Pregunta 1: Selección múltiple (30 puntos)

1.- El convertidor catalítico es un componente que está conectado al motor de combustión interna y sirve para el control y reducción de los gases nocivos expulsados por el motor. Una de las reacciones involucradas en este proceso corresponde a:+

$$NO_{(g)} + CO_{(g)} \rightarrow N_{2(g)} + CO_{2(g)}$$

Esta reacción se encuentra catalizada por un catalizador sólido de rodio. En base a esto, indique cuál de las siguientes afirmaciones son **VERDADERAS**:

I. La reacción que se da en el convertidor catalítico corresponde a una catálisis heterogénea.
II. El rodio aumenta la energía de activación de la reacción.
III. Una vez terminada la reacción el rodio se consume totalmente.
IV. El rodio cambia la velocidad de la reacción promoviendo un mecanismo molecular diferente.
V. El rodio no modifica el equilibrio termodinámico de la reacción.

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

2.- De la siguiente disolución amortiguadora (buffer) formada por ácido láctico ($CH_3CHOHCOOH$) 1 mol/L y la sal lactato de sodio ($CH_3CHOHCOONa$) 1 mol/L, con K_a $CH_3CHOHCOOH = 1{,}2 \times 10^{-4}$. ¿Qué afirmaciones son **VERDADERAS**?

I. Al adicionar 0,5 mol de una base fuerte se verá incrementado el pOH del buffer.
II. Al adicionar 1 mol de NaCl a la disolución, el pH será igual a p*K*a.
III. Al adicionar 0,5 moles de un ácido fuerte se verá incrementado el pH del buffer.
IV. Al adicionar 1,2 moles de un ácido fuerte se pierde la capacidad reguladora de la disolución.

Nota: Considere que en todas las afirmaciones no hay cambio de volumen.

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

3.- El desarrollo actual de la industria de fertilizantes y de otros importantes compuestos químicos ha sido posible gracias a la producción de amoníaco, NH_3, a gran escala mediante el proceso Haber-Bosch, que se basa en la siguiente reacción química:

$$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \leftrightharpoons 2\,NH_3\,(g) \qquad \Delta H_r^o = -\,92{,}4\ kJ/mol$$

De las siguientes opciones, indique cuáles desplazarían el equilibrio hacia la formación de NH_3.

I. Aumentar la concentración de N_2.
II. Aumentar la presión del sistema.
III. Disminuir la temperatura del sistema.
IV. Disminuir el volumen del sistema.
V. Disminuir la concentración de NH_3.

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

4.- Se construyó una celda electroquímica, la cual está representada a partir del siguiente diagrama de celda:

$$Zn(s) / Zn^{2+}\,(1mol/L) // Fe^{3+}\,(1mol/L)/Fe^{2+}\,(1mol/L) /Pt$$

Al respecto indique cuál de las siguientes afirmaciones **SON VERDADERAS**:

I. Los electrones fluyen desde el electrodo de cinc hasta la solución que contiene iones de hierro.
II. La semirreacción del hierro se efectúa en el cátodo de la celda.
III. Los electrones fluyen por el puente salino desde una semicelda hacia la otra.
IV. En la reacción global de la celda se transfieren dos electrones.

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

5.- En relación a la Charla Magistral, indique cuál de estas afirmaciones es **FALSA**

a) Los compuestos bioactivos pueden ser sensibles a la temperatura.
b) La encapsulación permite retener una sustancia bioactiva dentro de una cubierta que la protege.
c) La encapsulación disminuye la vida útil de los compuestos bioactivos.
d) Un método de encapsulación es la polimerización *in-situ.*
e) La encapsulación aumenta la biodisponibilidad de un compuesto.

6.- En relación a la Charla Magistral y específicamente a los antimicrobianos, indique cuál (es) de las siguientes afirmaciones es (son) **FALSAS (S)**

I. Los antimicrobianos naturales tienen la ventaja de proteger a los alimentos de la oxidación de los lípidos.
II. Los polifenoles son antimicrobianos natural de origen animal.
III. El quitosano en un antimicrobiano natural de origen vegetal.
IV. El daño en las proteínas de la superficie de las bacterias es un mecanismo de acción de los antimicrobianos sintéticos.

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

Alternativas					
1	2	3	4	5	6
E	E	A	D	C	C

Pregunta 2: Disoluciones (10 puntos)

Los amonios cuaternarios, son productos químicos desinfectantes potentes diseñados para matar microorganismos. Dentro de dichos compuestos destaca el cloruro de bencetonio ya que posee propiedades surfactantes y antisépticas. Se utiliza como antimicrobiano tópico en primeros auxilios. Forma parte también de la formulación de algunos cosméticos, jabones, enjuagues bucales, ungüentos, entre otros. Además el cloruro de bencetonio se utiliza en la industria alimenticia como desinfectante de superficies.

De acuerdo a lo anterior, una importante industria requiere de 1000 L de disolución al 1% m/m de cloruro de bencetonio para lo cual Ud. dispone de una disolución "stock" de concentración 0,089 mol L^{-1}.

¿Qué volumen (L) de la disolución "stock" se requiere si la masa molar del cloruro de bencetonio es 447,29 g/mol? Considere densidad de las disoluciones igual a 1 g/mL

Desarrollo:

$\%\,{}^{m}/_{m} = \frac{g_{soluto}}{g_{disolución}} * 100$ Considerando d = 1 g/mL y reemplazando valores

$g_{soluto} = \frac{1*1\,000\,000 g}{100} = 10\,000\ g$ Se requieren 10000 g de cloruro de bencetonio

(2 puntos)

$n = \frac{m}{\bar{M}} = \frac{10000\ g}{447.29\ g/mol} = 22.36\ mol$ **(2 puntos)**

$V = \frac{n}{V} = \frac{22.36\ mol}{0.089\ mol/L} = 251\ L$ **(6 puntos)**

Otro método:

(1) $C_1V_1 = C_2V_2$ Con C_1 = 0.089 mol/L; V_2 = 1000 L

Calculando C2:
1% implica 1 gramo presente en 100 g de disolución.

$n = \frac{m}{\bar{M}} = \frac{1\ g}{447.29\ g/mol} = 2{,}236 * 10^{-3} mol$ Como d = 1 g/mL, V = 0.1 L

(2 Puntos)

$C_2 = \frac{2.236*10^{-3} mol}{0.1\ L} = 2.236 * 10^{-2}\ mol/L$ **(2 Puntos)**

Reemplazando en (1) y despejando:

$V_1 = \frac{2.236*10^{-2}\ mol/L*1000\ L}{0.089\ mol/L} = 251\ L$ **(6 puntos)**

Pregunta 3: Cinética Química (15 Puntos)

En un laboratorio de química se busca estudiar la cinética de la siguiente reacción:

$$A + B + C \rightarrow P$$

Usted y su compañero de laboratorio estudian la velocidad de esta reacción a 50 °C y hacen mediciones de la velocidad inicial al variar la concentración de los reactivos, los datos se muestran en la tabla 1:

Experimento	[A] (mol L^{-1})	[B] (mol L^{-1})	[C] (mol L^{-1})	Velocidad inicial (mol L^{-1} s^{-1})
1	0,300	0,300	0,300	$1,5x10^{-3}$
2	0,300	0,600	0,300	$3,0x10^{-3}$
3	0,300	0,300	0,900	$4,5x10^{-3}$
4	0,600	0,300	0,900	$1,8x10^{-2}$

A partir de los datos experimentales obtenidos:

a) Escribir la ley de velocidad para la reacción y determinar el valor de la constante de velocidad (k) a 50°C.
b) Si la energía de activación (E_a) de esta reacción es de 70,5 kJ/ mol, ¿cuál será el valor de la constate de velocidad (k) a 78°C?

Desarrollo:

a) Considerando una ley de velocidad $v = k\,[A]^x\,[B]^y\,[C]^z$

Para determinar x se utilizan los experimentos 3 y 4

$$\frac{1,8x10^{-2}}{4,5x10^{-3}} = \frac{k\,[0,6]^x\,[0,3]^y\,[0,9]^z}{k\,[0,3]^x\,[0,3]^y\,[0,9]^z} \qquad 4 = [2]^x$$

$$x = 2$$ **(2,0 puntos)**

Para determinar y se utilizan los experimentos 1 y 2

$$\frac{3,0x10^{-3}}{1,5x10^{-3}} = \frac{k\,[0,3]^x\,[0,6]^y\,[0,3]^z}{k\,[0,3]^x\,[0,3]^y\,[0,3]^z} \qquad 2 = [2]^y$$

$$y = 1$$ **(2,0 puntos)**

Para determinar z se utilizan los experimentos 1 y 3

$$\frac{4{,}5x10^{-3}}{1{,}5x10^{-3}} = \frac{k\,[0{,}3]^x\,[0{,}3]^y\,[0{,}9]^z}{k\,[0{,}3]^x\,[0{,}3]^y\,[0{,}3]^z} \qquad 3 = [3]^z$$

$$z = 1 \qquad \textbf{(2,0 puntos)}$$

La ley de velocidad para la reacción es:

$$v = k\,[A]^2\,[B]^1\,[C]^1 \qquad \textbf{(2,0 puntos)}$$

Para el cálculo de la constante de velocidad se puede utilizar cualquiera de los 4 experimentos:

$$k = \frac{v}{[A]^2\,[B]^1\,[C]^1} = \frac{4{,}5x10^{-3}\frac{mol}{L\,s}}{[0{,}3]^2\,[0{,}3]^1\,[0{,}9]^1\frac{mol^4}{L^4}} = 0{,}185\ \frac{L^3}{mol^3\,s}$$

(1,0 punto por el valor de k, 1,0 punto por las unidades)

b) Para calcular k_2 se utiliza la siguiente ecuación:

$$\ln\frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a}{R}\left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right] \qquad \textbf{(0,5 puntos)}$$

$$E_a = 70{,}5\ \frac{kJ}{mol} \rightarrow 70500\ \frac{J}{mol} \qquad \textbf{(0,5 puntos)}$$

$$T_1 = 50°C \rightarrow 323{,}15\ K \qquad T_2 = 78°C \rightarrow 351{,}15\ K \qquad \textbf{(0,5 puntos)}$$

$$\ln\frac{0{,}185\frac{L^3}{mol^3\,s}}{k_2} = \frac{70500\frac{J}{mol}}{8{,}314\frac{J}{mol\,K}}\left[\frac{1}{351{,}15\ K} - \frac{1}{323{,}15\ K}\right] \qquad \textbf{(1,5 puntos)}$$

$$\ln 0{,}185\frac{L^3}{mol^3\,s} - \ln k_2 = -2{,}0924$$

$$\ln k_2 = 0{,}405$$

$$k_2 = 1{,}5\frac{L^3}{mol^3\,s} \qquad \textbf{(2,0 puntos)}$$

Pregunta 4: Equilibrio Químico (15 Puntos)

El fosgeno ($COCl_2$) es un gas muy venenoso que fue ampliamente utilizado durante la Primera Guerra Mundial como arma química. En la actualidad, este gas se utiliza como materia prima en la obtención de diferentes productos químicos de interés comercial, como policarbonatos, poliuretanos, herbicidas y plaguicidas. La producción de fosgeno se ha basado principalmente en la reacción química entre monóxido de carbono (CO) y cloro (Cl_2) en presencia de un catalizador. El proceso se representa en la siguiente ecuación química balanceada.

$$CO\ (g) + Cl_2\ (g) \leftrightharpoons COCl_2\ (g) \qquad K_{c=}\ 1{,}23 \cdot 10^3 \text{ a } 668\ K$$

Si en un reactor se introducen iguales cantidades de ambos reactantes (CO y Cl_2) y antes de iniciar la reacción la presión total es de 40 atm.

a) Determine K_p a 668 K.

b) Determine las presiones parciales de cada uno de los componentes del sistema (CO, Cl_2 y $COCl_2$) cuando se alcanza el estado de equilibrio químico.

Desarrollo:

a)

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

$$K_p = 1230 * (0{,}0821 * 668)^{-1}$$

$$\boldsymbol{K_p = 22{,}43}$$ **(2 puntos)**

b)

Como la presión total inicial es de 40 atm, $\mathrm{p_i(CO)} + \mathrm{p_i(Cl_2)} = 40\ \mathrm{atm}$

Como la cantidad inicial de CO es igual a la de Cl_2, $\mathrm{p_i(CO)} = \mathrm{p_i(Cl_2)} = 20\ \mathrm{atm}$

	CO (g)	+	Cl_2 (g)	⇋	$COCl_2$ (g)	
p_i (atm)	20		20		0	**(2 puntos)**
p_t (atm)	- x		- x		x	
p_{eq} (atm)	20 - x		20 - x		x	**(3 puntos)**

$$K_\mathrm{p} = \frac{\mathrm{p(COCl_2)}}{\mathrm{p(CO)\ p(Cl_2)}}$$ **(2 puntos)**

$$22{,}43 = \frac{x}{(20-x)^2}$$

$$x^2 - 40{,}0446x + 400 = 0$$

$$x = 19{,}0776$$

$$\mathbf{x = 19,1} \qquad \textbf{(2 puntos)}$$

$$\mathbf{p(COCl_2) = 19,1\ atm} \qquad \textbf{(1 punto)}$$

$$\mathbf{p(CO) = 0,9\ atm} \qquad \textbf{(1 punto)}$$

$$\mathbf{p(Cl_2) = 0,9\ atm} \qquad \textbf{(1 punto)}$$

En resumen:

- Determinar la presión parcial inicial de cada reactante. (2 puntos)
- Expresar la presión parcial de cada componente del sistema en el equilibrio en función de "x". Considerar que esto se puede escribir directamente en la expresión de la K_p. (3 puntos)
- Escribir la expresión de la constante de equilibrio en función de las presiones parciales de cada componente del sistema. (2 puntos) Si el estudiante escribe correctamente la expresión de la K_p en función de "x" se deben otorgar directamente los 7 puntos.
- Determinar el valor de "x". (2 puntos)

Escribir el valor de las presiones parciales de cada componente del sistema en el equilibrio. (3 puntos)

Pregunta 5: Ácido-Base (15 Puntos)

La sal acetato de aluminio $Al(CH_3COO)_3$ es una sal totalmente soluble en agua que en disolución acuosa se encuentra disociada según la ecuación:

$$Al(CH_3COO)_3 \rightarrow \quad Al^{+3} \quad + \quad 3CH_3COO^-$$

Se dispone de una disolución acuosa de la sal acetato de aluminio que tiene pH = 8,5, determine las concentraciones en equilibrio de las especies OH^-, CH_3COO^- y CH_3COOH, si la constante de acidez (K_a) del ácido acético (CH_3COOH) es $1{,}75 \times 10^{-5}$.
Considere que Al^{3+} no hidroliza.

Desarrollo:

$$Al(CH_3COO)_3 \rightarrow \quad Al^{+3} \quad + \quad 3CH_3COO^-$$

Inicial	Ci	---	--
Reacción	-X	+X	+3X
Final	0	X	3X

$$[Al(CH_3COO)_3] = Ci - X = 0 \; ; \; X = Ci$$

$$[Al(CH_3COO)_3] = 0 \text{ M} \qquad \textbf{(0,5 puntos)}$$

$$[Al^{+3}] = Ci \qquad \textbf{(0,5 puntos)}$$

Al^{+3} es una base conjugada muy débil por la cual no reacciona como ácido/base en medio acuoso. Sin embargo, CH_3COO^- es la base conjugada de ácido acético, el cual es un ácido débil con una disociación reversible, por lo tanto:

$$CH_3COO^- \quad + \quad H_2O \quad \leftrightarrows \quad OH^- \quad + \quad CH_3COOH \qquad \textbf{(2 puntos)}$$

Inicial	3Ci	--	--	---
Reacción	-X	--	+X	+X
Equilibrio	3Ci-X	--	+X	+X

$$Kb = \frac{[OH^-][CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$Kb = \frac{x^2}{3Ci - x}$$

$$Kb = \frac{Kw}{Ka}$$

$$Kb = \frac{1x10^{-14}}{1{,}75x10^{-5}}$$

$$Kb = 5{,}71x10^{-10}$$ **(1 punto)**

$$5{,}71x10^{-10} = \frac{x^2}{3Ci-x}$$ **(1 punto)**

Desde el enunciado nos dicen que pH = 8,5, por ende

$$pH = 8{,}5$$

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

$$[H^+] = 3{,}16x10^{-9}\ M$$ **(1 punto)**

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = \frac{1x10^{-14}}{3{,}16x10^{-9}}$$ **(1 punto)**

$$[OH^-] = 3{,}16\ x\ 10^{-6}\ M$$ **(2 puntos)**

X = $[OH^-] = [CH_3COOH] = 3{,}16x10^{-6}$

$$5{,}71x10^{-10} = \frac{(3{,}16x10^{-6}\ M)^2}{3Ci-3{,}16x10^{-6}\ M}$$

$$3Ci = 0{,}0175$$ **(1 punto)**

$$Ci = 0{,}0058$$ **(1 punto)**

X = $[OH^-] = [CH_3COOH] = 3{,}16x10^{-6}$ M **(2 puntos)**

$[Al(CH_3COO)_3] = 0$ M

$[Al^{+3}] = Ci$; $[Al^{+3}] = 0{,}0058$ M

$[CH_3COO^-] = 3Ci - X$

$[CH_3COO^-] = 3*0{,}0058\ M - 3{,}16x10^{-6}\ M = 0{,}0174$ **(2 puntos)**

Pregunta 6: Equilibrio Redox (15 Puntos)

Un estudiante del curso de desafíos de la Ingeniería debe construir un sistema que genere energía eléctrica para iluminar pequeñas ampolletas. Para lograrlo, decide construir una celda electroquímica (pila) en **medio ácido** a partir de algunas semirreacciones que tenía a su alcance:

$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$	E°= 1,51 V	(a)
$NO_3^- \rightarrow NO$	E°= 0,96 V	(b)
$SO_4^{2-} \rightarrow SO_2$	E°= 0,20 V	(c)
$Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr^{3+}$	E°= 1,33 V	(d)

A partir de esta información:

a) Indique qué reacción de oxidación y reducción debería seleccionar el estudiante para generar la mayor cantidad de energía eléctrica. Indique el valor del potencial estándar de la reacción electroquímica (E°).

b) Determine la reacción global de la celda diseñada y el número total de electrones transferidos en el proceso.

c) Indique que reacción ocurre en el cátodo y cuál ocurre en el ánodo.

d) Si el estudiante decide construir una nueva pila a pH = 5,0 utilizando las semirreacciones (a) y (c) y utiliza concentraciones de $[SO_4^{2-}]$ = 0,2 mol/L, $[Mn^{2+}]$ = 0,1 mol/L, $[MnO_4^-]$ = 0,1 mol/L, $[SO_2]$ = 0,2 mol/L. Indique si aumenta o disminuye la *fem* de la celda y determine el ΔG de la reacción.

Desarrollo:

a) Seleccionar las reacciones 1 y 3 que son aquellas que generan la mayor diferencia de potencial (fem) en la celda **(1 punto)**

$$E_{celda} = E_{cátodo} - E_{ánodo}$$

$$E_{celda} = 1{,}51\ V - 0{,}20\ V$$

$$E_{celda} = 1{,}31\ V$$ **(1 punto)**

b)

$$5e + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad /*2$$

$$2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e \quad /*5$$

$$10e + 16H^+ + 2MnO_4^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$$

$$10H_2O + 5SO_2 \longrightarrow 5SO_4^{2-} + 20H^+ + 10e$$

$$\mathbf{2H_2O + 5SO_2 + 2MnO_4^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + 5SO_4^{2-} + 4H^+} \quad \textbf{(3 puntos)}$$

Número total de electrones transferidos = **10 electrones** **(1 punto)**

c)

Cátodo: $5e + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ **(2 puntos)**

Ánodo: $2H_2O + SO_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e$ **(2 puntos)**

Asignar el total del puntaje si escribe las semirreacciones sin equilibrar o con 10 electrones

d)

pH = 5: La concentración de $[H^+] = 1 \cdot 10^{-5}$ mol/L

$$E_{celda} = 1{,}31\ V - \frac{0{,}0592}{10} log\ \frac{[Mn^{2+}]^2[SO_4{}^{2-}]^5[H^+]^4}{[SO_2]^5[MnO_4{}^-]^2} \quad \textbf{(1 punto)}$$

$$E_{celda} = 1{,}31\ V - \frac{0{,}0592}{10} log\ \frac{[0{,}1]^2[0{,}2]^5[10^{-5}]^4}{[0{,}2]^5[0{,}1]^2}$$

$$E_{celda} = 1{,}31\ V - \frac{0{,}0592}{10} log\ (10^{-20}))$$

$$E_{celda} = 1{,}31\ V + 0{,}1184$$

$$E_{celda} = 1{,}43\ V\ (Aumenta\ la\ fem\ de\ la\ celda) \quad \textbf{(2 puntos)}$$

$$\Delta G = - nFE$$

$$\Delta G = - (10)(96485 J\ V^{-1}\ mol^{-1})(1{,}43\ V)$$

ΔG = - 1379 kJ/mol **(2 puntos)**