

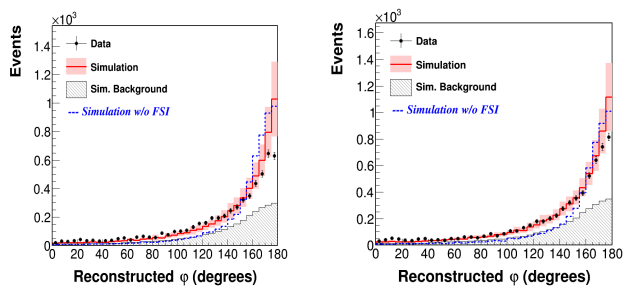
Estudiando multitudes en MINERvA

Los neutrinos son las partículas elementales con masa más comunes en el universo, no poseen carga eléctrica y pueden atravesar casi toda la materia ya que interactúan muy débilmente con esta. Existen tres tipos de neutrinos y, contrario a lo esperado, estos cambian mientras se propagan. A este fenómeno se le llama oscilaciones de neutrinos y ha fascinado a los físicos por años, quienes buscan saber cómo y qué tan seguido ocurre.

Nuestro entendimiento de las oscilaciones depende de la medición de la energía de los neutrinos. Pese a que estos no se pueden observar directamente, podemos medir las partículas creadas por la interacción de los neutrinos con el detector. Sin embargo, medir la energía del neutrino de manera precisa no es tan sencillo como suena debido a que los experimentos de neutrinos usan núcleos pesados para tener más interacciones con neutrinos, lo que lo hace más difícil debido al ambiente nuclear.

Es necesario entender en detalle cómo los neutrinos interactúan al interior del núcleo atómico para medir correctamente su energía. En el rango energético de los experimentos de oscilaciones, el tipo de interacción dominante es el de un neutrino que colisiona con un neutrón dentro del núcleo, y produce un muón y un protón. Este protón puede, a su vez, interactuar con otras partículas en el núcleo, generando así que las distribuciones de partículas al final sea distinta a las generadas en la interacción original.

Una forma de verlo es imaginar dos planos: uno formado por las direcciones de movimiento del neutrino y del protón, y otro formado a partir del neutrino y el muón. En ausencia de un entorno como el del núcleo atómico, el ángulo entre ambos planos sería 180 grados. Pero las mediciones de MINERvA (figura 1) muestran que no es así, los resultados difieren considerablemente de lo esperado, demostrando así que un entorno como el núcleo atómico afecta la medición de esta clase de interacciones de neutrinos.



Los gráficos muestran el ángulo conformado por los planos neutrino-protón y neutrino-muón, para interacciones en plomo (izquierda) y hierro (derecha).

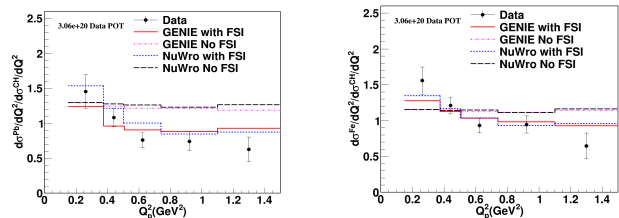
Imaginando otro ejemplo, suponga que usted es un maestro a cargo de un grupo de niños y niñas. Usted conoce cómo se comporta cada niño individualmente, pero seguramente en presencia de otros niños, el comportamiento de cada uno de estos es afectado por el de los otros. Así, un niño dentro del grupo no se comporta de la misma manera que si estuviera aislado. Imagine que los protones y neutrones dentro del núcleo atómico son los niños al interior del salón de clases. El

comportamiento de cada niño es distinto si ellos están interactuando con sus compañeros activamente a que si solamente estuvieran sentados por separado dentro del salón de clase.

MINERvA recientemente ha realizado una nueva medición de esta clase de interacciones, incluyendo todas las que conllevan a encontrar un muón y al menos un protón más no otras partículas. La probabilidad de interacción es medida en forma de sección eficaz como función de la cantidad de movimiento transferido del neutrino al núcleo (llamado "Q²"), el cual es hallado a partir de la medición de la energía del protón. Las mediciones han sido hechas de manera simultánea en materiales como carbón, hierro y plomo. Previamente, un estudio anterior de MINERvA realizó la misma medición en plástico centellador (hidrocarbón).

Si las partículas dentro del núcleo no afectaran la interacción atómica, la relación entre las secciones eficaces (eje vertical, figura 2) sería una constante, que es la fracción entre el número de neutrones de cada núcleo. Pero esta relación no es constante, como se observa en la figura, lo que muestra que las partículas son afectadas por el entorno del núcleo atómico, de la misma manera que el comportamiento de los niños es afectado por sus compañeros.

Los gráficos muestran la relación entre secciones eficaces en plomo (izquierda) y hierro (derecha) sobre la sección de eficaz en hidrocarbón plástico.



Las mediciones también muestran que la dependencia de la sección eficaz en elementos como plomo o hierro no está completamente descrita aún por los modelos nucleares más reciente, y que las teorías al respecto deben ser mejoradas a fin de obtener predicciones más precisas para los futuros experimentos de oscilaciones de neutrinos.

Estas mediciones son las pioneras en su categoría, y los resultados han sido sometidos para ser publicados la semana pasada.

Redactado por: Anushree Ghosh (UTFSM)
Traducido al español por: Gonzalo Díaz (University of Rochester)



El grupo de físicos que lideró este análisis: Minerba Betancourt (izquierda) y Tammy Walton (al medio) de Fermilab, y Anushree Ghosh (derecha) de la Universidad Técnica Federico Santa María.