

Norma práctica general para la deducción de la "Fórmula Electrónica" de los elementos químicos

Por FRANCISCO MOLINA MUGICA
(Catedrático del Instituto de Zamora)

Al tener un conjunto de características esenciales de los elementos químicos dependencia inmediata del conocimiento detallado de su distribución electrónica (grupo y subgrupo del sistema periódico a los que pertenece; grados de valencia con que puede actuar en sus combinaciones; formulación y naturaleza de los compuestos a que da lugar, etc.), ha sido preocupación primordial en el desarrollo de mis explicaciones a los alumnos encontrar una solución para eliminar la retención de datos memorísticos; habiendo conseguido un método rápido, sencillo y seguro, una «norma práctica», para la deducción de la «fórmula electrónica» de cualquier elemento, me propongo darla a conocer al Profesorado a través de la REVISTA DE ENSEÑANZA MEDIA.

Hemos de partir, lógicamente, del conocimiento de la estructura del átomo, y en especial de su «zona cortical», en: a) capas, pisos o «niveles de energía» (K, L, M, N, O, P, Q); b) formas de las órbitas electrónicas: circulares o elípticas (excentricidades: 0, 1, 2, 3, ó bien s, p, d, f); c) orientaciones posibles (— 3, — 2, — 1, 0, 1, 2, 3).

Una vez explicados en forma sencilla estos conceptos, el alumno se encuentra en condiciones de fácil interpretación y reproducción por sí solo del «cuadro general de distribución electrónica» (cuadro núm. 1).

Eliminados los tipos de órbitas no posibles en las tres primeras capas, y cubiertas todas las cuadrículas con el número máximo de electrones alojables en cada una de ellas, o sea, en cada órbita independiente, tendremos el total de los que pueden poblar cada capa.

Para que los alumnos no tengan que enfrentarse con más excepciones que las imprescindibles, debe hacérseles ver que en las capas O, P y Q podrían considerarse, al menos teóricamente, órbitas de excentricidades 4, 5 y 6, con sus correspondientes orientaciones, pero que, como más adelante verán, no tiene razón de ser su estimación, por lo que no se incluyen en el cuadro.

Lo expuesto hasta aquí es un resumen preliminar al punto objeto de esta exposición didáctica.

El anterior cuadro, que nos ha de ser de gran utilidad, puede reducirse a una forma más sencilla, en la que figuren solamente las capas y los tipos de órbitas (excentricidades), prescindiendo de representar las orientaciones en el espacio; para ello basta tener en cuenta que en cada capa la órbita de excentricidad 0 (s) puede alojar hasta 2 electrones; las tres de excentricidad 1 (p), un total de 6; las cinco de excentricidad 2 (d), 10, y

		Tipos de órbitas y orientaciones														Total		
		s	p		d			f										
		0	+1	0	-1	+2	+1	0	-1	-2	+3		+2	+1	0		-1	-2
Capas	K	2															2	
	L	2	2	2	2											8		
	M	2	2	2	2	2	2	2	2							18		
	N	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32
	O	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32
	P	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32
	Q	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32
		<u>2</u>	<u>6</u>		<u>10</u>			<u>14</u>										

Cuadro nº 1

las siete de excentricidad 3 (f), 14. Obtenemos así el «cuadro resumido de distribución electrónica» (cuadro núm. 2) con el número posible de electrones por cada grupo de órbitas de una misma excentricidad.

ORDEN DE OCUPACIÓN DE LAS ÓRBITAS DE LOS ELECTRONES. — El orden que siguen los electrones para situarse en la zona cortical está regido por la tendencia a «ocupar las órbitas libres de menor energía potencial»; el orden de ocupación es complejo y no ha sido deducido del estudio de las rayas espectrales emitidas por los átomos de los elementos químicos, adoptándose la distribución electrónica propuesta por Stoner y Main-Smith en su «Tabla de los pisos y subpisos de electrones».

		Tipos de órbitas				Total
		s	p	d	f	
Capas	K	2				2
	L	2	6			8
	M	2	6	10		18
	N	2	6	10	14	32
	O	2	6	10	14	32
	P	2	6	10	14	32
	Q	2	6	10	14	32

Cuadro nº 2

A continuación doy una norma que permite deducir, en general y rápidamente, la estructura electrónica de la zona cortical del átomo de cualquier elemento en coincidencia con la propuesta por Stoner y Main-Smith, a excepción de los Cr (Z = 24), Cu (Z = 29), Nb (Z = 41), Mo (Z = 42), Tc (Z = 43), Ru (Z = 44), Rh (Z = 45), Pd (Z = 46), Ag (Z = 47), Pt (Z = 78), Au (Z = 79) y de los Lantánidos (excepto el Lu, Z = 71) y Actínidos; teniendo en cuenta que de todos ellos solamente son de uso frecuente los escritos en negrilla y el Uranio (Actínido), es decir, un total de siete elementos, considero de interés y me decido a recomendar la siguiente

Cuadro de incrementación electrónica

	S 0	P 1	d 2	f 3	Total
K	1 ^a				
L	2 ^a	3 ^a			
M	4 ^a	5 ^a	7 ^a		
N	6 ^a	8 ^a	10 ^a	13 ^a	
O	9 ^a	11 ^a	14 ^a	17 ^a	
P	12 ^a	15 ^a	18 ^a		
Q	16 ^a	19 ^a			
					Z =

Cuadro n° 3

	S	p	d	f	Total
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	10		18
N	2	6	10		18
O	2	5			7
P					
Q					
					Z = 53

Cuadro n° 4

«norma práctica general de incrementación electrónica del átomo», cuyo enunciado es:

“Las capas o niveles de energía se van ocupando:

1.º de la más (K) a la más externa (Q).

2.º Cada capa, por «etapas» que se corresponden con los grupos de órbitas de cada una de las excentricidades 0 (s), 1 (p), 2 (d), 3 (f) y precisamente por este orden; y

3.º La ocupación de estas «etapas» sigue el orden que se indica en el cuadro número 3 por medio de números ordinales, o sea: «se van cubriendo, empezando por las etapas libres de menor excentricidad de los pisos más

internos, continuándose por las de excentricidad inmediatamente inferior del piso siguiente, hasta llegar a una etapa, *s*, en que vuelve a repetirse dicho orden», según se representa gráficamente en el cuadro mediante flechas en direcciones diagonales a las cuadrículas, de arriba abajo y de derecha a izquierda.»

Así, por ejemplo, si deseamos deducir la estructura electrónica del elemento de número atómico $Z = 53$, no tendremos más que ir cubriendo las etapas en el orden indicado por la norma hasta haber agotado los 53 electrones (cuadro núm. 4).

Una vez hallada la estructura electrónica, se expresa ésta por medio de la «fórmula electrónica», que consta de tantos términos como etapas ocupadas; cada término está integrado por un número—el de orden de la capa—, una letra—la indicativa de la orientación—y por un índice superior—el número de electrones que la ocupan—; así, en el caso anteriormente expuesto, la fórmula será: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2, 4p^6, 4d^{10}, 5s^2, 5p^3$.

Si bien la norma indicada no es aplicable con exactitud, como quedó dicho, a los elementos antes citados, sin embargo, mediante sencillas modificaciones, reducidas a cuatro casos, podemos obtener las estructuras deseadas; para ello, comenzaremos aplicando la «norma general» y a continuación introduciremos la variación correspondiente.

Casos particulares:

Primer caso.—Cr, Cu, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Ag; se pasa un electrón de la penúltima etapa ocupada a la última; ejemplo:

Cu; $Z = 29$

	S	p	d	f	
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	9		17
N	2				2
O					
P					
Q					
$Z = 29$					

(Según la norma general)

	S	p	d	f	
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	10		18
N	1				1
O					
P					
Q					
$Z = 29$					

(Según Stoner y Main-Smith)

Pasa un electrón de la penúltima etapa ocupada, Ns, a la última, Md.

Segundo caso.—Pd; se pasan dos electrones de la penúltima etapa ocupada a la última.

Pd; Z = 46

	S	p	d	f	
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	10		18
N	2	6	8		16
O	2				2
P					
Q					

Z = 46

	S	p	d	f	
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	10		18
N	2	6	10		18
O					
P					
Q					

Z = 46

(Según la norma general)

(Según Stoner y Main-Smith)

Pasan dos electrones de la penúltima etapa ocupada, Os, a la última, Nd.

Tercer caso.—Pt y Au; se pasa un electrón de la antepenúltima etapa ocupada a la última

Pt; Z = 78

	S	p	d	f	
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	10		18
N	2	6	10	14	32
O	2	6	8		16
P	2				2
Q					

Z = 78

	S	p	d	f	
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	10		18
N	2	6	10	14	32
O	2	6	9		17
P	1				1
Q					

Z = 78

(Según la norma general)

(Según Stoner y Main-Smith)

Pasa un electrón de la antepenúltima etapa ocupada, Ps, a la última, Od.

Cuarto caso.—Lantánidos (salvo el Lu) y Actínidos; se pasa un electrón de la última etapa ocupada a la siguiente (obteniéndose para los Actínidos la distribución electrónica propuesta para ellos por Seaborg).

U; Z = 92

	S	p	d	f	
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	10		18
N	2	6	10	14	32
O	2	6	10	4	22
P	2	6			8
Q	2				2
					Z = 92

(Según la norma general)

	S	p	d	f	
K	2				2
L	2	6			8
M	2	6	10		18
N	2	6	10	14	32
O	2	6	10	3	21
P	2	6	1		9
Q	2				2
					Z = 92

(Según Stoner y Main-Smith o Seaborg)

Pasa un electrón de la última etapa ocupada, Of, a la siguiente, Pd.

El fácil conocimiento de la estructura electrónica de los elementos permite el estudio de la clasificación de los mismos de una manera más activa.

a) *Analogía y diferencia en la actuación de los elementos.*—Observando la configuración electrónica de un elemento tomado al azar, nos encontramos con que, en general, presentará unas etapas completas y otras incompletas; en consecuencia, se considera la zona cortical del átomo dividida en dos subzonas: una «interna», constituida por el conjunto de todas las etapas completas, menos la s de la capa ocupada más externa, más las incompletas de la antepenúltima capa; y de otra «externa», integrada por las etapas incompletas de la penúltima y última capas ocupadas, más la s completa de la capa ocupada más externa.

Observando la radicación de las propiedades físicas y químicas en las distintas zonas del átomo en el cuadro número 5, apreciamos cómo las propiedades químicas tienen su origen en la subzona externa, dependiendo indudablemente del número y situación de los electrones en ella alojados, denominados «electrones de valencia».

b) Como una clasificación natural de los elementos químicos exigirá su agrupación por analogía de las propiedades químicas y éstas de mo-

ZONAS		P R O P I E D A D E S	
Núcleo		Masa atómica Radioactividad Energía atómica	
Zona cortical	interna	Rayos X (Röntgen)	Cohesión
	externa	Propiedades químicas en general Valencia Afinidad Ionización Emisión de radiaciones visibles	Conductividad eléctrica Propiedades ópticas Espectros de emisión y de absorción

Cuadro núm. 5

mento son desconocidas por el alumno, pero son consecuencia inmediata del número y situación de los electrones de valencia de cada elemento, bastará con agruparlos por dicho número, hallado por aplicación de la «norma de incrementación electrónica» expuesta; como, por otra parte, los símbolos de la mayoría de los elementos no son conocidos por los alumnos, por la dificultad que presenta su aprendizaje, es preferible la utilización de los números atómicos en sustitución de aquéllos.

Operando en la forma indicada, obtiene el siguiente cuadro el propio alumno, con las ventajas de que: lo ha deducido él mismo; no ha tenido que aprender de memoria algo que no entiende, a la par que le ofrece gran dificultad:

NÚMERO DE ELECTRONES DE VALENCIA									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
• 1	(2)						2		
• 3	• 4	5	6	7	8	9	10		
• 11	• 12	13	14	15	16	17	18		
• 19	• 20	*21	*22	*23	*24	*25	*26	*27	*28
• 29	• 30	31	32	33	34	35	36		
• 37	• 38	*39	*40	*41	*42	*43	*44	*45	*46
• 47	• 48	49	50	51	52	53	54		
• 55	• 56	*57-71	*72	*73	*74	*75	*76	*77	*78
• 79	• 80	81	82	83	84	85	86		
• 87	• 88	* 89-103	—	—	—	—	—	—	—

Cuadro núm. 6

Su estudio detenido nos permite comprobar:

1.º Que los elementos que figuran en cada columna, por tener el mismo número de «electrones de valencia», presentarán un comportamiento químico más parecido entre sí que con los pertenecientes a otra columna; constituirán, por tanto, un «grupo químico».

2.º Que el estudio de las configuraciones electrónicas de los que integran cada «grupo» nos evidencia cómo mientras unos tienen **todos los electrones de valencia situados en una misma capa** (la más externa de las ocupadas), otros (los señalados con asterisco) los tienen **distribuidos entre dos o más**.

De ello, lógicamente, se desprende que unos y otros, aun asemejándose por la cuantía de sus «electrones de valencia», han de presentar evidentes diferencias por la **distinta situación**, lo que induce a establecer su separación en dos subgrupos o «familias químicas»: el **a**, en el que se comprenden **aquellos que los tienen distribuidos entre dos o más capas**; y el **b**, que agrupa a los que los tienen situados en una sola.

3.º Que si bien los elementos de los «grupos» 1 y 2 no cabe tengan sus electrones de valencia situados en dos capas, por analogía de posición es natural hacer extensiva a ellos la separación en subgrupos **a** y **b**, al igual que los de sus mismas filas, salvo los de las tres primeras, que se incluirán en los subgrupos **a** por determinarlos así su comportamiento químico (todos ellos señalados con punto).

4.º Que los elementos 27 y 28, 45 y 46, 77 y 78, que presentan 9 y 10 electrones de valencia, se han de agrupar formando «triadas» con los 26, 44 y 76, respectivamente; y

5.º El elemento 2 debería figurar en el grupo 2, subgrupo **a**, pero por presentar su átomo las mismas condiciones de equilibrio que los del grupo 8, subgrupo **b**, se incluye en éste.

Por todo lo expuesto, el cuadro de clasificación de los elementos químicos quedará constituido:

1.º Por ocho «grupos químicos», que comprenden un total de 16 «familias químicas», dispuestas en columnas; designándose los primeros por medio de números romanos y diferenciadas las segundas, dentro de cada grupo, por las letras **a** y **b**. (Cuadro n.º 9.)

2.º Horizontalmente consta de siete «periodos» numerados arábigamente; cada periodo comprende «desde el elemento en que comienza a ocuparse la etapa **s** de una capa hasta aquel en que termina de completarse la etapa **p** de la misma», salvo el primero, que abarcará solamente dos elementos, por no contar la capa **K** más que con la etapa **s**.

Por último, en los cuadros números 7 y 8 se resume cuanto queda dicho acerca de los periodos y se detalla el número de elementos de que constan;

los números que figuran en las cuadrículas del cuadro número 7 indican los periodos a que pertenecen los elementos en que se ocupan las correspondientes etapas.

En la forma expuesta, el alumno deduce la clasificación periódica ra-

	S	P	d	f
K	1			
L	2	2		
M	3	3	4	
N	4	4	5	6
O	5	5	6	7
P	6	6	7	
Q	7	7		

Cuadro nº 7

Nº del período	Etapas que se ocupan	Nº de electrones de dichas etapas	Nº total de elementos
1	K_s	2	2
2	$L_s - L_p$	2 + 6	8
3	$M_s - M_p$	2 + 6	8
4	$N_s - M_d - N_p$	2 + 10 + 6	18
5	$O_s - N_d - O_p$	2 + 10 + 6	18
6	$P_s - N_f - O_d - P_p$	2 + 14 + 10 + 6	32
7	$Q_s - O_f - P_d - O_p$	2 + 14 + 10 + 6	32

Cuadro nº 8

cionalmente con su intervención directa, aunque manejando, de momento, solamente los números atómicos; a continuación es preciso que vaya haciendo la sustitución gradual por los símbolos, empezando por las familias de uso más frecuente, con lo que insensiblemente llegará a su conocimiento total.

CLASIFICACION NATURAL DE LOS ELEMENTOS QUIMICOS

		GRUPOS															
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
PERIODOS	I	1															2
	II	3	4		5		6		7		8		9				10
	III	11	12		13		14		15		16		17				18
	IV	19	20		21		22		23		24		25		26, 27, 28		36
	V	29	30	31	32		33		34		35		36		44, 45, 46		54
	VI	37	38	39	40		41		42		43		44		53		54
	VII	47	48	49	50		51		52		53		54		55		54
VIII	55	56	57-71	72		73		74		75		76		76, 77, 78		86	
IX	79	80	81	82		83		84		85		86		87		86	
X	87	88	89-103	—		—		—		—		—		—		—	

Cuadro n.º 9