

## Физика. 11 класс.

“Науку все глубже постигнуть стремись.  
Познанием вечного жаждой тянись.  
Лишь первых познаний блеснёт тебе свет.  
Узнаешь: предела для знания нет...”

Фирдоуси (персидский и таджикский поэт 940-1030 гг)

# Физика. 11 класс.

## Тема урока:

Свободные и вынужденные электромагнитные колебания.

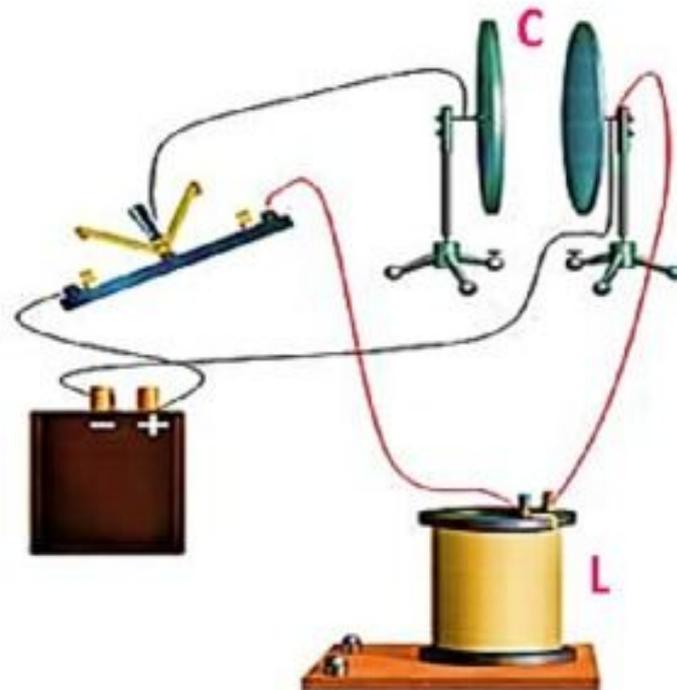
## Цели обучения:

11.4.1.1-описывать условия возникновения свободных и вынужденных колебаний

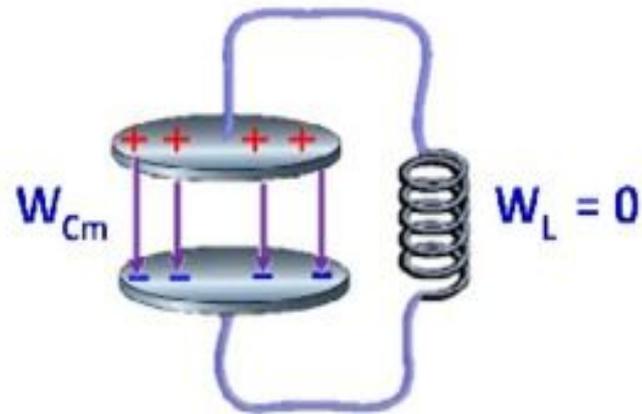
## Вспомним понятие «колебательный контур»

Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из катушки индуктивностью  $L$  и конденсатора емкостью  $C$ .

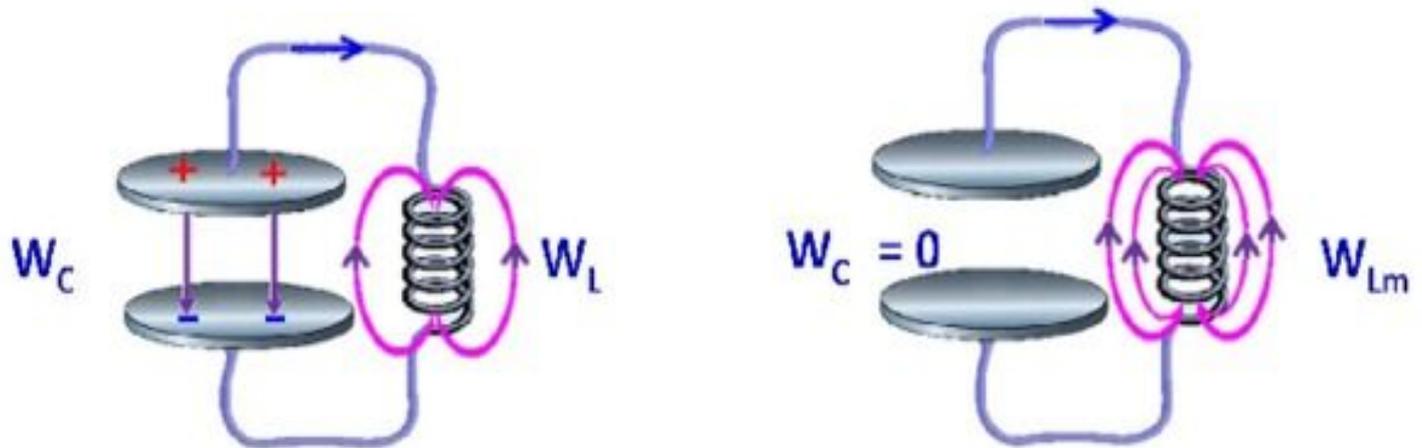
Если предварительно зарядить конденсатор и замкнуть на катушку, то получим *колебательный контур*, в котором возникнут свободные колебания  $q$ ,  $i$ ,  $u$ ,  $e_s$



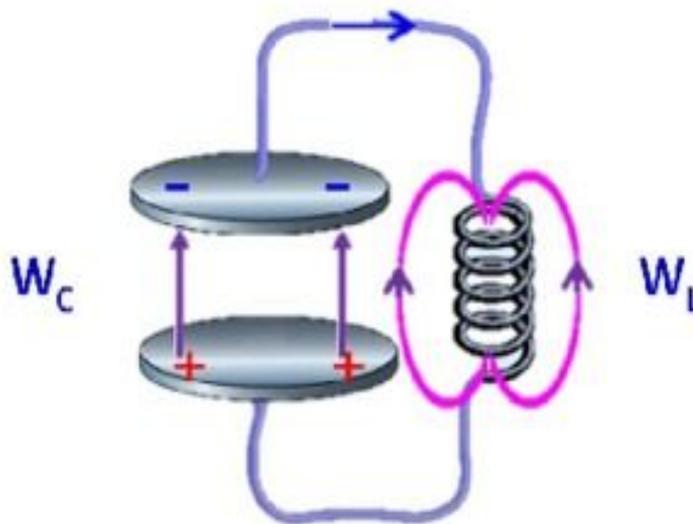
1) В начальный момент времени конденсатор имеет максимальный заряд, обладает максимальной энергией  $W_C$ .



2) В следующий момент времени конденсатор начинает разряжаться. В цепи появляется ток. По мере разрядки конденсатора ток в цепи и в катушке нарастает. Из-за явления самоиндукции это происходит не мгновенно. Энергия катушки  $W_L$  становится максимальной.

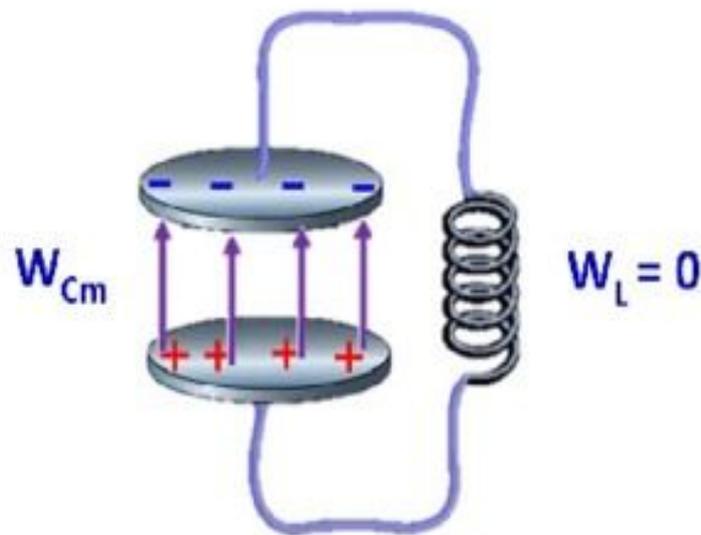


3) Электрические заряды вновь накапливаются на конденсаторе, но обкладка конденсатора, первоначально заряженная положительно, будет заряжена отрицательно. Энергия конденсатора станет максимальной.



4) Конденсатор снова разряжается, но ток протекает уже в обратном направлении.

Этот процесс будет повторяться снова и снова. Возникнут *электромагнитные колебания*. Если отсутствуют потери ( $R=0$ ), то сила тока, заряд и напряжение со временем изменяются по гармоническому закону.



## Гармонические колебания заряда и тока

описываются теми же уравнениями, что и их механические аналоги

$$x = x_m \cos \omega_0 t$$

$$q = q_m \cos \omega_0 t$$

$$i = q' = -\omega_0 q_m \sin \omega_0 t = I_m \cos(\omega_0 t + \pi/2)$$

$$\vartheta = x' = -\omega_0 x_m \sin \omega_0 t = \vartheta_m \cos(\omega_0 t + \pi/2)$$

$$U = q/C = q_m (\cos \omega_0 t) / C = U_m \cos \omega_0 t$$

где  $q_m$  — амплитуда колебаний заряда,

$I_m = \omega_0 q_m$  — амплитуда колебаний силы тока,

$U_m = q_m / C$  — амплитуда колебаний напряжения

Колебания силы тока опережают по фазе на  $\pi/2$  колебания заряда.

## Вывод

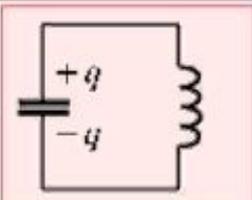
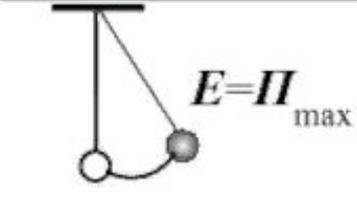
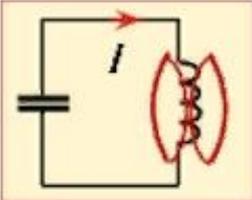
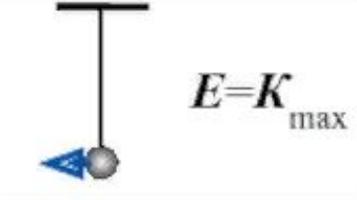
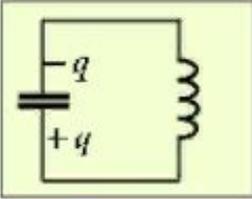
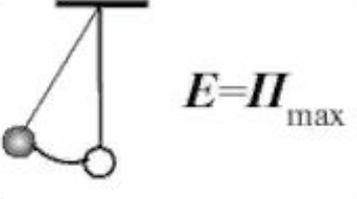
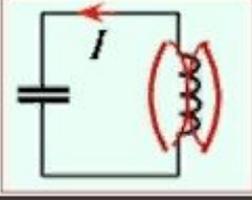
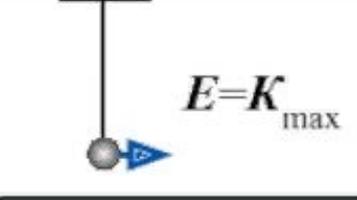
Если отсутствуют потери ( $R = 0$ ), то сила тока, заряд и напряжение со временем изменяются по гармоническому закону.

$$q = q_0 \cos \omega t$$

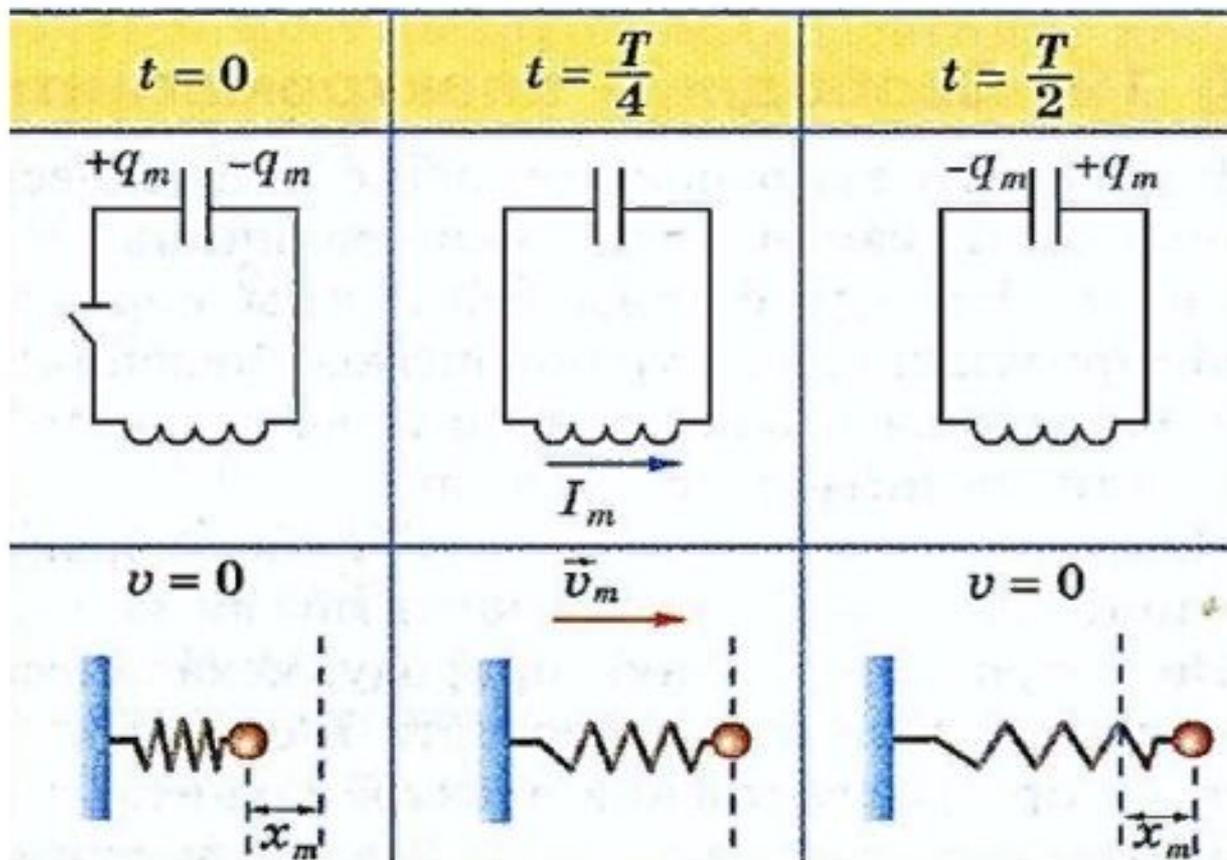
$$I_0 = q_0 \omega$$

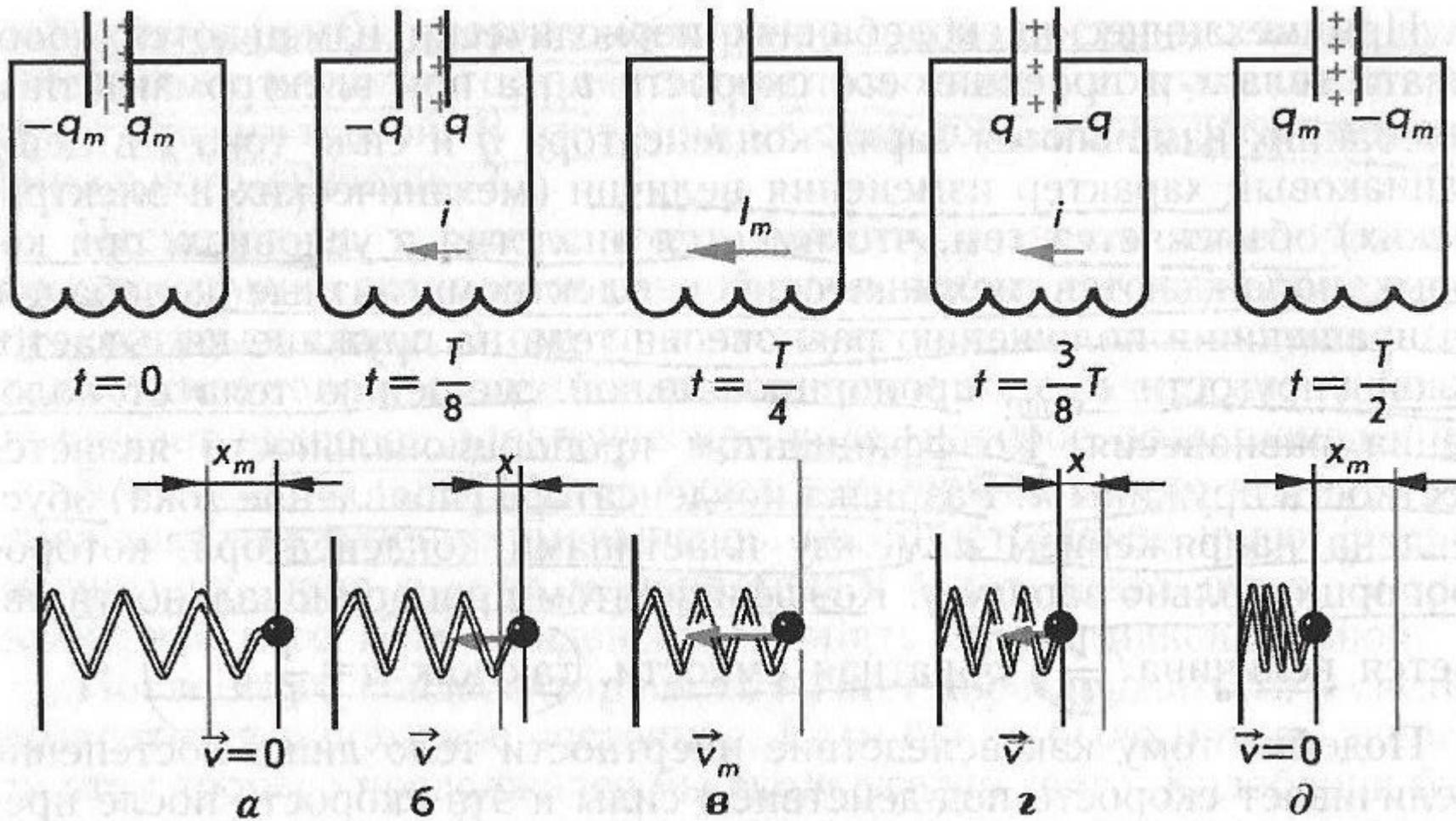
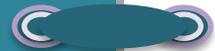
$$I = I_0 \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$U = U_0 \cos(\omega t + \pi)$$

$t$	Стадии колебательного процесса		Аналогия между электромагнитными колебаниями в контуре и механическими колебаниями		
	В конденсаторе	В катушке			
$t = 0$	Начало разрядки конденсатора	Начинает течь ток		$W = \frac{q^2}{2C}$	
$t = \frac{1}{4}T$	Конденсатор разряжен	Ток максимален		$W = \frac{LI^2}{2}$	
$t = \frac{1}{2}T$	Конденсатор перезаряжается	Ток равен нулю		$W = \frac{q^2}{2C}$	
$t = \frac{3}{4}T$	Конденсатор вновь разряжен	Ток максимален и направлен противоположно.		$W = \frac{LI^2}{2}$	

# Аналогия механических и электромагнитных колебаний





# Аналогия механических и электромагнитных колебаний

<i>Характеристики:</i>	<i>Механические колебания</i>	<i>Электромагнитные колебания</i>
<i>Величины, выражающие свойства самой системы (параметры системы):</i>	<p><math>m</math> - масса (кг)</p> <p><math>k</math> - жесткость пружины (Н/м)</p>	<p><math>L</math> - индуктивность (Гн)</p> <p><math>1/C</math> - величина, обратная емкости (1/Ф)</p>
<i>Величины, характеризующие состояние системы:</i>	<p><math>E_k = \frac{m v^2}{2}</math> Кинетическая энергия (Дж)</p> <p><math>E_p = \frac{kx^2}{2}</math> Потенциальная энергия (Дж)</p> <p><math>x</math> - смещение (м)</p>	<p><math>W_p = \frac{CU^2}{2}</math> Электрическая энергия (Дж)</p> <p><math>W_p = \frac{LI^2}{2}</math> Магнитная энергия (Дж)</p> <p><math>q</math> - заряд конденсатора (Кл)</p>
<i>Величины, выражающие изменение состояния системы:</i>	<p><math>v = x'(t)</math> скорость-быстрота смещения (м/с)</p>	<p><math>i = q'(t)</math> сила тока – быстрота изменения заряда (А)</p>
<i>Другие характеристики:</i>	$T$ - период колебаний время одного полного колебания (с)	
	$\nu$ - частота-число колебаний за единицу времени (Гц)	
	$\omega$ - циклическая частота число колебаний за $2\pi$ секунд (Гц)	
	$\varphi = \omega t$ - фаза колебаний - показывает, какую часть от амплитудного значения принимает в данный момент колеблющаяся величина, т.е. фаза определяет состояние колеблющейся системы в любой момент времени $t$ .	