

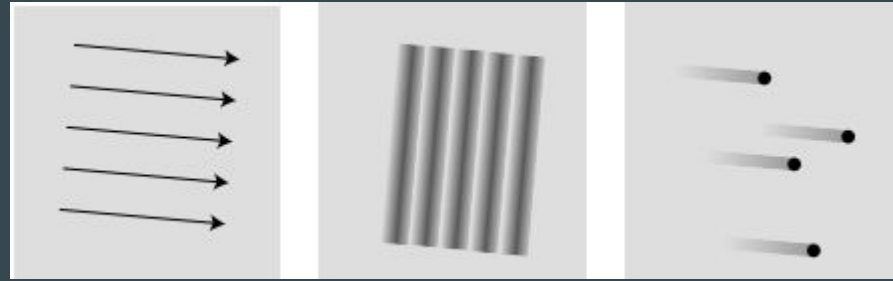
# Óptica



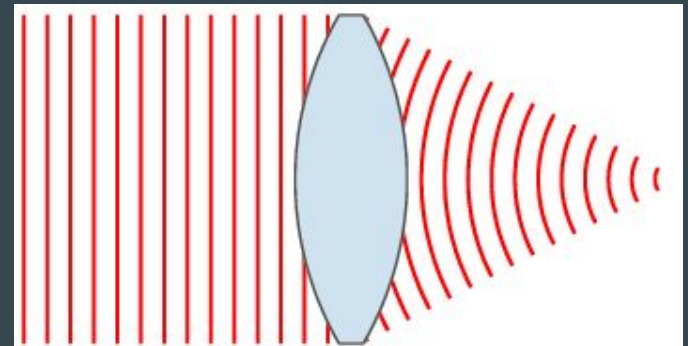
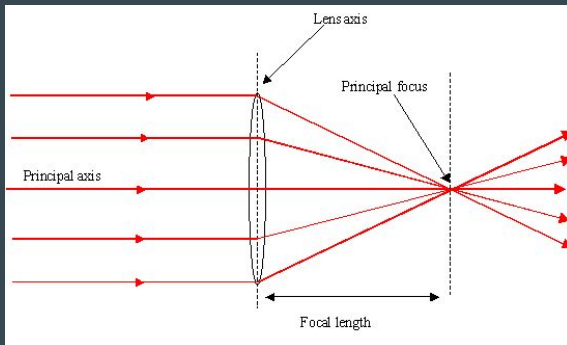
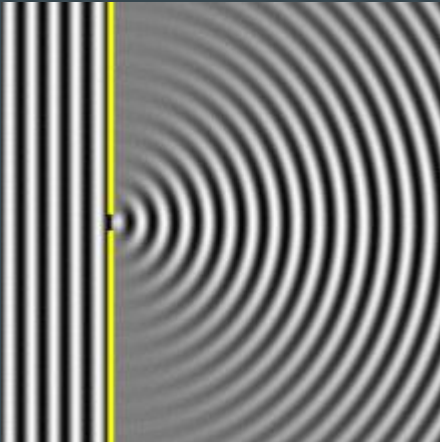
Aula 8 - Natureza ondular da Luz  
ewout@usp.br

# Aulas passadas

## Modelos de Luz



## Ondas

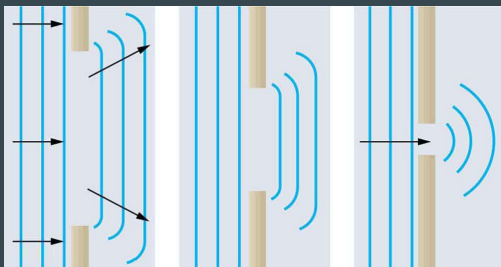


# Objetivos desta aula

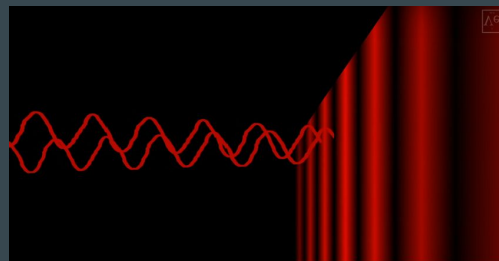
1. Trabalhar mais a ideia de “onda” ligando fenômenos com formalismo
2. Refletir sobre as dificuldades conceituais que novatos terão com *representações* de ondas. Os diagramas esquemáticos em livros texto ajudam?

Como ligar as representações de ondas e luz em material didático com os fenômenos?

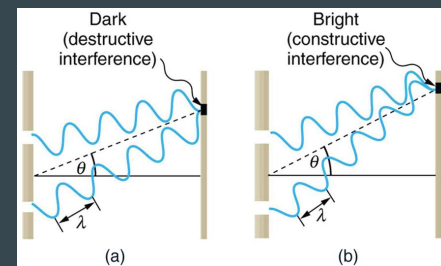
Difração



Superposição



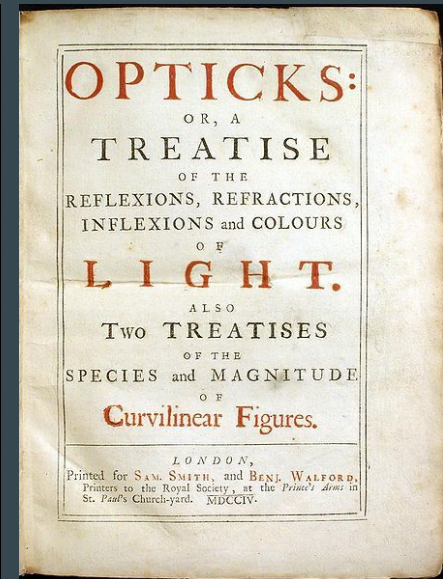
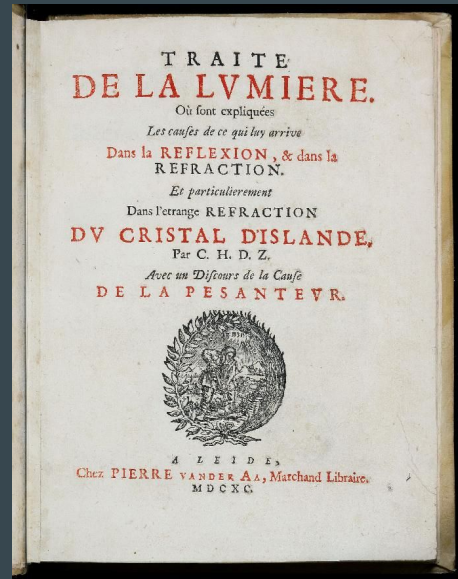
Interferência



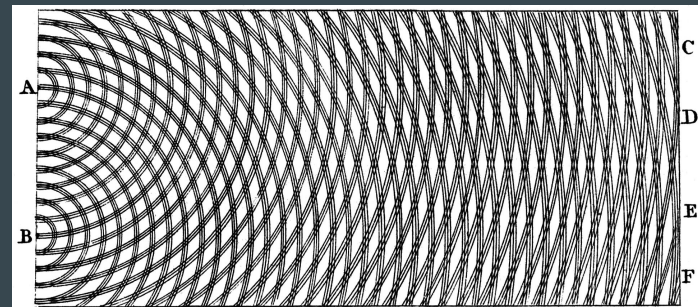
# Huygens propôs um modelo ondular para luz, Newton um modelo corpuscular

Opticks de Newton:  
Londres, 1704

Traité de la Lumiere :  
Leiden, 1690



Finalmente, em 1802, Young faz uma experiência crucial e em 1862 Maxwell descobre que ondas eletromagnéticas descrevem luz.





Katsushika Hokusai (1760-1849)

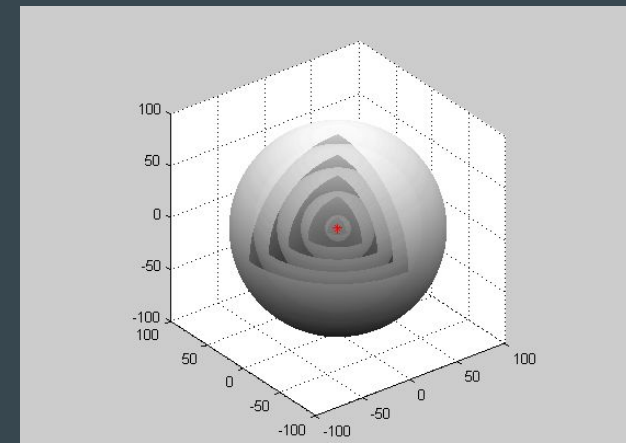
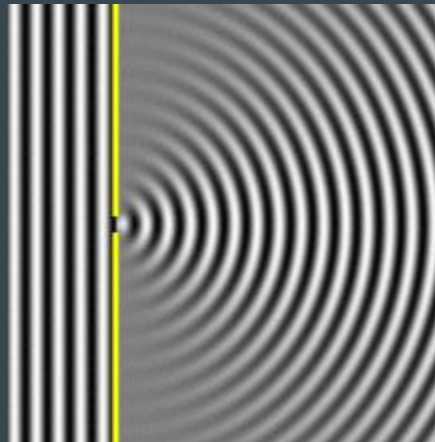
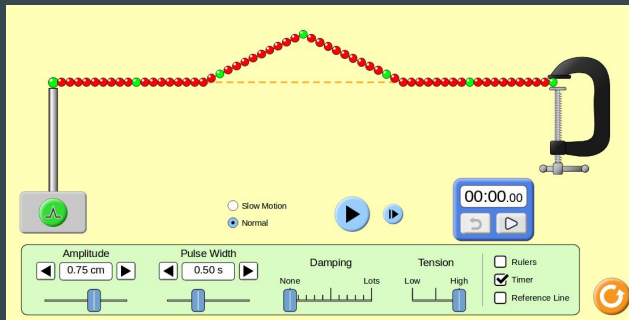
# A natureza ondulatória da luz



# [Aula 2] Natureza da Luz

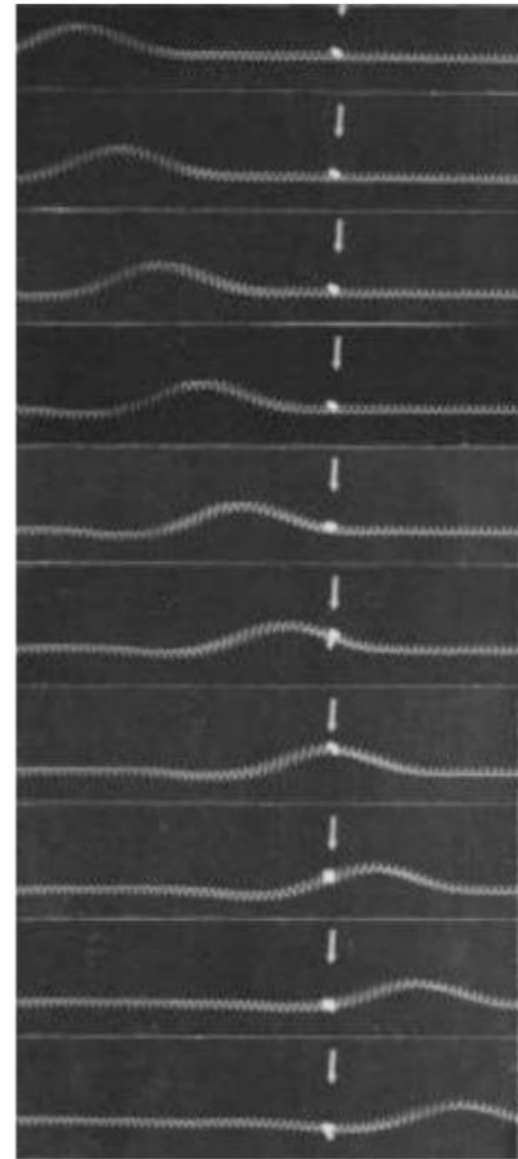
Luz é uma **onda** que transporta **energia** de uma **fonte** emissora pelo vácuo até ser **absorvida**, **refratada** ou **refletida**.

[ repare que explicar conceitos em termos de outros não parece adiantar muito o processo de construção de conhecimento. Mas é o que vamos fazer: a transição novato → especialista é em grande parte fazer mais *ligações* entre vários conceitos ]



# O QUE É UMA ONDA

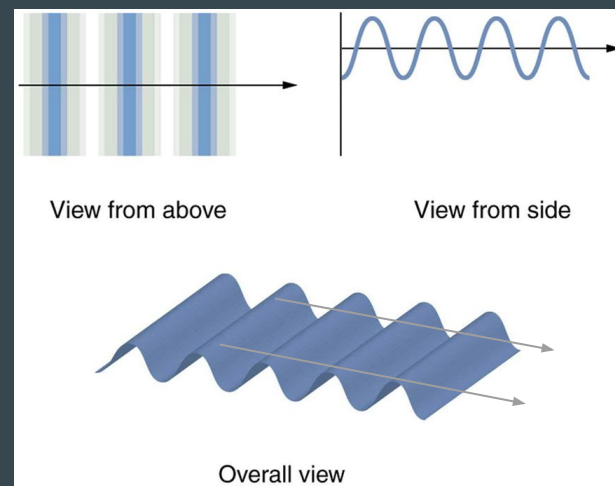
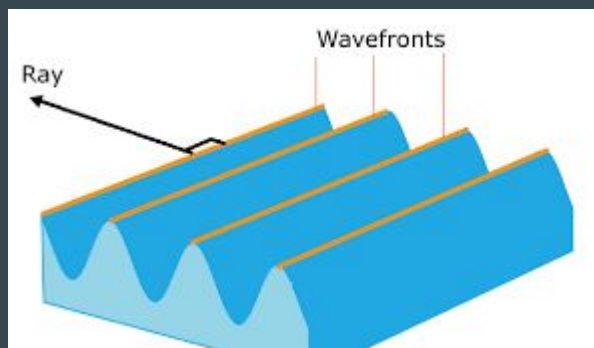
- Propagação de uma perturbação, sem transporte de matéria
- Na foto: a pequena bolinha presa à mola, oscila apenas verticalmente, enquanto a onda se propaga para a direita.
- Não há deslocamento na direção de propagação da onda



# [Aula 2] Ondas em 2 e 3 dimensões: frente de ondas e raios

Ondas (ou melhor, as perturbações do meio) se propagam, com certa **velocidade da onda**. Para ondas senoidais podemos definir um **comprimento de onda** e uma **frequência**.

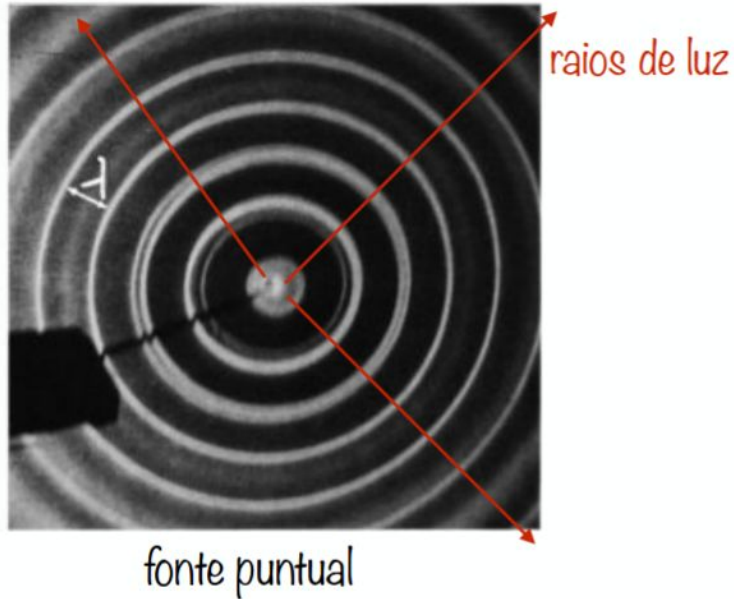
Num determinado instante de tempo os máximos ou mínimos da perturbação tem uma certa *forma*: **as frentes de onda**. Os **raios** são construções geométricas: retas perpendiculares às frentes.





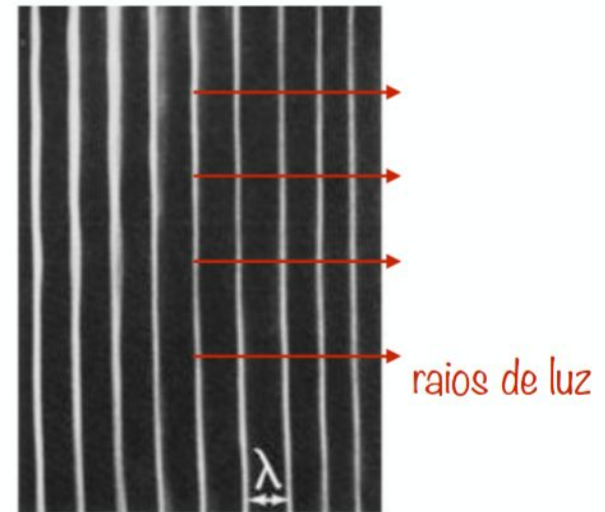
# Frentes de Onda

Frente de onda esférica



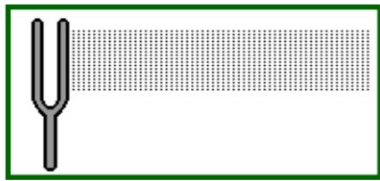
Os raios de luz são perpendiculares a frente de onda e indicam a direção de propagação da luz

Frente de onda plana



Ondas Longitudinais:  
perturbação do meio *na*  
*direção* da propagação da  
onda

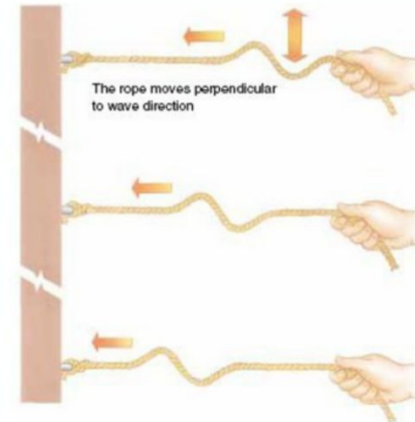
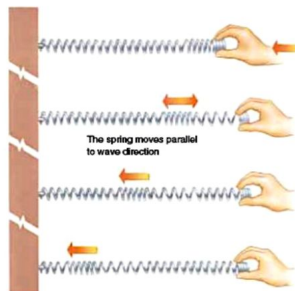
Ex.: Ondas sonoras



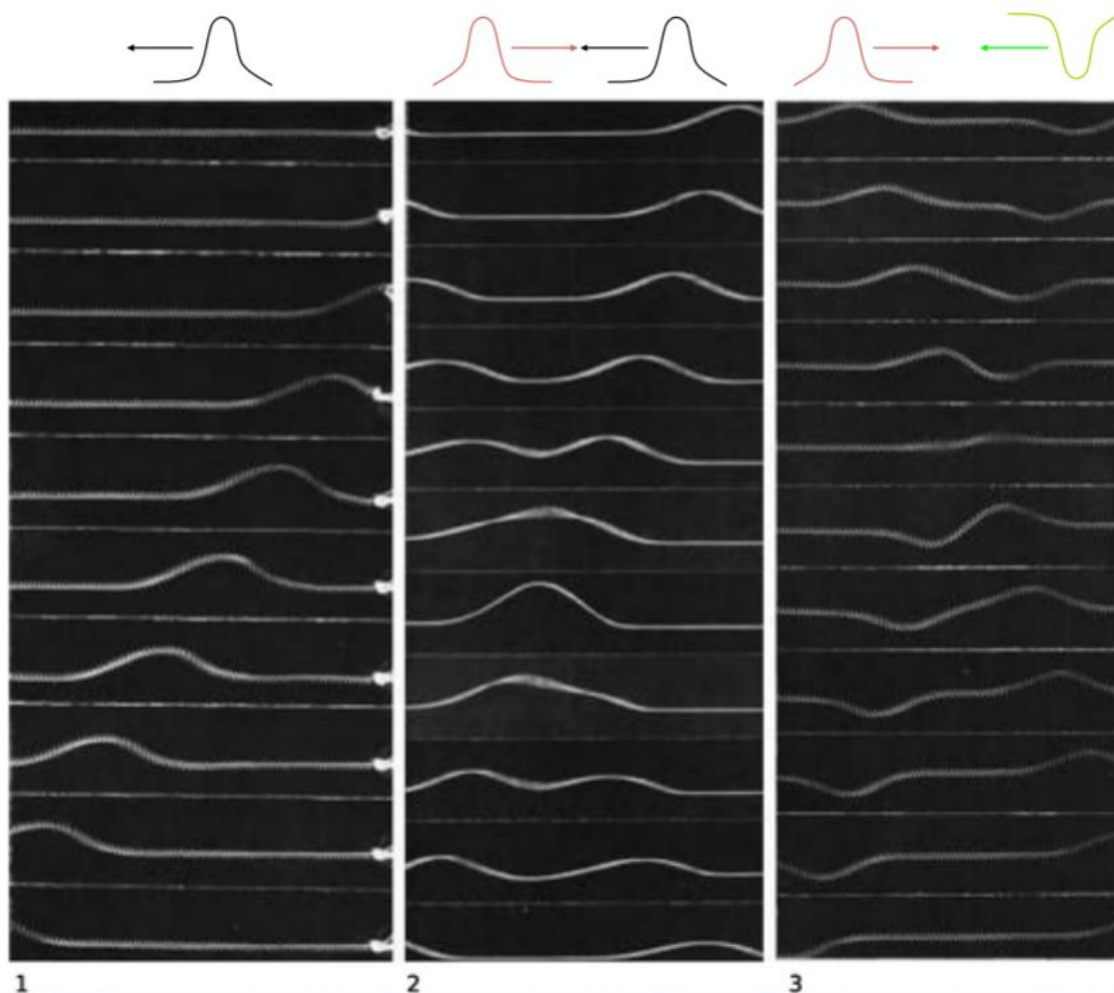
Ondas Transversais  
perturbação do meio  
*perpendicular* à propagação  
da onda

Ex.: Ondas numa corda

### ONDAS LONGITUDINAIS

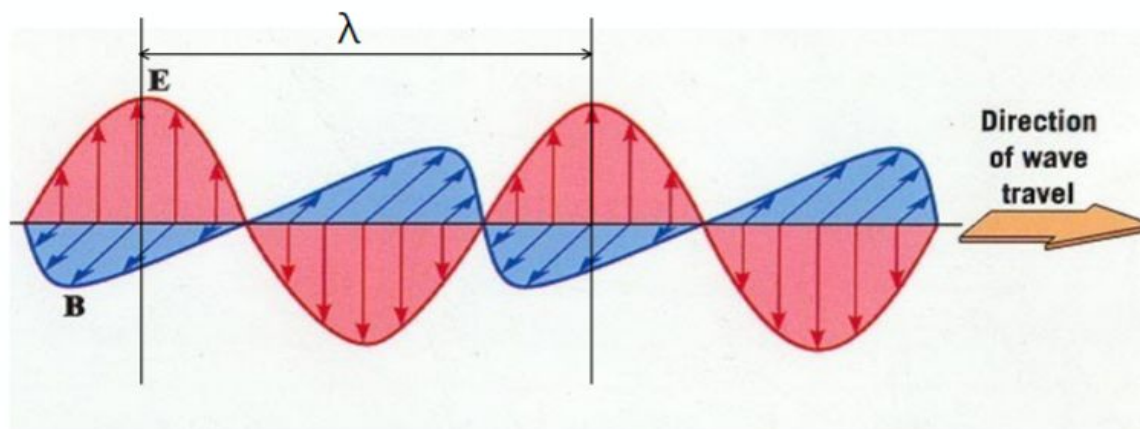


# Princípio de superposição



Visualização alternativa

# Ondas Eletromagnéticas periódicas



$$c = \lambda f$$

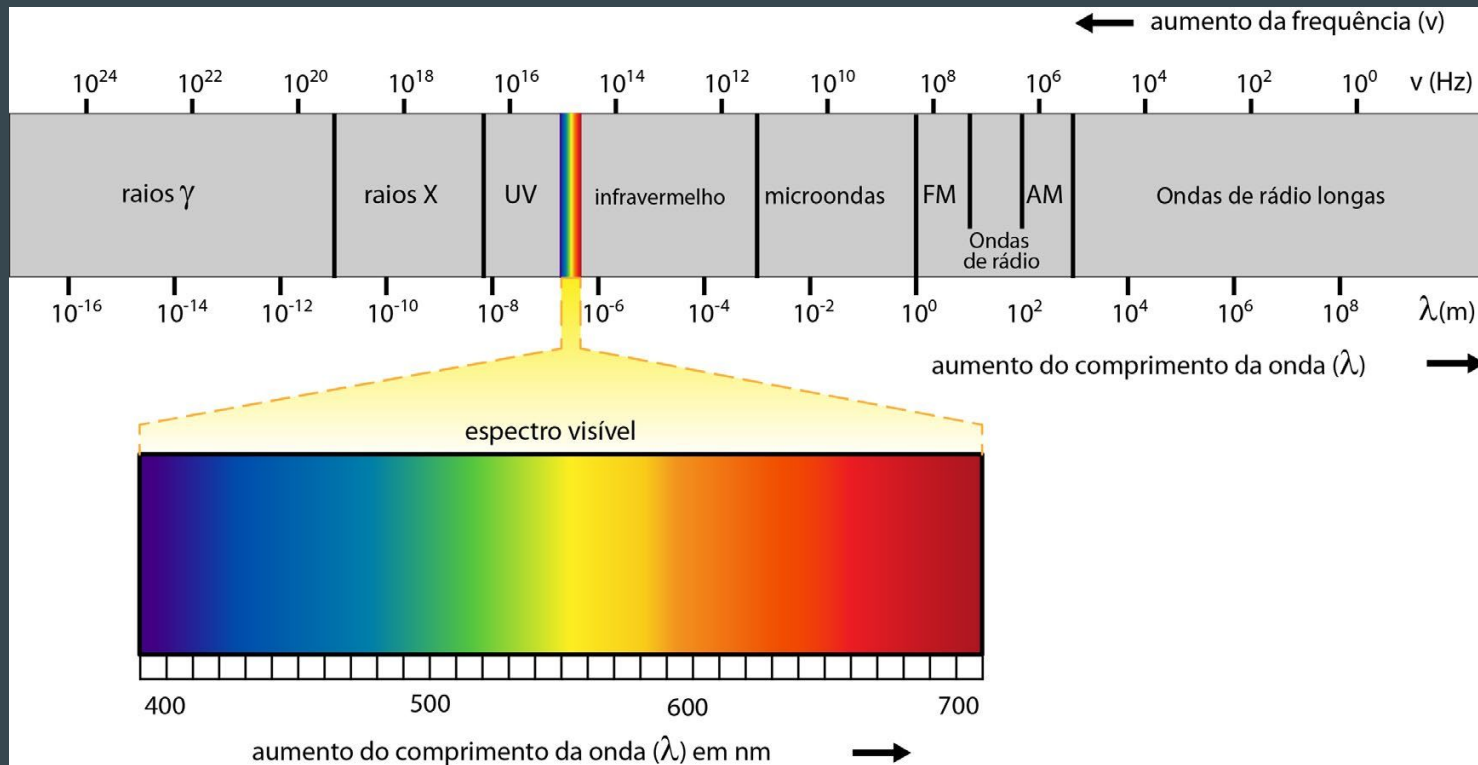
$c$  = velocidade de propagação da luz =  $3 \times 10^8$  m/s

$f$  = frequência da onda (unidade: Hz = s<sup>-1</sup>)

$\lambda$  = comprimento de onda

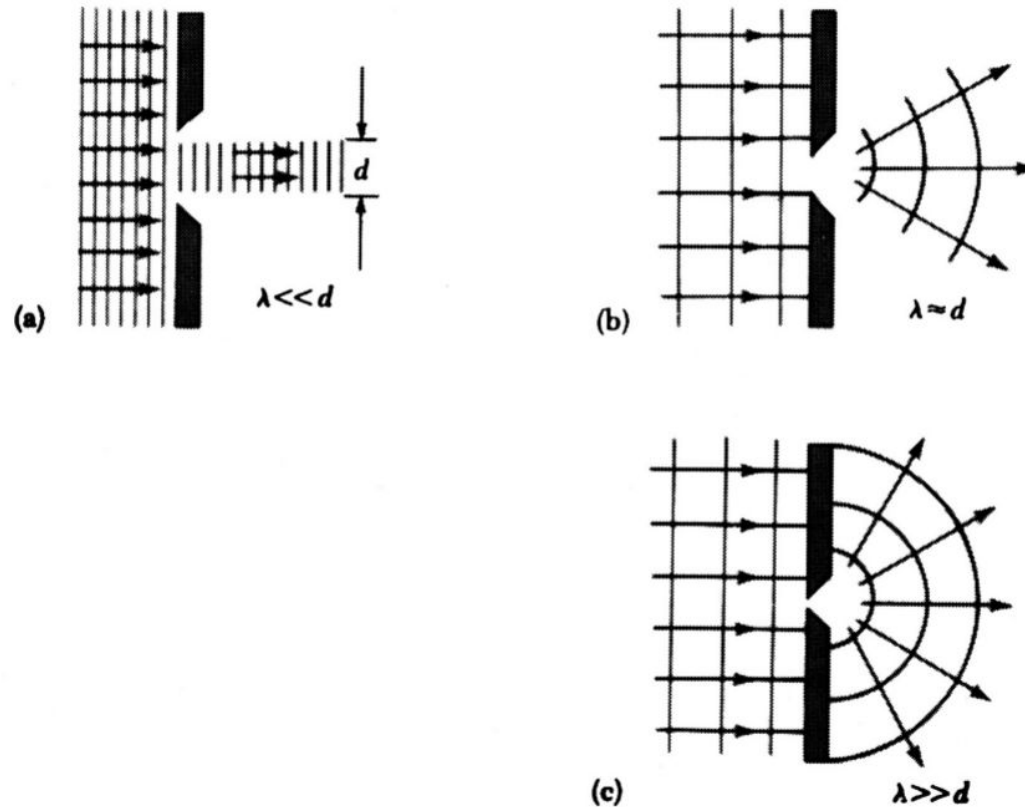
# Luz é uma onda (eletromagnética)

Porque houve controvérsias no século 17 e 18? Porque não era óbvio que luz é uma onda? Resposta: o comprimento de onda é 0,5 micron. Simulação de cuba de ondas





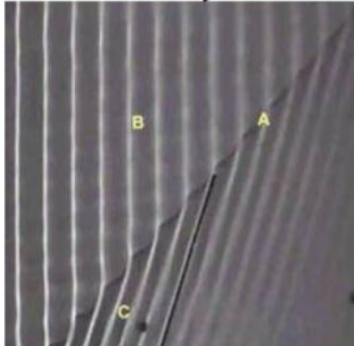
# Difração de ondas mecânicas



Difração de luz (vídeo de Veritassium)

# Experimento na Cuba de ondas

Refração

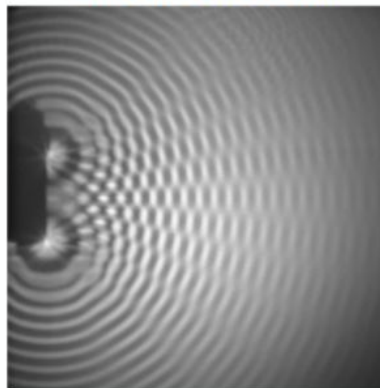


Difração



diminuindo abertura da fenda

Interferência

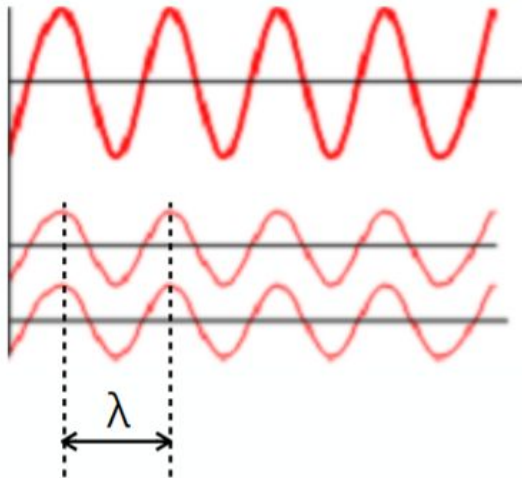


Vídeo cuba de ondas (Claudio Furukawa)

**Duas ondas em fase**



**Interferência construtiva**

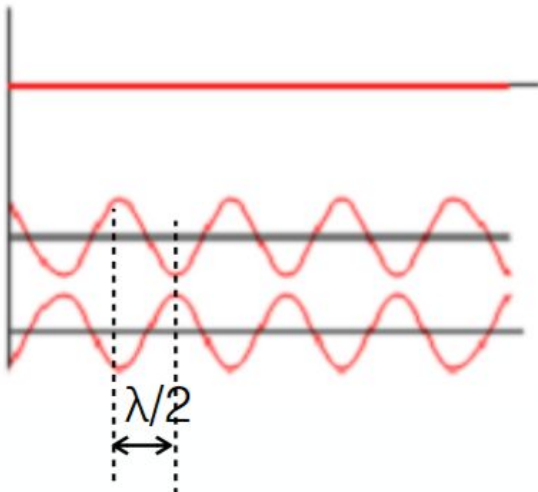


diferença de caminho de  $\lambda$  = diferença de fase de  $2\pi$

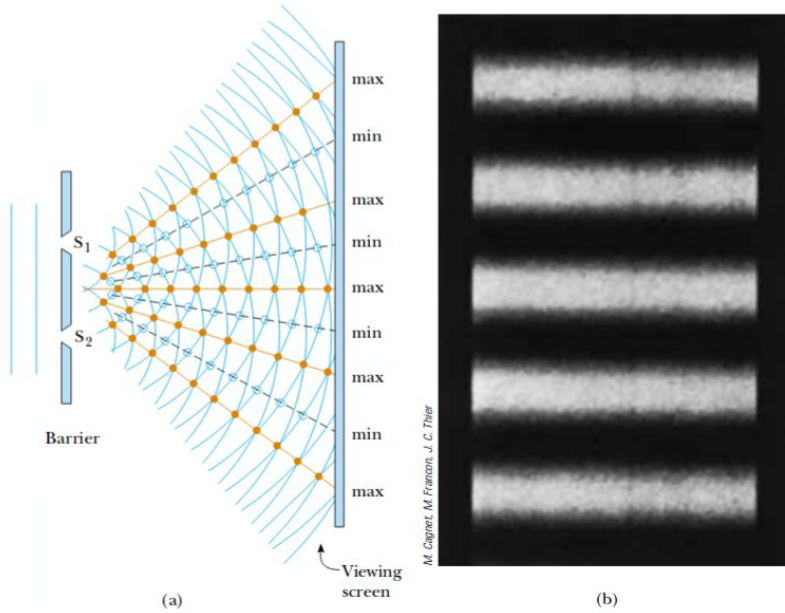
**Duas ondas fora de fase**



**Interferência destrutiva**

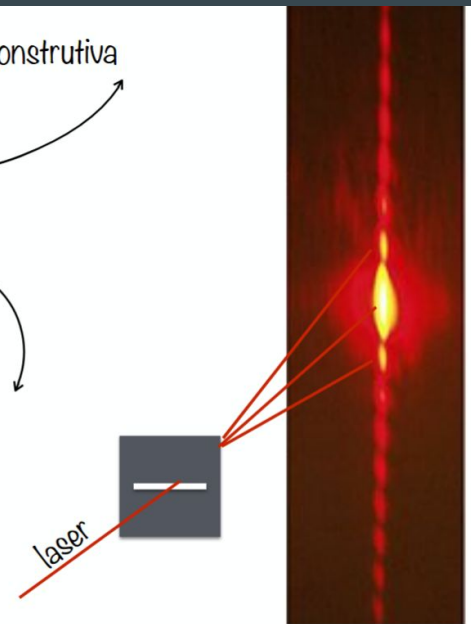
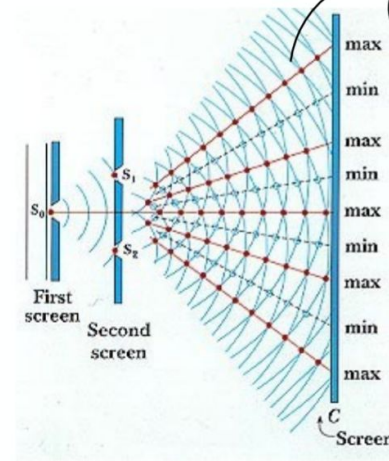


diferença de caminho de  $\lambda/2$  = diferença de fase de  $\pi$



# Demonstração de interferência do Veritassium

franjas claras=interferência construtiva



# Vocabulário

Comprimento de onda, frequência, frente de onda, radiação

Superposição, Difração, Interferência, ‘em fase”, franjas, fenda simples e fenda dupla



# Exercício Vocabulário (10 min)

Grupos de 2 - 6: desenhar uma imagem do tipo “cartum” associada aos seguintes conceitos:

Reflexão



Refração

Dispersão

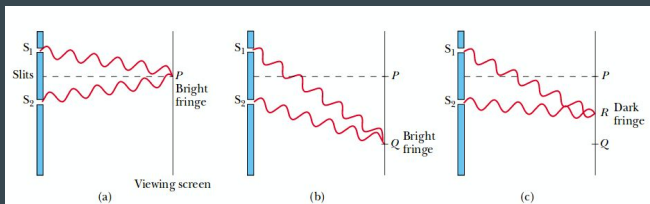
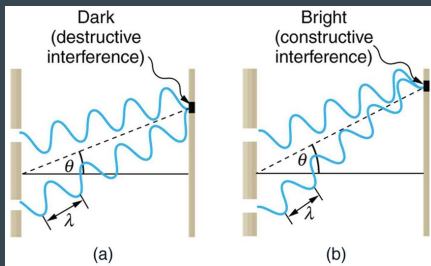
Difração

Interferência

Superposição

# Entender o diagrama esquemática que permite calcular os ângulos de máximo e mínimo intensidade atrás de uma fenda dupla

O objetivo destas diagrams é convencer você que para o primeiro máximo de intensidade acontecer, o ângulo deve ser  $\sin(\theta) = \lambda/d$  ( $d$  = distância entre fendas)



Pesquisa no Google:

