

Padova, 6 agosto 2020

## L'ISOTOPO DEL NUCLEO MAGICO SULL'ISOLA DALLE PROPRIETÀ "ESOTICHE"

Publicato su «Communications Physics» del gruppo «Nature» [lo studio](#) dei ricercatori del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Padova sull'isotopo fluoro-29. Le sue proprietà inusuali lo rendono un ottimo candidato per conoscere meglio i sistemi nucleari

### I nuclei degli atomi

La descrizione del nucleo degli atomi passa prima

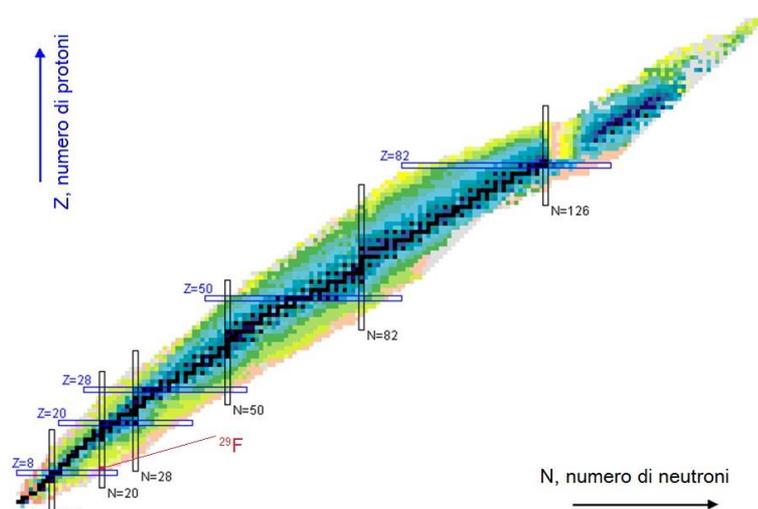


Fig. 1 Carta di Segré o carta dei nuclidi, che rappresenta tutte le specie nucleari note in funzione del numero di neutroni e protoni. La valle di stabilità è in nero e i numeri magici sono segnati con riquadri evidenzianti. Il fluoro-29 è indicato in rosso

di tutto dalla composizione dei suoi costituenti fondamentali (protoni e neutroni). La cosiddetta Carta dei nuclidi (o Carta di Segré) è una rappresentazione di tutti gli isotopi conosciuti in funzione del loro numero di protoni e neutroni, in pratica una versione nucleare della tavola periodica di Mendeleev. I nuclei abbondanti in natura, e tipicamente non radioattivi, occupano una linea che segue una diagonale, detta valle di stabilità. I nuclei sulle ali, che si trovano solo in ambienti estremi come le stelle o che possono essere prodotti in laboratorio mediante reazioni nucleari, sono radioattivi e col tempo decadono in altri isotopi, in un processo di graduale avvicinamento alla valle di stabilità. Più ci si allontana

da quest'ultima e più la vita di queste specie nucleari si accorcia. Al contempo le proprietà spettroscopiche si discostano da quelle dei nuclei tradizionali e nuovi affascinanti fenomeni si presentano ai ricercatori.

### I numeri magici e l'Isola di inversione

Un'altra caratteristica importante della carta sono i cosiddetti "numeri magici", 2, 8, 20, 28, 50, 82 e 126, ovvero numeri di protoni o neutroni particolarmente importanti perché i nuclei che li possiedono hanno una aumentata stabilità rispetto ai vicini. Questi numeri si spiegano all'interno del "modello a shell nucleare" (un modello quantistico che predice l'esistenza di



Lorenzo Fortunato

una struttura a gusci concentrici molto ravvicinati) in cui ogni strato è detto appunto shell. Nei nuclei normali l'ordinamento di questi strati è quello classico, ma attorno alla regione di massa 32, è stata scoperta la cosiddetta "Isola di inversione". Essa è una piccola regione in cui i livelli energetici del secondo e terzo strato nucleare si invertono: fatto decisamente esotico che comporta proprietà speciali.

### L'isotopo fluoro-29

Il nucleo del fluoro-29 ha 9 protoni e 20 neutroni, pertanto è un nucleo "magico" di neutroni, ed è così ricco di neutroni da essere difficile da produrre in laboratorio, il che lo rende molto ambito negli esperimenti di fisica nucleare. Inoltre, è debolmente legato e, una volta formato, scompare in tempi brevissimi perché è vicino al limite esterno della carta. Investigare le sue proprietà, proprio perché inusuali, lo rende un ottimo candidato per raffinare la nostra conoscenza dei sistemi nucleari. Esso infatti possiede un raggio anomalo, leggermente più grande di quel che dovrebbe secondo le teorie tradizionali e probabilmente possiede un alone di materia nucleare, ovvero una regione di bassa densità che circonda un core, ovvero un nocciolo, denso e compatto.

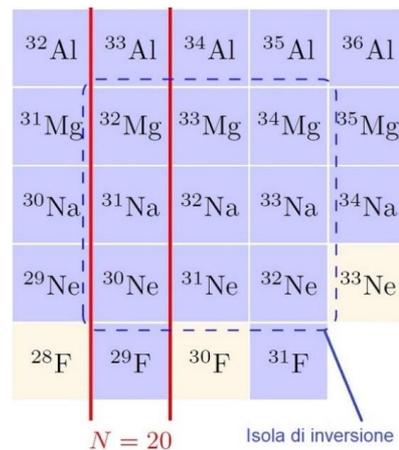


Figura 2. Ingrandimento della carta attorno a massa  $A=32$ . L'isola di inversione è evidenziata in blu e i nuovi studi sperimentali e teorici suggeriscono che il fluoro-29 ne faccia parte. In giallo, specie nucleari che non formano un sistema legato

### I risultati della ricerca

Nello scorso inverno, il gruppo di ricercatori del Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei" dell'Università di Padova, composto dal Prof. Lorenzo Fortunato, dal Dr. Jesús Casal-Berbel e dal Prof. Andrea Vitturi, in collaborazione con ricercatori delle università giapponesi di Hokkaido e Osaka, ha pubblicato uno studio teorico utilizzando modelli a pochi corpi passibili di una esatta descrizione matematica e ha identificato quattro possibili scenari per la struttura dei livelli energetici di questo sistema, detti in breve A, B, C e D.

«Le nuove misure sperimentali eseguite da due diversi gruppi internazionali di ricercatori nei laboratori giapponesi RIKEN - **dice Lorenzo Fortunato del Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei" dell'Università di Padova** - hanno permesso di restringere il campo ad un unico scenario, intermedio tra il C e D, ma facente parte di quest'ultima categoria e pertanto chiamato Db (cioè re-bemolle con riferimento alla notazione musicale inglese). Nello studio pubblicato dal titolo "*The 29F nucleus as a lighthouse on the coast of the island of inversion*" facciamo il punto sui nuovi dati sperimentali ed esaminiamo le conseguenze di questo scenario, proponendo nuove misure di cui stimano teoricamente i risultati attesi. Questo lavoro preliminare, ma molto promettente - **continua Fortunato** -, permette di affermare che il fluoro-29 è effettivamente dotato di un alone nucleare che è conseguenza di uno stravolgimento dei livelli energetici e pertanto appartiene al bordo dell'isola di inversione. Volendo spingere il paragone topografico fino alla fine, è come un faro che, trovandosi sulla costa dell'isola, illumina la via ai naviganti.

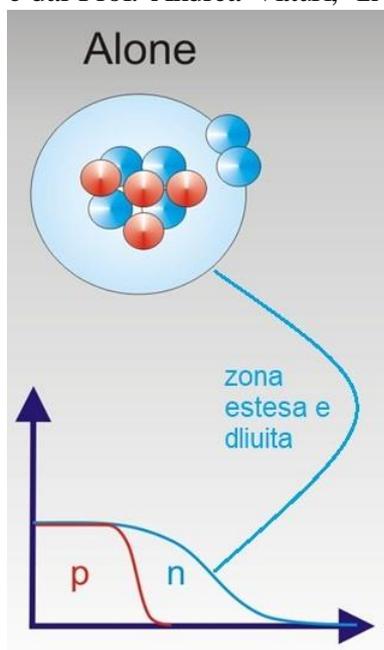


Figura 3. Un core compatto di protoni (rosso) e neutroni (azzurro) è circondato da un alone (tipicamente di 1 o 2 neutroni) che presenta una coda di densità estesa e diluita

Il lavoro è supportato, oltre che dall'Università di Padova, anche dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare INFN, Sez. di Padova.

Link alla ricerca: <https://www.nature.com/articles/s42005-020-00402-5>

Titolo: “*The  $^{29}\text{F}$  nucleus as a lighthouse on the coast of the island of inversion*” - «Communications Physics» - 2020

Autori: Lorenzo Fortunato, Jesús Casal-Berbel, Horiuchi, W., Singh Jagjit e Andrea Vitturi.