

## FOLHA 06

## EQUAÇÃO DOS FABRICANTES DE LENTES

Equação dos fabricantes:

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

Os raios são determinados pelas esferas imaginárias que definiram as lentes e seu valor pode ser positivo ou negativo.

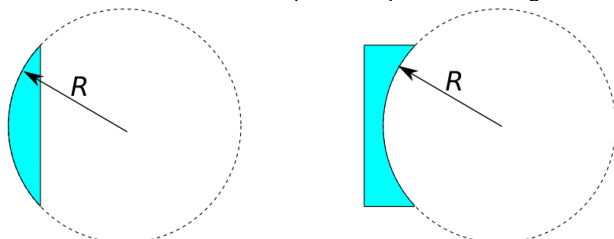
Face convexa:  $R > 0$ Face côncava:  $R < 0$ 

Figura 1: Sinal a ser adotado para de acordo com a curvatura da lente

Faremos um exercício para melhor entender.

## LENTE DELGADAS JUSTAPOSTAS

## Q. 1 – VERGÊNCIA EQUIVALENTE

Quando associamos duas lentes delgadas justapostas (bem próximas uma da outra), ambas se comportam como se fossem uma só com vergência equivalente  $V_{eq}$  dada por:

$$V_{eq} = V_1 + V_2$$

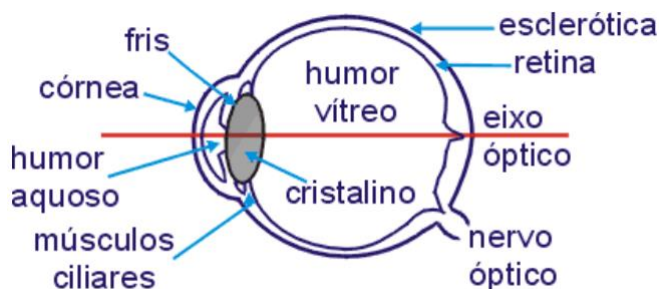
sendo as vergências das lentes iguais a  $V_1$  e  $V_2$ .

Se  $n$  lentes puderem ser colocadas justapostas de modo que a espessura total continue sendo muito menor que o foco equivalente, a vergência total será dada pela soma das vergências de cada lente.

Veremos mais detalhes (quando não forem lentes justapostas) quando falarmos de instrumentos ópticos.

## ÓPTICA DA VISÃO

## O GLOBO OCULAR



## Q. 2 – A RETINA

A retina é uma camada fina e delicada de tecido nervoso localizada na parte de trás do olho, e é responsável por converter a luz em sinais elétricos que são transmitidos ao cérebro pelo nervo óptico. A retina é composta por várias camadas de células especializadas, incluindo células fotorreceptoras chamadas cones e bastonetes, que convertem a luz em sinais elétricos. Os cones são responsáveis pela visão das cores e detalhes finos, enquanto os bastonetes são responsáveis pela visão noturna e periférica.

## Q. 3 – CARACTERÍSTICA DA IMAGEM

A imagem na retina é invertida e reduzida em relação ao objeto original, devido à formação da imagem no fundo do olho. A imagem é formada a partir de luz que é refratada pela córnea e pelo cristalino antes de atingir a retina. Isso faz com que a imagem seja invertida, mas o cérebro interpreta corretamente a posição do objeto no espaço.

## Q. 4 – ACOMODAÇÃO VISUAL

A acomodação visual é um processo em que o olho ajusta o seu poder de refração para permitir a focalização de objetos em diferentes distâncias. Ocorre quando o músculo ciliar, localizado no cristalino, muda a sua forma, alterando assim a curvatura do cristalino e a sua capacidade de refração. Isso permite que os raios de luz que entram no olho sejam focados com precisão na retina, garantindo a formação de uma imagem nítida. A acomodação visual é um processo automático e contínuo que ocorre constantemente durante a visão de objetos a diferentes distâncias.

## Q. 5 – PONTO REMOTO

Ponto remoto é o ponto mais distante que uma pessoa pode ver.

Consideramos que o ponto remoto, para uma pessoa com visão normal, está muito longe de modo que podemos considerá-lo no infinito.

Pessoas com miopia (um tipo de problema de visão ou ametropia) possui ponto remoto à uma distância finita.

## Q. 6 – PONTO PRÓXIMO

Ponto próximo é o ponto mais próximo que uma pessoa pode ver sem "forçar a visão".

Consideramos que o ponto próximo para uma pessoa com visão normal está a cerca de 25 cm de distância.

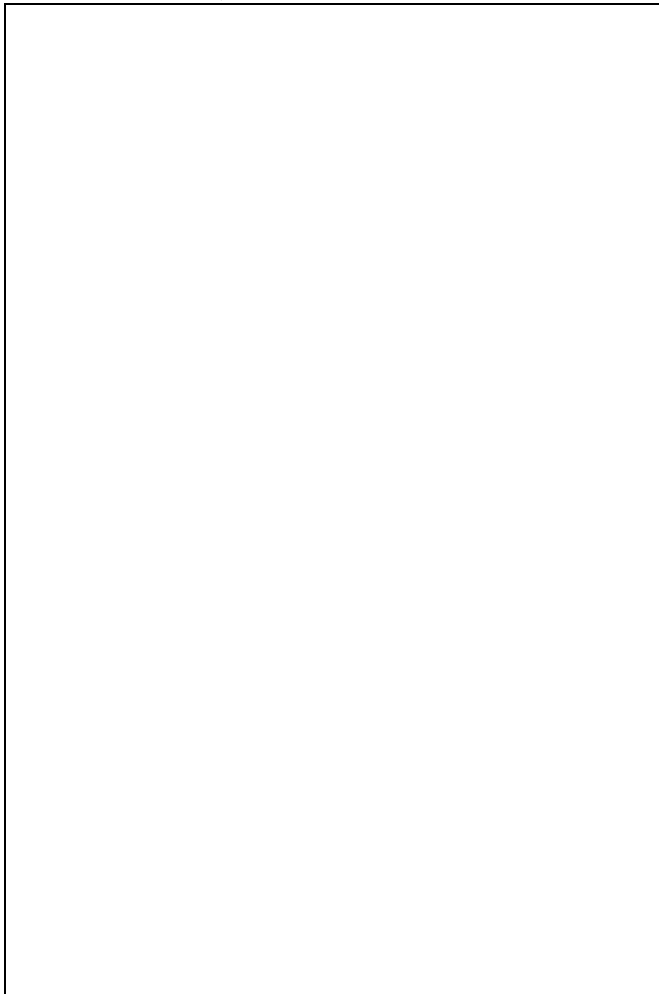
Pessoas com hipermetropia (um tipo de problema de visão ou ametropia) possui ponto próximo maior que 25 cm.

Vale ressaltar que tanto o ponto próximo quanto o ponto remoto variam com a idade da pessoa.

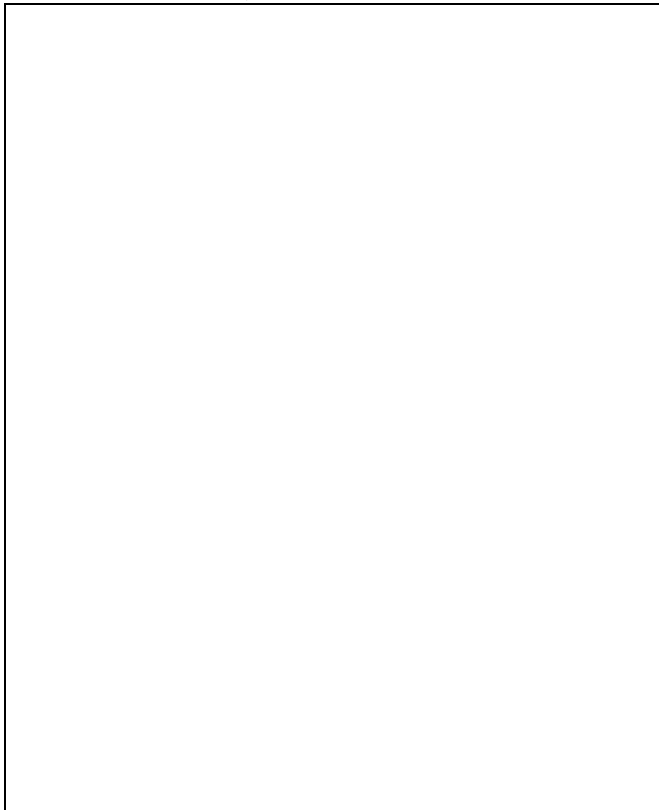
## AMETROPIAS DA VISÃO

## Q. 7 – MIOPIA

## Q. 8 – HIPERMETROPIA



## Q. 9 – PRESBIOPIA



## Q. 10 – OUTRAS ANOMALIAS DA VISÃO

**Astigmatismo:** ocorre quando a córnea é curvada irregularmente, fazendo com que a luz se concentre em múltiplos pontos em vez de um único ponto focal.

**Estrabismo:** é uma condição em que os olhos não estão alinhados corretamente, o que pode levar a visão dupla e/ou a uma diminuição da acuidade visual.

**Daltonismo:** é uma condição em que a pessoa tem dificuldade em distinguir certas cores, geralmente o vermelho e o verde.

**Catarata:** é a opacificação do cristalino, que pode ocorrer devido ao envelhecimento, lesão ou outras condições médicas.

**Glaucoma:** é uma condição em que o nervo óptico é danificado, geralmente devido a uma pressão intraocular elevada, o que pode levar a perda gradual da visão.

**Degeneração macular:** é uma condição em que a mácula, uma área na retina responsável pela visão central, começa a deteriorar, o que pode levar a uma perda gradual da visão central.

## Q. 11 – PERSISTÊNCIA RETINIANA

Persistência retiniana é um fenômeno perceptual que ocorre na visão humana, onde a imagem visual continuará sendo percebida pelo observador por um curto período após o estímulo ter sido removido. Isso ocorre porque a retina e o sistema visual do cérebro levam um certo tempo para processar completamente a informação visual.

A persistência retiniana é a base de muitas técnicas de animação, como o cinema e a televisão, que exploram a capacidade do cérebro humano de preencher as lacunas entre as imagens para criar a ilusão de movimento contínuo. Também é a base da técnica conhecida como "pintura com luz", na qual um fotógrafo usa uma fonte de luz para desenhar imagens no ar em uma exposição longa, criando um efeito visual impressionante.

Como exemplo, veja como fica a sequência de imagens a seguir, utilizada em uma questão na UEL:

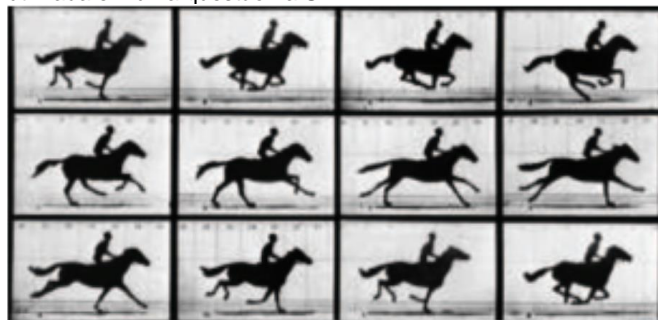


Figura 2: Sequência de imagens de um cavalo de corrida. Veja questão comentada aqui:

<http://estudeadistancia.professordanilo.com/?p=2478>

No QR-Code abaixo, você verá um gif montado pelo seu professor para ver como ficaria esta sequência de imagens.



Figura 3: Animação da sequência de imagens. Se você estiver no pdf, também pode acessar clicando no QR-Code.

## INSTRUMENTOS ÓTICOS

Podemos associar lentes e/ou espelhos para montarmos instrumentos ópticos. Existem diversos instrumentos ópticos, mas focaremos em alguns especificamente.

Podemos separar tais instrumentos em instrumentos de projeção (máquinas fotográficas, projetores, retroprojetores etc.) sempre produzindo imagens finais reais e instrumentos de observação que podem ser de aumento (microscópio e lupa) ou de aproximação (luneta, telescópio).

Começemos com os instrumentos de projeção. Veja esquemas de uma câmera fotográfica.



Figura 4: Concepção artística de uma câmera fotográfica moderna

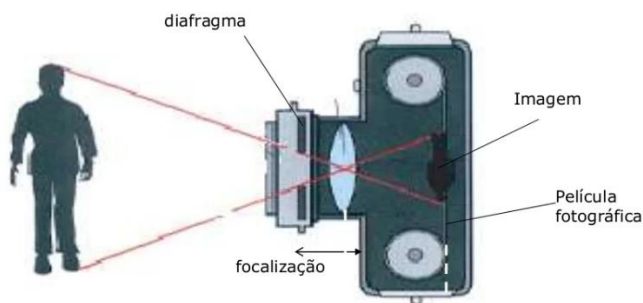


Figura 5: Estrutura simplificada de uma câmera fotográfica

Um projetor funciona porque internamente à ele há uma pequena e intensa tela.



Figura 6: Imagem de um projetor, como os das salas de aula.

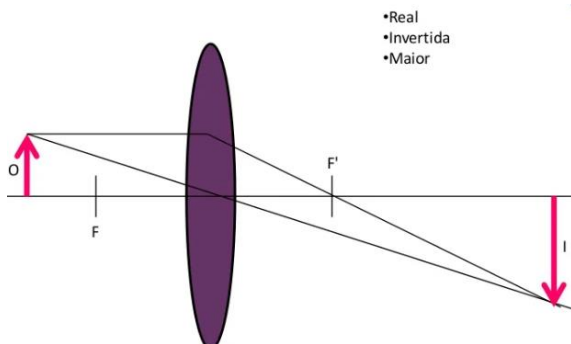


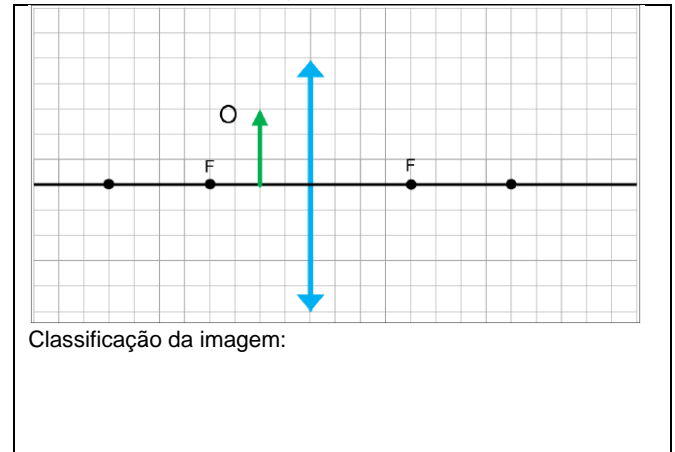
Figura 7: Esquema de formação da imagem.

Como instrumentos de observação, comecemos com a lupa, que é simplesmente uma única lente usada para gerar uma imagem virtual e ampliada.



Figura 8: Imagem de uma lupa simples gerando uma imagem virtual e maior

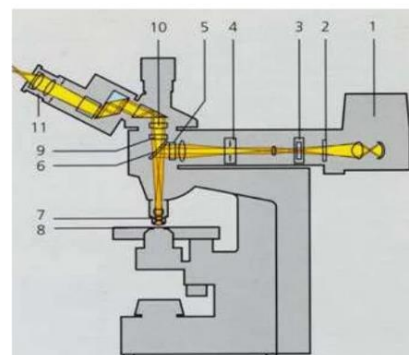
Q. 12 – LUPA



O microscópio é utilizado para observar objetos pequenos.



Figura 9: Foto de um microscópio composto real.



- 7- objetiva
- 8- objeto
- 11- ocular

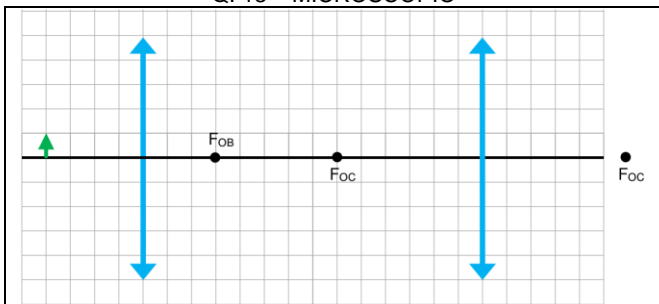
Figura 10: Esquema de um microscópio composto real.

PROFESSOR DANILO

ÓTICA DA VISÃO E INSTRUMENTOS ÓTICOS – LEONARDO DA VINCI – 29/05/2024

No quadro abaixo, temos um esquema simplificado de um microscópio real.

Q. 13 – MICROSCÓPIO



Classificação da imagem final:

O aumento do microscópio é calculado multiplicando-se os aumentos da objetiva pelo aumento da ocular:

$$A = A_{\text{OBJETIVA}} \cdot A_{\text{OCULAR}}$$

Como instrumentos de aproximação, vamos estudar a luneta astronômica (ou telescópio, do grego “Tele” = Longe + “Scopio” = Observar) e a luneta terrestre, embora haja outros, como o telescópio Newtoniano e de Cassegrain.

Começando pela luneta astronômica, este instrumento gera uma imagem final invertida (por isso astronômica, e não terrestre). Por utilizar lentes e não espelhos, é comum ocorrer aberrações, que são “deformações” nas imagens, seja aberração cromática ou aberração tipo coma. Outro inconveniente é a pequena abertura, que gera pouca luminosidade na imagem final.



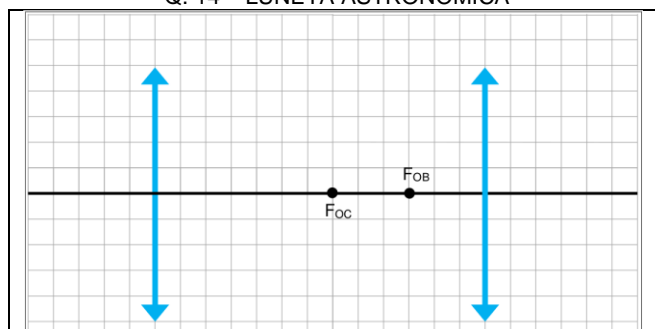
Figura 11: Imagem de um telescópio refrator, um tipo relativamente comum. Note a existência de um espelho plano abaixo da ocular: isso torna o telescópio mais ergonômico.



Figura 12: Luneta astronômica. Hoje em dia, os telescópios refratores podem ser utilizados como lunetas apenas substituindo a ocular. Note que a ocular não possui um espelho plano e a luneta acaba sendo menos confortável.

Veja no quadro abaixo esquema dos raios luminosos vindos de um objeto muito distante.

Q. 14 – LUNETA ASTRONÔMICA



Classificação da imagem final:

Por se tratar de um instrumento de aproximação, o que ocorre na verdade é um aumento angular  $M_\theta$  que é calculado pela relação:

$$M_\theta = -\frac{f_{\text{OBJETIVA}}}{f_{\text{OCULAR}}}$$

Note que usamos duas lentes convergentes na luneta astronômica, portanto, vemos que  $M_\theta < 0$ , isto é, a imagem final é invertida.

Vejamos como seria o caso de uma luneta terrestre, também conhecida como **luneta de Galileu**.

É chamada de luneta terrestre por gerar uma imagem final direita, facilitando o seu uso na superfície da terra (note que observar estrelas ou planetas de “cabeça para baixo” não faz muita diferença, mas observar um barco ou casa já fica um pouco estranho).



Figura 13: Primeira luneta que se tem registro, criada por Galileu Galilei em 1609. Ele havia ouvido que uma pessoa havia criado um instrumento capaz de aumentar a capacidade de visão humana e então criou esta luneta.

Assim como a luneta astronômica, o aumento angular  $M_\theta$  é calculado pela relação:

$$M_\theta = -\frac{f_{\text{OBJETIVA}}}{f_{\text{OCULAR}}}$$

Note que por usarmos uma lente convergente ( $f_{\text{OBJETIVA}} > 0$ ) e uma divergente ( $f_{\text{OCULAR}} < 0$ ), constatamos que  $M_\theta > 0$ , isto é, a imagem final é direita.



PROFESSOR DANILO

ÓTICA DA VISÃO E INSTRUMENTOS ÓTICOS – LEONARDO DA VINCI – 29/05/2024

Podemos falar de outros instrumentos de aproximação, como o binóculo e telescópios refletores.

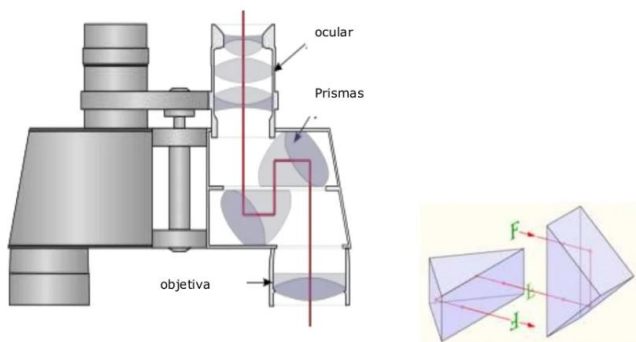


Figura 14: Esquema de funcionamento de um telescópio. Por utilizar duas lentes convergentes, a imagem final deveria ser invertida. Para resolver isso, é utilizado dois prismas retos para inverter a imagem final.



Figura 15: Telescópio Newtoniano. Por utilizar espelhos, evitamos a aberração cromática. Como espelhos são mais fáceis de serem confeccionados, tais telescópios possuem maior abertura, permitindo maior luminosidade na imagem final.

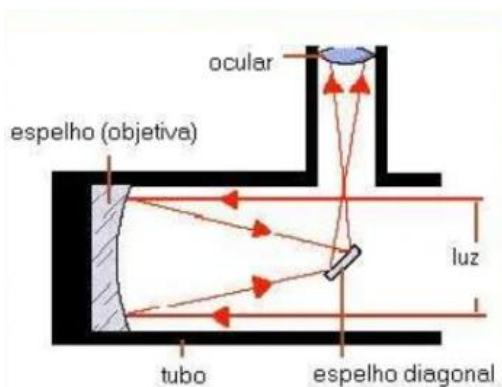


Figura 16: Esquema de um telescópio Newtoniano.



Figura 17: Telescópio Cassegrain moderno. Ele é capaz de acompanhar, por exemplo, uma estrela automaticamente.

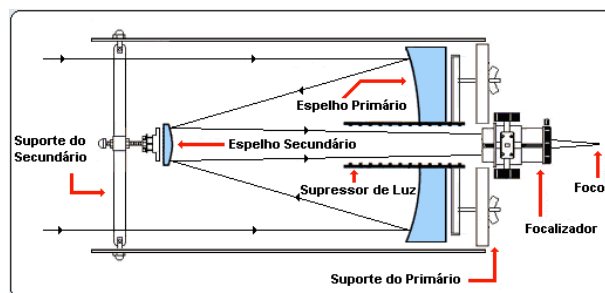


Figura 18: Esquema de um telescópio de Cassegrain. Note que o espelho esférico convexo gera uma imagem final real pois o espelho primário gera uma imagem que, para o espelho secundário, é um objeto virtual. Imagem obtida em <https://www.cacep.com.br/refratores-ou-refletores/>

Hoje em dia existem muitos telescópios colocados em órbita em torno da terra ou em outros astros e alguns deles captam radiação numa faixa não visível. Como exemplo, Chandra é um telescópio espacial na faixa dos raios-X e o James Webb, na faixa do infravermelho, podendo detectar um pouco de vermelho e laranja.

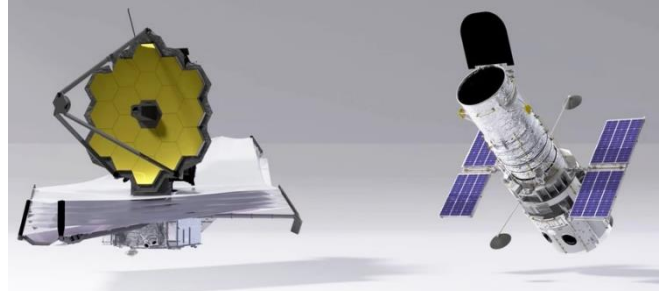


Figura 19: A esquerda, telescópio espacial James Webb; a direita, telescópio espacial Hubble

#### APRESENTAÇÃO DE INSTRUMENTOS ÓTICOS



Figura 20: Baixe a apresentação de slides sobre instrumentos ópticos