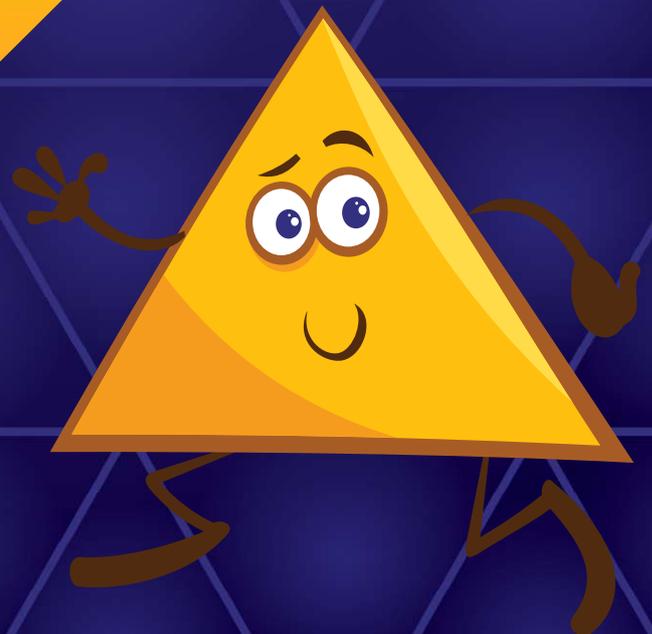




Universidade de Brasília - UnB  
Instituto de Física - IF  
Mestrado Profissional em Ensino de Física



Ronielson Francisco Gonçalves Araujo



## PREFÁCIO

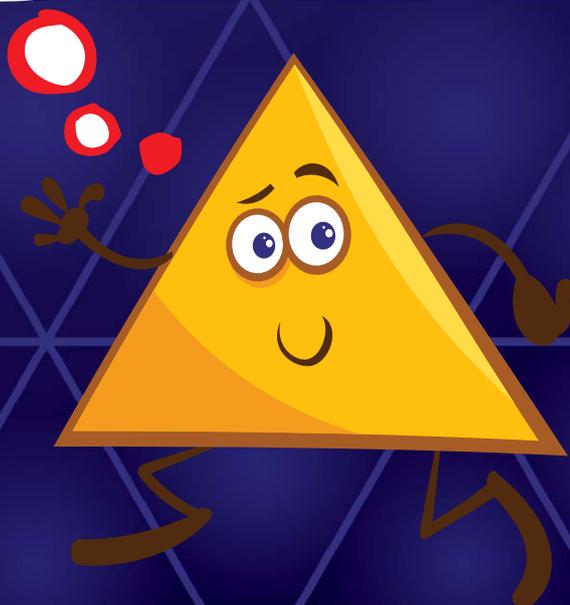
Olá!

Meu nome é Newton e eu serei o seu parceiro inseparável ao longo dessa jornada rumo ao aprendizado desse tema fantástico da Física, que é a Óptica Geométrica. O meu nome é uma homenagem a um dos cientistas mais importantes da história, Sir Isaac Newton (1642 – 1727), um gênio inglês que, dentre outras tantas façanhas científicas, contribuiu significativamente para o desenvolvimento e consolidação das teorias ópticas estudadas até hoje.

Seria difícil imaginar a obtenção da maioria das informações que nos circundam caso não se considerassem os processos que envolvem o sentido da visão. Os nossos olhos recebem, de maneira rápida e precisa, uma gama de sinais luminosos que, devidamente decodificados e interpretados pelo cérebro, nos mostram o universo por meio de proporções, modelos, delineamentos e, logicamente, cores. Há de se considerar que grande parte dessas características são mostradas através de situações específicas, que formam a beleza do estudo da óptica como um todo.

Do ponto de vista óptico, a tecnologia apresenta-se concretizada, por exemplo, nos mais diversos mecanismos que favorecem o entendimento óptico do mundo. Das mais simples lentes aos mais requintados telescópios, o universo é mostrado em seus níveis micro e macro, dos pequenos vírus às grandes estrelas., e por falar em simplicidade, quão peculiar é a fenomenologia por trás de uma primária câmara (sala) escura com um orifício!

Os entendimentos destes fenômenos, porém, vão além da teoria científica e do uso de aparatos tecnológicos. As representações dos acontecimentos bem como a formulação de hipóteses ocorrem apenas ao conhecermos o comportamento da luz nos diferentes meios, nas diferentes situações e com os diferentes agentes. Assim, ao se iniciar o estudo dos fenômenos luminosos, alguns questionamentos logo pairam em nossas cabeças, por exemplo: Você saberia me informar de onde sai a luz? Você conseguiria definir como é o caminho da luz? Por que será que existem cores diferentes? Seria possível produzirmos luz de alguma forma? Como é feita a imagem de algum objeto?



# Capítulo 1

## A interação da luz em seus diversos meios



Disponível em: <https://i.ytimg.com/vi/aObi1rBdeZ4/maxresdefault.jpg>

Você se lembra dos sucessos de bilheteria dos filmes da Marvel®, com os personagens de Os Vingadores, e da DC Comics®, com os personagens da Liga da Justiça? Logo se formou o emblemático duelo entre os fãs dos dois segmentos, Team Marvel x Team DC. Imagino que neste momento você deve está se perguntando qual a relação entre esse fato e o estudo da óptica geométrica. Vou explicar agora. Ao longo da história, uma grande "batalha de ideias" se desenvolveu entre grandes físicos, como Galileu Galilei<sup>1</sup> (1564 – 1642), René Descartes<sup>2</sup> (1596 – 1650) e Isaac Newton<sup>3</sup> (1642 – 1727) que defendiam que a luz era composta por partículas, e Christian Huygens<sup>4</sup> (1629 – 1695), Augustin-Jean Fresnel<sup>5</sup> (1788 – 1827) e Thomas Young<sup>6</sup> (1773 – 1829), que defendiam o comportamento ondulatório da luz. Esta variedade de propriedades trouxe, com o advento da Física Moderna, a famosa dualidade "onda-partícula da luz". Mas calma, você não precisará escolher um lado para defender, pelo menos não agora! A Óptica Geométrica aborda uma pequena parte do estudo da luz, destacando os fenômenos e os principais conceitos relativos à mesma, especificamente, à sua propagação e à formação/interpretação das cores. O desenvolvimento do estudo da propagação da luz se dará a partir de alguns preceitos simples, de modo que possíveis debates sobre a natureza da luz não serão nosso foco neste momento. O texto abaixo mostrará um pouco do contexto histórico da Óptica Geométrica. Boa leitura!



1. Galileu foi um físico, matemático, astrônomo e filósofo italiano que teve um papel ímpar na revolução científica. Também foi responsável pelo desenvolvimento dos primeiros estudos consistentes do movimento uniformemente acelerado e do movimento do pêndulo. Enunciou a lei dos corpos, o princípio da inércia e o conceito da referencial inercial, idéias precursoras da mecânica newtoniana.

2. Aos 22 anos, começa a formular sua "geometria analítica" e seu "método de raciocinar corretamente". Rompe com a filosofia aristotélica adotada nas academias e, em 1619, propõe uma ciência unitária e universal, lançando as bases do método científico moderno.

3. Sua maior obra foi sobre a exposição do sistema do mundo, dada no livro denominado *Principia*. Durante a escrita do *Principia*, Newton não teve qualquer cuidado com a saúde, esquecendo-se das refeições diárias e até de dormir.

4. Huygens argumentava a favor de uma teoria ondulatória da luz, atestando que uma esfera de luz crescente se comporta como se cada ponto da frente de onda fosse uma nova origem de radiação de mesma frequência e fase.

5. Distinguiu-se, sobretudo, pelos seus trabalhos no campo da óptica. Pela sua publicação sobre difração, foi-lhe atribuído o Prêmio da Academia das Ciências em 1819. Descreveu os espelhos que posteriormente foram designados por "espelhos de Fresnel" e demonstrou que só a teoria ondulatória da luz podia explicar os fenômenos de interferência luminosa. Fez as primeiras medições de comprimentos de onda.

6. Um dos grandes feitos de Young foi a experiência da dupla fenda, que levou à determinação do caráter ondulatório da luz.

## TEXTO I

### A Óptica e a outra Face de Newton

Até o início do século XVII, as cores eram consideradas propriedades reais dos corpos, e a luz, essencialmente distinta delas, serviam apenas para exibi-las. Descartes foi o primeiro a estabelecer uma explicação puramente mecânica para ambas. A luz era real, pois consistia em corpúsculos. Como qualidades secundárias, as cores não eram reais, eram efeitos fisiológicos associados à velocidade de rotação dos corpúsculos sobre a retina. Com base em experimentos realizado com prismas, na observação da dispersão da luz e na formação do espectro colorido, Descartes supôs que a refração no prisma alterava as velocidades de rotação da luz branca, embora o motivo pelo qual várias cores fossem criadas fosse deixado sem explicação.

A história da óptica sofreria a sua principal reviravolta com Newton e a publicação de sua *Optica*, em 1704, resultado de elaborações de ideias sugeridas quarenta anos antes. Newton propôs uma nova teoria da dispersão da luz, na qual pela primeira vez, a luz branca era considerada composta de raios de diferentes cores. Em função disto, cada raio sofreria um efeito de refração distinto no prisma, produzindo sua separação. Newton também observou que o espectro produzido era alongado, o que não era explicado pela teoria cartesiana. Prevendo uma resposta [...], Newton utilizou uma estratégia que, a partir de sua obra, passou a ser conhecida por (experimento crucis). Com o uso de um segundo prisma posicionado para capturar apenas um raio monocromático, ele mostrou que esse raio sofria nova refração, mas nenhuma outra dispersão. Se a teoria cartesiana fosse correta, um novo efeito dispersivo era esperado. [...]

POLITO, Antony M. M. . A construção da estrutura conceitual da física clássica. (Série mestrado nacional profissional em ensino de física). Editora Livraria da Física, volume 2, São Paulo, 2016, p. 77 – 78

#### Glossário

**Corpúsculos:** pequenos corpos, de dimensões quase desprezíveis.

**Prismas:** paralelepípedo de cinco faces (três retangulares e duas triangulares) constituído de material que permite a passagem da luz por dentro do mesmo.

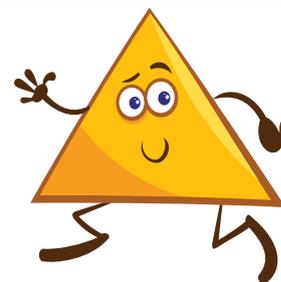
**Dispersão da luz:** decomposição da luz em diferentes raios.

**Espectro:** conjunto de componentes luminosos.

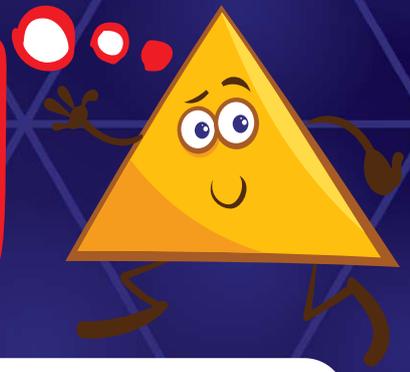
**Refração:** passagem da luz para um meio diferente do meio de origem.

**Cartesiana:** referente à René Descartes.

**Monocromático:** de uma só cor.



Uau! Veja só quão interessante é a história por trás da Óptica Geométrica. Mas, para que continuemos nossa aventura, você precisa conhecer alguns conceitos e propriedades importantes da luz.



Disponível em:  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/P%C3%B4r\\_do\\_sol\\_Lago\\_Gua%C3%ADba\\_4.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/P%C3%B4r_do_sol_Lago_Gua%C3%ADba_4.JPG)

- ▶ **Fontes de Luz primárias:** São corpos ou objetos que possuem emissão própria de luz. Podemos citar como exemplo uma vela acesa, uma lanterna em funcionamento, o Sol, etc.

- ▶ **Fontes de luz secundárias:** Diferentemente dos exemplos acima, essas fontes não possuem luz própria. Elas são iluminadas por fontes primárias, transmitindo aos nossos olhos (receptor visual) uma pequena parte da luz recebida e absorvendo todo o restante. Como exemplo temos a Lua e a grande maioria dos objetos visíveis por nós.



Disponível em:  
[https://pixabay.com/p-2580504/?no\\_redirect](https://pixabay.com/p-2580504/?no_redirect)

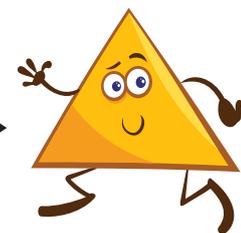
- ▶ **Raio de luz:** É uma linha reta, orientada (sentido emissor – receptor) que representa a propagação da luz.



Fonte

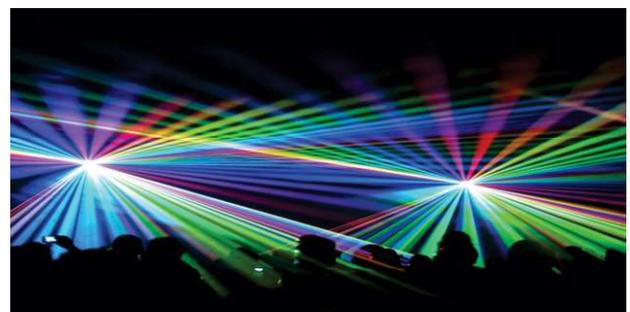


Raio



Receptor

- ▶ **Feixe de luz:** Conjunto de raios de luz igualmente orientados.



Disponível em: [https://pixabay.com/p-2580504/?no\\_redirect](https://pixabay.com/p-2580504/?no_redirect)

- ▶ **Fontes de luz pontuais:** São fontes cujas dimensões praticamente desprezíveis quando comparadas com a distância que as separam dos demais objetos iluminados.



Disponível em:  
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/RGB-Led-projection.jpg>



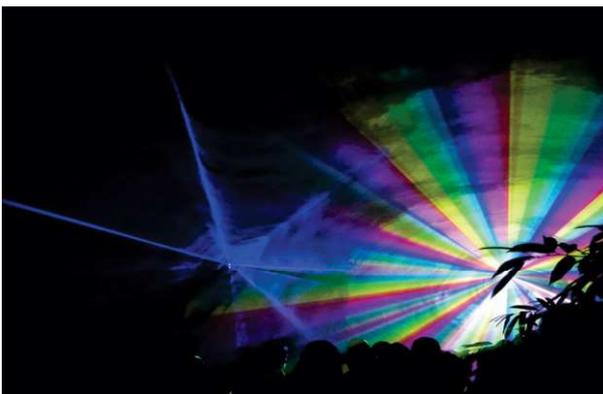
Disponível em: [http://www.designingwithleds.com/wp-content/uploads/2015/02/Garage-T12\\_450-225x300.jpg](http://www.designingwithleds.com/wp-content/uploads/2015/02/Garage-T12_450-225x300.jpg)

- ▶ **Fontes de luz extensas:** Os raios luminosos saem de toda a extensão da fonte, que tem tamanho considerável.

- ▶ **Luz monocromática:** formada por uma única cor (mono = um / cromo = cor)



Disponível em:  
[https://pixabay.com/p-1769906/?no\\_redirect](https://pixabay.com/p-1769906/?no_redirect)



Disponível em: <https://pxhere.com/en/photo/981576>

- ▶ **Luz policromática:** formada por diferentes cores (poli = vários / cromo = cor).

► **Opaco:** meio – ou corpo – que não permite a passagem de luz pelo seu interior, absorvendo-a em sua totalidade



Disponível em: [https://pixabay.com/p-154405/?no\\_redirect](https://pixabay.com/p-154405/?no_redirect)



► **Translúcido:** meio – ou corpo – no qual a propagação luminosa ocorre de forma irregular, desfazendo-se o sentido único de propagação retilínea e reduzindo a nitidez visual.



Disponível em: [http://www.designingwithleds.com/wp-content/uploads/2015/02/Garage-T12\\_450-225x300.jpg](http://www.designingwithleds.com/wp-content/uploads/2015/02/Garage-T12_450-225x300.jpg)

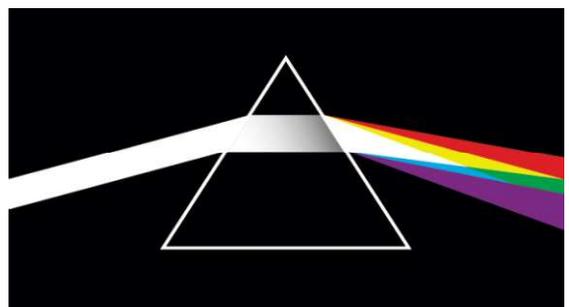
► **Transparente:** meio – ou corpo – no qual a propagação retilínea da luz ocorre completamente, com os raios luminosos atravessando sua extensão sem que haja distorção da forma dos raios.



Disponível em: [https://pixabay.com/p-314874/?no\\_redirect](https://pixabay.com/p-314874/?no_redirect)

► **Reflexão da luz:** ocorre quando a luz proveniente de alguma fonte incide sobre determinada superfície e retorna ao meio de propagação de origem.

► **Dispersão da luz:** é um tipo especial de refração, caracterizada pela decomposição da luz em diferentes raios (diferentes cores).



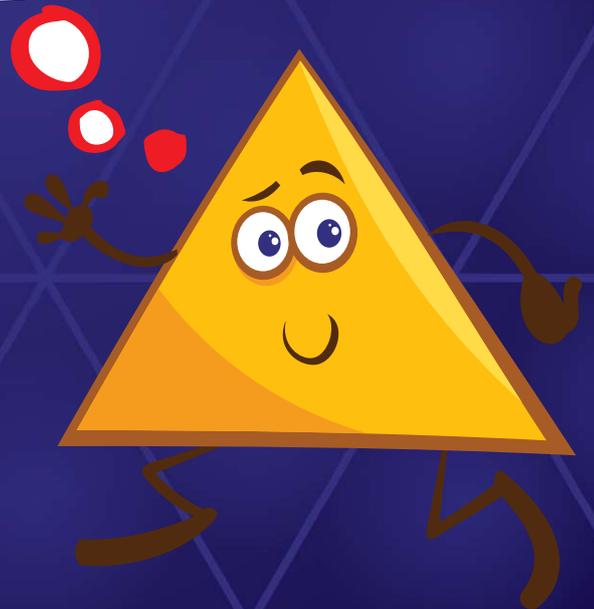
Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Prisma-lightSpectrum-goethe.gif>

**Olha eu aqui de novo!**

**Quanta informação bacana não é mesmo? Saiba que todas elas são importantes para o entendimento dos processos que envolvem os fenômenos luminosos. Para ficar mais fácil, os conceitos e propriedades acima podem ser agrupados da seguinte forma:**

- **Tipos de fontes luminosas (natureza): Primárias ou Secundárias;**
- **Tipos de propagação luminosa: Raio (único) ou Feixes (vários raios);**
- **Tipos de fontes luminosas (extensão): Pontais ou Extensas;**
- **Tipos de luzes: Monocromática ou Policromática;**
- **Tipos de meios: Opacos, Translúcidos ou Transparentes;**
- **Reações da luz nos meios: Reflexão ou Refração/Dispersão**

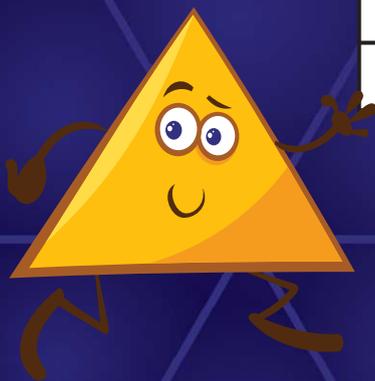
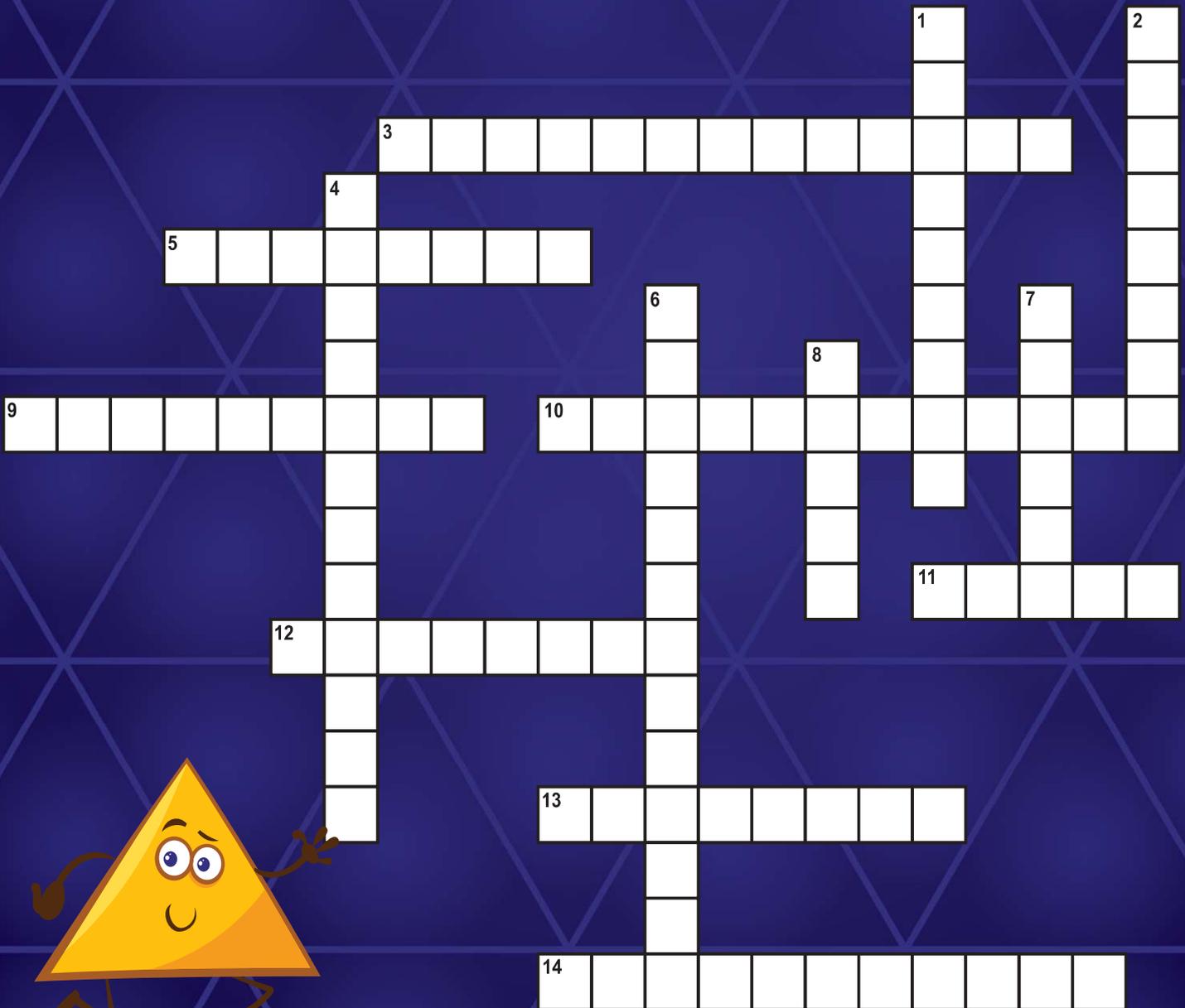
**Agora você vai ter a oportunidade de verificar seu aprendizado até agora com uma atividade. Mãos a obra!**



# Atividade 1

Complete corretamente as lacunas, observando as dicas indicadas logo abaixo:

## Luz: história e fenômenos



### Vertical

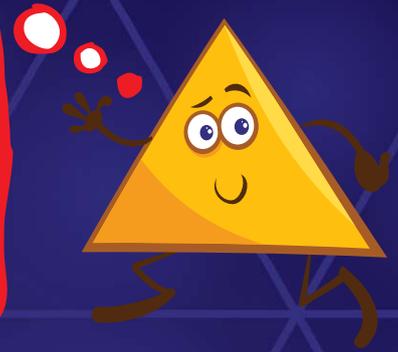
- 1 . Fontes de luz própria.
- 2 . Fontes luminosas de dimensões desprezíveis em relação à distância de propagação da luz.
- 4 . Meio que permite a passagem dos raios luminosos sem deformá-los.
- 6 . Luz de uma cor só.
- 7 . Ramo da Física responsável pelo estudo das propriedades luminosas.
- 8 . Conjunto de raios luminosos igualmente orientados.

### Horizontal

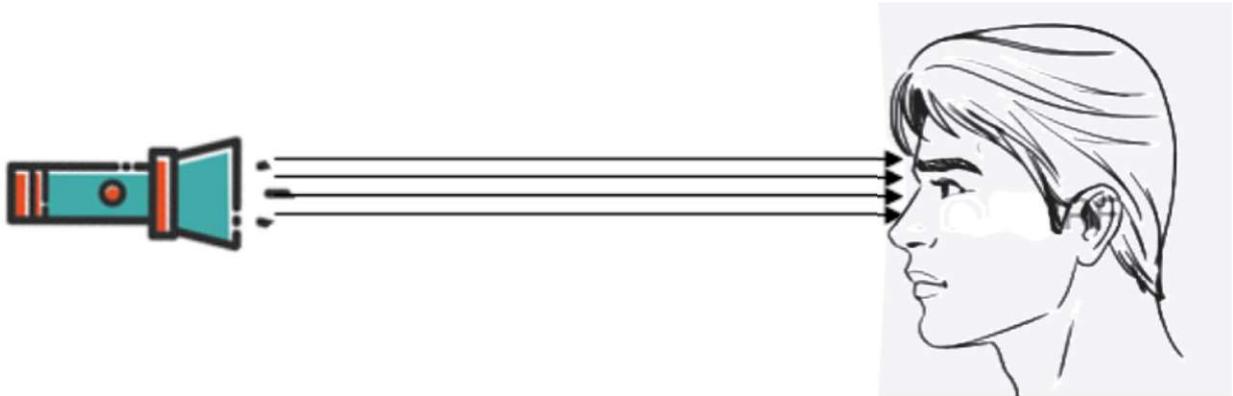
- 3 . Luz composta de diferentes cores.
- 5 . Fenômeno no qual a luz incide em uma superfície, atravessando-a e dirigindo-se a um meio diferente.
- 9 . Decomposição de uma luz policromática.
- 10 . Um dos principais precursores do método científico moderno.
- 11 . Corpo que não permite a passagem de luz, absorvendo todo o espectro luminoso recebido.
- 12 . Fenômeno luminoso no qual a luz incide em uma superfície e retorna ao mesmo meio de origem.
- 13 . Fontes luminosas de dimensões consideráveis.
- 14 . Responsável pelo experimento crucial que revolucionou o estudo da óptica.

# Princípios da Óptica Geométrica

Voltei! Agora, continuaremos a nossa aventura educativa pelo mundo da Óptica Geométrica, e, para prosseguirmos, precisamos entender dois princípios básicos. São eles: Princípio da Propagação Retilínea da Luz e o Princípio da Independência dos Raios Luminosos.

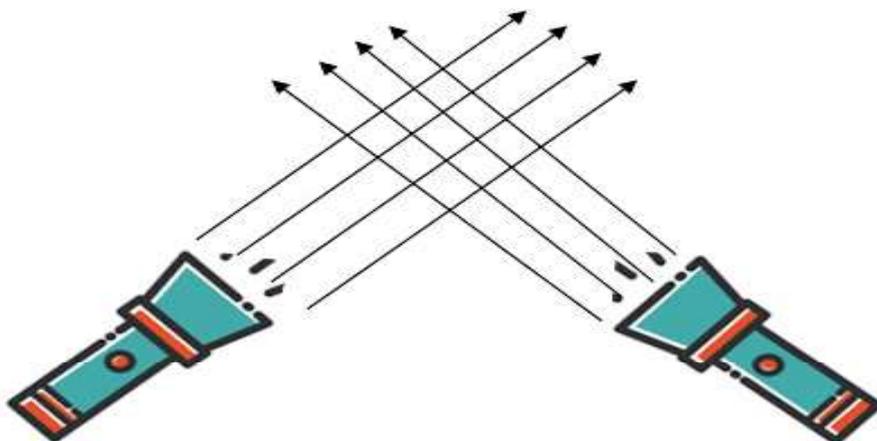


- ▶ **Princípio da Propagação Retilínea da Luz:** Como na óptica geométrica assume-se que a luz se propaga no espaço por meio de raios, a melhor forma geométrica para se modelar essa propagação é uma reta, orientada no sentido fonte – receptor.



Como consequência direta deste princípio temos a Reversibilidade dos raios luminosos: se um raio de luz sai do ponto A em direção ao ponto B, ainda que sofra várias reflexões, ele descreverá a mesma trajetória caso o sentido de sua propagação seja invertido, isto é, se ele sair de B e for em direção a A.

- ▶ **Princípio da Independência dos Raios Luminosos:** Quando dois raios ou dois feixes de luz se interceptam, suas trajetórias são preservadas, independente da interação provocada pelo cruzamento (possível mistura de cores).





Uma das principais aplicações dos princípios de propagação luminosos é o funcionamento da câmera fotográfica. O mais legal disso é que todas elas, independente de serem mais modernas ou mais antigas, obedecem aos mesmos princípios. E por falar em antiguidade, você conhece a história das câmeras de fotografia? O texto abaixo vai te levar a viajar um pouco no tempo. Boa leitura!

## TEXTO II

### História da Fotografia

Não se pode creditar a invenção da fotografia a uma única pessoa. Os germes deste evento começam a se manifestar nos filósofos da antiga Grécia. Platão foi o primeiro a descrever o efeito fotográfico. Há breve relato em sua obra, *A República*, escrita entre 380-370 a.C. atesta o fato. Platão encontrava-se dentro de uma caverna, quando notou parte da imagem exterior estava projetada em umas das paredes, em posição invertida. Examinando minuciosamente todos os cantos, percebeu que a parede oposta à da imagem projetada, apresentava pequena fenda, que permitia a passagem da luz. “A Caverna de Platão” foi o tema de várias metáforas, criadas por ele para descrever aquilo que vemos e que somos. A elite grega daquela época não encontrou outras formas para explorar melhor este efeito físico.

Durante o século X, o erudito árabe Alhazen, descreveu como observara um eclipse solar, no interior de uma “câmara obscura”, um quarto escuro, com um pequeno buraco aberto para o exterior. A câmara escura surge no período renascentista, dois milênios depois, aplicando o mesmo princípio, agora como ferramenta necessária para produzir imagens com verossemelhança. A fotografia exemplifica que as invenções têm seu momento ideal e o momento propício para serem aproveitadas pela sociedade, em certo momento histórico dentro das demandas específicas que elas apresentam.

O princípio deste invento era simples. Uma caixa escura, com espaço suficiente para o artista se locomover. Em uma de suas paredes havia um minúsculo furo, para permitir entrada de luz, cuja imagem seria projetada sobre a tela de pintura, de cabeça para baixo. O trabalho do artista era de contornar os traços da imagem com tinta. No final do século XVI, o pequeno furo, foi substituído por uma lente biconvexa, para que a imagem refletiva tivesse melhor visualização. Em seguida, seu tamanho foi se reduzindo até atingir sua portabilidade. O papel de rascunho foi substituído pelo filme fotográfico.

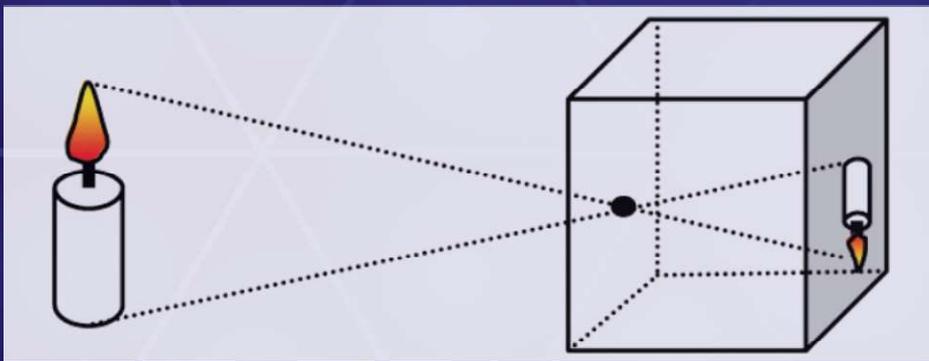
As primeiras câmeras, entretanto, eram pesadas caixas de madeira, que fotografavam com daguerreótipos<sup>1</sup> e, em seguida, com chapas de vidro. Tanto as câmeras, como as chapas e o papel fotográfico, eram produzidos pelos próprios fotógrafos. Dispendia-se muito tempo no preparo de soluções e na operação destes equipamentos. Devido à falta de mobilidade, os primeiros retratos eram imitação da pintura renascentista. Com o avanço da química, óptica e micro-mecânica, filmes e papéis industrializados, surgem os primeiros filmes de rolo, as câmeras foram diminuindo de tamanho, fotografar passa a ser uma tarefa mais simples, novos ângulos e posições passam a ser experimentados, a linguagem fotográfica atinge a sua maturidade.

<<https://focusfoto.com.br/a-revolucao-da-camera-escura/>> acessado em 27/08/16, 14:50

1Aparelho antigo inventado pelo francês Louis Jacques Mandé Daguerre (1787 – 1851) que funcionava através da fixação de pigmentos numa folha metálica no fundo da câmara escura.

Bacana conhecer um pouco da história de alguns inventos, não é? Importante você saber que, devido à forma de propagação retilínea da luz e ao formato da câmara escura, principalmente em razão da posição do orifício de entrada da luz, as imagens são formadas no fundo tem posição invertida em relação ao objeto fotografado, conforme mostra a figura a seguir. Além disso, devido à propriedade matemática de semelhança de triângulos, a seguinte relação de proporcionalidade é válida:

$$\frac{\text{tamanho do objeto}}{\text{distância do objeto ao orifício}} = \frac{\text{tamanho da imagem}}{\text{distância do orifício ao fundo da câmera}}$$



Modelo de funcionamento de uma câmara escura. Disponível em <http://rede.novaescolaclub.org.br/sites/default/files/importadas/img/geral/cortes-03.gif>



Tenho certeza que você achou bem bacanas esses dois princípios. Mais legal ainda vai ser quando observar eles na prática, conforme mostrarão esses experimentos a seguir.

## Experimento 1: Princípios luminosos

**Materiais necessários:**

- ▶ Dois spots de luz colorida como o da figura ao lado (Pode ser substituído por duas lanternas de luz branca, adaptadas com papel celofane de cores diferentes na saída do cone de luz);
- ▶ Odorizante de ambientes (aerosol);

1. Direcione cada um dos spots para um ponto distinto de uma parede, preferencialmente branca. Acione o odorizante ao longo da distância percorrida pela luz, entre o spot e a parede.

O que você pode perceber? Qual princípio da óptica geométrica pôde ser constatado?



[http://www.eletronicacomponel.com.br/admin/fotos3/imagem26\\_14\\_4\\_14.jpg](http://www.eletronicacomponel.com.br/admin/fotos3/imagem26_14_4_14.jpg)

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Posicione novamente os dois spots para a parede, agora de uma maneira que os feixes de luz das duas fontes se cruzem.

2.1. As cores projetadas nas paredes são iguais às cores de saída dos spots? A qual princípio você atribui esse fenômeno?

---

---

---

---

---

---

---

---

2.2. Acione novamente o odorizante ao longo das duas trajetórias dos raios de luz. O princípio da propagação retilínea da luz se manteve? O que aconteceu no encontro dos dois feixes luminosos?

---

---

---

---

---

---

---

---



3. Utilizando a régua, meça a distância da vela à câmara escura, o tamanho da vela e a distância do furo à tampa da câmara. Utilize dos dados matemáticos apresentados e determine, sem medir com régua, o tamanho da imagem formada.

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Agora utilize a régua para medir o tamanho da imagem formada e compare com o valor encontrado no item anterior.

---

---

---

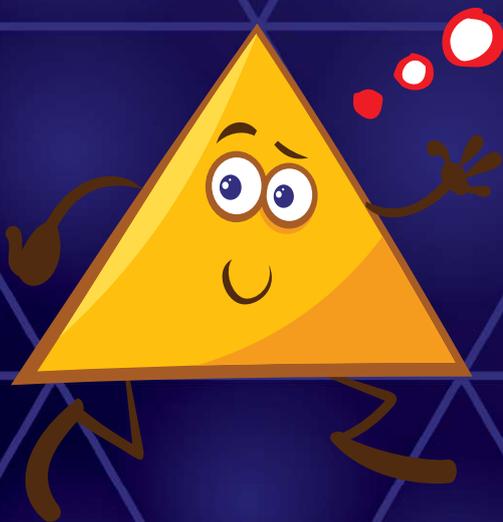
---

---

---

---

---



Espero que tenha gostado das experiências. Elas são simples, mas servem para constatar na prática aquilo que a teoria nos mostra. É importante saber que a ideia da formação das imagens por semelhança de triângulos é idêntica ao raciocínio utilizado para medir o tamanho de uma sombra, por exemplo. O texto abaixo contará um pouco da história do famoso matemático Tales de Mileto, no episódio em que ele se apropriou de princípios básicos da óptica geométrica para solucionar um desafio. Boa leitura!

## TEXTO III

### Tales de Mileto e a pirâmide de Quéops

Tales de Mileto foi o primeiro matemático grego, nascido por volta do ano 640 e falecido em 550 a.C., em Mileto, cidade da Ásia Menor, descendente de uma família oriunda da Fenícia ou Beócia. Tales foi incluído entre os sete sábios da antiguidade. Estrangeiro rico e respeitável, o famoso Tales durante a sua estadia no Egito estudou Astronomia e Geometria.

Ao voltar de novo a Mileto, Tales abandonou, passado algum tempo, os negócios e a vida pública, para se dedicar inteiramente às especulações filosóficas, às observações astronômicas e às matemáticas. Fundou a mais antiga escola filosófica que se conhece - a Escola Jônica.

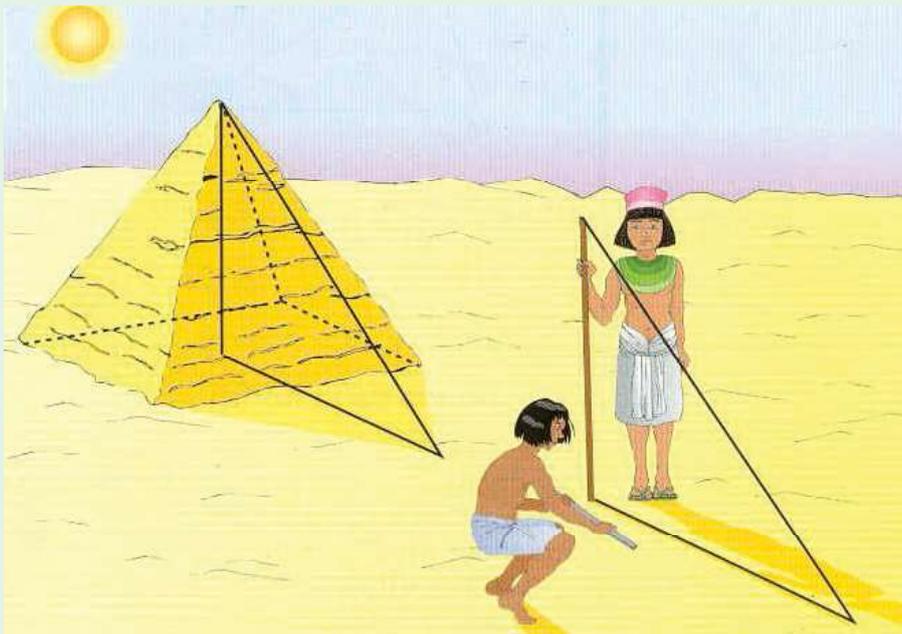
A sua fama estendeu-se a todo o mundo heleno, graças especialmente à predição de um eclipse do sol, cuja data não se sabe bem ao certo se foi a de 28 de Maio de 585 ou a de 30 de Setembro de 609 a.C.- predição resultante do uso de uma das tábuas compostas pelos Caldeus, que anunciavam os períodos de 18 anos e 11 dias dos eclipses solares.

Proclo, Laércio e Plutano atribuem a Tales não só a transplantação de conhecimentos matemáticos do Egito para a Grécia, mas ainda à descoberta de várias proposições isoladas relativas às paralelas, aos triângulos e às propriedades do círculo, não apresentando nenhuma sequência lógica, mas com demonstrações dedutivas. Poderá dizer-se que Tales deu a essa matemática uma característica que se conserva até hoje, o conceito de "demonstração ou prova". [...]

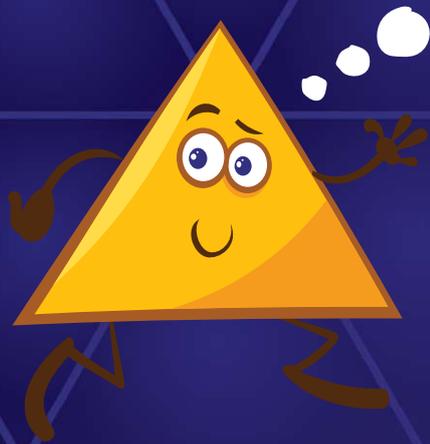
Proposição: Os triângulos equiângulos têm os seus lados proporcionais.

É uma proposição de grande importância, que Tales utilizou na determinação da altura da pirâmide Quéops. Quando Tales de Mileto, cerca de seiscentos anos antes do nascimento de Cristo, se encontrava no Egito, foi-lhe pedido por um mensageiro do faraó, o nome do soberano, que calculasse a altura da pirâmide Quéops. Tales apoiou-se a uma vara espetada perpendicularmente ao chão e esperou que a sombra tivesse comprimento igual ao da vara. Disse então a um colaborador:

– Vai mede depressa a sombra: o seu comprimento é igual à altura da pirâmide.



Tales, para ser rigoroso, deveria ter dito para adicionar à sombra da pirâmide metade do lado da base desta, porque a pirâmide tem uma base larga, que rouba uma parte da sombra que teria se tivesse a forma de um pau direito e fino; pode acontecer que o tenha dito, ainda que a lenda não refira.



Conhecer a forma como a luz se comporta durante sua propagação nos faz entender e admirar uma série de fenômenos, uns mais simples, outros mais elaborados, mas todos sempre carregados de uma beleza única. Que tal perceber isso através de um pequeno experimento?

## Experimento 3: Sombra e penumbra

### Materiais necessários:

- ▶ Lanterna
- ▶ Um lápis (ou qualquer objeto semelhante desde que opaco)
- ▶ Um pedaço circular de papel cartão (circular com aproximadamente 2,5 cm de raio)

### Roteiro

1. Apóie a lanterna em algum suporte, ou peça a ajuda de um colega para segurá-la, distante aproximadamente 30 cm de uma parede;
2. Apague as luzes do ambiente (mantenha-o o mais escuro possível);
3. Posicione o lápis (ou o semelhante) entre a lanterna e a parede nas seguintes posições: a 5 cm da lanterna, a 10 cm da lanterna e a 20 cm da lanterna. Houve diferença nas projeções geradas? E no tamanho das projeções? Caracterize cada situação com suas palavras.

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Repita o procedimento com o disco de papel cartão. Houve diferença nas projeções geradas? E no tamanho das projeções? Caracterize cada situação com suas palavras.

---

---

---

---

---

---

---

5. O formato do objeto influenciou na formação das projeções, em cada uma das posições? Justifique.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

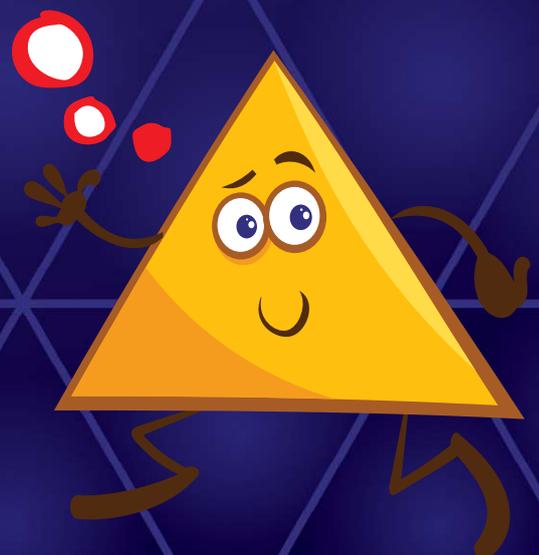
---

Para tornar o entendimento de sombras e penumbras ainda mais bacana, você deve lembrar que:

**Sombra:** É uma região escura formada pela ausência total da luz, e ocorre quando o objeto é iluminado por uma fonte de luz de dimensão desprezível em relação a esse.

**Penumbra:** É uma região escura formada pela ausência parcial da luz, gerando uma espécie de dégradé, devido às diferentes tonalidades.

Um dos fenômenos mais belos, que envolvem os conceitos de sombra e penumbra é o eclipse. O texto a seguir trará uma boa explicação dos mesmos. Boa leitura!



## TEXTO IV

### Eclipses

Denomina-se eclipse ao obscurecimento parcial ou total de um corpo celeste em virtude da interposição de outro. A palavra eclipse vem do grego ekleipsis, que significa abandono, desmaio, desaparecimento. É uma das raras chances de observar-se um espetáculo tão belo da natureza. Embora os eclipses solares ocorram em maior número, vemos com mais frequência os lunares, pelo fato de os últimos serem observados em áreas consideravelmente superiores à metade da Terra.

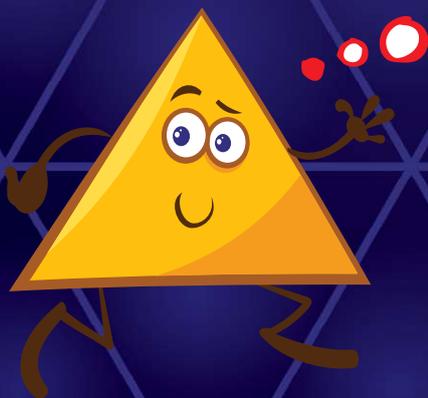
Os eclipses lunares ocorrem quando a Lua penetra no cone de sombra da Terra, o que só pode acontecer na fase de Lua cheia pelo seguinte: A Terra gira ao redor do Sol num plano. Por exemplo, supondo que o Sol esteja no centro da face superior de uma mesa, a Terra se move em torno do Sol no nível desta superfície. Ao mesmo tempo a Lua gira em torno da Terra, mas o plano de órbita lunar é inclinado um pouco mais de 5° em relação à face da mesa. Embora a Terra projete sempre a sua sombra não a percebemos porque geralmente a Lua passa acima ou abaixo da sombra. Assim, quando a Lua cruza o plano da órbita da Terra, ou seja, passa por um nodo, e, além disso, o Sol, a Lua e a Terra ficam alinhados, ocorre um eclipse lunar.

A sombra da Terra projetada no espaço se estende em forma cônica por cerca de 1,38 milhão de quilômetros. À distância de aproximadamente 360 mil quilômetros, onde está a Lua, o diâmetro da sombra tem cerca de 9 mil quilômetros. Além de uma parte escura, chamada umbra ou apenas sombra, a sombra da Terra tem uma parte cinzenta denominada penumbra. Mas é a sombra que dá o efeito de beleza ao fenômeno, pois a penumbra na maioria das vezes é imperceptível.

Os eclipses lunares já foram mais importantes para a pesquisa astronômica. Eles forneceram a primeira prova de que a Terra é redonda, foram utilizados no estudo da alta atmosfera do nosso planeta, no estudo da rotação da Terra, no tamanho e distância do nosso satélite além de variações em seu movimento. Além disso, os eclipses podem contribuir com a História na determinação de datas que se deram em tempos remotos.

Quando a Lua estiver toda imersa na sombra poderá tomar uma cor de cobre, isto é, avermelhada, pelo seguinte: A luz do Sol atinge a Terra e passa pela atmosfera. Os componentes da luz branca, que produzem as cores vermelha e laranja, espalham-se pelo ar cobrindo o céu com as cores do Sol no alvorecer e no crepúsculo. A refração transforma essas cores em sombra, por isso a Lua pode ficar avermelhada.

Paulo Sergio Bretones. Artigo: O eclipse da Lua na noite de 27 para 28 de setembro de 2015, Departamento de Metodologia de Ensino da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), disponível em <  
[http://www.saci.ufscar.br/servico\\_release?id=82333&pro=3](http://www.saci.ufscar.br/servico_release?id=82333&pro=3)



Agora é hora realizar alguns exercícios, que servirão para avaliarmos a aprendizagem até aqui.

## Atividade 2

1. Em corridas de táxi, é comum que o motorista mantenha um agradável bate-papo com seu passageiro, alocado frequentemente na parte de trás do automóvel. No entanto, devido à necessidade constante de atenção por parte do motorista, este não pode olhar diretamente para o cliente, utilizando-se, então, do retrovisor interno. Nessa situação, tanto o passageiro quanto o motorista conseguem ver os olhos um do outro. Do ponto de vista da óptica geométrica, qual a explicação desse fenômeno?

---

---

---

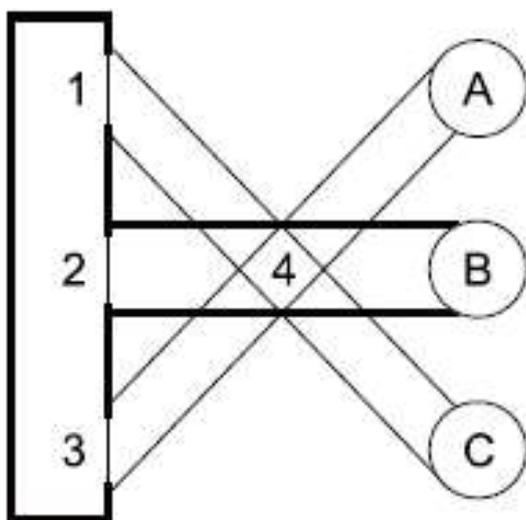
---

---

2. Assinale com V as afirmações verdadeiras e com F as afirmações falsas.

- (     ) A luz pode ser associada a um agente físico provocador de estímulo visual.
- (     ) A Óptica Geométrica estuda os fenômenos luminosos que envolvem considerações a respeito da natureza íntima da luz.
- (     ) Fonte de luz é todo corpo capaz de emitir luz.
- (     ) A visualização de uma fonte secundária só é possível se esta estiver em presença de, ao menos, uma fonte primária.
- (     ) O filamento em caracol de um acendedor elétrico de cigarros (do tipo existente em um automóvel), quando aquecido, é um exemplo de fonte de luz primária incandescente, similar a uma vela acesa.
- (     ) A propagação de um raio de luz independe da existência de outros raios de luz.
- (     ) Fontes de luz puntiformes são aquelas de pequenas dimensões, quando comparadas às distâncias percorridas pelos raios luminosos.
- (     ) A luz necessita de um meio material para se propagar.

3. (UEPB\_ADAPTADA) Durante o Maior São João do Mundo, realizado na cidade de Campina Grande, um estudante de Física, ao assistir um show, decidiu observar o comportamento dos feixes de luz emitidos por três canhões, os quais emitiam luz nas seguintes cores: canhão A – luz azul; canhão B – luz verde; canhão C – luz vermelha, como mostra a figura abaixo.



Considerando que os três feixes de luz têm a mesma intensidade e se cruzam na posição 4, as cores vistas pelo estudante nas regiões iluminadas 1, 2 e 3 do palco são, respectivamente:

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

4. Em um dia ensolarado é fácil perceber a formação de nossas sombras no solo. Como elas são formadas e por que nossas sombras apresentam diferentes orientações (na nossa frente, atrás, ao lado, etc.) e diferentes tamanhos ao longo do dia? Faça um desenho ilustrando sua resposta.

---



---



---

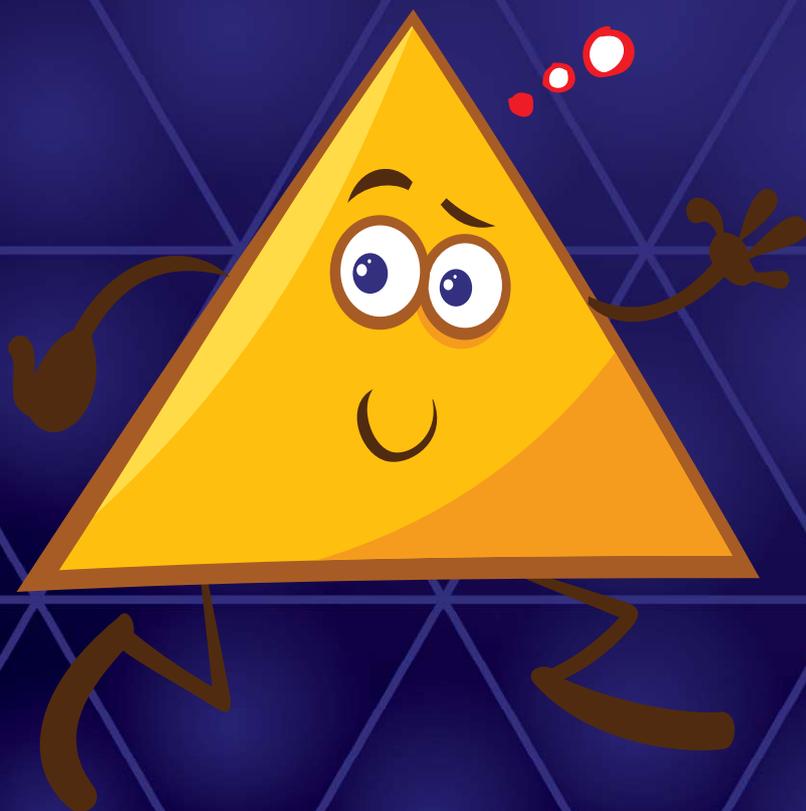
5. A câmara escura de orifício é um dispositivo que historicamente foi utilizado primeiramente por Leonardo da Vinci (1452-1519). Ela consiste, em geral, por um paralelepípedo onde uma das faces apresenta um pequeno orifício – única entrada de luz – e a face interna oposta a este contém uma superfície projetável (papel vegetal, folha branca, vidro fosco, etc.). Considere uma vela de 20 cm localizada a 4,0 m do orifício da câmara, posicionada exatamente em frente à vela. Considere ainda que a distância entre o orifício e a face interna projetável da câmara seja de 60 cm.

5.1. Faça um desenho esquematizando a situação acima?

5.2. Qual é a orientação da imagem formada em relação à vela?

5.3. Determine o tamanho da imagem formada.

Amigo, foi um prazer acompanhá-lo até aqui nessa aventura fantástica que foi conhecer um pouco dos princípios básicos da óptica geométrica. Agora o desafio está com você. Ainda existe muito a se descobrir sobre os efeitos da propagação da luz! Desenvolva seu lado desbravador e mergulhe de cabeça nos estudos sobre esses fenômenos. Até mais!



Universidade de Brasília - UnB  
Instituto de Física - IF  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

  
SOCIIDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bretones, P S. Artigo: O eclipse da Lua na noite de 27 para 28 de setembro de 2015, Departamento de Metodologia de Ensino da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), disponível em < [http://www.saci.ufscar.br/servico\\_release?id=82333&pro=3](http://www.saci.ufscar.br/servico_release?id=82333&pro=3)>.

Mariano, W. Melo; Paz, Maria R. de Almeida. Física, 2ª série: Ensino Médio: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Vol 2. 1ª ed., Belo Horizonte, 2015.

Polito, A M. M. A construção da estrutura conceitual da física clássica. (Série mestrado nacional profissional em ensino de física). Editora Livraria da Física, volume 2, São Paulo, 2016.

<[http://www.feiradeciencias.com.br/sala02/02\\_060.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala02/02_060.asp)> acessado em 12/09/16, 13:00h

<<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/opt10.htm>> acessado em 07/10/16, 16:10h

<<https://focusfoto.com.br/a-revolucao-da-camera-escura/>> acessado em 22/09/16, 18:50h

<<http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm28/tales.htm>>, Acessado em 14/05/2017, 8h46

<<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1096&sid=9>>, acessado em 25/08/16, 18:15 h.

