FRANCO CALASCIBETTA*

Il «Journal of Chemical Education» e la tavola periodica: 75 anni di riflessioni, proposte e suggerimenti didattici**

The Journal of Chemical Education and the Periodic Table: 75 Years of Comments, Proposals and Suggestions for Teaching.

Summary – The paper reviews the articles on the periodic system of the elements published in the US «Journal of Chemical Education» between 1924 and 1998. The first part gives a statistical type of analysis, breaking the articles down by year of publication, in order to find significant fluctuations in the interest in the subject in question displayed in the sphere of the magazine. It then goes on to classify the article by type of content and to identify the basic subjects discussed in the field of teaching and how their reciprocal importance changed over a period of 75 years.

The second part examines the contents of the most significant articles in order to study from this particular point of view the evolution of ideas regarding the periodic table, the related theoretical aspects and its teaching implications.

L'origine della ricerca

Anni fa, nel corso di miei studi sul sistema periodico mendeleviano, a lato del tema principale da me analizzato (Calascibetta, 1992), ebbi modo di notare in articoli, libri e manuali di Chimica fino alla prima metà del novecento, una molteplicità di forme con cui la tavola periodica veniva rappresentata dai diversi autori. Nacque in me spontaneo il paragone con la situazione attuale in cui sostanzialmente viene proposta, soprattutto a livello didattico, una unica forma grafica, la

* Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Roma «La Sapienza».

** Relazione presentata al IX Convegno Nazionale di «Storia e Fondamenti della Chimica» (Modena, 25-27 ottobre 2001).

ben nota classica tavola a 18 colonne, la cosiddetta «long form». Questa prima osservazione fece nascere in me il desiderio di studiare con più attenzione la transizione dalla succitata molteplicità all'attuale fissità di rappresentazione. Effettuare tale studio attraverso una adeguata e completa analisi di testi di chimica mi sarebbe stato forse possibile solo se mi fossi limitato alla realtà italiana. Per avere un quadro di riferimento a mio parere più generale, ho scelto invece l'analisi degli articoli sull'argomento comparsi sul Journal of Chemical Education (JCE), una rivista che costituisce, quasi fin dalla sua fondazione (1924), un riferimento importante per la didattica della Chimica non solo in ambito statunitense. Effettivamente, soprattutto nei primi trenta, quaranta anni di vita del periodico, molti degli articoli in esso pubblicati e concernenti il sistema mendeleviano ebbero come argomento proprio quello della forma più adatta a rappresentare la periodicità degli elementi chimici. Però, come spesso accade, o almeno come spesso accade al sottoscritto, nel costruire il «corpus» entro cui organizzare la mia ricerca, ho dovuto fare i conti con tutta una serie di articoli, un po' di confine rispetto al tema originario, ma che tuttavia mi apparivano estremamente interessanti per un discorso più completo sull'evoluzione delle idee dei Chimici sulla tavola, soprattutto in riferimento alla sua presentazione didattica ai vari livelli scolari. In altri termini, rispetto ai propositi originari, il tema del mio contributo si è ampliato fino a divenire una sorta di carrellata su articoli, note, lettere, comparse su JCE inerenti il tema della periodicità degli elementi dal 1924 al 1998.

Una prima analisi generale

Per delimitare un «corpus» in qualche misura oggettivo, ho scelto innanzi tutto di selezionare tutti gli articoli dal 1924 al 1998 che contenessero nel titolo (o nell'eventuale sottotitolo) la «stringa» 'periodic' e che si riferissero naturalmente al tema della periodicità degli elementi. È ovvio che tale criterio può aver lasciato fuori altri contributi che pure avrebbero meritato per l'argomento trattato di essere da me presi in esame. Ho preferito tuttavia non fare eccezioni al mio iniziale criterio di selezione, proprio per evitare di far divenire l'insieme da analizzare troppo legato a opinabili scelte personali. In ogni caso i 160 articoli da me presi così in considerazione costituiscono un gruppo abbastanza vasto da permettere di farci comunque un'idea delle tematiche sul tema periodicità che hanno rivestito maggiore importanza nel corso dei 75 anni esaminati. Nello stesso tempo comunque si tratta di una quantità di contributi non eccessiva, che non mi ha impedito quindi un esame abbastanza attento dei singoli contenuti.

Una prima classificazione è stata da me effettuata per anno. Nel grafico riportato in Figura 1 viene visualizzato il numero degli articoli riguardanti il sistema periodico mendeleviano pubblicati da JCE dal 1924 al 1998, suddivisi per triennio. Tale classificazione evidenzia una crescita culminata negli anni '50 seguita da una diminuzione negli anni '60 e '70 e poi da un nuovo aumento sino ai nostri giorni.

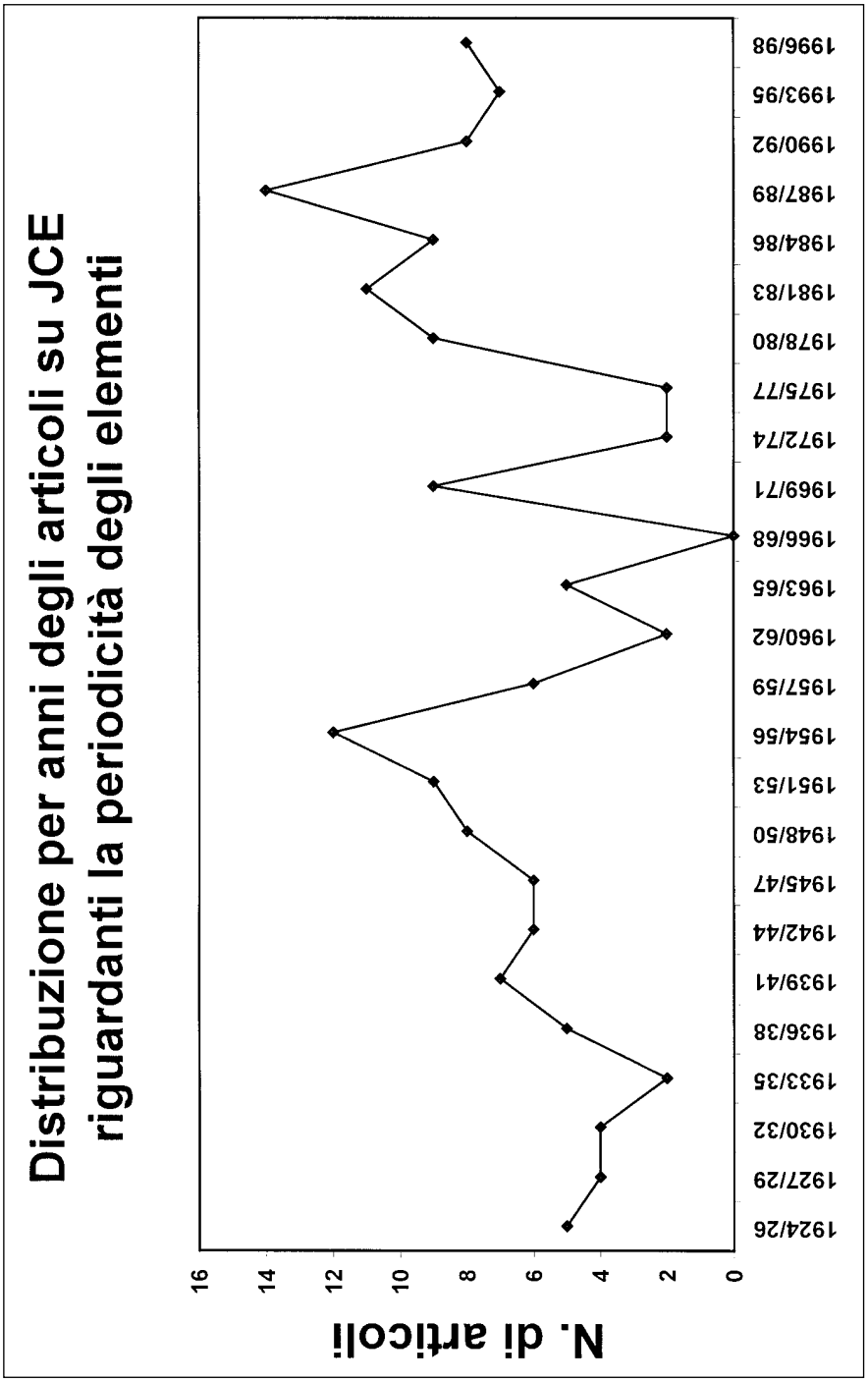

Fig. 1. Distribuzione degli articoli su JCE, suddivisi per triennio, concernenti la periodicità degli elementi (1924-1998).

Tutto ciò risulterebbe ancor più evidente tenendo presente che il massimo relativo nel triennio 1969-71 può, con tutta probabilità, essere frutto dell'inevitabile interesse sull'argomento sistema periodico causato dalla ricorrenza del centenario della prima pubblicazione mendeleviana. L'andamento dal grafico, al di la di eventuali diverse spiegazioni legate ad esempio al modificarsi della politica editoriale della rivista, mi è sembrato comunque un indizio di un calo di interesse, che si ebbe negli anni '60 e '70 rispetto al sistema periodico, se non altro a livello didattico.

Ho quindi continuato la mia analisi classificando i 160 articoli per tipi di argomento trattato, imponendomi di ridurre al massimo il numero delle classi. Qui di seguito elenco le tipologie da me individuate:

Suggerimenti Didattici - Ovviamente in un certo senso dovremmo pensare che tutti gli articoli pubblicati su JCE riguardino la didattica chimica. Tuttavia in tale rivista, nel passato ancor più che nel presente, vengono anche pubblicati contributi di taglio diverso. Sotto la categoria suggerimenti didattici ho invece classificato gli articoli più propriamente centrati sull'insegnamento, che si occupano cioè della maniera concreta con cui presentare la tavola periodica a studenti di differente livello, di suggerire attività sperimentali collegate, di proporre prove di verifica, etc.

Forme di Rappresentazione - Come detto sopra, l'oggetto originario del mio contributo era quello di studiare l'evoluzione delle varie forme di rappresentazione proposte per presentare la periodicità degli elementi fino al «trionfo», quanto meno nella pratica didattica, della «long form». Già nei miei preliminari studi sull'argomento, iniziati alcuni anni or sono, JCE si era rivelato una fonte importante al riguardo in quanto il tema di possibili forme (bidimensionali o tridimensionali, a spirale, ad elica, compatte o estese, ecc.) era l'oggetto di molti articoli. Esse non venivano presentate solo come artifici didattici utili per una particolare lezione, ma avevano l'ambizione di rivolgersi a tutta la comunità dei chimici, a cui erano proposte come le più adatte a mostrare nella maniera più globale possibile le informazioni sulla Chimica degli elementi.

Proprietà Periodiche - Un tema certamente presente in molti articoli di JCE sul sistema mendeleviano è la ricerca di un andamento periodico di molte proprietà chimico-fisiche degli elementi. Citandone alcune alla rinfusa ricordo il raggio atomico, il potenziale standard di ossido-riduzione, la temperatura critica, l'entalpia di atomizzazione ecc.

Teoria - In questa classe riporto articoli che hanno lo scopo di presentare prima di tutto agli insegnanti lettori della rivista alcune riflessioni o informazioni tratte dalla ricerca chimica più avanzata, che servono a dare nuove e più aggiornate conoscenze a chi spesso, non essendo più a diretto contatto con enti e laboratori di ricerca, rischia altrimenti di proporre agli studenti concetti o modelli a volte superati.

Storia - Anche se oggi molto meno numerosi che in passato, in JCE sono stati spesso pubblicati articoli sulla storia della disciplina. Anche gli aspetti storici rela-

tivi alla tavola periodica o ad argomenti ad essa strettamente correlati sono stati trattati in un non trascurabile numero di contributi.

Numerazione gruppi e sottogruppi - Questa classe racchiude un certo numero di articoli relativi ad un tema assai specifico, interno all'accettazione della classica «long form». Come è noto la confusione creata dalle diverse maniere, europea e statunitense, di indicare con numeri e lettere i gruppi principali e di transizione portò, all'incirca negli anni '80 ad un dibattito volto ad uniformare tali forme di denominazione.

Lantanidi e Attinidi - Questi due gruppi di elementi hanno da sempre costituito un tema di particolare interesse nell'ambito della tavola periodica, per la quale sono risultati assai spesso un problema. A tali elementi è in realtà dedicata l'attenzione di molti articoli che però per il loro contenuto globale ho preferito inserire in altre classi. Qui sono semplicemente ricordati alcuni contributi esplicitamente ed esclusivamente dedicati alle proprietà chimiche e fisiche degli elementi in questione.

Altro - Dalla catalogazione secondo le classi sopra elencate sono rimasti fuori pochi articoli a costituire un piccolo gruppo di «residui» (ad esempio recensioni di libri riguardanti il sistema periodico).

In Figura 2 sono riportati i risultati di tale classificazione, sia globali, sia suddivisi in cinque periodi di 15 anni ciascuno. L'istogramma allegato può aiutarne ulteriormente la lettura. Dell'andamento nel corso degli anni delle singole classi parleremo nei prossimi paragrafi.

Certamente questo tipo di analisi, in cui ogni contributo, a prescindere dalla complessità dei suoi contenuti e dalla sua qualità e grado di elaborazione, conta numericamente nella stessa maniera, può essere al più utile per fornire un primo quadro di insieme. Esso però, preso da solo, rischia di non dare che un'idea assai parziale della ricchezza di riflessioni, proposte, polemiche, aventi come tema centrale il sistema periodico, che hanno trovato posto su JCE in questa sorta di ideale meeting durato 75 anni. Sono quindi passato ad una analisi in dettaglio dei contenuti dei singoli articoli, soffermandomi in particolare su quelli che tra tutti mi sono sembrati più significativi o che, per meglio dire, hanno suscitato la mia particolare attenzione, perché importanti ai fini della ricostruzione storica o pieni, magari, di possibili spunti di riflessione, o infine semplicemente perché curiosi o addirittura tali da far nascere in me lettore, a distanza di anni, un benevolo sorriso. Qui di seguito riporto alcuni miei personali commenti sui dati così ottenuti, suddivisi nelle tipologie sopra indicate.

Forme di Rappresentazione

Come evidente dai dati riportati in Figura 2, tale tema è di gran lunga il più trattato su JCE nei primi quarantacinque anni, mentre sparisce quasi completa-

	1924-38	1939-53	1954-68	1969-83	1984-98	Totale
Suggerimenti Didattici	3	8	6	11	22	**50**
Forme di Rappresentazione	12	18	12	0	3	**45**
Proprietà Periodiche	2	4	3	7	9	**25**
Teoria	1	6	0	3	5	**15**
Numerazione Gruppi e Sottogruppi	0	0	0	4	5	**9**
Storia	2	0	2	4	1	**9**
Altro	0	0	2	1	1	**4**
Lantanidi e Attinidi	0	0	0	3	0	**3**
Totale	**20**	**36**	**25**	**33**	**46**	**160**

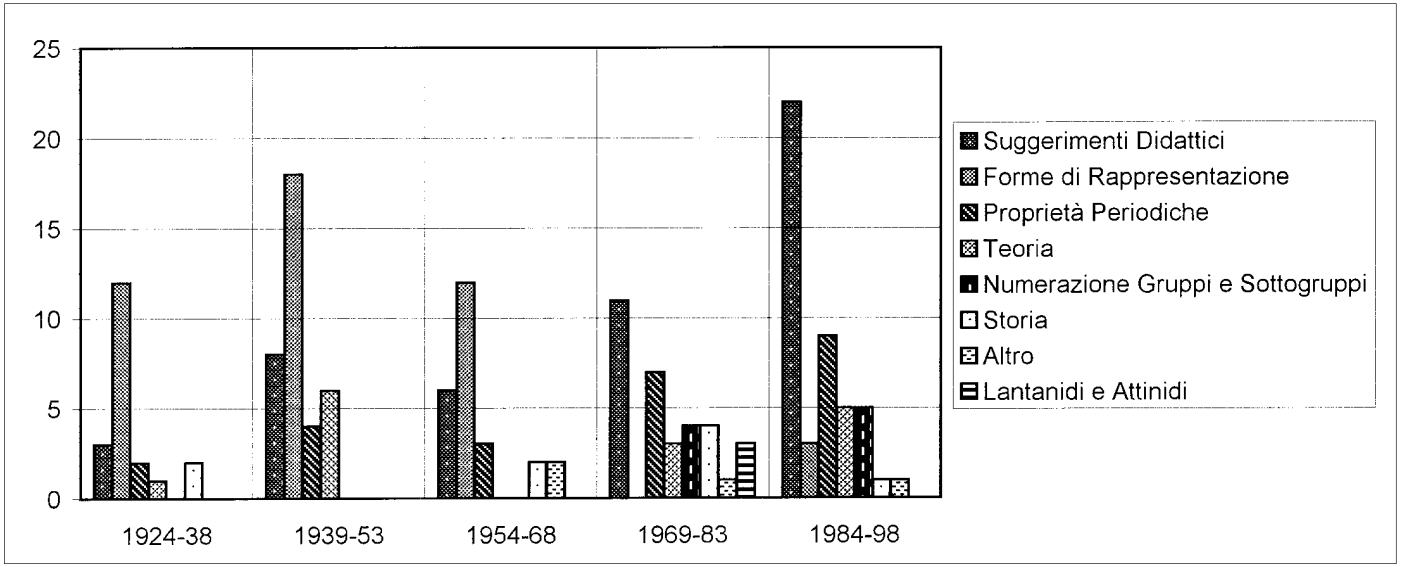

Fig. 2. Classificazione per tipologia di contenuti degli articoli su JCE concernenti la periodicità degli elementi (1924-1998).

mente negli ultimi trenta. Fin dalla fondazione di JCE infatti molti degli articoli sul sistema periodico presentavano delle possibili forme alternative a quella che doveva essere all'epoca la forma grafica più diffusa, la «short form» mendeleviana, spesso nella versione preparata da H.D. Hubbard per l'U.S. Bureau of Standards (vedi Figura 3). C'è da dire che, anche se sin dai primi anni tra i difetti di questa fu dai vari autori indicata anche la sua inadeguatezza a mostrare «l'arrangiamento degli elettroni negli strati successivi», (Courtines, 1925), le critiche che le si avanzavano erano maggiormente ancora di tipo chimico. Essa era ad esempio criticata perché poneva nella stessa colonna elementi dissimili come il cloro e il manganese (Zmaczynski, 1934), perché non risolveva il problema dell'unicità dell'idrogeno (Clark, 1933) o ancora perché non evidenziava a sufficienza le variazioni di proprietà all'interno di uno stesso gruppo (French, 1937). L'impressione generale che si ricava da un esame complessivo è che, anche se le conclusioni a cui erano giunti Moseley o Bohr venivano citate sin dall'inizio in quasi tutti i lavori riguardanti il sistema periodico pubblicati su JCE, ci fosse una certa inevitabile inerzia a trarne tutte le conseguenze. Ad esempio non mancò chi (Sears, 1924) pur ponendo nella sua tavola l'appena scoperto Hafnio lasciò anche il Cerio a fianco a questo nel IV gruppo (come usuale per le tavole periodiche dell'ottocento e del primo novecento), oppure chi (Courtines, 1925) all'opposto inserì entrambi gli elementi in un gruppo delle terre rare comprendente a questo punto addirittura 16 elementi (dall'elemento 57 al 72 compresi). Anche i 4 attinidi all'epoca noti (dall'elemento n° 89 all'elemento n° 92) venivano posti sulla base delle analogie di comportamento chimico nei gruppi dal 3° al 6° (con U ad esempio nello steso gruppo di Cr, Mo, e W), senza un qualsiasi accenno all'esistenza di una famiglia di elementi analoga a quella già nota delle «terre rare» (Monroe, 1926). È chiaro che nella lettura non dobbiamo dimenticare che molte conoscenze andavano trovando proprio in quegli anni una sistemazione. Solo nel 1935 ad esempio comparve su JCE il primo riferimento al «numero quantico azimutale» ℓ, e la denominazione dei gusci con diverso ℓ, fatta utilizzando le lettere s, p, d e f (van Rysselberghe, 1935). Gli elementi mancanti all'appello in base alle considerazioni di Moseley non erano ancora stati tutti quanti scoperti e per molti di essi, nelle Tavole pubblicate su JCE in questi anni, troviamo il ricordo di presunte rivendicazioni in seguito rivelatesi infondate. Si citava il Renio (n° 75) già a partire dal 1926 (Monroe, 1926), ma con esso compariva sulla tavola anche il Masurio (per l'elemento 43) e negli anni successivi su JCE (Ebel, 1938) furono inseriti anche l'Illinio (Il per l'elemento 61), il Virginio (Vi per l'elemento 87), l'Alabamio (Ab per l'elemento 85). Si noti in questi tre casi l'ovvia preferenza data alle rivendicazioni di priorità statunitensi rispetto a quelle di altrettanto presunti scopritori di altra nazionalità.

Mano a mano che le nuove conoscenze sulla struttura atomica divennero patrimonio acquisito e generalizzato della comunità di insegnanti di Chimica di cui JCE poteva dirsi l'espressione, questo si tradusse in una più ampia insoddisfazione nei confronti della «short form». Nel 1938 fu pubblicato un articolo che appare di

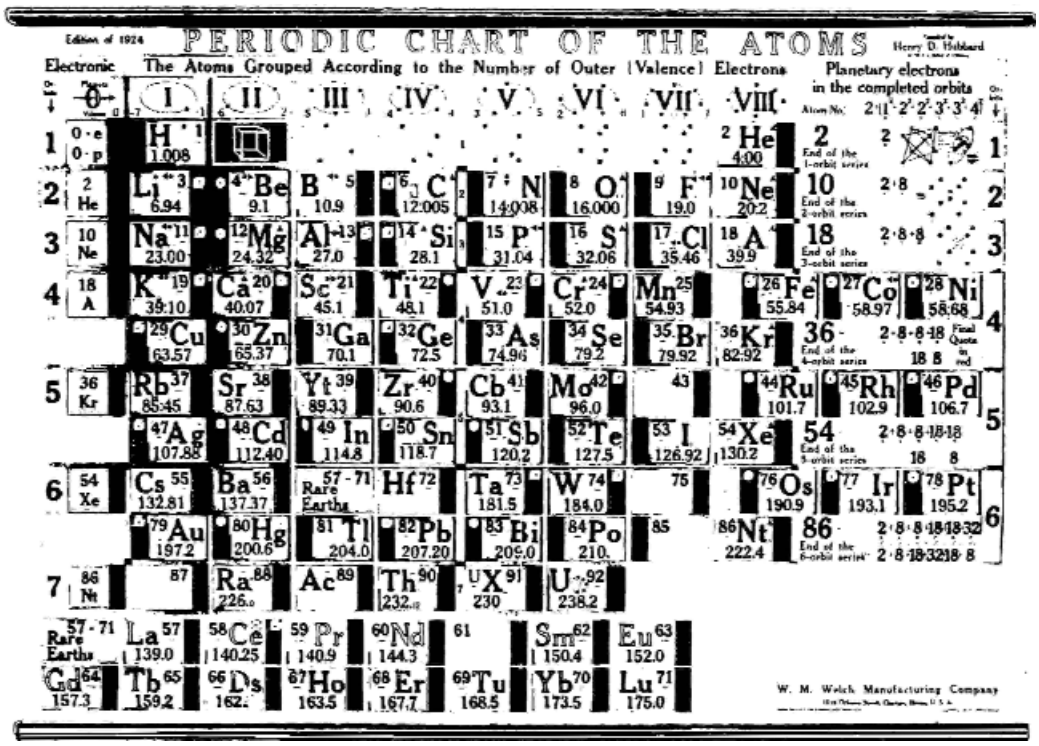

Fig. 3. La «short form» di Hubbard (Bouma, 1989).

estrema importanza anche per gli sviluppi successivi. L'autore Robert Ebel, esordiva con un attacco, che potremmo definire riduzionista, ad un insegnamento della Chimica anche nelle scuole secondarie di tipo descrittivo e empirico (Ebel, 1938). Il suo modello era esplicitamente la scienza più vecchia, la fisica, quella che mostrava più grande maturità. Se si voleva chiamare anche la Chimica una scienza, si doveva non indulgere nella descrizione a spese della integrazione teorica. Ovviamente il concetto che presentava, secondo Ebel, le più grandi potenzialità integranti era la struttura atomica e ad essa innanzi tutto l'autore pensava dovesse essere subordinata la forma grafica del sistema periodico. Pochi mesi dopo W. Luder tradusse in una tavola periodica le idee di Ebel (vedi Figura 4). L'autore (Luder, 1939) proponeva di utilizzare non il numero atomico ma «la nostra conoscenza della struttura degli atomi per determinare la loro posizione nella Tavola». Ne risultava una rappresentazione in cui veniva rotto l'ordine prodotto dal numero atomico e si raggruppavano gli elementi in tre separati gruppi a seconda della localizzazione del cosiddetto «elettrone differenziante». In fondo all'articolo l'autore per altro accennava in maniera un po' imbarazzata alle eccezioni a questa sorta di Aufbau: ad esempio la distribuzione

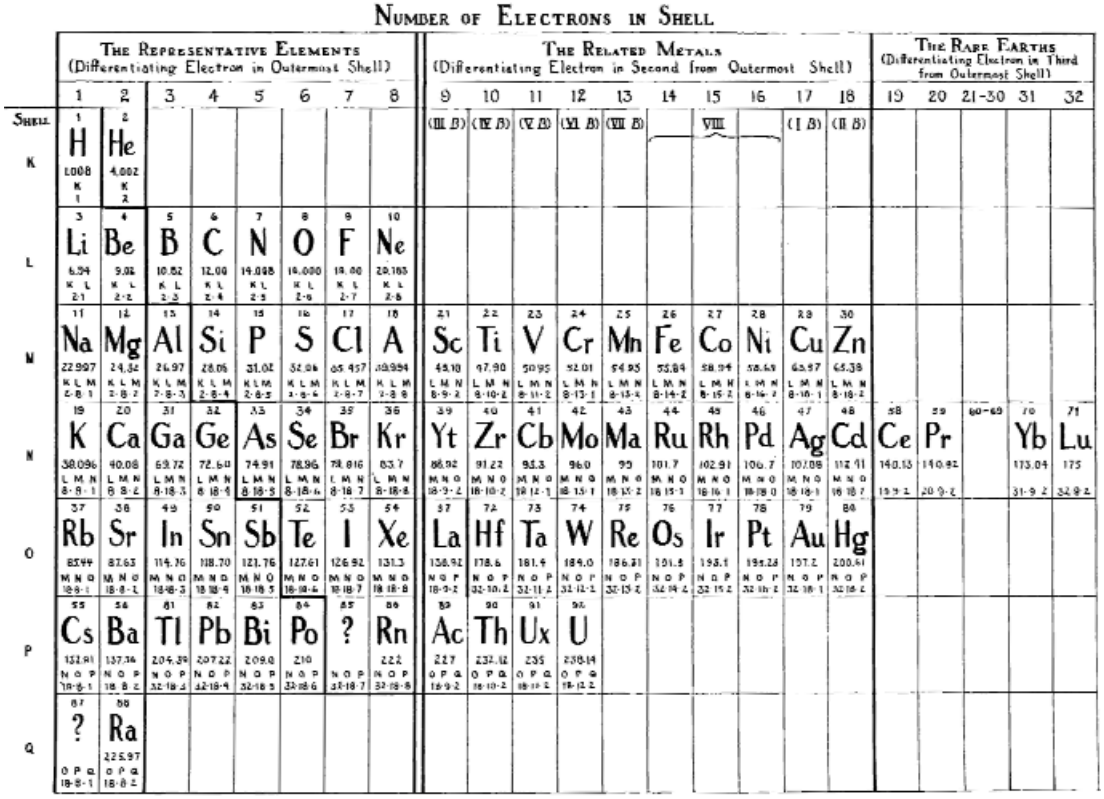

Fig. 4. La Tavola Periodica di Luder (Luder, 1939).

degli elettroni in Cu, non era, usando la notazione di Luder, 2.8.17.2 ma 2.8.18.1. Notiamo come addirittura in tale rappresentazione l'elio finisse per trovarsi posizionato immediatamente sopra il Berillio e gli altri elementi alcalino-terrosi.

Nel settembre 1939 comparve su JCE un altro fondamentale articolo sul tema, dal programmatico titolo: «Perché non modernizziamo anche i testi? – La Tavola periodica». L'autore Laurence S. Foster (Foster, 1939) si lanciava in una definitiva critica contro la usuale «short form», definendola «fuori moda», «illogica», «ingannevole». Le sue critiche concrete alla vecchia tavola ad otto colonne erano essenzialmente di tipo chimico (il manganese insieme al cloro, l'argento e l'oro insieme agli alcalini) cioè in definitiva riguardavano la confusione che derivava dal porre insieme gruppi principali e gruppi di transizione. Tuttavia il riferimento teorico a cui Foster si rifaceva era ovviamente sempre quello delle moderne conoscenze sulla struttura atomica. La soluzione indicata, che l'autore richiedeva fosse sponsorizzata dalla Divisione della Chemical Education della American Chemical

Society come standard da far adottare a tutti gli autori di testi scolastici, era però diversa e meno drastica di quella indicata da Luder. Essa non era altro che un riadattamento della forma estesa a 18 colonne già più volte proposta in letteratura ed in fondo derivante addirittura dalla prima Tavola Periodica mendeleviana del 1869 (come lo stesso Foster esplicitamente ricordava). La struttura della tavola allegata all'articolo di Foster (vedi Figura 5) è di fatto la «long form» a noi ben nota (a parte il problema della denominazione a e b di gruppi e sottogruppi e la posizione degli elementi 89-92). Essa, rispetto alla proposta di Luder, appare in definitiva una sorta di compromesso con il passato e come tale fu interpretata dai meno tolleranti alfieri del nuovo. Lo stesso Luder nel 1943 scrisse un nuovo articolo in cui polemizzò aspramente con la «long form» proposta da Foster, di cui negò la pretesa di basarsi sulla struttura atomica. Infatti secondo l'autore (Luder, 1943) la «long form» ignorava «i break nella configurazione elettronica a livello di calcio, stronzio, bario, lantanio e radio e, ancora più importante», introduceva «inesistenti break tra berillio e boro, e tra magnesio e alluminio».

Altri autori negli anni successivi (Babor, 1944; Wrigley, 1949a, b) tentarono un compromesso tra l'opportunità di non rompere nella rappresentazione del sistema periodico la sequenza di numero atomico e il desiderio di evidenziare comunque che ad esempio passando dal Calcio allo Scandio si iniziava il riempimento di un guscio più interno. Ancora negli anni '50, diversi contributi (Miller, 1955; Ramirez-Torres, 1955; Walker, 1956; Longuet-Higgins, 1957; Szabo, 1957; Strong, 1959) partendo più o meno da posizioni analoghe a quelle espresse in precedenza da Luder, proposero delle forme grafiche più rigorosamente legate alla struttura atomica. Tuttavia,

	Group Numbers																	
Period	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8			1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	Inert Gases
I 2 Elements	H 1																	He 2
II 8 Elements	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
III 8 Elements	Na 11	Mg 12	Transitional Elements										Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	A 18
IV 18 Elements	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
V 18 Elements	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Cb 41	Mo 42	Ma 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
VI 32 Elements	Cs 55	Ba 56	La 58—70 * Lu 57 71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	— 85	Rn 86
VII 6 Elements	— 87	Ra 88	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92												

* Rare Earth Elements	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Il 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70

Fig. 5. La «long form» proposta da Foster (Foster, 1939).

esaminando la globalità degli articoli di JCE riguardanti il sistema periodico negli anni in questione, notiamo come, in molti di essi, che magari trattavano di proprietà periodiche o di risvolti didattici relativi alla Tavola, era sempre più frequente la tendenza ad utilizzare tacitamente la «long form» come forma prevalente di rappresentazione. Assistiamo cioè ad un oggettivo prevalere concreto di tale tipo di tavola senza che in realtà si fossero superati i difetti o le incongruenze pure in essa presenti, a detta dei suoi detrattori. Forse giocò un ruolo il fatto che essa era stata in fondo ottenuta splittando i vecchi sottogruppi del sistema mendeleviano. Sempre in questo periodo (ma anche negli anni precedenti a dire il vero) furono addirittura pubblicati alcuni articoli in cui si suggeriva come costruire una sorta di tavola periodica a blocchi che poteva essere montata alternativamente nella forma «short» o nella forma «long» (Herron, 1949; Mc Cutchon, 1950; Scheer, 1955; Estok, 1956). In altri termini è possibile, secondo me, che la «long form» fosse vista come una transizione tutto sommato abbastanza indolore dal vecchio al nuovo, meglio di altre pure più innovative proposte. Il fatto che successivamente essa sia stata fatta passare per la migliore forma possibile per mettere in relazione periodicità degli elementi e configurazione elettronica non corrisponderebbe, per quanto appare dalla mia ricostruzione, alla effettiva realtà storica.

Come detto, a partire dalla seconda metà degli anni '60 il tema della forma grafica della Tavola Periodica sparisce quasi del tutto dalle pagine di JCE. I pochi articoli che in anni a noi più vicini hanno ripreso la questione non appaiono in realtà particolarmente significativi. C'è da dire che in ogni caso in alcuni contributi si fa strada l'idea che, poiché nessuna forma grafica è in grado da sola di esprimere tutta la ricchezza delle relazioni che legano gli elementi del sistema periodico tra loro, non sarebbe male che gli insegnanti per evidenziare al meglio tale ricchezza si abituassero a proporre diverse rappresentazioni. L'importante, come afferma W. Fernelius è tenere a mente che «per usare la tavola periodica in maniera affidabile, oggi come in passato, è necessario aver presenti molte conoscenze della Chimica Inorganica … Allora la Tavola diventa il mezzo più utile per mettere in relazione, richiamare alla mente, predire le proprietà e le reazioni degli elementi» (Fernelius, 1986).

Teoria

Nel quindicennio 1939-1953 la maggior parte di contributi di taglio teorico fu dedicato a radicare e rafforzare negli insegnanti l'idea che la teoria quantistica fosse il passepartout per comprendere la Chimica degli elementi. Ricordo in particolare tre articoli di Wiswesser (Wiswesser, 1945a, b, c), volti a presentare agli insegnanti alcuni accenni di meccanica quantistica, abbastanza complessi nei contenuti (rispetto allo standard medio della rivista) e dalla lunghezza inusuale (sempre rapportata alla lunghezza media degli articoli di JCE). Altri temi teorici furono trattati in «Numeri quantici e Tavola Periodica» (Hazlehurst, 1941). L'autore, Thomas Hazlehurst, per trovare una risposta al fatto che «quando si arriva agli elementi di

transizione (Sc, N° 21), un guscio già 'completo', nel senso di essere chimicamente inerte nell'Argon, comincia a riempirsi di altri elettroni», affermava che «l'ordine in cui gusci e sottogusci si riempiono è determinato dalle loro energie relative», appoggiando la sua dichiarazione sull'autorità di Pauling e illustrandolo con un da allora in poi ben noto diagramma delle energie (vedi Figura 6). In tale articolo veniva per la prima volta su JCE ricordato anche il principio di Pauli nella sua forma approssimata secondo la quale «due elettroni nello stesso atomo non possono avere i quattro numeri quantici uguali».

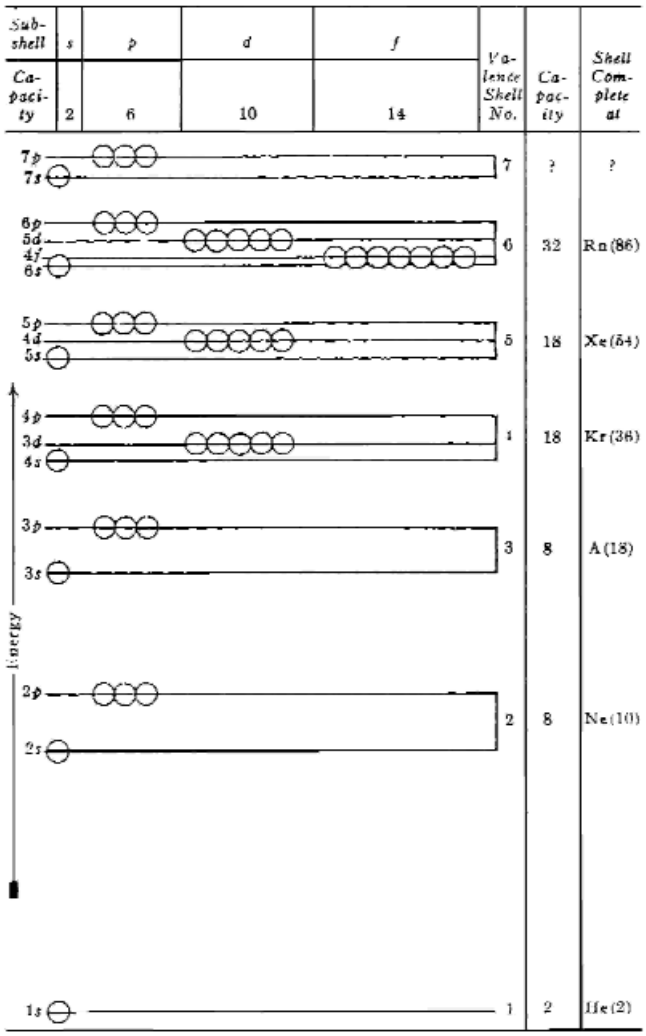

Fig. 6. Hazlehurst (1941): «Livelli energetici di gusci e sottogusci elettronici negli atomi».

Una volta imposta tale visione gli articoli di taglio teorico spariscono per un lungo intervallo, come emerge dall'analisi dei dati riportati in Figura 2. In realtà, come già detto, negli anni '60 diminuì globalmente il numero di articoli di JCE riguardanti il sistema periodico. Nella mia selezione non compaiono ad esempio contributi negli anni 1962, 1963, 1966, 1967 e 1968, indice a mio parere del diffondersi dell'idea che, una volta acclarata la presunta esclusiva dipendenza del sistema periodico dalla configurazione elettronica, sull'argomento non ci fosse più molto da dibattere.

In anni più recenti cominciano invece a comparire articoli di taglio teorico in cui emergono seri dubbi sulla effettiva efficacia, anche a livello didattico, di un presunto approccio quantistico che si riduce, nella sua estrema banalizzazione, al disegno di caselline, chiamate «orbitali», in cui possono essere «alloggiate» una o due freccette, a cui si dà il nome di elettroni. Un'ennesima ormai datata carta periodica degli elementi avente come unico scopo quello di far apprendere agli studenti la configurazione elettronica pubblicata nel 1989 (von Martens Osorio, 1989) ha suscitato ad esempio critiche accese (Scerri, 1991; Ludwig, 1992). In particolare Eric Scerri obietta innanzi tutto che l'ordine di riempimento degli orbitali non corrisponde alla loro energia. Più sotto ricorda come la configurazione elettronica rappresenti una approssimazione inconsistente con la quanto meccanica, visto che può dimostrarsi in maniera inequivocabile che in un atomo contenente più elettroni, questi non sono in stati stazionari. Non entro in dettagli su questi complessi temi, limitandomi a sottolineare come in base a tali argomentazioni, che in buona parte condivido, non risulti né teoricamente corretto né didatticamente utile presentare la tavola periodica solo come l'espressione della cosiddetta configurazione elettronica, o, più in generale, pensare di spiegare tutta la nostra disciplina con la quantomeccanica.

Sul piano della sistemazione dell'insieme degli elementi, già negli anni '40 apparvero articoli in cui la serie successiva all'Attinio veniva riconosciuta analoga a quella dei lantanidi, pur restando per alcuni autori il problema di evidenziare la somiglianza chimica degli attinidi anche con gli elementi di transizione. Inoltre sempre in quegli anni vennero collocati nelle rispettive caselle gli appena scoperti Tecnezio (N° 43), Promezio (N° 61), Astato (N° 85), Francio (N° 87). La prima tavola in JCE completa in tal senso fu pubblicata nel 1949 (Scherer, 1949), con una buona sollecitudine rispetto alle date di effettiva scoperta. In essa gli elementi transuranici erano elencati fino al Curio (N° 96). Negli anni successivi ovviamente la lista dei transuranici si andò allungando e, localizzati soprattutto all'inizio degli anni '70, comparvero articoli che si occupavano delle possibili prospettive di sviluppi della tavola periodica verso ulteriori elementi superpesanti. Ci si lanciava in previsioni, anche quantitative, sulle proprietà chimiche e fisiche degli elementi dal N° 113 al N° 120 (Seaborg, 1969); si speculava su uno o più gruppi di «octadecanidi», quelli nei quali dovrebbero riempirsi i nove orbitali di tipo g (Gol'danskii, 1970); si arrivava perfino ad un ipotetico ultimo elemento del sistema periodico, a N° 243, a cui si assegnava il nome di Zunzenium (Zz) (Kow, 1972). Come sappiamo, tutte queste speranze ed entusiasmi si sono in seguito in buona parte raffreddati, date le difficoltà che si incontrano a sintetizzare nuovi elementi (Armbruster, 1998).

SUGGERIMENTI DIDATTICI

Articoli classificabili nella categoria da me definita «Suggerimenti didattici» sono divenuti via via più numerosi negli anni a noi più vicini, come può essere ricavato ancora una volta dai dati di Figura 2. Contributi di tal tipo erano invece meno frequenti nei primi decenni di vita della rivista ed erano in buona parte dedicati alla descrizione concreta di Tavole Periodiche murali con cui illustrare lezioni ex-cathedra, che apparirebbero in tal modo la quasi unica forma di metodologia didattica utilizzata. A partire invece dagli anni '70 comparvero sempre più frequentemente contributi che mostravano come le metodologie didattiche fossero nel frattempo mutate. Da essi traspare una proposta di insegnamento che non si limiti a trasmettere conoscenze ma le costruisca a partire dall'analisi di dati o dall'osservazione sperimentale, attraverso magari il lavoro di gruppo, secondo i precetti «della teoria piagettiana dello sviluppo cognitivo» (Fowler, 1981).

Segnalo poi un articolo di Fred Basolo del 1980 (Basolo, 1980), in cui l'autore lamentava la scarsa conoscenza della chimica inorganica descrittiva da parte di giovani chimici, a volte perfino di «Ph. D. in Chimica inorganica» Purtroppo tesi come quelle riduzionistiche espresse da Ebel nel 1938, da me sopra citate, circa la necessità di eliminare queste parti «poco scientifiche» dall'insegnamento della Chimica, hanno avuto abbondanti seguaci. Per decenni l'insegnamento della Chimica si è basato più sulla presentazione della configurazione elettronica degli atomi e della descrizione del livello microscopico che sull'effettiva macroscopica presenza della Chimica nel nostro mondo, con risultati però non soddisfacenti. Questa minore attenzione didattica alla inorganica descrittiva potrebbe anche spiegare la già citata scarsa presenza in JCE di articoli sul sistema periodico negli anni '60, visto che questo risulta centrale e fondamentale nell'insegnamento della Chimica proprio nell'ambito di uno studio sistematico delle proprietà e della reattività degli elementi.

Gli articoli che propongono anche per l'argomento sistema periodico un approccio di tipo costruttivistico, che dia in ogni caso allo studente nell'apprendimento un ruolo attivo e partecipe, sono divenuti sempre più numerosi negli anni a noi più vicini. Un altro inevitabile tema odierno è legato all'informatica e all'uso didattico del computer. In questo settore l'evoluzione è stata come ben sappiamo rapidissima: in nemmeno venti anni si è passati dai primi programmi scritti in Fortran (Wasson, 1979) al CD sulla Tavola Periodica corredato di immagini e filmati degli elementi e delle loro applicazioni (Banks, 1997). Rispetto a chi progettava (Fillinger, 1932) tavole periodiche murali con annessi campioni dei vari elementi in bottigliette sigillate, oggi godiamo senza dubbio di facilitazioni ben maggiori, ma la buona qualità di una lezione continua a non dipendere tanto dai supporti utilizzati quanto piuttosto dai suoi contenuti.

Negli articoli di JCE sul sistema periodico di questi nostri anni compaiono inoltre, sempre più numerosi, inviti ad insegnare maggiormente la Chimica descrittiva ed in genere a collegare più la Chimica alla vita di ogni giorno (Bouma, 1989;

Woodgate, 1995). Personalmente concordo con tale opinioni in quanto sono incline a ritenere che le difficoltà che spesso gli studenti incontrano nell'apprendimento della Chimica possano in parte nascere anche da un insegnamento troppo esclusivamente centrato sul livello microscopico, che dimentica di collegare formule, strutture molecolari, equazioni ecc. ai materiali ed ai processi del mondo intorno a noi (Calascibetta, 2000).

Numerazione Gruppi e Sottogruppi

Come accennato sopra, il dibattito sull'argomento su JCE è presente in 9 articoli pubblicati tra il 1971 e il 1988. Come noto, per designare i gruppi principali e di transizione della Tavola Periodica nella classica «long form» a 18 colonne, sono state utilizzate varie convenzioni. Ciò ha finito per generare confusione nella comunità chimica mondiale. In base a tali diverse convenzioni ad esempio il gruppo degli alogeni può essere indicato come 7B, 7A (ma anche VIIa o VIIb) o ancora 7M o anche 17. Nel dibattito su JCE si è sollecitata dapprima l'unificazione delle convenzioni. Questa è stata tentata dall'American Chemical Society Committee on Nomenclature (Loening, 1984). Il comitato ha proposto di numerare le 18 colonne della «long form» da 1 a 18, aggiungendo però per i gruppi cosiddetti di transizione una lettera d dopo il numero arabo. Ne deriva ad esempio che lo Zinco risulta appartenente così al gruppo 12d. Questo ha provocato molte critiche perché a livello didattico poteva generare confusione (quasi che negli orbitali d si potessero ospitare più di 10 elettroni). Il dibattito su JCE è di fatto cessato alla fine degli anni '80, ma non direi che la proposta dell'American Society Committee on Nomenclature, pur condivisa dai Chemical Abstracts, abbia sinora incontrato nemmeno a livello statunitense un consistente consenso.

Proprietà periodiche

Ho un po' trascurato per motivi di spazio questa categoria che ha rappresentato per tutti i 75 anni una presenza mai trascurabile nell'ambito della totalità degli articoli dedicati al sistema periodico. L'andamento di decine di proprietà chimiche o fisiche degli elementi è stato analizzato su JCE. Se è vero che la tavola può e deve costituire il riferimento fondamentale per lo studio della chimica descrittiva, questo tipo di analisi va sicuramente giudicato positivamente, anche se ovviamente non tutte le proprietà sono poi effettivamente periodiche. A livello di curiosità ricordo un articolo del 1937, riguardante la relazione tra peso atomico e legge periodica (Grosse, 1937) già alla base della scoperta di Mendeleev. L'autore nell'articolo tentava di rivalutare l'originale ipotesi mendeleviana proponendo di sostituire ai pesi atomici dei vari elementi la media aritmetica delle masse dei rispettivi isotopi a prescindere dalla loro abbondanza. Ciò avrebbe a suo dire eliminato le ben note inversioni (Tellurio-Iodio, Potassio-Argon ecc.). Mi ha stupito al proposito il fatto che

ancora recentemente (Firshing, 1981; Arnikar, 1992) l'argomento sia stato ripreso: evidentemente il vecchio cruccio di Mendeleev continua a suscitare l'interesse di alcuni chimici moderni!

Normalmente i moderni storici della Scienza tendono a considerare che la ricerca storica, come qualsiasi altra ricerca, sia un valore in sé e rigettano vecchie argomentazioni che pretendevano di giustificarla attribuendole una qualche finalità esterna. Anch'io la penso così, ma da questa particolare e un po' anomala ricostruzione debbo dire in conclusione di aver ricavato personalmente anche qualche ammaestramento. Credo che la lettura di articoli di didattica chimica anche del passato possa essere utile se non altro per riflettere su come idee e riflessioni pur vecchie di qualche anno possano costituire spunti validi anche ai nostri giorni o, perché no, per evitare di abbracciare oggi con troppo entusiasmo presunte novità che sono magari soltanto una ripresentazione di logori concetti già rivelatisi poco proficui.

BIBLIOGRAFIA

ARMBRUSTER P., HESSBERGER F.P., Making New Elements. *Scientific American* September, 279, pp. 72-77, 1998.

ARNIKAR H.J., Argon-potassium atomic weight inversion in the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 69, pp. 687-688, 1992.

BABOR J.A., A periodic table based on atomic number and electron configuration. *Journal of Chemical Education*, 21, pp. 25-26, 1944.

BANKS A.J., HOLMES J.L., KOTZ J.C., YOUNG S., SCHATZ P.F. and MOORE J.W., Periodic Table Live! Abstract of Special Issue 17. *Journal of Chemical Education*, 74, p. 445, 1997.

BASOLO F., Systematic inorganic reaction chemistry: Inorganic reaction types, general methods of synthesis, and the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 57, pp. 761-762, 1980.

BOUMA J., An application-oriented periodic table of the elements. *Journal of Chemical Education*, 66, pp. 741-745, 1989.

CALASCIBETTA F., Le evoluzioni delle idee di D. Mendeleev rispetto all'ipotesi di Prout (1869-1889). *Rendiconti della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL: Memorie di Scienze Fisiche e Naturali*, 110, pp. 301-312, 1992.

CALASCIBETTA F., CAMPANELLA L., FAVERO G., NICOLETTI L., An aquarium as Means for an interdisciplinary teaching of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77, pp. 1311-1313, 2000.

CLARK J.D., A new periodic chart. *Journal of Chemical Education*, 10, pp. 675-677, 1933.

COURTINES M., A model of the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 2, pp. 107-109, 1925.

EBEL R.L., Atomic structure and the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 15, pp. 575-577, 1938.

ESTOK G.K., An adjustable periodic chart for lecture purposes. *Journal of Chemical Education*, 33, pp. 618-619, 1956.

FERNELIUS W.C., Some reflections on the periodic table and its use. *Journal of Chemical Education*, 63, pp. 263-266, 1986.

FILLINger H.H., A «living» periodic chart of the elements. *Journal of Chemical Education*, 9, pp. 1807-1808, 1932.

FIRSCHING F.H., Anomalies in the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 58, pp. 478-479, 1981.

FOSTER L.S., Why not modernize the textbooks also? I. The periodic table. *Journal of Chemical Education*, 16, pp. 409-412, 1939.

FOWLER L.S., Building a periodic table. *Journal of Chemical Education*, 58, pp. 634-635, 1981.

FRENCH S.J., Warping the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 14, pp. 571-573, 1937.

GOL'DANSKII V.I., The periodic systems of D. I. Mendeleev and problems of nuclear chemistry. *Journal of Chemical Education*, 47, pp. 406-416, 1970.

GROSSE A.V., The row of increasing atomic weights and the periodic law. *Journal of Chemical Education*, 14, pp. 433-444, 1937.

HAZLEHURST T.H., Quantum numbers and the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 18, pp. 580-581, 1941.

HERRON F.Y., A convertible periodic table. *Journal of Chemical Education*, 26, pp. 540-541, 1949.

KOW T.W., An octagonal prismatic periodic table. *Journal of Chemical Education*, 4, p. 59, 1972.

LOENING K.L., Recommended format for the periodic table of the elements. *Journal of Chemical Education*, 61, p. 136, 1984.

LONGUET-HIGGINS H.C., A periodic table. *Journal of Chemical Education*, 34, pp. 30-31, 1957.

LUDER W.F., An improved periodic table. *Journal of Chemical Education*, 16, pp. 393-395, 1939.

LUDER W.F., Electron configuration as the basis of the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 20, pp. 21-26, 1943.

LUDWIG O.G., The best Aufbau mnemonic: The periodic table. *Journal of Chemical Education*, 69, p. 430, 1992.

MCCUTCHON K.B., A simplified periodic classification of the elements. *Journal of Chemical Education*, 27, pp. 17-19, 1950.

MILLER L.E., A periodic chart based on s p d f electron distribution. *Journal of Chemical Education*, 32, p. 198, 1955.

MONROE C.J., TURNER W.D., A new periodic table of the elements. *Journal of Chemical Education*, 3, pp. 1058-1065, 1926

RAMIREZ-TORRES O., Stability of the 1s orbital and the chemical behavior of hydrogen: new positions for hydrogen and helium in a five-block periodic table. *Journal of Chemical Education*, 32, pp. 451-455, 1955.

SEARS G.W., A new form of periodic table as a practical means of correlating the facts of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1, pp. 173-177, 1924.

SCERRI E.R., The electronic periodic chart of the elements. *Journal of Chemical Education*, 68, p. 712, 1991.

SCHEER R., A variable periodic system. *Journal of Chemical Education*, 32, pp. 590-591, 1955.

SCHERER G.A., Models of a spiral periodic chart. *Journal of Chemical Education*, 26, pp. 133-134, 1949.

SEABORG G.T., Prospects for further considerable extension of the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 46, pp. 626-634, 1969.

SMITH C.J., Permanent classroom periodic tables. *Journal of Chemical Education*, 57, p. 126, 1980.

STRONG F.C., The atomic form periodic table. *Journal of Chemical Education*, 36, pp. 344-345, 1959.

SZABO Z.G., LAKATOS B., A periodic table and new periodic functions. *Journal of Chemical Education*, 34, pp. 429-432, 1957.

VAN RYSSELBERGHE P., A new periodic table. *Journal of Chemical Education*, 12, pp. 474-475, 1935.

VON MARTTENS OSORIO H., GOLDSCHMIDT A., The electronic periodic chart of the elements. *Journal of Chemical Education*, 66, pp. 758-761, 1989.

WALKER W.R., CURTHOYS G.C., A new periodic table based on the energy sequence of atomic orbitals. *Journal of Chemical Education*, 33, pp. 69-70, 1956.

WASSON J.S., Computer quiz on the periodic table. *Journal of Chemical Education*, 56, p. 527, 1979.

WISWESSER W.J., The periodic system and atomic structure I. An elementary physical approach. *Journal of Chemical Education*, 22, pp. 314-322, 1945.

WISWESSER W.J., The periodic system and atomic structure II. Detailed introduction to the wave mechanical approach. *Journal of Chemical Education*, 22, pp. 370-379, 1945.

WISWESSER W.J., The periodic system and atomic structure III. Wave mechanical interpretations. *Journal of Chemical Education*, 22, pp. 418-426, 1945.

WOODGATE S.D., First-Year Chemistry in the Context of the Periodic Table. *Journal of Chemical Education*, 72, pp. 618-622, 1995.

WRIGLEY A.N., MAST W.C., MCCUTCHEON T.P.. A laminar form of the periodic table. Part I. *Journal of Chemical Education*, 26, pp. 216-218, 1949.

WRIGLEY A.N., MAST W.C., MCCUTCHEON T.P., A laminar form of the periodic table. Part II. *Journal of Chemical Education*, 26, pp. 248-250, 1949.

ZMACZYNSKI E.W., Periodic system of the elements in a new form. *Journal of Chemical Education*, 14, pp. 232-235, 1937.