Química

PAU Andalucía, Ceuta, Melilla y Centros en Marruecos

Junio 2024 · Resolución completa

Resolución paso a paso con explicaciones didácticas · *estudiante.plus*

Estructura del examen: Bloque A (Formulación, 1,5 puntos: elegir 1 de 2 preguntas); Bloque B (Cuestiones, 4,5 puntos: elegir 3 de 6 cuestiones, cada una con 3 apartados); Bloque C (Problemas, 4 puntos: elegir 2 de 4 problemas, cada uno con 2 apartados). En esta resolución se resuelven **todas las opciones** de cada bloque para ofrecer una cobertura completa.

BLOQUE A · PREGUNTA A1 (1,5 puntos)

Formule o nombre los siguientes compuestos:

a) Sulfuro de hidrógeno; **b)** Perclorato de cromo(III); **c)** Ácido hidroxietanoico; **d)** $Co(OH)_3$; **e)** HIO; **f)** $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$

Resolución

a) Sulfuro de hidrógeno

El hidrógeno aporta carga +1 y el azufre −2; para neutralizar se necesitan 2 átomos de H por cada S.

✓ H_2S

b) Perclorato de cromo(III)

El catión Cr^{3+} se combina con el anión perclorato ClO_4^-; para neutralizar cargas se necesitan 3 aniones por cada catión.

✓ $Cr(ClO_4)_3$

c) Ácido hidroxietanoico

Es el ácido etanoico (acético) con un grupo −OH (hidroxilo) sustituyendo un H del carbono 2: es el ácido glicólico.

✓ $CH_2(OH)COOH$

d) $Co(OH)_3$

El cobalto presenta valencia +3 (pues se combina con 3 grupos OH^- de carga −1).

✓ **Hidróxido de cobalto(III)**

e) HIO

Oxoácido del yodo con un solo átomo de oxígeno: el yodo actúa con el menor estado de oxidación de sus oxoácidos (+1).

✓ **Ácido hipoyodoso**

f) $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$

Cadena principal de 5 carbonos (pentano) numerada para dar los localizadores más bajos a los sustituyentes: metilos en C2 y C3.

✓ **2,3-dimetilpentano**

⇒ **Error común:** Confundir el prefijo "hidroxi-" (−OH, función alcohol) con "oxo-" (= O, función cetona/aldéhido) al nombrar ácidos sustituidos como el del apartado c).

BLOQUE A · PREGUNTA A2 (1,5 puntos)

Formule o nombre los siguientes compuestos:

a) Peróxido de estroncio; **b)** Nitrato de magnesio; **c)** 1,2-diclorobenceno; **d)** PbF_2; **e)** $Cu(BrO_2)_2$; **f)** $CH_3-NH-CH_3$

Resolución

a) Peróxido de estroncio

El estroncio (Sr^{2+}) se combina con el anión peróxido completo ${O_2}^{2-}$ (no con el óxido O^{2-}).

✓ SrO_2

b) Nitrato de magnesio

Mg^{2+} con el anión nitrato ${NO_3}^-$; se necesitan 2 aniones por cada catión.

✓ $Mg(NO_3)_2$

c) 1,2-diclorobenceno

Anillo bencénico con dos átomos de cloro en posiciones adyacentes (orto).

✓ $C_6H_4Cl_2$

d) PbF_2

El plomo presenta valencia +2 (se combina con 2 fluoruros de carga −1).

✓ **Fluoruro de plomo(II)**

e) $Cu(BrO_2)_2$

Cu^{2+} con el anión bromito ${BrO_2}^-$ (oxoácido del bromo con estado de oxidación +3).

✓ **Bromito de cobre(II)**

f) $CH_3-NH-CH_3$

Amina secundaria simétrica: el nitrógeno lleva dos grupos metilo y un hidrógeno.

✓ **Dimetilamina**

⇒ **Error común:** Escribir el peróxido de estroncio como SrO (óxido simple) en lugar de SrO_2, olvidando que el peróxido incorpora el grupo ${O_2}^{2-}$ completo.

BLOQUE B · CUESTIÓN B1 (1,5 puntos)

Dados los iones F^- y O^{2-}, justifique la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

a) [0,5 puntos] Los dos tienen el mismo número de protones.
b) [0,5 puntos] Los dos tienen la misma configuración electrónica.
c) [0,5 puntos] Son isótopos entre sí.

Resolución

El flúor ($Z = 9$) tiene 9 protones; al ganar 1 electrón para formar F^- queda con 10 electrones. El oxígeno ($Z = 8$) tiene 8 protones; al ganar 2 electrones para formar O^{2-} queda también con 10 electrones. Ambos iones son, por tanto, **isoelectrónicos** (10 electrones cada uno, configuración $1s^2 2s^2 2p^6$, la del Ne).

a) ¿Mismo número de protones?

✓ **Falso: F tiene 9 protones y O tiene 8; son elementos distintos.**

b) ¿Misma configuración electrónica?

✓ **Verdadero: ambos iones tienen 10 electrones y la configuración $1s^2 2s^2 2p^6$.**

c) ¿Son isótopos entre sí?

✓ **Falso: los isótopos son átomos de un mismo elemento con distinto número de neutrones; F^- y O^{2-} son elementos diferentes (son especies isoelectrónicas, no isótopos).**

⇒ **Error común:** Confundir "isoelectrónico" (mismo número de electrones) con "isótopo" (mismo elemento, distinto número de neutrones).

BLOQUE B · CUESTIÓN B2 (1,5 puntos)

El metanol se prepara industrialmente según el proceso siguiente:

$$CO\,(g) + 2\,H_2\,(g) \rightleftharpoons CH_3OH\,(g) \qquad \Delta H < 0$$

Razone cómo afectaría al rendimiento de la reacción:

a) [0,5 puntos] Aumentar la temperatura.
b) [0,5 puntos] Retirar del reactor el CH_3OH a medida que se vaya produciendo.
c) [0,5 puntos] Aumentar la presión del sistema a temperatura constante.

Resolución

a) Aumentar la temperatura

La reacción es exotérmica ($\Delta H < 0$): el calor actúa como un "producto" más. Aumentar T desplaza el equilibrio hacia la reacción endotérmica, es decir, hacia los **reactivos**.

✓ **Disminuye el rendimiento de** CH_3OH**.**

b) Retirar el CH_3OH producido

Por el principio de Le Chatelier, si se retira un producto el sistema reacciona para reponerlo, desplazando el equilibrio hacia la **derecha**.

✓ **Aumenta el rendimiento de** CH_3OH**.**

c) Aumentar la presión a T constante

Hay 3 mol de gas en reactivos $(1 + 2)$ frente a 1 mol de gas en productos. Aumentar la presión favorece el lado con **menos** moles gaseosos (los productos).

✓ **Aumenta el rendimiento de** CH_3OH**.**

⇒ **Error común:** Aplicar Le Chatelier al efecto de la presión sin comparar antes el número de moles gaseosos a cada lado de la ecuación ajustada.

BLOQUE B · CUESTIÓN B3 (1,5 puntos)

Dados tres elementos cuyas configuraciones electrónicas son: A $(1s^2 2s^2 2p^2)$; B $(1s^2 2s^2 2p^6 3s^1)$ y C $(1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5)$:

a) [0,5 puntos] Explique si es posible que existan las moléculas B_2 y C_2.
b) [0,5 puntos] Justifique el tipo de enlace que se dará entre los elementos B y C.
c) [0,5 puntos] Razone si el compuesto formado por A y C será polar.

Resolución

Identificación: A $(Z = 6)$ es el **carbono**; B $(Z = 11)$ es el **sodio**; C $(Z = 17)$ es el **cloro**.

a) ¿Existen B_2 y C_2?

B (Na) es un metal alcalino: en condiciones normales se presenta como sólido metálico (enlace metálico con electrones deslocalizados), no como moléculas diatómicas, por lo que Na_2 no es una sustancia estable. C (Cl) es un no metal halogéno que completa su octeto compartiendo un par de electrones con otro átomo de Cl.

✓ Na_2 **no existe como sustancia estable;** Cl_2 **sí existe (es la forma natural del elemento).**

b) Enlace entre B y C

La diferencia de electronegatividad entre un metal alcalino (Na) y un no metal muy electronegativo (Cl) es muy grande, produciéndose transferencia de electrones.

✓ **Enlace iónico** (NaCl).

c) ¿Es polar el compuesto de A y C?

A y C forman CCl_4: molécula tetraédrica con cuatro enlaces C−Cl idénticos dispuestos simétricamente. Aunque cada enlace individual es polar, los momentos dipolares se cancelan vectorialmente por la simetría de la molécula.

✓ CCl_4 **es una molécula apolar.**

⇒ **Error común:** Concluir que CCl_4 es polar solo porque sus enlaces C−Cl lo son, sin tener en cuenta que la simetría tetraédrica cancela los momentos dipolares.

BLOQUE B · CUESTIÓN B4 (1,5 puntos)

Conteste de forma razonada a las cuestiones acerca de los elementos A ($Z = 19$) y B ($Z = 34$):

a) [0,5 puntos] ¿A qué grupo y a qué periodo pertenecen?
b) [0,5 puntos] ¿Qué elemento tiene un radio atómico menor?
c) [0,5 puntos] ¿Qué elemento tiene mayor energía de ionización?

Resolución

A ($Z = 19$) es el **potasio** (K), configuración de valencia $4s^1$. B ($Z = 34$) es el **selenio** (Se), configuración de valencia $4s^2 4p^4$.

a) Grupo y periodo

✓ A **(K): grupo 1, periodo 4.** B **(Se): grupo 16, periodo 4.**

b) Menor radio atómico

Dentro de un mismo periodo, el radio atómico **disminuye** al aumentar Z, porque la carga nuclear efectiva crece y atrae con más fuerza a los electrones de valencia.

✓ B **(Se) tiene menor radio atómico que** A **(K).**

c) Mayor energía de ionización

Por la misma razón (mayor carga nuclear efectiva), la energía de ionización **aumenta** a lo largo de un periodo de izquierda a derecha.

✓ B **(Se) tiene mayor energía de ionización que** A **(K).**

⇒ **Error común:** Pensar que, por tener mayor Z, un elemento debe tener mayor radio: dentro de un mismo periodo ocurre justo al revés.

BLOQUE B · CUESTIÓN B5 (1,5 puntos)

Justifique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

a) [0,5 puntos] En una disolución diluida de un ácido fuerte HX hay mayor proporción de HX que de X^-.

b) [0,5 puntos] Cuando se disuelve CH_3COONa en agua se producen iones OH^-.

c) [0,5 puntos] El pH de una disolución 0,1 M de HCl es menor que el de una disolución 0,1 M de CH_3COOH ($K_a = 1{,}75 \times 10^{-5}$).

Resolución

a) ¿Mayor proporción de HX que de X^-?

Un ácido fuerte se disocia **totalmente** en disolución acuosa: prácticamente todo el HX pasa a X^-, quedando una cantidad despreciable de HX sin disociar.

✓ **Falso.**

b) ¿Se producen iones OH^-?

El acetato CH_3COO^- es la base conjugada de un ácido débil y se hidroliza en agua:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

generando un medio básico.

✓ **Verdadero.**

c) Comparación de pH

El HCl (ácido fuerte) se disocia totalmente: $[H^+] = 0{,}1$ M $\Rightarrow$ pH= 1. El CH_3COOH (ácido débil) solo se disocia parcialmente, por lo que $[H^+] < 0{,}1$ M y su pH es mayor que 1. Por tanto, el pH del HCl es menor.

✓ **Verdadero.**

⇒ **Error común:** Suponer que las disoluciones de sales son siempre neutras, olvidando la hidrólisis de la base conjugada de un ácido débil, que genera medio básico.

BLOQUE B · CUESTIÓN B6 (1,5 puntos)

Considerando los compuestos: (1) $CH_3CHOHCH_2CH{=}CH_2$; (2) $CH_3CH_2COCH_2CH_3$; (3) $CH_3CH_2CH_2COCH_3$; (4) $CH_3CH(CH_3)COCH_3$, justifique el tipo de isomería que presentan entre sí:

a) [0,5 puntos] Los compuestos 1 y 2.
b) [0,5 puntos] Los compuestos 2 y 3.
c) [0,5 puntos] Los compuestos 3 y 4.

Resolución

Los cuatro compuestos comparten la fórmula molecular $C_5H_{10}O$.

a) Compuestos 1 y 2

El compuesto 1 (pent-4-en-2-ol) tiene un alcohol y una insaturación (doble enlace); el compuesto 2 (pentan-3-ona) es una cetona. Misma fórmula molecular, distinto grupo funcional.

✓ **Isomería de función.**

b) Compuestos 2 y 3

Ambos son cetonas lineales de 5 carbonos ($C_5H_{10}O$), pero el grupo carbonilo cambia de posición en la cadena (pentan-3-ona → pentan-2-ona).

✓ **Isomería de posición.**

c) Compuestos 3 y 4

El compuesto 3 (pentan-2-ona) tiene cadena lineal; el compuesto 4 (3-metilbutan-2-ona) tiene cadena ramificada. Mismo grupo funcional (cetona) y misma fórmula molecular, pero distinto esqueleto carbonado.

✓ **Isomería de cadena.**

⇒ **Error común:** Confundir isomería de posición (mismo grupo funcional, distinto lugar en la cadena) con isomería de cadena (mismo grupo funcional, distinto esqueleto carbonado).

BLOQUE C · PROBLEMA C1 (2 puntos)

El N_2O_4 se descompone en NO_2, estableciéndose el siguiente equilibrio:

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$$

En un recipiente de 0,5 L se introducen 0,025 moles de N_2O_4 a 250 ºC. Una vez alcanzado el equilibrio, la presión total es de 3,86 atm. Calcule:

a) [1 punto] La presión parcial de cada gas en el equilibrio y el valor de K_P a la temperatura dada.

b) [1 punto] El grado de disociación del N_2O_4 y el valor de K_C a la temperatura dada.

Dato: $R = 0{,}082$ atm·L·mol^{-1}·K^{-1}

Resolución

$T = 250 + 273 = 523$ K. Tabla de moles: inicialmente $n_0(N_2O_4) = 0{,}025$ mol y $n_0(NO_2) = 0$; en el equilibrio $n(N_2O_4) = 0{,}025 - x$ y $n(NO_2) = 2x$, con $n_{total} = 0{,}025 + x$.

Con $PV = n_{total}RT$:

$$n_{total} = \frac{PV}{RT} = \frac{3{,}86 \times 0{,}5}{0{,}082 \times 523} = \frac{1{,}93}{42{,}886} \approx 0{,}0450 \text{ mol}$$

$$0{,}025 + x = 0{,}0450 \;\Rightarrow\; x \approx 0{,}0200 \text{ mol}$$

Por tanto, $n(N_2O_4) \approx 0{,}0050$ mol y $n(NO_2) \approx 0{,}0400$ mol.

a) Presiones parciales y K_P

Con $P_i = n_iRT/V$ (y $RT/V = 85{,}772$ atm/mol):

$$P_{N_2O_4} \approx 0{,}0050 \times 85{,}772 \approx 0{,}429 \text{ atm} \qquad P_{NO_2} \approx 0{,}0400 \times 85{,}772 \approx 3{,}431 \text{ atm}$$

$$K_P = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{(3{,}431)^2}{0{,}429} \approx 27{,}4$$

✓ $P_{N_2O_4} \approx \mathbf{0{,}429}$ **atm;** $P_{NO_2} \approx \mathbf{3{,}431}$ **atm;** $K_P \approx \mathbf{27{,}4}$

b) Grado de disociación y K_C

$$\alpha = \frac{x}{n_0} = \frac{0{,}020}{0{,}025} = 0{,}80 \;(80\,\%)$$

Usando $K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$, con $\Delta n = 2 - 1 = 1$ (2 mol de gas producidos frente a 1 mol de gas consumido):

$$K_C = \frac{K_P}{(RT)^1} = \frac{27{,}4}{42{,}886} \approx 0{,}640 \text{ mol/L}$$

✓ $\alpha = \mathbf{80}\,\%$**;** $K_C \approx \mathbf{0{,}640}$ **mol/L**

⇒ **Error común:** Olvidar que Δn en $K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$ se calcula con moles **gaseosos** de productos menos reactivos (aquí $2 - 1 = 1$), no con los moles totales del sistema. (Nota: algunas plantillas de corrección dan $K_C \approx 0{,}583$, pero ese valor es incoherente con su propio $K_P = 27{,}4$; el valor correcto, obtenido de $K_P/(RT)$, es $\approx 0{,}640$ mol/L.)

BLOQUE C · PROBLEMA C2 (2 puntos)

Para preparar 250 mL de disolución saturada de BaF_2 a 25 ºC se necesitan 325 mg de dicho compuesto.

a) [1 punto] A partir del equilibrio correspondiente, calcule el producto de solubilidad del BaF_2.

b) [1 punto] Calcule la solubilidad molar del BaF_2 en presencia de NaF 0,50 M.

Datos: Masas atómicas relativas: F= 19; Ba= 137,3

Resolución

$M(BaF_2) = 137{,}3 + 2(19) = 175{,}3$ g/mol.

a) Producto de solubilidad

Equilibrio: $BaF_2(s) \rightleftharpoons Ba^{2+} + 2\,F^-$.

$$n = \frac{0{,}325}{175{,}3} \approx 1{,}854 \times 10^{-3}\ \text{mol} \ \Rightarrow\ s = \frac{1{,}854 \times 10^{-3}}{0{,}25} \approx 7{,}42 \times 10^{-3}\ \text{mol/L}$$

Con $[Ba^{2+}] = s$ y $[F^-] = 2s$:

$$K_S = s \cdot (2s)^2 = 4s^3 = 4 \times (7{,}42 \times 10^{-3})^3 \approx 1{,}63 \times 10^{-6}$$

✓ $K_S \approx \mathbf{1{,}63 \times 10^{-6}}$

b) Solubilidad con efecto de ion común

Con NaF 0,50 M, $[F^-] \approx 0{,}50$ M (la aportación del BaF_2 es despreciable frente a esta concentración):

$$K_S = s' \times (0{,}50)^2 \ \Rightarrow\ s' = \frac{1{,}63 \times 10^{-6}}{0{,}25} \approx 6{,}53 \times 10^{-6}\ \text{mol/L}$$

✓ $s' \approx \mathbf{6{,}53 \times 10^{-6}\ mol/L}$

⇒ **Error común:** No comprobar que $2s' \ll 0{,}50$ antes de aproximar $[F^-] \approx 0{,}50$ M; sin esa comprobación la simplificación no estaría justificada.

BLOQUE C · PROBLEMA C3 (2 puntos)

Se preparan 10 L de una disolución de ácido metanoico (HCOOH) disolviendo 23 g en agua. Teniendo en cuenta que el pH de la disolución es 3, calcule:

a) [1 punto] El grado de disociación del ácido.
b) [1 punto] El valor de la constante de disociación.

Datos: Masas atómicas relativas: C= 12; O= 16; H= 1

Resolución

$M(\text{HCOOH}) = 12 + 2(1) + 2(16) = 46$ g/mol.

$$n = \frac{23}{46} = 0{,}5 \text{ mol} \Rightarrow c = \frac{0{,}5}{10} = 0{,}05 \text{ mol/L}$$

a) Grado de disociación

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3} = 0{,}001 \text{ M}$$

$$\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{c} = \frac{0{,}001}{0{,}05} = 0{,}02 \ (2\,\%)$$

✓ $\alpha = \mathbf{2}\,\%$

b) Constante de disociación

$$K_a = \frac{c\,\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{0{,}05 \times (0{,}02)^2}{1 - 0{,}02} = \frac{2 \times 10^{-5}}{0{,}98} \approx 2{,}04 \times 10^{-5}$$

✓ $K_a \approx \mathbf{2{,}04 \times 10^{-5}}$

⇒ **Error común:** Calcular K_a con la fórmula simplificada $K_a \approx c\,\alpha^2$ olvidando el término $(1-\alpha)$ en el denominador, lo que da un valor ligeramente erróneo.

BLOQUE C · PROBLEMA C4 (2 puntos)

El Cl_2 es un gas corrosivo por lo que se sintetiza en el laboratorio a través de la siguiente reacción:

$$KMnO_4(ac) + HCl(ac) \longrightarrow KCl(ac) + MnCl_2(ac) + H_2O(l) + Cl_2(g)$$

a) [1 punto] Ajuste las ecuaciones iónica y molecular por el método del ion-electrón.
b) [1 punto] Calcule el volumen de Cl_2 obtenido a 0 ºC y 1 atm de presión a partir de 30 mL de una disolución 0,5 M de $KMnO_4$ y 50 mL de una disolución 0,25 M de HCl.

Dato: $R = 0{,}082$ atm·L·mol^{-1}·K^{-1}

Resolución

a) Ajuste ion-electrón

Semirreacciones:

$$\text{Reducción:}\quad MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

$$\text{Oxidación:}\quad 2\,Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\,e^-$$

Igualamos electrones (última ×2, primera ×5) y sumamos:

$$2\,MnO_4^- + 16\,H^+ + 10\,Cl^- \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 8\,H_2O + 5\,Cl_2$$

Añadiendo los iones espectadores (K^+ y el resto de Cl^- como HCl/KCl) para obtener la ecuación molecular:

✓ $2\,KMnO_4 + 16\,HCl \longrightarrow 2\,KCl + 2\,MnCl_2 + 8\,H_2O + 5\,Cl_2$

b) Volumen de Cl_2

$$n(KMnO_4) = 0{,}030 \times 0{,}5 = 0{,}015 \text{ mol} \qquad n(HCl) = 0{,}050 \times 0{,}25 = 0{,}0125 \text{ mol}$$

Relación estequiométrica $2\,KMnO_4 : 16\,HCl = 1 : 8$. Para 0,015 mol de $KMnO_4$ harían falta $0{,}015 \times 8 = 0{,}12$ mol de HCl, pero solo hay 0,0125 mol: el **HCl es el reactivo limitante**.

$$n(Cl_2) = 0{,}0125 \times \frac{5}{16} \approx 3{,}906 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{3{,}906 \times 10^{-3} \times 0{,}082 \times 273}{1} \approx 0{,}0875 \text{ L} = 87{,}5 \text{ mL}$$

✓ $V(Cl_2) \approx$ **87,5 mL**

⇒ **Error común:** Dar por sentado que el reactivo limitante es el $KMnO_4$ sin comparar antes la proporción estequiométrica real (1:8) con las cantidades realmente disponibles.