

## El secreto de medir la energía de un antineutrino

No es un secreto que los neutrinos cambian de sabor u oscilan a medida que viajan de un lugar a otro, y que la cantidad en que cambian depende del tiempo que tengan para hacerlo. Este tiempo está directamente relacionado a la distancia recorrida por el neutrino y a su energía. Medir la distancia es fácil. La parte difícil es medir la energía del neutrino.

Los experimentos lo logran al medir la energía de las partículas producidas por la interacción de neutrinos en sus detectores. Pero ¿qué ocurre si una de las partículas producidas, por ejemplo, el neutrón, no deja casi nada de su energía en el detector?

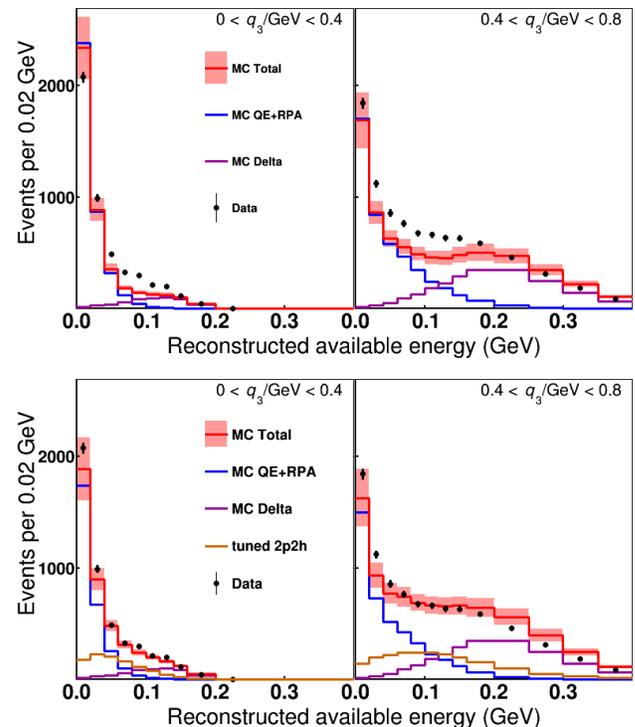
Los experimentos de oscilación de neutrinos tienen que predecir cuánta energía se pierde para luego corregirla. Estas predicciones dependen de modelos precisos acerca de cómo interactúan los neutrinos, y dichos modelos no solo deben ser correctos para neutrinos sino también para antineutrinos, quienes son particularmente buenos para producir neutrones.

La colaboración MINERvA analizó datos de la interacción de antineutrinos que producen muones con carga positiva. Los científicos observaron tanto la cantidad de movimiento como la energía que fue transferida al núcleo durante esas interacciones. Enfocándose en la región cinemática donde solamente un neutrón es liberado, analizaron el peor de los casos: *casi toda* la energía hadrónica desaparece. De esta manera, los científicos midieron directamente los efectos de un modelo imperfecto para la energía faltante.

Para entender por qué este nuevo análisis sobre antineutrinos es interesante, es importante saber que hace más de un año, MINERvA publicó una medición similar (<https://arxiv.org/abs/1511.05944>) sobre las interacciones de neutrinos que producen muones negativos, donde es más probable producir un protón que un neutrón. En detectores como MINERvA, la energía de un protón es mucho más fácil de medir que la del neutrón. Este análisis encontró que para interacciones de neutrinos sobre un par protón-neutrón (en vez de una sola de esas dos partículas), hay un exceso de eventos con respecto a los predichos por los últimos modelos. Los entusiastas de las secciones eficaces de neutrinos no se sorprenden cuando los modelos no describen los datos. La sorpresa fue que el usar los resultados de neutrinos funciona para modificar el modelo de antineutrinos y así predecir los datos de antineutrinos. Se puede ver la mejora en la región central de las gráficas.

Es interesante, debido a que esta es información nueva sobre donde funcionan bien los modelos y donde no. La búsqueda de violación de CP o “qué hace especial a la

materia comparada con la antimateria” depende de buscar pequeñas diferencias entre las muestras de neutrino y antineutrino. Diferencias mayúsculas y desconocidas entre la tasa de reacción de neutrinos y antineutrinos podrían ocultar la presencia o ausencia de señales de CP. Estamos acercándonos a modelos que describen mejor los datos de ambos, neutrinos y antineutrinos.



Las gráficas muestran la energía reconstruida y disponible transferida en dos regiones de cantidad de movimiento transferido  $q_3$  para datos de antineutrinos en MINERvA junto a las predicciones antes (arriba) y después (abajo) de un modelo que fue ajustado basado en datos de neutrinos. Los datos para antineutrino concuerdan con la predicción que fue basada en datos de neutrinos para la mayoría de los eventos.

Esos resultados se dieron a conocer esta semana (<https://arxiv.org/abs/1803.09377>) y puede verse el seminario (<http://vms.fnal.gov/asset/detail?recid=1951285>) donde fueron presentados.

Miranda Elkins y Rik Gran, Universidad de Minnesota-Duluth, fueron dos de los científicos que analizaron este resultado.



Miranda Elkins (izquierda) trabajó en esto con Rik Gran (derecha) mientras era estudiante de maestría en la Universidad de Minnesota-Duluth. Ella es ahora estudiante de doctorado en la Universidad Estatal de Iowa. Traducido por Diego Andrade de la Universidad de Guanajuato (México).