

**AA001 Dissertação de Mestrado**

T:0 E:0 L:0 S:0 C:0 P:3

**AA002 Tese de Doutorado**

T:0 E:0 L:0 S:0 C:0 P:3

**FI001 Mecânica Quântica I**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**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:** J. J. Sakurai, "Modern Quantum Mechanics", Revised Edition, Addison-Wesley (1994); E. Merzbacher, "Quantum Mechanics", Second Edition, Wiley (1970); A. Messiah, "Quantum Mechanics", Wiley (1966); C. Cohen - Tanoudji, B. Diu e F. Laloë, "Quantum Mechanics I e II", Wiley (1977) Complementos para os tópicos especiais a critério do docente.

**FI002 Mecânica Quântica II**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**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:** J. J. Sakurai, "Modern Quantum Mechanics", Revised Edition, Addison-Wesley (1994); E. Merzbacher, "Quantum Mechanics", Second Edition, Wiley (1970); A. Messiah, "Quantum Mechanics", Wiley (1966); C. Cohen - Tanoudji, B. Diu e F. Laloë, "Quantum Mechanics I e II", Wiley (1977) Complementos para os tópicos especiais a critério do docente.

**FI004 Física Estatística I**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Consideração 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); R. Luzzi. "Notas de Aula IFGW nº2 - Mecânica Estatística: Ensembles clássicos em Equilíbrio (Unicamp, Campinas, 1999), Notas de Aula IFGW nº3 - Mecânica Estatística: Ensembles Quânticos em Equilíbrio (Unicamp, Campinas, 2000),"Statistical Physics: Statics, Dynamics and Renormalization", de Leo P. Kadanoff (World Scientific, Singapore, 2000).

### **FI005 Física Estatística II**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Revisão dos conceitos básicos de Mecânica estatística. Teoria da função resposta: Funções de correlação e medidas experimentais, a resposta linear e a susceptibilidade generalizada, as relações de Kramers-Kronig e as regras de soma, o teorema da flutuação-dissipação, fórmulas de Kubo, as funções de correlação e conexão com os coeficientes diferenciais termodinâmicos. Teoria de transporte de Boltzmann: Teoria cinética elementar, os coeficientes de transporte, noções sobre funções de Green termodinâmicas de tempo duplo. Sistemas arbitrariamente afastados do equilíbrio: Teoria de transporte quântico não-linear, dissipação, auto-organização e sinergese em sistemas complexos.

**Bibliografia:** T.W. Grandy, "Foundations of Statistical Mechanics, Vol. II: Nonequilibrium phenomena", Reidel (1988); H.j. Kreuzer, "Non equilibrium Thermodynamics and its Statistical Foundations", Claredon (1981); R. Luzzi, "Tópicos em Mecânica Estatística de Sistemas Dissipativos: Teoria da Função Resposta" (Editora da Unicamp, Campinas, 2000).

### **FI008 Eletrodinâmica I**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**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:** Classical Electrodynamics, J. D. Jackson, Wiley (1975); Heald, Mark A. & Marion, Jerry B. "Classical electromagnetic radiation", Forth Worth: Saunders, 1995. 3. ed. - Landau, Lev Davidovich. & Lifshitz, Eugénii M. "The classical theory of fields", Oxford: Butterworths-Heinemann, 1975. 4. ed..

**FI009 Eletrodinâmica II**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Eletrostática dos meios contínuos: Equações macroscópicas, dielétricos simples, potenciais e campos na presença de dielétricos, relações termodinâmicas, energia livre, cristais dielétricos, efeito piroelétrico. Magnetostática dos meios contínuos: Equações macroscópicas e condições de contorno, relações termodinâmicas, aplicações: ímãs permanentes, blindagens magnéticas. Ondas eletro-magnéticas em meios contínuos: dielétricos em movimento, efeitos dispersivos, propriedades analíticas da função dielétrica. Partículas rápidas atravessando a matéria: Perdas de ionização, Bremsstrahlung. Radiação Cerenkov. Espalhamento de luz em meios contínuos: Princípios gerais, espalhamento quase-elástico e espalhamento elástico (Rayleigh), espalhamento em materiais amorfos.

**Bibliografia:** J.D. Jackson; "Classical Electrodynamics", Second Edition, Wiley (1975); L.D. Landau e E.M. Lifshitz, "The Classical Theory of Fields", 4 Edition, Butterworth-Heinemann (1997).

**FI034 Teoria da Relatividade**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Revisão de Relatividade Especial. Notação de quadri-vetores. 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:** 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, "Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity", Wiley, 1972; J. Foster, J.D. Nightingale, "A Short Course in General Relativity", 2nd edition, Springer, 1998.

**FI089 Técnicas com Luz Síncrotron**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Fundamentos da Interação da radiação eletromagnética com a matéria. Transições eletrônicas. Produção de radiação síncrotron: fundamentos, radiação por magnetos de dipolo e dispositivos de inserção; laser de elétrons livres. Linhas de Luz: front-end, óptica, analisadores (fótons, elétrons e íons) e detetores. Difração de pó: resolução e refinamento de estruturas cristalinas, função de distribuição de pares (PDF). Cristalografia de proteínas. Difração por superfícies. Difração ressonante de raios-X, difração magnética. Difração múltipla. Refletometria de raios-X. Espalhamento de raios-X a baixos ângulos (SAXS). Espectroscopias de raios-X: Fluorescência, XANES, EXAFS, XMCD, espalhamento inelástico. Espectroscopia e microscopia de fotoemissão de elétrons. Tomografia de raios-X. Novas técnicas com Luz Síncrotron.

**Bibliografia:** Philip Willmott, "An Introduction to Synchrotron Radiation: Techniques and Applications", Wiley (2011); Jans Als-Nielsen and Des McMorrow, "Elements of Modern X-Ray Physics", Wiley (2001).

**FI104 Física da Matéria Condensada I**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** 1. Introdução. Teoria quântica de sólidos. Classificação de sólidos. Bandas de energia. Metal. Isolante. Semicondutor. 2. Gás de elétrons livres. As teorias de Drude e Sommerfeld para metais. 3. Redes cristalinas; rede recíproca; zonas de Brillouin. 4. Difração em cristais; difração de raios-X; determinação de estruturas cristalinas; formulação de Bragg; formulação de von Laue; construção de Ewald; métodos experimentais: Laue, rotação do cristal, amostra policristalina; fator de estrutura geométrico; fator de forma atômico; dependência com a temperatura da intensidade das linhas de reflexão; fator Debye-Waller. 5. Elétrons num potencial periódico; teorema de Bloch; condições de contorno de Born-von Karman; modelo de Kronig-Penney; superfície de Fermi; densidade de estados; aproximação do elétron quase livre; pseudopotencial; aproximação da ligação forte ou método tight-binding [linear combination of atomic orbitals (LCAO) method]. 6. Métodos de cálculo de estrutura eletrônica (bandas) de sólidos; aproximação "muffin-tin" para o potencial; método celular; método APW; Método KKR ou da função de Green; método OPW; teoria do funcional da densidade; método do pseudopotencial; pseudopotencial "ab initio"; métodos linearizados (LAPW e LMTO); aplicações. 7. Aproximação da massa efetiva e teoria de perturbação k.p. Impurezas. 8. Fonons. Falhas do modelo da rede estática. Teoria clássica do cristal harmônico. A aproximação adiabática ou de Born-Oppenheimer. Calor específico de um cristal clássico. Lei de Dulong-Petit. Teoria clássica de vibrações na rede. Teoria quântica do cristal harmônico. Fonons. Calor específico. Modelos de Debye e Einstein. Formulação microscópica de dinâmica de rede. Efeitos anarmônicos. Interação elétron-fonon. 9. Magnetismo. Diamagnetismo e paramagnetismo. Interação de troca. Ferromagnetismo. Antiferromagnetismo. Magnons-ondas de spin. Supercondutividade. Pares de Cooper. Teoria BCS. 10. Supercondutividade de alta temperatura crítica.

**FI105 Física da Matéria Condensada II**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** I - Teoria de Elasticidade. II - Correlação e função resposta. III - Hidrodinâmica. IV - Bases Teóricas II; Topologia. V - Defeitos topológicos e paredes de domínio. VI - Bases Teóricas III; Integrais de caminho de Feynman; Funções de Green. VII - Outros tipos de ordem; Quebra de ergodicidade: vidros de spin; Ordem topológica: efeito Hall quântico, isolantes topológicos.

**Bibliografia:** (1) Principles of condensed matter physics, P.M. Chaikin e T.C. Lubensky, Cambridge, (2) Condensed Matter Physics, M.P. Marder, John-Wiley&Sons.

**FI112 Ciência dos Materiais I**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Introdução à ciência dos materiais. Ligações químicas, orbitais atômicos e moleculares, estrutura de bandas em sólidos. Arranjos cristalinos, estruturas de metais, semicondutores, cerâmicas e polímeros. Conceitos de grão e contorno de grão. Determinação de estruturas via difração de raios-x. Imperfeições em arranjos cristalinos: defeitos pontuais, discordâncias, defeitos de fronteira, defeitos superficiais. Movimentação atômica em materiais: difusão volumétrica, superficial e em contornos de grão; autodifusão, interdifusão, difusão por lacunas, difusão intersticial; fatores que

afetam a difusão e a energia de ativação; 1ª e 2ª Leis de Fick. Propriedades mecânicas dos materiais: tração, tensão x deformação, dureza, comportamento sob impacto, mecânica da fratura, microestruturas de fraturas. Diagramas de fase: sistemas isomorfos binários, sistemas eutéticos binários, a Lei das Fases de Gibbs. Transformações de fase: transformações com e sem difusão atômica, cinética das reações (difusão atômica). Polímeros e compósitos. Propriedades elétricas e magnéticas de materiais. Propriedades ópticas e térmicas de materiais. Degradação de materiais: efeitos térmicos, da radiação e do ambiente.

**Bibliografia:** D.R. Askeland, P.P. Phulé, "The Science and Engineering of Materials", 4th Edition, Thomson, 2003; W.D. Callister Jr., "Materials Science and Engineering: an integrated approach", 2th Edition, John Willey, 2005; J.F. Shackelford, "Materials Science for Engineers", 6th Edition, Prentice Hall, 2005; W.F. Smith, "Principles of Materials Science and Engineering", 3rd Edition, McGraw Hill, 1998; L.H. Van Vlack, "Princípios de Ciência e Tecnologia de Materiais", 4a Edição, Campus, 1984; C. Kittel, "Introdução à Física do Estado Sólido", 5ª Edição, Guanabara-Koogan, 1978; P.W. Atkins, "Physical Chemistry", 4th. Edition, Oxford University Press, 1992.

#### **FI119 Física de Semicondutores**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Propriedades gerais dos semicondutores e aplicações em micro e nano-eletrônica. Semicondutores elementares e ligas semicondutoras, hetero-estruturas. Estrutura Eletrônica e aproximação da massa efetiva. Propriedades de transporte elétrico, difusão de elétrons e buracos, mecanismos de espalhamento. Imperfeições e efeitos de dopagem. Quantização de Landau e magneto-transporte em semicondutores nos limites clássico e quântico. Efeito Hall quântico e metrologia. Propriedades ópticas dos semicondutores, fotocondutividade, éxcitons. Semicondutores mesoscópios. Tópicos especiais: Transição metal-isolante, semicondutores mesoscópicos, semicondutores amorfos e semicondutores orgânicos, física de junções p-n-p (n-p-n).

**Bibliografia:** K. Seeger, "Semiconductor Physics: An Introduction", 3rd Edition, Springer-Verlag (1985); R.A. Smith, "Semiconductors", 2nd Ed., Cambridge University Press (1978); N.F. Mott, "Metal-Insulator Transitions", 2nd. Ed. Taylor & Francis (1990); K. von Klitzing "The quantized Hall effect", Reviews of Modern Physics, Vol. 58, Nº 3, p. 519 (1986); Y. Imry, "Introduction to Mesoscopic Physics", Oxford University Press (1997).

#### **FI140 Partículas Elementares I**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Introdução, Simetrias, Quarks, Equação de Dirac, Interações Eletromagnéticas, Estrutura Hadrônica, Interações Fracas, Interações Eletrofracas, Simetrias de Gauge, Quebra Espontânea de Simetria, Introdução ao Modelo de Weinberg-Salam

**Bibliografia:** 1) F. Halzen, A. D. Martin, Quarks and Leptons, I. J. R. Aitchison, Gauge Theories in Particle Physics, Vol. 1, IOP. Errata do livro: [http://www-thphys.physics.ox.ac.uk/user/IanAitchison/](http://www.thphys.physics.ox.ac.uk/user/IanAitchison/) 2) C. Burgess and G. Moore, The Standard Model: a primer, Primeira Edição, Cambridge University Press Errata do livro: <http://www.physics.mcgill.ca/~guymoore/errata.pdf>

#### **FI141 Partículas Elementares II**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Pré-Req.:** FI140/AA200

**Ementa:** Modelo de Weinberg-Salam, Fenomenologia dos Bosons de Gauge, Setor Escalar e Trivialidade, Renormazibilidade; Partons, Aniquilação elétron-pósitron a baixas energias e na ressonância do Z<sup>0</sup>, Cromodinâmica Quântica, Aniquilação elétron-pósitron e QCD, Fenomenologia das Interações Hadrônicas, Violação CP

**Bibliografia:** 1) F. Halzen, A. D. Martin, Quarks and Leptons, 2) I. J. R. Aitchison, Gauge Theories in Particle Physics, Vol. 2., IOP. Errata do livro: [http://www-thphys.physics.ox.ac.uk/user/IanAitchison/](http://www.thphys.physics.ox.ac.uk/user/IanAitchison/) 3) C. Burgess and G. Moore, The Standard Model: a primer, Primeira Edição, Cambridge University Press. Errata do livro: <http://www.physics.mcgill.ca/~guymoore/errata.pdf>

#### **FI144 Teoria de Grupos**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**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 irreduzibilidade. 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, ligações moleculares, grupos cristalinos, grupos espaciais.

**Bibliografia:** M. Hamermesh, "Group theory and its application to physical problems", Dover (1989); M. Tinkham, "Group Theory and Quantum Mechanics", McGraw-Hill, (1964).

#### **FI177 Óptica e Fotônica**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**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.

#### **FI178 Interação da Radiação Ionizante com a Matéria**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Interação de partículas carregadas com a matéria: seções de choque, poder de frenagem, alcance de partículas carregadas, Bremsstrahlung. Interação de fótons com a matéria: efeito fotoelétrico, Rayleigh e Compton, produção de pares e tripletos, distribuição angular dos fótons espalhados, espalhamento múltiplo de fótons.

Transferência e absorção de energia. Grandezas radiométricas, de interação e dosimétricas. Conceitos de Física Nuclear (incluindo interação de nêutrons com a matéria, espalhamento, reações de transmutação, fissão e ativação neutrônica). Aplicações.

**Bibliografia:** Walter Heitler, "The quantum theory of radiation". 3rd ed.,Dover, 1984; Charles J. Joachain, "Quantum collision theory", North-Holland, 1975; E. B. Podgorsak, "Radiation physics for medical physicists", Springer, 2006; Frank H. Attix, "Introduction to radiological physics and radiation dosimetry", Wiley-VCH, 2004.

### **FI179 Física Aplicada à Biologia e Medicina**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Noções de biologia celular e processos celulares. Interação da luz com o material biológico. Pinças ópticas. Polarização e fluorescência. Óptica não-linear. Técnicas de microscopia: óptica, multifotônica, Raman. Microscopia de super-resolução e de força atômica. Biosensores. Óptica estatística. Interação da luz com o tecido biológico. Espalhamento múltiplo. Óptica de difusão. Fundamentos de Imagiologia Médica.

**Bibliografia:** Paras N. Prasad, "Introduction to Biophotonics", Wiley, 2003; Tuan Vo-Dinh, "Biomedical Photonics Handbook", CRC Press, 2003; Jorge R. Lorenzo, "Principles of diffuse light propagation", World Scientific, 2012; Bruce J. Berne, "Dynamic light scattering", Dover, 2000; Paul Suetens, "Fundamentals of Medical Imaging", second edition, Cambridge University Press, 2009.

### **FI193 Teoria Quântica de Sistemas de Muitos Corpos**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Revisão de 2ª quantização. Excitações elementares: fenomenologia dos líquidos de Bose e Fermi, conceito e propriedades das quasi-partículas. Outras excitações elementares: Fônons, magnons, etc. Formalismo para  $T = 0$ : versão de interação, funções de Green de uma partícula e suas propriedades, teorema de Wick, teoria de perturbações e análise diagramática, aplicações em sistemas de bósons e férmions interagentes. Formalismo para  $T = 0$ : função de Green de temperatura de uma partícula e suas propriedades, a versão de interação, teoria de perturbações e análise diagramática a temperatura finita, aplicações em sistemas de bósons e férmions interagentes. Teoria da resposta linear: a teoria para  $T = 0$ , modos coletivos, blindagem, função de Green de tempo real, a teoria para  $T = 0$  e aplicações.

**Bibliografia:** A. L. Fetter e J. D. Walecka, "Quantum Theory of Many-Particle Systems", McGraw-Hill (1971); A. A. Abrikosov, L. P. Gorkov e L. E. Dzyaloshinski, "Methods of Quantum Field Theory in Statistical Physics", Dover (1975); G.D. Mahan, "Many-Particle-Physics".

### **FI194 Teoria Quântica de Campos**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**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. Eletrodinâmica quântica: Alguns processos elementares e os diagramas de Feynman, correções radiativas e renormalização. Noções

sobre teorias de Gauge: interações fracas, transformações de Gauge, quebra espontânea de simetria, os modelos de Higgs e Goldstone, a interação eletrofraca.

**Bibliografia:** M.W. Peskin, D.V. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory, Perseus Books (1995), F. Mandl e G. Shaw, "Quantum Field Theory", Wiley (1984); J.D. Bjorken e S.D. Drell, "Relativistic Quantum Fields", McGraw-Hill (1965); C. Itzykson e J-B. Zuber, "Quantum Field Theory", McGraw-Hill (1980).

### **FI195 Mecânica Avançada**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Formalismo Hamiltoniano, transformações canônicas e funções geratrizes. Variáveis de ângulo e ação e o teorema de integrabilidade de Arnold-Liouville: Sistemas integráveis e não integráveis. Enunciado do teorema Arnold-Liouville. Construção das variáveis de ação e ângulo. Teoria de perturbação dependente do tempo: método da variação das constantes, invariantes adiabáticos. Teoria de perturbação independente do tempo: uma dimensão, duas dimensões (pequenos denominadores e ressonâncias). O Teorema KAM: Discussão qualitativa, teoria de números, aplicações à mecânica celeste. Caos: Mapas de Poincaré, emaranhados homoclínicos. Visão global do espaço de fases.

**Bibliografia:** A. J. Lichtenberg e M.A. Liebermann, "Regular and Stochastic Motion", Spriger Verlag (1982); H. Goldstein, "Classical Mechanics", Second Edition, Addison-Wesley (1980); V.I. Arnold "Mathematical methods of classical mechanics", Springer Verlag (1989).

### **FI198 Física Atômica e Molecular**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Ferramentas matemáticas. Revisão de mecânica quântica. Átomos de um elétron: equação de Dirac, átomo de hidrogênio, campos estáticos, interação hiperfina. Átomos de N-elétrons: formulação de Hartree-Fock, multipletos. Moléculas: propriedades gerais, estados eletrônicos espectro molecular e campos ligantes. Interações eletromagnéticas com átomos e moléculas.

**Bibliografia:** M. Weissbluth, "Atoms and Molecules", Academic (1978).

### **FI199 Nanociência e Materiais Avançados**

T:60 E:0 L:0 S:0 C:4 P:3

**Ementa:** Introdução à ciência dos materiais. Propriedades de nanomateriais: mecânicas, elétricas e magnéticas; propriedades do carbono nanoestruturado; eletrônica molecular. Nanomateriais semicondutores. Manipulação e automontagem: bottom-up vs top-down, sistemas de baixas dimensões; estruturas supramoleculares; sistemas auto-montados nanoestruturados. Ferramentas de manipulação e caracterização: microscopia eletrônica, microscopia de força atômica, ferramentas ópticas (Raman, ressonância de plásmons de superfície). Materiais avançados: alótropos de carbono, biomateriais, lab-on-a-chip, dispositivos e sensores, aplicações e meio ambiente.

**Bibliografia:** R. Kelsall, I. Hamley, M Googhegan, Nanoscale Science and Technology, John Wiley & Sons, 2005; G.L. Hornyak, J.L. Moore, H.F. Tibbals, J. Dutta, Fundamentals of nanotechnology, CRC Press, 2009; W.A. Goddard, D.W. Brenner, S.E. Lyshevski, G.J. Iafrate, Handbook of nanoscience, engineering and technology, CRC Press, 2007



**• LEGENDA**

As informações são, na ordem em que aparecem, as seguintes:

- Código da Disciplina
- Nome da Disciplina
- T - Total de horas de aulas teóricas.
- E - Total de horas de aulas práticas.
- L - Total de horas de estudos dirigidos ou atividades de campo.
- S - Total de horas de seminários.
- C - Total de créditos. Cada crédito corresponde a 15 (quinze) horas de atividades.
- P - Período mais provável da oferta da disciplina, de acordo com a convenção:
  - 1 - 1º período letivo
  - 2 - 2º período letivo
  - 3 - qualquer período letivo
- Os pré-requisitos (PR): exigidos para a matrícula na disciplina. **AA200** - Significa Autorização da respectiva CPG.
- A ementa descreve sucintamente o assunto relacionado com a disciplina. Em algumas disciplinas, principalmente aquelas relacionadas a Tópicos Especiais, as ementas serão oferecidas pelas Unidades de Ensino correspondentes, na época da oferta dessas disciplinas.
- O livro em que se encontra o material básico (texto) pode também constar da informação de cada disciplina. No caso de o material se encontrar em várias fontes, a lista bibliográfica será oportunamente fornecida pelo Professor Responsável pela disciplina.