

Espectroscopia de Polarización en átomos de Cesio

Gabriel David Jiménez g.jimenez@uniandes.edu.co
Profesor asesor: Mayerlin Nuñez

Feria de Divulgación e Investigación 2023-1

Curso: Proyecto Teórico/Computacional

Resumen

La espectroscopia de polarización se base en una anisotropía que se genera en un medio cuando interactúa con luz polarizada. En este trabajo se estudian los aspectos teóricos mas relevantes para entender el proceso y la forma del espectro de polarización en átomos de Cesio.

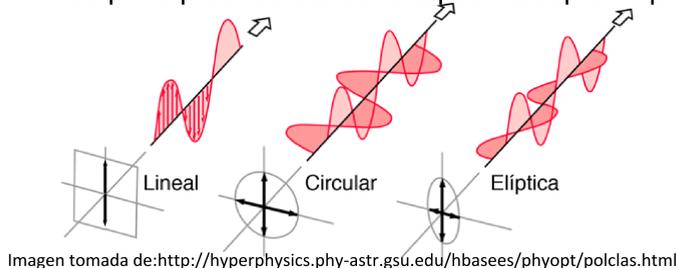
Motivación y Pregunta de Investigación

MOTIVACIÓN

- Entender la interacción de la luz polarizada con la materia.
- Identificar el fenómeno de anisotropía en un gas de átomos de Cesio.
- Comprender que señal se puede obtener mediante esta técnica y poder utilizarlo para estabilizar

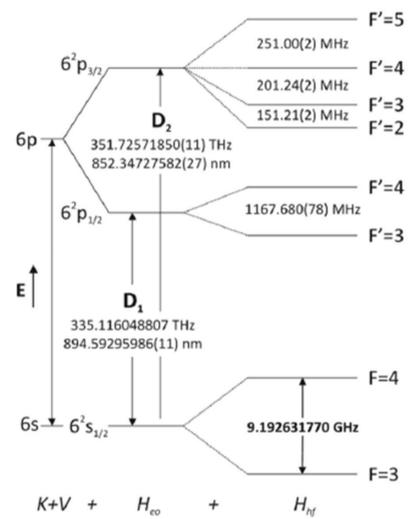
Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los principios básicos de la espectroscopia de polarización?

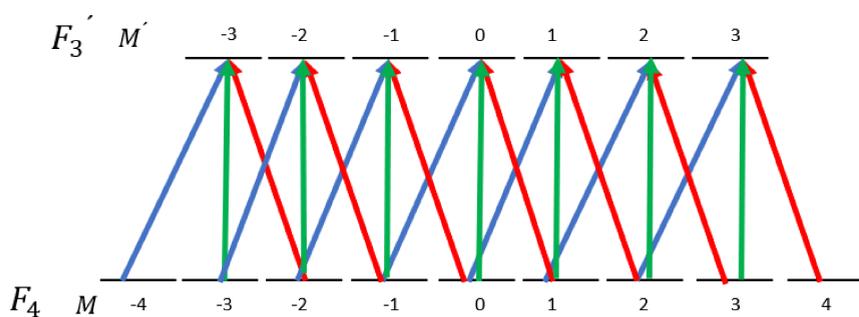


Cesio y estructura hiperfina

- El átomo de Cesio tiene un nuclear spin de $I=7/2$ en el cual se genera la estructura hiperfina. Especifico la transición D2 tiene cuatro posibles transición hiperfinas.



Optica Pumping



Las reglas de selección según la polarización cuando se mira la proyecciones del momento angular ΔM son las siguientes:

- Polarización circular derecha (σ^+): $\Delta M = +1$
- Polarización circular izquierda (σ^-): $\Delta M = -1$
- Polarización lineal diagonal (π): $\Delta M = 0$

Anisotropia y birrefringencia

- Para ver generar un medio anisotrópico se necesita utilizar un haz de luz con una polarización de σ^\pm



La polarización π se puede escribir como combinación lineal:

$$\pi = \frac{1}{2}(\sigma^+ + \sigma^-)$$

Entonces la luz absorbida se escribe:

$$E^{\sigma^+} = E_0 e^{-\frac{\alpha^+}{2}L} e^{i(\omega t - k^+L)} \hat{\sigma}^+$$

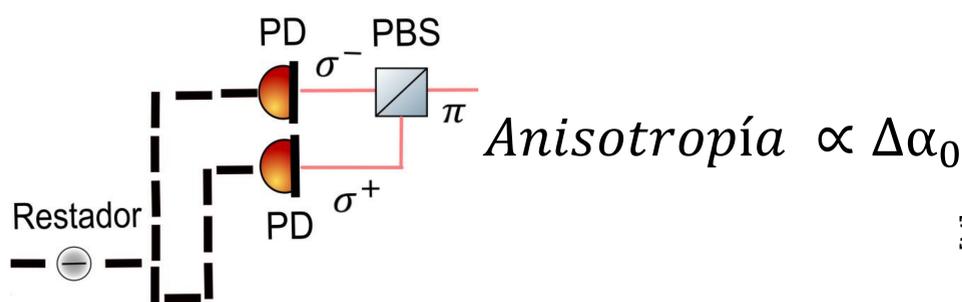
$$E^{\sigma^-} = E_0 e^{-\frac{\alpha^-}{2}L} e^{i(\omega t - k^-L)} \hat{\sigma}^-$$

Con una diferencia de amplitud de:

$$\Delta E = \frac{E_0}{2} \left(e^{-\frac{\alpha^+}{2}L} - e^{-\frac{\alpha^-}{2}L} \right)$$

Deteccion y simulacion de la señal

- Se utiliza un restador para poder comparar la intensidades de haz con polarización π :



- Se comparo la intensidad de la birrefringencia generada por la celda de Cesio.

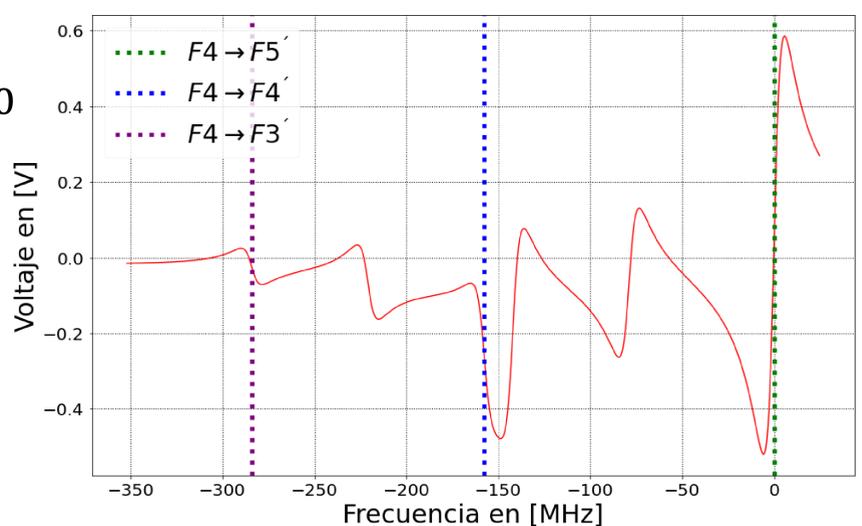
$$I_{señal} = I_{\sigma^+} - I_{\sigma^-}$$

- La resta de las intensidades se puede escribir como:

$$I_{señal} = I_0 e^{-\alpha L} \left(L \Delta\alpha_0 \frac{x}{1+x^2} \right) \quad x = \frac{\omega_0 - \omega}{\Gamma/2}$$

- Se logro simular la señal de espectroscopia de polarización con una valor de anisotropía diferente para cada transición.

Simulacion de la señal de Espectroscopia de polarización F4 → F5'



Conclusiones y Trabajo Futuro

- Se pudo entender los fenómenos mas importantes que ocurre cuando luz polarizada interactúa con la materia.
- La señal de espectroscopia de polarización se puede utilizar para estabilizar un laser en alguna de las transiciones hiperfinas del átomo de Cesio.
- Esta señal es sensible a campos magnéticos por lo tanto se puede utilizar para detectar campos magnéticos débiles.

Referencias

- Foot, C. J. Atomic physics (Oxford University Press, 2012).
- 5. Bustamante, M. Viabilidad de medir campos magnéticos externos mediante espectroscopia de polarización del átomo de Cesio (2022).
- 9. Steck, D. A. Cesium D Line Data <https://steck.us/alkalidata/cesiumnumbers.pdf>. Accessed: 2023-4-16.
- Nieto, M. Estabilización en frecuencia de láser centrado en transición atómica de la línea D2 del cesio (2020).
- 11. Schmidt, O., Knaak, K.-M., Wynands, R. y Meschede, D. Cesium saturation spectroscopy revisited: How to reverse
- Grimm, R. y Mlynek, J. The effect of resonant light pressure in saturation spectroscopy. en. Appl. Phys. B 49, 179-189 (sep. de 1989).
- Demtröder, W. Laser Spectroscopy 2: Experimental Techniques isbn: 9783662446416. <https://books.google.com.co/books?id=13gaBgAAQBAJ> (Springer Berlin Heidelberg, 2015).
- Yoshikawa, Y., Umeki, T., Mukae, T., Torii, Y. y Kuga, T. Frequency stabilization of a laser diode with use of light-induced birefringence in an atomic vapor. en. Appl. Opt. 42, 6645-6649 (nov. de 2003).
- Harris, M. L. et al. Polarization spectroscopy in rubidium and cesium. Phys. Rev. A 73 (jun. de 2006).
- Pearman, C. P. et al. Polarization spectroscopy of a closed atomic transition: applications to laser frequency locking. J. Phys. B At. Mol. Opt. Phys. 35, 5141-5151 (Dec. 2002).
- Wiemann, C. & Hansch, T. W. Doppler-Free Laser Polarization Spectroscopy. Phys. Rev. Lett. 36, 1170-1173. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.36.1170> (20 May 1976).