Química

PAU Andalucía, Ceuta, Melilla y Centros en Marruecos

Julio 2021 · 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) Peróxido de mercurio(II); **b)** Hidruro de litio; **c)** Hidrogenocarbonato de bario; **d)** $HBrO_4$; **e)** $Cd(OH)_2$; **f)** $Ca_3(PO_4)_2$

Resolución

a) Peróxido de mercurio(II)

El Hg presenta valencia +2 frente al grupo peróxido O_2^{2-}.

✓ HgO_2

b) Hidruro de litio

✓ LiH

c) Hidrogenocarbonato de bario

Sal ácida del ácido carbónico con el catión bario.

✓ $Ba(HCO_3)_2$

d) $HBrO_4$

Oxoácido del bromo con estado de oxidación +7.

✓ **Ácido perbrómico**

e) $Cd(OH)_2$

✓ **Hidróxido de cadmio**

f) $Ca_3(PO_4)_2$

✓ **Fosfato de calcio**

⇒ **Error común:** Confundir el grupo peróxido (O_2^{2-}) con dos óxidos simples al formular el apartado a); olvidar que el hidrogenocarbonato requiere 2 aniones por cada Ba^{2+} para compensar las cargas.

BLOQUE A · PREGUNTA A2 (1,5 puntos)

Formule o nombre los siguientes compuestos:

a) Hidróxido de platino(IV); **b)** Ácido peryódico; **c)** 3-Etil-3-metilpent-1-ino; **d)** P_2O_5; **e)** $Fe(HSO_4)_2$; **f)** $(CH_3)_3CCONH_2$

Resolución

a) Hidróxido de platino(IV)

✓ $Pt(OH)_4$

b) Ácido peryódico

Oxoácido del yodo con estado de oxidación +7.

✓ HIO_4

c) 3-Etil-3-metilpent-1-ino

Cadena de 5 carbonos con triple enlace entre C1 y C2, y dos sustituyentes (etilo y metilo) ambos en C3.

✓ $CH{\equiv}C{-}C(CH_3)(CH_2CH_3){-}CH_2{-}CH_3$

d) P_2O_5

El fósforo presenta valencia +5.

✓ **Óxido de fósforo(V)**

e) $Fe(HSO_4)_2$

Sal ácida del ácido sulfúrico con hierro(II).

✓ **Hidrogenosulfato de hierro(II)**

f) $(CH_3)_3CCONH_2$

Amida derivada del ácido 2,2-dimetilpropanoico.

✓ **2,2-dimetilpropanamida**

⇒ **Error común:** Situar los dos sustituyentes (etilo y metilo) del apartado c) en carbonos distintos en lugar de ambos en C3, lo que daría una molécula diferente.

BLOQUE B · CUESTIÓN B1 (1,5 puntos)

Dados los elementos de números atómicos 19, 25, 30 y 48. Indique razonadamente:

a) [0,5 puntos] ¿Cuál o cuáles presentan algún electrón desapareado?
b) [0,5 puntos] ¿Cuáles pertenecen al mismo grupo?
c) [0,5 puntos] ¿Cuál podría dar un ion estable de carga +1?

Resolución

Configuraciones electrónicas: $Z = 19$ (K): [Ar]$4s^1$. $Z = 25$ (Mn): [Ar]$3d^5 4s^2$. $Z = 30$ (Zn): [Ar]$3d^{10} 4s^2$. $Z = 48$ (Cd): [Kr]$4d^{10} 5s^2$.

a) Electrones desapareados

K tiene 1 electrón desapareado ($4s^1$). Mn tiene 5 electrones desapareados (los 5 orbitales $3d$ ocupan cada uno 1 electrón, regla de Hund). Zn y Cd tienen 0 electrones desapareados (subniveles d y s completos).

✓ **K (1 desapareado) y Mn (5 desapareados)**

b) Mismo grupo

Zn y Cd tienen la misma configuración de valencia ($(n)d^{10}(n+1)s^2$): ambos pertenecen al **grupo 12**.

✓ **Zn y Cd**

c) Ion estable +1

El K, al perder su único electrón $4s^1$, alcanza la configuración de gas noble ([Ar]), muy estable.

✓ **K (da K^+)**

⇒ **Error común:** Pensar que todos los elementos de transición tienen electrones desapareados. Zn y Cd tienen los subniveles d y s completos, así que no tienen ninguno.

BLOQUE B · CUESTIÓN B2 (1,5 puntos)

Dado el equilibrio $N_2F_4(g) \rightleftharpoons 2\,NF_2(g)$ con $\Delta H^\circ = 38{,}5$ kJ, razone los cambios que se producirían si:

a) [0,5 puntos] La mezcla de reacción se calienta.

b) [0,5 puntos] El gas NF_2 se elimina de la mezcla de reacción a temperatura y volumen constante.

c) [0,5 puntos] Se añade helio gaseoso a la mezcla de reacción a temperatura y volumen constante.

Resolución

La reacción es **endotérmica** ($\Delta H^\circ > 0$).

a) Calentar la mezcla

Al aumentar T, el equilibrio se desplaza en el sentido que absorbe calor (endotérmico): hacia la **derecha** (se forma más NF_2).

✓ **El equilibrio se desplaza hacia la derecha**

b) Eliminar NF_2 a T y V constantes

Según el principio de Le Chatelier, el sistema reacciona para contrarrestar la perturbación, desplazándose hacia la **derecha** para reponer parte del NF_2 eliminado.

✓ **El equilibrio se desplaza hacia la derecha**

c) Añadir He a T y V constantes

Al no variar el volumen, las concentraciones (y presiones parciales) de N_2F_4 y NF_2 **no cambian**; el He es un gas inerte que no participa en la reacción.

✓ **No se modifica la posición del equilibrio**

⇒ **Error común:** Pensar que añadir un gas inerte siempre desplaza el equilibrio; esto solo ocurre si la adición se hace a **presión constante** (lo que cambiaría el volumen), pero no si el volumen permanece constante.

BLOQUE B · CUESTIÓN B3 (1,5 puntos)

Justifique la veracidad o falsedad de las siguientes proposiciones:

a) [0,5 puntos] Los enlaces por puentes de hidrógeno se forman siempre que la molécula tiene un átomo de hidrógeno.

b) [0,5 puntos] Los puntos de ebullición de los siguientes compuestos, H_2O, H_2S, CH_4, siguen la siguiente secuencia de valores: $CH_4 > H_2S > H_2O$

c) [0,5 puntos] La temperatura de fusión del dicloro (Cl_2) es mayor que la del cloruro de sodio (NaCl).

Resolución

a) ¿Puentes de H con cualquier H?

Para que existan puentes de hidrógeno, el H debe estar unido a un átomo muy electronegativo y de pequeño tamaño (N, O o F), no basta con que la molécula contenga cualquier átomo de hidrógeno.

✓ **FALSO**

b) Orden de puntos de ebullición

El agua forma puentes de hidrógeno (muy fuertes), por lo que su punto de ebullición es el más alto de los tres, no el más bajo. El orden correcto es $CH_4 < H_2S < H_2O$.

✓ **FALSO**

c) Temperatura de fusión Cl_2 frente a NaCl

El NaCl es un sólido iónico con una red cristalina muy estable (funde a $\sim 801\,^{o}C$), mientras que el Cl_2 es una molécula covalente apolar unida solo por débiles fuerzas de London (funde a $\sim -101\,^{o}C$).

✓ **FALSO**

⇒ **Error común:** Suponer que cualquier molécula con hidrógeno forma puentes de hidrógeno (como en CH_4), cuando en realidad se requiere un enlace H–F, H–O o H–N.

BLOQUE B · CUESTIÓN B4 (1,5 puntos)

Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

a) [0,5 puntos] La primera energía de ionización del Ar es mayor que la del Cl.
b) [0,5 puntos] La afinidad electrónica del Fe es mayor que la del O.
c) [0,5 puntos] El As tiene mayor radio atómico que el Se.

Resolución

a) EI del Ar frente al Cl

El Ar es un gas noble con capa de valencia completa, muy estable, situado a la derecha del Cl en el mismo periodo: su EI_1 es mayor.

✓ **VERDADERO**

b) Afinidad electrónica del Fe frente al O

El oxígeno (no metal, le falta poco para completar el octeto) tiene una afinidad electrónica mucho mayor (más favorable) que el Fe (metal de transición, que tiende a ceder electrones, no a ganarlos).

✓ **FALSO**

c) Radio atómico del As frente al Se

As y Se están en el mismo periodo (periodo 4); el radio atómico disminuye hacia la derecha. Como As ($Z = 33$) está a la izquierda de Se ($Z = 34$), su radio es mayor.

✓ **VERDADERO**

⇒ **Error común:** Aplicar la tendencia general de afinidad electrónica de los no metales a un metal de transición como el Fe, sin tener en cuenta que su comportamiento es muy distinto (tiende a formar cationes, no aniones).

BLOQUE B · CUESTIÓN B5 (1,5 puntos)

Justifique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

a) [0,5 puntos] En una disolución acuosa básica no existe la especie H_3O^+.

b) [0,5 puntos] Al disminuir la concentración de un ácido en disolución acuosa aumenta el pH.

c) [0,5 puntos] Al mezclar 100 mL de una disolución acuosa 1 M de HCl con 200 mL de otra disolución acuosa de NaOH 0,5 M, el pH de la disolución resultante es básico.

Resolución

a) ¿No existe H_3O^+ en disolución básica?

Por la autoionización del agua, $K_w = [H_3O^+][OH^-]$ se cumple siempre: en una disolución básica $[H_3O^+]$ es pequeña, pero **nunca nula**.

✓ **FALSO**

b) Diluir un ácido

Al añadir agua, $[H^+]$ disminuye, por lo que el pH **aumenta**.

✓ **VERDADERO**

c) Mezcla de HCl y NaOH

$n(\text{HCl}) = 0{,}100 \times 1 = 0{,}1$ mol; $n(\text{NaOH}) = 0{,}200 \times 0{,}5 = 0{,}1$ mol. Son cantidades estequiométricamente iguales (neutralización 1:1): se neutralizan por completo, dando una disolución **neutra** (pH= 7), no básica.

✓ **FALSO**

⇒ **Error común:** Olvidar calcular los moles reales de ácido y de base antes de concluir el carácter de la disolución final; dejarse llevar por la mayor concentración del HCl (1 M frente a 0,5 M) sin tener en cuenta los volúmenes distintos.

BLOQUE B · CUESTIÓN B6 (1,5 puntos)

Dados los siguientes compuestos orgánicos A: $CH_3-CH_2-CH_2-OH$; B: $CH_3-CH_2-O-CH_3$

a) [0,5 puntos] Justifique si son isómeros.
b) [0,5 puntos] Justifique cuál de ellos es más soluble en agua.
c) [0,5 puntos] Indique cuál de ellos reacciona con H_2SO_4/calor y escriba la reacción.

Resolución

a) ¿Son isómeros?

Ambos tienen fórmula molecular C_3H_8O, pero A es un alcohol (propan-1-ol) y B es un éter (etil metil éter): misma fórmula, distinta función.

✓ **Sí, son isómeros de función**

b) ¿Cuál es más soluble en agua?

El alcohol A puede formar puentes de hidrógeno con las moléculas de agua a través de su grupo $-OH$. El éter B no tiene hidrógeno unido al oxígeno: solo puede aceptar puentes de hidrógeno del agua, no donarlos, y por eso interacciona menos con ella.

✓ **A (el alcohol) es más soluble**

c) ¿Cuál reacciona con H_2SO_4/calor?

Los alcoholes sufren deshidratación intramolecular con ácido sulfúrico concentrado en caliente, formando un alqueno:

$$CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$$

Los éteres, al carecer de grupo $-OH$, no sufren esta reacción en las mismas condiciones.

✓ **Reacciona A (deshidratación a propeno)**

⇒ **Error común:** Pensar que, por tener oxígeno, el éter B también se deshidrata con H_2SO_4/calor, olvidando que esta reacción requiere específicamente el grupo $-OH$ de un alcohol.

BLOQUE C · PROBLEMA C1 (2 puntos)

En un recipiente de 250 mL se introducen 0,46 g de $N_2O_4(g)$ y se calienta hasta 40 ºC, disociándose el $N_2O_4(g)$ en un 42 % al alcanzar el siguiente equilibrio: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$

a) [1 punto] Calcule la constante K_C del equilibrio.

b) [1 punto] Determine la presión total en el sistema y el valor de K_P.

Datos: $R = 0{,}082$ atm·L·K^{-1}·mol^{-1}; Masas atómicas relativas: O= 16; N= 14

Resolución

$T = 40 + 273 = 313$ K; $M(N_2O_4) = 2(14) + 4(16) = 92$ g/mol $\Rightarrow n_0 = 0{,}46/92 = 0{,}005$ mol.

Con $\alpha = 0{,}42$: $n(N_2O_4)_{eq} = 0{,}005(1 - 0{,}42) = 0{,}0029$ mol; $n(NO_2)_{eq} = 2(0{,}005)(0{,}42) = 0{,}0042$ mol.

a) Constante K_C

$$[N_2O_4] = \frac{0{,}0029}{0{,}25} = 0{,}0116 \text{ M}, \qquad [NO_2] = \frac{0{,}0042}{0{,}25} = 0{,}0168 \text{ M}$$

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(0{,}0168)^2}{0{,}0116} \approx 0{,}0243 \text{ mol/L}$$

✓ $K_C \approx \mathbf{0{,}0243\ mol/L}$

b) Presión total y K_P

$n_{total} = 0{,}0029 + 0{,}0042 = 0{,}0071$ mol:

$$P_{total} = \frac{n_{total} RT}{V} = \frac{0{,}0071 \times 0{,}082 \times 313}{0{,}25} \approx 0{,}729 \text{ atm}$$

Con $\Delta n = 2 - 1 = 1$:

$$K_P = K_C(RT)^1 = 0{,}0243 \times 0{,}082 \times 313 \approx 0{,}624$$

✓ $P_{total} \approx \mathbf{0{,}729\ atm}$; $K_P \approx \mathbf{0{,}624}$

⇒ **Error común:** Olvidar recalcular los moles totales en el equilibrio ($n_0(1 + \alpha)$) antes de hallar la presión total, usando por error los moles iniciales n_0.

BLOQUE C · PROBLEMA C2 (2 puntos)

A 25 ºC el producto de solubilidad del sulfuro de níquel(II) es $3{,}2 \times 10^{-19}$. Calcule:

a) [1 punto] La solubilidad del NiS en mol/L y en g/L.

b) [1 punto] La solubilidad del NiS en una disolución 0,05 M de Na_2S

Datos: Masas atómicas relativas: Ni= 58,7; S= 32

Resolución

a) Solubilidad en agua pura

Equilibrio: $NiS\,(s) \rightleftharpoons Ni^{2+} + S^{2-}$, con $[Ni^{2+}] = [S^{2-}] = s$:

$$K_S = s^2 \;\Rightarrow\; s = \sqrt{3{,}2 \times 10^{-19}} \approx 5{,}66 \times 10^{-10}\ \text{mol/L}$$

$M(NiS) = 58{,}7 + 32 = 90{,}7$ g/mol:

$$s(\text{g/L}) = 5{,}66 \times 10^{-10} \times 90{,}7 \approx 5{,}13 \times 10^{-8}\ \text{g/L}$$

✓ $s \approx \mathbf{5{,}66 \times 10^{-10}}$ **mol/L** ($\approx 5{,}13 \times 10^{-8}$ **g/L**)

b) Solubilidad en Na_2S 0,05 M (efecto del ion común)

$[S^{2-}] \approx 0{,}05$ M (aportado casi en su totalidad por el Na_2S):

$$K_S = s' \times 0{,}05 \;\Rightarrow\; s' = \frac{3{,}2 \times 10^{-19}}{0{,}05} = 6{,}4 \times 10^{-18}\ \text{mol/L}$$

✓ $s' \approx \mathbf{6{,}4 \times 10^{-18}}$ **mol/L (mucho menor por el efecto del ion común)**

⇒ **Error común:** Usar $K_S = 4s'^3$ o cualquier otra fórmula de estequiometría 1:2, cuando el NiS se disocia en una relación 1:1 ($K_S = s^2$, no $K_S = 4s^3$).

BLOQUE C · PROBLEMA C3 (2 puntos)

Una disolución 0,1 M de un ácido débil monoprótico (HA) tiene el mismo pH que una disolución de HCl $5{,}49 \times 10^{-3}$ M. Calcule:

a) [1 punto] El pH de la disolución y el grado de disociación del ácido débil.
b) [1 punto] La constante de ionización del ácido débil.

Resolución

a) pH y grado de disociación

El HCl es un ácido fuerte, totalmente disociado: $[\mathrm{H^+}]_{HCl} = 5{,}49 \times 10^{-3}$ M $\Rightarrow$

$$\mathrm{pH} = -\log(5{,}49 \times 10^{-3}) \approx 2{,}26$$

Como ambas disoluciones tienen el mismo pH, $[\mathrm{H^+}]_{HA} = 5{,}49 \times 10^{-3}$ M también:

$$\alpha = \frac{[\mathrm{H^+}]}{c_0} = \frac{5{,}49 \times 10^{-3}}{0{,}1} \approx 0{,}0549 \ (5{,}49\ \%)$$

✓ **pH≈ 2,26;** $\alpha \approx$ **5,49 %**

b) Constante de ionización K_a

$$K_a = \frac{[\mathrm{H^+}][\mathrm{A^-}]}{[\mathrm{HA}]} = \frac{(5{,}49 \times 10^{-3})^2}{0{,}1 - 5{,}49 \times 10^{-3}} \approx 3{,}19 \times 10^{-4}$$

✓ $K_a \approx \mathbf{3{,}19 \times 10^{-4}}$

$\Rightarrow$ **Error común:** Tomar $[\mathrm{H^+}] = 0{,}1$ M (la concentración del ácido débil), como si estuviera totalmente disociado. Lo que comparten las dos disoluciones es el pH, así que $[\mathrm{H^+}] = 5{,}49 \times 10^{-3}$ M.

BLOQUE C · PROBLEMA C4 (2 puntos)

La reacción entre $KMnO_4$ y HCl en disolución permite obtener Cl_2 gaseoso, además de $MnCl_2$, KCl y agua:

$$KMnO_4 + HCl \longrightarrow Cl_2 + MnCl_2 + KCl + H_2O$$

a) [1 punto] Ajuste las ecuaciones iónica y molecular por el método ion-electrón.
b) [1 punto] Calcule la masa de $KMnO_4$ que reacciona con 25 mL de una disolución de HCl del 30 % de riqueza en masa cuya densidad es 1,15 g·mL^{-1}.

Datos: Masas atómicas relativas: Mn= 55; K= 39; Cl= 35,5; O= 16; H= 1

Resolución

a) Ajuste ion-electrón

Semirreacciones:

$$\text{Oxidación } (\times 5): \quad 2\,Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\,e^-$$

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

Sumando:

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

Ecuación molecular (añadiendo K^+; el resto del Cl^- forma KCl y $MnCl_2$):

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

b) Masa de $KMnO_4$

masa disolución= $25 \times 1{,}15 = 28{,}75$ g; masa HCl puro= $28{,}75 \times 0{,}30 = 8{,}625$ g.

$$n(HCl) = \frac{8{,}625}{36{,}5} \approx 0{,}2363 \text{ mol}$$

Relación $2\,KMnO_4 : 16\,HCl = 1 : 8$:

$$n(KMnO_4) = \frac{0{,}2363}{8} \approx 0{,}02954 \text{ mol}$$

$M(KMnO_4) = 39 + 55 + 4(16) = 158$ g/mol:

$$m(KMnO_4) = 0{,}02954 \times 158 \approx 4{,}67 \text{ g}$$

✓ $m(KMnO_4) \approx \mathbf{4{,}67\ g}$

⇒ **Error común:** Usar la relación $2\,KMnO_4 : 10\,HCl$ (solo el HCl oxidado a Cl_2) en lugar de $2\,KMnO_4 : 16\,HCl$ (el HCl total de la ecuación molecular, que incluye también el que aporta los iones H^+ y el que forma las sales cloradas).