

UEL – CCE – Departamento de Física  
Disciplina: *MECÂNICA QUÂNTICA II*  
Período: 2º semestre de 2021  
Professor: Sandro Vitenti: vitenti@uel.br, sala 7

## PLANO DE CURSO

### 1 Ementa

A relatividade newtoniana: referenciais inerciais, transformações de Galileu. A relatividade einsteiniana: postulados básicos, transformações de Lorentz, referenciais inerciais. As consequências imediatas: relatividade da simultaneidade, contração do espaço e dilatação do tempo, efeito Doppler. A geometria do espaço-tempo: espaço de Minkowski, quadrivetores e tensores. Dinâmica relativística: equações de movimento, quadrivetores de energia e momento, equivalência entre massa e energia. Vetores e tensores: grandezas covariantes e contravariantes, o tensor métrico, o tensor de Levi-Civita, gradiente, divergente e rotacional, contrações de índices, produto escalar, equações covariantes. Correntes e densidades: leis de conservação. Eletrodinâmica: equações de Maxwell, tensor de energia e momento, leis de conservação, força de Lorentz, campos de cargas aceleradas, radiação, reação radiativa. Equações dos campos relativísticos. Referenciais não-inerciais: princípio da equivalência e algumas consequências imediatas.

### 2 Objetivos

- Apresentar os fundamentos da relatividade restrita e suas implicações físicas.
- Introduzir a formulação tensorial e covariante da relatividade e suas aplicações.
- Explorar a relação entre relatividade e eletromagnetismo, culminando na formulação covariante das equações de Maxwell.

### 3 Conteúdo Programático

#### Primeiro Bimestre (Semanas 1-9)

##### 1. Introdução à Relatividade Newtoniana

- Referenciais inerciais e princípio da relatividade de Galileu
- Transformações de Galileu e suas limitações
- Sistemas acelerados e forças fictícias

## 2. Postulados da Relatividade Restrita

- Experimento de Michelson-Morley e falha da hipótese do éter
- Postulados de Einstein
- Transformações de Lorentz e suas propriedades

## 3. Consequências das Transformações de Lorentz

- Relatividade da simultaneidade
- Dilatação do tempo e contração do espaço
- Paradoxo dos gêmeos e experiências reais

## 4. Espaço-Tempo de Minkowski

- Estrutura geométrica do espaço-tempo
- Intervalos espaço-temporais e cones de luz
- Causalidade relativística

## 5. Dinâmica Relativística I

- Quadri-vetores e equações de movimento
- Energia e momento relativísticos

## 6. Dinâmica Relativística II

- Equivalência entre massa e energia
- Transformações de energia e momento
- Decaimentos relativísticos e colisões

## 7. Introdução a Vetores e Tensores

- Definições de vetores e tensores
- Índices covariantes e contravariantes

## 8. Operações com Tensores

- Produto escalar e métrica de Minkowski
- Gradiente, divergente e rotacional na notação tensorial

## 9. Prova 1 Avaliação do conhecimento atual dos alunos sobre os conteúdos abordados

## Segundo Bimestre (Semanas 10-18)

### 1. Tensor Energia-Momento

- Definição do tensor energia-momento
- Leis de conservação em relatividade

### 2. O Princípio da Equivalência

- Introdução a referenciais não-inerciais
- Campos gravitacionais fracos e efeitos relativísticos

### 3. Equações de Maxwell e Covariância

- Equações de Maxwell no vácuo
- Forma diferencial e integral

### 4. Trabalho Pesquisa sobre um tema específico e apresentação no segundo bimestre

### 5. Tensor Eletromagnético e Equações Covariantes

- Tensor de Maxwell e equações de campo
- Potencial quadrivetorial

### 6. Conservação de Energia e Momento no Campo Eletromagnético

- Tensor energia-momento eletromagnético
- Princípio da ação mínima para eletrodinâmica

### 7. Cargas Aceleradas e Radiação Relativística

- Campos de cargas aceleradas
- Radiação e reação radiativa

### 8. Equações de Campo Relativísticas

- Introdução a equações relativísticas de campos
- Aplicações na teoria de campos e relatividade geral

### 9. Prova Final Avaliação abrangente dos conteúdos do curso

## 4 Metodologia

O curso será ministrado por meio de aulas expositivas e interativas, combinando teoria e exemplos práticos. As aulas incluirão momentos de discussão e resolução de problemas para reforçar a compreensão dos conceitos. Além disso, serão propostas atividades de pesquisa e exercícios para aprofundamento. As avaliações incluirão provas escritas e um trabalho.

## 5 Avaliação

A avaliação será feita através de três notas: duas (2) avaliações realizadas individualmente (em sala se possível) e o trabalho. Cada avaliação equivale a um terço da nota final.

## 6 Monitoria

- S. Carroll, *Spacetime and Geometry*
- S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*
- J.D. Jackson, *Classical Electrodynamics*
- B. Schutz, *A First Course in General Relativity*
- H. Goldstein, *Classical Mechanics*
- L.D. Landau & E.M. Lifshitz, *Mechanics*