



Ministério da Educação
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
 Setor de Tecnologia
 Departamento de Engenharia Elétrica

Ficha 2 (2023/2)

Disciplina: Ondas Eletromagnéticas						Código: TE338	
Natureza: Obrigatória		Semestral					
Pré-requisito: -		Co-requisito: -		Modalidade: Presencial			
CH Total: 60 CH semanal: 04	Padrão (PD): 60	Laboratório (LB): 0	Campo (CP): 0	Estágio (ES): 0	Orientada (OR): 0	Prática Específica (PE): 0	Estágio de Formação Pedagógica (EFP): 0

EMENTA (Unidade Didática)

Campo eletromagnético, Equações de Maxwell, Onda plana uniforme, Guias de onda, Potenciais Eletromagnéticos, Dipolo eletromagnético, Antenas

PROGRAMA (itens de cada unidade didática)

1. Apresentação da disciplina e da ementa.
2. Números Complexos e Cálculo Vetorial: Teoremas e Identidades Importantes.
3. Campos Ondulatórios: A equação de ondas, definições básicas de ondulatória
4. Indução Eletromagnética e a Lei de Faraday Lenz
5. Corrente de Deslocamento e a Lei de Ampère-Maxwell
6. Equações de Maxwell: forma diferencial e integral
7. Leis de Conservação e o Vetor de Poynting
8. Equações de Maxwell em Regime Harmônico
9. Dedução da equação de ondas eletromagnéticas a partir das Equações de Maxwell
10. Onda plana uniforme e as equações de Maxwell para ondas planas uniformes
11. Ondas Planas em Meios Materiais: Meios Dielétricos, Meios Condutores, Efeito Pelicular
12. Polarização de Ondas: Linear e Circular
13. Interfaces Planas: lei de Snell, refração e reflexão, ângulo de Brewster
14. OEM em linhas de transmissão. Equações do Telegrafista. Propagação sem perdas.
15. Guia de onda: Noções Gerais, Modo transversal magnético (TM) e Modo transversal elétrico (TE).
16. Potenciais eletromagnéticos – potencial escalar, vetorial e transformações de calibre.
17. Radiação Eletromagnética e Antenas
18. Potenciais e campo eletromagnéticos de um dipolo elétrico.
19. Campo próximo e campo distante.
20. Potência radiada e resistência de radiação.
21. Características básicas de Antenas: Diretividade, Eficiência de Radiação e Ganho da antena.
22. Abertura efetiva das antenas. Equação de Friis para enlace sem fio.

OBJETIVO GERAL

Familiarizar o estudante com os conceitos fundamentais das Equações de Maxwell para Campos Eletromagnéticos Variantes no tempo e das Ondas Eletromagnéticas. O estudante deverá ser capaz de compreender as Equações de Maxwell e a teoria das Ondas Eletromagnéticas e ser capaz de estabelecer correlações entre teoria e problemas contextualizados. tendo uma visão ampla dos conceitos inerentes à propagação de ondas eletromagnéticas em meios materiais, antenas e guias de onda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar as Equações de Maxwell no regime variante no tempo e o seu significado físico;
- Apresentar Leis de Conservação de Carga e o Teorema de Poynting;
- Abordar conceitos fundamentais relacionados às ondas eletromagnéticas e a sua importância para a Engenharia
- Discutir o limite de validade da teoria de circuitos elétricos
- Aplicar a teoria eletromagnética em problemas de antenas e guias de onda.
- Transitar por diferentes formas de representação matemática com reconhecimento das variáveis associadas.
- Possuir discernimento quanto ao melhor método de solução de questões e problemas contextualizados.
- Determinar com clareza as variáveis e parâmetros relacionados ao eletromagnetismo.

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

A proposta metodológica para esta disciplina baseia-se no conceito de aprendizagem ativa e enfatiza buscar a construção do conhecimento do graduando que deverá aliar a teoria às aplicações práticas voltadas ao contexto da Engenharia Elétrica e suas competências. Os principais conceitos teóricos e demonstrações são expostos pelo professor em sala de aula, e também será solicitada a leitura prévia dos assuntos a serem abordados, para posterior discussão em sala de aula e esclarecimento de dúvidas pertinentes. O discente recebe tarefas (listas de exercícios, textos, artigos) disponibilizadas em Ambiente Virtual (como a Plataforma TEAMS ou página do professor), revê com o professor as informações e dúvidas em sala de aula, com o objetivo de estimular o aluno a compreender conceitos e interagir com os colegas de forma participativa na solução de problemas, e depois, resolve uma série de exercícios em grupos. Serão utilizadas diferentes técnicas de ensino, como aulas expositivas dialogadas, estudos dirigidos, aulas gravadas, além de outras a pedido dos alunos. O uso do software Matlab poderá ser necessário em alguns tópicos. Serão propostas listas de exercícios para os alunos resolverem em horário extra-classe, como forma de fixação e aprendizado do conteúdo.

Aulas expositivas: apresentação da teoria, conceitos, propriedades, simulações, exemplos e aplicações.

Avaliação teórica: avaliação teórica do conteúdo exposto em sala de aula.

Recursos: Quadro branco, recursos de multimídia e computador, aulas gravadas.

FORMAS DE AVALIAÇÃO

O aproveitamento será realizado através de três avaliações escritas P1, P2 e P3, e a média final do semestre MF corresponderá a média simples, $MF = (P1+P2+P3) / 3$. Listas de Exercícios e/ou Trabalhos teórico-experimentais, ou com o uso do software Matlab, poderão se tornar parte constituinte das notas P1, P2 e P3. O aluno que obtiver o aproveitamento igual ou acima de 70,0 nas provas do semestre estará aprovado e aqueles que obtiverem aproveitamento inferior a 40,0 estarão automaticamente reprovados. Para os que ficarem entre 40,0 e 70,0 há ainda a possibilidade de aprovação através do exame final, onde a média simples entre a nota final do semestre e da prova de Exame Final deve ser maior ou igual a 50,0 para aprovação. As datas das avaliações são propostas na primeira aula:

-Prova P1: 06/09/2023 - Quarta-Feira 13h:30min às 15h:30min

-Prova P2: 11/10/2023 – Quarta-Feira 13h:30min às 15h:30min

-Prova P3: 22/11/2023 - Quarta-Feira 13h:30min às 15h:30min

-Exame Final: 04/12/2023 - Segunda-Feira 13h:30min às 15h:30min

*Todas as datas seguem rigorosamente o calendário estipulado pelas Resoluções do CEPE vigentes.

**Comunicações e materiais didáticos são disponibilizados aos alunos através da Internet (Página da disciplina ou SIGA).

BIBLIOGRAFIA BÁSICA (mínimo 03 títulos)

- SADIKU, Matthew N. O. Elementos de eletromagnetismo. Bookman, Porto Alegre, 3a. Ed. ou Superior.
- HAYT, William Hart. Eletromagnetismo, 4a Edição ou superior, Rio de Janeiro, Editora LTC
- GRIFFITHS, David J. (David Jeffery). Eletrodinâmica. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2011. xv, 402 p., il. ISBN 9788576058861 (broch.).

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR (mínimo 05 títulos)

- DARTORA, C.A., Heilmann, A. Teoria do Campo Eletromagnético e Propagação de Ondas (Ed.1, 2021, ISBN: 978-65-002-4655-1)
- JACKSON, John David. Classical electrodynamics. 2. ed.ou superior, New York: J. Wiley
- SOPHOCLES J. Orfanidis, Electromagnetic Waves and Antenas, disponível livremente no site www.ece.rutgers.edu/~orfanidi/ewa.
- REITZ, John R; MILFORD, Frederick J; CHRISTY, Robert W. Fundamentos da teoria eletromagnética. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, c1982. 516p., il. Inclui referencias bibliográficas. ISBN 8570011032.
- EDMINISTER, Joseph A. Eletromagnetismo. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980. 232p., il. (Coleção Schaum).
- RIBEIRO, José Antônio Justino. Propagação das ondas eletromagnéticas: princípios e aplicações. São Paulo: Erica, 2004. 390 p., il. Inclui bibliografia e índice. ISBN 857194993X (broch.).

Professor da Disciplina: César Augusto Dartora

Assinatura: _____

Chefe de Departamento ou Unidade equivalente:

Assinatura: _____

**OBS: ao assinalar a opção % EAD, indicar a carga horária que será à distância.*

**Planejamento Detalhado de Aulas e Avaliações – Período Letivo 2023/2
(Período é compreendido entre 20/03/2023 e 07/07/2023 – Res. 62/22-CEPE)**

Data	Assunto
31/07	Aula 1: Introdução – Engenharia Elétrica e a Importância das Equações de Maxwell
02/08	Aula 2: Revisão 1: Notação, Cálculo Vetorial
07/08	Aula 3: Revisão 2: Números Complexos e Vetores Complexos
09/08	Aula 4: Partículas e Campos; Campos Ondulatórios
14/08	Aula 5: Equação de Ondas e Fundamentos da Ondulatória
16/08	Aula 6: Guias de Onda e Linhas de Transmissão – definições principais e tipos
21/08	Aula 7: Equações do Telegrafista – Dedução a partir do Modelo de Parâmetros Distribuídos
23/08	Aula 8: Coeficiente de Reflexão, Impedância, Discussões
28/08	Aula 9: Linhas de Transmissão: demonstração experimental
30/08	Aula 10: Linhas de Transmissão: mais exercícios
04/09	Aula 11: Equações de Maxwell: definições e significado físico
06/09	Prova P1
11/09 e 13/09	Não haverá aulas presenciais
18/09	Aula 12 : Equações de Maxwell: Equações de Continuidade e consistência interna
20/09	Aula 13: Equações de Maxwell: Leis de conservação, teorema de Poynting
Aula Gravada	Bônus: A lei de Faraday-Lenz
25/09	Aula 14: Equação de Ondas Eletromagnéticas: dedução a partir das Eqs. de Maxwell
27/09	Aula 15: Ondas Planas Uniformes Eletromagnéticas
02/10	Aula 16: Princípio de Superposição de Ondas e Conexão com Problemas reais
04/10	Aula 17: Ondas Planas em Meios Materiais: Dielétricos e Bons Condutores
Aula Gravada	Aula 18: Interfaces Planas, Reflexão e Refração
09/10	Aula 19: Ondas Planas Uniformes: Exercícios
11/10	Prova P2
16/10 a 20/10	SIEPE – não haverá aula presencial.
23/10	Aula 20: Potenciais Eletromagnéticos e Liberdade de Calibre
25/10	Aula 21: Equações de Ondas para os Potenciais Eletromagnéticos
30/10	Aula 22: Solução Formal das Equações com Fontes e Aproximações
01/11	Aula 23: Dipolo Elétrico
06/11	Aula 24: Características básicas de Antenas: Diretividade, Ganho e Diagramas de radiação
08/11	Aula 25: Fórmula de Friis e Aplicações
13/11	Aula 26: Exercícios de Antenas e Fórmula de Friis
Aula Gravada	Aula 27: Ondas guiadas Revisitadas: Decomposição Transverso-Longitudinal
Aula Gravada	Aula 28: Modos TE e TM em Guias de Microondas / Fundamentos das Fibras ópticas
20/11	Aula 29: Tópicos em Potenciais Eletromagnéticos e Antenas
22/11	Prova P3
04/12	Exame Final

** As datas acima seguem Resoluções Vigentes do CEPE que regem o calendário acadêmico dos cursos de graduação. Possíveis alterações de datas de aulas poderão ocorrer, a depender do andamento da disciplina e eventuais alterações em datas de avaliação serão previamente comunicadas aos alunos em sala de aula, Edital do Departamento e/ou através da homepage da disciplina.

<http://www.eletrica.ufpr.br/cadartora/TE338.htm>