



## 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:**

**Cotutor/a:**

**Departamento y Área de Conocimiento:**

**Correo electrónico:**

**Título del Trabajo:** Estudio del sistema híbrido formado por iones atrapados y resonadores de cuarzo

**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:** este trabajo de fin de grado se centrará en el estudio del acoplamiento de iones atrapados a un cristal de cuarzo y su modelización como un sistema de osciladores acoplados en el régimen cuántico, siguiendo trabajos previos del grupo de Trampas de Iones y Láseres de la Universidad de Granada [1-4]. Este trabajo ha permitido desarrollar programas de análisis en Mathematica para los resultados experimentales obtenidos en el Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres de la Universidad de Granada con el sistema de Trampas Penning [5]. El trabajo tiene dos componentes, una relacionada con el análisis de datos, que concierne a los programas de análisis, para extender su aplicación a un rango amplio de frecuencias de oscilación de los iones y otra experimental que consistirá en la comparación de dos amplificadores basados en distinta tecnología y que se utilizan con los cristales de cuarzo. Este sistema híbrido no ha sido explotado en el marco de las tecnologías cuánticas [6].

**Objetivos planteados:** el objetivo fundamental de este trabajo es la iniciación del/a alumno/a en programas de análisis de datos experimentales utilizando un programa en Mathematica, basado en un modelo de osciladores acoplados en el régimen cuántico y su introducción a la física y tecnología asociadas a este tipo de experimentos. Los objetivos específicos se enumeran a continuación

1. Detección electrónica de iones atrapados. Limitaciones y rango de operación. Utilización de la técnica en trampas Penning y Paul.
2. Modelado de la detección y acceso al análisis con herramientas matemáticas.
3. Resonadores: bobinas superconductoras versus osciladores de cuarzo.
4. Tecnología de Si y AsGa para amplificación de la señal (junto con el resonador).
5. Iniciación a las medidas experimentales de caracterización de amplificadores y con iones atrapados.

**Metodología:**

1. Conocimiento de las trampas de iones. Tecnología asociada y elementos necesarios para su funcionamiento.
2. Bibliografía asociada a la detección electrónica.
3. Conocimiento del paquete informático Mathematica y adecuación al problema planteado.
4. Conocimientos básicos de circuitos electrónicos empleados.
5. Conocimiento del sistema de adquisición para caracterización de amplificadores y medidas con iones atrapados y medidas experimentales.

**Bibliografía:**

[1] <http://trapsensor.ugr.es>



- [2] 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, [Quartz resonators for penning traps toward mass spectrometry on the heaviest ions](#), *Rev. Sci. Instrum.* 91, 093202 (2020).
- [3] J. Berrocal, S. Lohse, F. Domínguez, M. J. Gutiérrez, F. J. Fernández, M. Block, J. J. García-Ripoll and D. Rodríguez, [Non-equilibrium coupling of a quartz resonator to ions for Penning-trap fast resonant detection](#) *Quantum Sci. Technol.* 6, 044002 (2021).
- [4] E. Altozano, *Estudio de resonadores de cuarzo para experimentos con trampas Penning*, Trabajo de fin de máster, Universidad de Granada, 2021.
- [5] 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 [The TRAPSENSOR facility: an open-ring 7 tesla Penning trap for laser-based precision experiments](#), *New J. Phys.* 21, 023023 (2019).
- [6] S. Kotler, R. W. Simmonds, D. Leibfried, and D. J. Wineland, [Hybrid quantum systems with trapped charged particles](#), *Phys. Rev. A* 95, 022327 (2017).

**A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG**  
Alumno/a propuesto/a:

Granada, 19 de Mayo 2022

Sello del Departamento