



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Estudio del proceso de dispersión elástica coherente neutrino-núcleo e implicaciones para búsquedas de nueva física

Descripción general (resumen y metodología):

La dispersión elástica coherente neutrino-núcleo (CEvNS por sus siglas en inglés), es el proceso por el que un neutrino choca con un núcleo sin perder energía, mientras que el núcleo experimenta un retroceso de todos sus nucleones como un conjunto. Este fenómeno fue descrito en 1974 por Daniel Z. Freedman [1], y ha sido recientemente observado por el experimento COHERENT en 2017 [2]. Esto ha abierto un nuevo método experimental para poder estudiar la física de neutrinos y explorar extensiones más allá del Modelo Estándar (ME) de física de partículas, con varias propuestas experimentales ya en marcha (ver por ejemplo [3]). En el experimento COHERENT se usó como fuente de neutrinos la fuente de neutrones por espalación del Laboratorio Nacional Oak Ridge (EE.UU.). Otras propuestas incluyen como fuente de neutrinos reactores nucleares.

Aunque la mayor parte de los experimentos solo son sensibles a la energía de retroceso del núcleo, recientemente se ha empezado a explorar en los experimentos de detección direccional de materia oscura, como CYGnuS [4] y MIMAC (LPSC, Grenoble) [5], la posibilidad de obtener información sobre la distribución angular. En el caso de estudios de nueva física por ejemplo con mediadores ligeros (con masas menores de $O(100)$ MeV), la distribución angular sería diferente dependiendo del espín del mediador. Si se observase algún exceso respecto a la predicción del ME, con la información de la distribución angular podríamos tener algún indicio de la naturaleza del mediador. Y en todo caso se podrían mejorar las cotas a los acoplos del nuevo modelo.

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

Objetivos planteados:

El objetivo de este trabajo sería comparar la distribución angular respecto al ángulo de retroceso del núcleo de modelos con mediadores ligeros de distinto espín, y compararla con la distribución del ME, para explorar la posibilidad de distinguir entre distintas extensiones al ME. Estas distribuciones dependerán tanto de la fuente de neutrinos que se utilice y su espectro (espalación, reactores nucleares, neutrinos atmosféricos), como del material del detector (Germanio, Xenón, Silicio, Helio,...).

Se revisará primero el cálculo de la sección eficaz elástica coherente neutrino-núcleo tanto estándar como en las extensiones con mediadores ligeros del ME, y los espectros de las distintas fuentes de neutrinos. Con estos elementos se podrá cacular la distribución angular esperada combinando distintos materiales del detector y fuentes de neutrinos.

Bibliografía básica:

- [1] "Coherence effects of a weak neutral current", D. Freedman, Phys.Rev.D 9, 1389 (1974)
- [2] "Observation of coherent elastic neutrino-nucleus scattering", D. Akimov et al., Science (2017)
- [3] "Status of the RICOCHET experiment at the ILL", RICOCHET collaboration, PoS EPS-HEP2025 (2026) 150.
- [4] "Directional recoil detection for CEvNS measurements with light nuclei at the Spallation Neutron Source", C.A.J. O'Hare, A.C. Shekar, C. Lisotti, M. Litke, N. Mishra, J.L. Newstead et al.,

arXiv:2602.19618.

[5] "Directional detection of keV proton and carbon recoils with MIMAC", C. Beaufort, O. Guillaudin, D. Santos, N. Sauzet, M. E., R. Babut et al., JINST 19 P05052 (2024) [2112.12469].

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Se aplicarán conocimientos de Física de Partículas y Nuclear, y Métodos Numéricos, a un problema actual de la física teórica moderna, ampliando también los conocimientos de Física de Partículas. Es recomendable estar cursando (o haberla cursado) la asignatura de Física de Partículas y Nuclear.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: MAR BASTERO GIL

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: mbg@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:

Correo electrónico: