



**Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas
(curso 2022-2023)**

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: Sistemas de fermiones con interacción; de pocos átomos en redes ópticas a condensados de Bose-Einstein

Sistemas de átomos ultrafríos son candidatos de gran importancia para realizar aplicaciones propias de información y computación cuántica por diversos motivos, por ejemplo, el tamaño de los qubits. El progreso en la generación y manipulación de conjuntos de átomos entrelazados ultrafríos, esenciales a la hora de realizar aplicaciones cuánticas, se ha centrado principalmente en partículas bosónicas. No obstante, sistemas de átomos fermiones ultrafríos son candidatos de gran importancia. Por ejemplo, estados de pocos fermiones atrapados en redes ópticas pueden crearse en experimentos de forma determinista [1], por lo que no es necesario la certificación del estado cuántico. De hecho, recientemente se ha conseguido caracterizar experimentalmente el entrelazamiento cuántico, recurso imprescindible para las aplicaciones cuánticas, en un sistema de dos fermiones preparados en una doble trampa [2], lo que ha abierto la puerta a implementar aplicaciones en computación cuántica con este tipo de sistemas. Por otro lado, en el límite de muchas partículas, sistemas de muchos pares de fermiones pueden formar condensados de Bose-Einstein moleculares que resultan ser muy estables, con una vida media muy superior a los condensados de átomos bosónicos [3]. La larga duración y robustez de la coherencia de

condensados de Bose-Einstein moleculares en gases de Fermi, permitiría la implementación de aplicaciones que no son alcanzables con condensados atómicos más volátiles, o mejorar aplicaciones ya implementadas con átomos bosónicos como la interferometría de alta precisión [4,5].

Actividades a desarrollar:

En este proyecto se pretende hacer una revisión bibliográfica del estado del arte de sistemas de fermiones ultrafríos, en particular de sistemas de pocos átomos en redes ópticas y gases de fermi en el paso BEC-BEC (de condensado a superfluido), así como las posibles aplicaciones en información y computación cuántica. Investigaremos algunos de los formalismos matemáticos usados para describir de forma teórica estos sistemas y los pondremos en práctica calculando magnitudes físicas relevantes así como estadísticas de partículas en procesos dinámicos.

Objetivos planteados

1.- Revisión Bibliográfica de la temática

2- Investigar algunos de los formalismos matemáticos

3- Obtener de forma rigurosa o mediante simulacion 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] Serwane F. et al, *Deterministic Preparation of a Tunable Few-Fermion System*, Science 332 336–8 (2011)

[2] Bergschneider A., *Correlations and Entanglement in an Itinerant Quantum System*, Nature Physics 15, 640-644 (2019)

[3] Whitfield J., *Molecules form new state of matter*, Nature news (2003)

[4]Bouvier P.A., Majtey A.P., Figueiredo F., Roditi I., *Molecular interferometers: effects of Pauli principle on entangled-enhanced precision measurements*, New J. Physics, 21, 123011 (2019)

[5] Tichy M.C., Bouvier P.A., Mølmer K., *Collective Interference of Composite Two-Fermion Bosons*, Phys. Rev. Lett. 109 260403 (2012)

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