



# Lista de Telescópios e Detectores

## Curso NOIC de Astronomia

Aqui temos uma coletânea de exercícios abrangendo muitas ideias diferentes. Os primeiros problemas são geralmente mais elementares, mas não necessariamente fáceis.

Encontrou sugestões, dúvidas ou correções? Mande para [fabrizio.pmo@gmail.com](mailto:fabrizio.pmo@gmail.com)

### 1) Telescópio no Infravermelho (Adaptado - Introductory Astronomy and Astrophysics, Zeilik)

Um telescópio tem uma temperatura de aproximadamente 300 K. Porque isto é um problema para realizar observações no infravermelho?

### 2) Cidade Noturna (Adaptado - *Астрономические задачи с решениями*, Сурдин В. Г.)

Uma lâmpada de rua comum é visível a uma distância de 20 km. É possível ao olho nu observar a iluminação noturna de uma cidade na Terra, se 100 mil lâmpadas forem acesas à noite? E se o observador lunar tiver um telescópio com um diâmetro de 60 cm, ele notará a cidade à noite?

### 3) Cabeça de Raul

Em uma noite de inverno, você e seus amigos estão observando a Lua com um telescópio Newtoniano  $f/6$ . Raul, por curiosidade, coloca sua cabeça na frente do tubo do telescópio. Sabendo que a abertura do telescópio usado era de 300 mm, como a imagem da Lua vista por você será alterada?

### 4) Coroa Solar (Adaptado - *Сборник задач и практических упражнений по астрономии*, Воронцов-Вельяминов Б.А.)

Os raios da coroa solar, vistos durante um eclipse total do Sol, se estendem de 2 a 3 raios solares acima do limbo solar. Usando um aparato de comprimento focal de 150 cm, qual o tamanho do detector necessário para capturar estes raios?

### 5) Magnificação

Prove que a magnificação angular de um telescópio óptico é dado pela razão entre o comprimento focal da objetiva e comprimento focal da ocular.



## 6) (Adaptado – Fundamental Astronomy, Karttunen)

M42 foi fotografado com um telescópio, cuja objetiva tinha 200 mm de diâmetro e comprimento focal de 1500 mm. O tempo de exposição foi de 100 s.

(a) Qual deveria ser o tempo de exposição para obter uma imagem com o mesmo brilho superficial “fotográfico”, se o diâmetro da objetiva fosse 150 mm e o comprimento focal fosse 2000 mm? Assuma que a mesma ocular foi utilizada.

(b) Qual é o tamanho físico da imagem nos dois casos?

(c) A ocular utilizada durante as observações tinha um comprimento focal de 25 mm. Quais são as magnificações?

## 7) ELT (USAAAO 2016)

Qual é a distância máxima na qual o E-ELT (com um espelho primário de 39,3 m de diâmetro) pode detectar um planeta semelhante à Terra em torno de uma estrela semelhante ao Sol na banda L (3-4  $\mu\text{m}$ )?

## 8) Estrelas Vizinhas (MOIII 2018-2019)

Duas estrelas vizinhas no céu, quando observadas a olho nu, têm a mesma magnitude aparente de 6<sup>m</sup>. Mas quando elas são observadas com grandes binóculos, a primeira estrela parece mais brilhante que a segunda. Qual estrela tem a temperatura mais alta? Despreze os efeitos de absorção interestelar e atmosférica.

## 9) Buraco Negro em M87 (IOAA 2019)

A primeira imagem de um buraco negro foi construída recentemente pela equipe internacional do Event Horizon Telescope (EHT). A área da imagem envolve o buraco negro supermassivo no centro da galáxia M87. As observações resultantes na imagem final foram realizadas no comprimento de onda  $\lambda = 1.3$  mm, onde a extinção interestelar não é proibitivamente grande.

(a) Qual seria o tamanho de um instrumento para resolver a sombra (raio de captura de fótons, que é três vezes o tamanho do horizonte de eventos) de um buraco negro supermassivo no centro de uma galáxia? Expresse o resultado em função da distância  $d$  e da massa  $M$  do buraco negro.

(b) Dê o tamanho do instrumento em unidades de raios terrestres para:



**(i)** O buraco negro supermassivo no centro de M87;  
( $d_{BH-M87} = 5.5 \times 10^7$  anos-luz;  $M_{BH-M87} = 6.5 \times 10^9 M_{\odot}$ )

**(ii)** Sgr A\*, o buraco negro supermassivo no centro de nossa galáxia, Via Láctea;  
( $d_{Sgr A^*} = 8.3$  kpc;  $M_{Sgr A^*} = 3.6 \times 10^6 M_{\odot}$ )

**(c)** Que tipo de tecnologia é necessária para o desenvolvimento desse instrumento?

- (A) Lentes gravitacionais por matéria escura.
- (B) Interferometria de radiotelescópios
- (C) Desaceleração de fótons em um ambiente denso
- (D) Redução do efeito da distorção das frentes de onda incidentes.
- (E) Focalização de neutrinos por meio de fortes campos eletromagnéticos

### **10) Bamboleio da Terra (IOAA 2012)**

Qual o diâmetro mínimo de um telescópio que observa nas bandas visível e ultravioleta próximo e está localizado em um dos pontos de Lagrange (L4 ou L5) do sistema Terra-Sol, para que ele seja capaz de detectar o movimento de bamboleio da Terra relativo ao plano da eclíptica causado pela ação gravitacional da Lua?

### **11) Aberração Esférica**

Prove que, para um espelho esférico côncavo, raios de luz paralelos ao eixo óptico não são focalizados em um único ponto. Mostre também, que se um pedaço suficientemente pequeno do espelho for utilizado, o comprimento focal do espelho será aproximadamente metade do seu raio de curvatura.

### **12) Espelhos e Antenas Parabólicas (Perguntas de la Olimpiada Nacional de Astronomía en México, INAOE)**

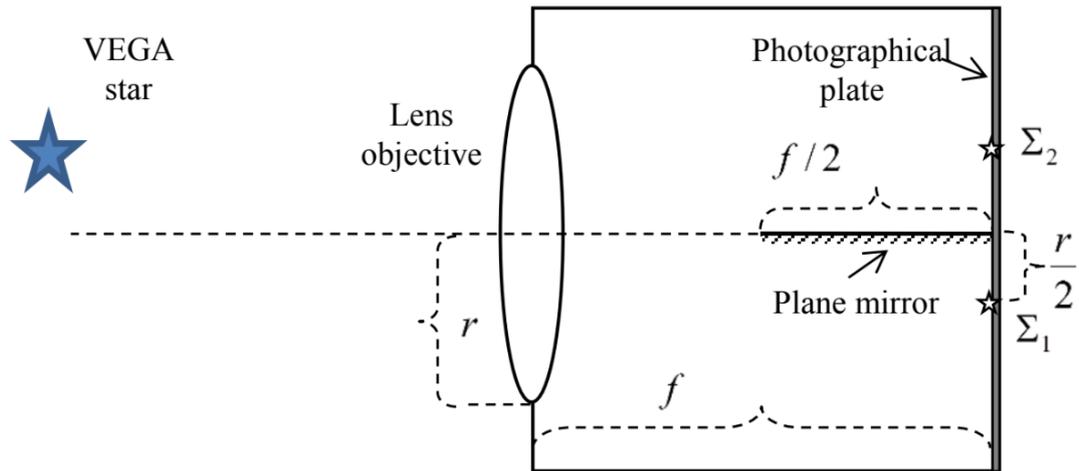
Suponha que uma onda plana incida paralelamente ao eixo de um paraboloide de revolução. Também vamos assumir que a onda é refletida pela superfície côncava do paraboloide. Mostre que os raios da referida onda convergem em fase no foco da parábola.

### **13) Astrofotógrafo Amador (MOIII 2019-2020)**

Um astrofotógrafo amador, fazendo observações com um telescópio caseiro e uma ocular composta de uma única lente, decidiu tentar tirar uma foto do que ele viu com uma câmera de celular. A que distancia da lente da ocular ele deve posicionar seu celular? O comprimento focal da objetiva é de 1.5 m, e o telescópio do astrônomo produz uma magnificação de 50 vezes.

### **14) Vega no espelho (IOAA 2014)**

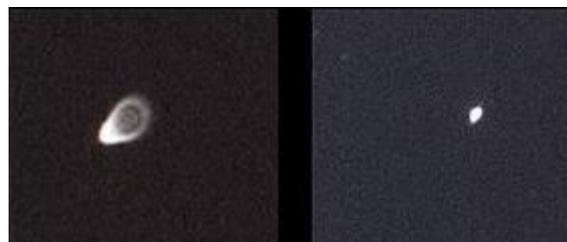
Dentro de uma câmera, um espelho plano é colocado ao longo do eixo óptico da objetiva (como mostrado na figura). O comprimento do espelho é metade da distância focal da objetiva. Uma placa fotográfica é colocada no plano focal da câmera. Duas imagens com brilho diferente são capturadas na placa fotográfica (como mostrado na figura). A estrela Vega não está no eixo óptico da lente. A distância entre o eixo óptico e a imagem  $\Sigma$  é  $\frac{r}{2}$ . Encontre a diferença entre as magnitudes aparentes “fotográficas” das duas imagens da estrela Vega.



Figure

### 15) Coma As You Are (Adaptado – Crédito: G. Djorgovski, Caltech)

Por mais que raios incidindo paralelamente ao eixo óptico de um parabolóide de revolução sejam focalizados em um único ponto, isto não é válido caso os raios incidam na superfície refletora fazendo um ângulo  $\theta$  com o eixo óptico. Isto gera uma distorção na imagem chamada de coma, pois as imagens das estrelas se assemelham a de cometas (ver figura abaixo). Quanto maior for  $\theta$ , maior este efeito será.



O telescópio Hale de 200 polegadas (5m) no Palomar Observatory possui uma razão focal em foco primário de  $f/3.5$ . A superfície cônica do espelho primário do P200 é um parabolóide (o melhor que alguém poderia fazer 70-80 anos atrás). O espelho produz boas imagens perto do seu eixo focal, mas a qualidade da imagem é degradada rapidamente com o aumento do campo de visão, devido primeiramente à coma. No geral, para um espelho parabólico de razão focal  $F$  e diâmetro  $D$ , o tamanho físico da coma a uma



distancia  $h$  do eixo principal (no plano focal) é dada por  $C \approx 3h/(16F^2)$ . Em condições de seeing típicas, qual é o tamanho angular do campo de visão do foco primário do P200 que pode ser usado antes que a coma comece a causar degradação significativa das imagens? Apresente qualquer suposição realizada na resolução.

## Tabela de Constantes

### O Sol

Massa	$M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
Raio	$R_{\odot} = 6,96 \times 10^8 \text{ m}$
Luminosidade	$L_{\odot} = 3,83 \times 10^{26} \text{ W}$
Magnitude absoluta visual	$M_{V_{\odot}} = 4,82$
Magnitude aparente visual	$m_{\odot} = -26,72$
Temperatura Superficial	$T_{\odot} = 5778 \text{ K}$
Velocidade orbital na Galáxia	$v_{\odot} = 220 \text{ km s}^{-1}$
Distância até o centro galáctico	$d_{\odot_{GC}} = 8,5 \text{ kpc}$

### A Lua

Massa	$M_L = 7,44 \times 10^{22} \text{ kg}$
Raio	$R_L = 1,74 \times 10^6 \text{ m}$
Distância Terra-Lua	$d_L = 3,78 \times 10^8 \text{ m}$
Período sinódico	$P_{SL} = 29,5306 \text{ dias}$
Albedo	$\alpha_L = 0,14$
Inclinação orbital em relação à Eclíptica	$\epsilon_L = 5,14^\circ$

### Constantes físicas

1 Unidade Astronômica (U.A.)	$1,496 \times 10^{11} \text{ m}$
1 Parsec (pc)	$3,0856 \times 10^{16} \text{ m}$
Constante gravitacional	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Constante de Planck	$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Constante de Boltzmann	$k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Constante de Stefan-Boltzmann	$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
Constante de Hubble	$H_o = 70,0 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$
Velocidade da luz no vácuo	$c = 2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Permeabilidade magnética do vácuo	$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$
1 Jansky (Jy)	$10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$
Constante de Wien	$k = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m K}$
Massa do elétron	$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Massa do próton	$m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Comprimento de Repouso da Linha H- $\alpha$	$\lambda_{H\alpha} = 6562,8 \text{ \AA}$