

## *Disciplinas ofertadas a partir de 2013*

### **Disciplinas obrigatórias no mestrado e doutorado**

Créditos: 06. Carga horária: 96 horas

**Disciplina:** Eletrodinâmica Clássica

**Ementa:**

Eletrostática. Problemas de contorno e expansão multipolar. Magnetostática. Campos variáveis e equações de Maxwell. Leis de conservação. Propagação de ondas eletromagnéticas. Cavidades ressonantes e guias de onda. Radiação. Espalhamento.

**Bibliografia:**

[1] J. D. Jackson, Classical Electrodynamics, 3rd Ed., Wiley, New York, 1999. [2] W. K. H. Panofsky, M. Phillips, Classical Electricity and Magnetism, 2nd Ed., Dover, Mineola, 2005. [3] M. A. Heald, J. B. Marion, Classical Electromagnetic Radiation, 3rd Ed., Brooks Cole, New York, 1994. [4] W. Greiner, Classical Electrodynamics, Springer-Verlag, New York, 1998.

**Disciplina:** Física Estatística I

**Ementa:**

Formulação gibbsiana da termodinâmica clássica. Base estatística da termodinâmica. Elementos da teoria de ensembles. Ensembles microcanônico, canônico e grande-canônico. Teoria dos gases ideais quânticos. Gás ideal de Fermi. Gás ideal de bósons. Mecânica estatística de sistemas interagentes. Transições de fases e fenômenos críticos. A fenomenologia de Ginzburg-Landau para transições de fase. O modelo de Ising. Teoria de campo médio. Flutuação e teorias de escala. O grupo de renormalização.

**Bibliografia:**

1. R. K. Pathria, Statistical Mechanics, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1996. 2. K. Huang, Statistical Mechanics, John Wiley & Sons, New York, 1987. 3. S. R. A. Salinas, Introdução à Física Estatística, Edusp, São Paulo, 1999. 4. L. D. Landau e E. M. Lifshitz. Statistical Physics, Part. 1, Pergamon, New York, 1980.

**Disciplina:** Mecânica Quântica I

**Ementa:**

1. Revisão dos conceitos fundamentais da Mecânica Quântica. 2. Dinâmica quântica: descrições de Schrödinger, Heisenberg e de Interação, propagador de Feynman, evolução temporal de estados e operadores. 3. Rotações e momento angular orbital e de spin, adição de momento angular. 4. Simetrias: leis de conservação e degenerescências, simetrias discretas: paridade e inversão temporal. 5. Métodos de aproximação: teoria de perturbações independentes do tempo, método variacional, teoria de perturbações dependentes do tempo e descrição de Interação.

**Bibliografia:**

1. J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanis Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Reading, Massachussets (USA), 1994. 2. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu and F.

Laloë, Quantum Mechanics, John Wiley & Sons, Inc. Paris, 1977. 3. R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Plenum Press, New York, 1994. 4. G. Baym, Lectures on Quantum Mechanics, Perseus Books, Reading, Massachusetts (USA) 1990.

## **Disciplinas obrigatórias no doutorado (opção por uma)**

Créditos: 06. Carga horária: 96 horas

**Disciplina:** Biofísica Molecular da Célula

**Ementa:**

Estrutura, dinâmica e função de membranas celulares, proteínas, açúcares e ácidos nucleicos. Visualização microscópica de células ex- e in-vivo. Termodinâmica e cinética de processos biológicos. Bioenergética da célula. Transporte intracelular. Sinalização celular. Motores biomoleculares. Ciclo de divisão celular.

**Bibliografia:**

1) Alberts, Bruce; Johnson, Alexander; Lewis, Julian; Raff, Martin; Roberts, Keith; Walter, Peter. Biologia Molecular da Célula. Original publicado em 1994. Editora Artes Médicas Sul Ltda, Porto Alegre (1997). 2) Van Holde, K.E.; Johnson, W.C. Principles of physical biochemistry. Upper Saddle River, NJ.: Prentice Hall, 1998. 3) Hammes, G. G. Thermodynamics and Kinetics for the Biological Sciences □ Gordon G. Hammes, Wiley (2000). 4) Waigh, T. Applied Biophysics: A molecular approach for physical scientists, Tom Waigh, Wiley (2007). 5) Jackson, M. B. Molecular and Cellular Biophysics Meyer B. Jackson, Cambridge University Press (2006).

**Disciplina:** Física do Estado Sólido

**Ementa:**

Revisão de Conceitos básicos. Estrutura Eletrônica em Cristais. Propriedades de Transporte. Propriedades Ópticas. Magnetismo em Sólidos. Física de superfícies e interfaces. Sistemas Desordenados e Nanoestruturados. Supercondutividade.

**Bibliografia:**

- Solid State Physics N.W.Ashcroft, N.D. Mermin. - Introduction to Solid State Physics, C. Kittel, John Wiley & Sons, 8a Edição, 2005. - Band Theory and Electronic Properties of Solids, J. Singleton. - Optical Properties of Solids, M. Fox.

**Disciplina:** Mecânica Quântica II

**Ementa:**

1. Simetrias: leis de conservação, simetrias discretas de paridade e reversão temporal, simetrias quebradas. 2. Partículas idênticas. 3. Teoria de Espalhamento. 4. Teoria Quântica de Radiação: quantização do campo. 5. Mecânica Quântica Relativística: invariância de Lorentz, Equação de Klein-Gordon; Equação de Dirac.

**Bibliografia:**

[1] J.J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, Addison-Wesley, 1994. [2] J.J. Sakurai, Advanced Quantum Mechanics, Addison-Wesley, 1967. [3] K. Gottfried e T-

M. Yan, Quantum Mechanics: Fundamentals, Springer, 2003. [4] D. Bohm, Quantum Theory, Dover, NY, 1989.

## **Disciplinas eletivas**

Créditos: 04. Carga horária: 64 horas

**Disciplina:** Correlações Quânticas em Fótons Gêmeos

**Ementa:**

1) Fundamentos de conversão paramétrica descendente. 2) Fundamentos de correlações espaciais. 3) Descrição de experimentos de fenda dupla com fótons gêmeos. 4) Imagem Quântica. 5) Correlação Espacial: Quântica versus Clássica. 6) Emaranhamento Espacial. 7) Modos transversos. 8) Aplicação em computação quântica.

**Bibliografia:**

S. P. Walborn; C.H. Monken; S. Pádua; P.H. Souto Ribeiro. Physics Reports 495 (2010) 87–139

**Disciplina:** Espectroscopia Óptica

**Ementa:**

Teoria de Perturbação dependente do tempo; Absorção e emissão de radiação; Fontes de luz; Monocromadores e detectores; Técnica Espectroscopia nas regiões do ultravioleta, visível e infravermelho próximo (UV-Vis-NIR); Vibração e rotação de moléculas; Espalhamentos Rayleigh, Raman e Hyper-Raman; Técnica de Espectroscopia no infravermelho (FT-IR); Técnica de Espectroscopia de espalhamento de luz (Raman); Espectroscopia eletrônica; Técnicas de Fotoluminescência e Termoluminescência; Transparência óptica de sólidos e líquidos; Centros ópticamente ativos; Aplicações: Íons terras raras, Metais de transição e Centros de cor.

**Bibliografia:**

[1] I. N. Levine, Molecular Spectroscopy, Wiley, New York, 1975. [2] J. L. McHale, Molecular Spectroscopy, Prentice Hall, New Jersey, 1999. [3] P. W. Atkins, R. S. Friedman, Molecular Quantum Mechanics, 4th Ed., Oxford University Press, Oxford, 2005. [4] D. C. Harris, M. D. Bertolucci, Symmetry and Spectroscopy, Dover, New York, 1989. [5] P. J. Hore, Nuclear Magnetic Resonance, Oxford University Press, Oxford, 1995. [6] J. A. Pople, W. G. Schneider, H. J. Bernstein, High Resolution Nuclear Magnetic Resonance, McGraw-Hill, New York, 1959. [7] H. F. Hammett, Advanced Quantum Chemistry, Addison-Wesley, Reading, 1965.

**Disciplina:** Física Atômica e Molecular

**Ementa:**

Hartree-Fock. Interação de Configurações. Teoria de Perturbação de Muitos Corpos. Coupled Cluster. Métodos Semi-empíricos. Teoria do Funcional da Densidade.

**Bibliografia:**

[1] F. Jensen, Introduction to Computational Chemistry, 2nd Ed., Wiley, Chichester, 2007. [2] R. McWeeny, Methods of Molecular Quantum Mechanics, Academic Press, San Diego, 1992. [3] A. Szabo, N. S. Ostlund, Modern Quantum Chemistry, Dover, Mineola, 1996. [4] W. Koch, M. C. Holthausen, A Chemist's Guide to Density Functional Theory, 2nd Ed., Wiley-VCH, Weinheim, 2001. [5] R. G. Parr, W. Yang, Density Functional Theory of Atoms and Molecules, Oxford University Press, Oxford, 1994.

**Disciplina:** Física Biomolecular**Ementa:**

Células e organelas; Principais propriedades da água; Introdução às macromoléculas biológicas; Aminoácidos, peptídeos e proteínas; Lipídeos, açúcares e ácidos nucleicos; Interações que determinam a estrutura de macromoléculas; Relação estrutura-função; Princípios de estrutura protéica; Enzimas; Equilíbrio das interações com ligantes; Cinética da ligação com ligantes; Regulação da atividade biológica; Estatística e equilíbrio térmico conformacionais de cadeias poliméricas.

**Bibliografia:**

1 Lehninger Principles of Biochemistry: David L. Nelson e Michael M. Cox 2 Bioquímica: Donald Voet e Judith G. Voet 3 Biologia Molecular da Célula: Bruce Alberts et al. 4 Enzymes: A practical introduction to structure, mechanism and data analysis: Robert A. Copeland 5 Biophysical Chemistry: Charles R. Cantor e Paul R. Schimmel, Volumes I e III 6 Principles of Physical Biochemistry: Holde, K. E. e Johnson, W. C. 7 Introduction to protein structure: Carl Branden e John Tooze.

**Disciplina:** Física de Neutrinos**Ementa:**

Introdução histórica. Problema do neutrino solar. Modelo de oscilação de neutrinos: 2- sabores e 3-sabores. Confirmação experimental do fenômeno de oscilação e medidas precisas dos parâmetros. Modelos alternativos. Métodos de detecção. Experimentos de neutrinos. Métodos estatísticos de análise.

**Bibliografia:**

[1] D.J. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley, New York, 1987. [2] F. Close, Neutrino, Oxford University Press, New York, 2010. [3] R.C. Fernow, Introduction to Experimental Particle Physics, Cambridge University Press, Cambridge, 1989. [4] J. Beringer et al. (Particle Data Group), Phys. Rev. D 86, 010001 (2012). [5] Artigos teóricos e experimentais.

**Disciplina:** Fotofísica de Moléculas Orgânicas**Ementa:**

- Conceitos básicos de Fotofísica. - Processos Fotofísicos de moléculas excitadas. - Cinética Fotofísica de processos bimoleculares. - Métodos experimentais em Fotofísica - Fototerapia. - Tópicos atuais em Fotofísica.

**Bibliografia:**

1. Rohatgi-Mukherjee K. K., Fundamentals of Photochemistry, New Age

International Limited Publishers, New Delhi, India, 1978. 2. Turro N. J., Molecular Photochemistry, W. A. Benjamin, Inc. New York, 1967. 3. Calvert J. G., Pitts Jr, J. N., Photochemistry, John Wiley & Sons, Inc, 1966. 4. Cantor, C.R. and Schimmel, P.R., Biophysical Chemistry, Part II: Techniques for the Study of Biological Structure and Function, W.H. Freeman, San Francisco, 1980. 5. Lakowicz, J.R., Principles of Fluorescence Spectroscopy, 3rd ed., Springer, New York, 2006.

**Disciplina:** Informação Quântica

**Ementa:**

Noções de informação clássica. Noções de mecânica quântica. Circuitos quânticos. Computadores quânticos. Algoritmos quânticos. Ruído quântico e operações quânticas. Normas de distância. Correção quântica de erros. Limite de Holevo. Teorema de Schumacher. Criptografia quântica. Demônios de Maxwell e o teorema de Landauer.

**Bibliografia:**

[1] V. Vedral-Introduction to Quantum Information Science, Oxford 2007. [2] Benenti.Casati.Strini\_Principles Of Quantum Computation And Information Vol 1 e 2, World Scientific 2007. [3] Nielsen M.A., Chuang I.L. Quantum computation and quantum information, Bookman 2005. [4] D. Bouwmeester, A. Ekert, A. Zeilinger (Eds.) The Physics of Quantum Information, Springer 2000 [5] T. M. Cover and J. A. Thomas, Elements of Information Theory (Wiley-Interscience, New Jersey 2006)

**Disciplina:** Informação Quântica Relativística

**Ementa:**

Relatividade Especial e espaço-tempo plano. Circuitos quânticos. Demônios de Maxwell e o teorema de Landauer. Noções de Informação quântica. Aspectos da informação quântica relativística.

**Bibliografia:**

1. NIELSEN, M. A. & CHUANG, I. L. Computação Quântica e Informação Quântica (Editora Bookman, São Paulo, 2003). 2. WILDE, M. M. Quantum Information Theory (Cambridge University Press, Cambridge, 2013). 3. LUDVIGSEN, M. General Relativity. A geometrical approach (Cambridge University Press, Cambridge, 2004). 4. CARROLL, S. M., Spacetime and Geometry. An Introduction to General Relativity (Addison Wesley, San Francisco, 2004). 5. SCHUTZ, B. F. A first course in general relativity (Cambridge University Press, Cambridge, 1955). 6. TUNG, W-K. Group Theory in Physics.(Word Scientific Press, Singapore, 2014).

**Disciplina:** Introdução à Eletrodinâmica Quântica

**Ementa:**

1) Eletrodinâmica clássica a) Equações de Maxwell no espaço real b) Equações de Maxwell no espaço recíproco c) Variáveis normais d) Possíveis esquemas de quantização 2) Formalismo lagrangiano e hamiltoniano para a eletrodinâmica a) Revisão dos formalismo lagrangiano e hamiltoniano b) Lagrangiana padrão da eletrodinâmica clássica c) Eletrodinâmica no calibre de Coulomb 3) Eletrodinâmica quântica no calibre de Coulomb a) Formalismo geral b) Evolução temporal c)

Observáveis e estados dos campos livre quantizados d) Hamiltoniano para interação partícula e campo 4) Outras formulação equivalentes para eletrodinâmica a) Formulação equivalentes b) Partículas carregadas acopladas a campos externos c) Transformações de Power-Zineau-Wooley 5) Formulação covariante da eletrodinâmica quântica a) Eletrodinâmica clássica no calibre de Lorentz b) Dificuldades na quantização do campo livre c) Quantização covariante com métrica indefinida

**Bibliografia:**

1) Cohen-Tannoudji, C., Dupont-Roc, J, Grynberg, G. Photons & Atoms: Introduction to quantum electrodynamics (John Wiley & Sons INC, New York, 1997)

**Disciplina:** Introdução à Microscopia de Alta Resolução

**Ementa:**

Princípios básicos da microscopia eletrônica. Microscópio eletrônico de varredura, princípios e aplicações. Microscópio eletrônico de transmissão, princípios e aplicações. Princípios básicos da microscopia de força atômica e tunelamento. Microscópio de força atômica, princípios e aplicações. Preparação de amostras (seminário e experimental). Obtenção de imagens e análise química (experimental).

**Bibliografia:**

1) Joseph Goldstein, Dale E. Newbury, David C. Joy, Charles E. Lyman, Patrick Echlin, Eric Lifshin, Linda Sawyer, J.R. Michael, Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis, Springer, 3a ed. (2003). 2) Davdid B. Williams and C. Barry Carter, Transmission Electron Microscopy, vol. I, II, III e IV, Springer (1996). 3) Ernst Meyer, Hans Josef Hug, Roland Bennewitz, Scanning Probe Microscopy: The Lab on a Tip, Springer (2003). 4) P. B. Hirsch, A. Howie, R. B. Nicholson, D. W. Pashley, M. J. Whelan, Electron Microscopy of Thin Crystals, 2a ed., Krieger Huntington NY (1977).

**Disciplina:** Introdução aos Condensados de Bose-Einstein

**Ementa:**

Gás de Bose não interagente, fracamente interagente e não uniforme. Aprisionamento e resfriamento de átomos. Teoria e dinâmica do estado condensado. Teoria microscópica do gás de Bose. Condensação de Bose-Einstein em redes ópticas e em baixas dimensionalidades.

**Bibliografia:**

1) Bose-Einstein Condensation, L. Pitaevskii, S. Stringari (Clarendon Press, Oxford, 2003). 2) Bose-Einstein Condensation in dilute gases, C. J. Pethick, H. Smith (Cambridge University Press, Cambridge, 2001).

**Disciplina:** Magnetismo Aplicado à Medicina

**Ementa:**

História do Magnetismo na Medicina. Geração, medição e segurança na interação de campos magnéticos com sistemas biológicos. Instrumentação biomagnética. Técnicas de imageamento. Nanomagnetismo biomédico. Separação e marcação celular magnética. Vetorização e carregamento de fármacos por ação magnética. Hipertermia

magnética e termoablação.

**Bibliografia:**

- 1) W. Andra e H. Nowak, Magnetism in Medicine: A Handbook, Wiley-VCH (2007).
- 2) J. L. Price e J. M. Links, Medical Imaging: Signals and Systems, PEARSON Prentice Hall (2006).

**Disciplina:** Magnetismo e Materiais Magnéticos I

**Ementa:**

Campos Magnéticos. Magnetização e Momento Magnético. Métodos Experimentais em Magnetismo. Propriedades Magnéticas. Domínios Magnéticos e Processos de Magnetização. Anisotropia Magnética, Ordem Magnética e Fenômenos Críticos. Teoria Quântica do Magnetismo. Superparamagnetismo. Filmes Finos Magnéticos. Partículas Magnéticas. Ferrofluidos. Técnicas de Ressonância de Spin.

**Bibliografia:**

- 1) B. D. Cullity, "Introduction to Magnetic Materials", Addison-Wesley, Reading (1972).
- 2) D. Jiles, "Introduction to Magnetism and Magnetic Materials", Chapman and Hall, London, (1991).
- 3) D. Craik, "Magnetism " Principles and Applications", Wiley, Chichester, (1995).
- 4) A. P. Guimarães, I. S. Oliveira, "Magnetism and Magnetic Resonance in Solids", Wiley, New York (1998).

**Disciplina:** Ondas Não Lineares em Sistemas Integráveis e Não Integráveis

**Ementa:**

Teoria integrável para a Equação Não Linear de Schrödinger; Método do espalhamento inverso; Teoria para equações integráveis com espalhamento de altas ordens; Perturbação de sólitons; Teoria para equações não integráveis; Critérios de estabilidade de sólitons em sistemas não integráveis; Instabilidade modulacional; Interação de sólitons em sistemas não integráveis.

**Bibliografia:**

- [1] J. Yang, Nonlinear Waves in Integrable and Nonintegrable Systems, [Ed. SIAM (Society for Industrial and Applied Mathematics), Philadelphia, PA, USA] (2010). Referencias auxiliares: [1] Y. S. Kivshar and G. P. Agrawal, Optical Solitons: From Fibers to Photonic Crystals, Ed. Academic Press, USA (2003). [2] C. Sulem and P. L. Sulem, The Nonlinear Schrödinger Equation: Self-Focusing and Wave Collapse, Ed. Springer-Verlag, USA, (1999). [3] B. A. Malomed, Soliton Management in Periodical Systems, Ed. Springer, USA (2006).

**Disciplina:** Partículas Elementares I

**Ementa:**

Introdução histórica. Dinâmica das Partículas Elementares: interação eletromagnética, forte, fraca e gravitacional. Cinemática Relativística: transformações de Lorentz, quadrivetores. Simetrias e Leis de Conservação. Cálculo de Feynman: vida-média, seção de choque e espalhamento. Eletrodinâmica Quântica: Equação de Dirac.

**Bibliografia:**

1. Griffiths D, Introduction to Elementary Particles, Wiley, New York, 1987. 2.

Halzen F, Martin A D, Quarks & Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics, Wiley, New York, 1984. 3. Perkins D H, Introduction to High Energy Physics, 4 ed., Cambridge, 2000.

**Disciplina:** Partículas Elementares II

**Ementa:**

Interações fracas; Interações Eletrofracas; Simetrias de Gauge; Modelo de Weinberg-Salam; Modelos além do Modelo Padrão.

**Bibliografia:**

1. Halzen e Martin, Quarks & Leptons, Wiley, 1984; 2. Griffiths, Introduction to Elementary Particles, Wiley 2010; 3. Perkins, Introduction to High Energy Physics, Cambridge, 2000

**Disciplina:** Simulação Computacional de Líquidos

**Ementa:**

Fundamentos de Mecânica Estatística; Estrutura de Líquidos: funções de correlação espacial; Dinâmica de Líquidos: funções de correlação temporal; Fundamentos de espectroscopia de líquidos; Forças intermoleculares; Métodos de Dinâmica Molecular e Monte Carlo. Aulas práticas em computador.

**Bibliografia:**

[1] D. A. McQuarrie, "Statistical Mechanics", Harper 7 Row, New York, 1976. [2] M. P. Allen, D. J. Tildesley, "Computer Simulation of Liquids", Clarendon Press, Oxford, 1987. [3] D. Frenkel, B. Smit, "Understanding Molecular Simulation", Academic Press, San Diego, 2002. [4] P. A. Egelstaff, "An Introduction to the Liquid State", 2nd Ed., Clarendon Press, Oxford, 1994.

**Disciplina:** Técnicas Experimentais

**Ementa:**

Difração de Raios X. Microscopia Óptica e Eletrônica. Microscopia de Força Atômica e Tunelamento. Análise Térmica. Espectroscopia Óptica nas Regiões do Visível e Infravermelho. Ressonância Magnética Eletrônica. Magnetometria. Magnetoresistência. Birrefringência.

**Bibliografia:**

1) G. D. Christian, J. E. O'Reilly, "Instrumental Analysis", 2nd Edition, Allyn and Bacon, Boston, (1986). 2) B. D. Cullity, "Elements of X-Ray Diffraction", Addison-Wesley, Reading, (1978). 3) N. B. Colthup, "Introduction to infrared and Raman spectroscopy", Academic Press, New York, (1990). 4) J. M. Hollas, "Modern Spectroscopy", Wiley, New York, (1996). 5) A. P. Guimarães, I. S. Oliveira, "Magnetism and Magnetic Resonance in Solids", Wiley, New York, (1998). 6) S. V. Vonsovskii (Ed.), "Ferromagnetic Resonance", Pergamon, Oxford, (1966).

**Disciplina:** Teoria Quântica de Campos I

**Ementa:**

- Introdução e Revisão de teoria clássica de campos. - Quantização canônica para campos livres: campo escalar, férmions, o problema da quantização de campo de



gauge. - Introdução ao formalismo de integral de trajetórias para o modelo lambda phi 4. - Representação de interação, Teoria de perturbação, e regras de Feynman. - Divergências ultra-violetas: regularização. - Cálculo de diagramas de Feynman de 1-loop para o modelo lambda phi 4. - Renormalização.

### **Bibliografia:**

- C. Itzykson, J.-B. Zuber, Quantum Field Theory, McGraw Hill Int. Ed. (1985) - P. Ramond, Field Theory : A Modern Primer (Frontiers in Physics Series, Vol 74), Benjamin/Cummings Pub. Co., Advanced Book Program, 1981. - S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields, Vol I, Cambridge Univ. Press.(1995) - M.E. Peskin, D.V. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory, Addison-Wesley Pub. Comp. (1995) - A.Das, Lectures on Quantum Field Theory, World Scientific, Singapore, (2008). -W. Greiner, J. Reinhardt, Field Quantization, Springer, 1993. - J.Leite Lopes, A Estrutura da Matéria, ed. UFRJ, 1993. - Mark Srednicki, Quantum Field Theory.

**Disciplina:** Termodinâmica Quântica

### **Ementa:**

1. Teoria clássica da informação – definição de informação; entropias; desigualdades informacionais; teorema de compressão de dados; capacidade de canal; informação e estatística; complexidade de Kolmogorov. 2. Teoria quântica da informação – postulados da mecânica quântica; transformação de estados; observáveis e sua estrutura convexa; discriminação estatística de estados; qubits; emaranhamento e não-localidade; entropias quânticas; medidas de distância; limite de Holevo; compressão de dados; canais quânticos. 3. Termodinâmica clássica – ensembles termodinâmicos; flutuações; equivalência entre os ensembles; equilíbrio termodinâmico, ergodicidade e o teorema H; leis da termodinâmica; teoremas de flutuação. 4. Termodinâmica quântica – definição dos objetivos gerais da teoria; entropia, emaranhamento, ignorância subjetiva e objetiva; equilíbrio termodinâmico quântico e a definição de temperatura, pressão e outras grandezas relacionadas; definição dos ensembles termodinâmicos no contexto quântico; ergodicidade e ensemble generalizado de Gibbs; o teorema H; teoremas de flutuação quânticos. 5. Aplicações – máquinas térmicas quânticas; termodinâmica de pequenos sistemas; termodinâmica quântica no laboratório.

### **Bibliografia:**

1 – A. Peres, Quantum theory: concepts and methods (Kluwer Academic Publishers, 2002). 2 – J. J. Sakurai and J. Napolitano, Modern quantum mechanics (Addison-Wesley, Nova York, 1994). 3 – S. Kullback, Information theory and statistics (Dover, 1968). 4 – T. M. Cover and J. A. Thomas, Elements of information theory (John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006). 5 – D. Petz, Quantum information theory and quantum statistics (Springer, Berlin Heidelberg 2008). 6 – A., S. Holevo, Statistical structure of quantum theory (Springer, Berlin Heidelberg 2001). 7 – M. A. Nielsen and I. L. Chuang, Quantum computation and information (Cambridge University Press, New York, 2010). 8 – T. L. Hill, An introduction to statistical thermodynamics (Dover, 1987).