

Técnicas observacionais em astrofísica

AST203

Cláudia Vilega Rodrigues
claudiavilega@gmail.com

<http://www.das.inpe.br/~claudia.rodrigues/ast203/>

AST203-CVR

Atualizado: 2014

1-1

Bibliografia básica do curso

- ◊ LÉNA, P. *Observational Astrophysics*. Springer-Verlag, 1988
- ◊ KITCHIN, C.R. *Astrophysical Techniques*. Adam Hilger, 1984.
- ◊ SMITH, R. *Observational Astrophysics*. 1995.
- ◊ WALKER, G. *Astronomical observations: an optical perspective*. 1987

AST203-CVR

1-4

Programa

- Introdução à astrofísica observacional;
- Coordenadas astronômicas
- A atmosfera terrestre; estrutura, absorção, emissão e difusão de radiação.
- Imagem: formação (telescópios). Telescópios: ópticos, rádio e em altas-energias.
- Detectores: quânticos, térmicos e em radiofrequências.
- Tratamento estatístico de dados. Transformada de Fourier. Medida do sinal.
- Fotometria: Magnitudes; Índices de cor. Definição de grandezas. Métodos de calibração.
- Polarimetria: Vetor de Stokes.
- Análise espectral: instrumentos. Medida de contínuo e de linhas espectrais.
- Interferometria

AST203-CVR

1-5

Avaliação

- Provas: 3
- Listas de exercícios (1a. já está disponível e com data de entrega definida)
- Pedido de tempo
- Pesos
 - ◊ Provas: 65%
 - ◊ Listas: 25%
 - ◊ Pedido de tempo: 10%

AST203-CVR

1-6

- Pedido de tempo
 - ↳ Grupo 1: Adam, Isabel, Mariangela
 - ↳ Grupo 2: Aysse, Lorena, Luidhy
- Ida ao OPD
 - ↳ 30 de agosto de 2014
 - ↳ sábado

AST203-CVR

1-7

Bloco 1

Astrofísica observacional: uma introdução

- Bibliografia = leitura altamente recomendada!**
- Lêna, Cap. 1 - Introdução

AST203-CVR

1-8

Introdução

- A astrofísica pode ser definida como a ciência que tenta compreender fisicamente o Universo (em escalas planetárias ou maiores)
- Essa compreensão baseia-se na interpretação de informações obtidas pela observação astronômica
- Cada técnica observacional lida com parte da informação que pode ser obtida de um objeto

AST203-CVR

1-9

Meios da informação

- As informações sobre os objetos astrofísicos podem ser obtidas por várias maneiras:
 - ↳ radiação eletromagnética
 - ↳ matéria
 - ↳ neutrinos
 - ↳ ondas gravitacionais (ainda não detectadas)
 - ↳ medidas no local (apenas no sistema solar)

AST203-CVR

1-10

Informação pela matéria ordinária

- raios cósmicos
- meteoritos
- vento solar

AST203-CVR

1-11

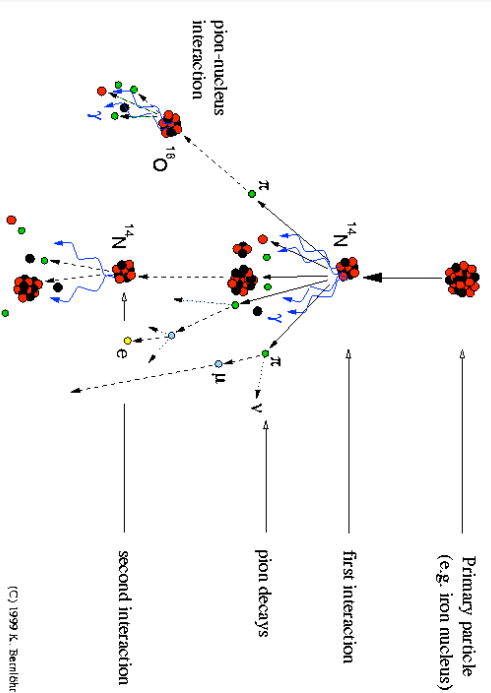
Raios cósmicos

- núcleos atômicos e elétrons a altíssimas velocidades
 - ↳ sua interação com a atmosfera provoca chuvers de radiação

AST203-CVR

1-12

Development of cosmic-ray air showers



<http://www.mpi-hd.mpg.de/htm/CosmicRay/Showers.html> - 12/2006
AST203-CVR

1-13

Raios cósmicos

- ↳ originam-se em eventos de supernova
- ↳ no meio interestelar são acelerados e sofrem colisões
- ↳ imaginem a Galáxia como uma caixa cheia de bolas de bilhar em movimento e interação constante: esse é um cenário aproximado para os raios cósmicos.
- ↳ as partículas, porém, interagem de outras formas, em lugar de colisões mecânicas. Interações eletromagnéticas são as mais importantes.

AST203-CVR

1-14

Raios cósmicos

- Exemplo de estudo
 - ↳ abundância dos elementos
- Projeto com participação brasileira
 - ↳ Observatório Pierre Auger

AST203-CVR

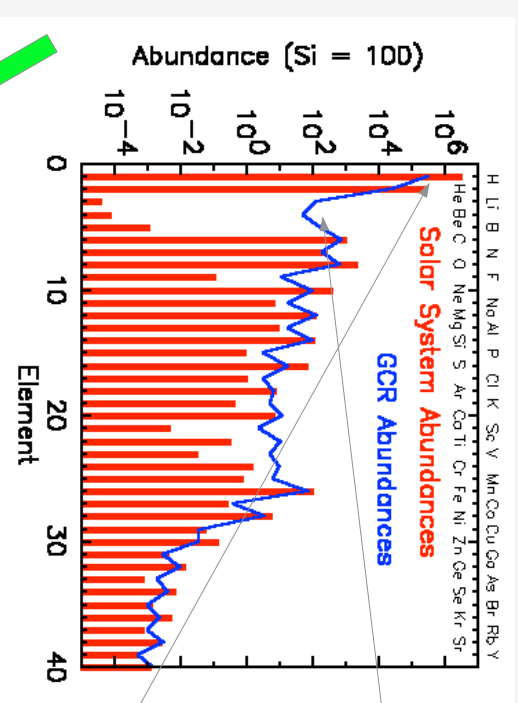
1-15

Outras formas de obter informação pela matéria ordinária

- meteoritos: grãos a pedras
 - ↳ arqueologia do Sistema Solar
 - abundâncias químicas
- vento solar
 - ↳ abundâncias químicas
 - ↳ interação com a Terra

AST203-CVR

1-17



http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/knownow_12/cosmic_rays.html - 12/2006
AST203-CVR

1-16

Neutrinos

- Interações fracas e fortes produzem neutrinos
- Neutrinos solares
 - ↳ $4p \rightarrow {}^4\text{He} + 2e^+ + 2n_e$
 - ↳ “problema” do neutrinos solares
 - ↳ Veja página do John Bahcall:
 - ↳ <http://www.sns.ias.edu/~jnb/Papers/Popular/snhistory.html>
- Neutrinos de supernovas
 - ↳ produzidos no colapso estelar
 - ↳ SN1987A

AST203-CVR

1-18

Ondas gravitacionais

- As ondas gravitacionais são produzidas se a distribuição de massa de um sistema muda temporalmente de forma não-simétrica
 - ↳ periódicas
 - Ex: sistemas binários e pulsares
 - ↳ impulsivas
 - Ex: colapso de estrelas

AST203-CVR

1-19

Medidas in situ

- exploração espacial
 - ↳ medidas de temperatura, densidade de íons, etc.
 - ↳ estudos sísmicos na Lua

AST203-CVR

1-20

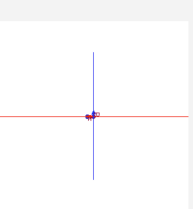
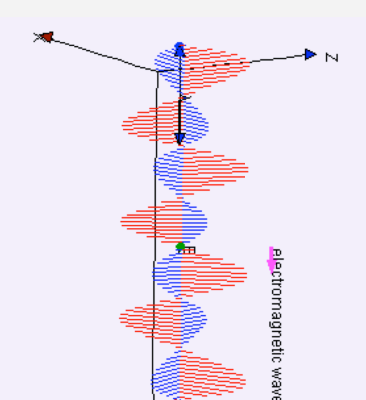
Radiação eletromagnética

- a maior parte das informações sobre os astros é obtida através da radiação eletromagnética
 - ↳ o curso cobrirá apenas esse tipo de coleta de informação
 - ↳ diversas técnicas associadas com sua detecção
- a radiação eletromagnética pode ser interpretada como uma onda ou com partícula. Pensando nela como uma onda, suas características principais são:
 - ↳ comprimento de onda;
 - ↳ amplitude.

AST203-CVR

1-21

Onda eletromagnética

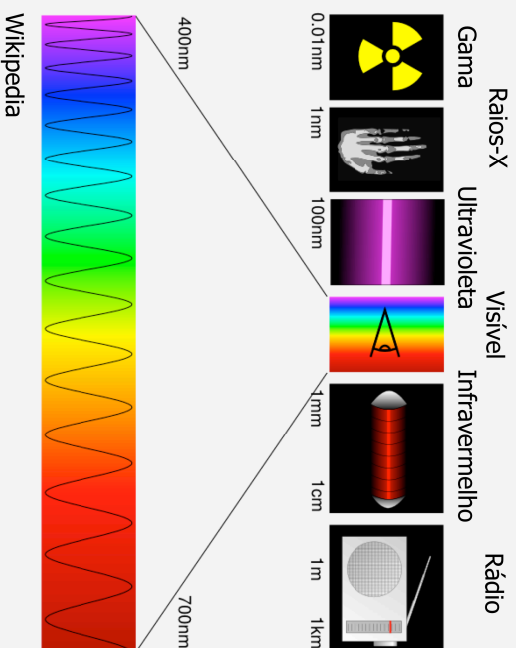


http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation

AST203-CVR

1-22

Espectro eletromagnético



AST203-CVR

1-23

O que se mede?

- A astrofísica observacional, com raras exceções, mede a [quantidade de radiação eletromagnética](#) (fluxo ou magnitude, por exemplo) em uma dada [faixa espectral](#) determinada por sua frequência, comprimento de onda ou energia

$$E = h \nu = h \frac{c}{\lambda}$$

- A radiação de um dado objeto, R , usualmente varia com o comprimento de onda e pode ser definida como:

$$R = f(\lambda) \rightarrow \text{espectro}$$

AST203-CVR

1-24

- Temos toda a informação da emissão eletromagnética de um objeto se conhecermos:

- ↪ todos os **parâmetros de Stokes, S** ,
- ↪ em todos os **comprimentos de onda, λ** ,
- ↪ em todos os **pontos do objeto, θ (resolução espacial)**,
- ↪ em todos os **instantes, t** .

$$S(\lambda, \theta, t) = \begin{bmatrix} I(\lambda, \theta, t) \\ Q(\lambda, \theta, t) \\ U(\lambda, \theta, t) \\ V(\lambda, \theta, t) \end{bmatrix}$$

↖ Intensidade
↖ Polarização

AST203-CVR

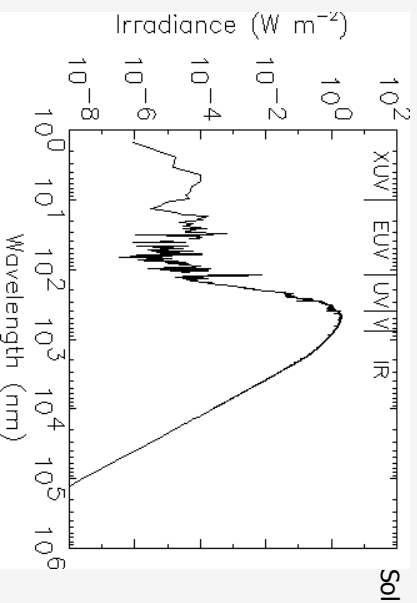
1-25

Variação do fluxo com o comprimento de onda

AST203-CVR

1-26

Objetos celestes emitem ao longo de todo o espectro



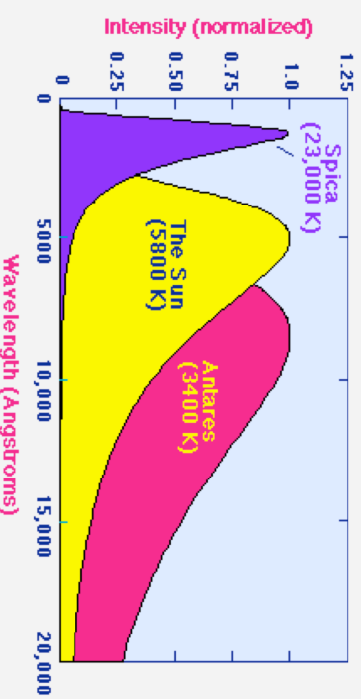
<http://www.spacewx.com/WavelengthDescript.html>

AST203-CVR

1-27

Exemplo de interpretação de uma observação

A forma do espectro pode fornecer informação sobre a temperatura de um objeto – Por quê?

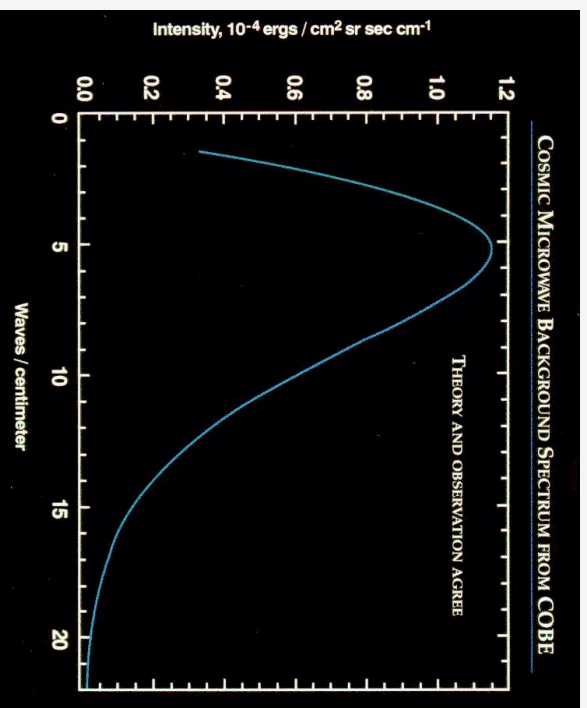


<http://csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/sun/spectrum.html>

AST203-CVR

1-28

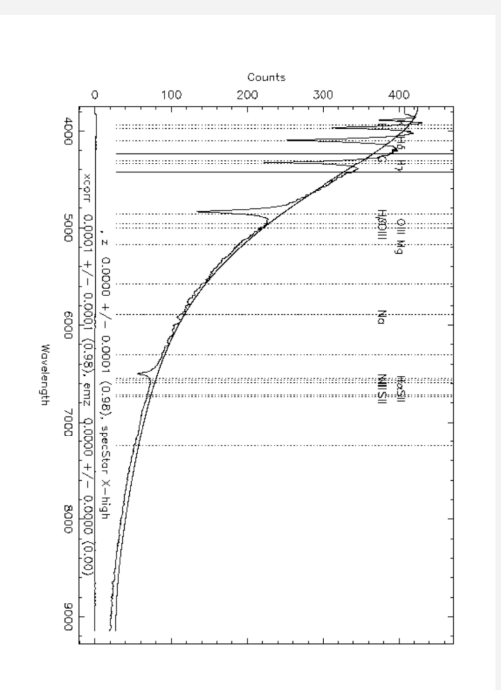
O melhor corpo negro já medido!



AST203-CVR

1-29

Espectro de anã branca – SDSS
O espectro tem algo mais que um simples corpo negro?



http://www.sdss.org/gallery/gal_spectra.html

AST203-CVR

1-30

Varição do fluxo com a direção

AST203-CVR

1-31

Varição do fluxo com o tempo

AST203-CVR

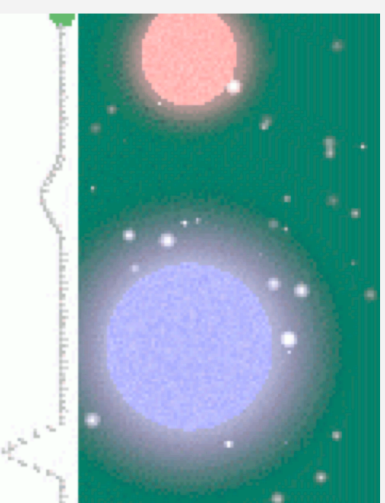
1-33



AST203-CVR

M83 – Observada por alunos de AST203

1-32



wikipedia

AST203-CVR

1-34

Varição da polarização com o tempo

AST203-CVR

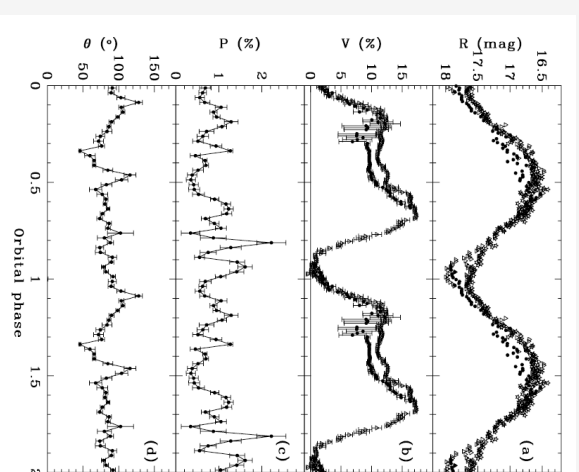
1-35

- O espectro de um objeto depende de processos físicos na fonte (Processos Radiativos). Alguns exemplos:

- ↳ corpo negro
- ↳ emissão ciclotron
- ↳ absorção/emissão por processos atômicos e moleculares

AST203-CVR

1-37



Varição de parâmetros de Stokes de uma polar

Rodrigues et al. 2006

AST203-CVR

1-36

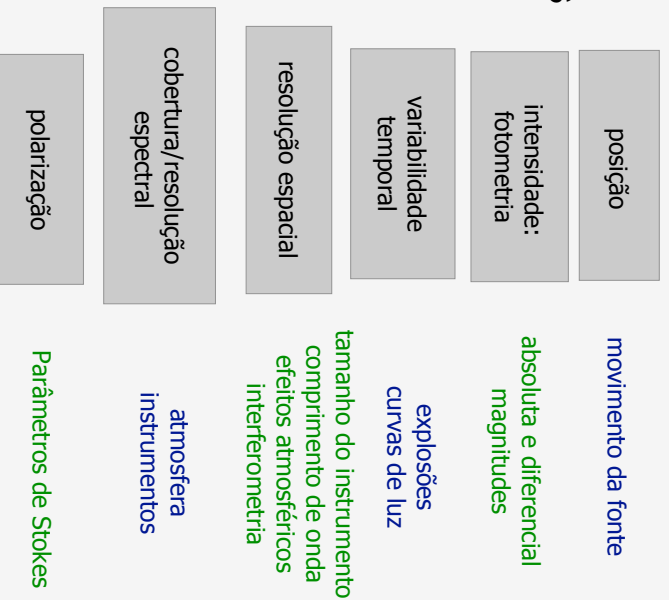
- A radiação da fonte pode ser alterada ao longo do caminho óptico até o instrumento de detecção
 - ↳ absorção, espalhamento e emissão no meio interestelar
 - poeira
 - HI
 - plasma
 - elétrons relativísticos
 - ↳ mudança de trajetória devido à presença de matéria que distorce o espaço-tempo (lentes gravitacionais)
 - ↳ atmosfera terrestre
 - ↳ sistema de observação

AST203-CVR

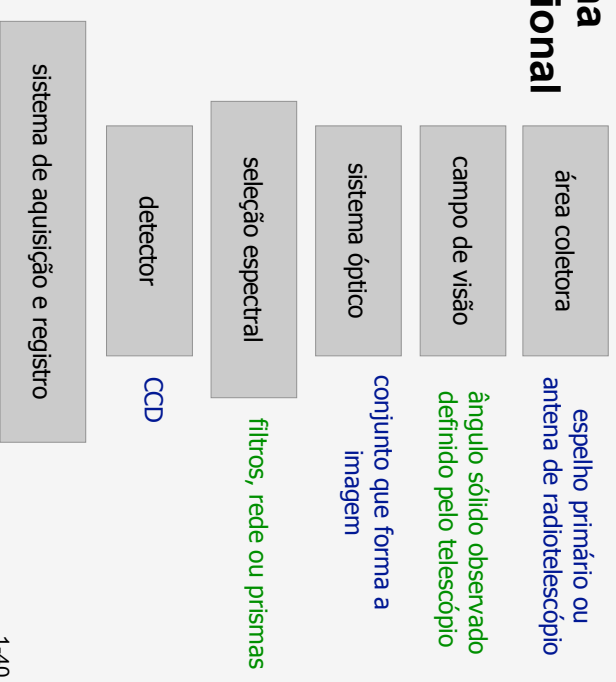
1-38

A interpretação da radiação recebida depende da compreensão dos processos físicos na fonte e ao longo do caminho óptico, incluindo a atmosfera e todo o aparato instrumental.

Aspectos das medidas



Sistema observacional



Quando as janelas se abriram...

- astronomia no óptico: muito antiga
- Galileu Galilei (**1610**, *Sidereus Nuncius*): primeiras descobertas científicas resultantes do uso de um telescópio
- início das observações astronômicas em rádio em **1930**
↳ <http://en.wikipedia.org/wiki/Radioastronomy>
- astronomia de raios-X (**1962**):
↳ descoberta de [Scorpius X-1](#)