

València, 21 de mayo de 2025

Un experimento liderado por el IFIC mejora la comprensión de la formación de elementos pesados en el cosmos

- El Instituto de Física Corpuscular (CSIC-UV) lidera un experimento que arroja nueva luz sobre la formación de elementos químicos como el circonio o el molibdeno, con importantes aplicaciones industriales
- Las nuevas mediciones muestran que estos elementos podrían formarse en fenómenos extremos del cosmos en una proporción de hasta un 70% mayor de lo que se pensaba



Miembros del equipo de investigación durante la toma de datos en RIKEN (Japón). Créditos: IFIC (CSIC-UV).

Un equipo internacional liderado por el Instituto de Física Corpuscular (IFIC), centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universitat de València (UV), ha conseguido un hito en la exploración del origen de la materia del universo. Este equipo ha medido, por primera vez, las propiedades de desintegración de 37 núcleos atómicos extremadamente raros y fugaces, que sólo existen durante fracciones de segundo y no se encuentran de forma natural en la Tierra. El trabajo, publicado en la prestigiosa revista *Physical Review Letters*, aporta nueva información

para descifrar uno de los grandes enigmas de la física moderna: ¿cómo se forman los elementos más pesados que el hierro?

La respuesta a este enigma apunta a fenómenos extremos como la fusión de estrellas de neutrones, y el nuevo trabajo del IFIC proporciona datos cruciales para desarrollar los modelos que describen ese proceso. Los 37 núcleos atómicos estudiados se sitúan en una región inexplorada cerca del níquel-78, pieza clave para entender la estructura de los núcleos atómicos pesados. Los elementos más ligeros del universo, como el hidrógeno y el helio, se formaron justo después del Big Bang. Pero los elementos más pesados como la plata, el oro o el uranio, lo hicieron en escenarios mucho más extremos como explosiones de supernova o la fusión de estrellas de neutrones.

El universo como una gran fábrica de elementos

Estos fenómenos son muy difíciles de detectar y de estudiar experimentalmente. Un punto de inflexión llegó en 2017, cuando los experimentos LIGO y VIRGO detectaron por primera vez ondas gravitacionales resultantes de una fusión entre dos estrellas de neutrones, que generan explosiones llamadas kilonovas. Al dirigir sus telescopios a la región del cielo señalada, los astrónomos observaron una señal luminosa cuyo comportamiento coincidía con la teoría: la desintegración radiactiva de elementos pesados recién formados alimentaba esa luz. En análisis posteriores se identificaron elementos como estroncio, itrio y circonio. Por primera vez, se observaba 'en directo' la síntesis de elementos pesados en un evento cósmico.

El problema es que muchos de los núcleos atómicos que participan en estos procesos no existen de manera estable en la Tierra y duran apenas una fracción de segundo, por lo que nunca se habían podido estudiar... hasta ahora. El equipo científico internacional liderado por el Grupo de Espectroscopia Gamma y Neutrones del IFIC ha conseguido un avance significativo: ha logrado medir, por primera vez, propiedades fundamentales de 37 núcleos atómicos muy exóticos que permiten predecir con más precisión cómo se forman elementos más pesados que el hierro como el itrio, el circonio, el niobio o el molibdeno, con importantes aplicaciones industriales.

El hallazgo combina la capacidad de producción de núcleos exóticos de la Instalación de Haces Radioactivos del Centro RIKEN-Nishina, en Japón, con la alta eficiencia de un detector de neutrones desarrollado por el grupo de investigación del IFIC y la Universitat Politècnica de Catalunya. Otros equipos de la Universidad Técnica de Darmstadt (Alemania) y la Universitat de València colaboran en los cálculos de nucleosíntesis, la formación de elementos.

Una producción de hasta un 70% más de elementos de lo que se pensaba

Los resultados del trabajo, publicado recientemente en *Physical Review Letters*, muestran que el proceso de síntesis y dispersión de elementos pesados, alimentado por el viento de neutrinos, produce los núcleos medidos en este trabajo y ocurre en el breve lapso de tiempo que transcurre antes de que el sistema colapse en un agujero negro. El

uso de los nuevos datos nucleares muestra un incremento significativo en la producción de los elementos identificados en el evento de 2017 respecto a estimaciones anteriores. Las nuevas mediciones muestran que estos elementos podrían formarse en una cantidad superior a la que se pensaba anteriormente, alrededor de un 50% a 70% más cantidad de lo que se pensaba.

Álvaro Tolosa Delgado, primer autor del trabajo y actualmente investigador del CERN, comenta que “existía la opinión previa de que las propiedades de los núcleos que hemos estudiado tendrían escaso impacto en las abundancias. Esto queda desmentido con nuestro trabajo, que apunta a la necesidad ampliar este tipo de medidas a otros núcleos”. Por su parte, **José Luis Taín**, investigador del CSIC en el IFIC que lidera el experimento, apunta: “la evolución de la abundancia de elementos químicos en el universo es realmente compleja, con una variedad de procesos contribuyendo al resultado final. Combinando observaciones astronómicas, experimentos de física nuclear y modelos astrofísicos estamos más cerca de resolver el rompecabezas”.

Referencia:

A. Tolosa-Delgado, J. L. Tain, M. Reichert, A. Arcones, M. Eichler, B. C. Rasco, N. T. Brewer, K. P. Rykaczewski, R. Yokoyama et al. *Impact of Newly Measured β -Delayed Neutron Emitters around ^{78}Ni on Light Element Nucleosynthesis in the Neutrino Wind Following a Neutron Star Merger*. *Phys. Rev. Lett.* 134, 172701. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.172701>