

PLANO DE ENSINO 2020.1

I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA:

CÓDIGO	NOME DA DISCIPLINA	HORAS-AULA SEMANAIS		HORAS-AULA SEMESTRAIS
		TEÓRICAS	PRÁTICAS	
FSC5422	Teoria Eletromagnética 2	4	0	72 horas

II. PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S)

Prof. Pawel Klimas

III. PRÉ-REQUISITO(S)(Código(s) e nome da(s) disciplina(s))

FSC 5426

IV. CURSOS PARA OS QUAIS A DISCIPLINA É OFERECIDA

(07002) Física - Bacharelado

V. EMENTA

Equações de Maxwell. Propagação de ondas eletromagnéticas, aplicações das equações de Maxwell em guias de onda. Ressonância de cavidade. Reflexão, transmissão, refração, etc. Emissão de radiação, eletrodinâmica, teoria especial da relatividade.

VI. OBJETIVOS

Ao final do curso o aluno deverá possuir uma visão da eletrodinâmica clássica ancorada em Teoria da Relatividade Especial. O aluno deve ser capaz realizar cálculos que envolvem transformação de Lorentz do campo eletromagnético, e problemas que envolvem aspectos da radiação eletromagnética. Além disso o aluno deve ser capaz de resolver problemas de contorno com presença das ondas eletromagnéticas.

VII. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Equações de Maxwell

- 1.1 Equações de Maxwell
- 1.2 Energia eletromagnética
- 1.3 Vetor de Poynting
- 1.4 Equação de onda
- 1.5 Condições de contorno
- 1.6 Equação de onda com fontes

2. Propagação de Ondas Eletromagnéticas

- 2.1 Ondas planas em meios não condutores e condutores
- 2.2 Densidade e fluxo de energia
- 2.3 Polarização
- 2.4 Ondas esféricas

3. Ondas em Regiões de Contorno

- 3.1 Reflexão e refração na interface entre dois meios dielétricos
- 3.2 Reflexão por um plano condutor
- 3.3 Reflexão e transmissão por uma camada delgada
- 3.4 Propagação entre placas condutoras paralelas
- 3.5 Guia de ondas

4. Emissão de Radiação

- 4.1 Radiação de um dipolo oscilante
- 4.2 Radiação de uma antena de meia onda
- 4.3 Radiação de um grupo de cargas em movimento
- 4.4 Seção transversal de Thomson

5. Eletrodinâmica

- 5.1 Potenciais de Lienard-Wichert
- 5.2 Campo de uma carga pontual em movimento uniforme
- 5.3 Campo de uma carga pontual acelerada
- 5.4 Campos de radiação para pequenas velocidades

6. Relatividade Restrita e Eletromagnetismo

- 6.1 Postulados da teoria da relatividade restrita de Einstein
 - 6.2 Transformações de Lorentz
 - 6.3 Geometria do espaço-tempo
 - 6.4 Forma covariante das equações de Maxwell
 - 6.5 Leis de transformação para o campo eletromagnético
 - 6.6 Campo de uma carga pontual em movimento uniforme
-

VIII. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

Atividades assíncronas:

- a) Aulas gravadas previamente e disponibilizadas na plataforma youtube.
- b) Com objetivo de melhorar o acesso de estudantes ao material didático será disponibilizada a apostila do professor (notas de aula).
- c) Listas de exercícios.

Atividades síncronas:

- a) As **seções síncronas periódicas** serão destinadas a dúvidas sobre videoaulas, texto de apostila e listas de exercícios. No caso de impedimento por parte do aluno as dúvidas poderão ser tiradas pelo chat ou email.

IX. ATIVIDADES PRÁTICAS

- 1. Não há
-

X. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E CONTROLE DE FREQUÊNCIA

1. **Identificação do controle de frequência das atividades.** Não será controlada a frequência referente a participação em aulas devido ao caráter assíncrono das mesmas. Em vez disso, o aluno terá 24 horas para elaborar e enviar um **texto curto** (max 1 página) sobre o conteúdo de aula. As respostas enviadas com atraso não serão computadas. O envio de no mínimo 75% de respostas correlacionadas com o conteúdo de aula será considerado como um equivalente de “frequência suficiente”.

No caso de queda de energia generalizada ou outro tipo de problemas (comprovadas) de natureza técnica o prazo de entrega será estendido. Cada caso será analisado individualmente levando em conta a natureza e persistência do obstáculo.

2. **Sistema de avaliação.** A avaliação será baseada nos resultados de provas e trabalhos solicitados durante do semestre.

- a) Serão aplicadas **três provas** compostas de resolução de problemas e questões descritivas valendo nota $0 \leq p_k \leq 10$, $k = 1,2,3$. As respostas/resoluções devem ser digitalizadas (fotografadas) e enviadas para o professor até 30 minutos após o encerramento da prova.

No caso de queda de energia generalizada ou outro tipo de problemas (comprovadas) de natureza técnica o prazo de entrega será estendido. Cada caso será analisado individualmente levando em conta a natureza e persistência do obstáculo.

- b) Os textos curtos enviados semanalmente por alunos serão avaliados atribuindo até 1.5 ponto por texto. No final será calculada a média aritmética T de todas as pontuações.

Nota final será calculada em base de notas das provas p_1, p_2, p_3 e a média T de acordo com a fórmula

$$N_f = \frac{p_1 + p_2 + p_3}{3} + T.$$

O aluno será aprovado na disciplina se a frequência dele for suficiente e a nota final for $N_f \geq 6.0$.

Caso o valor N_f ultrapassar o valor 10.0 será atribuída nota 10.0 na avaliação final.

No caso de frequência suficiente e a nota final igual a $3.0 \leq N_f < 6.0$ o aluno poderá realizar a prova de recuperação que envolvera o conteúdo integral da disciplina. A nota final N_{2f} será calculada como

média aritmética $N_{2f} = \frac{N_f + N_r}{2}$ onde N_r representa a nota da prova de recuperação.

XI. LEGISLAÇÃO

Não será permitido gravar, fotografar ou copiar as aulas disponibilizadas no Moodle. O uso não autorizado de material original retirado das aulas constitui contrafação – violação de direitos autorais – conforme a Lei nº 9.610/98 – Lei de Direitos Autorais.

XI. REFERÊNCIAS

BIBLIOGRAFIA BÁSICA (ONLINE)

1. L. Landau, E. Lifshitz, The Classical Theory of Fields (Volume 2 of A Course of Theoretical Physics) Pergamon Press 1971

Opensource: INTERNET ARCHIVE

<https://archive.org/details/TheClassicalTheoryOfFields>

2. Notas de aula disponibilizadas no site do professor e no Moodle:

<https://klimas.paginas.ufsc.br/fsc-5422-teoria-eletromagnetica-ii/>

3. Videoaulas disponibilizadas no youtube

<https://www.youtube.com/channel/UC4MsNeMIA86IVXASvPUi-rQ>

4. Slides de aulas disponibilizadas no Moodle.

BIBLIOGRAFIA ORIGINAL

1. REITZ, J. R. e MILFORD, F. J. - Fundamentos da Teoria Eletromagnética. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1982.
2. HEALD, M. A. e MARION, J. B. - Classical Eletromagnetic Radiation, Saunders, Philadelphia, 1995.
3. HAUSER W. ADDISON-WESLEY - Introduction to the Principles of Eletromagnetism, Publishing Company, Massachussetts, 1971.
4. PURCELL, E. M. - Curso de Física de Berkeley. Vol.2; Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1970.
5. FEYMMAN, R. P. et alii - Lectures on Physics. Vol.2; Addison-Wesley Publishing Company, Massachussetts, 1964.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. J B Hartle Gravity An Introduction To Einstein's General Relativity Addison Wesley (2003)
Capítulos: 1—5

Opensource: INTERNET ARCHIVE

<https://archive.org/details/>

[JBHartleGravityAnIntroductionToEinsteinsGeneralRelativityAddisonWesley20031/
page/n485/mode/2up](https://archive.org/details/JBHartleGravityAnIntroductionToEinsteinsGeneralRelativityAddisonWesley20031/page/n485/mode/2up)

2. A. N Matveev, Optics, Mir Publishers 1988

Opensource: INTERNET ARCHIVE

<https://archive.org/details/matveev-optics/page/n149/mode/2up>

Cronograma

Au la	Data (atividade síncrona)	CH	Conteúdo
1	31/08	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Aula de apresentação do planejamento didático, plano de ensino e principais teóricos que fazem a base dos estudos da disciplina.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Contexto histórico em qual nasceu a teoria da relatividade restrita; postulados de Einstein. ● Modelo matemático do espaço-tempo
2	11/09	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Diagramas de Minkowski, intervalo ● Contração de Lorentz, dilatação do tempo ● Tempo próprio, quadrivelocidade e quadriaceleração
3	14/09	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Transformações de Lorentz. ● Grupo de Lorentz ● Rotações e reflexões.
4	21/09	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Forma geral de transformações de Lorentz, decomposição polar. ● Composição de velocidades em relatividade restrita. ● Transformações infinitesimais, geradores do grupo $SO(1,3)$
5	28/09	4h	<p>Atividade síncrona avaliativa: PROVA 1</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Tensor do campo eletromagnético e tensor dual a este tensor ● Forma covariante das equações de Maxwell
6	05/10	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Transformação do campo eletromagnético: componentes elétrica e magnética ● Campo de carga elétrica em movimento uniforme
7	12/10	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Tensor de energia-momento do campo eletromagnético ● Leis de conservação ● Teorema de Poynting

8	19/10	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Equação de onda ● Decomposição espectral da onda eletromagnética ● Onda plana em meios homogêneos
9	26/10	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Polarização de ondas eletromagnéticas ● Tensor de polarização, parâmetros de Stokes
10	02/11	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Reflexão e refração de ondas eletromagnéticas na superfície de interface de dois meios ● Formulas de Fresnel
11	09/11	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ondas eletromagnéticas em condutores ● Guias de onda
12	16/11	4h	<p>Atividade síncrona avaliativa: PROVA 2</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Solução fundamental da equação de onda ● Solução de problema de inicial para campo eletromagnético livre ● Potenciais eletromagnéticos: retardado e avançado
13	23/11	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Campo de uma partícula em movimento acelerado; potenciais de Lienard-Wichert ● Campo coulombiano e campo de radiação
14	30/11	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Potência irradiada por uma carga acelerada ● Tensor de energia momento e tensor de momento angular para campo eletromagnético retardado
15	07/11	4h	<p>Atividade síncrona: <i>Videoconferência</i>. Discussão sobre textos e vídeos indicados. Duvidas sobre conteúdo e as listas de exercícios.</p> <p>Atividade assíncrona: <i>Moodle da disciplina. Youtube.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ● Campo retardado na zona de ondas associado com uma configuração de muitas cargas ● Fluxo de energia e potência total irradiada
16	14/11	4h	<p>Atividade síncrona avaliativa: PROVA 3</p>
	18/11		<p>Atividade síncrona avaliativa: PROVA DE RECUPERAÇÃO</p>

A observar:

- a) As atividades pedagógicas não presenciais síncronas não deverão ser realizadas fora do horário estabelecido na grade horária (Art. 3.1, Res. 140/2020/CUn);
- b) Horário diferente do apresentado na grade horária somente mediante a anuência de todos os alunos matriculados (Art. 3.2, Res. 140/2020/CUn);