



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

**Tutor/a:** Ana Carrasco Sanz

**Departamento y Área de Conocimiento:** Óptica

**Cotutor/a:** Daniel Rodríguez Rubiales

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

**Título del Trabajo:** Estudio de cavidades de alta fineza para la medida de precisión de láseres de distinta naturaleza: aplicaciones en metrología cuántica.

**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 centra en el estudio de cavidades de alta fineza para su integración en experimentos de precisión con iones atrapados y enfriados por láser, concretamente para la producción de un bit cuántico y su aplicación en metrología, utilizando la transición  $S_{1/2} \rightarrow D_{5/2}$  de un ion  $^{40}\text{Ca}^+$  (longitud de onda 729 nm) en la trampa Paul lineal existente en el Laboratorio de Trampas de Iones y Láseres. Para ello se hará un estudio detallado de cavidades de alta fineza desarrolladas en los laboratorios de metrología más relevantes (NIST, JILA, NPL o PTB) que permitirán definir especificaciones de las dos cavidades de alta fineza que se implementarán en el laboratorio, una acoplada a un láser de diodo sintonizable, actualmente en construcción, y otra acoplada a un láser de Ti:Sa, para cuyas especificaciones se utilizarán los resultados de este trabajo. El láser de Ti:Sa está bloqueado utilizando una cavidad de muy baja fineza (fineza de 400 respecto a la fineza de 250000 de las cavidades que se adquirirán), pero servirá para estudiar los distintos elementos y mecanismos que intervienen en el proceso. Más aún, en este trabajo, se combinará el láser de Ti:Sa + cavidad (F~400) con el peine de frecuencias existente en el laboratorio para regulación del Ti:Sa. En conjunto, el experimento de precisión propuesto necesitaría de todos estos elementos.

**Objetivos planteados:**

1. Comprensión de funcionamiento de una cavidad de alta fineza y elementos necesarios. El efecto Pound-Drever-Hall y la reducción de la anchura de línea.
2. Comprensión del funcionamiento de un peine de frecuencias.
3. Proceso de bloqueo/estabilización de un láser a: i) un medidor de longitudes de onda, ii) un peine de frecuencias y iii) una cavidad de alta fineza, esto último a partir de desarrollos realizados en otros laboratorios. En los tres supuestos se utilizará un láser de Ti:Sa y una cavidad de baja fineza existente en el laboratorio.
4. Modulación de la frecuencia de salida para su acondicionamiento a experimentos tales como trampas de iones Paul y Penning.
5. Estudio comparativo de cavidades de alta fineza en láseres de distinta naturaleza, diodo sintonizable y Ti:Sa.
6. Diseño del sistema cavidad de alta fineza + láser de Ti:Sa para los experimentos propuestos.



### **Metodología:**

*Inicialmente el láser de Ti:Sa (titanio-zafiro) sintonizado para emisión en una longitud de onda del espectro del cristal se estabilizará mediante una cavidad externa, estudiando de forma detallada la función de todos los elementos empleados. La frecuencia se medirá con el peine de frecuencias. La técnica de regulación será Pound-Drever-Hall. Una vez regulada la frecuencia, se estudiará la modulación de la frecuencia de salida para su utilización en trampas de iones. Después, se hará una descripción detallada de las características e implicaciones de cavidades de alta fineza además del análisis del bloqueo del láser a una cavidad de este tipo. El estudio se centrará concretamente en las cavidades mencionadas anteriormente (NIST, JILA, NPL o PTB) y en las que se adquirirán en el laboratorio. Finalmente, se diseñará el acople del láser Ti:Sa con una cavidad de alta fineza que funcionará para la transición  $S_{1/2} \rightarrow D_{5/2}$  del  $^{40}\text{Ca}^+$  a 729 nm.*

### **Bibliografía:**

1. “Precision spectroscopy with  $^{40}\text{Ca}^+$  ions in a Paul trap”, PhD Thesis Michael Chwalla, Institut für Experimentalphysik. Universität Innsbruck, 2009
2. “Implementación de una trampa lineal para simulaciones del modelo cuántico de Rabi”, Master Thesis Joaquín Berrocal, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada, 2018
3. “Metrología óptica de frecuencias: síntesis, análisis y aplicación de referencias ópticas”, PhD Thesis Juan Galindo Santos, Universidad Autónoma de Madrid, 2017
4. “Spherical Reference Cavities for Ultra-Stable Lasers in Non-Laboratory Environments” D. Leibbrandt et al., Opt. Express 19, 3471 (2011)
5. “Compact, thermal-noise-limited optical cavity for diode laser stabilization at  $1\text{E}-15$ ” A. D. Ludlow et al., Opt. Lett. 32, 641 (2007)
6. “Force- insensitive optical cavity” Webster and Gill, Opt. Lett. 36, 3572 (2011)



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



Facultad de Ciencias  
Sección de Físicas

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

Granada, 28 de abril 2020

Sello del Departamento