UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2024/2025

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-057-2024/2025

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Enfriamiento Doppler y detección no destructiva utilizando resonadores de cuarzo.

Descripción general (resumen y metodología):

Los resonadores de cuarzo se han propuesto y demostrado en el Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres de la Universidad de Granada para la detección de corrientes inducidas por iones atrapados [1,2], ofreciendo una funcionalidad que no ofrecen las bobinas superconductoras [3], consistente en la posibilidad de detectar iones en condiciones de no equilibrio [4]. Sin embargo, aún no ha sido posible reducir la sensibilidad hasta llegar a detectar un solo ion, lo que requiere de desarrollos para mejorar las condiciones del ion atrapado, como por ejemplo reducir la energía/temperatura de éstos. En 2022 se consiguieron formar cristales de Coulomb de iones en la trampa Penning del laboratorio utilizando láseres [5], abriendo la posibilidad de estudiar la interacción de estos cristales (iones enfriados) con el oscilador a temperatura ambiente.

Metodología:

1. Conocimiento de las trampas de iones. Tecnología asociada y elementos necesarios para su funcionamiento: fuentes de iones, láseres y detección de fotones.
2. Bibliografía del grupo de investigación en los aspectos relacionados con la detección electrónica y resonante.
3. Comparativa de bobinas superconductoras y resonadores de cuarzo.
4. Conocimiento del programa experimental con trampas Penning e importancia del trabajo a realizar.
5. Introducción al sistema de control ARTIQ y al análisis de datos.
6. Toma de medidas y análisis de datos.

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

Objetivos planteados:

Este trabajo de fin de Grado consiste en estudiar la interacción de iones enfriados tanto formando una nube gaseosa como formando un cristal de Coulomb, con osciladores de cuarzo montados en circuitos diseñados y construidos por el grupo de la Universidad de Granada en colaboración con otro grupo de la Universidad de Mainz y una empresa local. Para poder estudiar la interacción se utilizarán iones de calcio producidos por una fuente externa al campo magnético del imán. Se transportan hasta la trampa donde se confinan e interaccionan con los láseres para enfriamiento Doppler [5]. Después del diagnóstico, los iones interaccionan con el cristal de cuarzo y se observa la señal con un osciloscopio de alta frecuencia de muestreo. Para que se produzca la interacción resonante, la trampa debe de ajustarse para que la frecuencia de oscilación de uno de los movimientos del ion sea la frecuencia de resonancia del oscilador. Para el análisis de los resultados se utilizarán programas realizados en el marco de un trabajo de fin de máster [6]. Los experimentos se llevarán a cabo con un imán superconductor libre de helio y nitrógeno líquido.

Bibliografía básica:

1. **A quartz amplifier for high-sensitivity Fourier-transform ion-cyclotron-resonance measurements with trapped ions**, S. Lohse, J. Berrocal, M. Block, S. Chenmarev, J. M.

Cornejo, J. G. Ramírez, and D. Rodríguez. Review of Scientific Instruments 90, 063202 (2019)

2. **Quartz resonators for penning traps toward mass spectrometry on the heaviest ions**, S. Lohse, J. Berrocal, S. Böhland, J. van de Laar, M. Block, S. Chenmarev, Ch. E. Düllmann, Sz. Nagy, J. G. Ramírez, and D. Rodríguez, Review of Scientific Instruments 91 093202 (2020).
3. **The quality factor of a superconducting rf resonator in a magnetic field**, S. Ulmer, H. Kracke, K. Blaum, S. Kreim, A. Mooser, W. Quint, C. C. Rodegheri, and J. Walz, Review of Scientific Instruments 80, 123302 (2009).
4. **Non-equilibrium coupling of a quartz resonator to ions for Penning-trap fast resonant detection**, J. Berrocal, S. Lohse, F. Domínguez, M. J. Gutiérrez, F. J. Fernández, M. Block, J. J García-Ripoll and D. Rodríguez, Quantum Science and Technology. 6 044002 (2021).
5. **Formation of two-ion crystals by injection from a Paul-trap source into a high-magnetic-field Penning trap**, J. Berrocal, E. Altozano, F. Domínguez, M. J. Gutiérrez, J. Cerrillo, F. J. Fernández, M. Block, C. Ospelkaus, and D. Rodríguez. Physical Review A 105, 052603 (2022)
6. **Estudio de resonadores de cuarzo para experimentos con trampas Penning**, Emilio Altozano Ruiz, Trabajo de Fin de máster, Universidad de Granada, 2021.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: DANIEL RODRÍGUEZ RUBIALES

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

Correo electrónico: danielrodriguez@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: JUAN LIÑAN CONTRERAS

Correo electrónico: juanlico@correo.ugr.es