



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: Práctica de laboratorio: Generación de un bit cuántico con 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	X
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: El Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres de la Universidad de Granada, se ha construido para realizar experimentos con un ion o un cristal de iones atrapados, en el régimen cuántico. Para ello se ha adquirido y se instalará presumiblemente en octubre de 2020 un sistema láser con una cavidad de alta fineza para emitir radiación láser con una anchura de línea del orden del hertzio y acceder a la llamada transición reloj del ion $^{40}\text{Ca}^+$. Esta transición óptica ($\lambda \sim 729$ nm) define los estados $|0\rangle$ y $|1\rangle$ que conforman lo que se conoce como bit cuántico, que es la combinación lineal de ambos estados $a|0\rangle + b|1\rangle$, tal que $|a|^2 + |b|^2 = 1$. Para conseguir valores específicos de a y b , se utiliza la radiación láser de forma que la potencia de la radiación y el tiempo que ésta se aplica condicionará dichos valores y lo que se conoce como frecuencia de Rabi. En este trabajo de fin de Grado se pretende que el experimento de la trampa lineal (linear Paul trap) que se lleva a cabo permita generar también una práctica de laboratorio consistente en implementar un bit cuántico y obtener los coeficientes a y b en función de la anchura temporal del pulso aplicado. La práctica de laboratorio consistirá en medir oscilaciones de Rabi para una potencia de láser determinada utilizando un ion atrapado y obtener la frecuencia de Rabi. Con el objetivo de poder realizar esta práctica en cursos de máster, también se elaborará un guion al respecto y videos didácticos de la preparación del experimento. Dependiendo de la evolución del trabajo se podría incluir de forma adicional la generación de un estado de Fock.

Objetivos planteados:

- Conocer los mecanismos de atrapamiento de un ion en una trampa lineal de radiofrecuencia (linear Paul trap) así como los mecanismos de enfriamiento Doppler y sideband que permitan llevar al ion en el pozo de potencial hasta una temperatura (energía) de 1 mK y hasta el estado de cero de energía, respectivamente.
- Caracterización de un láser para acceder a una transición de anchura de línea pequeña.
- Realización del experimento de enfriamiento Doppler (ya conseguido) y enfriamiento sideband (en proceso).
- Calibración del sistema de detección con cámara EMCCD o SCMOS y fotormultiplicador.
- Preparación del haz de láser pulsado.
- Generación del bit cuántico y medida de la frecuencia de Rabi.
- Preparación de material didáctico de los puntos anteriores.

Metodología:

1. El /la alumno/a comenzará estudiando las trampas de iones lineales (linear Paul traps) y los procesos de producción de iones (concretamente un ion) y enfriamiento para lo que podrá ver casos prácticos en el laboratorio.
2. A partir del enfriamiento Doppler será posible ver las dos formas de detección que servirán para el proceso de medida de la frecuencia de Rabi con la cámara EMCCD y el fotormultiplicador.
3. Se procederá a llevar a cabo el enfriamiento sideband y a determinar si el ion está en el estado fundamental.



4. Se llevará a cabo la medida de la frecuencia de Rabi, midiendo para diferentes anchuras del pulso láser de la transición y se visualizará la proyección sobre uno de los dos estados. Cada medida (en torno a 1 segundo de duración) se repetirá unas 100 veces y se construirá la curva de oscilaciones de Rabi.
5. Se procederá a la realización de un guion y videos que ilustren el proceso de medida y la pauta en la toma de datos y el análisis de los resultados.

Bibliografía:

1. G. Werth, V.N. Gheorghe, and F.G Major. *Charged Particle Traps. Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics. Springer Science Business Media (2005).*
2. G. Werth, V.N. Gheorghe, and F.G. Major. *Charged Particles Traps II. Springer Series on Atomic, Optical, and Plasma Physics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York (2009).*
3. Joaquín Berrocal Sánchez, *Implementación de una trampa lineal para simulaciones del modelo cuántico de Rabi, Trabajo Fin de Máster, Universidad de Granada, 2018.*
4. Raquel Álvarez. *Montaje del sistema óptico y cámara EMCCD para estudiar el enfriamiento Doppler de iones de $^{40}\text{Ca}^+$ en una trampa lineal de radiofrecuencia, Trabajo Fin de Máster, Universidad de Granada, 2019.*
5. María Hernández Ruiz, *Estudio de cavidades de alta fineza para la medida de precisión de láseres de distinta naturaleza: aplicaciones en metrología cuántica, Trabajo Fin de Grado, Universidad de Granada, 2020.*

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

Alumno/a propuesto/a:

Granada, 26 de junio 2020