UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

RELATÓRIO FINAL DE INSTRUMENTAÇÃO PARA ENSINO - F-809

CONSTRUÇÃO DE SISTEMA ÓTICO A PARTIR DE LENTES DE ÁGUA

Aluno: Rubens Granguelli Antoniazi – RA: 009849

Professor Orientador: Mauro Monteiro Garcia de Carvalho

RESUMO:

O trabalho realizado consistiu na construção de um sistema de lentes de água de foco variável que simula a formação de uma imagem no olho humano, mostrando além do que ocorre no funcionamento normal do olho também o que ocorre quando uma pessoa possui hipermetropia ou miopia, e como essas anomalias podem ser corrigidas.

INTRODUÇÃO:

Lentes são um dos mais difundidos objetos de transformações ópticas existentes, sendo utilizadas nos mais diversos instrumentos ópticos, desde os simples óculos que usamos no nosso dia a dia até os mais sofisticados instrumentos de pesquisa.

Para classificarmos corretamente uma lente devemos utilizar alguns parâmetros de sua estrutura física, como sua forma, espessura e comportamento óptico.

As lentes podem ser classificadas quanto à sua forma em seis tipos diferentes sendo que 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, como indicado na figura 1.

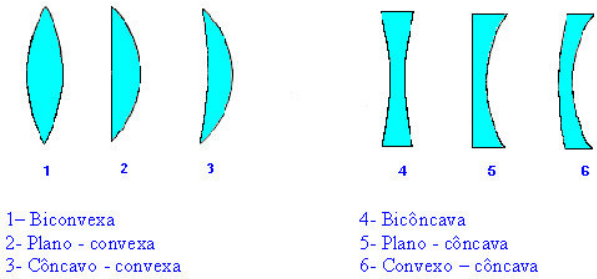


Figura 1 - Tipos de lentes.

Já quanto a sua espessura as lentes esféricas podem ser classificadas como sendo delgadas, quando a sua espessura for desprezível em relação aos raios de curvatura e espessas, quando isso não acontecer.

Quanto ao comportamento óptico as lentes podem ser denominadas como convergentes ou divergentes. As lentes convergentes imersas no ar têm as seguintes propriedades:

- Quando um feixe de raios paralelos ao eixo principal da lente incide sobre uma de suas faces, emerge na outra convergindo para um ponto denominado foco imagem (F') como mostrado na figura 2(a). 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.
- A distância do foco objeto F à lente é a distância focal objeto f. O foco objeto e o foco imagem são simétricos em relação à lente. Portanto a distância f é igual à f'. Fisicamente o foco objeto F significa o ponto onde está localizado o objeto cuja imagem está no infinito.

- Os focos são reais e, portanto, as distâncias focais serão consideradas positivas para estas lentes nas equações onde serão utilizadas.
- São lentes convergentes as lentes biconvexa, plano - convexa e côncavo - convexa (lentes 1, 2 e 3 da figura 1).

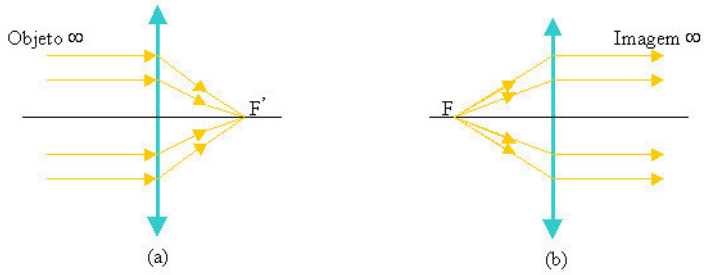


Figura 2 - Lentes Convergentes (a)-Foco imagem F' (b)-Foco objeto F

As propriedades das lentes divergentes imersas no ar são as seguintes:

- Quando um feixe de raios paralelos ao eixo principal incide em uma das faces de uma lente divergente, eles emergem divergindo sendo que o prolongamento dos raios divergentes se interceptam no ponto F' como mostra a figura 3(a). F' é denominado foco imagem da lente. A distância do foco F' à lente é a distância focal imagem f'. Fisicamente o foco imagem F' é o ponto onde está localizada a imagem de um objeto situado no infinito.
- O foco objeto F da lente divergente é obtido pelo prolongamento dos raios incidentes vindos de um objeto cuja imagem será formada no infinito, como mostra a figura 3(b).
- São lentes divergentes: as lentes bicôncava, plano - côncava e convexo - côncava (lentes 4, 5 e 6 da figura 1)

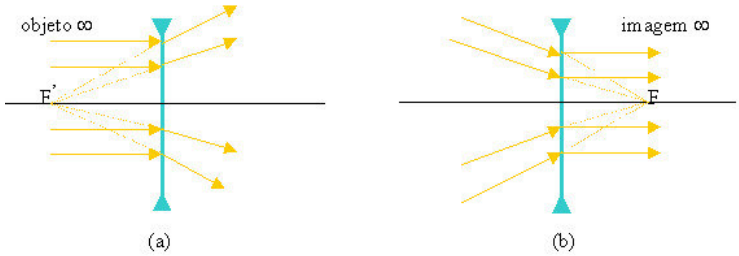


Figura 3 - Lentes divergentes (a)-Foco imagem F' (b)-Foco objeto F.

Na prática podemos reconhecer se uma lente é divergente ou convergente no ar do seguinte modo: quando a borda da lente tem menor espessura que a região central a lente é convergente, e quando a borda da lente tem maior espessura que a região central, ela é uma lente divergente.

Uma lente esférica possui diversos elementos que a caracterizam como mostrado na figura 4.

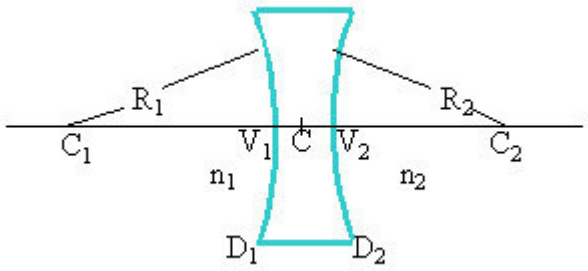


Figura 4 - Elementos de uma lente esférica

Onde temos:

D_1- dioptro de incidência
D_2 - dioptro de emergência
C_1 e C_2 - centros de curvatura das faces
R_1 e R_2 - raios de curvatura das faces
V_1 e V_2 - vértices das faces
C - centro ótico da lente
Eixo principal - reta que passa pelos centros de curvatura C_1 e C_2
E - espessura da lente que é igual à distância entre V_1 e V_2

As lentes também possuem uma característica que é chamada de vergência. A vergência C de uma lente é uma grandeza que corresponde ao inverso da distância focal da lente sendo portanto dada por:

$$C = 1 / f \qquad (1)$$

A unidade de medida usual da vergência 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 ferramenta muito importante no trabalho com lentes é a equação dos fabricantes de lentes ou equação de Halley. A equação dos fabricantes de lentes relaciona a distância focal f e a vergência C com os raios de curvatura R1 e R2 e o índice de refração relativo da lente n21, sendo esta equação dada por:

$$C = 1/f = (n21 - 1)\,(1 / R1 + 1 / R2) \qquad (2)$$

Por convenção, para a face convexa considera-se o raio de curvatura positivo e para a face côncava o raio de curvatura negativo.

Para a construção de imagens em lentes esféricas normalmente são utilizados três raios luminosos: o raio 1, que incide paralelo ao eixo principal e refrata passando pelo foco imagem F', o raio 2, que incide passando pelo centro ótico da lente C e não sofre desvio, e finalmente o raio 3, que incide passando pelo foco objeto F e refrata paralelo ao eixo principal , conforme mostra a figura 5.

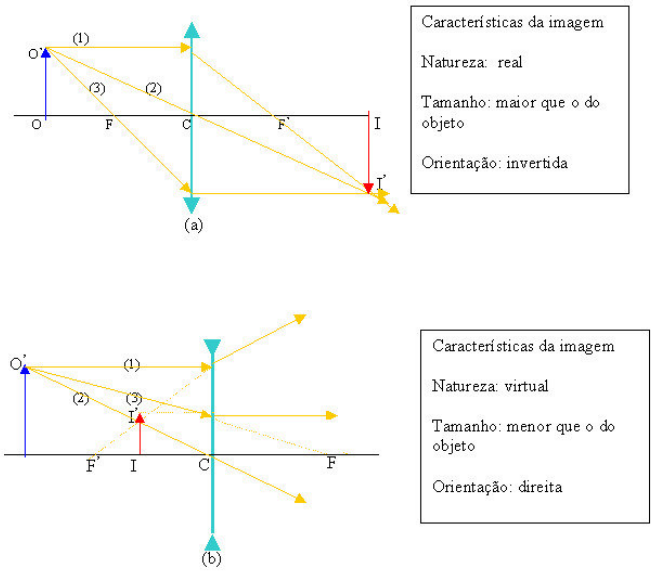


Figura 5 - Construção de imagens em lentes esféricas
(a)-Lente convergente
(b)-Lente divergente

Para uma lente divergente (figura 5(b)) a imagem é formada no prolongamento dos raios refratados, sendo as características das imagens obtidas de uma lente divergente para qualquer posição de um objeto real sempre as mesmas, ou seja, virtual, menor que o do objeto e direita. Entretanto, para uma lente convergente (figura 5(a)), o tipo de imagem que encontramos não é sempre o mesmo, sendo este dependente da posição onde se encontra o objeto cuja imagem será formada, como mostram as figuras 6, 7, e 8.

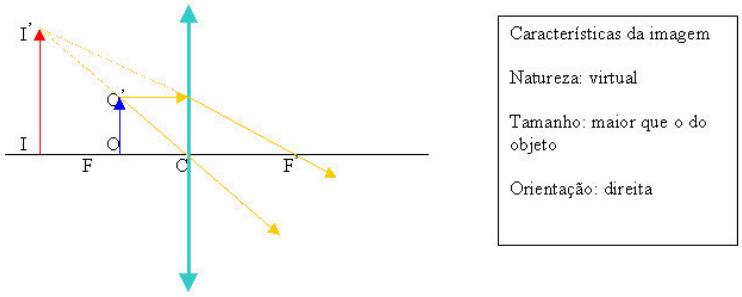


Figura 6 - Imagem de um objeto situado entre o foco F e o centro ótico C.

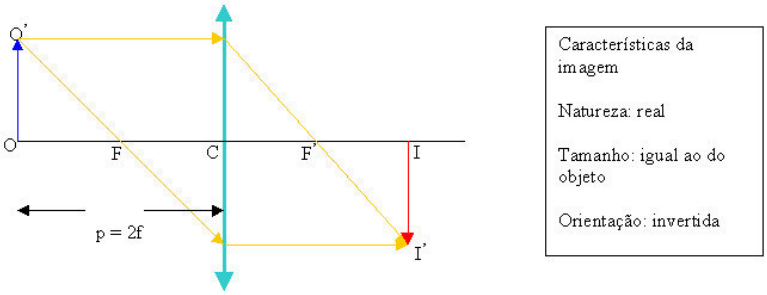


Figura 7 - Imagem de um objeto situado sobre a dupla distância focal

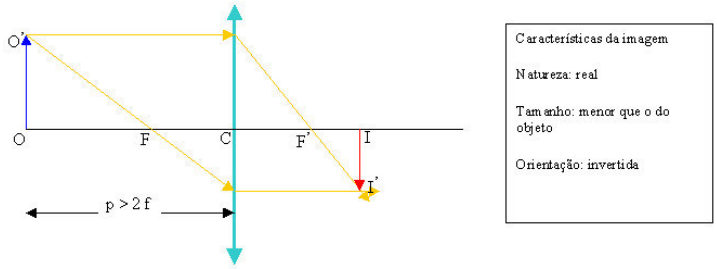


Figura 8 - Imagem de um objeto situado além da dupla distância focal

As características das imagens geradas por lentes esféricas delgadas podem ser estudadas analiticamente através da Equação de Gauss, relaciona a distância focal (f) com a distância da imagem (q) e a distância objeto (p), sendo esta equação dada por:

$$(1 / p) + (1 / q) = 1 / f \qquad (3)$$

A ampliação A da imagem em relação ao objeto é definida como sendo a razão entre o tamanho da imagem II' e o tamanho do objeto OO', sendo dada por:

$$A = II'/OO' = - q / p \qquad (4)$$

A figura 9 indica as representações gráficas das variáveis das equações 3 e 4.

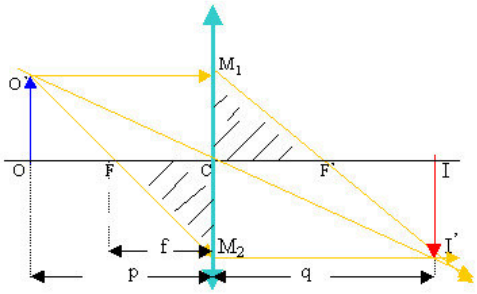


Figura 9 - Representação gráfica das variáveis das equações 3 e 4.

Para a utilização da Equação de Gauss deveremos utilizar algumas convenções (Figura 10) sendo estas:

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

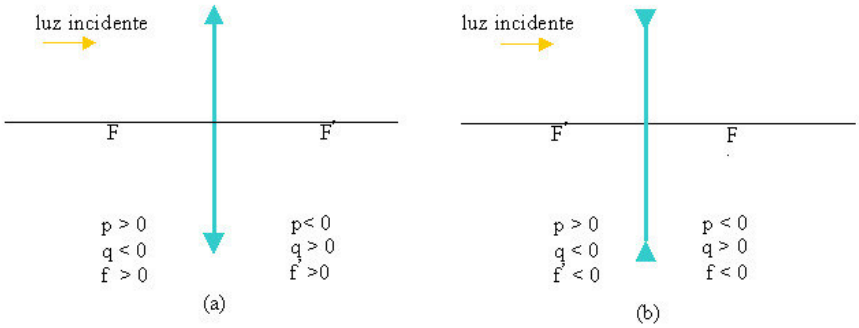


Figura 10 – Convenções para utilização da Equação de Gauss
(a)-Lentes convergentes
(b)-Lentes divergentes.

Além das lentes sintéticas, projetadas e construídas por nós, também existem diversos tipos de lentes naturais como o cristalino do olho humano. Quando olhamos para um objeto, os raios luminosos que ele reflete penetram em nossa córnea, atravessam o humor aquoso, o cristalino e o corpo vítreo e atingem a retina, na qual se forma uma imagem invertida do objeto, conforme demonstrado na figura 11. Nosso cérebro, no entanto, aprendeu a interpretar corretamente o que estamos vendo: a imagem não é percebida por nós de cabeça para baixo, mas, sim, na posição correta.

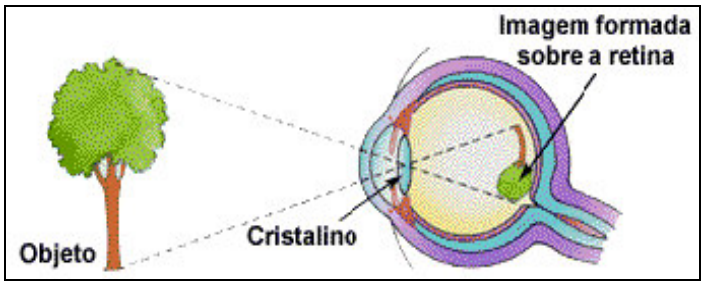


Figura 11 - Formação da imagem no olho humano (invertida)

O cristalino é o responsável pela focalização da imagem do objeto e pode ser caracterizado como uma lente que pode ter seu formato alterado podendo assim focalizar com nitidez objetos a diferentes distâncias. Essa capacidade é chamada acomodação visual.

Para visualizar os objetos que estão mais distantes, o cristalino se achata (figura 13), aumentando assim a sua distancia focal, já para visualizar objetos próximos, ele se torna mais espesso (figura 12), diminuindo a sua distancia focal. Isso permite que independentemente da distância em que o objeto se encontra a imagem seja projetada exatamente sobre a retina e vista, conseqüentemente, com a máxima nitidez. As mudanças de forma do cristalino são efetuadas por pequenos músculos ligados a ele como mostram as figuras abaixo:

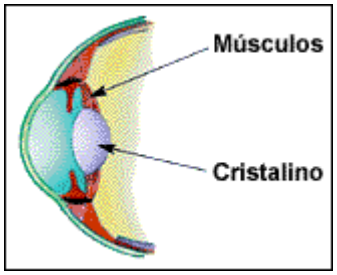


Figura 12 - Para focalizar objetos próximos, o cristalino fica mais espesso.

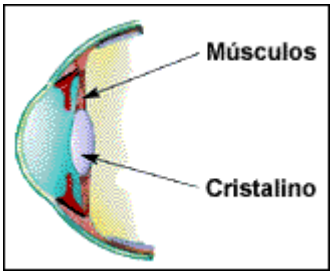


Figura 13 - Para focalizar objetos distantes, o cristalino fica mais delgado.

Algumas pessoas podem apresentar algumas anomalias de visão, dentre as quais podemos destacar a miopia e a hipermetropia. A Miopia é um defeito refrativo no qual a pessoa com o problema tem dificuldade em enxergar objetos distantes. Isso ocorre devido ao alongamento ou tamanho maior do olho que o normal (miopia axial), ou ainda por uma curvatura anormal do cristalino. A pessoa com esse defeito tende a "apertar" os olhos para enxergar longe, pois os feixes luminosos convergem para um ponto antes da retina (figura 14). A compensação deste problema pode ser feita com o uso de óculos com lentes divergentes (ou seja, lentes que fazem com que feixes de luz paralelos divirjam para pontos diferentes).

Ao contrário da miopia a hipermetropia é a condição na qual a imagem se forma após a retina (Figura 15), por isso o hipermétrope tem dificuldades para enxergar objetos perto. Esse problema é normalmente causado devido ao menor tamanho do globo ocular (hipermetropia axial). Porém esse problema pode ser compensado pelo uso de óculos com lentes convergentes (os feixes luminosos paralelos convergem para um mesmo ponto em comum).

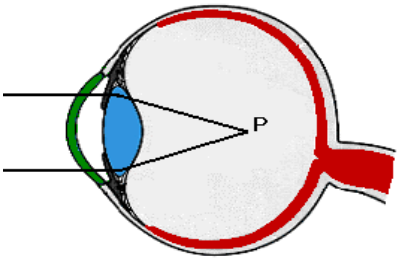


Figura 14 – Na miopia os feixes luminosos convergem para um ponto antes da retina.

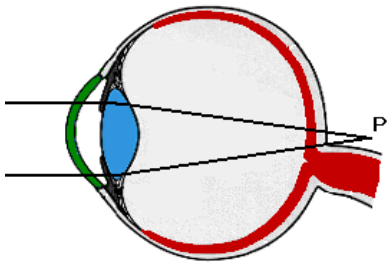


Figura 15 - Na hipermetropia os feixes luminosos convergem para um ponto atrás da retina.

RESULTADOS ATINGIDOS:

O objetivo principal do trabalho realizado foi a construção de lentes de água de foco variável que simulassem a formação de uma imagem no olho humano, mostrando além do que ocorre no funcionamento normal do olho também o que ocorre quando uma pessoa possui hipermetropia ou miopia, e como essas anomalias podem ser corrigidas.

Para que isso fosse possível foram construídas duas lentes convergentes, uma divergente, uma fonte de luz e um anteparo de projeção, sendo estes elementos descritos de forma mais detalhada:

Lente convergente e de distancia focal variável: Este tipo de lente foi construído utilizando-se de duas placas de madeira de aproximadamente 25x40cm com um orifício circular de 20cm de diâmetro (Figura 16), dois pedaços de plástico transparente e de forma circular com aproximadamente 0.2mm de espessura e 25cm de diâmetro, um anel de borracha de aproximadamente 3mm de espessura com diâmetro externo de 25cm e interno de 20cm (figura 17).

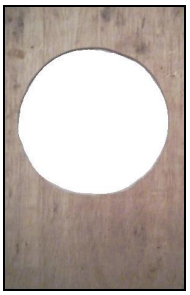


Figura 16 – Placa de madeira

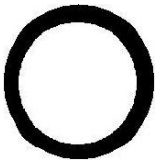


Figura 17 – Anel de borracha

Estes materiais foram unidos com o auxilio de 16 parafusos, formando assim a lente final, sendo que para tornar a distancia focal variável foi inserida no anel de borracha uma agulha de seringa comum, e com o auxilio de uma seringa é possível controlar a quantidade de água existente dentro da lente, e conseqüentemente a pressão dentro da mesma, alterando assim a curvatura da superfície e a espessura da lente, o que torna possível o controle da distancia focal da mesma. A montagem final das duas lentes convergentes é apresentada na figura 18.

Figura 18 – Montagem final das lentes convergentes

Lente divergente e de distancia focal fixa: Esta lente foi construída utilizando-se de um tubo de plástico com aproximadamente 20cm de diâmetro intermo, 1cm de espessura e 4cm de largura. Neste tubo foram colados dois pedaços de plástico transparente e de forma circular com aproximadamente 0.2mm de espessura e 22cm de diâmetro e inserida uma agulha de seringa comum para controlar a pressão interna (o que possibilita a criação da curvatura da parede de plástico para dentro do tubo).A base de lente foi construída utilizando-se de uma placa de madeira de aproximadamente 25x40cm com um orifício circular de 22cm de diâmetro, onde a lente foi encaixada. A lente final é apresentada na figura 19.

Figura 19 – Montagem final da lente divergente

Fonte de luz: Como fonte de luz para as demonstrações do funcionamento do conjunto de lentes construído é utilizada uma pequena lâmpada alimentada por pilhas e afixada a um suporte conforme mostrado na figura 20.

Figura 20 – Montagem final da fonte de luz

<u>Anteparo para projeção da imagem:</u> Para a projeção das imagens geradas pelo conjunto de lentes foi construído com uma placa de madeira de aproximadamente 25x40cm com um orifício retangular de 19x27cm e papel vegetal um anteparo de projeção, conforme mostrado na figura 21.

Figura 21 – Montagem final do anteparo de projeção

O funcionamento do olho humano é simulado com a construção de um sistema contendo apenas a fonte de luz, uma lente convergente e o anteparo de projeção, conforme apresentado na figura 22. Com a variação da pressão dentro da lente, é possível ver a variação da sua distancia focal e com isso a alteração da imagem que esta sendo projetada no anteparo de projeção.

Figura 22 – Montagem para simulação do olho humano

A montagem para demonstrar a correção da hipermetropia é feita com a utilização da fonte de luz, das duas lentes convergentes, e do anteparo de projeção, como mostrado na figura 23. Nesta montagem o foco da lente que simula o olho humano deve estar posicionado um pouco atrás do anteparo de projeção, e então deve ser inserida entre esta lente e a fonte de luz a outra lente convergente, devendo esta ser posicionada de tal forma que faça a imagem ser focalizada exatamente sobre o anteparo de projeção.

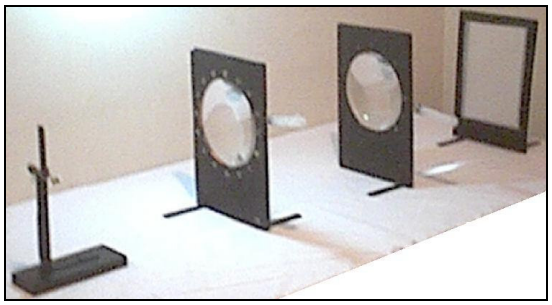


Figura 23 – Montagem para demonstrar a correção da hipermetropia

A montagem para demonstrar a correção da miopia é feita com a utilização da fonte de luz, da lente divergente, de uma lente convergente, e do anteparo de projeção, como mostrado na figura 24. Nesta montagem o foco da lente que simula o olho humano deve estar posicionado um pouco á frente do anteparo de projeção, e então deve ser inserida entre esta lente e a fonte de luz a lente divergente, devendo esta ser posicionada de tal forma que faça a imagem ser focalizada exatamente sobre o anteparo de projeção.

Figura 24 –Montagem para demonstrar a correção da miopia

CONCLUSÃO:

Todos os objetivos iniciais do projeto foram alcançados, sendo que todo o sistema óptico planejado foi construído e funcionou conforme esperado.

REFERÊNCIAS:

http://www.editorasaraiva.com.br/eddid/ciencias/explorando/7_olho.html

Apresenta informações básicas sobre o olho humano e seu funcionamento.

http://educar.sc.usp.br/otica/lente.htm#equacao

Apresenta informações sobre teoria de lentes.

http://www.ifi.unicamp.br/~accosta/

Pagina muito completa com diversas informações sobre óptica em geral.

,

REFERÊNCIAS DA INTERNET

- http://www.editorasaraiva.com.br/eddid/ciencias/explorando/7_olho.html

EXPLORANDO A COLEÇÃO

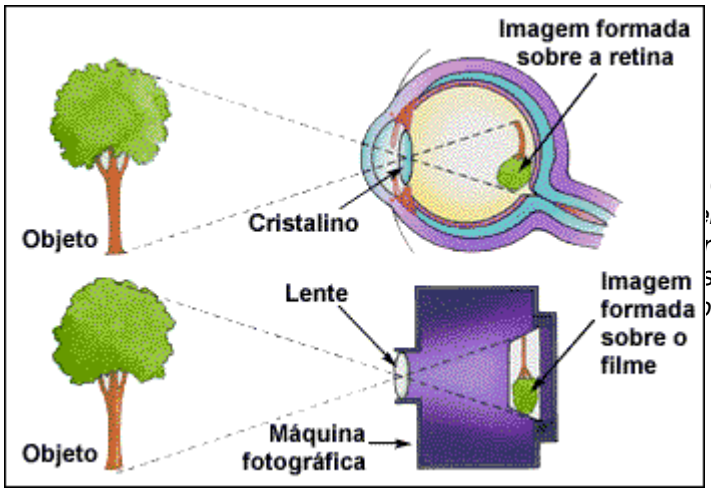
Explorando a Coleção

O HOMEM NO AMBIENTE

COMO FUNCIONA NOSSO OLHO?

O mundo de cabeça para baixo

Até o século XVI, pensava-se, erroneamente, que o olho **emitisse** luz. Hoje sabemos que ele é apenas um receptor. do olhamos para um objeto, os raios luminosos que ele reflete penetram em nossa córnea, atravessam o humor aquoso, o ino e o corpo vítreo e atingem a retina, na qual se forma uma imagem invertida do objeto. Nosso cérebro, no entanto, deu a **interpretar** corretamente o que estamos vendo: a imagem não é percebida por nós de cabeça para baixo, mas, sim, sição correta.



Compare a formação da em no olho e numa ra fotográfica. Em ambos sos, a imagem forma-se osição invertida.

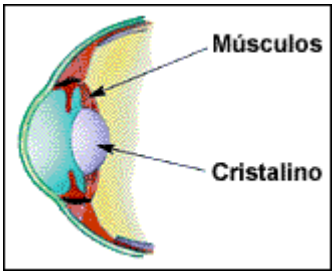
CONTROLE DE LUZ

A quantidade de luz que chega à retina depende da maior ou menor abertura da pupila. O diâmetro da pupila é controlado n reflexo, através do sistema nervoso autônomo. Além da luz, há outros fatores que podem provocar a dilatação da pupila, omo o medo, o interesse e outras emoções.

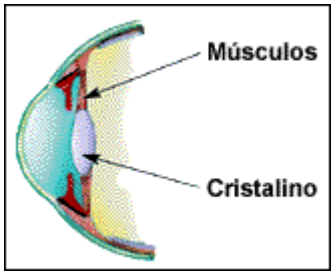
ACOMODAÇÃO VISUAL

O cristalino funciona como uma lente flexível e transparente, que serve para tornar as imagens nítidas. Sua elasticidade lhe te mudar de forma para focalizar objetos situados a diferentes distâncias. Essa capacidade é chamada **acomodação visual**.

Se os objetos estão distantes, o cristalino se achata (fica mais fino). Para visualizar objetos próximos, ele se torna mais so. Isso permite que a imagem seja projetada exatamente sobre a retina e vista, conseqüentemente, com a máxima nitidez. ıdanças de forma do cristalino são efetuadas por pequenos músculos ligados a ele.



Para focalizar objetos ɯos, o cristalino fica mais ɜso.



Para focalizar objetos ıtes, o cristalino fica mais do.

VISÃO COM POUCA E MUITA LUZ

Quando a iluminação não é intensa, apenas os bastonetes são estimulados. Essas células somente possibilitam a visão em le cinza. As cores não são percebidas, pois elas são captadas apenas pelos cones.

Nos bastonetes, existe uma substância chamada **púrpura visual** ou **rodopsina**. Quanto maior a quantidade dessa ância, melhor será nossa visão sob luz fraca. A púrpura visual é derivada da vitamina A. É por esse motivo que a falta dessa ina leva a uma condição chamada **cegueira noturna**.

Quando a luz é mais intensa, a visão é realizada pelos cones, que nos permitem captar os detalhes e as cores dos objetos. **ea**, por ter grande quantidade de cones, é a região de melhor percepção visual.

- http://educar.sc.usp.br/otica/lente.htm#equacao

Programa Educ@r CDCC - USP SC

Ótica para Alunos do Ensino Médio

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 dioptros esféricos ou um dioptro 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).

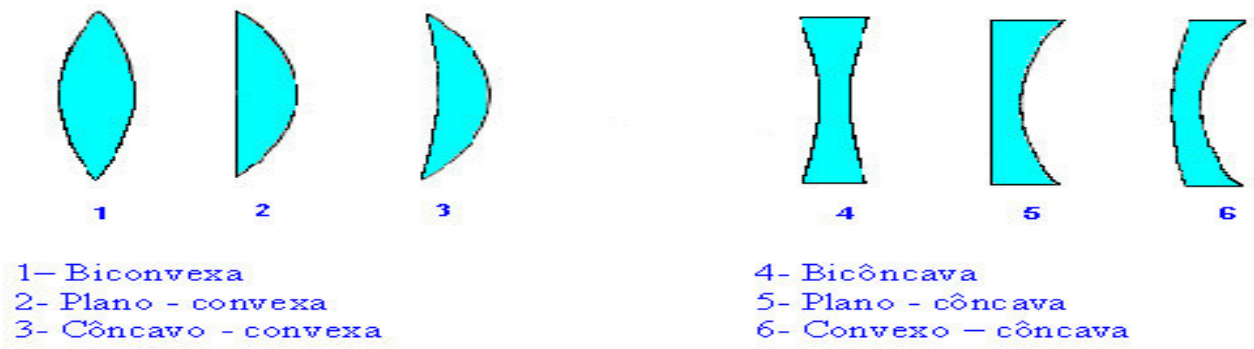


Figura 6.1 - Tipos de lentes.

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 dioptros, 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<FONT

-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.

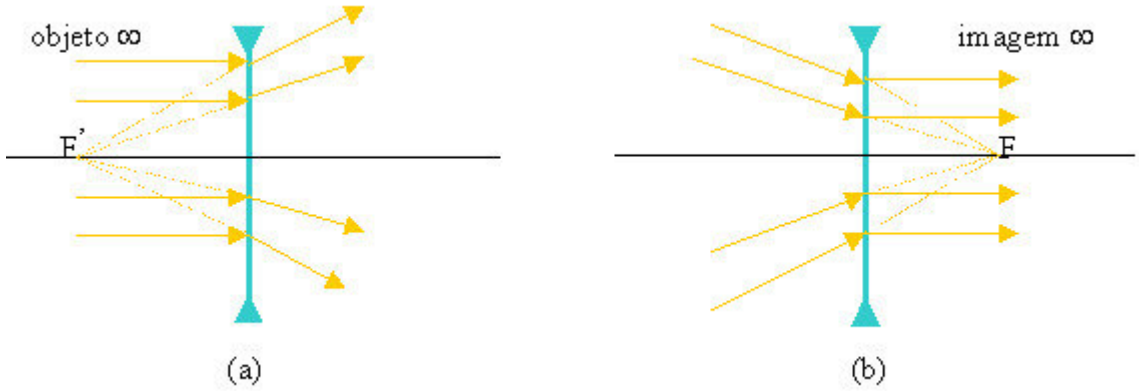


Figura. 6.3 - Lente divergente
a) Foco imagem F'
b)Foco objeto F.

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

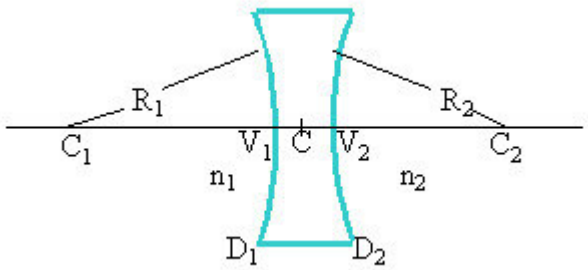


Figura 6.4 - Elementos de uma lente

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

D_1⇒ dioptro de incidência

D_2 ⇒ dioptro de emergência

C_1 e C_2⇒ centros de curvatura das faces

R_1 e R_2⇒ raios de curvatura das faces

V_1 e V_2⇒vértices das faces

e ⇒ espessura da lente que é igual à distância entre V_1 e V_2

C ⇒ centro ótico da lente

Eixo principal ⇒ 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 - 5di 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:

$C = 1 / f$ 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 R1 e R2 e o índice de refração relativo n21. A equação é:

$C = 1/f = (n21 - 1)\ (1 / R1 + 1 / R2)$ 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):

$C = (n21 - 1)\ (1 / R1 + 1 / R2)$

Substituindo os valores:

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

Obtemos:

C = 10 di

Como f = 1 / C, temos:

f = 1 / 10

f = 0,10 m ou f = 10 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

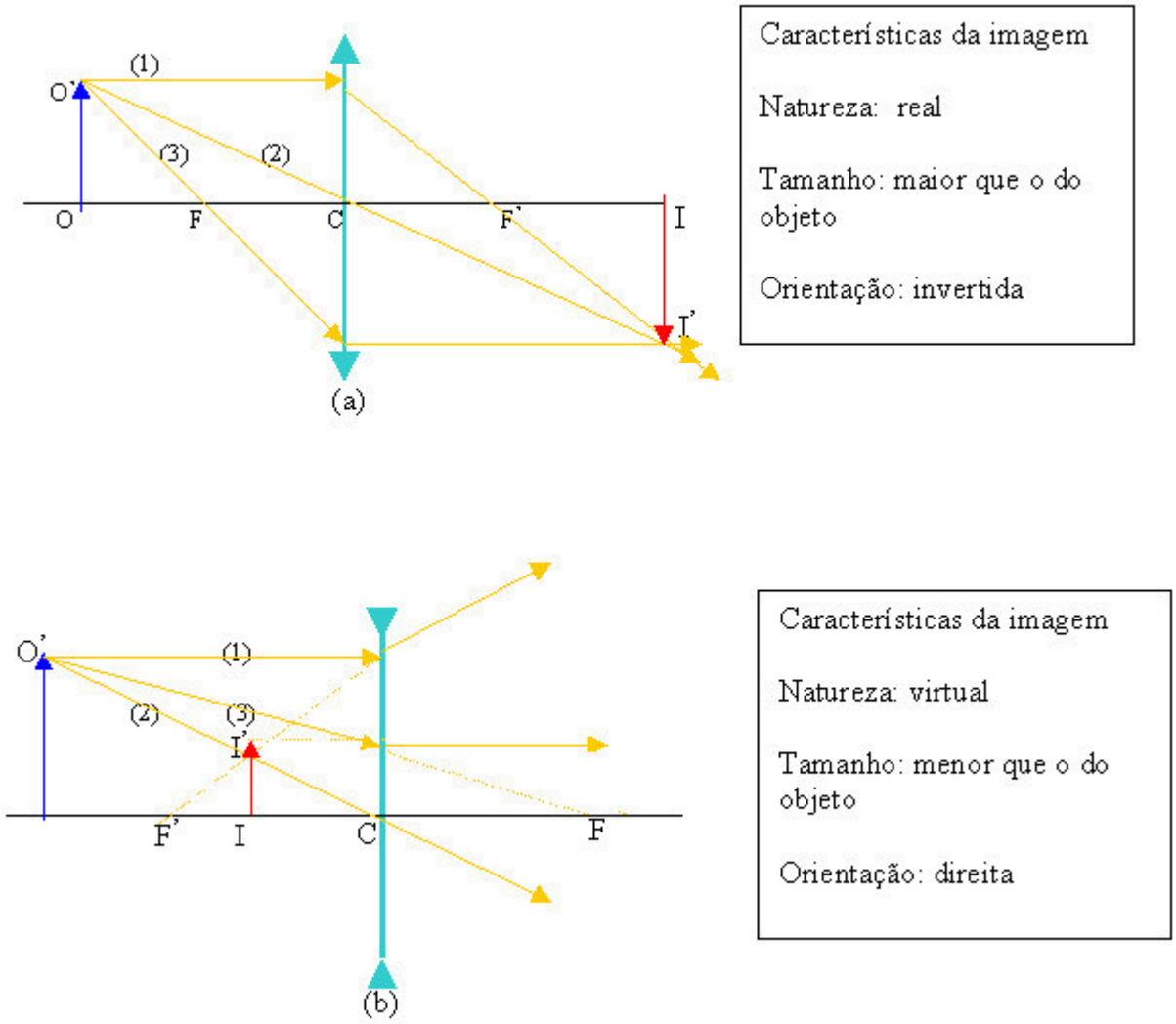


Figura 6.5 - Construção de imagens em lentes esféricas:

a)Lente convergente

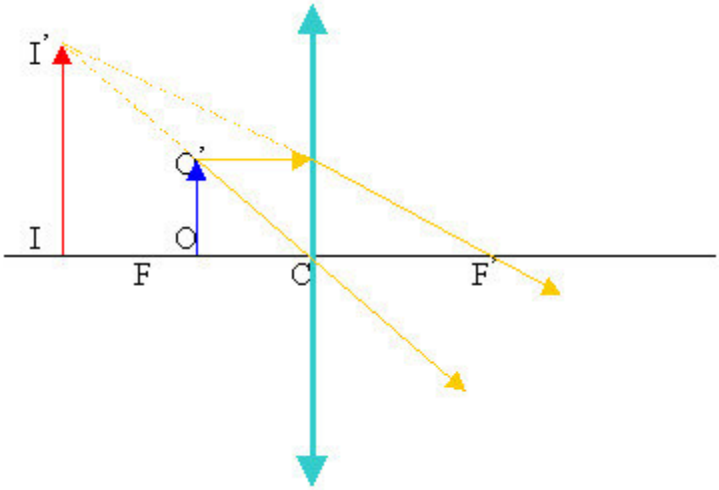
b)Lente divergente

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)



Características da imagem

Natureza: virtual

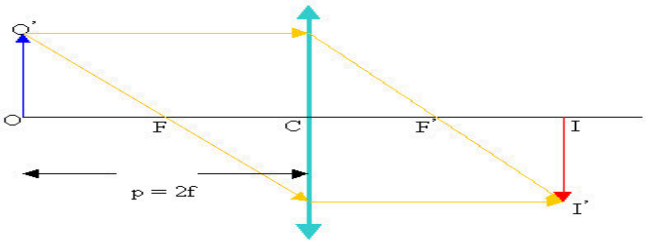
Tamanho: maior que o do objeto

Orientação: direita

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 funcionado 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)

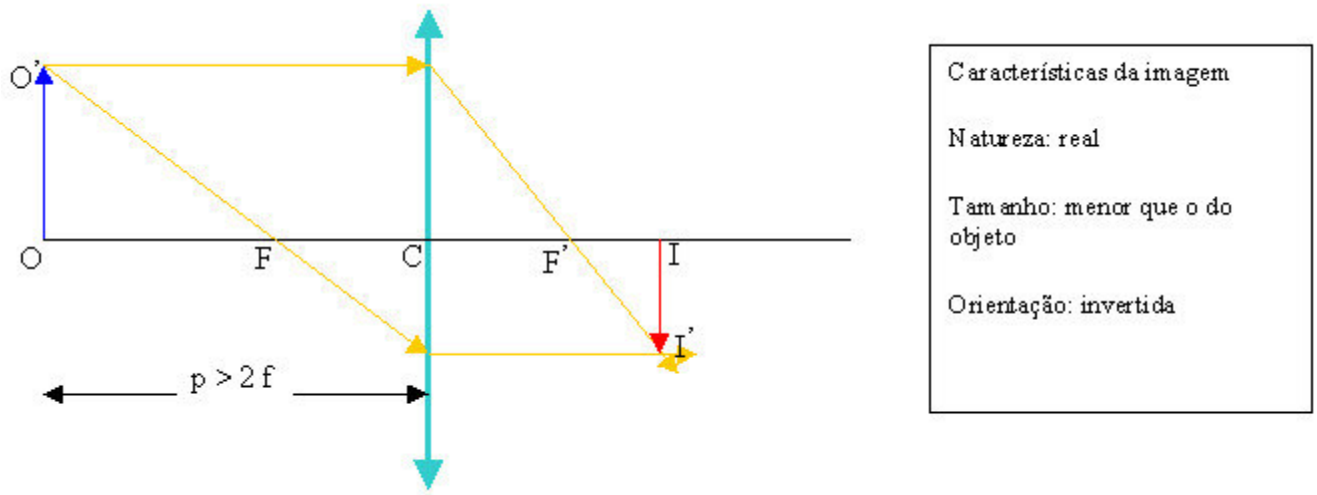


Figura 6.8 Construção da imagem de um objeto situado além da dupla distância focal

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).

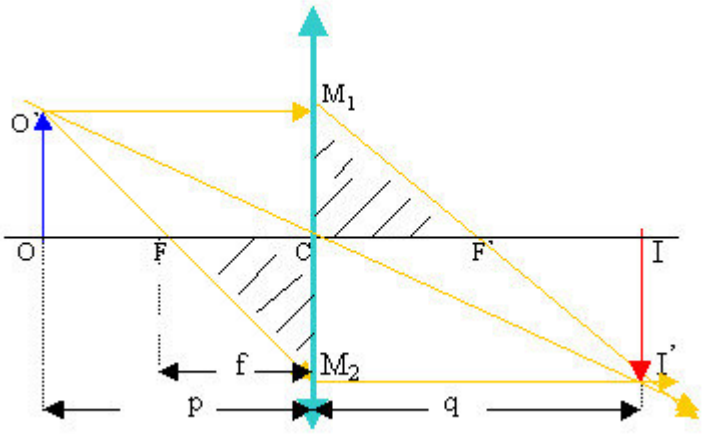


Figura 6.9 - Demonstração da equação de Gauss para uma lente convergente

Os triângulos O'M1M2 e FCM2 são semelhantes, portanto, seus lados são proporcionais:

f / p = CM2 / M1M2 6.3

Os triângulos I'M2M1 e F'CM1 são também semelhantes, portanto, seus lados são proporcionais:

f / q = M1C / M1M2 6.4

Somando 6.3 e 6.4, obtemos:

f / p + f / q = (CM2 + M1C) / M1M2

Como (CM2 + M1C) = M1M2, temos:

f / p + f / q = M1M2 / M1M2

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

1/f = 1/p + 1/q ⇒ Equação de Gauss 6.5

onde:

f ⇒ distância focal

p ⇒ distância objeto

q ⇒ 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 $O'OC$ e $I'IC$ são semelhantes (fig. 6.9) pois possuem dois ângulos iguais, obtemos:

$A = II'/ OO' = - q / p$ ⇒ Equação da Ampliação 6.6

- **Convenção**

- Referencial de Gauss

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

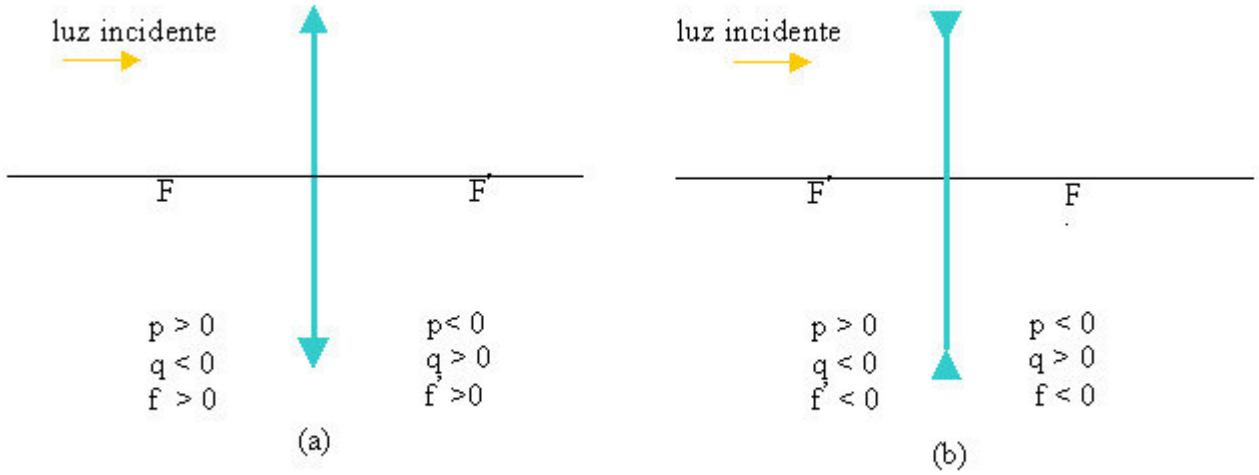


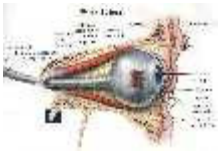
Figura 6.10 - Convenção
a)Lentes convergentes
b)Lentes divergentes.

-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.ifi.unicamp.br/~accosta/



Figuras

fig 01 - O olho - (545 Kb)

fig 02 - Fundo de olho - (137kb)

fig 03 - Retina - (88 Kb)

fig 04 - Vista lateral - (87kb)

fig 05 - Vista superior - (58kb)

fig 06 - Camara interna - (117kb)

Imagens obtidas do catálogo da Anatomical Chart Co.

Olho Humano - É o órgão sensorial baseado na sensibilidade à luz, é fotossensível. Os órgãos fotorreceptores de todos os seres vivos se caracterizam por possuírem um ou mais pigmentos fotossensíveis, ou foto-excitáveis, associados a receptores de membrana. O pigmento responsável pela visão das cores é a rodopsina, presente em todos os animais que vem as cores, entre eles os primatas, e o ser humano, por ser um macaco. A rodopsina foi isolada em 1878, por W. Kühne. As moléculas do pigmento são a primeiras a receber a luz que chega no olho. A absorção dos fótons de luz altera a estrutura molecular do pigmento desencadeando uma série de processos bioquímicos que por sua vez desencadeiam a transmissão dos impulsos nervosos. Estes impulsos nervosos viajam pelos nervos até o cérebro, na área do córtex que analisa estas informações, onde serão interpretados e traduzidos nas imagens que vemos. É o mesmo processo em todos os animais que possuem visão. É claro que o grau de complexidade do olho varia dentro do reino animal. Alguns possuem simples ocelos, como é o caso de invertebrados como as águas vivas e alguns protozoários por exemplo. Os ocelos são estruturas fotossensíveis que captam mudanças na intensidade da luz ou seja, na quantidade de luz visível. Outros invertebrados, como os artrópodes (insetos, crustáceos, aracnídeos) e moluscos cefalópodes, possuem olhos capazes de formar imagens e são estruturas muito complexas. No caso da grande maioria dos artrópodes existe o olho composto, que é um fotorreceptor composto por várias células fotorreceptoras, unidades fotorreceptoras, os omatídeos. O olho composto forma uma imagem bruta. Nestes olho existe córnea e cristalino ou lente, que são modificações do exoesqueleto do animal. Nos moluscos cefalópodes, lulas, polvos, há um alto grau de desenvolvimento do sistema nervoso, ímpar nos invertebrados. Por esta razão o sistema sensorial é muito sofisticado, particularmente os olhos que, no caso dos polvos e lulas têm estrutura notavelmente similar à dos vertebrados. Também formam imagem, mas acreditasse que muita mais precisa. Mamíferos e aves possuem uma estrutura ocular bastante semelhante, e possuem, como os olhos dos artrópodes e dos cefalópodes, a sensação da intensidade e do comprimento de onda da luz que percebem. Nos seres humanos os olhos estão localizados na porção anterior do corpo, a cabeça, dentro da órbita. A órbita ocular é um compartimento ósseo formado por vários ossos do crânio, e protege o olho. Basicamente todo olho possui uma câmara escura, uma camada de células fotorreceptoras, um sistema de lentes para focalizar a luz que forma a imagem e um

sistema de células nervosas para conduzir os estímulos ao córtex cerebral. No ser humano possui um olho com três camadas ou túnicas dispostas concentricamente. A camada externa, formada pela esclera ou esclerótica e pela córnea. A camada média ou túnica vascular, constituída pela coróide e pela íris. E a terceira camada ou a túnica nervosa, a retina, que se comunica com o cérebro pelo nervo óptico. Há também a lente ou cristalino, que é uma estrutura biconvexa transparente. Frente ao cristalino está uma expansão pigmentada e opaca da camada média e, o recobre em parte. É chamada de íris. O interior do olho pode ser dividido em três câmaras: a anterior, que é delimitada pela íris e a córnea; a câmara posterior, localizada entre a íris e o cristalino; e o espaço vítreo, situado atrás do cristalino e circundado pela retina. As duas primeiras câmaras são preenchidas por um líquido que contêm proteínas, é o humor aquoso. O espaço vítreo está cheio do humor ou corpo vítreo, aquoso e gelatinoso. Em várias regiões do olho são encontradas células pigmentares com melanina, são os melanócitos, que impedem a entrada absorvendo a luz estranha que pode prejudicar o processo de formação da imagem. Entre os vertebrados os tipos de células fotorreceptoras são estruturalmente muito parecidos. Os cones são as células responsáveis pela visão das cores e, os bastonetes, respondem pela visão branco e preto. Todos primatas, inclusive o homem, além de possuírem visão colorida têm visão tridimensional, em profundidade. A visão tridimensional acontece porque ha sobreposição, no córtex visual, das informações que chegam dos campos visuais dos dois olhos simultaneamente. Nossos olhos estão localizados na frente da cara, diferente dos cachorros ou cavalos que têm os olhos posicionados lateralmente na face. Este posicionamento dos olhos permite a visão do mesmo objeto, ao mesmo tempo, desde dois ângulos ligeiramente diferentes. O cérebro compara estas duas imagens simultâneas e cria a noção de profundidade. O sentido visual é extremamente importante para muitos animais, portanto está adaptado as necessidades de cada organismo. Animais de hábitos noturnos pouco precisam do sentido visual para se orientar. Predadores noturnos como gatos e cachorros utilizam mais o sentido olfativo e auditivo, corujas, exímias caçadoras da noite, possuem um ouvido extremamente sensível para escutar sua presa. Recentemente foi descoberto no Brasil um tipo de bagre cavernícola, que como habitante de um ambiente sem luz não precisa de olhos para se orientar. Acredita-se que linhagens deste peixe habitam desde muitos anos cavernas e, se adaptaram a este ambiente tão bem que houve uma redução dos olhos que não funcionam mais.

Para mais detalhes: **UFC**