

MÓDULO II - CAPÍTULO 10

ÓPTICA GEOMÉTRICA

Considerações Gerais

Princípios da Óptica Geométrica

Sombra e Penumbra



Objetivos:

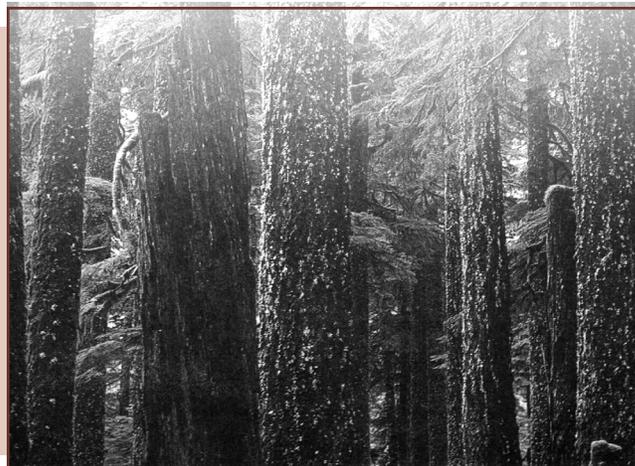
Ao término desta unidade de estudo, você deverá ser capaz de:

- saber que nós enxergamos os objetos através da luz que eles refletem de uma fonte luminosa;
- diferenciar luz monocromática e policromática;
- fazer uso dos princípios da óptica geométrica;
- distinguir sombra de penumbra;
- entender o mecanismo das eclipses do Sol e da Lua.

ÓPTICA GEOMÉTRICA

Considerações Iniciais

Você já deve ter estudado em biologia que a presença da luz é indispensável para que os vegetais realizem a fotossíntese. Quando a radiação luminosa atinge uma molécula de clorofila, sua energia é transferida para ela. Além de agir sobre a clorofila, durante esse processo a luz é também responsável pela decomposição da água.



Mas a luz não é só fundamental para uma das mais importantes funções da folha. A luz é necessária para que possamos ver os objetos em suas formas e cores.

Qualquer um de nós já deve ter experimentado o desconforto da falta de luz. No escuro, a percepção dos objetos a nossa volta fica difícil. A mesma sensação pode ser experimentada quando fechamos os olhos. Apagar a luz ou fechar os olhos produzem o mesmo efeito: escuridão.

Portanto, para que qualquer objeto seja visto é necessário que ele emita luz e que essa luz atinja os olhos do observador.

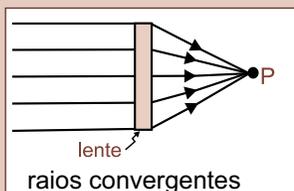


Enxergamos os objetos através da luz que eles refletem de uma fonte luminosa.

Certos fenômenos luminosos podem ser estudados sem que se conheça previamente a natureza da luz. O estudo desses fenômenos constitui a **Óptica Geométrica**.

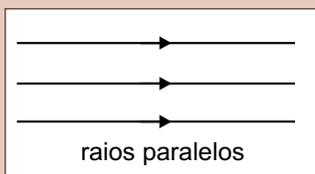
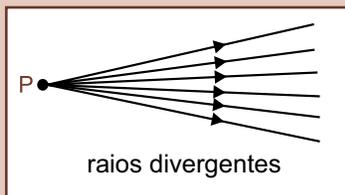
A luz que atravessa uma fresta de janela num cômodo escuro, a chama de uma vela acesa e um farol aceso de um automóvel à noite, sugerem ao observador que o caminho percorrido pela luz pode ser representado por uma linha orientada, chamada **raio de luz**.

Um conjunto de raios de luz constitui um **feixe de luz**.



O feixe de luz é **convergente** quando seus raios se dirigem para um ponto. **Ex:** raios solares interceptados por uma lente.

O feixe de luz é **divergente** quando seus raios partem de um ponto. **Ex:** luz emitida pelo farol dos automóveis.



O feixe de luz é **paralelo** quando apresenta raios paralelos. **Ex:** luz emitida pelo Sol quando atinge a superfície da Terra.

Os corpos que emitem sua própria luz são chamados corpos luminosos. É o caso do Sol, das estrelas, da chama de uma vela, das lâmpadas elétricas etc. Se o corpo reenvia para o espaço a luz que recebe de outros corpos, ele é chamado corpo iluminado. É o caso da Lua (que reenvia para o espaço a luz recebida do Sol), das paredes, das roupas etc.

No caso da fonte de luz ter dimensões desprezíveis em comparação com as distâncias que a separam de outros corpos, ela é denominada **fonte puntiforme** ou **pontual**. Em caso contrário, ela é denominada **fonte extensa**.

Conforme a fonte, a luz pode ser:

- **simples ou monocromática:** é a luz de uma só cor. Ex: laser.
- **composta ou policromática:** é a luz que resulta da superposição de luzes de cores diferentes. Ex: luz do Sol.

Óptica

É a parte da física que estuda a luz e os fenômenos luminosos.

Óptica física: estuda a luz levando em conta sua natureza ondulatória, para explicação de fenômenos como difração, interferência.

Óptica geométrica: estuda a luz sem se preocupar com a sua natureza, considerando a luz como se fossem raios que viajam em linha reta.

Se a Óptica estuda a luz, é importante sabermos sua definição:

Luz: forma de Energia Radiante que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas e que é capaz de provocar sensação visual num observador normal.

Velocidade da Luz

A luz viaja, no vácuo, numa velocidade limite de 300.000 km/s, conhecida como velocidade da luz, que é uma constante física que designamos por c .

$$c = 300.000 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



A luz do Sol leva cerca de 8 minutos para chegar à Terra.

Observação:

Os valores exatos da velocidade da luz no ar e no vácuo são praticamente iguais, e por isso arredondamos os valores para o valor acima, para facilidade de cálculos.

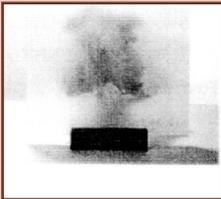
$$V_{\text{VÁCUO}} = 299.793 \text{ km/s}$$

$$V_{\text{AR}} = 299.700 \text{ km/s}$$

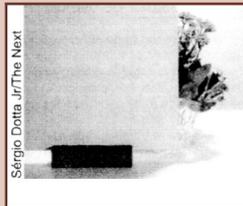
Meios de Propagação da Luz

Dependendo de como propagam a luz que recebem, os meios podem ser classificados em:

Transparentes: Permitem que os raios de luz os atravessem de maneira ordenada. Através deles, os corpos são vistos com nitidez, como ocorre com o papel celofane, o vidro polido, o ar atmosférico, etc.



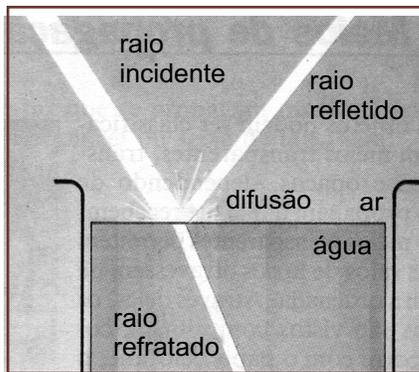
Translúcidos: A luz se propaga de maneira desordenada. Isso faz com que os corpos sejam vistos sem nitidez, como no vidro fosco, o papel vegetal, certos plásticos etc.



Opacos: Impedem a propagação da luz em seu interior, não permitindo que os corpos sejam vistos através deles, como superfícies metálicas, paredes de concreto, portas de madeira etc.

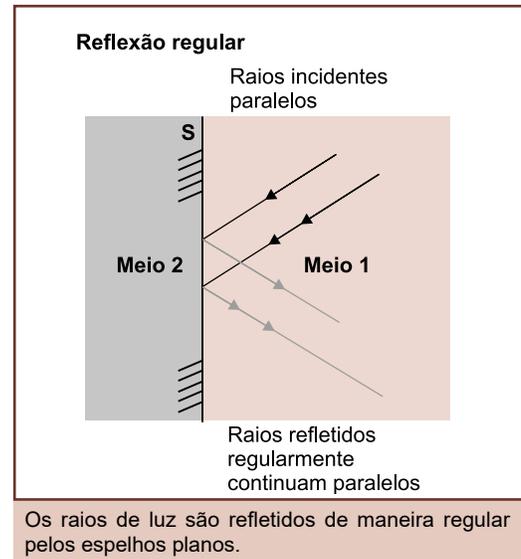
Fenômenos Ópticos

A reflexão regular, a difusão ou reflexão difusa, a refração e a absorção da luz são considerados fenômenos ópticos.

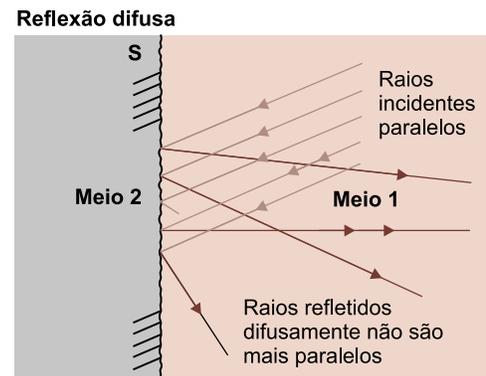


Fenômenos de reflexão, refração e difusão de um raio incidindo na superfície de separação entre o ar e a água.

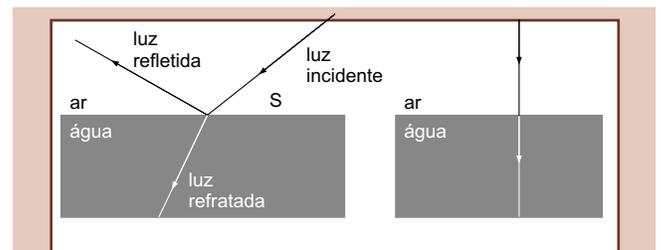
Reflexão regular da luz: Quando um feixe de luz incide numa superfície e é refletido de maneira ordenada para a mesma direção de onde veio, temos o fenômeno da reflexão regular. Exemplos: os espelhos, a superfície de um lago etc.



Difusão ou reflexão difusa da luz: Ao receber a luz, determinados corpos fazem com que essa luz volte para o meio de origem difundindo-se, isto é, propagando-se em todas as direções. Exemplos: os tecidos, a madeira, as superfícies rugosas etc.



Refração da luz: Ao penetrar em determinados meios, a luz se refrata, isto é, muda a direção de sua trajetória original. Exemplo: a passagem da luz do ar para a água.



Saiba Mais:

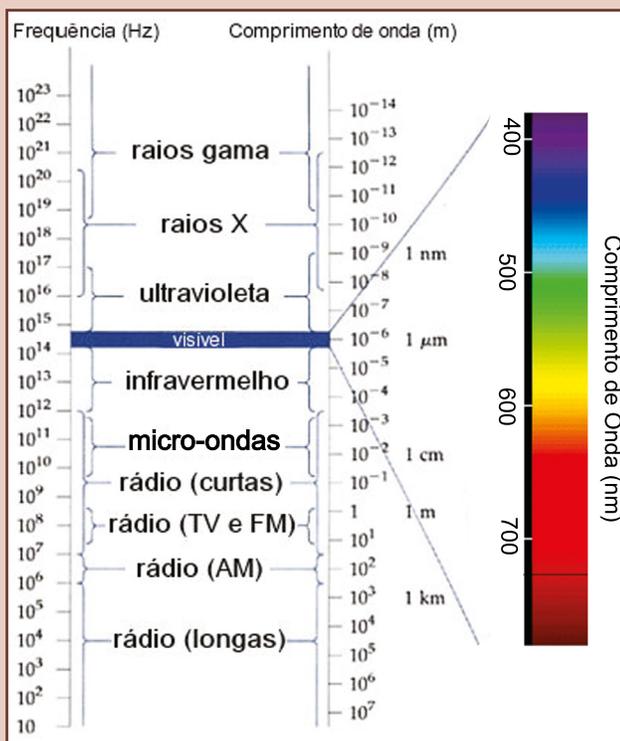
POR QUE O CÉU É AZUL?



A resposta está em como os raios solares interagem com a atmosfera.

Quando a luz passa através de um prisma, o **espectro** é quebrado num arco-íris de cores. Nossa atmosfera faz o mesmo papel, atuando como uma espécie de prisma onde os raios solares colidem com as moléculas e

são responsáveis pela dispersão do azul.



Espectro da luz.

Quando olhamos a cor de algo, é porque este “algo” refletiu ou dispersou a luz de uma determinada cor associada a um comprimento de onda. Uma folha verde utiliza todas as cores para fazer a fotossíntese, menos o verde, porque esta foi refletida. Devido ao seu pequeno tamanho e estrutura, as minúsculas moléculas da atmosfera difundem melhor as ondas com pequenos comprimentos de onda, tais como o azul e o violeta. As moléculas estão espalhadas através de toda a atmosfera, de modo que a luz azul dispersada chega aos nossos olhos com facilidade.

A luz azul é dispersada dez vezes mais que a luz vermelha.

A luz azul tem uma frequência (ciclos de onda por segundo) que é muito próximo da frequência de ressonância dos átomos, ao contrário da luz vermelha. Logo a luz azul movimentava os elétrons nas camadas atômicas da molécula com muito mais facilidade que a vermelha. Isso provoca um ligeiro atraso na luz azul que é reemitida em todas as direções num processo chamado dispersão de Rayleigh (Físico inglês do século 19). A luz vermelha, que não é dispersa e sim transmitida, continua em sua direção original, mas quando olhamos para o céu é a luz azul que vemos porque é a que foi mais dispersada pelas moléculas em todas as direções.

Luz violeta tem comprimento de onda menor que a luz azul, portanto dispersa-se mais na atmosfera que o azul. Porque então não vemos o céu violeta? Porque não há suficiente luz ultravioleta. O Sol produz muito mais azul que violeta.

Quando o céu está com cerração, névoa ou poluição, há partículas de tamanho grande que dispersam igualmente todos os comprimentos de ondas, logo o céu tende ao branco pela mistura das cores. Isso é mais comum na linha do horizonte.

No vácuo do espaço extraterrestre, onde não há atmosfera, os raios do sol não são dispersos, logo eles percorrem uma linha reta do sol até o observador. Devido a isso os astronautas veem um céu negro.

Em Júpiter o céu também é azul, porque ocorre o mesmo tipo de dispersão do azul na atmosfera do planeta, como na Terra. Porém, em Marte, o céu é cor de rosa, já que há partículas de poeira excessiva na atmosfera Marciana devido à presença de óxidos de ferro originários do solo. Se a atmosfera de Marte fosse limpa da poeira, ela seria azul, porém um azul mais escuro já que a atmosfera de Marte é muito mais rarefeita.

POR QUE O PÔR DO SOL E A ALVORADA SÃO VERMELHOS?



Quando o sol está no horizonte, a luz leva um caminho muito maior através da atmosfera para chegar aos nossos olhos do que quando está sobre nossas cabeças. A luz azul nesse caminho foi toda dispersada, a atmosfera atua como um filtro, e muito pouca luz azul chega até você, enquanto que a luz vermelha que não é dispersada e sim transmitida alcança nossos olhos com facilidade. Nessa hora a luz branca está sem o azul.

Durante a dispersão da luz nas moléculas, ocorre o fenômeno de interferência destrutiva, em que a onda principal se subdivide em várias outras de menor intensidade e em todas direções, porém mantendo a energia total conservada. O efeito disto é que a luz do sol, que vinha em linha reta, passa a ir em todas as direções. Ao meio dia, todas as direções estão próximas de nós, mas, no entardecer, a dispersão leva para longe do nosso campo de visão o azul já que a luz solar percorre uma longa tangente na circunferência da terra até chegar aos nossos olhos.

Além disso, o vermelho e o laranja tornam-se muito mais vívidos no crepúsculo quando há poeira ou fumaça no ar, provocado por incêndios, tempestade de poeira e vulcões. Isso ocorre porque essas partículas maiores também provocam dispersão com a luz de comprimento de onda próximos, no caso, o vermelho e laranja.

POR QUE AS NUVENS SÃO BRANCAS?



Nas nuvens existem partículas (gotas de água) de tamanhos muito maiores que o comprimento de ondas da luz, ocorrendo dispersão generalizada em todo o espectro visível e iguais quantidades de azul, verde e vermelho se juntam formando o branco.

www.fisicaiu.com.br/fisica

Absorção da luz: Ao invés de refletirem ou difundirem a luz que recebem, alguns corpos a absorve em grande parte. Exemplo: asfalto. O fenômeno da absorção transforma a luz absorvida em energia térmica (calor), ocasionando um aumento de temperatura no corpo.



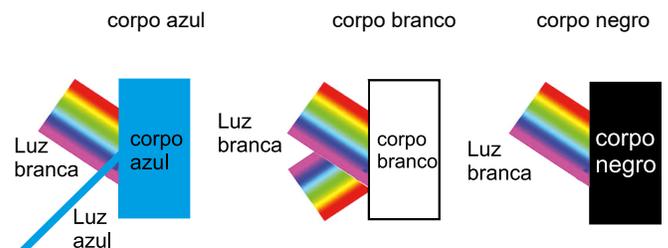
A Cor de um Corpo

A luz branca (luz emitida pelo Sol ou por uma lâmpada incandescente) é constituída por uma infinidade de luzes monocromáticas, as quais podem ser divididas em sete cores principais: **vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta.**



Um observador de costas para o Sol vê a luz vermelha no arco mais externo e a violeta, no arco mais interno.

A cor de um corpo é determinada pelo tipo de luz que ele reflete difusamente. Assim, um corpo, ao ser iluminado pela luz branca, se apresenta azul porque reflete difusamente a luz azul e absorve as demais cores. Um corpo iluminado pela luz branca se apresenta branco porque reflete difusamente as luzes de todas as cores. Um corpo negro absorve totalmente todas as cores.

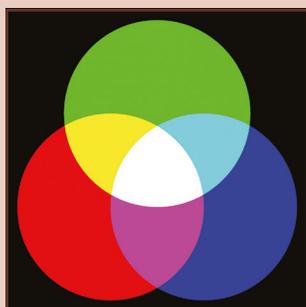


Saiba Mais:

CORES

O vermelho dessas rosas é uma propriedade intrínseca das rosas ou será devido apenas à luz que incide sobre elas?

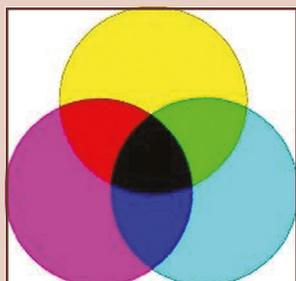
Resposta: a cor de um objeto depende tanto da luz que ilumina esse objeto quanto de propriedades específicas de sua superfície e textura. Para entender melhor esse fato vamos ver como as cores podem ser **somadas** e **subtraídas**.



A experiência de Newton com dois prismas é um exemplo de **soma** de cores. As cores componentes, somadas no segundo prisma, reproduzem a luz branca. Mas, não é necessário usar **todas** as cores visíveis para obter o branco. Basta usar três cores, ditas **primárias**: o vermelho, o azul e o verde.

Projetando, sobre uma tela branca, feixes de luz com essas três cores primárias, observamos que a soma delas, no centro, é branca. A soma do vermelho com o verde é o amarelo e assim por diante. Qualquer cor visível pode ser obtida somando essas três cores, variando adequadamente a intensidade de cada uma delas. Na verdade, com essas três cores conseguimos cores que nem estão no espectro solar, como o marrom.

Isso é usado na tela da televisão. Se você olhar bem de perto verá que a tela é coberta de pontos com apenas essas três cores. Vistos de longe, os pontos se mesclam e vemos toda a gama multicolorida.



Subtrair cores consiste em eliminar uma ou mais das componentes da luz. Por exemplo, misturar tintas equivale a **subtrair** cores. Desde crianças, sabemos que tinta azul misturada com tinta amarela dá tinta verde. O que acontece é que os pigmentos da tinta azul absorvem as componentes do lado vermelho e os pigmentos da tinta amarela absorvem as componentes do lado azul. Sobram as componentes intermediárias, isto é, o verde.

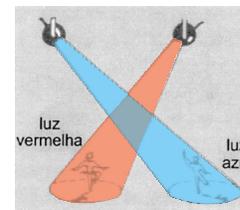
www.seara.ufc.br

PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

São três os princípios da Óptica Geométrica: Independência dos Raios de Luz, Reversibilidade da Luz e Propagação Retilínea da Luz.

Princípio da independência dos raios de luz

Os raios de luz, ao se cruzarem, seguem independentemente suas trajetórias. Assim, se cruzarmos um feixe de luz vermelho com um feixe de luz azul, eles continuam seus caminhos sem misturar as cores.



Exemplo:

Duas fontes de luz emitem feixes que se interceptam. Durante o cruzamento dos feixes há:

- reflexão do feixe menos intenso;
- reflexão do feixe mais intenso;
- refração do feixe mais intenso;
- refração do feixe menos intenso;
- propagação retilínea dos dois feixes.

Resposta: e

Princípio da reversibilidade dos raios luminosos



Paraná Física. Vol. 2 - Termologia, Óptica e Ondulatória. Ed. Ática. pg. 138.

Devido a este princípio, o motorista vê o passageiro pelo espelho e este também o vê através do mesmo.

Princípio da propagação retilínea da luz

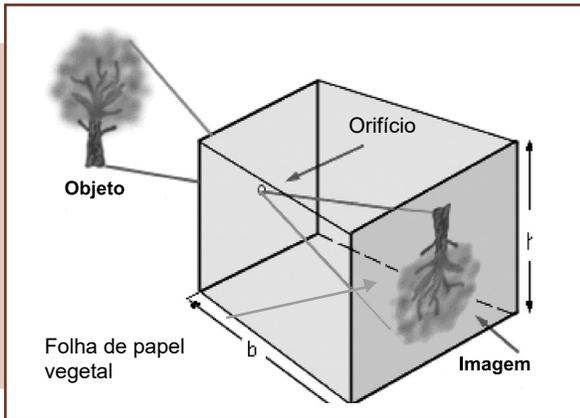
Alguns exemplos demonstram que a luz se propaga em linha reta,



Paraná Física. Vol. 2 - Termologia, Óptica e Ondulatória. Ed. Ática. pg. 136.

como por exemplo, a luz do Sol que penetra entre as árvores de uma floresta, a luz que sai de um projetor de filmes, a semelhança geométrica entre um corpo e sua sombra projetada etc.

Outro exemplo é a **câmara escura de orifício**, que consiste numa caixa de paredes opacas, com um pequeno orifício por onde a luz penetra.



A parede oposta ao orifício (o anteparo) deve ser de material translúcido, como o papel vegetal. Colocando um objeto em frente ao orifício, sua imagem aparecerá invertida no anteparo. O papel vegetal possibilita ao observador ver a ocorrência dessa imagem, que será tanto menor quanto mais afastado se encontrar o objeto.

Uma máquina fotográfica é um exemplo de câmara escura, onde o orifício é o diafragma e o anteparo é um material fotossensível (filme).

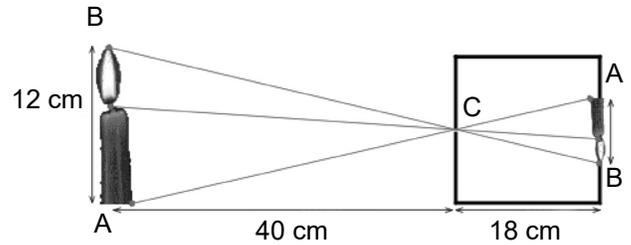
Exemplo:

Uma caixa de sapatos é usada para construir uma câmara escura de orifício. No lugar da tampa, é colocado papel vegetal e na face oposta, fundo da caixa, é feito o orifício com um prego. Colocou-se a câmara sobre uma mesa, num quarto escuro e, a 40 cm da mesma, uma vela acesa de 12 cm de tamanho. Sendo de 18 cm a largura da caixa, determine o tamanho da imagem formada na tela de papel vegetal.

$$\frac{H}{h} = \frac{L}{\ell}$$

onde:

- H = altura do objeto ou base do triângulo maior
- h = altura da imagem ou base do triângulo menor
- L = distância do objeto à caixa ou altura do triângulo maior
- ℓ = distância do objeto à caixa ou altura do triângulo menor



$$\frac{H}{h} = \frac{L}{\ell}$$

$$\frac{12}{h} = \frac{40}{18} \Rightarrow h \cdot 40 \Rightarrow 12 \cdot 18 \Rightarrow$$

$$h \cdot 40 = 216 \Rightarrow h = \frac{216}{40} \Rightarrow h = 5,4 \text{ cm}$$

Exercícios Resolvidos

- A. Foi anunciada a descoberta de um sistema planetário semelhante ao nosso, em torno da estrela Vega, que está situada a 26 anos-luz da Terra. Determine, em km, a distância de Vega até a Terra.

Em 1 ano temos 31.536.000 segundos.

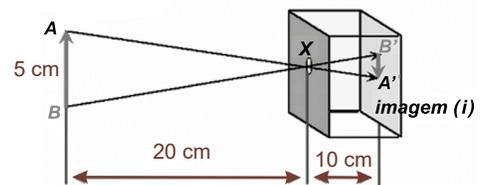
Em 26 anos, temos $26 \cdot 31.536.000 = 819.936.000$ segundos

A distância é dada pela velocidade multiplicada pelo tempo:

$$\text{Distância} = 300.000 \cdot 819.936.000 = 2,46 \cdot 10^{14} \text{ km.}$$

$$\text{Distância} = 2,46 \cdot 10^{14} \text{ km}$$

- B. Um objeto luminoso AB, de 5 cm de altura, está a 20 cm de distância de uma câmara escura de profundidade 10 cm. Determine:



- a) a altura da imagem.

Por comparação de triângulos, podemos fazer:

$$\frac{5}{20} = \frac{i}{10}$$

$$i = 2,5 \text{ cm}$$

- b) a diferença de tamanho quando aproximamos o objeto 4 cm da câmara escura.

Se aproximarmos 4 cm, a distância de 20 cm passa a ser de 16 cm, e a altura da imagem será de:

$$\frac{5}{16} = \frac{i}{10}$$

$$i = 3,125 \text{ cm}$$

Logo, a diferença entre as imagens será de $3,125 - 2,5 = 0,625 \text{ cm}$.

C. Relacione as colunas com os princípios da óptica geométrica:

- a) propagação retilínea da luz.
b) reversibilidade dos raios luminosos.
c) independência dos raios luminosos.

- () luzes no show continuam com as mesmas cores
() reflexão no espelho retrovisor de um carro
() eclipse
() sombra
() duas lanternas ligadas com seus raios luminosos se cruzando

Sequência correta: c - b - a - a - c

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO



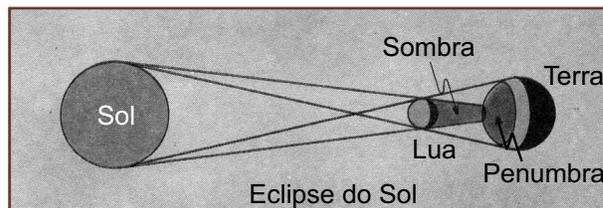
01. Um bastão em brasa de 20 cm de comprimento impressiona, numa chapa fotográfica colada na parede do fundo de uma câmara escura de orifício, uma imagem de 2 cm de altura. A distância do bastão ao orifício é de 4 m. Determine a profundidade da câmara.
02. Um homem de 2,0 m de altura coloca-se a 0,5 m de uma câmara escura (de orifício) de comprimento 30 cm. Determine o tamanho da imagem formada no interior da câmara escura.

SOMBRA E PENUMBRA

Sombra é a região do espaço que não recebe luz direta da fonte, e **penumbra** é a região que recebe parte dessa luz.

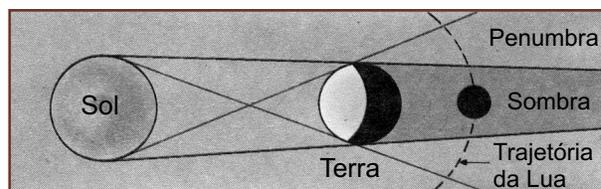
Eclipses do Sol e da Lua

Os eclipses do Sol e da Lua são fenômenos de formação de sombra. Os eclipses solares acontecem quando a Lua fica entre o Sol e a Terra, ficando esta na penumbra, pois, ao invés de luz, recebe o cone de sombra da Lua, projetado pelo Sol.



Observe que durante o fenômeno, a maior parte da Terra que está voltada para o Sol fica na penumbra, em **eclipse parcial**. Apenas uma parte recebe a sombra da Lua, entrando em **eclipse total**.

No eclipse lunar, a Terra fica entre o Sol e a Lua, projetando nesta uma sombra. Quem observa um eclipse lunar vê a Lua ser escurecida vagarosamente devido à enorme sombra da Terra que se projeta sobre ela, até que o satélite ganha um bonito tom avermelhado.

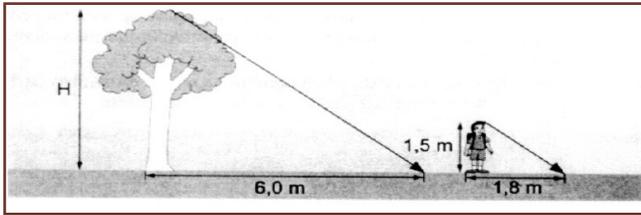


Assim, quando a Lua entra na faixa de sombra, a luz solar é bloqueada, sendo que somente alguns raios que atravessam a atmosfera da Terra são desviados (refratados) e chegam à Lua, dando ao satélite um tom avermelhado.

No dia 3 de março de 2007 houve um eclipse lunar que foi perfeitamente visível em todos os continentes.

Exemplo:

Um grupo de escoteiros deseja construir um acampamento em torno de uma árvore. Por segurança, eles devem colocar as barracas a uma distância tal da árvore que, se esta cair, não venha a atingi-los. Aproveitando o dia ensolarado, eles mediram, ao mesmo tempo, os comprimentos das sombras da árvore e de um deles, que tem 1,5 m de altura; os valores encontrados foram 6,0 m e 1,8 m respectivamente. Determine a altura da árvore.



$h = 1,5 \text{ m}$
 $l = 1,8 \text{ m}$
 $L = 6 \text{ m}$
 $H = ?$

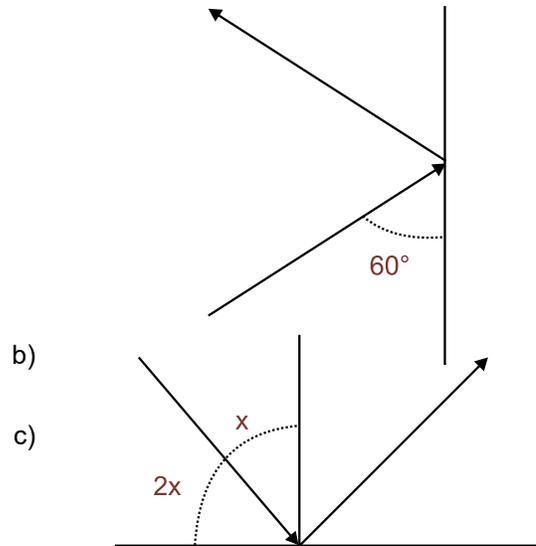
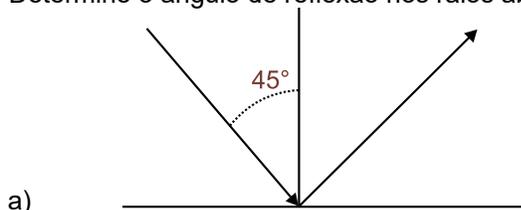
Solução:

$$\frac{H}{h} = \frac{L}{l} \Rightarrow \frac{H}{1,5} = \frac{6}{1,8} \Rightarrow H = \frac{1,5 \cdot 6}{1,8} \Rightarrow \frac{9}{1,8} = 5 \text{ m}$$

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO



03. Um observador nota que um edifício projeta no solo uma sombra de 30 m de comprimento e que ao seu lado um muro de 1,5 m de altura projeta uma sombra de 50 cm. Determinar a altura do edifício.
04. A um aluno foi dada a tarefa de medir a altura do prédio da escola que frequentava. O aluno, então, pensou em utilizar seus conhecimentos de óptica geométrica e mediu, em determinada hora da manhã, o comprimento das sombras do prédio e dele próprio projetadas na calçada (L e l, respectivamente). Facilmente chegou à conclusão de que a altura do prédio da escola era de cerca de 22,1 m. As medidas por ele obtidas para as sombras foram $L = 10,4 \text{ m}$ e $l = 0,8 \text{ m}$. Qual é a altura desse aluno?
05. Um ano-luz é a distância que a luz percorre no vácuo em 1 ano. Calcular, em km, a distância percorrida pela luz em três anos (suponha 1 ano = 365 dias).
06. Determine o ângulo de reflexão nos raios abaixo:



07. Quando observamos um show, no palco, vemos as luzes coloridas se cruzarem, e mesmo assim continuam com a mesma cor ao atingirem o palco. Que princípio da óptica geométrica é descrito nesta cena? Explique.
08. Por que um objeto opaco faz sombra quando iluminado?
09. Considerando as três cores primárias, vermelho, verde e azul, responda: um objeto é amarelo sob luz branca, é iluminado por luz azul. Qual a cor apresentada pelo objeto nessa situação?
10. Do ponto de vista óptico, quais são as três cores básicas (ou primárias), que são inclusive aquelas captadas pelo olho humano?
11. Quando observamos uma estrela que está a 4 anos-luz da Terra, estamos vendo como a estrela era ou com ela é?
12. Um objeto de 4,0 m de altura é colocado a 2,0 m de uma câmara escura de orifício, que possui 20 cm de profundidade. Qual o tamanho da imagem formada no fundo da câmara escura?
13. Em um dado instante, uma vara de 2,0 m de altura, vertical, projeta no solo, horizontal, uma sombra de 50 cm de comprimento. Se a sombra de um prédio próximo, no mesmo instante, tem comprimento de 15 m, qual a altura do prédio?
14. Um corpo opaco, quadrado, possui uma sombra quadrada. Isto é uma prova de qual princípio da óptica geométrica?

CAPÍTULO - CMFM10 – ÓPTICA GEOMÉTRICA

<https://www.youtube.com/watch?v=QKPj0f3mN5c>

Prof Boaro - ÓPTICA GEOMÉTRICA - CONCEITOS FUNDAMENTAIS - Aula 1

https://www.youtube.com/watch?v=G_-E_E9i6Ms

Prof Boaro - PRINCÍPIOS DA ÓPTICA E ECLIPSES - ÓPTICA - Aula 2

<https://www.youtube.com/watch?v=GDN8Uyw1uRI>

Prof Daniel -CORES

<https://www.youtube.com/watch?v=L45mOgSmMZI>

Prof Breno - Sombra, Penumbra e Câmera Escura + Exercícios |

<https://www.youtube.com/watch?v=oMm6oC8pXPY>

Prof Marcelo - FÍSICA - AULA 1 - PARTE 1 - - FENÔMENOS ÓPTICOS

<https://www.youtube.com/watch?v=FGATh1xlmU8>

Prof Marcelo - FÍSICA - AULA 1 - PARTE 2 -:MEIOS DE PROPAGAÇÃO

<https://www.youtube.com/watch?v=REKqDSPAuww>

Prof Davi - Aula 01 - Óptica Geométrica - Conceitos Iniciais

<https://www.youtube.com/watch?v=E84LQ0lx54o>

Prof Davi - Aula 2 - Óptica Geométrica – Continuação

https://www.youtube.com/watch?v=v0O_DQ7h2oo

Kuadro Oficial - Conceitos fundamentais- 14-08-2013

<https://www.youtube.com/watch?v=JMIqrAu4Bys>

Kuadro Oficial - Propagação retilínea da luz – 14-08-2013

<https://www.youtube.com/watch?v=2JALAEVWoMM>

Kuadro Oficial - Fenômenos ópticos - Refração, absorção da luz e a definição das cores dos objetos- 17-08-2013-10

<https://www.youtube.com/watch?v=2t9767YwxCE>

Prof Joab - Cor dos Objetos - Brasil Escola

<https://www.youtube.com/watch?v=S4cxaClwidU>

Kuadro Oficial - Princípio da propagação retilínea da luz - Câmara escura de orifício-

<https://www.youtube.com/watch?v=dyt76-dZ95c>

Kuadro Oficial - Princípio da propagação retilínea da luz – Eclipses –

<https://www.youtube.com/watch?v=uc5Y4WviNyl>

Kuadro Oficial - Reversibilidade e independência dos raios de luz

https://www.youtube.com/watch?v=56Bj8B_CYvg - Kuadro Oficial

Fenômenos ópticos - Reflexão da luz –

EXERCÍCIOS

<https://www.youtube.com/watch?v=BVRZA9mLCKk>

Prof Boaro - EXERCÍCIOS de ÓPTICA - CORES DOS CORPOS - AULA 1 - - VÍDEO#2

<https://www.youtube.com/watch?v=bu0qT4Fouy8>

Prof Boaro - EXERCÍCIOS de ÓPTICA - Prof Boaro - AULA 2 - SOMBRA e PENUMBRA - VÍDEO# 1

<https://www.youtube.com/watch?v=LIHqFcLGGlg>

Prof Boaro - EXERCÍCIOS de ÓPTICA - O QUE É O ECLIPSE ? AULA 2 - VÍDEO# 2

<https://www.youtube.com/watch?v=wtLzKYWpA48>

Prof Boaro - EXERCÍCIOS de ÓPTICA - COMO FUNCIONA A CÂMARA ESCURA? AULA 2 VÍDEO# 3

https://www.youtube.com/watch?v=g_6mBYkFWB8

Portal da Física OBMEP - Óptica Geométrica I - Exercícios: sombra e penumbra

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-camara-escura-orificio.htm>

<https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-camara-escura-orificio.htm>

<https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-sombra-penumbra.htm>

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-sombra-penumbra.htm>