

Questões para Resolver

1. Considere um movimento ondulatório descrito pela função $x(t) = 10 \sin(2\pi 40 t)$ (m).

Indique:

1.1. A amplitude do movimento.

1.2. A frequência angular.

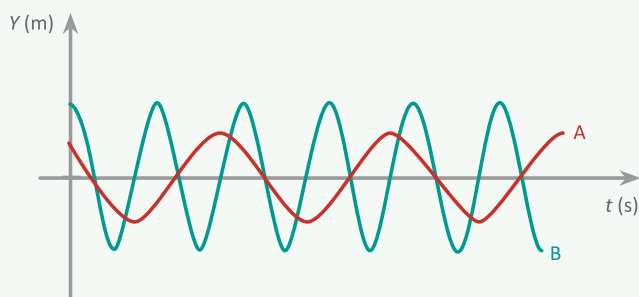
Calcule:

1.3. A frequência de oscilação.

1.4. O período de oscilação.

1.5. A frequência do sinal passados 10 s.

2. Um sonar envia um sinal que é refletido no fundo do mar. O tempo entre a sua emissão e a recepção é de 5 s. Sabendo que a velocidade de propagação do som na água do mar é $1500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, calcule a profundidade.



3. A figura representa duas ondas sonoras que se propagam no ar.

Sabendo que a onda A tem um período de 0,5 s, calcule:

3.1. A relação entre os períodos das duas ondas.

3.2. A relação entre as frequências das duas ondas.

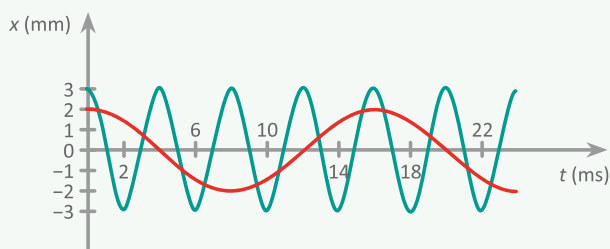
3.3. A relação entre o comprimento de onda das duas ondas.

4. O Ximenes ouviu um trovão, 5 s após um relâmpago. Calcule a distância a que se encontra da trovoad.

5. As ondas sonoras representadas na figura propagam-se no ar. Calcule:

5.1. A razão entre as amplitudes das duas ondas sonoras.

5.2. A razão entre as frequências das duas ondas sonoras.



C-1 Ótica Geométrica

1 Fenómenos óticos



Christiaan Huygens (1629-1695)

Christiaan Huygens, matemático, astrónomo e físico holandês nascido em 1629, em Haia, foi um dos primeiros cientistas a apresentar um modelo para explicar os fenómenos de reflexão e refração. Huygens considerou que a luz se comportava como uma onda, princípio segundo o qual se pode considerar cada ponto como o ponto de partida de uma onda esférica, sendo a frente de onda o resultado da sua sobreposição, como se mostra na figura 80. Estas ondas elementares interferem umas com as outras e o resultado de todas estas interferências é a nova frente de onda num instante posterior. No início do século XIX, a natureza ondulatória da luz ganhou novo fôlego com os estudos do inglês Thomas Young (1773-1829) e do francês Augustin Fresnel (1788-1827). O escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), tendo por base resultados experimentais, identificou a luz como uma onda eletromagnética, que ocupava uma pequena porção do espetro eletromagnético global.

Embora se considere a luz e toda a radiação eletromagnética como fenómenos ondulatórios, este não foi, nem é, o único ponto de vista possível.

Isaac Newton optou por um modelo diferente e considerou que a luz era constituída por partículas, ou corpúsculos, que eram lançados pelas fontes luminosas. Os diagramas A e B da figura 81 mostram como o fenómeno da reflexão pode ser interpretado utilizando o [modelo ondulatório](#) de Huygens e o [modelo corpuscular](#) de Newton.

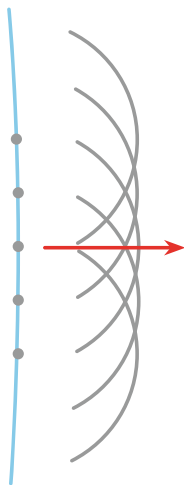


Figura 80 – Cada um dos pontos da frente da onda comporta-se como um emissor.

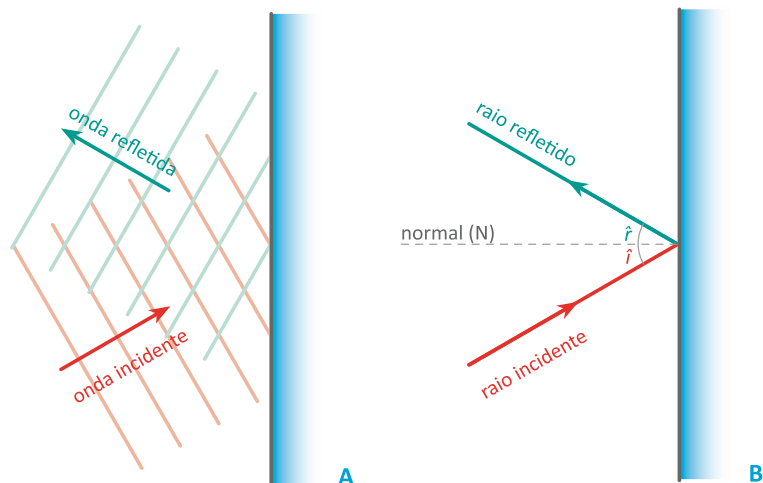


Figura 81 – A reflexão da luz numa superfície polida: (A) modelo ondulatório; (B) modelo corpuscular.

O modelo de raios teve um sucesso tal na interpretação da formação de imagens utilizando espelhos e lentes que fez esquecer, durante muitos anos, que a luz poderia ser encarada como uma onda. Compreende-se facilmente, observando o diagrama da figura 82 que, ao fazer incidir um feixe de raios luminosos paralelos entre si num espelho côncavo, estes vão convergir. Isto pode também ser feito utilizando um modelo de ondas, mas torna-se bastante mais complexo.

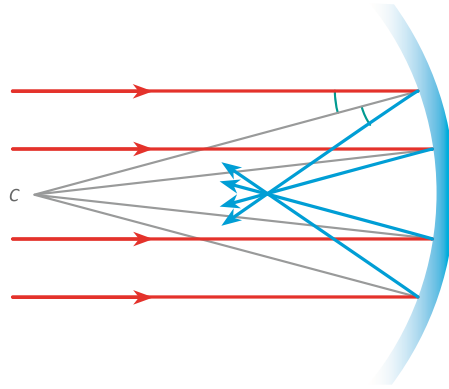


Figura 82 – Reflexão num espelho curvo côncavo.

No século XX, os trabalhos de Albert Einstein (1879-1955) estabeleceram que a luz tem natureza ondulatória e corpuscular. Assim se designa **dualidade onda-partícula**.

1.1 Propagação retilínea da luz

O princípio de Huygens corresponde a uma realidade física. Se, numa tina com água, se introduzir uma ponta metálica fina com vibração vertical, observa-se que à superfície da água se formam ondas circulares. Se se introduzir um conjunto de pontas metálicas infinitamente próximas umas das outras, com vibração vertical em simultâneo e em fase, observa-se, sobre a água, frentes de ondas planas como resultado da interferência das ondas circulares originadas em pontos próximos. Colocando, na direção de propagação da onda, uma plataforma com um orifício tão pequeno que se possa considerar pontual, pode observar-se que quase todas as ondas elementares originadas pelas pontas metálicas são absorvidas ou refletidas pelo obstáculo e apenas a onda elementar originada no ponto situado em frente ao orifício pontual se continua a propagar para lá do obstáculo, como se mostra na figura 83.

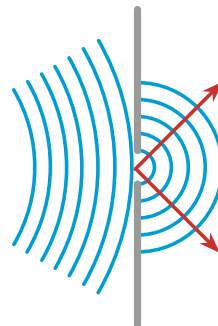


Figura 83 – Difração. Representação esquemática, da interação de uma onda com uma plataforma que permite apenas a propagação da onda elementar.

Nota:

Quando duas partículas se encontram na mesma posição relativamente ao equilíbrio, diz-se que estão em fase.

A saber:

A difração explica a possibilidade de uma onda contornar um obstáculo, penetrando na zona de sombra.

Nota:

No caso do som, onde o comprimento de onda varia aproximadamente entre os 2 cm e os 20 m, a difração nota-se facilmente para a maioria dos objetos.

Se as dimensões do orifício forem da ordem de grandeza do comprimento de onda, observa-se uma onda plana em frente ao orifício, resultado da interferência de um pequeno número de ondas elementares. Contudo, junto aos bordos do orifício, verifica-se que a frente de onda encurva como se a onda contornasse os bordos do orifício, deixando de se propagar retilineamente, como se ilustra na figura 84. Este fenómeno denomina-se **difração** e corresponde à possibilidade de uma onda contornar um obstáculo, penetrando na zona de sombra.

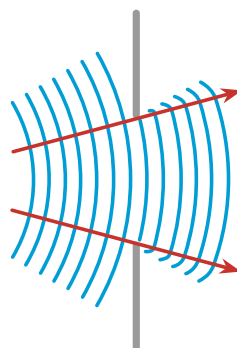


Figura 84 – Difração. Representação esquemática, da interação de uma onda com uma plataforma com um orifício de comprimento da ordem de grandeza do comprimento de onda.

Se se aumentar as dimensões do orifício, d , de modo que passe a ser muito maior que λ , $d \gg \lambda$, o efeito de difração praticamente não se observa. A onda continua a propagar-se para lá do obstáculo, com as mesmas características que tinha antes de o atingir, isto é em linha reta.

A luz visível tem comprimentos de onda entre cerca de 380 nm e 700 nm. Como a maioria dos objetos que se conseguem ver, têm dimensões muito superiores a 700 nm, a luz visível propaga-se em linha reta em relação a estes. Estamos na situação $d \gg \lambda$.

Nestas condições, usa-se o conceito de raio luminoso, definido como a perpendicular à frente de onda que se propaga, e que representa a direção de propagação da luz.

O conjunto dos raios luminosos provenientes de uma mesma fonte denomina-se **feixe luminoso**. Tendo em conta o modo de propagação, os feixes luminosos podem classificar-se em:

Paralelos – o feixe de luz propaga-se sempre com os raios paralelos entre si;

Convergentes – o feixe de luz converge num ponto;

Divergentes – o feixe de luz diverge a partir de um ponto da fonte.



Figura 85 – Feixes luminosos – paralelos, convergentes e divergentes.

A luz atravessa todos os meios materiais?

Meios como o vidro, a água límpida e o ar são alguns dos exemplos de meios onde a luz não se difunde. Quando olhamos através deles vemos os objetos que estão do outro lado. Estes meios designam-se **transparentes**. Nos meios em que a luz se difunde e não se consegue ver com nitidez os objetos que estão do outro lado, os meios designam-se **translúcidos**.

Quando os meios não se deixam atravessar pela luz designam-se por **opacos**.

1.2 Sombra, penumbra e eclipses

Na ausência de difração, a luz visível propaga-se retilineamente. Este facto comprova-se através das sombras bem definidas de objetos opacos colocados no trajeto dos raios luminosos, o que mostra que a luz não ilumina as zonas colocadas diretamente atrás dos obstáculos, como aconteceria se houvesse desvios à propagação retilínea.

Quando a fonte de luz se encontra muito próxima do objeto opaco ou é muito grande em relação ao objeto, como se mostra na figura 86, para além de uma **zona de sombra** irá formar-se uma **zona de penumbra**.

A **sombra** é totalmente escura porque não recebe luz nenhuma, isto é, da zona de sombra não se vê a fonte de luz.

A **penumbra** não é totalmente escura, apresenta uma claridade variável, sendo possível da zona de penumbra observar-se uma parte da fonte luminosa.

Este fenómeno, formação de zonas de sombra e ou zonas de penumbra, é observável na Terra aquando da ocorrência de eclipses do Sol e da Lua. Estes eclipses só ocorrem quando os três astros, Sol, que é a fonte de luz, Terra e Lua, ficam perfeitamente alinhados.

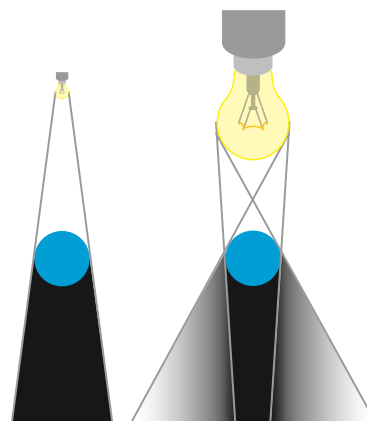


Figura 86 – Zonas de sombra e de penumbra.

A saber:

Chama-se eclipse à ocultação parcial ou total de um astro por interposição de outro.

O **eclipse do Sol** ocorre quando a Lua está entre a Terra e o Sol. Nos locais da Terra onde se projeta a sombra da Lua, diz-se que o eclipse do Sol é total. Nas zonas de penumbra o eclipse do Sol diz-se parcial.

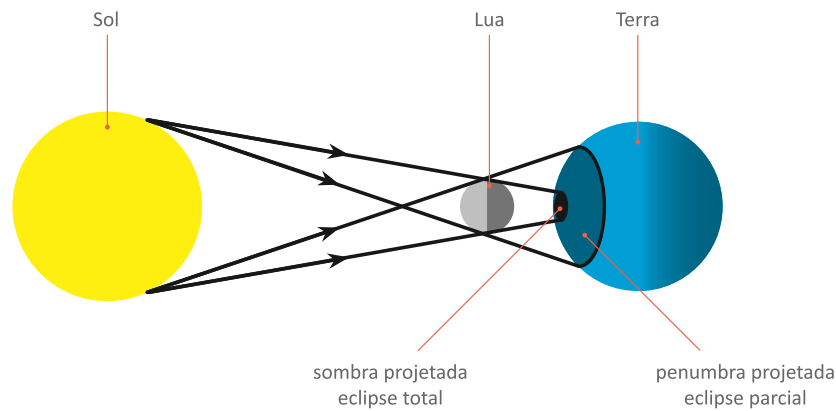


Figura 87 – Eclipse do Sol, representado esquematicamente.

O **eclipse da Lua** ocorre quando a Terra está entre o Sol e a Lua. Esta, ao passar na zona de sombra da Terra, deixa de se ver, originando o eclipse total da Lua. Se apenas uma parte da Lua fica na zona de sombra resulta o eclipse parcial da Lua.

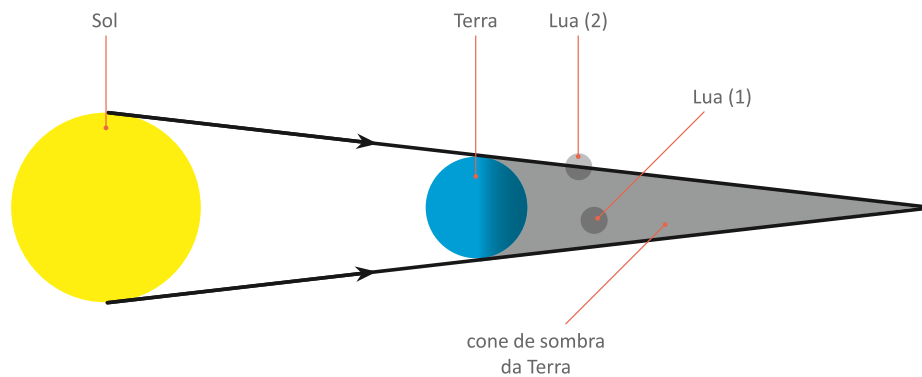


Figura 88 – Eclipse da Lua, representado esquematicamente.
(1) Eclipse Total: Lua totalmente no interior do cone de sombra.
(2) Eclipse Parcial: Lua parcialmente no interior do cone de sombra.

1.3 Reflexão e Refração. Lei de Snell-Descartes

Como se comporta um feixe de luz quando incide num vidro?

Quando um raio luminoso atinge a superfície que separa dois meios, como se mostra na figura 89, parte da energia luminosa é refletida e parte penetra no segundo meio.

A parte da luz refletida obedece às Leis da Reflexão isto é, o raio refletido está no plano de incidência e faz um ângulo com a normal que é igual em módulo ao ângulo de incidência, $|\hat{r}| = |\hat{i}|$.

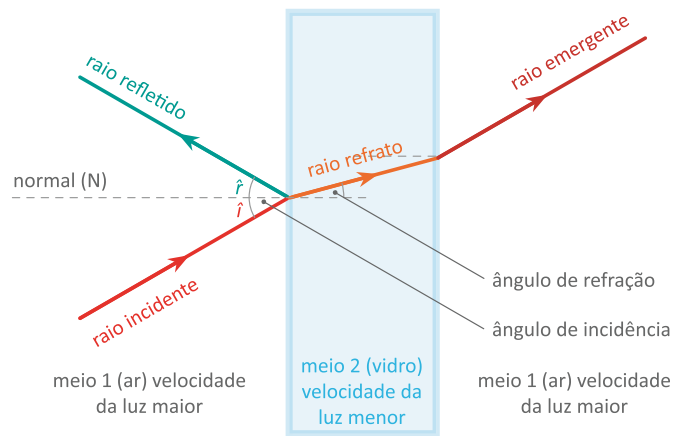


Figura 89 – Diagrama de raios em que um raio luminoso atinge a superfície que separa dois meios diferentes.

Quando a onda atravessa a superfície que separa os dois meios e o valor da velocidade de propagação da onda diminui, o módulo do ângulo de refração é menor que o módulo do ângulo de incidência, isto é, o raio refratado aproxima-se da normal.

Snell e Descartes estabeleceram uma relação entre os senos dos ângulos de incidência e os senos dos ângulos de refração. Verificaram que o quociente é sempre constante,

$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{\theta}} = \text{constante}$$

onde \hat{i} é o ângulo de incidência, que é o ângulo formado por um raio de onda incidente e pela normal à fronteira, no ponto de incidência, e $\hat{\theta}$ o ângulo de refração que é o ângulo formado por um raio de onda refratada e pela normal à fronteira, no ponto de interseção.

O exemplo apresentado na figura 90 (A, B, C) ilustra a relação entre os senos dos ângulos de incidência e de refração. Nesta figura, por simplicidade, não se representa o raio refletido.

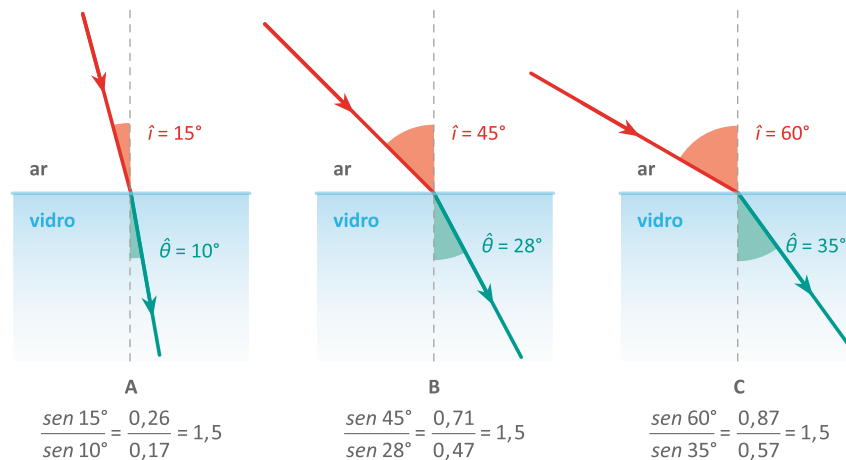


Figura 90 – Relação entre os senos dos ângulos de incidência e refração.

A constante de proporcionalidade designa-se por **índice de refração** de um meio em relação ao outro.

Define-se índice de refração absoluto de um material, n , como o quociente entre a velocidade de propagação da radiação no vácuo, c , e a velocidade da radiação nesse material, v , isto é

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

No vidro, a velocidade de propagação é aproximadamente, 2×10^8 m/s. Então, o índice de refração do vidro em relação ao ar é

$$n_{\text{vidro,ar}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8} = 1,5$$

O ar é um meio ótico menos denso, ou menos refringente. O vidro é um meio ótico mais denso, ou mais refringente.

Em geral, substâncias mais densas têm um valor para o índice de refração superior.

O **fenómeno da refração da luz** obedece à Lei de Snell-Descartes:

- O raio incidente, a normal no ponto de incidência e o raio refratado, encontram-se no mesmo plano;
- A razão entre o seno do ângulo de incidência, \hat{i} , e o seno do ângulo de refração, $\hat{\theta}$, é constante, e igual à razão dos índices de refração:

$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{\theta}} = \frac{n_2}{n_1}$$

A tabela 11 mostra o índice de refração de alguns materiais em relação ao vácuo. Note-se que estes valores dependem da temperatura.

Material	Índice de refração, n
Ar	1,003
Água	1,33
Água do mar	1,34
Gelo	1,31
Vidro	1,5 - 2,0
Diamante	2,42

Tabela 11 – Índice de refração de vários materiais.

1.4 Reflexão total. Ângulo crítico

O que sucede à trajetória de um raio luminoso que passe de um meio óticamente mais denso para um menos denso?

Quando um raio luminoso, não perpendicular à superfície, passa de um meio com maior índice de refração para um meio de menor índice de refração, o raio refratado afasta-se da normal. À medida que o ângulo de incidência aumenta, o ângulo de refração também aumenta, até que seja atingido um ângulo de incidência, designado por **ângulo crítico** ou **ângulo limite**, $\theta_{\text{crítico}}$, para o qual o ângulo de refração é 90° .

Para ângulos de incidência maiores do que este ângulo crítico, toda a energia é refletida, isto é, não ocorre a refração. Este fenómeno é denominado de **reflexão total**.

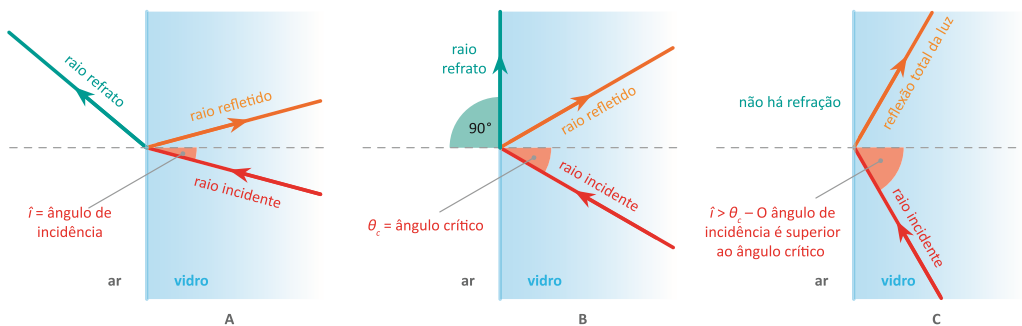


Figura 91 – Diagrama de raios para a difração, mostrando o ângulo crítico.

Na situação A, para um determinado valor do ângulo de incidência, ocorrem os fenómenos de reflexão e da refração da luz.

Na situação B, para um valor do ângulo de incidência igual ao chamado ângulo crítico, o módulo do ângulo de refração é 90° , emergindo então a luz rasante à superfície de separação, no ponto de incidência.

Na situação C, quando o valor do ângulo de incidência é superior ao valor do ângulo crítico, não ocorre o fenómeno da refração da luz. Toda a luz se reflete.

Tendo em conta as Leis de Snell-Descartes, obtém-se:

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

pelo que,

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

A saber:

O valor do ângulo crítico depende dos meios óticos em causa, ou seja da velocidade de propagação nesses meios.

A tabela 12 indica o valor do ângulo crítico de alguns materiais.

Material	Ângulo crítico, θ_c
Água	49°
Plástico acrílico	42°
Vidro	42°
Diamante	24°

Tabela 12 – Ângulo crítico de alguns materiais.

A reflexão total é utilizada em vários sistemas óticos. Por exemplo, nos periscópios dos submarinos, nos binóculos e nas máquinas fotográficas, utilizam-se prismas triangulares isósceles como dispositivos refletores. As fibras óticas aplicadas nas telecomunicações e na medicina, são outro exemplo de dispositivos onde se aplica a reflexão total.

Questões Resolvidas

1. A figura representa um diamante na superfície do qual incide um raio luminoso.

1.1. Efetue a legenda da figura.

1.2. Indique qual dos meios é óticamente mais denso.

1.3. Sabendo que o valor do ângulo definido por (1) é 30° e tendo em conta os valores apresentados na tabela, determine:

a. O valor do ângulo definido por (2).

b. O valor do ângulo que o raio D faz com a normal.

Resolução:

1.1.

A – Raio incidente.

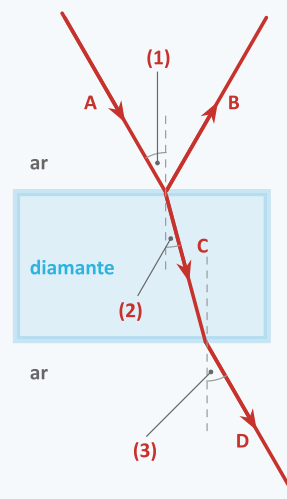
B – Raio refletido.

C – Raio refrato.

D – Raio emergente.

(1) – Ângulo de incidência.

(2) – Ângulo de refração.



1.2. O diamante é o meio ótico mais denso.

1.3.

a. Tendo em conta os valores apresentados na tabela 11, e que a razão entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração é constante e depende das características óticas dos dois meios,

$$\frac{\text{sen } (1)}{\text{sen } (2)} = \frac{n_{\text{diamante}}}{n_{\text{ar}}}$$

Como

$n_{\text{ar}} = 1,003$ e $n_{\text{diamante}} = 2,42$, obtém-se

$$\frac{\text{sen } 30^\circ}{\text{sen } (2)} = \frac{2,42}{1,003}$$

O valor do ângulo definido por (2) é tal que $\text{sen } (2) = 0,207$, ou seja $(2) = 11,95^\circ$.

b. Tendo em conta os valores apresentados na tabela 11 e que a razão entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração é constante e depende das características óticas dos dois meios,

$$\frac{\text{sen } (2)}{\text{sen } (3)} = \frac{n_{\text{ar}}}{n_{\text{diamante}}}$$

Como

$n_{\text{ar}} = 1,003$ e $n_{\text{diamante}} = 2,42$, obtém-se

$$\frac{\text{sen } 11,95^\circ}{\text{sen } (3)} = \frac{1,003}{2,42}$$

O valor do ângulo definido por (3) é tal que $\text{sen } (3) = 0,5$, ou seja $(3) = 30^\circ$.

2. Um raio luminoso passa do vidro para o ar. Sabendo que $n_{\text{vidro}} = 1,5$ e $n_{\text{ar}} = 1,0$, calcule o o ângulo crítico do vidro.

Resolução:

2. A partir da lei de Snell-Descartes, obtém-se:

$$n_{\text{vidro}} \text{sen } \hat{i} = n_{\text{ar}} \times \text{sen } \hat{\theta}$$

Então:

$$1,5 \text{sen } \theta_c = 1,0 \text{sen } 90^\circ$$

$$\text{sen } \theta_c = \frac{1,0}{1,5} = 0,67$$

$$\text{sen } \theta_c = 42^\circ$$

O valor do ângulo crítico do vidro é de 42° .

2 Aplicações

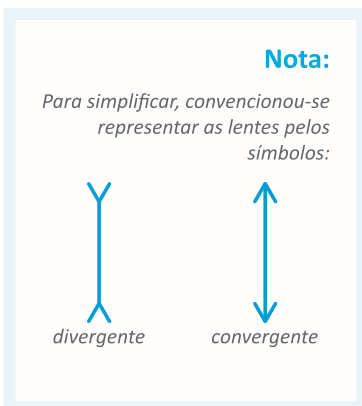
Como se viu, o comprimento de onda da luz é muito pequeno em comparação com a dimensão da maioria dos objetos, e portanto a difração pode ser ignorada no caso das ondas luminosas. A aproximação da propagação da luz em linha reta, pode ser utilizada.

2.1 Lentes

Os fenômenos descritos, nomeadamente a refração e a reflexão da luz, são utilizados em inúmeras aplicações. Por exemplo, nas lentes, nos espelhos e nas fibras óticas.

2.1.1 Tipos de lentes

Pode-se ter seis tipos de lentes esféricas, limitadas por superfícies designadas por dioptrios, que podem ser esféricos, ou esféricos e planos. Olhando para o perfil dessas lentes, verifica-se que estas se agrupam em dois conjuntos.



- **Lentes convergentes ou de bordos delgados.** São lentes que possuem bordos delgados e têm maior espessura no centro;
- **Lentes divergentes ou de bordos largos.** São lentes que possuem bordos mais espessos do que no centro.

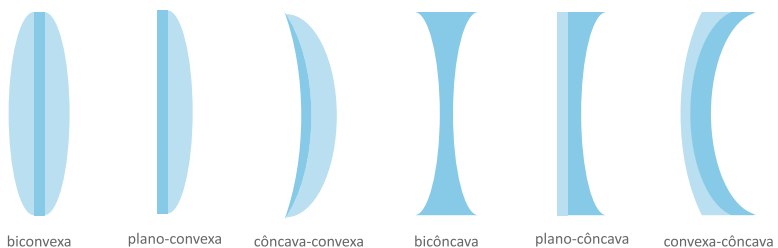


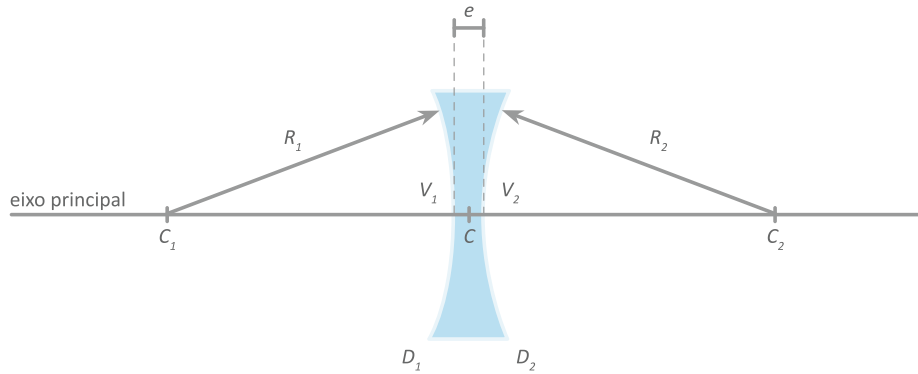
Figura 92 – Lentes convergentes e divergentes.

Os nomes das lentes são, usualmente, associados às faces.

- O prefixo bi (bicôncava ou biconvexa) é utilizado sempre que as faces tiverem nomes iguais;
- Se uma face for plana, o nome plano vem em primeiro lugar, (plano-côncava e plano-convexa);
- Para as restantes lentes, a face que apresentar maior raio de curvatura cita-se em primeiro lugar e em seguida a de menor curvatura.

Quais os elementos de uma lente esférica?

Elementos de uma lente esférica



D_1 – Diopetro de incidência

D_2 – Diopetro de emergência

C_1 e C_2 – Centros de curvatura das faces

R_1 e R_2 – Raios de curvatura das faces

V_1 e V_2 – Vértices das faces

e – Espessura da lente

C – Centro ótico da lente

Eixo principal – Retas que passam pelos centros de curvatura C_1 e C_2

Figura 93 – Elementos de uma lente esférica.

2.1.2 Distância focal e vergência

Como se comportam raios luminosos paralelos ao eixo principal ao passar por uma lente convergente? E por uma lente divergente?

Os raios luminosos paralelos ao eixo principal da lente sobre a qual incidem podem ser desviados, convergindo para o eixo principal ou divergindo dele. Isso depende da forma das lentes e do índice de refração do meio onde elas se encontram.

A **distância focal** de uma lente fina, f , é a distância entre o foco e a lente.

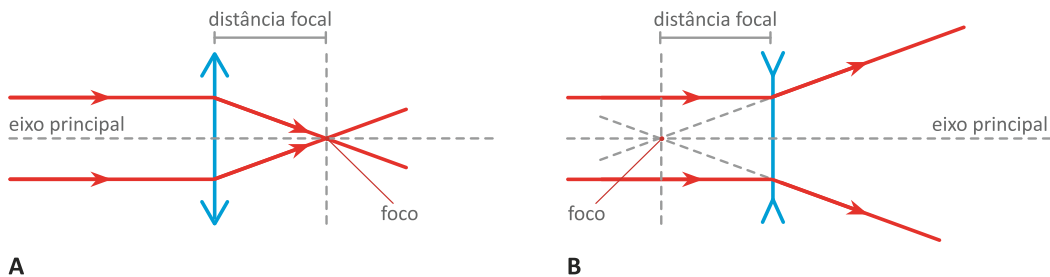


Figura 94 – Distância focal para lentes convergentes e divergentes.

Como se forma uma imagem por uma lente fina?

A imagem de um ponto, O' , pode ser determinada pelo cruzamento de raios que, partindo desse ponto, atravessam a lente, como se mostra na figura 95.

- Um raio que incide paralelo ao eixo principal, refrata-se passando pelo foco F' , raio 1.
- Um raio que incide passando pelo centro ótico da lente C , não sofre desvio, raio 2.
- Um raio que incide passando pelo foco F , refrata-se paralelo ao eixo principal, raio 3.

Estes raios cruzam-se num ponto, I' , que é a imagem do ponto O' .

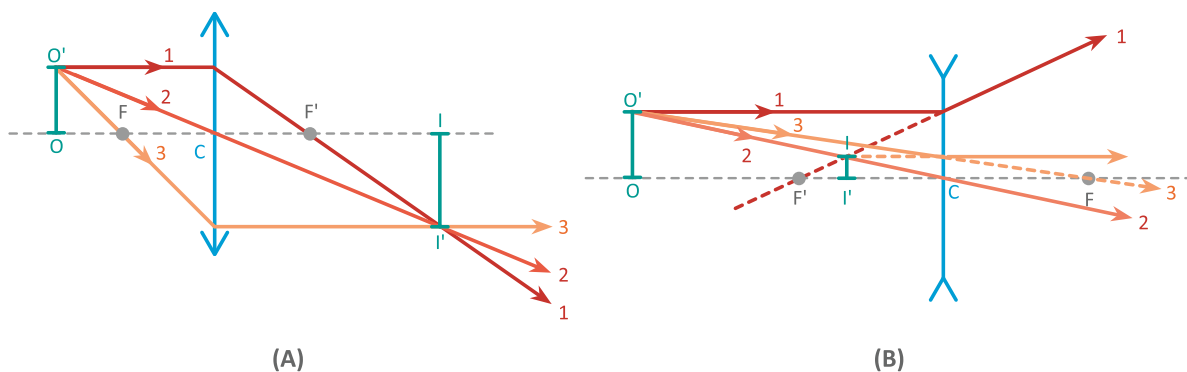


Figura 95 – Construção de imagens em lente convergente (A) e em lente divergente (B).

De uma forma geral tem-se:

- Distâncias focais de lentes convergentes são positivas e de divergentes negativas;
- Distâncias de objetos e imagens reais são positivas e de objetos e imagens virtuais são negativas;
- Imagem direita é positiva e imagem invertida, negativa.

Considere-se a figura 96, onde um ponto P está situado a uma distância s_o (maior que a distância focal) de uma lente fina convergente. A imagem P' é determinada pelo cruzamento de pelo menos dois raios que, partindo de P , atravessam a lente.

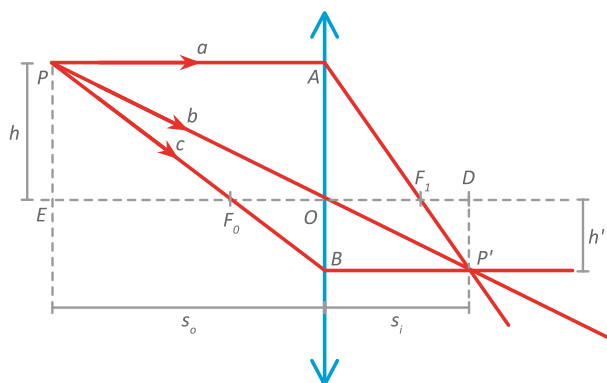


Figura 96 – Esquema para a obtenção da imagem de um ponto.

A equação de conjugação objeto-imagem que relaciona a distância s_i a que se forma a imagem (em relação à lente) com a distância focal f e a distância do objeto à lente s_o é dada por:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_i} + \frac{1}{s_o}$$

A razão entre as dimensões transversais da imagem e do objeto é designada por **ampliação transversal**, M_T , é então

$$M_T = \frac{h'}{h} = -\frac{s_i}{s_o}$$

Onde h e h' representam as alturas do objeto e da imagem, respetivamente.

A grandeza $1/f$ é designada por **potência da lente ou vergência**, C . Isto é, $C = \frac{1}{f}$.

Para lentes convergentes $C > 0$, e para lentes divergentes $C < 0$.

Utiliza-se para unidade de vergência a **dioptria (di)**. Uma dioptria é a unidade associada à distância focal de um metro. Portanto, $1 \text{ di} = \frac{1}{1 \text{ m}}$.

Questão Resolvida

1. Considere duas lentes, uma de 3,0 dioptrias e outra de 5,0 dioptrias. Qual delas é mais convergente?

Resolução:

1. Para a lente de 3,0 dioptrias, $C = 3,0$ e $C = \frac{1}{f}$, logo $f = 0,33 \text{ m}$.

Para a lente de 5,0 dioptrias, $C = 5,0$ e $C = \frac{1}{f}$, logo $f = 0,20 \text{ m}$.

A lente de 5,0 dioptrias é mais convergente, pois tem menor distância focal.

Quais as características das imagens obtidas com lentes convergentes e divergentes?

As características das imagens obtidas por uma lente dependem da posição do objeto em relação à lente.

As imagens podem ser classificadas tendo em conta a sua natureza, tamanho e orientação.

Quanto à sua **natureza** podem classificar-se em **imagens reais**, que são aquelas em que a luz realmente converge ou em **imagens virtuais**, quando são locais de onde a luz parece ter convergido.

Quanto ao **tamanho**, as imagens podem ser **menores**, **maiores** ou **do mesmo tamanho que o objeto**.

Quanto à sua **orientação**, as imagens podem ser classificadas em **imagens direitas** ou **invertidas**, que têm em conta a sua posição em relação ao eixo ótico.

A tabela seguinte apresenta as características das imagens obtidas para vários tipos de lentes.

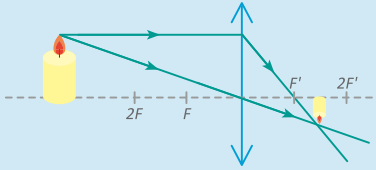
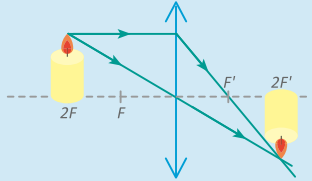
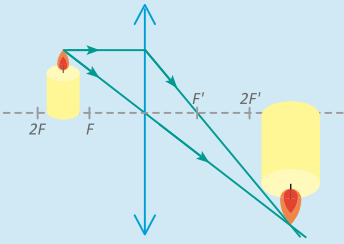
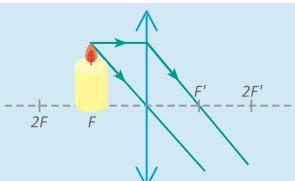
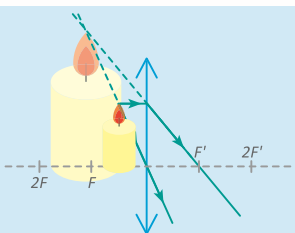
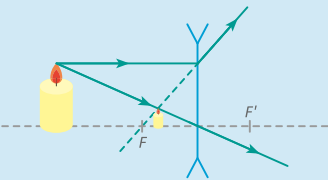
Tipo de lente	Posição do objeto em relação à lente	Características da imagem
Convergente	 <p>Objeto para lá da dupla distância focal</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Real – Invertida – Menor do que o objeto
Convergente	 <p>Objeto no centro de curvatura</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Real – Invertida – Do mesmo tamanho que o objeto
Convergente	 <p>Objeto entre o foco e a dupla distância focal</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Real – Invertida – Maior do que o objeto
Convergente	 <p>Objeto no foco</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Características indeterminadas, a imagem forma-se no infinito
Convergente	 <p>Objeto entre a lente e o foco</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Virtual – Direita – Maior do que o objeto
Divergente	 <p>Objeto em qualquer posição</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Virtual – Direita – Menor do que o objeto

Tabela 13 – Características das imagens obtidas para cada tipo de lente em função da posição do objeto.

2.1.3 Constituição do olho humano e correção dos seus defeitos

O olho humano, igualmente denominado globo ocular, é o órgão responsável pela visão nos seres humanos.

Como é constituído o olho humano? Como funciona o olho humano?

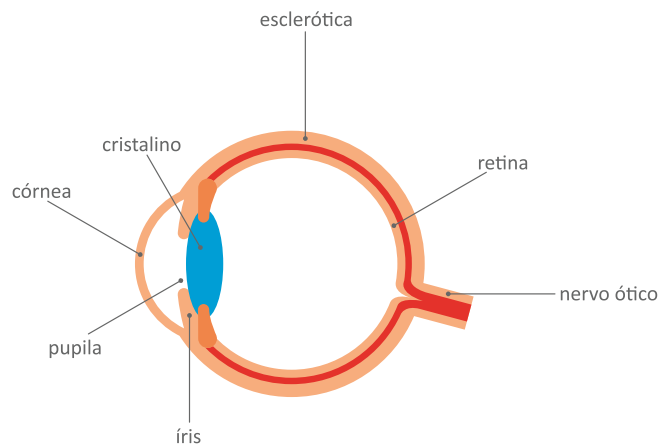


Figura 97 – Constituição do olho humano.

O olho humano é formado por três camadas concêntricas e composto por uma série de estruturas que controlam a passagem dos raios luminosos provenientes do exterior, com vista a projetá-los sobre uma membrana sensível aos estímulos luminosos, onde são formadas as imagens posteriormente elaboradas pelo cérebro.

A camada externa do olho é constituída por duas estruturas: a esclerótica e a córnea. A **esclerótica**, de aspeto branco, opaco e duro, está localizada na parte interna do olho, e a **córnea**, de aspeto transparente, encontra-se situada na parede externa do olho.

A **íris** é uma membrana que se situa na camada média do olho, e a sua cor varia de pessoa para pessoa. É constituída por um anel de músculos que controlam a abertura da pupila.

A **pupila** é uma abertura circular que se localiza atrás da córnea, perceptível desde o exterior como um ponto de cor negra, que regula a passagem dos raios luminosos até ao fundo do olho.

Logo atrás da pupila encontra-se o **cristalino** cuja contração altera a curvatura da lente, de modo a possibilitar a incidência dos raios luminosos sobre a retina. Assim, quando o objeto varia a sua distância em relação à lente, a imagem continua a formar-se sobre a retina. Este mecanismo de ajuste da imagem sobre a retina é designado por **acomodação visual**. Graças à acomodação visual, as imagens dos objetos situados a diferentes distâncias situam-se sempre sobre a retina.

A **retina** é uma membrana situada na camada interna do olho, responsável pela formação de imagens, ou seja, pela captação delas. É na retina que se situam as células fotossensíveis que, quando excitadas pela luz, estimulam as células nervosas adjacentes, provocando um impulso nervoso que se propaga pelo **nervo óptico**, que, por sua vez, o leva ao cérebro.

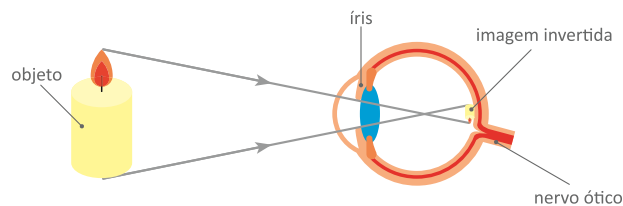


Figura 98 – A imagem formada no olho é invertida e menor que o objeto. A quantidade de luz que pode atravessar a córnea é controlada pela pupila. A luz que atravessa a córnea é focada pelo cristalino, focando as imagens dos objetos na retina.

Defeitos de visão

A maioria dos defeitos de visão humana deve-se a anomalias de focagem da luz na retina, sendo consideradas anomalias refrativas. As anomalias refrativas mais comuns são a **miopia** e a **hipermetropia**.

Miopia

A miopia, é um erro refrativo que ocorre quando o globo ocular é mais longo do que o normal ou o cristalino é demasiado convergente, o que faz com que os raios de luz sejam focados muito antes da retina.

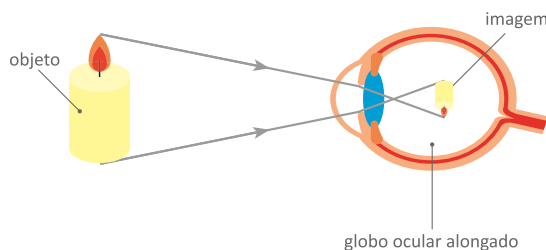


Figura 99 – Na miopia a imagem dos objetos distantes é focada à frente da retina e não sobre ela.

Uma pessoa míope vê mal ao longe e vê bem ao perto. Os objetos próximos, dentro da zona de acomodação, são vistos com nitidez, mas os objetos distantes ficam embaçados e difíceis de distinguir.

Hipermetropia

Na hipermetropia, a focagem da imagem dos objetos é feita após a retina. Isto acontece principalmente porque o globo ocular do hipermetrope é um pouco menor do que o normal, ou a córnea ou o cristalino têm alterações no seu formato que diminuem o seu poder refrativo. Uma pessoa hipermetrope vê geralmente mal ao perto e vê bem ao longe.

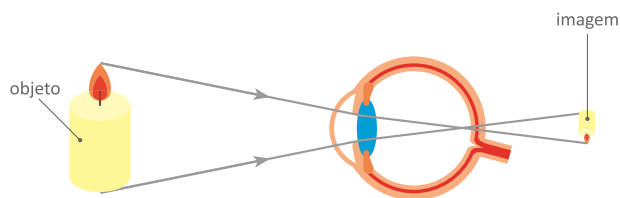


Figura 100 – Na hipermetropia a imagem dos objetos é focada após a retina e não sobre ela.

Correção dos defeitos de visão

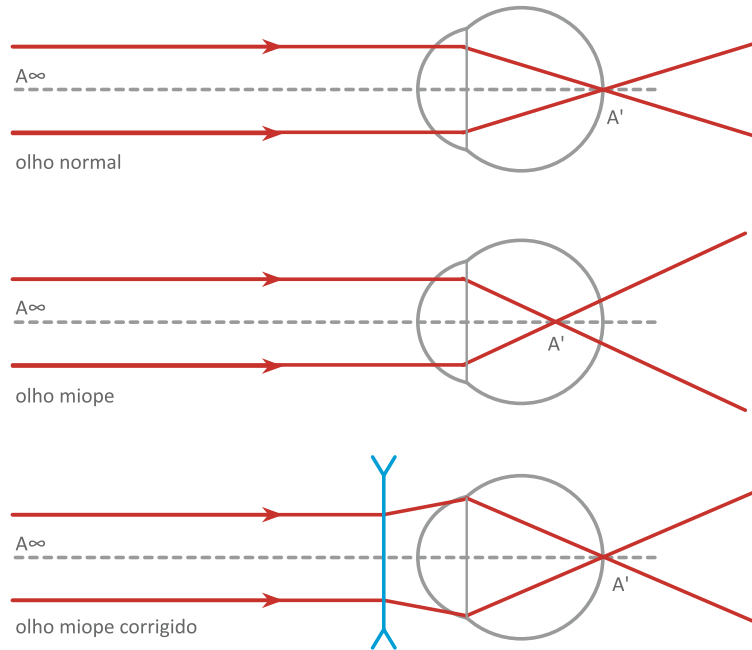


Figura 101 – Olho normal, olho míope e olho míope corrigido.

Para corrigir a miopia são usadas lentes divergentes. Os raios de luz divergem depois de passar a lente e, assim, a convergência feita pelo olho permite obter a imagem dos objetos na retina.

A hipermetropia corrige-se com uma lente convergente, que recoloca a imagem sobre a retina. O déficit na convergência dos raios de luz pelo olho é compensado pela lente.

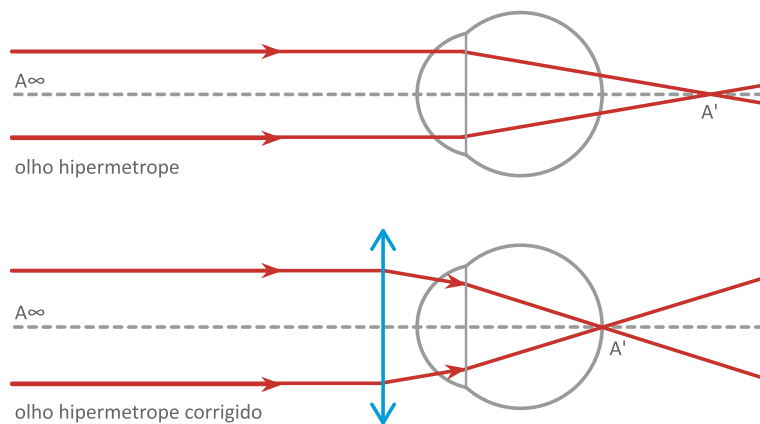


Figura 102 – Olho hipermetrope e olho hipermetrope corrigido.

Nota:

Para se ver os objetos distintamente, as dimensões das imagens, formadas na retina, devem ser iguais ou superiores à distância média entre células sensoriais, 0,005 mm.

2.1.4 Instrumentos óticos: lupa, microscópio e telescópio

Os instrumentos óticos têm como objetivo permitir ver os objetos mais distintamente do que à vista desarmada. Assim, para ver objetos muito pequenos ou muito distantes, temos de utilizar instrumentos óticos que permitam dar uma imagem intermédia que irá funcionar como objeto para o olho.

– Quando se tenta ver objetos muito pequenos usam-se instrumentos como a lupa ou o microscópio, por exemplo, que permitem aumentar os objetos.

A **lupa** é o instrumento ótico mais simples, constituído por uma lente fina, convergente. Utiliza-se geralmente, colocando-a próxima dos nossos olhos, com o objeto situado entre ela e o foco. A imagem deste objeto é, como mostra a figura 104, direita, virtual e maior que o objeto.



Figura 103 – Lupa.

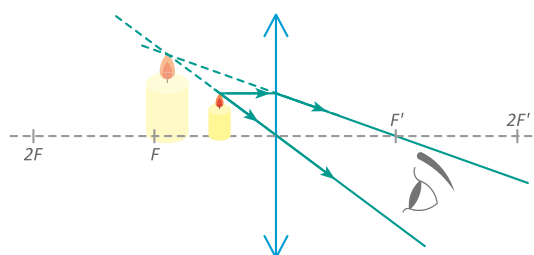


Figura 104 – Obtenção de imagem com a lupa.



Figura 105 – Microscópio.

O **microscópio** permite observar objetos com dimensões muito menores. Baseia-se num sistema de lentes, objetiva e ocular, montadas num tubo. O papel da objetiva é o de formar uma imagem ampliada do objeto real, a qual vai servir de objeto para a ocular, como mostra a figura 106.

A ampliação do microscópio é igual ao produto das ampliações da objetiva pela da ocular.

$$\text{Ampliação total} = \text{ampliação objetiva} \times \text{ampliação ocular}$$