

Eric R. Scerri

LA TAVOLA PERIODICA

Una brevissima introduzione

Edizione italiana sulla II in lingua inglese
a cura di Cristina Della Pina

Professore Associato di Chimica Generale e Inorganica
Dipartimento di Chimica
Università degli Studi di Milano

PICCIN

This is a translation of
THE PERIODIC TABLE. A Very Short Introduction, Second Edition
by Eric R. Scerri
Copyright © Eric R. Scerri 2019

The Periodic Table. A Very Short Introduction, Second Edition was originally published in English in 2019. This translation is published by arrangement with Oxford University Press. Piccin Nuova Libreria is solely responsible for this translation from the original work and Oxford University Press shall have no liability for any errors, omissions or inaccuracies or ambiguities in such translation or any losses caused by reliance thereon. Links to third party websites are provided by the Publisher in good faith and for information only. The Publisher disclaims any responsibility for the materials contained in any third party website referenced in this work.

L'edizione originale in lingua inglese di *The Periodic Table. A Very Short Introduction*, Second Edition è stata pubblicata nel 2019. Questa traduzione è stata pubblicata su licenza di Oxford University Press. Piccin Nuova Libreria è responsabile della traduzione dall'opera originale e Oxford University Press non è responsabile per eventuali errori, omissioni, sviste o ambiguità della traduzione o per eventuali danni da essa derivanti. I collegamenti a siti Web di terzi sono forniti dall'Editore in buona fede e solo per informazione. L'Editore declina ogni responsabilità per i materiali contenuti in qualsiasi sito Web di terzi a cui si fa riferimento in quest'Opera.

Opera coperta dal diritto d'autore – tutti i diritti sono riservati.
Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

ISBN 978-88-299-3147-7

Stampato in Italia

© 2021, by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova
www.piccin.it

Indice generale

	Ringraziamenti e dedica	iv
	Prefazione	v
	Prefazione alla seconda edizione	ix
	Elenco delle illustrazioni	xi
1	Gli elementi	1
2	Una rapida descrizione della moderna tavola periodica	9
3	Peso atomico, triadi e Prout	29
4	Passi verso la tavola periodica	41
5	Il genio russo: Mendeleev	57
6	La fisica invade la tavola periodica	71
7	La struttura elettronica	81
8	La meccanica quantistica	95
9	La moderna alchimia: dagli elementi mancanti agli elementi di sintesi	107
10	Forme della tavola periodica	119
	Ulteriori letture	138
	Indice analitico	141

Ringraziamenti e dedica

Ringrazio per il loro aiuto gli editor e tutto lo staff di OUP, incluso Jeremy Lewis per aver suggerito l'idea di una *Brevissima introduzione*.

Ringrazio anche i colleghi, gli studenti, i bibliotecari che mi hanno aiutato durante la preparazione di questo libro.

Questo libro è dedicato a mia moglie Elisa Seidner.

Prefazione

Molto è stato scritto sulle meraviglie della tavola periodica.

Qui di seguito riportiamo alcuni esempi.

La tavola periodica è la Stele di Rosetta della natura. Per i non addetti ai lavori (inesperti), si tratta di un insieme di oltre cento caselle numerate, ognuna contenente una o più lettere, disposte secondo una particolare asimmetria. Per i chimici, tuttavia, la tavola periodica svela i principi guida della materia, vale a dire i principi che regolano la chimica. In sostanza, tutta la chimica è contenuta nella tavola periodica.

Questo non significa, naturalmente, che tutta la chimica è evidente dalla tavola periodica. Tutt'altro. Ma la struttura della tavola periodica riflette la struttura elettronica degli elementi e, da qui, le loro proprietà chimiche ed il loro comportamento. Forse sarebbe più appropriato dire che tutta la chimica inizia con la tavola periodica.

(Rudy Baum, C&EN Special Issue on Elements)

L'astronomo Harlow Shapley scrive:

La tavola periodica è probabilmente l'insieme di conoscenze più compatto e significativo che l'uomo abbia mai concepito. La tavola periodica rappresenta per la materia ciò che la tabella dell'era geologica rappresenta per il tempo cosmico. La sua storia è la storia delle grandi conquiste dell'uomo nel microcosmo.

Come Robert Hicks, uno storico della chimica, dice su un *podcast* in Internet:

Forse l'icona più riconoscibile in tutta la scienza è la tavola periodica degli elementi. Questa tabella è diventata il nostro modello per stabilire come gli atomi e le molecole si dispongono nel creare la materia per come la conosciamo. Come il mondo è organizzato al livello più piccolo. Nel corso della storia la tavola periodica è cambiata. Vi sono stati aggiunti elementi nuovi appena scoperti, mentre altri elementi sono stati confutati o sia modificati che rimossi. In questo modo la tavola periodica funziona da memoria della storia della chimica, un modello per gli sviluppi attuali ed una base per il futuro delle scienze chimiche...una mappa dei più importanti elementi costitutivi del mondo.

Come esempio finale, per ora, c'è C.P. Snow, un chimico-fisico conosciuto per i suoi scritti sulle 'due culture':

[Nell'imparare la tavola per] la prima volta vidi un miscuglio di dati casuali disposti in fila ordinata. Tutta la confusione e le formule e l'accozzaglia della chimica inorganica della mia adolescenza sembrarono disporsi ordinatamente secondo uno schema davanti ai miei occhi – come se uno si trovasse in prossimità di una giungla e improvvisamente questa si trasformasse in un giardino olandese.

Ciò che è straordinario della tavola periodica è la sua simultanea semplicità e familiarità unita al suo *status* veramente fondamentale nella scienza. Della sua semplicità si è fatto riferimento nelle citazioni sopra riportate. La tavola periodica sembra organizzare i componenti fondamentali di tutta la materia. Risulta anche familiare alla maggior parte delle persone. Quasi tutti coloro che possiedono anche solamente una conoscenza elementare della chimica ricordano l'esistenza della tavola periodica, persino nell'eventualità che tutto il resto che avevano imparato in chimica sia stato dimenticato. La tavola periodica risulta familiare quasi quanto la formula chimica dell'acqua. È diventata una vera icona culturale utilizzata dagli artisti, pubblicitari e, naturalmente, dagli scienziati di ogni settore.

Allo stesso tempo, la tavola periodica è più di uno strumento per insegnare ed imparare la chimica. Riflette l'ordine naturale delle cose nel mondo e, per quanto ne sappiamo, nell'intero universo. È costituita da gruppi di elementi in colonne verticali. Se un chimico o anche uno studente di chimica conosce le proprietà di un elemento tipico di un certo gruppo, ad esempio il sodio, lui o lei può farsi una buona idea delle proprietà degli elementi nello stesso gruppo, come il potassio, il rubidio ed il cesio.

Ancora più fondamentale, l'ordine insito nella tavola periodica ha portato ad una profonda conoscenza della struttura atomica ed al principio secondo cui gli elettroni circondano il nucleo disposti in specifici gusci ed orbitali. A loro volta queste disposizioni di elettroni servono a razionalizzare la tavola periodica. In generale, spiegano il motivo per cui gli elementi sodio, potassio, rubidio, eccetera, cadono nello stesso gruppo in prima posizione. Ancora più importante la comprensione della struttura atomica, che è stata prima raggiunta nel tentativo di capire la tavola periodica, è stata poi applicata in molti altri campi della scienza. Questa conoscenza ha contribuito dapprima allo sviluppo della vecchia teoria quantistica e, successivamente, a quello del suo cugino più maturo, la meccanica quantistica, un insieme di conoscenze che continua ad essere la teoria fondamentale della fisica che può spiegare il comportamento non solo di tutta la materia, ma anche di tutte le forme di radiazione come la luce visibile, i raggi X e la radiazione ultravioletta.

Diversamente dalla maggior parte delle scoperte fatte nel XIX secolo, la tavola periodica non è stata confutata da scoperte fatte nei secoli XX e XXI. Piuttosto, le scoperte nella fisica moderna, in particolare, sono servite a raffinare la tavola periodica ed a risolvere alcune anomalie residue. La sua forma e validità generale sono rimaste intatte ad ulteriore testimonianza del potere e spessore di questo sistema di conoscenza.

Prima di esaminare la tavola periodica, considereremo i suoi occupanti, gli elementi. Quindi daremo un rapido sguardo alla moderna tavola periodica e ad alcune sue varianti prima di approfondire la sua storia e come abbiamo raggiunto il nostro attuale livello di conoscenza, dal Capitolo 3.

Prefazione alla seconda edizione

I responsabili della collana *Brevissima introduzione* mi hanno chiesto di scrivere una seconda edizione in coincidenza del 150° anniversario della scoperta della tavola periodica di Mendeleev e del fatto che il 2019 è stato proclamato Anno Internazionale della Tavola Periodica (IYPT) dall'UNESCO.

Non occorre dire che colgo volentieri questa opportunità per correggere alcuni errori della prima edizione, che sono stati segnalati dai lettori, e fornire aggiornamenti, in quanto molti sviluppi si sono verificati nello studio della tavola periodica e problematiche relative.

Per esempio, l'importante questione dell'occupazione dell'orbitale 4s-3d concernente la versione moderna della tavola periodica ora ha una spiegazione esauriente che soddisfa pienamente l'ordine relativo di riempimento e la ionizzazione di questi orbitali atomici. Inoltre, la rilevanza del principio di Aufbau e le sue anomalie sono state ripensate e verranno brevemente spiegate in questa versione aggiornata.

Ci sono stati nuovi sviluppi nel campo degli elementi di sintesi. Per esempio, dalla comparsa della prima edizione sono avvenute la ratifica e la nomenclatura degli elementi 113, 115, 117 e 118 come nihonio, moscovio, tennesso e oganesso.

Questo sviluppo rappresenta anche il completamento del settimo periodo per la prima volta da quando la tavola periodica fu scoperta. Ciononostante, è iniziato il lavoro per cercare di sintetizzare gli elementi del periodo successivo, iniziando dagli elementi 119 e 120. Gli elementi del blocco g inizieranno, almeno formalmente, proprio oltre quel punto all'elemento 121.

Ci sono stati alcuni nuovi sviluppi riguardanti la questione su quali elementi dovrebbero occupare il gruppo 3 della tavola periodica, così come nuovi esperimenti che hanno ripercussioni sul problema del posizionamento dell'elio.

Io spero che il lettore possa essere incoraggiato a contattarmi con qualche domanda o suggerimento su qualsiasi problematica sia stata sollevata in questo libro.

Eric Scerri
Los Angeles
2019

Elenco delle illustrazioni

- 1 I solidi platonici, ognuno associato ad uno degli elementi antichi **2**
Reproduced from Benfey, O. T., Precursors and cocursors of the Mendeleev table: the Pythagorean spirit in element classification. *Bulletin for the History of Chemistry*, 13–14, 60–6. Copyright © 2018 by Division of History of Chemistry of the American Chemical Society. All rights reserved.
- 2 L'elenco degli elementi di Lavoisier come sostanze semplici **4**
- 3 Nomi e simboli degli elementi antichi **8**
Reproduced with permission from Ringnes, V., Origin of the names of chemical elements. *Journal of Chemical Education*, 1989, 66 (9), 731. Copyright © 1989, American Chemical Society. DOI: 10.1021/ ed066p731.
- 4 Tavola periodica in formato medio-lungo **12**
- 5 Tavola periodica in formato breve, pubblicata da Mendeleev nel 1871 **13**
- 6 Tavola periodica in formato lungo **17**
- 7 Tavole periodiche prima e dopo la modifica di Seaborg **23**
- 8 La tabella di Richter dei pesi equivalenti, modificata da Fischer nel 1802 **30**
- 9 Le venti triadi di Lenssen **36**
- 10 La tavola degli elementi di Gmelin **37**
- 11 Le differenze del peso atomico di Kremers per la serie dell'ossigeno **38**
- 12 La 'vite tellurica' di De Chancourtois **43**
From The Periodic System of Chemical Elements: A History of the First Hundred Years by J. W. van Spronsen. © Elsevier 1969.
- 13 I primi sette gruppi degli elementi di Newlands nel 1863 **45**
- 14 La tavola di Newlands che illustra la legge delle ottave presentata alla Chemical Society nel 1866 **47**
- 15 La terza tavola delle differenze di Odling **48**

- 16 La tabella delle distanze planetarie di Hinrichs (1864) **50**
- 17 Il sistema periodico di Hinrichs **52**
From *The Periodic System of Chemical Elements: A History of the First Hundred Years* by J. W. van Spronsen. © Elsevier 1969.
- 18 Il sistema periodico di Lothar Meyer del 1862 **54**
- 19 Il sistema periodico di Lothar Meyer del 1868 **56**
- 20 Le proprietà previste e osservate dell'eka-silicio (germanio) **65**
- 21 Le previsioni di Mendeleev, di successo e non **66**
- 22 Marie Curie **73**
- 23 Lo schema originale di Bohr del 1913 per le configurazioni elettroniche degli atomi **83**
Reproduced with permission from Bohr, N., On the constitution of atoms and molecules. *Philosophical Magazine*, 26, 476–502. Rights managed by Taylor & Francis. <<https://doi.org/10.1080/14786441308634955>>.
- 24 Le configurazioni elettroniche di Bohr del 1923 basate su due numeri quantici **85**
Reproduced with permission from Bohr, N., Linienspektren und atombau. *Annalen der Physik*, 71, 228–88. Copyright © 2006, John Wiley and Sons. <<https://doi.org/10.1002/andp.19233760918>>.
- 25 Combinazione di quattro numeri quantici per spiegare il numero totale di elettroni in ogni guscio **87**
- 26 Ordine approssimato di riempimento dell'orbitale. Più precisamente, ordine di differenziazione dell'elettrone **88**
- 27 Disegno di Lewis dei cubi atomici **90**
- 28 Rappresentazione di Lewis di un doppio legame tra due atomi **92**
From Stranges, A., *Electrons and Valence*, Texas A&M University Press, College Station, TX, 1982, p. 213. By permission from the author.
- 29 Strutture elettroniche esterne di Lewis per ventinove elementi. Il numero in testa alla colonna rappresenta la carica positiva sul nucleo atomico ed anche il numero degli elettroni del guscio esterno per ogni atomo (compilato dall'autore) **92**
- 30 Tavola periodica di Langmuir **94**
Reproduced with permission from Langmuir, W., Arrangement of electrons in atoms and molecules. *Journal of the American Chemical Society*, 41, 868–934. Copyright © 1919, American Chemical Society. DOI: 10.1021/ja02227a002.

- 31 Niels Bohr **96**
AIP Emilio Segrè Visual Archives, Weber Collection.
- 32 Energie di ionizzazione degli elementi da 1 a 53 calcolate teoricamente (triangoli) ed osservate (cerchi) **99**
Clementi, E. (1980) Introduction. In *Computational Aspects for Large Chemical Systems*. Lecture Notes in Chemistry, vol. 19. Springer, Berlin, Heidelberg. Copyright © 1980, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 33 Condizioni limite e nascita della quantizzazione **101**
From R. Chang, *Physical Chemistry for the Chemical Biological Sciences*, University Science Books, Sausalito, CA, 2000, p. 576. By permission from the publisher.
- 34 Orbitali s, p, d e f **103**
- 35 Frammento della tavola periodica che mostra i gruppi da 3 a 12 inclusi **116**
- 36 Entalpie di sublimazione per gli elementi nel gruppo 7 che mostrano come l'elemento 107 sia un effettivo membro di questo gruppo **117**
- 37 Il sistema periodico di Benfey **121**
- 38 L'albero periodico di Dufour **122**
Reproduced with the kind permission of Paul Dufour and Fernando Dufour.
- 39 La tavola periodica a sinistra di Charles Janet **123**
- 40 La tavola periodica basata sulla massimizzazione delle triadi del numero atomico **128**
- 41 Tavole periodiche in formato lungo che mostrano posizionamenti alternativi di Luterio e Laurenzio. Solamente la versione superiore mantiene una sequenza continua dei numeri atomici **131**
- 42 Terza opzione per presentare la tavola periodica in formato lungo nella quale il blocco d è diviso in due porzioni diverse e nove gruppi **132**
- 43 Triadi del numero atomico evidenziate su una tavola a sinistra. Tutte le triadi contengono i loro secondi e terzi elementi in periodi di uguali lunghezze **135**
- 44 La tavola periodica IUPAC con i blocchi lantanidi e attinidi larghi quindici elementi. Il gruppo 3 contiene solo due elementi **136**
- 45 Una versione a trentadue colonne che sarebbe in linea con la tavola pubblicata nella letteratura IUPAC, in cui i lantanidi e gli attinidi sono presentati come serie larghe quindici elementi **137**

