

LENTE ESFÉRICAS

O estudo das lentes esféricas, talvez seja dentre todas as aplicações da óptica geométrica, a que mais se destaca pelo seu uso no cotidiano como por exemplo em lentes de óculos ou lupas em equipamentos de pesquisa astronômica, em câmeras digitais e em microscópios.

Definimos lente esférica como o sistema óptico constituído de três meios homogêneos e transparentes, separados dois a dois por duas superfícies esféricas ou uma superfície esférica e uma superfície plana, as quais chamamos faces da lente.

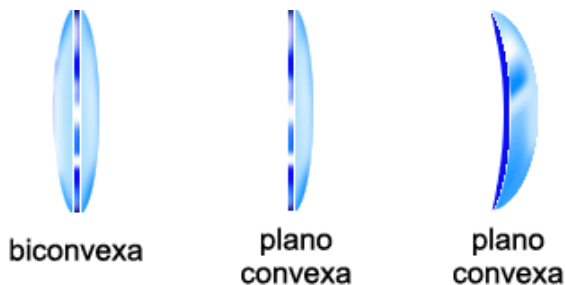
Para um estudo simples consideraremos que o segundo meio é a lente propriamente dita, e que o primeiro e terceiro meios são iguais.

Em razão da sua grande importância na prática diária, é muito importante o entendimento de como se formam as imagens.

Classificação

As lentes esféricas podem ser classificadas em:

1) Lentes de bordas finas ou delgadas: quando as bordas são mais finas que a região central.



2) Lentes de bordas grossas ou espessas: quando a região central é mais fina em relação às bordas, ou seja, nesse caso ocorre o contrário das lentes de bordas finas, veja:



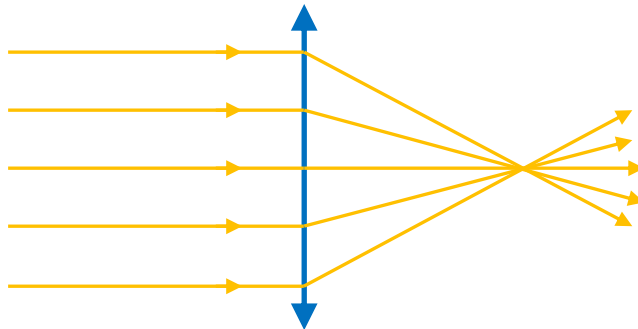
Os nomes das lentes são, usualmente, associados às faces. O nome da face que tiver o maior raio de curvatura vem em primeiro lugar seguido do nome da de menor curvatura (lembrar que a face plana tem raio infinito). Temos assim, de acordo com essa convenção os nomes das diversas lentes esféricas nas figuras acima.

Comportamento das lentes

As lentes esféricas podem apresentar dois comportamentos distintos com relação aos raios que incidem sobre as mesmas. Elas podem ter comportamentos divergentes ou convergentes.

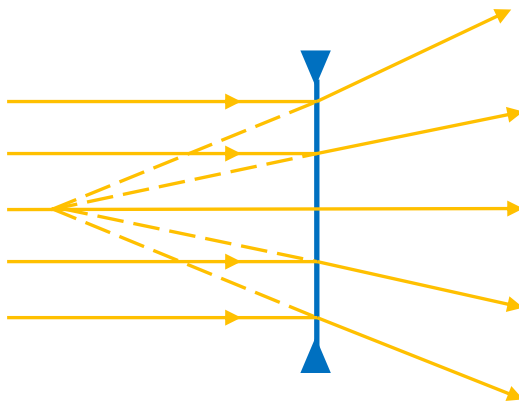
1-Lentes esféricas convergentes

Quando os raios de luz incidem paralelamente entre si em uma lente convergente, eles refratam tomando direções que convergem para um único ponto. Na figura a seguir, temos este comportamento sendo observado bem como a representação geométrica de uma lente convergente.



2-Lentes esféricas divergentes

Em uma lente esférica com comportamento divergente, a luz que incide paralelamente entre si é refratada, tomando direções que divergem a partir de um único ponto. Observe na figura abaixo a representação de uma lente divergente e o comportamento dos raios ao atravessá-la.



Comportamento das lentes e índice de refração

Tanto lentes de bordas espessas como de bordas finas podem ser divergentes, dependendo do seu índice de refração em relação ao do meio externo. Observe os casos abaixo:

1º caso – $n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$

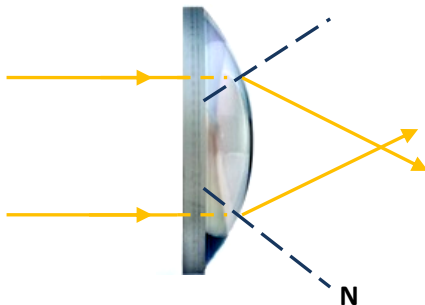
Obs: devemos lembrar que:

1- Quando a luz incide perpendicularmente em uma superfície (ângulo de incidência nulo), ela sofre refração sem sofrer desvio

2- Quando a luz passa de um meio mais refringente para outro menos refringente, com ângulo de incidência diferente de zero, ela sofre desvio se afastando da Normal.

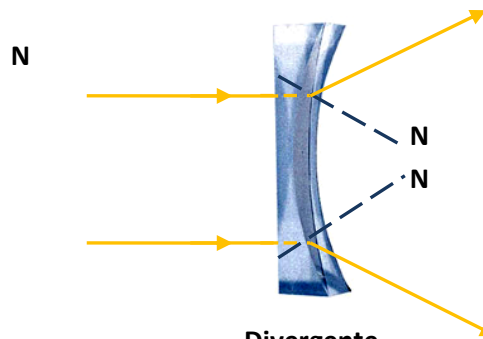
3- Quando a luz passa de um meio menos refringente para outro mais refringente, com ângulo de incidência diferente de zero, ela sofre desvio se aproximando da Normal.

1.1. Borda fina



Convergente

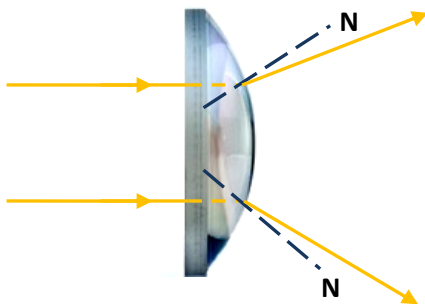
1.2. Borda grossa



Divergente

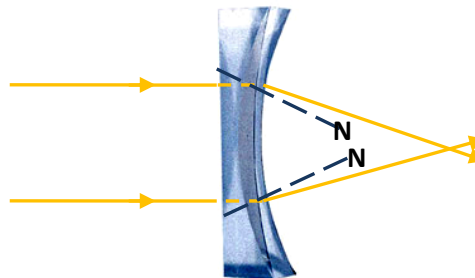
2º caso – $n_{\text{lente}} < n_{\text{meio}}$

2.1. Borda fina



Divergente

2.2. Borda grossa



Convergente

Resumindo

Casos	Borda Fina	Borda Grossa
$n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$	Convergente	Divergente
$n_{\text{lente}} < n_{\text{meio}}$	Divergente	Convergente

Como geralmente o índice de refração da lente é maior que o do ar, neste meio, lentes de bordas finas são convergentes e de bordas grossas são divergentes

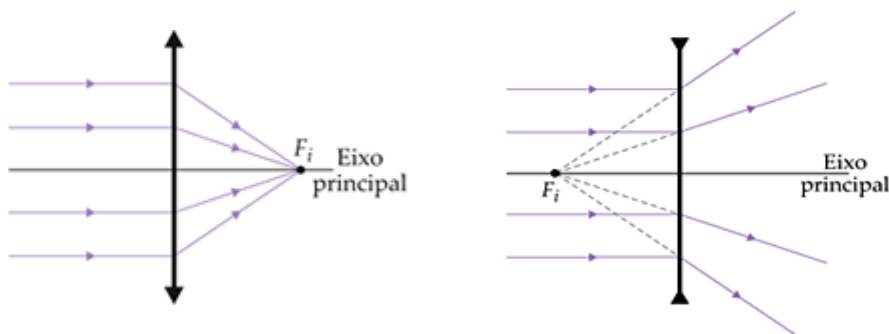
Elementos das lentes esféricas

1-Focos principais

Uma lente possui um par de focos principais: foco principal objeto (F_o) e foco principal imagem (F_i), ambos localizam-se a sobre o eixo principal e são simétricos em relação à lente, ou seja, a distância OF_o é igual a distância OF_i .

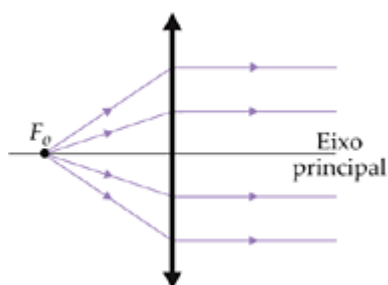
1.1.Foco imagem (F_i)

Façamos incidir sobre uma lente esférica um pincel cilíndrico de luz monocromática paralelo ao eixo principal da lente. Ao ser refratado, a luz emerge ou converge para um ponto, se a lente for convergente; ou diverge de um ponto, se a lente for divergente. Este ponto do eixo principal, em relação ao qual a luz converge ou diverge, é chamado foco principal imagem (F_i), podendo ser real (formado pelo cruzamento dos raios refratados) ou virtual(formado pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios refratados).



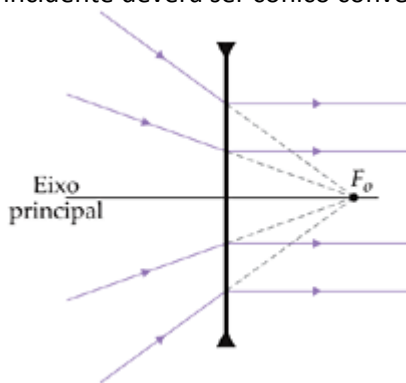
1.2.Foco objeto (F)

Façamos, agora, incidir um pincel de luz monocromática numa lente esférica, de tal modo que o pincel de luz emergente seja cilíndrico e paralelo ao eixo principal. Para tanto, na lente convergente, ele deverá ser um pincel cônico divergente.



O ponto do eixo principal que coincide com o vértice do pincel cônico divergente é o foco principal objeto (F_o) da lente convergente.

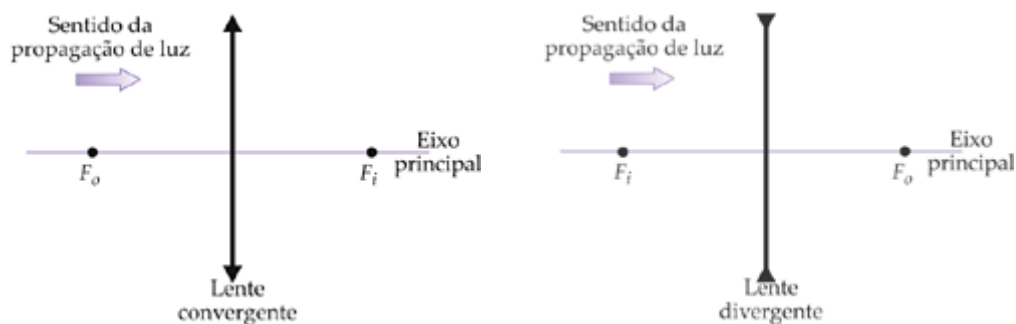
A fim de obter um pincel de luz emergente cilíndrico na lente divergente, o pincel de luz incidente deverá ser cônico convergente.



O ponto do eixo principal que coincide com o vértice do pincel cônico divergente é o foco principal objeto da lente divergente.

Sendo assim, concluímos que uma lente esférica apresenta dois focos principais: o foco principal objeto (F_o) e o foco principal imagem (F_i) e que nas lentes convergentes e divergentes estes focos apresentam entre si posições simétricas.

Observe o esquema abaixo.



Percebemos pelo que foi demonstrado, que os focos das lentes convergentes são reais e os das lentes divergentes são virtuais.

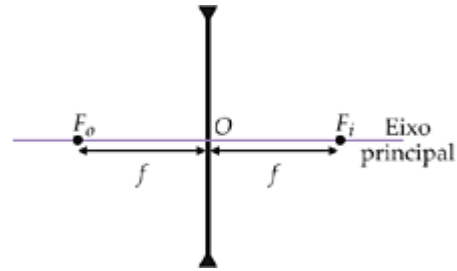
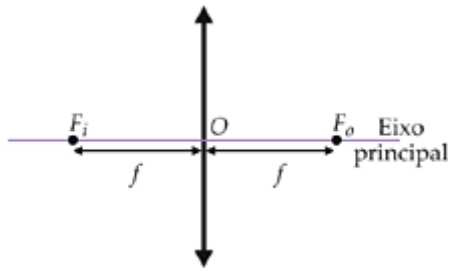
2- Centro óptico (O)

No caso de uma lente delgada, o centro óptico é encontrado pela intersecção da lente com o eixo óptico.



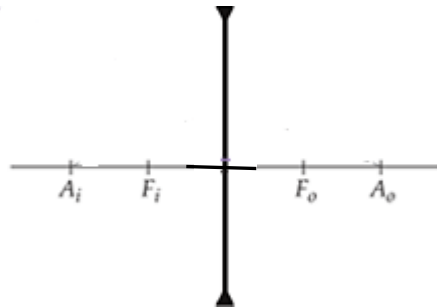
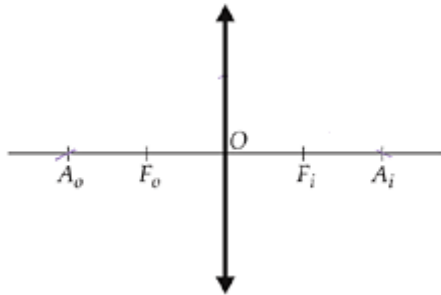
3-Distância focal (F_o)

É a medida da distância entre um dos focos e o centro óptico. Podemos observar que $F_o = 2R$, onde R é o raio de curvatura.



4-Pontos antiprincipais

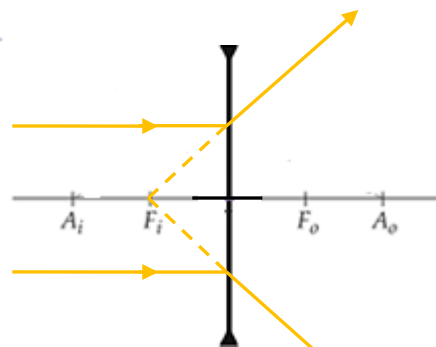
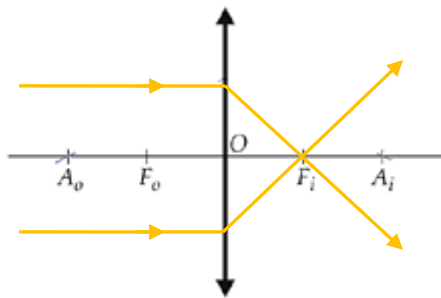
São pontos localizados a uma distância igual a $2f_o$ do centro óptico (**O**), ou seja, a uma distância f_o de um dos focos principais (**F_o** ou **F_i**). Esta medida é caracterizada por **A** (para o ponto antiprincipal objeto) e **A'** (para o ponto antiprincipal imagem).



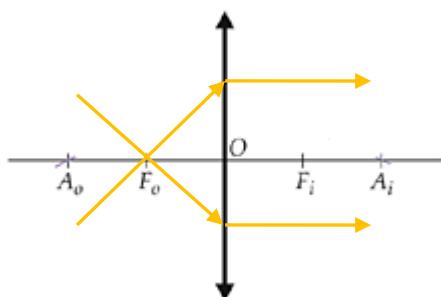
Construção de imagens

Para podermos estudar como as imagens são formadas iremos primeiramente conhecer os raios notáveis nas lentes esféricas.

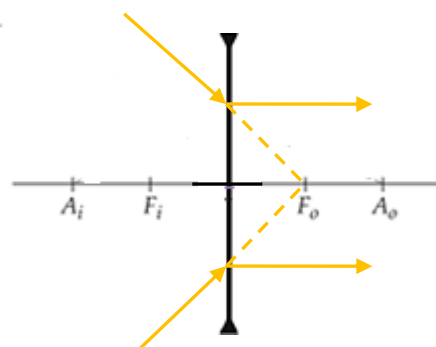
1-Todo raio de luz que incide paralelamente ao eixo, é refratado na direção do foco imagem.



2-Todo raio de luz que incide na direção do foco objeto, é refratado paralelamente ao eixo

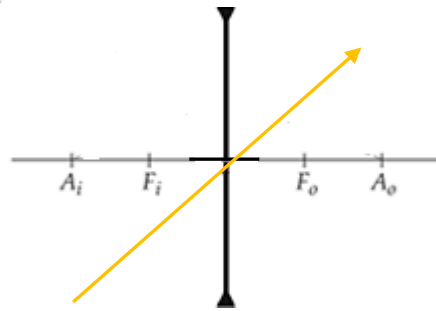
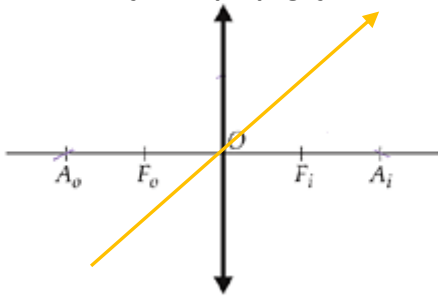


3-

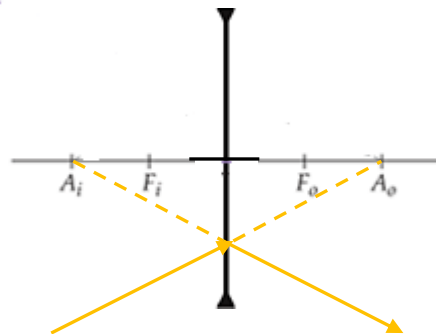
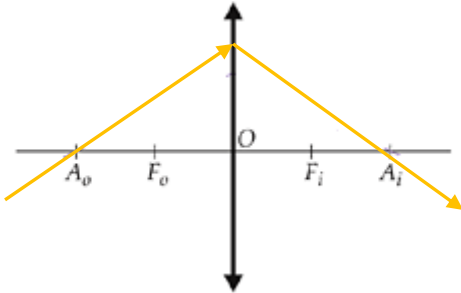


Todo

raio de luz que incide na direção do centro óptico, é refratado sem sofrer desvio na sua direção de propagação

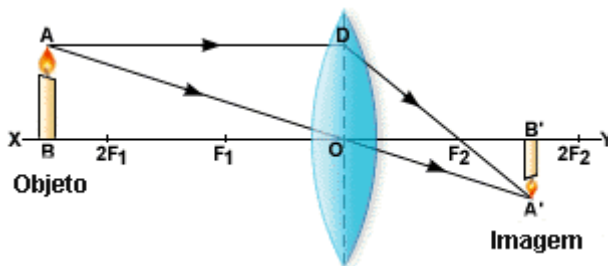


4- Todo raio de luz que incide na direção do ponto antiprincipal objeto, é refratado na direção do ponto antiprincipal imagem



1-Imagens nas lentes convergentes

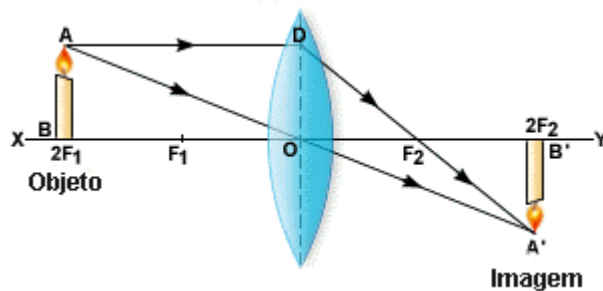
1.1. Objeto além do ponto antiprincipal objeto



Máquina fotográfica
Olho humano

Imagem real, invertida e menor, situada entre o foco e o ponto antiprincipal

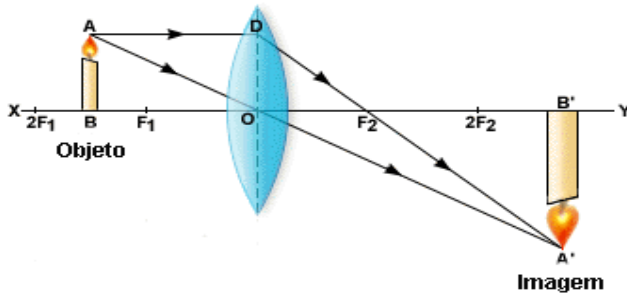
1.2. Objeto no ponto antiprincipal objeto (lente convergente)



Copiadoras

Imagem real, invertida e igual, situada no ponto antiprincipal

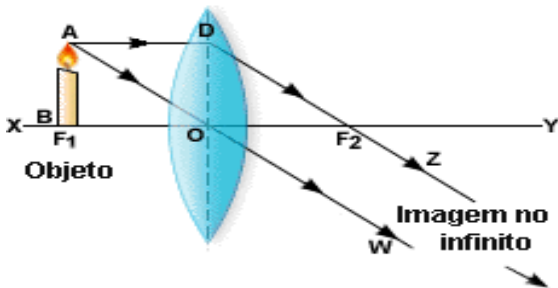
3- Objeto entre o foco principal objeto e o ponto antiprincipal objeto



Projetores de slides
Projetores de cinema

Imagem real, invertida e maior, situada além do ponto antiprincipal

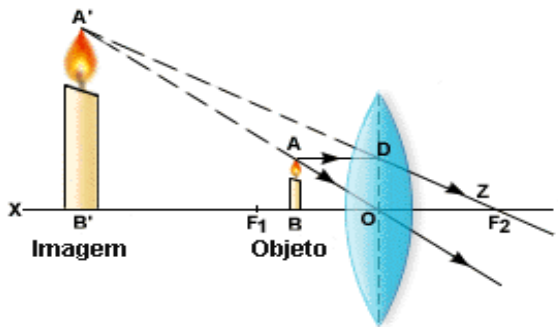
4- Objeto no foco principal objeto



Canhões de luz
Farol

Imagem imprópria, formada no infinito

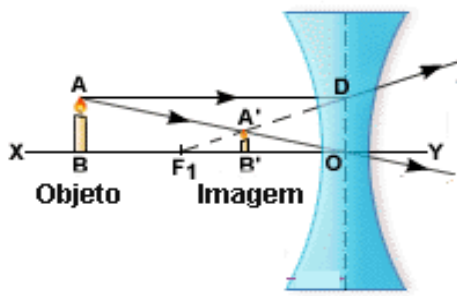
5- Objeto entre o foco principal objeto e o centro óptico



Lupa
Correção da miopia

Imagem virtual, direita e maior, formada entre o foco objeto e o centro óptico

2-Imagens nas lentes divergentes

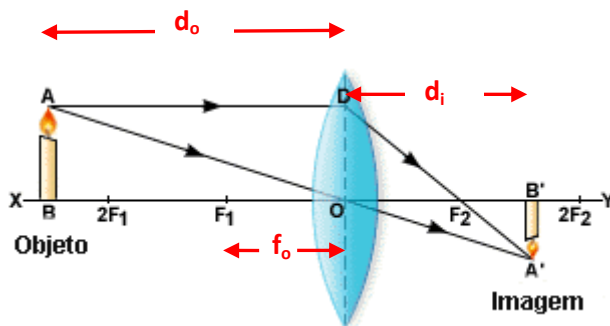


Correção da hipermetropia

Imagem virtual, direita e menor

Estudo analítico

1-Equação de Gauss



$$\frac{1}{f_o} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

2- Equação do aumento linear transversal

$$A = \frac{H_i}{H_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

Convenção de sinais

$F_o > 0$ → lente convergente;

$F_o < 0$ → lente divergente;

$d_o > 0$ → objeto real;

$d_o < 0$ → objeto virtual;

$d_i > 0$ → imagem real;

$d_i < 0$ → imagem virtual;;

$H_i > 0$ → imagem direita ou direta;

$H_i < 0$ → imagem invertida;

Exercício resolvido

1-(EfeS) Um objeto de altura $AB = 10 \text{ cm}$ é colocado a uma distância de 20 cm de uma lente. Verifica-se a formação de uma imagem virtual do objeto, com altura $A'B' = 5 \text{ cm}$.

- a) Qual a distância da imagem à lente?
b) Qual é a distância focal e o tipo da lente?

Resolução

$$\left. \begin{array}{l} i = 5 \text{ cm} \\ o = 10 \text{ cm} \end{array} \right\} A = \frac{i}{o} \Rightarrow A = \frac{5}{10} \Rightarrow \boxed{A = \frac{1}{2}}$$

$$A = \frac{-p'}{p} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{-p'}{20} \Rightarrow \boxed{p' = -10 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{20} + \frac{1}{-10}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1-2}{20} \Rightarrow \frac{1}{f} = -\frac{1}{20} \Rightarrow \boxed{f = -20 \text{ cm}}$$

2-01. (ITA-SP) Um objeto tem altura $h_o = 20 \text{ cm}$ e está situado a uma distância $d_o = 30 \text{ cm}$ de uma lente. Esse objeto produz uma imagem virtual de altura $h_i = 4,0 \text{ cm}$. A distância da imagem à lente, a distância focal e o tipo de lente são, respectivamente:

- a) $6,0 \text{ cm}$; $7,5 \text{ cm}$; convergente
b) $1,7 \text{ cm}$; 30 cm ; divergente
c) $6,0 \text{ cm}$; $-7,5 \text{ cm}$; divergente
d) $6,0 \text{ cm}$; $5,0 \text{ cm}$; divergente
e) $1,7 \text{ cm}$; $-5,0 \text{ cm}$; convergente

Resolução

$$A = \frac{i}{o} \Rightarrow A = \frac{4}{20} \Rightarrow \boxed{A = \frac{1}{5}}$$

$$A = \frac{-p'}{p} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{-p'}{30} \Rightarrow \boxed{p' = -6 \text{ cm}}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{30} + \frac{1}{-6} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1-5}{30} \Rightarrow$$

$$\boxed{f = -7,5 \text{ cm}} \Rightarrow \text{lente divergente}$$

Vergência

Dada uma lente esférica em determinado meio, chamamos vergência da lente (**V**) a unidade caracterizada como o inverso da distância focal, ou seja:

$$V = \frac{1}{f}$$

A unidade utilizada para caracterizar a vergência no Sistema Internacional de Medidas é a **dioptria**, simbolizado por **di**.

Um **dioptria** equivale ao inverso de um metro, ou seja:

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

Uma unidade equivalente a dioptria, muito conhecida por quem usa óculos, é o "Grau".

$$1 \text{ di} = 1 \text{ grau}$$

Associação de lentes

Duas lentes podem ser colocadas de forma que funcionem como uma só, desde que sejam postas coaxialmente, isto é, com eixos principais coincidentes. Neste caso, elas serão chamadas de **justapostas**, se estiverem encostadas, ou **separadas**, caso haja uma distância **d** separando-as.

Estas associações são importantes para o entendimento dos instrumentos ópticos.

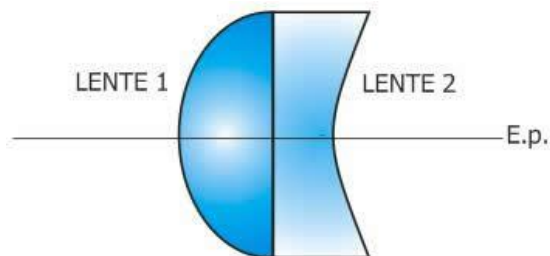
Quando duas lentes são associadas é possível obter uma **lente equivalente**. Esta terá a mesma característica da associação das duas primeiras.

Lembrando que se a lente equivalente tiver vergência positiva será convergente e se tiver vergência negativa será divergente.

Associação de lentes justapostas

Quando duas lentes são associadas de forma justaposta, utiliza-se o **teorema das vergências** para definir uma lente equivalente.

Como exemplo de associação justaposta temos:



Este teorema diz que a vergência da lente equivalente à associação é igual à soma algébrica das vergências das lentes componentes. Ou seja:

$$V_{\text{eq}} = V_1 + V_2$$

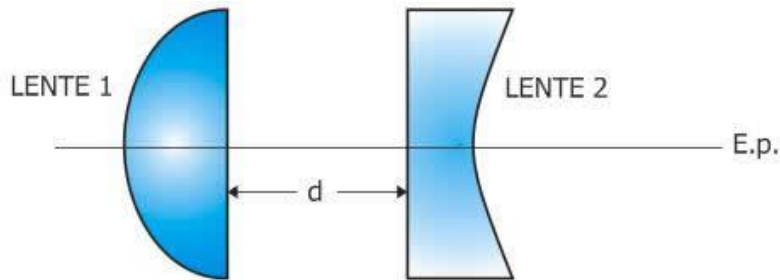
Que também pode ser escrita como:

$$\frac{1}{f_{\text{eq}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

Associação de lentes separadas

Quando duas lentes são associadas de forma separada, utiliza-se uma generalização do **teorema das vergências** para definir uma lente equivalente.

Um exemplo de associação separada é:



A generalização do teorema diz que a vergência da lente equivalente à tal associação é igual a soma algébrica das vergências dos componentes menos o produto dessas vergências pela distância que separa as lentes. Desta forma:

$$V_{eq} = V_1 + V_2 - V_1 V_2 d$$

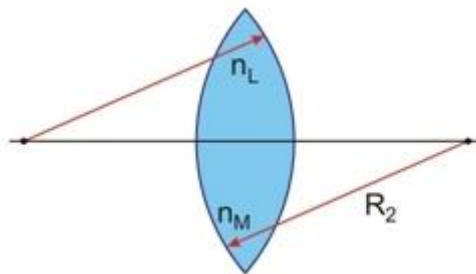
Que também pode ser escrito como:

$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

Equação do fabricante de lentes

Podemos determinar a distância focal f e a vergência C de uma lente conhecendo os raios de curvatura de suas faces e os índices de refração da lente e do meio que a envolve, através da equação dos fabricantes de lentes ou equação de Halley.

Dada a lente abaixo:



R_1 → raio de curvatura da face 1 da lente;

R_2 → raio de curvatura da face 2 da lente;

n_L → índice de refração absoluto do material que constitui a lente;

n_M → índice de refração absoluto do meio em que a lente se encontra.

$$V = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_L}{n_M} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

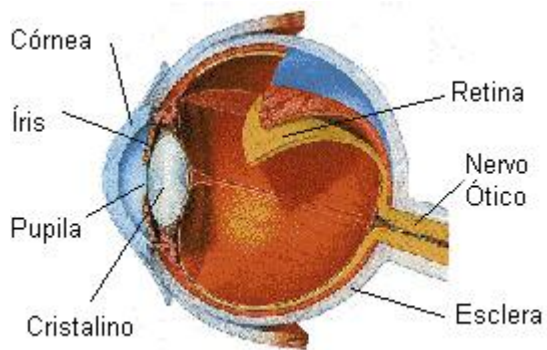
Convenção de sinais

Face convexa → $R > 0$

Face côncava → $R < 0$

Face plana → $R = \infty$

Estrutura do olho humano



A figura contém as principais partes do olho humano que participam da percepção visual.

Córnea: refrata os raios de luz que entram nos olhos e exerce o papel de proteção à estrutura interna do olho.

Íris: é a porção visível e colorida do olho logo atrás da córnea. A sua função é regular a quantidade de luz que entra nos nossos olhos.

Pupila: é a abertura central da íris, através da qual a luz passa.

Cristalino: é uma lente biconvexa natural do olho e sua função é auxiliar na focalização da imagem sobre a retina.

Retina: é a membrana fina que preenche a parede interna e posterior do olho, que recebe a luz focalizada pelo cristalino. Contém foto receptores que transformam a luz em impulsos elétricos, que o cérebro pode interpretar como imagens.

Nervo ótico: transporta os impulsos elétricos do olho para o centro de processamento do cérebro, para a devida interpretação.

Esclera: é a capa externa, fibrosa branca e rígida que envolve o olho, contínua com a córnea. É a estrutura que dá forma ao globo ocular.

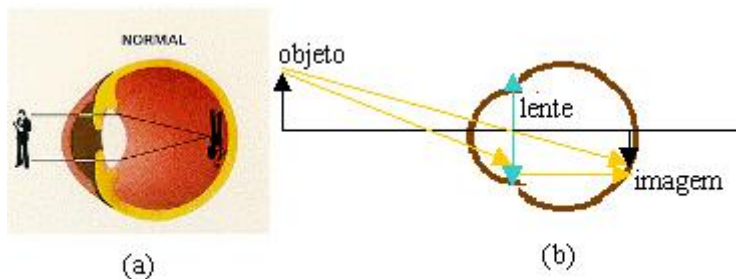
Funcionamento

Como nós enxergamos?

Nossos olhos são como uma câmara fotográfica. Ambos têm uma abertura para a passagem de luz, uma lente e um anteparo onde a imagem é recebida e registrada.

Simplificando, vamos considerar possuindo uma única lente convergente biconvexa (meios transparentes, mais o cristalino) situada a 5 mm da córnea e a 15 mm da retina.

Quando os raios de luz provenientes de um objeto atravessam essa lente, forma uma imagem real e invertida localizada exatamente sobre a retina para que ela seja nítida. A retina transmite as informações ao cérebro, através do nervo ótico, que processa uma inversão da imagem fazendo com que nós vejamos o objeto na sua posição normal. É assim que a gente vê.



a) No olho normal a imagem se forma sobre a retina

b) Esquema da formação da imagem em um olho reduzido

Defeitos da visão/correção

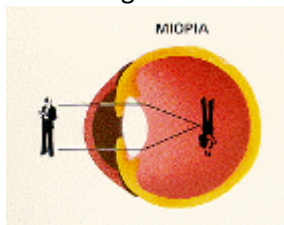
Antes de estudar os defeitos da visão/correção, vamos entender como o olho se acomoda para enxergar objetos em diferentes posições, variando a distância focal da lente do olho.

O cristalino, que é uma lente convergente, possui ligado a ele um conjunto de músculos provocando variações nas curvaturas de suas faces e conseqüentemente na distância focal. Portanto, para uma determinada posição do objeto, os músculos ajustam a distância focal do cristalino para que a imagem seja formada sobre a retina. Essa propriedade do olho é denominada *acomodação visual*.

Uma pessoa de visão normal pode enxergar objetos situados desde uma distância média convencional de 25 cm (posição conhecida como *ponto próximo*) até o infinito.

A) Miopia

A pessoa que possui miopia, tem o globo ocular um pouco mais alongado que o normal. Nesse caso a imagem se forma antes da retina e a pessoa não enxerga o objeto com nitidez.



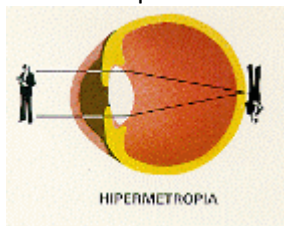
- Formação da imagem de uma pessoa míope

Para corrigir a miopia usa-se lente divergente para diminuir a convergência dos raios luminosos, fazendo com que a imagem se forme sobre a retina.

Observe que em uma receita de óculos para uma pessoa que é míope, a vergência da lente vem com sinal negativo (por exemplo - 5 di), indicando que é necessário uma lente divergente para correção.

B) Hipermetropia

As pessoas que apresentam hipermetropia, ao contrário da miopia, apresentam o globo ocular mais curto que o normal, fazendo com que a imagem se forme atrás da retina .



Formação de imagem de uma pessoa hipermetrópe

Para corrigir a hipermetropia usa-se uma lente convergente para aumentar a convergência dos raios fazendo com que a imagem se forme exatamente sobre a retina.

Neste caso, a receita de óculos de uma pessoa com hipermetropia vem com a vergência positiva (+ 5 di) indicando que é necessária uma lente convergente para a correção.

C) Presbiopia ou "vista cansada"

Quando a pessoa vai envelhecendo, o cristalino vai perdendo a elasticidade e a pessoa fica com dificuldade para enxergar de perto. A imagem do objeto se forma depois da retina como na hipermetropia. Para corrigir, é utilizada uma lente convergente.

Fonte: <http://www.estudeonline.net>

d) astigmatismo

Astigmatismo é o resultado de uma incapacidade da córnea a centrarem uma imagem para a retina pois ela apresenta como defeito o fato de possuir raios de curvaturas irregulares . O resultado é uma imagem desfocada com uma visão manchada dos objetos . Para corrigir, é utilizada uma lente cilíndrica.

e) Estrabismo

Apresenta como defeito a incapacidade de dirigir para um mesmo ponto os eixos ópticos dos olhos. A correção é obtida com o uso de lentes prismáticas.

f) Catarata

Defeito que apresenta como causa a opacidade do cristalino.

A correção é feita com a substituição do cristalino por uma lente artificial, através de uma cirurgia. Geralmente este defeito é encontrado em pessoas idosas.

g) Daltonismo

A retina humana dispõe de dois tipos de célula fotossensível: os cones e os bastonetes. Os cones são os responsáveis pela nossa visão colorida, fazendo a composição das cores primárias.

Os bastonetes são mais sensíveis à luz, embora não as cores. A ausência de certos tipos de cones na retina, determinada por características genéticas, acarreta a falta de percepção de algumas cores, ou, as vezes, de todas. A cor que o daltônico não consegue captar é interpretada pelo cérebro como apenas mais um tom de cinza.

Fonte: <http://www.algosobre.com.br/fisica/ametropias>

Exercícios

01. O fato de uma lente ser convergente ou divergente depende:

- a) apenas da forma da lente;
- b) apenas do meio onde ela se encontra;
- c) do material de que é feita a lente e da forma da lente;
- d) da forma da lente, do material de que é feita a lente e do meio onde ela se encontra;
- e) n.d.a.

02. (FUND. CARLOS CHAGAS) Uma lente, feita de material cujo índice de refração absoluto é 1,5, é convergente no ar. Quando mergulhada num líquido transparente, cujo índice de refração absoluto é 1,7, ela:

- a) será convergente;
- b) será divergente;
- c) será convergente somente para a luz monocromática;
- d) se comportará como uma lâmina de faces paralelas;
- e) não produzirá nenhum efeito sobre os raios luminosos.

03. (UFSM - RS) Um objeto está sobre o eixo óptico e a uma distância p de uma lente convergente de distância f . Sendo p maior que f e menor que $2f$, pode-se afirmar que a imagem será:

- a) virtual e maior que o objeto;
- b) virtual e menor que o objeto;
- c) real e maior que o objeto;
- d) real e menor que o objeto;
- e) real e igual ao objeto.

04. (CESGRANRIO) Um objeto real é colocado perpendicularmente ao eixo principal de uma lente convergente de distância focal f . Se o objeto está a uma distância $3f$ da lente, a distância entre o objeto e a imagem conjugada por essa lente é:

- a) $f/2$
- b) $3f/2$
- c) $5f/2$
- d) $7f/2$
- e) $9f/2$

05. (ITA) Um objeto tem altura $h_o = 20$ cm e está localizado a uma distância $d_o = 30$ cm de uma lente. Esse objeto produz uma imagem virtual de altura $h_i = 4,0$ cm. A distância da imagem à lente, a distância focal e o tipo da lente são, respectivamente:

- a) 6,0 cm; 7,5 cm; convergente;
- b) 1,7 cm; 30 cm; divergente;
- c) 6,0 cm; -7,5 cm; divergente;
- d) 6,0 cm; 5,0 cm; divergente;
- e) 1,7 cm; -5,0 cm; convergente.

06. (PUCC) Um objeto real está situado a 10 cm de uma lente delgada divergente de 10 cm de distância focal. A imagem desse objeto, conjugada por essa lente, é:

- a) virtual, localizada a 5,0 cm da lente;
- b) real, localizada a 10 cm da lente;
- c) imprópria, localizada no infinito;
- d) real, localizada a 20 cm de altura;
- e) virtual, localizada a 10 cm da lente.

07. (MACKENZIE) Considerando uma lente biconvexa cujas faces possuem o mesmo raio de curvatura, podemos afirmar que:

- a) o raio de curvatura das faces é sempre igual ao dobro da distância focal;
- b) o raio de curvatura é sempre igual à metade do recíproco de sua vergência;
- c) ela é sempre convergente, qualquer que seja o meio envolvente;
- d) ela só é convergente se o índice de refração do meio envolvente for maior que o do material da lente;
- e) ela só é convergente se o índice de refração do material da lente for maior que o do meio envolvente.

08. (U.F. OURO PRETO) Uma lente esférica de vidro, delgada, convexo-côncava, tem o raio da superfície côncava igual a 5,0 cm e o da convexa igual a 20 cm. Sendo o índice de refração do vidro, em relação ao ar, $n = 1,5$, para uma dada luz monocromática, a convergência dessa lente é igual a:

- a) -15 di
- b) -7,5 di
- c) -0,075 di
- d) 7,5 di
- e) 15 di

09. (CEFET) Justapondo duas lentes delgadas esféricas, deseja-se um conjunto que tenha convergência igual a +6,25 dioptrias. Dispõe-se de uma lente divergente com distância focal igual a -0,800 m. A distância focal da outra lente deve ser, em metros:

- a) -0,640
- b) -0,200
- c) 0,133
- d) 0,480
- e) 0,960

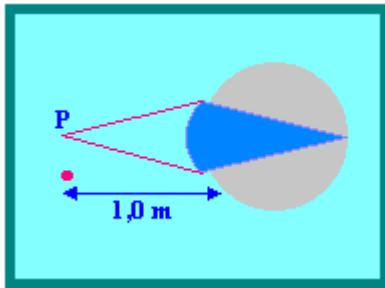
10. (UFPA) Dispõe-se de duas lentes delgadas convergentes de distância focal f_1 e f_2 . Justapondo-se as duas lentes, é possível obter um sistema de distância focal:

- a) maior que f_1 e f_2
- b) menor que f_1 e f_2
- c) entre f_1 e f_2
- d) igual a f_1
- e) igual a f_2

11. (FUVEST) Na formação das imagens na retina da vista humana normal, o cristalino funciona como uma lente:

- a) convergente, formando imagens reais, diretas e diminuídas;
- b) divergente, formando imagens reais, diretas e diminuídas;
- c) convergente, formando imagens reais, invertidas e diminuídas;
- d) divergente, formando imagens virtuais, diretas e ampliadas;
- e) convergente, formando imagens virtuais, invertidas e diminuídas.

12. (UNITAU) A figura mostra a formação de imagem, num olho, de um ponto P distante 1,0 m do mesmo. (A figura não está em escala)



O cristalino, nessa situação, está abaulado ao máximo. Considerando que na visão normal enxerga-se com nitidez desde 20 cm de distância até o infinito, que lente deve ser usada para corrigir a visão desse olho, se for o caso?

- a) Uma lente divergente de 1,0 di (dioptria).
- b) Uma lente divergente de -2,0 di.
- c) Uma lente convergente de 1,0 di.
- d) Uma lente convergente de 4,0 di.
- e) Não é preciso lente; o olho é emétopo.

13. (CESGRANRIO) A correção da miopia e a correção da hipermetropia são feitas com lentes respectivamente:

MIOPIA	HIPERMETROPIA
a) afocal	divergente
b) convergente	divergente
c) afocal	convergente
d) divergente	afocal
e) divergente	convergente

14. A correção para o astigmatismo pode ser feita por:

- a) lente esférica convergente;
- b) lente esférica divergente;
- c) lente esférica côncavo-convexa;
- d) lente esférica plano-convexa;
- e) lente cilíndrica.

15. (UEPG - PR) O olho humano pode ser considerado um conjunto de meios transparentes, separados um do outro por superfícies sensivelmente esféricas, que podem apresentar alguns defeitos tais como miopia, daltonismo, hipermetropia etc. O presbiopismo é causado por:

- a) achatamento do globo ocular;
- b) alongamento do globo ocular;
- c) ausência de simetrias em relação ao eixo ocular;
- d) endurecimento do cristalino;
- e) insensibilidade ao espectro eletromagnético da luz.

16. A característica do globo ocular que possibilita a visão cinematográfica é:

- a) estrabismo
- b) persistência retiniana
- c) adaptação retiniana
- d) hipermetropia
- e) acomodação rápida

17. (MED. ARARAS) Uma pessoa não pode ver com nitidez objetos situados a mais de 50 cm de seus olhos. O defeito de visão dessa pessoa e a vergência das lentes que ele deve usar para corrigir tal defeito correspondem, respectivamente, a:

- a) miopia; 2,0 di;
- b) hipermetropia; -2,0 di;
- c) miopia; -2,0 di;
- d) astigmatismo; 0,50 di;
- e) miopia; -0,50 di.

18. Um míope enxerga, perfeitamente, objetos compreendidos entre 15 cm e 50 cm. Para enxergar objetos mais afastados, deverá usar lentes com distância focal (em módulo) de:

- a) 5,0 cm
- b) 25 cm
- c) 50 cm
- d) 1,0 m
- e) 2,0 m

19. (VUNESP) Uma pessoa apresenta deficiência visual, conseguindo ler somente se o livro estiver a uma distância de 75 cm. Qual deve ser a distância focal dos óculos apropriados para que ela consiga ler, com o livro colocado a 25 cm de distância?

- a) $f = 37,5$ cm
- b) $f = 25,7$ cm
- c) $f = 57$ cm
- d) $f = 35,5$ cm
- e) $f = 27$ cm

20. (PUC - PR) Um presbíope tem 1,5 m para a mínima distância de visão distinta. Ele necessita ler a 50 cm. A vergência das lentes que deve utilizar, supondo-as de espessura desprezível, é:

- a) -4,0 di
- b) -0,75 di
- c) 0,75 di
- d) $4/3$ di
- e) 4,0 di

21. (UFES) Uma lupa é construída com uma lente convergente de 3,0cm de distância focal. Para que um observador veja um objeto ampliado de um fator 3, a distância entre a lupa e o objeto deve ser, em centímetros:

- a) 1,5
- b) 2,0
- c) 3,0
- d) 6,0
- e) 25

22. (MED. JUNDIAÍ - SP) Os aparelhos que produzem imagens reais invertidas são:

- a) luneta astronômica, lupa e câmera fotográfica;
- b) projetor de slides, câmera fotográfica e olho humano;
- c) câmera fotográfica, olho humano e luneta terrestre;
- d) lupa, olho humano e microscópio composto;
- e) câmera fotográfica, luneta terrestre e microscópio composto.

23. (ITA) Um dos telescópios utilizados por Galileo era composto de duas lentes: a objetiva de 16mm de diâmetro e distância focal de 960mm e a ocular formada por uma lente divergente. O aumento era de 20 vezes. Podemos afirmar que a distância focal da ocular e a imagem eram respectivamente:

- a) 192 mm, direita
- b) 8 mm, direita
- c) 58 mm, invertida
- d) 960 mm, direita
- e) 48 mm, direita

24. (ITA) Dois estudantes se propõem a construir cada um deles uma câmera fotográfica simples, usando uma lente convergente como objetiva e colocando-a numa caixa fechada de modo que o filme esteja no plano focal da lente. O estudante A utilizou uma lente de distância focal igual a 4,0 cm e o estudante B uma lente de distância focal igual a 10,0 cm. Ambos foram testar suas câmeras fotografando um objeto situado a 1,0 m de distância das respectivas objetivas. Desprezando-se todos os outros efeitos (tais como aberrações das lentes), o resultado da experiência foi:

- I. que a foto do estudante A estava mais "em foco" que a do estudante B;
- II. que ambas estavam igualmente "em foco";
- III. que as imagens sempre estavam entre o filme e a lente.

Nesse caso, você concorda que:

- a) apenas a afirmativa II é verdadeira;
- b) somente I e III são verdadeiras;
- c) somente III é verdadeira;
- d) somente a afirmativa I é verdadeira;
- e) não é possível obter uma fotografia em tais condições.

25. (UF UBERLÂNDIA - MG) Uma lupa, quando produz uma imagem a 30 cm da lente, para fornecer uma capacidade de aumento de 16 vezes deve ter sua distância focal de:

- a) 2,0 cm
- b) 2,5 cm
- c) 3,0 cm
- d) 3,5 cm
- e) 4,0 cm

26. (UFRN) Uma pessoa deseja fotografar um objeto cuja altura é dois metros e, para isso, ela dispõe de uma câmera fotográfica de 3,5 cm de profundidade (distância da lente ao filme) e que permite uma imagem de 2,5 cm de altura (no filme). A mínima distância em que ela deve ficar do objeto é:

- a) 1,8 m
- b) 2,0 m
- c) 2,5 m
- d) 2,8 m
- e) 3,5 m

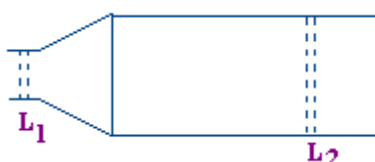
27. (UNESP) Assinale a alternativa correspondente ao instrumento óptico que, nas condições normais de uso, fornece imagem virtual:

- a) Projetor de slides
- b) Projetor de cinema
- c) Cristalino do olho humano
- d) Câmera fotográfica
- e) Lente de aumento (lupa)

28. (FATEC) Uma lente é utilizada para projetar em uma parede a imagem de um slide, ampliada 4 vezes em relação ao tamanho original do slide. A distância entre a lente e a parede é de 2,0 m. O tipo de lente utilizado e o módulo de sua distância focal são, respectivamente:

- a) divergente, 2,0 m
- b) convergente, 40 cm
- c) divergente, 40 cm
- d) divergente, 25 cm
- e) convergente, 25 cm

29. (CESGRANRIO - UNIFICADO) Durante o mês de junho de 1999, foi possível observar Júpiter com seus satélites, próximo da Constelação de Escorpião, com o auxílio de uma pequena luneta. Sabendo disso, um estudante resolveu fazer suas próprias observações, montando o seguinte dispositivo:



L_1 e L_2 são lentes, sendo que L_1 é a ocular, e L_2 é a objetiva. Sejam f_1 e f_2 as distâncias focais dessas lentes. Assinale a opção que indica o caso no qual foi possível o estudante fazer suas observações:

- a) $f_1 < 0$, $f_2 < 0$ e $|f_1| < |f_2|$
- b) $f_1 < 0$, $f_2 < 0$ e $|f_1| > |f_2|$
- c) $f_1 > 0$, $f_2 < 0$ e $|f_1| < |f_2|$
- d) $f_1 > 0$, $f_2 > 0$ e $|f_1| > |f_2|$
- e) $f_1 > 0$, $f_2 > 0$ e $|f_1| < |f_2|$

30. (ITA) Um telescópio astronômico tipo refrator é provido de uma objetiva de 1 000 mm de distância focal. Para que o seu aumento angular seja de aproximadamente 50 vezes, a distância focal da ocular deverá ser de:

- a) 10 mm
- b) 20 mm
- c) 25 mm
- d) 50 mm
- e) 150 mm

Gabarito

01 - D	02 - B	03 - C	04 - B	05 - C
06 - A	07 - E	08 - B	09 - C	10 - B
11 - C	12 - D	13 - E	14 - E	15 - D
16 - B	17 - C	18 - C	19 - A	20 - D
21 - B	22 - B	23 - E	24 - D	25 - A
26 - D	27 - E	28 - B	29 - E	30 - B

Leitura Complementar

Instrumentos Ópticos

Câmera fotográfica

A câmera fotográfica é um equipamento capaz de projetar e armazenar uma imagem em um anteparo.

Nos antigos equipamentos, onde um filme deve ser posto dentro da câmera, o anteparo utilizado é um filme fotossensível capaz de propiciar uma reação química entre os sais do filme e a luz que incide nele.

No caso das câmeras digitais, uma das partes do anteparo consiste em um dispositivo eletrônico, conhecido como CCD (Charge-Coupled Device), que converte as intensidades de luz que incidem sobre ele em valores digitais armazenáveis na forma de Bits (pontos) e Bytes (dados).

O funcionamento óptico da câmera fotográfica é basicamente equivalente ao de uma câmera escura, com a particularidade que, no lugar do orifício uma lente convergente é utilizada. No fundo da câmera encontra-se o anteparo no qual a imagem será gravada.



Projektor

Um projetor é um equipamento provido de uma lente convergente (objetiva) que é capaz de fornecer imagens reais, invertidas e maiores que o objeto, que pode ser um slide ou filme, Normalmente os slides ou filmes são colocados invertidos, assim a imagem projetada será vista de forma direta.



Lupa

A Lupa é o mais simples instrumento óptico de observação. Também é chamada de lente de aumento.

Uma lupa é constituída por uma lente convergente com distância focal na ordem de centímetros, capaz de conjugar uma imagem virtual, direta e maior que o objeto.

No entanto, este instrumento se mostra eficiente apenas quando o objeto observado estiver colocado entre o foco principal objeto e o centro óptico.



Quando uma lupa é presa a um suporte recebe a denominação de **microscópio simples**.

Microscópio Composto

Um microscópio composto é um instrumento óptico composto fundamentalmente por um tubo delimitado nas suas extremidades por lentes esféricas convergentes, formando uma associação de lentes separadas.

A lente mais próxima do objeto observado é chamada **objetiva**, e é uma lente com distância focal na ordem de milímetros. A lente próxima ao observador é chamada **ocular**, e é uma lente com distância focal na ordem de centímetros.

O funcionamento de um microscópio composto é bastante simples. A objetiva fornece uma imagem real, invertida e maior que o objeto. Esta imagem funciona como objeto para o ocular, que funciona como uma lupa, fornecendo uma imagem final virtual, direta e maior.

Ou seja, o objeto é aumentado duplamente, fazendo com que objetos muito pequenos sejam melhores observados.



Este microscópio composto também é chamado Microscópio Óptico sendo capaz de aumentar até 2 000 vezes o objeto observado. Existem também Microscópio Eletrônicos capazes de proporcionar aumentos de até 100 000 vezes e Microscópios de Varredura que produzem aumentos superiores a 1 milhão de vezes

Luneta

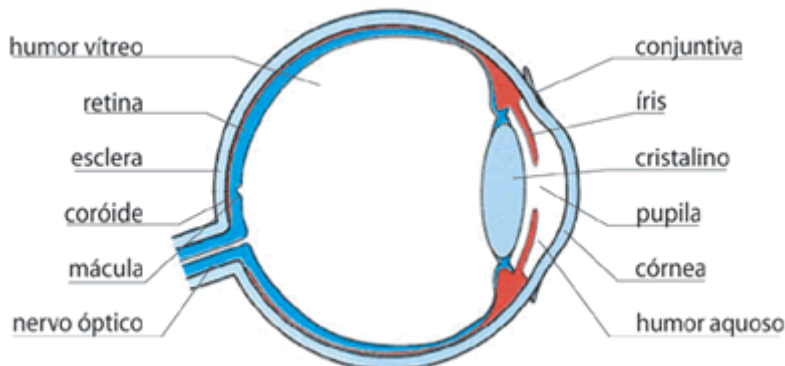
Lunetas são instrumentos de observação a grandes distâncias, sendo úteis para observação de astros (**luneta astronômica**) ou para observação da superfície terrestre (**luneta terrestre**). Uma luneta é basicamente montada da mesma forma que um microscópio composto, com objetiva e ocular, no entanto a objetiva da luneta tem distância focal na ordem de metros, sendo capaz de observar objetos afastados.



Olho humano

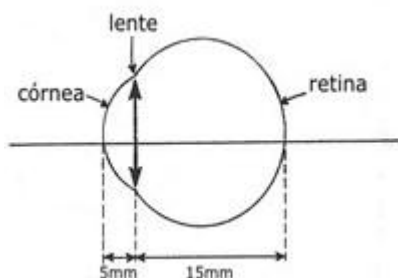
O olho humano é um sistema óptico complexo, formado por vários meios transparentes além de um sistema fisiológico com inúmeros componentes.

Todo o conjunto que compõe a visão humana é chamado globo ocular.



A luz incide na córnea e converge até a retina, formando as imagens.

Para esta formação de imagem acontecem vários fenômenos fisiológicos, no entanto, para o estudo da óptica podemos considerar o olho como uma lente convergente, com distância focal variável. Sendo representado:



Tal representação é chamada **olho reduzido**, e traz a representação das distâncias entre a córnea e a lente e entre a lente e a retina, sendo a última a distância da imagem produzida em relação a lente (p').

Adaptação visual

Chama-se adaptação visual a capacidade apresentada pela pupila de se adequar a luminosidade de cada ambiente, comprimindo-se ou dilatando-se.

Em ambientes com grande luminosidade a pupila pode atingir um diâmetro de até 1,5mm, fazendo com que entre menos luz no globo ocular, protegendo a retina de um possível ofuscamento.

Já em ambientes mais escuros, a pupila se dilata, atingindo diâmetro de até 10mm. Assim a incidência de luminosidade aumenta no globo ocular, possibilitando a visão em tais ambientes.

Acomodação visual

As pessoas que tem visão considerada normal, **emétopes**, têm a capacidade de acomodar objetos de distâncias de 25 cm em média, até distâncias no infinito visual.

Ponto próximo

A primeira distância (25cm) corresponde ao **ponto próximo**, que é a mínima distância que um pessoa pode enxergar corretamente. O que caracteriza esta situação é que os músculos ciliares encontram-se totalmente contraídos.

Neste caso, pela equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Considerando o olho com distância entre a lente e a retina de 15mm, ou seja, $p'=15\text{mm}$:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{250} + \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{f} = 0,0766$$

$$f = 14,1\text{mm}$$

Neste caso, o foco da imagem será encontrado 14,1mm distante da lente.

Ponto remoto

Quanto a distância infinita, corresponde ao **ponto remoto**, que a distância máxima alcançada para uma imagem focada. Nesta situação os músculos cilíres encontram-se totalmente relaxados.

Da mesma forma que para o ponto próximo, podemos utilizar a equação de Gauss, para determinar o foco da imagem.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty}$$

No entanto, $\frac{1}{\infty}$ é um valor indeterminado, mas se pensarmos que infinito corresponde a um valor muito alto, veremos que esta divisão resultará em um valor muito pequeno, podendo ser desprezado.

Assim, teremos que:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{15}$$

$$f = 15\text{mm}$$

Ilusão de Óptica

Ilusão de óptica são imagens que enganam momentaneamente o cérebro deixando o inconsciente confuso e fazendo com que este capte idéias falsas, preenchendo espaços que não ficam claros à primeira vista. Podem ser **fisiológicas** quando surgem naturalmente ou **cognitivas** quando se cria com artifícios visuais.

Uma das mais famosas imagens, que causa ilusão de óptica, foi criada em 1915 pelo cartunista W. E. Hill. Nesta figura duas imagens podem ser vistas. Uma é uma garota, posicionada de perfil olhando para longe, a outra é o rosto de uma senhora idosa que olha para o chão.



Fonte: <http://www.sofisica.com.br>