

# Электромагнитные колебания

# Домашнее задание

написать конспект (ответить на вопросы)

1. Определение электромагнитных колебаний
2. Колебательная система
3. Виды электромагнитных колебаний
4. Характеристики колебаний
5. Превращение энергии в колебательном контуре

В электрических цепях, так же как и в механических системах, таких как груз на пружине или маятник, могут возникать *свободные колебания*.

Такие колебания называются *электромагнитными*.

*Электромагнитные колебания — это периодические изменения заряда, силы тока и напряжения, происходящие в электрической цепи.*

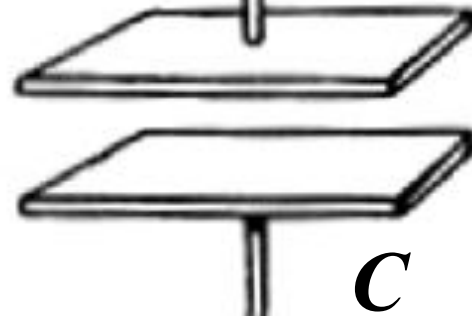
Простейшей системой для наблюдения электромагнитных колебаний служит *колебательный контур*.

*Колебательный контур — это замкнутый контур, образованный последовательно соединёнными конденсатором и катушкой.*

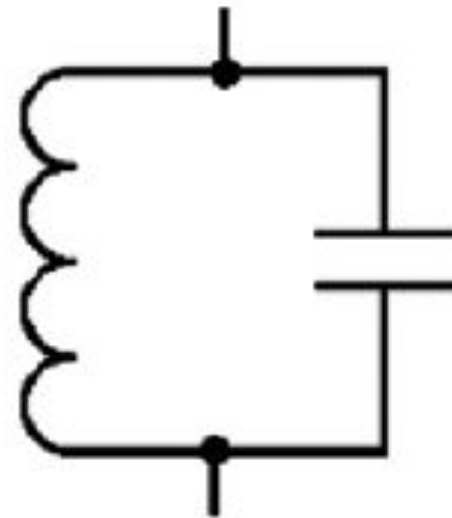
Катушка  
индуктивности



Конденсатор



Изображение  
на принципиальных схемах



$L$  – индуктивность катушки

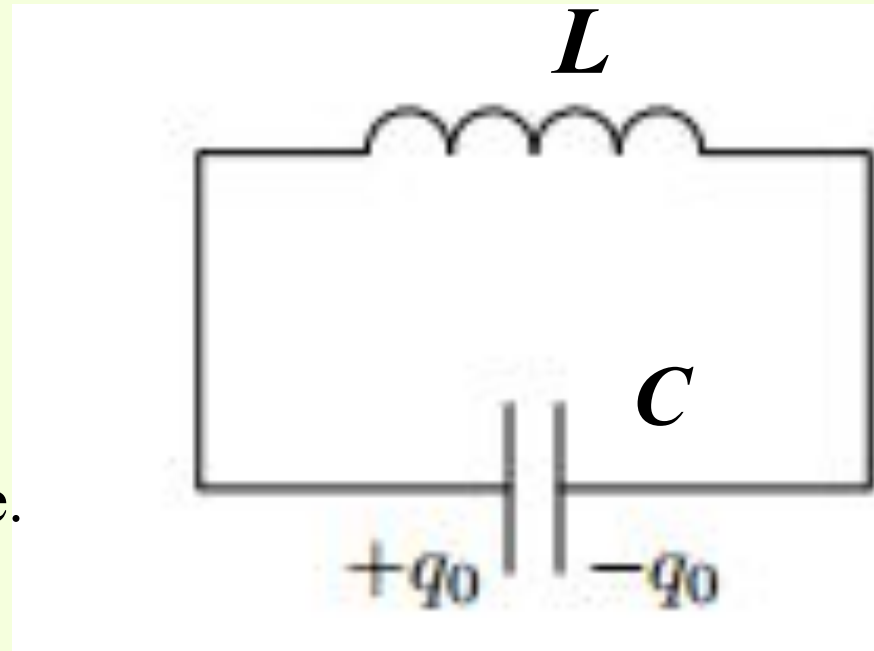
$C$  – емкость конденсатора

$q$  – заряд конденсатора

$L$

Зарядим конденсатор,  
подключим к нему катушку и  
замкнём цепь.

Начнут происходить  
свободные электромагнитные  
колебания — периодические  
изменения заряда на  
конденсаторе и тока в катушке.



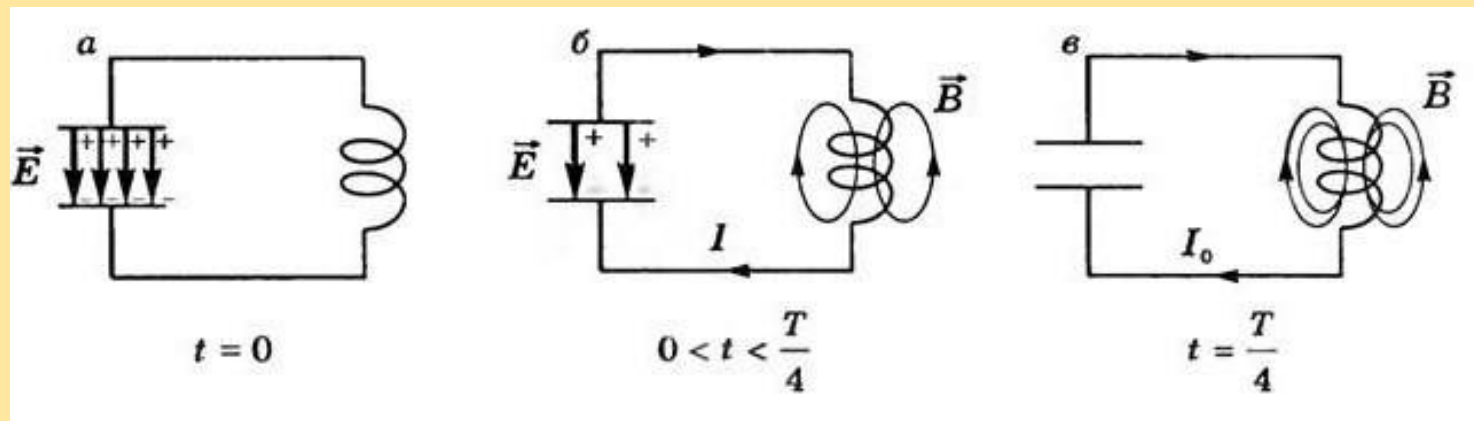
*Свободными эти колебания называются потому, что они совершаются без какого-либо внешнего воздействия — только за счёт энергии, запасённой в контуре.*

$T$  — период колебаний

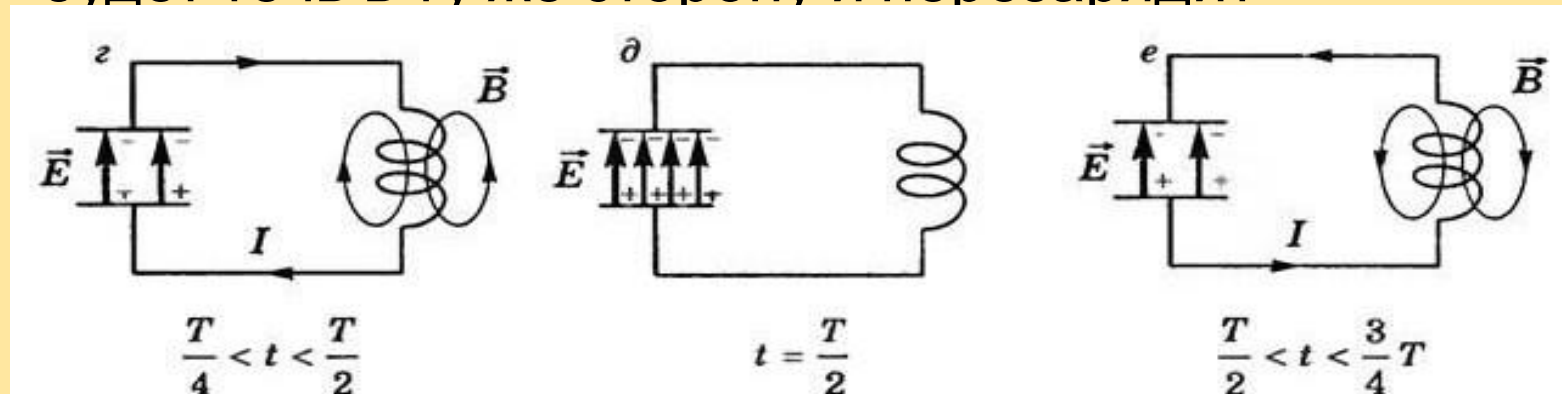
$$R_{\text{катушки}} = 0$$

# Возникновение свободных э.м. колебаний

- Если конденсатор зарядить и замкнуть на катушку, то по катушке потечет ток. Когда конденсатор разрядится, ток в цепи не прекратится из-за самоиндукции в катушке.



- Индукционный ток, в соответствии с правилом Ленца, будет течь в ту же сторону и перезарядит



Электрические величины		Механические величины	
Заряд конденсатора	$q(t)$	Координата	$x(t)$
Ток в цепи	<small>Формулы эти колебания называются потому, что они являются без какого-либо внешнего воздействия — то и сами мерки, запятой в конце. периодический ток = 0</small>	Скорость	<small>Формулы эти колебания называются потому, что они являются без какого-либо внешнего воздействия — то и сами мерки, запятой в конце. периодический ток = 0</small>
Индуктивность	$L$	Масса	$m$
Величина, обратная емкости	$\frac{1}{C}$	Жесткость	$k$
Напряжение на конденсаторе	$U = \frac{q}{C}$	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	$mv$

# Формула Томсона

- Период электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре (т. е. в таком контуре, где нет потерь энергии) зависит от индуктивности катушки и емкости конденсатора и находится по формуле Томсона, где

*T*- это промежуток времени,

*через который значения колеблющихся величин*

*периодически повто  
периодом колебани*

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$



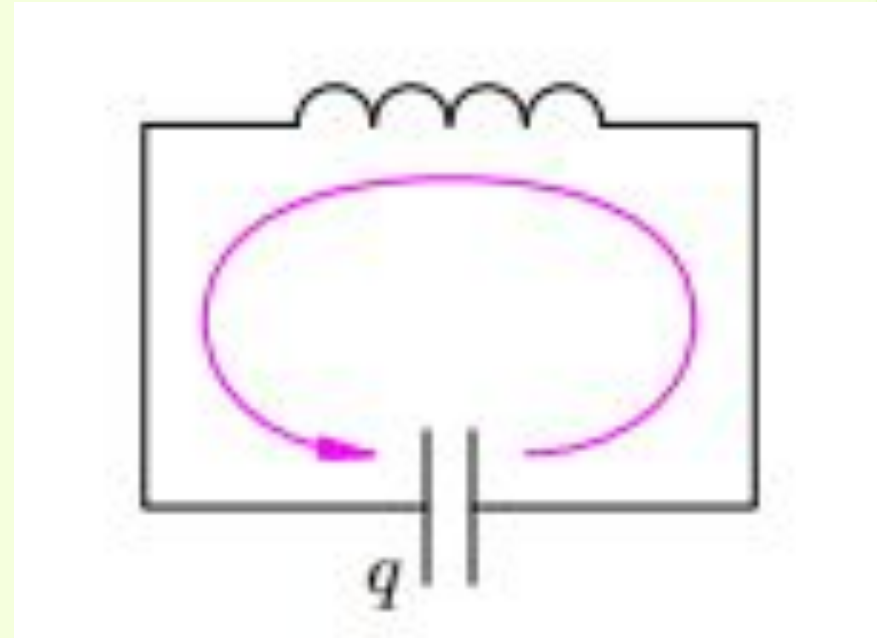
## Гармонические колебания в контуре

Колебания называются **гармоническими**, если колеблющаяся величина меняется со временем по закону синуса или косинуса.

Докажем, что колебания заряда на конденсаторе и силы тока в контуре оказываются гармоническими.

Установим правила выбора знака для заряда конденсатора и для силы тока — ведь при колебаниях эти величины будут принимать как положительные, так и отрицательные значения.

Выберем *положительное* направление обхода контура, направление *против часовой стрелки*.



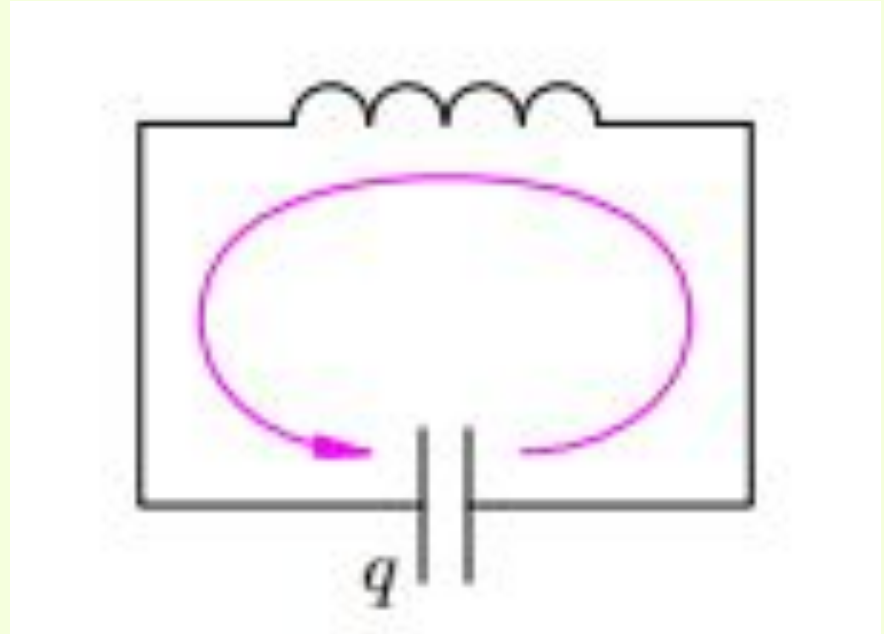
## Гармонические колебания в контуре

$I > 0$  , если ток течет в положительном направлении.

$I < 0$  , если ток течет в отрицательном направлении.

Заряд конденсатора  $q$  — это заряд той его пластины, на которую течёт положительный ток (т. е. той пластины, на которую указывает стрелка направления обхода).

В данном случае  $q$  — заряд левой пластины конденсатора.



*Свободными эти колебания называются потому, что они совершаются без какого-либо внешнего воздействия — только за счёт энергии, запасённой в контуре.*

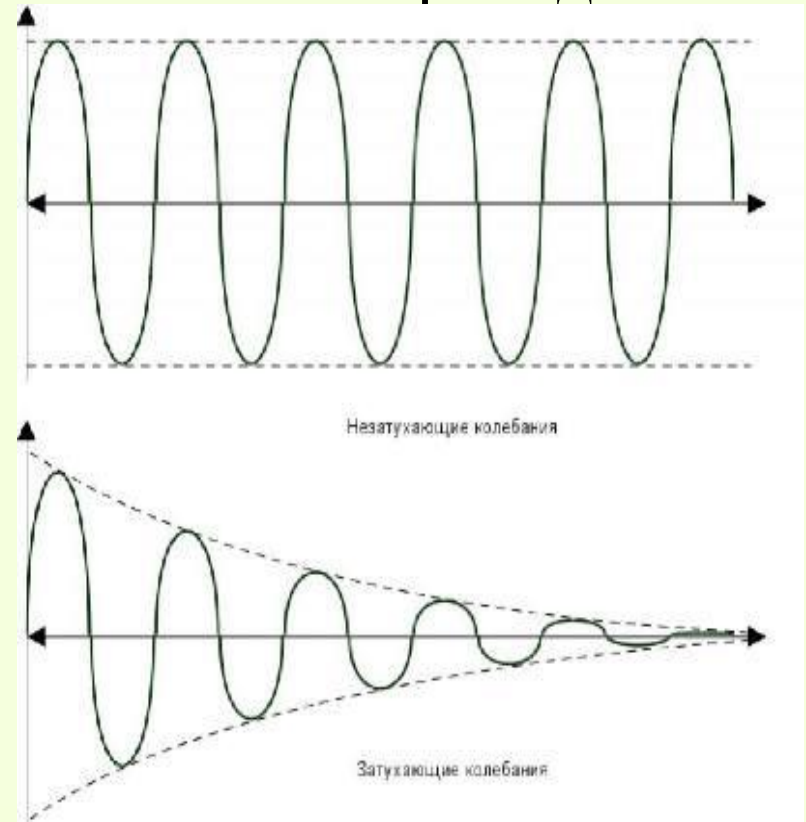
$T$  – период колебаний

$$R_{\text{катушки}} = 0$$

В реальности катушка обладает некоторым сопротивлением. Поэтому колебания в реальном колебательном контуре будут *затухающими*.

Так, спустя одно полное колебание заряд на конденсаторе окажется меньше исходного значения. Со временем колебания и вовсе исчезнут: вся энергия, запасённая изначально в контуре, выделится в виде тепла на сопротивлении катушки и соединительных проводов.

Точно так же будут затухающими колебания реального пружинного маятника: вся энергия маятника постепенно превратится в тепло из-за неизбежного наличия трения.



# Затухающие свободные колебания

- В реальном колебательном контуре свободные электромагнитные колебания будут затухающими из-за потерь энергии на нагревание проводов.

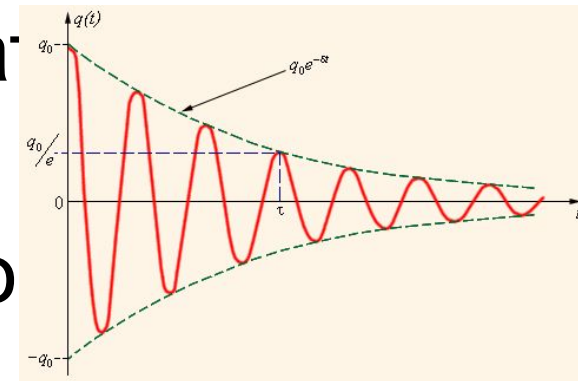
При этом происходят превращения энергии электрического поля конденсатора в энергию

магнитного поля катушки с током

и наоборот

$$W_{\text{Э}} = \frac{CU^2}{2}$$

$$W_{\text{М}} = \frac{LI^2}{2}$$



# Вынужденные электромагнитные колебания

Вынужденные колебания возникают в системе под действием периодической вынуждающей силы.

Частота вынужденных колебаний совпадает с частотой вынуждающей силы.

*Свободными эти колебания называются потому, что они совершаются без какого-либо внешнего воздействия — только за счёт энергии, запасённой в контуре.*

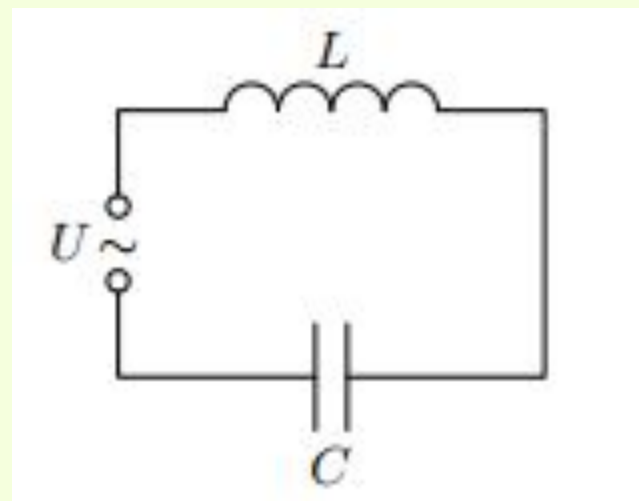
$T$  – период колебаний

$$R_{\text{катушки}} = 0$$

*Свободными эти колебания называются потому, что они совершаются без какого-либо внешнего воздействия — только за счёт энергии, запасённой в контуре.*

$T$  – период колебаний

$$R_{\text{катушки}} = 0$$



*Свободными эти колебания называются потому, что они совершаются без какого-либо внешнего воздействия — только за счёт энергии, запасённой в контуре.*

$T$  – период колебаний

$$R_{\text{катушки}} = 0$$

*Свободными эти колебания называются потому, что они совершаются без какого-либо внешнего воздействия — только за счёт энергии, запасённой в контуре.*

$T$  – период колебаний

$$R_{\text{катушки}} = 0$$

## Энергетические превращения в колебательном контуре

- *Свободными эти колебания называются потому, что они совершаются без какого-либо внешнего воздействия — только за счёт энергии, запасённой в контуре.*

$T$  – период колебаний

$$R_{\text{катушки}} = 0$$