UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-093-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Átomos Rydberg en una cavidad óptica

Descripción general (resumen y metodología):

Los átomos de Rydberg se caracterizan por tener un electrón en un orbital muy excitado con un número cuántico principal n muy alto, lo que les otorga propiedades muy exageradas. Son átomos muy débilmente ligados, porque sus energías de ligadura decrecen como $n^{-2,}$ muy grandes cuyo radio orbital aumenta como n^2, pero muy estables porque la vida media varía como n^3 y n^5 para estados con momento angular orbital l=0 y l=n-1, respectivamente. Además, su momento dipolar eléctrico aumenta como n^2 y su polarizabilidad como n^4, es decir, estos átomos son muy sensibles a campos electromagnéticos facilitando su manipulación y control en el laboratorio. Los estados Rydberg de átomos alcalinos, se pueden describir teóricamente de forma similar al átomo de Rydberg hidrogenoide, ya que el electrón de valencia orbita el core atómico de carga +e, y solo si tiene un momento angular orbital l<4, su función de onda se ve afectada por la estructura electrónica de dicho core.

Debido a sus momentos dipolares tan altos, estos átomos interaccionan con la radiación electromagnética de una cavidad óptica en un régimen de acoplamiento fuerte. En la cavidad óptica la luz está atrapada, así la interacción entre átomos y fotones se repite en muchas ocasiones creando un efecto de ampliación. Estos sistemas cuánticos tienen aplicaciones en tecnologías cuánticas tales como la computación y sensores cuánticos. El formalismo de Jaynes-Cummings permite describir la interacción entre dos niveles del átomo Rydberg y un único modo cuantizado del campo electromagnético de la cavidad. En este Trabajo Fin de Grado se va a considerar un átomo Rydberg en una cavidad óptica, con el objetivo de estudiar cómo se ven afectadas las propiedades más importantes del átomo en los diferentes regímenes de acoplamiento.

Tipología: Trabajos experimentales, de toma de datos de campo o de laboratorio.

Objetivos planteados:

- Estudiar las propiedades de los átomos Rydberg.
- Estudiar el modelo de Jaynes-Cummings.
- Entender la interacción entre el átomo Rydberg y el campo eléctrico de una cavidad óptica.
- Derivar el Hamiltoniano que caracteriza el sistema el átomo Rydberg en una cavidad óptica.
- Resolver la ecuación de Schrödinger asociada a ese Hamiltoniano.
- Discusión y análisis de los resultados.

Bibliografía básica:

B.H. Bransden and C.J. Joachain, The physics of atoms and molecules, (Longman, 1993).
T. Gallagher, Rydberg Atoms (Cambridge University Press, Cambridge, 1994).

S. Haroche and J.M. Raimond Exploring the Quantum: Atoms, Cavities, and Photons. (Oxford University Press, 2006).
K. A. Yasir and W-M. Liu, Rydberg Atoms in Cavity, (Springer Nature, Singapore 2026).
J. D. Massayuki Kondo et al, Multiphoton-dressed Rydberg excitations in a microwave cavity with ultracold Rb atoms, Phys. Rev. A 110, L061301 (2024).
M. Saffman, T. G. Walker, and K. Mølmer, Quantum information with Rydberg atoms. Reviews of Modern Physics, 82, 2313, (2010).

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: MARÍA ROSARIO GONZÁLEZ FÉREZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

Correo electrónico: rogonzal@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: DAVID PIRIS DE FRANCISCO

Correo electrónico: dpirisd02@correo.ugr.es