FACULTAD DE QUÍMICA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Química
Dirección Académica
Santiago, 12 de octubre de 2025

QUÍMICA PARA INGENIERÍA

Pauta Interrogación II 2025-2

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 el 50% del puntaje asociado al resultado (cuando no se indica explícitamente el puntaje por las unidades).
- En algunos casos, las preguntas pueden resolverse de varias formas diferentes, si el estudiante tiene correcto el procedimiento y resultado final se le debe asignar todo el puntaje de la pregunta.

Pregunta 1: Selección Múltiple (32 puntos)

1.- Dado el siguiente mecanismo para la reacción global que se muestra, es **VERDADERO** afirmar que:

$Ce^{4+} + Mn^{2+} \rightarrow Ce^{3+} + Mn^{3+}$ paso 1 (lento)

$Ce^{4+} + Mn^{3+} \rightarrow Ce^{3+} + Mn^{4+}$ paso 2 (rápido)

$Mn^{4+} + Tl^{+} \rightarrow Mn^{2+} + Tl^{3+}$ paso 3 (rápido)

$2\ Ce^{4+} + Tl^{+} \rightarrow 2\ Ce^{3+} + Tl^{3+}$ global

I) El Mn^{3+} actúa como catalizador de la reacción.
II) El Mn^{4+} es un intermediario en la reacción.
III) Al aumentar la concentración de Tl^{+}, aumenta la velocidad de la reacción.
IV) La energía de activación del paso 1 es menor que la del paso 2.

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

2.- Para la reacción:
$(CH_3)_3CBr + OH^- \rightarrow (CH_3)_3COH + Br^-$
La ley de velocidad es: $v = k\,[(CH_3)_3CBr]$
¿Cuál de los siguientes mecanismos es consistente con el proceso que ocurre?

a) $(CH_3)_3CBr + OH^- \rightarrow (CH_3)_3COH + Br^-$

b) $(CH_3)_3CBr \rightarrow (CH_3)_3C^+ + Br^-$ (lento)
$(CH_3)_3C^+ + OH^- \rightarrow (CH_3)_3COH$ (rápido)

c) $(CH_3)_3CBr + OH^- \rightarrow (CH_3)_2(CH_2)CBr^- + H_2O$ (lento)
$(CH_3)_2(CH_2)CBr^- \rightarrow (CH_3)_2(CH_2)C + Br^-$ (rápido)
$(CH_3)_2(CH_2)C + H_2O \rightarrow (CH_3)_3COH$ (rápido)

d) Todos los anteriores.
e) Ninguno de los anteriores.

3.- Cuáles de las siguientes afirmaciones son **VERDADERAS**:

I) Si para un proceso reversible el cociente de reacción en un estado fuera del equilibrio químico (Q) es menor que la correspondiente constante de equilibro (K), la reacción será espontánea en el sentido de la reacción directa.

II) Si una reacción reversible es exotérmica en el sentido directo, una disminución en la temperatura del sistema favorecerá la formación de mayor cantidad de productos.

III) Para todo sistema en equilibrio químico, el valor numérico de la constante de equilibrio en función de las concentraciones siempre será diferente al valor de la constante de equilibrio en función de las presiones.

IV) El valor de la constante de equilibrio K_p de toda reacción reversible en fase gaseosa solamente depende de la temperatura del sistema y las presiones iniciales de cada sustancia gaseosa.

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

4.- Dado el siguiente sistema inicialmente en equilibrio a 25 ^oC en un recipiente cerrado, es **VERDADERO** afirmar que:

$$4\ NH_3\ (g)\ +\ 3\ O_2\ (g) \rightleftharpoons\ 2\ N_2\ (g)\ +\ 6\ H_2O\ (l) \qquad \Delta H^o = -1530{,}4\ kJ$$

I) Si disminuye la concentración de O_2 sin variar el volumen del recipiente ni la temperatura, al reestablecerse el equilibrio químico, la concentración de NH_3 será mayor que la inicial.

II) Si se aumenta la temperatura del sistema hasta 40 ^oC sin variar el volumen, al reestablecerse el equilibrio químico, la masa de agua será mayor que la inicial.

III) Si disminuye la presión del sistema a temperatura constante mediante un aumento del volumen del recipiente, al reestablecerse el equilibrio químico, la masa de N_2 será mayor que la inicial.

IV) Si se disminuye el volumen del recipiente sin variar la temperatura, al reestablecerse el equilibrio químico, la concentración de NH_3 será menor que la inicial.

V)

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

5.- Dado el orden en que disminuye la acidez de los cinco ácidos débiles que se muestran a continuación, es **VERDADERO** afirmar que:

$HF > HNO_2 > CH_3COOH > HOCl > HCN$ (orden decreciente del carácter ácido)

I) La base conjugada del HOCl es más fuerte que la base conjugada del HNO_2.
II) La conductividad eléctrica de una disolución con concentración 1 mol/L de HOCl es mayor que la de una disolución de HNO_2 de igual concentración.
III) El pH de una disolución acuosa con concentración 0,1 mol/L de CH_3COONa (electrolito fuete) es menor que el pH de una disolución acuosa de KCN (electrolito fuerte) con igual concentración.
IV) Si se mezclan iguales volúmenes de disoluciones acuosas de HCN y HF, con concentraciones semejantes, se puede obtener una disolución reguladora del pH.

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

6.- Cuáles de las siguientes afirmaciones son **VERDADERAS**:

I) Una condición necesaria para que una sustancia se comporte como un ácido en una reacción ácido-base es que posea en su estructura al menos un átomo de hidrógeno, cuyo protón pueda ser transferido a la base.
II) Las sustancias anfóteras tienen la capacidad de reaccionar como ácido en presencia de una base o como base en presencia de un ácido.
III) Cuando se añaden pequeñas cantidades de un ácido fuerte a una disolución que contiene una mezcla de una base débil y su ácido conjugado en semejantes concentraciones, el pH no varía considerablemente.
IV) Si un ácido débil reacciona estequiométricamente en disolución acuosa con una base fuerte a 25 ^oC, como resultado se obtendría una disolución con pH mayor que 7.

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

7.- Teniendo en cuenta la siguiente reacción en disolución acuosa, es **FALSO** afirmar que:

$$2\ IO_3^- + 10\ Fe^{2+} + 12\ H^+ \longrightarrow I_2 + 10\ Fe^{3+} + 6\ H_2O$$

I) El IO_3^- es oxidado durante la reacción.
II) El Fe^{2+} es el agente reductor.
III) El H^+ es el agente oxidante
IV) Durante la reacción el número de oxidación del yodo (I) varía de 1- a cero.

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

8.- Respecto a las pilas electroquímicas, es **VERDADERO** afirmar que:

I) El valor de potencial de electrodo de toda semicelda galvánica es dependiente del pH.
II) El proceso que ocurre en una pila siempre es espontáneo mientras exista una diferencia de potencial entre ambos electrodos.
III) El electrodo que actuará como ánodo en una pila será el que posea mayor potencial de reducción.
IV) El puente salino mantiene la neutralidad eléctrica de cada semicelda a medida que los iones entran o salen del puente.

a) I y II
b) Solo III
c) I y III
d) II y IV
e) Todos son correctos

Pregunta 2: Cinética química (20 puntos)

A) (8 puntos)

Durante una excavación arqueológica en la región de Aysén, al sur de Chile, un equipo de investigadores del Museo Nacional de Historia Natural descubrió un objeto ceremonial de madera en excelente estado de conservación. Se sospecha que el artefacto perteneció a una antigua cultura indígena que habitó la zona antes de la llegada de los europeos. Para determinar su antigüedad, se decide aplicar el método de datación por radiocarbono (^{14}C), técnica ampliamente utilizada para fechar restos orgánicos. La técnica se basa en el principio de la desintegración radiactiva de este isótopo inestable del carbono que se encuentra de manera natural en todos los seres vivos. A través de la fotosíntesis o de la alimentación, los organismos vivos incorporan carbono del ambiente y mientras se encuentran vivos mantienen una proporción prácticamente constante de ^{14}C. Cuando el organismo muere, deja de intercambiar carbono con la atmósfera y, a partir de ese momento, el ^{14}C que contiene empieza a desintegrarse espontáneamente en nitrógeno-14, siguiendo una **cinética de primer orden**. El **tiempo de vida media del ^{14}C es de 5 730 años**, es decir, después de ese tiempo la mitad del ^{14}C original en una muestra se habrá desintegrado. Así, midiendo cuánto ^{14}C queda en una muestra, se puede calcular el tiempo transcurrido desde la muerte del organismo.

Si el análisis de laboratorio indica que la cantidad actual de ^{14}C en la muestra del objeto ceremonial de madera corresponde al 85 % de la cantidad que tendría un organismo vivo del mismo tipo, calcule la edad aproximada del objeto ceremonial.

B) (12 puntos)

A partir de los siguientes datos para la reacción hipotética que se muestra a 300 K:

$$2\ A + B \rightarrow C$$

Experimento	$[A]_{inicial}$ ($mol \cdot L^{-1}$)	$[B]_{inicial}$ ($mol \cdot L^{-1}$)	Velocidad inicial de formación de C ($mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$)
1	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$
2	$1{,}0 \cdot 10^{-2}$	$2{,}0 \cdot 10^{-2}$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$
3	$3{,}0 \cdot 10^{-2}$	$3{,}0 \cdot 10^{-2}$	$4{,}5 \cdot 10^{-4}$

a) Escriba la expresión de la ley de velocidad (**5 puntos**)

b) Determine el valor y las unidades de la constante de velocidad para la reacción a 300 K. (**3 puntos**)

c) Si la velocidad de la reacción en cualquiera de los tres experimentos se duplica al aumentar la temperatura en 10 ^{o}C, ¿calcule el valor aproximado en kJ/mol de la energía de activación? (**4 puntos**)

RESPUESTA:

A)

Cálculo de la constante de desintegración k:

Para primer orden: $t_{1/2} = \ln(2)/k$

$k = \ln(2)/t_{1/2}$

$k = \ln(2) / 5730$ años $= 0{,}693147 / 5730$ años $= 1{,}2097\times10^{-4}$ año^{-1} **(3 puntos)**

Cálculo de la edad del objeto

$\ln([A]/[A_o]) = - kt$

$t = \ln([A_o]/[A]) / k$

$[A] = 0{,}85[A_o]$ **(2 puntos)**

$t = \ln(1 / 0{,}85) / 1{,}2097\times10^{-4}$

$t = 0{,}162519 / 1{,}2097\times10^{-4} = 1343$ años **(2 puntos + 1 por unidad)**

Resultado redondeado: $t \approx 1{,}34\times10^{3}$ años

B)

a) Determinación de órdenes parciales por el método de las velocidades iniciales:

• Comparando 1 → 2: [A] iguales; [B] se duplica ($1{,}0\times10^{-2} \rightarrow 2{,}0\times10^{-2}$); la velocidad no cambia ($1{,}5\times10^{-4}$). **(1 puntos)**

Conclusión: el orden en B es 0 ($v \propto [B]^0$). **(1 puntos)**

• Comparando 1 → 3: [A] se triplica ($1{,}0\times10^{-2} \rightarrow 3{,}0\times10^{-2}$); [B] cambia simultáneamente, pero es de orden 0, por lo que no influye; la velocidad se triplica ($1{,}5\times10^{-4} \rightarrow 4{,}5\times10^{-4}$). **(1 puntos)**

Conclusión: el orden en A es 1 . **(1 puntos)**

⇒ Ley de velocidad experimental: $\mathbf{v = k \cdot [A]}$ **(1 puntos)**

b) Cálculo de la constante de velocidad k

Usando experimento 1:

$k = v / [A] = (1{,}5\times10^{-4}$ mol·L^{-1}·s$^{-1}) / (1{,}0\times10^{-2}$ mol·L$^{-1}) = \mathbf{1{,}5\times10^{-2}\ s^{-1}}$

(2 puntos puntos el valor y 1 punto la unidad)

Se obtiene el mismo resultado sustituyendo los valores de cualquier experimento.

c) Estimación de la energía de activación (E_a) a partir de la variación de velocidad con la temperatura:

Se indica que la velocidad se duplica al aumentar la temperatura en 10 ºC, por tanto

$v_2 / v_1 = 2$

Dado que $v \propto k$ para una misma reacción, también $k_2 / k_1 = 2$. **(1 puntos)**

$\ln(k_2/k_1) = (E_a/R) \cdot (1/T_1 - 1/T_2)$

Datos: $T_1 = 300$ K, $T_2 = 310$ K, $R = 8{,}314$ J·mol^{-1}·K^{-1}, $k_2/k_1 = 2 \Rightarrow \ln 2 = 0{,}693147$

$1/T_1 - 1/T_2 = 1/300 - 1/310 = (310 - 300) / (300 \cdot 310) = 10 / 93000 = 1{,}07527 \times 10^{-4}$ K^{-1}

Sustitución: $0{,}693147 = (E_a / 8{,}314) \cdot (1{,}07527 \times 10^{-4})$ **(2 puntos)**

Despeje: $E_a = 0{,}693147 \times 8{,}314 / (1{,}07527 \times 10^{-4})$ J·mol^{-1} = 53670 J·mol^{-1} ≈ **53,7 kJ·mol^{-1}** **(1 puntos)**

Pregunta 3: Equilibrio químico (16 puntos)

El cloruro de nitrosilo (NOCl) es un gas muy tóxico y corrosivo que se usa principalmente en la industria química, farmacéutica y de colorantes. Debido a su alta peligrosidad, debe manipularse bajo estrictas medidas de seguridad y en ambientes controlados.

La descomposición térmica del NOCl ocurre según:

$$2\ NOCl\ (g) \rightleftharpoons 2\ NO\ (g) + Cl_2\ (g)$$

En un recipiente rígido se introduce únicamente NOCl hasta alcanzar una presión inicial de 0,800 atm a 200 °C. Cuando se establece el equilibrio, la presión total del sistema es de 1,10 atm. Considerando comportamiento ideal para todos los gases:

a) Calcule el valor de K_c para esta reacción de descomposición a 200 °C. (**13 puntos**)
b) Determine qué porcentaje de la cantidad inicial de NOCl se descompuso hasta establecerse el equilibrio químico a 200 °C. (**3 puntos**)

RESPUESTA

a)

	$2\ NOCl\ (g)$	$\rightleftharpoons$	$2\ NO\ (g)$	+	$Cl_2\ (g)$	
p_i (atm)	0,8		0		0	
p_t (atm)	- 2x		2x		X	
p_{eq} (atm)	0,8 - 2x		2x		X	**(2 punto; 0,66 ptos)**

Como la presión total en el equilibrio es 1,1 atm:

$1,1 = p(NOCl) + p(NO) + p(Cl_2)$ **(1 puntos)**

$1,1 = 0,8 - 2x + 2x + x$

$1,1 = 0,8 + x$

$x = 0,3$ **(1 puntos)**

Presiones en ql equilibrio:

$p(NOCl) = 0,8 - 2x = 0,8 - 2*0,3 = 0,2$ atm **(1 puntos)**

$p(NO) = 2x = 0,6$ atm **(1 puntos)**

$p(Cl_2) = x = 0,3$ atm **(1 puntos)**

$$K_p = \frac{p^2(NO)\ p(Cl_2)}{p^2(NOCl)} = \frac{0{,}6^2 \cdot 0{,}30}{0{,}2^2} = 2{,}7$$ **(2 puntos)**

$$K_p = K_c(0{,}0821T)^{\Delta n}$$

$$K_c = K_p * (0{,}0821\ T)^{-\Delta n}$$ **1 punto por despejar la K_c**

T = 200 + 273,15 = 473,15 K **(1 punto)**

$$K_c = 2{,}7 * (0{,}0821 * 473{,}15)^{-1}$$ **1 punto por calcular Δn**

$$\mathbf{K_c = 0{,}0695}$$ **(1 puntos)**

b) Como la presión es directamente proporcional a la cantidad de sustancia:

$$\alpha\% = \frac{p_t(NOCl)}{p_i(NOCl)} \cdot 100 = \frac{2x}{0{,}8} \cdot 100 = \frac{0{,}6}{0{,}8} \cdot 100 = 0{,}75 \cdot 100 = 75\%$$ **(3 puntos)**

Pregunta 4: Equilibrio iónico (16 puntos)

Las disoluciones buffer formadas por ácido acético y acetato (CH_3COOH/CH_3COO^-) tiene múltiples aplicaciones en ámbitos científicos, industriales y biológicos. En laboratorios químicos, se utiliza en determinaciones analíticas en las que se requieren condiciones de acidez controladas para garantizar resultados exactos y precisos. En el campo biológico y bioquímico, forma parte de medios de cultivo y ensayos enzimáticos. En la industria alimentaria, se emplea para mantener la acidez adecuada, mejorar la conservación y preservar el sabor característico de los productos. Del mismo modo, en la fabricación de fármacos y cosméticos, contribuye a asegurar la estabilidad y eficacia de las formulaciones. Por último, en el tratamiento y análisis de aguas, se utiliza para mantener las condiciones químicas necesarias y evitar modificaciones en las especies presentes durante los procesos de muestreo o análisis. En un laboratorio químico se requiere preparar 250 mL de una disolución buffer de pH igual a 4,5. Para ello, se cuenta con suficiente cantidad de una disolución de ácido acético (CH_3COOH) con una concentración de 0,80 mol/L y suficiente acetato de sodio sólido (CH_3COONa).

a) ¿Qué masa de acetato de sodio se necesita para preparar los 250 mL de la disolución buffer requerida, a partir de la disolución de ácido acético disponible? (**10 puntos**)
b) Si a los 250 mL de la disolución buffer preparada en a) se le adiciona 0,030 mol de NaOH (sin prácticamente variar el volumen de disolución), calcule el pH de la disolución resultante. (**6 puntos**)

Dato: K_a (CH_3COOH) = $1,8 \cdot 10^{-5}$
M(CH^3COONa) = 82,03 g/mol

RESPUESTA

a)

$$pH = pK_a + \log\frac{[sal]}{[ácido]}$$

$$pK_a = -\log K_a = -\log 1,8 \cdot 10^{-5} = 4,74 \quad \textbf{(2 puntos)}$$

$$pH = pK_a + \log\frac{[CH_3COONa]}{[CH_3COOH]}$$

$$4,5 = 4,74 + \log\frac{[CH_3COONa]}{[CH_3COOH]} \qquad \textbf{(2 puntos sustituir sal y ácido)}$$

$$\log [CH_3COONa] = 4,5 - 4,74 + \log 0,80 = -0,3369$$

$$[CH_3COONa] = 10^{-0,3369} = 0,46 \text{ mol/L} \qquad \textbf{(2 puntos)}$$

$$n(CH_3COONa) = c * V = 0,46\frac{mol}{L} * 0,25 \text{ L} = 0,115 \text{ mol} \qquad \textbf{(2 puntos)}$$

$$m(CH_3COONa) = n * M = 0,115 \text{ mol} * 82,03 \text{ g/mol} = \textbf{9,43 g} \quad \textbf{(2 puntos)}$$

b)

c(NaOH) = n / V = 0,03 / 0,25 = 0,12 mol/L **(2 puntos)**

$$pH = pK_a + \log \frac{[CH_3COO^-] + [OH^-]}{[CH_3COOH] - [OH^-]}$$ **(2 puntos)**

$$pH = 4{,}74 + \log \frac{0{,}46 + 0{,}12}{0{,}80 - 0{,}12}$$ **(1 puntos)**

$$pH = 4{,}67$$ **(1 puntos)**

Pregunta 5: Procesos redox (16 puntos)

Para un experimento en un laboratorio a temperatura ambiente se requiere una pila con una FEM de exactamente 2,00 V. Con tal motivo, se decidió construir la siguiente celda galvánica:

$$Zn\ (s)\ |\ Zn^{2+}\ (ac)\ \|\ MnO_4^-\ (ac),\ Mn^{2+}\ (ac),\ H^+\ (ac)\ |\ Pt$$

Teniendo en cuenta que en el sistema formado las concentraciones de los iones Zn^{2+}, MnO_4^- y Mn^{2+} son respectivamente 1,0 mol/L; 0,50 mol/L y 0,020 mol/L.

a) Escriba la ecuación balanceada de la reacción neta que ocurre en la pila (**3 puntos**)
b) Calcule el pH requerido en el cátodo para que la FEM de esta pila sea la requerida. (**7 puntos**)
c) Para unir ambas semiceldas se utilizó como conductor eléctrico un alambre de cobre. Demuestre mediante el cálculo y análisis correspondiente si el cobre se oxida o no espontáneamente a Cu^{2+} al sumergir por accidente una parte del alambre en la disolución de Zn^{2+}. Considere que la disolución de Zn^{2+} se encuentra contaminada con trazas de Cu^{2+} en una concentración de 10^{-8} mol/L (**6 puntos**)

Datos:

$E^o\ (MnO_4^- / Mn^{2+}) = 1{,}51$ V
$E^o\ (Zn^{2+} / Zn) = -\ 0{,}76$ V
$E^o\ (Cu^{2+} / Cu) = 0{,}34$ V

RESPUESTA

a)

$2\ MnO_4^- + 16\ H^+ + 10\ e^- = 2\ Mn^{2+} + 8\ H_2O$ **(1 puntos)**

$5\ Zn = 5\ Zn^{2+} + 10\ e^-$ **(1 puntos)**

$2\ MnO_4^- + 16\ H^+ + 5\ Zn = 2\ Mn^{2+} + 5\ Zn^{2+} + 8\ H_2O$ **(1 puntos)**

b)

$$E = E^o - \frac{0{,}0592}{n} \log \frac{[Mn^{2+}]^2\ [Zn^{2+}]^5}{[MnO_4^-]^2\ [H^+]^{16}}$$ **(1 puntos)**

$E^o = E^o\text{cátodo} - E^o\text{ándo} = 1{,}51 - (0{,}76) = 2{,}27$ V **(2 puntos)**

$$2{,}00 = 2{,}27 - \frac{0{,}0592}{10} \log \frac{[0{,}02]^2\ [1]^5}{[0{,}5]^2\ [H^+]^{16}}$$ **(1 pto por n = 10 y 1 pto por sust. las conc.)**

$$2{,}00 = 2{,}27 - 0{,}00592 * \log 1{,}6 \cdot 10^{-3} - 0{,}00592 * \log [H^+]^{16}$$
$$2{,}00 = 2{,}27 + 0{,}01655 - 0{,}00592 * \log [H^+]^{16}$$
$$-\log [H^+]^{16} = \frac{2{,}00 - 2{,}27 - 0{,}01655}{0{,}00592}$$

$$-16 * \log [H^+] = \frac{2{,}00 - 2{,}27 - 0{,}01655}{-0{,}00592}$$

$$-\log[H^+] = 48{,}4 / 16$$

$pH = 3,03$ **(2 puntos)**

c)

Reacción analizada: $Cu(s) + Zn^{2+}(ac) \rightarrow Cu^{2+}(ac) + Zn(s)$

$\Delta E° = E°(Zn^{2+}/Zn) + [-E°(Cu^{2+}/Cu)] = (-0{,}76) + (-0{,}34) = -1{,}10$ V **(1 puntos)**

Nernst (n = 2):

$$E = -1{,}10 - \frac{0{,}0592}{2} \log \frac{[Cu^{2+}]}{[Zn^{2+}]}$$ **(1 puntos)**

$$E = -1{,}10 - \frac{0{,}0592}{2} \log \frac{[10^{-8}]}{1]}$$ **(1 puntos)**

$$E = -0{,}86 \text{ V}$$ **(1 puntos)**

Como $\Delta G = - n*F*E$, siendo n y F valores positivos, si E tiene un valor negativo, el ΔG será positivo y, por tanto, el proceso no será espontáneo. **(2 puntos)**