

CEJA >>

CENTRO DE EDUCAÇÃO
de JOVENS e ADULTOS

**CIÊNCIAS DA
NATUREZA**

e suas **TECNOLOGIAS** >>

Física

Fascículo 7

Unidades 16 e 17

Edição revisada 2016

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Governador
Sergio Cabral

Vice-Governador
Luiz Fernando de Souza Pezão

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Secretário de Estado
Gustavo Reis Ferreira

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO

Secretário de Estado
Wilson Risolia

FUNDAÇÃO CECIERJ

Presidente
Carlos Eduardo Bielschowsky

FUNDAÇÃO DO MATERIAL CEJA (CECIERJ)

Coordenação Geral de
Design Instrucional
Cristine Costa Barreto

Elaboração
Claudia Augusta de Moraes Russo
Ricardo Campos da Paz

Revisão de Língua Portuguesa
Ana Cristina Andrade dos Santos

Coordenação de
Design Instrucional
Flávia Busnardo
Paulo Miranda

Design Instrucional
Aline Beatriz Alves

Coordenação de Produção
Fábio Rapello Alencar

Capa
André Guimarães de Souza

Projeto Gráfico
Andreia Villar

Imagem da Capa e da Abertura das Unidades
<http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517>

Diagramação
Equipe Cederj

Ilustração
Bianca Giacomelli
Clara Gomes
Fernando Romeiro
Jefferson Caçador
Sami Souza

Produção Gráfica
Verônica Paranhos

Sumário

Unidade 16 | O mundo dentro do espelho **5**

Unidade 17 | Refração e aplicações **49**

Prezado(a) Aluno(a),

Seja bem-vindo a uma nova etapa da sua formação. Estamos aqui para auxiliá-lo numa jornada rumo ao aprendizado e conhecimento.

Você está recebendo o material didático impresso para acompanhamento de seus estudos, contendo as informações necessárias para seu aprendizado e avaliação, exercício de desenvolvimento e fixação dos conteúdos.

Além dele, disponibilizamos também, na sala de disciplina do CEJA Virtual, outros materiais que podem auxiliar na sua aprendizagem.

O CEJA Virtual é o Ambiente virtual de aprendizagem (AVA) do CEJA. É um espaço disponibilizado em um site da internet onde é possível encontrar diversos tipos de materiais como vídeos, animações, textos, listas de exercício, exercícios interativos, simuladores, etc. Além disso, também existem algumas ferramentas de comunicação como chats, fóruns.

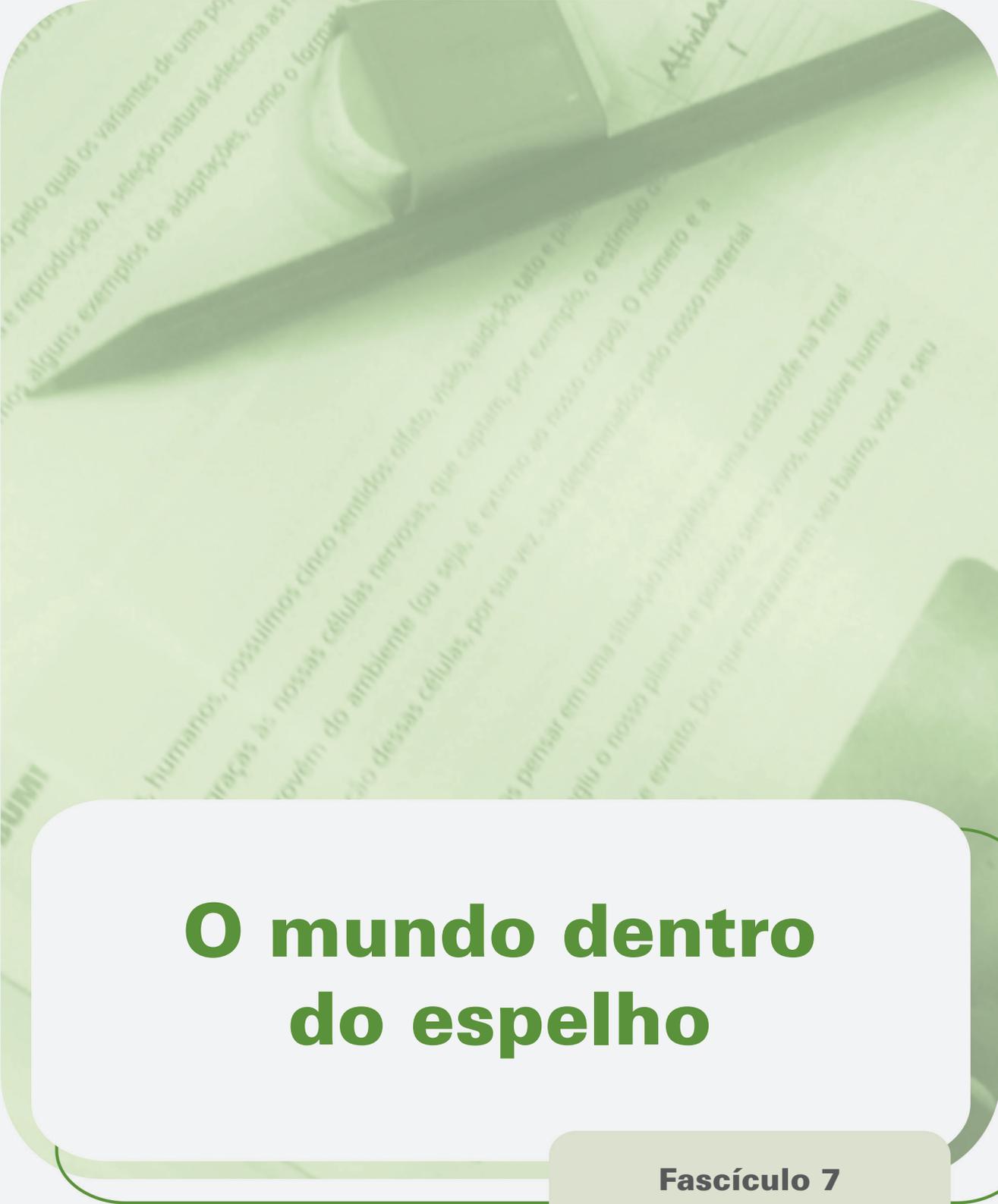
Você também pode postar as suas dúvidas nos fóruns de dúvida. Lembre-se que o fórum não é uma ferramenta síncrona, ou seja, seu professor pode não estar online no momento em que você postar seu questionamento, mas assim que possível irá retornar com uma resposta para você.

Para acessar o CEJA Virtual da sua unidade, basta digitar no seu navegador de internet o seguinte endereço:
<http://cejarj.cecierj.edu.br/ava>

Utilize o seu número de matrícula da carteirinha do sistema de controle acadêmico para entrar no ambiente. Basta digitá-lo nos campos "nome de usuário" e "senha".

Feito isso, clique no botão "Acesso". Então, escolha a sala da disciplina que você está estudando. Atenção! Para algumas disciplinas, você precisará verificar o número do fascículo que tem em mãos e acessar a sala correspondente a ele.

Bons estudos!



O mundo dentro do espelho

Fascículo 7
Unidade 16

O mundo dentro do espelho

Para início de conversa...

Você já parou para pensar o que seria a sua vida sem luz? Seria como não ter visão. Talvez você não saiba, mas o cérebro humano, capaz de proezas formidáveis, dedica cerca de um terço (30%) da sua capacidade para este sentido. Desde as tarefas mais simples, como observar-se no espelho ao escovar os dentes ou assistir a um filme, até atividades mais complexas, como tentar atravessar uma avenida central a pé ou dirigir um automóvel.

Nosso objetivo é discutir a ciência envolvida nesses processos. Podemos dizer que o ramo da física que se dedica a esse estudo é a óptica. Estudaremos, em específico, a chamada óptica geométrica, que é capaz de explicar o funcionamento do olho enquanto instrumento óptico, de uma câmera fotográfica, e até mesmo a formação dos eclipses. Além disto, a óptica nos permite fabricar diversos dispositivos ópticos, como lentes, telescópios, microscópios, óculos, dentre outros.



Figura 1: A óptica geométrica vai nos ajudar a entender como funcionam nossos olhos, como somos capazes de tirar uma foto com uma câmera e descobrir o que está por trás de um eclipse.

Foi com os estudos de óptica geométrica que conseguimos criar lentes super poderosas, revelando dois mundos distintos, até então desconhecidos. Conseguimos visualizar escalas de comprimento bastante distintas, do espaço sideral (cosmos), que é estudado com o auxílio de telescópios ao mundo microscópico, que foi descoberto em meados do século XVII com o auxílio do microscópio feito pelo holandês Leeuwenhoek.

Saiba Mais

Leeuwenhoek e suas observações

Antonie Philips van Leeuwenhoek viveu entre 1623 e 1723 na Holanda. Foi lojista, porteiro da prefeitura de sua cidade e cientista. Devido à estabilidade dada pelo seu emprego na prefeitura, ele pôde se dedicar, nos tempos livres, à fabricação de lentes e usá-las para observar o mundo microscópico.



Com microscópios simples de apenas uma lente, Leeuwenhoek fez estudos em materiais como água suja, embriões de plantas, sangue e esperma. Com isso sua pesquisa conseguiu derrubar a teoria da geração espontânea.

Para entender um pouco sobre o funcionamento desses objetos, precisamos entender antes o que é raio luminoso e como se formam as sombras. Vamos começar?

Objetivos de aprendizagem

- Utilizar o modelo de raio luminoso para representar sombras e imagens formadas em espelhos.
- Distinguir feixes de luz convergentes, divergentes e colimados.
- Esquematizar projeções de imagens em espelhos planos e esféricos.
- Exemplificar usos para espelhos esféricos.

Seção 1

E das sombras fez-se a luz

Ao caminhar num dia ensolarado, você muito provavelmente já observou diversas sombras, das mais variadas formas e tamanhos. Quando a luz incide em um objeto que não permite a sua passagem, podemos ver um contorno deste corpo projetado em um outro objeto (no caso das sombras da rua, você as vê no chão, ou projetadas em prédios, muros). Chamamos a objetos desse tipo, que não permitem a passagem de luz, objetos opacos (veja a Figura 2).



Figura 2: Sombra de um balão, projetada no chão.

Vamos analisar mais de perto a imagem da Figura 3.

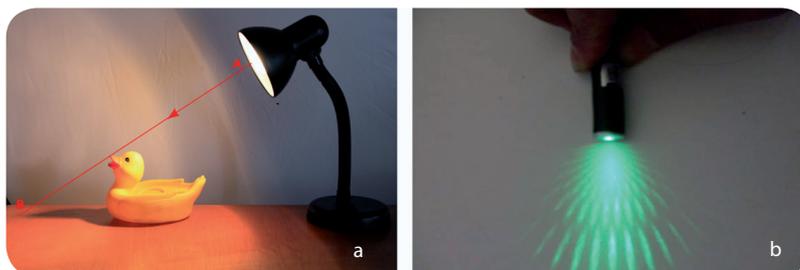


Figura 3: Em (a), ressaltamos em vermelho, uma linha, que passa rente ao patinho e que delimita a região de sombra. Na Figura 3-b é formado um conjunto de raios luminosos.

Na Figura 3a, você vê uma luz incidindo sobre um objeto opaco, o patinho. Ressaltamos em vermelho, uma linha, que passa rente ao patinho e que delimita a região de sombra. Chamaremos a esta linha vermelha segmento AB. Podemos muito bem representar a trajetória descrita pela luz utilizando este segmento de reta AB, que chamamos raio luminoso. Mas este é apenas um dos raios de luz que sai da luminária – afinal, você vê a luz iluminar muito mais do que o segmento AB delimita, não é?

Usando essa mesma lógica, podemos imaginar que o fecho de luz que sai da lâmpada na Figura 3b é formado por um conjunto de raios luminosos. Chamamos feixe luminoso a esse conjunto de raios. Uma característica desse feixe é que ele parte de um ponto, a lâmpada da figura, e se abre. Chamamos este tipo de feixe de divergente. Como outros exemplos de feixes divergentes temos a luz emitida pelo farol de uma moto, de uma lanterna ou de um poste. Em geral, utilizamos este tipo de feixe quando queremos iluminar grandes áreas.

Um feixe de luz também pode ser convergente. Veja a Figura 4.

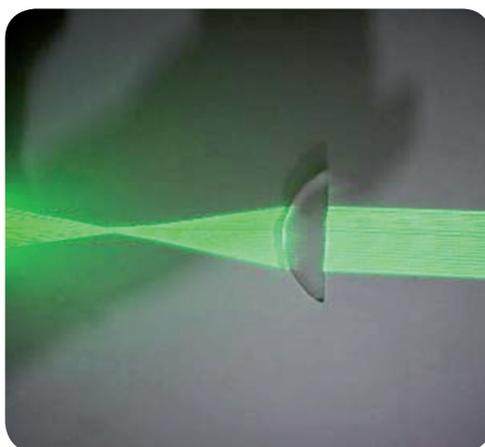


Figura 4: Feixe convergente. Nesta imagem, tal feixe foi criado utilizando-se uma lente convergente. Esse tipo de lente será discutida na próxima aula.

Um feixe convergente é aquele cujos raios luminosos, ao saírem de sua origem, vão se aproximando até se encontrarem em um determinado ponto, como em um funil. Este tipo de feixe é utilizado em diversos instrumentos, como a lupa, ou os óculos de alguém que possui **hipermetropia**.

Hipermetropia

É uma deformação no olho humano que faz com que a pessoa tenha um erro na focalização das imagens. Ao contrário da miopia, as pessoas com hipermetropia têm dificuldade em focalizar imagens de perto.

Por fim, um feixe também pode ser dito colimado, que é quando os raios luminosos são paralelos entre si, como mostrado na Figura 5.

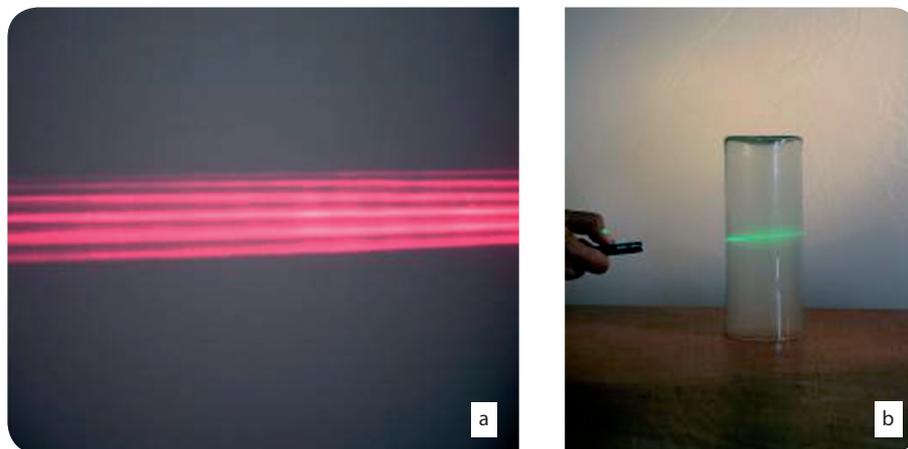


Figura 5: Exemplos de feixe colimado.

Um feixe laser é um exemplo de feixe colimado (veja a Figura 5b). Se projetarmos o laser em uma parede e caminharmos em sua direção, veremos que o tamanho do ponto luminoso não se alterará, o que indica que o feixe não é nem convergente nem divergente. Se fosse, o tamanho do ponto se alteraria conforme nos movimentamos (se você fizer essa experiência aproximando uma luminária comum da parede, poderá observar a diferença).

Projetando uma sombra

Veja o ponto luminoso e a vela na figura a seguir



Represente a sombra da vela projetada no chão, de acordo com a luz que vem da luminária.

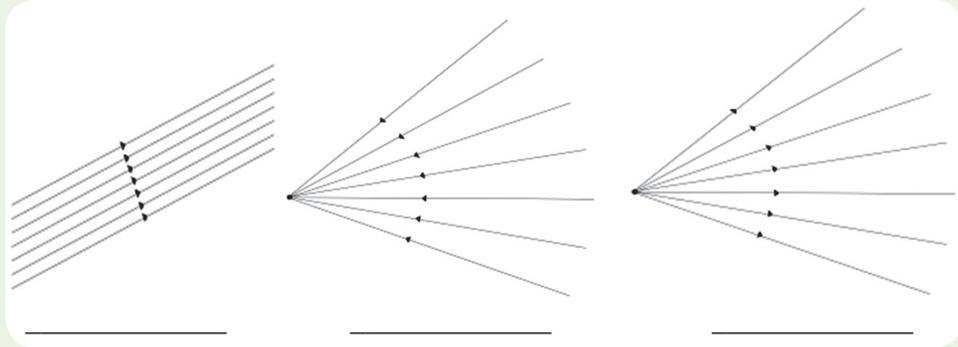
Lembre-se:
faça em uma
folha à parte



Atividade
2

Classificando os feixes de luz

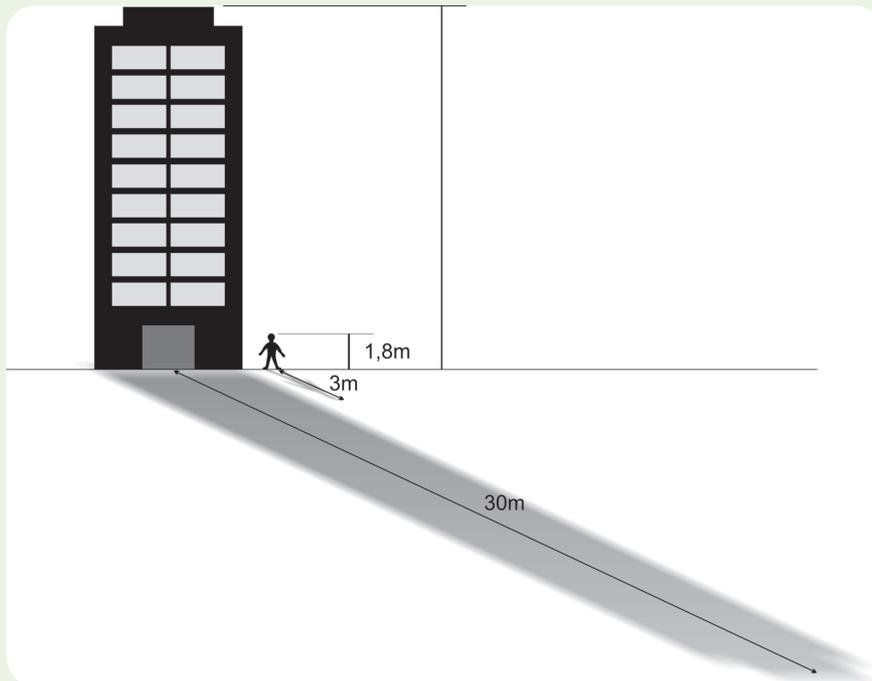
Classifique os feixes a seguir como sendo convergentes, divergentes ou colimados.



Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

Nas alturas

Suponha que uma pessoa de 1,8 m de altura esteja interessada em estimar a altura de um prédio. Esta pessoa mediu o tamanho de sua própria sombra, e obteve um valor de 3,0 m. Logo em seguida, ele estimou o tamanho da sombra deste edifício como tendo cerca de 30m. Qual seria o valor aproximado da altura do prédio?



Lembre-se:
faça em uma
folha à parte



Seção 2

Espelho, espelho meu

Lembre-se das vezes que você se arrumou para ir a alguma festa. Muito provavelmente, durante essas atividades, você se olha em algum espelho, que é uma superfície plana, onde você vê a sua própria imagem. Na falta de um espelho, como você faria para conferir se o seu penteado está do seu agrado? Sem dúvida, apenas alguns objetos são capazes de gerar uma imagem. Quais características que um objeto precisa ter para que ele consiga formar uma imagem sua?

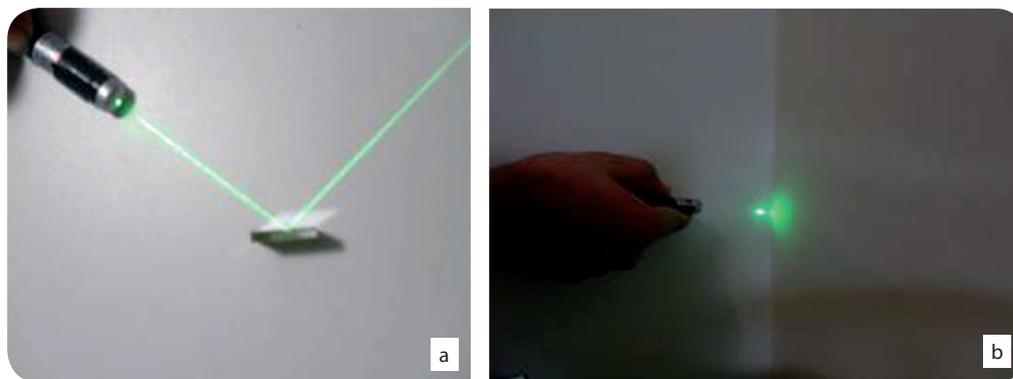


Figura 6: Em (a), temos a reflexão regular (em um espelho). Em (b), temos um exemplo de reflexão difusa, que pode ser observada quando o feixe laser reflete na parede. Isto se deve à irregularidade da parede, que não é suficientemente polida.

Um característica que o seu espelho possui é a polidez de sua superfície. Esta é uma característica primordial para a formação de imagens, pois é a regularidade da superfície polida que faz com que os raios luminosos que incidem na superfície sejam refletidos de maneira regular (veja na Figura 6).

Repare o caso da Figura (6-b). A irregularidade da parede faz com que o feixe laser, inicialmente colimado, seja refletido de maneira difusa. Por causa disso, não conseguimos ver uma imagem bem definida do feixe na outra parede, e sim uma mancha.

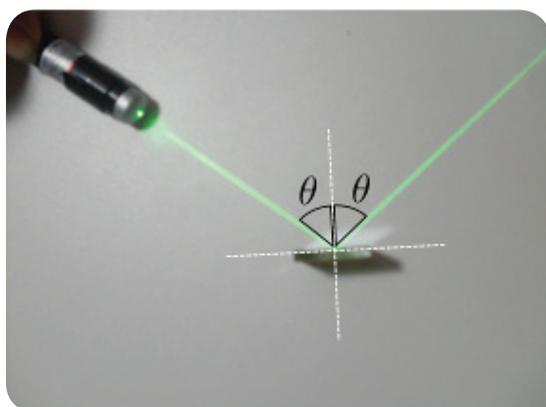


Figura 7: Repare que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

Vamos ver mais de perto como ocorre a reflexão numa superfície lisa, tal como um espelho (veja a Figura 7).

Primeiramente, o que significa normal? Nesse contexto, a palavra normal não possui o significado que você deve estar habituado, o de corriqueiro. Imagine uma superfície, como a do espelho da Figura 7. A normal é uma reta que faz um ângulo de 90 graus com a superfície num determinado ponto. Nesse caso, a palavra normal quer dizer perpendicular. Note que o ângulo formado entre

o raio luminoso (laser) da Figura 8 com a normal é o mesmo, tanto para o raio incidente, quanto para o raio refletido. Este fato é conhecido como lei da reflexão, que nos diz:



“O ângulo de incidência é sempre igual ao ângulo de reflexão”.

Vamos agora utilizar a lei da reflexão para entender um pouco mais a formação de imagens em um espelho como o do seu banheiro, conhecido como espelho plano. Na Figura 8, temos três raios luminosos, que partem de uma única fonte laser.

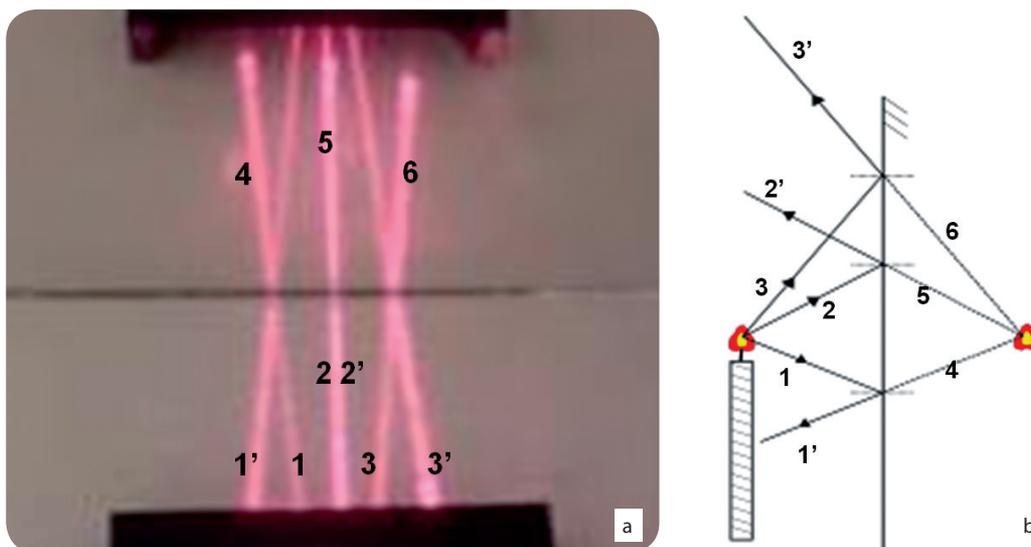


Figura 8: Você pode ver claramente que os raios 1, 2 e 3 são refletidos pelo espelho, gerando respectivamente os raios 1', 2' e 3'.

Devido à lei da reflexão, podemos notar que a imagem associada à fonte laser (na Figura 8a), formada atrás do espelho corresponde ao prolongamento dos raios refletidos para o lado de dentro do espelho, em específico os raios 4, 5 e 6. A esse tipo de imagem damos o nome de imagem virtual, pois se situa atrás do espelho e é formada pelo prolongamento dos raios refletidos. Na Figura 8b podemos ver esquematicamente como a lei da reflexão pode explicar a formação de imagens num espelho plano.

O fenômeno representado visualmente na Figura 8 sempre ocorre. Entretanto, em situações normais, não somos capazes de ver a trajetória dos raios luminosos (veja a Figura 9).

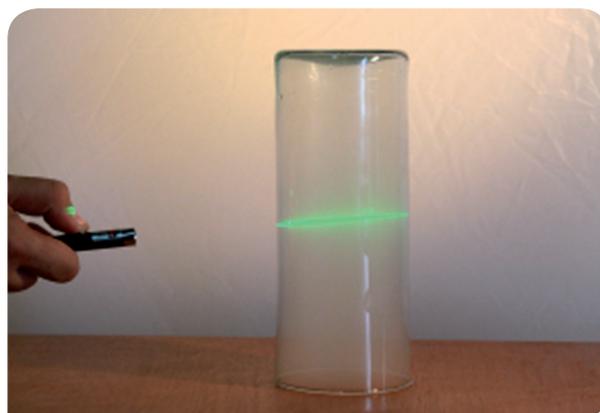


Figura 9: Repare que, para enxergarmos o feixe, foi necessário que a luz atravessasse um recipiente que contém fumaça.

Vejamos por exemplo a figura 10.

Embora não possamos ver o trajeto dos raios, todos os pontos da chama emitem inúmeros raios luminosos, que se comportam da mesma maneira que os raios laser da Figura 9a. Deste modo, a cada um dos pontos da vela temos associado um prolongamento de raios que formam a imagem de cada um deles.



Figura 10: Uma vela acesa em frente a um espelho plano.

A superposição da imagem destes pontos forma a imagem completa da vela, que enxergamos no espelho. Perceba que não é apenas a chama da vela que aparece na imagem, e sim todo o corpo da vela. Embora a chama da vela seja o que identificamos como fonte luminosa, somos capazes de enxergá-la por completo em função das reflexões de diversos raios luminosos, provenientes da chama no corpo da vela.

Para discutir o conceito de fonte luminosa, comece imaginando-se num quarto fechado, sem nenhum tipo de iluminação. O que você seria capaz de enxergar? Talvez você não fosse capaz de ver um objeto nem que ele estivesse a um palmo do seu nariz. Isso se deve ao

fato de precisarmos de uma fonte de luz, como uma lâmpada, TV ou mesmo uma simples chama para enxergarmos. Só somos capazes de ver objetos que não são fontes luminosas por que estes objetos refletem a luz oriunda de uma fonte.

Podemos concluir disto que a grande maioria dos objetos refletem luz, pelo simples fato de sermos capazes de enxergá-los.

Por exemplo, não é muito incomum (talvez isso já lhe tenha ocorrido) se deparar com uma placa de vidro que, de tão limpa e polida, lhe passou a impressão de não existir, e que o fez acabar se chocando com a mesma.

Mesmo uma placa de vidro com estas características, se observada com mais atenção, reflete a luz que nela incide, formando uma imagem sua, funcionando como um espelho. Perceba que isto também ocorre quando você observa a vitrine de uma loja. Além de sermos capazes de ver o seu interior, podemos também observar a nossa imagem refletida no vidro.

Saiba Mais

Se a sua luz não brilha, não tente apagar a minha!

Os objetos podem ser classificados em dois tipos, de acordo com a sua emissão ou reflexão de raios luminosos:

Fonte própria: Quando o objeto é emissor de luz. É um objeto que não depende da luz refletida sobre ele para ser visto (por exemplo a chama da vela da Figura 10).

Fonte não própria: São os objetos que só são vistos por refletirem iluminação proveniente de uma fonte qualquer (por exemplo o corpo da vela da Figura 10).

Propriedades das imagens formadas pelos espelhos planos

Distâncias (e tamanhos) iguais

Uma propriedade bastante importante das imagens formadas pelos espelhos planos é o fato de a distância entre a imagem e o espelho ser igual à distância entre o espelho e o objeto. Para ilustrar esse fenômeno, imagine que dispomos uma placa de vidro de pé, sobre uma folha centimetrada, tal como na Figura 11.

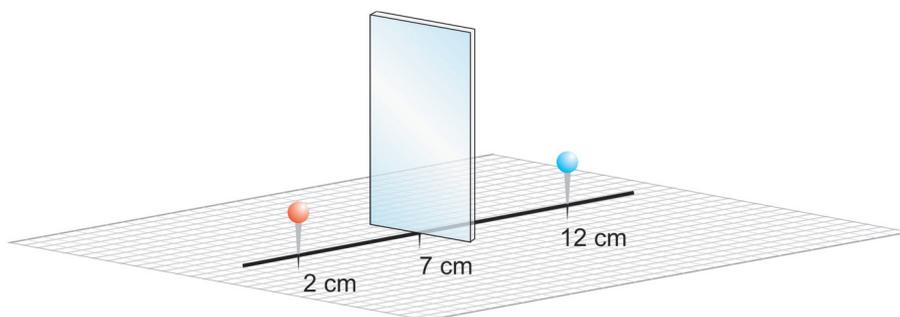


Figura 11: Folha de papel centimetrado com uma placa de vidro na vertical.

Dispomos, a 5cm da placa de vidro, um alfinete de cabeça azul e do lado oposto da placa de vidro, repetimos o procedimento, colocando desta vez um alfinete de cabeça vermelha. O alfinete vermelho encontra-se na posição 2, a placa, na posição de número 7, e o alfinete azul, na posição 12.

Note que a imagem do alfinete azul localiza-se exatamente sobre o alfinete vermelho, estando ambos a uma distância de 5cm da placa. Uma outra característica importante é que a imagem formada tem o mesmo tamanho do objeto, já que o casamento entre ambos foi perfeita.

Velocidade da imagem com relação ao objeto

Utilizando o experimento descrito anteriormente, podemos pensar no seguinte procedimento: se mudarmos a posição do alfinete azul de um centímetro, da posição 12 para a posição 13, a imagem formada também se moverá de um centímetro, movendo-se para a posição 1 cm. Isto ocorre porque a distância entre a imagem e o espelho deve ser igual à distância entre o objeto e o espelho.

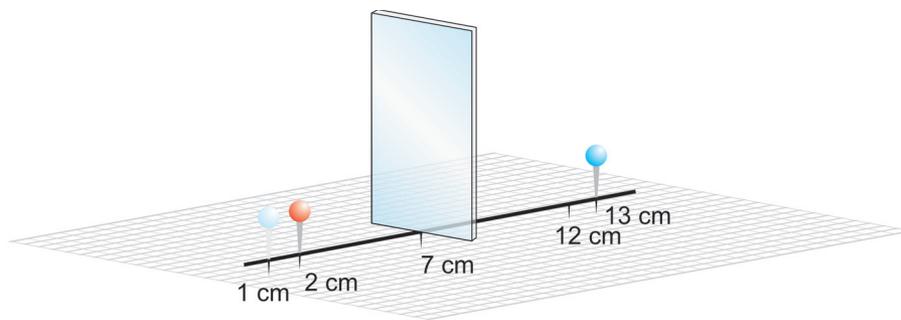


Figura 12: Mudança de posição do alfinete azul (de 12cm para 13 cm) com consequente mudança na posição de sua imagem de 2cm para 1 cm.

Definindo a velocidade como a distância percorrida por um corpo num certo intervalo de tempo, isto é, a rapidez com que o corpo se move, podemos dizer que, tanto a imagem quanto o objeto deslocaram-se com a mesma velocidade, porque ambos percorreram a mesma distância (no caso, 1 cm), gastando o mesmo intervalo de tempo.

Agora, se ao invés de movermos o alfinete movermos a placa de vidro, fazendo com que ela passe da posição 7 para a posição 6, a imagem deverá caminhar da posição 2 para a posição 0 cm e, portanto, desloca-se o dobro do deslocamento percorrido pela placa. Novamente, isto ocorre porque a distância entre o objeto e a placa deve ser igual à distância entre a placa e a imagem.

Vemos então que a velocidade da imagem será duas vezes maior que a da placa, pois, ao movimentar o vidro de um centímetro, a imagem formada terá de se mover dois centímetros.

Enantiomorfismo

Da próxima vez que você estiver de frente a um espelho, faça a seguinte experiência: levante a mão esquerda e perceba que ao se colocar no lugar de sua imagem você estaria com a mão direita erguida, ou seja, a imagem aparece invertida. A esse fenômeno damos o nome de enantiomorfismo (veja a Figura 10).

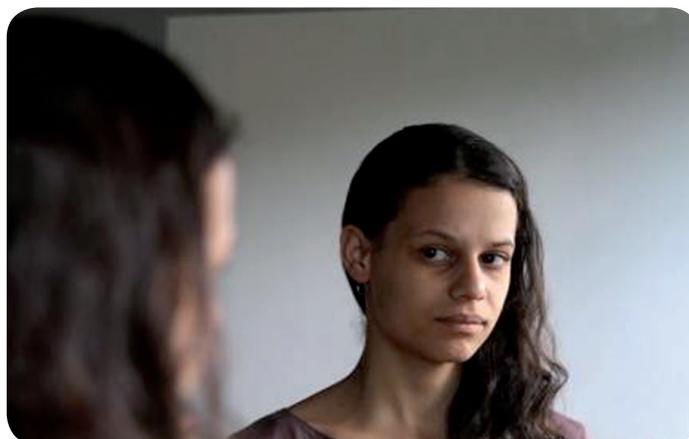
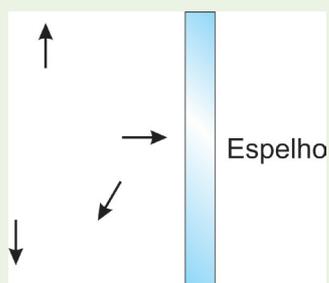


Figura 13: Temos uma moça de frente a um espelho. Veja que o cabelo dela está do seu lado direito. Se nos colocarmos no lugar da sua imagem, entretanto, seu cabelo estará do lado esquerdo.

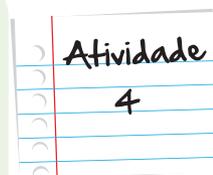
É devido a este fenômeno que carros de bombeiro e ambulâncias possuem letreiros invertidos, para que possam ser lidos corretamente no espelho retrovisor de um carro.

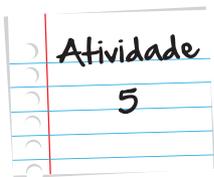
O que é visto no espelho

Faça um diagrama que forma a imagem dos objetos, representados pelas setas, a seguir num espelho plano.



Lembre-se:
faça em uma
folha à parte





Fugindo do espelho

Se uma pessoa afasta-se de um espelho, sua imagem também se afastará, no sentido oposto. Se o indivíduo caminha com uma velocidade de um passo por segundo, a qual velocidade sua imagem se afasta dele? E do espelho?

Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

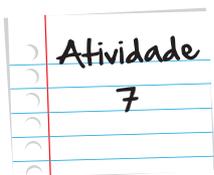


O oposto do que é visto

Desenhe as imagens formadas pelas letras a seguir, se estas forem colocadas em frente a um espelho plano:

A L V N Q

Lembre-se:
faça em uma
folha à parte



Virando do avesso

Escreva o seu nome de forma que a imagem formada pelo seu nome num espelho plano possa ser lido corretamente.

Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

Seção 3

Espelhos curvos

Na seção anterior, discutimos as imagens formadas por espelhos e superfícies planas. No exemplo das ambulâncias, falamos do espelho retrovisor do carro. Você já notou que a imagem produzida por esse espelho é menor que o objeto em si? Isso se deve ao fato de a superfície desse espelho não ser plana. Na verdade, esse espelho é dito convexo, ou seja, a superfície refletora do espelho é abaulada (curvada) para fora como a forma de uma esfera ou bola de futebol (veja a Figura 14).



Figura 14: Repare que a superfície refletora nas imagens (a) e (b) é abaulada, modificando a imagem que é vista.

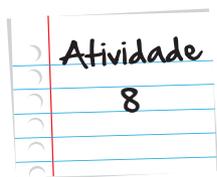
Imagens formadas por espelhos convexos

A imagem formada por um espelho convexo é sempre virtual (formada atrás do espelho, pelos prolongamentos dos raios refletidos), como no espelho plano de seu banheiro. Entretanto, a imagem será sempre menor que o objeto, e a distância entre a imagem e o espelho, menor que a do objeto ao espelho (veja a Figura 14).

Geometricamente podemos entender esse fenômeno da seguinte forma: pela lei da reflexão, o ângulo formado entre a normal e o raio incidente deve ser igual ao ângulo entre a normal e o raio refletido.

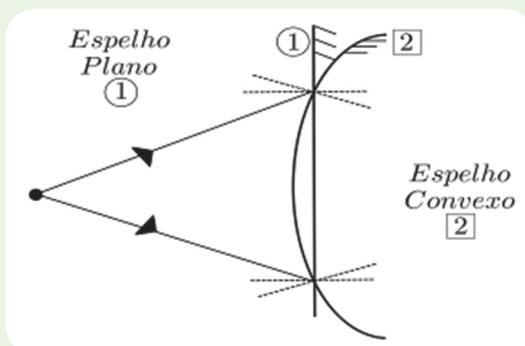
No caso do espelho convexo, entretanto, a curvatura do mesmo faz com que a normal mude de direção de tal forma que o prolongamento dos raios refletidos torna-se mais convergente se comparado com o espelho plano. Na Atividade 8, você aplicará a lei da reflexão, verificando o que descrevemos em palavras neste parágrafo.

Esse mesmo efeito faz com que a distância entre a imagem e o espelho diminua, se comparado à imagem formada no espelho plano.



Olhando em um espelho convexo

Desenhe os raios refletidos para os espelhos 1 e 2 da figura a seguir, utilizando a lei da reflexão.



Lembre-se:
faça em uma
folha à parte



Figura 15: Calota esférica.

Para compreendermos melhor o que se passa, vamos estudar com mais cuidado a construção de um espelho convexo. Imagine uma esfera de vidro tal qual uma bolinha de gude ou uma bola de cristal (dessas usadas por cartomantes que prometem ler a sua sorte). Podemos fazer um corte plano, de tal modo que o objeto retirado seja uma **calota** (veja a Figura 15).

Se espelhamos a parte abaulada (curvada) dessa calota, temos um espelho convexo. Esse espelho provém de uma esfera que possui um determinado raio. Existe uma dis-

tância bastante especial para entendermos a construção de imagens em espelhos convexos que é a distância focal. Essa distância mede exatamente a metade do valor do raio da esfera.

Todos os raios luminosos que sejam paralelos ao eixo focal (reta horizontal que passa pelo centro de curvatura do espelho), terão prolongamentos que se encontram em um ponto dentro do espelho (ver Figura 16).

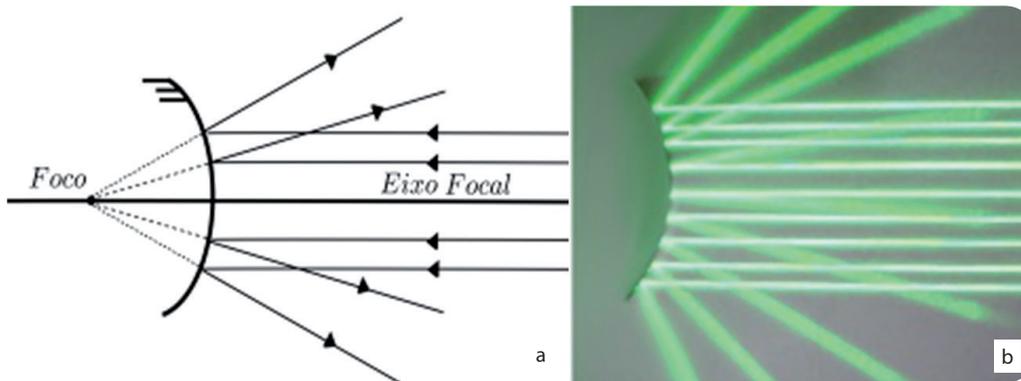


Figura 16: Reflexão de raios paralelos ao eixo focal em um espelho convexo. Na figura (a), temos um esquema mostrando como os reflexos dos raios são prolongamentos a partir do foco. Em (b), temos a imagem real de uma reflexão de raios em um espelho convexo.

A esse ponto damos o nome de foco. Para construir uma imagem nesse espelho, usaremos o mesmo processo que usamos no espelho plano. Pegaremos um raio luminoso que sai do objeto e chega ao espelho e que seja paralelo ao eixo focal, e a partir do ponto onde ele encontra a superfície do espelho, traçaremos o raio refletido.

A partir daí, podemos prolongar o raio refletido para dentro do espelho, mas precisamos de pelo menos um outro raio luminoso para completar essa imagem (na verdade, conforme discutimos anteriormente, o prolongamento de todos os raios luminosos que saem de um ponto é que formam a sua imagem. Entretanto, se quisermos saber apenas onde a imagem se encontra, apenas dois raios tornam-se necessários).

Na verdade podemos escolher qualquer raio luminoso, mas escolheremos aqui um raio bastante simples que é o raio que sai do objeto e encontra o espelho exatamente onde o eixo focal o atravessa (a esse ponto damos o nome de vértice). O prolongamento desse raio refletido se encontra com o prolongamento feito anteriormente, e neste ponto de cruzamento teremos a imagem do ponto que originou os dois raios (veja a Figura 17).

Se repetirmos essa tarefa para todos os outros pontos que constituem o objeto, formaremos por completo a imagem no espelho convexo. Perceba que, se desejamos representar a imagem de um objeto similar a uma vela, só precisamos saber onde se tocam os raios referentes à “cabeça” da vela, utilizando dois raios particulares: um que passa paralelo ao eixo focal, e um que passa pelo vértice do espelho (veja a Figura 17).

Devido ao formato do espelho e à lei da reflexão, é simples prever a direção desse raio refletido. Como a normal ao espelho no vértice é o próprio eixo focal, o ângulo entre este raio incidente e o eixo focal será igual ao ângulo formado pelo seu raio refletido e o eixo. A Figura 17 ilustra um esquema deste fenômeno.

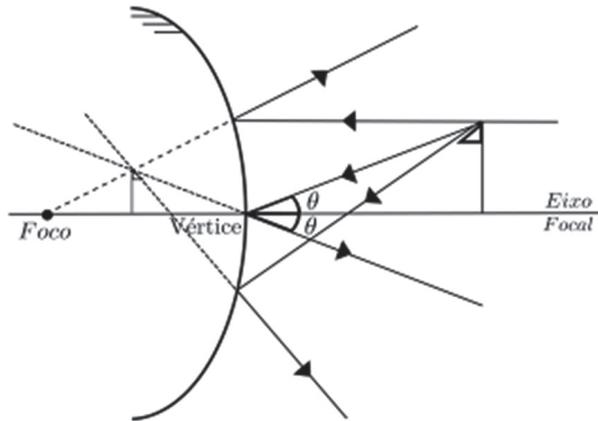


Figura 17: Veja que o raio paralelo ao eixo focal é refletido de tal modo que sua projeção passa pelo foco do espelho. O raio que incide no vértice do espelho é tal que os dois ângulos mostrados na figura são iguais. Devido ao fato de ambos os raios serem provenientes da "cabeça" da bandeira, o ponto onde as projeções destes raios refletidos se tocam corresponde à "cabeça" da imagem da mesma. Temos ainda um terceiro raio qualquer, para ressaltar o fato de que QUALQUER raio que passe pela "cabeça" do objeto corresponderá à imagem deste ponto.

Atividade
9

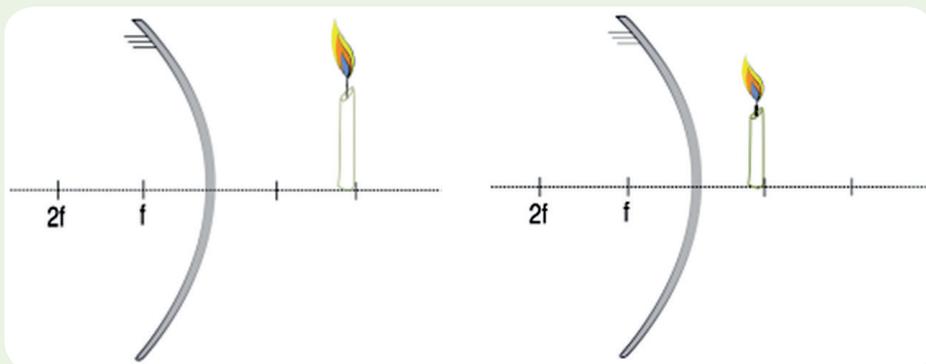
Os usos de um espelho convexo

Pesquise algumas aplicações de espelhos convexos no seu dia a dia e dê, pelo menos, um exemplo do uso de espelhos convexos que são comuns em nosso cotidiano.

Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

Construção de imagens

Construa geometricamente, utilizando os raios especiais que discutimos nesta seção, a imagem formada pelo espelho dos objetos na figura a seguir.



Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

Atividade

10

Olhe pelo retrovisor!

De acordo com o que foi visto até aqui, explique por que motivo espelhos convexos são amplamente utilizados em retrovisores de automóveis?

Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

Atividade

11

Imagens formadas por espelhos côncavos

Bem, muito provavelmente você já se olhou em uma colher de aço inox, cuja superfície é refletora e bem polida. A imagem formada “pelas costas” da colher é uma imagem virtual e menor, pois ela tem um formato convexo.

Mas se olharmos na parte interna da colher, notaremos que as características da imagem formada dependem da distância do objeto (no caso, seu rosto) à colher. Há inclusive uma determinada distância em que a imagem desaparece.

Nós convidamos você a realizar o seguinte experimento: pegue uma colher de metal bem limpa e segure-a em uma das mãos com o braço esticado, o mais distante possível de seus olhos. Feche um olho e aproxime a colher lentamente do olho que está aberto. Você perceberá que, no ponto mais distante, a imagem formada está de cabeça para baixo (invertida) e se forma atrás da colher (e, portanto, virtual). Ao aproximá-la, você verá a imagem aumentar gradualmente; num ponto específico, a imagem sumirá (ficará borrada e indistinguível) e prosseguindo com o movimento, surgirá uma imagem não invertida (direita) que aumentará à medida que o movimento de sua mão continuar. Diferentemente das outras imagens que vimos até o momento, esta última não se forma atrás da colher, mas sim é projetada diretamente em seus olhos (veja a Figura 18).

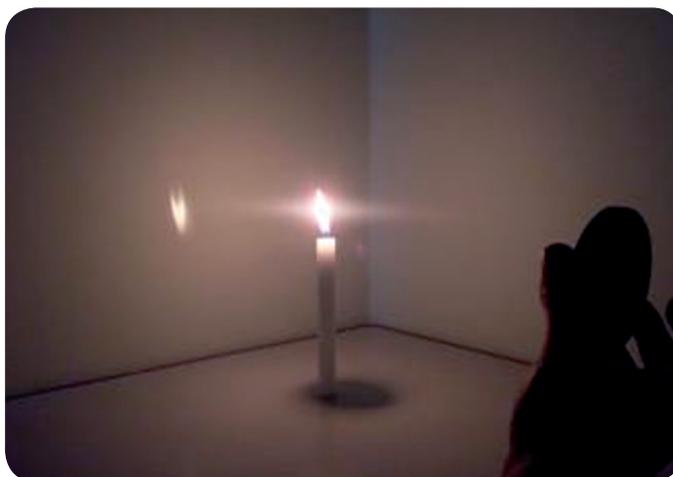


Figura 18: Exemplo de imagem projetada. Neste caso, a imagem foi projetada numa parede. É exatamente desta maneira que funcionam os retroprojetores.

Há imagens deste tipo, que não se formam atrás do espelho por prolongamento de raios, mas sim são projetadas à sua frente. São chamadas **imagens reais**. Vamos esquematizar os fenômenos descritos anteriormente, que esperamos que você tenha reproduzido com a colher.

Como podemos construir geometricamente as imagens formadas por um espelho côncavo?

Bem, na Figura 19, podemos ver dois tipos de raios bastante peculiares, que já foram explorados no caso dos espelhos convexos.

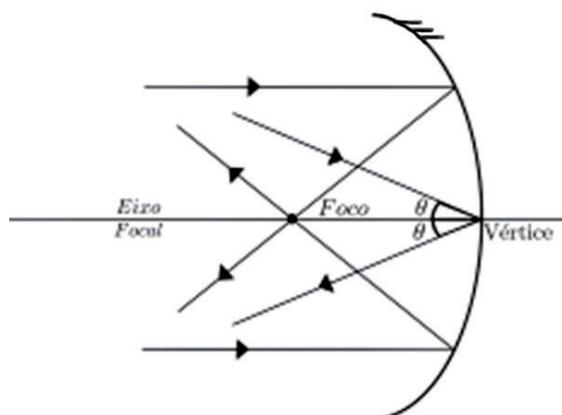


Figura 19: Em (a), temos destacados dois tipos de raios especiais. Um deles é o que viaja paralelamente ao eixo focal (e que é refletido de modo a passar pelo foco do espelho), e o que incide no vértice. Em (b), temos um feixe de raios solares paralelos ao eixo focal incidindo num espelho côncavo. Com o auxílio de fumaça, vemos a convergência desses raios no foco do espelho.

Todo raio que viaja paralelamente ao eixo focal do espelho é refletido de maneira a convergir num único ponto, que chamamos foco. Um raio que incide exatamente no centro de curvatura é refletido tal como mostrado na Figura 19a, isto é, simétrico com relação ao eixo focal. Utilizando esses dois raios especiais, ilustramos, a seguir, as imagens formadas pelo espelho côncavo, em função da posição relativa do objeto ao espelho.

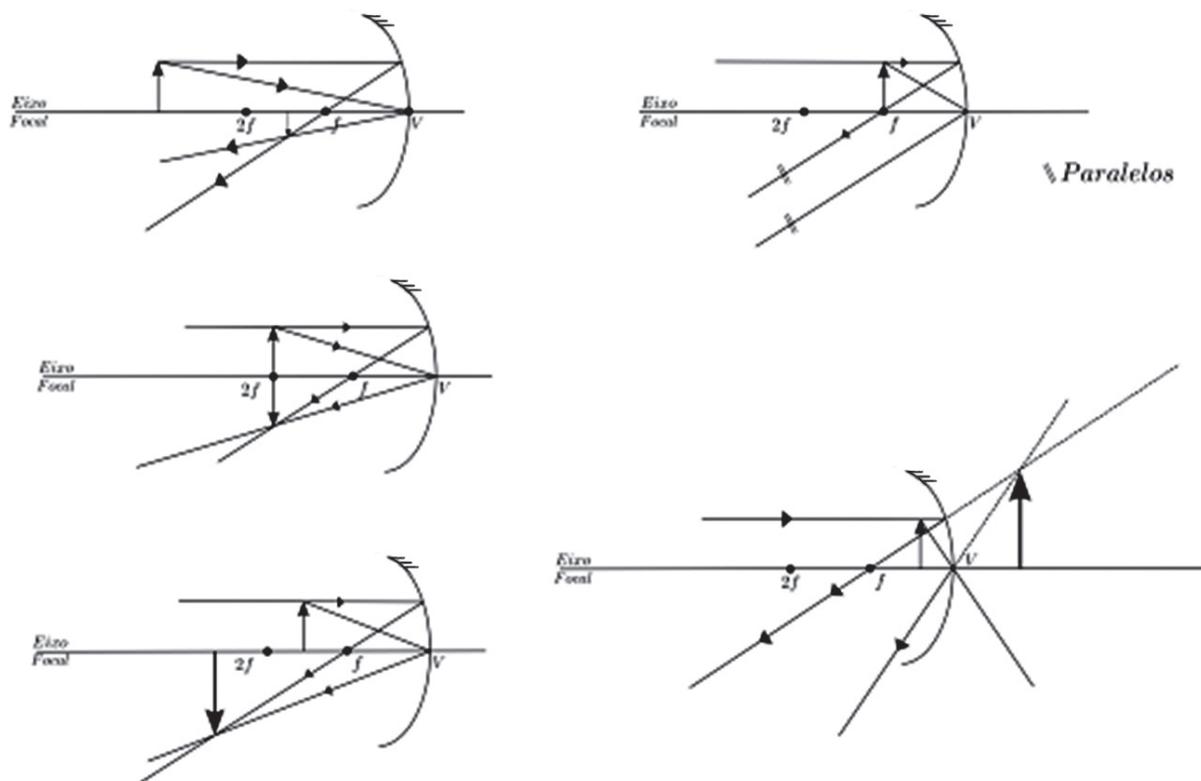


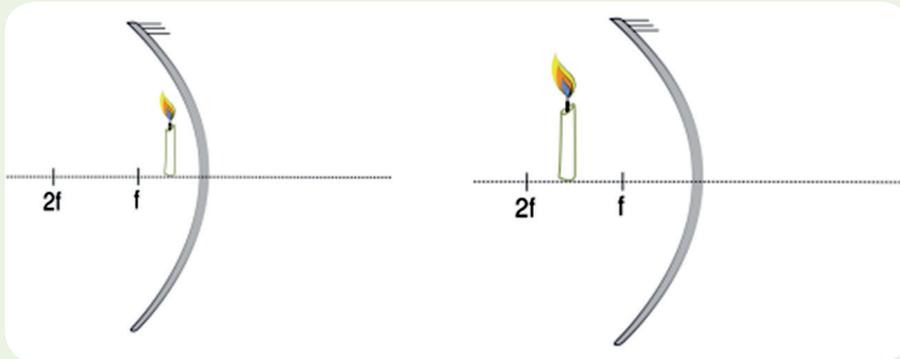
Figura 20: Imagens formadas num espelho côncavo, com respeito às posições do objeto relativas ao foco (f), vértice (V) e o raio (que é o dobro da distância focal, por isso o rotulamos por $2f$).

Você pode reproduzir estes diagramas facilmente. Basta possuir uma régua, papel e lápis. Escolha primeiramente onde estará o espelho. Marque a posição do foco desse espelho (por exemplo, a 5 cm do vértice), e em seguida, o raio do espelho representado na Figura por $2f$ (no exemplo anterior, $2f$ estará a 10 cm do vértice).

Lembrando que todo raio paralelo ao eixo focal passa pelo foco do espelho côncavo, e sabendo que o raio que incide no vértice e seu raio refletido correspondente estão dispostos como se o eixo focal fosse um espelho plano, podemos representar esquematicamente as imagens formadas no espelho côncavo, de maneira análoga ao que vemos na Figura 20. Finalmente, colocamos uma pergunta. As características das imagens que representamos na Figura 18 são condizentes com as imagens que você observou na superfície da colher? Lembre-se de que você controlou a distância entre o seu rosto e a superfície refletora da colher.

Construindo imagens no espelho côncavo

Construa geometricamente, utilizando os raios especiais que discutimos nesta seção, a imagem formada pelo espelho dos objetos na figura a seguir.



Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

Atividade

12

A partir dos conhecimentos que você obteve nesta seção, explique por que os refletores presentes em lâmpadas e faróis possuem um formato côncavo?

Lembre-se:
faça em uma
folha à parte

Atividade

13

Neste texto, discutimos os fenômenos e conceitos básicos para o estudo da óptica geométrica. Você deve ter reparado que muitos desses fenômenos você já havia observado antes, em diversas situações de sua vida. Com o conceito de raio luminoso e a lei da reflexão, fomos capazes de construir as imagens formadas por espelhos curvos e planos. Na próxima aula, discutiremos o fenômeno de refração, e como podemos utilizá-lo para explicar a formação de imagens em lentes.

Resumo

Nesta unidade você viu que:

- Um raio luminoso é a trajetória que a luz faz a partir da sua origem.
- A lei da reflexão diz que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.
- A formação de sombra se dá quando um raio luminoso encontra um objeto opaco que impede a continuação de sua trajetória.
- Um feixe divergente é aquele cujos raios luminosos partem de um ponto único e se espalham em várias direções.
- Um feixe convergente é aquele cujos raios luminosos partem de direções diversas e chegam a um ponto comum.
- Um feixe colimado é aqueles cujos raios luminosos são sempre paralelos.
- Uma imagem virtual é aquela que se forma atrás do espelho.
- Uma imagem real é aquela que se forma na frente do espelho.
- Para se construir uma imagem em espelhos esféricos, usamos os prolongamentos dos raios luminosos incidentes e refletidos que passam pelo vértice e pelo foco do espelho.

Veja Ainda

Observando um espelho côncavo

Caso você não tenha conseguido realizar o experimento com a colher, como foi proposto nesta unidade, não fique triste, no link a seguir há uma animação muito interessante que descreve como a imagem de um objeto se comporta, quando é aproximado de um espelho côncavo.

- <http://www.youtube.com/watch?v=U4B8F2hCYus>

Atividade 1

Sombra



Respostas
das
Atividades

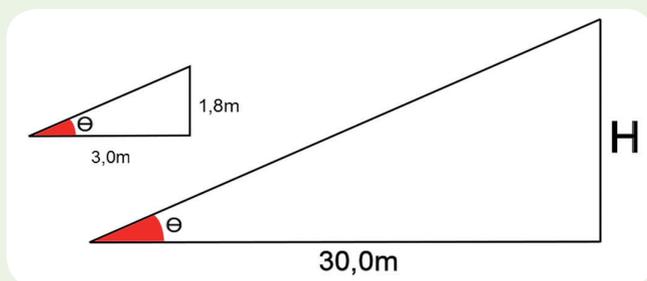
Atividade 2

Da esquerda para a direita!

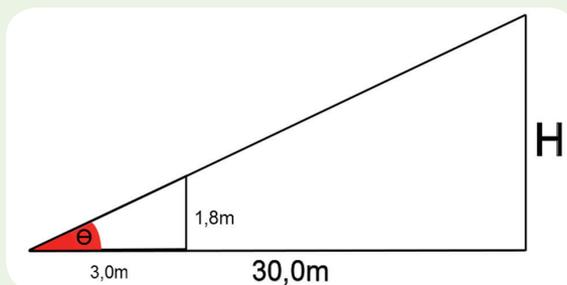
Colimado, convergente e divergente.

Atividade 3

Bem, a pessoa mede 1,8m e o tamanho de sua sombra é 3,0m. Com esses dados, e sabendo que os raios de luz caminham em linha reta, podemos montar um triângulo retângulo cujo cateto adjacente mede 3,0m e o cateto oposto 1,8m. Veja a figura a seguir.



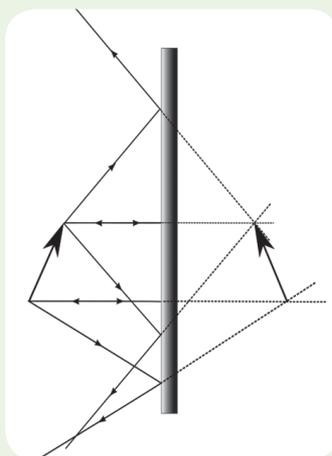
Agora podemos fazer o mesmo com o prédio e sua sombra; montar um triângulo retângulo cujo cateto adjacente ao ângulo mede 30,0m e o cateto oposto mede H, a altura que procuramos, como você pode ver na figura.



Como os raios de luz do sol vêm de muito longe, podemos considerar que eles são todos paralelos ou seja, podemos considerá-los um feixe colimado. Isso nos permite dizer que os dois triângulos formados são semelhantes. Logo, podemos realizar a semelhança de triângulos, que nos permitirá encontrar o valor da altura H do prédio.

Veja: $1,8/3,0 = H/30,0$. Desenvolvendo essa equação, temos: $H = (1,8 \times 30,0)/3 = 18,0\text{m}$

Atividade 4



Para construir esse diagrama, basta escolher dois pontos do objeto (no caso extremidades). Traçar dois raios luminosos provenientes desses pontos e prolongar os raios refletidos para dentro do espelho.

Atividade 5

Ao se afastar do espelho, dê um passo e a sua imagem também se afastará de um passo do espelho. Note que você caminha em sentido contrário à sua imagem. Logo, nesse instante, você estará dois passos mais distante de sua imagem. Se você se afasta a um passo por segundo do espelho, a sua imagem também se afastará, com a mesma velocidade, para dentro do espelho. Isso faz com que a distância entre você e sua imagem seja o dobro da distância entre você e o espelho. Contudo, a velocidade de afastamento entre a sua imagem e você será o dobro!

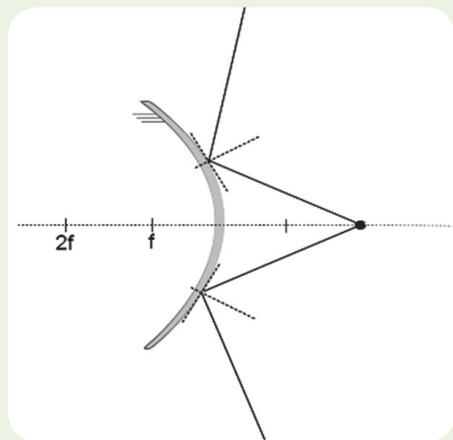
Atividade 6



Atividade 7



Atividade 8

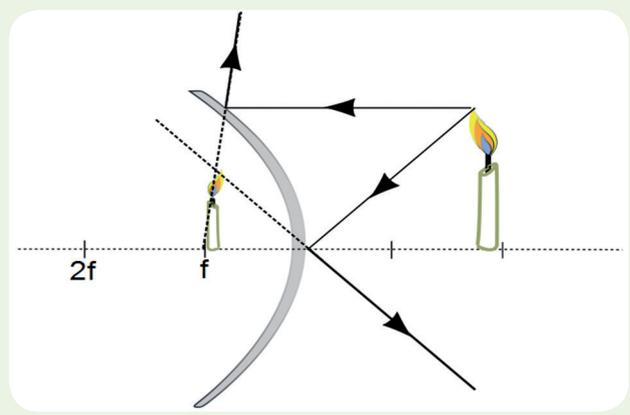


Atividade 9

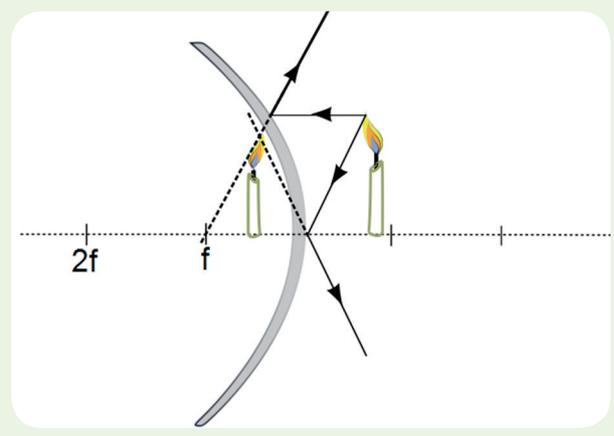
Os espelhos convexos são amplamente usados em saídas de garagem ou em lojas, pois eles ampliam o campo de visão do observador. A imagem formada por um espelho convexo tem maior amplitude, se comparada a de um espelho plano, embora seja menor que o objeto.

Atividade 10

a)



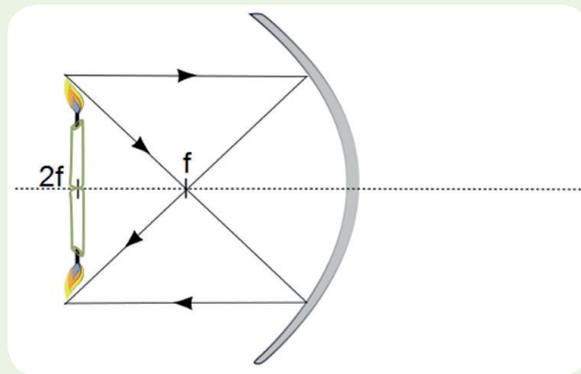
b)



Atividade 11

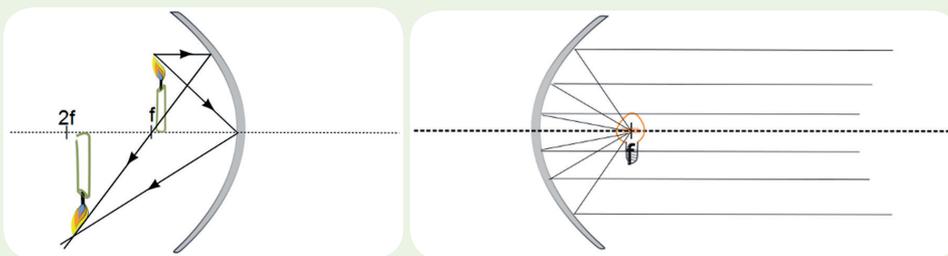
Como discutido, os espelhos convexos são capazes de ampliar o espectro de visão, ou seja vemos uma imagem bem ampla em uma pequena área. Essa propriedade permite que o motorista tenha uma melhor visão do trânsito.

Atividade 12



Atividade 13

Quando usamos um espelho côncavo, geralmente queremos focalizar um feixe de luz, ou pelo menos evitar que ele seja muito divergente. Veja a figura a seguir.



Referências

Bibliografia Consultada

- HEWITT, Paul. *Física Conceitual*, 9ª. Edição. Porto Alegre: ARTMED Ed., 2002
- LUZ, Antonio Máximo Ribeiro da e ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. *Curso de física*. São Paulo: Scipione. 2007.
- Boa, M. F. & Guimarães, L. A. *Física: Termologia e óptica Ensino Médio* São Paulo: Harbra, 2007.

Imagens



- <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1381517>.



- <http://www.sxc.hu/photo/1221586>.



- <http://www.sxc.hu/photo/1368439>.



- <http://www.sxc.hu/photo/765219>.



- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jan_Verkolje_-_Antonie_van_Leeuwenhoek.jpg.



- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Leeuwenhoek_Microscope.png.



- <http://teca.cecierj.edu.br/popUpVisualizar.php?id=47993>.



- Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



- Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



- Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



- Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



- Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• Vitor Lara e Leonardo Pereira Vieira.



• <http://www.sxc.hu/browse.phtml?f=download&id=1220957> • Ivan Prole.

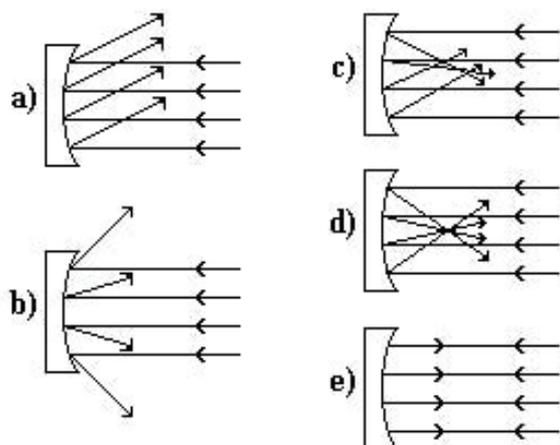


• http://www.sxc.hu/985516_96035528.

O que perguntam por aí?

(Unesp/1992) Questão 1

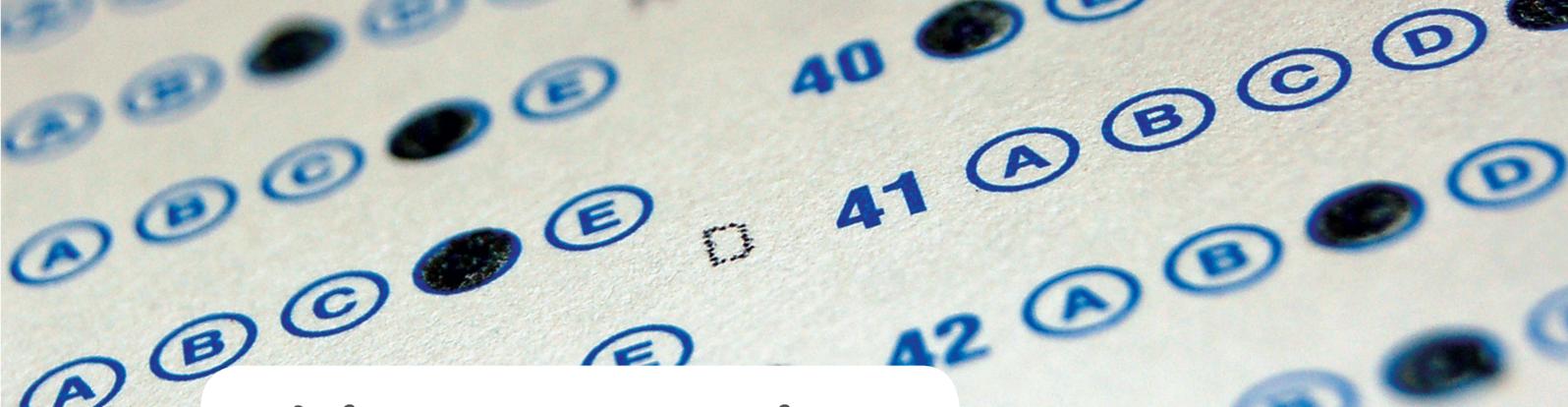
Isaac Newton foi o criador do telescópio refletor. O mais caro desses instrumentos até hoje fabricado pelo homem, o telescópio espacial Hubble (1,6 bilhão de dólares), colocado em órbita terrestre em 1990, apresentou em seu espelho côncavo, dentre outros, um defeito de fabricação que impede a obtenção de imagens bem definidas das estrelas distantes (O Estado de São Paulo, 01/08/91, p.14). Qual das figuras a seguir representaria o funcionamento perfeito do espelho do telescópio?



(Fei/1992) Atividade 2

O espelho retrovisor de uma motocicleta é convexo porque:

- a. Reduz o tamanho das imagens e aumenta o campo visual;
- b. Aumenta o tamanho das imagens e aumenta o campo visual;
- c. Reduz o tamanho das imagens e diminui o campo visual;
- d. Aumenta o tamanho das imagens e diminui o campo visual;
- e. Mantém o tamanho das imagens e aumenta o campo visual.



Atividade extra

O mundo dentro do espelho

Exercício 1 – Adaptado de ENEM - 1998

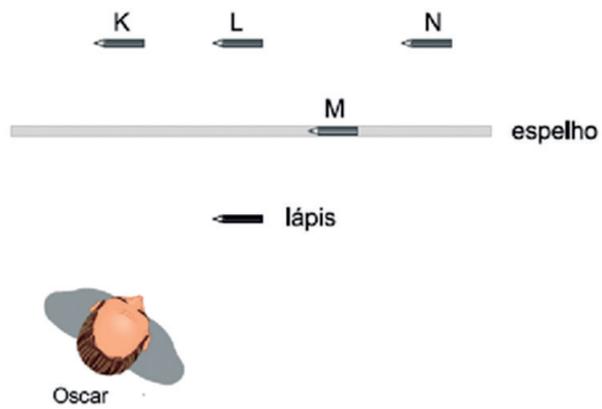
A sombra de uma pessoa que tem 1,80 m de altura mede 60 cm. No mesmo momento, a seu lado, a sombra projetada de um poste mede 2,00 m.

Se, mais tarde, a sombra do poste diminuiu 50 cm, a sombra da pessoa passou a medir, em cm:

- a. 30.
- b. 45.
- c. 50.
- d. 80.

Exercício 2 – Adaptado de UFMG - 2003

Oscar está na frente de um espelho plano, observando um lápis, como representado na figura:

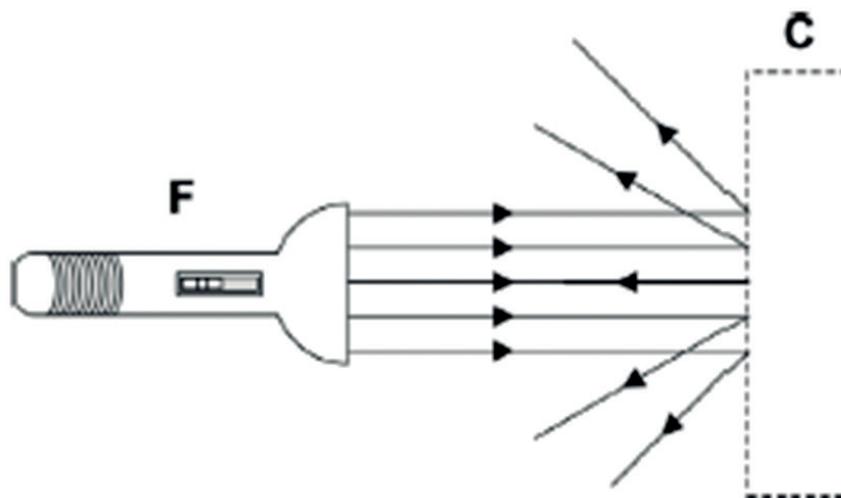


Com base nessas informações, Oscar verá a imagem do lápis na posição

- a. K.
- b. L.
- c. M.
- d. N.

Exercício 3 – Adaptado de UEA - 2004

Na situação apresentada a seguir, uma fonte de luz **F**, proveniente de uma lanterna especial, emite um feixe de raios luminosos paralelos. O feixe incide sobre uma caixa **C**, transparente, contendo um elemento óptico, responsável pelo feixe emergente.



Pela análise do feixe emergente, podemos concluir que, no interior da caixa, pode existir:

- a. um espelho esférico côncavo.
- b. um espelho esférico convexo.
- c. uma lente convergente.
- d. um espelho plano.

Exercício 4 – Adaptado de UFF

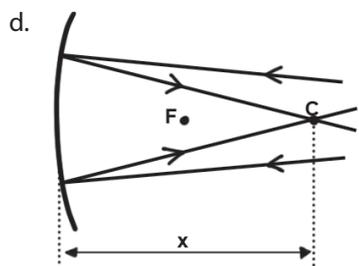
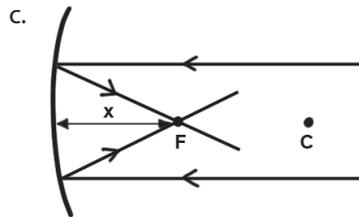
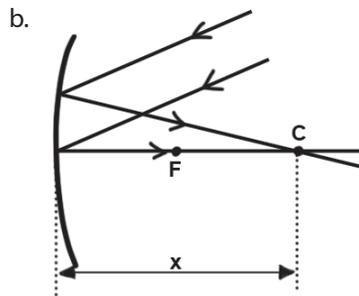
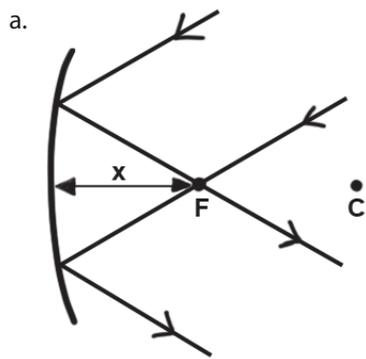
Um projeto que se beneficia do clima ensolarado da caatinga nordestina é o fogão solar (figura 1), que transforma a luz do sol em calor para o preparo de alimentos. Esse fogão é constituído de uma superfície côncava revestida com lâminas espelhadas que refletem a luz do sol. Depois de refletida, a luz incide na panela, apoiada sobre um suporte a uma distância x do ponto central da superfície.



Suponha que a superfície refletora seja um espelho esférico de pequena abertura, com centro de curvatura C e ponto focal F .

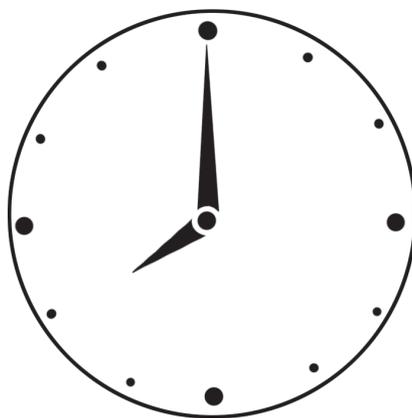
A representação da incidência e a reflexão dos raios solares, assim como a distância x na qual o rendimento do

fogão é máximo é



Exercício 5 - Cecierj - 2013

Considere um relógio de parede com ponteiros. Um estudante observou a imagem desse relógio refletida em um espelho plano, conforme a figura a seguir, e fez a leitura de 8 horas.



Qual a leitura que o estudante faz diretamente no relógio? Faça um desenho que representa o relógio, o espelho plano e a imagem do relógio.

Gabarito

Exercício 1 - Adaptado de ENEM - 1998

- A** **B** **C** **D**

Exercício 2 - Adaptado de UFMG - 2003

- A** **B** **C** **D**

Exercício 3 - Adaptado de UEA - 2004

- A** **B** **C** **D**

Exercício 4 - Adaptado de UFF

- A** **B** **C** **D**

Exercício 5 - Cecierj - 2013

A leitura realizada pelo estudante diretamente no relógio será 4 horas.

