

NOTA DE PRENSA BAJO EMBARGO DE 'NATURE' HASTA EL MIÉRCOLES 15 DE ABRIL A LAS 17 HORAS

El experimento T2K presenta los resultados más precisos sobre las diferencias entre materia y antimateria en neutrinos

- Los resultados ayudan a revelar una propiedad básica de los neutrinos que no se había medido hasta ahora, y son un paso importante para saber si los neutrinos se comportan de manera diferente en sus formas de materia y antimateria.
- Los resultados, obtenidos utilizando datos recopilados hasta 2018, se han publicado hoy 15 de abril en la revista *Nature* como artículo de portada.
- Investigadores del Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) en Barcelona, del Instituto de Física Corpuscular (IFIC) en Valencia y de la Universidad Autónoma de Madrid participan en el resultado

La Colaboración T2K ha publicado nuevos resultados, los más precisos obtenidos hasta la fecha, del parámetro que gobierna la ruptura de la simetría entre la materia y la antimateria en las oscilaciones de neutrinos. El parámetro que rige la ruptura de la simetría entre materia y antimateria en la oscilación de neutrinos, llamada fase δ_{CP} , puede tomar un valor en un rango de -180° a 180° . **Por primera vez, T2K ha desfavorecido casi la mitad de los valores posibles con un nivel de confianza del 99,7% (3σ), y comienza a revelar una propiedad básica de los neutrinos que no se ha medido hasta ahora.** Este es un paso importante para saber si los neutrinos y los antineutrinos se comportan de manera diferente. Estos resultados, que utilizan datos recopilados hasta 2018, se han publicado en la revista científica *Nature* hoy, 15 de abril.

Materia y antimateria

La mayoría de fenómenos físicos se describen con leyes que predicen un comportamiento simétrico para la materia y la antimateria. En el argot de la Física hablamos de la simetría carga-paridad, o simplemente simetría CP. Sin embargo, esta simetría no es universal, como resulta evidente en la composición actual del Universo, cuyo contenido en antimateria es muy pequeño. La teoría del Big-Bang asume que el universo fue creado con cantidades idénticas de materia y antimateria. Para llegar a la situación actual es condición necesaria que exista una violación de la simetría CP.

Hasta ahora, la violación de la simetría CP solo se ha observado en la física de partículas subatómicas llamadas quarks, pero la magnitud de esta violación no es lo suficientemente grande como para explicar la composición del universo actual. T2K busca una nueva fuente de violación de la simetría CP en las oscilaciones de neutrinos, que se manifestaría como una diferencia en la probabilidad de oscilación para neutrinos y antineutrinos.

El experimento T2K

El experimento T2K utiliza haces de neutrinos y antineutrinos creados utilizando el haz de protones del Complejo de Investigación del Acelerador de Protones de Japón (J-PARC), ubicado en la aldea de Tokai, en la costa este de Japón. T2K puede operar en dos modos diferentes. En el 'modo neutrino', el haz está compuesto principalmente por neutrinos muónicos. Una pequeña fracción de estos se detectan a 295 kilómetros de distancia en el detector Super-Kamiokande, ubicado bajo una montaña en Kamioka, cerca de la costa oeste de Japón. A medida que los neutrinos muónicos recorren la distancia de Tokai a Kamioka (de ahí el nombre de T2K), parte de ellos se transformarán (oscilarán) en neutrinos electrónicos. Los neutrinos electrónicos se identifican en el detector Super-Kamiokande por la luz de Cherenkov que producen.

De igual forma, en su 'modo antineutrino', el haz de T2K está compuesto por antineutrinos muónicos, de forma que lo que se observa en Super-Kamiokande es un exceso de antineutrinos electrónicos fruto de la oscilación de los antineutrinos muónicos.

El resultado de T2K publicado hoy en *Nature* se ha obtenido con el análisis de datos producidos por $1,49 \times 10^{21}$ protones con el haz en modo neutrino y $1,64 \times 10^{21}$ protones con el haz en modo antineutrino. Si el parámetro δ_{CP} tuviera un valor de 0° o 180° la oscilación de neutrinos muónicos a electrónicos sería idéntica a la oscilación de antineutrinos muónicos a antineutrinos electrónicos. Otros valores de δ_{CP} favorecerían una de estas oscilaciones frente a la otra, rompiendo así la simetría. Existe una complicación adicional en la medición de este parámetro, y es que todos los elementos de T2K (los detectores y la línea del haz) están hechos de materia y no de antimateria, de forma que introducen una falsa asimetría que se debe substraer. Para separar esta falsa asimetría de la simetría genuina, el análisis de T2K incluye correcciones basadas en datos de detectores cercanos (ND280) colocados a 280 metros del objetivo.

Con los datos acumulados por el experimento hasta 2018, T2K observa 90 candidatos a neutrinos electrónicos y 15 candidatos a antineutrinos electrónicos. Estos valores son bastante cercanos a los esperados para un valor de $\delta_{CP} = -90^\circ$, que son 82 y 17 eventos respectivamente. Y difieren considerablemente de las tasas esperadas para $\delta_{CP} = +90^\circ$, que son 56 y 22, respectivamente.

Por tanto, los datos T2K son compatibles con un valor de δ_{CP} cercano a -90° , que favorece significativamente la probabilidad de oscilación en el modo neutrino, en detrimento de la probabilidad de oscilación en el modo antineutrino. Con estos datos, T2K ha evaluado los intervalos de confianza para el parámetro δ_{CP} . La región desfavorecida en el nivel de confianza 3σ (99,7%) es -2° a 165° . Este resultado representa la restricción más fuerte de δ_{CP} hasta la fecha. Los valores de 0° y 180° se desfavorecen con un nivel de confianza del 95%, como indicó un resultado anterior de T2K en 2017, lo que indica que la simetría CP puede violarse en las oscilaciones de neutrinos.

Si bien este estudio es el más preciso hasta la fecha sobre la violación de la simetría CP en el sector de los neutrinos, y nos muestra una clara indicación de que este fenómeno podría realmente producirse, el resultado no alcanza todavía los estándares de certeza científica. Para mejorar aún más la sensibilidad experimental a un posible efecto de violación de la simetría CP, la Colaboración T2K actualizará el conjunto de detectores cercanos para reducir las incertidumbres sistemáticas, y J-PARC aumentará la intensidad del haz mejorando el acelerador y la línea del haz, permitiendo estas mejoras acumular nuevos datos de forma más rápida.

Contribución española

El experimento T2K ha sido construido y operado por una colaboración internacional compuesta, en la actualidad, por más de 500 científicos de 68 instituciones en 12 países (Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Polonia, Rusia, España, Suiza, Reino Unido, Estados Unidos y Vietnam). El experimento está financiado principalmente por el ministerio de cultura, deportes, ciencia y tecnología (MEXT) de Japón. España contribuye con tres grupos de investigación: el Institut de Física d'Altes Energies (IFAE) en Barcelona, y el Instituto de Física Corpuscular (IFIC) en Valencia (centro mixto del CSIC y la Universitat de València, han participado en el diseño, construcción y operación del experimento durante más de 15 años. Ambos grupos han realizado contribuciones muy relevantes al estudio de la oscilación del neutrino, con medidas en el detector de Tokai, el más cercano a la fuente, que mide las propiedades iniciales del haz de neutrinos. Recientemente se ha incorporado un grupo de investigación de la Universidad Autónoma de Madrid. España ha financiado la actividad investigadora a través del Ministerio de Economía y Competitividad, la Generalitat de Catalunya y con el apoyo del Centro Nacional de Partículas Astropartículas y Nuclear (CPAN).

Más información sobre el experimento T2K en el sitio web de T2K (<http://t2k-experiment.org>).

Referencia:

Constraint on the Matter-Antimatter Symmetry-Violating Phase in Neutrino Oscillations
DOI: 10.1038/s41586-020-2177-0
Nature Vol. 580, pp. 339-344

Pies de foto:

Fig.1 La flecha indica el valor más compatible con los datos. La región gris está desfavorecida con un nivel de confianza del 99,7% (3). Casi la mitad de los posibles valores están excluidos.

Fig.2 Visualizaciones de eventos de eventos candidatos de neutrino electrónico (izquierda) y antineutrino electrónico (derecha) observados en Super-K desde el haz de neutrinos T2K. Cuando un electrón neutrino o antineutrino interactúa con el agua, se produce un electrón o positrón. Emiten una luz de patrón de anillo débil, que es detectada por unos 11,000 fotosensores. El color en las pantallas representa el tiempo de detección de fotones.

Fig.3 Los eventos candidatos observados de neutrino de electrones (izquierda) y antineutrino de electrones (derecha) con predicciones para la mejora máxima de neutrinos (rojo, trazo largo) y la mejora máxima de antineutrino (azul, trazo corto).

Tabla: El número observado de eventos candidatos a neutrinos electrónicos y antineutrinos electrónicos, con expectativas de potenciación máxima de neutrinos ($\delta_{cp} = 90^\circ$) y potenciación máxima de antineutrinos ($\delta_{cp} = + 90^\circ$).

Contactos

Dr Thorsten Lux, IFAE, Barcelona (Barcelona, Spain), tlux@ifae.es

Phone: +34 93 170 2702

Prof Anselmo Cervera, IFIC, Valencia (Valencia, Spain), anselmo.cervera@ific.uv.es

Phone: +34 96 354 44 58

Prof. L. Labarga, University Autonoma Madrid, luis.labarga@uam.es

Phone: +34 91 497 8589