FACULTAD DE QUÍMICA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Química
Dirección Académica
Santiago, 24 de mayo de 2024

QUÍMICA PARA INGENIERÍA

Pauta Interrogación II 2024

Notas para los ayudantes correctores:

- En las preguntas de desarrollo considere en las respuestas un margen de error de ±5%
- Si la respuesta no incluye unidades de medida descuente 1 punto del puntaje asociado a la pregunta
- Si la respuesta tiene el signo erróneo, descuente 2 puntos del puntaje total de la pregunta.
- En algunos casos, las preguntas pueden resolverse de varias formas diferentes, si el estudiante tiene correcto el resultado final se le debe asignar todo el puntaje de la pregunta.

Pregunta 1: Selección Múltiple (32 puntos)

Instrucciones: Al final de la sección de selección múltiple, se encuentra la tabla de respuestas en la cual debe escribir las alternativas elegidas. **Solamente se va a corregir la tabla de respuestas.**

1.- Con relación a la producción de hidrógeno mediante el reformado de metano con vapor de agua. Diga cual de estas afirmaciones es **FALSA**

$$CH_{4\,(g)} + H_2O_{\,(g)} \leftrightarrows CO_{\,(g)} + 3H_{2\,(g)} \quad \Delta H_r = 206\ kJ/mol$$

a) Al aumentar la temperatura el equilibrio se desplaza hacia los reactantes.
b) Al aumentar la presión el equilibrio se desplaza hacia los productos
c) Al inyectar más CH_4 el equilibrio se desplaza hacia los productos
d) Al aumentar el volumen el equilibrio se desplaza hacia los productos
e) Al retirar el H_2 de la reacción el equilibrio se desplaza hacia los productos.

2.- ¿Cuál de estas afirmaciones es/son **VERDADERA/S** con relación a la siguiente reacción que se encuentra en equilibrio químico:

$$H_{2\,(g)} + I_{2\,(g)} \leftrightarrows 2HI_{\,(g)}$$

I) Es un equilibrio homogéneo
II) El K_p es igual al K_c
III) El $\Delta G = 0$

a) I
b) I y II
c) II y III
d) I y III
e) I, II y III

3.- En relación al equilibrio químico, ¿Cuál de estas afirmaciones es **FALSA**?

a) El valor de la constante de equilibrio, K_c, de una reacción química aumenta con la presencia de un catalizador.
b) Para una cierta reacción, si $Q > K$, la reacción se desplaza hacia los reactantes.
c) Si una ecuación es multiplicada por un número, entonces K es elevada a la potencia de ese mismo número.
d) Si una ecuación es escrita en la dirección opuesta, entonces K es su recíproco ($1/K$)
e) Si una ecuación es dividida por un número, entonces K es la raíz de ese mismo número

4.- Con respecto a la disolución de sales, cuáles de las siguientes afirmaciones es (son) **VERDADERA (S):**

I) La disolución de NaCl dará una disolución acuosa de pH > 7.
II) Una disolución acuosa de NH_4Cl dará un pH < 7.
III) La sal acetato de potasio (CH_3COOK) producirá un aumento en la concentración de protones (H_3O^+).
IV) La sal KCl dará una disolución acuosa de pH < 7.

a) Solo I.
b) Solo II.
c) I y II.
d) II y III.
e) I y IV

5.- De acuerdo con la siguiente reacción ácido base, indique cuál de las siguientes afirmaciones es (son) **FALSA(S)**:

$$HCN + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CN^- \quad Ka = 4{,}9 \times 10^{-10}$$

I) El ión CN^- es el ácido conjugado de HCN.
II) HCN es un ácido débil.
III) HCN/KCN es un ejemplo de una solución buffer.
IV) El agua actúa como ácido en esta reacción.

a) Solo I.
b) I y II.
c) III y IV.
d) I, III y IV.
e) I y IV

6.- Un mismo reactivo ha reaccionado con iones Fe^{2+}($FeCl_2$), cobre metálico e iones Br^- (KBr) produciendo en cada caso:

I. Fe^{2+} + reactivo ⟶ Fe^{3+} + otros productos
II. Cu + reactivo ⟶ Cu^{2+} + otros productos
III. Br^- + reactivo ⟶ Br_2 + otros productos

De acuerdo a lo anterior, es correcto afirmar que el reactivo se comporta como:

a) Oxidante en I, II y III.

b) Oxidante en I y II; reductor en III.
c) Oxidante en I y III; reductor en II.
d) Oxidante en I; reductor en II y III.
e) Oxidante en II; reductor en I y III

7.- Los potenciales estándar de electrodo para las siguientes reacciones son:

$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	E° = +0,80 V
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$	E° = +0,77 V
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	E° = +0,34 V

El agente reductor más fuerte es:
a) $Ag^+(aq)$.
b) Ag(s).
c) Fe^{2+} (aq).
d) Cu(s).
e) $Cu^{2+}(aq)$

8.- En relación a la charla magistral, indique cuáles de las siguientes afirmaciones son **VERDADERAS:**

I Los aditivos se utilizan con el objetivo de mejorar características en los alimentos.
II Al aumentar la actividad del agua (a_w) se inhibe el crecimiento de microorganismos.
III La microencapsulación de moléculas bioactivas permite su liberación controlada.
IV El uso de ácidos orgánicos como aditivos permite controlar el crecimiento de microorganismos.

a) I, II y III
b) II, III y IV
c) I, II y IV
d) I, III y IV
e) I, II, III y IV

Tabla de respuestas

1	2	3	4	5	6	7	8
b	**e**	**a**	**b**	**e**	**a**	**d**	**d**

Pegunta 2: Equilibrio Químico (18 puntos)

Considere la siguiente reacción de disociación de XeF_4 que ocurre a una determinada temperatura:

$$XeF_{4(g)} \leftrightarrows Xe_{(g)} + 2F_{2(g)}$$

a) Si se agrega una cantidad desconocida de $XeF_4(g)$, en un matraz de 1,5 L, cuando se alcanza el equilibrio, el 60% se ha disociado formando productos, obteniéndose Kc= 0,61. Determine la cantidad en mol de XeF_4 agregado al matraz. **(11 puntos)**

b) Si a la misma temperatura Kp= $1{,}48 \times 10^3$ para esta reacción. Determine la temperatura (ºC) a la que se lleva a cabo la reacción. **(7 puntos)**

Desarrollo:

a)

Tabla de cambio:

	$XeF_{4(g)}$	⇆	$Xe_{(g)}$ +	$2F_{2(g)}$
Inicial	**C_0**		**------**	**-------**
Cambio	**$-0{,}6xC_0$**		**$0{,}6xC_0$**	**$2x(0{,}6xC_0)$**
Equilibrio	**$[0{,}4\ xC_0]$**		**$[0{,}6xC_0]$**	**$[1{,}2xC_0]$**

(Tabla completa 4 puntos)

- **Debe estar explícito que no existe concentración inicial de productos, en caso contrario descontar 1 punto.**
- **Si se realizó mal una de las relaciones se descuenta 1 punto por cada una.**

Resolución de la constante de equilibrio:

$$K_c = \frac{[Xe][F_2]^2}{[XeF_4]}$$

(1 punto por escribir correctamente la constante)

- **Asignar 0.5 puntos si al calcular no considera el coeficiente estequiométrico.**

Reemplazar las concentraciones en equilibrio en la constante:

$$K_c = \frac{[0{,}6xC_0][1{,}2xC_0]^2}{[0{,}4\ xC_0]} = 0.61$$

$2.16\ C_0^2 = 0{,}61$

$C_0 = 0{,}531$ mol/L

(3 puntos por procedimiento completo)

- **Descontar 1 punto si el resultado está sin unidades.**

$$M = \frac{mol}{L}$$

$$0,531 \frac{mol}{L} = \frac{X\ mol}{1,5\ L}$$

Mol= 0,796 mol de XeF_4 AGREGAR 3 DECIMALES

(Procedimiento completo 3 puntos)

- **Descontar -1 punto si no se indican a que especie corresponde la cantidad de moles calculados.**

b)

Calcular la diferencia de moles:

Moles de producto – moles de reactante= 3 – 1= 2

(El cálculo de la resta de moles debe estar en el desarrollo y se asigna 1 punto)

$$1480 = 0,61(0,0821\ xT)^2$$

T= 600 K

(3 puntos por plantear la fórmula con todos los valores correctos)

- **Por cada error se descuenta 1 punto.**

600 K= °C + 273,15 = 326,85 °C

(3 puntos por obtener de manera correcta la temperatura en °C)

- **Se descuenta 1 punto si el resultado final está sin unidades.**

Pregunta 3: Equilibrio Ácido Base (18 puntos)

a) Conocido por su presencia en el vinagre, el ácido acético (CH_3COOH) es un producto de la fermentación bacteriana del alcohol etílico. Teniendo en consideración que su constante de acidez es 1,8 x 10^{-5}, a usted se le solicita calcular el pH de una disolución 0,07 M de ácido acético. **(6 puntos)**

b) El buffer de ácido acético (CH_3COOH) y acetato de sodio (CH_3COONa) de pH 4,62 es utilizado en procesos industriales para obtener etanol a través de la fermentación de glucosa. Si se desea preparar 1 L de este buffer utilizando una disolución de ácido acético, 0,6 mol L^{-1}, determine la concentración de la base conjugada, CH_3COONa en el buffer. **(8 puntos)**

c) Calcule el pH de 500 mL de una nueva disolución amortiguadora, que se compone de CH_3COONa (1,00 mol L^{-1}) y CH_3COOH (1,00 mol L^{-1}) cuando se agregan 0,25 mol de NaOH. Considere que la adición de NaOH no cambia el volumen de la disolución. **(4 puntos)**

Dato: K_a CH_3COOH = 1,8 × 10^{-5}.

Desarrollo:

a)

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

	CH_3COOH	+ H_2O	⇌	CH_3COO^-	+ H^+
C inicial	0.07	–		0	0
C cambio	$-x$	–		$+x$	$+x$
C eq	$0.07 - x$	–		x	x

1 Punto por plantear de manera correcta el equilibrio

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{x \cdot x}{0.07 - x}$$

$$K_a = \frac{x^2}{0.07}$$

1.5 puntos total

- **1 punto por la expresión de la constante.**
- **0,5 punto por utilizar la aproximación para despreciar -x.**

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.07}$$
$$x = 1.122 \times 10^{-3} M$$

1,5 Puntos en total.

- **1 Punto por la resolución y obtención de [H⁺], puede quedar expresado como x.**
- **0,5 puntos por chequear la aproximación 5%Ci > [H⁺]**

$$pH = -\log[H^+]$$
$$pH = -\log[1.122 \times 10^{-3}]$$
$$pH \approx 2.95$$

2 puntos en total por el desarrollo completo.

b)

$$pH = \mathrm{pK}_a + log\,\frac{[sal]}{[ácido]}$$
$$\mathrm{pK}_a = -\log 1{,}8x10^{-5}$$
$$\mathrm{pK}_a = 4{,}74$$

1 punto por el cálculo del pK_a.

$$4{,}62 = 4{,}74 + log\,\frac{[x]}{[0.6\ mol/L]}$$
$$[CH_3COO^-] = 0.45\ mol/L$$

(7 puntos por el desarrollo completo y despeje de la incógnita)

- **Si trabaja con el -logK_a sin haber calculado pK_a dar todo el puntaje.**
- **Descontar 1 punto si la concentración se encuentra sin unidades.**
- **Si no hay desarrollo del despeje matemático y hay resultado asignar 1 punto.**

C)

Al agregar NaOH

$NaOH$	$\rightarrow$	Na^+	$+$	OH^-
$Base\ fuerte$				
$0.25\ mol$		$0.25\ mol$		$0.25\ mol$

(0,5 punto por el desarrollo de la disociación de NaOH y mol de OH^-)

Calcular moles iniciales de ácido y de sal:

$$M = \frac{mol}{L}$$

$$[CH_3COOH] = \frac{x\ mol}{0{,}5\ L} = 1\ M$$

$$[CH_3COOH] = 0{,}5\ moles$$

$$[CH_3COO^-] = \frac{x\ mol}{0{,}5\ L} = 1\ M$$

$$[CH_3COO^-] = 0{,}5\ moles$$

0,5 puntos por determinar de manera correcta moles en los 500 mL.

	CH_3COOH	$+\quad OH^-$	$\rightarrow$	$CH_3COO^- +$	H_2O
$Reacción$:	$(0{,}5 - 0.25\ mol)$			$(0{,}5\ mol + 0.25\ mol)$	
$moles\ finales$:	$0.25\ mol$			$0{,}75\ mol$	
$Conc.\ final$:	$0.5\ mol/L$			$1{,}5\ mol/L$	

1 puntos totales.

- **Puntaje completo si está todo el desarrollo. En caso contrario asignar 1 punto.**
- **Descontar 1 punto si no se encuentran los resultados con unidades.**

$$pH = 4{,}74 + log\frac{[1{,}5]}{[0{,}5]} = 5{,}22$$

O también:

$$pH = 4{,}74 + log\frac{0{,}75\ mol/0{,}5\ L}{0{,}25/0{,}5\ L} = 5{,}22$$

(2 puntos por cálculo de pH)

Pregunta 4: Redox (16 puntos)

1. El alcoholímetro utiliza reacciones de óxido-reducción para detectar la presencia de alcohol en el aire exhalado. Cuando una persona sopla en el tubo del alcoholímetro, el aire exhalado se dirige a un analizador que contiene una solución ácida de dicromato de potasio. Si hay alcohol en el aire exhalado se transforma a ácido acético según la siguiente reacción redox no balanceada:

   $$\mathbf{C}_2H_6O + \mathbf{Cr}_2O_7^{-2} \rightarrow \mathbf{C}_2H_4O_2 + \mathbf{Cr}^{+3} + H_2O$$

   a) Determine el estado de oxidación de los átomos destacados. **(2 puntos)**
   b) Escriba las semirreacciones balanceadas, identifique cátodo y ánodo. **(3 puntos)**
   c) Escriba la ecuación iónica balanceada en medio ácido. **(3 puntos)**

2. Dada la reacción $Sn + Pb^{+2} \rightarrow Sn^{+2} + Pb^{+}$, hallar:
   a) Potencial estándar o FEM de la celda, planteando todas las reacciones asociadas. **(3 puntos)**
   b) La constante K_c de la reacción redox. **(3 puntos)**
   c) La variación de la energía libre de Gibbs y predecir la espontaneidad de la reacción. **(2 puntos)**

Datos: $E^o(Pb^{2+}/Pb) = -0{,}13$ V. $E^o(Sn^{2+}/Sn) = -0{,}14$ V

Desarrollo 1:

a)

$\mathbf{C}_2H_6O$ C=-2

$\mathbf{Cr}_2O_7^{-2}$ Cr=+6

$\mathbf{C}_2H_4O_2$ C=0

$\mathbf{Cr}^{+3}$ Cr=+3

2 puntos en total.

- 0,5 puntos c/u debe estar con los respectivos cálculos del EDO en caso de ser necesario.

b)

Cátodo: $Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 6\ e^- \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$

Ánodo: $C_2H_6O + H_2O \rightarrow C_2H_4O_2 + 4\ e^- + 4H^+$

3 puntos en total.

- **1,5 puntos c/u si están balanceadas correctamente las semirreacciones)**
- **Descontar 0,25 por cada .**

C)

Cátodo: 2 x [$Cr_2O_7^{2-}$ + 14 H^+ + 6 e^- →2 Cr^{3+} + 7 H_2O]

Ánodo: 3 x [C_2H_6O +H_2O → $C_2H_4O_2$ + 4 e^- + 4H^+]

---

2 $Cr_2O_7^{2-}$ + 28 H^+ + 3 C_2H_6O + 3 H_2O + 12e^- → 4 Cr^{3+}+14 H_2O+ 3 $C_2H_4O_2$ + 12e^- + 12 H^+

Ecuación global: 2 $Cr_2O_7^{2-}$ + 16 H^+ + 3 C_2H_6O → 4 Cr^{3+} 11 H_2O + 3 C_2H_6O

(3 puntos)

- **Descontar 1 punto si no está la ecuación global.**

Desarrollo 2:

a)

En la reacción propuesta, el Sn (ánodo) se oxida a Sn^{2+} y el Pb^{2+} se reduce a Pb (cátodo).

Semirreacción anódica:	Sn + 2e^- → Sn^{+2}	oxidación	E^o = +0,14 V
Semirreacción catódica:	Pb^{+2} → Pb + 2e^-	reducción	E^o = -0,13 V
Reacción Global	Sn + Pb^{+2} → Pb + Sn^{+2}		E^o = +0,01 V

(3 puntos en total. 1 punto por indicar la especie que se oxida y reduce, 1 punto por reacción global y 1 punto cálculo de FEM)

b)

$$E = E^0 - \frac{0{,}059}{n} \log K_c$$

En el equilibrio se cumple que ΔG = 0, por lo tanto, el potencial es cero (E = 0):
(1 punto por mencionar la condición de equilibrio)

- **Si no menciona que está en equilibrio, pero queda escrito E=0, asignar 0,5 puntos.**

$$0 = E^0 - \frac{0{,}059}{n} \log K_c$$

Despejando de la ecuación se obtiene el valor de K_c

$$K_c = 10^{\frac{n \cdot E^0}{0.059}}$$

$$K_c = 10^{\frac{2 \cdot 0.01}{0.059}} = 2{,}18$$

El valor de la constante indica que el equilibrio está desplazado a la derecha
(2 puntos)

c)

$$\Delta G^0 = nFE^0 = -2 \text{ mol} \cdot 96500 \frac{C}{\text{mol}} \cdot 0{,}01 \text{ V} = -1930 \text{ J}$$

$\Delta G < 0$, Espontánea

(2 puntos)

- **Descontar 1 punto si no presenta unidades.**

Pregunta 5: Disoluciones (16 puntos)

La morfina (de Morfeo, dios Griego de los sueños), es un fármaco analgésico utilizado para tratar el dolor severo. En la actualidad su manufacturación, distribución y uso está restringido a casos especiales debido a que es utilizada como droga de abuso y además es precursora de otras sustancias ilícitas como la heroína. En este contexto, un trabajador de una reconocida farmacéutica a nivel mundial cometió el error de mezclar 2,5 L de una disolución (Disolución A) saturada de clorhidrato de morfina (masa molar: 321,8 g mol^{-1}) con 1,5 L de disolución del mismo compuesto químico, pero de concentración desconocida (Disolución B). Un análisis de la disolución resultante (Disolución C) determinó que su molalidad fue 0,07 mol kg^{-1}.

a) Sabiendo que la solubilidad del clorhidrato de morfina a 22 °C es 30 mg mL^{-1}, determine la concentración molar de la disolución B. **(10 puntos)**

b) La disolución de morfina inyectable (utilizada con fines médicos) tiene una concentración de 1% m/V de clorhidrato de morfina. Indique cuántos litros de morfina inyectable es posible preparar a partir de 7 litros de una disolución de concentración molar 0,05 mol L^{-1}. **(6 puntos)**

Nota: Para resolver ambas preguntas considere que la temperatura de trabajo es 22 °C, volúmenes aditivos y que todas las disoluciones son acuosas con densidad de 1 g mL^{-1}.

Desarrollo:

a)

Una solubilidad de 30 mg/mL equivale a 30 g/L por lo tanto para 2,5 L de disolución saturada se tiene que:

$$\frac{30\ g}{1\ L} = \frac{x\ g}{2{,}5\ L} \qquad x = 75\ g$$

Por lo tanto, la disolución saturada A contiene 75 g del clorhidrato de morfina. Calculando la cantidad de moles se tiene que:

$$n = \frac{75\ g}{321{,}8\ g/mol} = 0{,}233\ mol$$

(2 puntos)

Por otra parte, es posible calcular la molaridad de la disolución C a partir de su molalidad.

$$molalidad = \frac{0{,}07\ mol_{soluto}}{1\ kg_{solvente}} \qquad m_{soluto} = 0{,}07\ mol * 321{,}8 \frac{g}{mol} = 22{,}5\ g$$

$$m_{disolución} = m_{soluto} + m_{disolvente} = 22{,}5\ g + 1000g = 10225\ g$$

Por lo que por cada kg de solvente hay 22,5 g de soluto. Como la densidad es 1 g/mL se puede establecer que por cada 0,07 moles de soluto hay 1,0225 L de disolución. Por lo tanto:

$$C_M = \frac{0{,}07\ mol}{1{,}0225\ L} = 0{,}068 \frac{mol}{L}$$

(2 puntos)

Calculando la cantidad de moles presentes en los 4 L de disolución final C:

$$n = 0{,}068 \frac{mol}{L} * 4\ L = 0{,}272\ mol$$

(2 puntos)

Como se trata de una mezcla de disoluciones, se tiene que:

Moles disolución A + Moles disolución B = 0,272 mol

Moles disolución B = 0,272-0,233 = 0,039 moles presentes en B.

(2 puntos)

Finalmente, la concentración molar será:

$$C_M = \frac{0{,}039\ mol}{1{,}5\ L} = 0{,}026 \frac{mol}{L}$$

(2 puntos)

b)

Calculando la molaridad de la disolución inyectable:

$$1\% \frac{m}{V} \Rightarrow \frac{1\ g\ soluto}{100\ mL\ disolución} \qquad n = \frac{1\ g}{321{,}8\ g/mol} = 0{,}0031\ mol$$

Por lo tanto, en la concentración molar será:

$$C_M = \frac{0{,}0031\ mol}{0{,}1\ L} = 0{,}031\ mol/L$$

(3 puntos)

De lo anterior se concluye que el problema se trata de una dilución.

$$0{,}05 \frac{mol}{L} * 7\ L = 0{,}031 \frac{mol}{L} * V$$

$$V = 11{,}29\ L$$

Se pueden preparar 11,29 L de la disolución inyectable.

(3 puntos)