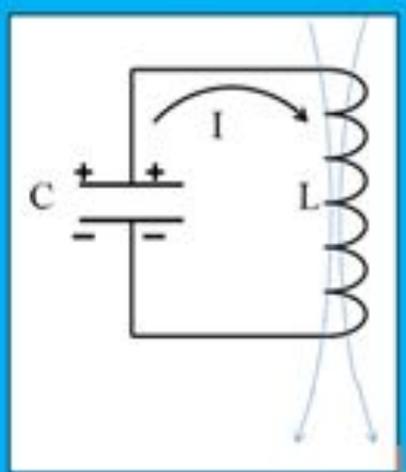
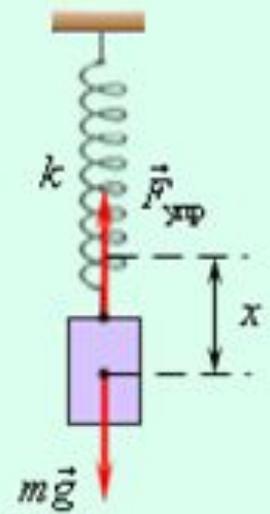
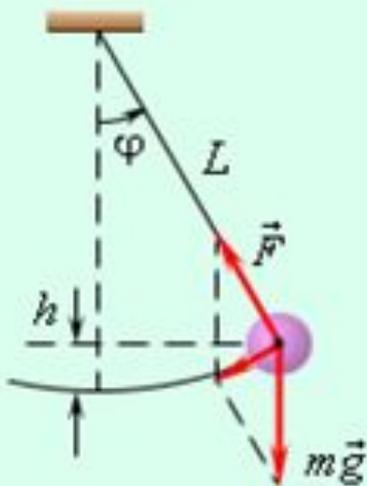


***Свободные и вынужденные  
электромагнитные колебания.  
Колебательный контур.  
Превращение энергии в  
колебательных системах***

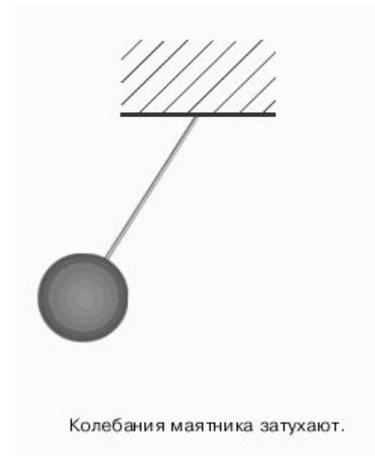
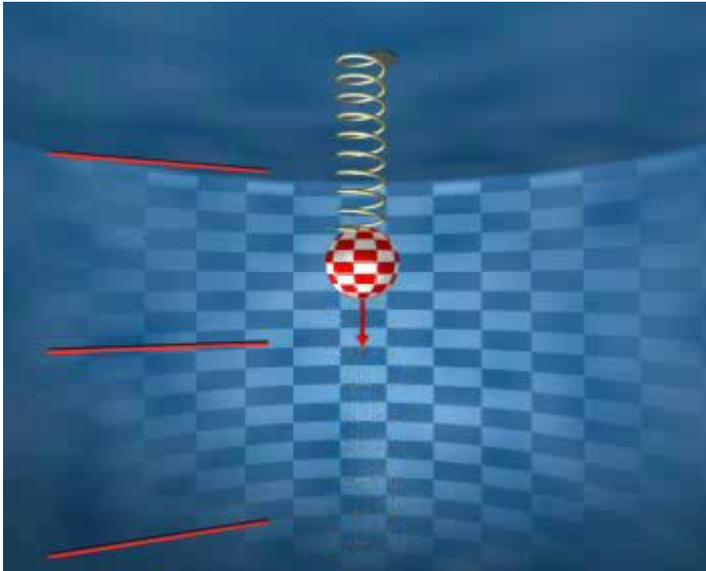


## ***Колебания***

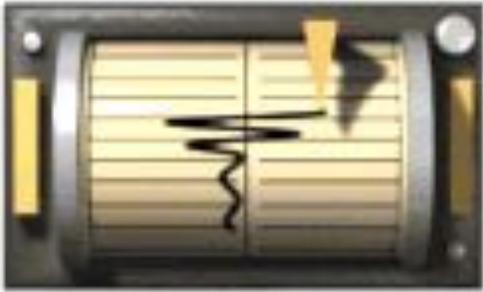
– это движения или процессы, которые повторяются через определенные интервалы времени.

# 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 with a top-level node in a blue octagonal box containing the text 'Гармонические колебания'. Two red arrows point downwards from this box to two separate white rounded rectangular boxes. The left box contains the text 'Свободные' and the right box contains 'Вынужденные'. From the 'Свободные' box, a third red arrow points downwards to a fourth white rounded rectangular box containing the text 'Затухающие'.

Свободные

Вынужденные

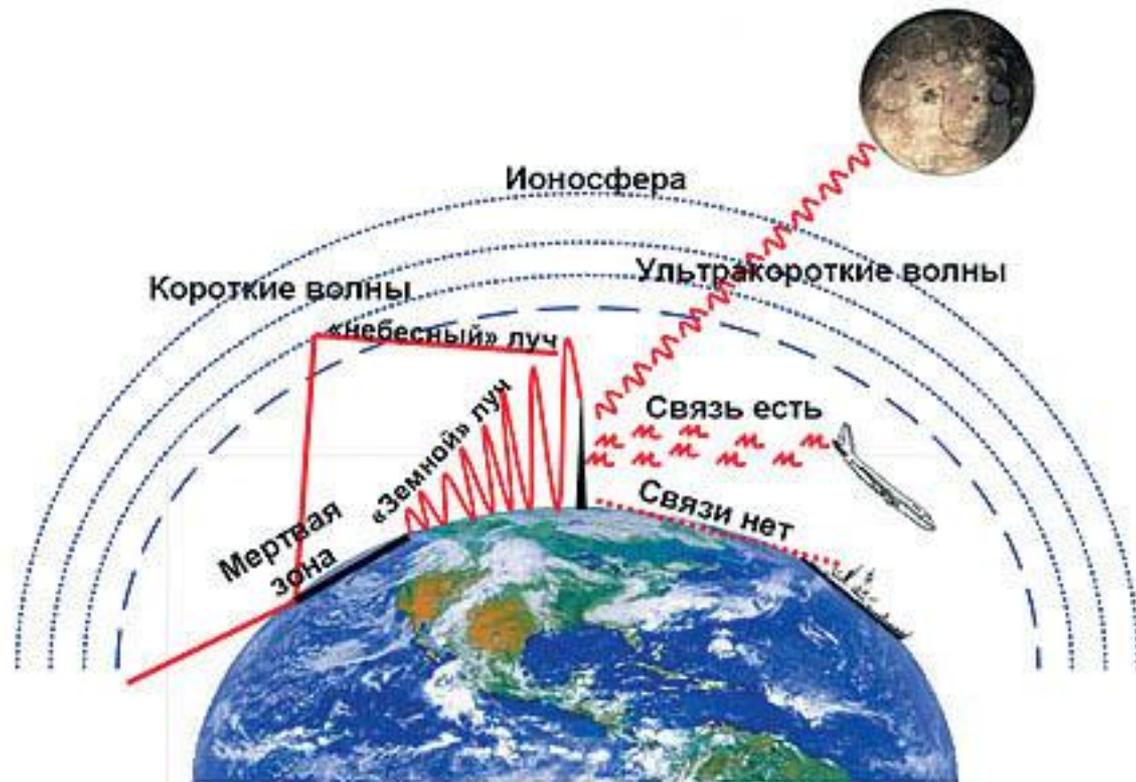
**Затухающие**

# 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 д	

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

# 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

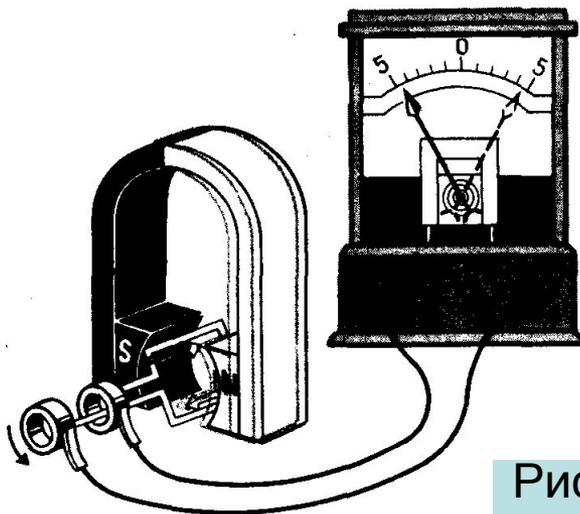
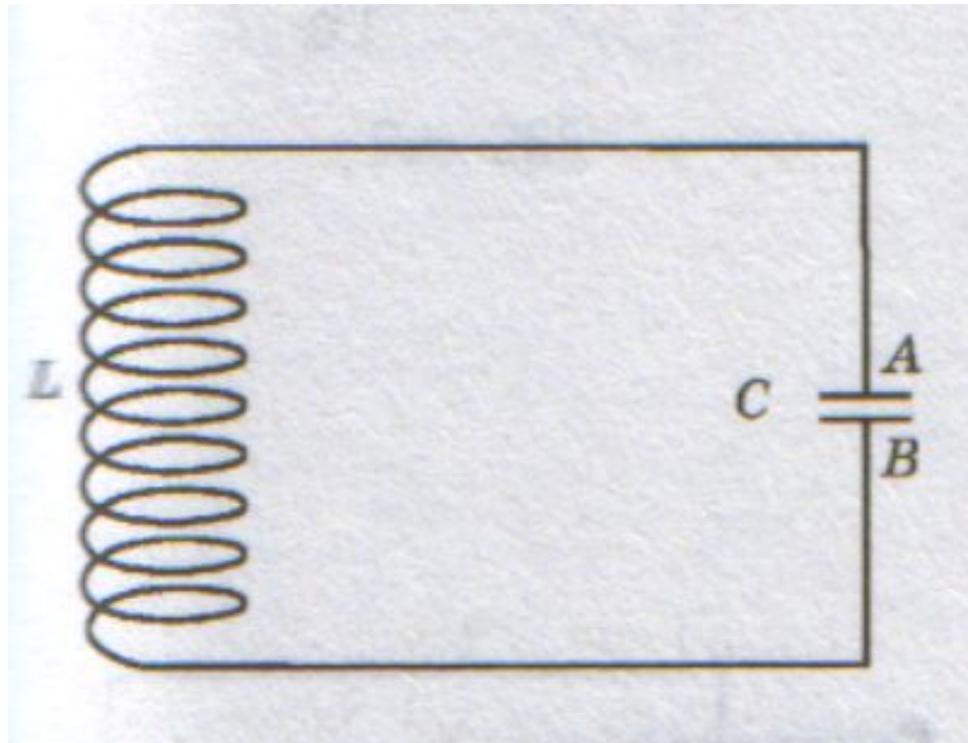


Рис  
. 1

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

# КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

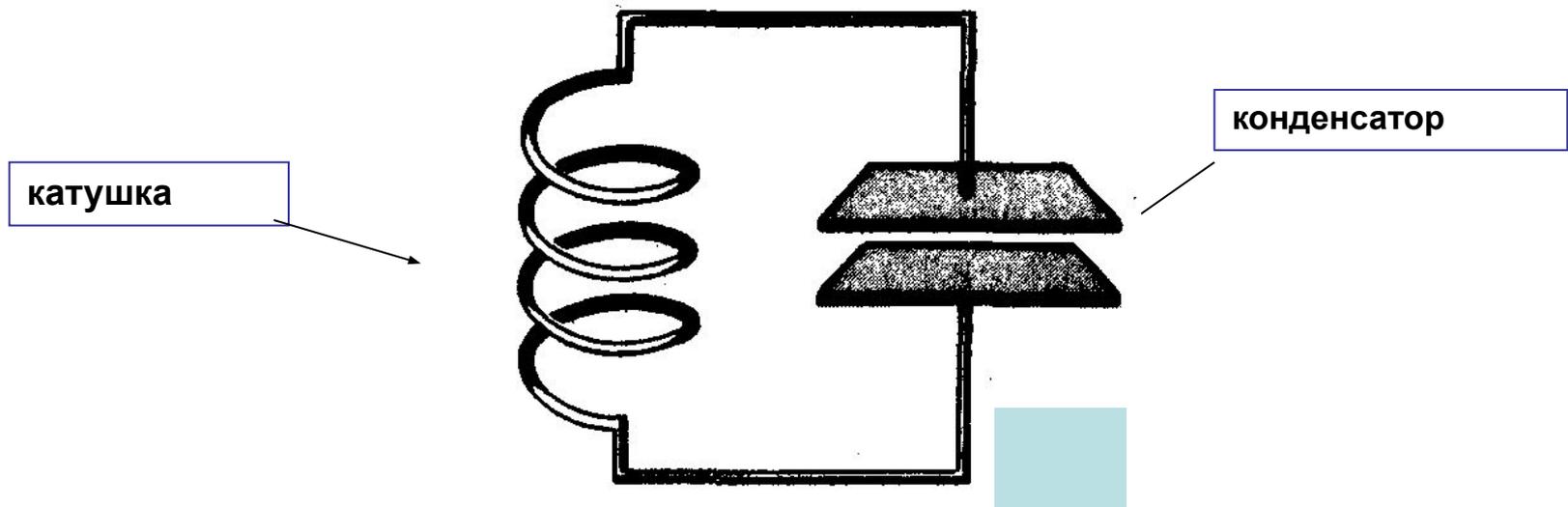
КАТУШКА



КОНДЕНСАТОР

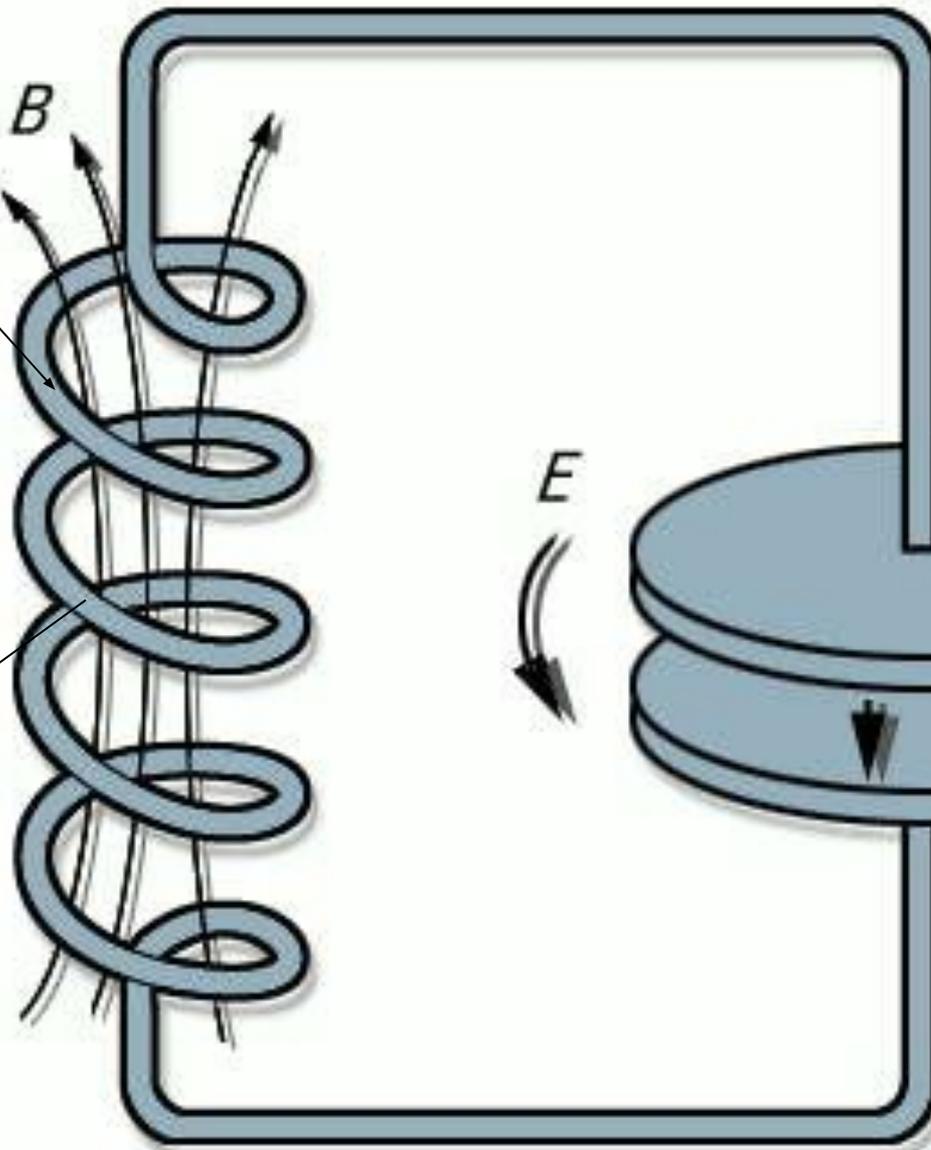
## *Колебательный контур* –

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



# Колебательный контур

Магнитное поле

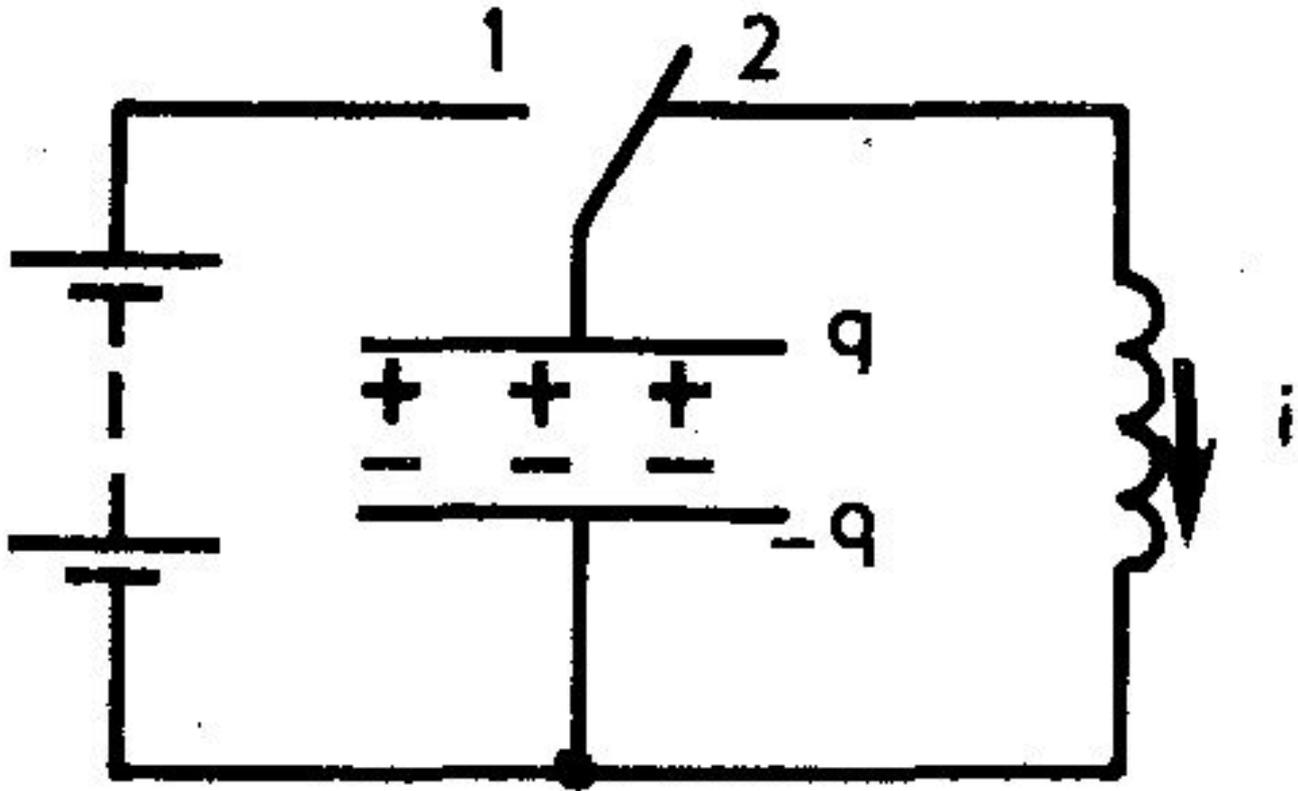


Электрическое поле

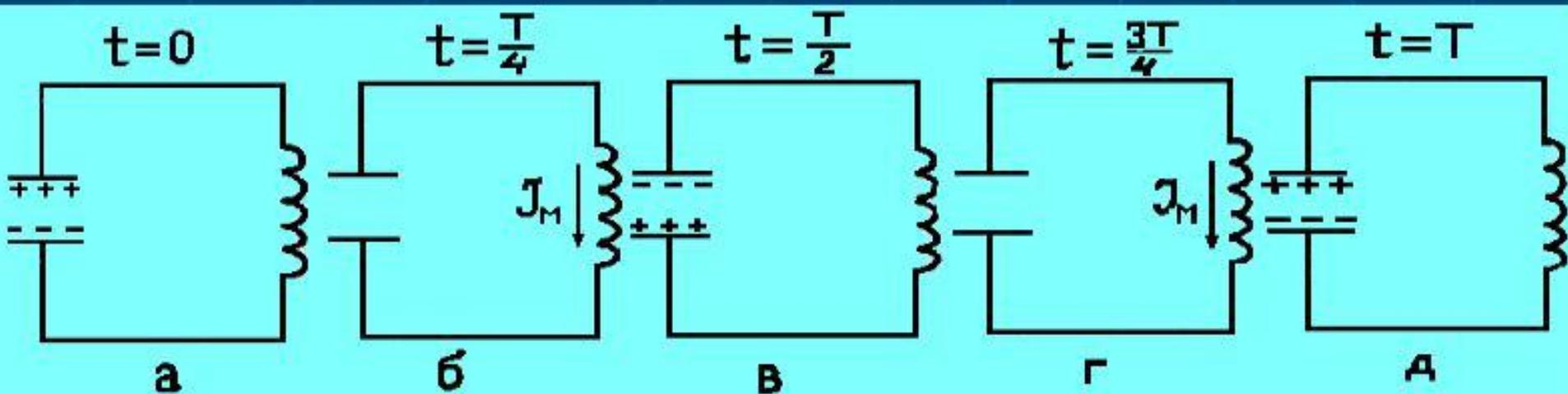
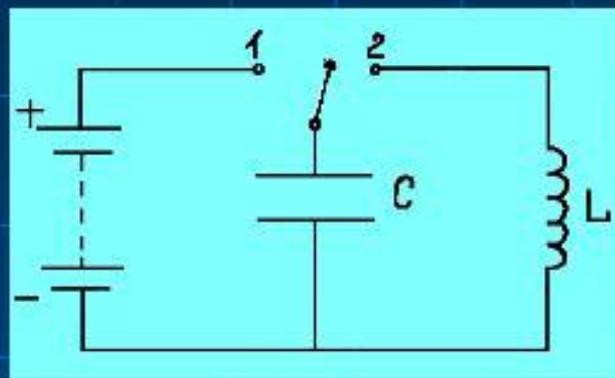
$$W_{\text{маг}} = \frac{L I_m^2}{2}$$

$$W_{\text{эл}} = \frac{q_m^2}{2C}$$

*Почему в контуре возникают колебания?*



# Электромагнитные колебания в контуре



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

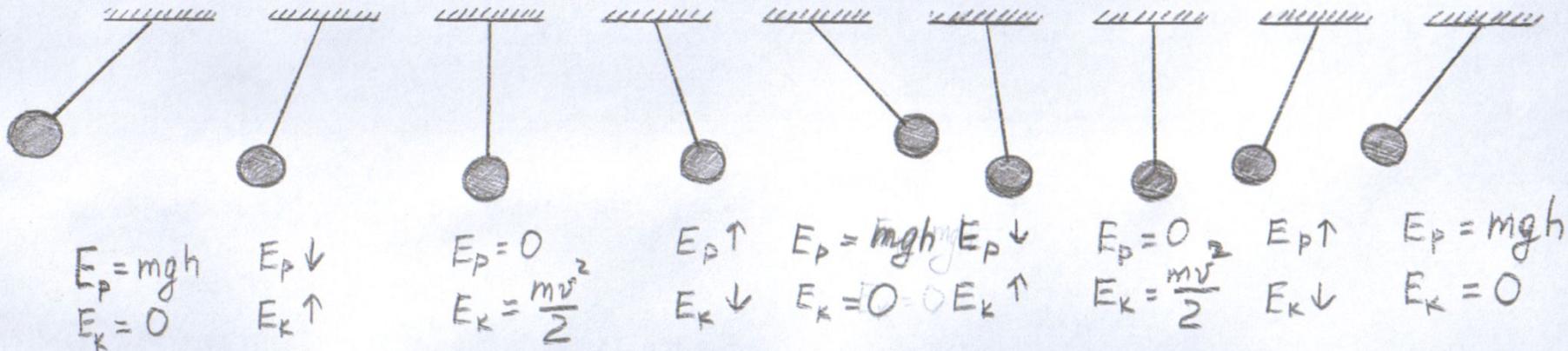
$$\begin{aligned}
 q &= 0 \\
 U &= 0 \\
 I &= I_m \\
 W_M &= \frac{L \cdot I_m^2}{2}
 \end{aligned}$$

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

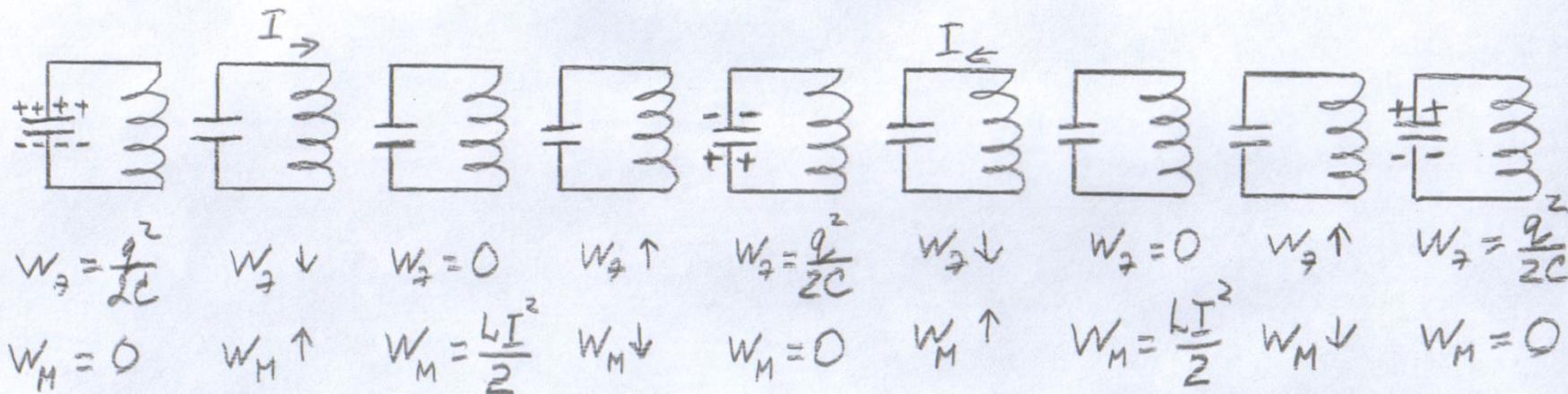
$$\begin{aligned}
 q &= 0 \\
 U &= 0 \\
 I &= I_m \\
 W_M &= \frac{L \cdot I_m^2}{2}
 \end{aligned}$$

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

# 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

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

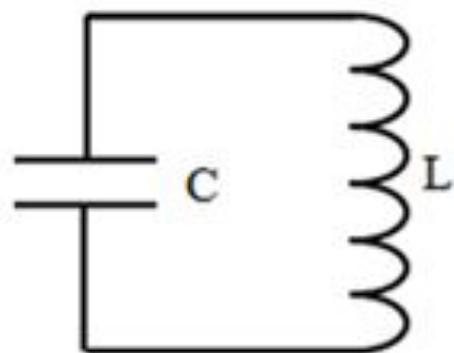
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

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

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

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

*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*

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

$$\left(\frac{Li^2}{2}\right)' + \left(\frac{q^2}{2C}\right)' = 0$$

$$\frac{L}{2} \cdot 2i \cdot i' = -\frac{1}{2C} \cdot 2q \cdot q'$$

$$\left(\frac{Li^2}{2}\right)' = -\left(\frac{q^2}{2C}\right)'$$

$$i = q' \quad i' = q''$$

$$Lii' = -\frac{qi}{C}$$

$$q'' = -\frac{1}{LC}q$$

## *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).)**

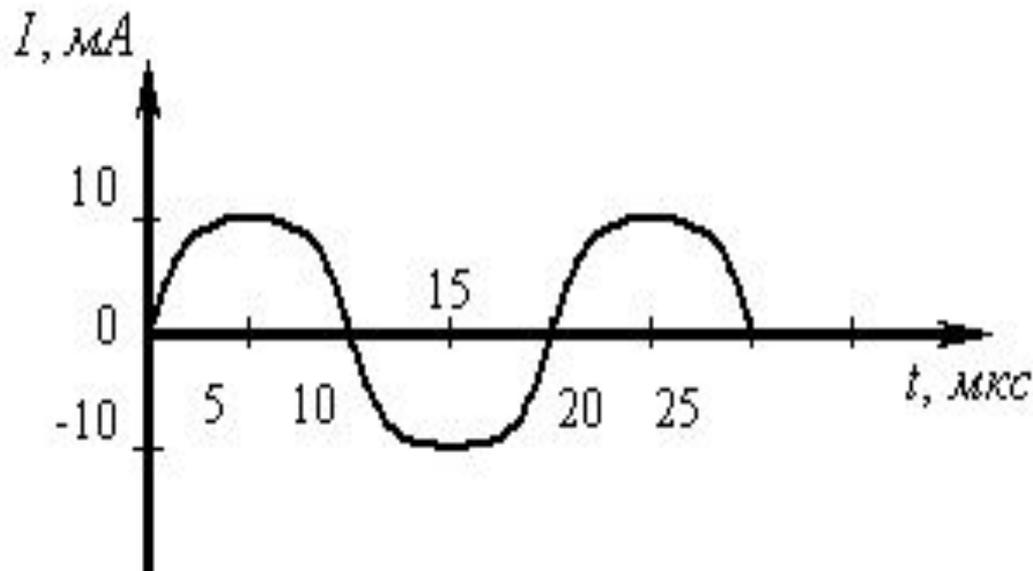
## *Задача 2.*

**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

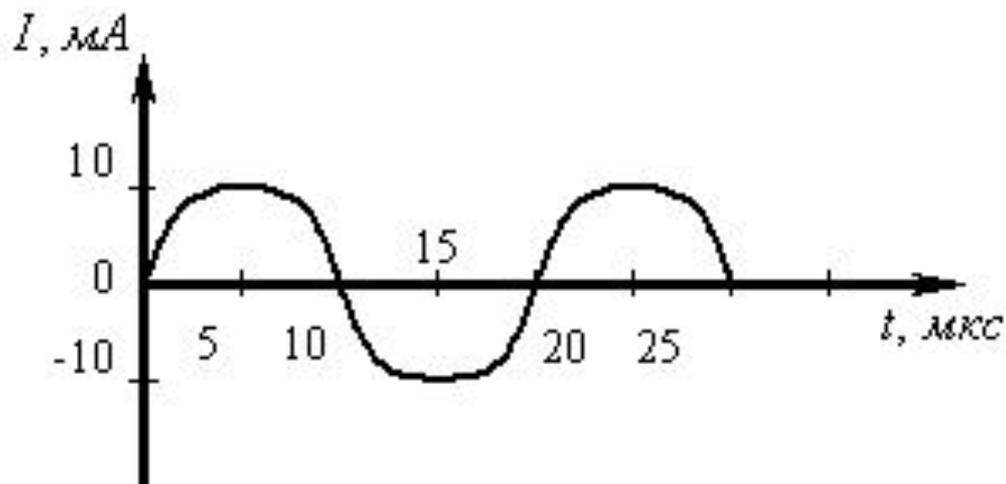
**Вычислите емкость конденсатора контура, если индуктивность катушки равна 32 мГн.  
(Ответ выразите в пикофарадах (пФ) и округлите до десятых долей.)**

**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...

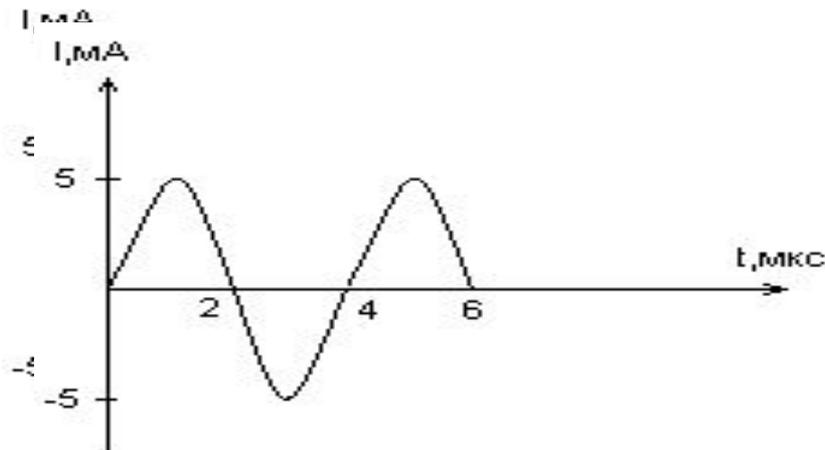
5. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 400 пФ и катушку индуктивности индуктивностью 4 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?

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?

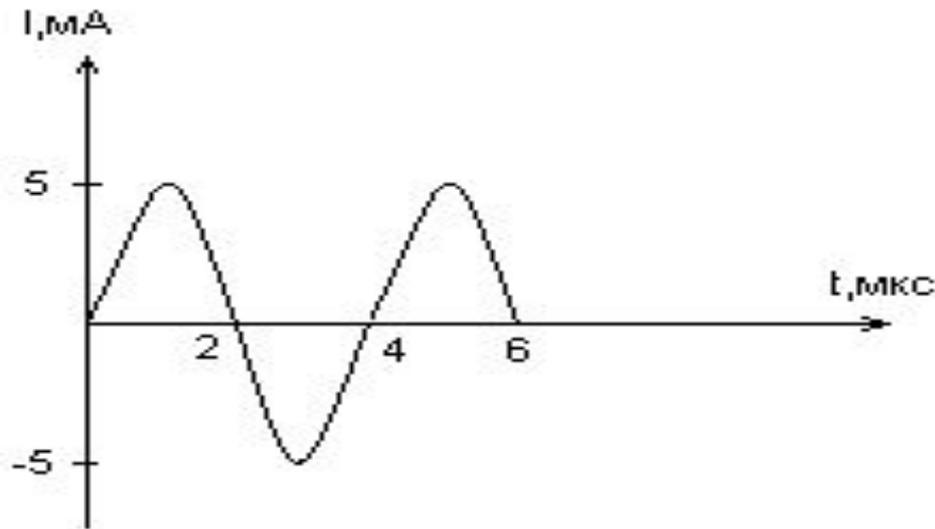


1. Энергия магнитного поля катушки увеличивается до максимального значения;
2. Энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора;
3. Энергия электрического поля конденсатора уменьшается от максимального значения до «0»;
4. Энергия электрического поля конденсатора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

## Задача № 9.

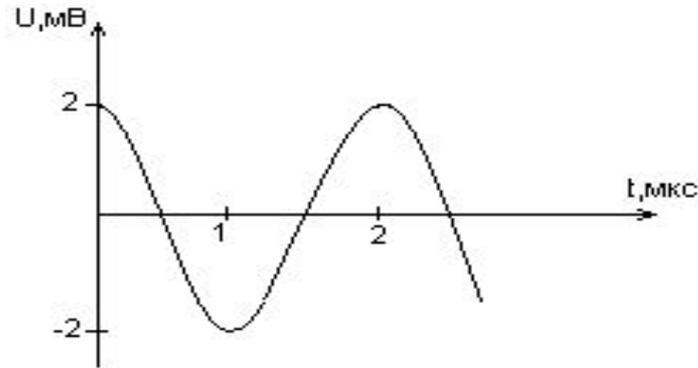
По графику зависимости силы тока от времени в колебательном контуре определите:

- 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?

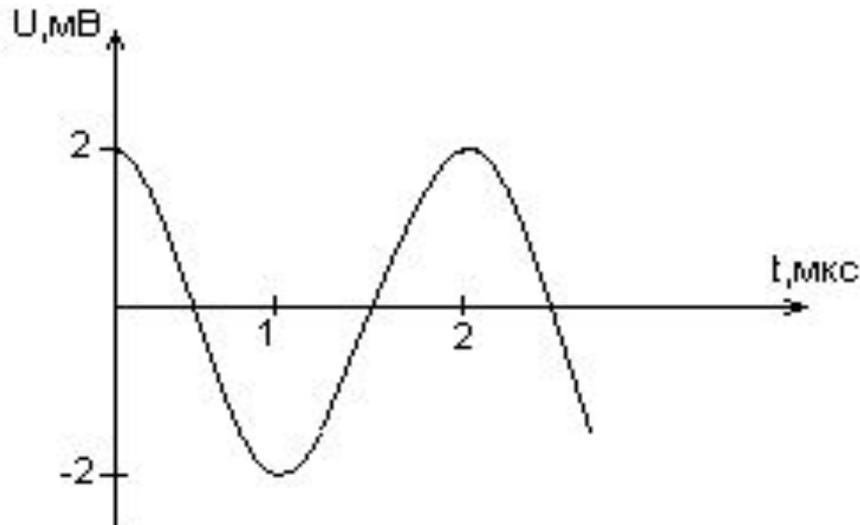


1. Энергия магнитного поля катушки увеличивается до максимального значения;
2. Энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора;
3. Энергия электрического поля конденсатора уменьшается от максимального значения до «0»;
4. Энергия электрического поля конденсатора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