UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-126-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Cómo distinguir neutrinos de Dirac y de Majorana: la doble desintegración beta sin neutrinos

Descripción general (resumen y metodología):

En este trabajo se analizará cuál es la naturaleza de los neutrinos, discutiendo la pregunta abierta de si son fermiones de Dirac o de Majorana. En relación a ello se explicará el proceso de doble desintegración beta sin neutrinos (0νββ), cuya observación certificaría que los neutrinos son de Majorana.

En primer lugar, se introducirán los conceptos básicos relacionados con los neutrinos masivos, las oscilaciones de sabor y la diferencia entre fermiones de Dirac y Majorana. Posteriormente se estudiará el proceso de doble desintegración beta sin neutrinos y su conexión con la violación del número leptónico.

Se analizará la amplitud del proceso mediado por neutrinos de Majorana ligeros a nivel árbol, discutiendo el papel de la masa del neutrino en la amplitud del proceso. A partir de ello, se analizará la dependencia de la vida media del proceso respecto de la denominada masa efectiva de Majorana (mββ).

Por último, se realizará un análisis fenomenológico sencillo del observable mββ, empleando parámetros experimentales de oscilaciones de neutrinos para estudiar las regiones permitidas en jerarquía normal e invertida y su relación con los límites experimentales actuales.

La parte numérica del trabajo se llevará a cabo mediante herramientas computacionales básicas en Python.

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

Objetivos planteados:

- Introducir la fenomenología básica de los neutrinos masivos y las oscilaciones de sabor.
- Estudiar las diferencias entre neutrinos de Dirac y Majorana.
- Introducir el proceso de doble desintegración beta sin neutrinos y su relevancia tanto teórica como experimental.
- Analizar la estructura de la amplitud del proceso a nivel árbol mediado por neutrinos de Majorana ligeros.
- Estudiar la dependencia de la vida media con la masa efectiva de Majorana.
- Realizar un análisis numérico sencillo del observable mββ para distintas jerarquías de masas.

Bibliografía básica:

[1] E. Akhmedov, "Majorana neutrinos and other Majorana particles: Theory and experiment" [arXiv:1412.3320], basado en el capítulo 15 del libro "The Physics of Ettore Majorana" by S. Esposito, con contribuciones de E. Akhmedov y F. Wilczek.

[2] S. M. Bilenky y C. Giunti, "Neutrinoless double-beta decay: A probe of physics beyond the Standard Model", Int. J. Mod. Phys. A 30 (2015) 04n05, 1530001 [arXiv:1411.4791 [hep-ph]].

[3] M. J. Dolinski, A. W. P. Poon y W. Rodejohann, "Neutrinoless Double-Beta Decay: Status and Prospects", Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 69 (2019), 219 [arXiv:1902.04097 [nucl-ex]].

[4] B. Jones, "The Physics of Neutrinoless Double Beta Decay: A Primer", TASI Lectures 2020, [arXiv:2108.09364 [nucl-ex]].

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Se recomienda tener una base sólida en mecánica cuántica y conocimientos previos de teoría de campos y partículas.
El trabajo requiere una actitud activa en el estudio independiente de literatura especializada.
Se recomienda mantener reuniones periódicas con el tutor para discutir los avances, resolver dudas conceptuales y afinar el enfoque del trabajo según los intereses del estudiante.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: JOSÉ IGNACIO ILLANA CALERO

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: jillana@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:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: ANA ALCANTARA SANCHEZ

Correo electrónico: ana25alcantara@correo.ugr.es