

FI-001 Mecânica Quântica I

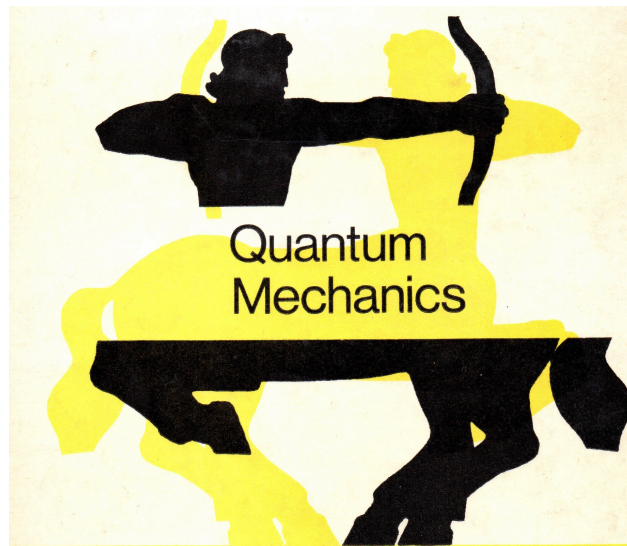
PROGRAMA

Guillermo Cabrera

DFMC/IFGW

Sala B-225

Recomendação: F-689 e F-789 Mecânica Quântica I e II da Graduação ou equivalentes



“There’s much more difference (...) between a human being who knows quantum mechanics and one that doesn’t than between one that doesn’t and the other great apes.” M. Gell-Mann, at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, Chicago (Feb. 11, 1992).

1 Objetivos

Assumimos que o aluno possui um conhecimento prévio e elementar da teoria quântica, obtido na graduação. O nível desse conhecimento, que não necessariamente inclui o uso da notação de Dirac, está ilustrado em alguns textos introdutórios [1, 2, 3]. O objetivo da

disciplina de Pós-Graduação é fornecer um tratamento avançado e direto do formalismo quântico, incluindo desenvolvimentos experimentais e teóricos recentes. Os exercícios são parte fundamental do curso e sua resolução será de grande ajuda nas avaliações periódicas.

□

2 Conceitos Fundamentais

Quantização espacial. A experiência de Stern-Gerlach e o spin do ‘elétron’. Espaços vetoriais. Representação de um estado quântico por um vetor complexo. Notação de Dirac. Espaços dos *kets* e dos *bras*. Conjuntos completos. Auto-valores e auto-estados. Teorema Espectral. Representação de observáveis por operadores. Postulados da Mecânica Quântica. O papel da medição. Princípio de Incerteza. Posição e Momentum. Função de onda. Representações de posição e momentum. Simetria de translação. Operadores unitários.

7 aulas

□

3 Dinâmica Quântica

Evolução temporal e Equação de Schrödinger. As versões de Heisenberg e Schrödinger. Outras versões? Teorema de Ehrenfest e quantização canônica. Estados puros e estados mais gerais. Matriz Densidade e interpretação estatística. Solução algébrica do oscilador harmônico. Interpretação probabilística da função de onda. Limite clássico e Princípio de Correspondência. Aproximação semiclássica. Interpretação causal de *de Broglie-Bohm* [4]. Propagador de Feynman. Representação da função de onda por integrais de trajetória. Potenciais e transformações de *gauge*. O efeito de Aharonov-Bohm.

8 aulas

□

4 Teoria do Momentum Angular

Grupos contínuos, transformações infinitesimais e representações de grupos. O grupo de Rotações e Momento Angular. Ângulos de Euler. Representações univaluadas e multivaluadas do grupo de Rotações em 3 dimensões. Momentum angular orbital. Problema de forças centrais. O spin. Adição de momentos angulares. Coeficientes de Clebsch-Gordan. Representação de Schwinger. Operadores tensoriais e Teorema de Wigner-Eckart.

8 aulas

□

5 Simetrias em Mecânica Quântica

Operadores de Wigner. Operadores unitários. Simetrias e teoremas de conservação. Grupo de Simetria do Hamiltoniano e degenerescência do seu espectro. Simetrias discretas: Paridade ou Inversão Espacial. A simetria de Inversão Temporal. Operadores anti-unitários. Spin e Simetria de Inversão Temporal. Teorema de Kramers.

7 aulas

□

6 Partículas Idênticas

Significado físico da identidade das partículas. O grupo de permutações. Postulados de simetrização: Bósons e Férmions. Problema de dois elétrons. Paradoxo de EPR. Emaranhamento. Simetria de permutação e tabelas de Young. Átomos.

3-5 aulas

□

7 Bibliografia

No seu aspecto geral, o curso estará baseado no livro *Modern Quantum Mechanics* de **J. J. Sakurai** [5]. Recomendamos também os livros de **Leslie E. Ballentine** [6], de **Leonard Schiff** [7] e de **R. Shankar** [8], que são do agrado do professor. Outros textos bastante usados incluem *Quantum Mechanics I* e *II* de Cohen-Tanoudji, Diu e Laloë, *Quantum Mechanics* (2a e 3a edições) de E. Merzbacher e *Quantum Mechanics* de A. Messiah (Dover edition, 2001). Existe uma segunda edição recente do livro de Gottfried [9], discutindo tópicos de muito interesse atual. Uma longa lista de clássicos inclui nomes como Landau, Heisenberg, Fermi, Schrödinger, Dirac, Bethe, de Broglie, Bohm, Feynman, Pauling, von Neumann, Schwinger e outros. Durante o transcurso da disciplina, citaremos algumas dessas referências com mais detalhe. Sobre o problema da medição e fundamentos da Mecânica Quântica, uma coleção impressionante de trabalhos originais, alguns deles traduzidos do alemão para o inglês, encontra-se em *Quantum Theory and Measurement*, editado por Wheeler e Zurek[10]. A figura da portada está tomada de L. V. Tarasov, *Basic Concepts of Quantum Mechanics*, MIR (Moscow, 1980).

□

8 Avaliação

Haverá três verificações, sendo uma das duas primeiras uma prova de reposição. A última prova é obrigatória. As provas estarão inspiradas em grande parte nos exercícios formu-

lados nas listas. A média final será obtida como

$$MF = \frac{1}{2}(P + P_3),$$

onde P é a melhor nota entre as provas P_1 e P_2 . Os conceitos finais serão atribuídos de acordo com uma análise da distribuição das notas, sujeita às condições abaixo:

- i) **A** com certeza para nota $x = MF$, com $x \geq 9,0$;
- ii) **D** (reprovação) para nota $x = MF$, com $x < 5,0$.

□

References

- [1] R. H. Dicke e J. P. Wittke, *Introduction to Quantum Mechanics*, Addison-Wesley (Reading, 1960).
- [2] S. Gasiorowicz, *Quantum Physics*, 2nd. edition, Wiley (New York, 1996).
- [3] D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*, Prentice Hall (Upper Saddle River, NJ, 1995).
- [4] P. R. Holland, *The Quantum Theory of Motion*, Cambridge University Press (Cambridge, 1993).
- [5] J. J. Sakurai, *Modern Quantum Mechanics (Revised Edition)*, Addison-Wesley (Reading, 1994).
- [6] L. E. Ballentine, *Quantum Mechanics: A Modern Development*, World Scientific (Singapore, 1998).
- [7] L. I. Schiff, *Quantum Mechanics*, 3rd edition, McGraw-Hill (New York, 1968).
- [8] R. Shankar, *Principles of Quantum Mechanics*, Plenum Press (New York and London, 1994).
- [9] K. Gottfried e T-W. Yan, *Quantum Mechanics: Fundamentals*, Springer-Verlag (New York, 2003).
- [10] J. A. Wheeler e W. H. Zurek, *Quantum Theory of Measurements*, Princeton University Press (Princeton, NJ, 1983).

□