Criterios específicos de corrección

Con el único objetivo de facilitar la labor de los correctores, se adjuntan las soluciones a los ejercicios propuestos, detallando las puntuaciones máximas que los correctores podrán otorgar en cada ejercicio o apartado. El objeto no es ofrecer "soluciones oficiales" sino recopilar brevemente las respuestas correctas. **La resolución de los ejercicios que se presenta, no debe ser considerada como la única posible. En muchos casos la respuesta a cada uno de los apartados del examen podrá realizarse de forma igualmente correcta siguiendo una argumentación alternativa.**

Ejercicio 1. **[2 puntos]**

La reacción de aluminotermia es un proceso altamente exotérmico en el que se obtiene hierro fundido y que permite, por ejemplo, soldar los raíles del ferrocarril. Este proceso se basa en la reacción de aluminio con óxido de hierro(III), Fe_2O_3, de acuerdo con la ecuación química siguiente, **no ajustada**:

$$Fe_2O_3(s) + Al(s) \longrightarrow Fe(s) + Al_2O_3(s)$$

Se dispone de 100 g de Fe_2O_3 y de una cantidad de aluminio metálico en polvo suficiente para completar la reacción.

a) Ajuste la ecuación química y calcule la cantidad mínima, en gramos, de aluminio metálico necesaria para reaccionar completamente con los 100 g de Fe_2O_3. **(0,5 puntos)**

b) Calcule la cantidad, en gramos, de hierro producida en la reacción. **(0,5 puntos)**

c) Calcule la variación de entalpía estándar de la reacción y la energía producida en forma de calor en el proceso. **(0,5 puntos)**

d) La energía liberada en este proceso, ¿es suficiente para fundir el hierro obtenido? Justifique la respuesta. **(0,5 puntos)**

Datos: variación de entalpía estándar de formación, ΔH^o_f (kJ·mol^{-1}): $Fe_2O_3(s)$: –824,0; $Al_2O_3(s)$: –1675,0;
variación de entalpía de fusión del hierro: 13,8 kJ·mol^{-1}.

Planteamiento del ejercicio

a) Ajuste la ecuación química y calcule la cantidad mínima, en gramos, de aluminio metálico necesaria para reaccionar completamente con los 100 g de Fe_2O_3. **(0,5 puntos)**

La ecuación química ajustada para la aluminotermia: **1 $Fe_2O_3(s)$ + 2 Al(s) ⟶ 2 Fe(s) + 1 $Al_2O_3(s)$** 0,2 puntos

$MM(Fe_2O_3) = 2\cdot55,85 + 3\cdot16,00 = 159,70$ g·mol^{-1}

Los moles de Fe_2O_3 disponibles son: $n(Fe_2O_3) = \frac{100\text{ g}}{159,70\text{ g·mol}^{-1}} = 0,626$ mol Fe_2O_3

De acuerdo con la estequiometria: $n(Al) = 2\ n(Fe_2O_3) = 2\cdot0,626$ mol = 1,252 mol Al;

La cantidad de aluminio necesaria será: $m(Al) = n(Al)\cdot MA(Al) = 1,252$ mol·26,98 g·mol^{-1} = **33,78 g Al** 0,3 puntos

b) Calcule la cantidad, en gramos, de hierro producida en la reacción. **(0,5 puntos)**

$m(Fe) = n(Fe)\cdot MA(Fe) = 2\cdot n(Fe_2O_3)\cdot55,85$ g·mol^{-1} = 2·0,626 mol·55,85 g·mol^{-1} = **69,92 g Fe** 0,5 puntos

c) Calcule la variación de entalpía estándar de la reacción y la energía producida en forma de calor en el proceso. **(0,5 puntos)**

Variación de entalpía: $\Delta H^o_r = \Delta H^o_f(Al_2O_3) - \Delta H^o_f(Fe_2O_3) = -1675,0 - (-824,0) =$ **– 851,0 kJ·(mol Fe_2O_3)$^{-1}$** 0,25 puntos

El estudiante debe aclarar a qué corresponde este valor, si es por mol de Fe_2O_3 o por mol de Al. En este segundo caso, el valor sería: $\Delta H^o_r = -425,5$ kJ·(mol Al)$^{-1}$.

Cálculo de la energía total: $Q_r = n(Fe_2O_3)\cdot\Delta H^o_r = 0,626$ (mol Fe_2O_3)·(– 851,0 kJ·(mol Fe_2O_3)$^{-1}$) = **– 532,73 kJ** 0,25 puntos

d) La energía liberada en este proceso, ¿es suficiente para fundir el hierro obtenido? Justifique la respuesta. **(0,5 puntos)**

Calculemos los moles de hierro que se obtienen: $n(Fe)_{obtenido} = 2\cdot n(Fe_2O_3) = 2\cdot0,626 = 1,252$ mol Fe

Esa cantidad de hierro necesita para su fusión una energía, Q_f: $Q_f = n(Fe)\cdot\Delta H^o_{fusión} = 1,252$ mol·13,8 kJ·mol^{-1} = 17,28 kJ

Como se liberan 532,73 kJ, **sí se genera suficiente energía para la fusión del hierro obtenido**. 0,5 puntos

Tu Profe al Rescate

Ejercicio 2. Opción 2.A. **[2 puntos]**

El cloruro de cromo(III), $CrCl_3$, tiene múltiples aplicaciones. Se utiliza como catalizador en la polimerización de olefinas, en el cromado de metales, en la industria textil para la fijación de colorantes, etc. En medio ácido, el cloruro de cromo(II), $CrCl_2$, reacciona con el perclorato de potasio, $KClO_4$, para dar cloruro de cromo(III), $CrCl_3$, de acuerdo con la ecuación química, **no ajustada**:

$$CrCl_2(ac) + KClO_4(ac) + HCl(ac) \longrightarrow CrCl_3(ac) + KCl(ac) + H_2O(l)$$

a) Escriba las semirreacciones de oxidación y reducción, así como la reacción global ajustada. **(1 punto)**

b) Se realiza el cromado de una pieza metálica, depositando cromo sobre la superficie, mediante la electrólisis de una disolución de $Cr^{3+}(ac)$, aplicando una intensidad de 3 amperios durante 90 minutos. Calcule la cantidad, en gramos, de Cr que se depositará. **(1 punto)**

Planteamiento del ejercicio

a) Escriba las semirreacciones de oxidación y reducción, así como la reacción global ajustada. **(1 punto)**

[Semirreacción de oxidación]: $\mathbf{[Cr^{2+}(ac) \longrightarrow Cr^{3+}(ac) + 1\ e^-]x8}$
[Semirreacción de reducción]: $\mathbf{[ClO_4^-(ac) + 8\ H^+(ac) + 8\ e^- \longrightarrow Cl^-(ac) + 4\ H_2O(l)]x1}$ Semirreacciones: 0,6 puntos

Reacción global en forma iónica: $8\ Cr^{2+}(ac) + ClO_4^-(ac) + 8\ H^+(ac) \longrightarrow 8\ Cr^{3+}(ac) + Cl^-(ac) + 4\ H_2O(l)$

Reacción global en forma molecular: $\mathbf{8\ CrCl_2(ac) + 1\ KClO_4(ac) + 8\ HCl(ac) \longrightarrow 8\ CrCl_3(ac) + 1\ KCl(ac) + 4\ H_2O(l)}$

Reacción global: 0,4 puntos

b) Se realiza el cromado de una pieza metálica, depositando cromo sobre la superficie, mediante la electrólisis de una disolución de $Cr^{3+}(ac)$, aplicando una intensidad de 3 amperios durante 90 minutos. Calcule la cantidad, en gramos, de Cr que se depositará. **(1 punto)**

Reacción de electrodeposición: $Cr^{3+}(ac) + 3e^- \rightarrow Cr(s)$

Carga usada: $I = q/t \Rightarrow q = I \cdot t = 3\ A \cdot 90\ min \cdot 60\ (s/min) = 16200\ C$

Núm. moles de electrones usados = 16200 C / F = 16200 C / 96485 C/(mol e^-) = 0,168 mol e^- usados 0,6 puntos

Cada mol de Cr^{3+} requiere tres electrones para su reducción: $Cr^{3+}(ac) + 3e^- \rightarrow Cr(s)$.

Los moles de Cr depositados: núm. electrones usados/3 = 0,168 mol/3 = 0,056 mol Cr depositados

Y la masa de cromo depositada es: $\mathbf{m(Cr)_{depositada}} = n(Cr) \cdot MA\ (Cr) = 0{,}056\ mol \cdot 51{,}99\ g \cdot mol^{-1} = \mathbf{2{,}91\ g\ de\ Cr}$ 0,4 puntos

Tu Profe al Rescate

Ejercicio 2. Opción 2.B. **[2 puntos]**

El ácido propanoico, CH_3-CH_2-COOH, con constante de acidez K_a (25 ºC) = $1{,}3\cdot10^{-5}$, es un ácido débil que inhibe el crecimiento de hongos cuando se encuentra en una proporción del 1 % en masa. Con tal finalidad, se prepara un litro de una disolución de esa riqueza. Calcule:

a) La concentración, en mol·L^{-1}, de dicha disolución, suponiendo que la densidad de la disolución es 1 kg·L^{-1}. **(0,5 puntos)**

b) El pH de la disolución. **(1 punto)**

c) El porcentaje del ácido propanoico que se ha disociado. **(0,5 puntos)**

Planteamiento del ejercicio

a) La concentración, en mol·L^{-1}, de dicha disolución, suponiendo que la densidad de la disolución es 1 kg·L^{-1}. **(0,5 puntos)**

$MM(C_3H_6O_2) = 3\cdot12{,}01 + 6\cdot1{,}01 + 2\cdot16{,}00 = 74{,}09\ g\cdot mol^{-1}$

$$d = \frac{m_{dis}}{V_{dis}} \Longrightarrow V_{dis} = \frac{m_{dis}}{d} = \frac{100\ g}{1\ g\cdot mL^{-1}} = 100\ mL$$

$$\mathbf{C_a} = \frac{n(HA)}{V_{dis}} = \frac{1/74{,}09\ mol}{0{,}1\ L} = \mathbf{0{,}135\ mol\cdot L^{-1}}$$

0,5 puntos

b) El pH de la disolución. **(1 punto)**

El balance de materia, en concentración:

	HA(ac)	+	H_2O(l)	⇄	A^-(ac)	+	H_3O^+(ac)
conc. inicial, mol·L^{-1}	C_a						
conc. equilibrio	$C_a - x$				x		x

Balance de materia: 0,4 puntos

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{x^2}{C_a - x}; \Longrightarrow x^2 + K_a x - K_a C_a = 0$$

$x^2 + 1{,}3\cdot10^{-5}x - 1{,}3\cdot10^{-5}\cdot0{,}135 = 0$. La solución aceptable es: $x = [H_3O^+] = 1{,}32\cdot10^{-3}\ mol\cdot L^{-1}$

La solución simplificada da el mismo resultado: $x = [H_3O^+] \sim \sqrt{K_a C_a} = \sqrt{1{,}3\cdot10^{-5}\cdot0{,}135} = 1{,}32\cdot10^{-3}\ mol\cdot L^{-1}$

$$\mathbf{pH} = -\log[H_3O^+] = -\log 1{,}32\cdot10^{-3} = \mathbf{2{,}88}$$

pH: 0,6 puntos

c) El porcentaje del ácido propanoico que se ha disociado. **(0,5 puntos)**

$$\alpha = \frac{[HA]_{reaccionado}}{[HA]_o}\cdot100 = \frac{0{,}00132\ mol\cdot L^{-1}}{0{,}135\ mol\cdot L^{-1}}\cdot100 = \mathbf{0{,}98}\ \%$$

Porcentaje disociado: 0,5 puntos

Tu Profe al Rescate

Ejercicio 3. **[2 puntos]**

Considere estas moléculas: OCl_2 y CBr_4.
a) Dibuje la estructura electrónica de Lewis de cada molécula y deduzca su geometría. **(0,6 puntos)**
b) Discuta la polaridad de cada molécula. **(0,4 puntos)**

Conteste a **una** de las siguientes cuestiones:

c1) Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: **(0,5 puntos cada subapartado)**

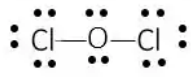
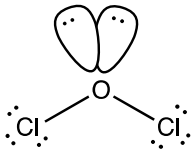
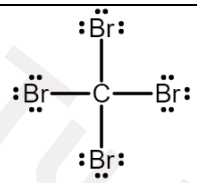
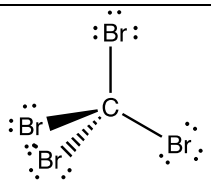
i) El CBr_4 es muy soluble en benceno, C_6H_6.
ii) El OCl_2 es un gas bastante soluble en agua.

c2) Justifique si los siguientes conjuntos de números cuánticos, (n, ℓ, m_ℓ, m_s), son posibles o no: **(0,5 puntos cada subapartado)**

i) (2, 3, –1, $+\frac{1}{2}$); **ii)** (3, 2, –2, $-\frac{1}{2}$)

Planteamiento del ejercicio

a) Dibuje la estructura electrónica de Lewis de cada molécula y deduzca su geometría. **(0,6 puntos)**
b) Discuta la polaridad de cada molécula. **(0,4 puntos)**

Estructura electrónica de Lewis	Geometría molecular		Polaridad molecular
	Molécula tipo AX_2E_2 Disposición de los cuatro dominios electrónicos: pseudotetraédrica Geometría molecular: **angular** 0,3 puntos		La suma de los momentos dipolares asociados a los enlaces O–Cl no se cancela. **Molécula polar** 0,2 puntos
	Molécula tipo AX_4E_0 Disposición de los cuatro dominios electrónicos: tetraédrica Geometría molecular: **tetraédrica** 0,3 puntos		La suma de los momentos dipolares asociados a los enlaces C–Br se cancela. **Molécula apolar** 0,2 puntos

c1) Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: **(0,5 puntos cada subapartado)**

i) El CBr_4 es muy soluble en benceno, C_6H_6.
ii) El OCl_2 es un gas bastante soluble en agua.

i) Tanto el soluto, CBr_4, como el disolvente, benceno, son sustancias apolares. En general, las sustancias apolares se disuelven bien en disolventes apolares. 0,5 puntos

ii) Tanto el soluto, OCl_2, como el disolvente, agua, son sustancias polares. En general, las sustancias polares se disuelven bien en disolventes polares. También se puede justificar comentando que el OCl_2 puede formar enlaces de hidrógeno con el agua (O del OCl_2 con H del H_2O) y, por lo tanto, soluble en agua. 0,5 puntos

c2) Justifique si los siguientes conjuntos de números cuánticos, (n, ℓ, m_ℓ, m_s), son posibles o no: **(0,5 puntos cada subapartado)**

i) (2, 3, –1, $+\frac{1}{2}$); **ii)** (3, 2, –2, $-\frac{1}{2}$)

i) Es una **combinación de números cuánticos imposible**. Los valores permitidos de $\ell \Longrightarrow \{0 \cdots n-1\}$. Un valor de $\boldsymbol{\ell} = 3$ es incompatible con un valor de $n = 2$. 0,5 puntos

ii) Es una **combinación de números cuánticos posible**. Sigue las reglas $\ell \Longrightarrow \{0 \cdots n-1\}$; $m_\ell \Longrightarrow \{-\ell \cdots +\ell\}$; $m_s \Longrightarrow \left\{+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right\}$ 0,5 puntos

Tu Profe al Rescate

Ejercicio 4. **[2 puntos]**

En un recipiente de 2 litros se introducen 3 moles de $COBr_2$, 1 mol de CO y 3 moles de Br_2 y se calienta a 73 °C, estableciéndose el siguiente equlibrio:

$$COBr_2(g) \rightleftarrows CO(g) + Br_2(g) \qquad K_p(73\ ^oC) = 2{,}55 \qquad \Delta H < 0$$

a) La mezcla de reacción, ¿está en equilibrio? Justifíquelo. Si no lo estuviera, indique el sentido en que transcurrirá la reacción. **(1 punto)**

Conteste a **una** de las siguientes cuestiones:

b1) Una vez alcanzado el equilibrio, deduzca si la cantidad de Br_2 aumentará, disminuirá o permanecerá constante tras realizar las siguientes acciones: **(0,5 punto cada subapartado)**

i) Un aumento de la temperatura a volumen constante.

ii) Una disminución de la concentración de CO, sin modificar el volumen ni la temperatura.

b2) Justifique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: **(0,5 punto cada subapartado)**

i) La variación de entalpía de formación estándar del CO es cero.

ii) Cuando CO y Br_2 reaccionan para formar $COBr_2$, se desprende energía en forma de calor.

Planteamiento del ejercicio

a) La mezcla de reacción, ¿está en equilibrio? Justifíquelo. Si no lo estuviera, indique el sentido en que transcurrirá la reacción. **(1 punto)**

Hemos de estimar el valor de cociente de reacción, en presiones, Q_p.

balance de materia, en moles	$COBr_2(g)$	$\rightleftarrows$	$CO(g)$	$+ Br_2(g)$
cantidades iniciales	3		1	3

El número total de moles gaseosos, n_t: $n_t = 7$ mol.

La presión total, P_t: $P_t = \frac{n_t RT}{V} = \frac{7\ \text{mol}\cdot 0{,}082(\text{atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1})\cdot(273{,}15+73)\text{K}}{2\ \text{L}} = 99{,}34\ \text{atm}$

Podemos calcular las presiones parciales iniciales de todos los compuestos que participan en la reacción con la ecuación de Dalton: $p(i) = x(i)P_t$

$p_o(COBr_2) = \frac{3}{7}99{,}34 = 42{,}58\ \text{atm}$; $p_o(Br_2) = \frac{3}{7}99{,}34 = 42{,}58\ a\text{tm}$; $p_o(CO) = \frac{1}{7}99{,}34 = 14{,}19\ \text{atm}$

Calculemos el cociente de reacción, en presiones, Q_p: $Q_p = \frac{p(CO)\cdot p(Br_2)}{p(COBr_2)} = 14{,}19$

El cociente de reacción es mayor que la constante de equilibrio, $Q_p > K_p$; (14,19 >2,55). **El sistema no está en equilibrio termodinámico**. 0,6 puntos

El sistema evolucionará de manera que disminuya el valor de Q_p para que, en el equilibrio $Q_p = K_p$. Para que Q_p disminuya, tiene que aumentar la presión de $COBr_2$ (denominador) y disminuir la de CO y de Br_2 (numerador). Para conseguirlo, **el sistema se desplazará hacia la izquierda** (formación de reactivos). 0,4 puntos

b1) Una vez alcanzado el equilibrio, deduzca si la cantidad de Br_2 aumentará, disminuirá o permanecerá constante tras realizar las siguientes acciones: **(0,5 punto cada subapartado)**

i) Un aumento de la temperatura a volumen constante.

ii) Una disminución de la concentración de CO, sin modificar el volumen ni la temperatura.

i) Por el principio de Le Chatelier, el equilibrio se desplazará para oponerse a los cambios producidos y encontrar una nueva situación de equilibrio. Al aumentar la temperatura, la reacción evolucionará siguiendo la ruta endotérmica (en este caso, la reacción inversa) como medio de consumir parte de la energía absorbida en forma de calor por el sistema. Por tanto, el equilibrio se desplazará hacia la izquierda produciendo una **disminución en los moles de Br_2**. 0,5 puntos

ii) Siguiendo el mismo razonamiento, si disminuimos la [CO] la reacción se desplazará hacia la derecha para aumentar esa concentración y, por tanto, **aumentará la cantidad de Br_2.** 0,5 puntos

b2) Justifique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: **(0,5 punto cada subapartado)**

i) La variación de entalpía de formación estándar del CO es cero.

ii) Cuando CO y Br_2 reaccionan para formar $COBr_2$, se desprende energía en forma de calor.

i) Falso. Solo es cero la variación de entalpía de formación de los elementos químicos en su estado alotrópico más estable (estado estándar). 0,5 puntos

ii) Falso. Si en sentido directo la reacción es exotérmica, en sentido inverso será endotérmica y absorberá energía. 0,5 puntos

Ejercicio 5. **[2 puntos]**

a) En la reacción A(g) + 2 B(g) ⟶ 2 C(g), se ha observado que la ley de velocidad es de orden 1 respecto de A y de orden 2 respecto de B. En un experimento se obtiene un valor para la velocidad de reacción de v = 0,3 mol·L^{-1}·s^{-1}, cuando [A] = 0,05 mol·L^{-1} y [B] = 0,01 mol·L^{-1}.

a.1) Calcule la constante de velocidad con las unidades correspondientes. **(0,5 puntos)**

a.2) ¿Es cierto que la velocidad de desaparición de A es igual a la velocidad de aparición de C? Justifique su respuesta. **(0,5 puntos)**

b) Complete la reacción, nombre los compuestos orgánicos presentes e indique el tipo de reacción de que se trata. **(0,5 puntos)**

CH_3-CH_2Br + NaOH ⟶ **A + B**

Conteste a **una** de las siguientes cuestiones:

c1) Escriba dos posibles isómeros del propan-1-ol (o 1-propanol) y nómbrelos. **(0,5 puntos)**

c2) Calcule la solubilidad, en g·L^{-1}, del cloruro de plata, AgCl, sabiendo que su K_{ps} es 1,8·10^{-10}. **(0,5 puntos)**

Planteamiento del ejercicio

a.1) Calcule la constante de velocidad con las unidades correspondientes. **(0,5 puntos)**

v = k·[A][B]$^{2.}$ ⟹ 0,3 (mol·L^{-1}·s^{-1}) = k·0,05 (mol·L^{-1})·0,01^2 (mol·L^{-1})^2 ⟹ **k = 6·10^4 L^2·mol^{-2}· s^{-1}** 0,5 puntos

a.2) ¿Es cierto que la velocidad de desaparición de A es igual a la velocidad de aparición de C? Justifique su respuesta. **(0,5 puntos)**

No es correcto. No son iguales porque: $v_A = \frac{-d[A]}{dt}$; $v_C = \frac{1}{2}\frac{d[C]}{dt} = -2v_A \Longrightarrow v_A = -\frac{v_C}{2}$

La velocidad de desaparición de A es la mitad que la velocidad de aparición de C. 0,5 puntos

b) Complete la reacción, nombre los compuestos orgánicos presentes e indique el tipo de reacción de que se trata. **(0,5 puntos)**

CH_3-CH_2Br + NaOH ⟶ **A + B**

CH_3-CH_2Br	+ NaOH ⟶	**A + B**	
bromoetano		**A: CH_3-CH_2OH; B**: NaBr **A: etanol**	**Reacción de sustitución**

Completar reacción: 0,1 puntos
Nombre de cada uno de los compuestos orgánicos: 0,1 puntos
Tipo de reacción: 0,2 puntos

c1) Escriba dos posibles isómeros del propan-1-ol (o 1-propanol) y nómbrelos. **(0,5 puntos)**

CH_3-CH_2-O-CH_3	**CH_3-CH(OH)-CH_3**
etilmetiléter	**propan-2-ol (2-propanol)**

Cada isómero bien nombrado: 0,25 puntos

c2) Calcule la solubilidad, en g·L^{-1}, del cloruro de plata, AgCl, sabiendo que su K_{ps} es 1,8·10^{-10}. **(0,5 puntos)**

	AgCl(s)	⇄	Ag^+(ac)	+ Cl^-(ac)
S, concentración equilibrio			S	S

K_{ps} = [Ag^+][Cl^-] = S^2 S(AgCl) = $\sqrt{K_{ps}}$ =1,34·10^{-5} mol·L^{-1}.

MM(AgCl) = 107,87 + 35,45 = 143,32 g·mol^{-1}

S(AgCl) = 1,34·10^{-5} mol·L^{-1} $\frac{143{,}32\ g}{1\ mol}$ = **1,92·10^{-3} g·L^{-1}** 0,5 puntos

Tu Profe al Rescate