

Física IV (IQ 2022)

Aula 19

- Objetivos de aprendizagem:
 - Explicar como é possível melhorar a visualização da difração com o uso de lentes
 - Obter a expressão para a intensidade em função do ângulo da difração de Fraunhofer para uma fenda simples
 - Descrever a figura de difração de uma fenda simples iluminada por uma fonte extensa
 - Relacionar a abertura angular do pico central com a largura da fenda em uma difração de Fresnel

Observação da difração de Fraunhofer

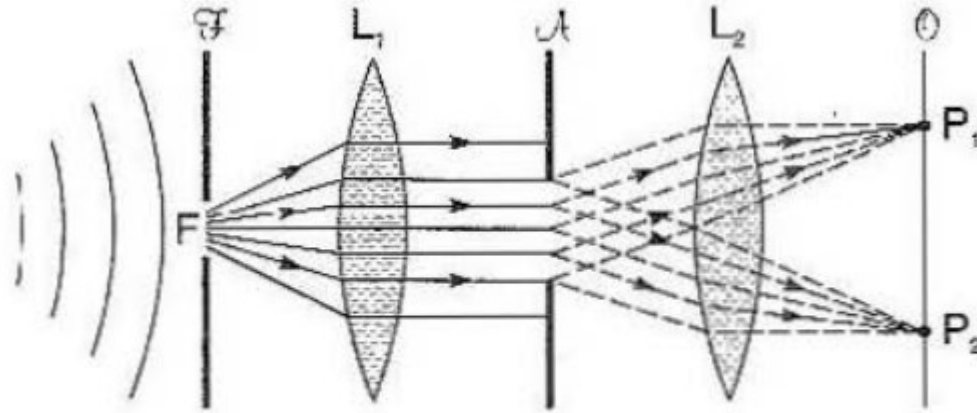


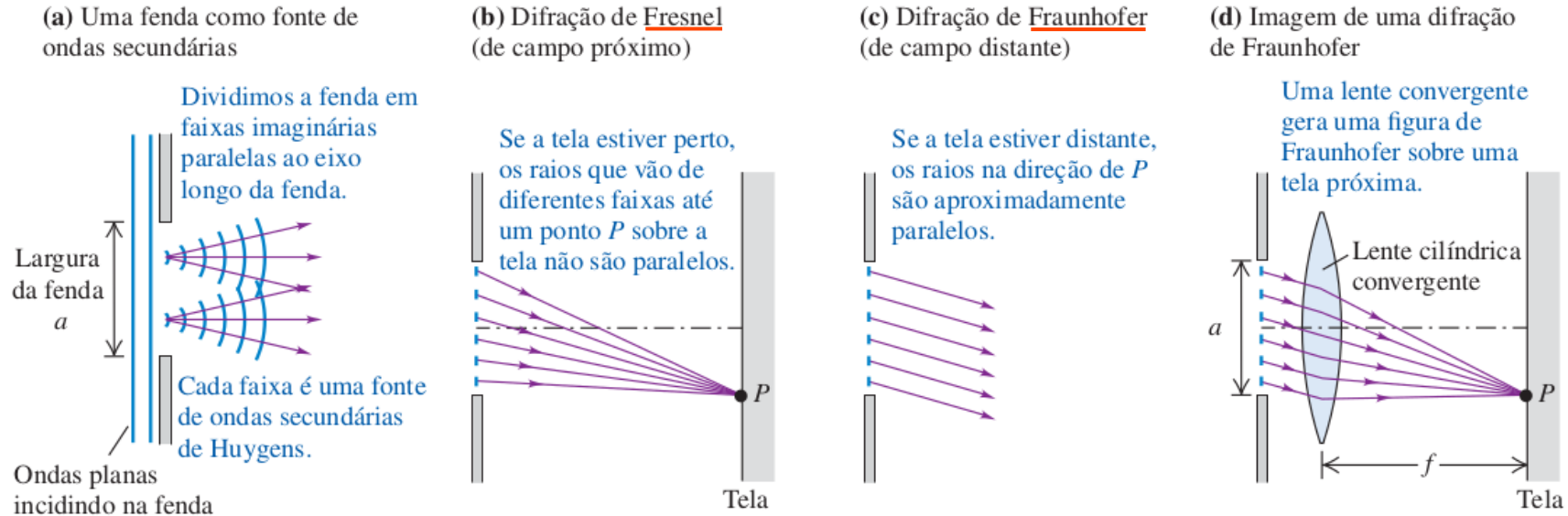
Fig. 4.2 Observação da difração de Fraunhofer

Obs.: os ângulos estão exagerados na figura

As lentes permitem focalizar a frente de onda plana em um ponto, sem modificar as diferenças de caminho óptico.

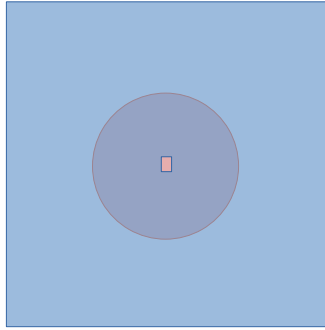
Young & Friedman – Cap. 36

Figura 36.4 Difração produzida por uma fenda única retangular. O lado comprido da fenda é perpendicular ao plano da figura.



https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5393647/mod_resource/content/2/Young%20C%20Freedman%20Cap%2036%20Difra%C3%A7%C3%A3o.pdf

Fenda retangular



Simulação

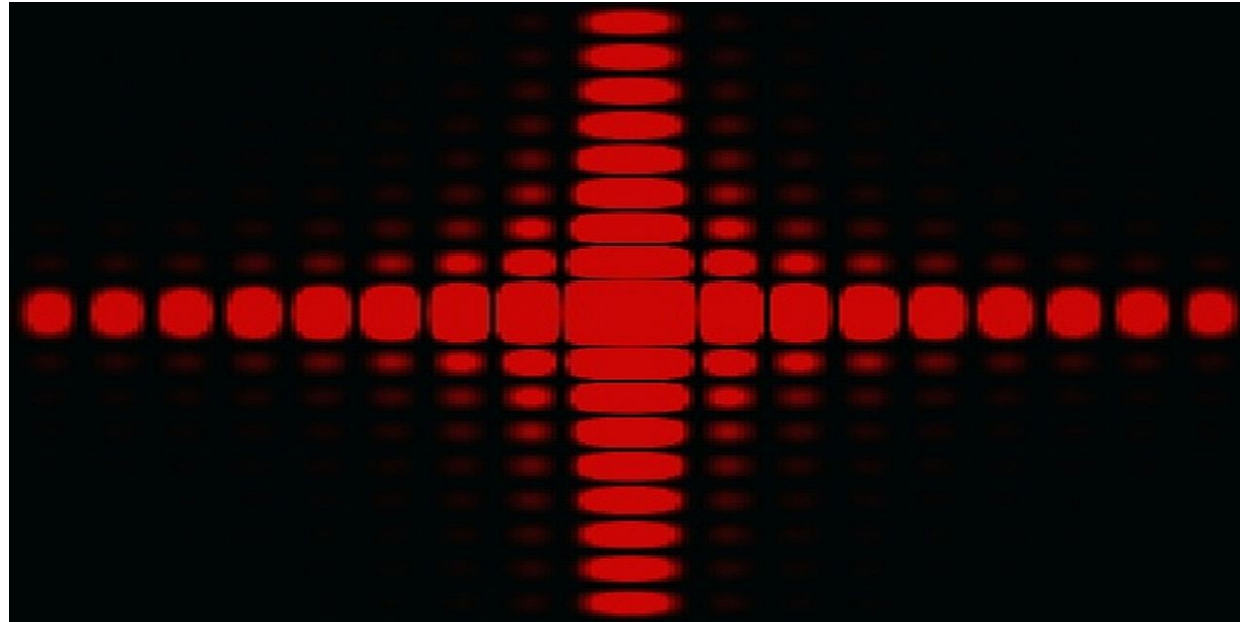
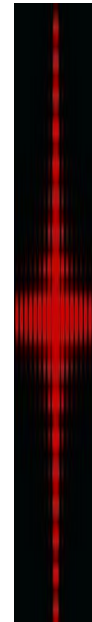


Imagem comprimida → ←

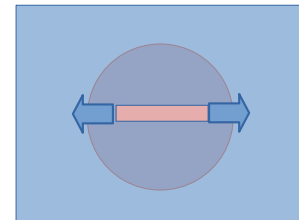


Laser

Luz incidente: onda plana coerente (e.g. Laser)

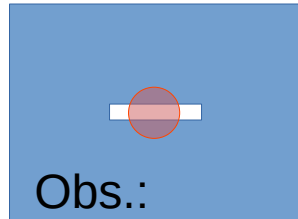
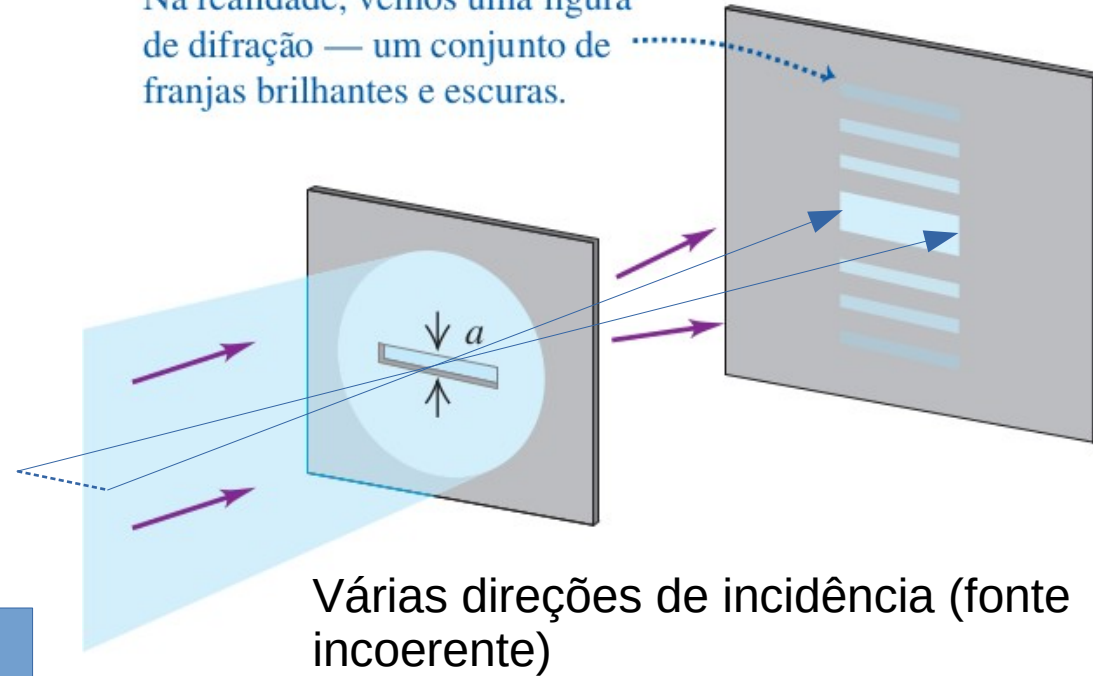
$$\frac{I}{I_0} = \frac{\text{sen}^2(ka\alpha)}{(ka\alpha)^2} \frac{\text{sen}^2(kb\beta)}{(kb\beta)^2}$$

Fenda alargada em uma direção



Fenda fina retangular

Na realidade, vemos uma figura de difração — um conjunto de franjas brilhantes e escuras.

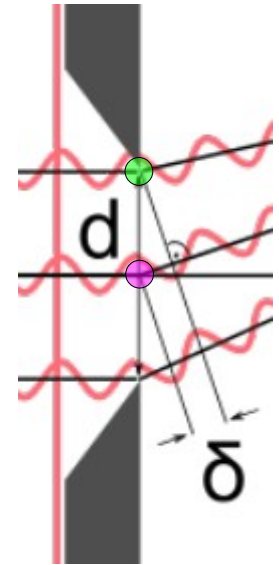
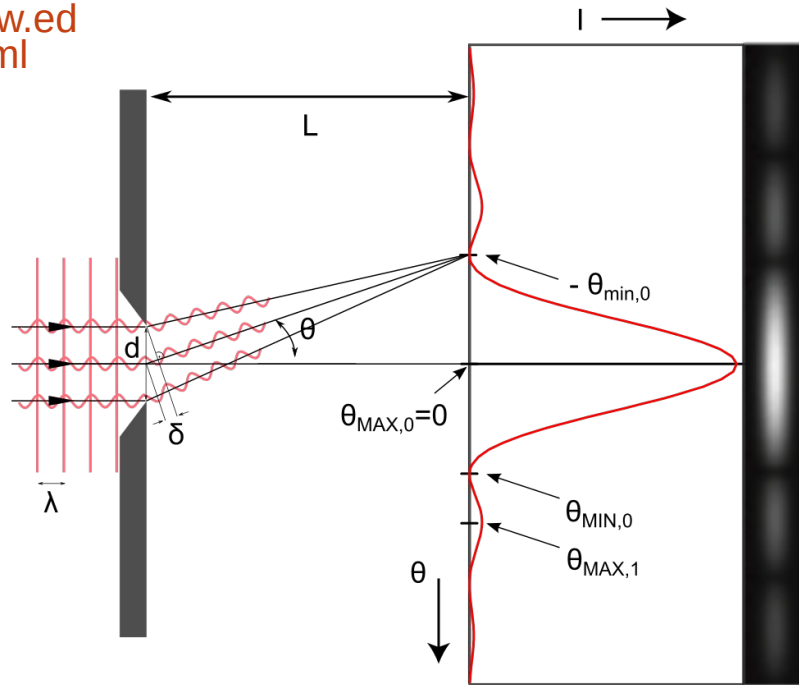
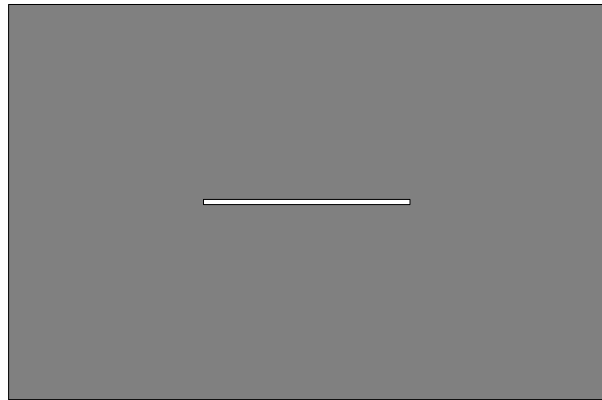


Obs.:

Laser

Difração por fenda simples

<https://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/light/single-slit-diffraction.html>



$$\Delta \phi = \pi$$

Mínimo: Interferência destrutiva aos “pares” de pontos:

$$\delta = \frac{d}{2} \text{sen } \theta = \frac{\lambda}{2}$$

Abertura do feixe de luz difratado

$$\frac{I}{I_0} \approx \frac{\text{sen}^2(ka \alpha)}{(ka \alpha)^2}$$

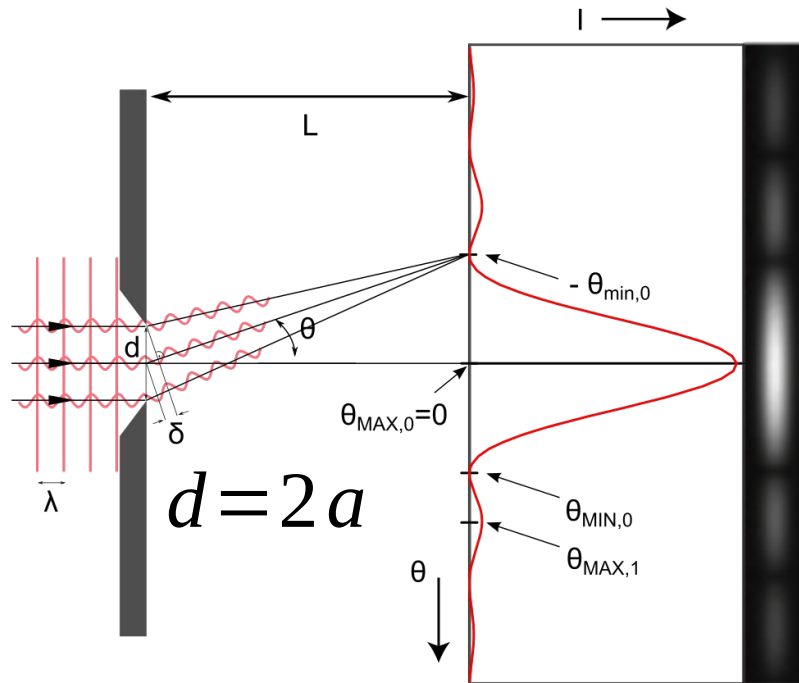
Zeros de intensidade:

$$\text{sen}(ka \alpha) = 0$$

exceto $ka \alpha = 0$ (máximo)

$$ka \alpha = n \pi$$

$$\alpha = n \frac{\lambda}{2a}, n = \dots -2, -1, 1, 2, 3, \dots : \forall n \text{ inteiro não nulo}$$



Abertura do feixe de luz difratado

$$\frac{I}{I_0} \approx \frac{\text{sen}^2(ka\alpha)}{(ka\alpha)^2}$$

Zeros de intensidade:

$$\text{sen}(ka\alpha) = 0$$

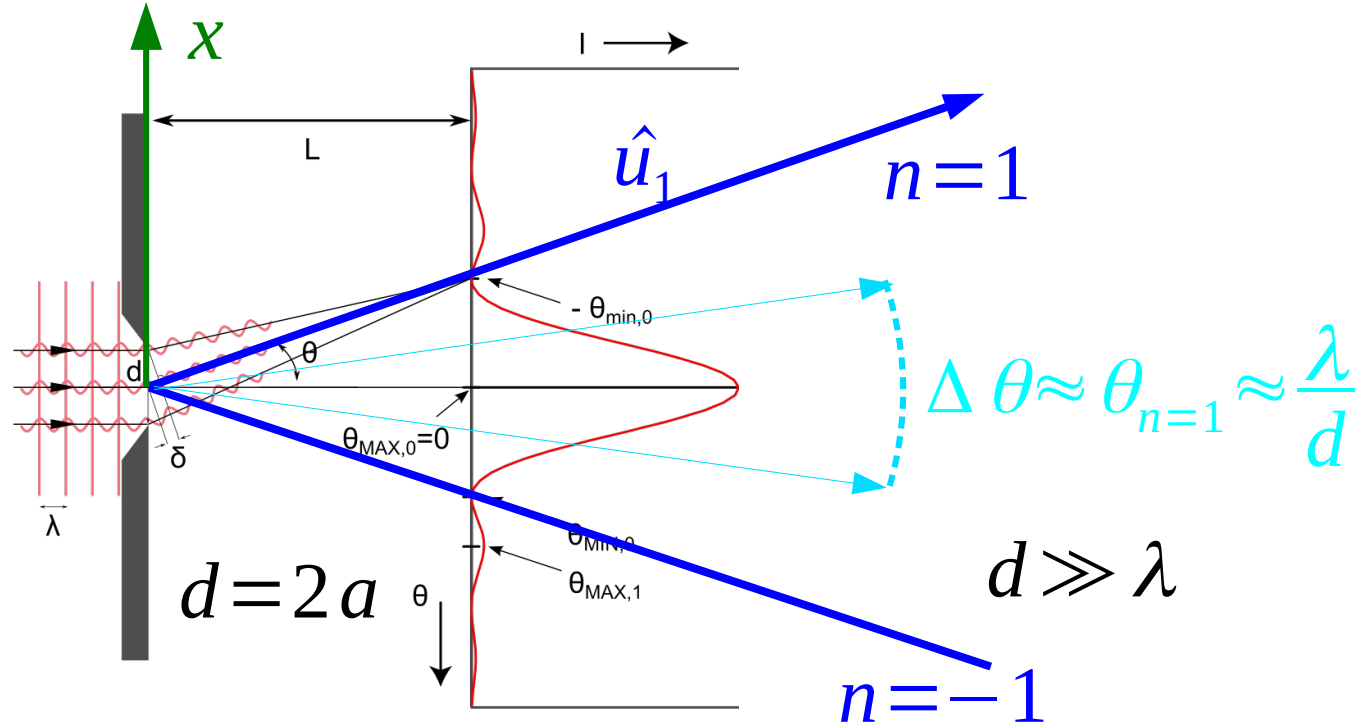
exceto $ka\alpha = 0$ (máximo)

$$ka\alpha = n\pi$$

$$\alpha = n \frac{\lambda}{2a} \quad (n \neq 0)$$

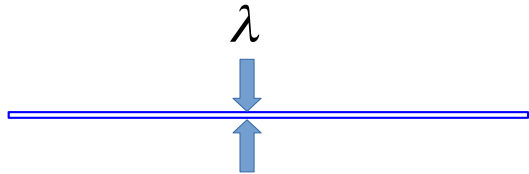
$$\alpha = \cos \theta_x$$

Obs. 2D \rightarrow : $\theta_x = \frac{\pi}{2} - \theta$ $\alpha_{n=1} = \sin \theta_{n=1} \approx \theta_{n=1}$



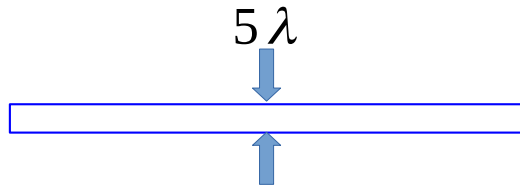
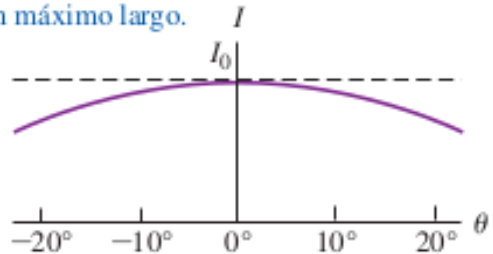
Larguras de fenda diferentes

$$\Delta \theta \approx \frac{\lambda}{d}$$



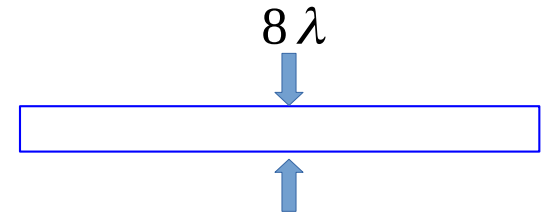
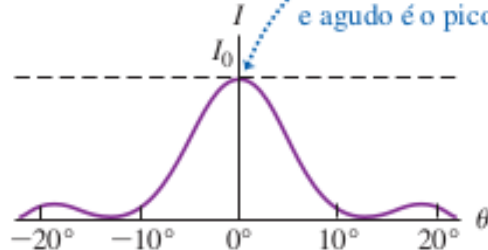
(a) $a = \lambda$

Se a largura da fenda é igual ao comprimento de onda ou menor que ele, forma-se apenas um máximo largo.

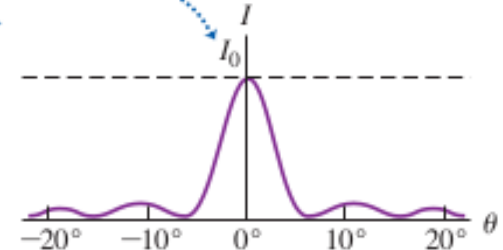


(b) $a = 5\lambda$

Quanto mais larga a fenda (ou menor o comprimento de onda), mais estreito e agudo é o pico central.



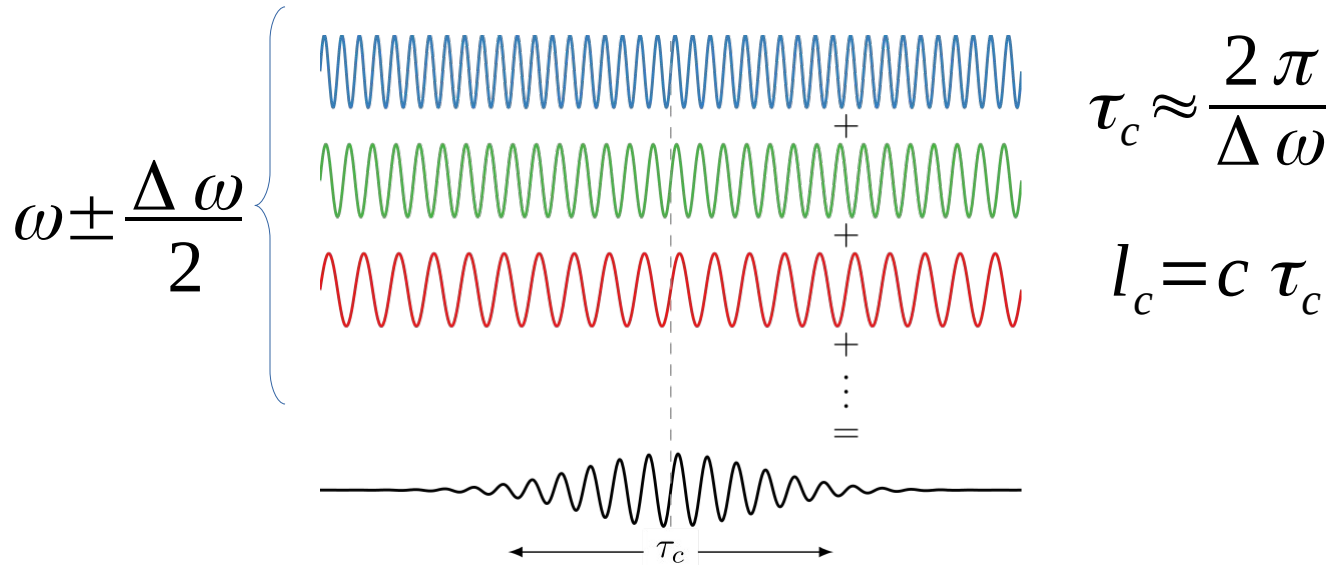
(c) $a = 8\lambda$



Coerência

- Correlação temporal-espacial

M.N. v.4 cap. 3.6
Hecht Cap. 12



Decaimento atômico:
 $\tau \approx 10^{-9}$ a 10^{-8} s

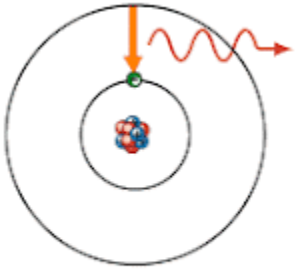
$$l_c \leq 1 - 2 \text{ m}$$

LASER:

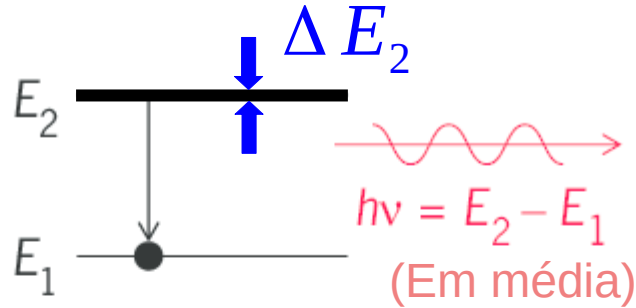
$$l_c \approx 10^6 \text{ m}$$

Átomo decaindo

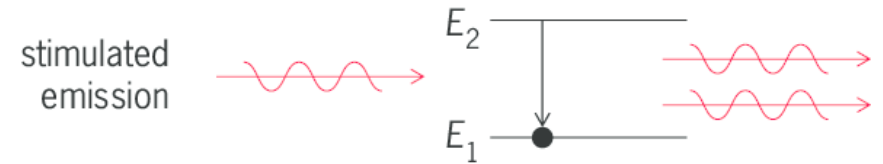
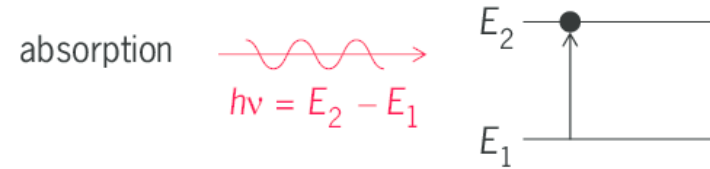
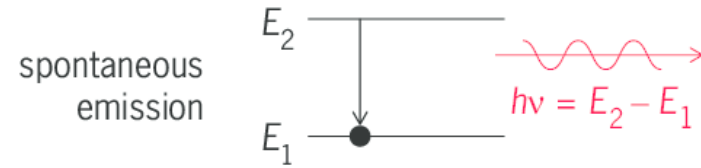
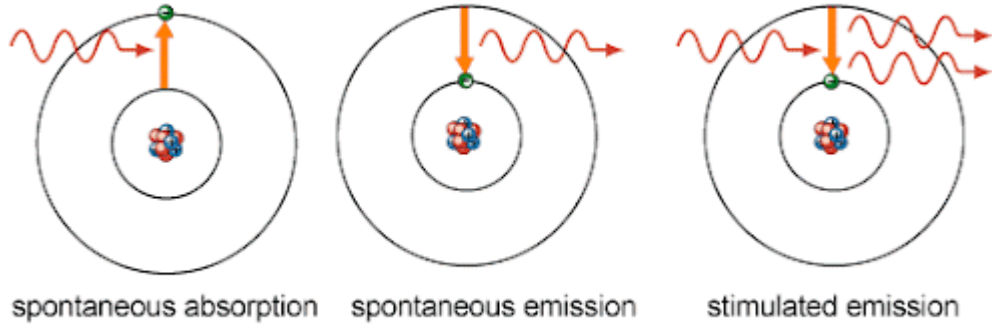
- Decaimento ocorre numa certa escala de tempo τ
- Nível tem uma certa largura correspondente $\Delta E = \hbar \Delta \omega \approx \frac{h}{\tau}$



spontaneous
emission

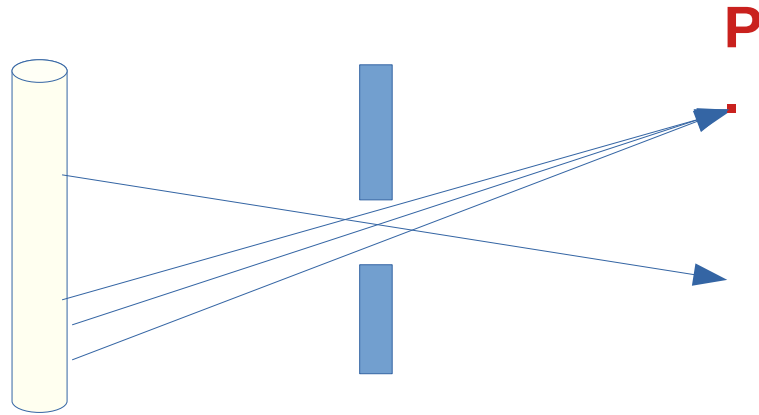


Emissão espontânea X estimulada



Fonte incoerente (térmica)

- Pontos afastados mais que ~ 1 comprimento de onda são não correlacionados
- \rightarrow I total \sim Soma algébrica das intensidades



$$E(P) = \sum_{j=1}^N A e^{i\phi_j} e^{-i\omega t}$$

$$I = E E^*$$

ϕ_j Não correlacionadas
Termo de interferência com
média ~ 0 (N grande)