

INFORMAÇÃO GERAL

Apresentação

- Prof. Pedro Augusto
- Gabinete 2.82
- tel: 291 705 150 (*Sec. DME*)
- email: augusto@uma.pt

Aulas

- Powerpoint (aulas em dme.uma.pt/edu/ia) [*ou página do curso*]
- quadro
- caixa 117

Avaliação

- Trabalho(s) Prático(s) 45%
- Exame final (*de consulta*) 35%
- Avaliação contínua 20%

Atendimento

Quartas, 10h30 – 11h30

[Nota: apenas até ao final das aulas]

Programa

1 INTRODUÇÃO

1.1 Instrumentos vs. Telescópios e Detectores

1.2 Espectroscopia

2 MANUFACTURA DE ESPELHOS

2.1 A “peça”

2.2 Desbaste

2.3 Polimento

2.4 Geometrização e cobrir a superfície

2.5 O apoio do primário

3 ÓPTICA ACTIVA

3.1 Princípios

3.2 NTT/MLT

3.3 Outros

4 ÓPTICA ADAPTATIVA

4.1 Princípios

4.2 Elementos

4.3 Sumário

5 MEDIDORES DE ESPECTRO

- 5.1 Noções gerais
- 5.2 Espectroscópios
- 5.3 Espectrógrafos/Espectrómetros ópticos
- 5.4 Multi-espectroscopia
- 5.5 Espectroscopia não-óptica
- 5.6 Sumário

6 OUTRA INSTRUMENTAÇÃO

- 6.1 Polarímetros
- 6.2 Coronógrafos
- 6.3 Sondas espaciais
- 6.4 Criogenia

7 EQUIPAMENTO AUXILIAR

- 7.1 (Auto)guiders
- 7.2 De-rotators
- 7.3 Adaptadores

Bibliografia

- *Instrumentação em Astronomia* (2007) – sebenta, Augusto, P., UMa
- *Practical Amateur Spectroscopy* (2002), Tonkin. S.F. (ed.), Springer
- *Optical Astronomical Spectroscopy* (1995), Kitchin, C.R., IOP Publishing
- *Observational Astrophysics* (1986), Léna, P., Springer
- *Reflecting Telescope Optics II* (1999), Wilson, R.N., Springer
- *Adaptive Optics in Astronomy* (1999), Roddier, F. (ed.), Cambridge Univ. Press

- Paerels & Kahn (2003), ARAA, 41, 291
- Beckers (1993), ARAA, 31, 13

“motivation is [...] more important [...] than innate ability”
(Scientific American, August 2006)

“it takes [...] a decade of heavy labor to master any field”
(Scientific American, August 2006)

1 – INTRODUÇÃO

1.1 Instrumentos vs. Telescópios/Detectores

1.1.1 Geral

Rigorosamente, uma CCD (ou qualquer outro detector) é um instrumento.

No entanto, um telescópio sem detector não tem interesse. *(nem que seja o olho humano!)*

... a não ser que se coloque um **instrumento**, claro. *(e.g. espectrómetro)*

1.1.2 Preliminares

[Algumas noções gerais para a cadeira]

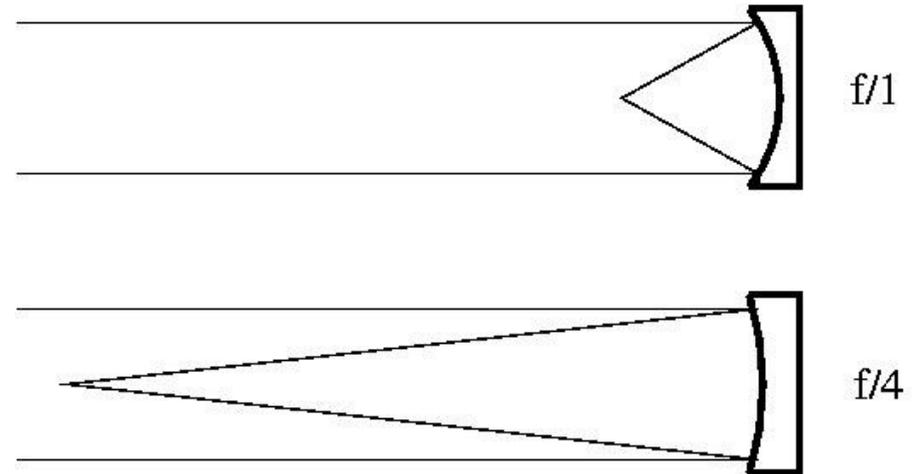
Começemos por antecipar a definição de **f-number** da cadeira de Telescópios e Detectores.

Um espelho ou lente é caracterizado/a por três propriedades: **diâmetro (D)**, **distância focal (f_l)** e **f-number**.

No entanto, como se relacionam, basta conhecer duas destas para caracterizar totalmente um espelho/lente:

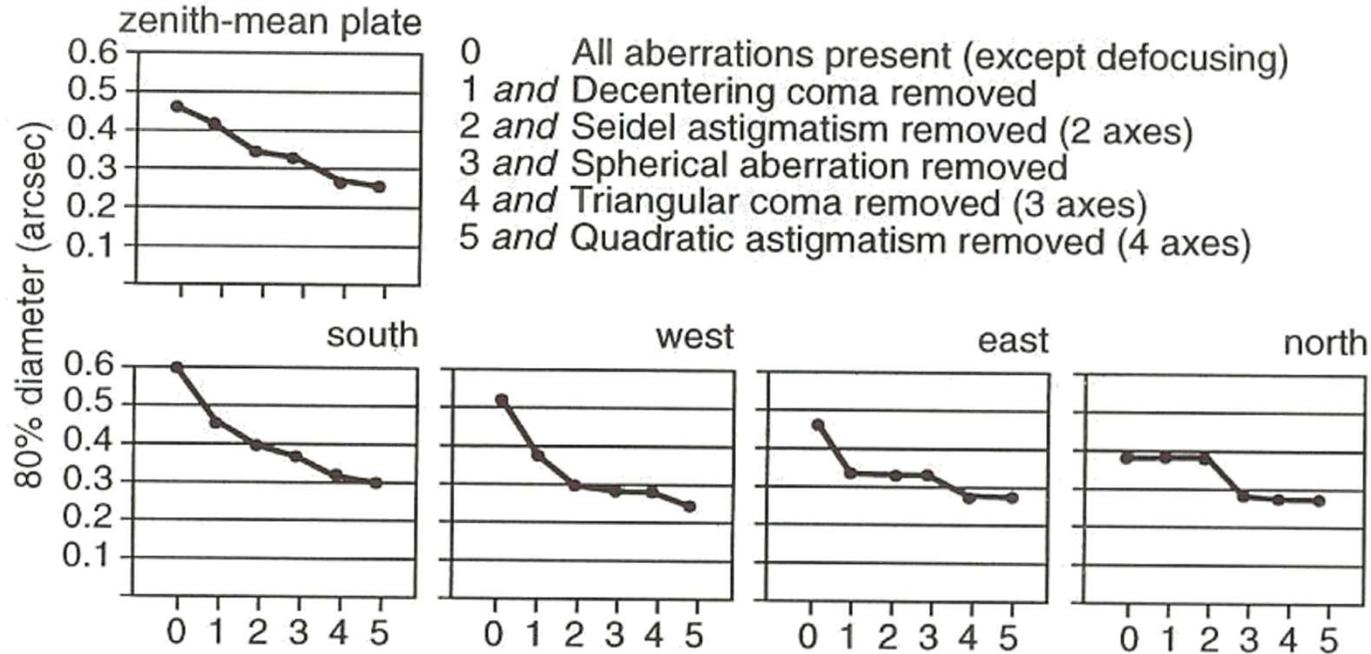
$$f = f_l / D$$

A nomenclatura do f-number é **f/número**, por ex., **f/3** quer dizer que a distância focal da lente/espelho é o triplo do seu diâmetro. Está implícito que o f/número nos dá informação sobre a geometria da lente: quanto menor este, mais pronunciada a curvatura da lente, até ao extremo **asférico** (ex: **f/1.0**).



Na prática, existe uma importante relação entre o f/número e o tempo de integração necessário para produzir os mesmos resultados com lentes/espelhos diferentes: quanto maior o f/número **maior** o tempo de integração. Daí chamarem-se “**lentas**” às lentes de maior f/número e “**rápidas**” às de menor. Por esta razão, a maioria dos actuais telescópios profissionais são construídos com espelhos rápidos.

Também importante é a definição de **Qualidade Intrínseca (IQ)** de um telescópio. Esta é dada empiricamente, determinando o diâmetro angular que contém 80% da luz de uma estrela-teste (d_{80}). Tipicamente, à medida que se corrigem erros ópticos (recorrendo às ópticas activa e adaptativa) a qualidade da imagem de um telescópio vai melhorando. O ***IQ*** é uma média de todas as direcções.



d_{80} para cinco direcções do ESO 3.6m. As quatro não zenitais são feitas a $30^\circ < h < 45^\circ$. O IQ direccional corresponde ao último ponto (5) em cada gráfico. O IQ do telescópio é dado pela média das cinco direcções no valor dos pontos 5.

A definição de “aspect ratio” ([razão-de-aspecto](#)) de um espelho de espessura e e diâmetro D é:

$$\text{razão-de-aspecto} \equiv ar = D / e$$

Usualmente separamos os espelhos em **finos** e **espessos** conforme ar é maior ou menor que 10.

1.2 Espectroscopia

A espectroscopia é a **progenitora** da astrofísica: sem informação sobre a composição e a velocidade dos objectos astronómicos o nosso conhecimento sobre o Universo seria diminuto.

É, assim, **fundamental** o estudo dos espectros. De longe, o instrumento mais importante em toda a Astronomia é o espectroscópio/espectrógrafo/espectrómetro.

1.2.1 Definições

espectroscópio – observação visual dos espectros

espectrógrafo – gravação do espectro numa chapa fotográfica

espectrómetro – registo do espectro num detector eléctrico (fotómetros/CCDs)

Em tudo o que segue nesta cadeira não nos preocuparemos com a exactidão dos termos, usando qualquer um. É óbvio, no entanto, que hoje em dia quase só se usam espectrómetros na Astronomia profissional.

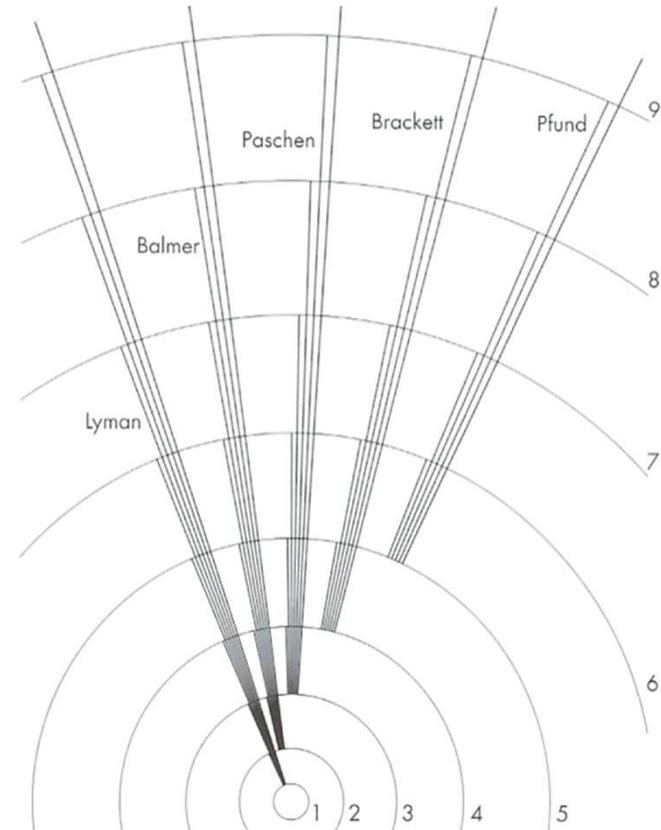
1.2.2 Recordar noções básicas

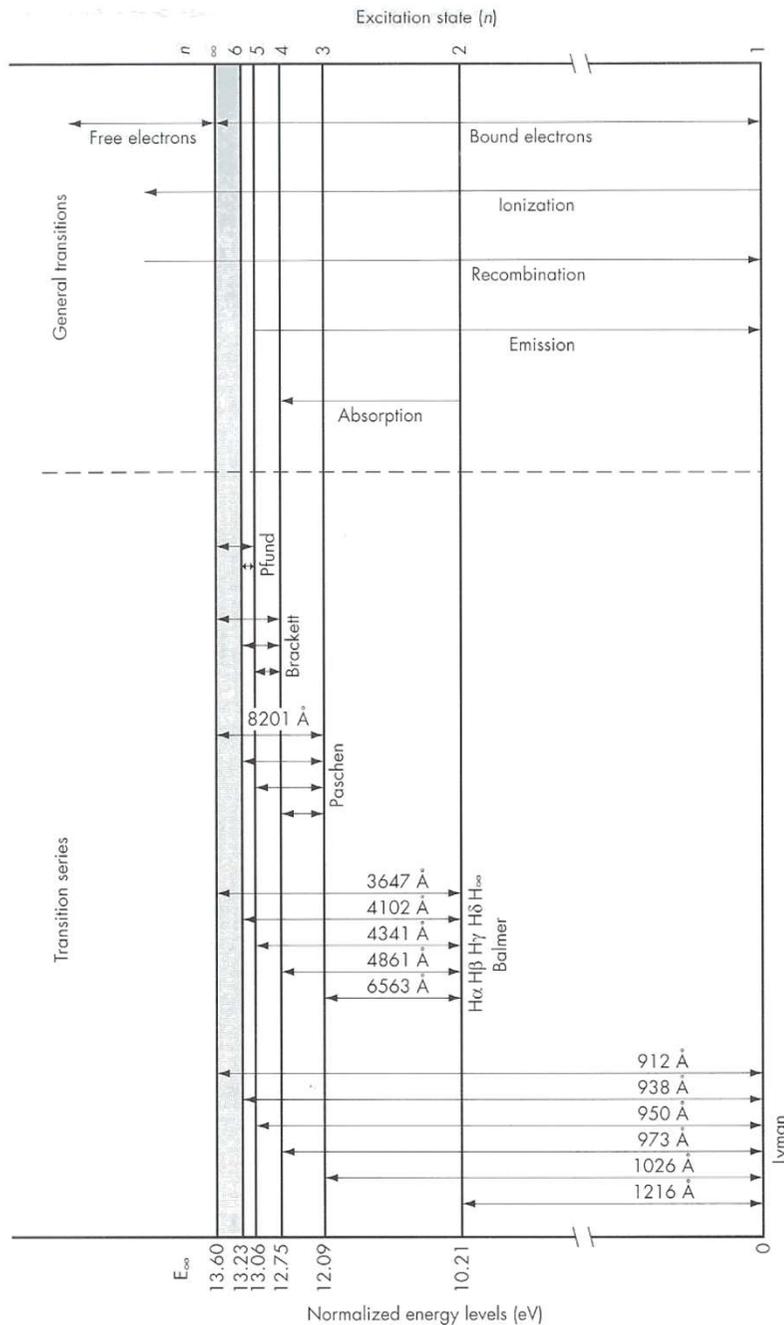
A quantificação dos níveis de energia dos electrões em átomos ($E=h\nu$) leva à emissão/absorção de radiação com energia (*logo, frequência*) bem definida sempre que o electrão transita entre eles ($\Delta E=h\nu$). O número de níveis (teórico) é infinito e, no caso de espécies “hidrogeneizadas” de número atómico Z , a energia potencial do electrão no nível n é dada por:

$$E_n \approx -13.60 Z^2/n^2 \text{ eV}$$

Na prática, contudo, tal número é limitado pelas colisões atómicas (portanto, por influência externa). Para o **átomo de hidrogénio** é possível encontrar o electrão em ~ 200 níveis diferentes no meio interestelar. No entanto, em laboratório, o número de níveis é muito menor devido às muitas colisões.

Ao nível electrónico mais próximo do núcleo ($n=1$) chama-se **fundamental**. Em qualquer outro nível o átomo está **excitado**. Para sistematização e por interesse astrofísico, as transições que envolvem os seis primeiros níveis estão classificadas em **séries**. Respectivamente (de $n=1$ a $n=6$) tomam o nome de Série de Lyman (**Ly**), de Balmer (**H**), de Paschen (**Pa**), de Brackett (**Br**), de Pfund (**Pf**) e de Humphries (**Hu**).





Nenhuma risca (de absorpção ou emissão) é infinitamente fina (δ -Dirac) mas, de facto, tem sempre largura devido a:

- i) **efeitos de Doppler** – rotação/pulsção estelar; movimento cinético atómico (e.g. $T=6000\text{ K} \Rightarrow \Delta\lambda(H_\alpha)=0.2\text{ \AA}$)
- ii) **alargamento quântico** (P.I. Heisenberg)

$$\Delta t^{\text{excitado}} \sim 10^{-8}\text{ s} \Rightarrow \Delta\lambda \sim 10^{-4}\text{ \AA} \quad (\lambda\text{ visível})$$

- iii) **o ambiente** – num gás denso iónico existe muito mais influência entre vizinhos do que num gás neutro rarefeito
- iv) **o efeito Zeeman** – interacção de campos magnéticos externos com o do electrão (cada nível energético passa a ter vários subníveis). As larguras são enormes ($\Delta\lambda \lesssim 10\text{ \AA}$) permitindo mesmo determinar propriedades do campo magnético externo.

Ora, quando existe **resolução espectral** suficiente, é então possível identificar cada risca com um perfil: gaussiano, laurentziano, maxwelliano ou outro.

As riscas nos raios X e γ referem-se pela sua energia (e.g. $\text{Fe}_{\text{XXVI}}H_\delta$, com $\lambda=6.0\text{ \AA}$, tem $\Delta E=hc/\lambda=2.1\text{ keV}$). Nos raios X a risca astronómica típica corresponde a transições interiores em “metais”