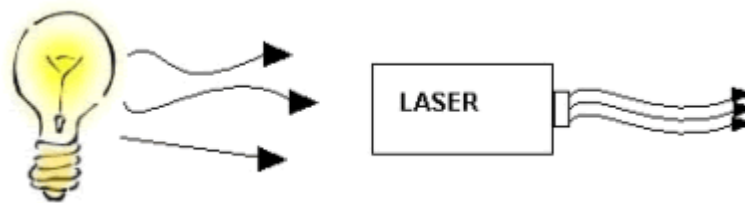


Observação: O presente texto é destinado a profissionais que necessitam somente das informações básicas relativas a alguns conceitos da óptica física que se aplicam à área de óptica oftálmica, por isso não existem grandes desenvolvimentos matemáticos ou outra forma de aprofundamento teórico.

LUZ COERENTE E INCOERENTE

Uma fonte de luz coerente se caracteriza pelo fato de possuir todas as ondas em fase, o exemplo mais comum deste tipo de fonte é o LASER. Já nas fontes de luz incoerentes há uma desorganização quanto à fase das ondas.



A lâmpada incandescente é um exemplo de fonte de luz incoerente e *policromática*, ou seja, temos diversos comprimentos de onda se propagando, em diferentes fases, ao mesmo tempo. Isto ocorre porque cada ponto do filamento age como uma fonte de luz independente.

O LASER (sigla que significa Amplificação da Luz por Emissão Estimulada) é uma fonte de luz coerente, direcionada (o feixe de luz pode ser colimado, onde todas as ondas têm o mesmo sentido e direção de propagação), e de alta intensidade e praticamente monocromática (somente um comprimento de onda), trouxe grandes avanços na área de óptica. Pode possuir alta intensidade e concentrar uma grande quantidade de energia em uma área muito pequena.

Cada tipo de laser tem características específicas de cor, intensidade e ritmo, em pulsos ou contínuo, de acordo com o meio que o gera que pode ser líquido, gasoso, cristal, semiconductor, entre outros, sendo produzido por um sistema que transmite energia luminosa ou elétrica a um meio eletricamente excitável que transmite esta energia amplificada sob a forma de luz. O

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria
Óptica Oftálmica – aula 4

primeiro laser inventado foi o de rubi, em 1960 na Califórnia pelo físico Theodore Maiman.

Como olho é um órgão com algumas estruturas transparentes, permite a propagação do laser a quase todos os tecidos, podendo ser aplicado, permitindo que procedimentos invasivos, como incisões, sejam menos traumáticos. O efeito varia de acordo com o tipo do laser e do tecido. Pode ocorrer fotocoagulação, aquecimento localizado com coagulação, fotodisrupção, rompimento de tecidos, fotovaporização, aquecimento localizado com desidratação, e fotoablação, quebra de ligações intermoleculares.

O texto a seguir foi desenvolvido por Carla Silva, Física, da Universidade de Algarves, Portugal, descreve os efeitos e aplicações do laser, o texto foi reduzido para facilitar a compreensão:

O mecanismo mais importante de absorção da luz pelos tecidos é, como já se referiu, a transformação de energia luminosa em energia térmica.

Conseqüências da fotocoagulação, por exemplo, na carne vermelha:

1. Mudança de cor, tornando-se castanha acinzentada (desnaturação da hemoglobina e da mioglobina).
2. Facilidade a *rasgar* a carne (desnaturação do colágeno - proteínas de estrutura).
3. Diminuição do volume (evaporação da água).

A fotocoagulação, em medicina, é essencialmente utilizada para destruir tumores, em tratamento da retina nos diabéticos e como forma de evitar hemorragias – os vasos sanguíneos dos tecidos fotocoagulados ficam *selados*, evitando-se a perda de sangue.

Se a deposição de calor for feita de um modo demasiadamente lento, os efeitos espalham-se pelos tecidos, podendo ter efeitos indesejáveis. Assim, há que atingir um equilíbrio entre o tempo de exposição e a densidade de potência do feixe:

Chama-se tempo de relaxação térmico, *TR*, ao tempo necessário para que o calor depositado numa determinada região seja conduzido para fora dessa região, de forma a que a temperatura aumentada no tecido exposto diminua para metade.

Outro mecanismo de interação da luz com os tecidos é a fotovaporização. Neste o ponto de ebulição da água é rapidamente atingido e os tecidos são cortados. Assim, lasers com esta densidade de potência são utilizados em cirurgia

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria Óptica Oftálmica – aula 4

para realizar incisões ou para proceder à remoção de tecidos. Chame-se a atenção para o fato de os tecidos adjacentes sofrerem fotocoagulação, o que facilita a cicatrização.

Existe ainda a possibilidade de os tecidos sofrerem fotoablação que ocorre a densidades de potência ainda mais elevadas (geralmente na gama dos ultravioletas) que estão associadas à quebra de ligações químicas seletivas, sem que haja aumento da temperatura local. Sendo outra forma de corte de tecidos.

Um último mecanismo de interação da luz com os tecidos cujos efeitos utilizados em Medicina irão ser discutidos é o de absorção seletiva. Como se sabe, algumas substâncias absorvem especificamente num dado comprimento de onda. Podendo essa especificidade ser utilizada em diferentes cenários.

Os tecidos moles são constituídos por 70% de água (que absorve na gama do ultravioleta e do infravermelho) e os restantes 30% por moléculas biológicas que absorvem em várias frequências (Infravermelho, Visível e Ultravioleta).

Embora as proteínas absorvam, preferencialmente, no UV, há exceções como a hemoglobina, por exemplo, que absorve na gama entre, aproximadamente, 510 nm e 600 nm. Ainda que a oxihemoglobina e a deoxihemoglobina absorvam em comprimento de onda diferentes (daí associar-se a uma e as outras diferentes cores).

Assim, dependendo do comprimento de onda da luz emitida, assim a aplicação dada aos diversos lasers: o laser de Nd:YAG (cristal de granada-alumínio-ítrio-neodímio emite no infravermelho – 1064 nm) é utilizado em fotovaporização (embora não seja absorvido nem pela água, nem pelo sangue, nem pelos tecidos moles, no geral, tem uma grande potência...)

O laser de dióxido de carbono (emite no Infravermelho – 1060 nm) é absorvido pela água, o que permite a sua utilização em situações em que não haja pigmentos.

O laser de Er:YAG (cristal de granada-alumínio-ítrio-erbio) emite no comprimento de onda de 1540 nm) poderia ter aplicações semelhantes ao do dióxido de carbono, com a vantagem de poder ser focalizado em áreas muito pequenas e, portanto, é utilizado em odontologia e nos ossos.

Os lasers de argônio são seletivamente absorvidos pela hemoglobina, sendo, por isso utilizado em cirurgia. Além disso, existem lasers, como o de criptônio vermelho e o de argônio que são absorvidos seletivamente em diferentes regiões da retina, o que pode ser utilizado para diferentes ações sobre esta estrutura.

Lasers na cirurgia oftalmológica

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria Óptica Oftálmica – aula 4

A cirurgia laser em oftalmologia é muito popular, graças ao fato de ser possível cortar tecido do olho de uma forma não invasiva para os restantes tecidos.

Nas aplicações laser em oftalmologia, contam-se:

1. No tratamento do glaucoma (aumento excessivo da pressão ocular). São realizados pequenos orifícios para facilitar a drenagem do humor aquoso. Uso de laser de argônio.
2. No tratamento de diversas lesões ao nível da retina. Os lasers na faixa do visível são utilizados para fotocoagulação dos tecidos, evitando o crescimento dessas lesões.
3. Em situações de retinopatia diabética. É utilizado o laser de argônio para realizar pequenas queimaduras nas regiões à volta dos vasos sanguíneos, prevenindo a formação de novos vasos, responsáveis pela perda da visão.
4. Nas cataratas. Geralmente, quando ocorrem cataratas (opacidade da lente) a lente é destruída através de ultrassom e colocada uma nova lente de material plástico. Porém, em alguns casos as cataratas desenvolvem-se novamente e, nessa altura, podem ser removidas através da aplicação laser.
5. Correção da miopia. Uso de lasers de excímer (produzidos a partir de um gás) para realizar cortes que permitem corrigir o raio de curvatura da córnea.

A figura abaixo mostra a precisão de um laser, esculpindo fendas em um fio de cabelo.



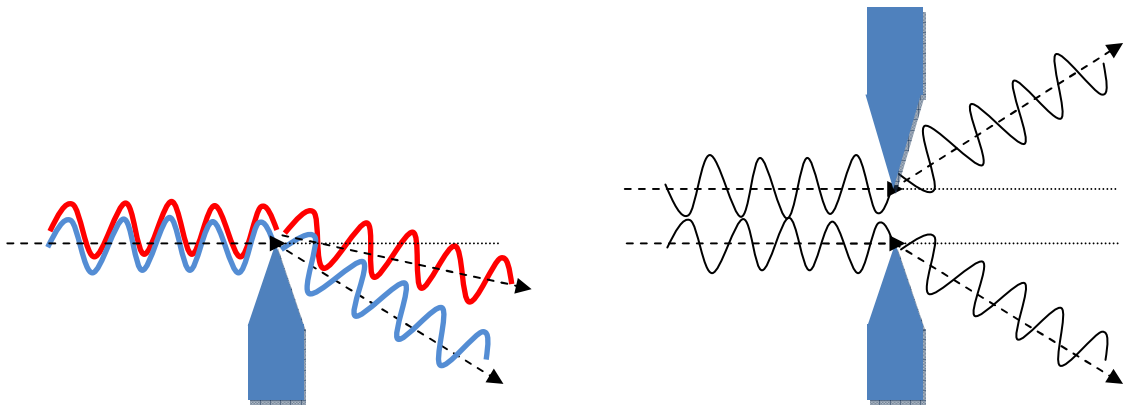
DIFRAÇÃO

Outro fenômeno que caracteriza a luz como uma onda é a difração, e está diretamente relacionado com o comprimento de onda. Este relacionado com a capacidade da onda de “contornar” obstáculos, facilmente perceptível com as ondas sonoras.

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria
Óptica Oftálmica – aula 4

Este fenômeno é desprezado quando afirmamos a óptica geométrica que considera que a luz caminha sempre em linha reta porque o comprimento de onda da luz muito pequeno em relação aos objetos considerados, sendo percebido sob situações muito particulares, foi através dele que se conseguiu o fenômeno da interferência.

Na figura a seguir, à esquerda ilustramos o desvio sofrido ao se aproximar de uma borda e a direita desvio sofrido ao passar por um orifício de pequenas dimensões. O efeito da difração só é mais bem percebido sob uma fonte de luz coerente. Quando submetido a uma fonte de luz incoerente e policromática a sobreposição de efeitos torna mais difícil perceber a difração da luz. Ao passar pelo obstáculo, como um orifício, cada comprimento de onda (cor) sofre um desvio diferente. Desvio das diferentes cores, o vermelho desvia menos e o azul desvia mais.



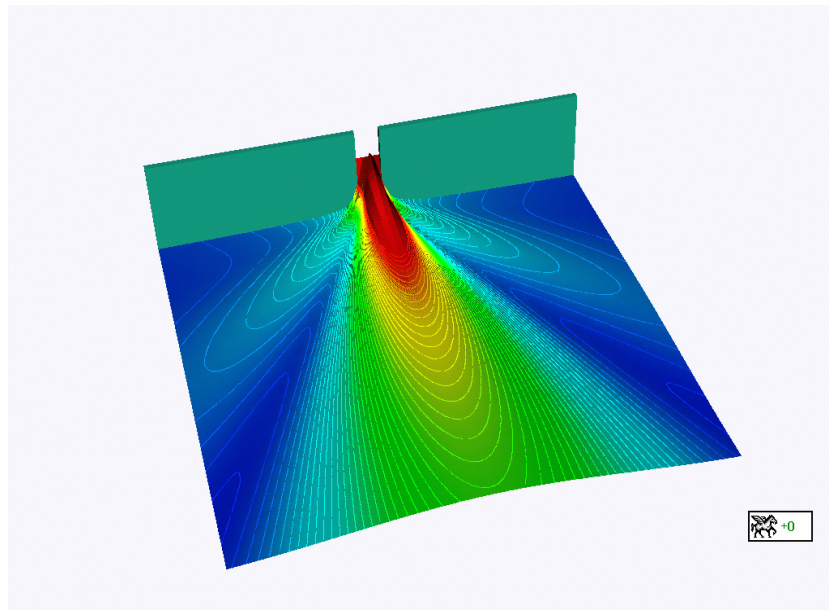


Figura retirada do site de Collin Christian.

www.c3e.co.nz/NumModel/gap.gif

Quando observamos as ondas se propagando pela água podemos verificar exemplos interessantes de difração, ilustradas na figura a seguir, quando passam por um obstáculo ou por um orifício, as setas mostradas no desenho procuram mostrar a direção de propagação e o desvio sofrido.

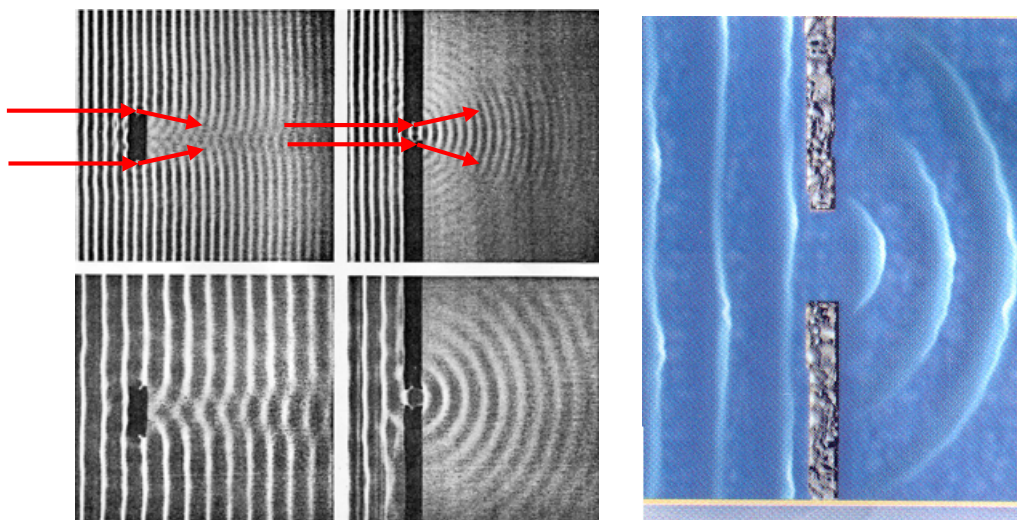
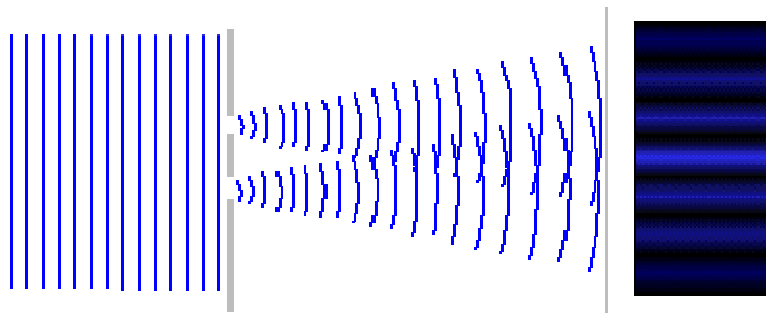


Figura do site ESR Acoustic

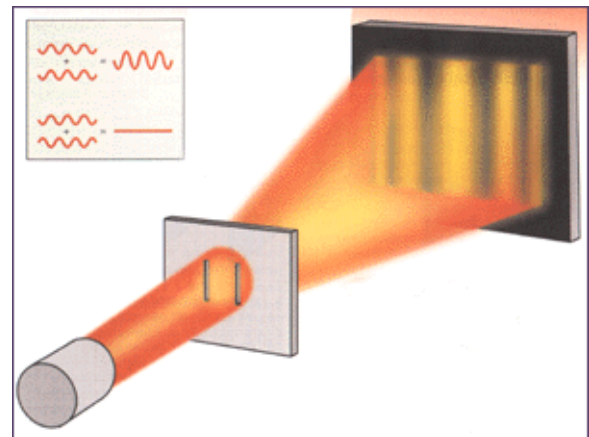
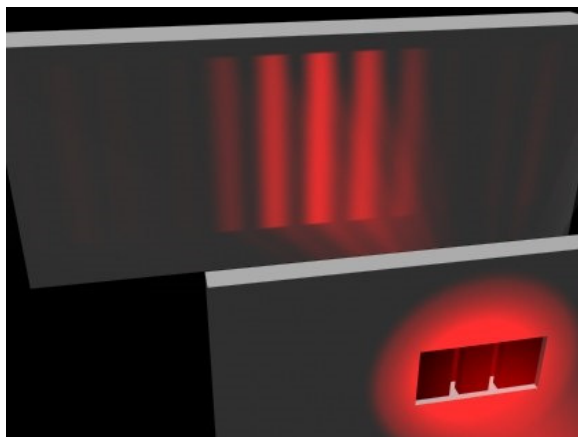
www.zainea.com/kdiffr.gif

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria
Óptica Oftálmica – aula 4

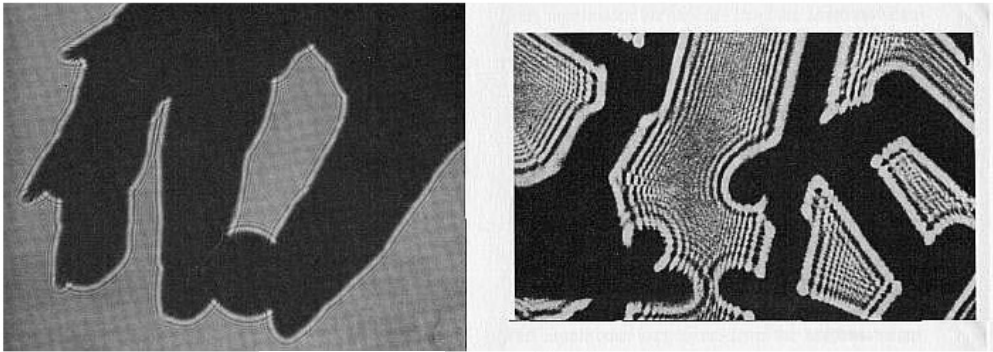
Thomas Young, em 1801, estudou a sensibilidade do olho humano às cores e, em 1803, comprovou a natureza ondulatória da luz através do fenômeno da difração. Fazendo a luz passar através de uma fenda estreita observou a formação de um padrão de franjas, faixas luminosas projetadas de diferentes intensidades e separadas por zonas escuras que somente poderiam ser explicadas através do fenômeno da interferência destrutiva e construtiva e da difração da luz.



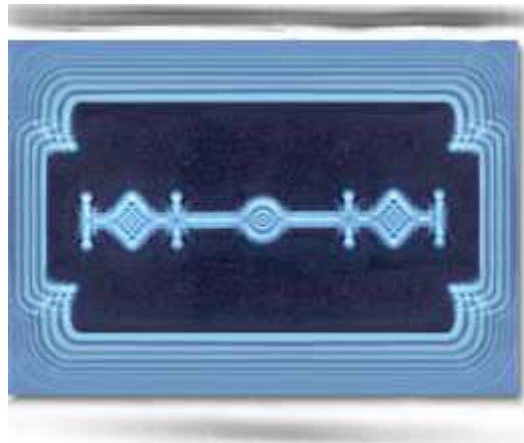
(Interferência)



Quando iluminamos um objeto sob uma fonte de luz coerente a sombra produzida mostra a em seu contorno o efeito da difração. Note a formação de “halos” no contorno resultantes da interferência construtiva e destrutiva.



Exemplo de difração



Furos e fendas estenopêicas

O furo estenopêico é um recurso utilizado em fotografias. Existem câmeras simples sem lentes onde somente existe um orifício e esta técnica tem objetivo artístico.

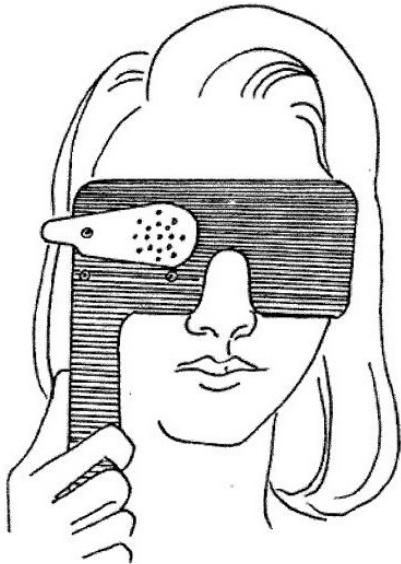
No exame optométrico utiliza-se a o furo e a fenda estenopêica. Durante a verificação da correção necessária para o paciente o furo estenopêico é utilizado como um teste adicional.

O furo ou a fenda são utilizados para bloquear as ondas de luz mais periféricas de forma a limitar o feixe luminoso. Este furo ou fenda não pode ser muito grande, pois os raios periféricos podem entrar pela abertura, comprometendo o resultado do exame, mas também não podem ser muito pequenos, pois a difração atrapalhará no efeito desejado, eu diâmetro é normalmente de 1,2 mm.

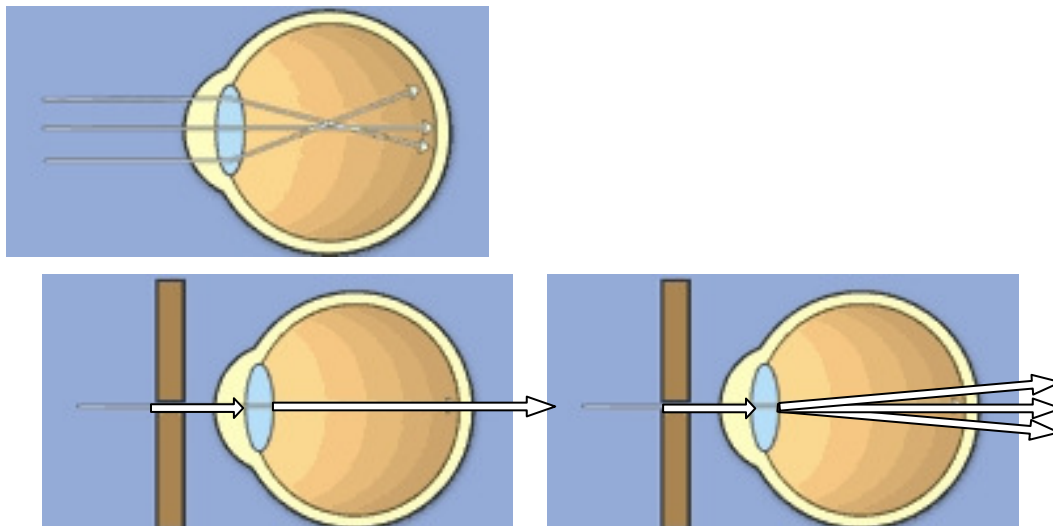
Se ao colocar o furo diante de olho do paciente este perceber alguma melhora

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria
Óptica Oftálmica - aula 4

significa que ainda existe possibilidade de prosseguir com exame buscando um melhor resultado. A fenda estenopêica é utilizada para verificar se há diferença da refração de luz em meridianos distintos da córnea, indicando a presença do astigmatismo.



Nas figuras abaixo ilustramos as três situações, primeiro o olho recebendo toda a luz do ambiente, segundo o furo na dimensão ideal eliminando a luz periférica e terceiro um furo muito pequeno onde a difração “espalha” a luz.



UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria
Óptica Oftálmica - aula 4



Nestas outras figuras, tiradas com câmera com furo estenopêicos e sem lentes mostramos dois resultados obtidos com diâmetros diferentes de furo.



Furo estenopêico de maior diâmetro e detalhe da janela



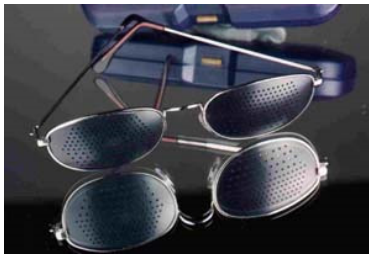
Furo estenopêico de menor diâmetro e detalhe da janela

Imagens: Rui Cambraia

<http://pinholelab.blogspot.com/>

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria Óptica Oftálmica – aula 4

Atualmente dentro da área de terapia alternativa, muito discutida com relação a sua eficácia, existem entre os diversos tratamentos oculares, dentre eles os “Óculos Pinholes” (na realidade, o termo é pin hole em palavras separadas que significam buraco de agulha) que propõe as aberturas estenopêicas como tratamento para as diversas ametropias.



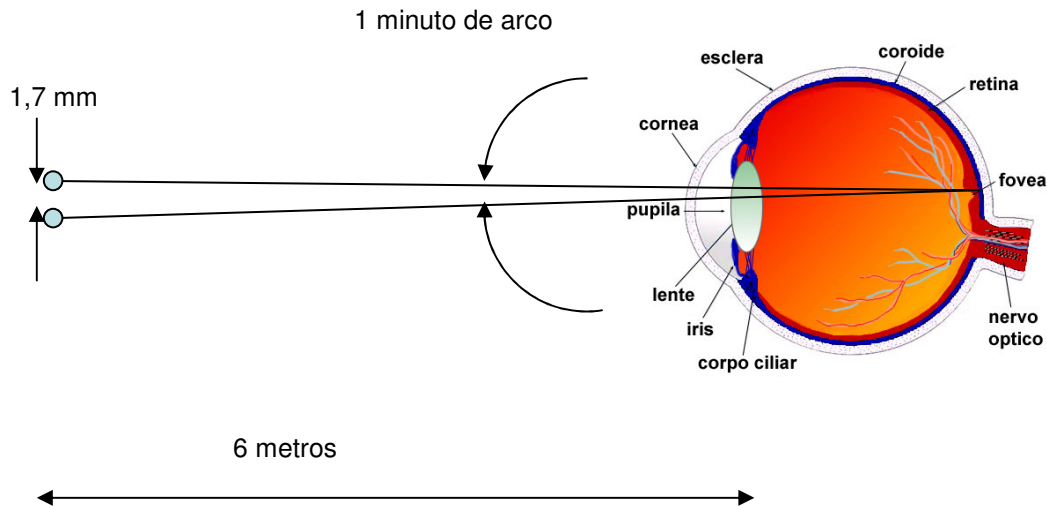
Nos estudos em que analisamos a luz entrando no olho humano, normalmente desprezamos o efeito da difração porque a pupila do olho humano tem um diâmetro muito maior. A pupila do olho humano têm seu diâmetro variável em função do nível de luminosidade podendo variar de 2 a 8 milímetros. A luz que atravessa os meios transparentes do olho atinge a retina estimulando dois tipos de células, os cones que são ativados por altos níveis de luminosidade e os bastonetes ativados por baixos níveis de luminosidade. Os cones são responsáveis pela visão fotóptica, enquanto que os bastonetes pela visão escotópica. O fenômeno que caracteriza a utilização de um ou outro receptor é denominado “inibição neural”. Os cones são os receptores responsáveis pela percepção de detalhes e concentram-se em uma região da córnea denominada mácula e mais especificamente sua concentração é maior em uma região interna da mácula denominada fóvea. O furo estenopêico acaba por selecionar a luz justamente para esta área da retina.

Poder de resolução do olho humano

O olho humano pode perceber dois pontos como distintos se estes estiverem separados por um ângulo de 1 minuto de arco, este é o limite de resolução do olho humano. Isto equivale a dizer que dois pontos localizados a 6 metros de distância

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria
Óptica Oftálmica – aula 4

somente serão identificados como pontos distintos se estiverem separados por uma distância de 1,4 a 1,7 mm e se eles mesmos possuírem este diâmetro.



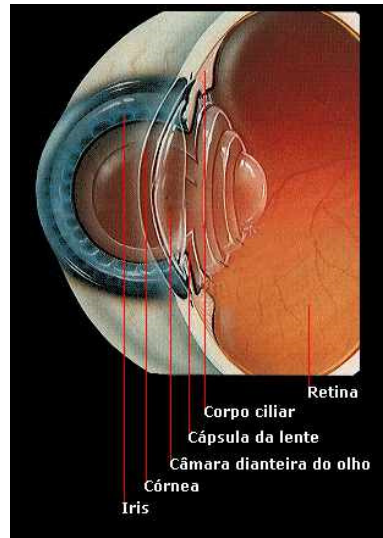
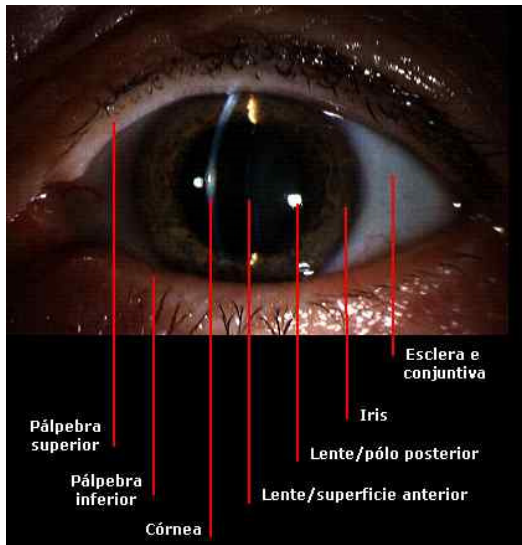
As tabelas para verificação de acuidade visual se baseiam neste princípio para determinação do tamanho dos caracteres que compõe a tabela.

Equipamentos que utilizam a luz em formato de fenda.

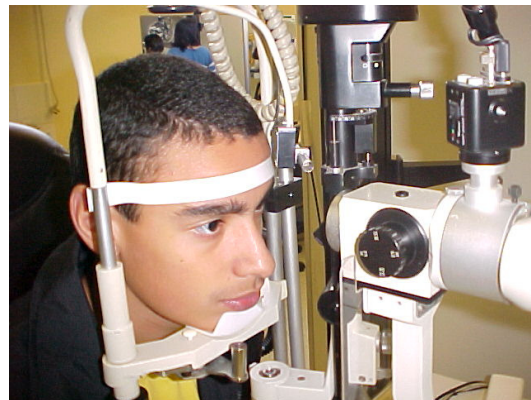
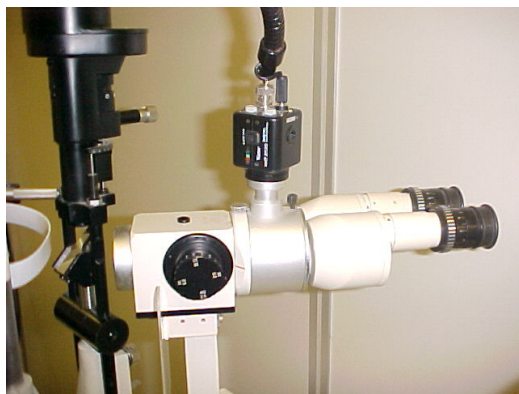
A seguir apresentamos dois equipamentos que utilizam a projeção de luz em forma de fenda para a análise das estruturas e da refração da luz no olho humano.

Lâmpada de fenda

A lâmpada de fenda, que emite um fino feixe de luz em formato de faixa e que permite, através do reflexo deste feixe observar algumas estruturas do olho.



<http://www.drklaas.de/Portuguese/Patienteninfo/spaltlampe.html>



Retinoscópio

Outro instrumento que utiliza finos feixes de luz é o retinoscópio, que projeta um feixe de luz em forma de faixa e através da análise do reflexo produzido pela faixa permite ao profissional definir as condições refracionais do olho do paciente e a correção necessária, numa técnica denominada refração objetiva.

UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS - Tecnologia em Óptica e Optometria
Óptica Oftálmica - aula 4

