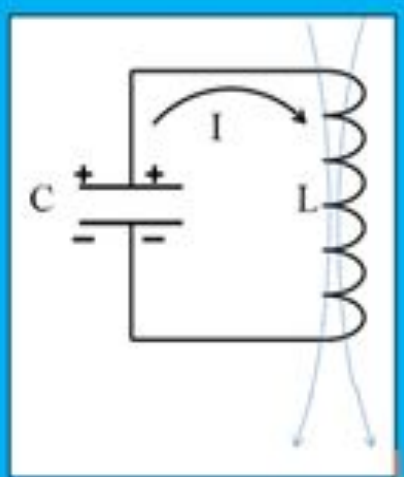
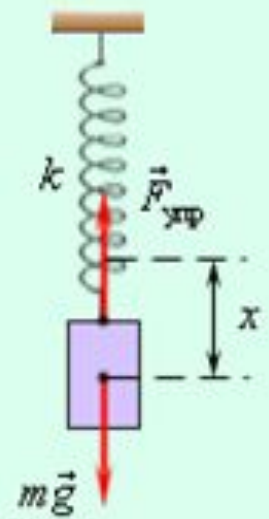
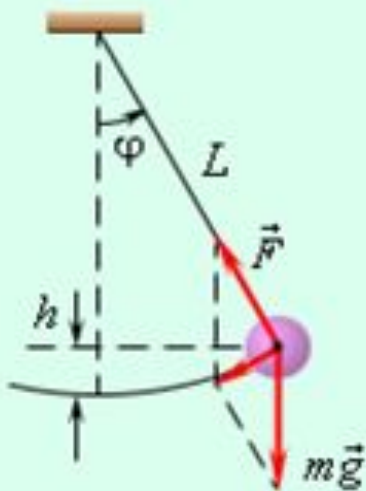


***Свободные и вынужденные  
электромагнитные колебания.  
Колебательный контур.  
Превращение энергии в  
колебательных системах***

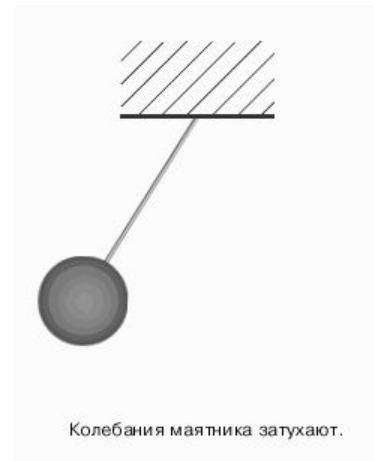
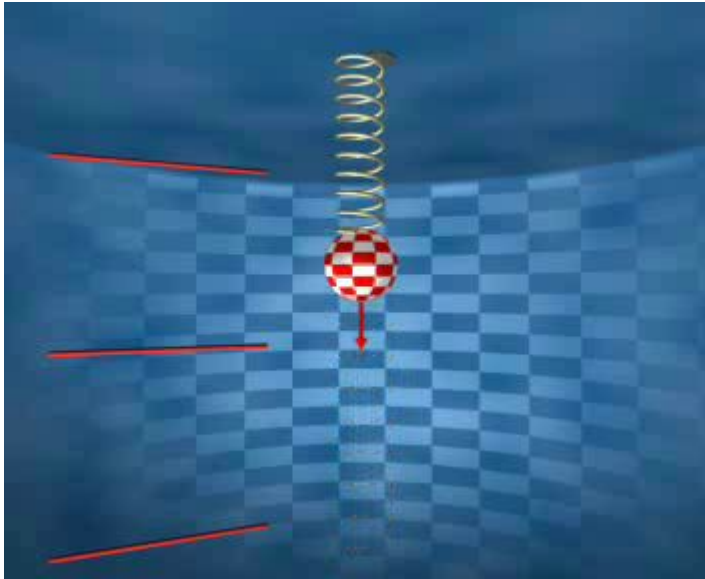


## *Колебания*

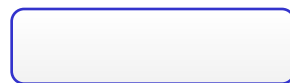
– это движения или процессы, которые повторяются через определенные интервалы времени.

# Колебательные системы

Пружинный маятник



Математические  
маятник



# *Гармонические колебания*



```
graph TD; A[Гармонические колебания] --> B[Свободные]; A --> C[Вынужденные]; B --> D[Затухающие];
```

The diagram is a flowchart starting with a blue octagonal box at the top containing the text "Гармонические колебания" in red italics. Two red arrows point downwards from this box to two white rounded rectangular boxes: "Свободные" (underlined in green italics) on the left and "Вынужденные" (underlined in green italics) on the right. A third red arrow points downwards from the "Свободные" box to a white rounded rectangular box containing "Затухающие" in blue italics.

*Свободные*

*Вынужденные*

*Затухающие*

# Таблица «Величины , характеризующие колебания»

Название	Определение	Условное обозначение	Формула для расчета	
Амплитуда	наибольшее отклонение колеблющейся по определенному закону величины от среднего значения или от некоторого значения, условно принятого за нулевое.	$X_m$ (А)	м	
<u>Период</u>	продолжительность одного полного колебания	$T$	с	$T = \frac{1}{\nu}$
Частота	число колебаний в одну секунду	$\nu$	Гц	$\nu = \frac{1}{T}$
<u>Фаза</u>	состояние колебательного процесса в определенный момент времени	$\varphi$	град	

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ



# КОЛЕБАНИЯ



# **Электромагнитные колебания** –

это периодические или почти периодические изменения заряда, силы тока и напряжения.

## **Вынужденные колебания** –

называются колебания в цепи под действием внешней периодической электродвижущей силы.

/вызываются периодической ЭДС/  
(переменный ток)

## **Свободные колебания** –

это колебания в системе, которые возникают после выведения её из положения равновесия.

/возникают при разрядке конденсатора через катушку/ колебательный контур

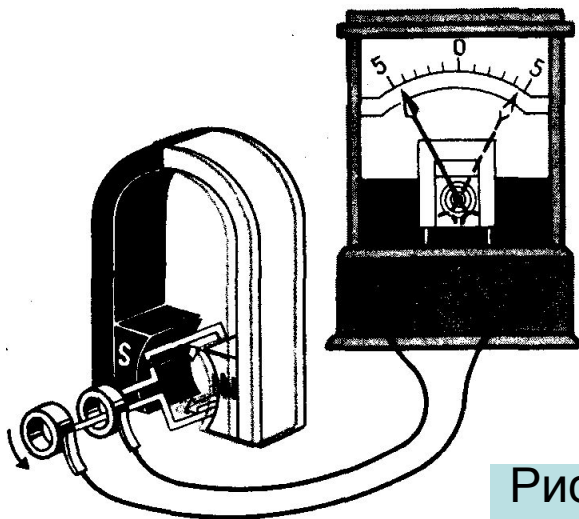
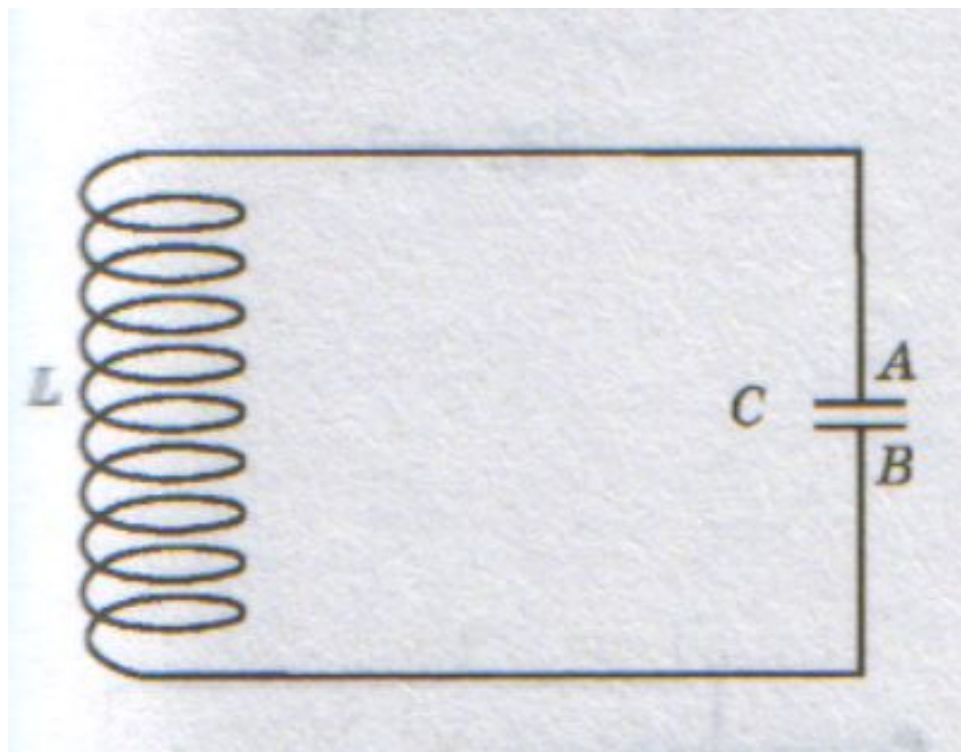


Рис  
. 1

ПРОСТЕЙШАЯ СИСТЕМА, В КОТОРОЙ  
МОГУТ ПРОИСХОДИТЬ СВОБОДНЫЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ --

# КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

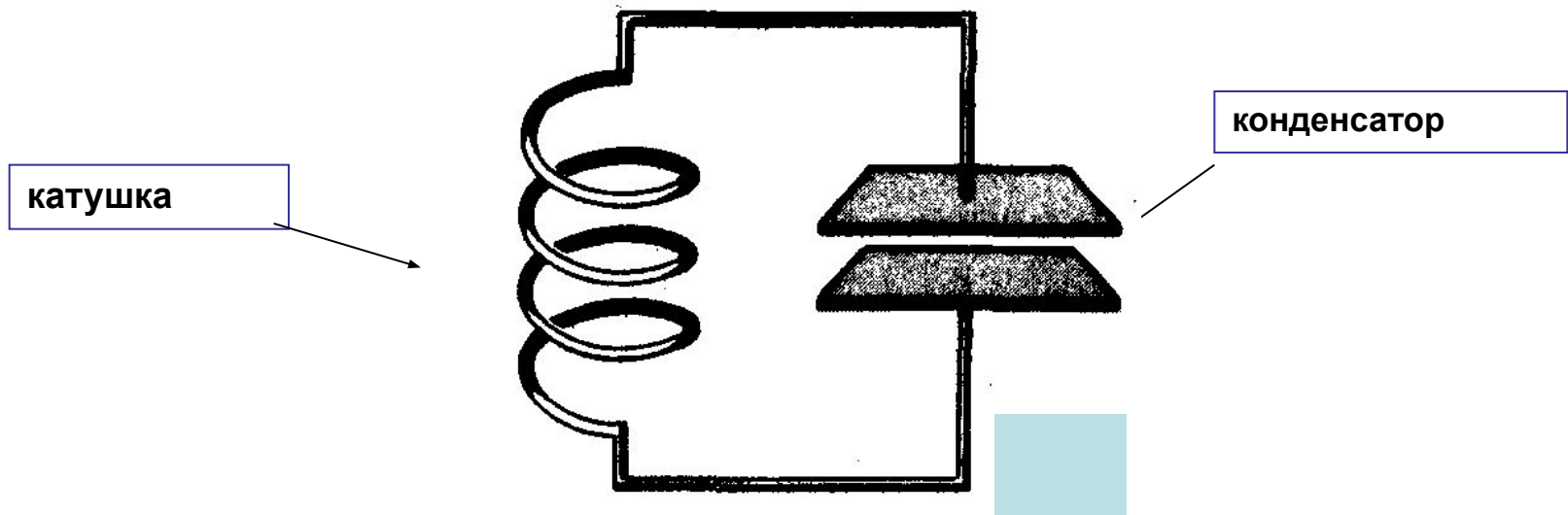
КАТУШКА



КОНДЕНСАТОР

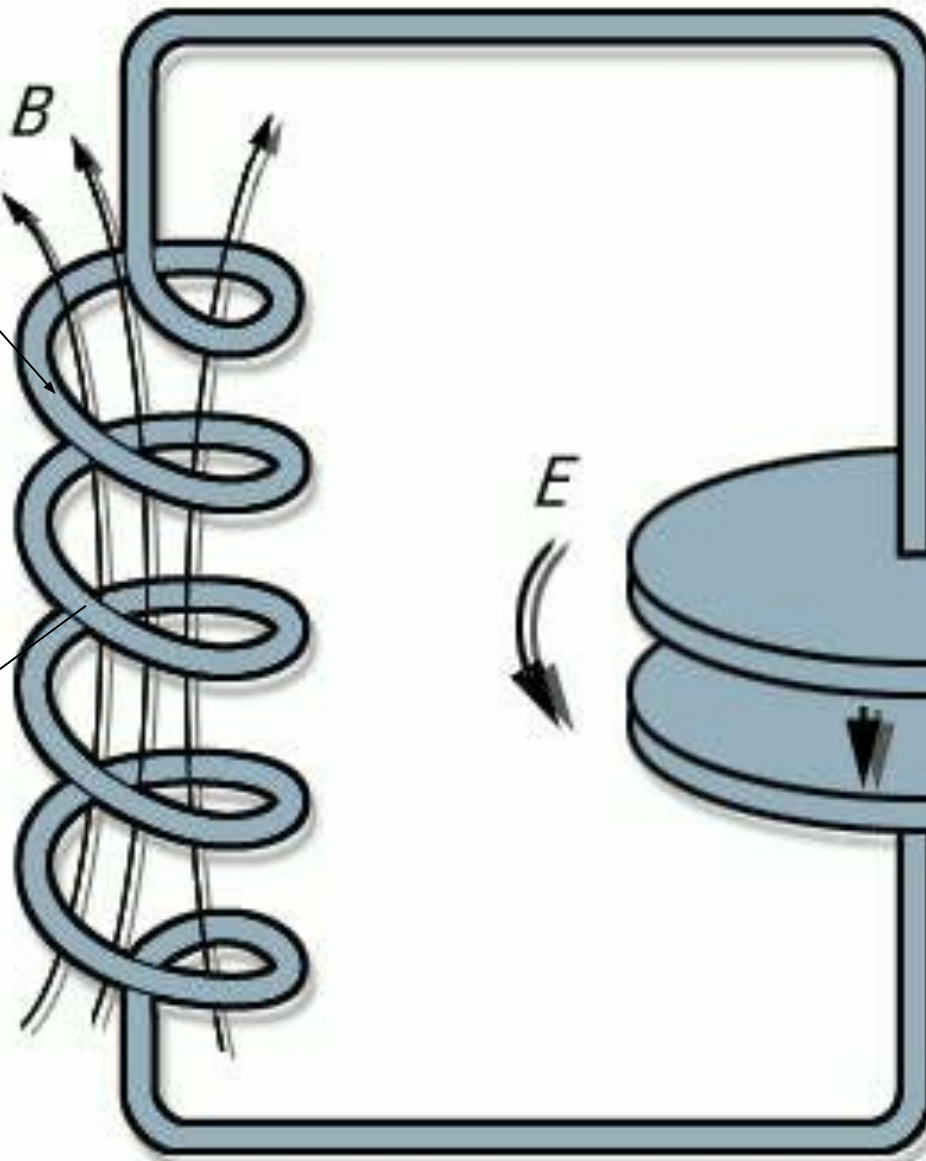
## *Колебательный контур* –

это система, в которой могут происходить свободные электромагнитные колебания, состоящая из конденсатора и катушки, присоединенной к его обкладке



# Колебательный контур

Магнитное поле

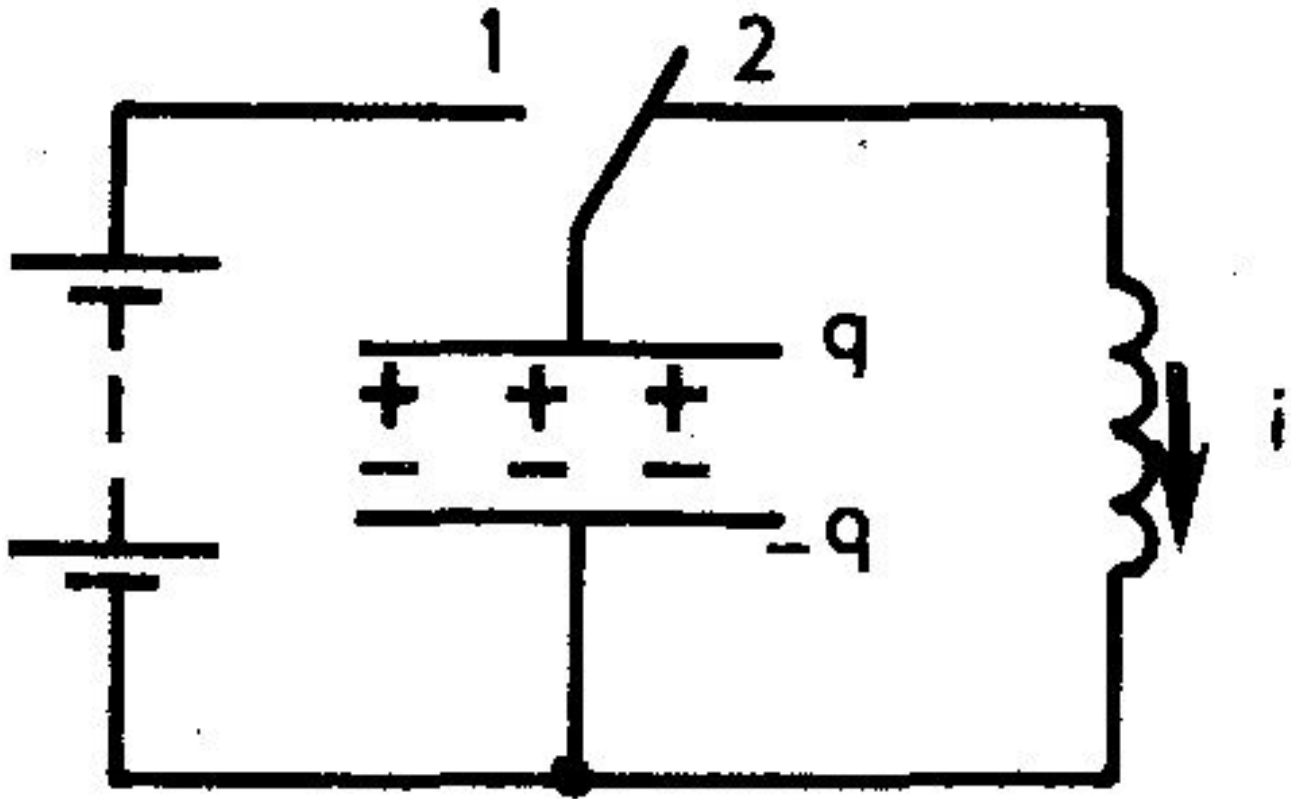


Электрическое поле

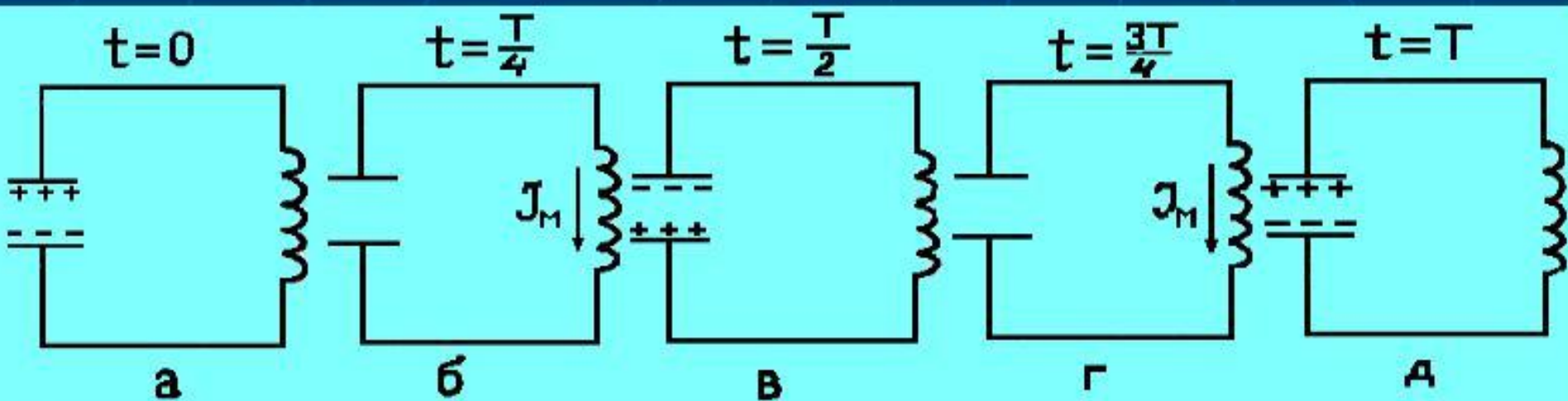
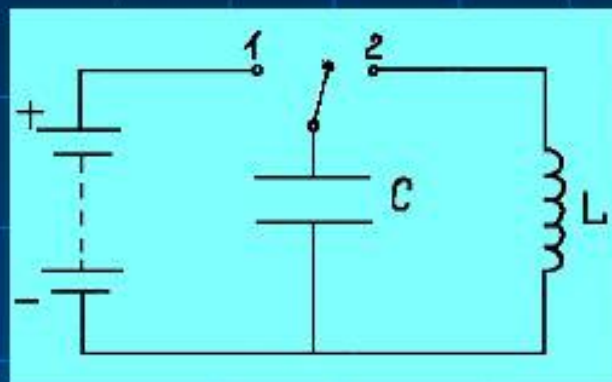
$$W_{\text{маг}} = \frac{L I_m^2}{2}$$

$$W_{\text{эл}} = \frac{q_m^2}{2C}$$

*Почему в контуре возникают колебания?*



# Электромагнитные колебания в контуре



$$\begin{aligned}
 q &= q_m \\
 U &= U_m \\
 I &= 0 \\
 W_E &= \frac{q_m^2}{2 \cdot C}
 \end{aligned}$$

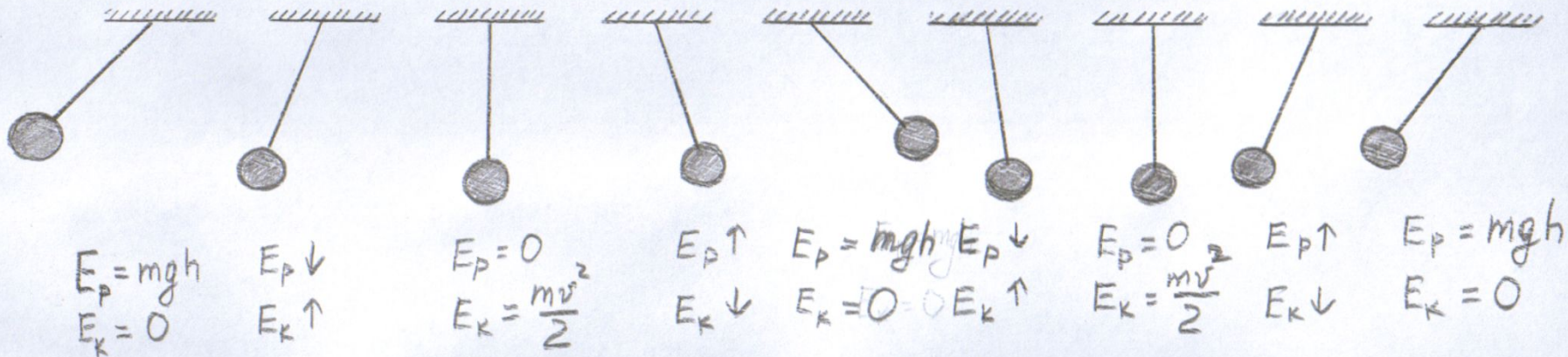
$$\begin{aligned}
 q &= 0 \\
 U &= 0 \\
 I &= I_m \\
 W_M &= \frac{L \cdot I_m^2}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= q_m \\
 U &= U_m \\
 I &= 0 \\
 W_E &= \frac{q_m^2}{2 \cdot C}
 \end{aligned}$$

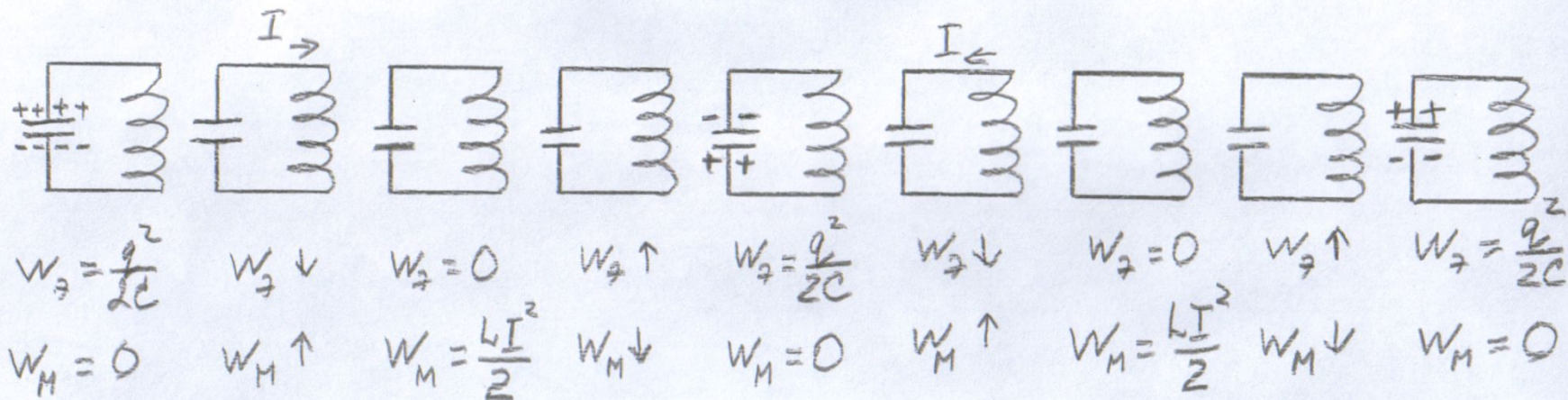
$$\begin{aligned}
 q &= 0 \\
 U &= 0 \\
 I &= I_m \\
 W_M &= \frac{L \cdot I_m^2}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q &= q_m \\
 U &= U_m \\
 I &= 0 \\
 W_E &= \frac{q_m^2}{2 \cdot C}
 \end{aligned}$$

# МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ



## АНАЛОГИЯ



# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

# Условия возникновения электромагнитных колебаний:

1. Наличие колебательного контура.
2. Электрическое сопротивление должно быть очень маленьким.
3. Зарядить конденсатор (вывести систему из равновесия)



# Уравнение, описывающее процессы в колебательном контуре

$$T = 2\pi \sqrt{LC} \quad \text{формула Томсона}$$

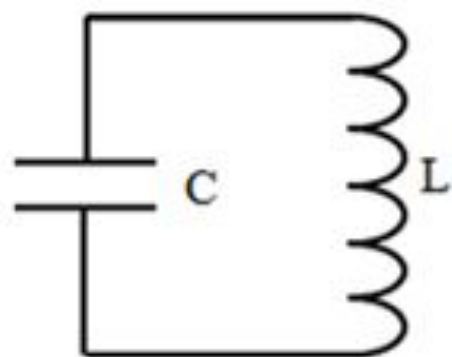
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$q = q_m \cos \omega t$$

$$W = \frac{Li}{2} + \frac{q^2}{2C}$$

$$W_{\text{эл}} = \frac{q_{\text{max}}^2}{2C}$$

*энергия электрического поля  
конденсатора*



$$W_{\text{м}} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

*энергия  
магнитного  
поля  
катушки*

$$\frac{q_{\text{max}}^2}{2C} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

*по закону сохранения  
энергии*

Полная энергия

$$W = \frac{q_{\max}^2}{2C} = \frac{LI_{\max}^2}{2} = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$$

$$\left(\frac{Li^2}{2}\right)' + \left(\frac{q^2}{2C}\right)' = 0 \qquad \frac{L}{2} \cdot 2i \cdot i' = -\frac{1}{2C} \cdot 2q \cdot q'$$

$$\left(\frac{Li^2}{2}\right)' = -\left(\frac{q^2}{2C}\right)' \qquad i = q' \qquad i' = q''$$
$$Lii' = -\frac{qi}{C} \qquad \boxed{q'' = -\frac{1}{LC}q}$$

## *Задача 1.*

**В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.**

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-6} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,4	-2	-1,4	0	1,42	2	1,42

**Вычислите индуктивность катушки контура, если емкость конденсатора равна 50 пФ.  
(Ответ выразите в миллигенри (мГн).)**

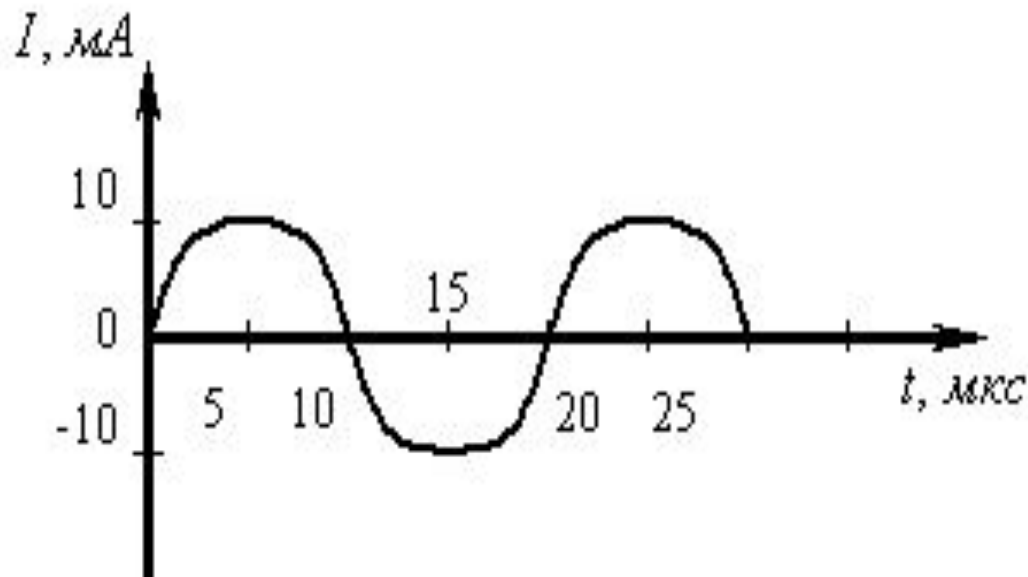
## *Задача 2.*

**В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.**

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-6} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,4	-2	-1,4	0	1,42	2	1,42

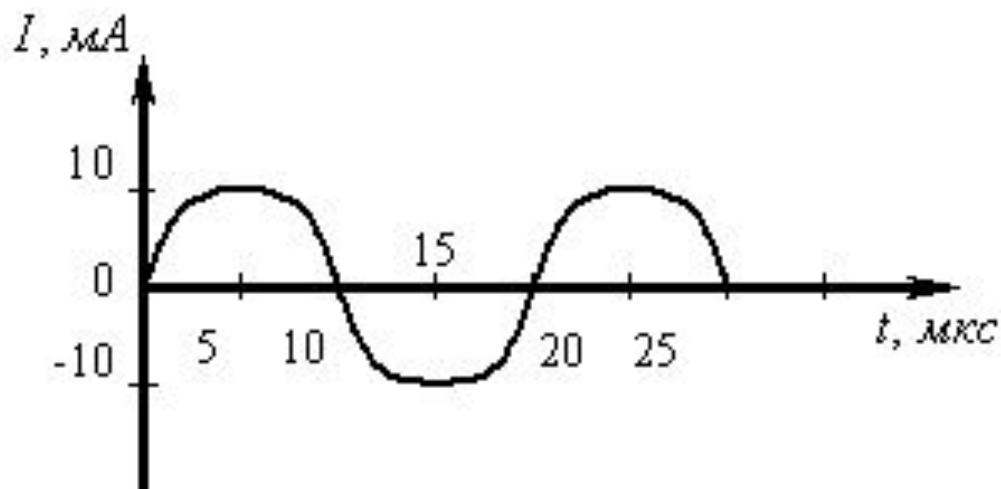
**Вычислите емкость конденсатора контура, если индуктивность катушки равна 32 мГн.  
(Ответ выразите в пикофарадах (пФ) и округлите до десятых долей.)**

**3.** На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в



Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза больше, то период колебаний будет равен...

4. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре.



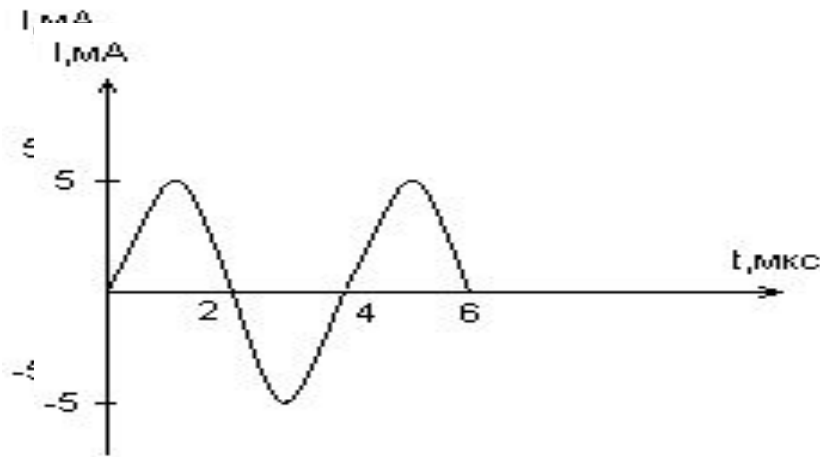
Если конденсатор в этом контуре заменить на другой конденсатор, емкость которого в 9 раз больше, то период колебаний будет равен...



5. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 400 пФ и катушку индуктивности индуктивностью 4 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?
6. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C$  и катушки индуктивности индуктивностью  $L$ . Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если емкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3р.
7. Амплитуда силы тока при свободных колебаниях в колебательном контуре 200 мА. Какова амплитуда напряжения на конденсаторе колебательного контура, если емкость этого конденсатора 2 мкФ, а индуктивность катушки 1 Гн? Активным сопротивлением пренебречь.

## Задача № 8.

По графику зависимости силы тока от времени в колебательном контуре определите, какие преобразования энергии происходят в колебательном контуре в интервале времени от 1 мкс до 2 мкс?

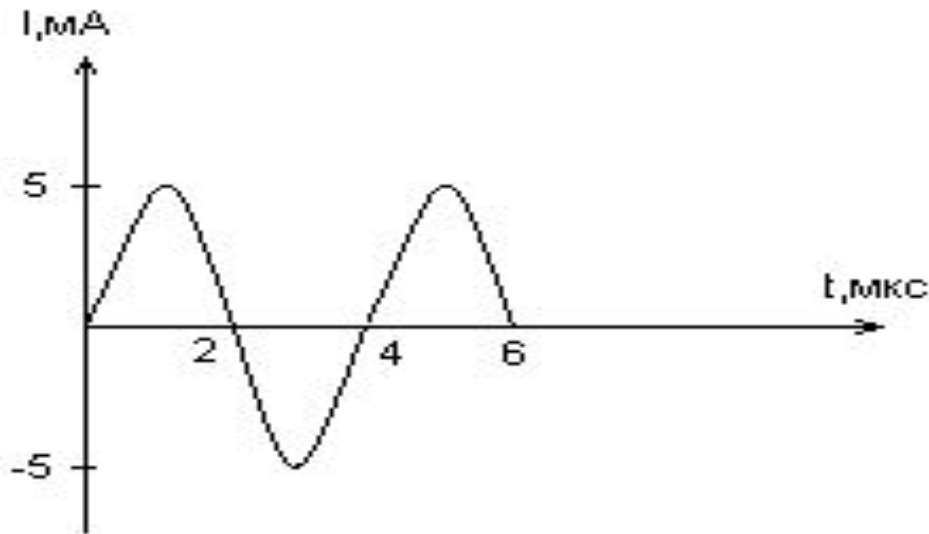


1. Энергия магнитного поля катушки увеличивается до максимального значения;
2. Энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора;
3. Энергия электрического поля конденсатора уменьшается от максимального значения до «0»;
4. Энергия электрического поля конденсатора преобразуется в энергию магнитного поля катушки.

## Задача № 9.

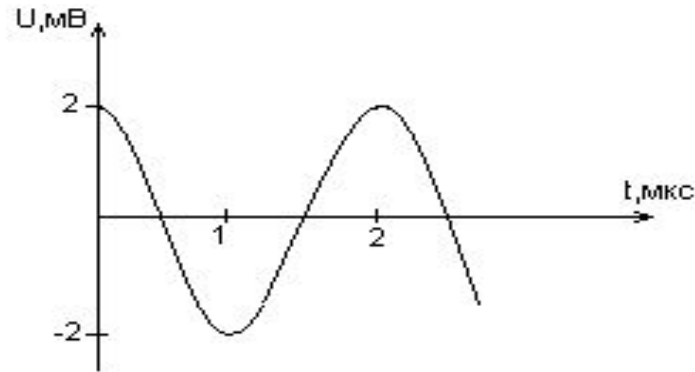
По графику зависимости силы тока от времени в колебательном контуре определите:

- Сколько раз энергия катушки достигает максимального значения в течение первых 6 мкс после начала отсчета?
- Сколько раз энергия конденсатора достигает максимального значения в течение первых 6 мкс после начала отсчета?
- Определите по графику амплитудное значение силы тока, период, циклическую частоту, линейную частоту и напишите уравнение зависимости силы тока от времени.



## Задача № 10.

Дана графическая зависимость напряжения между обкладками конденсатора от времени. По графику определите, какое преобразование энергии происходит в интервале времени от 0 до 0,5 мкс?

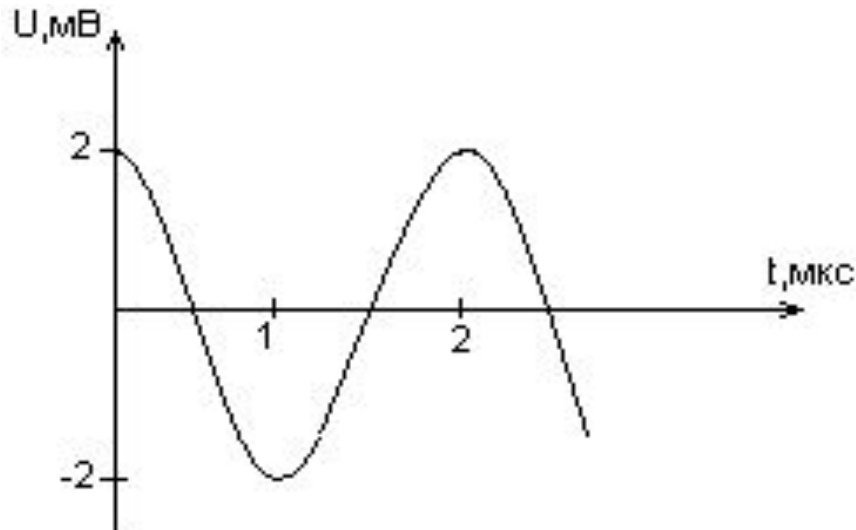


1. Энергия магнитного поля катушки увеличивается до максимального значения;
2. Энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора;
3. Энергия электрического поля конденсатора уменьшается от максимального значения до «0»;
4. Энергия электрического поля конденсатора преобразуется в энергию магнитного поля катушки.

## Задача № 11.

Дана графическая зависимость напряжения между обкладками конденсатора от времени. По графику определите:

- Сколько раз энергия конденсатора достигает максимального значения в период от нуля до 2 мкс?
- Сколько раз энергия катушки достигает наибольшего значения от нуля до 2 мкс?
- По графику определите амплитуду колебаний напряжений, период колебаний, циклическую частоту, линейную частоту. Напишите уравнение зависимости напряжения от времени.



## Задача № 12.

В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменяется заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6}$ (с)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ (Кл)	2	1,5	0	-1,5	-2	-1,5	0	1,5	2	1,5

1. Напишите уравнение зависимости заряда от времени. Найдите амплитуду колебаний заряда, период, циклическую частоту, линейную частоту.
2. Какова энергия магнитного поля катушки в момент времени  $t=5$  мкс, если емкость конденсатора 50 пФ.
3. Д/з. Напишите уравнение зависимости силы тока от времени. Найдите амплитуду колебаний силы тока. Постройте графическую зависимость силы тока от времени.

# Домашнее задание:

- Повторить изученный материал.