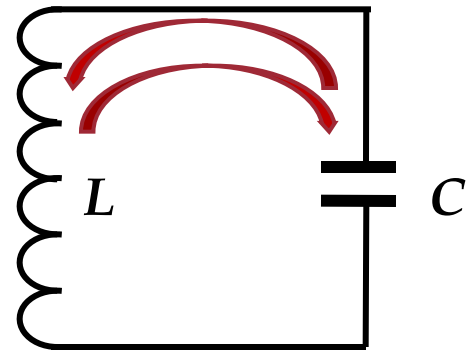


ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ





**Немецкий учёный Гельмгольц Г.Л..
Занимался проблемами
электродинамики, создал
колебательный контур, состоящий
из катушки индуктивностью L и
конденсатора ёмкостью C .**

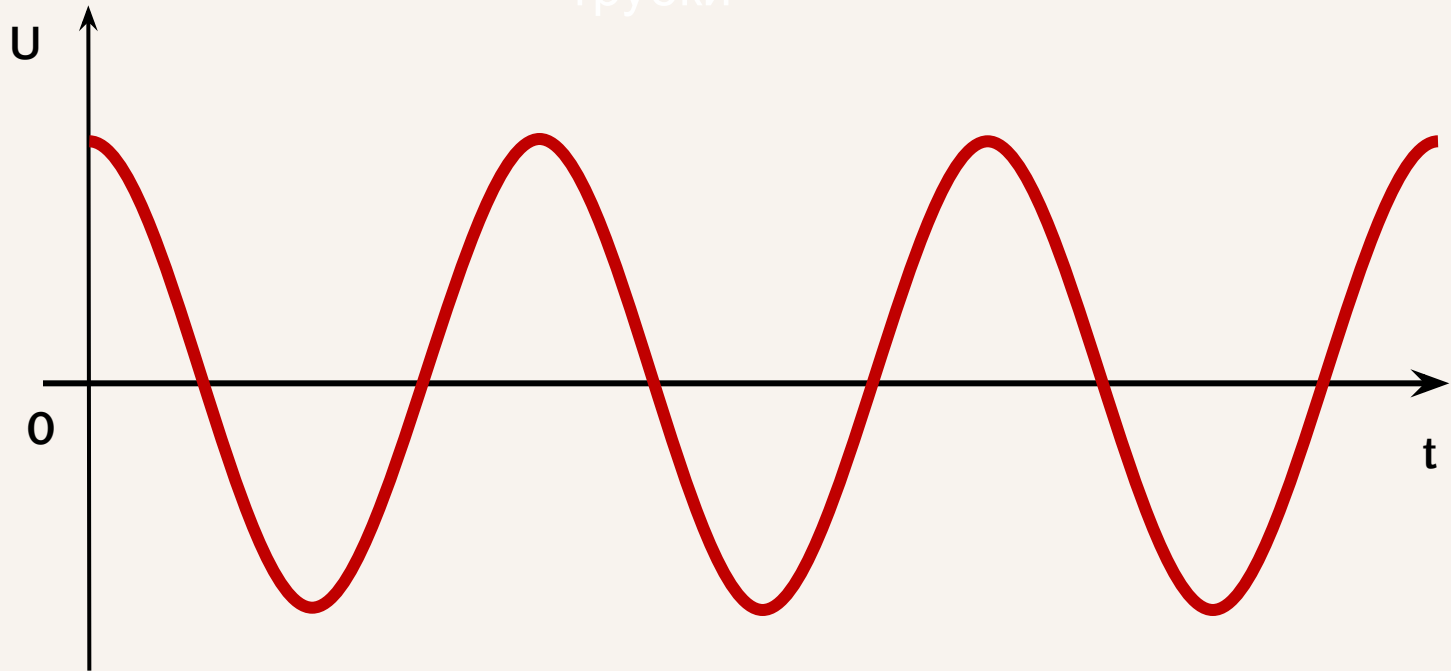
Гельмгольц Герман Людвиг

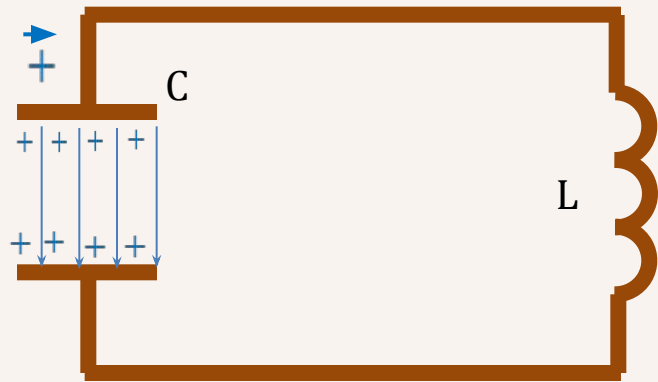
1821 – 1894 гг.

Осциллограф – прибор, который позволяет обнаружить наличие колебаний.



График напряжения, подаваемого на
вертикально отклоняющие пластины
трубки

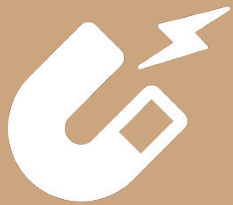
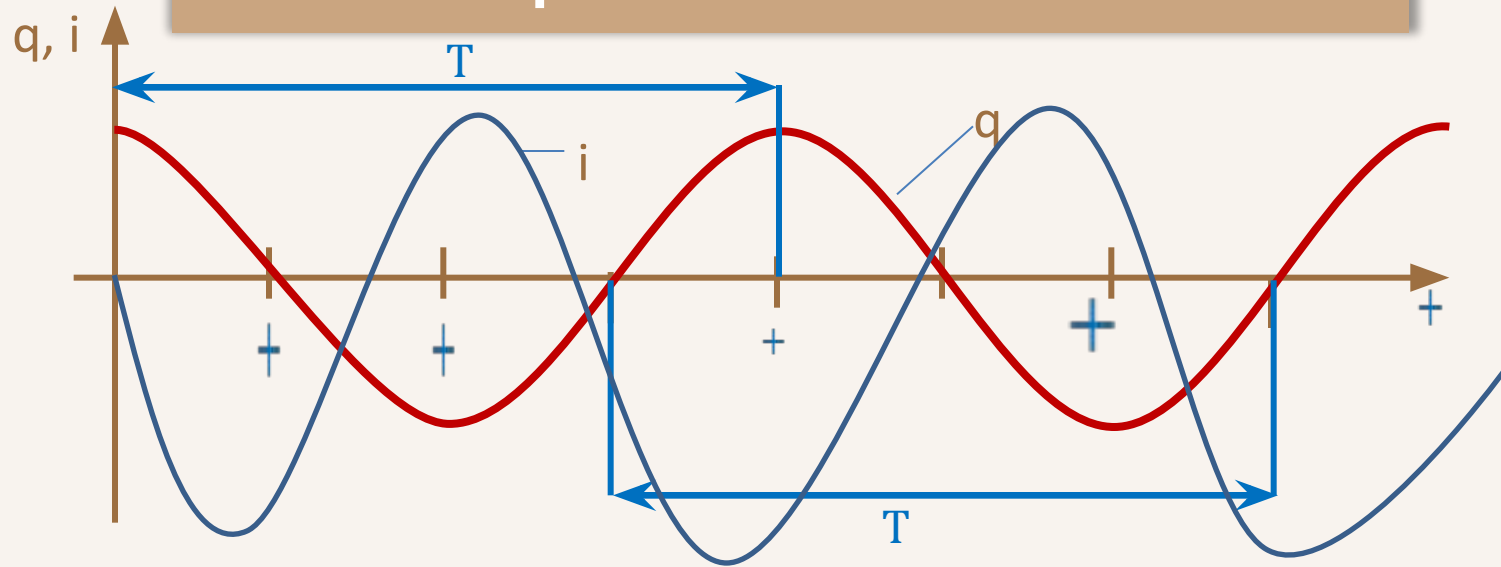




Система, в которой могут осуществляться **свободные электромагнитные колебания**, называется **колебательным контуром**..

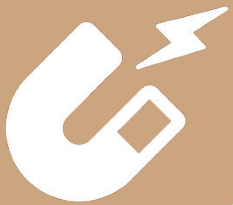
Колебательный контур это электрическая цепь, состоящая из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L .

Электромагнитные колебания

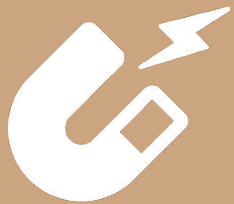
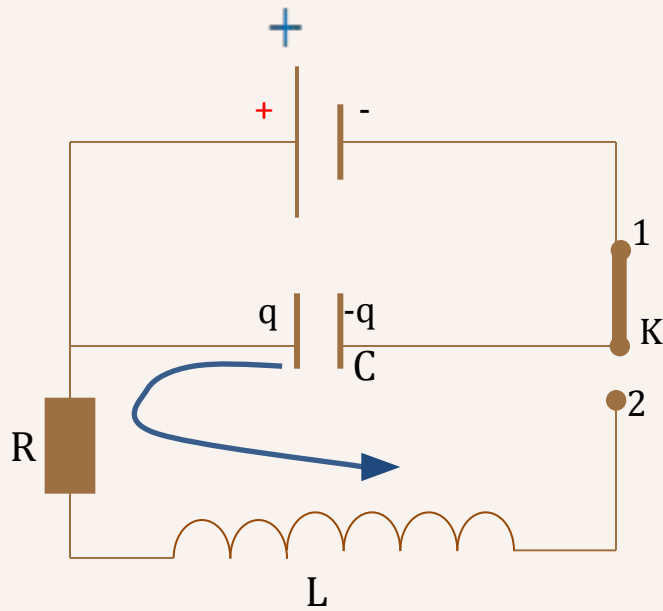


Электромагнитные колебания – это периодические изменения со временем электрических и магнитных величин (заряда, силы тока, напряжения, напряжённости, магнитной индукции и др.) в электрической цепи.

Свободные колебания

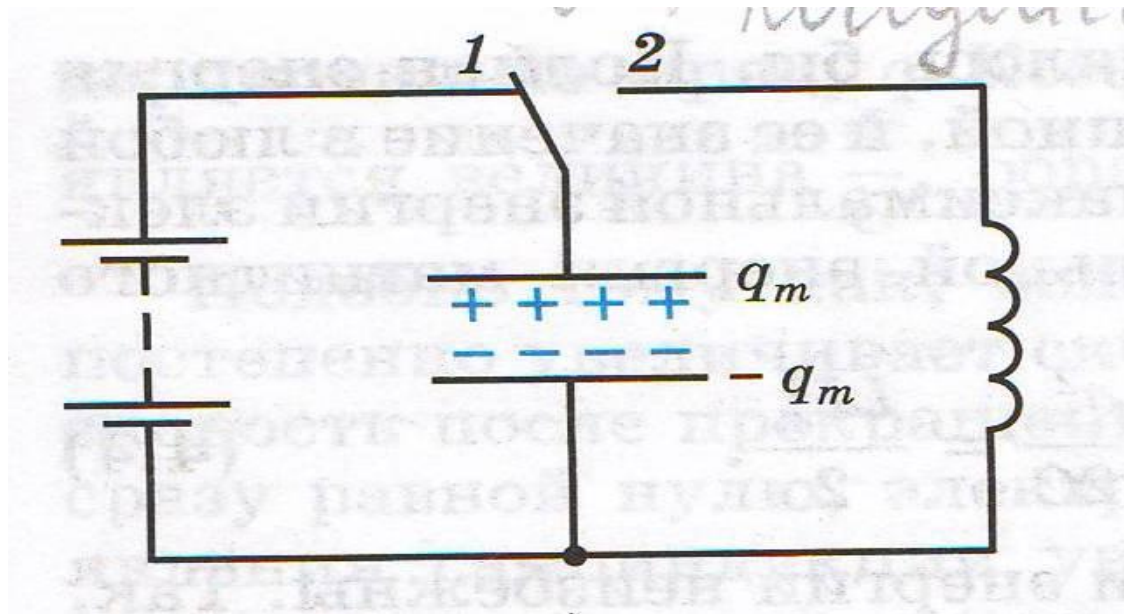


Свободными колебаниями называются колебания, которые возникают в системе, выведенной из состояния равновесия, только за счёт внутренних сил.



Вынужденные электромагнитные колебания – это колебания, которые возникают в цепи под действием внешней периодической электродвижущей силы.

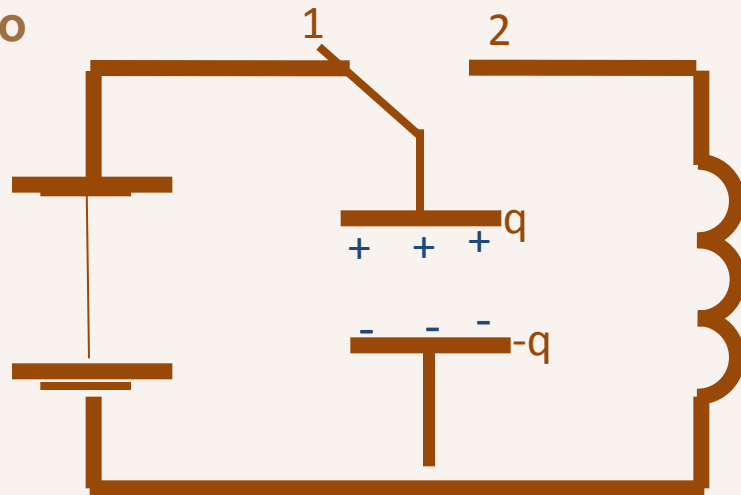
- Колебательная система выводится из равновесия при сообщении конденсатору заряда. При этом конденсатор получает энергию $W_{\text{э}}$.





– энергия электрического
поля конденсатора

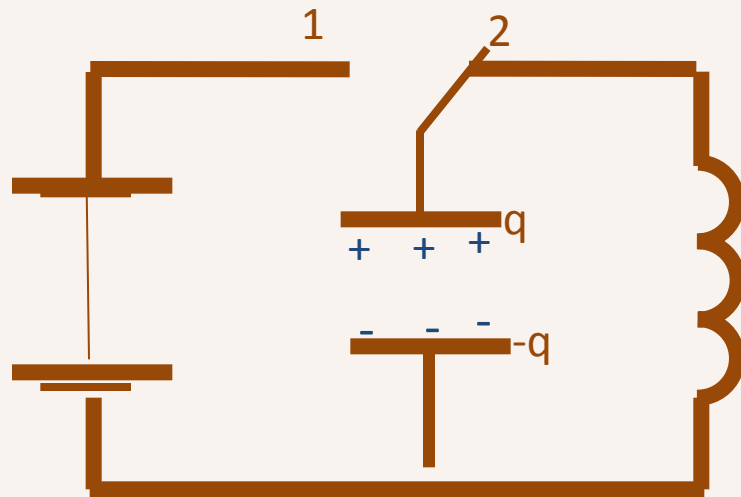
где q – заряд конденсатора;
 C – его электроёмкость.





– энергия магнитного поля
катушки

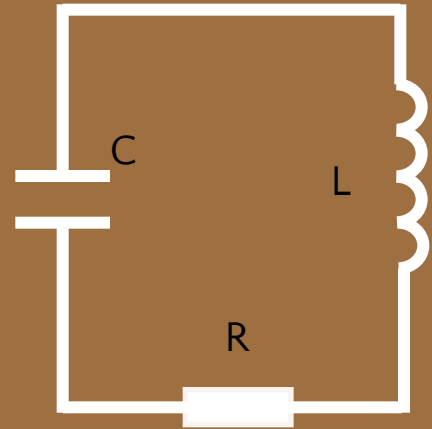
где I – сила переменного тока;
 L – индуктивность катушки.



Полная энергия электромагнитного Поля в колебательном контуре



В момент, когда конденсатор полностью разрядится, энергия электрического поля станет равной нулю. Энергия же магнитного поля тока, согласно закону сохранения энергии, будет максимальной. В этот момент сила тока также достигнет максимального значения.



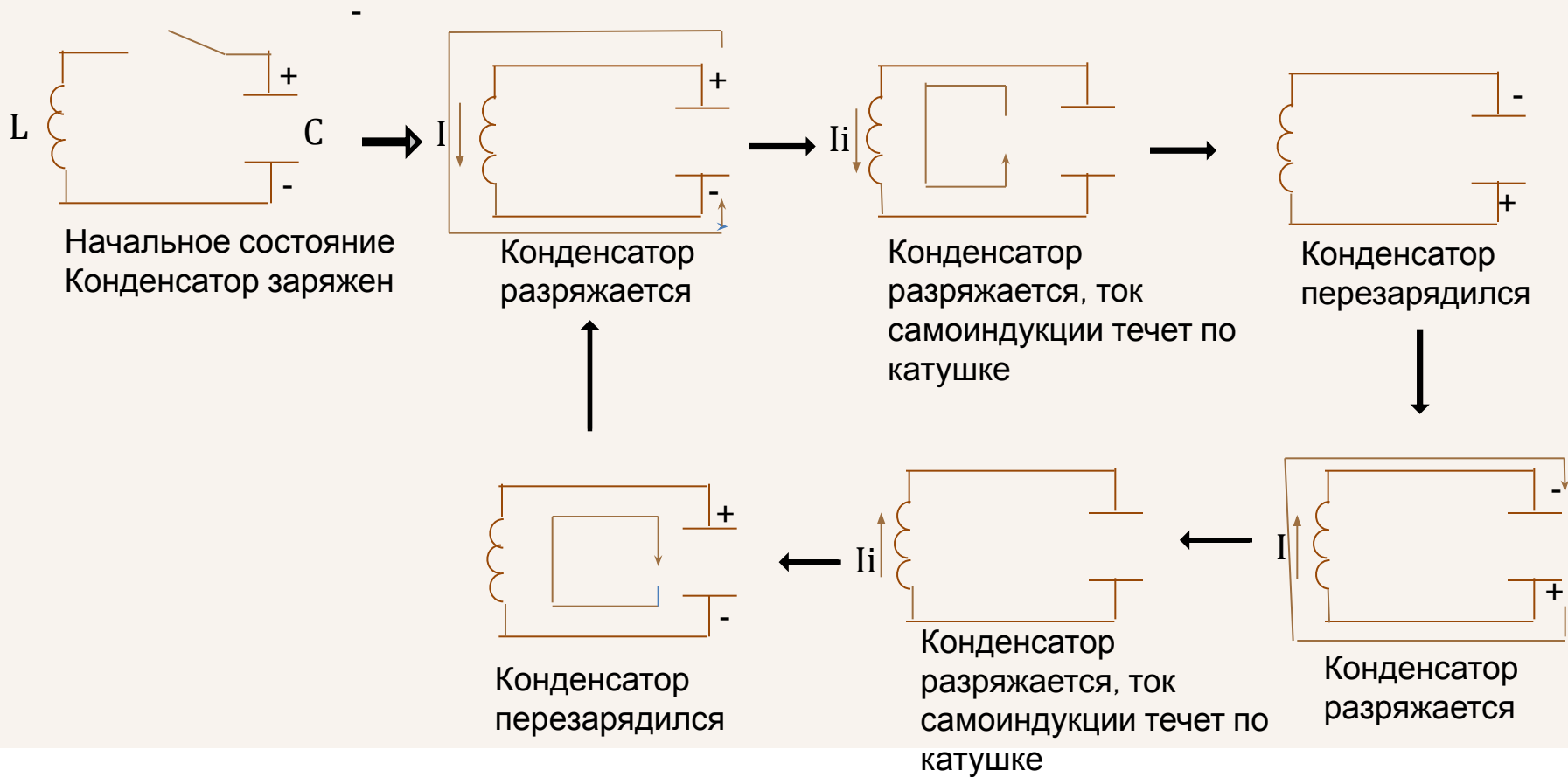
В колебательном контуре энергия электрического поля заряженного конденсатора периодически превращается в энергию магнитного поля тока.



Превращение энергии в колебательном контуре

Конденсато

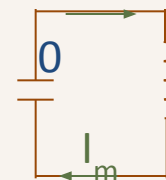
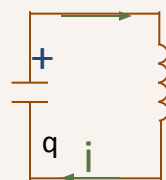
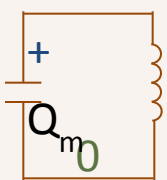
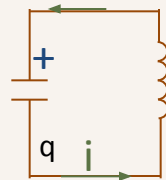
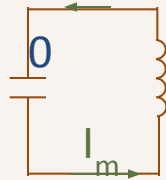
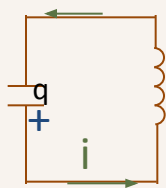
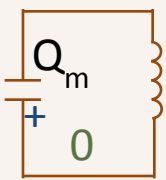
ρ



- По мере разрядки конденсатора энергия электрического поля $W_{\text{э}}$ уменьшается, так как уменьшается заряд на обкладках конденсатора, но одновременно возрастает энергия магнитного поля тока $W_{\text{м}}$.
- Полная энергия W электромагнитного поля контура равна сумме его энергий магнитного $W_{\text{м}}$ и электрического $W_{\text{э}}$ полей.

- В момент, когда конденсатор полностью разрядится, энергия электрического поля станет равна нулю (так как заряд конденсатора равен нулю). Энергия магнитного поля станет максимальной (по закону сохранения энергии).
- В этот момент сила тока в цепи становится максимальной. А раз в цепи есть ток, то конденсатор начинает опять заряжаться.
- Здесь же следует отметить, что сила тока в цепи поддерживается ЭДС самоиндукции и без источника тока.

- После зарядки конденсатор опять начинает разряжаться и все происходит сначала.
- Если бы не было потерь энергии, то колебания в колебательном контуре были бы незатухающими.
- **В колебательном контуре энергия электрического поля заряженного конденсатора периодически переходит в энергию магнитного поля тока.**



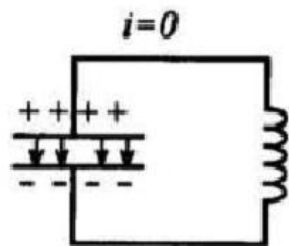
	1	2	3	4	5	6	7
q	Q_m	q_2	0	q_4	Q_m	q_6	0
U	U_m	u_2	0	u_4	U_m	u_6	0
i	0	I_2	I_m	i_4	U_m	i_6	I_m
W_e	$W_{e \max}$	W_{e2}	0	W_{e4}	$W_{e \max}$	W_{e6}	0
W_m	0	W_{m2}	$W_{m \max}$	$W_{m \max}$	0	W_{m6}	$W_{m \max}$
W	$W_{e \max}$	$W_{e2} + W_{m2}$	$W_{m \max}$	$W_{e4} + W_{m4}$	$W_{e \max}$	$W_{e6} + W_{m6}$	$W_{m \max}$

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

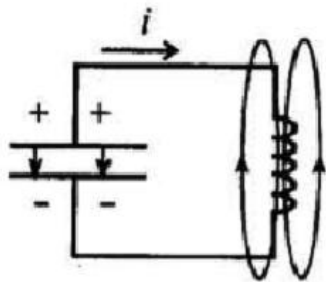
Свободные электромагнитные колебания происходят в колебательном контуре.

Период $T = 2\pi\sqrt{LC}$ (формула Томсона)

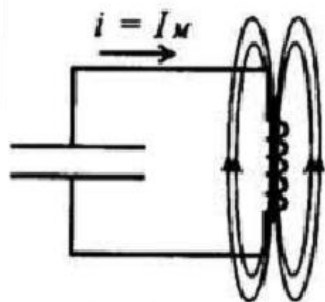
При замыкании обкладок заряженного конденсатора через катушку в цепи возникает ток.



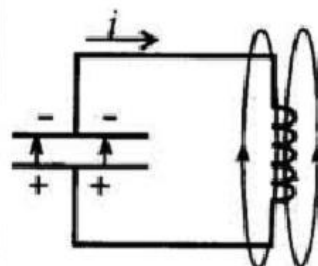
Вследствие явления самоиндукции сила тока нарастает постепенно.



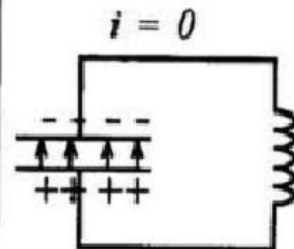
К моменту полной разрядки конденсатора сила тока достигает максимальной величины.



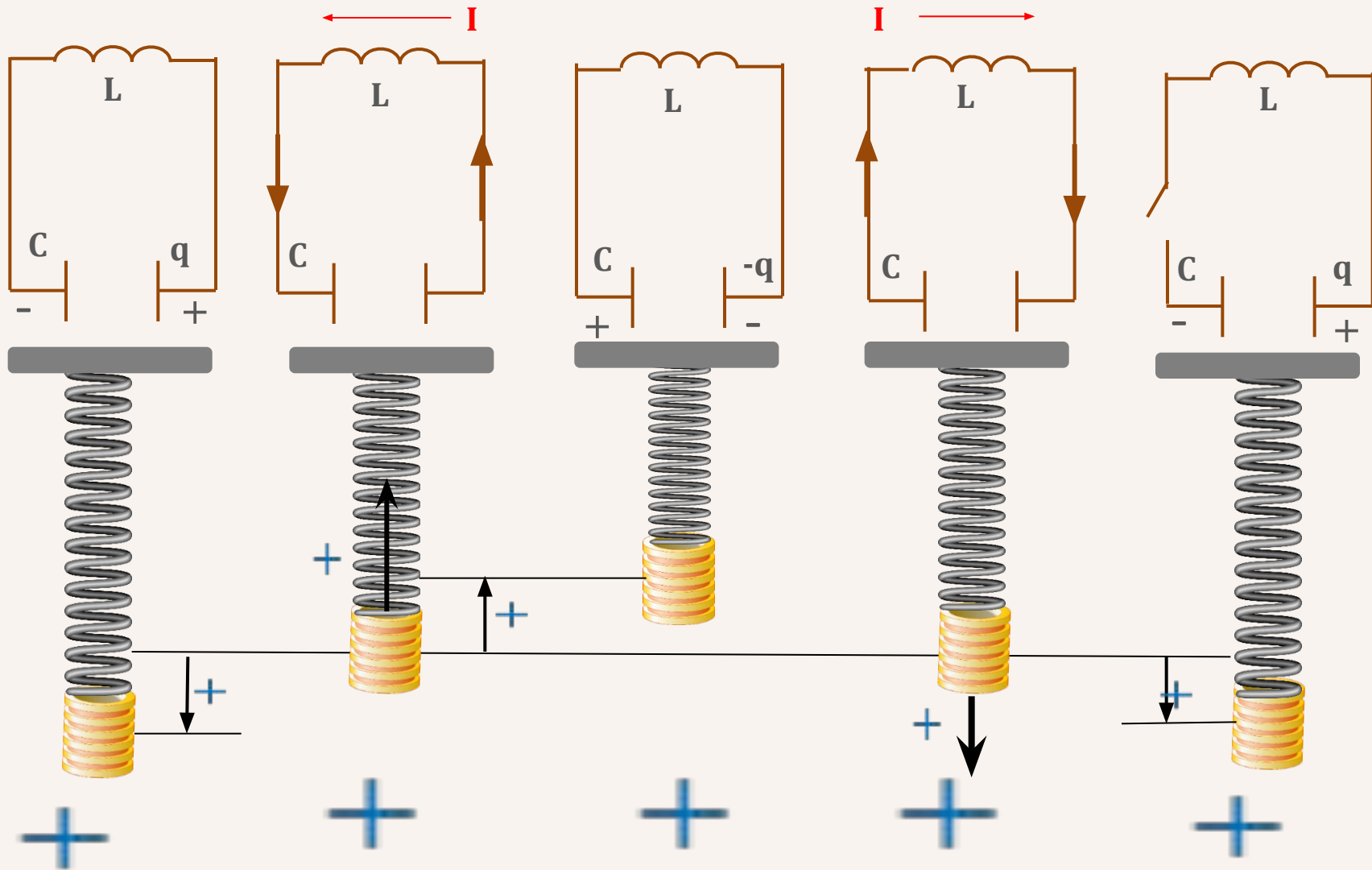
После этого сила тока начинает постепенно убывать, однако ток продолжает идти в ту же сторону, перезаряжая конденсатор.

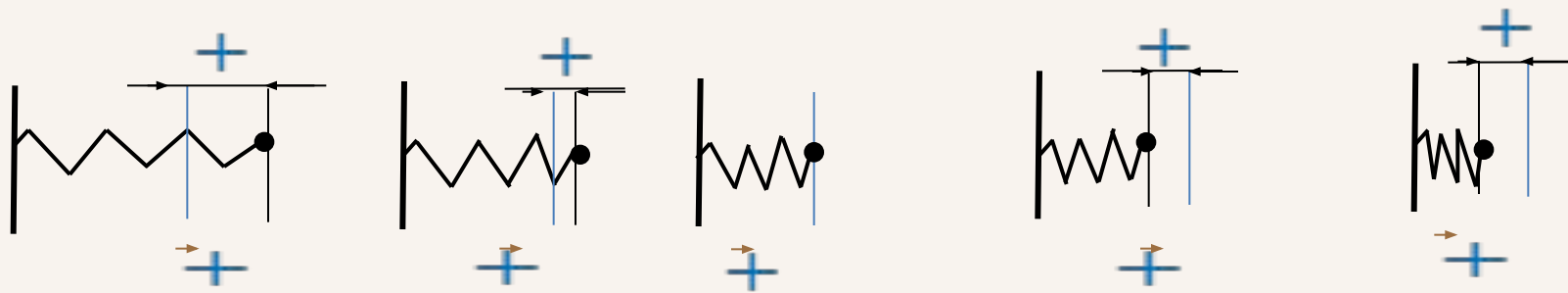
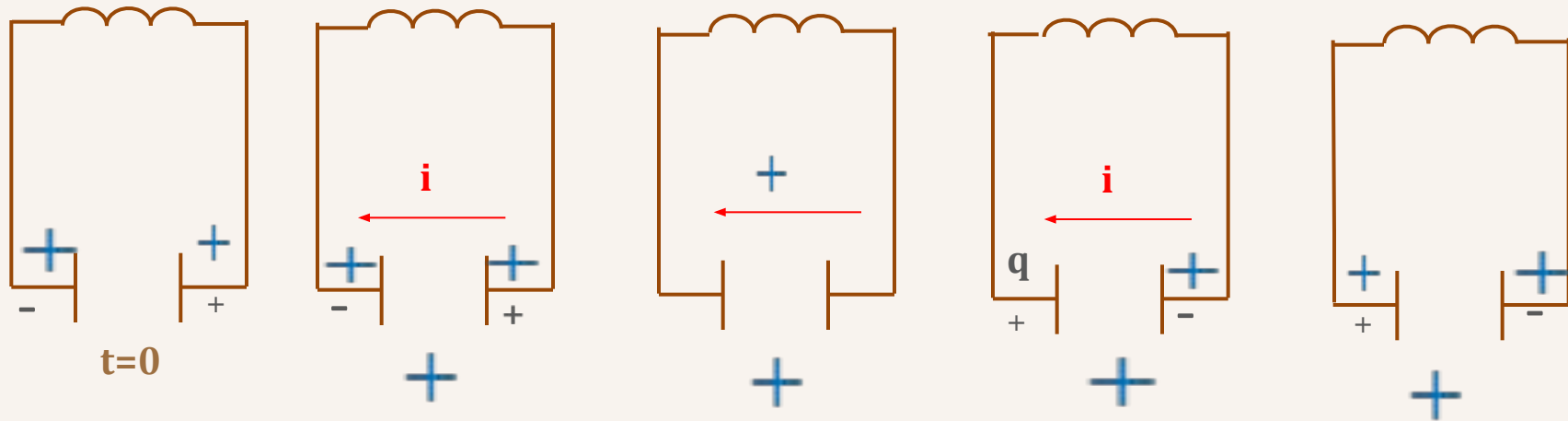


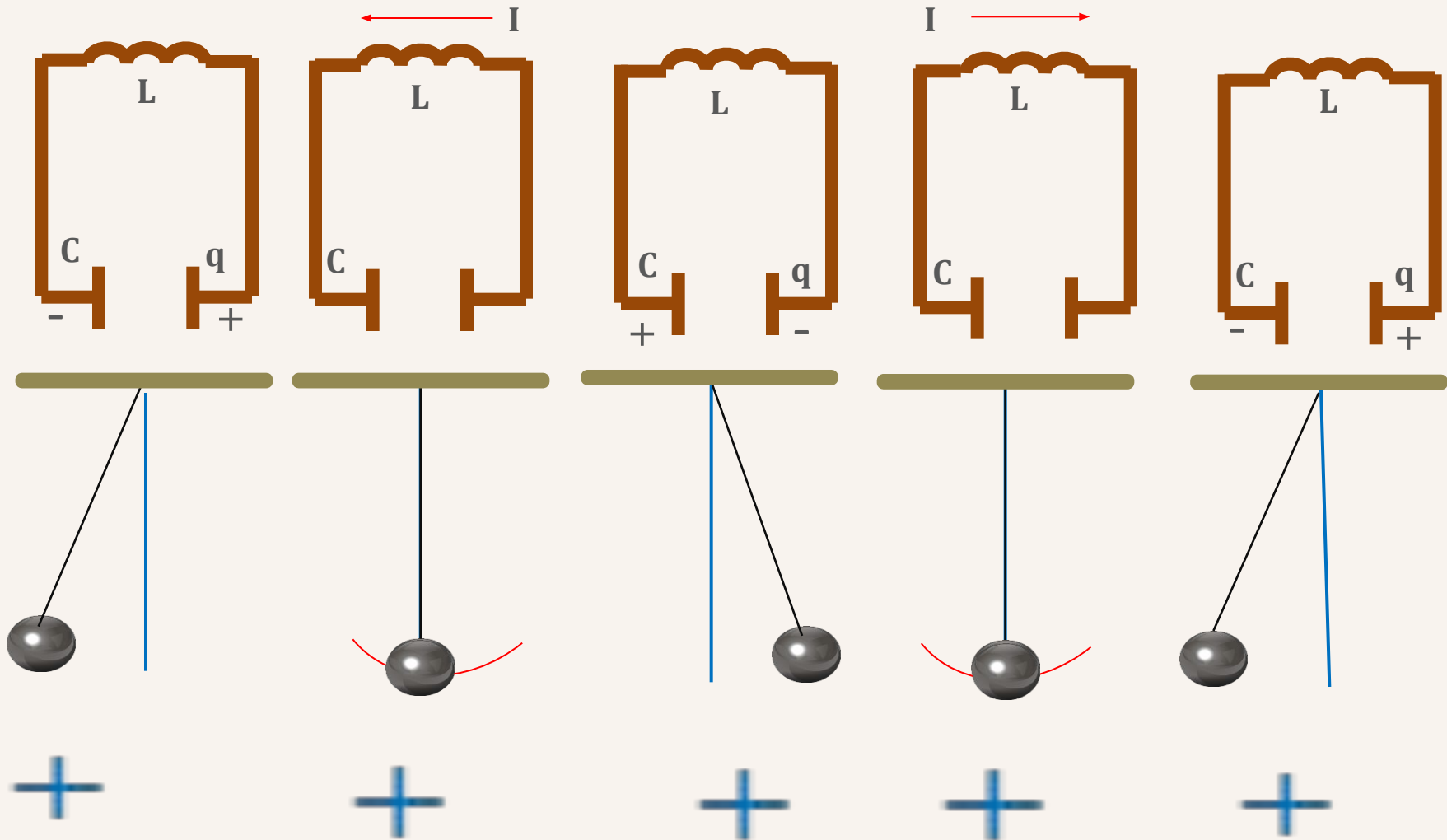
Состояние колебательного контура через половину периода.



- Аналогия электромагнитных колебаний в колебательном контуре с механическими колебаниями пружинного маятника и математического маятника







Сравнительная таблица механических и электромагнитных колебаний

	Механические колебания	Электромагнитные колебания
Параметры колебательной системы	Масса груза m Жёсткость пружины k	Индуктивность катушки L Величина, обратная ёмкости $\frac{1}{C}$
Энергия	Кинетическая энергия груза $E_k = \frac{mv^2}{2}$ Потенциальная энергия пружины $E_{\pi} = \frac{kx^2}{2}$	Энергия магнитного поля катушки $W_m = \frac{LI^2}{2}$ Энергия электрического поля конденсатора $W_e = \frac{1}{LC}$
Циклическая частота	$\omega^2 = \frac{k}{m}$	$\omega^2 = \frac{1}{LC}$
Величина, характеризующая отклонение	Координата $x = x_0 \cos \omega t$	Заряд $q = q_0 \cos \omega t$
Величины, характеризующие скорость изменения состояния колебательной системы	$v = v_0 \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$ $a = a_0 \cos \left(\omega t + \pi \right)$	$I = I_0 \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$ $q = q_0 \cos \left(\omega t + \pi \right)$

Электрические величины		Механические величины	
Заряд конденсатора	$q(t)$	Координата	$x(t)$
Ток в цепи	$I = \frac{dq}{dt}$	Скорость	$v = \frac{dx}{dt}$
Индуктивность	L	Масса	m
Величина, обратная ёмкости	$\frac{1}{C}$	Жёсткость	k
Напряжение на конденсаторе	$+$	Упругая сила	kx
Энергия электрического поля конденсатора	$\frac{q^2}{2C}$	Потенциальная энергия пружины	$\frac{kx^2}{2}$
Магнитная энергия катушки	$\frac{LI^2}{2}$	Кинетическая энергия	$\frac{mv^2}{2}$
Магнитный поток	LI	Импульс	mv

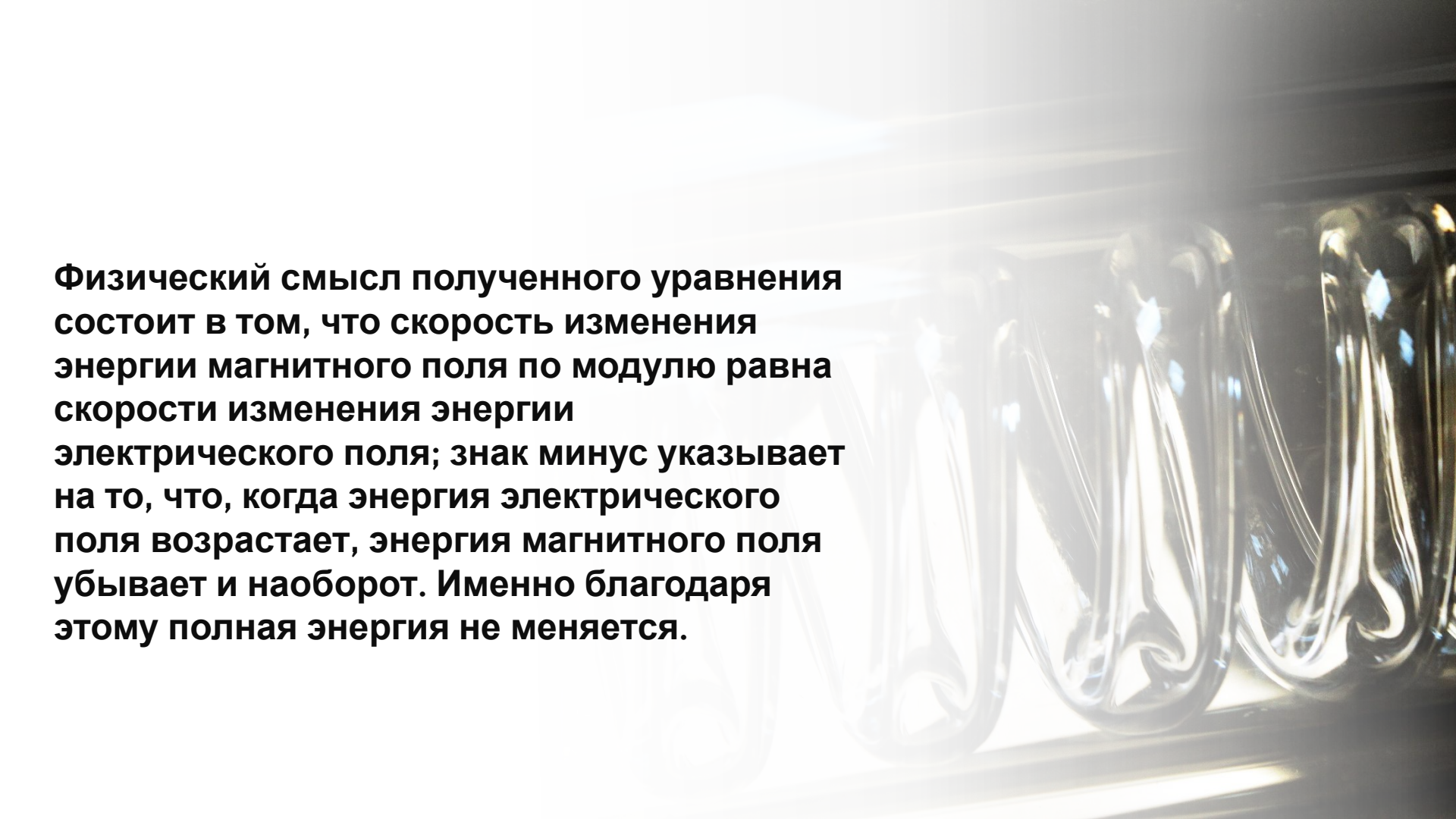
Уравнение, описывающее свободные электрические колебания в

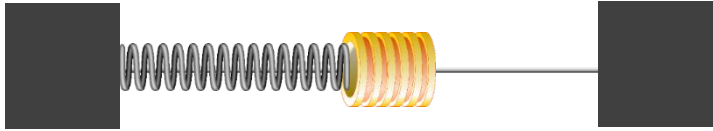


Уравнение, описывающее свободные

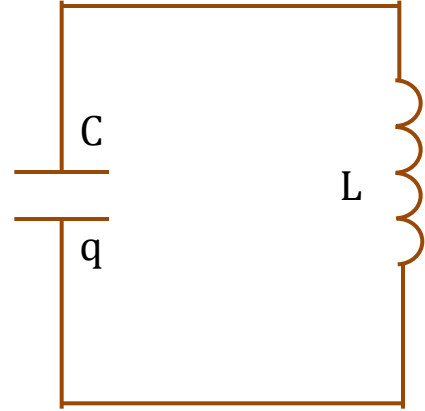


Физический смысл полученного уравнения состоит в том, что скорость изменения энергии магнитного поля по модулю равна скорости изменения энергии электрического поля; знак минус указывает на то, что, когда энергия электрического поля возрастает, энергия магнитного поля убывает и наоборот. Именно благодаря этому полная энергия не меняется.





+



+



– циклическая частота
пружинного маятника



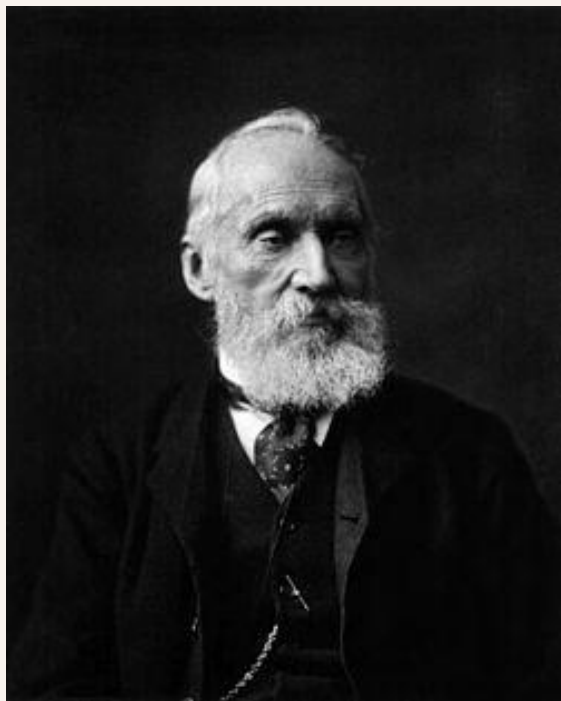
– циклическая частота свободных
электрических колебаний

Период колебаний груза на пружине:



Период свободных колебаний в
электромагнитном контуре:





У. Томсон (Кельвин)

1824 - 1907 гг.

Формула Томсона:



Уравнение изменения координаты со временем



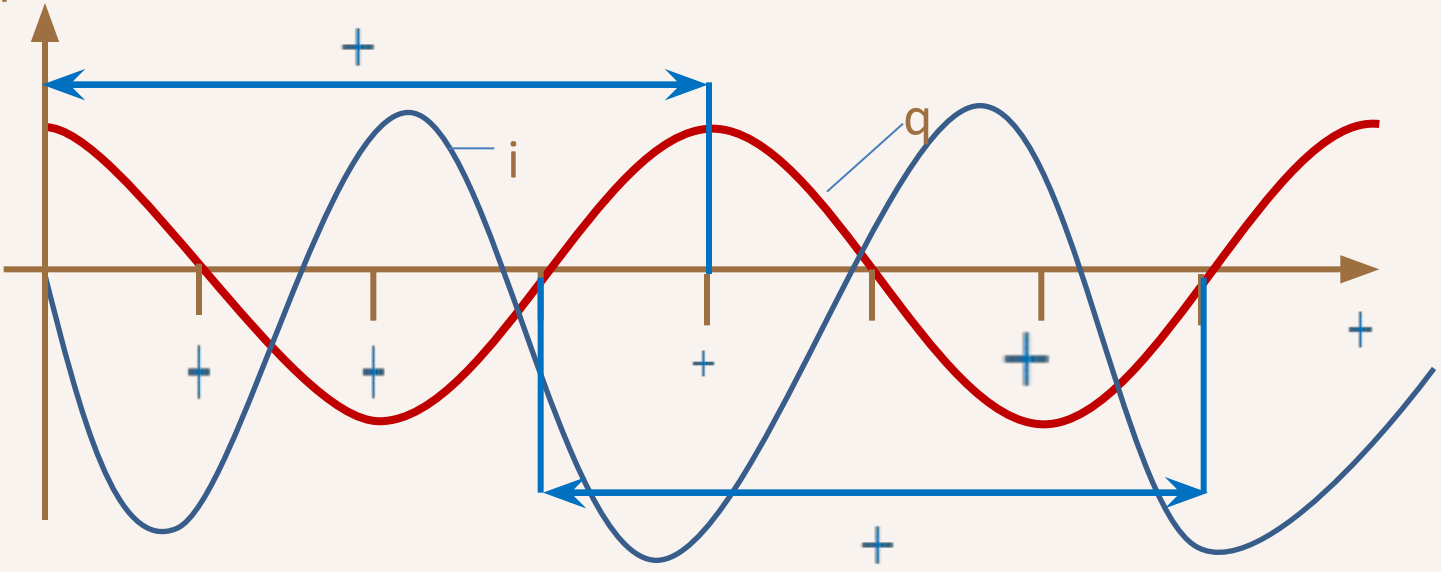
Уравнение изменения заряда конденсатора со временем



Сила тока совершает гармонические колебания



q, i



Задача. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. Индуктивность катушки уменьшили от 32 мГн до 4 мГн. Как и во сколько раз изменится в результате этого период электромагнитных колебаний в контуре?

Дано

:



Решени

е:



ОТВЕТ: в 4 раза увеличится период колебаний, соответственно в 4 раза уменьшится частота колебаний .



Дано

:



Решени

е:



Найти: Какую информацию о колебаниях заряда в контуре можно получить из этого уравнения?