

Exame Geral de Doutorado

Ementas

I. Mecânica Estatística

1. Fundamentos da Termodinâmica

- Leis da termodinâmica, entropia.
- Potenciais termodinâmicos, transformações de Legendre e relações de Maxwell.
- Funções resposta: calor específico, compressibilidade e susceptibilidade
- Termodinâmica de transições de fase: coexistência de fases, pontos críticos, condições de estabilidade, equação de Clausius-Clapeyron.
- Equações de estado. Sistema PVT puro e gás de Van der Waals.

2. Fundamentos da Mecânica Estatística Clássica e Quântica em Equilíbrio

- Ensembles estatísticos (microcanônico, canônico e grão-canônico)
- Função de partição e quantidades termodinâmicas: limite termodinâmico e flutuações
- Matriz densidade
- Estatísticas de Fermi-Dirac, Bose-Einstein e Maxwell-Boltzmann

3. Aplicações das estatísticas de Fermi-Dirac, Bose-Einstein e Maxwell-Boltzmann.

4. Sistemas interagentes: teorias de campo médio e modelo de Ising em uma dimensão.

Bibliografia:

- K. Huang, *Statistical Mechanics*, John Wiley & Sons, 1987 (2nd ed.)
- R. Kubo, *Statistical mechanics: an advanced course with problems and solutions*, Noth-Holland (1965)

II. Mecânica Quântica

1. Fundamentos, formalismo e aplicações simples.
 - Dualidade onda-partícula, pacotes de ondas e relações de incerteza.
 - Postulados da Mecânica Quântica e as representações de Schrödinger e de Heisenberg.
 - Aplicações da equação de Schrödinger: partícula em potenciais independentes do tempo.
 - Oscilador harmônico. Quantização nas bases $\{ |x\rangle \}$ (coordenada) e $\{ |n\rangle \}$ (energia)
2. Momentum angular, spin.
 - Relações de comutação; representações diferenciais na base $\{ |r\rangle \}$ (coord. retangulares e esféricas)
 - Operadores de abaixamento e levantamento; o problema de autovalor de L^2 e L_z ; representação matricial do momentum angular.
 - Momentum angular e rotações.
 - Descrição não relativística de Pauli de uma partícula de spin $\frac{1}{2}$.
 - Adição de momenta angulares.
3. Partícula em potenciais centrais: O átomo de hidrogênio
4. Métodos aproximativos
 - Teoria de perturbação independente do tempo: casos não degenerado e degenerado
 - Átomos hidrogenoides: estrutura fina e hiperfina, efeito Zeeman e efeito Stark
 - Métodos variacionais e aproximação WKB
 - Potenciais dependentes do tempo e a representação de interação
 - Teoria de perturbação dependente do tempo
5. Partículas idênticas
 - Permutações e simetrias das funções de onda
 - Férmions e bósons
 - O átomo de Hélio
6. Teoria do espalhamento
 - Seção de choque; amplitude de espalhamento e o teorema ótico; a aproximação de Born
 - Expansões em ondas parciais
 - Espalhamento de duas partículas idênticas

Bibliografia

- J. J. Sakurai, *Modern Quantum Mechanics*, Addison-Wesley, 1994.
C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, *Quantum Mechanics*, John Wiley & Sons, 1978.

III. Eletrodinâmica Clássica

1. Eletrostática

- Campo elétrico: Leis de Coulomb e de Gauss.
- Equações de Laplace e de Poisson: Soluções em duas e três dimensões.
- Solução de problemas eletrostáticos usando os métodos da função de Green e das imagens.
- Energia eletrostática e problemas de contorno com dielétricos.
- Expansão multipolar elétrica.

2. Magnetostática

- Campo magnético: Leis de Biot-Savart e de Ampère.
- Potencial vetor magnético e potencial escalar magnético.
- Campos magnéticos de distribuições de correntes.
- Magnetização.
- Energia Magnetoestática e problemas de contorno

3. Campos dependentes do tempo

- Lei de indução de Faraday; corrente de deslocamento e equações de Maxwell.
- Potenciais Vetor e Escalar; transformações de Calibre (Calibres de Lorentz e de Coulomb).
- Teorema de Poynting; conservação de energia e momentum
- Ondas planas em meios não-condutores e em metais.
- Reflexão e refração de ondas eletromagnéticas. Polarização.

Bibliografia:

J. D. Jackson, *Classical Electrodynamics* (John Wiley & Sons) – Caps. 1-7

IV. Mecânica Clássica

1. Princípios Elementares da Mecânica Clássica
 - Sistemas com uma e com muitas partículas. Vínculos.
 - Princípio de D'Alembert e as equações de Lagrange.
2. Princípios Variacionais.
 - Princípio de Hamilton e as equações de Lagrange. Cálculo variacional.
 - Sistemas não-conservativos e não holonômicos.
 - Teoremas de conservação e propriedades de simetria.
3. Problemas de dois corpos
 - Equações de movimento e primeiras integrais. Classificação de órbitas.
 - Teoremas Virial e problema de Kepler.
 - Espalhamento por um potencial central.
4. Equações do Movimento de Hamilton
 - Transformações de Legendre e equações de Hamilton.
 - Teoremas de conservação.
 - Princípio da mínima ação.
5. Transformações Canônicas
 - Equações das transformações canônicas
 - Integrais invariantes de Poincaré.
 - Colchetes de Lagrange e Poisson.
 - Transformações infinitesimais de contato. Constantes do movimento e simetrias.
6. Teoria de Hamilton-Jacobi
 - Função principal de Hamilton
 - Aplicação ao problema do oscilador harmônico.
 - Função característica de Hamilton
 - Variáveis ângulo-ação
7. Cinemática do corpo rígido
 - Transformações ortogonais
 - Ângulos de Euler
 - Rotações infinitesimais
 - Força de Coriolis

Bibliografia:

H. Goldstein, Classical Mechanics, Addison-Wesley (1969).