Química

PAU Andalucía, Ceuta, Melilla y Centros en Marruecos

Julio 2022 · 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) Selenuro de hidrógeno; **b)** Óxido de estaño(IV); **c)** Pentan-2-ona; **d)** $HClO_4$; **e)** $CaCO_3$; **f)** $CH_2OHCH(CH_3)_2$

Resolución

a) Selenuro de hidrógeno

El selenio actúa con valencia -2 frente al hidrógeno.

✓ H_2Se

b) Óxido de estaño(IV)

El estaño presenta valencia $+4$.

✓ SnO_2

c) Pentan-2-ona

Cadena de 5 carbonos con el grupo carbonilo en el carbono 2.

✓ $CH_3{-}CO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$

d) $HClO_4$

Oxoácido del cloro con estado de oxidación $+7$.

✓ **Ácido perclórico**

e) $CaCO_3$

✓ **Carbonato de calcio**

f) $CH_2OHCH(CH_3)_2$

Alcohol con el grupo $-OH$ en un carbono primario y ramificación metilo en C2.

✓ **2-metilpropan-1-ol**

⇒ **Error común:** Confundir la posición del grupo carbonilo en las cetonas (c) o asignar mal el estado de oxidación del cloro en los distintos oxoácidos (d).

BLOQUE A · PREGUNTA A2 (1,5 puntos)

Formule o nombre los siguientes compuestos:

a) Hexafluoruro de azufre; **b)** Hidrogenofosfato de potasio; **c)** Hexan-2-amina; **d)** HBrO; **e)** TiO_2; **f)** $CH_2{=}CHCH_2CONH_2$

Resolución

a) Hexafluoruro de azufre

✓ SF_6

b) Hidrogenofosfato de potasio

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

✓ K_2HPO_4

c) Hexan-2-amina

Cadena de 6 carbonos con el grupo amino en el carbono 2.

✓ $CH_3{-}CH(NH_2){-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$

d) HBrO

Oxoácido del bromo con estado de oxidación +1.

✓ **Ácido hipobromoso**

e) TiO_2

El titanio presenta valencia +4.

✓ **Óxido de titanio(IV)**

f) $CH_2{=}CHCH_2CONH_2$

Amida de cadena de 4 carbonos con doble enlace entre C3 y C4.

✓ **But-3-enamida**

⇒ **Error común:** Confundir el grupo amida ($-CONH_2$) con el grupo amina ($-NH_2$), olvidando el carbono carbonílico característico de las amidas.

BLOQUE B · CUESTIÓN B1 (1,5 puntos)

Indique para el isótopo $^{65}_{30}$Zn:

a) [0,5 puntos] El número de protones, electrones y neutrones que tiene.

b) [0,5 puntos] Un conjunto posible de números cuánticos para su electrón diferenciador.

c) [0,5 puntos] El ion más estable que puede formar.

Resolución

a) Protones, electrones y neutrones

Protones= $Z = 30$; electrones= 30 (átomo neutro); neutrones= $A - Z = 65 - 30 = 35$.

✓ **30 protones, 30 electrones, 35 neutrones**

b) Números cuánticos del electrón diferenciador

Configuración: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$. El electrón diferenciador entra en el subnivel $3d$ (que se completa en el Zn), con $n = 3$, $l = 2$.

✓ **Ejemplo válido:** $(3, 2, -2, -\frac{1}{2})$

c) Ion más estable

El Zn pierde los 2 electrones del subnivel $4s$ (más externo) para alcanzar una configuración con el subnivel $3d$ completo y estable.

✓ Zn^{2+}

⇒ **Error común:** Pensar que el electrón diferenciador del Zn entra en el subnivel $4s$ en lugar del $3d$, olvidando que en los elementos de transición el electrón diferenciador ocupa el subnivel d aunque el $4s$ se llene antes según el orden de Aufbau.

BLOQUE B · CUESTIÓN B2 (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] El B^{3+} tiene un radio iónico mayor que el Be^{2+}.

c) [0,5 puntos] Los elementos del grupo 17 (halógenos) tienen poca tendencia a ganar electrones.

Resolución

a) EI del Mg frente al Na

Dentro de un mismo periodo, la energía de ionización aumenta de izquierda a derecha. El Mg (grupo 2) está a la derecha del Na (grupo 1), por lo que su EI_1 es **mayor**, no menor.

✓ **FALSO**

b) Radio iónico de B^{3+} frente a Be^{2+}

Ambos iones son isoelectrónicos (2 electrones, configuración de He). A igualdad de electrones, a mayor número de protones (B: $Z = 5$; Be: $Z = 4$) mayor es la atracción nuclear y, por tanto, **menor** el radio. El B^{3+} tiene radio menor, no mayor.

✓ **FALSO**

c) Tendencia de los halógenos a ganar electrones

Los halógenos solo necesitan ganar 1 electrón para completar el octeto, por lo que presentan una afinidad electrónica muy alta (gran tendencia a ganar electrones).

✓ **FALSO**

⇒ **Error común:** En comparaciones de radio iónico entre especies isoelectrónicas, olvidar que el factor decisivo es el número de protones (carga nuclear efectiva), no el número de electrones (que es el mismo en ambas).

BLOQUE B · CUESTIÓN B3 (1,5 puntos)

Dadas las especies químicas H_2S y PCl_3:

a) [0,5 puntos] Represente la estructura de Lewis de cada molécula.
b) [0,5 puntos] Justifique la geometría de cada molécula según la TRPECV.
c) [0,5 puntos] Indique la hibridación que presenta el átomo central de cada una de las especies.

Resolución

a) Estructuras de Lewis

H_2S: el azufre central tiene 2 pares de electrones enlazantes (uno con cada H) y 2 pares de electrones no enlazantes. PCl_3: el fósforo central tiene 3 pares de electrones enlazantes (uno con cada Cl) y 1 par de electrones no enlazante.

✓ **H_2S: S con 2 enlaces S–H y 2 pares libres. PCl_3: P con 3 enlaces P–Cl y 1 par libre.**

b) Geometría según TRPECV

H_2S: 4 pares totales alrededor del S (2 enlazantes + 2 libres) ⇒ geometría electrónica tetraédrica, pero geometría molecular **angular** (los pares libres no se «ven» en la forma de la molécula). PCl_3: 4 pares totales alrededor del P (3 enlazantes + 1 libre) ⇒ geometría molecular **piramidal trigonal**.

✓ **H_2S: angular. PCl_3: piramidal trigonal.**

c) Hibridación del átomo central

En ambos casos hay 4 pares de electrones alrededor del átomo central (enlazantes + no enlazantes), lo que corresponde a hibridación sp^3.

✓ **H_2S: sp^3. PCl_3: sp^3.**

⇒ **Error común:** Asignar geometría molecular tetraédrica a estas especies en lugar de angular o piramidal trigonal, confundiendo la geometría **electrónica** (que sí cuenta los pares libres) con la geometría **molecular** (que solo describe la posición de los átomos).

BLOQUE B · CUESTIÓN B4 (1,5 puntos)

Justifique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

a) [0,5 puntos] El par H_3O^+/OH^- es un par conjugado ácido/base.

b) [0,5 puntos] Al diluir con agua una disolución acuosa de un ácido fuerte no se modifica el valor del pH.

c) [0,5 puntos] El pH neutro de una disolución acuosa de NaCl no se modifica al adicionar KCl.

Resolución

a) ¿Es H_3O^+/OH^- un par conjugado?

Un par ácido/base conjugado difiere exactamente en **un** protón. H_3O^+ y OH^- difieren en 2 protones (no en 1); los pares conjugados reales son H_3O^+/H_2O y H_2O/OH^-.

✓ **FALSO**

b) Efecto de diluir un ácido fuerte

Al añadir agua, $[H_3O^+]$ disminuye, por lo que el pH **aumenta** (se acerca a 7); sí se modifica.

✓ **FALSO**

c) Efecto de añadir KCl a NaCl

El NaCl es la sal de un ácido fuerte y una base fuerte: no se hidroliza, pH neutro. El KCl es también la sal de un ácido fuerte (HCl) y una base fuerte (KOH), por lo que tampoco altera el pH.

✓ **VERDADERO**

⇒ **Error común:** Confundir un par conjugado ácido/base (que difiere en un solo protón) con dos especies relacionadas por la autoionización del agua, como H_3O^+ y OH^-.

BLOQUE B · CUESTIÓN B5 (1,5 puntos)

La notación correspondiente a la pila Daniell es: $Zn(s)\,|\,Zn^{2+}(aq, 1\,M)\,||\,Cu^{2+}(aq, 1\,M)\,|\,Cu(s)$, $E^\circ = 1{,}10$ V

a) [0,5 puntos] Escriba la semirreacción que ocurre en el ánodo.

b) [0,5 puntos] Sabiendo que el potencial estándar de reducción del electrodo Cu^{2+}/Cu es 0,34 V, determine el potencial estándar de reducción del electrodo Zn^{2+}/Zn.

c) [0,5 puntos] Razone si al cambiar el electrodo de cinc por uno de plomo aumenta o disminuye el potencial de la pila.

Dato: $E^\circ(Pb^{2+}/Pb) = -0{,}13$ V

Resolución

a) Semirreacción anódica

El ánodo es donde ocurre la oxidación (el Zn, según la notación, a la izquierda):

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$$

✓ $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-$

b) Potencial estándar de reducción del Zn^{2+}/Zn

$$E^\circ_{pila} = E^\circ_{cátodo} - E^\circ_{ánodo} \;\Rightarrow\; 1{,}10 = 0{,}34 - E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$$

$$E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = 0{,}34 - 1{,}10 = -0{,}76 \text{ V}$$

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

c) Efecto de sustituir Zn por Pb

$$E^\circ_{pila}(Pb) = E^\circ(Cu^{2+}/Cu) - E^\circ(Pb^{2+}/Pb) = 0{,}34 - (-0{,}13) = 0{,}47 \text{ V}$$

Como 0,47 V < 1,10 V, el potencial de la pila **disminuye**.

✓ **El potencial disminuye (de 1,10 V a 0,47 V)**

⇒ **Error común:** Olvidar el signo negativo al despejar $E^\circ(Zn^{2+}/Zn)$ a partir de $E^\circ_{pila} = E^\circ_{cátodo} - E^\circ_{ánodo}$, o invertir cuál es el cátodo y cuál el ánodo según la notación de la pila.

BLOQUE B · CUESTIÓN B6 (1,5 puntos)

a) [0,5 puntos] Escriba dos compuestos isómeros de fórmula molecular C_2H_6O.
b) [0,5 puntos] Formule el alcano con menor número de átomos de carbono que presente isomería óptica.
c) [0,5 puntos] Considerando las moléculas de etano (C_2H_6) y eteno (C_2H_4), justifique cuál de ellas tiene el enlace carbono-carbono de menor longitud.

Resolución

a) Isómeros de C_2H_6O

Con la misma fórmula molecular se pueden escribir un alcohol y un éter (isomería de función).

✓ **Etanol** CH_3CH_2OH **y dimetiléter** $CH_3{-}O{-}CH_3$

b) Alcano más pequeño con isomería óptica

Se necesita un carbono unido a 4 sustituyentes distintos. El alcano más pequeño que cumple esta condición es el 3-metilhexano: su carbono 3 está unido a un grupo etilo, un grupo metilo, un grupo propilo y un H (los cuatro distintos).

✓ **3-metilhexano:** $CH_3{-}CH_2{-}CH(CH_3){-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$

c) Longitud del enlace C–C

El eteno tiene un enlace doble C=C, mientras que el etano tiene un enlace simple C–C. A mayor orden de enlace, mayor es la fuerza de atracción entre los átomos y menor la distancia entre ellos.

✓ **El eteno (C_2H_4) tiene el enlace C–C más corto**

⇒ **Error común:** Proponer un alcano ramificado de menos carbonos (como el 3-metilpentano) sin comprobar que los 4 sustituyentes del carbono central sean realmente distintos: en el 3-metilpentano dos de los sustituyentes son ambos grupos etilo, por lo que no es quiral.

BLOQUE C · PROBLEMA C1 (2 puntos)

El $SbCl_5$ se descompone un 6,8 % a 190 ºC, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$SbCl_5(g) \rightleftharpoons SbCl_3(g) + Cl_2(g) \qquad K_P = 9{,}3 \times 10^{-2}$$

Se introduce una cantidad de $SbCl_5$ en un recipiente cerrado de 0,5 L y se calienta a 190 ºC, calcule:

a) [1 punto] La masa en gramos de $SbCl_5$ que hay inicialmente en el recipiente.

b) [1 punto] Las presiones parciales de todas las especies y la presión total en el equilibrio.

Datos: $R = 0{,}082$ atm·L·mol^{-1}·K^{-1}; Masas atómicas relativas: Sb= 121,8; Cl= 35,5

Resolución

$T = 190 + 273 = 463$ K. Sea n_0 los moles iniciales de $SbCl_5$. Como se descompone un 6,8 %:

$$n(SbCl_5)_{eq} = 0{,}932\, n_0, \qquad n(SbCl_3)_{eq} = n(Cl_2)_{eq} = 0{,}068\, n_0$$

Expresando K_P en función de las presiones parciales ($P_i = n_i RT/V$):

$$K_P = \frac{P(SbCl_3)\, P(Cl_2)}{P(SbCl_5)} = \frac{(0{,}068\, n_0)^2\, (RT/V)}{0{,}932\, n_0} = \frac{(0{,}068)^2\, n_0\, RT}{0{,}932\, V}$$

a) Masa inicial de $SbCl_5$

Despejando n_0 con $RT = 0{,}082 \times 463 = 37{,}97$ y $V = 0{,}5$ L:

$$n_0 = \frac{K_P \cdot 0{,}932 \cdot V}{(0{,}068)^2 \cdot RT} = \frac{9{,}3 \times 10^{-2} \times 0{,}932 \times 0{,}5}{0{,}004624 \times 37{,}97} \approx 0{,}247 \text{ mol}$$

$M(SbCl_5) = 121{,}8 + 5(35{,}5) = 299{,}3$ g/mol:

$$m = 0{,}247 \times 299{,}3 \approx 73{,}9 \text{ g}$$

✓ $m(SbCl_5)_0 \approx$ **73,9 g**

b) Presiones parciales y presión total

$$P(SbCl_5) = \frac{0{,}932\, n_0\, RT}{V} \approx 17{,}48 \text{ atm}$$

$$P(SbCl_3) = P(Cl_2) = \frac{0{,}068\, n_0\, RT}{V} \approx 1{,}27 \text{ atm}$$

$$P_{total} = 17{,}48 + 1{,}27 + 1{,}27 \approx 20{,}0 \text{ atm}$$

(Comprobación: $1{,}27^2/17{,}48 \approx 0{,}093 = K_P$ ✓)

✓ $P(SbCl_5) \approx 17{,}5$ **atm;** $P(SbCl_3) = P(Cl_2) \approx 1{,}27$ **atm;** $P_{total} \approx$ **20,0 atm**

⇒ **Error común:** Calcular las presiones parciales usando el porcentaje de descomposición directamente como si fuera una fracción molar, sin antes obtener los moles iniciales reales a partir de K_P.

BLOQUE C · PROBLEMA C2 (2 puntos)

a) [1 punto] Si se sabe que en 200 mL de una disolución saturada de SrF_2 hay disueltos 14,6 mg de la sal, calcule su producto de solubilidad.

b) [1 punto] Determine si se forma precipitado de PbI_2 al mezclar 50 mL de KI $1{,}2 \times 10^{-3}$ M con 30 mL de $Pb(NO_3)_2$ 3×10^{-3} M.

Datos: $K_S(PbI_2) = 7{,}9 \times 10^{-9}$; Masas atómicas relativas: Sr= 87,6; F= 19

Resolución

a) K_S del SrF_2

$M(SrF_2) = 87{,}6 + 2(19) = 125{,}6$ g/mol.

$$s = \frac{0{,}0146 \text{ g}/125{,}6 \text{ g/mol}}{0{,}200 \text{ L}} \approx 5{,}81 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Equilibrio: $SrF_2(s) \rightleftharpoons Sr^{2+} + 2\,F^-$, con $[Sr^{2+}] = s$ y $[F^-] = 2s$:

$$K_S = s(2s)^2 = 4s^3 = 4 \times (5{,}81 \times 10^{-4})^3 \approx 7{,}85 \times 10^{-10}$$

✓ $K_S(SrF_2) \approx \mathbf{7{,}85 \times 10^{-10}}$

b) ¿Precipita el PbI_2?

Volumen total= $50 + 30 = 80$ mL. Concentraciones tras la mezcla (por dilución):

$$[I^-] = \frac{0{,}050 \times 1{,}2 \times 10^{-3}}{0{,}080} = 7{,}5{\times}10^{-4}\text{ M}, \qquad [Pb^{2+}] = \frac{0{,}030 \times 3 \times 10^{-3}}{0{,}080} = 1{,}125{\times}10^{-3}\text{ M}$$

Producto iónico:

$$Q = [Pb^{2+}][I^-]^2 = 1{,}125 \times 10^{-3} \times (7{,}5 \times 10^{-4})^2 \approx 6{,}33 \times 10^{-10}$$

Como $Q \approx 6{,}33 \times 10^{-10} < K_S = 7{,}9 \times 10^{-9}$, la disolución está insaturada.

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

⇒ **Error común:** Calcular $[I^-]$ y $[Pb^{2+}]$ sin tener en cuenta la dilución al mezclar ambos volúmenes, usando directamente las concentraciones iniciales en lugar de las concentraciones tras la mezcla.

BLOQUE C · PROBLEMA C3 (2 puntos)

En una disolución acuosa 0,03 M de amoniaco (NH_3), este se encuentra disociado en un 2,4 %. Basándose en la reacción química correspondiente, calcule:

a) [1 punto] El pH de la disolución y el valor de la constante de basicidad del amoniaco.

b) [1 punto] La molaridad que debe tener una disolución de amoniaco para que su pH sea 11.

Resolución

Equilibrio: $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$.

a) pH y K_b

$$[OH^-] = [NH_4^+] = 0{,}024 \times 0{,}03 = 7{,}2 \times 10^{-4}\ \text{mol/L}$$

$$\text{pOH} = -\log(7{,}2 \times 10^{-4}) \approx 3{,}14 \ \Rightarrow\ \text{pH} = 14 - 3{,}14 \approx 10{,}86$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = \frac{(7{,}2 \times 10^{-4})^2}{0{,}03 - 7{,}2 \times 10^{-4}} \approx 1{,}77 \times 10^{-5}$$

✓ **pH≈ 10,86; $K_b \approx 1{,}77 \times 10^{-5}$**

b) Molaridad para pH=11

Si pH=11, pOH=3 ⇒ $[OH^-] = 10^{-3}$ M. Aplicando K_b a la nueva concentración c:

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{c - [OH^-]} \ \Rightarrow\ c = \frac{(10^{-3})^2}{1{,}77 \times 10^{-5}} + 10^{-3} \approx 0{,}0575\ \text{mol/L}$$

✓ **$c \approx$ 0,0575 mol/L**

⇒ **Error común:** Suponer que el grado de disociación (2,4 %) se mantiene al cambiar la concentración. Lo que no cambia es K_b; el grado de disociación sí cambia con la concentración.

BLOQUE C · PROBLEMA C4 (2 puntos)

Se dispone de una celda electrolítica que contiene $CaCl_2$ fundido. Si se hace pasar una corriente de 0,452 amperios durante 1,5 horas, calcule:

a) [1 punto] La cantidad, en gramos, de Ca que se depositará en el cátodo.

b) [1 punto] El volumen de Cl_2, medido a 700 mmHg y 25 ºC, que se desprenderá.

Datos: $F = 96500$ C·mol^{-1}; $R = 0{,}082$ atm·L·mol^{-1}·K^{-1}; Masas atómicas relativas: Cl= 35,5; Ca= 40,1

Resolución

Tiempo: $t = 1{,}5$ h $= 5400$ s.

$$Q = I \cdot t = 0{,}452 \times 5400 = 2440{,}8 \text{ C} \;\Rightarrow\; n(e^-) = \frac{Q}{F} = \frac{2440{,}8}{96500} \approx 0{,}02530 \text{ mol de } e^-$$

a) Masa de Ca depositada

Semirreacción catódica: $Ca^{2+} + 2\,e^- \longrightarrow Ca$ (se necesitan 2 mol de e^- por mol de Ca):

$$n(\text{Ca}) = \frac{0{,}02530}{2} \approx 0{,}01265 \text{ mol} \;\Rightarrow\; m(\text{Ca}) = 0{,}01265 \times 40{,}1 \approx 0{,}507 \text{ g}$$

✓ $m(\text{Ca}) \approx \mathbf{0{,}507\ g}$

b) Volumen de Cl_2 desprendido

Semirreacción anódica: $2\,Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\,e^-$ (también 2 mol de e^- por mol de Cl_2):

$$n(Cl_2) = \frac{0{,}02530}{2} \approx 0{,}01265 \text{ mol}$$

Condiciones: $P = 700/760 \approx 0{,}921$ atm; $T = 25 + 273 = 298$ K.

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0{,}01265 \times 0{,}082 \times 298}{0{,}921} \approx 0{,}336 \text{ L}$$

✓ $V(Cl_2) \approx \mathbf{0{,}336\ L\ (336\ mL)}$

⇒ **Error común:** Olvidar convertir la presión de mmHg a atm antes de aplicar la ecuación de los gases ideales, o usar directamente 1 atm en lugar de los 700 mmHg indicados en el enunciado.