия которого равна  $W$ , начинает разряжаться через две соединённые параллельно катушки индуктивностями  $L$  и  $2L$ . Какой будет максимальная энергия катушки индуктивностью  $L$  в процессе возникающих колебаний? Сопротивлением электрической цепи пренебречь.

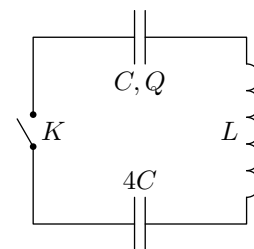
$$M \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_0} = \text{веш } \varepsilon_0 M$$

Задача 24. (МФТИ, 1993) В цепи, изображённой на рисунке, при разомкнутом ключе  $K$  заряд на конденсаторе с ёмкостью  $C_1$  равен  $q_1$ , а конденсатор с ёмкостью  $C_2$  не заряжен. Через какое время после замыкания ключа заряд на конденсаторе  $C_2$  будет иметь максимальное значение? Чему будет равен этот заряд? Омическими потерями в катушке с индуктивностью  $L$  пренебречь.



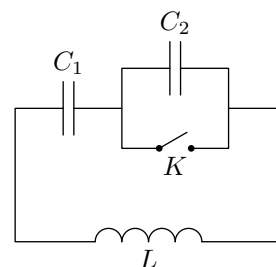
$$t = \frac{\varepsilon_2 + 1}{\varepsilon_2} \frac{q_1}{C_2} \sqrt{\frac{L}{C_1 C_2}} \ln(1 + \sqrt{2}) = \tau$$

Задача 25. (МФТИ, 1993) В цепи, изображённой на рисунке, при разомкнутом ключе  $K$  заряд на конденсаторе с ёмкостью  $C$  равен  $Q$ , а конденсатор с ёмкостью  $4C$  не заряжен. Определить максимальный ток в цепи после замыкания ключа. Омическими потерями в катушке с индуктивностью  $L$  пренебречь.



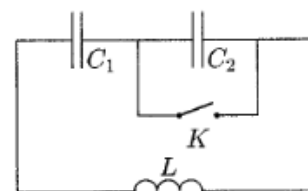
$$\frac{\partial I_{\max}}{\partial \varepsilon} = \frac{Q}{C} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Задача 26. (МФТИ, 2001) При замкнутом ключе  $K$  в  $LC$ -контуре (см. рисунок) происходят свободные незатухающие колебания тока. В тот момент, когда напряжение на конденсаторе  $C_1$  максимально и равно  $U_1$ , ключ размыкают. Определить максимальное значение тока в контуре после размыкания ключа. Параметры элементов схемы указаны на рисунке.



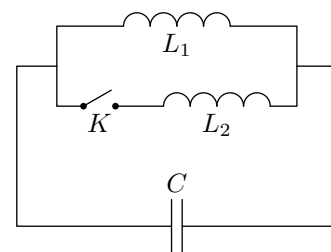
$$I_{\max} = \frac{U_1}{\sqrt{C_1}} \sqrt{\frac{L}{C_2}}$$

Задача 27. (МФТИ, 2001) В колебательном контуре, изображённом на рисунке, происходят свободные колебания при замкнутом ключе  $K$ . В тот момент, когда напряжение на конденсаторе  $C_1$  достигает максимального значения, равного  $V_0$ , ключ размыкают. Определить величину тока в контуре в тот момент, когда напряжение на конденсаторе  $C_1$  будет равно нулю при условии, что  $C_2 > C_1$ .



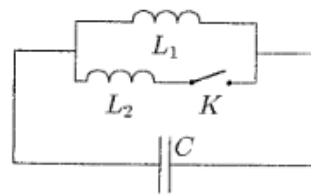
$$I = \frac{V_0}{\sqrt{C_1}} \sqrt{\frac{L}{C_2 - C_1}}$$

Задача 28. (МФТИ, 2001, 2005) При разомкнутом ключе  $K$  в  $LC$ -контуре (см. рисунок) происходят свободные незатухающие колебания тока. В тот момент, когда ток в цепи максимален и равен  $I_0$ , замыкают ключ  $K$ . Определить максимальное напряжение на конденсаторе после замыкания ключа. Параметры схемы указаны на рисунке.



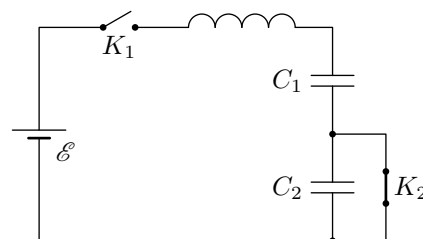
$$U_{\max} = I_0 \sqrt{\frac{L_1 + L_2}{C}}$$

Задача 29. (МФТИ, 2001) В колебательном контуре, изображённом на рисунке, происходят свободные колебания при разомкнутом ключе  $K$ . В тот момент, когда ток в катушке индуктивностью  $L_1$  достигает максимального значения, равного  $I_0$ , ключ замыкают. Определить величину напряжения на конденсаторе в тот момент, когда ток через катушку  $L_1$  будет равен нулю при условии, что  $L_2 > L_1$ .



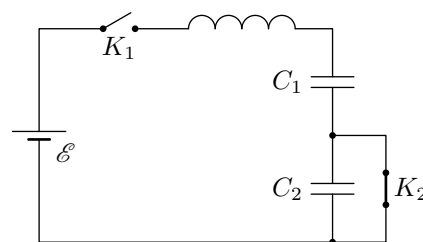
$$\frac{2\epsilon_1}{(1\epsilon_1 - \epsilon_2)1\epsilon_1} \wedge^{0I} = A$$

Задача 30. (МФТИ, 2004) В схеме, изображённой на рисунке, в начальный момент ключ  $K_1$  разомкнут, ключ  $K_2$  замкнут, а конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  не заряжены. Сначала замыкают ключ  $K_1$ , а в тот момент, когда заряд на конденсаторе  $C_1$  достигает максимального значения, размыкают ключ  $K_2$ . Найти максимальный заряд на конденсаторе  $C_2$  после размыкания ключа  $K_2$ . Внутренним сопротивлением батареи с ЭДС  $\mathcal{E}$  и омическим сопротивлением катушки пренебречь.



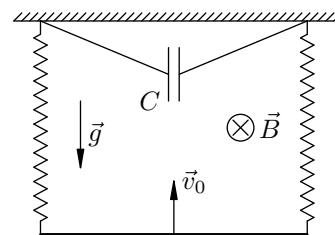
$$\frac{\epsilon_2 + 1\epsilon_2}{\epsilon_2 1\epsilon_2} = \text{хешб}$$

Задача 31. (МФТИ, 2004) В схеме, изображённой на рисунке, в начальный момент ключ  $K_1$  разомкнут, ключ  $K_2$  замкнут, а конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  не заряжены. Сначала замыкают ключ  $K_1$ , а в тот момент, когда ток в цепи достигает максимального значения, размыкают ключ  $K_2$ . Найти максимальный заряд на конденсаторе  $C_2$  после размыкания ключа  $K_2$ . Внутренним сопротивлением батареи с ЭДС  $\mathcal{E}$  и омическим сопротивлением катушки пренебречь.



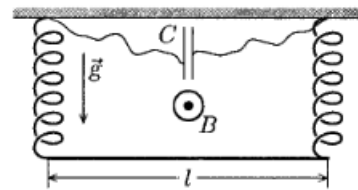
$$\frac{\epsilon_2 + 1\epsilon_2}{\epsilon_2 1\epsilon_2} \wedge^{0I} = \text{хешб}$$

Задача 32. (МФТИ, 2001) Проводник массой  $M$  и длиной  $l$  подвешен к непроводящему потолку за концы с помощью двух одинаковых проводящих пружин, каждая жёсткостью  $k$ . К верхним концам пружин присоединён конденсатор ёмкостью  $C$ . Вся конструкция висит в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , перпендикулярной плоскости конструкции (см. рисунок). Проводник сместили и отпустили. При прохождении положения равновесия скорость проводника оказалась равной  $v_0$ . Определить максимальную высоту подъёма проводника от положения равновесия. Сопротивлением и самоиндукцией проводников пренебречь.



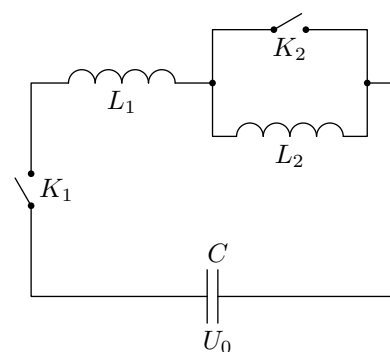
$$\frac{4\epsilon}{\epsilon_2 l \epsilon B + N} \wedge^{0a} = \eta$$

ЗАДАЧА 33. (МФТИ, 2001) Проводник массой  $M$  и длиной  $l$  подвешен к непроводящему потолку за концы с помощью двух одинаковых проводящих пружин, каждая жёсткостью  $k$ . К верхним концам пружин присоединён конденсатор ёмкостью  $C$ . Вся конструкция висит в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , перпендикулярной плоскости конструкции (см. рисунок). Проводник смещают вниз на расстояние  $h$  от положения равновесия, а затем отпускают. Определить скорость проводника, когда он снова окажется в положении равновесия. Сопротивлением и самоиндукцией проводников пренебречь.



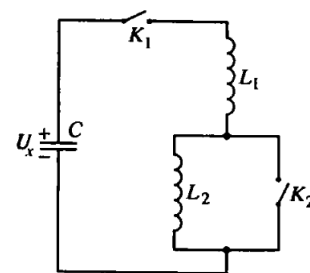
$$\frac{2klzB + N}{4\epsilon} \wedge q = a$$

ЗАДАЧА 34. (МФТИ, 1998) В схеме, изображённой на рисунке, сверхпроводящие катушки с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  соединены последовательно с конденсатором ёмкости  $C$ . В начальный момент ключи  $K_1$  и  $K_2$  разомкнуты, а конденсатор заряжен до напряжения  $U_0$ . Сначала замыкают ключ  $K_1$ , а после того, как напряжение на конденсаторе станет равным нулю, замыкают ключ  $K_2$ . Через некоторое время после замыкания ключа  $K_2$  конденсатор перезарядится до некоторого максимального напряжения  $U_m$ .



$$\frac{\tau T + 1}{\tau} \wedge U_0 = U_m \quad (\tau : \frac{\tau T + 1}{2} \wedge U_0 = 0 \quad (1$$

ЗАДАЧА 35. (МФТИ, 1998) В схеме, изображённой на рисунке, сверхпроводящие катушки с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  соединены последовательно с конденсатором ёмкости  $C$  через ключ  $K_1$ . В начальный момент ключи  $K_1$  и  $K_2$  разомкнуты, а конденсатор заряжен до некоторого неизвестного напряжения  $U_x$ . Сначала замыкают ключ  $K_1$ . Через некоторое время  $\tau$  напряжение на конденсаторе равно нулю, и в этот момент замыкают ключ  $K_2$ . Через некоторое время после замыкания ключа  $K_2$  конденсатор перезарядится до максимального напряжения  $U_m$ .

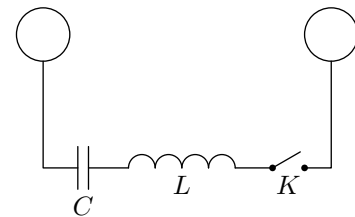


$$\frac{\tau T}{\tau T + 1} \wedge U_x = U_m \quad (\tau : \tau(T + 1) \wedge \frac{\tau}{\tau} = 1 \quad (1$$

- 1) Определить  $\tau$ .
- 2) Определить начальное напряжение  $U_x$ .



Задача 36. (МФТИ, 1985) Два удалённых проводящих шара радиусом  $R$  соединены участком цепи, содержащим конденсатор ёмкостью  $C$ , катушку индуктивностью  $L$  и ключ  $K$  (см. рисунок). В начальный момент времени конденсатор заряжен до напряжения  $U_0$ , заряды на шарах отсутствуют. Определите:

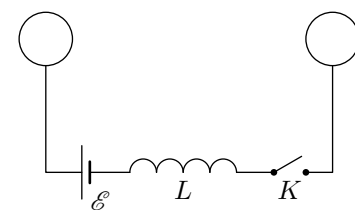


- 1) максимальный заряд на шаре после замыкания ключа  $K$ ;
- 2) максимальный ток в цепи после замыкания ключа  $K$ .

Активным сопротивлением катушки пренебречь.

$$\left( \frac{U + C \dot{U}}{C} \right) \Lambda^0 \Omega = \omega I \quad \left( \frac{U + C \dot{U}}{C} \right) \Lambda^0 \Omega = \omega I \quad \left( \frac{U + C \dot{U}}{C} \right) \Lambda^0 \Omega = \omega I$$

Задача 37. (МФТИ, 1985) Два удалённых проводящих шара радиусом  $R$  соединены участком цепи, содержащим источник постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$ , катушку индуктивностью  $L$  и ключ  $K$  (см. рисунок). В начальный момент времени ключ  $K$  разомкнут, заряды на шарах отсутствуют. Определите:

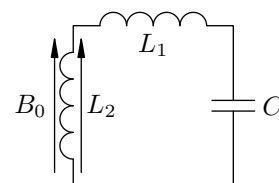


- 1) максимальный заряд на шаре после замыкания ключа  $K$ ;
- 2) максимальный ток в цепи после замыкания ключа  $K$ .

Омическим сопротивлением в цепи пренебречь.

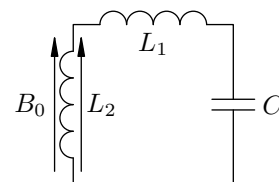
$$\frac{\mathcal{E}}{C} \Lambda^0 \Omega = \omega I \quad \left( \frac{\mathcal{E}}{C} \right) \Lambda^0 \Omega = \omega I \quad \left( \frac{\mathcal{E}}{C} \right) \Lambda^0 \Omega = \omega I$$

Задача 38. (МФТИ, 2005) В колебательном контуре, включающем в себя конденсатор ёмкостью  $C$  и две катушки самоиндукции с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  (см. рисунок), происходят гармонические колебания. Катушка  $L_2$  с числом витков  $N$  и площадью одного витка  $S$  расположена в однородном и стационарном магнитном поле с индукцией  $B_0$ , перпендикулярной плоскости витков. В тот момент, когда напряжение на конденсаторе достигает максимального значения  $U_0$ , магнитное поле выключают. Время спада магнитного поля много меньше периода колебаний в контуре. Пренебрегая омическим сопротивлением катушек и подводящих проводов, определите величину максимального тока в контуре после выключения магнитного поля.



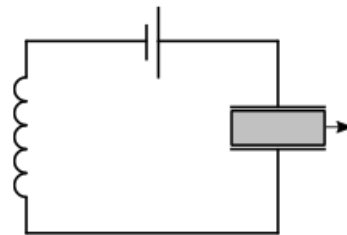
$$\left( \frac{\mathcal{E} + \dot{\mathcal{E}}}{C} + \left( \frac{\mathcal{E} + \dot{\mathcal{E}}}{NS^0 \mathcal{E}} \right) \right) \Lambda^0 \Omega = \omega I$$

Задача 39. (МФТИ, 2005) В колебательном контуре, включающем в себя конденсатор ёмкостью  $C$  и две катушки самоиндукции с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  (см. рисунок), происходят гармонические колебания. Катушка  $L_2$  с числом витков  $N$  и площадью одного витка  $S$  расположена в однородном и стационарном магнитном поле с индукцией  $B_0$ , перпендикулярной плоскости витков. В тот момент, когда ток в контуре достигает максимального значения  $I_0$ , магнитное поле выключают. Время спада магнитного поля много меньше периода колебаний в контуре. Пренебрегая омическим сопротивлением катушек и подводящих проводов, определите величину максимального напряжения на конденсаторе после выключения магнитного поля.



$$\left| \frac{\mathcal{E} + \dot{\mathcal{E}}}{NS^0 \mathcal{E}} \mp 0 I \right| \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E} + \dot{\mathcal{E}}} \Lambda^0 \Omega = \omega I$$

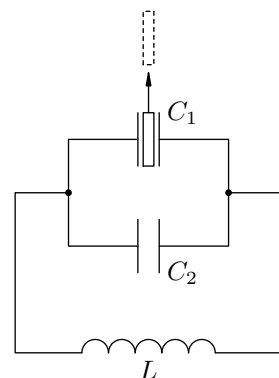
ЗАДАЧА 40. («Физтех», 2017, 11) Источник с ЭДС  $E$  подклю- чён через катушку с индуктивностью  $L$  к плоскому конденсато- ру (см. рис.). Источник и катушка идеальные. В конденсаторе находится пластина из диэлектрика с диэлектрической проницае- мостью  $\varepsilon = 3$ , полностью заполняющая конденсатор. Ёмкость пустого конденсатора  $C$ . Режим в цепи установился. Пластину быстро извлекают из конденсатора так, что заряд конденсатора не успевает измениться.



- 1) Найти напряжение на конденсаторе сразу после извлече- ния пластины.
- 2) Найти максимальный ток в цепи после извлечения пластины.

$$\frac{1}{2} \sqrt{2E^2} = \frac{1}{2} \sqrt{2E^2(1-\varepsilon)} = \text{max } I \quad (z : \mathcal{E} \varepsilon = \mathcal{E} \varepsilon = \Omega \quad (1))$$

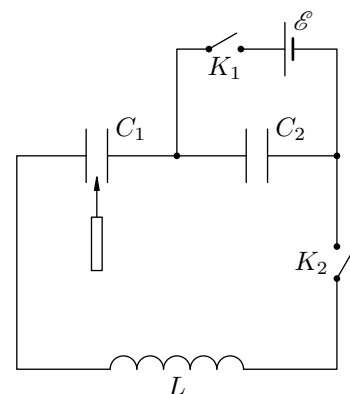
ЗАДАЧА 41. (МФТИ, 1996) В колебательном контуре, состоящем из двух параллельно соединённых конденсаторов с ёмкостями  $C_1$  и  $C_2$  и катушки с индуктивностью  $L$  (см. рисунок), происходят свобод- ные незатухающие колебания, при которых амплитуда колебаний заряда на конденсаторе  $C_2$  равна  $q_0$ . В конденсаторе  $C_1$  расположе- на диэлектрическая пластина с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$ , которая полностью заполняет его пространство. Когда заряд на кон- денсаторе  $C_1$  достигает максимального значения, пластину быстро (за время, малое по сравнению с периодом колебаний) удаляют из конденсатора.



- 1) Определить новый период колебаний.
- 2) Определить амплитуду новых колебаний тока в катушке.

$$\frac{(\varepsilon C_2 + C_1) T}{\varepsilon} \sqrt{\frac{\varepsilon C_2}{\varepsilon C_2 + C_1}} = 0 \quad (z : (\varepsilon C_2 + \frac{\varepsilon}{C_1}) T \sqrt{\varepsilon C_2} = L \quad (1))$$

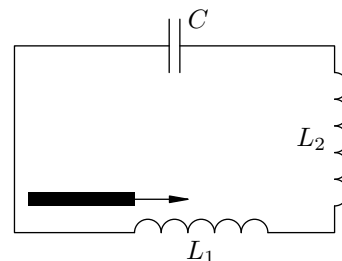
ЗАДАЧА 42. (МФТИ, 1996) В схеме, изображённой на рисунке, сначала замыкают ключ  $K_1$  и после того, как конденсатор ёмкостью  $C_2$  зарядится от батареи с ЭДС  $\mathcal{E}$ , ключ  $K_1$  размыкают и замыкают ключ  $K_2$ . После замыкания ключа  $K_2$  в схеме происходят свободные незатухающие колебания. Когда напря- жение на конденсаторе ёмкостью  $C_1$  достигает максимального значения, в него быстро (за время, малое по сравнению с пе- риодом колебаний) вставляют диэлектрическую пластину, что приводит к увеличению его ёмкости в  $\varepsilon$  раз.



- 1) Чему равен начальный ток в цепи после замыкания ключа  $K_2$ ?
- 2) Определить максимальный ток в цепи после вставки пла- стины.

$$\frac{(\varepsilon C_1 + C_2) T}{\varepsilon} - \frac{\varepsilon C_2 (\varepsilon C_1 + C_2) T \varepsilon}{\varepsilon (\varepsilon C_1 + C_2) T \varepsilon} \sqrt{\varepsilon C_2 \mathcal{E}} = \text{max } I \quad (z : 0 : (1))$$

Задача 43. (МФТИ, 1996) В колебательном контуре, состоящем из двух последовательно соединённых катушек с индуктивностями  $L_1$  и  $L_2$  и конденсатора ёмкостью  $C$  (см. рисунок), происходят свободные незатухающие колебания, при которых амплитуда колебаний тока равна  $I_0$ . Когда сила тока в катушке  $L_1$  максимальна, в неё быстро (за время, малое по сравнению с периодом колебаний) вставляют сердечник, что приводит к увеличению её индуктивности в  $\mu$  раз.

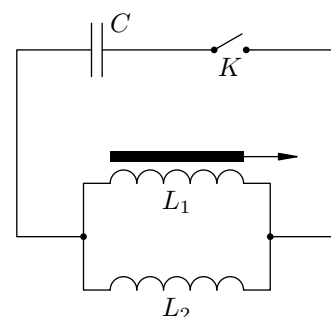


1) Определить максимальное напряжение на конденсаторе до вставки сердечника.

2) Определить максимальное напряжение на конденсаторе после вставки сердечника.

$$\frac{(\varepsilon_T + \mu_T) \mathcal{E}}{L} \wedge (\varepsilon_T + \mu_T) I_0 = \text{веш} \Omega (\varepsilon : \frac{\mathcal{E}}{\varepsilon_T + \mu_T} \wedge I_0 = \mathcal{E} \Omega (I$$

Задача 44. (МФТИ, 1996) В схеме (см. рисунок) конденсатор ёмкостью  $C$  заряжен до некоторого напряжения. После замыкания ключа  $K$  в схеме происходят свободные, практически незатухающие колебания, при которых амплитудное значение тока в катушке с индуктивностью  $L_2$  равно  $I_0$ . Когда ток в катушке с индуктивностью  $L_1$  достигает максимального значения, из неё быстро (за время, малое по сравнению с периодом колебаний) выдвигают сердечник, что приводит к уменьшению её индуктивности в  $\mu$  раз.

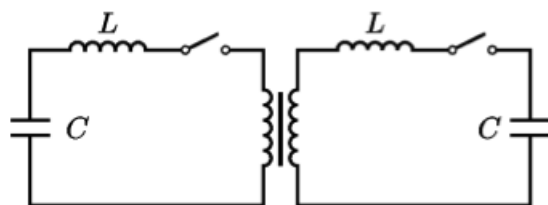


1) Найти ток через катушку  $L_2$  сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальное напряжение на конденсаторе после выдвигания сердечника.

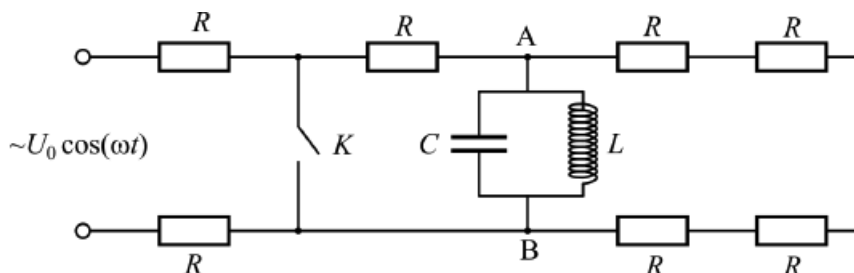
$$\frac{\mathcal{E} \mu_T}{(\varepsilon_T + \mu_T) \varepsilon_T} \wedge I_0 = \text{веш} \Omega (\varepsilon : 0 (I$$

Задача 45. (МОШ, 2007, 11) Электрическая цепь состоит из двух конденсаторов ёмкостью  $C$ , двух одинаковых катушек индуктивности  $L$  и идеального трансформатора с коэффициентом трансформации, равным единице. Если зарядить один из конденсаторов и замкнуть ключ, подсоединяющий его к трансформатору, в цепи возникнут гармонические колебания с частотой  $\omega$ . Найдите возможные частоты гармонических электрических колебаний в цепи, если оба ключа замкнуты.



$$\frac{\mathcal{E} \varepsilon^\omega - \varepsilon^\wedge}{\varepsilon} = \varepsilon^\omega, \frac{\mathcal{E} \wedge}{L} = I^\omega$$

ЗАДАЧА 46. («Курчатов», 2017, 11) В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, все резисторы одинаковые и сопротивление каждого из них равно  $R$ . Цепь очень давно подключена к источнику переменного напряжения  $U(t) = U_0 \cos \omega t$ . Ёмкость  $C$  конденсатора и индуктивность  $L$  катушки подобраны таким образом, что выполняется соотношение:  $\omega L = 1/(\omega C)$ .



- 1) Найдите максимальное напряжение на конденсаторе.
- 2) Найдите максимальную силу тока, протекающего через катушку.
- 3) Ключ  $K$  замыкают в момент, когда ток через катушку не течёт. Найдите количество теплоты, которое выделится в каждом из резисторов, расположенных на рисунке справа от ключа  $K$ , после его замыкания.
- 4) Как изменятся ответы для количеств теплоты, выделившихся в тех же резисторах, если ключ размыкают в момент, когда ток через катушку максимален?
- 5) Как изменятся ответы на вопросы 1), 2), 3) и 4), если катушка и конденсатор будут подключены к тем же точкам  $A$  и  $B$  не параллельно друг другу, а последовательно друг за другом?

См. конец листа

**Ответ к задаче 46**

1)  $U_{\max} = \frac{4}{7}U_0$ . 2)  $I_{\max} = \frac{4}{7}U_0\sqrt{\frac{C}{L}}$ .

3)  $Q_1 = \frac{32}{245}CU_0^2$  — в резисторе, расположенном между ключом и конденсатором;  
 $Q_2 = \frac{2}{245}CU_0^2$  — в каждом из остальных четырёх резисторов.

4) Никак.

5)  $U_{\max} = \frac{U_0}{3R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ ,  $I_{\max} = \frac{U_0}{3R}$ ,  $Q_1 = \frac{2LU_0^2}{45R^2}$ ,  $Q_2 = \frac{LU_0^2}{360R^2}$ .