



# Eu não nasci de óculos!

Enquanto Roberto conversa com Gaspar, Ernesto coloca os óculos de Roberto e exclama:

- Puxa, estou enxergando tudo embaralhado. Tudo meio turvo!
- É como você tivesse achatado o olho! - diz Roberto.
- Como?
- Existem pessoas que, podemos dizer, têm o olho achatado...

Roberto desenha uma figura (Figura 1) e tenta explicar o que está querendo dizer:

- Nosso olho pode ser pensado como um globo que tem, na parte da frente, uma lente convergente. Essa lente - o cristalino - vai formar na retina, ou seja, no fundo do olho, as imagens dos objetos que estamos vendo. Essa luz que bate na retina é levada para nosso cérebro pelo nervo óptico e, dessa maneira, podemos ver os objetos.

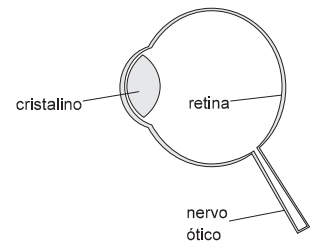


Figura 1

Roberto continua:

- Mas, para determinadas pessoas, a imagem se forma antes ou depois da retina. É como se o olho fosse achatado ou alongado. Os óculos servem para isso, para “desalongar” ou “desachatar” o olho. Na realidade, as lentes não mudam o olho, mas permitem que a imagem se forme sobre a retina.

Gaspar, interessado, resolve entrar na conversa:

- Mas essa lente não vai formar uma imagem invertida dos objetos que estamos vendo?

- Vai! As imagens, no cristalino, formam-se de cabeça para baixo. Nós enxergamos de ponta-cabeça (Figura 2).

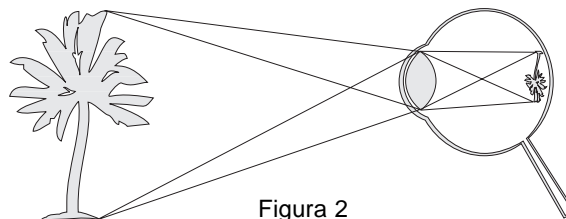


Figura 2

Enquanto isso, Ernesto começa a andar apoiado sobre as mãos, plantando bananeira.

- Estou tentando ver o mundo como ele realmente é!

## Olhos mais, ou menos, achatados

Como Roberto estava explicando, o cristalino de algumas pessoas não forma a imagem dos objetos exatamente sobre a retina.

Essas imagens podem ser formadas antes da retina, e nesse caso a pessoa é míope (Figura 3), ou podem ser formadas além da retina, caso em que a pessoa é hipermetrópe (Figura 4).



Figura 3

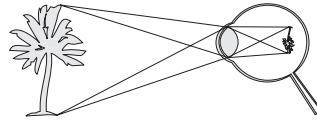
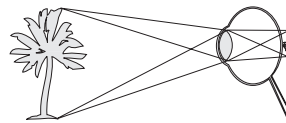


Figura 4



No caso da miopia, o cristalino é convergente demais, fazendo com que a imagem se forme antes de atingir o fundo do olho. Para corrigir esse defeito, necessitamos diminuir um pouco essa convergência. Para isso usamos uma lente divergente (Figura 5). Essa lente faz com que os raios luminosos entrem no olho de maneira um pouco divergente. Como o olho do míope é muito convergente, a imagem acaba se formando no fundo do olho.

Por outro lado, o cristalino do olho pode ser pouco convergente. Teremos então uma pessoa com hipermetropia. As imagens, nesse caso, vão se formar além do fundo do olho. Essa pessoa, como também os míopes, vai ver os objetos de maneira turva, não nítida. Para corrigir esse defeito precisamos de uma lente convergente (Figura 6).

Uma vez que estudamos um pouco o olho humano, vamos ver como os instrumentos de ótica podem tornar nossos olhos mais eficientes no conhecimento do mundo que nos rodeia.

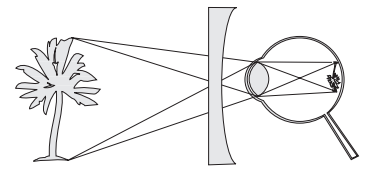


Figura 5

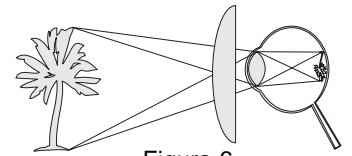


Figura 6

## Um microscópio simples

Lupa, microscópio simples ou lente de aumento (Figura 7) são nomes que uma lente convergente pode receber. Ela é, também, o instrumento ótico mais simples que podemos imaginar. As lupas servem para que possamos examinar os objetos com maior detalhe. Muitas vezes são usadas para leitura.

Como já estudamos as lentes, o princípio de funcionamento de uma lupa é fácil de explicar (Figura 8). Se colocarmos um objeto (a letra R da figura) diante de uma lupa, e de maneira tal que esse objeto fique entre o foco e o vértice dessa lente, a lupa vai produzir uma imagem virtual do objeto. Para construir essa imagem utilizamos um raio paralelo (que sai passando pelo foco) e um raio que passa pelo vértice da lente (e sai sem desvio). A imagem desse objeto, como pode ser visto na figura, é maior e tem a mesma orientação do objeto. Trata-se de uma imagem virtual. Ela se forma atrás da lente.

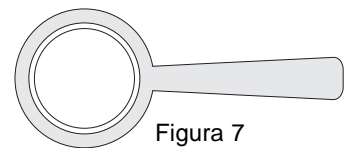


Figura 7

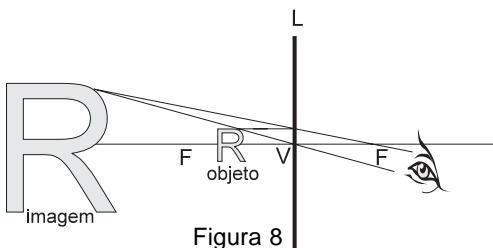


Figura 8

## O projetor de slides

O projetor de slides, ou projetor de diapositivos (Figura 9), utiliza também uma lente convergente como princípio central de seu funcionamento.

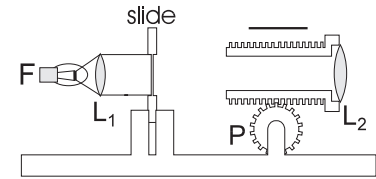
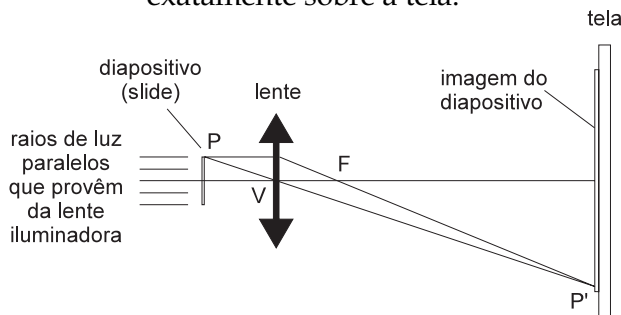


Figura 9

O projetor de diapositivos possui uma lâmpada  $F$  que é a fonte encarregada de iluminar o slide. Para isso, ela é colocada no foco de uma lente convergente  $L_1$ . Os raios luminosos que partem de  $F$ , após passar pela lente  $L_1$  saem paralelos, pois a lâmpada está no foco da lente. Esses raios iluminam o diapositivo. A luz que sai do slide vai atingir, agora, a lente  $L_2$ . Para a lente  $L_2$  o slide é um objeto real que vai ter sua imagem, também real, formada sobre uma tela. Para que a imagem do diapositivo se forme exatamente sobre a tela, utiliza-se uma cremalheira  $P$ . Girando-se a engrenagem, podemos fazer com que a lente se aproxime ou se afaste do slide. Assim, podemos fazer com que a imagem seja formada exatamente sobre a tela.



Para entender como se forma a imagem do slide sobre a tela, podemos usar dois raios luminosos que partem de um ponto  $P$  do diapositivo (Figura 10). Como foi feito anteriormente, vamos utilizar um raio que incida paralelamente na lente e é refratado passando pelo foco dessa lente.

Por outro lado, um raio que incida passando pelo vértice da lente passa sem sofrer desvio. Esses dois raios luminosos vão se encontrar num ponto  $P'$  da tela. Tanto o ponto  $P$  como sua imagem  $P'$  são reais. Uma característica das imagens reais é que elas podem ser projetadas num anteparo: na tela, por exemplo. Pode-se notar que a posição da imagem do slide é invertida com relação ao próprio slide. Dessa maneira, ao colocar o slide no projetor, devemos invertê-lo para que, sobre a tela, sua imagem saia com a orientação correta, isto é, com a mesma orientação da foto que está no slide.

Os projetores de cinema também funcionam como os projetores de slides. Uma lâmpada ilumina o filme e uma lente encarrega-se de projetar o filme sobre a tela. Os projetores possuem, também, um ajuste que "focaliza" o filme sobre a tela.

Focalizar, nesses casos, não é colocar o filme ou o slide no foco da lente. Significa colocar o filme ou o slide num ponto tal que a imagem se forme sobre a tela.

Outro aparelho que algumas vezes precisamos focalizar é a máquina fotográfica (Figura 11). Ela também tem seu princípio de funcionamento baseado em uma lente convergente. Às vezes, é um conjunto de lentes que atua como se fosse uma única lente convergente.

Os aparelhos fotográficos modernos, com auxílio de uma rosca  $R$ , fazem variar a distância entre a lente convergente - que é chamada objetiva - e o fundo do aparelho fotográfico, onde está o filme sensível. Quando não conseguimos ajustar essa distância satisfatoriamente, a imagem fotográfica fica "fora de foco". Isso porque os raios luminosos que partem do objeto e deveriam se cruzar exatamente sobre o filme fotográfico cruzam-se pouco antes ou pouco depois.

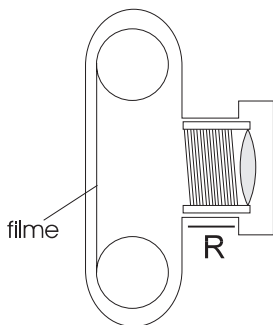


Figura 11

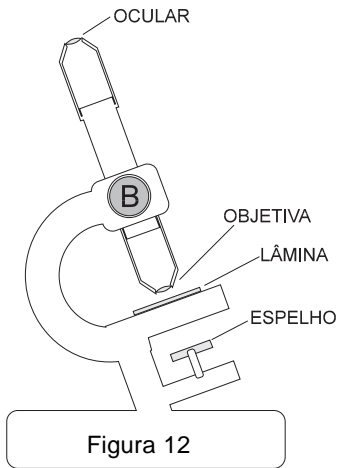


Figura 12

O microscópio composto (Figura 12) é um dos instrumentos que mais fez progredir as pesquisas no campo da Biologia. Basicamente, um microscópio composto consta de duas lentes convergentes ou, mais precisamente, de dois conjuntos de lentes que agem como se fossem duas lentes convergentes.

Essas lentes convergentes estão nas duas extremidades de um tubo metálico. Uma das lentes é a objetiva e a outra, a ocular. Como os próprios nomes estão indicando, a objetiva do microscópio está perto do objeto a ser estudado; a ocular é a lente pela qual o observador pode analisar tal objeto.

Abaixo da objetiva existe um suporte no qual é colocado o material de estudo (sobre uma lâmina de vidro). Um pouco mais abaixo existe um espelho que serve para iluminar o material que está sobre a lâmina. Às vezes esse espelho é substituído por uma lâmpada que ilumina, diretamente, a lâmina. Um botão B, capaz de levantar ou abaixar o tubo metálico, tem a mesma finalidade que outros descritos anteriormente: fazer com que a imagem de um objeto se forme em um ponto determinado.

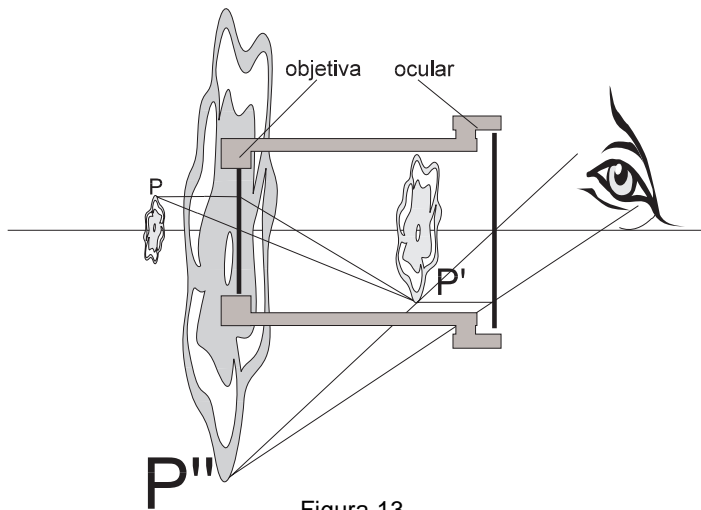


Figura 13

Na Figura 13 temos uma representação esquemática do que ocorre na formação das imagens dentro de um microscópio composto. Nesse esquema temos o próprio corpo do microscópio, alguns objetos e suas imagens, e os raios luminosos que estão definindo essas imagens.

Vamos considerar um ponto P no objeto que está sendo estudado – uma célula, por exemplo. Esse ponto envia raios luminosos que atingem a objetiva. Tomando-se dois desses raios, um paralelo ao eixo e outro que passe pelo vértice da objetiva, podemos determinar a posição da imagem desse ponto da célula dada pela objetiva. Esse é o ponto P'.

A imagem da célula fornecida pela objetiva é uma imagem real e encontra-se, na figura, perto da ocular. Sabemos que a imagem é real porque os raios que estão chegando a P', depois de sair da objetiva, são convergentes.

Essa imagem intermediária formada pela objetiva vai servir como objeto real para a ocular. Para construir a imagem final, basta considerarmos, mais uma vez, dois raios luminosos: um que entre paralelamente na ocular e outro que entre passando pelo vértice. O que entra paralelo sai pelo foco e o outro sai sem sofrer desvio. Obtemos, dessa maneira, a imagem de  $P'$ . Essa imagem é o ponto  $P''$ . Trata-se de um ponto imagem virtual. Sabemos disso porque os raios luminosos que estão saindo de  $P''$  depois de passar pela ocular são divergentes.

Então, inicialmente, temos uma lente, a objetiva, que forma uma imagem real de uma célula. Em seguida, uma segunda lente forma uma nova imagem da primeira imagem. É essa imagem, uma imagem virtual final, que observamos. Essa imagem é muito maior que a célula original. Esse aumento vai depender tanto da objetiva como da ocular.

### A luneta astronômica

Assim como o microscópio é de grande utilidade para a Biologia, os telescópios e lunetas trouxeram grandes progressos ao estudo do Universo. Um dos primeiros telescópios foi construído por Galileu que, com ele, descobriu as luas de Jupiter, as fases de Vênus...

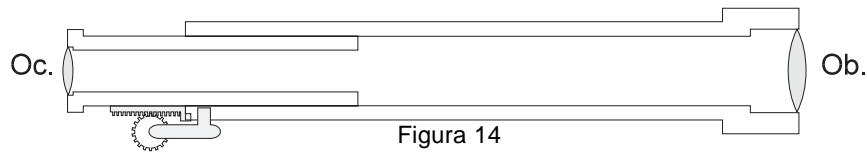


Figura 14

A luneta astronômica (Figura 14) tem muitas semelhanças com o microscópio. Também é constituída por duas lentes convergentes ou dois conjuntos de lentes que atuam como lentes convergentes. De maneira análoga, essas lentes estão na extremidade de um ou dois tubos; uma delas é chamada de objetiva e a outra, de ocular. A diferença está apenas nas distâncias focais das objetivas. Nas lunetas, a distância focal da objetiva é da ordem de 1 m (podendo chegar a vários metros), enquanto que no microscópio ela é pequena, menor que 1 cm.

O princípio de focalização é também semelhante aos demais instrumentos descritos, na distância relativa entre as lentes que compõem o aparelho. Para conseguir isso, existe uma cremalheira que permite que um dos tubos da luneta deslize sobre o outro, fazendo com que a distância entre a objetiva e a ocular possa ser modificada.

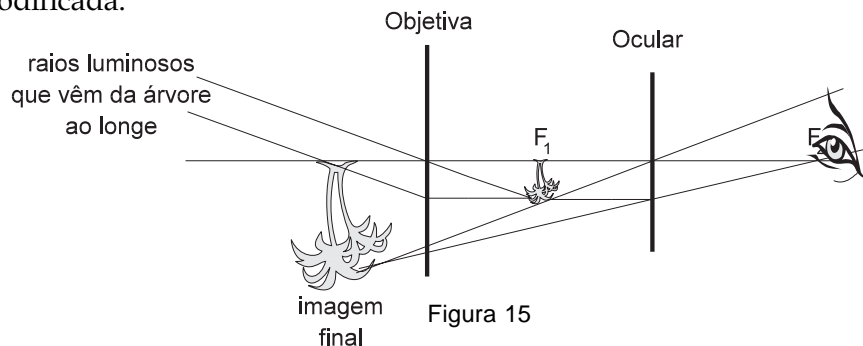


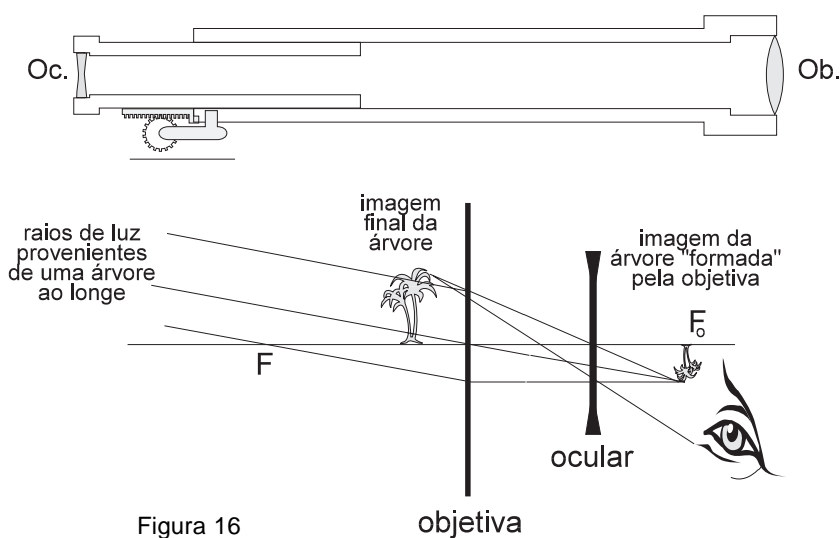
Figura 15

O princípio de funcionamento da luneta astronômica (Figura 15) é o seguinte: inicialmente a objetiva forma uma imagem real do astro que estamos observando. Essa imagem, pelo fato de o astro estar a uma distância muito grande, vai se formar praticamente no foco imagem  $F_1$ , da objetiva. Essa imagem é real e invertida.

Com auxílio da ocular, que age como se fosse uma lupa, observamos essa imagem real. A imagem final, aquela dada pela ocular, vai ter, portanto, direção invertida com relação ao objeto observado. Isso não tem grande importância quando usamos a luneta para observar a Lua ou um planeta, por exemplo. Na figura, usamos uma árvore para mostrar exatamente essa inversão, e também para poder comparar essa luneta com a luneta terrestre, que não inverte a posição dos objetos observados.

### A luneta terrestre

As lunetas terrestres e astronômicas pouco diferem no seu aspecto externo. Uma luneta terrestre também possui uma objetiva, que é uma lente convergente de distância focal grande. As duas lunetas são diferentes no que diz respeito à ocular: as astronômicas usam lentes convergentes e as terrestres usam lentes divergentes (Figura 16).

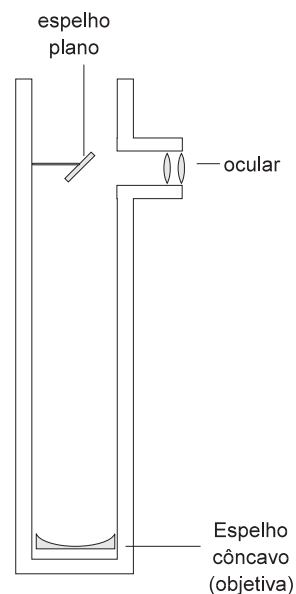


Na figura, os raios luminosos que provêm de um objeto distante (árvores) “formam” uma imagem real perto do foco da objetiva. Na realidade, essa imagem não pode ser formada, pois os raios encontram, antes, a ocular. Mas é exatamente essa imagem que vai servir de objeto virtual para a ocular. A ocular forma, então, a imagem final, como mostra a figura. Nesse caso, podemos constatar que a imagem final tem a mesma orientação que o objeto visado. As primeiras lunetas, mesmo as utilizadas em Astronomia, eram desse tipo.

### O telescópio refletor

Assim como Galileu introduziu as lunetas no estudo dos astros, Newton foi um dos responsáveis pela introdução dos telescópios refletores no estudo da Astronomia.

O telescópio refletor, como o próprio nome indica, usa um espelho côncavo como objetiva. O espelho pode ser esférico, como aqueles que estudamos, ou parabólico. Mas é sempre côncavo. Existem muitos tipos de telescópios refletores. O que vamos descrever é o modelo do próprio Newton (Figura 17). Ele utiliza, como objetiva, um espelho esférico côncavo.



Inicialmente temos um tubo fechado numa das extremidades. Nela existe um espelho côncavo, a objetiva, que também é chamado de espelho principal. Perto da extremidade aberta existe um segundo espelho. Este, um espelho plano denominado espelho secundário, serve para desviar os raios que vêm do espelho primário e lançá-los sobre a ocular. O espelho secundário tem inclinação de  $45^\circ$  em relação ao eixo do tubo.

Finalmente, temos a ocular, que é, como quase todas anteriores, uma lente convergente ou um conjunto de lentes que atuam como lente convergente.

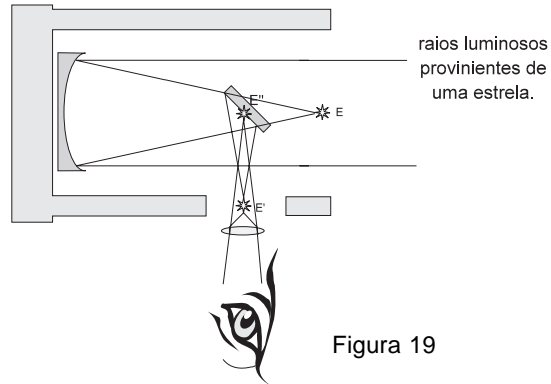


Figura 19

Se o telescópio for apontado para um objeto distante, uma estrela, por exemplo (Figura 18), os raios que provêm da mesma chegam ao telescópio paralelos. Esses raios entram pelo tubo, atingem o espelho principal, a objetiva, e são refletidos. Como o objeto (a estrela) está a uma distância infinita, a imagem dessa estrela  $E$  vai se formar no foco do espelho esférico. Contudo, antes que cheguem lá, eles encontram em seu caminho o espelho plano, e são desviados. Assim, o ponto  $E$  passa a atuar, para o espelho plano, como um objeto virtual, e formará uma imagem real  $P'$ .

É essa imagem  $P'$  que podemos examinar usando a ocular como se fosse uma lupa. A imagem final que observamos,  $P''$ , é uma imagem virtual.



Nesta aula você aprendeu como funcionam:

- uma lupa;
- um projetor de slides;
- um microscópio;
- lunetas e telescópios.



### Exercício 1

Quando expomos uma lente do óculos de uma pessoa hipermetrópe ao Sol, e colocamos uma folha de papel abaixo da mesma, forma-se, sobre o papel, a imagem do Sol. É um ponto muito brilhante, que é capaz de queimar o papel. Construa um esquema para representar esse fenômeno.

### Exercício 2

No problema anterior, como ficaria a situação se os óculos fossem de uma pessoa míope? Por que, nesse caso, o Sol não queima o papel?