



Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas (curso 2023-2024)

Responsable de tutorización: Peter Alexander Bouvrie Morales

Correo electrónico: bouvrie@ugr.es

Departamento: Estadística e Investigación Operativa

Área de conocimiento: Estadística, Matemáticas y Física

Responsable de cotutorización:

Correo electrónico:

Departamento:

Área de conocimiento:

(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)

Estudiante que propone el trabajo:

Título:

Número de créditos: 6 ECTS 12 ECTS

Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):

1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación

2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros

3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.

4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio

5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional

6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

Descripción y resumen de contenidos:

Título: Entrelazamiento y transiciones de fase en un doble lattice de hard-core bosons.

Sistemas de átomos ultrafríos son candidatos de gran importancia para realizar aplicaciones de información y computación cuántica por diversos motivos, por ejemplo, la posibilidad de manipularlos con alta precisión o por el hecho de que los átomos pueden interactuar entre sí (fotones no interactúan entre sí, por ejemplo). El progreso en la generación y manipulación de átomos entrelazados ultrafríos, esenciales a la hora de realizar aplicaciones cuánticas, se ha centrado principalmente en partículas bosónicas. No obstante, recientemente se han producido importantes avances en este sentido usando sistemas átomos fermiones ultrafríos en lattices ópticos [1]. Por ejemplo, estados de fermiones apareados dos a dos formando moléculas atrapadas en redes ópticas pueden crearse en experimentos [2]. Si los números de ocupación de los sitios del lattices son una única molécula estas pueden considerarse hard-core bosons [3] y, en el caso de un doble lattice, interferencias de hard-core bosons han sido descritas de forma teórica [4].

Actividades a desarrollar:

En este trabajo de fin de grado se pretende hacer una breve revisión bibliográfica del estado del arte de sistemas de átomos fermiónicos y hard-core bosons en redes ópticas, así como desarrollar

una formalismo análogo al de Fermi-Hubbard [5] en el caso de hard-core bosons, para obtener estados entrelazados en un sistemas de átomo fermiónicos paredos en una doble red óptica unidimensional. En este sistema consideraremos que fermiones con spin diferente interactúan de forma atractiva formando pares indistinguibles, que pueden “tunnelear” entre los diferentes modos con ocupación unidad. A priori, la dificultad que atañe el objetivo de este trabajo es, por una parte, un problema matemático que consiste en desarrollar el modelo teórico para este sistema de pares indistinguibles y, por otra, un problema relacionado con información cuántica que consiste encontrar qué tipo de estados entrelazados se pueden generar en estos sistemas y las distintas transiciones de fase.

Objetivos planteados

- 1.- Revisión Bibliográfica de la temática.
- 2- Investigar el formalismo matemático del sistema físico propuesto.
- 3- Obtener de forma rigurosa o mediante simulación magnitudes físicas relevantes.
- 4- Redactar un informe de los resultados y conclusiones obtenidas de todo el proyecto.
- 5- Preparación de una presentación de los resultados para la defensa del TFG.

Bibliografía

[1] Christian Gross, Immanuel Bloch, *Quantum simulations with ultracold atoms in optical lattices*, Science **357**, 995-1001 (2017)

[2] Yann Kiefer, Max Hachmann, Andreas Hemmerich, *Ultracold Feshbach molecules in an orbital optical lattice*, Nature Physics, **19** 794–799 (2023)

[3] Thilo Stöferle et al. *Molecules of Fermionic Atoms in an Optical Lattice*, Physical Review Letters **96**, 030401 (2006)

[4] Malte C. Tichy, Peter Alexander Bouvrie, and Klaus Mølmer, *Collective Interference of Composite Two-Fermion Bosons*, Physical Review Letters **109**, 260403 (2012)

[5] Tilman Esslinger, Fermi-Hubbard, *Physics with Atoms in an Optical Lattice*, Annual Review of Condensed Matter Physics **1**, 129-152 (2010)

Firma del estudiante
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

Firma del responsable de tutorización
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

Firma del responsable de cotutorización (*en su caso*)
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

En Granada, a de de 2022