

# FI-002 Mecânica Quântica II

## PROGRAMA

Guillermo Cabrera  
IFGW/DFMC  
Sala B1-225  
cabrera@ifi.unicamp.br

**P.R.:** FI-001 “*Mecânica Quântica I*” ou equivalente

*“Exchange degeneracy presents a difficulty because, unlike the single particle case, a specification of the eigenvalues of a complete set of observables does not completely determine the ket state”.* Sakurai [1], Chap. 6, *Identical Particles*.

## 1 Objetivos

No primeiro curso da série (FI-001) foi desenvolvida a parte axiomática da Mecânica Quântica através de um tratamento direto do formalismo (por exemplo, seguindo o livro de Sakurai[1]). Neste segundo curso (FI-002), estudaremos importantes aplicações, que incluem de maneira distinguida o tratamento de partículas idênticas e teoria de muitos corpos, métodos aproximados e teoria de espalhamento. Também estudaremos a extensão da teoria para o domínio relativístico. O livro do Sakurai terá que ser complementado com referências mais avançadas. A bibliografia adicional é mencionada no fim deste programa. □

## 2 Partículas Idênticas

Significado físico da identidade das partículas. O Grupo de Permutações ou Grupo Simétrico  $S_n$ . Postulados de simetrização: Bósons e Férmions. Degenerescência de troca (*Exchange*). Problema de dois elétrons. Átomo de Hélio. Simetria de permutação e tabelas de Young. Projtores de Young. Estrutura atômica. Acoplamento de Russel-Saunders ou  $L - S$ . Acoplamento  $j - j$ . Princípio de Exclusão e Regras de Hund[2].

5 aulas □

### 3 Segunda Quantização

A representação dos Números de Ocupação para um sistemas de muitos corpos. Operadores de criação e destruição. Relações de comutação e anti-comutação para Bósons e Férmions respectivamente. Espaços de Fock[3]. Operadores de Campo. Representação de observáveis em segunda quantização. Quantização do Campo Eletromagnético (fótons)[8, 9]. Estados coerentes para a radiação. Sistemas de elétrons e aproximação de Hartree-Fock. Exemplos importantes de sistemas condensados[9].

8 aulas     □

### 4 Métodos Aproximados

Teoria de Perturbações independente do tempo: Rayleigh-Schrödinger e Brillouin-Wigner. Métodos variacionais. Métodos numéricos. O processo de Lanczos para diagonalização de grandes matrizes. Teoria de Perturbações dependente do tempo. Interação da Radiação com a Matéria. Regras de seleção. A versão de Interação ou de Dirac. Séries de Dyson. Resolvente[7].

6 aulas     □

### 5 Teoria de Espalhamento

A equação de Lippmann-Schwinger. A aproximação de Born e a série de Born. Teorema Óptico. Ondas esféricas e método das ondas parciais. Deslocamento de fase. Espalhamento de partículas idênticas. Espalhamento ressonante. A Matriz de Espalhamento e relação com Teoria de Perturbações dependente do tempo[5].

5 aulas     □

### 6 Mecânica Quântica Relativística

Invariância de Lorentz. Os grupos de Lorentz e Poincaré. A equação de Klein-Gordon e os estados de energia negativa. O problema da norma indefinida. A equação de Dirac. As matrizes  $\gamma$  de Dirac. Corrente conservada com densidade positiva. Pacotes de ondas. Limite não relativístico e equações de Pauli. Acoplamento spin-órbita. Átomos tipo hidrogênio e estrutura fina. Teoria de buracos e conjugação da carga[4, 5]. Potenciais eletromagnéticos e invariância de gauge[6]. Dificuldades da teoria e introdução à teoria quântica de campos. Campos relativísticos[6]

6 aulas     □

## 7 Avaliação

Usaremos um sistema misto de avaliação, com listas de exercícios e provas. Haverá uma lista quinzenal de exercícios e três provas durante o semestre. Cada prova constará de duas partes: um problema de uma lista feito em casa e entregue no dia da prova; um problema para ser resolvido em aula no dia da prova. A nota da prova será a média das duas partes. Dessa forma, tentaremos medir o trabalho metódico no estudo da disciplina, junto com o aproveitamento na parte conceitual. A média final será obtida como

$$MF = \frac{1}{3} (P_1 + P_2 + P_3),$$

onde  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  são as notas das provas. Os conceitos finais serão atribuídos de acordo com uma análise da distribuição das notas, sujeita às condições abaixo:

i) **A** com certeza para nota  $x$ , com  $x \geq 9,0$ ;

ii) **D** (reprovação) para nota  $x$ , com  $x < 5,0$ .

## References

- [1] J. J. Sakurai, “*Modern Quantum Mechanics*”, Revised Edition, Addison-Wesley (Reading, 1994).
- [2] M. Hamermesh, “*Group Theory and its Application to Physical Problems*”, Dover (NY 1994).
- [3] S. Schweber, “*An Introduction to Relativistic Quantum Field Theory*”, Harper and Row (NY 1961); Dover (New York, 2005).
- [4] J.D. Bjorken e S. D. Drell, “*Relativistic Quantum Mechanics*”, McGraw Hill (New York, 1964).
- [5] A. Messiah, “*Quantum Mechanics*”, Dover (Mineola, NY, 1999).
- [6] L. H. Ryder, “*Quantum Field Theory*”, 2nd. edition, Cambridge University Press (Cambridge, 2006).
- [7] P. Roman, “*Advanced Quantum Theory*”, Addison-Wesley (Reading, 1965).
- [8] J. J. Sakurai, “*Advanced Quantum Mechanics*”, Addison-Wesley (Reading, MA, 1967).
- [9] C. Cohen-Tannoudji, B. Diu e F. Laloë, “*Mécanique quantique : Tome 3, Fermions, bosons, photons, corrélations et intrication*”, Coédition CNRS (2017).  $\square$