

Estudio de la absorción de dos fotones no degenerados en átomos de Cesio.

Michael Caracas*, Mayerlin Núñez

Laboratorio de Óptica Cuántica y Departamento de Física, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia

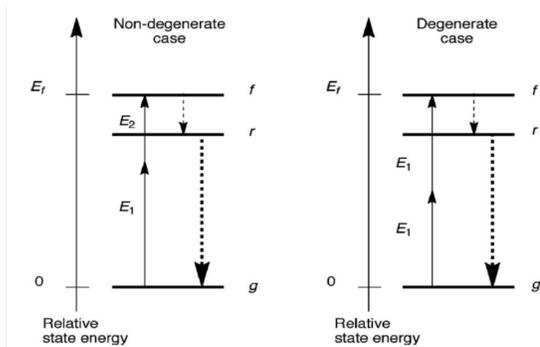
ms.caracas@uniandes.edu.co

Resumen

El presente trabajo es un estudio teórico de la sección eficaz de absorción de dos fotones (2PA) en átomos de Cesio, tanto para el caso de fotones degenerados como no degenerados.

Absorción de dos Fotones (2PA)

El 2PA es un proceso de interacción luz materia que consiste en que un átomo o molécula en un estado base de energía, al interactuar con radiación electromagnética (luz), absorbe dos fotones y transiciona a un estado excitado de energía. Este proceso se divide en dos tipos, el 2PA degenerado y el no degenerado: [1]



APLICACIONES 2PA:

- Sistemas de telecomunicación.
- Medidas de tiempo (relojes).
- Sistema de posicionamiento global (GPS).

Conclusiones

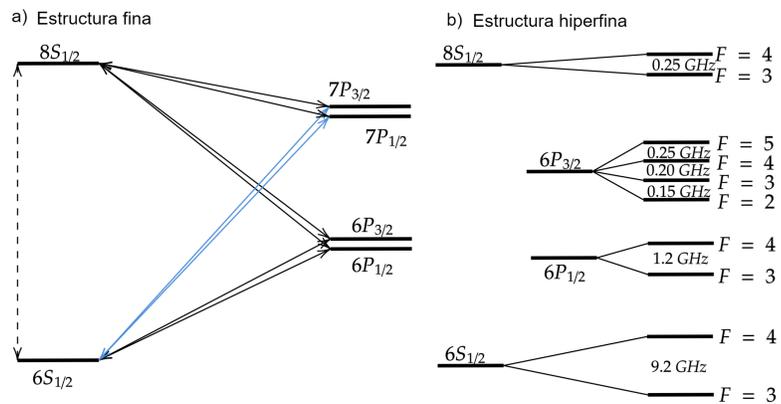
1. El cálculo de la probabilidad de transición para el caso del 2PA no degenerado revela un poco de la física que se esperaría observar comparándola con el caso degenerado.
2. Es importante analizar teóricamente el hecho de la no simultaneidad en el proceso de absorción de dos fotones.
3. Es necesario analizar las aproximaciones aplicadas para llegar al cálculo de la probabilidad de transición para comprender mejor los picos en la probabilidad y el orden de magnitud observado.
4. Una vez se comprenda mejor la probabilidad de transición para el 2PA no degenerado, se puede asumir el reto algebraico de intentar realizar el cálculo de la sección eficaz de absorción $\sigma^{(2)}$.
5. Sería interesante analizar el caso del 2PA no degenerado para polarizaciones distintas de los campos eléctricos.
6. Se puede plantear un montaje experimental en el que se implemente una fuente de pares de fotones no degenerados que permitan realizar el estudio del 2PA en átomos de Cesio.

Referencias

- [1] M. C. Rumi and J. W. Perry. Two-photon absorption: An overview of measurements and principles. *Advances in Optics and Photonics*, 2(4):451, 2010.
- [2] M. A. Gonzalez. Caracterización de absorción de dos fotones en átomos de cesio. *Tesis de Pregrado, Universidad de los Andes*, 2021.

Estructura del átomo de Cesio

La estructura atómica del Cesio en la actualidad está muy bien caracterizada y tiene la ventaja de ser un átomo alcalino, por lo que teóricamente se puede analizar de forma similar al átomo de hidrógeno. El Cesio cuenta con una estructura fina, cuyos niveles de energía y transiciones 2PA se pueden deducir a partir de la teoría de perturbaciones a segundo orden. También cuenta con una estructura hiperfina que es el desdoblamiento de los niveles de energía de la estructura fina:

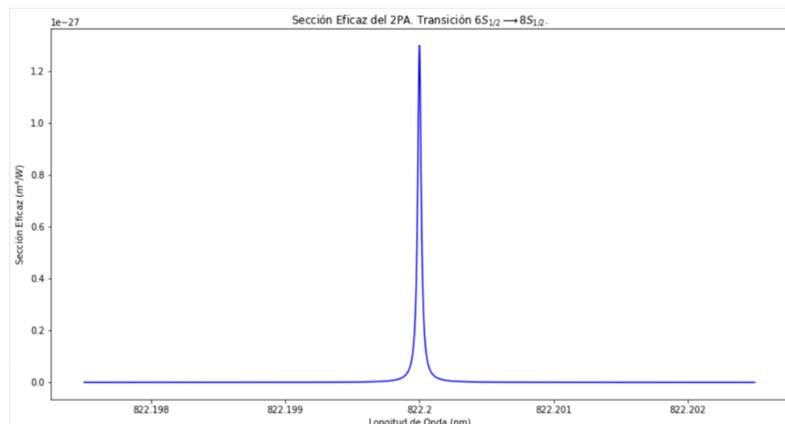


Sección eficaz del 2PA degenerado en átomos de Cesio

Mediante la teoría de perturbaciones dependiente del tiempo a segundo orden, se puede llegar a una expresión matemática de la sección eficaz $\sigma^{(2)}$ del 2PA para la transición $6S_{1/2} \rightarrow 8S_{1/2}$ [2]:

$$\sigma^{(2)} = \frac{\nu e^4 \mu_0}{\epsilon_0 h^3} \left[\frac{2\gamma_{8S_{1/2}, 6S_{1/2}}}{\gamma_{8S_{1/2}, 6S_{1/2}}^2 + (\nu_{8S_{1/2}, 6S_{1/2}} - 2\nu)^2} \right] \sum \frac{\mu_{ij}\mu_{jf}\mu_{fm}\mu_{mi}}{(\nu_{mi} - \nu)(\nu_{ji} - \nu_{int})} \rho_{ii}^{(0)}. \quad (1)$$

Gráficamente se puede visualizar $\sigma^{(2)}$ como se muestra en la siguiente figura:



Probabilidad de transición del 2PA no degenerado en átomos de Cesio

Para el 2PA no degenerado se aplica el mismo análisis teórico para el caso degenerado, solo que ahora se considera la superposición de dos campos eléctricos con la misma polarización y con frecuencias $\omega_1 = \frac{\omega_0}{2} + \Omega$ y $\omega_2 = \frac{\omega_0}{2} - \Omega$, y con esto se llega a la siguiente expresión matemática para la probabilidad de transición:

$$P(\Omega) = \left(\frac{eE_0}{2} \right)^4 \left(\sum_{m,j} \mu_{ij}\mu_{jf}\mu_{fm}\mu_{mi} \right) \left(\sum_m \frac{(\omega_{fm} - \frac{\omega_0}{2})^2 + \Omega^2}{[(\omega_{mi} - \frac{\omega_0}{2})^2 - \Omega^2][(\omega_{fm} - \frac{\omega_0}{2})^2 - \Omega^2]} \right). \quad (2)$$

Gráficamente esto corresponde a

