



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Importancia de los efectos nucleares en la identificación de mesones producidos de forma coherente en el experimento de neutrinos SBND

Descripción general (resumen y metodología):

Uno de los experimentos de física de neutrinos en Fermilab (laboratorio de física de partículas situado cerca de Chicago, EEUU), se conoce con el nombre de SBND por sus siglas en inglés: Short Baseline Neutrino Detector. Este experimento, al estar localizado a tan solo 110 m de la fuente de producción de neutrinos y tener un volumen activo muy grande (112 toneladas de argón líquido) está configurado para estudiar las interacciones de los neutrinos con el argón con una estadística sin precedentes. De ahí que sus principales objetivos científicos sean: caracterizar el flujo de neutrinos producidos con una alta precisión, medir diferentes procesos de interacción de los neutrinos con los núcleos de argón y buscar procesos de física más allá del Modelo Estándar. La tecnología del experimento SBND se basa en las cámaras de proyección temporal con argón líquido (LArTPC, de sus siglas en inglés), que se caracterizan por reconstruir las interacciones de los neutrinos con una resolución excepcional, produciendo, de hecho, imágenes de las interacciones de calidad fotográfica. SBND se puso en marcha en la primavera de 2024 y está tomando datos desde julio de 2024.

La producción coherente de mesones (piones, kaones o rhos) en interacciones de neutrinos es un proceso en el que el neutrino interactúa con los núcleos del medio activo como si fueran una unidad indivisible. En el estado final de este proceso aparece el correspondiente mesón, mientras que el núcleo que ha intervenido en la interacción permanece prácticamente inalterado. En un proceso conocido como de corriente cargada (CC), en el estado final también aparece el leptón compañero del neutrino responsable de la interacción, mientras que en el proceso conocido como de corriente neutra (NC), el neutrino inicial también aparece en el estado final. Estos procesos de producción coherente de mesones se han medido desde el inicio de los experimentos de neutrinos producidos en aceleradores en una amplia serie de materiales. Sin embargo, todavía no hay una medida de este proceso para el argón y jamás se ha medido con la estadística que va a tener el detector SBND. De ahí la importancia de realizar estas medidas por primera vez en SBND.

Como paso previo a identificar y medir el proceso de producción coherente de mesones con datos registrados por el experimento SBND es crucial establecer mediante simulaciones Monte Carlo nuestro poder de selección, es decir saber con qué precisión podemos discriminar topologías de la señal en la que estamos interesados de las de sucesos de fondo. Para ello es fundamental que nuestras simulaciones describan de la forma más realista posible las interacciones dentro de nuestro detector. Y es aquí donde juegan un factor clave los efectos nucleares y cómo se modelan estos. Como estamos interesados en una interacción del neutrino con un núcleo (señal) y con los nucleones (fondo), la forma en que las interacciones nucleares se modelen va a determinar nuestra capacidad de discernir sucesos de señal y fondo a nivel de simulaciones, lo cual afecta directamente a la cadena de selección que se diseñe. Dado que los núcleos son estructuras complejas, y más el núcleo de argón con ~ 40 nucleones, no hay consenso en cuál es el mejor modelo. Hay modelos simples que describen muy bien propiedades generales de las interacciones

y otros más complejos particularizados para describir rangos de energía concretos. De ahí que el objetivo principal de este trabajo sea evaluar la capacidad de discriminación señal/fondo bajo la asunción de diferentes modelos de interacción nuclear para el proceso de producción coherente de mesones en SBND. Este estudio es imprescindible para definir la cadena de selección de estos sucesos con los datos reales del experimento SBND.

La estrategia para desarrollar este trabajo se basará en estudiar las principales variables cinemáticas que nos permiten discriminar los sucesos de señal y fondo bajo diferentes escenarios de modelos nucleares.

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

Objetivos planteados:

- Familiarizarse con la técnica de detección de neutrinos en el experimento SBND y los procesos de interacción coherente
- Cálculo analítico de la sección eficaz de la producción coherente de mesones en interacciones neutrino-Ar
- Cálculo de las representaciones irreducibles de grupos de simetría no abelianos para obtener los multipletes de mesones
- Aprendizaje de la herramienta de análisis de datos del ROOT
- Manejar, procesar y analizar conjuntos de datos simulados tanto para los sucesos de señal como los de fondo
- Identificar las distribuciones de parámetros cinemáticos que permiten la mejor discriminación señal/fondo.
- Realizar un estudio estadístico de viabilidad de discriminación señal/fondo en función de los parámetros disponibles.
- Estudiar cómo cambia el poder de discriminación para diferentes modelos nucleares.
- Escribir un informe final en base a los hallazgos, problemas encontrados y soluciones adoptadas.

Bibliografía básica:

- Claude Amsler, Nuclear and Particle Physics, Chapter 14: Neutrinos. doi:10.1088/978-0-7503-1140-3ch14
- Pedro A. N. Machado et al., Annu. Rev. Nucl. Part. Sci. 2019. AA:1–25. Arxiv: 1903.04608
- H. Sogarwal, P. Shukla, Nuclear Physics A, Volume 1027, November 2022, 122494
- Minerva Collaboration, Phys. Rev. D **97**, (2018) 032014

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Repasar el temario de la asignatura de Física Nuclear y de Partículas

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: PATRICIA SÁNCHEZ LUCAS

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: patriciasl@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: MARIA DOLORES FEREZ MARTINEZ

Correo electrónico: lolaferez@correo.ugr.es