



Laboratório de Óptica Técnica I

TELESCÓPIO

Bancada: _____

Matrícula										Nome Completo	Nota	

Objetivo:

Montagem do telescópio terrestre e determinação do aumento do telescópio montado de duas formas: através da relação entre as imagens formadas na retina de um olho preparado, e através do método matricial.

Introdução:

Os telescópios são instrumentos ópticos de observação, pois formam uma imagem virtual final do objeto sob maior ângulo visual e são destinados à observação de objetos distantes.

Entre esses instrumentos, chamamos de telescópios refratores àqueles que apresentam um sistema óptico formado por lentes e de telescópios refletores aos que apresentam um espelho côncavo como objetiva.

Os telescópios são constituídos, basicamente, de uma objetiva que fornece uma imagem real de um objeto localizado a grandes distâncias para uma ocular que fornece uma imagem virtual ao observador.

Telescópios Refratores e Refletores

Alguns tipos de telescópios refratores:

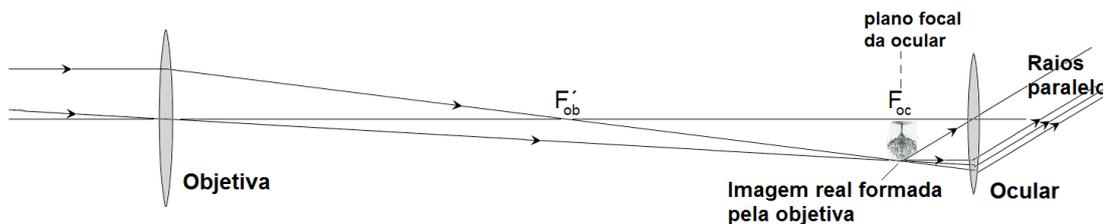
- Telescópio astronômico de Kepler
- Telescópio terrestre
- Telescópio de Galileu

Alguns tipos de telescópios refletores:

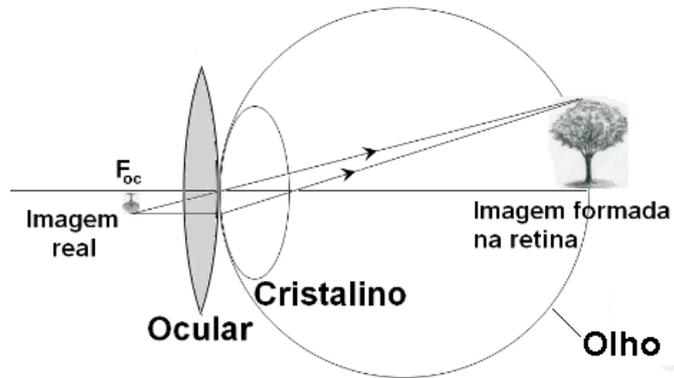
- Telescópio Newtoniano
- Telescópio Gregoriano
- Telescópio de Cassegrain

Teoria

Telescópio kepleriano – como já indica o prefixo grego “tele”, este instrumento se aplica a observar imagens de objetos distantes. O telescópio é formado basicamente por uma lente objetiva e uma lente ocular. As lentes são posicionadas de maneira que a imagem real formada pela objetiva situa-se no plano focal dianteiro da ocular, como mostra o esquema básico do conjunto mostrado na figura 1a. Por este motivo, os raios oriundos de cada ponto desta imagem real emergem da ocular propagando-se paralelamente entre si. Quando o olho é posicionado logo atrás da ocular, o cristalino converge estes raios paralelos na retina. A figura 1b mostra o que ocorre quando um observador aproxima seu olho da lente ocular: admitindo-se, como hipótese simplificadora, que a distância entre o cristalino e a ocular é nula, a imagem formada na retina do observador é direta, o que leva à conclusão de que o observador que observa o objeto através do telescópio vê a sua imagem de cabeça para baixo.



(a)



(b)

Figura 1. a – Caminho dos raios propagando-se propagando-se pelas lentes objetiva e ocular; b– caminho dos raios entre a imagen real antes da ocular e a imagem projetada na retina.

O que se convencionou popularmente chamar de aumento do telescópio é definido pela razão entre o tamanho h'' da imagem formada na retina pelo olho através do instrumento óptico e o tamanho h' da imagem formada na retina pelo olho nu, chamada também de magnificação:

$$M_{ret} = \frac{h''}{h'} \quad (1)$$

Uma relação equivalente à da equação (1) é a razão entre o ângulo de observação α' de um objeto através do sistema óptico e o ângulo de observação α do mesmo objeto a olho nu, chamada de magnificação angular:

$$M = \frac{\alpha'}{\alpha} \quad (2)$$

A magnificação angular do telescópio pode ser facilmente obtida pelo método matricial. Para usarmos a equação (2), consideremos antes a situação típica em que a distância entre o objeto observado e o telescópio seja muito maior que a abertura da objetiva. Por exemplo, em telescópios usados em astronomia, a distância entre o astro observado e o telescópio é infinitamente maior que o diâmetro dos espelhos dos maiores telescópios em construção hoje em dia (da ordem de dezenas de metros). Assim, é

plenamente razoável considerar a aproximação na qual todos os raios oriundos do objeto que atingem a lente são paralelos. Por este mesmo motivo, é igualmente aceitável considerar que os raios provenientes de um ponto do objeto atingem o telescópio e o olho nu sob o mesmo ângulo α , como mostrado na figura 4: a distância x entre o objeto e a lente objetiva é muito maior que a distância L entre as lentes objetiva e ocular, de modo que, se o objeto tem altura h , o ângulo de entrada no olho em radianos é $\alpha = h/x$ (figura 2a) muito próximo do ângulo $h/(x-L)$ (figura 2b) de entrada no telescópio.

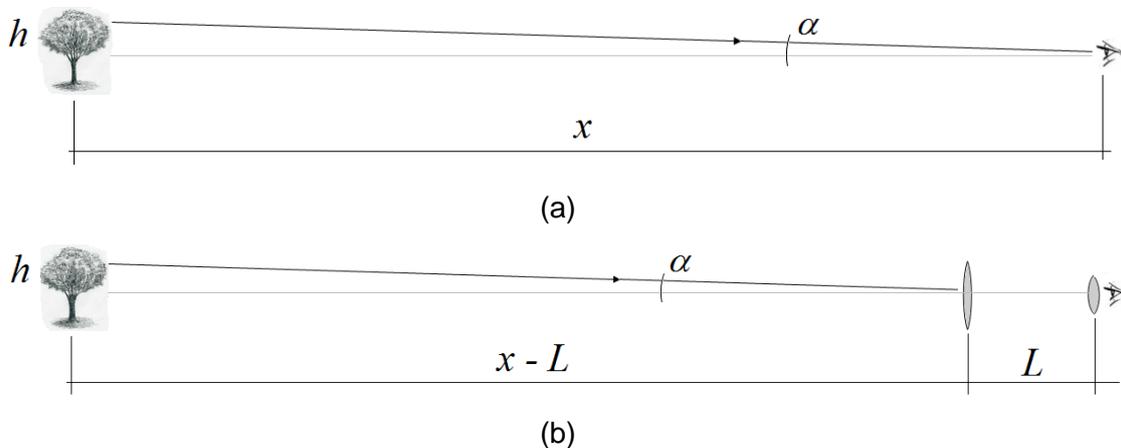


Figura 2. a – ângulo de entrada no olho nu e b - ângulo de entrada no olho por meio do telescópio

A matriz que descreve a passagem de raios paraxiais por uma lente delgada de comprimento focal f é $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f & 1 \end{bmatrix}$. Desta forma, a matriz do telescópio composto de uma lente objetiva de comprimento focal f_{ob} , uma lente ocular de comprimento focal f_{oc} , ambas consideradas delgadas, e um espaço livre L entre ambas terá os elementos abaixo:

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = M_{ocular} \times M_L \times M_{objetiva} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_{oc} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & L \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_{ob} & 1 \end{bmatrix},$$

de onde se obtêm os elementos de matriz

$$a = 1 - L/f_{ob} \quad (3a)$$

$$b = L \quad (3b)$$

$$c = -1/f_{ob} - 1/f_{oc} + L/(f_{ob}f_{oc}) \quad (3c)$$

$$d = 1 - L/f_{oc} \quad (3d)$$

A relação entre os valores de altura e ângulo dos raios que emergem e que incidem no telescópio será:

(4a)

$$y' = ay + b\alpha = (1 - L/f_{ob})y + L\alpha$$

(4b)

$$\alpha' = cy + d\alpha = [-1/f_{ob} - 1/f_{oc} + L/(f_{ob}f_{oc})]y + (1 - L/f_{oc})\alpha$$

A magnificação angular é dada pela razão α'_{tel}/α , de modo que o raio mais conveniente para determiná-la através da equação (4b) é aquele para o qual $y=0$, mostrado na figura 3. Desta maneira, a relação $\alpha' = cy + d\alpha$ toma a forma

$$\alpha'_{tel} = d\alpha \Rightarrow d = \frac{\alpha'_{tel}}{\alpha} \quad (5)$$

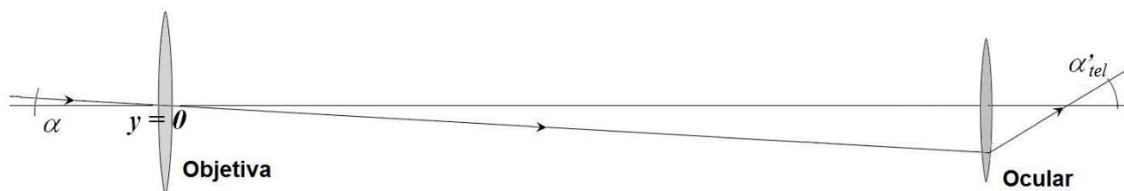


Figura 3. Percurso do raio que atinge o telescópio em $y = 0$.

Comparando-se as equações (3d) e (5), conclui-se que a magnificação angular do telescópio é igual ao elemento d da sua matriz:

$$M_{tel} = \frac{\alpha'_{tel}}{\alpha} = d = 1 - \frac{L}{f_{oc}} \quad (6)$$

Materiais Utilizados:

Lista de Material:

- 1 – banco ótico.
- 6 – Cavaleiros.
- 1 – Fonte formada por 3 LEDs.
- 1 – anteparo de madeira.
- 3 – lentes convergentes: +50, +100 e +150mm.
- 1 – trena.
- 1 – régua.

1 – fenda em forma de diafragma íris.

Procedimento Experimental:

1) Montagem do olho: o olho preparado no laboratório constitui-se de uma lente positiva de comprimento focal 150 mm (cristalino) e um anteparo de madeira (retina) a 180 mm do cristalino, e corresponde à configuração de um olho hipotético relaxado, para visão de longe.

2) Posiciona-se o objeto (3 LEDs) de maneira que fiquem à maior distância possível do olho nu, até que a imagem de objeto se forme na retina. Medir o tamanho h' da imagem na retina feita a olho nu com o auxílio de uma régua milimetrada ou paquímetro;

3) Montagem do telescópio: com o cavaleiro, aproxima-se a lente de comprimento focal 50 mm (ocular do microscópio) do cristalino até que a distância entre ambos seja a menor possível;

4) No mesmo eixo óptico, com o auxílio do cavaleiro, posiciona-se a objetiva, até que a imagem do objeto seja formada na retina; medir o tamanho h'' da imagem na retina com olho vestido com o auxílio de uma régua milimetrada;

5) Medir a distância L entre a objetiva e a ocular

6) Calcular a magnificação pela equação (1): $M_{ret} = \frac{h''}{h'}$;

7) Calcular a magnificação pela equação (6), $M_{teo} = 1 - L/f_{oc}$. onde f_{oc} é o comprimento focal da ocular.

A figura 4 abaixo mostra o arranjo experimental para podermos montar esse modelo de telescópio.

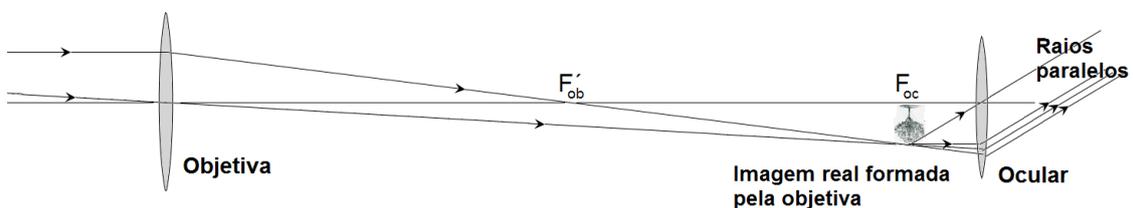


Fig. 4 – Montagem experimental para Telescópio astronômico de Kepler.

8) Substitua a ocular por uma lente divergente de comprimento focal - 100 mm e repita as operações dos itens 4 a 7.



Cálculos:

- 1) Calcular a magnificação M_{exp} ;
- 2) Calcular a magnificação M_{teo} .
- 3) Comparar os resultados dos itens 1 e 2 pelo desvio percentual

$$\delta(\%) = \frac{|M_{TEO} - M_{EXP}|}{M_{TEO}} \times 100\%$$

- 4) Faça o traçado de raios do telescópio com a ocular divergente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS