

# Química — Andalucía — extraordinaria de julio de 2022 — modelo V2

## Indicaciones de resolución

Se resuelven todos los apartados a partir de los datos del enunciado. Se escribe la reacción, la ley o el criterio químico antes de sustituir los datos, se conservan las unidades y se formula una conclusión ajustada a cada pregunta.

## Cuestión 1 A · Formulación y nomenclatura

- a) Seleniuro de hidrógeno:  $\text{H}_2\text{Se}$ . - b) Óxido de estaño(IV):  $\text{SnO}_2$ . - c) Pentan-2-ona:  $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ . - d)  $\text{HClO}_4$ : ácido perclórico. - e)  $\text{CaCO}_3$ : carbonato de calcio. - f)  $\text{CH}_2\text{OHCH}(\text{CH}_3)_2$ : 2-metilpropan-1-ol (alcohol isobutilico).

## Cuestión 2 A · Formulación y nomenclatura

- a) Hexafluoruro de azufre:  $\text{SF}_6$ . - b) Hidrogenofosfato de potasio:  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , porque  $\text{HPO}_4^{2-}$  requiere dos cationes  $\text{K}^+$ . - c) Hexan-2-amina:  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ . - d)  $\text{HBrO}$ : ácido hipobromoso. - e)  $\text{TiO}_2$ : óxido de titanio(IV). - f)  $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CONH}_2$ : but-3-enamida.

## Cuestión 1 B · Isótopo de cinc

En el isótopo neutro  $^{65}_{30}\text{Zn}$ , el número atómico indica 30 protones y 30 electrones. El número de neutrones es la diferencia entre el número másico y el atómico:

$$p = 30, e = 30, n = 65 - 30 = 35.$$

La configuración electrónica del cinc es  $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$ . El electrón diferenciador está en la subcapa  $4s$ . Una combinación posible de números cuánticos para él es

$$n = 4, l = 0, m_l = 0, m_s = -\frac{1}{2}.$$

El cinc pierde con facilidad los dos electrones  $4s$ , y queda con la subcapa  $3d$  completa:



## Cuestión 2 B · Propiedades periódicas

### a) Primera energía de ionización de Mg y Na

La afirmación es falsa. Na y Mg están en el mismo período, pero Mg tiene mayor carga nuclear efectiva y su electrón externo está más fuertemente atraído. Por ello  $I_1(\text{Mg}) > I_1(\text{Na})$ .

### b) Radios de $\text{B}^{3+}$ y $\text{Be}^{2+}$

Ambos iones son isoelectrónicos, pues tienen dos electrones:  $\text{B}^{3+}$  y  $\text{Be}^{2+}$  poseen configuración  $1s^2$ . En una serie isoelectrónica, el ion con mayor número de protones tiene menor radio. Como  $Z_{\text{B}} = 5 > Z_{\text{Be}} = 4$ ,

$$r(\text{B}^{3+}) < r(\text{Be}^{2+}),$$

por lo que la afirmación es falsa.

### c) Tendencia de los halógenos a ganar electrones

Los halógenos tienen siete electrones de valencia y tienden a ganar uno para completar el octeto. La afirmación es falsa: sí tienen una tendencia elevada a captar un electrón.

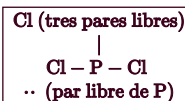
## Cuestión 3 B · Lewis, geometría e hibridación

### a) Estructuras de Lewis

El azufre aporta seis electrones de valencia y forma dos enlaces sencillos con los dos hidrógenos. Quedan dos pares libres sobre el azufre:



El fósforo aporta cinco electrones de valencia. En  $\text{PCl}_3$  forma tres enlaces  $\text{P} - \text{Cl}$  y conserva un par libre. Un esquema propio de Lewis es:



Cada átomo de cloro completa, además, su octeto con tres pares libres.

### b) Geometría según la TRPECV

En  $\text{H}_2\text{S}$  hay cuatro dominios electrónicos alrededor del azufre: dos enlazantes y dos libres. La distribución electrónica es tetraédrica y la forma molecular es angular.

En  $\text{PCl}_3$  hay cuatro dominios: tres enlaces y un par libre. La distribución electrónica es tetraédrica y la forma molecular es piramidal trigonal. En ambos casos, los pares libres repelen más que los enlazantes y reducen los ángulos ideales.

$$\text{H}_2\text{S} : \text{angular}; \text{PCl}_3 : \text{piramidal trigonal}.$$

### c) Hibridación del átomo central

Cuatro dominios electrónicos implican orbitales híbridos  $sp^3$  alrededor de cada átomo central:

$$\text{S en H}_2\text{S} : sp^3; \text{P en PCl}_3 : sp^3.$$

## Cuestión 4 B · Afirmaciones ácido-base

### a) Par $\text{H}_3\text{O}^+/\text{OH}^-$

La afirmación es falsa. Dos especies conjugadas deben diferir únicamente en un protón. La base conjugada de  $\text{H}_3\text{O}^+$  es  $\text{H}_2\text{O}$ , y el ácido conjugado de  $\text{OH}^-$  también es  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_3\text{O}^+$  y  $\text{OH}^-$  no forman un par conjugado.

### b) Dilución de un ácido fuerte

La afirmación es falsa. Un ácido fuerte está prácticamente disociado por completo, por lo que, al diluirlo, disminuye  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ :

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

aumenta y se aproxima a 7, aunque la disolución siga siendo ácida.

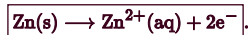
### c) Adición de KCl a NaCl

La afirmación es **verdadera** en la aproximación de disolución acuosa ideal. NaCl y KCl proceden de ácido fuerte y base fuerte; sus iones no se hidrolizan y añadir KCl no introduce ni consume  $H_3O^+$  o  $OH^-$ . El pH neutro no cambia apreciablemente.

## Cuestión 5 B · Pila Daniell

### a) Semirreacción del ánodo

En una pila galvánica la oxidación ocurre en el ánodo. El cinc pierde dos electrones:



### b) Potencial estándar del electrodo de cinc

El potencial de la pila es

$$E_{pila}^{\circ} = E_{cátodo}^{\circ} - E_{ánodo}^{\circ} \text{ (reducción)}.$$

Para la pila Daniell, el cátodo es  $Cu^{2+}/Cu$ :

$$1,10 = 0,34 - E^{\circ}(Zn^{2+}/Zn),$$

$$E^{\circ}(Zn^{2+}/Zn) = -0,76 \text{ V}.$$

### c) Sustitución por plomo

Con plomo en el ánodo, el potencial de la pila sería

$$E_{pila}^{\circ} = 0,34 - (-0,15) = 0,49 \text{ V},$$

menor que **1,10 V**. Por tanto,

**el potencial de la pila disminuye.**

## Cuestión 6 B · Isomería y longitud de enlace

### a) Isómeros de fórmula $C_2H_6O$

Dos isómeros constitucionales son el etanol y el dimetil éter:



### b) Alcano con isomería óptica y menor número de carbonos

El primer caso aparece con siete carbonos, en el 3-metilhexano:



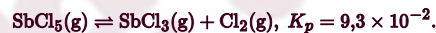
El carbono 3 está unido a  $H$ ,  $CH_3$ , un grupo etilo y un grupo propilo: son cuatro sustituyentes distintos y, por tanto, es un centro quiral. Con seis carbonos, los isómeros posibles no tienen un carbono unido a cuatro grupos distintos.

### c) Longitud del enlace C–C

El eteno tiene un enlace doble  $C=C$ , con mayor orden de enlace que el enlace sencillo  $C-C$  del etano. La mayor densidad electrónica entre los núcleos lo hace más corto:

**el enlace C–C de menor longitud es el del eteno.**

## Problema 1 C · Equilibrio del pentacloruro de antimonio



A  $190^{\circ}C$ ,  $T = 463,15 \text{ K}$ , y el grado de descomposición es  $\alpha = 0,068$ . Sea  $n_0$  la cantidad inicial de  $SbCl_5$ . En el equilibrio:

$$n(SbCl_5) = (1 - \alpha)n_0, \quad n(SbCl_3) = n(Cl_2) = \alpha n_0.$$

Si  $P_0 = n_0RT/V$ , entonces

$$p_{SbCl_5} = (1 - \alpha)P_0, \quad p_{SbCl_3} = p_{Cl_2} = \alpha P_0.$$

### a) Masa inicial

La expresión de equilibrio es

$$K_p = \frac{p_{SbCl_3}p_{Cl_2}}{p_{SbCl_5}} = \frac{\alpha^2 P_0}{1 - \alpha}.$$

Despejando:

$$P_0 = K_p \frac{1 - \alpha}{\alpha^2} = 0,093 \frac{0,932}{(0,068)^2} = 18,75 \text{ atm}.$$

$$n_0 = \frac{P_0 V}{RT} = \frac{18,75 \times 0,500}{0,082 \times 463,15} = 0,247 \text{ mol}.$$

La masa molar es  $M(SbCl_5) = 121,8 + 5(35,5) = 299,3 \text{ g mol}^{-1}$ , por tanto

$$m_0 = 0,247 \times 299,3 \simeq 74,1 \text{ g}.$$

### b) Presiones parciales y presión total

$$p_{SbCl_5} = (1 - 0,068)(18,75) = 17,47 \text{ atm},$$

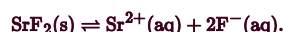
$$p_{SbCl_3} = p_{Cl_2} = 0,068(18,75) = 1,28 \text{ atm}.$$

La presión total es la suma de las presiones parciales:

$$P_t = 17,47 + 1,28 + 1,28 \simeq 20,0 \text{ atm}.$$

## Problema 2 C · Solubilidad y precipitación

### a) Producto de solubilidad del fluoruro de estroncio



En 200 mL hay 14,6 mg = 0,0146 g, por lo que la solubilidad másica es

$$\frac{0,0146 \text{ g}}{0,200 \text{ L}} = 0,0730 \text{ g L}^{-1}.$$

Con  $M(\text{SrF}_2) = 87,68 + 2(19) = 125,68 \text{ g mol}^{-1}$ :

$$s = \frac{0,0730}{125,68} = 5,81 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}.$$

Así,

$$K_{ps} = s(2s)^2 = 4s^3 = 4(5,81 \times 10^{-4})^3 = \boxed{7,8 \times 10^{-10}}.$$

### b) Precipitación de $\text{PbI}_2$

Tras mezclar, el volumen total es 0,050 + 0,030 = 0,080 L. Las concentraciones antes de precipitar son

$$[\text{I}^-] = \frac{(0,050)(1,2 \times 10^{-3})}{0,080} = 7,50 \times 10^{-4} \text{ M},$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{(0,030)(3,0 \times 10^{-3})}{0,080} = 1,125 \times 10^{-3} \text{ M}.$$

El cociente iónico es

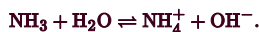
$$Q = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2 = (1,125 \times 10^{-3})(7,50 \times 10^{-4})^2 = 6,33 \times 10^{-10}.$$

Como  $Q < K_{ps} = 7,9 \times 10^{-9}$ , la disolución no está sobresaturada:

no se forma precipitado de  $\text{PbI}_2$ .

## Problema 3 C - Amoníaco

El equilibrio de la base débil es



### a) pH y constante de basicidad

La concentración inicial es  $C_0 = 0,030 \text{ M}$  y el grado de disociación es  $\alpha = 0,024$ . Por tanto,

$$x = [\text{OH}^-] = \alpha C_0 = 0,024(0,030) = 7,20 \times 10^{-4} \text{ M}.$$

$$pOH = -\log(7,20 \times 10^{-4}) = 3,143, \quad \boxed{pH = 14 - 3,143 = 10,86}.$$

La expresión de la constante es

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{C_0 - x} = \frac{(7,20 \times 10^{-4})^2}{0,030 - 0,000720} = \boxed{1,77 \times 10^{-5}}.$$

### b) Concentración para $pH = 11$

Si  $pH = 11$ , entonces  $pOH = 3$  y  $[\text{OH}^-] = x = 1,00 \times 10^{-3} \text{ M}$ . Sea  $C$  la concentración inicial de amoníaco. De

$$K_b = \frac{x^2}{C - x}$$

se obtiene

$$C = x + \frac{x^2}{K_b} = 0,001 + \frac{(0,001)^2}{1,77 \times 10^{-5}} = \boxed{5,75 \times 10^{-2} \text{ M} \approx 0,057 \text{ M}}.$$

## Problema 4 C - Electrólisis del cloruro de calcio fundido

En la celda fundida, las semirreacciones son



La carga que circula durante 1,5 h es

$$Q = It = (0,452 \text{ A})(1,5 \times 3600 \text{ s}) = 2440,8 \text{ C}.$$

Los moles de electrones son

$$n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{2440,8}{96500} = 0,02529 \text{ mol}.$$

### a) Calcio depositado

Se necesitan dos electrones por mol de calcio:

$$n(\text{Ca}) = \frac{0,02529}{2} = 0,01265 \text{ mol},$$

$$\boxed{m(\text{Ca}) = 0,01265(40,1) = 0,507 \text{ g} \approx 0,51 \text{ g}}.$$

### b) Volumen de cloro

También se necesitan dos electrones por mol de  $\text{Cl}_2$ , por lo que  $n(\text{Cl}_2) = 0,01265 \text{ mol}$ . La presión es  $700/760 = 0,921 \text{ atm}$  y  $T = 298,15 \text{ K}$ .

Aplicando  $V = nRT/P$ :  $V = \frac{(0,01265)(0,082)(298,15)}{0,921} = 0,335 \text{ L}$ . Por tanto,  $\boxed{V(\text{Cl}_2) \approx 3,35 \times 10^2 \text{ mL} \approx 337 \text{ mL}}$ .