Química

PAU Andalucía, Ceuta, Melilla y Centros en Marruecos

Septiembre 2020 · 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 rubidio; **b)** Hidrogenofosfato de calcio; **c)** Hidróxido de plata; **d)** SrH_2; **e)** $KClO_3$; **f)** NiO

Resolución

a) Peróxido de rubidio

El Rb presenta valencia +1 frente al grupo peróxido O_2^{2-}.

✓ Rb_2O_2

b) Hidrogenofosfato de calcio

Sal ácida del ácido fosfórico (H_3PO_4) que conserva uno de sus hidrógenos.

✓ $CaHPO_4$

c) Hidróxido de plata

✓ AgOH

d) SrH_2

✓ **Hidruro de estroncio**

e) $KClO_3$

El cloro presenta estado de oxidación +5.

✓ **Clorato de potasio**

f) NiO

El níquel presenta valencia +2.

✓ **Óxido de níquel(II)**

⇒ **Error común:** Confundir el grupo peróxido (O_2^{2-}) con dos óxidos simples al formular el apartado a); confundir hidrogenofosfato ($CaHPO_4$, conserva un H) con dihidrogenofosfato ($Ca(H_2PO_4)_2$, conserva dos H).

BLOQUE A · PREGUNTA A2 (1,5 puntos)

Formule o nombre los siguientes compuestos:

a) Sulfuro de cobre(I); **b)** Dióxido de azufre; **c)** 2-Hidroxipropanal; **d)** H_3AsO_3; **e)** PtO_2; **f)** CH_3CONH_2

Resolución

a) Sulfuro de cobre(I)

El cobre presenta valencia +1.

✓ Cu_2S

b) Dióxido de azufre

✓ SO_2

c) 2-Hidroxipropanal

Cadena de 3 carbonos (propanal) con grupo −OH en C2.

✓ $CH_3{-}CH(OH){-}CHO$

d) H_3AsO_3

Oxoácido del arsénico con estado de oxidación +3.

✓ **Ácido arsenioso**

e) PtO_2

El platino presenta valencia +4.

✓ **Óxido de platino(IV)**

f) CH_3CONH_2

✓ **Acetamida (etanamida)**

⇒ **Error común:** Confundir sulfuro de cobre(I) (Cu_2S) con sulfuro de cobre(II) (CuS); situar mal el grupo −OH en el hidroxialdehído (va en el C2, no en el C1 del grupo −CHO).

BLOQUE B · CUESTIÓN B1 (1,5 puntos)

Responda razonadamente a las siguientes cuestiones:

a) [0,5 puntos] ¿Cuántos electrones tiene el ion $^{58}_{26}Fe^{3+}$? Escriba su configuración electrónica.

b) [0,5 puntos] ¿Cuál es la composición del núcleo de un anión de símbolo X^- que contiene 18 electrones y cuyo número másico es 35?

c) [0,5 puntos] ¿Cuál es el ion más estable que puede formar el elemento de número atómico 38?

Resolución

a) Electrones y configuración del Fe^{3+}

Electrones= Z − carga = 26 − 3 = 23. El Fe neutro es [Ar]$3d^6 4s^2$; al perder 3 electrones (primero los 2 del $4s$ y luego 1 del $3d$):

✓ **23 electrones; configuración** [Ar]$3d^5$

b) Composición del anión X^- ($A = 35$, 18 electrones)

El átomo neutro tiene 18 − 1 = 17 electrones ⇒ Z = 17 (cloro). Protones= 17; neutrones= $A - Z = 35 - 17 = 18$.

✓ **17 protones; 18 neutrones; 18 electrones (en el anión)**

c) Ion más estable del elemento $Z = 38$

$Z = 38$ es el estroncio (Sr), grupo 2: pierde sus 2 electrones de valencia para alcanzar configuración de gas noble.

✓ Sr^{2+}

⇒ **Error común:** Olvidar que, al formar cationes de metales de transición, los electrones se pierden primero del subnivel $4s$ (más externo) y después del $3d$, no al revés.

BLOQUE B · CUESTIÓN B2 (1,5 puntos)

Dos elementos presentan las siguientes configuraciones electrónicas X: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ e Y: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$.

a) [0,5 puntos] Indique razonadamente su posición (grupo y periodo) en el sistema periódico.

b) [0,5 puntos] Si los valores de las primeras energías de ionización son 496 y 1520 kJ/mol, justifica cuál será el valor asociado a cada elemento.

c) [0,5 puntos] Razone cuál de ellos tiene tendencia a formar enlace iónico.

Resolución

X ($Z = 18$) es el argón; Y ($Z = 11$) es el sodio.

a) Posición en la tabla periódica

X (Ar): última capa completa ($3s^2 3p^6$) ⇒ **grupo 18, periodo 3**. Y (Na): último electrón en $3s^1$ ⇒ **grupo 1, periodo 3**.

✓ **X: grupo 18, periodo 3. Y: grupo 1, periodo 3.**

b) Asignación de las energías de ionización

El Na (metal alcalino) cede su único electrón de valencia con facilidad: baja EI_1. El Ar (gas noble, capa cerrada) es muy estable: EI_1 muy alta.

✓ **X (Ar): 1520 kJ/mol. Y (Na): 496 kJ/mol.**

c) Tendencia a formar enlace iónico

El Na puede ceder fácilmente su electrón de valencia para formar Na^+, combinándose con no metales mediante enlace iónico. El Ar, al ser un gas noble, no forma enlaces en condiciones normales.

✓ **El Na (Y) tiende a formar enlace iónico**

⇒ **Error común:** Invertir la asignación de las energías de ionización, atribuyendo el valor más alto al metal alcalino en lugar de al gas noble.

BLOQUE B · CUESTIÓN B3 (1,5 puntos)

Indique justificadamente si las siguientes proposiciones son verdaderas o falsas:

a) [0,5 puntos] El HI tiene menor punto de ebullición que el HF.
b) [0,5 puntos] El PCl_3 presenta geometría plana triangular según la TRPEV.
c) [0,5 puntos] El NaCl presenta un punto de fusión menor que el NaBr.

Resolución

a) Punto de ebullición HI frente a HF

Aunque el HI es más pesado, el HF forma puentes de hidrógeno (muy fuertes), lo que le da un punto de ebullición anormalmente alto (19,5 ºC) frente al HI (−35,4 ºC, solo fuerzas de London/dipolo-dipolo débiles).

✓ **VERDADERO**

b) Geometría del PCl_3

El P tiene 3 pares enlazantes y 1 par libre (TRPEV) ⇒ geometría **piramidal trigonal**, no plana triangular.

✓ **FALSO**

c) Punto de fusión NaCl frente a NaBr

El Cl^- es más pequeño que el Br^-, lo que genera una mayor energía reticular en el NaCl y, por tanto, un punto de fusión **mayor** (∼ 801 ºC) que el del NaBr (∼ 747 ºC), no menor.

✓ **FALSO**

⇒ **Error común:** Suponer que el tamaño molecular (masa) determina siempre el punto de ebullición, ignorando el efecto dominante de los puentes de hidrógeno en el HF.

BLOQUE B · CUESTIÓN B4 (1,5 puntos)

Para el compuesto $CH_3CH(CH_3)CH{=}CH_2$:

a) [0,5 puntos] Justifique si presenta isomería geométrica.
b) [0,5 puntos] Represente la fórmula de un isómero de cadena.
c) [0,5 puntos] Escriba la reacción de combustión ajustada.

Resolución

El compuesto es el 3-metilbut-1-eno, C_5H_{10}.

a) ¿Isomería geométrica?

El doble enlace es terminal ($CH{=}CH_2$): el carbono terminal tiene 2 átomos de H idénticos, por lo que **no** puede haber isomería cis/trans (se necesitan 2 sustituyentes distintos en cada carbono del doble enlace).

✓ **No presenta isomería geométrica**

b) Isómero de cadena

Un isómero de cadena tiene la misma fórmula (C_5H_{10}) y la misma función (alqueno), pero otra cadena carbonada. El compuesto dado tiene cadena ramificada; con cadena lineal y el doble enlace también en el C1 se obtiene el pent-1-eno.

✓ **Pent-1-eno:** $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$

c) Reacción de combustión ajustada

$$2\,C_5H_{10} + 15\,O_2 \longrightarrow 10\,CO_2 + 10\,H_2O$$

✓ $2\,C_5H_{10} + 15\,O_2 \longrightarrow 10\,CO_2 + 10\,H_2O$

⇒ **Error común:** Dar por hecho que cualquier doble enlace C=C presenta isomería geométrica, sin comprobar primero que ambos carbonos del doble enlace tengan 2 sustituyentes distintos cada uno.

BLOQUE B · CUESTIÓN B5 (1,5 puntos)

Disponemos en un recipiente de una disolución saturada de $CaF_2(aq)$ en equilibrio con $CaF_2(s)$, depositado en el fondo. Explique qué sucederá si se añade:

a) [0,5 puntos] Agua.
b) [0,5 puntos] Fluoruro de calcio, $CaF_2(s)$.
c) [0,5 puntos] Fluoruro de sodio, $NaF\,(s)$.

Resolución

a) Añadir agua

Al diluir, momentáneamente $Q < K_S$, por lo que el sistema reacciona disolviendo algo más de $CaF_2(s)$ hasta restablecer el equilibrio de saturación (la concentración de saturación no cambia, pero se disuelve más sólido en total).

✓ **Se disuelve algo más de** $CaF_2(s)$

b) Añadir $CaF_2(s)$

La disolución ya está saturada: el sólido adicional simplemente se deposita en el fondo, sin disolverse más. No cambian las concentraciones de Ca^{2+} ni F^-.

✓ **Sin cambios en la disolución (solo más sólido en el fondo)**

c) Añadir $NaF\,(s)$

Efecto del ion común: $[F^-]$ aumenta, el equilibrio $CaF_2(s) \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2\,F^-$ se desplaza hacia la izquierda, y **precipita más** CaF_2 (disminuye su solubilidad).

✓ **Precipita más** CaF_2 **(disminuye la solubilidad por ion común)**

⇒ **Error común:** Pensar que añadir más $CaF_2(s)$ a una disolución ya saturada aumenta la concentración de iones disueltos, cuando en realidad el exceso de sólido no se disuelve (la disolución ya está en equilibrio).

BLOQUE B · CUESTIÓN B6 (1,5 puntos)

La reacción $A + 2\,B \longrightarrow C$, es de orden cero con respecto a A, orden 2 respecto a B y su constante de velocidad vale 0,053 $mol^{-1}{\cdot}L{\cdot}s^{-1}$.

a) [0,5 puntos] ¿Cuál es el orden total de la reacción?

b) [0,5 puntos] ¿Cuál es la velocidad si las concentraciones iniciales de A y de B son 0,48 M y 0,35 M, respectivamente?

c) [0,5 puntos] ¿Cómo se modifica la velocidad si la concentración inicial de A se reduce a la mitad?

Resolución

La ecuación de velocidad es $v = k[A]^0[B]^2 = k[B]^2$ (el término $[A]^0 = 1$ no influye).

a) Orden total

$$\text{orden total} = 0 + 2 = \mathbf{2}$$

✓ **Orden total** = 2

b) Velocidad con [A] = 0,48 M, [B] = 0,35 M

$$v = k[B]^2 = 0{,}053 \times (0{,}35)^2 \approx 6{,}49 \times 10^{-3}\ \text{M/s}$$

✓ $v \approx 6{,}49 \times 10^{-3}$ **mol·L^{-1}·s^{-1}**

c) Efecto de reducir [A] a la mitad

Como la reacción es de orden cero respecto a A, la velocidad **no depende de** [A] en absoluto.

✓ **La velocidad no se modifica**

⇒ **Error común:** Incluir [A] en el cálculo de la velocidad como si tuviera orden 1 o 2, olvidando que el exponente cero hace que ese factor valga siempre 1, independientemente de la concentración de A.

BLOQUE C · PROBLEMA C1 (2 puntos)

Para el equilibrio: $SnO_2(s) + 2\,H_2(g) \rightleftharpoons Sn(s) + 2\,H_2O(g)$ a 750 ºC, la presión total del sistema es 32 mmHg y la presión parcial del agua 23,7 mmHg. Calcule:

a) [1 punto] El valor de K_P para dicha reacción a 750 ºC.

b) [1 punto] Los moles de agua y de dihidrógeno presentes en el equilibrio, sabiendo que el volumen del reactor es de 2 L.

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

Resolución

$P(H_2) = P_{total} - P(H_2O) = 32 - 23{,}7 = 8{,}3$ mmHg. Como SnO_2 y Sn son sólidos, no aparecen en la expresión de K_P.

a) Valor de K_P

Convirtiendo a atm: $P(H_2O) = 23{,}7/760 \approx 0{,}0312$ atm; $P(H_2) = 8{,}3/760 \approx 0{,}0109$ atm.

$$K_P = \frac{P(H_2O)^2}{P(H_2)^2} = \left(\frac{0{,}0312}{0{,}0109}\right)^2 \approx 8{,}15$$

✓ $K_P \approx \mathbf{8{,}15}$

b) Moles de H_2O y H_2

$T = 750 + 273 = 1023$ K. Con $n = \dfrac{PV}{RT}$:

$$n(H_2O) = \frac{0{,}0312 \times 2}{0{,}082 \times 1023} \approx 7{,}44 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(H_2) = \frac{0{,}0109 \times 2}{0{,}082 \times 1023} \approx 2{,}60 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

✓ $n(H_2O) \approx \mathbf{7{,}44 \times 10^{-4}}$ **mol;** $n(H_2) \approx \mathbf{2{,}60 \times 10^{-4}}$ **mol**

⇒ **Error común:** Incluir los sólidos SnO_2 y Sn en la expresión de K_P, cuando las fases sólidas puras no aparecen en la constante de equilibrio.

BLOQUE C · PROBLEMA C2 (2 puntos)

Al pasar una corriente eléctrica por cloruro de cobalto(II), $CoCl_2$, fundido se desprende dicloro en el ánodo y se deposita cobalto en el cátodo. Calcule:

a) [1 punto] La intensidad de corriente que se necesita para depositar 8,42 g de Co, a partir de $CoCl_2$ fundido, en 30 minutos.

b) [1 punto] El volumen de dicloro gaseoso, medido a 15 ºC y 740 mmHg, que se desprende en el ánodo.

Datos: $F = 96500$ C; $R = 0{,}082$ atm·L·mol^{-1}·K^{-1}; Masas atómicas relativas: Cl= 35,5; Co= 59.

Resolución

$M(\text{Co}) = 59$ g/mol $\Rightarrow n(\text{Co}) = 8{,}42/59 \approx 0{,}1427$ mol. $t = 30 \times 60 = 1800$ s.

a) Intensidad de corriente

Semirreacción catódica: $\text{Co}^{2+} + 2\,\text{e}^- \longrightarrow \text{Co}$ (2 mol e^- por mol Co):

$$n(e^-) = 2 \times 0{,}1427 = 0{,}2854 \text{ mol} \;\Rightarrow\; Q = nF = 0{,}2854 \times 96500 \approx 27543 \text{ C}$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{27543}{1800} \approx 15{,}3 \text{ A}$$

✓ $I \approx \mathbf{15{,}3\ A}$

b) Volumen de Cl_2 desprendido

Semirreacción anódica: $2\,\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\,\text{e}^-$ (también 2 mol e^- por mol Cl_2):

$$n(\text{Cl}_2) = \frac{n(e^-)}{2} = \frac{0{,}2854}{2} \approx 0{,}1427 \text{ mol}$$

Condiciones: $T = 15 + 273 = 288$ K; $P = 740/760 \approx 0{,}974$ atm:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0{,}1427 \times 0{,}082 \times 288}{0{,}974} \approx 3{,}46 \text{ L}$$

✓ $V(\text{Cl}_2) \approx \mathbf{3{,}46\ L}$

⇒ **Error común:** Olvidar convertir los minutos a segundos al calcular $Q = It$ (o $I = Q/t$), o convertir mal la presión de mmHg a atm antes de aplicar la ecuación de los gases ideales.

BLOQUE C · PROBLEMA C3 (2 puntos)

Un vinagre comercial indica en su etiqueta un contenido de 6 g de ácido acético (CH_3COOH) por cada 100 mL de vinagre.

a) [1 punto] Calcule la concentración de las especies en el equilibrio y el pH del vinagre comercial.

b) [1 punto] ¿Qué volumen de agua es necesario añadir a 10 mL de vinagre para obtener una disolución de pH= 2,88?

Datos: $K_a(CH_3COOH) = 1{,}8 \times 10^{-5}$; Masas atómicas relativas: O= 16; C= 12; H= 1.

Resolución

$$M(CH_3COOH) = 60 \text{ g/mol} \Rightarrow c = \frac{6/60 \text{ mol}}{0{,}1 \text{ L}} = 1 \text{ M}.$$

a) Concentraciones en el equilibrio y pH

$$K_a = \frac{x^2}{1-x} \approx x^2 = 1{,}8 \times 10^{-5} \;\Rightarrow\; x = [H^+] = [CH_3COO^-] \approx 4{,}24 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$[CH_3COOH] \approx 1 - 0{,}00424 \approx 0{,}996 \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log(4{,}24 \times 10^{-3}) \approx 2{,}37$$

✓ $[H^+] = [CH_3COO^-] \approx 4{,}24 \times 10^{-3}$ **M;** $[CH_3COOH] \approx 0{,}996$ **M; pH≈ 2,37**

b) Volumen de agua para pH= 2,88

$[H^+] = 10^{-2{,}88} \approx 1{,}32 \times 10^{-3}$ M. Con $K_a = \dfrac{[H^+]^2}{c - [H^+]}$:

$$c = \frac{(1{,}32 \times 10^{-3})^2}{1{,}8 \times 10^{-5}} + 1{,}32 \times 10^{-3} \approx 0{,}0978 \text{ M}$$

mol CH_3COOH en 10 mL de vinagre= $0{,}010 \times 1 = 0{,}01$ mol:

$$V_{final} = \frac{0{,}01}{0{,}0978} \approx 0{,}1022 \text{ L} = 102{,}2 \text{ mL}$$

$$V(H_2O) \text{ añadido} = 102{,}2 - 10 = 92{,}2 \text{ mL}$$

✓ $V(H_2O) \approx$ **92,2 mL**

⇒ **Error común:** Al diluir, olvidar que los moles de ácido acético se mantienen constantes (solo cambia el volumen), e intentar recalcular la concentración sin partir de los moles originales en los 10 mL de vinagre.

BLOQUE C · PROBLEMA C4 (2 puntos)

a) [1 punto] Se mezclan 100 mL de una disolución de nitrato de talio ($TlNO_3$) 4×10^{-2} M con 300 mL de otra disolución de cloruro de sodio (NaCl) 8×10^{-3} M. Sabiendo que el producto de solubilidad del cloruro de talio (TlCl) es $1{,}9 \times 10^{-4}$, deduzca si precipitará dicha sal en estas condiciones.

b) [1 punto] Calcule la solubilidad del $Mg(OH)_2$ en agua pura, sabiendo que su producto de solubilidad es $3{,}4 \times 10^{-4}$.

Resolución

a) ¿Precipita el TlCl?

Volumen total= $100 + 300 = 400$ mL. mol $Tl^+ = 0{,}100 \times 0{,}04 = 0{,}004$ mol; mol $Cl^- = 0{,}300 \times 0{,}008 = 0{,}0024$ mol.

$$[Tl^+] = \frac{0{,}004}{0{,}4} = 0{,}01 \text{ M}, \qquad [Cl^-] = \frac{0{,}0024}{0{,}4} = 0{,}006 \text{ M}$$

$$Q = [Tl^+][Cl^-] = 0{,}01 \times 0{,}006 = 6 \times 10^{-5}$$

Como $Q = 6 \times 10^{-5} < K_S = 1{,}9 \times 10^{-4}$, la disolución está insaturada.

✓ $Q < K_S \Rightarrow$ **no se forma precipitado**

b) Solubilidad del $Mg(OH)_2$

Equilibrio: $Mg(OH)_2(s) \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2\,OH^-$, con $[Mg^{2+}] = s$ y $[OH^-] = 2s$:

$$K_S = s(2s)^2 = 4s^3 = 3{,}4 \times 10^{-4} \;\Rightarrow\; s = \left(\frac{3{,}4 \times 10^{-4}}{4}\right)^{1/3} \approx 0{,}0439 \text{ mol/L}$$

✓ $s(Mg(OH)_2) \approx$ **0,0439 mol/L**

⇒ **Error común:** Olvidar la dilución al mezclar los dos volúmenes en el apartado a) (usar las concentraciones iniciales sin dividir por el volumen total de 400 mL); usar $K_S = s^2$ (estequiometría 1:1) en lugar de $K_S = 4s^3$ en el apartado b).