UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-149-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Selección de sucesos de corriente neutra en el experimento SBND mediante técnicas de "Machine Learning"

Descripción general (resumen y metodología):

Breve descripción del trabajo:

El experimento SBND [1] [2] consiste en una cámara de deriva de argón líquido expuesta a un haz de neutrinos. Parte de su programa científico se centra en el estudio de la aparición de neutrinos del electrón a partir de oscilaciones de neutrinos del muon [3], a fin de revelar si las anomalías observadas en experimentos de oscilaciones de neutrinos de corto recorrido son compatibles con la existencia de un neutrino estéril. Un canal complementario que permite constreñir dichas oscilaciones de manera independiente y afectada por sistemáticos muy diferentes consiste en aislar los sucesos de corriente neutra. En dichos sucesos, la ausencia de un leptón cargado hace imposible la determinación del sabor del neutrino saliente, pero su fracción con respecto al total de sucesos debe ser independiente del recorrido, puesto que dicha fracción únicamente depende del ángulo de Weinberg, que es un parámetro fundamental del Modelo Estándar.

Separar este tipo de sucesos de manera automática en base a observables experimentales es por tanto de gran interés para el análisis de oscilaciones. La reconstrucción de los sucesos de neutrino en SBND es lo bastante madura como para que sea viable explorar técnicas de separación basadas en "Machine Learning". Estas técnicas se han empleado con éxito en otros experimentos de neutrinos, por lo que esperamos ser capaces de hacerlo también en SBND.

En este trabajo se pretende separar los sucesos de señal (sucesos de corriente neutra), de los de fondo (principalmente corrientes cargadas, aunque también cósmicos).

Metodología:

En primer lugar, será necesario introducir los conceptos teóricos necesarios, así como las herramientas a utilizar. Fundamentalmente se utilizará ROOT para el estudio de los archivos de análisis de SBND, con TMVA[5] como herramienta preferida a la hora de aplicar las técnicas de "Machine Learning", por su sencilla integración dentro de ROOT. A continuación, se tratará de filtrar las variables de interés en base a algún criterio cualitativo y/o cuantitativo de separación de señal-fondo. Una vez que se haya demostrado que la separación es viable en función de cortes rígidos en estas variables, se procederá a utilizar soluciones de "Machine Learning" para optimizar el proceso.

En esta fase se seguirán los procedimientos habitualmente prescritos en el campo, como son el uso de conjuntos de entrenamiento y prueba, "cross-validation" y optimización de hiperparámetros, aunque el principal énfasis se pondrá en la comprensión cualitativa de estas técnicas y en los criterios de selección que permiten decantarse por una u otra. Finalmente se evaluará el rendimiento del algoritmo escogido y se propondrán futuras líneas de mejora.

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

Objetivos planteados:

- Familiarizarse con la técnica de detección de las cámaras de deriva de argón líquido (LArTPCs)
- Entender los objetivos experimentales de SBND y del programa de corto recorrido ("short-baseline") de búsqueda de neutrinos estériles
- Aprender a utilizar la herramienta de análisis ROOT [4], estándar en el campo de la Física de Partículas experimental

- Entender la estructura de los archivos de análisis de SBND
- Realizar un estudio estadístico de viabilidad de separación en función de las distintas variables disponibles
- Entrenar distintos algoritmos de “Machine Learning” y utilizar criterios genéricos para escoger el más adecuado en este caso. Como primera aproximación a estas técnicas se emplearán los algoritmos de kNN, “Boosted decision trees” y regresión penalizada. Si el tiempo lo permite se explorará asimismo el uso de redes neuronales sencillas (“Multilayer perceptron”).
- Escribir un informe final en base a los hallazgos, problemas encontrados y soluciones adoptadas

Bibliografía básica:

[1] - http://sbn-nd.fnal.gov/
[2] - P. Machado, O. Palamara, D. Schmitz, “The Short-Baseline Neutrino Program at Fermilab”, Ann.Rev.Nucl.Part.Sci. 69 (2019) 363-387. https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-nucl-101917-020949
[3] - http://pdg.lbl.gov/2018/reviews/rpp2018-rev-neutrino-mixing.pdf
[4] - https://root.cern.ch/
[5] - arXiv:physics/0703039 [Data Analysis, Statistics and Probability]
[6] – M. Thomson, “Modern Particle Physics”. Cambridge University Press

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Refrescar el contenido de las asignaturas de Física Nuclear y de Partículas y Programación

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: BRUNO ZAMORANO GARCÍA

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: bzamorano@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: ALBA DUEÑAS NAVARRO

Correo electrónico: albadn@correo.ugr.es