



EMENTAS ELETIVAS – Catálogo 2023

2º SEMESTRE DE 2023

FI001 – Mecânica Quântica I

Ementa: Revisão dos conceitos fundamentais: O spin do elétron, espaços vetoriais, bras, kets e operadores, Os postulados da mecânica quântica, dinâmica quântica: As versões de Schrödinger e Heisenberg, O propagador de Feynman, evolução temporal de estados e operadores. Momento angular: momentos angulares orbital e de spin, auto estados do momento angular, adição de momentos angulares, operadores tensoriais e o Teorema de Wigner - Eckart. Simetrias: leis de conservação e degenerescências, simetrias discretas, paridade e inversão temporal; partículas idênticas.

Bibliografia: A. Messiah, Quantum mechanics, Dover Publications, 2014; J. E. Merzbacher, Quantum mechanics, 3rd ed., Wiley, 1997; J. J. Sakurai and J. Napolitano, Modern quantum mechanics, 2nd ed., Addison-Wesley, 2011; C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, and F. Laloe, Quantum mechanics, vols. I and II, Wiley, 1991; L. I. Schiff, Quantum mechanics, 3rd ed., McGraw-Hill, 1968; L. E. Ballentine, Quantum mechanics: a modern development, 2nd ed., World Scientific, 2014; M. Le Bellac, Quantum physics, Cambridge University Press, 2006; B. R. Desai, Quantum mechanics with basic field theory, Cambridge University Press, 2010.

FI002 – Mecânica Quântica II

Ementa: Métodos de aproximação: teoria de perturbações independentes do tempo, o método variacional, teoria de perturbações dependentes do tempo e a versão de interação, o teorema adiabático. Teoria do espalhamento: A equação de Lippmann-Schwinger, a aproximação de Born e o método de ondas parciais, formulação dependente do tempo para o espalhamento, teoria formal. Partículas idênticas e 2ª quantização: O espaço de Fock, representação dos observáveis, operadores de campo, aplicações em física atômica, molecular e matéria condensada, quantização dos campos eletromagnéticos e de Schrödinger. Mecânica quântica relativística: Equações de Klein-Gordon e Dirac. O átomo de hidrogênio relativístico. O campo de Dirac.

Bibliografia: A. Messiah, Quantum mechanics, Dover Publications, 2014; J. E. Merzbacher, Quantum mechanics, 3rd ed., Wiley, 1997; F. Schwabl, Advanced quantum mechanics, 4th ed., Springer, 2008; J. D. Bjorken and S. D. Drell, Relativistic quantum mechanics, McGraw-Hill, 1964; J. D. Bjorken and S. D. Drell, Relativistic quantum fields, McGraw-Hill, 1965; F. Mandl and G. Shaw, Quantum field theory, 2nd ed., Wiley, 2010; J. J. Sakurai and J. Napolitano, Modern quantum mechanics, 2nd ed., Addison-Wesley, 2011; K. Gottfried and T.-W. Yan, Quantum mechanics: fundamentals, 2nd ed., Springer, 2003; G. Baym, Lectures on quantum mechanics, Westview Press, 1990; B. R. Desai, Quantum mechanics with basic field theory, Cambridge University Press, 2010.

FI008 – Eletrodinâmica I

Ementa: Campos dependentes do tempo. Equações de Maxwell. Leis de conservação. Ondas eletromagnéticas planas e propagação de ondas. Guias de onda e cavidades ressonantes. Teoria da relatividade restrita. Transformações de Lorentz. Covariância da eletrodinâmica. Transformações de campos eletromagnéticos. Radiação de cargas em movimento. Potenciais de Liénard-Wiechert. Radiação



de sistemas simples. Radiação de dipolo elétrico, dipolo magnético, quadrupolo elétrico. Dinâmica de partículas relativísticas. Lagrangiana e Hamiltoniana para uma partícula carregada relativística em um campo eletromagnético. Lagrangiana para o campo eletromagnético.

Bibliografia: J.D. Jackson Classical electrodynamics, 1st ed. (1962), 2nd ed. (1975), 3rd ed. (1999); M. A. Heald and J. B. Marion, "Classical electromagnetic radiation", Forth Worth: Saunders, 1995. 3. ed. - L. D. Landau and E. M. Lifshitz, "The classical theory of fields", Oxford: Butterworths-Heinemann, 1975. 4. ed; A. Zangwill, Modern electrodynamics, Cambridge University Press, 2013.

FI034 – Teoria da Relatividade

Ementa: Revisão de Relatividade Especial. Notação de quadrivetores. Relatividade Especial e Princípio Variacional. Princípio de Equivalência. Espaço-tempo curvo. Vetores em Espaço-tempo curvos. Geodésicas. Métrica em torno de objetos esféricos. Cosmologia. Equação de Einstein. Limite Newtoniano. Ondas gravitacionais.

Bibliografia: Sean Carroll, "Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity", Addison Wesley, 2004; Robert M. Wald, "General Relativity", The University of Chicago Press, 1984; J. Foster, J.D. Nightingale, "A Short Course in General Relativity", 2nd edition, Springer, 1998; Steven Carlip, "General Relativity: A Concise Introduction", Oxford University Press, 2019; James B. Hartle, "Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity", Benjamin Cummings, 2003; W. Rindler, "Relativity: Special, General and Cosmological", Oxford University Press, 2006; S. Weinberg, "Gravitations and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity", Willey, 1972.

FI104 – Física da Matéria Condensada I

Ementa: Estrutura cristalina e sua determinação: redes e estruturas cristalinas, difração de raios-X; **estrutura eletrônica de sólidos periódicos:** elétrons em um sólido periódico, os métodos do elétron quase-livre, das ondas planas ortogonalizadas (OPW), pseudopotencial e tight-binding; **interação elétron-elétron:** método Hartree-Fock e a teoria do funcional da densidade; **dinâmica de rede:** dinâmica da rede harmônica: clássica e quântica, expansão térmica, interação fônon-fônon e transporte térmico; **transporte eletrônico e dinâmica de elétrons de condução:** movimento de elétrons e buracos em campos elétricos e magnéticos, propriedades de transporte eletrônico governadas por centros espalhadores estáticos, o sistema interagente de elétrons metálicos e fônons; **semicondutores:** semicondutores homogêneos.

Bibliografia: J. B. Ketterson, The Physics of Solids, Oxford University Press, 1st edition (2016); Michael Marder, Condensed Matter Physics, Wiley, 2nd edition (2010); Efthimios Kaxiras and John D. Joannopoulos, Quantum Theory of Materials, Cambridge University Press, 2nd Revised Edition (2019); David W. Snoke, Solid State Physics: Essential Concepts, Addison-Wesley, Cambridge University Press, 2nd edition (2020). **Avançada:** Antonio H. Castro Neto, The Quantum Nature of Materials,, World Scientific Publishing Company (2021); M. Dresselhaus, G. Dresselhaus, S. B. Cronin, A. G. Souza Filho, Solid State Properties: From Bulk to Nano, Springer, 1st edition (2018).

FI112 – Ciência dos Materiais I

Ementa: Introdução à Ciência dos Materiais. Estrutura cristalina. Caracterização estrutural de materiais. Tipos de materiais: metais, cerâmicas, polímeros, compósitos. Propriedades mecânicas. Diagramas de fase. Propriedades de materiais e aplicações: térmicas, elétricas, magnéticas, ópticas. Nanomateriais.

Bibliografia: J.F. Shackelford, James F., "Introduction to materials science for engineers", 8th Ed., 2014; D R. Askeland, P P. Fulay, W.J. Wright "The Science and Engineering of Materials", 6th Ed., 2011; W.D. Callister Jr., "Materials Science and Eng.: an integrated approach", 9th Ed., 2014; C.B. Carter, M.G. Norton, "Ceramic Materials Science and Engineering" 2nd Ed., 2013; C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics", 8th Ed.,



2005. Anthony R. West, "Solid State Chemistry and its Applications". Reza Abbaschian, Lara Abbaschian, Robert E. Reed-Hill, "Physical Metallurgy Principles"; Des McMorrow, Jens Als-Nielsen, Als-Nielsen, "Elements of Modern X-Ray Physics"; J M D Coey, "Magnetism and Magnetic Materials"; J. B. Ketterson, "The Physics of Solids"; Ashim Kumar Bain & Prem Chand, "Ferroelectrics: Principles and Applications"; J. F. Nye, "Physical Properties of Crystals: Their Representation by Tensors and Matrices"; Marc de Graef e Michael E. McHenry, "Structure of Materials: An Introduction to Crystallography, Diffraction and Symmetry."

FI140 – Partículas Elementares I

Ementa: Conceitos introdutórios de física de partículas, Férmions, QED e Diagramas de Feynman, Interação com elétrons, Simetria e modelo de quarks, Interação forte, Interação fraca, Neutrinos e oscilação de neutrinos, Unificação eletrofraca e o modelo padrão.

Bibliografia: 1. "Modern Particle Physics", Mark Thomson, Ed. Cambridge University Press, 2013; 2. "Gauge Theories of the Strong, Weak, and Electromagnetic Interactions", Chris Quigg, 2nd Ed., Princeton University Press, 2013; 3. "Gauge Field Theories: An Introduction with Applications", Mike Guidry, Ed. Wiley-VCH, 2004; 4. "Quarks & Leptons: An introductory Course in Modern Particle Physics", Francis Halzen and Alan D. Martin, Ed. John Wiley & Sons, 1984.

FI193 – Teoria Quântica de Sistemas de Muitos Corpos

Ementa: Revisão do formalismo da segunda quantização. Aplicações do formalismo da segunda quantização: gás de elétrons, gás diluído de férmions, gás diluído de bósons, modelo de Hubbard, modelo de Heisenberg, modelos de Anderson e de Kondo, mágnons, fônons. Formalismo a temperatura $T = 0$: versão de interação, funções de Green de uma partícula e suas propriedades, teorema de Wick, teoria de perturbação e análise diagramática, aproximação de Hartree-Fock e "random phase approximation" (RPA). Teoria de resposta linear a $T = 0$: formalismo geral, blindagem no gás de elétrons, modos coletivos, plasmons. Formalismo a temperatura finita: função de Green de Matsubara de uma partícula e suas propriedades, teoria de perturbação e análise diagramática, aplicações em sistemas de bósons e férmions interagentes, função de Green a tempo real. Teoria de resposta linear a temperatura finita. Supercondutividade: interação elétron-fônon e teoria BCS.

Bibliografia: A. L. Fetter e J. K. Walecka, Quantum Theory of Many-Particle Systems, Dover Publications, 2003; A. A. Abrikosov, L. P. Gor'kov, e I. E. Dzyaloshinskii, Quantum Field Theoretical Methods in Statistical Physics, Dover Publications, 1975; L. D. Landau e E. M. Lifshitz, Statistical Physics - part II, Pergamon Press, 1980; J. W. Negele e H. Orland, Quantum Many-Particle Systems, Westview Press, 1988; G. D. Mahan, Many-Particle Physics, 3rd ed., Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2000; H. Bruus e K. Flensberg, Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics: An Introduction, Oxford University Press, 2007; A. Altland e B. Simons, Condensed Matter Field Theory, 2nd ed., Cambridge University Press, 2010; E. Fradkin, Field Theories of Condensed Matter Systems, 2nd ed., Cambridge University Press, 2013; P. Coleman, Introduction to Many-Body Physics, Cambridge University Press, 2015.