

**OLIMPIADA DE QUÍMICA 2018-19**  
**FASE LOCAL - PROBLEMAS**  
**7 de marzo de 2019**



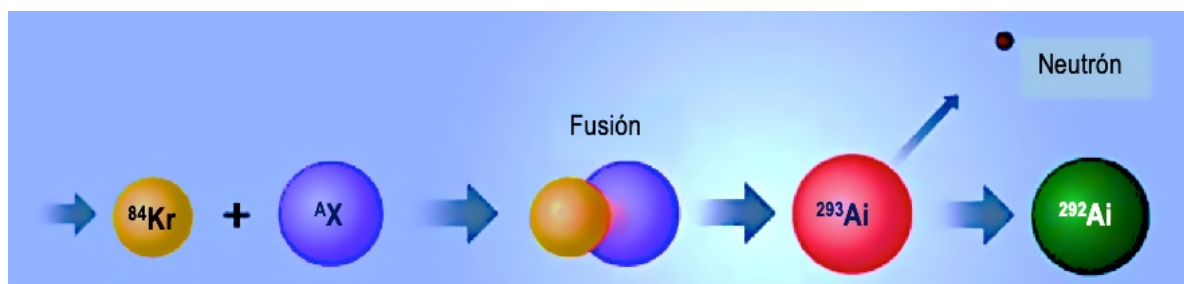
Dispone de un tiempo máximo de **noventa minutos** para esta parte de la prueba.  
Debe responder a cada problema en una hoja separada y rellenar la plantilla con los resultados. Escriba su nombre en todas las hojas. Al final del texto se proporcionan algunos datos y la tabla periódica.  
**Esta parte pondera con un 60 % de la nota final.**

**Problema 1: La síntesis del "aigorio". (20 puntos)**

Aigor, el fiel e inepto ayudante del profesor Sergei Deveraux, la inefable becaria Pepita Borderline y el técnico de laboratorio Manolo von Vortex han conseguido lo que desde hace años persiguen multitud de grupos de investigadores de indudable prestigio internacional: la "cold fusion", procedimiento de síntesis de nuevos elementos químicos a temperaturas relativamente bajas comparadas con las necesarias para la fusión nuclear, anunciado en 1984 por los americanos Stanley Pons y Martin Fleischmann.

El éxito alcanzado por Aigor y sus colegas se ha conseguido con un reactor de fusión portátil que Aigor y Manolo han construido cuando pretendían arreglar una vieja heladera con la que fabricar la famosa horchata valenciana. Con esta increíble máquina y lo aprendido con el profesor Deveraux sobre síntesis de nuevos elementos después de su estancia en Berkeley con Seaborg, McMillan y Ghiorso, han conseguido sintetizar unos pocos átomos del nuevo elemento número 119 de la Tabla Periódica, al que han bautizado provisionalmente con el nombre de "aigorio" (Ai) hasta que la IUPAC decida el nombre oficial del mismo. Mediante un espectrómetro de masas han determinado que el núclido obtenido tiene un número másico de 299.

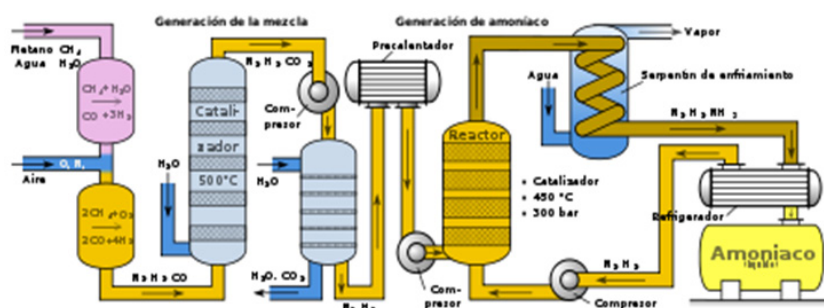
Un esquema del proceso de fusión que han realizado es el siguiente:



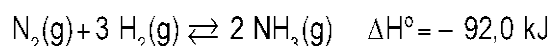
- Escriba la estructura electrónica del "aigorio". (4 puntos)
- Especifique el número de cada una de las partículas que contienen ambos núcleos de Ai. (4 puntos)
- Identifique el grupo y el periodo de la Tabla Periódica a los que pertenece este hipotético elemento. (4 puntos)
- Explique si el "aigorio" es diamagnético o paramagnético. (4 puntos)
- En el esquema del proceso, se observa que el proyectil que han empleado para bombardear es un isótopo de kriptón de número másico 84. ¿Cuál es el isótopo  $^AX$  que han utilizado como blanco? (4 puntos)

## Problema 2: Proceso Haber-Bosh. Un hito en la química del siglo XX. (30 puntos)

En 2018 se cumplió el centenario de la concesión del premio Nobel de Química a Fritz Haber. El premio se le otorgó al conseguir sintetizar amoníaco a partir de sus elementos: nitrógeno e hidrógeno. Este descubrimiento, junto con la rápida aplicación industrial que se produjo por parte de Carl Bosch (premio Nobel en 1931), permitió disponer de grandes cantidades de amoníaco, y representa un ejemplo de cómo, en ciencia, un mismo hecho, puede utilizarse para mejorar la calidad de vida o, por el contrario, para contribuir a su destrucción. El amoníaco es una sustancia clave para la obtención de fertilizantes de síntesis. Gracias a ellos se ha logrado mejorar el rendimiento de las cosechas lo que ayuda a sostener la alimentación de la población mundial. El amoníaco también ha sido empleado como materia prima en la fabricación de explosivos y otros muchos productos. Los explosivos se han mostrado imprescindibles en multitud de obras de ingeniería civil pero también han sido utilizados como armas de destrucción en las numerosas guerras desarrolladas en el siglo XX.



La reacción de obtención del  $\text{NH}_3$  es la siguiente:



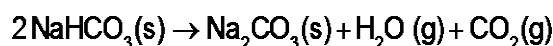
En un reactor se introducen hidrógeno y nitrógeno en proporciones estequiométricas. El reactor se cierra y se calienta, en presencia de un catalizador, hasta una temperatura de  $400^\circ\text{C}$ . Una vez establecido el equilibrio, se mide la presión total que resulta ser de 10 atm. A continuación, se extrae una muestra y se analiza. En esta mezcla gaseosa se encuentra una proporción, en moles de amoníaco, del 30%.

Calcule:

- El valor de  $K_p$  a la temperatura del proceso. (15 puntos)
- El valor de  $K_c$  a esa temperatura. (5 puntos)
- Si se deseara aumentar la proporción de amoníaco obtenido, ¿debería trabajarse a temperaturas altas o bajas? Justifique la respuesta. (5 puntos)
- De acuerdo con la respuesta del apartado c), ¿le parece razonable que se utilice una temperatura de  $400^\circ\text{C}$  para este proceso? Razone la respuesta. (5 puntos)

**Problema 3: Una receta para las galletas ... muy química. (50 puntos)**

En muchas recetas de galletas se añade hidrogenocarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ , comúnmente denominado “bicarbonato sódico”, aditivo alimentario con el código E-500) para que al hornearlas se libere dióxido de carbono. Este gas queda “atrapado” dentro de la galleta y hace que esté más esponjosa. La reacción que tiene lugar es la siguiente:



a) Calcule  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$  y  $\Delta G^\circ$  a 25° C y 1 atm a partir de los datos tabulados siguientes: **(10 puntos)**

	$\text{NaHCO}_3(\text{s})$	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$
$\Delta H_f^\circ / \text{kJ/mol}$	- 947,7	- 1131	- 241,8	- 393,5
$S^\circ / \text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$	102,1	136,0	188,7	213,6

b) ¿Qué temperatura mínima tendrá que alcanzar el horno para que se produzca la liberación de  $\text{CO}_2$ ? **(10 puntos)**

c) Cuando a algunos cocineros se les quema el aceite, vierten hidrogenocarbonato de sodio para sofocar las llamas. Calcule cuánto calor se absorbe (a presión constante) al descomponerse 20,0 g de la sal. **(5 puntos)**

d) En la elaboración industrial de galletas muchas veces, además de hidrogenocarbonato de sodio, se añade crémor tártaro,  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  (E-336), ya que al reaccionar ambos compuestos se desprende  $\text{CO}_2$ , según la siguiente reacción:



Para que las galletas queden esponjosas, se necesita que se generen 7,5 L de  $\text{CO}_2$  por cada kg de galletas. Además, para que no se altere el sabor no tiene que quedar ningún resto de  $\text{NaHCO}_3$  pero si un pequeño residuo de crémor tártaro (0,5% en peso). La cocción se realiza a 240 °C y 0,73 atm durante 35 minutos. ¿Qué cantidad de bicarbonato de sodio y de crémor tártaro necesitará para preparar 10 kg de galletas? **(10 puntos)**

e) El crémor tártaro comercial se vende en forma de una mezcla que contiene un 20% en peso de  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  y el resto de leche. Calcule cuántos gramos de esta forma comercial tendrá que añadir. **(5 puntos)**

f) Si en una de las veces que el pastelero desea preparar 10,0 kg de galletas, se olvida de añadir el crémor tártaro, ¿qué diferencia de volumen de  $\text{CO}_2$  se producirá? **(10 puntos)**

**DATOS:**  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; 760 mmHg = 1 atm

## TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

1 1A																	18 8A
1 <b>H</b> 1.008																	2 <b>He</b> 4.003
2 2A												13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	
3 <b>Li</b> 6.941	4 <b>Be</b> 9.012											5 <b>B</b> 10.81	6 <b>C</b> 12.01	7 <b>N</b> 14.01	8 <b>O</b> 16.00	9 <b>F</b> 19.00	10 <b>Ne</b> 20.18
11 <b>Na</b> 22.99	12 <b>Mg</b> 24.31	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9 8B	10 8B	11 1B	12 2B	13 <b>Al</b> 26.98	14 <b>Si</b> 28.09	15 <b>P</b> 30.97	16 <b>S</b> 32.06	17 <b>Cl</b> 35.45	18 <b>Ar</b> 39.95
19 <b>K</b> 39.10	20 <b>Ca</b> 40.08	21 <b>Sc</b> 44.96	22 <b>Ti</b> 47.87	23 <b>V</b> 50.94	24 <b>Cr</b> 52.00	25 <b>Mn</b> 54.94	26 <b>Fe</b> 55.85	27 <b>Co</b> 58.93	28 <b>Ni</b> 58.69	29 <b>Cu</b> 63.55	30 <b>Zn</b> 65.38	31 <b>Ga</b> 69.72	32 <b>Ge</b> 72.63	33 <b>As</b> 74.92	34 <b>Se</b> 78.97	35 <b>Br</b> 79.90	36 <b>Kr</b> 83.80
37 <b>Rb</b> 85.47	38 <b>Sr</b> 87.62	39 <b>Y</b> 88.91	40 <b>Zr</b> 91.22	41 <b>Nb</b> 92.91	42 <b>Mo</b> 95.95	43 <b>Tc</b> (98)	44 <b>Ru</b> 101.1	45 <b>Rh</b> 102.9	46 <b>Pd</b> 106.4	47 <b>Ag</b> 107.9	48 <b>Cd</b> 112.4	49 <b>In</b> 114.8	50 <b>Sn</b> 118.7	51 <b>Sb</b> 121.8	52 <b>Te</b> 127.6	53 <b>I</b> 126.9	54 <b>Xe</b> 131.3
55 <b>Cs</b> 132.9	56 <b>Ba</b> 137.3	57 <b>La</b> 138.9	72 <b>Hf</b> 178.5	73 <b>Ta</b> 181.0	74 <b>W</b> 183.8	75 <b>Re</b> 186.2	76 <b>Os</b> 190.2	77 <b>Ir</b> 192.2	78 <b>Pt</b> 195.1	79 <b>Au</b> 197.0	80 <b>Hg</b> 200.6	81 <b>Tl</b> 204.4	82 <b>Pb</b> 207.2	83 <b>Bi</b> 209.0	84 <b>Po</b> (209)	85 <b>At</b> (210)	86 <b>Rn</b> (222)
87 <b>Fr</b> (223)	88 <b>Ra</b> (226)	89 <b>Ac</b> (227)	104 <b>Rf</b> (265)	105 <b>Db</b> (268)	106 <b>Sg</b> (271)	107 <b>Bh</b> (270)	108 <b>Hs</b> (277)	109 <b>Mt</b> (276)	110 <b>Ds</b> (281)	111 <b>Rg</b> (280)	112 <b>Cn</b> (285)	113 <b>Nh</b> (286)	114 <b>Fl</b> (289)	115 <b>Mc</b> (289)	116 <b>Lv</b> (293)	117 <b>Ts</b> (294)	118 <b>Og</b> (294)
119 <b>Uue</b>	120 <b>Ubn</b>																
		58 <b>Ce</b> 140.1	59 <b>Pr</b> 140.9	60 <b>Nd</b> 144.2	61 <b>Pm</b> (145)	62 <b>Sm</b> 150.4	63 <b>Eu</b> 152.0	64 <b>Gd</b> 157.3	65 <b>Tb</b> 158.9	66 <b>Dy</b> 162.5	67 <b>Ho</b> 164.9	68 <b>Er</b> 167.3	69 <b>Tm</b> 168.9	70 <b>Yb</b> 173.1	71 <b>Lu</b> 175.0		
		90 <b>Th</b> 232.0	91 <b>Pa</b> 231.0	92 <b>U</b> 238.0	93 <b>Np</b> (237)	94 <b>Pu</b> (244)	95 <b>Am</b> (243)	96 <b>Cm</b> (247)	97 <b>Bk</b> (247)	98 <b>Cf</b> (251)	99 <b>Es</b> (252)	100 <b>Fm</b> (257)	101 <b>Md</b> (258)	102 <b>No</b> (259)	103 <b>Lr</b> (262)		

**OLIMPIADA DE QUÍMICA 2018-19**  
**FASE LOCAL – Problemes**  
**7 de març de 2019**



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



International Year  
of the Periodic Table  
of Chemical Elements

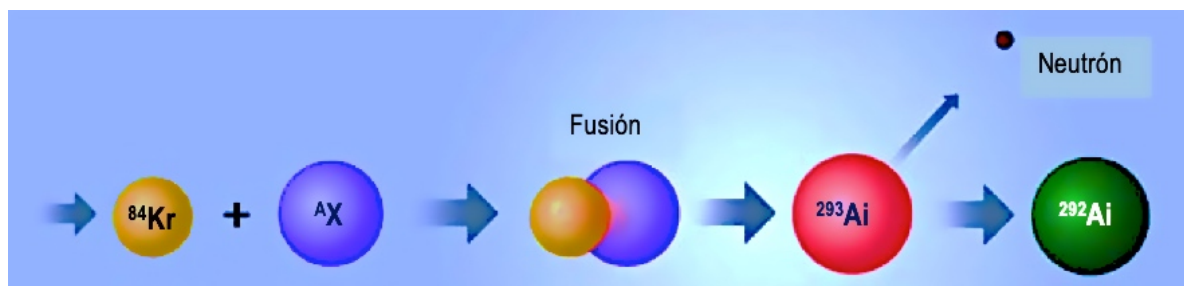
Disposeu d'un temps màxim de **noranta minuts** per aquesta part de la prova.  
Contesteu cada problema en un full separat i empleueu la plantilla amb els resultats. Escriviu el vostre nom en tots els fulls. Al final del text es proporcionen algunes dades i la taula periòdica.  
**Aquesta part pondera amb un 60 % de la nota final.**

**Problema 1: La síntesi de l'“Aigori” (20 punts)**

Aigor, el fidel i inepte ajudant del professor Sergei Deveraux, la inefable becària Pepita Borderline i el tècnic de laboratori Manolo von Vortex han aconseguit allò que des de fa anys percacen multitud de grups d'investigadors d'indubtable prestigi internacional: la “cold fusion”, procediment de síntesi de nous elements químics a temperatures relativament baixes comparades amb les necessàries per a la fusió nuclear, anunciat el 1984 pels americans Stanley Pons i Martin Fleischmann.

L'èxit assolit per Aigor i els seus col·legues s'ha aconseguit amb un reactor de fusió portàtil que Aigor i Manolo han construït quan pretenien arreglar una vella geladora amb la qual fabricar la famosa orxata valenciana. Amb aquesta increïble màquina i allò après amb el professor Deveraux respecte de la síntesi de nous elements després de la seua estada en Berkeley amb Seaborg, McMillan i Ghiorso, han aconseguit sintetitzar uns pocs àtoms del nou element número 119 de la Taula Periòdica, al qual han batejat provisionalment amb el nom d'“aigori” (Ai) fins que la IUPAC decidisca el nom oficial del mateix. Mitjançant un espectròmetre de masses han determinat que el núclid obtingut té un número màssic de 299.

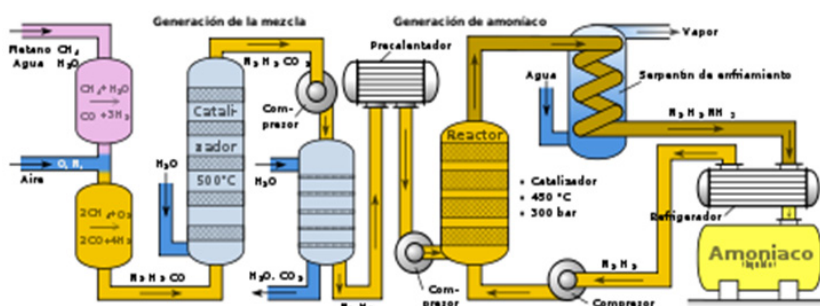
Un esquema del procés de fusió que han realitzat és el següent:



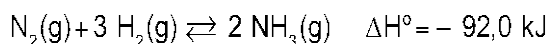
- Escriu l'estructura electrònica de l'“aigori”. (4 punts)
- Especifiqueu el número de cadascuna de les partícules que contenen ambdós nuclis d'Ai. (4 punts)
- Identifiqueu el grup i el període de la Taula Periòdica als quals pertany aquest hipotètic element. (4 punts)
- Expliqueu si l'“aigori” és diamagnètic o paramagnètic. (4 punts)
- A l'esquema del procés, s'observa que el projectil que han emprat per bombardejar és un isòtop de kriptò de número màssic 84. Quin és l'isòtop  $^AX$  que han utilitzat com blanc? (4 punts)

## Problema 2: Procés Haber-Bosh. Una fita en la química del segle XX. (30 punts)

El 2018 es va complir el centenari de la concessió del premi Nobel de Química a Fritz Haber. El premi se li va atorgar en aconseguir sintetitzar amoníac a partir dels seus elements: nitrogen i hidrogen. Aquest descobriment, junt amb la ràpida aplicació industrial que es va produir per part de Carl Bosch (premi Nobel el 1931), va permetre disposar de grans quantitats d'amoníac, i representa un exemple de com, en ciència, un mateix fet, pot utilitzar-se per millorar la qualitat de vida o, pel contrari, per a contribuir a la seua destrucció. L'amoníac és una substància clau per a l'obtenció de fertilitzants de síntesi. Gràcies a ells s'ha aconseguit millorar el rendiment de les collites, la qual cosa ajuda a sostindre l'alimentació de la població mundial. L'amoníac també ha estat emprat com matèria primera en la fabricació d'explosius i molts altres productes. Els explosius s'han mostrat imprescindibles en multitud d'obres d'enginyeria civil però també han estat utilitzats com armes de destrucció en les nombroses guerres desenvolupades al segle XX.



La reacció d'obtenció de l' $\text{NH}_3$  és la següent:



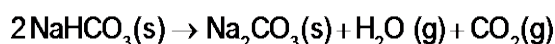
En un reactor s'introdueixen hidrogen i nitrogen en proporcions estequiomètriques. El reactor es tanca i s'escalfa, en presència d'un catalitzador, fins una temperatura de 400 °C. Una vegada establert l'equilibri, es mesura la pressió total, que resulta ser de 10 atm. A continuació, s'extreu una mostra i s'analitza. En aquesta mescla gasosa es troba una proporció, en mols de amoníac, del 30%.

Calculeu:

- El valor de  $K_p$  a la temperatura del procés. (15 punts)
- El valor de  $K_c$  a eixa temperatura. (5 punts)
- Si es desitjara augmentar la proporció d'amoníac obtingut, caldria treballar a temperatures altes o baixes? Justifiqueu la resposta. (5 punts)
- D'acord amb la resposta de l'apartat c), et sembla raonable que s'utilitze una temperatura de 400 °C per a aquest procés? Raoneu la resposta. (5 punts)

### Problema 3: Una recepta ... molt química (50 punts)

En moltes receptes de galetes s'afegeix hidrogencarbonat de sodi ( $\text{NaHCO}_3$ , habitualment anomenat "bicarbonat sòdic", additiu alimentari amb el codi E-500) per a que en fornejar-les es lliure diòxid de carboni. Aquest gas queda "atrapat" dins la galeta i fa que estiga més esponjosa. La reacció que té lloc és la següent:



a) Calculeu  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta S^\circ$  i  $\Delta G^\circ$  a  $25^\circ \text{C}$  i 1 atm a partir de les dades tabulades següents: (10 punts)

	$\text{NaHCO}_3(\text{s})$	$\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$
$\Delta H^\circ / \text{kJ/mol}$	- 947,7	- 1131	- 241,8	- 393,5
$S^\circ / \text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$	102,1	136,0	188,7	213,6

b) Quina temperatura mínima haurà d'assolir el forn per tal que es produisca l'alliberament de  $\text{CO}_2$ ? (10 punts)

c) Quan a alguns cuiners se'ls crema l'oli, tiren hidrogencarbonat de sodi per sufocar les flames. Calculeu quanta calor (a pressió constant) s'absorbeix en descompondre's 20,0 g de la sal. (5 punts)

d) A l'elaboració industrial de galetes moltes vegades, a més d'hidrogencarbonat de sodi, s'afegeix crémor tàrtar,  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  (E-336), perquè en reaccionar ambdós compostos es desprèn  $\text{CO}_2$ , segons la següent reacció:



Per tal que les galetes queden esponjoses, cal que es generen 7,5 L de  $\text{CO}_2$  per cada kg de galetes. A més, per tal que no s'altere el gust no ha de quedar ningun residu de  $\text{NaHCO}_3$  però sí un xicotet residu de crémor tàrtar (0,5% en pes). La cocció es realitza a  $240^\circ \text{C}$  i 0,73 atm al llarg de 35 minuts. Quina quantitat de bicarbonat de sodi i de crémor tàrtar caldrà per preparar 10 kg de galetes? (10 punts)

e) El crémor tàrtar comercial es ven en forma d'una mescla que conté un 20% en pes de  $\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$  i la resta de llet. Calculeu quants grams d'aquesta forma comercial caldrà afegir. (5 punts)

f) Si en una de las vegades que el pastisser desitja preparar 10,0 kg de galetes, s'oblida afegir el crémor tàrtar, quina diferència de volum de  $\text{CO}_2$  es produirà? (10 punts)

**DADES:**  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ;  $760 \text{ mmHg} = 1 \text{ atm}$

## TAULA PERIÒDICA DELS ELEMENTS

1A																	8A
1	2											13	14	15	16	17	2
H	2A											3A	4A	5A	6A	7A	He
1.008												10.81	12.01	14.01	16.00	19.00	4.003
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
6.941	9.012											10.81	12.01	14.01	16.00	19.00	20.18
11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Na	Mg	3B	4B	5B	6B	7B	8B	8B	8B	1B	2B	Al	Si	P	S	Cl	Ar
22.99	24.31											26.98	28.09	30.97	32.06	35.45	39.95
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
39.10	40.08	44.96	47.87	50.94	52.00	54.94	55.85	58.93	58.69	63.55	65.38	69.72	72.63	74.92	78.97	79.90	83.80
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
85.47	87.62	88.91	91.22	92.91	95.95	(98)	101.1	102.9	106.4	107.9	112.4	114.8	118.7	121.8	127.6	126.9	131.3
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
132.9	137.3	138.9	178.5	181.0	183.8	186.2	190.2	192.2	195.1	197.0	200.6	204.4	207.2	209.0	(209)	(210)	(222)
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
(223)	(226)	(227)	(265)	(268)	(271)	(270)	(277)	(276)	(281)	(280)	(285)	(286)	(289)	(289)	(293)	(294)	(294)
119	120																
Uue	Ubn	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		140.1	140.9	144.2	(145)	150.4	152.0	157.3	158.9	162.5	164.9	167.3	168.9	173.1	175.0		
		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		
		232.0	231.0	238.0	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(262)		