

INSTITUTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

4300373 - Laboratório de Eletromagnetismo

2º SEMESTRE DE 2010

Introdução:

Os objetivos do Laboratório de Eletromagnetismo.

Das equações de Maxwell

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

deduz-se a existência de ondas eletromagnéticas 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, normalmente não 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 até atingir o outro pólo 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. Utilizamos, primeiro, o já familiar voltímetro e passamos 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.

As atividades da parte final do curso exploram os fenômenos ondulatórios para frequências nas faixas de GHz (microondas) e de 10^{14} Hz para 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.

Cronograma

2º semestre de 2009

Programa das atividades da disciplina.

DATAS		ATIVIDADES	
Diurno	Noturno	Experimento	
03/08/2010	06/08/2010	Apresentação do curso	
10/08/2009	13/08/2009	1. Circuitos Simples	
17/08/2009	20/08/2009	2. Curvas Características	
24/08/2009	27/08/2009	3. Descarga em circuito RC	1º. exercício
31/08/2009	03/09/2009	4. Oscilações em circuito RLC	
14/09/2009	17/09/2009	5. Ressonância em circuito RLC	Sorteio do Relatório 1 2º exercício
21/09/2009	24/09/2009	Revisão para Prova 1	
28/09/2009	01/10/2009	Prova 1	
05/10/2009	08/10/2009	6. Balança Eletrostática	3º. exercício
19/10/2009	15/10/2009	7. Mapeamento de campo magnético	
26/10/2009	22/10/2009	8. Cabo Coaxial	4º. exercício
09/11/2009	05/11/2009	9. Polarização	
16/11/2009	12/11/2009	10. Interferência e Difração	Sorteio do Relatório 2 5º. exercício
23/11/2009	19/11/2009	Revisão para Prova 2	
30/11/2009	26/11/2009	Prova 2	

Equipe:

Professores:

:: Artour G. Elfimov (elfimov@if.usp.br)
:: Paulo R. Costa (pcosta@if.usp.br)
:: Fábio Lombardi Maximino (falomax@gmail.com)
:: Elton Carvalho (eltonfc@if.usp.br)

Monitores:

:: Paulo Giovane Puglia (paulogiovane@gmail.com)
:: Eraldo Barros (eraldo.barros@gmail.com)
:: Elisa Morandé Sales (morande@if.usp.br)
:: Felipe Frigeri (felipefrigeri80@hotmail.com)

Equipe Técnica do Laboratório Didático:

:: Maria Cristina S. Rosa (mcrissr@yahoo.com)
:: Rodrigo Viana (rodrigoviana@gmail.com)
:: Carlos Eduardo Freitas (carlos2.freitas@usp.br)

Instruções:

Nesta disciplina você fará experimentos envolvendo medidas e/ou estudo de fenômenos naturais do eletromagnetismo.

O critério de avaliação baseia-se nos relatórios, nos exercícios pedagógicos propostos e em duas provas práticas, todos individuais.

Apenas a parte prática de laboratório é desenvolvida em equipe, de 2 - 3 alunos. Ao final de cada aula, cada equipe deve entregar o *Roteiro da Experiência* devidamente preenchido, com todos os cálculos e gráficos realizados. Nesta disciplina, como nas demais disciplinas de Laboratório, há um controle efetivo da presença, sendo necessário para aprovação, frequência de pelo menos 75 % das aulas. A reposição de uma falta pode ser feita na aula de revisão.

As aulas de revisão previstas são oportunidades para complementar algum conteúdo e dar maior segurança para a execução das provas práticas.

Nas provas práticas você fará uma parte das experiências e análises feitas em aula.

O *Relatório* a ser entregue ao final de cada ciclo, é referente a **uma** das experiências do ciclo, mediante sorteio a ser feito com o seu professor.

Os relatórios são individuais e devem conter:

I – Resumo: Não deve apresentar detalhes desnecessários. Explique rapidamente o assunto da experiência, apresentando os principais resultados obtidos.

II – Introdução: Aqui deve ser discutido sucintamente o assunto da experiência, sua importância, possíveis aplicações práticas, etc. Os objetivos da experiência devem ser explicitados.

III – Parte Teórica: Detalhar as equações mais importantes utilizadas nos cálculos dos resultados, utilizando suas próprias palavras. Não copiar simplesmente a apostila. Consultar outras fontes bibliográficas. As referências bibliográficas devem ser colocadas no final do relatório seguindo as regras da norma NBR 6023 da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Referências bibliográficas. Rio de Janeiro, 2002. (consulte <http://www.iee.usp.br/biblioteca/destaques.htm> para ver exemplos)

IV – Descrição do Experimento: A montagem, os procedimentos e os cuidados experimentais tomados devem ser detalhados. Figuras, quando forem pertinentes, devem estar numeradas, possuir legendas e devem estar referidas no texto (e aí também explicadas).

V – Resultados Obtidos: As tabelas e os gráficos devem ter legendas e ser numerados, bem como ser referenciados no texto. Cuidado com o número de

algarismos significativos dos números (dados) apresentados. Quando pertinente, os pontos experimentais devem apresentar barras de erro. As incertezas de medição devem, preferivelmente, seguir as orientações documento “Guia para a expressão da incerteza de medição”, 3ª. Edição, Rio de Janeiro : ABNT, 2003 : INMETRO., disponível na Biblioteca do IFUSP. Outros documentos relacionados a isso estarão disponíveis na página do curso.

VI – Discussão: Este talvez seja o item mais importante do relatório. É aqui que se confrontam os resultados obtidos com os previstos pela teoria. Procure realizar a discussão levando em conta as incertezas experimentais, relacionando as possíveis fontes de erro. Questões, quando existentes, não devem ser respondidas uma a uma, mas englobadas na discussão como um todo.

VII – Conclusão: Relacionar sucintamente os resultados obtidos, comparando-os com os esperados. Pode-se também propor possíveis melhoramentos na realização da experiência.

A nota final da disciplina é calculada da seguinte maneira:

$$M_f = \frac{EP + R + P}{3}$$

M_f: média final;

EP: média dos exercícios propostos;

R: média dos relatórios;

P: média das provas (que deve ser ≥ 4).

Atenção: Não há prova de recuperação para esta disciplina!