



El hidrógeno

Los elementos del bloque s



Química Inorgánica I



Créditos y referencias

El material que sigue está conformado por trabajo original así como material tomado de varias fuentes, entre ellas:

- “Principles of Inorganic Chemistry”, J.E. Huheey, E.A. Keiter, R.L. Keiter, Harper-Collins, NY, 1993.
- “Química Inorgánica Descriptiva” Geoff Rayner Canham; Pearson Educación, México, 2000.
- “Principles of Descriptive Inorganic Chemistry”, G. Wulfsberg, University Science Books, Mill Valley, 1991.
- También se presenta material tomado de sitios accesibles por Internet. En la medida de lo posible se menciona la dirección URL donde se puede consultar el material.



La química descriptiva

La 3^a y última etapa del curso será dedicada casi enteramente a la *química descriptiva*.

- Entenderemos a ésta como la que describe las características de los elementos químicos tales como su abundancia, la forma en que se presentan en la naturaleza, su reactividad esencial, sus compuestos relevantes, sus particularidades y hasta sus aplicaciones.
- Siempre que sea relevante, relacionaremos la química que manifiestan los elementos con los modelos y teorías de los que disponemos para explicar sus propiedades.



El hidrógeno

- No es un metal
- Tiene una electronegatividad elevada (2.2)
- No tiene electrones de *core* ($1s^1$)
- No forma fácilmente el catión H^+
($I_1 = 1312 \text{ kJ/mol}$)

Entonces:

¿por qué se le asigna al grupo 1?



El hidrógeno ... cont.

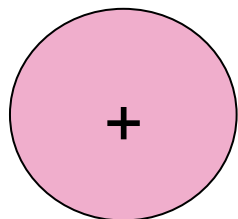
¿En cuál otro grupo se podría acomodar?

Electronegatividad = 2.2

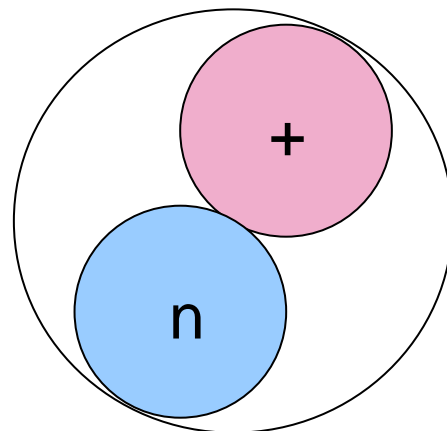
Isótopos:	Abundancia relativa (%)
Protio: ^1H .	99.985
Deuterio: ^2H ó D.	0.015
Tritio: ^3H ó T (radiactivo)	0



Los isótopos del hidrógeno

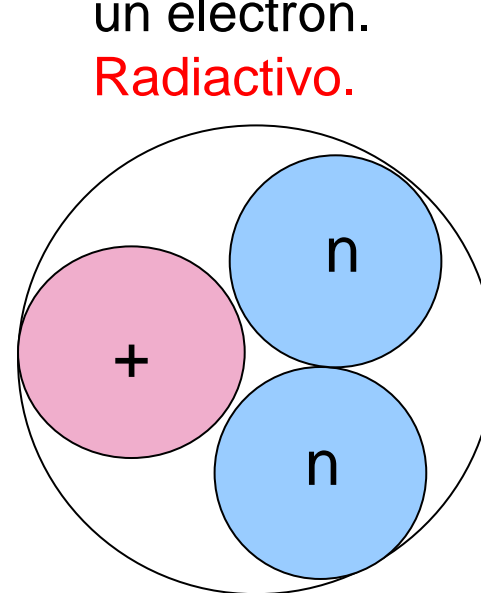


Protio: ${}^1\text{H}$
un protón,
un electrón.
Estable.



Deuterio: ${}^2\text{H}$ ó D
un protón,
un neutrón,
un electrón.
Estable.

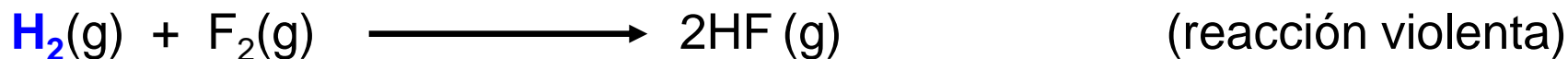
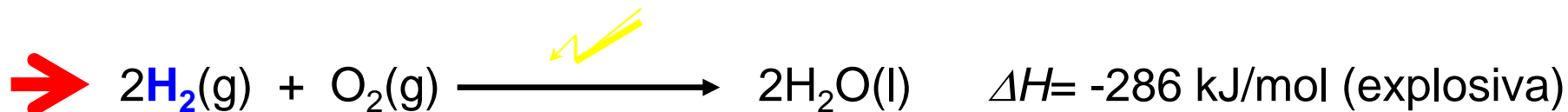
Tritio: ${}^3\text{H}$ ó T
un protón,
dos neutrones,
un electrón.
Radiactivo.



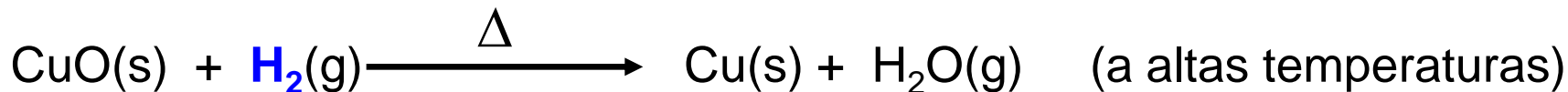
La escala es relativa,
no es la real.



El hidrógeno ... cont.



Como agente reductor:



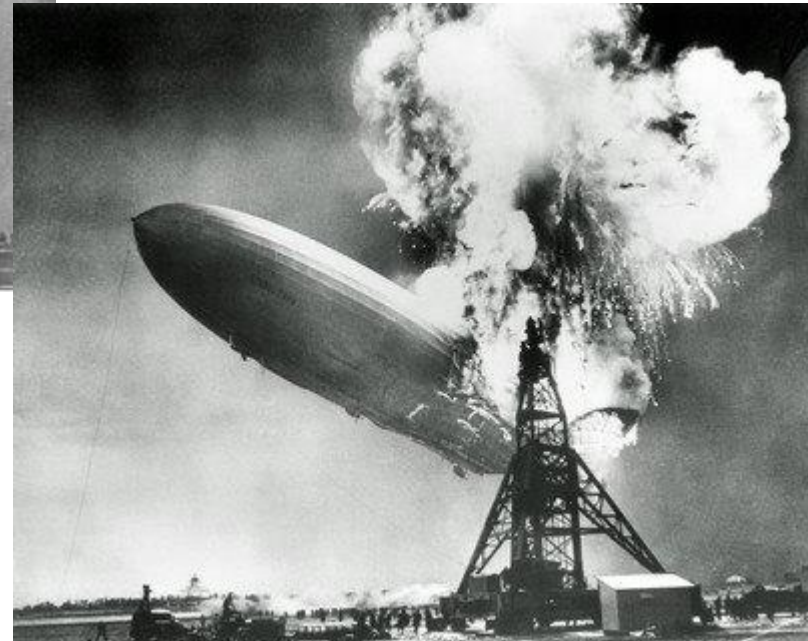


El hidrógeno ... cont.





El hidrógeno ... cont.





Hidruros

■ Iónicos
■ Metálicos
■ Covalentes

Li	Be																	He
Na	Mg											B	C	N	O	F	Ne	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub							



Hidruros

- **Covalentes**

Moleculares: B_2H_6 , CH_4 , SiH_4 , NH_3 , $H_2O(l)$, H_2S , $HF(l)$

Concatenados: B_nH_{n+6} , C_nH_{2n+2}

- **Iónicos**

LiH , NaH , CaH_2 , CuH , AlH_3

- **Metálicos**

UH_3 , NiH , ZrH_2

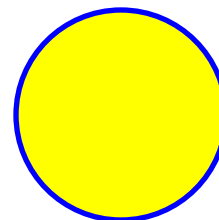


El hidrógeno y sus iones

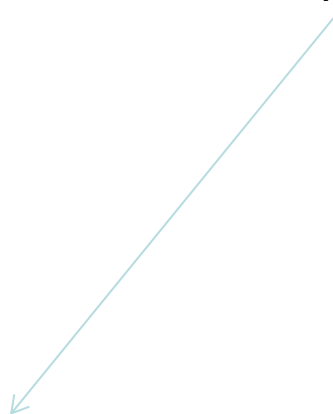
$r(\text{H}) = 78 \text{ pm}$ 

$r(\text{H}^+) = 0.00066 \text{ pm}$ 

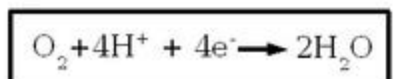
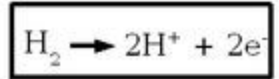
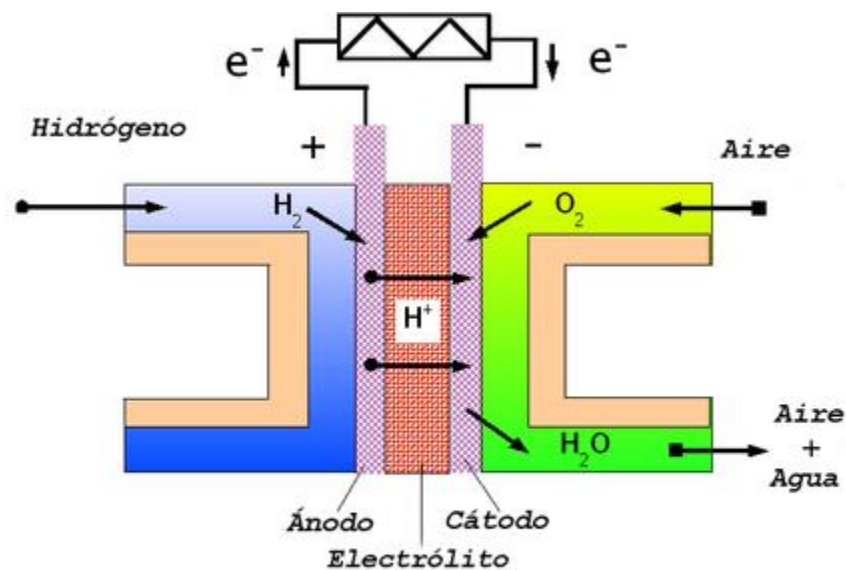
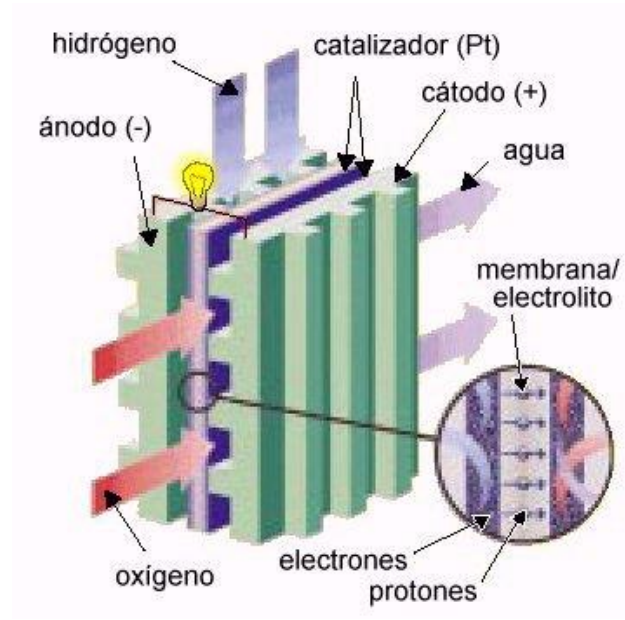
$r(\text{H}^-) = 138 \text{ pm}$ (similar al del F^-)



ampliado millones de veces



Celda de combustible de hidrógeno

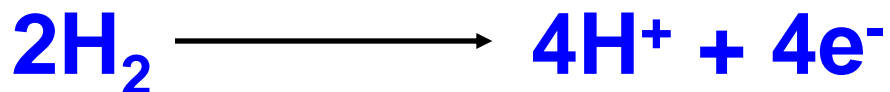




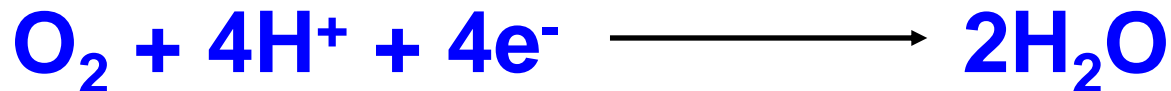
Celdas de combustible

- Reacciones en una celda de hidrógeno:

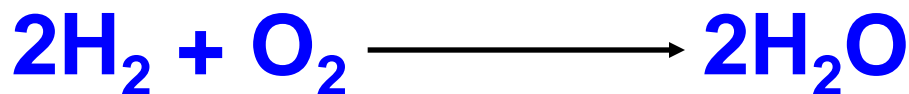
En el ánodo:



En el cátodo:



Reacción neta:





Celdas de combustible

- En condiciones normales, las semireacciones de reducción son:



La reacción global es: a - 2b



El problema es cómo obtener el hidrógeno y almacenarlo. Se puede obtener por medios termoquímicos o electroquímicos. Ya se ensayan diversas formas de almacenamiento. Se dice que su producto es «limpio» ya que es agua. **¿Estás de acuerdo?**



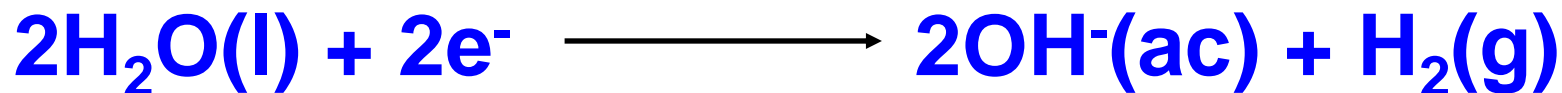
Obtención de hidrógeno

- Hidrólisis en una celda con NaOH ó KOH :

En el ánodo:



En el cátodo:



Reacción neta:





La pregunta es:

¿Queremos tener en las
ciudades muchos
más autos aunque sean
“limpios”?



Contaminación
en Harbin, China.
octubre de 2013



Contaminación en Beijing (Pekin), China.

octubre de 2013



El transporte en Copenhague





La educación vial en Helsingør, Dinamarca.



El bloque s

1	Metales alcalinos																18
1 H	2	Metales alcalinotérreos										13	14	15	16	17	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
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	57-71	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	89-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Uuu	112 Uuu	113 Uuu	114 Uuu	115 Uuu	116 Uuu	117 Uuu	118 Uuu

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	71 Lu
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	103 Lr



Alcalinos: propiedades generales

- Todos metálicos
- Muy reactivos*
- Todos son metales suaves, blancos y lustrosos que se opacan rápidamente al contacto con el aire.
- Las cabezas de grupo muestran algunas anomalías en comportamiento pero claramente comparten propiedades con los demás elementos del grupo.
- Li, por ejemplo, es el que forma los compuestos menos iónicos, incluso algunos covalentes.

* Ver reactividad “*in vivo*” en esta liga: ***Braniak, Alkali Metals***



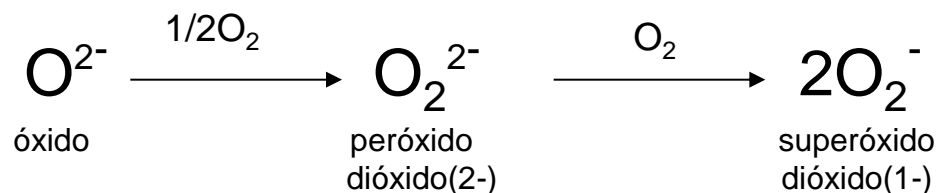
Alcalinos: óxidos

Producto preferente en su reacción con oxígeno:

Li: Li_2O el óxido

Na: Na_2O_2 el peróxido

Los demás: KO_2 , RbO_2 , CsO_2 el superóxido



La reactividad y propiedades del litio, cabeza del grupo, son diferentes a las del resto del grupo. Su pequeño tamaño y su electronegatividad son determinantes.



Alcalinos: hidróxidos

<u>Hidróxidos</u>	<u>Solubilidad (g/100g de agua)</u>
LiOH	13
NaOH	108
KOH	113
RbOH	198
CsOH	386

Preguntas:

- El litio se parece más al magnesio, ¿por qué?
- ¿Cómo se produce industrialmente la sosa cáustica?
- ¿Cuál de los hidróxidos alcalinos tiene la mayor importancia comercial y por qué?
- ¿Qué uso extraño en panificación se le da a la sosa cáustica?



Halogenuros, solubilidad

- Casi todos los compuestos de metales alcalinos son solubles.
- Los halogenuros no son la excepción, pero su solubilidad depende del halogenuro de que se trate.
- La solubilidad de un compuesto depende, como ya se vio, de aspectos entálpicos y entrópicos.



... Halogenuros, solubilidad

(ΔH_{sol})

$(T\Delta S_{\text{sol}})$

(ΔG_{sol})

	Solubilidad (mol/l)	U_0	ΔH_{hid}	$U_0 - \Delta H_{\text{hid}}$	$T\Delta S_{\text{red}}$	$T\Delta S_{\text{hid}}$	$\Delta s_{\text{red}} - \Delta H_{\text{hid}}$	ΔG_{sol}
NaF	0.099	930	-929	1	72	-74	-2	+3
NaCl	0.62	788	-784	4	68	-55	13	-9
NaBr	0.92	752	-753	-1	68	-50	18	-19
NaI	1.23	704	-713	-9	68	-45	23	-32

La última columna correlaciona con la solubilidad.

(T= 298 K, unidades de la tabla: kJ/mol)



Alcalinos: halogenuros

- Se producen cerca de 150 millones de toneladas al año de NaCl. (necesitamos 3g/día)
- México es uno de los principales productores de NaCl por el método de evaporación de salmuera marina sobre sustrato salino de sal de roca. (Guerrero Negro, BC)
- El KCl se usa principalmente como fertilizante. 45 millones de toneladas anualmente.
¿Qué otro uso se le da en la dieta?



La sal

- El agua de mar contiene una mezcla de sales disueltas. El NaCl representa el 78% de éstas, en promedio.
- Posee carbonatos y sulfatos de calcio que son menos solubles que el cloruro de sodio.
- La sal cosechada en los evaporadores contiene aún cloruros de magnesio y potasio entre otras debido principalmente a residuos de salmuera entre los cristales de sal.
- Guerrero Negro produce 7000 toneladas anualmente*.
- ¿Cómo se obtiene masivamente la sal del mundo?

* Salinera de Guerrero Negro BCS



Guerrero Negro



Está considerada entre las salinas más grandes del mundo. Aquí se emplea la técnica de evaporación de salmueras para la obtención de NaCl.





Guerrero Negro



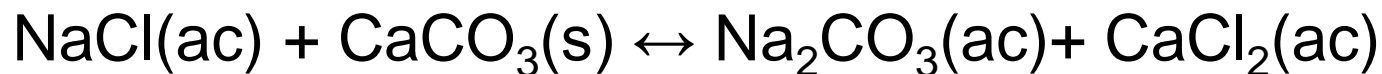
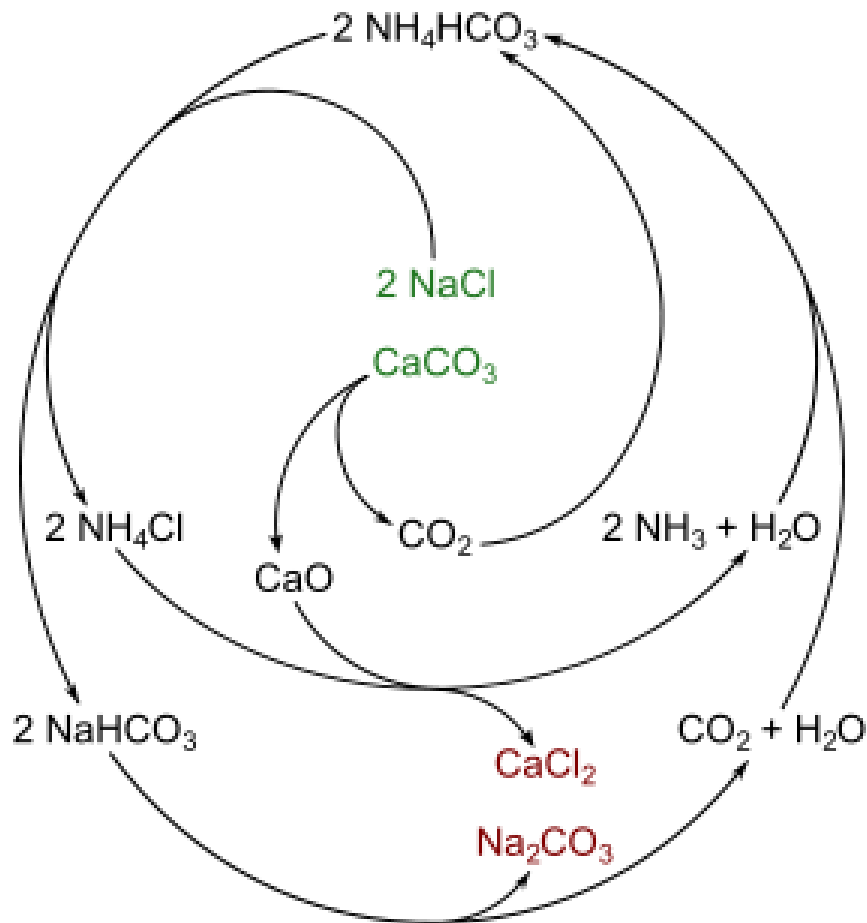


Alcalinos: carbonatos

- El carbonato de sodio es el 9^o compuesto inorgánico más importante. ¿Por qué?
- ¿Qué es el proceso **Solvay**?
- ¿Por qué es importante este proceso?
- ¿Por qué en muchos lugares ya está en desuso?
- ¿Cuáles son los dos principales usos del bicarbonato de sodio?



El proceso Solvay





Alcalinos: compuestos



- ¿De qué están hechos los acantilados de Dover?
- ¿Por qué no se han disuelto en el mar?



Alcalinos: propiedades relevantes

- Todos los óxidos de metales alcalinos reaccionan vigorosamente con agua produciendo el hidróxido correspondiente. Son, por lo tanto, *óxidos básicos*.



- A su vez, los hidróxidos en solución acuosa absorben el CO_2 disuelto produciendo el carbonato correspondiente.

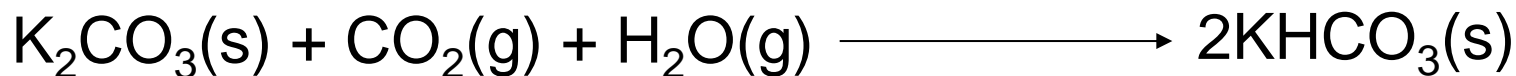
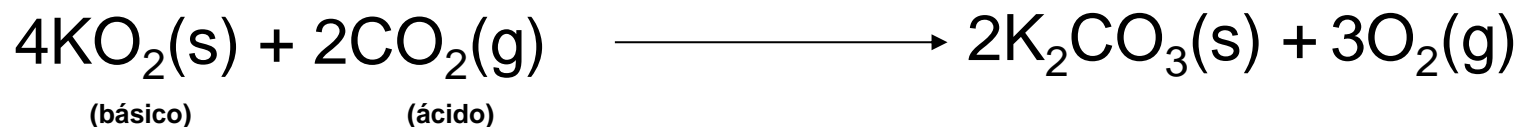


- El hidróxido más barato es el de sodio. Su producción ocupa el 6^o lugar entre las sustancias inorgánicas más importantes.



Alcalinos: propiedades relevantes

- El superóxido de potasio se aprovecha en equipos de respiración en cápsulas espaciales y submarinos.



Investigar:

¿Qué es y cómo funciona la llamada bomba de sodio y potasio?



Alcalinos: otros usos y propiedades

- El litio exhibe relaciones diagonales. Menciona tres de estas relaciones y explica en qué se parece al Mg.
- El litio, el sodio y el potasio son indispensables para la vida, aunque en diferentes proporciones.
- Se requiere aproximadamente un gramo de sodio al día.
- (Investigar: ¿Cuánto sodio tiene una sopa Maruchan®?)
- En cambio, una concentración en sangre del ion Li^+ mayor a 1×10^{-3} molar puede causar un paro cardíaco.
- ¿Qué papel juegan los metales alcalinos en las baterías alcalinas?



Alcalinotérreos: propiedades generales

- Todos son metales
- Magnesio se parece a Zn. **¿Por qué?**
- Berilio, cabeza de grupo, es muy diferente, se parece al Aluminio. Por ejemplo, su óxido BeO es claramente covalente.
- Los demás, Ca, Sr, Ba y Ra son más similares entre sí.
- Su reactividad aumenta con el número atómico, aunque son menos reactivos que los alcalinos.
- Todos forman nitruros mientras que sólo el litio lo hace en los alcalinos



Alcalinotérreos: berilio

- Aunque berilio manifiesta propiedades metálicas, presenta también semejanzas con los semimetales.
- Berilio es de un sabor dulce pero es **MUY TÓXICO** ($LD_{50} = 317 \text{ mg/kg}$ vs 8100 mg/kg de Mg en ratas).
- El berilio presenta una química covalente importante.
- El berilio forma parte de una gema muy cara. **¿Cuál?**
- Por ser el metal de menor número atómico que es estable al aire, el berilio es transparente a los rayos X. Por eso se le emplea en las ventanas de las lámparas de rayos X.



Alcalinotérreos: magnesio

- La principal fuente de magnesio es el agua de mar. Un km^3 de agua de mar contiene 10^6 toneladas de Mg^{2+} .
- A temperatura ambiente Mg se oxida lentamente en el aire, pero con calor se oxida violentamente.



- Mg forma enlaces covalentes entre carbono y halógenos



reactivo de Grignard

- El Mg es un metal muy ligero: (1.74 g/cm^3) lo que le permite formar aleaciones ligeras y resistentes.
- Por esta razón se le empleó en transportes militares pero se dejó de usar en barcos durante la guerra de las Malvinas, ¿por qué?



Alcalinotérreos: calcio

- El calcio es el quinto elemento más abundante en La Tierra.
- A diferencia del berilio, el calcio es *radio opaco*. ¿Por qué?
- La oxidación de calcio es parecida a la de magnesio pero diferente a la del bario. **Escribe las reacciones.**
- El mármol es principalmente carbonato de calcio. Se originó hace como 135 millones de años en los lechos marinos.
¿Qué reacción origina el lento deterioro de las esculturas de mármol en las ciudades?
- ¿Qué es el cemento, el yeso, el alabastro y la piedra caliza?



Los alcalinotérreos y la vida

¿Cuáles son los metales alcalinotérreos más importantes en los sistemas biológicos y qué papel desempeñan cada uno?

Escribe la reacción de un metal alcalino en agua.

Escribe la reacción de un metal alcalinotérreo en agua.

Escribe la reacción de un metal alcalino con O_2 .

Escribe la reacción de un metal alcalinotérreo con O_2 .



Para saber más:

- “Comparative Inorganic Chemistry” 3rd ed, B. Moody, Edward Arnold, London 1991.
- “Chemistry of the Elements” N.N. Greenwood and A. Earnshaw; Pergamon Press, Oxford 1986.
- Así como los libros de texto de su bibliografía.