UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-101-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Estudio de funciones de fragmentación de partones mediante algoritmos cuánticos para QCD

Descripción general (resumen y metodología):

Las funciones de fragmentación de partones son elementos clave para comprender la dinámica interna de los hadrones y la interacción fundamental entre las particulas que los constituyentes [1]. Estas funciones contienen información no perturbativa sobre el confinamiento de quarks y gluones en el hadrón y, aunque pueden obtenerse de forma fenomenológica, dada la complejidad de la teoría aún no han sido calculadas a partir de primeros principios.

Existen argumentos que apoyan la idea de que estos cálculos podrán realizarse en el futuro mediante ordenadores cuánticos [2,3]. A día de hoy, no es posible llevar a cabo simulaciones sin que se vean afectadas por el ruido y los errores propios de la era NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum). Sin embargo, el progreso está siendo tan rápido que conviene estar preparados para esta posibilidad. Por este motivo, ya existen formulaciones y codificaciones orientadas a este objetivo, que además pueden simularse en un ordenador clásico con capacidad suficiente [2,4].

La simulación de esta dinámica requiere la definición de una codificación que permita describir estados de la Cromodinámica Cuántica, así como simular su evolución, incluyendo interacciones y cambios en el número de partículas.

En este trabajo utilizaremos la codificación propuesta en [4] para estudiar funciones de fragmentación del quark charm a charmonio, tal como se plantean en [3] y ampliar posteriormente el análisis al caso del bottomonio.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

1. Familiarizarse con las reacciones hadrónicas relevantes en QCD y con el formalismo de las funciones de fragmentación de partones
2. Familiarizarse con la codificación necesaria para representar estados cuánticos de quarks y gluones en registros de qubits, así como con las puertas cuánticas requeridas para simular las interacciones descritas por el Hamiltoniano de QCD
3. Basándose en trabajos previos sobre funciones de fragmentación de charm a charmonio, extender el estudio al caso de la fragmentación de bottom a bottomonio mediante la modificación de las masas de los quarks y el análisis de las correspondientes funciones de fragmentación

Bibliografía básica:

1. Halzen, F., & Martin, A. D. (1984). Quarks and leptons: An introductory course in modern particle physics. John Wiley & Sons
2. Preparations for Quantum Computing in Hadron Physics, J. J. Gálvez-Viruet, M. Gómez-Rocha, F. Llanes-Estrada, International Journal of Modern Physics A 41 (2026) 06, 2630003

3. J. J. Galvez-Viruet, F. J. Llanes-Estrada, Dynamical implementation of canonical second quantization on a quantum computer, Physical Review D 110 (2024) 11, 11601
4. J. J. Galvez-Viruet, F. J. Llanes-Estrada, N. Martínez de Arenaza, M. Gómez-Rocha, T. J. Hobbs, Quantum Computing Hadron Fragmentation Functions in Light-Front Chromodynamics, arXiv:2510.18869

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: MARÍA GÓMEZ ROCHA

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

Correo electrónico: mgomezrocha@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos: Juan José Gálvez Viruet

Correo electrónico: juagalve@ucm.es

Nombre de la empresa o institución: Universidad Complutense de Madrid

Dirección postal: 28040

Puesto del tutor en la empresa o institución: Investigador Predoctoral

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: ANTONIO PANIAGUA ROS

Correo electrónico: antoniopaniros@correo.ugr.es