

Conceitos Básicos da Óptica

A LUZ



Figura 1: Universo

A luz é uma forma de energia radiante que sensibiliza nossos olhos. Ela se propaga nos meios materiais e também no vácuo. A luz que recebemos do Sol percorre 150.000.000 km a uma velocidade de 300.000 km/s. Assim, a luz emitida pelo Sol, nesse exato momento em que você está lendo esta folha, só vai chegar à Terra daqui a cerca de 8 min.

Em relação às distâncias percorridas pela luz das outras estrelas até a Terra, verificamos que elas são representadas por números extremamente grandes.

Por exemplo, a luz emitida pela Estrela Alfa da Constelação de Centauro – a segunda estrela mais próxima da Terra – demora cerca de 4,3 anos para chegar até nós. Por causa desses números extensos, é muito comum medirmos essas enormes distâncias com a unidade ano-luz, que é a distância percorrida pela luz no vácuo em 1 ano.



Filme 1: Aurora Boreal

Como $1 \text{ ano} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$ e a velocidade da luz, no vácuo, é 300.000 km/s ($3 \cdot 10^5 \text{ km/s}$), temos: $1 \text{ ano-luz} = (3 \cdot 10^5 \text{ km/s}) \cdot (3,15 \cdot 10^7 \text{ s}) = 9,45 \cdot 10^{12} \text{ km}^2 \text{ à } 10^{16} \text{ m}$

Fontes de luz

Denominamos fontes primárias de luz os corpos capazes de produzir e emitir a luz. Esses corpos são chamados de corpos luminosos.



Figura 2: Lâmpada acesa

As fontes primárias de luz podem ser naturais ou artificiais. Como exemplo de fonte natural de luz, podemos citar as estrelas e alguns animais (vaga-lumes e peixes abissais) cujos organismos produzem e irradiam luz. Por outro lado, lâmpada acesa é exemplo de uma fonte artificial de luz.



Figura 3: Lua

A maioria dos corpos não irradia luz própria, ou seja, não são luminosos. Os corpos não-luminosos, como a Lua ou as páginas deste livro, são fontes secundárias de luz, as quais somente são visíveis quando refletem a luz. Esses corpos são chamados de corpos iluminados.

Os corpos iluminados podem, em determinadas condições, tornar-se corpos luminosos, como, por exemplo, um metal aquecido ao rubro ou um pedaço de carvão em brasa.

Fenômenos da propagação da luz

Para representar a propagação luminosa, utilizamos os raios de luz, que são linhas orientadas que definem a direção e o sentido de propagação da luz. Os raios de luz não têm existência física; são meros elementos geométricos de representação. Por exemplo, podemos representar por raios a energia luminosa de uma lâmpada irradiando-se em todas as direções.

Qualquer conjunto de raios de luz é um feixe de luz. Se os raios do conjunto tiverem um vértice comum, o conjunto é um pincel de luz. Os pincéis são classificados em três tipos: o de raios paralelos, o de raios convergentes e o de raios divergentes.

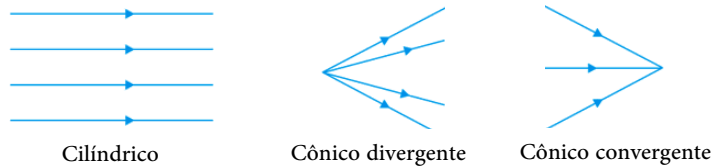


Figura 4: Pincéis de luz. Numa visão tridimensional, os raios paralelos são abraçados por um cilindro; os convergentes ou divergentes, por um cone.

Quando a luz atinge a fronteira entre dois meios ópticos, podem ocorrer basicamente três fenômenos luminosos: a reflexão, a refração e a absorção (Figura 2).

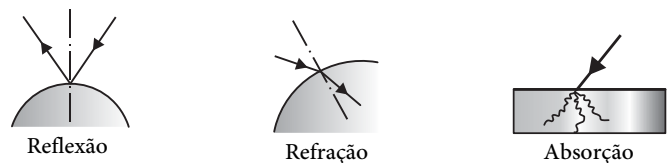


Figura 5: Os três fenômenos ópticos (reflexão, refração e absorção), representados separadamente com a utilização do conceito de raio de luz.

É importante observar que esses três fenômenos ocorrem simultaneamente. Por exemplo, em uma piscina, a luz solar é refletida na superfície da água, ao mesmo tempo que a água se aquece por absorver a energia radiante e se ilumina pela luz refratada. A análise em separado de cada um desses três fenômenos se faz apenas por uma questão de simplicidade e clareza.

A reflexão pode ser regular ou difusa, dependendo de a superfície refletora ser lisa ou áspera.

Nos espelhos em geral, temos reflexão regular; em uma parede caiada, ocorre a reflexão difusa.

A mesma distinção pode ser feita quando a luz se refrata. A refração pode ser regular, como numa superfície tranquila das águas de um lago, ou difusa, como numa janela de vidro fosco.

Transferência dos objetos e das substâncias

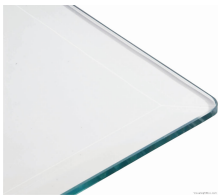


Figura 6: Vidro hialino

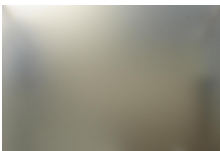


Figura 7: Vidro fosco



Figura 8: Tela de projeção

De acordo com o seu comportamento à passagem da luz, os objetos podem ser classificados em:

- transparentes - objetos que permitem a passagem da luz de maneira regular, possibilitando uma perfeita visualização das imagens; (Figura 6)
- translúcidos - os que permitem a passagem da luz, mas não de maneira regular, tornando difusa a visualização das imagens. (Figura 7)
- opacos - aqueles que não permitem a passagem da luz; (Figura 8)

As substâncias também podem ser transparentes, opacas ou translúcidas. Vale observar, por exemplo, que embora a substância vidro seja transparente, uma placa de vidro com superfície irregular é um objeto translúcido.

A cor de um corpo

À luz do Sol, os objetos se apresentam nas mais variadas cores: azuis, verdes, vermelhos etc.

Mas como explicamos esse fato, se todos os objetos são iluminados com a mesma luz do Sol?

Inicialmente, precisamos entender que a luz que recebemos do Sol é uma luz branca (branco-amarelada). Essa luz é policromática, composta de sete radiações monocromáticas: vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta (VAAVAAV).

Devemos levar em conta, também, que os objetos não se comportam todos do mesmo modo em relação às radiações: determinados objetos refletem difusamente todas as radiações componentes da luz branca; outros refletem somente algumas, e há os objetos que podem absorver todos os componentes da luz que incide sobre eles.

O importante é o componente (ou componentes) refletido difusamente pelo objeto. Por exemplo, se um objeto iluminado com luz branca refletir difusamente apenas o componente verde, ele será visto por nós na cor verde; se refletir somente a cor vermelha, será visto na cor vermelha, e assim por diante (Figura 3).

Corpo branco é aquele que reflete difusamente todas as cores. Corpo negro é o que absorve todas as cores.

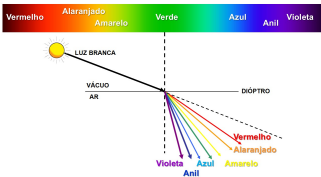


Figura 8: Dispersão da luz

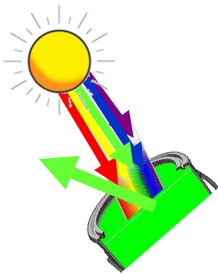


Figura 9: Um objeto que, banhado pela luz branca solar (policromática), difunde apenas a radiação azul. Aos nossos olhos, ele se apresenta azul.

PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

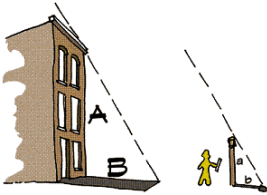


Figura 10: A sombra projetada por um edifício corrobora a propagação retilínea da luz.



Figura 11: Raios se cruzam sem interferir no trajeto do outro raio.

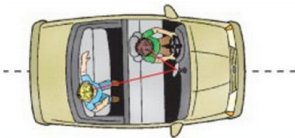


Figura 12: Se uma pessoa observa os olhos de uma outra, os olhos dessa outra pessoa podem observar os olhos da primeira, em virtude da reversibilidade da trajetória dos raios.

Princípio da propagação retilínea, o qual estabelece que, nos meios homogêneos e transparentes, a luz se propaga em linha reta (Figura 10); um meio homogêneo é aquele que apresenta as mesmas propriedades em todos os seus pontos;

Princípio da independência dos raios luminosos, segundo o qual as trajetórias dos raios de luz são independentes; quando vários feixes luminosos são emitidos, simultaneamente, por fontes diferentes, cada um deles se comporta como se os outros não existissem, ou seja, os feixes podem se cruzar sem que um altere a propagação do outro; esse fato verifica o princípio da propagação retilínea dos raios luminosos (Figura 11).

Princípio da reversibilidade dos raios luminosos, que estabelece que a trajetória de um raio de luz não se modifica quando se inverte o sentido de sua propagação; as trajetórias dos raios de luz que vão de um ponto A até um ponto B são as mesmas dos raios que vão de B para A (Figura 12).



O físico e matemático francês, **Pierre de Fermat** (1601- 1665), elaborou um princípio por meio do qual se conseguem sintetizar vários princípios e leis da Óptica Geométrica, entre eles os três princípios anteriores. É um princípio “econômico” e elegante, mas nem sempre usado didaticamente, pois a sua aceitação não é tão natural quanto a dos outros. Diz o princípio de Fermat: o percurso efetuado pela luz para se deslocar entre dois pontos é tal que o tempo gasto nesse deslocamento é mínimo.

Como em um meio homogêneo e transparente a velocidade da luz é a mesma em todos os pontos do meio, o menor tempo para se deslocar entre dois pontos se obtém no menor percurso que liga esses dois pontos. Ora, a menor distância entre dois pontos é a medida do segmento de reta que os une e, portanto, esse é o percurso “escolhido” pela luz. Além disso, como o princípio de Fermat não faz restrição alguma com relação ao sentido de propagação, o percurso de tempo mínimo entre dois pontos, A e B, é o mesmo, tanto quando a luz vai de A para B, como em sentido contrário. Dessa forma, o princípio da propagação retilínea e o princípio da reversibilidade dos raios luminosos também resultam como uma decorrência do princípio de Fermat.

Exercícios de Fixação

01. Imagine-se na janela de um apartamento situado no 10º andar de um edifício. No solo, um carpinteiro bate um prego numa tábua. Primeiro você enxerga a martelada, para depois de certo intervalo de tempo escutar o ruído correspondente. A explicação mais plausível para o fato é:

- a) a emissão do sinal sonoro é atrasada em relação à emissão do sinal luminoso.
- b) o sinal sonoro percorre uma distância maior que o luminoso.
- c) o sinal sonoro propaga-se mais lentamente que o luminoso.
- d) o sinal sonoro é bloqueado pelas moléculas de ar, que dificultam sua propagação.
- e) o sentido da audição é mais precário que o da visão.

02. A velocidade de propagação das ondas luminosas:

- a) é infinitamente grande.
- b) é máxima no ar.
- c) é maior na água que no vácuo.
- d) vale 300.000 km/s no vidro.
- e) vale $3,00 \cdot 10^{10}$ cm/s no vácuo.

03. São fontes luminosas primárias:

- a) lanterna acesa, espelho plano, vela apagada.
- b) olho-de-gato, Lua, palito de fósforo aceso.
- c) lâmpada acesa, arco voltaico, vaga-lume aceso.
- d) planeta Marte, ao aquecido ao rubro, parede de cor clara.
- e) tela de uma TV em funcionamento, Sol, lâmpada apagada.

04. Define-se um ano-luz como a distância percorrida por um sinal luminoso no vácuo durante um ano terrestre. Sabendo que, no vácuo, a luz viaja a uma velocidade de $3,0 \cdot 10^8$ km/s, calcule, em metros, o comprimento equivalente a um ano-luz.

05. Considere a seguinte citação, extraída de um livro de Física: “Quando contemplamos o céu numa noite de tempo bom, recebemos das estrelas um relato do passado”.

Utilizando argumentos científicos, comente o pensamento do autor



Figura 13: Bandeira do Brasil

06. A bandeira do Brasil esquematizada na Figura abaixo é confeccionada em tecidos puramente pigmentados:

Estando estendida sobre uma mesa no interior de um recinto absolutamente escuro, a bandeira é iluminada por luz monocromática. Determine de que cores serão vistas as regiões designadas por 1, 2, 3 e 4 no caso de:

a) a luz monocromática ser verde;

b) a luz monocromática ser vermelha.

7. Um jarro pintado de cor clara pode ser visto de qualquer posição do interior de uma sala devidamente iluminada. Isso ocorre porque:

a) o jarro refrata grande parte da luz que recebe.

b) o jarro difunde para os seus arredores grande parte da luz que recebe.

c) o jarro absorve a luz que recebe.

d) o jarro é um bom emissor de luz.

e) o jarro reflete toda a luz que recebe.

08. Um laboratório fotográfico usa luz monocromática vermelha para revelação e cópia de Filmes. Um objeto que, sob luz branca, se apresenta na cor verde pura, dentro desse laboratório será visto na cor:

a) branca.

b) preta.

c) vermelha.

d) verde.

e) violeta.

Câmara escura

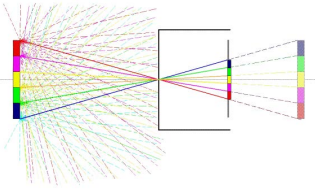


Figura 14: Câmara escura

A câmara escura de orifício é, basicamente, uma caixa feita de material opaco, com um orifício em uma das faces, para penetração da luz. Colocando-se um objeto luminoso, ou iluminado, diante da face em que há o orifício, obtém-se na face oposta e paralela uma Figura geometricamente semelhante ao objeto, porém invertida. Essa última face pode ser feita com papel vegetal, ou outro material translúcido, para permitir a observação, pelo lado de fora da caixa, da Figura projetada. Esse dispositivo nos dá uma ideia do princípio de funcionamento de uma máquina fotográfica e também do olho humano.

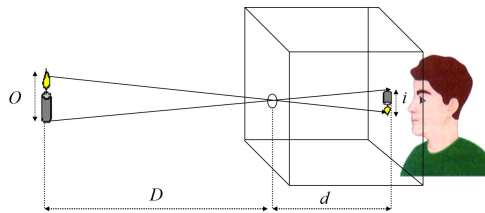


Figura 6: Câmara escura de orifício e a figura projetada.

Analisando a Figura e observando a semelhança dos triângulos determinados pelos raios de luz, temos:

$$\boxed{\frac{O}{i} = \frac{D}{d}}$$

Façamos, ainda, duas importantes observações acerca da câmara escura:

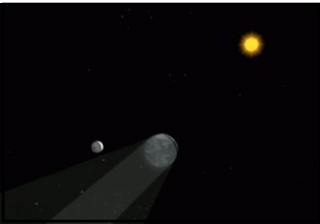
Na câmara escura, podemos constatar os três princípios da Óptica Geométrica: o fato de os raios se encontrarem na região do orifício não interfere na propagação de cada um deles, que é o princípio da independência; a propagação retilínea é a responsável pelo fato de a imagem ser geometricamente semelhante ao objeto; e, de acordo com o princípio da reversibilidade, podemos inverter a região externa à câmara escura com a região interna, que o esquema de construção da imagem continua válido.

Eclipses



Figura 15: Eclipse Solar

A palavra eclipse significa “ocultação”, total ou parcial, de um astro pela interposição de um outro, entre o astro e o observador, ou entre um astro luminoso e um astro iluminado. Por exemplo, ocorre eclipse do Sol quando a Lua, em seu movimento de translação, coloca-se entre o Sol e a Terra. Conforme a localização de um observador, ele pode ver um eclipse total ou um parcial. Há ainda a possibilidade de um observador não conseguir perceber o eclipse.



Animação 1: Eclipse Lunar

Pode ocorrer, também, o eclipse da Lua. Esse fenômeno ocorre quando nosso satélite natural passa pela região de sombra da Terra, determinada pelos raios solares que tangenciam a superfície terrestre. Segundo o esquema seguinte, é noite na região D. Um observador que esteja em qualquer ponto dessa região não vê a Lua. Isso acontece por duas razões: primeiro, porque ela não é uma fonte luminosa e, segundo, porque a luz solar não a atinge.

As Fases da Lua



Filme 2: Trajetória da Lua em relação à Terra considerando-se a observação de um ponto muito acima do Polo Norte.

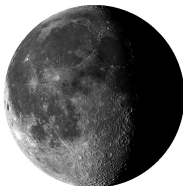
O Filme 2 ilustra a trajetória da Lua, considerando seu movimento ao redor da Terra. Essa órbita é ligeiramente elíptica e, para detalhar melhor as situações, nós a dividimos em quatro partes. Cada parte corresponde a um conjunto de situações que denominamos fases da Lua.



Figura 17: Fases da lua



Lua Nova (P1)



Quarto crescente (P2)



Lua cheia (P3)



Lua minguante (P4)

Figuras 18: Fases da lua

Na figura 12, vemos que, assim como metade da Terra está sempre iluminada pelo Sol, com a Lua acontece o mesmo. A fase da Lua depende de quanto podemos observar dessa metade iluminada pelo Sol. O intervalo de tempo entre duas situações idênticas é chamado de mês lunar, ou mês sidéreo. Ele dura 29 dias, 12h44min2,8s.

Na figura 12, temos a representação da visão da Lua para um observador terrestre situado no Hemisfério Sul quando ela passa pelas 4 posições de sua órbita. No Hemisfério Norte, um observador terrestre vê essas mesmas figuras, porém invertidas. Isso não é por acaso. Em relação a nós, esse observador está de ponta-cabeça.

Nos dias que sucedem a situação do ponto P2, um observador terrestre vê crescer a fração iluminada que ele pode observar. É a fase denominada quarto crescente. Quando a Lua está no ponto P3, ela se mostra como um disco totalmente iluminado. Começa o período de lua cheia. A partir do ponto P4, vai diminuindo

(minguando) a fração iluminada que vemos aqui da Terra. É a fase de quarto minguante.

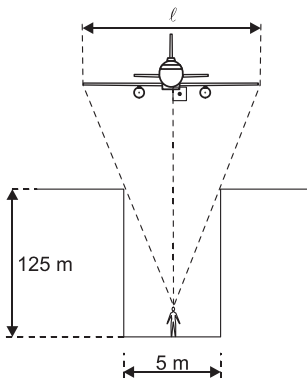
No ponto P1, a Lua apresenta-se com um disco escuro bem tênue e só é vista durante o dia. Só não está totalmente invisível porque recebe luz refletida pela Terra. Depois desse trecho, um novo ciclo lunar vai começar. Essa é a fase da lua nova.

Só há possibilidade de a Lua estar alinhada com a Terra e o Sol nas fases de lua nova e lua cheia. Mas, como a órbita da Lua está inclinada de $5^{\circ} 7'$ em relação ao plano da órbita da Terra ao redor do Sol, mesmo nessas fases o alinhamento ocorre com pouca frequência. Quando ocorre, temos os eclipses.

TESTES

01. Uma pessoa de 1,8 m de altura está em pé ao lado de um edifício de altura desconhecida. Num dado instante, a sombra dessa pessoa, projetada pela luz solar, tem uma extensão de 3,0 m, enquanto a sombra do edifício tem uma extensão de 80 m. Qual a altura, em metros, do edifício?

- a) 12 m.
- b) 24 m.
- c) 48 m.
- d) 72 m.
- e) 120 m.



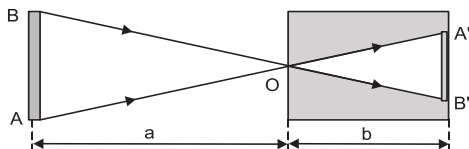
02. Do fundo de um poço, um observador de altura desprezível contempla um avião, que está 500 m acima de seus olhos. No instante em que a aeronave passa sobre a abertura do poço, o observador tem a impressão de que a envergadura (distância entre as extremidades das asas) abrange exatamente o diâmetro da abertura. Considerando os elementos figura ilustrativa ao lado, fora de escala, calcule a envergadura l do avião.

- a) 10 m.
- b) 20 m.
- c) 25 m.
- d) 30 m.
- e) 60 m.

03. Um feixe luminoso, partindo de uma fonte puntiforme, incide sobre um disco opaco de 10 cm de diâmetro. Sabendo-se que a distância da fonte ao disco corresponde a um terço da distância deste ao anteparo e que os planos da fonte, do disco e do anteparo são paralelos, pode-se afirmar que o raio da sombra do disco, projetada sobre o anteparo, é de:

- a) 15 cm.
- b) 20 cm.
- c) 25 cm.
- d) 35 cm.
- e) 50 cm.

12. O esquema representa o corte de uma câmara escura de orifício, diante da qual existe um corpo luminoso AB de 40 cm de comprimento:



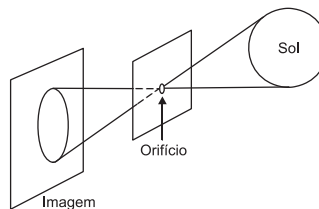
Considerando $a = 100$ cm e $b = 20$ cm, calcule o comprimento da figura A'B' projetada na parede do fundo da câmara.

- a) 8 cm.
- b) 16 cm.
- c) 32 cm.
- d) 50 cm.
- e) 60 cm.

13. Num eclipse da Lua, a posição relativa dos três astros, Sol, Lua e Terra, é a seguinte:

- a) O Sol entre a Lua e a Terra.
- b) A Lua entre o Sol e a Terra.
- c) A Terra entre o Sol e a Lua.
- d) A Terra e a Lua à esquerda do Sol.
- e) É impossível a ocorrência de um eclipse da Lua.

14. Um dos métodos para medir o diâmetro do Sol consiste em determinar o diâmetro de sua imagem nítida, produzida sobre um anteparo, por um orifício pequeno feito em um cartão paralelo a este anteparo, conforme ilustra a figura fora de escala ao lado.



Em um experimento realizado por esse método, foram obtidos os seguintes dados

- I. Diâmetro da imagem = 9 mm
- II. Distância do orifício até a imagem = 1,0 m
- III. Distância do Sol à Terra = $1,5 \cdot 10^{11}$ m

Qual é aproximadamente o diâmetro do Sol medido por esse método?

- a) $1,50 \cdot 10^8$ m
- b) $1,35 \cdot 10^9$ m
- c) $2,70 \cdot 10^8$ m
- d) $1,35 \cdot 10^8$ m
- e) $1,50 \cdot 10^9$ m

CONSEQUÊNCIAS DOS PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

Sombra e Penumbra

Em Óptica, a palavra sombra significa “região não iluminada”. Ela pode ser produzida pela interposição de um objeto opaco entre uma fonte de luz e um anteparo. A sombra é consequência da propagação retilínea da luz.

Ao analisar as sombras, podemos verificar que algumas delas têm contornos bem definidos, mas outras não.

Na figura 19, temos um objeto que é atingido por um pincel cilíndrico, um caso de sombra cujo contorno é bem definido.

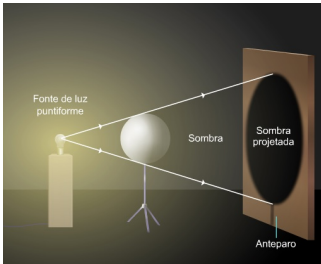


Figura 19: Sombra bem definida

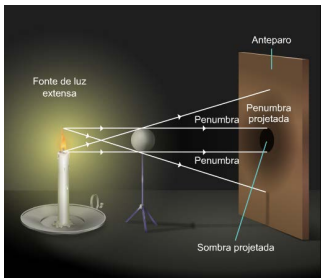


Figura 20: Sombra e penumbra

Vejamos agora a formação de sombra e penumbra.

Isso acontece quando a fonte de luz é extensa, conforme a figura 20.

Na figura 20 observamos a formação de três regiões: a primeira, totalmente escura (sombra); a segunda, uma região parcialmente iluminada (penumbra); e a terceira, uma região totalmente iluminada.

GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS ÓPTICOS

Em geral, há dois tipos principais de sistemas ópticos: os **refletores** e os **refratores**.

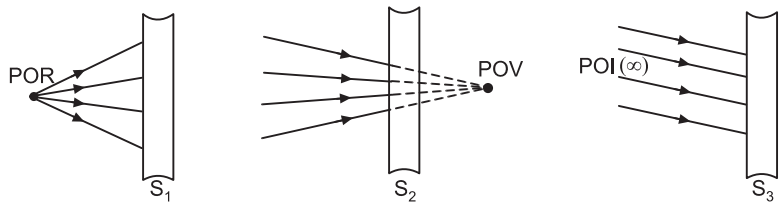
No grupo dos sistemas ópticos refletores, encontram-se os espelhos, que são superfícies polidas de um corpo opaco, com alto poder de reflexão.

No grupo dos sistemas ópticos refratores, por sua vez, encontram-se os dioptrios, que são constituídos de dois meios transparentes separados por uma superfície regular. Associações convenientes de dioptrios dão origem a utensílios ópticos de grande importância prática, como lentes e prismas, dentre outros.

Ponto objeto e Ponto imagem

Os conceitos de **ponto objeto** e **ponto imagem** são essenciais no estudo de Óptica Geométrica.

Considere as três figuras a seguir, em que são representados três sistemas ópticos genéricos, S_1 , S_2 e S_3 , nos quais incide luz:



Relativamente a determinado sistema óptico, chama-se ponto objeto o vértice do pincel luminoso incidente.

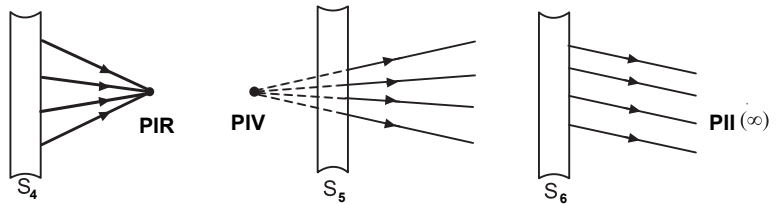
É importante destacar que:

Ponto objeto real (POR) é o vértice de um pincel incidente divergente, sendo formado pelo cruzamento efetivo dos raios de luz. Relativamente a S_1 , temos um ponto objeto real.

Ponto objeto virtual (POV) é o vértice de um pincel incidente convergente, sendo formado pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios de luz. Relativamente a S_2 , temos um ponto objeto virtual.

Ponto objeto impróprio (POI) é o vértice de um pincel incidente cilíndrico, estando situado no infinito. Relativamente a S_3 , temos um ponto objeto impróprio.

Considere, agora, as três figuras a seguir, em que são representados três sistemas ópticos genéricos, S_4 , S_5 e S_6 dos quais emerge luz:



Relativamente a determinado sistema óptico, chama-se ponto imagem o vértice do pincel luminoso emergente.

Convém destacar que:

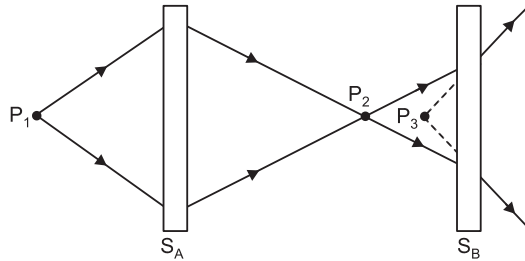
Ponto imagem real (PIR) é o vértice de um pincel emergente convergente, sendo formado pelo cruzamento efetivo dos raios de luz.

Ponto imagem virtual (PIV) é o vértice de um pincel emergente divergente, sendo formado pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios de luz.

Ponto imagem impróprio (PII) é o vértice de um pincel emergente cilíndrico, estando situado no infinito.

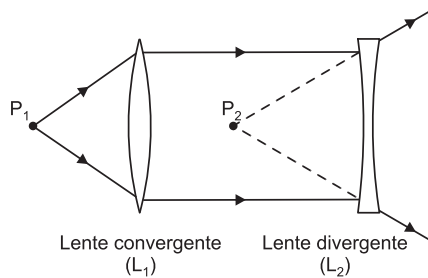
Para facilitar a assimilação, observe os exemplos seguintes.

Exemplo 1:



Ponto \ Sistema óptico	S_A	S_B
P_1	POR	—
P_2	PIR	POR
P_3	—	PIV

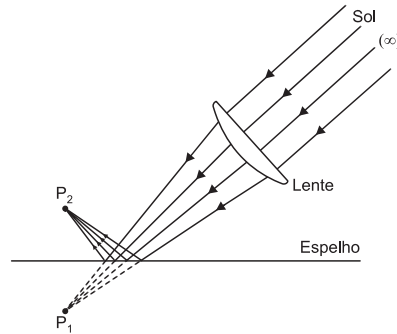
Exemplo 2:



Ponto \ Sistema óptico	L_1	L_2
P_1	POR	—
P_2	—	PIV

Nota: A imagem que L_1 conjuga (faz corresponder) a P_1 é imprópria: Essa imagem comporta-se como objeto impróprio em relação a L_2 .

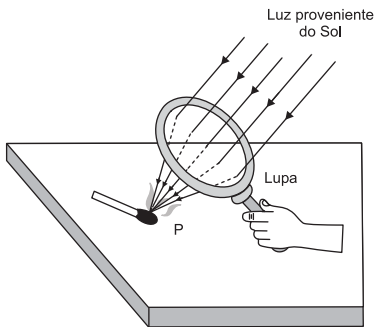
Exemplo 3:



Ponto \ Sistema óptico	Lente	Espelho
Sol	POI	—
P ₁	PIR	POR
P ₂	—	PIR

Nota: Embora P₁ tenha sido formado pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios de luz, comporta-se, em relação a lente, como ponto imagem real, pois corresponde ao vértice de um pinel emergente convergente.

Exemplo 4:



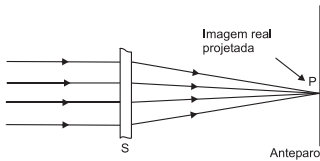
Uma lupa (lente de aumento) pode concentrar a luz recebida do Sol numa pequena região, como P. Colocando-se a extremidade inflamável de um palito de fósforo em P, ela poderá se incendiar.

Em relação ao sistema óptico lupa, o Sol, situado a grande distância, comporta-se como objeto impróprio, enquanto P é uma imagem real do Sol (formada efetivamente por raios luminosos).

Comentários:

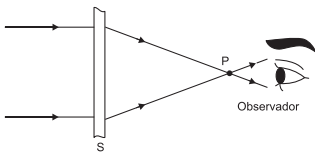
As imagens reais podem ser projetadas em anteparos, como telões ou paredes.

Isso ocorre pelo fato de os pontos de imagens reais constituírem vértices efetivos de feixes luminosos emergentes do sistema óptico.

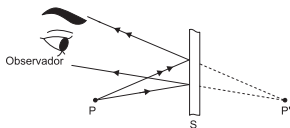


Depois de incidir no anteparo, a luz que determina a imagem real é difundida para o ambiente, permitindo a observação coletiva, isto é, a visão da figura projetada por vários observadores simultaneamente. No cinema, por exemplo, a imagem projetada na tela é real.

Convém salientar, entretanto, que uma imagem real também pode ser visualizada diretamente, isto é, sem estar projetada em anteparos. Para isso, basta que o observador posicione o seu globo ocular de modo a ser atingido pela luz, conforme mostra o esquema ao lado:



As imagens virtuais não podem ser projetadas em anteparos. Isso ocorre porque não há luz na região em que se forma uma imagem virtual.

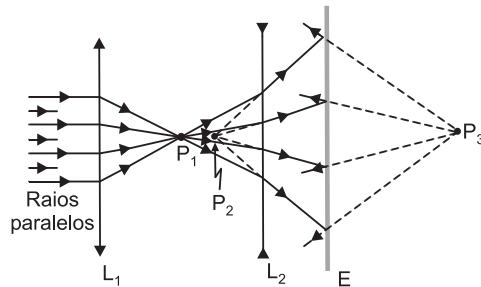


Em relação ao sistema óptico S, P' é um ponto imagem virtual que não pode ser projetado em anteparos. Entretanto, em relação ao globo ocular do observador, esse ponto comporta-se como ponto objeto real.

Observe que, embora não possa ser projetada em anteparos, uma imagem virtual pode ser vista por um observador, comportando-se em relação ao seu globo ocular como um objeto real. No esquema ao lado, representamos o exposto.

Exercícios de Fixação

Responda aos testes de 15 a 20 com base nas informações seguintes.



Considere estas convenções e a associação de sistemas ópticos:

POR = ponto objeto real

POV = ponto objeto virtual

POI = ponto objeto impróprio

PIR = ponto imagem real

PIV = ponto imagem virtual

PII = ponto imagem impróprio

L_1 = lente convergente

L_2 = lente divergente

E = espelho plano

15. A luz incidente recebida por L_1 provém de um:

- a) POR
- b) POV
- c) POI
- d) PIR
- e) PII

16. Em relação a L_1 , o ponto P_1 é:

- a) POR
- b) POV
- c) PIR
- d) PIV
- e) PII

17. Em relação a L_2 , o ponto P_1 é:

- a) POR
- b) POV
- c) PIR
- d) PIV
- e) PII

18. Em relação a L_2 , o ponto P_2 é:

- a) POR
- b) POV
- c) PIR
- d) PIV
- e) PII

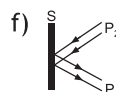
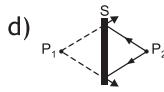
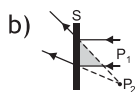
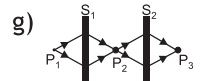
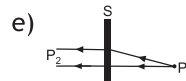
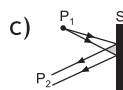
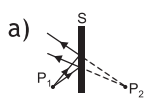
19. Em relação a E, o ponto P_2 comporta-se como:

- a) POR
- b) POV
- c) PIR
- d) PIV
- e) PII

20. Em relação a E, o ponto P_3 é:

- a) POR
- b) POV
- c) PIR
- d) PIV
- e) PII

21. Classifique os pontos abaixo em relação aos respectivos sistemas ópticos:



Exercícios de Recapitulação

01. Analise se as afirmações seguintes estão corretas ou erradas (dê como resposta a soma dos números das afirmações corretas):

(01) O motorista de um carro, ao dirigir os olhos para o retrovisor, percebe os olhos de um passageiro. Pelo princípio da reversibilidade, se o passageiro olhar para o espelho, perceberá os olhos do motorista.

(02) Se uma bandeira brasileira for iluminada com luz monocromática amarela, ela será vista apenas nas cores preta e amarela.

(04) A luz que emana de uma estrela que está a 500 anos-luz da Terra leva 500 anos para chegar ao nosso planeta.

(08) Pelo princípio da independência, podemos acender duas lâmpadas simultaneamente em um mesmo ambiente sem que uma atrapalhe a propagação da luz emitida pela outra.

(16) Numa sala totalmente selada e sem fontes de luz, podemos ver os objetos por causa da luz que vai dos olhos até eles.

(32) Nos dias ensolarados, o asfalto apresenta-se quente devido ao fenômeno da absorção da luz.

Soma: _____

02. Analise as proposições seguintes:

I. No vácuo, a luz propaga-se em linha reta.

II. Em quaisquer circunstâncias, a luz propaga-se em linha reta.

III. Nos meios transparentes e homogêneos, a luz propaga-se em linha reta.

IV. Ao atravessar a atmosfera terrestre, a luz propaga-se em linha reta.

O que você concluiu?

a) Somente I é correta.

b) Somente I e III são corretas.

c) Somente II e III são corretas.

d) Todas são corretas.

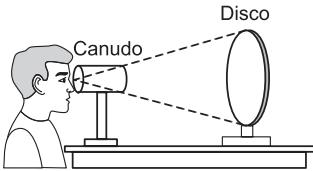
e) Todas são erradas.

03. Acreditavam os antigos que a capacidade de visualização devia-se a um estranho mecanismo que consistia de os olhos lançarem linhas invisíveis terminadas em ganchos (“anzóis”) que capturavam os detalhes dos objetos visados e traziam as informações aos órgãos visuais, possibilitando enxergar. Tão logo foi aprimorada a noção de luz, essa teoria foi demovida mediante o seguinte argumento:

- a) A luz propaga-se em linha reta.
- b) Os raios luminosos têm um único sentido de propagação.
- c) Não é possível enxergar em ambientes totalmente escuros.
- d) Só é possível enxergar corpos que difundem a luz de outros corpos.
- e) Só é possível enxergar corpos que emitem luz própria.

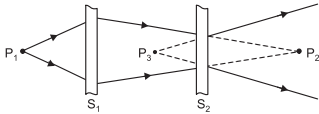
04. Considere os seguintes dados: distância do Sol à Terra $1,5 \cdot 10^8$ km; velocidade da luz no vácuo: $3,0 \cdot 10^5$ km/s. Admita que a partir de um determinado instante o Sol deixasse de emanar energia, isto é, “apagasse”. Quanto tempo após o referido instante esse fato seria registrado na Terra?

05. Um objeto luminoso e linear é colocado a 20 cm do orifício de uma câmara escura, obtendo-se, em sua parede do fundo, uma figura projetada de 8,0 cm de comprimento. O objeto é então afastado, sendo colocado a 80 cm do orifício da câmara. Calcule o comprimento da nova figura projetada na parede do fundo da câmara.



06. Considere o esquema ao lado, em que o observador olha através de um canudo cilíndrico, de eixo horizontal, de 20 cm de diâmetro e 80 cm de comprimento. O rapaz observa que um disco, distante 8,0 m do seu olho, parece encaixar-se perfeitamente na boca do canudo. Supondo desprezível a distância do olho do rapaz ao canudo, calcule o raio do disco, admitindo que seja circular.

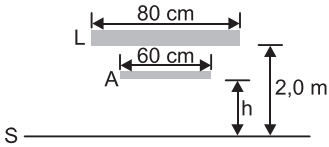
07. Na figura abaixo, S_1 e S_2 são sistemas ópticos e P_1 é uma fonte puntiforme de luz:



Com base nessa situação, responda:

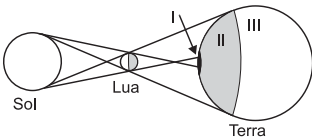
- O que representa P_1 em relação a S_1 ?
- O que representa P_2 em relação a S_1 ? E em relação a S_2 ?
- O que representa P_3 em relação a S_2 ?

08. 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 base da árvore que, se cair, ela 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. Qual deve ser a menor distância das barracas à base da árvore?



09. A figura abaixo representa uma fonte extensa de luz L e um anteparo opaco A dispostos paralelamente ao solo (S). O valor mínimo de h, em metros, para que sobre o solo não haja formação de sombra, é:

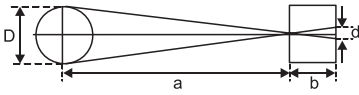
- a) 2,0
- b) 1,5
- c) 0,80
- d) 0,60
- e) 0,30



10. A figura ao lado está fora de escala; reproduz, porém, corretamente, os aspectos qualitativos da geometria do sistema Terra, Lua, Sol durante um eclipse anular do Sol. Qual das opções abaixo melhor representa a situação aparente do Sol e da Lua para observadores situados respectivamente nas zonas I, II e III da Terra?

	Observ. zona I	Observ. zona II	Observ. zona III	
a)				Código: Círculo maior: Sol Círculo menor: Lua Parte cinza = sombra
b)				
c)				
d)				
e)				

11. Uma pessoa de 1,80 m de altura encontra-se a 3,0 m de uma câmara escura de orifício. Sendo de 30 cm o comprimento da câmara, determine o tamanho da imagem dessa pessoa.



12. (Fatec-SP) Mediante câmara escura de orifício, obtêm-se uma imagem do Sol, conforme o esquema:

Dados: Distância do Sol à Terra $a = 1,5 \cdot 10^{11}$ m;

Distância do orifício ao anteparo $b = 1,0$ m;

Diâmetro da imagem $d = 9,0$ mm.

Para o diâmetro D do Sol resultam, aproximadamente:

- a) $1,7 \cdot 10^{10}$ m
- b) $1,4 \cdot 10^9$ m
- c) $1,7 \cdot 10^7$ m
- d) $1,4 \cdot 10^{12}$ m
- e) Nenhuma das anteriores.

13. (Mackenzie-SP) Um estudante interessado em comparar a distância da Terra à Lua com a distância da Terra ao Sol, costumeiramente chamada unidade astronômica (UA), implementou uma experiência da qual pôde tirar algumas conclusões. Durante o dia, verificou que em uma das paredes de sua sala de estudos havia um pequeno orifício, pelo qual passava a luz do Sol, proporcionando na parede oposta a imagem do astro. Numa noite de lua cheia, observou que pelo mesmo orifício passava a luz proveniente da Lua e a imagem do satélite da Terra tinha praticamente o mesmo diâmetro da imagem do Sol. Como, por meio de outra experiência, ele havia concluído que o diâmetro do Sol é cerca de 400 vezes o diâmetro da Lua, a distância da Terra à Lua é de aproximadamente:

- a) 400 UA
- b) 2,5 UA
- c) 0,25 UA
- d) $2,5 \cdot 10^{-3}$ UA
- e) $1,5 \cdot 10^{-3}$ UA

14. Determine o tamanho da imagem formada no interior de uma câmara escura de orifício de 30 cm de comprimento, de um homem de 2,0 m de altura colocado a 50 cm da câmara.

15.

Enem.

Na eternidade

Eu quisera ter Tantos anos-luz

Quantos fosse precisar

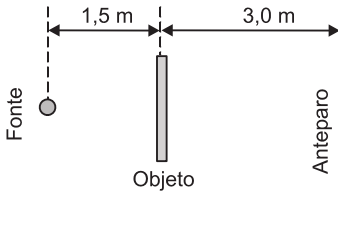
Pra cruzar o túnel

Do tempo do seu olhar

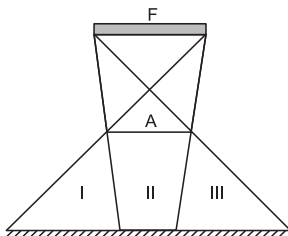
Gilberto Gil usa na letra da música a palavra composta ANOS-LUZ. O sentido prático, em geral, não é obrigatoriamente o mesmo que na ciência. Na Física, um ano luz é uma medida que relaciona a velocidade da luz e o tempo de um ano e que, portanto, se refere a

- a) tempo.
- b) aceleração.
- c) distância
- d) velocidade.
- e) luminosidade.

16. Entre uma fonte puntiforme de luz e um anteparo coloca-se um objeto opaco de forma quadrada com 20 cm de lado. O objeto está a 1,5 m da fonte e a 3,0 m do anteparo. Determine, em m^2 , a área da sombra do objeto no anteparo.



17. (UFR-RJ) Na figura abaixo, F é uma fonte de luz extensa e A, um anteparo opaco. Pode-se afirmar que I, II e III são, respectivamente, regiões de:



- a) sombra, sombra e penumbra.
- b) sombra, sombra e sombra.
- c) penumbra, sombra e penumbra.
- d) sombra, penumbra e sombra.
- e) penumbra, penumbra e sombra.

18. (Fuvest-SP) Num dia sem nuvens, ao meio-dia, a sombra projetada no chão por uma esfera de 1,0 cm de diâmetro é bem nítida se ela estiver a 10 cm do chão. Entretanto, se a esfera estiver a 200 cm do chão, sua sombra é pouco nítida. Pode-se afirmar que a principal causa do efeito observado é que:

- a) o Sol é uma fonte extensa de luz.
- b) a luz é um fenômeno ondulatório.
- c) a luz do Sol contém diferentes cores.
- d) a difusão da luz no ar “borra” a sombra.

19. (Unisinos-RS) A fase da Lua na qual é possível ocorrer um eclipse solar é:

- a) nova.
- b) quarto minguante.
- c) quarto crescente.
- d) cheia.
- e) qualquer.

20. (U. Gama Filho-RJ) No dia 3 de abril de 1996, ocorreu o eclipse total da Lua e alguns jornais anunciaram que ele seria observado em todo o território nacional. A esse respeito são feitas as afirmações abaixo.

I. Ao contrário do eclipse total do Sol, o da Lua pode ser visto de qualquer ponto do planeta para o qual ela se apresente no momento em que ocorre o fenômeno.

II. O eclipse total da Lua ocorre na lua nova, quando a Lua se posiciona entre o Sol e a Terra.

III. O eclipse total da Lua ocorre na lua cheia, quando a Terra se posiciona entre o Sol e a Lua.

A(s) afirmação(ões) verdadeira(s) é(são):

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

21. “O último eclipse total do Sol neste século para o Hemisfério Sul aconteceu na manhã de 3 de novembro de 1994. Faltavam 15 min para as 10 h, na cidade de Foz do Iguaçu, no Paraná. Em qualquer dia normal, o Sol da primavera já estaria brilhando bem acima do horizonte, mas esse não foi um dia normal [...] Durante o eclipse, a gigantesca sombra, com 200 km de diâmetro, progrediu a 3.000 km por hora do Oceano Pacífico para a América do Sul. Entrou no Brasil por Foz do Iguaçu e saiu para o Oceano Atlântico, sobre a divisa dos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.”

(Superinteressante. Ano 8, no 10, out. 1994.)

Em relação ao fenômeno físico descrito no texto, marque as afirmações corretas:

- () A Lua se coloca entre o Sol e a Terra, impedindo que a luz atinja uma parte da superfície terrestre.
- () A Terra se coloca entre a Lua e o Sol, projetando sua sombra na Lua.
- () No trecho onde passa a sombra, os observadores podem ver o eclipse parcial do Sol.
- () O tempo estimado de duração do eclipse é de 4 min.
- () Os eclipses são explicados geometricamente pelo princípio da propagação retilínea da luz.