

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

1) Determine a constringência para uma lente de vidro crown, cujos índices de refração são $\mu_{486nm} = 1.523$, $\mu_{656nm} = 1.514$, $\mu_{589nm} = 1.517$.

2) Seja um telescópio refrator de abertura $D=0.5m$. Determine o fator de redução do efeito de aberração cromática se aumentarmos a sua distância focal de $F=2.5m$ para $F=8.0m$.

Resp.: O efeito de aberração cromática varia com D^2/F . Ou seja, diminui com a distância focal. Logo a redução no caso em testilha é por um fator $8/2.5 = 3.2$.

3) Seja um telescópio refrator de abertura $D=0.20m$ e distância focal $F=2m$. Compare o efeito de aberração cromática deste instrumento com o de um telescópio com mesma distância focal e abertura 4 vezes maior.

4) Qual o fator de redução do efeito de coma quando aumentamos a razão focal de um espelho parabólico por um fator 3?

5) Calcule a amplificação causada por uma ocular de distância focal $f=30mm$ quando usada em um telescópio de distância focal $F=1.5m$.

Resp.: A amplificação de uma imagem ocular é dada pela razão F/f . Ou seja, quanto menor a distância focal da ocular, maior a amplificação produzida por um dado telescópio. No caso em testilha temos $F/f = 50x$.

6) Determine a magnificação produzida por uma ocular de distância focal $f=6mm$ quando usada em um telescópio de de abertura $D = 30cm$ e razão focal $F/D = 8$.

7) Considerando que a magnitude limite de detecção de uma fonte pontual pelo olho humano é $V \simeq 6$ (em uma noite escura), qual a magnitude limite de detecção de um telescópio de $D = 30cm$ de diâmetro para observações com uma ocular? E de um telescópio de $D=10m$? Dados: abertura da pupila humana adaptada à escuridão : $D = 8mm$.

Resp.: Usamos a expressão

$$m_{lim,D} - m_{lim,d} = 5 \log\left(\frac{D}{d}\right)$$

Fazendo $D = 30cm = 300mm$ e $d = 8mm$, temos

$$m_{lim,D} - m_{lim,d} = 5 \log\left(\frac{300}{8}\right) = 7.9$$

$$m_{lim,D} = 13.9$$

Fazendo $D = 10m = 10000mm$ e $d = 8mm$, temos

$$m_{lim,D} - m_{lim,d} = 5 \log\left(\frac{10000}{8}\right) = 15.5$$

$$m_{lim,D} = 21.5$$

8) Qual a abertura mínima de um telescópio para que possamos observar, usando uma ocular, a estrela Proxima Centauri, cuja magnitude aparente visual é $V=11.1$?

9) Determine a abertura mínima de um telescópio para que possamos observar, usando uma ocular, o planeta anão Plutão, cuja magnitude aparente visual é $V=14.1$.

10) O fluxo limite para detecção de uma fonte por um telescópio de abertura D e com um detetor exposto à radiação por um intervalo de tempo t é dado por:

$$F_{lim} = k \frac{1}{D^2 t}$$

onde k é uma constante que depende da sensibilidade do sistema detetor+telescópio à radiação incidente.

Mostre que a expressão para a magnitude limite de detecção, m_{lim} , é:

$$m_{lim} = k' + 5 \log(D) + 2.5 \log(t)$$

onde $k' = -2.5 \log k + ZP$, sendo ZP o ponto zero da escala de magnitudes.

Resp.: Tudo que temos que fazer é usar a definição de magnitude, que é uma representação do fluxo em escala logarítmica:

$$m_{lim} = -2.5 \log F_{lim} = -2.5 \log k + 5 \log D + 2.5 \log t$$

$$m_{lim} = -2.5 \log F_{lim} = k' + 5 \log D + 2.5 \log t$$

11) Usando a expressão para m_{lim} obtida no problema anterior, encontre o valor de k' para o caso de uma placa fotográfica, sabendo que ela é capaz de captar, com um tempo de exposição $t = 4 \text{ min} = 240 \text{ s}$ a mesma quantidade de radiação que olho humano ($D = 8 \text{ mm} = 0.008 \text{ m}$) recebe instantaneamente de uma estrela de magnitude visual $m = 8.5$. Obs: k' vai obviamente depender também da sua escolha de unidades para D e t . Responda esta questão para o caso em que D é expresso em metros e t em segundos.

Resp.: Ora, tudo que temos que fazer é substituir os dados do problema na expressão deduzida na questão anterior: $t = 240 \text{ s}$, $D = 8 \text{ mm} = 0.008 \text{ m}$ e $m_{lim} = 8.5$. Assim:

$$k' = m_{lim} - 5 \log D - 2.5 \log t$$

$$k' = 8.5 - 5 \log 0.008 - 2.5 \log 240 = 13.0$$

12) Determine a magnitude limite de detecção de uma fonte pontual imageada por um telescópio de abertura $D = 1m$, utilizando como detetor uma placa fotográfica, e com um tempo de exposição $t = 15min$.

13) Determine a magnitude limite de detecção de uma fonte pontual imageada por um telescópio de abertura $D = 3m$, utilizando como detetor uma placa fotográfica, e com um tempo de exposição $t = 15min$.

14) Qual o limite de difração de um telescópio de $D=10m$ de diâmetro no domínio ótico ($\lambda = 5000\text{Å}$)? E de um radiotelescópio com $D=300m$ para a linha de $21cm$ de HI?

15) Prove que o limite de difração de um telescópio de diâmetro D no comprimento de onda λ pode ser expresso como:

$$\theta_a(\prime\prime) = 0.25 \frac{\lambda(\mu m)}{D(m)}$$

16) O VLA (<http://www.aoc.nrao.edu/vla/html/VLAhome.shtml>) é um conjunto de 27 antenas de rádio que podem distribuir-se numa extensão de até 36km pelo deserto do Novo México (USA). Cada antena possui um diâmetro de 25m. Os receptores disponíveis no VLA cobrem a faixa de $0.7cm < \lambda < 4m$ de domínio espectral.

a) Calcule a resolução angular máxima e mínima de uma única antena do VLA.

Resp.: No rádio, a resolução é dada pelo limite de difração .

$$\theta_{min} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

Usando uma única antena, $D = 25m$. O menor valor de θ_{min} (resolução máxima) ocorre para o menor comprimento de onda observável, $\lambda = 0.7cm = 7 \cdot 10^{-3}m$.

Máxima: $\theta_{min} = 1.22 \times 7 \cdot 10^{-3} / 25 = 3.4 \cdot 10^{-4}rad = 70\prime\prime$

Mínima: $\theta_{min} = 1.22 \times 4 / 25 = 0.20rad = 11.2^\circ$

b) Calcule a resolução angular máxima e mínima do VLA quando na sua configuração A, quando a separação máxima entre as antenas é de 36km.

Resp.:

Máxima: $\theta_{min} = 1.22 \times 7 \cdot 10^{-3} / 36000 = 2.4 \cdot 10^{-7}rad = 0.05\prime\prime$

Mínima: $\theta_{min} = 1.22 \times 4 / 36000 = 1.3 \cdot 10^{-4}rad = 28\prime\prime$

c) Esta resolução angular sofre variações devidas à atmosfera? Por quê?

Resp.:

Imagens em rádio sofrem com o efeito de cintilação , ou seja, o fluxo recebido pelo detetor varia um pouco com o tempo, mas esse efeitos degrada muito pouco a resolução .

17) Determine a amplificação causada por uma ocular de distância focal $f=30mm$ em um telescópio de distância focal $F=1.8m$. Qual o tamanho da pupila do instrumento neste caso, considerando-se que o telescópio tem uma abertura $D=15cm$?

Resp.: Amplificação : $M = F/f = 60X$. Pupila: $E = D/M = 2.5mm$

18) Qual a amplificação mínima necessária para fazer com que toda a luz coletada pelo telescópio do problema anterior seja captada pelo olho humano (diâmetro da pupila humana $d=8mm$)?

Resp.: Quanto maior a magnificação usada, menor será a pupila E , que é o tamanho do feixe de saída produzido pelo sistema telescópio e ocular. Para que não haja perda de luz ao se colocar o olho numa ocular, é então necessário que $E \leq d = 8mm$. Logo:

$$E \leq d \rightarrow \frac{D}{M} \leq d$$

$$M \geq \frac{D}{d} = \frac{15}{0.8} = 18.75$$

19) Calcule a magnificação mínima necessária para fazer com que toda a luz captada pelo telescópio de $D=5m$ de Monte Palomar seja recebida pelo olho humano adaptado à escuridão ($d=8mm$). Usando essa amplificação mínima, compare o tamanho angular da imagem de uma fonte pontual com $1''$ de diâmetro (devido ao seeing atmosférico) com o limite de resolução do olho humano ($\theta_o \simeq 50''$). Obs.: problema baseado no ex. 2.2 do livro *Observational Astrophysics* de R. Smith.

Resp.: Usando a mesma expressão do problema anterior:

$$M \geq \frac{D}{d} = \frac{500}{0.8} = 625$$

Assim sendo, um objeto que no céu tem $1''$ (típico de uma fonte pontual no óptico), produzirá uma imagem de $625''$ ao sair da ocular que gera a amplificação obtida. Como o limite de resolução do olho é muito menor, isso significa que o objeto aparecerá ao olho como um *borrão* fosco. Para mantê-lo como uma imagem bem definida, a amplificação teria que ser menor, de umas $50X$. Mas, nesse caso o feixe de saída teria um tamanho muito maior do que pupila humana. Ou seja, apenas uma pequena fração da luz da fonte efetivamente entraria no sistema ocular e sensibilizaria a retina. Fica então demonstrada a impossibilidade de se fazer observações oculares úteis com um telescópio de grande abertura.

20) Descreva os efeitos de aberração cromática, aberração esférica e coma, discutindo em que tipo de sistemas óticos essas aberrações ocorrem e quais as soluções para elas.