



Roma, 22 marzo 2024 - Il cerio è un metallo che fa parte delle cosiddette “terre rare”, che ha numerose applicazioni tecnologiche di uso quotidiano, da alcuni tipi di lampadine alle TV a schermo piatto. Ma come si produce il cerio nell’universo? Una nuova ricerca condotta presso l’esperimento n_TOF al CERN, di cui sono capofila l’INFN, l’Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) e l’ENEA pubblicata ieri, 21 marzo, sulla rivista *Physical Review Letters* e selezionata come scelta dell’editore, ha cercato di rispondere a questa domanda, aprendo a nuovi interrogativi sulla nucleosintesi stellare e l’evoluzione chimica delle galassie.

I modelli stellari basati sui nuovi risultati sperimentali predicono un’abbondanza di cerio di molto inferiore a quanto misurato nelle osservazioni astrofisiche. Ne consegue la necessità di rivedere i meccanismi che fino ad oggi si credeva fossero responsabili della produzione di questo elemento nelle stelle, con importanti conseguenze anche su tutti gli elementi più pesanti.

Le abbondanze degli elementi più pesanti del ferro osservati nelle stelle (come stagno, argento, oro e piombo) si possono riprodurre dal punto di vista teorico ipotizzando l’esistenza di due processi di cattura neutronica: il processo di cattura neutronica lenta (o processo s, dall’inglese “slow”) e il processo di cattura neutronica veloce (o processo r, dall’inglese “rapid”).

I flussi neutronici che li caratterizzano sono di circa 10 milioni di neutroni per centimetro cubico e più di 1 milione di miliardi di miliardi di neutroni per centimetro cubico, rispettivamente. Il processo s produce circa la metà degli elementi più pesanti del ferro presenti nell'universo, tra cui il cerio.

Relativamente raro nella crosta terrestre, nell'universo il cerio è leggermente più abbondante e il cuore di questo studio è stato proprio la misura della sua sezione d'urto, che esprime la probabilità che avvenga la cattura di un neutrone da parte del nucleo dell'isotopo 140 del cerio per produrre l'isotopo 141. Questa reazione, svolgendo un ruolo cruciale nella sintesi di elementi pesanti nelle stelle, è stata misurata a tutte le energie di interesse astrofisico con un'accuratezza senza precedenti.

Le misure sono state condotte al CERN all'esperimento n_TOF dove, sfruttando intensi fasci di neutroni, vengono studiate reazioni nucleari determinanti in vari campi di ricerca, tra cui l'astrofisica nucleare, le tecnologie per la produzione di energia e la fisica medica. Le misure realizzate per questo studio sono state affiancate da sofisticati modelli teorici, utili a comprendere la produzione degli elementi chimici nell'universo nei processi di cattura neutronica nel corso dell'evoluzione di diverse tipologie di stelle.

“La misura che abbiamo effettuato ci ha permesso di identificare risonanze nucleari mai osservate prima nell'intervallo di energie coinvolte nella produzione del cerio nelle stelle - ha spiegato Simone Amaducci, dei Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN e primo autore dello studio - Questo grazie all'altissima risoluzione energetica dell'apparato sperimentale e alla disponibilità di un campione purissimo di cerio 140”.

L'esperimento, proposto da Sergio Cristallo dell'Osservatorio Astronomico d'Abruzzo dell'INAF, apre nuovi interrogativi sulla natura e sulla composizione chimica dell'universo. “Quello che ci ha incuriosito all'inizio è stata una discrepanza tra i modelli stellari teorici e i dati osservativi del cerio nelle stelle dell'ammasso globulare M22 nella costellazione del Sagittario - ha spiegato Cristallo - I nuovi dati nucleari differiscono significativamente, fino al 40%, da quelli presenti nei database nucleari attualmente utilizzati, decisamente oltre l'incertezza stimata”.

I risultati delle ultime misurazioni a n_TOF hanno notevoli implicazioni astrofisiche, suggerendo una riduzione del 20% del contributo del processo s all'abbondanza di cerio nella Galassia. Inoltre, i nuovi dati hanno un impatto significativo sulla nostra comprensione dell'evoluzione chimica galattica, con conseguenze anche per la produzione di elementi più pesanti. Per questo motivo, è richiesto un cambio di paradigma nell'interpretazione della nucleosintesi del cerio che includa l'esistenza di altri processi fisici, al momento non considerati nei calcoli di evoluzione stellare.

