



ID de la contribución : 333

Tipo : no especificado

## Caracterización de un ion de $^{40}\text{Ca}^+$ enfriado por láser como detector en experimentos de espectrometría de masas de alta precisión

*miércoles, 19 de julio de 2017 15:25 (15)*

En la espectrometría de masas mediante trampas Penning existe una variedad de técnicas de medida de alta precisión con múltiples aplicaciones de relevancia en física fundamental, como por ejemplo la comprobación de leyes físicas o la determinación de propiedades fundamentales de partículas elementales [1,2]. La técnica más sensible, i.e., la única que permite detectar un único ion confinado en la trampa, es la de corrientes inducidas (IIC), donde la detección se realiza utilizando circuitos LC o SQUIDs -resonantes con alguna de las frecuencias propias de movimiento del ion en la trampa-. Las medidas de masa más precisas se han llevado a cabo en experimentos donde se emplea la técnica IIC con iones que tienen una relación masa-carga baja o intermedia [3], pero aún no se ha mostrado su aplicabilidad con los elementos superpesados ( $Z \geq 104$ ) [4].

Con el objetivo de poder medir la masa de elementos de interés en esta zona de la carta de núcleos, se ha propuesto un método alternativo de detección [5] que actualmente se encuentra en desarrollo en el Laboratorio de Trampas de Iones de la Universidad de Granada. El proyecto TRAPSENSOR se basa en sustituir el sistema de detección electrónica por un ion de  $^{40}\text{Ca}^+$  enfriado por láser, que actúa como sensor óptico. Esta detección óptica consiste en la monitorización de la amplitud del movimiento axial del ion de  $^{40}\text{Ca}^+$  a partir de la recolección de los fotones de fluorescencia emitidos por el mismo. El ion cuya masa queremos medir y el ion sensor están conectados mediante un electrodo común que permite acoplar sus movimientos a través de las corrientes inducidas en el mismo. Esta idea, inicialmente propuesta en la Ref. [6], se ha llevado a cabo acoplando dos especies iónicas en una misma trampa a través de la interacción de Coulomb entre los dos iones confinados en el mismo pozo de potencial [7] o en pozos de potencial distintos [8], previamente enfriados hasta el mismo estado cero de energía. Sin embargo, todavía no se han acoplado dos iones confinados en trampas distintas. En la Universidad de Granada, el objetivo final es este acoplamiento en un sistema de dos microtrampas (descrito y caracterizado en la Ref. [9]) en el seno de un campo magnético de 7 T.

Como paso previo al acoplamiento, se ha caracterizado el ion de  $^{40}\text{Ca}^+$  como sensor de señales eléctricas midiéndose la variación de la señal de fluorescencia del ion confinado en una trampa de radiofrecuencia con simetría rotacional [10] al aplicar un campo eléctrico dipolar oscilante, tratando de simular el efecto producido por un ion en una trampa contigua. Este estudio en la trampa de radiofrecuencia nos permite estimar la sensibilidad del sistema final a la excitación mediante campos eléctricos. En la Fig.1 se muestran las imágenes de fluorescencia obtenidas para dos casos particulares: en ausencia de excitación y cuando se aplica un campo eléctrico dipolar cercano a la frecuencia del movimiento axial del ion en la trampa. En ausencia de excitación, la proyección de la imagen de fluorescencia en el plano axial resulta en una distribución gaussiana con una desviación típica de  $3\text{ }\mu\text{m}$ , de la que es posible inferir la temperatura axial del ion en el límite Doppler usando el Teorema de equipartición [11]. Para una excitación continua y en presencia de los láseres de enfriamiento, el ion alcanza un estado estacionario que consiste en una oscilación amortiguada y forzada de amplitud constante, cercana a  $20\text{ }\mu\text{m}$ .

Para caracterizar la sensibilidad del ion de  $^{40}\text{Ca}^+$  a señales eléctricas aplicadas, tales como las generadas por un ion, hemos estudiado la amplitud de oscilación en el estado estacionario del ion en función de la frecuencia del campo aplicado [12]. En esta contribución presentaremos los resultados obtenidos y las mejoras previstas a corto y medio plazo. Uno de los objetivos a medio plazo es mejorar las prestaciones del sistema óptico que permitan mejorar la sensibilidad y reducir la temperatura del ion añadiendo otro mecanismo de enfriamiento. En paralelo se investigará el enfriamiento del ion en una trampa Penning de 7 T.

Figura 1. Imágenes de fluorescencia del ion para los casos sin campo externo aplicado (izquierda) y aplicando un campo dipolar resonante con el movimiento del ion (derecha). Las imágenes se han adquirido a través de una cámara EMCCD y un sistema óptico que permite una magnificación de un factor 7.

Este proyecto está financiado por el Consejo Europeo de Investigación (ERC StG 278648-TRAPSENSOR) junto con los proyectos MINECO/FEDER FPA2012-32076, FPA2015-67694-P, UNGR10-1E-501, FIS2015-69983-P, UNGR13-1E-1830 y Junta de Andalucía/FEDER IE\_ 57131. F.D. agradece al MINECO y a la Universidad de Granada la financiación recibida a través del Plan de Empleo Juvenil. S.S. y J.J.D.P agracen a la Universidad de Granada la financiación recibida a través del Plan Propio de Investigación (programa 24-Intensificación de la Investigación).

#### Referencias

- [1] S. Ulmer et al., Nature 524 (2015) 196.
- [2] S. Sturm et al., Nature 506 (2014) 467.
- [3] R. S. Van Dyck Jr. et al., Int. J. Mass Spectrom. 251 (2006) 231.
- [4] M. Block et al., Nature 463 (2010) 785.
- [5] D. Rodríguez, Appl. Phys. B. 107 (2012) 1031.
- [6] D. J. Heinzen, D. J. Wineland, Phys. Rev. A. 42 (1990) 2977.
- [7] P. O. Schmidt et al., Science 309 (2005) 749.
- [8] K. R. Brown, et al., Nature 471 (2011) 196.
- [9] J. M. Cornejo et al., Int. J. Mass Spectrom. 410C (2016) 22.
- [10] J. M. Cornejo et al., Rev. Sci. Instrum. 86 (2015) 103104.
- [11] D. Leibfried et al., Rev. Mod. Phys. 75 (2003) 281.

**Primary author(s) :** Prof. RODRÍGUEZ RUBIALES, Daniel (Universidad de Granada); Sr. DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ, Francisco (Universidad de Granada)

**Co-author(s) :** Prof. SOLANO, Enrique (Universidad del País Vasco); Dr. DEL POZO, Jesús Javier (Universidad de Granada); Sr. BERROCAL, Joaquín (Universidad de Granada); Sr. GUTIÉRREZ, Manuel Jesús (Universidad de Granada); Prof. BLOCK, Michael (GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH); Dr. RICA, Raúl Alberto (Universidad de Granada); Dr. SCHMIDT, Stefan (Universidad de Granada); Sr. ARRAZOLA, Íñigo (Universidad del País Vasco)

**Presenter(s) :** Sr. DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ, Francisco (Universidad de Granada)

**Clasificación de la sesión :** Nuclear Physics III

**Clasificación de temáticas :** Nuclear Physics