UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-131-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: El origen de la masa de los neutrinos

Descripción general (resumen y metodología):

La masa de los neutrinos constituye una de las cuestiones abiertas de mayor relevancia en el campo de la física de partículas actual. Su descubrimiento, postulado como explicación necesaria para las oscilaciones de neutrinos observadas experimentalmente, fue galardonado con el último Premio Nobel de Física en esta rama. Esta propiedad desafía nuestra comprensión del Modelo Estándar, ya que este no incorpora a priori un mecanismo natural con el que explicar dichas masas, planteando además la incógnita fundamental de si el neutrino podría ser su propia antipartícula.

El objetivo de este trabajo es estudiar esta peculiaridad de los neutrinos desde una perspectiva histórica y teórica. En primer lugar, se revisará el descubrimiento experimental de estas masas a través del fenómeno de la oscilación de neutrinos, así como los experimentos actuales para determinar el valor de dicha masa. Posteriormente, se analizarán los dos formalismos teóricos mediante los cuales es posible introducir la masa en el marco de la teoría cuántica de campos: la masa de Dirac y la masa de Majorana. Asimismo, se estudiarán posibles extensiones de nueva física que puedan generar estas masas de manera natural.

La metodología a seguir será teórica y fenomenológica, combinando la revisión de artículos originales clave con el estudio de textos avanzados de teoría cuántica de campos. Se analizará en detalle el sector electrodébil del Modelo Estándar, prestando especial atención a la fenomenología del sector leptónico. Finalmente, se realizarán cálculos explícitos para reproducir la generación de la masa de los neutrinos introduciendo modelos de nueva física a altas energías, con especial énfasis en el mecanismo de See-Saw.

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

Objetivos planteados:

- Estudiar la evidencia experimental original de la oscilación de neutrinos y comprender cómo este fenómeno implica necesariamente que estas partículas poseen masa, revisando también los límites experimentales actuales.
- Analizar el sector electrodébil y leptónico del Modelo Estándar para entender por qué, en su formulación original, carece de un mecanismo que dote de masa a los neutrinos.
- Comparar desde el punto de vista de la Teoría Cuántica de Campos los dos posibles mecanismos para la generación de masa en fermiones: la masa de Dirac y la masa de Majorana y explorar posibles extensiones teóricas de nueva física que permitan acomodar estas masas coherentemente.
- Realizar cálculos explícitos orientados a derivar y reproducir la masa de los neutrinos aplicando modelos de altas energías, centrándose específicamente en la formulación y límites efectivos del mecanismo See-Saw.

Bibliografía básica:

1. SuperKamiokande Collaboration. Evidence for Oscillation of Atmospheric Neutrinos. Physical Review Letters, 81 (1998) 1562-1567.
2. TASI 2002 lectures on neutrinos, Yuval Grossman [https://arxiv.org/pdf/hep-ph/0305245].
3. M. Maggiore, A Modern Introduction to Quantum Field Theory, Oxford University Press, 2005.
4. Right-handed neutrinos: seesaw models and signatures, Stephen F King

[https://arxiv.org/pdf/2502.07877]
5. M. E. Peskin & D. V. Schroeder, An Introduction to Quantum Field Theory, Westview Press, 1995.
6. M. D. Schwartz, Quantum Field Theory and the Standard Model, Cambridge University Press, 2014.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

- Se recomienda tener una base sólida en mecánica cuántica, tanto en su formulación de Schrödinger como en la de operadores.
- Es muy útil haber cursado o estar cursando una asignatura de teoría cuántica de campos, aunque los fundamentos necesarios se reforzarán durante el trabajo.
- El trabajo exige autonomía, capacidad de lectura crítica de literatura especializada, y una actitud proactiva para profundizar en aspectos tanto conceptuales como técnicos.
- Se recomienda mantener reuniones periódicas con los tutores para discutir avances, resolver dudas y ajustar el enfoque del trabajo en función de los intereses y ritmo del estudiante.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: JAVIER FUENTES MARTÍN

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: javier.fuentes@ugr.es

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

Nombre y apellidos: Adrián Moreno Sánchez

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: adri@ugr.es

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: MIGUEL ALCARAZ OSORIO

Correo electrónico: miguelalos@correo.ugr.es