

2. Las propiedades periódicas de los elementos

Andrés Cedillo, AT-250

cedillo@xanum.uam.mx

www.fqt.izt.uam.mx/cedillo

2. Propiedades periódicas de los elementos

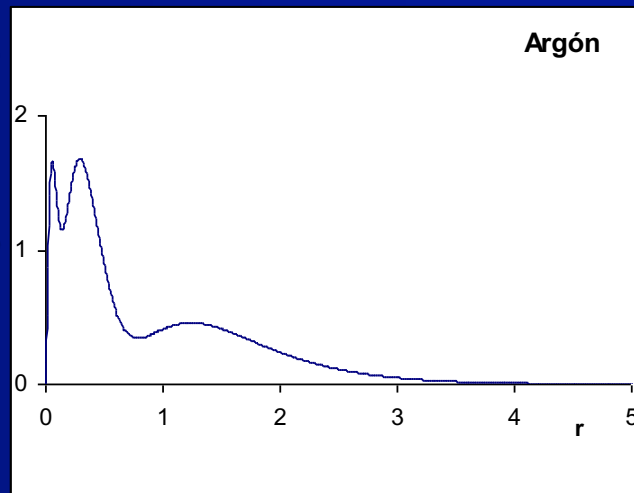
- 2.1. El tamaño de los átomos
- 2.2. La energía de ionización y la afinidad electrónica
- 2.3. Metales, no metales y metaloides
- 2.4. Las tendencias en los grupos de la tabla periódica

2.1. El tamaño de los átomos

- La densidad de probabilidad radial

- Capas
- Finita siempre
- Frontera?

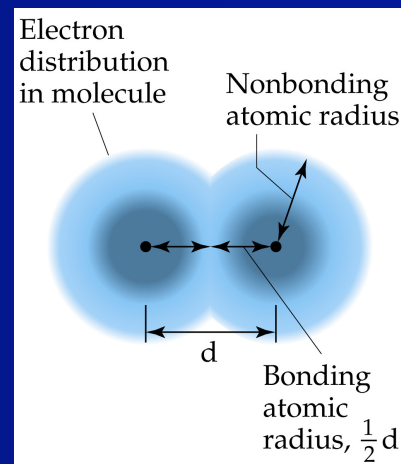
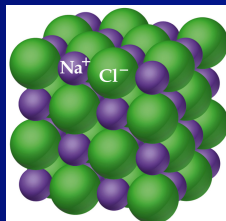
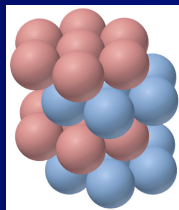
Ar: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$



2.1. El tamaño de los átomos ...2

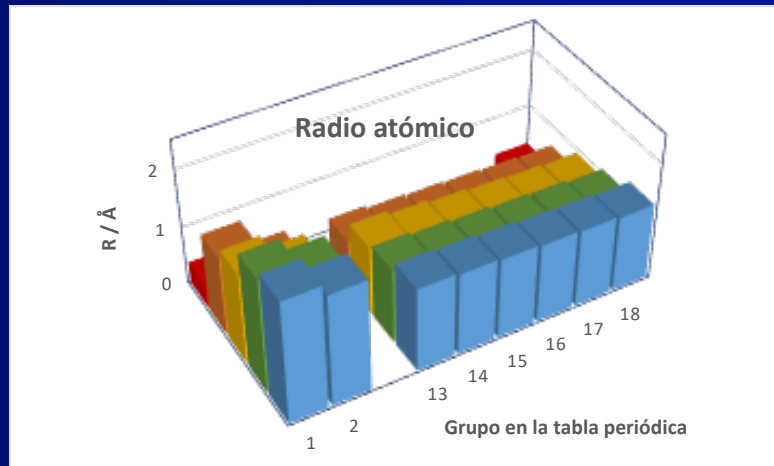
- Algunos métodos basados en la geometría

- Moléculas diatómicas
- Sólidos
 - Metales
 - Cristales iónicos



2.1. El tamaño de los átomos ...3

- La tendencia en el radio atómico



2.1. El tamaño de los átomos ...4

- En un grupo
 - Más partículas: mayor tamaño
- En un periodo
 - Depende de la carga nuclear efectiva
 - Al llenar una subcapa de valencia los electrones de esta subcapa no apantallan totalmente al núcleo, ya que no son electrones internos:
 - Z se incrementa en uno;
 - S se incrementa en menos de uno;
 - $\Rightarrow Z_{ef} = Z - S$ crece y el radio disminuye.

2.1. El tamaño de los átomos ...5

■ El tamaño de los iones

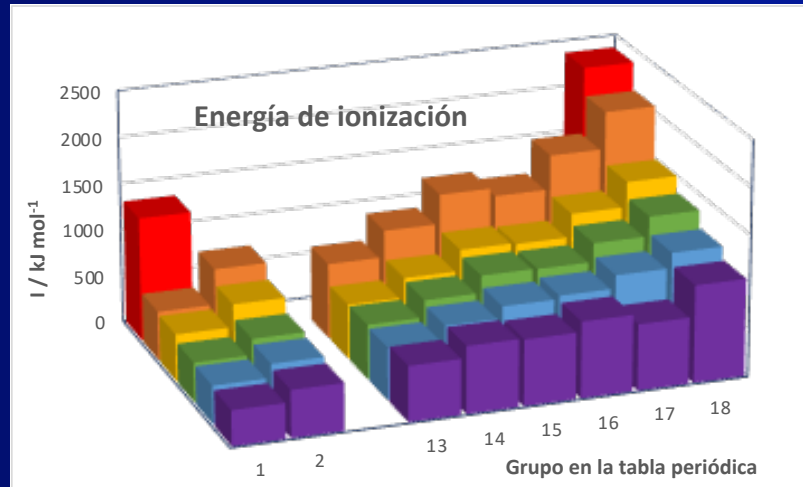
Group 1A		Group 2A		Group 3A		Group 6A		Group 7A	
Li ⁺	Li	Be ²⁺	Be	B ³⁺	B	O	O ²⁻	F	F ⁻
0.68	1.34	0.31	0.90	0.23	0.82	0.73	1.40	0.71	1.33
Na ⁺	Na	Mg ²⁺	Mg	Al ³⁺	Al	S	S ²⁻	Cl	Cl ⁻
0.97	1.54	0.66	1.30	0.51	1.48	1.02	1.84	0.99	1.81
K ⁺	K	Ca ²⁺	Ca	Ga ³⁺	Ga	Se	Se ²⁻	Br	Br ⁻
1.33	1.96	0.99	1.74	0.62	1.26	1.16	1.98	1.14	1.96
Rb ⁺	Rb	Sr ²⁺	Sr	In ³⁺	In	Te	Te ²⁻	I	I ⁻
1.47	2.11	1.13	1.92	0.81	1.44	1.35	2.21	1.33	2.20

2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica

- La energía de ionización (I)
 - Energía requerida para remover un electrón de un átomo o ion gaseoso aislado.
$$\text{K} (g) \rightarrow \text{K}^+ (g) + e^-$$
$$I = E[\text{K}^+ (g)] - E[\text{K} (g)]$$
 - En un átomo neutro o en un catión siempre es positiva ($\Delta E > 0$, energía recibida).

2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica ...2

- La tendencia en la energía de ionización



2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica ...3

- La energía de ionización sucesiva es mayor cada vez.

$$I_1 < I_2 < I_3 \dots$$

Ejemplo. Ca: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$



$$I_3 \gg I_2 > I_1$$

2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica ...4

- Hay un cambio grande al romper la configuración electrónica de un gas noble.

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8
Na	496	4560						
Mg	738	1450	7730					
Al	578	1820	2750	11600				
Si	786	1580	3230	4360	16100			
P	1012	1900	2910	4960	6270	22200		
S	1000	2250	3360	4560	7010	8500	27100	
Cl	1251	2300	3820	5160	6540	9460	11000	33600

Valores en kJ mol^{-1}

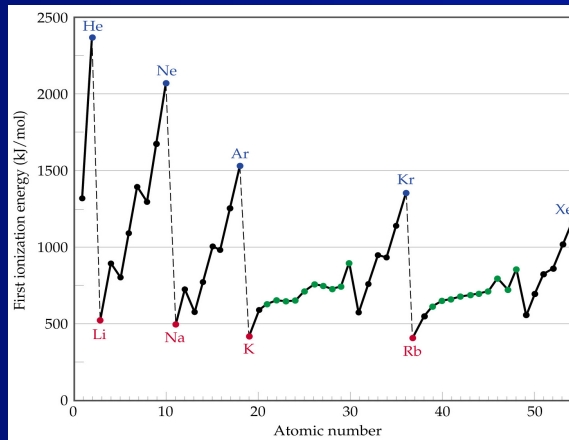
2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica ...5

- La carga nuclear efectiva
 - Al aumentar la atracción del núcleo sobre el electrón más externo, la energía de ionización es más grande.
 - Las tendencias de la carga nuclear efectiva y de la energía de ionización son similares.
 - En un periodo aumenta hacia la derecha.
 - En un grupo disminuye hacia abajo.



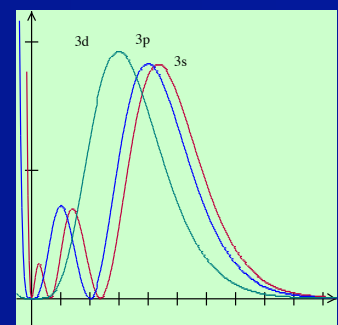
2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica ...6

- Las irregularidades en la tendencia generalmente se deben a un cambio de capa o subcapa.



2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica ...7

- La configuración electrónica de los cationes
 - Se extrae el electrón más débilmente unido.
 - Menor atracción nuclear = más externo
 - En los metales de transición
 - Orden de llenado: $ns, (n-1)d$
 - Orden de remoción : $ns, (n-1)d$

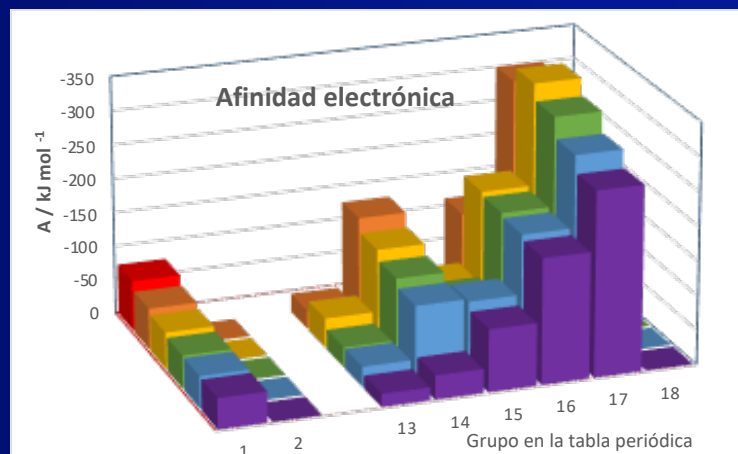


2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica ...8

- La afinidad electrónica (A)
 - Cambio energético de un átomo o ion gaseoso aislado por aceptar un electrón.
$$F(g) + e^{-} \rightarrow F^{-}(g)$$
$$A = E[F^{-}(g)] - E[F(g)]$$
 - Normalmente es muy negativa para algunos no metales.
 - Abrir una capa nueva requiere de mucha energía y la afinidad electrónica es positiva.

2.2. Energía de ionización y afinidad electrónica ...9

- La tendencia en la afinidad electrónica



2.3. Metales, no metales y metaloides

← Increasing metallic character

↑ Increasing metallic character

1A 1 H	2A 2 He																	3A 13 B	4A 14 C	5A 15 N	6A 16 O	7A 17 F	8A 18 Ne
3 Li	4 Be																	5 Al	6 Si	7 P	8 S	9 Cl	10 Ar
11 Na	12 Mg	3B 3 Sc	4B 4 Ti	5B 5 V	6B 6 Cr	7B 7 Mn	8B 8 Fe			9 Co	10 Ni	11 Cu	12 Zn	13 Ga	14 Ge	15 As	16 Se	17 Br	18 Kr				
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr						
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe						
55 Cs	56 Ba	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn						
87 Fr	88 Ra	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110	111	112	114		116									
		Metals		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb						
		Metalloids		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No						
		Nonmetals																					

2.3. Metales, no metales y metaloides ...2

- Las características de los metales
 - Brillo
 - Buena conductividad térmica y eléctrica
 - Maleables y dúctiles
 - Sus óxidos forman disoluciones básicas
 - Comúnmente existen como cationes



2.3. Metales, no metales y metaloides ...3

- Las características de los no metales
 - Sin brillo, varios colores
 - Mala conductividad térmica y eléctrica
 - Quebradizos (tanto duros como blandos)
 - Sus óxidos forman disoluciones ácidas
 - Comúnmente existen como aniones



2.3. Metales, no metales y metaloides ...4

- Los iones atómicos más comunes

1A	2A	Transition metals										3A	4A	5A	6A	7A	8A	
H ⁺																	H ⁻	N O B L E G A S E S
Li ⁺														N ³⁻	O ²⁻	F ⁻		
Na ⁺	Mg ²⁺											Al ³⁺		P ³⁻	S ²⁻	Cl ⁻		
K ⁺	Ca ²⁺			Cr ³⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺ Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Cu ⁺ Cu ²⁺	Zn ²⁺					Se ²⁻	Br ⁻		
Rb ⁺	Sr ²⁺											Ag ⁺	Cd ²⁺	Sn ²⁺	Te ²⁻	I ⁻		
Cs ⁺	Ba ²⁺								Pt ²⁺	Au ⁺ Au ³⁺	Hg ₂ ²⁺ Hg ²⁺		Pb ²⁺	Bi ³⁺				

2.4. Las tendencias de en los grupos de la tabla

Core	1A 1 H 1s ¹	2A 2 Be 2s ²	Core										3A 13 B 2s ² 2p ¹	4A 14 C 2s ² 2p ²	5A 15 N 2s ² 2p ³	6A 16 O 2s ² 2p ⁴	7A 17 F 2s ² 2p ⁵	8A 18 He 1s ²
[He]	3 Li 3s ¹	4 Be 2s ²											5 B 2s ² 2p ¹	6 C 2s ² 2p ²	7 N 2s ² 2p ³	8 O 2s ² 2p ⁴	9 F 2s ² 2p ⁵	10 Ne 2s ² 2p ⁶
[Ne]	11 Na 3s ¹	12 Mg 3s ²	3B 3 Y 4d ¹ 5s ²	4B 4 Zr 4d ² 5s ²	5B 5 Nb 4d ⁴ 5s ¹	6B 6 Mo 4d ⁵ 5s ¹	7B 7 Tc 4d ⁵ 5s ²	8 8 Fe 3d ⁶ 4s ²	9 9 Co 3d ⁷ 4s ²	10 10 Ni 3d ⁸ 4s ²	11 11 Cu 3d ¹⁰ 4s ¹	12 12 Zn 3d ¹⁰ 4s ²	13 13 Al 3s ² 3p ¹	14 14 Si 3s ² 3p ²	15 15 P 3s ² 3p ³	16 16 S 3s ² 3p ⁴	17 17 Cl 3s ² 3p ⁵	18 18 Ar 3s ² 3p ⁶
[Ar]	19 K 4s ¹	20 Ca 4s ²	21 Sc 3d ¹ 4s ²	22 Ti 3d ² 4s ²	23 V 3d ³ 4s ²	24 Cr 3d ⁵ 4s ¹	25 Mn 3d ⁵ 4s ²	26 Fe 3d ⁶ 4s ²	27 Co 3d ⁷ 4s ²	28 Ni 3d ⁸ 4s ²	29 Cu 3d ¹⁰ 4s ¹	30 Zn 3d ¹⁰ 4s ²	31 Ga 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	32 Ge 3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	33 As 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	34 Se 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴	35 Br 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵	36 Kr 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
[Kr]	37 Rb 5s ¹	38 Sr 5s ²	39 Y 4d ¹ 5s ²	40 Zr 4d ² 5s ²	41 Nb 4d ⁴ 5s ¹	42 Mo 4d ⁵ 5s ¹	43 Tc 4d ⁵ 5s ²	44 Ru 4d ⁷ 5s ¹	45 Rh 4d ⁸ 5s ¹	46 Pd 4d ¹⁰	47 Ag 4d ¹⁰ 5s ¹	48 Cd 4d ¹⁰ 5s ²	49 In 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹	50 Sn 4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	51 Sb 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	52 Te 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴	53 I 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	54 Xe 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶
[Xe]	55 Cs 6s ¹	56 Ba 6s ²	71 Lu 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	72 Hf 4f ¹⁴ 5d ² 6s ²	73 Ta 4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²	74 W 4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²	75 Re 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²	76 Os 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²	77 Ir 4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²	78 Pt 4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹	79 Au 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	80 Hg 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	81 Tl 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹	82 Pb 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	83 Bi 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³	84 Po 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴	85 At 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵	86 Rn 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶
[Rn]	87 Fr 7s ¹	88 Ra 7s ²	103 Lr 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	104 Rf 5f ¹⁴ 6d ² 7s ²	105 Db 5f ¹⁴ 6d ³ 7s ²	106 Sg 5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ²	107 Bh 5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ²	108 Hs 5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ²	109 Mt 5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ²	110	111	112						
[Xe]	Lanthanide series		57 La 5d ¹ 6s ²	58 Ce 4f ¹ 5d ¹ 6s ²	59 Pr 4f ³ 6s ²	60 Nd 4f ⁴ 6s ²	61 Pm 4f ⁵ 6s ²	62 Sm 4f ⁶ 6s ²	63 Eu 4f ⁷ 6s ²	64 Gd 4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	65 Tb 4f ⁹ 6s ²	66 Dy 4f ¹⁰ 6s ²	67 Ho 4f ¹¹ 6s ²	68 Er 4f ¹² 6s ²	69 Tm 4f ¹³ 6s ²	70 Yb 4f ¹⁴ 6s ²		
[Rn]	Actinide series		89 Ac 6d ¹ 7s ²	90 Th 6d ² 7s ²	91 Pa 5f ² 6d ¹ 7s ²	92 U 5f ³ 6d ¹ 7s ²	93 Np 5f ⁴ 6d ¹ 7s ²	94 Pu 5f ⁶ 7s ²	95 Am 5f ⁷ 7s ²	96 Cm 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	97 Bk 5f ⁹ 7s ²	98 Cf 5f ¹⁰ 7s ²	99 Es 5f ¹¹ 7s ²	100 Fm 5f ¹² 7s ²	101 Md 5f ¹³ 7s ²	102 No 5f ¹⁴ 7s ²		

Metals Metalloids Nonmetals

2.4. Las tendencias en los grupos de la tabla...2

- Las combinaciones entre diferentes elementos
 - Entre no metales
 - Compuesto molecular, enlace covalente
 - Entre metales y no metales
 - Compuesto iónico, enlace iónico
 - Entre metales
 - Aleación, enlace metálico

2.4. Las tendencias en los grupos en la tabla...3

- Algunas propiedades de los elementos de grupo 18

	configuración electrónica	$T_{\text{ebullición}} / \text{K}$	densidad / g L^{-1}	radio atómico / Å	$I_1 / \text{kJ mol}^{-1}$
He	$1s^2$	4.2	0.18	0.32	2372
Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$	27.1	0.90	0.69	2081
Ar	$[\text{Ne}] 3s^2 3p^6$	87.3	1.78	0.97	1521
Kr	$[\text{Ar}] 4s^2 3d^{10} 4p^6$	120	3.75	1.10	1351
Xe	$[\text{Kr}] 5s^2 4d^{10} 5p^6$	165	5.90	1.30	1170
Rn	$[\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6$	211	9.73		1037

2.4. Las tendencias en los grupos en la tabla...4

- Los grupos 1 y 2

	configuración electrónica	$T_{\text{fusión}} / ^\circ\text{C}$	densidad / g cm^{-3}	radio atómico / Å	$I_1 / \text{kJ mol}^{-1}$
Li	$[\text{He}] 2s^1$	181	0.53	1.34	520
Na	$[\text{Ne}] 3s^1$	98	0.97	1.54	496
K	$[\text{Ar}] 4s^1$	63	0.86	1.96	419
Rb	$[\text{Kr}] 5s^1$	39	1.53	2.11	403
Cs	$[\text{Xe}] 6s^1$	28	1.88	2.60	376
Be	$[\text{He}] 2s^2$	1287	1.85	0.90	899
Mg	$[\text{Ne}] 3s^2$	650	1.74	1.30	738
Ca	$[\text{Ar}] 4s^2$	842	1.54	1.74	590
Sr	$[\text{Kr}] 5s^2$	777	2.63	1.92	549
Ba	$[\text{Xe}] 6s^2$	727	3.51	2.15	503

2.4. Las tendencias en los grupos en la tabla...5

■ Los grupos 16 y 17

	configuración electrónica	$T_{\text{fusión}} / ^\circ\text{C}$	densidad / g cm^{-3}	radio atómico / Å	$I_1 / \text{kJ mol}^{-1}$
O	[He] $2s^2 2p^4$	-218	0.00143	0.73	1314
S	[Ne] $3s^2 3p^4$	115	1.96	1.02	1000
Se	[Ar] $3d^{10} 4s^2 4p^4$	221	4.82	1.16	941
Te	[Kr] $4d^{10} 5s^2 5p^4$	450	6.24	1.35	869
Po	[Xe] $4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^4$	254	9.2	1.9	812
F	[He] $2s^2 2p^5$	-220	0.00169	0.71	1681
Cl	[Ne] $3s^2 3p^5$	-102	0.00321	0.99	1251
Br	[Ar] $3d^{10} 4s^2 4p^5$	-7.3	3.12	1.14	1140
I	[Kr] $4d^{10} 5s^2 5p^5$	114	4.93	1.33	1008