



Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

Tutor/a: Daniel Rodríguez Rubiales
Departamento y Área de Conocimiento: Física Atómica, Molecular y Nuclear
Correo electrónico: danielrodriguez@ugr.es

Cotutor/a:
Departamento y Área de Conocimiento:
Correo electrónico:

Título del Trabajo: Diseño conceptual para la implementación de una trampa Penning criogénica (4 K) en un imán superconductor sostenible para experimentos con un oscilador cuántico

| | | | | | |
|--|-----------------|---------------------------------------|---|---|--|
| Tipología del Trabajo: (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14) | (Marcar con X) | 1. Revisión bibliográfica | | 4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio | |
| | | 2. Estudio de casos teórico-prácticos | | 5. Elaboración de un proyecto | |
| | | 3. Trabajos experimentales | X | 6. Trabajo relacionado con prácticas externas | |

Breve descripción del trabajo: Desde 2012, uno de los objetivos del Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres de la Universidad de Granada [1] ha sido la mejora en la sensibilidad de detección de iones individuales en una trampa Penning, con el fin de determinados experimentos con mayor precisión y exactitud. Dos han sido los métodos seguidos: i) el método de detección electrónica (convencional), pero ahora de forma novedosa utilizando resonadores de cuarzo en lugar de bobinas superconductoras [2,3], y ii) el método de detección óptica, a partir de una transición interna de un ion enfriado con láser, considerando que el ion es un oscilador armónico en el régimen cuántico [4,5]. Con este último método se han conseguido resultados con una trampa Penning con geometría abierta, trampa descrita en la Ref. [6] a 300 K en el régimen Doppler. Para llevar a cabo medidas de naturaleza cuántica, se debe aumentar el tiempo de permanencia de los iones en la trampa, mejorando el vacío alcanzado a 300 K. Entre diciembre de 2022 y febrero de 2023, se ha sustituido el imán superconductor de 7 tesla por otro imán, sostenible, que funciona sin helio ni nitrógeno líquido, y se está construyendo en un laboratorio auxiliar una trampa que funciona a temperatura criogénica (4 K), que se desea instalar a medio plazo junto a la trampa existente en el laboratorio (actualmente a 300 K).

Objetivos planteados: Este trabajo de fin de Grado consiste en realizar el diseño conceptual para implementar el conjunto de trampa criogénica más estructura de enfriamiento a 4 K, en la línea de trampas Penning del Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres. Se estudiarán aspectos como la inyección de iones en dicha trampa, el transporte de éstos hacia la otra trampa Penning, el posicionamiento de los centros de dichas trampas a lo largo de la zona de mayor homogeneidad del campo magnético del imán superconductor sostenible. Se utilizará el paquete de simulación de trayectorias de iones en campos electromagnética SIMION, el programa de simulación de sistemas de vacío MOLFLOW+ y se formará al estudiante en las medidas de frecuencias propias de un ion en una trampa Penning, participando en medidas experimentales seleccionadas. Se pretende también estudiar la posible conexión eléctrica entre trampas y el uso potencial de resonadores de cuarzo para mejorar la señal-ruido.

Metodología:

1. Conocimiento de las trampas de iones. Tecnología asociada y elementos necesarios para su funcionamiento.
2. Bibliografía del grupo de investigación en los aspectos relacionados con la detección electrónica y resonante.
3. Conocimiento del programa experimental con trampas Penning e importancia del trabajo a realizar.



4. Conocimiento del funcionamiento de los sistemas de cabezas frías y revisión de los resultados de pruebas de la trampa criogénica en laboratorio auxiliar conseguidos hasta la fecha.
5. Aprendizaje de los paquete de simulación SIMION y MOLFLOW+
6. Aprendizaje de AUTOCAD.

Bibliografía:

- [1]. <http://trapsensor.ugr.es>
- [2]. **Quartz resonators for penning traps toward mass spectrometry on the heaviest ions**, S. Lohse, J. Berrocal, S. Böhländ, J. van de Laar, M. Block, S. Chenmarev, Ch. E. Düllmann, Sz. Nagy, J. G. Ramírez, and D. Rodríguez, [Review of Scientific Instruments 91 \(2020\) 093202](#).
- [3]. **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 \(2021\) 044002](#).
- [4]. **Dynamics of an unbalanced two-ion crystal in a Penning trap for application in optical mass spectrometry**, M. J. Gutiérrez, J. Berrocal, F. Domínguez, I. Arrazola, M. Block, E. Solano, and D. Rodríguez, [Physical Review A 100 \(2019\) 063415](#).
- [5]. **Motional quantum metrology in a Penning trap**, J. Cerrillo and D. Rodríguez, [Europhysics Letters-Perspective 134 \(2021\) 38001](#).
- [6]. **The TRAPSENSOR facility: an open-ring 7 tesla Penning trap for laser-based precision experiments**, M. J. Gutiérrez, J. Berrocal, J. M. Cornejo, F. Domínguez, J. J. Del Pozo, I. Arrazola, J. Bañuelos, P. Escobedo, O. Kaleja, L. Lamata, R. A. Rica, S. Schmidt, M. Block, E. Solano and D. Rodríguez, [New Journal of Physics 2 \(2019\) 023023](#).

A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG

Alumno/a propuesto/a:

Granada, 21 de mayo de 2023

Sello del Departamento