

# Riflessione storica/epistemologica sulla Tavola Periodica degli elementi

Giovanni Villani\* e Antonio Testoni\*\*

\*Coordinatore Gruppo Interdivisionale SCI  
“Epistemologia e Storia della Chimica”

[giovanni.villani@cnr.it](mailto:giovanni.villani@cnr.it)

\*\* Divisione di Didattica Chimica, SCI

[antonio.testoni55@gmail.com](mailto:antonio.testoni55@gmail.com)

Abano Terme (Pd) - 13 Novembre 2024

In questo Laboratorio Teorico vogliamo stimolare una riflessione collettiva sulla Tavola Periodica degli Elementi.

Tale Tavola rappresenta l'icona principale della Chimica e un argomento essenziale nella preparazione degli studenti.

Nella riflessione si porteranno in evidenza sia gli aspetti generali e filosofici della Tavola sia gli aspetti fisico/chimici impliciti.

# Principali problematiche

1. Tavola periodica e riducibilità della chimica alla meccanica quantistica.
  - a) La Tavola Periodica è storicamente precedente alla Meccanica Quantistica.
  - b) La Tavola Periodica è stato il dato sperimentale da spiegare per la Struttura Atomica e la Meccanica Quantistica?
2. Rapporto tra Tavola Periodica e configurazioni elettroniche degli atomi.
3. Rapporto tra configurazione elettronica atomica e comportamento chimico degli elementi.
4. Tavola Periodica: teoria, legge, modello, dominio ordinato?
5. Prevedere o ordinare in ambito scientifico?
6. Evoluzione della Tavola Periodica e sua rappresentazione.
7. Informazioni aggiuntive o semplice schematizzazione fornite dalla Tavola Periodica.
8. Tavola Periodica: esempio di ricerca scientifica dei singoli scienziati e aspetti generali dei programmi di ricerca.

Il sistema periodico rappresenta una sfida importante alla visione secondo cui la chimica è stata ridotta alla meccanica quantistica. In effetti, sembra strano in un certo senso pensare al sistema periodico come a una riduzione alla fisica, poiché ha contribuito a molte scoperte nella fisica moderna, tra cui la nascita della teoria quantistica e della meccanica quantistica. Invece di essere "spiegata" dalla meccanica quantistica, come a volte è implicito, specialmente nei libri di testo di chimica contemporanei, è la tavola periodica stessa che ha dato vita alla nozione di gusci elettronici e al principio di esclusione di Pauli, tra gli altri sviluppi nella fisica teorica.

Penso ad esempio all'influenza diretta che il sistema periodico ebbe sulle visioni scientifiche di J. J. Thomson, il quale riteneva che una spiegazione del sistema periodico fosse uno dei problemi più urgenti per la fisica teorica dell'epoca.

Il classico articolo della trilogia di Niels Bohr del 1913, in cui introdusse la teoria quantistica nel dominio atomico, fu motivato direttamente dal sistema periodico e da una critica delle disposizioni elettroniche e delle condizioni di stabilità che Thomson aveva pubblicato.

ERIC SCERRI - EDITORIAL - SPECIAL ISSUE ON THE PERIODIC SYSTEM OF  
THE ELEMENTS *Foundations of Chemistry* **3: 97–104, 2001.**

*“Come ho sottolineato, considerando la formazione dell'idrogeno ... i risultati ottenuti per questa via per un atomo con un solo elettrone non consentono di risolvere problemi come quello della distribuzione in gruppi degli elettroni in un atomo complesso ... La caratteristica variazione delle proprietà degli elementi col numero atomico, come risulta dal sistema periodico, fornisce un'utile guida per la soluzione del problema che riguarda la disposizione degli elettroni nell'atomo. Per interpretare il sistema periodico è necessario supporre che gli elettroni siano suddivisi nell'atomo in gruppi distinti, in modo che la suddivisione in gruppi degli elementi corrisponda alla graduale formazione dei gruppi elettronici al crescere del numero atomico. Questo raggrupparsi degli elettroni nell'atomo è stato un elemento predominante di tutte le teorie atomiche dopo il famoso tentativo di Thomson”*

N. Bohr, La struttura dell'atomo e le proprietà chimiche e fisiche degli elementi, 1921

A proposito del “*Famoso tentativo di Thomson*”, richiamato da Bohr, va ricordato che Thomson nel periodo precedente alla trilogia di Bohr aveva ipotizzato che:

- *l'atomo ha una struttura elettronica a gusci/strati;*
- *la valenza chimica è in gran parte una funzione del guscio elettronico più esterno;*
- *la periodicità chimica implica una ripetizione periodica della struttura dello strato elettronico più esterno;*
- *il numero di corpuscoli di carica negativa dell'atomo disposti nei vari strati, può essere compreso tra 0 e 8, ma quando il numero raggiunge le 8 unità l'anello è così stabile che i corpuscoli non sono più mobili e l'atomo è, per così dire, saturo;*
- *la stabilità dei gas rari è collegata con il completamento del guscio e la valenza degli altri atomi può essere correlata col tentativo di ottenere simili strutture a guscio chiuso tramite trasferimento di elettroni;*
- *per elementi con pesi atomici maggiori di quaranta (Argon) il numero di corpuscoli che formano un guscio potrebbe non essere otto.*

Non solo, ma G.N. Lewis già nel 1902 era giunto a conclusioni analoghe:

*“Nell’anno 1902 (mentre stavo tentando di spiegare ad una classe di un corso elementare di chimica alcune delle idee coinvolte nella legge periodica) iniziando l’interesse per la nuova teoria dell’elettrone e combinando questa idea con quella della classificazione periodica degli elementi, io mi sono fatto un’idea della struttura interna dell’atomo che, sebbene contenga alcune imprecisioni, fin da allora ho considerato che rappresentasse essenzialmente la disposizione degli elettroni nell’atomo... Le principali caratteristiche di questa teoria circa la struttura atomica sono quelle che seguono:*

- *Gli elettroni in un atomo sono disposti in cubi concentrici.*
- *Un atomo neutro di ogni elemento contiene un elettrone in più di un atomo neutro di un elemento che lo precede (nella tavola periodica degli elementi).*
- *Il cubo con 8 elettroni è raggiunto negli atomi dei gas rari, e questo cubo diventa, in un certo senso, il nocciolo su cui viene costruito il cubo più grande di elettroni del periodo successivo.*
- *Gli elettroni di un cubo incompleto esterno possono essere trasferiti ad un altro atomo, come in  $Mg^{+2}$ , o un certo numero di elettroni possono essere presi da altri atomi per completare il cubo, come in  $Cl^{-1}$ , tenendo quindi conto della valenza positiva e negativa.”*

G.N. Lewis, “*Valence and the structure of atoms and molecules*”, 1923

È stato riconosciuto da tempo che il sistema periodico non rientra nelle categorie tradizionali che i filosofi della scienza sono abituati a discutere. Non è né una teoria, né un modello, né forse nemmeno una legge della natura. Tuttavia, il sistema periodico è in grado di razionalizzare grandi quantità di informazioni e di fare previsioni di successo. Il filosofo Dudley Shapere ha fornito un'analisi originale del sistema periodico in cui conclude che si tratta piuttosto di un "dominio ordinato".

ERIC SCERRI - *Foundations of Chemistry* **3: 97–104,**  
**2001**



Oggi le configurazioni elettroniche sono completamente onnipresenti in chimica e fisica. In effetti, nell'istruzione chimica sono diventate forse il paradigma centrale. A ragione o a torto, molti sforzi sono dedicati all'insegnare agli studenti di chimica a scrivere configurazioni elettroniche per qualsiasi atomo poiché si ritiene che questa proprietà, più di tutte le altre, catturi il comportamento chimico di ogni elemento.

Come alcuni autori hanno sostenuto, non è affatto chiaro che la meccanica quantistica fornisca una spiegazione deduttiva del sistema periodico, anche alla luce dei calcoli ab initio contemporanei.

ERIC SCERRI - *Foundations of Chemistry 3: 97–104, 2001.*

Il primo articolo di questo numero speciale è di Carmen Giunta, un'insegnante di chimica.

Nel presente articolo rivisita un episodio intrigante che si trova al centro dell'evoluzione del sistema periodico. Quando fu scoperto il primo dei gas nobili, l'argon, si scoprì che aveva una serie di proprietà insolite che resero il suo adattamento al sistema periodico un problema particolarmente difficile. A differenza di tutti gli altri gas elementari come idrogeno, ossigeno o azoto che sono biatomici, l'argon sembrava essere monoatomico secondo considerazioni basate sulla teoria cinetica. Inoltre si scoprì che era completamente non reattivo, un fatto che portò alcuni chimici a supporre che potesse non appartenere nemmeno al sistema periodico degli elementi.

Inoltre, il peso atomico dell'argon rispetto a quello del potassio presentava uno dei rari casi che avrebbero richiesto un'inversione del peso atomico nella tavola periodica, e che non sarebbe stato pienamente compreso fino alla scoperta dell'isotopia alcuni anni dopo.

Nel corso del suo articolo Giunta discute anche la questione della previsione di alcuni altri gas nobili da parte di Ramsey. Questa caratteristica è rilevante per il recente dibattito filosofico riguardante i meriti relativi delle previsioni e degli adattamenti nell'accettazione del sistema periodico da parte della comunità scientifica.

Il secondo articolo del numero speciale è di Helge Kragh, uno dei principali storici della fisica. Nel presente articolo rivisita questo territorio, ma prima esamina la storia precedente dei tentativi di spiegare il sistema periodico in termini di modelli dell'atomo.

Kragh scopre che i primi tentativi meno riusciti di spiegare il sistema periodico da parte di Thomson, Bohr e altri erano comunque molto apprezzati da chimici e fisici e quindi trova supporto per la visione di Lakatos secondo cui si dovrebbe considerare la crescita a lungo termine dei programmi di ricerca piuttosto che i singoli contributi teorici.

*“Le radici storiche della moderna teoria della struttura atomica si trovano non solo nello sviluppo della fisica, ma anche nello sviluppo della chimica. Tra i fenomeni chimici che hanno maggiormente influenzato la teoria atomica, il sistema periodico degli elementi è forse il più importante. L'esistenza di regolarità nelle proprietà degli elementi, come riassunte nella tavola periodica, è stata una fonte di enigma e di ispirazione per molti scienziati che volevano conoscere i meccanismi e le cause sottostanti che immaginavano esistessero. Lo schema di classificazione di Mendeleev ha svolto un ruolo euristico nelle prime visioni della struttura atomica.”*

H. Kragh, The first subatomic explanations of the periodic system, Foundations of Chemistry, 129-143, 2001

Valentin Ostrovsky è il fisico teorico del terzo lavoro del numero speciale. Egli affronta questioni come quella se la meccanica quantistica abbia fornito una spiegazione deduttiva del sistema periodico e analizza i tentativi fatti dai fisici per dedurre l'ordine di riempimento dei gusci elettronici.

Come sottolinea Ostrovsky, il calcolo dei potenziali di ionizzazione difficilmente contribuisce di più alla comprensione della periodicità rispetto all'insieme di dati empirici per la stessa proprietà!

Inoltre, sostiene che questo approccio può far luce sul fenomeno della periodicità secondaria, che sostiene che gli elementi alternati all'interno di qualsiasi gruppo particolare della tavola periodica mostrano le maggiori somiglianze chimiche.

Fin da quando le persone si sono interrogate sulla natura della scienza, c'è stato un notevole disaccordo sui meriti relativi delle **previsioni** e degli **adattamenti** fatti dalle teorie e su quali di questi aspetti, se ce ne sono, debbano essere considerati più significativi. L'opinione comune, che è spesso illustrata con riferimento al sistema periodico, è che le previsioni di successo dovrebbero essere il criterio principale nell'accettazione di un nuovo sviluppo scientifico. Diversi articoli recenti sono apparsi nel tentativo di chiarire questo problema di vecchia data e molti di essi hanno fatto riferimento al sistema periodico degli elementi. Nel frattempo, gli oppositori dell'opinione che le previsioni siano più importanti degli adattamenti hanno evidenziato esempi da molti settori della scienza per dimostrare che l'adattamento di successo dei dati scientifici può talvolta essere ugualmente e forse persino più significativo nel corso del cambiamento della teoria.

ERIC SCERRI - *Foundations of Chemistry* **3: 97–104, 2001**

Il Numero Speciale si chiude con una bibliografia di articoli e libri sul sistema periodico che ho compilato Scerri con l'aiuto di Jacob Edwards.

Penso che possiamo tranquillamente aspettarci altri studi filosofici sul sistema periodico negli anni a venire.

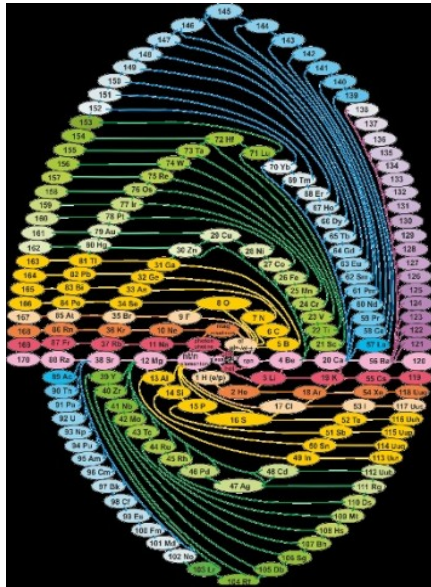
È diventato un luogo comune nella filosofia della scienza sottolineare che l'attenzione si è ampiamente spostata dalle teorie ai modelli o da un'analisi sintattica a un'analisi semantica. Il crescente interesse per il sistema periodico è chiaramente parte di questa tendenza.

Il sistema periodico è più della somma delle sue parti. Si occupa di fenomeni che vanno dalle proprietà osservabili macroscopicamente fino alla struttura di atomi e ioni che vengono utilizzati per spiegare gli stessi fenomeni chimici macroscopici.

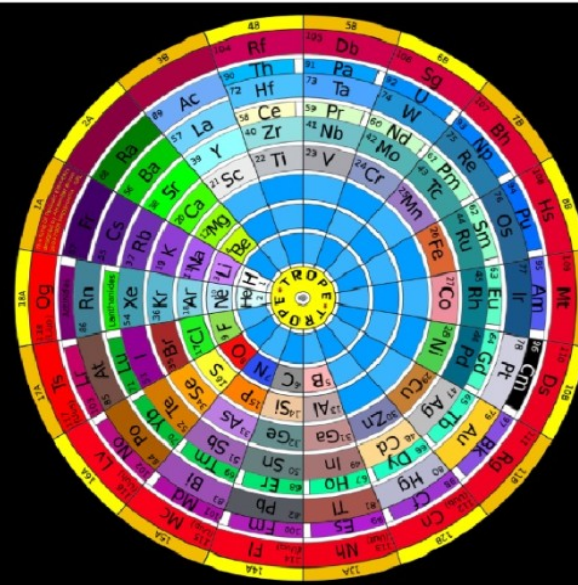
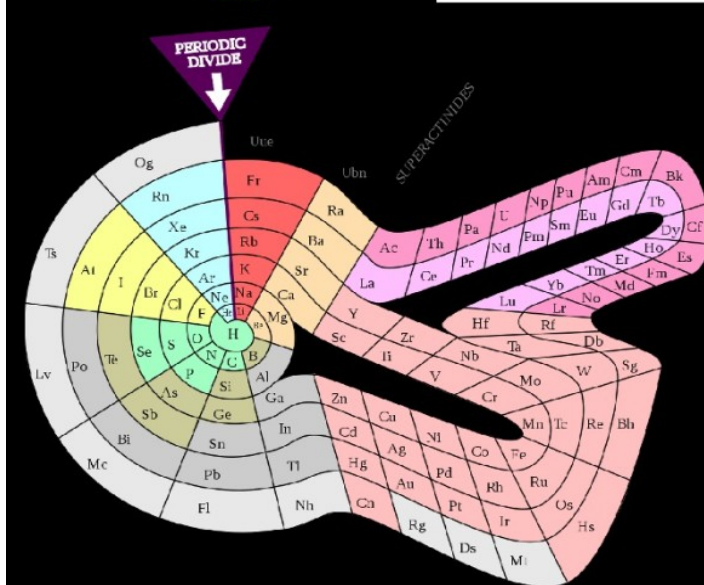
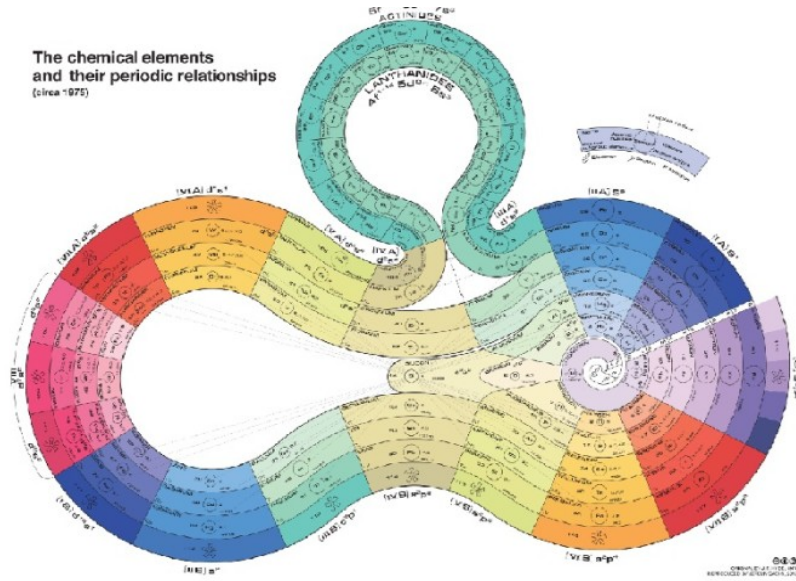
Non esiste un'icona più sorprendente o informativa in nessuna parte della scienza come la tavola periodica della chimica.



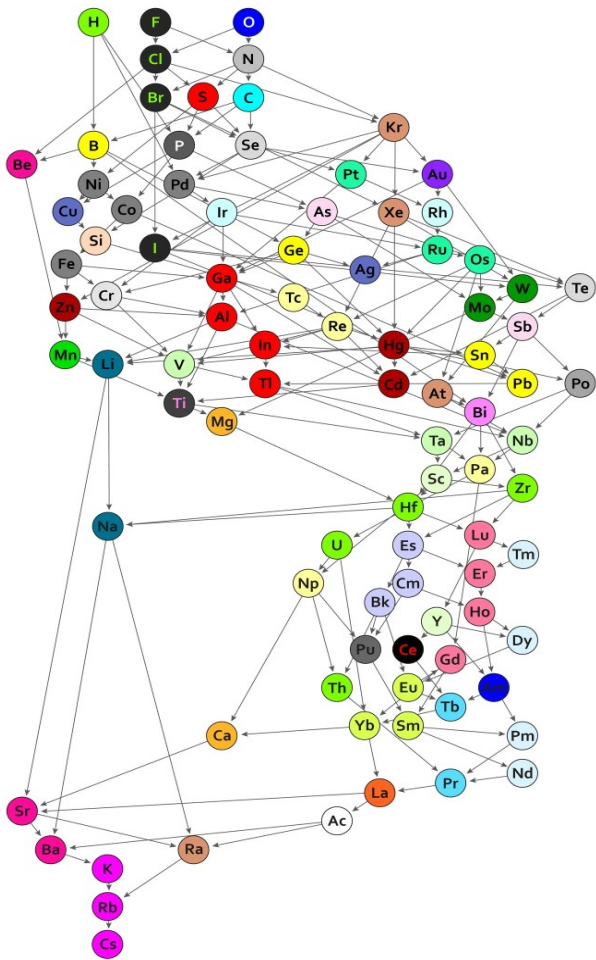
# Differenti rappresentazioni della Tavola Periodica degli Elementi



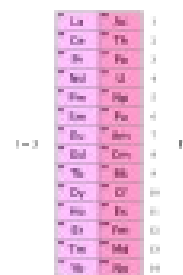
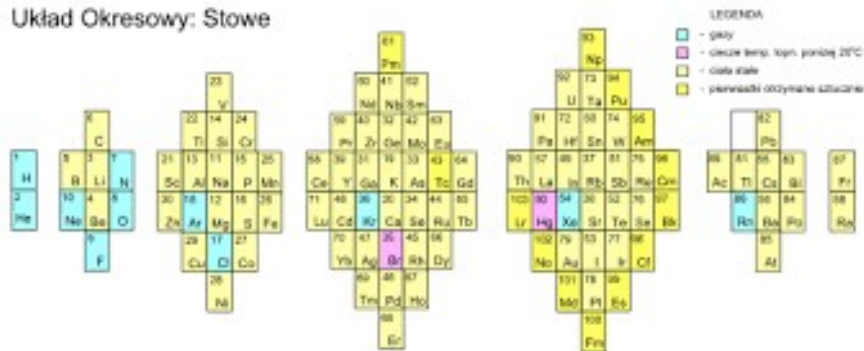
The chemical elements and their periodic relationships (circa 1975)



# Differenti rappresentazioni della Tavola Periodica degli Elementi



Układ Okresowy: Stowe



Presentation Zmaczynski & Bayley

