

Abrindo o Olho

Dissecando um olho de boi para entender
a óptica do olho humano

.....
Marcelo M. F. Saba
Instituto Nacional de Pesquisas
Espaciais
saba@dge.inpe.br
.....

Ivan Dalla Valle Epiphanyo
Clube de Ciências Quark
.....

O desenvolvimento da óptica geométrica teve como motivação, assim como algumas outras áreas da física, a necessidade de ampliar a potencialidade do ser humano e suprir algumas de suas limitações. Os binóculos e lunetas são exemplos do primeiro caso e os óculos do segundo. Uns ampliaram a capacidade do olho humano, outros corrigiram algumas de suas debilidades. Este artigo descreve sucintamente esses aspectos e sugere uma atividade muito interessante, que ilustra os princípios de funcionamento do olho e suas partes principais por meio da dissecação de um olho de boi.

Suas potencialidades

O olho humano é um sensor poderosíssimo. Em parceria com o cérebro, capta as imagens que desvendam o mundo exterior com todas as suas formas, relevos, cores e movimentos. É capaz de focalizar objetos situados a vários quilômetros de distância ou a um palmo da nossa face. Pode visualizar objetos sob luminosidade de um sol intenso ou na penumbra de um quarto escuro. E, apesar de ser comparável às máquinas fotográficas no que se refere ao princípio de funcionamento, a sua versatilidade é bem superior.

Na máquina fotográfica para capturarmos objetos muito pouco iluminados é preciso o auxílio de um *flash* ou a utilização de filmes muito sensíveis; já o olho humano possui uma capacidade incrível de enxergar em situações de muito baixa luminosidade. Experiente, por exemplo, entrar em uma sala muito pouco ilumi-

nada. A princípio você não enxergará nada. Porém, após 10 minutos, estará vendo vários objetos que antes eram impossíveis de enxergar. Espere 30 minutos e você estará com uma sensibilidade 10 mil vezes maior do que quando entrou na sala. Nessas situações, ou à noite, as células sensíveis às cores, chamadas de cones, não respondem, e a formação da imagem fica a cargo dos bastonetes. A imagem não possuirá cores, mas apenas tons de cinza. Por isso, dizemos que a noite todos os gatos são pardos.

No olho, como na máquina fotográfica, a luz que provém de um objeto externo passa por um sistema de lentes, formando sobre um anteparo uma imagem invertida. No olho, esse conjunto de lentes é formado basicamente pela córnea e pelo cristalino, e o anteparo é a retina, que possui milhões de neurônios sensíveis à luz, também chamados de fotorreceptores.

Na máquina fotográfica, as lentes possuem curvaturas fixas (distância focal constante). Assim, para que a imagem se forme corretamente sobre o filme, temos que mover as lentes para frente ou para trás. No olho, isto não é preciso.

A córnea, membrana transparente na frente do olho, possui uma forma de calota esférica graças à pressão exercida pelo humor aquoso. Como as lentes das máquinas fotográficas, possui uma curvatura fixa e, junto com o humor aquoso, é responsável por 80% do processo de formação da imagem sobre a retina. Como não é irrigada por vasos sanguíneos, seu transplante não apresenta problemas de rejeição. Atualmente, cirurgias com

Um experimento de fácil realização em sala de aula, a dissecação de um olho de boi pode ajudar os estudantes de física a entender o mecanismo da visão humana e, também, compreender melhor alguns conceitos de óptica.

laser estão “torneando” a córnea para eliminar o uso de lentes corretivas.

O cristalino é uma lente biconvexa convergente que, ao contrário das lentes utilizadas nas máquinas fotográficas, possui curvatura variável. É formado por várias camadas transparentes que deslizam umas sobre as outras. Ele se encontra preso por fortes ligamentos aos músculos ciliares, que controlam sua curvatura, variando sua distância focal. Isto permite ao olho focalizar sobre a retina a imagem de objetos a grandes ou pequenas distâncias. O processo de mudança de curvatura é chamado de acomodação. O olho normal consegue, por meio da acomodação, observar objetos a partir de 25 cm de distância. Com o avanço da idade, a perda dessa flexibilidade limita o poder de focalização do olho, ocorrendo a conhecida “vista cansada”, tecnicamente conhecida como presbiopia.

Para tirar uma foto, procuramos segurar a máquina fotográfica com a maior firmeza possível. No entanto, o olho, ao observar algo, não fica parado. Pequenos movimentos trêmulos ocorrem involuntariamente. Esses movimentos imperceptíveis têm duas funções. Primeiro, evitam que uma mesma região da retina fique exposta por um longo período a uma luz intensa. Se isto acontecesse, as células fotorreceptoras perderiam temporariamente a sua sensibilidade. Segundo, permitem que a imagem que recai sobre o ponto cego da retina, região de convergência dos nervos ópticos e, portanto, insensível à luz, seja captada por células sensíveis adjacentes.

Suas debilidades

Os olhos, chamados por alguns filósofos de *janela da alma*, nem sempre retratam o mundo exterior com fidelidade. O homem, no seu eterno desejo de conhecer melhor o mundo, procurou desde há muitos séculos, encontrar, quando preciso, uma maneira de “consertar” essa importante via de acesso à realidade externa. Assim surgiram os óculos.

Apesar da tremenda importância que os óculos têm, principalmente para quem os utiliza, não se sabe ao

certo quem os inventou. Marco Polo relata a sua existência na China já em 1270. Porém, os chineses afirmam que os óculos têm origem árabe. Os primeiros óculos eram feitos a partir de lentes convergentes para a correção da presbiopia. Os míopes tiveram ainda que esperar quase 300 anos para terem a vista corrigida.

Os primeiros óculos não eram como os de hoje, com hastes que se dobram e se apoiam sobre as orelhas. Este só apareceram no século XVIII. Também não havia muita ciência envolvida na escolha da lente apropriada. Era necessário tentar uma lente após outra, até achar a que mais conviesse.

Hoje em dia, os oftalmologistas sabem com precisão qual o grau da lente necessária para corrigir a visão. O grau da lente é dado em dioptrias, que é numericamente igual ao inverso da sua distância focal em metros. Será negativo se a lente for divergente (bordas espessas e região central delgada). Será positivo se a lente for convergente (bordas delgadas e região central espessa).

O míope possui o globo ocular alongado. Conseqüentemente, a imagem se forma antes da retina. É capaz de enxergar nitidamente apenas objetos muito próximos. Para que a imagem se forme corretamente sobre a retina, é preciso diminuir a convergência dos raios luminosos. Por isso, o míope utiliza lentes divergentes.

Para o hipermetrópe, que possui o globo ocular menos profundo que o normal, a imagem se forma depois da retina. Assim, para aumentar a convergência dos raios, os hipermetropes usam lentes convergentes. Sem elas, apenas objetos distantes são vistos com nitidez.

Já os astigmatas possuem um defeito na córnea. Esse defeito impossibilita a formação de imagens nítidas, independentemente da distância do objeto. Isso ocorre por que a córnea não apresenta uma curvatura esférica. A córnea do astigmata parece com uma bola de rugby ou de futebol americano, sendo portanto incapaz de formar uma imagem pontual a partir de um objeto pontual. A palavra astigmatismo, derivada do grego (a =

não, stigma = ponto), indica essa incapacidade.

Instruções para dissecar um olho de boi

O olho de boi possui várias semelhanças com o olho humano e a sua observação pode ajudar muito o entendimento de como o nosso próprio olho funciona. Se você não é da área de biológicas e nunca dissecou nada, não se assuste; o que a princípio pode parecer repugnante se converte rapidamente em uma atividade fascinante.

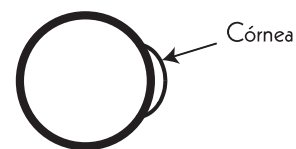
Material

- Bandeja ou prato fundo descartável
- Pinças (duas)
- Bisturi, estilete ou uma pequena tesoura
- Olho de boi (procure junto ao açougueiro ou em um abatedouro)

Procedimento

1. Retire o excesso de gordura e músculos que existe em torno do olho. A gordura serve de proteção ao olho contra impactos. Os músculos são responsáveis pela sua movimentação. O olho do boi possui apenas 4 músculos, enquanto que o do ser humano possui 6. Quando queremos ver um objeto com mais detalhes, posicionamos o nosso olho de forma que a imagem se forme sobre uma região da retina chamada fóvea. Nessa região, a densidade de células nervosas é maior, permitindo uma visão com maior nitidez.

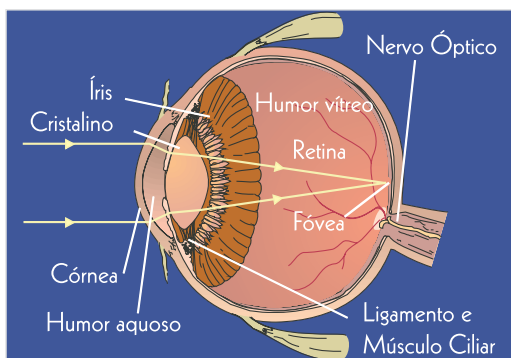
2. Retire a córnea. Podemos perceber a existência da nossa própria córnea da seguinte maneira: feche o olho, coloque o dedo sobre a pálpebra e movimente o olho de um lado para outro. Você perceberá uma protuberância.



Ao cortar a córnea, você notará que um líquido chamado humor aquoso sai de dentro dela. Esse líquido mantém a pressão que dá a forma à

córnea. Observe a íris, diafragma composto de músculos que mudam o diâmetro da pupila, controlando a quantidade de luz que entra no olho. O diâmetro da pupila no ser humano varia de 1,5 mm a 8 mm. Essa variação não é instantânea. Isso pode ser percebido facilmente se, de frente para um espelho apagarmos e acendermos a luz ambiente. A íris do boi é sempre marrom. Ou seja, não existem bois de olhos verdes ou azuis. Além disso, a sua pupila é oval, e não circular como a nossa.

3. Retire o cristalino. Veja através dele objetos distantes. Eles aparecerão de cabeça para baixo. O cristalino é

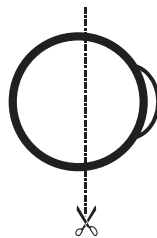


Esquema dos principais componentes do olho humano.

uma lente convergente. Observe traçinhos pretos ao redor dele. São os ligamentos que presos aos músculos ciliares, variam o tamanho da lente. Coloque o cristalino sobre um papel com algo escrito. Veja como ele funciona como uma lente de aumento.

4. Observe o humor vítreo. Ele é uma espécie de massa gelatinosa que preenche a parte interna do olho, definindo a sua forma. Ele também é responsável por manter a retina fixada no fundo do olho. Isto é muito importante pois, se a retina se dobra, o sinal que chegará no cérebro será confuso.

5. Corte o globo ocular pela metade. Observe, no fundo do olho, uma película vastamente irrigada por vasos sanguíneos. É a retina. Ela é como o filme fotográfico do olho. Está presa em um ponto chamado ponto cego, pois nele não há receptores sensíveis à luz. Nesse ponto, passa o feixe de nervos que formam o nervo óptico, que leva as informações ao cérebro.



6. Observe o tapete atrás da retina. O tapete é uma camada azul-esverdeada brilhante e colorida que reflete de volta para a retina a luz que já passou por ela. Ele permite ao boi enxergar melhor no escuro. O farol de um carro faz brilhar os olhos do gato pois ele também tem essa camada refletora no fundo do olho. O ser humano não possui o tapete: o fundo do nosso olho é preto e absorve a luz que passa pela retina.

Sites com mais informações e experiências sobre a visão

Experiências

<http://www.fisica.ufc.br/oti3.htm>
<http://www.exploratorium.edu/snacks/iconperception.html>

Animação (applet) mostrando como a imagem se forma sobre a retina

http://users.erols.com/renau/eye_applet.html

Mais informações

<http://www.fisica.ufc.br/tintim4.htm>
<http://library.thinkquest.org/C001464/cgi-bin/view.cgi>



A Água não Derrama...

Material

- copo com água
- balão de aniversário (inflado até uns 10 cm de diâmetro)

Procedimento

Molhe a borda do copo com o dedo umedecido e mantenha encostado nela o balão. Vire o copo com a boca para baixo e solte suavemente o balão.

Observe que

Nem o balão cai, nem a água

derrama!

Explicação

A pressão da água e do ar (de cima para baixo) contidos no copo é igual à pressão atmosférica (de baixo para cima) sobre o balão, de modo que o equilíbrio é mantido, e a água não derrama!

Tópicos de discussão

- pressão atmosférica
- pressão hidrostática de líquidos

Francisco Catelli e Simone Pezzini
 fcatelli@ucs.tche.br
 Universidade de Caxias do Sul - RS

