

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2\_3 СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В КОНТУРЕ

**Ю.В.Тихомиров**

Ознакомьтесь с теорией в конспекте, учебнике (Савельев, т.2, §89, §90) и в программе PHYSICS\BOOKS.exe компьютера (кнопки «Электр», «Колебательный контур», «Физика»).

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Знакомство с компьютерной моделью процесса свободных затухающих колебаний в электрическом колебательном контуре.
- Экспериментальное исследование закономерностей свободных затухающих колебаний.
- Экспериментальное определение величины индуктивности контура.

### **КРАТКАЯ ТЕОРИЯ:**

КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ КОНТУРОМ называется замкнутая цепь, содержащая катушку индуктивности с индуктивностью  $L$  и конденсатор с емкостью  $C$ . Если в цепи нет активного сопротивления  $R$  (резистора), то в контуре возможны гармонические (незатухающие) колебания тока  $I$ , заряда конденсатора  $q$  и напряжения на элементах.

НАПРЯЖЕНИЕ НА КОНДЕНСАТОРЕ  $U_C = \frac{q}{C}$ .

ЭДС самоиндукции в катушке  $\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$ .

НАПРЯЖЕНИЕ НА РЕЗИСТОРЕ  $U_R = I \cdot R$ .

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА  $I = \frac{dq}{dt}$ .

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ свободных незатухающих колебаний

$\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0$ , где  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  - СОБСТВЕННАЯ ЧАСТОТА контура.

ПЕРИОД  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ .

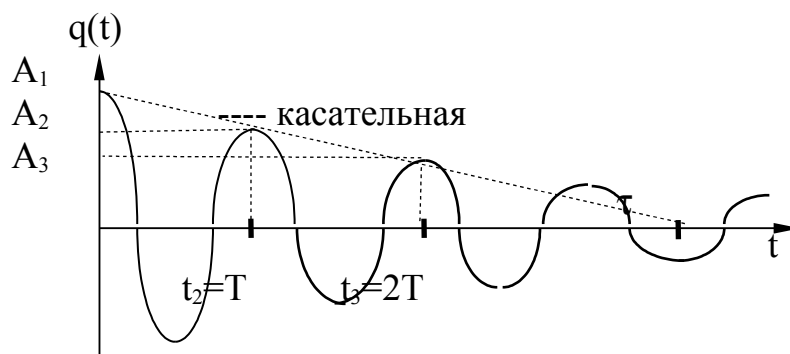
Его решение  $q(t) = q_m \cos(\omega_0 t + \alpha)$ , где  $\alpha$  - начальная фаза.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ свободных затухающих колебаний

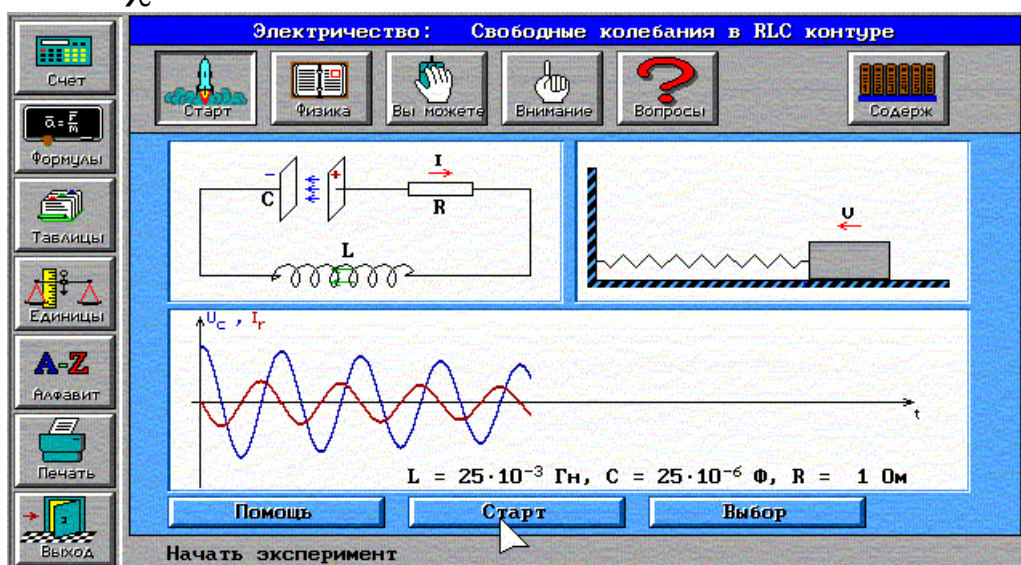
$\frac{d^2q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0$ , где  $\beta = \frac{R}{2L}$  - коэффициент затухания.

Его решение  $q(t) = q_{m0} e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha)$ , где  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$  - частота затухающих колебаний.

ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ в контуре  $\tau$  есть время, за которое амплитуда колебаний уменьшается в  $e = 2.73$  раз. На графике зависимости амплитуды затухающих колебаний от времени касательная, проведенная к этому графику в начальный момент времени, пересекает ось времени в точке  $t = \tau$ .



ЛОГАРИФМИЧЕСКИМ ДЕКРЕМЕНТОМ ЗАТУХАНИЯ называется величина, определяемая формулой  $\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T$ . ДОБРОТНОСТЬ контура равна  $Q = \frac{\pi}{\lambda}$ .



Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

## МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

1. Нажмите мышью кнопку «Выбор». Подведите маркер мыши к конденсатору C на схеме слева на экране, нажмите коротко на левую кнопку мыши. Подведите маркер мыши к движку регулятора, нажмите на левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, меняйте величину емкости конденсатора и установите числовое значение, равное взятому из таблицы 1 для вашей бригады. Аналогичным способом установите величину индуктивности в соответствии с таблицей 1.
2. Установите сопротивления резистора R = 1 Ом. Нажав кнопку «Старт», наблюдайте график зависимости напряжения на конденсаторе от времени. Измерьте линейкой значения первых шести амплитуд и запишите их в таблицу 1. Меняя сопротивление R, повторите измерения амплитуд и заполните таблицу 2.

**ТАБЛИЦА 1. Значения емкости конденсатора и индуктивности катушки (не перерисовывать)**

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
C [мкФ]	10	13	16	19	10	13	16	19
L [мГн]	36	25	16	10	25	36	10	16

**ТАБЛИЦА 2. Результаты измерений при C = \_\_\_\_ мкФ, L = \_\_\_\_ мГн, T = \_\_\_\_ мс.**

R Ом	A <sub>1</sub> мм	A <sub>2</sub> мм	A <sub>3</sub> мм	A <sub>4</sub> мм	A <sub>5</sub> мм	A <sub>6</sub> мм	τ мс	β с <sup>-1</sup>
1								
2								
3								
4								
5								
6								
t [мс]								

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:**

1. Рассчитайте значения периода колебаний и запишите в заголовке табл.
2. Рассчитайте время t , при котором измерена соответствующая амплитуда и запишите в таблицу 2.
3. Постройте на одном чертеже графики экспериментальных зависимостей амплитуды колебания A от времени t (6 линий, соответствующих разным R).
4. Для каждого графика постройте касательную к нему в начальный момент времени. Продолжив касательную до пересечения с осью времени, определите экспериментальное значение постоянной времени затухания τ, и запишите в таблицу 2.
5. Рассчитайте величины коэффициента затухания  $\beta = 1/\tau$  и также внесите в таблицу 2.
6. Постройте график зависимости коэффициента затухания от сопротивления резистора.
7. По графику  $\beta(R)$  определите индуктивность контура, используя формулу  $L = \frac{1}{2} \frac{\Delta R}{\Delta \beta}$ .
8. Запишите ответ и сформулируйте выводы по ответу и графикам.

### **Вопросы и задания для самоконтроля по работе 2\_3**

1. Что такое колебательный контур?
2. Каковы электрические характеристики резистора, конденсатора, катушки?

3. Дайте определение гармонических колебаний.
4. Что такое период колебания?
5. Какая физическая величина испытывает колебания в колебательном контуре?
6. Напишите формулу для напряжения на конденсаторе.
7. Напишите формулу для напряжения на катушке индуктивности. Какое другое название она имеет?
8. Напишите формулу для напряжения на резисторе. Какое другое название она имеет?
9. Какие законы выполняются для тока и напряжения на отдельных элементах в колебательном контуре?
10. Сформулируйте и запишите в виде формулы закон электромагнитной индукции в общем виде.
11. Сформулируйте и запишите в виде формулы закон электромагнитной индукции для проводящего контура.
12. Сформулируйте и запишите в виде формулы закон самоиндукции.
13. Запишите дифференциальное уравнение для заряда на конденсаторе в контуре, где существуют свободные гармонические колебания.
14. Запишите дифференциальное уравнение для заряда на конденсаторе в контуре, где существуют свободные затухающие колебания.
15. Напишите формулу циклической частоты свободных гармонических колебаний в контуре.
16. Напишите формулу зависимости заряда на конденсаторе от времени при свободных гармонических колебаниях в контуре.
17. Напишите формулу циклической частоты свободных затухающих колебаний в контуре.
18. Напишите формулу зависимости заряда на конденсаторе от времени при свободных затухающих колебаниях в контуре.
19. Напишите формулу для коэффициента затухания.
20. Дайте определение постоянной времени затухания.
21. Напишите формулу логарифмического декремента затухания. Что он характеризует?
22. Напишите формулу связи логарифмического декремента затухания с коэффициентом затухания.
23. Напишите формулу для добротности контура. Что определяет добротность?
24. Нарисуйте зависимость заряда на конденсаторе от времени при свободных затухающих колебаниях в контуре. Покажите на рисунке, как определяется графически постоянная времени затухания.