

FIS02014- Lista de Exercícios sobre telescópios  
Prof. Basílio X. Santiago

1) Seja uma estrela cujo sinal gerado numa imagem CCD é de  $S_* = 3000$  ADU (analog to digital units). Determine o ponto zero da escala de magnitude, sabendo que o tempo de exposição da imagem foi de  $t = 200s$  e que a magnitude da estrela para o filtro usado é  $m_* = 17.4$ .

Resp.:

$$m = -2.5 \log F_{inst} + PZ = -2.5 \log(3000/200) + PZ$$

$$PZ = m + 2.5 \log(3000/200) = 17.4 + 2.9 = 20.3$$

2) Seja uma abertura de raio  $R = 5$  pixl em torno de uma estrela numa imagem CCD. O sinal instrumental total dentro dessa abertura é de  $S_T = 13000$  ADU. O sinal instrumental do fundo de céu foi estimado como sendo  $B_p = 100$  pixel<sup>-1</sup>. Determine:

a) o sinal instrumental gerado pelo céu dentro da abertura considerada.

b) o sinal instrumental devido à estrela na mesma abertura.

c) a magnitude da estrela, sabendo-se que o ponto zero para o sistema telescópio+detetor+filtro em questão é  $PZ = 20.6$  e que o tempo de exposição da imagem foi de  $t = 50s$

3) Seja uma abertura de raio  $R = 8$  pixls em torno de uma estrela numa imagem CCD. O sinal total dentro dessa abertura é de  $S_T = 62000$  ADU. O fundo de céu foi estimado como sendo  $B_p = 200$  ADU pixel<sup>-1</sup>. Determine:

a) o sinal instrumental do céu dentro da abertura considerada.

Resp.:  $S_{ceu} = B_p \times N_p = B_p \times \pi \times R^2 = 200 \times 64\pi = 4.0 \times 10^4$  ADU

b) o sinal instrumental devido à estrela dentro da mesma abertura.

Resp.:  $S_* = S_T - S_{ceu} = 2.2 \times 10^4$  ADU

c) a razão sinal/ruído da estrela levando-se em conta apenas o ruído associado ao sinal da estrela.

Resp.:  $S/R = S_*/\sqrt{S_*} = 148$

d) uma estimativa da razão sinal/ruído levando-se em conta também a presença do fundo de céu.

$$\text{Resp.: } S/R = S_*/\sqrt{S_* + 2S_{ceu}} = 69$$

4) Seja uma estrela cujo sinal instrumental numa imagem é  $S_* = 12000$  ADU dentro de uma dada abertura circular. Se a contribuição do céu dentro da mesma abertura é  $S_{ceu} = 16000$  ADU, calcule o raio da abertura, sabendo-se que o sinal do céu, por pixel, é de  $B_p = 50 \text{ pixel}^{-1}$ .

Resp.:

$$S_{ceu} = \pi R^2 B_p$$

$$R = \sqrt{\frac{S_{ceu}}{\pi B_p}} = 10.1 \text{ pixel}$$

5) Seja uma imagem CCD com tempo de exposição  $t = 1800s$ . Se a intensidade instrumental do céu é de  $I_{ceu} = 0.4 \text{ ADU pixel}^{-1} \text{ s}^{-1}$ , determine o sinal do céu por pixel. Determine também o sinal devido ao céu numa abertura elíptica de semi-eixo maior  $a = 5 \text{ pixl}$  e semi-eixo menor  $b = 3 \text{ pixl}$ .

6) Seja uma galáxia cujo brilho superficial instrumental médio é  $I_g = 0.01 \text{ ADU pixel}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . A galáxia ocupa um área de 2500 pixels numa imagem CCD. Determine:

a) O fluxo instrumental da galáxia.

$$\text{Resp.: } F_g = 0.01 \times 2500 = 25 \text{ s}^{-1}$$

b) O sinal por ela gerado após uma exposição de  $t = 900s$ .

$$\text{Resp.: } S_g = F_g \times t = 22500 \text{ ADU}$$

c) O sinal médio em um pixel após uma exposição de  $t = 900s$ .

$$\text{Resp.: } S_g = I_g \times t = 9 \text{ ADU}$$

d) A razão S/R média por pixel sobre a imagem da galáxia para um tempo de exposição  $t = 900s$ , levando-se em conta apenas o ruído associado ao próprio sinal da galáxia.

$$\text{Resp.: } S/R = \sqrt{S_g} = 3$$

7) Seja a galáxia do problema anterior. Determine o tempo de exposição necessário para fazer com que a razão sinal ruído atinja o valor  $S/R = 10$ .

Resp.:  $S/R = \sqrt{S_g} = \sqrt{I_g x t}$ . Logo:

$$t \propto (S/R)^2 = 900x(10/3)^2 = 10000s$$

8) Seja uma estrela cuja PSF é bem descrita por uma função exponencial com simetria circular:

$$PSF(R) = PSF(0) e^{-R/R_0},$$

onde a escala exponencial é  $R_0 = 2$  pixls.

Determine o raio da abertura que conterà 50% do sinal da estrela. Determine também o raio que contenha 95% do sinal.

Resp.:

$$S(\leq r) = \int_0^r 2 \pi R PSF(R) dR = 2 \pi PSF(0) \int_0^r R e^{-R/R_0} dR$$

$$S(\leq r) = 2 \pi PSF(0) \left[ -R_0 r e^{-r/R_0} + R_0 \int_0^r e^{-R/R_0} dR \right]$$

$$S(\leq r) = 2 \pi PSF(0) \left[ -R_0 r e^{-r/R_0} - R_0^2 e^{-r/R_0} + R_0^2 \right]$$

$$S(\leq r) = 2 \pi PSF(0) R_0^2 \left[ -\frac{r}{R_0} e^{-r/R_0} - e^{-r/R_0} + 1 \right]$$

Fazendo  $\lim r \rightarrow \infty$ , temos:

$$S_T = 2 \pi PSF(0) R_0^2$$

Logo, para conter uma fração  $f$  do sinal total da estrela, o valor de  $r$  desejado é aquele que satisfaz:

$$-\frac{r}{R_0} e^{-r/R_0} - e^{-r/R_0} + 1 = f$$

$$+\frac{r}{R_0} e^{-r/R_0} + e^{-r/R_0} = 1 - f$$

$$+x e^{-x} + e^{-x} = 1 - f$$

$$+e^{-x} (1 + x) = 1 - f,$$

onde  $f = 0.50$  ou  $f = 0.95$ .

9) Ainda com relação à estrela do problema anterior, calcule a correção por abertura, em unidades de magnitude, que precisa ser aplicada à abertura de raio  $R = 5$  pixls para obter-se a magnitude da estrela.

10) Seja uma estrela cujo sinal numa imagem CCD é de  $S_* = 10000$  ADU para um tempo de exposição  $t = 100s$ . O sinal do fundo de céu na mesma abertura usada para a estrela é de  $S_{ceu} = 12000$  ADU. Determine:

a) A razão S/R da estrela, levando em conta os ruídos associados aos sinais da estrela e céu.

b) O tempo de exposição necessário para atingir  $S/R = 100$ .

11) Seja uma abertura em torno de uma estrela dentro da qual o sinal total é  $S_T = 74400$  ADU. Se o sinal do céu dentro da abertura corresponde à metade do sinal da estrela, determine o ponto zero da escala de magnitude, sabendo que o tempo de exposição da imagem foi de  $t = 600s$  e que a magnitude da estrela para o filtro usado é  $m_* = 19.1$ .

12) Seja uma abertura em torno de uma estrela numa imagem CCD. O sinal instrumental da estrela dentro dessa abertura é de  $S_* = 19000$  ADU. O sinal instrumental do fundo de céu foi estimado como sendo  $B_p = 120$  pixel<sup>-1</sup>. Determine:

a) o raio da abertura que contenha um sinal instrumental do céu igual ao da estrela.

b) o sinal instrumental devido ao céu num anel de raio interno  $R = 7$  pixls e raio externo  $R = 10$  pixls.

c) a magnitude da estrela, sabendo-se que o ponto zero para o sistema telescópio+detetor+filtro em questão é  $ZP = 21.6$  e que o tempo de exposição da imagem foi de  $t = 200s$

13) Seja uma abertura de raio  $R = 8$  pixls em torno de uma estrela numa imagem CCD. O sinal total dentro dessa abertura é de  $S_T = 122000$  ADU. O fundo de céu foi estimado como sendo  $B_p = 80$  ADU pixel<sup>-1</sup>. Determine:

a) o sinal instrumental do céu dentro da abertura considerada.

b) o sinal instrumental devido à estrela dentro da mesma abertura.

c) a razão sinal/ruído da estrela levando-se em conta apenas o ruído associado ao sinal da estrela.

d) se a inclusão do ruído associado ao fundo de céu na estimativa de S/R é relevante ou não , justificando a sua opinião .

14) Seja uma dada abertura circular. Se a contribuição do céu dentro dessa abertura é  $S_{ceu} = 16000$  ADU, calcule o raio da abertura, sabendo-se que o sinal do céu, por pixel, é de  $B_p = 50$  ADU pixel<sup>-1</sup>. Determine também a intensidade instrumental do céu, sabendo que o tempo de integração foi de  $t = 250s$

15) Seja uma imagem CCD com tempo de exposição  $t = 1200s$ . Se a intensidade instrumental do céu é de  $I_{ceu} = 0.1$  ADU pixel<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>, determine o sinal do céu por pixel. Seja agora uma galáxia elíptica de razão axial  $b/a = 0.4$ . Qual o valor do semi-eixo maior da galáxia, se o sinal do céu na região que ela ocupa é  $S_{ceu} = 15000$  ADU?

Resp.:  $B_p = I_{ceu}xt = 120$  pixel<sup>-1</sup>

$$S_{ceu} = B_p \pi a b$$

$$S_{ceu} = B_p \pi a^2 \frac{b}{a}$$

$$a = \sqrt{\frac{S_{ceu}}{B_p \pi b/a}}$$

$$a = \sqrt{\frac{15000}{120 \pi 0.4}} = 99 \text{pixl}$$

16) Seja uma galáxia cujo sinal instrumental gerado numa abertura elíptica de semi-eixo maior  $a = 30$  pixls e razão axial  $b/a = 0.7$  é de  $S_g = 68000$  ADU. Qual o sinal médio da galáxia por pixel? Qual o brilho superficial instrumental médio da galáxia, por pixel, sabendo-se que o tempo de exposição foi de  $t = 720s$ ? Qual o brilho superficial instrumental médio da galáxia, por  $''^{-2}$ , sabendo-se que a escala da imagem é  $0.4''/\text{pixl}$ ?

17) Seja a galáxia do problema anterior. Determine qual a razão S/R média, por pixel, sobre a imagem da galáxia, levando-se em conta apenas o ruído associado ao próprio sinal da galáxia. Qual o tempo de exposição necessário para fazer com que a razão sinal ruído média atinja o valor  $S/R = 100$ .

18) Seja uma estrela cuja PSF é bem descrita por uma função Gaussiana com simetria circular:

$$PSF(R) = PSF(0) e^{-R^2/2\sigma^2},$$

onde a largura da Gaussiana é  $\sigma = 2.5$  pixls.

Determine o raio da abertura que conterá 60% do sinal da estrela. Determine também o raio que contenha 95% do sinal.

19) Ainda com relação à estrela do problema anterior, calcule a correção por abertura, em unidades de magnitude, que precisa ser aplicada à abertura de raio  $R = 4$  pixls para obter-se a magnitude da estrela.

20) Seja uma estrela cujo sinal numa imagem CCD é de  $S_* = 100000$  ADU para um tempo de exposição  $t = 200s$ . O sinal do fundo de céu na mesma abertura usada para a estrela é de  $S_{ceu} = 25000$  ADU. Determine:

a) A razão S/R da estrela, levando em conta os ruídos associados aos sinais da estrela e céu.

b) O tempo de exposição necessário para atingir  $S/R = 1000$ .

21) Seja uma estrela cuja PSF é bem descrita por uma função exponencial com simetria circular:

$$PSF(R) = PSF(0) e^{-R/R_0},$$

onde a escala exponencial é  $R_0 = 2$  pixls.

Determine a fração do fluxo de uma estrela contida dentro do raio  $R = r_0$ .  
Determine ainda a correção em magnitude correspondente a esta abertura.