



EXTENSIVO 2023

FÍSICA PARA ITA

ÓTICA IV



Prof. João Maldonado

AULA 10

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	4
1. REFRAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
1.1. ÍNDICE DE REFRAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
1.2. LEIS DA REFRAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
1.2.1. DEMONSTRAÇÃO MATEMÁTICA DA LEI DE SNELL	Erro! Indicador não definido.
1.3. DIOPTRO PLANO E POSIÇÃO APARENTE	Erro! Indicador não definido.
1.4. DIOPTRO ESFÉRICO	Erro! Indicador não definido.
1.4.1. POSIÇÃO DA IMAGEM	Erro! Indicador não definido.
1.4.2. AMPLIAÇÃO DA IMAGEM	Erro! Indicador não definido.
1.5. LÂMINA DE FACES PARALELAS	Erro! Indicador não definido.
1.6. REFLEXÃO TOTAL E ÂNGULO LIMITE	Erro! Indicador não definido.
1.7. FENÔMENOS ÓPTICOS NA NATUREZA	Erro! Indicador não definido.
1.7.1. POSIÇÃO APARENTE DE ASTROS	Erro! Indicador não definido.
1.7.2. MIRAGENS E EFEITO DE FATA MORGANA	Erro! Indicador não definido.
1.7.3. ARCO-ÍRIS	Erro! Indicador não definido.
1.8. PRISMA ÓPTICO	Erro! Indicador não definido.
1.8.1. EQUAÇÕES DO PRISMA	Erro! Indicador não definido.
1.8.2. PRISMAS DE REFLEXÃO TOTAL	Erro! Indicador não definido.
1.8.3. DESVIO MÍNIMO	Erro! Indicador não definido.
1.8.4. CONDIÇÃO NECESSÁRIA PARA REFRAÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2. LENTES DELGADAS	Erro! Indicador não definido.
2.1. NOMENCLATURA E PRINCIPAIS ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DAS LENTES DELGADAS	Erro! Indicador não definido.
2.2. COMPORTAMENTO ÓPTICO DAS LENTES DELGADAS	Erro! Indicador não definido.
2.3. CENTRO ÓPTICO	Erro! Indicador não definido.
2.4. DISTÂNCIA FOCAL E PLANO FOCAL DAS LENTES DELGADAS	Erro! Indicador não definido.
2.5. FORMAÇÃO DE IMAGENS EM LENTES DELGADAS	Erro! Indicador não definido.
2.6. EQUAÇÃO DA LENTE DELGADA	Erro! Indicador não definido.
2.6.1. CONDIÇÃO DE DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE IMAGEM E OBJETO	Erro! Indicador não definido.
2.7. AUMENTO TRANSVERSAL	Erro! Indicador não definido.
2.8. VERGÊNCIA	Erro! Indicador não definido.
2.9. EQUAÇÃO DOS FABRICANTES DE LENTES	Erro! Indicador não definido.



2.10. MÉTODO DE PIERRE LUCIE	Erro! Indicador não definido.
2.11. ASSOCIAÇÃO DE LENTES DELGADAS	Erro! Indicador não definido.
2.11.1. ASSOCIAÇÃO NÃO JUSTAPOSTA	Erro! Indicador não definido.
2.11.2. ASSOCIAÇÃO JUSTAPOSTA	Erro! Indicador não definido.
3. INSTRUMENTOS ÓPTICOS	5
3.1. ÂNGULO VISUAL E DISTÂNCIA DO PONTO PRÓXIMO	5
3.2. CLASSIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS ÓPTICOS	6
3.3. AUMENTO ANGULAR	6
3.4. LUPA E MICROSCÓPIO SIMPLES	6
3.5. MICROSCÓPIO COMPOSTO	8
3.6. LUNETAS ASTRONÔMICAS	11
3.7. LUNETAS TERRESTRES	13
3.8. TELESCÓPIO DE GALILEU	14
4. ÓPTICA DA VISÃO	15
4.1. O GLOBO OCULAR	15
4.2. ACOMODAÇÃO VISUAL	15
4.2.1. AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO	16
4.3. DEFEITOS VISUAIS E SUAS CORREÇÕES	17
4.3.1. MIOPIA	17
4.3.2. HIPERMETROPIA	18
4.3.3. PRESBIOPIA	19
4.3.4. ASTIGMATISMO	19
4.3.5. ESTRABISMO	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
7. VERSÃO DE AULA	Erro! Indicador não definido.



INTRODUÇÃO

Nesta aula iremos finalizar o estudo de Ótica com Instrumentos Óticos e Ótica da Visão.

Ambos são temas pouco comuns de aparecerem em vestibulares militares. Enquanto em vestibulares não militares Ótica da Visão aparece mais frequentemente do que Instrumentos Óticos, aqui é o contrário. Considero ótica da visão um tema bastante fácil, mas Instrumentos Óticos será a parte mais difícil de todo o acervo do tema.

Caso tenha alguma dúvida entre em contato conosco através do fórum de dúvidas do Estratégia ou se preferir:

ESCLARECENDO!



@prof.maldonado





1. INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Neste tópico serão abordados os instrumentos ópticos, isto é, ferramentas que auxiliam a visualização de um objeto. Serão apresentados os principais instrumentos presentes no cotidiano, seus princípios de funcionamento e alguns equacionamentos que quantifiquem os efeitos do instrumento.

1.1. ÂNGULO VISUAL E DISTÂNCIA DO PONTO PRÓXIMO

A visualização de objetos pelo ser humano para um olho perfeito depende não só do tamanho do objeto, mas, também, da distância do objeto ao observador. A relação entre essas duas grandezas é dada pelo **ângulo visual**. Observe a figura abaixo:

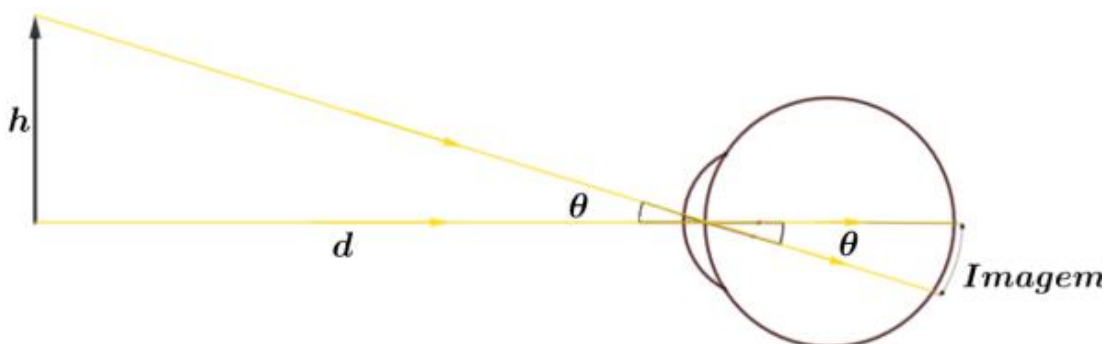


Figura 1: Representação de formação de imagem no olho e ângulo visual

O ângulo visual, representado por θ na figura 34, está, conforme explicado anteriormente, relacionado à dimensão do objeto e à distância do observador ao objeto. Para que um objeto seja visível é necessário que seu ângulo visual seja suficientemente grande, de modo que a imagem, produzida na retina seja compreensível.

Essa condição do ângulo visual é necessária, mas não suficiente. O olho humano funciona como uma lente com capacidade de alterar sua distância focal, como será visto mais adiante, entretanto, há um limite para esta variação, portanto, para formação de uma imagem nítida o objeto não pode estar em qualquer posição. Uma das restrições da posição do objeto é a chamada **distância do ponto próximo** (d_p), comumente adotada como 25 cm.

Portanto, para determinados objetos observados, o ângulo visual é muito pequeno. A fim de solucionar este problema, utilizam-se os instrumentos ópticos que têm a capacidade de aumentar o ângulo visual do observador.



1.2. CLASSIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Os instrumentos ópticos são classificados de acordo com o tipo imagem formada. Caso a imagem seja real, tem-se um **instrumento de projeção**. Como exemplo dessa classe, tem-se as câmeras fotográficas e filmadoras, que projetam a imagem sobre um anteparo fotossensível.

Caso a imagem seja virtual, tem-se um **instrumento de observação**, cujo objetivo é o aumento do ângulo visual ou o reposicionamento do objeto para respeitar a distância do ponto próximo. Exemplos de instrumentos deste tipo são os telescópios, as lupas e os binóculos.

Neste tópico, serão estudados mais a fundo somente os instrumentos de observação, visto que os instrumentos de projeção podem ser equacionados baseado no que foi visto no capítulo de lentes.

1.3. AUMENTO ANGULAR

Também chamado de **aumento visual**, refere-se ao aumento do ângulo visual produzido pelos instrumentos de observação. É definido como:

$$A_{\theta} = \frac{\text{Ângulo visual com o instrumento}}{\text{Ângulo visual sem instrumentos}} = \frac{\alpha_0}{\alpha}$$

É comum, para ângulos pequenos a utilização da aproximação paraxial ($\text{tg } \alpha \cong \alpha$), calculando-se, assim, o aumento angular com as tangentes. Logo:

$$A_{\theta} \cong \frac{\text{tg } \alpha_0}{\text{tg } \alpha}$$

O ângulo visual sem instrumentos para lupas e microscópios simples é medido quando o objeto se encontra no ponto próximo, enquanto para lunetas e telescópios

1.4. LUPA E MICROSCÓPIO SIMPLES

Na lupa ou microscópio simples, deseja-se observar um objeto móvel, isto é, fica a critério do observador a posição do objeto. Entretanto, devido às condições de nitidez, a máxima proximidade do objeto é de 25 cm. Sendo assim, ao ampliar a imagem, a distância do objeto ao observador pode ser menor que a d_p , contanto que a imagem esteja mais distante. Visualmente:

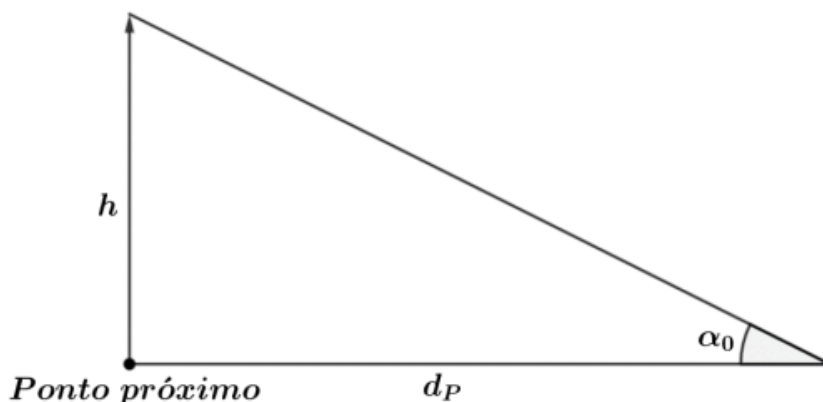


Figura 2: Ângulo visual sem instrumento



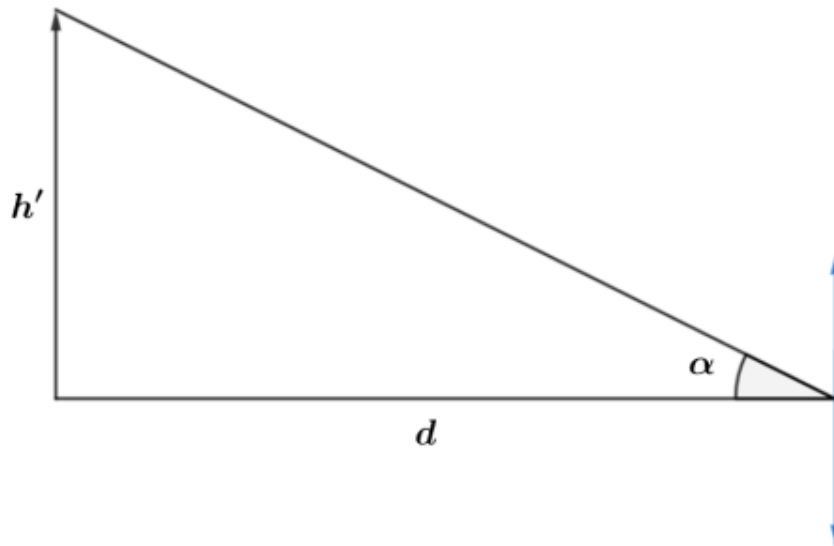


Figura 3: Ângulo visual com instrumento

É importante notar que se faz a consideração para cálculo de que a distância entre o observador e a lente é nula, como exposto na figura 35. Equacionando:

$$A_{\theta} = \frac{\text{tg } \alpha}{\text{tg } \alpha_0} = \frac{h'}{d} \cdot \frac{d_p}{h} = A \cdot \frac{d_p}{d} \quad (\text{eq. 3.4.1})$$

Mas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p'} = \frac{p' - f}{f \cdot p'}$$

E:

$$A = -\frac{p'}{p} = \frac{f - p'}{f} \quad (\text{eq. 3.4.2})$$

Para a imagem formada na figura 36:

$$p' = -d$$

Logo, a equação 3.4.2 fica:

$$A = \frac{f + d}{f}$$

Substituindo na equação 3.4.1:

$$A_{\theta} = \frac{f + d}{f} \cdot \frac{d_p}{d} = \frac{d_p}{f} \cdot \left(\frac{f}{d} + 1 \right)$$

Observações:

- A ampliação angular depende da distância que se decide projetar a imagem. Quanto menor for d , maior a ampliação. O valor mínimo para d é d_p . Entretanto, a visualização de uma imagem no ponto próximo causa desconforto para quem visualiza, portanto, usualmente se adota $d \rightarrow \infty$, pois apesar de menor ampliação, não há desconforto para o usuário.



- Quando $d \rightarrow \infty$, o valor da ampliação é chamado de **ampliação nominal** ou **ampliação comercial**. $A_{\theta,comercial} = \frac{d_p}{f}$
- A imagem formada é virtual ($p' < 0$) e direita.


35)

Deseja-se observar, com uso de uma lupa, um objeto de altura 10 cm . Sabe-se que a ampliação comercial da lente é de 10. Sabendo que a imagem é formada sobre o ponto próximo, qual a altura da imagem?

Comentários:

$$A_{\theta} = 10 = \frac{d_p}{f}$$

$$f = \frac{25}{10} = 2,5\text{ cm}$$

Pelo enunciado, $p' = -25\text{ cm}$. Assim, pela equação das lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{2,5} = \frac{1}{p} - \frac{1}{25} \Rightarrow \frac{1}{p} = \frac{11}{25} \Rightarrow p = \frac{25}{11}\text{ cm}$$

A altura final da imagem é:

$$A = -\frac{p'}{p} = \frac{25}{\frac{25}{11}} = 11 \Rightarrow A = \frac{h'}{h} \Rightarrow \boxed{h' = 11 \cdot 10 = 110\text{ cm}}$$

1.5. MICROSCÓPIO COMPOSTO

O microscópio composto é uma associação de lentes convergentes não justapostas. Dá-se o nome a elas de *lente objetiva* e *lente ocular*, respectivamente, a mais próxima do objeto e a mais próxima do observador. A lente objetiva possui abertura menor e distância focal menores que a ocular. A distância entre as duas lentes é o comprimento do microscópio (L).

O objeto é colocado a uma distância maior que a distância focal da lente objetiva, produzindo-se uma imagem real e invertida. Projeta-se o microscópio para que esta imagem seja posicionada entre o foco da lente ocular e a lente ocular em si. Assim, a lente ocular atuará como uma lupa, produzindo uma imagem virtual e direita da imagem da lente objetiva. Portanto, o resultado é a produção de uma imagem invertida e virtual.

Observe a figura 37 abaixo:



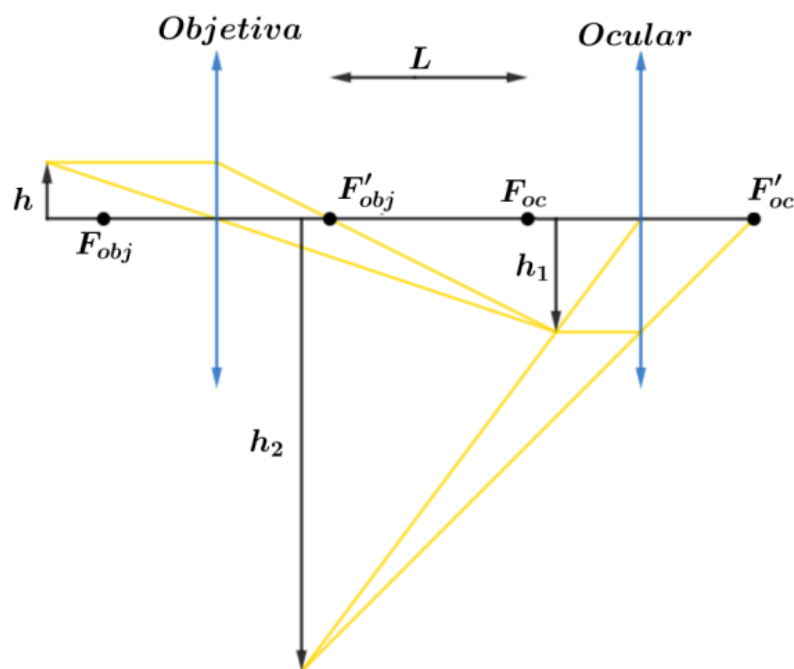


Figura 4: Formação de imagem em microscópio composto.

Para o aumento transversal da lente objetiva:

$$A_{obj} = \frac{h'}{h} = \frac{f - p'}{f}$$

Aproxima-se p' para $f_{obj} + L$, ou seja, despreza-se a distância entre a primeira imagem formada e o foco da ocular:

$$A_{obj} = \frac{f_{obj} - (f_{obj} + L)}{f_{obj}} = -\frac{L}{f_{obj}}$$

A ampliação do ângulo visual da lente ocular é dada por:

$$A_{\theta oc} = \frac{d_p}{f_{oc}} \cdot \left(\frac{f_{oc}}{d} + 1 \right)$$

Assim, a ampliação do microscópio composto:

$$A_{\theta} = \frac{-L \cdot d_p}{f_{oc} \cdot f_{obj}} \cdot \left(\frac{f_{oc}}{d} + 1 \right)$$

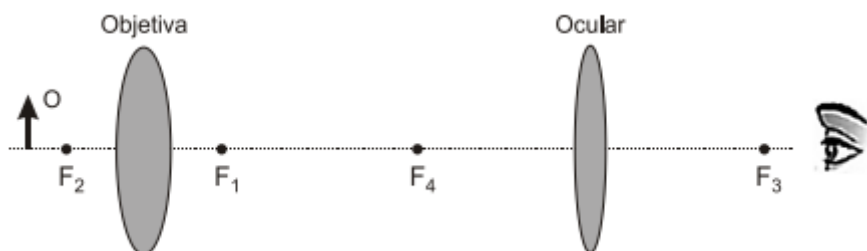
Portanto, a ampliação nominal fica:

$$A_{\theta nominal} = \frac{-L \cdot d_p}{f_{oc} \cdot f_{obj}}$$

36) (UFPR-2014)

Um microscópio composto é constituído, em sua forma mais simples, por duas lentes convergentes colocadas em sequência, conforme esquematizado na figura abaixo. A lente mais próxima ao objeto é chamada objetiva e a lente mais próxima ao olho humano é chamada ocular. A imagem formada pela objetiva é real, maior e invertida, e serve como objeto para a ocular, que forma uma imagem virtual, direita e maior com relação à imagem formada pela objetiva. Suponha que a distância focal da lente objetiva seja 1 cm, a distância focal da lente ocular seja 4 cm e a distância entre as lentes seja de 6 cm.





Com base nas informações acima e nos conceitos de Óptica, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

() Para que a imagem formada pela objetiva tenha as características especificadas no enunciado, o objeto deve estar a uma distância maior que 2 cm dessa lente.

() Supondo que o objeto esteja a uma distância de 1,5 cm da objetiva, a imagem formada por esta lente estará a 3 cm dela.

() A imagem final formada por este microscópio é virtual, invertida e maior em relação ao objeto.

() A imagem formada pela objetiva deve estar a uma distância maior que 4 cm da ocular. Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

a) V – F – F – V.

b) F – V – V – F.

c) V – V – F – F.

d) F – F – V – V.

e) F – V – V – V.

Comentários:

I. Falsa. Para que a imagem da ocular seja virtual direita e maior, o objeto dessa lente deve estar entre a lente e seu foco. Portanto, a imagem produzida pela objetiva deve estar entre F_4 e a ocular. Então:

$$p' > 2 \text{ cm e } f = 1 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p} < \frac{1}{2} \Rightarrow -\frac{1}{p} < -\frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{p} > \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{p < 2}$$

II. Verdadeira. Pela equação das lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$p' = \frac{p \cdot f}{p - f} = \frac{1,5 \cdot 1}{1,5 - 1} = 3 \text{ cm}$$

III. Verdadeira. A primeira imagem é direita invertida e serve de objeto para a segunda lente que produz uma imagem real e direita. Portanto, ao fim, produziu-se uma imagem direita de uma imagem invertida, ou seja, uma imagem invertida em relação ao objeto. O fato de a imagem ser maior também está correto, visto que foram feitas duas ampliações sucessivas pelas lentes.



IV. Falsa. É necessário que a imagem formada pela objetiva esteja entre o foco e a lente. Portanto a distância entre a imagem da objetiva e a lente ocular seja menor que a distância focal, ou seja, menor do que 4 cm.

F-V-V-F Logo, alternativa correta é **letra B**.



1.6. LUNETAS ASTRONÔMICA

Na luneta astronômica, utilizam-se novamente duas lentes convergentes, a objetiva, mais próxima do astro e a ocular, mais próxima do observador. A principal diferença da luneta astronômica é o fato de o astro localizar-se à uma distância adotada como $p \rightarrow \infty$. A formação da primeira imagem, dá-se, portanto, no plano focal da lente objetiva. A lente ocular novamente atua como uma lupa. Visualmente:

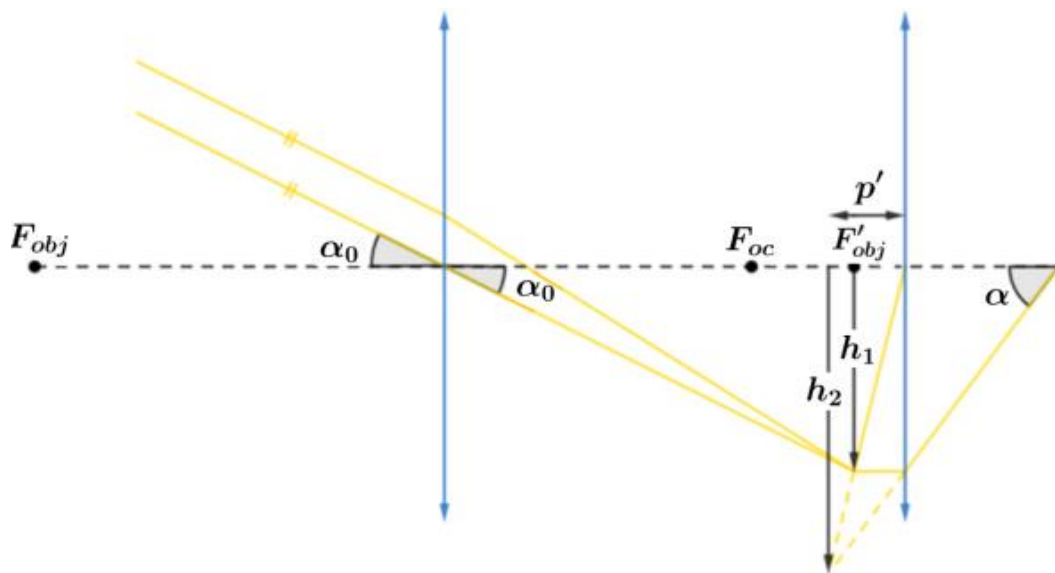


Figura 5: Formação de imagem em luneta astronômica.

A ampliação visual fica:

$$A_{\theta} = \frac{tg \alpha}{tg \alpha_0} = \frac{h_2}{p'} \cdot \frac{f_{obj}}{h_1}$$

$$A_{\theta} = \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{f_{obj}}{p'} \quad (eq. 3.6.1)$$

Pela equação das lentes, para a ocular:

$$\frac{1}{f_{oc}} = \frac{1}{p'} + \frac{1}{f_{oc} - L}$$



$$\frac{1}{p'} = \frac{f_{oc} - L - f_{oc}}{f_{oc} \cdot (f_{oc} - L)}$$

$$p' = \frac{f_{oc} \cdot (f_{oc} - L)}{-L}$$

E, para o aumento transversal da ocular:

$$A = \frac{h_2}{h_1} = \frac{f_{oc} - p'}{f_{oc}}$$

$$A = 1 - \frac{p'}{f_{oc}} = 1 + \frac{f_{oc} - L}{L} = \frac{f_{oc}}{L}$$

Portanto, substituindo A e p' na equação 3.6.1:

$$A_{\theta} = \frac{f_{oc}}{L} \cdot \frac{f_{obj} \cdot (-L)}{f_{oc} \cdot (f_{oc} - L)} = -\frac{f_{obj}}{f_{oc} - L}$$

Observações:

- O sinal negativo deve-se à inversão da imagem final.
- É comum adotar-se $L = 0$, isto é, os focos das lentes coincidentes. Portanto:

$$A_{\theta} = -\frac{f_{obj}}{f_{oc}}$$

ATENÇÃO
DECORE!



37) (UEM-2012)

Um estudante de Física tenta construir instrumentos ópticos por meio da associação de lentes delgadas. Para tanto, ele adquire duas lupas, de distâncias focais 10 cm e 40 cm, respectivamente. De posse dessas informações, assinale o que for correto.

- 01) Lupas podem ser consideradas microscópios simples, formados por lentes convergentes.
- 02) Quando justapostas, essas lupas funcionam como uma única lente convergente de distância focal 8 cm e convergência de 12,5 di.
- 04) Essas lupas podem ser usadas como objetiva e ocular de um microscópio composto, cujo aumento fica dado por $A_m = \frac{d_0 \cdot L}{400}$ sendo d_0 a distância mínima de visão distinta do microscópio e L o comprimento do tubo desse microscópio, ambos dados em centímetros.
- 08) Essas lupas podem ser usadas para construir um telescópio refrator, cujas imagens dos objetos distantes (no infinito), que são reais e direitas, são formadas no foco da objetiva.
- 16) Essas lupas podem ser utilizadas para construir um telescópio refrator com aumento de 400x, desde que tenham focos coincidentes



Comentários:

01) Correta. A lupa fornece uma imagem virtual, direita e aumentada por uso de uma lente convergente, assim como um microscópio simples.

02) Correta.

$$V_{eq} = V_1 + V_2 = \frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,4} = 12,5$$

$$V_{eq} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{V} = 8 \text{ cm}$$

04) Incorreta/Correta. (Gabarito oficial deu correta).

A fórmula fornecida foi aplicação direta de:

$$|A_\theta| = \frac{L \cdot d_p}{f_{obj} \cdot f_{oc}}$$

Mas, é importante lembrar que esta fórmula foi obtida fazendo-se a consideração de que a distância entre a imagem da objetiva e o foco da ocular (L na nossa demonstração) é nulo. Enfim, utilizando $A_m = 10$, por exemplo, junto às informações do enunciado e adotando $d_p = 25 \text{ cm}$, tem-se:

$$10 = L \cdot \frac{25}{400}$$

$$L = 1,6 \text{ m}$$

É absurdo um microscópio de $1,6 \text{ m}$ como no caso de nossa suposição. Desconsiderando-se este absurdo a equação estaria correta (para valores menores).

08) Incorreta. As imagens são virtuais e invertidas.

16) Incorreta. A equação para a luneta astronômica $A = -\frac{f_{obj}}{f_{oc}}$ requer focos coincidentes e $f_{obj} \gg f_{oc}$.

1.7. LUNETAS TERRESTRES

Pelo fato de a luneta astronômica produzir uma imagem invertida, ela torna-se complexa para uso terrestre. Para facilitar isso, coloca-se uma lente convergente de distância focal f , à uma distância $2f$ do foco da lente objetiva. Desta forma, a lente intermediária não irá gerar nenhuma ampliação da imagem, apenas serve para invertê-la. A fórmula, portanto, fica igual ao caso da luneta astronômica, apenas com uma inversão de sinal. Isto é:

$$A_\theta = \frac{f_{obj}}{f_{oc}}$$





1.8. TELESCÓPIO DE GALILEU

Diferentemente das lunetas vistas até agora, o telescópio projetado por Galileu utilizava uma lente divergente como ocular ao invés de uma lente convergente. A posição da lente divergente para fornecer ampliação, no entanto, deve ficar entre a imagem formada pela objetiva e a lente objetiva. Visualmente:

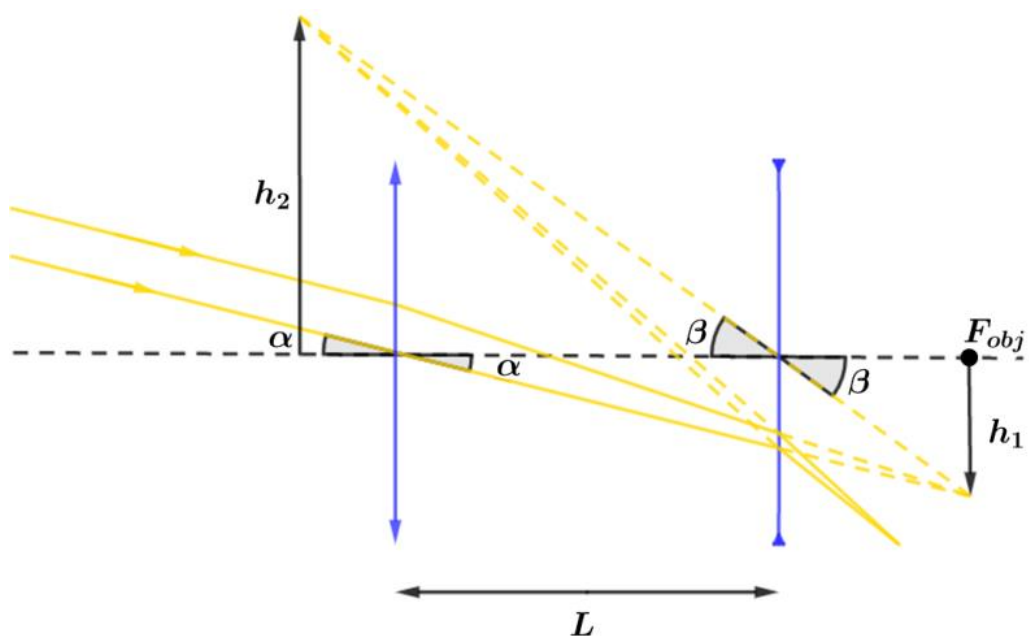


Figura 6: Trajetória da luz no telescópio de Galileu.

A ampliação é dada por:

$$A_{\theta} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{h_2}{f_{obj} - L} \cdot \frac{f_{obj}}{h_1} = \frac{f_{obj}}{f_{obj} - L}$$

Considera-se que o astro inicialmente está a uma distância infinita e sua imagem, portanto, será sobre o plano focal. Adota-se uma aproximação tal que $f_{oc} \cong -(f_{obj} - L)$. Essa aproximação serve para maior conforto visual do observador. Dessa forma:

$$A_{\theta} = -\frac{f_{obj}}{f_{oc}}$$





2. ÓPTICA DA VISÃO

Aqui serão apresentados de forma superficial as partes que compõe o olho e suas funções, condições para nitidez da imagem observada e defeitos que podem ocorrer na visão.

2.1. O GLOBO OCULAR

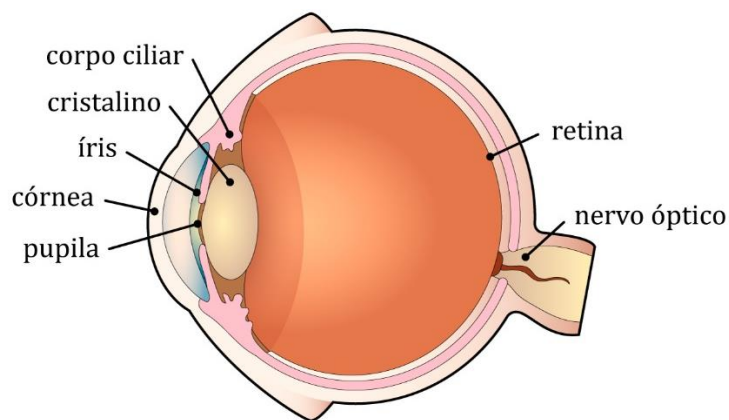


Figura 7: Globo ocular humano e suas principais partes.

Na figura 40, observam-se as principais partes do globo ocular. Abaixo, serão apresentadas as funções daquelas que interessam ao curso de óptica da visão:

- **Córnea:** juntamente ao cristalino tem a função de focar a luz através da pupila.
- **Cristalino:** atua como uma lente convergente que forma uma imagem real e invertida sobre a retina.
- **Retina:** Camada mais interna do revestimento que recobre o olho. Possui as células sensoriais que se comunicam com o cérebro pelo nervo óptico.
- **Íris:** Conjunto de músculos responsáveis pela deformação da pupila.
- **Pupila:** regula a entrada de luz no olho (**adaptação visual**).
- **Corpo ciliar ou músculos ciliares:** responsável pela deformação do cristalino.

2.2. ACOMODAÇÃO VISUAL

A acomodação visual é o ato do cristalino se deformar para a formação de uma imagem nítida. Pela equação das lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$



A distância p' é fixada visto que a retina não se desloca. Portanto, conforme varia-se a distância do objeto ao observador, p , é necessário variar a distância focal f de acordo. Na figura abaixo observam-se situações diferentes do cristalino.

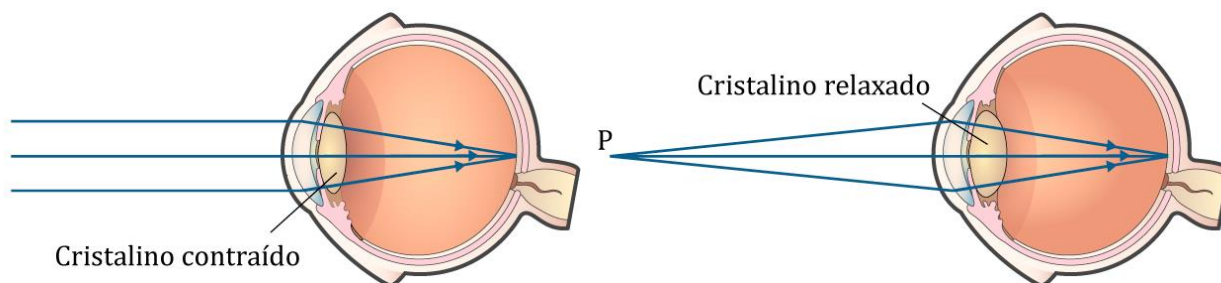


Figura 8: Comparação entre cristalino contraído e relaxado.

Pode-se notar na figura 41 que no cristalino contraído os raios de curvaturas do cristalino (considerada biconvexa) aumentam. Pela análise da equação do fabricante de lentes:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_{lente}}{n_{meio}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Se R_1 e R_2 aumentam, a distância focal deve aumentar.

4.2.1. AMPLITUDE DE ACOMODAÇÃO

A acomodação visual apresenta limites. São os pontos chamados: **ponto próximo (d_P)**, já apresentado no capítulo anterior; e **ponto remoto (d_R)**, ao contrário do ponto próximo, o ponto mais distante no qual um objeto pode-se situar e ainda produzir uma imagem nítida. Portanto, a **amplitude de acomodação (a)** é a variação da vergência do cristalino entre estes pontos extremos. Assim:

$$a = \frac{1}{d_P} - \frac{1}{d_R}$$

Para um olho sem defeitos, a distância do ponto próximo é de 25 cm e a do ponto remoto tende à ∞ . Assim:

$$a = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ di}$$

Portanto, um globo ocular sem defeitos pode variar sua vergência em até quatro dioptrias no ato de acomodação visual.

Observações:

- Este valor é na realidade uma convenção adotada. Usualmente as pessoas apresentam amplitude de acomodação maiores que 4.
- A amplitude de acomodação tende a diminuir com a idade. Ao ficar abaixo de 4 caracteriza-se um defeito chamado *presbiopia* que será apresentado mais à frente.



38)

Ao ser atendido por um oftalmologista, constatou-se que uma paciente idosa enxergava perfeitamente objetos à distância infinita, entretanto só enxergava, com nitidez, objetos a partir de 75 cm de distância. Qual a amplitude de acomodação visual da paciente?

Comentários:

Pelo enunciado, para esta paciente tem-se que:

$$d_P = 75 \text{ cm}$$

$$d_R \rightarrow \infty$$

$$a = \frac{1}{0,75} = \frac{4}{3} \text{ di}$$

CURIOSIDADE

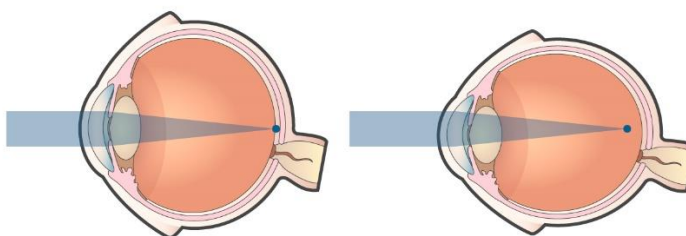


2.3. DEFEITOS VISUAIS E SUAS CORREÇÕES

Os defeitos visuais que causam variação do intervalo de acomodação visual, isto é, a distância entre o ponto próximo e o ponto remoto são chamadas de ametropias. As principais ametropias que serão abordadas neste curso são a hipermetropia, miopia, presbiopia e astigmatismo.

4.3.1. MIOPIA

A miopia é uma ametropia causada por um defeito na formação do globo ocular. O globo ocular é alongado na direção do eixo óptico do olho. Dessa forma, mesmo com os músculos ciliares relaxados, um objeto no infinito não consegue produzir uma imagem sobre a retina, ficando, portanto, sem nitidez para o observador.



Visão normal

Miopia

Figura 9: Comparação de globo ocular normal e míope.

Para resolver este problema é necessário aumentar a distância focal do sistema óptico. Entretanto, estando os músculos ciliares relaxados, os raios de curvatura, e, por conseguinte, a distância focal, já são



máximos. Assim, é impossível que o afetado seja capaz de obter nitidez na visão sem auxílio de lentes corretoras.

A correção da miopia se dá, portanto, por um acoplamento que reduz a vergência (aumentando a distância focal). Portanto, a correção é por utilização de lente divergente (vergência negativa). Pela equação das lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Deseja-se que a pessoa enxergue com nitidez mesmo com $p \rightarrow \infty$. Como a pessoa enxerga com nitidez somente até d_R , a imagem virtual de um objeto no infinito deve localizar-se à distância do ponto remoto do míope:

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{d_R} \Rightarrow |V| = \frac{1}{d_R}$$

4.3.2. HIPERMETROPIA

Semelhante à miopia, consiste em um defeito na formação do globo ocular no sentido do eixo óptico. Diferentemente da miopia, o que houve foi um encurtamento na direção do eixo óptico. Neste caso, ao observar um objeto no infinito, a imagem não se forma com nitidez estando os músculos ciliares relaxados, ela se formaria além da retina como mostrado na figura abaixo.

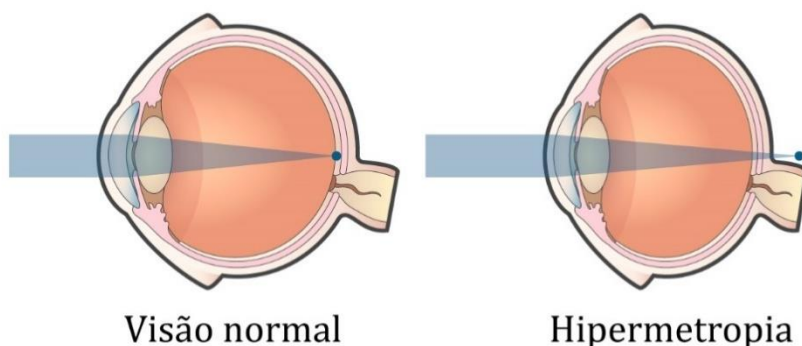


Figura 10: Comparação de olho normal e hipermetrope.

Entretanto, para esta situação, como é necessário reduzir-se a distância focal, o indivíduo ao contrair os músculos ciliares será capaz de obter nitidez. O problema para o hipermetrope portanto, não é o ponto remoto. Pela análise da equação das lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

A imagem formada na retina é real ($p' > 0$), no entanto, para o hipermetrope, a distância da imagem (p') diminui. Portanto, considerando-se que o indivíduo consiga produzir no seu cristalino mesma distância focal que uma pessoa saudável, o ponto remoto estará mais distante, pois:

$$\frac{1}{p_{\text{saudável}}} + \frac{1}{p'_{\text{saudável}}} = \frac{1}{p_{\text{hiper}}} + \frac{1}{p'_{\text{hiper}}}$$

$$\frac{p'_{\text{hiper}} - p'_{\text{saudável}}}{p'_{\text{hiper}} \cdot p'_{\text{saudável}}} = \frac{p_{\text{saudável}} - p_{\text{hiper}}}{p_{\text{saudável}} \cdot p_{\text{hiper}}}$$

O lado esquerdo da equação é negativo, portanto, o lado direito também deve ser. Assim:



$$p_{\text{hiper}} > p_{\text{saudável}}$$

Logo, a correção deve ser feita aumentando-se a vergência (diminuição da distância focal), ou seja, utilizam-se lentes convergentes.

Para o hipermetrope, deseja-se produzir uma imagem virtual de um objeto sobre o ponto próximo “verdadeiro” ($p = 25 \text{ cm}$) para o ponto próximo do hipermetrope. Portanto:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_{p_{\text{saudável}}}} - \frac{1}{d_{p_{\text{hiper}}}}$$

4.3.3. PRESBIOPIA

Também conhecido como “vista cansada”, a presbiopia, conforme descrito anteriormente, é um problema na amplitude de acomodação visual. Ocorre geralmente em pessoas de idade mais avançada devido à perda de elasticidade do cristalino. Essa perda de amplitude dificulta a visualização tanto para objetos próximos quanto para objetos distantes. Utiliza-se, portanto, uma lente bifocal, isto é, que corrige o ponto próximo e o ponto distante. A lente bifocal é dividida em duas regiões, uma voltada para a correção de cada ponto.

4.3.4. ASTIGMATISMO

Consiste em um defeito visual em que por conta de assimetrias do globo ocular em torno do seu eixo óptico o que faz com que o olho ao se acomodar para um objeto em uma posição, pode não estar acomodado para outro objeto à mesma distância, mas em posição diferente.

A correção é feita pelo uso de lentes cilíndricas que compensam a assimetria do sistema óptico.

4.3.5. ESTRABISMO

Caracteriza-se por um problema, geralmente na musculatura que controla o movimento do globo ocular, que impede o afetado de dirigir simultaneamente os eixos ópticos para o ponto visado. A correção é feita por lentes prismáticas, exercícios ou atividades para fortalecimento da musculatura responsável pelo movimento.



39) (Unimontes-MG)

Um indivíduo que possui o olho sadio é capaz de enxergar, com nitidez, objetos que estão a uma distância mínima de 25 cm do olho. A essa distância, é dado o nome de ponto próximo. A presbiopia, ou vista cansada, é um defeito da visão que, em geral, aparece em pessoas com mais de 40 anos, devido a uma falha na acomodação da visão para perto. Dessa forma, o olho passa a ter um ponto próximo mais distante que o normal. Uma das maneiras de correção é o uso de óculos com lentes convergentes apropriadas. Uma pessoa, cujo único defeito na sua visão é a vista cansada, possui o ponto próximo distante de 50 cm. Determine a dioptria (graus) da lente adequada para corrigir esse defeito na visão.



Comentários: Conforme demonstrado:

$$V = \frac{1}{d_{P_{\text{saudável}}}} - \frac{1}{d_{P_{\text{Hiper}}}} = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{0,5} = 2 \text{ di}$$

40) (UNIFOR-2013)

Um oftalmologista explica que pais e professores devem estar atentos aos comportamentos das crianças. Uma dificuldade de aprendizado pode ser explicada por defeitos na visão. Alguns defeitos na visão como a miopia (distância do ponto próximo muito grande) e a hipermetropia (ponto distante de 250,00 mm) são causados pela falta de esfericidade do olho. Para corrigir essas deficiências, usamos as lentes esféricas. Uma pessoa que é míope, para corrigir essa dificuldade que ela tem de enxergar de longe, precisa usar uma lente esférica divergente. Já uma pessoa que é hipermetrope deve usar para correção uma lente esférica convergente. Com base no texto acima, a vergência de uma lente corretiva para um olho hipermetrope, cujo ponto próximo está a 80,00 cm, e um olho míope, cujo ponto distante está a 80,00 cm é, respectivamente:

- a) 2,75 di e - 1,25 di
- b) 5,25 di e - 1,25 di
- c) 4,25 di e - 8,75 di
- d) 1,25 di e - 2,75 di
- e) 1,75 di e - 2,25 di

Comentários:

Para a correção do míope:

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{d_{R_{\text{Míope}}}}$$

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{0,8} = -1,25 \text{ di}$$

Para a correção do hipermetrope:

$$V = \frac{1}{d_{P_{\text{saudável}}}} - \frac{1}{d_{P_{\text{Hiper}}}} = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{0,8} = 4 - 1,25 = 2,75$$

Portanto, a resposta correta é **letra A**.



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com essa aula fechamos a Óptica Geométrica e estamos prontos para fazer qualquer questão referente a este tema.

Conte comigo nessa jornada. Quaisquer dúvidas, críticas ou sugestões entre em contato pelo fórum de dúvidas do Estratégia ou se preferir:

ESCLARECENDO!



@prof.maldonado



4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Calçada, Caio Sérgio. Física Clássica volume 4. 2. Ed. Saraiva Didáticos, 2012. 523p.
- [2] Bukhovtsev, B.B. Krivtchenkov, V.D. Miakishev, G.Ya. Saraeva, I. M. Problemas Seleccionados de Física Elementar. 1 ed. MIR, 1977.518p.
- [3] Newton, Gualter, Helou. Tópicos de Física volume 2. 16ª ed. Saraiva, 1993. 512p.
- [4] Toledo, Nicolau, Ramalho. Os Fundamentos da Física volume 2. 9ª ed. Moderna. 532p.
- [5] Resnick, Halliday, Jearl Walker. Fundamentos de Física volume 2. 10ª ed. LTC. 297p.
- [6] V. Zubov, V. Shalnov. Problem in Physics. 2ª ed MIR, 1985. 301p.

