



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

**Tutor/a:** Daniel Rodríguez Rubiales

**Departamento y Área de Conocimiento:** Física Atómica, Molecular y Nuclear

**Cotutor/a:**

**Departamento y Área de Conocimiento:**

**Título del Trabajo:** Mejoras para experimentos con un ion atrapado y enfriado utilizando un ion de calcio enfriado con láser en el régimen 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:** En el Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres de la Universidad de Granada, se llevan a cabo en la actualidad dos experimentos, uno de ellos con una trampa de Paul lineal y otro con una trampa Penning de 7 tesla. En el primer experimento se ha observado un ion individual y cadenas de varios iones y se han implementado mejoras en la calidad de la imagen para detección de fotones de fluorescencia en el proceso de enfriamiento Doppler antes de acceder a la transición reloj del ion  $^{40}\text{Ca}^+$ . En los próximos meses se espera poder acceder a dicha transición reloj con un láser de 729 nm emitiendo con una anchura de línea de 2 Hz. Respecto a las trampas Penning se están optimizando los parámetros de enfriamiento y se espera poder aislar un solo ion de  $^{40}\text{Ca}^+$  en breve. En este contexto, serán necesarias mejoras de forma secuencial para aumentar las prestaciones y la universalidad de este segundo experimento y es el contexto donde se desarrollará este trabajo de fin de grado. Particularmente se trabajará en aspectos instrumentales necesarios para la conexión de dos iones distintos (empezando con el par  $^{40}\text{Ca}^+$  y  $^{48}\text{Ca}^+$ ) en la misma trampa Penning de 7 tesla de forma que pueda establecerse un protocolo de lectura de propiedades del ion de  $^{48}\text{Ca}^+$  utilizando la transición reloj del ion  $^{40}\text{Ca}^+$ . Se trabajará en la optimización de la producción y de la captura del ion  $^{40}\text{Ca}^+$  y de cualquier otra especie iónica, de forma que ambas especies estén simultáneamente en la trampa. Esto permitirá estudiar fenómenos basados en espectroscopia de precisión siempre midiendo con la transición reloj del  $^{40}\text{Ca}^+$ .

**Objetivos planteados:**

- Conocer los procesos de enfriamiento de iones con láseres y las diferencias de estos procesos en una trampa de Paul y en una trampa Penning.
- Conocer sistemas de detección de fotones de fluorescencia y características de los sistemas láseres para enfriamiento Doppler y sideband.
- Estudio comparativo de mecanismos de producción de iones: ionización resonante, ablación láser y colisión por electrones.
- Diseño e implementación del mecanismo de acoplamiento de una fuente de iones por ablación láser (la fuente ya existe en el laboratorio) a la trampa Penning.
- Primer experimento con dos especies iónicas distintas, empezando con el par  $^{48}\text{Ca}^+$ -  $^{40}\text{Ca}^+$  (la generación de este par ya se ha llevado a cabo en la trampa por fotoionización).



**Metodología:**

1. La alumna comenzará inicialmente con la física asociada a trampa de iones y enfriamiento por láser, participando en tutoriales que se llevarán a cabo en el Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres.
2. Familiarización con los sistemas de producción de radiación láser y reducción de anchura de línea.
3. Estudios de los procesos de producción de iones. Actualmente se utiliza la ionización resonante (fotoionización), pero se comparará la producción con la ionización por colisión con electrones y la ablación láser, mecanismos ambos utilizados en el laboratorio. Para ello se utilizará una trampa de Paul tridimensional en la línea de trampas Penning.
4. Diseño e implementación utilizando AUTOCAD y SIMION del sistema que permitirá acoplar la fuente de producción por ablación láser a la trampa Penning de 7 tesla.
5. Realizar los primeros experimentos de enfriamiento simpatético de la segunda especie iónica, utilizando el par  $^{40}\text{Ca}^+$  y  $^{48}\text{Ca}^+$  con nubes de iones y reduciendo hasta sólo un cristal híbrido de dos iones.

**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. Carlos Vivo, Estudio de una fuente de iones de superficie en el marco del proyecto TRAPSENSOR y primeros resultados de enfriamiento por láser (laser cooling) de iones de  $^{40}\text{Ca}^+$ , **Trabajo fin de máster (2014)**.
3. Jaime Doménech, Producción de iones de  $^{40}\text{Ca}^+$  por el método de fotoionización y estudio de su utilización en el proyecto TRAPSENSOR, **Trabajo fin de máster (2015)**.
4. 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).
5. 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).

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

Alumno/a propuesto/a: M<sup>a</sup> Teresa López Carrasco

Granada, 7 de junio 2020