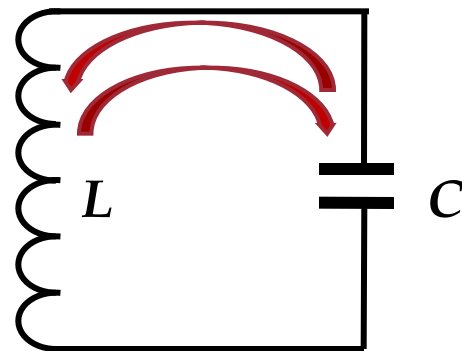
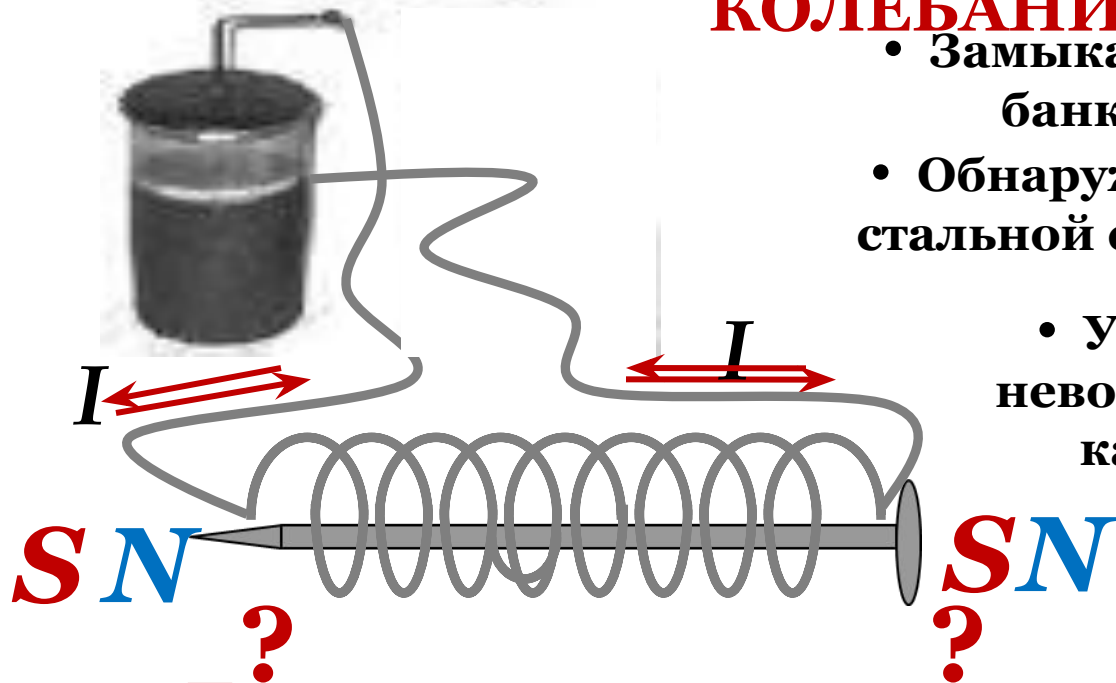


# СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ



# ОТКРЫТИЕ СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

- Замыкали обкладки лейденской банки с помощью катушки
- Обнаруживали намагничивание стальной спицы, помещенной внутрь катушки
- Удивляло то, что заранее невозможно было предсказать, какой конец спицы будет северным полюсом, а какой - южным

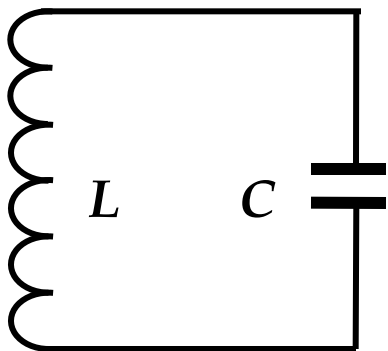


- При разрядке конденсатора через катушку возникают колебания: конденсатор успевает многократно перезарядиться и ток меняет направление много раз

Периодические или почти периодические изменения заряда, силы тока и напряжения называются **ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ**  
Система, в которой могут осуществляться такие колебания, называется

**КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ КОНТУРОМ**

Обнаружить наличие колебаний позволяет прибор - **ОСЦИЛЛОГРАФ**



**Рассмотрим подробно процессы, происходящие в колебательном контуре**



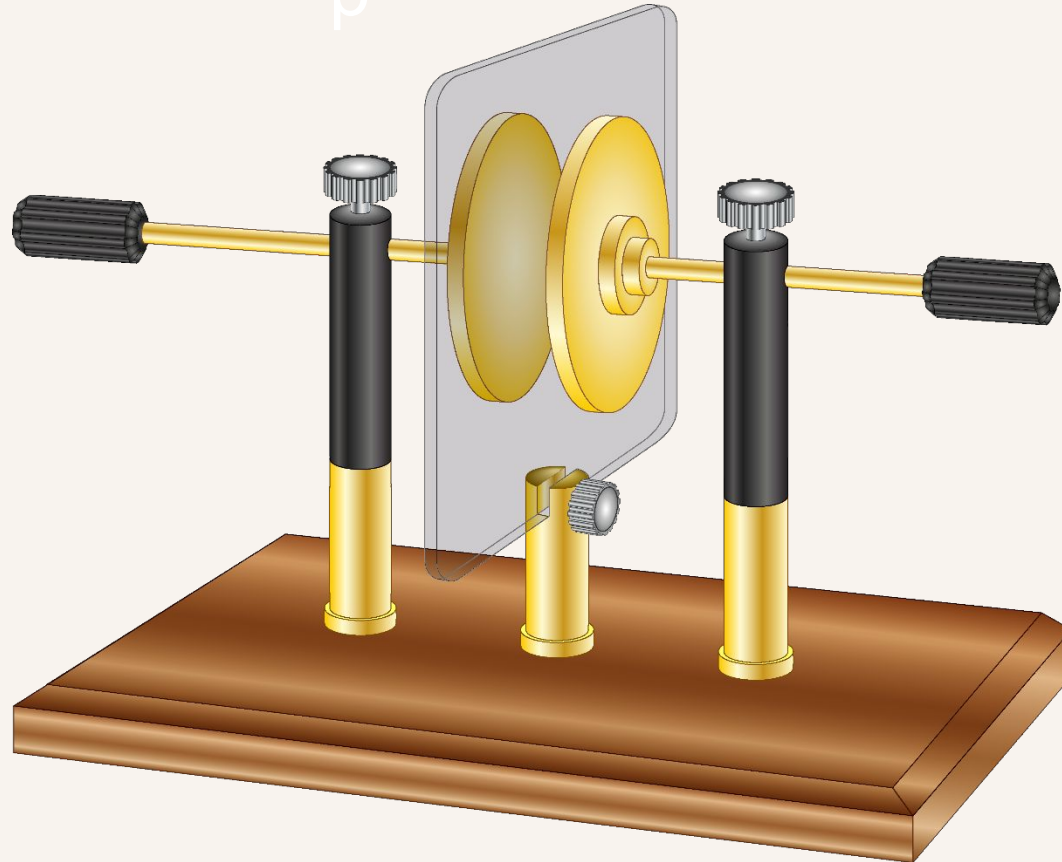
**Немецкий учёный. Занимался проблемами электродинамики, создал колебательный контур, состоящий из индуктивности и ёмкости.**

**Гельмгольц Герман Людвиг**

**1821 – 1894 гг.**

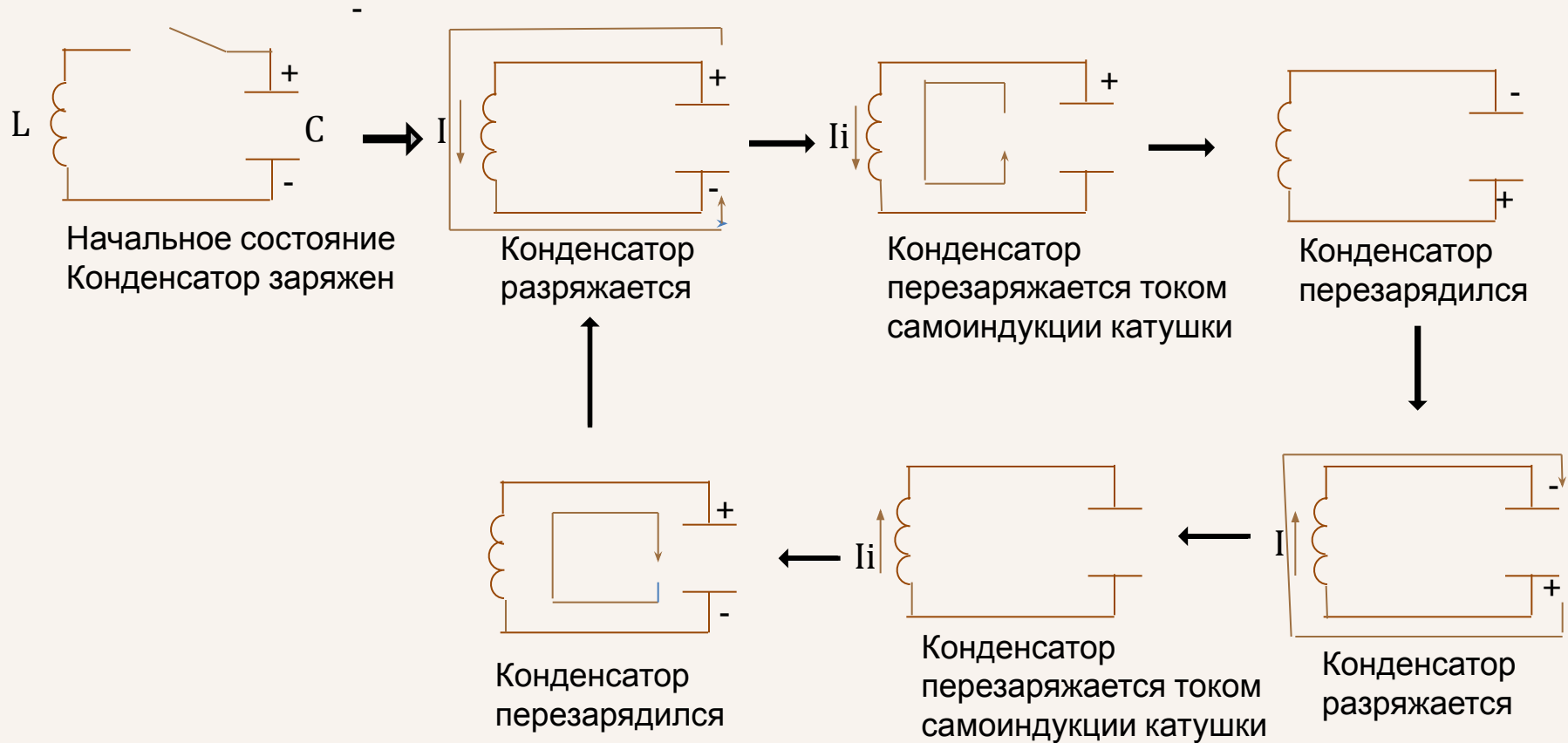
# Конденсато

$\rho$



# Конденсато

$\rho$

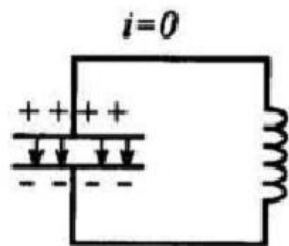


# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

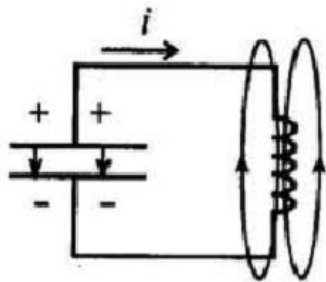
Свободные электромагнитные колебания происходят в колебательном контуре.

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

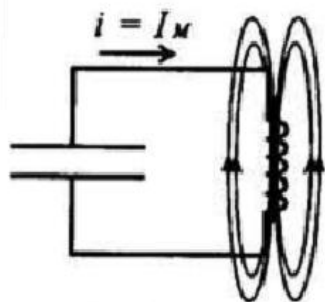
При замыкании обкладок заряженного конденсатора через катушку в цепи возникает ток.



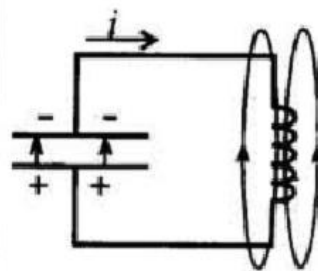
Вследствие явления самоиндукции сила тока нарастает постепенно.



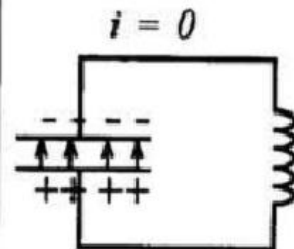
К моменту полной разрядки конденсатора сила тока достигает максимальной величины.

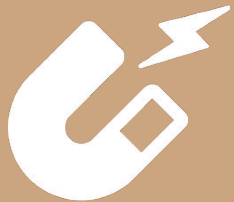
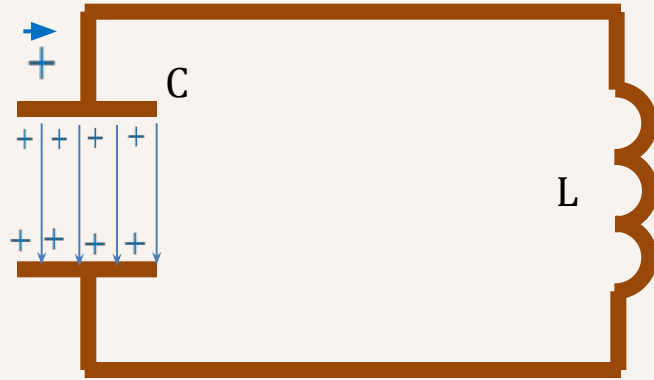


После этого сила тока начинает постепенно убывать, однако ток продолжает идти в ту же сторону, перезаряжая конденсатор.



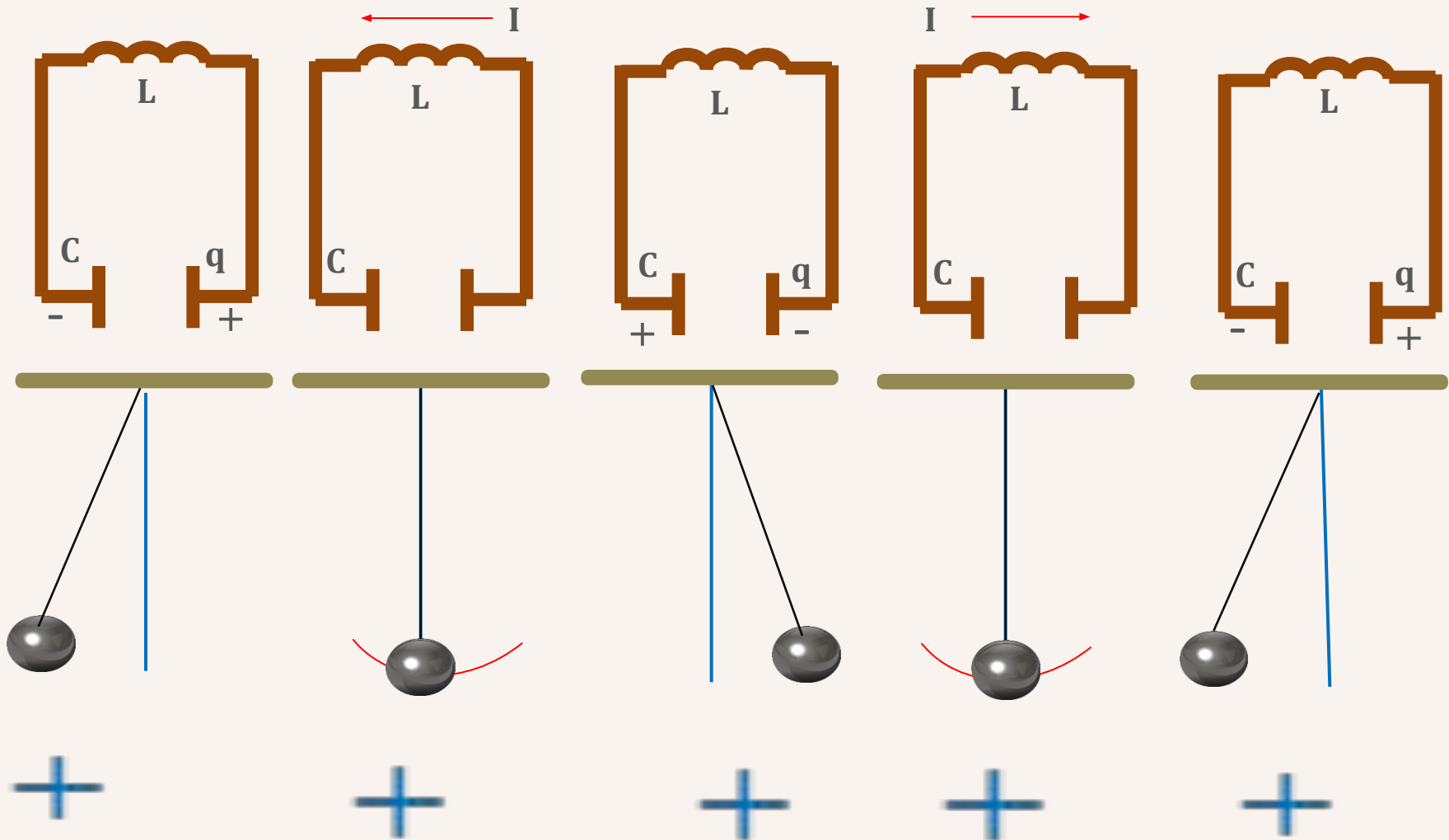
Состояние колебательного контура через половину периода.





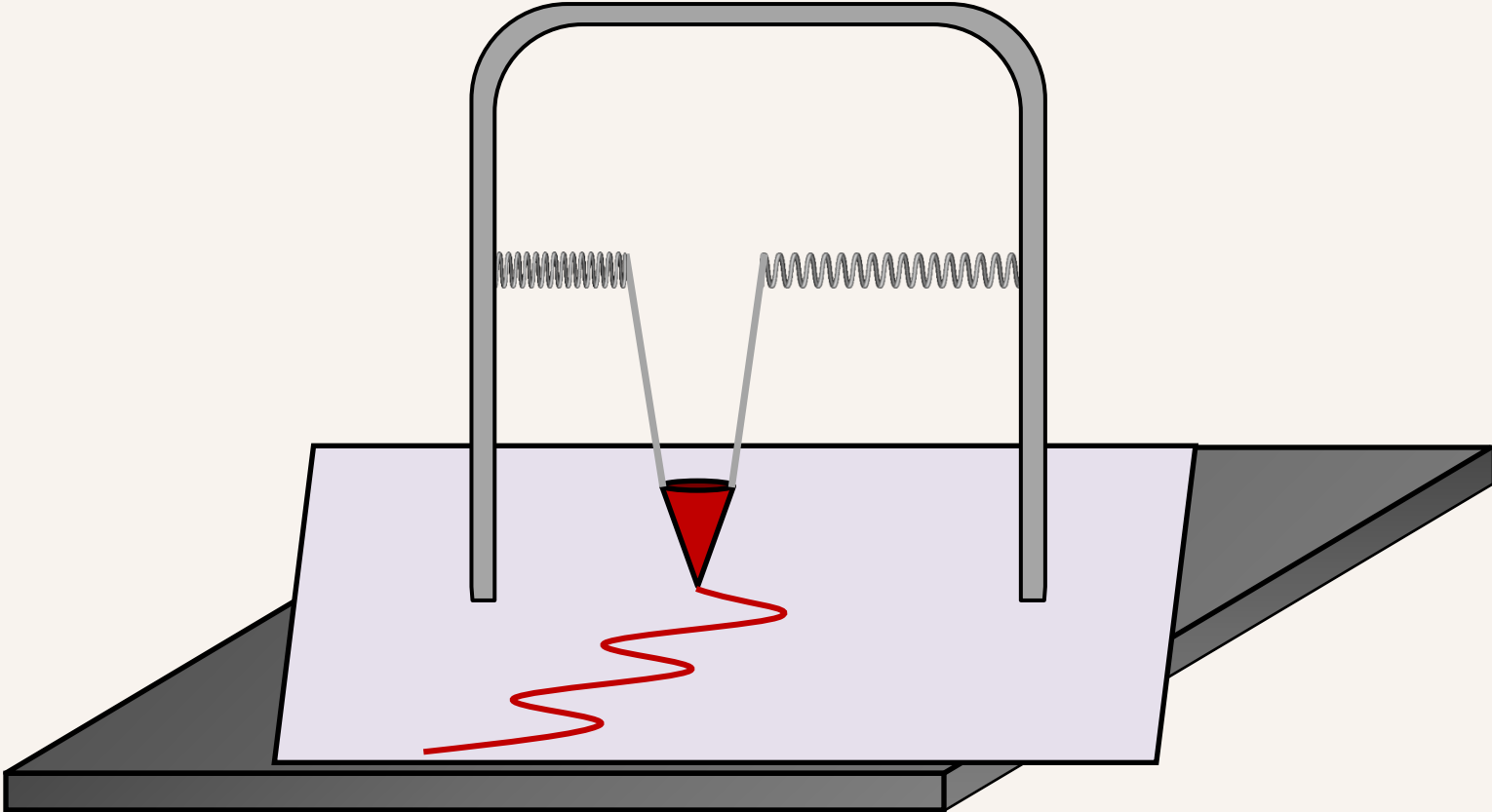
Система, в которой могут осуществляться свободные электромагнитные колебания, называется **колебательным контуром**.



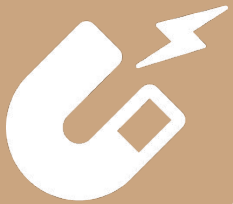


**Осциллограф** – прибор, который позволяет обнаружить наличие колебаний.



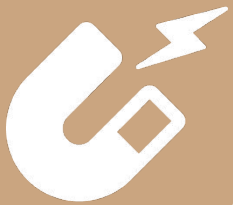
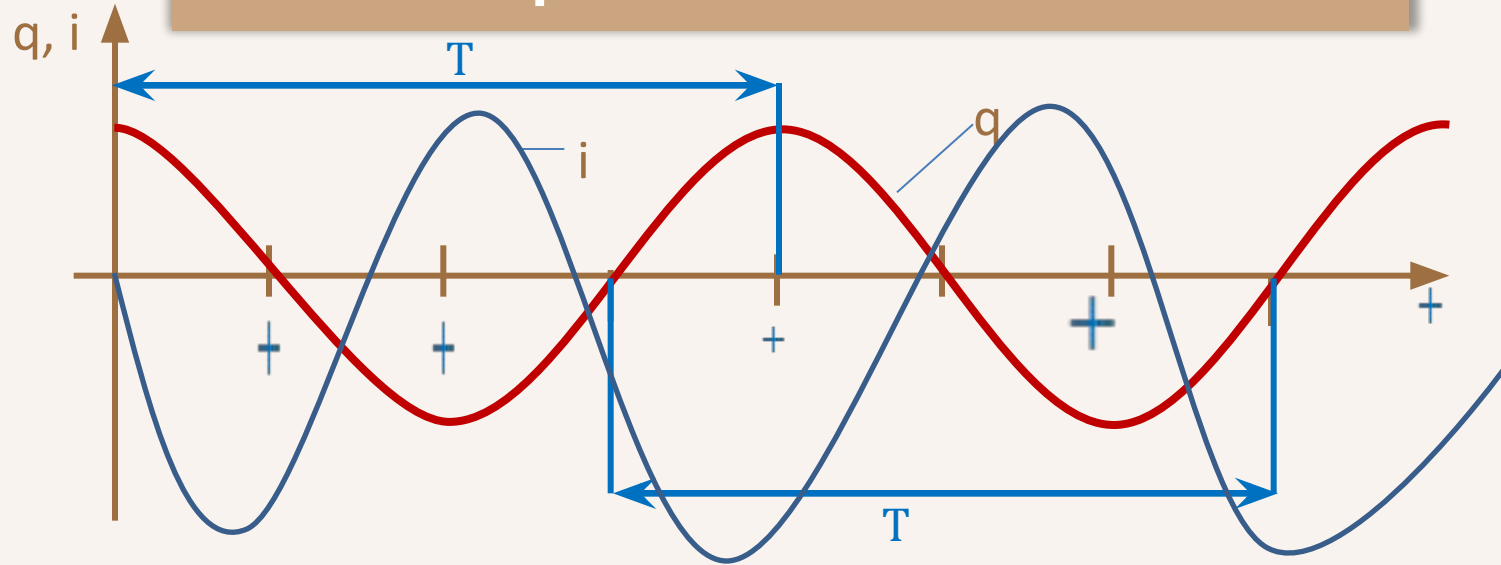


# Свободные колебания

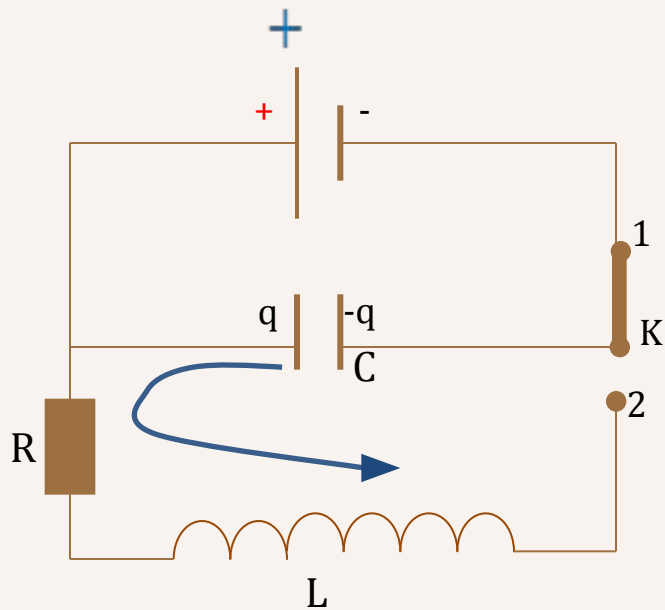


**Свободными колебаниями** называются колебания, которые возникают в системе, выведенной из состояния равновесия, только за счёт внутренних сил.

# 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.

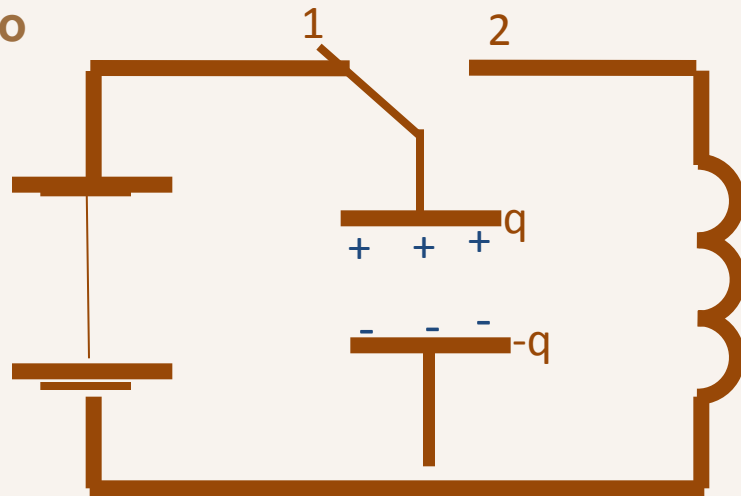


**Вынужденные электромагнитные колебания** – это колебания, которые возникают в цепи под действием внешней периодической электродвижущей силы.



– энергия электрического  
поля конденсатора

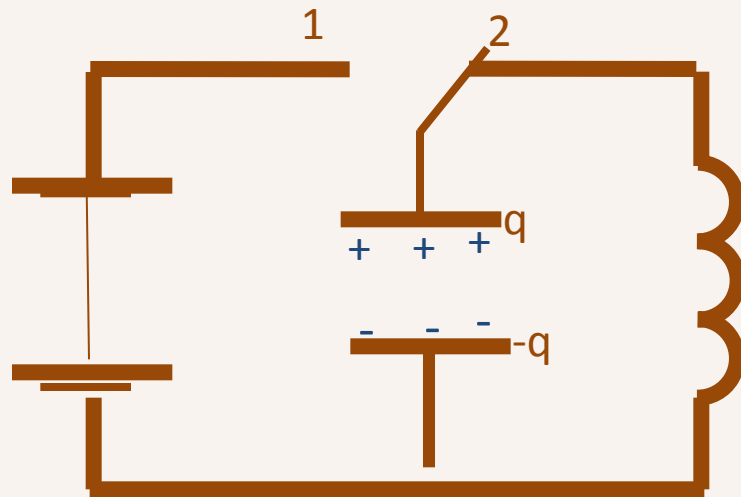
где  $q$  – заряд конденсатора;  
 $C$  – его электроёмкость.





– энергия магнитного поля  
катушки

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

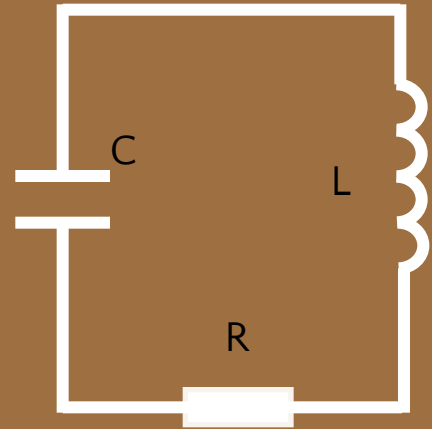




## Полная энергия электромагнитного поля контура



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.



# СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

## МЕХАНИЧЕСКИЕ

### Совершаются

- математическим маятником
- пружинным маятником

### Изменяются периодически:

- координата
- скорость
- потенциальная энергия
- кинетическая энергия

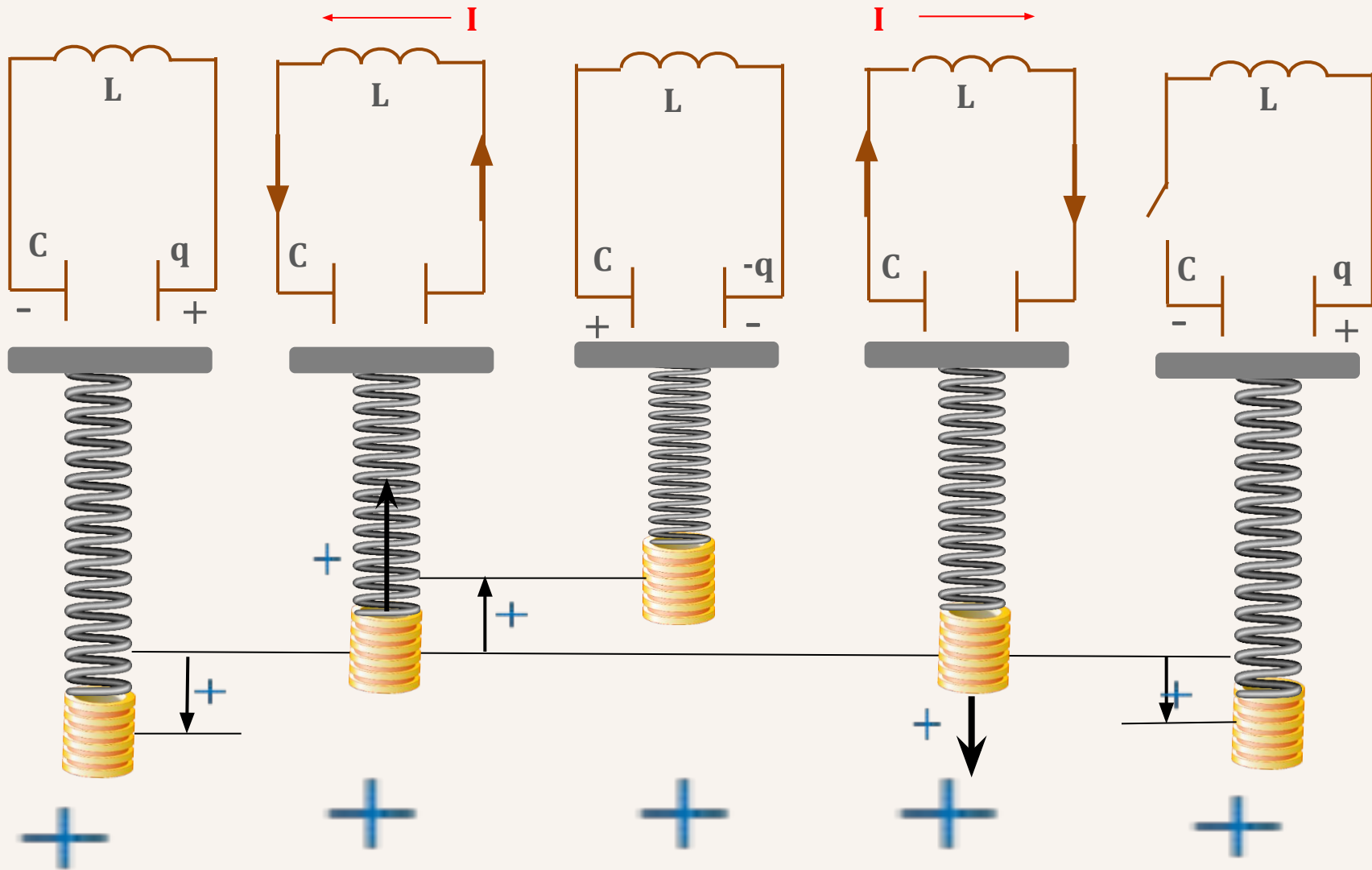
## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

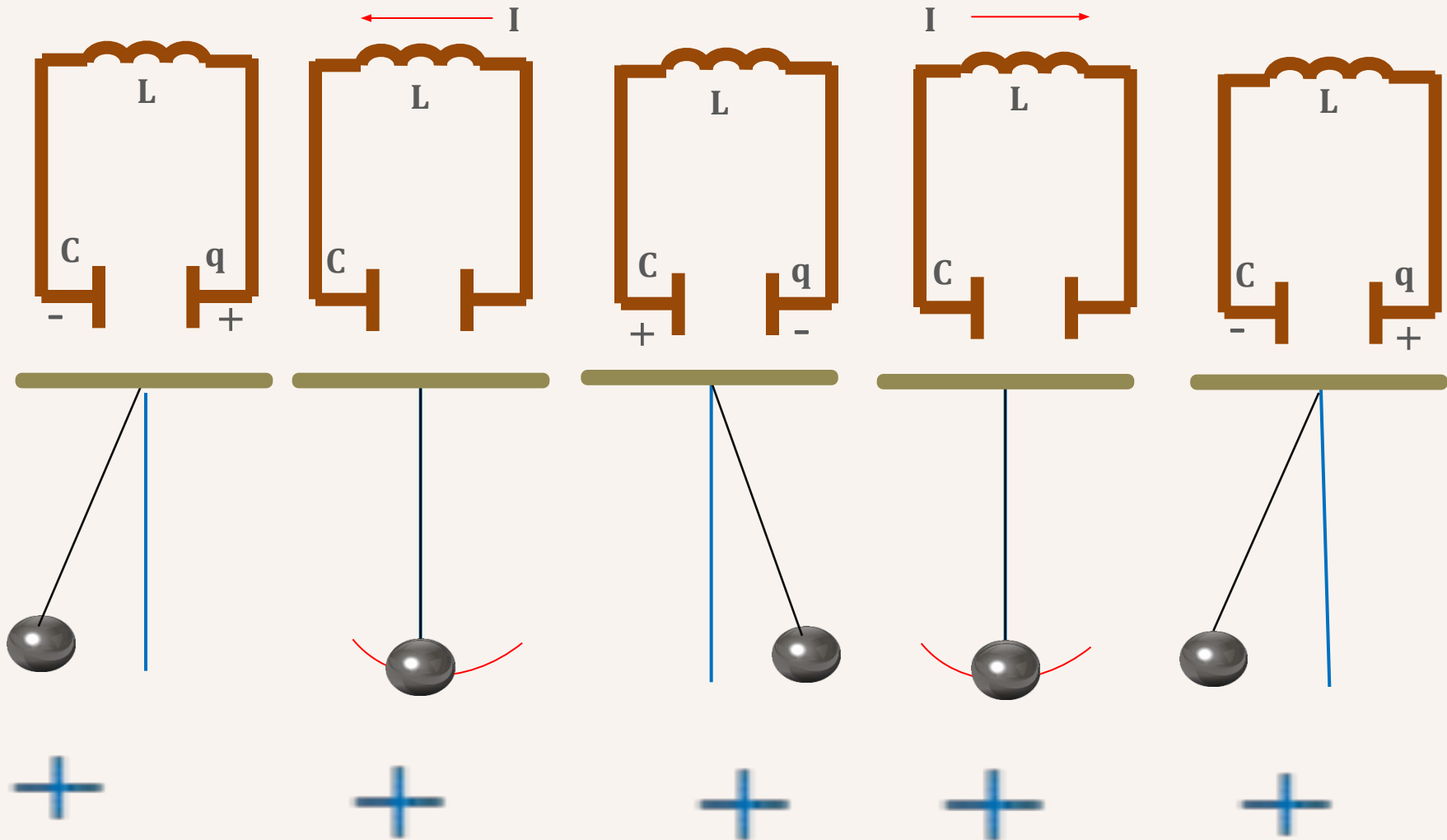
### Совершаются

- в колебательном контуре

### Изменяются периодически:

- заряд
- сила тока
- энергия электрического поля
- энергия магнитного поля





## Сравнительная таблица механических и электромагнитных колебаний

	Механические колебания	Электромагнитные колебания
Параметры колебательной системы	Масса груза <b>m</b> Жёсткость пружины <b>k</b>	Индуктивность катушки <b>L</b> 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	$v = v_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$  $a = a_0 \cos(\omega t + \pi)$	$I = I_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$  $q = q_0 \cos(\omega t + \pi)$

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 электроёмкости	$\frac{1}{C}$	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	$mv$

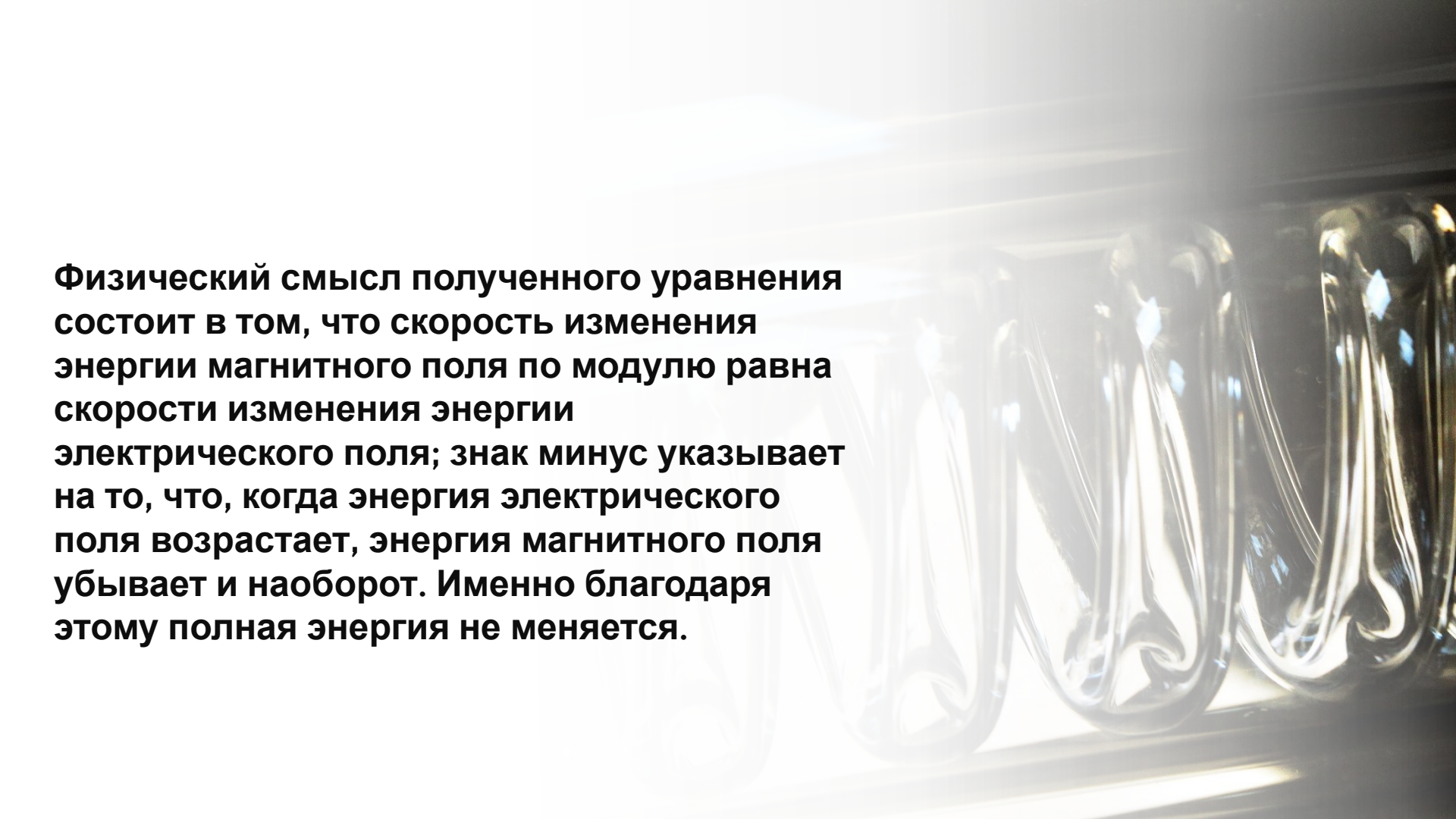


# Уравнение, описывающее свободные электрические колебания в

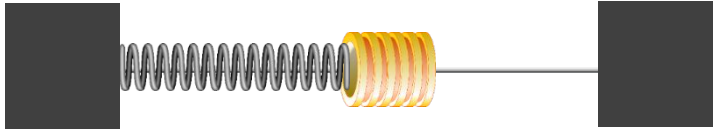


# Уравнение, описывающее свободные

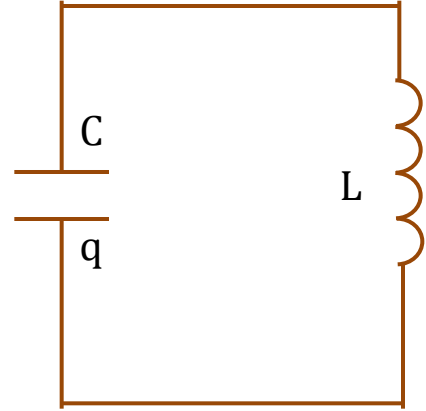




**Физический смысл полученного уравнения состоит в том, что скорость изменения энергии магнитного поля по модулю равна скорости изменения энергии электрического поля; знак минус указывает на то, что, когда энергия электрического поля возрастает, энергия магнитного поля убывает и наоборот. Именно благодаря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



+



+



– циклическая частота  
пружинного маятника



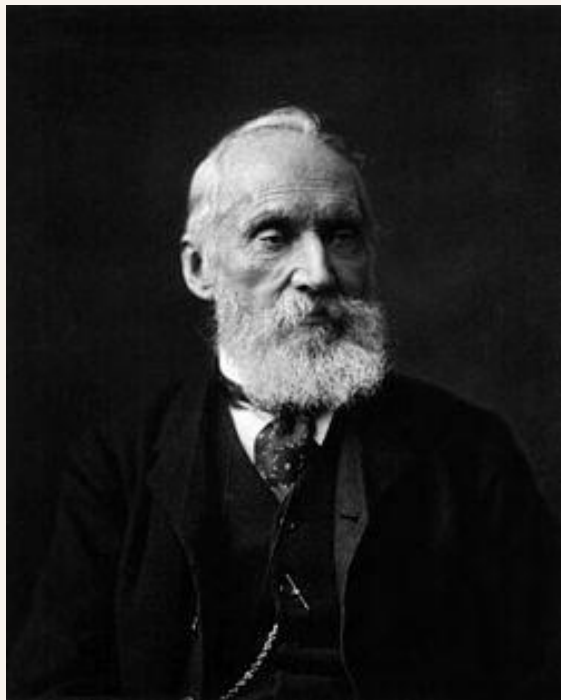
– циклическая частота свободных  
электрических колебаний

Период колебаний груза на пружине:



Период свободных колебаний в  
электромагнитном контуре:





**У. Томсон (Кельвин)**

**1824 - 1907 гг.**

**Формула Томсона:**



# Уравнение изменения заряда конденсатора со временем





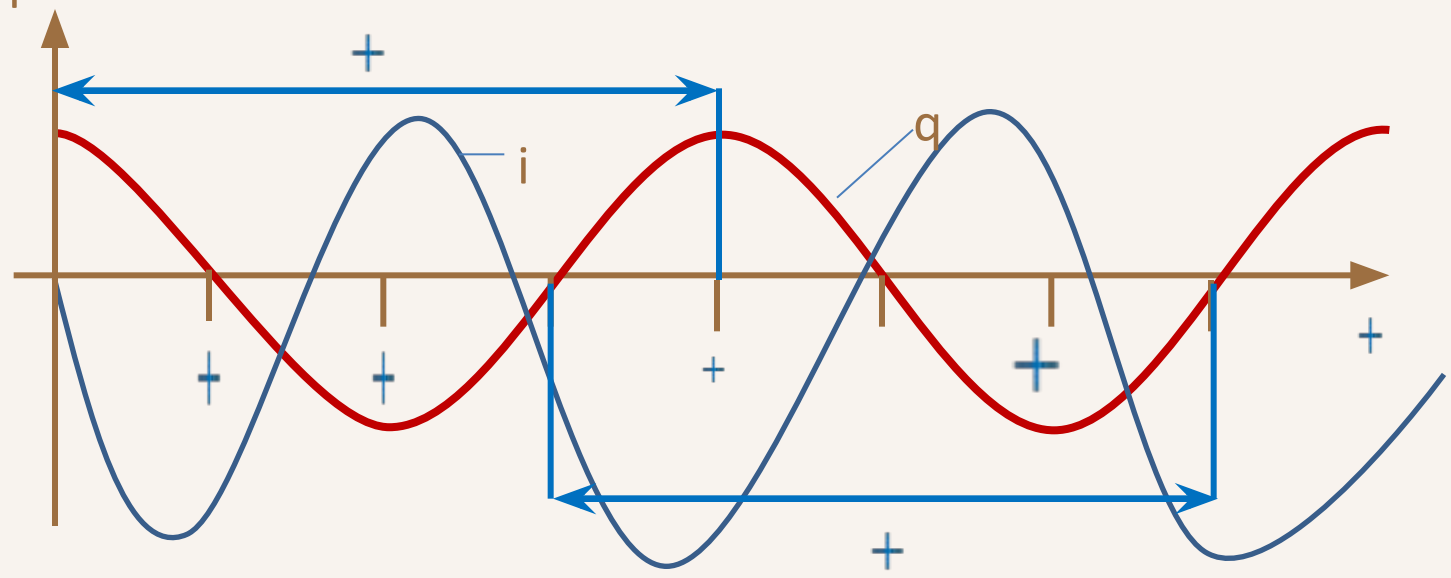
# Уравнение изменения заряда конденсатора со временем



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?