

Fenómenos ondulatórios

Essencial

- Aplicar, na resolução de problemas, as Leis da Reflexão e da Refração da luz, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.
- Interpretar o papel do conhecimento sobre fenómenos ondulatórios no desenvolvimento de produtos tecnológicos.

Palavras-chave

- Reflexão.
- Reflexão especular.
- Reflexão difusa.
- Refração.
- Índice de refração.
- Leis da refração.
- Dispersão.
- Refração.
- Reflexão total.
- Fibra ótica.
- Difração.
- Dualidade onda-partícula.



Reflexão

A reflexão acontece quando a onda encontra uma superfície que separa dois meios de propagação diferentes e:

Muda de direção e/ou sentido;

Continua no **meio de propagação inicial.**

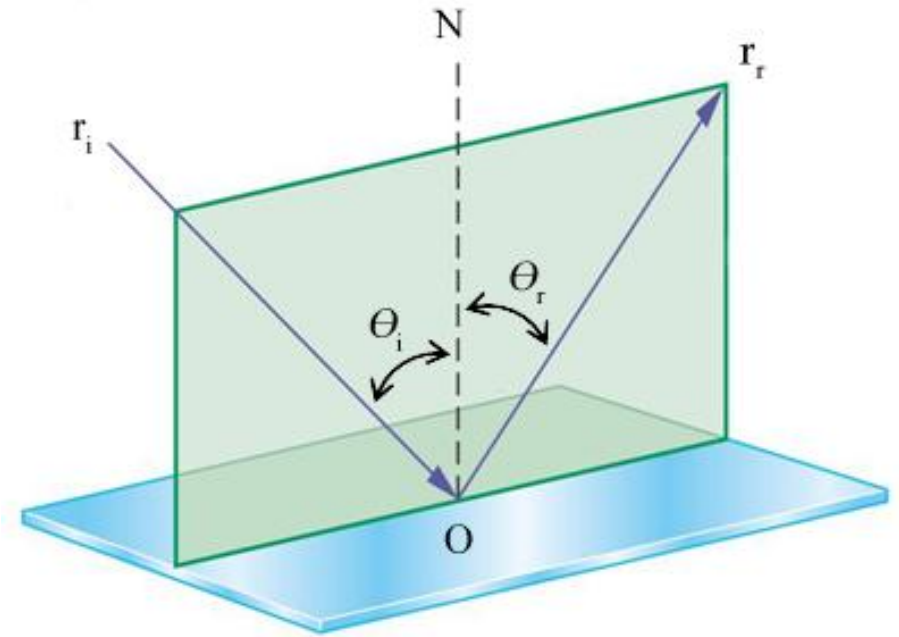


Reflexão

Leis da reflexão

1. O raio incidente, o raio refletido e a normal no ponto de incidência estão no mesmo plano.
2. Lei de Snell-Descartes para a reflexão: O ângulo de incidência e o ângulo de reflexão têm o mesmo valor.

$$\theta_i = \theta_r$$



em que:

r_i – raio incidente

r_r – raio refletido

O – ponto de incidência

N – normal à superfície refletora no
ponto de incidência

θ_i – ângulo de incidência

θ_r – ângulo de reflexão

Reflexão

Na reflexão,

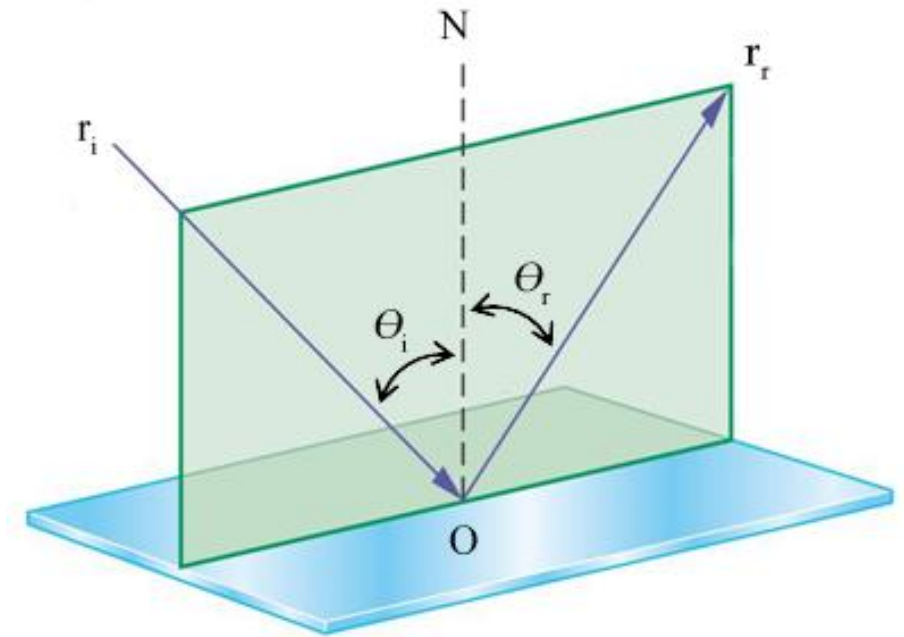
a **frequência**,

o **comprimento de onda** e

a **velocidade da luz** nesse meio,

mantêm-se **constantes**.

Pode ocorrer absorção e refração do raio incidente, pelo que a intensidade do raio refletido pode ser menor.



em que:

r_i – raio incidente

r_r – raio refletido

O – ponto de incidência

N – normal à superfície refletora no
ponto de incidência

θ_i – ângulo de incidência

θ_r – ângulo de reflexão

Reflexão

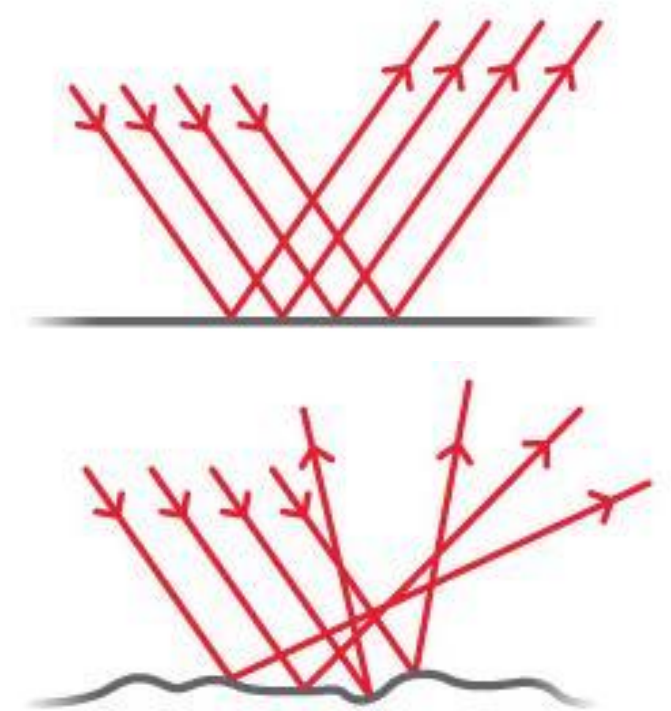
A reflexão pode ser:

Especular – quando um feixe de luz paralelo origina um feixe de luz refletida paralelo. É o caso dos **espelhos**.

Difusa – quando um feixe de luz paralelo reflete luz em várias direções diferentes.

Aplicações da reflexão da luz: espelhos, radar.

O **albedo** é devido à reflexão da luz pelos planetas (o da Terra é cerca de 30%).



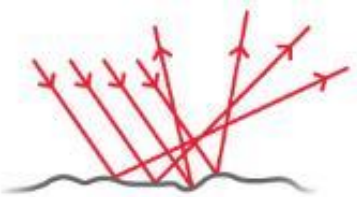
Reflexão

A reflexão pode ser:

Difusa

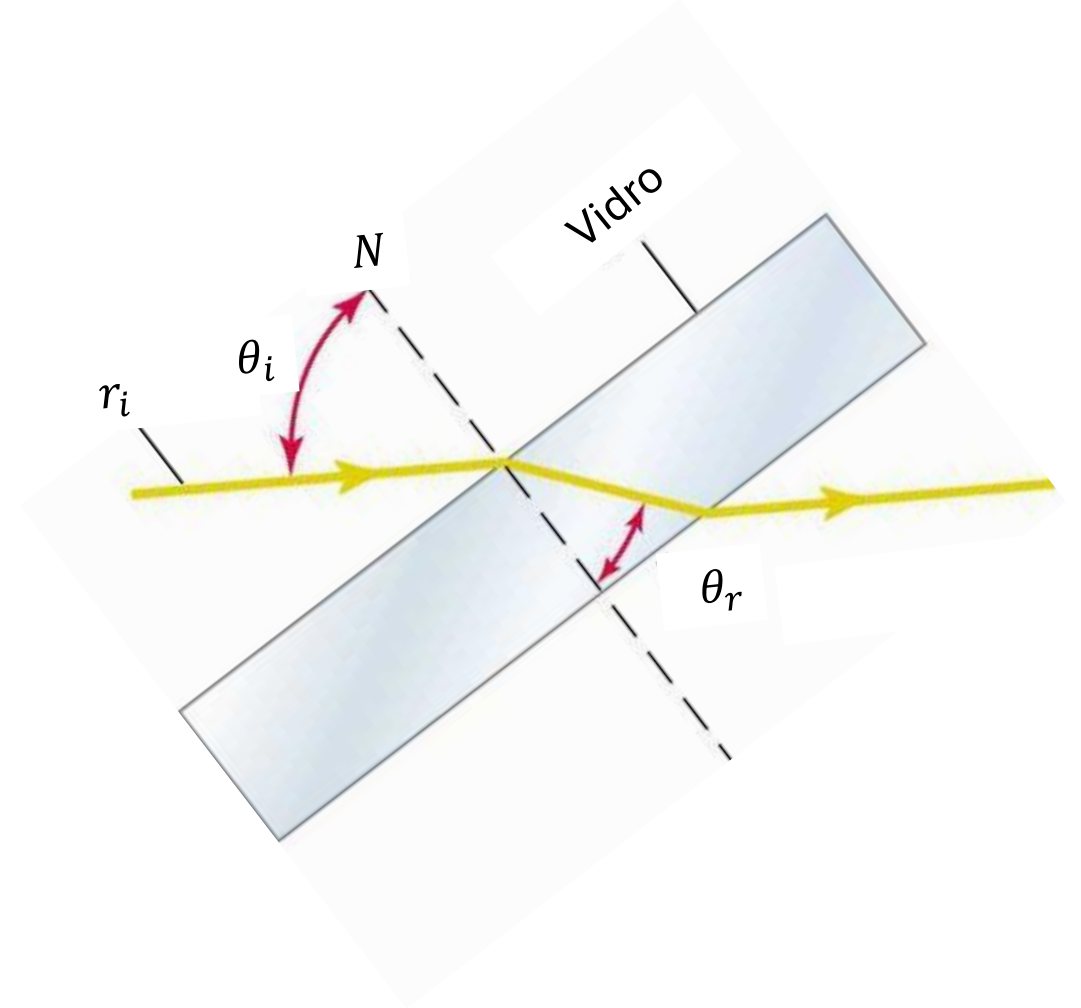
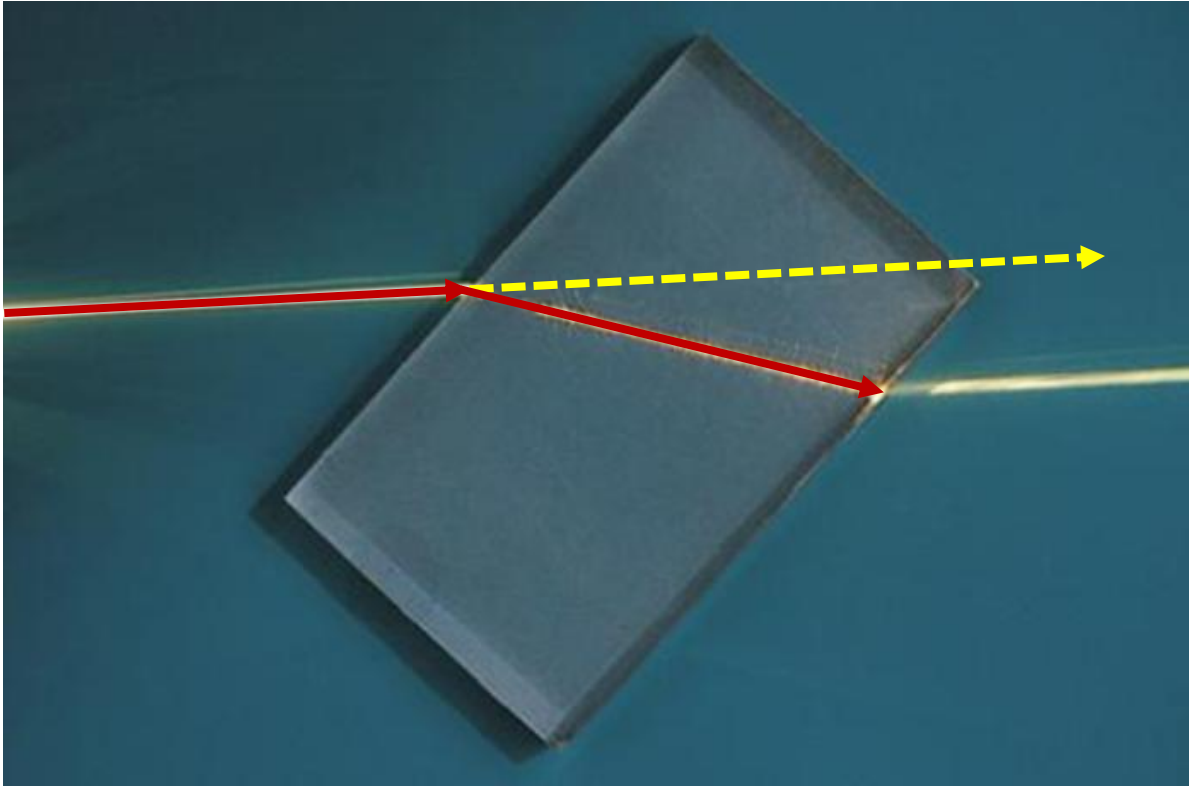


Especular

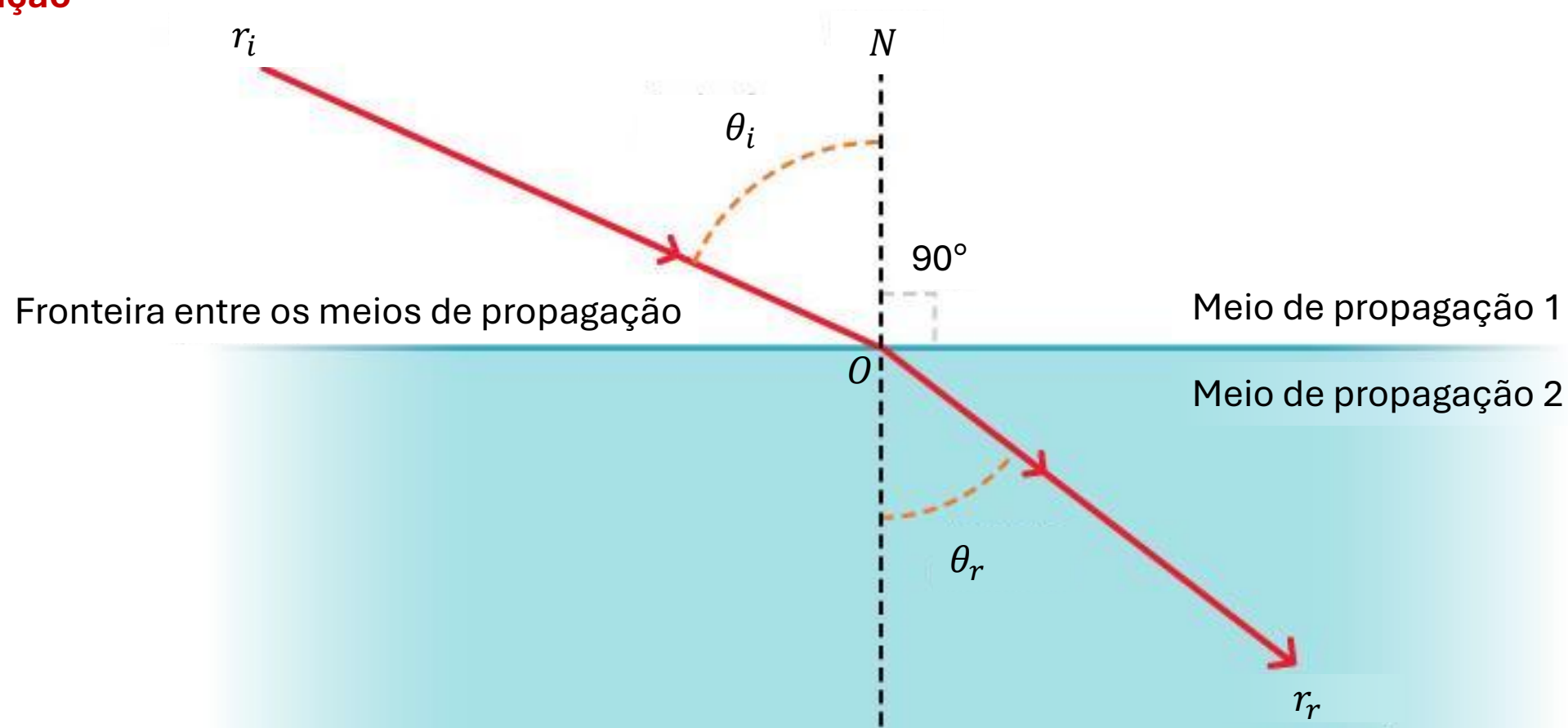


Refração

A refração acontece quando **uma onda passa de um meio para outro** com uma **mudança na direção** de propagação original.



Refração



r_i – raio incidente
 r_r – raio refratado
 O – ponto de incidência
 N – normal no ponto de incidência
 θ_i – ângulo de incidência
 θ_r – ângulo de refração

[[Desvio da Luz](#)]

Refração

Índice de refração absoluto, n , para a luz

O índice de refração absoluto estabelece uma relação entre a velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vácuo, c , e a sua velocidade num outro meio, v :

$$n = \frac{c}{v}$$

em que:

n – índice de refração absoluto (não tem unidade)

c – velocidade de propagação da luz no vácuo (m s^{-1})

v – velocidade da propagação da luz em outro meio (m s^{-1})

Os meios de propagação transparentes apresenta um $n \geq 1$.

$$n_{ar} \approx 1,00$$

Refração

Índice de refração relativo, n_{21}

O índice de refração relativo, quando a luz **passa do meio 1 para o meio 2**, é igual à razão:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

em que:

n_{21} – índice de refração do meio 2 relativamente ao meio 1

n_1 – índice de refração absoluto no meio 1

n_2 – índice de refração absoluto no meio 2

Refração

Índice de refração relativo n_{21}

$$n_1 = \frac{c}{v_1}$$

$$n_2 = \frac{c}{v_2}$$

$$c = n_1 v_1$$

$$c = n_2 v_2$$

Igualando as duas expressões, vem que:

$$n_1 v_1 = n_2 v_2$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

ou, de outra forma:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$n = \frac{c}{v}$$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

Refração

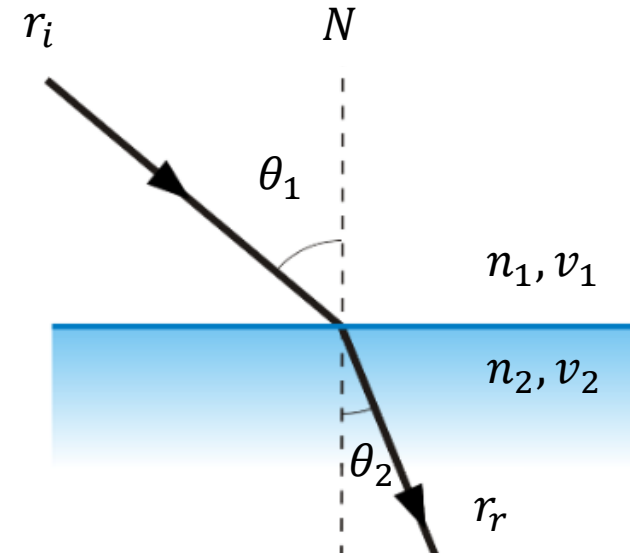
Leis da refração

1. O raio incidente, o raio refratado e a normal no ponto de incidência estão no mesmo plano.
2. Lei de Snell-Descartes para a refração: A razão entre os senos dos ângulos de incidência e de refração é constante e igual ao índice de refração relativo entre esses dois meios:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

De outra forma:

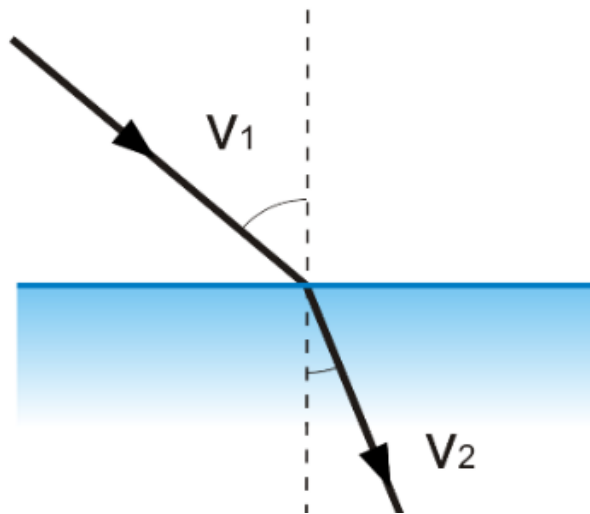
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



Refração

O meio com **maior índice de refração** é o meio **mais refrigente (mais denso)** e o outro menos refrigente (menos denso).

Quando um raio luminoso passa para um meio mais denso, o raio refratado aproxima-se da normal.



Meio 1

Menor n

Menos refrigente (velocidade da luz é maior)

O raio aproxima-se da normal!

Meio 2

Maior n

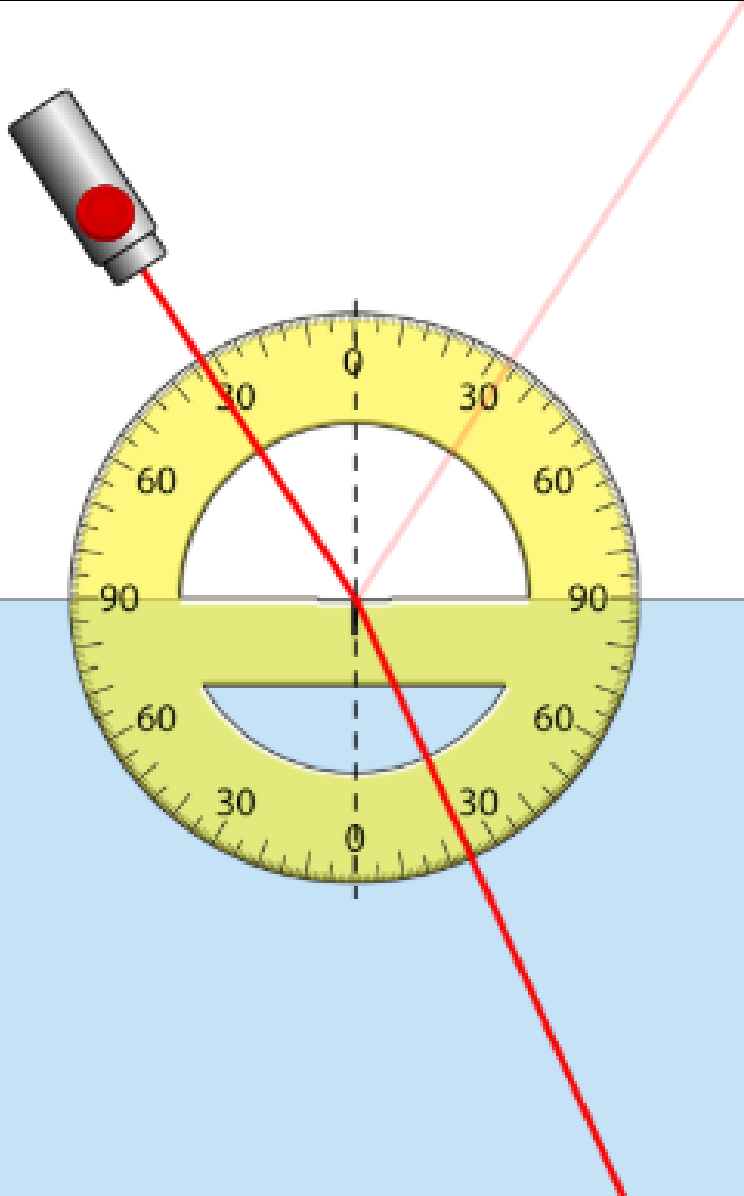
Mais refrigente (velocidade da luz é menor)

☒ Ray
☐ Wave



Intensity

☒ Normal



Material Air

Index of Refraction (n) 1.00

Air Water Glass

Material Water

Index of Refraction (n) 1.33

Air Water Glass



Bending Light

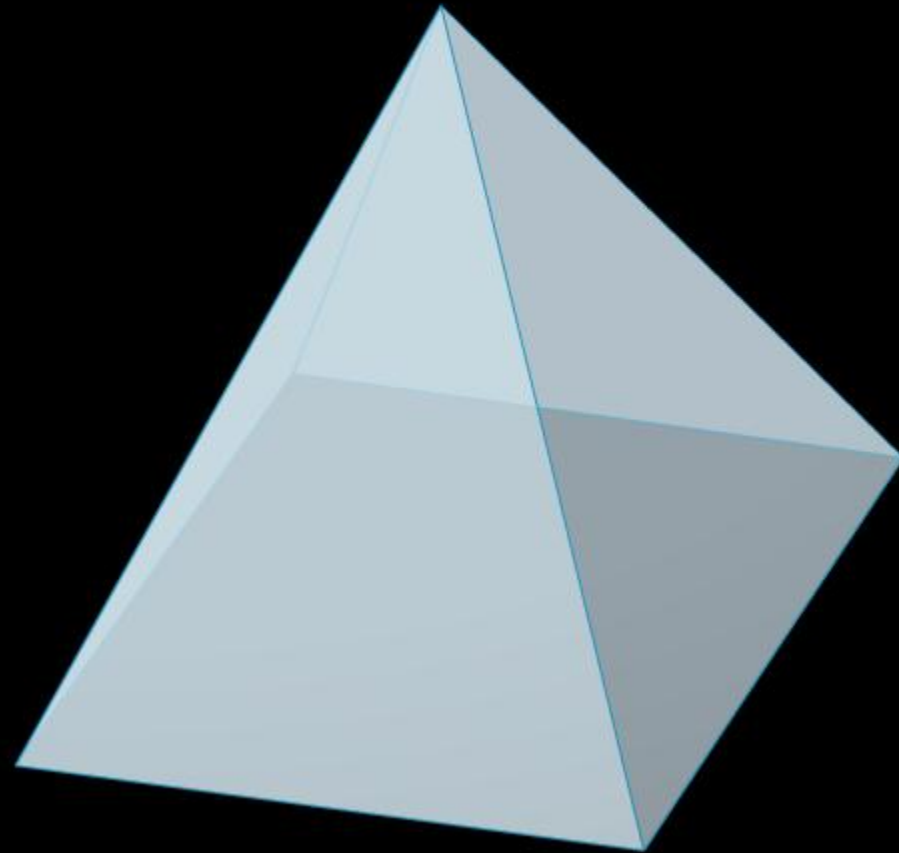
Dispersão

A dispersão é uma **refração variável em função da frequência** da radiação.

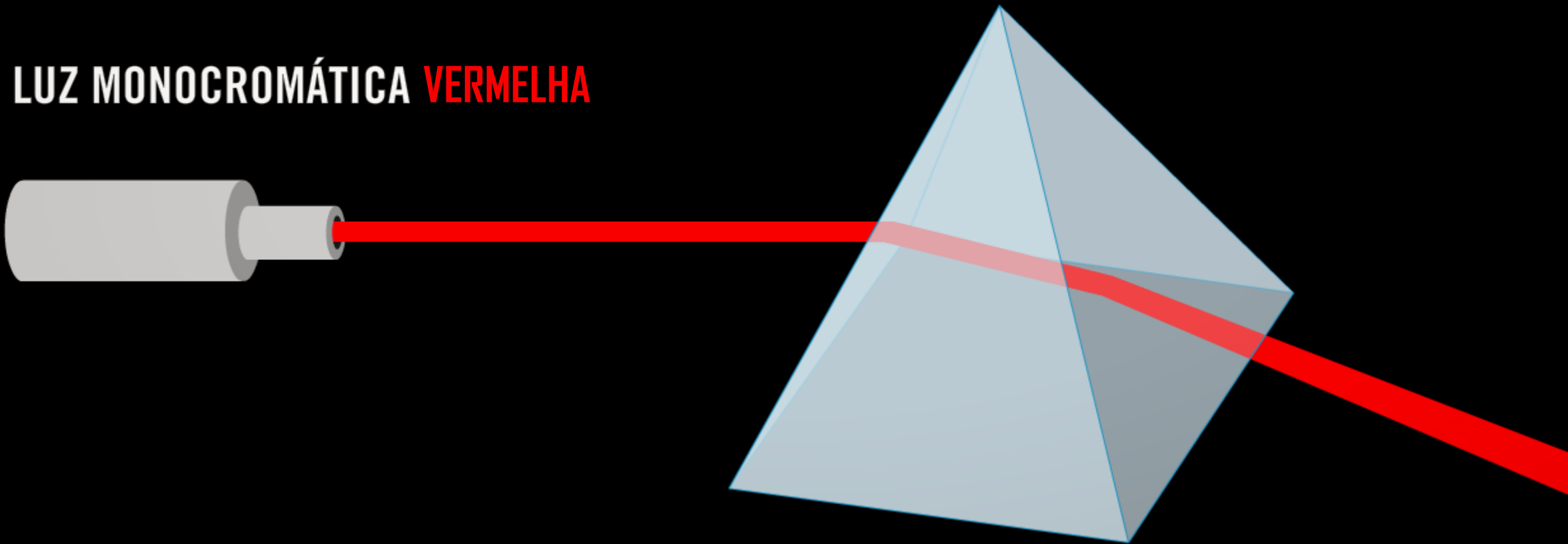
Ondas de diferente frequência dispersam de diferente forma!

É um consequência da diferença na interação entre diferentes radiações, com diferentes frequências, com a matéria.

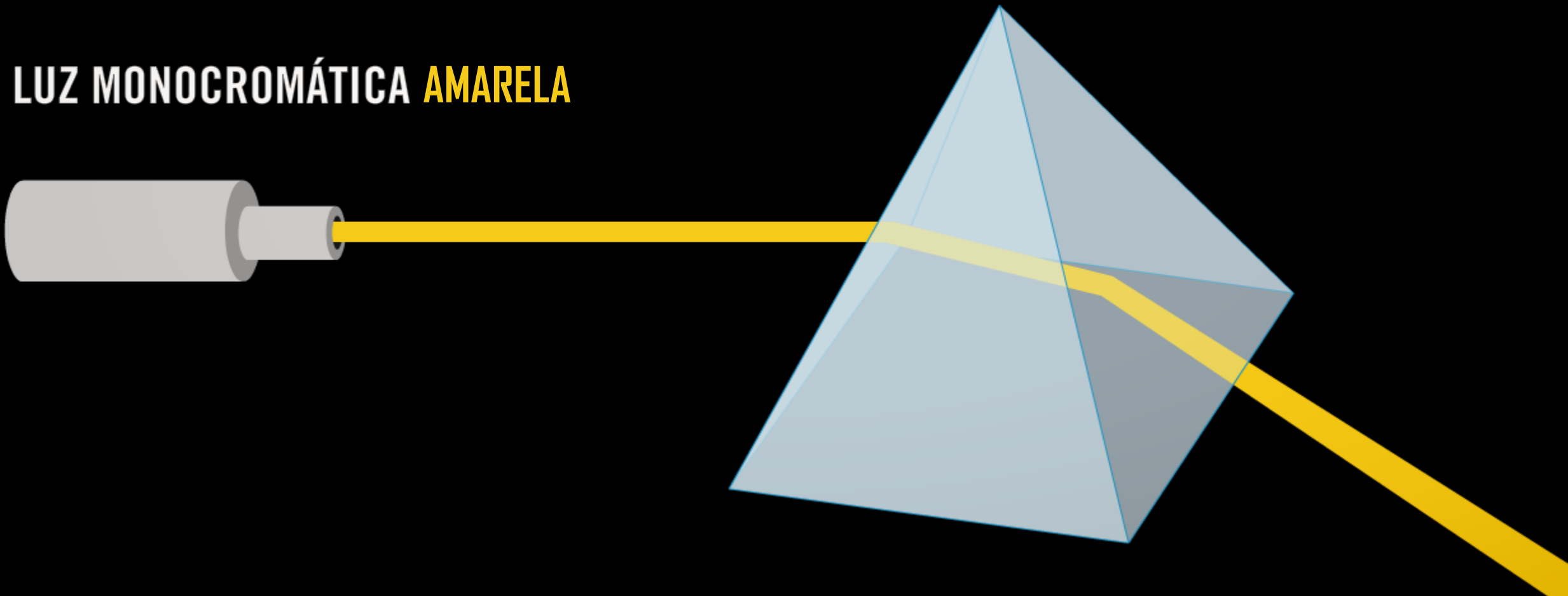
Quando a luz passa de um meio para o outro (refrata) a frequência não muda!



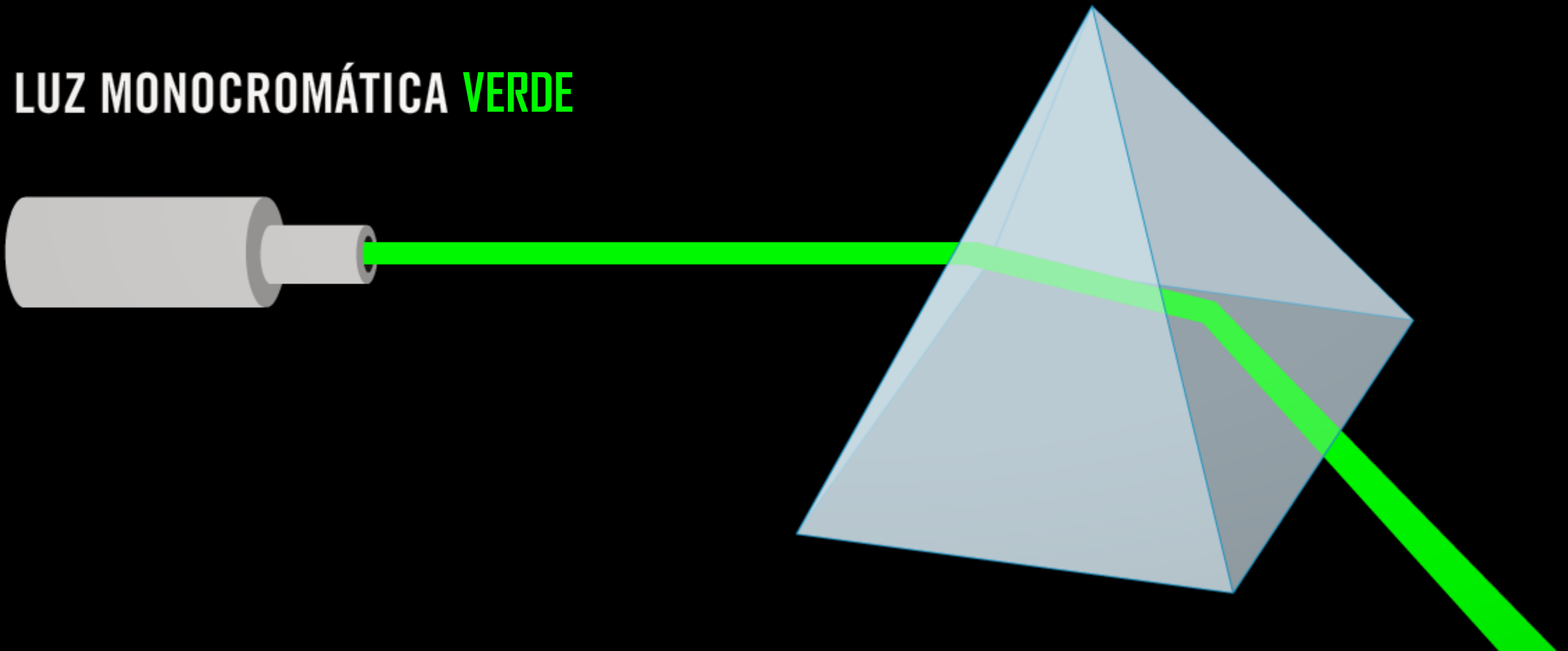
LUZ MONOCROMÁTICA VERMELHA



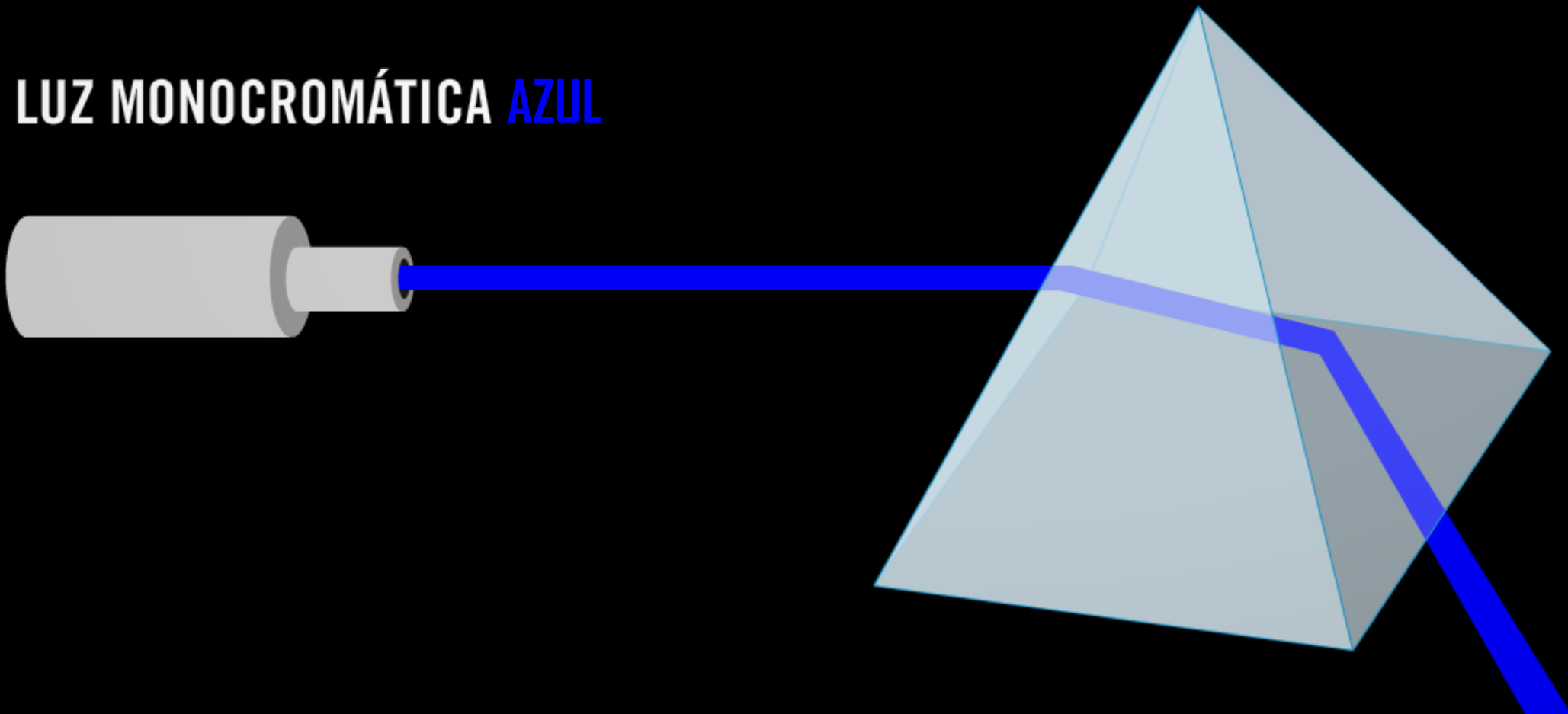
LUZ MONOCROMÁTICA AMARELA



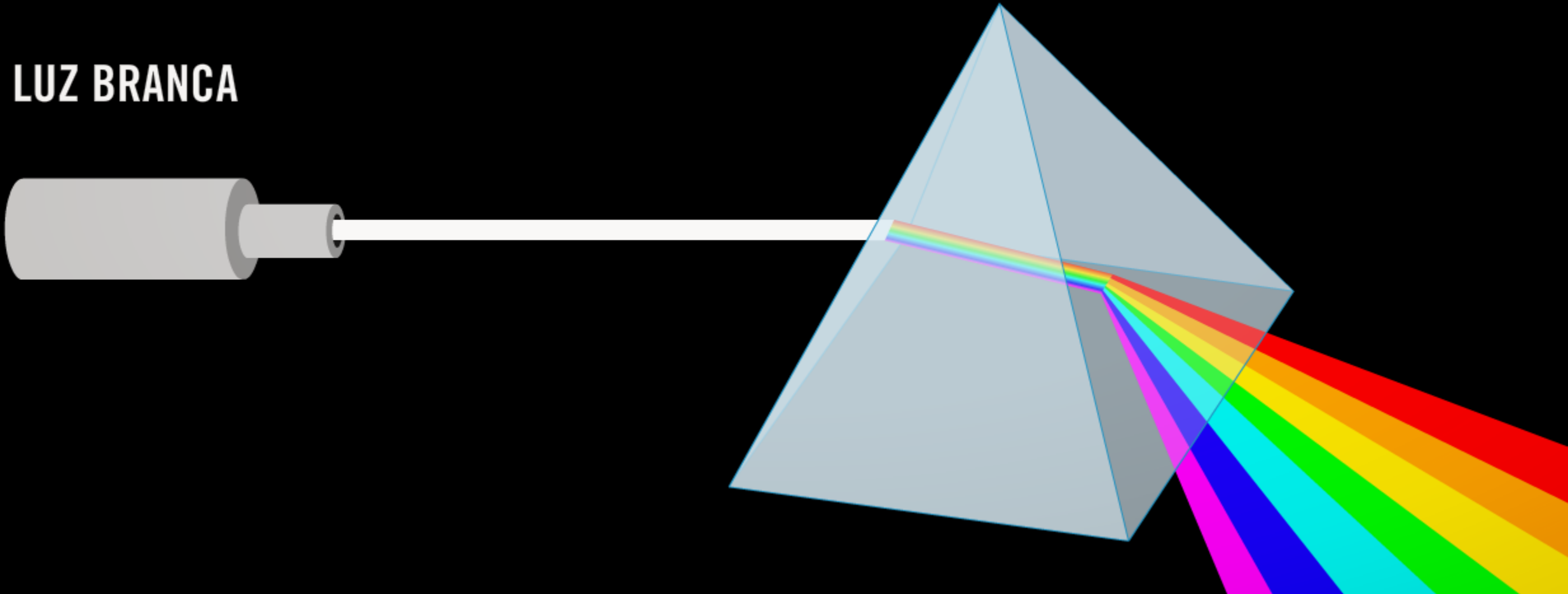
LUZ MONOCROMÁTICA VERDE

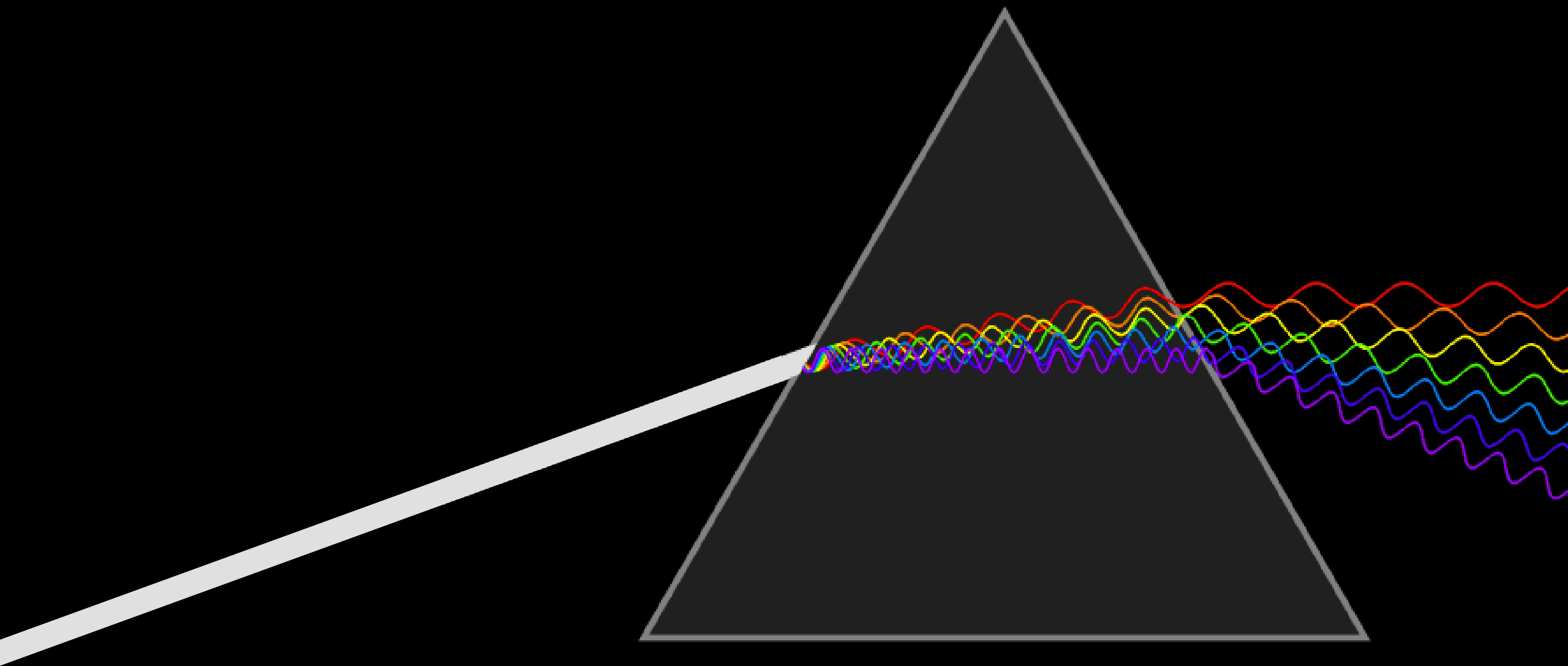


LUZ MONOCROMÁTICA AZUL



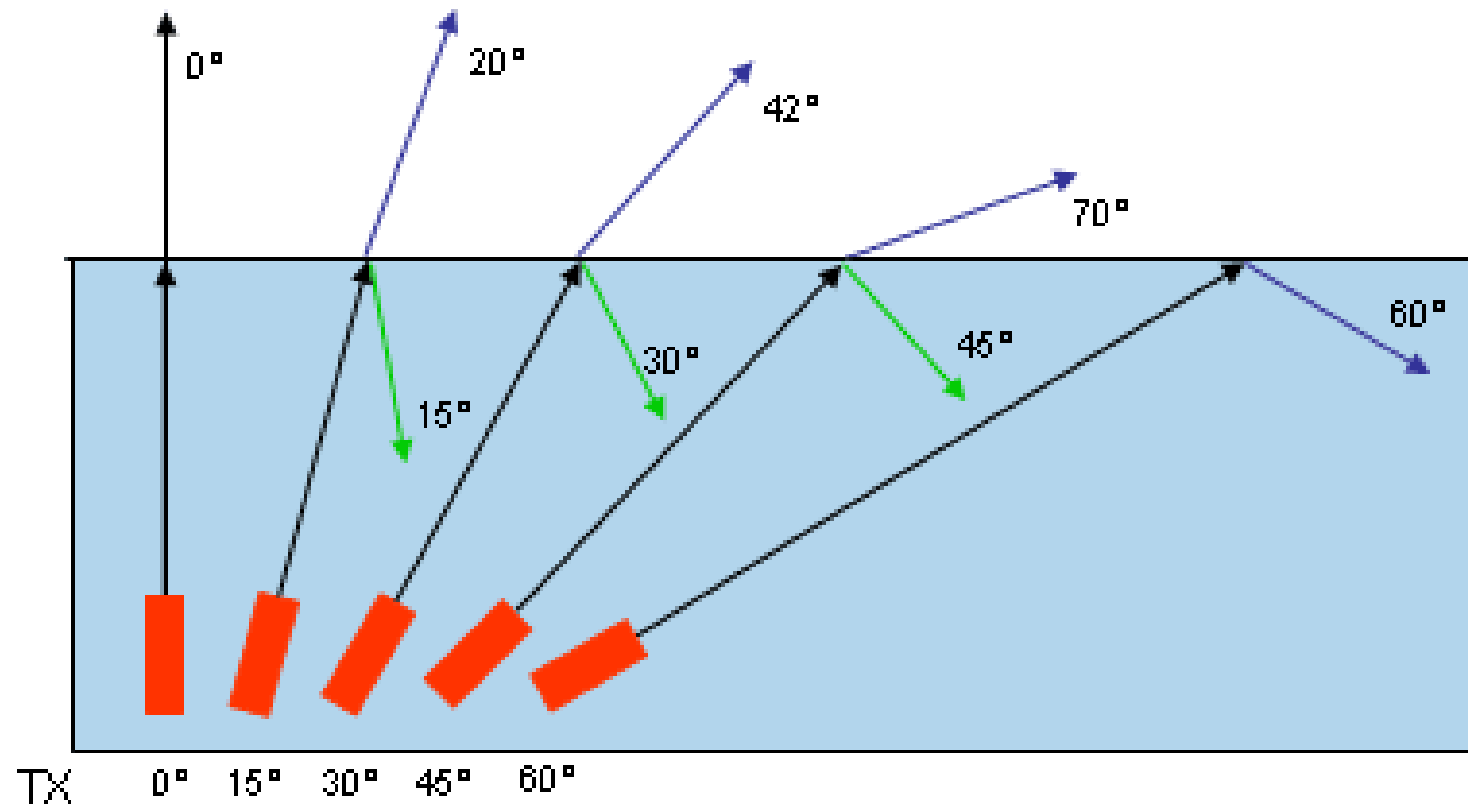
LUZ BRANCA





Reflexão total

A reflexão total **só pode acontecer** quando a luz refrata de um meio mais denso (mais refrigente) para um meio menos denso (menos refrigente).

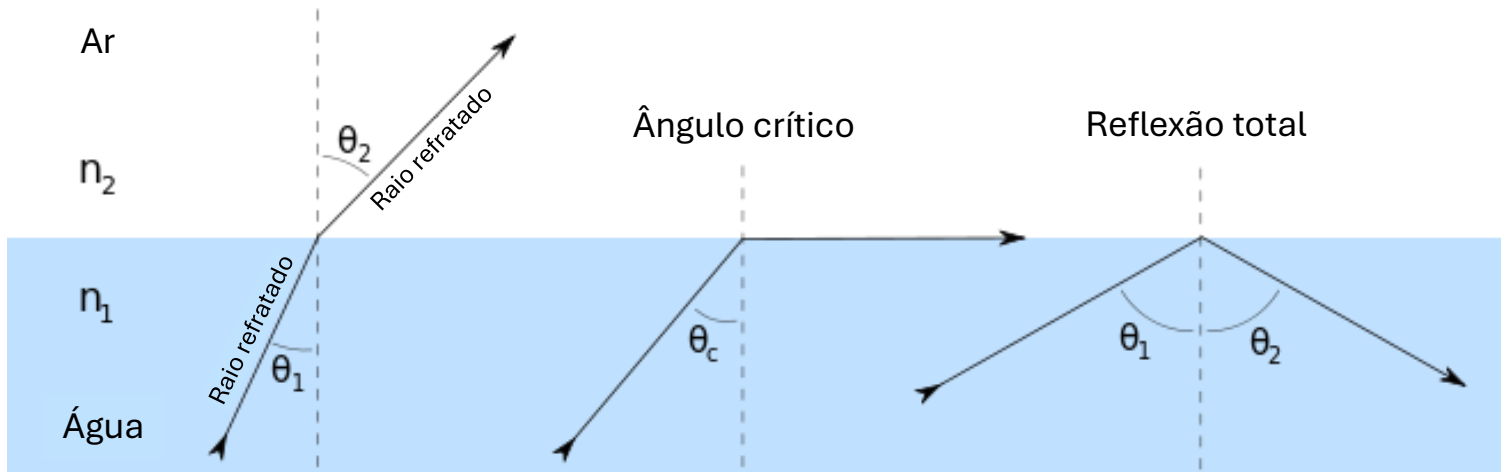


Reflexão total

O ângulo incidente a partir do qual acontece a reflexão total é chamado **ângulo crítico** (θ_c).

Neste caso, o ângulo refratado tem o valor de 90° .

A partir deste ângulo crítico acontece a reflexão total.



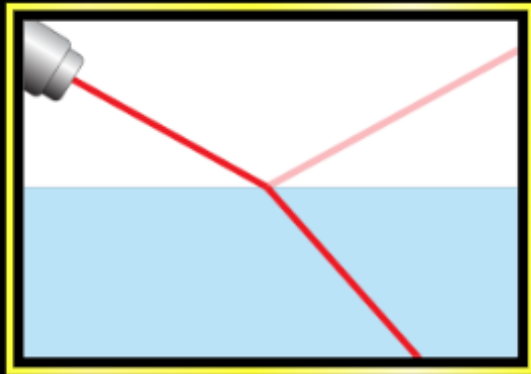
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ = n_2$$

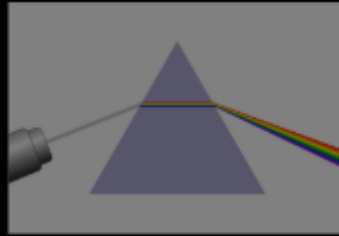
$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

Quanto maior for a diferença entre os índices de refração dos dois meios, menor será o ângulo crítico de reflexão total.

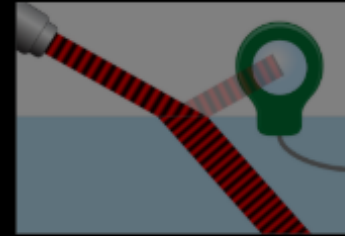
Bending Light



Intro



Prisms



More Tools

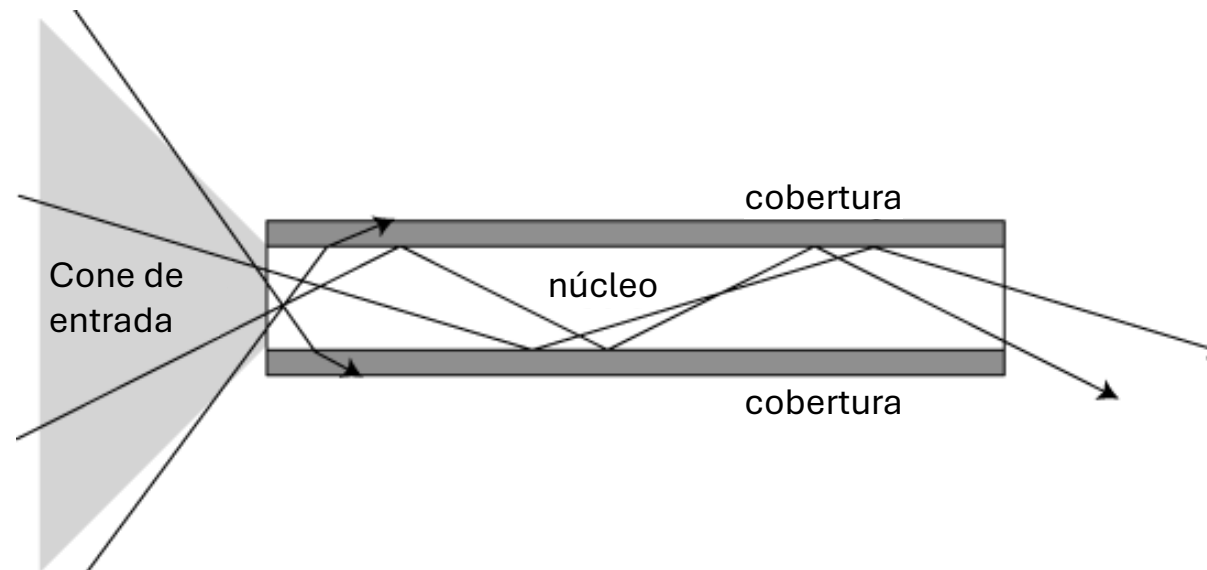
Reflexão total

Para que aconteça reflexão total:

O **ângulo de incidência** tem que ser **superior ao ângulo crítico**;

O **raio de luz passa de um meio com maior índice de refração para um com menor índice de refração**.

Aplicação prática: fibra ótica!



Reflexão total

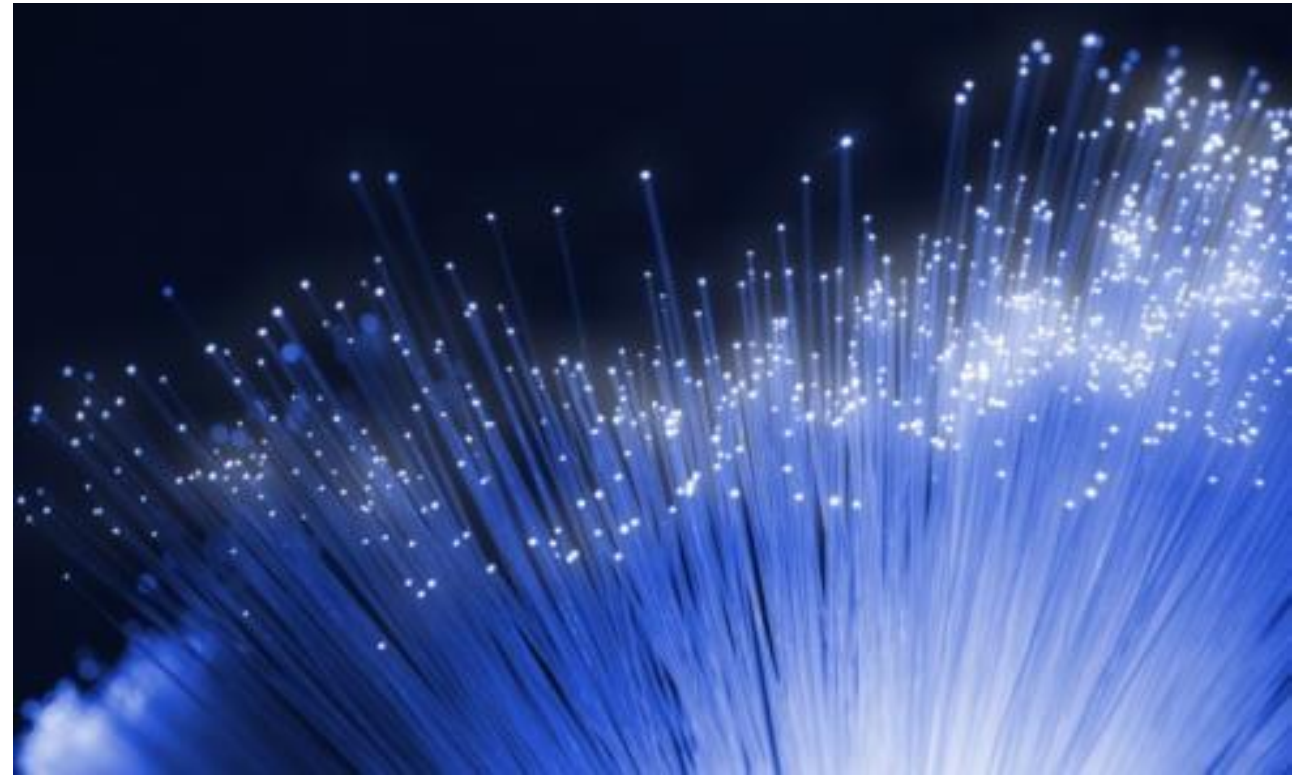
Fibra ótica

O funcionamento de uma fibra ótica baseia-se na reflexão total dos raios de luz no seu interior.

A fibra ótica deve ter no seu **interior um material que seja:**

Muito transparente;

Com um elevado índice de refração.



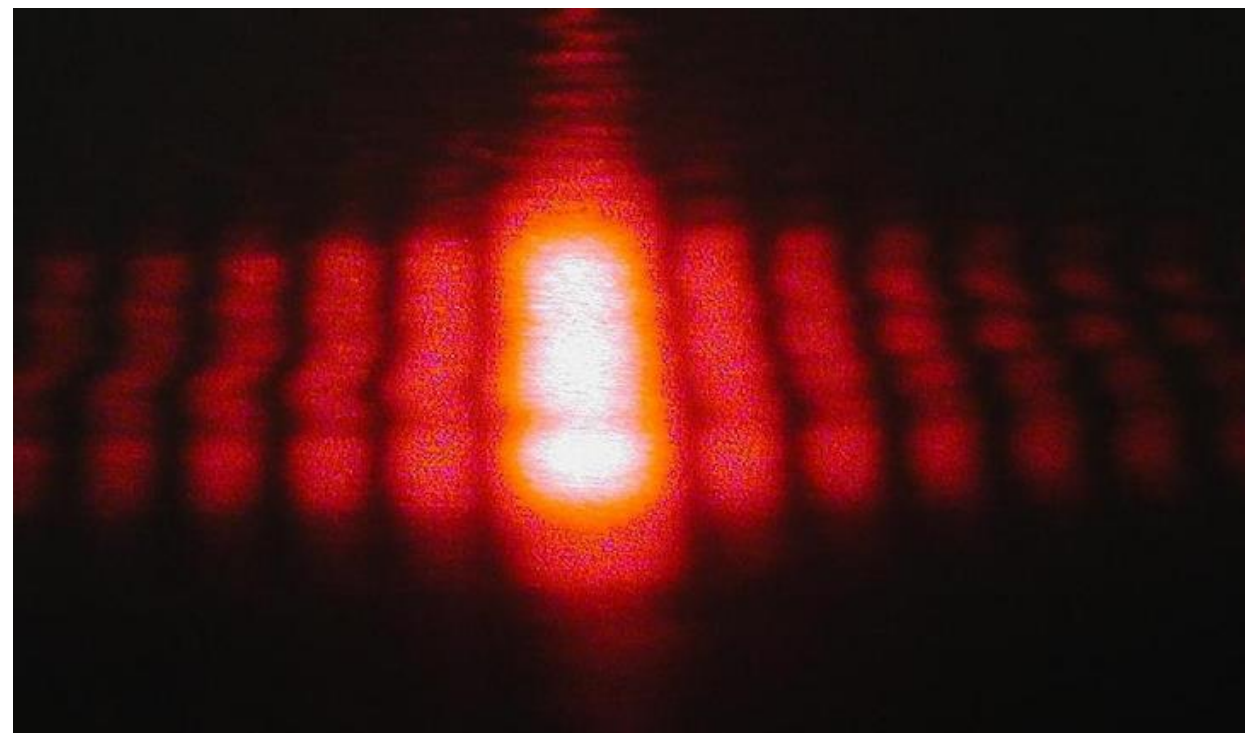
Difração

A difração é um **fenómeno ondulatório** verificado quando uma onda encontra um **obstáculo**, ou uma **fenda**, da **mesma ordem de grandeza do seu comprimento de onda**!

Este fenómeno é observado em ondas mecânicas...



...e em ondas eletromagnéticas.

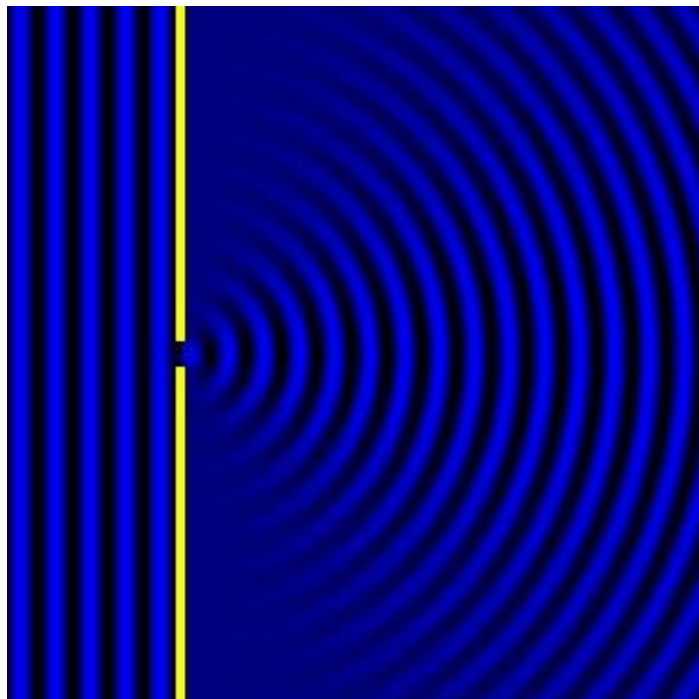


Acontece com os sons que podemos ouvir mas não com a luz que podemos ver.

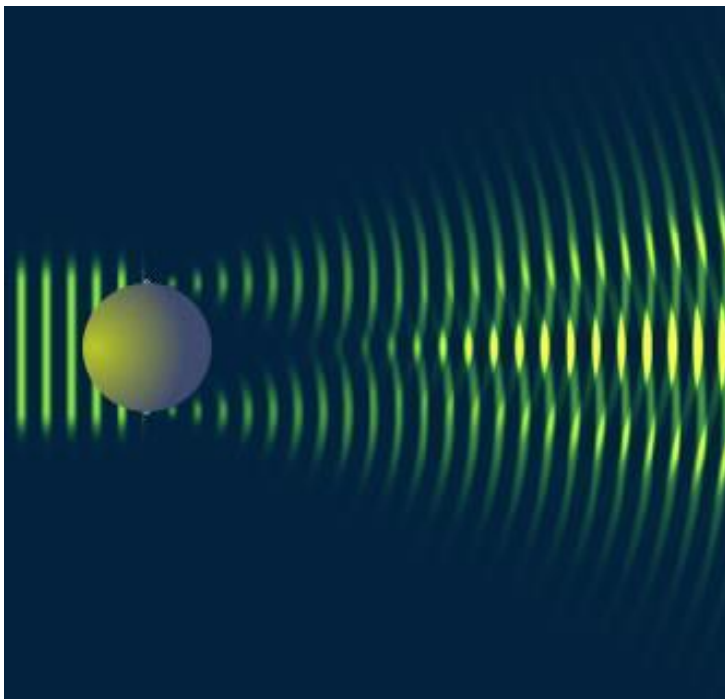
Difração

A difração acontece porque **a onda encurva** quando passa **junto dos rebordos** (da fenda ou do obstáculo)!

Fenda



Obstáculo



Quando este fenómeno acontece com a radiação eletromagnética (luz) é uma demonstração do seu comportamento ondulatório.

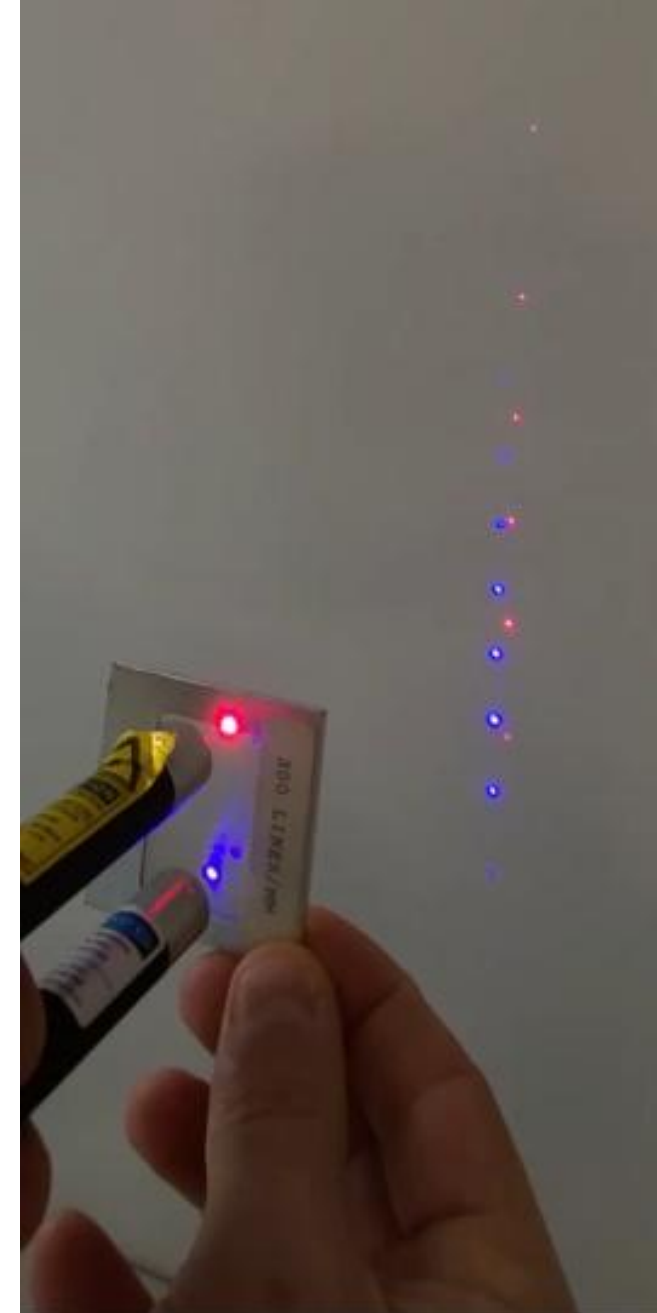
Difração

Rede de difração

Uma rede de difração é constituída por múltiplas fendas equidistantes.

Como cada frequência sofre diferente difração, é possível a separação de um feixe policromático em feixes monocromáticos.

Um CD/DVD funcionam como rede de difração, o que permite que sejam usados na construção de espectroscópios.

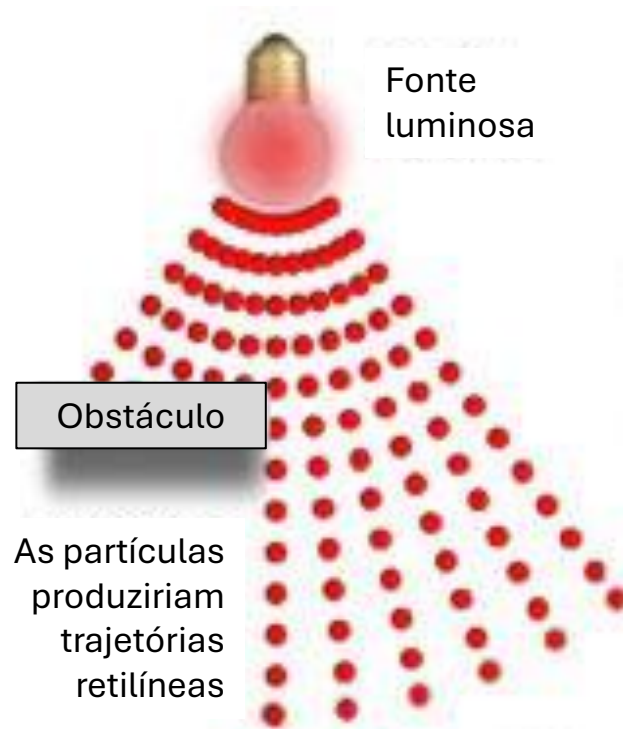


[Imagem: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/2482492553134/rede-de-difracao>]

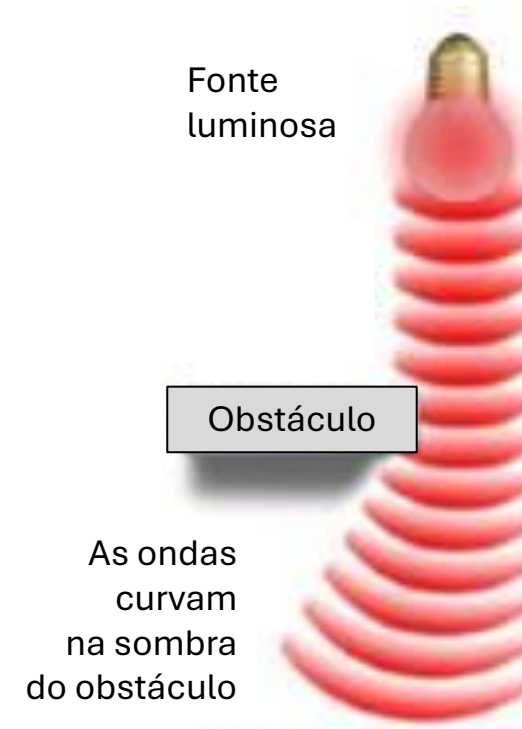
Dualidade da luz

Se a luz se comportar:

como **Partícula!**



como **Onda!**



Essencial

- Aplicar, na resolução de problemas, as Leis da Reflexão e da Refração da luz, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.
 - Interpretar o papel do conhecimento sobre fenómenos ondulatórios no desenvolvimento de produtos tecnológicos.
-

Palavras-chave

- Reflexão.
 - Reflexão especular.
 - Reflexão difusa.
 - Refração.
 - Índice de refração.
 - Leis da refração.
 - Dispersão.
 - Refração.
 - Reflexão total.
 - Fibra ótica.
 - Difração.
 - Dualidade onda-partícula.
-

Bibliografia

- “Aprendizagens Essenciais – Física e Química A – 11º ano”, Ministério da Educação, 2018.
 - C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, S. Machado, “Física 11 A”, Areal Editores, Porto, 2016.
 - M. Alonso, E. J. Finn, “Física”, Escolar Editora, 2012, Lisboa.
 - C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, “Rumo à Física – 11º Ano”, Areal Editores, Porto, 2022.
 - G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, “11F”, Texto Editores, Lisboa, 2022.
-

Simulações

- [Desvio da luz](#), 15/01/2018.