

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA GERAL**  
**DISCIPLINA: MECÂNICA QUÂNTICA II - FISC75**  
**CARGA HORÁRIA: 60 HS**  
**PROFESSOR: LUCIANO MELO ABREU**

**PLANO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DO COMPONENTE CURRICULAR**  
**MECÂNICA QUÂNTICA II**  
**SEMESTRE LETIVO 2024.1**

## **1. JUSTIFICATIVA**

A disciplina Mecânica Quântica II é oferecida para suprir a necessidade de uma introdução aos conceitos fundamentais da Teoria Quântica dos estudantes de nível de graduação que se encontram na parte formativa do curso de Bacharelado em Física, e que pretendem realizar investigações nas diversas áreas da Física. Também apresenta-se como uma disciplina optativa ao curso de Licenciatura em Física.

Vale mencionar que a referida disciplina é a segunda parte de um ciclo de dois semestres referente aos estudos em Mecânica Quântica.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral desta disciplina é proporcionar a segunda parte da introdução aos fundamentos básicos da Teoria Quântica, permitindo assim a compreensão e o domínio da abordagem adequada à descrição dos fenômenos próprios da escala microscópica.

Como objetivos específicos, tem-se

- Possibilitar a fundamentação teórica a respeito dos conceitos e objetos básicos próprios da teoria quântica descritos no conteúdo programático.

- Oportunizar as condições de identificação, análise e interpretação dos objetos de estudo.
- Possibilitar a aplicação dos conhecimentos adquiridos em situações diversas envolvendo os objetos de estudo.
- Permitir a construção de alicerces sólidos e necessários ao prosseguimento e aprofundamento dos estudos da teoria quântica.

### 3. EMENTA

➤ Ementa registrada no Sistema Acadêmico-SIACWEB (consultado em fevereiro/2024):

Representação matricial da Mecânica Quântica. Notação de Dirac. Observáveis compatíveis e incompatíveis; descrição de Schroedinger, Heisenberg e Dirac. Sistemas de dois níveis. Momento angular espacial e spinorial. Adição de momentos angulares. Acoplamento spin-órbita. Métodos de aproximação: teoria das perturbações independente do tempo; método variacional; teoria da perturbação dependente do tempo. O átomo num campo de radiação. Introdução à teoria do espalhamento.

(Vale mencionar a ementa do curso de Mecânica Quântica I:

Apresentação dos princípios básicos e os postulados da Mecânica Quântica com ênfase na formulação de Schroedinger. Elementos de álgebra linear: espaços de funções, espaço de Hilbert, operadores lineares. Formulações da Mecânica Clássica e o processo de quantização canônico; representação das coordenadas e do momento; equação de Schroedinger; partícula livre; pacotes de onda; princípio da incerteza; potenciais unidimensionais; oscilador harmônico; momento angular; spin; equação de Schroedinger em três dimensões; átomo de hidrogênio.)

### 4. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

#### 1. TEORIA DE PERTURBAÇÃO INDEPENDENTE DO TEMPO

$\partial$ . Teoria de perturbação não-degenerada

$\partial\partial$ . Teoria de perturbação degenerada

$\partial\partial\partial$ . Aplicações: A estrutura fina e hiperfina do átomo de hidrogênio; O efeito Zeeman

#### 2. PRINCÍPIO VARIACIONAL

- ∂. Formalismo
- ∂∂. Aplicações: o estado fundamental do átomo de hélio; a molécula de hidrogênio ionizada
- 3. A APROXIMAÇÃO SEMI-CLÁSSICA (aproximação WKB-Wentzel, Kramers, e Brillouin)
  - ∂. Formalismo
  - ∂∂. Aplicações: tunelamento; fórmulas de conexão
- 4. TEORIA DE PERTURBAÇÃO DEPENDENTE DO TEMPO
  - ∂. Formalismo
  - ∂∂. Aplicações: Sistema de dois níveis; emissão e absorção de radiação; emissão espontânea
- 5. APROXIMAÇÃO ADIABÁTICA
  - ∂. Formalismo
  - ∂∂. Fase de Berry
- 6. TEORIA DO ESPALHAMENTO
  - ∂. Formalismo
  - ∂∂. Análise de ondas parciais
  - ∂∂∂. Aproximação de Born
- 7. APLICAÇÕES E DISCUSSÕES RELEVANTES
  - ∂. O paradoxo EPR
  - ∂∂. A desigualdade de Bell
  - ∂∂∂. O gato de Schrödinger
  - ∂∧. Outros tópicos

## 5. METODOLOGIA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Acreditando-se que o conhecimento se processa a partir da interação sujeito-objeto-meio, as aulas são desenvolvidas através de exposição participativa, entremeada de discussões e construções em grupo, as quais são efetuadas partir de pesquisa bibliográfica, bem como leituras e estudos individuais e em grupos.

No decorrer do curso, as ferramentas tecnológicas também são utilizadas como facilitadoras no processo de construção do conhecimento, como:

- Webconferências e aulas interativas ao vivo;
- Problematizações, temas geradores (que podem ocorrer em fóruns e chats, ou mesmo ao vivo);
- Outras atividades colaborativas, adotando wikis, blogs, vídeos, podcast, etc.;
- Disponibilização de diversos materiais de apoio online.

## 6. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Por considerar a avaliação um processo dinâmico, ao longo do período pretende-se perceber o nível de domínio do conhecimento, conteúdos e participação nas discussões. Para isso a avaliação se baseará na capacidade de análise, síntese e argumentação em avaliações escritas e outras atividades estabelecidas com o grupo em consonância com a metodologia proposta.

Concretamente, o conceito final terá como base fundamental: média de três atividades avaliativas.

## 7. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

Bibliografia básica:

- David J. Griffiths, *Mecânica Quântica / Introduction to Quantum Mechanics*, Pearson Prentice Hall (2011).
- C. Cohen-Tannoudji et al. *Quantum Mechanics*, Vols. 1 and 2. Wiley-Interscience publishers (1992).
- J. J. Sakurai, *Modern Quantum Mechanics*. Revised Edition. Addison-Wesley (1994).
- A. F. R. Toledo Piza, *Mecânica Quântica*, EDUSP (2003).
- José Roberto Pinheiro Mahon. *Mecânica Quântica - Desenvolvimento Contemporâneo com Aplicações*. LTC; 1ª edição (22 agosto 2011).

Bibliografia complementar:

- A. Messiah, *Quantum Mechanics*, Dover (2017).
- E. E. Merzbacher, *Quantum Mechanics*, 3<sup>rd</sup> Ed., Wiley (1998).
- R. Shankar, *Principles of Quantum Mechanics*, 2<sup>nd</sup> Ed., Plenum (1994).

■ ...

## 8. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

<i>Semana</i>	<i>ATIVIDADE</i>
11.03 a 15.03	Apresentação do programada disciplina. Teoria de perturbações independente do tempo: Formulação: caso não-degenerado. Alguns exemplos.
18.03 a 22.03	Teoria de perturbações independente do tempo: caso degenerado. Alguns exemplos.
25.03 a 29.03	Teoria de perturbações: Aplicações: correções no espectro do átomo de hidrogênio; A estrutura fina do átomo de hidrogênio <i>Aulas online (a definir): Reunião de Trabalho sobre Interações Nucleares e Hadrônicas</i> <i>29/03 Sexta-feira - Feriado (Paixão de Cristo)</i>
01.04 a 05.04	Teoria de perturbações: Aplicações: correções no espectro do átomo de hidrogênio; A estrutura fina do átomo de hidrogênio <i>Realização de aulas e atividades no formato online e/ou assíncronas (a definir): Colaboração e Participação em banca no IFUSP</i>
08.04 a 12.04	Teoria de perturbações: Aplicações: As correções hiperfinas ao espectro do átomo de hidrogênio; O efeito Zeeman
<b>15.04 a 19.04</b>	Teoria de perturbações: Aplicações: As correções hiperfinas ao espectro do átomo de hidrogênio; O efeito Zeeman <b>1ª Avaliação – 18/04/2024</b>
22.04 a 26.04	Princípio Variacional: formalismo; aplicações
29.04 a 03.05	Aproximação WKB; formalismo; aplicações <i>01/05 – Quarta-feira - Feriado (dia do trabalhador)</i>
06.05 a 10.05	Teoria de perturbações dependente do tempo: Formalismo; Exemplos
13.05 a 17.05	Teoria de perturbações dependente do tempo: Aplicações

<i>Semana</i>	<i>ATIVIDADE</i>
20.05 a 24.05	Teoria de perturbações dependente do tempo: Aplicações
27.05 a 31.05	<b>2ª Avaliação – 28/05/2024</b> <i>30/05 Quinta-feira: Feriado (Corpus Christi)</i>
03.06 a 07.06	Aproximação adiabática: Formalismo; Aplicações
10.06 a 14.06	Teoria do espalhamento: Formalismo; Aplicações
17.06 a 21.06	Teoria do espalhamento: Análise de ondas parciais; Aproximação de Born
24.06 a 28.06	Teoria do espalhamento: Aplicações
01.07 a 05.07	O paradoxo EPR; O teorema de Bell; Emaranhamento; O gato de Schrödinger <i>02/07 Terça-feira: Feriado (Independência da Bahia)</i>
<b>08.07 a 12.07</b>	<b>3ª Avaliação – 09/07/24</b> <b>Segunda Chamada: 11/07/24</b> <b>Resultados Finais: 12/07/24</b>

## 9. ATENDIMENTO AO ESTUDANTES

Instituto de Física – Gabinete 517-D

Ramal: +55 71 3283 6699

e-mail: [luciano.abreu@ufba.br](mailto:luciano.abreu@ufba.br)

Página WEB disponível em: <https://blog.ufba.br/lucianoabreu/>