

# Capítulo 34 - Imagens



É difícil enxergar debaixo d'água, mesmo que se tenha visão perfeita fora d'água. Isso se deve ao modo como a água afeta a refração da luz que entra no olho. A refração pode ser adequada no ar, mas se torna totalmente inadequada na água. Entretanto, um peixe chamado *Anableps anableps* nada com os olhos parcialmente acima da superfície da água e pode ver simultaneamente acima e abaixo d'água.

**Como um peixe pode enxergar claramente no ar e na água ao mesmo tempo?**

## 34.2 Dois Tipos de Imagens

Para que alguém possa ver um objeto, é preciso que os olhos interceptem alguns dos raios luminosos que partem do objeto e os redirecione para a retina, no fundo do olho. O sistema visual identifica arestas, orientações, texturas, formas e cores e oferece à consciência uma **imagem** (uma reprodução a partir dos raios luminosos) do objeto; o observador percebe e reconhece o objeto como estando no local de onde vêm os raios luminosos, à distância apropriada.

Se os raios luminosos que vieram diretamente do objeto forem refletidos por um espelho plano, o objeto parece estar atrás do espelho, já que os raios que chegam aos olhos vêm dessa direção. Esse tipo de imagem, que é chamado de **imagem virtual**, existe apenas no cérebro, embora pareça existir no mundo real.

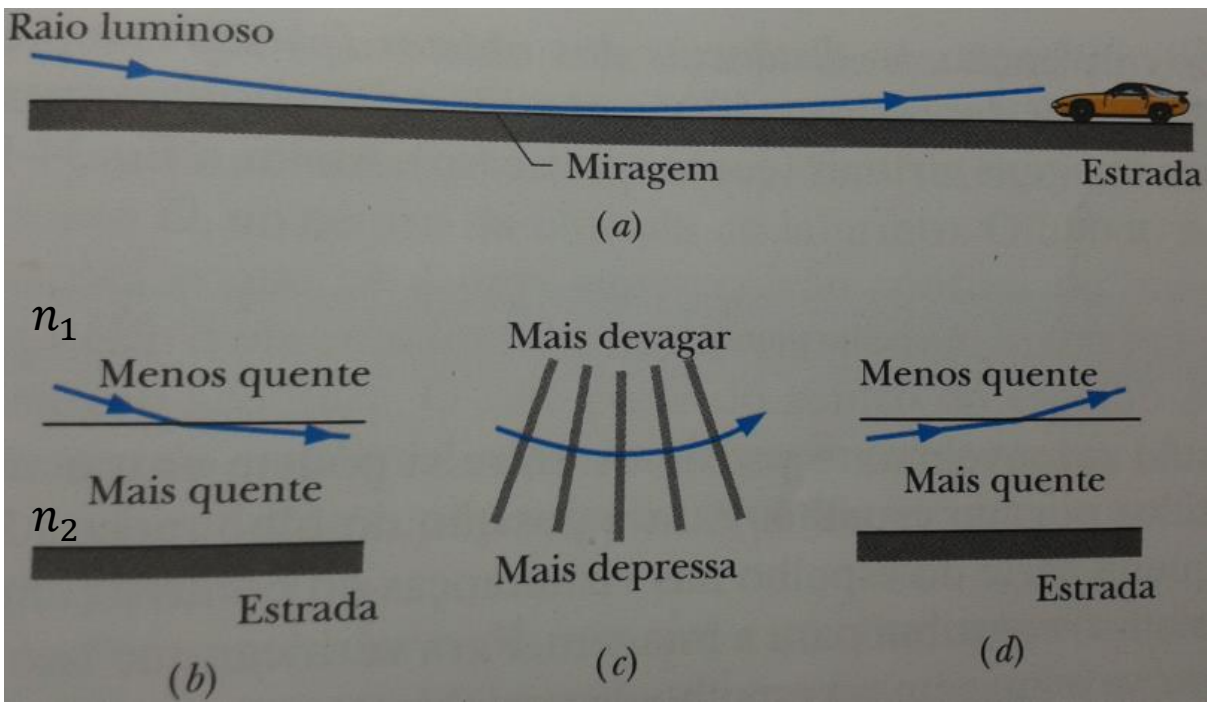


Uma **imagem real**, por outro lado, é aquela que pode ser produzida em uma superfície, como em um monitor ou em uma tela de cinema. Podemos ver uma imagem real, mas nesse caso a existência da imagem não depende da presença de espectadores.



# Uma Miragem Comum

Um exemplo comum de **imagem virtual** é a poça d'água que parece existir nas estradas asfaltadas nos dias de calor, sempre algumas dezenas de metros à frente do nosso carro. A poça d'água é uma **miragem** (um tipo de ilusão) formada por raios luminosos que vêm do céu.



Temperatura do ar  
↑  
 $> T^a \Rightarrow < n$   
↓  
Índice de refração

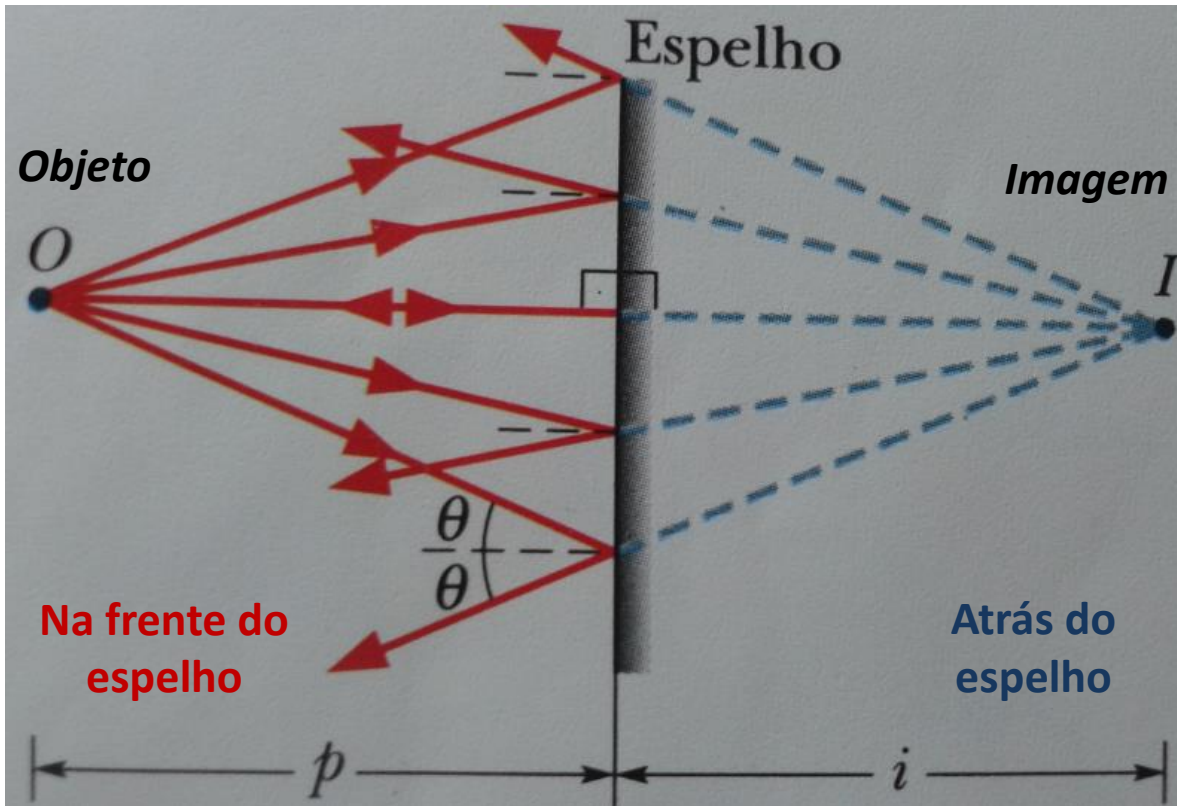
Lei de Snell  
 $n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$

**(a)** Um raio proveniente do céu é refratado pelo ar aquecido por uma estrada. Um observador que intercepta a luz tem a impressão de que existe uma poça d'água na estrada. **(b)** Desvio sofrido por um raio luminoso descendente que atravessa uma interface imaginária de uma camada de ar menos quente com uma camada de ar mais quente (note que  $n_1 > n_2$ ). **(c)** Mudança de orientação das frentes de onda e desvio do raio luminoso associado, que ocorre porque a parte inferior das frentes de onda se propaga mais depressa na camada de ar mais quente (Lembrete:  $n = c/v$ ). **(d)** Desvio sofrido por um raio luminoso ascendente que atravessa uma interface imaginária de uma camada de ar mais quente com uma camada de ar menos quente.



## 34.3 Espelhos Planos

Um **espelho** é uma superfície que reflete um raio luminoso em uma direção bem definida, em vez de absorvê-la ou espalhá-la em todas as direções. Uma superfície metálica polida se comporta como um espelho; uma parede de concreto, não. Um **espelho plano** é uma superfície refletora plana.



Uma fonte luminosa pontual  $O$ , chamada **objeto**, está a uma distância  $p$  de um espelho plano. Raios luminosos provenientes de  $O$  são refletidos pelo espelho. Se o olho de um observador intercepta alguns dos raios refletidos ele tem a impressão de que existe uma fonte luminosa pontual  $I$  atrás do espelho, a uma distância  $i$ . A **fonte fictícia**  $I$  é uma **imagem virtual** do objeto  $O$ .

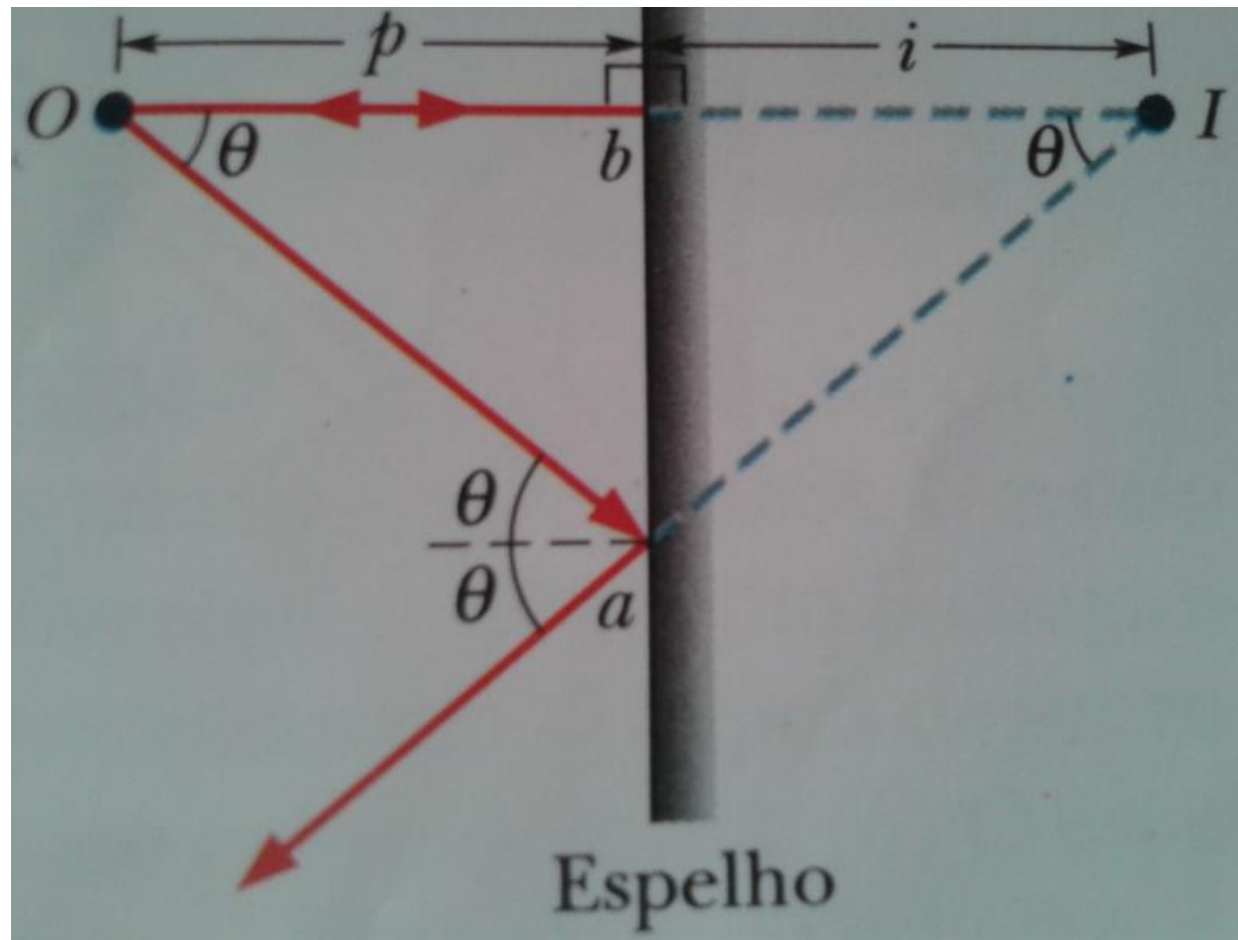
↓  
Porque nenhum raio passa realmente pelo local onde a imagem se encontra.

- Em um espelho plano, a luz parece vir de um objeto situado do outro lado do espelho.

Na figura ao lado, o raio luminoso  $Oa$  faz um ângulo arbitrário  $\theta$  com a normal à superfície do espelho e o raio luminoso  $Ob$  é perpendicular ao espelho.

Os triângulos  $aOba$  e  $aIba$  têm um lado comum e três ângulos iguais e são, portanto, congruentes. Assim

$$Ib = Ob. \quad (34.1)$$

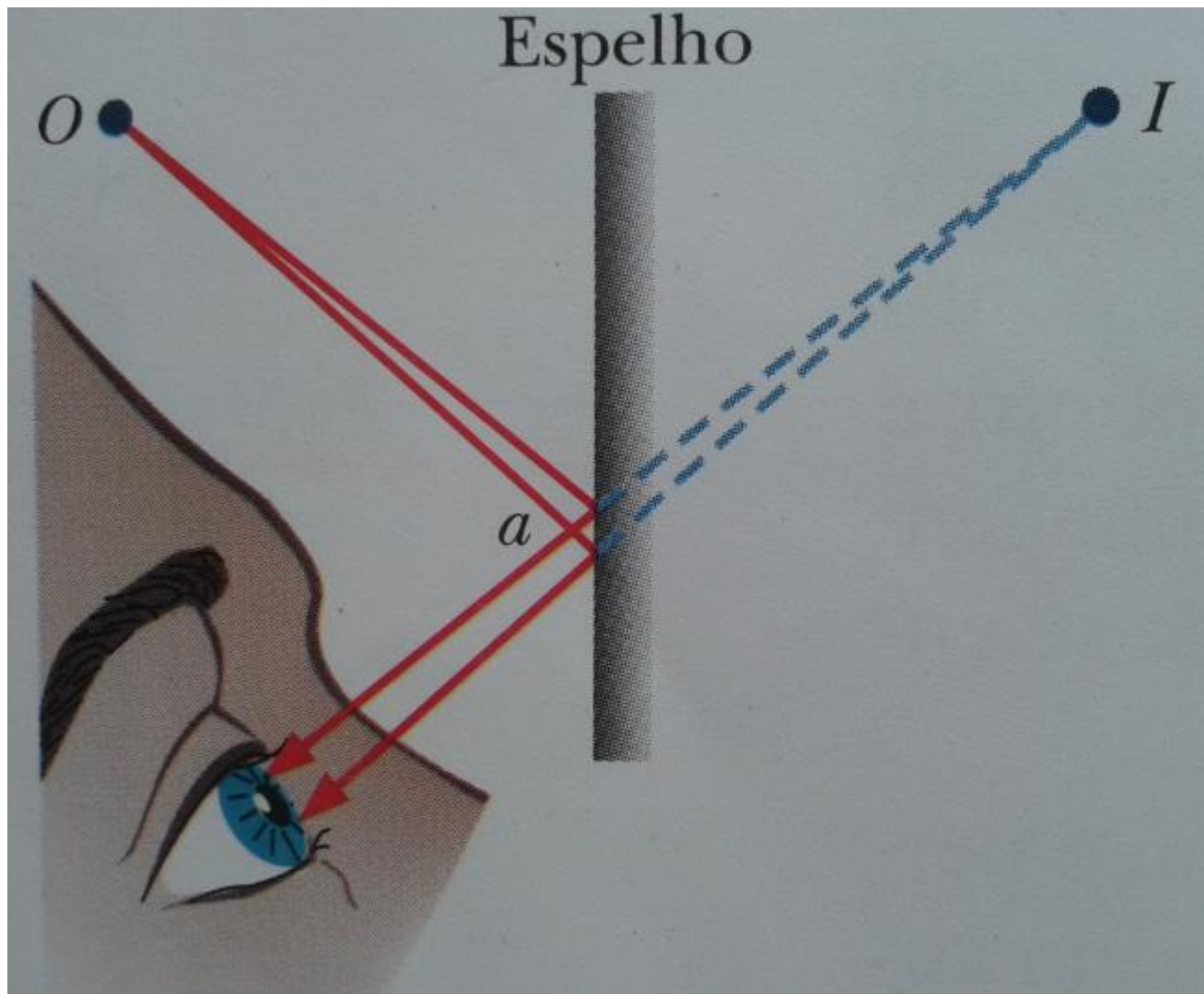


Por convenção, as **distâncias dos objetos** ( $p$ ) são sempre consideradas **positivas** e as **distâncias das imagens** ( $i$ ) são consideradas:

- (i) **positivas** para **imagens reais**;
- (ii) **negativas** para **imagens virtuais** (como neste caso).

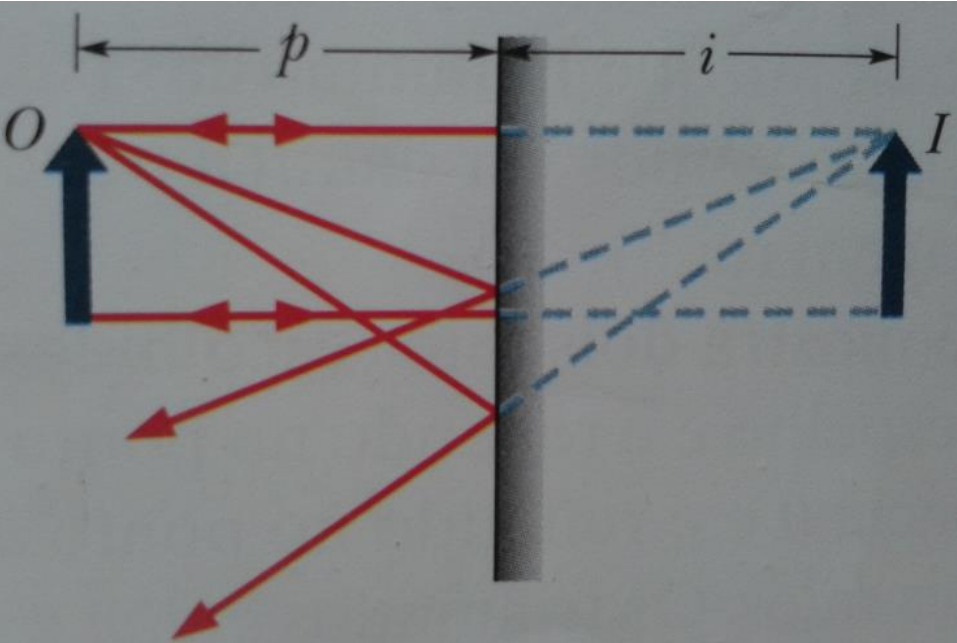
Dessa forma, a equação (34.1) pode ser escrita na forma

$$i = -p. \quad (34.2)$$

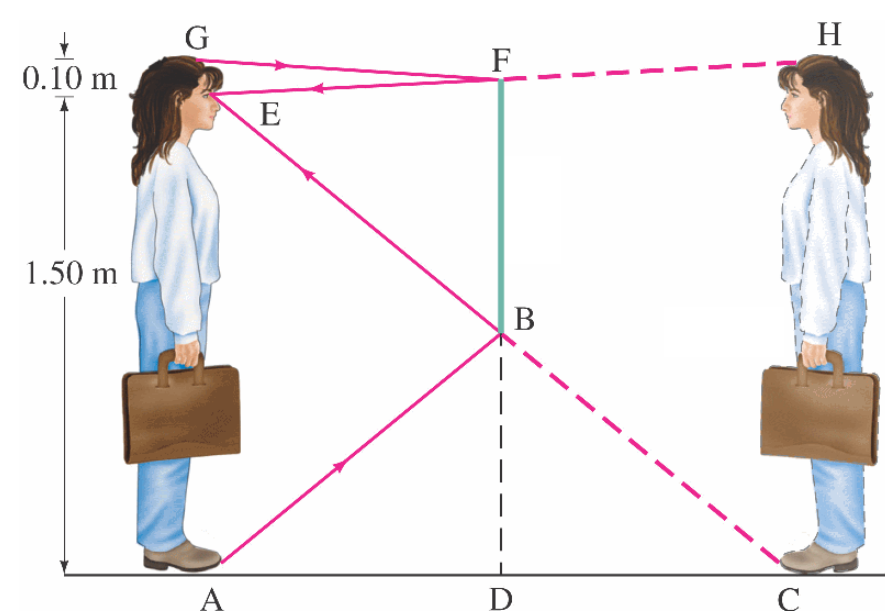
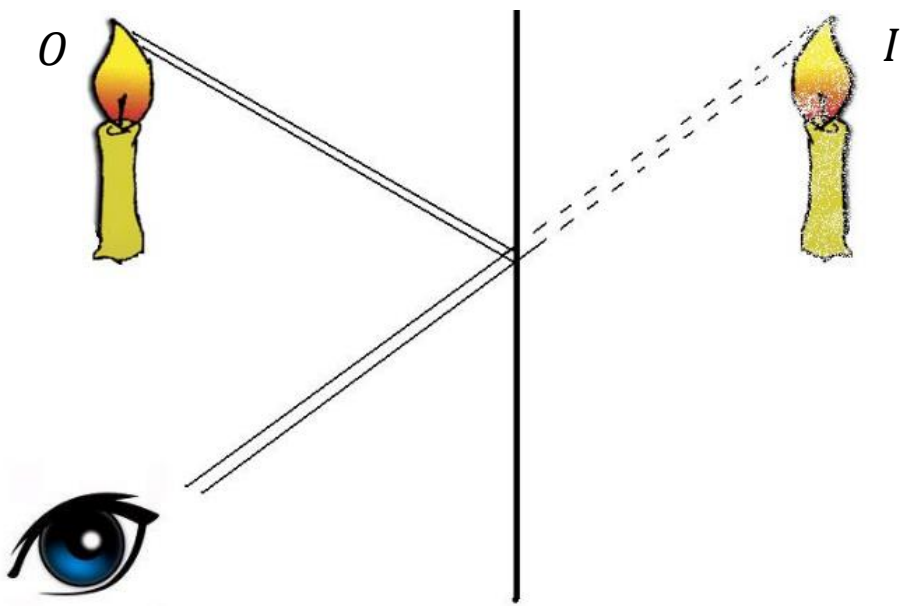


Um feixe estreito de raios luminosos provenientes de  $O$  penetra no olho depois de ser refletido pelo espelho. Apenas uma pequena região do espelho, nas vizinhanças do ponto  $a$ , está envolvida na reflexão. A luz parece se originar de um ponto  $I$  atrás do espelho.

# Objetos Maiores



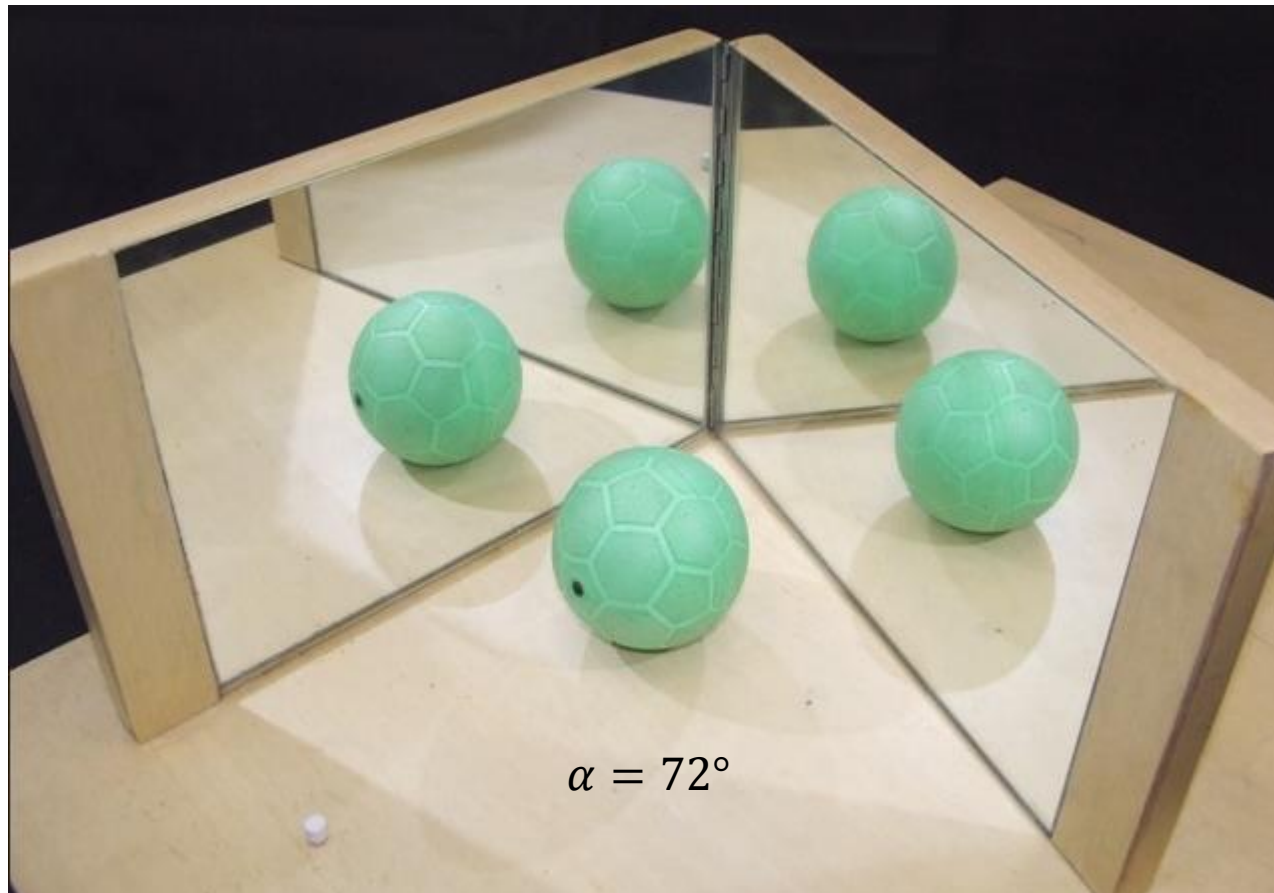
Na figura ao lado um objeto macroscópico  $O$ , representado por uma seta vertical, está a uma distância  $p$  de um espelho plano. Cada ponto do objeto se comporta como uma fonte pontual  $O$ . Olhando a luz refletida pelo espelho observa-se uma imagem virtual  $I$  que é formado pelas imagens pontuais de todas as partes do objeto e parece estar a uma distância  $i$  atrás do espelho. A relação entre as distâncias  $i$  e  $p$  é dada pela equação (34.2).





# O Labirinto de Espelhos

Quando usamos apenas um espelho plano observamos uma única imagem de cada objeto. Porém se colocarmos o objeto entre dois espelhos que formam um ângulo entre si, poderemos notar mais de duas imagens. O número de imagens nada mais é do que o resultado de sucessivas reflexões nos dois espelhos, que aumenta a medida que o ângulo entre os espelhos diminui.



De maneira geral, podemos utilizar uma expressão matemática que relaciona o número de imagens  $N$  com o ângulo  $\alpha$  entre os espelhos a

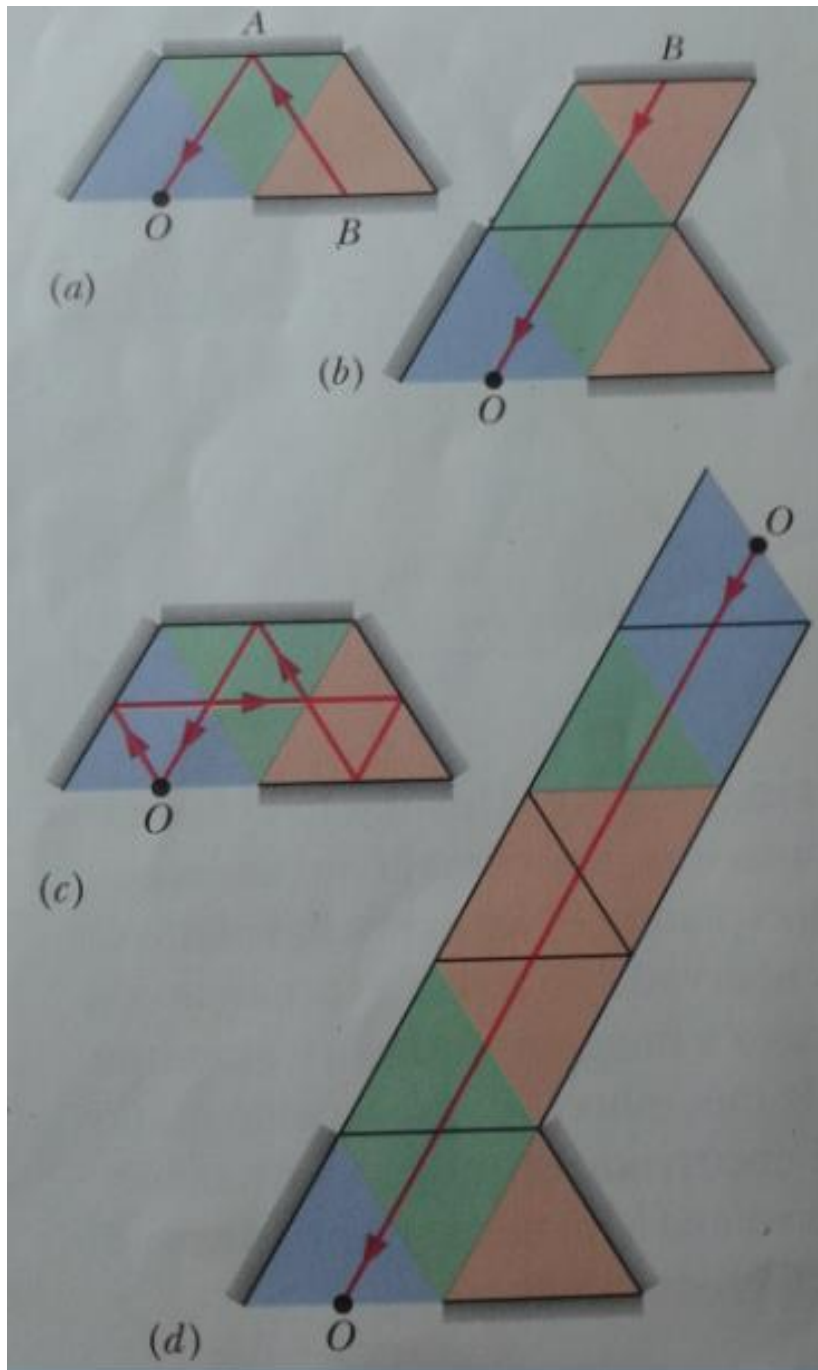
$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$



# O Labirinto de Espelhos

Em um labirinto de espelhos (figura ao lado) as paredes são cobertas por espelhos do piso até o teto. Em certas direções do interior de um desses labirintos parece haver um corredor cumprido que conduz à saída. Ao tomar um desses corredores porém, descobrimos, depois de esbarrar em vários espelhos, que ele não passa de uma ilusão.





**(a)** Vista de topo de um labirinto de espelhos. Um raio proveniente do espelho  $B$  chega ao observador  $O$  depois de ser refletido no espelho  $A$ . **(b)** O espelho  $B$  parece estar atrás do espelho  $A$ . **(c)** O raio que parte de  $O$  volta a  $O$  depois de sofrer quatro reflexões. **(d)** O observador vê uma imagem virtual de si próprio na extremidade de um corredor aparente.

Exercícios sugeridos da Seção 34.3: 1, 3, 4 e 5.

3) A figura abaixo mostra uma vista de topo de um corredor com um espelho plano  $M$  montado em uma das extremidades. Um ladrão  $B$  foge por um corredor em direção ao centro do espelho. Se  $d = 3,0\text{ m}$ , a que distância o ladrão está do espelho no momento em que é avistado pelo vigia  $S$ ? [Dica:  $\theta'_1 = \theta_1$  (Lei da reflexão)]

Resposta:  $L = 1,5\text{ m}$ .

