

di Francesco Neve
Dipartimento di Chimica
Università della Calabria
f.neve@unical.it

A CACCIA DI ELEMENTI ESTREMI

Il 16 agosto 2009 è stato ufficialmente certificato l'elemento 112. Ma la caccia ai superelementi continua con maggiore vigore di prima.

La tavola periodica, un'icona della modernità, è la rappresentazione grafica più familiare degli elementi chimici, ma allo stesso tempo è anche un vero e proprio sistema alla cui base c'è una visione scientifica ben precisa tuttora soggetta a verifica sperimentale [1-3]. Una parte consistente della sua fascinazione risiede certamente nella periodicità delle proprietà (sia fisiche che chimiche) degli elementi, ma un aspetto non marginale del suo fascino è legato alla storia della sua creazione come sistema, alla storia di ogni singolo elemento, alla percezione di essa come di un alfabeto che fornisce la chiave per svelare il mistero della materia, anche di quella invisibile [4].

Un nuovo elemento

Il sistema periodico degli elementi è un capolavoro in via di completamento da ormai più di 150 anni [5]. È di questi mesi la notizia che la IUPAC (*International Union for Pure and Applied Chemistry*), insieme alla sua omologa nel campo della fisica (IUPAP), ha finalmente accolto la richiesta di ricercatori dell'Istituto sugli Ioni Pesanti (GSI) di Darmstadt (Germania) di approvare l'identificazione dell'*elemento numero 112*, frutto dei loro studi pubblicati già a partire dal 1996 [6].

Come sempre avviene, agli scopritori è stato inoltre concesso di suggerire un nome (ed un simbolo) per il nuovo elemento. Passerà altro tempo tuttavia, prima che anche il nome definitivo del neoelemento sia approvato.

Negli ultimi cinquant'anni sono stati prodotti, studiati e tenuti a battesimo quasi una ventina di nuovi elementi chimici [7]. Sì, perché gli elementi non sono ancora tutti noti e poco si sa di quale sia il limite fisico oltre il quale fisici e chimici smetteranno di cercare nuovi atomi. Sebbene si favoleggi di elementi dal valore di numero atomico astronomicamente elevato ($Z > 1000$) [8], sono certamente già noti tutti gli elementi stabili (più o meno un'ottantina su un totale di circa 120 elementi). Tutti gli altri sono instabili (radioattivi), o addirittura effimeri (la loro esistenza è di una manciata di secondi) e impalpabili (non si riesce a produrne abbastanza da renderli visibili a occhio nudo).

Le fabbriche della materia

Tre sono i principali laboratori che nel mondo guidano la caccia ai nuovi elementi. Innanzitutto, il laboratorio nazionale americano Lawrence Berkeley (LBNL) presso l'Università della California a Berkeley (con il suo doppio prevalementemente militare Lawrence Livermore

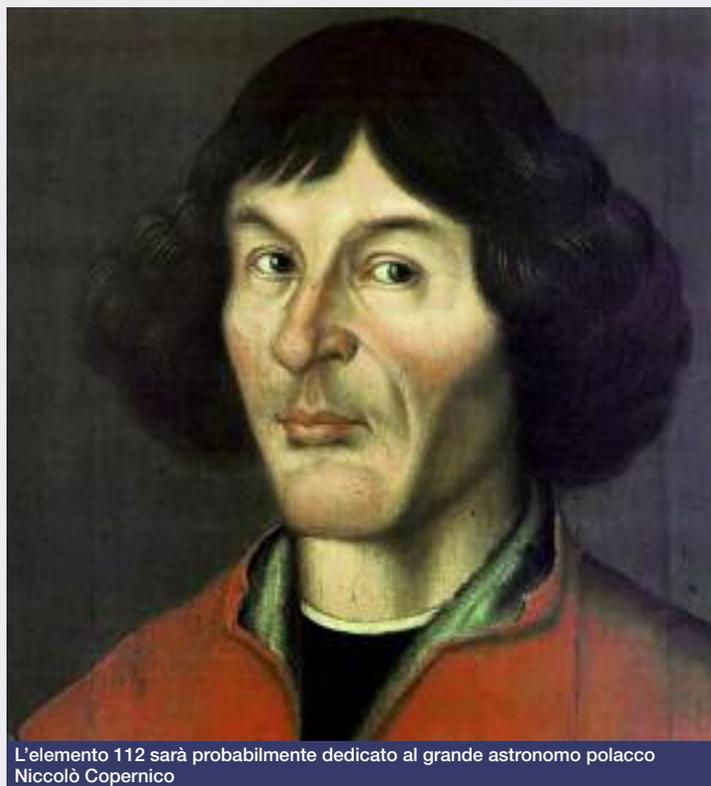
L'immagine del titolo è adattata dal rif. 18. Copyright Wiley-VCH Verlag & Co.KgaA. Riproduzione autorizzata dall'autore e dall'editore

Laboratory (LLNL) a Livermore, California), quindi il Joint Institute for Nuclear Research (JINR) di Dubna (Russia), nonché il già citato GSI di Darmstadt (Germania). Questi laboratori sono stati costituiti tra gli anni Trenta e i Sessanta, ospitano in genere diverse migliaia di addetti tra scienziati e staff, e rappresentano punte avanzatissime nel campo della ricerca sulla materia e sull'antimateria. Non è un caso che tutti e tre i centri di ricerca siano di interesse nazionale, e svolgano ricerche anche nel campo militare. Dubna è addirittura una *naukograd* (letteralmente "città della scienza") più o meno segreta ad un centinaio di km a nord di Mosca. Il suo JINR, solo uno dei tanti centri di ricerca della città, nasce a metà degli anni Cinquanta come risposta alla creazione del CERN di Ginevra, raccogliendo l'élite degli scienziati nucleari dell'allora mondo comunista, inclusi i cinesi.

Dall'inizio della seconda guerra mondiale, e poi nella successiva guerra fredda, la scoperta degli elementi più pesanti dell'uranio (U, $Z = 92$), i cosiddetti *transuranici*, è stata un'attività relativamente segreta, in alcuni casi coperta da un ferreo segreto militare. Il plutonio (Pu, $Z = 94$) fu scoperto nel 1940 a Berkeley da Glenn Seaborg e collaboratori, e per diversi anni fu indicato solo con il nome in codice 49. A causa del suo potere fissile ben maggiore di quello dell'uranio (e quindi del suo potenziale distruttivo), l'esistenza del plutonio fu infatti comunicata alla comunità scientifica mondiale solo nel 1946, a guerra ampiamente terminata [9]. Al contrario, la scoperta degli elementi 95 (Americio) e 96 (Curio) fu annunciata negli USA nel novembre 1945 addirittura durante un famoso programma televisivo per ragazzi.

Tutti e tre i laboratori citati hanno già avuto l'onore di tenere a battesimo almeno uno degli elementi *transfermio*, cioè degli elementi più pesanti del fermio (Fm, $Z = 100$). È spesso accaduto che più di uno di questi tre laboratori abbia reclamato la scoperta dello stesso elemento. Raramente però si è arrivati ad un riconoscimento congiunto. Ma se la strada che porta alla validazione di un nuovo elemento è lunga e laboriosa, quella che porta al battesimo di un elemento è, se possibile, più controversa e piena di insidie. L'apparentemente neutra e burocratica pratica di approvazione di un nome (e di un simbolo) da parte di un organismo scientifico sovranazionale può diventare una battaglia dai risvolti politico-diplomatici molto aspri e dai contorni insospettabili.

L'elemento 104 fu scoperto a Dubna nel 1964 e venne proposto di chiamarlo Kurciatovio dal nome del grande scienziato russo Igor Kurciatov, padre dell'atomica sovietica. La scoperta non fu però approvata (si disse, forse a ragione, che l'esperimento di sintesi non era riproducibile) e l'elemento fu "riscoperto" nel 1969 a Berkeley. Questa volta il nome proposto fu ovviamente diverso (Rutherfordio, in onore di Ernest Rutherford, premio Nobel per la Chimica 1908). La disputa sul nome andò avanti per quasi trent'anni. Nel frattempo l'elemento 104 mantenne il nome temporaneo ed ufficiale di *unnilquadio* (Unq). Nei nostri ricordi di giovani studenti di chimica il Kurciatovio (Curciatovio nella traduzione italiana più ricorrente) ha rappresentato a lungo l'elemento 104. La IUPAC ha approvato definitivamente il nome Rutherfordio (Rf) solo nel 1997.



L'elemento 112 sarà probabilmente dedicato al grande astronomo polacco Niccolò Copernico

Un'altra storia interessante è quella che riguarda l'elemento 106, una storia che testimonia della valenza geopolitica e di supremazia (ancorché mascherata da intenti celebrativi) insita nel battesimo di un elemento. Il chimico nucleare americano di origini svedesi Glenn Seaborg è stato lo scopritore o il co-scopritore di 10 elementi, plutonio incluso. Il suo contributo è stato così innegabilmente importante che, a seguito della sua scoperta nel 1974, in suo onore fu proposto di assegnare all'elemento 106 il nome di Seaborgio (simbolo Sg). Nonostante l'indubbio valore di Seaborg, la proposta avrebbe dovuto essere irricevibile perché c'era l'accordo preventivo di non onorare mai in nessun caso personalità viventi. La potente American Chemical Society fu così inflessibile e determinata nel sostenere la proposta al punto da sfidare gli organismi internazionali. La partita fu ovviamente vinta dagli americani, e finalmente il nome fu approvato nel 1997, due anni prima della morte di Seaborg sopraggiunta nel 1999.

Elementi superpesanti

Dal 2001 ad oggi altri elementi sono stati scoperti, o meglio ne è stata annunciata la loro scoperta (in qualche caso con successiva e precipitosa ritrattazione). Sebbene ognuno di questi elementi sia stato ottenuto in quantità ridicole (di alcuni non più di 3 atomi!) e sia sopravvissuto per un tempo brevissimo, nonostante il tempo necessario per la verifica delle scoperte sarà sicuramente lungo (i laboratori in grado di riprodurre gli esperimenti sono pochissimi e teoricamente concorrenti tra loro), oggi si può dire che ci sono fortissimi indizi dell'esistenza di elementi dal numero 113 al 118. Se confermato, l'elemento 118 rappresenterà pertanto l'ultimo degli *elementi superpesanti* noti (o ele-

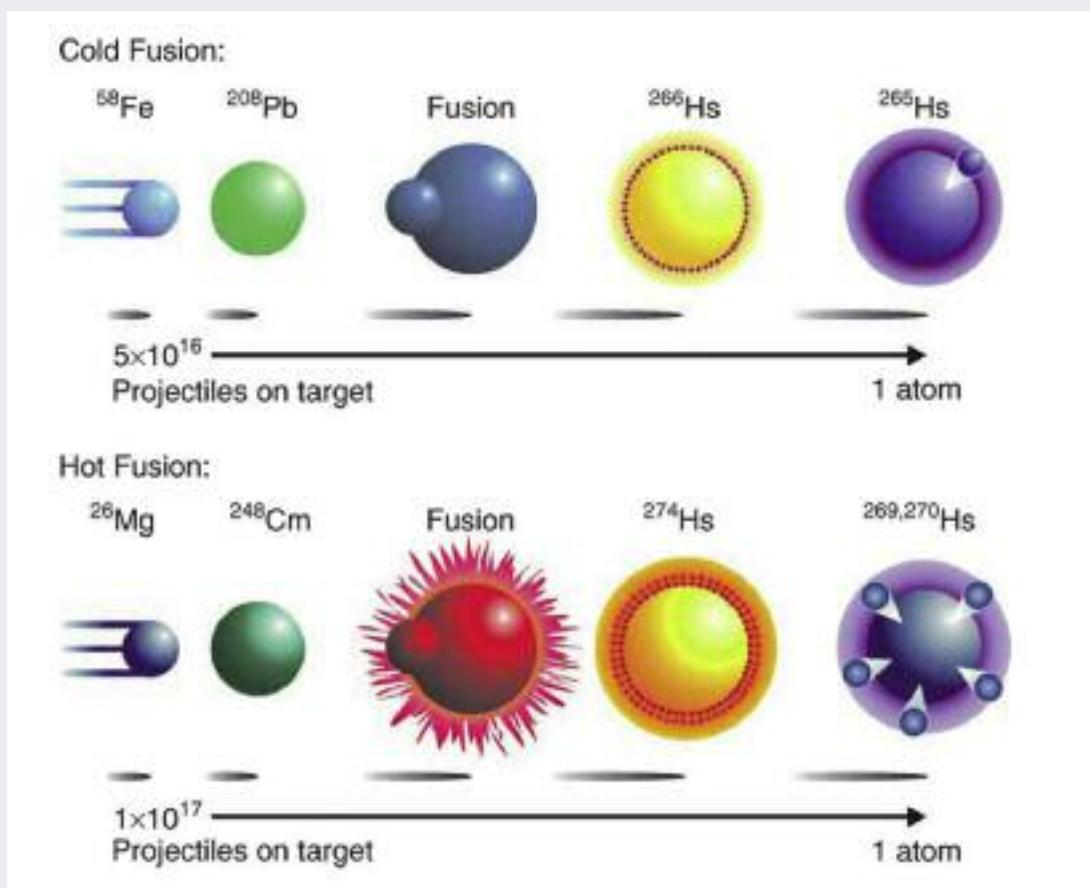


Fig. 1 - Metodi di sintesi di elementi superpesanti. Riproduzione dal rif. 18 autorizzata dall'autore e dall'editore

menti *transattinidi* nella terminologia più tradizionale), cioè degli elementi che iniziano con l'elemento 104. Poiché il numero assegnato ad ogni nuovo elemento rappresenta il numero atomico, la semplice esistenza di atomi "stabili" con valori di numero atomico vicino al 114 sembra confermare la previsione dei fisici teorici di una "isola di stabilità" con un massimo di stabilità per nuclei con 114 protoni (ma anche 120 o 126) e 184 neutroni [10-12].

A guerra fredda ormai finita, con una joint-venture del tutto speciale, i ricercatori di Livermore e di Dubna hanno infatti cominciato a lavorare insieme alla sintesi degli elementi superpesanti più estremi mettendo in piedi esperimenti di lunghissima durata. Ma mentre i ricercatori americani hanno preparato tutto il materiale necessario, gli esperimenti di vera e propria sintesi dei nuovi elementi dal 113 al 118 sono stati condotti nei laboratori russi di Dubna [13, 14]. La joint-venture ha così permesso di accelerare enormemente i tempi delle scoperte e di ottenere risultati eccezionali.

Nucleosintesi di elementi estremi

Gli elementi transfermio possono essere preparati dall'uomo solo attraverso reazioni di fusione nucleare tra ioni pesanti realizzate mediante l'uso di acceleratori. Le reazioni avvengono tramite fusione dei nuclei quando uno ione proiettile viene sparato su un target costituito da un elemento molto più pesante. Poiché nel processo di fusio-

ne dei due nuclei il nucleo risultante possiede una certa energia in eccesso, il processo complessivo è definito "fusione fredda" o "fusione calda" in funzione dell'ammontare di questa energia. Energie di eccitazione di 10-15 MeV caratterizzano reazioni di fusione fredda come la formazione del nuclide ^{265}Hs (Fig. 1), mentre l'uso di attinidi come target fornisce isotopi più "caldi" ($^{269,270}\text{Hs}$ in Fig. 1) con un'energia di eccitazione di 40-50 MeV e con un maggiore contenuto di neutroni. Sebbene il metodo della fusione fredda sarebbe da preferire, la necessità di produrre isotopi meno soggetti a fissione spontanea veloce (per cui è necessario un maggior contenuto di neutroni nei nuclei), ha imposto il quasi generalizzato metodo della fusione calda per la produzione e la caratterizzazione chimica degli elementi superpesanti per $Z > 112$.

Più che semplici curiosità, gli elementi superpesanti sono molto importanti perché potrebbero dimostrare la fine del sistema periodico degli elementi come lo abbiamo conosciuto fino ad oggi. È previsto infatti che la somiglianza chimica degli elementi appartenenti ad un particolare gruppo (periodicità verticale) potrebbe trovare significative differenziazioni causate dalla crescita di importanza degli effetti relativistici. La previsione delle proprietà chimiche degli elementi ad alto numero atomico è cominciata ben prima che questi fossero effettivamente preparati [15], ma solo recentemente si è potuto procedere ad effettuare calcoli teorici più sofisticati ed esperimenti nei quali le caratteristiche chimiche cominciano ad emergere con maggiore chiarezza [16]. Ad esempio, sembra abbastanza consolidata la caratteristica di metallo nobile per l'elemento 112, in stretta analogia con il suo congenere di gruppo immediatamente precedente (e cioè il mercurio) [17].

La rottura della periodicità verticale dovrebbe avvenire in maniera più che significativa già nella seconda metà del periodo 7. Ad esempio, questa differenziazione dovrebbe portare l'elemento 118 (già Eka-Rn, l'ultimo del periodo 7 nella forma lunga della tavola periodica, Fig. 2) a non essere un gas nobile (come il Radon) ma piuttosto una fase condensata reattiva [18, 19]. La periodicità dovrebbe frantumarsi definitivamente nel successivo periodo 8 dove, oltre al collasso dei livelli di valenza 7d e 6f, si dovrebbe verificare anche quello del livello 5g intorno a $Z=125$ [3]. L'energia degli orbitali atomici degli elementi del perio-

The image shows an extended periodic table with elements numbered 1 through 118. The table is organized into blocks labeled with orbital shells: *ns* (s-block), *np* (p-block), *(n-1)d* (d-block), and *(n-2)f* (f-block). The elements are arranged in rows and columns, with the f-block elements (lanthanides and actinides) placed below the main body of the table. The elements are labeled with their chemical symbols and atomic numbers.

Fig. 2 - Versione estesa della tavola periodica

do 8 nel livello di valenza varierebbe in maniera così complessa da rendere difficile ogni previsione certa di configurazione elettronica e di proprietà chimiche.

Copernicio, o si può fare di meglio?

In attesa di sapere se nel “mare di instabilità” che porta i nuclei degli elementi più pesanti del bismuto (Bi) ad essere instabili, cioè radioattivi, esistano “isole di stabilità” e quanto siano estese, agli elementi *superpesanti* già individuati è stato assegnato un nome temporaneo che corrisponde al rispettivo valore del numero atomico. I nomi, derivati dal latino, sono quindi del tipo *Ununtrio* (113), *Ununquadio* (114)... *Ununoctio* (118). I loro simboli sono rispettivamente Uut, Uuq... Uuo, e sarebbero certamente piaciuti a Calvino. Un signor *Uuq* avrebbe benissimo potuto far compagnia al signor *Hnw* o alla signora *Vhd Vhd!* [20].

Tornando ora all'elemento 112, i ricercatori di Darmstadt hanno

deciso di dedicarlo al grande astronomo Niccolò Copernico (1473-1543), proponendo come simbolo Cp, successivamente modificato in Cn per accogliere le obiezioni della IUPAC. Nessuno discute i grandissimi meriti di Copernico nel campo dell'astronomia, ma le modalità di questo tributo sono diverse dal passato. Infatti accade per la prima volta che il personaggio reale onorato non sia lo scopritore, non appartenga al mondo della chimica o della fisica, o non sia almeno della stessa nazionalità degli scopritori. “Modestia d'altri tempi” direbbe Levi! [21].

Infine, ci si chiede come riusciremo a tradurre in italiano il nome inglese proposto per l'elemento 112 (Copernicium). Come diremo? “Copernicio” suonerebbe molto simile ad Americio, ma certamente risulterebbe alquanto cacofonico. Esiste ancora la possibilità, almeno teorica, che la proposta venga modificata prima di posizionare definitivamente il nuovo simbolo nella tavola periodica. Il termine ultimo per i suggerimenti è fissato al 31 gennaio 2010 [22].

Bibliografia

- [1] E.R. Scerri, *The periodic table. Its story and its significance*, Oxford University Press, Oxford, 2007.
- [2] E.R. Scerri, *J. Chem. Ed.*, 1998, **75**(11), 1384.
- [3] S.-G. Wang, W.H.E. Schwarz, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2009, **48**, 2.
- [4] J. Emsley, *Nature's building blocks. An A-Z guide to the elements*, Oxford University Press, 2001.
- [5] Sebbene la gran parte degli addetti ai lavori ponga la versione di Mendeleev del 1869 alla base del moderno sistema periodico, embrioni di tavola periodica sono rintracciabili nel sistema di Gmelin contenuto nel suo famoso “Handbuch der anorganischen chemie”, pubblicato ad Heidelberg nel 1843 (v. libro di Scerri citato).
- [6] D. Ackermann, *Nucl. Phys. A*, 2007, **787**, 353C.
- [7] È curioso che questa media (un elemento nuovo ogni 2,5 anni) sia circa la stessa di quella osservata negli ultimi 150 anni.
- [8] P.J. Karol, *J. Chem. Ed.*, 2002, **79**(1), 60.
- [9] J. Bernstein, *Plutonium. A history of the world's most dangerous element*, Joseph Henry Press, 2007.
- [10] A. Sobiczewski, F.A. Gareev, B.N. Kalinkin, *Phys. Lett.*, 1966, **22**, 500.
- [11] S.G. Thompson, C.F. Tsang, *Science*, 1972, **178**, 1047.
- [12] G.T. Seaborg, *Chem. Eng. News*, 1979, **57**(April), 46.
- [13] Y.T. Oganessian, *Nucl. Phys. A*, 2007, **787**, 343C.
- [14] Gli esperimenti riguardanti l'elemento 117 sono tuttora in corso.
- [15] K.S. Pitzer, *J. Chem. Phys.*, 1975, **63**, 1032.
- [16] C.S. Nash, *J. Phys. Chem. A*, 2005, **109**, 3943.
- [17] R. Eichler *et al.*, *Nature*, 2007, **447**, 72.
- [18] M. Schädel, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2006, **45**, 368.
- [19] J. Kemsley, *Chem. Eng. News*, 2008, **86**(23), 42.
- [20] I. Calvino, *Tutte le Cosmicomiche*, Mondadori, 2003.
- [21] P. Levi, alla voce Cerio de “Il sistema periodico”, Einaudi, 1975.
- [22] Per i suggerimenti collegarsi a www.iupac.org/reports/provisional