

Óptica – Reflexão

1-Formação de imagens

Uma das utilidades dos espelhos é facilitar a observação de objetos que não estejam diante de nossos olhos. Permitem-nos, por exemplo, ver o que está atrás de nós. Esse é um dos usos dos espelhos retrovisores colocados nos veículos automotores.

O uso do espelho é possível como consequência da formação de uma imagem, por exemplo, através do espelho. O processo de formação da imagem tem a ver com a reflexão. Para entendermos o processo de formação das imagens em espelhos começaremos pela análise da imagem de um ponto. Isto é, começaremos a discussão de formação da imagem de um objeto muito pequeno. Tão pequenos que suas dimensões são desprezíveis.

2-Imagem de um objeto puntiforme

Um objeto muito pequeno de dimensões desprezíveis pode ser representado como uma fonte de luz puntiforme. Consideremos esse ponto (ponto P) a uma distância d do espelho. Tal fonte emite luz em todas as direções. Analisemos agora o que acontece quando um desses raios incide sobre um espelho plano.

3-Imagem de um objeto extenso

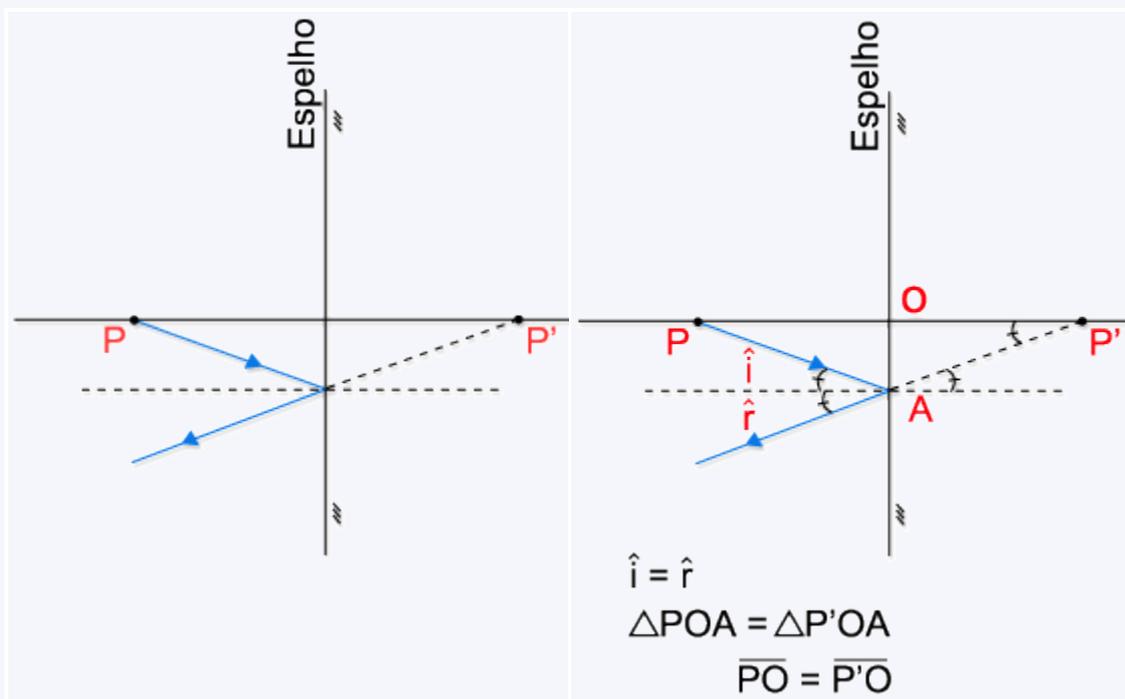
Consideremos a imagem de um objeto extenso na frente de um espelho plano. É fácil determinar a posição e a forma de um tal objeto. Basta lembrar que um objeto extenso é constituído de um grande número de pontos. Tudo que devemos fazer agora é analisar a imagem de cada um desses pontos. O conjunto das imagens dos pontos dá a imagem do objeto.

Em primeiro lugar é bom saber que a imagem de cada

ponto é simétrica em relação ao plano do espelho. O objeto e a imagem serão, portanto, simétricos em relação ao plano do espelho. Como consequência, o tamanho da imagem será igual ao tamanho do objeto. A distância de cada ponto do espelho ao objeto é igual à distância da imagem ao espelho. Daí resulta a simetria em relação ao espelho.

Outra coisa interessante a respeito dos espelhos é que a imagem de um objeto nem sempre é igual ao do objeto. Em geral a imagem não se superpõe ao objeto. O espelho troca a direita pela esquerda e vice-versa. Diz-se em linguagem científica que o objeto e sua imagem são figuras enantiomorfas (formas opostas).

Para entendermos a troca da esquerda pela direita veja o que acontece quando você coloca uma palavra na frente de um espelho. Veja a imagem dessa palavra. Ela está invertida, transformando-se em alguns casos, em algo não identificável.

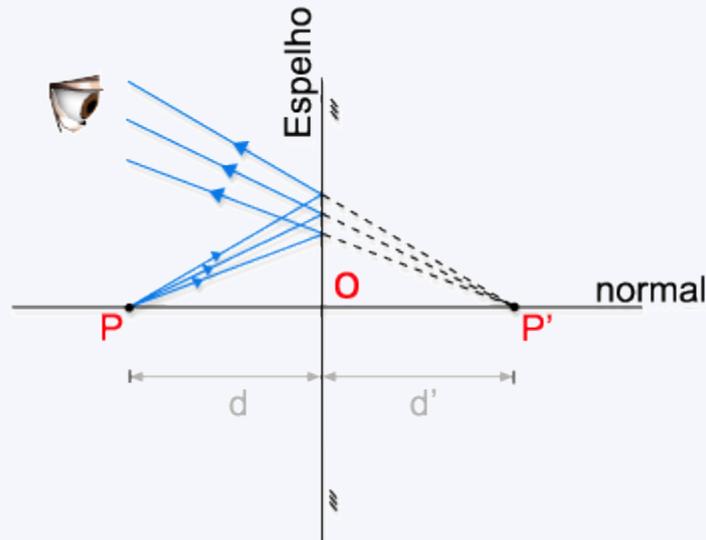


Consideremos agora o que acontece com outros raios luminosos.

Consideremos agora o prolongamento de todos os raios

luminosos refletidos. Veja o que acontece com o prolongamento dos raios refletidos. Eles se encontram num ponto P' . Tal ponto está a mesma distância d do espelho. Os pontos P e P' são simétricos em relação ao espelho.

O ponto P' é o ponto imagem do ponto P .



Um observador em frente a um espelho verá no ponto a imagem do objeto localizado no ponto P' . Por que isso acontece? O olho humano opera de tal forma que o que ele "vê" é aquilo que está na direção dos raios luminosos que atingem o olho. A reflexão cria a sensação de que o objeto está em P' pois ela gera a idéia de que os raios luminosos partem do ponto P' . Trata-se, na verdade, de uma ilusão.

4-Imagens reais e virtuais

Quando se forma uma imagem no processo de reflexão, essa imagem pode ser real ou virtual. Denominamos a imagem obtida no processo de reflexão de real quando esta imagem é obtida mediante o encontro dos próprios raios luminosos refletidos.

Uma imagem é virtual quando ela é formada pelo processo de prolongamento dos raios luminosos refletidos (e não dos próprios raios).

A imagem de um objeto diante de um espelho plano é uma imagem virtual.

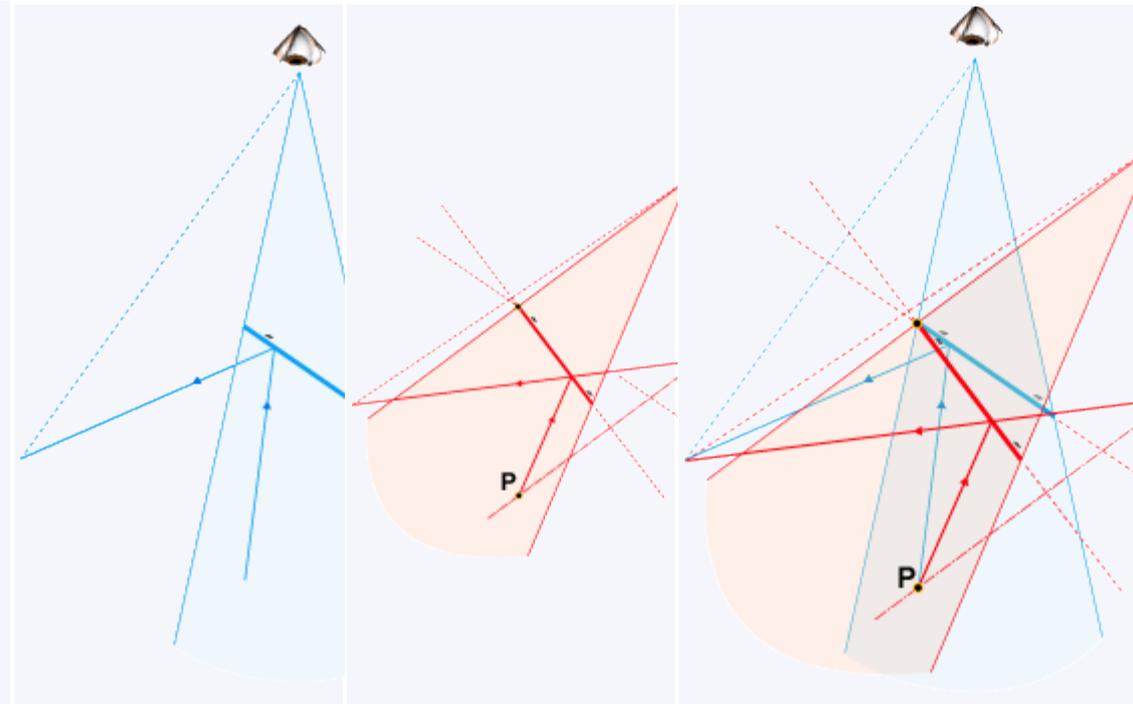
Imagens reais podem ser obtidas quando se usa espelho côncavo ou convexo.

5-Campo visual de um espelho plano

Um espelho tem um campo visual restrito para um dado observador. O campo visual é a região do espaço dentro do qual todos os objetos nela situados serão vistos. Objetos fora dessa região não são observados. O campo visual depende do tamanho do espelho, da distância do observador ao espelho e da localização do espelho em relação ao observador.

Os motoristas se referem muitas vezes a um ponto cego. Isto é, uma região na qual eles não têm acesso nem pela observação direta, nem através dos espelhos do carro. Muitos acidentes são provocados porque o motorista muda de faixa achando que não existe nenhum veículo ali. No entanto, em alguns casos, ele não vê o veículo do lado porque o outro veículo estava no ponto cego.

A razão da existência do campo visual é que os raios luminosos provenientes dos objetos devem ser refletidos pelo espelho e devem chegar até o olho humano. Consideremos um ponto próximo de um espelho. Ele será acessível ao observador (na figura representada pelo olho do mesmo) se os raios luminosos refletidos atingirem o olho.



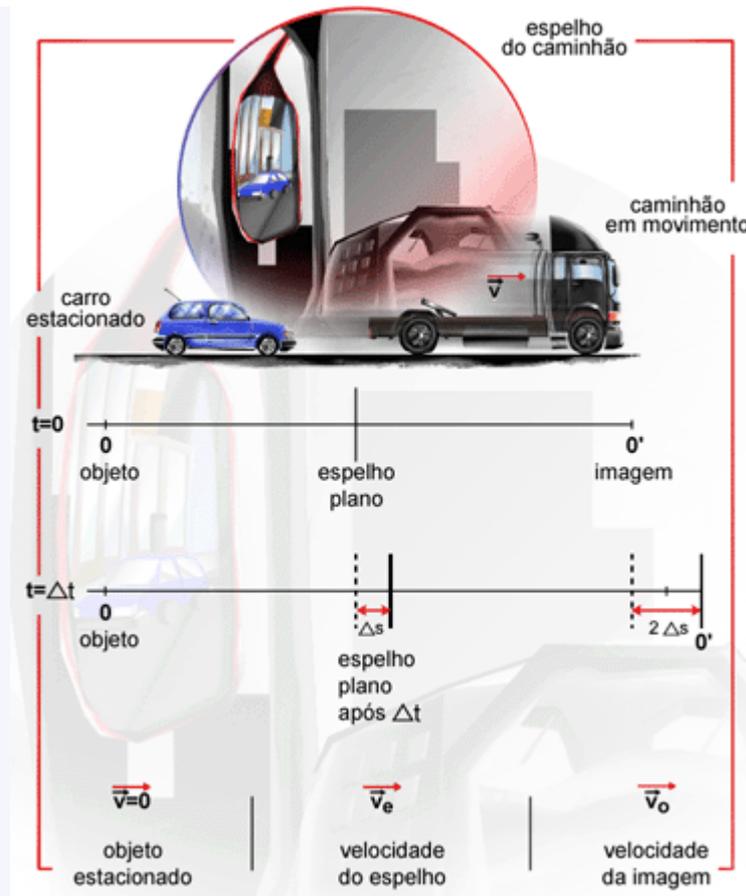
Para determinarmos o campo visual consideremos a imagem do olho no espelho. A partir da imagem do olho traçamos duas retas as quais interceptarão o espelho pelas duas extremidades. A região do espaço compreendida entre as duas retas e o espelho é o campo visual do mesmo. Note-se que o campo visual depende da posição do observador em relação ao espelho e das dimensões do mesmo.

6-Translações e rotações de um espelho plano

Quando fazemos uma translação de um espelho plano (isto é, o afastamos ou o aproximamos mantendo-o paralelo ao original) verificamos que a forma da imagem é preservada. No entanto, a distância da imagem do espelho se altera no mesmo valor da distância de aproximação ou afastamento do espelho.

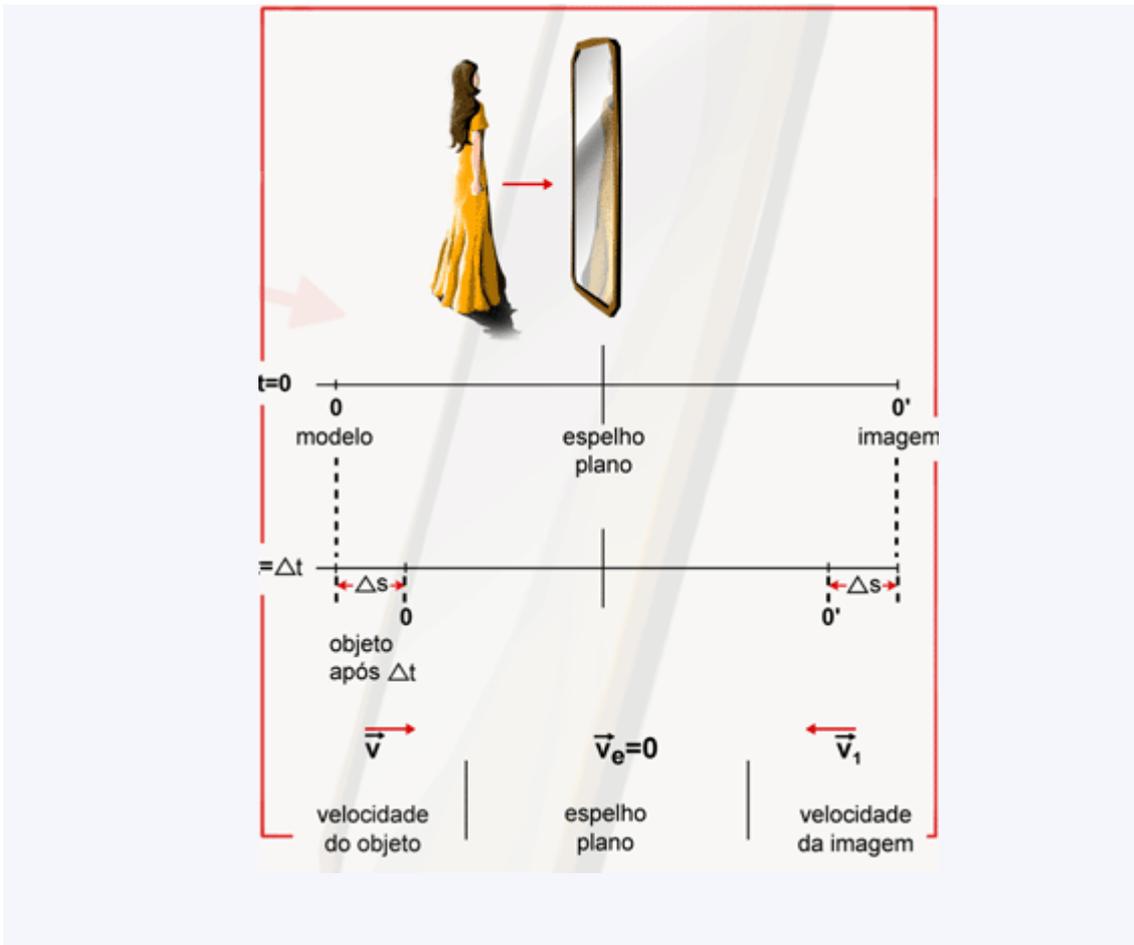
Assim, se um espelho se deslocar de um valor d (uma distância d) a imagem se deslocará em relação ao espelho, pelo mesmo valor d .

Óptica – Reflexão
Autores: Prof. Gil da Costa Marques e Profa Nobuko Ueta



O deslocamento da imagem em relação ao observador será de $2d$.

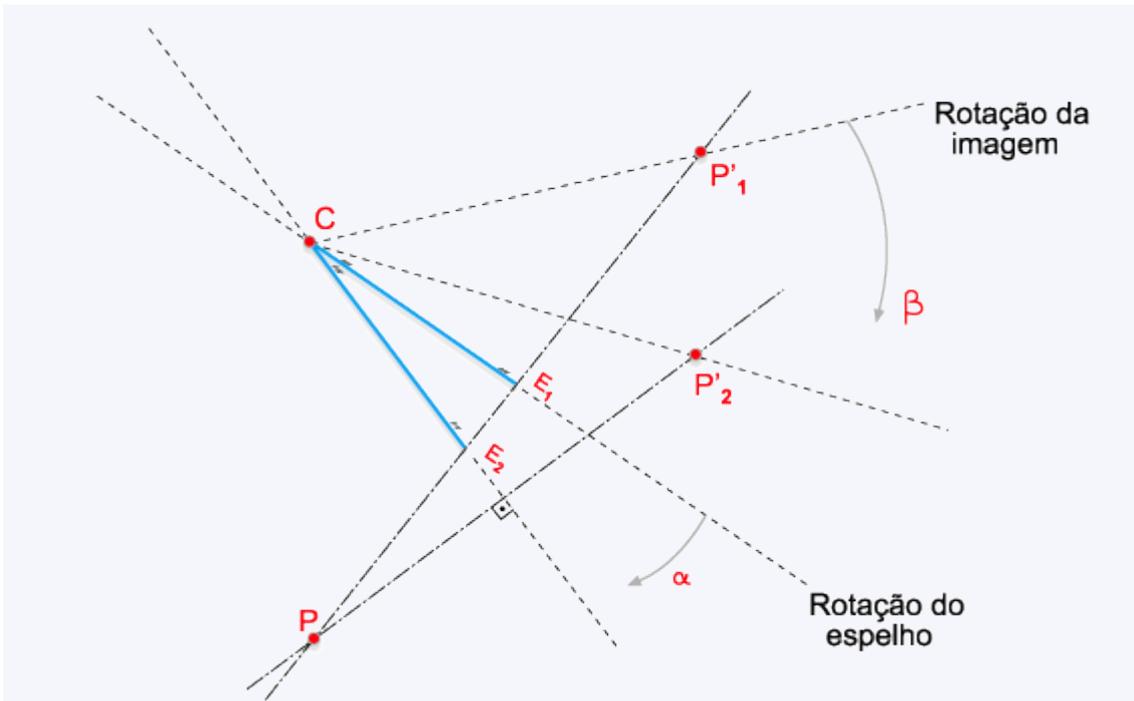
Se um objeto se aproximar (ou afastar) correndo em direção a um espelho com velocidade v sua imagem também se aproximar (ou afastará) do espelho com velocidade v (mas com sentido contrário). Portanto, a velocidade da imagem em relação ao objeto será $2v$.



7-Rotação de um espelho plano

Consideremos um espelho plano que experimenta uma rotação de um ângulo, digamos α , por uma das suas extremidades. O que acontece nesse caso com a imagem de um ponto P. Claramente ela muda da posição P' de para P''. A questão que se coloca é de que quanto ela se deslocou.

Por se tratar de uma rotação vamos analisar o deslocamento em termos de variáveis angulares. Para tal consideremos um círculo com centro no ponto C que é um ponto num eixo em torno do qual se deu a rotação do espelho, como mostra a figura.



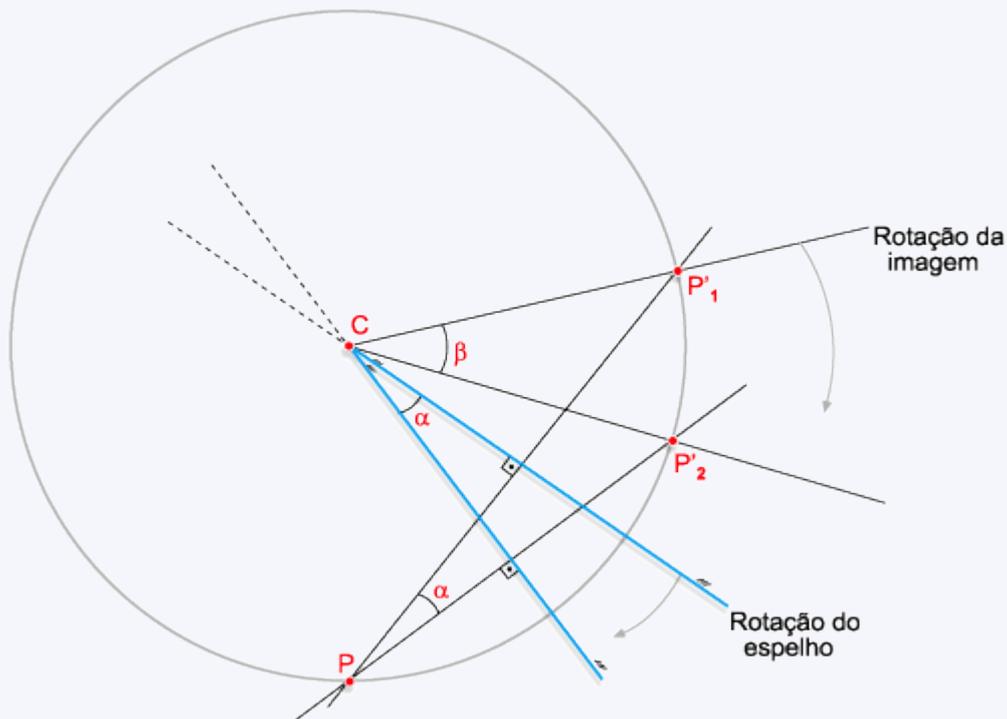
Olhando para esse círculo vê-se que a imagem deslocou-se de um ângulo β . β é, portanto, o deslocamento angular da imagem.

Pode-se mostrar com base em propriedade geométrica relativamente simples que

$$\beta = 2\alpha$$

ou seja, o deslocamento angular da imagem é duas vezes maior do que o ângulo de rotação do espelho.

Note que o ponto C é equidistante de P_1' e de P e também de P_2' , já que se trata de imagem e objeto, sendo este (o objeto) mantido fixo. Portanto, P_1' , P e P_2' pertencem a uma circunferência com centro em C.



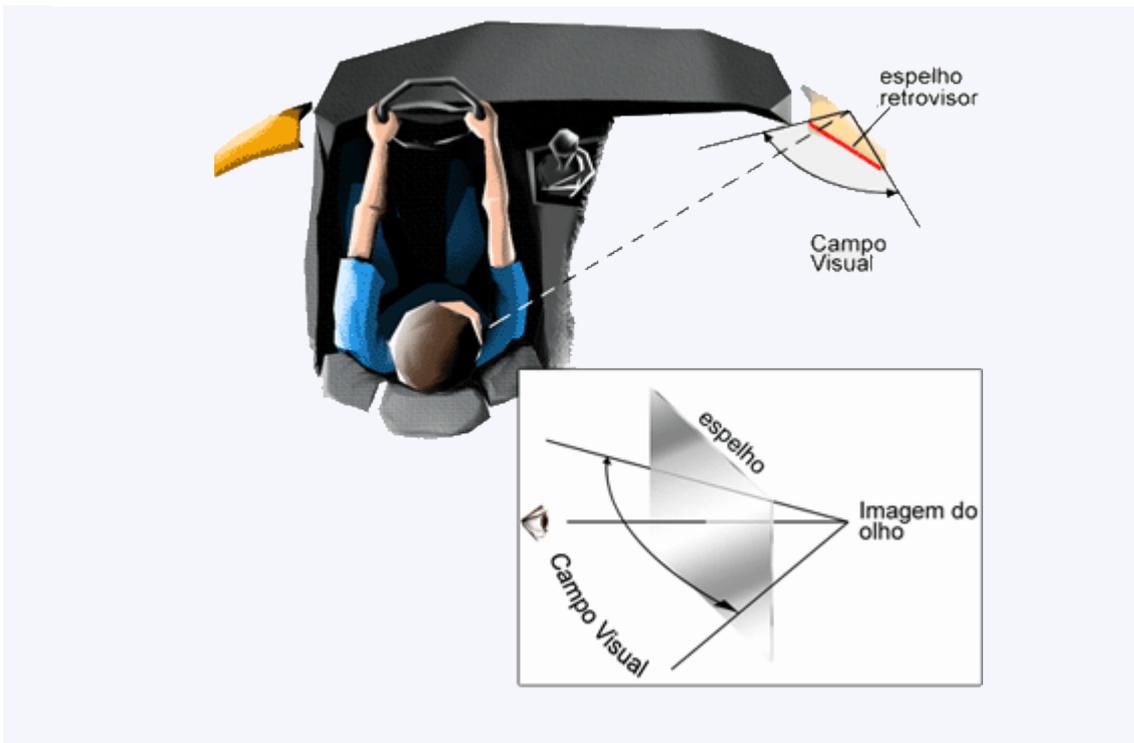
O ângulo $P_1' P P_2' = \alpha$, pois $P P_2'$ é perpendicular ao espelho na posição E_2 e $P P_1'$ é perpendicular ao espelho na posição E_1 . O ângulo $P_1' P P_2'$ é inscrito na circunferência e o ângulo $P_1' C P_2'$ é central à mesma circunferência. Os dois ângulos compreendem o mesmo arco $P_1' P_2'$ de onde decorre que o ângulo $P_1' C P_2' = 2 P_1' P P_2'$.

$$P_1' C P_2' = \beta$$

$$P_1' P P_2' = \alpha .$$

Portanto, o deslocamento angular da imagem β é o dobro do deslocamento do espelho α .

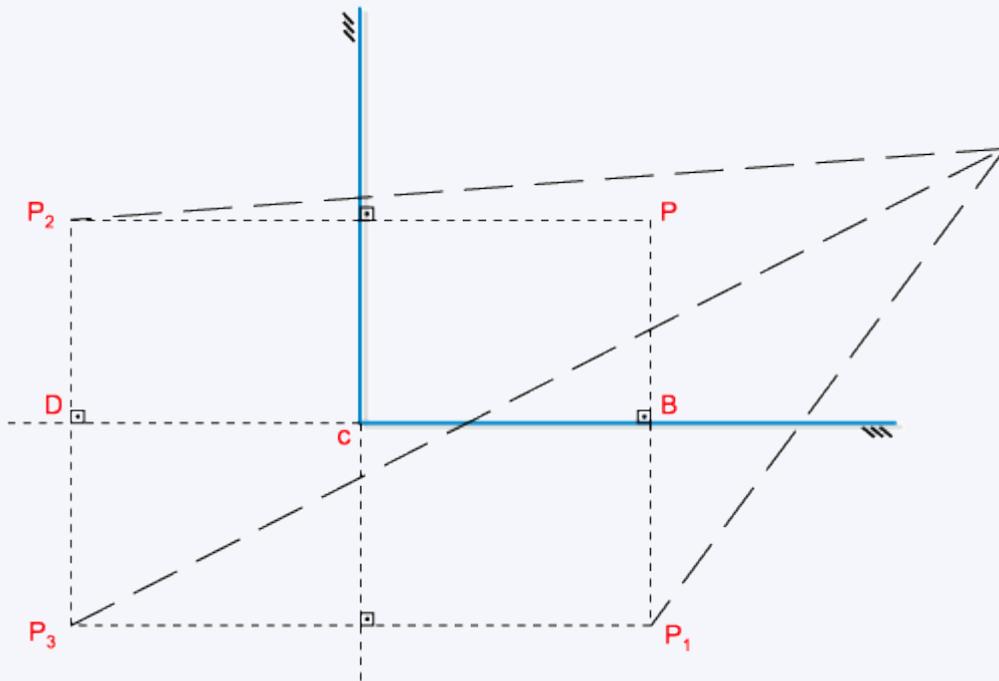
Por exemplo, um motorista acerta o espelho retrovisor do carro girando-o convenientemente. Em alguns carros o espelho é plano e em outros é convexo. Supondo que seja um espelho plano, ao girar o espelho muda-se o campo visual. Um ponto fixo dentro do campo visual será vista em outra posição já que a imagem se deslocará com a sua rotação.



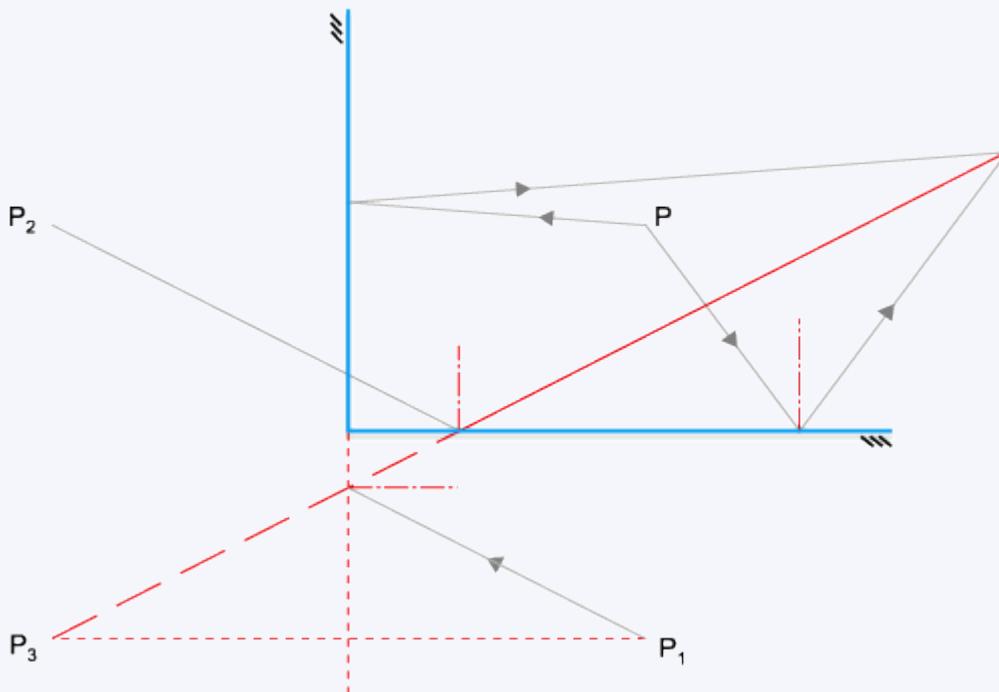
8-Sistemas de espelhos planos

Às vezes empregamos um sistema de espelhos. Alguns arranjos produzem efeitos deveras interessantes. Com eles podemos obter muitas imagens de um objeto, simulando situações deveras impressionantes. Outras vezes estamos apenas interessados em construir sistemas ópticos simples.

Consideremos dois espelhos colocados perpendicularmente um em relação ao outro. É fácil verificar que nesse caso são formadas três imagens. À medida em que o ângulo aumenta, o número de imagens diminui. Vale o contrário também. À medida em que o ângulo diminui o número de imagens aumenta. Uma situação curiosa é aquela na qual os espelhos são dispostos paralelamente um ao outro. Formam-se infinitas imagens.



Por que as imagens se multiplicam? Isso ocorre porque algumas imagens se transformam em objetos colocados na frente do espelho. As imagens na frente de um espelho se comportam como objetos na frente dos mesmos produzindo uma nova imagem. Quando a imagem de um espelho se coloca atrás do outro espelho o processo se torna inviável a partir desse ponto.



Quantas imagens se formarão?

Sendo θ o ângulo (medido em graus) entre os espelhos, então, se $360/\theta$ for um número inteiro par, o número de imagens será dado por

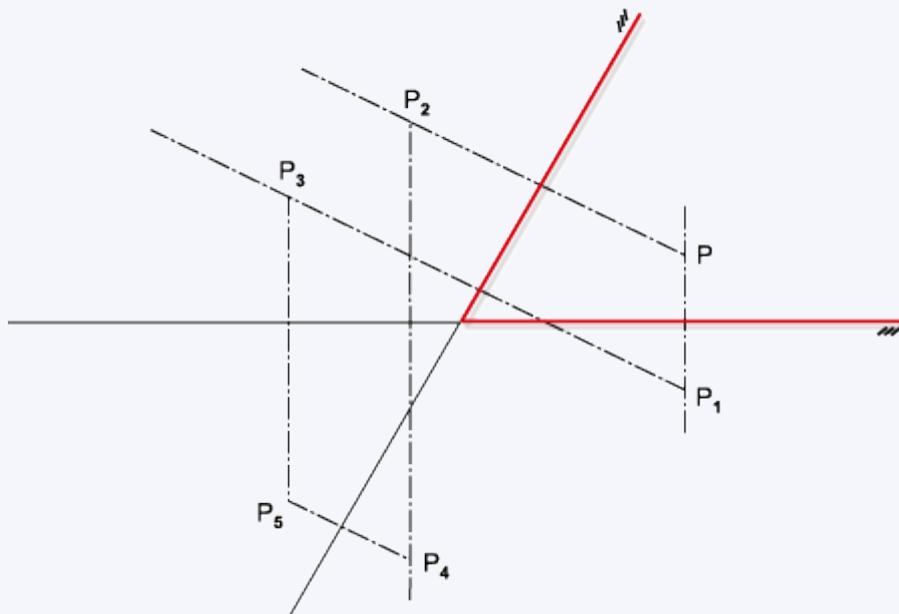
$$M = \frac{360}{\theta} - 1$$

Se $360^\circ/\theta$ for um número ímpar a expressão acima só valeria para objetos localizados no plano bissetor de θ .

No caso anterior, em que $360/\theta = 4$ obtemos o número correto de imagens, isto é

$$M = \frac{360}{\theta} - 1 = 4 - 1 = 3$$

Se o ângulo for 60° o número de imagens será 5.



No caso de dois espelhos paralelos localizados a uma distância d o número de imagens é infinita. Isso porque cada imagem se comporta como um objeto para o outro espelho. Temos assim um número infinito de imagens. Tem a imagem e a imagem da imagem e assim sucessivamente. A localização de cada uma das imagens é muito simples.