

València, 21 de maig de 2025

Un experiment liderat per l'IFIC millora la comprensió de la formació d'elements pesants en el cosmos

- L'Institut de Física Corpuscular (CSIC-UV) lidera un experiment que llança nova llum sobre la formació d'elements químics com el zirconi o el molibdè, amb importants aplicacions industrials
- Els nous mesuraments mostren que aquests elements podrien formar-se en fenòmens extrems del cosmos en una proporció de fins a un 70% major del que es pensava



Membres de l'equip d'investigació durant la presa de dades a RIKEN (Japó). Crèdits: IFIC (CSIC-UV).

Un equip internacional liderat per l'Institut de Física Corpuscular (IFIC), centre mixt del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) i la Universitat de València (UV), ha aconseguit una fita en l'exploració de l'origen de la matèria de l'univers. Aquest equip ha mesurat, per primera vegada, les propietats de desintegració de 37 nuclis atòmics extremadament rars i fugaçs, que només existeixen durant fraccions de segon i no es troben de manera natural en la Terra. El treball, publicat en la prestigiosa revista *Physical Review Letters*, aporta nova informació per a desxifrar un dels grans enigmes de la física moderna: com es formen els elements més pesats que el ferro?

La resposta a aquest enigma apunta a fenòmens extrems com la fusió d'estreles de neutrons, i el nou treball de l'IFIC proporciona dades crucials per a desenvolupar els models que descriuen eixe procés. Els 37 nuclis atòmics estudiats se situen en una regió inexplorada prop del níquel-78, peça clau per a entendre l'estructura dels nuclis atòmics pesats. Els elements més lleugers de l'univers, com l'hidrogen i l'heli, es van formar just després del Big bang. Però els elements més pesats com la plata, l'or o l'urani, el van fer en escenaris molt més extrems com a explosions de supernova o la fusió d'estreles de neutrons.

L'univers com una gran fàbrica d'elements

Aquests fenòmens són molt difícils de detectar i d'estudiar experimentalment. Un punt d'inflexió va arribar en 2017, quan els experiments LIGO i VIRGO van detectar per primera vegada ones gravitacionals resultants d'una fusió entre dues estreles de neutrons, que generen explosions anomenades kilonovas. En dirigir els seus telescopis a la regió del cel assenyalada, els astrònoms van observar un senyal lluminós el comportament del qual coincidia amb la teoria: la desintegració radioactiva d'elements pesants recentment formats alimentava eixa llum. En anàlisis posteriors es van identificar elements com a estronci, itri i zirconi. Per primera vegada, s'observava 'en directe' la síntesi d'elements pesants en un esdeveniment còsmic.

El problema és que molts dels nuclis atòmics que participen en aquests processos no existeixen de manera estable en la Terra i duren a penes una fracció de segon, per la qual cosa mai s'havien pogut estudiar... fins ara. L'equip científic internacional liderat pel Grup d'Espectroscòpia Gamma i Neutrons de l'IFIC ha aconseguit un avanç significatiu: ha aconseguit mesurar, per primera vegada, propietats fonamentals de 37 nuclis atòmics molt exòtics que permeten predir amb més precisió com es formen elements més pesats que el ferro com l'itri, el zirconi, el niobi o el molibdè, amb importants aplicacions industrials.

La troballa combina la capacitat de producció de nuclis exòtics de la Instal·lació de Feixos Radioactius del Centre RIKEN-Nishina, al Japó, amb l'alta eficiència d'un detector de neutrons desenvolupat pel grup d'investigació de l'IFIC i la Universitat Politècnica de Catalunya. Altres equips de la Universitat Tècnica de Darmstadt (Alemanya) i la Universitat de València col·laboren en els càlculs de nucleosíntesi, la formació d'elements.

Una producció de fins a un 70% més d'elements del que es pensava

Els resultats del treball, publicat recentment en *Physical Review Letters*, mostren que el procés de síntesi i dispersió d'elements pesants, alimentat pel vent de neutrins, produeix els nuclis mesurats en aquest treball i ocorre en el breu lapse de temps que transcorre abans que el sistema col·lapse en un forat negre. L'ús de les noves dades nuclears mostra un increment significatiu en la producció dels elements identificats en l'esdeveniment de 2017 respecte a estimacions anteriors. Els nous mesuraments mostren que aquests elements podrien formar-se en una quantitat superior a la que es pensava anteriorment, al voltant d'un 50% a 70% més quantitat del que es pensava.

Álvaro Tolosa Delgado, primer autor del treball i actualment investigador del CERN, comenta que “existia l'opinió prèvia que les propietats dels nuclis que hem estudiat tindrien escàs impacte en les abundàncies. Això queda desmentit amb el nostre treball, que apunta a la necessitat ampliar aquest tipus de mesures a altres nuclis”. Per la seua part, **José Luis Tain**, investigador del CSIC a l'IFIC que lidera l'experiment, apunta: “l'evolució de l'abundància d'elements químics en l'univers és realment complexa, amb una varietat de processos contribuint al resultat final. Combinant observacions astronòmiques, experiments de física nuclear i models astrofísics estem més prop de resoldre el trencaclosques”.

Referència:

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>