

В соответствии с правилом Ленца ЭДС самоиндукции препятствует нарастанию силы тока при включении и убыванию силы тока при выключении цепи. Индуктивность аналогична массе, т. е. является мерой инертности электрической цепи:

$$\mathcal{E}_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Энергия магнитного поля:

$$W_m = \frac{LI^2}{2}.$$

## 5. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

### Свободные колебания

Основные характеристики колебаний:

<p><b>Механические колебания</b> — это процессы в механических системах, в которых периодически изменяются координата, скорость, ускорение и сила</p>	<p><b>Электромагнитные колебания</b> — процессы в электрических цепях, в которых периодически изменяются заряд, сила тока, напряжение и ЭДС</p>
<p><b>Свободные колебания</b></p>	
<p>Свободные механические колебания возможны в системе, находящейся в состоянии устойчивого равновесия и если трение в системе мало.</p> <p>1. Для начала свободных колебаний достаточно вывести систему из положения равновесия, т.е. сообщить ей дополнительную механическую энергию.</p> <p>2. Свободные механические колебания из-за трения являются затухающими.</p>	<p>В электрических цепях возможны свободные колебания, если сопротивление пренебрежимо мало (например, при сверхпроводимости).</p> <p>1. Для начала свободных электромагнитных колебаний достаточно сообщить заряд конденсатору, т.е. передать колебательной системе электрическую энергию.</p> <p>2. Свободные электромагнитные колебания затухают из-за сопротивления.</p>

**Период  $T$  (с)** — время одного полного колебания:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}.$$

**Частота  $\nu$  (Гц)** — число колебаний за 1 с:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}.$$

**Циклическая (круговая, собственная) частота  $\omega$  (рад/с) —** число колебаний за  $2\pi$  секунд:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}.$$

**Амплитуда** — модуль наибольшего значения изменяющейся величины.

**Гармонические колебания** — это колебания, происходящие по закону синуса и косинуса.

**Закон гармонических механических колебаний:**

$$x = X_m \cos(\omega t + \varphi_0) \text{ или } x = X_m \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где  $x$  — мгновенное значение смещения тела от положения равновесия,  $X_m$  — амплитуда колебаний,  $\varphi = \omega t + \varphi_0$  — фаза колебаний,  $\varphi_0$  — начальная фаза колебаний,  $\omega$  — циклическая частота.

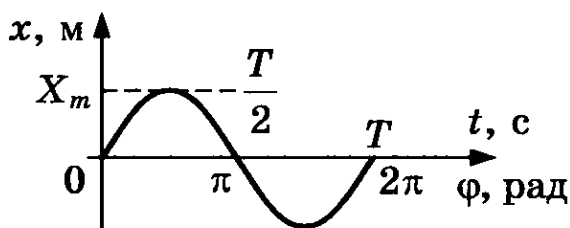
**Закон гармонических электромагнитных колебаний:**

$$q = q_m \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ или } q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0),$$

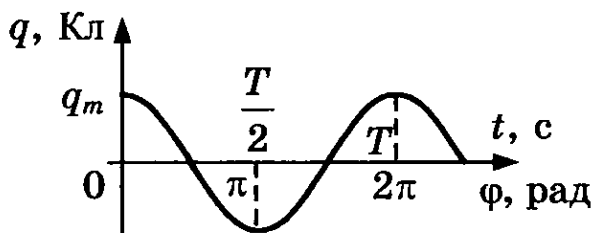
где  $q$  — мгновенное значение заряда на конденсаторе,  $q_m$  — амплитуда заряда,  $\varphi = \omega t + \varphi_0$  — фаза колебаний,  $\varphi_0$  — начальная фаза колебаний,  $\omega$  — циклическая частота

**График колебательного процесса ( $\varphi_0 = 0$ ):**

Синусоида



Косинусоида



**Математический маятник.**

Маятником называют тело, которое может совершать колебания под действием силы тяжести.

Маятник считают математическим, если он удовлетворяет трем условиям:

- 1) размеры нити значительно превышают размеры груза,
- 2) нить нерастяжима и невесома, т.е. вся масса маятника сосредоточена в массе груза,
- 3) отклонения нити малы (длина дуги  $\approx$  длине хорды).

### Основные формулы:

Общие формулы	Математический маятник	Пружинный маятник	Электрический контур
<b>Период</b>			
$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{a_{\text{полн}}}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi\sqrt{LC}$
<b>Частота</b>			
$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$	$\nu = \frac{\sqrt{g}}{2\pi\sqrt{\ell}}$	$\nu = \frac{\sqrt{k}}{2\pi\sqrt{m}}$	$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
<b>Циклическая частота</b>			
$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
<b>Амплитуда скорости</b>			
$v_m = X_m \omega$	$v_m = X_m \sqrt{\frac{g}{\ell}}$	$v_m = X_m \sqrt{\frac{k}{m}}$	
<b>Амплитуда ускорения</b>			
$a_m = X_m \omega^2$	$a_m = X_m \frac{g}{\ell}$	$a_m = X_m \frac{k}{m}$	
<b>Амплитуда силы</b>			
$F_m = ma_m =$ $= mX_m \omega^2$	$F_m = mX_m \frac{g}{\ell}$	$F_m = mX_m \frac{k}{m} =$ $= X_m k$	

### Вынужденные колебания

Вынужденные <i>механические</i> колебания происходят под действием внешней периодически изменяющейся силы	Вынужденные <i>электромагнитные</i> колебания происходят под действием внешней периодически изменяющейся ЭДС
Резонанс — явление резкого возрастания амплитуды колебаний, которое происходит при совпадении частоты вынуждающей силы и собственной частоты колебательной системы	Резонанс — явление резкого возрастания амплитуды силы тока, которое происходит при совпадении частоты внешнего переменного напряжения и собственной частоты колебательного контура
Резонанс в механических системах может привести к разрушению	Резонанс может привести к перегреву электрических цепей, но в радиосвязи позволяет настроить приемник на частоту передающей станции