



### CRITERIOS GENERALES DE EVALUACIÓN.

El alumno deberá contestar a uno de los dos bloques A o B con sus problemas y cuestiones. Cada bloque consta de cinco preguntas. Cada una de las preguntas puntuará como máximo dos puntos.

La calificación máxima (entre paréntesis al final de cada pregunta) la alcanzarán aquellos ejercicios que, además de bien resueltos, estén bien explicados y argumentados, cuidando la sintaxis y la ortografía y utilizando correctamente el lenguaje científico, las relaciones entre las cantidades físicas, símbolos, unidades, etc.

### DATOS GENERALES.

Los valores de las constantes de equilibrio que aparecen en los problemas deben entenderse que hacen referencia a presiones expresadas en atmósferas y concentraciones expresadas en mol L<sup>-1</sup>. Constantes universales:

$$N_A = 6,0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$u = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$R = 8,3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{Masas atómicas: H= 1,008; N=14,01; O= 16,00; S= 32,07; Na= 22,99; Al= 27,00; Fe= 55,85; Ag= 107,90}$$

$$F = 96.485 \text{ C mol}^{-1}$$

$$1 \text{ atm} = 1,0133 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

### BLOQUE B - SOLUCIONES

- El hidrógeno y el oxígeno gaseosos reaccionan, en condiciones adecuadas, dando agua líquida. Si se hacen reaccionar 10 litros de H<sub>2</sub> con 3,5 litros de O<sub>2</sub> medidos en condiciones normales:
    - Escriba la reacción ajustada y determine qué gas y en qué cantidad, expresada en gramos, queda en exceso después de la reacción. (hasta 1,2 puntos)
    - ¿Qué volumen de agua medido en mL se obtiene? (hasta 0,8 puntos)
  - El ácido clorhídrico es un ácido fuerte el ácido acético, CH<sub>3</sub>-COOH, es un ácido (débil con una constante de disociación igual a 1,8 · 10<sup>-5</sup> .
    - Calcule el grado de disociación (en %) de una disolución 1 M de cada ácido. (hasta 0,7 puntos)
    - Calcule el grado de disociación (en %) de una disolución 10<sup>-2</sup> M de cada ácido. (hasta 0,7 puntos)
    - Relacione las respuestas anteriores y justifique las variaciones que observe. (hasta 0,6 puntos)
  - El azufre monoclinico sólido es una variedad alotrópica que está constituida por asociación de moléculas de octaazufre, S<sub>8</sub>. Si la densidad del azufre monoclinico, a 20 °C, es de 1,95 g/cm<sup>3</sup>, determine:
    - El número de moles que hay en un cristal de 0,5 mm<sup>3</sup> de volumen. (hasta 0,7 puntos)
    - El número de átomos que existen en dicho cristal. (hasta 0,7 puntos)
    - El número de moles de oxígeno que se necesitarían para quemar el cristal y obtener dióxido de azufre. (hasta 0,6 puntos)
  - En relación con los números cuánticos:
    - Defina el principio de exclusión de Pauli. (hasta 0,6 puntos)
    - ¿Qué define cada conjunto de números cuánticos n, l y m<sub>l</sub>? Razonando la respuesta deduzca si puede existir, en un átomo, más de un electrón con los siguientes números cuánticos: n = 2, l = 1 y m<sub>l</sub> = 0. (hasta 0,7 puntos)
    - En un átomo cuántos electrones, como máximo, pueden tener los siguientes valores de los números cuánticos n = 3 y l = 2? ¿Qué define cada conjunto de números cuánticos n y l? (hasta 0,7 puntos)
  - En el proceso electrolítico de una disolución acuosa ácida se producen hidrógeno y oxígeno.
    - Establezca ajustadas las semirreacciones de oxidación y de reducción, señalando el electrodo en el que se producen y la reacción global del proceso. (hasta 0,8 puntos)
    - Calcule la cantidad de oxígeno, en gramos, que se forma cuando una corriente de 1,5 amperios pasa durante 5 horas a través de la celda electrolítica. (hasta 0,6 puntos)
    - Calcule el volumen de hidrógeno obtenido durante el mismo proceso, en condiciones estándar. (hasta 0,6 puntos)
- 
- El hidrógeno y el oxígeno gaseosos reaccionan, en condiciones adecuadas, dando agua líquida. Si se hacen reaccionar 10 litros de H<sub>2</sub> con 3,5 litros de O<sub>2</sub> medidos en condiciones normales:
    - Escriba la reacción ajustada y determine qué gas y en qué cantidad, expresada en gramos, queda en exceso después de la reacción. (hasta 1,2 puntos)
    - ¿Qué volumen de agua medido en mL se obtiene? (hasta 0,8 puntos)

### SOLUCIÓN

La reacción que tiene lugar es:  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$  en la que vemos que por cada mol de Oxígeno reaccionan 2 moles de Hidrógeno, por lo que si se dispone de 3,5 y 10 litros de ambos, respectivamente, se agotará la cantidad de Oxígeno y sobrará Hidrógeno, de acuerdo con la estequiometría de la reacción, expresando los volúmenes en C.N. que es:

<b>2 H<sub>2</sub> (GAS) +</b>	<b>O<sub>2</sub> (GAS)</b>	<b>→</b>	<b>2 H<sub>2</sub>O (LÍQUIDA)</b>
2 mol = 2.22,4 L en CN	1 mol = 22,4 L en CN		2 mol = 2.18=36 g
X	3,5 Litros en C.N.		Y

De donde:  $X = \frac{3,5 \cdot 2,22,4}{22,4} = 7$  litros de Hidrógeno se gastarán,

por lo que sobran:  $10 - 7 = 3$  litros de H<sub>2</sub> en CN, sobrarán. Su masa se determina por medio de la ecuación

general de los gases ideales:  $P \cdot V = \frac{g}{Pm} \cdot R \cdot T$ , siendo  $Pm = 2$

$$1,3 = \frac{g}{2} \cdot 0,082 \cdot 273; g = \mathbf{0,268 \text{ g de H}_2 \text{ sobran}}$$

La cantidad de agua líquida que se forma es:  $\frac{3,5 \cdot 36}{22,4} = 5,62$  gramos de agua líquida.

Teniendo en cuenta que la densidad del agua líquida es 1 g/mL, el volumen de la misma que se formará es de **5,62 mL de agua líquida**

**2. El ácido clorhídrico es un ácido fuerte el ácido acético, CH<sub>3</sub>-COOH, es un ácido (débil con una constante de disociación igual a 1,8 · 10<sup>-5</sup> .**

- Calcule el grado de disociación (en %) de una disolución 1 M de cada ácido. (hasta 0,7 puntos)
- Calcule el grado de disociación (en %) de una disolución 10<sup>-2</sup> M de cada ácido. (hasta 0,7 puntos)
- Relacione las respuestas anteriores y justifique las variaciones que observe. (hasta 0,6 puntos)

**SOLUCIÓN**

El ácido clorhídrico es un ácido fuerte, y como tal se encuentra siempre completamente disociado, por lo que tanto para una disolución 1 M como 10<sup>-2</sup> Molar, su grado de disociación es del 100%

El ácido acético es un ácido débil, por lo que su disociación no es completa, teniendo que cumplirse en todos los casos la expresión de la constante de disociación, por lo que para los dos casos dados, tendremos:

	H Ac	⇌	Ac <sup>-</sup> +	H <sup>+</sup>	
Inicial	1 M		---	---	$Ka = \frac{[Ac^-] \cdot [H^+]}{[HAc]}; 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{1 - x}$
En equilibrio	1 - x		x	x	

donde podemos desprejciar "x" en el denominador pues es despreciable frente a 1 dado el pequeño valor de la constante de disociación, y así nos quedará:  $1,8 \cdot 10^{-5} = x^2 \implies x = 4,24 \cdot 10^{-3}$  y el grado de disociación será:

$$\alpha = \frac{4,24 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot 100 = \mathbf{0,42\%}$$

Para la segunda disolución, al tratarse de una disolución más diluida, la proporción de ácido disociada será mayor. Se determina de la misma forma:

	H Ac	⇌	Ac <sup>-</sup> +	H <sup>+</sup>	
Inicial	0,01 M		---	---	$Ka = \frac{[Ac^-] \cdot [H^+]}{[HAc]}; 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x \cdot x}{0,01 - x}$
En equilibrio	0,01 - x		x	x	

donde como la "x" en el denominador es despreciable frente a 0,1 dado el pequeño valor de la constante de

disociación, y así nos quedará:  $1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,01} \implies x = 4,24 \cdot 10^{-4}$  y el grado de disociación será:

$$\alpha = \frac{4,24 \cdot 10^{-4}}{0,01} \cdot 100 = \mathbf{4,24\%}$$

3. El azufre monoclinico sólido es una variedad alotrópica que está constituida por asociación de moléculas de octaazufre, S<sub>8</sub>. Si la densidad del azufre monoclinico, a 20 °C, es de 1,95 g/cm<sup>3</sup>, determine:

- El número de moles que hay en un cristal de 0,5 mm<sup>3</sup> de volumen. (hasta 0,7 puntos)
- El número de átomos que existen en dicho cristal. (hasta 0,7 puntos)
- El número de moles de oxígeno que se necesitarían para quemar el cristal y obtener dióxido de azufre. (hasta 0,6 puntos)

SOLUCIÓN

La masa de azufre que se tiene puede calcularse a partir de la expresión de la densidad, puesto que conocemos su valor (1,95 g/cm<sup>3</sup>) y el volumen de la muestra: 0,5 mm<sup>3</sup> = 5 · 10<sup>-4</sup> cm<sup>3</sup>

$d = \frac{m}{V}$ ;  $1,95 = \frac{g}{5 \cdot 10^{-4}}$ ;  $g = 9,74 \cdot 10^{-4}$  gramos y a partir de esta cantidad, podemos calcular el número de moles, moléculas y átomos teniendo en cuenta las relaciones entre ellos:

1 mol de S<sub>8</sub> --- 6,023 · 10<sup>23</sup> moléculas de S<sub>8</sub> -- 8,32,07 gramos  
 X ----- Y ----- 9,74 · 10<sup>-4</sup> gramos

$$X = \frac{9,74 \cdot 10^{-4} \cdot 1}{8,32,07} = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{ moles de S}_8$$

$$Y = \frac{9,74 \cdot 10^{-4} \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{8,32,07} = 2,29 \cdot 10^{18} \text{ moléculas de S}_8 \text{ hay en ese cristal. Dado que la fórmula molecular}$$

es S<sub>8</sub>, quiere decir que cada molécula contiene 8 átomos de S, por lo que el número total de átomos de azufre será: 8 · 2,29 · 10<sup>18</sup> = **1,83 · 10<sup>19</sup> átomos de S**

La cantidad de Oxígeno necesaria para quemar dicho cristal se determina teniendo en cuenta la estequiometría de la reacción de combustión:

Donde vemos que por cada mol de S<sub>8</sub> se necesitan 8 moles de O<sub>2</sub>

S <sub>8</sub> +	8.O <sub>2</sub>	→	8.SO <sub>2</sub>	X = 8 · 3,8 · 10 <sup>-6</sup> = <b>3,04 · 10<sup>-5</sup> moles de O<sub>2</sub></b> <b>serán necesarias para esa combustión</b>
1 mol	8 moles		8 moles	
3,8 · 10 <sup>-6</sup> moles	X		Y	

4. En relación con los números cuánticos:

- Defina el principio de exclusión de Pauli. (hasta 0,6 puntos)
- ¿Qué define cada conjunto de números cuánticos n, l y m<sub>l</sub>? Razonando la respuesta deduzca si puede existir, en un átomo, más de un electrón con los siguientes números cuánticos: n = 2, l = 1 y m<sub>l</sub> = 0. (hasta 0,7 puntos)
- En un átomo cuántos electrones, como máximo, pueden tener los siguientes valores de los números cuánticos n = 3 y l = 2? ¿Qué define cada conjunto de números cuánticos n y l? (hasta 0,7 puntos)

SOLUCIÓN

- Principio de exclusión de Pauli: "En un mismo átomo no pueden existir dos electrones con sus cuatro números cuánticos iguales"
- El número cuántico principal "n" nos indica el nivel de energía de un electrón. Está relacionado con el tamaño del orbital atómico. (Según la Teoría de Bohr nos da idea del valor del semieje mayor de la elipse que describe en esa órbita) Puede tomar los valores 1,2,3,4,...

El número cuántico secundario "l" nos indica los distintos subniveles energéticos que pueden existir en un nivel dado. Nos determina la forma espacial del orbital. (Según la Teoría de Bohr nos da idea del valor de l excentricidad de la elipse que describe en esa órbita, y por tanto de su forma) Puede tomar los valores: 0, 1, 2, 3,... hasta (n-1)

El número cuántico magnético orbital "m<sub>l</sub>" nos indica las posibles orientaciones espaciales del orbital, indicándonos cuantos orbitales de un determinado tipo hay dentro de cada subnivel energético. (Según la

Teoría de Bohr nos indica la orientación de la elipse que describe en esa órbita). Puede tomar los valores: -1, ..., -1, 0, +1, ...+1

Para los valores dados:  $n = 2$  ;  $l = 1$  ;  $m_l = 0$ , podrán existir dos electrones, pues pueden tener el cuarto número cuántico (el spin) diferente:  $+\frac{1}{2}$  y  $-\frac{1}{2}$

1º electrón:  $2, 1, 0, +\frac{1}{2}$

2º electrón  $2, 1, 0, -\frac{1}{2}$

c)	Para el valor de $n = 3$ , tenemos	n	l	$m_l$	spin	Nº electrones Total	
		3	0	0	$+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$	2	18
			1	-1 0 +1	$+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$ $+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$ $+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$	6	
			2	-2 -1 0 +1 +2	$+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$ $+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$ $+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$ $+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$ $+\frac{1}{2}; -\frac{1}{2}$	10	

Para  $n=3$  y  $l=2$  habrá 10 electrones

5. En el proceso electrolítico de una disolución acuosa ácida se producen hidrógeno y oxígeno.

a) Establezca ajustadas las semirreacciones de oxidación y de reducción, señalando el electrodo en el que se producen y la reacción global del proceso. (hasta 0,8 puntos)

b) Calcule la cantidad de oxígeno, en gramos, que se forma cuando una corriente de 1,5 amperios pasa durante 5 horas a través de la celda electrolítica. (hasta 0,6 puntos)

c) Calcule el volumen de hidrógeno obtenido durante el mismo proceso, en condiciones estándar. (hasta 0,6 puntos)

SOLUCIÓN

La disociación iónica del agua es:  $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

Por tanto al tener lugar la electrolisis de la misma, se producirá la reducción del  $H^+$  en el cátodo y la oxidación del ion  $OH^-$  en el ánodo, pudiendo calcular las cantidades desprendidas aplicando la expresión de la Ley de Faraday:

$$\frac{I \cdot t}{96485} = \frac{g \cdot v}{Pm}$$

, siendo I la intensidad de la corriente aplicada, que es la misma para ambos electrodos (1,5 A),

t el tiempo (5 horas =  $5 \cdot 3600 = 18000$  s), g la masa desprendida, v, la valencia, que en cada caso es el número de electrones intercambiados en la correspondiente semirreacción, y Pm el peso molecular (o masa molecular) del compuesto que se desprende.

Para ambos casos tenemos:

Cátodo (oxidación): $4 OH^- \rightarrow O_2 + 2 H_2O + 4 e^-$	$\frac{1,5 \cdot 18000}{96485} = \frac{g \cdot 4}{32}$ ; <b>g = 2,23 g de <math>O_2</math></b>
--	--

Para el caso de Hidrógeno, el volumen que ocupará la cantidad obtenida en condiciones estándar (1 atm y 25°C) se determina aplicando después la ecuación general de los gases ideales

Ánodo (reducción): $2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2$	$\frac{1,5 \cdot 18000}{96485} = \frac{g \cdot 2}{2}$ ; <b>g = 0,28 g de <math>H_2</math></b>  $1 \cdot V = \frac{0,28}{2} \cdot 0,082 \cdot 298$ ; <b>V = 3,42 litros de <math>H_2</math></b>
---	--