

## FUNDAMENTOS QUÍMICOS DE LA INGENIERÍA (Mecánicos)- Febrero 2020 - 2ª semana

### Problema (3,5 puntos)

1. Un gas de combustión con una composición en volumen determinada (7,2% oxígeno; 13,6% dióxido de carbono; 79,2% nitrógeno) se hace pasar por un evaporador, que está a 200°C y 743 mm Hg, en el que incorpora agua y vuelve a salir del evaporador, a 85°C y 740 mmHg, con una composición en volumen diferente ( 4,4 % oxígeno; 8,3 % dióxido de carbono; 48,3 % nitrógeno; 39% agua).
  - a) Por cada 100 L de gas que entra, calcular el volumen de gas que sale del evaporador. (1 punto)
  - b) Por cada 100 L de gas que entra, calcular el peso de agua evaporada. (1 punto)
  - c) Según el modelo de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (RPECV), determine como es la geometría molecular, la distribución de los pares de electrones y el momento dipolar de la molécula de agua. (0,75 puntos)
  - d) Razonar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones: (0,75 puntos)
    - d1. Hay más moléculas en 1 mol de oxígeno gas que en 1 mol de nitrógeno gas.
    - d2. En las mismas condiciones de P y T, 1 mol de oxígeno gas ocupa un mayor volumen que 1 mol de nitrógeno gas.
    - d3. Dos moles de oxígeno gaseoso contienen  $24,09 \cdot 10^{23}$  átomos.

Datos:  $R= 0,082 \text{ atm L/mol.K}$ ; masas atómicas, hidrógeno= 1; carbono= 12; nitrógeno= 14; oxígeno= 16.

### Cuestiones (1 punto cada una)

1. Determinar la entalpía de formación del etano (kJ/mol), conocidos los valores de la entalpía de combustión estándar del etano, -1560 kJ/mol, y las entalpías de combustión del carbono y del hidrógeno, -394 y -286 kJ/mol, respectivamente. Razonar si en el proceso de combustión del etano, la entropía del sistema aumenta o disminuye.
2. Determinar los gramos de hidróxido de cadmio que pueden disolverse en un litro y medio de agua a 25 °C, si el producto de solubilidad del hidróxido de cadmio es  $2,5 \cdot 10^{-14}$ . ¿Qué pH tendrá la disolución preparada?. Datos: masas atómicas, cadmio= 112,4; hidrógeno=1; oxígeno= 16.
3. Justifique: a) qué ocurrirá si se añaden limaduras de hierro metálico a una disolución de iones cobre (II). b) si se desprenderá hidrógeno al introducir una barra de cobre en una disolución de ácido clorhídrico. Datos:  $E^{\circ}(\text{ion cobre(II)/cobre metálico})= 0,34 \text{ V}$ ;  $E^{\circ}(\text{ion hidrógeno/hidrógeno molecular})= 0,00 \text{ V}$ ;  $E^{\circ}(\text{ion hierro(II)/hierro metálico})= -0,44 \text{ V}$
4. Respecto a los compuestos orgánicos propanona y propanal, justifique cuál de las siguientes afirmaciones es correcta: a) ambos compuestos son isómeros entre sí. b) el propanal es un alcohol. c) mediante oxidación de propanal se obtiene ácido propanoico. d) la propanona presenta isomería óptica. e) el propanol es un isómero de función del propanal.
5. Determine cuál será la temperatura de ebullición de una disolución acuosa de urea al 30 % en peso, si su masa molecular es 60 g/mol y la constante ebulloscópica del agua 0,52°C/m.

### Tema (1,5 puntos)

Aluminio: Fuentes y métodos de obtención

---

## SOLUCIONES

### Problema (3,5 puntos)

1. Un gas de combustión con una composición en volumen determinada (7,2% oxígeno; 13,6% dióxido de carbono; 79,2% nitrógeno) se hace pasar por un evaporador, que está a 200°C y 743 mm Hg, en el que incorpora agua y vuelve a salir del evaporador, a 85°C y 740 mmHg, con una composición en volumen diferente ( 4,4 % oxígeno; 8,3 % dióxido de carbono; 48,3 % nitrógeno; 39% agua).
  - a) Por cada 100 L de gas que entra, calcular el volumen de gas que sale del evaporador. (1 punto)
  - b) Por cada 100 L de gas que entra, calcular el peso de agua evaporada. (1 punto)
  - c) Según el modelo de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (RPECV), determine como es la geometría molecular, la distribución de los pares de electrones y el momento dipolar de la molécula de agua. (0,75 puntos)
  - d) Razonar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones: (0,75 puntos)
    - d1. Hay más moléculas en 1 mol de oxígeno gas que en 1 mol de nitrógeno gas.
    - d2. En las mismas condiciones de P y T, 1 mol de oxígeno gas ocupa un mayor volumen que 1 mol de nitrógeno gas.
    - d3. Dos moles de oxígeno gaseoso contienen  $24,09 \cdot 10^{23}$  átomos.

Datos:  $R= 0,082 \text{ atm L/mol.K}$ ; masas atómicas, hidrógeno= 1; carbono= 12; nitrógeno= 14; oxígeno= 16.

## RESOLUCIÓN

- a) Cuando hacemos pasar los 100 L de la mezcla de gases (7,2% oxígeno; 13,6% dióxido de carbono; 79,2% nitrógeno) por el evaporador, estos gases vuelven a salir sin sufrir modificación alguna, aunque ahora acompañados de vapor de agua, por lo que el porcentaje lógicamente cambia (4,4 % oxígeno; 8,3 % dióxido de carbono; 48,3 % nitrógeno; 39% agua). No obstante esos 100 L iniciales representan ahora el 61% del total (4,4 % oxígeno; 8,3 % dióxido de carbono; 48,3 % nitrógeno):

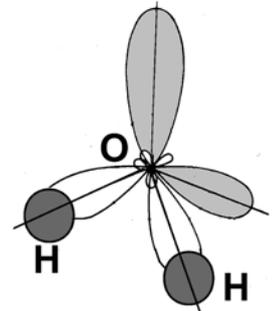
$$\left. \begin{array}{l} 100\text{L} \text{ --- } 61\% \\ x \text{ --- } 100\% \end{array} \right\} x = \frac{100 \cdot 100}{61}; \mathbf{x = 163,9 \text{ L totales salen del evaporador}}$$

- b) Si salen 163,9 L totales y 100 L corresponden a los gases iniciales, el resto (39%): 63,9 L serán de vapor de agua, cuya masa puede calcularse mediante la ecuación general de los gases:

$$P \cdot V = \frac{g}{P_m} \cdot R \cdot T \Rightarrow \frac{740}{760} \cdot 63,9 = \frac{g}{18} \cdot 0,082 \cdot 473; \mathbf{g = 28,89 \text{ g de agua}}$$

- c) En el caso de la molécula de agua, se forman enlaces entre el átomo de Oxígeno y los dos de Hidrógeno. Estos enlaces se forman a partir de los orbitales híbridos  $sp^3$  del Oxígeno, dos de los cuales contienen dos electrones, y los otros dos, con un electrón cada uno, se unen a los átomos de H, por lo que la estructura del agua es tetraédrica ligeramente distorsionada por la mayor repulsión entre los dos orbitales llenos que con los otros dos.

Los dos enlaces entre el átomo de Oxígeno y ambos Hidrógenos están muy polarizados debido a la diferencia de electronegatividad entre ambos átomos. Estos dos enlaces polarizados se refuerzan entre sí haciendo que la molécula posea un dipolo permanente con el polo positivo en la zona ocupada por los H, y el polo negativo en la parte contraria, ocupada por los dos orbitales llenos del Oxígeno.



Los ángulos que forman los orbitales deberían ser todos iguales, ( $109^\circ$ ) pero en el caso del agua, los dos orbitales completos, ejercen mayor repulsión entre ellos que con los otros dos, a los que se unen sendos átomos de Hidrógeno, por lo que el ángulo que forman éstos, es ligeramente inferior ( $104,5^\circ$ ) que es el ángulo de enlace del agua.

- d) 1) **FALSO** : Un mol de cualquier sustancia contiene el mismo número de moléculas: El  $n^\circ$  de Avogadro: 1 MOL  $\Rightarrow 6,023 \cdot 10^{23}$  moléculas

2) **FALSO**: De acuerdo con la Hipótesis de Avogadro: "Un mismo volumen de cualquier gas en las mismas condiciones de presión y temperatura contiene el mismo número de moléculas"

3) **VERDADERO**: Sabemos que 1 mol contiene el  $n^\circ$  de Avogadro ( $6,023 \cdot 10^{23}$ ) de moléculas, por tanto tendremos que:

2 moles =  $2,6,023 \cdot 10^{23} = 12,046 \cdot 10^{23}$  moléculas y como cada molécula de Oxígeno ( $O_2$ ) contiene 2 átomos, el  $n^\circ$  total de átomos será =  $2 \cdot 12,046 \cdot 10^{23} = 24,092 \cdot 10^{23}$  átomos de Oxígeno

**2 moles de  $O = 24,092 \cdot 10^{23}$  átomos de Oxígeno**

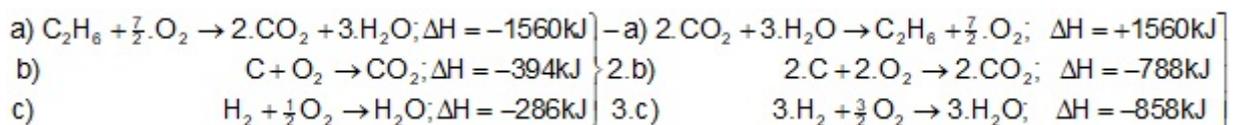
### Cuestiones (1 punto cada una)

1. Determinar la entalpía de formación del etano (kJ/mol), conocidos los valores de la entalpía de combustión estándar del etano, -1560 kJ/mol, y las entalpías de combustión del carbono y del hidrógeno, -394 y -286 kJ/mol, respectivamente. Razonar si en el proceso de combustión del etano, la entropía del sistema aumenta o disminuye.

#### RESOLUCIÓN

La reacción de formación del etano es:  $2 \cdot C + 3 \cdot H_2 \rightarrow C_2H_6$

Las reacciones que nos dan y la combinación de las mismas para obtener la anterior son:



Al sumarlas queda:  $2 \cdot C + 3 \cdot H_2 \rightarrow C_2H_6$ ;  $\Delta H = -86 \text{ kJ}$ , que es la entalpía de formación del etano.

La entropía es un indicador del "desorden" de las sustancias, y aumenta al hacerlo este

desorden. En la reacción dada pasamos de 5 moléculas de reactivos a una sola de productos, lo cual nos indica que los átomos presentes en ella están más ordenados, y eso es un indicador de un "aumento del orden" lo cual nos indica que la entropía disminuye al producirse la reacción.

2. Determinar los gramos de hidróxido de cadmio que pueden disolverse en un litro y medio de agua a 25°C, si el producto de solubilidad del hidróxido de cadmio es  $2,5 \cdot 10^{-14}$ . ¿Qué pH tendrá la disolución preparada?. Datos: masas atómicas, cadmio= 112,4; hidrógeno=1; oxígeno= 16.

RESOLUCIÓN

La reacción de disociación del hidróxido de cadmio ( Pm = 146,4 ) es:

$\text{Cd}(\text{OH})_2$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cd}^{2+} +$	$2.\text{OH}^-$
c		--	--
c - s		s	2.s
Siendo "s" el nº de moles disueltas y disociadas			

$$K_{\text{PS}} = [\text{Cd}^{2+}][\text{OH}^-]^2; 2,5 \cdot 10^{-14} = s \cdot (2.s)^2; 2,5 \cdot 10^{-14} = 4.s^3$$

$$s = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ moles disueltas y disociadas}$$

$$g = n \cdot Pm = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 146,4 = \mathbf{2,63 \cdot 10^{-3} \text{ g. disueltos}}$$

$$[\text{OH}^-] = 2.s = 2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} = 3,68 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-] = -\lg 3,68 \cdot 10^{-5} = 4,43$$

Teniendo en cuenta que  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

$$\mathbf{\text{pH} = 14 - 4,43 = 9,57}$$

3. Justifique: a) qué ocurrirá si se añaden limaduras de hierro metálico a una disolución de iones cobre (II).

b) si se desprenderá hidrógeno al introducir una barra de cobre en una disolución de ácido clorhídrico.

Datos:  $E^\circ(\text{ion cobre(II)/cobre metálico}) = 0,34 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{ion hidrógeno/hidrógeno molecular}) = 0,00 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{ion hierro(II)/hierro metálico}) = -0,44 \text{ V}$

RESOLUCIÓN

Cuando se pone en contacto dos elementos y/o sus iones, aquel que tenga el potencial de reducción ( $E^\circ$ ) más alto oxidará al otro. En estos dos casos se nos da ese caso

a) Si se añaden limaduras de hierro a una disolución conteniendo iones Cu(II), comparamos sus respectivos potenciales:  $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ v}$  y  $E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = -0,44 \text{ v}$  y dado que  $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} > E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}$ , los iones  $\text{Cu}^{2+}$  oxidarán al  $\text{Fe}^0$ , produciéndose la reacción:  $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe}^0 \rightarrow \text{Cu}^0 + \text{Fe}^{2+}$

b) En este caso se pone en contacto el  $\text{Cu}^0$  con los iones  $\text{H}^+$  procedentes de la disociación del HCl.

Pero al comparar sus respectivos potenciales  $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ v}$  y  $E^\circ_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0 \text{ v}$  vemos que  $E^\circ_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} > E^\circ_{\text{H}^+/\text{H}_2}$ , por lo que el  $\text{H}^+$  no es capaz de oxidar al  $\text{Cu}^0$  pues tiene menor potencial y por ello no se producirá reacción alguna.

4. Respecto a los compuestos orgánicos propanona y propanal, justifique cuál de las siguientes afirmaciones es correcta: a) ambos compuestos son isómeros entre sí. b) el propanal es un alcohol. c) mediante oxidación de propanal se obtiene ácido propanoico. d) la propanona presenta isomería óptica. e) el propanol es un isómero de función del propanal.

RESOLUCIÓN

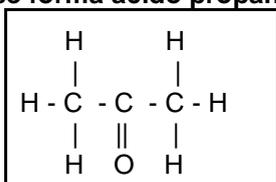
Las formulas respectivas son: Propanona:  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$  y Propanal:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$

a) La fórmula empírica de ambos es:  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ; por tanto **SÍ son isómeros** (Isómeros de función pues uno es una cetona y el otro un aldehído).

b) El propanal **NO es un alcohol**, sino un aldehído.

c) La reacción de oxidación del propanal es:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ , es decir. **SI se forma ácido propanoico**

d)



Para que una sustancia presente isomería óptica, alguno de sus carbonos tiene que estar unido a cuatro radicales diferentes, y en el caso de la propanona, como vemos en su fórmula desarrollada, NO sucede esto con ninguno de sus tres carbonos, por lo que **NO presentará isomería óptica**

e) Las formulas respectivas son: Propanol:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$  ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ) y Propanal:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$ , ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ) por lo que al ser sus fórmulas empíricas diferentes **NO son isómeros**

---

5. Determine cuál será la temperatura de ebullición de una disolución acuosa de urea al 30 % en peso, si su masa molecular es 60 g/mol y la constante ebulloscópica del agua 0,52°C/m.

RESOLUCIÓN

Le aplicamos la fórmula que nos da el ascenso ebulloscópico, teniendo en cuenta que si tomamos 100 g de dicha disolución, en ellos tendremos 30 g de glucosa y 70 g de agua, y así:

$$\Delta T = k \cdot m \implies \Delta T = k \cdot \frac{\text{g}_{\text{Pmsoluto}}}{\text{Kg}_{\text{disolvente}}} \Rightarrow \Delta T = 0,52 \cdot \frac{30/60}{0,070} = 3,71^\circ\text{C}$$

ebullición de dicha disolución será de  $T_{\text{EBULLICIÓN}} = 103,71^\circ\text{C}$

---

**Tema (1,5 puntos)**

**Aluminio: Fuentes y métodos de obtención**

(Ver pág 449 y siguientes del texto recomendado (QUÍMICA APLICADA A LA INGENIERÍA. Caselles, M.J. , Gómez, M.R., Molero, M. y Sardá, J. Ed. UNED , 1ª ed. (2004)