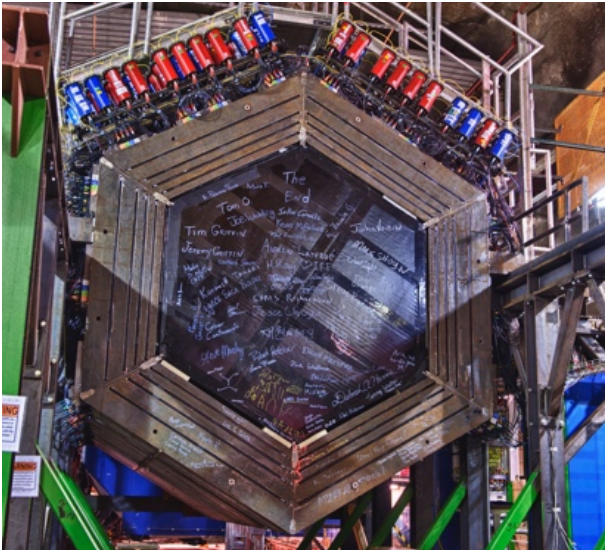


CSI: Los neutrinos no dejan sombras

En el experimento de neutrinos MINERvA se tiene una nueva técnica de investigación para las escenas del crimen, una que observa con detenimiento los rastros de las partículas que huyeron de la escena.



Los neutrinos que entran en el detector MINERvA interactúan con los átomos del detector, generando nuevas partículas antes de huir de la escena. El experimento MINERvA recientemente usó una nueva técnica de investigación para rastrear mejor a los neutrinos que huyen y dispersan todo. Imagen cortesía de Reidar Hahn, Fermilab

La ciencia

Los científicos resuelven los misterios de los neutrinos al observarlos interactuar en detectores —específicamente en los núcleos atómicos de los materiales del detector. La mayoría de las veces ni siquiera se detienen a saludar a los núcleos. Pero cuando lo hacen, éstas partículas neutras y ligeras puede adquirir una carga eléctrica y producir más cosas (partículas) en el núcleo al escapar—dejando atrás una escena del crimen. El trabajo de los científicos del experimento MINERvA en Fermilab es identificar los neutrinos originales, basados en las pistas dejadas para poder reconstruir la escena del crimen y descifrar que ha ocurrido durante la interacción.

El impacto

Los neutrinos son partículas livianas que rara vez interactúan con la materia. Su reticencia a interactuar los hace difíciles de estudiar, pero también son las mismas partículas que podrían responder preguntas que se han planteado por mucho tiempo sobre la creación del cosmos, por lo que vale la pena perseguirlas. Y es difícil, ya que los neutrinos no se puede estudiar directamente.

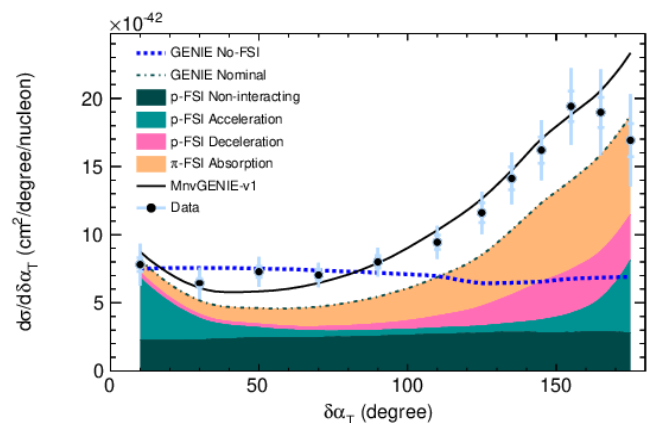
Más bien, los científicos deben estudiar los rastros que dejan. Cuanta más información puedan reunir sobre el significado de esas huellas, mejores serán las mediciones que se hagan —no solo en MINERvA, sino también en otros experimentos con neutrinos.

Resumen

Los neutrinos son partículas livianas y neutras, y generalmente navegan a través de la materia sin chocar con ella. Pero de vez en cuando “saludan” a un núcleo, y algunas veces el apretón de manos se vuelve destructivo: se produce un leptón cargado (un electrón, o un muón — a veces llamado “electrón pesado”), mientras que los constituyentes del núcleo son dispersados. Las trazas del leptón cargado y los productos de la interacción se recogen mediante un detector de partículas.

Los científicos de MINERvA estudian los rastros de las partículas resultantes para reconstruir la interacción entre los neutrinos y los núcleos. Los poderosos aceleradores de partículas de Fermilab producen neutrinos en grandes cantidades y, de vez en cuando, un neutrino se porta mal, chocando contra un núcleo con la energía precisa.

Hasta ahora esta no ha sido una tarea fácil: los efectos nucleares han ocultado gran parte de la evidencia de los neutrinos intrusos, dejando a los investigadores con información compleja y aparentemente irrelevante. No todos los neutrinos se portan mal, pero desafortunadamente los que nos importan —aquellos con energía comparable a la masa de los constituyentes de los núcleos y que posiblemente podrían contarnos sobre la creación del cosmos— tienen este modus operandi. Para reconstruir la escena del crimen resultante, los científicos necesitan una comprensión completa de cómo funcionan los efectos nucleares.



El ángulo de refuerzo transversal $\delta\alpha_T$ representa la dirección del movimiento transversal neto del leptón cargado y los productos de la interacción.

Tanto el leptón cargado como las partículas producidas tienen parcialmente las huellas dactilares del neutrino original. Estas se encuentran de manera poco clara sobre el ruido del efecto nuclear.

Los investigadores han encontrado que estas huellas dactilares se pueden tomar mediante una técnica

novedosa de neutrinos, al estilo “CSI”, conocida como *correlaciones de estado final*. Al igual que la corona solar solo es visible durante un eclipse solar, los detalles finos de los efectos nucleares se vuelven claros solo cuando se eliminan otros efectos. Para tener una idea de la técnica de “correlaciones de estado final”, demos un paso atrás y observemos los eventos que conducen a la escena del crimen: un neutrino choca contra un núcleo. La interacción produce otras partículas. Esas nuevas partículas —leptón cargado y otras— vuelan en direcciones opuestas, dejando rastros en el detector.

En ausencia de efectos nucleares, el leptón cargado y los productos de la interacción se moverían de manera opuesta, dentro del plano perpendicular al camino del neutrino entrante. Imagínese un neutrino entrando a través de, por ejemplo, la entrada sur de un pequeño edificio subatómico. Se topa con un núcleo. Sin efectos nucleares, el leptón cargado y la partícula producida huirían por distinta salidas: una por la este y la otra por la oeste.

Pero en realidad hay efectos nucleares, y eso significa que el leptón cargado y la otra partícula no se dirigirán directamente hacia el este y el oeste. Los cambios en sus movimientos perpendiculares son pistas; reflejan todo lo que sucede dentro del núcleo, como una sombra de la escena del crimen proyectada por la linterna que lleva el neutrino. Por lo tanto, los neutrinos no dejan sombras —solo los efectos nucleares lo hacen.

La técnica de “correlaciones del estado final” establece un enlace entre los efectos nucleares y las desviaciones de la perpendicular en las partículas generadas en la interacción.

En un estudio reciente sobre neutrinos en el experimento MINERvA, los investigadores utilizaron esta nueva técnica. Con esto presentaron una detallada reconstrucción de los efectos nucleares y los fenómenos subyacentes —como el estado inicial del núcleo, mecanismos adicionales de generación de partículas y las interacciones del estado final entre estos productos y el resto del núcleo— ahora están separados. Se ha hecho un informe de los descubrimientos sobre éstos mecanismos en *Phys. Rev. Lett.* 121, 022504. Se alienta a los interesados a revisar los hallazgos de MINERvA.



Xianguo Lu de la Universidad de Oxford explica por qué los neutrinos no dejan sombras en el Seminario Fermilab de “Wine and Cheese” del 2 de marzo de 2018. Foto: Kevin McFarland

Xianguo Lu, University of Oxford, Traducido por Jose Luis Bonilla de la Universidad de Guanajuato (México).