

Producción de Piones Neutros en MINERvA o cómo lidiar con casos de identidad equivocada.

El pión neutro viene siendo como el personaje principal en una novela sobre identidad equivocada (mistaken identity) digna de Agatha Christie. Tenemos pues nuestro elenco de personajes: neutrinos, las canteras del experimento MINERvA, son partículas sutiles, difíciles de capturar. Vienen en tres tipos, dos de los cuales desempeñan un papel prominente en esta historia: el neutrino electrónico y el neutrino muónico. Dado que los neutrinos son difíciles de capturar, los científicos hacen lo siguiente: estudiar las partículas que se producen de la interacción de un neutrino con un núcleo en el detector.

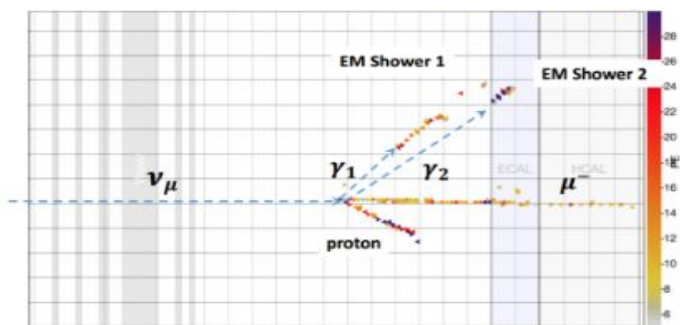


Fig 1. Señal: un neutrino entra desde la izquierda, interactuando con un núcleo en el material del detector MINERvA. La interacción resulta en dos fotones, un muón negativamente cargado que sale del extremo del detector a la derecha y un protón. Este proceso puede dar una importante pista a los experimentos de oscilación de los neutrinos como NOvA en Fermilab y DUNE. Hay dos cosas fundamentales a determinar sobre la huella que un neutrino dentro del detector: su sabor y su energía.

Una de estas partículas remanentes es el pión. Los piones pueden ser eléctricamente neutros o no. En esta historia, nos centramos en piones neutros y los cuales a menudo se transforman en dos fotones, partículas de luz.

Luego está el electrón, una partícula que todos conocemos y amamos así como su primo el muón. Un neutrino electrónico es un neutrino que cuando interactúa deja como remanentes electrones, y un neutrino muónico el deja muones.

Finalmente, un giro: los neutrinos pueden cambiar identidades. Un neutrino electrónico puede voltearse (cambiar de dirección) y convertirse en un neutrino muónico y viceversa, a este comportamiento se le llama oscilación de neutrinos.

Los experimentos de oscilación buscan neutrinos electrónicos (que dejan o producen electrones en su paso) que originalmente eran neutrinos muónicos en su mayoría de neutrinos (que dejan o producen principalmente muones a su paso). Si ven un electrón, saben que su neutrino muónico ha oscilado a un neutrino electrónico. Si ven un muón, concluyen que el neutrino muónico no osciló en el momento en que los alcanzó.

En toda buena novela de misterio nos topamos pistas falsas y en este caso de identidad equivocada, el culpable es el pión. Los piones neutros pueden disfrazarse como electrones -el signo revelador de que ha pasado un neutrino electrónico- en un detector de partículas. Así que cuando los científicos piensan que han identificado electrones a lo mejor podrían estar viendo piones realmente.

¿Por qué pasa todo esto?. Los piones se descomponen en dos fotones. Digamos que un fotón escapa de ser detectado y el otro, como sucede a menudo, se parece mucho a un electrón. Esto puede engañar al experimento a la hora de contar lo que realmente fue la llegada de dos fotones como un avistamiento de electrones, por lo que se podría contar un evento como la llegada de un neutrino electrónico cuando realmente es un neutrino muónico. Así que podría parecer que el neutrino ha oscilado cuando realmente no lo ha hecho.

Para evitar esta mala identificación, los científicos de MINERvA midieron la frecuencia con la que un neutrino deja un muón y un pión neutro en su paso. Esta medida nos da una ayuda tremenda en la predicción del número de casos de identidad equivocada que grandes experimentos de neutrinos como NOvA y DUNE verán.

Medir la producción de piones neutros también puede ayudarnos a entender la relación entre la energía del neutrino y las partículas resultantes que vemos en nuestros detectores.

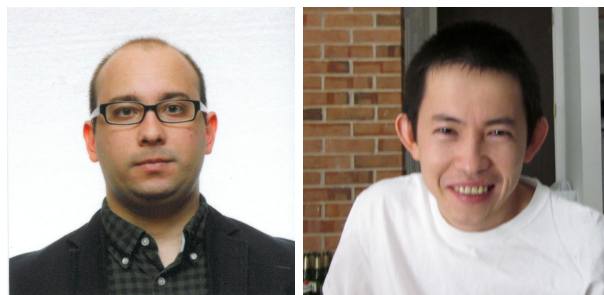
Uno de los mayores problemas en los experimentos de oscilación ocurre cuando un neutrino de una energía se disfraz de neutrino de otra energía. Esto ocurre con frecuencia cuando algunas de las partículas se atascan dentro del núcleo del material del detector o se transforman en otras partículas. La medida producción de neutrinos neutros de MINERvA es sensible a este tipo de efectos y ayuda a los físicos teóricos a mejorar sus modelos nucleares.

La colaboración MINERvA está entusiasmada con estos nuevos resultados. Los protones en nuestro detector también se excitan - alcanzan niveles de energía muy altos - en muchos de los eventos de neutrinos estudiados en este análisis.

Por primera vez, tenemos una medida en la que se observa tanto un pión neutro como un protón. Estos eventos pión-protón nos informan sobre el comportamiento de una especie de excitación que se produce dentro del núcleo. Estas mediciones también contienen información sobre la energía y los ángulos tanto del pión neutro como del muón que lo acompaña.

Este nivel de detalle es importante tanto para los experimentos de oscilación como para mejorar nuestros modelos teóricos.

Recientemente la colaboración MINERvA ha enviado un artículo para ser publicado ([Arxiv link](#)). Dicho resultado fue presentado en Fermilab el pasado 07 de Julio por el Dr. Ozgur Altinok ([link](#)), dicha investigación fue liderada por el Dr. Trung Le y Dr. Ozgur Altinok ambos de la Universidad de Tufts.



Ozgur Altinok (izquierda) y Trung Le (derecha), líderes del análisis, ambos de la Universidad de Tufts. Escrito por Barbara Yaeggy de la Universidad Técnica Federico Santa María (Chile).