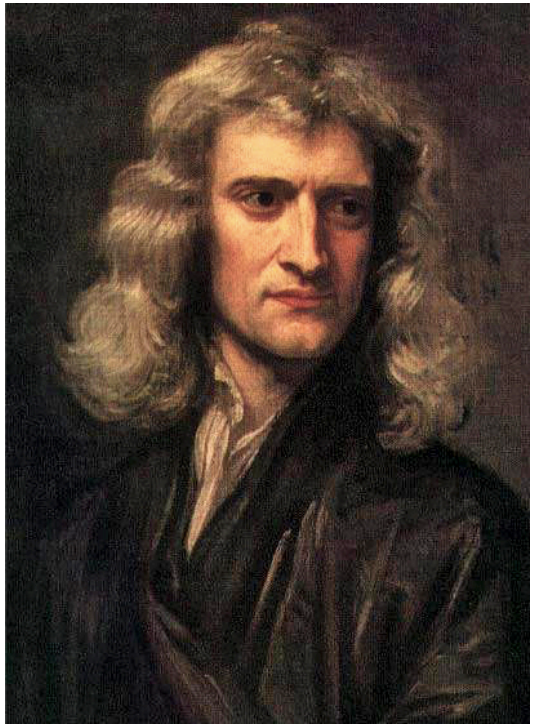
Ótica Geométrica

Prof. Marco A. Simões

A natureza da luz

- Nos séculos XVII e XVIII haviam duas interpretações para a natureza da luz

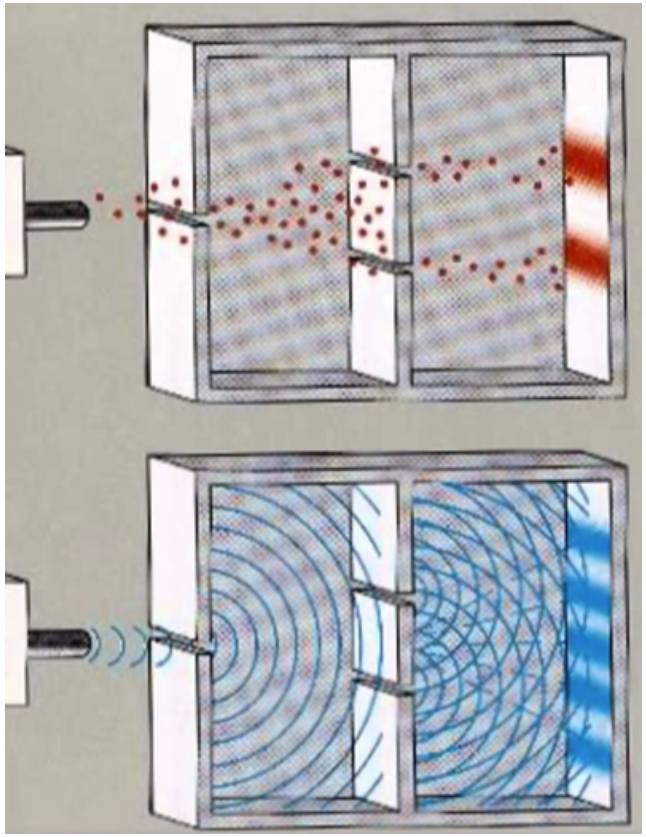


Newton (1642-1727) propunha que a luz era composta de pequenos **corpos**, que podiam viajar no vácuo.

Huygens (1629-1695) acreditava que a luz era composta por pulsos, ou **ondas**, que se propagavam no Éter

A natureza da luz

- Nenhum dos modelos explicava satisfatoriamente a natureza da luz:
  - O **modelo corpuscular** não explicava a difração e a interferência, que são características das ondas
  - O **modelo ondulatório** necessitava de uma substância nunca vista, o Éter, pois não se concebia que uma onda poderia transitar na ausência de matéria



Difração Interferência

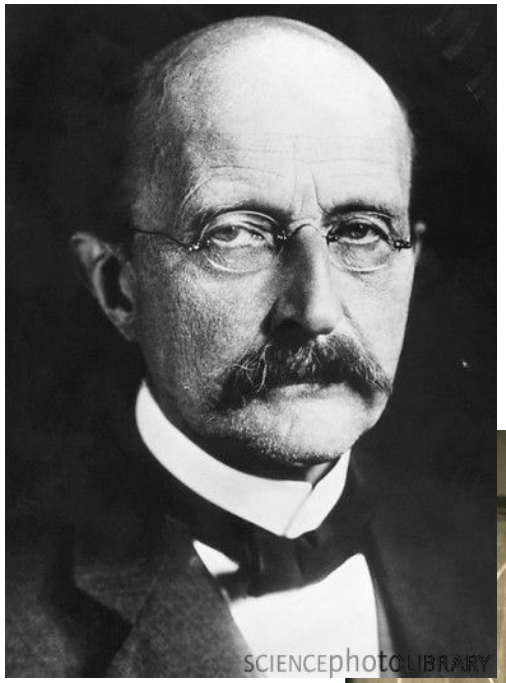
http://pre.univesp.br/a-natureza-da-luz#.V8huX5Mwjsk

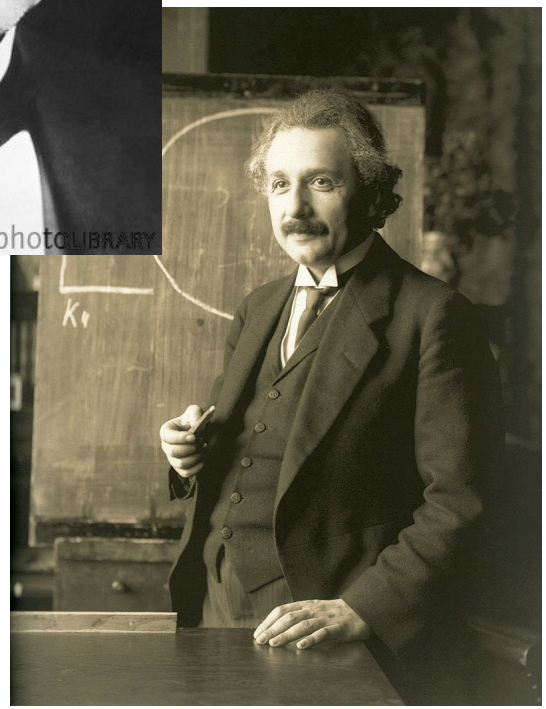
A natureza da luz

James Maxwell (1831 - 1879)

- A partir da década de 1860, Maxwell deu início à teoria moderna do eletromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a ótica, demonstrando que as ondas eletomagnéticas se propagam no vácuo a velocidade da luz.
- Esse desenvolvimento favoreceu a teoria ondulatória.

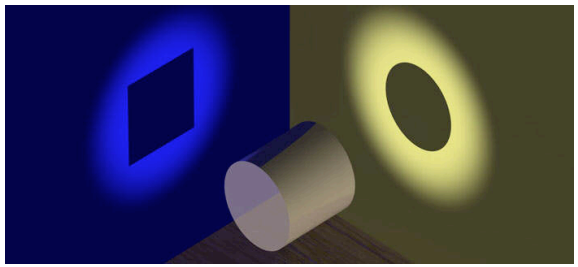
A natureza da luz





- A partir de 1900, o físico alemão Max Planck constatou que toda energia é constituída de minúsculos quanta. Os quanta de luz passaram a ser chamados de fótons, e os de outras naturezas permaneceram como quanta.
- Einstein, usando o teorema de Planck, para explicar o efeito fotoelétrico.
- A teoria corpuscular da luz estava de volta.

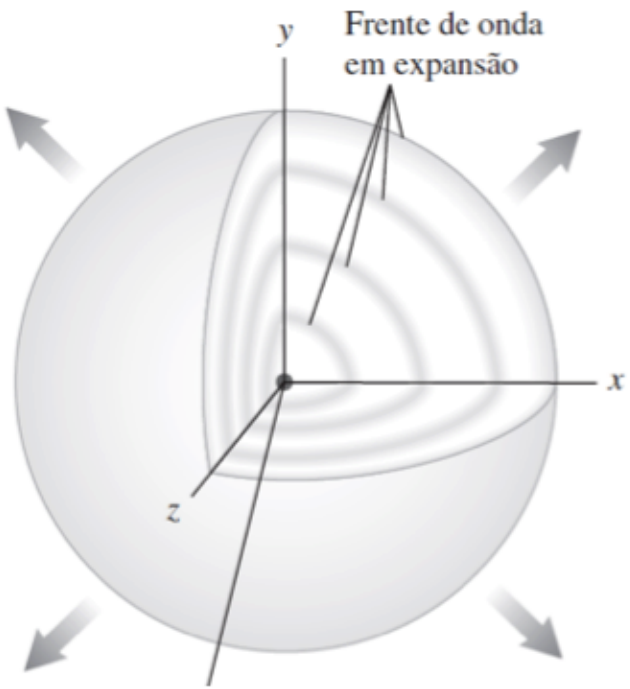
A natureza da luz

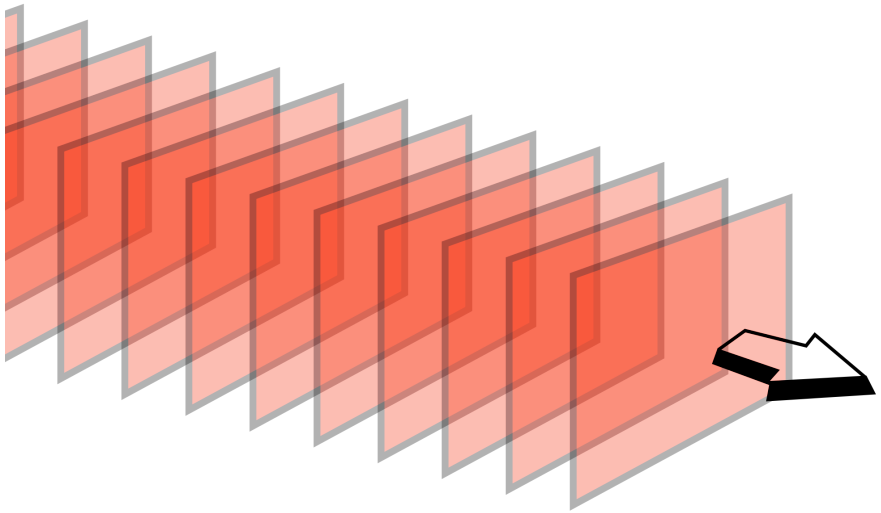


- A hipótese aceita atualmente é a hipótese de De Broglie, de que as partículas também se comportam como onda.
- Em certas circunstâncias a luz se comporta como onda e em outras como partícula.
- Em geral, a luz e as partículas subatômicas se comportam como ondas enquanto estão trafegando pelo espaço e como corpúsculos quando interagem com a matéria.

Frente de onda e raio de luz

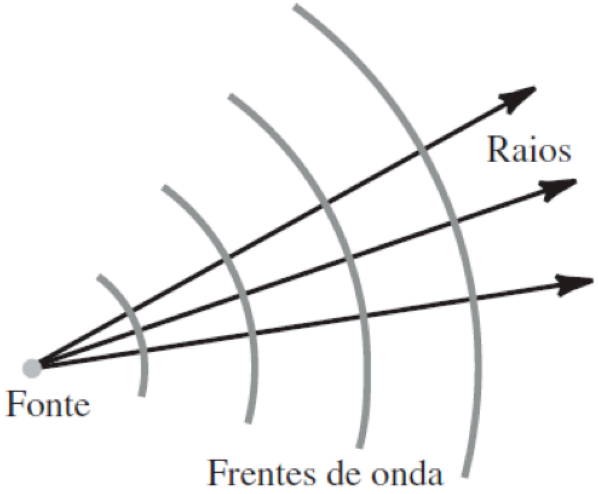
- Local geométrico em que todos os pontos estão na mesma fase
- Pode ser esférica ou plana

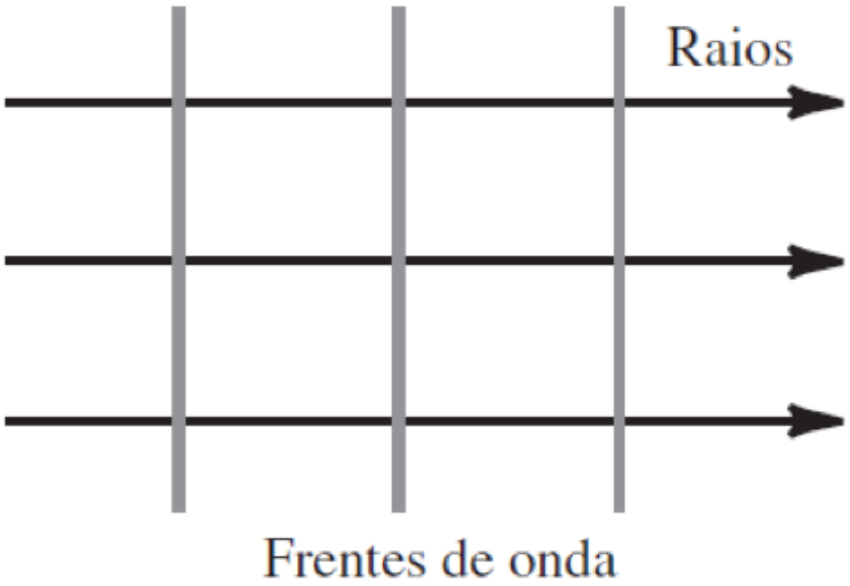




Frente de onda e raio de luz

- Os raios são linhas imaginárias que têm origem na fonte de luz, e são perpendiculares à frente de onda

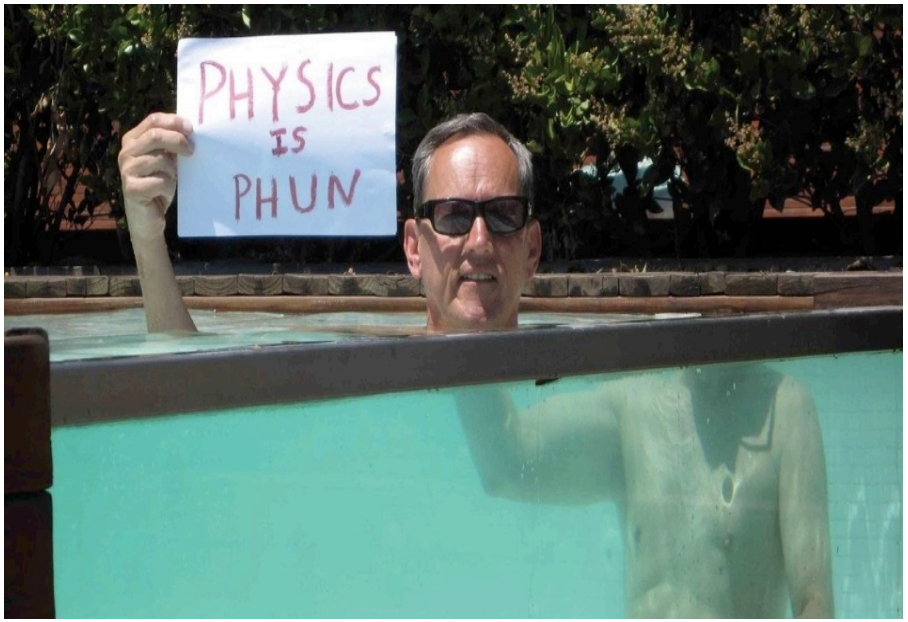




Reflexão e refração

- Os raios de luz podem ser desviados por **reflexão** ou por **refração**

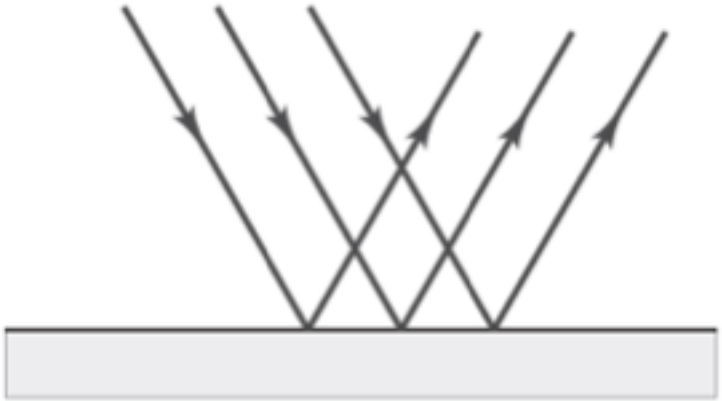
Reflexão: quando atingem uma superfície



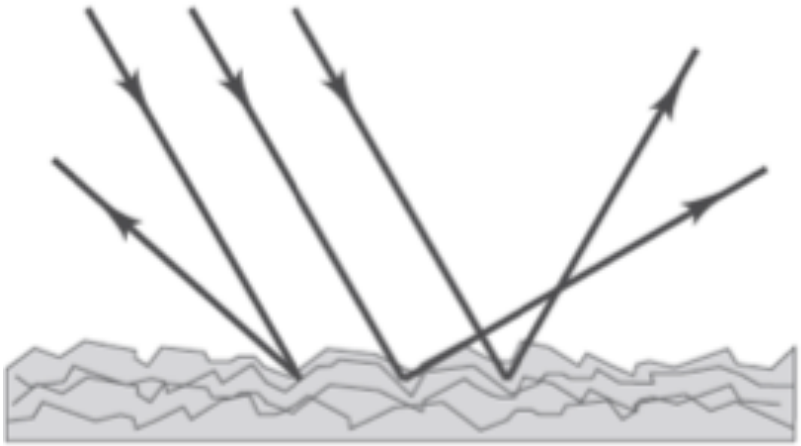
Refração: quando mudam o meio de propagação

Reflexão

- Dependendo da superfície, a reflexão pode ser especular ou difusa



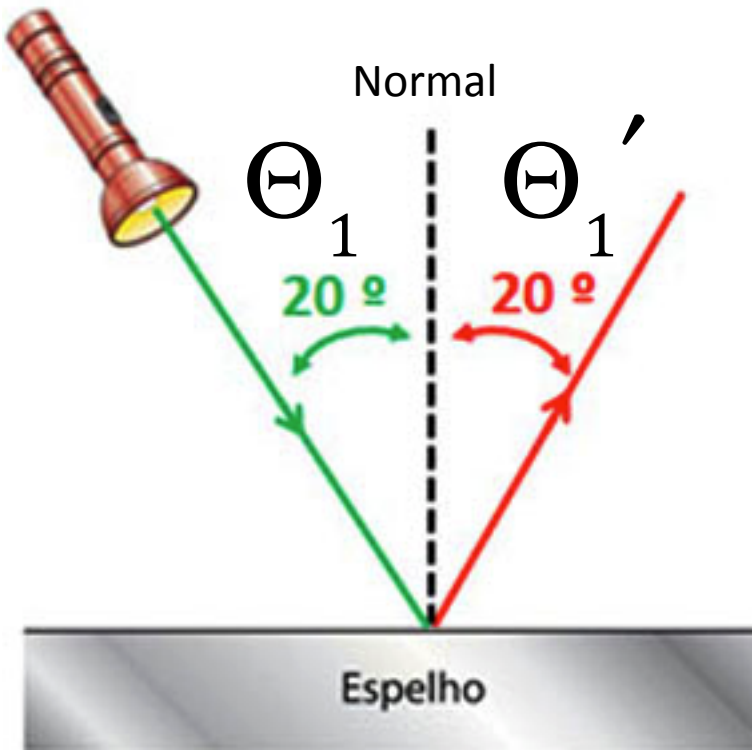
Reflexão especular



Reflexão difusa

Reflexão

- Lei da reflexão: na reflexão especular, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão

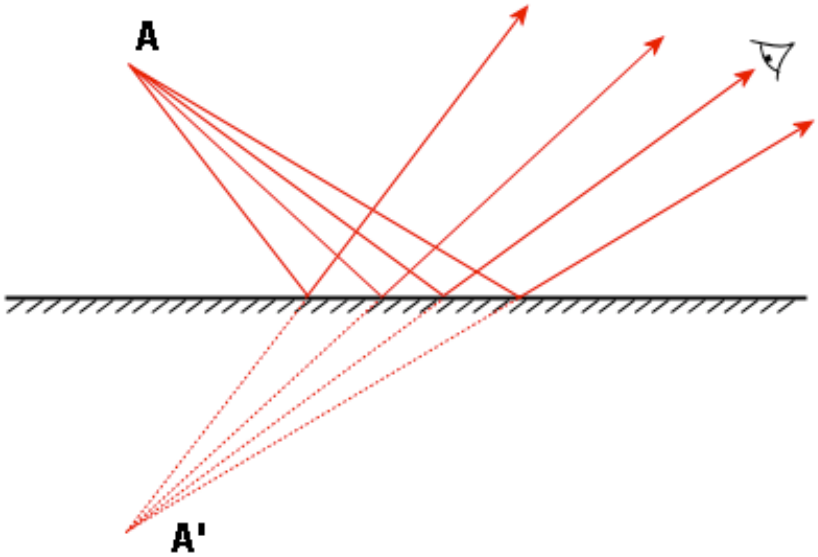


Os ângulos de incidência e reflexão são medidos a partir da normal

$$\Theta_1 = \Theta_1'$$

Reflexão

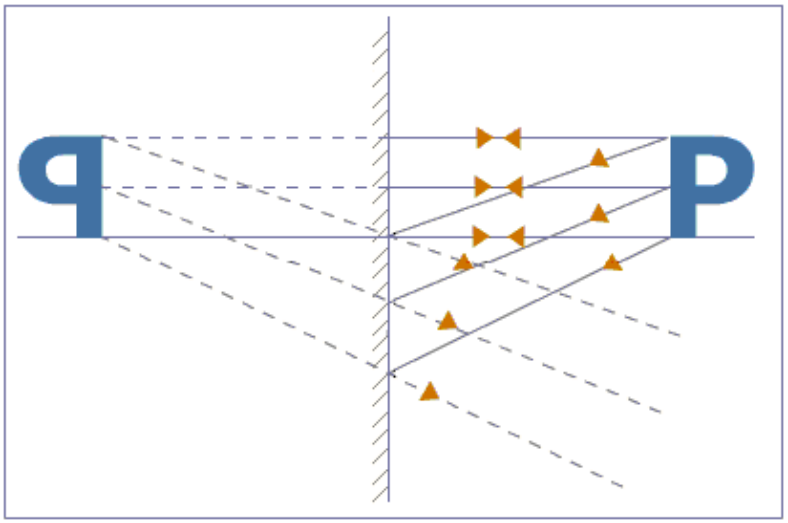
- Para o observador, forma-se uma imagem virtual, que se encontra “atrás” do espelho



http://www.freezeray.com/flashFiles/planeMirror.htm

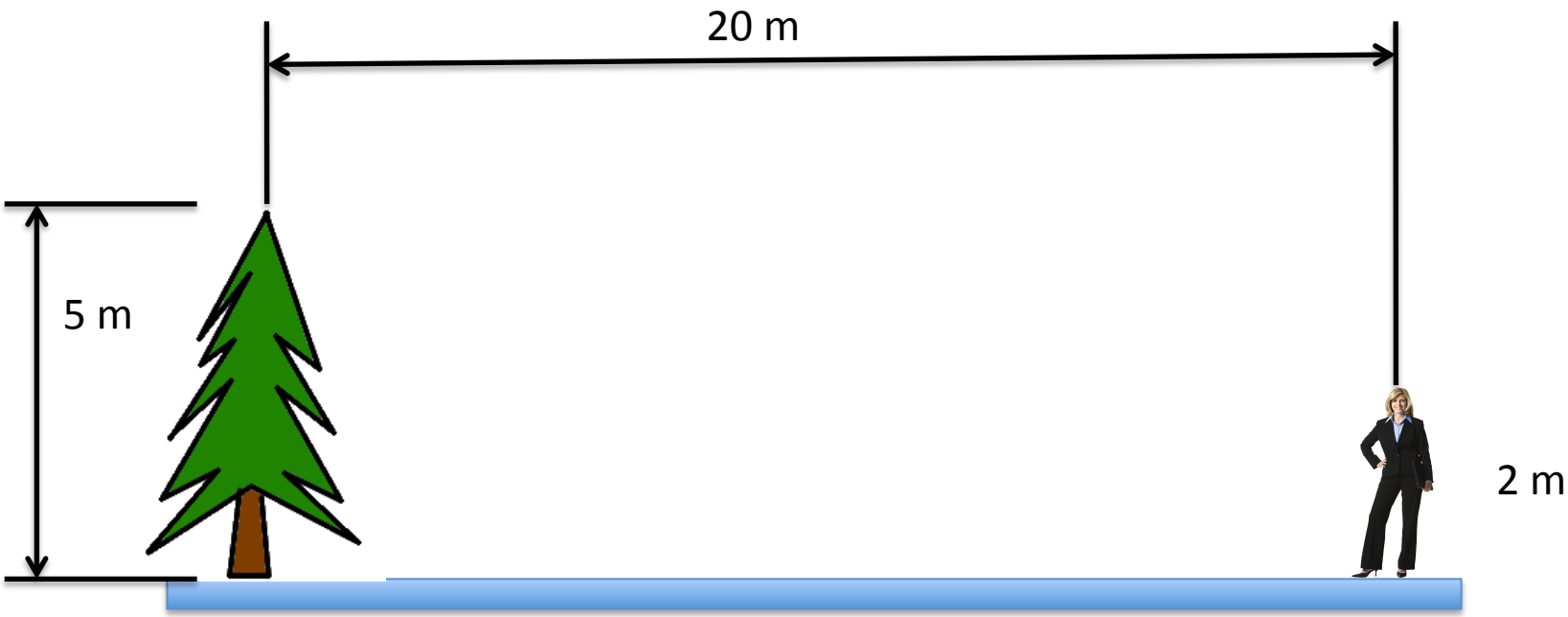
Reflexão

- As imagens formadas são simétricas



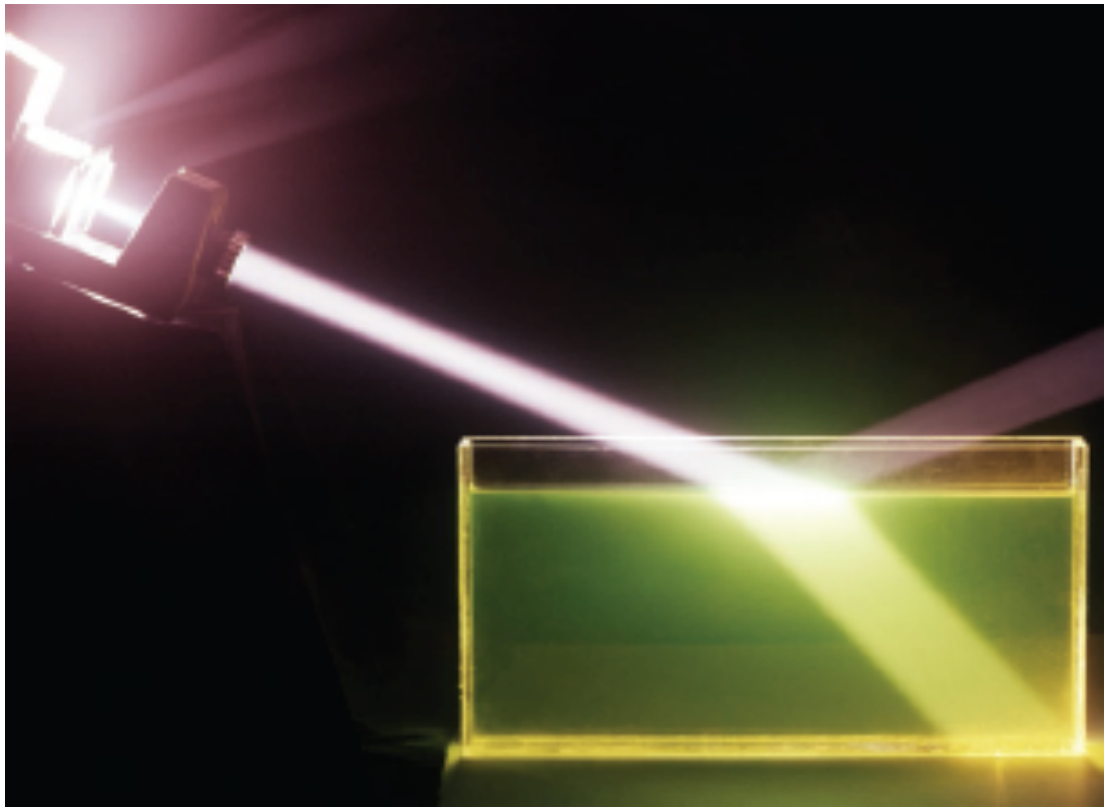
Exemplo

- Calcule a distância entre o observador e o cume da árvore na imagem refletida, na configuração abaixo



Refração

- Quando um raio de luz atravessa meios diferentes, sua direção é alterada



- Uma parte do raio é refletida, obedecendo a lei da reflexão, e outra é refratada.

- O ângulo de refração depende da relacão entre os índices de refração das substâncias.

Refração

- Índice de refração
  - É uma propriedade dos materiais transparentes que indica quantas vezes a velocidade de propagação da luz no vácuo é maior do que ele.
  - Por exemplo, em uma substância, a luz viaja a uma velocidade de 2,0x108 m/s. Considerando que a velocidade da luz no vácuo é de 3,0x108m/s, qual o índice de refração dessa substância?

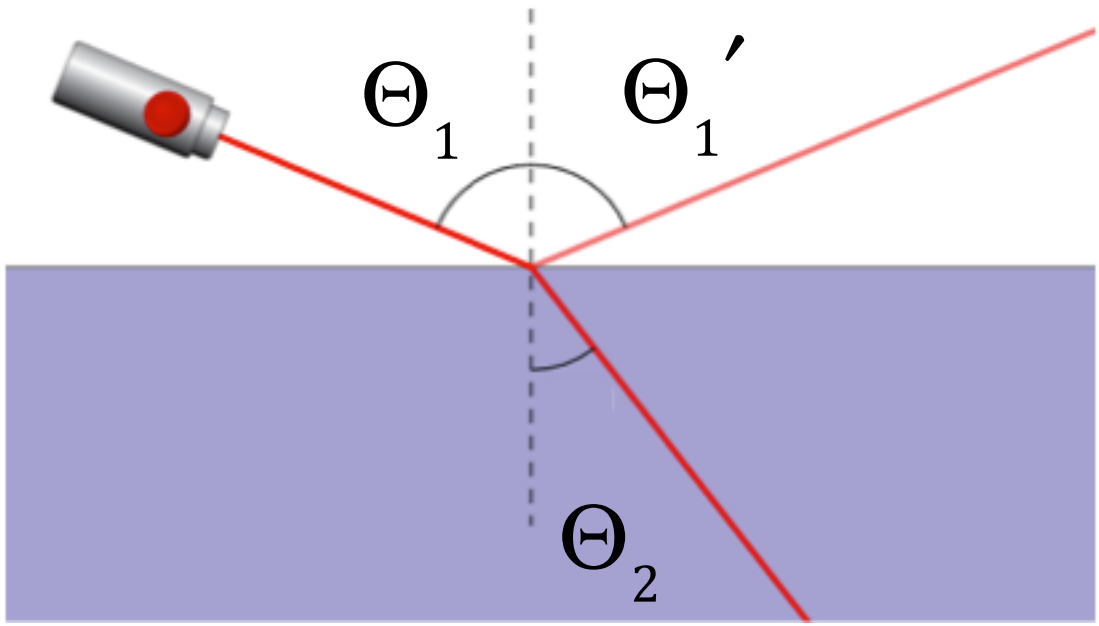
$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow n = \frac{3{,}0 \times 10^8}{2{,}0 \times 10^8} \Rightarrow n = 1{,}5 \times 10^8 \; m/s$$

Valores de índices de refração de alguns meios materiais	
Meio material	Índices de refração (n)
Ar	1,00
Água	1,33
Vidro	1,50
Glicerina	1,90
Álcool Etílico	1,36
Diamante	2,42
Acrílico	1,49

Fonte: LIDE., D.R. (Ed). CRC *Handbook of Chemistry and Physics*. 87. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006-2007.

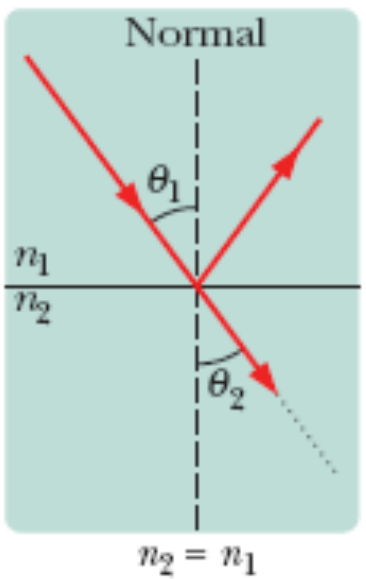
Refração

- Lei de Snell-Descartes

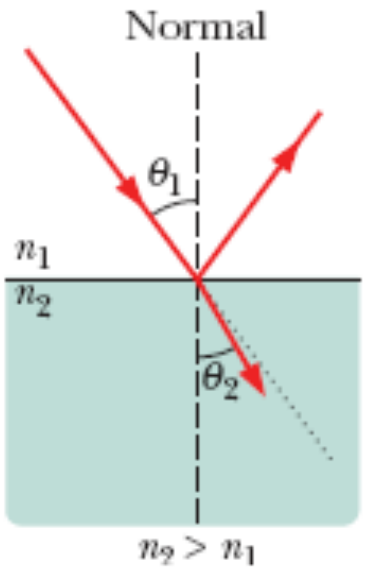


$$n_1 \cdot sen\Theta_1 = n_2 \cdot sen\Theta_2$$

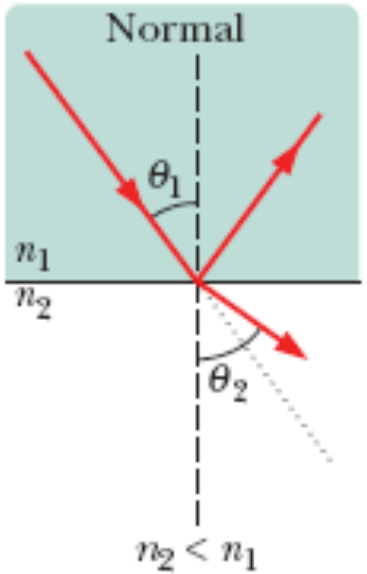
Refração



Se os índices são iguais, a direção não muda.



Se o segundo índice é maior, o raio *se aproxima* da normal.

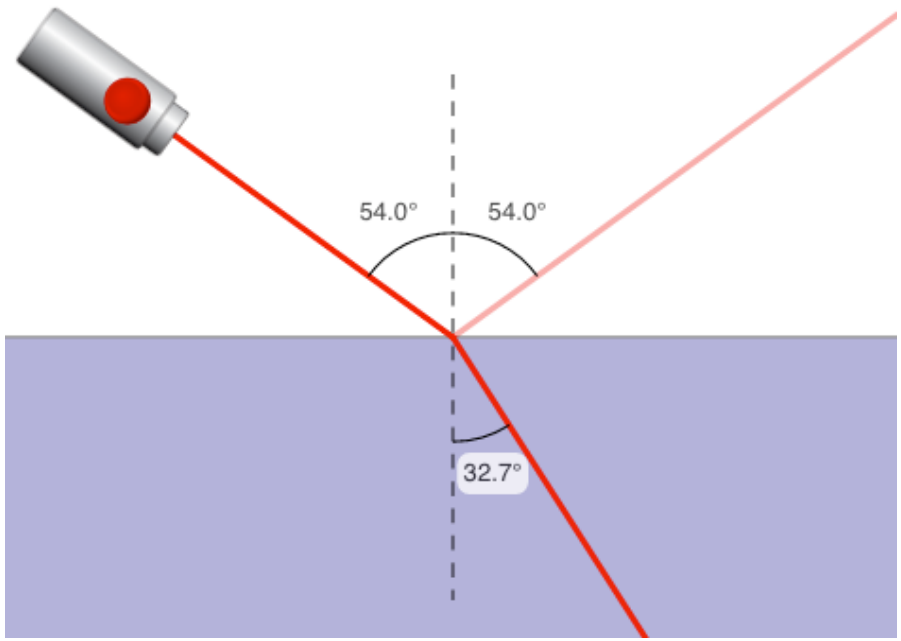


Se o segundo índice é menor, o raio *se afasta* da normal.

$$\Theta_1 = \Theta_2 \qquad \Theta_1 > \Theta_2 \qquad \Theta_1 < \Theta_2$$

Exemplo

- Calcule o ângulo de refração na condição abaixo



$$n_1 \cdot sen\Theta_1 = n_2 \cdot sen\Theta_2$$

$$1{,}00 \cdot sen\ 54{,}0^0 = 1{,}50 \cdot sen\ \Theta_2$$

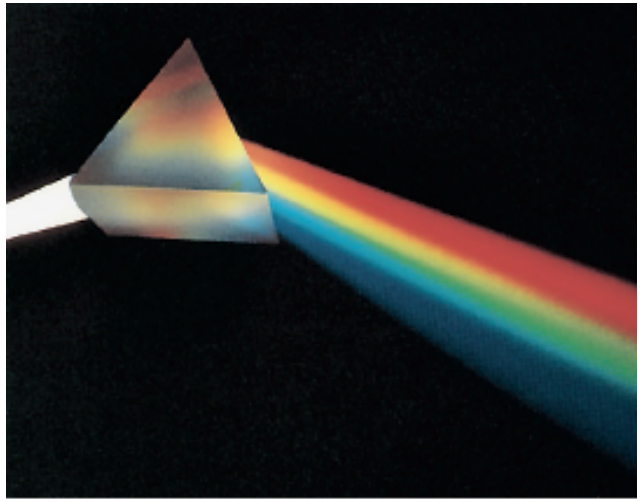
$$sen\ \Theta_2 = \frac{1{,}00 \cdot sen\ 54{,}0^0}{1{,}50}$$

$$sen\ \Theta_2 = 0{,}539$$

$$\Theta_2 = arcsen\ 0{,}539$$

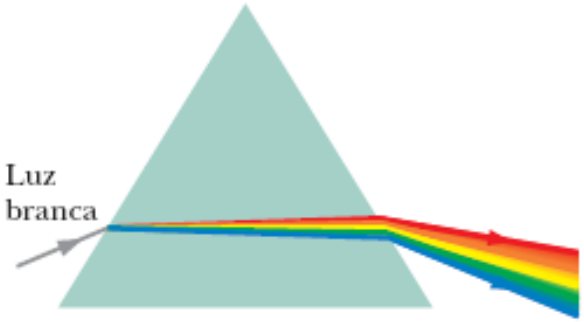
$$\Theta_2 = 32{,}7^0$$

Refração



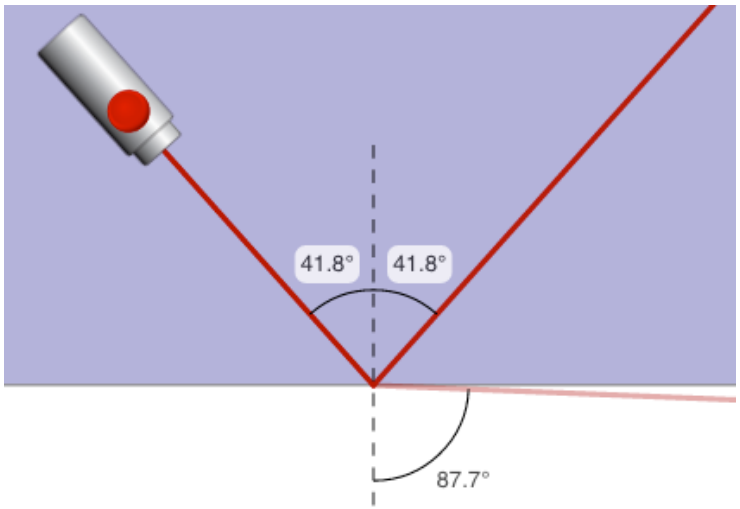
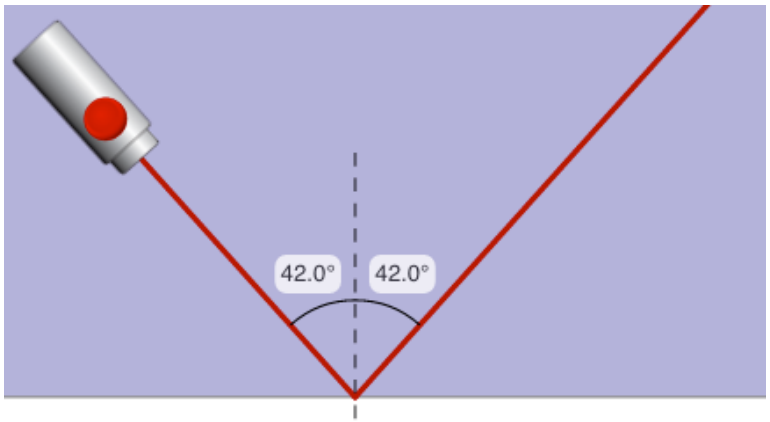
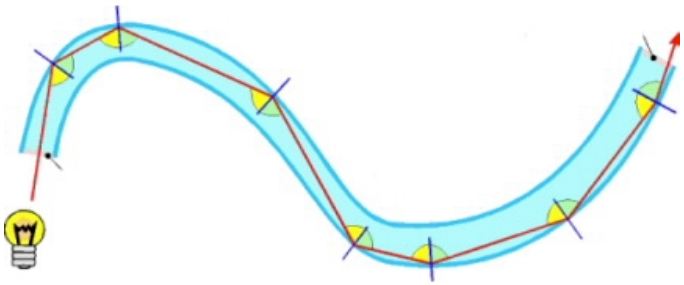
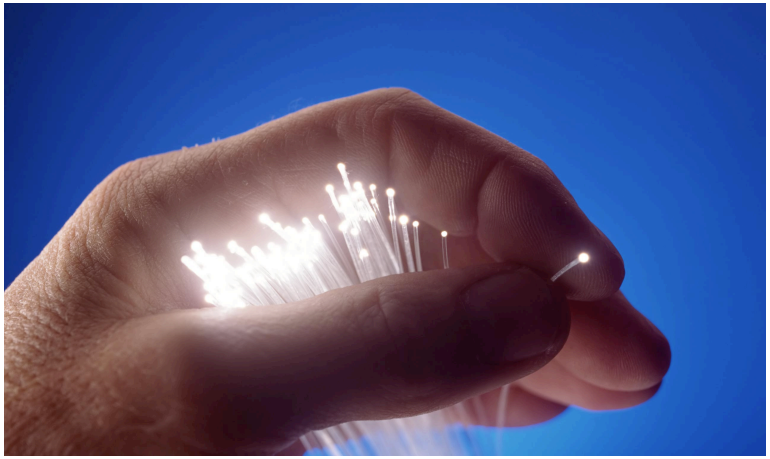
Cortesia de Bausch & Lomb

(*a*)



(*b*)

- Nos meios materiais, as diferentes cores viajam com velocidades ligeiramente diferentes.
- Assim, o ângulo de refração muda um pouco, dependendo da cor.
- A incidência da luz em um prisma resulta na separação das cores, chamada de dispersão

Reflexão total

- Ao trafegar de um meio de maior índice de refração para um de menor índice de refração, por exempo, do vidro para o ar, há um ângulo a partir do qual a reflexão é total, e o raio é totalmente refletido para o vidro.
- Esse efeito é usado nas fibras óticas.