QUÍMICA

PRUEBA DE COMPETENCIA ESPECÍFICA (PCE)
UNEDASISS — CONVOCATORIA DE SEPTIEMBRE 2023

EXAMEN RESUELTO

Reparto de la nota. Primera parte: 15 preguntas tipo test de las que se responden **10**; cada acierto suma **0,4**, cada error resta **0,15** y las preguntas en blanco no computan (**4 puntos**). Segunda parte: un problema a elegir entre dos (**3 puntos**). Tercera parte: un problema a elegir entre dos (**3 puntos**). Cada apartado de los problemas indica su puntuación. Este documento resuelve los cuatro problemas.

PRIMERA PARTE: PREGUNTAS TIPO TEST

1. De entre las tres opciones disponibles, indique el tipo de isomería que presenta el siguiente compuesto orgánico: $CH_2{=}CH{-}CHBr{-}CH_3$.

a) Isomería óptica.

b) Isomería de función.

c) Isomería geométrica (cis/trans).

Solución.

Respuesta: a)

El compuesto es el 3-bromobut-1-eno. Su carbono 3 está unido a **cuatro sustituyentes distintos**: –H, –Br, $-CH_3$ y $-CH{=}CH_2$. Es un **carbono quiral** (asimétrico), así que la molécula tiene dos enantiómeros: isomería óptica.

- **c)** es el distractor bueno, porque hay un doble enlace. Pero la isomería cis/trans exige que *cada* carbono del doble enlace tenga dos sustituyentes distintos, y el C1 ($=CH_2$) tiene dos hidrógenos.
- **b)** La isomería de función se da entre compuestos de la misma fórmula molecular con distinto grupo funcional; no es una propiedad que "presente" un compuesto por sí solo en este sentido.

2. El PE (polietileno) es

a) Un polímero sintético de adición.

b) Un polímero natural.

c) Un polímero de condensación.

Solución.

Respuesta: a)

El polietileno se obtiene uniendo moléculas de eteno ($CH_2{=}CH_2$) por apertura del doble enlace:

$$n\,CH_2{=}CH_2 \longrightarrow (-CH_2{-}CH_2-)_n$$

Es una **polimerización de adición**: todos los átomos del monómero pasan al polímero y no se libera ninguna molécula pequeña. En la **condensación** (poliésteres, poliamidas) sí se libera agua u otra molécula.

3. El sulfato de plata, Ag_2SO_4 ($M = 311{,}87$ g/mol), tiene un valor de $K_{ps} = 6{,}0 \cdot 10^{-5}$. ¿Qué cantidad se disolverá en 2 L de agua?

a) 15,4 g

b) 1,3 g

c) 50,9 g

Solución.

Respuesta: a)

Equilibrio de solubilidad: $Ag_2SO_4(s) \rightleftarrows 2\,Ag^+ + SO_4^{2-}$, con $[Ag^+] = 2s$ y $[SO_4^{2-}] = s$:

$$K_{ps} = (2s)^2\, s = 4s^3 = 6{,}0 \cdot 10^{-5} \;\Rightarrow\; s = \sqrt[3]{1{,}5 \cdot 10^{-5}} = 2{,}47 \cdot 10^{-2}\ \text{mol/L}.$$

En 2 L: $2 \cdot 2{,}47 \cdot 10^{-2} = 4{,}93 \cdot 10^{-2}$ mol, que son $4{,}93 \cdot 10^{-2} \cdot 311{,}87 \approx 15{,}4$ g.

El error más común: escribir $K_{ps} = s^2$ (olvidar el coeficiente 2 de la plata y elevarlo al cuadrado). Da $s = 7{,}7 \cdot 10^{-3}$ M y unos 4,8 g, que no aparece entre las opciones.

4. ¿Cuál de las siguientes moléculas es polar?

a) PH_3

b) CH_4

c) CS_2

Solución.

Respuesta: a)

La polaridad depende de los enlaces *y* de la geometría:

- **PH_3**: el fósforo tiene tres pares enlazantes y un par solitario (AB_3E): geometría **piramidal trigonal**. Los momentos dipolares no se anulan: es **polar** (aunque débilmente, porque la diferencia de electronegatividad P–H es pequeña).
- **CH_4**: tetraédrica y simétrica: apolar.
- **CS_2**: lineal (S=C=S), como el CO_2: los dos dipolos son opuestos y se anulan. Apolar.

5. Dado el elemento con $Z = 19$, los números cuánticos de su electrón más externo en el estado fundamental son:

a) Los cuatro números cuánticos son $(3, 2, -1, +1/2)$.

b) Los cuatro números cuánticos son $(4, 0, 0, +1)$.

c) Los cuatro números cuánticos son $(4, 1, -1, +1/2)$.

Solución.

Respuesta pretendida: b). Aviso: la opción tiene una errata.

$Z = 19$ es el potasio: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^1$. El electrón más externo está en el orbital **4s**: $n = 4$, $l = 0$, $m_l = 0$ y $m_s = \pm\frac{1}{2}$. Los números cuánticos correctos son $(4, 0, 0, +\frac{1}{2})$.

La opción b) escribe $m_s = +1$, que **no es un valor posible** (el espín solo puede valer $+\frac{1}{2}$ o $-\frac{1}{2}$). Es una errata del enunciado: es la única opción con el orbital correcto. Las otras dos son claramente falsas: a) corresponde a un orbital 3d y c) a un 4p, que en el potasio están vacíos (el 4s se llena antes que el 3d por la regla de Madelung).

6. Dada la reacción de adición $HC \equiv C{-}CH_3 + HBr \longrightarrow$, indique el producto orgánico que se forma:

a) prop-1-eno

b) 2-bromobutano

c) 2-bromoprop-1-eno

Solución.

Respuesta: c)

El propino adiciona HBr al triple enlace siguiendo la **regla de Markovnikov**: el H va al carbono más hidrogenado (C1) y el Br al que tiene menos hidrógenos (C2):

$$\mathrm{HC\equiv C{-}CH_3 + HBr \longrightarrow CH_2{=}CBr{-}CH_3} \quad \text{(2-bromoprop-1-eno)}.$$

Con un equivalente de HBr el triple enlace pasa a doble. **a)** no tiene bromo (sería una hidrogenación) y **b)** tiene cuatro carbonos, uno más que el reactivo: imposible.

7. ¿Para cuál de las siguientes reacciones en equilibrio a temperatura constante disminuirá la cantidad de producto al aumentar el volumen del recipiente de la reacción?

a) $\mathrm{H_2}(g) + \mathrm{I_2}(g) \rightleftarrows 2\,\mathrm{HI}(g)$

b) $\mathrm{N_2O_4}(g) \rightleftarrows 2\,\mathrm{NO_2}(g)$

c) $2\,\mathrm{SO_2}(g) + \mathrm{O_2}(g) \rightleftarrows 2\,\mathrm{SO_3}(g)$

Solución.

Respuesta: c)

Al aumentar el volumen disminuye la presión, y por el **principio de Le Chatelier** el equilibrio se desplaza hacia donde hay **más moles de gas**.

- **a)** 2 moles de gas a cada lado: no se desplaza.
- **b)** 1 mol a la izquierda y 2 a la derecha: se desplaza hacia los productos (aumenta el $\mathrm{NO_2}$).
- **c)** 3 moles a la izquierda y 2 a la derecha: se desplaza hacia los reactivos y **disminuye el $\mathrm{SO_3}$**.

8. Señale cuál de las siguientes afirmaciones es cierta:

a) Los ácidos carboxílicos son sustancias orgánicas que contienen uno o más grupos éster.

b) El etano es más soluble en agua que el etanol (alcohol etílico).

c) El punto de ebullición del butano es menor que el de butan-1-ol.

Solución.

Respuesta: c)

El butan-1-ol tiene un grupo –OH que forma **enlaces de hidrógeno** entre sus moléculas; el butano solo tiene fuerzas de dispersión. Hace falta mucha más energía para separar las moléculas del alcohol: el butano hierve a unos $-1\,^\circ\mathrm{C}$ y el butan-1-ol a unos $118\,^\circ\mathrm{C}$.

- **a)** Los ácidos carboxílicos contienen el grupo **carboxilo** (–COOH), no el éster (–COO–R).
- **b)** Es al revés, por la misma razón que c): el etanol forma enlaces de hidrógeno con el agua y es miscible con ella en cualquier proporción; el etano es apolar y casi insoluble.

9. ¿Cuál de las siguientes configuraciones electrónicas representa un estado excitado de un átomo?

a) $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$

b) $1s^2\,2s^2\,2p^5$

c) $1s^2\,2s^1\,2p^3$

Solución.

Respuesta: c)

Un estado excitado es el que **no respeta el orden de llenado** de menor a mayor energía. En c) hay 6 electrones (es el carbono), pero uno ha pasado del 2s al 2p cuando el 2s todavía no estaba lleno. El estado fundamental del carbono es $1s^2\,2s^2\,2p^2$. a) es el azufre y b) el flúor, ambos en estado fundamental.

10. Indique la expresión correcta para la constante de equilibrio, dada la siguiente reacción: $\mathbf{NaF}(s) + \mathbf{H_2SO_4}(l) \rightleftarrows \mathbf{NaHSO_4}(s) + \mathbf{HF}(g)$.

a) $K_p = p_{\mathrm{HF}}$

b) $K_p = \dfrac{p_{\mathrm{HF}}}{p_{\mathrm{H_2SO_4}}}$

c) $K_p = \dfrac{p_{\mathrm{NaF}}}{p_{\mathrm{HF}}}$

Solución.

Respuesta: a)

Es un **equilibrio heterogéneo**. Los sólidos y los líquidos puros tienen actividad constante (igual a 1) y no aparecen en la constante. La única especie gaseosa es el HF, que es un producto: $K_p = p_{\mathrm{HF}}$.

b) y c) incluyen "presiones parciales" de un líquido y de un sólido, que no tienen sentido en la expresión de K_p. c) además invierte reactivos y productos.

11. En una reacción de orden 3, la unidad en el SI de la constante de velocidad es:

a) $\mathrm{mol^2 \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}}$

b) $\mathrm{mol^{-2} \cdot L^2 \cdot s^{-1}}$

c) $\mathrm{mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}}$

Solución.

Respuesta: b)

La velocidad siempre se mide en $\mathrm{mol\,L^{-1}\,s^{-1}}$. Con $v = k\,[\mathrm{A}]^3$:

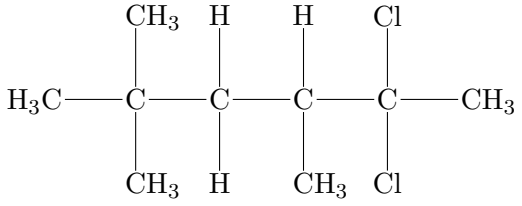
$$k = \frac{v}{[\mathrm{A}]^3} \;\Rightarrow\; \frac{\mathrm{mol\,L^{-1}\,s^{-1}}}{\mathrm{mol^3\,L^{-3}}} = \mathrm{mol^{-2}\,L^2\,s^{-1}}.$$

c) son las unidades de la velocidad (y de k en una reacción de orden 0).

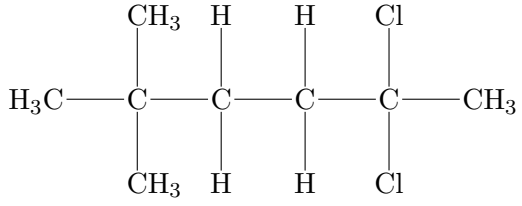
Regla general: para orden n, k se mide en $\mathrm{mol^{1-n}\,L^{n-1}\,s^{-1}}$. (En sentido estricto, el litro no es unidad del SI; el enunciado lo usa como es habitual en química.)

12. Indique la fórmula del compuesto orgánico 2,2-dicloro-5,5-dimetilhexano.

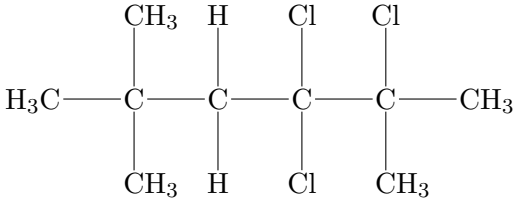
a)



b)



c)



Solución.

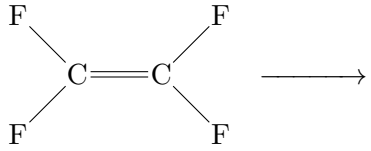
Respuesta: b)

La cadena principal es el hexano (6 carbonos). Numerando desde la derecha: C1 es el CH_3 final, el C2 lleva los **dos cloros**, C3 y C4 son CH_2, el C5 lleva los **dos metilos** y C6 es el CH_3 de la izquierda. Es exactamente la estructura b).

- **a)** tiene un metilo más, en el C3: es el 2,2-dicloro-3,5,5-trimetilhexano.
- **c)** tiene tres cloros y un metilo de más: 2,3,3-tricloro-2,5,5-trimetilhexano.

Cómo resolverlas rápido: contar sustituyentes. El nombre pide 2 Cl y 2 CH_3 además de la cadena de 6 carbonos; solo b) los tiene.

13. ¿Qué polímero se formará mediante la reacción de polimerización siguiente?



a) Poliamida.

b) Teflón.

c) Polietileno.

Solución.

Respuesta: b)

El monómero es el **tetrafluoroeteno** ($CF_2{=}CF_2$). Su polimerización por adición da el **politetrafluoroetileno (PTFE)**, conocido comercialmente como teflón: $n\,CF_2{=}CF_2 \rightarrow (\text{–}CF_2\text{–}CF_2\text{–})_n$. Es el "polietileno" con todos los H sustituidos por F, por eso c) es la trampa. Las poliamidas se obtienen por condensación de aminas y ácidos.

14. Basándose en los principios de la TRPECV, indique cuál es la geometría molecular del anión carbonato CO_3^{2-}. Datos: $Z(\mathrm{C}) = 6$; $Z(\mathrm{O}) = 8$.

a) Piramidal trigonal.

b) Triangular plana.

c) Lineal.

Solución.

Respuesta: b)

El carbono tiene 4 electrones de valencia y forma un doble enlace y dos enlaces sencillos con los tres oxígenos (las dos cargas negativas están en los O con enlace sencillo). El carbono queda con **tres zonas de densidad electrónica y ningún par solitario** (tipo AB_3): geometría **triangular plana**, con ángulos de 120°. Por resonancia, los tres enlaces C–O son en realidad iguales.

a) sería correcta si el C tuviese un par solitario (como el NH_3 o el ion ClO_3^-).

15. La constante de velocidad de una reacción de primer orden es $k = 5 \cdot 10^{-7}$ s^{-1}. Teniendo en cuenta que la concentración del reactivo es $3 \cdot 10^{-3}$ M, ¿cuál será la velocidad de la reacción?

a) $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ mol·L^{-1}·s^{-1}

b) $5 \cdot 10^{-5}$ mol·L^{-1}·s^{-1}

c) $1{,}5 \cdot 10^{-9}$ mol·L^{-1}·s^{-1}

Solución.

Respuesta: c)

$$v = k\,[\mathrm{A}] = 5 \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 1{,}5 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{mol\,L^{-1}\,s^{-1}}.$$

La a) tiene la mantisa correcta pero un error de potencias. Pregunta de puro cálculo: conviene llevarla segura.

SEGUNDA PARTE

1. *(3 puntos)* El ácido nitroso (HNO_2) es un ácido débil cuya ionización en medio acuoso produce cationes oxonio. Se pide lo siguiente:

a) *(0,75 puntos)* Escriba de forma detallada el equilibrio de ionización de este ácido en medio acuoso.

b) *(2,25 puntos)* Determine la concentración que debe tener una disolución de HNO_2 para que tenga un pH de 2,50.

Datos: $K_a = 4{,}5 \cdot 10^{-4}$.

Solución.

a) Equilibrio de ionización.

El ácido nitroso es un ácido débil: cede un protón al agua solo parcialmente, por eso se escribe con doble flecha:

$$HNO_2(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows NO_2^-(aq) + H_3O^+(aq), \qquad K_a = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]} = 4{,}5 \cdot 10^{-4}.$$

Según Brønsted-Lowry, el HNO_2 actúa como ácido (cede H^+) y el agua como base (lo acepta); los pares conjugados son HNO_2/NO_2^- y H_3O^+/H_2O. "De forma detallada" pide justamente esto: estados físicos, doble flecha, especies conjugadas y la expresión de K_a.

b) Concentración inicial para pH 2,50.

$$[H_3O^+] = 10^{-2{,}50} = 3{,}16 \cdot 10^{-3}\ \text{M}.$$

Si c_0 es la concentración inicial y x lo que se ioniza (despreciando los H_3O^+ del agua):

	HNO_2	NO_2^-	H_3O^+
Inicial	c_0	0	0
Equilibrio	$c_0 - x$	x	x

con $x = 3{,}16 \cdot 10^{-3}$ M. Sustituyendo en K_a:

$$4{,}5 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{c_0 - x} \;\Rightarrow\; c_0 = x + \frac{x^2}{K_a} = 3{,}16 \cdot 10^{-3} + \frac{(3{,}16 \cdot 10^{-3})^2}{4{,}5 \cdot 10^{-4}} = 3{,}16 \cdot 10^{-3} + 2{,}22 \cdot 10^{-2}.$$

$$c_0 \approx \mathbf{2{,}54 \cdot 10^{-2}\ M}.$$

Cuidado con la aproximación habitual: aquí **no** se puede suponer $c_0 - x \approx c_0$. El grado de ionización es $x/c_0 = 0{,}125$, es decir, un 12,5 %, por encima del 5 % que se suele tomar como límite. Con la aproximación saldría $c_0 = 2{,}22 \cdot 10^{-2}$ M, un 12 % por debajo. Conviene resolver sin aproximar o, si se aproxima, comprobarlo.

2. *(3 puntos)* Cuando reacciona el cromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) con el ácido clorhídrico (HCl) puede obtenerse cloruro de cromo(III), $CrCl_3$, a la vez que se forma un gas amarillo-verdoso (Cl_2) y un compuesto soluble en agua como el cloruro de potasio (KCl). Se pide lo siguiente:

a) *(1,5 puntos)* Ajuste la reacción por el método del ion-electrón, indicando las especies que se oxidan y las especies que se reducen. Determine también la ecuación molecular debidamente ajustada.

b) *(0,75 puntos)* ¿Cuántos mL de ácido clorhídrico del 37 % y densidad 1,19 g/mL serán necesarios para la reacción con 7,0 g de cromato de potasio?

c) *(0,75 puntos)* Considerando comportamiento ideal, ¿qué volumen de Cl_2, medido a 20 °C y 1 atm, se formará en las condiciones descritas en el apartado anterior?

Datos: $R = 0{,}082\ \text{atm L K}^{-1}\,\text{mol}^{-1}$; $M(K_2CrO_4) = 194{,}2$ g/mol; $M(\text{HCl}) = 36{,}5$ g/mol; $T = 273 + \theta$, donde T es la temperatura en kelvin y θ la temperatura en grados Celsius.

Solución.

Aviso sobre el enunciado. El texto llama al reactivo "cromato de potasio" pero escribe la fórmula $K_2Cr_2O_7$, que es el **dicromato**. Los datos dan la masa molar del **cromato**, $M(K_2CrO_4) = 194{,}2$ g/mol (la del dicromato es 294,2 g/mol). Como el nombre y el dato numérico coinciden, resolvemos con el **cromato de potasio, $\mathbf{K_2CrO_4}$**. Al final se dan los resultados con el dicromato. En el examen, lo más recomendable es **señalar la contradicción por escrito** y elegir una interpretación de forma explícita.

a) Ajuste por el método del ion-electrón (medio ácido).

Números de oxidación: el Cr pasa de +6 (en CrO_4^{2-}) a +3 (en Cr^{3+}): **se reduce**. El Cl pasa de −1 (en Cl^-) a 0 (en Cl_2): **se oxida**. El oxidante es el CrO_4^{2-} y el reductor el Cl^-.

$$\begin{aligned}&\text{Reducción:} \quad CrO_4^{2-} + 8\,H^+ + 3\,e^- \longrightarrow Cr^{3+} + 4\,H_2O \quad (\times 2)\\ &\text{Oxidación:} \quad 2\,Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2\,e^- \quad (\times 3)\end{aligned}$$

Multiplicamos para igualar los electrones (6) y sumamos:

$$2\,CrO_4^{2-} + 16\,H^+ + 6\,Cl^- \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 3\,Cl_2 + 8\,H_2O.$$

Ecuación molecular. Los H^+ y los Cl^- los aporta el HCl; además hacen falta 6 Cl^- para formar 2 $CrCl_3$ y 4 Cl^- para formar 4 KCl. En total, 16 HCl:

$$\mathbf{2\,K_2CrO_4 + 16\,HCl \longrightarrow 2\,CrCl_3 + 3\,Cl_2 + 4\,KCl + 8\,H_2O}.$$

Comprobación: K $4 = 4$; Cr $2 = 2$; O $8 = 8$; H $16 = 16$; Cl $16 = 6 + 6 + 4$.

b) Volumen de HCl del 37 %.

$$n(K_2CrO_4) = \frac{7{,}0}{194{,}2} = 3{,}60 \cdot 10^{-2}\ \text{mol}, \qquad n(\text{HCl}) = 3{,}60 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{16}{2} = 0{,}288\ \text{mol}.$$

$$m(\text{HCl}) = 0{,}288 \cdot 36{,}5 = 10{,}5\ \text{g}; \quad m(\text{disolución}) = \frac{10{,}5}{0{,}37} = 28{,}4\ \text{g}; \quad V = \frac{28{,}4}{1{,}19} \approx \mathbf{23{,}9\ mL}.$$

c) Volumen de Cl_2 a 20 °C y 1 atm.

$$n(Cl_2) = 3{,}60 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{3}{2} = 5{,}41 \cdot 10^{-2}\ \text{mol}, \qquad V = \frac{nRT}{P} = \frac{5{,}41 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}082 \cdot 293}{1} \approx \mathbf{1{,}30\ L}.$$

Si se interpreta como dicromato, $K_2Cr_2O_7$ ($M = 294{,}2$ g/mol): la semirreacción de reducción es $Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6\,e^- \to 2\,Cr^{3+} + 7\,H_2O$ y la ecuación molecular queda

$$K_2Cr_2O_7 + 14\,HCl \longrightarrow 2\,CrCl_3 + 3\,Cl_2 + 2\,KCl + 7\,H_2O.$$

Con 7,0 g de dicromato salen 27,6 mL de HCl del 37 % y 1,71 L de Cl_2. Los dos planteamientos son químicamente correctos; lo que cambia es la estequiometría.

TERCERA PARTE

1. *(3 puntos)* Dadas las especies moleculares NF_3 y CF_4, se pide lo siguiente para cada una de ellas:

a) *(1 punto)* Escribir sus estructuras de Lewis. Utilice puntos y cruces para diferenciar los electrones de los distintos átomos.

b) *(1,25 puntos)* Deduzca la geometría molecular de estas dos especies basándose en la teoría de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (TRPECV).

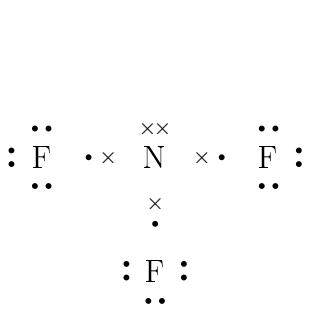
c) *(0,75 puntos)* Teniendo en cuenta las geometrías moleculares, argumente acerca de la polaridad de ambas moléculas.

Datos: $Z(\mathrm{C}) = 6$; $Z(\mathrm{N}) = 7$; $Z(\mathrm{F}) = 9$.

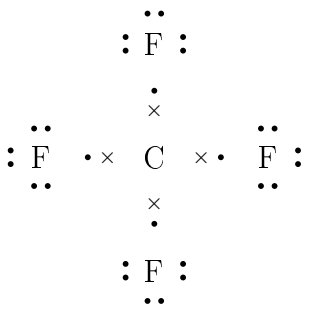
Solución.

Electrones de valencia: C (Z = 6): $2s^2\,2p^2$, 4 electrones. N (Z = 7): $2s^2\,2p^3$, 5 electrones. F (Z = 9): $2s^2\,2p^5$, 7 electrones.

a) Estructuras de Lewis. En los diagramas, las cruces (×) son los electrones del átomo central y los puntos (•), los del flúor.



NF_3: 3 pares enlazantes y 1 par solitario en el N



CF_4: 4 pares enlazantes en el C

En las dos moléculas todos los átomos cumplen la regla del octeto. Electrones de valencia totales: NF_3, $5 + 3 \cdot 7 = 26$ (13 pares); CF_4, $4 + 4 \cdot 7 = 32$ (16 pares).

b) Geometría según la TRPECV.

- **NF_3:** el N tiene 4 pares de electrones (3 enlazantes y 1 solitario), tipo AB_3E. Los 4 pares se orientan hacia los vértices de un tetraedro, pero la geometría molecular solo tiene en cuenta los átomos: **pirámide trigonal**. El ángulo F–N–F es algo menor de 109,5° (unos 102°), porque el par solitario repele más que los enlazantes.
- **CF_4:** el C tiene 4 pares enlazantes y ninguno solitario, tipo AB_4: **tetraédrica**, con ángulos de 109,5°.

c) Polaridad.

Los enlaces N–F y C–F son polares, porque el flúor es el elemento más electronegativo. Que la molécula sea polar depende de si los momentos dipolares de los enlaces se anulan.

- **CF_4:** en un tetraedro regular con los cuatro sustituyentes iguales, los cuatro momentos dipolares se anulan por simetría: $\vec{\mu}_{\text{total}} = 0$. Es **apolar**.
- **NF_3:** la pirámide no es simétrica (el par solitario ocupa un vértice), así que los momentos de enlace no se anulan: es **polar**. Su momento dipolar es pequeño (unos 0,2 D), porque el par solitario del N crea un dipolo de sentido contrario al de los enlaces N–F.

Para la nota máxima: justificar la polaridad con la geometría (la suma vectorial de los dipolos), no solo con la diferencia de electronegatividad, que es lo que pide expresamente el enunciado.

2. *(3 puntos)* A 360 °C se determina la composición de una mezcla gaseosa que se encuentra en equilibrio en el interior de un matraz de 2 L de capacidad, encontrándose 0,10 moles de H_2, 0,12 moles de I_2 y 0,08 moles de HI. Se pide lo siguiente:

a) *(1 punto)* Calcule el valor numérico de la constante de equilibrio K_c para la reacción $H_2(g) + I_2(g) \rightleftarrows 2\,HI(g)$.

b) *(1,5 puntos)* Calcule la cantidad de H_2 que se ha de introducir en el matraz para tener un total de 0,16 moles de HI manteniendo constante la temperatura.

c) *(0,5 puntos)* ¿Qué ocurriría en este equilibrio si aumentásemos la presión del sistema manteniendo la temperatura constante?

Solución.

a) Constante de equilibrio K_c.

Concentraciones en el equilibrio ($V = 2$ L): $[H_2] = 0{,}05$ M; $[I_2] = 0{,}06$ M; $[HI] = 0{,}04$ M.

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0{,}04^2}{0{,}05 \cdot 0{,}06} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-3}} \approx \mathbf{0{,}53}.$$

b) H_2 que hay que añadir para tener 0,16 mol de HI.

Al añadir H_2, el equilibrio se desplaza hacia la derecha (Le Chatelier). Para pasar de 0,08 a 0,16 mol de HI se forman 0,08 mol más, que consumen 0,04 mol de H_2 y 0,04 mol de I_2. Si se añaden a mol de H_2:

	H_2	I_2	HI
Equilibrio inicial (mol)	0,10	0,12	0,08
Se añade	$+a$	—	—
Reacciona / se forma	$-0{,}04$	$-0{,}04$	$+0{,}08$
Nuevo equilibrio (mol)	$0{,}06 + a$	0,08	0,16

Como $\Delta n_{\text{gas}} = 0$, el volumen se cancela y se puede trabajar directamente con moles. K_c no cambia, porque la temperatura es la misma:

$$0{,}533 = \frac{0{,}16^2}{(0{,}06 + a) \cdot 0{,}08} \;\Rightarrow\; 0{,}06 + a = \frac{0{,}0256}{0{,}533 \cdot 0{,}08} = 0{,}60 \;\Rightarrow\; a = \mathbf{0{,}54\ mol\ de\ H_2}$$

(unos 1,09 g de H_2).

Comprobación: $\dfrac{0{,}16^2}{0{,}60 \cdot 0{,}08} = 0{,}533$. Coincide con K_c.

c) Efecto de un aumento de presión.

El equilibrio no se desplaza. Hay el mismo número de moles de gas a ambos lados (2 de reactivos y 2 de productos), así que un cambio de presión por variación del volumen afecta por igual a los dos miembros: el cociente de reacción no cambia y sigue siendo igual a K_c. Las concentraciones de todas las especies aumentan en la misma proporción, pero las cantidades (moles) no varían. Es el caso a) de la pregunta 7 del test.

SOLUCIONARIO RÁPIDO

Pregunta	Respuesta	Clave
1	a)	C3 quiral (H, Br, CH_3, vinilo). No hay cis/trans: $=CH_2$ terminal
2	a)	Adición de eteno, sin pérdida de moléculas
3	a)	$K_{ps} = 4s^3$; $s = 0{,}0247$ M; 15,4 g en 2 L
4	a)	PH_3 piramidal. CH_4 y CS_2 son simétricas
5	b)*	K: $4s^1$, $(4, 0, 0, +\frac{1}{2})$. La opción escribe +1: errata
6	c)	Markovnikov: el Br al C2
7	c)	Más volumen: hacia más moles de gas (reactivos en c)
8	c)	Enlaces de hidrógeno en el butan-1-ol
9	c)	Carbono con un electrón promocionado de 2s a 2p
10	a)	Sólidos y líquidos puros no entran en K_p
11	b)	$k = v/[\mathrm{A}]^3$: $\mathrm{mol^{-2}\,L^2\,s^{-1}}$
12	b)	2 Cl en C2 y 2 CH_3 en C5
13	b)	Tetrafluoroeteno $\rightarrow$ PTFE (teflón)
14	b)	AB_3 sin pares solitarios: triangular plana
15	c)	$v = k[\mathrm{A}] = 1{,}5 \cdot 10^{-9}$
Problemas		
2.1		$HNO_2 + H_2O \rightleftarrows NO_2^- + H_3O^+$; $c_0 = 2{,}54 \cdot 10^{-2}$ M
2.2		$2\,K_2CrO_4 + 16\,HCl \rightarrow 2\,CrCl_3 + 3\,Cl_2 + 4\,KCl + 8\,H_2O$; 23,9 mL; 1,30 L
3.1		NF_3 piramidal y polar; CF_4 tetraédrica y apolar
3.2		$K_c = 0{,}53$; añadir 0,54 mol de H_2; el equilibrio no se desplaza

Nota de la primera parte con diez respuestas correctas: 4 puntos. Cada acierto vale 0,4 y cada error resta 0,15.

Aviso de estrategia: arriesgar compensa, pero por poco. Con tres opciones, el valor esperado de responder al azar es $\frac{1}{3} \cdot 0{,}4 - \frac{2}{3} \cdot 0{,}15 = +0{,}033$ puntos: casi nada. Si se puede descartar una opción, sube a $\frac{1}{2} \cdot 0{,}4 - \frac{1}{2} \cdot 0{,}15 = +0{,}125$. Conviene contestar diez, eligiendo bien las cinco que se dejan: la 5 (con errata) es la primera candidata.

Un test con mucha teoría aplicable en un segundo. Las preguntas 2, 4, 8, 10, 13, 14 y 15 se resuelven sin cálculo o con una sola operación. Las que más se fallan son la 1 (confundir el doble enlace terminal con isomería geométrica), la 3 (escribir $K_{ps} = s^2$) y la 7 (desplazamiento con la presión).

En los problemas, hay que leer las puntuaciones. En el 2.1, el apartado b) vale tres veces más que el a); en el 3.2, el b) vale el triple que el c). Y dos trampas que separan un 7 de un 10: en el 2.1 no vale la aproximación $c_0 - x \approx c_0$, y en el 2.2 hay que señalar la contradicción entre "cromato" y $K_2Cr_2O_7$.