

Nome _____	Apellidos _____
DNI: _____	Data de nacemento ___/___/_____

**INSTRUCCIONES:** Marque con una cruz (X) la casilla correspondiente al apartado de la respuesta correcta /

**INSTRUCCIÓNs:** Marque cunha cruz (X) a casa correspondente ao apartado da resposta correcta

Cuestión	Respuesta/Resposta				
	a	b	c	d	e
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Nombre \_\_\_\_\_ Apellidos \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_ Fecha de nacimiento \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

### PROBLEMA 1

Dos estudiantes de química tienen una idea para emprender un proyecto empresarial con el apoyo de la universidad. Ambos están seguros de que su idea puede ser el origen de una empresa innovadora con sede en Galicia. Aunque tienen una enorme ilusión necesitan ayuda para perfilar su proyecto, por ese motivo solicitan tu colaboración para conocer cuales son las posibilidades reales de su proyecto.

La idea consiste en crear un biocatalizador capaz de transformar el carbón en gas natural, en la actualidad existen enormes proyectos internacionales en esta línea, trabajando con catalizadores inorgánicos que generan un enorme impacto medioambiental y cuyo costo es muy elevado, la idea es crear un biocatalizador (una bacteria) capaz de realizar esta transformación de una forma económica y medioambientalmente sostenible, asegurando al mismo tiempo la independencia energética de un país como España que posee grandes reservas de carbón.

Las ecuaciones estequiométricas que expresan el proceso se presentan a continuación que expresan el proceso son las siguientes:

1.  $C + \_O_2 \rightarrow \_CO_2$   $\Delta H_r = -393,4 \text{ Mj/kmol}$
2.  $C + \_O_2 \rightarrow \_CO$   $\Delta H_r = -111,4 \text{ Mj/kmol}$
3.  $C + \_H_2O \rightarrow \_H_2 + \_CO$   $\Delta H_r = 130,5 \text{ Mj/kmol}$
4.  $C + \_CO_2 \rightarrow \_CO$   $\Delta H_r = 170,7 \text{ Mj/kmol}$
5.  $CO + \_H_2O \rightarrow \_H_2 + \_CO_2$   $\Delta H_r = -40,2 \text{ Mj/kmol}$
6.  $C + \_H_2 \rightarrow \_CH_4$   $\Delta H_r = -74,7 \text{ Mj/kmol}$

a) Señale cuáles de las reacciones anteriores son exotérmicas y cuales endotérmicas.

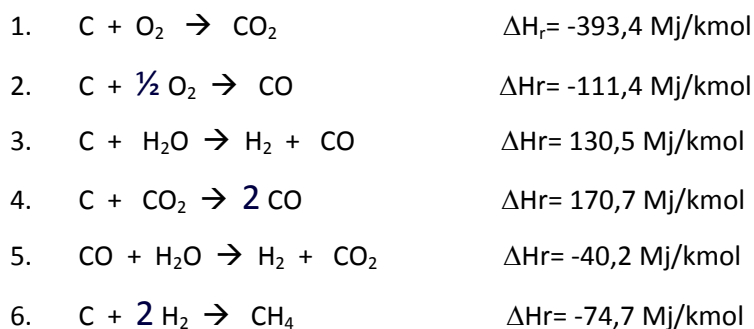
#### EXOTÉRMICAS

1.  $C + O_2 \rightarrow CO_2$   $\Delta H_r = -393,4 \text{ Mj/kmol}$
2.  $C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO$   $\Delta H_r = -111,4 \text{ Mj/kmol}$
5.  $CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$   $\Delta H_r = -40,2 \text{ Mj/kmol}$
6.  $C + 2 H_2 \rightarrow CH_4$   $\Delta H_r = -74,7 \text{ Mj/kmol}$

#### ENDOTÉRMICAS

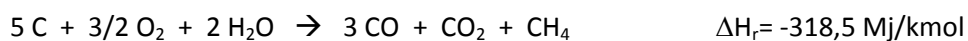
3.  $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$   $\Delta H_r = 130,5 \text{ Mj/kmol}$
4.  $C + CO_2 \rightarrow 2 CO$   $\Delta H_r = 170,7 \text{ Mj/kmol}$

b) Ajusta las reacciones anteriores.



c) Obten la reacción global neta que expresa el proceso y su entalpía de reacción.

Utilizando la Ley de Hess:



d) Una vez obtenida la reacción neta señala que elemento químico se oxida y cual se reduce, indicando cuáles son los estados de oxidación iniciales y finales.

C su estado cambia de 0 a +2/+4  $\rightarrow$  Se OXIDA

O su estado cambia de 0 a -2  $\rightarrow$  Se REDUCE

H su estado no cambia, se mantiene en +1

- e) Suponiendo que el aire posee un 20% en volumen de  $O_2$ , calcule que volumen de aire ( $m^3$ ) en condiciones normales es necesario para llenar una ojiva de 100L de volumen con metano a una temperatura de  $25^\circ C$  y a una presión de 200 atm.

1. Se calcula la cantidad de moles de  $CH_4$  (metano) necesarios para llenar una ojiva de 100L, utilizando la ecuación de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{200 \text{ atm} \cdot 100 \text{ L}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{^\circ K \cdot \text{mol}} \cdot (273,15 + 25)^\circ K} = 818,05 \text{ mol}$$

2. Con un factor de conversión:

$$\frac{x \text{ mol } O_2}{818,05 \text{ mol } CH_4} = \frac{1,5 \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } CH_4} = 1.227,08 \text{ mol } O_2$$

$$1.227,08 \text{ mol } O_2 \cdot \frac{22,4 \text{ L } O_2}{1 \text{ mol } O_2 \text{ CN}} = 27.486,48 \text{ L } O_2 \cdot \frac{100 \text{ L Aire}}{20 \text{ L } O_2} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 137,43 \text{ m}^3 \text{ Aire en CN}$$

- f) El problema del carbón Español, situado en León y Asturias, es que se trata de lignitos con un alto contenido en sulfuros, por esta razón este carbón en presencia de hidrógeno genera enormes cantidades de un gas altamente contaminante.

1. Podrías sugerir cuál es este gas.
2. Escribe la ecuación estequiométrica ajustada del proceso de generación de este gas.

1.  $H_2S$

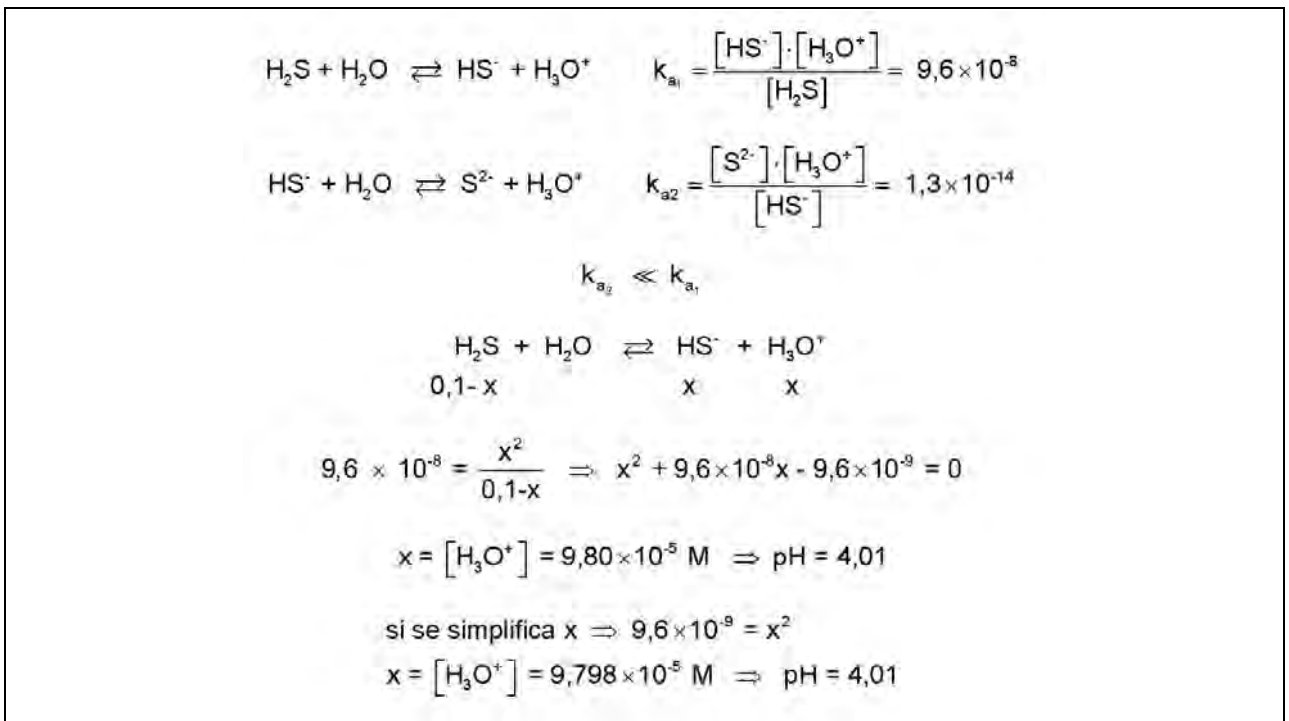
2.  $S + H_2 \rightarrow H_2S$

PROBLEMA 2

El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro que se puede producir durante procesos biológicos e industriales, siendo el más venenoso de los gases naturales (seis veces más letal que el monóxido de carbono). Este gas puede ser identificado en pequeñas concentraciones por su característico olor a huevos podridos (< 1 mg/kg). Sin embargo, a concentraciones superiores a 150 mg/kg produce una parálisis temporal de los nervios olfativos de la nariz, de manera que no se percibe su olor pudiendo dar lugar a un envenenamiento instantáneo y la muerte.

De entre sus características físico-químicas cabe destacar que el sulfuro de hidrógeno es más denso que el aire y que su solubilidad en agua es del orden de 0,1 mol/L a 20 °C, mostrando un comportamiento ácido (ácido sulfhídrico)

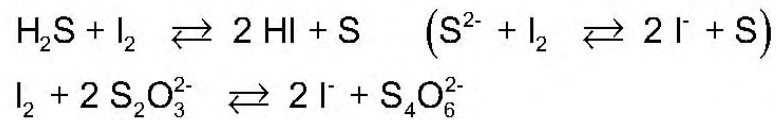
- a) Calcula el pH de una disolución saturada de H<sub>2</sub>S en agua (Nota: debido al pequeño valor de las constantes de acidez se pueden realizar simplificaciones).



Las sales del ácido sulfhídrico (sulfuros) se utilizan en numerosas aplicaciones, tanto industriales (pinturas, semiconductores,...), como clínicas (tratamientos dermatológicos). Uno de los usos conocidos del sulfuro de sodio es la eliminación del pelo de las pieles de vacuno en los procesos tradicionales de curtido. Las concentraciones de sulfuro requeridas para esta operación varían entre 2 y 3 % del peso de la piel. El coste medioambiental de estos procesos comporta unos vertidos de aguas residuales con un alto contenido en sólidos suspendidos, en materia orgánica y concentraciones elevadas de sulfuro. La normativa de vertido de aguas, que regula en cada cuenca los niveles máximos que pueden contener las aguas de vertido, establece valores máximos de concentración para el sulfuro en aguas de 10 mg/L.

Un método clásico para la determinación de la concentración de sulfuro en aguas se basa en la oxidación del sulfuro a azufre elemental, mediante la adición de un exceso de iodo en medio ácido (tamponado a pH 5,5 con HAc/NaAc) y posterior valoración del exceso de iodo con tiosulfato sódico (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que se oxida a tetrationato, S<sub>4</sub>O<sub>6</sub><sup>2-</sup>) utilizando almidón como indicador.

- a) Escribe y ajusta todas las reacciones que tienen lugar en el método de determinación



- b) Calcula la concentración de  $\text{H}_2\text{S}$  en un agua residual procedente de una curtiduría que se ha analizado según el siguiente procedimiento: a 200 mL de muestra de agua acidificada a pH 5,5 se le añaden 20 mL de disolución de  $\text{I}_2$  0,015 M, se agita un momento y se añaden 5 gotas de disolución de almidón al 0,5%; la disolución se valora con tiosulfato sódico 0,02 M hasta desaparición del color azul, consumiéndose 17,8 mL.

$$\begin{aligned} (n_{\text{I}_2})_{\text{tot}} &= (n_{\text{I}_2})_{\text{reac}} + (n_{\text{I}_2})_{\text{exc}} \\ (n_{\text{I}_2})_{\text{tot}} &= (20 \times 10^{-3}) \times 0,015 = 3 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{I}_2 \text{ totales} \\ 2 \times (n_{\text{I}_2})_{\text{exc}} &= n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}} \\ (n_{\text{I}_2})_{\text{exc}} &= \frac{(17,8 \times 10^{-3}) \times 0,02}{2} = 1,78 \times 10^{-4} \text{ moles } \text{I}_2 \text{ exceso} \\ (n_{\text{I}_2})_{\text{reac}} &= (n_{\text{I}_2})_{\text{tot}} - (n_{\text{I}_2})_{\text{exc}} = 1,22 \times 10^{-4} \text{ moles } \text{I}_2 \text{ reaccionan} \\ n_{\text{H}_2\text{S}} &= (n_{\text{I}_2})_{\text{reac}} = 1,22 \times 10^{-4} \text{ moles } \text{H}_2\text{S} \\ c_{\text{H}_2\text{S}} &= \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{V} = \frac{1,22 \times 10^{-4}}{0,200} = 6,1 \times 10^{-4} \text{ moles/L} \end{aligned}$$

- c) Indica si el agua residual analizada cumple con la normativa de vertidos en cuanto al contenido de sulfuros.

$$M_S = 32$$

$$6,1 \times 10^{-4} \frac{\text{moles H}_2\text{S}}{\text{L}} \times 32 \frac{\text{g S}^{2-}}{\text{mol H}_2\text{S}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 19,52 \text{ mg/L S}^{2-}$$

NO CUMPLE NORMATIVA

d) La marcha analítica del sulfhídrico, que se ha utilizado durante más de un siglo para realizar la determinación cualitativa de cationes, se basa en las propiedades precipitantes del ion sulfuro, que dependen del pH del medio. A modo de ejemplo, se puede indicar que los iones  $\text{Co}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  se encuentran en el grupo III de dicha marcha donde precipitan ambos como sulfuros, para posteriormente redisolver uno de ellos en medio ácido.

¿Es posible la separación directa de Co (II) y Mn (II), ambos con concentración 0,01 M, por precipitación de sus correspondientes sulfuros en una disolución acuosa saturada de  $\text{H}_2\text{S}$  ajustando el pH con una disolución amortiguadora ácido acético 1 M / acetato de sodio 1 M (pH=4,74)?

Disolución saturada  $\text{H}_2\text{S}$

$$c_{\text{H}_2\text{S}} = 0,1 \text{ M}$$

$$c_{\text{H}_2\text{S}} = [\text{H}_2\text{S}] + [\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}]$$

$$[\text{HS}^-] + [\text{S}^{2-}] \ll [\text{H}_2\text{S}] \Rightarrow [\text{H}_2\text{S}] = 0,1 \text{ M}$$

$$k_{a1} = \frac{[\text{HS}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad k_{a2} = \frac{[\text{S}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HS}^-]}$$

$$k_{a1} \cdot k_{a2} = \frac{[\text{S}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$(9,6 \times 10^{-8}) \cdot (1,3 \times 10^{-14}) = 1,25 \times 10^{-25} = \frac{[\text{S}^{2-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0,1}$$

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{1,25 \times 10^{-22}}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} = \frac{1,25 \times 10^{-22}}{(1,8 \times 10^{-5})^2} = 3,65 \times 10^{-13} \text{ M}$$

$$K_{\text{S}_{\text{CoS}}} = [\text{Co}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 4,6 \times 10^{-21}$$

$$c_{\text{Co}} \times c_{\text{S}} = 0,01 \times (3,65 \times 10^{-13}) = 3,65 \times 10^{-15} > K_{\text{S}_{\text{CoS}}} \Rightarrow \text{PRECIPITA}$$

$$K_{\text{S}_{\text{MnS}}} = [\text{Mn}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 9,7 \times 10^{-14}$$

$$c_{\text{Mn}} \times c_{\text{S}} = 0,01 \times (3,65 \times 10^{-13}) = 3,65 \times 10^{-15} < K_{\text{S}_{\text{MnS}}} \Rightarrow \text{NO PRECIPITA}$$

Datos:	ácido sulfhídrico	$k_{a1} = 9,6 \cdot 10^{-8}$	$k_{a2} = 1,3 \cdot 10^{-14}$
	ácido acético	$k_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$	
	sulfuro de cobalto (II)	$k_{\text{Sp}} = 4,6 \cdot 10^{-21}$	
	sulfuro de manganeso (II)	$k_{\text{Sp}} = 9,7 \cdot 10^{-14}$	
	masas atómicas relativas	H = 1; S = 32	

# XXXI OLIMPIADA GALLEGA DE QUÍMICA



7 de marzo de 2014

## PRUEBA B<sub>2</sub>



Nombre _____	Apellidos _____
DNI: _____	Fecha de nacimiento ____/____/____

### SUPUESTO PRÁCTICO

Lutecia Salina, joven Licenciada en Química, estaba escribiendo un libro sobre su materia favorita y vió, con horror, que un virus informático cambiaba el orden de las letras de varios conceptos y nombres químicos (columna A), aunque la definición o pista para reordenar las letras (columna B) había resultado intacta. Cuando Lutecia reordenó las letras de la columna A, escribiéndolas de forma correcta (columna C) tuvo una agradable sorpresa al comprobar que tomando la primera letra de cada uno de los nombres de la columna C (en el orden que indican los números), resultaba una frase que podría ayudarle a vender su libro.

¿Qué frase era?

COLUMNA A	COLUMNA B		COLUMNA C
VEIGROLO	Desvía la luz hacia la izquierda	1	LEVÓGIRO
CIODA	El vinagre contiene, y el zumo de limón también	2	ACIDO
ASSO	Algunos la apellidan cáustica	3	SOSA
OTANCO	Hidrocarburo saturado	4	OCTANO
NURIACO	Veneno potente	5	CIANURO
RIMEOSO	Tiene la misma fórmula empírica que otro	6	ISÓMERO
CLENOTER	Tiene carga negativa	7	ELECTRÓN
ROXDIGERTO	Desvía la luz hacia la derecha	8	DEXTRÓGIRO
HERNUSIAR	Formuló una famosa teoría	9	ARRHENIUS
RIMOED	Se obtiene de dos monómeros	10	DÍMERO
NORNUTE	Lo descubrió Chadwick	11	NEUTRÓN
SERTE	Cuando reacciona un ácido con un alcohol	12	ESTER
LAVONCETE	Enlace	13	COVALENTE
COSTRINEO	Alcalinotérreo	14	ESTRONCIO
FRICUSOLU	Ácido muy conocido	15	SULFÚRICO
ODIO	Halógeno	16	iodo
SARTOLON	Cambia de color con los ácidos	17	TORNASOL
ACRESION	Veneno favorito de los clásicos	18	ARSÉNICO
ROHB	Autor de unos famosos postulados	19	BOHR
ARUINO	Ocupa el puesto 92 en el Sistema Periódico	20	URANIO
BERIO	Lantánido	21	ERBIO
FLETANONA	Hidrocarburo aromático	22	NAFTALENO
ISOMO	Debajo del rutenio	23	OSMIO
ANISICLO	Polímero que se usa como aislante y para sellar juntas	24	SILICONA
CIMUIQA	La Ciencia favorita de Lutecia	25	QUÍMICA
EARU	La orina la contiene	26	UREA
OPOSITO	Tienen el mismo número atómico	27	ISÓTOPO
CLOMELUA	Avogadro utilizó el concepto	28	MOLÉCULA
INOCIO	Enlace	29	IÓNICO
NOBARCO	La vida conocida se apoya en este elemento	30	CARBONO
TORO	Un sustituyente junto a otro	31	ORTO
ASCRIANA	Endulza pero no engorda	32	SACARINA

FRASE PUBLICITARIA PARA PROMOCIONAR LA VENTA Y DIFUSIÓN DEL LIBRO DE LUTECIA:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
L	A	S	O	C	I	E	D	A	D	N	E	C	E	S	I	T	A

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
B	U	E	N	O	S	Q	U	Í	M	I	C	O	S