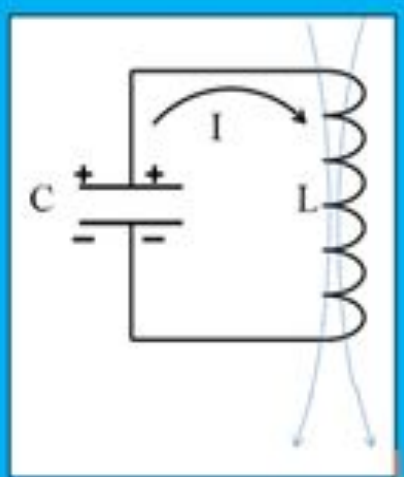
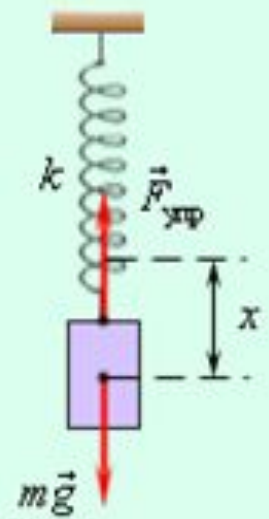
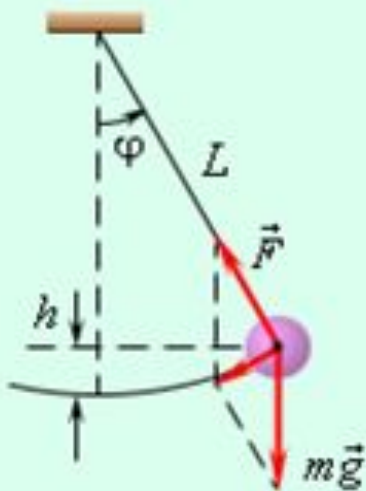


***Свободные и вынужденные
электромагнитные колебания.
Колебательный контур.
Превращение энергии в
колебательных системах***

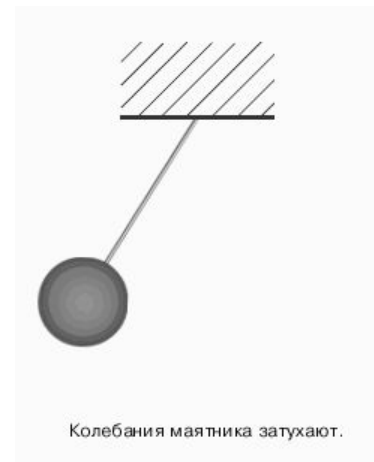
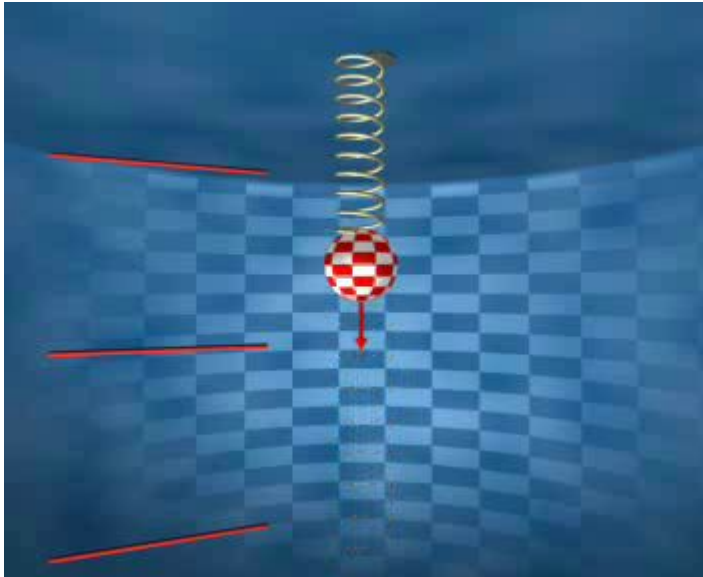


Колебания

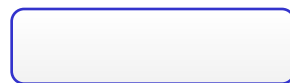
– это движения или процессы, которые повторяются через определенные интервалы времени.

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'. Two red arrows point downwards from this box to two white rounded rectangular boxes: 'Свободные' on the left and 'Вынужденные' on the right. From the 'Свободные' box, a red arrow points down to a third white rounded rectangular box labeled 'Затухающие'. All text is in a stylized font, with the top level in red and the others in green or blue.

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	ν	Гц	$\nu = \frac{1}{T}$
<u>Фаза</u>	состояние колебательного процесса в определенный момент времени	φ	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

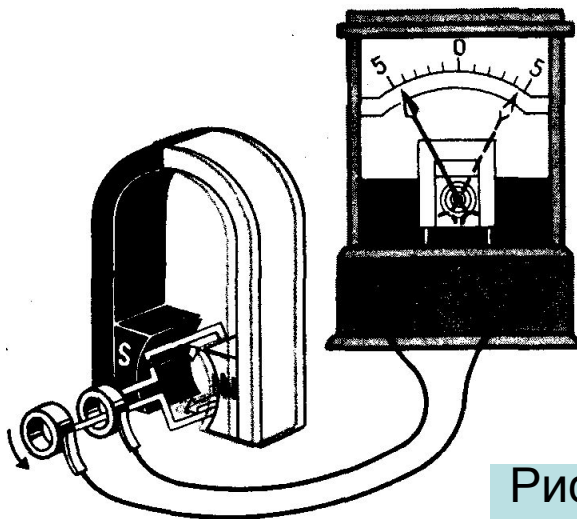
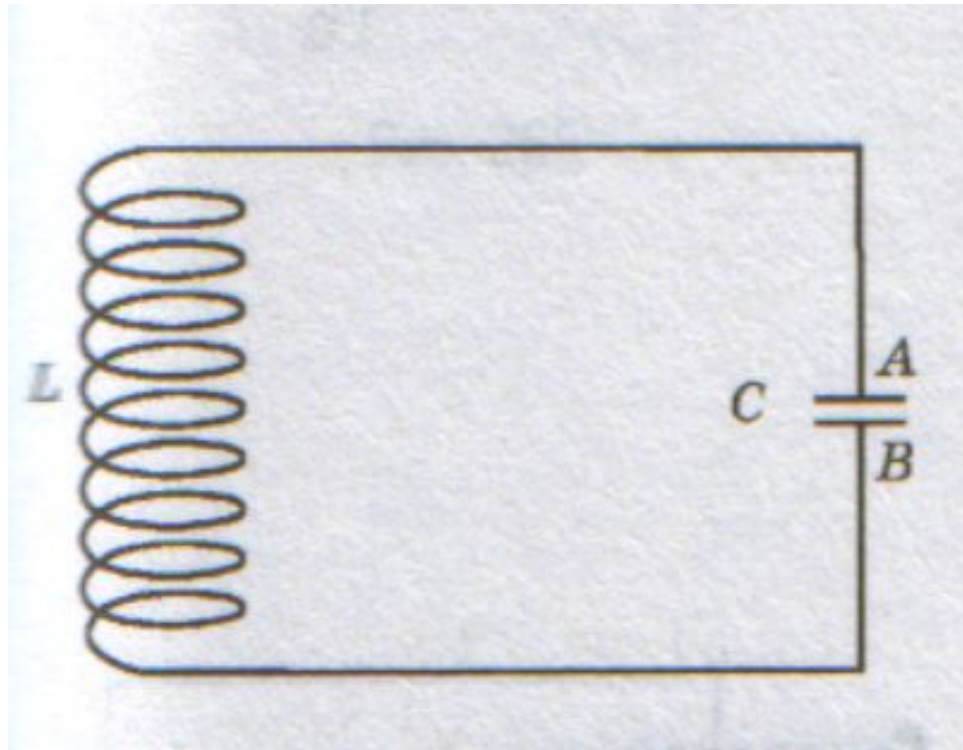


Рис
. 1

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

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

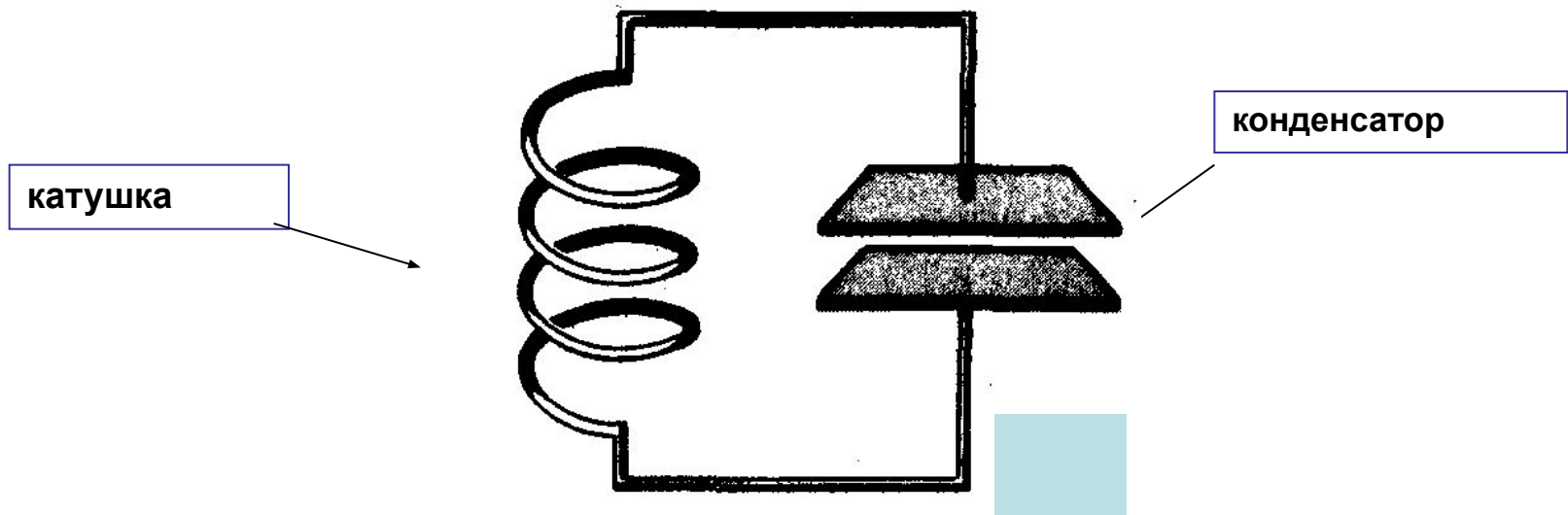
КАТУШКА



КОНДЕНСАТОР

Колебательный контур –

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



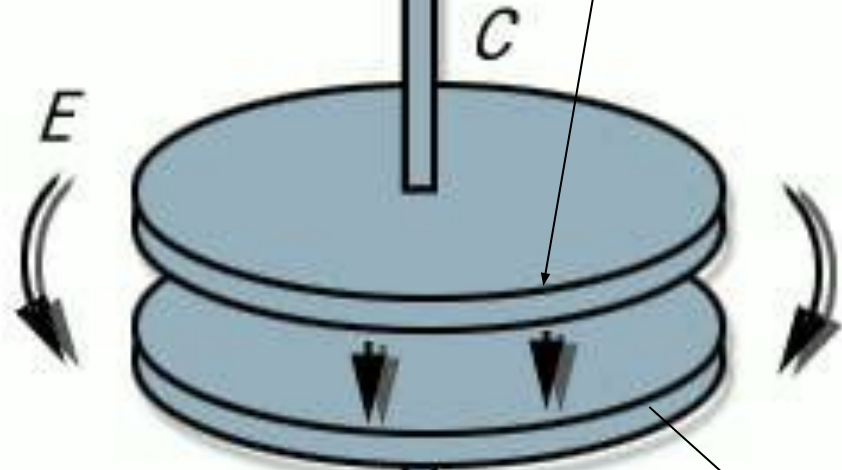
Колебательный контур

Магнитное поле



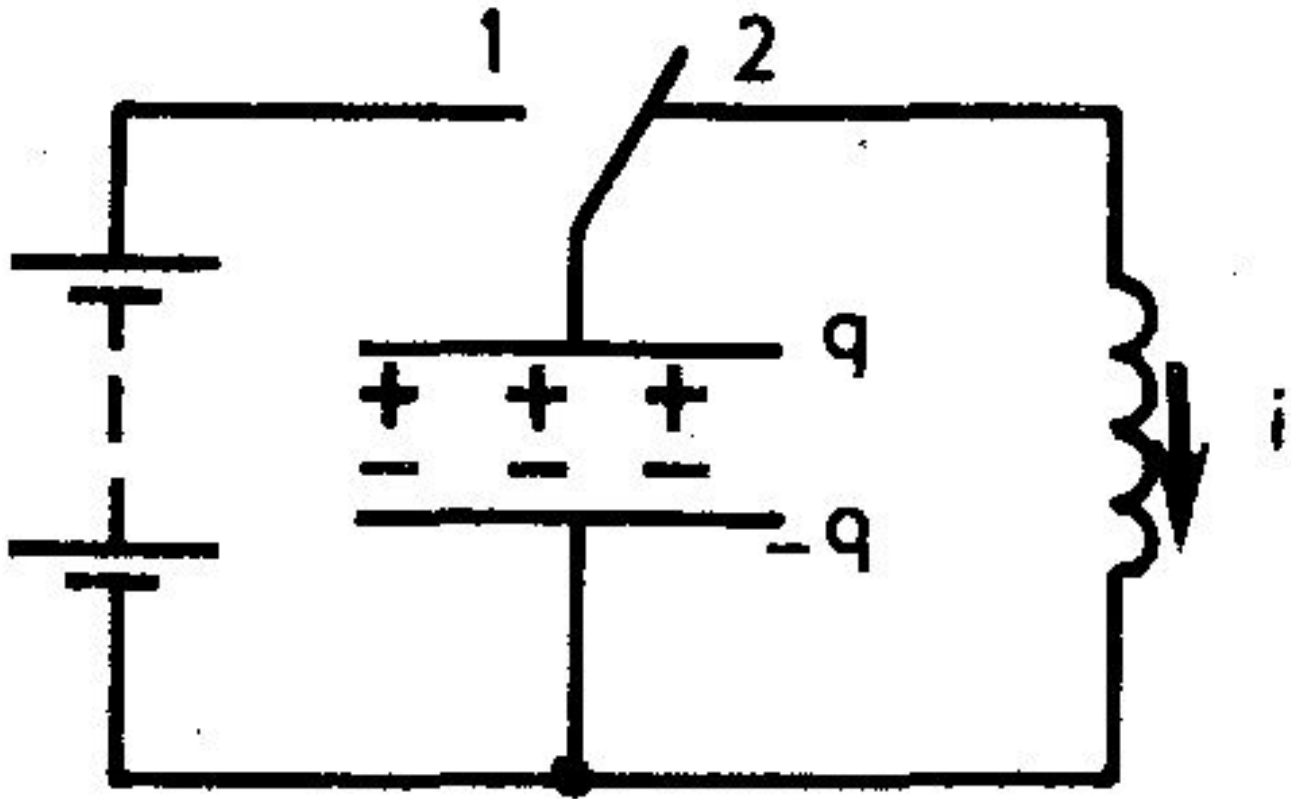
$$W_{\text{маг}} = \frac{L I_m^2}{2}$$

Электрическое поле

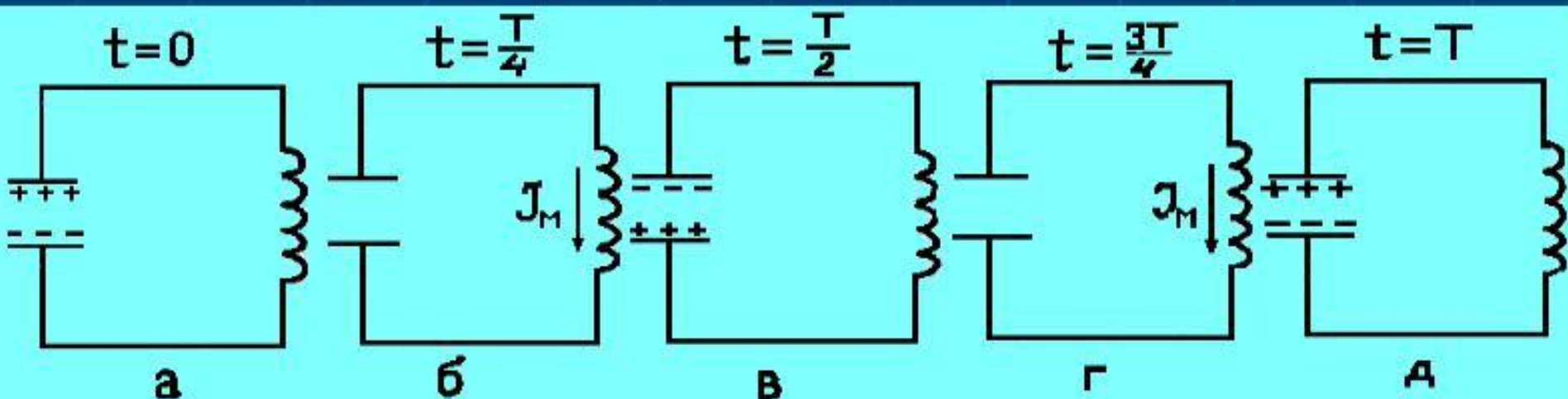
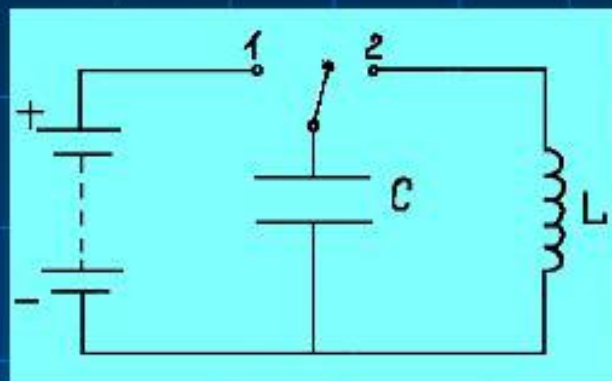


$$W_{\text{эл}} = \frac{q_m^2}{2C}$$

Почему в контуре возникают колебания?



Электромагнитные колебания в контуре



$$q = q_m$$

$$U = U_m$$

$$I = 0$$

$$W_E = \frac{q_m^2}{2 \cdot C}$$

$$q = 0$$

$$U = 0$$

$$I = I_m$$

$$W_M = \frac{L \cdot I_m^2}{2}$$

$$q = q_m$$

$$U = U_m$$

$$I = 0$$

$$W_E = \frac{q_m^2}{2 \cdot C}$$

$$q = 0$$

$$U = 0$$

$$I = I_m$$

$$W_M = \frac{L \cdot I_m^2}{2}$$

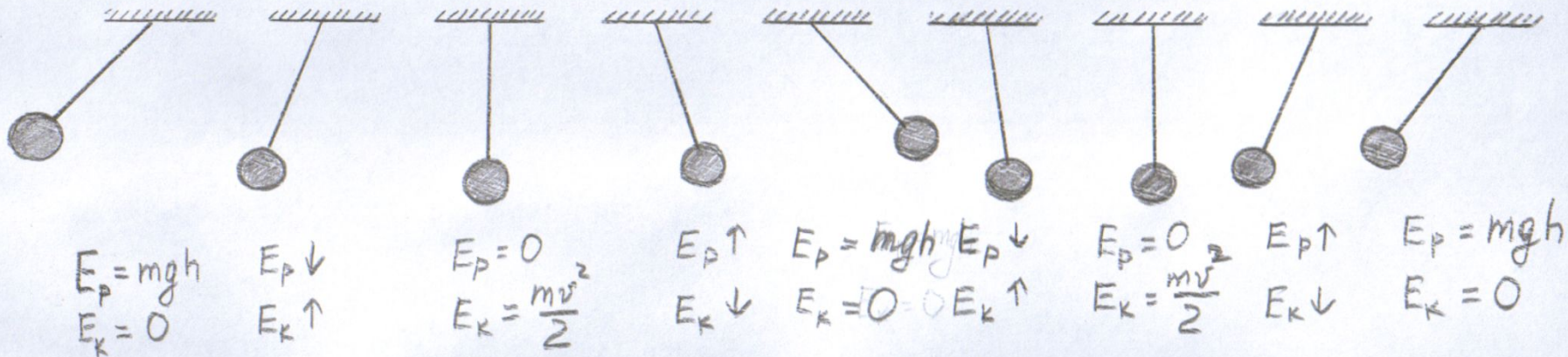
$$q = q_m$$

$$U = U_m$$

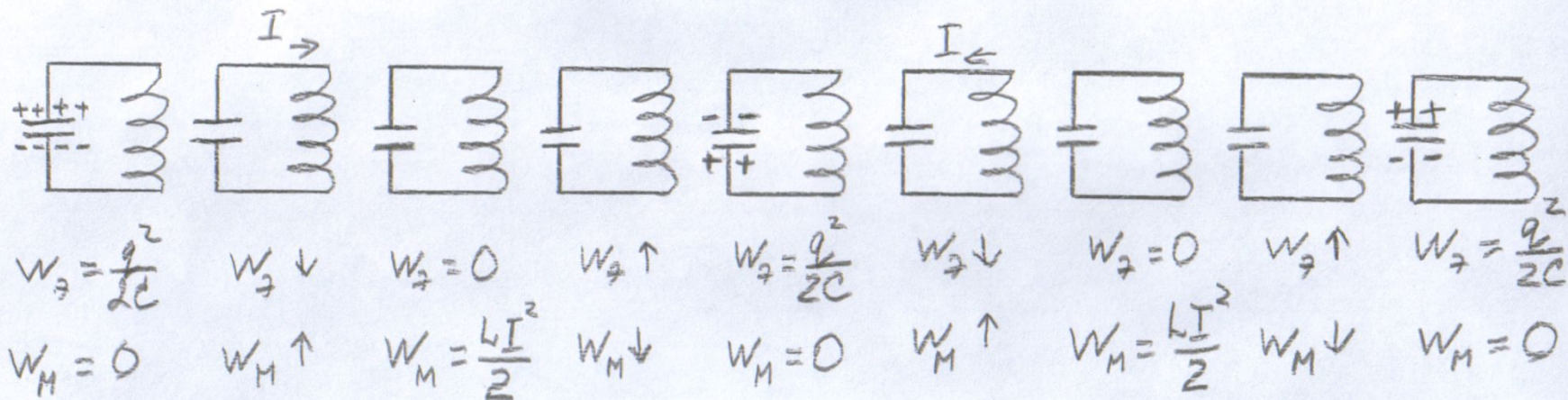
$$I = 0$$

$$W_E = \frac{q_m^2}{2 \cdot C}$$

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

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

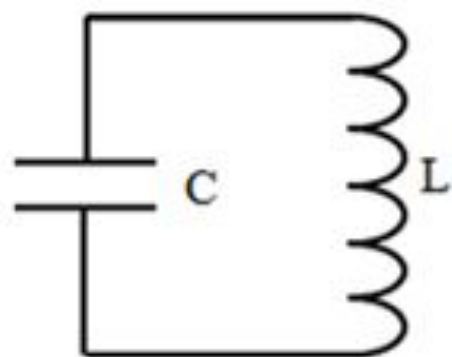
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

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

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

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

*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).)**

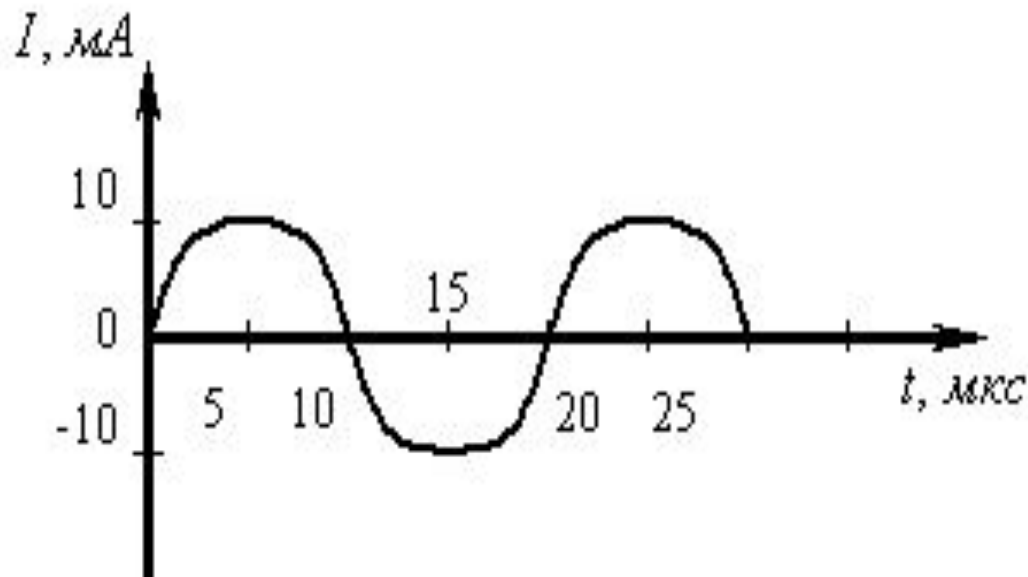
Задача 2.

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

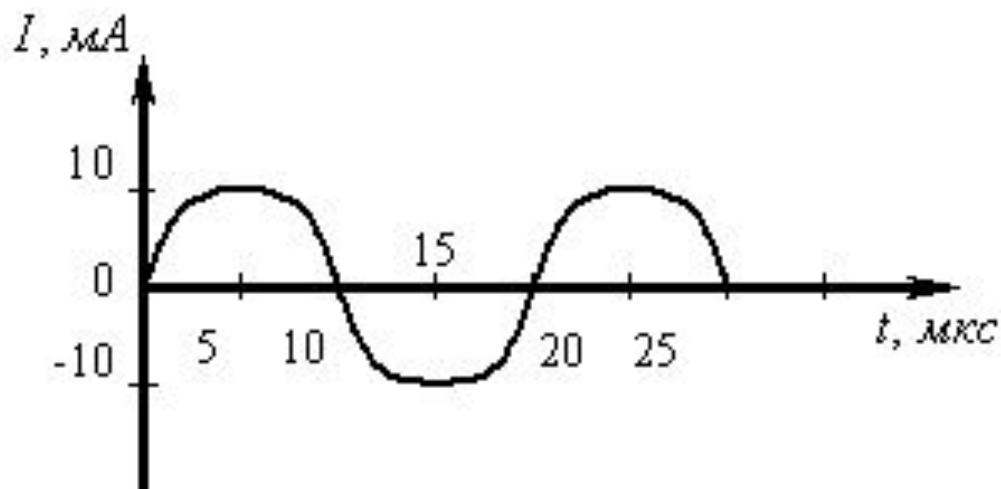
**Вычислите емкость конденсатора контура, если индуктивность катушки равна 32 мГн.
(Ответ выразите в пикофарадах (пФ) и округлите до десятых долей.)**

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...

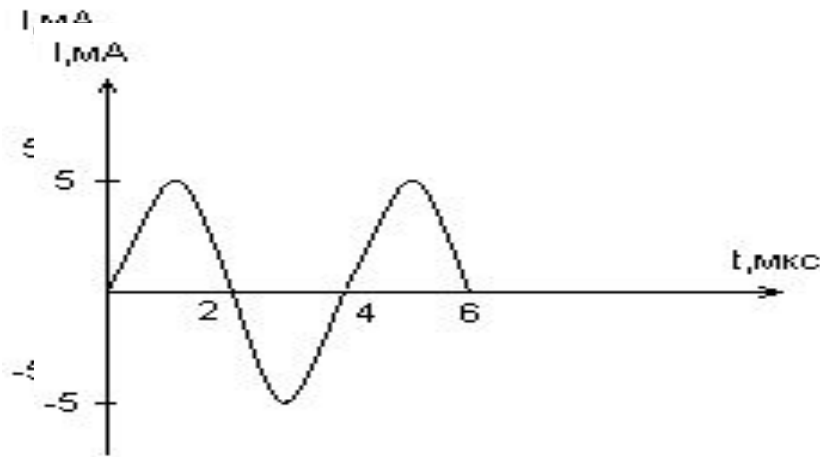
5. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью 400 пФ и катушку индуктивности индуктивностью 4 мкГн. Каков период собственных колебаний контура?

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?

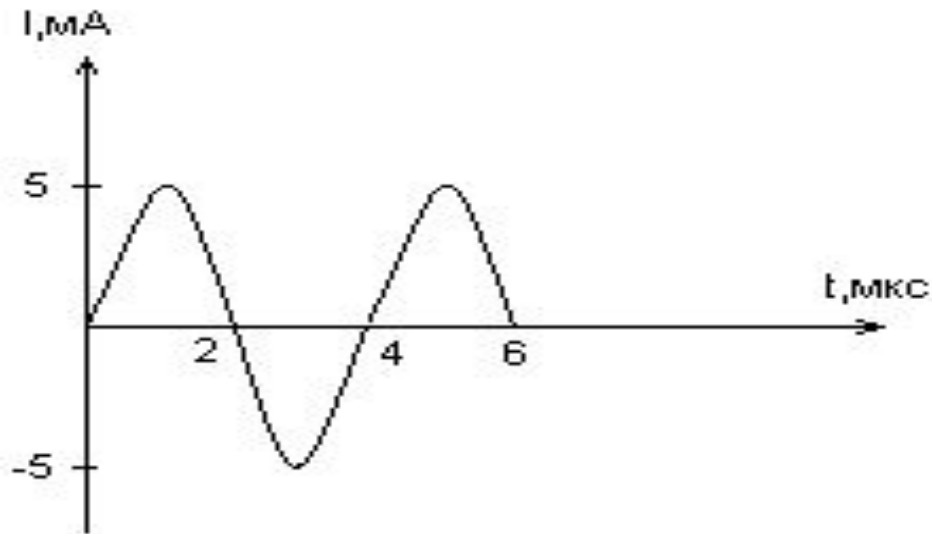


1. Энергия магнитного поля катушки увеличивается до максимального значения;
2. Энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора;
3. Энергия электрического поля конденсатора уменьшается от максимального значения до «0»;
4. Энергия электрического поля конденсатора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

Задача № 9.

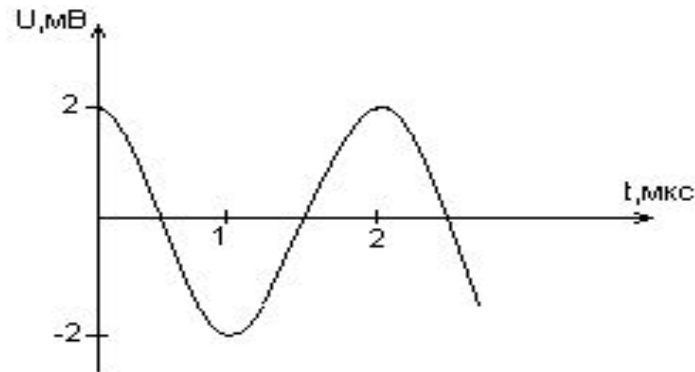
По графику зависимости силы тока от времени в колебательном контуре определите:

- 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?

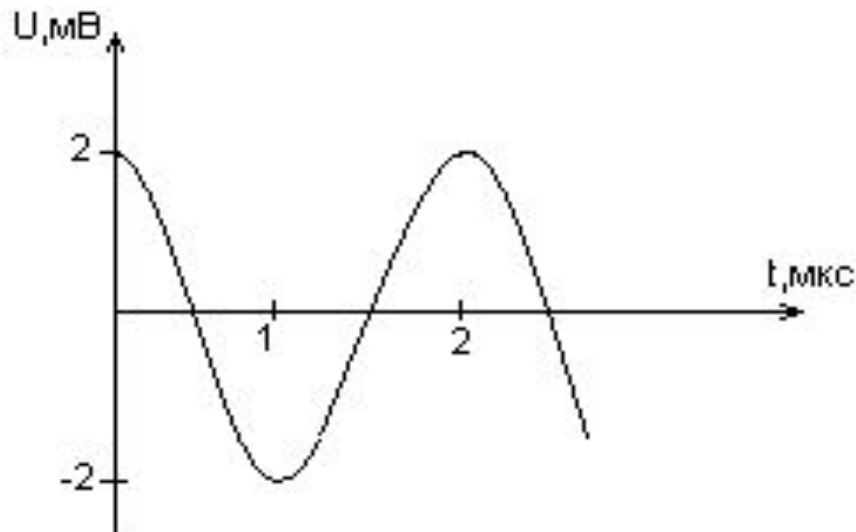


1. Энергия магнитного поля катушки увеличивается до максимального значения;
2. Энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора;
3. Энергия электрического поля конденсатора уменьшается от максимального значения до «0»;
4. Энергия электрического поля конденсатора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