

*FI204A - Tópicos da Física da Matéria Condensada I*

"Conceitos Básicos em Sólidos"

Ementa:

- 1 Introdução. Teoria Quântica de Sólidos (ou da Matéria Condensada). Classificação de sólidos. Gás de elétrons livres. As teorias de Drude e Sommerfeld p/ metais. Efeito Hall Quântico (Inteiro e Fracionário). Redes cristalinas; rede recíproca; zonas de Brillouin. Difração em cristais; difração de raios-X.
- 2 Teoria monoelétrica e bandas de energia em sólidos. Elétrons num potencial periódico. Métodos de cálculo de estrutura eletrônica (bandas) de sólidos. Aproximação do elétron quase livre. Aproximação da ligação forte. Método Celular. Método APW. Método KKR ou da função de Green. Método OPW. Método do Pseudopotencial. Superfície: reconstrução, estados eletrônicos de superfície. Interação elétron-elétron. Teoria do Funcional da Densidade – DFT. Dinâmica Molecular – movendo os átomos. Aplicações. Aproximação da massa efetiva. Teoria de Perturbação  $k, p$ , Impurezas.
- 3 Fonons. Teorias clássica e quântica do cristal harmônico. Formulação Microscópica da Dinâmica de Redes, Matriz Dinâmica, Espalhamento Óptico por Fonons. Efeitos anarmônicos. Interação elétron-fonon.
- 4 Magnetismo. Diamagnetismo e paramagnetismo. Interação de troca. Modelo de Ising. Ferromagnetismo. Antiferromagnetismo. Magnons-ondas de spin. O Modelo de Hubbard. Localização de Anderson. Efeito Kondo. Ordenamento Magnético. Modelo de Heisenberg. Propriedades Termodinâmicas perto de  $T_c$ . Expoentes Críticos para Ferromagnetos. Mean-Field Approximation. Grupo de Renormalização. Domínios.
- 5 Supercondutividade. A equação de London. Pares de Cooper. Teoria BCS. Teoria de Ginzburg-Landau. Efeitos Josephson. Supercondutividade de alta temperatura crítica.
- 6 Teoria de Resposta Linear. A função resposta dielétrica. Propriedades Ópticas de Sólidos. Constantes ópticas, Índice de Refração, Condutividade.
- 7 Excitações Elementares: plasmons, excitons, polarons, polaritons, magnons, Cooper pairs, solitons, instantons.

8 Teoria do Líquido de Fermi.

9 A Física de Nanoestruturas Semicondutoras de Baixa Dimensionalidade. Impurezas, excitons. Propriedades Eletrônicas, Ópticas e de Transporte de Heteroestruturas Semicondutoras. Grafeno, Nanotubos, etc.

10 A taste of spintronics; diluted magnetic semiconductors and hole-mediated ferromagnetism in  $Ga_{1-x}Mn_xAs$ ; g-factor engineering; a flavor of quantum computing and Rabi oscillations.

Outros tópicos de interesse:

Nobel 1985 e Nobel 1998 - Quantum Hall effect

Nobel 1986 - Scanning tunnelling microscopy; atomic force microscope

Nobel 1987 - High  $T_c$  superconductivity

Nobel 1991 - Polymer statistics and critical phenomena – Pierre-Gilles de Gennes

Nobel 2001 - Bose-Einstein condensation– E. Cornell, C. Wieman e W. Ketterle

Nobel 2007 - Giant magnetoresistance

Nobel 2010 - 2D Graphene – Andre Geim and Konstantin Novoselov

Nobel 2011 - Chemistry: quasicrystals

Nobel 2012 -Quantum Physics - Serge Haroche and David J. Wineland

Nobel 2014 - LED (Light-Emitting Diodes)

Conceito dos alunos (no caso de # estudantes menor/igual a 10):

Seminários pelos alunos – assunto escolhido dos tópicos de interesse acima + paper aprox. 4 pags em tex, formato Phys. Rev.

#### Referências:

Solid State Physics, N. W. Ascroft and N. D. Mermin (Holt, Rinehart and Winston, New York, 1976)

Introduction to Solid State Physics, C. Kittel, 7<sup>th</sup> ed. (Wiley, NY, 1996)

Principles of the theory of solids, 2<sup>nd</sup> ed., J. M. Ziman (Cambridge Univ. Press, 1972)

Concepts in solids, P. W. Anderson, Frontier in Physics, W. A. Benjamin (1971)

Quantum theory of the solid state, J. Callaway, Academic Press (1976)

Introduction to solid-state theory, O. Madelung, Springer Series in Solid-State Sciences, vol.2, 1978

Solid-State Physics: An introduction to principles of materials science, 2<sup>nd</sup> ed., Harald Ibach and Hans Lüth (Springer, 1995)

Condensed Matter Physics, Michael P. Marder, John Wiley & Sons, Inc. (2000)

Band theory and electronic properties of solids, J. Singleton (Oxford Univ. Press, 2001)

A quantum approach to Condensed Matter Physics, P. L. Taylor & O. Heinonen, Cambridge Univ. Press (2002)