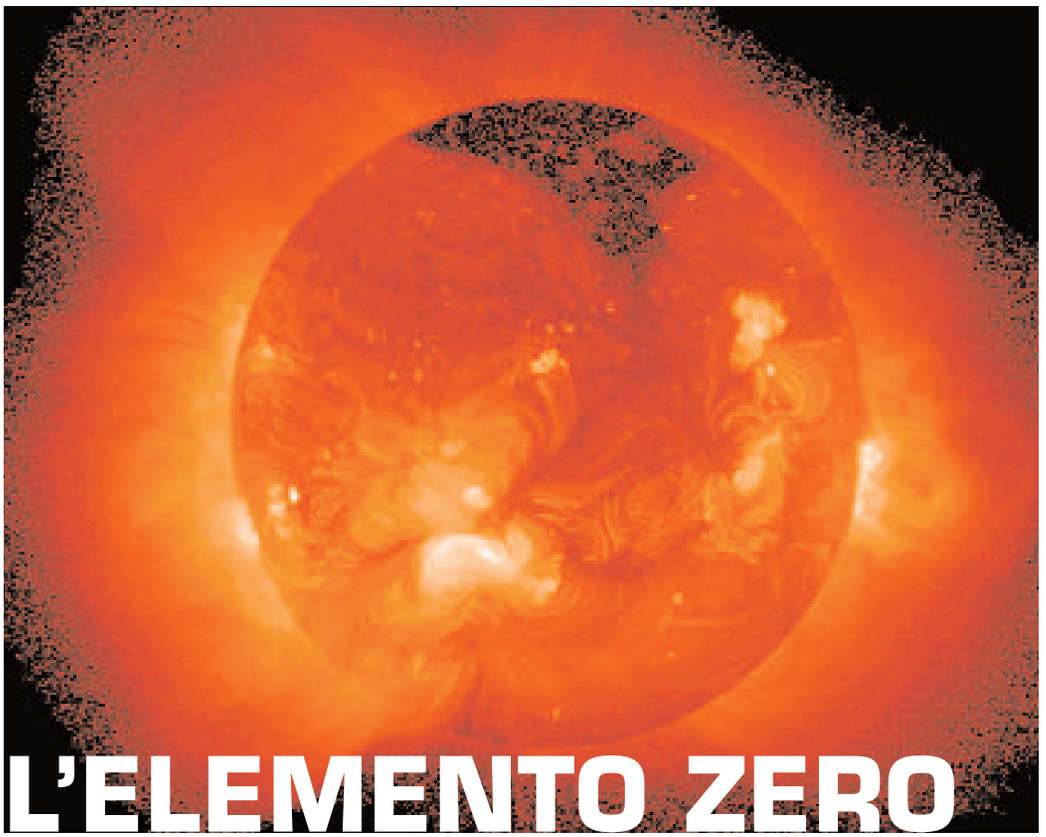


Marco Fontani
Dipartimento di
Chimica Organica
Università di Firenze
Mariagrazia Costa
Laboratorio di Ricerca
Educativa in Didattica
Chimica e Scienze Integrate
Dipartimento di Chimica
Università di Firenze
marco.fontani@unifi.it

L'ELEMENTO ZERO DI WILLIAM HARKINS: IL NEUTRONIO

Completata l'identificazione degli elementi chimici naturali, gli scienziati sembrarono trovarsi di fronte ad un'unica alternativa: sintetizzarne di nuovi con massa sempre crescente. William Draper Harkins, era uno scienziato controcorrente e come tale ebbe l'idea di muoversi nella direzione opposta a quella dei suoi colleghi, ovvero ricercare un elemento chimico più leggero dell'idrogeno, il neutronio. In base alle conoscenze dell'epoca esso doveva essere costituito da un aggregato di neutroni e quindi privo di carica nucleare, contravvenendo alla definizione di "elemento", almeno nel senso stretto del termine. Può sembrar strano ma l'idea paradossale di Harkins, sebbene non abbia trovato conferme sperimentali certe, non è caduta nell'oblio e trova tutt'oggi diversi sostenitori.

Agli inizi del secolo scorso fu finalmente imboccata la strada che avrebbe portato alla soluzione del problema relativo alla produzione dell'energia del Sole e delle altre stelle. Il suggerimento venne dal fisico inglese Arthur Stanley Eddington (1882-1944) il quale indicò nella trasmutazione degli elementi radioattivi la probabile fonte dell'energia solare. A quel tempo, l'unica sorgente di energia nucleare che si conosceva era quella prodotta dal decadimento dell'uranio e del torio. Potevano le stelle trarre energia da queste sostanze? La risposta, sappiamo oggi, è negativa. La spiegazione fu fornita dalla spettroscopia che era ormai in grado di indicare con precisione la composizione del Sole e delle altre stelle. Esaminando le righe di Fraunhofer, si era potuto determinare non solo i tipi di elementi chimici presente sul sole ma si poté escludere che la nostra stella fosse un'enorme palla di uranio o di torio. Nel 1915 l'americano William Draper Harkins presentò

la sua teoria [1] secondo cui molti tipi di trasformazioni nucleari potevano produrre energia. Egli illustrò come si produceva una elevatissima quantità di energia quando quattro nuclei di idrogeno si univano in un nucleo di elio; avanzò anche l'ipotesi che questa reazione fosse la sorgente dell'energia del Sole.

William Draper Harkins era nato il 28 dicembre 1873 in Pennsylvania. Dopo gli studi universitari iniziò la carriera di chimico presso la Stanford Univeristy. Dal 1900 al 1912 occupò la cattedra di chimica in una università di provincia, ma solo nel 1907 ottenne il dottorato di ricerca dalla Stanford University. Dopo un soggiorno all'estero sotto la guida di Fritz Haber (1868-1934) rientrò in patria e nel 1912 assunse la cattedra di chimica fisica presso l'università di Chicago, città dove rimase per i successivi trentanove anni. Harkins era un chimico fisico dai molteplici interessi; uno in particolare attirava la sua attenzione: la struttura nucleare. La sua visione della scienza era molto avanti rispetto ai suoi contemporanei come l'ipotesi del neutrone e la nucleosintesi stellare.

Tuttavia il suo talento speculativo lo portò anche ad ipotizzare alcune proprietà del neutrone, rivelatesi poi inesatte. La sua idea di ricercare il più leggero elemento presente in natura, l'ipotetico neutrone libero, non era affatto nuova.

Louis de Broglie

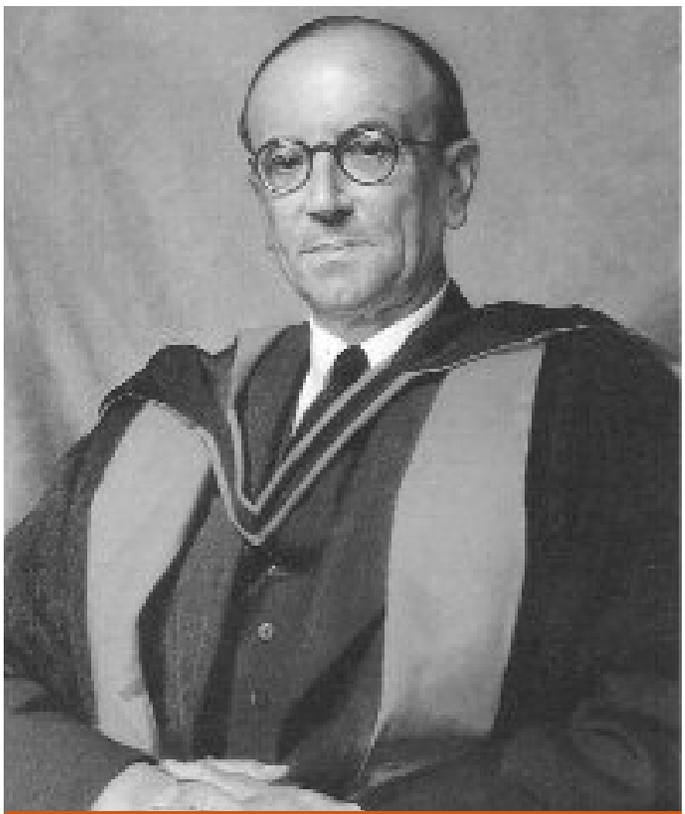
Andreas von Antropoff

Un posto nella tavola periodica per l'elemento senza carica nucleare

Sull'altra sponda dell'oceano Atlantico, tra il 1925 e il 1926, il professor Andreas von Antropoff pubblicò una peculiare tavola periodica [2] e suggerì l'esistenza di una nuova forma di materia composta esclusivamente da neutroni [3]. Questo ipotetico elemento, il *neutronio*, di numero atomico zero – formalmente non si tratterebbe di un elemento mancandogli i protoni – fu posizionato alla testa di una nuova versione della tavola degli elementi. Successivamente esso fu inserito nel gruppo dei gas nobili e comparve anche in alcune classificazioni spiraliformi del sistema periodico [4]. Contemporaneamente il principe Louis de Broglie (1892-1987) tentò di giustificare l'inserimento di un'altra particella subatomica, il neutrino [5], nella tavola periodica degli elementi assieme al *neutronio* o *neutone*: il *neutronio* (simbolo Nn) venne posizionato nella casella zero (0), mentre per il neutrino ne fu creata una precedente ad essa, indicata come "00".

Andreas von Antropoff sviluppò in modo originale un'idea non sua. Questa idea era stata avanzata dall'eminente chimico-fisico Walter Nernst (1864-1941). Nel 1903 egli aveva ipotizzato che l'etere, ipotetico gas rarefatto presente attorno alla terra, fosse costituito da "neutroni", particelle senza peso derivate dagli accoppiamenti di elettroni negativi e positivi. Secondo questa teoria, i neutroni avrebbero potuto reagire chimicamente con gli elementi ordinari [6]. L'idea e il nome neutrone, inteso come coppia di elettroni positivi e negativi era stato coniato poco tempo prima da W. Sutherland [7]. Tuttavia la particella neutra ipotizzata da Nernst, e concettualizzata da Antropoff, era per sua natura, totalmente diversa dal neutrone.

Il chimico Andreas von Antropoff era nato a Reval [8] il 16 agosto 1878, all'epoca nell'impero russo. Egli si era trasferito molto presto in Germania dove aveva costruito la propria carriera scientifica ed universitaria. Ormai cinquantenne aderì al partito nazista e fu tra i


Sir James Chadwick

membri più attivi presso l'università di Bonn. Subito dopo la salita al potere di Adolf Hitler (1889-1945) nel gennaio del 1933 egli si distinse per il singolare gesto di issare la bandiera con la svastica sul punto più alto dell'edificio universitario. Al termine della seconda guerra mondiale Antropoff fu giudicato per le sue trascorse connivenze con il regime nazista. La commissione incaricata di far luce sul suo comportamento, in un messaggio del 1945, si espresse contro la sua riammissione all'insegnamento accademico; egli ricorse in appello ma l'università di Bonn fu irremovibile negandogli il permesso di rientrare nei propri locali. Andreas von Antropoff si spense nella capitale della Repubblica Federale Tedesca il 2 giugno 1956.

Dall'"alfabeto" nucleare all'ipotesi del neutronio

Negli anni Venti i fisici avevano portato considerabilmente avanti le conoscenze nel campo della fisica atomica: i tempi per la scoperta del neutrone e la conseguente re-interpretazione della struttura del nucleo atomico sembravano maturi, tuttavia ci fu un breve lasso di tempo prima della scoperta ufficiale del neutrone (1932), nel quale sia Harkins che Antropoff riuscirono ad inserirsi e sviluppare le loro idee, male interpretando le informazioni ricavate dai fisici sperimentali.

Nel 1919 al termine della prima guerra mondiale, un professore di chimica fisica dell'università di Chicago relativamente sconosciuto, William D. Harkins, pubblicò un articolo sulla costituzione degli atomi e su un nuovo sistema periodico da essi derivante [9].

Nella nuova accezione di Harkins, il sistema periodico degli elementi non sarebbe direttamente collegato con la disposizione degli elettroni nella parte esterna dell'atomo, ma sarebbe correlato con la struttura dei nuclei. Esso si componeva di due soli periodi: nel primo si trovavano gli elementi con numero atomico pari, nel secondo quelli con numero atomico dispari.

Il primo caso (chiamato sistema dell'elio) raccoglieva quei nuclei la cui costituzione si può immaginare come somma di particelle di alfa; la seconda categoria (categoria dell'idrogeno) avrebbe contenuto quei nuclei costituiti da particella alfa con in più uno o tre nuclei di H. La differenza principale fra le due classificazioni risiede nella maggiore stabilità dei nuclei atomici inseriti nella prima categoria rispetto a quelli posti nella seconda. Harkins apparteneva alla vecchia generazione di scienziati e non sembrava rendersi conto dei fondamentali studi, portati avanti in Europa proprio in quegli anni, che stavano mutando il volto della fisica. Fu così che l'anno successivo Harkins pubblicò un'estesa monografia sulla sua re-interpretazione della classificazione periodica partendo dai "nuclei atomici" [10]. Attraverso questa teoria Harkins era in grado di spiegare moltissimi fenomeni atomici come ad esempio la radioattività. Era inoltre possibile stabilire quali elementi avrebbero avuto isotopi e quali no; quali elementi radioattivi avrebbero subito transizioni isomeriche e quali no. Era, insomma, una teoria atomica "del tutto" e sarebbe stata di indiscutibile utilità e di immensa importanza se fosse stata esatta.

I dati su cui poggiava tutta la teoria della struttura nucleare erano le masse e i numeri atomici - che Harkins supponeva uguali alle cariche nucleari - e la stabilità atomica: nel caso degli elementi radioattivi egli considerò i periodi di disintegrazione. Da questi dati Harkins ricavò come primo presupposto che tutti i nuclei fossero composti da elettroni positivi (nuclei di H e indicati come "n+" o alternativamente come particelle η) e da elettroni negativi (β-).

Tra i molteplici impegni accademici e di altro genere che affollavano le giornate di William Draper Harkins, ci si poteva attendere che questi studi sarebbero stati presto abbandonati o lasciati indietro, ma non fu così [11]. Negli anni a venire Harkins dedicò molte delle sue energie allo studio dei fenomeni nucleari, senza peraltro apportare significativi progressi al settore né ricevere, dai colleghi fisici, apprezzamenti per il suo operato.

In un anno privo di grandi colpi di scena politici, culturali od artistici, furono messe a segno due fondamentali scoperte: il 1932 è l'*annus mirabilis* della fisica. James Chadwick (1891-1974), facendo proprie le intuizioni del maestro Ernest Rutherford (1871-1937)

era riuscito a scoprire l'attesa particella neutra, il tanto sospirato neutrone [12]; nel settembre dello stesso anno il giovane Carl D. Anderson (1905-1991), introdusse l'antimateria sul palcoscenico della scienza; scoprendo l'elettrone di carica positiva o positrone [13], aprì problematiche che sono tuttora presenti nel quadro concettuale del microcosmo.

In questo mutato assetto della struttura del nucleo atomico non poteva mancare il contributo di William D. Harkins. Dopo la scoperta di Chadwik, Harkins rispolverò una sua vecchia ipotesi (1920) relativa alla possibilità che una particella neutra potesse esistere isolata [14]. L'idea era venuta contemporaneamente anche a Lord Rutherford il quale era, al pari di Harkins, una fucina di idee nuove, tuttavia la diversità tra il grande il fisico neozelandese e il collega americano risiedeva nel fatto che il primo era un fisico sperimentale che cercava conferme sperimentali alle sue teorie.

All'inizio del 1933 Harkins era uno scienziato deluso per non aver scoperto niente di significativamente importante in quasi venti anni studi alla fisica atomica quando, prossimo ai sessant'anni, la scoperta del *neutronio* parve offrirgli un'ultima *chance*; egli si lanciò nella suggestiva, quanto improbabile, ipotesi secondo la quale più neutroni avrebbero potuto formare un legame tra loro per generare un ammasso privo di carica [15]. Il suo articolo ha un inizio piuttosto polemico: Harkins avocò a sé l'intuizione dell'esistenza del neutrone facendo risalire tale ipotesi al lontano 1920. Il chimico-fisico di Chicago aveva ipotizzato una particella neutra all'interno del nucleo per meglio spiegare la fuoriuscita delle particelle alfa da nuclei radioattivi: secondo le leggi della fisica classica una particella di carica positiva sarebbe "scappata" con più difficoltà da un nucleo dove abbondavano in equal misura cariche positive e negative. Purtroppo le cose non stavano nel modo presentato da Harkins; per di più le leggi portate a sostegno della sua ipotesi non si potevano applicare al mondo microscopico con quella disinvoltura che egli aveva usato per spiegare i suoi ragionamenti.

A conclusione del suo intervento Harkins prese in considerazione l'esistenza di aggregati di due neutroni. Questi aggregati avrebbero potuto essere presenti nelle profondità dello spazio e forse concentrarsi per effetto gravitazionale attorno ad un pianeta o meglio a corpi celesti di massa maggiore come le stelle. Miglior soluzione alla salvaguardia della sua teoria non avrebbe potuto trovarla; facendo poggiare i fondamenti dei suoi ragionamenti su qualcosa che non poteva essere determinato in via sperimentale, nessuno avrebbe potuto smentirlo. Harkins non riportò nessun dato sperimentale a favore della sua ipotesi se non la conferma del valore della massa del neutrone già misurato sperimentalmente da Chadwick. Harkins rimarcò come gli elementi chimici potessero venir classificati in base al numero atomico (numeri di cariche nucleari). Il neutrone, fece notare Harkins, era una particella priva di carica: avrebbe quindi potuto essere l'elemento di numero atomico zero. Basandosi su questa ovvietà, in modo alquanto prevaricatorio propose il nome di questa particella, quando in realtà Chadwick, il reale scopritore, lo aveva già fatto. Nel tentativo di scippare parte della scoperta al collega inglese, William Harkins si mostrò piuttosto impacciato, fornendo addirittura quattro nomi alternativi a quello di neutrone: *A name for this new element, neutronium, neutronon, or neuteron have been suggested to me, but the name "neuton" is more simple and preserves in it the suggestion of neutrality and also the final "on" of the chemical indifferent elements* [16].

William Draper Harkins: un chimico multiforme e caparbio

Verso il 1937 William Draper Harkins mutò interessi di ricerca; egli iniziò a studiare l'adsorbimento di gas su polveri. Andò in pensione nel 1939, ma l'entrata in guerra del suo paese lo vide accettare la posizione di membro del Defence Research Committee.

William Draper Harkins

Questo impegno lo spinse ancora una volta a fare ricerca. In un primo momento si interessò di catalisi per il raffinamento del greggio ed infine di chimica colloidale. Tuttavia egli era un uomo dai molteplici, forse troppi, interessi, che spaziavano dalla radioattività allo studio dei processi chimici superficiali; dalla spettroscopia Raman ai raggi gamma; dalla determinazione dei pesi atomici allo studio delle meteoriti. Harkins era uno scrittore amabile e prolifico. In tutto dette alle stampe 271 articoli scientifici di varia natura; la sua prosa scintillante continuò ad apparire sulle riviste specializzate ininterrottamente fino alla sua scomparsa [17]. William Draper Harkins si spense improvvisamente il 7 marzo 1951 in seguito ad una trombosi coronarica.

La più grande carenza di Harkins fu, quasi certamente, quella di essersi interessato contemporaneamente a molti aspetti della chimica e della fisica, disperdendo così il suo talento; egli non riuscì a creare un centro di riferimento legato ai suoi studi per il semplice motivo che i suoi interessi mutavano troppo rapidamente.

Egli era per formazione un chimico con un solido bagaglio culturale; tuttavia il suo soggiorno di specializzazione da Haber in Germania, non aveva contributo ad accrescere le sue nozioni della moderna fisica teorica. Tornato in America Harkins probabilmente difettava di molti strumenti matematici che gli sarebbero risultati invece indispensabile per cimentarsi, ad armi pari con i fisici, nello sviluppo della teoria atomica.

Alcune ipotesi di Harkins sono sopravvissute: il neutrone libero è stato scoperto, ma a differenza di quanto affermato da Harkins, esso non è affatto stabile, avendo una vita media di circa dieci minuti. Esso decade emettendo una particella beta e si trasforma in un protone o nucleo di idrogeno. Del dineutrone (^{2}n) quanto del tetraneutrone (^{4}n) si è riusciti a verificarne l'esistenza sebbene siano occorsi numerosi esperimenti [18]. Comunque non è stato possibile giungere ad una univoca conclusione per il semplice fatto che non tutti i fisici riconoscono la validità di simili esperimenti. Calcoli teorici a riguardo hanno portato risultati totalmente incoerenti: alcuni dati riportano l'assoluta impossibilità di formare un legame neutrone-neutrone [19] in altri casi l'effimera stabilità di un legame n-n è ammessa unicamente nell'ammasso di tre neutroni [20] (^{3}n), secondo altri calcoli il legame si formerebbe solo in complessi di massa superiore [21, 22]: 100 o addirittura 1.000! Sebbene nel 1977 il fisico sperimentale Claude Detraz affermi di aver intravisto aggregati neutronici [23] di massa compresa tra ^{2}n e ^{10}n il discorso non può dirsi ancora concluso.

Bibliografia

[1] W.D. Harkins, E.D. Wilson, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1915, **1**(5), 276.

[2] A. von Antropoff, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1926, **39**, 722.

[3] A. von Antropoff, *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1925, **38**, 971.

[4] T. Ternstrom, *Journal of Chemical Education*, 1964, **41**, 190.

[5] L. de Broglie, Théorie générale des particules à spin, 2a Ed., 1954, Gauthier-Villars, pag. 94.

[6] W. Nernst, *Theoretische Chemic*, quarta edizione Stuttgart: F. Enke, 1903, pag. 139-40.

[7] W. Sutherland, *Philosophical Magazine*, 1899, **47**, 269.

[8] Prima del 1918 la città portava il nome tedesco di Reval, ma nell'anno in cui l'Estonia divenne indipendente fu sostituito da Tallinna; nei primi anni venti il nome diventò quello attuale di Tallinn.

[9] W.D. Harkins, *Science*, 1919, **50**, 577.

[10] W.D. Harkins, *Physical Review*, 1920, **15**, 73.

[11] W.D. Harkins, *J. Am. Chem. Soc.*, 1920, **42**, 1964; W.D. Harkins, *J. Am. Chem. Soc.*, 1920, **42**, 1996; W.D. Harkins, *Nature*, 1921, **107**, 202; W.D. Harkins, *Philosophical Magazine*, 1921; W.D. Harkins, *Journal of the Franklin Institute*, 1923, **195**, 553; W.D. Harkins, *Physical Review*, 1931, **38**, 1270.

[12] J. Chadwick, *Nature*, 1932, **129**, 312; J. Chadwick, *Proceedings of the Royal Society*, 1932, Series A **136**, 692.

[13] C. Anderson, *Science*, 1932, 328; C. Anderson, *Physical Review*, 1932, **42**, 145

[14] W.D. Harkins, *Physical Letters*, 1920, **15**, 73.

[15] W.D. Harkins, *Nature*, 1933, **131**, 23.

[16] Un nome per questo nuovo elemento, *neutronium*, *neutronon*, o *neuteron* è stato suggerito a me, ma "*neuton*" è il nome più semplice e conserva l'idea di neutralità, così come l'"on" finale degli elementi chimici indifferenziati.

[17] R.S. Mulliken, *Nat. Acad. Sci. Biogr. Mem.*, 1975, **47**, 49.

[18] S. Fiarman, S.S. Hanna, *Nuclear Physics*, 1975, **A251**, 1; S. Fiarman, W.E. Meyerhof, *Nuclear Physics*, 1973, **A206**, 1; J. Cerny *et al., Physical Letters*, 1974, **53B**, 247

[19] V.I. Goldanskii, *JETP Letters*, 1973, **17**, 41.

[20] A.N. Mitra, V.S. Bhasin, *Physical Review Letters*, 1966, **16**, 523.

[21] A.I. Baz, V.N. Bragin, *Physical Letters*, 1972, **39B**, 599.

[22] V. Ya. Antonchenko, V. N. Bragin, I. V. Simenog, *JETP Letters*, 1974, **19**, 314.

[23] C. Detraz, *Physical Letters*, 1977, **66B**, 333.