



EMENTAS – Catálogo 2025

1º SEMESTRE DE 2025

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.



FI004 - Física Estatística I

Ementa: Considerações gerais: Descrições mecânica e termodinâmica, papel da mecânica estatística. Mecânica estatística clássica: O método dos ensembles de Gibbs, Teorema e equação de Liouville, Ensembles microcanônico, canônico, grande-canônico. Revisão da termodinâmica clássica e conexão com a mecânica estatística, o limite termodinâmico e equivalência dos ensembles. Mecânica Estatística Quântica: Ensembles puro e misto, o operador estatístico e a equação de Liouville, os operadores estatísticos de equilíbrio, o princípio de maximização da entropia de Gibbs. As estatísticas de Bose-Einstein e Fermi-Dirac, Aplicações em gases e fluidos quânticos. Transições de fase e fenômenos críticos. Fenomenologia da transição de fase. Flutuação e "scaling". Teoria de campo médio. Grupo de renormalização.

Bibliografia: R.K. Pathria. "Statistical Mechanics", Second Edition, Butterworth-Heinemann (1996); K. Huang. "Statistical Mechanics", Second Edition, Wiley (New York, 1990); Leo P. Kadanoff "Statistical Physics: Statics, Dynamics and Renormalization", (World Scientific, Singapore, 2000); James P. Sethna, Entropy, Order parameter, and Complexity, Clarendon Press (2008). Arieh Ben-Naim , "Farewell to Entropy: Statistical Thermodynamics Based on Information", (World Scientific Publishing Company 2008); James Sethna, "Statistical Mechanics: Entropy, Order Parameters, and Complexity", second edition (Oxford University Press 2021); W. T. Grandy , "Entropy and the Time Evolution of Macroscopic Systems", (Oxford University Press 2008); H. Nishimori and G. Ortiz, "Elements of Phase Transitions and Critical Phenomena", (Oxford University Press 2011). Avançada: J. D. Ramshaw, "Statistical Foundations of Entropy", (World Scientific Publishing Company 2017); Lawrence Schulman, "When Things Grow Many: Complexity, Universality and Emergence in Nature", (Oxford University Press 2022).

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.

FI141 – Partículas Elementares II

Ementa: Revisão de conceitos, Invariância de Gauge, Teoria de Gauge Não-Abeliana, Quebra espontânea de simetria e o mecanismo de Higgs, QCD, Interação fraca e violação de CP, Unificação eletrofraca, Testes do modelo padrão e física além do modelo padrão.



Bibliografia: 1. Mark Thomson, “Modern Particle Physics”, Ed. Cambridge University Press, 2013; 2. Chris Quigg, “Gauge Theories of the Strong, Weak, and Electromagnetic Interactions”, 2nd Ed., Princeton University Press, 2013; 3. Mike Guidry, “Gauge Field Theories: Introduction with Applications”, Ed. Wiley-VCH, 2004; 4. Francis Halzen and Alan D. Martin, “Quarks & Leptons: Introductory Course in Modern Particle Physics”, Ed. John Wiley & Sons, 1984. 5. A Modern Primer in Particle and Nuclear Physics, Francisco Terranova, Ed. Oxford University Press, 2022.

FI144 – Teoria de Grupos

Ementa: Elementos de teoria de grupos: subgrupos invariantes, cogrupos e classes conjugadas, teorema de Lagrange, papel da simetria em Física. Teoria de representações de grupos finitos: Lemas de Schur, relações de ortogonalidade, critérios de irreducibilidade. Grupos contínuos. Mecânica quântica e teoria de grupos: grupos de simetria do Hamiltoniano e degenerescência do seu espectro, teoria de perturbações, regras de seleção, sistemas acoplados, grupos dobrados, simetria de inversão temporal. Aplicações: átomos, moléculas e propriedades eletrônicas dos sólidos, partículas idênticas e o princípio de Pauli, multipletos atômicos, vibrações moleculares, grupos cristalinos.

Bibliografia: M. Hamermesh, "Group theory and its application to physical problems", Dover (1989); M. Tinkham, "Group Theory and Quantum Mechanics", Dover (2003); E. Wigner, "Group Theory", Academic Press (1959); W. Ludwig e C. Falter, "Symmetries in Physics", Springer-Verlag (1996); T. Inui, Y. Tanabe, Y. Onodera, “Group Theory and Its Applications in Physics”, Springer-Verlag, 2nd corrected printing (1996); Melvin Lax, “Symmetry Principles in Solid State and Molecular Physics”, Dover (2001); L. M. Falicov, “Group Theory and Its Physical Applications”, The University of Chicago Press (1972); Wu-Ki Tung, “Group Theory in Physics”, World Scientific (1985), M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, A. Jorio, “Group Theory: Application to the Physics of Condensed Matter”, Springer-Verlag (2010).

FI177 – Óptica e Fotônica

Ementa: Revisão de óptica geométrica e ondulatória. Coerência, interferência e difração. Interação luz-matéria. Óptica de Fourier. Óptica integrada: guias de onda, fibras ópticas e fotônica. Ressonadores ópticos. Lasers e amplificadores ópticos. Dispositivos: LED e diodo laser, detectores de luz, moduladores acusto-óptico e eletro-óptico. Cristais fotônicos. Elementos de óptica ultrarrápida, óptica não-linear e óptica quântica. Técnicas de medição e detecção. Aplicações modernas: microscopias ópticas, feixes de vórtices ópticos, comunicação óptica, pinças ópticas.

Bibliografia: F.L. Pedrotti, L.S. Pedrotti, and L.M. Pedrotti, "Introduction to Optics", 3ª. Ed. Pearson Prentice Hall, 2007; B. Saleh and M.C. Teich, "Fundamentals of Photonics", Wiley, 2007; C. C. Gerry and P. L. Knight, "Introductory Quantum Optics", Cambridge Press, 2005.

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.

FI194 – Teoria Quântica de Campos

Ementa: O campo livre: teoria Lagrangiana de campos, teorema de Noether, simetrias e leis de conservação, quantização dos campos de Klein-Gordon, Dirac e Eletromagnético. Propagadores. Interações: a representação de interação, expansão da Matriz S e o teorema de Wick, teoria de perturbações. Noções sobre teorias de Gauge, transformações de Gauge. Eletrodinâmica quântica: Alguns processos elementares e os diagramas de Feynman, correções radiativas e renormalização.

Bibliografia: Matthew D. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model, Cambridge University Press (2014); M.W. Peskin, D.V. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory, Perseus Books (1995); Mark Srednicki, Quantum Field Theory, Cambridge University Press (2007); F. Mandl e G. Shaw, "Quantum Field Theory", Wiley (1984); C. Itzykson e J-B. Zuber, "Quantum Field Theory", McGraw-Hill (1980); Michele Maggiore, "A Modern Introduction to Quantum Field Theory" Oxford University Press (2005); A. Lahiri, P.B. Pal, "A First Book of Quantum Field Theory", Alpha Science International Ltd; (2004); Kerson Huang, "Quantum Field Theory: From Operators to Path Integrals", Wiley VCH (2010); Ian J.R. Aitchison, Anthony J.G. Hey; "Gauge Theories in Particle Physics: A Practical Introduction", Fourth Edition - 2 Volume set (4 ed. 2021).

FI195 – Mecânica Avançada

Ementa: Revisão da Mecânica de Newton; O princípio de D'Alembert e as Equações de Lagrange; O princípio variacional e as Equações de Lagrange; Multiplicadores de Lagrange; As Equações de Hamilton; Transformações canônicas e Parênteses de Poisson; Invariantes canônicos; A Equação de Hamilton-Jacobi; O teorema de integrabilidade de Arnold-Liouville; Variáveis de ângulo e ação; Estabilidade; Teoria de perturbação canônica; O Teorema KAM e aplicações; O Teorema de Poincaré-Birkhoff; Caos; Simetrias e meios contínuos.



INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA



Bibliografia: M.A.M. de Aguiar, Tópicos de Mecânica Avançada, 1a edição, Editora Livraria da Física (2011); H. Goldstein, Classical mechanics, 2nd edition, Addison-Wesley (1980); Nivaldo Lemos, Mecânica Analítica, 1a edição, Editora Livraria da Física (2004); C. Lanczos, The variational principles of mechanics, 4th edition, Dover (1970); J.B. Marion e S.T. Thornton, Classical dynamics of particles and systems, 4th edition, Saunders College Publishing (1995); K.R. Symon, Mecânica, 5a edição, Editora Campus (1982); Modern Classical Mechanics T.M. Helliwell and V.V. Sahakian, ISBN-13: 978-1108834971; Classical Mechanics - An Introduction, Dieter Strauch, 2009; Classical mechanics - the theoretical minimum, Leonard & HRABOVSKY SUSSKIND George; Analytical Problems in Classical Mechanics, Prathapan K. 2018.