



**INSTITUTO DE FÍSICA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

*Laboratório de Eletromagnetismo (4300373)*

Grupo: .....

.....

.....

**(nomes completos)**

Prof(a): ..... Diurno ( ) Noturno ( )

Data : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## **Experiência 4**

### **OSCILAÇÕES EM CIRCUITO RLC**

#### **1. Introdução**

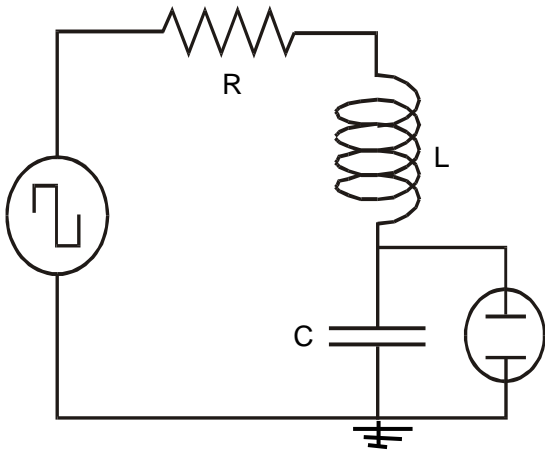
Nesta aula, estudaremos as oscilações livres em um circuito RLC. Na próxima vamos estudar as oscilações forçadas e o fenômeno da ressonância. Estudar as oscilações livres é uma etapa obrigatória no estudo da ressonância, pois parte das propriedades do circuito RLC forçado derivam do seu comportamento quando oscila livremente. Boa parte da fundamentação para este e o próximo experimento está resumida no anexo **Circuito RLC x Sistema massa-mola**. O instrumento adequado para nosso estudo será o osciloscópio, já apresentado na aula anterior. Agora começaremos a utilizá-lo de fato.

#### **2. Material Utilizado**

- Osciloscópio;
- Gerador de onda + cabos;
- Caixa de resistores  $100 \Omega$  a  $2 M\Omega$ ;
- Caixa de capacitores  $0,0001 - 1 \mu F$ ;
- Indutor de 30 mH (bobina de ~1000 espiras).

### 3. Guia da Experiência

3.1 - Monte o circuito representado abaixo. Utilizando um valor baixo para a resistência (valor mínimo de 100 Ω) e o gerador de áudio na função **ondas quadradas** (frequência de aproximadamente 100 Hz) escolha um valor de capacitância **C** (de 0,001 a 0,01 μF) adequado para observar, no osciloscópio, uma oscilação amortecida (cerca de 8 a 12 oscilações); que corresponde ao caso de amortecimento denominado '**subcrítico**':



Anote os valores dos componentes do circuito:

$$R_{res} = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$R_{tot} = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$C = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$L = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$R_{Fonte} = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$R_{Ind} = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

**não se esqueça de considerar a resistência do indutor e do gerador de onda para a resistência total do circuito.**

3.2 - Determine a frequência angular de oscilação experimental ( $\omega_{exp} = 2\pi f_{exp}$ ) diretamente do osciloscópio. Utilize o espaço abaixo para calcular o valor esperado de  $\omega$  pela expressão teórica abaixo. Compare os dois resultados.

$$\omega_{teo} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

$$\omega_{teo} = \text{.....}$$

[**Expresse o valor da incerteza de  $\omega_{teo}$  propagando os valores das incertezas relativas nos valores de R, L e C**]

$$\omega_{exp} = \text{.....}$$

Nº de períodos: \_\_\_\_\_

Tempo medido:

$$\text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

Escala: \_\_\_\_\_ /div

Indique o valor medido (tempo) bem como o número de períodos usado na avaliação. Escreva também a escala utilizada.

**3.3** – Utilizando os cursores do osciloscópio, preencha a tabela a seguir, medindo os valores da tensão  $V$  em função do número  $n$  de oscilações e do tempo  $t$ . A partir dos dados obtidos, construa em seguida dois gráficos: um gráfico de  $V$  versus  $t$  e outro de  $\log V$  versus  $t$ .

$n$	Tempo ( )	Tensão ( )
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Escala usada:

Tempo: \_\_\_\_\_ /div      Tensão: \_\_\_\_\_ /div

Determine, através de cada gráfico, a constante de decaimento ( $\tau = 2LR$ ) da envoltória, lembrando que a curva obtida no osciloscópio (tensão no capacitor em função do tempo) é representada por:

$$V = V_0 e^{-\frac{R}{2L}t} \cos(\omega t + \delta); \text{ sendo } \delta \text{ a diferença de fase.}$$

Sugestão: Use  $t_{1/2}$  para o gráfico milimetrado e o coeficiente angular no monolog.

$\tau_{(V \times t)} = \text{_____} \pm \text{_____}$        $\tau_{(\log V \times t)} = \text{_____} \pm \text{_____}$

**3.4** - Calcule o período  $T_{exp}$  ( $T = 1/f = 2\pi / \omega_{exp}$ ) com a respectiva incerteza e, utilizando o valor da constante de decaimento determinada no item anterior, determine o fator de qualidade  $Q$  do circuito através da relação (anexo **Circuito RLC x Sistema massa-mola**):

$$\frac{2\pi}{Q} = 1 - \left( 1 - \frac{R}{L}T + \left(\frac{R}{L}T\right)^2 + \dots \right) \cong \frac{R}{L}T = \frac{2T}{\tau}; \text{ ou seja, } Q_{exp} = \frac{\pi\tau}{T_{exp}}$$

$T_{exp} = \text{_____} \pm \text{_____}$

$Q_{exp} = \text{_____} \pm \text{_____}$

**3.5** - Calcule no espaço abaixo o valor do fator de qualidade teórico ( $Q_{teo}$ ), com respectiva incerteza, para o amortecimento fraco, desprezando a parcela da resistência para o cálculo da frequência, ou seja:

$$Q_{teo} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$Q_{teo} = \text{_____} \pm \text{_____}$

Compare e comente os valores obtidos acima:

---



---



---



---

**3.6** – Agora, determine novamente o valor experimental aproximado do fator de qualidade para amortecimento fraco pela expressão  $Q = (\pi/\ln 2) n_{1/2}$ , onde  $n_{1/2}$  corresponde ao número de oscilações necessárias para que a amplitude do pulso se reduza à metade (veja o anexo **Circuito RLC x Sistema massa-mola**).

$Q_{n_{1/2}} = \text{.....} \pm \text{.....}$

**3.7** - Amortecimentos Crítico e Super-Crítico: fixe um valor de  $R$  e varie o valor de  $C$ , observando o que ocorre com a forma da onda na tela do osciloscópio, quando as condições de amortecimento crítico e super-crítico são atingidas. Se necessário, varie também o valor de  $R$ .

Observe as imagens obtidas na tela do osciloscópio e anote abaixo os valores de resistência, capacitância e indutância que correspondem a cada situação. Comente as curvas de amortecimento observadas nessas situações:

---



---



---



---

Amortecimento Crítico

$$R = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$C = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$L = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

Amortecimento Super-Crítico

$$R = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$C = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

$$L = \text{_____} \pm \text{_____} \text{_____}$$

**Para o relatório:** Faça comentários sobre as constantes de amortecimento esperadas nos três regimes de amortecimento: *subcrítico*, *crítico* e *super-crítico*. Calcule o valor esperado para a constante de amortecimento no regime crítico e compare semi-quantitativamente com a curva de decaimento obtida do osciloscópio.

**Lembrete:** a fórmula geral para cálculo de incerteza

$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial a}\right)^2 (\sigma_a)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b}\right)^2 (\sigma_b)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial c}\right)^2 (\sigma_c)^2}$$

**O grupo deve entregar este guia, com os gráficos, no final da aula**