

F-609 Tópicos de ensino de Física I

# Kit para construção de instrumentos ópticos (Polioptron).

Coordenador: José J. Lunazzi

Orientador: Antonio C. Costa

email: [accosta@ifi.unicamp.br](mailto:accosta@ifi.unicamp.br)

Viviane M Santos email: [v002624@dac.unicamp.br](mailto:v002624@dac.unicamp.br)



Gilberto J. Soares email: [giljsoares@yahoo.com.br](mailto:giljsoares@yahoo.com.br)

## Projeto

### *Objetivos*

Propomo-nos a construir um kit Poliopticon, apresentando as diretrizes para a construção de um kit com materiais alternativos e sua possível aplicação para fins didáticos.

### *Descrição*

O Poliopticon foi um brinquedo vendido até os anos 80, que possuía um bom potencial de utilização em ensino de física. Infelizmente nos dias de hoje não existe brinquedo similar no mercado. Ele se constituía de um jogo de peças (tubo, lentes, base, etc) intercambiáveis que poderiam ser montadas de diferentes forma de modo a construir diversos instrumentos ópticos (lupa, luneta, microscópio, binóculo, periscópio e telelupa).

### *Divisão de tarefas*

A construção dos instrumentos ópticos foi feita em conjunto pelos participantes, enquanto os manuais serão individuais.

Cronograma das etapas:

Set - Busca dos matérias e definições. Montagem dos instrumentos.

Out - Término dos últimos ajustes (dificuldades na construção do binóculo). Construção final dos manuais.

Nov - Ensaio e impressão do painel. Apresentação.

Dividimos a construção dos manuais, que é individual mas com o apoio um do outro e do orientador. O manual de construção do Poliopticon caberá a Viviane e o manual aplicações ao Gilberto.

### *Materiais*

Foi adquirido um brinquedo Poliopticon através do Mercado Livre pelo custo de R\$190,00, que serviu de base para definição dos materiais que seriam utilizados na construção do kit, como as distancias focais das lentes e comprimentos dos tubos.

A construção do kit se baseia em peças intercambiáveis, onde o maior custo seria das lentes. Através de uma pesquisa em ópticas, conferimos que as lentes teriam um custo bem significativo no projeto, como buscamos formas econômicas, decidimos utilizar lentes de óculos para leitura e pequenas lupas com as distâncias focais próximas das definida. Porém, não foram encontradas lentes divergentes prontas, houve a necessidade de encomenda sob medida num fabricante de lentes.

### *Descrição dos Materiais*

1- Lentes objetivas:

Um óculos para leitura  $+4,0^\circ$  com distância focal de 25cm . Foi comprado em uma farmácia pelo custo de RS 7,00.

2- Lentes oculares convergentes:

Duas lupas tipo conta fios, de distância focal igual a 2,20cm ( $+45di$ ) de 1,3cm de diâmetro, compradas numa "loja de miudezas" por R\$ 5,00 cada.

3- Lentes oculares divergentes:

Duas lentes divergentes plano-côncavas de -20di e 2cm de diâmetro, compradas na Gepol (contato email: gpol\_g2000@yahoo.com.br) pelo custo de R\$ 20,00.

4- Espelhos planos:

Comprados numa "loja de bijuterias" por R\$ 1,00 cada.

5- Tubos diversos:

Comprados numa casa de materiais de construção por R\$ 70,00.

- 5.1- 2 Luvas roscadas de 1 1/2";
- 5.2- 3 Conexões roscadas de 1 1/2";
- 5.3- 2 Redutoras de 1 1/2" para 3/4";
- 5.4- 6 Conexões de 3/4";
- 5.5- 2 Luvas roscadas de 3/4";
- 5.6- 1 Joelho 90° com rosca de 1 1/2";
- 5.7- 3 Tês redutores roscados de 1 1/2" para 3/4";
- 5.8- 2 Tês roscados de 3/4";
- 5.9- 1 tubo de 3/4" de 1m;
- 5.10- 1 suporte para antena.

6- Materiais diversos:

Cola, fita isolante, durepox, isopor, papelão, sacola plástica, tesoura, estilete, arco de serra e lixa.

7- Manuais de construção manual e aplicações:

Papel, tinta de impressão e encadernação.

8- Painéis:

Plotagem.

*Procedimentos*

Como foram encontradas lupas com pequenas distâncias focais, optou-se pela compra de óculos (de descanso) com o maior grau encontrado, possibilitando a fabricação de instrumentos ópticos menores, o que facilita o manuseio e economiza na quantidade de tubos, sem a perda significativa de aumento.

As lentes oculares convergentes foram coladas em conexões de 3/4". As objetivas foram coladas em conexões de 1 1/2".

Com as lentes fixadas foi possível dimensionar e encomendar as lentes divergentes. Essas lentes foram coladas em conexões de 3/4".

Para construção do periscópio foram serrados o joelho e o Tê redutor num ângulo de 45° (com o auxílio de um transferidor) e colados os espelhos.

Para a construção do suporte do binóculo foram serrados as saídas de 3/4" dos Tês redutores, e unidas com durepox.

Como a altura de foco do microscópio e da telulupa são muito diferentes, foi necessário construir uma mesa ajustável de papelão. Para a regulação da altura de foco dos instrumentos foram combinados o suporte para antena com o tubo de 3/4". Foi colado com durepox uma conexão de 3/4" ao tubo, que foi serrado a uma altura que possibilitasse o ajuste de foco do microscópio com a menor distancia focal em relação a mesa. Para aumentar a intensidade de iluminação do objeto a ser observado foram abertos buracos nas mesas do suporte, que foram recobertos com um material translúcido.

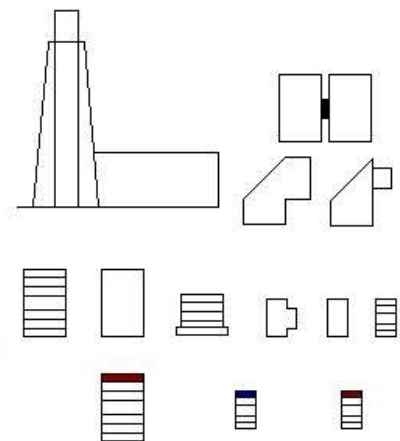
Foram escritos os manuais e painéis, e impressos para a apresentação.

## Fotos do projeto

### *Materiais*

Esta ordem é a mesma utilizada na seqüência de montagem dos instrumentos ópticos.

- 1- Lente ocular convergente;
- 2- Lente ocular divergente;
- 3- Lente objetiva;
- 4- Conexão de 3/4";
- 5- Luva roscada de 3/4";
- 6- Tê de 3/4";
- 7- Redutora de 1 1/2" para 3/4";
- 8- Luva roscada de 1 1/2"
- 9- Conexão roscada de 1 1/2";
- 10- Tê de 1 1/2" para 3/4" com espelho;
- 11- Joelho de 1 1/2" com espelho;
- 12- Suporte para binóculo;
- 13- Mesa;



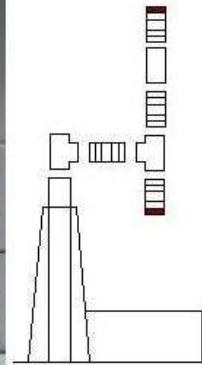
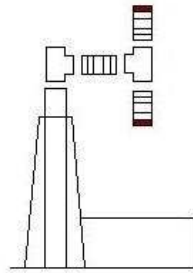
### *Instrumentos Ópticos constituintes do Kit Polioptico*

Abaixo de cada figura segue o esquema de montagem, ou seja, quais peças devem ser encaixadas uma a uma para a construção do respectivo instrumento óptico.

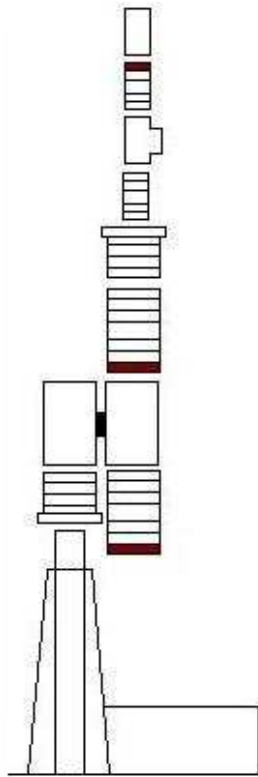
*Lupas*



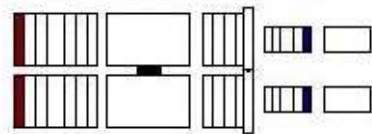
*Microscópios:*



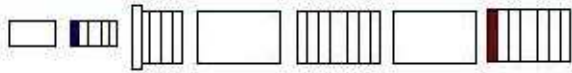
*Telelupa:*



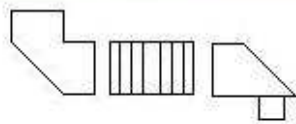
*Binóculo:*



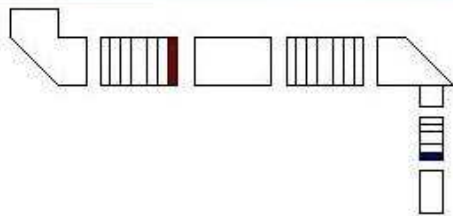
*Luneta Galileu:*



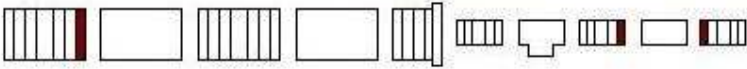
*Periscópio Simples:*



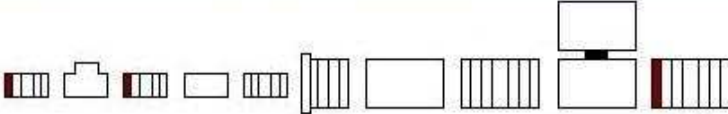
*Periscópio tipo Galileu:*



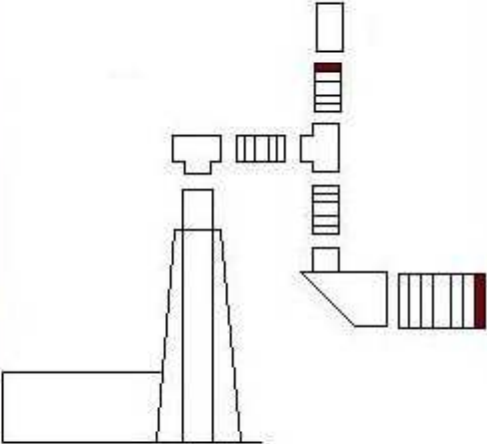
*Luneta Astronômica:*



*Luneta terrestre:*



*Luneta astronômica periscópica fixa:*





*Luneta astronômica e luneta terrestre com uso da mesa para fixação:*



## **Resultados**

### *Atingidos*

#### 1-Montagem do kit

Todas as peças intercambiáveis estão montadas. O suporte para o microscópio/telescópio foi montado e conseguimos construir uma mesa ajustável para o foco de cada instrumento.

Foram testados os instrumentos ópticos.

Com a compra da lente divergente na Gepol, a construção do binóculo foi finalizada com sucesso. Para a base que interliga as duas peças do binóculo, utilizamos dois Tês redutores roscados de 1 1/2" para 3/4".

#### 2- Manual de construção

Foi redigido utilizando esquemas auto-explicativos, e introduzido uma sugestão de montagem do kit Poliopticon.

#### 3- Manual didático

Foi redigido e felizmente abrangeu outras áreas do conhecimento além da física. Apesar de vários testes com o retroprojeter, infelizmente não foi possível introduzi-lo nas sugestões. Existe uma diferença focal grande em relação aos instrumentos e o retroprojeter. Utilizamos fotos e pequenas filmagens que podem ser visualizadas por um número grande de pessoas.

### *O que falta fazer*

Conseguimos abranger do o escopo do projeto.

## **Dificuldades encontradas**

A necessidade de lentes divergentes para a construção do binóculo, para a imagem ser direta.

A dificuldade de encontrar a doublet nas ópticas pesquisadas, porém não foi detectado grandes perdas nos instrumentos sem o seu uso.

O corte a 45° do T redutor com o arco de serra e depois a utilização da lixa para retirar as rebarbas sem ultrapassar as medidas.

Encontramos dados sobre as construções dos instrumentos ópticos, mas nada específico de como combinar lentes e o que muda ao variar a distância do objeto, das lentes entre si e da distância do olho do observador.

A construção da base do microscópio/telescópio. Não havia nada similar para compra, foi necessário muita habilidade manual e tempo para desenvolvê-la, dentro da proposta do projeto.

## **Referências**

- Poliopticon: manual de instrução;

- Internet (sites): [www.educar.sc.usp.br](http://www.educar.sc.usp.br); [www.feiradeciencias.com.br/sala24](http://www.feiradeciencias.com.br/sala24);

[www.funsci.com/fun3\\_en/lens](http://www.funsci.com/fun3_en/lens); [www.allfaconnections.net](http://www.allfaconnections.net).

- Referências bibliográficas:

FERENCE JR, M.; LEMON, H.B.; STEPHENSON, R. J.. Curso de física. São Paulo, SP: Editora USP.

BURCHER, J.. Les combinaisons optiques. Paris, FR: Éditions de la Revue d'Optique Théorique et Instrumentale, 1967.

Editora Rio Gráfica. Astronomia Prática-1985.

## **Declaração do Orientador**

Nosso orientador, o engenheiro e técnico do laboratório de óptica, Antonio C. Costa concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

Para o RP: "Os alunos estão se dedicando bastante, tem muita criatividade e iniciativa, as coisas estão acontecendo.

A limitação de investimento na compra das lentes divergentes pode comprometer a qualidade dos kits."

Para o RF1: "O objetivo foi cumprido, os alunos tem bastante iniciativa, criatividade e competência. As soluções encontradas foram muito simples e eficientes. "

F-609 Tópicos de ensino de Física I

Coordenador: José J. Lunazzi

Orientador: Antonio C. Costa

email: [accosta@ifi.unicamp.br](mailto:accosta@ifi.unicamp.br)

# Manual de experiências com o uso de instrumentos ópticos (Poliopticon).

Aluno: Gilberto J. Soares    email: [giljsoares@yahoo.com.br](mailto:giljsoares@yahoo.com.br)

## POLIOPTICON EM SALA DE AULA

O Poliopticon é uma coleção de partes ópticas e estruturais que, combinadas entre si, de diversos modos, permitem compor vários tipos de instrumentos ópticos. Sua montagem é rápida e não exige conhecimentos especializados.

As extraordinárias combinações deste conjunto de partes tornam o Poliopticon um verdadeiro tesouro para o curioso de óptica física, um auxiliar precioso de estudantes e professores nas mais variadas finalidades em que se pode ser empregado cada um dos instrumentos que o compõe.

Para melhor compreensão dividimos o manual em áreas de aplicação:

### *Óptica Física*

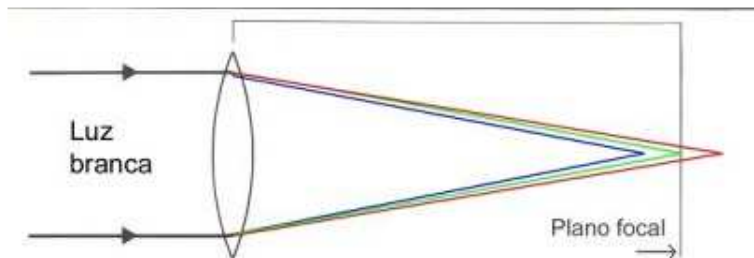
Funcionamento de instrumentos óticos:

- Mostrar o princípio de funcionamento de lupas, microscópios, teléupas, binóculos, lunetas e periscópios. Ver manual de construção.

Problemas em instrumentos óticos:

- Aberração cromática.

A luz visível abrange um espectro amplo que vai desde a cor vermelha até a cor violeta. Analisando as três cores primárias, o vermelho, o verde e o azul, (com as quais podemos obter qualquer outra cor), cada uma delas possui comprimento de onda diferente, sendo que o da luz vermelha é maior seguida pela luz verde depois pela luz azul que tem o menor comprimento de onda. Devido essa diferença, ao atravessar uma lente simples cada cor sofrerá um grau diferente de refração. Como consequência a luz vermelha irá focar mais afastada da lente, sendo que a luz verde fica em um ponto intermediário e a luz azul mais próxima da lente. Essas diferenças provocam o fenômeno da aberração cromática, que afeta a nitidez e gera contornos com cores alteradas.



*Figura 1. - Fenômeno da aberração cromática em uma lente simples.*

Com essa diferença de comportamento para cada cor, fica difícil fazer com que toda imagem seja focalizada no mesmo plano. Para corrigir este problema, utiliza-se a combinação de duas lentes, uma convergente e outra divergente, com vidros de diferentes índices de refração. Nas lentes menores elas são coladas uma à outra, mas em lentes maiores elas são apenas justapostas. Essas lentes recebem o nome de "lentes acromáticas".

- Aberração esférica:

Em uma lente ou espelho esférico, um feixe de raios luminosos paralelos, como os que vem de um objeto a grande distância, não focam perfeitamente no mesmo ponto. Esse problema é mais acentuado em comprimentos focais curtos. Para corrigir esta distorção as superfícies dos óticos devem ter a forma parabolóide ou hiperbolóide. Veja a figura abaixo:

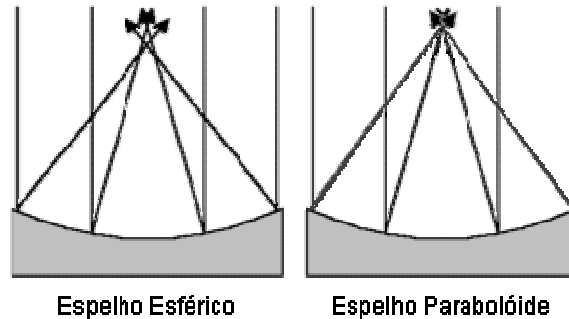


Figura 2. - Fenômeno da aberração esférica.

Estudo de reflexão e refração da luz:

- Pode-se mostrar a diferença entre refração e reflexão usando as lentes e os espelhos do periscópio.

Reflexão de espelhos:

- Estudo de reflexões a  $45^\circ$  de espelhos planos com uso do periscópio.

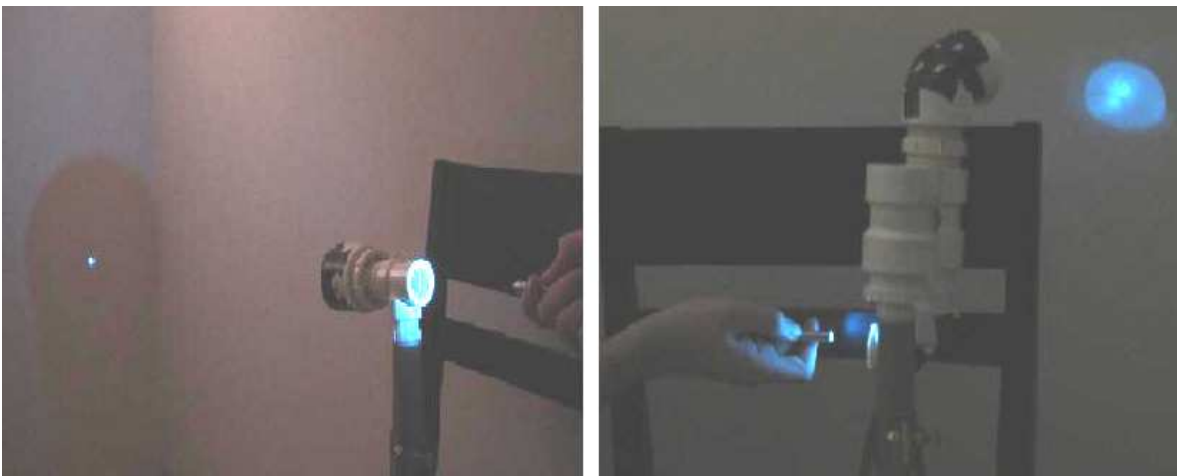


Figura 3. - À esquerda, refração com uso de lente. À direita, reflexão com uso de periscópio.

- Em geral as lentes utilizadas nos kits poliopticon possuem uma pequena reflexão, montando-se uma luneta periscópica, pode-se observar a formação de imagens secundárias, oriundas das reflexões das lentes.

Estudo de raios notáveis:

- Utilizando as lentes convergentes e divergentes pode-se mostrar alguns raios notáveis através da técnica empregada no manual de construção para determinação do foco.

Intensidade luminosa:

- Concentra-se a luz do Sol num ponto para queimar um papel com o uso de uma lente convergente.
- Perda da intensidade luminosa de objetos observados por microscópios e lunetas.

Formação das imagens:

- Demonstração dos tipos de imagens formados com uso de lentes convergentes e divergentes, variando a posição do objeto.

Projeção imagens:

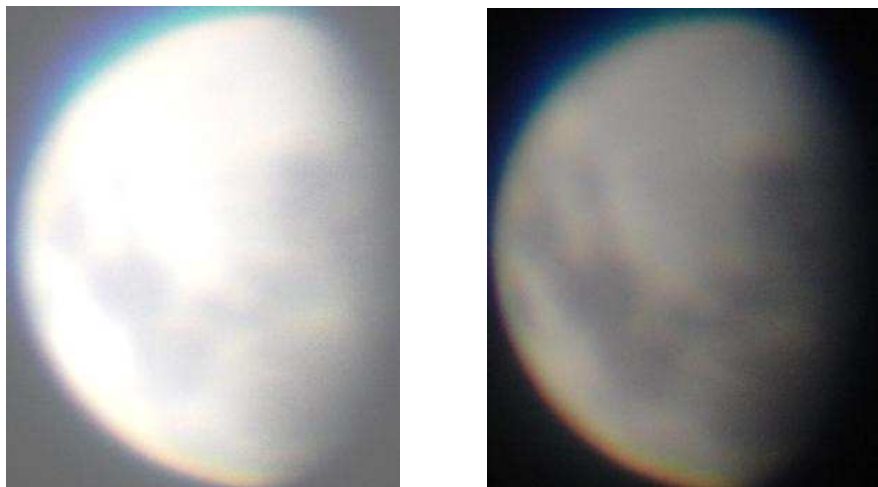
- Projetar imagens em um anteparo, ajustando o foco de uma lupa.



*Figura 4. - Projeção de uma lâmpada. À direita: acima, focalizando a resistência; abaixo, focalizando as inscrições do vidro.*

*Astronomia*

- Observação da Lua com luneta: estudar as fases da lua, observar que é sempre o mesmo lado que se expõe à Terra, observar crateras lunares para entender a proteção que a atmosfera da à Terra.



*Figura 5. - Visualização da Lua. À esquerda: sem filtro; à direita: com filtro.*

- Observação de estrelas e constelações: ver mais estrelas do que a olho nu, mostrando a imensa quantidade desses astros, observar a trajetória de estrelas polares.
- Observação de planetas: observar o movimento dos astros, estudo das leis de Kepler, ver a diferença entre o brilho próprio das estrelas e da luz refletida pelos planetas.
- Observação de cometas: observar a trajetória de cometas, estudo da direção da cauda, composição.
- Projeção do Sol e eclipse solar: projetar a imagem em um anteparo para não olhar diretamente no Sol, estudo de manchas solares.

#### *Formas de elementos químicos*

- Observar com o microscópio a forma cristalina do NaCl (sal de cozinha).



*Figura 6. - Sal de cozinha visto no microscópio.*

- Diferenciar os sólidos amorfos e cristalinos.
- Visualização de superfícies poliméricas.

#### *Biologia*

- Visualização de pequenos insetos, caracterizando seus membros.
- Visualização de animais à distância.
- Visualização de minúsculas flores e seus constituintes.



*Figura 7. - Pétala de flor.*

- Visualização de fios de cabelo, unha, pelos, dentes, pele, etc.

- Doenças do olho:

- Miopia apresenta como defeito o achatamento do globo ocular, provocando um alongamento no eixo óptico. A correção é feita através de lentes divergentes. O míope tem dificuldades de enxergar objetos mais distantes. A imagem é formada antes da retina.

- Hipermetropia é corrigida com o uso de lentes convergentes. Apresenta como defeito o encurtamento do globo ocular. O hipermetrope tem dificuldade de enxergar objetos mais próximos.

- Presbiopia é um erro refrativo do [olho](#) popularmente conhecida como "vista cansada" e que atinge as pessoas, normalmente, a partir dos 40 anos. A correção deste processo é realizada com o uso de [lentes](#) convergentes corretoras [multifocais](#), [bifocais](#) ou pelo uso de [óculos](#) para leitura. É um caso particular de hipermetropia.

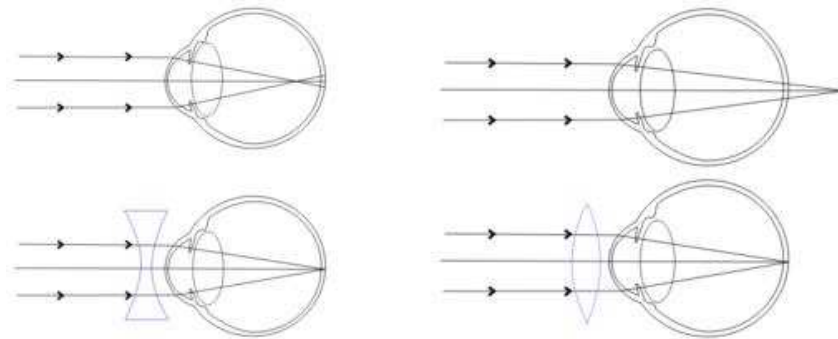


Figura 8. - À esquerda: miopia, à direita: hipermetropia.

- Na formação das imagens na retina da vista humana normal, o cristalino comporta-se como lente convergente dando imagens reais invertidas e diminuídas.

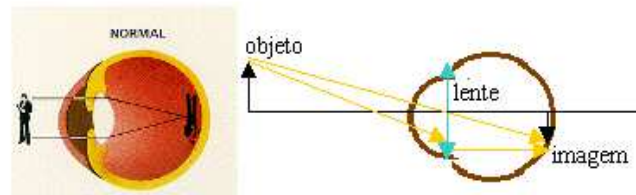
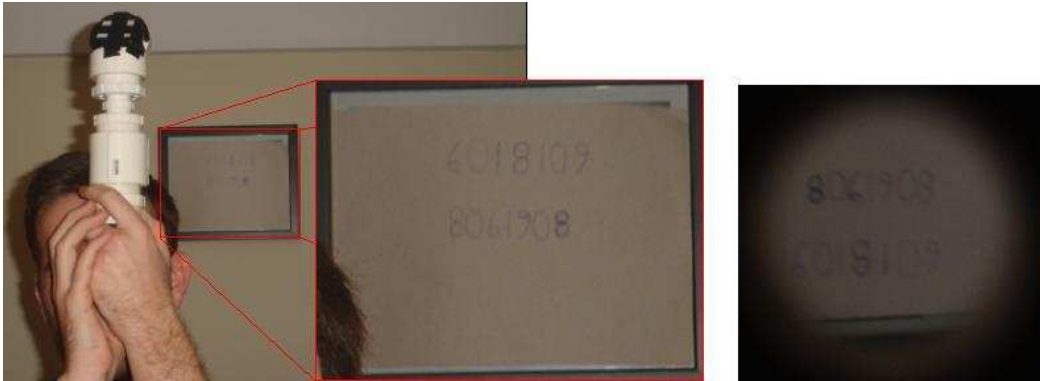


Figura 9. - À esquerda: olho normal com imagem formada na retina, à direita: esquema da formação de imagem no olho.

*Brincadeiras:*

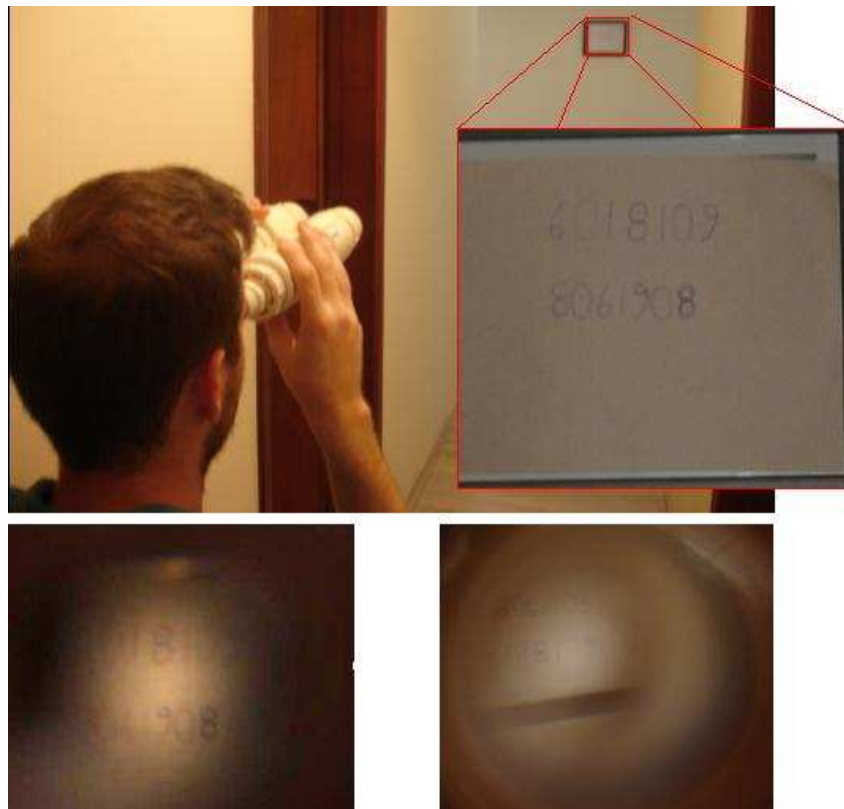
- Ler a lousa de costa com auxílio de um periscópio.





*Figura 10. - À esquerda: posição do aluno, ao centro: imagem ampliada, à direita: vista do periscópio.*

- Binóculo composto de uma luneta tipo galileu e uma telalupa, imagem direta e imagem inversa.



*Figura 11. - Acima: posição do aluno com imagem ampliada, abaixo à esquerda: vista com olho esquerdo (imagem direta), abaixo à direita: vista com olho direito (imagem invertida).*

## Arquivo das referências

Páginas disponíveis na internet

[http://www.funsci.com/fun3\\_en/lens/lens.htm](http://www.funsci.com/fun3_en/lens/lens.htm)

### INTRODUCTION

The role played by optical instruments in the advent of the contemporary age is seldom taken into account. However the telescope has been decisive in the affirmation of the Copernican universe claimed by Galileo. Without the evidence yielded by this instrument during the observation of celestial bodies, the clash between the geocentric and heliocentric conceptions might have continued endlessly. Also the microscope performed a similar revolutionary function in biology and medicine, opening immense horizons for them. Before the appearance of the camera, the world descriptions were produced by artists only. They were valuable representations in which, however, the artist's subjectivity modified the reality. The camera introduced a much harsher way of observing the world, but much more objective.

Already from these short considerations, it is possible to guess how great the role played by optical instruments was in the formation of the world we know. These instruments are perfectly suitable to the modern and objective way of observing reality, but how do they work? Today we are in continuous contact with optical instruments and with their products such as pictures. Understanding the properties of lenses is fundamental to becoming familiar with these instruments, to use them with confidence and to use lenses in a creative manner in order to design optical instruments. This is exactly what we shall do in following articles and for that it is necessary to have a basic knowledge of optics.

Starting from the complicated theoretical descriptions in a physics book, the understanding of lens properties is not easy. However, by means of some simple experiments instead, it is possible to overcome many abstract obstacles. At this point, the return to the physics text will be simpler and more effective.

There are two types of lenses: the convergent ones which magnify the apparent size of the objects observed, and the divergent ones which reduce it instead. Here we shall deal only with convergent ones, which are more important. The first experiments we shall perform now are intended to show the main properties of convergent lenses. The last one, through the combined use of two lenses, will show how some important optical instruments such as the telescope and compound microscope work.

A converging lens can be used in two main ways: as an image producer and as a magnifier.

### THE LENS WHICH PRODUCES IMAGES

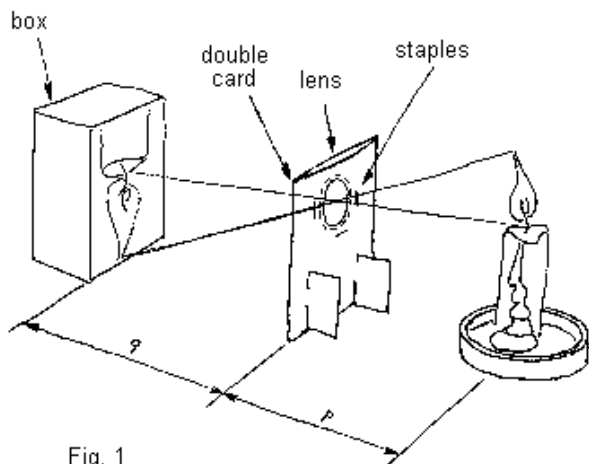


Fig. 1  
Optical bench for the image formation study.  
 $p$  = lens - object distance  
 $q$  = lens - screen distance

Equipment: a convergent lens with focal length between 100 and 300 mm, a candle, a white box, a meter rule. Buy the lens in an optical or photographic shop. Clear a table and prepare an "optical bench" like the one showed in figure 1. The  $p$  and  $q$  distances must be greater than the lens focal length. Light the candle and switch off the light. Modify the  $p$  and  $q$  values, until the candle image appears distinct on the box which you are using as a screen. Perform multiple tests, changing the distances. Try also exchanging the  $p$  and  $q$  distances.

How is the image formed? In order to explain this, normally two fundamental properties of lenses are taken into account:

- deviating a light beam parallel to its own axis, then making it to pass through the focus;
- leaving unaltered the path of the rays which pass through the lens center.

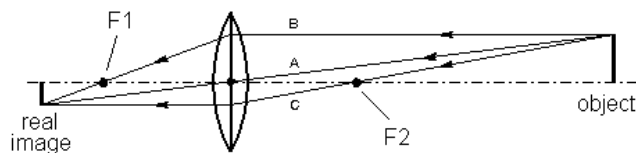


Fig. 2 - Image formation by a converging lens.

With reference to figure 2, take into account any object point, for convenience the extreme one. Among all light rays starting from this point, there are 3 whose path is particularly easy to follow. The A ray passing through the lens center and which is not deflected; the B ray which comes to the lens moving parallel to the axis and which passes through F1; the C ray which in a similar way passes through F2 and leaves the lens parallel to the optical axis. These three rays form an image point where they cross one another.

Operating in the same way for the other object points, you obtain the whole image. To trace these schemes, only two of these rays are required. There are also other rays, not parallel to the axis and not passing through the focuses, which contribute to the image formation. Also for these it would be possible to calculate the ray path, but to describe how a lens works, the ones we have taken into account are sufficient.

During this experiment, you will see that the image formed is inverted. This can be easily explained following the A ray path. In fact a ray starting from a high position on the object, after passing through the lens center, will be inverted on the image side.

### MAGNIFICATION OF A LENS PRODUCING IMAGES ▲

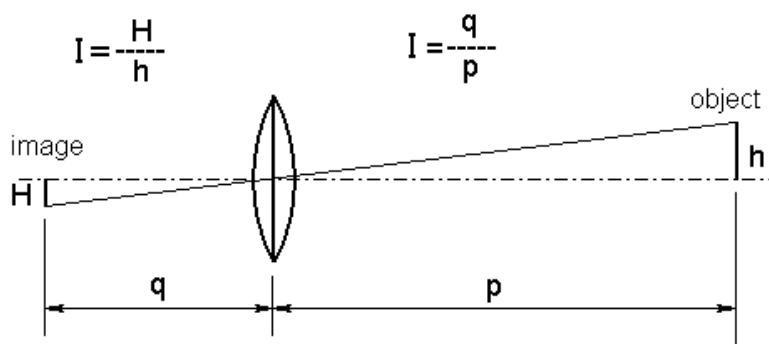


Fig. 3 - The magnification produced by an image-forming lens is given by the ratio of image size to the object size ( $I=H/h$ ), but it can be determined also on the basis of the screen and object distances from the lens ( $I=q/p$ ).

While performing experiments like those described in the previous paragraph, measure the height of the object and that of its image (fig. 3). Since the candle flame does not have a stable image, replace the candle with an object well lit by a lamp as shown in figure 5. If it is necessary, mask any stray light which does not pass through the lens, so as to obtain a higher contrast and a more visible image.

The size of the image is not invariable, in fact as the lens is moved towards the object, the image moves out and becomes larger (therefore you must move the screen away). The magnification is given by  $I=H/h$ , where H is the height of the image and h the one of the object.

It is not always possible to measure those dimensions. For example we cannot open a camera with the film inside, to measure the image. It is difficult even to measure very distant or too small an object. In these cases, the magnification can be determined by measuring the distances p and q. In fact, for thin lenses, the ray passing through the lens center and which is not deflected (fig. 3), contribute to forming two similar triangles which have a common vertex at the lens center. On the basis of the properties of similar triangles  $H/h=q/p$ , and, since  $I=H/h$ , also  $I=q/p$ . Verify this relation experimentally.

As you bring the lens towards the illuminated object, you come to a position in which the image is far away. If the lens object distance is equal to the focal length, the image will be formed at infinity, whereas an object placed at infinity will produce its own image at the focal point. Furthermore, a lens placed at 2F from the object, will form the image at the same 2F distance. In this case, the magnification ratio is equal to 1.

### DETERMINATION OF THE FOCAL LENGTH ▲

What is the focal length? This word comes from the Latin "focus" (fire) for the lens' property of concentrating the sunlight so much as to set fire to combustible objects. The distance from the lens at which those objects must be kept has been named focal length. In optics this word is defined as the distance from the lens node (we will see that later) to the point at which a ray, which was initially parallel to the optical axis, intercepts the axis after being deflected by the lens.

To determine the focal length of a converging thin lens, use again your special optical bench. Arrange the illuminated object and the lens in such a way as to obtain a sharp image on the screen. Measure the p and q distances with the meter rule. The focal length is given by:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad \text{in explicit form: } F = \frac{p \times q}{p + q}$$

To obtain a better approximation, more measurements must be made to calculate the average value of the lens focal length.

### FOCAL LENGTH AND DIOPTERS

There is another way to indicate the focal length of a lens. In the fields of the production and the market of eyeglasses, instead of focal length people prefer speak of lens power, measured in diopters. So, if you have to buy an eyeglass lens, you need to know its power. Focal length and power of a lens are bound to each other and you can easily pass from one to the other using this simple formula:

$$D = 1/FL$$

where:

D = diopters

FL = lens focal length (expressed in meters!)

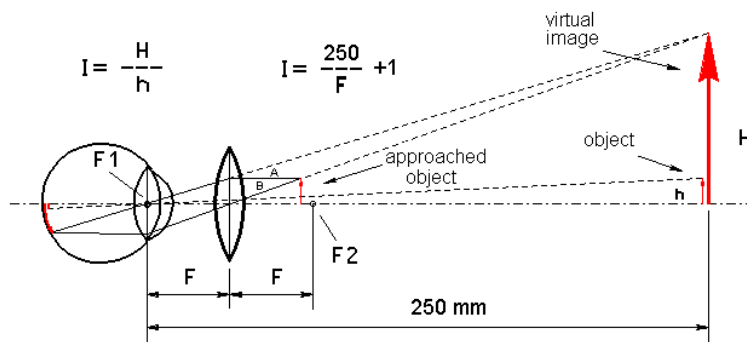
Besides, people place the sign "+" before the power of a converging lens and the sign "-" before the power of a diverging lens.

Let's make a couple of examples:

- a converging lens of half a meter of focal length has a power of +2 diopters. In fact:  $D = 1/0,5 = +2$

- a diverging lens of 4 meter of focal length has a power of -0.25 diopters. In fact:  $D = 1/-4 = -0,25$

### THE MAGNIFYING LENS



**Fig. 4. The magnifying lens allows objects to be brought closer to the eye while still seeing them clearly. This produces an increase in their apparent size.**

F = focal length

250 mm = conventional distance of the near vision

Equipment: a convergent lens with focal length included between 20 and 60 mm.

1) Observe with the naked eye an object placed at a distance of 250 mm;

2) observe the same object with the lens and compare the two images.

The lens must be kept close to the eye. If it is planoconvex, keep the plane surface towards the eye. Approach the object until it becomes distinct.

This experiment is very simple. But how does the lens magnify the object?

The nearest distance of distinct vision with the naked eye is considered to be 250 mm. A normal adult man has

difficulty seeing clearly objects closer than 250 mm. Converging lenses allows us to approach the object well below this distance and to still see it clearly. As we approach the object we will see it larger (fig. 4). A human eye is able to work with parallel light (from distant objects) or with light of limited divergence (objects not nearer than 250 mm). Converging lenses reduce the divergence of rays coming us from an object nearer than 250 mm, and allows us to still see it clearly.

The object to be observed must be placed between the front focus (F2) and the lens (fig. 4). For convenience we assume that the optical center of the eye coincides with the back focus (F1) of the lens. (The distance of the eye from the lens is not important, but in practice we will keep the eye close to the lens).

Let's consider an object point. Among all the rays leaving the object we shall take for convenience ray A parallel to the axis, which is deflected by the lens and passes through the back focus F1 and arrives at the retina. We shall also take ray B passing through the lens center which is not deflected, and enters the eye where it is deflected by the cornea and intercepts ray A on the retina, forming an image point. The image formed on the retina is seen in a plane conventionally placed at a distance of 250 mm from the eye. It is not a real image, in the sense that it cannot be recorded on film and for this reason it is called virtual.

This image is perceived the right way up, although in the eye it is upside-down. Even when we are not using lenses, the images formed in the eye are inverted. It is the brain that corrects this image.

At the onset the A and B rays have a great divergence; on the other side of the lens, their divergence is reduced. If the object were placed in F2, the lens would make the A and B rays parallel, and to see the image clearly, the eye would focus at infinity. Finally, as we were saying, the magnifying lens reduces the divergence of the light coming from a close object. The lens also allows the object to be viewed clearly and magnified even below 250 mm.

Notice that the same converging lens can be used both as a magnifier and as an image generator. Note that the lens producing images turns them upside-down, while the magnifying glass keeps them the correct way up.

In the case of the magnifying lens, the magnification power is determined by the following relation:  $I=250/F$ , where F is the lens focal length (mm) and 250 is the conventional distance for distinct vision or reading. For example, a lens with 50 mm focal length will magnify 5 times. This is valuable when the eye is focused at infinity, whereas when it is focused for near vision, the relation becomes  $I=(250/F)+1$ . Hence, the lens of 50 mm focal length magnifies from 5 to 6 times, according to the eye's accommodation.

In a previous article, in which we talked about a little glass-sphere microscope, you could see to what extent a lens can magnify. However it is necessary to say that this is an extreme situation: normally a magnifying glass does not exceed 20 X.

## THE OPTICAL INSTRUMENTS

Now you are finally ready for the conclusive experiment, the one that should enable you to understand how some of the most important optical instruments work. Let's go back to the optical bench. However, this time replace the box with a translucent screen. You can make it with a card frame on which you have fixed a piece of white plastic taken from a plastic bag (fig. 5). Focus the image on the screen and you can observe the image appearing from behind the screen.

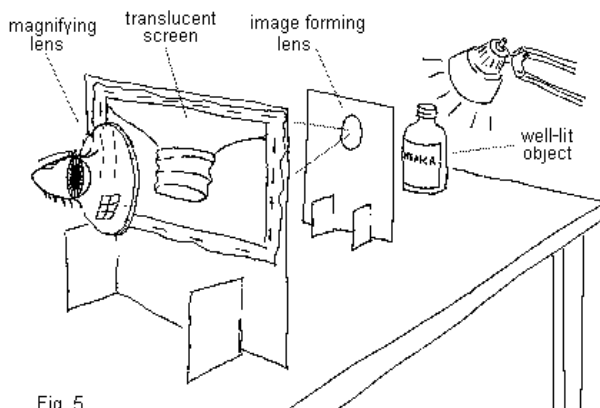


Fig. 5  
Using a screen made of translucent material, the image will appear transparent. It can be observed with a magnifying lens. While observing it, remove the screen. The image stays still, "it floats in space". The lens near the eye magnifies it: this is a telescope!

You can also enlarge the image with a magnifying glass by taking the lens you used for the previous experiment and observing the image behind the translucent screen. As you can see, the image appears magnified. So far there is nothing strange. While you continue to watch the upside-down image, try to move the screen a little. The image keeps steady. Oh, dear! Then...

Remove the screen. Miracle! The image stays there. It is "floating" in the space. Therefore the screen was useless! It actually was! Not only is the image clearer and brighter, it is colored and in 3D too.

There, you have built a telescope! The lens nearest the object is your objective, the one near the eye is the eyepiece (fig.6).

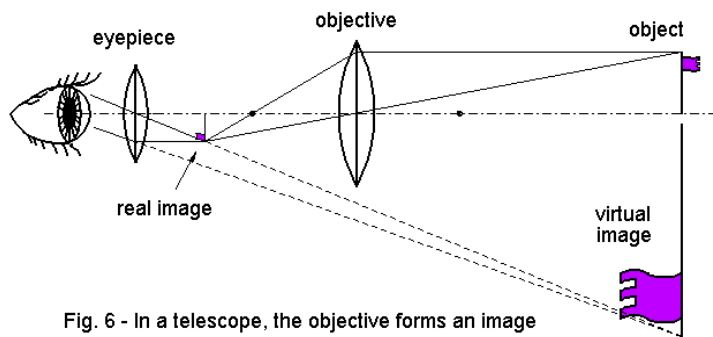


Fig. 6 - In a telescope, the objective forms an image which in its turn is magnified by the eyepiece.

Continuing this experiment, if the objective is brought closer to the object, the image moves away and becomes larger. Regulate the  $p$  and  $q$  distances in such a way that the image becomes larger than the object. Observe it with the magnifying lens: in this way you have obtained a compound microscope (fig. 7).

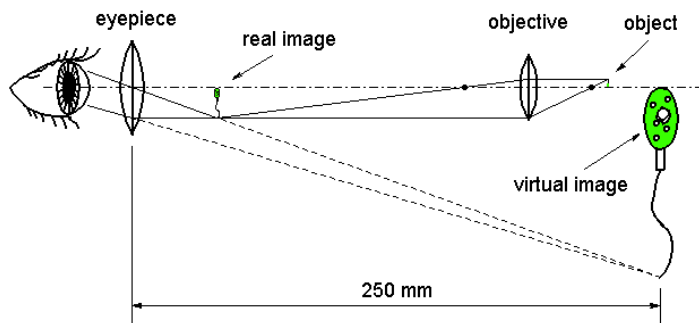


Fig. 7 - Compound microscope (schematic). Notice the likeness to the telescope scheme. What changes is the object distance from the two instruments.

So, what distinguishes a microscope from a telescope? As you can see, the optical structure is the same, but with telescopes objects are distant whereas in a microscope they are close. Normally a telescope observes objects typically placed at hundreds of meters or more, and a microscope observes objects placed at a few millimeters or less from the objective.

## REAL OR THICK LENSES

Up to now, we have dealt with thin lenses. This last paragraph introduces the concept of nodes and gives you an idea of the type of errors which occur when thin lens formulas are applied to real lenses. Thin lenses are considered to have no thickness, hence it is considered that the ray paths deviate when they meet the plane of the lens (fig. 8/A). In reality, the ray path is rectilinear inside an homogenous medium, and deflects when entering another medium with a different refractive index. Therefore, a ray passing through a lens is bent when it enters the glass and bent again when it leaves the lens (fig. 8/B).

In order to introduce the concept of a node, let's consider the ray which, among all those entering a real lens, does not deviate as it passes through the lens (fig. 8/C), and links the entering and leaving point of incident and emerging rays. Extending the path of both external rays to their intersection with the optical axis, locates two points which are named nodes. The focal length of a lens is referred to as the closer node.

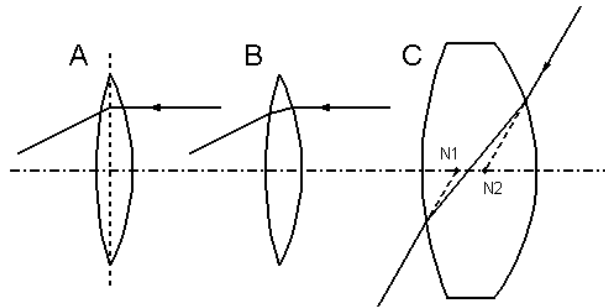


Fig. 8 - Light path in thin and thick lenses:  
 A - thin lens (without thickness)  
 B - real or thick lens  
 C - localization of the nodes in a thick lens

The nodes of real lenses and their distance are neglected by thin lens formulas and this leads to some errors. However, for first drawing an optical instrument, or whenever one does not need high accuracy, this error is small and can be accepted in exchange for simpler calculations. In fact, the formulas for thin lenses are widely used by opticians for preliminary calculations and analysis, and are of value in most cases. But, especially if you are dealing with thick lenses of short focal length, or if you need precision, you must refer to formulas for thick lenses which you can find in optics texts.

## CONCLUSIONS

The converging lens can:

- produce a real image of an object;
- magnify the apparent dimensions of an object or an image;
- be used with other lenses **to build optical instruments.**

I hope that these simple experiments have been able to introduce you to the world of optics. Now what do you need to make a telescope or a microscope? Just a bit of spirit of adventure. If the first instruments will be made up with "bad" lenses, no matter, on the contrary it is an important step to understand why in these instruments the objectives and the eyepieces are formed by more than one lens, but this is another story.

<http://educar.sc.usp.br/optica/>

6. Lentes esféricas: *Fundamentos teóricos*

### [6.1 Introdução](#)

### [6.2 Classificação](#)

[Quanto à forma das lentes](#)

[Quanto ao comportamento ótico](#)

- [Lentes convergentes/focos](#)

- [Lentes divergentes/focos](#)

### [6.3 Elementos de uma lente esférica](#)

### [6.4 Vergência de uma lente](#)

### [6.5 Equação dos fabricante de lentes \(Equação de Halley\)](#)

### [6.6 Construção de imagens em lentes esféricas](#)

### [6.7 Determinação analítica das características das imagens](#)

[Equação de Gauss para lentes esféricas](#)

[Convenção](#)

### 6.1 Introdução

As lentes estão presentes no nosso dia a dia. Temos lentes nos óculos, na máquina fotográfica, na luneta, no telescópio, no microscópio e em outros instrumentos óticos.

O que é uma lente esférica?

É um sistema constituído de dois dióptros esféricos ou um dióptro esférico e um plano, nos quais a luz sofre duas refrações consecutivas.



### 6.2 Classificação das lentes



□ Quanto à forma das lentes

Temos seis tipos de lentes (fig. 6.1).

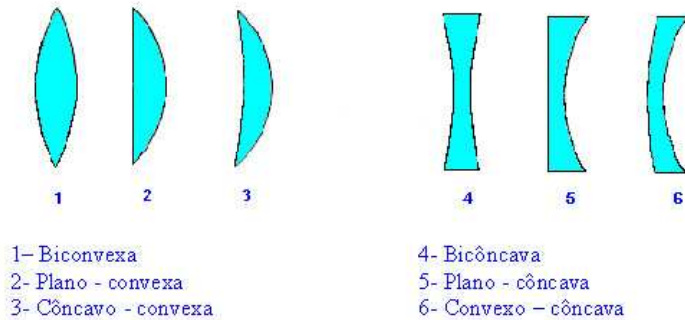


Figura 6.1 - Tipos de lentes.

Observe que as lentes são denominadas côncavas ou convexas, conforme se apresentam para o observador. A denominação de uma lente é realizada, indicando em primeiro lugar a natureza da face menos curva, ou seja, aquela que se apresenta com maior raio de curvatura. Por exemplo, na lente côncavo - convexa, a face côncava apresenta maior raio de curvatura (fig. 6.1).

Observação: Nós estudaremos as lentes esféricas como sendo *delgadas*, ou seja, quando a sua espessura for desprezível em relação aos raios de curvatura.

□ Quanto ao comportamento ótico

As lentes podem ser convergentes ou divergentes, quanto ao comportamento ótico.

-Lente convergente / focos

Quando um feixe de raios paralelos ao eixo principal, incide sobre uma lente convergente, emerge convergindo os raios de luz para um ponto denominado *foco imagem*  $F'$  (fig. 6.2a).

A distância do foco  $F'$  à lente é a *distância focal imagem*  $f'$ . Fisicamente o foco imagem  $F'$  significa o ponto onde está localizada a imagem de um objeto situado no infinito.

Como a lente é constituída de dois diopros, há um segundo foco que é denominado *foco objeto*  $F$  (fig. 6.2b).

A distância do foco objeto  $F$  à lente é a *distância focal objeto*  $f$ . Esta distância  $f$  é simétrica à *distância focal*  $f'$ .

Fisicamente o foco objeto  $F$  significa o ponto onde está localizado o objeto de uma imagem no infinito.

Como os focos são reais, as distâncias focais objeto  $f$  e imagem  $f'$  serão consideradas positivas para lentes convergentes.

São lentes convergentes as lentes biconvexa, plano - convexa e côncavo - convexa (lentes 1, 2 e 3 da fig. 6.1).

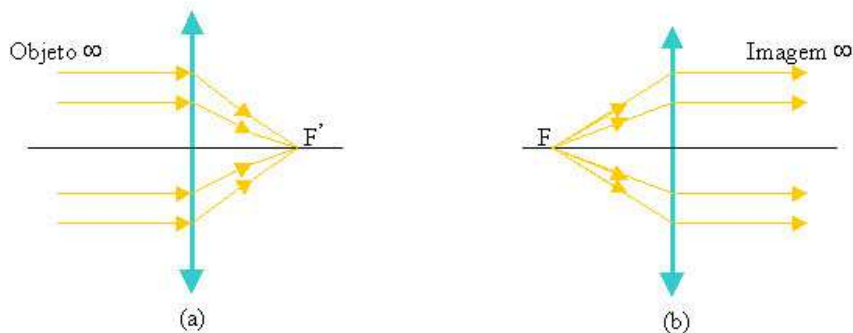


Figura 6.2 - Lente convergente

a) Foco imagem  $F'$

b) Foco objeto  $F$

-Lente divergente / focos

Quando um feixe de raios de luz, paralelos ao eixo principal, incide em uma lente divergente, ele emerge divergindo os raios de luz. Prolongando os raios divergentes, estes se interceptam no ponto  $F'$  denominado *foco imagem* da lente (fig. 6.3a). O foco objeto  $F$  da lente divergente é obtido pelo prolongamento dos raios incidentes (fig. 6.3b). O significado físico desses focos são os mesmos para lentes convergentes.



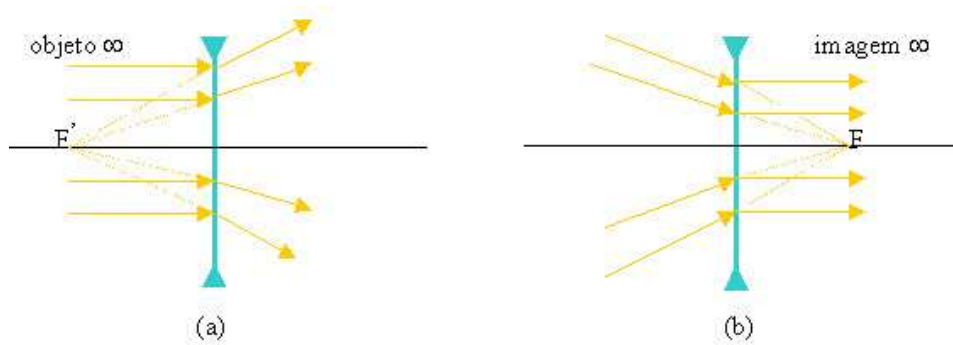


Figura. 6.3 - Lente divergente  
 a) Foco imagem  $F'$   
 b) Foco objeto  $F$ .

São lentes divergentes: as lentes bicôncava, plano - côncava e convexo - côncava (lentes 4, 5 e 6 da fig. 6.1)  
 Na prática reconhecemos se uma lente é divergente ou convergente do seguinte modo: quando o bordo da lente tem menor espessura que a região central da lente é uma lente convergente; quando o bordo da lente tem maior espessura que a região central, é uma lente divergente.

Observação: Quando a lente é imersa em um meio mais refringente, a lente divergente se torna convergente e vice-versa.



### 6.3 Elementos de uma lente esférica

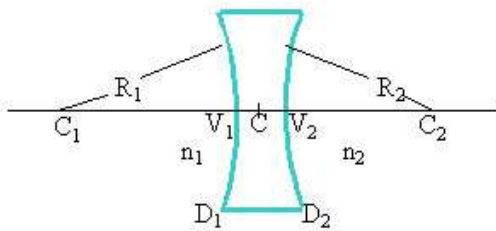


Figura 6.4 - Elementos de uma lente

Os elementos de uma lente esférica são (fig. 6.4):

$D_1 \Rightarrow$  dioptra de incidência

$D_2 \Rightarrow$  dioptra de emergência

$C_1$  e  $C_2 \Rightarrow$  centros de curvatura das faces

$R_1$  e  $R_2 \Rightarrow$  raios de curvatura das faces

$V_1$  e  $V_2 \Rightarrow$  vértices das faces

$e \Rightarrow$  espessura da lente que é igual à distância entre  $V_1$  e  $V_2$

$C \Rightarrow$  centro óptico da lente

Eixo principal  $\Rightarrow$  reta que passa pelos centros de curvatura  $C_1$  e  $C_2$



### 6.4 Vergência de uma lente

Se você observar uma receita de óculos você lerá as medidas, por exemplo, + 5 di ou - 5 di e assim por diante.

O que significam estas medidas?

Estas medidas indicam as vergências das lentes. A vergência  $C$  de uma lente é uma grandeza que corresponde ao inverso da distância focal da lente:

$$C = 1 / f \quad 6.1$$

A unidade de medida usual é a dioptria (di) que corresponde ao inverso do metro ( $m^{-1}$ ).

Quando a lente é divergente a distância focal é negativa, portanto, a vergência também será negativa. Quando a lente for convergente, a vergência será positiva.

Uma vergência de + 5 di significa que a lente a ser usada é uma lente convergente com uma distância focal 0,2 m ou 20 cm.

Uma vergência de - 5 di significa que a lente a ser usada é uma lente divergente com uma distância focal de 0,2 m ou 20 cm.



### 6.5 Equação dos fabricantes de lentes (Equação de Halley)

A equação dos fabricantes de lentes relaciona a distância focal  $f$  e a vergência  $C$  com os raios de curvatura  $R_1$  e  $R_2$  e o índice de refração relativo  $n_{21}$ . A equação é:

$$C = 1/f = (n_{21} - 1) (1/R_1 + 1/R_2) \quad 6.2$$

Convenção: para a face convexa considera o raio de curvatura positivo e para a face côncava o raio de curvatura negativo.

Aplicação: Vamos considerar, por exemplo, uma lente biconvexa com raios de curvatura iguais a 10 cm cada uma. O índice de refração relativo é 1,5. Queremos determinar a distância focal e a vergência da lente.

Usando a equação dos fabricantes de lente (6.2):

$$C = (n_{21} - 1) (1/R_1 + 1/R_2)$$

Substituindo os valores:

$$C = (1,5 - 1) (1/0,10 + 1/0,10)$$

Obtemos:

$$C = 10 \text{ di}$$

Como  $f = 1/C$ , temos:

$$f = 1/10$$

$$f = 0,10 \text{ m ou } f = 10 \text{ cm}$$



### 6.6 Construção de imagens em lentes esféricas

São utilizados três raios para a construção de imagens (fig. 6.4).

Raio 1: Raio que incide paralelo ao eixo principal refrata passando pelo foco imagem  $F$ .

Raio 2: Raio que incide passando pelo centro ótico da lente  $C$ , não sofre desvio.

Raio 3: Raio que incide passando pelo foco objeto  $F$ , refrata paralelo ao eixo principal

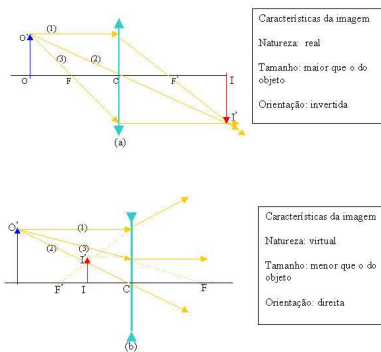


Figura 6.5 - Construção de imagens em lentes esféricas:

a) Lente convergente

b) Lente divergente

Para uma lente divergente (fig. 6.5b) a imagem é formada no prolongamento dos raios refratados. As características das imagens obtidas de uma lente divergente para qualquer posição de um objeto real são sempre as mesmas, ou seja, virtual, menor que o do objeto e direita.

A situação apresentada na fig. 6.5a para uma lente convergente é o esquema de um projetor de filmes ou slides.

Vamos construir as imagens obtidas de uma lente convergente para outras posições do objeto.

Objeto situado entre o foco e o vértice (fig. 6.6)

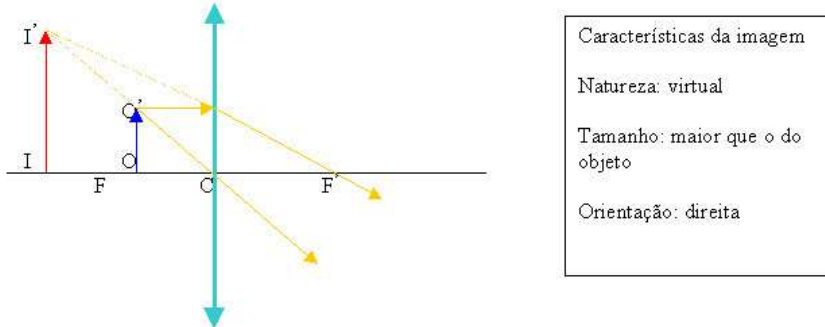
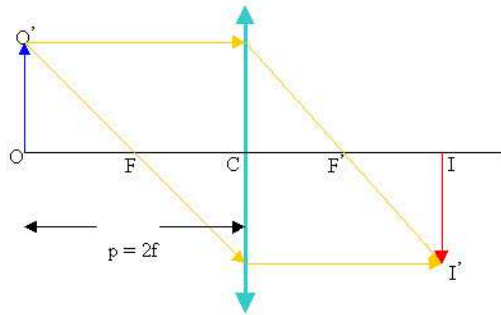


Figura 6.6 - Construção da imagem fornecida de um objeto situado entre o foco  $F$  e o centro ótico  $C$ .

Nessa situação, a lente convergente está funcionando como uma lente de aumento, ou seja, uma lupa.

Objeto sobre a dupla distância focal (fig. 6.7)

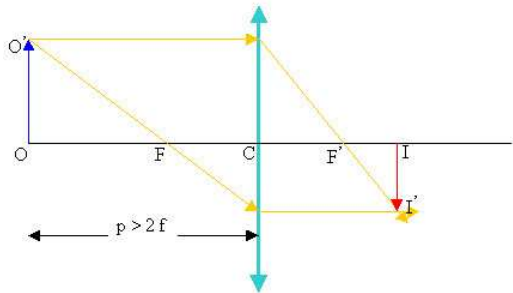


Características da imagem
Natureza: real
Tamanho: igual ao do objeto
Orientação: invertida

Figura 6.7- Construção da imagem fornecida de um objeto situado sobre a dupla distância focal

A situação da fig. 6.7 representa o esquema de uma máquina copiadora (xerográfica) sem ampliação.

Objeto situado além da dupla distância focal (fig. 6.8)



Características da imagem
Natureza: real
Tamanho: menor que o do objeto
Orientação: invertida

Figura 6.8 Construção da imagem de um objeto situado além da dupla distância focal

A situação apresentada na fig. 6.8 é o esquema da formação de uma imagem em uma máquina fotográfica.

Clique nos "links" abaixo para ver "applets" interessantes sobre lentes convergentes e lentes divergentes:

[Lentes Convergentes](#)

[Lentes Divergentes](#)



### 6.7 Determinação analítica das características das imagens

Equação de Gauss para lentes esféricas

A equação de Gauss para lentes esféricas é a mesma que para espelhos esféricos. Relaciona a distância focal  $f$  com a distância imagem  $q$  e a distância objeto  $p$ .

$$1/p + 1/q = 1/f$$

Vamos demonstrar esta equação para uma lente convergente (fig. 6.9).

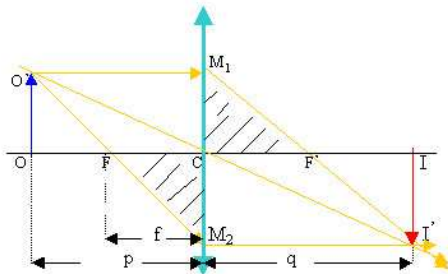


Figura 6.9 - Demonstração da equação de Gauss para uma lente convergente

Os triângulos  $O M_1 M_2$  e  $F C M_2$  são semelhantes, portanto, seus lados são proporcionais:

$$f/p = CM_2 / M_1 M_2 \quad (6.3)$$

Os triângulos  $I M_2 M_1$  e  $F C M_1$  são também semelhantes, portanto, seus lados são proporcionais:

$$f/q = M_1 C / M_1 M_2 \quad (6.4)$$

Somando 6.3 e 6.4, obtemos:

$$f/p + f/q = (CM_2 + M_1 C) / M_1 M_2$$

Como  $(CM_2 + M_1 C) = M_1 M_2$ , temos:

$$f/p + f/q = MIM2 / MIM2$$

$$f(1/p + 1/q) = 1$$

$$1/f = 1/p + 1/q \Rightarrow \text{Equação de Gauss} \quad 6.5$$

onde:  
 $f \Rightarrow$  distância focal

$p \Rightarrow$  distância objeto

$q \Rightarrow$  distância imagem

Observação: A equação da ampliação para lentes é a mesma que obtivemos para espelhos esféricos.

Sabemos que a ampliação  $A$  é definida como sendo a razão entre o tamanho imagem  $II'$  e o tamanho objeto  $OO'$ :

$$A = II' / OO'$$

Como os triângulos  $OO'C$  e  $II'C$  são semelhantes (fig. 6.9) pois possuem dois ângulos iguais, obtemos:

$$A = II' / OO' = -q / p \Rightarrow \text{Equação da Ampliação} \quad 6.6$$



Convenção

- Referencial de Gauss

O referencial de Gauss será o centro óptico da lente delgada, ou seja, as distâncias imagens e objeto serão medidas a partir do centro ótico.

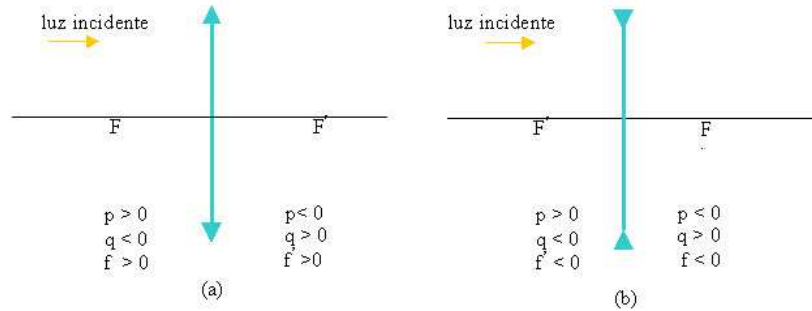


Figura 6.10 - Convenção

- a) Lentes convergentes
- b) Lentes divergentes.

-Convenção:

De uma forma geral temos (fig. 6.10):

Distâncias focais de lentes convergentes são positivas e de divergentes negativas;

Distâncias de objetos e imagens reais são positivas e de objetos e imagens virtuais são negativas;

Imagem direita é positiva e imagem invertida, negativa.

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala24/24\\_A02.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala24/24_A02.asp)

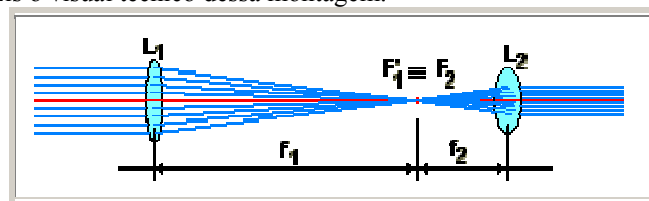
Construa uma luneta

Luneta de Kepler

[Perguntas e Dúvidas?](#)

Apresentação

É fácil construir uma luneta de Kepler. Ela consta simplesmente de duas lentes delgadas ( $L_1$  e  $L_2$ ), uma de grande distância focal ( $f_1$ ) e outra de pequena distância focal ( $f_2$ ), ajustadas centradas, de modo que o foco imagem da primeira ( $F_1'$ ) coincida com o foco objeto da segunda ( $F_2$ ). A de grande distância focal é a **objetiva** e a de pequena distância focal é a **ocular**. Eis o visual técnico dessa montagem:



Comentário teórico

Quando vamos comprar uma lâmpada incandescente, devemos transmitir algumas informações ao vendedor, tais

como, a 'tensão elétrica que será aplicada na lâmpada' (110V, 220V, 12V etc.) e a 'potência elétrica de dissipação da lâmpada' (40W, 60W, 100W etc.). Além disso, poderemos fornecer outros detalhes menos importantes (forma da lâmpada, cor do bulbo, tipo de rosca etc.).

Do mesmo modo deveremos proceder para adquirir uma lente e, para isso, deveremos dar informações tais como: tipo da lente (segundo a curvatura de suas faces), convergente ou divergente; potência (ou vergência,  $V$ ) da lente (o inverso de sua distância focal, em metros), em dioptrias (símbolo, di) e, outras informações menores tais como: formato da lente, cor etc.

Falemos um pouco mais dessa 'vergência'. Pela definição, teremos:  $V = 1/f$ ,  $f$  em metros e  $V$  em dioptrias.

Assim, a vergência de uma lente convergente de distância focal  $f = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$  é:  $V = 1/f = 1/(0,2) = 5 \text{ di}$ . A vergência de uma lente divergente de  $40 \text{ cm}$  de distância focal será:  $V = 1/f = 1/(-0,4) = -2,5 \text{ dioptrias}$ .

Nota: No jargão técnico/popular a unidade 'dioptria' é conhecida(?) por 'grau'. Assim, uma lente de "+ 10 graus", refere-se a uma lente convergente de vergência 10 di, ou seja, de distância focal  $f = 1/V = 1/10 \text{ di} = 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$ . Se você colocar essa lente recebendo os raios do sol, o foco se formará nítido e intenso a 10 cm da lente.

### Material

As duas lentes de que nos utilizaremos são do tipo convergentes e suas potências (ou vergências) são 1 di para a objetiva e 8 di para a ocular (ou duas de 4 di). Precisaremos, também, de um tubo de papelão de 30 a 50 mm de diâmetro, com um metro de comprimento (serve aqueles usados para transportar plantas e desenhos pelas copiadoras ou aqueles de lojas de armarinho usados para enrolar o tecido).

As lentes normalmente fornecidas pelas Ópticas, são 'redondas', com 60 ou 75 mm de diâmetros. Para reduzir a aberração esférica, este diâmetro será reduzido para 25 mm, quer esmerilhando as lentes, quer fazendo o uso de um diafragma de cartolina. Uma opção mais barata é usar as lentes de acrílico de óculos de leitura importados, vendidos pelos ambulantes a 4 ou 5 reais.

### Calculando

Cálculo da distância focal da lente objetiva de '1 grau' (1 di):

$$f_{ob} = 1 / 1 \text{ di} = 1 \text{ metro ou } 100 \text{ cm.}$$

Cálculo da distância focal da lente ocular de '8 grau' (8 di):

$$f_{oc} = 1 / 8 \text{ di} = 0,125 \text{ m ou } 12,5 \text{ cm}$$

O comprimento total da luneta será então de:  $100 \text{ cm} + 12,5 \text{ cm} = 112,5 \text{ cm}$ .

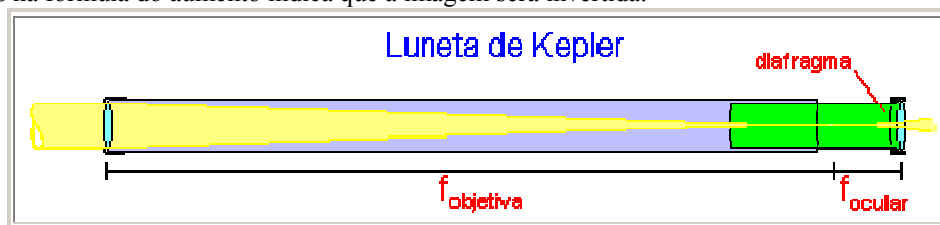
Para calcular o aumento da nossa luneta, basta dividir a distância focal da objetiva pela distância focal da ocular ( $A = f_{ob}/(-f_{oc})$ ), assim:

$$f_{ob} / (-f_{oc}) = 100 \text{ cm} / -12,5 \text{ cm} = -8$$

A especificação da nossa luneta será (8 x) (25) (f/40) ou  $8 \times 25 \text{ f}/40$ .

8x significa que dará oito aumentos. 25 é a abertura, porque a lente tem 25 mm de diâmetro livre, por dentro do tubo e, sua luminosidade será  $f/40 : f_{ob} / D = 1000 \text{ mm} / 25 \text{ mm} = 40$

O sinal menos na fórmula do aumento indica que a imagem será invertida.



### Montagem

Fixe a objetiva na frente do tubo usando fita crepe ou cola branca e cartolina. Enrole um pedaço de cartolina de 30 cm de largura, faça um tubo que encaixe dentro do tubo maior e prenda, na extremidade deste, a lente ocular. Use uma rodela de cartolina escura do tamanho da lente com um furo de 10 mm no centro, como um diafragma, para limitar o campo de visão da ocular. Deslizando este tubo dentro do maior você poderá focalizar objetos distantes.

### Histórico

Foi uma luneta assim que Johannes Kepler sugeriu em seu trabalho **Dioptrice**, publicado em 1611, trocando pela primeira vez, a ocular negativa de Galileu por uma positiva, o que inverteu a imagem, mas melhorou substancialmente a qualidade óptica.

Mas se você quer boas imagens e um instrumento mais poderoso, consulte a seção [Faça seu telescópio](#) do nosso site, onde poderá encontrar informações detalhadas para este trabalho.

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09\\_OO1.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala09/09_OO1.asp)

FONTE www.allfaconnections.net.

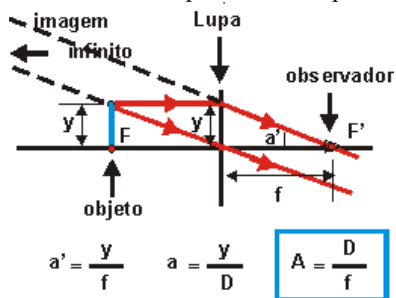
### Instrumentos de Ópticos

O que é a lupa?

É um instrumento de observação constituído por uma ocular.

A lupa é formada por uma lente ou um conjunto de lentes convergente

O aumento da lupa é definido para a condição de estar focada para infinito.



Sendo o aumento  $A = a' / a$  onde  $a' = y / f$  e  $a = y / D$

Sendo D a distância mínima de visão distinta normal 25 cm.

Conclusão:

$$A = D / f$$

Exemplo:

Cálculo do aumento de uma lupa de distância focal de 2,5 cm

$$A = 25 / 2,5 \ggg A = 10x$$

O que é o microscópio?

É um instrumento de observação constituído por uma ocular e uma objetiva.

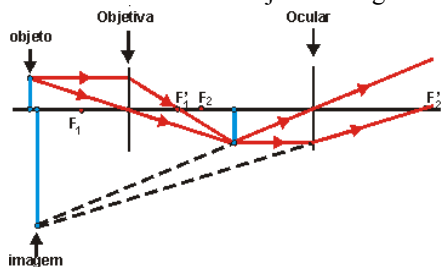
A ocular é uma lente ou um conjunto de lentes convergente.

A objetiva é uma lente ou um conjunto de lentes convergente de pequena distância focal.

A função do microscópio é formar de um objeto real muito próximo uma imagem final virtual com grande aumento

A objetiva deve formar uma imagem real e invertida do objeto.

A ocular tendo como objeto a imagem formada pela objetiva deve formar uma imagem virtual e direita.



É importante observar que a imagem final é virtual e invertida em relação ao objeto do microscópio

Porque a distância focal da objetiva do microscópio deve ser muito pequena?

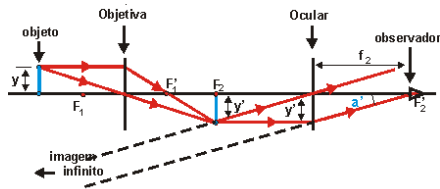
Nas condições normais de utilização de um microscópio a distância D do objeto a ser observado ao microscópio é pequena.

Para a objetiva formar deste objeto uma imagem real é necessário que a distância D seja maior que a distância focal  $f_1$  da lente.

Se  $f_1 < D$  e D é pequena então  $f_1$  é muito pequena.

Qual é o valor do aumento do microscópio?

O aumento do microscópio é calculado para as condições mais confortáveis de observação, isto é, quando ele está focado para infinito.



O aumento dos instrumentos de observação é a razão entre o diâmetro aparente da imagem e o diâmetro aparente do objeto.

$$\text{Aumento} \gg \gg A = a' / a$$

O diâmetro aparente da imagem  $a'$  é calculado quando a imagem esta no infinito.

$a' = y' / f_2$ , onde  $y'$  é o tamanho da imagem formada pela objetiva e  $f_2$  é a distância focal da ocular

O diâmetro aparente do objeto é calculado quando o objeto é observado a olho nu na distância mínima de visão distinta normal.

$a = y / D$ , onde  $y$  é o tamanho do objeto e  $D$  é a distância mínima de visão distinta normal.

A relação entre  $y'$  e  $y$  é calculada pela ampliação da objetiva como já foi vista nas consultas sobre as lentes.

O que é uma luneta astronômica?

É um instrumento de observação constituído por uma ocular e uma objetiva.

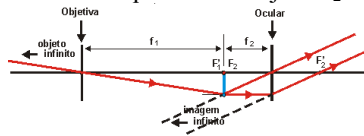
A ocular é uma lente ou um conjunto de lentes convergente.

A objetiva é uma lente ou um conjunto de lentes convergente..

A função da luneta astronômica é formar de um objeto real muito distante uma imagem final virtual com grande aumento.

Como funciona a luneta astronômica focada para infinito?

O objeto da luneta astronômica está a uma grande distância (infinito). A sua imagem formada pela objetiva está situada sobre o foco imagem  $F_1'$ . Esta imagem é o objeto da ocular. Para que a sua imagem se forme no infinito é necessário que o foco objeto  $F_2$  da ocular esteja sobre ela.



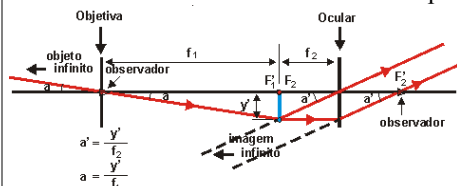
A figura nos mostra que:

a imagem final é invertida em relação ao objeto observado

a distância entre a objetiva e a ocular é a soma de suas distâncias focais.

Qual é o valor do aumento de uma luneta astronômica focada para infinito?

O aumento é a razão entre o diâmetro aparente da imagem e do objeto,



$$\text{Aumento } A = a' / a \gg \gg A = (y' / f_2) / (y' / f_1)$$

$$A = f_1 / f_2$$

O que é uma luneta terrestre

A luneta é dita terrestre quando a imagem final é direita em relação ao objeto que está sendo observado.

A luneta terrestre pode ser:

uma luneta astronômica com um sistema ótico inversor da imagem

uma luneta de Galileu.

A luneta da figura é uma luneta terrestre focada para infinito com um inversor de imagem constituído por uma lente convergente.

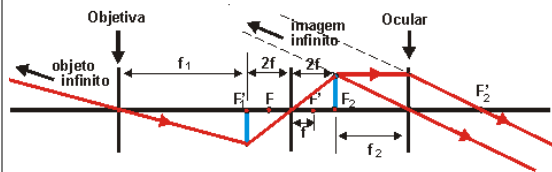
A imagem da objetiva é formada a uma distância da lente inversora igual ao dobro de sua distância focal. A

lente inversora produz uma imagem real do mesmo tamanho, invertida e a uma distância igual.  
 A imagem da lente inversora é formada sobre o foco objeto da ocular que produz uma imagem final no infinito.

A figura nos mostra que:

a imagem final é direita em relação ao objeto observado

a distância entre a objetiva e a ocular é a soma de suas distâncias focais mais 4 vezes a distância focal da lente inversora.



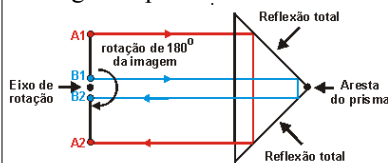
A luneta terrestre pode fazer a inversão da imagem usando um conjunto de 2 prismas de reflexão total mostrado na figura.

O prisma produz uma rotação de 180° da imagem em torno de um eixo paralelo a aresta do prisma.

Para fazer um inversão completa da imagem é necessário um conjunto de dois prismas com arestas ortogonais. Exemplificando:

um primeiro prisma de aresta horizontal gira a imagem de cima para baixo

um segundo prisma de aresta vertical gira a imagem da esquerda para a direita completando a inversão.



Qual é o valor do aumento de uma luneta terrestre focada para infinito?

O aumento da luneta terrestre com inversores de lente ou prismas é o mesmo da luneta astronômica, uma vez que os sistemas inversores não alteram o tamanho da imagem

$$A = f_1 / f_2$$

Qual é a influência do diâmetro das objetivas das lunetas na qualidade da imagem?

O diâmetro da objetiva está ligado à luminosidade da imagem. Como as lunetas normalmente produzem grandes aumentos a luz que penetra pela objetiva é distribuída na grande área da imagem o que acarreta uma imagem com menos luminosidade.

Para que a imagem seja de boa luminosidade é necessário que penetre mais luz na luneta, o que ocorre quando aumentamos o diâmetro da objetiva. Podemos afirmar que quanto maior o diâmetro da objetiva melhor é a luminosidade da imagem.

Nas lunetas comumente vemos uma inscrição como 10x40.

O primeiro número indica o aumento e o segundo o diâmetro da objetiva em milímetros.

A luneta do exemplo tem um aumento de 10 vezes e uma objetiva de 40mm.

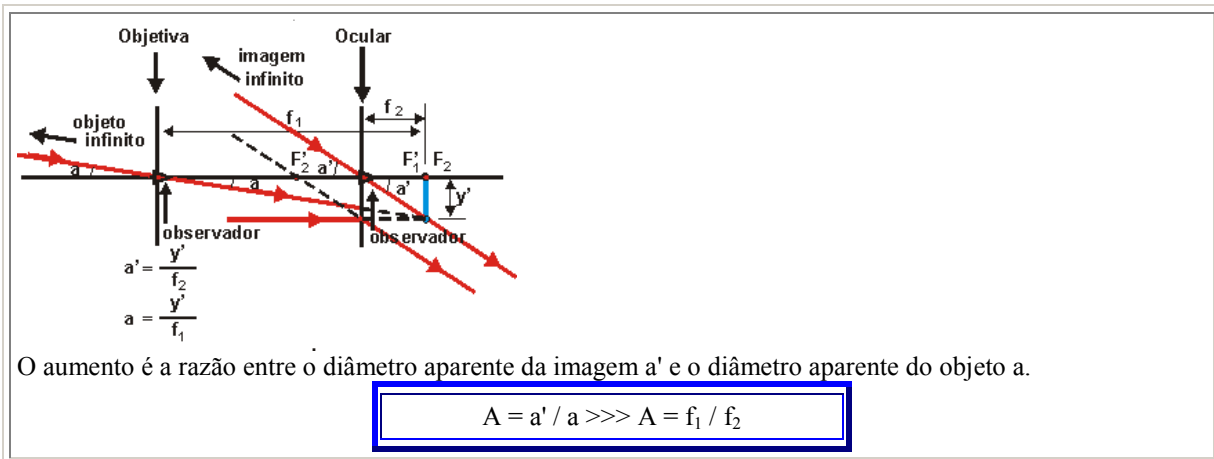
O que é a luneta de Galileu

A luneta de Galileu é uma luneta terrestre com uma objetiva de lente convergente e uma ocular de lente divergente, capaz de formar de um objeto real a uma grande distância uma imagem virtual final direita em relação ao objeto observado.

Qual é o valor do aumento de uma luneta de Galileu

A figura nos mostra uma luneta de Galileu focada para infinito.





Como se classificam os instrumentos de ótica?

Instrumentos de projeção.

São instrumentos cuja imagem final é real. Exemplos: projetores de cinema, retro-projetores, projetores de slides, câmera fotográfica etc.

Instrumentos de observação.

São instrumentos cuja imagem final é virtual. Exemplos: lupas, microscópios, lunetas terrestres, lunetas astronômicas, telescópios etc.

Como são constituídos os instrumentos de ótica?

Os instrumentos de ótica são constituídos por dois elementos básicos, a objetiva e a ocular.

Objetiva é uma lente, um conjunto de lentes ou um espelho côncavo cuja função é formar uma imagem real do objeto.

Ocular é uma lente ou um conjunto de lentes cuja função é formar uma imagem virtual do objeto.

Os instrumentos de projeção só possuem objetiva.

Os instrumentos de observação possuem sempre a ocular podendo possuir ou não a objetiva.

O que é o aumento de um instrumento de observação?

Uma característica importante dos instrumentos de observação é o aumento. (não confundir com a ampliação dos instrumentos de projeção).

O aumento dos instrumentos de observação é a razão entre o diâmetro aparente da imagem e o diâmetro aparente do objeto.

$$\text{Aumento } \ggg A = a' / a$$

O diâmetro aparente da imagem  $a'$  é definido para a imagem formada no infinito

O diâmetro aparente do objeto  $a$  é definido para a observação do objeto a olho nu, numa situação em que ele seja o maior possível.

Quando for possível alterar a posição do objeto, como nas lupas e nos microscópios, ele é observado à distância mínima de visão distinta.

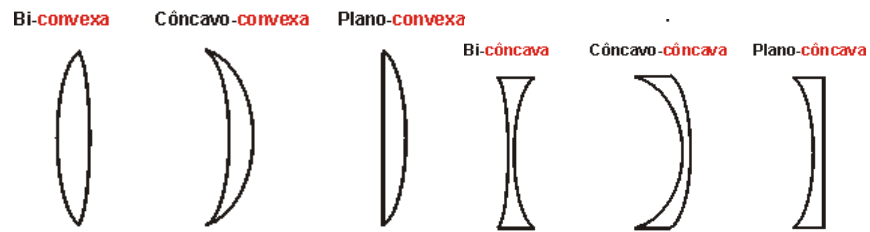
O que é uma lente esférica?

É uma associação de dois diótricos esféricos ou de um diótrico esférico e um diótrico plano.

Quais são os tipos de lentes esféricas?

São 6 os tipos de lentes esféricas divididos em 2 grupos, o das lentes de bordos finos e o das lentes de bordos espessos.

Lentes de bordos finos



Lentes de bordos espessos

O que é uma lente delgada?

É uma lente de espessura desprezível em comparação com as outras distâncias que estão sendo consideradas.

Quais são as lentes convergentes

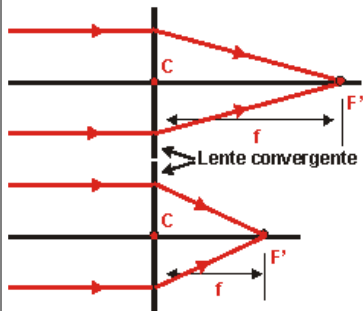
São as lentes de bordos finos de material mais refringente que o meio exterior ou as de bordos espessos de material menos refringente que o meio exterior.

A lente pode ser considerada para efeito da refração da luz como um conjunto de prismas cujas faces são tangentes à superfície da lente nos pontos de incidência do raio luminoso

O que se entende por convergência de uma lente?

É uma grandeza que mede a capacidade de uma lente de convergir os raios luminosos.

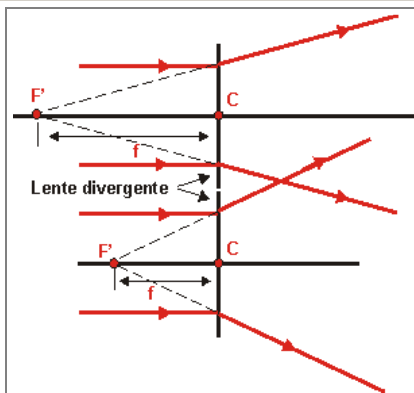
Consideremos as lentes convergentes da figura. Verificamos que a segunda lente converge mais os raios luminosos que a primeira, isto é, ela é mais convergente que a primeira.



A figura nos mostra ainda que a capacidade de convergir os raios depende da distância focal e que quando menor for a distância focal  $f$  maior será a convergência  $C$  ou seja que:

$$C = 1 / f$$

Consideremos as lentes divergentes da figura. Verificamos que a segunda lente diverge mais os raios luminosos que a primeira, isto é, ela é mais divergente que a primeira.



A figura nos mostra ainda que a capacidade de divergir os raios depende da distância focal e que quando menor for a distância focal  $f$  maior será a divergência  $C$ .  
 Como nas lentes divergentes a distância focal  $f$  é negativa a divergência  $C$  será negativa.

Qual é a unidade de convergência no SI?

A unidade SI de convergência é

$1 \text{ dioptria} \ggg 1 \text{ di}$

Uma dioptria é convergência de uma lente cuja distância focal é um metro

$1 \text{ di} = 1 / 1\text{m} \ggg 1 \text{ di} = 1 \text{ m}^{-1}$