



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Reconstrucción espectral: aplicación a la Física de sabor

Descripción general (resumen y metodología):

Breve descripción del trabajo:

Los cálculos de precisión de la Cromodinámica Cuántica (QCD), la teoría cuántica de campos que describe las interacciones fuertes, se han convertido en una herramienta fundamental para la interpretación de los datos procedentes de grandes instalaciones experimentales como el LHC en el CERN (Suiza), Belle II en KEKB (Japón) o el experimento para la medida del momento magnético anómalo del muón en Fermilab (EE.UU.). En particular, la interpretación de dichos datos requiere la descripción mediante el régimen no perturbativo de QCD del proceso de hadronización de las partículas elementales en términos de las cuales está formulada la teoría, los quarks, para dar lugar a los estados ligados que se observan experimentalmente, los hadrones.

La comparación de ciertos observables medidos en dichos experimentos y las correspondientes predicciones teóricas en el marco del Modelo Estándar (ME) de la física de partículas, constituye un test excepcional de la validez del ME. Para muchas de estas cantidades de interés fenomenológico, como secciones eficaces hadrónicas inclusivas o tasas de desintegración no leptónicas, estos procesos de hadronización se pueden describir a través de las llamadas densidades espectrales hadrónicas. El estudio de estas cantidades, especialmente su cálculo a partir de simulaciones numéricas de QCD en una red espacio-temporal finita (lattice QCD), se ha convertido en un campo en auge debido a su potencial para ayudar a entender las tensiones observadas en algunas de las comparaciones citadas anteriormente.

La extracción de densidades espectrales a partir de datos de lattice QCD es un problema complicado tanto desde el punto de vista teórico como numérico, para el que se están desarrollando diversas técnicas que son aplicables no sólo a este campo, sino a otros campos donde también hay que afrontar los denominados "inverse problems".

En este trabajo se pretende estudiar alguna/s de dichas técnicas, aplicarlas a datos reales generados en simulaciones de lattice QCD e indagar sobre su potencial para estudiar alguna de las cantidades de interés fenomenológico donde actualmente se observan tensiones en la descripción del ME.

Metodología:

- Estudio de la bibliografía relevante sobre el Modelo Estándar y la fenomenología de física de partículas.
- Estudio en detalle de uno o varios métodos de reconstrucción espectral.
- Desarrollo de un código propio para la aplicación de los métodos estudiados.
- Aplicación del código desarrollado a datos procedentes de simulaciones de lattice QCD.
- Dependiendo de los intereses del alumno y de los resultados obtenidos en los pasos anteriores:
 - Análisis cualitativo del posible impacto del uso de estos métodos en un observable concreto.
 - Comparación de los resultados obtenidos mediante distintos métodos para espectros conocidos.

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

Objetivos planteados:

- Entender los fundamentos básicos de los elementos del Modelo Estándar de la física de partículas relevantes para el estudio de los observables de sabor.
- Conocer el estado actual de las tensiones observadas en la fenomenología de partículas, centrándose en un/os observable/s en particular para los cuales sean relevantes los métodos de reconstrucción espectral.
- Ser capaz de entender e implementar uno o varios algoritmos de reconstrucción espectral.
- Ser capaz de aplicar dichos algoritmos a datos reales procedentes de simulaciones de lattice QCD e interpretar los resultados.

Bibliografía básica:

- D. Griffiths, "Introduction to Elementary Particles". John Wiley & Sons, (2008)
- F. Halzen and A.D. Martin, "Quarks and Leptons", John Wiley & Sons, (1984).
- S. Meinel, "Quark flavor physics with lattice QCD", PoS LATTICE2023 (2024) 126, [<https://arxiv.org/abs/2401.08006>]
- J. Bulava, "The spectral reconstruction of inclusive decays", PoS LATTICE2022 (2023) 231 [<https://arxiv.org/abs/2301.04072>]
- M. Hansen, A. Lupo and N. Tantalo, "On the extraction of spectral densities from lattice correlators", Phys. Rev. D 99, 094508 (2019), [<https://arxiv.org/abs/1903.06476>]
- L. Del Debbio, A. Lupo, M. Panero and N. Tantalo, "Bayesian interpretation of Backus-Gilbert methods", PoS LATTICE2023 (2024) 004 [<https://arxiv.org/abs/2311.18125>]
- J. Horak et al, "Reconstructing QCD spectral functions with Gaussian processes", Phys.Rev.D 105 (2022) 3, 036014, [<https://arxiv.org/abs/2107.13464>]
- C. Alexandrou et al, "Inclusive hadronic decay rate of the tau lepton from lattice QCD: the us flavour channel and the Cabibbo angle", [<https://arxiv.org/abs/2403.05404v1>]

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Se necesitarán conocimientos básicos de las asignaturas de "Mecánica cuántica", "Teoría de campos y partículas", "Física nuclear y de partículas" y "Relatividad general". La asignatura "Física Matemática" también puede ser útil si se quiere profundizar en la parte más teórica.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: MARÍA ELVIRA GÁMIZ SÁNCHEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: megamiz@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:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: DANIEL HERNANDEZ FERNANDEZ

Correo electrónico: danielhf@correo.ugr.es