Química

PAU Andalucía, Ceuta, Melilla y Centros en Marruecos

Junio 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) Tricloruro de cromo; **b)** Carbonato de bario; **c)** Óxido de vanadio(V); **d)** PbH_4; **e)** $Fe_3(PO_4)_2$; **f)** HNO_3

Resolución

a) Tricloruro de cromo

El cromo presenta valencia +3.

✓ $CrCl_3$

b) Carbonato de bario

✓ $BaCO_3$

c) Óxido de vanadio(V)

El vanadio presenta valencia +5.

✓ V_2O_5

d) PbH_4

Hidruro metálico del plomo con valencia +4.

✓ **Hidruro de plomo(IV) (plumbano)**

e) $Fe_3(PO_4)_2$

El Fe presenta valencia +2 frente al fosfato.

✓ **Fosfato de hierro(II)**

f) HNO_3

✓ **Ácido nítrico**

⇒ **Error común:** Confundir un hidruro metálico (PbH_4) con un ácido hidrácido, u olvidar determinar el estado de oxidación del metal de transición a partir de la fórmula en compuestos como $Fe_3(PO_4)_2$.

BLOQUE A · PREGUNTA A2 (1,5 puntos)

Formule o nombre los siguientes compuestos:

a) Bromato de potasio; **b)** Hidróxido de aluminio; **c)** 4-Metilfenol; **d)** H_2SO_3; **e)** TiO_2; **f)** $(CH_3)_2CHCH_2CHO$

Resolución

a) Bromato de potasio

✓ $KBrO_3$

b) Hidróxido de aluminio

✓ $Al(OH)_3$

c) 4-Metilfenol

Anillo aromático con $-OH$ en C1 y $-CH_3$ en C4 (posición para).

✓ **Anillo bencénico con $-OH$ (C1) y $-CH_3$ (C4)**

d) H_2SO_3

Oxoácido del azufre con estado de oxidación +4.

✓ **Ácido sulfuroso**

e) TiO_2

El titanio presenta valencia +4.

✓ **Óxido de titanio(IV)**

f) $(CH_3)_2CHCH_2CHO$

Cadena de 4 carbonos con grupo aldehído en C1 y ramificación metilo en C3.

✓ **3-metilbutanal**

⇒ **Error común:** Confundir ácido sulfuroso (H_2SO_3, S con +4) con ácido sulfúrico (H_2SO_4, S con +6); numerar mal la cadena principal en el aldehído ramificado.

BLOQUE B · CUESTIÓN B1 (1,5 puntos)

Conteste las siguientes cuestiones relativas a un átomo con $Z = 7$ y $A = 14$.

a) [0,5 puntos] Indique el número de protones, neutrones y electrones.

b) [0,5 puntos] Escriba su configuración electrónica e indique el número de electrones desapareados en su estado fundamental.

c) [0,5 puntos] Razone cuál es el número máximo de electrones para los que $n = 2$, $l = 0$ y $m = 0$.

Resolución

El átomo es el nitrógeno (^{14}N).

a) Protones, neutrones y electrones

Protones= $Z = 7$; electrones= 7 (átomo neutro); neutrones= $A - Z = 14 - 7 = 7$.

✓ **7 protones, 7 neutrones, 7 electrones**

b) Configuración electrónica

$1s^2 2s^2 2p^3$. Por la regla de Hund, los 3 electrones del subnivel $2p$ ocupan cada uno un orbital distinto antes de emparejarse.

✓ $1s^2 2s^2 2p^3$**; 3 electrones desapareados**

c) Máximo de electrones con $n = 2, l = 0, m = 0$

$n = 2$, $l = 0$ corresponde al subnivel $2s$, que tiene un único orbital ($m = 0$). Un orbital admite como máximo 2 electrones (con espines opuestos).

✓ **Máximo 2 electrones**

⇒ **Error común:** Contar todos los electrones de la capa $n = 2$ (hasta 8): al fijar también $l = 0$ y $m = 0$ solo queda un orbital, el $2s$, que admite como máximo 2 electrones.

BLOQUE B · CUESTIÓN B2 (1,5 puntos)

Dada la reacción a 25 ºC y 1 atm de presión $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2\,NO(g)$; $\Delta H = 180{,}2$ kJ, razone si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

a) [0,5 puntos] La constante de equilibrio K_P se duplica si se duplica la presión.

b) [0,5 puntos] El sentido de la reacción se favorece hacia la izquierda si se aumenta la temperatura.

c) [0,5 puntos] El valor de la constante de equilibrio para este proceso depende del catalizador utilizado.

Resolución

Esta reacción es **endotérmica** ($\Delta H > 0$).

a) ¿Se duplica K_P al duplicar la presión?

K_P es una constante que **solo depende de la temperatura**, no de la presión ni de las concentraciones iniciales.

✓ **FALSO**

b) ¿Se favorece la izquierda al aumentar T?

Al aumentar la temperatura, el equilibrio se desplaza en el sentido **endotérmico**, es decir, hacia la **derecha** (formación de NO), no hacia la izquierda.

✓ **FALSO**

c) ¿Depende K_P del catalizador?

Un catalizador solo modifica la velocidad a la que se alcanza el equilibrio, pero no cambia el valor de la constante de equilibrio.

✓ **FALSO**

⇒ **Error común:** Confundir el efecto de la presión sobre la **posición** del equilibrio (que sí puede desplazarlo) con su efecto sobre el **valor** de K_P (que nunca cambia, al depender solo de T).

BLOQUE B · CUESTIÓN B3 (1,5 puntos)

Sean las moléculas: BF_3, PH_3 y CH_4

a) [0,5 puntos] Razone en cuál de ellas el átomo central presenta algún par de electrones sin compartir.

b) [0,5 puntos] Justifique la geometría que presentan las moléculas BF_3 y PH_3 según la TRPECV.

c) [0,5 puntos] Indique la hibridación que presenta el átomo central en CH_4

Resolución

a) ¿Qué átomo central tiene pares libres?

B en BF_3 forma 3 enlaces y no le quedan electrones de valencia libres (3 pares enlazantes, 0 libres). P en PH_3 forma 3 enlaces y le queda 1 par libre (tiene 5 electrones de valencia, 3 se comparten). C en CH_4 forma 4 enlaces sin pares libres.

✓ **Solo el P en PH_3 tiene un par de electrones sin compartir**

b) Geometría de BF_3 y PH_3

BF_3: 3 pares enlazantes y 0 pares libres ⇒ geometría **trigonal plana**. PH_3: 3 pares enlazantes y 1 par libre ⇒ geometría **piramidal trigonal**.

✓ **BF_3: trigonal plana. PH_3: piramidal trigonal.**

c) Hibridación del C en CH_4

El carbono forma 4 enlaces σ idénticos con geometría tetraédrica.

✓ **Hibridación sp^3**

⇒ **Error común:** Asignar un par libre al B en BF_3 (que no tiene, al usar sus 3 electrones de valencia íntegramente en los 3 enlaces) o al C en CH_4 (que tampoco tiene pares libres).

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 magnesio es menor que la del sodio.

b) [0,5 puntos] En los elementos del grupo 2, el radio iónico es mayor que el radio atómico.

c) [0,5 puntos] En general, los elementos del grupo 1 tienen electronegatividad baja.

Resolución

a) EI del Mg frente al Na

Dentro de un mismo periodo, la energía de ionización aumenta de izquierda a derecha, por lo que $EI_1(Mg) > EI_1(Na)$.

✓ **FALSO**

b) Radio iónico frente a radio atómico en el grupo 2

Los elementos del grupo 2 forman cationes M^{2+} al perder sus 2 electrones de valencia más externos, por lo que el catión resultante es **menor** que el átomo neutro, no mayor.

✓ **FALSO**

c) Electronegatividad del grupo 1

Los metales alcalinos tienen muy poca tendencia a atraer electrones (tienden a cederlos), por lo que su electronegatividad es baja.

✓ **VERDADERO**

⇒ **Error común:** Pensar que el catión es igual o mayor que el átomo neutro. Al perder sus 2 electrones de valencia, el átomo pierde la capa más externa y el núcleo atrae con más fuerza a los electrones que quedan, así que el radio disminuye.

BLOQUE B · CUESTIÓN B5 (1,5 puntos)

Entre las disoluciones de las siguientes sustancias: NH_3, NaCl, NaOH y NH_4Cl, todas ellas de igual concentración, justifique:

a) [0,5 puntos] Cuál de ellas tendrá el pH más alto.
b) [0,5 puntos] Cuál de ellas tendrá una $[OH^-] < 10^{-7}$ M.
c) [0,5 puntos] En cuál de ellas $[OH^-] = [H_3O^+]$

Resolución

NH_3: base débil (pH> 7, moderado). NaCl: sal neutra (ácido fuerte + base fuerte, pH= 7). NaOH: base fuerte (se disocia completamente, pH muy alto). NH_4Cl: sal ácida (catión NH_4^+ se hidroliza, pH< 7).

a) pH más alto

Al ser una base fuerte totalmente disociada, el NaOH genera la mayor $[OH^-]$ de las cuatro disoluciones.

✓ NaOH

b) $[OH^-] < 10^{-7}$ M (disolución ácida)

Esto ocurre en una disolución ácida (pH< 7). El NH_4Cl, al ser la sal de una base débil (NH_3) y un ácido fuerte (HCl), da lugar a una disolución ácida.

✓ NH_4Cl

c) $[OH^-] = [H_3O^+]$ (disolución neutra)

Esta igualdad solo se cumple en una disolución neutra (pH= 7). El NaCl es la sal de un ácido fuerte y una base fuerte, por lo que no se hidroliza y es neutra.

✓ NaCl

⇒ **Error común:** Confundir NaCl (sal neutra) con NH_4Cl (sal ácida), olvidando que solo las sales de ácido fuerte + base fuerte son neutras; las de base débil + ácido fuerte son ácidas.

BLOQUE B · CUESTIÓN B6 (1,5 puntos)

Para el compuesto $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2OH$, escriba la fórmula de:

a) [0,5 puntos] Un isómero que contenga un grupo carbonilo.
b) [0,5 puntos] Un isómero que presente isomería óptica.
c) [0,5 puntos] Un isómero que presente isomería geométrica.

Resolución

El compuesto de partida (but-3-en-1-ol) tiene fórmula molecular C_4H_8O (1 grado de insaturación). Todos los isómeros propuestos deben mantener esta misma fórmula.

a) Isómero con grupo carbonilo

El grupo carbonilo (C=O) aporta el grado de insaturación necesario, sin doble enlace C=C adicional.

✓ **Butanal:** $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CHO$

b) Isómero con isomería óptica

Se necesita un carbono con 4 sustituyentes distintos. En el but-3-en-2-ol, el C2 está unido a $-OH$, $-CH_3$, $-CH{=}CH_2$ (vinilo) y $-H$: los cuatro distintos.

✓ **But-3-en-2-ol:** $CH_2{=}CH{-}CH(OH){-}CH_3$

c) Isómero con isomería geométrica

Se necesita un doble enlace C=C con 2 sustituyentes distintos en cada carbono. En el but-2-en-1-ol, C_2 tiene CH_3/H y C_3 tiene CH_2OH/H: cumple la condición para isomería cis/trans.

✓ **But-2-en-1-ol:** $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2OH$ **(cis/trans)**

⇒ **Error común:** Proponer isómeros que no conserven exactamente la fórmula molecular C_4H_8O del compuesto original, por ejemplo añadiendo o quitando un grado de insaturación sin darse cuenta.

BLOQUE C · PROBLEMA C1 (2 puntos)

Para la reacción de disociación del N_2O_4 gaseoso, $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2\,NO_2(g)$, la constante de equilibrio K_P vale 2,49 a 60 ºC.

a) [1 punto] Sabiendo que la presión total en el equilibrio es de 1 atm, calcule el grado de disociación del N_2O_4 a esa temperatura y las presiones parciales de las especies en el equilibrio.

b) [1 punto] Determine el valor de K_C.

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

Resolución

$T = 60 + 273 = 333$ K. Sea α el grado de disociación; partiendo de n_0 mol de N_2O_4: $n(N_2O_4)_{eq} = n_0(1-\alpha)$, $n(NO_2)_{eq} = 2n_0\alpha$, $n_{total} = n_0(1+\alpha)$.

Las presiones parciales (fracción molar $\times\, P_{total} = 1$ atm):

$$P(N_2O_4) = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}, \qquad P(NO_2) = \frac{2\alpha}{1+\alpha}$$

a) Grado de disociación y presiones parciales

$$K_P = \frac{P(NO_2)^2}{P(N_2O_4)} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} = 2{,}49$$

$$2{,}49(1-\alpha^2) = 4\alpha^2 \;\Rightarrow\; \alpha^2 = \frac{2{,}49}{6{,}49} \approx 0{,}3837 \;\Rightarrow\; \alpha \approx 0{,}619 \;(61{,}9\ \%)$$

$$P(N_2O_4) = \frac{1-0{,}619}{1+0{,}619} \approx 0{,}235 \text{ atm}, \qquad P(NO_2) = \frac{2\times 0{,}619}{1+0{,}619} \approx 0{,}765 \text{ atm}$$

(Comprobación: $0{,}235 + 0{,}765 = 1{,}00$ atm ✓; $0{,}765^2/0{,}235 \approx 2{,}49$ ✓)

✓ $\alpha \approx$ **0,619 (61,9 %);** $P(N_2O_4) \approx 0{,}235$ **atm;** $P(NO_2) \approx 0{,}765$ **atm**

b) Valor de K_C

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

$$K_C = \frac{K_P}{RT} = \frac{2{,}49}{0{,}082 \times 333} \approx 0{,}0912 \text{ mol/L}$$

✓ $K_C \approx$ **0,0912 mol/L**

⇒ **Error común:** Olvidar que las presiones parciales se calculan a partir de la fracción molar multiplicada por la presión **total** (1 atm), y no directamente como α o 2α sin normalizar por $(1+\alpha)$.

BLOQUE C · PROBLEMA C2 (2 puntos)

Una disolución saturada de yoduro de plomo(II) (PbI_2) en agua tiene una concentración de 0,56 g·L^{-1}. Calcule:

a) [1 punto] El producto de solubilidad, K_S, del yoduro de plomo(II).

b) [1 punto] La solubilidad del PbI_2, a la misma temperatura, en una disolución 0,5 M de yoduro de potasio (KI).

Datos: Masas atómicas relativas: I= 127; Pb= 207

Resolución

$M(PbI_2) = 207 + 2(127) = 461$ g/mol.

a) Producto de solubilidad

$$s = \frac{0{,}56}{461} \approx 1{,}21 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Equilibrio: $PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2\,I^-$, con $[Pb^{2+}] = s$ y $[I^-] = 2s$:

$$K_S = s(2s)^2 = 4s^3 = 4 \times (1{,}21 \times 10^{-3})^3 \approx 7{,}17 \times 10^{-9}$$

✓ $K_S(PbI_2) \approx \mathbf{7{,}17 \times 10^{-9}}$

b) Solubilidad en KI 0,5 M (efecto del ion común)

Con KI 0,5 M, $[I^-] \approx 0{,}5$ M (la aportación del PbI_2 es despreciable):

$$K_S = s'(0{,}5)^2 \;\Rightarrow\; s' = \frac{K_S}{0{,}25} = \frac{7{,}17 \times 10^{-9}}{0{,}25} \approx 2{,}87 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

✓ $s' \approx \mathbf{2{,}87 \times 10^{-8}}$ **mol/L (mucho menor que en agua pura)**

⇒ **Error común:** Usar $K_S = 4s'^3$ (fórmula sin ion común) en lugar de $K_S = s'(0{,}5)^2$, olvidando que la $[I^-]$ ahora viene fijada por el KI y no depende de s'.

BLOQUE C · PROBLEMA C3 (2 puntos)

Se preparan 250 mL de una disolución acuosa de HCl a partir de 2 mL de una disolución de HCl comercial de densidad 1,38 g·mL^{-1} y 33 % de riqueza en masa.

a) [1 punto] ¿Cuál es la molaridad y el pH de la disolución que se ha preparado?

b) [1 punto] ¿Qué volumen de una disolución de $Ca(OH)_2$ 0,02 M es necesario añadir para neutralizar 100 mL de la disolución que se ha preparado?

Datos: Masas atómicas relativas: Cl= 35,5; H= 1

Resolución

a) Molaridad y pH

masa disolución comercial= 2 mL × 1,38 g/mL = 2,76 g; masa HCl puro= 2,76 × 0,33 = 0,9108 g.

$$n(\text{HCl}) = \frac{0{,}9108}{36{,}5} \approx 0{,}02495 \text{ mol} \Rightarrow c = \frac{0{,}02495}{0{,}250} \approx 0{,}0998 \text{ M}$$

Como HCl es ácido fuerte, $[H^+] = 0{,}0998$ M:

$$\text{pH} = -\log(0{,}0998) \approx 1{,}00$$

✓ $c \approx$ **0,0998 M; pH≈ 1,00**

b) Volumen de $Ca(OH)_2$ para neutralizar 100 mL

n(HCl) en 100 mL ≈ 0,0998 × 0,100 ≈ 0,00998 mol. Reacción: $2\,HCl + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2 + 2\,H_2O$ (relación 2:1):

$$n(\text{Ca(OH)}_2) = \frac{0{,}00998}{2} \approx 0{,}00499 \text{ mol} \Rightarrow V = \frac{0{,}00499}{0{,}02} \approx 0{,}2495 \text{ L}$$

✓ $V(\text{Ca(OH)}_2) \approx$ **249,5 mL**

⇒ **Error común:** Olvidar que el $Ca(OH)_2$ aporta 2 iones OH^- por fórmula y usar una relación 1:1 con el HCl en lugar de la correcta 2:1.

BLOQUE C · PROBLEMA C4 (2 puntos)

Una muestra de 3,25 g de nitrito de potasio impuro, disuelta en agua acidificada con ácido sulfúrico, se hace reaccionar con permanganato de potasio:

$$KNO_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow KNO_3 + K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O$$

a) [1 punto] Ajuste las ecuaciones iónica y molecular por el método del ion-electrón.
b) [1 punto] Calcule la riqueza en KNO_2 de la muestra inicial si se han consumido 50 mL de $KMnO_4$ 0,2 M.

Datos: Masas atómicas relativas: K= 39; O= 16; N= 14

Resolución

a) Ajuste ion-electrón

Semirreacciones:

$$\text{Oxidación } (\times 5): \quad NO_2^- + H_2O \longrightarrow NO_3^- + 2\,H^+ + 2\,e^-$$

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

Sumando y simplificando:

$$5\,NO_2^- + 2\,MnO_4^- + 6\,H^+ \longrightarrow 5\,NO_3^- + 2\,Mn^{2+} + 3\,H_2O$$

Ecuación molecular (añadiendo K^+ y SO_4^{2-}):

✓ $5\,KNO_2 + 2\,KMnO_4 + 3\,H_2SO_4 \longrightarrow 5\,KNO_3 + K_2SO_4 + 2\,MnSO_4 + 3\,H_2O$

b) Riqueza en KNO_2

mol $KMnO_4 = 0{,}050 \times 0{,}2 = 0{,}01$ mol. Relación $5\,KNO_2 : 2\,KMnO_4$:

$$n(KNO_2) = 0{,}01 \times \frac{5}{2} = 0{,}025 \text{ mol}$$

$M(KNO_2) = 39 + 14 + 2(16) = 85$ g/mol:

$$m(KNO_2)_{puro} = 0{,}025 \times 85 = 2{,}125 \text{ g} \;\Rightarrow\; \text{riqueza} = \frac{2{,}125}{3{,}25} \times 100 \approx 65{,}4\ \%$$

✓ **Riqueza en $KNO_2 \approx$ 65,4 %**

⇒ **Error común:** Usar una relación estequiométrica incorrecta entre KNO_2 y $KMnO_4$ (por ejemplo 1:1) sin partir de las semirreacciones ajustadas por separado, que determinan la relación real 5:2.