



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: Operaciones básicas con un bit cuántico construido a partir de un ion atrapado

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 se centrará en el estudio de un bit cuántico (qubit) generado partir del estado fundamental y un estado excitado del electrón más externo en un ion de $^{40}\text{Ca}^+$ [1], estados que definirán respectivamente, el cero y el uno. El trabajo es de tipo instrumental incluyendo medidas, análisis de datos e interpretación de resultados. Para ello se dispone de una infraestructura científico (Laboratorio de Trampas de Iones de la Universidad de Granada) y de financiación a través de proyectos de investigación que tienen como objetivo hacer experimentos multidisciplinares en el marco de las Tecnologías Cuánticas. El Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres está nominado como Laboratorio Singular en Tecnologías Avanzadas de la Universidad de Granada desde 2017 [2] y tiene dos plataformas: una trampa Paul [3,4] y una trampa Penning [5,6]. En ambas se puede conseguir un ion atrapado y cuentan con el equipo láser necesario para acceder a la transición que permite generar el qubit. Este trabajo además es útil para una práctica de laboratorio propuesta en un curso del máster interuniversitario en Tecnologías Cuánticas que se está coordinando desde el CSIC. Se pretende que en el curso de este trabajo el alumno adquiera también conocimientos básicos generales de estas tecnologías.

Objetivos planteados: el objetivo fundamental de este trabajo es la iniciación del alumno en una de las plataformas experimentales más extendidas en el campo de las tecnologías cuánticas (iones atrapados) y su conocimiento de los equipos asociados. Los objetivos específicos planteados se enumeran a continuación:

1. Enfriamiento de un ion atrapado hasta el estado cero del pozo de potencial en la trampa.
2. Medida de la probabilidad de ocupación del estado fundamental.
3. Medida de la frecuencia de Rabi de un ion atrapado para distintas condiciones del láser con el que se accede a la transición del qubit. Determinación del tiempo de coherencia
4. Diseño de operaciones básicas con un el qubit, como preparación de estados de Fock.
5. Generación de estados coherentes y su lectura.

Metodología:

1. Conocimiento de las trampas de iones y de los equipos láseres. Tecnología asociada y elementos necesarios para las medidas a llevar a cabo: sistemas de detección, control y adquisición. Incluye lectura de bibliografía básica y sesiones de aprendizaje en el laboratorio.
2. Planteamiento y discusión de las medidas a realizar.
3. Adaptación de la frecuencia del sistema láser de la transición a la frecuencia en cada uno de los experimentos. Implementación, si lo requiere de moduladores ópticos en configuración de doble paso.
4. Realización de las medidas planteadas en el orden de los objetivos 1-5.



Bibliografía:

- [1] D. Leibfried, R. Blatt, C. Monroe, and D. Wineland, [Quantum dynamics of single trapped ions](#), *Rev. Mod. Phys.* **75**, 281 (2013)
- [2] <http://trapsensor.ugr.es>
- [3] J. Berrocal, [Implementación de una trampa de Paul lineal para simulaciones del modelo cuántico de Rabi](#), Trabajo de fin de máster, Universidad de Granada, 2018.
- [4] F. Domínguez, J. Bañuelos, J. Berrocal, J.J. Del Pozo, M. Hernández, A. Carrasco-Sanz, J. Cerrillo, P. Escobedo-Araque and D. Rodríguez, *A frequency comb stabilized Ti:Sa laser as a self-reference for ion-trap experiments with a $^{40}\text{Ca}^+$ ion*. En proceso de revisión.
- [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] J. Berrocal, E. Altozano, F. Domínguez, M.J. Gutiérrez, J. Cerrillo, J. Fernández, M. Block, C. Ospelkaus and D. Rodríguez, [Formation of Two-Ion Crystals by Injection from a Paul-Trap Source into a High-Magnetic-Field Penning Trap](#). *Phys. Rev. A*, **105**, 052603 (2022).

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

Alumno/a propuesto/a: Daniel Montesinos Capacete

Granada, 14 de Mayo 2022

Sello del Departamento