

Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - 1º Semestre de 2024

Disciplina: EEE939 - Campos Eletromagnéticos Harmônicos (4 créditos - 60 horas-aula)

Horário: Terças e Quintas, 9:25 – 11:05

Professor: Fernando José da Silva Moreira

Engenharia - Bloco 1 - Sala 2629 - Tel: 3409-3445

E-mail: fernandomoreira@ufmg.br

URL: <http://www.ppgee.ufmg.br/~fernando>

1) Objetivos do Curso:

Introduzir conceitos avançados de teoria eletromagnética para aplicações em dispositivos e sistemas de comunicações envolvendo microondas, antenas, propagação de ondas, etc.. Apresentar métodos analíticos necessários para o desenvolvimento e a solução de problemas em teoria eletromagnética, com ênfase para o espectro das micro-ondas (campos guiados e radiados). Apresentar noções básicas sobre a utilização de métodos numéricos em problemas de espalhamento e suas limitações.

2) Ementa:

A) Conceitos fundamentais e principais teoremas: revisão das equações de Maxwell; relações constitutivas e condições de contorno; equação de onda; unicidade; teoria da imagem; princípio da equivalência, teorema da indução e Óptica Física; reciprocidade; construção de soluções.

B) Funções de Green. Equações integrais.

C) Soluções em coordenadas Cartesianas: ondas planas; guias e cavidades retangulares; funções e diádicas de Green em coordenadas Cartesianas; decomposição espectral em ondas planas.

D) Soluções em coordenadas cilíndricas: ondas cilíndricas; guias e cavidades com simetria cilíndrica; decomposição espectral em ondas cilíndricas; radiação e espalhamento por estruturas cilíndricas; solução de equações integrais através do Método dos Momentos; radiação e espalhamento por semi-planos.

E) Soluções em coordenadas esféricas: ondas esféricas; guias e cavidades com simetria esférica; decomposição espectral em ondas esféricas; radiação e espalhamento por estruturas esféricas (série de Mie).

3) Avaliações:

A avaliação será feita através de listas de exercícios semanais e trabalhos envolvendo cálculo numérico de campos (40 pontos), uma prova escrita no meio do curso (30 pontos) e uma prova escrita final (30 pontos), num total de 100 pontos.

A) Listas de exercícios: todas as semanas (salvo em casos excepcionais) será passada, através da *homepage* do professor (www.ppgee.ufmg.br/~fernando), uma lista de exercícios. O prazo para a entrega estará marcado na própria lista. **Listas entregues fora do prazo receberão nota zero, sem exceções de qualquer espécie.** Todas as listas contarão para o cálculo da nota referente (total de 20 pontos).

B) Trabalho: será cobrada a elaboração de programa computacional para cálculo de espalhamento eletromagnético (a ser desenvolvido na "língua" de preferência do aluno). Máximo de 20 pontos.

C) Prova no meio do semestre: será realizada uma prova escrita valendo 30 pontos. A matéria a ser avaliada vai desde o início do curso até o tópico especificado pelo professor antes da prova. O aluno que não comparecer à prova terá nota zero na mesma. Somente em casos de doença, com comprovação médica, o aluno faltoso poderá ter a sua nota substituída por uma avaliação extra, que neste caso será oral e realizada numa data a ser determinada pelo professor.

D) Prova escrita final: esta prova será realizada no final do semestre, valerá 30 pontos e envolverá toda a matéria oferecida no curso. O aluno que não comparecer à prova final terá nota zero na mesma. Somente em casos de doença, com comprovação médica, o aluno faltoso poderá ter a sua nota substituída por uma avaliação extra, que neste caso será oral e realizada numa data a ser determinada pelo professor.

4) Data das Provas:

- A) Primeira Prova: 25 de abril de 2024.
- B) Prova Final: 20 de junho de 2024.
- C) Entrega do Trabalho: até 20 de junho de 2024.

5) Bibliografia Recomendada:

- A) (livro texto) R. F. Harrington; *Time-Harmonic Electromagnetic Fields*; McGraw-Hill, New York, 1961.
- B) C. A. Balanis, *Advanced Engineering Electromagnetics*, 2nd edition, John Willey & Sons, Inc., New York, 2012.
- C) J. A. Stratton; *Electromagnetic Theory*; McGraw-Hill Book Co., New York, 1941.
- D) R. E. Collin; *Field Theory of Guided Waves*; 2nd edition, IEEE Press, Piscataway NJ, 1991.
- E) G. Tyras; *Radiation and Propagation of Electromagnetic Waves*; Academic Press, New York, 1969.
- F) Notas de aula.

6) Calendário Proposto (pode ser alterado a critério do professor):

Terça-feira	Quinta-feira
5 de março – Equações de Maxwell: revisão. Harrington: Capítulo 1 e Seções 2.1—2.4.	7 de março – Equações de Maxwell: revisão. Harrington: Capítulo 1 e Seções 2.1—2.4.
12 de março – Equações de Maxwell: revisão. Harrington: Capítulo 1 e Seções 2.1—2.4.	14 de março – Teoremas e conceitos. Harrington: Seções 3.1—3.6.
19 de março – Teoremas, conceitos e radiação. Harrington: Seções 3.6—3.11, 2.9, 2.10 e 3.13.	21 de março – Teoremas, conceitos e radiação. Harrington: Seções 3.6—3.11, 2.9, 2.10 e 3.13.
26 de março – Onda plana. Harrington: Seções 2.4—2.6, 2.11, 4.1, 4.2 e notas de aula.	28 de março – Feriado (Páscoa).
2 de abril – Onda plana. Harrington: Seções 2.4—2.6, 2.11, 4.1, 4.2 e notas aula.	4 de abril – Construção de soluções em coordenadas Cartesianas. Guias e Cavidades Retangulares. Harrington: Seções 3.12, 2.7, 2.8 e 4.3—4.5.
9 de abril – Guias e Cavidades Retangulares. Harrington: Seções 2.7, 2.8 e 4.3—4.5.	11 de abril – Guias e Cavidades Retangulares. Harrington: Seções 2.7, 2.8 e 4.3—4.9.
16 de abril – Excitações em guias e cavidades retangulares. Harrington: Seções 3.1 e 4.10.	18 de abril – Excitações em guias e cavidades retangulares. Harrington: Seções 3.1 e 4.10.
23 de abril – Aberturas retangulares e método da transformada de Fourier. Harrington: Seções 4.11 e 4.12.	25 de abril – Prova.
30 de abril – Construção de Soluções em coordenadas cilíndricas. Harrington: Seções 5.1 e 5.2.	2 de maio – Construção de Soluções em coordenadas cilíndricas. Harrington: Seções 5.1 e 5.2.
7 de maio – Guias e cavidades cilíndricas. Harrington: Seções 5.3—5.5.	9 de maio – Fontes de ondas cilíndricas, espalhamento por cilindros. Harrington: Seções 5.6—5.9.
14 de maio – Fontes de ondas cilíndricas, espalhamento por cilindros. Harrington: Seções 5.6—5.9.	16 de maio – Espalhamento por cilindros: método dos momentos. Harrington: Seção 5.9 e notas complementares.
21 de maio – Espalhamento por cilindros: método dos momentos. Harrington: Seção 5.9 e notas complementares.	23 de maio – Espalhamento por um semiplano: método da fase estacionária. Harrington: Seção 5.10 e notas complementares.
28 de maio – Espalhamento por um semiplano: método da fase estacionária. Harrington: Seção 5.10 e notas complementares.	30 de maio – Feriado (Corpus Christi).
4 de junho – Construção de soluções em coordenadas esféricas. Harrington: Seções 6.1—6.6.	6 de junho – Construção de soluções em coordenadas esféricas. Harrington: Seções 6.1—6.6.
11 de junho – Espalhamento por esferas e cones. Harrington: Seções 6.7—6.12.	13 de junho – Espalhamento por esferas e cones. Harrington: Seções 6.7—6.12.
18 de junho – Espalhamento por esferas e cones. Harrington: Seções 6.7—6.12.	20 de junho – Prova. Último dia para entrega do Trabalho.

7) Vídeos no Youtube (canal FJSMoreira UFMG):

A relação entre assunto e vídeo não é precisa. Pode ser que você tenha que assistir ao final do vídeo anterior ou ao início do posterior. Favor alertar o professor sobre discrepâncias entre assunto e vídeo através do e-mail fernandomoreira@ufmg.br.

Aula	Assunto	Título do vídeo
01	Equações de Maxwell: revisão.	CEH-Sem211-Aula01
02	Equações de Maxwell: revisão.	CEH-Sem211-Aula02
03	Equações de Maxwell: revisão.	CEH-Sem211-Aula03
04	Teoremas e conceitos.	CEH -Sem211-Aula04
05	Teoremas, conceitos e radiação.	CEH -Sem211-Aula05
06	Teoremas, conceitos e radiação.	CEH -Sem211-Aula06
07	Onda plana.	CEH -Sem211-Aula07
08	Onda plana.	CEH -Sem211-Aula08
09	Construção de soluções em coordenadas Cartesianas. Guias e Cavidades Retangulares.	CEH -Sem211-Aula09
10	Guias e Cavidades Retangulares.	CEH -Sem211-Aula10
11	Guias e Cavidades Retangulares.	CEH -Sem211-Aula11
12	Excitações em guias e cavidades retangulares.	CEH -Sem211-Aula12
13	Excitações em guias e cavidades retangulares.	CEH -Sem211-Aula13
14	Aberturas retangulares e método da transformada de Fourier.	CEH -Sem211-Aula14
15	Construção de Soluções em coordenadas cilíndricas.	CEH -Sem211-Aula15 (Partes 1 & 2)
16	Construção de Soluções em coordenadas cilíndricas. Guias e cavidades cilíndricas.	CEH -Sem211-Aula16
17	Guias e cavidades cilíndricas. Fontes de ondas cilíndricas.	CEH -Sem211-Aula17
18	Fontes de ondas cilíndricas, espalhamento por cilindros (problemas bidimensionais).	CEH -Sem211-Aula18
19	Fontes de ondas cilíndricas, espalhamento por cilindros.	CEH -Sem211-Aula19
20	Espalhamento por cilindros: equações integrais e o método dos momentos.	CEH -Sem211-Aula20
21	Espalhamento por cilindros: método dos momentos.	CEH -Sem211-Aula21
22	Espalhamento por cunhas e por um semi-plano: método da fase estacionária.	CEH -Sem211-Aula22
23	Espalhamento por um semi-plano: método da fase estacionária. Coord. esféricas.	CEH -Sem211-Aula23
24	Construção de soluções em coordenadas esféricas.	CEH -Sem211-Aula24
25	Construção de soluções em coordenadas esféricas. Guias e cavidades esféricas.	CEH -Sem211-Aula25
26	Fontes em coordenadas esféricas. Espalhamento por esferas e cones.	CEH -Sem211-Aula26
27	Espalhamento por esferas e cones. Radiação de anéis de corrente.	CEH -Sem211-Aula27