

—19—

Espelhos planos

Agora vamos
começar a estudar a
Óptica Geométrica.

OS PRINCÍPIOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

Para construirmos as representações das imagens em espelhos, lentes e sistemas ópticos, precisamos conhecer três regras da óptica.

A primeira delas você já viu, quando montou sua câmara escura. A imagem se formou no papel vegetal porque a luz se propagou em linha reta, atravessando o orifício. A sombra de um objeto se forma porque a luz tangencia as extremidades dele, evitando que a luz faça uma curva para iluminar do outro lado. Os eclipses do Sol e da Lua também ocorrem devido a esse fato, que pode ser enunciado assim:

1. Em um meio homogêneo e isotrópico, a luz se propaga em linha reta.

Quando você vai a espetáculos de *rock*, deve reparar (claro, naquele silêncio, você fica tão concentrado que percebe tudo que acontece ao redor) que a luz de um holofote não muda o caminho da luz de outro holofote. Ou quando duas lanternas são acesas, o fecho de uma lanterna não interfere no outro. Os físicos costumam chamar o caminho percorrido pela luz de "trajetória percorrida pelo raio de luz".

2. Quando dois ou mais raios de luz se cruzam, seguem sua trajetória, como se os outros não existissem.

Também deve ter observado que, quando olha alguém pelo espelho, essa pessoa também o vê. Isso só acontece porque os raios de luz são reversíveis, isto é, tanto podem fazer o percurso você-espelho-alguém, como alguém-espelho-você:

3. A trajetória da luz independe do sentido do percurso.

Atividade 1: olhe para um espelho, de preferência grande.

Como aparece sua imagem?

Levante o braço esquerdo. Que braço a sua imagem levantou?

Compare essa imagem com a que você viu na câmara escura. Quais as semelhanças e diferenças?

Por que acontecem essas semelhanças e diferenças?

Atividade 2: fique na frente de um espelho. Agora afaste-se um passo.

O que aconteceu com o tamanho da sua imagem?

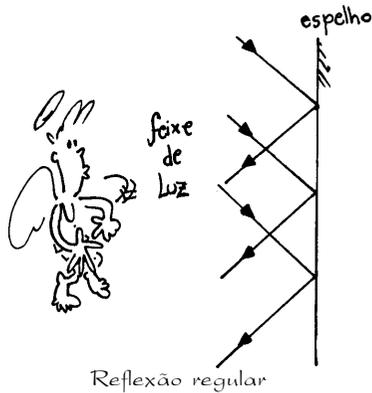
O que aconteceu com o tamanho dos objetos que estão atrás de você?

Imagine que você saia correndo - de costas para continuar olhando sua imagem. O que aconteceria com sua imagem?

A que velocidade ela se afasta de você? E do espelho?

19 Espelhos planos

Refletindo

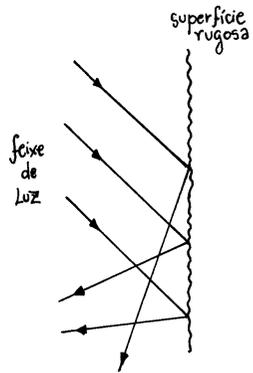


Reflexão regular

Por que, quando olhamos para um espelho, para uma superfície tranqüila de água, para um metal polido ou nos olhos da(o) amada(o), vemos nossa imagem refletida e, quando olhamos para outras coisas, vemos essas coisas e não a nossa imagem?

Quando a superfície refletora é bem plana e polida, a luz incidente muda de direção, mas se mantém ordenada. Isso que acontece quando vemos nossa imagem refletida é chamado *reflexão regular*.

Quando a superfície é irregular, rugosa, a luz volta de maneira desordenada; então temos uma reflexão difusa. Nesse caso, em vez de vermos nossa imagem, vemos o objeto.



Reflexão difusa

O tamanho da imagem

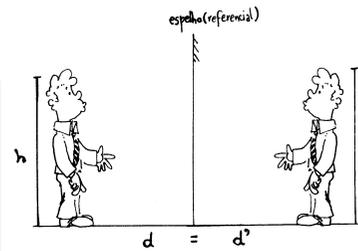
Quando você era criança e leu Alice no País dos Espelhos ficou pensando na possibilidade de "entrar em um espelho". Vários filmes de terror tratam desse tema: os espelhos estão sempre ligados a outras dimensões, "mundos paralelos", ao mundo da magia. Pergunta: onde se forma a imagem?

Na câmara escura, a imagem da chama da vela formava-se no papel vegetal. Você poderia aproximar ou afastar o papel vegetal para focalizar a imagem. No caso de um espelho plano, é impossível captar uma imagem em um anteparo. Dizemos que essa é uma **imagem virtual**.

Uma imagem é virtual quando dá a impressão de estar "atrás" do espelho. Uma criança que engatinha ou um cachorrinho vão procurar o companheiro atrás do espelho.

E a distância da imagem? Primeiro devemos escolher um referencial, que não deve ser o observador, pois este pode mudar de lugar. Utilizamos o próprio espelho como referencial. Assim, a distância da imagem ao espelho é igual à distância do objeto ao espelho.

$$d_o = d_i$$



Quando você levanta seu braço direito, a imagem levanta o braço esquerdo?

Se você estiver olhando sua própria imagem, você será o objeto e o observador, mas na maioria das vezes o objeto e o observador são personagens distintos.

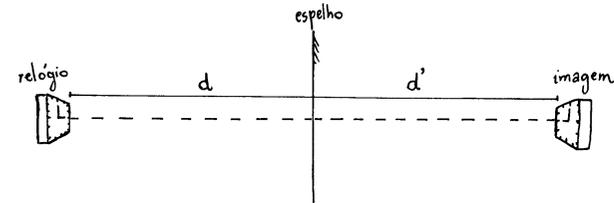
Uma vez definido o referencial, o tamanho da imagem é sempre igual ao tamanho do objeto. É como se objeto e imagem estivessem equidistantes do espelho.

$$o = i$$

Representação da imagem

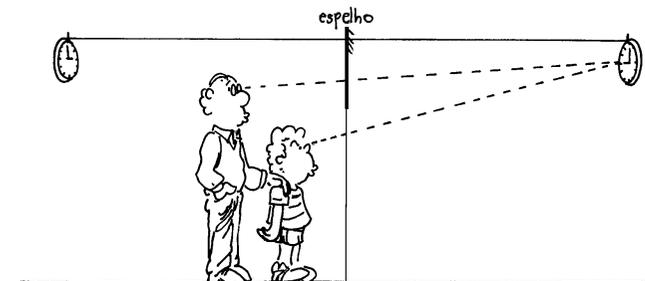
Com estas informações é fácil representar a imagem de qualquer objeto. Basta traçar uma perpendicular ao espelho, passando pelo objeto, um relógio na parede oposta, por exemplo, e manter as distâncias iguais.

Se a posição do objeto não mudar, a posição da imagem também permanecerá a mesma. Enxergar ou não o relógio dependerá da posição do observador.



A distância do relógio ao espelho é igual à distância da imagem ao espelho

Para saber se ele enxergará, traçamos uma reta unindo os olhos à imagem. Se esta reta passar pelo espelho, ele enxergará o relógio.



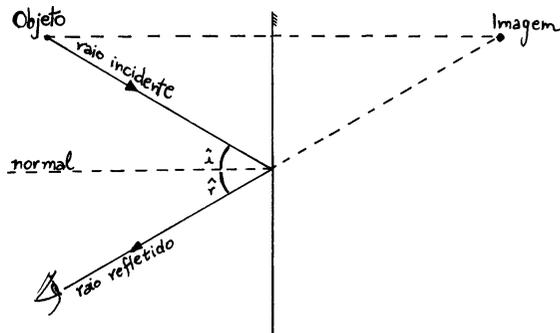
O adulto e a criança enxergarão a imagem do relógio?

As Leis da Reflexão

Vamos observar com atenção a última figura, traçando uma linha perpendicular ao espelho, que chamaremos **reta normal**. Através dela, definimos o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão, e as duas leis da reflexão:

1º O raio incidente, a reta normal e o raio refletido estão situados em um mesmo plano.

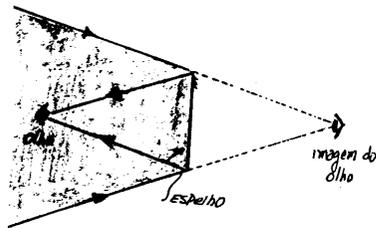
2º O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.



O observador vê a imagem como se ela estivesse atrás do espelho, no prolongamento do raio refletido

Campo visual de um espelho plano

Se você estiver olhando para um espelho, imagine que você é a própria imagem, isto é, alguém que olha por trás do espelho. Desse ponto, as duas linhas que tangenciam as extremidades do espelho delimitam o campo visual do espelho.



Tudo que estiver na área sombreada será visto pelo observador

Construção de um periscópio

Periscópios são instrumentos ópticos utilizados em submarinos para observar o que se passa fora deles. Você irá construir um ou dois periscópios, dependendo do material que utilize. O material utilizado será:

- dois pedaços de espelho plano quadrados (ou retangulares);
- papel-cartão preto, ou um tubo de PVC e dois cotovelos;
- outros (tesoura, cola, fita-crepe...)

A idéia é construir um tubo com os espelhos colocados um em cada extremidade.

Se você optou pela construção em papel-cartão, construa dois periscópios, um para olhar para a frente e outro para olhar para trás (talvez você nunca tenha visto um; aí está a novidade).

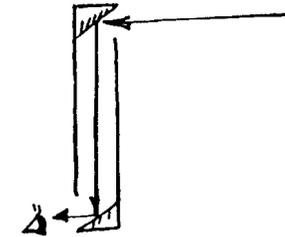
Se optou pelo PVC, basta um, porque você pode girar o cotovelo e olhar para a frente, para trás ou para o lado.

Antes da construção você deve planejar: conforme o tamanho dos espelhos, deve projetar a largura do tubo (se for de papel) e o ângulo em que os espelhos devem ficar.

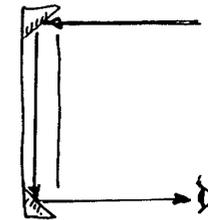
Depois de pronto - e antes de entregar para seu irmãozinho esotraçalhá-lo -, observe as imagens que vê.

Por que elas aparecem assim? Estão invertidas? Quando apontamos o periscópio para a frente, a imagem formada é igual à que vemos quando apontamos para trás?

Utilize figuras com raios de luz para ajudá-lo a explicar como as imagens se formaram.



Periscópio para olhar para a frente



Periscópio para olhar para trás

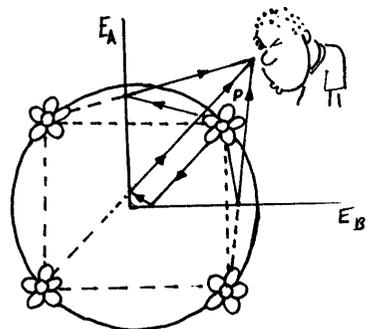
Imagens formadas por dois espelhos planos

- Junte dois espelhos planos com fita-crepe, formando um ângulo de 90° . Coloque um pequeno objeto entre eles e verifique o número de imagens formadas.
- Diminua o ângulo entre os espelhos e verifique o que ocorre com as imagens.
- Retire a fita que une os espelhos, mantendo-os paralelos e um em frente ao outro. Coloque o objeto entre eles e verifique o número de imagens formadas.

Quando colocamos um objeto entre dois espelhos que formam um ângulo de 90° entre si, observamos a formação de três imagens.

Você precisará de dois espelhos planos (de 15 cm por 15 cm, por exemplo) e fita-crepe.

Quando o ângulo é reto, formam-se três imagens



As imagens I_1 e I_2 , "vistas" nos espelhos E_1 e E_2 , são interpretadas como objetos pelos espelhos E_2 e E_1 , respectivamente, e produzem as imagens I_3 e I_4 , que coincidem, correspondendo à terceira imagem vista.

Se diminuirmos o ângulo entre os espelhos, o número de imagens formadas aumenta, atingindo seu limite na situação em que os espelhos são colocados paralelos entre si ($\alpha = 0^\circ$). Nesse caso, teoricamente, deveriam se formar infinitas imagens do objeto, o que, na prática, não se verifica, pois a luz vai perdendo intensidade à medida que sofre sucessivas reflexões.

O número (N) de imagens produzidas por dois espelhos pode ser determinado algebricamente (quando se conhece o ângulo α entre eles) pela expressão:

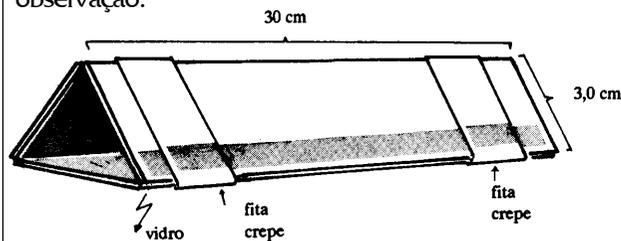
$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Observação: esta equação é válida quando a relação $360/\alpha$ for um número par. Quando a relação for um número ímpar, a expressão é válida apenas se o objeto se localizar no plano bissetor do ângulo α , região que divide o ângulo em duas partes iguais.

Construção de um caleidoscópio

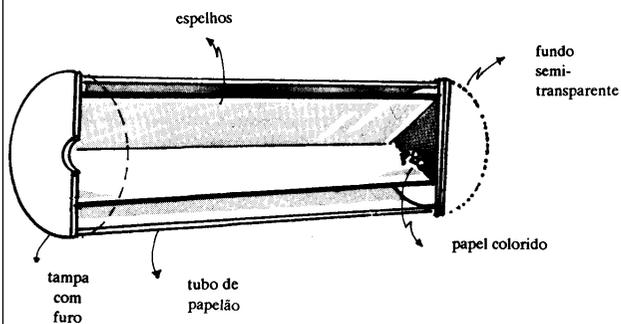
Você precisará de: três espelhos planos, cada um deles com cerca de 30 cm por 3 cm, papelão, papel semitransparente (vegetal, por exemplo), pedaços de papel colorido ou de canudos de refrigerante, tesoura e fita-crepe.

Montagem: prenda com fita-crepe os três espelhos, mantendo a parte espelhada voltada para dentro. Para melhorar, fixe a montagem dos espelhos em um tubo de papelão, onde se faz uma abertura para a observação.



Na outra extremidade faça uma tampa com dois pedaços de papel semitransparente, colocando entre eles alguns pedaços de papel colorido (celofane) ou de canudinhos.

Observe as imagens formadas quando os pedaços de papel se movimentam.



Questões

1) A função principal da tela do cinema é refletir a luz que vem do projetor. Então a tela de tecido pode ser substituída por um espelho? Justifique.

2) Uma pessoa deseja colocar na parede de seu quarto um espelho plano, cuja altura seja tal que ela consiga observar sua imagem por inteiro. Para que isso seja possível, qual deve ser:

- a altura mínima do espelho;
- a distância a que o espelho deve ser colocado em relação ao chão;
- a distância a que a pessoa deve se situar em relação ao espelho.

3) Você calculou que, para que uma pessoa veja a sua imagem inteira num espelho plano, é necessário que o espelho seja de um tamanho igual à metade da altura da pessoa.

Se o espelho retrovisor de um automóvel fosse plano, este deveria ter metade da altura do veículo que dele se aproximasse, para que sua imagem fosse vista por inteiro?