UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-137-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Impacto de los efectos nucleares en la reconstrucción de la energía de los neutrinos

Descripción general (resumen y metodología):

Resumen:

La reconstrucción precisa de la energía de los neutrinos constituye uno de los elementos fundamentales de los experimentos modernos de oscilaciones de neutrinos, como DUNE [1] o el programa SBN [2] de Fermilab, ya que las probabilidades de oscilación dependen directamente de la energía del neutrino incidente. En general, esta energía puede estimarse a partir de la cinemática del leptón saliente, de la energía visible asociada a las partículas producidas en el estado final, o de una combinación de ambas. Sin embargo, en un núcleo real, distintos efectos nucleares afectan significativamente a estos métodos de reconstrucción y modifican la relación entre la energía verdadera (E_{true}) del neutrino y la energía reconstruida (E_{reco}).

Entre estos efectos destacan el movimiento de Fermi, la energía de ligadura, las correlaciones nucleares y las interacciones finales de las partículas producidas dentro del núcleo (FSI). Por lo tanto, diferentes descripciones teóricas del núcleo, como el modelo de Gas de Fermi Relativista (RFG), el de Gas de Fermi Local (LFG) o los modelos basados en Funciones Espectrales, conducen a predicciones distintas para los observables experimentales y para la reconstrucción de la energía del neutrino [2,3,4].

En este trabajo se estudiará el impacto de distintos efectos y modelos nucleares sobre la reconstrucción de la energía de los neutrinos utilizando simulaciones Monte Carlo generadas con GENIE [5] bajo diferentes hipótesis nucleares y configuraciones de FSI. Finalmente, se explorarán las implicaciones de estos efectos en experimentos actuales y futuros de física de neutrinos.

Metodología:

- Revisión bibliográfica sobre interacciones neutrino–núcleo, reconstrucción de energía y modelos nucleares utilizados en experimentos de física de neutrinos.
- Estudio de la reconstrucción cinemática y calorimétrica de la energía de los neutrinos.
- Estudio del generador Monte Carlo GENIE y de los principales modelos nucleares implementados en el mismo.
- Análisis de muestras simuladas de interacciones QE generadas bajo diferentes hipótesis nucleares y configuraciones de FSI.
- Comparación entre E_{true} y E_{reco} del neutrino para las distintas configuraciones simuladas, estudiando distribuciones de sesgo y resolución energética.
- Discusión del impacto de los efectos observados en experimentos de oscilaciones de neutrinos como SBND y DUNE.

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

Objetivos planteados:

Objetivos del trabajo:

- Comprender los fundamentos de las interacciones neutrino–núcleo y su papel en la reconstrucción de la energía del neutrino en experimentos de oscilaciones.
- Estudiar la reconstrucción de la energía de los neutrinos y las aproximaciones físicas en las que se basa.

- Analizar la influencia de distintos efectos nucleares, como el movimiento de Fermi, la energía de ligadura, las correlaciones nucleares y las FSI, sobre la relación entre E_{true} y E_{reco}.
- Comparar diferentes modelos nucleares implementados en el generador Monte Carlo GENIE.
- Evaluar el impacto de estos modelos sobre la resolución en la reconstrucción de la energía.
- Explorar las implicaciones de estos efectos para experimentos actuales y futuros de física de neutrinos, como SBND y DUNE.

Bibliografía básica:

Bibliografía (selección inicial):

[1] B. Abi et al. (DUNE Collaboration), Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE), Far Detector Technical Design Report, JINST 15 (2020) T08008.
[2] P. Machado, O. Palamara and D. W. Schmitz, The Short-Baseline Neutrino Program at Fermilab, Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 69 (2019) 363–387.
[3] U. Mosel, Neutrino Interactions with Nucleons and Nuclei: Importance for Long-Baseline Experiments, Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 66 (2016) 171–195.
[4] M. Martini, M. Ericson and G. Chanfray, Energy Reconstruction Effects in Neutrino Oscillation Experiments and the Determination of the Oscillation Parameters, Phys. Rev. D 85 (2012) 093012.
[5] A. M. Ankowski et al., Comparison of the calorimetric and kinematic method of neutrino energy reconstruction in disappearance experiments, Phys. Rev. D 93 (2016) 113004.
[6] C. Andreopoulos et al., The GENIE Neutrino Monte Carlo Generator: Physics and User Manual, arXiv:1510.05494 (2015).

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: DIEGO GARCÍA GÁMEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: dgarciag@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: ROBERTO MORIEL ROMERO

Correo electrónico: robertomoriiel@correo.ugr.es