

# REVISÃO

# FÍSICA

*Óptica*



# ÓPTICA 1: INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA

## CONCEITOS FUNDAMENTAIS

### FONTES LUMINOSAS

**Primárias:** possuem luz própria.

**Secundárias:** não possuem luz própria. Refletem a luz que vem de outras fontes.

**Pontuais:** a dimensão da fonte é desprezível em relação à distância entre a fonte e o observador.

**Extensas:** a dimensão da fonte é da mesma ordem de grandeza que a distância ao observador.

### MEIOS

**Transparentes:** permitem a propagação regular da luz. Ex: vidro comum.

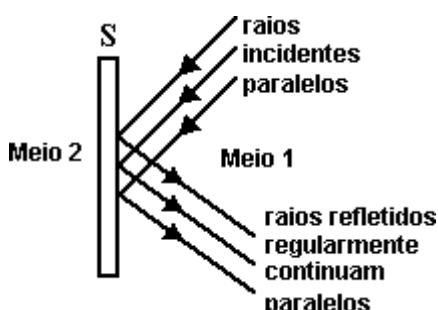
**Translúcidos:** a propagação da luz ocorre de forma irregular. Ex: vidro fosco.

**Opacos:** não permitem a propagação da luz. Ex: concreto.

### FENÔMENOS ÓPTICOS

#### REFLEXÃO REGULAR

A luz incidente em S volta ao mesmo meio, regularmente. Ocorre quando S é uma superfície metálica bem polida ( espelhos ).



#### REFLEXÃO DIFUSA

A luz incidente em S volta ao mesmo meio, irregularmente. Ocorre quando S é uma superfície rugosa.



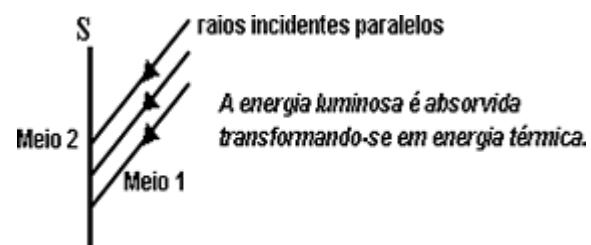
#### REFRAÇÃO

A luz incidente atravessa S e continua a se propagar no outro meio. Ocorre quando S separa dois meios transparentes (ar e água, água e vidro, etc.)



#### ABSORÇÃO

A luz incidente em S não se reflete e nem se refrata. A luz, que é uma forma de energia radiante, é absorvida em S, aquecendo-a. Ocorre, por exemplo, nos corpos de superfície preta.



#### A COR DE UM CORPO POR REFLEXÃO

A cor que um corpo apresenta por reflexão é determinada pelo tipo de luz que ele reflete difusamente. Um corpo apresenta-se vermelho quando iluminado por luz branca (contém todo o espectro do arco íris) porque reflete o vermelho e absorve as demais cores.

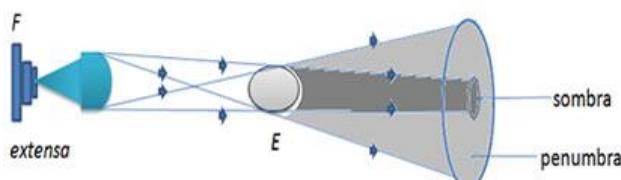
## PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

### PRINCÍPIO DA PROPAGAÇÃO RETILÍNEA DA LUZ

“Num meio homogêneo e transparente, a luz se propaga em linha reta”.

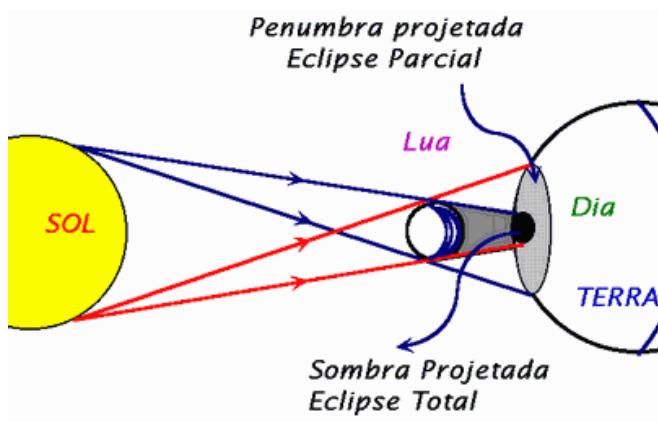
## SOMBRA E PENUMBRA

Fontes pontuais produzem apenas sombra. Fontes extensas produzem sombra e penumbra.

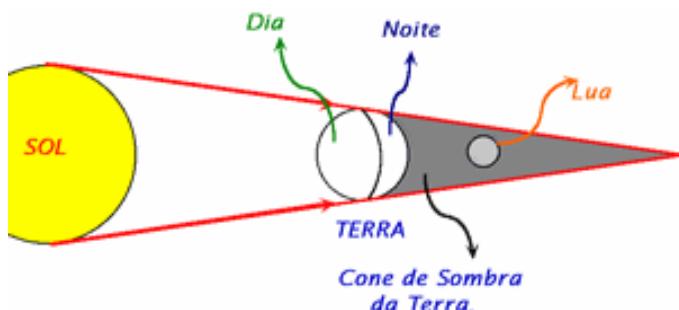


## ECLIPSES

**Eclipse Solar:** ocorre na lua nova.



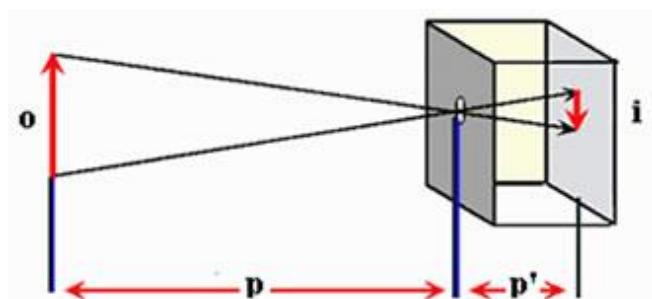
**Eclipse Lunar:** ocorre na lua cheia.



## CÂMARA ESCURA DE ORIFÍCIO

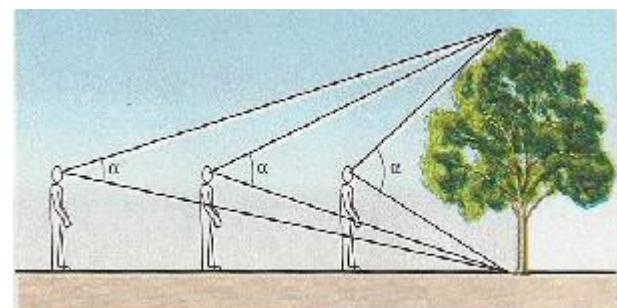
Numa câmara escura, a imagem produzida é invertida em relação ao objeto e vale a relação:

$$\frac{i}{o} = \frac{p'}{p}$$



## ÂNGULO VISUAL

Quanto maior a distância entre o observador e o objeto, maior é o ângulo visual.



## PRINCÍPIO DA REVERSIBILIDADE DOS RAIOS DE LUZ

"Se invertermos as posições da fonte luminosa e do observador, os raios de luz continuam percorrendo as mesmas trajetórias, mas em sentidos opostos".

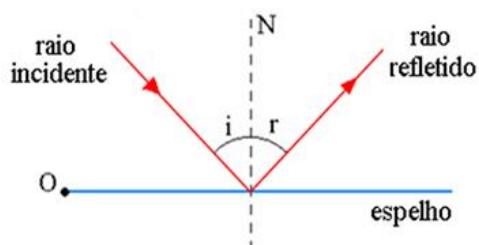
## PRINCÍPIO DA INDEPENDÊNCIA DOS RAIOS DE LUZ

"Quando dois raios de luz se cruzam, propagando-se em direções diferentes, um não interfere na trajetória do outro".

## ÓPTICA 2: ESPELHOS PLANOS

### REFLEXÃO DA LUZ

Na reflexão regular, a luz retorna ao meio original, após incidir sobre uma superfície que separa dois meios. Esse fenômeno obedece às seguintes leis:

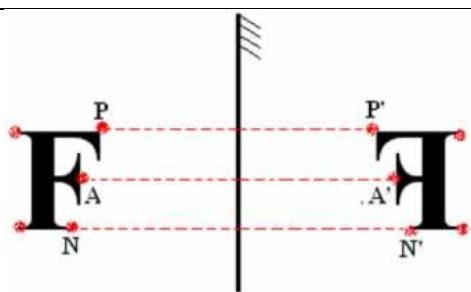


**1ª LEI DA REFLEXÃO:** O raio incidente, a normal N, e o raio refletido são coplanares (pertencem ao mesmo plano).

**2ª LEI DA REFLEXÃO:** O ângulo de reflexão (r) é igual ao ângulo de incidência (i).

$$r = i$$

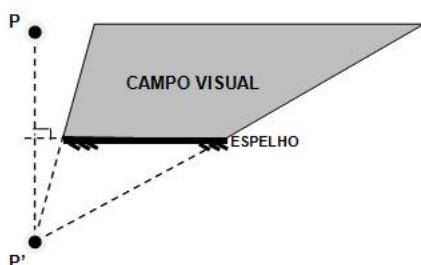
## IMAGENS EM UM ESPelho PLANO



- São virtuais (são formadas a partir de prolongamentos de raios de luz e por isso não podem ser projetadas);
- Possuem o mesmo tamanho que o objeto;
- Quando o objeto é assimétrico, a imagem obtida não se superpõe ao objeto (são enantiomorfas);
- A distância entre a imagem e o espelho é igual à distância entre o objeto e o espelho.

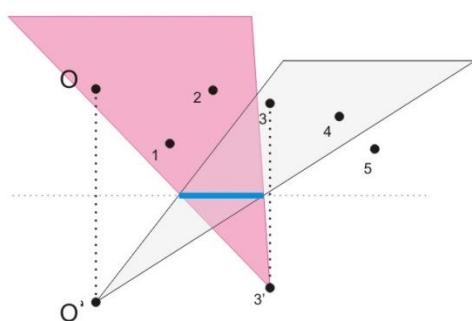
## CAMPO VISUAL

É a região do espaço que o observador vê por reflexão no espelho. O campo visual depende do tamanho e da posição do espelho, e da posição do olho do observador.



$P'$  é um ponto simétrico de  $P$  em relação ao espelho.  $P$  é chamado de ponto-objeto e  $P'$  de ponto-imagem. Para descobrir o campo visual, traçamos uma reta entre o ponto  $P'$  e as duas extremidades do espelho. Se o observador estiver dentro dessa região hachurada, ele verá o objeto colocado em  $P$ .

Outra forma mais prática é fazer esse traçado a partir do olho do observador e não dos objetos.



No exemplo da figura, o observador em  $O$  será capaz de ver apenas os objetos 3 e 4.

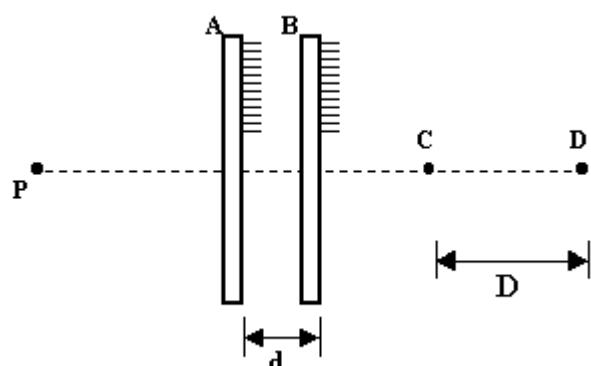
## O CASO DA ALTURA DO ESPelho

Quando uma pessoa de altura  $H$  está de frente a um espelho rectangular vertical, para que ela possa se ver por inteiro é necessário que:

- O espelho tenha pelo menos metade da altura da pessoa:  $h = H/2$ .
- A distância entre o chão e o espelho ( $r$ ) deve ser metade da distância entre o olho da pessoa e o seu pé ( $d$ ):  $r = d/2$ .

## DESLOCAMENTO DE UM ESPelho PLANO

### TRANSLAÇÃO



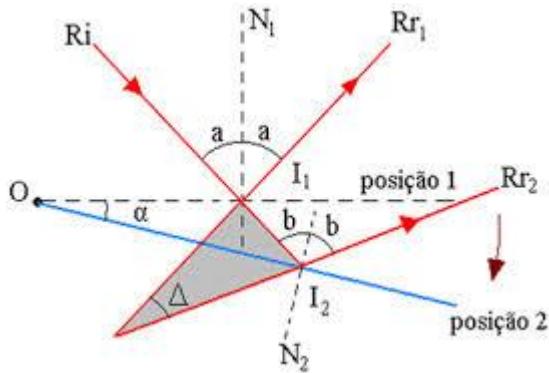
Na translação, a distância percorrida pela imagem ( $D$ ) é o dobro da distância percorrida pelo espelho ( $d$ ):

$$D = 2d$$

Consequentemente, a relação entre a velocidade da imagem ( $v_i$ ) e do espelho ( $v_e$ ), em relação a um objeto fixo é:

$$v_i = 2v_e$$

## ROTAÇÃO



Na rotação, o ângulo de giro da imagem ( $\Delta$ ) é o dobro do ângulo de giro do espelho ( $\alpha$ ):

$$\Delta = 2\alpha$$

## IMAGENS DE UM OBJETO ENTRE DOIS ESPELHOS PLANOS

O número de imagens formadas por uma associação de dois espelhos planos depende do ângulo  $\alpha$  entre eles.

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Essa equação é válida nos seguintes casos:

- Quando  $\frac{360^\circ}{\alpha}$  for par, para qualquer posição do objeto entre os dois espelhos;
- Quando  $\frac{360^\circ}{\alpha}$  for ímpar, estando o objeto no plano bissetor do ângulo  $\alpha$ ;



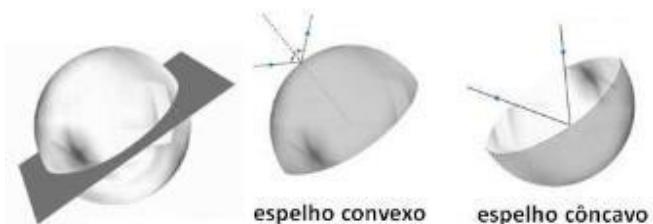
Quando um espelho plano está de frente (paralelo) para outro espelho plano, o número de imagens formadas será infinito. Isso ocorre porque a imagem formada em um dos espelhos será objeto para o outro espelho, que formará uma imagem, que será objeto pro outro, que formará outra imagem.....e assim sucessivamente.

## ÓPTICA 3: ESPELHOS ESFÉRICOS

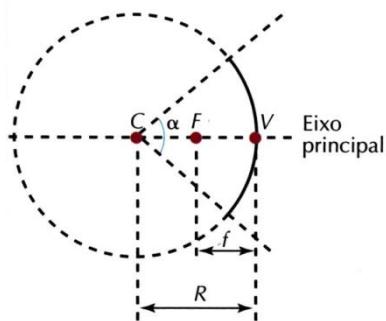
### DEFINIÇÕES E ELEMENTOS

Espelho esférico é uma calota esférica na qual uma das superfícies é refletora.

- Superfície refletora interna: espelho esférico côncavo;
- Superfície refletora externa: espelho esférico convexo.



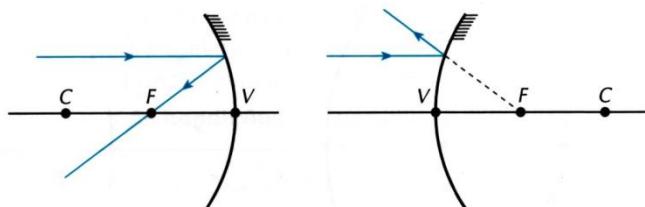
Elementos geométricos que caracterizam um espelho esférico:



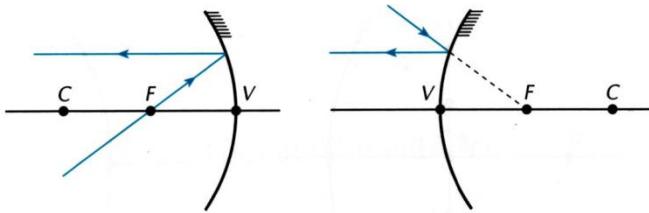
Principais elementos
C: centro de curvatura
F: foco principal
V: vértice do espelho
R: raio de curvatura
f: distância focal
$\alpha$ : ângulo de abertura

### PROPRIEDADES DOS ESPELHOS ESFÉRICOS DE GAUSS

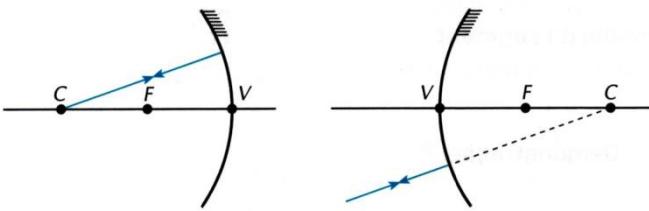
Todo raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal é refletido numa direção que passa pelo foco principal.



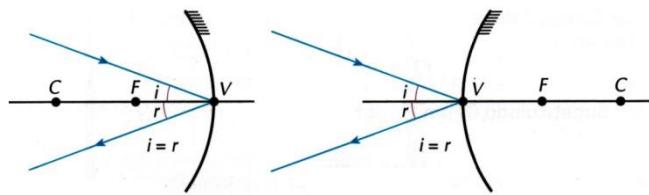
Todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo foco principal é refletido paralelamente ao eixo principal.



Todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo centro de curvatura é refletido sobre si mesmo.



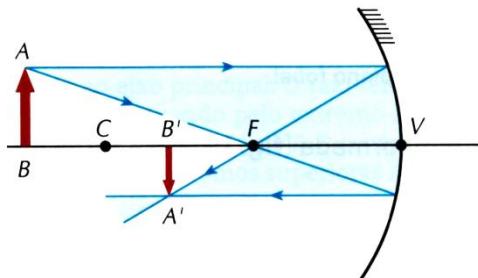
Todo raio de luz que incide sobre o vértice do espelho é refletido simetricamente em relação ao eixo principal.



## CONSTRUÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS

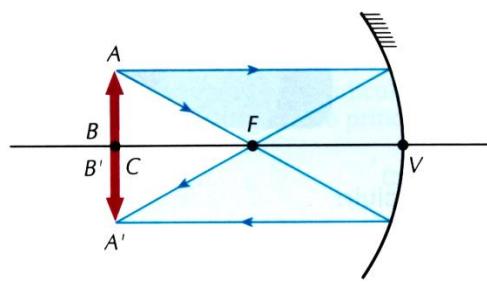
### ESPELHO ESFÉRICO CÔNCAVO

#### OBJETO ALÉM DE C



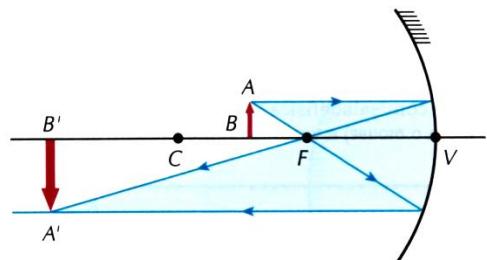
- Imagem: real, invertida e menor.
- Posição da imagem: entre C e F.

#### OBJETO SOBRE C



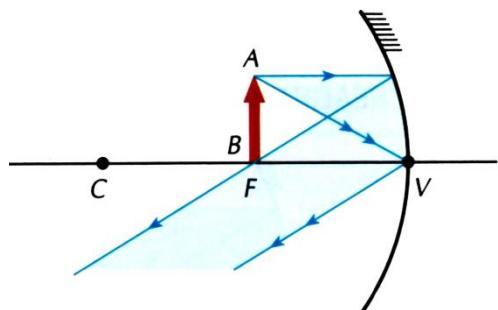
- Imagem: real, invertida e do mesmo tamanho.
- Posição da imagem: sobre C.

#### OBJETO ENTRE C E F



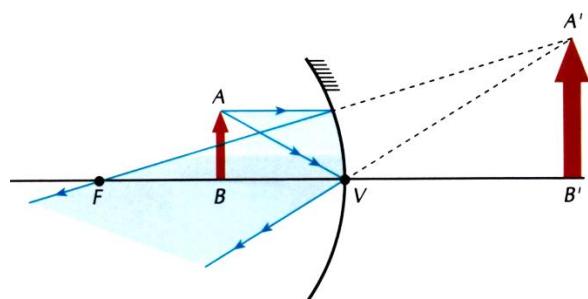
- Imagem: real, invertida e maior.
- Posição da imagem: além de C.

#### OBJETO SOBRE F



- Imagem: imprópria
- Posição da imagem: no infinito

#### OBJETO ENTRE F E V



- Imagem: virtual, direita e maior.
- Posição: atrás do espelho.

- Toda imagem real é invertida e pode ser projetada.
- Toda imagem direita é virtual e não pode ser projetada.
- O elemento (imagem ou objeto) que estiver mais próximo ao espelho é menor.

## ÓPTICA 4: REFRAÇÃO

### REFRAÇÃO

#### ÍNDICE DE REFRAÇÃO

$$n = \frac{c}{v}$$

onde  $v$  é a velocidade da luz no meio e  $c$  é a velocidade da luz no vácuo ( $3 \cdot 10^8$  m/s).

Quanto maior o índice de refração (mais refringente), mais lentamente a luz se propaga;

#### LEI DE SNELL-DESCARTES

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$

De acordo com essa lei, quanto maior o índice de refração, mais o raio de luz se aproxima da normal;

$$n_2 > n_1 \Leftrightarrow v_2 < v_1 \Leftrightarrow \theta_2 < \theta_1$$

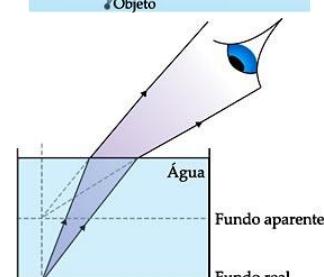
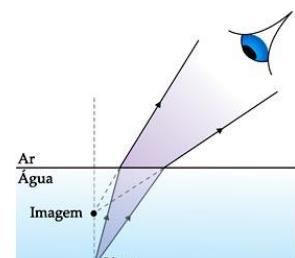
### DIOPTROS PLANOS

Dioptro é um sistema óptico formado pela superfície de separação entre dois meios homogêneos e transparentes, com índices de refração diferentes.

Equação do dioptro plano:

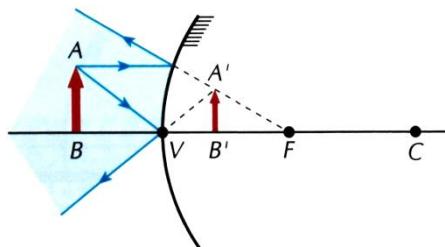
$$\frac{p'}{p} = \frac{n}{n'} \quad \text{ou} \quad \frac{p'}{p} = \frac{n_{\text{passa}}}{n_{\text{provém}}}$$

A profundidade e o índice de refração são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior o índice de refração, menor é a profundidade aparente. Logo, um objeto colocado na água (índice de refração maior), aparece estar mais próximo da superfície (menor profundidade) quando observado por alguém que está fora da água.



## ESPELHO ESFÉRICO CONVEXO

### OBJETO EM QUALQUER LUGAR



- Imagem: virtual, direita e menor.
- Posição: entre o foco e o vértice

## ESTUDO ANALÍTICO DOS ESPELHOS ESFÉRICOS

- $f$  = distância focal;
- $p$  = distância entre o objeto e o espelho;
- $p'$  = distância entre a imagem e o espelho;
- $o$  = tamanho do objeto;
- $i$  = tamanho da imagem;
- $A$  = aumento linear transversal

## EQUAÇÃO DE GAUSS

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

Sinais de  $p$ ,  $p'$  e  $f$ :

- $p$  e  $p'$  positivos: objeto e imagem reais;
- $p$  e  $p'$  negativos: objeto e imagem virtuais;
- $f > 0$  para espelhos côncavos;
- $f < 0$  para espelhos convexos.

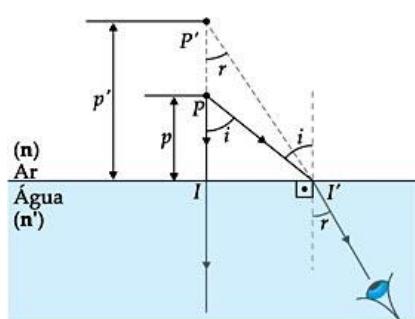
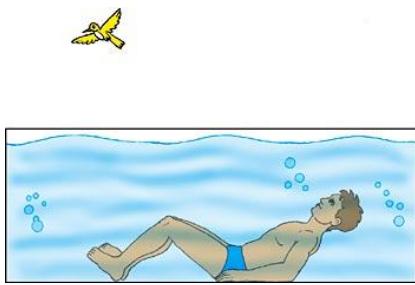
## AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL

$$A = -\frac{p'}{p} = \frac{i}{o} = \frac{f}{f-p}$$

Sinais de  $A$ :

- $A > 0$ : imagem direita;
- $A < 0$ : imagem invertida;

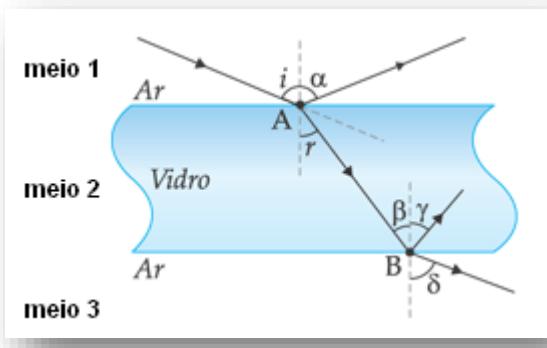
Da mesma forma, um objeto no ar (índice de refração menor), ao ser observado da água, aparentar estar mais longe da superfície de separação (maior profundidade).



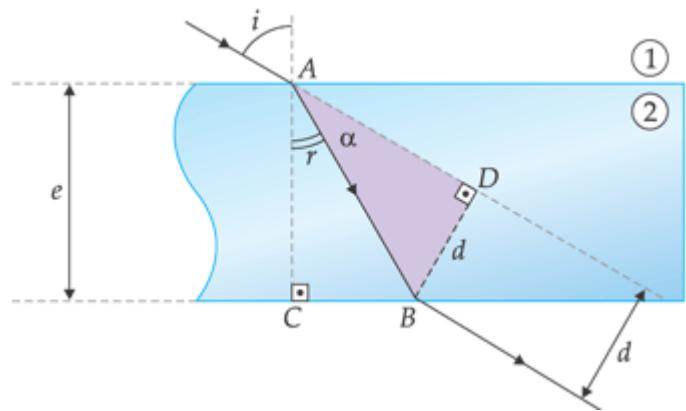
A imagem formada num dioptrio plano é sempre virtual.

## LÂMINAS DE FACES PARALELAS

Uma lâmina de faces paralelas é um sistema óptico constituído por dois dióptros planos com superfícies paralelas.



Se o meio 1 for igual ao meio 3 ( $\delta = i$  e  $r = \beta$ ), o raio emergente é paralelo ao raio incidente, mas encontra-se deslocado lateralmente de uma distância  $d$  em relação ao incidente.



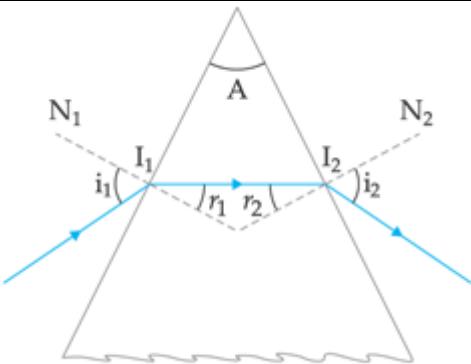
Esse deslocamento lateral ( $d$ ) pode ser calculado através da expressão:

$$d = \frac{e \cdot \operatorname{sen}(i - r)}{\cos r}$$

onde  $e$  é a espessura da lâmina.

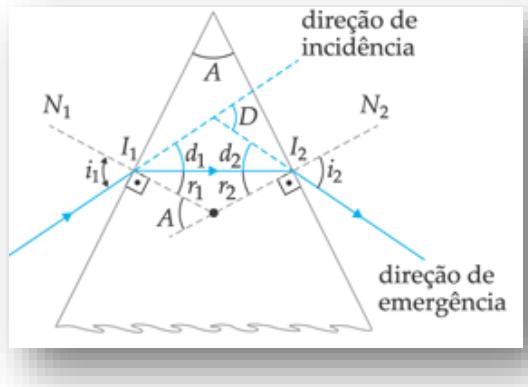
A imagem formada por uma lâmina de faces paralelas é virtual e aparenta estar mais próxima.

## PRISMAS



Um raio de luz monocromática incide num prisma de ângulo de abertura  $A$  no ponto  $I_1$ , formando com a normal  $N_1$  à superfície do prisma um ângulo de incidência  $i_1$ . Ao ser refratado, o raio de luz forma com a normal  $N_1$  um ângulo de refração  $r_1$ . Depois de atravessar o prisma, o raio de luz sofre mais uma refração, passando do prisma para o ar. Nesta segunda refração, o raio de luz incide no ponto  $I_2$ , formando um ângulo de incidência  $r_2$  com a normal  $N_2$  à outra superfície. O ângulo de refração  $i_2$  é também chamado de ângulo de emergência.

## ÓPTICA 5: LENTES DELGADAS ESFÉRICAS



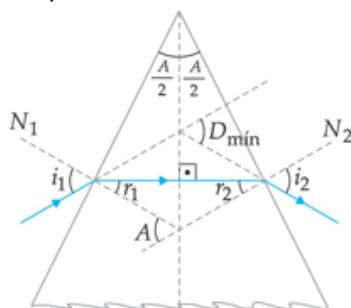
Marcando os principais ângulos num prisma óptico, temos além dos que já foram mencionados, o desvio total (**D**) e os parciais (**d<sub>1</sub>** e **d<sub>2</sub>**) e o ângulo de abertura (**A**):

- Na face de incidência, podemos aplicar a Lei de Snell-Descartes:  

$$n_1 \cdot \text{sen}i_1 = n_2 \cdot \text{sen}r_1$$
- Na face de emergência, também aplicamos a Lei de Snell-Descartes:  

$$n_2 \cdot \text{sen}r_2 = n_1 \cdot \text{sen}i_2$$
- Por propriedades de triângulos, relacionamos os desvios parciais e total e o ângulo de abertura com os demais ângulos através das relações:  

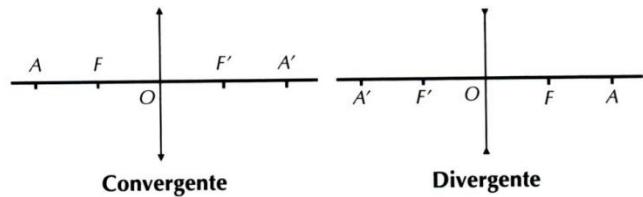
$$\begin{aligned} A &= r_1 + r_2 \\ D &= d_1 + d_2 \\ D &= i_1 + i_2 - A \end{aligned}$$
- O desvio mínimo ocorre quando o raio que passa no interior do prisma é perpendicular ao seu plano bissetor.



Condições de desvio mínimo:

$$\begin{aligned} i_1 &= i_2 = i \\ r_1 &= r_2 = r \\ A &= 2r \\ D_{\min} &= 2i - A \end{aligned}$$

### ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DA LENTE



O: centro óptico da lente

F: foco principal objeto

A: ponto antiprincipal objeto

F': foco principal imagem

A': ponto antiprincipal imagem

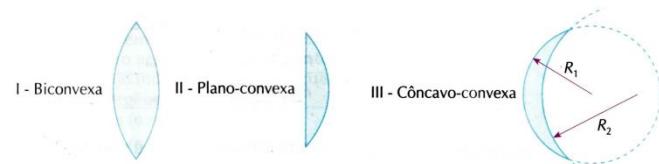
$AF = FO = DF' = F'A' = f = \text{distância focal}$

$\overrightarrow{AA'} = \text{eixo principal}$

### TIPOS DE LENTES

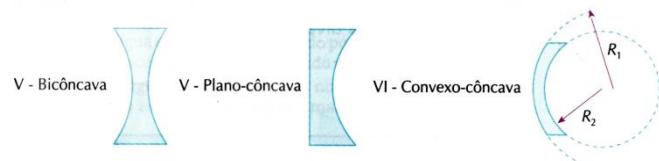
#### LENTES DE BORDAS DELGADAS

Possuem a parte periférica menos espessa que a parte central.



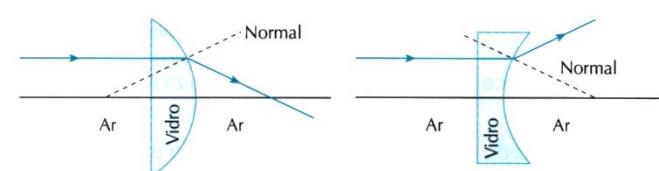
#### LENTES DE BORDAS ESPESSAS

Possuem a parte periférica mais espessa que a parte central.



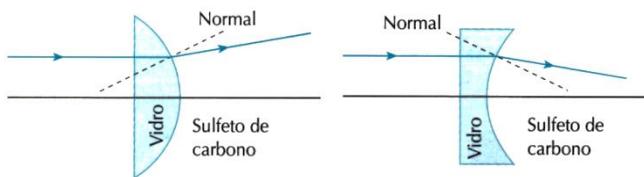
### COMPORTAMENTO ÓPTICO DAS LENTES

Quando o índice de refração da lente é maior que o do meio ( $n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$ ):



- As lentes de bordas delgadas são convergentes;
- As lentes de bordas espessas são divergentes;

**Quando o índice de refração da lente é menor que o do meio ( $n_{lente} < n_{meio}$ ):**



- As lentes de bordas delgadas são divergentes;
- As lentes de bordas espessas são convergentes;

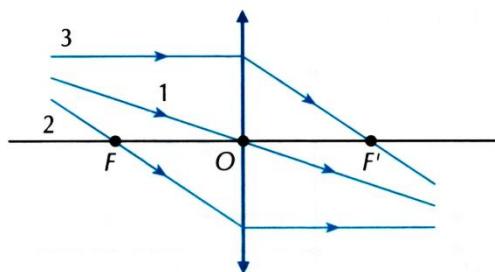
## PROPRIEDADES DAS LENTES DELGADAS

Todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo centro óptico da lente (**raio 1**) não sofre desvio ao atravessar a lente.

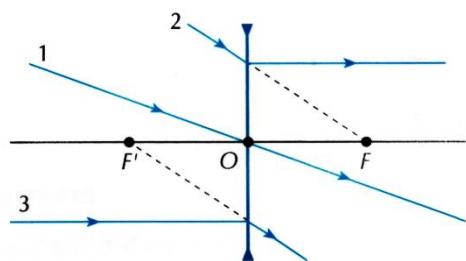
Todo raio de luz que incide numa direção que passa pelo foco principal objeto  $F$  (**raio 2**) emerge da lente paralelamente ao eixo principal.

Todo raio de luz que incide paralelamente ao eixo principal (**raio 3**) emerge da lente numa direção que passa pelo foco principal imagem  $F'$ .

### LENTE CONVERGENTE



### LENTE DIVERGENTE

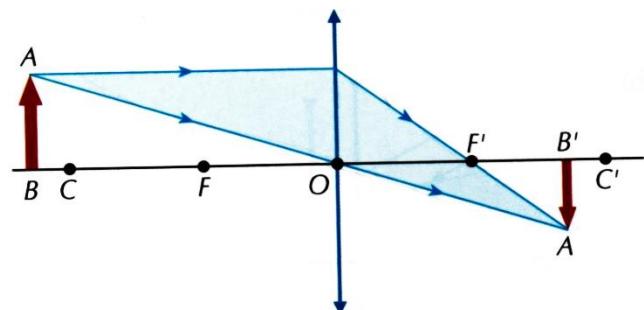


## CONSTRUÇÃO GEOMÉTRICA DE IMAGENS

### LENTE CONVERGENTE

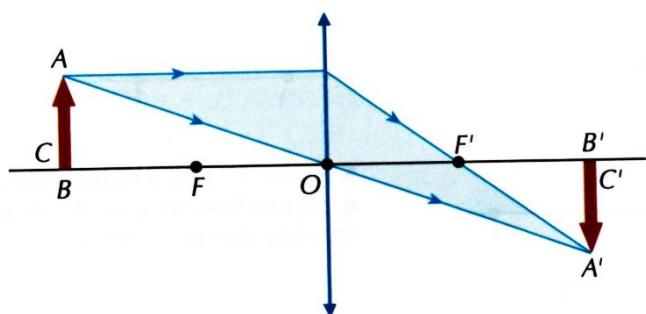
\*\*\*Obs: Nas figuras, o ponto C corresponde ao ponto antiprincipal ( $A$ ).

### OBJETO ALÉM DE C



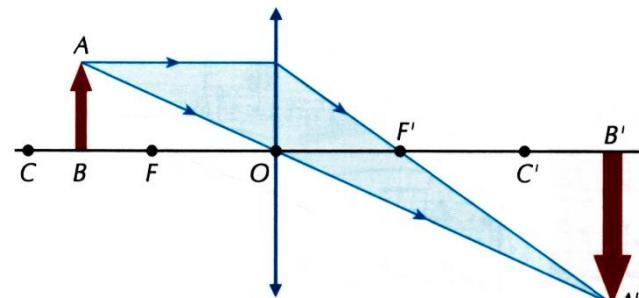
- Imagem: real, invertida e menor.
- Posição da imagem: entre  $C'$  e  $F'$ .

### OBJETO SOBRE C



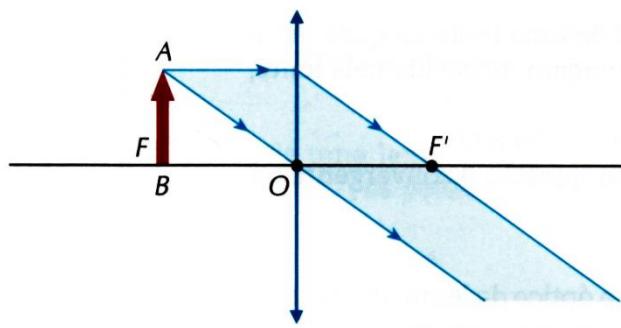
- Imagem: real, invertida e do mesmo tamanho.
- Posição da imagem: sobre  $C'$ .

### OBJETO ENTRE C E F



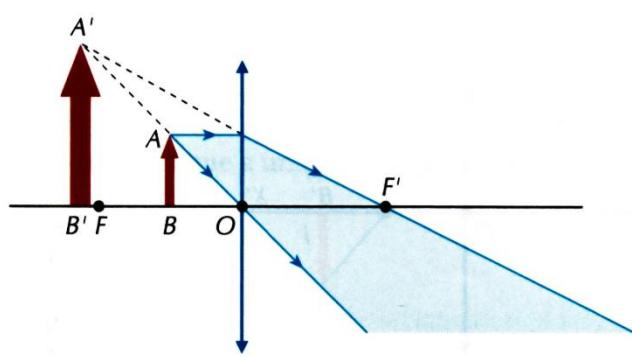
- Imagem: real, invertida e maior.
- Posição da imagem: além de  $C'$ .

## OBJETO SOBRE F



- Imagem: imprópria
- Posição da imagem: no infinito

## OBJETO ENTRE F E V

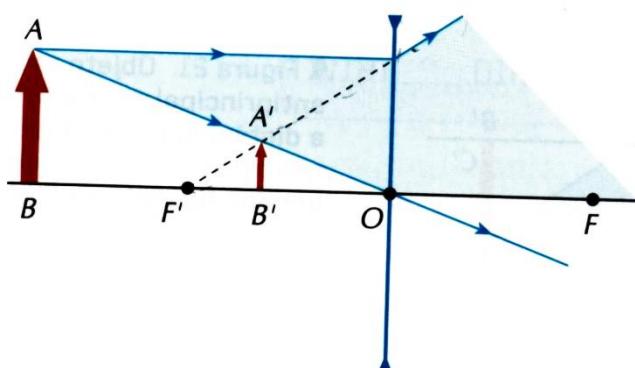


- Imagem: virtual, direita e maior.

- Toda imagem real é invertida e pode ser projetada.
- Toda imagem direita é virtual e não pode ser projetada.
- O elemento (imagem ou objeto) que estiver mais próximo à lente é menor.

## LENTE DIVERGENTE

### OBJETO EM QUALQUER LUGAR



- Imagem: virtual, direita e menor.
- Posição: entre o foco e o vértice

## ESTUDO ANALÍTICO DAS LENTES

### VERGÊNCIA (V)

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

Nessa equação, o foco deve estar em metros, pois a unidade de vergência, denominada dioptria, equivale ao inverso do metro.

- Lente convergente:  $f > 0$ ;  $V > 0$ .
- Lente divergente:  $f < 0$ ;  $V < 0$ .

### FÓRMULA DOS FABRICANTES DE LENTES (FÓRMULA DE HALLEY)

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

- Face convexa: raio de curvatura positivo;
- Face côncava: raio de curvatura negativo.
- Face plana:  $\frac{1}{R} = 0$ .

### EQUAÇÃO DE GAUSS

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

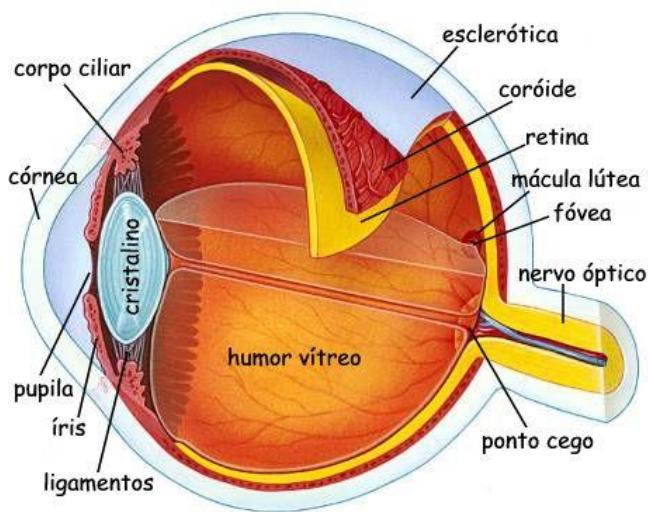
- $p$  e  $p'$  positivos: objeto e imagem reais;
- $p$  e  $p'$  negativos: objeto e imagem virtuais;
- Lente convergente:  $f > 0$ ;
- Lente divergente:  $f < 0$ .

### AUMENTO LINEAR TRANSVERSAL

$$A = -\frac{p'}{p} = \frac{i}{o} = \frac{f}{f-p}$$

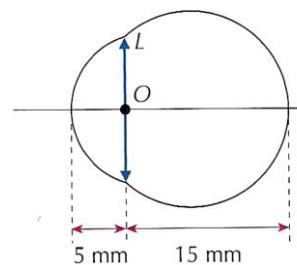
- $A > 0$ : imagem direita;
- $A < 0$ : imagem invertida.

# ÓPTICA 6: OLHO HUMANO



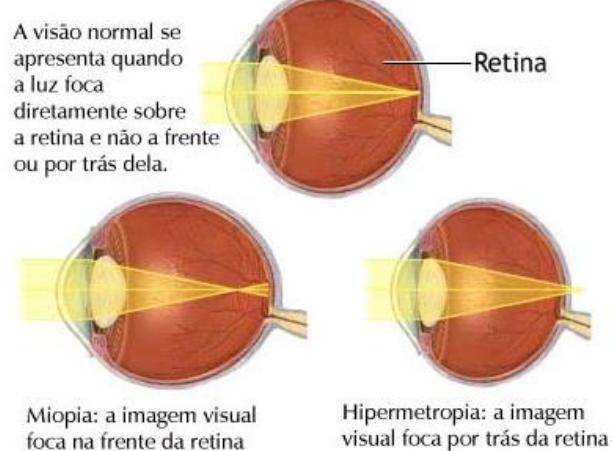
A **córnea** que é uma membrana transparente; o **cristalino**, formado de substâncias gelatinosas transparentes, e que funciona como uma lente biconvexa, sendo sustentado pelos **músculos ciliares**; a **retina** que é uma membrana transparente recobrindo o fundo do olho. Nela é projetada a imagem do objeto visado. A retina é constituída de células sensíveis à luz (cones e bastonetes), que transmitem ao cérebro através do **nervo óptico**, as sensações visuais. O líquido transparente existente entre a córnea e o cristalino é o **humor aquoso**. Entre o cristalino e a retina existe uma substância gelatinosa transparente denominada **humor vítreo**. A **íris** é a membrana circular que dá coloração ao olho. Em seu centro fica a **pupila**, uma abertura circular cujo diâmetro varia para regular a quantidade de luz que entra no olho. Os músculos ciliares comprimem ou distendem o cristalino, mudando seu formato e consequentemente variando sua distância focal. Isto permite a focalização da imagem na retina, quando o objeto muda de posição. É a chamada **acomodação visual**.

Os meios transparentes córnea, humor aquoso, cristalino e corpo vítreo formam um sistema convergente que pode ser representado por uma lente delgada L, situada a 5mm da córnea e a 15 mm da retina. É o chamado **olho reduzido**.



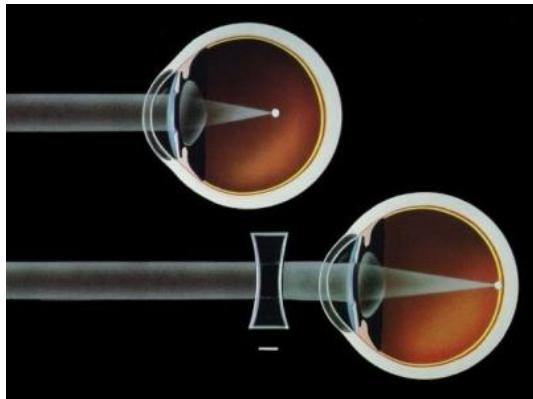
O ponto mais distante que um olho vê nitidamente, estando os músculos ciliares relaxados, recebe o nome de **ponto remoto**. Para um olho de visão normal o ponto remoto encontra-se no infinito ( $p_R \rightarrow \infty$ ). O ponto mais próximo que um olho vê nitidamente, estando os músculos ciliares com a **máxima contração**, recebe o nome de **ponto próximo**. Para o olho de visão normal o ponto próximo encontra-se a uma distância convencional de 25 cm ( $p_P = 25$  cm).

## DEFEITOS DA VISÃO



### MIOPIA

- As pessoas míopes possuem o olho mais alongado do que o normal.
- A imagem de um objeto no infinito se forma antes da retina. Portanto, o olho míope não enxerga bem de longe. Isto significa que o ponto remoto está a uma distância finita do olho. O grau de miopia depende da distância ao olho do ponto remoto do míope, isto é, da distância máxima da visão distinta.
- A correção da miopia é feita por meio de **lentes divergentes**. Elas diminuem a convergência dos raios de luz e a imagem passa a ser formada na retina.



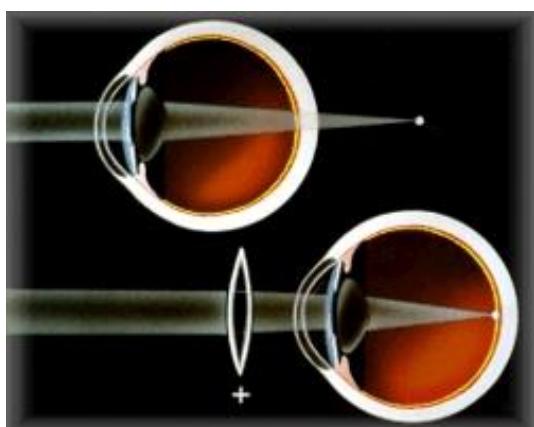
- A lente divergente corretiva forma uma imagem exatamente no ponto remoto do míope. Esta imagem funciona como objeto real em relação ao olho. A imagem final se forma na retina. Assim, sendo  $f$  a distância focal da lente corretiva e  $p_R$  a distância do ponto remoto do míope, podemos escrever:

$$f = -p_R$$

O sinal negativo advém do fato de a lente ser divergente.

## HIPERMETROPIA

- As pessoas hipermetropes possuem o olho mais curto do que o normal. A imagem de um objeto no infinito se forma depois da retina.
- O olho hipermetropo enxerga bem de longe. Mas para isso ele deve realizar esforço de adaptação, isto é seus músculos ciliares não estão relaxados como um olho normal, para a visão de um objeto distante. Como consequência a contração máxima dos músculos ciliares se esgota antes, ou seja, o ponto próximo do hipermetropo está mais afastado do que o de um olho normal
- A correção da hipermetropia é feita por meio de **lentes convergentes**. Elas aumentam a convergência dos raios de luz e a imagem passa a ser formada na retina.



- A lente convergente corretiva forma uma imagem exatamente no ponto próximo do hipermetropo ( $p_{PH}$ ), para um objeto situado no ponto próximo normal. Em relação ao olho a imagem formada pela lente corretiva funciona como objeto real. A imagem final se forma na retina. Para o cálculo da distância focal  $f$  da lente corretiva, vamos aplicar a equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} - \frac{1}{p_P}$$

## PRESBIOPIA

Com o envelhecimento da pessoa, o cristalino perde gradativamente sua flexibilidade. A pessoa não enxerga com nitidez objetos próximos. Este defeito da visão se chama presbiopia. Do mesmo modo do que a hipermetropia, o presbíope usa óculos cujas lentes são **convergentes**.

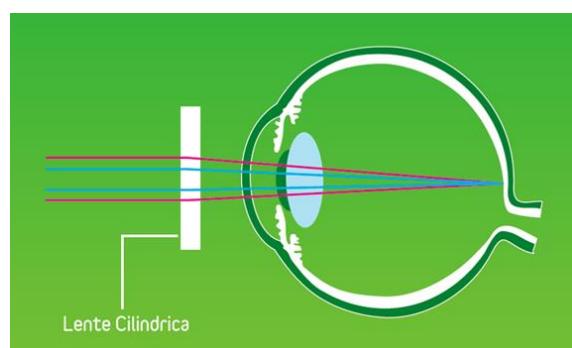


## ASTIGMATISMO

O astigmatismo consiste numa imperfeição do olho, em particular da córnea, cujo raio de curvatura varia conforme a seção considerada. Assim, a luz sofre refrações diferentes nas diversas seções. Como consequência, a imagem que se forma na retina não é nítida, isto é, apresenta deformações.



As lentes corretivas são cilíndricas, visando compensar as imperfeições do olho.



# ÓPTICA GEOMÉTRICA: EXERCÍCIOS

## INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 1. (G1 - ifce 2014)

Considere as seguintes afirmativas.

- Os meios transparentes são meios em que a luz os percorre em trajetórias bem definidas, ou seja, a luz passa por esses meios regularmente.
- Nos meios translúcidos, a luz não se propaga. Esses meios absorvem e refletem essa luz, e a luz absorvida é transformada em outras formas de energia.
- Nos meios opacos, a luz não passa por eles com tanta facilidade como nos meios transparentes: sua trajetória não é regular.

É(são) verdadeira(s):

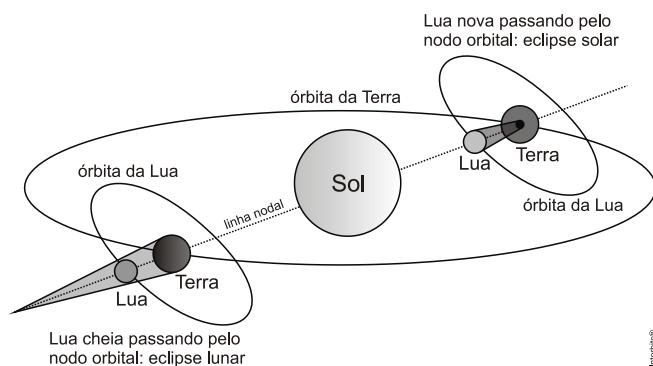
- apenas I.
- apenas II.
- apenas III.
- I e III.
- II e III.

## INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 2. (G1 - ifsp 2013)

### Mecanismos do Eclipse

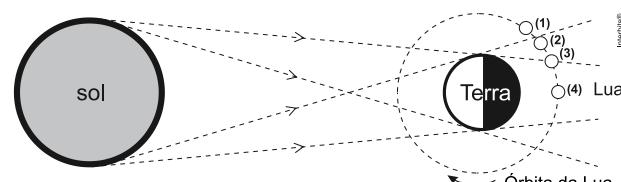
A condição para que ocorra um Eclipse é que haja um alinhamento total ou parcial entre Sol, Terra e Lua. A inclinação da órbita da Lua com relação ao equador da Terra provoca o fenômeno da Lua nascer em pontos diferentes no horizonte a cada dia.

Se não houvesse essa inclinação, todos os meses teríamos um Eclipse da Lua (na Lua Cheia) e um Eclipse do Sol (na Lua Nova).

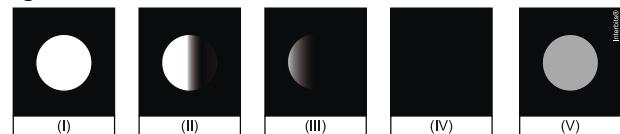


([www.seara.ufc.br/astronomia/fenomenos/eclipses.htm](http://www.seara.ufc.br/astronomia/fenomenos/eclipses.htm). Acesso em: 03.10.2012.)

Abaixo vemos a Lua representada, na figura, nas posições 1, 2, 3 e 4, correspondentes a instantes diferentes de um eclipse.



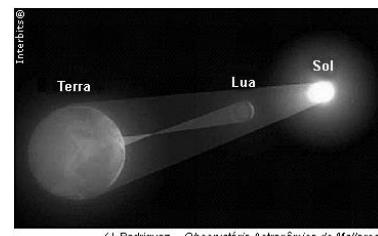
As figuras a seguir mostram como um observador, da Terra, pode ver a Lua. Numa noite de Lua Cheia, ele vê como na figura I.



Assinale a alternativa em que haja correta correspondência entre a posição da Lua, a figura observada e o tipo de eclipse.

	Lua na posição	Figura observada	Tipo de eclipse
a)	1	III	Solar parcial
b)	2	II	Lunar parcial
c)	3	I	Solar total
d)	4	IV	Lunar total
e)	3	V	Lunar parcial

**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 3. (G1 - ifsp 2012)** A figura ilustra, fora de escala, a ocorrência de um eclipse do Sol em determinada região do planeta Terra. Esse evento ocorre quando estiverem alinhados o Sol, a Terra e a Lua, funcionando, respectivamente, como fonte de luz, anteparo e obstáculo.



Para que possamos presenciar um eclipse solar, é preciso que estejamos numa época em que a Lua esteja na fase

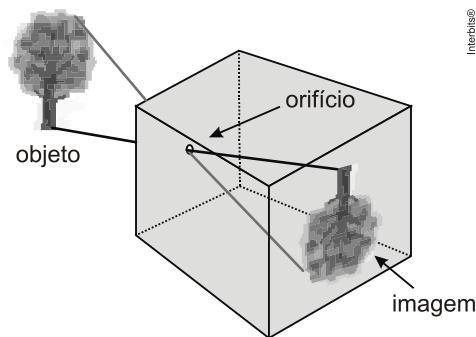
- nova ou cheia.
- minguante ou crescente.
- cheia, apenas.
- nova, apenas.
- minguante, apenas.

**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 4. (Pucrj 2013)** A uma certa hora da manhã, a inclinação dos raios solares é tal que um muro de 4,0 m de altura projeta, no chão horizontal, uma sombra de comprimento 6,0 m.

Uma senhora de 1,6 m de altura, caminhando na direção do muro, é totalmente coberta pela sombra quando se encontra a quantos metros do muro?

- 2,0
- 2,4
- 1,5
- 3,6
- 1,1

**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 5.** (Uftm 2012) Uma câmara escura de orifício reproduz uma imagem de 10 cm de altura de uma árvore observada. Se reduzirmos em 15 m a distância horizontal da câmara à árvore, essa imagem passa a ter altura de 15 cm.



- a) Qual é a distância horizontal inicial da árvore à câmara?
- b) Ao se diminuir o comprimento da câmara, porém mantendo seu orifício à mesma distância da árvore, o que ocorre com a imagem formada? Justifique.

**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 6.** (G1 - ifce 2012)

Uma bandeira do Brasil, que se encontra em uma sala escura, é iluminada com luz monocromática de cor azul. As cores apresentadas pelo retângulo, pelo losango, pelas letras da faixa central e pelo círculo são, respectivamente,

- a) verde, amarela, branca e azul.
- b) preta, preta, azul e azul.
- c) preta, preta, preta e azul.
- d) azul, preta, verde e azul.
- e) preta, preta, preta e preta.

**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 7.** (Fgvj 2011) Sob a luz solar, Tiago é visto, por pessoas de visão normal para cores, usando uma camisa amarela, e Diana, um vestido branco. Se iluminadas exclusivamente por uma luz azul, as mesmas roupas de Tiago e Diana parecerão, para essas pessoas, respectivamente,

- a) verde e branca.
- b) verde e azul.
- c) amarela e branca.
- d) preta e branca.
- e) preta e azul.

**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 8.** (Ucs 2012) O camaleão é um animal que possui capacidade mimética: pode trocar a coloração de sua pele para reproduzir a cor da superfície com a qual está em contato. Do ponto de vista do comportamento de ondas eletromagnéticas, a pele do camaleão tem a propriedade de

- a) gerar ondas com todas as frequências desejadas pelo animal.
- b) mudar suas propriedades de absorção e reflexão das ondas.
- c) absorver apenas os comprimentos de onda e refletir apenas as frequências.
- d) absorver apenas as frequências, mas refletir os comprimentos de ondas.

e) produzir e emitir ondas com diferentes velocidades no vácuo, mas mesmo comprimento de onda e mesma frequência.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

O texto a seguir refere-se à(s) seguinte(s) questão(ões). Leia-o com atenção!

### A TERRA É AZUL!

Em 1961, um homem – Yuri Gagarin – subiu, pela primeira vez, ao espaço. O feito posicionou os russos na frente da corrida espacial travada com os Estados Unidos após o fim da Segunda Guerra. Em 2011, comemoramos cinco décadas dessa façanha.

Por: Othon Winter

Em 12 de abril de 1961, Yuri Alekseevich Gagarin estava a bordo da espaçonave Vostok-1, lançada de uma plataforma em Baikonur, no Cazaquistão, por um foguete Soyuz. Durante o voo, que durou 108 minutos, sendo 90 minutos efetivamente no espaço, completou uma órbita ao redor da Terra, viajando a uma velocidade aproximada de 27 mil km/h. Na descida, foi ejetado da nave quando estava a 7 km de altura e chegou ao solo suavemente, com o auxílio de paraquedas.

Em órbita, Gagarin fez algumas anotações em seu diário de bordo. Porém, ao tentar usá-lo, o diário flutuou e voltou para ele sem o lápis, que estava conectado ao livro por uma mola. A partir de então, todos os registros tiveram que ser feitos por meio de um gravador de voz. Como ele era ativado por som, a fita ficou logo cheia, pois muitas vezes o equipamento era ativado pelos ruídos na cápsula. Durante o voo, Gagarin se alimentou e tomou água, mantendo contato contínuo com a Terra por rádio, em diferentes canais, telefone e telegrafo. Ele foi o primeiro ser humano a ver a Terra do espaço. Pôde vê-la como um todo e, entre as observações que fez, uma é marcante. Impressionado com o que via, afirmou: “A Terra é azul!”.

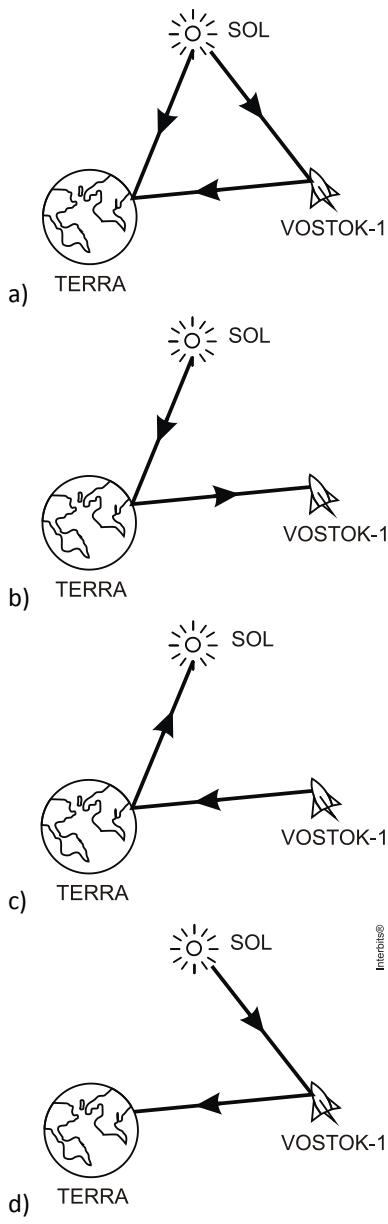
(Trecho adaptado a partir de matéria publicada na *Revista Ciência Hoje*, vol. 47, ed. 280. p. 72-73)

**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 9.** (G1 - cftrj 2012)

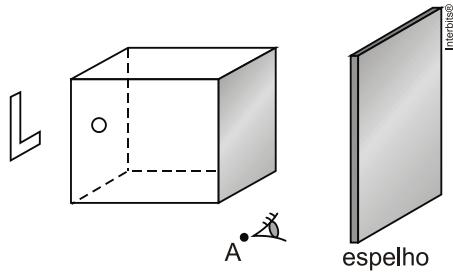
“Ele foi o primeiro ser humano a ver a Terra do espaço. Pôde vê-la como um todo e, entre as observações que fez, uma é marcante. Impressionado com o que via, afirmou: ‘A Terra é azul!’”

Assinale a alternativa em que estão corretamente representados os trajetos dos raios luminosos que permitiram a observação da Terra pelo astronauta soviético, a bordo da Vostok-1 há 50 anos.

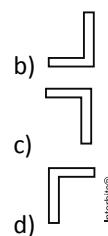
(As setas indicam o sentido de propagação da luz em cada raio luminoso e os desenhos encontram-se fora de escala).



**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 10.** (Epcar (Afa) 2011) Um objeto luminoso é colocado em frente ao orifício de uma câmara escura como mostra a figura abaixo.



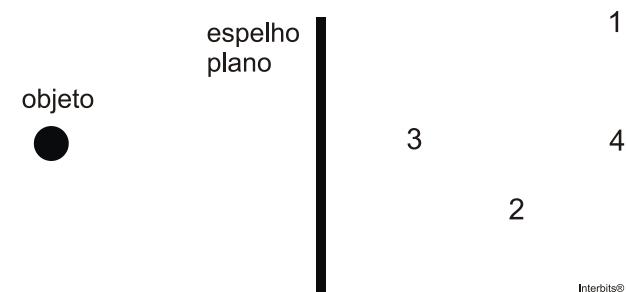
Do lado oposto ao orifício é colocado um espelho plano com sua face espelhada voltada para o anteparo translúcido da câmara e paralela a este, de forma que um observador em A possa visualizar a imagem do objeto estabelecida no anteparo pelo espelho. Nessas condições, a configuração que melhor representa a imagem vista pelo observador através do espelho é



**INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA 11.** (Udesc 2011) Considere as proposições sobre a luz e assinale a alternativa **incorrecta**.

- A luz se propaga em linha reta nos meios homogêneos e, ao incidir sobre a superfície de um espelho côncavo, é refletida.
- Quando um raio de luz segue uma trajetória num sentido qualquer e é refletido por um espelho plano, o raio refletido seguirá a mesma trajetória do raio incidente.
- Em um meio homogêneo, a luz que incide sobre uma lente pode seguir direções diferentes após atravessar essa lente, mas ainda em linha reta.
- Os raios luminosos são independentes entre si, por isso, podem cruzar-se sem que suas trajetórias sejam alteradas.
- No vácuo, a luz propaga-se em linha reta.

**ESPELHOS PLANOS 12.** (G1 - cftmg 2013) Diversos tipos de espelhos podem ser utilizados em aparelhos tais como telescópio, binóculos e microscópios. A figura a seguir representa um objeto puntiforme em frente a um espelho plano.



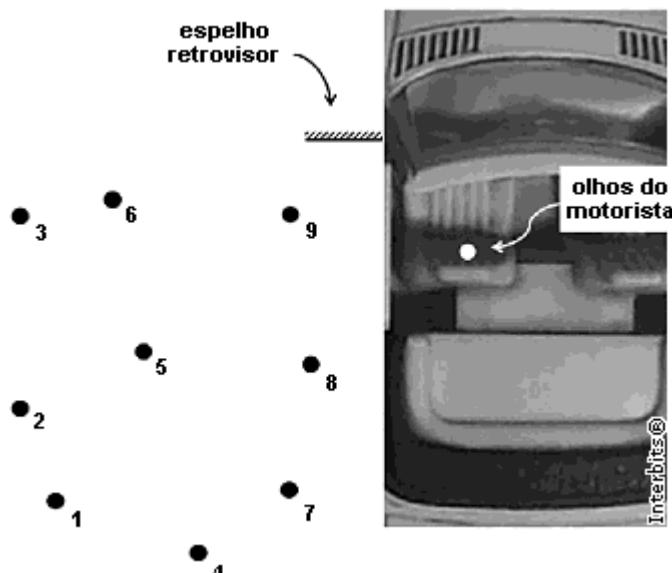
Considerando-se a reflexão da luz nesse espelho proveniente do objeto, sua imagem será formada na região  
 a) 1.  
 b) 2.  
 c) 3.  
 d) 4.

**ESPELHOS PLANOS 13.** (Uern 2013) Na noite do *réveillon* de 2013, Lucas estava usando uma camisa com o ano estampado na mesma. Ao visualizá-la através da imagem refletida em um espelho plano, o número do ano em questão observado por Lucas se apresentava da seguinte forma

- $3102$
- $8102$

c) 2013  
d) 3102

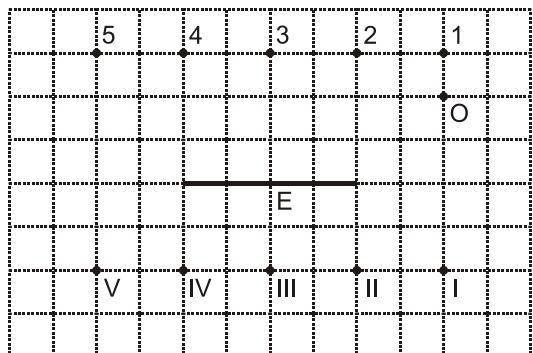
**ESPELHOS PLANOS 14.** (Unicamp 2012) A figura abaixo mostra um espelho retrovisor plano na lateral esquerda de um carro. O espelho está disposto verticalmente e a altura do seu centro coincide com a altura dos olhos do motorista. Os pontos da figura pertencem a um plano horizontal que passa pelo centro do espelho. Nesse caso, os pontos que podem ser vistos pelo motorista são:



- a) 1, 4, 5 e 9.
- b) 4, 7, 8 e 9.
- c) 1, 2, 5 e 9.
- d) 2, 5, 6 e 9.

TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 2 QUESTÕES:

Na figura a seguir, E representa um espelho plano que corta perpendicularmente a página, e O representa um pequeno objeto colocado no plano da página.



Na figura também estão representadas duas sequências de pontos. A sequência I, II, III, IV e V está localizada atrás do espelho, região de formação da imagem do objeto O pelo espelho E. A sequência 1, 2, 3, 4 e 5 indica as posições de cinco observadores. Considere que todos os pontos estão no plano da página.

**ESPELHOS PLANOS 16.** (Ufrgs 2010) Quais observadores podem ver a imagem do objeto O formada pelo espelho plano E?

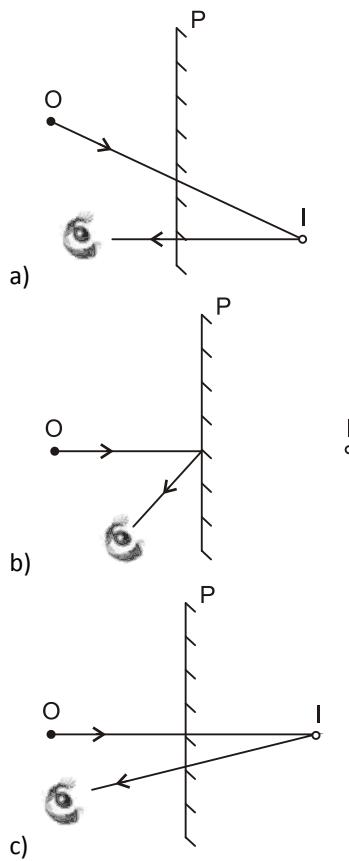
- a) Apenas 1.
- b) Apenas 4.
- c) Apenas 1 e 2.
- d) Apenas 4 e 5.
- e) Apenas 2, 3 e 4.

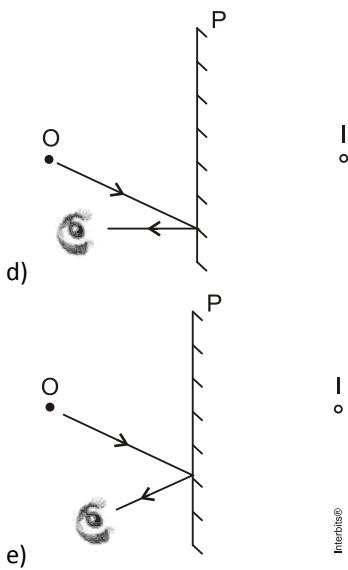
**ESPELHOS PLANOS 17.** (Ufrgs 2010) Qual é o ponto que melhor representa a posição da imagem do objeto O formada pelo espelho plano E?

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) IV.
- e) V.

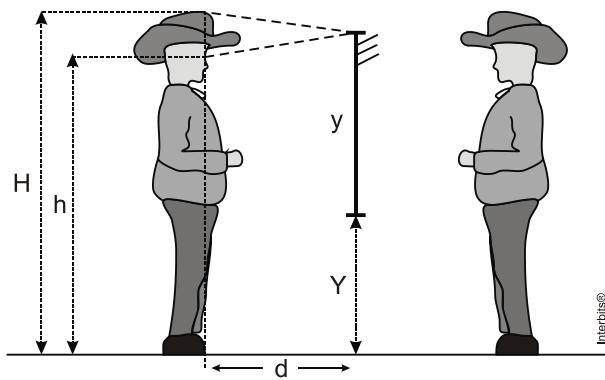
**ESPELHOS PLANOS 18.** (Ufrgs 2013) Nos diagramas abaixo, O representa um pequeno objeto luminoso que está colocado diante de um espelho plano P, perpendicular à página, ambos imersos no ar; I representa a imagem do objeto formada pelo espelho, e o olho representa a posição de quem observa a imagem.

Qual dos diagramas abaixo representa corretamente a posição da imagem e o traçado dos raios que chegam ao observador?





**ESPELHOS PLANOS 19.** (Fuvest 2012) Um rapaz com chapéu observa sua imagem em um espelho plano e vertical. O espelho tem o tamanho mínimo necessário,  $y = 1,0\text{ m}$ , para que o rapaz, a uma distância  $d = 0,5\text{ m}$ , veja a sua imagem do topo do chapéu à ponta dos pés. A distância de seus olhos ao piso horizontal é  $h = 1,60\text{ m}$ . A figura da página de resposta ilustra essa situação e, em linha tracejada, mostra o percurso do raio de luz relativo à formação da imagem do ponto mais alto do chapéu.



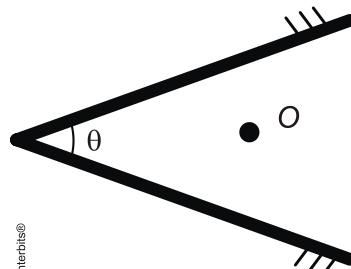
- Desenhe, na figura da página de resposta, o percurso do raio de luz relativo à formação da imagem da ponta dos pés do rapaz.
- Determine a altura  $H$  do topo do chapéu ao chão.
- Determine a distância  $Y$  da base do espelho ao chão.
- Quais os novos valores do tamanho mínimo do espelho ( $y'$ ) e da distância da base do espelho ao chão ( $Y'$ ) para que o rapaz veja sua imagem do topo do chapéu à ponta dos pés, quando se afasta para uma distância  $d'$  igual a 1 m do espelho?

#### NOTE E ADOTE

O topo do chapéu, os olhos e a ponta dos pés do rapaz estão em uma mesma linha vertical.

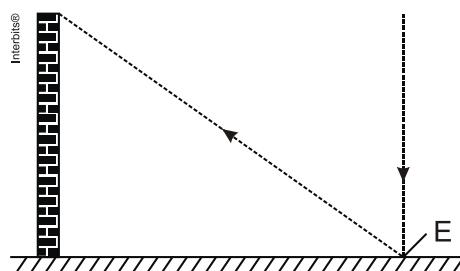
**ESPELHOS PLANOS 20.** (Pucsp 2012) Um aluno colocou um objeto “O” entre as superfícies refletoras de dois espelhos planos associados e que formavam entre si um ângulo  $\theta$ , obtendo  $n$  imagens. Quando reduziu o ângulo entre os

espelhos para  $\theta/4$ , passou a obter  $m$  imagens. A relação entre  $m$  e  $n$  é:



- $m = 4n + 3$
- $m = 4n - 3$
- $m = 4(n + 1)$
- $m = 4(n - 1)$
- $m = 4n$

**ESPELHOS PLANOS 21.** (Ufpb 2011) Uma usina solar é uma forma de se obter energia limpa. A configuração mais comum é constituída de espelhos móveis espalhados por uma área plana, os quais projetam a luz solar refletida para um mesmo ponto situado no alto de uma torre. Nesse sentido, considere a representação simplificada dessa usina por um único espelho plano E e uma torre, conforme mostrado na figura abaixo.



Com relação a essa figura, considere:

- A altura da torre é de 100 m;
- A distância percorrida pela luz do espelho até o topo da torre é de 200 m;
- A luz do sol incide verticalmente sobre a área plana;
- As dimensões do espelho E devem ser desprezadas.

Nessa situação, conclui-se que o ângulo de incidência de um feixe de luz solar sobre o espelho E é de:

- 90°
- 60°
- 45°
- 30°
- 0°

**ESPELHOS PLANOS 22.** (G1 - ifce 2011) Um garoto parado na rua vê sua imagem refletida por um espelho plano preso verticalmente na traseira de um ônibus que se afasta com velocidade escalar constante de 36 km/h.

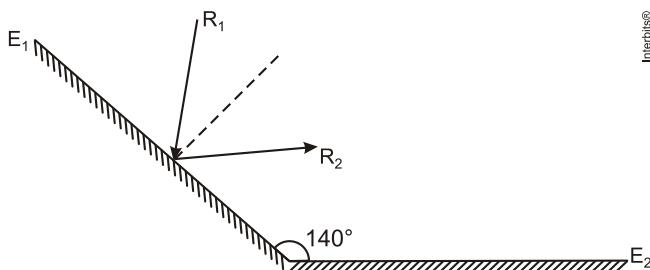
Em relação ao garoto e ao ônibus, as velocidades da imagem são, respectivamente,

- 20 m/s e 10 m/s.
- Zero e 10 m/s.
- 20 m/s e zero.

- d) 10 m/s e 20 m/s  
e) 20 m/s e 20 m/s.

**ESPELHOS PLANOS** 23. (Ufpb 2010) A figura a seguir mostra dois espelhos planos,  $E_1$  e  $E_2$ , que formam um ângulo de  $140^\circ$  entre eles.

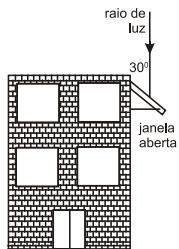
Um raio luminoso  $R_1$  incide e é refletido no espelho  $E_1$ , de acordo com a figura a seguir.



Nessa situação, para que o raio refletido  $R_2$  seja paralelo ao espelho  $E_2$ , o ângulo de incidência de  $R_1$  no espelho  $E_1$  deve ser de:

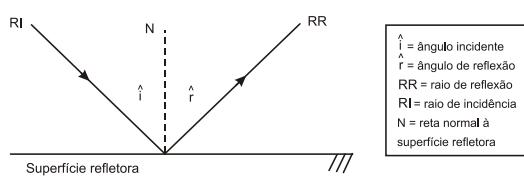
- a)  $20^\circ$   
b)  $30^\circ$   
c)  $40^\circ$   
d)  $50^\circ$   
e)  $60^\circ$

**ESPELHOS PLANOS** 24. (G1 - cps 2010) Imagine que um raio de luz incida na superfície da janela lateral de um edifício, formando um ângulo de  $30^\circ$ , conforme mostra a figura a seguir.



Lembre que:  
Lei da reflexão

$$\hat{i} = \hat{r}$$



Considerando o vidro da janela como uma superfície plana e lisa, o valor do ângulo de reflexão é

- a)  $15^\circ$ .  
b)  $25^\circ$ .  
c)  $30^\circ$ .  
d)  $45^\circ$ .  
e)  $60^\circ$ .

**ESPELHOS PLANOS** 25. (Udesc 2010) Um estudante pretende observar inteiramente uma árvore de 10,80 m de altura, usando um espelho plano de 80,0 cm. O estudante consegue seu objetivo quando o espelho está colocado a 5,0 m de distância da árvore. A distância mínima entre o espelho e o estudante é:

- a) 0,40 m

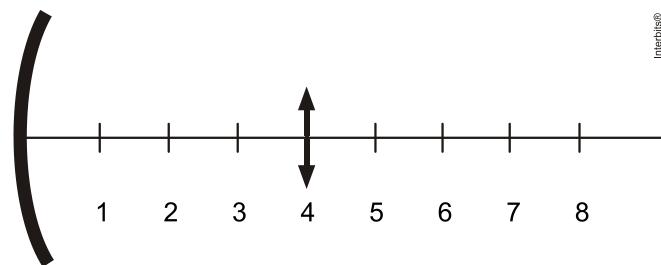
- b) 0,50 m  
c) 0,20 m  
d) 0,60 m  
e) 0,80 m

**ESPELHOS ESFÉRICOS** 26. (Uemg 2014) Muitos profissionais precisam de espelhos em seu trabalho. Porteiros, por exemplo, necessitam de espelhos que lhes permitem ter um campo visual maior, ao passo que dentistas utilizam espelhos que lhes fornecem imagens com maior riqueza de detalhes.

Os espelhos mais adequados para esses profissionais são, respectivamente, espelhos

- a) planos e côncavos.  
b) planos e convexos.  
c) côncavos e convexos.  
d) convexos e côncavos.

**ESPELHOS ESFÉRICOS** 27. (Pucrs 2014) A figura a seguir mostra um espelho côncavo e diversas posições sobre o seu eixo principal. Um objeto e sua imagem, produzida por este espelho, são representados pelas flechas na posição 4.



O foco do espelho está no ponto identificado pelo número

- a) 1  
b) 2  
c) 3  
d) 4  
e) 8

**ESPELHOS ESFÉRICOS** 28. (Uern 2013) Um objeto que se encontra em frente a um espelho côncavo, além do seu centro de curvatura, passa a se movimentar em linha reta de encontro ao vértice do mesmo. Sobre a natureza da imagem produzida pelo espelho, é correto afirmar que é

- a) real durante todo o deslocamento.  
b) real no trajeto em que antecede o foco.  
c) imprópria quando o objeto estiver sobre o centro de curvatura.  
d) virtual somente no instante em que o objeto estiver sobre o foco.

**ESPELHOS ESFÉRICOS** 29. (Ufrgs 2012) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Para que os seguranças possam controlar o movimento dos clientes, muitos estabelecimentos comerciais instalam

espelhos convexos em pontos estratégicos das lojas.

A adoção desse procedimento deve-se ao fato de que esses espelhos aumentam o campo de visão do observador. Isto acontece porque a imagem de um objeto formada por esses espelhos é ..... , ..... e ..... objeto.

- a) virtual — direta — menor que o
- b) virtual — invertida — maior que o
- c) virtual — invertida — igual ao
- d) real — invertida — menor que o
- e) real — direta — igual ao

**ESPELHOS ESFÉRICOS 30.** (Ufsm 2012) A figura de Escher, "Mão com uma esfera espelhada", apresentada a seguir, foi usada para revisar propriedades dos espelhos esféricos. Então, preencha as lacunas.



Mão com uma esfera espelhada, de Maurits Escher

A imagem na esfera espelhada é \_\_\_\_\_; nesse caso, os raios que incidem no espelho são \_\_\_\_\_ numa direção que passa pelo \_\_\_\_\_ principal, afastando-se do \_\_\_\_\_ principal do espelho.

A sequência correta é

- a) virtual — refletidos — foco — eixo.
- b) real — refratados — eixo — foco.
- c) virtual — refletidos — eixo — eixo.
- d) real — refletidos — eixo — foco.
- e) virtual — refratados — foco — foco.

**ESPELHOS ESFÉRICOS 31.** (Uftm 2012) Sobre o comportamento dos espelhos esféricos, assinale a alternativa correta.

- a) Se um objeto real estiver no centro de curvatura de um espelho esférico sua imagem será real, direita e de mesmo tamanho que a do objeto.
- b) Os raios de luz que incidem, fora do eixo principal, sobre o vértice de um espelho esférico refletem-se passando pelo foco desse espelho.

- c) Os espelhos esféricos côncavos só formam imagens virtuais, sendo utilizados, por exemplo, em portas de garagens para aumentar o campo visual.
- d) Os espelhos convexos, por produzirem imagens ampliadas e reais, são bastante utilizados por dentistas em seu trabalho de inspeção dental.
- e) Os espelhos utilizados em telescópios são côncavos e as imagens por eles formadas são reais e se localizam, aproximadamente, no foco desses espelhos.

**ESPELHOS ESFÉRICOS 32.** (Upe 2011) Em relação aos espelhos esféricos, analise as proposições que se seguem:

- (1) A reta definida pelo centro de curvatura e pelo vértice do espelho é denominada de eixo secundário.
- (3) O ponto de encontro dos raios refletidos ou de seus prolongamentos, devido aos raios incidentes paralelos ao eixo principal, é denominado de foco principal.
- (5) O espelho côncavo tem foco virtual, e o espelho convexo, foco real.
- (7) Todo raio de luz que incide passando pelo foco, ao atingir o espelho, é refletido paralelo ao eixo principal.
- (9) Quando o objeto é posicionado entre o centro de curvatura e o foco do espelho côncavo, conclui-se que a imagem é real, invertida e maior do que o objeto.

A soma dos números entre parênteses que correspondem aos itens corretos é igual a

- a) 25
- b) 18
- c) 19
- d) 10
- e) 9

**ESPELHOS ESFÉRICOS 33.** (Uerj 2014) Um lápis é colocado perpendicularmente à reta que contém o foco e o vértice de um espelho esférico côncavo.

Considere os seguintes dados:

- comprimento do lápis = 10 cm;
- distância entre o foco e o vértice = 40 cm;
- distância entre o lápis e o vértice = 120 cm.

Calcule o tamanho da imagem do lápis.

**ESPELHOS ESFÉRICOS 34.** (Upe 2014) Um objeto foi colocado sobre o eixo principal de um espelho côncavo de raio de curvatura igual a 6,0 cm. A partir disso, é possível observar que uma imagem real foi formada a 12,0 cm de distância do vértice do espelho. Dessa forma, é **CORRETO** afirmar que o objeto encontra-se a uma distância do vértice do espelho igual a

- a) 2,0 cm
- b) 4,0 cm
- c) 5,0 cm
- d) 6,0 cm
- e) 8,0 cm

**ESPELHOS ESFÉRICOS** 35. (Unesp 2012) Observe o adesivo plástico apresentado no espelho côncavo de raio de curvatura igual a 1,0 m, na figura 1. Essa informação indica que o espelho produz imagens nítidas com dimensões até cinco vezes maiores do que as de um objeto colocado diante dele.



figura 1

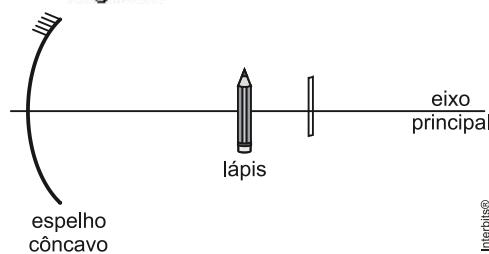


figura 2

Considerando válidas as condições de nitidez de Gauss para esse espelho, calcule o aumento linear conseguido quando o lápis estiver a 10 cm do vértice do espelho, perpendicularmente ao seu eixo principal, e a distância em que o lápis deveria estar do vértice do espelho, para que sua imagem fosse direita e ampliada cinco vezes.

**ESPELHOS ESFÉRICOS** 36. (Cesgranrio 2011) Um espelho esférico côncavo tem distância focal ( $f$ ) igual a 20 cm. Um objeto de 5 cm de altura é colocado de frente para a superfície refletora desse espelho, sobre o eixo principal, formando uma imagem real invertida e com 4 cm de altura. A distância, em centímetros, entre o objeto e a imagem é de

- a) 9
- b) 12
- c) 25
- d) 45
- e) 75

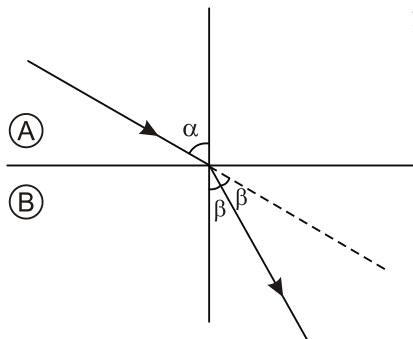
Está correto apenas o que se afirma em:

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e III.
- e) II e III.

**REFRAÇÃO** 38. (Pucrj 2012) Um feixe luminoso se propagando no ar incide em uma superfície de vidro. Calcule o ângulo que o feixe refratado faz com a normal à superfície sabendo que o ângulo de incidência  $\theta_i$  é de  $60^\circ$  e que os índices de refração do ar e do vidro,  $\eta_{\text{ar}}$  e  $\eta_{\text{vidro}}$ , são respectivamente 1,0 e  $\sqrt{3}$ .

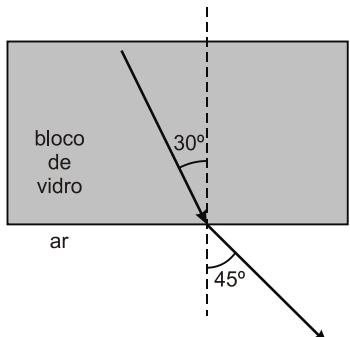
- a)  $30^\circ$
- b)  $45^\circ$
- c)  $60^\circ$
- d)  $73^\circ$
- e)  $90^\circ$

**REFRAÇÃO** 39. (Ibmecrj 2013) Um raio de luz monocromática se propaga do meio A para o meio B, de tal forma que o ângulo de refração  $\beta$  vale a metade do ângulo de incidência  $\alpha$ . Se o índice de refração do meio A vale 1 e o  $\sin \beta = 0,5$ , o índice de refração do meio B vale:



- a)  $\sqrt{2}$
- b) 3
- c)  $\sqrt{3}$
- d) 0,75
- e) 0,5

**REFRAÇÃO** 40. (Ufpe 2011) A figura apresenta um experimento com um raio de luz que passa de um bloco de vidro para o ar. Considere a velocidade da luz no ar como sendo igual à velocidade da luz no vácuo. Qual é a velocidade da luz dentro do bloco de vidro, em unidades de  $10^8 \text{ m/s}$ ?



Dados:

$$\text{Velocidade da luz no vácuo} = 3 \times 10^8 \text{ m/s};$$

$$\text{sen } 30^\circ = 0,50; \text{ sen } 45^\circ = 0,71.$$

**REFRAÇÃO 41.** (Cefet MG 2014) No vácuo, um determinado meio material isotrópico e transparente com índice de refração absoluto igual a 2 apresentará a condição de reflexão total para um raio de luz com ângulo limite de incidência igual a \_\_\_\_\_, propagando-se do \_\_\_\_\_ para o \_\_\_\_\_.

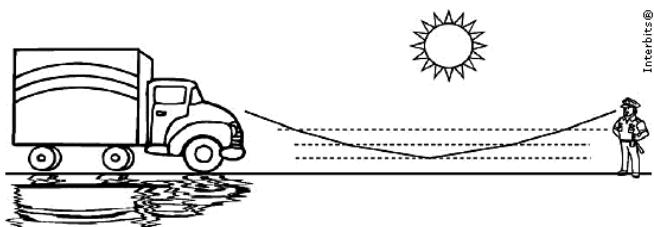
Os termos que preenchem, corretamente, as lacunas são

- a)  $30^\circ$ , material, vácuo.
- b)  $30^\circ$ , vácuo, material.
- c)  $60^\circ$ , material, vácuo.
- d)  $60^\circ$ , vácuo, material.
- e)  $90^\circ$ , vácuo, material.

**REFRAÇÃO 42.** (Uff 2011) O fenômeno da miragem, comum em desertos, ocorre em locais onde a temperatura do solo é alta.

Raios luminosos chegam aos olhos de um observador por dois caminhos distintos, um dos quais parece proveniente de uma imagem especular do objeto observado, como se esse estivesse ao lado de um espelho d'água (semelhante ao da superfície de um lago).

Um modelo simplificado para a explicação desse fenômeno é mostrado na figura abaixo.



O raio que parece provir da imagem especular sofre refrações sucessivas em diferentes camadas de ar próximas ao solo.

Esse modelo reflete um raciocínio que envolve a temperatura, densidade e índice de refração de cada uma das camadas.

O texto a seguir, preenchidas suas lacunas, expõe esse raciocínio.

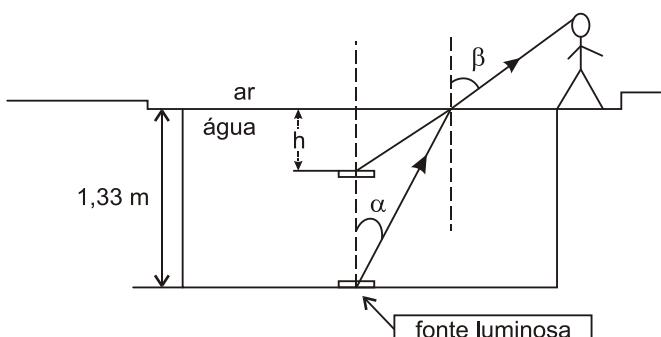
"A temperatura do ar \_\_\_\_\_ com a altura da camada, provocando \_\_\_\_\_ da densidade e \_\_\_\_\_ do índice de refração; por isso, as refrações sucessivas do raio descendente fazem o ângulo de refração \_\_\_\_\_ até que o raio sofra reflexão total, acontecendo o inverso em sua trajetória ascendente até o olho do observador".

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) aumenta – diminuição – aumento – diminuir
- b) aumenta – diminuição – diminuição – diminuir
- c) diminui – aumento – aumento – aumentar
- d) diminui – aumento – diminuição – aumentar
- e) não varia – diminuição – diminuição – aumentar

**REFRAÇÃO 43.** (Espcex (Aman) 2014) Uma fonte luminosa está fixada no fundo de uma piscina de profundidade igual a 1,33 m.

Uma pessoa na borda da piscina observa um feixe luminoso monocromático, emitido pela fonte, que forma um pequeno ângulo  $\alpha$  com a normal da superfície da água, e que, depois de refratado, forma um pequeno ângulo  $\beta$  com a normal da superfície da água, conforme o desenho.



desenho ilustrativo - fora de escala

Interbols®

A profundidade aparente "h" da fonte luminosa vista pela pessoa é de:

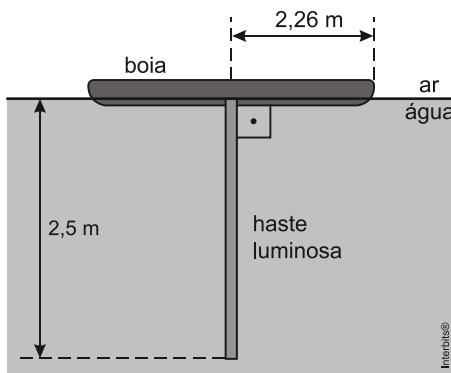
**Dados:** sendo os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  pequenos, considere  $\operatorname{tg}\alpha \approx \operatorname{sen}\alpha$  e  $\operatorname{tg}\beta \approx \operatorname{sen}\beta$ .

$$\text{índice de refração da água: } n_{\text{água}} = 1,33$$

$$\text{índice de refração do ar: } n_{\text{ar}} = 1$$

- a) 0,80 m
- b) 1,00 m
- c) 1,10 m
- d) 1,20 m
- e) 1,33 m

**REFRAÇÃO 44.** (Unesp 2013) Uma haste luminosa de 2,5 m de comprimento está presa verticalmente a uma boia opaca circular de 2,26 m de raio, que flutua nas águas paradas e transparentes de uma piscina, como mostra a figura. Devido à presença da boia e ao fenômeno da reflexão total da luz, apenas uma parte da haste pode ser vista por observadores que estejam fora da água.



fora de escala

Interbols®

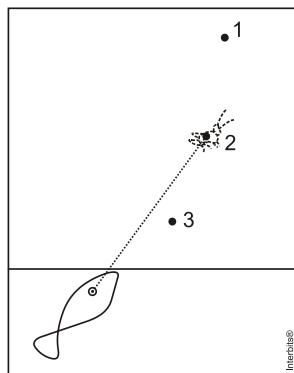
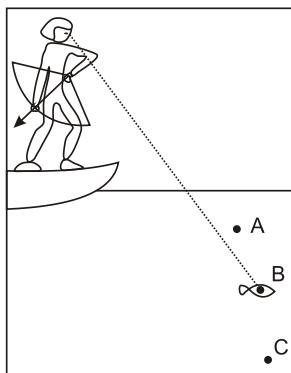
Considere que o índice de refração do ar seja 1,0, o da água da piscina  $\frac{4}{3}$ , sen  $48,6^\circ = 0,75$  e tg  $48,6^\circ = 1,13$ . Um observador que esteja fora da água poderá ver, no máximo, uma porcentagem do comprimento da haste igual a

- 70%.
- 60%.
- 50%.
- 20%.
- 40%.

**REFRAÇÃO 45.** (Uem 2011) Com relação ao fenômeno físico da refração, assinale o que for correto.

- Em um meio material, uniforme, homogêneo e que possui índice de refração maior que o do ar, o índice de refração é mínimo para a luz violeta e máximo para a luz vermelha.
- Ao passar de um meio menos refringente, A, para um meio mais refringente, B, a luz que se propagar com maior velocidade, no meio B, sofrerá menor desvio com relação à normal.
- Prismas de refringência que exploram o fenômeno da refração podem ser usados em espectroscopia para a análise de luzes monocromáticas.
- A lei de Snell-Descartes afirma que, para cada par de meios e para cada luz monocromática que se refrata, o produto do seno do ângulo que o raio forma com a normal e o índice de refração do meio é constante.
- Um raio de luz policromática, ao atravessar obliquamente o vidro plano e semitransparente de uma janela, sofrerá um desvio lateral que será tanto maior quanto maior for o índice de refração do vidro da janela.

**REFRAÇÃO 46.** (Ufpa 2011) Os índios amazônicos comumente pescam com arco e flecha. Já na Ásia e na Austrália, o peixe arqueiro capture insetos, os quais ele derruba sobre a água, acertando-os com jatos disparados de sua boca. Em ambos os casos a presa e o caçador encontram-se em meios diferentes. As figuras abaixo mostram qual é a posição da imagem da presa, conforme vista pelo caçador, em cada situação.



Identifique, em cada caso, em qual dos pontos mostrados, o caçador deve fazer pontaria para maximizar suas chances de acertar a presa.

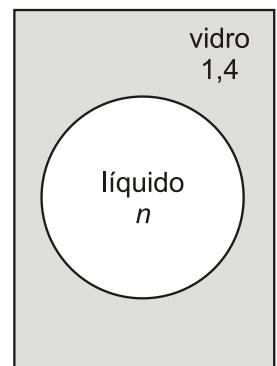
- Homem em A; peixe arqueiro em 1
- Homem em A; peixe arqueiro em 3
- Homem em B; peixe arqueiro em 2

- Homem em C; peixe arqueiro em 1
- Homem em C; peixe arqueiro em 3

**REFRAÇÃO 47.** (Ufla 2010) O índice de refração absoluto da luz em um meio é a relação entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz nesse meio. Dessa forma, é CORRETO afirmar que

- dependendo do tipo de meio, o índice de refração absoluto pode ser menor que 1.
- os meios mais refringentes possuem índices de refração absolutos maiores que os meios menos refringentes.
- o índice de refração absoluto de um meio diferente do vácuo é constante e independente da cor da luz.
- no vácuo, com a ausência de um meio material, o índice de refração absoluto é zero.

**LENTES ESFÉRICAS 48.** (Fuvest 2011) Um objeto decorativo consiste de um bloco de vidro transparente, de índice de refração igual a 1,4, com a forma de um paralelepípedo, que tem, em seu interior, uma bolha, aproximadamente esférica, preenchida com um líquido, também transparente, de índice de refração  $n$ . A figura a seguir mostra um perfil do objeto.



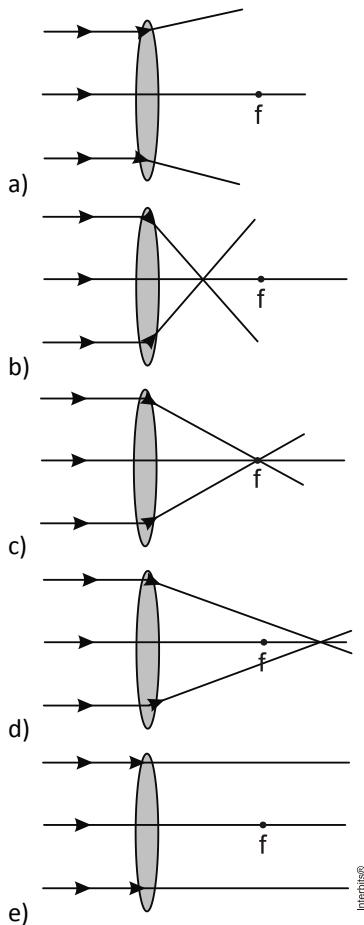
Nessas condições, quando a luz visível incide perpendicularmente em uma das faces do bloco e atravessa a bolha, o objeto se comporta, aproximadamente, como

- uma lente divergente, somente se  $n > 1,4$ .
- uma lente convergente, somente se  $n > 1,4$ .
- uma lente convergente, para qualquer valor de  $n$ .
- uma lente divergente, para qualquer valor de  $n$ .
- se a bolha não existisse, para qualquer valor de  $n$ .

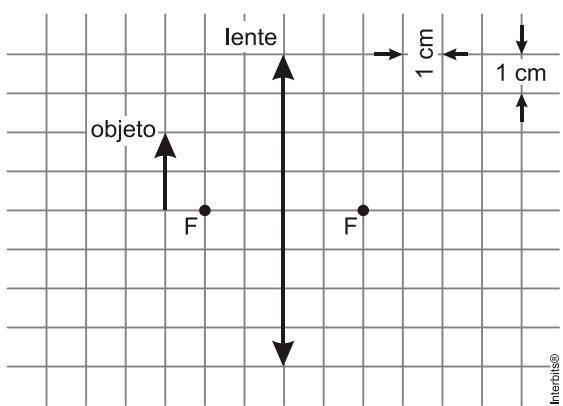
**LENTES ESFÉRICAS 49.** (G1 - ifsp 2014) De posse de uma lupa, um garoto observa as formigas no jardim. Ele posiciona o dispositivo óptico bem perto dos insetos (entre a lente e o seu foco) e os veem de maneira nítida. O tipo de lente que utiliza em sua lupa pode ser classificado como:

- Convergente, formando uma imagem real, maior e direita.
- Divergente, formando uma imagem virtual, menor e direita.
- Convergente, formando uma imagem virtual, maior e direita.
- Divergente, formando uma imagem real, maior e invertida.
- Convergente, formando uma imagem real, menor e invertida.

**LENTE ESFÉRICAS** 50. (Ufg 2013) Uma lente convergente de vidro possui distância focal  $f$  quando imersa no ar. Essa lente é mergulhada em glicerina, um tipo de álcool com índice de refração maior que o do ar. Considerando-se que o índice de refração do vidro é o mesmo da glicerina (iguais a 1,5), conclui-se que o diagrama que representa o comportamento de um feixe de luz incidindo sobre a lente imersa na glicerina é o seguinte:



**LENTE ESFÉRICAS** 51. (Unicamp 2013) Um objeto é disposto em frente a uma lente convergente, conforme a figura abaixo. Os focos principais da lente são indicados com a letra F. Pode-se afirmar que a imagem formada pela lente



- a) é real, invertida e mede 4 cm.
- b) é virtual, direta e fica a 6 cm da lente.
- c) é real, direta e mede 2 cm.
- d) é real, invertida e fica a 3 cm da lente.

**LENTE ESFÉRICAS** 52. (Epcar (Afa) 2012) A figura 1 abaixo ilustra o que um observador visualiza quando este coloca uma lente delgada côncavo-convexa a uma distância  $d$  sobre uma folha de papel onde está escrita a palavra LENTE.



Figura 1

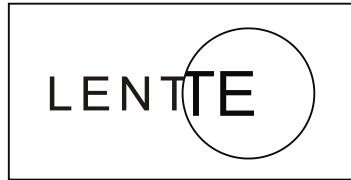


Figura 2

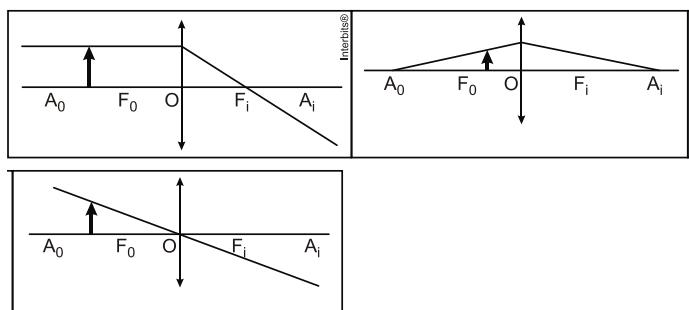
Justapondo-se uma outra lente delgada à primeira, mantendo esta associação à mesma distância  $d$  da folha, o observador passa a enxergar, da mesma posição, uma nova imagem, duas vezes menor, como mostra a figura 2. Considerando que o observador e as lentes estão imersos em ar, são feitas as seguintes afirmativas.

- I. A primeira lente é convergente.
- II. A segunda lente pode ser uma lente plano-côncava.
- III. Quando as duas lentes estão justapostas, a distância focal da lente equivalente é menor do que a distância focal da primeira lente.

São corretas apenas

- a) I e II apenas.
- b) I e III apenas.
- c) II e III apenas.
- d) I, II e III.

**LENTE ESFÉRICAS** 53. (G1 - ifpe 2012) Analisando os três raios notáveis de lentes esféricicas convergentes, dispostas pelas figuras abaixo, podemos afirmar que:



- a) Apenas um raio está correto.
- b) Apenas dois raios são corretos.
- c) Os três raios são corretos.
- d) Os raios notáveis dependem da posição do objeto, em relação ao eixo principal.
- e) Os raios notáveis dependem da posição da lente, em relação ao eixo principal.

**LENTE ESFÉRICAS** 54. (Espcex (Aman) 2012) Um objeto é colocado sobre o eixo principal de uma lente esférica delgada convergente a 70 cm de distância do centro óptico. A lente possui uma distância focal igual a 80 cm. Baseado nas informações anteriores, podemos afirmar que a imagem formada por esta lente é:

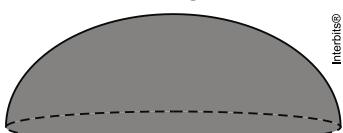
- real, invertida e menor que o objeto.
- virtual, direita e menor que o objeto.
- real, direita e maior que o objeto.
- virtual, direita e maior que o objeto.
- real, invertida e maior que o objeto.

**LENTE ESFÉRICAS** 55. (G1 - cps 2012) Nas plantações de verduras, em momentos de grande insolação, não é conveniente molhar as folhas, pois elas podem “queimar” a não ser que se faça uma irrigação contínua.



(http://farm2.static.flickr.com/1065/873281869\_3e6d00a0a0.jpg  
Acesso em: 03.09.2011)

Pingos na folha de verdura

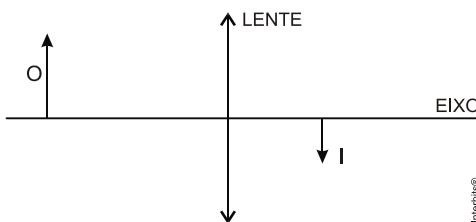


Formato ampliado de uma gota

Observando as figuras, conclui-se que a “queima” das verduras ocorre, porque as gotas depositadas sobre as folhas planas assumem formatos de objetos ópticos conhecidos como lentes

- biconvexas, que têm a propriedade de dispersar a radiação solar.
- bicôncavas, que têm a propriedade de dispersar a radiação solar.
- plano-convexas, que têm a propriedade de concentrar a radiação solar.
- plano-côncavas, que têm a propriedade de concentrar a radiação solar.
- convexo-côncavas, que têm a propriedade de concentrar a radiação solar.

**LENTE ESFÉRICAS** 56. (Ufsm 2011) Na figura a seguir, são representados um objeto (O) e a sua imagem (I) formada pelos raios de luz



Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

A lente em questão é \_\_\_\_\_, porque , para um objeto real, a imagem é \_\_\_\_\_ e aparece\_\_\_\_\_ que o objeto.

- convergente - real - menor
- convergente - virtual - menor
- convergente - real - maior
- divergente - real - maior
- divergente - virtual - menor

**LENTE ESFÉRICAS** 57. (G1 - ifsc 2011) Analise as proposições abaixo:

- Classificamos as lentes em relação ao seu formato e em relação ao meio em que elas estão imersas.
- Quando desejamos concentrar os raios luminosos que vêm do Sol em um único ponto, podemos utilizar lentes de bordas grossas desde que elas estejam imersas em um meio de índice de refração maior que o seu.
- Para que a imagem conjugada por uma lente seja nítida, devemos levar em consideração a espessura da lente e a maneira como os raios incidentes chegam a ela.
- Lentes esféricas são usadas em instrumentos ópticos para aumentar ou diminuir o tamanho da imagem, devido ao fato da luz sofrer dispersão ao atravessá-las.
- Uma lente convergente possui sempre os raios de curvatura de suas faces iguais.

Assinale a alternativa correta.

- Apenas as proposições I, II e IV são verdadeiras.
- Apenas as proposições I, II e III são verdadeiras.
- Apenas as proposições II, III e V são verdadeiras.
- Apenas as proposições II, IV e V são verdadeiras.
- Apenas as proposições III, IV e V são verdadeiras.

**LENTE ESFÉRICAS** 58. (Uftm 2011) As figuras mostram um mesmo texto visto de duas formas: na figura 1 a olho nu, e na figura 2 com o auxílio de uma lente esférica. As medidas nas figuras mostram as dimensões das letras nas duas situações.



figura 1



figura 2

Sabendo que a lente foi posicionada paralelamente à folha e a 12 cm dela, pode-se afirmar que ela é

- divergente e tem distância focal – 20 cm.
- divergente e tem distância focal – 40 cm.
- convergente e tem distância focal 15 cm.
- convergente e tem distância focal 20 cm.
- convergente e tem distância focal 45 cm.

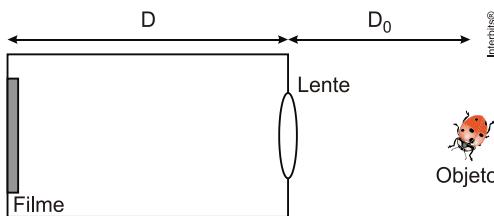
**LENTE ESFÉRICAS** 59. (Ufpr 2012) Um datiloscopista munido de uma lupa analisa uma impressão digital. Sua lupa é constituída por uma lente convergente com distância focal de 10 cm. Ao utilizá-la, ele vê a imagem virtual da impressão digital aumentada de 10 vezes em relação ao tamanho real. Com base nesses dados, assinale a alternativa correta para a distância que separa a lupa da impressão digital.

- a) 9,0 cm.
- b) 20,0 cm.
- c) 10,0 cm.
- d) 15,0 cm.
- e) 5,0 cm.

**LENTE ESFÉRICAS** 60. (Uff 2012) A macrofotografia é uma técnica utilizada para fotografar pequenos objetos. Uma condição que deve ser obedecida na realização dessa técnica é que a imagem do objeto no filme deve ter o mesmo tamanho do objeto real, ou seja, imagem e objeto devem estar na razão 1:1. Suponha uma câmera formada por uma lente, uma caixa vedada e um filme, como ilustra, esquematicamente,

a

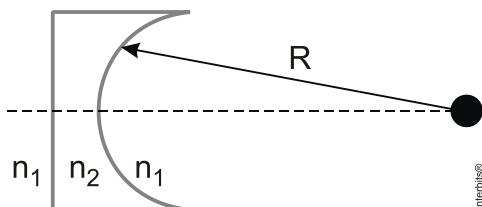
figura.



Considere que a distância focal da lente é 55mm e que D e D<sub>0</sub> representam, respectivamente, as distâncias da lente ao filme e do objeto à lente. Nesse caso, para realizar a macrofotografia, os valores de D e D<sub>0</sub> devem ser

- a) D = 110mm e D<sub>0</sub> = 55mm.
- b) D = 55mm e D<sub>0</sub> = 110mm.
- c) D = 110mm e D<sub>0</sub> = 110mm.
- d) D = 55mm e D<sub>0</sub> = 55mm.
- e) D = 55mm e D<sub>0</sub> = 220mm.

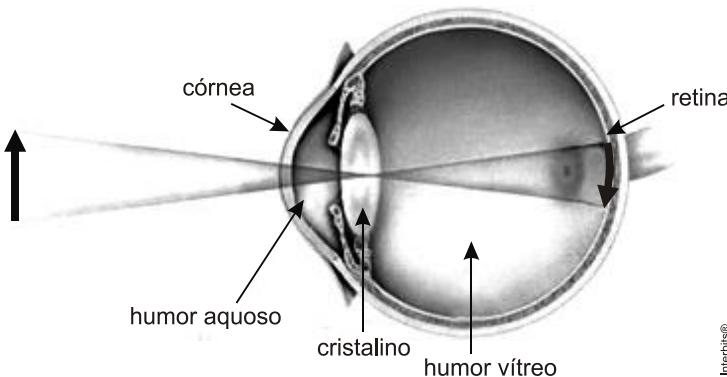
**LENTE ESFÉRICAS** 61. (Upe 2013) Uma lente planocôncava, mostrada na figura a seguir, possui um raio de curvatura R igual a 30 cm. Quando imersa no ar ( $n_1 = 1$ ), a lente comporta-se como uma lente divergente de distância focal f igual a -60 cm.



Assinale a alternativa que corresponde ao índice de refração  $n_2$  dessa lente.

- a) 0,5
- b) 1
- c) 1,5
- d) 2
- e) 2,5

**OLHO HUMANO** 62. (Ufsc 2013) Fazendo uma análise simplificada do olho humano, pode-se compará-lo a uma câmara escura. Fazendo uma análise cuidadosa, ele é mais sofisticado que uma câmera fotográfica ou filmadora. A maneira como o olho controla a entrada de luz e trabalha para focalizar a imagem para que ela seja formada com nitidez na retina é algo espetacular. A figura abaixo apresenta, de maneira esquemática, a estrutura do olho humano e a forma pela qual a luz que parte de um objeto chega à retina para ter a sua imagem formada. Na tabela abaixo, é apresentado o índice de refração de cada uma das partes do olho.



Disponível em: <<http://adventista.forumbrasil.net/t1533-sistema-optico-olho-humano-novo-olhar-sobre-a-visao-mais-complexidade>>. [Adaptado] Acesso em: 18 jul. 2012.

Parte do olho	Índice de refração
Córnea	1,37 a 1,38
Humor aquoso	1,33
Cristalino	1,38 a 1,41
Humor vítreo	1,33

Disponível em: <<http://adventista.forumbrasil.net/t1533-sistema-optico-olho-humano-novo-olhar-sobre-a-visao-mais-complexidade>>. [Adaptado] Acesso em: 18 jul. 2012.

Com base no exposto, assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- 01) A imagem do objeto formada na retina é real, invertida e menor, o que nos leva a afirmar que o cristalino é uma lente de comportamento convergente.
- 02) A velocidade da luz, ao passar pelas partes do olho, é maior no humor aquoso e no humor vítreo.
- 04) O fenômeno da refração da luz é garantido pelo desvio da trajetória da luz, sendo mantidas constantes todas as outras características da luz.
- 08) A refração da luz só ocorre no cristalino, cujo índice de refração é diferente do índice de refração do humor aquoso e do humor vítreo.
- 16) A miopia é um problema de visão caracterizado pela formação da imagem antes da retina, sendo corrigido com uma lente de comportamento divergente.
- 32) A presbiopia, popularmente chamada de "vista cansada", é um problema de visão similar à hipermetropia, sendo corrigido com uma lente de comportamento convergente.
- 64) A hipermetropia é um problema de visão caracterizado pela formação da imagem depois da retina, sendo corrigido com uma lente de comportamento divergente.

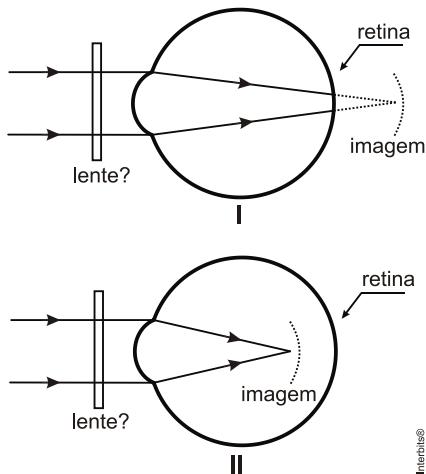
**OLHO HUMANO 63.** (Uern 2013) Numa família composta por 4 pessoas, cada uma com um defeito na visão diferente dos demais, tem-se que:

- o pai apresenta enrijecimento dos músculos ciliares, e com limitação de sua capacidade de acomodação visual tem dificuldades para enxergar objetos próximos e longínquos;
- a mãe apresenta um alongamento do globo ocular na direção ântero-posterior com dificuldade para enxergar objetos distantes;
- a filha apresenta irregularidades na curvatura da córnea e enxerga imagens embaçadas dos objetos próximos ou distantes;
- o filho apresenta um encurtamento do globo ocular na direção ântero-posterior com dificuldade para enxergar objetos próximos.

As lentes corretivas indicadas para os membros dessa família, considerando-se a ordem em que foram citados, são, respectivamente,

- a) cilíndricas, bifocais, convergentes e divergentes.
- b) divergentes, bifocais, convergentes e cilíndricas.
- c) bifocais, divergentes, cilíndricas e convergentes.
- d) convergentes, cilíndricas, divergentes e bifocais.

**OLHO HUMANO 64.** (Acafe 2012) A figura abaixo mostra esquematicamente o olho humano, enfatizando nos casos I e II os dois defeitos de visão mais comuns.



Nessa situação, assinale a alternativa correta que completa, em sequência, as lacunas da frase a seguir.

No caso I trata-se da \_\_\_\_\_, que pode ser corrigida com uma lente \_\_\_\_\_; já no caso II trata-se de

\_\_\_\_\_, que pode ser corrigida com uma lente \_\_\_\_\_.

- a) hipermetropia – convergente – miopia – divergente
- b) hipermetropia – divergente – miopia – convergente
- c) miopia – divergente – hipermetropia – convergente
- d) miopia – convergente – hipermetropia – divergente

**OLHO HUMANO 65.** (Acafe 2014) Um médico oftalmologista realizou uma cirurgia no globo ocular de dois pacientes (paciente A e paciente B), a fim de corrigir dois defeitos da visão. Para tanto, utiliza um método de cirurgia corretiva a Laser que possui maior precisão e eficiência. No paciente A o procedimento corrigiu o defeito e, com isso, o ponto remoto do olho foi colocado para mais longe. No paciente B houve a correção do defeito de tal modo que o ponto próximo foi trazido para mais perto do olho.

Nesse sentido, marque com **V** as afirmações **verdadeiras** e com **F** as **falsas**.

- ( ) O paciente A pode ter corrigido o defeito da hipermetropia.
- ( ) O paciente B utilizava uma lente convergente para corrigir seu defeito visual antes da cirurgia.
- ( ) A cirurgia no paciente A fez com que a imagem de um objeto, que se formava antes da retina, se forme exatamente sobre a retina.
- ( ) Antes da cirurgia a imagem de um objeto se formava atrás da retina no olho do paciente B.
- ( ) Uma das causas do defeito da visão do paciente A poderia ser por que seu globo ocular é achatado.

A sequência **correta**, de cima para baixo, é:

- a) F - V - V - V - F
- b) F - F - V - V - V
- c) F - V - F - V - V
- d) V - V - F - F - V

**OLHO HUMANO 66.** (Uerj 2013) Um jovem com visão perfeita observa um inseto pousado sobre uma parede na altura de seus olhos. A distância entre os olhos e o inseto é de 3 metros.

Considere que o inseto tenha 3 mm de tamanho e que a distância entre a córnea e a retina, onde se forma a imagem, é igual a 20 mm.

Determine o tamanho da imagem do inseto.