



Rendiconti

Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL

Memorie di Scienze Fisiche e Naturali

137° (2019), Vol. XLIII, Parte II, Tomo II, pp. 33-44

RINALDO CERVELLATI*

La Tavola periodica e l'elettronegatività di Worth Huff Rodebush

The periodic table and the electronegativity of Worth Rodebush

Summary – The most common form of Periodic Table, called «compact», is attributed to Glenn T. Seaborg, who proposed it in 1945. In the «compact» tables the *f* blocks (lanthanides and actinides) are listed separately, with a reference to one space left empty in the table body. However, the first to propose a similar arrangement was Worth Huff Rodebush, in 1925. Rodebush (1887-1959), professor and director of the department of physical chemistry at the University of Illinois formed in Berkeley, in the research group of G.N. Lewis, set out the criteria for an optimal periodic table at a conference, published by the journal *Science*. The table based on these indications appeared however only in 1925 in an article published in the *Journal of Chemical Education*. In the Lanthanum box there is a reference to the group of rare earths placed at the bottom, separated from the table. Particular attention is paid by Rodebush to the electronegativity concept. In the article he states: «*We can represent the electronegativity as a function of V/S where V is the number of valence electrons and S the number of shells in the atom. The basis of this formula is Coulomb's law*». Rodebush does not offer explanations for this last statement, nor examples for calculation that is simple for the main block of elements using the number of valence electrons and Bohr's shells. In this communication, Rodebush's proposals will be presented and discussed in detail, as well as the reasons that led him not to go into them further.

Keywords: Worth H. Rodebush, Periodic Table, Electronegativity, Thermodynamics, Atomic and molecular structure.

Riassunto – La forma più comune di Tavola periodica, detta «compatta», viene attribuita a Glenn T. Seaborg, che la propose nel 1945. Nelle tabelle «compatte» i blocchi *f* (lantanidi e attinidi) sono elencati a parte, con un richiamo a uno spazio lasciato vuoto nel corpo della tabella. Tuttavia, il primo a proporre un arrangiamento simile è stato Worth Huff Rodebush, nel 1925. Rodebush (1887-1959), professore e direttore del dipartimento di chimica fisica all'Università dell'Illinois formatosi a Berkeley, nel gruppo di ricerca di G.N. Lewis, espone i criteri per una tavola periodica ottimale in una conferenza, pubblicata dalla rivista *Science*.

* Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica. E.mail: rinaldo.cervellati@unibo.it

La tavola secondo queste indicazioni apparve però solo nel 1925 in un articolo pubblicato sul *Journal of Chemical Education*. Nella casella del Lantanio c'è un richiamo al gruppo delle terre rare posto in fondo, separato dalla tabella. Un'attenzione particolare è posta da Rodebush al concetto di elettronegatività. Nell'articolo afferma: «*Possiamo rappresentare l'elettronegatività in funzione di V/S dove V è il numero di elettroni di valenza e S il numero di gusci nell'atomo. La base di questa formula è la legge di Coulomb*». Rodebush non offre spiegazioni di quest'ultima asserzione, né riporta esempi per un calcolo che è semplice per il blocco principale degli elementi usando il numero di elettroni di valenza e i gusci di Bohr. In questa comunicazione saranno presentate e discusse in dettaglio le proposte di Rodebush e i motivi che lo spinsero a non approfondirle ulteriormente.

Parole chiave: Worth H. Rodebush, tavola periodica, elettronegatività, termodinamica, struttura atomica e molecolare.

1. Introduzione

Attualmente la forma più comune di Tavola periodica, la forma «compatta» (forma comune o standard a 18 colonne), viene attribuita a Glenn T. Seaborg¹, che nel 1945 formulò l'ipotesi che il nuovo gruppo di elementi detti attinidi stessero occupando gli orbitali $4f$ così come i lantanidi avevano riempito il sotto-livello $3f$.

Nelle tabelle «compatte» i blocchi f (lantanidi e attinidi) sono elencati a parte, con un richiamo a uno spazio lasciato vuoto nel corpo della tabella. In figura 1 è riportata la tabella proposta da Seaborg nel 1945.

Ma Seaborg non è stato il primo a proporre la tavola periodica in forma compatta. Uno dei primi, se non il primo² a fare una proposta simile è stato Worth Huff Rodebush (1887-1959) nel 1924. W.H. Rodebush (Fig. 2) fu anche il primo a insistere sull'importanza del concetto di elettronegatività e a proporre un metodo per calcolarla.

Nato il 24 maggio 1887 in una fattoria vicino a Selden, Kansas, il piccolo Worth visse la prima infanzia in una società rurale di frontiera che aveva scarsi interessi culturali. Il Kansas occidentale era un mondo molto diverso da quello in cui trascorse la sua vita matura. Scarsamente servito e privo delle comodità dei centri

¹ Glenn Seaborg (1912-1999), chimico statunitense, fu sconsigliato a pubblicare la sua ipotesi in quanto vi era la convinzione che gli attinidi formassero una quarta riga di blocco d . Seaborg non ascoltò il consiglio e nel 1940 sintetizzò il plutonio (n. 94). Successivamente, con metodi radiochimici isolò nel 1944 l'americio (n. 95) e il curio (n. 96), nel 1949 il berkelio (n. 97) e il californio (n. 98), nel 1953 l'einsteinio (n. 99) e il fermio (n. 100). Premio Nobel per la chimica 1951 per i suoi studi sugli attinidi.

² In effetti una forma «compatta» viene attribuita a Horace Groves Deming (1885-1970), un insegnante di chimica americano. Nel 1923, Deming, pubblicò il libro *General chemistry: An elementary survey*. New York: J. Wiley & Sons., contenente una tavola periodica di 18 colonne e 7 righe in cui le terre rare erano elencate separatamente in basso. La tavola di Deming, molto fitta, riporta numerosissimi dettagli, risultando di difficile lettura (Latimer e Rodebush 1920). La Compagnia Merck nel 1928 e la Sargent-Welch nel 1930 ne presentarono una forma semplificata che ebbe una larga diffusione nelle scuole americane e anche in Italia.

1 H 1.008																	1 H 1.008	2 He 4.005
3 Li 6.940	4 Be 9.009											5 B 10.81	6 C 12.010	7 N 14.007	8 O 16.000	9 F 18.998	10 Ne 20.183	
11 Na 22.990	12 Mg 24.31	13 Al 26.98											15 Si 28.09	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.94		
19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.74	
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.91	54 Xe 131.30	
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm 144.91	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97		
87 Fr 223.02	88 Ra 226.03	89 Ac 227.03	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu 244.06	95 Am 243.06	96 Cm 247.07									

LANTHANIDE SERIES		57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm 144.91	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
ACTINIDE SERIES		89 Ac 227.03	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu 244.06	95 Am 243.06	96 Cm 247.07	97 Bk 247.07	98 Cf 251.08	99 Es 252.08	100 Fm 257.10	101 Md 258.10	102 Nh 261.10	103 Fl 269.10

Fig. 1. Tavola periodica di Seaborg [da The Internet Database of Periodic Tables http://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php]



Fig. 2. Worth Huff Rodebush.

urbani orientali, Selden era un insediamento di agricoltori, una comunità che richiedeva il massimo di autosufficienza, resistenza fisica e adattabilità. Fortunatamente il padre, Milton L. Rodebush, veterano della guerra civile aveva studiato brevemente all'università dell'Iowa dopo il servizio militare e la madre, Rosa Huff, di buona famiglia aveva studiato matematica e letteratura. La loro casa conteneva molti libri e periodici che erano condivisi in sessioni di lettura familiare. Worth Rodebush ha spesso affermato che si interessò per la prima volta alla chimica leggendo e rileggendo un libro di testo che faceva parte della biblioteca di famiglia.

Iniziò la scuola elementare all'età di quattro anni perché sapeva già leggere e parlare correntemente quindi terminò rapidamente la scuola primaria. Le aree rurali non erano servite da autobus scolastici a quei tempi, di conseguenza dovette lavorare per una famiglia mentre frequentava il liceo.

La famiglia aveva messo da parte una somma per fargli frequentare l'Università del Kansas quando una grandinata distrusse il raccolto di grano. Ciò significò ritardare l'immatricolazione, nel frattempo insegnò prima in una scuola di campagna per guadagnare abbastanza denaro per tasse e libri, poi in una scuola superiore del Kansas dove rimase per diversi anni: un'esperienza che gli diede un interesse duraturo per l'insegnamento secondario e la formazione scolastica. Tornato poi all'Università del Kansas, lasciò il corso di ingegneria in cui inizialmente era iscritto, passando a quello e di chimica.

Il dipartimento di chimica del Kansas era infatti molto stimolante, diretto dal professor H.P. Cady³, notevole figura di ricercatore e didatta. In collaborazione con Cady e altri studenti di dottorato, Rodebush effettuò ricerche sull'ammoniaca liquida. In questo periodo divenne assistente e amico di uno studente più giovane, Wendell Latimer (1893-1955), un'amicizia durata tutta la vita. (Cervellati 2016). Worth Rodebush conseguì il Bachelor of Science presso l'Università del Kansas nel 1912, il Master of Science presso la stessa istituzione nel 1914, infine il dottorato presso l'Università della California a Berkeley nel 1917.

Dopo aver lavorato per circa un anno per il Bureau of Mines e quello successivo per l'U. S. Industrial Alcohol Company, tornò a Berkeley con una borsa di ricerca federale, avendo maturato di essere più interessato alla ricerca accademica che alla carriera industriale.

Mentre era all'università della California, inserito nel gruppo di giovani chimico-fisici facenti capo al prof. G.N. Lewis⁴, Rodebush lavorò con Wendell Latimer,

³ Hamilton T. Cady (1874-1943) chimico statunitense, è noto soprattutto per aver scoperto, insieme al suo allievo David Mc Farland, una fonte naturale di elio nel 1903. Prima di allora si riteneva che l'elio si trovasse solo nel Sole. Gli esperimenti dei due chimici confermarono la presenza dell'elio aprendo la strada al successivo impiego industriale del gas. Cady fu poi direttore del Dipartimento di Chimica dell'Università del Kansas.

⁴ Su G.N. Lewis v. ad es. Cervellati, Rinaldo 2017. *G. N. Lewis e i fondamenti della Chimica nella prima metà del XX secolo*, Atti del XVII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica, Rendic. Acc. Naz. Scienze detta dei XL, Mem. Sci. Fis. Nat., Vol. XLI, Parte II, Tomo II, pp. 75-84.

insieme formularono un concetto molto importante nella moderna teoria del legame chimico: l'esistenza del legame idrogeno (Latimer e Rodebush 1920).

Questo legame interpreta le proprietà fisiche dell'acqua, degli alcoli e di numerose altre sostanze e, in parte, la struttura delle proteine e di altre sostanze di interesse biologico.

Insomma, il riconoscimento dell'esistenza del legame a idrogeno ha costituito un importante contributo alla scienza.

Nel 1921, il Dr. Rodebush si unì allo staff dell'Università dell'Illinois come professore associato responsabile della Divisione di Chimica Fisica e nel 1924 fu promosso professore ordinario.

Rimase come professore e capo della divisione di chimica fisica per ventinove anni; nel 1953 divenne responsabile delle ricerche fino al suo definitivo ritiro dall'università nel 1955, all'età di 68 anni.

All'Università dell'Illinois, il professor Rodebush ha svolto un lavoro pionieristico sull'utilizzo della spettroscopia di assorbimento a infrarossi per lo studio di strutture molecolari, specialmente quelle che coinvolgevano l'idrogeno. Poiché la tecnica della diffrazione neutronica non era ancora nota e poiché gli atomi di idrogeno contribuiscono poco alla diffusione dei raggi X, la spettroscopia a infrarossi era l'unico mezzo affidabile per ottenere informazioni chimico fisiche sull'idrogeno in numerosissimi composti chimici.

Altri settori di ricerca esplorati da Rodebush inclusero la teoria quantitativa della terza legge della termodinamica, la struttura atomica, la pressione di vapore dei metalli, l'entropia dei gas condensati, i meccanismi delle reazioni gassose, la meccanica statistica, la carica assoluta sulla superficie terrestre e la ionizzazione degli elettroliti.

Durante la II guerra mondiale, il professor Rodebush fu impegnato come civile nel National Defense Research Committee.

Dopo il pensionamento Rodebush continuò a prendere parte attiva in varie ricerche presso l'Università della Florida. Rodebush fu membro attivo di diverse società scientifiche, tra cui l'American Chemical Society, l'American Physical Society, e la Faraday Society. Fu eletto membro della National Academy of Sciences nel 1938.

Nel 1919 sposò Esther Kittredge, che aveva conosciuto durante i suoi giorni da studente: ebbero tre figlie e otto nipoti. Durante una visita a una delle sue figlie a Chicago nell'estate del 1959, Worth Rodebush ebbe un ictus. Morì all'ospedale di Billings il 16 agosto 1959.

Worth Rodebush era un individuo di aspetto gradevole con vari interessi ben oltre la scienza. Una sintesi della sua personalità è ben sintetizzata da questo estratto del necrologio apparso sul Champaign-Urbana Courier: «*Era la prova vivente dell'aforisma che "leggere rende un uomo completo"*».

La sua produzione scientifica ammonta a circa 105 lavori di cui uno pubblicato postumo.

2. La tavola periodica dimenticata di Rodebush

Nel 1924 tenne una conferenza al Convegno dell'Association for the Advancement of Science Sec. C, intitolata «The Subject-Matter of a Course in Physical Chemistry» pubblicata nella rivista Science (Rodebush 1924). In questa conferenza Rodebush ravvisò, fra l'altro, la necessità di migliorare la presentazione della tavola periodica, ne indicò i punti principali e i principali vantaggi, ma la sua tavola non è riprodotta nel testo pubblicato da Science. Probabilmente una copia fu distribuita a parte ai partecipanti. L'autore pubblica poi un articolo per il Journal of Chemical Education, dove riprende il tema (Rodebush 1925). Scrive Rodebush (Rodebush 1925, p. 382): «*La vecchia Tavola di Mendeleev ha avuto [queste] virtù ma sebbene i suoi difetti siano evidenti alla luce delle recenti conoscenze, essa è ancora generalmente in uso perché non è apparsa alcuna nuova sistemazione che sia semplice e compatta. Alcune tabelle pubblicate di recente hanno il difetto di tentare di mostrare troppi dettagli. Dal momento che il numero di relazioni che esistono tra gli elementi è molto grande è necessario sacrificare alcune relazioni. Una soddisfacente sistemazione della tavola periodica deve ottemperare almeno le seguenti condizioni: (1) disporre gli elementi secondo il numero atomico; (2) conservare i periodi di Rydberg⁵; (3) mostrare il raggruppamento degli elettroni intorno al nucleo; (4) mostrare il numero di elettroni di valenza; (5) mostrare le reali somiglianze chimiche; (6) indicare l'entità della proprietà comunemente detta elettronegatività posseduta da ciascun elemento. Tutte le altre relazioni appaiono subordinate a quelle elencate sopra.*»

In figura 3 è riportata la tavola di Rodebush redatta a penna (Rodebush 1925).

Siamo nel 1924, la nuova meccanica quantistica di Schrödinger e Heisenberg deve ancora essere pubblicata. Rodebush scrive quindi (Rodebush 1925, p. 382): «*Essa [tabella] è basata sulla concezione di Bohr del raggruppamento di elettroni in orbite senza necessariamente accettare il punto di vista di Bohr circa il moto degli elettroni. Tali raggruppamenti siano essi costituiti da elettroni stazionari o in movimento su orbite li chiameremo gusci [shell], secondo la terminologia di G.N. Lewis.*»

Rodebush passa poi a illustrare la sua tabella, costituita da 17 colonne e sette righe o periodi. Non entriamo ulteriormente nel merito, tutte le condizioni da lui indicate sono soddisfatte. In particolare dice (Rodebush 1925, p. 383): «*L'idrogeno è stato posto insieme agli alogeni⁶, il numero di elettroni di valenza per idrogeno e*

⁵ Questo punto non è chiaro. Johannes Robert Rydberg (1854-1819), fisico austriaco, è noto soprattutto per la formula che interpreta lo spettro di emissione dell'idrogeno come anche di altri elementi. È noto il suo interesse per i pesi atomici e la sua ricerca di un motivo per l'incremento casuale dei pesi atomici nella tavola di Mendeleev, ricerca dimostratasi inutile. Tuttavia ho trovato nell'Internet Database of Periodic Tables una tabella periodica del 1913 attribuita a Rydberg, molto sfocata, che richiama alla mente i periodi.

⁶ La posizione dell'idrogeno è ancora oggi oggetto di controversia. (v. https://en.wikipedia.org/wiki/Periodic_table). Rodebush ritiene che le caratteristiche chimico-fisiche dell'idrogeno siano meno lontane da quelle degli alogeni, in particolare il fluoro, piuttosto che dai metalli alcalini. Deming, per essere equidistante, lo pone in alto, al centro della sua tavola, con due frecce rispettivamente verso il Litio e verso il Fluoro (v. nota 2).



Fig. 3. La proposta di Rodebush, tratta da (Rodebush 1925), p. 382, redatta a penna.

elio è scritto tra parentesi sopra ai simboli degli elementi. La struttura del guscio completo per i gas inerti è mostrata sulla destra. Alcuni preferiscono designare i gusci in ordine alfabetico con le lettere K, L, ecc. Agli elementi i cui atomi sono in grado di assumere la stessa valenza e che mostrano proprietà chimiche molto simili viene assegnata una singola casella nella tavola periodica, ad esempio le terre rare».

Dalla Figura 3 è chiara l'intenzione di Rodebush di elencare a parte gli elementi della famiglia dei lantanidi (terre rare) nella parte inferiore della tavola.

Sembra addirittura che egli fosse in dubbio se isolare anche le terne (Fe, Co, Ni), (Ru, Rh, Pd), (Os, Ir, Pt) con pesi atomici e caratteristiche chimico fisiche molto simili per rendere la tavola ancora più compatta.

Infine Rodebush così conclude (Rodebush 1925, p. 383): «Non ho alcuna pretesa di originalità per questa sistemazione, molte variazioni e aggiunte si proporranno al critico».

Non sembra che la proposta di Rodebush sia stata rilevante, la sua tabella non compare nell'Internet Database of Periodic Tables, il database più completo che raccoglie e aggiorna le centinaia di forme diverse di tavole periodiche da Mendeleev ai giorni nostri (The Internet Database of Periodic Tables).

La sua attenzione al riguardo non è menzionata neppure dai suoi biografi C.S. Marvel e F.T. Wall (i due lavori di Rodebush sono comunque riportati nell'elenco delle pubblicazioni [Marvel e Wall 1962]).

Una brevissima citazione dell'articolo (Rodebush 1925) si trova invece nella II Parte nel lavoro del 1934 di G.N. Quam e M. Battel-Quam (Quam e Battel Quam 1934, p. 219).

3. *L'elettronegatività di Rodebush*

Un'attenzione particolare è posta da Rodebush al concetto di elettronegatività⁷. Nella pubblicazione della sua conferenza del 1924 scrive (Rodebush 1924, p. 431): *«In ogni caso, con nient'altro che la legge di Coulomb e il concetto di gusci elettronici successivi possiamo prevedere qualitativamente l'elettronegatività di ogni elemento. Avevo sperato che potessimo sostituire l'affinità elettronica e il potenziale di ionizzazione con una qualche valutazione dell'elettronegatività, perché queste quantità vengono misurate allo stato gassoso e le proprietà chimiche ordinarie riguardano prevalentemente fasi condensate. Ad esempio, l'affinità elettronica dell'atomo di cloro è minore del potenziale di ionizzazione del sodio, in modo che un atomo di cloro non potrebbe mai sottrarre l'elettrone all'atomo di sodio, eppure nulla è più sicuro che ciò avvenga formandosi cloruro di sodio»*.

Un anno dopo Rodebush espone la sua proposta per calcolare l'elettronegatività (Rodebush 1925, p. 383): *«Se possibile vorrei introdurre una formula [qualitativa] in una scienza che sta rapidamente diventando esatta, possiamo rappresentare l'elettronegatività in funzione di V/S dove V è il numero di elettroni di valenza e S il numero di gusci nell'atomo. La base di questa formula è la legge di Coulomb e credo che in pochi anni calcoleremo i cambiamenti energetici nelle reazioni chimiche per mezzo di essa»*.

Anzitutto, secondo lo storico W.B. Jensen, esperto sull'evoluzione del concetto di elettronegatività (Jensen 1996; Jensen 2003), cui si devono la riscoperta e la rivalutazione del lavoro di Rodebush, la parola *qualitativa* nella citazione precedente potrebbe essere stato un errore di stampa per *quantitativa*, visto che subito dopo è riportata l'equazione V/S che implica appunto una formulazione quantitativa (Jensen 2012).

Ma sono altri i motivi per cui questa proposta è stata praticamente ignorata dai suoi contemporanei, cercherò di presentare sia quelli dello storico sia alcuni miei personali.

Non c'è dubbio che questo interessante suggerimento sia il risultato di un tentativo esplicito da parte di Rodebush di rendere più rigoroso il concetto di elettro-negatività, come aveva già espresso di voler fare un anno prima. Ci si può chiedere

⁷ Di elettronegatività i chimici ne discutevano fin da prima dell'introduzione del termine, dovuta a J.J. Berzelius (1779-1848) circa 125 anni prima della proposta di Linus Pauling del 1932. A proposito di questa lunga storia, è bene ricordare i due saggi dello storico W.B. Jensen (Jensen 1996; Jensen 2003), un terzo articolo, programmato, non fu mai pubblicato.

quindi perché, dopo aver suggerito questa formula, egli apparentemente non ha fatto nulla di più, anche se ci vogliono solo pochi minuti per calcolare i valori di elettro-negatività per gli elementi del blocco principale usando il numero di elettroni di valenza e i gusci di Bohr disponibili nel 1925, come mostrato nella tavola periodica proposta nell'articolo del 1925 (Rodebush 1925, p. 382). Jensen (Jensen 2012) ha fatto questi semplici calcoli ottenendo la tabella riportata in Fig. 4.

Egli ha trovato un coefficiente di correlazione $r = 0.92$ fra i valori in tabella e quelli riportati da Pauling nel suo libro del 1932 (Pauling 1932; Pauling 1960), perfettamente in linea con i valori delle correlazioni fra le circa 25 scale moderne proposte per l'elettro-negatività.

Certamente vi è un problema nell'applicazione della formula ai metalli di transizione, perché gli elettroni di valenza per questi atomi risiedono in due gusci differenti. L'uso di un numero medio di elettroni per i due gusci fornisce probabilmente risultati coerenti.

Un altro problema è che l'equazione di Rodebush fornisce valori troppo bassi per gli elementi post-transizione (Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl) poiché non tiene conto degli effetti degli inserimenti degli elettroni nei blocchi d e f sulle costanti di schermo dei nuclei di questi elementi.

Anche il fatto che Rodebush appaia ironico nell'insistere che concetto e formula si basino semplicemente sulla legge di Coulomb, senza ulteriori spiegazioni, come fosse un'ovvietà, potrebbe aver influenzato l'oblio in cui sono caduti i suoi articoli. Ebbene, guardando il blocco principale nella tabella, si vede che andando dall'alto

	1	2	3	4	5	6	7	8
2	Li (0.50)	Be (1.00)	B (1.50)	C (2.00)	N (2.50)	O (3.00)	F (3.50)	Ne (4.00)
3	Na (0.33)	Mg (0.67)	Al (1.00)	Si (1.33)	P (1.67)	S (2.00)	Cl (2.33)	Ar (2.67)
4	K (0.25)	Ca (0.50)	Ga (0.75)	Ce (1.00)	As (1.25)	Se (1.50)	Br (1.75)	Kr (2.00)
5	Rb (0.20)	Sr (0.40)	In (0.60)	Sn (0.80)	Sb (1.00)	Te (1.20)	I (1.40)	Xe (1.60)
6	Cs (0.17)	Ba (0.33)	Tl (0.50)	Pb (0.67)	Bi (0.83)	Po (1.00)	At (1.17)	Rn (1.33)
7	Fr (0.14)	Ra (0.29)						

Fig. 4. Elettro-negatività (calcolata con la formula V/S) degli elementi del blocco principale (Jensen 2012).

in basso in una colonna verticale, V resta costante mentre S aumenta schermato di più l'effetto attrattivo della carica positiva del nucleo sugli elettroni di valenza, di conseguenza il rapporto V/S diminuisce. Andamento opposto andando da sinistra a destra in una riga orizzontale dove V cresce mentre S resta costante. È anche la prova che l'elettronegatività è una proprietà periodica.

Jensen sostiene che la storia del concetto di elettronegatività sarebbe stata molto diversa se Rodebush avesse adeguatamente sviluppato il suo suggerimento. Avere una scala completa nel 1925, anche solo per gli elementi del blocco principale, avrebbe significato un notevole anticipo rispetto a quanto effettivamente è accaduto in seguito (Jensen 2012). In realtà Pauling, nel suo articolo originale del 1932 forniva i valori di elettronegatività per soli dieci elementi non metallici (Pauling 1932), quelli per cui erano noti i dati sperimentali delle entalpie di legame. Nell'edizione del 1939 della sua famosa monografia, *La natura del legame chimico*, estese la sua scala a 33 elementi, anche se non pubblicò mai i calcoli su cui si basava questa estensione. Nel 1959, con la pubblicazione della terza edizione del libro, apparve finalmente una scala completa (Pauling 1960).

Pur condividendo l'opinione di Jensen, ritengo che il concetto di elettronegatività e la formula di Rodebush siano stati ignorati anche perché l'autore non ha voluto presentarli in modo adeguato. Il termine elettronegatività non è esplicitato nei titoli dei due articoli, il primo dei quali è la trascrizione di una conferenza e il secondo venne pubblicato su una rivista nata da poco più di un anno, il *Journal of Chemical Education*, che iniziò le pubblicazioni nel 1924. Inoltre, il brano che riporta l'equazione è posto al termine dell'articolo che per tutto il resto riguarda la sistemazione compatta della tavola periodica. Il perché di queste scelte non ci è dato sapere. Ci può essere anche una terza interpretazione. Rodebush, allievo di G.N. Lewis a Berkeley, sostiene e utilizza la teoria della struttura atomica del maestro. Ma Lewis smise di occuparsi di struttura atomica e legame chimico nel 1926, dopo i vani tentativi di conciliare il suo modello con i più recenti sviluppi della meccanica quantistica. Nel 1927 infatti Walter Heitler⁸ e Fritz London⁹ pubblicarono il loro famoso lavoro sul legame covalente nella molecola di idrogeno come combinazioni lineari di funzioni d'onda orbitaliche monoelettroniche (Heitler e London 1927), segnando l'ingresso della meccanica quantistica in chimica. Rodebush potrebbe aver condiviso la decisione di Lewis di non proseguire oltre nello studio quantomeccanico della struttura atomico-molecolare. In effetti nel 1928 commentò un articolo di London (Rodebush 1928) e nel 1929 pubblicò una review che sosteneva la teoria di

⁸ Walter Heinrich Heitler (1904-1981), fisico tedesco, studiò fisica teorica sotto la guida di Sommerfeld e Herzfeld, quest'ultimo fu il supervisore della sua tesi di dottorato nel 1926. Herzfeld teneva anche un insegnamento di chimica fisica, la tesi di dottorato di Heitler fu di carattere chimico avendo come oggetto la teoria delle soluzioni concentrate.

⁹ Fritz London (1900-1954), fisico tedesco di origine ebraica, oltre alla teoria del legame ha dato contributi fondamentali allo studio delle forze intermolecolari.

Lewis (Rodebush 1929), poi più nulla in proposito. Ciò non gli impedì comunque di effettuare importanti ricerche in spettroscopia molecolare.

Lascio invece ai filosofi della scienza commentare questa citazione (Jensen 2012): «*Mentre la definizione di elettronegatività di Rodebush è un esempio di ciò che [Ferreira] (Ferreira 1967) chiama una definizione primaria, vale a dire basata su proprietà atomiche fondamentali e con una chiara giustificazione teorica, la definizione termochimica di Pauling è in realtà un esempio di una definizione secondaria, cioè basata su una correlazione empirica tra una proprietà macroscopica di qualche tipo (nello specifico energie di legame da misure termochimiche) e l'elettronegatività, pertanto non presenta una chiara giustificazione teorica*».

BIBLIOGRAFIA

- [1] Cervellati, Rinaldo 2016. <https://ilblogdellasci.wordpress.com/2016/08/24/preistoria-del-legame-a-idrogeno/>
- [2] Ferreira, Ricardo 1967. *Electronegativity and Chemical Bonding*, Advances in Chemical Physics 13, 55-84, DOI: 10.1002/9780470140154.ch4
- [3] Heitler, Walter e London, Fritz 1927. *Wechselwirkung neutraler Atome und homöopolare Bindung nach der Quantenmechanik*, Zeitschrift für Physik 44, 455-472, DOI: 10.1007/BF01397394. Engl. transl: *Interaction between Neutral Atoms and Homopolar Bonding according to Quantum Mechanics*, in: Hettema, Hinne 2000. *Quantum Chemistry. Classic Scientific Papers*, World Scientific Publishing Co., pp 140-155, DOI: 10.1142/9789812795762_0009
- [4] Jensen, William Barry 1996. *Electronegativity from Avogadro to Pauli. Part I: Origins of the Electronegativity Concept*, Journal of Chemical Education 73, 11-20, DOI: 10.1021/ed073p11.
- [5] Jensen, William Barry 2003. *Electronegativity from Avogadro to Pauling. II. Late Nineteenth- and Early Twentieth-Century Developments*, Journal of Chemical Education 80, 279-287, DOI: 10.1021/ed080p279
- [6] Jensen, William Barry 2012. *The Quantification of Electronegativity: Some Precursors*, Journal of Chemical Education 89, 94-96, DOI: 10.1021/ed1011822
- [7] Latimer, Wendell Mitchell e Rodebush, Worth Huff 1920. *Polarity and Ionization from the Standpoint of the Lewis Theory of Valence*, Journal of the American Chemical Society 42, 1419-1433, DOI: 10.1021/ja01452a015.
- [8] Marvel, Carl Shipp e Wall, Frederick Theodore 1962. *Worth Huff Rodebush 1887-1959, A Biographical Memoir*, Biographical Memoirs of the National Academy of Sciences 36, 277-288.
- [9] a) Pauling, Linus 1932. *The Nature of the Chemical Bond. IV. The Energy of Single Bonds and the Relative Electronegativity of Atoms*, Journal of the American Chemical Society 54, 3570-3582, DOI: 10.1021/ja01348a011; b) Pauling, Linus 1961. *La natura del legame chimico*, Edizioni Italiane, Roma, pp. 84-109 (trad. italiana sulla 3^a ed. americana, 1960).
- [10] Quam, George Norman e Battel Quam, Mary 1934. *Types of Graphic Classifications of the Elements. II. Long Charts*, Journal of Chemical Education 11, 217-223, DOI: 10.1021/ed011p217.
- [11] Rodebush, Worth Huff 1924. *The Subject Matter of a Course in Physical Chemistry*, Science 59, 430-433, DOI: 10.1126/science.59.1533.430.
- [12] Rodebush, Worth Huff 1925. *A Compact Arrangement of the Periodic Table*, Journal of Chemical Education 2, 381-383, DOI: 10.1021/ed002p381.

- [13] Rodebush, Worth Huff 1928. *Valence and the Rule of Eight*, Nature 122, 56-57, DOI: 10.1038/122056d0.
- [14] Rodebush, Worth Huff 1929. *The Electron Theory of Valence*, Chemical Reviews 5(4), 509-531, DOI: 10.1021/cr60020a007.
- [15] The Internet Database of Periodic Tables http://www.meta-synthesis.com/webbook//35_pt/pt_database.php