
CATÁLOGO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTROFÍSICA

Coordenadora Acadêmica

Cláudia Vilega Rodrigues

Conselho do Curso

Cláudia Vilega Rodrigues

José Carlos Neves de Araujo, Coordenador de Curso Substituto

Carlos Alexandre Wuensche de Souza

Flavio D'Amico

Tábata Aira Ferreira, Representante Discente Titular

Frederico Augusto Silva Vieira, Representante Discente Suplente

Docentes permanentes

Alberto Rodriguez Ardila, Doutor, UFRGS, 2000

André de Castro Milone, Doutor, USP, 1996

Carlos Alexandre Wuensche de Souza, Doutor, INPE, 1995

César Augusto Costa, Doutor, INPE, 2005

Cláudia Vilega Rodrigues, Doutora, USP, 1997

Diego Antônio Falceta Gonçalves, Doutor, USP, 2005

Flavio D'Amico, Doutor, INPE, 1997

Francisco José Jablonski, Doutor, USP, 1989

João Braga, Doutor, USP, 1990

Joaquim Eduardo Rezende Costa, Doutor, INPE, 1990

José Carlos Neves de Araujo, Doutor, USP, 1990

Odylio Denys de Aguiar, Doutor, Louisiana State University, EUA, 1990

Oswaldo Duarte Miranda, Doutor, USP, 1997

Reinaldo Ramos de Carvalho, Doutor, Observatório Nacional, 1989

Docentes colaboradores

Christine Córdula Dantas, Doutor, INPE, 2001

Carlos Eduardo Ferreira Lopes, Doutor, UFRN, 2013

Jaziel Goulart Coelho, Doutor, ITA, 2013

Rafael da Costa Nunes, Doutor, UFJF, 2018

DISCIPLINAS

Obrigatórias

AST-200-3	Evolução Estelar I
AST-202-3	Evolução Estelar II
AST-203-4	Técnicas Observacionais em Astrofísica
AST-204-4	Processos Radiativos I

Eletivas

AST-300-3	Astrofísica de Ondas Gravitacionais
AST-301-4	Plasmas Astrofísicos
AST-302-4	Técnicas Experimentais de Radioastronomia
AST-305-3	Problemas Atuais da Astrofísica
AST-306-3	Processos Radiativos II
AST-307-4	Mecânica Quântica – I
AST-308-4	Astrofísica Extragaláctica
AST-402-4	Introdução à Relatividade Geral
AST-404-4	Astrofísica de Altas Energias
AST-405-4	Astrofísica no Infravermelho
AST-406-3	Radiofísica do Sol
AST-409-3	Física do Meio Interestelar
AST-411-3	Séries Temporais em Astrofísica
AST-412-3	Variáveis Cataclísmicas
AST-413-4	Fundamentos de Cosmologia
AST-414-3	Populações Estelares
AST-415-3	Tópicos Especiais de Astrofísica
AST-416-3	Fundamentos de Astrobiologia
AST-417-3	Astroestatística

EMENTAS DAS DISCIPLINAS DO CURSO DE ASTROFÍSICA

OBRIGATÓRIAS

AST-200-3	Evolução Estelar I
-----------	---------------------------

Pré-requisitos: não há.

Propriedades observacionais das estrelas. Condições físicas no interior estelar. Equações da estrutura interna das estrelas. Equações de estado do gás; termodinâmica do interior estelar. Transporte de energia no interior estelar. Processos nucleares no interior estelar. Modelos politrópicos.

Bibliografia

BÖHM-VITENSE, E. Introduction of Stellar Astrophysics - Volume 3 Stellar Structure and Evolution. Cambridge University Press, 1989.

CLAYTON, D.D. Principles of Stellar evolution and nucleosynthesis. University of Chicago Press, 1983.

HANSEN, C.J., KAWALER, S.D. & TRIMBLE, V. Stellar Interiors - Physical Principles, Structure, and Evolution. Springer, 2004.

KIPPENHAHN, R., WEIGERT, A. & WEISS, A. Stellar Structure and Evolution. Springer – A&A Library, 2012.

MACIEL, W. J. Introdução à Estrutura e Evolução Estelar. Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

NOVOTNY, E. Introduction of Stellar Atmospheres and Interiors. Oxford University Press, 1973.

ROSE, W. K. Advanced Stellar Astrophysics, Cambridge University Press, 1988

AST-202-3	Evolução Estelar II
-----------	----------------------------

Pré-requisito: AST-200-3

Evolução estelar: formação estelar, evolução anterior à sequência principal; a sequência principal; evolução pós-sequência principal; nucleossíntese; estágios avançados de evolução. Nebulosas planetárias; anãs brancas; supernovas; estrelas de nêutrons; buracos negros, estrelas binárias e evolução das binárias cerradas.

Bibliografia

BOWERS, R.L. & DEEMING T. Astrophysics I : Stars. Jones & Barlett, 1984.

CAMENZIND, M. Compact Objects in Astrophysics. Springer, 2007.

CARROL, B.W. and OSTLIE, D.A. An introduction to Modern Astrophysics. Addison-Wesley, 1996.
CLAYTON, D.D. Principles of stellar evolution and nucleosynthesis. University of Chicago Press, 1983.

HANSEN, C.J.; KAWALER, S.D. & TRIMBLE, V. Stellar Interiors – Physical Principles, Structure, and Evolution. Springer, 2004.

HARWITT, M. Astrophysical Concepts, Springer-Verlag, 4th Ed., 2006.

KIPPENHAN, R. & WEIGERT, A. Stellar Structure and Evolution. Springer-Verlag, 2nd Ed., 2012.

LEBLANC, F. An Introduction to Stellar Astrophysics. Wiley, 2010.

MACIEL, W. J. Introdução à estrutura e evolução estelar. Editora da Universidade de, São Paulo, 1999.

NOVOTNY, E. Introduction to stellar atmospheres and interiors. Oxford University Press, 1973.

PRIALNIK, D. An introduction to the Theory of Stellar Structure and Evolution (2nd ed). Cambridge, 2010.

ROSE, W. Advanced Stellar Astrophysics. Cambridge University Press, 1998.

SHAPIRO, S.L.; TEUKOLSKY, S.A. Black Holes, White Dwarfs, and Neutron Stars: The Physics of Compact Objects. John Wiley, 2004.

AST-203-4	Técnicas Observacionais de Astrofísica
------------------	---

Pré-requisitos: não há.

Coordenadas astronômicas. A atmosfera terrestre; estrutura, absorção, emissão e difusão de radiação. O que se observa em Astrofísica. Transformada de Fourier. Tratamento estatístico de dados. Detectores: princípios físicos de detecção. Detectores quânticos, térmicos e em radio-frequências. Medida do sinal. Fotometria e polarimetria: definição de grandezas. Métodos de calibração. Vetor Stokes. Imagem: formação (telescópios), degradação e tratamento. Análise espectral: instrumentos. Medida de contínuo e de linhas espectrais.

Bibliografia

BEVINGTON, P. R. & ROBINSON, D.K. Data reduction and error analysis for the physical sciences. 3a. ed., McGraw-Hill Inc., 2002

BRADT, H., Astronomy Methods: A Physical Approach to Astronomical Observations, Cambridge Univ. Press, 2004.

GRAY, D. F. Observation and analysis of stellar photospheres. 3a. ed., Cambridge Univ. Press, 2008.

HOWELL, S. B., Handbook of CCD Astronomy, 2a. ed., Cambridge, 2006

KITCHIN, C.R. Astrophysical Techniques. 5a. ed., CRC, 2008.

LÉNA, P., LEBRUN, F., MIGNARD, F. Observational Astrophysics. 2a. ed., Springer-Verw, 1998.

MCLEAN, I. S. Electronic imaging in astronomy: detectors and instrumentation. Springer & Praxis. 2008.

WALKER, G. Astronomical observations: an optical persperctive. Cambridge Univ. Press, 1987

AST-204-4	Processos Radiativos I
------------------	-------------------------------

Pré-requisitos: não há.

1. Conceitos fundamentais de transferência radiativa: a intensidade específica e seus momentos; a equação de transferência radiativa; radiação térmica; radiação de corpo negro; coeficientes de Einstein; espalhamento; difusão radiativa.
2. Teoria básica dos campos e radiação: ondas eletromagnéticas; espectro da radiação; polarização.
3. Radiação por cargas em movimento: os potenciais de Liénard-Wiechart; campos de radiação; fórmula de Larmor; espalhamento Thomson; radiação produzida por partículas harmonicamente ligadas.
4. Radiação produzida por partículas relativísticas: quadri-vetores e tensores; o tensor eletromagnético; campos produzidos por uma partícula relativística em movimento uniforme; emissão de radiação por partículas relativísticas.
5. Bremsstrahlung.
6. Radiação síncrotron: potência total emitida; espectro; polarização.
7. Radiação por espalhamento Compton inverso: Comptonização.

Bibliografia

RYBICKI, N., LIGHTMAN, S. Radiative Processes in Astrophysics. Wiley, NY, 1979.

SHU, F. The Physics of Astrophysics. Univ. Science Books, 1992

JACKSON, J.D. Classical Electrodynamics (2nd Ed.) . Wiley, 1975

ELETIVAS

AST-300-3	Astrofísica de Ondas Gravitacionais
------------------	--

Pré-requisitos: não há.

Ondas gravitacionais: natureza, derivação matemática a partir da relatividade geral. Instrumentação para a detecção de ondas gravitacionais: interação onda-antena, fontes de ruído, telessensores, transdutores eletromecânicos, transdutores eletromecânicos paramétricos, amplificadores SQUID, isolamento vibracional, detectores atuais e futuros e extração da informação física/astrofísica com os detectores futuros. Aquisição e processamento de dados: aquisição dos dados, filtragem digital, análise de ruído, limite quântico e previsão de desempenho.

Bibliografia

- WEBER, J. General Relativity and Gravitational Waves. Interscience, NY, 1961.
- WEINBERG, S. Gravitation and Cosmology. Wiley, NY, 1972.
- MISNER, R., THORNE, K., WHEELER, J.C. Gravitation. Freeman, San Francisco, 1973.
- DAVIES, P.C.W. The Search for Gravity Waves. Cambridge, 1980.
- AGUIAR, O.D. Parametric Motion Transducer for Gravitational Wave Detectors. INPE-5238-TAE/002, 1991.
- BLAIR, D.G. The Detection of Gravitational Waves. Cambridge, 1991.
- WILL, C.M. WAS EINSTEIN RIGHT. Basic Books, NY, 1986
- HAWKING, S; ISRAEL, W. 300 Years of Gravitation. Cambridge, 1987

AST-301-4	Plasmas Astrofísicos
------------------	-----------------------------

Pré-requisito: AST-204-4

Interação de feixes com plasmas, geração de ondas de Langmuir. Conversão de ondas em radiação: mecanismos lineares e não lineares. Colisões, "Landau damping". Propagação em plasmas frios. Choques, descontinuidades e solução. Radiação gyrosincrotron e sincrotron. Emissão de partículas untrarelativistas num plasma. Fontes de raios X solares. Radiação gama solar e não solar.

Bibliografia

- CHEN, F. Introduction to Plasma Physics. Plenum Press, 1974.
- RAMATY, R. Journal of Geophysical Research A: Space Physics. vol. 73, nº 11, June 1, 1968 pp.3573.
- RAMATY, R. The Astrophysical Journal. vol. 158, nov., 1969. pp. 753.
- WILD, J.P.; SMERD, S.F.; Weiss, A.A. Anual Review of Astronomy and Astrophysics. pg. 291, 1963.
- KAPLAN, S.A. and TSYTOVICH, V.N. Plasma Astrophysics. Pergamon Press, 1973.
- ZHELEZNYAKOV, V.V. Radio Emission of the Sun and Planets. Pergamon Press, 1970.
- GEORGE BEKEFI Radiation Processes in Plasmas Hardcover. Wiley, 1966.
- ARNAB RAI CHOUDHURI The Physics of Fluids and Plasmas: An Introduction for Astrophysicists. Cambridge University Press, 1998.

AST-302-4	Técnicas Experimentais de Radioastronomia
------------------	--

Pré-requisitos: não há.

Instalação de um Rádio Observatório. Atmosfera Terrestre. Antenas para radioastronomia. Polarização de ondas. Calibração de Antenas Parabólicas. Alimentadores e efeitos de iluminação. Resolução e sensibilidade. Análise dos parâmetros de eficiência. Radiometria: radiômetros, amplificadores, mixers, osciladores, guias de onda, geradores. Definição de parâmetros radioastronômicos. Radiômetros utilizados em Radioastronomia. Analisadores espectrais. Antenas e interferômetros. Sistemas de aquisição de dados. Métodos de observação.

Bibliografia

KRAUS, J.D. Radio Astronomy. Wiley, NY, 1965.

KRAUS, J.D. and CARVER, RK Eletromagnetics McGraw-Hill, 1973.

MEEKS, M.L. Astrophysics - Part C - Methods of Experimental Physics. Vol. 12, Academic Press.
BAARS, J.W.M. Dual Bean Parabolic Antennas in Radio Astronomy.

AST-305-3	Problemas Atuais da Astrofísica
------------------	--

Pré-requisitos: AST-200-3, AST-204-4, AST-203-4 e AST-202-3.

É feita uma revisão das questões mais importantes que a Astrofísica tenta responder na atualidade. A disciplina é baseada em seminários por professores do curso e também pelos alunos.

Bibliografia

BAHCALL, J.; OSTRIKER, J. **Unsolved Problems in Astrophysics**. Princeton University Press, 1997.

AST-306-3	Processos Radiativos II
------------------	--------------------------------

Pré-requisitos: AST-204-4

1. Efeitos de plasma na radiação: dispersão; rotação de Faraday; radiação Cherenkov; efeito Razin.
2. Revisão de estrutura atômica: equação de Shrodinger; átomo de hidrogênio; átomos de muitos elétrons; separação de níveis ("splitting"); diagramas de termos; acoplamento L-S; interação spin-órbita; efeito Zeeman; estrutura hiperfina; distribuição térmica de níveis de energia e ionização: a equação de Saha.
3. Transições radiativas: probabilidade de transição; aproximação de dipolo; forças de oscilador; regras de seleção; taxas de transição; mecanismos de alargamento de linhas.
4. Transições moleculares: aproximação de Born-Oppenheimer; ligação eletrônica dos núcleos; espectros de rotação pura; espectros de rotação e vibração; espectros eletrônicos, de rotação e de vibração.

Bibliografia

- RYBICKI, N.; LIGHTMAN, A. Radiative Processes in Astrophysics. Wiley. NY, 1979.
- SHU, F. The Physics of Astrophysics. Univ. Science Books, 1992.
- DOPITA, M.; SUTHERLAND, R. S. Astrophysics of the Diffuse Universe. Springer, 2003.
- OSTERBROCK, D. Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei. University Science Books, 1989.
- GRAY, D. Observation and Analysis of Stellar Photospheres. Willey, 1992
- NOVOTNY, E. Introduction to stellar atmospheres and interiors. Oxford, 1973.

AST-307-4	Mecânica Quântica I
------------------	----------------------------

Pré-requisitos: não há.

I. Conceitos Fundamentais

- I.1 O Experimento de Stern-Gerlach
- I.2 Kets, Bras e Operadores
- I.3 Kets de Base e Representações Matriciais
- I.4 Medições, Observáveis e as Relações de Incerteza
- I.5 Mudança de Base
- I.6 Posição, Momento e Translação
- I.7 Funções de Onda no Espaço de Posição e Momento

II Dinâmica Quântica

- II.1 Evolução Temporal e Equação de Schrödinger
- II.2 A Representação de Schrödinger versus a Representação de Heisenberg
- II.3 O Oscilador Harmônico Simples
- II.4 A Equação de Onda de Schrödinger
- II.5 Soluções Elementares da Equação de Onda de Schrödinger
- II.6 Propagadores e Integrais de Caminho de Feynman
- II.7 Potenciais e Transformações de Calibre

III Teoria do Momento Angular

- III.1 Rotações e Relações de Comutação de Momento Angular
- III.2 Spin 1/2 e Rotações Finitas
- III.3 $SO(3)$, $SU(2)$ e Rotações de Euler
- III.4 Operador Densidade e Ensemble Puro versus Ensemble Misto
- III.5 Autovalores e Autovetores do Momento Angular
- III.6 Momento Angular Orbital
- III.7 Equação de Schrödinger para Potenciais Centrais
- III.8 Adição de Momento Angular
- III.9 O Modelo de Oscilador de Schwinger para o Momento Angular
- III.10 Medidas de Correlação de Spin e Desigualdade de Bell
- III.11 Operadores Tensoriais

IV Simetria em Mecânica Quântica

- IV.1 Simetrias, Leis de Conservação e Degenerescências
- IV.2 Simetrias Discretas, Paridade ou Inversão Espacial
- IV.3 Translação na Rede como Simetria Discreta
- IV.4 Simetria de Reversão Temporal Discreta

Bibliografia

SAKURAI, J.J. & NAPOLITANO, J. Modern Quantum Mechanics - Revised Edition. Addison-Wesley - Pearson, 2011.

TOLEDO PIZA, A.F.R. Mecânica Quântica. Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

MAHON, J.R.P. Mecânica Quântica - Desenvolvimento Contemporâneo com Aplicações, LTC Editora - Grupo GEN, 2011.

COHEN-TANNOUDJI, C.; DIU, B. & LALOË, F. Quantum Mechanics. Wiley -VCH Verlag 1991.

SHANKAR, R. Principles of Quantum Mechanics. Plenum Press 1994.

AST-308-4	Astrofísica Extragaláctica
------------------	-----------------------------------

Pré-requisito: AST-204-4

Galáxias: classificação e morfologia; propriedades globais;
Galáxias: composição estelar; conteúdo gasoso; relações de escala;
Galáxias: movimentos internos e dinâmica; Buracos negros no centro de galáxias;
Função de luminosidade;
IMF & Sínteses de população estelar;
Galáxias peculiares. Radio fontes extragalácticas: tipos, número e luminosidades;
Estrutura das rádio-galáxias; evolução das rádio fontes;
A constante de Hubble e os indicadores de distância: introdução aos Modelos de Friedmann;
Quasares e núcleos ativos: introdução; propriedades fundamentais; quasares como rádio-fontes;
Zoologia de AGNs; a fonte central de energia; acréscimo de matéria;
Quasares e núcleos ativos: componentes de um AGN; o contínuo IR, óptico e UV; A região de linhas largas; região de linhas estreitas; emissão de raios-x; modelos unificados;
Estrutura em grande escala: contagens de galáxias e mapeamento das estruturas;
Superaglomerado local; movimentos peculiares; aglomerados de galáxias; o meio intergaláctico.
Grandes levantamentos.

Bibliografia

Peter Schneider: Extragalactic Astronomy and Cosmology, Springer

Bradley M. Peterson: Introduction to Active Galactic Nuclei, Cambridge Univ. Press

Steven Phillips, The Structure & Evolution of Galaxies, Wiley

Whittle, M – Notas de aula - <http://www.astro.virginia.edu/class/whittle/ast553>

Keel, W. - Notas de aula - <http://www.astr.ua.edu/keel/galaxies/>

AST-402-4	Introdução à Relatividade Geral
------------------	--

Pré-requisitos: não há.

Álgebra tensorial. Campos vetoriais em espaços com conexão afim. Particularização para espaços riemannianos. Análise tensorial. Formas diferenciais. Aplicação de Cálculo Tensorial à Física (Eletromagnetismo, Mecânica Relativística, Gravitação e Relatividade Restrita). Tensor de curvatura. Equações do campo gravitacional no espaço vazio e com termo fonte. Solução de Schwarzschild, incluindo buracos negros.

Bibliografia

(Livro-texto) D'INVERNO, RAY *Introducing Einstein's Relativity*. Clarendon Press, 1992.

(Livro-texto complementar) ADLER; BAZIN; SCHIFFER *Introduction to General Relativity*. Mc Graw-Hill, 2nd ed., 1975.

(Livro-texto complementar) WEINBERG *Gravitation and Cosmology*. Wiley, 1973.

Leitura recomendada adicional:

MISNER; THORNE; WHEELER *Gravitation*. Freeman, 1973.

STEPHANI *General Relativity*. 2nd ed., Cambridge University Press, 1992.

SCHUTZ *A first course in General Relativity*. Cambridge U.P., 1985.

LIGHTMAN; PRESS; PRICE; TEUKOSKI *Problem Book in Relativity and Gravitation*. Princeton U.P., 1975.

BERMAN; GOMIDE *Cálculo Tensorial e Relatividade Geral: uma introdução*. Mc Graw-Hill, 2a. ed., 1987.

AST-404-4	Astrofísica de Altas Energias
------------------	--------------------------------------

Pré-requisitos: AST-204-4, AST-202-3

Introdução e histórico. Observações de Raios-X e Raios-Gama: origem, e processos de interação. Detetores de Raios-X e Gama; técnicas observacionais. Anãs Brancas, Estrelas de Nêutrons e Buracos Negros. Crescimento sobre objetos compactos: sistemas binários; discos de crescimento; crescimento sobre anãs brancas: variáveis cataclísmicas; crescimento sobre estrelas de nêutrons e buracos negros: binárias de raios-X. Fenômenos transientes: surtos de emissão em binárias; surtos de raios gama. Quasares e núcleos ativos de galáxias. Fontes difusas de raios-X: ruído de fundo de raios-X e raios-Gama. Atividade computacional prática: modelamento espectral de uma binária de raios-X com o uso de ferramental apropriado; as Ftools e o Xspec.

Bibliografia

FRANK, J.; KING, A., RAINE, D. *Accretion Power in Astrophysics (Third Edition)*. Cambridge University Press, 2002.

COURVOISIER, T. High Energy Astrophysics. Springer, 2013

LONGAIR, M.S. High Energy Astrophysics (Third Edition) Cambridge University Press, 2011.

LEWIN, W. H.G. e van der Klis, M. (eds.). Compact Stellar X-Ray Sources. Cambridge University Press, 2006

KNOLL, G. F. Radiation Detection and Measurement (Fourth Edition). Wiley, 2010.

AST-405-4	Astrofísica no Infravermelho
------------------	-------------------------------------

Pré-requisitos: AST-204-4, AST-202-3

Programa: poeira interestelar: características de sua emissão e absorção; formação de moléculas em grãos de poeira; processos de emissão e sua interpretação: processos de emissão atômicos e iônicos, interpretação astrofísica do espectro molecular; fontes galácticas: atmosferas planetárias, sol regiões HII, estrelas, nebulosas planetárias, centro galáctico; sistemas extragalácticos; instrumentação e catálogos.

Bibliografia

GLASS, I. S.; Handbook of Infrared Astronomy, Cambridge University Press, 1999, ISBN 0521633117

McLEAN, I. - Infrared Astronomy with Arrays: The Next Generation Astrophysics and Space Science Library, Vol. 190. ISBN 0792327780

AST-406-3	Radiofísica do Sol
------------------	---------------------------

Pré-requisitos: AST-204-4

A atmosfera solar em rádio. Fundamentos necessários de Radioastronomia. O Sol calmo e o plasma coronal. Métodos de estudo de regiões ativas, modelos. Atividade explosiva, erupções métricas e decimétricas. Erupções centimétricas e milimétricas. Atividades solar e raios-X e gama e associação com diagnóstico em rádio. Evolução temporal e espectros. Modelos recentes de interpretação de transitórios em plasmas quentes.

Bibliografia

KRUEGER, A. Introduction to solar radio astronomy and radio physics. Dordrecht, D. Reidel, 1979.

STURROCK, J. Solar flares. Boulder, Associated University Press, 1960.

TANDBERG-HANSEN, E. Solar activity. Waltham, Blaisdell, 1967.

ZIRIN, H. The solar atmosphere. Waltham Blaisdell, 1966.

AST-409-3	Física do Meio Interestelar
------------------	------------------------------------

Pré-requisitos: AST-204-4, AST-202-3

Meio Interestelar: aspectos globais. Como são obtidas informações sobre o meio interestelar (MI): linhas espectrais térmicas e não térmicas; emissão contínua. Processos microscópicos no MI: introdução; Aquecimento do gás interestelar; refrigeração do gás interestelar; reações químicas. Regiões excitadas radiativamente: introdução; nebulosas de hidrogênio; nebulosas contendo elementos pesados; estrutura das nebulosas. Introdução à dinâmica do gás: equações básicas (leis de conservação). Ondas acústicas e a propagação de perturbação nos gases; ondas de choque e suas propriedades. Processos dinâmicos no espaço interestelar: expansão de nebulosas; efeito do vento estelar no gás interestelar. Quadro atual do gás interestelar e a formação de estrelas.

Bibliografia

SPITZER, L. Diffuse Matter in Space. Wiley, NY, 1977.

J. E. DYSON & WILLIAMS, D.A. "The Physics of the Interstellar Medium", Institute of Physics Publishing 1997.

BALLY, J. The Structure and Kinematic of Star Forming Clouds. Proc. of ESO Workshop, 1989.

ELITZUR, M. Physical Characteristics of Astronomical Masers. Rev. of Modern. Phys., 1982.

BOWERS, R.L.; DEEMING, T., Astrophysics I, II, "Jones and Bartlett Publishers Inc., Boston, 1984.

W. J. MACIEL, "Astrofísica do Meio interestelar", EDUSP, 2002.

AST-411-3	Séries Temporais em Astrofísica
------------------	--

Pré-requisitos: não há.

Séries Temporais de amostragem regular e irregular em Astrofísica. Sinais periódicos em Astrofísica: Período Orbital, Pulsações radiais e não-radiais, Períodos Rotacionais, Pulsares, Oscilações Quase-Periódica. A Transformada de Fourier: Propriedades, Convulação, Correlação, Séries de Fouries e Teorema da Amostragem. A Transformada Discreta de Fourier: Convulação e Correlação Discreta. Transformada Rápida de Fourier. Espectro de Potência. Janela Espectral. Estatística no Espectro de Potência. Níveis de Significância. Sensibilidade a Sinais Periódicos. Periodograma de Lomb-Scargle. Diagrama de Fase. Métodos de Minimização da Dispersão em Fase. O PDM do IRAF. Método CLEAN. Método da Máxima Entropia.

Bibliografia

MAOZ, D.; STERNBERG, A.; LEIBOWITZ, E., Astronomical Time Series, Kluwer Academic Pub., 1997.

BLOOMFIELD, P., Fourier Analysis of Time Series, John Wiley & Sons, 1976.

BRACEWELL, R. The Fourier Transform and its Applications, McGraw-Hill Int. Eds., 1986.

BRIGHAM, E., The Fast Fourier Transform, Prentice-Hall Inc., 1974.

PRESS, W.; TEUKOLSKY, S. AND VETERLING, W. Numerical Recipes in Fortran, Cambridge Univ. Press, 1992.

VAN DER KLISS, M., Fourier Techniques in X-Ray Timing, in Timing Neutron Stars, Eds. H. Ogelman e E.P.J. van den Heuvel, Kluwer Academic Pub., 1989.

AST-412-3	Variáveis Cataclísmicas
------------------	--------------------------------

Pré-requisitos: AST-200-3, AST-202-3, AST-203-4 e AST-204-4

Observação de variáveis cataclísmicas. Componentes do sistema binário e ciclo orbital. Características espectrais. Evolução de variáveis cataclísmicas. Disco de acreção e erupções. Fenomenologia de variabilidade e possíveis causas. Variáveis cataclísmicas magnéticas: polares e polares intermediárias. Flickering e oscilações. Estrelas novas. Fenômenos associados às estrelas secundárias.

Bibliografia

HELLIER, C. Cataclysmic variable stars. Praxis, 2001.

WARNER, B. Cataclysmic variables stars. Cambridge. 1995

AST-413-4	Fundamentos de Cosmologia
------------------	----------------------------------

Pré-requisitos: não há.

Introdução: Observações e o Universo em geral; Arcabouço teórico; O Universo homogêneo: história térmica, inventário cósmico, situações além do modelo padrão; O Universo não homogêneo: perturbações de densidade, evolução das perturbações. O estado da arte: formação de estruturas e radiação cósmica de fundo em microondas, cosmologia de 21 cm. Inflação

Bibliografia

LIDDLE, A. An Introduction to Modern Cosmology. Cambridge, 2015

SCHNEIDER, P. Extragalactic Astronomy and Cosmology: An Introduction. Springer, 2014

WEINBERG, S. Cosmology. Wiley, 2008

MUKHANOV, V. Physical Foundations of Cosmology. Cambridge, 2005

L. BERGSTRÖM E A. GOOBAR. Cosmology and particle astrophysics. Springer, 2004

S. DODELSON. Modern Cosmology. Academic Press, 2003

PADMANABHAM, T. Theoretical Astrophysics: Volume 3, Galaxies and Cosmology, Cambridge, 2002

LONGAIR, M. Galaxy Formation. Springer, 1998.

PEACOCK, J. A. Cosmological Physics (Cambridge Astrophysics), 1998.

PEEBLES, P. J. E. Principles of Physical Cosmology. Princeton University Press, 1993.

KOLB, E., TURNER, M. The early Universe. Addison-Wesley Press, 1994

PADMANABHAN, T. Formation of Structure in the Universe. Cambridge, 1994.

MOSHE, C. Classical Fields, General Relativity and Gauge Theory, World Scientific, 1982

WEINBERG, S. Gravitation and Cosmology. Wiley, 1972

DURRER, R. The Cosmic Microwave Background, Cambridge, 2008

NASELSKY, P., NOVIKOV, D. The Physics of the Cosmic Microwave Background. Cambridge, 2006.

AST-414-3	Populações Estelares
------------------	-----------------------------

Pré-requisitos: AST-200-3 e AST-202-3

Conceito de populações estelares: histórico e atualidade. Populações estelares na Galáxia e galáxias externas. Modelos de populações estelares simples. Síntese de populações estelares: métodos e ferramentas. Cinemática estelar na Galáxia e galáxias externas. Evolução química de galáxias: nucleossínteses primordial e estelar, taxa de formação estelar, função de massa inicial e modelos analíticos.

Bibliografia

BECKMAN, J. & PAGEL, B. Evolutionary Phenomena in Galaxies. Cambridge University Press, Cambridge, 1989.

BINNEY, J. & MERRIFIELD, M. Galactic Astronomy. Princeton University Press, New Jersey, 1998.

BRUZUAL, G. & CHARLOT, S. Stellar Populations: Planning for the next Decade. Proceedings of the International Astronomical Union – IAU Symposium 262, Cambridge University Press, Cambridge, 2010.

MATTEUCCI, F. Chemical Evolution of Galaxies. Springer – A&A Library, Berlin, 2012.

MO, H., VAN DEN BOSCH, F. & WHITE, S. Galaxy Formation and Evolution, Cambridge University

Press, Cambridge, 2010.

PAGEL, B. E. J. Nucleosynthesis and Chemical Evolution of Galaxies. Cambridge University Press, Cambridge, 2009.

VAZDEKIS, A. & PELETIER, R. Stellar Populations as Building Blocks of Galaxies. Proceedings of the International Astronomical Union – IAU Symposium 241, Cambridge University Press, Cambridge, 2007.

AST-415-3	Tópicos Especiais em Astrofísica
------------------	---

Pré-requisitos: não há.

Abordam-se tópicos avançados em Astrofísica. Conteúdo variado, de acordo com a motivação e momento em que o curso for ministrado.

Bibliografia

Artigos de Revistas Especializadas.

AST-416-3	Fundamentos de Astrobiologia
------------------	-------------------------------------

Pré-requisitos: não há.

Questões fundamentais: o que é vida? O que é a vida na Terra? A vida como “não a conhecemos”. As condições no Universo: matéria e radiação; a formação dos elementos químicos; física e química básica para o aparecimento da vida; evolução estelar. Habitabilidade planetária: zona habitável, atmosferas; a bioquímica do meio interestelar; a necessidade de água; a estrutura do Sistema Solar; exoplanetas. Evolução da Terra e da vida na Terra: Terra pré-biótica; primeiros estágios da vida na Terra; necessidade do oxigênio; ciclos de longo prazo (solares, atmosféricos, geológicos); formação e evolução da atmosfera; extremófilos e suas implicações; evolução e diversidade biológica. A busca de vida fora da Terra: a exploração do Sistema Solar; Marte, Europa, Ganimedes, Titan; Terraformação; busca de exoplanetas; o projeto SETI.

Bibliografia

DAVID A. ROTHERY AND IAIN GILMOUR. An Introduction to Astrobiology, Cambridge, 2018.

RICHARD GORDON, ALEXEI SHAROV (Eds.). Habitability of the Universe before Earth, Volume 1: Astrobiology: Exploring Life on Earth and Beyond (series), Academic Press, 2018

Astrobiologia: uma ciência emergente. D. Galante, E. P. da Silva, F. Rodrigues, J. E. Horvath, M. G. B. de Avellar (orgs.), Tikinet/USP (2016) – Livro-texto eletrônico

COCKEL, C. Astrobiology: Understanding Life in the Universe, Wiley-Blackwell, 2015 Wiley-Blackwell

IAN W. M. SMITH, CHARLES S. COCKELL, SYDNEY LEACH (Eds.). Astrochemistry and Astrobiology (Physical Chemistry in Action), Springer, 2013

CHRIS IMPEY, JONATHAN LUNINE, JOSÉ FUNES (Eds.). *Frontiers of Astrobiology* 1st Edition, Cambridge, 2012

IMPEY, C. *O Universo vivo*. Larousse, 2009

SHAW, A. M. *Astrochemistry: from astronomy to astrobiology*. Wiley, 2006

WARD, P. *Life as we DO NOT know it*. Viking, 2005

LUNINE, J. *Astrobiology: a multi-disciplinary approach*. Benajmin Cummings, 2004.

AST-417-3	Astroestatística
------------------	-------------------------

Pré-requisitos: não há.

Introdução à Astroestatística. Estatística Descritiva. Correlação e regressão em problemas da Astronomia. Análise de Dados Exploratória. Probabilidade e Inferência. Leis de Probabilidade, Teorema de Bayes' e Teorema do Limite Central. Estimção, Intervalos de Confiança e Testes de Hipóteses. Métodos de reamostragem, testando hipóteses e "bootstrapping". Seleção de Modelos e avaliação, testes de desempenho em ajuste ("goodness-of-fit") e testes de razão de verossimilhança. Análise Bayesiana. Computação de Verossimilhanças. MCMC.

Bibliografia

FEIGELSON, D.; G. BABU, G. *Modern Statistical Methods for Astronomy*. Cambridge University Press, 2007.

WALL, J.V.; JENKINS, C.R. *Practical Statistics for Astronomers*. 2nd edition, Cambridge University Press, 2013

MACKAY, D.J.C. *Information Theory, Inference and Learning Algorithms*. Cambridge University Press, 2003.

JAYNES, E.T. *Probability Theory: The Logic of Science*. Cambridge University Press, 2003.

DEVORE, J. *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*. 8th edition, Cengage Learning, 2011.

Os trabalhos auxiliares ou finais do programa de Pós-Graduação serão identificados na forma abaixo indicada:

AST-730	Pesquisa de Mestrado em Astrofísica*
	0 crédito
AST-750	Dissertação de Mestrado em Astrofísica
	12 créditos

AST-780	Pesquisa de Doutorado em Astrofísica*
---------	---------------------------------------

0 crédito

AST-800	Tese de Doutorado em Astrofísica
---------	----------------------------------

36 créditos

* Atividade obrigatória, em cada período letivo para todo aluno em fase de Pesquisa, definida pela oficialização de seu Orientador de Pesquisa que avaliará o desempenho do aluno nesta atividade. Obrigatória, também, antes da oficialização citada, para o aluno que não esteja matriculado em alguma disciplina; neste caso, a orientação e avaliação deverá ser feita por Docente aprovado pelo Coordenador Acadêmico.

31/10/2019.

Catálogo aprovado pelo CPG em 25/11/2019.