

**EXPERIÊNCIA IV – RESSONÂNCIA**  
**ELETRICIDADE E MAGNETISMO II (2011)**

Professores Cristiano e Suzana

**Nomes:**

**Data:**

**1. O experimento**

Antes de dar continuidade ao experimento, algumas recomendações devem ser feitas:

- Tome cuidado com o equipamento para não se machucar ou danificá-lo.
- Preste atenção nas orientações dos monitores, e tire suas dúvidas caso elas existam.
- Antes de ligar todos os equipamentos verifiquem as conexões. Mau contato ou ligações equivocadas podem comprometer a visualização dos sinais

**2. Introdução Teórica**

Nesta aula vamos observar o fenômeno da ressonância no circuito RLC. Em alguns sistemas mecânicos, é possível obter movimentos oscilatórios de grande amplitude utilizando forças extremamente fracas, desde que elas estejam sincronizadas com a oscilação natural do sistema. Hoje observaremos um fenômeno análogo, porém em um sistema elétrico, onde a amplitude supera e muito a amplitude do sinal do gerador, quando o circuito é excitado por uma onda de frequência conveniente.

Para um circuito RLC em série com uma fonte de tensão alternada, a equação que descreve seu comportamento é

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = V_0 \cos(\omega t)$$

onde  $V(t) = V_0 \cos(\omega t)$  é a tensão da fonte. Dividindo a expressão por  $L$  e fazendo a substituição  $i = \frac{dq}{dt}$ , temos:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = \frac{V_0}{L} \cos(\omega t)$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \gamma \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = \frac{V_0}{L} \cos(\omega t)$$

onde  $\gamma = \frac{R}{L}$  e  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ .

A solução para essa equação diferencial é

$$q(t) = A(\omega) \cos[\omega t + \varphi(\omega)]$$

onde  $A(\omega)$  e  $\varphi(\omega)$  são funções da frequência  $\omega$ . Nos interessa apenas  $\varphi(\omega)$ , que é dado por

$$\varphi(\omega) = -\arctan\left(\frac{\gamma\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$$

A tensão no capacitor é  $V_C(t) = \frac{q(t)}{C}$ . Substituindo a expressão da carga, vem:

$$\boxed{V_C(t) = \frac{A(\omega)}{C} \cos[\omega t + \varphi(\omega)]}$$

A tensão no resistor é  $V_R(t) = Ri(t)$ . Como  $i = \frac{dq}{dt}$ , vem:

$$\boxed{V_R(t) = RA(\omega)\omega \{-\sin[\omega t + \varphi(\omega)]\}}$$

A tensão no indutor é  $V_L(t) = L \frac{di}{dt}$ . Assim:

$$\boxed{V_L(t) = RA(\omega)\omega^2 \{-\cos[\omega t + \varphi(\omega)]\}}$$

Nos interessa a comparação da tensão da fonte com a tensão de cada um dos outros elementos do circuito.

Esta será feita do ponto de vista da diferença de fase entre as ondas, de forma que devemos ter em mente que para realizar a comparação usaremos apenas as funções trigonométricas de cada onda. As chamaremos de  $F_f$ ,  $F_C$ ,  $F_R$  e  $F_L$ , onde os índices representam “fonte”, “capacitor”, “resistor” e “indutor”, respectivamente.

Olhando para as tensões de cada um deles, tiramos que

$$F_f = \cos(\omega t)$$

$$F_C = \cos[\omega t + \varphi(\omega)]$$

$$F_R = -\sin[\omega t + \varphi(\omega)]$$

$$F_L = -\cos[\omega t + \varphi(\omega)]$$

Usando identidades trigonométricas, podemos escrever

$$F_R = \cos\left[\omega t + \varphi(\omega) + \frac{\pi}{2}\right]$$

$$F_L = \cos[\omega t + \varphi(\omega) + \pi]$$

Definimos a diferença de fase entre a fonte e o capacitor,  $\Delta F_{f/C}$ , como

$$\boxed{\Delta F_{f/C} = \varphi(\omega)}$$

De maneira análoga, podemos definir a diferença de fase entre a fonte e o resistor, e entre a fonte e o indutor:

$$\boxed{\Delta F_{f/R} = \varphi(\omega) + \frac{\pi}{2}}$$

$$\boxed{\Delta F_{f/I} = \varphi(\omega) + \pi}$$

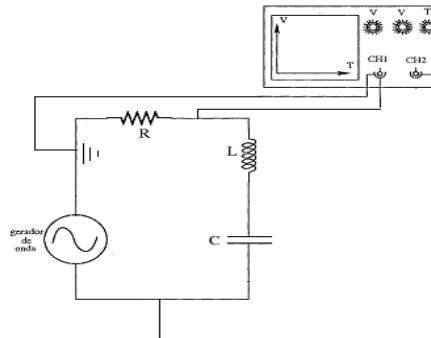
### 3. *Material utilizado*

Os materiais utilizados para este experimento são: Osciloscópio, Gerador de onda + cabos, Caixa de resistores, Caixa de capacitores e Indutor.

### 4. *Procedimento*

## PARTE I

Monte o circuito mostrado na figura 1:



**Figura 1**

Aperte o botão <autoset> pra ajustar o osciloscópio para fazer a leitura, se necessário mude as escalas do osciloscópio para poder visualizar as ondas completas.

Lembrando que a freqüência natural de oscilação de um circuito RLC é dada por:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

E a freqüência de ressonância sendo dada por:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Inicialmente, ajuste a caixa de capacitores para fornecer  $0,01\mu\text{F}$ , a caixa de resistores para  $100\Omega$  e o gerador de funções para a freqüência de  $6\text{k Hz}$  e  $10,5\text{V}$  (utilize ondas senoidais). Para a indutância, use um valor de aproximadamente  $30\text{mH}$ . Ligue o osciloscópio e veja os dois sinais.

Calcule a freqüência de ressonância teoricamente e obtenha o seu valor experimental, variando a freqüência no gerador, um bom jeito é considerar as duas ondas em fase, fazer a leitura no osciloscópio.

Compare os dois valores.

---

---

---

## PARTE II

### Resistor

Determinação do ângulo de defasagem (diferença de fase do resistor para fonte).

Primeiro meça a distância de pico a pico da fonte (obtendo o período), depois meça a diferença entre o pico da fonte e do resistor obtendo o período de fase ( $T_{fase}$ ). E pela relação abaixo, obtém-se o ângulo de defasagem:

$$2\pi - \Delta T_{fonte}$$

$$x - T_{fase}$$

Para as situações abaixo descritas desenhe as duas ondas observadas no osciloscópio:

- a. Muito abaixo da ressonância

- c. Um pouco abaixo da ressonância

- e. Na ressonância

g. E para uma frequência bem maior que a ressonância

Comente o que aconteceu de diferente entre as quatro situações.

---

---

---

---

## PARTE III

### Capacitor

Para essa parte do experimento é necessário mudar o circuito para a figura 2, para isso espere explicação do monitor:

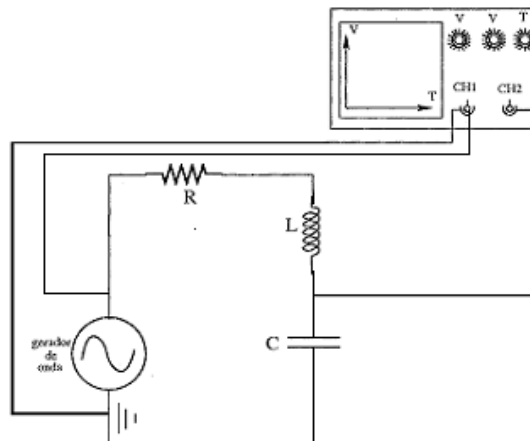


Figura 2

Para a frequência de ressonância encontrada para o resistor, desenhe os sinais observados no osciloscópio. Se apresentar alguma defasagem entre as ondas, meça-a e compare-a com o valor teórico.

Capacitor

### Indutor

Para essa parte do experimento é necessário mudar o circuito para a figura 3, para isso espere explicação do monitor:

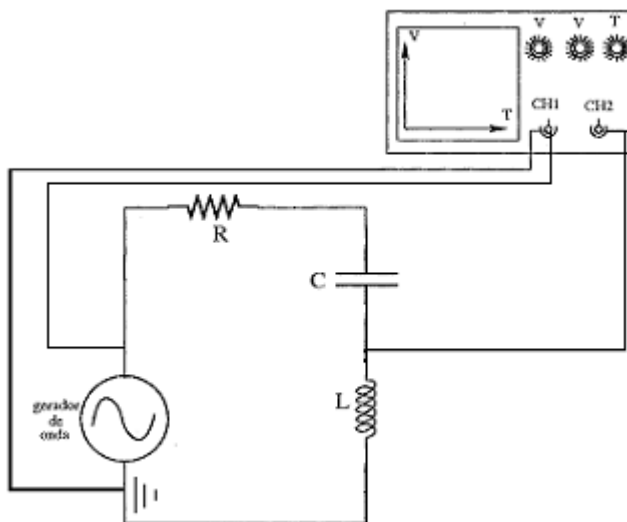


Figura 3

Para a frequência de ressonância encontrada para o resistor, desenhe os sinais observados no osciloscópio. Se apresentar alguma defasagem entre as ondas, meça-a e compare-a com o valor teórico.

Indutor



---

---

---

---

Descreva e compare o que você observou de diferente entre o capacitor, o indutor e o resistor, quando estão em ressonância.

---

---

---

---