

---

## CATÁLOGO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTROFÍSICA

---

### CATÁLOGO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTROFÍSICA

#### Coordenador Acadêmico

André de Castro Milone

#### Conselho do Curso

André de Castro Milone

Cláudia Vilega Rodrigues

Joaquim Eduardo Rezende Costa

Odylio Denys de Aguiar, Coordenador de Curso Substituto

Eunice Valtânia de Jesus Bezerra, Representante Discente Titular

Luidhy Santana da Silva, 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

Emília Correia, Doutora, USP, 1990

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 Araújo, Doutor, USP, 1990

Luciano Fraga, Doutor, UFRGS, 2006

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

Adriana Benetti Marques Válio, Doutora, University of California - Berkeley, EUA, 1995

## 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-403-3	Tópicos de Cosmologia
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-410-4	Interferometria e Síntese de Abertura
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

## EMENTAS DAS DISCIPLINAS DO CURSO DE ASTROFÍSICA

### OBRIGATÓRIAS

<b>AST-200-3</b>	<b>Evolução Estelar I</b>
------------------	---------------------------

Pré-requisitos: não há.

Tópicos/temas – 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.

<b>AST-202-3</b>	<b>Evolução Estelar II</b>
------------------	----------------------------

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. Nébula planetária; 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.

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

COX, J.P. & GIULLI, R.T. Stellar Structure. Gordon and Breach, 1968.

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

KIPPENHAN, R. & WEIGERT, A. Stellar Structure and Evolution. Springer, 2004.

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

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

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, 1983.

<b>AST-203-4</b>	<b>Técnicas Observacionais de Astrofísica</b>
------------------	---

Pré-requisitos: não há.

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 perspective. Cambridge Univ. Press, 1987

<b>AST-204-4</b>	<b>Processos Radiativos I</b>
------------------	-------------------------------

Pré-requisitos: não há.

Conceitos fundamentais: transferência radiativa; radiação de corpo negro e coeficientes de Einstein; parâmetros de Stokes. Radiação de cargas em movimento. Efeitos da relatividade restrita. Bremsstrahlung. Radiação sincrotônica. Espalhamento Compton. Efeitos de plasma: radiação Cherenkov e efeito Razin.

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

<b>AST-300-3</b>	<b>Astrofísica de Ondas Gravitacionais</b>
------------------	--

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

<b>AST-301-4</b>	<b>Plasmas Astrofísicos</b>
------------------	-----------------------------

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.

<b>AST-302-4</b>	<b>Técnicas Experimentais de Radioastronomia</b>
------------------	--

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, R.K. *Electromagnetics* McGraw-Hill, 1973.

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

<b>AST-305-3</b>	<b>Problemas Atuais da Astrofísica</b>
------------------	--

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

<b>AST-306-3</b>	<b>Processos Radiativos II</b>
------------------	--------------------------------

Pré-requisitos: AST-204-4

Estruturas atômica e molecular: sistemas de um e muitos elétrons; perturbações e separações de níveis; distribuição térmica das populações dos níveis de energia; ligações eletrônicas; espectros rotacionais e vibracionais.

Transições radiativas: teoria semi-clássica dos processos radiativos; a aproximação de dipolo; coeficientes de Einstein e forças de osciladores; regras de seleção e taxas de transição.

Processos de excitação radiativa e colisional, emissão e recombinação.

Transporte radiativo em fotosferas estelares e nuvens interestelares: soluções para a equação de transporte, modelos de fotosferas, coeficientes de absorção e aplicações de síntese espectral em fotosferas e modelos para determinar parâmetros físicos de nuvens atômicas e moleculares.

Introdução à astroquímica: formação e destruição de espécies químicas; química de nuvens moleculares frias e de regiões de fotodissociação.

### **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.

HERBIG, G. H. *The Diffuse Interstellar Bands*. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 33:

19-73, 1995.

SAVAGE, B.; SEMBACH, K. R. Interstellar abundances from absorption-line observations with the Hubble Space Telescope. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 34: 279-329, 1996.

HOLLENBACH, D.J.; TIELENS, A.G.G.M. Dense photodissociation regions (PDRs). *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 35: 179-215, 1997.

EHRENFREUND, P.; CHANRLEY, S. B. Organic molecules in the interstellar medium, comets and meteorites: A Voyage from Dark Clouds to the Early Earth. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 38: 427-483, 2000.

SNOW, T. P.; MCCALL, B. J. Diffuse Atomic and Molecular Clouds. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 44, 2006.

<b>AST-307-4</b>	<b>Mecânica Quântica I</b>
------------------	----------------------------

Pré-requisitos: não há.

Conceitos de mecânica quântica (espaço de Hilbert, operadores no espaço de Hilbert). Conceitos de mecânica clássica (equações de Euler-Lagrange, equações de Hamilton, teorema de Noether). Simetrias (translações espaciais, evolução temporal, sistema de duas partículas, simetrias discretas, simetria translacional e rotacional, equação de Schrodinger, átomo de hidrogênio). Spin e momento angular (invariância rotacional, estados de spin, representação matricial dos operadores de spin, coeficientes de Clebsch-Gordon, teorema de Wigner-Eckart, efeitos magnéticos em átomos). Métodos Aproximativos (dependência temporal explícita, perturbação harmônica, regra áurea de Fermi, aproximação WKB). Teoria do Espalhamento (seções de choque diferenciais, aproximação de Born, aplicações para vários potenciais, fatores de forma, amplitude de espalhamento, partículas idênticas).

Bibliografia

SAKURAI, J.J. *Modern Quantum Mechanics - Revised Edition*. Addison-Wesley, 1994.

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.

COHE-TNNOUDJI, C.; DIU, B. & LALOC, F. *Quantum Mechanics*. Wiley Inter Science, 1977.

BRANSDEN, B.H. & JOACHAIN, C.J. *Quantum Mechanics*. Prentice Hall, 2000.

GRIFFITHS, D.J. *Introduction to Quantum Mechanics*. Pearson, 2005.



<b>AST-308-4</b>	<b>Astrofísica Extragaláctica</b>
------------------	-----------------------------------

Pré-requisito: AST-204-4

A constante de Hubble e os indicadores de distância: introdução aos Modelos de Friedmann. Galáxias: classificação e morfologia; propriedades globais; composição estelar; conteúdo gasoso; movimentos internos e dinâmica; função de luminosidade; galáxias peculiares. Radio fontes extragalácticas: tipos, número e luminosidades; estrutura das rádio-galáxias; quasares e núcleos ativos; evolução das rádio fontes. Estrutura em grande escala: contagens de galáxias e mapeamento das estruturas; superaglomerado local; movimentos peculiares; aglomerados de galáxias; o meio intergaláctico.

Bibliografia

ROWAN-ROBINSON, J., The Distance Ladder. Wesley, 1985.

SÉRSIC, J. L. Extragalactic Astronomy. REIDEL, 1982.

MIHALAS, D., BINNEY, J. Galactic Astronomy. Freeman, S. Francisco, 1981.

WEEDMAN, D.W. Quasar Astronomy. Cambridge, 1986.

OORT, J.H. Superclusters. in Ann. Rev. Astron. & Astrophys, 21, 1983

<b>AST-402-4</b>	<b>Introdução à Relatividade Geral</b>
------------------	--

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 Clássica (Eletromagnetismo, Mecânica Relativística, Gravitação na Relatividade Restrita). Tensor de curvatura. Equações do campo gravitacional no espaço vazio. Solução de Schwarzschild, incluindo buracos negros.

Bibliografia

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

<b>AST-403-3</b>	<b>Tópicos de Cosmologia</b>
------------------	------------------------------

Pré-requisitos: AST-303-4 e AST-408-4

É feita uma revisão de problemas específicos em Cosmologia, como modelos alternativos, por exemplo. A disciplina é baseada tanto em apresentações formais como em seminários convidados.

Bibliografia

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

<b>AST-404-4</b>	<b>Astrofísica de Altas Energias</b>
------------------	--------------------------------------

Pré-requisitos: AST-204-4, AST-202-3

Introdução e histórico. Observações de Raios Cósmicos e de Raios-X e Raios-Gama: origem, interações e detecção dos Raios Cósmicos; detetores de Raios-X e Gama; técnicas observacionais. Estágios finais da evolução estelar: Anãs Brancas, Estrelas de Nêutrons e Pulsares, Buracos Negros. Acresção sobre objetos compactos: sistemas binários; discos de acreção; acreção sobre anãs brancas: variáveis cataclísmicas; acreção sobre estrelas de nêutrons: binárias de raios-X. Quasares e núcleos ativos de galáxias: argumentos gerais e observações; possíveis indicadores de acreção sobre BN's massivos; produção de jatos e regiões de emissão. "Bursts" e fenômenos transientes: "Bursts" de raios-X; "Bursts" de raios-Gama. Fontes difusas de raios-X: Restos de supernovas; aglomerados de galáxias; ruído de fundo difuso de raios-X e raios-Gama.

Bibliografia

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

GLENDENNING, N. K. "Compact Stars". Springer Verlag, 2000.

CHARLES, P. A., e SEWARD, F. D. " Exploring the X-ray Universe". Cambridge University Press, 1995.

LONGAIR, M.S. High Energy Astrophysics. Vol. 1 e 2, Cambridge University Press, 1992.

W.H.G. Lewin, J. van Paradijs e E.P.J. Van Den Heuvel (eds.). X-Ray Binaries. Cambridge University Press, 1995

<b>AST-405-4</b>	<b>Astrofísica no Infravermelho</b>
------------------	-------------------------------------

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

<b>AST-406-3</b>	<b>Radiofísica do Sol</b>
------------------	---------------------------

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.

<b>AST-409-3</b>	<b>Física do Meio Interestelar</b>
------------------	------------------------------------

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.

<b>AST-410-4</b>	<b>Interferometria e Síntese de Abertura</b>
------------------	--

Pré-requisitos: não há.

Considerações iniciais; noções de radioastronomia clássica; evolução da técnica interferométrica. Interferometria; interpretação da fase e amplitude das visibilidades complexas; o teorema de Van Cittert-Zernicke; imageamento e síntese de Fourier. Síntese de imagens com rotação terrestre; a síntese de Fourier; efeitos de erros de fase e amplitude; interpretação da fase e amplitude das visibilidades complexas; o teorema de Wiener-Khinchine; auto-calibração, "closure mapping" e máxima entropia. Arquitetura de arranjos interferométricos modernos (conectados); o "Very Large Array"; o Multi-Element Radio Linked Interferometer Network; the Westerbork Synthesis Telescope; the Narrabri Compact Array; the Giant-Metre Wavelength Telescope; the Dominion Synthesis Telescope. Interferometria de muito longa linha de base - VLBI; o problema da coerência de fase; estabilidade de padrões de frequência para VLBI; o problema da correlação de sinais. Arquitetura das redes VLBI modernas; the European VLBI Network; the Very Long Baseline Array; the Global VLBI Network.

#### Bibliografia

THOMPSON, A.R.; MORAN, J.M.; SWENSON Jr., G.W. Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy. Wiley, 1986.

CHRISTIANSEN, W.N.; HOGBOM, J.A. Radiotelescopes Cambridge University Press.

CORNWELL, T.J.; PERLEY, R.A. editors Proceedings of the VLA summer school held at Socorro in 1988, PASP Conference Series 97.

WOHLEBEN, R.; MATTES, H.; KRICHBAUM. Radiointerferometry: theory, techniques and applications Kluwer press, Europa, 1993.

The NRAO AIPS group The AIPS Cookbook 1996 Edition, NRAO.

TAYLOR, G.B.; CARILLI, C.L.; PERLEY, R.A. editors Synthesis Imaging in Radio Astronomy II, PASP Conference Series 180, 2003.

<b>AST-411-3</b>	<b>Séries Temporais em Astrofísica</b>
------------------	--

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, Convulsão, Correlação, Séries de Fouries e Teorema da Amostragem. A Transformada Discreta de Fourier: Convulsão 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.

<b>AST-412-3</b>	<b>Variáveis Cataclísmicas</b>
------------------	--------------------------------

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 acrecimento 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

<b>AST-413-4</b>	<b>Fundamentos de Cosmologia</b>
------------------	----------------------------------

Pré-requisitos: não há.

Introdução: Composição e evolução do Universo. Cosmologia Observacional. Relatividade Especial. Coordenadas e Métricas. O Formalismo dos Tensores. As Equações de Campo. Friedmann-logia: A Idade do Universo, O problema do Horizonte, O problema de Omega, Espalhamento e Absorção Intergalácticos. A História Térmica do Universo. Formação de Estruturas

Bibliografia

RICH, J. Fundamentals of Cosmology, Springer, 2001

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

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

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

LONGAIR, M. Galaxy Formation. Springer, 1998.

WEINBERG, S. Gravitation and Cosmology. Wiley, 1972

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

<b>AST-414-3</b>	<b>Populações Estelares</b>
------------------	-----------------------------

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.

Artigos clássicos e/ou recentes.

<b>AST-415-3</b>	<b>Tópicos Especiais em Astrofísica</b>
------------------	---

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.

<b>AST-416-3</b>	<b>Fundamentos de Astrobiologia</b>
------------------	-------------------------------------

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

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

GILMOUR, I. An introduction to astrobiology. Cambridge, 2004.

WARD, P. BROWNLEE, J. Sós no Universo? Por que a Vida Inteligente é Improvável fora do Planeta Terra. Campus, 2000.

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

<b>AST-730</b>	<b>Pesquisa de Mestrado em Astrofísica*</b>
----------------	---

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.

Catálogo aprovado pelo CPG em 18/11/2015.