

Tomografía óptica usando la ecuación de transferencia radiativa independiente del tiempo

... o la difícil tarea de predecir fotones.

Alejandra Mendez

May 14, 2019

Instituto de Astronomía y Física del Espacio

1. Introducción
2. La ecuación de transferencia radiativa
3. Set-up experimental

Introducción

- Reconstrucción de la distribución espacial de las propiedades ópticas de materiales dispersivos

Tomografía óptica (OT)

- Reconstrucción de la distribución espacial de las propiedades ópticas de materiales dispersivos
- Medición de intensidades transmitidas y/o reflejadas en la superficie del material

Tomografía óptica (OT)

- Reconstrucción de la distribución espacial de las propiedades ópticas de materiales dispersivos
- Medición de intensidades transmitidas y/o reflejadas en la superficie del material
- IR cercano: $650\text{ nm} < \lambda < 900\text{ nm}$

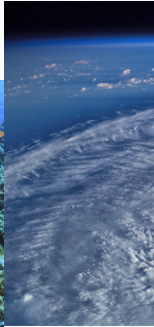
Tomografía óptica



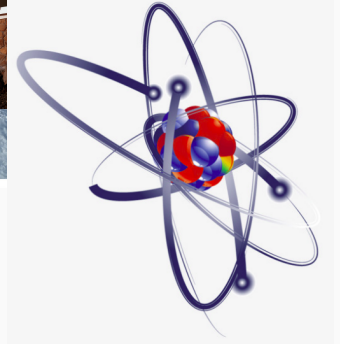
Tomografía óptica



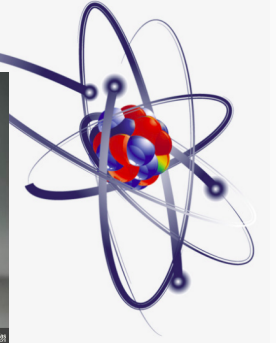
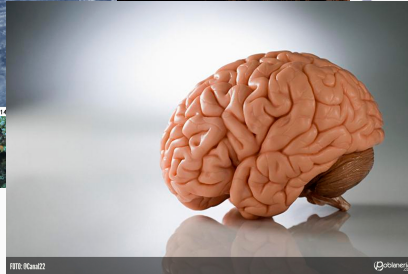
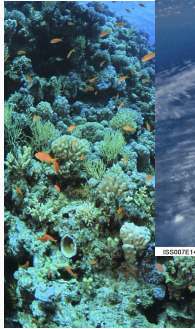
Tomografía óptica



Tomografía óptica



Tomografía óptica



La ecuación de transferencia radiativa

Transporte de fotones en medios dispersivos

Ecuación de transferencia radiativa independiente del tiempo:

$$\omega \nabla \Psi(\mathbf{r}, \omega) + (\mu_a + \mu_s) \Psi(\mathbf{r}, \omega) = S(\mathbf{r}, \omega) + \mu_s \int_0^{2\pi} p(\omega, \omega') \Psi(\mathbf{r}, \omega') d\omega'.$$

Transporte de fotones en medios dispersivos

Ecuación de transferencia radiativa independiente del tiempo:

$$\omega \nabla \Psi(\mathbf{r}, \omega) + (\mu_a + \mu_s) \Psi(\mathbf{r}, \omega) = S(\mathbf{r}, \omega) + \mu_s \int_0^{2\pi} p(\omega, \omega') \Psi(\mathbf{r}, \omega') d\omega'.$$



Radiancia [$\text{W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$]

Se define la fluencia (densidad de energía):

$$\Phi(\mathbf{r}) = \int_{2\pi} \Psi(\mathbf{r}, \omega) d\omega.$$

Transporte de fotones en medios dispersivos

Ecuación de transferencia radiativa independiente del tiempo:

$$\omega \nabla \Psi(\mathbf{r}, \omega) + (\mu_a + \mu_s) \Psi(\mathbf{r}, \omega) = S(\mathbf{r}, \omega) + \mu_s \int_0^{2\pi} p(\omega, \omega') \Psi(\mathbf{r}, \omega') d\omega'.$$

Coeficiente de absorción

Radiancia [$\text{W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$]

Se define la fluencia (densidad de energía):

$$\Phi(\mathbf{r}) = \int_{2\pi} \Psi(\mathbf{r}, \omega) d\omega.$$

Transporte de fotones en medios dispersivos

Ecuación de transferencia radiativa independiente del tiempo:

$$\omega \nabla \Psi(\mathbf{r}, \omega) + (\mu_a + \mu_s) \Psi(\mathbf{r}, \omega) = S(\mathbf{r}, \omega) + \mu_s \int_0^{2\pi} p(\omega, \omega') \Psi(\mathbf{r}, \omega') d\omega'.$$

Coeficiente de absorción

Radiancia [$\text{W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$]

Coeficiente de dispersión

Se define la fluencia (densidad de energía):

$$\Phi(\mathbf{r}) = \int_{2\pi} \Psi(\mathbf{r}, \omega) d\omega.$$

Transporte de fotones en medios dispersivos

Ecuación de transferencia radiativa independiente del tiempo:

$$\omega \nabla \Psi(\mathbf{r}, \omega) + (\mu_a + \mu_s) \Psi(\mathbf{r}, \omega) = S(\mathbf{r}, \omega) + \mu_s \int_0^{2\pi} p(\omega, \omega') \Psi(\mathbf{r}, \omega') d\omega'.$$

Coeficiente de absorción

Radiancia [$\text{W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$]

Coeficiente de dispersión

Fase de dispersión:

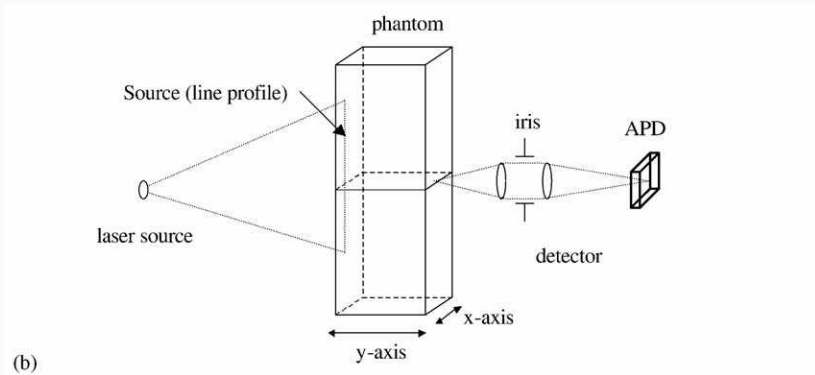
$$p(\cos \theta) = \frac{1-g^2}{2(1+g^2-2g \cos \theta)^{3/2}}$$

Se define la fluencia (densidad de energía):

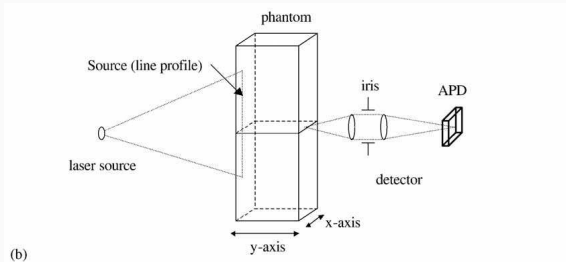
$$\Phi(\mathbf{r}) = \int_{2\pi} \Psi(\mathbf{r}, \omega) d\omega.$$

Set-up experimental

Set-up experimental

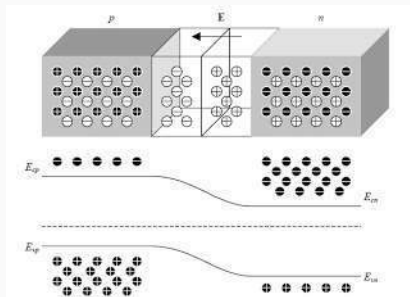


Set-up experimental

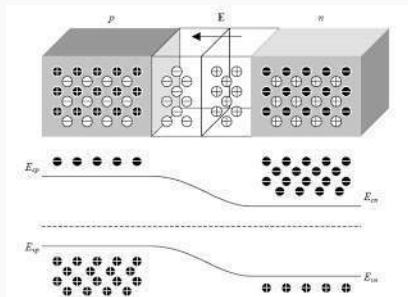


- Laser diodo de infrarrojo cercano a 678 nm.
- Generador de frecuencia provee una modulación sinusoidal para el láser de diodo con 1014 Hz.
- Phantom especialmente diseñados, con μ_s , μ_a y g conocidos, homogéneos y con estructuras internas.
- Fotodiodo de avalancha (APD)
- Amplificador lock-in para mejorar la tasa señal-ruido.

Fotodiodo de avalancha



Fotodiodo de avalancha



$$M = \frac{1}{1 - \int_0^L \alpha(x) dx}$$

Resultados deseados

