

**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 2025.1**

## **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 momenta; 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
  - I. Teoria de perturbação não-degenerada
  - II. Teoria de perturbação degenerada
  - III. Aplicações: A estrutura fina e hiperfina do átomo de hidrogênio; O efeito Zeeman
2. PRINCÍPIO VARIACIONAL
  - I. Formalismo

- II. Aplicações: o estado fundamental do átomo de hélio; a molécula de hidrogênio ionizada
- 3. A APROXIMAÇÃO SEMI-CLÁSSICA (aproximação WKB-Wentzel, Kramers, e Brilloin)
  - I. Formalismo
  - II. Aplicações: tunelamento; fórmulas de conexão
- 4. TEORIA DE PERTURBAÇÃO DEPENDENTE DO TEMPO
  - I. Formalismo
  - II. Aplicações: Sistema de dois níveis; emissão e absorção de radiação; emissão espontânea
- 5. APROXIMAÇÃO ADIABATICA
  - I. Formalismo
  - II. Fase de Berry
- 6. TEORIA DO ESPALHAMENTO
  - I. Formalismo
  - II. Análise de ondas parciais
  - III. Aproximação de Born
- 7. APLICAÇÕES E DISCUSSÕES RELEVANTES
  - I. O paradoxo EPR
  - II. A desigualdade de Bell
  - III. O gato de Schrödinger
  - IV. 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, várias ferramentas também são utilizadas como facilitadoras no processo de construção do conhecimento, como:

- **Uso do Portfólio:**

- instrumento revelador de significados e sentidos do estudante, que o induz a pensar,

incentivando-o a registrar suas reflexões e impressões sobre temas de seu interesse, como também dúvidas na compreensão de determinados assuntos.

- Pode conter: anotações diárias, projetos, exemplos, relatórios, desenhos, provas, testes, esquemas, fotos, reflexões, planos e reflexões sobre os temas importantes tratados em sala de aula, estudos de caso pertinentes aos conteúdos em evidência, sínteses de discussões, mapas, produções escritas ou gravadas e outros.
- Portfolios digitais podem ser construídos a partir de um site (Google Sites), blog, ou arquivo em LATEX (plataforma overleaf).
- Avaliação: organização; documentação e demonstração do conhecimento do aluno sobre o conteúdo desenvolvido; presença de reflexões sobre os temas; evidências que demonstrem como o progresso aconteceu; demonstração do conhecimento obtido e a aplicação do mesmo; reflexões do aluno com os indícios ou indicadores do progresso em aprendizagens conceituais, atitudinais e procedimentais
- Webconferências e aulas interativas;
- 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. Contudo, o portfólio do estudante poderá ser avaliado como digno de nota adicional nas avaliações parciais.

## **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; 1<sup>a</sup> 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>
24.03 a 28.03	Apresentação do programada disciplina. Teoria de perturbações independente do tempo: Formulação: caso não-degenerado. Exemplos.  <b>27 e 28/03: Atividade extra: MasterClass em Física de Partículas</b>  <b>27/03 → 09:00 Abertura; 09:15: Apresentação do MasterClass ( Marcia Begalli (UERJ))</b>  <b>10:15: Breve Introdução ao Modelo Padrão da Física de Partículas (Luciano Abreu (UFBA))</b>  <b>11:00: Introdução ao Experimento ATLAS/LHC (Edmar Egidio Purcino De Souza (UFBA))</b>
31.03 a 04.04	Teoria de perturbações independente do tempo: caso degenerado. Alguns exemplos.
07.04 a 11.04	Teoria de perturbações: Aplicações: correções no espectro do átomo de hidrogênio; A estrutura fina do átomo de hidrogênio
14.04 a 18.04	Teoria de perturbações: Aplicações: correções no espectro do átomo de hidrogênio; A estrutura fina do átomo de hidrogênio  <b>18/04 Sexta-feira - Feriado (Paixão de Cristo)</b>

<b>Semana</b>	<b>ATIVIDADE</b>
	(17/04 (quinta-feira): possibilidade de aula presencial e/ou atividade no formato online e/ou assíncronas-a definir)
21.04 a 25.04	Teoria de perturbações: Aplicações: As correções hiperfinas ao espectro do átomo de hidrogênio; O efeito Zeeman  <i>21/04 Tiradentes - Feriado (segunda-feira)</i>
<b>28.04 a 02.05</b>	Teoria de perturbações: Aplicações: As correções hiperfinas ao espectro do átomo de hidrogênio; O efeito Zeeman  <b>1ª Avaliação – 29/04/2025</b>  <i>01/05 Dia do Trabalho – Feriado (quinta-feira)</i>
05.05 a 09.05	Princípio Variacional: formalismo; aplicações
12.05 a 16.05	Aproximação WKB; formalismo; aplicações
19.05 a 23.05	Teoria de perturbações dependente do tempo: Formalismo; Exemplos
26.05 a 30.05	Teoria de perturbações dependente do tempo: Aplicações
02.06 a 06.06	Teoria de perturbações dependente do tempo: Aplicações  <b>2ª Avaliação – 05/06/2025</b>
09.06 a 13.06	Aproximação adiabática: Formalismo; Aplicações
16.06 a 20.06	Teoria do espalhamento: Formalismo  <i>19.06 Corpus Christi – Feriado (quinta-feira)</i>
23.06 a 27.06	Teoria do espalhamento: aplicações e exemplos  <i>24.06 São João – Feriado (terça-feira)</i>  (Semana com possibilidade de afastamento para participação em evento (possibilidade de aula presencial e/ou atividade no formato online e/ou assíncronas-a definir)
30.06 a 04.07	Teoria do espalhamento: Análise de ondas parciais; Aproximação de Born  <i>02.07 Independência do Brasil na Bahia – Feriado (quarta-feira)</i>  (Semana com possibilidade de afastamento para participação em evento (possibilidade de aula presencial e/ou atividade no formato online e/ou assíncronas-a definir)
07.07 a 11.07	Teoria do espalhamento: Análise de ondas parciais; Aproximação de Born; O

<i>Semana</i>	<i>ATIVIDADE</i>
	paradoxo EPR; O teorema de Bell
14.07 a 18.07	Emaranhamento; O gato de Schrödinger <b>3<sup>a</sup> Avaliação – 17/07/25</b> <b>Finalização dos portfólios</b>
21.07 a 25.07	<b>Segunda Chamada: 22/07/25</b> <b>Resultados Finais, Avaliação dos Portfólios e Avaliação Final do Curso: 24/07/25</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/>