

Relatório F 709

Tópicos de Ensino de Física II



Telescópio Refrator: Luneta de Galileu

2º Semestre de 2019

Nome do aluno: Anderson Rodrigues Cinti RA:119079

E-mail do aluno : a119079@dac.unicamp.br

Nome do Orientador: Diego Muraca

E-mail do Orientador: email



Aluno: Anderson Rodrigues Cinti
E-mail : a119079@dac.unicamp.br

História

Não se sabe ao certo quem inventou o telescópio. Lentes rudimentares escavadas na ilha de Creta datam de 2000 a.C. Lentes e óculos já eram usados desde cerca de 1350; em 1451, o bispo e matemático alemão Nicolás de Cusa (1401-1464) inventou o monóculo com lente convexa, e em 1590 o holandês Zacharias Janssen inventou o microscópio. A maioria dos historiadores aceita que o primeiro telescópio foi construído pelo holandês Hans Lippershey (1570-1619), em 1608, na cidade de Middelburg, em Zeeland, Holanda. Galileu Galilei (1564-1642) soube desse instrumento em 1609 e, em 1610, sem ter visto o telescópio de Lippershey, construiu o seu próprio, com aumento de 3 vezes. Em seguida, ele construiu outros instrumentos, sendo o melhor deles, com 30 vezes de aumento. [4]

Se por um lado Galileu não inventou o telescópio, por outro, pode-se dizer que ele foi o primeiro a utilizá-lo para estudar o céu cientificamente, a partir do final de 1609. Galileu começou suas observações telescópicas em 1610, usando um telescópio construído por ele mesmo. Galileu fez uma série de observações da Lua descobrindo que há montanhas nela. Ele se deu conta da necessidade de fixar a luneta, ou telescópio, como se chamaria mais tarde, para permitir que a posição dos astros e corpos celestes fossem registradas com exatidão. Em janeiro de 1610, Galileu, descobre os satélites de Júpiter, publicando, em latim, em 12 de março de 1610 o *Siderius Nuncius* (Mensagem Celeste). Essa descoberta prova que, contrariamente à teoria geocêntrica de Aristóteles, existem corpos celestes que circundam outro corpo que não a Terra.

O telescópio de Galileu, construído em 1609-1610, era composto de uma lente convexa e uma lente côncava. Johannes Kepler (1571-1630), no seu livro *Dioptrice* publicado em 1611, explicou que seria melhor construir um telescópio com duas lentes convexas, como se usa atualmente. Em 1668, Isaac Newton (1643-1727) construiu um telescópio refletor (catóptrico, do grego kátoptron, espelho), usado atualmente em todos os observatórios profissionais, com um espelho curvo (parabolóide ou hiperbolóide) em vez de uma lente, usada nos telescópios refratores (dióptrico) de Galileu e Kepler.'

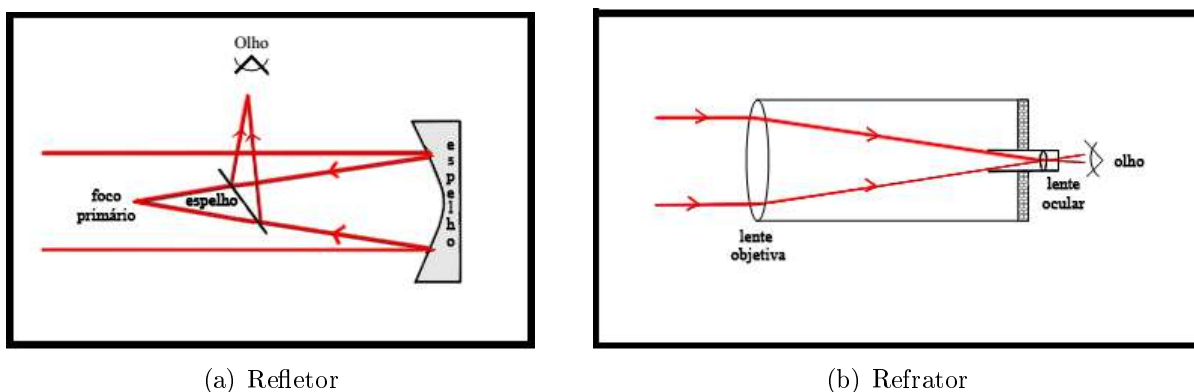


Figura 1: Tipos de telescópios

Newton colocou um espelho plano no tubo, a 45° , refletindo a imagem para uma ocular colocada no lado. A ocular é uma lente magnificadora colocada no foco do telescópio e usada para olhar a imagem. O telescópio de Newton gerava imagens nove vezes maior do que um refrator quatro vezes mais longo. [4]

Objetivo:

Meu objetivo com a construção do telescópio é poder enxergar a Lua utilizando uma luneta construída com materiais de baixo custo. Esta luneta será o ponto de partida para uma longa jornada atrás de vislumbrar o céu com um simples instrumento ótico.

Telescópio:

Um telescópio é usado para enxergar objetos que estão muito distantes e são geralmente muito grandes. O telescópio funciona criando uma imagem real do objeto a uma distância muito menor do que onde realmente está o objeto. O telescópio astronômico, ilustrado esquematicamente na figura(2), consiste em duas lentes convergentes - uma lente objetiva que forma uma imagem real e invertida, e uma ocular que é usada como lupa simples para enxergar a imagem. Devido ao uso destas lentes este telescópio também é conhecido como telescópio de refração ou refrator. Muitos telescópios usam espelhos curvos e não uma lente como objetiva. [3,5]

Como os objetos observados estão muito distantes, a primeira imagem **I** é formada no segundo ponto focal da lente objetiva, F'_1 . A imagem formada pela objetiva é muito menor que o tamanho real do objeto (pois a distância-objeto é muito maior que a distância focal da objetiva) e está localizada em f_1 , que é a distância focal da objetiva. Por exemplo, se olharmos para a Lua, a imagem formada pela lente objetiva é muito menor que o tamanho da Lua. A função da lente objetiva não é ampliar o objeto, mas produzir uma imagem que esteja próxima o suficiente de nós para que seja possível ampliá-la pela ocular que atua como uma lupa simples. A ocular é colocada a uma distância f_2 da imagem, onde f_2 é a distância focal da ocular, logo a imagem final pode ser vista no infinito (para ser vista com a máxima comodidade por um olho normal), devendo estar no primeiro ponto focal da ocular, F_2 . Como a imagem está no segundo ponto focal da lente objetiva e no primeiro ponto focal da ocular, a lente objetiva e a ocular devem estar separadas pela soma das distâncias focais da objetiva e da ocular, $f_1 + f_2$.

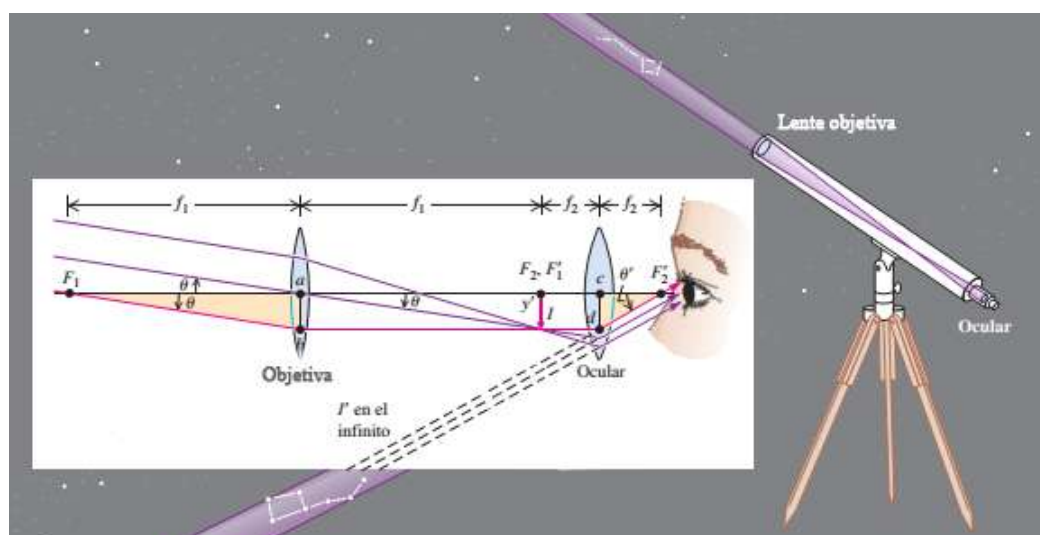


Figura 2: Diagrama esquemático de um telescópio astronômico. A lente objetiva forma uma imagem real e invertida **I** do objeto distante em seu segundo ponto focal, F'_1 , o qual é também o primeiro ponto focal F_1 da ocular. A lente ocular usa essa imagem como objeto para formar uma imagem virtual aumentada **I'** no infinito, a qual permanece invertida.

O poder de ampliação do telescópio é a ampliação angular θ'/θ , onde θ' é o ângulo subtendido pela imagem virtual formada pela ocular quando observado através da ocular, e θ é o ângulo

subentendido pelo objeto quando observado diretamente a olho nu. O ângulo θ é o mesmo subentendido pelo objeto na objetiva mostrada na figura 2. (A distância de um objeto distante, como a Lua, para a lente objetiva é essencialmente a mesma que a distância até o olho). Desta, figura podemos ver que,

$$\tan \theta = -\frac{y'}{f_1} \approx \theta \quad (1)$$

onde usamos a aproximação para pequenos ângulos $\tan \theta \approx \theta$. O ângulo θ' na figura é o subentendido pela imagem no infinito formada pela ocular:

$$\tan \theta' = \frac{y'}{f_2} \approx \theta' \quad (2)$$

Como y' é negativo, θ' é negativo, indicando que a imagem está invertida. O poder de ampliação do telescópio é então dado pela razão entre a distância focal da objetiva e a distância focal da ocular

$$\text{aumento } (M) = \frac{\text{distância focal da objetiva } (f_1)}{\text{distância focal da ocular } (f_2)} \Rightarrow M = \frac{\theta'}{\theta} = -\frac{f_1}{f_2} \quad (3)$$

O aumento não é uma propriedade do telescópio, mas da ocular, a lente colocada na extremidade junto ao olho. Na verdade, a ocular é um conjunto de lentes. Da equação (3) podemos ver que um grande poder de ampliação é obtido com uma lente objetiva de grande distância focal e com uma ocular de pequena distância focal. Entretanto, a sensibilidade de um telescópio aumenta com o tamanho da sua área coletora, ou seja, com o diâmetro da objetiva de modo que dobrando seu tamanho podemos detectar objetos com intensidade de luz 4 vez menor.

Afim de poder alterar o aumento do telescópio, podemos usar oculares com diferentes distâncias focais. Por exemplo, se um telescópio têm 10 cm de diâmetro e razão focal $f/9$, ele terá uma distância focal de 90 cm, onde (f/M) é a razão focal em que M é dado pela equação (3) e f é a distância focal da ocular. Se a ocular tem distância focal de 5 cm, seu aumento seria de $\frac{90}{5} = 18$ vezes. E se trocarmos a ocular por outra de 2 cm de distância focal, o aumento passa a ser de 45 vezes.

O melhor aumento para um telescópio ou binóculo é aquela que produz uma imagem de diâmetro da ordem de 5 mm, que é o tamanho médio da pupila de uma pessoa normal, após a adaptação ao escuro. O tamanho dessa imagem (pupila de saída) é dada dividindo-se a abertura do telescópio (lente de entrada no caso de refrator ou binóculo, e espelho primário no caso de refletor) pelo aumento. Por exemplo, um telescópio de 10 cm (100 mm) de diâmetro, com uma ocular com 50X de aumento, produzirá uma imagem total de 2 mm. Com um aumento de 20X, produzirá uma imagem de 5 mm e, portanto, utilizará uma área maior da retina para a imagem, produzindo uma imagem melhor. O aumento de 20X é a mínima necessária para distinguir os anéis de Saturno, o que indica que uma imagem de 1 mm é produzida por um telescópio ou binóculo de 20 mm de diâmetro. Note que, se a imagem for maior do que 5 mm, para uma pessoa com dilatação máxima da pupila de 5 mm, a luz estará caindo fora do olho e, portanto, não será detectada.

Os telescópios pequenos, por receberem pouca luz, apresentam imagens acinzentadas, com difícil distinção de cores, exceto para os planetas mais brilhantes. Outra grande dificuldade de usar um telescópio é a de encontrar os objetos celestes, que são pequenos, no céu imenso. É preciso aprender antes a usar cartas celestes e a localizar as constelações no céu a olho nu.

Os telescópios na Terra podem enxergar objetos da ordem de 1 segundo de arco ou maiores (1 segundo de arco corresponde a uma moeda de 25 centavos a 50 km de distância!). Com ótica ativa, que modifica rapidamente a forma dos espelhos para compensar a variação causada pela atmosfera da Terra, esse limite está decrescendo para aproximadamente 0,3 segundos de arco. [4]

MONTAGEM [1, 2]

Nesta seção será apresentado o passo a passo da montagem da luneta. Será apresentado também os materiais utilizados e a ordem da montagem a ser seguidos. Esta seção está separada em: materiais para luneta, suporte e tripé.

Materiais para a estrutura da luneta:

Os canos utilizados foram de PVC.

- 1 Lente objetiva de 50 mm de diâmetro
- 1 Lente ocular 32 mm (monóculo)
- 1 Cano pvc 40 mm (cano para esgoto/ cano branco)
- 1 Cano pvc 50 mm (cano para esgoto/ cano branco)
- 1 Bucha de redução de 40 mm p/ 32 mm
- 1 Luva de 40 mm
- 2 Luva de 50 mm
- 2 Cap de 50 mm

Materiais para a acabamento:

- Fita crepe
- Fita dupla face
- Cartolina preta
- Tinta spray preta fosca.
- Lixa 220

Materiais para suporte:

- 2 L de prateleira de 90°
- 3 Conjuntos (parafuso + 2 arruela + porca borboleta)
- 3,6 Metros de cano 3/4 de água (cano marrom) cortados em 3 partes de 1,20m cada.
- 1,5 Metros de cano 3/4 de água (cano marrom) cortados em 3 partes de 0,50m cada.
- 3 Luvas 3/4
- 1 Garrafa pet de 1,5 L ou 2 L

Preparo:

Preparo da luneta:

1. Cortar o cano de 40 mm no tamanho de 40 cm de comprimento.
2. Cortar o cano de 50 mm em 3 comprimentos diferentes: 7cm, 12cm e 40cm.
3. Lixar tudo e pintar a parte exterior e interior dos canos com o Spray da cor preto fosco.



(a) Canos



(b) Spray. Preto fosco

Figura 3: Materiais utilizados

4. Em uma das extremidades interna do cano pvc de 50mm colocar camadas fita dupla face de forma a fazer uma "barreira". No meu caso, necessitei colocar uma camada de papelão para que eu alcançasse a espessura desejada.



(a) Vista superior do cano inteiro



(b) Vista superior da extremidade com barreira

Figura 4: Vista superior do cano de 50mm com uma das extremidades contendo a barreira.

5. Da mesma forma fazer camadas de fita dupla face em uma das extremidades externa do cano pvc de 40mm. No meu caso, necessitei colocar uma camada de papelão para que eu alcançasse a espessura desejada.



Figura 5: Cano de 40mm visto de cima

6. Encaixar os tubos. Colocar o tubo de 40mm dentro do tubo de 50mm de forma que as extremidades com barreiras fiquem do mesmo lado, após a colocação, como mostra a figura abaixo. A extremidade externa feita no cano de 40mm tem que ficar no interior do cano de 50mm. A extremidade feita no cano de 50mm é para não deixar o cano de 40mm escapar.



(a) Antes



(b) Depois

Figura 6: Vista superior da luneta antes e depois de encaixar os tubos

7. Colocar a lente objetiva na luva de 50mm. A lente tem que ficar com a "barriguinha" para fora, ou seja, a concavidade ficará para dentro.



Figura 7: Lente Objetiva com grau + 2.0

8. Colocar as luvas de 50mm nas extremidades do cano de 50mm.



Figura 8: Encaixe das luvas de 50mm

9. Da mesma maneira que foi feito com a lente objetiva, fazer na lente ocular. Colocar a lente ocular na redução de 32mm que fica na outra extremidade da luneta com a mesma orientação dada acima, ou seja, a concavidade tem que ficar voltada para o interior da luneta.



Figura 9: Lente ocular

Suporte luneta

Agora vamos colocar o suporte para a luneta.

1. Cortar o pedaço de cano 12 cm na direção longitudinal, na direção do eixo do cilindro, em 1cm de largura e fazer um furo do lado oposto ao corte para a passagem de um parafuso de fixação. Após furar colocar um parafuso com arruela e fixar em uma das cantoneiras em L, como mostra a figura.



(a) Corte longitudinal no pedaço de 12cm



(b) Fixação do pedaço de 12cm na cantoneira L

Figura 10: Parte superior do tripé

2. Colocar as duas cantoneiras juntas e fixar uma delas em uma tampa de garrafa PET que servirá de apoio.



Figura 11: Vista lateral da parte superior do tripé

Tripé:

Fabricação do Tripé:

1. Pegar o cano 3/4 marrom cortados em 3 partes iguais de 1,20m e os cortados de 0,5m, juntos com a luva de 3/4 e pintá-los.



Figura 12: Três canos 3/4 com 1,70m, no total, para construção do tripé

2. Em seguida cortar uma garrafa PET (2 litros ou 1,5 litros) ao meio e fazer 3 cortes para encaixar os canos, mostrado na figura.



Figura 13: Fixação da garrafa PET na parte superior do tripé

3. Passar fita crepe em volta dos arames para proteção.



Figura 14: Isolação dos arames com fita crepe

4. Pintar novamente.



Figura 15: Finalização e acabamento das pinturas e montagem do tripé

5. Por fim, colocar a luneta sobre o tripé. Afim de dar mais sustentabilidade para o tripé é necessário colocar um fio (metálico ou barbante) entre as pernas, ligando-as.



Figura 16: Montagem da luneta com tripé.

Fotos da Lua:

Tirei algumas fotos da Lua através da luneta com um celular Moto M.

Quando a nuvem encobria um pouco a Lua, dava para ver algumas o contorno da Lua, como mostra a figura 17.



(a) Fotos da Lua com um pouco de nuvem.



(b) Fotos da Lua com um pouco de nuvem. (outro ângulo)

Figura 17: Fotos da Lua tiradas da câmera de um celular através da luneta.

Quando o céu estava limpo e a Lua radiante, era difícil enxergar alguma coisa. A intensidade luminosa da Lua não deixava fácil a visualização e a imagem tirada através do celular ficava desfocada.



(a) Lua com brilho muito intenso

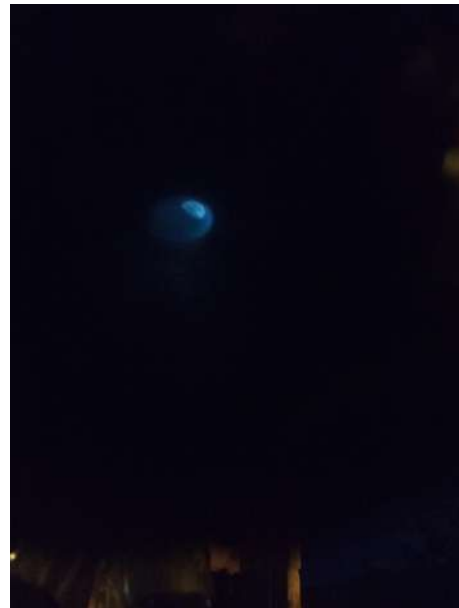


(b) Lua com brilho muito intenso

Figura 18: Fotos da Lua.



(a) Céu noturno nublado



(b) Lua quase totalmente encoberta

Figura 19: Fotos da Lua com o céu nublado.

Conclusão

Uma das maiores dificuldades encontradas é saber qual lente utilizar para obter o aumento desejado. Após a construção da luneta percebi que o aumento da luneta não foi satisfatório para que eu pudesse enxergar a Lua com mais detalhes. Acredito que se a lente ocular for trocada por outra pode ser que haja um aumento significativo e com isso conseguirei enxergar a Lua com mais detalhes além de poder enxergar também outros astros.

Por fim, acredito ter alcançado meu objetivo inicial onde queria enxergar a Lua. Porém, vou ajustar melhor as lentes, principalmente a lente ocular, para que possa alcançar alguns planetas visíveis aqui da Terra.

Comentário do Orientador:

"O trabalho do estudante Anderson Rodrigues Cinti RA:119079, "Luneta de Galileu" realizado para a disciplina Tópicos de Ensino de Física II-2019 foi realizado com sucesso. Nele se faz uma breve introdução histórica do assunto, desenvolvendo os conceitos básicos para a fabricação de luneta e finalmente fazendo um roteiro para a fabricação de uma luneta caseira. O relatório apresenta um nível técnico apropriado, uma vez que é acessível para um público leigo. Nesse sentido parabênizo o trabalho do estudante"

Anexos:

Lupa simples [5]

O tamanho aparente de um objeto pode ser aumentado usando uma lente convergente colocada próximo ao olho. Uma lente convergente é chamada **lupa simples** se for colocada próximo ao olho e se o objeto for colocado mais próximo da lente que sua distância focal.

A magnitude da distância imagem $|s'|$ é maior que a distância objeto s , logo a imagem vista pelo olho é ampliada por $m = |s'|/s$. Se a altura real do objeto é y , então a altura y' da imagem formada pela lente é $m \cdot y$. Para o olho, esta imagem compreende um ângulo θ dado aproximadamente por

$$\theta = \frac{m \cdot y}{|s'|} = m \frac{y}{|s'|} = \frac{|s'|}{s} \frac{y}{|s'|} = \frac{y}{s} \quad (4)$$

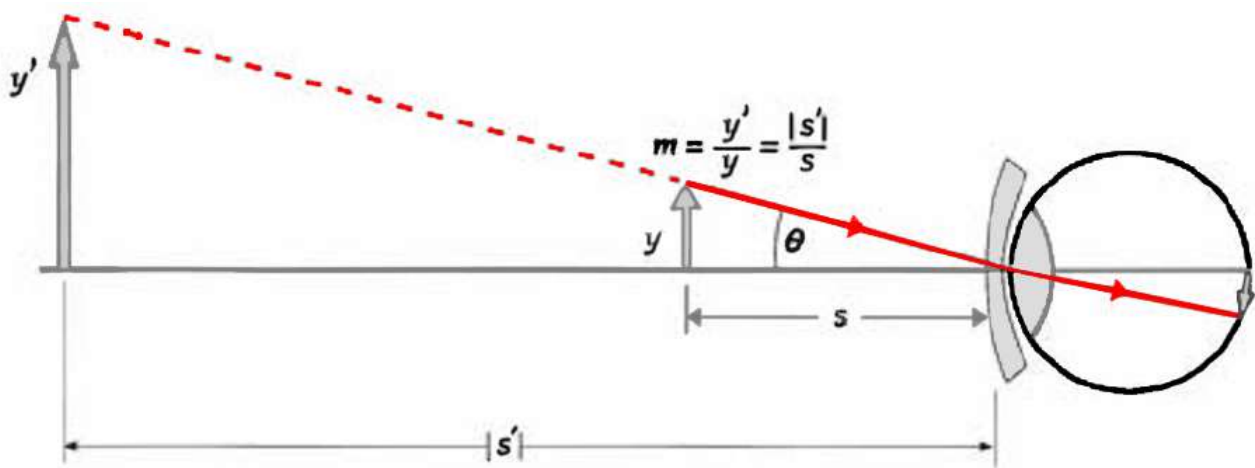


Figura 20: Lupa simples

o qual é o mesmo ângulo que o objeto compreenderia se a lente fosse removida enquanto o objeto e o olho fossem mantidos no lugar. Isto é, o tamanho aparente da imagem vista pelo olho através da lente é o mesmo que o objeto teria se fosse visto pelo olho sem a lente (considerando que o olho conseguisse focalizar naquela distância).

Referências

- [1] Luneta Casira de PVC. Manual do Mundo. Disponível em : <<https://www.youtube.com/watch?v=quP7p00RCv0&t=35s>>. Acesso em: 01 de nov. de 2019.
- [2] Luneta Caseira. Disponível em : <https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/prof_lunazzi/luneta/instru.htm>. Acesso em: 01 de nov. de 2019.
- [3] Telescópios e Instrumentos. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/telesc/node1.htm>>. Acesso em: 20 de set. de 2019.
- [4] FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. Astronomia e Astrofísica. Capítulo 28: Telescópios. Porto Alegre, 8 dezembro de 2003. Departamento de Astronomia - Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- [5] PAUL, T. A.; MOSCA, G. Física para Cientista e Engenheiros. Eletricidade, e Magnetismo, Ótica. Volume 2. 6 ed. LTC, Traduzido e Revisado por Naira Maria Balzaretto. Capítulo 32 : Imagens Óticas. 32-4 Instrumentos Óticos.