

Презентация по физике для проведения урока по теме:

## **R, C, L в цепи переменного тока**

**Вопросы для изучения:**

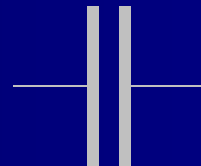
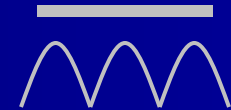
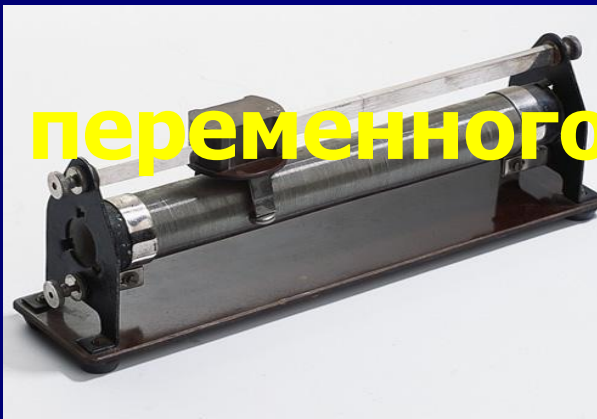
- 1. Действующие значения тока и напряжения. Активное сопротивление в цепи  $\sim$  тока**
- 2. Конденсатор в цепи  $\sim$  тока**
- 3. Индуктивность в цепи  $\sim$  тока**
- 4. Использование частотных свойств конденсатора и катушки индуктивности**



R C L

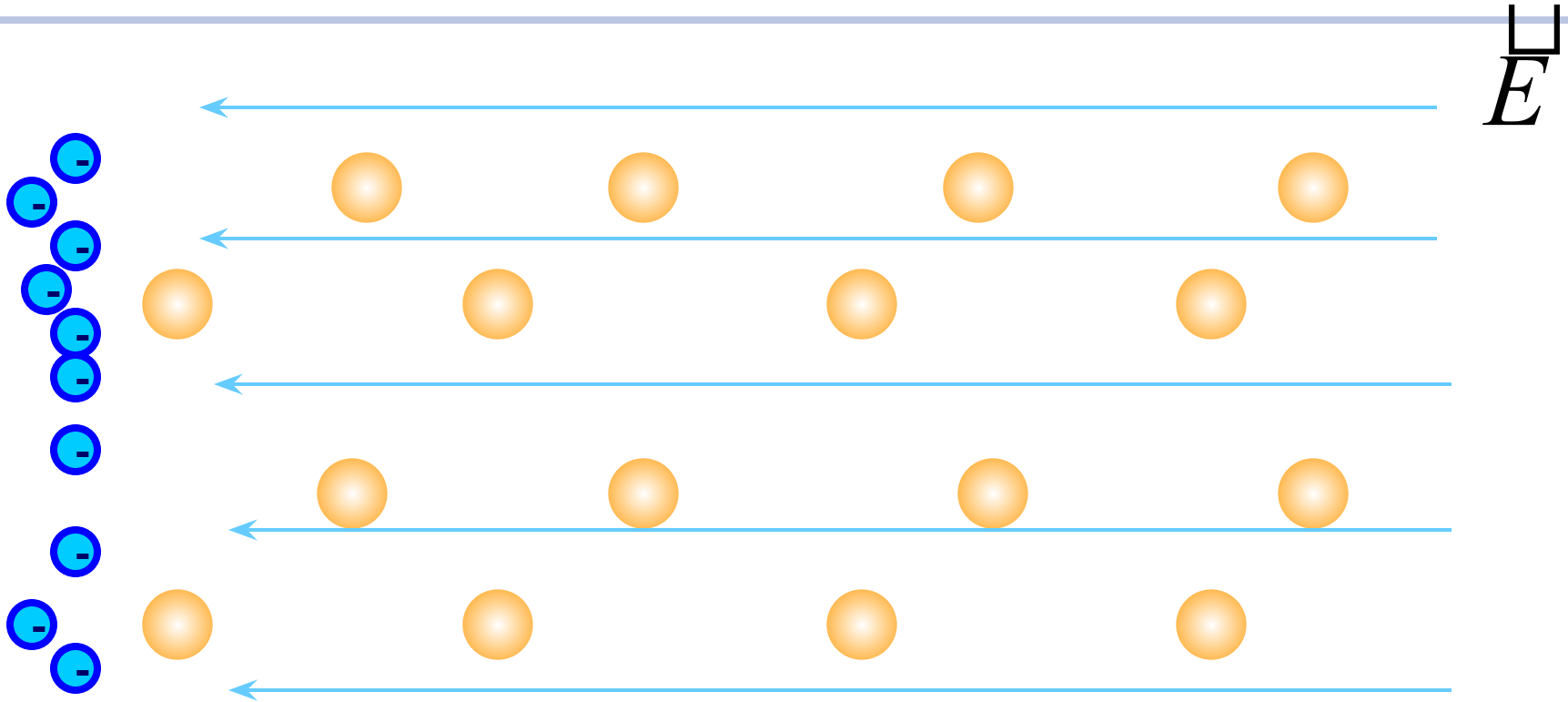


в цепи переменного тока -1



1. Действующие значения тока и напряжения. Активное сопротивление в цепи переменного тока

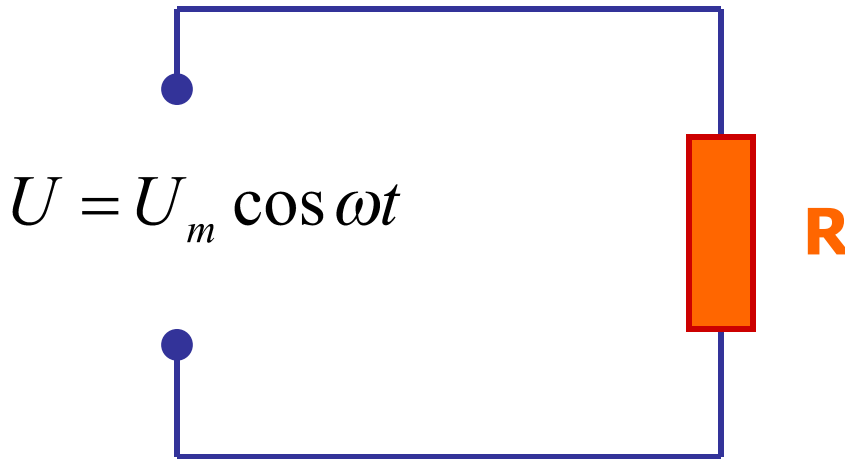
Для рассмотрения этого вопроса давайте вспомним, чем обусловлено сопротивление проводника прохождению тока через него:



При прохождении тока через проводник свободные электроны испытывают соударения с атомами кристаллической решетки, передавая им часть своей энергии. При этом внутренняя энергия проводника увеличивается (он нагревается и оказывает сопротивление току)

Такой вид сопротивления называется **активным** (есть еще один вид сопротивления – реактивное, не вызывающее нагрева проводника и обусловленное другими процессами)

## Рассмотрим активное сопротивление в цепи переменного тока:

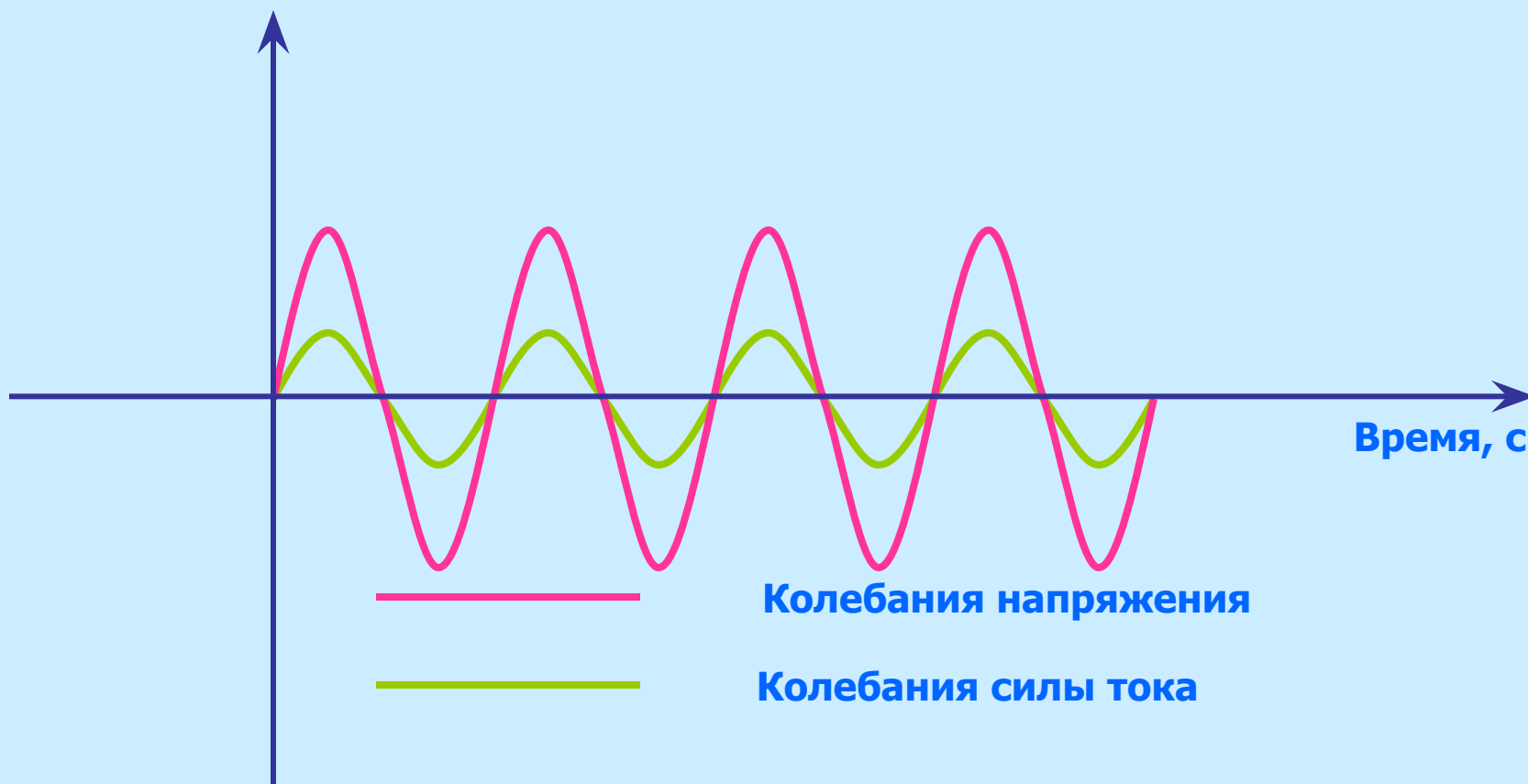


**Мгновенное значение силы тока через активное сопротивление пропорционально мгновенному значению напряжения**

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = I_m \cos \omega t$$

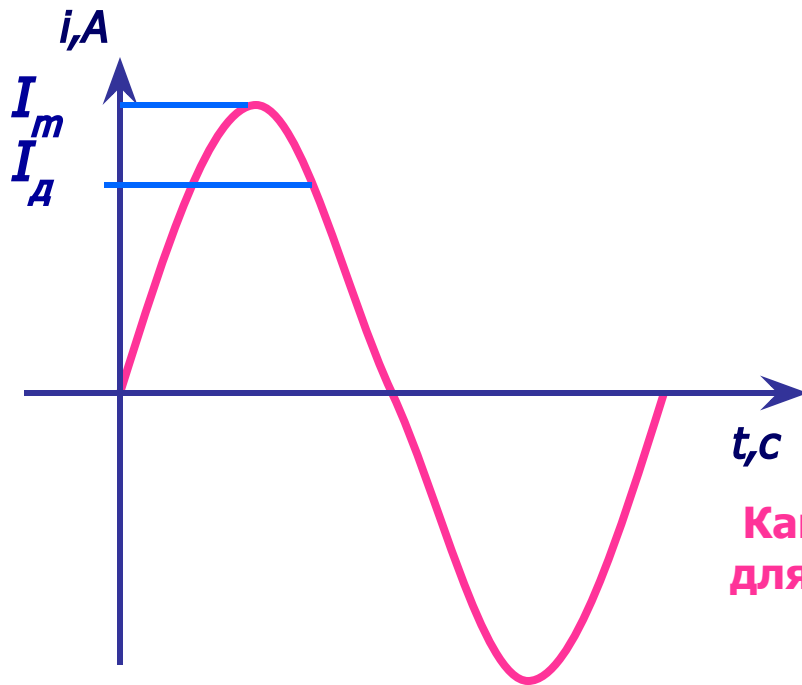
**Колебания напряжения и силы тока на активном сопротивлении совпадают по фазе**

## Графики изменения напряжения и силы тока на активном сопротивлении



**Колебания напряжения и силы тока на активном сопротивлении совпадают по фазе**

## Введем понятие действующего значения напряжения и силы тока:



При прохождении переменного тока через проводник, как видно из графика, его значение не остается постоянным:

Ток плавно изменяется от нуля до амплитудного значения. Значит и тепловое действие тока различно в разные моменты времени.

Какое значение тока можно использовать для расчета работы и мощности тока ?

Понятно, что необходимо брать усредненное значение, называемое **действующим значением силы тока** (т.е действие переменного тока заменяется действием постоянного тока, дающего такой же тепловой эффект)

$$I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,7 I_m$$

**Аналогично действующее значение напряжения:**

$$U_{\partial} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,7I_m$$

---

**Тогда действующая мощность (средняя мощность):**

$$P = U_{\partial} I_{\partial}$$

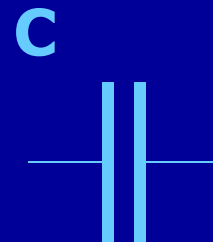
---

**а выделяемое в проводнике тепло:**

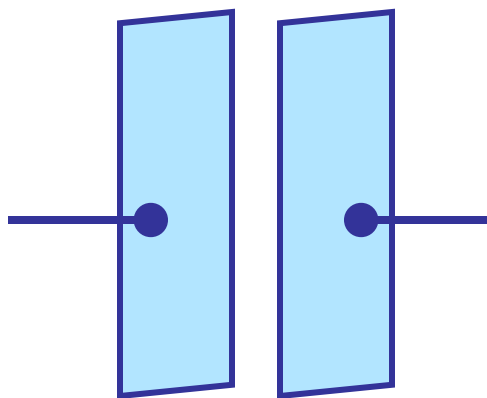
$$Q = U_{\partial} I_{\partial} \Delta t = I_{\partial}^2 R \Delta t = \frac{U_{\partial}^2}{R} \Delta t$$



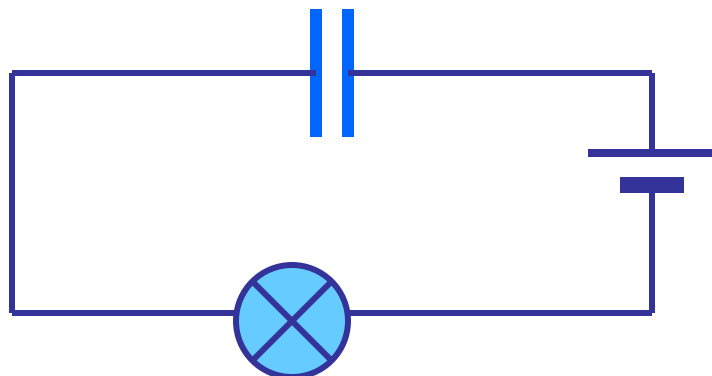
## 2. Конденсатор в цепи переменного тока



## Давайте вспомним, что такое конденсатор



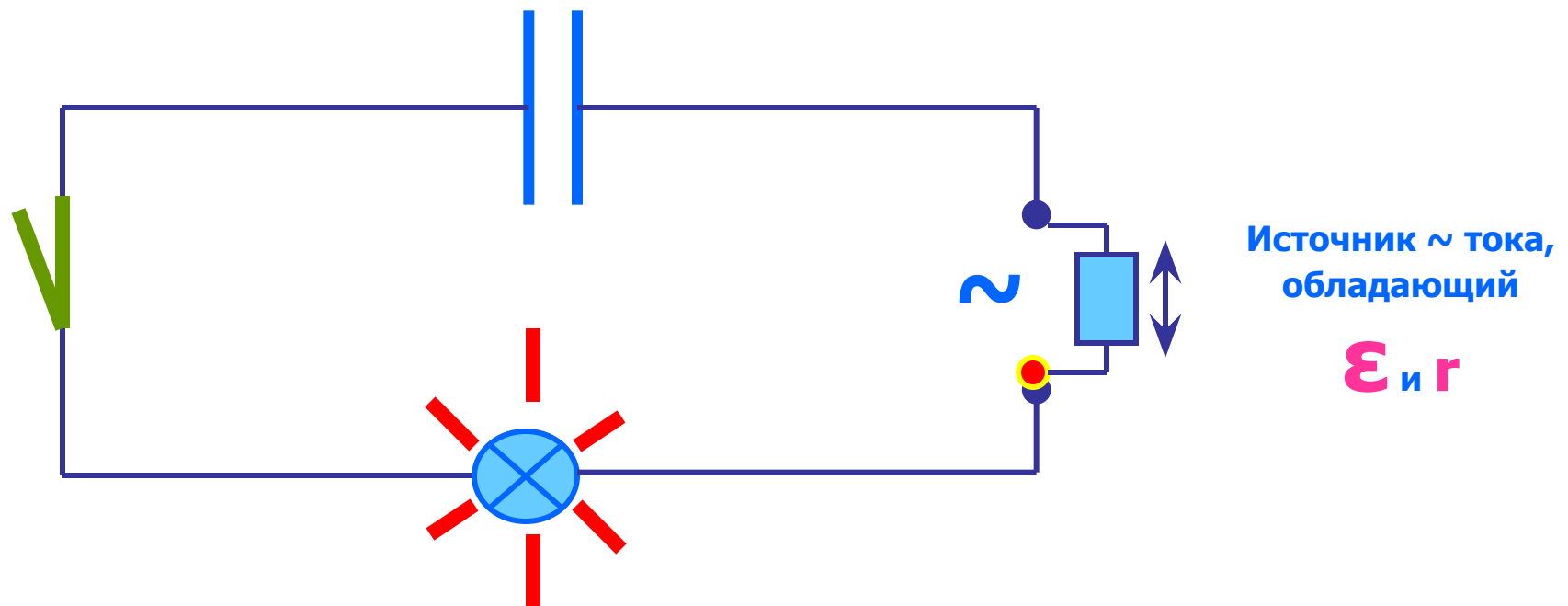
**Конденсатор** – это система из двух проводников, разделенных слоем диэлектрика (воздуха, слюды, керамики ...)



Ясно, что конденсатор – это разрыв в цепи (подобно разомкнутому выключателю), поэтому **постоянный ток конденсатор не проводит**

## Посмотрим, как ведет себя конденсатор в цепи переменного тока:

Замкнем цепь и понаблюдаем движение электронов в цепи:



Мы видим, что ток между обкладками конденсатора по-прежнему не идет, однако вследствие **перезарядки конденсатора** через лампочку идет переменный ток – т.е. конденсатор проводит переменный ток

Итак, конденсатор проводит переменный ток, однако он оказывает току сопротивление, которое называется **емкостным сопротивлением**

---

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

$X_C$  - емкостное сопротивление

$\omega$  - циклическая частота протекающего тока

$C$  – емкость конденсатора

$\nu$  - частота тока

## Проанализируем формулу емкостного сопротивления:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi\nu C}$$

Из формулы видно, что сопротивление конденсатора обратно пропорционально частоте протекающего тока и его емкости :

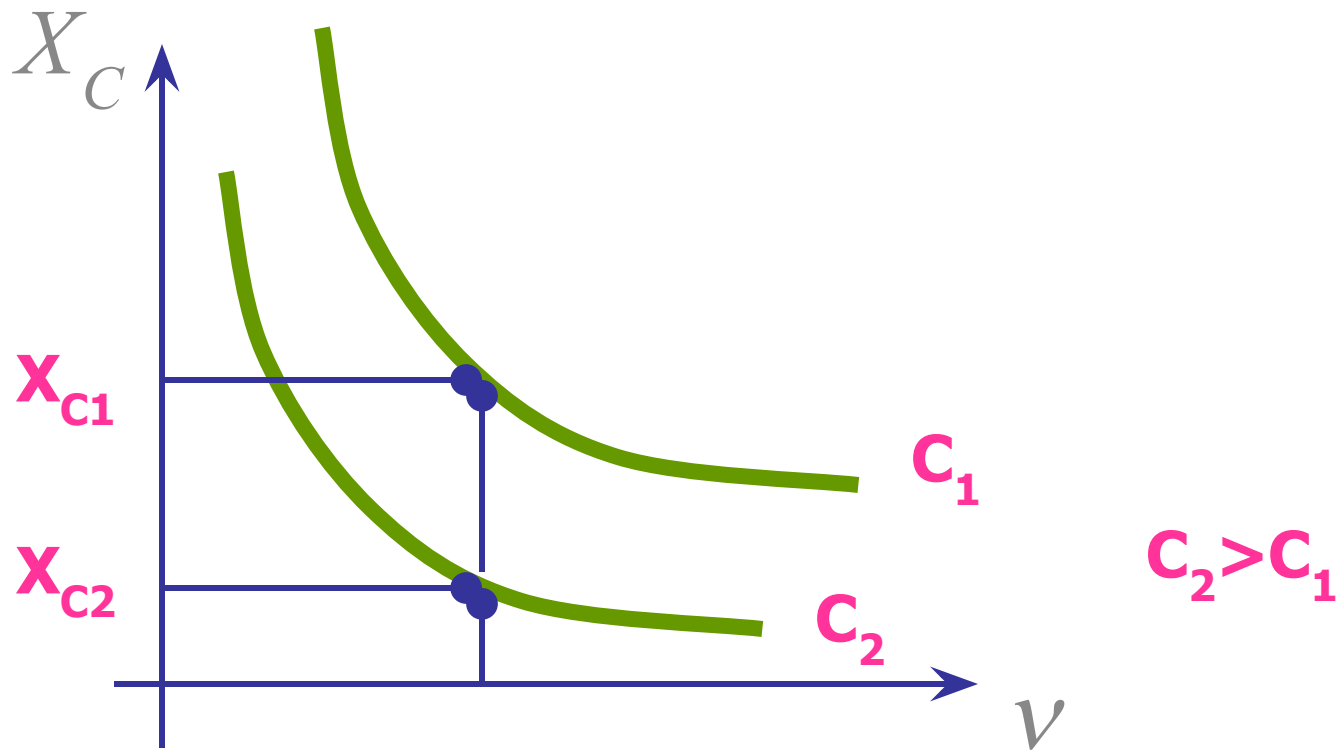
$$\nu \uparrow \Rightarrow X_C \downarrow$$

$$\nu = \infty \Rightarrow X_C = 0$$

$$\nu = 0 \Rightarrow X_C = \infty$$

Сопротивление конденсатора уменьшается с ростом частоты, значит конденсатор хорошо проводит высокочастотные колебания и плохо – низкочастотные, а постоянный ток вообще не проводит

## График зависимости сопротивления конденсатора от частоты:



**Сопротивление конденсатора зависит и от его емкости:**  
**при фиксированной частоте конденсатор с большей емкостью будет обладать меньшим сопротивлением**

## Сдвиг фаз между напряжением и током:

Если напряжение на конденсаторе меняется по закону:

$$U = U_m \cos \omega t$$

то заряд на конденсаторе равен:

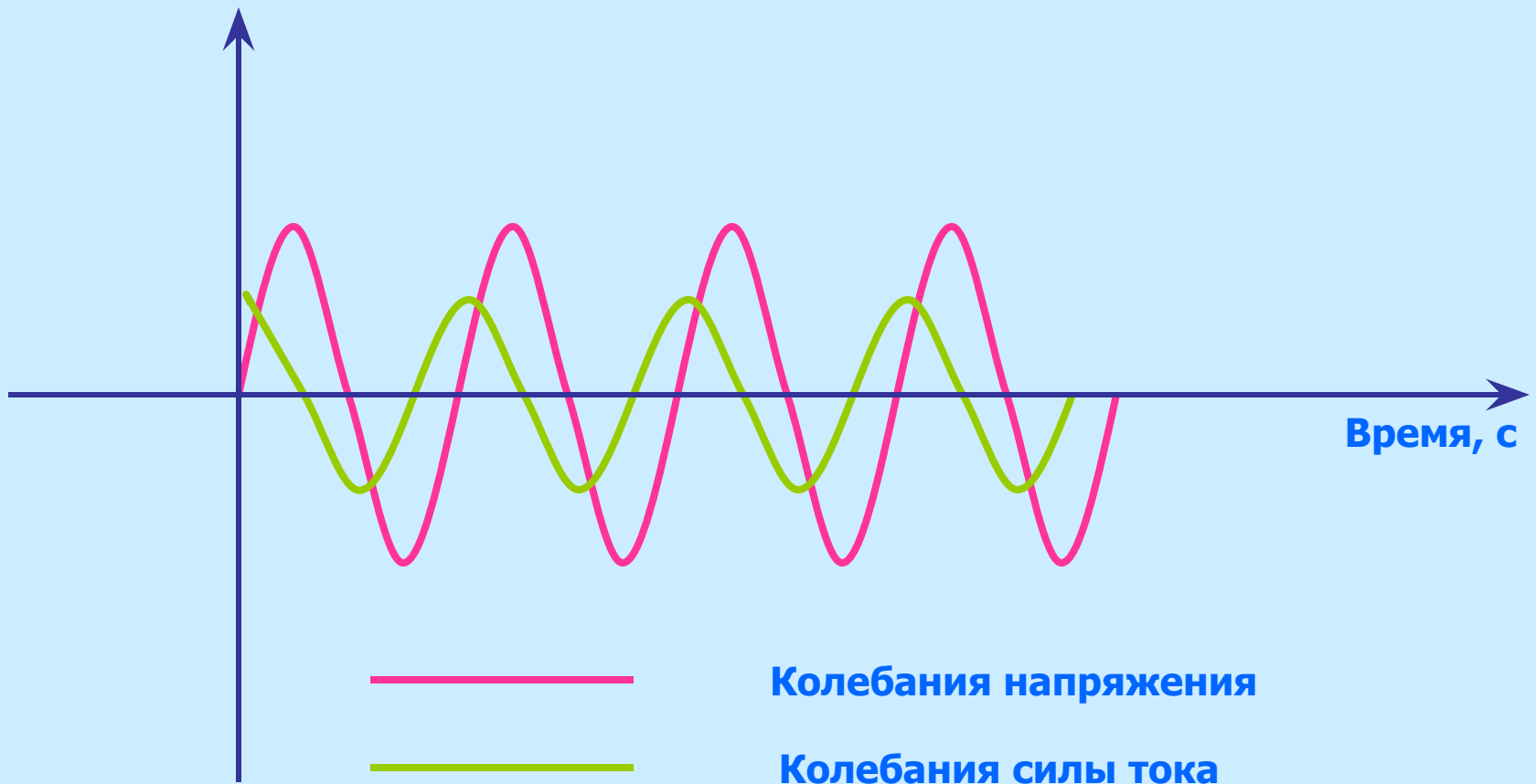
$$q = CU_m \cos \omega t$$

тогда сила тока в цепи:

$$i = q' = (CU_m \cos \omega t)' = -U_m C \omega \sin \omega t = \\ U_m C \omega \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

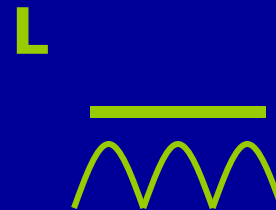
**Колебания тока на конденсаторе опережают колебания напряжения на  $\pi/2$**

## Графики тока и напряжения на конденсаторе:



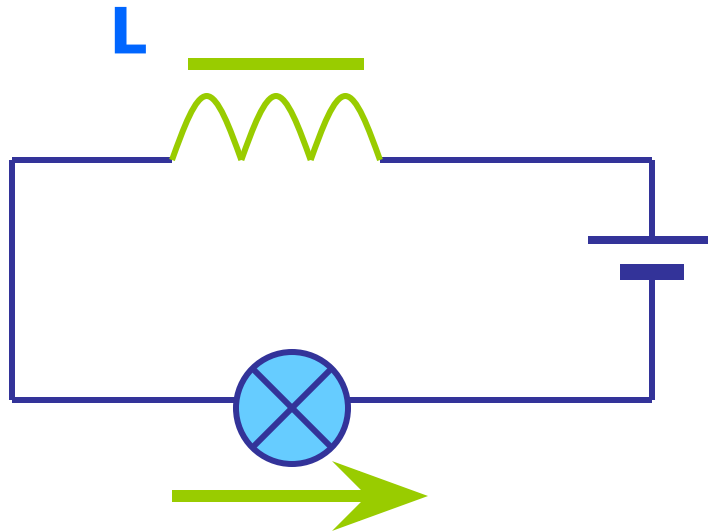


### 3. Индуктивность в цепи переменного тока



## Давайте вспомним, что такое индуктивность

**Индуктивность  $L$**  – это физическая величина, подобная массе в механике. Как в механике для изменения скорости тела нужно время, и масса является мерой этого времени (**инерция**), так и электродинамике для изменения тока через проводник нужно время и индуктивность является мерой этого времени (**самоиндукция**)



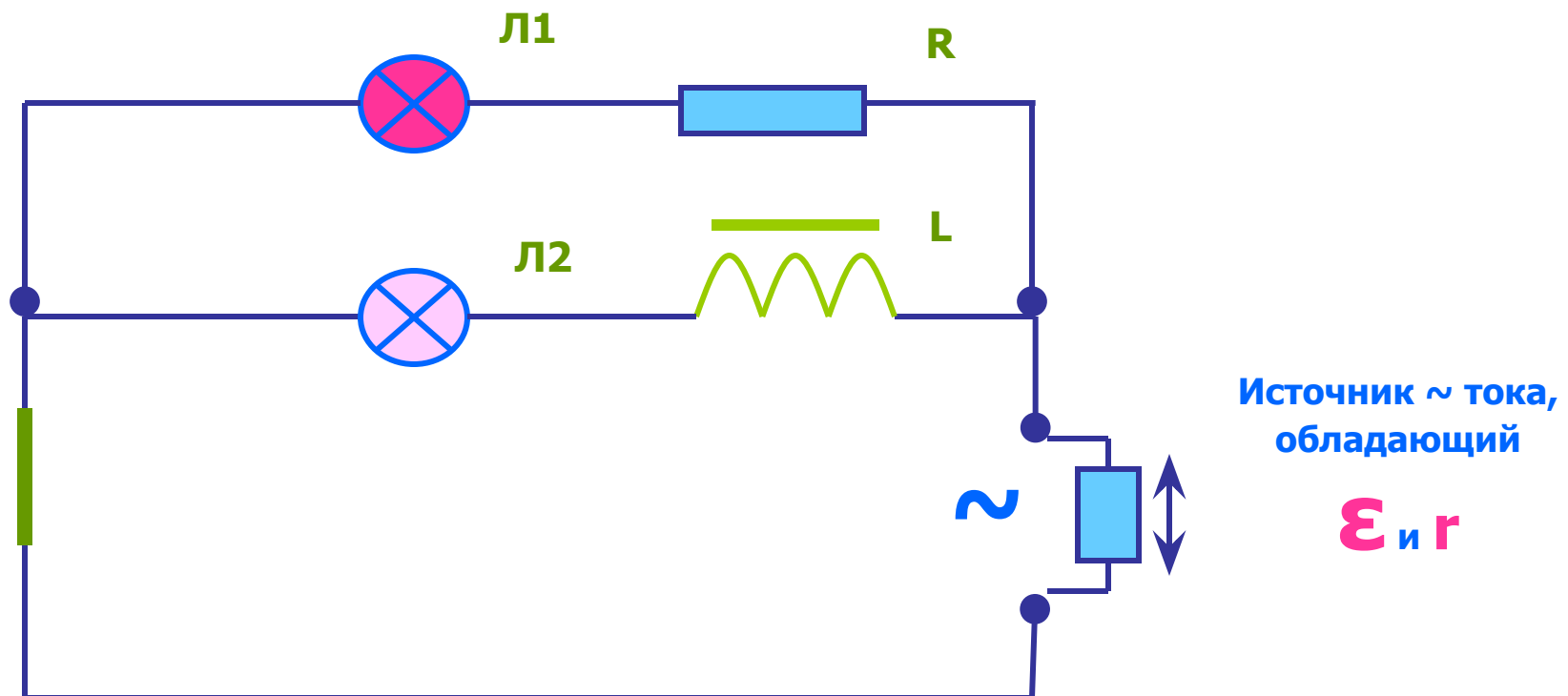
Катушка индуктивности – это обычный проводник с необычной формой, обладающий активным сопротивлением.

Поэтому катушка хорошо проводит постоянный ток, значение которого ограничено только его активным сопротивлением

Явление самоиндукции возникает только в моменты включения и выключения (препятствует любому изменению тока)

Посмотрим, как ведет себя индуктивность в цепи переменного тока:

Замкнем цепь и сравним яркость горения лампочек 1 и 2



В цепи сопротивление  $R$  выберем равным активному сопротивлению  $L$

Лампочка  $L1$  горит гораздо ярче, чем  $L2$

Почему ?

Все дело в **явлении самоиндукции**, возникающей в катушке при любом изменении тока, которое мешает этому изменению – поэтому у катушки индуктивности кроме активного сопротивления провода, из которой она сделана, появляется еще одно сопротивление, обусловленное явлением самоиндукции и называемое **индуктивным сопротивлением**  $X_L$

---

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$$

$\omega$  - циклическая частота протекающего тока

$L$  – индуктивность катушки

$\nu$  - частота тока

## Проанализируем формулу индуктивного сопротивления:

$$X_L = \omega L = 2\pi\nu L$$

Из формулы видно, что индуктивное сопротивление прямо пропорционально частоте протекающего тока и индуктивности

$$\nu \uparrow \Rightarrow X_L \uparrow$$

$$\nu = \infty \Rightarrow X_L = \infty$$

$$\nu = 0 \Rightarrow X_L = 0$$

**Индуктивное сопротивление увеличивается с ростом частоты, значит катушка хорошо проводит низкочастотные колебания и плохо – высокочастотные, а для постоянного тока оно равно нулю**

## Сдвиг фаз между напряжением и током:

---

Если ток в катушке изменяется по закону:

$$i = I_m \cos \omega t$$

то напряжение на катушке изменяется по закону:

$$U = U_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

**Ток в катушке индуктивности отстает от напряжения  $\pi/2$**

---

Правило:

**CIVIL**

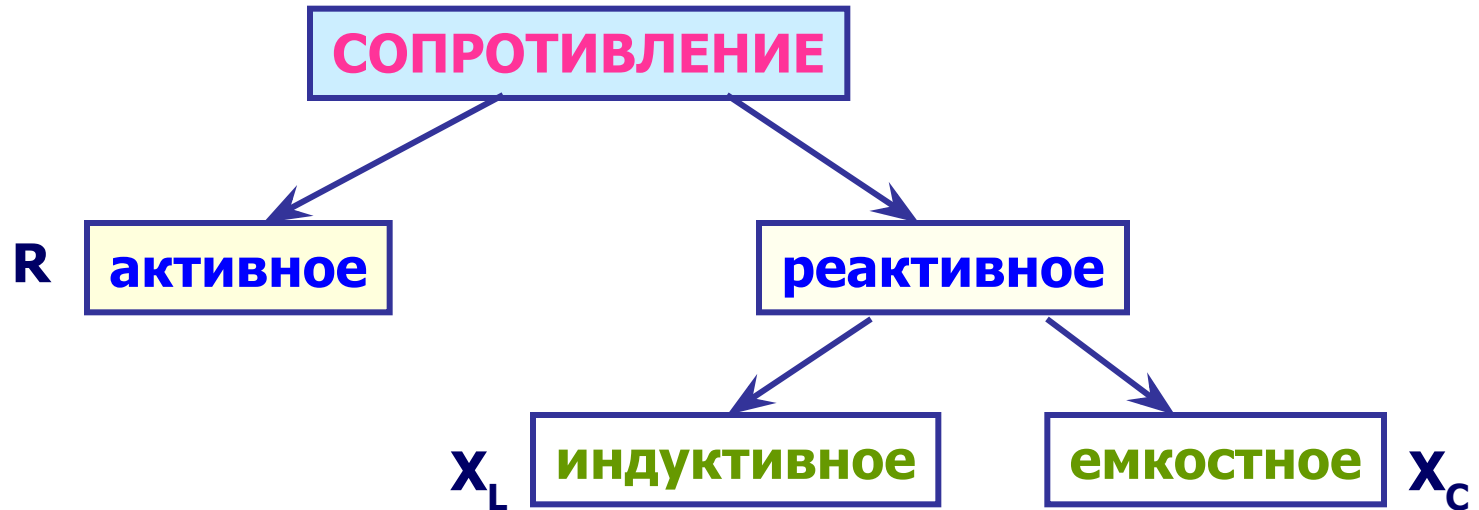
## Графики тока и напряжения на индуктивности:



# 4. Использование частотных свойств конденсатора и катушки ИНДУКТИВНОСТИ



Таким образом, в цепи переменного тока можно выделить 3 вида сопротивлений (или три вида элементов, оказывающих сопротивление току)



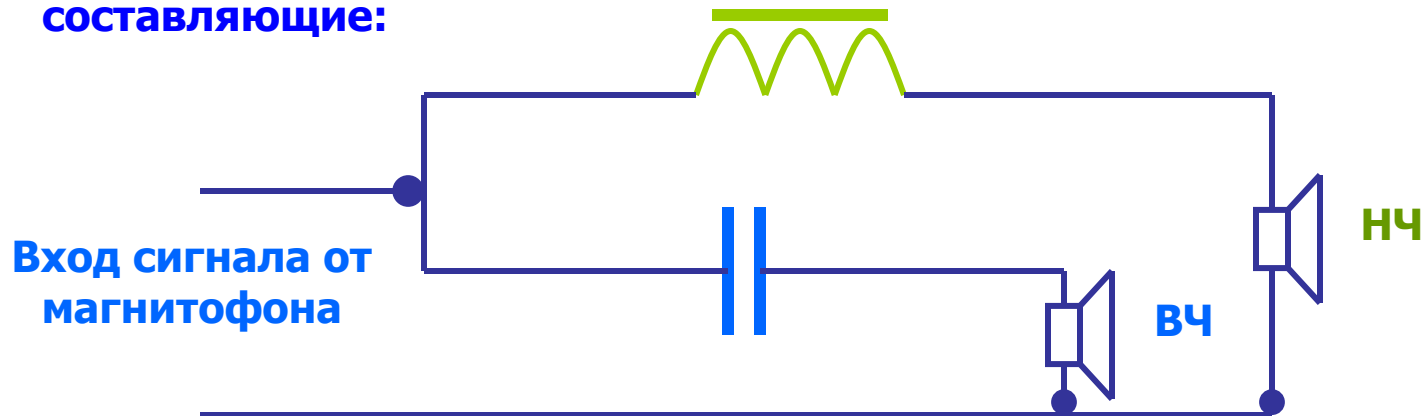
**Реальные электрические цепи** содержат все виды сопротивлений (активное, индуктивное и емкостное), поэтому ток в реальной цепи зависит от ее полного (эквивалентного) сопротивления, а сдвиг фаз определяется величиной  $L$  и  $C$  цепи

Итак,

- конденсатор хорошо проводит ВЧ колебания, и плохо – НЧ колебания
- катушка наоборот: хорошо НЧ колебания и плохо – ВЧ колебания

Эти свойства позволяют создать:

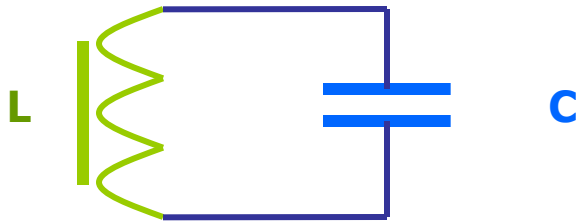
1. Различные **частотные фильтры** – схемы, позволяющие выделить из всего сигнала (например от магнитофона) НЧ и ВЧ составляющие:



**! Объясните на основе свойств конденсатора и катушки действие частотного фильтра, представленного на схеме**

Используя различные значения  $R$ ,  $L$  и  $C$ , можно создавать фильтры с заданными параметрами (полосой пропускания)

## 2. Электрический **колебательный контур**, состоящий из конденсатора и катушки индуктивности



**Колебательный контур** обладает замечательным свойством – пропускать колебания (резонировать) только **определенной частоты**, зависящей от емкости конденсатора и индуктивности катушки

$$\nu_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Эти свойства контура широко применяются в радио и телеприемной и передающей аппаратуре для селекции сигналов



**На этом урок закончен, на  
следующем уроке мы рассмотрим  
примеры решения задач на  
частотные свойства конденсатора и  
катушки индуктивности в цепи  
переменного тока, действующие  
значения электрических величин**

Домнин Константин Михайлович

E – mail: [kdomnin@list.ru](mailto:kdomnin@list.ru)

2006 год.