

Padova, 5 dicembre 2025

## **UN NUOVO SGUARDO SULLA FENOMENOLOGIA NUCLEARE L' "ISOLA DI INVERSIONE ISOSPIN-SIMMETRICA" PRODOTTA DA ECCITAZIONI SIMULTANEE DI NEUTRONI E PROTONI**

**Il gruppo di ricerca internazionale coordinato dal Professor Francesco Recchia del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova ha identificato i confini di una nuova 'Isola di Inversione' attraverso esperimenti con nuclei radioattivi alla Michigan State University. Questo risultato apre nuove prospettive sulla 'mappa' della materia nucleare.**

Pubblicato su «Nature Communications» lo studio dal titolo "[\*Abrupt structural transition in exotic molybdenum isotopes unveils an isospin-symmetric island of inversion\*](#)" che ha rivelato per la prima volta un nuovo fenomeno nel nucleo atomico: una "Isola di Inversione Isospin-Simmetrica" caratterizzata da eccitazioni simultanee di neutroni e protoni. Queste osservazioni, insieme alla nuova descrizione teorica sviluppata dal gruppo di ricerca, offrono un quadro più completo sull'evoluzione della struttura nucleare.



*Francesco Recchia*

La ricerca è stata condotta da una collaborazione internazionale - che comprende scienziati da Italia, Corea del Sud, Francia, Spagna, Regno Unito e Stati Uniti - nei laboratori della Michigan State University (USA) e coordinata dal professor Francesco Recchia del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova e dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Padova.

### La comprensione del nucleo atomico

La fisica nucleare indaga i segreti del nucleo atomico, il cuore della materia visibile nell'universo, dove è concentrata quasi tutta la massa delle particelle che compongono la materia ordinaria. Studia come le forze fondamentali - nucleare forte, debole ed elettromagnetica - governano l'interazione tra protoni e neutroni. Il nucleo di un atomo, composto da protoni e neutroni, è organizzato in una struttura a strati, o "gusci", molto simile a quella degli elettroni attorno al nucleo. Questa struttura, osservata nei nuclei stabili presenti in natura, è energeticamente favorevole e presenta *numeri magici* che segnano i maggiori salti energetici, o "gap", tra gli strati, proprio come succede a livello atomico per i gas nobili.

La comprensione dei nuclei stabili rappresenta solo il punto di partenza: la fisica nucleare si sta aprendo oggi ad un territorio ancora inesplorato, ricco di domande fondamentali e di scoperte che promettono di ridefinire la nostra visione dell'Universo: come si formano gli elementi nelle stelle? Quali sono i veri limiti di esistenza dei nuclei, tra le migliaia di isotopi possibili? E quali nuovi fenomeni appaiono?

Per rispondere a queste domande e per testare i limiti delle teorie sulla struttura nucleare, gli scienziati hanno costruito nuove attrezzature sperimentali in grado di creare e studiare i nuclei radioattivi che possiedono un grande eccesso di neutroni o di protoni rispetto ai nuclei stabili.

«I risultati di questi esperimenti hanno rivelato un fenomeno imprevisto che sfida la nostra comprensione della struttura nucleare. Quelli che erano considerati i "numeri magici", configurazioni di protoni e neutroni che conferiscono una grande stabilità al nucleo, sembrano “svanire” in alcuni nuclei ricchi di neutroni. In sostanza, i neutroni cambiano la loro disposizione abituale: invece di mantenere la loro posizione standard, i neutroni "saltano" attraverso il cosiddetto gap energetico – **spiega Francesco Recchia** -. Riorganizzandosi in questo modo, il nucleo diventa più legato guadagnando una maggiore quantità di energia di correlazione. Tale fenomeno, che si manifesta in alcuni nuclei che differiscono tra loro solo per un piccolo numero di protoni o neutroni, dà origine a quelle che vengono chiamate “Isole di Inversione”».



*Jeongsu Ha*

### La ricerca

L'esperimento descritto nella ricerca pubblicata è stato svolto al Laboratorio NSCL della Michigan State University, un laboratorio che permette di produrre e studiare nuclei molto rari. Per ottenere l'isotopo  $^{86}\text{Mo}$ , i ricercatori hanno accelerato nuclei di  $^{92}\text{Mo}$  e li hanno fatti urtare contro un sottile bersaglio di berillio. L'urto spezza il nucleo in tanti frammenti diversi, tra questi c'è anche l'isotopo che interessa allo studio, il  $^{86}\text{Mo}$ . Il separatore magnetico del laboratorio ha poi isolato questo fascio, che viaggiava a velocità prossime alla velocità della luce e conteneva circa 200 mila nuclei al secondo. Per studiare la struttura interna di questi nuclei, il fascio è stato diretto contro un secondo bersaglio di berillio. Le reazioni nucleari che avvengono in questo passaggio portano i nuclei in uno stato “eccitato”, cioè con energia più alta. Quando tornano al loro stato fondamentale emettono radiazione.

«Per rivelare i raggi gamma è stato utilizzato il rivelatore GRETINA, una sfera di cristalli di germanio iperpuro. Lo strumento - continua **Jeongsu Ha**, primo autore dell'articolo, al quale ha lavorato durante il suo periodo di ricerca all'Università di Padova - è in grado di identificare con alta precisione energia e anche direzione dei raggi gamma. Un'informazione essenziale, perché i nuclei si muovono molto velocemente e i segnali devono essere corretti per l'effetto Doppler».

In questo modo i ricercatori sono riusciti a ottenere informazioni molto precise sulla struttura degli isotopi  $^{84}\text{Mo}$  e  $^{86}\text{Mo}$ , fondamentali per capire come cambia repentinamente l'organizzazione di protoni e neutroni quando ci si avvicina a regioni dove le eccitazioni di protoni e neutroni predominano e nascondono la struttura a gusci determinata dai “numeri magici”.

«Con i risultati di questo esperimento, che ci hanno permesso di identificare per la prima volta una “isola di inversione isospin-simmetrica”, abbiamo ottenuto una visione coerente della struttura nucleare e della sua evoluzione nei nuclei radioattivi. E questo - **sottolinea Recchia** - cambia il modo in cui guardiamo alla “mappa” della materia nucleare, unificando in un unico quadro il comportamento dei nuclei con eccesso di neutroni e quello dei nuclei con eccesso di protoni rispetto

alla stabilità. Una scoperta che amplia la nostra comprensione della materia a livello fondamentale, con implicazioni rilevanti per le forze nucleari a tre corpi, ancora largamente incomprese, ma decisive per costruire una teoria coerente della struttura nucleare».

Link alla ricerca: <https://www.nature.com/articles/s41467-025-65621-2>

Titolo: "*Abrupt structural transition in exotic molybdenum isotopes unveils an isospin-symmetric island of inversion*" – «Nature Communications» 2025

Autori: J. Ha, F. Recchia, S. M. Lenzi, H. Iwasaki, D. D. Dao, F. Nowacki, A. Revel, P. Aguilera, G. de Angelis, J. Ash, D. Bazin, M. A. Bentley, S. Biswas, S. Carollo, M. L. Cortes, R. Elder, R. Escudeiro, P. Farris, A. Gade, T. Ginter, M. Grinder, J. Li, D. R. Napoli, S. Noji, J. Pereira, S. Pigliapoco, A. Pompermaier, A. Poves, K. Rezynekina, A. Sanchez, R. Wadsworth & D. Weisshaar

