

Proposta de disciplina do PPGFis FIP00003 - Mecânica Quântica

- **Semestre:** 2023/1
 - **Carga horária semanal:** 4
 - **Créditos:** 4
 - **Pré-requisitos:**
 - **Professor/Responsável:** Gerardo Martínez
-

Súmula

Formalismo geral da Mecânica Quântica não relativística; dinâmica da evolução temporal; propagadores; simetrias e leis de conservação; funções de Green; expansão perturbativa para problemas estacionários; métodos aproximados para problemas dependentes do tempo; teoria de espalhamento; Mecânica Quântica Relativística.

Objetivos

Aprofundar aspectos formais da Mecânica Quântica não relativística, introduzir o tratamento relativístico da dinâmica quântica de uma partícula e propiciar um primeiro contato com a quantização do campo eletromagnético e seus efeitos na matéria. Conectar os aspectos formais com exemplos de conteúdo físico relevante, observados no laboratório.

Programa

1. Fundamentos: Teoria da Medida em Mecânica Quântica (Cap. 1)

Experimento de Stern-Gerlach. Filtros de spin. Notação de Dirac, kets, bras e operadores. Teoria da medida, função de onda e probabilidades. Espaços de Hilbert, observáveis e representações matriciais. Relações de incerteza. Espaço de posição e espaço de momentum.

2. Dinâmica quântica: integrais de caminho de Feynman (Cap. 2)

Evolução temporal. Equação de Schrödinger. Quadro de Schrödinger e quadro de Heisenberg. Precessão de spin. Equação de movimento de Heisenberg. O oscilador harmônico. Estados

coerentes. Propagadores e integrais de caminho de Feynman. Transformações de gauge e potenciais. Efeito Aharonov-Bohm. Fases geométricas ou de Berry.

3. Teoria de Momentum Angular: álgebra de Lie (Cap. 3)

rotações e relações de comutação. Sistemas de spin-1/2 e rotações finitas. Matrizes de Pauli, spinores. Grupos $SO(3)$ e $SU(2)$. Operador densidade, ensembles puros/mescla. Autovalores e autoestados de momentum angular. Exemplos: Harmônicos esféricos. Adição de momentum angular. Correlações de spin e Desigualdades de Bell.

4. Simetria na Mecânica Quântica: Teoria de Grupos (Cap. 4)

Simetria e leis de conservação. Grupos contínuos e transformações infinitesimais. Simetria $SO(4)$ do potencial Coulombiano. Simetrias discretas: caso da paridade ou inversão espacial, translações na rede, estados de Bloch. O caso anti-unitário da reversão temporal.

5. Mecânica Quântica Relativista: Teoria quântica de campos (Cap. 8)

Transformações de Galileo e de Lorentz. A equação de Klein-Gordon, gradiente covariante, energias negativas. A equação de Dirac, soluções de partícula livre, anti- matéria. Simetrias da equação de Dirac, paridade, conjugação de carga, inversão temporal, e simetria CPT.

6. Seminário final: Partículas Idênticas (Cap. 7) (opcional)

Simetria de permutação de partículas idênticas. Postulado de simetrização. Férmions e bósons. Sistema de dois elétrons. O átomo de Hélio. A interação elétron-elétron. Estados de multipartículas. Segunda quantização. Quantização do campo eletromagnético. *grand finale*: Teoria quântica de campos.

Método de Trabalho

Aulas expositivas, discussão e resolução de problemas propostos nas listas de exercícios. Apresentação formal de publicações de experimentos que confirmam os aspectos quânticos da matéria.

Avaliação

A disciplina terá seis unidades, uma por cada capítulo, conforme o programa. Haverá uma lista de exercícios por cada capítulo.

Além da participação em aula, a avaliação consistirá na média das listas resolvidas, entregues no tempo apropriado. O conceito final seguirá conforme a tabela:

Conceito A: média acima de 9,0

Conceito B: média entre 7,5 e 8,9

Conceito C: média entre 6,0 e 7,4

Conceito D: média abaixo de 6,0

Bibliografia

J. J. Sakurai and J. Napolitano, *Modern Quantum Mechanics*, 2nd Edition. Published by Addison-Wesley (2011 Pearson Education Inc.).

Leonard I. Schiff, *Quantum Mechanics*, 3rd Edition. Published by McGraw Hill Book Company (1968 International Student Edition).

W. Greiner; *Relativistic Quantum Mechanics, Wave Equations*, 3rd Edition. Springer Verlag (2000).

K. Gottfried, Tung-Mow Yan; *Quantum Mechanics: Fundamentals*, 2nd Edition. Springer Verlag (2004).

Xiao-Gang WEN, *Quantum Field Theory of Many-Body Systems*, 1st Edition. Published by Oxford University Press (2004 Oxford U. Press).