
MODERNOS ARQUITECTOS DEL SISTEMA PERIODICO

LAWRENCE RUBY - LAWRENCE BERKELEY LABORATORY AND DEPARTMENT OF
NUCLEAR ENGINEERING
UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA.

Traducción: Ing. Francisco A. Díaz Nuñez
Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba.

PRESENTACION DEL TRADUCTOR

A lo largo del desarrollo de las investigaciones científicas hasta llegar a su etapa más actualizada es necesario desentrañar el significado de los resultados obtenidos en distintas y numerosas experiencias efectuadas en condiciones razonablemente análogas.

Un espléndido ejemplo acerca de cómo se van modificando, y unificando, las distintas teorías lo tenemos en la evolución del Sistema Periódico de los Elementos, imaginado por Mendeleev a principios del Siglo XIX, base fundamental de la Química actual.

Me ha parecido por eso oportuno ofrecer esta traducción del artículo de Lawrence Ruby aparecido en el American Journal of Physics, vol. 52, N° 1, January 1984.

Su lectura nos inducirá a reflexionar acerca del sin número de dificultades que deben afrontar los distintos científicos que investigan sobre un mismo fenómeno hasta poder anunciar una teoría suficientemente aceptable (generalmente perfectible y/o modificable) y acerca de la cantidad de años que este resultado puede demorar en ser obtenido.

Recordemos para este caso particular, que los alquimistas desarrollaron sus trabajos desde antes del Siglo XV dC. y Lavoisier sus estudios en la segunda mitad del Siglo XVIII.

SUMARIO

Se exponen los principales descubrimientos que han transformado el Sistema Periódico de los Elementos propuesto por Mendeleev a su configuración actual. En particular se describen las contribuciones de H.G.J. Moseley y

G.T. Seaborg.

DESCUBRIMIENTO DE LA CLASIFICACION PERIODICA

Para el observador casual el Sistema Periódico de los Elementos actual es el mismo propuesto por Mendeleev, con las varias vacantes dejadas por él ahora ocupadas por elementos que eran desconocidos por los científicos del siglo XIX. Esa idea está lejos de ser correcta. Durante las postrimerías del siglo XIX el ordenamiento de los elementos fue revisado varias veces por Mendeleev y otros científicos. Durante el siglo XX se ha modificado por completo la base de la clasificación y un grupo entero de elementos ha sido reubicado.

A pesar de que al químico Dimitri Ivanovitch Mendeleev se le ha adjudicado el descubrimiento de la clasificación periódica de los elementos, como ocurre habitualmente con las buenas ideas científicas, muchos otros científicos propusieron en la misma época un ordenamiento similar de los elementos.

En la figura 1 se muestra uno de los primeros ensayos de Mendeleev sobre clasificación periódica tomado de una publicación de 1869. La repetición periódica de las propiedades químicas de los elementos, ordenadas según sus pesos atómicos, es menos evidente que como ocurría en versiones posteriores. Indudablemente, algunos de los errores cometidos por Mendeleev al proponer la periodicidad correcta se han debido a inexactitudes en los pesos atómicos aceptados en esa época.

Observe las grandes discrepancias del indio y del uranio en esta muestra.

La figura 2 muestra una clasificación posterior,

REIHEN	Gruppe I - R^2O	Gruppe II - RO	Gruppe III - R^2O^3	Gruppe IV RH^4 RO^2	Gruppe V RH^3 RO^5	Gruppe VI RH^2 RO^3	Gruppe VII RH RO^7	Gruppe VIII - RO^4
1	H=1							
2	Li=7	Be=94	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=273	Si=28	P=31	S=32	Cl=355	
4	K=39	Ca=40	=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59 Ni=59, Cu=63
5	(Cu=63)	Zn=65	=68	=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	=100	Ru=104, Rh=104 Pd=106, Ag=108
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140	-	-	-	- - - -
9	(-)	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184	-	Os=195, Ir=197 Pt=198, Au=199
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	-	-	
12	-	-	-	Th=231	-	U=240	-	- - - -

Figura 2:

Bohr había anunciado recientemente la aplicación de la fórmula de Balmer a la emisión del hidrógeno, incluyendo el cálculo de la constante de Rydberg, apoyado sobre la base de su modelo cuántico de las órbitas atómicas. Además A. Van der Broek, físico aficionado holandés, había propuesto que los resultados de las experiencias sobre la dispersión de partículas alfa podrían ser interpretados como un índice de que la carga nuclear se correspondía con el número asignado al elemento en la Tabla de Mendeleev. Moseley advirtió que la hipótesis de Van der Broek tenía consecuencias ulteriores ya que la carga nuclear era también la carga de los electrones orbitales la cual determinaba las propiedades químicas. Por lo tanto, si Broek tenía razón, el "número atómico", como lo llamaba Moseley, más que el peso atómico, fijaba la posición de los elementos en la Tabla Periódica. Moseley propuso probar la hipótesis de van der Broek mediante el estudio del espectro de emisión de rayos X de los elementos. Haciendo un buen uso de los conocimientos experimentales que había adquirido bajo la dirección de Rutherford, Moseley fue capaz de construir el aparato adecuado y obtener datos sobre diez elementos antes de finalizar el año. Los resultados indicaron claramente que la serie K del espectro de emisión de rayos X era gobernada por el número atómico antes que por el peso atómico. Más adelante propuso expresiones algebraicas simples sobre cómo dependían del número atómico tanto las líneas k-alfa como las k-beta de los elementos. La Ley de Moseley, como se

la designó posteriormente, permitiría luego la verificación de la identidad de nuevos elementos y serviría como herramienta analítica en el análisis de impurezas. A comienzos de 1914 comenzó a aplicar la espectroscopía de rayos X para despejar la confusión existente con respecto a la identificación de las tierras raras.

Moseley fue capaz de poner orden rápidamente en el campo de la química de las tierras raras, ya que él podía conocer en minutos cosas para las cuales los químicos tardaban meses en determinar. La última publicación de Moseley sobre rayos X suministraba datos sobre 38 elementos y extendía la "ley" a cuatro "líneas L", además de las dos "líneas K" del espectro de emisión.

Desafortunadamente no vivió suficiente para conocer la interpretación de su ley, ni para recibir el reconocimiento que merecían sus descubrimientos. El 10 de agosto de 1915 el teniente Henry H. C. Moseley fue muerto en la batalla de Sari Bair en la desafortunada campaña de Gallipoli.

En la figura 4 se ve a Moseley en sus días de estudiante en Oxford, unos 5 años antes de su muerte.

LA UBICACION DE LOS ELEMENTOS POST ACTINICOS

Después del trabajo de Moseley los pares transpuestos citados por Werner fueron acep-

	He	Ne	A	Kr	X		
		20	39,9	81,12	128		
		Fl	Cl	Br	J		
		19	35,45	79,69	126,9		
		O	S	Sr	Te		Te _α ?
		15,00		32,06	127,6		
		N	P	As	Sb	Bi	Bi _α ?
		14,04	31,0	75,0	120	208,9	
		C	Si	Ge	Sn	Pb	Pb _α ?
		12	28,4	72	118,5	206,9	
		B	Al	Ga	In	Tl	
		11	27,1	70	114	204,1	
		Be	Mg	Zn	Cd	Hg	
		9,1	24,36	65,4	112,4	200,3	
				Cu	Ag	Au	
				63,6	107,9	197,2	
				Ni	Pd	Pt	
				58,7	106	194,8	
				Co	Rh	Ir	
				59,0	103,0	193,0	
				Fe	Ru	Os	
				55,9	101,7	191	
				Mn			
				55,0			
				Cr	Mo	W	
				52,1	98,0	184,0	
				V	Nb	Ta	
				51,2	94	183	
				Ti	Zr		
				48,1	90,7		
				Sc	Y		
				44,1	89,0		
						Yb	
						173	
						Tu	Ac ?
						171	
						Er	
						166	
						Ho	
						162	
						Tb	
						160	
						Gd	
						156	
						Eu	U 239,5
						151,8	
						Sa	
						150,3	
						Pr	
						140,5	
						Nd	
						143,6	
						Ce	Th 232,5
						140	
						La	La _α ?
						138	
				Ca	Sr	Ba	Rd 225
				40,1	87,6	137,4	
	H	Li	Na	K	Rb	Cs	
	1,003	7,03	23,05	39,15	85,4	133	

Figura 3

tados en función de una progresión lógica basada en los números atómicos. Las versiones de la Tabla Periódica que aparecieron entre 1915 y 1945 en general siguieron la versión propuesta por Werner, excepto que las tierras raras eran presentadas como un añadido y los elementos posteriores al torio estaban ubicados de tal manera que el uranio aparecía en

su anterior posición por debajo del tungsteno. La figura 5 nos muestra la Tabla aceptada tal como ella aparecía en un texto conocido común publicado en 1938.

Durante la década del 30 varios grupos de trabajo, principalmente Enrico Fermi y sus colegas en Italia, y Otto Hahn y Fritz Strass-

mann en Alemania investigaron acerca de la producción de elementos transuránicos utilizando fuentes de neutrones. Sin embargo cualquier posibilidad de éxito era obstaculizada por un efecto accesorio que aún no había sido adecuadamente interpretado: la fisión nuclear.

Irónicamente, cuando por fin fue obtenido el primer núclido transuránico, ello fue debido a una experiencia imaginada para obtener otra cosa. Durante la segunda Guerra Mundial, con la ayuda del ciclotrón de 1,50 m en Berkeley y los reactores nucleares en Oak Ridge y Hanford, se descubrieron cuatro elementos transuránicos (neptunio, plutonio, americio y curio). En la figura 6 podemos ver a Glenn J. Seaborg quien, como Profesor de Química y miembro del Laboratorio de Radiación de Ernest Lawrence, tuvo participación fundamental en el descubrimiento de los últimos tres y en el de varios de los elementos transuránicos descubiertos desde entonces.

Detrás de Seaborg podemos observar una parte de una Tabla Periódica obsoleta (de alrededor de 1945), la cual aún se exhibe en la Uni-

versidad de California, Berkeley. Alguien ha agregado después del uranio los cuatro nuevos elementos. A lo mejor ello ocurrió porque al comienzo se sospechaba, basados en la similitud química de los elementos, que una nueva serie parecida a la de las tierras raras comenzaba con el uranio. Sin embargo, apoyado en un razonamiento posterior Seaborg, en 1945, hizo pública la proposición de que las nuevas series realmente comenzaban con el actinio.

La prueba aducida por Seaborg acerca de la existencia de la serie actínica se sustentaba principalmente en la química del neptunio y del plutonio.

A pesar de que los primeros miembros de los elementos post actínicos mostraban semejanza con el hafnio y el tantalio, y con los homólogos del último, zirconio y niobio, los miembros siguientes de la serie no exhibían prácticamente ninguna semejanza con el rhenio y el osmio, ni con sus homólogos, tecnecio y rutenio. Seaborg conjeturó que la serie actínica se caracterizaría por el complemento del nivel 5 f del electrón como es el caso del nivel 4 f del electrón en los lantánidos.



Figura 4

PERIODIC TABLE

O	IA	IIA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
2 He 4 002	3 Li 6.940	4 Be 9.02											5 B 10.82	6 C 12.00	7 N 14.008	8 O 16.000	9 F 19.00
10 Ne 20.183	11 Na 22.997	12 Mg 24.32	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B			IB	II B	13 Al 26.97	14 Si 28.06	15 P 31.02	16 S 32.06	17 Cl 35.457
18 A 39.944	19 K 39.096	20 Ca 40.08	21 Sc 45.10	22 Ti 47.90	23 V 50.95	24 Cr 52.01	25 Mn 54.93	26 Fe 55.84	27 Co 58.94	28 Ni 58.69	29 Cu 63.57	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.60	33 As 74.91	34 Se 78.96	35 Br 79.916
36 Kr 83.7	37 Rb 85.44	38 Sr 87.63	39 Y 88.92	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 96.0	43 Tc 99	44 Ru 101.7	45 Rh 102.91	46 Pd 106.7	47 Ag 107.88	48 Cd 112.41	49 In 114.76	50 Sn 118.70	51 Sb 121.76	52 Te 127.61	53 I 126.92
54 Xe 131.3	55 Cs 132.91	56 Ba 137.36	15 Rare Earths	72 Hf 178.6	73 Ta 180.88	74 W 184.0	75 Re 186.31	76 Os 191.5	77 Ir 193.1	78 Pt 195.23	79 Au 197.2	80 Hg 200.61	81 Tl 204.39	82 Pb 207.22	83 Bi 209.00	84 Po 210	85 Am?
86 Rn 222	87 ?	88 Ra 226.05	89 Ac 227	90 Th 232.12	91 Pa 231	92 U 238.14											

Figura 5

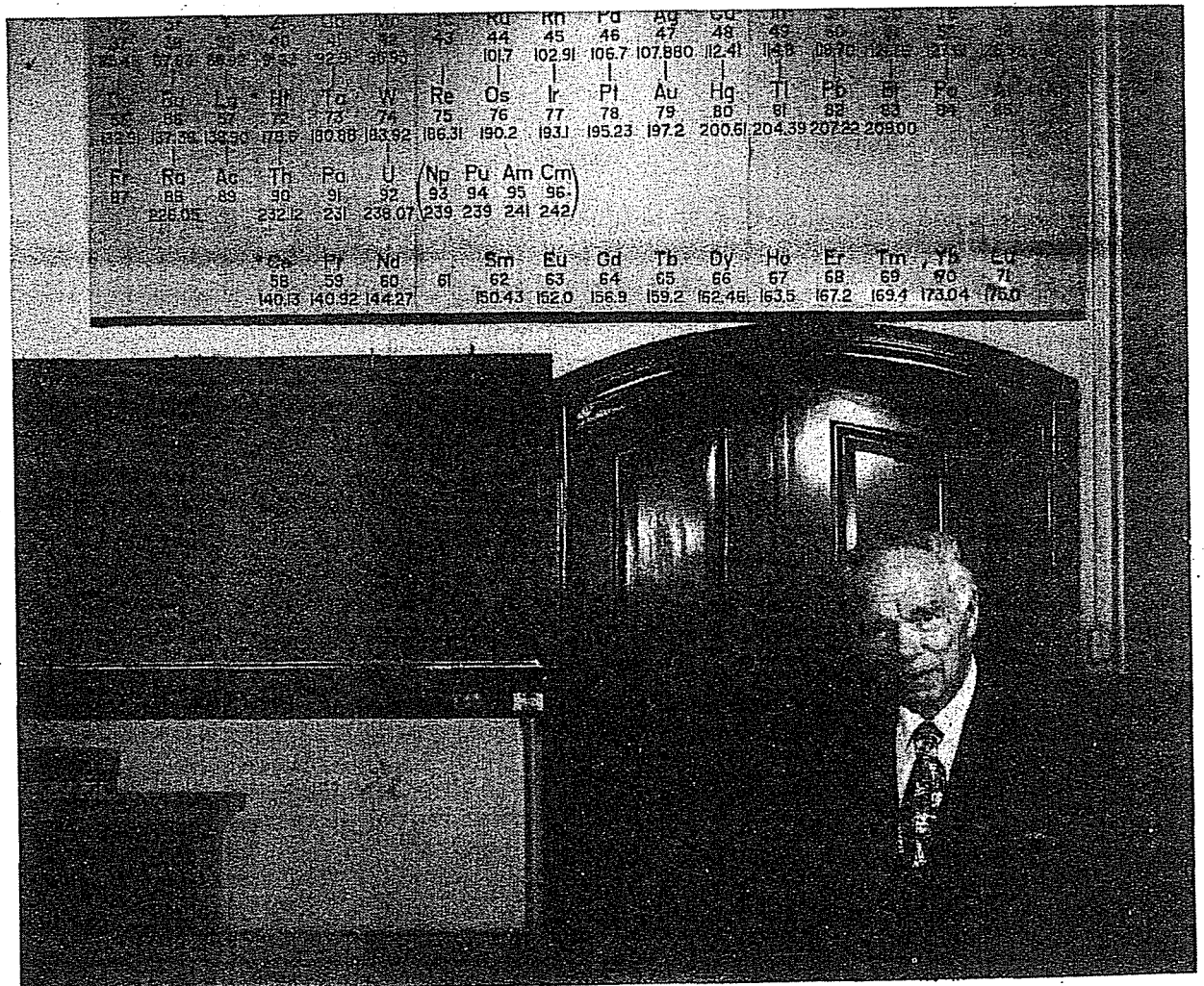


Figura 6

1																	2														
H																	He														
1s																															
3	4													5	6	7	8	9	10												
Li	Be													B	C	N	O	F	Ne												
2s																															
11	12													13	14	15	16	17	18												
Na	Mg													Al	Si	P	S	Cl	Ar												
3s																															
19	20	21													22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
K	Ca	Sc													Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
4s																															
37	38	39													40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Rb	Sr	Y													Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
5s																															
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
6s																															
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106												
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Ha													
7s																															
4f																															
5d																															
5f																															

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

Figura 7

La propuesta de Seaborg ha soportado la prueba temporal al ser descubiertos más elementos transuránicos y ser investigada más profundamente su química. Aún después de que fuera publicada la propuesta, aspectos predictivos del esquema actínico tuvieron influencia en el descubrimiento de los elementos 95 (americio) y 96 (curio), tal como ocurría en la búsqueda de elementos transuránicos más alejados. El nivel 5 f se predijo que iba a ser completado en el nobelio y el lawrencio, los últimos elementos de la serie actínica, y que los elementos

siguientes llenarían progresivamente el nivel 6 d.

La figura 7 muestra una versión corriente de la Tabla Periódica, aunque una versión totalmente al día debería presentar los elementos 107 y 109. Mendeleev sin duda se sorprendería al ver que el innominado elemento 106, y no el uranio, es el homólogo del tungsteno; pero él estaría totalmente de acuerdo en que Moseley y Seaborg han tenido una influencia significativa como constructores modernos de la Tabla Periódica.