



## 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:** Enfriamiento de iones a través de colisiones con iones de  $^{40}\text{Ca}^+$  enfriados con láser.

**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:** En la actualidad existen dos plataformas en el Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres de la Universidad de Granada donde se enfrían iones individuales hasta el límite Doppler: i) una trampa de Paul lineal y ii) una trampa Penning de 7 tesla. En los dos casos se pueden observar cadenas de iones (cristales) e iones individuales, siendo el  $^{40}\text{Ca}^+$  la especie iónica que se enfría con láser. En este trabajo se pretende extender el enfriamiento a otras especies iónicas a las que no se puede acceder directamente con láseres, por medio de la interacción de Coulomb que dicho/s ion/es tienen con un ion o iones de  $^{40}\text{Ca}^+$ . Con esto se pretende poder hacer experimentos sobre la otra especie iónica en condiciones óptimas, ya que, al enfriar el ion, este se mueve con amplitudes muy pequeñas y es menos susceptible a efectos que pueden influir en la exactitud de la medida de alguna propiedad fundamental o de sus frecuencias de movimiento. En este TFG el objetivo es la inyección de iones de especies distintas al calcio en una de las trampas de laboratorio. En dicha trampa hay confinados iones de  $^{40}\text{Ca}^+$  enfriados con láser que enfriarán los nuevos iones atrapado. Estos iones se producirán por desorción láser y se confinarán en una estructura de radiofrecuencia actualmente en fase de pruebas. Inicialmente se trabajará en el transporte y captura de los iones y la visualización de las estructuras cristalinas de iones solo de  $^{40}\text{Ca}^+$  y de estructuras formadas por las dos especies.

**Objetivos planteados:**

1. Conocer el proceso de enfriamiento Doppler de iones con láseres y las diferencias de estos procesos en distintas trampas de iones.
2. Conocer el funcionamiento de cámaras EMCCD y sCMOS para las medidas de fluorescencia de iones.
3. Estudio del mecanismo de enfriamiento de iones por colisiones con otros iones enfriados por láseres.
4. Simulaciones con SIMION del transporte de iones, producidos por ablación láser hasta la trampa Penning.
5. Implementación de la secuencia temporal para el enfriamiento de  $^{40}\text{Ca}^+$ , producción, transporte y atrapamiento en la trampa de medida de la especie a estudiar.
6. Estudio experimental del enfriamiento simpatético (por colisiones).

**Metodología:**

1. Inicialmente se introducirá al/la alumno/a en las trampas de iones y se darán nociones de los mecanismos de producción de radiación láser, así como el proceso de enfriamiento Doppler y la visualización de los fotones de fluorescencia emitidos en dicho proceso.



2. *Estudiará em más profundidad el mecanismo de enfriamiento de iones por colisiones con otros iones enfriados por láseres.*
3. *Aprenderá también el funcionamiento de una estructura de radiofrecuencia operando como buncher para la generación de paquetes de iones en condiciones que puedan atraparse con alta eficiencia en otra trampa.*
4. *El/la alumno/a aprenderá el paquete informático SIMION de simulaciones de trayectorias de iones en campos electromagnéticos. Con dicho paquete realizará simulaciones para el transporte de iones en la línea de vacío de las trampas Penning, que incluye también la secuencia temporal del experimento.*
5. *Finalmente participará en las medidas realizadas en el laboratorio para visualizar el enfriamiento llamado simpatético y estudiar a partir de las imágenes obtenidas algunos parámetros del cristal formado en vacío.*

**Bibliografía:**

1. *J.M. Cornejo, A. Lorenzo, D. Renisch, M. Block, Ch. Düllmann, and D. Rodríguez. "Status of the Project TRAPSENSOR: Performance of the laser-desorption ion source" **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B** 317, 522-527 (2013).*
2. *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 Journal of Physics** 21, 023023 (2019).*
3. *M. J. Gutiérrez, J. Berrocal, F. Domínguez, I. Arrazola, M. Block, E. Solano, and D. Rodríguez. "Dynamics of an unbalanced two-ion crystal in a Penning trap for application in optical mass spectrometry" **Physical Review A** 100, 063415 (2019).*
4. *M Guggemos, D Heinrich, O A Herrera-Sancho, R Blatt1 and C F Roos. Sympathetic cooling and detection of a hot trapped ion by a cold one **New Journal of Physics** 17, 103001(2015)*

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

Alumno/a propuesto/a:

Granada, 18 de mayo

2021

Sello del Departamento