



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

Ficha 2 (Período Especial – Resolução Nº23/2021-CEPE)

Disciplina: Ondas Eletromagnéticas						Código: TE338	
Natureza: Obrigatória		Semestral					
Pré-requisito: Não há		Co-requisito: não há		Modalidade: (X) Totalmente EaD			
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):
EMENTA (Unidade Didática)							
Campo eletromagnético, Equações de Maxwell, Onda plana uniforme, Guias de onda, Potenciais Eletromagnéticos, Dipolo eletromagnético, Antenas.							
Justificativa para oferta à distância							
A disciplina tem caráter conceitual e teórica, sem atividades práticas em Laboratório. Diante disto, pode ser adaptada ao modelo de Ensino Remoto Emergencial, conforme previsto na definição "Período Especial" dada pela Resolução Nº 23-2021-CEPE com interação docente/estudante realizada totalmente de forma remota.							
PROGRAMA (itens de cada unidade didática)							
Data de Início: 20/09/2021 Data de Fim: 18/12/2021 Exame final: 20/12/2021 Prazo para lançamento das notas: 16/01/2022							
<ol style="list-style-type: none">1. Revisão de Eletrostática. (20/09) (Aula 1)2. Números Complexos e Cálculo Vetorial: Teoremas e Identidades Importantes. (20/09) (Aula 2)3. Corrente de Deslocamento e a Lei de Ampère-Maxwell (04/10) (Aulas 3)4. Equações de Maxwell: forma diferencial e integral (11/10) (Aulas 3)5. Potenciais eletromagnéticos – potencial escalar, vetorial e transformações de calibre. (18/10) (Aula 4)6. Leis de Conservação e o Vetor de Poynting (18/10) (Aula 5)7. Guia de onda: Noções Gerais, Modo transversal magnético (TM) e Modo transversal elétrico (TE). (25/10) (Aula 6)8. Expressões explícitas para parâmetros de propagação básica (03/11) (Aula 7)9. Propagação de ondas em bons condutores (08/11) (Aula 8)10. 1ª PROVA – (16/11)11. Efeito Skin, Polarização, Lei de Snell e ângulo de Brewster, Ondas eletromagnéticas num plasma (22/11) (Aula 9)12. Linhas de transmissão (22/11) (Aula 10)13. Propagação de OEM sem perdas, conceitos preliminares para estudo de guias de onda, taxa de onda estacionária (29/11) (Aula 12)14. Modal TE/TM, Dipolo Hertziano, Guias de onda (29/11) (Aula 13)15. Campo próximo e campo distante, Função característica. (06/12) (Aula 14)16. Características básicas de Antenas: Diretividade, Eficiência de Radiação e Ganho da antena, Abertura efetiva das antenas. Equação de Friis para enlace sem fio. (06/12) (Aula 15)17. 2ª PROVA – (13/12)							
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; Estabelecer correlações entre teoria e problemas contextualizados;							

Adquirir 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.
- Desenvolver senso de argumentação e proposição de respostas considerando as competências e habilidades na sua formação.

PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

Modelo de aulas: assíncronas

A disciplina será desenvolvida por meio de aulas semanais, assíncronas, pré-gravadas, a serem disponibilizadas para os participantes regularmente matriculados na disciplina.

Todas as vídeo-aulas estarão disponíveis integralmente em plataforma educativa virtual, para favorecer o ritmo de aprendizado de cada participante.

As tarefas serão disponibilizadas na plataforma educativa virtual todas as segundas-feiras, as 20h.

a) Sistema de comunicação:

O *Ambiente Virtual de Aprendizagem* (AVA) será a plataforma virtual Google Classroom, disponível gratuitamente, cujo acesso poderá ser realizado através de um endereço de correio eletrônico do GMAIL. Através desta plataforma serão disponibilizadas as aulas gravadas integralmente, textos auxiliares, podcasts e *links* para vídeos de apoio disponíveis na plataforma YouTube.

b) Participação na Disciplina:

Serão considerados ativos os alunos que estiverem devidamente matriculados na disciplina TE338 através da Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica, no Período Especial previsto na Resolução Nº 23/2021-CEPE

c) Tutoria:

O professor responsável pela disciplina atuará como tutor.

A tutoria será realizada na forma de uma Reunião Virtual, na plataforma ZOOM, sempre que houver demandas acima de 5 alunos. Para este controle, será disponibilizado na página pessoal do professor responsável por esta disciplina – email para contato o número de celular (41)9 99123481, para comunicação via grupo WhatsApp da disciplina TE338. Todavia, os participantes serão orientados a enviar as dúvidas antecipadamente por escrito para o professor através de canal de e-mail institucional da UFPR. Para dúvidas diversas da disciplina, como: procedimento de resolução de exercícios, explicação ampliada individual do tema e auxílio na interpretação teórica, será realizada através do e-mail institucional da UFPR.

d) Material didático:

As aulas serão gravadas a partir de apresentações já existentes da disciplina ofertada na forma presencial, de autoria do próprio docente. O material original sofreu adaptações para o Ensino à Distância na forma de maior detalhamento dos textos e acréscimo da voz e vídeo do docente como narrador. As figuras inseridas nos slides têm as seguintes fontes:

1) Notaroš, B. M.; Eletromagnetismo. Pearson Education do Brasil. 2012.

2) Desenhos e gráficos produzidos pelo autor;

e) Requisitos digitais:

Para participar das atividades da disciplina o estudante deverá ter acesso a computador, *notebook* ou *desktop*, ou ainda um *tablete* ou *smartphone*, com acesso à Internet em banda larga. Não é necessária aquisição ou instalação de nenhum *software* em especial. Basta acessar a plataforma do Google Classroom e inserir o Código da turma

5hclimd – que será também, previamente disponibilizado na página pessoal do professor responsável pela disciplina TE338 (<https://classroom.google.com/c/NTM2MDc4MTIxMjVa?cjc=5hclimd>).

Para o acesso a plataforma Google Classroom com a “Código da Turma” é indispensável ao aluno ter um endereço de correio eletrônico do **GMAIL**.

Link direto para acesso a disciplina: <https://classroom.google.com/c/NTM2MDc4MTIxMjVa?cjc=5hclimd>).

Estudantes que fazem parte dos programas de assistência estudantil da UFPR e estudantes com comprovação de vulnerabilidade socioeconômica e falta de acesso digital serão contemplados com editais específicos coordenados pela Pró-reitoria de Assuntos Estudantis (PRAE) da UFPR.

f) Atividade de Ambientação:

Após acessar a plataforma Google Classroom, o participante poderá migrar pelas opções da plataforma educativa virtual – acessando:

g) Controle de frequência das atividades:

O acesso/upload dos exercícios e atividades de aprendizagem, bem como das atividades avaliativas, serão computados como controle de frequência.

h) Metodologia de ensino-aprendizado:

A disciplina TE338 foi adaptada para o modelo remoto de ensino considerando as vídeo-aulas gravadas e acesso assíncrono a todo o material da disciplina, com implementação do método de ensino *Self-Regulated Learning*: no qual o aluno possui total controle no processo de aprendizagem, controlando seus próprios comportamentos de acesso ao material, priorizando os objetivos da disciplina e traçando estratégias próprias de aprendizagem.

FORMAS DE AVALIAÇÃO

- Estão previstas 2 (duas) atividades avaliativas, cada uma delas recebendo uma nota (n_i) de 0 (zero) a 100 (cem).
- Atividades (quando solicitadas) e postadas fora do prazo são penalizadas com a perda de 20% da nota.
- A **Média Parcial** ($m_{parcial}$) será calculada pela média das notas obtidas nas atividades, através de:

$$m_{parcial} = \frac{\sum_{i=1..2} n_i}{10}$$

- Estará aprovado o participante que atingir $m_{parcial} \geq 70$.
- Os participantes cuja **Média Parcial** ($m_{parcial}$) seja inferior a 70 porém igual ou superior a 40 ($40 \geq m_{parcial} \geq 70$) será dada a oportunidade da entrega de um Trabalho Extra, com tema/atividades a ser definido, ao qual será atribuída uma nota (t_{extra}) entre zero e 100. Neste caso a **Média Final** (m_{final}) será obtida através de:

$$m_{final} = \frac{m_{parcial} + t_{extra}}{2}$$

- Participantes cuja **Média Parcial** ($m_{parcial}$) for inferior a 40 serão considerados REPROVADOS, sem direito ao Trabalho Extra.

A frequência mínima para aprovação deve ser maior ou igual a 75%.

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)

- 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 referências 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).

Indicações dos docentes:

1. Tipler, P.A.; Mosca, G. Física, Vol. 2 – Para Cientistas e Engenheiros- eletricidade e Magnetismo, óptica - 6ª. edição. Editora LTC, 2009.
2. Keller, F. J., Gettys, W. E. e Skove, M. J.; Física, Vol 3. São Paulo: Makron Books, 2009.
3. Serway, R., Raymond, A.; Física para Cientistas e Engenheiros, Vol 3. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
4. Alonso, M. F., Edward J.; Física: Um curso universitário. Vol. 2. São Paulo: Edgard Blücher, 2005
5. Bauer, W., Westfall, G. D. e Dias, H.; Física para Universitários – Eletricidade e Magnetismo, 1ª. edição. Editora McGraw-Hill. 2012.
6. Notaroš, B. M.; Eletromagnetismo. Pearson Education do Brasil. 2012.
7. Bastos, J.P.A.; “Eletromagnetismo para engenharia: estática e quase estática” - 3a. edição ou superior, Florianópolis: Editora da UFSC, 2012.
8. Ida, N.; “Engineering Electromagnetics”, Springer-Verlag, 2000.

Obs.: Devido à impossibilidade de empréstimo dos volumes físicos disponíveis na Biblioteca de Ciência e Tecnologia da UFPR, motivada pelas restrições de acesso às edificações da Universidade devido a Pandemia mundial da COVID-19, a bibliografia indicada será disponibilizada de forma temporária na forma de arquivos digitais fornecidos pelas respectivas editoras.

Outras referências complementares indicadas pelo professor na página:
http://www.eletrica.ufpr.br/armando/index_arquivos/Page503.htm

Professores da Disciplina: Armando Heilmann
Documento assinado digitalmente

Chefe de Departamento: Luiz Antonio Belinaso
Documento assinado digitalmente