

4300373- Laboratório de Eletromagnetismo

2º SEMESTRE DE 2019

Introdução:

Os objetivos do Laboratório de Eletromagnetismo.

Das equações de Maxwell

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \times \vec{E} &= - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{B} &= \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0\end{aligned}$$

deduz-se a existência de ondas eletromagnéticas no vácuo com velocidade $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$ e pode-se determinar todas as suas propriedades

O objetivo da disciplina é estudar essa consequência das equações de Maxwell. Mas, produzir ondas eletromagnéticas e verificar suas propriedades, exige a utilização de instrumentos construídos com os materiais disponíveis que, como sabemos, têm resistência elétrica. Dessa maneira, a equação constitutiva

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

que corresponde mais a uma propriedade da matéria do que a uma relação fundamental do Eletromagnetismo, adquire uma grande importância prática na operação dos circuitos eletromagnéticos. Em particular, é dela que se deduz a Lei de Ohm, $U=RI$.

Nesta disciplina, que praticamente finaliza o estudo do Eletromagnetismo no seu curso, os experimentos iniciais destinam-se tanto a praticar com os equipamentos básicos - multímetro e osciloscópio - como a dar alguma sensibilidade para as grandezas básicas do eletromagnetismo - carga e campo elétrico, que normalmente não são mensuráveis diretamente, e corrente e tensão, estas sim, mais fáceis de observar.

A primeira aula procura dar um apelo visual às leituras do multímetro. O brilho da lâmpada dá indicação da corrente (ou da tensão) em seus terminais. As cargas elétricas, produzidas na pilha, formam uma corrente que circula pelos fios sem sumir, até atingir o outro polo da pilha. Lidaremos também com a dificuldade em realizar, na prática, com fios e terminais, os circuitos onde os componentes elétricos são representados de maneira abstrata.

A segunda aula procurará, de um lado, mostrar a existência de dispositivos para os quais a relação entre corrente e tensão é complexa e, por outro lado, praticar com o multímetro. Nessa aula, lidaremos principalmente com tensões da ordem de 1V, correntes entre 1 mA e 1 A e resistências entre 1 Ω e 1 k Ω .

Nas aulas seguintes (três), estudaremos circuitos RLC e aprenderemos a lidar com o osciloscópio. Começamos com o circuito RC, onde veremos a maneira de um capacitor descarregar através de um resistor. Utilizaremos inicialmente o já familiar voltímetro e passaremos, depois, a usar o osciloscópio digital.

Na quarta aula estudaremos o comportamento do circuito RLC livre, isto é, verificaremos como evolui no tempo a corrente da descarga do capacitor nesse circuito. Utilizando um gerador de onda quadrada para carregar o capacitor, observaremos a oscilação (no tempo) da diferença de potencial entre as placas do capacitor. Esta etapa intermediária para o estudo das oscilações forçadas é essencial, uma vez que a solução da equação do circuito forçado exige o conhecimento da solução da equação correspondente à oscilação livre. Finalmente, na 5ª aula, estudaremos o circuito RLC forçado. Note que o conteúdo físico básico da 3ª até a 5ª aula já é completamente conhecido, uma vez que foi estudado na disciplina de Eletricidade II. Sabendo lidar com os instrumentos de medidas elétricas, estaremos prontos para observar mais diretamente os campos elétrico e magnético no segundo ciclo de experimentos. Já as atividades da parte final do curso exploram os fenômenos ondulatórios para frequência da luz visível. No conjunto, ampliaremos também a faixa de valores de tensões e correntes utilizadas.

Enfim, propomo-nos a enfrentar o desafio de procurar entender como a mesma teoria lida com fenômenos tão diversos quanto os mencionados acima, onde as grandezas características variam por muitas ordens de grandeza. Esse é um grande desafio, principalmente quando vemos que só temos acesso às grandezas físicas por meio de instrumentos.

O sexto experimento inicia o segundo ciclo, no qual estudaremos fenômenos eletromagnéticos fora de circuitos eletrônicos. Um método para avaliar a intensidade de um campo magnético é a motivação do sexto experimento. Usando osciloscópio e tensão variável, calibraremos uma ponta de prova em um ambiente conhecido (solenoides compridos com várias espiras) que posteriormente será usada para mensurar a intensidade de algumas bobinas de Helmholtz usadas no laboratório didático.

A minimização da perda no transporte de energia eletromagnética (corrente alternada ou radiofrequência) para grandes distâncias é obtida usando-se linhas de transmissão. O sétimo experimento é dedicado ao entendimento e medidas para diferentes situações de acoplamento de uma linha de transmissão.

Propriedades relacionadas a polarização de ondas eletromagnéticas serão estudadas no oitavo experimento. Para essa finalidade serão usados equipamentos para emissão e recepção de micro-ondas, vem como métodos para polarizar ondas eletromagnéticas.

Finalmente, na última experiência estudaremos os fenômenos de difração e interferência de ondas eletromagnéticas na região do visível, devido a interação de uma fonte de luz monocromática com sistemas incluindo fendas simples e duplas, nos quais pode-se controlar tanto a largura das fendas como a distância entre os centros das fendas duplas.

Enfim, propomo-nos a enfrentar o desafio de procurar entender como a mesma teoria lida com fenômenos tão diversos quanto os mencionados acima, onde as grandezas características variam por muitas ordens de grandeza. Esse é um grande desafio, principalmente quando vemos que só temos acesso às grandezas físicas por meio de instrumentos.

Equipe:

Professores:

:: Nemitala Added (nemitala@if.usp.br)

:: Leandro Mariano (leandro.mariano@usp.br)

:: Osvaldo Camargo Botelho dos Santos (osvaldo.santos@usp.br)

Equipe Técnica do Laboratório Didático:

:: Carlos Eduardo Freitas (cfreitas@if.usp.br)

:: Josiane Vieira Martins (josiane@if.usp.br)

:: Ricardo Ichiwaki (ichiwaki@if.usp.br)