

FRENTE: FÍSICA II

PROFESSOR(A): CARLOS EDUARDO

ASSUNTO: INSTRUMENTOS ÓPTICOS

EAD – ITA/IME

AULAS 17 A 19



Resumo Teórico

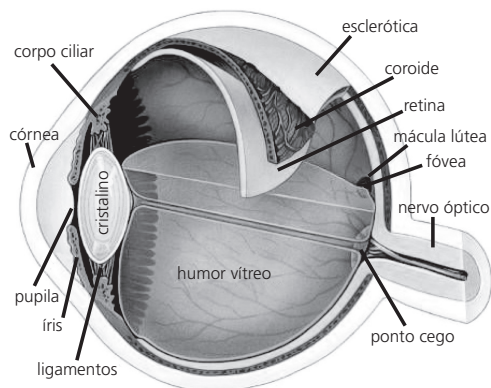
Dioptro

Dioptro é todo sistema formado por dois meios homogêneos e transparentes.

O globo ocular

O olho humano é uma máquina de alta complexidade que nos faz perceber melhor o mundo à nossa volta. É constituído de vários elementos específicos que juntos conseguem nos fazer enxergar.

Resumidamente, temos o seguinte esquema no olho humano:



Os principais elementos são:

- Pálpebras: possuem o poder de impedir a passagem de luz quando fechadas;
- Meios transparentes do globo ocular (córnea, humor aquoso, cristalino e humor vítreo): têm, no seu conjunto, função correspondente a uma objetiva da câmara, formando a imagem do objeto;
- Pupila: região central da íris, tem função equivalente ao diafragma de uma máquina fotográfica;
- Retina: região sensível à luz, que é equivalente ao filme de uma máquina fotográfica;
- Esclerótica: é a membrana opaca de consistência firme que envolve o globo ocular completamente, exceto na parte anterior, em que se torna transparente, dando origem à córnea. Ela garante a sustentação mecânica do olho, à semelhança do sistema de sustentação existente em uma máquina fotográfica;
- Coróide: membrana negra que encapa o interior do globo ocular. Sobre ela distribuem-se as células da retina;
- Músculos ciliares: responsáveis pela acomodação visual.

Formação da imagem

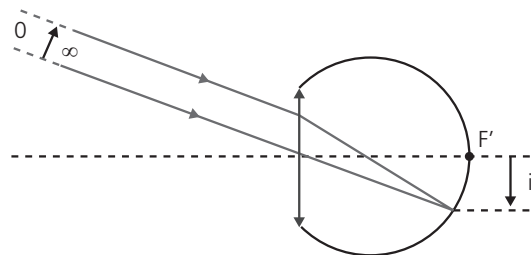
De maneira bem simples, o olho funciona como uma máquina fotográfica. O cristalino é equivalente à lente e a imagem é formada sobre a retina para que o cérebro receba a mensagem. A distância média é em torno de 1,5 cm. A imagem deve ser sempre real, invertida e menor. O nervo óptico transmite a imagem, mesmo invertida, através de impulsos nervosos e é no cérebro que acontece a interpretação coerente do estímulo recebido (inversão da imagem).

Acomodação visual

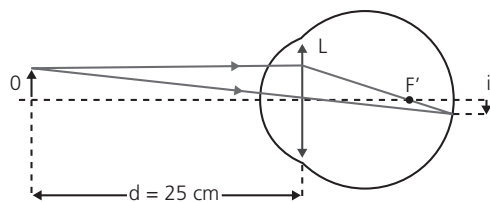
O cristalino possui o formato de uma lente biconvexa e assim podemos esquematizar seu foco com o auxílio da equação dos fabricantes de lentes.

$$\frac{1}{f} = (n_{\text{rel}} - 1) \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)$$

Os músculos ciliares possuem o poder de pressionar o cristalino e assim diminuir seu raio de curvatura, fazendo com que o foco diminua também. A maior distância focal deve ser quando o foco se encontra sobre a retina (objeto no infinito). Dizemos que o objeto se encontra no ponto remoto.



Graças à diminuição da distância focal, quando o objeto se aproxima, a imagem continua sobre a retina. Dessa forma, devemos ter um limite inferior, ou seja, o menor foco é quando o objeto se encontra sobre a distância mínima, que podemos enxergar nitidamente. Chamamos tal ponto de ponto próximo.



Para um olho normal (emetrope), temos que o ponto próximo equivale a 25 cm.

Chamamos de amplitude de acomodação à grandeza que relaciona a variação da vergência nas situações extremas (ponto próximo e ponto remoto).

$$a = V_2 - V_1$$

$$a = \frac{1}{d} + \frac{1}{p'} - \frac{1}{D} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{d} - \frac{1}{D}$$

Em que **d** é a distância do ponto próximo, **D** é a distância do ponto remoto e **p'** é a distância da retina ao cristalino.

Para um olho emetropo, devemos ter $a = 4\text{ di}$. É claro que a amplitude varia de pessoa para pessoa e com a idade. Para uma criança de 10 anos, é aproximadamente 12 di. Com o passar dos anos, o material vai perdendo sua elasticidade e, após os 40 anos, torna-se menor que 4 di. Dizemos, então, que a pessoa apresenta presbiopia ou vista cansada.

Anomalias visuais

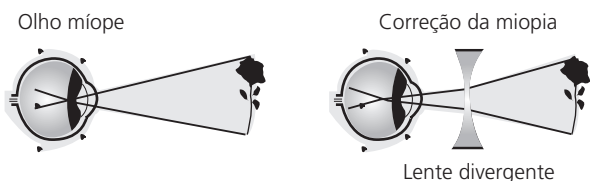
Miopia

A miopia é a dificuldade em conseguir ver, nitidamente, os objetos que se encontram longe de nós. Usualmente as pessoas costumam chamar a esse problema "falta de vista ao longe".

Quem sofre de miopia vê os objetos, que se encontram afastados, muito desfocados, pois a imagem forma-se antes da retina (a distância do ponto remoto é finita). A miopia resulta da incapacidade do cristalino de se tornar menos convergente (menos curvo).

Na miopia, há uma aproximação do ponto próximo, isto é, diminui a distância mínima de visão distinta ($d < 25\text{ cm}$). Geralmente é causada por um alongamento do olho na direção do eixo anteroposterior ou uma vergência exagerada do cristalino.

O problema é corrigido com lentes divergentes (ou côncavas), como se pode observar na figura seguinte.



O foco da lente deve ser igual à distância do ponto próximo:

$$|f_l| = D$$

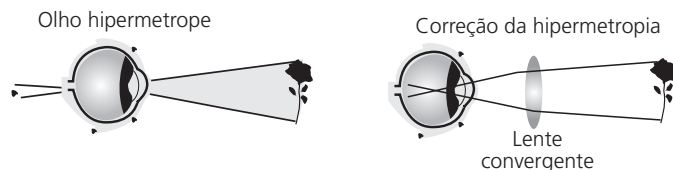
Hipermetropia

A hipermetropia é a dificuldade em conseguir ver, com clareza, objetos que se encontram próximos de nós. Costuma-se dizer que essa pessoa tem "falta de vista ao perto".

Quem sofre de hipermetropia vê os objetos próximos, desfocados, pois a imagem forma-se depois da retina. A hipermetropia pode dever-se a dois fatores:

- À incapacidade do cristalino de se tornar mais convergente (mais curvo);
- Ao fato de o olho ser mais achatado do que o necessário para que a imagem se forme corretamente.

Em qualquer dos casos, o problema é corrigido com lentes convergentes (ou convexas), como se pode observar na figura apresentada abaixo:

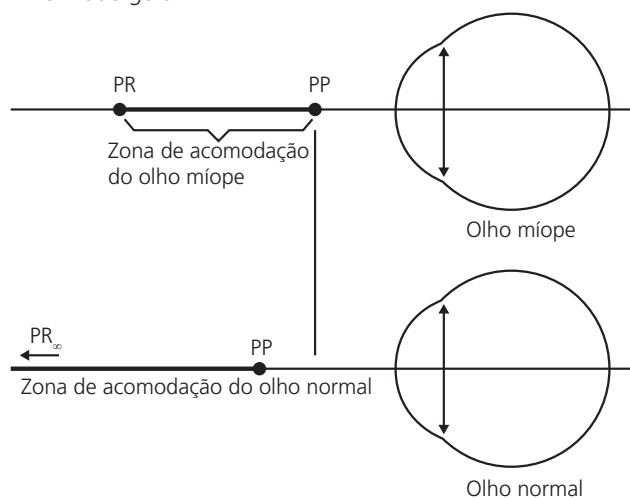


O foco da lente pode ser calculado da seguinte maneira:

$$\frac{1}{f_l} = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{d}$$

Sendo **d** o ponto próximo.

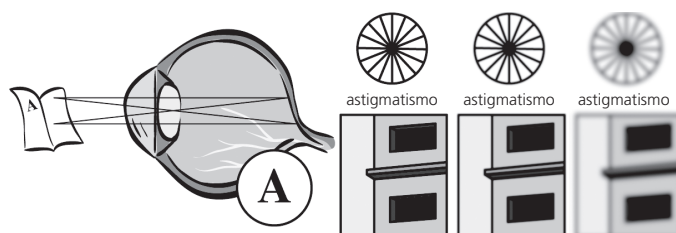
De modo geral:



Astigmatismo

O astigmatismo deve-se a uma forma irregular da córnea. Os raios de luz são focados em diferentes pontos e a imagem formada não é nítida. Esse problema é corrigido com lentes cilíndricas. Quem apresenta esse defeito de visão também pode apresentar miopia e/ou hipermetropia.

Na imagem seguinte, podemos observar o efeito desse problema sobre a nossa visão:



Observação:

É importante lembrar que o presbita não precisa usar lentes para ver de longe, a não ser que apresente algum outro defeito associado. Se isso acontecer, ele necessitará de uma lente para ver de longe e outra para ver de perto, devendo usar, então, lentes bifocais.

PERSISTÊNCIA RETINIANA

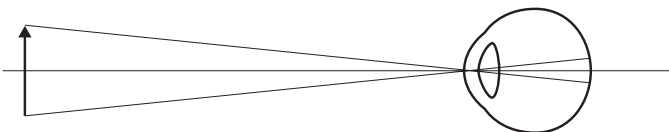
Quando um objeto sai da frente de nossa vista, sua imagem na retina não desaparece imediatamente, mas se conserva ainda por certo intervalo de tempo. A esse fenômeno dá-se o nome de persistência retiniana. A projeção cinematográfica dá-nos a ideia de movimento na tela graças à persistência retiniana. Na verdade, ao se “passar” o filme, projetam-se fotografias sucessivas na tela, geralmente à razão de 24 por segundo. Nossa vista não percebe a sucessão, em virtude do prolongamento da sensação visual de cada foto, o que nos dá a impressão de movimento.

VISÃO ESTEREOSCÓPICA

A nossa visão binocular, isto é, o fato de enxergarmos com os dois olhos ao mesmo tempo, faz com que consigamos perceber o relevo e a profundidade dos objetos. Essa visão estereoscópica ocorre porque as imagens formadas nas duas retinas são ligeiramente diferentes, em virtude da posição diferente dos olhos. As duas imagens são superpostas pelo nosso cérebro, permitindo essa percepção. Isso explica o processo de formação de imagens em 3D.

Ângulo visual

Denomina-se ângulo visual de um objeto AB o ângulo plano α formado pelos raios visuais provenientes dos pontos extremos do objeto.



Podemos encontrar, na literatura, o termo diâmetro aparente, que seria um sinônimo de ângulo visual. Objetos de tamanhos diferentes (a distâncias diferentes) podem ser vistos com o mesmo ângulo visual e, dessa forma, aparentarem ser do mesmo tamanho.

Define-se que o aumento angular é dado por

$$G = \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0}$$

Em que α_0 é o maior ângulo visual (ou seja, visto quando o objeto está sobre o seu ponto próximo).

Outra grandeza definida para os instrumentos de visão subjetiva é a potência, isto é, a relação entre o ângulo visual (ou sua tangente), segundo o qual a imagem é vista com o auxílio do instrumento, e a altura do objeto.

$$P = \frac{\tan \alpha}{o}$$

Instrumentos ópticos

Como o próprio nome diz, instrumentos ópticos são equipamentos para melhorar a visão, podendo ampliar o tamanho da imagem ou, até mesmo, produzir a imagem mais próxima do olho para melhor enxergarmos.

Classificação:

- Instrumentos de visão objetiva (de imagem real);
- Instrumentos de visão subjetiva (de imagem virtual).

Observação:

É importante frisar que não necessariamente os instrumentos devem fornecer imagens aumentadas do objeto. Na verdade, é fundamental haver um aumento no ângulo visual para que a imagem na retina seja maior e o observador possa perceber mais detalhes.

Lupa

A lupa é um instrumento composto por somente uma lente convergente. Tem como objetivo aumentar o ângulo visual para o observador.

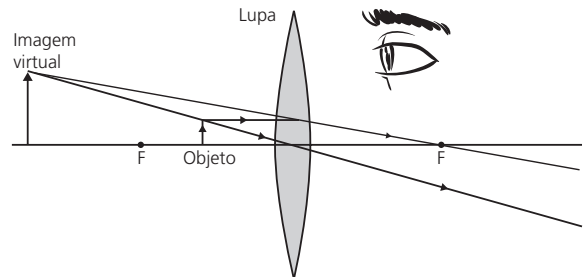
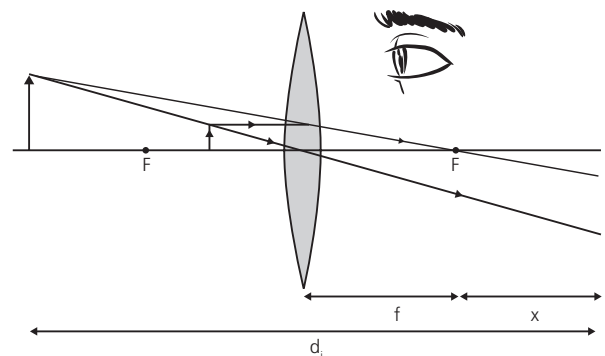


Figura 1: A lupa conjuga uma imagem virtual e direita do objeto.



Com isso, temos:

$$\tan \alpha = \frac{o}{f} \left(1 - \frac{x}{d_i} \right)$$

Em que:

d_i: é a distância que a imagem é formada em relação ao olho;

x: é a distância do foco da objetiva ao olho;

f: é a distância focal da lente.

Sabendo que: $\tan \alpha_0 = o/d$.

Obtemos:

$$G = \frac{d}{f} \left(1 - \frac{x}{d_i} \right)$$

A potência pode ser escrita como:

$$P = \frac{1}{f} \left(1 - \frac{x}{d_i} \right)$$

O aumento visual será máximo quando a imagem for formada sobre o ponto próximo:

$$G_{m\alpha} = \frac{d}{f} \left(1 - \frac{x}{d} \right) = \frac{d-x}{f}$$

É um pouco inconveniente para o globo ocular quando a lupa funciona com o aumento máximo, pois devemos fazer o esforço máximo de acomodação. Assim, é bem mais cômodo fazer a imagem ir para o infinito. Esse aumento angular é chamado de nominal.

$$G_N = \frac{d}{f}$$

E assim, temos também que:

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

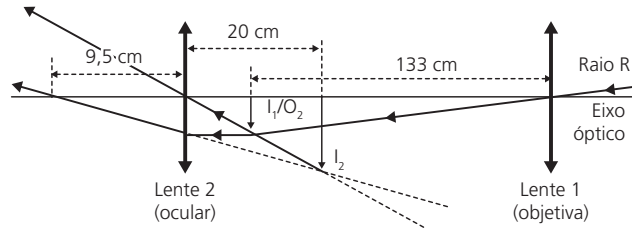


Exercícios

- 01.** Um homem idoso que “sofre da vista” (presbiopia) tem os pontos próximo e remoto distantes de seus olhos 1,0 m e 2,0 m, respectivamente. Sabe-se que a distância mínima de visão distinta normal é de 25 cm e que o homem possui dois óculos: A (para ver de longe) e B (para ver de perto).
 A) Qual a vergência das lentes dos óculos A?
 B) Qual a vergência das lentes dos óculos B?
- 02.** (ITA) Um dos telescópios utilizados por Galileu era composto de duas lentes: a objetiva, de 16 mm de diâmetro e distância focal de 960 mm, 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.
- 03.** (Ufla-MG) O funcionamento de uma máquina fotográfica é semelhante ao olho humano. Quando o olho humano está fixado em um objeto distante, o músculo ciliar relaxa e o sistema córnea-cristalino atinge sua máxima distância focal, que corresponde à distância da córnea à retina. Quando o objeto está próximo ao olho humano, o músculo ciliar se contrai e aumenta a curvatura do cristalino, diminuindo, assim, a distância focal até que o objeto seja focalizado corretamente na retina, sendo esse processo chamado de acomodação. Considerando a máxima distância focal igual a 2,5 cm, pode-se afirmar que a variação da distância focal Δf do sistema córnea-cristalino do olho para manter em foco um objeto que é deslocado do infinito até um ponto próximo padrão de 25 cm é:
 A) $+\frac{2,5}{11}$ cm
 B) 2,27 cm
 C) $-\frac{2,5}{11}$ cm
 D) -2,27 cm
 E) 0
- 04.** (Vunesp-SP) Dispondo-se de duas lentes convergentes de distâncias focais iguais a 1,00 cm, colocadas a uma distância **d** uma da outra e com seus eixos principais coincidentes, pretende-se obter uma imagem virtual 100 vezes ampliada de um pequeno objeto colocado a 2,00 cm da primeira lente. Qual deve ser a distância entre as lentes?

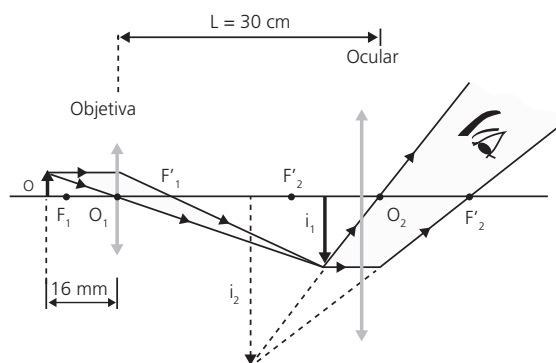
- 05.** Um estudante usa um par de óculos cuja vergência das lentes é 1,5 di para ter ponto próximo igual a 25 cm. Para fazer uma prática de laboratório, esse estudante utiliza um microscópio simples (20 di) para ver um objeto. Podemos dizer que o aumento angular máximo do instrumento utilizado com a lente e sem a lente é, respectivamente:
 A) 6 e 9
 B) 9 e 6
 C) 5 e 4
 D) 4 e 5
 E) n.d.a.

- 06.** (Unicamp-SP) Um dos telescópios usados por Galileu, por volta do ano de 1610, era composto por duas lentes convergentes, uma objetiva (lente 1) e uma ocular (lente 2), de distâncias focais a 133 cm e 9,5 cm, respectivamente. Na observação de objetos celestes, a imagem I_1 , formada pela objetiva, situa-se praticamente no seu plano focal. Na figura a seguir (fora de escala), o raio R é proveniente da borda do disco lunar e o eixo óptico passa pelo centro da Lua.



- A) A Lua tem 1750 km de raio e fica a aproximadamente 384.000 km da Terra. Qual é o raio da imagem da Lua I_1 formada pela objetiva do telescópio de Galileu?
 B) Uma segunda imagem I_2 é produzida pela ocular a partir daquela formada pela objetiva (a imagem da objetiva I_1 torna-se objeto O_2 para a ocular). Essa segunda imagem é virtual e situa-se a 20 cm da lente ocular. A que distância a ocular deve ficar da objetiva do telescópio para que isso ocorra?

- 07.** A figura a seguir representa, esquematicamente, um microscópio óptico constituído por dois sistemas convergentes de lentes, dispostos coaxialmente: um é a objetiva, com distância focal de 15 mm, e o outro é a ocular, com distância focal de 9,0 cm.



Sabendo que, para o objeto O, o microscópio fornece a imagem final i_2 , calcule o módulo do aumento linear transversal produzido pelo instrumento.

- 08.** Em uma luneta astronômica, cujo aumento visual nominal é 30, é usada uma ocular de distância focal igual a 5 cm. O comprimento da luneta deve ser
 A) 25 cm
 B) 30 cm
 C) 35 cm
 D) 150 cm
 E) 155 cm

09. Para uma distância mínima de visão distinta de 15 cm, com qual das lupas abaixo pode-se obter o maior aumento visual?
- A) $f = 15$ cm B) $f = 5,0$ cm
 C) $f = 1,0$ cm D) $f = 30$ cm
 E) $f = 0,10$ cm

• O texto abaixo se refere às questões 10 e 11.

O telescópio astronômico forma uma imagem invertida e esse resultado não interessa, pois o que interessa é uma imagem terrestre. Imagine só se você enxergasse os objetos invertidos! O telescópio terrestre foi desenvolvido com o auxílio de uma nova lente de correção. Para não alterar nenhum efeito, a lente é colocada de tal forma que seu aumento é de +1. Com base nestas informações, responda as questões 10 e 11.

10. Quando a imagem é formada sobre o ponto próximo e o olho está bem próximo da ocular, pode-se dizer que o aumento angular é dado por

A) $M = \frac{f_{ob}}{f_{oc}} \left(1 - \frac{f_{oc}}{0,25}\right)$ B) $M = \frac{f_{ob}}{f_{oc}} \left(1 + \frac{f_{oc}}{0,25}\right)$
 C) $M = \frac{f_{ob}}{f_{oc}} \left(1 - \frac{f_{ob}}{0,25}\right)$ D) $M = \frac{f_{ob}}{f_{oc}} \left(1 + \frac{f_{ob}}{0,25}\right)$
 E) n.d.a.

11. Se o comprimento do tubo do telescópio for de 1 m, o foco da objetiva for de 0,5 m e o foco da ocular for de 50/3 cm, determine o foco da lente de correção.
- A) 10 cm
 B) 20 cm
 C) 15 cm
 D) Não se pode calcular com esses dados.
 E) n.d.a.

12. Dentre os seguintes instrumentos de óptica, aquele que dá a imagem final real é a(o)
- A) Lupa. B) Microscópio composto.
 C) Telescópio. D) Luneta terrestre.
 E) Máquina fotográfica.

13. Sabe-se que, para o olho emetropo, o ponto remoto situa-se no "infinito". Um garoto de vista normal coloca as lentes de contato de sua irmã, cuja convergência é de +2,0 di. Nessas condições, qual passa a ser sua distância máxima de visão distinta?

14. (Unifesp-SP) As figuras mostram o Nicodemus, símbolo da Associação Atlética dos estudantes da Unifesp, ligeiramente modificado: foram acrescentados olhos na primeira figura e óculos transparentes na segunda.



Figura 1



Figura 2

- A) Supondo que ele esteja usando os óculos devido a um defeito de visão, compare as duas figuras e responda: qual pode ser esse provável defeito? As lentes dos óculos são convergentes ou divergentes?
- B) Considerando que a imagem do olho do Nicodemus, com os óculos, seja 25% maior que o tamanho real do olho e que a distância do olho à lente dos óculos seja de 2 cm, determine a vergência das lentes usadas por ele, em dioptrias.

Gabarito

01	02	03	04	05	06	07
–	E	C	–	A	–	–
08	09	10	11	12	13	14
E	E	B	A	E	–	–

– Demonstração.