



Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

Tutor/a:	Bruno Zamorano García
Departamento y Área de Conocimiento:	Dpto. Física Teórica y del Cosmos, sección Física Teórica
Correo electrónico:	bzamorano@ugr.es
Cotutor/a:	
Departamento y Área de Conocimiento:	
Correo electrónico:	

Título del Trabajo:	Medición de la energía de cascadas electromagnéticas en el experimento SBND mediante técnicas de “Machine Learning”		
Tipología del Trabajo: (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	(Marcar con X)	1. Revisión bibliográfica	4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
		2. Estudio de casos teórico-prácticos	5. Elaboración de un proyecto
		3. Trabajos experimentales	6. Trabajo relacionado con prácticas externas

<p>Breve descripción del trabajo:</p> <p>El experimento SBND [1] [2] es esencialmente una cámara de deriva de argón líquido expuesta a un haz de neutrinos. Parte de su programa científico consiste 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. Para lograr dicho objetivo, es esencial contar con una eficiente medida de la energía depositada por los sucesos de señal (en particular, de las cascadas electromagnéticas).</p> <p>Aunque en buena medida esto puede llevarse a cabo mediante mera calorimetría, existen efectos de segundo orden en el detector que son difíciles de tener en cuenta en un método puramente calorimétrico (anisotropías del detector, partículas que escapan del mismo, señal invisible producida por partículas neutras, ...). Afortunadamente, la reconstrucción de estos sucesos es lo bastante madura como para que sea viable explorar vías de reconstrucción basadas en técnicas de “Machine Learning”. Estas técnicas se han empleado con éxito en otros experimentos, por lo que esperamos ser capaces de hacerlo también en SBND.</p> <p>En este trabajo se pretende reconstruir la energía de cascadas electromagnéticas, tanto producidas por fotones como por electrones.</p> <p>Objetivos planteados:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 sencillo de medición de la energía mediante calorimetría, para disponer de un primer estimador básico con el que comparar 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



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 Python como herramienta preferida a la hora de aplicar las técnicas de “Machine Learning”. A continuación, se estudiará la dependencia de las variables calorimétricas con la energía reconstruida. Una vez que se disponga de una reconstrucción básica con la que comparar, se procederá a utilizar soluciones de “Machine Learning” para optimizar el proceso.

Para ello, se propone emplear el paquete Scikit-Learn [5], pues permite una aproximación a estas técnicas muy sencilla y modular, sin necesidad de conocimientos demasiado especializados de programación.

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.

Bibliografía:

- [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] - <https://sklearn.org>
- [6] – M. Thomson, “Modern Particle Physics”. Cambridge University Press

A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG

Alumno/a propuesto/a: Marina Isabel de la Higuera Domingo

Granada, 15 de mayo de 2022

Sello del Departamento